

Aus der Orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim
der
Johann Wolfgang Goethe – Universität
Frankfurt am Main
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. L. Zichner

10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer
Kreuzbandrekonstruktion mit dem
Patellarsehnentransplantat

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin des Fachbereiches
Humanmedizin
der Johann Wolfgang Goethe – Universität in Frankfurt am Main

Clemens Kappler

Frankfurt am Main

2004

Dekan: Herr Prof. Dr. med. J. Pfeilschifter

Referent: Herr Prof. Dr. med. L. Zichner

Koreferent: Herr Prof. Dr. med. I. Marzi

Tag der mündlichen Prüfung: 16.03.2005

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	1
2.	Einführung in die Thematik	3
2.1.	Historische Entwicklung	3
2.2.	Anatomie	7
2.2.1.	Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes	
2.2.2.	Mikroanatomie	
2.2.3.	Arterielle Blutgefäßversorgung	
2.2.4.	Nervenversorgung	
2.2.5.	Funktionelle Anatomie und Biomechanik	
2.2.6.	Pathomechanik des insuffizienten vorderen Kreuzbandes	
2.2.7.	Folgeschäden der vorderen Kreuzbandinsuffizienz	
2.3.	Epidemiologie und Traumatologie	13
2.3.1.	Epidemiologie	
2.3.2.	Verletzungsmechanismus	
2.4.	Diagnostik	15
2.4.1.	Anamnese	
2.4.2.	Klinische Untersuchung	
2.4.3.	Klinische Instabilitätstests	
2.4.4.	Instrumentelle Instabilitätstests	
2.5.	Bildgebende Verfahren	20
2.5.1.	Röntgendiagnostik	
2.5.2.	Sonographie	
2.5.3.	Kernspintomographie	
2.5.4.	Arthroskopie	
2.6.	Therapeutische Möglichkeiten	23
2.6.1.	Konservative Behandlungsmethoden	
2.6.2.	Möglichkeiten der operativen Versorgung	
2.7.	Rehabilitation	27
3.	Fragestellung	31
4.	Material und Methode	32
4.1.	IKDC Dokumentation	33
4.1.1.	Alter	
4.1.2.	Geschlecht	

4.1.3.	Nachuntersuchungszeitraum	
4.1.4.	Unfallursache	
4.1.5.	Zeit zwischen Unfall und Operation	
4.1.6.	Betroffenes Knie	
4.1.7.	Zustand der Menisci	
4.1.8.	Aktivitätsniveau	
4.2.	Operationstechnik	39
4.3.	Nachbehandlung	42
4.4.	Nachuntersuchung	45
4.4.1.	Tegner - Aktivitätsskala	
4.4.2.	Lysholm - Score	
4.4.3.	IKDC - Evaluation	
4.5.	Statistische Grundlage	48
5.	Ergebnisse	49
5.1.	Tegner - Aktivitätsskala	49
5.2.	Lysholm - Score	50
5.3.	IKDC Qualifikation und Evaluation	51
5.3.1.	Subjektive Beurteilung durch den Patient	
5.3.2.	Symptome	
5.3.3.	Bewegungsumfang	
5.3.4.	Untersuchung des Bandapparates	
5.3.5.	Kompartimentelle Befunde	
5.3.6.	Symptome an der Transplantatentnahmestelle	
5.3.7.	Röntgenbefunde (Arthrose)	
5.3.8.	Funktioneller Test	
5.3.9.	IKDC Gesamtauswertung	
5.4.	Ergebnisse der Rearthroskopien	59
5.5.	Empirische Untersuchungen	60
5.5.1.	Zusammenhang zwischen Arthroseentwicklung und Alter	
5.5.2.	Zusammenhang zwischen Arthroseentwicklung und Stabilität	
5.5.3.	Zusammenhang zwischen Arthrosegrad und Aktivität	
5.5.4.	Zusammenhang zwischen Arthrosegrad und Meniskusläsion	
5.5.5.	Zusammenhang zwischen Arthrosegrad und Zeit zwischen Unfall und Operation	
5.5.6.	Zusammenhang zwischen Meniskusläsion und Zeit zwischen Unfall und Operation	
5.5.7.	Zusammenhang zwischen Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle und allgemeinen Symptomen	

6.	Diskussion	65
7.	Zusammenfassung (Deutsch/Englisch)	72
8.	Literaturverzeichnis	74
9.	Ehrenwörtliche Erklärung	82
10.	Lebenslauf	83

1. Einleitung

Die vordere Kreuzbandverletzung gehört zu den häufigsten Bandverletzungen in der heutigen Gesellschaft. Es ist insbesondere die jüngere Population betroffen [24, 72, 31]. Mit dem hohem Anspruch an die Freizeitgestaltung und dem zunehmenden Bewusstsein für den eigenen Körper ist die sportliche Aktivität zu einer der wichtigsten Formen alltäglichen Freizeitverhaltens geworden. Die zunehmende Popularität und Verbreitung des Massensports, wie zum Beispiel Fußball und Skifahren, hat in den letzten Jahren zu einem rasanten Anstieg von Sport- und besonders Kniebinnenverletzungen geführt. Aktuell wird die jährliche Inzidenz in den Industrieländern auf eine vordere Kreuzbandruptur je 1000 Einwohner geschätzt [72]. Neben Profisportlern sind überwiegend jüngere Menschen, die in der Ausbildung oder mitten im Erwerbsprozess stehen, betroffen. Aufgrund der Häufung der vorderen Kreuzbandverletzungen ergibt sich über die individuelle Problematik hinaus eine sozioökonomische Bedeutung [72, 31].

Die sowohl konservativen wie auch operativen Therapiekonzepte sind vielfältig. Die operative Therapie hat das Ziel, eine Restitution der physiologischen Kinematik des Kniegelenkes zu erreichen, um bei Wiederaufnahme der Alltags- und sportlichen Aktivität das Auftreten von Sekundärschäden zu vermeiden. Sekundärschäden, die mit einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes einhergehen, sind Meniskusläsionen und Knorpelschäden, die mittel- bis langfristig in eine Arthrose münden [42, 43].

Unter Berücksichtigung des Aktivitätsniveaus, des Alters, der Begleitverletzungen und der individuellen Situation des Patienten wird die operative Stabilisierung der Kreuzbandruptur heute als Therapie der Wahl angesehen. Die zwingende Indikation zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion beim Profisportler bedarf heute keiner Diskussion mehr [31].

Der vordere Kreuzbandersatz mit freiem Ligamentum patellae Transplantat ist die am häufigsten praktizierte Operationstechnik und wird als Goldstandard angesehen [73]. Laut Campbell et al. verwendeten 1998 76% der Mitglieder der ACL-Study-Group das mittlere Patellarsehnedrittel als Transplantat [13].

Die Kreuzbandchirurgie unterliegt dem ständigen Fluss der Weiterentwicklung mit der Hoffnung, eines Tages mittels Operation eine restitutio ad integrum zu erreichen [72].

Mittelfristige Behandlungsergebnisse bestätigten die operative Versorgung einer Kreuzbandruptur, langfristige Ergebnisse gibt es bis heute jedoch wenige [73, 43]. Die Arthroseentwicklung aufgrund einer Kreuzbandruptur ist langfristig gesehen in nur wenigen Arbeiten dokumentiert und wird meist im Zusammenhang mit Begleitverletzungen wie Meniskusläsionen und Knorpelschäden beschrieben [42, 21, 77, 66].

An der Orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim in Frankfurt am Main wird die vordere Kreuzbandrekonstruktion seit 1989 in einer arthroskopisch transtibialen Einkanaltechnik mit dem freien Ligamentum patellae Transplantat durchgeführt. Die Nachuntersuchung dieser Patienten erfolgte gemäß dem IKDC - Evaluationsbogen [32], dem Lysholm - Score [51] und der Tegner - Aktivitätsskala [85] einschließlich der instrumentellen Messung der a.-p. Translation mit dem Rolimeter.

In dieser Studie werden subjektive und objektive Parameter hinsichtlich der Patientenzufriedenheit, Bandstabilität und Arthroseprogredienz erfasst. Die Ergebnisse der Arthroseentwicklung und der Patientenzufriedenheit werden in Bezug zu den Symptomen der Patienten, zur Stabilität des Kniegelenkes und zu den begleitenden Meniskusverletzungen gesetzt.

2. Einführung in die Thematik

2.1. Historische Entwicklung

Der Arzt und Schriftsteller Claudius Galen von Pergamon (130 bis 199 n. Chr.) beschrieb als erster das vordere Kreuzband. Er erkannte die stabilisierende und protektive Funktion der Ligamente für Gelenke und verwarf die bis dahin gültige Meinung, dass die Bänder ein Teil der Nerven seien und über kontraktile Eigenschaften verfügten [20, 41].

In den folgenden 16 Jahrhunderten wurden die Ligamente nur wenig beachtet. Auch wenn Nicholas Andrey, Astley Cooper, John Jones und viele andere die konservative Therapie instabiler Kniegelenke diskutierten, existierte keine chirurgische Versorgung [79]. Ein instabiles Knie erschien bei den damaligen Erkrankungen nebensächlich und wurde ausschließlich geschient.

1850 erschien die erste Beschreibung einer Kreuzbandruptur. J. Stark stellte in zwei Fällen eine Ruptur fest, die er ebenfalls mit einer Gipsschiene behandelte. Er berichtete aber auch von einer leichten Restbehinderung [80].

Die erste Kreuzbandnaht wurde in der Literatur von W. H. Battle im Jahre 1900 beschrieben. Er führte die Naht an einem zwei Jahre zuvor dislozierten Knie durch, machte jedoch keine Aufzeichnungen des postoperativen Verlaufes [7].

1903 publizierte Mayo Robson die erste Verlaufstudie über einen Zeitraum von acht Jahren. Ein Minenarbeiter hinkte und klagte über Schwäche und Instabilität im Bein. Robson führte eine kombinierte Naht des vorderen und hinteren Kreuzbandes durch. Der Patient hatte keine bleibenden Funktionseinschränkungen und konnte seinen Beruf auch acht Jahre später noch voll ausüben [70].

1913 verfasste Goetjes die erste ausführliche Beschreibung der Problematik einer Kreuzbandruptur und arbeitete die bis dahin in der Literatur veröffentlichten Erkenntnisse in seine Schrift über die Funktion der Bandstrukturen und den Verletzungsmechanismus ein [79]. Aufgrund seiner Ergebnisse empfahl er eine Narkoseuntersuchung in unklaren Fällen und befürwortete die frühe, operative Versorgung einer Ruptur [30].

Jones und Smith gaben 1913 die erste Beschreibung des so genannten pivot-shift Phänomens und ermöglichten einen Einblick in die Pathomechanik und Diagnostik von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes [41].

Hey Groves legte 1917 den Grundstein der rekonstruktiven Bandchirurgie [39, 41]. In einem Fallbericht beschrieb er die intraartikuläre Rekonstruktion mittels eines zusammengerollten, bleistiftdicken Fascia lata Streifens. Diesen platzierte er durch zwei Bohrkanäle vom Epicondylus zur Fossa intercondylica und durch die Tibia zur Eminentia intercondylica, genau den knöchernen Ansätzen des vorderen Kreuzband entsprechend [35].

Alwyn Smith veröffentlichte 1918 eine Gesamtdarstellung von Anatomie, Biomechanik, Verletzungsmechanismen, Diagnostik und Therapie der Verletzungen des vorderen Kreuzbandes [41]. Wie Goetjes empfahl er die Untersuchung in Narkose, um die Funktion der Kniestrukturen zu analysieren. Anders als Groves favorisierte er jedoch die operative Versorgung nur bei veralteten Kreuzbandrupturen. Bei akuten Rupturen immobilisierte er die betroffene Extremität und ergänzte die Behandlung durch Massage und elektrische Muskelstimulation [78].

Unter anderem beschrieb Smith auch den ersten Versuch eines alloplastischen Ersatzes mittels eines Seidenfadens, der jedoch nach 11 Wochen rupturierte [41,79].

In den Jahren 1919 bis 1930 wurden die Arthroskopie und Arthrographie entdeckt und technisch weiter entwickelt. Namentlich zu erwähnen sind besonders der Japaner Takagi und der Schweizer Bircher. Die neuerworbenen Techniken beeinflussten die Diagnose und die Behandlung der Bandverletzungen des Kniegelenkes tiefgreifend [39, 41].

Ab 1930 finden sich Publikationen mit verschiedensten Techniken einer operativen Versorgung der Kreuzbandruptur.

1936 führten Bosworth und Bosworth die erste extraartikuläre Rekonstruktionstechnik durch. Sie nähten einen Fascia lata Streifen im Verlauf des vorderen Kreuzbandes an der medialen oder lateralen Seite des Kniegelenkes ein [8].

Campell beschrieb 1936 und 1939 als erster die Verwendung der Patellarsehne als Ersatz für akute Rupturen. Außerdem wies er darauf hin, dass es bei

Kreuzbandrupturen häufig zu Begleitverletzungen des Innenmeniskus und des Seitenbandes kommt [14,15].

1938 erschien das 282 Seiten umfassende Werk „On the Injuries to the Ligaments of the Knee Joint“ von Ivan Palmer [67]. Es war wegweisend für das Verständnis der Bandverletzungen des Kniegelenkes und stellte die Grundlage für viele noch heute geltenden Behandlungsmethoden dar [39,41].

Die 50er und 60er Jahre waren der Beginn der modernen Ära in der Geschichte der Kreuzbandchirurgie. Großen Wert wurde vor allem auf eine frühe Diagnosestellung und Behandlung gelegt [41]. Watanabe perfektionierte die Verwendung des Arthroskops für die chirurgische Behandlung von Kniebinnenverletzungen. Es folgte eine große Anzahl wissenschaftlicher Publikationen, um die erworbenen Kenntnisse zu verbessern [41].

O'Donoghue beschrieb 1950 eine Serie von akuten Kreuzbandverletzungen. Er berichtete ausführlich über 22 rekonstruierte Kreuzbandverletzungen einschließlich der chirurgischen Technik, wobei er besonderen Wert auf eine detaillierte Nachuntersuchung legte [65].

1950 beschrieb Lindemann den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzung. Er verwendete dabei die Semitendinosussehne [48].

Augustine publizierte 1956 eine intraartikuläre dynamische Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit Hilfe der proximal gestielten Semitendinosussehne [4]. Schließlich war es Jones, der 1963 in 11 Fällen das zentrale Drittel des Ligamentum patellae als Kreuzbandersatz benutzte [45].

1966 stellte Brückner ebenfalls eine Technik mit dem medialen Drittel des Ligamentum patellae vor. Jedoch legte er einen Bohrkanal von der Tuberositas tibiae zur Eminentia intercondylica, womit er eine geringere Distanz zwischen Ursprung und Transplantatansatz erreichte [10, 39].

Um eine Objektivität in den Nachuntersuchungen zu erreichen, die durch eine Fallbeschreibung nicht gegeben war, stellten Marschall et al. 1977 ein Standardvaluationsblatt vor, das große Verbreitung fand [52].

Lysholm und Gillquist publizierten 1982 ein neues Evaluationsschema, in dem vor allem funktionelle Aspekte erfasst werden. In einem Punktesystem wird ein normal funktionierendes Knie mit 100 Punkten bewertet. Der Nachteil dieses Evaluationsschemas besteht darin, dass sich vorhandene Beschwerden hinter

einer Gesamtpunktverteilung verstecken können, ohne die wahren Probleme zu offenbaren [32, 51].

Kurz darauf, im Jahr 1985, stellten Tegner und Lysholm eine Aktivitätsskala vor. In 11 Stufen (von 0 - 10) werden Aktivitäten nach ihrem körperlichen Anspruch und ihrer Belastung für das Kniegelenk eingeteilt. Die Tegner - Aktivitätsskala findet bis heute große Verbreitung, da sie einen guten Vergleich zwischen prä- und postoperativen Aktivitätsniveau bietet [32, 85].

Die Schweizerische Orthopädische Arbeitsgruppe Knie (OAK) veröffentlichte 1985 ein Evaluationssystem, das im Gegensatz zum Lysholm - Score Beschwerden nicht hinter einer Punktzahl verbirgt. Die Gesamtbewertung eines Kniegelenkes ist nicht besser als in der schlechtesten Kategorie. Ist die Beweglichkeit des Kniegelenkes nur „mäßig“, kann auch das Gesamtergebnis des Patienten nicht besser als „mäßig“ werden [32].

Das gleiche Prinzip liegt dem Evaluationsschema des International Knee Documentation Committee (IKDC) zu Grunde, welches 1987 von einer Gruppe amerikanischer und europäischer Kniechirurgen entworfen wurde [32].

Es ist bis heute das meistverwendete Evaluationsblatt zur Bewertung eines Patientenguts nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion und wird auch in dieser Studie, neben dem Lysholm - Score und der Tegner - Aktivitätsskala, verwendet.

2.2.

Anatomie

Das Kniegelenk, *Articulatio genus*, als größtes Gelenk des menschlichen Körpers, verbindet Femur und Tibia. Es verfügt nicht über eine primäre knöcherne Führung wie etwa das Hüftgelenk, sondern wird ausschließlich über ligamentäre (statische) und muskuläre (dynamische) Strukturen stabilisiert [82, 9, 57].

Die Beweglichkeit ist in sechs Freiheitsgraden möglich, die in drei Rotations- und drei Translationsfreiheitsgrade untergliedert sind. Die Rotationsbewegungen sind die Flexion und Extension ($145-0-10^\circ$), Außen- und Innenrotation (in 20° Flexion: $35-0-15^\circ$), sowie die Ab- und Adduktion, die einer medialen und lateralen Aufklappbarkeit entsprechen. Als Translationsbewegungen werden die anteroposteriore Translation, die mediolaterale Translation, sowie die Kompression und die Distraction beschrieben [41].

Eine orientierende, anatomische Beschreibung des Knies ergibt sich durch die systematische Einteilung des Gelenkes in vier Kompartimente (I.-IV.). Diese Einteilung wird auch bei der Kniegelenkspiegelung verwendet [41]:

- I. mediales Kompartiment
- II. zentrales Kompartiment
- III. laterales Kompartiment
- IV. femoropatellares Kompartiment

Diese Einteilung bietet eine bessere Orientierung innerhalb des Gelenkes und ermöglicht eine klare Zuordnung der funktionellen Einheit bei eventueller Pathologie.

Die anatomischen Strukturen des medialen Kompartimentes (I.) bestehen knöchern aus dem medialen Femurkondylus und dem medialen Tibiaplateau. Als Puffer zwischen den Gelenkflächen dient der mediale Meniskus. Dieser bildet mit den medialen Kapselstrukturen (mediales Kapselband, mediales Seiten- und hinteres Schrägband) die passiven (statischen) Stabilisatoren. Die aktiven (dynamischen) Stabilisatoren sind der *M. semimembranosus* und der *M. Pes anserinus*, der den Ansatz von *M. semitendinosus*, *M. gracilis* und *M. sartorius* darstellt [82].

Das zentrale Kompartiment (II.) konstituiert den "Zentralen Pfeiler", der die *Fossa intercondylaris* mit beiden Kreuzbändern umfasst. Das vordere und hintere Kreuzband sind die zentralen passiven Führungselemente für die anteroposteriore

Translation (pivot - central) des Kniegelenkes und bieten eine kollaterale Stabilisierung [34]. Außerdem gehören zum Zentralen Pfeiler die Area intercondylaris anterior et posterior mit den tibialen Ansatzpunkten der Kreuzbänder und die Eminentia intercondylaris mit den Tubercula intercondylaria [41].

Das laterale Kompartiment (III.) wird knöchern durch den lateralen Femurkondylus und dem lateralen Tibiaplateau gebildet. Passive (statische) Strukturen sind der laterale Meniskus sowie die lateralen Kapselbänder und der Arkuatumkomplex. Der Komplex des Ligamentum arcuatum umfasst das Ligamentum fabello – fibulare Vallois, tiefe Kapselanteile und die meniskotibiale Verbindung. Aktive (dynamische) Strukturen bilden der M. biceps femoris und der Tractus iliotibialis sowie die Sehnen des M. popliteus und des M. gastrocnemius [41, 34].

Das femoropatellare Kompartiment (IV.) setzt sich knöchern aus dem Femur und der Patella zusammen. Passive (statische) Strukturen bilden das Ligamentum patellae, dem dorsal der Hoffa - Fettkörper anliegt, sowie die Plicae medio-, latero- und infrapatellares und der Recessus suprapatellaris. Die aktive (dynamische) Struktur besteht aus dem M. quadrizeps, der für die Funktion des Femoropatellargelenkes verantwortlich ist [34].

2.2.1. Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes

Das vordere Kreuzband entspringt in einem ca. 15 - 20 mm länglich, ovalem Ursprungsareal vom dorsalen Bereich der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Es zieht ventral, distal und medial zur Area intercondylaris anterior, wo es zwischen den vorderen Meniskusinsertionen knapp ventral des Tuberculum intercondylare mediale ansetzt [82].

Es weist eine durchschnittliche freie Länge von 31 - 38 mm auf und hat eine mittlere Weite von 11 mm (+/-1 mm) und ist somit eines der kräftigsten Bänder des menschlichen Körpers [37, 49].

Trotz seiner intraartikulären Lage ist es mit Synovia überzogen und verläuft wie das hintere Kreuzband extrasynovial [41].

