

Aus der Orthopädischen Klinik und Poliklinik
der Park-Klinik Berlin Weißensee

Dissertation

Vergleichende retrospektive Studie des vorderen Kreuzbandersatzes

Ligamentum patellae versus Semitendinosus-Gracilis

Offene versus arthroskopische Operation

Ergebnisse einer Fünf-Jahres-Nachuntersuchung

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Markus Richter

aus Berlin

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. M. Muschik

 2. Prof. Dr. med. C. Perka.....

 3. Prof. Dr. med. R. H. Gahr.....

Datum der Promotion: 27.03.2009.....

Meiner lieben Familie in Dankbarkeit gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	7
1.1 Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur	7
1.2 Geschichte und Entwicklung der Kreuzbandchirurgie	8
1.3 Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes	11
1.4 Typische Anamnese bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes	15
1.5 Klinische Untersuchung und Diagnostik	16
1.6 Behandlungskonzepte	18
1.6.1 Konservative Therapie.....	18
1.6.2 Operative Therapie	19
1.7 Einordnung des Themas	20
2. Fragestellung	22
3. Material und Methoden	23
3.1 Art der Studie und Patientenauswahl	23
3.2 Ein- und Ausschlusskriterien	24
3.2.1 Einschlusskriterien.....	24
3.2.2 Ausschlusskriterien.....	24
3.2.3 Gruppeneinteilung, Patientencharakterisierung.....	24
3.3 Operationsdurchführung	25
3.3.1 Semitendinosus-Grazilis-Plastik.....	26
3.3.2 Ligamentum-patellae-Plastik.....	28
3.4 Nachbehandlungskonzept	30
3.5 Statistische Methoden	31
3.5.1 Kriterien der retrospektiven Krankenblattauswertung.....	31
3.5.2 Methoden der subjektiven und objektiven Zustandsbeurteilung.....	32
3.5.2.1 Tegner-Aktivitäts-Score	32
3.5.2.2 Lysholm-Score.....	32
3.5.2.3 IKDC-Evaluationsbogen	33

3.6 Klinische Nachuntersuchungsmethoden	35
3.6.1 Bänder-Stabilitätstest	35
3.6.2 One-leg-hop-Test	35
3.6.3 Passive Beweglichkeit im Seitenvergleich	35
3.7 Statistische Methoden	36
4. Ergebnisse	37
4.1 Anamnestisch erhobene prä- und postoperative Daten	37
4.1.1 Präoperative Daten	37
4.1.1.1 Verletzungsursache	37
4.1.1.2 Verletzungsmechanismus	38
4.1.1.3 Zusatzverletzungen	38
4.1.2 Postoperative Daten	39
4.1.2.1 Vergleich mit der gesunden Seite	39
4.1.2.2 Schmerzhäufigkeit	40
4.1.2.3 Stabilität	41
4.1.3 Komplikationen	42
4.1.4 Nachbehandlung / Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit	43
4.2 Postoperative klinische Befunde	44
4.2.1 Kniegelenksschwellung	44
4.2.2 Bewegungsausmaß	44
4.2.3 Beinumfang	47
4.2.4 Symptome an der Transplantatentnahmestelle	47
4.2.5 Kompartimentale Befunde	48
4.2.6 Postoperative Stabilitätsparameter	50
4.2.6.1 Lachmann-Test, vordere Schublade und Pivot-Shift	50
4.2.6.2 KT 1000-Arthrometer	52
4.2.6.3 One-leg-hop-Test	52
4.3 Scores	54
4.3.1 Lysholm-Score	54
4.3.2 IKDC-Score	54
4.3.3 Tegner-Aktivitäts-Score	55
4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse	58

5. Diskussion	59
5.1 Einordnung der eigenen Ergebnisse in vergleichbare Studien	59
5.1.1 Ursache der vorderen Kreuzbandruptur, Alters- und Geschlechtsverteilung	59
5.1.2 Komplikationen	60
5.1.3 Bewegungsausmaß	60
5.1.4 Morbidität an der Transplantatentnahmestelle	61
5.1.5 Steifigkeit, Reißfestigkeit und Stabilität.....	62
5.1.6 Aktivitätsniveau	62
5.1.7 Die Gesamtauswertung IKDC	63
5.1.8 Arthrosegefährdung nach vorderer Kreuzbandplastik.....	63
5.1.9 Fixationstechniken und ihre Probleme	64
5.2. Kritische Betrachtungen der Ergebnisse	64
6. Zusammenfassung	66
7. Literaturverzeichnis	68
8. Abbildungsverzeichnis	77
9. Anhang	78
10. Danksagung	87
11. Eidesstattliche Erklärung	88
12. Lebenslauf	89

1. Einleitung

Um eine biomechanisch stabil geführte Kniegelenksbewegung nach Verletzung des vorderen Kreuzbandes wieder herzustellen, existieren mittlerweile eine Vielfalt unterschiedlicher operativer Behandlungskonzepte. In der Regel werden hierzu unterschiedliche autologe Sehnen verwendet, welche wiederum mit einer Vielzahl an Techniken und Implantaten fixiert werden können. In dieser Arbeit werden die Fünf-Jahres-Ergebnisse von 94 Patienten vorgestellt, die einerseits mit der Patellarsehnen-Technik und andererseits mit der Semitendinosus-Grazilis-Vierfach-Technik (Hamstring) in der orthopädischen Klinik und Poliklinik der Park-Klinik Weißensee operativ behandelt wurden. Sämtliche Patienten wurden in der „Einhand-Technik“ versorgt (transtibiale Bohrkanal-Anlage).

1.1 Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur

Verletzungen des Kniegelenkes haben in den letzten Jahren sowohl qualitativ als auch quantitativ an medizinischer und volkswirtschaftlicher Bedeutung gewonnen. Aufgrund der Exponiertheit einerseits und der nur gering ausgeprägten Muskelsicherung andererseits, stellt die Ruptur des vorderen Kreuzbandes die häufigste Bandverletzung des menschlichen Kniegelenkes dar [JOHNSON et al. 1991]. Die Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur wird auf 1:3500 in der Allgemeinbevölkerung geschätzt. [MIYAKASA et al. 1991, DANIEL et al. 1994] Das Verhältnis von Verletzungen des vorderen im Vergleich zum hinteren Kreuzband beträgt in etwa 10:1 [STROBEL, WEILER 2001]. Daher spielt die operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes eine bedeutende Rolle in der heutigen Kniegelenkschirurgie. Koenig berichtet bereits 1889 über isolierte Rupturen des vorderen Kreuzbandes [KOENIG 1889]. Sie werden in der Fachliteratur mit einer Häufigkeit von 7 – 47 % angegeben [ARNOLD et al. 1997, ALLUM et al. 1987]. In 65 % der Fälle wird die isolierte vordere Kreuzbandruptur in Kombination mit der Läsion eines oder beider Menisci gefunden [ARNOLD et al. 1997]. Beidseitige Rupturen treten mit ca. 4 % deutlich seltener auf. Häufigste Ursache einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes sind Sportunfälle, die zumeist jüngere Patienten betreffen. Die höchste Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur ist in der Altersgruppe der 15- bis 25-Jährigen zu verzeichnen [NOYES et al. 2000]. Prädisponierende Sportarten sind Fußball, Kontaktsportarten und Alpinski. Hier sind Patienten etwa doppelt so häufig von vorderen Kreuzbandverletzungen betroffen wie in anderen Sportarten [MIYAKASA et al. 1991].

Die Tabelle 1 gibt eine Übersicht:

	Inzidenz [n pro 100 000 Einwohner und Jahr]
Gesamtpopulation	38
American Football Spieler	60
Skisportler	70

Tabelle 1: Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur (USA) nach Miyakasa et al., 1991

Da das vordere Kreuzband ein wichtiges stabilisierendes Element in der funktionellen Anatomie des Kniegelenkes ist, führt dessen Insuffizienz zu einer Instabilität, welche die Patienten an der Wiederaufnahme ihrer sportlichen Aktivität hindert. Langfristig führen rezidivierende Subluxationsereignisse zu Knorpel- und Meniskusschäden [DANIEL et al. 1994, SCHIPPINGER et al. 1998, MCDANIEL MJ, DAMERON TB 1999]. Die operative Stabilisierung des Kniegelenks hat daher eine besondere Bedeutung zur Vermeidung präarthrotischer Deformitäten [CLANCY WG, RAY JM, ZOLTAN DJ 1988, MCDANIEL MJ, DAMERON TB 1999, SEITZ H, CHRYSOPOPOULOS A, EGKHER E, MOUSAVI M 1994].

Deshalb entscheidet sich die Mehrheit der Betroffenen für eine operative Rekonstruktion zur Stabilisierung des Gelenkes. Aufgrund des typischerweise jungen Patientengutes und des elektiven Charakters des Eingriffs ist die Erwartung an das funktionelle Endergebnis oft sehr hoch.

1.2 Geschichte und Entwicklung der Kreuzbandchirurgie

Die Kreuzbandchirurgie blickt auf ein Jahrhundert zurück, in der bei der Suche nach dem geeigneten Transplantat zum Kreuzbandersatz viele Wege beschritten wurden. Es kamen sowohl körpereigene, körperfremde und synthetische Gewebe zum Einsatz. Der Beginn der Kreuzbandchirurgie wird durch in Form einer Primärnaht des rupturierten Bandes markiert. Die erste autologe Kreuzbandplastik mit einem proximal „gestielten“ Streifen aus dem Tractus iliotibialis zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes wurde 1917 von Hey Groves vorgenommen [HEY GROVES 1917]. Im weiteren Verlauf wurden von verschiedenen Operateuren andere gestielte Transplantate, wie die Semitendinosussehne und die Grazilissehne eingesetzt.

Eine wichtige Erkenntnis in der weiteren Entwicklung der Kreuzbandimplantate war dann jedoch, dass „freie“ gegenüber „gestielten“ Transplantaten keine verminderte Einheilung erfahren. Dies ermöglichte, dass nun Anteile des gesamten Streckapparates, z. B. mediales oder zentrales Drittel der Patellarsehne mit anhängenden Knochenblöcken, Retinaculum patellae und Quadrizepssehne Verwendung finden konnten [ALM 1973, CLANCY et al. 1981]. Sogar Meniskusgewebe kam für den Kreuzbandersatz in Frage [WITTEK 1927, COLLINS et al. 1974]. Die positiven Erfahrungen „freier“ autologer Transplantate führten letztlich zur wissenschaftlichen Erprobung homologer Kollagengewebe von Leichenspendern. Spätere Kollektive zeigten im direkten Vergleich mit den etablierten autologen Transplantaten keine wesentlichen Unterschiede bei den klinischen Langzeitergebnissen [STRINGHAM et al. 1996, SHELTON et al. 1997]. Diese positiven Erwartungen wurden durch die Verbreitung von übertragbaren Viruserkrankungen wie HIV und Hepatitis C zerstört. Eine zuverlässige Viruselimination ohne Beeinträchtigung des Transplantates wurde bisher nicht gefunden [RASMUSSEN et al. 1994, SMITH et al. 1996]. Aufgrund des Restrisikos einer Übertragung viraler Krankheitserreger kann die Indikation zur Verwendung homologer Transplantate nur in Ausnahmesituationen gesehen werden.

In den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden dann verschiedene synthetische Materialien, wie Kohlenstofffasern (Carbon), Polyester (Dacron), Polypropylen und Polytetrafluoräthylen (Gore-Tex) zum Ersatz der Kreuzbänder eingeführt. Diese Neuentwicklungen konnten aber den hohen Ansprüchen an ein optimales Operationsergebnis nicht gerecht werden und spielen daher in der aktuellen klinischen Praxis keine Rolle mehr [NEUMANN et al. 1995, FU et al. 1996, RITCHIE et al. 1996].

Am Anfang der Kreuzbandchirurgie stand die Kreuzbandplastik mittels Arthrotomie. Mit Einführung der Arthroskopie hat die endoskopisch durchgeführte Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes in single-incision Technik immer mehr an Bedeutung gewonnen. Man sah die Vorteile des operativen Vorgehens unter arthroskopischer Sicht insbesondere in der Optimierung der Transplantatlage, der Wiederherstellung der Propriozeption, der postoperativen Schmerzreduktion, der potentiell schnelleren Rehabilitation und auch in einem günstigeren kosmetischen Narbenresultat v. a. bei den unmittelbar postoperativ erhobenen klinischen Ergebnissen [BUSS et al. 1993, RAAB et al. 1993, CAMERON et al. 1995]. Dennoch zeigten die vergleichenden Studien von Fremerey et al. und Harner et al. keine Vorteile des endoskopischen, in single-incision Technik durchgeführten Verfahrens gegenüber der Zweikanaltechnik mit Miniarthrotomie. Sechs Monate postoperativ ergaben sich hier hinsichtlich Propriozeption, Lysholm- und Tegner-Score sowie ligamentärer Stabilität keine

Vorteile bei einem der Verfahren [HARNER et. al. 1994, FREMEREY et al. 2000]. Nebenbefundlich zeigte sich in der Studie von Fremerey et al., dass unabhängig vom Operationsverfahren, in der Akutgruppe eine Restitution der Propriozeption in allen Funktionsbereichen zu verzeichnen war, während bei den Patienten mit chronischer Instabilität ein Propriozeptionsdefizit persistierte [FREMERREY et al. 2000].

Die Entwicklung der Navigation in der vorderen Kreuzbandchirurgie gewinnt seit den 90er Jahren immer mehr an Bedeutung. So erreicht der Operateur mehr Sicherheit und zusätzliche Informationen zur Bohrkanallage. Robotergestützte Systeme, bei denen der Operateur nach der Planung dem Roboter mehrere Arbeitsschritte überlassen muss und die von ihm nicht mehr kontrolliert werden können, spielen mittlerweile in den Operationssälen keine Rolle mehr.

Unter den derzeit favorisierten autologen Geweben haben das Ligamentum-patellae-Transplantat (mittlerer Anteil) in der Bone-Tendon-Bone- und Bone-Tendon-Technik, das gevierfachte Hamstring-Sehnentransplantat (M. semitendinosus / M. gracilis) und ein zentrales Quadrizepssehnen-Transplantat die größte klinische Bedeutung [LOBENHOFFER et. al. 1993, FU et. al. 1996]. Mit einigen Einschränkungen ist in der Literatur auch die Verwendung von Leichentransplantaten (homologes Sehngewebe von Organspendern, so genannte Allografts) angegeben worden. So ist diese bei Revisionseingriffen, komplexen Knieinstabilitäten und zur Umgehung der Entnahmemorbidität indiziert [NOYES et al. 1993, SHELTON et al. 1997]. Die heute verwendeten autologen und homologen Transplantate für den vorderen Kreuzbandersatz sind im Folgenden noch einmal zusammengefasst dargestellt.

Autologe Transplantate

1. Mittleres und laterales Drittel der Patellarsehne als Knochen-Sehne-Knochen-Transplantat
2. Zwei-, drei- oder vierfache Semitendinosussehne
3. Vier- (bis zu sechsfache) Semitendinosus- und Grazilissehne (so genannter Hamstring)
4. Zentraler Anteil der Quadrizepssehne mit patellärem Knochenblock

Homologe Transplantate

1. Patellarsehne
2. Semitendinosus- und Grazilissehne (so genannter Hamstring)
3. Quadrizepssehne
4. Achillessehne
5. Tibialis-anterior-Sehne (seltener auch Tibialis-posterior-Sehne)

1.3 Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes

Das Kniegelenk ist das größte Gelenk des menschlichen Körpers. Bei diesem Gelenk handelt es sich um ein Drehscharniergelenk. Beteiligt sind das Femur, die Tibia und die Patella. Diese bilden zum einen das Femorotibialgelenk und zum anderen das Femoropatellargelenk.

Das Femoropatellargelenk besteht aus der Facies patellaris des Femur und der Facies articularis der Patella. Das Ausmaß der kraniokaudalen Gleitstrecke der Patella kann bei maximaler Streckung und Beugung bis zu 7 cm betragen.

Am Femorotibialgelenk sind als Gelenkkopf die Kondylen des Femur und als Gelenkpfanne die Facies articularis der Tibia beteiligt. Das Verhältnis von Gelenkkopf zur Gelenkpfanne beträgt 3:1.

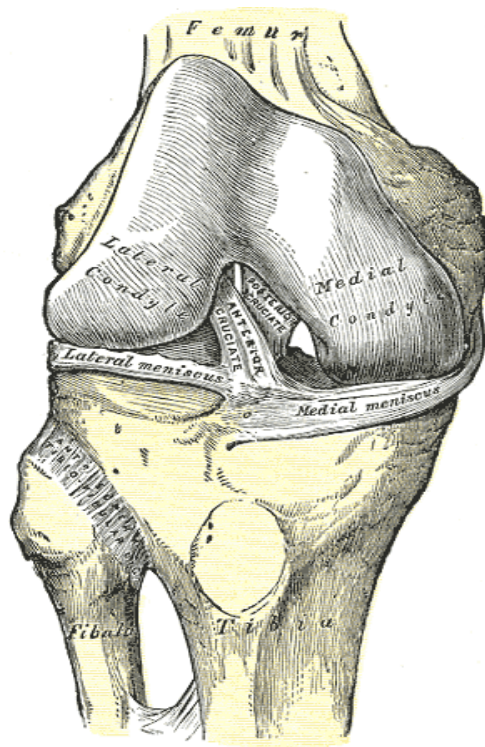


Abbildung 1: Anatomische Darstellung des rechten Kniegelenkes von ventral (aus Henry Gray's Anatomy of the Human Body, 39th edition)

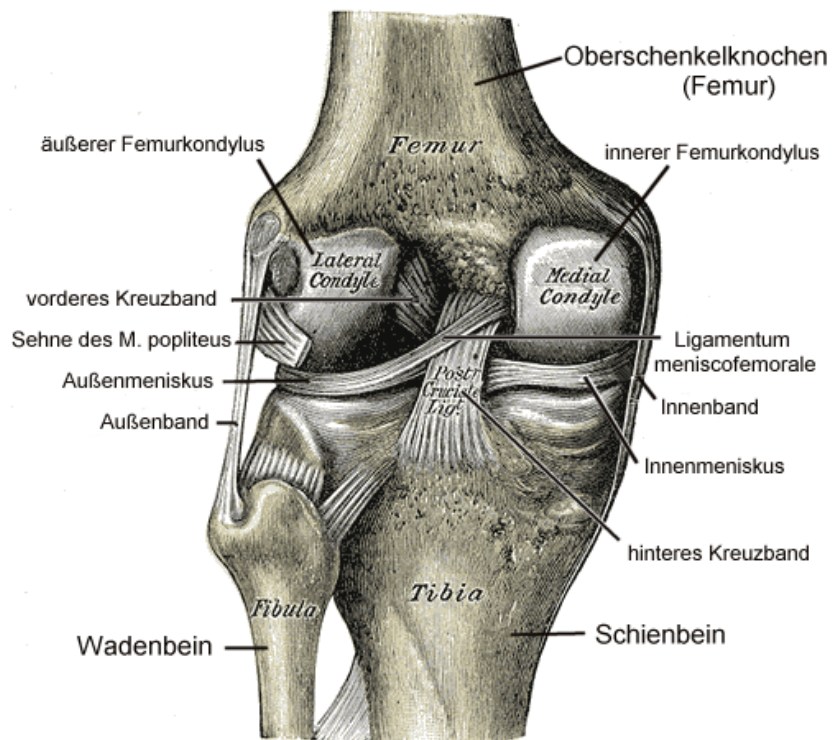


Abbildung 2: Anatomische Darstellung des linken Kniegelenkes von dorsal (aus Henry Gray's Anatomy of the Human Body, 39th edition)

Wesentliche Stabilisatoren des Kniegelenkes sind vorderes und hinteres Kreuzband als zentraler Pfeiler. Die Lage der beiden Kreuzbänder im Kniegelenk wird als intrakapsulär, jedoch extraartikulär bezeichnet. Dass die Kreuzbänder trotz ihrer extraartikulären Lage das zentrale Kompartiment des Gelenkes darstellen, ist das Ergebnis ihrer embryonalgeschichtlichen Entwicklung: Das sagittale Mesenchymsegel, aus dem sich die Kreuzbänder entwickeln, wächst mit der membrana synovialis überzogen von dorsal bis in das Zentrum des Kniegelenkes hinein.

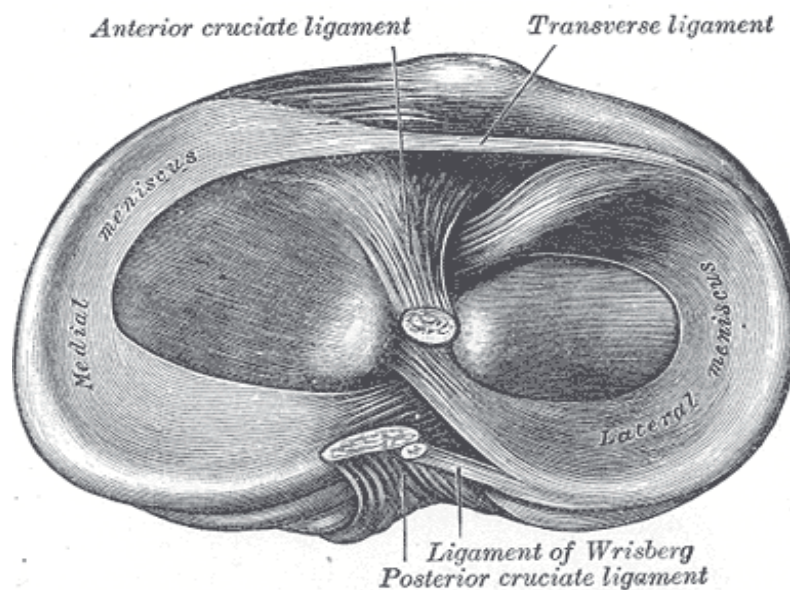


Abbildung 3: Anatomische Darstellung des rechten Kniegelenkes von kranial, facies articularis tibiae (aus Henry Gray's Anatomy of the Human Body, 39th edition)

Das vordere Kreuzband zieht von der medialen Fläche des condylus lateralis des Femur zur area intercondylaris anterior der Tibia. Es wird, bedingt durch unterschiedliche tibiale Ansatzpunkte, in ein anteromediales, ein zentrales und ein posterolaterales Faserbündel unterteilt. Die Länge des vorderen Kreuzbandes beträgt 31 bis 42 mm mit einer mediolateralen Breite im mittleren Anteil von 9 bis 11 mm [MÜLLER 1982].

Das hintere Kreuzband zieht von der lateralen Fläche des condylus medialis des Femurs zur area intercondylaris posterior der Tibia.

Die Kreuzbänder bestehen strukturmolekular aus Kollagen, Elastin, Proteoglykanen und Glykoproteinen. Den Hauptanteil liefert mit 70 – 80 % das Kollagen. Die Anwesenheit des Elastins mit ca. 5 % bewirkt die limitierte reversible Dehnbarkeit der Kreuzbänder. Die Proteoglykane, die nur < 1 % der Struktur ausmachen, scheinen für die Formkonstanz von großer Wichtigkeit zu sein.

Die Hauptaufgaben des vorderen Kreuzbandes sind die Limitierung der Extension des Kniegelenkes und das Verhindern einer Subluxation der Tibia nach ventral. Dies kann anhand des durch den Mathematiker Burmester erstmals beschriebenen Modells der Viergelenkkette am besten veranschaulicht werden [BURMESTER 1888]. Es stellt den Roll-Gleit-Mechanismus des Kniegelenkes, die Form der artikulierenden Flächen und die Lokalisation der jeweiligen Kontaktpunkte im Ablauf der Streck-Beugebewegungen genau dar. Auch lässt sich an dem Modell nachvollziehen, dass es sich um einen „geführten“ Bewegungsablauf handelt, bei dem die Stangen der Viergelenkkette als Führungsstruktur dienen.

Die genannten drei Faserbündel des vorderen Kreuzbandes verlaufen während des gesamten Bewegungsablaufes nicht parallel. So können die auf das Kniegelenk einwirkenden Kräfte unterschiedlich stark abgefangen werden [FRIEDRICH, O'BRIEN 1989, BURGER ET AL. 2000]. Auch verändert sich die Form des Bandes je nach Position des Gelenkes. Bei der Extension sind die Fasern nach außen torquiert, während sie sich bei der Beugung zu einem rundlichen Strang verdrillen. Dieser Strang ist sehr stabil und kann durch diese Formveränderung gerade in Beugstellung mit Subluxationsgefahr der Tibia die Stabilisierungsfunktion erfüllen. Die Menisken und die meniskotibialen Bänder unterstützen dies.

