

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. M. Rudert

Ein 10-Jahres-Vergleich zweier Rekonstruktionsverfahren nach ACL-Ruptur  
Semitendinosussehnen- vs. Patellarsehnentransplantat  
Eine prospektive randomisierte Studie

Inaugural – Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg  
vorgelegt von  
Sebastian Schwaiger  
aus Haag a.d. Amper

Würzburg, Juli 2014

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Th. Barthel

Korreferent: Prof. Dr. med. R. Meffert

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Oktober 2016

Der Promovend ist Arzt

Meinen lieben Großeltern

Rita und Hans Schwaiger

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
2	Material und Methoden.....	2
2.1	Studiendesign .....	2
2.2	Studienverlauf .....	3
2.3	Patientenkollektiv .....	3
2.3.1	Altersstruktur und Geschlechterverteilung .....	3
2.3.2	Unfallmechanismus und OP-Zeitpunkt .....	4
2.3.3	Begleitverletzungen .....	5
2.3.4	Besonderheiten.....	5
2.4	Operationsmethoden.....	6
2.4.1	Patellarsehnen-Transplantat mit Interferenzschraube .....	6
2.4.2	Semitendinosusehnen-Transplantat mit Endobutton .....	7
2.4.3	Rehabilitation .....	8
2.5	Befunddokumentation .....	9
2.5.1	IKDC .....	9
2.5.2	Lysholm-Score.....	10
2.5.3	Tegner-Aktivitätsskala .....	10
2.5.4	Patientenfragebogen .....	10
2.5.5	Radiologische Kontrolluntersuchung .....	11
2.5.6	Klinische Untersuchung .....	12
2.6	Statistische Auswertung .....	16
3	Ergebnisse .....	16
3.1	Klinische Untersuchung.....	17
3.1.1	Oberschenkelumfang.....	17
3.1.2	Inspektion und Palpation .....	18

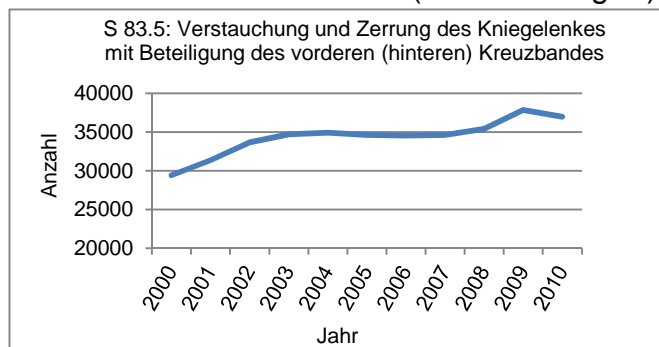
3.1.3	Bewegungsumfang .....	18
3.1.4	Mediale und laterale Gelenköffnung .....	19
3.1.5	Vordere Schublade .....	20
3.1.6	Lachmann-Test.....	21
3.1.7	Pivot-Shift-Test .....	22
3.1.8	KT-1000-Arthrometer.....	22
3.1.9	Einbeinsprungtest.....	24
3.1.10	Entnahместellenmorbidity .....	25
3.1.11	IKDC-Wertung .....	26
3.2	Radiologische Kontrolle.....	28
3.2.1	Röntgenevaluation nach Sherman.....	28
3.2.2	Besonderheiten.....	33
3.3	Fragebögen.....	33
3.3.1	Lysholm-Score.....	34
3.3.2	Tegner-Aktivitätsskala .....	34
3.3.3	Kniefunktion .....	35
3.3.4	Blockierung.....	36
3.3.5	Instabilitätsgefühl.....	36
3.3.6	Schmerz .....	37
3.3.7	Schwellung .....	40
3.3.8	Treppensteigen.....	41
3.3.9	Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis.....	41
3.4	Verlauf.....	42
3.4.1	IKDC .....	42
3.4.2	Lysholm-Score.....	44
3.4.3	Tegner-Aktivitätsskala .....	45

3.4.4	Oberschenkelumfang.....	46
3.4.5	Bewegungsumfang.....	48
3.4.6	Lachmann-Test.....	49
3.4.7	KT-1000-Arthrometer.....	50
3.4.8	Einbeinsprungtest.....	52
3.4.9	Radiologische Kontrolluntersuchung .....	53
4	Diskussion.....	56
4.1	Klinische Ergebnisse.....	56
4.2	Literaturvergleich.....	64
5	Zusammenfassung.....	74
6	Anhang.....	76
6.1	IKDC-Evaluationsblatt .....	76
6.2	Lysholm-Score .....	77
6.3	Tegner-Aktivitätsskala .....	78
6.4	Röntgenevaluationsbogen nach Sherman .....	79
6.5	Patientenfragebogen.....	80
6.6	Literaturübersicht .....	82
7	Abbildungsverzeichnis.....	84
8	Literaturverzeichnis .....	85

# 1 Einleitung

Das Kniegelenk ist als größtes Gelenk des Menschen häufig von Verletzungen betroffen. Aufgrund der geringen knöchernen Führung ist seine Funktionsfähigkeit wesentlich von der Integrität der aktiven und passiven Stabilisatoren abhängig [1]. Die Auswertung der Diagnosedaten deutscher Krankenhäuser des statistischen Bundesamtes zeigt eine deutliche Zunahme von Kniegelenksverletzungen in den letzten Jahrzehnten (s. Abbildung 1),

wobei ein häufig beobachtetes Verletzungsmuster die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist [2]. Die Zunahme an sportlich aktiven Menschen fast aller Altersklassen und der damit



verbundene Anstieg von Knie-

Abbildung 1: Diagnosedaten der Krankenhäuser nach ICD 10

gelenksverletzungen spiegelt sich auch in der anhaltenden Diskussion um die bestmögliche Versorgung dieser Patienten wieder. Eine ACL-Ruptur kann im betroffenen Kniegelenk zu chronischer Instabilität, weiteren Schäden an Menisken und Gelenkknorpel sowie einer dadurch verminderten Lebensqualität führen [3, 4]. Außerdem gilt sie als Risikofaktor für die Entstehung einer vorzeitigen Gonarthrose [5, 6]. Die Frage nach der optimalen Strategie zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes steht deshalb weiterhin im Fokus zahlreicher Untersuchungen.

Bereits Hippokrates (um 460 bis 370 v.Chr.) beschrieb eine Subluxation des Kniegelenkes, die er auf eine Bandverletzung im Knie zurückführte. Erste detaillierte anatomische Beschreibungen der Kreuzbänder gehen auf den griechischen Arzt Galen (um 130 bis 201 n.Chr.) zurück. Die Gebrüder Weber (Göttingen) publizierten 1835 erstmals ausführliche Erkenntnisse zur Physiologie und Mechanik des menschlichen Kniegelenkes sowie der Funktionsweise der Kreuzbänder, die ersten operativen Behandlungsversuche datieren schließlich auf das späte 19. Jahrhundert [7, 8]. In der Geschichte der Therapie der Kreuzbandruptur wurden zahlreiche verschiedene Methoden von

Gipsbehandlungen über die Kreuzbandnaht bis hin zur Rekonstruktion mittels verschiedener Materialien erprobt.

Entsprechend den aktuellen Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie wird der Ersatz des vorderen Kreuzbandes heutzutage überwiegend mit einem freien mehrsträngigen Sehnentransplantat aus der Pes-anserinus-Gruppe (Semitendinosussehne oder Semitendinosus- und Gracilissehne) oder mit einem freien Transplantat aus dem Ligamentum patellae und seiner Knochenansätze durchgeführt [9]. Diese Verfahren werden auch in der orthopädischen Universitätsklinik

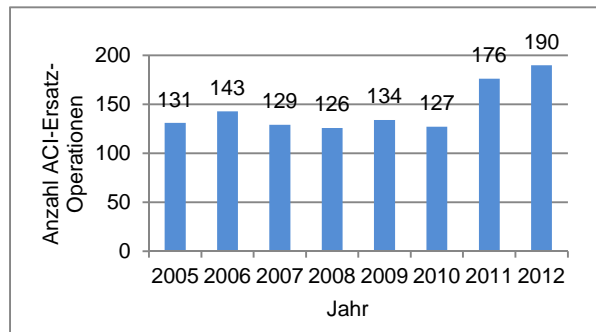


Abbildung 2: Operationszahlen König-Ludwig-Haus

König-Ludwig-Haus in Würzburg angewandt. Die Fallzahlen der letzten Jahre belegen dabei eine gleichbleibend hohe Anzahl an durchgeführten ACL-Ersatzplastiken (s. Abbildung 2) [10].

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

Von November 1998 bis November 1999 wurde in der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus bei ca. 80 Patienten eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes durchgeführt. 62 Patienten erklärten sich bereit, an einer prospektiven, randomisierten Studie zum Vergleich zweier Operationsverfahren über 10 Jahre teilzunehmen. Die eine Hälfte der Patienten erhielt einen ACL-Ersatz mittels Ligamentum patellae-Transplantat und beidseitiger Fixierung durch Interferenzschrauben. In der anderen Gruppe wurde ein Mehrfach-Semitendinosussehnen-Transplantat mit einer Fixierung durch Endobuttons verwendet. Die vorliegende Arbeit soll untersuchen, ob nach über 10 Jahren signifikante Unterschiede zwischen den beiden Verfahren darstellbar sind. Voraussetzung zur Studienteilnahme waren streng einseitige und nicht komplexe Knieverletzungen, wobei die Operationsindikation von einem erfahrenen Oberarzt nach klinischer Untersuchung und Diagnosesicherung gestellt wurde. Jeder Patient wurde vor der Operation über das jeweilige



Verfahren sowie die Studie informiert und musste hierzu eine schriftliche Einverständniserklärung abgeben. Nach stationärer Aufnahme wurden die Patienten mit Hilfe einer Zufallsliste einem der beiden Verfahren zugeteilt. Zur Dokumentation und Wahrung der Anonymität wurden Ziffern von 1 bis 62 vergeben, wobei ungerade Zahlen die Studiengruppe mit Ligamentum patellae-Transplantat (LP-Gruppe) und gerade Zahlen die Gruppe mit Semitendinosussehnen-Transplantat (ST-Gruppe) beschreiben.

## **2.2 Studienverlauf**

Die Studienteilnehmer wurden in definierten Zeitabständen nach ihrer Operation ambulant einbestellt und nachuntersucht. Die Zeiträume betragen 6 Wochen (U1), 12 Wochen (U2), 6 Monate (U3), 1 Jahr (U4), 5 Jahre (U5) und 10 Jahre (U6). Die Nachuntersuchung in Abhängigkeit vom OP-Datum musste ab U5 aufgrund mangelnder Compliance von Seiten der Patienten aufgegeben werden, so dass es teilweise zu Abweichungen der 5-Jahres- und 10-Jahres-Termine kam: Für die LP-Gruppe lag die Zeitspanne vom OP-Zeitpunkt bis U5 im Mittel bei 5,63 Jahren, bis zu U6 bei 10,54 (9,9–11,2) Jahren. Für die ST-Gruppe betrug der Nachuntersuchungszeitraum bis U5 5,50 Jahre und bis U6 10,53 (9,7–11,9) Jahre. Die Ergebnisse nach einem Jahr waren bereits Gegenstand der Inaugurationsdissertation von Brenner [11], die 5-Jahres-ergebnisse der Dissertation von Schuhmann [12].

## **2.3 Patientenkollektiv**

### **2.3.1 Altersstruktur und Geschlechterverteilung**

Von den 62 Teilnehmern der Studie sind 45 Männer (72,58%) und 17 Frauen (27,42%). Das Verhältnis Männer/Frauen beträgt in der LP-Gruppe 22/9, in der ST-Gruppe 23/8. Zum Operationszeitpunkt waren 6 Patienten (9,68%) jünger als 20 Jahre, 26 Patienten (41,94%) zwischen 20 und 29 Jahre, 22 Patienten (35,48%) zwischen 30 und 39 Jahre und 8 Patienten (12,90%) älter als 40 Jahre. Das Durchschnittsalter bei der Operation lag bei 29,84 Jahren. Hinsichtlich der Merkmale Alter und Geschlecht der Patienten weisen beide Gruppen keine signifikanten Unterschiede auf. Alle Parameter der Befragung und Untersuchung wurden zusätzlich mittels Kovarianzanalyse auf den Einfluss

der Größen „Alter bei Operation“, „Geschlecht“, „Alter der Verletzung“ sowie „Begleitverletzungen“ untersucht. Dabei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (Geschlecht  $p=1,00$ ; Alter  $p=0,19$ ) [12].

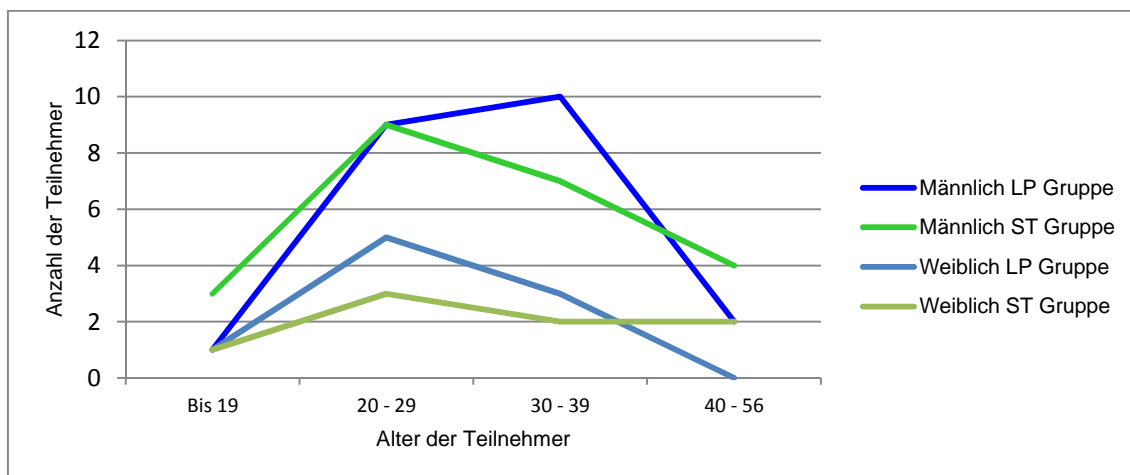


Abbildung 3: Alter und Geschlecht der Untersuchungsteilnehmer

### 2.3.2 Unfallmechanismus und OP-Zeitpunkt

55 Patienten (88,71%) zogen sich ihre Kniegelenksverletzung im Rahmen eines Sporttraumas zu. Hauptverletzungsgrund waren Kontaktsportarten (insgesamt 65%), dabei allen voran Fußball mit 53,23%. 13 Teilnehmer nannten Skifahren als Unfallursache, weitere 7 Patienten gaben an, sich auf dem Weg zur Arbeit oder bei der Arbeit verletzt zu haben. Abbildung 4 gibt einen Überblick über alle genannten Verletzungsursachen. 23 Teilnehmer (37,10%) ließen sich innerhalb von 6 Wochen, weitere 14 (22,58%) innerhalb eines halben Jahres, aber später als 6 Wochen nach dem Trauma operieren. Bei 7 Patienten (11,29%) lag die ACL-

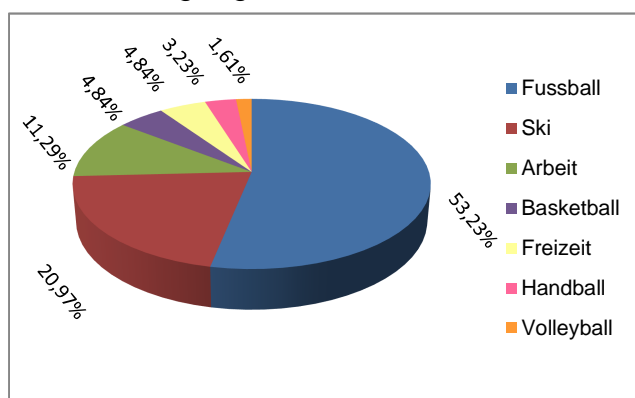


Abbildung 4: Unfallmechanismus in Prozent

Rekonstruktion zwischen einem halben und einem Jahr nach Verletzung und weitere 18 (29,03%) stellten sich erst über ein Jahr nach dem Verletzungszeitpunkt aufgrund von Instabilitätsproblemen in der Klinik vor.

### 2.3.3 Begleitverletzungen

ACL-Rupturen gehen häufig mit Meniskus- und Knorpelläsionen einher [13, 14]. Eine isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes fand sich dementsprechend nur bei 10 Studienteilnehmern (16,13%). In 12 Fällen (19,35%) zeigte sich zusätzlich eine Beteiligung des Meniskus. Bei 23 Patienten (37,10%) fand sich eine kombinierte ACL-, Meniskus- und Knorpelläsion, 1 Patient hatte neben der Verletzung des Kreuzbandes und des Meniskus zusätzlich eine Beteiligung eines Kollateralbandes. Endoskopisch zeigte sich bei 9 Patienten (14,51%) eine Knorpelläsion und in 4 weiteren Fällen (6,45%) eine gleichzeitige Verletzung von Knorpel, Meniskus und Kollateralband. Zweimal (3,23%) konnte neben der ACL-Ruptur eine Knorpel- und Kollateralbandbeteiligung diagnostiziert werden. Bei einem Patienten fand sich als Begleitverletzung eine Ruptur des Kollateralbandes.

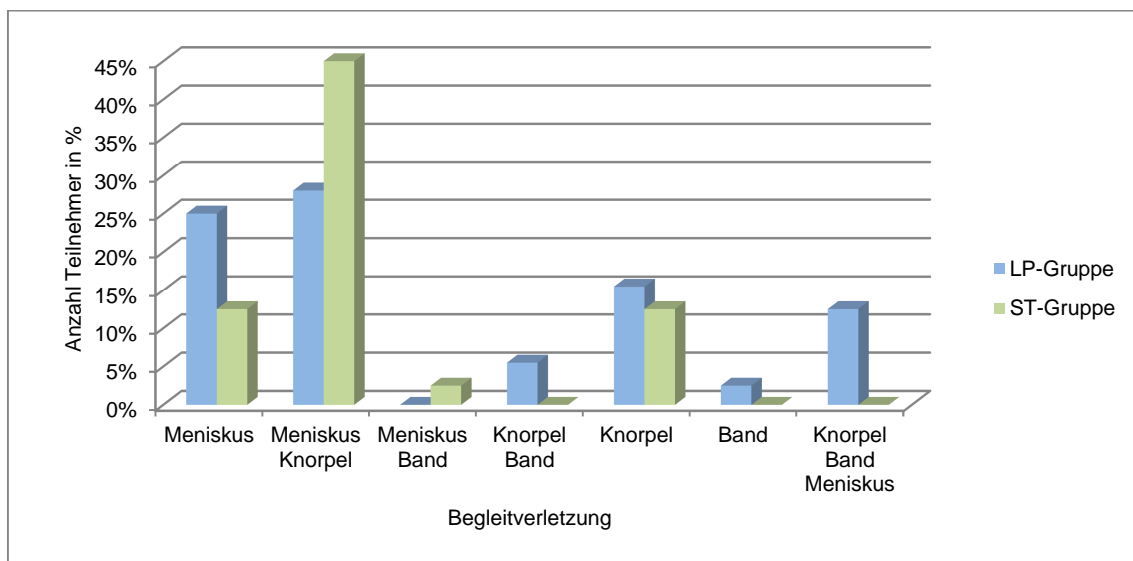


Abbildung 5: Begleitverletzungen

### 2.3.4 Besonderheiten

2 Patienten, jeweils aus der ST-Gruppe, erlitten 2 bzw. 5 Jahre nach Operation eine Reruptur des Transplantats aufgrund eines Sporttraumas. Bei einem Patienten wurde das ACL erneut ersetzt, nun mittels Ligamentum patellae-Transplantat. Der andere Patient hatte zum Diagnosezeitpunkt bereits eine stark fortgeschrittene Arthrose des betroffenen Kniegelenkes, so dass nach Abwägung der beruflichen und sportlichen Aktivität sowie des Alters des

Patienten die Indikation zum Oberflächenersatz des Kniegelenkes gestellt wurde. Ein weiterer Patient, ebenfalls aus der ST-Gruppe, erlitt eine postoperative Kniegelenksinfektion mit mehrmaligen Rearthroskopien und anschließender Entfernung des Endobuttons. Ein Teilnehmer aus der LP-Gruppe erkrankte bereits vor der 1-Jahres-Nachuntersuchung an Leukämie und erhielt eine Knochenmarktransplantation. Hier musste aufgrund einer fortbestehenden Synovitis im betroffenen Kniegelenk ebenfalls mehrfach arthroskopiert und schließlich die tibiale Interferenzschraube entfernt werden. Alle 4 Patienten wurden aus der Studie genommen.

## **2.4 Operationsmethoden**

### **2.4.1 Patellarsehnen-Transplantat mit Interferenzschraube**

Bei diesem Verfahren wurde nach Darstellung des Ligamentum patellae vom unteren Patellapol bis zur Tuberositas tibiae das mittlere Drittel des Lig. patellae zusammen mit je einem Knochenblock aus Tuberositas und Patella entnommen. Anschließend erfolgte die Armierung des Transplantates mit Mersilene-/Ethibondfäden. Nach der endoskopischen Resektion des Kreuzbandstumpfes über einen anterolateralen Arthroskopiezugang wurde mit Hilfe eines Zielgerätes der tibiale Bohrkanal angelegt. Ausgehend von der Fossa intercondylaris wurde mit einem weiteren Zielinstrument der femorale Bohrkanal platziert. Die Anlage der Bohrkanäle sollte eine möglichst anatomische Positionierung des Transplantates und ihre Größe eine straffe Verankerung der Knochenblöcke gewährleisten. Nach Einbringung des Transplantates von distal nach proximal erfolgte die beidseitige Fixation jeweils mittels einer kanülierten Interferenzschraube, um die Knochenblöcke fest in den Bohrkanälen zu verankern. Falls bei der Bohrung spongiöses Material gewonnen wurde, konnten damit die Transplantatentnahmestellen aufgefüllt werden. Bei der anschließenden intraoperativen Funktionsprüfung wurde darauf geachtet, dass die Streckung frei und kein Impingement im Eingangsbereich der Fossa intercondylaris nachweisbar war.

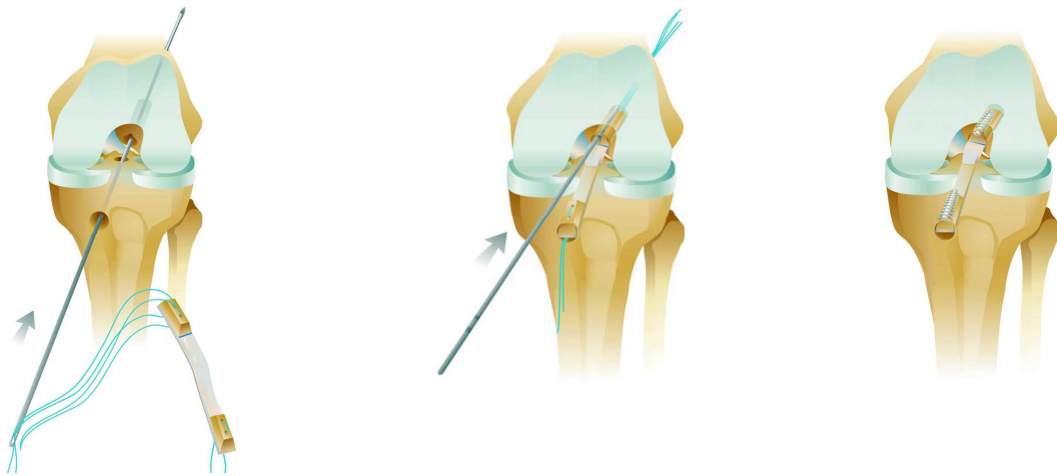


Abbildung 6: Schematische Darstellung einer ACL-Ersatzplastik mit Ligamentum patellae [11]

#### 2.4.2 Semitendinosussehnen-Transplantat mit Endobutton

Nach Darstellung des Pes Anserinus über einen Hautschnitt distal und medial der Tuberositas tibiae erfolgte die Präparation und Armierung der Semitendinosussehne mit einem Ethibondfaden. Nach ablösen an der Insertionsstelle wurde die Semitendinosussehne mithilfe eines Sehnenstrippers in ihrem Verlauf nach proximal unter gleichzeitigem Zug mobilisiert und mit einer Länge von 24–30 cm entnommen. Das Transplantat wurde je nach Durchmesser und Länge 3- bis 4-fach gebündelt und an den Enden jeweils mit Mersilene-/Ethibondfäden armiert. Endoskopisch erfolgte die Resektion eventuell vorhandener Kreuzbandreste und im Anschluss die Positionierung des tibialen Bohrkanals mithilfe eines Zielgerätes analog zum Patellarsehnenverfahren. Der tibiale Bohrkanal wurde mit aufsteigenden Bohrergrößen entsprechend dem Durchmesser des vorbereiteten Transplantates gebohrt. Danach wurde mithilfe eines weiteren Zielinstruments über den tibialen Bohrkanal mit einem kleineren Bohrer in Größe des zu verwendenden Endobuttons transfemorale gebohrt, die Länge des Bohrkanals bestimmt und im Anschluss der femorale Halbtunnel mit seinem definitiven Durchmesser bis maximal 40 mm Tiefe angelegt (s. Abbildung 7). Nach Befestigung des Endobuttons am Transplantat wurde dieses unter konstantem

Zug von distal nach proximal eingezogen, der Endobutton nach austreten aus der proximalen Femurkortikalis gekippt und das Transplantat gestrafft. Die distale Fixation erfolgte mit einer Fadenscheibe (Suture Disc), über der die einzelnen Bündel des Transplantates separat mit Mersilene-/Ethibondfäden verknötet wurden. Anschließend wurde eine intraoperative Funktionsprüfung wie in 2.4.1 durchgeführt.