2.2.2. Mikroanatomie

Histologisch betrachtet, untergliedert sich das vordere Kreuzband in multiple Faszikel. Zu 90% besteht es aus kollagenen und 10% elastischen Fasern. Die sich durchflechtende, nicht parallel verlaufende Netze von Kollagenfibrillen (150 nm Durchmesser) gruppieren sich zu Fasern (1 - 20 µm Durchmesser), welche im Zusammenschluss eine subfaszikuläre Einheit bilden (100 - 250 µm Durchmesser). Diese subfaszikulären Einheiten werden von einem lockeren Bindegewebe umgeben, dem so genannten Endotenon.

Zwischen drei und 20 Subfaszikel bündeln sich und bilden einen Faszikel, dessen Durchmesser zwischen 250 µm und mehreren Millimetern schwankt und vom so genannten Epitenon umhüllt wird. Die Faszikel laufen direkt vom femoralen zum tibialen Ansatz und sind zusätzlich rotiert.

Die Gesamtheit der Faszikel, die das Ligament konstituieren, wird von einer dem Epitenon ähnlichen Hülle umgeben, dem Paratenon, das allerdings erheblich dichter ist als das Epitenon [3, 82, 41].

2.2.3. Arterielle Blutgefäßversorgung

Die Kreuzbänder sind ganz von einer Synovialmembran umhüllt, die am hinteren Ende der Interkondylärgrube entspringt und sich bis zum tibialen Ansatz des Ligaments erstreckt. Diese Membran versorgt die Kreuzbänder durch ein periligamentäres Netz von Synovialgefäßen, welches die Blutzufuhr aus den Ästen der A. genicularis media erhält. Weiterhin existieren kleinkalibrige Anastomosen der Kreuzbandgefäße mit dem dicht unterhalb der Knochenoberfläche verlaufenden Gefäßnetz von Femur und Tibia [3, 39].

2.2.4. Nervenversorgung

Sensibilitätsstörungen im Bereich der Außenseite des Kniegelenkes und des proximalen Unterschenkels sind eine häufige Komplikation der vorderen

Kreuzbandplastik. Diese Region wird sensibel von den Rr. infrapatellares des N. saphenus innerviert [23].

Die Kreuzbänder werden durch Äste des Nervus tibialis und des Ramus posterior nervi obturatorii innerviert. Sie bilden ein extrakapsuläres Nervengeflecht, das die Kapsel im dorsalen Bereich penetriert und über die Synovialmembran zum periligamentären Geflecht der Synovialgefäße zieht [3].

2.2.5. Funktionelle Anatomie und Biomechanik

Die Hauptfunktion des vorderen Kreuzbandes ist, die Tibia gegen eine Verschiebung nach vorne zu sichern [12, 84]. Am wirksamsten erfüllt das vordere Kreuzband diese Aufgabe bei einer Beugung zwischen 20° und 30°. Im Falle einer Durchtrennung des vorderen Kreuzbandes lässt sich die Tibia 5 - 10 mm nach vorne ziehen [84].

Des Weiteren wirken die Kreuzbänder als sekundäre Stabilisatoren bei Rotationen im Gelenk und in geringem Umfang auch gegen varische und valgische Kräfte. Das Kreuzband wirkt aber nicht nur passiv, sondern auch indirekt aktiv als Stabilisator. So kommen im Verankerungsbereich an Femur und Tibia sowie im subsynovialen Bindegewebe des vorderen Kreuzbandes zahlreiche Mechanorezeptoren vor. Histologisch zeigen sich Vater-Pacini-Körperchen, Ruffini-Körperchen sowie freie Nervenendigungen [36].

Die Propriozeptionrezeptoren in den Kreuzbändern haben für die Kinematik des Kniegelenkes große mechanische Bedeutung, da sie als Sensoren für die Gelenkstellung dienen und auf diese Weise den Tonus und die Aktivität der stabilisierenden Muskeln steuern. Sie sind die Voraussetzung für die Koordination von Bewegungsabläufen. Bei Patienten ohne Kreuzband fehlt der Reflex zur Anspannung der gelenkstabilisierenden, ischiokruralen Muskulatur [23, 36].

Funktionell werden am vorderen Kreuzband ein anteromediales und posterolaterales Bündel beschrieben [29]. Histologisch lassen sich diese jedoch nicht abgrenzen [64, 69].

Das vordere Kreuzband besteht aus einer Vielzahl kleiner Faserbündel, die von lockerem Bindegewebe unterteilt werden. Die einzelnen Faserbündel spannen sich bei verschiedenen Gelenkstellungen unterschiedlich an [17].

Bei maximaler Extension des Kniegelenkes sollen nach Amis und Dawkins [2] alle Bandteile gleichmäßig angespannt sein. Bei einer Beugung von ca. 30° kommt es zu einem Spannungsabfall, der in den hinteren Bandanteilen größer ist als in den anteromedialen Bandanteilen. Mit zunehmender Beugung nimmt die Torquierung, d.h. die Verdrehung, der Fasern und die Spannung zu, wobei kein Faserbündel ein isometrisches Spannungsverhalten aufweist [2].

2.2.6. Pathomechanik des insuffizienten vorderen Kreuzbandes

Der physiologische Bewegungsablauf des Kniegelenkes ist abhängig von der korrekten Länge und Spannung des vorderen und hinteren Kreuzbandes. Unter den Bandläsionen des Kniegelenkes dominiert bei weitem die Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Der Verlust dieses zentralen Führungselements führt zu einer pathologischen Kinematik des Knies [69].

Die pathologisch veränderte Kinematik des Knies äußert sich in einer vermehrten Bewegungsfreiheit des Tibiakopfes nach ventral sowie eines veränderten Bewegungsmusters der Tibia gegenüber des Femurs. Dabei kommt es bei jedem aktiven Streckvorgang durch ein Überwiegen der Quadrizepsmuskulatur zu einer ventralen Translation der Tibia [69, 49, 71].

Als Folge der vorderen Kreuzbandinsuffizienz werden die zum vorderen Kreuzband synergistisch wirkenden Strukturen überlastet. Dies betrifft das hintere Schrägband, das Semimembranosuseck und vor allem das mediale Meniskushinterhorn. Bei anhaltender Belastung kommt es oft zu Läsionen im Hinterhorn des medialen Meniskus [22].

Ein typisches Symptom und zugleich Untersuchungszeichen ist das pivot-shift Phänomen, das die Instabilität des Kniegelenkes nach vorderer Kreuzbandruptur gut charakterisiert. Die Patienten verspüren die Kreuzbandinsuffizienz als Wegknicken „giving-way“, klinisch lässt sich dies mit dem pivot-shift Test nachempfinden und testen.

Nicht jedes rupturierte oder insuffiziente vordere Kreuzband muss mit subjektiven Beschwerden einhergehen. In allen Studien mit Verlaufsbeobachtungen gibt es einen Prozentsatz völlig asymptomatischer Patienten, die über Jahre hinweg ein hohes Aktivitätsniveau halten konnten [49, 54]. Diese Patienten verfügen

wahrscheinlich über eine Kompensationsfähigkeit, die auf exzellente, propriozeptive Fähigkeiten und ein muskuläres Zusammenspiel zurückzuführen ist. Allerdings stellt sich die Frage, zu welchen gravierenden Folgeschäden die unbehandelte vordere Kreuzbandruptur führt, da trotz fehlender subjektiver Symptome eine veränderte Kinematik des Kniegelenkes vorliegt [49].

2.2.7. Folgeschäden der vorderen Kreuzbandinsuffizienz

Bei fortgesetzter hoher körperlicher Aktivität mit Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes kommt es nach 5 bis 10 Jahren mit großer Wahrscheinlichkeit zum Auftreten von Meniskusläsionen und Gelenkknorpelschäden [50]. Der Verlust eines Meniskus bedeutet aber gerade für das instabile Knie eine erhebliche weitere Beeinträchtigung und induziert obligat eine Arthrose des betroffenen, meist medialen Kompartiments [42, 50, 40].

Bei intensiver Fortsetzung sportlicher Aktivitäten muss mit Folgeschäden unbehandelter vorderer Kreuzbandrupturen gerechnet werden, die mit einer Meniskektomie von 10 bis 70% angegeben werden [31]. Hinzu kommt, dass im Laufe der Zeit die Instabilität nicht rückläufig, sondern zunehmend ist [31]. In der Folge wird das Aktivitätsniveau dieser Patienten abnehmen und somit deren Lebensqualität einschränken.

2.3. Epidemiologie und Traumatologie

Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes ist vor allem eine Verletzung des Sportlers und weist in den letzten Jahren eine deutliche Zunahme auf [71, 31, 28]. Besonders prädisponierte sportliche Betätigungen sind die so genannten „high-risk-pivoting“ Sportarten, wie zum Beispiel Fußball, Handball und Skifahren [31].

2.3.1. Epidemiologie

Aktuell wird die jährliche Inzidenz in den Industrieländern auf eine vordere Kreuzbandruptur je 1000 Einwohner geschätzt [72]. In den USA lag laut Fu die Prävalenz der vorderen Kreuzbandrupturen im Jahr 1999 bei einem von 3000 Amerikanern [24].

Sowohl Rupp als auch Fu sehen eine deutlich steigende Tendenz und machen auf den sozioökonomischen Aspekt aufmerksam, da es sich bei den Betroffenen überwiegend um jüngere Menschen in der Ausbildung oder mitten im Erwerbsprozess stehende Menschen handelt [72, 24].

2.3.2. Verletzungsmechanismus

Als klassische Unfallmechanismen gelten das Außenrotations - Flexions - Valgustrauma und das Hyperextensionstrauma.

Beim Außenrotations - Flexions - Valgustrauma wird der Oberschenkel gegen den fixierten Unterschenkel in einem meist langsamen Bewegungsablauf verdreht. Dieses Bewegungsmuster ist zum Beispiel bei vielen Ballsportarten und beim Skisport zu finden. Das Hyperextensionstrauma als Folge einer Landung nach einem Sprung in flachem Gelände mit überstrecktem Hüft- und Kniegelenk wird als „boot-induced-acl-ruptur“ definiert. Ein anderer Verletzungsmechanismus kann bei einer Landung mit flektiertem Knie erfolgen, wobei es zu einer Läsion des vorderen Kreuzbandes durch den Bremseinsatz des Quadrizeps als Antagonist des vorderen Kreuzbandes kommt [47].

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes kann an drei Stellen erfolgen. Diese sind der proximale Übergang von Knochen und Ligament, der distale Tibiabandansatz und der intraligamentäre Bereich. Noyes et al. fanden folgende Häufigkeiten in Bezug auf die Rupturlokalisierung. 70 - 80% der Rupturen fanden im intraligamentären Bereich, 20% im proximalen Knochen - Ligament - Übergang und 2% am distalen Ligamentansatz statt [60]. In ca. 60% der Fälle handelte es sich um eine Kombination von Meniskus- und Bandverletzung [41, 47].

2.4. Diagnostik

Am Anfang jeder Diagnostik stehen trotz aller apparativer Diagnoseverfahren die Anamnese und die klinische Untersuchung.

Die klinische Untersuchung, die einer detaillierten Anamneseerhebung folgen sollte, ist bei einer frischen Kreuzbandruptur eine schwierige Aufgabe [47]. Ein erfahrener Untersucher kann bei einem kooperativen Patienten unter idealen Bedingungen die Ruptur des vorderen Kreuzbandes durch die klinische Untersuchung diagnostizieren. Leider sind diese drei Voraussetzungen in der Praxis selten gegeben [28].

2.4.1. Anamnese

Die Erhebung der Anamnese und der speziellen Unfallanamnese stehen am Beginn der Diagnostik und ermöglichen es dem Untersucher, ein gezieltes Untersuchungsschema auszuarbeiten. Die Anamnese grenzt häufig die verletzten Strukturen stark ein [47].

Hierbei sollte erfragt werden, wie der genaue Traumamechanismus war, ob der Unfall absehbar war und somit die Muskulatur reflektorisch angespannt werden konnte. Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist dann eher unwahrscheinlich, da die angespannte Muskulatur rechtzeitig eingesetzt wird und so die Einwirkung der Kraft nicht in vollem Umfang ligamentär abgefangen werden muss.

2.4.2. Klinische Untersuchung

Am Anfang der Untersuchung wird im Falle einer frischen Verletzung die Sensibilität, Spontanmotorik sowie die Durchblutung der gesamten verletzten Extremität überprüft. Nach der orientierenden Befundaufnahme sollte mit der Inspektion des betroffenen Kniegelenkes im Vergleich zur Gegenseite begonnen werden. Hierbei prüft der Untersucher, ob eine Schwellung, Rötung, Quadrizepsatrophie oder äußere Verletzung besteht. Anschließend können durch vorsichtige Palpation Druckschmerzpunkte lokalisiert, ein Erguss nachgewiesen

oder eine Überwärmung gefühlt werden. Dann werden gezielt die Schmerzpunkte verletzungsanfälliger Strukturen palpiert.

Durch das Ausstreichen des Recessus suprapatellaris mit einer Hand und Palpation der Patella mit der anderen Hand lassen sich Ergussmengen bereits ab 15 - 20 ml nachweisen [41, 47]. Eine Schwellung in den ersten 2 Stunden nach dem Unfallereignis deutet auf ein Hämarthros hin. Ein Hämarthros bedeutet eine signifikante Knieverletzung bis zum Beweis des Gegenteils [31].

Nach der Untersuchung von Noyes (85 Kniegelenke) ist die Ursache des Hämarthros in 76% eine vordere Kreuzbandläsion, in 62% eine Meniskusläsion und in 20% eine femorale chondrale Fraktur [60]. Eine Schwellung 12 - 24 Stunden nach dem Trauma deutet auf einen reaktiven, synovialen Erguss hin. Bei Verdacht auf eine Kniebandverletzung wird vor der Bandstabilität die aktive Beweglichkeit des verletzten Kniegelenkes bis zur Schmerzgrenze geprüft und nach der Neutral-Null-Methode dokumentiert. Bei der isolierten vorderen Kreuzbandläsion finden sich meist ein Streckdefizit von 10 - 20° und eine Beugung bis maximal 80 - 90° [39].

Um angeborene Bandlaxitäten vor allem bei Kindern und Jugendlichen auszuschließen, sollte die Stabilität immer im Seitenvergleich geprüft werden und typische Zeichen einer allgemein erhöhten Laxität anderer Gelenke miterfasst werden.

Wird zunächst die unverletzte Extremität untersucht, kann sich der Patient ein Bild über den Untersuchungsablauf machen und wird somit nicht unvorbereitet mit einer zumindest leicht schmerzhaften Untersuchung konfrontiert [47].

2.4.3. Klinische Instabilitätstests

Lachman und Torg haben 1976 die vordere Schublade in Strecknähe beschrieben [47]. Dieses heute als Lachman - Test bezeichnete Manöver ist hoch signifikant für die Ruptur des vorderen Kreuzbandes und ist auch dann möglich, wenn ein begleitendes Hämarthros eine Kniebeugung bis nahe 90° verhindert. In klinischen Serien war der Lachman - Test auch bei frischen Verletzungen in mehr als 90% der Fälle ohne Narkose auslösbar und gilt daher als sensitivste Untersuchung in der vorderen Kreuzbanddiagnostik [50, 31].

Der Test ist dann positiv, wenn sich die Tibia nach vorne verschieben lässt. Er wird in die Grade einfach positiv (+; 0 - 5 mm), zweifach positiv (++; 5 - 10 mm) und dreifach positiv (+++; > 10 mm) unterteilt. Außerdem wird in einen weichen und harten Anschlag unterschieden [82].

Die vordere und hintere Instabilität manifestiert sich bei der Untersuchung als pathologische Bewegungsfreiheit der Tibia in der Sagitalebene. Die Untersuchung wird klassischerweise bei 90° Flexion durchgeführt. Dabei kann der Ausgangspunkt für den Schubladentest verschieden weit anterior oder posterior liegen. Bei einer vorderen Instabilität besteht eine normale Mittellage des Femurs zur Tibia, bei der hinteren Instabilität liegt der Tibiakopf in der 90° Flexion aufgrund der Schwerkraft in einer pathologischen hinteren Ruhestellung [82]. Aus diesem Grund ist jede vordere Schublade erst dann eine vordere Schublade, wenn eine hintere Schublade ausgeschlossen ist [47, 21]. Die durch die vordere Schublade hervorgerufene Auslenkung der Tibia in der Sagitalebene wird in einfach positiv (0 - 5 mm), zweifach positiv (5 - 10 mm) und dreifach positiv (> 10 mm) graduiert [82].

1972 erschien die heute noch gültige Beschreibung des pivot-shift Phänomens von Galway, Beaupré und McIntosh [41]. Bei diesem kommt es zu einer schmerzhaften vorderen Reposition der Tibia, wenn das gestreckte Knie unter Ausübung einer Valguskraft, leichter Innenrotation und axialem Druck gebeugt wird. Das Gelenk subluxiert vor allem im lateralen Kompartiment. Die Reposition der Subluxation wird bei 20 - 30° Beugung erreicht. Übersteigt die Flexion 30°, kommt es zu einer ruckartigen Reposition durch den Zug des Tractus iliotibialis, der hinter die Beugeachse gleitet und die Flexion und Außenrotation begünstigt. Der Tractus iliotibialis drückt bei diesem Flexionswinkel die laterale Kondylenrolle auf der Tibia nach hinten. Da der Femur diese schnelle Bewegung nicht mitmachen kann, springt die Tibia gegenüber dem Femur zurück [71, 82].

Der Varus- und Valgusstreß geben Aufschluss über die mediale und laterale Aufklappbarkeit des Kniegelenkes. Der Varusstreß prüft die laterale Stabilität, während der Valgusstreß die mediale Stabilität untersucht. Die Fingerspitzen des Untersuchers befinden sich in Höhe des Gelenkspaltes und prüfen bei der Stressbewegung die Aufklappbarkeit der jeweiligen Seite. Diese Prüfung des Seitenbandapparates sollte in 20° Flexion und voller Streckung erfolgen. In der vollen Streckung ist ein seitliches Aufklappen nicht möglich, selbst wenn das mediale Seitenband rupturiert ist, solange die hintere Kapsel und die Kreuzbänder intakt sind. In 20° Flexion ist die posteriore Kapsel entspannt, durch den Valgusstreß wird in dieser Position das mediale Seitenband isoliert und eindeutiger geprüft [31].

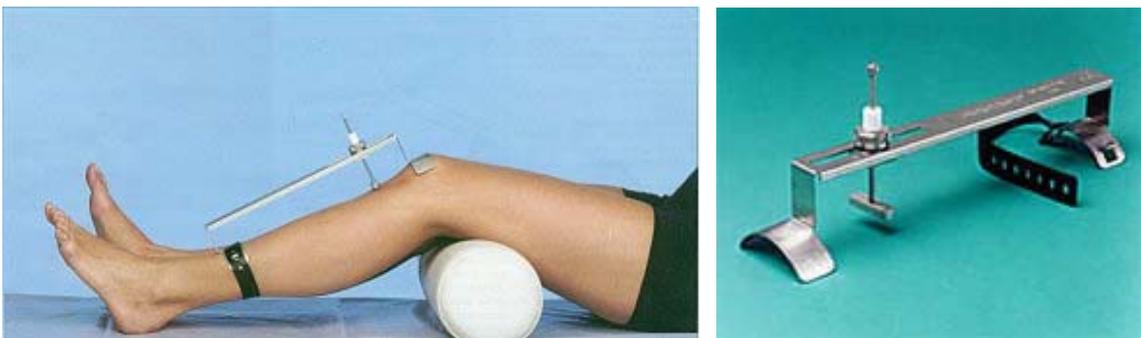
2.4.4. Instrumentelle Instabilitätstests

Es gibt eine Reihe von apparativen Tests, die zum Ziel haben, die Laxität des Kniegelenkes zu quantifizieren. Hierbei handelt es sich um extern an den Unterschenkel und Knie angebrachte Messvorrichtungen, die eine objektive und reproduzierbare Messung der Instabilität erlauben [27, 6].

Stellvertretend für die Vielzahl von Testapparaten wird hier das Rolimeter erläutert, da dieses Gerät bei der vorliegenden Arbeit zur Messung der ventralen Translation Anwendung fand.

Der Rolimeter (Aircast, Europe ©) ist ein Gerät zur Messung der vorderen und hinteren Knieinstabilität. Er ist einfach zu bedienen, tragbar und kann sterilisiert werden. Der Rolimeter wird mit einem verstellbaren Gummiband am distalen Unterschenkel des Patienten so fixiert, dass die gebogene proximale Platte zentral auf der Patella liegt. Die Platte wird mit einer Hand des Untersuchers fixiert. Die Schiebelehre wird auf die Tuberositas tibiae gelegt. Die andere Hand übt eine ventrale Translation in 20° Flexion aus. Dabei verschiebt sich die Lehre und kann in 2 mm Skalierung abgelesen werden.

Rolimeter¹



Die Studien von Ganko et al. und Balasch et al. zeigten im direkten Vergleich zwischen dem Rolimeter und dem KT - 1000 Arthrometer keine signifikanten Unterschiede in der Messgenauigkeit, jedoch einen signifikanten Unterschied beim Vergleich der instrumentellen zur manuellen Messmethode [27, 6].

¹ http://www.beckers-dres.de/allgemeine_Orthopaedie/Kreuzbandrupturen/kreuzbandrupturen.html

2.5. Bildgebende Verfahren

2.5.1 Röntgendiagnostik

Zur Abklärung knöcherner Bandausrisse und osteochondraler Frakturen muss eine Röntgenuntersuchung des Gelenkes in drei Ebenen erfolgen. Bei Bandinstabilitäten sowie zur Differentialdiagnose einer Osteochondrosis dissecans kann eine Tunnelaufnahme nach Frick vorgenommen werden, um den Interkondylärraum zu beurteilen [47, 39]).