Zusammengefasst sind die Funktionen des vorderen Kreuzbandes:

- Führungsschiene des Bewegungsablaufes
- Begrenzung der Extension des Gelenkes
- Hemmung der axialen Rotation
- Widerstand gegen Varus-und Valgusbelastung
- Verhinderung der Subluxation der Tibia nach ventral
- Stellglied im propriozeptiven Regelkreis des Kniegelenkes

Die Kapsel-Bandstrukturen besitzen nicht nur eine mechanisch stabilisierende sondern auch eine neuromuskuläre Funktion. Hierfür sind kleine nervöse Endkörperchen, die so genannten Propriozeptoren verantwortlich. Diese Muskel-Sehnenrezeptoren registrieren Spannungen und Muskellängen, welche für einen reibungslosen Bewegungsablauf, das Gleichgewicht und somit auch für die Gelenkstabilisierung notwendig sind. Die Innervation dieser Rezeptoren erfolgt über den „posterior articular nerve“ (PAN). Ausgehend von diesen Rezeptoren lässt sich ein Reflexbogen nachweisen, der das vordere Kreuzband mit seinen Synergisten, den Kniegelenks-Beugern, verbindet. Bei einer Dehnung des vorderen Kreuzbandes kommt es zur

Muskelkontraktion der Synergisten und folglich zur Anspannung eines Teils der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur. Nach intensiver Forschung an Katzenkniegelenken werden diese Gelenkrezeptoren nach Müller in vier Typen eingeteilt [MÜLLER 1982].

Typ I: Ruffini-Körperchen: Sie sind in der Außenschicht der Capsula fibrosa in Gruppen angeordnet und zeigen als statische und dynamische Mechanorezeptoren die Gelenklage und die Schnelligkeit einer aktiven und passiven Gelenkbewegung an.

Typ II: Vater-Pacini-Körperchen: Sie kommen in der fibrösen Kapsel vor und registrieren Beschleunigung und Verlangsamung der Gelenkbewegung.

Typ III: Golgi-Körperchen: Sie zählen zu den größten in Ligamenten vorkommenden Rezeptoren, wobei es sich um langsam adaptierende Mechanorezeptoren handelt.

Typ IV: Marklose und freie Nervenendigungen: Sie kommen ubiquitär in Gelenken vor und sind vermutlich Schmerzrezeptoren.

1.4 Typische Anamnese bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes

Die Ursache einer vorderen Kreuzbandruptur ist meist ein Verdrehtrauma des Kniegelenkes mit Dehnung, Teilruptur oder vollständiger Ruptur einzelner oder mehrerer Kapsel-Band-Abschnitte. Als typische Mechanismen für eine traumatische vordere Kreuzbandverletzung gibt Strobel an: [STROBEL ET AL. 1996]

- ein Hyperextensions-Innenrotationstrauma,
- ein Hyperflexions-Außenrotationstrauma,
- kräftige Valgisations- / Varisationsbelastungen,
- ein Flexions-Valgisations-Außenrotationstrauma oder
- eine plötzliche übermäßige Anspannung des Quadrizepsmuskels.

Der häufigste Unfallmechanismus für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist ein Flexions-Valgisations-Außenrotationstrauma. Hierbei entstehen in der Regel schwere Kombinationsverletzungen. Als eine derartige Kombinationsverletzung ist z. B. die im Jahr 1950 durch O'Donoghue beschriebene „unhappy-triad“-Verletzung bekannt, bei der die Trias einer

Ruptur des vorderes Kreuzbandes, einer Ruptur des medialen Seitenbandes und einer Innenmeniskusläsion vorliegt [O'DONOGHUE 1950, BARBER 1992].

Im Adoleszentenalter kommt es infolge eines physiologischen Koordinationsdefizites bei gewaltsamer Überstreckung des Kniegelenkes mit abrupter maximaler Anspannung des Quadrizepsmuskels (Schulsport, Bock-/Pferdsprung) ebenfalls zur Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Dabei übersteigt die direkt oder indirekt einwirkende Extensionskraft die physiologische Zugspannung des vorderen Kreuzbandes. Die Ruptur wird hierbei durch den so genannten Cutting-Mechanismus, der durch ein Abscheren des vorderen Kreuzbandes am Oberrand der Interkondylärgrube charakterisiert ist, begünstigt.

Anamnestisch werden bei einer vorderen Kreuzbandruptur häufig folgende Angaben zum Unfallhergang angegeben: [STROBEL et al. 1996]

- Krachen oder lautes Geräusch im Kniegelenk zum Verletzungszeitpunkt
- Unfähigkeit die bisherige Tätigkeit weiter fortzusetzen
- Schnelles Auftreten eines posttraumatischen Ergusses innerhalb der ersten zwölf Stunden
- Verletzungsmechanismus meist mit Richtungswechsel verbunden.

1.5 Klinische Untersuchung und Diagnostik

Neben den obligaten Bestandteilen wie Anamneseerhebung mit Analyse des Verletzungsmechanismus, Inspektion und Palpation, allgemeine Prüfung der Bandstabilität und Beurteilung möglicher diskoligamentärer oder knöcherner Begleitverletzungen, kann die Diagnose der vorderen Kreuzbandruptur durch die folgenden drei spezifischen Tests bestätigt werden: [VON ESSEN et al. 2003].

- · Vordere Schublade in 90° Beugung des Kniegelenkes
- · Lachmann-Test in 25° Beugung des Kniegelenkes
- · Pivot-shift nach MacIntosh

Die Pivot-shift-Tests haben jedoch laut Petersen et al. in der Diagnostik des frisch verletzten Kniegelenks ohne Narkose wenig Sinn, da sie zu schmerzhaft sind und wegen der muskulären

Gegenspannung des Patienten häufig nicht aussagekräftig [PETERSEN ET AL. 1996]. Der Vordere-Schublade-Test ist ebenfalls wegen Schwellung und eingeschränkter Beugefähigkeit oftmals nicht möglich.

Ein positiver Lachmann-Test, der bei der klinischen Untersuchung auf eine vordere Instabilität des Kniegelenkes hinweist, kann bei Kindern oder Jugendlichen ohne signifikantes Trauma ein kongenitales Fehlen des vorderen Kreuzbandes bedeuten.

Um Frakturen auszuschließen und zusätzliche iatrogene Verletzungen durch die spezifischen Funktionstests zu vermeiden, sollte jede frische Knieverletzung radiologisch abgeklärt werden. In jedem Fall sollten zur orthopädisch/traumatologischen Erstuntersuchung Röntgenaufnahmen des Kniegelenks im a. p., lateralen und axialen Strahlengang angefertigt werden, um Frakturen auszuschließen.

Zur erweiterten Diagnostik zählen: [VON ESSEN et al. 2003]

- · Rosenbergaufnahmen beidseits,
- · Hyperextensionsaufnahmen,
- · Gehaltene Aufnahmen in 90° Beugung,
- · Achsaufnahmen,
- · Magnetresonanztomographie (MRT),
- · Computertomographie (CT)

In der Diagnostik von VKB-Rupturen werden in der Literatur für die Magnetresonanztomographie (MRT) hohe Treffsicherheiten mit Sensitivitäten von 75-95 % und Spezifitäten von 95-100 % angegeben [BARRY et al. 1996, BRANDSER et al. 1996].



Abbildung 4: MRT-Bild einer vorderen Kreuzbandruptur (weißer Pfeil) [Parklinik Weißensee]

Das CT ist ein Verfahren mit hoher Sensitivität (95 %), welches jedoch selten angewandt wird. Es eignet sich vor allem bei komplexen knöchernen Begleitverletzungen [VON ESSEN et al. 2003].

1.6 Behandlungskonzepte

Wie bereits beschrieben sind die Behandlungskonzepte der Ruptur des vorderen Kreuzbandes sehr vielfältig. Festzuhalten ist aber, dass durch keines der bekannten Verfahren die komplexe Biomechanik vollständig wiederhergestellt werden kann [PAAR und MAGIN 1995].

1.6.1 Konservative Therapie

Eine häufig diskutierte Alternative zu allen operativen Verfahren ist die konservative Herangehensweise, da immer die Möglichkeit der postoperativen Symptomverschlechterung besteht. So äußerte Hughston provokativ: „No knee is so bad that it cannot be made worse by surgery“ [HUGHSTON 1985]. Vor allem ältere Patienten mit einem niedrigen Aktivitätsniveau können durchaus von nichtoperativen Behandlungsmethoden profitieren [BURGER et al. 2000].

Das Hauptziel der konservativen Therapie ist die physiotherapeutische Kräftigung der kniegelenksstabilisierenden Muskulatur. Je nach Trainingszustand können dadurch die Giving-Way-Symptomatik bzw. die Instabilität bei einem Teil der Patienten gut kompensiert werden. Der sportlich inaktive Patient mit einer Kreuzbandverletzung kann asymptomatisch bleiben. Eine konservative Versorgung kann allerdings bei Patienten mit hohem Aktivitätslevel zu erheblichen Problemen führen. Dazu zählen eine progressive Gelenkinstabilität, eine erhöhte Rate an Knorpelläsionen und Meniskusschäden, eine subjektive Unzufriedenheit und damit ein möglicher Abfall des Aktivitätsniveaus [MCDANIEL, DAMERON 1980, NEUSEL et al. 1993].

1.6.2 Operative Therapie

Zu den operativen Verfahren gehört unter anderem die vollständige Entfernung des rupturierten Kreuzbandes ohne Rekonstruktion mit im Verlauf vorprogrammierter Schädigung der Knieinnenstrukturen. Dass ein Kniegelenk nach einer Kreuzbandruptur mit bleibender Instabilität vermehrt arthrosegefährdet ist, ist gesichert [SUN et al. 1997]. So untersuchte Lohmander 103 Fußballspielerinnen 12 Jahre nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes. 82 % dieser Spielerinnen wiesen nach dieser Zeit radiologische Arthrosezeichen am verletzten Knie auf [LOHMANDER et al. 2004].

Die primäre transossäre Kreuzbandnaht als weitere operative Möglichkeit scheint allenfalls bei proximalem Ausriss eine Alternative darzustellen [TRAGER 1995].

Die extraartikuläre Stabilisierung durch Umlenkung und Anspannung externer Ligamentstrukturen zeigt in Bezug auf die Gelenkstabilität keine zufriedenstellenden Langzeitergebnisse [MORGAN et al. 1995].

Fremdmaterialien als Transplantat in der Kreuzbandchirurgie sind aufgrund der oben aufgeführten Probleme nicht mehr zu empfehlen.

Der Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit freien Sehnenplantaten ist die heute am häufigsten durchgeführte bandplastische Operation am Bewegungsapparat [WEILER et al. 2002].

1.7 Einordnung des Themas

Bei der Transplantatauswahl müssen die anatomischen und funktionellen Anforderungen des vorderen Kreuzbandes berücksichtigt werden. In klinischen Studien konnte eine eindeutige Überlegenheit eines der beiden Transplantate (Ligamentum patellae versus Semitendinosus-Gracilis) nicht verifiziert werden. Bis Mitte der 90er Jahre wurde in wissenschaftlichen Arbeiten der Ersatz des vorderen Kreuzbandes mittels Anteilen des Ligamentum patellae als „golden standard“ bezeichnet, mit dem in über 80 % gute Ergebnisse erzielt werden [AGLIETTI et al. 1997, BRAHMABHATT et al. 1999, BREITFUß et al. 1996, FRIEDMAN et al. 1997, , LOBENHOFFER et al. 1993,]. Die Vorteile der Patellarsehne liegen in ihrer hohen initialen Reißfestigkeit und der Möglichkeit der Interferenzschraubenfixation, die zusammen eine hohe Primärstabilität gewährleisten und eine zuverlässige Knochen-zu-Knochen-Heilung ermöglichen [STEINER et al. 1994]. Die primäre Stabilität der Transplantatfixation schafft die Voraussetzung zur forcierten Rehabilitation [SHELBOURNE et al. 1998]. Ein an Wichtigkeit zunehmender Nachteil des Patellarsehnentransplantates ist die hohe Morbidität im Bereich der Transplantatentnahmestelle, so werden zum Beispiel persistierende Schmerzen in bis zu 60 % der Fälle angegeben [MARDER et al. 1991, SACHS et al. 1989, SHAFFER et al. 1993]. Die Inzidenz retropatellarer Schmerzen nach Verwendung von Semitendinosus-Gracilis-Sehnen geben verschiedene Autoren mit 12-19 % an [GRANA et al. 1992, SGAGLIONE et al. 1990]. Dies erklärt unter anderem, weshalb bei einer Umfrage unter Kreuzbandoperateuren 1992 noch 89 % der Befragten das mittlere Drittel der Patellarsehne als Standardtransplantat favorisierten, wohingegen 1998 nur noch 76 % dieser Meinung waren. Parallel dazu stieg die Verwendung der Semitendinosus-Gracilis-Sehnen als vorderer Kreuzbandersatz von 9 % auf 21 % [CAMPBALL 1998]. Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit der Semitendinosusehne bzw. in Kombination mit der Gracilissehne findet wegen der geringeren „donor site morbidity“ und der daraus folgenden hohen Patientenakzeptanz zunehmend Verbreitung [STROBEL et al. 2002].

Einen Überblick über Vor- und Nachteile gibt die Tabelle 2.

1. Autologes Patellarsehnentransplantat	
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Knöcherner Fixationsmöglichkeiten auf beiden Seiten - Hohe primäre Maximallast und Steifigkeit - Häufigstes Transplantat für den VKB- und HKB-Ersatz mit den umfangreichsten und längsten klinischen Erfahrungen 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entnahmemorbidität mit Schmerzen beim Knien und retropatellarer Symptomatik - Längendiskrepanz (Überlänge) zum intakten VKB und damit Unmöglichkeit der insertionsnahen Fixation in allen Fällen
2. Autologes gevierfachtes Semitendinosus- und Grazilissehnentransplantat	
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Höchste primäre Maximallast - Kosmetisch günstige Entnahmemöglichkeit mit geringer Morbidität - Nachahmung mehrerer Faserbündel durch Mehrfachstränge 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biomechanisch ungünstige Primärfixation bei zahlreichen Techniken und damit kompromittierter Einheilung im Bohrkanal - Verlust bedeutet (passagere) Schwächung eines VKB-Synergisten
3. Autologes Quadrizepssehnentransplantat	
<p>Vorteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Größere Dicke und Umfang des Transplantates im Vergleich zur Patellarsehne bei gleicher Breite - Häufige Verfügbarkeit (besonders bei Revisionsen), da seltene Nutzung als Primärtransplantat - Kombination von össärer und sehniger Fixation ermöglicht knöcherner Fixationsmöglichkeit der einen und individuelle, insertionsnahe Fixation der anderen Seite - Größere Sehnenlänge als bei der Patellarsehne 	<p>Nachteile</p> <ul style="list-style-type: none"> - Zusatzinzision zur Entnahme - Teilweise unsichere Sehnenfixation auf einer Seite des Transplantates

Tabelle 2: Charakteristika unterschiedlicher Transplantate nach Höher et al. [HÖHER et al. 2000], VKB: Vorderes Kreuzband, HKB: Hinteres Kreuzband

2. Fragestellung

Das Ziel der vorliegenden vergleichenden retrospektiven Studie ist es, zwei Operationstechniken zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands unter Verwendung des mittleren Partellarsehnendrittels einerseits und der arthroskopischen Ersatzplastik mittels Semitendinosus-Grazilissehne (Hamstring) andererseits in Ihrer Wertigkeit hinsichtlich der postoperativen klinischen Fünf-Jahresergebnisse zu evaluieren. Weiterhin ist der erwartete bzw. erzielte Stabilitätsgewinn für das Kniegelenk infolge zweier unterschiedlicher operativer Therapien des vorderen Kreuzbandersatzes zu überprüfen. Dabei sollen vergleichend die klinisch objektiven und subjektiven Befunde (Aktivitätsniveau / Funktionalität) erhoben und die Wertigkeit und Analyse der Vor- und Nachteile beider Operationsverfahren dargestellt werden. Weiterhin steht im Blickpunkt der Arbeit die Morbidität der Transplantatentnahmestelle. Um einen Vergleich zu anderen Studien zu ermöglichen, werden standardisierte international gebräuchliche Methoden, Tests und Beurteilungsskalen verwendet.

3. Material und Methoden

3.1 Art der Studie und Patientenauswahl

Es handelt sich um eine retrospektive klinische Studie, in deren Rahmen die Ergebnisse des Miniarthrotomieverfahrens in Einhand-Technik unter Verwendung von Teilen des Ligamentum patellae als Transplantat mit denen des arthroskopischen Verfahrens in Einhand-Technik unter Verwendung eines Semitendinosus-Grazilis-Transplantates nach 5 Jahren verglichen werden. Patienten, die seit September 1997 ein Ligamentum-patellae-Transplantat in o. g. Technik erhalten hatten sowie Patienten, die ab März 1999 mit einem Semitendinosus-Grazilis-Transplantat versorgt worden waren, wurden zu einer Nachuntersuchung einbestellt (Einladung im Anhang). Die Auswahl erfolgte nach speziellen Selektionskriterien, auf die noch weiter eingegangen werden. Die Patienten wurden auf die Freiwilligkeit der Teilnahme hingewiesen. Es erfolgten eine klinische Untersuchung, sowie eine systematische Befragung zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenkes. Die Studie vergleicht 47 Patienten jeder Gruppe, die alle in der gleichen Klinik operativ versorgt wurden und die gleiche postoperative Behandlung erhalten hatten.

Alle Patienten wurden durch zwei erfahrene Operateure mit langjähriger klinischer und operativer Erfahrung versorgt. Die Operationsindikation wurde bei Instabilitätsgefühl inklusive rezidivierenden Giving-way-Episoden und objektiv klinischen Befunden gestellt. Alle Patienten zeigten mindestens unter Narkosebedingungen einen positiven Lachmann-Test, Pivot-Shift und eine vordere Schublade. Bei allen 94 Patienten war die Diagnose gesichert und zwar zu 58 % arthroskopisch, zu 29 % magnetresonanztomographisch und zu 13 % durch beide Verfahren.

3.2 Ein - und Ausschlusskriterien sowie Gruppeneinteilung

3.2.1 Einschlusskriterien

In die Studie wurden Patienten mit einer vorderen Kreuzbandruptur eingeschlossen, die sich in der Abteilung für Orthopädie der Parkklinik Weißensee nach standardisierter Vorbereitung einer elektiven vorderen Kreuzbandersatzplastik unterzogen hatten. Patienten, die zusätzlich eine Meniskusläsion und / oder einen Knorpelschaden (Chondromalazie I-II°) aufwiesen, wurden ebenfalls eingeschlossen.

3.2.2 Ausschlusskriterien

Ausschlusskriterien waren:

- komplexe Instabilitäten bei zusätzlichen Bandverletzungen,
- ausgeprägte degenerative Veränderungen des Gelenkknorpels (Chondromalazie III-IV°),
- die Indikationen zur Abrasionsarthroplastik, zur subchondralen Mikrofrakturierung, zur autologen Knorpelzelltransplantation sowie zu offenen Eingriffen am Kapsel-Band-Apparat.

Patienten mit früheren Verletzungen oder Kreuzbandoperationen am betreffenden Kniegelenk und neurovaskulären Vorerkrankungen wurden ausgeschlossen. Frakturen und ausgeprägte radiologische Arthrosezeichen waren ebenfalls Ausschlusskriterien.

3.2.3 Gruppeneinteilung, Patientencharakterisierung

94 Patienten von insgesamt 134, welche zwischen März 1997 und November 2000 operiert wurden, konnten in die Untersuchung eingeschlossen werden. Jeweils die Hälfte aller eingeschlossenen Patienten wurde mit einem der beiden zu untersuchenden OP-Verfahren versorgt. Das Durchschnittsalter der 34 weiblichen und 60 männlichen Patienten lag zum Zeitpunkt der Operation in der Ligamentum-patellae-Gruppe bei 27 Jahren (16 – 39 Jahre) und in der Semitendinosus-Grazilis-Gruppe bei 29 Jahren (16 – 42 Jahre).

55 % der Patienten fiel in die Gruppe der 20- bis 29-Jährigen, 34 % in die Gruppe der 30- bis 39-Jährigen. Einen Überblick über Alters- und Geschlechtsverteilung geben Tabelle 3 und Abbildung 5.

Patientenalter	< 20 Jahre		20 – 29 Jahre		30 – 39 Jahre		≥ 40 Jahre	
Geschlecht	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂
n	3	10	17	35	14	18	2	1

Tabelle 3: Alters- und Geschlechtsverteilung im Patientenkollektiv n=94

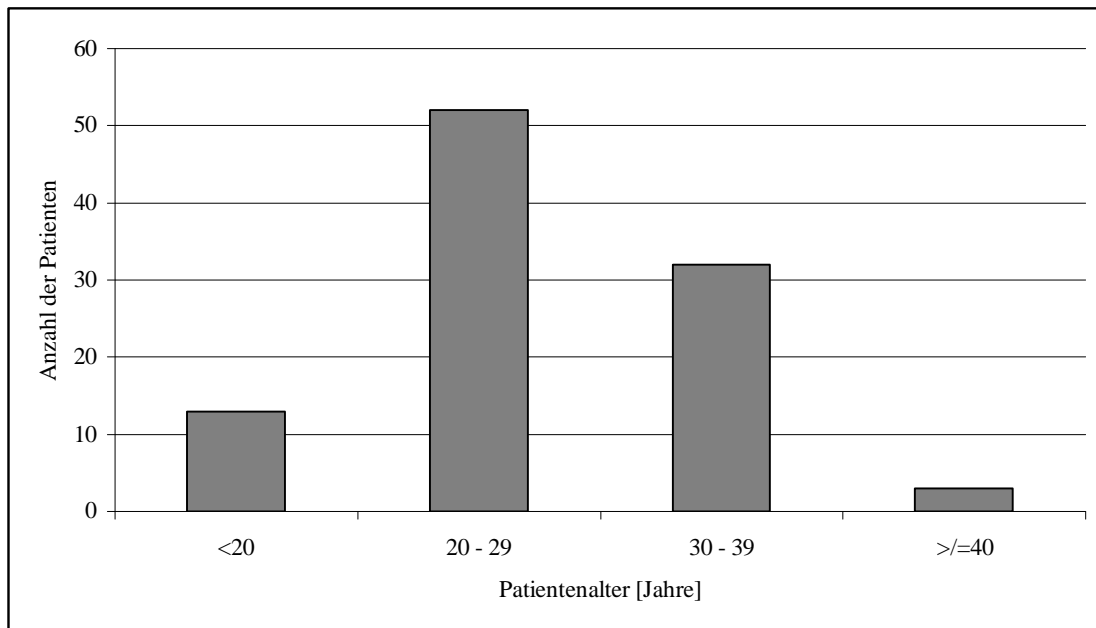


Abbildung 5: Altersverteilung im Patientenkollektiv

Das Zeitintervall zwischen Unfall und Operation betrug in beiden Gruppen 9 Monate (2 bis 16). Die Operationsseite ist für die Ergebnisinterpretation unerheblich. In der Gesamtgruppe wurde 52-mal das rechte und 42-mal das linke Knie operiert.

Die Nachuntersuchung erfolgte durchschnittlich 63 Monate nach der Kreuzbandersatzplastik (56 bis 70 Monate).

3.3 Operationsdurchführung

In Spinalanästhesie bzw. Intubationsnarkose wurde das zu operierende Knie nochmals untersucht. Standardisiert erfolgte die Anlage einer Oberschenkelblutsperr mit 250 – 350 mmHg. Das Bein wurde bei freier Kniegelenksbeweglichkeit mittels Oberschenkelbeinhalters gelagert, steril abgewaschen und abgedeckt.



Abbildung 6: Standardisierte Lagerung des Patienten zur vorderen Kreuzbandplastik [Parkklinik Weißensee]

Dann erfolgte zunächst eine Arthroskopie des Kniegelenkes zur Sicherung der Diagnose, zur Entfernung der Reste des rupturierten vorderen Kreuzbandes und zur Behandlung zusätzlicher Kniebinnenschäden (Meniskusteilresektionen, Knorpelglättung). Bei zuvor arthroskopisch gesicherter vorderer Kreuzbandruptur und bereits erfolgter Sanierung zusätzlicher Verletzungen wurde sofort mit der Transplantatentnahme begonnen.