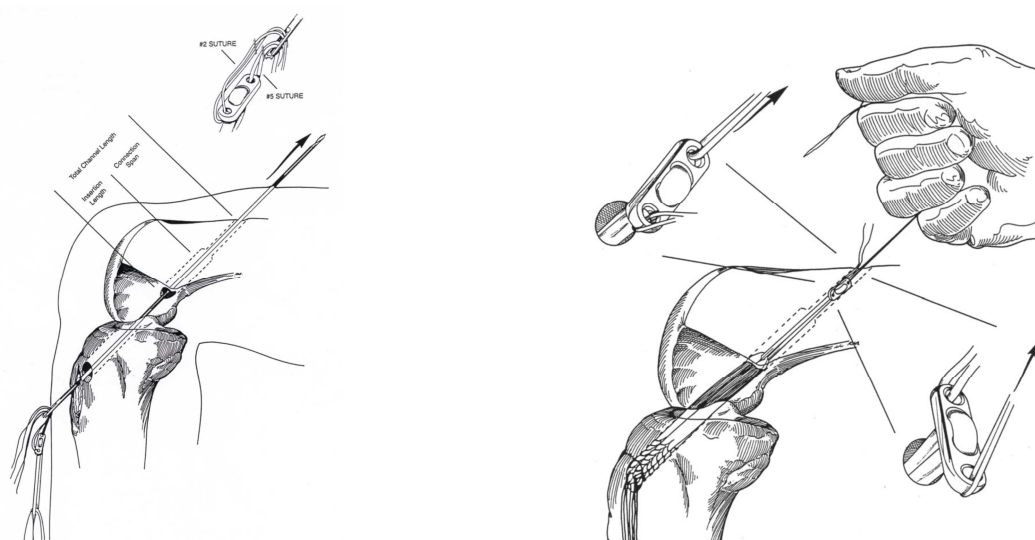


Abbildung 7: Schematische Darstellung der Transplantateinbringung und -befestigung bei Semitendinosussehnen-Transplantat [11]

### 2.4.3 Rehabilitation

Alle Studienteilnehmer erhielten eine 4-Punkt-Orthese von Don Joy mit limitierter Bewegung von Extension/Flexion 0/0/90. Das operierte Bein sollte bis zur ersten Wiedervorstellung beim Gehen nur mit 20 kg teilbelastet werden. Nach 6 Wochen wurde das Bewegungslimit aufgehoben und aktive Krankengymnastik verordnet. Die Belastung sollte ab diesem Zeitpunkt progredient mit ca. 20 kg/Woche gesteigert werden, um nach ca. 2 Wochen Vollbelastung zu erreichen. Die Rehabilitation wurde von allen Patienten in externen Einrichtungen durchgeführt. 6 Monate nach der Operation sollten langsam wieder sportliche Aktivitäten aufgenommen und nach einem Jahr wieder ohne Einschränkung Wettkampfsport betrieben werden.

## **2.5 Befunddokumentation**

In der Ambulanz des König-Ludwig-Hauses wurden mit den Studienteilnehmern zuerst die entsprechenden Fragebögen ausgefüllt. Danach erfolgte eine standardisierte klinische Untersuchung unter Kontrolle eines erfahrenen Orthopäden, deren Ergebnisse sorgfältig dokumentiert wurden. Abschließend wurde bei jedem Patienten eine radiologische Kontrolle in der Röntgenabteilung der Klinik mit Standardaufnahmen in a.p.- und seitlichem Strahlengang durchgeführt. Die angefertigten Bilder wurden wieder mit dem zuständigen Oberarzt ausgewertet und dokumentiert. Den Teilnehmern, die sich nicht persönlich in der Ambulanz vorstellen konnten, wurden die entsprechenden Fragebögen mit der Bitte um gewissenhafte Auskunft zugesandt. Dabei wurde gleichzeitig eruiert, ob die betreffenden Personen aufgrund ihres Knies innerhalb des Studienzeitraums einen Arzt außerhalb unserer Klinik konsultiert hatten, um hier gegebenenfalls die Befunde anzufordern. In einigen Fällen konnte auch telefonisch Kontakt mit den Patienten aufgenommen werden. Alle verwendeten Frage- und Dokumentationsbögen finden sich im Anhang.

### **2.5.1 IKDC**

Um die Arbeiten über das Verletzungsausmaß und die Behandlung von Kniebinnenverletzungen international vergleichbar zu machen, etablierte eine Gruppe von amerikanischen und europäischen Orthopäden um Hefti und Müller im Rahmen der Gründung des International Knee Documentation Comitee (IKDC) im Jahre 1987 ein neues Evaluationssystem [15-18]. Dieses Evaluationsblatt (siehe Anhang) umfasst einen Dokumentationsteil, einen Qualifikationsteil sowie einen Evaluationsteil und ist insgesamt nach 8 Aspekten gegliedert. In die Wertung werden 4 Kategorien einbezogen: Subjektive Beurteilung durch den Patienten, Symptome, Bewegungsumfang und die Untersuchung des Bandapparates mittels Lachmann-Test, Pivot-Shift, Gelenköffnung und totaler a.p.-Translation. Die schlechteste Qualifikation innerhalb einer Gruppe ergibt die Gruppenwertung, die schlechteste Gruppenqualifikation wird für die Gesamtevaluation gewertet, welche in „A, B, C und D“ unterteilt ist. Dabei gilt „A“ (=normal) als bestes, „D“ (=stark abnormal)

als schlechtestes Ergebnis. Zur Auswertung der Ergebnisse in der Varianzanalyse wurden die alphabetischen Werte A bis D in numerische Werte überführt, wobei A einer 1 und D einer 4 entspricht. Im Dokumentationsteil werden neben den Patientendaten auch kompartimentale Befunde, Symptome an der Transplantatentnahmestelle, Röntgenbefunde sowie ein funktioneller Test (s. 3.1.9) aufgeführt, die jedoch nicht direkt in die Gesamtqualifikation des IKDC eingehen. Sie wurden gesondert ausgewertet und diskutiert.

### **2.5.2 Lysholm-Score**

1982 veröffentlichten Lysholm und Gillquist ein weiterentwickeltes Evaluationssystem, mit dem sich die funktionelle Beeinträchtigung aufgrund klinischer Instabilität besser darstellen lässt, als es mit der bis dahin verbreiteten Larson-Skala möglich war [19]. Dieser Score dient also hauptsächlich der Beurteilung funktioneller Aspekte aus Sicht des Patienten. Durch die Bewertung von 8 Symptomen (Hinken, Gehilfen, Blockierungen, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen, tiefe Hocke) kann eine maximale Punktzahl von 100 erreicht werden (siehe Anhang). Das Ergebnis wird in 4 Abstufungen eingeteilt: sehr gut (95–100), gut (84–94), mäßig (65–83) und schlecht (< 65).

### **2.5.3 Tegner-Aktivitätsskala**

Tegner und Lysholm stellten 1985 eine Skala zur Erfassung der Aktivität von Patienten mit Kniebandverletzungen als Ergänzung der bisherigen Evaluationssysteme vor [20, 21]. Hierbei handelt es sich um eine Einteilung in 11 aufsteigende Aktivitätslevel (0–10). Diese reichen von Arbeitsunfähigkeit (0) über verschiedene Belastungsstufen in Beruf und Freizeitsport bis zum Hochleistungssport (10) (s. Anhang). Die Patienten geben jeweils das höchste von ihnen erreichte Aktivitätslevel an. Durch die standardisierten Stufen der Skala ist ein objektiver Vergleich des Aktivitätsniveaus zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Studienverlauf möglich.

### **2.5.4 Patientenfragebogen**

Im Vorfeld der Studie wurde ein Fragebogen (s. Anhang) erstellt, der in Anlehnung an den Lysholm-Score hauptsächlich die funktionellen Aspekte erfasst und gleichzeitig eine Beurteilung nach den im IKDC-Evaluationsbogen



enthaltenen subjektiven Patientenangaben ermöglicht. Um neben den klinischen und radiologischen Untersuchungsergebnissen ein möglichst umfassendes Bild vom Zustand des Patienten sowie des Behandlungserfolgs zu erreichen, wurden noch einige weitere Gesichtspunkte in den Fragenkatalog aufgenommen. So werden mithilfe einiger Fragen das Aktivitätsniveau und die Verletzungsbedingten Einschränkungen der Studienteilnehmer näher beleuchtet. Die von Price etablierte [22] visuelle Analogskala (VAS) zur Messung des Schmerzempfindens soll die im Lysholm-Score erfragten Schmerzsymptome quantitativ präzisieren. Dabei wird vom Patienten auf einer üblicherweise 100 mm langen vertikalen oder horizontalen Linie die Schmerzintensität eingetragen. Die letzte Frage zielt auf die Zufriedenheit der Studienteilnehmer mit dem Operationsergebnis und bewertet diese mittels einer dreirangigen Skala von „sehr zufrieden“, „zufrieden“ bis „unzufrieden“ (s. 3.3).

#### **2.5.5 Radiologische Kontrolluntersuchung**

Bei allen Patienten wurden im Studienverlauf in der radiologischen Abteilung der Klinik mehrere standardisierte Röntgenaufnahmen des betroffenen Kniegelenkes in a.p.- und seitlichem Strahlengang angefertigt. Die prästationären und postoperativen Aufnahmen dienten vor allem dazu, eventuelle Frakturen oder knöcherne Begleitverletzungen auszuschließen bzw. zur Kontrolle der korrekten Transplantat- und Materiallage. Weitere Röntgenkontrollen fanden zu den Zeitpunkten U4, U5 und U6 statt. Hier galt das Interesse vor allem möglichen Hinweisen auf eine beginnende Arthrose, dem Aspekt des Bohrkanals, inwieweit dieser reossifiziert oder erweitert war (tunnel widening), sowie der richtigen Positionierung der Fixationen wie Interferenzschrauben, Endobuttons und Fadenscheiben. Die Bilder wurden anhand des Röntgenevaluationsbogens nach Sherman (s. Anhang) beurteilt [6, 23]. Dieses Evaluationsblatt gliedert sich in 2 Teile: Der Periarticular Score (P-Score) untersucht Ausziehungen an den einzelnen Strukturen um das Kniegelenk, im Idealfall sind dabei 10 Punkte zu erreichen. Mit dem Degenerative Score (D-Score) werden mögliche arthrotische Veränderungen des Gelenkes anhand der Parameter Gelenkspaltverschmälerung, subchondraler Sklerose, Zystenbildung und freie Gelenkkörper beurteilt. Hier werden maximal 16 Punkte

vergeben, wenn keine Anzeichen für eine Degeneration vorliegen. Der Gesamtscore (T-Score) ist die Summe von P- und D-Score mit maximal 26 Punkten. Mithilfe der Röntgenevaluation nach Sherman werden auch die im IKDC-Blatt geforderten Röntgenbefunde „arthrotische Veränderungen im patello-femorale, medialen und lateralen Gelenkspalt“ erhoben. Da hier die radiologischen Veränderungen aber nicht in die Gesamtwertung mit eingehen, werden die Befunde des IKDC nicht separat diskutiert.

### **2.5.6 Klinische Untersuchung**

Die klinische Untersuchung der Studienteilnehmer wurde in der Ambulanz des König-Ludwig-Hauses unter Aufsicht und Kontrolle eines erfahrenen Orthopäden durchgeführt.

#### **2.5.6.1 Oberschenkelumfang**

Der Oberschenkelumfang wurde 10 cm kranial vom Kniegelenkspalt gemessen und das Ergebnis der betroffenen Seite von der gesunden Seite abgezogen, um eine eventuelle Muskelatrophie festzustellen. Ergaben die Messungen einen größeren Umfang des operierten Beines, wurde die Differenz zwar registriert, ist aber hinsichtlich unserer Fragestellung als gleichwertig mit dem operierten Bein anzusehen.

#### **2.5.6.2 Inspektion und Palpation**

Zu Beginn jeder Untersuchung stand die Inspektion des Kniegelenkes und die Beurteilung der Wundverhältnisse. Ergüsse wurden durch Palpation ausgeschlossen oder verifiziert. Passives Durchbewegen des Kniegelenkes mit auf der Kniescheibe aufgelegter Hohlhand diente der Beurteilung des Ausmaßes der patellofemorale Krepitation. Die Einteilung erfolgte nach IKDC in „keine“, „gering/mäßig“, „schmerzhaft“ und „schmerzhaft hörbar“. Die Symptome Entnahmestellenmorbidity, Druckdolenz und Parästhesien wurden in die Kategorien „keine“, „gering“, „mäßig“ und „stark“ eingeteilt und zusammen in 3.1.10 ausgewertet.

### **2.5.6.3 Bewegungsumfang**

Mit einem Winkelmesser wurde die passive Beweglichkeit der Kniegelenke gemessen und nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert. Ein möglicher Flexionsmangel des operierten Kniegelenkes wurde verifiziert, indem der Bewegungsumfang der betroffenen Seite in Relation zum unverletzten Kniegelenk gesetzt wurde. Der Extensionsmangel wurde nicht mit der Gegenseite verglichen, sondern auf die anatomische Nullstellung bezogen [16]. Die Dokumentation und Bewertung der Ergebnisse erfolgte nach IKDC: ein Flexionsausfall von 0–5° gilt als „A“, 6–15° als „B“, 16–25° als „C“ und Werte über 25° als „D“. Extensionsmangel von weniger als 3° wurde mit „A“, 3–5° als „B“, 6–10° als „C“ und alle Werte größer 10° als „D“ bewertet.

### **2.5.6.4 Mediale und laterale Gelenköffnung**

Zur Untersuchung der Kollateralbänder wurde in 20–30° Flexionsstellung ein Varus- bzw. Valgusstress auf das Kniegelenk ausgeübt. Die hierbei zu beobachtende mediale und laterale Aufklappbarkeit wurde wieder analog dem IKDC eingeteilt, wobei für Valgus- und Varusrotation gleiche Werte gelten: Aufklappbarkeit von 0–2 mm entspricht „A“, 3–5 mm gleich „B“, 6–10 mm gleich „C“ und Werte über 10 mm entsprechen „D“.

### **2.5.6.5 Vorderes Schubladezeichen**

Die Schublade-Phänomene gelten als klassische Tests in der Kreuzbanddiagnostik [24], wobei eine positive vordere Schublade für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes spricht. Zur Überprüfung eines vorderen Schublade-Phänomens wird das Kniegelenk in 90° Beugung gebracht, der Fuß des Patienten mit dem Gesäß des Untersuchers fixiert und die proximale Tibia mit den Händen nach vorne gezogen. Außerdem kann unterschieden werden, ob ein fester oder weicher Anschlag besteht. Ein fester Anschlag spricht für eine noch erhaltene Kontinuität des Kreuzbandes oder eine Partialruptur, wogegen ein weicher oder fehlender Anschlag ein Hinweis auf vollständige Kontinuitätsunterbrechung ist. Die Einteilung erfolgt nach IKDC als „negativ“ (0–2 mm a.p.-Translation), „1+“ (3–5 mm), „2+“ (6–10 mm) und „3+“ (a.p.-Translation größer 10 mm).

#### **2.5.6.6 Lachmann-Test**

Mit diesem Test lässt sich ein Schubladen-Phänomen in 20–30° Beugung überprüfen, wobei der Lachmann-Test sensitiver als der klassische Schubladen-Test mit 90° abgewinkeltem Kniegelenk ist [24]. Eine Beugestellung von 20–30° ist funktioneller, das vordere Kreuzband entfaltet also seine Funktion in dieser Stellung eher als in 90° Beugung. Außerdem wird durch eine verringerte Beugung im Kniegelenk der Hebelarm der ischiokruralen Muskulatur auf die Tibia minimiert und damit die Sensitivität des Tests erhöht. Eine Metaanalyse konnte bestätigen, dass der Lachmann-Test eine hohe Sensitivität (85%) und eine hohe Spezifität (95%) zur Diagnose einer ACL-Ruptur besitzt [25]. Zur Durchführung dieses Tests wird der Oberschenkel des Patienten mit einer Hand gehalten, das Kniegelenk soll sich dabei in 20–30° Beugung mit möglichst entspannter Muskulatur befinden. Mit der anderen Hand wird die Tibia nach vorne gezogen und die anteriore tibiale Translation bezogen auf das Femur subjektiv in 4 Grade eingeteilt: „Lachmann negativ“ = 0–2 mm, „Lachmann 1+“ = 3–5 mm, „Lachmann 2+“ = 6–10 mm und „Lachmann 3+“ entspricht einer Schublade größer als 10 mm.

#### **2.5.6.7 Pivot-Shift-Test**

Hierbei handelt es sich um ein dynamisches vorderes Subluxationsphänomen der Tibia gegenüber dem Femur. Der Untersucher hält das gestreckte Bein des Patienten in Innenrotation und appliziert dabei durch Druck auf den Oberschenkel einen leichten Valgusstress. Unter dieser Belastung kommt es bei Vorliegen einer VKB-Ruptur zu einer vermehrten anterioren Translation des lateralen Tibiaplateaus. Bei langsamer Beugung des Kniegelenkes führt eine Änderung der Zugrichtung des Tractus iliotibialis ab ca. 20–30° Flexion zu einer spürbaren Reposition des Tibiaplateaus. Diese Reposition wird als „Schnapp-Phänomen“ empfunden. Kommt dieses Subluxationsphänomen im Alltag unter bestimmten Belastungen vor, spricht man vom sog. „giving-way“, die Betroffenen spüren eine deutliche Instabilität im Kniegelenk. Die Einteilung erfolgte nach Jakob et al [26], wobei das Pivot-Shift-Phänomen in verschiedenen Rotationsstellungen ausgeführt wird. „1+“ entspricht einem Subluxationsphänomen in Innenrotation, „2+“ in Neutralposition und „3+“ in

Außenrotation. Grad-3-Läsionen sind allerdings nur bei Kombinationsverletzungen der posterolateralen oder posteromedialen Kapsel und des vorderen Kreuzbandes zu erwarten [24].

#### **2.5.6.8 Instrumentelle Translationsmessung**

Um die subjektiven Befunde der beschriebenen Schubladen-Tests zu objektivieren, wurde eine instrumentelle Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer (MEDmetric Corp., San Diego, USA) durchgeführt. Dieses Verfahren wurde bereits in den 90er Jahren von Daniel et al. beschrieben [27, 28], um reproduzierbare Werte zur Evaluation von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes zu erhalten. Das KT-1000-Arthrometer ist ein Apparat, der sich auf der Patella und der distalen Tibia aufstützt. Mit einem Wegmesser, der auf der Tuberositas tibiae aufgesetzt wird, kann die AP-Translation gemessen werden. Signaltöne zeigen dabei die erreichte Kraft an. Der Patient befindet sich dazu in Rückenlage, das distale Femur liegt auf einer Rolle auf, um das Kniegelenk entspannt in eine 20–30° Beugstellung zu bringen. Stützen an den Füßen halten die Unterschenkel in leichter Außenrotationsstellung (0–10°). Das Arthrometer wird am Unterschenkel fixiert, das Patellasensorkissen stabilisiert die Kniescheibe zwischen den femoralen Kondylen. Das Instrument wird durch einen einmaligen Druck von 89N nach posterior in eine Referenzposition gebracht, von welcher die passive vordere Verschieblichkeit gemessen wird. Beginnend mit der gesunden Seite werden 3 definierte Kräfte (89 N, 101 N und max. manuelle Verschiebung) auf beide Kniegelenke ausgeübt. Die Translation in mm wird von einer mechanischen Anzeige abgelesen und zur Auswertung das Ergebnis der operierten Seite von dem der Gegenseite abgezogen. Die Bewertung erfolgte nach der im IKDC-Evaluationsblatt [15, 16] vorgeschlagenen Einteilung zur Beurteilung der Untersuchung des Bandapparats.

#### **2.5.6.9 Sprung-Test**

Zur Evaluation der funktionellen Instabilität des Kniegelenkes wurden Sprung-Tests erstmals von Noyes et al. beschrieben [29]. Verschiedene Studien konnten zeigen, dass eine Seit-zu-Seit-Differenz von mehr als 85% mit verminderter Kniefunktion, Quadrizepsschwäche und Schwierigkeiten bei

Drehbewegungen im Sport korreliert [30-33]. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der Sprungsymmetrie und der Kniefunktion bei Patienten mit vorderer Instabilität [32, 33]. In der Literatur sind verschiedene Sprung-Tests beschrieben [24], wobei der Distanz-Sprung eine hohe Zuverlässigkeit besitzt und in der klinischen Praxis am einfachsten durchführbar ist. Der Patient führt, auf einem Bein stehend, mit jedem Bein zwei Sprünge aus, wobei die Hände auf dem Rücken verschränkt sind. Er muss auf demselben Bein landen, mit dem er abgesprungen ist. Als Absprungs- und Landepunkt wird der Aufsatzzpunkt der Großzehe gewertet und die Distanz in cm gemessen. Aus beiden Versuchen wird jeweils der Mittelwert errechnet und die Sprungweite als Quotient aus operiertem Bein und der Gegenseite in Prozent angegeben. Die Klassifikation erfolgt wieder gemäß dem IKDC-Evaluationsblatt.

## **2.6 Statistische Auswertung**

Die Datenverarbeitung erfolgte für alle erhobenen Befunde mit MS Excel. Die statistische Auswertung wurde in Zusammenarbeit mit einem diplomierten Psychologen der Universitätsklinik mit dem Statistikprogramm SPSS (Version 20.0) durchgeführt. Alle Variablen wurden mit dem Kolmogorov-Smirnov- und dem Shapiro-Wilk-Anpassungstest auf Normalverteilung untersucht. War diese gewährleistet, erfolgte die Prüfung der quantitativen Daten beider Kollektive mithilfe des T-Tests für unabhängige Stichproben auf relevante Unterschiede. Stellte sich eine nicht normale Verteilung einer Variablen heraus, wurde mit dem nichtparametrischen U-Test von Mann und Whitney geprüft. Qualitative Parameter, wie beispielsweise die Klassifizierungen nach IKDC, wurden für zweidimensionale Variablen mit dem Fisher-Test bzw. für mehrdimensionale Parameter mit dem Chi-Quadrat-Test untersucht. Bei allen Verfahren gilt ein Signifikanzwert kleiner oder gleich 0,05 für relevante Unterschiede.

## **3 Ergebnisse**

10 Jahre nach Studienbeginn gestaltete es sich teilweise sehr schwierig, die aktuellen Aufenthaltsorte aller 62 Studienteilnehmer ausfindig zu machen.

Trotz intensiver Recherche konnte die Anschrift von einem Patienten (LP-Gruppe) aufgrund Umzug ins Ausland nicht mehr ermittelt werden, ein weiterer Patient (ebenfalls LP-Gruppe) reagierte nicht auf die Anschreiben. Aufgrund der teilweise langen Anreise waren nicht alle Teilnehmer bereit, sich persönlich zur Nachuntersuchung einzufinden. Mit ihnen wurde vereinbart, die Fragebögen auf dem Postweg zu beantworten. Neben den 4 Studienausscheidern (3 ST/1 LP; siehe 2.3.4) konnten damit nach 10 Jahren noch 47 Teilnehmer (23 ST/24 LP) vollständig nachuntersucht werden, von weiteren 9 Teilnehmern (4 ST/5 LP) liegen Fragebögen vor.

### **3.1 Klinische Untersuchung**

Die Nachuntersuchungen fanden im Zeitraum von August 2009 bis November 2010 unter Aufsicht und Kontrolle eines erfahrenen Orthopäden in der Ambulanz des König-Ludwig-Hauses statt. Sofern keine anderen Angaben gemacht werden, beziehen sich die nachfolgenden Prozentangaben in Klammern jeweils auf das genannte Kollektiv (LP oder ST) als 100 Prozent.

#### **3.1.1 Oberschenkelumfang**

Die Messung des Oberschenkelumfangs erfolgte wie in 2.5.6.1 beschrieben. Eine messbare Differenz zeigte sich bei mehr als der Hälfte aller untersuchten Patienten. Geringfügige Differenzen sind jedoch auch bei nicht operierten Personen möglich. Nach Abzug der Teilnehmer mit einem Zirkumferenzunterschied zugunsten des operierten Beines lag bei 16 Personen der LP-Gruppe (66,67%) und bei 9 Patienten der ST-Gruppe (39,13%) kein relevanter Unterschied vor. Bei insgesamt 22 Teilnehmern (46,81%) zeigte sich eine Umfangsminderung des Oberschenkels am operierten Bein von mindestens 1 cm oder mehr gegenüber dem nicht operierten Bein. Davon entfielen 8 Patienten auf die LP-Gruppe (33,33%) und 14 auf die ST-Gruppe (60,87%). Die genauen Werte zeigt folgende Tabelle, statistisch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen ( $p=0,13$ ).