Die Durchführung gehaltener Aufnahmen zur Dokumentation und Quantifizierung der ligamentären Instabilität ist aufgrund der Schmerzen meist nur bei chronischen Instabilitäten möglich. Kollaterale Instabilitäten werden mit gehaltenen Aufnahmen in 0° und 30° Flexion dokumentiert. In der sagitalen Ebene werden gehaltene Aufnahmen als vordere und hintere Schublade strecknahe und in 90° angefertigt [47].

Die Arthrographie und Computertomographie haben sich bei Rupturen des vorderen Kreuzbandes wegen der zu geringen Treffsicherheit und des zu großen finanziellen und zeitlichen Aufwandes nicht bewährt [50].

2.5.2. Sonographie

Zuverlässige und reproduzierbare direkte sonographische Darstellungen des vorderen Kreuzbandes sind in physiologischen Kniegelenkstellungen praktisch nicht möglich. Das vordere Kreuzband ist von ventral nur in maximaler Beugung des Gelenkes darstellbar, weshalb diese Untersuchungstechnik bei verletzten Kniegelenken nur schwer durchführbar ist [28].

Neuere Studien zeigen, dass die Ultraschalluntersuchung zur Diagnose der akuten Ruptur mit den indirekten Rupturzeichen echoarme femorale Ansatzzone, s - förmiger Bandverlauf und Protrusion der hinteren Kapsel, eine höhere Sensivität und Spezifität aufweist als die klinische Untersuchung [25, 74]. Dennoch ist die Sonographie bis heute kein gängiges Verfahren für die Kreuzbanddiagnostik.

2.5.3. Kernspintomographie

Die Kernspintomographie ist zurzeit der Goldstandard als bildgebendes Verfahren bei akuter oder chronischer Kreuzbandruptur. Sie ermöglicht eine exzellente Beurteilung des vorderen und hinteren Kreuzbandes sowie möglicher meniskaler, chondraler oder knöcherner Begleitverletzungen. Hierbei werden Sequenzen in drei Ebenen und verschiedenen Wichtungen gefahren, um eine ausgewogene und differenzierte Diagnostik des Kreuzbandes und der Begleitstrukturen zu betreiben. Knorpel- und Knochenschäden werden problemlos miterfasst. Dies betrifft vor allem frische Verletzungen, so genannte „bone bruise lesions“.

In der sagitalen Schichtführung kann das intakte vordere Kreuzband im ganzen Verlauf gut dargestellt werden [56, 47].

Die Diagnose der Ruptur erfolgt an Hand von direkten Zeichen (Tabelle 1) oder indirekten Zeichen (Tabelle 2), welche aus der vorderen Instabilität resultieren, erfolgen [47].

Tabelle 1: Direkte Zeichen einer VKB Ruptur im MRT (Abb. 2a und 2 b)

- Signalanhebung der Bandstruktur in T2
- Unschärf begrenzte Bandaufreibung
- Hämatom/ Ödem in der Umgebung
- Kontinuitätsunterbrechung des Bandes
- Wellige Struktur
- Fehlende Darstellbarkeit
- Verlagerung der Bandenden

Tabelle 2: Indirekte Zeichen einer VKB Ruptur im MRT (Abb. 2a und 2b)

- Vermehrte Abwinkelung (kinking) des hinteren Kreuzbandes
- Dorsale Dislokation des lateralen Meniskus über die hintere Begrenzung des Tibiakopfes hinaus
- Anteriore Luxation der Tibia

- Begleitende Knochenkontusion des lateralen Femurkondylus und der dorsolateralen Tibia
- Lateral femoral nodge sign (= Osteochondrale Impressionsfraktur am lateralen Femurkondylus)
- Ödem am ligamentären Ansatz und Ursprung



Abb. 2a VKB - Ruptur



Abb. 2b HKB - kinking

2.5.4. Arthroskopie

Die Arthroskopie dient als invasive Diagnostik zur direkten Darstellung des vorderen Kreuzbandes. Der entscheidende Vorteil besteht darin, eine gleichzeitige, operative Sanierung anzuschließen. Weitere Vorteile gegenüber anderen bildgebenden Verfahren sind, dass die Arthroskopie farbige Bilder ermöglicht und eine funktionelle Beurteilung des Kniegelenkes mittels dynamischer Untersuchung unter Sicht erlaubt. Die Palpation des vorderen Kreuzbandes mit dem Tasthaken ist obligatorisch, damit auch interstitielle Verletzungen des Bandes im Synovialschlauch erkannt werden. Diese könnten sich ansonsten der direkten Anschauung entziehen [49].

2.6. Therapeutische Möglichkeiten

2.6.1. Konservative Behandlungsmethoden

Die konservative Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur ist trotz der möglichen operativen Versorgung nicht obsolet.

Bestimmte Indikationen wie z. B. die Ablehnung der Operation durch den Patienten, ein erhöhtes Lebensalter (> 60) mit eingeschränkter Aktivität und stark fortgeschrittener Arthrose rechtfertigen die konservative Therapie [87].

Diese besteht vornehmlich aus Krankengymnastik. Bei einer ausgeprägten Instabilität kann zusätzlich die Anlage einer stabilisierenden Knieorthese erfolgen. Die Krankengymnastik sieht das Training der Muskulatur zur besseren Stabilisierung und Führung des Kniegelenkes vor. Zum einen sollte ein Quadrizepstraining erfolgen. Besonders muss jedoch die ischiokrurale Muskelgruppe (Mm. biceps femoris, semitendinosus und semimembranosus) als Gegenspieler der ventralen Translation der Tibia gut und regelmäßig trainiert werden [59, 87].

Studien aus den achtziger Jahren zeigen, dass konservativ behandelte Sportler mit einer vorderen Kreuzbandruptur schneller wieder den Sport ausüben konnten als bei einer operativen Behandlung [59]. Deshalb wurde die Indikation zur operativen Versorgung bis vor einigen Jahren nur bei komplexen Instabilitäten und knöchernen Begleitverletzungen gestellt [59, 87].

2.6.2 Möglichkeiten der operativen Versorgung

Heutzutage setzt die Indikation zur operativen Therapie voraus, dass die Funktion des Gelenkes verbessert und Folgeschäden vermieden werden [72].

Die Auswertung von Verlaufstudien zur Spontanprognose ergibt ein hohes Risiko für Sekundärschäden des Gelenkes, sofern der Patient ein hohes körperliches Aktivitätsniveau beibehält [86, 43].

Die große Bandbreite an Alternativen und Techniken bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes lässt sich in drei grundsätzliche Möglichkeiten

untergliedern: die direkte Bandnaht, die Naht mit Augmentation und die Bandrekonstruktion [86].

Bei der Kreuzbandrekonstruktion kommen bevorzugt autologe Strukturen zur Anwendung, die durch Arthrotomie oder wie heute üblich, arthroskopisch assistiert, eingebracht werden.

Als autologer Kreuzbandersatz haben sich vor allem folgende Sehnen bewährt:

- *Mittleres Drittel aus der Patellarsehne als Knochen-Sehnen-Transplantat (BPTB)*

Die Verwendung der Patellarsehne mit einem tibialen und patellaren Knochenblock als Kreuzbandersatz wurde erstmals von Jones und Brückner beschrieben [44, 10].

Die Reißfestigkeit des Patellarsehnentransplantates variiert je nach Literatur und getesteter Sehnenbreite zwischen 1700 N und 2900 N [86].

- *4fache Semitendinosus- und Gracilissehnen (Hamstrings)*

Von Cho und Lindemann stammt die erste Beschreibung eines Kreuzbandersatzes mit den Pes anserinus Sehnen. Sie verwendeten die Semitendinosussehne und/oder die Gracilissehne als Doppel- oder Dreifachschlinge distal oder proximal gestielt [16, 48].

Die Gracilis- und Semitendinosussehnen finden heutzutage meist zusammen ihren Einsatz als 4fach Schlinge aufgrund der höheren Reißfestigkeit [81]. Die Semitendinosus-/Gracilissehnen Transplantate (4fach-Schlinge) liegen mit etwa 4100 N weit über der Reißfestigkeit des nativen Kreuzbandes [86, 81].

- *Zentraler Anteil der Quadrizepssehne mit oder ohne patellarem Knochenblock*

Die Quadrizepssehne kann mit oder ohne Knochenblock aus der Patella eingebracht werden [26]. Die Quadrizepssehne hat jedoch - trotz eines

größeren Gewebedurchschnitts - mit etwa 2350 N keine wesentlich höhere Reißfestigkeit [86, 26].

Die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen autologen Transplantatgewebe sind jeweils ausreichend, um das vordere Kreuzband sicher zu ersetzen. Die Kriterien der Transplantatauswahl sollten sich deshalb vielmehr an den Bedürfnissen und morphologischen Gegebenheiten des Patienten orientieren [86].

Neben den autologen Transplantaten finden auch allogene Sehnen ihren Einsatz in der Kreuzbandchirurgie. Die BPTB, Hamstrings und andere Sehnen sind als „fresh-frozen“ Präparate (-80°C) erhältlich. Tierexperimentelle Studien haben gezeigt, dass Allografts biologisch integriert werden und keine überschießenden Fremdkörperreaktionen auslösen [38]. Es wird jedoch davon ausgegangen, dass Allografts einem verlängerten Umbau- (Remodeling-) Prozess unterliegen [86]. Aufgrund neuer Gesetzgebungen, die in Deutschland für jedes Allograft einen negativen Virusnachweis (HBV, HCV, HIV) mittels „polymerase chain reaction“ (PCR) fordern, ist das Risiko einer Virusübertragung fast gleich null [86]. Eine weitere Gruppe sind die Xenografts. Xenotransplantate sind artfremde, tierische Transplantate (u.a. speziell präparierte Kälbersehnen). Die „fresh-frozen“ Transplantate und Xenografts stellen eine verlockende Alternative bzw. Zukunftsperspektive in der Kreuzbandchirurgie dar [83].

Als synthetischen Materialien für den Bandersatz oder für die Augmentation des vorderen Kreuzbandes kamen die verschiedensten Produkte zum Einsatz. Keines der synthetischen Bandersatzmaterialien konnte sich durchsetzen. Das Problem der mangelnden Dauerfestigkeit hat sich nicht endgültig lösen lassen. Die im letzten Jahrzehnt vielfach verwendeten Dacron-, Gore-Tex- und Karbonfasern oder das Kennedy L.A.D. (Ligament augmentation device) haben die in sie gesetzte Erwartungen nicht erfüllt. Zwar weisen sämtliche Fasern eine relativ hohe Reißfestigkeit auf, jedoch um den Preis einer extrem hohen Materialsteife der Dacronfasern, eines relativ hohen Durchmessers der Gore-Tex- Fasern oder die Freisetzung aggressiver Abbauprodukte der Karbonfasern [86, 49].

Außerdem sind Kunstbänder als Kreuzbandersatz immer nur so gut wie ihre Fixation. Sobald diese sich auslockert, wird das Transplantat insuffizient, da eine Osteointegration nicht erfolgt. Die Verwendung von Kunstbändern in der Kreuzbandchirurgie ist zugunsten von autologem Sehnenmaterial praktisch vollständig aufgegeben worden [86].

In dieser Studie wurden die Patienten ausschließlich mit dem mittleren Patellarsehnentransplantat versorgt. Als Nachteil des mittleren Patellarsehnentransplantates wird oft die Morbidität an der Entnahmestelle angeführt [58, 53, 1]. Die Angaben in der Literatur über persistierende Beschwerden im Bereich der Entnahmestelle liegen laut Müller et al. zwischen 19 und 60% [58]. Ursächlich für die Beschwerden sollen das Entnahmetrauma mit Verkürzung der Patellarsehne, eine veränderte Biomechanik, ein propriozeptives Defizit sowie frühzeitige retropatellare degenerative Veränderungen sein [58]. In der Studie von Müller et al. zeigt sich jedoch, dass die Zahl der Patienten, die durch vordere Knieschmerzen eingeschränkt sind, gering ist. Das Knien bereitete den Patienten mit Patellarsehnentransplantat jedoch deutliche Beschwerden, so dass bei Patienten mit einer knienden Tätigkeit eine alternative Transplantatauswahl wie zum Beispiel die Semitendinosussehne in Erwägung zu ziehen ist [58, 53].

2.7. Rehabilitation

Die Rehabilitation nach einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion wird in der deutschsprachigen Literatur nach zwei verschiedenen Rehabilitationsschemata durchgeführt: nach der individuell angepassten Rehabilitation oder der zeitlich bestimmten Rehabilitation [55, 68]. Dabei sollte berücksichtigt werden, dass die Immobilisierungsphase von kurzer Dauer ist und die Bandheilung nicht durch mechanische Überlastung gefährdet ist [39].

1. Die individuell angepasste Rehabilitation beinhaltet ein den Fähigkeiten des Patienten angepasstes Schema. Zum Erreichen der nächsten Rehabilitationsstufe müssen bestimmte Kriterien wie Bewegungsausmaß, Kraftpotential, Schwellungsrückgang und sensomotorische Kontrolle des Gelenkes erfüllt sein. Zusätzlich unterscheidet dieses von Meyer u. Biedert gestaltete Konzept zwischen Breitensportlern mit dem Hauptziel der Wiedereingliederung in den Berufsalltag und Leistungssportlern mit einer zielgerichteten, sportartspezifischen Therapie zur schnellen Reintegration in die Sportart [55].

2. Die zeitlich bestimmten Rehabilitationsschemata werden meisten in Phasen mit klar festgelegten Zeiten eingeteilt, wobei bestimmte prä- und postoperative Ziele verfolgt werden [68].

Als Beispiel wird das aktuelle Frankfurter Rehabilitationsschema nach VKB – Plastik dargestellt, welches in Zusammenarbeit mit der Physiotherapie - Abteilung der Orthopädischen Universitätsklinik Frankfurt a.M. erarbeitet wurde.

Frankfurter Nachbehandlungsschema

OP - 1. postoperativer Tag

- Lagerung in Streckung
- Thromboseprophylaxe (Anleitung zur selbständigen Übung), Nach Entfernen der Redondrainagen, Aufstehen mit UA Gehstützen mit Sohlenkontakt
- Funkt. Quadrizepstraining und Kontrolle im geschlossenen System (Theraband)
- Kein isoliertes Quadrizepstraining (nicht aus der Flex. in die Ext.)

Ab dem 2. postoperativen Tag

- CPM - Schiene im schmerzfreien Bereich
- Lymphdrainage, wenn erforderlich
- Patellamobilisation in alle Richtungen
- Aktives Training der Flex. (0-0-90°) für 4 Wochen
- Detonisieren der Flexoren
- Koordinationstraining, Propriozeptionstraining

3. - 7. postoperativer Tag

- Anleitung zum Selbstüben
- Rumpfstabilisation
- Beinachsentraining auf labilen Untergrund in Teilbelastung
- Übergang in den 4-Punkte Gang erlaubt, bei reizfreiem Knie und erreichter 0°-Stellung

8. - 14. postoperativer Tag

- Vollbelastung nur nach Kontrolle des Fangbildes durch den Therapeuten (bei stabilisierter Extension im Knie)
- Langsame Sidesteps mit Gewichtsverlagerung
- Weitere Verbesserung des intra- und intermuskulärem Zusammenspiels unter Anweisung des Therapeuten
- Weiterführen des Koordinations- und Propriozeptionstrainings

3. - 4. postoperative Woche

- s.o. mit steigender Belastung bei reizfreiem Knie

5. - 6. postoperative Woche

- Radergometer, wenn Knieflex. $> 100^\circ$ mit Führungswiderstand
- Aquajogging, Schwimmen mit Kraulbeinschlag
- Stabilisationstraining im Einbeinstand möglich

7. - 12. postoperative Woche

- Knieflex. weiter verbessern ($130-0-0^\circ$)
- Fortführen des bisherigen Trainings bei Reizfreiheit (Kraft - Koordination - Ausdauer)
- Einbeinig, gestützte Kniebeugen und side-by-side steps
- Beginn mit Laufband ab der 8. Woche bei ausreichender Koordination

ab der 16. postoperativen Woche

- Beginn mit dem Lauftraining, kontrolliert auf ebenem Boden, zunehmend steigern
- Gehen und Laufen auf der Stelle mit Richtungswechsel
- Radfahren auf der Ebenen

ab ca. 6 Monaten

- Beginn mit Sportaktivitäten in Abhängigkeit von der erreichten koordinativen Fähigkeit, der Kraftentwicklung, der Bewegungsfreiheit und nach Rücksprache mit dem Arzt
- Weiterer Muskelaufbau für 1 Jahr durch Physiotherapie und Training
- Der Arzt sollte bei Ergussbildung, zunehmendem Streckdefizit, sowie bei unklaren Bewegungseinschränkungen aufgesucht werden.

CAVE! Keine Stabilitätsprüfung (z.B. Lachman - Test) für 8 Wochen
 Kein Beincurler für Quadrizepstraining

3. Fragestellung

In dieser Studie wurden 74 Patienten, die eine arthroskopisch assistierte vordere Kreuzbandrekonstruktion mit freiem Ligamentum patellae Transplantat in Einkanaltechnik erhielten, nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 9 Jahren und 4 Monaten (113 Monate) nachuntersucht.

In Bezug auf die arthroskopische Operationstechnik existieren in der Literatur kaum vergleichbare Studien, in denen der Nachuntersuchungszeitraum als langfristig mit fast 10 Jahren anzusehen ist.

Bei der Nachuntersuchung wurden neben der Stabilitätsprüfung subjektive und objektive Befunde, funktionelle Tests sowie die röntgenologische Beurteilung der Arthroseentwicklung gemäß des IKDC - Evaluationsblattes, des Lysholm - Scores und der Tegner - Aktivitätsskala bewertet. Aufgrund des langfristigen Charakters der Studie wurde besonders auf die Untersuchung der Arthroseentwicklung Wert gelegt. Zusätzlich erfolgte die differenzierte Betrachtung der Aktivität und der Beschwerdesymptome unter Berücksichtigung der Morbidität an der Transplantatentnahmestelle.

Folgende Fragen sollen mit dieser Arbeit beantwortet werden:

1. Wie ist die Stabilität der operierten Kniegelenke nach 10 Jahren?
2. Wie ist die Patientenzufriedenheit nach 10 Jahren hinsichtlich
 - der Funktion?
 - der Aktivität?
 - der Beschwerden?
3. Konnten Sekundärschäden durch die Operation vermieden werden?
4. Konnte eine frühzeitige Arthroseentwicklung vermieden werden?

4. Material und Methode

Vom 1.1.1989 bis 31.12.1992 wurden in der Orthopädischen Universitätsklinik in Frankfurt am Main 236 Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur operativ behandelt. 183 Patienten wiesen die für diese Studie geltenden Kriterien auf:

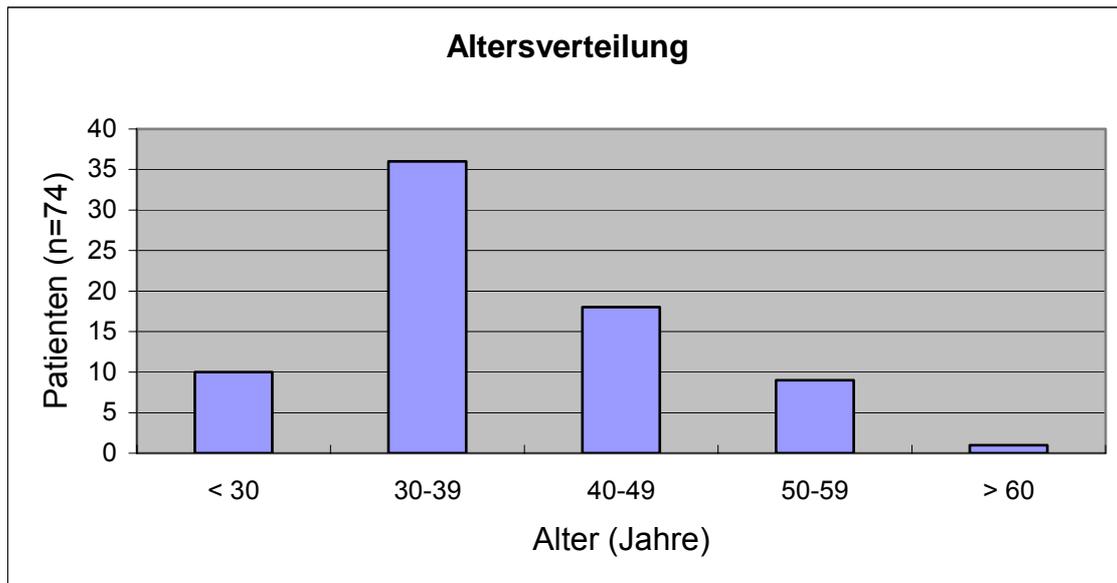
1. Kreuzbandruptur chronisch oder akut
2. Kreuzbandruptur isoliert oder mit Meniskusläsion
3. Versorgung mit einem Knochen-Sehnen-Knochen Transplantat mit dem mittleren Drittel des Ligamentum patellae in arthroskopischer Einkanaltechnik

Im Rahmen dieser Studie wurden insgesamt 176 Patienten angeschrieben, von denen 98 einen beantworteten Fragebogen zurückschickten. 18 Patienten konnten an der Untersuchung nicht teilnehmen und 6 Patienten erfüllten nicht mehr die oben genannten Untersuchungskriterien. Somit beläuft sich die Anzahl der Patienten, die befragt, klinisch und radiologisch untersucht wurden auf 74.