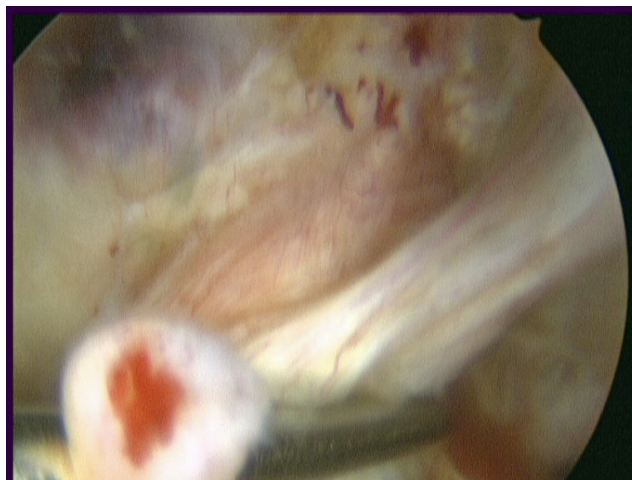


Abbildung 7: Arthroskopische Darstellung einer vorderen Kreuzbandruptur mit Kreuzbandstumpf [Parkklinik Weißensee]

3.3.1 Semitendinosus-Gracilis-Plastik

Die Patienten dieser Gruppe wurden mittels einer arthroskopisch kontrollierten Technik unter Verwendung der Sehnen des Musculus semitendinosus und des Musculus gracilis zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes operiert. Nach ca. 2 cm langem Hautschnitt etwa 1 cm medial der Tuberositas tibiae erfolgte die Präparation des Pes anserinus. Nun konnten

beide Sehnen angeschlossen, präpariert und mittels eines Sehnen-Ringstrippers unter sorgfältiger Schonung des Ligamentum collaterale mediale gewonnen werden.



Abbildung 8: Entnahme der Sehne des Musculus gracilis (Parkklinik Weißensee)

Die entnommenen Sehnen hatten eine Länge zwischen 24 und 40 cm. Die Sehnen wurden mit einem Raspatorium gereinigt und unter kontinuierlicher Spannung zu einem Vierfachbündel verarbeitet und mit Fäden armiert. Die erforderliche Mindestlänge des fertigen Transplantates betrug 9 cm. Der nun bestimmbare Durchmesser des Transplantates mittels einer Schablone (Fa. Arthrex) legte den Durchmesser der Bohrungen fest.

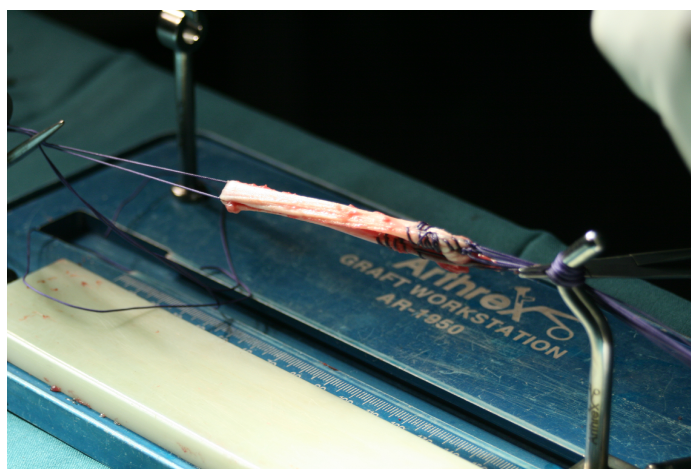


Abbildung 9: Vorbereitung des Transplantates auf der Workstation der Firma Arthrex (Parkklinik Weißensee)

Nach Ermittlung des tibialen Ansatzpunktes erfolgte mit Hilfe eines Zielgerätes die Anlage des tibialen Bohrkanals. Ziel war es, mit der Lage des Bohrkanales einen Verlauf des Transplantates zu ermöglichen, die dem physiologischen Verlauf des vorderen Kreuzbandes entspricht. Hierzu betrug der Bohrwinkel 55° am Zielgerät. Darauf folgend wurde in Flexionsstellung von 90° der femorale Bohrkanal angelegt. Hier sollte eine Bohrtiefe von mindestens 2 cm erreicht werden, um ein optimales Einwachsen des Transplantates zu sichern. Es folgte die Bougierung sowohl des femoralen als auch des tibialen Bohrkanals mittels Dilatators entsprechend den Transplantatdicken. Einbringen des TransFix Tunnel Hook und Einbohren des Drill Pins 3 mm. Nun konnte das Transplantat eingezogen werden. Die femorale Fixierung erfolgte mittels eines einzuschlagenden resorbierbaren Pins aus Polylactat (Fa. Arthrex). Nach Kontrolle auf impingementfreien Lauf des Transplantates wurde es tibial mittels einer resorbierbaren Interferenzschraube aus Polylactat (Fa. Arthrex) fixiert.

3.3.2 Ligamentum-patellae-Plastik

Es wurde ein Hautschnitt von der Patellaspitze bis zur Tuberositas tibiae durchgeführt. Vollständige Darstellung des Ligamentum patellae mittels Präparierschere. Es folgte die Entnahme des mittleren Anteils des Ligamentum patellae mit tibialem und femoralem Knochenblock (Bone-Tendon-Bone).

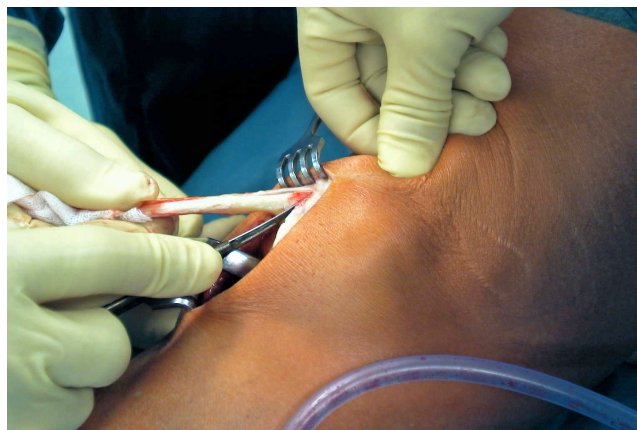


Abbildung 10: Entnahme des Ligamentum-patellae-Transplantates [Parkklinik Weißensee]

Die Sehne und die anhängende Knochenblöcke wurden mit der Schere und dem Luer für den Bohrkanal vorbereitet und der tibiale Knochenblock mit starken resorbierbaren Fäden armiert. Die Transplantatlänge betrug mindestens 9cm.



Abbildung 11: Armiertes Lig. patellae-Transplantat [Parkklinik Weißensee]

Danach folgte die mediale Mini-Arthrotomie und partielle Resektion des Hoffa'schen Fettkörpers. Setzen des femoralen Bohrkanals in 120° Beugstellung. Danach wurde das Transplantat im femoralen Bohrkanal in 120° Beugstellung des Kniegelenkes verbolzt und bei nicht überzeugender Festigkeit in Zugrichtung mit einer bioresorbierbaren Schraube zusätzlich gesichert. Anlage des tibialen Bohrkanals, so dass dieser im dorsomedianen tibialen Quadranten vor dem hinteren Kreuzband zu liegen kommt. Nach Ausschluss eines Impingments erfolgte die Implantation des Transplantates, wobei der Knochenblock tibial mittels bioresorbierbarer Schraube fixiert wurde.

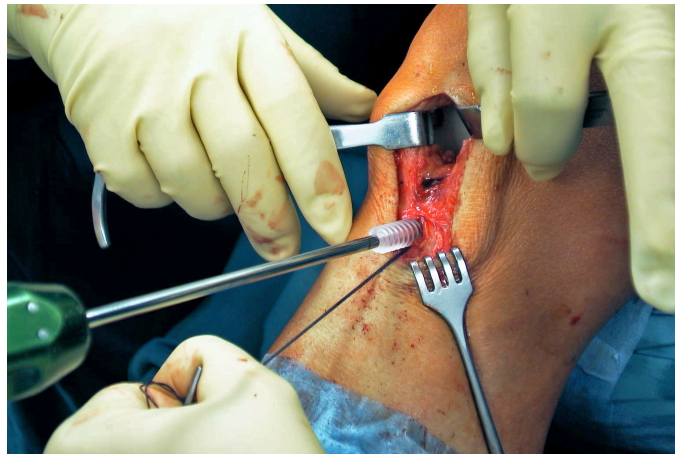


Abbildung 12: Fixieren des tibialen Knochenblocks mit einer bioresorbierbaren Schraube [Parkklinik Weißensee]

3.4 Nachbehandlungskonzept

Beide Gruppen erhielten das gleiche Nachbehandlungsschema. Die durchschnittliche stationäre Behandlungsdauer betrug 5 Tage. Schon während des Krankenhausaufenthaltes erhielten die Patienten eine physiotherapeutische Übungsbehandlung (Einzeltherapie) zur Stärkung der kniegelenkstabilisierenden Muskulatur, welche ambulant fortgesetzt wurde. Weiterhin wurde eine Teilbelastung bis zur Wundheilung empfohlen und die Beugung für die ersten 3 Wochen durch eine Kniegelenksorthese (Fa. Donjoy, USA) auf 30° limitiert. Dann folgte die Steigerung der Beugung auf 60° für weitere 3 Wochen und auf 90° bis zur 9. postoperativen Woche. Danach wurde das Bewegungsausmaß des Kniegelenkes freigegeben und die Orthese nur noch zu sportlichen Aktivitäten getragen. Ab diesem Zeitpunkt wurde eine ambulante Physiotherapie im Rahmen einer Komplexrehabilitation für mindestens 4 Wochen eingeleitet (37 Patienten der Ligamentum-patellae-Gruppe und 33 Patienten der Hamstring-Gruppe). Je nach beruflicher Belastung wurde die Arbeitsfähigkeit nach 4 bis 12 Wochen angestrebt. Stop-and-Go- bzw. Kontaktsportarten waren frühestens ein halbes Jahr nach Kreuzbandplastik erlaubt.

3.5 Statistische Methoden

3.5.1 Kriterien der retrospektiven Krankenblattauswertung

Nach Durchsicht der Operationsbücher und Patientenakten wurden alle im vorgegebenen Zeitraum operierten 94 Patienten angeschrieben, zu einer Nachuntersuchung eingeladen und um Rücksendung der beigelegten Fragebogens (siehe Anlage) gebeten. Aus den Patientenakten wurden folgende Angaben ermittelt:

- Diagnosedatum
- Verletzungsursache, -mechanismus und -zeitpunkt
- Begleitverletzungen
- Operationszeitpunkt
- diagnostisches und therapeutisches Intervall
- Operationsbericht
- Nachbehandlungsschema und -dauer

Die Auswertung erfolgte bei allen Patienten nach einem festen Schema: Nach einer Befragung der Patienten und Ermittlung der subjektiven Daten für die verschiedenen Scores erfolgte die klinische Untersuchung der Patienten. Zum Abschluss wurden eine Umfangsmessung, eine KT-1000-Arthrometer-Messung durchgeführt.

Alle Untersuchungsergebnisse wurden auf einem Untersuchungsbogen dokumentiert und zur statistischen Auswertung in eine Tabelle übertragen. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Tabellenkalkulationsprogrammes SPSS 17.0 mit Unterstützung durch Frau Dr. Christina Eichhorn von der Arbeitsgruppe medizinische Statistik des Instituts für Medizinische Informatik des Klinikums Berlin-Buch.

3.5.2 Methoden der subjektiven und objektiven Zustandsbeurteilung

Vor der klinischen Nachuntersuchung wurden die Patienten nach ihrem subjektiven Befinden befragt. Als Auswertungsscores kamen hier zur Anwendung:

1. Tegner-Aktivitäts-Score
2. Lysholm-Score
3. IKDC-Score

Diese werden im Folgenden erläutert.

3.5.2.1 Tegner-Aktivitäts-Score

Der Tegner-Aktivitäts-Score wurde 1985 von Tegner vorgestellt [TEGNER, LYSHOLM 1985]. Er ermöglicht die subjektive Beurteilung des Aktivitätsniveaus vor dem Unfall sowie vor und nach der Behandlung. Eine Veränderung kann somit während des gesamten Verlaufes verfolgt werden. Es kann im Maximalfall das Level 10 erreicht werden. Eine Bewertung auf Level 0 entspricht einer verletzungsbedingten Arbeitsunfähigkeit, ein erreichtes Level 10 entspricht der Aktivität eines Leistungssportlers. Es kommen hier Aktivitäten des täglichen Lebens, des Freizeitsportes, des Amateursportes und des Profisportes zum Tragen. Aufgrund der höheren Verletzungshäufigkeit im Sport werden hier sportliche Belastungen stärker gewichtet. (siehe Anhang)

3.5.2.2 Lysholm-Score

Der Lysholm-Score wurde zur rein subjektiven Bewertung des Operationserfolges 1982 von Lysholm und Gillquist entwickelt (siehe Anhang) [LYSHOLM, GILLQUIST 1982]. Er ist in der Vergangenheit, der am häufigsten verwendete Score zur Evaluation von Kniegelenksinstabilitäten. Er wurde 1985 in leicht veränderter Form von Tegner und Lysholm vorgestellt [TEGNER, LYSHOLM 1985]. Der Score bezieht zu 95 % subjektive und zu 5 % objektive Bewertungen ein. Instabilität und Schmerz gehen zu jeweils 30 % in die Bewertung ein. Er ist als Bewertungsskala von 100 Punkten angelegt. In diesen Score fließen unfallunabhängige Faktoren wie Alter und Fitness nicht mit ein. Demirdjian konnte in einer großen

Nachuntersuchung nachweisen, dass in der *gesunden* Bevölkerung bei Männern nur 85 % und bei Frauen nur 69 % auf den maximal möglichen Wert kamen [DEMIRDJIAN et al. 1998].

3.5.2.3 IKDC-Evaluationsbogen

Das International Knee Documentation Committee (IKDC), eine Gruppe europäischer, amerikanischer und asiatischer Kniechirurgen der ESSKA, AOSSM und der APOSSM entwickelten den IKDC-Evaluationsbogen. (siehe Anhang)

IKDC-Ausschuss:

- **AOSSM:** American Orthopaedic Society for Sports Medicine (Anderson A, Bergfeld J, Boland A, Dye S, Feagin J, Harner C, Mohtadi N, Richmond J, Shelbourne D, Terry G)
- **ESSKA:** European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (Staubli H, Hefti F, Höher J, Jacob R, Müller W, Neyret P)
- **APOSSM:** Asian Pacific Orthopaedic Society for Sports Medicine (Chan K, Kurosaka M)

Prinzipielle Grundlagen rekrutiert der IKDC-Evaluationsbogen aus dem Evaluationsbogen der OAK (orthopädische Arbeitsgruppe Knie) welcher 1988 von Müller eingeführt wurde [MÜLLER et al. 1988]. Die Arbeiten zur Erstellung des IKDC wurden 1987 aufgenommen. Eingeführt wurde der Evaluationsbogen in der heute verwendeten Form 1993 von Hefti [HEFTI et al. 1993]. Der überwiegend objektive (60 %) IKDC-Evaluationsbogen ist unterteilt in vier Gruppen (A, B, C, D), welche in das Endergebnis einfließen und vier weitere Felder, welche nur Dokumentationszwecken dienen und nicht in die endgültige Bewertung einfließen.

Die gewerteten Felder sind

1. Subjektive Beurteilung durch den Patienten,
2. Symptome,
3. Bewegungsumfang,
4. Klinische Untersuchung der Bandstrukturen

Der Bewertung liegt nicht ein numerisches System zugrunde, dessen Einzelwerte addiert werden und zu einem Gesamtergebnis führen, sondern jeder Punkt des Bogens wird mit

- A normal
- B fast normal
- C abnormal und
- D schwer abnormal

beurteilt.

Das Endergebnis des Bogens kann nicht besser sein als das schlechteste Gruppenergebnis, wobei das Gruppenergebnis wiederum durch den schlechtesten Punkt innerhalb der Gruppe bestimmt wird. So soll verhindert werden, dass trotz erheblicher Beschwerden ein gutes Ergebnis erzielt werden kann. Weiterhin wird der Aktivitätslevel des Patienten dokumentiert. Hierzu wird ein Evaluationsschema verwendet, welches auf dem von Tegner und Lysholm vorgestellten Schema basiert [TEGNER, LYSHOLM 1985].

Die Aktivität wird in vier Levels eingeteilt:

1. springen, pivotieren (Drehung um das Standbein), schnelle Richtungswechsel, Fußball
2. schwere körperliche Arbeit, Ski fahren, Tennis
3. leichte körperliche Arbeit, Joggen, Rennen
4. sitzende Arbeit, Haushalt

Die Aktivität vor dem Trauma, vor der Behandlung und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wird erhoben. Dem IKDC-Score wird eine gute Sensitivität bei der Feststellung des postoperativen Ergebnisses bescheinigt, Schwächen hat der Score bei der Feststellung von Veränderungen während der Verlaufsbeobachtung [IRRGANG et al. 1998]. Die Verfasser des IKDC-Evaluationsbogens geben einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren nach Operation vor um Kurzzeitresultate zu erhalten, mindestens fünf Jahre für mittelfristige Resultate und mindestens 10 Jahre für langfristige Resultate. Auf eine radiologische Nachuntersuchung wurde in dieser Untersuchung verzichtet, weil der röntgenologische Befund keinen Einfluss auf die Gruppenqualifikation hat. Somit ist das Scoreergebnis mit und ohne radiologische Untersuchung identisch. Eine zusätzliche Strahlenbelastung konnte dadurch ebenfalls vermieden werden.

3.6 Klinische Nachuntersuchungsmethoden

3.6.1 Bänderstabilitäts-Test

Um die Gelenkstabilität nach einer Kreuzbandoperation zu beurteilen, gelten als wichtigste Untersuchungsmethode der Lachmann-Test und die sogenannte vordere Schublade. Diese beiden Techniken dienen zur Beurteilung der Verschieblichkeit des Unterschenkels gegen den Oberschenkel in unterschiedlichen Kniegelenkspositionen. Zusätzlich wurde eine instrumentelle Stabilitätsmessung in der anterior-posterior-Ebene mit einem KT-1000-Arthrometer (Hersteller: Medmetric, San Diego, USA) vorgenommen. Diese Messform bietet bei definiert eingesetzter Kraft eine kontinuierliche Ergebnisskala. Im Rahmen der Studie führten wir an jedem Knie drei Messungen durch, ermittelten den Mittelwert für jedes Knie und rundeten die Werte auf ganze bzw. halbe Millimeter. Das Verfahren ist genau und liefert reproduzierbare Ergebnisse [BOYER ET AL. 2004, JARDIN ET AL. 1999, TYLER ET AL. 1999]. Bei einer eingesetzten Kraft von 89 N und 134 N sowie der Maximalkraft gilt als Grenzwert für ein stabiles Kreuzband eine Seitendifferenz von 5 mm.

3.6.2 One-leg-hop-Test

Beim „Einbein-Hüpfen“ (One-leg-hop-Test) wurden die Patienten aufgefordert, zuerst mit dem gesunden, danach mit dem operierten Bein aus dem Stand einen Sprung nach vorne zu machen und auf demselben Bein wieder zu landen. Die Weiten der beiden Sprünge wurden in Zentimeter gemessen und miteinander verglichen.

3.6.3 Passive Beweglichkeit im Seitenvergleich

Neben der Überprüfung der Bandstabilität wurden die Bewegungsausmaße nach der Neutral-Null-Durchgangsmethode erhoben. Als Bezugsgröße wurde bei der Untersuchung das Bewegungsausmaß der Gegenseite herangezogen.

3.7 Statistische Methoden

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels SPSS (Statistical Package for the Social Sciences 17.0). Angewendet wurde ein Testverfahren zum Vergleich zweier unabhängiger Gruppen. Statistische Tests wie der Chi-Quadrat-Test und der t-Test kamen zur Anwendung. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf statistisch signifikante Unterschiede analysiert. Eine Irrtumswahrscheinlichkeit (probability) $p < 0,05$ als signifikanter Unterschied und $p > 0,1$ als nicht signifikant interpretiert.

4. Ergebnisse

4.1 Anamnestisch erhobene prä- und postoperative Daten

4.1.1 Präoperative Daten

Hinsichtlich des Alters, des Geschlechts, des Zeitraums zwischen Verletzung und Operation, der Verletzungsart und der Zusatzverletzungen bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

4.1.1.1 Verletzungsursache

Die Daten wurden mittels eines Fragebogens erhoben. Als Hauptursache einer vorderen Kreuzbandläsion mit konsekutiver Instabilität des Kniegelenkes ist eine Sportverletzung anzusehen. So waren 95 % Sportverletzungen als Ursache zu erheben. Somit lässt sich ein Bezug zwischen sportlicher Aktivität und vorderer Kreuzbandverletzungen herstellen.

Weitere Ursachen wie Autounfall und Leitersturz treten als Einzelnennungen auf.

Die Sportunfälle waren auf die folgenden Sportarten verteilt:

Sportart	Anzahl der Patienten
Fußball	31
Skifahren	30
Basketball	10
Handball	7
andere	17

Daraus ergibt sich die prozentuale Verteilung, die in Abbildung13 dargestellt ist.

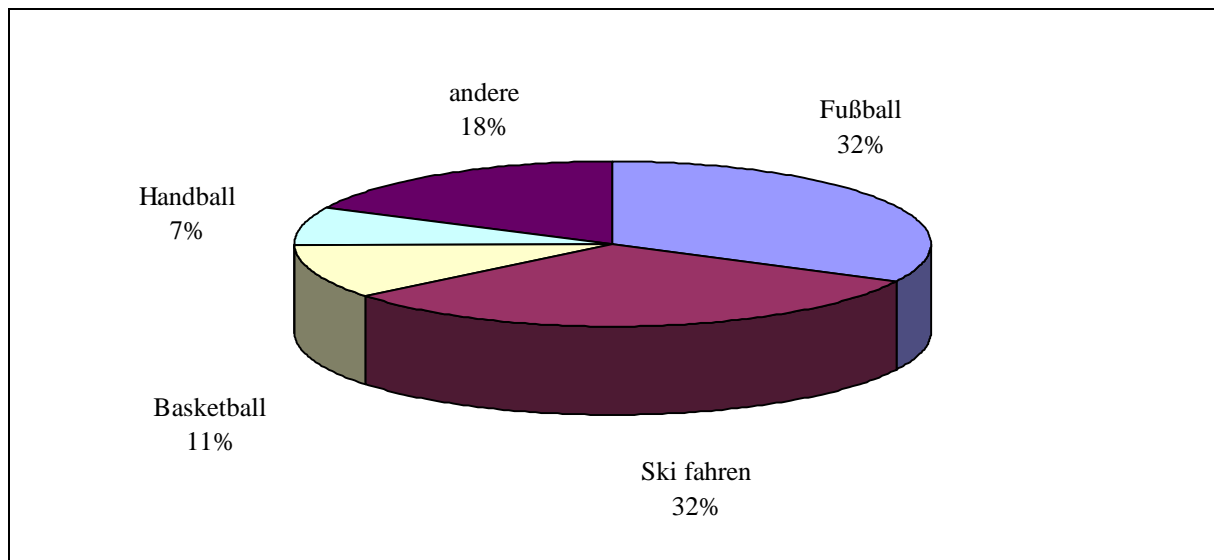


Abbildung 13: Prozentuale Verteilung der ursächlichen Sportarten

4.1.1.2 Verletzungsmechanismus

Bei der Frage nach dem Verletzungsmechanismus gaben 79 % der Patienten eine Rotation im Kniegelenk an. Die anderen 21 % nannten Scherbewegungen sowie Kollisionen mit anderen Personen.

Hinsichtlich des Verletzungsmechanismus und der ausgeübten Sportart gab es keine Unterschiede zwischen der Ligamentum-patellae-Gruppe und der Hamstring-Gruppe.

4.1.1.3 Zusatzverletzungen

Zusätzlich zur vorderen Kreuzbandruptur traten in 75 % der Fälle Verletzungen eines oder beider Menisci und / oder des Gelenkknorpels auf. Die genaue Charakterisierung der Zusatzverletzungen lässt sich der Abbildung 14 entnehmen.

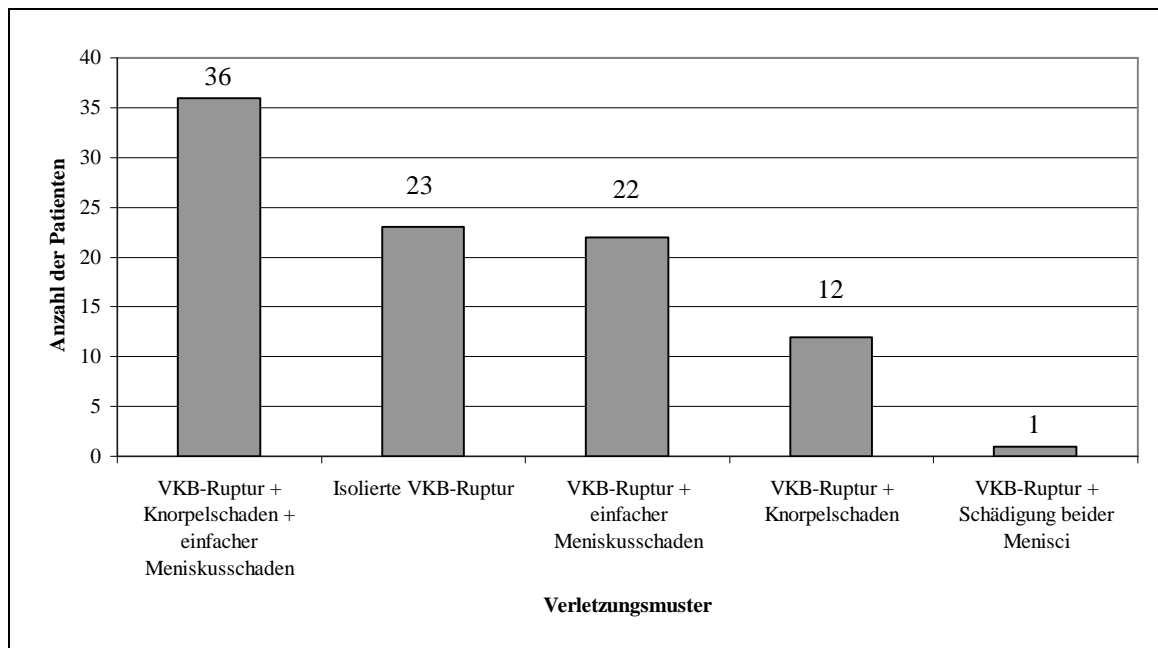


Abbildung 14: Verteilung der Verletzungsmuster (n = 94)

Es ist ersichtlich, dass bei etwa der Hälfte der Patienten zum Operationszeitpunkt ein komplexer Kniebinnenschaden vorlag. Hinsichtlich des Verletzungsmusters gab es in den beiden untersuchten Gruppen (Ligamentum-patellae und Hamstring) keinen Unterschied ($p = 0,45$).