Differenz	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
< -1	3	12,50%	1	4,35%	4	8,51%
-1	2	8,33%	1	4,35%	3	6,38%
0	11	45,83%	7	30,43%	18	38,30%
1	8	33,33%	7	30,43%	15	31,91%
2	0	0,00%	4	17,39%	4	8,51%
3	0	0,00%	2	8,70%	2	4,26%
> 3	0	0,00%	1	4,35%	1	2,13%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 1: Oberschenkelumfang

### 3.1.2 Inspektion und Palpation

In der 10-Jahres-Nachuntersuchung konnte bei keinem Patienten eine Kniegelenkschwellung oder ein Gelenkerguss beobachtet werden. Beim passiven Durchbewegen des Kniegelenkes mit auf der Kniescheibe aufgelegter Hohlhand fand sich im Vergleich zur Gegenseite bei je 1 Patienten aus jedem Kollektiv eine mäßige patellofemorale Krepitation am operierten Kniegelenk.

Patellofemorale Krepitation	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine/seitengleich	23	95,83%	22	95,65%	45	95,74%
mäßig	1	4,17%	1	4,35%	2	4,26%
schmerzhaft	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
stark	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 2: Inspektion und Palpation

### 3.1.3 Bewegungsumfang

Bei der Messung des Bewegungsumfangs (s. 2.5.6.3) zeigten sich deutliche individuelle Unterschiede zwischen den Teilnehmern. Im Seitenvergleich fand sich aber nur bei 1 Patienten der LP-Gruppe (4,17%) ein Extensionsdefizit von mehr als 3°. Die übrigen Patienten beider Kollektive konnten die Kniegelenke seitengleich oder zumindest mit kaum messbaren Unterschieden kleiner 3° strecken.



Extensionsdefizit	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
< 3°	23	95,83%	23	100,00%	46	97,87%
3-5°	1	4,17%	0	0,00%	1	2,13%
6-10°	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> 10°	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 3: Bewegungsumfang Extensionsdefizit

Bei passiver Beugung dagegen zeigte sich bei 2 Patienten der ST-Gruppe (8,70%) ein Beugedefizit von über 6° im Seitenvergleich. Die übrigen Patienten dieser Gruppe sowie alle Teilnehmer mit Patellarsehnenerersatz wiesen keine oder nur geringe Einschränkungen kleiner 5° bei der Flexion des Kniegelenkes auf.

Flexionsdefizit	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-5°	24	100,00%	21	91,30%	45	95,74%
6-15°	0	0,00%	2	8,70%	2	4,26%
16-25°	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> 25°	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 4: Bewegungsumfang Flexionsdefizit

### 3.1.4 Mediale und laterale Gelenköffnung

In der Untersuchung der medialen Gelenköffnung zeigte sich bei je 1 Patienten aus jeder Gruppe eine leicht vermehrte mediale Aufklappbarkeit des Kniegelenkes von 3–5 mm.

Gelenköffnung	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-2	23	95,83%	22	95,65%	45	95,74%
3-5	1	4,17%	1	4,35%	2	4,26%
6-10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> 10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 5: Gelenköffnung – Valgusrotation

Auch bei der seitlichen Gelenköffnung durch Applikation von Varusstress fiel je 1 Patient aus jedem Kollektiv mit leicht vermehrter Aufklappbarkeit von 3–5 mm auf. Bei allen übrigen Teilnehmern war die Untersuchung mit einer Gelenköffnung von 0–2 mm unauffällig.

Gelenköffnung	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-2	23	95,83%	22	95,65%	45	95,74%
3-5	1	4,17%	1	4,35%	2	4,26%
6-10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> 10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 6: Gelenköffnung – Varusrotation

### 3.1.5 Vordere Schublade

Dieser Test wurde wie in 2.5.6.5 beschrieben durchgeführt. Im LP-Kollektiv zeigten 5 Patienten ein einfach positives Schubladenzeichen des operierten Kniegelenks (20,83%) mit einer a.p.-Translation von 3–5 mm. In der Gruppe mit Semitendinosussehnen-Transplantat fielen 2 Teilnehmer (8,70%) mit einfach positiver Schublade und 1 weiterer Teilnehmer (4,35%) mit zweifach positivem Schubladenzeichen, also einer a.p.-Translation von 6–10 mm, auf. Statistisch ergab sich mit  $p=0,58$  kein signifikanter Unterschied.

Vordere Schublade	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-2	19	79,17%	20	86,96%	39	82,98%
3-5	5	20,83%	2	8,70%	7	14,89%
6-10	0	0,00%	1	4,35%	1	2,13%
> 10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 7: a. p.-Translation

### 3.1.6 Lachmann-Test

Die Stabilitätsprüfung nach Lachmann (s. 2.5.6.6) gilt als sensitiver als der klassische Schubladen-Test mit 90° abgewinkelttem Kniegelenk [24]. Bei 8 Patienten der LP-Gruppe (33,33%) zeigte sich ein einfach positives Ergebnis, bei den übrigen Teilnehmern dieser Gruppe fiel der Test negativ aus. Im Vergleichskollektiv fand sich in 9 Fällen (39,13%) ein einfach positives Testergebnis. Bei einem Patienten (4,35%) bestand ein zweifach positiver Lachmann-Test und 1 weiterer Patient der ST-Gruppe (4,35%) fiel mit einem dreifach positiven Testergebnis auf, d.h. mit einer a.p.-Translation von über 10 mm. Statistisch zeigten sich auch hier keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,19$ ).

Lachmann	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-2	16	66,67%	12	52,17%	28	59,57%
3-5	8	33,33%	9	39,13%	17	36,17%
6-10	0	0,00%	1	4,35%	1	2,13%
> 10	0	0,00%	1	4,35%	1	2,13%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 8: Lachmann-Test

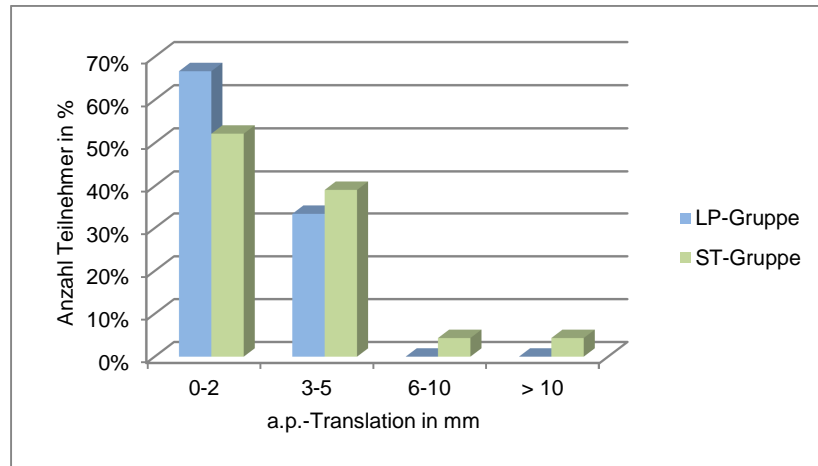


Abbildung 8: Ergebnisse Lachmann-Test

### 3.1.7 Pivot-Shift-Test

Der Pivot-Shift-Test (s. 2.5.6.7) birgt zum einen die Schwierigkeit, dass die Patienten die Muskulatur des zu untersuchenden Beines möglichst entspannt lassen müssen, was sich bei einigen Probanden als Herausforderung darstellte. Zum anderen ist die Interpretation der Ergebnisse stark von der Erfahrung des jeweiligen Untersuchers abhängig [24]. Bei 4 Patienten der LP-Gruppe (16,67%) fand sich in Innenrotation ein leichtes Gleitphänomen, welches wir als einfach positives Testergebnis vermerkt haben. Die übrigen Teilnehmer der LP-Gruppe sowie alle Patienten des Vergleichskollektivs zeigten ein negatives Testergebnis. Hier fand sich mit  $p=0,04$  ein statistisch auffälliger Unterschied zwischen den Kollektiven.

Pivot-Shift	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
negativ	20	83,33%	23	100,00%	43	91,49%
+	4	16,67%	0	0,00%	4	8,51%
++	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
+++	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 9: Pivot-Shift-Test

### 3.1.8 KT-1000-Arthrometer

Die Messung mit dem KT-1000-Arthrometer (s. 2.5.6.8) ist eine instrumentelle Translationsmessung, bei der die Compliance der Patienten ebenfalls eine

große Rolle spielt. Entscheidend für die Auswertung ist vor allem die Differenz der a.p.-Translation im Seitenvergleich, da hohe absolute Werte zwar eine erhöhte Verschieblichkeit der Tibia gegenüber des Femur anzeigen, aber bei beidseitigem Vorliegen auch Ausdruck einer konstitutionellen Laxizität des Kniegelenks sein können. Insgesamt verhielten sich beide Kollektive bei dieser Untersuchung relativ homogen, es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. So zeigte sich bei einer Kraft von 89 N bei 3 Patienten der LP-Gruppe (12,50%) und bei 4 Teilnehmern der ST-Gruppe (17,39%) eine Differenz des operierten Kniegelenks zur Gegenseite von 3–6 mm ( $p=0,75$ ). Bei 101 N stieg diese Zahl auf 5 Patienten des LP-Kollektivs (20,83%) und 4 Patienten (17,39%) der Vergleichsgruppe, wobei hier auch 1 Patient mit einer Differenz von 6,5–10 mm auffiel ( $p=0,70$ ). Bei Applikation von maximaler Kraft zeigten je 5 Teilnehmer aus beiden Kollektiven eine a.p.-Translation von 3–6 mm ( $p=0,90$ ).

KT-1000	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
bei 89 N						
< -3	21	87,50%	19	82,61%	40	85,11%
-3 bis -6	3	12,50%	4	17,39%	7	14,89%
-6,5 bis -10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> -10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%
bei 101 N						
< -3	19	79,17%	18	78,26%	37	78,72%
-3 bis -6	5	20,83%	4	17,39%	9	19,15%
-6,5 bis -10	0	0,00%	1	4,35%	1	2,13%
> -10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%
bei max. Kraft						
< -3	19	79,17%	18	78,26%	37	78,72%
-3 bis -6	5	20,83%	5	21,74%	10	21,28%
-6,5 bis -10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
> -10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 10: Instrumentelle Translationsmessung

### 3.1.9 Einbeinsprungtest

Die Durchführung und Auswertung des Sprung-Tests erfolgte wie in 2.5.6.9 beschrieben. Aufgrund von Begleiterkrankungen war aus beiden Kollektiven je 1 Teilnehmer nicht bereit den Test durchzuführen, so dass sich die Gesamtzahl der Untersuchungsergebnisse für diesen Punkt auf 23 (LP) bzw. 22 (ST) verringert. Im LP-Kollektiv erreichten 9 Teilnehmer mit dem operierten Bein eine Weite über 100% der Gegenseite, weitere 9 noch Werte zwischen 91% und 100%. Nur 5 Patienten der LP-Gruppe erreichten eine Sprungweite von 81–90% der Gegenseite. Das Vergleichskollektiv schnitt etwas schlechter ab, hier sprangen 4 Teilnehmer mit dem operierten Bein weiter als mit der nicht operierten Gegenseite, 9 Patienten kamen auf 91–100% der Gegenseite. 8 Patienten der ST-Gruppe lagen bei 81–90% und 1 Patient dieser Gruppe kam nur auf eine Distanz von 71–80% zur Gegenseite. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen.

Diff. zum gesunden Bein	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0-70	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
71-80	0	0,00%	1	4,55%	1	2,22%
81-90	5	21,74%	8	36,36%	13	28,89%
91-100	9	39,13%	9	40,91%	18	40,00%
> 100	9	39,13%	4	18,18%	13	28,89%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 11: Einbeinsprungtest

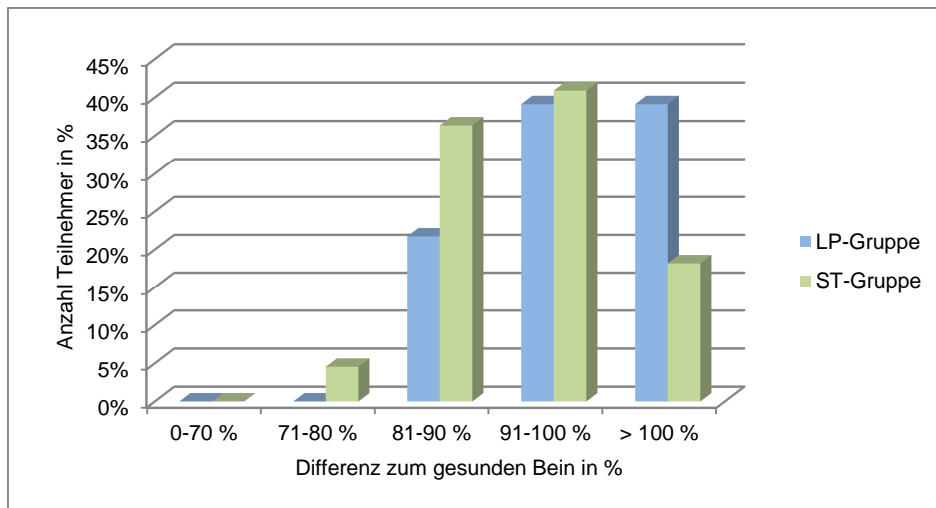


Abbildung 9: Ergebnisse Einbeinsprungtest

Legt man die nach IKDC vorgeschlagene Einteilung des funktionellen Tests zugrunde (s. Anhang), so erreichten alle Patienten in beiden Kollektiven eine Gruppenwertung von A (= normal) oder B (= fast normal), wobei die Teilnehmer mit Ligamentum patellae-Transplantat etwas besser abschnitten als das Vergleichskollektiv. Die genaue Verteilung zeigt folgende Tabelle 12.

IKDC Gruppenwertung	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
A	18	78,26%	14	63,64%	32	71,11%
B	5	21,74%	8	36,36%	13	28,89%
C	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
D	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 12: Einbeinsprungtest IKDC Gruppenwertung

### 3.1.10 Entnahmestellenmorbidity

Die Narbenverhältnisse waren bei allen Teilnehmern 10 Jahre nach Operation unauffällig und boten keinerlei Anlass zur Beschwerde von Seiten der Patienten. Überprüft wurden auch die Symptome Druckschmerz, Irritationen und Gefühlsstörungen an der Transplantatentnahmestelle. Die Einteilung erfolgte wie im IKDC-Blatt vorgeschlagen in „keine“, „gering“, „mäßig“ und „stark“ (s. Anhang). Dabei klagten 10 Teilnehmer der LP-Gruppe (41,67%) über geringe Beeinträchtigungen, weitere 3 Teilnehmer über mäßige Probleme

(12,50%) und 2 Patienten (8,33%) gaben starke Probleme mit der Transplantatentnahmestelle an. Im Vordergrund standen hierbei Schmerzen bei knienden Tätigkeiten, allgemeiner Druckschmerz, Wetterfühligkeit und Gefühlsstörungen in der Narbengegend. In der Vergleichsgruppe war dagegen über die Hälfte der Patienten (56,52%) beschwerdefrei, 9 Teilnehmer (39,13%) gaben geringe Beeinträchtigungen an. Hier wurde vor allem über Gefühlsstörungen im Bereich der Transplantatentnahmestelle berichtet. Nur 1 Patient der ST-Gruppe (4,35%) klassifizierte seine Symptome als mäßiggradig. Der Unterschied zwischen den Gruppen ist mit  $p=0,07$  nicht signifikant.

Entnahmestellenmorbidity	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	9	37,50%	13	56,52%	22	46,81%
gering	10	41,67%	9	39,13%	19	40,43%
mäßig	3	12,50%	1	4,35%	4	8,51%
stark	2	8,33%	0	0,00%	2	4,26%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 13: Entnahmestellenmorbidity

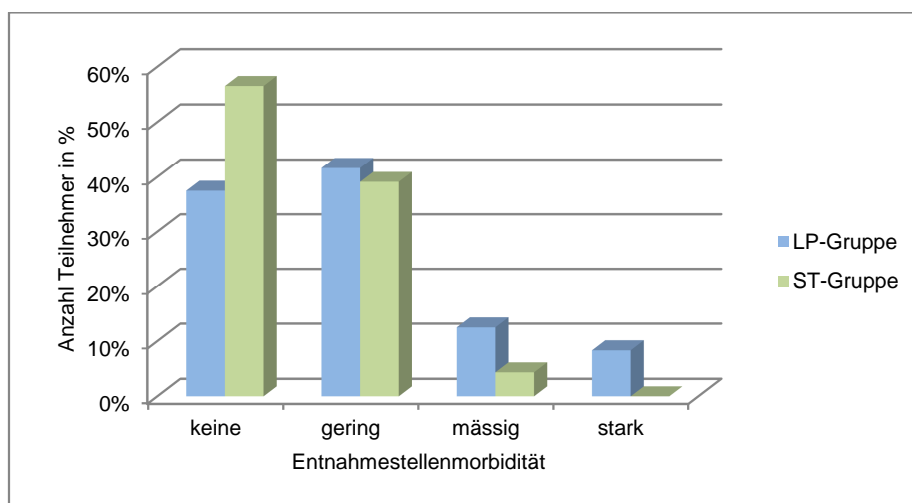


Abbildung 10: Entnahmestellenmorbidity

### 3.1.11 IKDC-Wertung

In die Wertung des von Hefti und Müller publizierten IKDC-Evaluationsblattes (s. 2.5.1 und Anhang) werden 4 Kategorien einbezogen: Subjektive Beurteilung durch den Patienten, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des



Bandapparates mittels Lachmann-Test, Pivot-Shift, Gelenköffnung und totale a.p.-Translation. Die schlechteste Qualifikation innerhalb einer Gruppe ergibt die Gruppenwertung, die schlechteste Gruppenqualifikation wird für die Gesamtevaluation gewertet, welche in „A, B, C und D“ unterteilt ist. Dabei gilt „A“ (=normal) als bestes und „D“ (=stark abnormal) als schlechtestes Ergebnis. In der Gruppe mit Ligamentum patellae-Transplantat erreichten 6 Teilnehmer (25,0%) eine Gesamtwertung mit A, 17 Patienten (70,83%) wurden mit B, (=„fast normal“) und 1 Teilnehmer (4,17%) mit C (=abnormal) bewertet. Im Vergleichskollektiv erreichten 8 Teilnehmer (34,78%) die beste Qualifikation A, weitere 8 Patienten (34,78%) die Bewertung B. 5 Patienten der ST-Gruppe (21,74%) wurden nach IKDC mit C (= abnormal) und 2 Patienten (8,70%) mit D (=stark abnormal) bewertet. Bezüglich der Verteilung zeigten sich keine statistisch auffälligen Unterschiede ( $p=0,35$ ).

IKDC U6	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
A (normal)	6	25,00%	8	34,78%	14	29,79%
B (fast normal)	17	70,83%	8	34,78%	25	53,19%
C (abnormal)	1	4,17%	5	21,74%	6	12,77%
D (stark abnormal)	0	0,00%	2	8,70%	2	4,26%
Gesamt	24	100,00%	23	100,00%	47	100,00%

Tabelle 14: Gesamtqualifikation IKDC

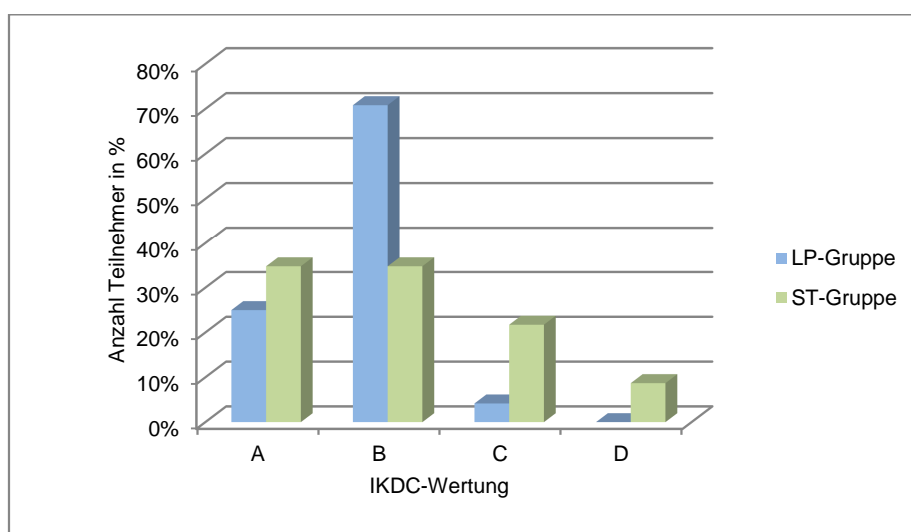


Abbildung 11: IKDC Gesamtwertung

## **3.2 Radiologische Kontrolle**

Von den 47 Patienten, die sich persönlich zur Nachuntersuchung in der Ambulanz des König-Ludwig-Hauses einfanden, konnten von 45 Personen Röntgenbilder angefertigt werden (s. 2.5.5). 2 Teilnehmerinnen, eine aus jeder Gruppe, lehnten eine radiologische Kontrolle aufgrund einer Schwangerschaft ab und waren auch nicht bereit, dies zu einem späteren Zeitpunkt nachzuholen. Damit reduziert sich in dieser Untersuchung die Gesamtzahl der Datensätze auf 23 (LP) bzw. 22 (ST).

### **3.2.1 Röntgenevaluation nach Sherman**

Die Beurteilung der angefertigten Röntgenbilder erfolgte zusammen mit einem erfahrenen Oberarzt der Klinik nach dem von Sherman et al. veröffentlichten Evaluationsblatt (s. Anhang) [23]. Dieser Bewertungsbogen ist in 2 Abschnitte unterteilt: Der Periarticular Score (P-Score) untersucht Ausziehungen an den einzelnen Strukturen um das Kniegelenk. Insgesamt werden dabei 10 Punkte vergeben, was einem radiologisch unauffälligen Kniegelenk entspricht. Für den P-Score erreichte die LP-Gruppe einen Durchschnittswert von 8 Punkten, das Vergleichskollektiv mit 7,77 Punkten etwas weniger. Die volle Punktzahl erreichte nur 1 Patient mit Patellarsehnenersatz (4,35%), dagegen 3 Teilnehmer aus dem ST-Kollektiv (13,64%). Die genaue Verteilung der erhobenen Befunde ist Tabelle 15 zu entnehmen, statistisch zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p=0,34$ ).

P-Score U6	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
Ausziehungen Patella	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	11	47,83%	12	54,55%	23	51,11%
gering-mäßig	12	52,17%	10	45,45%	22	48,89%
stark	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
AZ mediales Kompartiment	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	9	39,13%	7	31,82%	16	35,56%
gering	14	60,87%	15	68,18%	29	64,44%
mäßig	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
AZ laterales Kompartiment	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	20	86,96%	12	54,55%	32	71,11%
gering	3	13,04%	10	45,45%	13	28,89%
mäßig	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
AZ Eminentia intercondylaris	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	6	26,09%	8	36,36%	14	31,11%
gering-mäßig	17	73,91%	14	63,64%	31	68,89%
stark	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
P-Score U6	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
6	3	13,04%	5	22,73%	8	17,78%
7	4	17,39%	5	22,73%	9	20,00%
8	7	30,43%	5	22,73%	12	26,67%
9	8	34,78%	4	18,18%	12	26,67%
10	1	4,35%	3	13,64%	4	8,89%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 15: P-Score

Der Degenerative Score (D-Score) bewertet mögliche arthrotische Veränderungen des Gelenkes anhand von Gelenkspaltverschmälerung, Zeichen der Sklerose, subchondralen Zysten und freien Gelenkkörpern. Es werden maximal 16 Punkte vergeben, falls keine Anzeichen für eine Degeneration vorliegen. Die LP-Gruppe erreichte für den D-Score einen Durchschnittswert von 14,35 Punkten. Im ST-Kollektiv lag dieser mit 14,14 Punkten geringfügig darunter. Den maximalen Wert von 16 Punkten erreichten 6 Patienten der LP-Gruppe (26,09%) und 4 Teilnehmer mit Semitendinosussehnen-Transplantat (18,18%). Die erhobenen Befunde sind in den folgenden Tabellen 16 und 17 zu finden, es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,75$ ).