4.1. IKDC Dokumentation

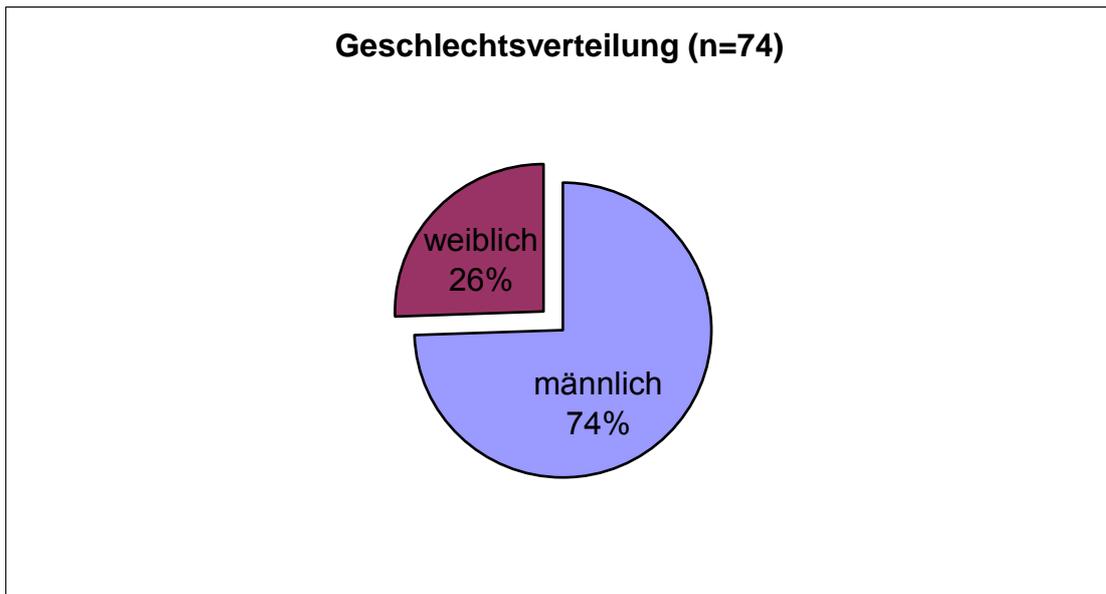
4.1.1. Alter

Die Altersverteilung der nachuntersuchten Patientengruppe lag zwischen 24 und 60 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 38 Jahre.



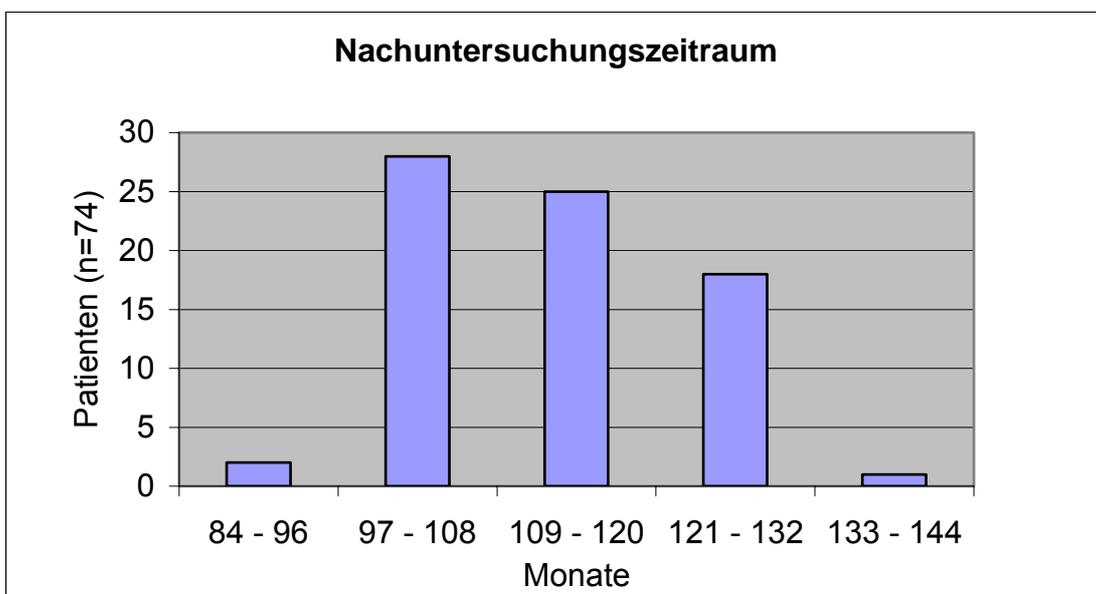
4.1.2. Geschlecht

55 (74%) der nachuntersuchten Patienten sind männlichen und 19 (26%) weiblichen Geschlechts.



4.1.3. Nachuntersuchungszeitraum

Von April 2000 bis Oktober 2000 wurden 74 Patienten in einem durchschnittlichen Zeitraum von 113 Monaten nachuntersucht. Der kürzeste Nachuntersuchungszeitraum betrug 94, der längste 137 Monate.



4.1.4. Unfallursache

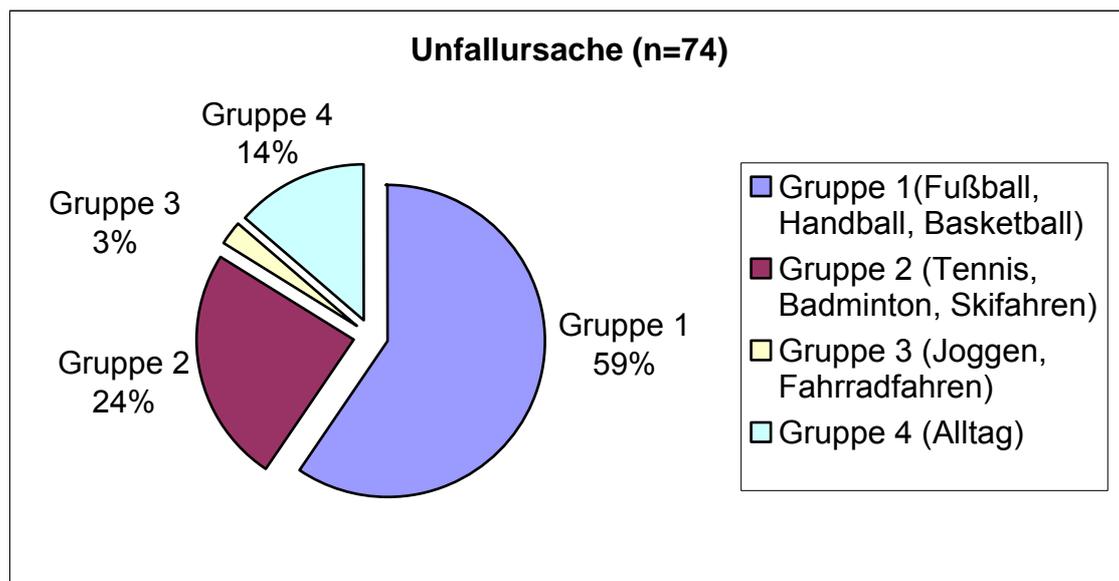
Die Unfallursache wurde in vier Gruppen eingeteilt.

Gruppe 1: Sie besteht aus 44 Patienten (59%). Sie betrieben Sportarten auf höchstem Aktivitätsniveau, d. h. mit direktem Gegenspieler, starker Belastung und Drehung im Kniegelenk.

Gruppe 2: 18 Patienten (24%) verletzten sich bei Sportarten mit Drehung im Kniegelenk, aber ohne direkten Gegenspieler.

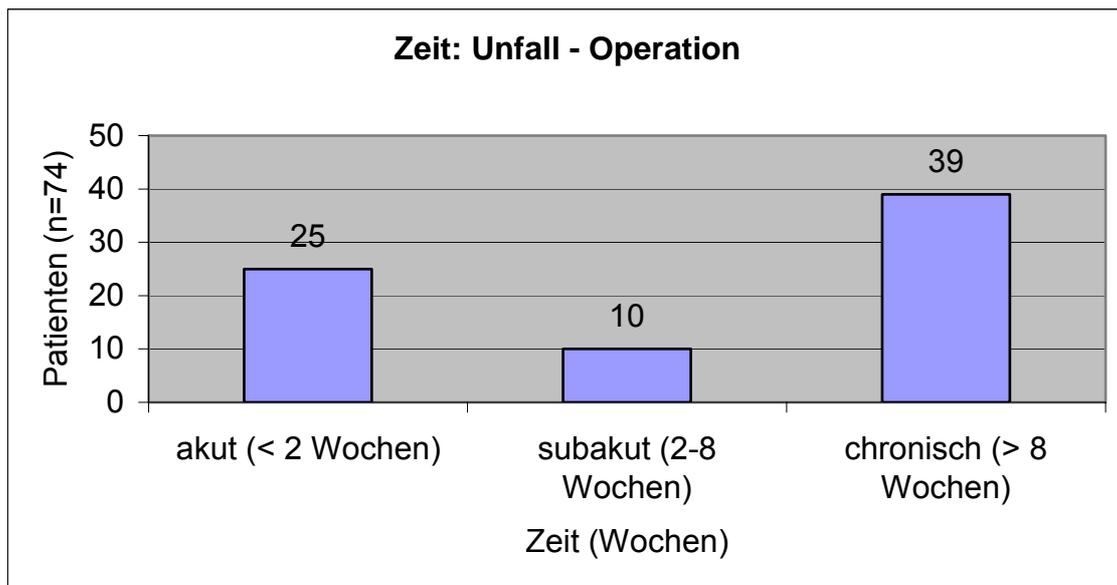
Gruppe 3: Zwei Patienten (3%) verletzten sich bei Sportarten ohne Drehung im Kniegelenk und ohne Gegenspieler.

Gruppe 4: 10 Patienten (14%) erlitten eine Kreuzbandruptur bei Alltagsaktivitäten.

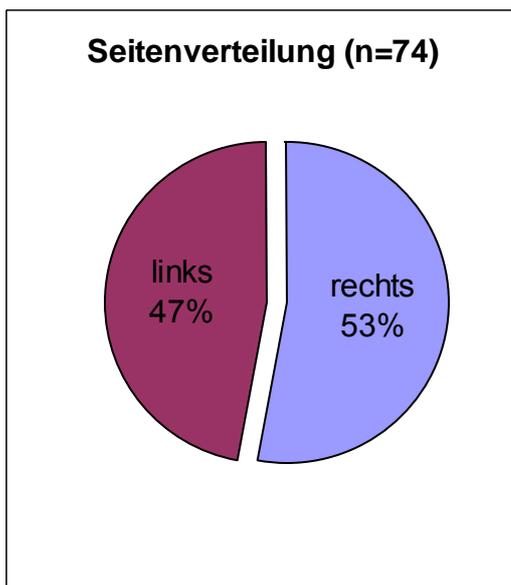


4.1.5. Zeit zwischen Unfall und Operation

Der Zeitraum zwischen dem Unfall und der Rekonstruktion war bei 25 Patienten (34%) akut und bei 10 weiteren Patienten (14%) subakut. Bei den restlichen 39 Patienten (53%) bestand ein längerer Zeitraum zwischen Unfall und Operation.



4.1.6. Betroffenes Knie



Von den 74 Patienten wurden 35 (47%) am linken Knie und 39 (53%) am rechten Knie operiert.

Drei der 98 befragten Patienten erlitten eine traumatische Ruptur des Transplantates. Diese Patienten wurden von der Nachuntersuchung ausgeschlossen. 13 Patienten erlitten auf der Gegenseite ein Trauma, wobei vier von ihnen mit einer vorderen Kreuzbandplastik (Ligamentum patellae) versorgt wurden.

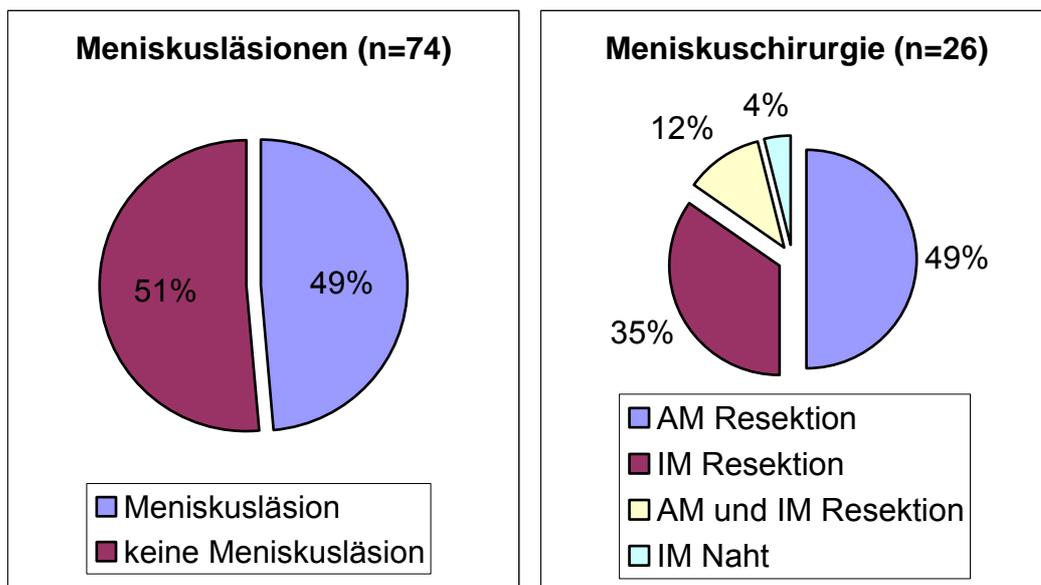
4.1.7. Zustand der Menisci

38 Patienten (51%) erlitten eine isolierte Ruptur. 36 Patienten (49%) hatten zum Zeitpunkt der Operation einen Meniskusschaden.

Von diesen 36 Patienten mit Meniskusschaden waren 10 Patienten am Meniskus auswärts voroperiert, bevor sie ihr Kreuzband rupturierten.

Die restlichen 26 Patienten (35%) erlitten eine vordere Kreuzbandruptur und eine Meniskusläsion. Es wurden neun mediale, 13 laterale und drei medial und laterale Teilmeniskektomien durchgeführt. Bei einem Patienten konnte der Innenmeniskus genäht werden.

In fünf Fällen wurde im Nachuntersuchungszeitraum eine Meniskus chirurgie durchgeführt, wobei vier Patienten bereits am Meniskus voroperiert waren und einer zuvor keinen Meniskusschaden hatte.



4.1.8. Aktivitätsniveau

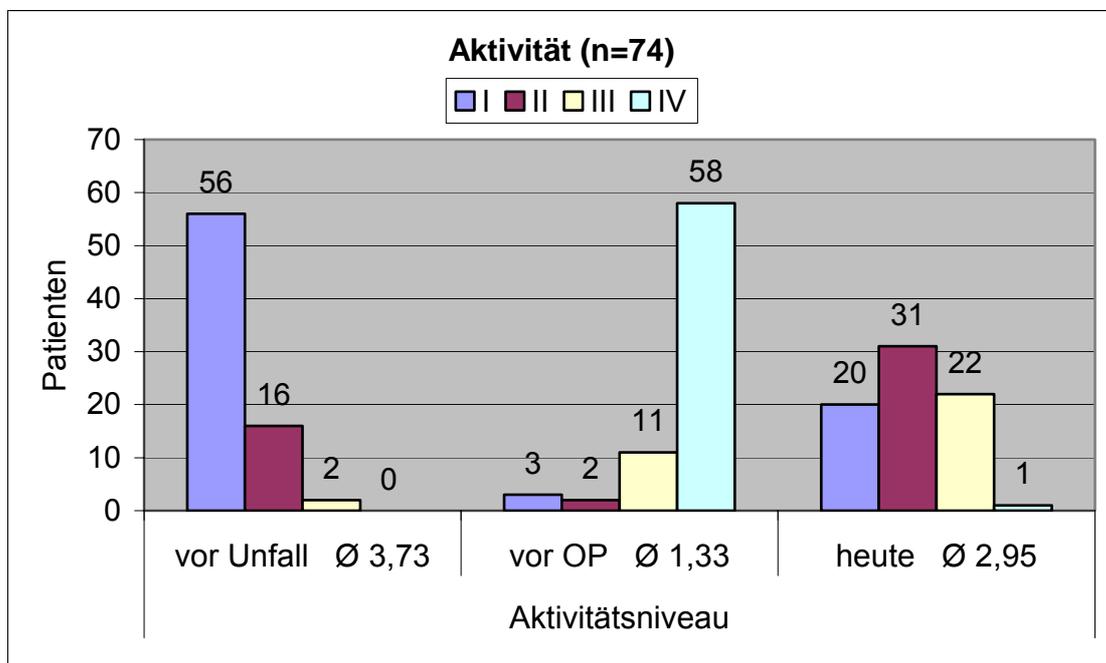
Die Aktivität wurde in vier Stufen eingeteilt (I - IV). Vor der Kreuzbandruptur übten 56 Patienten (76%) Aktivitäten mit belastender Rotation und direktem Gegnerkontakt wie z.B. Fußball aus. 16 Patienten (22%) praktizierten Sportarten ohne direkten Gegner, aber mit Rotationsbewegungen wie Tennis oder Skifahren. Zwei Patienten gingen lediglich Joggen, d.h. sie übten einen Sport ohne Gegner und Drehbewegung aus.

Bis auf drei Patienten (4%), die eine chronische Instabilität aufwiesen und diese muskulär gut kompensieren konnten, hatten alle Patienten einen präoperativen Aktivitätsverlust aufgrund der Gelenkinstabilität.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung übten noch 20 Patienten (27%) eine Sportart mit Gegenspieler und Drehbewegungen aus. Sportarten ohne Gegner,

jedoch mit Drehbewegung wurden von 31 Patienten (42%) ausgeübt. In das Aktivitätsniveau III fielen 22 Patienten (30%). Davon fuhren 18 (24%) ausschließlich Fahrrad, vier Patienten (5%) gingen noch Joggen. Ein Patient übte keinen Sport mehr aus und hatte eine sitzende Tätigkeit.

Nur die Hälfte der 74 Patienten sagte aus, dass die Aktivitätsänderung/ -einschränkung aufgrund des operierten Knies erfolgte. Die andere Hälfte sah die Aktivitätsminderung ursächlich in familiären, beruflichen oder altersbedingten Gründen. Durchschnittlich nahm die Aktivität nach der IKDC Evaluation um 20,9% ab.



4.2. **Operationstechnik**

In der Orthopädischen Universitätsklinik Frankfurt am Main wurde bei allen in dieser Arbeit vorgestellten Patienten das vordere Kreuzband mit dem mittleren Drittel des Ligamentum patellae in arthroskopischer, transtibialer Einkanaltechnik ersetzt.

1. Diagnostische Arthroskopie und Präparation der Interkondylärregion

Zunächst erfolgt eine arthroskopische Inspektion des Kniegelenkbinnenraumes, die über die Lokalisation der Rupturstelle innerhalb des Bandverlaufes und eventuelle Begleitverletzungen wie Meniskusschädigungen oder Knorpeldefekte Aufschluß gibt [39].

Die Kreuzbandreste werden mit dem rotierenden Resektor (shaver) und Stanze entfernt. Um die isometrische Zone im femoralen Bereich zu identifizieren, muß der Übergang zur over-the-top-position ausreichend einsehbar sein. Das Kniegelenk wird auf 90° gebeugt und die laterale Kondylenwange mit Shaver und scharfen Löffel debridiert. Dies ist ein wesentlicher Operationsschritt, um den femoralen Ansatzpunkt exakt einzusehen. Dem hinteren Kreuzband muß stets die geschlossene Seite des shavers zugewendet werden, um Schäden zu verhindern. Bei Bedarf wird eine laterale und kraniale Erweiterung des Sulcus interkondylaris (Notchplasty) durchgeführt. Dies geschieht mit einer Kugelfräse und dient der Vermeidung des Transplantat - Impingements. Das Ausmaß der Erweiterung ist abhängig von den vorliegenden anatomischen Verhältnissen und von der reaktiven Enge als Folge der vorderen Kreuzbandinsuffizienz [39].

2. Transplantatentnahme

Das Patellarsehnentransplantat wird über einen längsverlaufenden, ventromedialen, ca. 8 cm langen Hautschnitt über dem Ligament entnommen, der ungefähr 1 cm oberhalb der distalen Patellaspitze beginnt und zur Tuberositas tibiae führt.

Nach Längsspalten des Paratenons erfolgt das Ausschneiden eines 9 mm breiten, mittleren Sehnenstreifens sowie das Umschneiden der angrenzenden Knochenblöcke. Diese sollten die Breite der Sehne und eine Länge von 20 mm haben. Zur Tiefe hin läuft der Knochenblock leicht keilförmig zu. Vor dem Auslösen mit Hilfe der oszillierenden Säge und dem Meißel werden distal 2 und proximal 1 Bohrkanal mit dem 2 mm Bohrer angebracht. Die beiden knöchernen Blöcke werden so zurechtgetrimmt, dass sie durch eine 9 mm Bohrschablone hindurchpassen. Dabei muß darauf geachtet werden, dass der Knochen nicht gesprengt wird oder ligamentäre Strukturen verletzt werden. Der patellare Knochenblock wird mit einem Vicrylfaden, der tibiale mit zwei nichtresorbierbaren Fäden armiert [39].