4.1.2 Postoperative Daten

4.1.2.1 Vergleich mit der gesunden Gegenseite

Zur Erhebung der subjektiven Bewertung der operativen Versorgung wurden die Patienten aufgefordert, das operierte Kniegelenk mit der gesunden Seite zu vergleichen. Wurde dieses funktionell als mindestens genauso gut bewertet, wurde es mit 100 % dokumentiert. Defizite bzw. Funktionseinschränkungen wurden prozentual graduiert.

	Subjektive Bewertung des Kniegelenkes im Vergleich mit der Gegenseite						
	100 %	95 %	90 %	85 %	80 %	75 %	<75 %
Ligamentum-patellae-Gruppe	17	10	13	3	1	2	1
Hamstring-Gruppe	19	11	12	3	1	1	0

Tabelle 4: Subjektive Bewertung des OP-Ergebnisses gemessen an der Gegenseite

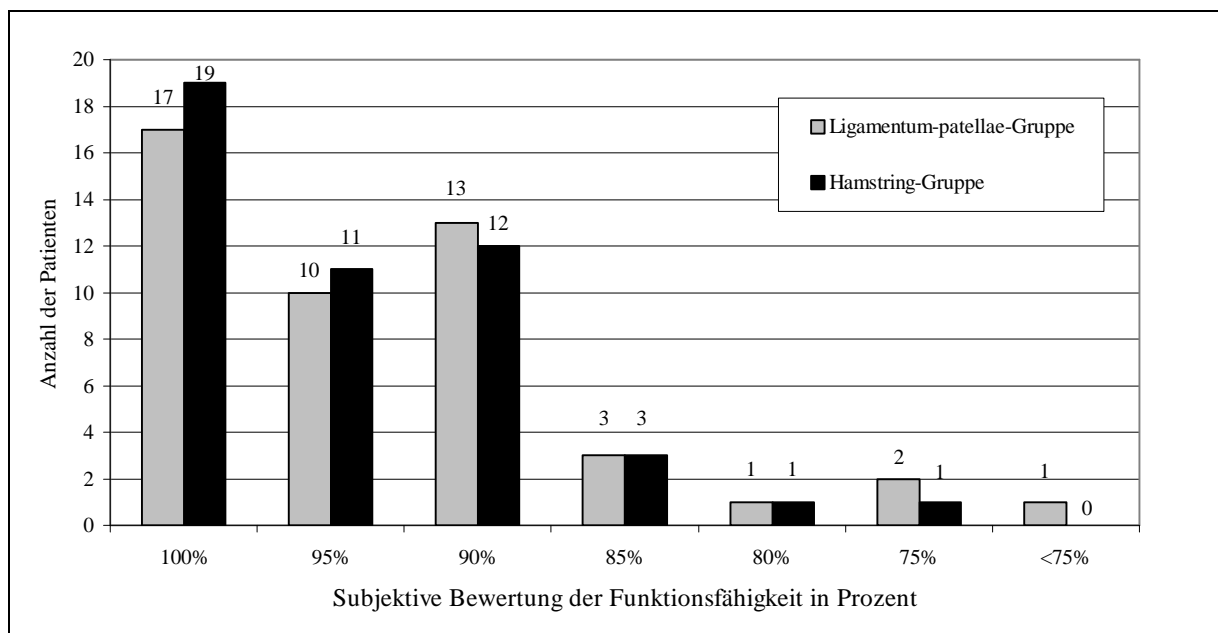


Abbildung 15: Subjektive Bewertung des operierten Kniegelenkes durch den Patienten

Es zeigt sich, dass insgesamt 87,2 % aller Patienten die Funktionsfähigkeit ihres operierten Kniegelenkes mit 90 bis 100 % der Gegenseite bewerten (85,2 % der Ligamentum-patellae-Gruppe versus 89,3 % der Hamstring-Gruppe). Ein signifikanter Unterschied fand sich hier nicht. ($p = 0,3$)

4.1.2.2 Schmerzhäufigkeit

Bei der Frage nach der postoperativen Schmerzhäufigkeit gaben 79 % der Ligamentum-patellae-Gruppe und 83 % der Hamstring-Gruppe an, „nie“ oder „selten“ Schmerzen zu haben. Jedoch sagten durchschnittlich 16 % aus beiden Gruppen, dass sie „oft“ Schmerzen verspürten. Die Angaben „sehr oft“ und „ständig“ waren Einzelnennungen. Ein signifikanter Unterschied ließ sich hier nicht nachweisen. ($p = 0,26$)

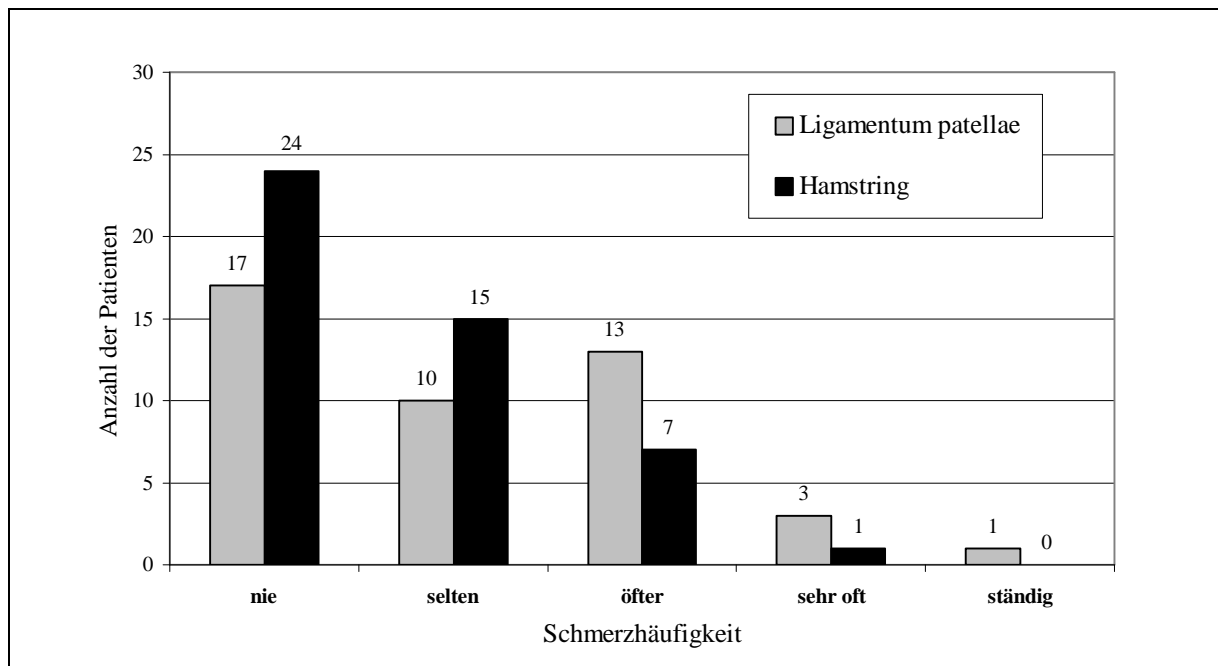


Abbildung 16: Schmerzhäufigkeit nach Kreuzbandersatz

4.1.2.3 Stabilität

Ein wichtiger subjektiver Stabilitätsparameter ist das Auftreten eines Giving-way-Phänomens im Verlauf nach Kreuzbandplastik. Die Patienten schilderten, ob und wie oft sie dieses Instabilitätsgefühl im operierten Kniegelenk verspürten. Etwa 60 % beider Gruppen kannten das Phänomen gar nicht. Wenn, trat dieses belastungsabhängig auf: 25 % der Ligamentum-patellae-Gruppe und 23 % der Hamstring-Gruppe geben nur selten ein Instabilitätsgefühl bei starker Belastung an. Ein häufiges Instabilitätsgefühl bei starker Belastung kam in beiden Gruppen zu ca. 10% vor. Nur vereinzelt war das Giving-way-Phänomen „gelegentlich“ bzw. „regelmäßig“ spürbar. Eine „immer“ bestehende Instabilität ist nie angegeben worden. (Siehe Abbildung 17.)

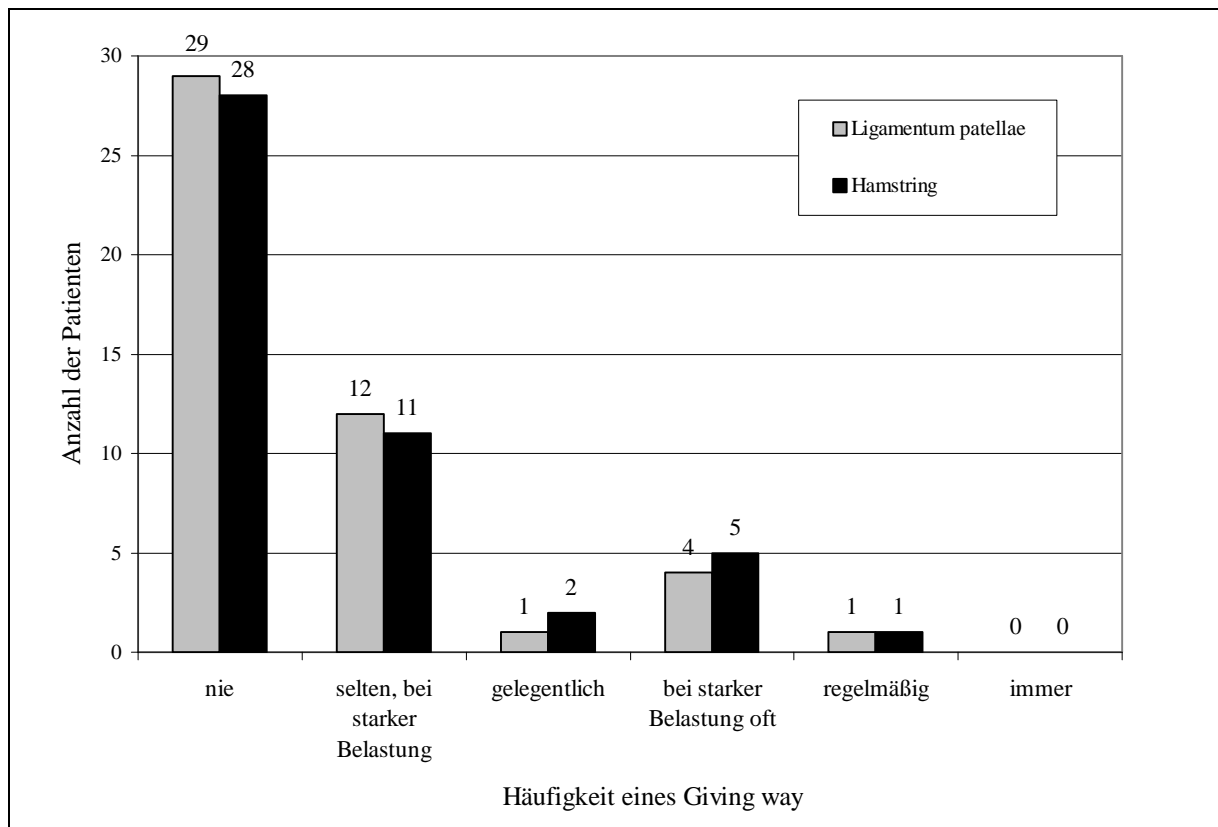


Abbildung 17: Häufigkeit von Instabilität (Giving way) des operierten Kniegelenkes

Wie für die Parameter subjektive Funktionsfähigkeit im Seitenvergleich und Häufigkeit von Schmerzen konnte die retrospektive Analyse der von den Patienten gemachten Angaben auch bezüglich der Häufigkeit von Instabilität keine signifikanten Unterschiede hervorbringen ($p = 0,42$).

4.1.3 Komplikationen

Insgesamt bei 10 Patienten wurde eine Arthroskopie bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung notwendig. So wurden in der Ligamentum-patellae-Gruppe 6 Patienten (13 %) und in der Hamstring-Gruppe 4 Patienten (8 %) im Verlauf nochmals operiert. Bei einem Patienten in der Hamstring-Gruppe kam es zur Transplantatinsuffizienz im Sinne einer Elongation, die bei ebenfalls vorliegender Instabilität eine erneute Kreuzbandplastik mit einem Semitendinosus-Grazilis-Transplantat von der Gegenseite erforderte. Diese Revisions-Plastik fiel zeitlich noch in den Fünfjahres-Nachuntersuchungszeitraum. Andere postoperative Komplikationen traten nicht auf.

	Ligamentum patellae (6 revidierte Patienten)	Hamstring (4 revidierte Patienten)
Cyclops-Syndrom	1	0
Transplantatelongation	0	1
Arthrofibrose	1	2

Tabelle 5: Arthroskopische Diagnosen der revidierten Patienten

4.1.4 Nachbehandlung / Wiedererlangung der Arbeitsfähigkeit

37 Patienten der Ligamentum-patellae-Gruppe und 33 Patienten der Hamstring-Gruppe erhielten die physiotherapeutische Nachbehandlung im Rahmen einer ambulanten muskuloskelettalen Rehabilitation (AMR), alle anderen Patienten setzten die physiotherapeutische Nachbehandlung im Rahmen einer ambulanten Einzeltherapie fort. Ligamentum-patellae-Gruppe und Hamstring-Gruppe erhielten die gleiche Nachbehandlung.

Nach durchschnittlich 10 Wochen konnte die frühere berufliche Tätigkeit wieder aufgenommen werden. Bei Büroarbeitsplätzen konnte eine berufliche Wiedereingliederung nach durchschnittlich 6 Wochen erreicht werden.

Unterschiede bezüglich der Dauer der Arbeitsunfähigkeit wurden nicht festgestellt.

4.2 Postoperative klinische Befunde

Die aufgeführten klinischen Untersuchungsbefunde wurden bei allen 68 Patienten erhoben, die der Einladung zur Nachuntersuchung in der Klinik nachkamen, 26 Patienten wurden hierfür zu Hause aufgesucht.

4.2.1 Kniegelenksschwellung

31 Patienten (66 %) der Ligamentum-patellae-Gruppe und 27 Patienten (57 %) der Hamstring-Gruppe gaben keine Schwellneigung an. Bei 14 Patienten (30 %) der Hamstring-Gruppe zeigten sich nach starker Belastung noch Schwellungen. 2 Patienten (4 %) aus der Hamstring-Gruppe gaben rezidivierende Ergussbildung an.

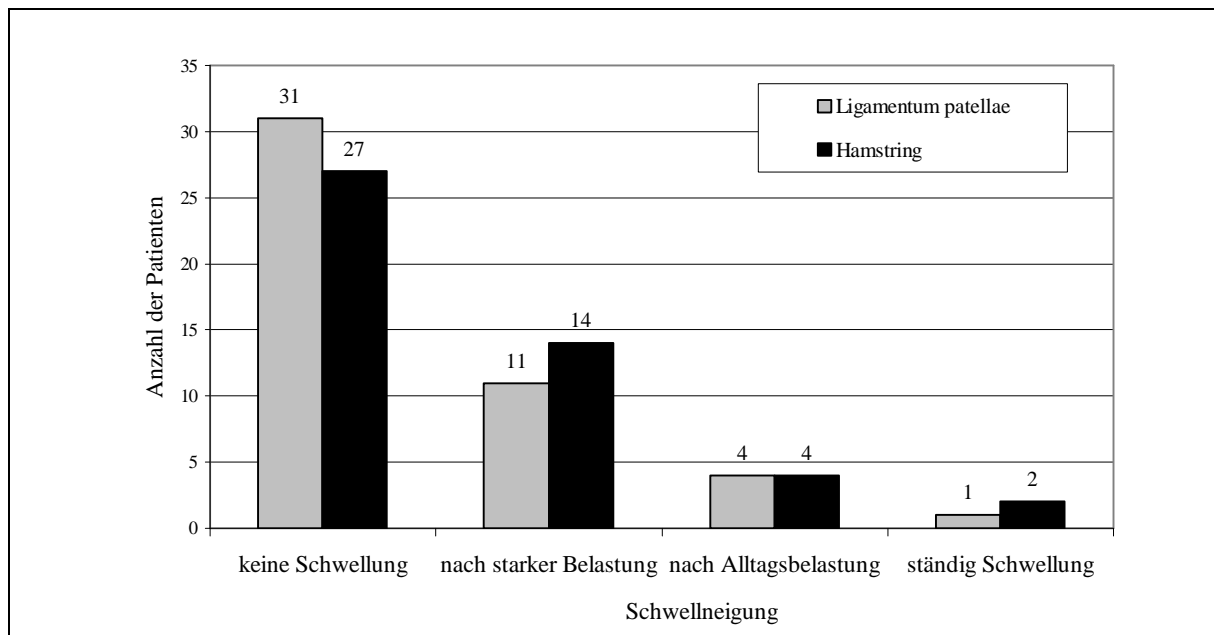


Abbildung 18: Anamnestische Angaben zur Schwellneigung des operierten Kniegelenkes

4.2.2 Bewegungsausmaß

Das Bewegungsausmaß wurde nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert.

98 % der Patienten der Ligamentum-patellae-Gruppe und alle Patienten der Hamstring-Gruppe wiesen eine passive Flexion über 130° auf.

	Passive Flexion			
	$\geq 140^\circ$	$< 140^\circ$	$< 130^\circ$	$< 120^\circ$
Ligamentum-patellae-Gruppe (n = 47)	41	5	1	0
Hamstring-Gruppe (n = 47)	39	8	0	0

Tabelle 6: Kniegelenksbeweglichkeit: Passive Flexion

Auch die passive Extension im Kniegelenk war in beiden Gruppen ohne wesentliche Einschränkung, 83 % der Ligamentum-patellae-Gruppe und 68 % der Hamstring-Gruppe erreichten die Neutralstellung.

Bei 32 % der Patienten der Hamstring-Gruppe und 11 % der Patienten der Ligamentum-patellae-Gruppe wurde eine passive Überstreckbarkeit von 5 bis 10° gemessen.

In der Hamstring-Gruppe konnte keine Streckhemmung gesehen werden. 3 Patienten (6 %) der Ligamentum-patellae-Gruppe wiesen jedoch eine Streckhemmung von 5° auf.

	Passive Extension			
	$> 10^\circ$	$\geq 5^\circ$	$0-5^\circ$	Streckdefizit
Ligamentum-patellae-Gruppe (n = 47)	0	5	39	3
Hamstring-Gruppe (n=47)	0	15	32	0

Tabelle 7: Kniegelenksbeweglichkeit: Passive Extension

Wenn man nun das Bewegungsausmaß des operierten Kniegelenkes mit dem der gesunden Gegenseite vergleicht, ergibt sich folgendes Bild (siehe Abbildungen 19 und 20). Signifikante Unterschiede im Vergleich beider Verfahren ließen sich nicht finden ($p = 0,3$).

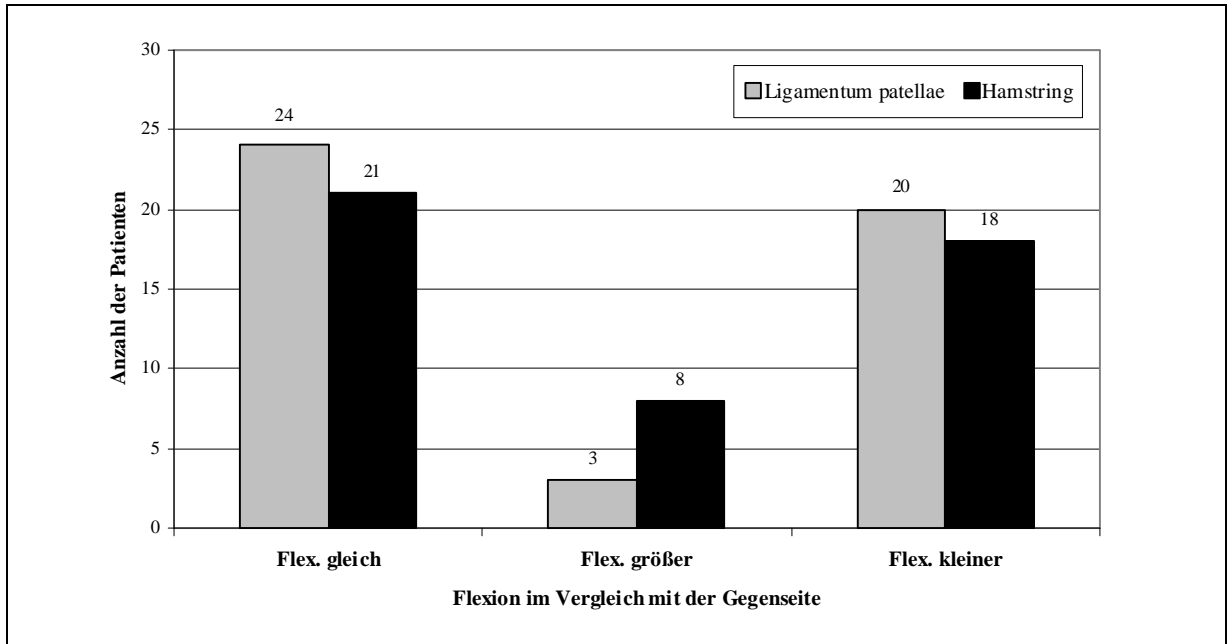


Abbildung 19: Bewegungsausmaß im Vergleich mit der gesunden Gegenseite – Flexion

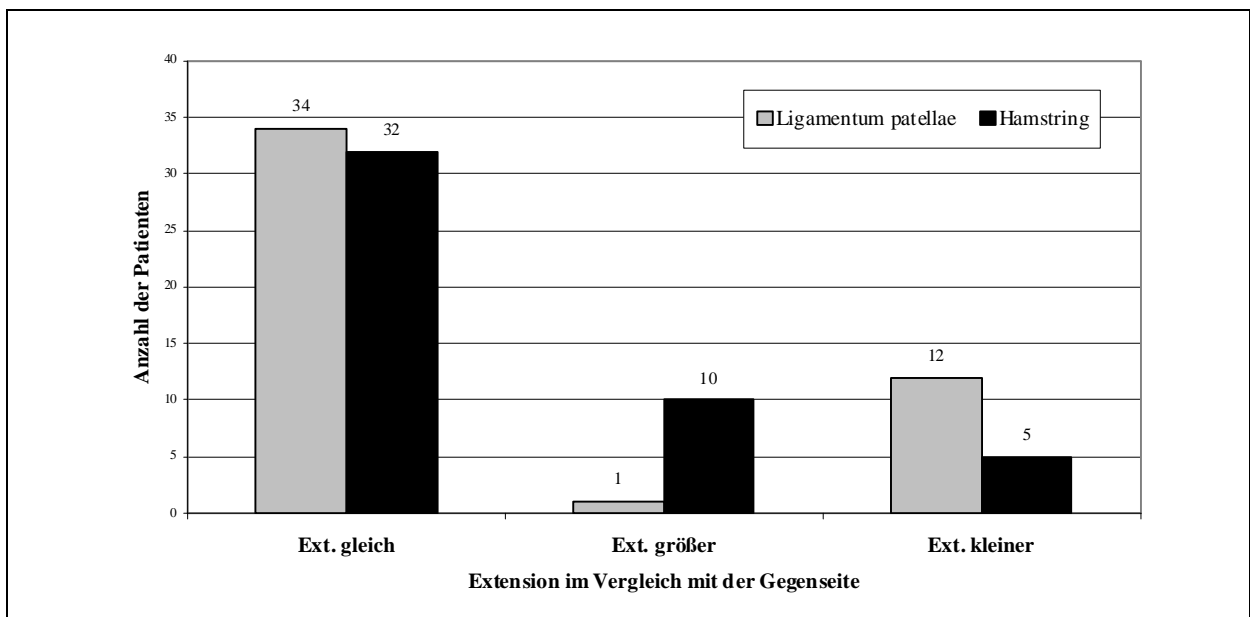


Abbildung 20: Bewegungsausmaß im Vergleich mit der gesunden Gegenseite – Extension

4.2.3 Beinumfangfänge

Um den unterschiedlichen Trainingszustand der Muskulatur zu detektieren, wurden die Beinumfangfänge 20 cm proximal des Kniegelenksspaltes gemessen und verglichen. Auch hier zeigte die statistische Auswertung keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,43$).