D-Score U6	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
Subchondrale Sklerose med. Komp.	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	12	52,17%	9	40,91%	21	46,67%
gering-mäßig	11	47,83%	13	59,09%	24	53,33%
stark	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Subchondrale Sklerose lat. Komp.	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	21	91,30%	18	81,82%	39	86,67%
gering-mäßig	2	8,70%	4	18,18%	6	13,33%
stark	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Mediale Gelenkspaltverschmälerung	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
2 mm	7	30,43%	4	18,18%	11	24,44%
1 mm	7	30,43%	12	54,55%	19	42,22%
keine	9	39,13%	6	27,27%	15	33,33%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Laterale Gelenkspaltverschmälerung	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
2 mm	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
1 mm	2	8,70%	4	18,18%	6	13,33%
keine	21	91,30%	18	81,82%	39	86,67%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Subchondrale Zysten lat./med. Komp.	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%
Freie Gelenkkörper	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine	22	95,65%	22	100,00%	44	97,78%
2 oder mehr	1	4,35%	0	0,00%	1	2,22%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 16: D-Score

D-Score U6 Gesamt	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
11	0	0,00%	2	9,09%	2	4,44%
12	1	4,35%	1	4,55%	2	4,44%
13	6	26,09%	2	9,09%	8	17,78%
14	6	26,09%	8	36,36%	14	31,11%
15	4	17,39%	5	22,73%	9	20,00%
16	6	26,09%	4	18,18%	10	22,22%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 17: D-Score Total

Der Gesamtscore (T-Score) ist die Summe von P- und D-Score mit maximal 26 Punkten, was einem radiologisch unauffälligen Kniegelenk entspricht. Die LP-Gruppe lag hier im Mittel bei 22,35 Punkten, 1 Patient kam auf den Höchstwert von 26 Punkten (4,35%). In der ST-Gruppe lag der Durchschnittswert bei 21,91 Punkten, wobei 2 Teilnehmer 26 Punkte erreichten (9,09%). Die genaue Verteilung ist in folgender Tabelle dargestellt, auch hier fanden sich keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede ( $p=0,47$ ).

T-Score U6	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
17	0	0,00%	2	9,09%	2	4,44%
18	1	4,35%	0	0,00%	1	2,22%
19	1	4,35%	2	9,09%	3	6,67%
20	1	4,35%	2	9,09%	3	6,67%
21	5	21,74%	2	9,09%	7	15,56%
22	5	21,74%	6	27,27%	11	24,44%
23	3	13,04%	2	9,09%	5	11,11%
24	3	13,04%	2	9,09%	5	11,11%
25	3	13,04%	2	9,09%	5	11,11%
26	1	4,35%	2	9,09%	3	6,67%
Gesamt	23	100,00%	22	100,00%	45	100,00%

Tabelle 18: T-Score

### 3.2.2 Besonderheiten

Die radiologischen Kontrollaufnahmen zeigten bei einigen Patienten zusätzliche Auffälligkeiten. So fanden sich bei insgesamt 5 Teilnehmern des ST-Kollektivs (22,73%) Hinweise auf eine Lockerung sowie leichte Dislokation des proximalen Endobuttons (s. Abbildung 12 und 14). Bei 1 Patientin der LP-Gruppe (4,35%) zeigte sich eine leichte Dislokation der tibialen Interferenzschraube nach ventral (s. Abbildung 13). Diese Befunde konnten auch schon in den Kontrollaufnahmen bei U5 erhoben werden, im Verlauf fand sich aber keine Veränderung. Auch gaben die betroffenen Patienten keinerlei Beschwerden an, die durch die beschriebenen Befunde hervorgerufen werden könnten.



Abbildung 14: dislozierter Endobutton, 120 Monate postoperativ



Abbildung 13: ventralisierte Interferenzschraube, 127 Monate postoperativ



Abbildung 12: dislozierter Endobutton, 122 Monate postoperativ

### 3.3 Fragebögen

In diesem Kapitel werden die mithilfe von Patientenfragebögen (s. 2.5) erhobenen Befunde dargestellt. Neben den 47 Teilnehmern, die sich persönlich zur Nachuntersuchung vorgestellt hatten, konnten zusätzlich 9 weitere Patienten auf dem Postweg befragt werden. Damit liegen insgesamt 56 Datensätze vor, wovon 29 auf das LP- und 27 auf das ST-Kollektiv entfallen. Für keinen der im Folgenden dargestellten Befunde ergab sich ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

### 3.3.1 Lysholm-Score

In dem von Lysholm et al. entwickelten Evaluationsbogen (s. 2.5.2) werden die 8 Symptome Hinken, Gehilfen, Blockierungen, Instabilität, Schmerzen, Schwellung sowie eventuelle Probleme beim Treppensteigen und der tiefen Hocke abgefragt, um die funktionelle Beeinträchtigung der Patienten aufgrund klinischer Instabilität zu bewerten. Die maximale Punktzahl beträgt 100, das Ergebnis wird in 4 Abstufungen eingeteilt: Sehr gut (95-100), gut (84-94), mäßig (65-83) und schlecht (<65).

Die LP-Gruppe erreichte im Durchschnitt ein Ergebnis von 91,98 Punkten, das ST-Kollektiv lag im Mittel bei 91,84 Punkten. Aus beiden Gruppen kamen über die Hälfte der Teilnehmer auf ein sehr gutes Ergebnis von 95–100 Punkten (LP: 55,17%; ST: 51,85%). 2 Patienten aus der ST-Gruppe (7,41%) erreichten dagegen mit weniger als 64 Punkten nur ein schlechtes Ergebnis ( $p=0,26$ ).

Lysholm-Score U6	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
sehr gut (95 - 100)	16	55,17%	14	51,85%	30	53,57%
gut (84 - 94)	11	37,93%	9	33,33%	20	35,71%
mäßig (65 - 83)	2	6,90%	2	7,41%	4	7,14%
schlecht (0 - 64)	0	0,00%	2	7,41%	2	3,57%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 19: Verteilung nach Lysholm

### 3.3.2 Tegner-Aktivitätsskala

Alle Studienteilnehmer sollten bei der 10-Jahres-Nachuntersuchung ihr aktuelles Aktivitätsniveau in eine von Tegner et al. publizierte Skala (s. 2.5.3 und Anhang) einordnen. Dabei handelt es sich um eine Einteilung in 11 aufsteigende Aktivitätslevel, von Arbeitsunfähigkeit (0) über verschiedene Belastungsstufen in Beruf und Freizeitsport bis zum Hochleistungssport (10). Die Patienten geben jeweils das höchste von ihnen erreichte Aktivitätsniveau an, wobei die LP-Gruppe einen Durchschnittswert von 5,79 erreichte. Das ST-Kollektiv lag mit einem Durchschnittswert von 5,04 etwas darunter. Die angegebenen Werte reichten von Level 3 (= Sport: nur Schwimmen und/oder



Spaziergehen) bis 9 (= Leistungssport auf Landes- und Kreisliganiveau) (p=0,10).

Tegner Aktivität	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
10	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
9	1	3,45%	0	0,00%	1	1,79%
8	2	6,90%	0	0,00%	2	3,57%
7	6	20,69%	5	18,52%	11	19,64%
6	8	27,59%	4	14,81%	12	21,43%
5	5	17,24%	7	25,93%	12	21,43%
4	7	24,14%	9	33,33%	16	28,57%
3	0	0,00%	2	7,41%	2	3,57%
2	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
1	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
0	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 20: Beurteilung des Aktivitätsniveaus nach Tegner

### 3.3.3 Kniefunktion

Die Frage nach der subjektiven Beurteilung der Funktion des operierten Kniegelenks beantworteten insgesamt über 90 % der Teilnehmer beider Kollektive mit „normal“ oder „fast normal“. 2 Patienten aus der ST-Gruppe (7,41%) gaben jedoch deutliche Schwierigkeiten an und beurteilten dementsprechend die Kniefunktion als abnormal (p=0,74).

Kniefunktion	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
normal, ohne Probleme	16	55,17%	17	62,96%	33	58,93%
fast normal, leichte Probleme	13	44,83%	8	29,63%	21	37,50%
abnormal, deutliche Schwierigkeiten	0	0,00%	2	7,41%	2	3,57%
abnormal, starke Schwierigkeiten	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 21: Subjektive Beurteilung der Kniefunktion nach IKDC

### 3.3.4 Blockierung

Hinsichtlich des Merkmals „Blockierungen im Kniegelenk“ gaben je 24 Teilnehmer (LP: 82,76%; ST: 88,89%) aus beiden Gruppen keinerlei Beschwerden an. Über Einklemmungserscheinungen ohne Blockierung im Kniegelenk berichteten je 2 Teilnehmer (LP: 6,90%; ST: 7,41%) aus jedem Kollektiv. Weitere 3 Patienten der LP-Gruppe (10,34%) sowie 1 Proband aus der ST-Gruppe (3,70%) gaben gelegentliche Blockierungen im Kniegelenk an ( $p=0,48$ ).

Blockierung	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
momentan	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
gelegentlich	3	10,34%	1	3,70%	4	7,14%
Einklemmungserscheinungen	2	6,90%	2	7,41%	4	7,14%
Keine Symptome	24	82,76%	24	88,89%	48	85,71%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 22: Blockierungserscheinungen

### 3.3.5 Instabilitätsgefühl

Bei jeweils 8 Teilnehmern aus jeder Gruppe (LP: 27,59%; ST: 29,63%) tritt gelegentlich beim Sport oder anderer starker Belastung ein Instabilitätsgefühl

im betroffenen Kniegelenk auf. 1 Patient der ST-Gruppe (3,70%) berichtete über ein gelegentliches Instabilitätsgefühl bei alltäglicher Belastung und 1 weiterer Patient dieser Gruppe über häufige Instabilität im operierten Kniegelenk im Alltag. Die restlichen Teilnehmer beider Gruppen zeigten hinsichtlich der Stabilität im Kniegelenk keine Beschwerden ( $p=0,37$ ).

Instabilität	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
nie Instabilitätsgefühl	21	72,41%	17	62,96%	38	67,86%
gelegentlich beim Sport / starker Belastung	8	27,59%	8	29,63%	16	28,57%
regelmäßig beim Sport / starker Belastung	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
gelegentlich bei alltäglicher Belastung	0	0,00%	1	3,70%	1	1,79%
häufig bei alltäglicher Belastung	0	0,00%	1	3,70%	1	1,79%
bei jedem Schritt	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 23: Instabilitätserscheinungen

### 3.3.6 Schmerz

Bezüglich des Merkmals „Schmerzen im operierten Kniegelenk“ sollten die Studienteilnehmer zunächst im Evaluationsblatt nach Lysholm Angaben zum Zeitpunkt des Auftretens und zur Schmerzstärke machen. Im Anschluss erfolgte eine Quantifizierung der Schmerzintensität mithilfe einer visuellen Analogskala (s. 2.5.4). Die Mehrzahl der Patienten beider Kollektive gab keine Kniegelenkschmerzen (insgesamt 53,57%) bzw. unregelmäßig und leichte Schmerzen nur bei starker Belastung (insgesamt 35,71%) an. Jeweils 2 Patienten aus jeder Gruppe berichteten über deutliche Schmerzen im operierten Kniegelenk bei starker Belastung, je 1 weiterer Patient klagte über deutliche Schmerzen bei einer Gehstrecke von mehr als 2 km ( $p=0,48$ ).

Schmerz	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine Schmerzen	17	58,62%	13	48,15%	30	53,57%
unregelmäßig und leicht bei starker Belastung	9	31,03%	11	40,74%	20	35,71%
deutlich bei starker Belastung	2	6,90%	2	7,41%	4	7,14%
deutlich bei Gehstrecke > 2 km	1	3,45%	1	3,70%	2	3,57%
deutlich bei Gehstrecke < 2 km	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
ständige Schmerzen	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 24: Auftreten von Schmerzen

Eine ähnliche Verteilung zeigte sich auch auf der visuellen Analogskala zur Quantifizierung der Schmerzstärke. Die meisten Teilnehmer gaben keine oder nur geringe Schmerzen im unteren Drittel der Skala an. Die höchsten Werte der LP-Gruppe gaben 2 Patienten mit 50% des maximalen Schmerzes an. Im Vergleichskollektiv quantifizierten ebenfalls 2 Teilnehmer ihre Schmerzintensität mit 50%, allerdings gaben hier auch 4 Patienten Intensitäten von 60% und ein weiterer Patient von 70% an ( $p=0,08$ ).

VAS	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
0%	15	51,72%	9	33,33%	24	42,86%
10%	4	13,79%	3	11,11%	7	12,50%
20%	0	0,00%	1	3,70%	1	1,79%
30%	3	10,34%	5	18,52%	8	14,29%
40%	5	17,24%	2	7,41%	7	12,50%
50%	2	6,90%	2	7,41%	4	7,14%
60%	0	0,00%	4	14,81%	4	7,14%
70%	0	0,00%	1	3,70%	1	1,79%
80%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
90%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
100%	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 25: Schmerzintensität in Prozent nach VAS

Die im Fragebogen enthaltene Frage nach der Aktivität, welche die Teilnehmer ohne Schmerzen ausführen können, ergab folgende Verteilung: Die Mehrheit der Patienten beider Gruppen (insgesamt 76,79% aller Teilnehmer) gab keine schmerzbedingten Einschränkungen an. 2 Teilnehmer aus jedem Kollektiv verzichteten auf Kontaktsportarten, konnten aber schwere körperliche Arbeit verrichten und Skifahren. 3 Teilnehmer der LP-Gruppe (10,34%) und 5 Teilnehmer der ST-Gruppe (18,52%) konnten schmerzfrei nur Aktivitäten ohne belastende Rotation sowie leichte körperliche Arbeit ausführen. 1 Patient aus dem ST-Kollektiv gab an, nur noch sitzende Tätigkeiten schmerzfrei ausführen zu können ( $p=0,41$ ).

Aktivität ohne Schmerzen	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
1 (Aktivität mit belastender Rotation und Kontaktsport)	24	82,76%	19	70,37%	43	76,79%
2 (schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren)	2	6,90%	2	7,41%	4	7,14%
3 (leichte körperliche Arbeit, Joggen, Springen)	3	10,34%	5	18,52%	8	14,29%
4 (sitzende Tätigkeit)	0	0,00%	1	3,70%	1	1,79%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 26: Schmerzfreie Aktivität

### 3.3.7 Schwellung

Zum Zeitpunkt der klinischen Untersuchung konnte bei keinem Studienteilnehmer eine Schwellung des Kniegelenks beobachtet werden (s. 3.1.2). Im entsprechenden Fragebogen gaben 8 Patienten der LP-Gruppe (27,59%) sowie 6 Teilnehmer mit Semitendinosussehnen-Transplantat (22,22%) eine Schwellung des betroffenen Kniegelenks nach starker Belastung an. Die übrigen Patienten beider Gruppen hatten keine Probleme bezüglich dieses Punktes ( $p=0,65$ ).

Schwellung	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine Schwellung	21	72,41%	21	77,78%	42	75,00%
nach starker Belastung	8	27,59%	6	22,22%	14	25,00%
nach alltäglicher Belastung	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
ständige Schwellung	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 27: Auftreten von Schwellungen des Kniegelenks

### 3.3.8 Treppensteigen

Über 10 Jahre nach Operation berichtet der überwiegenden Mehrheit der Patienten beider Gruppen das Treppensteigen keine Probleme (LP: 93,10%; ST: 81,48%). Über leichte Einschränkungen berichteten 2 Teilnehmer mit Ligamentum patellae-Transplantat (6,90%) sowie 5 Teilnehmer des Vergleichskollektivs (18,52%) ( $p=0,19$ ).

Treppensteigen	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
keine Probleme	27	93,10%	22	81,48%	49	87,50%
leichte Einschränkung	2	6,90%	5	18,52%	7	12,50%
nur schrittweise möglich	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
unmöglich	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 28: Probleme beim Treppensteigen

### 3.3.9 Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis

75% aller Teilnehmer gaben über 10 Jahre nach dem Eingriff an, mit dem Operationsergebnis sehr zufrieden zu sein. Weitere 21% äußerten sich zufrieden. Allerdings gab es auch in jedem Kollektiv je 1 Patienten, der aufgrund einer für ihn unzureichenden Kniegelenksfunktion unzufrieden mit dem Resultat des Kreuzbandersatzes ist. Die genaue Verteilung nach Gruppen zeigt Tabelle 29 ( $p=0,31$ ).

Zufriedenheit	LP-Gruppe		ST-Gruppe		Gesamt	
	n	Prozent	n	Prozent	n	Prozent
sehr zufrieden	20	68,97%	22	81,48%	42	75,00%
zufrieden	8	27,59%	4	14,81%	12	21,43%
unzufrieden	1	3,45%	1	3,70%	2	3,57%
Gesamt	29	100,00%	27	100,00%	56	100,00%

Tabelle 29: Zufriedenheit der Patienten mit dem Operationsergebnis

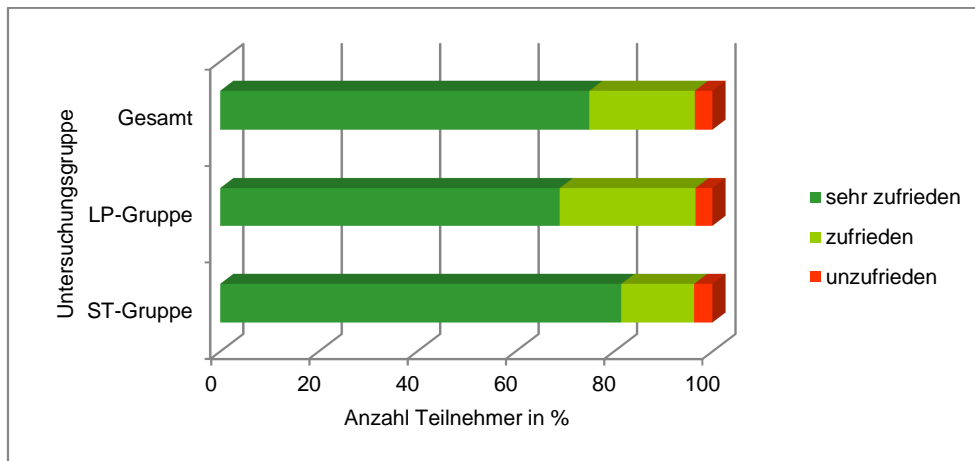


Abbildung 15: Zufriedenheit der Patienten mit dem Operationsergebnis

### 3.4 Verlauf

In der Verlaufsanalyse werden die zu den 4 Untersuchungszeitpunkten Präoperativ, U4, U5 und U6 erhobenen Befunde gegenübergestellt und auf Veränderungen untersucht. Es wurden jeweils nur die Patienten berücksichtigt, welche zu allen genannten Untersuchungen zur Verfügung standen. Klinisch zu erhebende Befunde liegen demnach von 21 Teilnehmern der LP-Gruppe und 19 Teilnehmern des Vergleichskollektivs vor, Daten aus Fragebögen von 22 Patienten mit Ligamentum patellae-Transplantat und 20 Patienten der ST-Gruppe. Da einzelne Untersuchungen von einigen Teilnehmern zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten aufgrund von Begleiterkrankungen nicht durchgeführt werden konnten, kann die Anzahl der erhobenen Befunde variieren. Die entsprechende Teilnehmerzahl wird dann in den jeweiligen Kapiteln dargestellt.

#### 3.4.1 IKDC

Hinsichtlich der Gesamtbewertung entsprechend dem IKDC-Evaluationsblatt (s. 2.5.1) ergibt sich im 10-Jahres-Vergleich für beide Kollektive zunächst ein eindeutig positiver Trend. Wandelt man die alphabetischen Ränge A bis D in numerische Werte von 1 bis 4 um, verbessert sich der Mittelwert des IKDC-Scores im LP-Kollektiv von 3,86 präoperativ auf 1,76 bei U6. In der Vergleichsgruppe verbessert sich der Schnitt von 3,68 auf 2,21. Allerdings zeigt sich auch eine leichte Verschlechterung der IKDC-Wertung von der 5-Jahres-Nachuntersuchung (U5), bei der im Mittel in beiden Kollektiven mit einem



Gesamtdurchschnitt von 1,70 die besten Bewertungen erreicht wurden, im Vergleich zur 10-Jahres-Nachuntersuchung (U6) mit einem Gesamtdurchschnitt von 1,98. Während bei U6 im Vergleich zu U5 in der LP-Gruppe 2 Patienten je eine Stufe schlechter bewertet wurden, bekamen im ST-Kollektiv insgesamt 6 Teilnehmer eine schlechtere Gesamtbewertung. Statistisch ergaben sich für die Verlaufsbetrachtung nach IKDC keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,17$ ). Die Verteilung der Mittelwerte zeigt Tabelle 30, einen Überblick über die einzelnen Bewertungen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten gibt Tabelle 31.

IKDC	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	21	3,86	2,24	1,67	1,76
ST-Gruppe	19	3,68	2,59	1,74	2,21
Gesamt	40	3,78	2,40	1,70	1,98

Tabelle 30: Durchschnittswerte der Gesamtqualifikation nach IKDC

IKDC	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
Gesamtwertung	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
A (normal)	0	0,00	1	4,76	8	38,10	6	28,57	0	0,00	0	0,00	8	42,11	5	26,32
B (fast normal)	1	4,76	15	71,43	12	57,14	14	66,67	1	5,26	11	57,89	9	47,37	7	36,84
C (abnormal)	1	4,76	4	19,05	1	4,76	1	4,76	4	21,05	5	26,32	1	5,26	5	26,32
D (stark abnormal)	19	90,48	1	4,76	0	0,00	0	0,00	14	73,68	3	15,79	1	5,26	2	10,53
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 31: Verlauf Gesamtqualifikation nach IKDC

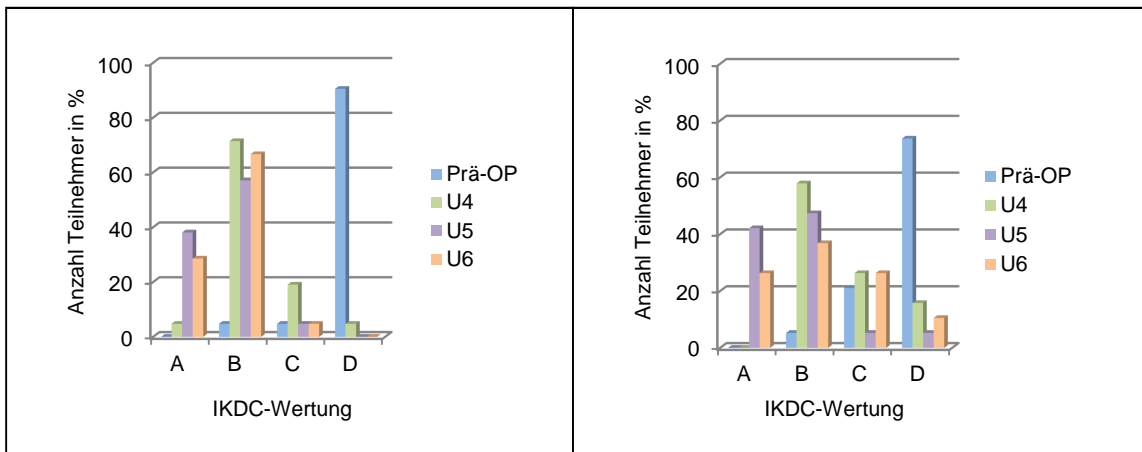


Abbildung 17: Verlauf Gesamtqualifikation nach IKDC, LP-Kollektiv

Abbildung 16: Verlauf Gesamtqualifikation nach IKDC, ST-Kollektiv

### 3.4.2 Lysholm-Score

Die Klassifikation nach Lysholm (s. 2.5.2) bewertet mithilfe verschiedener Parameter die funktionelle Beeinträchtigung der Patienten aufgrund klinischer Instabilität des Kniegelenks. Hier zeigt sich in beiden Kollektiven ähnlich dem Verlauf der Gesamtqualifikation nach IKDC ebenfalls eine positive Entwicklung mit zunehmendem Abstand zur Operation. Auffällig ist ein leichter Rückgang im Mittelwert beider Gruppen zum Zeitpunkt U5 gegenüber U4. In der 10-Jahres-Nachuntersuchung erreichten im Vergleich zu den vorhergehenden Untersuchungen die meisten Patienten beider Kollektive die Klassifikation „sehr gut“ und damit auch die höchsten Durchschnittswerte.

Lysholm	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	22	53,68	89,18	88,27	92,96
ST-Gruppe	20	65,20	89,25	88,80	89,90
Gesamt	42	59,17	89,21	88,52	91,50

Tabelle 32: Verlauf Durchschnittswerte Lysholm-Score

Im Kollektiv mit Patellarsehnenersatz ist der positive Trend, vor allem die Verbesserung von U5 zu U6, deutlicher zu erkennen als in der Vergleichsgruppe. 2 Teilnehmer der ST-Gruppe bewerteten auch 10 Jahre nach Operation die erreichte Stabilität im betroffenen Kniegelenk weiterhin als ungenügend und erzielten mit einer Gesamtpunktzahl unter 65 nur eine schlechte Klassifikation

nach Lysholm. Insgesamt zeigt die Verlaufsbetrachtung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p=0,66$ ).