3. Platzierung der Bohrkanäle

Der tibiale Bohrkanal wird mit einem C-Bogen Zielgerät in einem Winkel von 60° angelegt. Die Spitze des Zielgerätes liegt 7 mm vor dem Ansatz des hinteren Kreuzbandes. In einem definierten Abstand wird hierzu ein K-Draht eingebracht, der mit einem 9 mm Bohrer überbohrt wird. Zur Anlage des femoralen Bohrkanals wird in 90° Beugung eine transtibiale Bohrlehre in den tibialen Bohrkanal eingeführt und am Hinterrand der Femurkondylen fixiert. Der Zielpunkt des K-Drahtes liegt dann im Zentrum des meist isometrischen femoralen Ansatzes. Ein mit einem Faden armierter K-Draht wird durch das kanülierte Zielgerät zum Zielpunkt mit Perforation der Haut lateral metaphysär gebohrt. Über den liegenden K-Draht kann nach Entfernen des Zielgerätes ein Bohrtunnel von definierter Tiefe entsprechend der Knochenblocklänge angelegt werden [39].

4. Einbringen des Transplantates

Mit Hilfe des K-Drahtes wird das Transplantat, welches mit Fäden an der Öse befestigt wird, in das Gelenk und in den femoralen Bohrtunnel eingezogen. Mit einer Klemme kann der Knochenblock im Kanal gut gedreht werden und damit das

Transplantat leicht torquieren, um den anatomischen Verlauf des vorderen Kreuzbandes zu imitieren. In einer Beugstellung von 110° wird der femorale Knochenblock mit einer Interferenzschraube, die über einen K-Draht parallel und ventral zum Knochenblock eingebracht wird, fixiert.

Mit den tibial liegenden Führungsfäden wird das Transplantat angespannt und hinsichtlich Isometrie und freier Beweglichkeit im Interkondylärraum überprüft. Erst jetzt wird unter Anspannung der tibiale Knochenblock in Streckstellung mit einer Interferenzschraube über einen K-Draht im Bohrkanaal fixiert und die Fäden entfernt. Abschließend erfolgt eine Stabilitätsprüfung des rekonstruierten Kreuzbandes unter arthroskopischer Kontrolle mit dem Lachman - Test [39].

4.3. Nachbehandlung

Das Nachbehandlungskonzept von 1989 bis 1992 bestand bei allen Patienten aus einer frühfunktionellen Behandlung mit einer engen Zusammenarbeit zwischen Patienten, Arzt und Physiotherapeut.

Der Nachbehandlungsplan unterteilte sich in sechs Abschnitte:

1. Abschnitt (1. bis 3. Tag)

Lagerung auf eine motorisierte Bewegungsschiene 60-10-0°; Kühlung mit Eispackungen und Gabe von nichtsteroidalen Antiphlogistika bei Bedarf.

2. Abschnitt (ab 3. Tag bis Ende 6. Woche)

Anlegen einer Knieorthese mit limitierten Bewegungsausmaß 60-10-0°; Mobilisation mit Unterarmgehstöcken mit Sohlenkontakt. Parallel dazu isometrische Anspannung, statisches und dynamisches Muskeltraining der ischiokruralen Gruppe gegen Widerstand, sowie Krankengymnastik für Knieflexoren und Knieextensoren ohne distalen Widerstand im Sinne von PNF. Mobilisation der Patella, am 10. bis 12. Tag Entlassung aus der stationären Behandlung. Weiterführung der Physiotherapie am Wohnort nach obigem Programm zuzüglich des individuell erstellten Heimprogrammes des Therapeuten.

3. Abschnitt (7. bis Ende 9. Woche)

Zum Beginn der 7. Woche erste ärztliche Kontrolle nach Entlassung. Veränderung des Bewegungsausmaßes der Orthese auf 80-10-0°. Teilbelastung mit halbem Körpergewicht. Weiterführen des Trainings im angegebenen Bewegungsausmaß wie unter Abschnitt 2., Quadrizepstraining zwischen 45° und 10° nicht gegen Widerstand. Zusätzlich Treten auf stationärem Fahrrad. Weiter Benutzen der Gehstöcke.

4. Abschnitt (10. bis Ende 12. Woche)

Änderung der Orthese auf 100-6-0°. Vollbelastung bei Erreichen des Extensionsanschlages erlaubt. Intensivierung des Muskeltrainings der Kniebeuger gegen Widerstand des Krankengymnasten. Weiterhin Training auf dem Heimfahrrad, Schwimmen im Kraulstil ist erlaubt. Am Ende der 12. Woche zweite ärztliche Kontrolle und Änderung der Orthese, wobei nun ein Extensionsanschlag bei 0° bei freier Beugung angebracht wird.

5. Abschnitt (13. Woche bis zum 6. Monat)

Die Orthese kann abgelegt werden. In diesem Zeitraum soll volle Beweglichkeit und ein hinkfreies Gangbild erreicht werden. Bei Vollbelastung ist Fahrradfahren auf freiem ebenem Gelände erlaubt. Statisches und dynamisches Muskeltraining der gesamten, knieübergreifenden Muskulatur, allerdings ohne distalen Widerstand von der Beugung in die Streckung. Am Ende des 6. Monats dritte ärztliche Kontrolle.

6. Abschnitt (7. bis 12. Monat)

In diesem Zeitabschnitt steht die Wiedererlangung seitengleicher Kraft im Mittelpunkt. Jetzt soll die stufenweise Extensionsarbeit gegen Widerstand erfolgen. Ab jetzt können auf ebenem Waldboden Laufübungen unternommen werden, die der Koordination und Ausdauer dienen. Zusätzlich Krafttraining, Fahrradfahren und Schwimmen. Weitere sportliche Aktivitäten mit plötzlichen Abbrems- oder Antrittsbewegungen und Richtungswechsel sind dabei nicht erlaubt. Ein Jahr nach dem operativen Eingriff erfolgt die vierte und abschließende ärztliche Kontrolle. Nach einem Jahr ist die volle sportliche Aktivität wieder erlaubt.

Inwieweit die Patienten dieses Nachbehandlungsschema einhielten, ließ sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen nicht feststellen, da der Zeitraum zwischen der Rehabilitation und der Nachuntersuchung für die meisten Patienten zu lang war. Jedoch zeigte die Befragung nach der Nachbehandlung im Wesentlichen oben geschildertes Nachbehandlungskonzept, welches den Patienten nahe gelegt worden war.

4.4. Nachuntersuchung

Die Nachuntersuchungen fanden in der Poliklinik der Orthopädischen Universitäts- und Poliklinik Friedrichsheim Frankfurt am Main statt.

Alle Untersuchungen wurden von demselben Untersucher durchgeführt. Als Hilfsmittel dienten ein Maßband, Winkelmesser und ein Rolimeter.

Die Röntgenaufnahmen wurden im a. p. Strahlengang und seitlich bei 30° Flexion des Kniegelenkes durch die Radiologische Abteilung der Klinik angefertigt.

Die Dokumentation erfolgte nach den Vorgaben der Tegner - Aktivitätsskala [85], des Lysholm - Scores [51] und der IKDC Evaluation [32].

Dies sind die am häufigsten verwendeten Scores zur Bewertung einer Kniebandinstabilität [32]. Aus diesem Grund eignen sie sich zum Vergleich verschiedener Publikationen und wurden deshalb in dieser Studie verwendet.

4.4.1. Tegner - Aktivitätsskala

1985 publizierte Tegner eine Aktivitätsskala („activity grading scale“), bei der als Ergänzung zu vorhandenen Funktionsscores Arbeit und Sport numerisch ausgewertet werden [85]. Die verschiedenen Aktivitäten werden in 11 Stufen von 0 bis 10 eingeteilt. Sie umfassen in aufsteigender Reihe Aktivitäten des täglichen Lebens, vom Freizeitsport bis hin zum Turniersport auf nationaler und internationaler Ebene, mit und ohne Gegnerkontakt. Der Patient gibt sein Aktivitätsniveau vor dem Unfall und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung an [85].

4.4.2. Lysholm - Score

1982 stellten Lysholm und Gillquist als Evaluationssystem den Lysholm - Score vor, welcher insbesondere die funktionellen Aspekte berücksichtigt [51]. Der Patient bewertet bestimmte Tätigkeiten des alltäglichen Lebens in Bezug auf sein verletztes Kniegelenk. Die Beurteilung wird mit einem Punkteschema vorgenommen. Dabei erhält ein Gesunder bei acht Parametern mit unterschiedlicher Wertung 100 Punkte (100%). Die Instabilität, die Schwellung und

der Schmerz werden mit den meisten Punkte bewertet. Kniegelenke mit einem Gesamtscore von 95 bis 100 werden als „sehr gut“, von 84 bis 94 als „gut“, von 65 bis 83 als „mäßig“ und von weniger als 65 Punkten als „schlecht“ gewertet [51].

4.4.3. IKDC Evaluation

1987 gründeten amerikanische und europäische Kniechirurgen das „International Knee Documentation Committee“, kurz IKDC, und entwickelten ein Standardvaluationsblatt für Verletzungen der Kniegelenkbänder und ihrer Behandlung, um prä-, postoperative und Nachkontrollergebnisse zu erfassen [32]. Bei diesem Evaluationsblatt handelt es sich um ein kurzgefasstes, einseitiges Formular, welches einen Dokumentations-, einen Qualifikations- sowie einen Evaluationsteil beinhaltet.

Im Dokumentationsteil werden Name, Vorname, Geburtsdatum, Patientenummer, Untersuchungsdatum, Untersucher, Unfalldatum, Operationsdatum, Unfallursache, Zeitintervall vom Unfall bis zur Operation, betroffene Seite, Art der Untersuchung (mit oder ohne Anästhesie), Diagnose, Art der Operation, Zustand der Menisci und Morphotyp dokumentiert.

Außerdem wird das Aktivitätsniveau vor dem Unfall, vor der Behandlung und zum Zeitpunkt der Untersuchung festgelegt. Es werden vier Aktivitätsniveaus unterschieden (I - IV). I entspricht Aktivitäten mit belastender Rotation wie den meisten Kontaktsportarten. II entspricht schwerer körperlicher Arbeit oder Sportarten wie Tennis oder Skifahren. III entspricht leichter körperlicher Arbeit oder Joggen und Fahrradfahren. IV beinhaltet Alltagsaktivitäten und sitzende Tätigkeiten.

Der Qualifikationsteil ist in acht Gruppen eingeteilt, wobei nur die ersten vier, nämlich die subjektive Beurteilung durch den Patient, die Symptome, der Bewegungsumfang und die Untersuchung des Bandapparates in die Gesamtevaluation eingehen.

Jeweils die schlechteste Qualifikation innerhalb einer Gruppe ergibt die Gruppenqualifikation. Die schlechteste Gruppenqualifikation bestimmt die Gesamtevaluation.

Die weiteren vier Gruppen (Kompartimentale Befunde; Symptome an der Transplantatentnahmestelle; Röntgenbefunde und Funktioneller Test) werden ausschließlich dokumentiert und zählen nicht für die Gesamtevaluation.

Die Befunde sind nicht numerisch zu bewerten, sondern mit folgenden Parametern zu erfassen: normal, fast normal, abnormal oder stark abnormal, da diese Qualifikation weniger subjektiv ist als die Bezeichnungen sehr gut, gut, mäßig und schlecht [32].

4.5. Statistische Grundlage

Die Daten wurden im Statistikprogramm SPSS 11.0 (statistical package for social sciences) und Excel 7.0 erfasst. Die statistischen Analysen erfolgten mit dem χ^2 -Test.

Bei einem errechneten p - Wert (Wahrscheinlichkeitswert) $> 0,05$ mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ und einem empirischen χ^2 -Wert, der für die Freiheitsgrade [f] und die Irrtumswahrscheinlichkeit [α] über dem kritischen Tabellenwert liegt, kann die Nullhypothese abgelehnt werden. Die Nullhypothese (H_0) wird angenommen, wenn kein Zusammenhang zwischen den untersuchten Variablen existiert. Die Gegenhypothese (H_1) nimmt eine Abhängigkeit zwischen den Variablen an. Liegt eine signifikante Korrelation vor, kann (H_0) verworfen werden. Nicht signifikante Korrelationen haben einen $p \geq 0,05$ während die signifikanten Korrelationen durch einen $p < 0,05$ definiert sind.

5. Ergebnisse

5.1. Tegner - Aktivitätsskala

Die durchschnittliche Aktivität nahm nach der Tegner - Aktivitätsskala im Nachuntersuchungszeitraum um 19% ab.

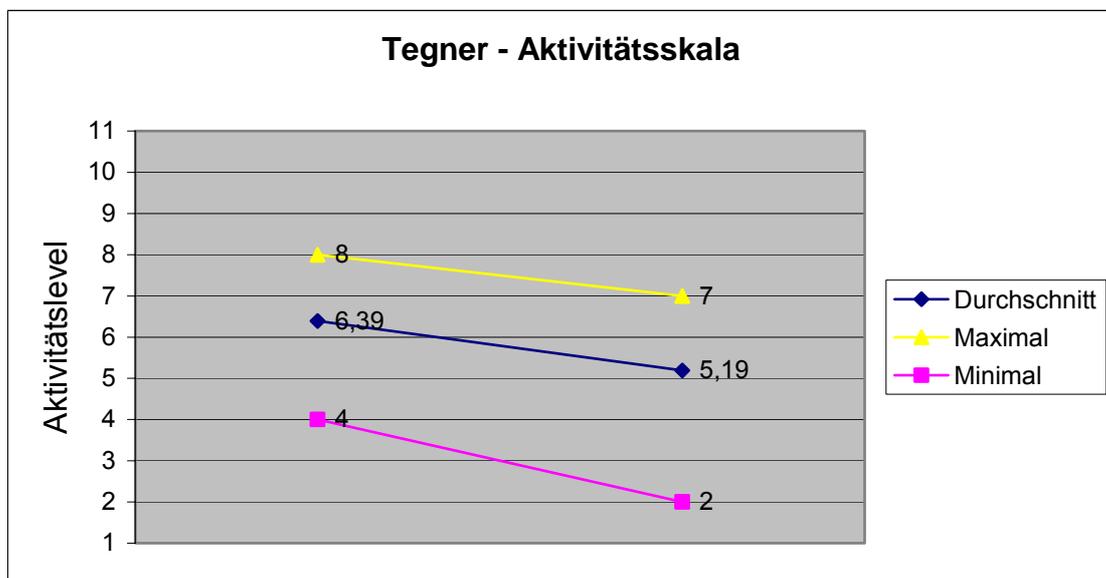
36 Patienten (49%) konnten ihr bisheriges Aktivitätsniveau nach der Operation wieder erreichen und im Nachuntersuchungszeitraum beibehalten.

Bei 38 Patienten (51%) war die Aktivitätsstufe niedriger als vor der Operation, wobei 15 dieser 38 Patienten die Aktivitätsminderung nicht mit ihrer Knieverletzung begründeten. Die anderen 23 Patienten sahen als Grund für den Aktivitätsverlust ihre Knieverletzung.

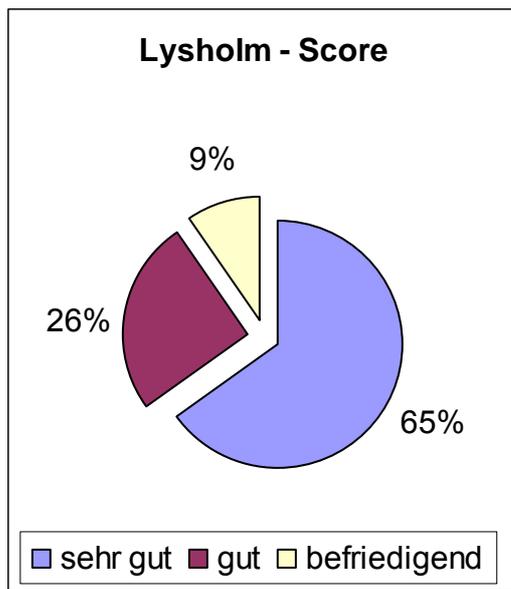
Von einer Aktivitätsabnahme um vier Stufen berichteten vier Patienten. Alle vier spielten zuvor noch Fußball und können heute nur noch Fahrrad fahren.

Tab. Tegner - Aktivitätsskala

	Tegner vorher	Tegner heute
Durchschnitt	6,39	5,19
Minimal	4	2
Maximal	8	7



5.2. Lysholm - Score



Das durchschnittliche Score Ergebnis von allen Patienten (n=74) betrug zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 93,6. Ein sehr gutes Ergebnis erreichten 48 Patienten (65%) und ein gutes 19 Patienten (26%). 7 Patienten (9%) hatten ein befriedigendes Ergebnis. Alle Patienten konnten eine Punktzahl von mindestens 65 erzielen.

Tab. Lysholm - Score

sehr gut	gut	befriedigend	schlecht
48 (65%)	19 (26%)	7 (9%)	0 (0%)

5.3. IKDC Qualifikation und Evaluation

5.3.1. Subjektive Beurteilung durch den Patienten

23 der nachuntersuchten Patienten (31%) stufen die aktuelle Kniegelenkfunktion in Bezug zur Kniegelenkfunktion vor dem Unfall als normal. 32 Patienten (43%) stufen ihre Kniegelenkfunktion als fast normal, also mit der Gruppenqualifikation B ein. 17 Patienten (23%) beschrieben eine abnormale Kniegelenkfunktion. Sie wurden mit C qualifiziert. Zwei (3%) Patienten qualifizierten ihre Kniegelenkfunktion als stark abnormal. Ihre Gruppierung erfolgte unter D.

Gruppenqualifikation (n=74)

A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
23 (31%)	32 (43%)	17 (23%)	2 (3%)

5.3.2. Symptome

Alle nachuntersuchten Patienten übten präoperativ einen Sport aus. 18 Patienten (24%) konnten ohne Beschwerden die präoperativ durchgeführte sportliche Aktivität fortsetzen und stufen sich mit A ein. 25 Patienten (34%) waren zwar sportlich aktiv, sahen aber eine leichte Einschränkung. Weitere 25 Patienten (34%) beschrieben eine deutliche Einschränkung. Sechs Patienten (8%) übten keinen Sport mehr aus. Kein Patient beschrieb zum Nachuntersuchungszeitpunkt Einschränkungen im Alltag und in der Ausübung des Berufes aufgrund der Operation. 68 (92%) der Patienten würde sich unter gleichen Bedingungen wieder operieren lassen.

Gruppenqualifikation (n=74)

A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
18 (24%)	25 (33%)	25 (33%)	6 (8%)

5.3.3. Bewegungsumfang

66 Patienten wiesen ein Flexionsdefizit zwischen 0 und 5° auf. In acht Fällen konnte eine Flexionsdifferenz zwischen 6 und 15° beobachtet werden. Eine Differenz über 15° konnte bei keinem Patienten festgestellt werden.

Bei 72 Patienten war das Streckdefizit entweder kleiner als 3° oder es war keines vorhanden, sie waren somit als normal einzustufen. Zwei Patienten wiesen jedoch ein fast normales Streckdefizit zwischen 3-5° auf.

Insgesamt wurden in der Gruppenqualifikation des Bewegungsumfangs 65 Patienten (88%), die kein bzw. nur ein minimales Bewegungsdefizit aufwiesen, als A eingestuft. Neun Patienten (12%) wurden als B eingestuft, meist wegen einer eingeschränkten Beugung der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite. Eine schlechtere Bewertung als A oder B musste nicht vergeben werden.

Gruppenqualifikation (n=74)

A Normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
65 (88%)	9 (12%)	0 (0%)	0 (0%)

5.3.4. Untersuchung des Bandapparates

In 54 Fällen (73%) zeigte sich keine vermehrte Instabilität. 17 Patienten (23%) hatten eine leichte anteriore Translation. In 3 Fällen (4%) erwies sich der Lachman Test als zweifach positiv. Bei allen 74 Patienten (100%) war der Anschlag fest.

Lachman Test (n=74)

negativ	+	++	+++
54 (73%)	17 (23%)	3 (4%)	0 (0%)

Die Messungen für den instrumentellen Lachman Test wurden mit dem Rolimeter in 25° Beugung durchgeführt. Hierbei wies die operierte Seite eine durchschnittliche Translation von 6,05mm ±1,4mm auf. Die Gegenseite war im Durchschnitt mit 5,72mm ±1,2mm geringfügig niedriger. 65 Patienten (88%) zeigten nur eine geringe Differenz zwischen beiden Kniegelenken und konnten als A eingestuft werden. In neun Fällen (12%) betrug die Differenz zwischen 3 - 5 mm. Eine größere Differenz als 6 mm zeigte kein Patient.

Rolimeter Messung (n=74)

-1 bis 2 mm	3 bis 5 mm oder -1 bis -3 mm	6 bis 10 mm oder < -3 mm	> 10 mm
65 (88%)	9 (12%)	0 (0%)	0 (0%)

Das pivot-shift Phänomen war bei 70 Patienten (95%) negativ bzw. nicht auslösbar. Vier Patienten (5%) wiesen in Innenrotation einen einfach positiven pivot-shift (+) auf. Ein zweifach oder dreifach positiver pivot-shift Test konnte bei keinem der nachuntersuchten Patienten beobachtet werden. Der Test wurde nicht in Narkose durchgeführt.

Pivot-shift Test (n=74)

negativ	+	++	+++
70 (95 %)	4 (5%)	0 (0%)	0 (0%)

Die Testung der Seitenbänder zeigte bei sechs Patienten (8%) eine mediale, geringfügig vermehrte Aufklappbarkeit. Sie wurden somit als fast normal eingestuft. Die restlichen 68 (92%) Patienten wiesen keine pathologische Seitenbandinstabilität auf. Getestet wurden die mediale und laterale Aufklappbarkeit im Varus- und Valgusstreß in 25° Beugung des Kniegelenkes.