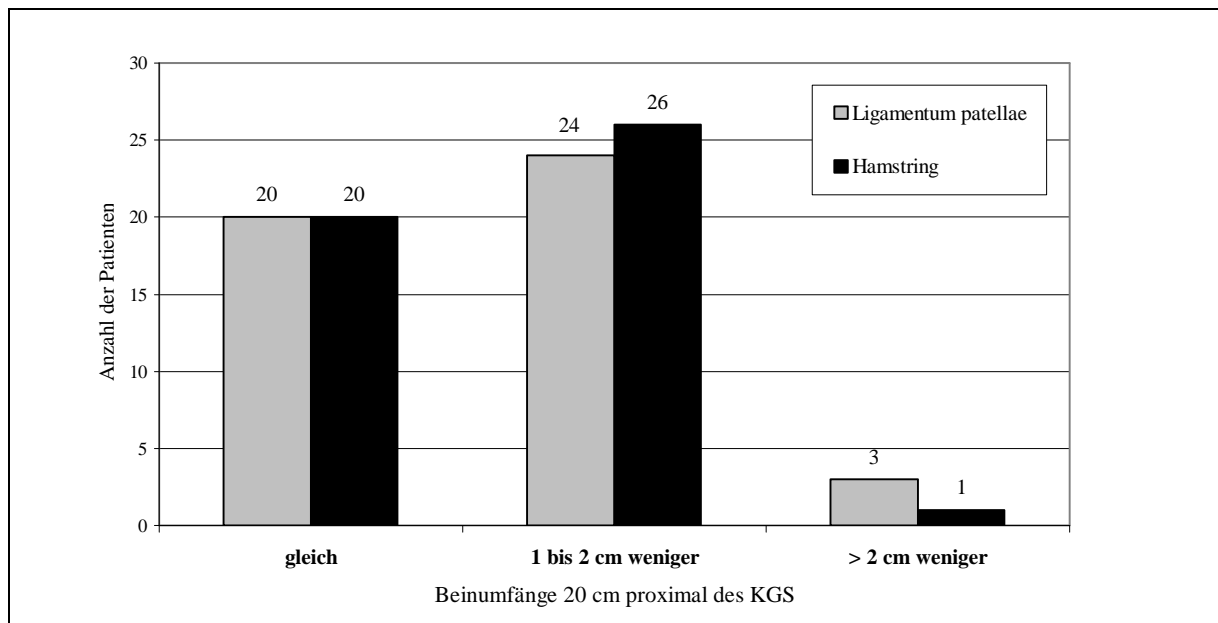


Abbildung 21: Beinumfangfänge 20 cm proximal des Kniegelenksspaltes

4.2.4 Symptome an der Transplantatentnahmestelle

Betrachtet und vergleicht man die Symptome an der Transplantatentnahmestelle (Druckdolenz, Berührungsempfindlichkeit, Sensibilitätsstörungen) konnten bei 38 % in der Ligamentum-patellae-Gruppe und bei 47 % in der Hamstring-Gruppe keine Unterschiede im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite festgestellt werden. Bei je etwa der Hälfte der Patienten in beiden Gruppen fanden sich geringe Beschwerden. In der Ligamentum-patellae-Gruppe hatten 8 % mäßige und 2 % der Patienten starke Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle. Mäßige Beschwerden gaben in der Hamstring-Gruppe nur 4 % an.

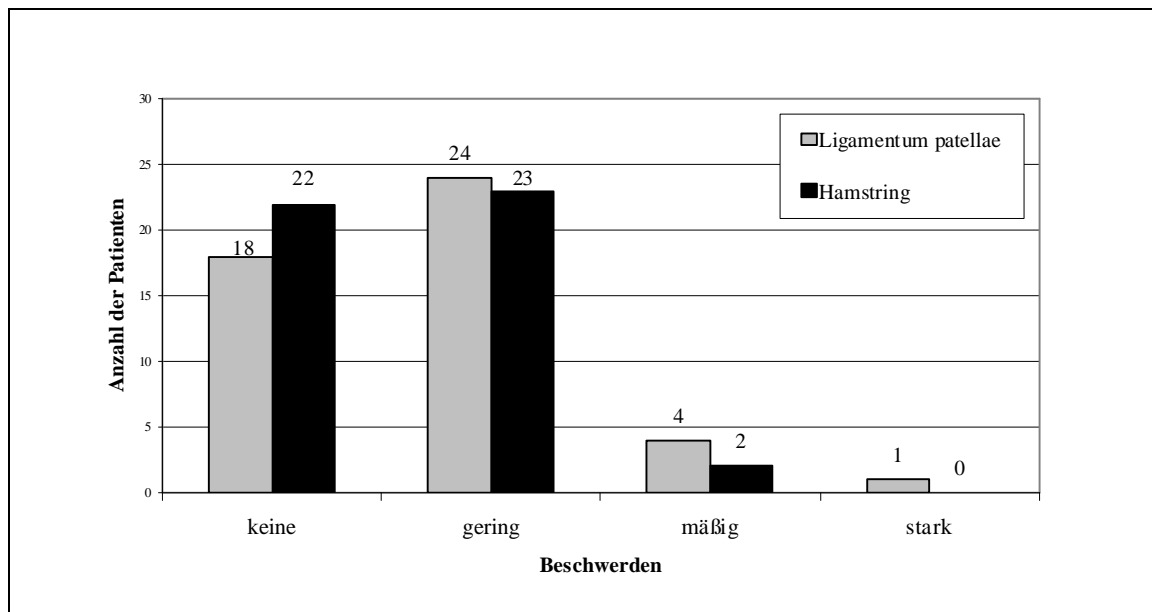


Abbildung 22: Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle

Bezüglich der Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle ließ sich kein signifikanter Unterschied zugunsten der Hamstring-Gruppe errechnen ($p = 0,09$).

4.2.5 Kompartimentale Befunde

In der Ligamentum-patellae-Gruppe konnten hinsichtlich palpabler oder subjektiv wahrgenommener Krepitation im Kniegelenk bei 49 % und in der Hamstring-Gruppe bei 64 % keine pathologischen Befunde erhoben werden. Die Tabellen 8 und 9 sowie das Diagramm in der Abbildung 23 geben einen Überblick über die Verteilung der aufgetretenen Krepitation innerhalb und zwischen den beiden Gruppen. Im statistischen Vergleich findet sich kein signifikanter Unterschied zugunsten der Hamstring-Gruppe mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 0,07$.

Befunde	femoropatellare Krepitation	mediale Krepitation	laterale Krepitation
mäßig	16	3	3
schmerzhaft	8	2	2
stark	0	0	0
keine / seitengleich	23	42	42

Tabelle 8: Kompartimentale Befunde in der Ligamentum-patellae-Gruppe (n = 47)

Befunde	femoropatellare Krepitation	mediale Krepitation	laterale Krepitation
mäßig	12	2	2
schmerzhaft	5	0	0
stark	0	0	0
keine / seitengleich	30	45	45

Tabelle 9: Kompartimentale Befunde in der Hamstring-Gruppe (n = 47)

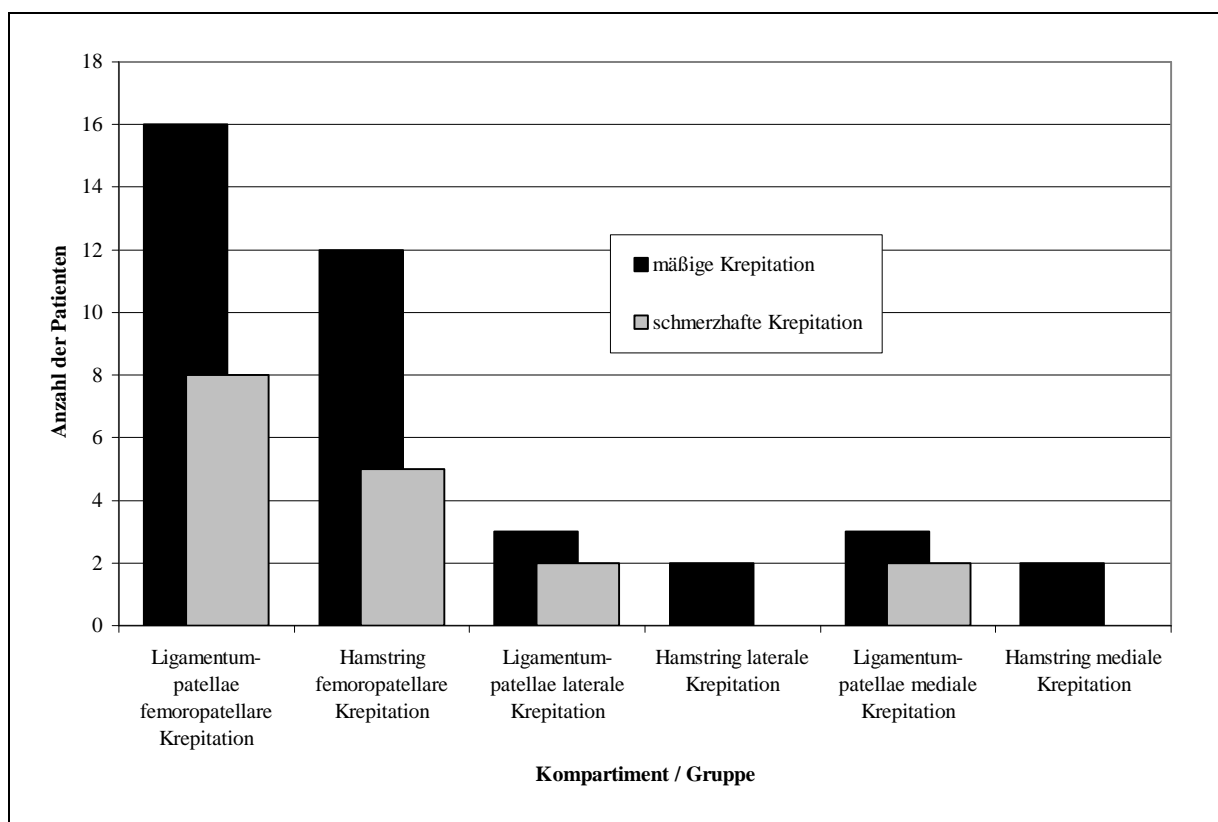


Abbildung 23: Verteilung der Krepitation auf die Kompartimente in beiden Gruppen (n = 94)

4.2.6 Postoperative Stabilitätsparameter

4.2.6.1 Lachmann-Test, vordere Schublade und Pivot-Shift

Die Stabilitätstests ergaben in beiden Gruppen mehrheitlich stabile Verhältnisse der vorderen Kreuzbandplastik, wie die Tabelle 10 und die Abbildungen 24 bis 26 zeigen. Die statistische Auswertung erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen hinsichtlich der Stabilität.

	Ligamentum-patellae-Gruppe	Hamstring-Gruppe
Lachmann-Test		
negativ	36	34
+	11	12
++	0	1
+++	0	0
vordere Schublade		
negativ	35	32
+	12	14
++	0	1
+++	0	0
Pivot-Shift		
negativ	42	40
angedeutet positiv	5	7
positiv	0	0

Tabelle 10: Stabilitätsbewertung (Lachmann-Test, vordere Schublade, Pivot-Shift)

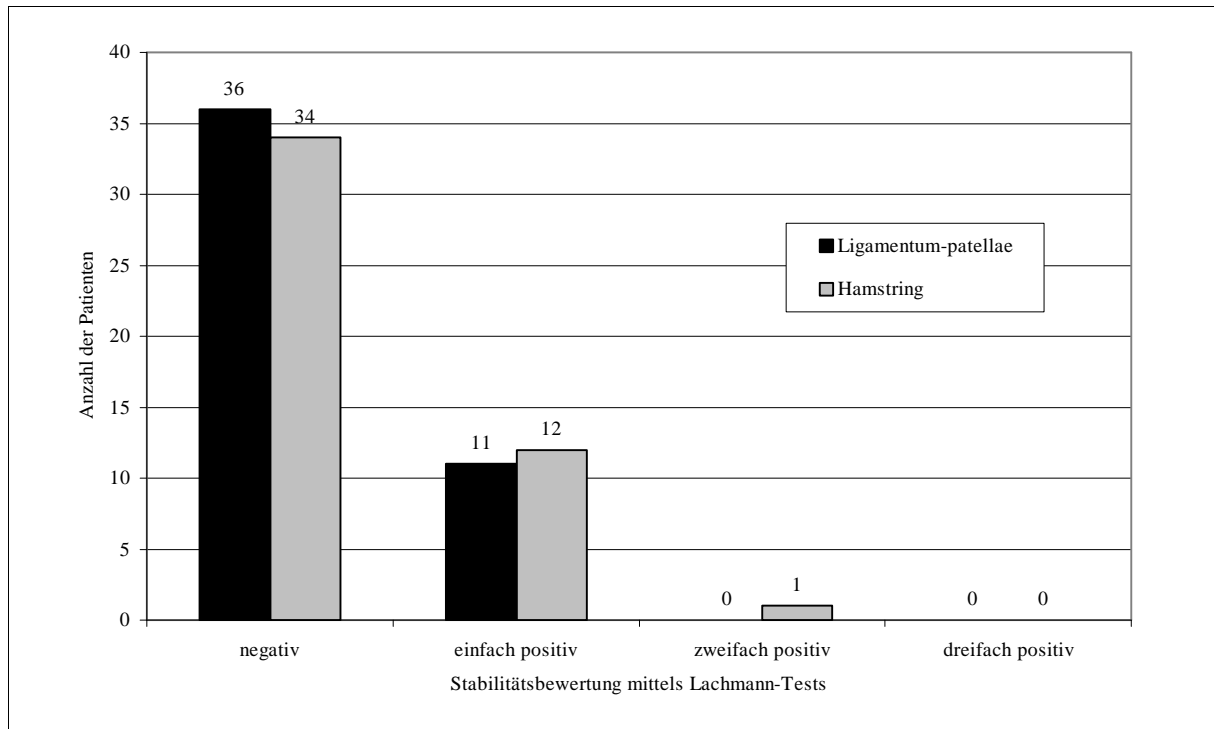


Abbildung 24: Vergleich des Lachmann-Tests

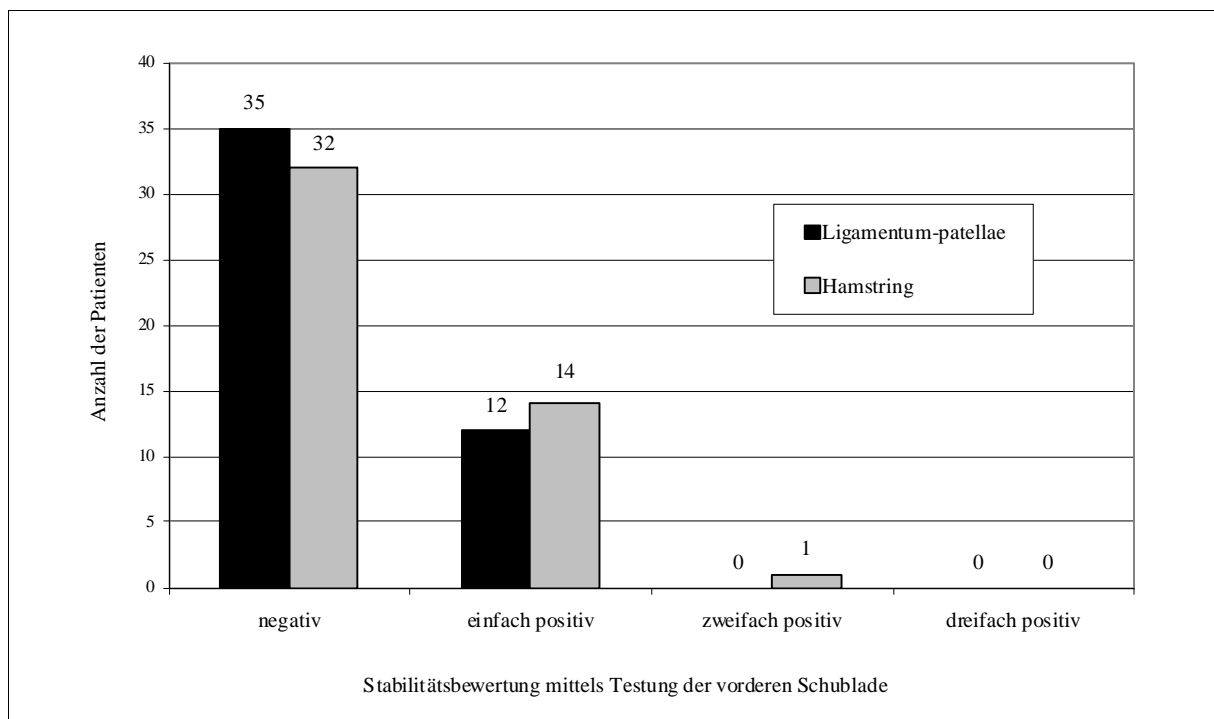


Abbildung 25: Vergleich des vorderen Schubladen-Tests

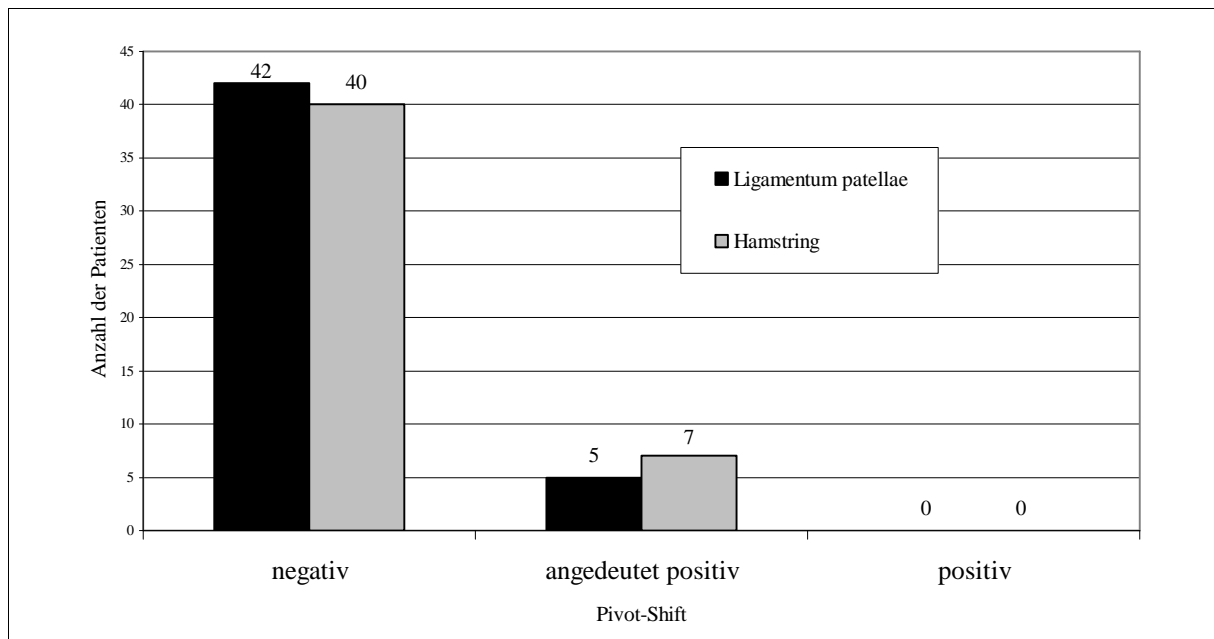


Abbildung 26: Vergleich des Pivot-Shift-Tests

4.2.6.2 KT-1000-Arthrometer-Messung

Mit dem KT-1000-Arthrometer wurde die instrumentelle Stabilitätsprüfung durchgeführt. Hier zeigte sich, dass je ein Drittel beider Gruppen mit 0 bis 3 mm eine sehr stabile vordere Kreuzbandplastik aufwies. Bei keinem Patienten wurde ein Wert über 5 mm gemessen, was als instabile Transplantatsituation gewertet worden wäre. Für die KT-1000-Arthrometer-Messung fanden sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,9$)

Messwert	KT-1000-Arthrometer		
	0 – 3 mm	3 – 5 mm	> 5 mm
Ligamentum-patellae	34	13	0
Hamstring	32	15	0

Tabelle 11: Stabilitätsbewertung mittels apparativer Testung (KT-1000)

4.2.6.3 Ergebnis One-leg-hop-Test

Die Einbein-Sprung-Weite (one-leg-hop-test) wurde in beiden Gruppen für jedes Bein dreimal gemessen und dann gemittelt. Dabei konnte in verschiedenen Studien, unter anderem von Sekiya eine positive Korrelation zwischen wiedererlangter Muskelstärke und Sprungweite nachgewiesen werden [SEKIYA 1998]. Zur Messung stehen die Patienten auf dem

verletzten Bein und werden angewiesen, soweit wie möglich zu springen und wieder auf demselben Bein zu landen. 3 Versuche werden dabei durchgeführt und anschließend gemittelt. Als Index wird der Vergleich in Prozent zum gesunden Bein angegeben. In der Ligamentum-patellae-Gruppe wurde eine durchschnittliche Sprungweite von 95 % im Vergleich zur nicht operierten Gegenseite gemessen. In der Hamstring-Gruppe konnte eine mittlere Weite von 98 % in Relation zur Gegenseite gemessen werden. Für den Einbein-Sprung-Test fanden sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,6$).

Vor allem sportliche Patienten mit Verletzung des vor der Verletzung deutlich stärkeren Sprungbeines konnten das Defizit bis zum Nachuntersuchungszeitpunkt ausreichend gut kompensieren. Diese Aussage traf für beide Gruppen gleichermaßen zu.

Einbein-Sprung-Test	In Relation zur nicht operierten Gegenseite [%]	
	Ligamentum-patellae-Gruppe	Hamstring-Gruppe
Minimum	62 %	71 %
Maximum	116 %	123 %
Durchschnitt	95 %	98 %

Tabelle 12: Einbein-Sprung-Test

4.3 Scores

4.3.1 Lysholm-Score

In beiden Gruppen wurden über 80 % gute und sehr gute Ergebnisse im Lysholm-Score ermittelt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 und in der Abbildung 27 zusammengefasst. Signifikante Unterschiede ergaben sich bei der statistischen Auswertung nicht ($p = 0,9$).

Lysholm-Score	Ligamentum-patellae-Gruppe absolut / relativ		Hamstring-Gruppe absolut / relativ	
	sehr gut	27	57 %	29
gut	12	26 %	13	28 %
mäßig	6	13 %	4	9 %
schlecht	2	4 %	1	2 %

Tabelle 13: Ergebnisse des Lysholm-Scores

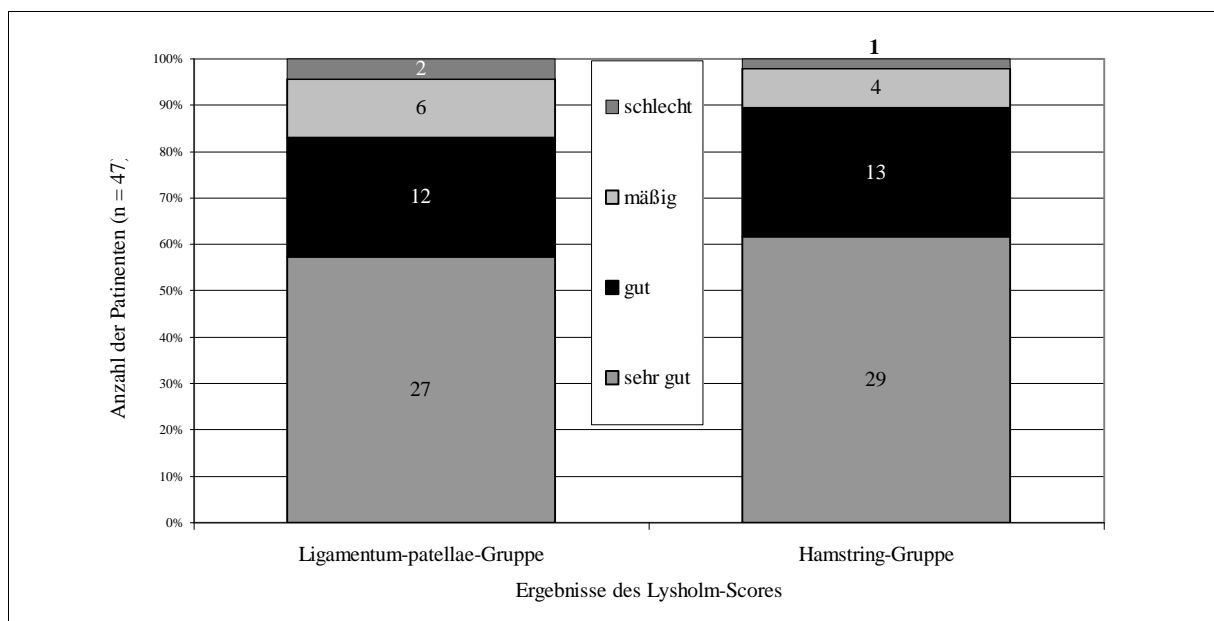


Abbildung 27: Ergebnisse des Lysholm-Scores

4.3.2 IKDC-Score

Die Funktion des operierten Kniegelenkes wurde mit Hilfe des IKDC-Scores für beide Gruppen zu über 80 % als normal oder fast normal eingestuft. Signifikante Unterschiede wurden für die Ergebnisse des IKDC-Scores nicht ermittelt ($p = 0,7$).