Lysholm	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
Klasse	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
sehr gut (95 - 100)	1	4,55	8	36,36	10	45,45	13	59,09	1	5,00	8	40,00	8	40,00	11	55,00
gut (84 - 94)	3	13,64	11	50,00	6	27,27	7	31,82	4	20,00	7	35,00	8	40,00	6	30,00
mäßig (65 - 83)	7	31,82	1	4,55	4	18,18	2	9,09	8	40,00	5	25,00	2	10,00	1	5,00
schlecht (0 - 64)	11	50,00	2	9,09	2	9,09	0	0,00	7	35,00	0	0,00	2	10,00	2	10,00
Gesamt	22	100,00	22	100,00	22	100,00	22	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00

Tabelle 33: Verlauf Lysholm-Score

### 3.4.3 Tegner-Aktivitätsskala

Alle Studienteilnehmer haben zum Zeitpunkt der jeweiligen Untersuchungen eine Einordnung ihres persönlichen Aktivitätsniveaus in die von Tegner et al. publizierte Skala (s. 2.5.3) angegeben. Die Einteilung umfasst 11 aufsteigende Aktivitätslevel, von Arbeitsunfähigkeit (0) über verschiedene Belastungsstufen in Beruf und Freizeitsport bis zum Hochleistungssport (10). Wie die Darstellung der Mittelwerte in Tabelle 34 zeigt, verringerte sich das angegebene Aktivitätsniveau der Teilnehmer von insgesamt 7,09 vor der Kreuzbandverletzung auf einen Wert von 5,51 zum Zeitpunkt der 10-Jahres-Nachuntersuchung. Im Vergleich zur 5-Jahres-Nachuntersuchung (U5) gab die LP-Gruppe bei U6 wieder ein leicht gestiegenes Aktivitätsniveau an, während das ST-Kollektiv im gleichen Zeitraum eine etwas schlechtere Bewertung auf der Aktivitätsskala vornahm.

Tegner	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	22	7,36	6,32	5,59	5,91
ST-Gruppe	20	6,80	5,25	5,25	5,10
Gesamt	42	7,09	5,80	5,43	5,51

Tabelle 34: Mittelwerte Tegner-Aktivitätsskala im Verlauf

Von den zu allen Untersuchungszeitpunkten erfassten Teilnehmern haben aus beiden Kollektiven je 5 Patienten (LP=23%; ST=25%) ihr Aktivitätsniveau im

Studienverlauf konstant gehalten. Im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Kreuzbandverletzung konnten je 2 Teilnehmer (LP=9%; ST=10%) aus beiden Gruppen ihr Aktivitätslevel nach eigenen Angaben 10 Jahre nach Kreuzbandersatz sogar steigern. Die übrigen Teilnehmer (LP=68%; ST=65%) gaben über den Studienzeitraum allerdings mehrheitlich einen mäßigen, teilweise auch deutlichen Verlust im Aktivitätslevel an. Statistisch ergab sich kein signifikanter Gruppenunterschied ( $p=0,53$ ). Die Einteilung nach Tegner zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten zeigt folgende Tabelle 35.

Tegner Aktivität	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
9	9	40,91	6	27,27	0	0,00	0	0,00	6	30,00	2	10,00	1	5,00	0	0,00
8	1	4,55	1	4,55	2	9,09	2	9,09	1	5,00	1	5,00	2	10,00	0	0,00
7	6	27,27	4	18,18	5	22,73	6	27,27	3	15,00	1	5,00	3	15,00	4	20,00
6	3	13,64	2	9,09	6	27,27	6	27,27	6	30,00	4	20,00	3	15,00	3	15,00
5	1	4,55	3	13,64	2	9,09	4	18,18	1	5,00	2	10,00	2	10,00	5	25,00
4	2	9,09	5	22,73	5	22,73	4	18,18	3	15,00	8	40,00	6	30,00	7	35,00
3	0	0,00	0	0,00	2	9,09	0	0,00	0	0,00	2	10,00	2	10,00	1	5,00
2	0	0,00	1	4,55	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
1	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,00	0	0,00
0	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	22	100,00	22	100,00	22	100,00	22	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00

Tabelle 35: Verlauf des Aktivitätsniveaus nach Tegner

### 3.4.4 Oberschenkelumfang

Daten aus der Messung des Oberschenkelumfangs (s. 2.5.6.1) liegen von den Untersuchungen U4, U5 und U6 vor. Für die Verlaufsbeurteilung wurden zur besseren Vergleichbarkeit die Differenzen, die einen größeren Umfang des operierten Beins ergaben, als Differenz 0 gewertet. In der LP-Gruppe zeichnet sich 10 Jahre nach Kreuzbandersatz eine deutliche Normalisierung der zuvor bestehenden Unterschiede im Oberschenkelumfang ab. Wurden bei U4 und U5 noch 12 bzw. 13 Patienten mit Zirkumferenzunterschieden von 1 cm oder mehr

registriert, waren bei U6 nur 5 Teilnehmer mit Unterschieden von 1 cm auffällig. Im ST-Kollektiv zeigen sich dagegen in allen Untersuchungen ähnliche Befunde. Allerdings verschlechterte sich ein Patient mit Semitendinosussehnen-Transplantat 10 Jahre nach Operation und wies bei der Umfangsmessung einen Unterschied von über 3 cm auf, was als deutlicher Hinweis auf eine Atrophie der Oberschenkelmuskulatur des betreffenden Beines gesehen werden kann. Bezüglich dieses Merkmals ergab sich kein signifikanter Unterschied in der Verlaufsbeobachtung ( $p=0,13$ ).

Oberschenkelumfang	LP-Gruppe						ST-Gruppe					
	U4		U5		U6		U4		U5		U6	
cm	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0	9	42,86	8	38,10	16	76,19	14	73,68	12	63,16	13	68,42
1	9	42,86	9	42,86	5	23,81	3	15,79	5	26,32	3	15,79
2	3	14,29	3	14,29	0	0,00	2	10,53	1	5,26	2	10,53
3	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	1	5,26	0	0,00
> 3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,26
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 36: Verlauf der Oberschenkelumfangmessung

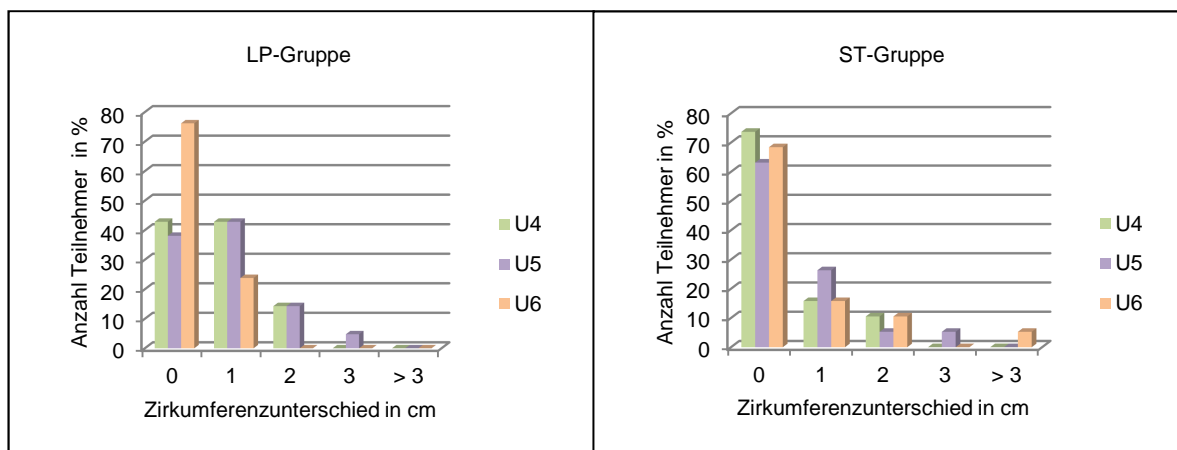


Abbildung 19: Verlauf Oberschenkelumfangmessung, LP-Kollektiv

Abbildung 18: Verlauf Oberschenkelumfangmessung, ST-Kollektiv

### 3.4.5 Bewegungsumfang

Die Verlaufsbetrachtung der Befunde aus der Untersuchung des Bewegungsumfangs am Kniegelenk (s. 2.5.6.3) veranschaulicht in erster Linie die deutliche Verbesserung innerhalb des ersten Jahres nach Operation. Hinsichtlich des Extensionsdefizits waren in der Eingangsuntersuchung noch knapp die Hälfte aller Patienten der LP-Gruppe und über 26% der Teilnehmer des ST-Kollektivs mit einer teilweise deutlichen Einschränkung der Kniegelenksstreckung aufgefallen. In den nachfolgenden Untersuchungen U4 bis U6 gab es bezüglich dieses Parameters - außer einem Ausreißer in U5 - keine Auffälligkeiten mehr.

Extensionsdefizit	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< 3°	11	52,38	21	100,00	21	100,00	21	100,00	14	73,68	19	100,00	18	94,74	19	100,00
3 - 5°	8	38,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	10,53	0	0,00	1	5,26	0	0,00
6 - 10°	2	9,52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,26	0	0,00	0	0,00	0	0,00
> 10°	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	10,53	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 37: Verlauf Extensionsdefizit

Die Untersuchungsergebnisse der Kniegelenksbeugung zeigen ein ähnliches Bild. Zwischen der präoperativen Eingangsuntersuchung U0 und der 1-Jahres-Nachuntersuchung (U4) kam es fast zur Normalisierung der Befunde. Allerdings erreichten auch 10 Jahre nach Kreuzbandersatz 2 Patienten mit Semitendinosussehnen-Transplantat nicht die volle Beugung, die mit der unverletzten Gegenseite möglich war. Statistisch ergab sich auch für die Bewegungsprüfung im Verlauf kein signifikanter Unterschied zwischen den Kollektiven. Die genaue Verteilung der Befunde zeigen die Tabellen 37 und 38.

Flexionsdefizit	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0 - 5°	9	42,86	21	100,00	20	95,24	21	100,00	13	68,42	18	94,74	17	89,47	17	89,47
6 - 15°	3	14,29	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	1	5,26	1	5,26	2	10,53
16 - 25°	3	14,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	10,53	0	0,00	1	5,26	0	0,00
> 25°	6	28,57	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	21,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 38: Verlauf Flexionsdefizit

### 3.4.6 Lachmann-Test

Der Verlauf der Stabilitätsprüfung nach Lachmann (s. 2.5.6.6) zeigt zunächst ebenfalls deutlich den Erfolg der Kreuzbandrekonstruktion im Vergleich der Untersuchungsergebnisse präoperativ mit den Ergebnissen 1 Jahr nach Operation (U4). Allerdings macht sich im weiteren Verlauf 5 bzw. 10 Jahre nach der Operation auch wieder eine leichte Verschlechterung der Befunde bemerkbar, was für eine mit der Zeit nachlassende Stabilität der Bandrekonstruktion sprechen könnte. Während in der Gruppe mit Patellarsehnenerersatz die Untersuchungsergebnisse bei U5 und U6 nahezu identisch sind, zeigt sich im Vergleichskollektiv in der 10-Jahres-Nachuntersuchung eine weitere Verschlechterung in der Stabilitätsprüfung. Konnten in der ST-Gruppe bei U5 noch 57,89% der Patienten mit „Lachmann negativ“ bewertet werden, sind es bei U6 nur noch 42,11% der Teilnehmer. Ein Patient mit Semitendinosussehnen-Transplantat wurde sogar mit „Lachmann +++“ bewertet, was einer a.p.-Translation von mehr als 10 mm entspricht. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen lag noch nicht vor ( $p=0,08$ ).

Lachmann	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
a.p.-Translation	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
mm	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
0-2 (negativ)	0	0,00	19	90,48	13	61,90	14	66,67	0	0,00	15	78,95	11	57,89	8	42,11
3-5 (+)	8	38,10	2	9,52	7	33,33	7	33,33	2	10,53	4	21,05	7	36,84	9	47,37
6-10 (++)	13	61,90	0	0,00	1	4,76	0	0,00	17	89,47	0	0,00	1	5,26	1	5,26
>10 (+++)	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,26
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 39: Verlauf der Stabilitätsprüfung nach Lachmann

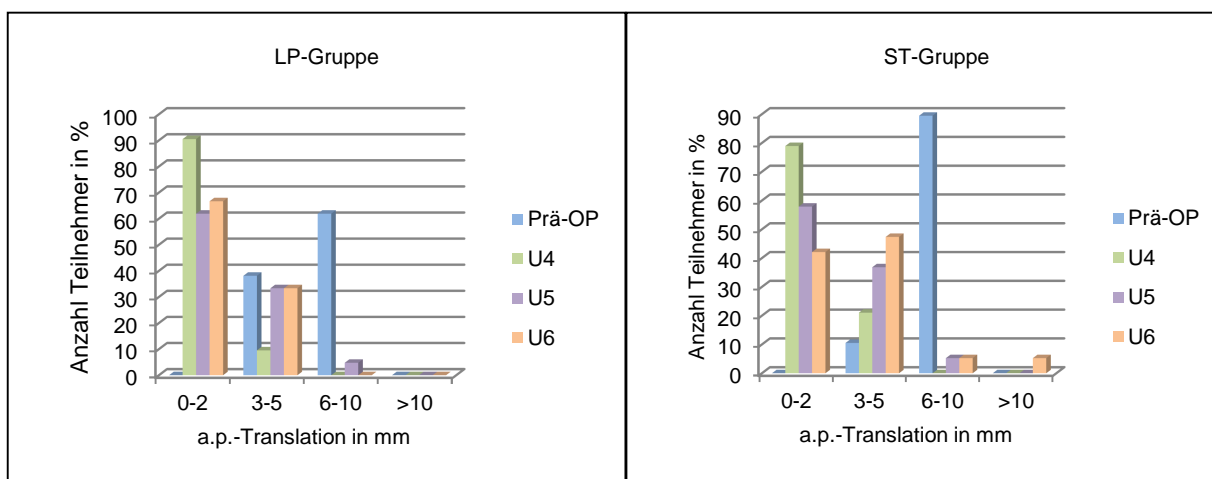


Abbildung 20: Verlauf Stabilitätsprüfung nach Lachmann, LP-Kollektiv

Abbildung 21: Verlauf Stabilitätsprüfung nach Lachmann, ST-Kollektiv

### 3.4.7 KT-1000-Arthrometer

Die instrumentelle Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer (s. 2.5.6.8) wurde 1 Jahr (U4), 5 Jahre (U5) und 10 Jahre (U6) nach dem Kreuzbandersatz durchgeführt, um die subjektiven Befunde der Schubladen-Tests zu objektivieren. Zwar spielt hierbei die Compliance der Patienten ebenfalls eine Rolle, aber die oben beschriebenen Ergebnisse der Stabilitätsprüfung nach Lachmann (s. 3.4.9) werden doch relativiert. So finden sich bei allen 3 durchgeführten Messungen (89 N, 101 N und max. Kraft) zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten für das Kollektiv mit Ligamentum patellae-Transplantat fast identische Werte. In der Vergleichsgruppe scheint vor allem zwischen U4 und U5 eine leichte Verschlechterung der Befunde eingetreten zu



sein. Die Messwerte bei U6 sind dagegen wieder vergleichbar mit den Werten von U5. In der Verlaufsbetrachtung zeigte sich für die jeweiligen Messungen kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsverfahren ( $p=0,31$ ,  $p=0,54$ ,  $p=0,58$ ). Auch wurden insgesamt nur 4 Messwerte im Bereich einer a.p.-Translation von 6,5–10 mm registriert, was nach IKDC einem abnormalen Befund entsprechen würde. Allerdings traten diese Befunde vereinzelt und auch nicht bei allen gemessenen Kräften auf. Die übrigen Messwerte lagen alle im Bereich „normal“ oder „fast normal“ nach IKDC.

KT-1000	LP-Gruppe						ST-Gruppe					
	U4		U5		U6		U4		U5		U6	
89 N	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< -3 mm	18	85,71	19	90,48	19	90,48	17	89,47	15	78,95	15	78,95
-3 bis -6 mm	2	9,52	2	9,52	2	9,52	2	10,53	4	21,05	4	21,05
-6,5 bis -10 mm	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
> -10 mm	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00
101 N	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< -3 mm	18	85,71	18	85,71	17	80,95	17	89,47	14	73,68	14	73,68
-3 bis -6 mm	2	9,52	3	14,29	4	19,05	2	10,53	5	26,32	4	21,05
-6,5 bis -10 mm	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,26
> -10 mm	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00
max.	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
< -3 mm	18	85,71	17	80,95	18	85,71	17	89,47	13	68,42	15	78,95
-3 bis -6 mm	3	14,29	3	14,29	3	14,29	2	10,53	6	31,58	4	21,05
-6,5 bis -10 mm	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
> -10 mm	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	21	100,00	21	100,00	21	100,00	19	100,00	19	100,00	19	100,00

Tabelle 40: Verlauf der instrumentellen Translationsmessung

### 3.4.8 Einbeinsprungtest

Aufgrund von Begleitverletzungen konnte der Sprung-Test (s. 2.5.6.9) nicht von allen Teilnehmern zu den angegebenen Untersuchungszeitpunkten durchgeführt werden. Vergleichbare Ergebnisse von den Untersuchungen U4, U5 und U6 liegen von 19 Teilnehmern der LP-Gruppe sowie 17 Patienten des Vergleichskollektivs vor. In der Gruppe mit Ligamentum patellae-Transplantat zeigt sich wieder ein relativ homogener Verlauf, wobei 10 Jahre nach Operation im Vergleich zu den Voruntersuchungen erfreulicherweise kein Patient mehr mit „abnormal“ bewertet wurde. Im ST-Kollektiv deutet sich erneut eine leichte Verschlechterung der Ergebnisse im direkten Vergleich der Befunde von U4 mit U6 an, allerdings schafften 2 Patienten mit einer abnormalen Bewertung bei U5 den Sprung zurück zur Klassifikation „fast normal“ nach IKDC bei U6. Statistisch ergaben sich auch für diese Untersuchung keine auffälligen Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p=0,57$ ). Die genaue Verteilung der Ergebnisse im funktionellen Test zeigt Tabelle 41.

IKDC Gruppenwertung	LP-Gruppe						ST-Gruppe					
	U4		U5		U6		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
A	13	68,42	13	68,42	14	73,68	14	82,35	12	70,59	11	64,71
B	2	10,53	5	26,32	5	26,32	3	17,65	3	17,65	6	35,29
C	4	21,05	1	5,26	0	0,00	0	0,00	2	11,76	0	0,00
D	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Gesamt	19	100,00	19	100,00	19	100,00	17	100,00	17	100,00	17	100,00

Tabelle 41: Verlauf der Ergebnisse im funktionellen Test nach IKDC

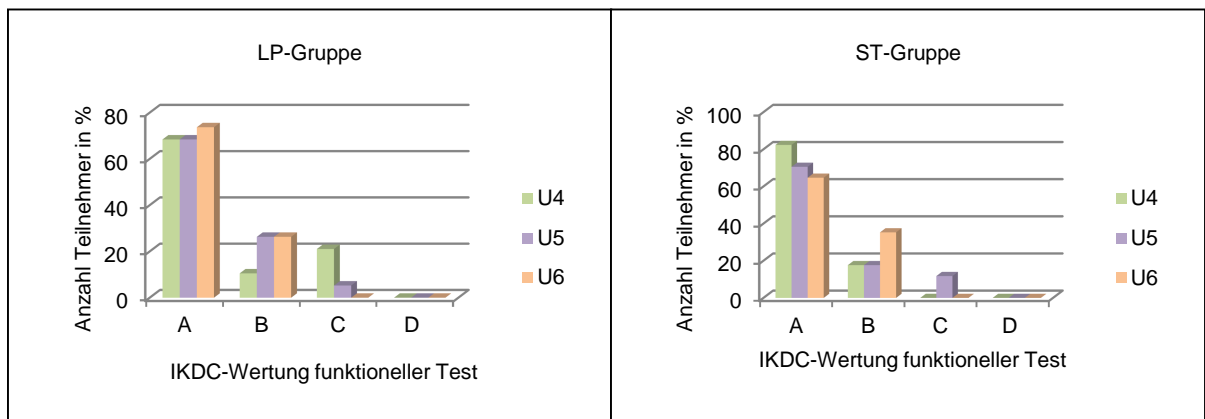


Abbildung 22: Verlauf funktioneller Test nach IKDC, LP-Kollektiv

Abbildung 23: Verlauf funktioneller Test nach IKDC, ST-Kollektiv

### 3.4.9 Radiologische Kontrolluntersuchung

Die radiologische Kontrolluntersuchung (s. 2.5.5) konnte zum Zeitpunkt U6 bei 2 Teilnehmerinnen aufgrund einer Schwangerschaft nicht durchgeführt werden, so dass für die Verlaufsbeobachtung von insgesamt 38 Studienteilnehmern (20 LP/18 ST) standardisierte Röntgenaufnahmen des betroffenen Kniegelenks vorliegen. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Operationsverfahren ergaben sich für keines der hier untersuchten Merkmale. Für den Periarthral Score (P-Score), der Ausziehungen an den einzelnen Strukturen des Kniegelenks untersucht, zeigten sich im ersten Studienjahr quasi keine Veränderungen. Bei U5 machte sich bereits eine leichte Verschlechterung der radiologischen Befunde bemerkbar und 10 Jahre nach Operation erreichten nur noch 2 Studienteilnehmer (1 LP/1 ST) den Höchstwert von 10 Punkten, was sich auch deutlich im Verlauf der Durchschnittswerte (s. Tabelle 42) widerspiegelt ( $p=0,49$ ).

P-Score	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	20	9,95	9,95	9,75	7,95
ST-Gruppe	18	9,56	9,50	9,39	7,61
Gesamt	38	9,76	9,73	9,58	7,79

Tabelle 42: Verlauf Mittelwert P-Score

P-Score	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
5	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
6	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	15,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	27,78
7	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	15,00	2	11,11	2	11,11	2	11,11	3	16,67
8	0	0,00	0	0,00	0	0,00	7	35,00	1	5,56	1	5,56	1	5,56	5	27,78
9	1	5,00	1	5,00	5	25,00	6	30,00	0	0,00	1	5,56	3	16,67	4	22,22
10	19	95,00	19	95,00	15	75,00	1	5,00	15	83,33	14	77,78	12	66,67	1	5,56
Gesamt	20	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00

Tabelle 43: Verlauf P-Score

Mit dem Degenerative Score (D-Score) werden mögliche arthrotische Veränderungen des Gelenks anhand verschiedener Parameter bewertet (s. 2.5.5). Es werden maximal 16 Punkte vergeben, falls keine Anzeichen für eine Degeneration vorliegen. Die Verlaufsbetrachtung ergibt auch hier das gleiche Bild wie für den P-Score. Während die Befunde der präoperativen Untersuchung mit denen aus der 1-Jahres-Nachuntersuchung (U4) nahezu identisch waren, setzte ab U5 eine leichte Verschlechterung der radiologischen Bewertung ein.

D-Score	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	20	15,95	15,90	15,70	14,25
ST-Gruppe	18	15,67	15,67	15,56	13,89
Gesamt	38	15,82	15,79	15,63	14,07

Tabelle 44: Verlauf Mittelwert D-Score

10 Jahre nach ihrem Kreuzbandersatz wurden nur noch 5 Teilnehmer mit Patellarsehnenerersatz und 3 Patienten der Vergleichsgruppe mit der Höchstpunktzahl bewertet, die ein radiologisch unauffälliges Kniegelenk beschreibt. Bei den übrigen Teilnehmern beider Gruppen zeigten sich mehr oder weniger deutliche Zeichen einer beginnenden arthrotischen Veränderung im betroffenen Kniegelenk ( $p=0,62$ ).

D-Score	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
11	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	11,11
12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,56
13	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	11,11
14	0	0,00	0	0,00	2	10,00	5	25,00	2	11,11	2	11,11	2	11,11	8	44,44
15	1	5,00	2	10,00	2	10,00	3	15,00	2	11,11	2	11,11	4	22,22	2	11,11
16	19	95,00	18	90,00	16	80,00	5	25,00	14	77,78	14	77,78	12	66,67	3	16,67
Gesamt	20	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00

Tabelle 45: Verlauf D-Score

Der T-Score bildet die Summe aus P- und D-Score mit maximal 26 Punkten, was einem radiologisch unauffälligen Kniegelenksbefund entspricht. Hier zeigt Tabelle 46 mit dem Verlauf der Durchschnittswerte noch einmal deutlich die oben beschriebenen Ergebnisse. Während beide Kollektive in den ersten 5 Jahren nach Operation in allen Untersuchungen insgesamt über 25 Punkte erreichten, fiel der Gesamtwert bei U6 auf 21,86 Punkte ( $p=0,49$ ).

T-Score	n	Prä-OP	U4	U5	U6
LP-Gruppe	20	25,90	25,85	25,45	22,20
ST-Gruppe	18	25,22	25,17	24,94	21,50
Gesamt	38	25,58	25,51	25,21	21,86

Tabelle 46: Verlauf Mittelwert T-Score

Einen genauen Überblick über die Entwicklung der radiologischen Befunde beider Kollektive zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten gibt folgende Tabelle 47.