Mediale Gelenköffnung (n=74)

0 – 2 mm	3 – 5 mm	6 – 10 mm	> 10 mm
68 (92%)	6 (8%)	0 (0%)	0 (0%)

Die Untersuchung des Bandapparates ergab eine Einstufung von 58 Patienten (78%) in Gruppe A. 13 Patienten (18%) wurden in Gruppe B eingestuft. Bei drei Patienten (4%) zeigte sich ein zweifach positiver Lachman Test, so dass sie auch insgesamt in der Bewertung des Bandapparates als C eingestuft wurden.

Gruppenqualifikation (n=74)

A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
58 (78%)	13 (18%)	3 (4%)	0 (0%)

5.3.5. Kompartimentelle Befunde

Krepitationen waren bei 2 Patienten (3%) im patellofemorale und im medialen Kompartiment hörbar oder fühlbar. Diese Patienten zeigten auch radiologisch die schwersten arthrotischen Veränderungen.

5.3.6. Symptome an der Transplantatentnahmestelle

32 Patienten (43%) waren beim Knien nicht beeinträchtigt. Insgesamt 42 Patienten (57%) hatten Probleme beim Knien. 12 dieser Patienten (16%) empfanden das Hinknien als schmerzhaft.

Die Symptome an der Transplantatentnahmestelle wurden in Druckdolenz, Reizungen der Narbe und Gefühlsstörungen bzw. Taubheitsgefühle im Narbenbereich unterteilt. 21 Patienten (28%) gaben diesbezüglich „keine Beschwerden“ an der Transplantatentnahmestelle an. 30 Patienten (40%) klagten über „geringe Beschwerden“. In 16 Fällen (22%) wurden die Symptome als „mäßig“ und in sieben Fällen (10%) sogar als „stark“ beschrieben.

Symptome an der Transplantatentnahmestelle (n=74)

keine	gering	mäßig	stark
21 (28%)	30 (40%)	16 (22%)	7 (10%)

5.3.7. Röntgenbefunde (Arthrose)

Die postoperative Röntgenauswertung ergab bei acht Patienten (11%) einen Normalbefund im Vergleich zu 40 (54%) präoperativen Normalbefunden. Bei 44 Patienten (60%) bestanden postoperativ leicht degenerative Veränderungen mit kleinen Osteophyten und subchondraler Sklerosierung. 20 Patienten (27%) zeigten größere Osteophyten und eine Gelenkspaltschmälerung auf 2 - 4 mm. Bei zwei Patienten (3%) war der Gelenkspalt kleiner als 2 mm, als deutliches Zeichen der Arthrose. Der Vergleich mit den präoperativen Röntgenaufnahmen lässt bei 42 (57%) der Patienten zum Nachuntersuchungszeitpunkt eine Verschlechterung um eine Stufe im Score erkennen und bei 3 (4%) um zwei Stufen. 29 (39%) der Patienten zeigten keine radiologische Verschlechterung.

Einteilungsschema IKDC Röntgenbefunde

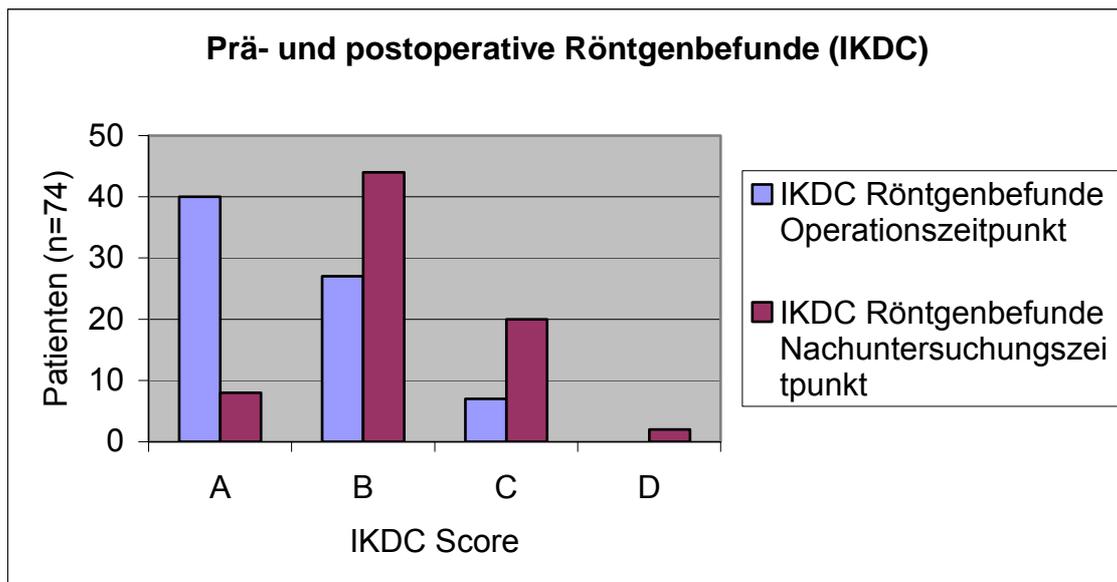
A	Normal
B	subchondrale Sklerose, kleine Osteophyten, Abflachung, > 4 mm
C	erhöhte Sklerose, große Osteophyten, Gelenkspaltschmälerung, 2-4 mm
D	alle Veränderung, Gelenkspalt < 2 mm

IKDC Röntgenbefunde Operationszeitpunkt (n=74)

A normal	B > 4 mm	C 2 – 4 mm	D < 2 mm
40 (54%)	27 (36%)	7 (10%)	0 (0%)

IKDC Röntgenbefunde Nachuntersuchungszeitpunkt (n=74)

A normal	B > 4 mm	C 2 – 4 mm	D < 2 mm
8 (11%)	44 (59%)	20 (27%)	2 (3%)



5.3.8. Funktioneller Test

Im Einbeinsprungtest zeigte sich in 68 Fällen (92%) eine „normale“ Funktion. Nur sechs Patienten (8%) wiesen eine beim Einbeinsprung reduzierte Sprungweite im Vergleich zur Gegenseite auf, so dass sie als „fast normal“ eingestuft wurden. Eine schlechtere Funktion des operierten Knies zeigte kein Patient.

Einbeinsprung in % der Gegenseite (n=74)

90 – 100%	76 – 90%	50 – 75%	< 50%
68 (92%)	6 (8%)	0 (0%)	0 (0%)

5.3.9. IKDC Gesamtauswertung

Die Gesamtevaluation ergibt sich aus vier Problembereichen (Gruppen). Gruppe 1 und 2 entsprechen den subjektiven Aussagen des Patienten. Die Gruppen 3 und 4 stellen die objektive Situation des Patienten dar. Die schlechteste Gruppenbewertung ist das Endergebnis. Im Vergleich der Gruppen, die im folgenden Diagramm veranschaulicht werden, zeigt sich, dass für das Ergebnis der Gesamtevaluation hauptsächlich die Problembereiche 1 und 2 ausschlaggebend sind.

Gruppe 1: Subjektive Beurteilung durch Patienten (n=74)

A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
23 (31%)	32 (43%)	17 (23%)	2 (3%)

Gruppe 2: Symptome (n=74)

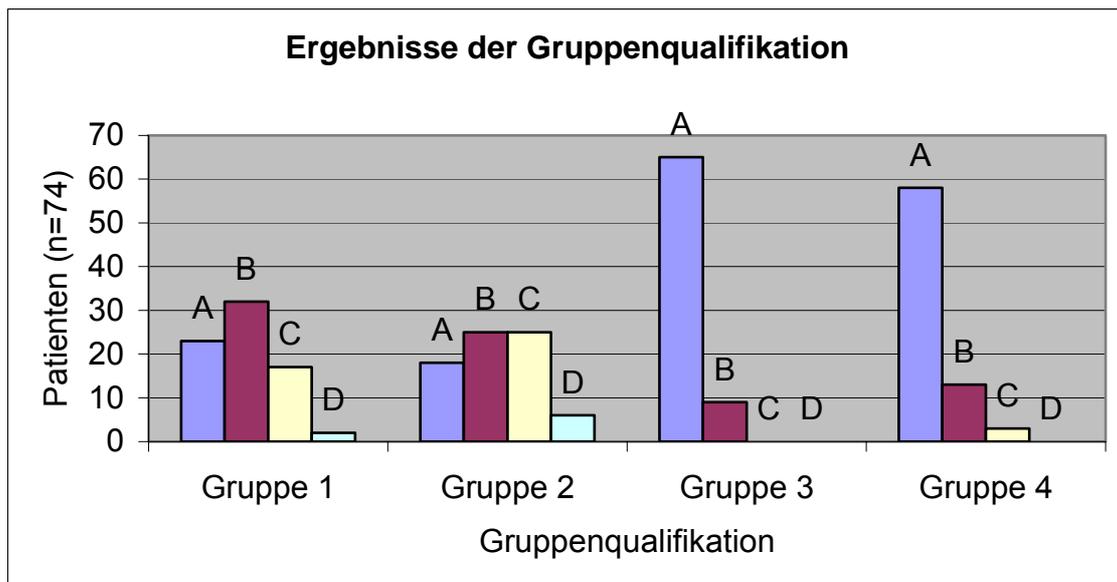
A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
18 (24%)	25 (34%)	25 (34%)	6 (8%)

Gruppe 3: Bewegungsumfang (n=74)

A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
65 (88%)	9 (12%)	0 (0%)	0 (0%)

Gruppe 4: Untersuchung des Bandapparates (n=74)

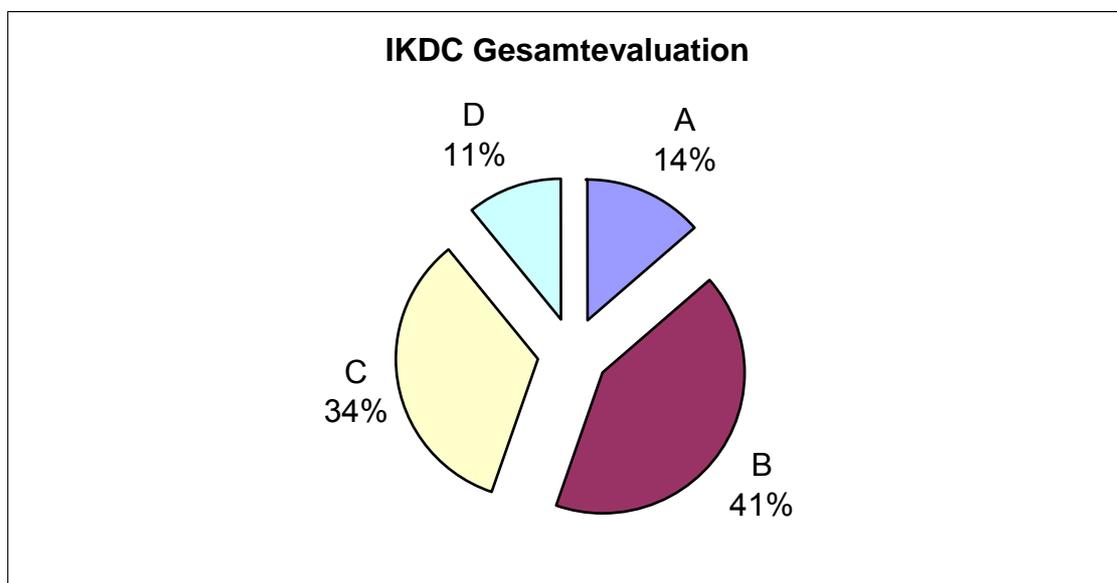
A normal	B fast normal	C abnormal	D stark abnormal
58 (78%)	13 (18%)	3 (4%)	0 (0%)



Die Gesamtauswertung der IKDC - Evaluation ergab für 10 Patienten (14%) ein normales und für 31 Patienten (41%) ein fast normales Resultat. 25 Patienten (34%) wurden als abnormal und 8 Patienten (11%) als stark abnormal eingestuft.

IKDC Gesamtevaluation (n=74)

A	B	C	D
normal	fast normal	abnormal	stark abnormal
10 (14%)	31 (41%)	25 (34%)	8 (11%)



5.4. Ergebnisse der Rearthroscopien

30 Patienten (41%) wurden nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 34 Monaten rearthroscopiert. Insgesamt wurden 38 Metallentfernungen durchgeführt, wobei bei acht Patienten ausschließlich die tibiale Schraube entfernt wurde, ohne rearthroscopiert zu werden.

Von den 30 Rearthroscopien waren 14 diagnostisch. Die tibiale Fixationschraube wurde bei allen 30 Reoperationen entfernt und in vier Fällen zusätzlich die femorale Fixationsschraube.

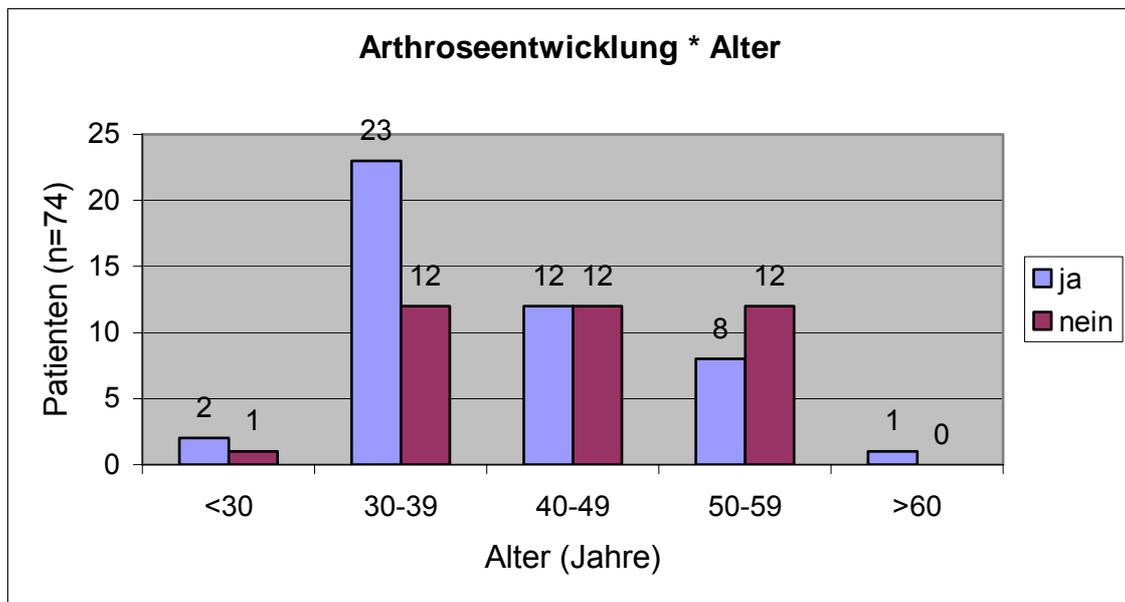
16 Patienten (23%) zeigten lokale Verwachsungen am distalen Transplantatbereich, welche zu einem Notchimpingement und dadurch zum Streckdefizit führten. Die Verwachsungen wurden mit dem Shaver entfernt. Bei sechs der 16 Patienten wurde wegen dem Streckdefizit mit Transplantatimpingement zusätzlich eine Notchplastik durchgeführt.

In drei Fällen erfolgte die mediale partielle Menishektomie und in zwei Fällen die laterale partielle Menishektomie. Vier der fünf Patienten waren bereits am Meniskus voroperiert.

5.5. Empirische Untersuchungen

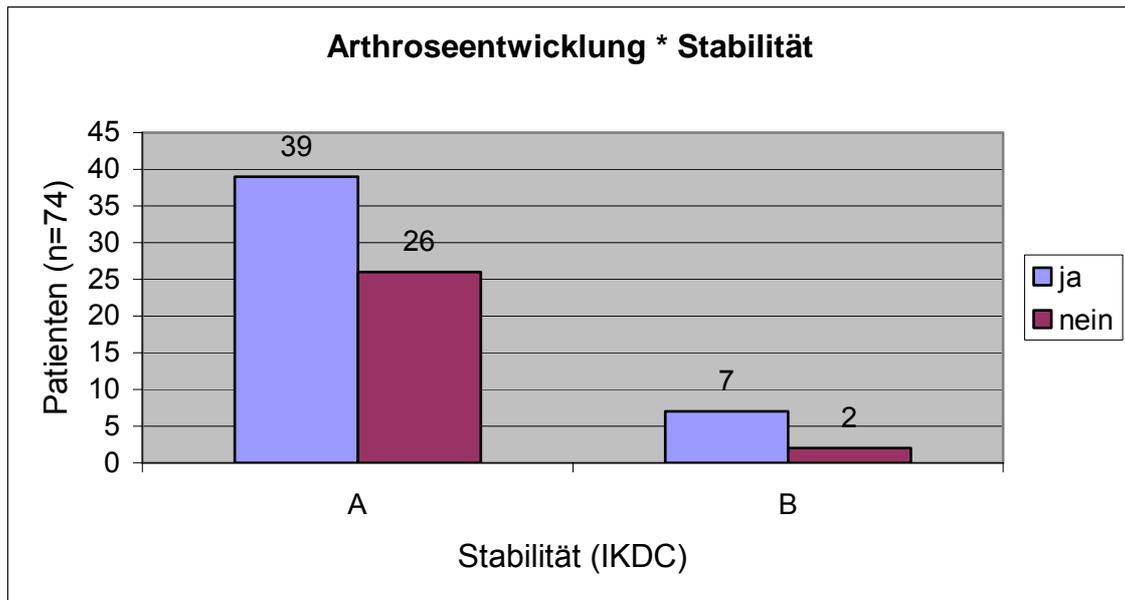
5.5.1. Arthroseentwicklung * Alter

Die Arthroseentwicklung korreliert **nicht signifikant** mit dem Lebensalter bei einem $p \geq 0,05$. Das heißt, dass ältere Patienten keine vermehrte Arthrose im Vergleich zu den jüngeren entwickelten ($\chi^2 = 2,854$; $p = 0,583$; $df = 4$).



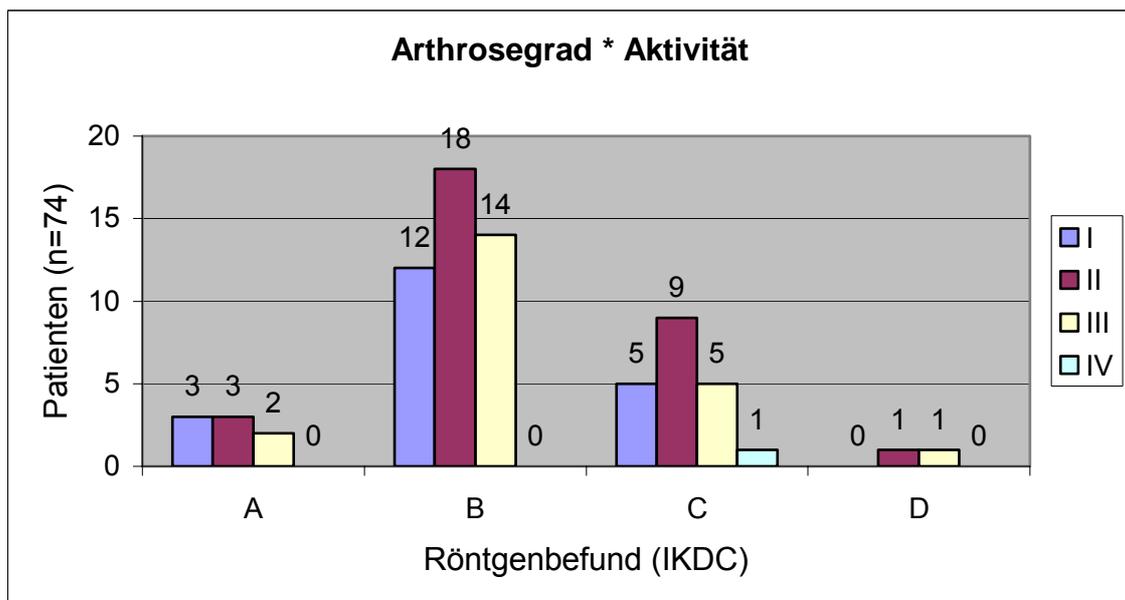
5.5.2. Arthroseentwicklung * Stabilität

Die Arthroseentwicklung korreliert **nicht signifikant** mit der Stabilität bei einem $p \geq 0,05$. Das heißt, es zeigt sich kein Zusammenhang zwischen der Stabilität und einer vermehrten Arthroseentwicklung ($\chi^2 = 1,062$; $p = 0,303$; $df = 1$).