IKDC-Score	Ligamentum-patellae-Gruppe absolut / relativ		Hamstring-Gruppe absolut / relativ	
	absolut	relativ	absolut	relativ
normal	12	26 %	10	21 %
fast normal	30	64 %	29	62 %
abnormal	5	11 %	8	17 %
stark abnormal	0	0 %	0	0 %

Tabelle 14: Ergebnisse des IKDC-Scores

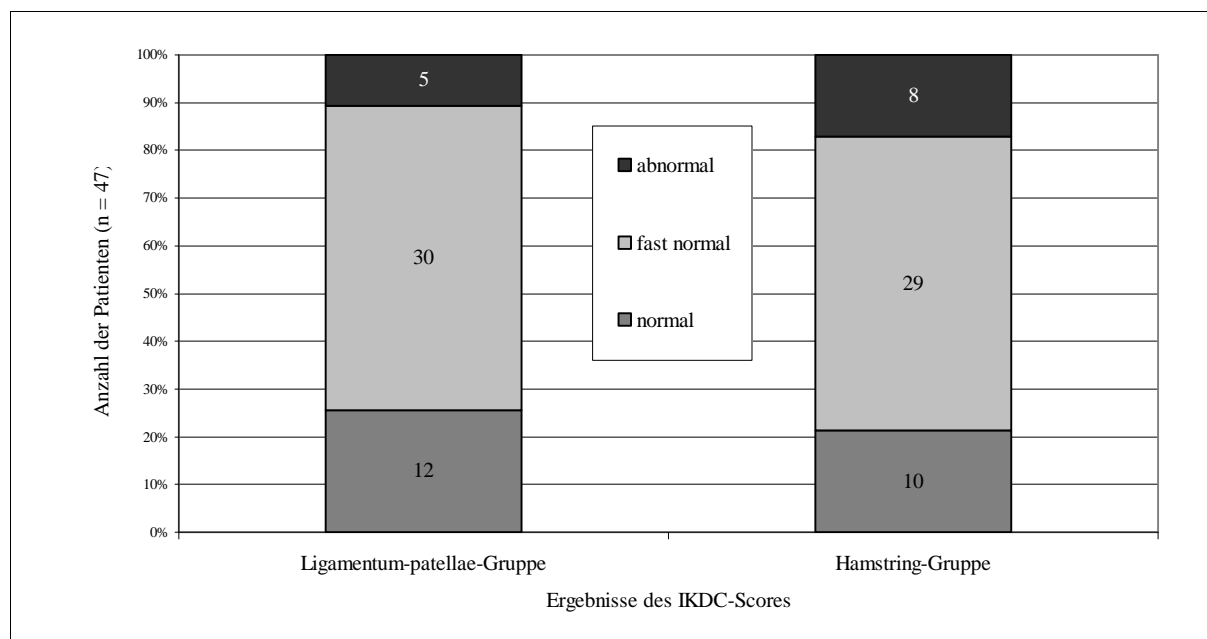


Abbildung 28: Ergebnisse des IKDC-Scores

4.3.3 Tegner-Aktivitäts-Score

Mit dem Tegner-Aktivitäts-Score wurden präoperatives und postoperatives Aktivitätsniveau der Patienten erfasst. Somit konnte das präoperative mit dem postoperativen Aktivitätsausmaß verglichen werden.

86 Patienten wiesen präoperativ ein gehobenes bis hohes Aktivitätsniveau, was Level 5 bis 10 des Scores entspricht.

Postoperativ wurde in beiden Gruppen ein durchschnittlich geringeres Aktivitätsniveau ermittelt. Besonders die Patienten der Hamstring-Gruppe schienen davon betroffen zu sein.

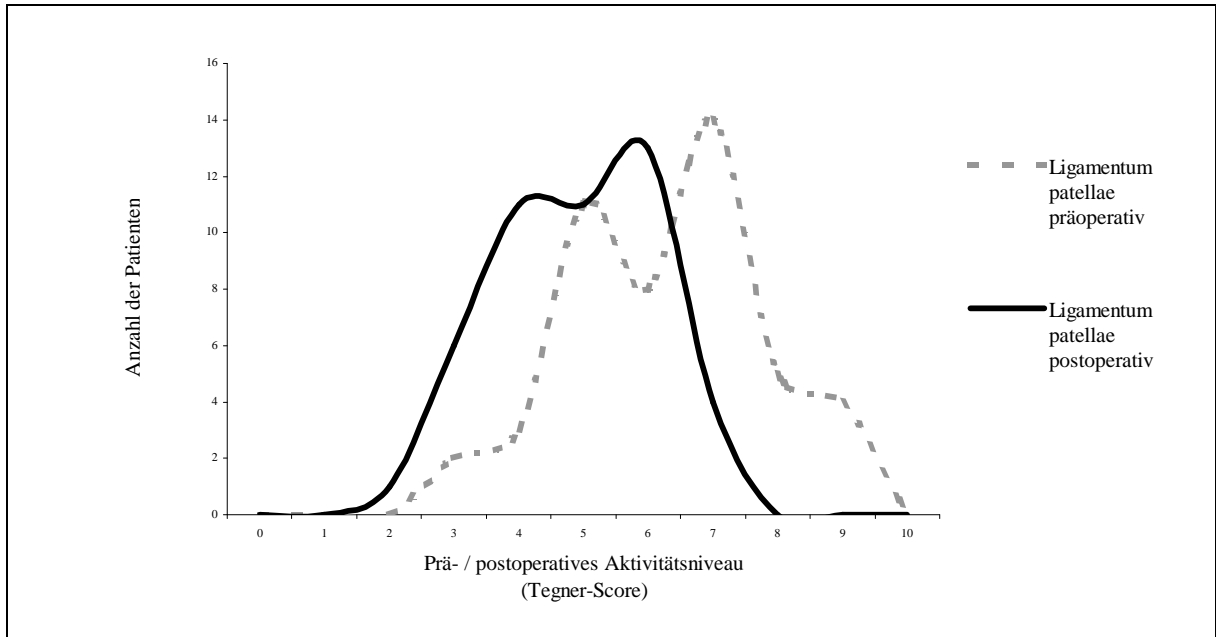


Abbildung 29: Verteilung des Tegner-Aktivitätsscores prä- und postoperativ in der Ligamentum-patellae-Gruppe

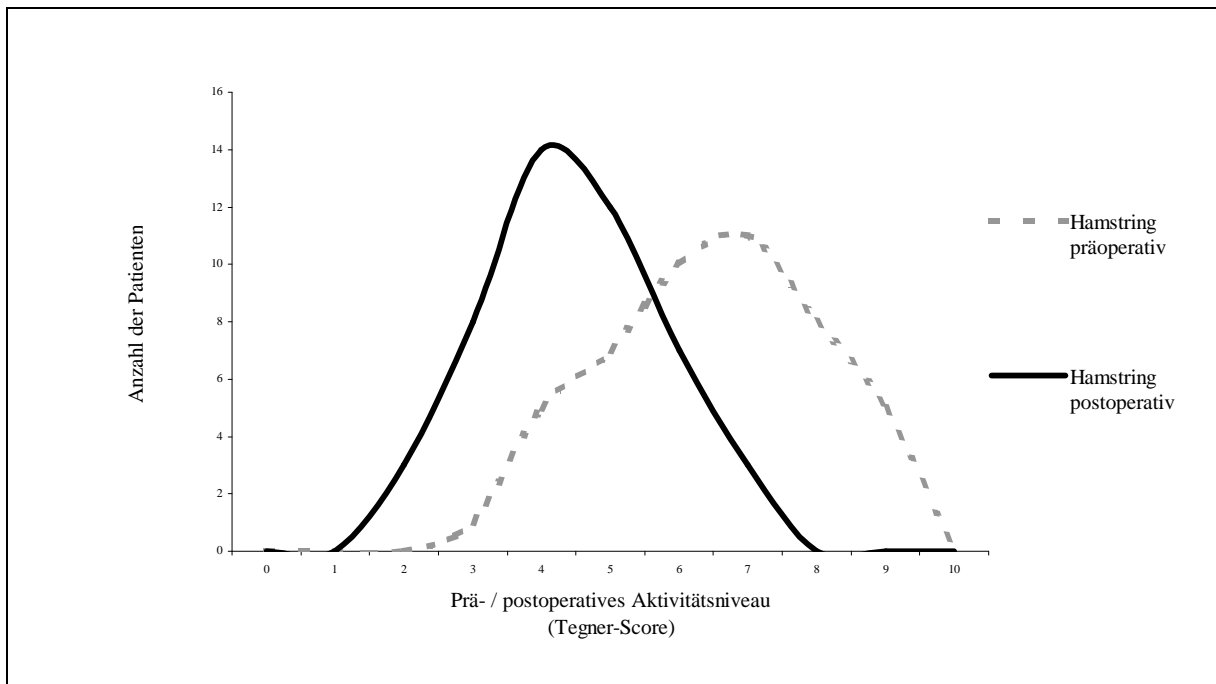


Abbildung 30: Verteilung des Tegner-Aktivitätsscores prä- und postoperativ in der Hamstring-Gruppe

	Ligamentum-patellae-Gruppe		Hamstring-Gruppe	
	Mittelwert	Median	Mittelwert	Median
präoperativ	6,28	6	6,47	7
postoperativ	4,89	5	4,45	4
Differenz	1,39	1	2,02	3

Tabelle 15: Postoperativer Abfall des Tegner-Aktivitätsscore

Der Median des Aktivitätsniveaus in der Ligamentum-patellae-Gruppe verringerte sich von 6 auf 5, in der Hamstring-Gruppe von 7 auf 4. Dieser Unterschied im postoperativen Abfallen des Aktivitätsniveaus ist signifikant ($p < 0,05$). Siehe Abbildungen 29 und 30 sowie Tabelle 15.

4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die unterschiedlichen Transplantate die im Rahmen der vorliegenden Arbeit für die Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes verwendet wurden, sollten nach folgenden Kriterien vergleichend beurteilt werden:

1. Stabilität
2. Funktion des Kniegelenkes
3. Zufriedenheit des Patienten
4. Morbidität der Transplantatentnahmestelle
5. Aktivitätsniveau

zu 1.:

Die Auswertung aller Stabilitätsparameter (Lachmann, Schublade, KT-1000) ergab keinen Unterschied zwischen Ligamentum-patellae-Transplantat und Semitendinosus-Grazilissehne.

zu 2.:

Die Funktion des Kniegelenkes zeigte hinsichtlich subjektiver Funktionsfähigkeit, Bewegungsausmaß und one-leg-hop-test keinen Unterschied.

Zu 3.:

Das Ergebnis im IKDC zur Zufriedenheit der Patienten zeigte keinen signifikanten Unterschied.

Zu 4.:

Bezüglich der Morbidität der Transplantatentnahmestelle ergab sich ein tendenzieller Unterschied zugunsten des Semitendinosus-Grazilis-Sehnen-Transplantates.

zu 5.:

Der einzige signifikante Unterschied in dieser Untersuchung wurde beim Vergleich der prä- und postoperativen Aktivitätsniveaus zugunsten des Ligamentum-patellae-Transplantates mit Hilfe des Tegner-Aktivitätsscores festgestellt.

5. Diskussion

5.1 Einordnung der eigenen Ergebnisse in vergleichbare Studien

In der vorliegenden Studienkonzeption wurden zwei verschiedene operative Therapiemethoden bei vorderer Kreuzbandruptur gegenübergestellt. Die Ergebnisse wurden miteinander verglichen und werden im Folgenden mit bisher publizierten Daten verglichen. Die Vergleichsmöglichkeiten sind aufgrund verschiedener Studiendesigns und methodischer Ansätze eingeschränkt.

Die operative Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur hat sich für beide betrachteten Verfahren im Klinikalltag etabliert. Die Mehrzahl der Operationen wird in arthroskopisch-assistierter Technik durchgeführt. In Abhängigkeit von mehreren Faktoren gilt die Frage, ob ein Patient bei einer vorderen Instabilität eine Kreuzbandplastik erhalten sollte, als geklärt. Nach Klärung individueller Patienteneigenschaften wie sportliche Aktivität, allgemeines Aktivitätsniveau, Alter, Kontraindikationen und Verletzungsgrad, soll die Entscheidung über eine konservative oder operative Behandlung zusammen mit dem Patienten erfolgen. Bei Vorliegen genannter Möglichkeiten stellt die konservative Therapie bei entsprechender Nachbehandlung eine nicht zu vernachlässigende Alternative dar [FINK et al. 1996]. Der Wiedergewinn der vor der Läsion bestehenden Funktion ist Ziel jeder konservativen und operativen Behandlung bzw. Rehabilitation [TEGNER et al. 1985].

5.1.1 Ursache der vorderen Kreuzbandruptur, Alters- und Geschlechtsverteilung

Bei allen Patienten von Neusel et al. wurde die Verletzung durch Sport hervorgerufen [NEUSEL et al. 1993]. Häufigste Ursache war das Fußballspielen, gefolgt von Skiunfällen und anderen Ballsportarten. Fowler et al. beschreiben als häufigsten Verletzungsmechanismus das plötzliche Abbremsen und Drehen während des Sportes [FOWLER et al. 1987]. Der Sport wurde auch in der vorliegenden Studie als häufigste Ursache einer vorderen Kreuzbandruptur identifiziert.

Bei Betrachtung der Geschlechts- und Altersverteilung sowie der Seitenangaben der verletzten Extremität lässt sich die vorliegende Arbeit gut in die analysierte Literatur einordnen [CLANCY et al. 1983, MCDANIEL 1975, FINSTERBUSH et al. 1990, FOWLER et al. 1987, KANNUS et al. 1987, ZEDLER et al. 1995].

Rupturen des vorderen Kreuzbandes können sowohl isoliert und – wesentlich häufiger – in Kombination mit anderen Kniegelenksstrukturen auftreten. Das qualitative und quantitative Verletzungsmuster der vorliegenden Arbeit deckt sich zum größten Teil mit dem anderer Untersucher [DEHAVEN 1982, JACKSON et al. 1980, ZEDLER et al. 1995].

5.1.2 Komplikationen

Auch bei der Betrachtung der Komplikationen nach vorderer Kreuzbandplastik (Re-Plastik, Revisionsoperationen, nicht-traumatische Meniskuläsionen, Arthrofibrose, freie Gelenkkörper, Cyclops-Syndrom, Synovialitis) sind die eigenen Ergebnisse mit anderen Untersuchungen vergleichbar [MARTINEK und IMHOFF 2002, PÄSSLER et al. 1995, STURM et al. 1990].

In einer weiteren Nachuntersuchungsstudie konnten Rillmann et al. zeigen, dass bei einer möglichst zeitnahen Versorgung innerhalb von 4 Tagen nach Unfall eine Arthrofibroserate von 3 % und eine etwa dreifach höhere Rate von 9 % bei einer zeitversetzten Versorgung innerhalb von 4 bis 14 Tagen nach Verletzung auftraten [RILLMANN et al. 1999].

Selten beschriebene Komplikationen wie Patellafraktur und Ruptur der Patellarsehne [DELEE und CRAVIOTO 1991, JÄRVELÄ et al. 2001] traten in der vorliegenden Studie nicht auf.

5.1.3 Bewegungsausmaß

Das postoperative Bewegungsausmaß wurde in beiden Gruppen mit gut und sehr gut bewertet. Signifikante Unterschiede im Vergleich beider Verfahren ließen sich nicht finden. So fanden auch Laxdal et al. in einer prospektiven Studie keine signifikanten Unterschiede [LAXDAL et al. 2007].

In der Literatur sind Streckhemmungen vor allem bei Patellarsehnenerersatz, seltener auch bei der Semitendinosusehne bekannt [AGLIETTI et al. 1994, MARDER et al. 1991, SIEBOLD et al. 2006]. Als Ursachen hierfür werden eine Hypertrophietendenz des Transplantates, Cyclopsbildung sowie postoperative Veränderungen am Hoffakörper und Ligamentum patellae gesehen. Rauhut und Dieckstall sprechen in ihrer Nachuntersuchung bei operativ versorgter Kreuzbandruptur mit der Patellarsehne von einer signifikant schlechteren Kniegelenksbeweglichkeit, es werden Streckdefizitraten von durchschnittlich 20 % angegeben [DIECKSTALL und RAUHUT 1999]. Die mögliche Schwächung des Musculus quadriceps femoris als zentrale Stützmuskulatur der Beine, wie sie gelegentlich nach Resektion des mittleren Patellarsehnendrittels bei

Patellasehnenplastik beschrieben wird, kann relevante Auswirkungen auf das Bewegungsausmaß und Aktivitätsniveau der Patienten haben und auch mit langfristiger Reduktion der Streckerkraft einhergehen [BURGER et al. 2000, ROSENBERG et al. 1992].

5.1.4 Morbidität an der Transplantatentnahmestelle

Ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung des operativen Erfolges ist die Schmerzsituation des Patienten. Außerdem steigt die Anspruchshaltung der Patienten an die persönliche Zufriedenheit hinsichtlich Schmerz und Beweglichkeit [SÜDKAMP UND HAAS 2000].

In der Literatur leiden in kontrollierten randomisierten Studien bzw. Metaanalysen Patienten mit Patellarsehnenplastik häufiger an retropatellaren Schmerzen [ERIKSON et al. 2001, ROPKE et al. 2001, SHAIEB et al. 2002, YUNES et al. 2001]. Die Verletzung des Hoffakörpers wird als Hauptursache für Schmerzen beim knien angesehen. Es werden bis zu 60 % der Fälle in der Literatur beschrieben [LOBENHOFFER und TSCHERNE 1993, MARDER et al. 1991, ROSENBERG et al. 1992, SACHS et al. 1989, WEILER et al. 2002]. Eine Verkürzung der Patellarsehne nach Transplantatentnahme, welche zu patellofemorale Schmerzen und frühzeitiger Entwicklung einer patellofemorale Arthrose führen kann, sind in Studien beschrieben [AHMAD et al. 1998, JARVELA et al. 2001, MUELLNER et al. 1998, SHAFFER et al. 1993].

Als ein Morbiditätskriterium der entnommenen Semitendinosusehne wird die Verminderung der Kraft der ischiokruralen Muskulatur genannt [BENDETTO 1995, FU und SCHULTE 1996, RITCHIE und PARKER 1996]. Andere Autoren wie Liscomp et al. und Yasuda et al. beschrieben dies jedoch nur als initiales Problem und schilderten eine schnelle Wiederkehr der Kraft [LISCOMP et al. 1982, YASUDA et al. 1995]. Die Kraft der ischiokruralen Muskulatur ist bedeutsam, da sie als wichtiger Agonist des vorderen Kreuzbandes fungiert. Werden Semitendinosusehne und Grazilissehne kombiniert entnommen, kann möglicherweise eine Schwächung der Innenrotation entstehen [VIOLA et al. 2000, WEILER et al. 2002]. Schmerzen an der Entnahmestelle der Hamstringsehnen kämen laut einer Studie von Tomita et al. selten vor und seien von kurzer Dauer [TOMITA et al. 2001]. Trotzdem zeigte sich in einer weiteren prospektiven Studie, dass in der Hamstring-Gruppe signifikant weniger Probleme beim Knien auftraten als in der Ligamentum-patellae-Gruppe [SVENSSON et al. 2006].

In der vorliegenden Untersuchung konnte trotz der numerisch häufigeren Angabe von Schmerzen in der Ligamentum-patellae-Gruppe keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ermittelt werden.

5.1.5 Steifigkeit, Reißfestigkeit und Stabilität

Die Reißfestigkeit der *einfachen* Semitendinosussehne wird in der Literatur als geringer angesehen als die der Patellarsehne. So zeigten Noyes et al., dass das Patellarsehnentransplantat im Vergleich zur *einfachen* Semitendinosussehne reißfester ist (2900 N versus 1216 N) [NOYES et al. 1984]. Die damit verbundene Gefahr der Reruptur und Elongation wurde in der Literatur beschrieben. So begann man schlussfolgernd die Semitendinosussehne zu doppeln (2300 N), zu dreifachen und unter Hinzunahme der Gracilissehne zu vierfachen (4100 N) [HAMNER et al. 1999]. Dies erhöhte die Reißfestigkeit enorm. So konnten auch Richie und Parker bei der dreifach gelegten Semitendinosussehne das doppelte bis dreifache der Reißfestigkeit des Transplantates zeigen [RITCHIE und PARKER 1996]. Eine wesentliche Voraussetzung für diese hohen mechanischen Werte ist, dass alle Sehnenstränge gleichmäßig vorgespannt sind [HAMNER et al. 1999].

Die Prävalenz von traumatischen Rupturen bei Bone-patellar-tendon-bone Transplantaten wird in Studien mit 0 % bis 2 % angegeben [BACH et al. 1998]. In einer Arbeit von Williams RJ 3rd et al. wurde in einer klinischen Studie nach vorderer Kreuzbandplastik mit Semitendinosus-Gracilis-Sehnen in 4 Bündel-Technik bei 122 Patienten, eine Transplantatrupturrate von 7 % gefunden [WILLIAMS RJ 3RD et al. 2004].

Die Stabilität des Kniegelenkes wurde in der vorliegenden Untersuchung sowohl subjektiv als auch klinisch bewertet. In der unserer Studie wurde in beiden Gruppen keine einzige postoperative Transplantatruptur festgestellt.

Die Ergebnisse bestätigten, dass die Stabilität und Reißfestigkeit beider Verfahren, wie auch in der Literatur beschrieben, als gleichwertig zu beurteilen sind.

5.1.6 Aktivitätsniveau

Yunes et al. berechneten in einer Metaanalyse eine fast 20 % höhere Chance auf Wiederkehr in das vor dem Unfall bestehende Aktivitätslevel bei Verwendung des Patellarsehnentransplantates [YUNES et al. 2001].

Auch Laxdal et al fanden in einer nicht randomisierten prospektiven Studie heraus, dass mehr Patienten aus der Ligamentum-patellae-Gruppe einen höheren Tegner-Aktivitäts-Score erreichen als die Patienten aus der Hamstring-Gruppe [LAXDAL et al. 2007]. Dies deckt sich auch mit der vorliegenden Arbeit: In der Ligamentum-patellae-Gruppe fiel der Abfall des Aktivitätsniveaus geringer aus als in der Hamstring-Gruppe.

Es sollte aber auch gesagt werden, dass in anderen Studien nach Verwendung von Hamstringsehnen eine hohe Rückkehrate zum präoperativen Aktivitätsniveau erreicht werden konnte [BARTLETT et al. 2001, MAGEN et al. 1999, WILLIAMS RJ 3RD et al. 2004].

5.1.7 Die Gesamtauswertung des IKDC

In der Ligamentum-patellae-Gruppe erreichten 12 Patienten (25 %) das Ergebnis normal, in der Hamstring-Gruppe 10 (21 %) (Gesamtqualifikation: A). 30 (64 %) der Ligamentum-patellae-Gruppe und 29 (62 %) der Hamstring-Gruppe erreichten ein „fast normales“ Resultat (Gesamtqualifikation: B). Weitere 5 (11 %) der Ligamentum-patellae-Gruppe und 8 (17 %) der Hamstring-Gruppe hatten ein „abnormales“ Ergebnis (Gesamtqualifikation: C). Ein stark „abnormales“ Ergebnis wurde in beiden Gruppen nicht ermittelt. Wie auch in der Abbildung 27 zu ersehen war, sind die Ergebnisse sowohl für die Ligamentum-patellae-Gruppe als auch für die Hamstring-Gruppe gleich gut. Der relativ hohe Anteil an Patienten, die nur ein abnormales Gesamtergebnis erreichen konnten, resultiert maßgeblich aus den Angaben der Problembereiche 2 (Symptome) und 5 (kompartimentale Befunde). So konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen dargestellt werden. In einer fünfjahres Verlaufsstudie mit 288 Patienten von Lautamies et al. sowie Siebold et al. konnten ebenfalls kein statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden [LAUTAMIES et al. 2008, SIEBOLD et al. 2006].