T-Score	LP-Gruppe								ST-Gruppe							
	Prä-OP		U4		U5		U6		Prä-OP		U4		U5		U6	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
17	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	11,11
18	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
19	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	11,11
20	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	5,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	11,11
21	0	0,00	0	0,00	0	0,00	5	25,00	2	11,11	2	11,11	2	11,11	2	11,11
22	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	20,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4	22,22
23	0	0,00	0	0,00	2	10,00	2	10,00	1	5,56	1	5,56	1	5,56	2	11,11
24	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	15,00	0	0,00	0	0,00	1	5,56	2	11,11
25	2	5,00	3	15,00	5	25,00	2	10,00	1	5,56	2	11,11	4	22,22	1	5,56
26	18	95,00	17	85,00	13	65,00	1	5,00	14	77,78	13	72,22	10	55,56	1	5,56
Gesamt	20	100,00	20	100,00	20	100,00	20	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00	18	100,00

Tabelle 47: Verlauf T-Score

## 4 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Untersuchungsergebnisse noch einmal zusammenfassend diskutiert und geprüft, ob sich daraus mögliche Argumente für oder gegen eines der beiden angewandten Operationsverfahren ableiten lassen. Im Anschluss soll ein Literaturvergleich die Ergebnisse unserer Untersuchungen in den aktuellen Stand der internationalen Diskussion um den bestmöglichen Ersatz des vorderen Kreuzbandes einordnen und mit anderen Studien zu diesem Thema vergleichen.

### 4.1 Klinische Ergebnisse

Die Gesamtergebnisse der verwendeten Bewertungssysteme (s. 2.5) nach IKDC, Lysholm und Tegner, die Röntgenevaluation nach Sherman sowie die Messung mit dem KT-1000-Arthrometer ergaben keine statistisch auffälligen Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Operationsmethoden. Signifikante Abweichungen einzelner Merkmale sowie Auffälligkeiten in der Verlaufsanalyse

werden im Folgenden jeweils im Zusammenhang mit der betreffenden Untersuchung dargestellt und diskutiert.

In der Bewertung nach dem IKDC-Evaluationsblatt (s. 3.1.11) erzielte die Gruppe mit Semitendinosussehnen-Transplantat 10 Jahre nach der Operation zwar häufiger die beste Wertung „A“, gleichzeitig wurden in dieser Gruppe aber auch öfter schlechtere Einstufungen und bei 2 Patienten sogar die schlechteste Bewertung des Kniegelenks mit „D“ vorgenommen. Das Vergleichskollektiv mit Patellarsehnenerersatz wurde überwiegend mit der zweitbesten Klassifikation „B“ bewertet. Die Verlaufsanalyse der IKDC-Bewertung (s. 3.4.1) zeigt zum einen, dass die Kniegelenksfunktion die ersten 5 Jahre nach dem Eingriff in beiden Gruppen kontinuierlich besser beurteilt wurde, mit den besten Resultaten bei U5. Andererseits kommt es nach weiteren 5 Jahren wiederum zu einer leichten Verschlechterung der Bewertungen in der 10-Jahres-Nachuntersuchung, wobei die Mehrzahl der schlechter eingestuften Teilnehmer aus dem ST-Kollektiv stammt. Diese Unterschiede waren allerdings statistisch nicht signifikant. Kritisch muss dabei die Tatsache gesehen werden, dass in die Gesamtbewertung nach IKDC unter anderem die subjektive Beurteilung der Kniefunktion durch den Patienten selbst einfließt, was auch in einem Fall zu einer der Bewertungen mit „stark abnormal“ im ST-Kollektiv führte. Dieser Befund war in den weiteren Untersuchungen bei der entsprechenden Patientin allerdings nicht objektivierbar, die klinischen Funktionsprüfungen ergaben hier keine Auffälligkeiten. Nicht überprüfbare Angaben von Seiten der Patienten führten auch in vereinzelt anderen Fällen zu einer schlechteren IKDC-Bewertung im Studienverlauf. Die andere ungenügende Bewertung der Kniefunktion in der ST-Gruppe beruht dagegen auf einer deutlich vermehrten a.p.-Translation der Tibia in den durchgeführten Schubladen-Tests. Die betreffende Patientin beurteilte ihre Kniefunktion subjektiv allerdings als sehr gut. Diesen Befund könnte man auf eine zunehmende Lockerung des Transplantats im Laufe der Zeit zurückführen. Da die Patientin nur moderate Ansprüche an die Belastungen im Alltag und Sport stellt und vermutlich

ausreichende muskuläre Kompensationsmöglichkeiten erworben hat, erklärt dies auch ihre eigene positive Bewertung der Kniegelenksfunktion.

Mit der Lysholm-Klassifikation wird anhand verschiedener Merkmale die Kniegelenksfunktion aus Sicht der Patienten beurteilt (s.2.5.2). Hier erreichten beide Gruppen 10 Jahre nach dem Eingriff die besten Bewertungen im Studienverlauf, wobei das Kollektiv mit Ligamentum patellae-Transplantat das funktionelle Outcome insgesamt besser einschätzte als die Vergleichsgruppe. In der Verlaufsanalyse zeigt sich diesmal, anders als bei der IKDC Klassifikation, eine leichte Verschlechterung der Bewertungen von U4 zu U5, während bei U6 durchwegs die besten Werte erreicht wurden. Statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Studiengruppen fanden sich nicht. Die einzigen beiden schlechten Bewertungen im Lysholm-Score stammen wiederum aus dem ST-Kollektiv. Bei einem der betreffenden Teilnehmer wurde die Kniefunktion nach IKDC klinisch ebenfalls als „abnormal“ beurteilt. Bei dem anderen Fall handelt es sich um die oben beschriebene Patientin, die sich sehr unzufrieden über ihre Kniegelenksfunktion äußerte, wobei die klinische Untersuchung keine Anhaltspunkte für eine Funktionseinschränkung ergab.

Die Tegner-Skala dient der Beurteilung des Aktivitätsniveaus der Studienteilnehmer (s. 2.5.3). Hier erreichte die LP-Gruppe erneut durchschnittlich höhere Werte als die Patienten mit Semitendinosussehnen-Transplantat. In der Verlaufsbeurteilung wird deutlich, dass sich das Aktivitätsniveau in den 10 Jahren nach der Operation im Durchschnitt kontinuierlich verminderte, mit der Ausnahme eines leichten Anstiegs im LP-Kollektiv von U5 zu U6. Diese Gruppe gab vor der Operation aber auch ein deutlich höheres Aktivitätslevel als das Vergleichskollektiv an. Dies erklärt zum einen die durchweg höheren Werte für diesen Untersuchungspunkt im Studienverlauf, da einige Teilnehmer zumindest teilweise an ihr früheres Leistungsniveau anknüpfen konnten. Außerdem könnte darin auch ein Grund für das bessere Abschneiden der LP-Gruppe in der oben beschriebenen Lysholm- und IKDC-Wertung gesehen werden. Sportlich aktive Studienteilnehmer dürften eher in der Lage gewesen sein, ihre Kniefunktion



durch adäquate propriozeptive Übungen und ausreichende muskuläre Stabilisation nach dem Kreuzbandersatz zu verbessern und diese erworbenen Kompensationsmechanismen langfristig auch zu erhalten. Über den Studienzeitraum haben aus beiden Kollektiven je 5 Patienten (LP=23%; ST=25%) ihr Aktivitätsniveau konstant gehalten. Im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Kreuzbandverletzung konnten je 2 Teilnehmer (LP=9%; ST=10%) beider Gruppen ihr Aktivitätslevel nach eigenen Angaben 10 Jahre nach Kreuzbandersatz sogar steigern. Die übrigen Teilnehmer (LP=68%; ST=65%) gaben allerdings mehrheitlich einen mäßigen, teilweise auch deutlichen Verlust im Aktivitätslevel an.

Die Messung des Oberschenkelumfangs (s. 3.1.1) diente zur Verifizierung einer möglichen Muskelatrophie am operierten Bein. Auch hier schnitt das LP-Kollektiv bei U6 wieder deutlich besser ab als die Vergleichsgruppe, die Werte waren statistisch allerdings nicht signifikant. Vor allem zeigte sich bei diesen Teilnehmern in der Verlaufsbetrachtung eine deutliche Normalisierung der zuvor bestehenden Zirkumferenzunterschiede, während in der ST-Gruppe bei allen Untersuchungen ähnliche Befunde erhoben wurden. Ein Grund für diese Ergebnisse dürfte das über den gesamten Studienzeitraum höhere Aktivitätsniveau der LP-Gruppe sein (s. oben).

Hinsichtlich der Untersuchung des Bewegungsumfangs (s.3.1.3) ergaben sich weder bei U6 noch in der Verlaufsanalyse besondere Auffälligkeiten. Die einzigen beiden Patienten mit einem leichten Flexionsdefizit des betroffenen Kniegelenkes 10 Jahre nach dem Eingriff stammten wieder aus der ST-Gruppe, wobei beide Teilnehmer nach eigenen Angaben im Alltag und bei sportlicher Betätigung gut zurecht kommen.

Die Stabilitätsprüfung nach Lachmann (s.3.1.6) ergab 10 Jahre nach dem Eingriff bei etwa einem Drittel der Patienten mit Ligamentum patellae-Transplantat ein einfach positives Testergebnis. Das ST-Kollektiv schnitt bei dieser Untersuchung abermals schlechter ab, hier waren zusätzlich je ein

Patient mit einem zweifach- und einem dreifach-positiven Befund auffällig. Bei der Patientin mit einer a.p.-Translation von über 10 mm (Lachmann ++++) bei festem Anschlag handelt es sich um die bereits oben beschriebene Teilnehmerin, die trotz des auffälligen Kniegelenksbefundes weiterhin sehr zufrieden mit dem Resultat des Kreuzbandersatzes ist. Die Verlaufsbetrachtung dieser Untersuchung zeigt zunächst deutlich den Erfolg der Kreuzbandrekonstruktion im Vergleich der Untersuchungsbefunde präoperativ mit den Ergebnissen 1 Jahr nach Operation. Allerdings macht sich im weiteren Verlauf 5 bzw. 10 Jahre nach der Operation wieder eine leichte Verschlechterung der Befunde bemerkbar, was für eine mit der Zeit nachlassende Stabilität der Bandrekonstruktion sprechen könnte. Während in der LP-Gruppe die Untersuchungsergebnisse bei U5 und U6 nahezu identisch sind, zeigt sich im ST-Kollektiv in der 10-Jahres-Nachuntersuchung eine weitere Verschlechterung in der Stabilitätsprüfung. Die Gruppenunterschiede waren mit  $p=0,08$  noch nicht statistisch signifikant. Bemerkenswert ist die Beobachtung, dass sich gleichzeitig die Einschätzung der Patienten hinsichtlich einer funktionellen Beeinträchtigung aufgrund Instabilität im Kniegelenk im Studienverlauf verbessert hat. Dies ist aber vermutlich auf das im Beobachtungszeitraum kontinuierlich gesunkene durchschnittliche Aktivitäts-niveau der Teilnehmer zurückzuführen.

Die Ergebnisse des Pivot-Shift-Tests (s. 3.1.7) ergaben als einziges Merkmal bei U6 einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden untersuchten Operationsverfahren ( $p=0,04$ ). Allerdings waren bei dieser Untersuchung ausschließlich Patienten mit Patellarsehnenerersatz auffällig. Bei 4 Teilnehmern dieser Gruppe wurde ein leichtes Gleitphänomen beobachtet, welches wir als einfach positives Testergebnis vermerkt haben. Diese Ergebnisse müssen kritisch hinterfragt werden, da sie im krassen Gegensatz zu den anderen erhobenen Befunden stehen. Die Durchführung des Pivot-Shift-Tests birgt zum einen die Schwierigkeit, dass die Muskulatur des zu untersuchenden Beines möglichst entspannt sein muss, was sich bei einigen unserer Studienteilnehmer als ernsthafte Herausforderung darstellte, zum anderen ist die Interpretation der

Ergebnisse stark von der Erfahrung des jeweiligen Untersuchers abhängig [24]. Daher kann diesen Werten in Zusammenschau mit allen anderen erhobenen Befunden keine allzu große Bedeutung beigemessen werden.

Bei der instrumentellen Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer (s. 2.5.6.8) spielt die Compliance der Patienten ebenfalls eine große Rolle. Bei dieser Untersuchung zeigten sich 10 Jahre nach dem Kreuzbandersatz sehr homogene Befunde, ohne markante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Damit werden auch die oben angeführten Ergebnisse der Stabilitätsprüfung nach Lachmann etwas relativiert. Der auffälligste Wert mit einer Seitendifferenz von 6,5–10 mm stammt wiederum von der bereits beschriebenen Patientin, welche in den anderen Untersuchungen ebenfalls mit einer stark vermehrten vorderen Schublade aufgefallen war. Auch die Verlaufsanalyse ergab für diese Untersuchung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Studiengruppen. Allerdings konnte bei einigen Teilnehmern bei U5 und U6 im Vergleich zur 1-Jahres-Nachuntersuchung wie im Lachmann-Test eine vermehrte Laxizität beobachtet werden, die für ein leichtes Nachlassen der Stabilität der eingebrachten Transplantate sprechen könnte.

Als weiterer Test zur Evaluation der Kniegelenksfunktion wurde der Einbeinsprungtest durchgeführt (s. 2.5.6.9). Hier schnitten die Teilnehmer mit Semitendinosussehnen-Transplantat bei U6 erneut etwas schlechter ab als die Vergleichsgruppe. Die Verlaufsbeobachtung zeigt ebenfalls eine leichte, aber konstante Verschlechterung der Ergebnisse in der ST-Gruppe. Während das LP-Kollektiv dagegen bei der 1-Jahres-Nachuntersuchung noch deutlich schlechter als die ST-Gruppe abschnitt, konnte sich diese Gruppe zur 5- und 10-Jahres-Nachuntersuchung deutlich verbessern. Diese Ergebnisse waren statistisch nicht signifikant, entsprechen aber den Befunden der oben beschriebenen Untersuchungen. Als Ursache für das erneute bessere Abschneiden der LP-Gruppe in einer funktionellen Untersuchung könnte wiederum das über den gesamten Studienzeitraum höhere Aktivitätsniveau dieser Teilnehmer gesehen werden. Die Testergebnisse werden außerdem

etwas relativiert durch die Tatsache, dass zum einen das dominante Bein nicht in die Wertung des Einbeinsprungtests einfließt. Zum anderen konnten leider verschiedene Patienten aufgrund von Begleitverletzungen zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten nicht an dieser Untersuchung teilnehmen, weshalb sich die Gesamtzahl der Teilnehmer für Verlaufsbetrachtung dieser Wertung auf insgesamt 36 (19 LP/17 ST) reduzierte.

Der für diese Studie entworfene Fragebogen (s. 2.5.4) beinhaltet unter anderem eine eigene Einschätzung der Kniefunktion durch die Studienteilnehmer. Dabei beurteilten weit über 90% die Funktion des operierten Kniegelenks mit „normal“ oder „fast normal“, 2 Teilnehmer der ST-Gruppe gaben jedoch deutliche Schwierigkeiten an und beurteilten ihre Kniefunktion dementsprechend als abnormal. Auf die Frage nach der Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis gaben 75% aller Patienten an, mit dem Ergebnis der Kreuzbandersatzoperation sehr zufrieden zu sein, weitere 21% waren zufrieden. Unzufrieden mit dem Operationsergebnis äußerten sich je 1 Teilnehmer der LP- und der ST-Gruppe. Diese subjektiven Einschätzungen konnten allerdings im Rahmen der klinischen Untersuchung nicht bei allen der betreffenden Patienten in vollem Maße nachvollzogen werden, da die bei ihnen erhobenen Befunde häufig im oder sogar über dem Durchschnitt der übrigen Probanden lagen. Inwiefern andere psychosoziale Faktoren für die abgegebenen Beurteilungen eine Rolle spielten, wurde nicht weiter eruiert.

Ein weiteres wichtiges Merkmal zur Beurteilung des Operationserfolges ist die Evaluation der Schmerzen (s. 3.3.6) im betroffenen Kniegelenk sowie an der Transplantatentnahmestelle (s. 3.1.10). Bei einigen Teilnehmern zeigte sich eine deutliche Diskrepanz zwischen klinischer Kniegelenksfunktion und Schmerzangabe. Ein interessanter Unterschied ergab sich bei der Frage nach dem Auftreten von Schmerzen im operierten Kniegelenk und den Symptomen an der Transplantatentnahmestelle. Während mehr Teilnehmer der ST-Gruppe über Schmerzen im operierten Kniegelenk berichteten und diese anhand einer visuellen Analogskala auch deutlich stärker einstufen als das

Vergleichskollektiv ( $p=0,08$ ), klagten die Patienten mit Ligamentum patellae-Transplantat deutlich häufiger über Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle ( $p=0,07$ ). Dabei standen vor allem Schmerzen bei knienden Tätigkeiten sowie Druckschmerz an der Entnahmestelle im Vordergrund. Diese Unterschiede waren zwar noch nicht statistisch signifikant, decken sich aber mit den Ergebnissen der vorhergehenden Untersuchungen sowie anderer Studien zu diesem Thema (s. 4.2). Die in manchen Fällen beobachtete Diskrepanz zwischen dem Auftreten von Schmerzen im Kniegelenk bei ansonsten guter Kniefunktion könnte auch einige der oben beschriebenen suboptimalen Bewertungen des Operationsergebnisses erklären.

Die radiologische Kontrolluntersuchung (s. 3.2.1) ergab sowohl bei der 10-Jahres-Nachuntersuchung als auch in der Verlaufsbeurteilung sehr homogene Befunde bei der Gegenüberstellung beider Studiengruppen. Ein Vergleich der unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkte zeigt, dass es im ersten Studienjahr quasi keine Veränderungen der radiologischen Bewertung gab. Bereits 5 Jahre nach dem Eingriff machte sich in beiden Gruppen eine leichte Verschlechterung der Befunde bemerkbar, 10 Jahre nach der Operation waren bei fast allen Teilnehmern mehr oder weniger deutliche Anzeichen einer beginnenden Arthrose im Kniegelenk sichtbar. Nur noch 3 Patienten wurden mit der Höchstpunktzahl bewertet, welche einem radiologisch einwandfreien Kniegelenk entspricht. Bei unseren Studienteilnehmern handelte es sich überwiegend um junge, sportlich aktive Individuen. Das Durchschnittsalter lag zum Operationszeitpunkt bei 29,84 Jahren. Zum Zeitpunkt U6 war die jüngste Patientin inzwischen 27 Jahre, der älteste Teilnehmer 59 Jahre alt, worin ein Grund für die deutliche Verschlechterung der radiologischen Befunde gesehen werden kann. Eine Beurteilung, inwiefern die Kreuzbandruptur hierfür ursächlich sein könnte, kann leider nicht getroffen werden, da keine Vergleichsaufnahmen der unverletzten Gegenseite vorliegen.

Insgesamt zeigten sich sowohl bei isolierter Betrachtung der 10-Jahres-Ergebnisse als auch in der Verlaufsanalyse bis auf eine Ausnahme keine

wesentlichen statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Operationsverfahren. Vereinzelt auffällige Werte relativierten sich meist in der Zusammenschau mit den übrigen erhobenen Befunden. Vor allem jene Untersuchungen, in deren Wertung keine Einschätzung von Seiten der Patienten einfließt, wie beispielsweise die Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer oder die Röntgenevaluation, lieferten in beiden Gruppen vergleichbare Befunde. Relevante Unterschiede ergaben sich bei allen Untersuchungszeitpunkten bezüglich der Entnahmestellenmorbidity zu Gunsten der Kreuzbandrekonstruktion mittels Semitendinosussehne. Allerdings konnte auch ein leichter Trend hinsichtlich einer besseren Kniegelenksstabilität im Kollektiv mit Patellarsehnenersatz beobachtet werden. Die beiden im Studienzeitraum aufgetretenen Rupturen ereigneten sich bei Patienten mit Semitendinosussehnen-Transplantat. Abschließend lassen sich aus unseren Studienergebnissen letztlich aber keine weiteren entscheidenden Vorteile für eines der beiden untersuchten Operationsverfahren ableiten.

## **4.2 Literaturvergleich**

Entsprechend den aktuellen Leitlinien wird der Ersatz des vorderen Kreuzbandes heutzutage überwiegend mit einem freien mehrsträngigen Sehnentransplantat aus der Pes-anserinus-Gruppe (Semitendinosussehne oder Semitendinosus- und Gracilissehne) oder mit einem freien Transplantat aus dem Ligamentum patellae und seiner Knochenansätze durchgeführt [9]. Die Diskussion, welches der beiden Verfahren langfristig die besten Ergebnisse liefert, wird weiterhin kontrovers geführt. Für den Vergleich unserer Ergebnisse mit anderen Studien zu diesem Thema wurde eine systematische Literaturrecherche in der PubMed-Datenbank der National Library of Medicine (1990–2012) durchgeführt. Berücksichtigt wurden dabei randomisierte, kontrollierte Studien mit einem Beobachtungszeitraum von mindestens 2 Jahren. Als Keywords dienten anterior cruciate ligament, patellar tendon, semitendinosus, gracilis, hamstring, autograft, knee injuries, knee instability und randomized controlled trial. Weitere relevante Studien aus den so erhaltenen Literaturverzeichnissen wurden per manueller Suche in Medline hinzugefügt. Aus der Vielzahl von Publikationen rund um das Thema „vorderer

Kreuzbandersatz“ erfüllten 33 Einzelstudien und 15 Reviews die Einschlusskriterien, einen Überblick gibt die Literaturübersichtstabelle im Anhang. Nicht alle Arbeiten verwendeten die gleichen Verfahren zur Datenerhebung. Daher werden im Folgenden nur die Punkte der überprüften Studien näher besprochen, welche mit den von uns eingesetzten Scores identisch und damit vergleichbar sind.

Aglietti (1994) berichtete über 60 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 28 Monaten. Signifikant mehr Teilnehmer der LP Gruppe konnten wieder das Leistungsniveau erreichen, welches vor der Verletzung bestand. Gleichzeitig fand sich ein deutlicher Unterschied hinsichtlich eines bestehenden Extensionsdefizits ebenfalls zu Gunsten des Ligamentum patellae-Transplantats. Für alle weiteren Befunde ergaben sich keine wesentlichen Unterschiede. Aglietti nahm diese Ergebnisse zum Anlass, den Kreuzbandersatz mittels Ligamentum patellae als Routineeingriff zu empfehlen. Das Semitendinosussehnen-Transplantat sollte dagegen als Ersatzverfahren, beispielweise bei LP-Transplantatversagen oder Patienten mit bestehenden patellofemoralen Problemen, zum Einsatz kommen [34].

O'Neill (1996) beschrieb 125 Patienten mit einer Beobachtungszeit von mindestens 2 Jahren. Für das Kollektiv mit Ligamentum patellae-Transplantat wurden zwei verschiedene Operationsmethoden angewandt, wodurch sich insgesamt drei Studiengruppen ergaben. Die LP-Gruppe mit herkömmlicher Transplantatentnahme erreichte dabei ein signifikant höheres postoperatives Aktivitätslevel und schnitt in der arthrometrischen Translationsmessung ebenfalls deutlich besser ab als die Vergleichskollektive. Bezüglich der anderen Untersuchungspunkte ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. O'Neill unterschied auch zwischen einer frühen (< 3 Wochen nach Verletzung) und einer späten (> 3 Wochen nach Verletzung) Kreuzbandrekonstruktion, fand aber diesbezüglich keine relevanten Unterschiede [35].

Anderson (2001) beschrieb 102 Patienten mit einem Untersuchungszeitraum von mindestens 2 Jahren. Das LP-Kollektiv erreichte bei der instrumentellen Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer signifikant bessere Werte als das Vergleichskollektiv mit Semitendinosussehnen-Transplantat. Die übrigen Befunde ergaben keine weiteren Unterschiede zwischen den Studiengruppen [36].

Eriksson (2001) untersuchte 164 Patienten mit einem Beobachtungszeitraum von mindestens 2 Jahren. Es wurde ein statistisch signifikant vermehrtes Extensionsdefizit in der LP-Gruppe registriert, die anderen Ergebnisse erbrachten keine weiteren Unterschiede [37].

Aune (2001) publizierte die 2-Jahres-Ergebnisse von 61 Patienten. Hier zeigten sich signifikante Unterschiede bezüglich der Entnahmestellenmorbidity zu Gunsten der ST-Gruppe. Die übrigen Befunde ergaben keine relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen [38].

Ropke (2001) beschrieb 40 Patienten mit Nachuntersuchungsergebnissen von mindestens 2 Jahren. Das ST-Kollektiv zeigte eine signifikant höhere a.p.-Translation in der Messung mit dem KT-1000-Arthrometer, dagegen war in der LP-Gruppe deutlich häufiger retropatellarer Schmerz zu diagnostizieren. Die übrigen Untersuchungsergebnisse erbrachten keine weiteren signifikanten Unterschiede [39].

O'Neill (2001) publizierte erneut eine Studie, wobei er sein Ausgangskollektiv (s. oben) um 101 Teilnehmer ergänzte. Diesmal umfassten die Ergebnisse 225 Patienten und einer Mindestbeobachtungszeit von 6 Jahren. Es ergaben sich nun keine signifikanten Unterschiede mehr hinsichtlich Instabilität, Aktivitätslevel, Funktion und radiologischer Bewertung. Die überwiegende Mehrzahl (92%) erreichte die Bewertung normal oder fast normal nach IKDC, was zu der Schlussfolgerung führte, dass weder die Transplantatwahl noch die



Rekonstruktionstechnik einen Einfluss auf das postoperative Outcome haben [40].