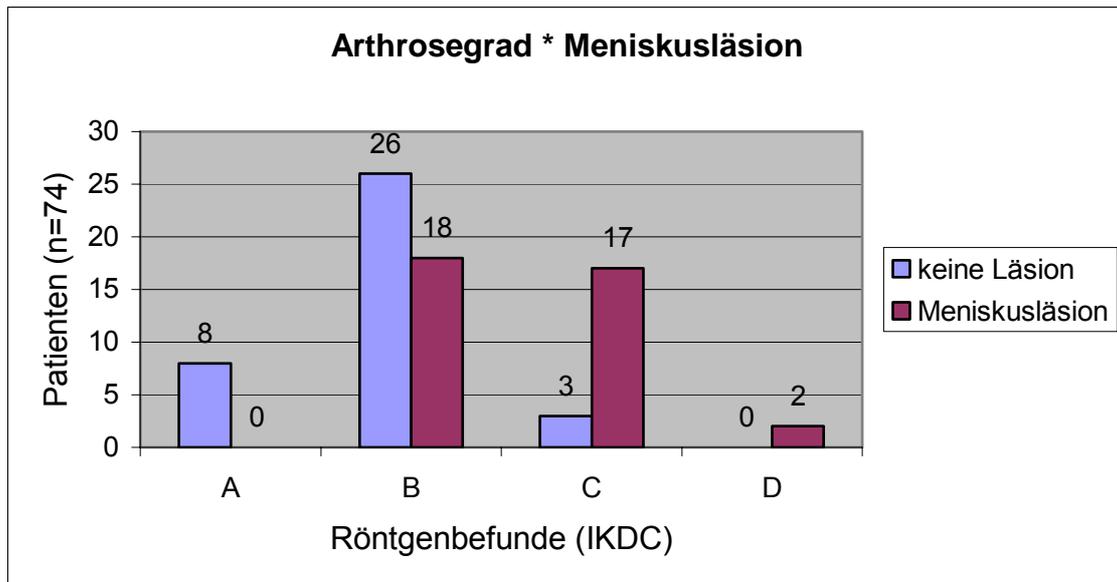
5.5.3. Arthrosegrad * Aktivität

Der Arthrosegrad korreliert **nicht signifikant** mit der Aktivität bei einem $p \geq 0,05$. Auch eine erhöhte Aktivität verursacht keine vermehrte Arthrose ($\chi^2 = 1,625$; $p = 0,654$; $df = 3$).



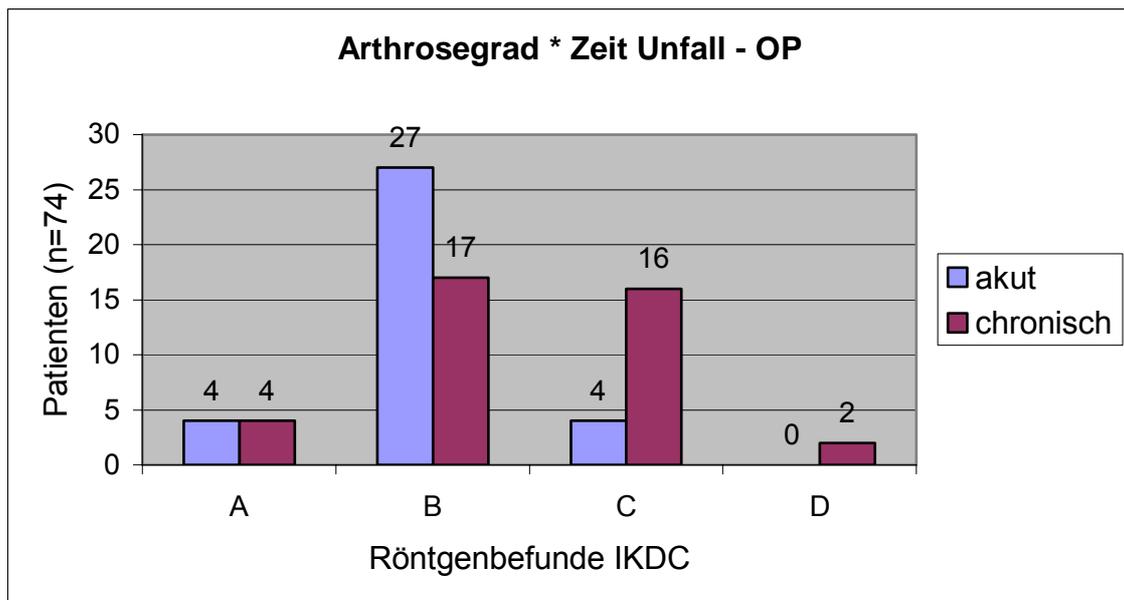
5.5.4. Arthrosegrad * Meniskusläsion

Der Arthrosegrad korreliert **signifikant** mit den Meniskusläsionen bei einem $p < 0,05$. Die Korrelation zeigt, dass Patienten mit einer Meniskusläsion eine vermehrte Arthrose haben ($\chi^2 = 21,255$; $p = 0,000$; $df = 3$).



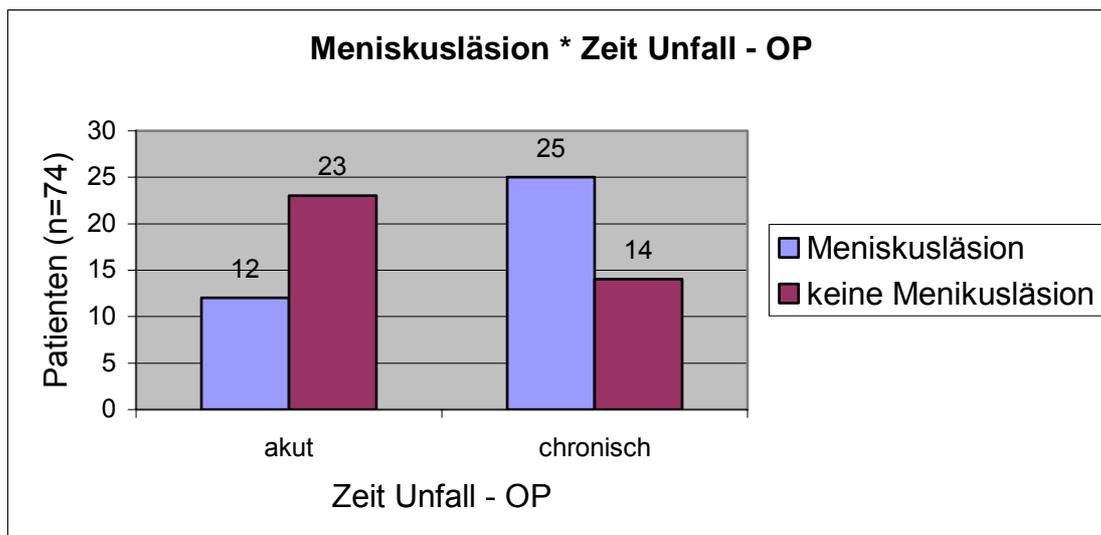
5.5.5. Arthrosegrad * Zeit zwischen Unfall und Operation

Der Arthrosegrad korreliert **signifikant** mit der Zeit zwischen Unfall und Operation bei einem $p < 0,05$. Die Arthrose ist abhängig vom Zeitpunkt der akuten oder chronischen operativen Versorgung ($\chi^2 = 11,289$; $p = 0,010$; $df = 3$).



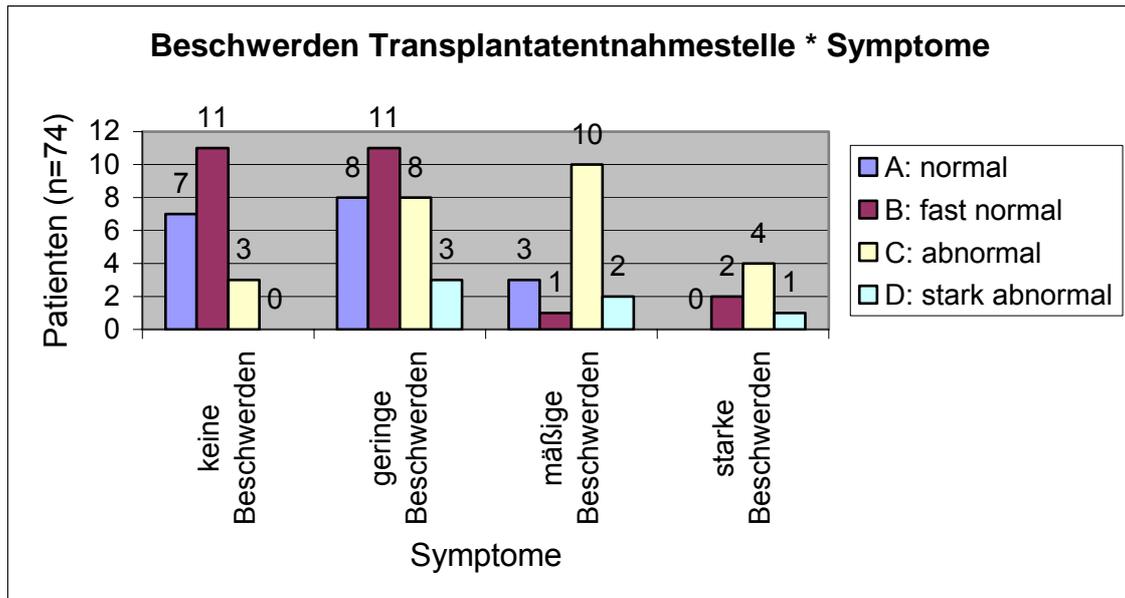
5.5.6. Meniskusläsion * Zeit zwischen Unfall und Operation

Die Meniskusläsionen korrelieren **signifikant** mit der Zeit zwischen Unfall und Operation bei einem $p < 0,05$. Es zeigt sich, dass die Patienten mit einer späten operativen Versorgung des vorderen Kreuzbandes mehr Meniskusläsionen aufweisen als akut operierte Patienten ($\chi^2 = 6,560$; $p = 0,010$; $df = 1$).



5.5.7. Beschwerden Transplantatentnahmestelle * subjektive Symptome

Die Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle korrelieren **signifikant** mit den subjektiven Symptomen der Patienten bei einem $p < 0,05$. Die Patienten, die ihr Knie insgesamt schlechter bewerten, haben auch vermehrt Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle ($\chi^2 = 18,940$; $p = 0,026$; $df = 9$).



6. Diskussion

Die vordere Kreuzbandverletzung ist eine der häufigsten Bandverletzungen in der heutigen Gesellschaft. Die Inzidenz der Kniebinnenverletzungen und somit auch der vorderen Kreuzbandruptur nahm in den letzten Jahren deutlich zu. Der hohe Anspruch an die sportliche Freizeitgestaltung mit immer extremeren Varianten stellt den Amateur- und Freizeitsportler vor die physiologischen Grenzen der körperlichen Belastbar- oder auch „Zumutbarkeit“ [72, 24].

Ist aufgrund der Kreuzbandruptur die Indikation zum Bandersatz gegeben, stellt die arthroskopisch assistierte Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mittels autologem Patellarsehnendrittel ein standardisiertes und reproduzierbares Verfahren dar [13].

Mittelfristige Ergebnisse diverser Studien zeigen vergleichbare, gute Resultate hinsichtlich der Bandstabilität und der Patientenzufriedenheit [5, 43, 66, 62, 75]. Jedoch gab es bis heute keine langfristigen Ergebnisse dieses Verfahrens.

Das Ziel der vorgelegten Studie ist, Langzeitergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandrekonstruktion mit dem Patellarsehnentransplantat zu erfassen, und die Bandstabilität und die Patientenzufriedenheit zu beurteilen.

Die vorgelegte Arbeit legt Ergebnisse von 10 Jahren - durchschnittlich 113 Monate - nach einem vorderen Kreuzbandersatz mit autologem Patellarsehnendrittel dar. Es wurden 74 Patienten, davon 55 Männer und 19 Frauen, im durchschnittlichen Alter von 38 Jahren klinisch und radiologisch nachuntersucht.

Die Daten wurden mittels der IKDC Evaluation, des Lysholm - Scores und der Tegner - Aktivitätsskala erfasst. Hierbei handelt es sich um die am weitesten verbreiteten und akzeptierten Evaluationsverfahren. Sie ermöglichen den direkten Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien [75, 32].

Die subjektive Beurteilung von Stabilität, Funktion, Aktivität und Beschwerdesymptomen ist unter anderem ein Bild für die Patientenzufriedenheit. Diese Werte werden durch die klinisch - instrumentelle Untersuchung objektiviert.

Es stellt sich die Frage, wodurch die Patientenzufriedenheit beeinflusst wird und ob durch die Operation eine Arthrose vermieden werden kann. Nur so kann eine Aussage getroffen werden, ob sich der vordere Kreuzbandersatz mittels autologem Patellarsehnentransplantates auch langfristig bewährt.

Die Stabilität der operierten Kniegelenke muss zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung als gut bis sehr gut bezeichnet werden. Der postoperative Lachman Test ist bei 73% der nachuntersuchten Patienten negativ und bei 23% der Patienten einfach positiv. Ähnlich gute Werte werden in der Literatur von Bach mit 60% negativen Fällen nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 79 Monaten beschrieben [5]. Auch die hohe Rate an negativen pivot-shift Tests mit 95% entspricht der einschlägigen Literatur [11, 62].

Die Objektivierung der manuell gemessenen Werte erfolgt mittels Rolimeter. Die instrumentelle Stabilitätsprüfung bestätigt die guten Ergebnisse mit 6,05 mm \pm 1,4 mm ventraler Translation auf der betroffenen Seite und 5,72 mm \pm 1,2 mm auf der Gegenseite bei einer Seit-zu-Seitdifferenz von unter 3 mm bei 88% der Patienten. Es zeigt sich, dass selbst nach einem so langen Zeitraum die Stabilität des Kniegelenkes durch den vorderen Kreuzbandersatz mit autologem Patellarsehnentransplantat gewährleistet ist.

Auch Bach et al. und Jomha et al. beschreiben keine signifikante Zunahme der Instabilität oder ein Versagen des Transplantates über die Jahre hinweg [5, 43]. Jedoch muss festgehalten werden, dass die nach einer Operation wiedererlangte Stabilität keine Vorhersage über das Erlangen des vorherigen Aktivitätsgrads oder über die Gesamtsituation des betroffenen Patienten ermöglicht [75].

Der Einbeinsprung gilt als zuverlässiges Zeichen, um die Funktion des operierten Kniegelenkes zu beurteilen [32]. 68 Patienten (92%) erreichen eine normale Funktion beim Einbeinsprung.

Auch in den Studien von Bach und Sernert werden ähnlich gute Ergebnisse für mehr als 89% der Patienten beschrieben [5, 75].

74% der Patienten beurteilen die Funktion des operierten Knies als normal bzw. fast normal. Die Funktion des operierten Knies wird im Vergleich zur Gegenseite mit durchschnittlich 81% bewertet.

Insgesamt zeigt sich, dass bei mehr als $\frac{2}{3}$ der Patienten auch nach 10 Jahren eine gute Funktion des operierten Knies besteht.

Die Ergebnisse der Tegner - Aktivitätsskala vor dem Unfallereignis mit durchschnittlich 6,4 und 10 Jahre nach der Operation mit durchschnittlich 5,2 ergeben eine eindeutige Aktivitätsabnahme. Dies stellt sich differenzierter in der IKDC Evaluation dar.

Die Aktivität wird vor dem Unfall, vor der Operation und zum heutigen Zeitpunkt erfragt und jeweils in vier Aktivitätsstufen eingeteilt. Die postoperative Aktivität der Patienten mit durchschnittlich 2,95 ist im Vergleich zu der direkt präoperativen Aktivität mit durchschnittlich 1,32 eindeutig verbessert.

Jedoch wird nur in einzelnen Fällen die Aktivität vor dem Unfall, die durchschnittlich bei 3,73 liegt, wieder erreicht.

Diese Tendenz wird auch durch andere Studien bestätigt [5, 66].

Die Abnahme der Aktivität darf jedoch nicht ausschließlich operationsbedingt gesehen werden. Bach et al. oder Daniel et al. begründen die Aktivitätsabnahme auch durch einen mit zunehmendem Alter reduzierten sportlichen Leistungsanspruch oder einen mit den Jahren veränderten Lebensstil [5, 18]. Diese Begründung nennen auch viele der nachuntersuchten Patienten. 76% sehen keinen Zusammenhang zwischen der Aktivitätsminderung und der Operation.

Die guten Ergebnisse hinsichtlich der Stabilität, Funktion und Aktivität bestätigen den hohen Durchschnitt im Lysholm - Score von 93,6 von 100 Punkten.

Ähnlich gute Werte werden auch in Studien von Bach, Sernert oder Shelbourne erreicht [5, 75, 77].

Die guten klinischen und funktionellen Ergebnisse spiegeln sich jedoch nicht im Gesamtergebnis der IKDC Evaluation wider. Hier werden 45% der Patienten als abnormal bzw. stark abnormal eingestuft, obwohl 74% der Patienten die Funktion des operierten Kniegelenkes als normal bzw. fast normal einstufen und 92% der Patienten im gut reproduzierbaren und für die Funktionalität repräsentativen Einbeinsprung Test 90 - 100% erreichen [32, 85].

Der Grund hierfür liegt darin, dass das Gesamtergebnis der IKDC - Evaluation durch das jeweils schlechteste Ergebnis in einer Untergruppe bestimmt wird. Ein schlechter Wert kann so in einer einzelnen Untergruppe zur Abwertung des Gesamtergebnisses führen, obwohl bei den übrigen Parametern gute Werte erzielt werden.

Zwei Faktoren spielen hierfür sicherlich eine Rolle. Zum einen geben in dieser Untersuchung über 32% der Patienten mäßige bis starke Beschwerden im Bereich der Transplantatentnahmestelle an, zum anderen sind über 57% der Patienten beim Knien beeinträchtigt, was jeweils das Operationsgesamtergebnis beeinflusst.

Die Korrelation der allgemeinen Symptome mit den Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle ist signifikant positiv ($p < 0.05$).

Andere Autoren bestätigen in 13 - 60% der Fälle patellofemorale Beschwerden [58, 1, 5, 11, 42, 66]. So berichtet Jomha über 44% der Patienten mit Beschwerden an der Entnahmestelle nach sieben Jahren [42].

Die Morbidität an der Transplantatentnahmestelle beeinflusst zwar nicht das funktionelle Ergebnis aber die Patientenzufriedenheit und somit die IKDC - Evaluation.

Die Ursache der patellofemorale Beschwerden ist komplex und unterliegt vielen Faktoren. So werden eine vorbestehende Chondromalazie, inadäquate Rehabilitation, Störung des Streckmechanismus durch die Entnahme und ein persistierendes Streckdefizit diskutiert [58, 53].

Zur Verringerung der patellofemorale Beschwerden wird die Auffüllung des Entnahmedefekts durch Einbringen eines autologen Knochentransplantates, welches beim Bohren des tibialen Tunnels mit der Hohlfräse gewonnen wird, empfohlen [53]. Auch die frühe Rehabilitation mit Patellamobilisation, frühzeitiger Vollbelastung, frühzeitigem Erreichen der vollen Streckfähigkeit und Quadrizepsmuskelaufbau unter Vermeidung eines isokinetischen Trainings reduzieren patellofemorale Probleme [76].

Auf der anderen Seite stehen die häufig nachweisbaren degenerativen Veränderungen, deren Folgebeschwerden zu einem schlechten Ergebnis im IKDC Gesamtergebnis führen können.

61% der Patienten zeigen eine Zunahme der Arthrose im Vergleich der präoperativen Röntgenaufnahmen mit denen bei der Nachuntersuchung angefertigten.

Nach Teilmeniskektomien zeigen die Kniegelenke signifikant ($p < 0.05$) mehr degenerative Zeichen als im Vergleich zu meniskusgesunden.

Vermehrte degenerative Veränderungen bei teilmeniskektomierten Patienten sowohl mit als auch ohne vordere Kreuzbandruptur bzw. rekonstruiertem vorderem Kreuzband werden auch von diversen anderen Autoren beschrieben [18, 19, 42, 66].

Die Arbeiten von Herresthal et al. und Jäger et al. zeigen eine signifikant geringere Arthroseprogredienz bei den Patienten, bei denen der Meniskus refixiert werden konnte [33, 40].

Die Bedeutung der Meniskusschädigung als Hauptfaktor der Arthroseprogredienz wird auch dadurch bestätigt, dass in der eigenen statistischen Auswertung andere Faktoren, wie z. B. Lebensalter und Aktivität, keine signifikanten Korrelationen zum Ausmaß der Arthrose aufweisen.

Die vorliegende Arbeit zeigt auch, dass die Verletzungshäufigkeit des Meniskus mit der Dauer der bestehenden Instabilität signifikant positiv korreliert ($p < 0,05$).

Einen ähnlichen Bezug erkannte Herresthal. Der Erfolg einer Meniskusrefixation ist von der Stabilität des Kniegelenkes abhängig [33].

Des Weiteren zeigt die vorliegende Untersuchung im Einklang mit den Studien von Bach und Jomha, dass die Arthroseinzidenz signifikant positiv ($p < 0.05$) mit der Zeitdauer zwischen Unfall und der operativen Versorgung mit mehr degenerativen Veränderungen bei den chronisch instabilen Gelenken korreliert [5, 42, 43].

Deshalb sollte bei gegebener Indikation eine möglichst frühzeitige vordere Kreuzbandrekonstruktion zur Prävention einer Arthrose erfolgen.

O'Neill konnte in seiner Studie, bei der 225 Patienten im Mittel 102 Monate nach arthroskopisch assistierter vorderer Kreuzbandplastik mit drei verschiedenen Techniken zwar eine Arthroseprogredienz feststellen, jedoch keine Korrelation zwischen Arthrose und Meniskusschädigung beobachten [63]. Einschränkend ist hierbei zu bemerken, dass aus der Studie von O'Neill nicht hervorgeht, wie viele Meniskusverletzungen insgesamt vorlagen.

Daniel et al. beschreiben mehrere Ursachen für die Beobachtung, dass auch bei Patienten nach vorderer Kreuzbandplastik ohne Meniskusverletzung degenerative Veränderungen auftreten. Hierbei spielt das Unfalltrauma, das Operationstrauma, die prolongierte Gelenkinflammation und die veränderte Biomechanik eine Rolle [18].

Es muss daher davon ausgegangen werden, dass die Meniskuspathologie nicht der einzige, aber der entscheidende Faktor für die Arthroseprogredienz nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion ist.

Sernert et al. erhalten in ihrer Studie von 527 Patienten mit Patellarsehnenplastik nach durchschnittlich 38 Monaten mit 74% Grad A und B vergleichsweise bessere Werte in der IKDC Evaluation als in der vorliegenden Arbeit [75]. Allerdings erhebt Sernert ausschließlich die klinischen Parameter der IKDC Evaluation, nämlich die subjektive Patienteneinschätzung, die Stabilität und das Bewegungsausmaß [75].

Insgesamt zeigen ähnliche Studien, jedoch mit einem kürzeren und mittelfristigen Nachuntersuchungszeitraum, einen höheren Anteil von Patienten mit normaler und fast normaler Einstufung im IKDC Gesamtergebnis als in der vorliegenden längerfristigen Nachuntersuchung.

Neben den oben genannten objektiven Faktoren ist der große Anteil subjektiver Faktoren seitens des Patienten von Bedeutung. Die erhobenen objektiven Parameter wie Lachman Test, Bewegungsausmaß und Einbeinsprung korrelieren dabei oft nicht mit den subjektiven Einschätzungen. Da das schlechteste Ergebnis einer Kategorie im IKDC das Gesamtergebnis bestimmt, kann das Ergebnis subjektiv durch den Patienten geprägt werden. So können zum Beispiel die patellofemorale Beschwerden überproportional gewichtet werden, auch wenn das funktionelle Ergebnis gut ist.

Daher sollten zur differenzierten Beurteilung der Resultate nicht nur das Gesamtergebnis, sondern auch die Untergruppen der IKDC Evaluation sowie die Tegner - Aktivitätsskala und der Lysholm - Score berücksichtigt werden.

Einschränkend hinsichtlich der Methodik, bleibt die Frage, ob die Patienten wirklich ihre Aktivität und ihre Beschwerden nach 10 Jahren exakt beurteilen konnten. Diese Daten wurden retrospektiv erhoben.

Des Weiteren hätte eine Kontrollgruppe aus Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur und ohne operative Versorgung die Aussagekraft hinsichtlich der Arthroseentwicklung erhöht.

Wünschenswert für die Beurteilung der Arthroseentwicklung wäre auch die radiologische Dokumentation der Gegenseite im Verlauf als prospektive Studie gewesen.

Als Fazit kann jedoch festgestellt werden, dass die arthroskopisch assistierte vordere Kreuzbandplastik mit dem Patellarsehnendrittel auch nach 10 Jahren zu guten funktionellen Ergebnissen mit guter Gelenkstabilität und zu einer akzeptablen Patientenzufriedenheit führt. 92% der Patienten würden sich unter den gleichen Bedingungen wieder operieren lassen.

Allerdings zeigen die klinischen Scores nach 10 Jahren eine Abnahme des Aktivitätsniveaus. Insbesondere die IKDC Evaluation zeigt eine Tendenz zur Verschlechterung. Hierfür sind unter anderem operationsunabhängige Faktoren, wie die allgemeine Abnahme des Leistungsanspruchs und der veränderte Lebensstil mit zunehmendem Alter verantwortlich.

Die Transplantatentnahmemorbidität und die im Verlauf zunehmende Arthrose mit deren Folgebeschwerden sind operations- und unfallabhängige Faktoren.

Die Inzidenz der Arthrose korreliert signifikant mit der Meniskusschädigung und der Zeitdauer zwischen Unfall und operativer Versorgung.

Zur Vermeidung der Sekundärschäden bzw. der Folgearthrose sollte deshalb bei gegebener Indikation eine frühzeitige Kreuzbandversorgung und im Falle einer begleitenden Meniskusverletzung der Erhalt des Meniskus durch Refixation durchgeführt werden.

7. Zusammenfassung (Deutsch/Englisch)

Zusammenfassung:

Ziel der Nachuntersuchung war es, 10 Jahres Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandplastik mittels Patellarsehne zu erhalten.

Dafür wurden 74 Patienten, 55 Männer und 19 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von 38 Jahren im Mittel 113 Monaten nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandplastik mit Interferenzschraubenfixation nachuntersucht. Evaluiert wurden die IKDC Evaluation, die Tegner - Aktivitätsskala und der Lysholm - Score. Die Bandstabilität wurde instrumentell mit dem Rolimeter getestet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels χ^2 Test. Die Tegner - Aktivitätsskala ergab ein durchschnittliches Aktivitätsniveau von 5,2. Vor der Verletzung lag der Wert bei 6,4. Der Lysholm - Score erreichte 93,6 von 100 Punkten. Hinsichtlich der Funktion wurden 74% und hinsichtlich der Stabilität 72% der Patienten in der IKDC Evaluation als normal bzw. als fast normal bewertet. Der mit dem Rolimeter bestimmte Lachman Test war in 88% normal und in 12% fast normal. Der pivot-shift Test war in 95% der Fälle negativ. 30% der Patienten zeigten in den Röntgenaufnahmen zum Nachuntersuchungszeitpunkt deutlich degenerative Veränderungen. Es ergibt sich eine signifikante Korrelation zwischen der Zeitdauer vom Unfall bis zur operativen Versorgung und dem Arthrosegrad. Die Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle korrelieren signifikant mit den allgemeinen Symptomen. Das Ausmaß der Arthrose korreliert signifikant mit der Mensikusschädigung.

Zur Vermeidung der Folgearthrose sollte daher bei gegebener Indikation eine frühzeitige Kreuzbandversorgung und im Falle der Begleitmeniskusverletzung dessen Erhalt mittels Refixation angestrebt werden.

Summary:

The aim of this study was to collect and evaluate the data of 74 patients who were followed-up 10 years (an average of 113 months) after undergoing arthroscopically assisted ACL reconstruction using the central third of the patellar tendon as autograft.

The average age at the follow-up was 38 years. There were 55 males and 19 females.

The IKDC, the Tegner and the Lysholm scores were employed for clinical evaluation. Ligament stability was tested using the 'Rolimeter' instrument. The chi-square test was used for the statistic analysis.

At the follow-up the average Tegner activity level was 5,2. Prior to injury the level was 6,4. The Lysholm score reached 93,6 out of 100 points.

In the subjective assessment of function 74% of patients and of stability 72% of patients had normal or nearly normal results on the IKDC evaluation.

The side-to-side difference measured with the 'Rolimeter' was normal in 88% and nearly normal in 12% of the cases.

The pivot-shift test proved to be negative in 95% of the cases. 30% of the patients showed degenerative changes in x-rays at the follow-up.

There is a significant correlation between the time interval from injury to surgery and the grade of degenerative changes. The anterior knee pain correlates significantly with general symptoms. The extent of the arthrosis correlates significantly with the meniscus injury.

In order to avoid osteoarthritis an early (sub acute) ACL reconstruction and meniscus refixation in case of meniscus injury seem to be advisable.

8. Literaturverzeichnis

- [1] Aglietti P, Buzzi R, D`Andria S
Patellofemoral problems after intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction.
Clin Orthop 1993; 288:195-204
- [2] Amis A, Dawkins GPC
Functional anatomy of the anterior cruciate ligament.
J Bone Joint Surg Br 1991; 73:260-267
- [3] Arnoczky SP
Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures.
Orthop Clin North Am 1985; 16:15-27
- [4] Augustine R W
The unstable knee.
Am J Surg 1956; 92:380-388
- [5] Bach BR, Tradonsky S, Bojchuk J, Levy ME, Bush-Joseph CA, Khan NH
Arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft.
Am J Sports Med 1998; 26: 20-29
- [6] Balasch H, Schiller M, Friebel H, Hoffmann F
Evaluation of the anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT – 1000 arthrometer.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999; 7(4):204-208
- [7] Battle WH
A case after open section of the knee joint for irreducible traumatic dislocation.
Clin Soc Lond Trans 1900; 33:232-233
- [8] Bosworth DM, Bosworth BM
Use of fascia lata to stabilize the knee in cases of ruptured crucial ligaments.
J Bone Joint Surg (AM) 1936; 18:178-179
- [9] Braus H, Elze C
Anatomie des Menschen, Bd I.
Springer Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg 1954
- [10] Brückner H
Eine neue Methode der Kreuzbandplastik.
Chirurg 1966; 37(9):413-414

- [11] Buss DD, Warren RF, Wickiewicz TJ
Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament with use of autogenous patellar-ligament grafts. Results after twenty-four to forty-two months.
J Bone Joint Surg 1993; 75A: 1346-1355
- [12] Butler DL, Noyes FR, Grood ES
Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in human knee.
J Bone Joint Surg Am 1980; 62:259-270
- [13] Campbell JD
The evolution and current treatment trends with anterior cruciate, posterior cruciate and medial collateral ligament injuries
Am J Knee Surg 1998; 11:128-135
- [14] Campell WC
Reconstruction of the ligaments of the knee.
AM J Surg 1939; 43:473-480
- [15] Campell WC
Repair of the ligaments of the knee joint.
Surg Gynecol Obstet 1936; 62:964-968
- [16] Cho KO
Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis.
J Bone Joint Surg Am 1975; 57:608-612
- [17] Csizy M, Friedrich NF
Bohrkanallokalisation in der operativen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 2002; 31:741-750
- [18] Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Rithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR
Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study.
Am J Sports Med 1994; 22: 632-644
- [19] DeHaven KE
Meniskusentfernung versus Meniskusrefixation.
Orthopädie 1994; 23: 133-136
- [20] Eberhardt C, Jäger A, Schwetlick G, Rauschmann MA
Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes
Orthopäde 2002; 31:702-709
- [21] Ferreti A, Conteduca F de Carli, Fontana M, Marini PP
Osteoarthritis of the Knee after ACL Reconstruction.
International Orthopaedics (SICOT) 1991; 15:353-391

- [22] Friedrich NF
Kniegelenksfunktion und Kreuzbänder. Biomechanische Grundlagen für
Rekonstruktion und Rehabilitation.
Orthopäde 1993; 22:334-342
- [23] Fromm B, Kummer W
Nerve supply of the anterior cruciate ligaments and of cryopreserved anterior
cruciate ligament allografts: a new methods for the differentiation of the
nervous tissues.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1994; 2:118-122
- [24] Fu FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB
Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med. 1999 Nov-Dec; 27(6):821-830
- [25] Fuchs S, Chylarecki C
Sonographic evaluation of ACL rupture signs compared to arthroscopic
findings in acutely injured knees.
Ultrasound Med Biol 2002; Feb;28(2):149-54
- [26] Fulkerson JP, Langeland R
An alternative cruciate reconstruction graft: the central quadriceps tendon.
Arthroscopy 1995; 11(2):252-254
- [27] Ganko A, Engebretsen L, Ozer H
The Rolimeter: a new arthrometer compared with the KT-1000.
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 2000; 8:36-39
- [28] Geyer M, Wirth CJ
Ein neuer Verletzungsmechanismus des vorderen Kreuzbandes.
Unfallchirurg 1991; 94 (2), Feb:69-72
- [29] Girgis FG, Marshall JL, Monajem A
The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and
experimental analysis.
Clin Ortop 1975; 106:216-231
- [30] Goetjes H
Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenks.
Dtsch Z Chir 1913; 123:221-289
- [31] Gotzen L, Petermann J
Die Kreuzbandruptur des vorderen Kreuzbandes beim Sportler.
Chirurg 1994; 65:910-919
- [32] Hefti F, Müller W
Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. Das neue IKDC - Knie
- Evaluationsblatt.
Orthopäde 1993; 22:351-362

- [33] Herresthal J
Arthroeseentwicklung nach Meniskusrefixation bzw. partieller Meniskusresektion.
Z. Orthop. 2000; 138/5; Oa 6-8
- [34] Hertel P, Schweiberer L
Biomechanik und Pathophysiologie des Knieapparates.
Hefte Unfallheilkd 1975; 125:1-16
- [35] Hey Groves EW
The crucial ligaments of the knee joint. Their function, rupture, and the operative treatment of the same.
Br J Surg 1920; 7:505-515
- [36] Hungervorst T, Brand RA
Current concepts review – Mechanoreceptor in joint function.
J Bone Surg Am 1998; 80:1365-1378
- [37] Idzikowski JA, Choudoir RJ
Acute tears to the anterior cruciate ligament.
Journal of the American Academy of Physician Assistants, Vol.1, No. 4 July-August 1988; 282-290
- [38] Jackson D, Grood E, Goldstein J, Rosen M, Kurzweil P, Cummings J
A comparison of patellar tendon autograft and allograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in the goat model.
Am J Sports Med 1993; 21:176-185
- [39] Jäger A
Die arthroskopische vordere Kreuzbandplastik mit dem freien Ligamentum Transplantat: Technik - Nachbehandlung – Ergebnisse
Inaugural - Dissertationsschrift, Frankfurt am Main 1991
- [40] Jaeger A, Starker M, Herresthal J
Can meniscus refixation prevent early development of arthrosis in the knee joint? Long-term results
Zentralbl Chir 2000; 125(6):532-535
- [41] Jakob RP, Stäubli H-U
Kniegelenk und Kreuzbänder: Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1990
- [42] Jomha NM, Borton DC, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA
Long term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees.
Clin Orthop Rel Res 1999; 358: 188-193

- [43] Jomha NM, Pinczewski LA, Clingeleffer AJ, Otto DD
Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with patellar-tendon autograft and interference screw fixation.
J Bone Surg 1999; 81-B: 775-779
- [44] Jones KG
Reconstruction of the anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament.
J Bone Joint Surg 1963; 45 A:925-932
- [45] Jones KK
Reconstruction of the anterior cruciate ligament.
J Bone Joint Surg (Am) 1963; 52:130-208
- [46] Kleipool AE, Zijl JAC, Willems WJ
Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone allograft or autograft. A prospective study with an average follow-up of 4 years.
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc 1998; 6: 224-230
- [47] Kohn D, Schneider G, Dienst M, Rupp S
Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 2002; 31:719-730
- [48] Lindemann K
Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzung.
Z Orthop 1950; 79:316-334
- [49] Lobenhoffer P, Tscherne H
Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Heutiger Behandlungsstand.
Unfallchirurg 1993; 96:150-168
- [50] Lobenhoffer P, Tscherne H
Indikation zur vorderen Kreuzbandrekonstruktion – Gegenwärtige Operationstechniken, Transplantatwahl.
Orthopäde 1993; 22:372-380
- [51] Lysholm J, Gillquist J
Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale.
Am J Sports Med 1982; 10:150-154
- [52] Marschall JF, Fetto JF, Botero PM
Knee Ligament Injuries. A standardized Evaluation Method.
Clin Orthop. 1977; 123:115-120
- [53] Martin RP, Galloway MT, Daigneault JP
Patellofemoral pain following ACL reconstruction: Bone grafting of the patellar defect.
Orthop Trans 1996; 20:9

- [54] McDaniel WJ, Dameron TB
The untreated Anterior Cruciate Ligament Rupture.
Clin. Ortho. and rel. Research, January-February 1998; (172):258-263
- [55] Meyer S, Biedert RM
Rehabilitationsprinzipien nach VKB - Rekonstruktion für Breiten- und Spitzensportler.
Arthroskopie 2000; 13:307-310
- [56] Moore SL
Imaging the anterior cruciate ligament.
Orthop Clin North Am 2002 Oct;33(4):663-74
- [57] Muhr G, Wagner M
Kapsel-Band-Verletzungen des Kniegelenkes - Diagnostikfibel.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1981
- [58] Müller B, Rupp S, Kohn, Seil R
Entnahmestellenproblematik nach vorderer Kreuzbandplastik mit dem mittleren Drittel der Patellarsehne.
Unfallchirurg 2000; 103:662-667
- [59] Müller W
Das Knie; Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1982
- [60] Noyes FR, Bassett RW, Grood ES, Butler DL
Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee.
The Journal of Bone and Joint Surgery 1980; 50:687-695
- [61] Noyes FR, Mangine RE, Barber SD
The early treatment of motion Complications after Reconstruction of the anterior cruciate ligament.
Clin. Ortho. and rel. Research, April 1992; (277):217-228
- [62] O'Brien SJ, Warren RF, Pavlov H
Reconstruction of the chronically insufficient anterior cruciate ligament with the central third of the patellar ligament.
J Bone Joint Surg 1991 73A:278-286
- [63] O'Neill DB
Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament.
J. Bone Joint Surg. 2001, 83-A:1329-32
- [64] Odensten M, Gillquist J
Functional anatomy of the anterior cruciate Ligament and a rationale for reconstruction.
J Bone Joint Surg Am 1985; 67:257-262

- [65] O'Donoghue
Surgical treatment of fresh injuries to the major ligaments of the knee.
J Bone Joint Surg (AM) 1950; 32:721-738
- [66] Otto D, Pinczewski LA, Clineleffer A, Odell R
Five-year results of single-incision arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft.
Am J Sports Med 1998; 26:181-188
- [67] Palmer I
On the injuries to the ligaments of the knee joint. A clinical study.
Acta Chir Scand 1938; (Suppl 53):2-282
- [68] Pässler HH
Nachbehandlung nach Bandverletzungen am Kniegelenk.
Klin Mag 1996:40-46
- [69] Petersen W, Laprell H
Insertion of the autologous tendon grafts to the bone. A histological and immunohistological study.
Arthrosc Knee Surg Sports Traumatol 1999; 12:334-349
- [70] Robson AW Mayo
Ruptured crucial ligaments and their their repair by operation.
Ann Surg 1903; 37:716-718
- [71] Rügeseegger M, Jakob RP
Diagnostik frischer und chronischer Kniegelenksverletzungen.
Orthopäde 1993; 22:343-350
- [72] Rupp S, Kohn D
Vorderes Kreuzband im Mittelpunkt des Interesses.
Orthopäde 2002; 31:701
- [73] Rupp S, Seil R, Jäger A, Kohn D
Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit Patellarsehnentransplantat.
Orthopäde 2002; 31:751-757
- [74] Schwarz W, Hagelstein J, Minholz R, Schierlinger M, Danz B, Gerngross H
Manual ultrasound of the knee joint. A general practice method for diagnosis of fresh rupture of the anterior cruciate ligament
Unfallchirurg 1997 Apr;100(4):280-5
- [75] Sernert N, Kartus J, Köhler K, Stener S, Larsson J, Eriksson B, Karlsson J
Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction. A follow-up of 527 patients.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1999; 7:160-165
- [76] Shelbourne KD, Trumper RV
Preventing anterior knee pain after anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med 1997; 25:41-47

- [77] Shelbourne KD, Wilckens JH
Intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction in the symptomatic arthritic knee.
Am J Sports Med 1993; 21:685-698
- [78] Smith Alwyn
The diagnosis and treatment of injuries to the crucial ligaments.
Br J Surg 1918; 6:176-189
- [79] Snook GA
A short history of the anterior cruciate ligament and the treatment of tears.
Clin Orthop Jan-Feb 1983; (172):11-13
- [80] Stark J
Two cases of ruptured crucial ligaments of the knee-joint.
Edinb Med Soc 1850; 74:267-271
- [81] Strobel M, Schulz MS
VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Grazilis-Sehnentransplantat
Orthopäde 2002; 31:758-769
- [82] Strobel M, Stedtfeld H-W, Eichhorn H-J
Diagnostik des Kniegelenkes
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1995
- [83] Südkamp N, Haas N
Neue Wege in der Kreuzbandchirurgie.
Chirurg 2000; 71:1024-1033
- [84] Takeda Y, Xerogeanes JW, Livesay GA, Fu FH, Woo SLY
Biomechanical function of the anterior cruciate ligament.
Arthroscopy 1994; 10:140-147
- [85] Tegner Y, Lysholm J
Rating systems in evaluation of knee ligament injuries.
Clinical Orthopaedics and Related Research 1985; 43-49
- [86] Weiler A, Scheffler S, Höher J
Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 2002; 31:731-740
- [87] Wirth C J
Indikationsstellung für die konservative oder operative Versorgung der Kreuzbandverletzungen
aus Kniegelenk und Kreuzbänder; Anatomie Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1990

9. Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die dem Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe - Universität Frankfurt am Main zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandrekonstruktion mit dem Patellarsehnentransplantat

in der Orthopädischen Universitätsklinik Friedrichsheim, Frankfurt am Main unter Leitung von Herrn Prof. Dr. med. L. Zichner, mit der Unterstützung von Herrn Dr. med. A. Jäger und Herrn Dr. med. F. Welsch ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher an keiner in- oder ausländischen Universität ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Vorliegende Arbeit wurde in der Zeitschrift für Orthopädie Januar Ausgabe 2003 veröffentlicht (Z Orthop 2003;141:42-47).

Frankfurt a. M., den 28.06.2004



Clemens Kappler

10. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Clemens Kappler
Geburtsdatum 27. August 1975
Geburtsort Frankfurt am Main
Staatsangehörigkeit Deutsch
Familienstand Verheiratet

Schulbildung

08/82 – 06/86 Grundschule Niendorf/ Ostsee
08/86 – 04/89 Ostsee Gymnasium Timmendorfer Strand
04/89 – 06/95 Deutsche Schule Brüssel (Belgien)
Abschluss: Abitur

Studium an der Johann Wolfgang Goethe-Universität

WS 95/96 Studienbeginn im Fachbereich Humanmedizin
08/97 Ärztliche Vorprüfung
11/02 Ärztliche Prüfung
Erlaubnis für die Tätigkeit als Arzt im Praktikum

Berufliche Daten

seit 01/03 Arzt im Praktikum an der Orthopädische Universitäts-
und Poliklinik Stiftung Friedrichsheim Frankfurt/M.

Fremdsprachen

Englisch Gute Kenntnisse in Wort und Schrift
Französisch Gute Kenntnisse in Wort und Schrift



Frankfurt a. M., 28.06.2004

Clemens Kappler