5.1.8 Arthrosegefährdung nach vorderer Kreuzbandplastik

Es gilt als gesichert, dass ein Kniegelenk nach vorderer Kreuzbandruptur mit zusätzlicher Meniskusverletzung im Vergleich zur Normalbevölkerung vermehrt arthrosegefährdet ist [SUN et al. 1997]. Im Gegensatz dazu wird die Arthrosegefahr nach vorderer Kreuzbandplastik sehr kontrovers diskutiert. Daniel et al. hat eine frühzeitige Arthroseentwicklung nach Kreuzbandersatz beschrieben [DANIEL et al. 1994]. Die Mehrzahl der Autoren beschreibt jedoch eine Minderung der Arthroseentstehung [KÜLLMER et al. 1994, SEITZ et al. 1994]. In einer 10-Jahres-Nachuntersuchung von Jäger zeigten sich bei 51 % der Patienten im Röntgenbild deutlich degenerative Veränderungen [JÄGER 2003].

Des Weiteren besteht eine positive Korrelation zwischen der Zeitdauer zwischen Unfall und Versorgung und dem Arthrosegrad. Das Ausmaß der Arthrose korrelierte zusätzlich hochsignifikant mit einer Meniskusverletzung. Andererseits werden nach erfolgreicher

Bandplastik auch wieder Risikosportarten ausgeübt, was ebenfalls das Arthroserisiko erhöhen kann [JÄGER 2003].

5.1.9 Fixationstechniken und deren Probleme

Verschiedene Autoren sehen die Gefahr, dass bei der gelenkfernen Fixation, die auch in der vorliegenden Untersuchung zur Verwendung kam, eine mögliche Transplantatlockerung durch Tunnelerweiterung schließlich zu einer Laxizität der Plastik führen kann [HÖHER et al. 1999, WEILER et al. 2002]. Werden jedoch diese Transplantattunnelbewegungen neutralisiert, z. B. durch Interferenzschrauben, dann könne das Transplantat auf Gelenkniveau einheilen und die Gefahr der Lockerung wäre reduziert [WEILER et al. 2002].

Nachteile von Interferenzschrauben sind jedoch die durch die Schraube reduzierte Einheilungszone (Kontaktfläche Bohrkanaal / Sehne) und die erhebliche Quetschung des Transplantates.

Gelenknahe Fixationstechniken ohne Verdrängung des Transplantates mit Minimierung der Mikrobewegungen der Transplantate sind daher die konsequente Weiterentwicklung. Wie in den genannten Studien ersichtlich, scheint dass Patellarsehnentransplantat verglichen mit der Semitendinosussehne ein primär steiferes Transplantat zu sein. Dies lässt sich durch die unterschiedlichen histologisch-strukturellen und damit mechanischen Eigenschaften erklären. Die Einheilung der knöchernen Enden der Patellarsehne im ebenfalls knöchernen Bohrkanaal und eine Revaskularisierung nach bereits 6 Wochen stellen weitere biologische Vorteile dar.

Linsalata et al. und Clatworthy et al. zeigten eine signifikant geringere tibiale Bohrkanaalerweiterung bei Verwendung der Patellarsehne im Vergleich zu den Hamstringsehnen [CLATWORTHY et al. 1999 und LINSALATA et al. 1997]. Nebelung et al. konnten daraufhin belegen, dass die *gelenknahe* Fixation des Hamstringsehnentransplantates mit hoher Rigidität und Ermüdungsfestigkeit zu signifikant geringeren Bohrkanaalerweiterungen und besseren klinischen Ergebnissen hinsichtlich der Stabilität führt [NEBELUNG et al. 2001].

Es sollte jedoch erwähnt werden, dass obwohl Patienten mit Tunnelaufweitungen häufig einen verlängerten Lachmann-Test oder positiven Pivot-shift-Test zeigen, viele klinische Arbeiten keinen Einfluss der Tunnelaufweitung auf die klinische Stabilität nachweisen [HOHER et al. 1998, STANGE et al. 2001].

Zusammenfassend kann man aber sagen, dass viele klinische Studien keine signifikanten Unterschiede im klinischen Ergebnis zwischen den Transplantatalternativen „Patellarsehne“ und „Hamstringsehne“ zeigen, unabhängig von den verschiedenen

Verankerungsmöglichkeiten, die für das jeweilige Transplantat existieren [AGLIETTI et al. 1994, CORRY et al. 1999, MARDER et al. 1991, O'NEILL 1996, O'NEILL 2001, YUNES et al. 2001].

Diese Untersuchungsergebnisse konnten in der vorliegenden klinischen Studie bei beiden untersuchten Verfahren der vorderen Kreuzbandplastik durch gute und sehr gute Ergebnisse bestätigt werden.

5.2 Kritische Betrachtungen der Ergebnisse

Retrospektive Studien haben das bekannte Problem, dass anamnestische Daten zum Teil mehr als 5 Jahre zurückliegen. Durch Einhaltung bestimmter Vorgaben bei der Nachuntersuchung sollten die daraus resultierenden Ungenauigkeiten so gering wie möglich gehalten werden. So wurden alle Patienten durch den gleichen Untersucher, der nicht der Operateur war, befragt und klinisch nachuntersucht.

Auch die Anzahl der Patienten ist ein kritisch zu betrachtender Aspekt. Ein zu kleiner Anteil an nachuntersuchten Patienten kann zu Fehlinterpretationen bezüglich des Operationsergebnisses führen [HÖHER et al. 1994].

6. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden 5-Jahres-Nachuntersuchungsergebnisse von insgesamt 94 Patienten nach vorderer Kreuzbandplastik dargestellt. Davon hatten sich je 47 Patienten einer vorderen Kreuzbandplastik mittels autologer mittlerer Patellarsehne respektive autologer gevierfacher Hamstringssehne unterzogen. Die Patienten wurden im Mittel 63 Monate nach arthroskopisch assistierter vorderer Kreuzbandplastik klinisch nachuntersucht. Das Durchschnittsalter betrug 28 Jahre. Sport war in 95 % der Fälle Ursache der vorderen Kreuzbandruptur. Die klinische Evaluation erfolgte zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mittels IKDC, Tegner-Aktivitätsscore und Lysholm-Score. Zur Bestimmung der anterior-posterioren Translation im Seitenvergleich dienten das KT-1000-Arthrometer, vordere Schublade und Lachmann-Test. Die subjektive Beurteilung erfolgte mittels Fragebogens (siehe Anhang). Im IKDC-Score zur Beurteilung der Funktionalität erreichten in der Ligamentum-patellae-Gruppe 89 % und in der Hamstring-Gruppe 83 % gute und sehr gute Ergebnisse. Die Bewertung der Transplantat-Bandstabilität fiel für beide Verfahren ähnlich günstig aus. Die Transplantatentnahmemorbidität zeigte einen tendenziellen Unterschied zugunsten der Hamstring-Gruppe mit 96 % ohne oder mit nur geringer Symptomatik versus 89 % in der Ligamentum-patellae-Gruppe. Eine ähnliche Tendenz zeigte sich auch in der Beurteilung der kompartmentalen Befunde. Den einzigen signifikanten Unterschied erbrachte die Untersuchung des postoperativen Aktivitätsniveaus (Tegner-Aktivitätsscore) zugunsten der Ligamentum-patellae-Gruppe.

Somit lässt sich anhand der vorliegenden Arbeit schlussfolgern, dass bei insgesamt guten subjektiven und klinischen Untersuchungsergebnissen demzufolge beide Verfahren als gleichwertig anzusehen sind. Das gevierfachte Hamstringsehnentransplantat hat in seiner Stabilität zum Patellarsehnentransplantat aufgeholt. So konnten signifikante Unterschiede bezüglich der Stabilitätsdefizite wie sie in der Literatur für gedoppelte bzw. dreifache Semitendinosustransplantate beschrieben wurden, nicht gezeigt werden.

Die tendenziell schlechteren Ergebnisse für die Hamstring-Gruppe dieser Studie sind am ehesten auf eine Bohrkanalerweiterung bei gelenkferner femoraler Fixierung mittels Transfix-Stiftes zurückzuführen. Weiterhin zeigte sich in der vorliegenden Studie für beide Gruppen, dass der muskulär gut kompensierte Patient und der Patient, der sowohl beruflich als auch in Bezug auf körperliche Aktivitäten geringere Ansprüche an sein Kniegelenk stellt, ein normales oder fast normales Ergebnis erreichen kann.

Ein wichtiges Kriterium der Transplantatauswahl wird die Entnahmemorbidity bleiben. So werden für Patienten mit vorrangig kniender beruflicher Belastung die Hamstringsehnen das Transplantat der Wahl sein. In Hinblick auf die Versorgung von Hochleistungs- bzw. Kontaktsportlern scheint die Patellarsehne den Hamstringsehnen im Bezug auf die Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau überlegen zu sein, wobei man jedoch stets die in den jeweiligen Studien unterschiedlichen Konzepte der Transplantatverankerung, Nachbehandlung etc. beachtet werden sollten.

7. Literaturverzeichnis

1. AGLIETTI P, BUZZI R, ZACCHEROTTI G, DE BIASE P (1994): **Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction.** *Am J Sports Med* 22: 211-218.
2. AGLIETTI P, BUZZI R, GIRON F, SIMEONE AJ, ZACCHEROTTI G (1997): **Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8 year follow up.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5: 138-144.
3. AHMAD CS, KWAK SD, ATESHIAN GA, WARDEN WH, STEADMAN JR, MOW VC (1998): **Effects of patellar tendon adhesion to the anterior tibia on knee mechanics.** *Am J Sports Med* 26: 715-724.
4. ALLUM RL, JONES JR (1987): **Acute traumatic haemarthrosis of the knee.** *J Bone Joint Surg [Br]* 69: 160.
5. ALM A (1973): **Survival of part of patellar tendon transposed for reconstruction of anterior cruciate ligament.** *Acta Chir Scand* 139: 443.
6. ARNOLD JA, COCKER TP, HEATON LM, PARK JP, HARRIS WD (1997): **Natural history of anterior cruciate tears.** *Am J Sports Med* 6: 305-313.
7. BACH BR JR, LEVY ME, BOJCHUK J, TRADONSKY S, BUSH-JOSEPH CA, KHAN NH (1998): **Single-incision endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Minimum two-year follow-up evaluation.** *Am J Sports Med* 26: 30-40.
8. BACH BR JR, TRADONSKY S, BOJCHUK J, LEVY ME, BUSH-JOSEPH CA, KHAN NH (1998): **Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft. Five- to nine-year follow-up.** *Am J Sports Med* 26: 20-29.
9. BARBER FA (1992): **What is the terrible triad?** *Arthroscopy* 8: 19-22.
10. BARRY KP, MESGARZADEH M, TRIOLO J, MOYER R (1996): **Accuracy of MRI patterns in evaluating anterior cruciate ligament tears.** *Skeletal Radiol* 25: 365-370.
11. BARTLETT RJ, CLATWORTHY MG, NGUYEN TN (2001): **Graft selection in reconstruction of the anterior cruciate ligament.** *J Bone Joint Surg Br* 83: 625-634.
12. BENEDETTO KP (1995): **Der "Gold-Standard" beim Kreuzbandersatz.** *Chirurg* 66: 1061-1070.

13. BOYER P, DJIAN P, CHRISTEL P, PAOLETTI X, DEGEORGES R (2004): **Reliability of the KT-1000 arthrometer (Medmetric) for measuring anterior knee laxity: comparison with Telos in 147 knees.** *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 90: 757-64.
14. BRAHMABHATT V, SMOLINSKI R, MCGLOWAN J, DMOCHOWSKI J, ZIV I (1999): **Double-stranded hamstring tendons for anterior cruciate reconstruction.** *Am J Knee Surg* 12: 141-145.
15. BRANDSER EA, RILEY MA, BERBAUM KS, EL KHOURY GY, BENNETT DL (1996): **MR imaging of anterior cruciate ligament injury: independent value of primary and secondary signs.** *Am J Roentgenol* 167: 121-126.
16. BREITFUß H, FRÖHLICH R, POVACZ P, RESCH H, WICKER A (1996): **The tendon defect anterior cruciate ligament reconstruction using the midthird patellar tendon a problem for the patellofemoral joint?** *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy* 3: 194-198.
17. BURGER C, PROKOP A, ANDERMAHR J, JUBEL A, REHM KE (2000): **100 Jahre Kreuzbandchirurgie: Die Beantwortung der wichtigsten Fragen in der Literatur der 90er Jahre.** *Akt Traumatol* 30: 73-87.
18. BURMESTER L (1888): **Lehrbuch der Kinematik.** A. Felix Verlag Leipzig
19. BUSS DD, WARREN RF, WICKIEWICZ TL (1993): **Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament with the use of autogenous patellar-ligament grafts. Results after twenty-four to forty-two month.** *J Bone Joint Surg Am* 75: 1346–1355.
20. CAMERON SE, WILSON W, ST PIERRE P (1995): **A prospective, randomized comparison of open vs arthroscopically assisted ACL reconstruction.** *Orthopedics* 18: 249–252.
21. CAMPBALL J (1998): **The evaluation and current treatment trends with anterior cruciate, posterior cruciate and medial collateral ligament injuries.** *J Knee Surg* 11: 128-135.
22. CLANCY WG, NARECHANIA RG, ROSENBERG RD, GMEINER JG (1981): **Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys.** *J Bone Joint Surg Am* 63: 1270.
23. CLANCY WG, RAY JM, ZOLTAN DJ (1983): **Acute third degree anterior cruciate ligament injury: A prospective study of conservative nonoperative treatment and operative treatment with repair and patellar tendon augmentation.** *Am J Sports Med Proceedings* 13: 435-436.
24. CLANCY WG, RAY JM, ZOLTAN DJ (1988): **Acute tears of the anterior cruciate ligament: surgical versus conservative treatment.** *JBJS* 70-A: 1483-1488.

25. CLAWORTHY MG, ANNEAR P, BULOW JU (1999): **Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction.** *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 7: 138-145.
26. COLLINS HR, HUGHSTON JC, DeHAVEN KE, BERGFELD JA, EVANS CM (1974): **The meniscus as a cruciate ligament substitute.** *Am J Sports Med* 2: 11.
27. CORRY IS, WEBB JM, CLINGELEFFER AJ, PINCZEWSKI LA (1999): **Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and fourstrand hamstring tendon autograft.** *Am J Sports Med* 27: 444-54.
28. DANIEL DM, STONE ML, DOBSON BE, FITHIAN DC, ROSSMAN DJ, KAUFMAN KR (1994): **Fate of the ACL-injured patient - a prospective outcome study.** *American Journal Sports Medicine* 22(5): 632-644.
29. DEHAVEN KE (1982): **Diagnosis of acute knee injuries with hemarthrosis.** *Am J Sports Med* 8: 9-14.
30. DeLEE J, CRAVIOTTO DF (1991): **Rupture of quadriceps tendon after a central third patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction.** *Am J Sports Med* 19: 415-416.
31. DEMIRDJIAN AM, PETRIE SG, GUANCHE CA, THOMAS KA (1998): **The outcomes of two knee scoring questionnaires in a normal population.** *American Journal Sports Medicine*, 26(1): 46-51.
32. DIEKSTALL P, RAUHUT F (1999): **Überlegungen zur Differentialindikation der vorderen Kreuzbandplastik.** *Unfallchirurg* 102: 173-181.
33. ERIKSSON K, KINDBLOM LG, HAMBERG P (2001): **The semitendinosus tendon regenerates after resection: a morphologic and MRI analysis in 6 patients after resection for anterior cruciate ligament reconstruction.** *Acta Orthop Scand* 72: 379-384.
34. FINK C, HOSER C, BENEDETTO KP, HACKL W, GABL M (1996): **Langzeitergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur.** *Unfallchirurg* 99: 964-969.
35. FINSTERBUSH A, FRANKL U, MATAM Y, MANN G (1990): **Secondary damage to the knee after isolated injury of the anterior cruciate ligament.** *Am J Sports Med* 18: 475-479.
36. FOWLER PJ, REGAN WD (1987): **The patient with symptomatic chronic anterior cruciate ligament insufficiency. Results of minimal arthroscopy surgery and rehabilitation.** *Am J Sports Med* 15: 321-325.
37. FREMEREY R, LOBENHOFFER P, SKUTEK M et al. (2000): **Propriozeption nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands. Endoskopische vs. Zweikanaltechnik.** *Unfallchirurg* 103: 864-870.

38. FRIEDMAN MJ (1997): **Patellar tendon versus hamstring ACL reconstruction.** Presented at the Annual Meeting of the AAOS, San Francisco/CA, 16.02.1997
39. FRIEDRICH NF; O'BRIEN D (1989): **Anterior cruciate ligament fiber tension patterns during knee motion.** Proceedings of the 6th ISK Congress. *Am J Sports Med* 17: 699.
40. FU FH, SCHULTE KR (1996): **Anterior cruciate ligament surgery 1996. State of the art?** *Clin Orthop* 325: 19-24.
41. GRANA WA, HINES R (1992): **Arthroscopic assisted semitendinosus reconstruction of the anterior cruciate ligament.** *Am J Knee Surg* 5: 16-22.
42. GRAY H (2004): **Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Medicine and Surgery.** 39th edition, 1600 pages, Churchill-Livingstone
43. HAMNER DL, BROWN CH JR, STEINER ME, HECKER AT, HAYES WC (1999): **Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques.** *J Bone Joint Surg Am* 81: 549-57.
44. HARNER CD, PAULOS LE, GREENWALD et al. (1994): **Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament.** *American Journal Sports Med* 22(1): 37-43.
45. HARNER CD, MARKS PH, FU FH (1994): **Anterior cruciate ligament reconstruction: Endoscopic versus two-incision techniques.** *Arthroscopy* 10: 502-512.
46. HEFTI F, MÜLLER W (1993): **Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form.** *Der Orthopäde* 22(6): 351-362.
47. HEY-GROVES EW (1917): **Operation for repair of the crucial ligaments.** *Lancet* 2: 674.
48. HÖHER J, BACH T, KLEIN J, NEUGEBAUER E, TILING T (1994): **Wissenschaftliche Kriterien zur Beurteilung von Nachuntersuchungen nach vorderer Kreuzbandoperation.** *Arthroscopie* 7: 208-214.
49. HÖHER J, MOLLER HD, FU FH (1998): **Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction: fact or fiction?** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 231-40.
50. HÖHER J, LIVESAY G, MA C, WITHROW J, FU FH, WOO S (1999): **Hamstring graft motion in the femoral tunnel when using titanium button/polyester tape fixation.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 215-219.
51. HÖHER J, TILING T (2000): **Differenzierte Transplantatauswahl in der Kreuzbandchirurgie.** *Der Chirurg, Springer Berlin /Heidelberg*: 1045-1054.

52. HUGHSTON JC (1985): **Complications of anterior cruciate ligament surgery.** *Orthopedic Clinics of North America* 16: 237-240.
53. IRRGANG JJ, HO H, HARNER CD, FU FH (1998): **Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction.** *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 6(2): 107-114.
54. JACKSON RW, PETERS RI, MARCZYK RL (1980): **Late results of untreated anterior cruciate ligament rupture.** *J Bone Joint Surg; Proceedings* 62-B: 127.
55. JÄGER A, WELSCH F, BRAUNE C, EBERHARDT C, KAPPLER C (2003): **10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandrekonstruktion mit dem Patellarsehnentransplantat.** *Zentralblatt Orthopädie und ihre Grenzgebiete* 141: 42-47.
56. JÄRVELÄ K, PAAKKALA T, KANNUS P, JÄRVINEN M (2001): **The incidence of patellofemoral osteoarthritis and associated findings 7 years after anterior cruciate ligament reconstruction with a bone-patellar tendon-bone autograft.** *Am J Sports Med* 29: 18-24.
57. JARDIN C, CHANTELOT C, MIGAUD H, GOUGEON F, DEBROUCKER MJ, DUQENNOY A (1999): **Reliability of the KT-1000 arthrometer in measuring anterior laxity of the knee: comparative analysis with Telos of 48 reconstructions of the anterior cruciate ligament and intra- and interobserver reproducibility.** *Rev Chir Orthop Reparatrice Appar Mot* 85: 698-707
58. JOHNSON RJ, BEYNNON BD, NICHOLS CE, RENSTROM PA (1991): **The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament.** *J Bone Joint Surg Am* 74: 140-151.
59. KANNUS P, JÄRVINEN ML (1987): **Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament.** *J Bone Joint Surg* 69-A: 1007-1012.
60. KOENIG F (1889): **Lehrbuch der speciellen Chirurgie**, 5. Aufl., Bd 3., Hirschwald, Berlin
61. KÜLLMER K, LETSCH R, TUROWSKI B (1994): **Wich factors influence the progression of degenerative osteoarthritis after ACL surgery?** *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 2: 80-84.
62. LAUTAMIES R, HARILAINEN A, KETTUNEN J, SANDELIN J, KUJALA UM (2008): **Isokinetic quadriceps and hamstring muscle strength and knee function 5 years after anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon autografts.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* Aug 19. [Epub ahead of print]

63. LAXDAL G, SERNERT N, EJERHED L, KARLSSON J, KARTUS JT (2007): **A prospective comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring tendon grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in male patients.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15:115–125
64. L'INSALATA JC, KLATT B, FU FH, HARNER CD (1997): **Tunnel expansion following anterior cruciate ligament recontruction.** *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 5: 234-238.
65. LISCOMP A, JOHNSTON R, SNYDER R, WARBURTON M, GILBERT P (1982): **Evaluation of hamstring strength following use of Semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament.** *Am J Sports Med* 10: 340-342.
66. LOBENHOFFER P, TSCHERNE H (1993): **Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes: heutiger Behandlungsstand.** *Unfallchirurg* 96: 150-168.
67. LOHMANDER LS, OSTENBERG A, ENGLUND M, ROOS H (2004): **High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury.** *Arthritis Rheum* 50: 3145-3152.
68. LYSHOLM J., GILLQUIST J (1982): **Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale.** *Am J Sports Med* 10: 150-154.
69. MAGEN HE, HOWELL SM, HULL ML (1999): **Structural properties of six tibial fixation methods for anterior cruciate ligament soft tissue grafts.** *Am J Sports Med* 27: 35-43.
70. MARDER RA, RASKIND JR, CARROLL M (1991): **Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons.** *Am J Sports Med* 19: 478-484.
71. MARTINEK V, IMHOFF AB (2002): **Revision nach fehlgeschlagener VKB-Plastik.** *Orthopäde* 31: 778-784.
72. McDANIEL JW (1975): **Isolated partial tear of the anterior cruciate ligament.** *Clin Orthop* 115: 209-212.
73. McDANIEL JW, DAMERON TB (1980): **Untreated ruptures of the anterior cruciate ligament. A follow-up study.** *J Bone Joint Surg (Am)* 62: 696-705.
74. McDANIEL MJ, DAMERON TB (1999): **Long-Term results of untreated anterior cruciate ligament rupture: a 28 year follow up outcome study.** *AAOS Annual Meeting 1999, Anaheim, CA, Feb 4.-8.1999*
75. MIYAKASA KC, DANIEL D, STONE ML, HIRSHMAN P (1991): **The incidences of knee ligament injuries in the general population.** *Am J KneeSurg* 4: 3-9.

76. MORGAN CD, KALMAM VR, GRAWL DM (1995): **Isometry testing for anterior cruciate ligament reconstruction revisited.** *Arthroscopy* 6: 647-659.
77. MÜLLER W (1982): **Das Knie. Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie.** Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York
78. MÜLLER W, BIEDERT R, HEFTI F (1988): **OAK knee evaluation. A new way to assess knee ligament injuries.** *Clin Orthop* 232: 37-50.
79. MUELLNER T, KALTENBRUNNER W, NIKOLIC A, MITTLBOECK M, SCHABUS R, VECSEI V (1998): **Shortening of the patellar tendon after anterior cruciate ligament reconstruction.** *Arthroscopy* 14: 592-596.
80. NEBELUNG W, ABDOU Y, BOCHWITZ K (Hrsg.) (2001): **Transfix vs. Endobutton – klinische und röntgenologische 2-Jahres-Ergebnisse nach vorderer Kreuzbandplastik mit Quadruple-Hamstringsehnen.** Skriptheft 18. Kongress der Deutschsprachigen Arbeitsgemeinschaft für Arthroskopie. Saarbrücken 21.-22. September 2001
81. NEUMANN K, EKKERNKAMP A (1995): **Sinn und Unsinn von Kreuzbandprothesen.** *Chirurg* 66: 1079-1084.
82. NEUSEL E, MAIBAUM S, ROMPE G (1993): **Nachuntersuchungsergebnisse nach konservativ behandelter isolierter frischer vorderer Kreuzbandruptur.** *Akt Traumatol* 23: 200-206.
83. NOYES FR, BUTLER DL, GROOD ES (1984): **Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions.** *J Bone Joint Surg* 66: 344-352.
84. NOYES FR, BARBER-WESTIN SD (1993): **Allograft reconstruction of the anterior and posterior cruciate ligaments: Report of ten-year experience and results.** *Instr Course Lect* 42: 381-396.
85. NOYES FR, BERRIOS-TORRES S, BARBER-WESTIN SD, HECKMANN TP (2000): **Prevention of permanent arthrofibrosis after anterior cruciate ligament reconstruction alone or combined with associated procedures: a prospective study in 443 knees.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8 (4):196-206.
86. O'DONOGHUE D (1950): **Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee.** *J Bone Joint Surg (Am)* 32: 721-738.
87. O'NEILL DB (1996): **Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective randomized analysis of three techniques.** *J Bone Joint Surg Am* 78: 803-813.
88. O'NEILL DB (2001): **Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A follow-up report.** *J Bone Joint Surg Am* 83-A: 1329-1332.