Beynon (2002) berichtete über 44 Patienten bei einem Untersuchungszeitraum von mindestens 3 Jahren. Dabei schnitt das Kollektiv mit Ligamentum patellae-Transplantat sowohl bei der instrumentellen Translationsmessung als auch im Pivot-Shift-Test signifikant besser ab als die Vergleichsgruppe. Für die Parameter subjektive Patientenzufriedenheit, Kniefunktion und Aktivitätslevel ergaben sich keine Unterschiede [41].

Shaieb (2002) publizierte die 2-Jahres-Ergebnisse von 66 Patienten. Hier zeigten sich signifikante Unterschiede hinsichtlich der Entnahmestellenmorbidity zu Gunsten des Semitendinosussehnen-Transplantats. Für die Parameter Lysholm-Score, Aktivitätslevel, IKDC und Messung mit dem KT-1000-Arthrometer gab es keine weiteren auffälligen Unterschiede [42].

Feller (2003) untersuchte 65 Patienten mit einem Beobachtungszeitraum von 3 Jahren. In der LP-Gruppe fand sich eine deutlich stärkere Schmerzsymptomatik an der Transplantatentnahmestelle, während das ST-Kollektiv bei der instrumentellen Translationsmessung signifikant schlechter abschnitt. Die übrigen Untersuchungspunkte waren unauffällig [43].

Ejerhed (2003) berichtete über 71 Patienten mit einem Follow-up von 2 Jahren. Dabei bestätigten sich wieder die signifikanten Unterschiede bezüglich der Transplantatentnahmestelle im LP-Kollektiv, während die übrigen Untersuchungspunkte vergleichbare Ergebnisse für beide Gruppen lieferten [44].

Jansson (2003) und Harilainen (2006) publizierten die 2- bzw. 5-Jahres-Ergebnisse ihrer Kreuzbandersatzstudie. Von ursprünglich 99 Teilnehmern konnten noch 89 bzw. 79 Patienten nachuntersucht werden. Dabei fanden sie für keines der untersuchten Merkmale statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass auch

hinsichtlich der Transplantatentnahmestellen keine wesentlichen Unterschiede festgestellt wurden. Dieser Parameter wurde von Jansson und Harilainen unter anderem mithilfe des Kujala-Scores [45] evaluiert, mit dem mögliche patellofemorale Probleme sehr detailliert beurteilt werden können [46, 47].

Aglietti (2004) beschrieb erneut ein Patientenkollektiv, diesmal mit 120 Teilnehmern und einem Beobachtungszeitraum von 2 Jahren. Dabei ergaben sich für die Transplantatentnahmestelle deutlich stärkere Beeinträchtigungen in der LP-Gruppe. Im Vergleichskollektiv zeigte sich dagegen wesentlich häufiger eine Aufweitung des femoralen Bohrtunnels [48].

Laxdal (2005) berichtete über 125 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 2 Jahren. Als einziger deutlicher Unterschied wurde in dieser Studie ein signifikant schlechteres Abschneiden der LP-Gruppe hinsichtlich der Entnahmestellenproblematik registriert [49].

Ibrahim (2005) untersuchte 85 Patienten mit einem Follow-up von mindestens 5 Jahren. Die Teilnehmer mit Patellarsehnenerersatz zeigten einen deutlicheren Extensionsverlust sowie vermehrte Probleme mit der Transplantatentnahmestelle [50].

Matsumoto (2006) veröffentlichte die Untersuchungsergebnisse von 72 Patienten mit einem Untersuchungszeitraum von mindestens 5 Jahren. Auch er stellte einen signifikanten Unterschied bezüglich der Morbidität an der Transplantatentnahmestelle zu Gunsten des ST-Kollektivs fest [51].

Sajovic (2006) berichtete über die 5-Jahres-Ergebnisse von 64 Patienten, wobei er signifikante Unterschiede bei der radiologischen Kniegelenksbewertung registrierte. Teilnehmer mit Ligamentum patellae-Transplantat schnitten dabei wesentlich schlechter ab als die Vergleichsgruppe [52].

Zaffagnini (2006) beschrieb die 5-Jahres-Ergebnisse von 75 Patienten. Wesentliche Unterschiede ergaben sich dabei hinsichtlich der Problematik der Transplantatentnahmestelle, wobei das LP-Kollektiv wiederum signifikant schlechter abschnitt [53].

Maletis (2007) publizierte die 2-Jahres-Ergebnisse von 96 Patienten. Dabei erreichte im Vergleich zur ST-Gruppe ein deutlich größerer Teil der Patienten mit Patellarsehnenerersatz wieder das Aktivitätslevel von vor der Verletzung. Bezüglich der Entnahmestellenmorbidity schnitt das LP-Kollektiv allerdings signifikant schlechter ab [54].

Pinczewski (2007) berichtete über 180 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 10 Jahren. Das LP-Kollektiv schnitt dabei sowohl bei der Evaluation der Transplantatentnahmestelle und der damit assoziierten Probleme als auch in der radiologischen Kniegelenksbewertung signifikant schlechter ab. Hier zeigte sich ein deutlich höherer Anteil mit Hinweisen auf eine beginnende oder manifeste Gonarthrose als in der ST-Gruppe [55].

Taylor (2009) beschrieb 53 Patienten mit einem teils sehr unterschiedlichen Beobachtungszeitraum. Die Mindest-Nachuntersuchungszeit betrug 2 Jahre. Einziger signifikanter Unterschied zwischen den Kollektiven war ein deutlich höheres Tegner-Aktivitätslevel der LP-Gruppe [56].

Heijne (2010) berichtete über die 2-Jahres-Ergebnisse von 68 Patienten. Das LP-Kollektiv erreichte dabei sowohl eine signifikant bessere Kniegelenkstabilität als auch ein deutlich höheres postoperatives Aktivitätslevel. Die ST-Gruppe schnitt dagegen bezüglich der Entnahmestellenmorbidity merklich besser ab [57].

Barenus (2010) veröffentlichte die 8-Jahres-Ergebnisse von 153 Patienten. Bis auf eine signifikant höhere Entnahmestellenmorbidity im LP-Kollektiv erreichten beide Studiengruppen in allen Untersuchungen vergleichbare Ergebnisse [58].

Drogset (2010) beschrieb die Resultate der 2-Jahres-Nachuntersuchung von 115 Patienten. In der LP-Gruppe zeigte sich eine signifikant höhere Entnahmestellenmorbidity als im Vergleichskollektiv. Teilnehmer mit Semitendinosussehnen-Transplantat hatten dagegen einen deutlichen Kraftverlust bei der Kniegelenksflexion [59].

Sajovic (2011) publizierte die 11-Jahres-Ergebnisse von 64 Patienten. Dabei ergaben sich signifikante Unterschiede im Pivot-Shift-Test, bei dem das LP-Kollektiv deutlich schlechter abschnitt als die Vergleichsgruppe. Außerdem wurden die Patienten mit Ligamentum patellae-Transplantat bei der radiologischen Kniegelenksevaluation signifikant schlechter beurteilt [60].

Wipfler (2011) berichtete über 53 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von mindestens 8 Jahren. Dabei konnte ein signifikanter Unterschied im IKDC-Score zu Gunsten des Semitendinosussehnen-Transplantates festgestellt werden. Hinsichtlich der Evaluation der Entnahmestellenmorbidity schnitt das LP-Kollektiv ebenfalls deutlich schlechter ab [61].

Leys (2012) veröffentlichte die 15-Jahres-Ergebnisse von 180 Patienten. Dabei schnitt die LP-Gruppe in folgenden Untersuchungen signifikant schlechter ab als das ST-Kollektiv: Einbeinsprungtest, radiologische Kniegelenksbewertung, Extensionsdefizit und Symptome der Transplantatentnahmestelle. Außerdem war die LP-Gruppe nur zu deutlich geringeren Kniegelenksbelastungen in der Lage [62].

Einige weitere Studien konnten für keines der überprüften Merkmale einen signifikanten Unterschied zwischen beiden untersuchten Transplantaten feststellen: Jansson (2003), Harilainen (2006), Liden (2007), Holm (2010), Leal-Blanquet (2011), Gifstad (2012) [46, 47, 63-66].

Für die Bewertung nach dem IKDC-Evaluationsblatt, der Lysholm-Klassifikation und der subjektiven Beurteilung durch die Patienten sind unsere Befunde identisch mit fast allen überprüften Publikationen. Die Kniegelenksfunktion wurde bei der überwiegenden Mehrzahl der Patienten mit normal oder fast normal nach IKDC, bzw. mit sehr gut oder gut nach Lysholm bewertet. Insbesondere ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Studiengruppen. Lediglich in der Arbeit von Wipfler (2011) erzielte die ST-Gruppe eine signifikant bessere Bewertung im IKDC-Score als das Vergleichskollektiv [61].

Die Beurteilung des Aktivitätslevels ergab ein weniger einheitliches Bild. Wir konnten dabei ebenso wie die Mehrzahl der untersuchten Studien keine signifikanten Gruppenunterschiede feststellen. Allerdings gab es auch einige Publikationen, die sowohl über ein signifikant höheres Aktivitätsniveau als auch eine deutlich schnellere Rückkehr zur sportlichen Leistungsfähigkeit im LP-Kollektiv berichteten [34, 56, 57, 67, 68].

Bezüglich des Bewegungsumfangs im operierten Kniegelenk beschrieben einige Studien signifikante Vorteile für das Semitendinosussehnen-Transplantat [42, 43, 50, 62, 69-72]. Die LP-Gruppe zeigte in diesen Untersuchungen deutlich häufiger einen Extensionsverlust von über 5° im Seitenvergleich. In unserer Studie waren dagegen 2 Teilnehmer der ST-Gruppe mit einem Flexionsdefizit von 6–15° auffällig. Diese Befunde publizierte auch Mohtadi (2011) in einer Review. Er sah für das Ligamentum patellae-Transplantat das Risiko eines postoperativen Extensionsdefizits, für den Kreuzbandersatz mit Semitendinosussehne dagegen eher das Risiko eines postoperativen Flexionsverlustes [73].

Bei der Untersuchung der Kniegelenksstabilität zeigten etliche Studien keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Kollektiven [44, 47-51, 54, 56, 58, 61, 63, 64, 66]. Es gab aber auch einige Publikationen, die zu dem Schluss kamen, dass sich mit dem Ligamentum patellae-Transplantat eine deutlich

bessere Stabilität im operierten Kniegelenk erzielen lässt [36, 39, 43, 57, 68, 70, 73-77]. In unseren Untersuchungen ergab die Stabilitätsprüfung nach Lachmann ebenfalls einen Trend zu besseren Ergebnissen in der LP-Gruppe, die instrumentelle Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer lieferte dagegen relativ homogene Befunde in beiden Studiengruppen.

Die Ergebnisse des Pivot-Shift-Tests ergaben ebenfalls kontroverse Befunde. Während Sajovic (2011) [60] für diese Untersuchung entsprechend unseren Befunden einen signifikanten Unterschied zu Gunsten des ST-Kollektivs beschrieb, zeigten einige andere Studien genau das Gegenteil, nämlich ein signifikant höheres Risiko für einen positiven Pivot-Shift-Test bei Verwendung des Semitendinosussehnen-Transplantates [71, 74, 75, 77]. Die überwiegende Mehrzahl der überprüften Arbeiten konnte allerdings keine signifikanten Unterschiede für dieses Merkmal feststellen.

Für den Einbeinsprungtest beschrieben lediglich 2 Publikationen signifikante Unterschiede, jeweils mit einem besseren Abschneiden der ST-Gruppe [61, 62]. Unsere Ergebnisse für diesen Test sind konform mit allen anderen überprüften Studien, wobei sich keine Vorteile für eines der beiden Operationsverfahren ergaben.

Die Evaluation der Transplantatentnahmestellenmorbidity und der damit vergesellschafteten Probleme wie beispielsweise Schwierigkeiten beim Knien ergab zwar kein vollkommen einheitliches Bild, aber unsere Befunde entsprechen weitestgehend der großen Mehrzahl aller Publikationen. Während einige Studien keine Unterschiede für diesen Untersuchungspunkt feststellen konnten [36, 46, 52, 56, 60, 63, 65, 66, 69, 74], zeigten die übrigen Veröffentlichungen allesamt deutliche Vorteile zu Gunsten des Semitendinosussehnen-Transplantates.

Bei der radiologischen Kontrolluntersuchung zeigte das LP-Kollektiv in einigen Studien signifikant häufiger Anzeichen einer Arthrose im operierten Kniegelenk als die Vergleichsgruppe [52, 55, 60, 62, 78]. Mehrheitlich ergaben sich

allerdings, wie in unserer Untersuchung, keine relevanten Gruppenunterschiede. Barenius (2010) beschrieb einen deutlichen Zusammenhang zwischen signifikant schlechterer radiologischer Bewertung und vorausgegangener Operation am Meniskus [58]. Wipfler (2011) konnte über 8 Jahre nach dem Kreuzbandersatz bei der Beurteilung von Knorpelläsionen anhand beidseitiger MRT-Aufnahmen keine signifikanten Unterschiede zwischen operiertem und nicht operiertem Kniegelenk feststellen [61]. Dagegen zeigten die 10-Jahres-Ergebnisse von Holm (2010) wesentlich häufiger Arthrosezeichen im betroffenen Kniegelenk als die nicht operierte Gegenseite, allerdings ebenfalls ohne signifikante Unterschiede zwischen den beiden Studiengruppen [64].

Einige Autoren führten auch eine isokinetische Kraftmessung durch, wobei sich in den meisten Fällen statistisch auffällige Unterschiede ergaben: Patienten mit Semitendinosussehnen-Transplantat fielen fast durchweg mit deutlich verminderter Kraft bei der Kniegelenksflexion im operierten Bein auf. Teilnehmer mit Patellarsehnenersatz hatten dagegen eher ein leichtes Kraftdefizit bei der Kniestreckung [38, 40, 51, 59, 66, 74, 79]. Es gab aber auch vereinzelte Studien, die keine signifikanten Unterschiede bei der Kraftmessung feststellen konnten [56, 64, 65].

Die Zusammenschau aller Befunde zeigt, dass sich mit beiden Operationsverfahren in den meisten Fällen gute bis sehr gute Ergebnisse erzielen lassen. Als Nachteil für das Ligamentum patellae-Transplantat muss dabei weiterhin die Problematik der Entnahmestellenmorbidity und der eventuell damit einhergehenden Beschwerden gesehen werden. Für den Kreuzbandersatz mittels Semitendinosussehne ergaben einige Studien Defizite bei der erreichten Kniegelenksstabilität und einer Rückkehr zur gewünschten sportlichen Leistungsfähigkeit. Die Ergebnisse unserer Untersuchungen stimmen dabei weitestgehend mit der Mehrzahl aller bisher veröffentlichten Arbeiten überein. Die Diskussion um die bestmögliche Therapie der vorderen Kreuzbandruptur wird wohl unvermindert weitergehen. Zum einen besteht noch ein Mangel an Studien, welche die Langzeitergebnisse der bisher gängigen Transplantate

miteinander vergleichen. Andererseits kommen vermehrt neue Strategien wie beispielsweise der Kreuzbandersatz in Mehrfachbündeltechnik zum Einsatz, die auf ihre Funktionalität und Beständigkeit überprüft werden müssen. Auch das relativ junge Forschungsfeld des sogenannten „Tissue Engineering“ wird vermutlich in Zukunft noch einige neue Therapieoptionen eröffnen.

## **5 Zusammenfassung**

Diese Studie vergleicht die 10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopisch unterstütztem Ersatz des vorderen Kreuzbandes mittels zweier verschiedener autologer Transplantate. 62 randomisierte Studienteilnehmer (45 Männer, 17 Frauen) wurden zwischen November 1998 und November 1999 an der orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus in Würzburg nach einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes operiert. Bei 31 Teilnehmern wurde der ACL-Ersatz mit Semitendinosussehnen-Transplantat (ST), bei der anderen Hälfte mittels Ligamentum patellae-Transplantat (LP) durchgeführt. Die Studiengruppen zeigten zu Beginn keine signifikanten Unterschiede bezüglich Alter, Geschlecht und Aktivitätsniveau. Alle Patienten erhielten die gleiche postoperative Behandlung und regelmäßige klinische Kontrollen: Die vorgesehenen Untersuchungsintervalle betragen 6 Wochen (U1), 12 Wochen (U2), 6 Monate (U3), 1 Jahr (U4), 5 Jahre (U5) und 10 Jahre (U6). Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum bei U6 lag bei 10,54 (9,7–11,9) Jahren. Zu diesem Zeitpunkt konnten noch 47 Teilnehmer (75,8%) vollständig untersucht werden, von 9 weiteren (14,5%) liegen Fragebögen vor. 2 Patienten der ST-Gruppe erlitten im Studienzeitraum eine traumatisch bedingte Transplantatruptur.

Für alle wesentlichen Untersuchungspunkte wie IKDC-Gesamtwertung, Lysholm-Klassifikation, Einbeinsprungtest, Tegner-Aktivitätsskala, Lachmann-Test, instrumentelle Translationsmessung mit dem KT-1000-Arthrometer, Patientenfragebogen und radiologischer Kontrolluntersuchung ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Auch ein Vergleich der Untersuchungsbefunde im Studienverlauf zeigte keine auffälligen Unterschiede zwischen den Operationsmethoden. Während wir einen leichten Trend hin zu einem höheren postoperativen Aktivitätsniveau und



stabileren Kniegelenksverhältnissen im LP-Kollektiv beobachten konnten, klagten diese Patienten gleichzeitig auch vermehrt über Probleme an der Transplantatentnahmestelle. Diese Befunde waren allerdings statistisch nicht signifikant, decken sich aber mit den Ergebnissen eines Großteils aller bisher veröffentlichten Studien zu diesem Thema. Bezüglich der radiologischen Kniegelenksbeurteilung ergaben sich bei der 10-Jahres-Untersuchung deutlich schlechtere Bewertungen im Vergleich zu den postoperativen Aufnahmen. Einen signifikanten Unterschied in der Röntgenevaluation zwischen den Studiengruppen, wie er von einigen Autoren anderer Langzeitstudien zu Gunsten des ST-Kollektivs publiziert wurde [55, 60, 62, 78], konnten wir nicht feststellen. Insgesamt lassen sich aus unseren Ergebnissen keine neuen Erkenntnisse oder gar eine generelle Empfehlung für eines der beiden verwendeten autologen Transplantate ableiten. Vielmehr bestätigt sich die bisherige Ansicht, dass die Art des Kreuzbandersatzes auf die individuellen Umstände und Erwartungen jedes einzelnen Patienten abgestimmt werden sollte.

## 6 Anhang

### 6.1 IKDC-Evaluationsblatt

IKDC KNIE-EVALUATIONSBLATT									
Name: _____		Vorname: _____		geb. / /		Pat.Nr.: _____			
Untersucher: _____		Datum Unters.: / /		Datum Unf./-älle: / / ; / /		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"/> li.		Gegenseite: <input type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> verletzt		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.: med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>		2/3 entf.: med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/>		kompl.entf.: 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"/> 3 bis 5mm od.	<input type="checkbox"/> 6 bis 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm					
idem (alternative Unters., fakultat.)	<input type="checkbox"/> -1 bis 2mm	<input type="checkbox"/> -1 b. -3mm	<input type="checkbox"/> od. <-3mm	<input type="checkbox"/> >10mm					
Anschlag: <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> weich		<input type="checkbox"/> 3-5 /-1 bis -3mm	<input type="checkbox"/> 6-10 /<-3mm	<input type="checkbox"/> >10mm					
△ 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>					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## 6.2 Lysholm-Score

Lysholm - Score (Deutschsprachige Modifikation)	
<b>1. Hinken ( 5 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> kein Hinken <input type="checkbox"/> leicht oder gelegentlich <input type="checkbox"/> deutlich oder ständig	5 3 0
<b>2. Gehhilfen (5 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> nein <input type="checkbox"/> ja, Gehstützen oder Krücke <input type="checkbox"/> Belastung unmöglich	5 2 0
<b>3. Blockierung (15 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> Keine Blockierung und keine Einklemmungserscheinungen <input type="checkbox"/> Einklemmungserscheinungen, aber keine Blockierung <input type="checkbox"/> gelegentliche Blockierung <input type="checkbox"/> momentane Blockierung	15 10 6 0
<b>4. Instabilität (25 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> nie Instabilitätsgefühl <input type="checkbox"/> gelegentlich beim Sport oder starker Belastung <input type="checkbox"/> regelmäßig beim Sport oder starker Belastung <input type="checkbox"/> gelegentlich bei alltäglicher Belastung <input type="checkbox"/> häufig bei alltäglicher Belastung <input type="checkbox"/> bei jedem Schritt	25 20 15 10 5 0
<b>5. Schmerzen (25 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> keine Schmerzen <input type="checkbox"/> unregelmäßig und leicht bei starker Belastung <input type="checkbox"/> deutlich bei starker Belastung <input type="checkbox"/> deutlich bei oder nach einer Gehstrecke von mehr als 2km <input type="checkbox"/> deutlich bei oder nach einer Gehstrecke von weniger als 2km <input type="checkbox"/> ständige Schmerzen	25 20 15 10 5 0
<b>6. Schwellung (10 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> keine Schwellung <input type="checkbox"/> nach starker Belastung <input type="checkbox"/> nach alltäglicher Belastung <input type="checkbox"/> ständige Schwellung	10 6 2 0
<b>7. Treppensteigen (10 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> keine Probleme <input type="checkbox"/> leichte Einschränkung <input type="checkbox"/> nur schrittweise möglich <input type="checkbox"/> Treppensteigen unmöglich	10 6 2 0
<b>8. Tiefe Hocke (5 Punkte)</b> <input type="checkbox"/> keine Probleme <input type="checkbox"/> leicht eingeschränkt <input type="checkbox"/> nicht über 90 Grad <input type="checkbox"/> unmöglich	5 4 2 0

### 6.3 Tegner-Aktivitätsskala

Tegner Aktivitätsskala			
Skala 0 – 10			
<input type="checkbox"/>	10	Hochleistungssport*:	Nationale und internationale Elite
<input type="checkbox"/>	9	Leistungssport*:	Fußball (Landes- und Kreisliga), Eishockey, Ringen, Bodenturnen, Hallensportarten
<input type="checkbox"/>	8	Leistungssport*:	Squash, Sprungdisziplinen in der Leichtathletik, alpiner Skisport, Badminton
<input type="checkbox"/>	7	Leistungssport*: Freizeitsport:	Tennis, Laufdisziplinen in der Leichtathletik, Motocross, Kontaktsportarten Fußball, Squash, Eishockey, Sprungdisziplinen in der Leichtathletik
<input type="checkbox"/>	6	Freizeitsport:	Tennis, Badminton, Kontaktsportarten, alpiner Skilauf, Jogging mind. 5x/ Woche
<input type="checkbox"/>	5	Beruf: Leistungssport*: Freizeitsport:	Schwerarbeit Radfahren, Skilanglauf Jogging auf unebenem Grund mind. 2x/ Woche
<input type="checkbox"/>	4	Beruf: Freizeitsport:	Mittelschwere Arbeit Jogging auf unebenem Grund mind. 2x/ Woche, Radfahren, Skilanglauf
<input type="checkbox"/>	3	Beruf: Leistungssport*: Freizeitsport: Spazieren gehen	Leichte Arbeit Schwimmen Schwimmen Im Wald möglich
<input type="checkbox"/>	2	Beruf: Spazieren gehen:	Leichte Arbeit Auf unebenem Boden möglich, jedoch unmöglich auf Waldboden
<input type="checkbox"/>	1	sitzende Tätigkeit, Spazieren gehen auf ebenem Grund möglich	
<input type="checkbox"/>	0	Arbeitsunfähigkeit bzw. Berentung wegen Kniegelenkserkrankung	

## 6.4 Röntgenevaluationsbogen nach Sherman

<b>Periarticular Score (P-Score)</b>			
Ausziehungen Patella	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
Ausziehungen med. Kompartiment □ Tibia    □ Femur	keine (3)	gering (2)	mäßig (1)
Ausziehungen lat. Kompartiment □ Tibia    □ Femur	keine (3)	gering (2)	mäßig (1)
Ausziehungen Eminentia intercondylaris	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
<b>Degenerative Score (D-Score)</b>			
Subchondrale Sklerose med. Komp. □ Tibia    □ Femur	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
Subchondrale Sklerose lat. Komp. □ Tibia    □ Femur	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
Gelenkspaltverschmälerung med. Komp.	keine (3)	1 mm (2)	2 mm (1) 3 mm or more (0)
Gelenkspaltverschmälerung lat. Komp.	keine (3)	1 mm (2)	2 mm (1) 3 mm or more (0)
Subchondrale Zysten med. Komp. □ Tibia    □ Femur	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
Subchondrale Zysten lat. Komp. □ Tibia    □ Femur	keine (2)	gering-mäßig (1)	stark (0)
Freie Gelenkkörper	keine (2)	1 (1)	2 oder mehr(0)
<b>Total Score (T-Score)</b>			

## 6.5 Patientenfragebogen

### Patientenfragebogen Kreuzbandplastik-Nachuntersuchung (U10)

ID:

Sehr geehrte(r) Patient(in),

bei Ihnen wurde vor 10 Jahren eine Kreuzbandplastik am Kniegelenk durchgeführt. Der vorliegende Fragebogen dient der Beurteilung des Behandlungserfolges.  
Wir legen sehr viel Wert auf eine persönliche Einschätzung des Behandlungserfolges und bitten Sie deshalb, die nachfolgenden Fragen gewissenhaft zu beantworten.

1. Ist Ihr Kniegelenk zwischenzeitlich blockiert oder haben Sie Einklemmungserscheinungen?

- nein
- Einklemmungserscheinungen, aber keine Blockierungen
- gelegentlich Blockierungen
- das Knie ist zurzeit blockiert

2. Haben Sie ein Instabilitätsgefühl?

- nein
- gelegentlich beim Sport oder starker Belastung
- regelmäßig beim Sport oder starker Belastung
- gelegentlich bei alltäglicher Belastung
- häufig bei alltäglicher Belastung
- bei jedem Schritt

3. Haben Sie Knieschmerzen?

- nein
- ja, unregelmäßig und leicht bei starker Belastung
- ja, deutlich bei starker Belastung
- ja, deutlich bei oder nach einer Gehstrecke von mehr als 2km
- ja, deutlich bei oder nach einer Gehstrecke von weniger als 2km
- ja, ständig

Wenn ja, markieren Sie die Stärke Ihrer Schmerzen auf der folgenden Skala:



4. Welche der folgenden Aktivitäten können Sie ohne Schmerzen ausüben?

- Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsportarten (z.B. Fußball, Handball)
- schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren
- leichte körperliche Arbeit, Joggen, Springen
- sitzende Tätigkeiten

5. Haben Sie beim Treppensteigen Probleme?

- |  |                       |  |
|--|-----------------------|--|
| <input type="radio"/> treppauf                 | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> treppab                  |
| <input type="radio"/> nein                     | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> nein                     |
| <input type="radio"/> leichte Einschränkung    | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> leichte Einschränkung    |
| <input type="radio"/> nur schrittweise möglich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> nur schrittweise möglich |
| <input type="radio"/> Treppensteigen unmöglich | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> Treppensteigen unmöglich |

6. Können Sie in die Hocke gehen?

- ja, tiefe Hocke möglich →  aber schmerzhaft  
 leicht eingeschränkt  
 nicht über 90°  
 unmöglich

7. Wie funktioniert Ihr Knie?

- normal, ohne Probleme  
 fast normal, mit leichten Problemen  
 abnormal, mit deutlichen Schwierigkeiten  
 abnormal, mit starken Schwierigkeiten

8. Schwillt Ihr Kniegelenk an?

- nein  
 nur nach starker Belastung  
 nach alltäglicher Belastung  
 ständig geschwollen

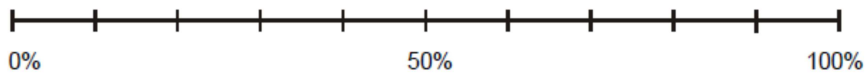
9. Wie beeinflusst(e) Ihr Knie Ihre Aktivität zu den genannten Zeitpunkten?

	nicht	gering	mäßig	stark
vor dem Unfall	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
vor der Operation	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
heute	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

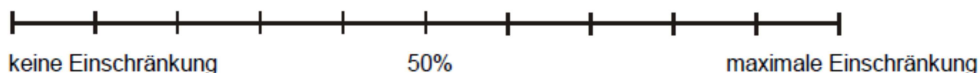
10. Hat sich Ihr Aktivitätsniveau gegenüber dem Zeitpunkt vor dem Unfall aufgrund Ihrer Knieverletzung geändert?

- ja  nein

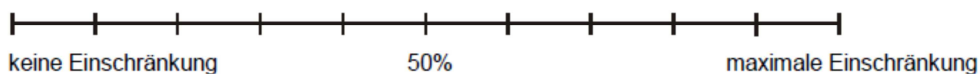
11. Um wie viel Prozent, bezogen auf das gesunde Bein, sind Ihre Aktivitäten mit dem verletzten Bein eingeschränkt?



12. Fühlen Sie sich im täglichen Leben kniebedingt eingeschränkt?



13. Müssen Sie sich beim Sport kniebedingt einschränken?



wenn ja, nach welcher Zeit?  
bei welchen Sportarten?

14. Wie zufrieden sind Sie mit Operationsergebnis?

- ☺ sehr zufrieden  
😊 zufrieden  
☹ unzufrieden

Vielen Dank!

## 6.6 Literaturübersicht

Autor	Jahr	Patientenzahl		Follow-up in Monaten	IKDC-Wertung	Lysholm-Score	Tegner-Aktivitäts-skala	Lachmann-Test	Instrumentelle Translationsmessung	Einbeinsprung (funktioneller Test)	ROM (Ex. - Flex.)	Röntgen-evaluation	Entnahmestellen-morbidität	Isokinetische Kraftmessung
		LP <sup>1</sup>	ST <sup>2</sup>											
Marder	1991	40	40	24	-	-	-	O	O	-	O	-	O	+ <sup>1</sup>
Aglietti	1994	30	30	28	O	-	-	-	O	-	+ <sup>2</sup>	-	O	O
O'Neill	1996/2001	125/225 *		24/72	O	O	-	O	+*	O	O	O	-	+*
Anderson	2001	35	35	24	O	-	-	O	+*	-	O	-	O	O
Aune	2001	35	37	24	-	-	-	-	O	O	-	-	+ <sup>2</sup>	+ <sup>1</sup>
Eriksson	2001	84	80	24	O	O	O	O	-	O	+ <sup>2</sup>	-	-	-
Ropke	2001	20	20	24	O	-	O	O	+ <sup>1</sup>	-	O	-	+ <sup>2</sup>	-
Beynnon	2002	28	28	36	-	-	O	+ <sup>1</sup>	+ <sup>1</sup>	O	O	-	-	+ <sup>1</sup>
Shaieb	2002	31	35	24	-	O	-	O	O	-	+ <sup>2</sup>	-	+ <sup>2</sup>	-
Feller	2003	31	34	36	O	-	-	O	+ <sup>1</sup>	-	+ <sup>2</sup>	+ <sup>1</sup>	+ <sup>2</sup>	O
Ejerhed	2003	34	37	24	O	O	O	O	O	O	O	-	+ <sup>2</sup>	O
Jansson/Harilainen	2003/2006	51	48	24	O	O	O	O	O	-	O	-	O	O
Aglietti	2004	60	60	24	O	-	-	O	O	-	O	O	+ <sup>2</sup>	O
Ibrahim	2005	40	45	80	O	O	O	O	O	-	+ <sup>2</sup>	O	+ <sup>2</sup>	-
Laxdal	2005	134 *		24	O	O	O	O	O	O	O	-	+ <sup>2</sup>	-



Autor	Jahr	Patientenzahl		Follow-up in Monaten	IKDC-Wertung	Lysholm-Score	Tegner-Aktivitäts-skala	Lachmann-Test	Instrumentelle Translations-messung	Einbeinsprung (funktioneller Test)	ROM (Ex. - Flex.)	Röntgen-evaluation	Entnahme-stellen-morbidität	Isokinetische Kraftmessung
Matsumoto	2006	40	40	60	O	-	-	O	O	-	O	-	+ 2	+ 1
Zaffagnini	2006	75 *		60	O	-	O	O	O	O	O	O	+ 2	-
Sajovic	2006/2011	32	32	60/132	O	O	-	O	O	O	O	+ 2	O	-
Liden	2007	34	37	68	O	O	O	O	O	O	O	-	O	-
Maletis	2007	46	53	24	O	O	+ 1	O	O	O	O	-	+ 2	+ 1
Pinczewski	2007	90	90	120	O	-	-	O	O	O	O	+ 2	+ 2	-
Taylor	2009	32	32	24	O	O	+ 1	O	O	O	O	O	O	O
Barenus	2010	82	82	96	O	O	O	O	O	O	O	O	+ 2	-
Drogset	2010	58	57	24	-	O	-	O	O	-	O	-	+ 2	+ 1
Heijne	2010	34	34	24	-	-	O	-	+ 1	O	-	-	+ 2	+ 1
Holm	2010	35	37	120	-	-	-	-	O	O	O	O	-	O
Leal-Blanquet	2011	*		24	O	-	-	O	O	O	O	-	-	O
Wipfler	2011	31	31	96	+ 2	-	-	O	O	+ 2	O	O	+ 2	O
Gifstad	2012	58	56	84	-	O	O	O	O	-	O	O	O	+ 1
Leys	2012	90	90	180	O	O	-	O	O	+ 2	+ 2	+ 2	+ 2	-
vorliegende Studie	2013	31	31	120	O	O	O	O	O	O	O	O	O	-

O = keine signifikanten Unterschiede  
 - = keine Angaben  
 + 1= signifikante Unterschiede zu Gunsten LP  
 + 2 = signifikante Unterschiede zu Gunsten ST  
 \* = mehr als 2 Operationsmethoden

## 7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Diagnosedaten der Krankenhäuser nach ICD 10 .....	1
Abbildung 2: Operationszahlen König-Ludwig-Haus .....	2
Abbildung 3: Alter und Geschlecht der Untersuchungsteilnehmer .....	4
Abbildung 4: Unfallmechanismus in Prozent .....	4
Abbildung 5: Begleitverletzungen .....	5
Abbildung 6: Schematische Darstellung einer ACL-Ersatzplastik mit Ligamentum patellae [11] .....	7
Abbildung 7: Schematische Darstellung der Transplantateinbringung und – befestigung bei Semitendinosussehnen-Autograft [11] .....	8
Abbildung 8: Ergebnisse Lachmann-Test.....	22
Abbildung 9: Ergebnisse Einbeinsprungtest.....	25
Abbildung 10: Entnahmestellenmorbidity .....	26
Abbildung 11: IKDC Gesamtwertung.....	27
Abbildung 14: dislozierter Endobutton, 122 Monate postoperativ.....	33
Abbildung 13: ventralisierte Interferenz-schraube, 127 Monate postoperativ ...	33
Abbildung 12: dislozierter Endobutton, 120 Monate postoperativ.....	33
Abbildung 15: Zufriedenheit der Patienten mit dem Operationsergebnis .....	42
Abbildung 17: Verlauf Gesamtqualifikation nach IKDC, ST-Kollektiv .....	44
Abbildung 16: Verlauf Gesamtqualifikation nach IKDC, LP-Kollektiv.....	44
Abbildung 20: Verlauf Oberschenkelumfang-messung, ST-Kollektiv .....	47
Abbildung 19: Verlauf Oberschenkelumfang-messung, LP-Kollektiv.....	47
Abbildung 21: Verlauf Stabilitätsprüfung nach Lachmann, LP-Kollektiv .....	50
Abbildung 22: Verlauf Stabilitätsprüfung nach Lachmann, ST-Kollektiv .....	50
Abbildung 23: Verlauf funktioneller Test nach IKDC, LP-Kollektiv.....	53
Abbildung 24: Verlauf funktioneller Test nach IKDC, ST-Kollektiv.....	53

## 8 Literaturverzeichnis

1. Niethard, F.P., J., *Orthopädie*. 5 ed 2005: Thieme. 496-497.
2. Bollen, S., *Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage*. British Journal of Sports Medicine, 2000. **34**(3): p. 227-8.
3. Mohtadi, N., *Development and validation of the quality of life outcome measure (questionnaire) for chronic anterior cruciate ligament deficiency*. American Journal of Sports Medicine, 1998. **26**(3): p. 350-9.
4. Jackson, D.W. and S.P. Arnoczky, *The Anterior cruciate ligament: current and future concepts* 1993: Raven Press.
5. Daniel, D.M., et al., *Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study*. American Journal of Sports Medicine, 1994. **22**(5): p. 632-44.
6. Sherman, M.F., et al., *A clinical and radiographical analysis of 127 anterior cruciate insufficient knees*. Clin Orthop Relat Res, 1988. **227**: p. 229-37.
7. Karlsson, J., *History of Cruciate Ligament Repair*. In: *Repair and Regeneration of Ligaments, Tendons, and Joint Capsule* 2006: Humana Press. S. 135–142.
8. Snook, G.A., *A short history of the anterior cruciate ligament and the treatment of tears*. Clin Orthop Relat Res, 1983(172): p. 11-3.
9. AWMF. *Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Leitlinie Vordere Kreuzbandruptur*. 2008; Available from: [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-005l\\_S1\\_Vordere\\_Kreuzbandruptur\\_2008\\_01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-005l_S1_Vordere_Kreuzbandruptur_2008_01.pdf) (Stand 13.12.2012).
10. Barthel, T., *Priv. Doz. Dr. med. T. Barthel, Leitender Arzt des Schwerpunktes Sportorthopädie und arthroskopische Operation der Universitätsklinik Würzburg*, 2012.
11. Brenner, T., *Vergleich zweier Rekonstruktionsverfahren nach ACL - Ruptur, Semitendinosussehnentransplantat versus Ligamentum patellae Transplantat : eine prospektive randomisierte Studie*, in *Medizinische Fakultät, Lehrstuhl für Orthopädie* 2004 Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
12. Schuhmann, S.J., *Ein Vergleich zweier vorderer Kreuzbandersatzplastiken mit Patellarsehne vs. Semitendinosus- und Gracilissehnen im 5 Jahresverlauf – eine prospektive, randomisierte Studie*, in *Medizinische Fakultät, Lehrstuhl für Orthopädie* 2009, Julius-Maximilians-Universität Würzburg
13. Smith, J.P., 3rd and G.R. Barrett, *Medial and lateral meniscal tear patterns in anterior cruciate ligament-deficient knees. A prospective analysis of 575 tears*. American Journal of Sports Medicine, 2001. **29**(4): p. 415-9.
14. Shelbourne, K.D. and P.A. Nitz, *The O'Donoghue triad revisited. Combined knee injuries involving anterior cruciate and medial collateral ligament tears*. American Journal of Sports Medicine, 1991. **19**(5): p. 474-7.

15. Hefti, F., et al., *Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 1993. **1**(3-4): p. 226-34.
16. Hefti, F. and W. Muller, *Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandlasionen. Das neue IKDC-Knie-Evaluationsblatt*. Orthopade, 1993. **22**(6): p. 351-62.
17. Irrgang, J.J., et al., *Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 1998. **6**(2): p. 107-14.
18. Irrgang, J.J., et al., *Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form*. American Journal of Sports Medicine, 2001. **29**(5): p. 600-13.
19. Lysholm, J. and J. Gillquist, *Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale*. American Journal of Sports Medicine, 1982. **10**(3): p. 150-4.
20. Tegner, Y. and J. Lysholm, *Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries*. Clinical Orthopaedics & Related Research, 1985(198): p. 43-9.
21. Tegner, Y., et al., *Evaluation of cruciate ligament injuries. A review*. Acta Orthopaedica Scandinavica, 1988. **59**(3): p. 336-41.
22. Price, D.D., et al., *A comparison of pain measurement characteristics of mechanical visual analogue and simple numerical rating scales*. Pain, 1994. **56**(2): p. 217-26.
23. Sherman, M.F., et al., *The long-term followup of primary anterior cruciate ligament repair. Defining a rationale for augmentation*. American Journal of Sports Medicine, 1991. **19**(3): p. 243-55.
24. Petersen, W.Z., T., *Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie 2009*, Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
25. Benjaminse, A., A. Gokeler, and C.P. van der Schans, *Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, 2006. **36**(5): p. 267-88.
26. Jakob, R.P., H.U. Staubli, and J.T. Deland, *Grading the pivot shift. Objective tests with implications for treatment*. J Bone Joint Surg Br, 1987. **69**(2): p. 294-9.
27. Daniel, D.M., et al., *Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption*. American Journal of Sports Medicine, 1985. **13**(6): p. 401-7.
28. Rangger, C., D.M. Daniel, and M.L. Stone, *[Instrumented measurement of ruptures of the anterior cruciate ligament]*. Unfallchirurg, 1994. **97**(9): p. 462-6.
29. Noyes, F.R., S.D. Barber, and R.E. Mangine, *Abnormal lower limb symmetry determined by function hop tests after anterior cruciate ligament rupture*. American Journal of Sports Medicine, 1991. **19**(5): p. 513-8.
30. Gustavsson, A., et al., *A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL*

- reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2006. **14**(8): p. 778-88.
31. Itoh, H., et al., *Evaluation of functional deficits determined by four different hop tests in patients with anterior cruciate ligament deficiency*. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 1998. **6**(4): p. 241-5.
  32. Rudolph, K.S., M.J. Axe, and L. Snyder-Mackler, *Dynamic stability after ACL injury: who can hop?* *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2000. **8**(5): p. 262-9.
  33. Rudolph, K.S., et al., *Dynamic stability in the anterior cruciate ligament deficient knee*. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 2001. **9**(2): p. 62-71.
  34. Aglietti, P., et al., *Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction*. *American Journal of Sports Medicine*, 1994. **22**(2): p. 211-7; discussion 217-8.
  35. O'Neill, D.B., *Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques*. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*, 1996. **78**(6): p. 803-13.
  36. Anderson, A.F., R.B. Snyder, and A.B. Lipscomb, Jr., *Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods*. *American Journal of Sports Medicine*, 2001. **29**(3): p. 272-9.
  37. Eriksson, K., et al., *A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament*. *Journal of Bone & Joint Surgery - British Volume*, 2001. **83**(3): p. 348-54.
  38. Aune, A.K., et al., *Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up*. *American Journal of Sports Medicine*, 2001. **29**(6): p. 722-8.
  39. Ropke, M., et al., *[Semitendinosus tendon vs. patellar ligament. Results of a prospective randomized study after anterior cruciate ligament reconstruction]*. *Unfallchirurg*, 2001. **104**(4): p. 312-6.
  40. O'Neill, D.B., *Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A follow-up report*. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*, 2001. **83-A**(9): p. 1329-32.
  41. Beynon, B.D., et al., *Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study*. *Journal of Bone & Joint Surgery - American Volume*, 2002. **84-A**(9): p. 1503-13.
  42. Shaieb, M.D., et al., *A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction*. *American Journal of Sports Medicine*, 2002. **30**(2): p. 214-20.
  43. Feller, J.A. and K.E. Webster, *A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction*. *American Journal of Sports Medicine*, 2003. **31**(4): p. 564-73.
  44. Ejerhed, L., et al., *Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized*

- study with a two-year follow-up. American Journal of Sports Medicine, 2003. 31(1): p. 19-25.*
45. Kujala, U.M., et al., *Scoring of patellofemoral disorders. Arthroscopy, 1993. 9(2): p. 159-63.*
  46. Jansson, K.A., et al., *A prospective randomized study of patellar versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. American Journal of Sports Medicine, 2003. 31(1): p. 12-8.*
  47. Harilainen, A., E. Linko, and J. Sandelin, *Randomized prospective study of ACL reconstruction with interference screw fixation in patellar tendon autografts versus femoral metal plate suspension and tibial post fixation in hamstring tendon autografts: 5-year clinical and radiological follow-up results. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2006. 14(6): p. 517-28.*
  48. Aglietti, P., et al., *Anterior cruciate ligament reconstruction: bone-patellar tendon-bone compared with double semitendinosus and gracilis tendon grafts. A prospective, randomized clinical trial. J Bone Joint Surg Am, 2004. 86-A(10): p. 2143-55.*
  49. Laxdal, G., et al., *A prospective randomized comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy, 2005. 21(1): p. 34-42.*
  50. Ibrahim, S.A., et al., *Clinical evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus gracilis and semitendinosus autograft. Arthroscopy, 2005. 21(4): p. 412-7.*
  51. Matsumoto, A., et al., *A comparison of bone-patellar tendon-bone and bone-hamstring tendon-bone autografts for anterior cruciate ligament reconstruction. American Journal of Sports Medicine, 2006. 34(2): p. 213-9.*
  52. Sajovic, M., et al., *A prospective, randomized comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: five-year follow-up. American Journal of Sports Medicine, 2006. 34(12): p. 1933-40.*
  53. Zaffagnini, S., et al., *Prospective and randomized evaluation of ACL reconstruction with three techniques: a clinical and radiographic evaluation at 5 years follow-up. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2006. 14(11): p. 1060-9.*
  54. Maletis, G.B., et al., *A prospective randomized study of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of patellar tendon and quadruple-strand semitendinosus/gracilis tendons fixed with bioabsorbable interference screws. American Journal of Sports Medicine, 2007. 35(3): p. 384-94.*
  55. Pinczewski, L.A., et al., *A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. American Journal of Sports Medicine, 2007. 35(4): p. 564-74.*
  56. Taylor, D.C., et al., *Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial using similar femoral and tibial fixation methods. American Journal of Sports Medicine, 2009. 37(10): p. 1946-57.*

57. Heijne, A. and S. Werner, *A 2-year follow-up of rehabilitation after ACL reconstruction using patellar tendon or hamstring tendon grafts: a prospective randomised outcome study*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2010. **18**(6): p. 805-13.
58. Barenius, B., et al., *Quality of life and clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon graft or quadrupled semitendinosus graft: an 8-year follow-up of a randomized controlled trial*. American Journal of Sports Medicine, 2010. **38**(8): p. 1533-41.
59. Drogset, J.O., et al., *Autologous patellar tendon and quadrupled hamstring grafts in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized multicenter review of different fixation methods*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2010. **18**(8): p. 1085-93.
60. Sajovic, M., et al., *Quality of life and clinical outcome comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: an 11-year follow-up of a randomized controlled trial*. American Journal of Sports Medicine, 2011. **39**(10): p. 2161-9.
61. Wipfler, B., et al., *Anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon versus hamstring tendon: a prospective comparative study with 9-year follow-up*. Arthroscopy, 2011. **27**(5): p. 653-65.
62. Leys, T., et al., *Clinical results and risk factors for reinjury 15 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective study of hamstring and patellar tendon grafts*. American Journal of Sports Medicine, 2012. **40**(3): p. 595-605.
63. Liden, M., et al., *Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with a 7-Year follow-up*. American Journal of Sports Medicine, 2007. **35**(5): p. 740-8.
64. Holm, I., et al., *No difference in knee function or prevalence of osteoarthritis after reconstruction of the anterior cruciate ligament with 4-strand hamstring autograft versus patellar tendon-bone autograft: a randomized study with 10-year follow-up*. American Journal of Sports Medicine, 2010. **38**(3): p. 448-54.
65. Leal-Blanquet, J., et al., *Anterior cruciate ligament reconstruction: a multicenter prospective cohort study evaluating 3 different grafts using same bone drilling method*. Clinical Journal of Sport Medicine, 2011. **21**(4): p. 294-300.
66. Gifstad, T., et al., *Long-term follow-up of patellar tendon grafts or hamstring tendon grafts in endoscopic ACL reconstructions*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2012.
67. O'Neill, D.B., *Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques*. J Bone Joint Surg Am, 1996. **78**(6): p. 803-13.
68. Yunes, M., et al., *Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction: A meta-analysis*. Arthroscopy, 2001. **17**(3): p. 248-257.

69. Eriksson, K., et al., *A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament*. J Bone Joint Surg Br, 2001. **83**(3): p. 348-54.
70. Goldblatt, J.P., et al., *Reconstruction of the anterior cruciate ligament: meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft*. Arthroscopy, 2005. **21**(7): p. 791-803.
71. Forster, M.C. and I.W. Forster, *Patellar tendon or four-strand hamstring? A systematic review of autografts for anterior cruciate ligament reconstruction*. Knee, 2005. **12**(3): p. 225-30.
72. Thompson, J., M. Harris, and W.A. Grana, *Patellofemoral pain and functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction: an analysis of the literature*. American Journal of Orthopedics (Chatham, Nj), 2005. **34**(8): p. 396-9.
73. Mohtadi, N.G., et al., *Patellar tendon versus hamstring tendon autograft for anterior cruciate ligament rupture in adults*. Cochrane Database of Systematic Reviews, 2011(9): p. CD005960.
74. Beynnon, B.D., et al., *Anterior cruciate ligament replacement: comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. A prospective, randomized study*. J Bone Joint Surg Am, 2002. **84-A**(9): p. 1503-13.
75. Biau, D.J., et al., *Patellar tendon versus hamstring tendon autografts for reconstructing the anterior cruciate ligament: a meta-analysis based on individual patient data*. American Journal of Sports Medicine, 2009. **37**(12): p. 2470-8.
76. Freedman, K.B., et al., *Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts*. American Journal of Sports Medicine, 2003. **31**(1): p. 2-11.
77. Li, S., et al., *A meta-analysis of hamstring autografts versus bone-patellar tendon-bone autografts for reconstruction of the anterior cruciate ligament*. Knee, 2011. **18**(5): p. 287-93.
78. Samuelsson, K., D. Andersson, and J. Karlsson, *Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to graft type and surgical technique: an assessment of randomized controlled trials*. Arthroscopy, 2009. **25**(10): p. 1139-74.
79. Marder, R.A., J.R. Raskind, and M. Carroll, *Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons*. American Journal of Sports Medicine, 1991. **19**(5): p. 478-84.