89. PAAR O, MAGIN MN (1995): **Möglichkeiten und Grenzen der konservativen Behandlung von Kreuzbandverletzungen.** *Chirurg 21*: 240-246.
90. PÄSSLER JM, SCHIPPINGER G, SCHWEIGHOFER F, FELLINGER M, SEIBERT FJ (1995): **Komplikationen bei 283 Kreuzbandoperationen mit freiem Patellarsehnentransplantat.** *Unfallchirurgie 21 (5)*: 240-246.
91. PETERSEN W, HANSEN U (1996): **Blood supply of the anterior cruciate ligament. An immunohistochemical study in human cadavers.** *J Orthop Sci 5*: 332-334.
92. RAAB DJ, FISCHER DA, SMITH PJ (1993): **Comparison of arthroscopic and open reconstruction of anterior cruciate ligament. Early results.** *Am J Sports Med 21*: 680-684.
93. RASMUSSEN TJ, FEDER SM, BUTLER DL, NOYES FR (1994): **The effects of 4 mrad gamma irradiation on the initial mechanical properties of bone-patellar tendon-bone grafts.** *Arthroscopy 10*: 188-197.
94. RILLMANN P, HOLZACH P, RYF C (1999): **Arthrofibrose nach früher vorderer Kreuzbandrekonstruktion.** *Arthroskopie 12*: 260-267.
95. RITCHIE JR, PARKER RD (1996): **Graft selection in anterior cruciate ligament revision surgery.** *Clin Orthop 325*: 65-77.
96. ROPKE M, BECKER R, URBACH D, NEBELUNG W (2001): **Semitendinosussehne vs. Ligamentum patellae. Klinische Ergebnisse einer prospektiven randomisierten Studie nach vorderer Kreuzbandplastik.** *Unfallchirurg 104*: 312-316.
97. ROSENBERG TD, FRANKLIN JL, BALDWIN GN, NELSON KA (1992): **Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction.** *Am J Sports Med 20*: 519-526.
98. SACHS RA, DANIEL DM, STONE ML, GARFEIN RF (1989): **Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction.** *Am J Sports Med 17*: 760-765.
99. SCHIPPINGER (1998): **Are complications in cruciate ligament replacement operations with patellar tendon Transplantation dependent on surgical technique and surgical timing.** *Swiss Surg 3 (4)*: 154-159.
100. SEITZ H, CHRYSOPOULOS A, EGKHER E, MOUSAVI M (1994): **Long-term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy.** *Chirurg 11*: 992-998.
101. SEKIYA I (1998): **Significance of the single-legged hop test to the anterior cruciate ligament-reconstructed knee in relation to muscle strength and anterior laxity.** *Am J Sports Med 26*: 384-388.

102. SGAGLIONE NA, WARREN RF, WICKIEWICZ TL, GOLD DA, PANARIELLO RA (1990): **Primary repair with semitendinosus tendon augmentation of acute anterior cruciate ligament injuries.** *Am J Sports Med* 18: 64-73.
103. SHAFFER BS, TIBONE JE (1993): **Patellar tendon length change after anterior cruciate ligament reconstruction using the midthird patellar tendon.** *Am J Sports Med* 21: 449-454.
104. SHAIEB MD, KAN DM, CHANG SK, MARUMOTO JM, RICHARDSON AB (2002): **A prospective randomized comparison of patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction.** *Am J Sports Med* 30: 214-220.
105. SHELBOURNE K, RASK B (1998): **Controversies with anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation.** *J Knee Surg* 11: 136-143.
106. SHELTON W, PAPENDICK L, DUKES A (1997): **Autograft versus allograft anterior cruciate ligament reconstruction.** *Arthroscopy* 13: 446-449.
107. SIEBOLD R, WEBSTER KE, FELLER JA, SUTHERLAND AG, ELLIOTT J (2006): **Anterior cruciate ligament reconstruction in females: a comparison of hamstring tendon and patellar tendon autografts.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14: 1070-1076
108. SMITH CW, YOUNG IS, KEARNEY JN (1996): **Mechanical properties of tendons: changes with sterilisation and preservation.** *J Biomech Eng* 118: 56-61.
109. STANGE R, RUSSELL V, SALMON L, PINCZEWSKI L (2001): **Tibial tunnel widening after ACL reconstruction: A 2 and 5-year comparison of patellar tendon autograft.** *Arthrosc Assoc N Am 20th Annual Meeting*: 67.
110. STEINER ME, HECKER AT, BROWN CH, HAYES WC (1994): **ACL graft fixation: Comparison of hamstring tendons and patellar tendon.** *Am J Sports Med* 22: 240-247.
111. STRINGHAM DR, PELMAS CJ, BURKS RT, NEWMAN AP, MARKUS RL (1996): **Comparison of anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft.** *Arthroscopy* 12: 414-421.
112. STROBEL M, STEDTFELD HW, EICHHORN HJ (1996): **Diagnostik des Kniegelenkes.** Dritte Auflage. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg*
113. STROBEL MJ, SCHULZ MS (2002): **ACL reconstruction with semitendinosus and gracilis tendon graft.** *Der Orthopäde. Abstract Volume 31 Issue 8*: 758-769.
114. STROBEL M, WEILER A (2001): **Pitfalls and pearls for management of the posterior cruciate ligament deficient knee.** *Tech Orthop* 16: 167-94.
115. STURM GM, FRIEDMANN MJ, FOX JM (1990): **Acute anterior cruciate ligament reconstruction. Analysis of complications.** *Clin Orthop* 253: 184-189.

116. SÜDKAMP NP, HAAS NP (2000): **New methods of cruciate ligament surgery.** *Chirurg 71*: 1024-1033.
117. SUN Y, STÜRMER T, GÜNTHER KP, BRENNER H (1997): **Incidence and prevalence of cox- and gonarthrosis in the general population.** *Z Orthop Ihre Grenzgeb 135 (3)*: 184-92.
118. SVENSSON M, SERNERT N, EJERHED L, KARLSSON J, KARTUS JT (2006): **A prospective comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction in female patients.** *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14*: 278–286
119. TEGNER Y, LYSHOLM J (1985): **Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries.** *Clin Orthop 198*: 43-49.
120. TOMITA F, YASUDA K, MIKAMI S, SAKAI T, YAMAZAKI S, TOHYAMA H (2001): **Comparisons of intraosseous graft healing between the doubled flexor tendon graft and the bone-patellar tendon-bone graft in anterior cruciate ligament reconstruction.** *Arthroscopy 17*: 461-76.
121. TRAGER D, POHLE K, TSCHIRNER W (1995): **Anterior cruciate ligament suture in comparison with plasty. A 5-year follow-up study.** *Arch Orthop Trauma Surg 114*: 278-280.
122. TYLER TF, MCHUGH MP, GLEIM GW, NICHOLAS SJ (1999): **Association of KT-1000 measurements with clinical tests of knee stability 1 year following anterior cruciate ligament reconstruction.** *J Orthop Sports Phys Ther 29*: 540-545.
123. VIOLA R, STERETT W, NEWFIELD D, STEADMAN J, TORRY M (2000): **Internal and external tibial rotation strength after anterior cruciate ligament reconstruction using ipsilateral Semitendinosus and gracilis tendon autograft.** *Am J Sports Med 28*: 552-555.
124. VON ESSEN H, SÜDKAMP NP (2003): **Das Komplextrauma des Kniegelenks. Diagnostik und Therapie ligamentärer Verletzungen.** *Unfallchirurg 106*: 398-411.
125. WEILER A, SCHEFFLER S, SÜDKAMP NP (2000): **Aktuelle Aspekte in der Verankerung von Hamstringsehnen-Transplantaten in der Kreuzbandchirurgie.** *Chirurg 71*: 1034-1044.
126. WEILER A, SCHEFFLER S, HÖHER J (2002): **Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes.** *Orthopäde 31*: 731-740.
127. WILLIAMS RJ 3rd, HYMAN J, PETRIGLIANO F, ROZENTAL T, WICKIEWICZ TL (2004): **Anterior cruciate ligament reconstruction with a four-strand hamstring tendon autograft.** *J Bone Joint Surg Am 86*: 225-232.
128. WITTEK A (1927): **Über Verletzungen der Kreuzbänder des Kniegelenks.** *Dtsch Z Chir 200*: 491.

129. YASUDA K, TSUJINO J, OHKOSHI Y, TANABE Y, KANEDA K (1995): **Graft side morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons.** *Am J Sports Med* 23: 706-714.
130. YUNES M, RICHMOND J, ENGELS E, PINCZEWSKI L (2001): **Patellar versus hamstring tendons in anterior cruciate ligament reconstruction : A meta-analysis.** *Arthroscopy* 17: 248-257.
131. ZEDLER A, CASSENS J, HILLE A (1995): **Vergleichende Untersuchung konservativ behandelter Kreuzbandpartialrupturen mit kompletten Rupturen.** *Arthroskopie* 8: 123-125.

9. Anhang

Der Anhang enthält:

- Anamnese- und Untersuchungsbogen für die Nachuntersuchung
- Auswertungsbögen für die Scores
 1. IKDC-Score
 2. Score nach Lysholm und Gillquist
 3. Tegner-Aktivitäts-Score
- Einladungsschreiben zur Nachuntersuchung

Anamnesebogen

Seite 1 von 2				
Untersuchungstag:				
Name:		Größe:		
geb. am:		Gewicht:		
OP-Datum:				
Nachuntersuchung 5 Jahre				
Zusatzverletzungen:				
Operiertes Knie links / rechts:				
Verletzung				
Wann?				
Wie?				
Rotationsbewegung ja / nein:				
Sportverletzung: Unfall:				
Sportart:				
Operationsdatum:				
ASKP:		MRT:		
Komplikationen:				
Subjektiver Kniegelenksvergleich in %:				
Muskelatrophie stark / mäßig / kaum:				
Schmerzen				
Wie oft?	Wann?	Qualität?	Skala	Symptome Transplantat-entnahmestelle
nie	gehen	keine	0	keine
Selten	stechend	ziehend	1	gering
Oft	stehen	dumpf	2	mäßig
Sehr oft	sitzen	stark	3	stark
Ständig	laufen		4	
	Streckung		5	
	Beugung			
	Treppensteigen			
	Belastungsabhängig			
Schraube?				
Nachbehandlungsschema				
Schiene: Don-Joy-Gold-Paint		Probleme:	Wo?	
Wie lange getragen		Druckstellen	med. Kniespalt	
Nach Schema		Reizung/Rötung	lat. Kniespalt	
Abweichend		Entzündung	oberer Riemen	
Beim Sport getragen			unterer Riemen	

Anamnesebogen

Seite 2 von 2	
Wie lange Gehstützen?	
Teilbelastung wie lange?	
Vollbelastung ab wann?	
Krankengymnastik	
Wie oft / Wo?	
Wie lange?	
Einheiten insgesamt?	
Kraftaufbautraining? Reha?	
Seit wann?	
Wo? Stationär / ambulant:	
Wie intensiv?	
Frühzeitige Belastung:	
Sturz mit Kontusion:	weggerutscht:
jemandem gegengetreten ?:	Sonstiges:
stark gestoßen:	
Arbeit	
Seit wann?	Schwere Kniebelastung ja / nein:
Ab wann?	
Compliance: sehr gut: mäßig: sehr schlecht:	
Nachbehandlungsschema: gut: schlecht:	
Sonstige Knirschen: Sonstige:	
Probleme: Knacken: Probleme:	
Blockade	
Wann?	
Bänder: fest: locker:	
Insgesamt: hypermobil:	

Untersuchung – Befunde

Schwellung:	keine	gering	mäßig	stark
Erguss:	keiner	gering	mäßig	stark
Narbenzustand:	reizfrei	gerötet	entzündet	BG

Schubladenphänomen

Vordere Schublade	N	I	A	Lachmann	Seitenband
					IB AB

Rechts neg.
+
++
+++

Links neg.
+
++
+++

Anschlag: fest: weich: fehlend:

Pivot-Shift: negativ: angedeutet: positiv:

Beweglichkeit passiv

	OP-Seite (x)	Ext. / Flex. passiv
rechts		
links		

Umfänge (betr. Knie (x))

	Rechts	Links
20cm		
10cm		
15cm dist. KGS		

KT-1000-Messung (jeweils drei Messungen zur Durchschnittsermittlung)

	Rechts	Links
1.		
2.		

**3.
Sensibilität**

Seite 2 von 2

(normal)	100%	
	75%	
	50%	med.:
	25%	
(taub)	0%	lat.:

(med. und lat. Nennung sind gleichzeitig möglich)

Funktionstest

Kniebeuge:	bis 90° :	(Zahl)
	Ganz:	(Zahl)

Zahl: 1= ohne Beschwerden möglich
2= mit Beschwerden möglich
3= unmöglich

Einbeinsprungtest

Operiertes Knie (x)		Nicht operiertes Knie	
(rechts / links)			
1. Sprung:	cm	1. Sprung:	cm
2. Sprung	cm	2. Sprung:	cm
3. Sprung	cm	3. Sprung	cm

Quotient aus dem jeweils höchsten Sprung pro Seite:

Genu varum: **Genu valgum:** **weder noch:**

Dokumentationsbogen der International-Knee-Dokumentation-Committee (IKDC)

Internationaler Ausschuss zur Dokumentation von Knieverletzungen

IKDC-AUSSCHUSS:

AOSSM: American Orthopaedic Society for Sports Medicine

Anderson, A., Bergfeld, J., Boland, A., Dye, S., Feagin, J., Harner, C., Mohtadi, N., Richmond, J., Shelbourne, D., Terry, G.

ESSKA: European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy

Staeli, H., Hefli, F., Höher, J., Jacob, R., Müller, W., Neyret, P.

APOSSM: Asian Pacific Orthopaedic Society for Sports Medicine

Chan, K., Kurosaka, M.

IKDC – Knieband – Standard – Evaluationsblatt

Gruppen (Problembereiche)	A : normal	B : fast normal	C : abnormal	D : stark abnormal	Gruppen-grade A B C D
1. Subjektive Beurteilung durch Patient					
Wie funktioniert Ihr Knie ?	Normal ↑	Fast normal ↑	Abnormal ↑	Stark abnormal ↑	
Wie beeinflusst Ihr Knie Ihre Aktivität auf einer Skala von 0 - 3	0 ↑	1 ↑	2 ↑	3 ↑	↑ ↑ ↑ ↑
2. Symptome	I	II	III	IV	
(Fehlen von signifikanten Symptomen bei höchster vom Patienten ausgeübter Aktivitätsstufe)	(Aktivitäten mit belasteter Rotation, Kontaktsportarten)	(schwere körperliche Arbeit, Tennis, Skifahren)	(leichte körperliche Arbeit, Joggen, Springen)	(sitzende Tätigkeit)	
keine Schmerzen bei Aktivitätsstufe	↑	↑	↑	↑	
keine Schwellung bei Aktivitätsstufe	↑	↑	↑	↑	
kein teilweises Giving-way bei Aktivitätsstufe	↑	↑	↑	↑	
kein komplettes Giving-way bei Aktivitätsstufe	↑	↑	↑	↑	↑ ↑ ↑ ↑
3. Bewegungsumfang: (Flexion/Extension)	Betroffene Seite: _ / _ / _ Gegenseite: _ / _ / _				
Streckausfall (von anatomischer Nullstellung)	<3°	3 - 5°	6 - 10°	> 10°	
Flexionsausfall	0 - 5°	6 - 15°	16 - 25°	> 25°	↑ ↑ ↑ ↑
4. Untersuchung am Bandapparat					
Lachmann Test in 25° -Flexion	0 - 2 mm	3 - 5 mm	6 - 10 mm	> 10 mm	
Anschlag fest ↑					
weich ↑					
totale ap. - Translation in 70° Flexion	0 - 2 mm	3 - 5 mm	6 - 10 mm	> 10 mm	
hinterer Durchgang in 70° Flexion	0 - 2 mm	3 - 5 mm	6 - 10 mm	> 10 mm	
mediale Gelenköffnung (Valgusrotation)	0 - 2 mm	3 - 5 mm	6 - 10 mm	> 10 mm	
laterale Gelenköffnung (Varusrotation)	0 - 2 mm	3 - 5 mm	6 - 10 mm	> 10 mm	
Pivot - shift	negativ	+	++	+++	
Reversed Pivot - shift	gleich negativ	gering	markant	massiv	↑ ↑ ↑ ↑
5. Kompartimentale Befunde	Keine/seitengleich	Mäßig	Schmerzhaft	stark	↑ ↑ ↑ ↑
6. Symptome bei Transplantatentnahmestelle					
Druckdolenz, Irritation, Gefühlsstörung	Keine	Mäßig	Schmerzhaft	stark	↑ ↑ ↑ ↑
7. Röntgenbefunde (Arthrose)					
Patello - femoraler Gelenkspalt	Normal ↑	> 4 mm ↑	2 - 4 mm ↑	< 2 mm ↑	
Medialer Gelenkspalt	↑	↑	↑	↑	
Lateraler Gelenkspalt	↑	↑	↑	↑	↑ ↑ ↑ ↑
8. Funktioneller Test					
Einbeinsprung (% der Gegenseite)	90 - 100%	76 - 90%	50 - 75%	< 50%	↑ ↑ ↑ ↑
Gesamtauswertung (Die schlechteste Qualifikation innerhalb jeder Gruppe ergibt die Gruppenqualifikation. Die schlechteste Gruppenqualifikation entspricht der Gesamtqualifikation)					A B C D ↑ ↑ ↑ ↑

Dokumentationsbogen des Lysholm/Gillquist – Score (J. Lysholm und J. Gillquist 1985)

Name: _____ Vorname: _____ Datum: _____

Bitte schildern Sie den augenblicklichen Zustand Ihres Kniegelenkes! Kreuzen Sie die zutreffende Aussage an.

Wie dürfen / können sie ihr Knie belasten ?

- (5 Punkte) Vollbelastung
- (3 Punkte) Teilbelastung
- (0 Punkte) Keine Belastung

Können Sie Treppen steigen ?

- (10 Punkte) keine Schwierigkeiten
- (6 Punkte) leichte Schwierigkeiten
- (2 Punkte) nach einer Stufe auftretend
- (0 Punkte) nicht möglich

Hinken Sie ?

- (5 Punkte) Nein
- (3 Punkte) leicht/zeitweilig
- (0 Punkte) schwer/ständig

Können Sie in die Hocke gehen ?

- (5 Punkte) keine Schwierigkeiten
- (4 Punkte) leichte Schwierigkeiten
- (2 Punkte) nicht mehr als 90° Beugung
- (0 Punkte) nicht möglich

Fragen zu Stabilität Ihres Kniegelenkes:

Instabilität/ gibt ihr Knie nach oder knickt weg ?

- (25 Punkte) niemals
- (20 Punkte) selten bei starker Belastung
- (15 Punkte) oft bei starker Belastung
- (10 Punkte) gelegentlich bei der täglichen Beanspruchung
- (5 Punkte) oft bei der täglichen Beanspruchung
- (0 Punkte) bei jedem Schritt

Haben Sie Schmerzen im Knie ?

- (25 Punkte) nein
- (20 Punkte) leicht/zeitweilig bei starker Belastung
- (15 Punkte) stets während oder nach starker Belastung
- (10 Punkte) während oder nach mittlerer Belastung
- (5 Punkte) während oder nach leichter Belastung
- (0 Punkte) ständig

Ist Ihr Knie geschwollen ?

- (10 Punkte) nein
- (6 Punkte) nach starker Belastung
- (2 Punkte) nach alltäglicher Belastung
- (0 Punkte) ständig

Kommt es zu Blockierungen im Knie ?

- (15 Punkte) niemals
- (10 Punkte) gelegentlich Knacken, gleiten über einen Widerstand
- (6 Punkte) gelegentliche Blockade
- (0 Punkte) häufige Blockade

Σ:

100 Punkte (Maximalpunktzahl)

Bemerkung: Die angegebenen Punktwerte waren im Patientenfragebogen nicht ersichtlich. Die Gesamtpunktzahl beträgt 100 Punkte und stellt somit das bestmögliche Ergebnis dar.

Auswertung: 100 bis 95 Punkte = sehr gut
94 bis 84 Punkte = gut
83 bis 64 Punkte = mäßig
63 und weniger Punkte = schlecht

Aktivitätsscore nach Tegner und Lysholm (activity grading scale, Tegner Y, Lysholm J. 1985)

Level	Wettkampfsport	Freizeitsport	Arbeit
10	(Nationale/Internationale Elite) Fußball, Rugby		
9	Fußball (Landesliga), Rugby, Eishockey, Ringen, Turnen		
8	Squash, Badminton, Tischtennis, Leichtathletik (Sprung), Alpinski		
7	Tennis, Handball, Basketball, Volleyball, Motocross, Speedway	Fußball, Football (Verein 2/Woche) Eishockey (1/Woche), Squash, Badminton, Tischtennis (2/Woche), Alpinski, Ringen (2/Woche)	
6		Tennis, Handball, Basketball, Badminton, Alpinski, Turnen, Jazztanz (3/Woche)	
5	Radfahren, Skilanglauf	Jogging auf unebenen Gelände (2/Woche)	Schwerarbeit, überwiegend stehen, tragen von schweren Lasten (Bauarbeiter)
4		Jogging auf ebenen Grund (2/Woche), Radfahren, Skilanglauf	Mäßig schwer, überwiegend stehen, gehen, Treppen steigen, schwere Hausarbeit, Truck fahren
3		Schwimmen, Wandern im Gelände	Leicht (4 Stunden am Tag, gehen, stehen)
2		Spazieren im Gelände	Leicht (2 Stunden am Tag, gehen, stehen)
1		Spazieren zu ebener Erde	Überwiegend sitzende Tätigkeit
0 Arbeits – und Sportunfähigkeit (Patienten die wegen Knieproblemen nicht gehfähig sind)			
Prä-OP			
Post-OP			

Ausfüllen

Entsprechenden Punktwert für die prä- und postoperative Situation des Patienten dokumentieren.

Park-Klinik Weißensee

Priv.-Doz. Dr. med. M. Muschik
Chefarzt der Abteilung für Orthopädie

Markus Richter
Assistenzarzt

Schönstraße 80
13086 Berlin

An Frau / Herrn

Berlin, den

Sehr geehrte(r) Frau / Herr ,

Sie sind vor einiger Zeit in unserer Klinik am Knie operiert worden. Dabei erhielten Sie unter anderem eine vordere Kreuzbandersatzplastik. Um den Verlauf nach dem operativen Eingriff dokumentieren und beurteilen zu können, würde ich mich sehr freuen, Sie am, um Uhr einladen zu dürfen.

Sollte Ihnen der o. g. Termin nicht zusagen, bitten wir Sie um eine kurze Rückmeldung unter der Telefonnummer: 030 / 9628 3752.

Mit freundlichen Grüßen,

Priv.-Doz. Dr. med. M. Muschik
Chefarzt der orthopädischen Abteilung

M. Richter
Assistenzarzt

10. Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. B. Paul danke ich für die freundliche Überlassung des Themas sowie Herrn Priv.-Doz. Dr. med. M. Muschik für die Übernahme und die hilfreiche Unterstützung Herrn Dr. med. T. Poser bei der Erstellung dieser Arbeit.

Frau Dr. Ch. Eichhorn danke ich für die Hilfe bei der Durchführung der statistischen Auswertung.

Großer Dank gilt auch meinen Eltern, der ganzen Familie und Freunden.

11. Eidesstattliche Erklärung

Ich, Markus Richter, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Titel:

„Vergleichende retrospektive Studie des vorderen Kreuzbandersatzes
Ligamentum patellae versus Semitendinosus / Gracilis
offene versus arthroskopische Operation
Ergebnisse einer Fünf-Jahres-Nachuntersuchung“

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.“

Berlin, den 21.10.2008

Markus Richter

12. Lebenslauf

"Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht."