

Aus der Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie  
(Prof. Dr. med. K. M. Stürmer)  
im Zentrum Chirurgie  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

## **Sportfähigkeit nach vorderer Kreuzbandplastik**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät  
der Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Diana Knabke

aus

Löningen

Göttingen 2013

**Dekan:** Prof. Dr. rer. nat. H.K. Kroemer

**I. Berichtstatter:** PD Dr. med. S. Sehmisch

**II. Berichtstatter:** Prof. Dr. med. et Dr. rer. nat. A. Niklas

**III. Berichtstatter:** Prof. Dr. med. M. Oppermann

**Tag der mündlichen Prüfung:** 02. Juli 2013

***Für Maria***

# Inhalt

---

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abkürzungen .....	III
1 Einleitung und Fragestellung .....	1
2 Einführung in die Thematik .....	2
2.1 Historischer Überblick .....	2
2.2 Anatomie .....	3
2.2.1 Knöcherne Strukturen des Kniegelenks .....	4
2.2.2 Weichteilstrukturen des Kniegelenks .....	6
2.2.2.1 Aktive, dynamische Stabilisation .....	6
2.2.2.2 Passive, statische Stabilisation .....	7
2.3 Epidemiologie .....	10
2.4 Pathomechanismus .....	10
2.5 Diagnostik .....	12
2.5.1 Anamnese .....	12
2.5.2 Klinische Untersuchung .....	13
2.5.3 Bildgebende Verfahren .....	15
2.6 Therapeutische Optionen .....	16
2.6.1 Konservative Behandlungsmethoden .....	16
2.6.2 Operative Versorgung .....	17
2.7 Rehabilitation .....	18
3 Patienten und Methoden .....	21
3.1 Studiendesign .....	21
3.2 Fragebogen .....	21
3.2.1 Operationsmethoden .....	23
3.2.2 Rehabilitation .....	24
3.3 Datenverarbeitung und Statistik .....	24
4 Ergebnisse .....	25

4.1	Erstuntersuchung.....	25
4.1.1	Epidemiologie .....	25
4.1.2	Ätiologie.....	29
4.1.2.1	Sportliches Leistungsniveau .....	30
4.1.3	Untersuchung .....	31
4.1.4	Operative Versorgung .....	33
4.2	Nachuntersuchung.....	35
4.2.1	Sportfähigkeit .....	35
4.2.2	Untersuchung .....	40
5	Diskussion.....	47
5.1	Patientenkollektiv .....	47
5.2	Verletzungsursache .....	47
5.3	Operationsmethode und –zeitpunkt.....	47
5.4	Postoperative Ergebnisse.....	49
5.4.1	Lysholm-Score .....	49
5.4.2	Stabilität .....	50
5.4.3	Sportfähigkeit .....	51
5.4.4	Subjektive Einschätzung .....	53
5.5	Schwachpunkte der Arbeit .....	54
6	Schlussfolgerung.....	56
7	Zusammenfassung.....	58
8	Anhang .....	60
8.1	Abbildungsverzeichnis .....	60
8.2	Tabellenverzeichnis.....	61
9	Literaturverzeichnis .....	62

# Abkürzungen

---

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
AM	Außenmeniskus
bzw.	beziehungsweise
c-	centi- ( $1 \times 10^{-2}$ )
ca.	circa
Dr.	Doktor
et al.	et alii
evtl.	eventuell
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
IM	Innenmeniskus
Kap.	Kapitel
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
M.	Musculus
Mm.	Musculi
m	Meter
m-	milli- ( $1 \times 10^{-3}$ )
MRT	Magnetresonanztomographie
N	Newton
n. Chr.	nach Christus
ROM	Range of Motion
Tab.	Tabelle
v. Chr.	vor Christus
z. B.	zum Beispiel

## 1 Einleitung und Fragestellung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist eine der häufigsten Sportverletzungen. In den letzten Jahren konnte eine Zunahme der Inzidenz beobachtet werden.

Als ursächlich für die Inzidenzzunahme kann die aktuelle Zunahme des Anspruches an die Freizeitgestaltung und des Körperbewusstseins angesehen werden. Sport – ob nun als freizeitleiche Betätigung oder als Leistungssport – ist zu einem wichtigen Bestandteil des alltäglichen Lebens geworden.

Durch die Popularität von Massensportarten wie Fußball, Handball oder Skifahren ist auch die Inzidenz der Verletzung des vorderen Kreuzbandes gestiegen. Diese Verletzung gehört zu den häufigsten Bandverletzungen des menschlichen Körpers (Hertel 1996).

Neben der verstärkten körperlichen Betätigung der Bevölkerung ist auch die verbesserte klinische und apparative Diagnostik für die steigende Inzidenz der Kreuzbandverletzungen verantwortlich. Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes gehört zu den häufigsten operativen Eingriffen am Kniegelenk (Ritchie und Parker 1996).

Betroffen sind neben Profisportlern vor allem junge Menschen, die im Erwerbsprozess oder noch in der Ausbildung stehen. Daraus ergibt sich neben der individuellen Problematik für den einzelnen Patienten ebenso eine sozioökonomische Bedeutung für die gesamte Gesellschaft, denn Rupturen des vorderen Kreuzbandes sind die häufigsten Gründe für eine Einschränkung der Kniefunktion (Imhoff 2000). Deshalb besteht ein hoher Anspruch an die Versorgung dieser Verletzung (Rupp und Kohn 2002).

Das Ergebnis eines erfolgreichen vorderen Kreuzbandersatzes kann erst im Rahmen der Sportfähigkeit abgeschätzt werden. Daher soll es Ziel dieser Arbeit sein, die Abhängigkeit der sportlichen Belastbarkeit von unterschiedlichen Parametern zu untersuchen, denn für die meisten Patienten steht der Wunsch nach einer schnellen Wiedererlangung der Sportaktivität im Vordergrund. Die Resultate dieser Arbeit sollen also zu einer Verbesserung der Beratung der Patienten führen.

## 2 Einführung in die Thematik

### 2.1 Historischer Überblick

Etwa 3000 v. Chr. erwähnen die Ägypter das vordere Kreuzband in anatomischen Studien über das Kniegelenk, die sie auf Papyrus niederschrieben. Zur Zeit der griechischen Hochkultur beschreibt Hippokrates (460-370 v. Chr.) bereits eine durch Bandverletzungen bedingte Subluxation des Kniegelenks.

Claudius Galen von Pergamon (129-199 n. Chr.) wird die erste Beschreibung der Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes zugeschrieben. Der Arzt und Schriftsteller entwickelt entgegen bisherigen Ansichten, das vordere Kreuzband sei ein Bestandteil des Nervensystems mit kontraktiven Eigenschaften, die These, die Kreuzbänder wirken als statische Stabilisatoren zur Sicherung des Gelenkes bei abnormen Bewegungen (Jakob und Stäubli 1990).

Von dieser Zeit an stagniert die Erforschung der Knieinnenstruktur, bis 1836 die Gebrüder Weber aus Göttingen das Phänomen der „vorderen Schublade“ beschreiben: Sie konkretisieren die bereits von Galen beschriebene Stabilität des Kniegelenks durch die Kreuzbänder, indem sie eine abnorme anteriore und posteriore Verschieblichkeit der Tibia gegenüber dem Femur nach künstlicher Durchtrennung der Kreuzbänder bemerken. Außerdem legen sie eine biomechanische Beschreibung des „Roll- und Gleitmechanismus“ sowie von der unterschiedlichen Spannung der verschiedenen Bündel vor (Weber 1836).

1845 veröffentlicht der französische Arzt Amedée Bonnet (1809-1858) eine Kadaverstudie über den Mechanismus der Kreuzbandverletzung. So ist er der erste Forscher nach Hippokrates, der das Phänomen des „*Pivot-shifts*“ beschreibt. Außerdem postuliert er, dass Rupturen der Bänder häufiger seien als bisher angenommen und empfiehlt das Anlegen einer gelenkstabilisierenden Orthese für instabile Kniegelenke (Bonnet 1845).

Auch in der heutigen Zeit noch praktizierte diagnostische Maßnahmen veröffentlichen in der Folgezeit der griechische Arzt George Noulis (Noulis 1875) und sein französischer Kollege Paul Segon. Während Noulis 1875 den heute als Lachman-Test (auch Noulis-Test) bekannten Test zur Funktionsprüfung des vorderen Kreuzbandes einführt, publiziert Segon erste für eine Kreuzbandruptur typische Symptome: Schmerz, Krachen, Gelenkerguss, Schubladenbewegung (Noulis 1875).

Den Beginn der Kreuzbandchirurgie markiert Mayo Robson 1895 in Form einer Primärnaht eines gerissenen Bandes (Robson 1903).

Auch der deutsche Arzt H. Goetjes empfiehlt aufgrund einer Sammelstatistik mit 30 Patienten 1913 die Naht des Bandes im Falle einer akuten Ruptur (Goetjes 1913).

Im Gegensatz zu den beiden oben genannten Chirurgen spricht sich R. Jones 1916 gegen eine Augmentation aus. Seiner Ansicht nach seien Nähte des Kreuzbandes aufgrund fehlender Einheilung völlig unnützlich, eine Reparatur sei nur durch die natürliche narbige Ausheilung möglich (Jones R 1916).

So beschreibt E. Hesse 1914 erstmalig die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes durch einen freien Fascia-lata-Ersatz, die der russische Chirurg Greckow vornahm; in

Folge werden viele ähnliche Transplantate und Operationstechniken vorgestellt, wie Muskel-Faszien-Transplantate oder freie Faszientransplantate (Hey Groves 1920).

1932 stellt zur Verth (zur Verth 1933) auf dem Deutschen Orthopädenkongress erstmals die operative Versorgung mit Hilfe eines distal gestielten Streifens der Patellarsehne vor.

Eine umfangreiche und bahnbrechende Arbeit stellt Ivar Palmer 1938 unter dem Titel „Die Verletzung der Bänder des Kniegelenks“ vor. Hier beschreibt er Anatomie, Biomechanik, Verletzungsmechanismen und Behandlung. Für seine Behandlung, entwickelt er ein Zielgerät zur Tunnelpositionierung des weit dorsal liegenden femoralen Insertionspunktes des vorderen Kreuzbandes (Palmer 1938).

Als eine weitere Transplantatoption stellt Lingemann 1950 die Verwendung der Sehnen des M. gracilis und M. semitendinosus vor (Lingemann 1950) und greift damit auf eine Publikation von Edwards zurück (Edwards AH 1926).

Als eine Vorform des heute gängigen Patellarsehentransplantats veröffentlicht KG Jones 1963 eine neue Technik, die ein distal gestieltes Transplantat des mittleren Drittels des Lig. Patellae verwendet (Jones KG 1963). Mit diesem Verfahren setzt KG Jones den Grundstein für zahlreiche modifizierte Techniken mit Verwendungen eines Patellarsehentransplantats.

1966 veröffentlicht Brückner eine Alternative, die als erste Beschreibung eines *Bone-Tendon-Bone*-Transplantates der Patellarsehne angesehen wird (Brückner 1966).

Neben diesen autologen Transplantaten wird auch frühzeitig über die Verwendung von allogenem Bandersatz diskutiert. Die Erwartungen konnten sich nicht bestätigen.

Aufgrund des nicht vollständig auszuschließenden Restrisikos einer Virusübertragung sowie der guten Ergebnisse eines autologen Ersatzes, wird die Alternative des allogenen Transplantates heute nur in Ausnahmefällen in Betracht gezogen.

Auch der synthetische Bandersatz zeigte keine vergleichbare Festigkeit im Vergleich zum autologen Transplantat (Eberhardt et al. 2002)

Bis etwa Mitte der 70er Jahre empfehlen verschiedene Autoren, bei einer frischen Kreuzbandverletzung die Indikation zur Primärnaht zu stellen. Erst 1976 gelingt es Feagin und Curl durch eine Langzeitstudie mit negativen Ergebnissen, von der Primärnaht als bevorzugte Therapieoption abzuweichen (Feagin und Curl 1976), sodass eine primäre Naht heute nicht mehr als Therapieoption in Betracht gezogen wird.

## 2.2 Anatomie

Das Kniegelenk, als größtes Gelenk des menschlichen Körpers, nimmt in vielerlei Hinsicht eine besondere Position ein. Es ist nicht nur das komplizierteste, sondern auch das verletzungsanfälligste Gelenk.

Zur leichteren Orientierung wird hier die systemische Einteilung des Kniegelenks in vier Kompartimente – das mediale, zentrale, laterale und femoropatellare – verwendet. Diese Einteilung hat sich auch in der Endoskopie etabliert (Jakob und Stäubli 1990).

Zum medialen Kompartiment zählen der mediale Condylus femoris, das mediale Tibiaplateau, der Meniscus medialis und die medialen Kapselbandstrukturen bestehend aus medialem Kapselband, medialem Seiten- und hinterem Schrägband. Meniskus und Kapselbandstrukturen bilden die statischen oder passiven Stabilisatoren des Kniegelenkes. Die dynamischen oder aktiven Stabilisatoren sind der M. semimembranosus und die Pes-anserinus-Gruppe, bestehend aus den Ansätzen des M. semitendinosus, M. gracilis und M. sartorius.

Das zentrale Kompartiment besteht aus der Fossa intercondylaris mit den distalen Ursprungspunkten des vorderen und hinteren Kreuzbandes, den Areae intercondylares anterior und posterior. Außerdem beinhaltet das zweite Kompartiment die Eminentiae intercondylares und die Tubercula intercondylaria. Die in der Fossa intercondylaris verlaufenden Kreuzbänder dienen der passiven Stabilisation des Kniegelenkes.

Das dritte, laterale Kompartiment umfasst den lateralen Femurkondylus, das laterale Tibiaplateau, die lateralen Kapselbandstrukturen, einschließlich des Arkuatumkomplexes, sowie den lateralen Meniskus. Auch hier können passive - Meniscus lateralis, laterale Kapselbandstrukturen und Arkuatumkomplex - und aktive - M. biceps femoris, M. popliteus, M. gastrocnemius und der Tractus iliotibialis - Stabilisatoren unterschieden werden.

Dem femoropatellaren Kompartiment wird das Femoropatellargelenk bestehend aus Femur und Patella, dem Hoffa-Fettkörper, der Patellarsehne, dem Recessus suprapatellaris sowie der Plicae medio- und lateropatellaris zugeordnet. Bis auf das knöchernen Femoropatellargelenk stabilisieren die genannten Strukturen das Knie passiv. Als aktiver Stabilisator dieses Kompartiments wird der M. quadriceps femoris angesehen (Jakob und Stäubli 1990).

### 2.2.1 Knöcherne Strukturen des Kniegelenks

Die im Kniegelenk artikulierenden knöchernen Strukturen sind Femur, Tibia und Patella. Dabei bilden sich das Femorotibialgelenk mit Femur und Tibia sowie das Femoropatellargelenk bestehend aus Femur und Patella. Beide Gelenke sind von einer gemeinsamen Gelenkkapsel umschlossen und liegen in einer Gelenkhöhle (Schünke et al. 2005). Sie arbeiten unterschiedlich voneinander, hängen jedoch in ihrer Wirkung auf die Biomechanik des Kniegelenkes komplex zusammen.

Für das Verständnis des Bewegungsablaufs ist es wichtig, die miteinander kommunizierenden Gelenkflächen zu betrachten.

Das Femur ist an seinem distalen Ende durch die mit Gelenkknorpel überzogenen Kondylen medial und lateral verbreitert. Zwischen diesen Kondylen liegt die Kniescheibe in der ebenfalls mit Knorpel überzogenen Facies patellaris.

Die Fossa intercondylaris, die auch als „Notch“ bezeichnet wird, liegt am distalen Ende der Kondylen; hier entspringt am Condylus lateralis das vordere Kreuzband. Die Form dieser *Notch* kann großen Einfluss auf die Verletzbarkeit des vorderen Kreuzbandes haben (Strobel et al. 1995).

Femur und Tibia werden durch die gemeinsame Gelenkkapsel miteinander verbunden. Zwischen den beiden Knochen liegt der Gelenkspalt, in dem sich die das Kniegelenk stabilisierenden Weichteilstrukturen befinden.

Auch die Tibia verbreitert sich an ihrem gelenknahen, dem proximalen Ende, zu zwei Kondylen, die ebenfalls mit einer dicken Knorpelschicht überzogen sind. Diese Gelenkfläche wird als Tibiaplateau bezeichnet und beinhaltet den Ansatzpunkt des vorderen Kreuzbandes: die Eminentia intercondylaris, eine fistelartige Erhöhung zwischen den beiden Tibiakondylen. Außerdem agiert diese Eminentia als „zentraler Drehpfeiler“ (Müller W 1982), indem sie das Tibiaplateau in einen medialen, lateralen, ventralen und dorsalen Teil unterteilt.

Vergleicht man die Form der gekrümmten Femurkondylen mit dem Tibiaplateau, fällt die Inkongruenz beider Gelenkflächen zueinander auf. Ohne die passiven und aktiven Gelenkmechanismen wäre lediglich ein Kontakt über eine kleine Fläche möglich – dieser würde zu einer starken Kompression des Gelenkknorpels führen; durch den tatsächlichen anatomischen Aufbau des Kniegelenks wird diese Kompression vermieden und es entsteht ein konstanter Druck über das gesamte Ausmaß der Bewegungsmöglichkeiten des Knies (Appell und Stang-Voss 1996).

Das Kniegelenk lässt als Dreh-Scharniergelenk durch Roll- und Gleitbewegungen Beugung und Streckung, sowie beim gebeugten Knie begrenzt die Innen- und Außenrotation zu. Im gestreckten Zustand ist das Gelenk jedoch – vor allem durch die starken Kollateralbänder – nahezu völlig rotationsstabil, sodass keinerlei Rotationsbewegung möglich ist. Diese Eigenschaft macht das Knie einzigartig: Es ist das einzige „Roll-Gleit-Gelenk“ des menschlichen Körpers. Ohne die Kreuzbänder jedoch gäbe es diese Kinematik nicht; erst durch sie funktioniert der Mechanismus des Roll-Gleit-Gelenkes (Müller W 1982).

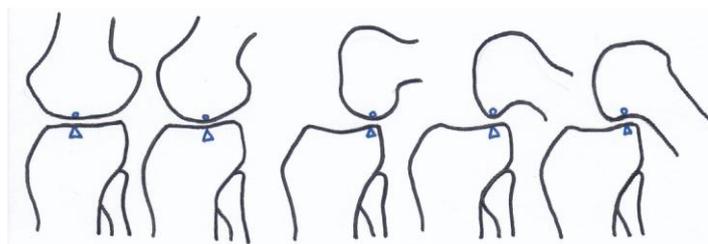


Abb. 1: Der Roll-Gleit-Mechanismus nach Müller W (1982 S. 12)

Eine Streckung ist bis zu  $0^\circ$  nach der Neutral-Null-Methode möglich, wobei die letzten  $10^\circ$  der Streckung nur bei gleichzeitiger Außenrotation erreicht werden können. Dieses Phänomen der „Schlussrotation“ kann folgendermaßen erklärt werden: Das vordere Kreuzband ist bereits vor den Kollateralbändern angespannt und dreht so die Tibia nach außen. Die Überstreckung wird durch das hintere Kreuzband, die hinteren Kapselbänder und die Kollateralbänder begrenzt.

Eine Flexion im Kniegelenk ist aktiv bis zu  $130^\circ$ , passiv bis ca.  $160^\circ$  möglich. Auch hier kommt der beschriebene Roll-Gleit-Mechanismus zum Tragen. In den ersten  $20^\circ$  der Beugebewegung kann es durch die ovale Form der Menisken nur eine Rollbewegung

geben. Erst wenn die Menisken bei weiterer Flexion passiv nach hinten geschoben werden, geht diese Bewegung in eine Gleitbewegung über.

Auch die Innen- und Außenrotation geht auf eine Verschiebung der Menisken zurück. Bei einer Beugung von etwa 90° erschlaffen die Kollateralbänder und lassen eine Drehbewegung von 30° Außen-(limitiert durch die Kollateralbänder) und 10° Innenrotation (durch die Kreuzbänder begrenzt) zu (Schiebler et al. 1999).

### 2.2.2 Weichteilstrukturen des Kniegelenks

Das Kniegelenk wird durch statische und dynamische Komponenten stabilisiert.

Die aktive, dynamische Stabilisierung wird durch die Muskel-Sehnen-Einheiten erreicht (Strobel et al. 1995).

Zu den statischen Komponenten zählen das vordere und hintere Kreuzband, das mediale und laterale Seitenband und der Innen- sowie Außenmeniskus (Berchtold et al. 2008).

Es können jedoch auch passive Stabilisatoren aktiv wirken, da sie über Propriozeptoren verfügen, die in der Lage sind, aktiv Meldungen über die Muskel- oder Gelenksituation an das zentrale Nervensystem zu senden und so zu einer Aktivierung der dynamischen Strukturen führen.

#### 2.2.2.1 Aktive, dynamische Stabilisation

Die ventralen Muskeln des Oberschenkels wirken überwiegend als Extensoren.

Der M. quadriceps femoris ist der kräftigste Muskel des menschlichen Körpers und gleichzeitig der kräftigste aktive Kniestabilisator (Appell und Stang-Voss 1996). Dieser Muskel besteht aus vier Köpfen, die mit einer gemeinsamen Sehne über die Patella ziehen und dann als Lig. patellae an der Tuberositas tibiae ansetzen. Der laterale und mediale Teil bilden aufgrund ihrer anatomischen Anordnung einen Schutz vor Verdrehtraumen. Der M. quadriceps femoris hat also neben seiner Hauptfunktion als Kniestrecker die Funktion, als Partner des hinteren Kreuzbandes zu wirken (Strobel et al. 1995).

Ein weiterer ventraler Muskel ist der M. sartorius, der mit dem M. semitendinosus und dem M. gracilis an seinem Ansatz am medialen Rand der Tuberositas tibiae die Pes-anserinus-Gruppe bildet. Dieser Muskel ist der einzige Beuger des Ventralkomplexes und führt gleichzeitig eine Innenrotation durch. Die Pes-anserinus-Gruppe stabilisiert das Kniegelenk zusammen mit dem M. semimembranosus medial.

Die dorsale Seite des Oberschenkels beinhaltet die ischiokrurale Muskulatur bestehend aus dem M. biceps femoris, dem M. semimembranosus und den schon genannten Mm. semitendinosus und gracilis. Diese Muskelgruppe wird im amerikanischen Sprachraum auch als die „Hamstrings“ bezeichnet und wirkt synergistisch zum vorderen Kreuzband, indem sie einer anterioren Instabilität entgegenwirkt.

Der M. biceps femoris ist der einzige Außenrotator des Kniegelenks, begrenzt die Innenrotation und führt eine Flexion durch.

Die Mm. semimembranosus und semitendinosus unterstützen den M. biceps femoris bei der Beugung des Kniegelenkes, aber rotieren im Gegensatz zu oben genanntem das Gelenk nach innen.

Auch der *M. gracilis* – der zu den Adduktoren zählt – führt eine Beugung und Innenrotation des Knies durch.

Weitere Beuger im Kniegelenk sind der *M. gastrocnemius*, der zu den Muskeln des Unterschenkels gezählt wird und der *M. popliteus*, ebenfalls ein Muskel des Dorsalkomplexes. Dieser Muskel sichert das Kniegelenk außerdem bei zunehmender Streckung. In voller Streckung findet bei der Schlussrotation eine leichte Außenrotation statt, sodass die Spannung von den sich umeinander wickelnden Kreuzbändern genommen wird.

### 2.2.2.2 Passive, statische Stabilisation

Das Kniegelenk wird passiv durch die beiden Menisken und zwei Bandsysteme – die Kollateral- und Kreuzbänder – geführt.

Die Aufgabe der Menisken ist es, einen Ausgleich zwischen den beiden nicht kongruenten knöchernen Gelenkstrukturen zu ermöglichen und Druck- und Stoßeinwirkungen beim schnellen Laufen oder beim Heben schwerer Lasten zu minimieren und gleichmäßig zu verteilen. So werden sie zu den entscheidenden Stabilisierungselementen im Kniegelenk, indem sie 30-35 % (Schiebler et al. 1999) der Druckbelastung auffangen und 45 % des Körpergewichts tragen (Strobel et al. 1995).

Die aus Faserknorpel bestehenden Menisci medialis und lateralis umfassen jeweils halbmondförmig die Gelenkflächen und verfügen über ein keilförmiges Profil, sodass sie jeweils einen Femurkondylus wie eine Manschette umgeben.

Beide Menisken liegen der Tibia auf und sind an ihrem äußeren Rand mit der Synovialmembran der Gelenkkapsel verwachsen. Von hier aus werden sie durch Blutgefäße versorgt. Außerdem sind sie an den Meniskusvorderhörnern durch das *Lig. transversum genus* verbunden. Sieht man von diesen drei Verankerungspunkten ab, sind die Menisken frei beweglich und können sich den unterschiedlichen Krümmungspunkten des Femurs anpassen.

Die beiden Seitenbänder – *Ligg. collateralia* – liegen außerhalb der Gelenkkapsel. Sie verhindern gemeinsam eine Ab- und Adduktion im Kniegelenk und sichern das Gelenk vor allem in der Streckung.

Das *Lig. collaterale mediale* oder *tibiale* ist als mediales Seitenband mit der Gelenkkapsel und dem *Meniscus medialis* verwachsen. Es wird daher als mediale Verstärkung der Gelenkkapsel angesehen und schränkt die Beweglichkeit des *Meniscus medialis* ein (Appell und Stang-Voss 1996). Sein Ansatz an der medialen Tibiakante wird von der *Pes anserinus*-Gruppe verdeckt, der Ursprung ist der *Epicondylus medialis* des Femurs. Das Band hat einen vorderen und hinteren Anteil, wobei bei gebeugtem Knie nur der hintere Anteil gespannt ist, sodass eine begrenzte Außenrotation in Beugung möglich ist (Schiebler et al. 1999).

Im Gegensatz dazu ist das *Lig. collaterale laterale* oder *fibulare* nicht mit der Gelenkkapsel verwachsen: Zwischen Band und Kapsel besteht ein Spalt, durch den die Sehne des

M. popliteus verläuft. Als laterales Seitenband erstreckt es sich vom Epicondylus lateralis femoris bis zum Caput fibulae.

Die anterior- und posterior-mediale Stabilisation wird durch das mediale Seitenband und den M. quadriceps femoris gewährleistet, während das laterale Seitenband zusammen mit dem M. biceps femoris für die anterior- und posterior-laterale Stabilität zuständig ist (Einsingbach 1986).

Die Kreuzbänder – Ligg. cruciata genus – sind für den Zusammenhalt der Gelenkkörper verantwortlich. Sie wirken einem Abgleiten der Oberschenkelkondylen von den flachen Gelenkpfannen des Tibiaplateaus entgegen.

Sie liegen innerhalb der Fossa intercondylaris und bilden dort die Zentralpfeiler des Kniegelenks (Kohn 2000). Sie verlaufen innerhalb der fibrösen Gelenkkapsel (intraartikulär), aber außerhalb der von der Membrana synovialis ausgekleideten Gelenkhöhle (extraartikulär).

Das Lig. cruciatum anterius entspringt fächerförmig an der Innenfläche des Condylus lateralis des Femur und verläuft schräg nach distal-ventral-medial, wo es fächerförmig an der Area intercondylaris tibiae inseriert (Petersen und Tillmann 2002). Es weist eine durchschnittliche Länge von etwa 31-38 mm auf, ist etwa 10-12 mm breit und ist somit eines der kräftigsten Bänder des menschlichen Körpers (Lobenhoffer und Tscherne 1993).

Das hintere Kreuzband – Lig. cruciatum posterius – hat einen entgegengesetzten Verlauf: Es zieht von der lateralen Fläche des medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior.

Nach W. Müller stellen die beiden Kreuzbänder das Kernstück der Kniegelenkkinematik dar. Dabei charakterisiert der Schnittpunkt beider Bänder den während der Flexion von vorn nach hinten wandernden Momentandrehpunkt des Gelenks (Müller W 1982).

Funktionell werden am vorderen Kreuzband zwei Faserbündel unterschieden: ein anteromediales und ein posterolaterales Bündel (Petersen und Tillmann 2002). Histologisch lassen sich die anteromedialen Fasern jedoch nicht von denen des posterolateralen Bündels abgrenzen. Untersuchungen zum Spannungsverhalten der unterschiedlichen Anteile des vorderen Kreuzbandes haben gezeigt, dass sich kein Faserbündel während des gesamten Bewegungsausmaßes isometrisch verhält und im gesamten Bewegungsektor angespannt bleibt (Amis und Dawkins 1977). Je nach Beugungsgrad des Kniegelenkes sind die Faserbündel unterschiedlich angespannt. Der als Führungsbündel bezeichnete anteromediale Anteil soll über einen größeren Bewegungsektor gespannt sein und stabilisiert das Knie in Streckung und Beugung. In der Flexion verlieren die posterolateralen Fasern ihre Spannung: Sie werden als Sicherungsfasern bezeichnet und sind vor allem in endgradiger Streckstellung gespannt (Fuss 1989).

In Extension spannen sich die medialen Anteile beider Kreuzbänder an. In Beugstellung sind nur der laterale Teil des vorderen sowie das gesamte hintere Kreuzband angespannt. Bei gleichzeitiger Flexion und Innenrotation sind nun der mediale Anteil des vorderen und auch das gesamte hintere Kreuzband gespannt.

Auch in Hinblick auf die Länge sind Unterschiede zwischen den beiden Faserbündeln beschrieben. So haben die anterioren Fasern durchschnittlich eine Länge von 36,3 mm, während der posteriore Anteil nur 17,8 mm aufweist (Kummer und Yamamoto 1988).

Die femoral kranial entspringenden Fasern inserieren im anteromedialen Anteil der tibialen Insertionszone; die femoral kaudal entspringenden Fasern inserieren im posterolateralen Anteil der tibialen Insertionszone (Fuss 1989).

Die arterielle Blutgefäßversorgung des vorderen Kreuzbandes ist strukturabhängig. Proximal erfolgt sie über die Endäste der A. media genus. Der distale Bereich des Kreuzbandes wird über die Endäste der Aa. inferiores medialis und lateralis genus versorgt.

Jeweils proximal und distal wird ein periligamentäres Netzwerk gebildet, von dem aus die Blutgefäße in das Kreuzband eindringen (Kohn 2000). Zwischen den beiden Gefäßgebieten – ca. 7 mm oberhalb des tibialen Insertionspunktes – fehlt dieses Netzwerk, sodass eine avaskuläre Zone entsteht, die sich auch innerhalb der Insertionspunkte befindet (Petersen und Tillmann 2002).

Die nervale Innervation der Kreuzbänder erfolgt durch Äste des N. tibialis und des Ramus posterior nervi obturatorii. Sie schließen sich zu einem extrakapsulären Nervengeflecht zusammen, das über die Synovialmembran zu dem oben genannten periligamentären Geflecht der Synovialgefäße zieht (Arnoczky 1985).

Die Hauptfunktion des vorderen Kreuzbandes besteht darin, die Tibia gegen eine Verschiebung nach vorne zu sichern. Diese Aufgabe der Translationssicherung erfüllt es am wirksamsten in einer Flexion zwischen 20° und 30°. Durchtrennt man das vordere Kreuzband, lässt sich die Tibia 5 bis 10 mm nach vorne ziehen (Takeda et al. 1994).

Weiterhin sind beide Kreuzbänder in geringem Umfang an einer Sicherung gegenüber valgischen und varischen Kräften beteiligt.

Betrachtet man den Faserverlauf des vorderen Kreuzbandes, so werden die beiden wesentlichen, schon beschriebenen Funktionen deutlich: Zum einen nähert es durch den Zug von Femur zur Tibia die beiden kommunizierenden Knochen einander entlang der Längsachse an. Zum anderen verhindert das vordere Kreuzband durch seinen Verlauf von hinten nach vorne eine Verschiebung der Tibia gegen das Femur nach vorne (Translation). Je nach bestehendem Winkel zwischen Kreuzband und Tibialängsachse rückt eine der beiden Funktionen in den Vordergrund. Bei kompletter Extension tritt die Komponente, die Femur und Tibia zusammenhält, in den Vordergrund. Bei zunehmender Flexion und kleiner werdendem Winkel wird die Translationssicherung größer (Edwards AG et al. 1970).

Die Bedeutung der Kreuzbänder für die Biomechanik des Kniegelenks zeigt die Studie von Strobel et al.: Werden in vitro alle Weichteilstrukturen des Kniegelenks - bis auf die beiden Kreuz- und Seitenbänder - entfernt, so bleibt der Bewegungsablauf weitgehend konstant. Entfernt man nun jedoch beide Kreuzbänder, so tritt das bekannte Schubladenphänomen auf (Strobel et al. 1995).

Das Kreuzband kann nicht nur passiv, sondern auch indirekt aktiv als Stabilisator des Kniegelenks wirken. So befinden sich unter dem synovialen Gewebe und im Verankerungsbereich an Tibia und Femur Mechanorezeptoren in Form von Vater-Pacini-

Körperchen, Ruffini-Körperchen und freien Nervenendigungen. Diese Rezeptoren der Propriozeption haben eine große Bedeutung für die Kinematik des Kniegelenkes: Sie fungieren als Sensoren für die Gelenkstellung und steuern so die Aktivität und den Tonus der stabilisierenden Muskulatur. Bei Patienten ohne Kreuzband fällt auf, dass der Reflex zur Anspannung der ischiokruralen Muskulatur, die das Kniegelenk stabilisiert, fehlt (Hungervorst und Brand 1998).

### 2.3 Epidemiologie

Das Kniegelenk ist das am häufigsten verletzte Gelenk des menschlichen Körpers. Unter den Knieverletzungen nimmt die Verletzung des vorderen Kreuzbandes bei sportlich Aktiven bis zu 30 % aller Fälle ein (Schäfer und Hempfling 1995).

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes stellt mit einer Inzidenz von 38 Verletzungen auf 100.000 Einwohner eine sehr häufige Verletzung dar (Miyasaka et al. 1991).

Die häufigste Ursache für die Verletzung des vorderen Kreuzbandes ist die sportliche Aktivität. Noyes et al. (2000) berichten, dass Sport in 85 % ursächlich für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist.

Unter allen Sportarten sind besonders körperbetonte Sportarten wie Fußball, Handball, Volleyball (Natri et al. 1995) und Skifahren prädisponierend für eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes (Gotzen und Petermann 1994).

### 2.4 Pathomechanismus

Die Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie hat die vordere Kreuzbandruptur wie folgt definiert: Eine frische vordere Kreuzbandruptur ist die vollständige oder teilweise Kontinuitätsunterbrechung des Bandes nach Überschreiten der Elongationsreserve durch äußere Gewalteinwirkung. Eine alte vordere Kreuzbandruptur ist der persistierende posttraumatische Bandschaden (Deutsche Gesellschaft ... 2002).

Zahlreiche Studien beschäftigen sich mit der Frage nach der Ursache einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes und machen z. B. anatomische, hormonelle und umweltbedingte Faktoren für diese Verletzung verantwortlich.

Anatomisch wird ein Impingement des vorderen Kreuzbandes gegen die Fossa intercondylaris als ein Grund der Verletzung des vorderen Kreuzbandes angeführt, da es hier größeren Scherkräften gegen den Knochen ausgesetzt ist (Norwood und Cross 1977). Es wurde gezeigt, dass Patienten mit bilateralen Kreuzbandverletzungen im Vergleich zur Kontrollgruppe eine engere interkondyläre Notch haben, was auf eine Prädisposition dieser Patienten für derartige Verletzungen hinweisen könnte (Harner et al. 1994).

Frauen haben im Vergleich zu Männern eine höhere Muskel- und Kniegelenklaxität. Aufgrund dieser weniger starken Aktivität der *Hamstring*-Muskulatur ist dessen protektive Wirkung auf das vordere Kreuzband reduziert. Daher soll diese höhere Laxität mit einem erhöhten Verletzungsrisiko für Rupturen des vorderen Kreuzbandes einhergehen (Wojtys 1998). Epidemiologische Studien berichten von signifikant höheren Verletzungsraten bei weiblichen Athletinnen im Vergleich zu männlichen. Insbesondere treten

diese bei Sportarten wie Fußball und Basketball auf. So ist die Gefahr der Verletzung des vorderen Kreuzbandes bei diesen Sportarten bei Frauen zwei- bis achtmal so hoch wie bei Männern (Arendt und Dick 1995). Als ein möglicher Grund hierfür wird die Wirkung des Östrogens, das Rezeptoren im vorderen Kreuzband besitzt, diskutiert. Dieses Hormon kann das Weichteilgewebe entspannen, indem es die Kollagensynthese und die Fibroblastenproliferation reduziert und setzt so die Zugfestigkeit des Kreuzbandes herab (Liu et al. 1997). Ein erhöhter Östrogenspiegel soll durch die Beeinflussung des zentralen und peripheren Nervensystems die feinmotorischen Fähigkeiten und so den neuromuskulären Schutzmechanismus des Kniegelenkes mindern (Posthuma et al. 1987).

Auch umweltbedingte Komponenten können Verletzungen des vorderen Kreuzbandes begünstigen. So wurde bei Fußballspielern beobachtet, dass das Tragen von Schuhen mit Noppen oder Stollen vermehrt Kreuzbandverletzungen nach sich zieht. Verstärkt wird diese Tendenz, wenn sich die Stollen am peripheren Rand des Schuhwerks befinden und in ihrer Länge nach innen abnehmen, da ein erhöhter Torsionswiderstand resultiert (Lambson et al 1996).

Der Bewegungsablauf des Kniegelenkes ist stark von der korrekten Länge und Spannung der Kreuzbänder abhängig. Um eine Ruptur herbeizuführen, muss eine Kraft von etwa 2200 N aufgebracht werden. Die maximale Reißkraft des vorderen Kreuzbandes, die mit zunehmendem Alter abnimmt, wird mit etwa 2160 N angegeben (Rowden et al. 1997).

Die Ruptur kann an drei verschiedenen Stellen erfolgen, am proximalen und distalen Übergang von Knochen und Band sowie intraligamentär. Dieser letztgenannte Bereich stellt mit 70-80 % aller Rupturen die häufigste Lokalisation dar. An zweiter Stelle liegt mit 20 % der proximale Knochen-Ligament-Übergang, gefolgt vom distalen Übergang mit etwa 2 % (Noyes et al. 1980).

Die Ruptur entsteht bei forcierter Überstreckung des Kniegelenks oder einer gewaltsamen Vorwärtsverlagerung des Unterschenkels bei gebeugtem Knie. Häufige Ursachen sind zudem eine Rotation des Körpers bei fest auf dem Boden fixiertem Fuß oder eine forcierte Flexion des gestreckten innenrotierten Knies.

Dabei gibt es zahlreiche Unfallmechanismen, die diese Situationen hervorrufen können: Typisch ist z. B. das Flexions-Varus-Innenrotationstrauma, das durch Überkreuzen der Skier zustande kommen kann. Hier kommt es zu einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes sowie der anterolateralen Kapsel-Band-Strukturen.

Auch das Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma zieht häufig eine Schädigung des vorderen Kreuzbandes nach sich. In diesem Fall – der häufig beim Einfädeln an der Torstange bei Skifahrern oder bei Ballsportarten beobachtet wird – kommt es zusätzlich zum Zerreißen der medialen Kapsel-Band-Strukturen.

Ferner ist das Valgustrauma zu erwähnen, das vor allem bei Kontaktsportarten wie Fußball, Handball und Basketball zu beobachten ist: Der Gegenspieler fällt von außen gegen das feststehende, gestreckte Bein des Spielers.

Außerdem sind das Hyperflexions- sowie das Hyperextensionstrauma zu nennen. Hier wird das vordere Kreuzband, sowie – beim Hyperflexionstrauma – die Meniskushinter-

hörner verletzt. Beide Traumata sind bei einer Landung – entweder mit überstrecktem Hüft- und Kniegelenk oder mit flektiertem Knie – nach einem Sprung im flachen Gelände zu beobachten (Kohn et al. 2002).

Diese pathologisch veränderte Kinematik aufgrund einer vorderen Kreuzbandruptur macht sich in einer vermehrten Bewegungsfreiheit des Tibiakopfes nach ventral und in einem veränderten Bewegungsmuster der Tibia gegenüber dem Femur bemerkbar. Die ventrale Translation ist durch ein Überwiegen der Quadrizepsmuskulatur, die nicht mehr durch die Aktivität des vorderen Kreuzbandes begrenzt werden kann, bei jedem aktiven Streckvorgang zu erklären (Kohn et al. 2002).

Aus diesen Gründen kommt es zu einer Desintegration des Roll-Gleit-Mechanismus (Lobenhoffer 1999), sodass das Femur auf den Menisken und dessen Hinterhörnern rollt und zurückgleitet. So kann die Tibia bei flektiertem Knie nach vorne wandern und es zeigt sich das Phänomen der vorderen Schublade (Müller W 1982).

Besonders bei Sportarten, die vorzugsweise das Bein mit vielen schnellen Richtungswechseln und Stoppbewegungen belasten, kommt es zu einem subjektiven Unsicherheitsgefühl und zu einer Funktionsminderung (Lobenhoffer und Agneskirchner 2005).

Als Folgeschäden der vorderen Kreuzbandinsuffizienz sind nach fünf bis zehn Jahren vor allem Meniskusläsionen und Schäden des Gelenkknorpels zu nennen (Lobenhoffer und Tscherne 1993). Gerade die meniskale Läsion beeinträchtigt das instabile Knie erheblich und induziert sehr häufig eine Arthrose des betroffenen, meist medialen, Kompartiments (Jäger et al. 2000).

Diese Folgeschäden intensivieren sich vor allem bei der Fortsetzung hoher sportlicher Aktivitäten, sodass mit einer Meniskektomie von 10-70 % gerechnet werden muss. Außerdem wird von einer zunehmenden Instabilität des Kniegelenkes im Laufe der Zeit berichtet (Gotzen und Petermann 1994).

## 2.5 Diagnostik

Am Anfang jeder Diagnostik stehen trotz technisch hochwertiger Verfahren die Anamnese und die klinische Kniegelenksuntersuchung, die immer im Seitenvergleich erfolgen muss. Durch diese beiden Verfahren kann der Großteil der Diagnose „vordere Kreuzbandruptur“ gestellt werden.

### 2.5.1 Anamnese

Am Beginn der Diagnostik steht die Erhebung der Anamnese. Vor allem die Unfallanamnese grenzt die verletzten Strukturen stark ein und ermöglicht es dem Untersucher, ein gezieltes Untersuchungsschema auszuarbeiten (Kohn et al. 2002).

Es sollten vor allem der Zeitpunkt und Hergang des Unfalls erfragt werden. Die genaue Kenntnis des Unfallmechanismus ist für die Erkennung des Ausmaßes der Verletzung unerlässlich. So gibt es z. B. bei bestimmten Sportarten (Alpinem Skisport, Fußball) pathognomonische Unfallmechanismen, die zwangsläufig zu einer Verletzung der Kapselbandstrukturen des Kniegelenkes führen können.

Nach akuten Verletzungen des vorderen Kreuzbandes berichten einige Patienten über ein hörbares Knallen (Siewert 2000) oder „Plopp“ (Kohn et al. 2002) während des Unfalls.

Außerdem sind Angaben über eine rasch – also innerhalb von ein bis zwei Stunden – einsetzende Schwellung des Kniegelenkes von großer Bedeutung. Diese sprechen für einen Hämarthros, der in etwa 70 % ein Indiz für eine vordere Kreuzbandruptur ist. Bis zum Beweis des Gegenteils bedeutet ein Hämarthros eine signifikante Knieverletzung (Gotzen und Petermann 1994). Hierbei ist zu beachten, dass bei schweren Kniebinnenverletzungen nicht zwingend eine Ergussbildung erfolgen muss, wenn zusätzlich eine Kapselverletzung vorliegt (Siewert 2000).

Der Schmerz erscheint bei Verletzungen der Bänder des Kniegelenkes oft umgekehrt proportional zur Schwere der Verletzung. Ein überdehntes Band schmerzt also mehr als ein rupturiertes (Kohn et al. 2002).

Auch die Frage nach einem Instabilitätsgefühl ist unerlässlich. Dieses ist für die Patienten oft das auffälligste Merkmal, das eine Schädigung des Bandapparates signalisiert und mit dem Gefühl des plötzlichen Einknickens („*giving way*“) verbunden. Da veraltete Knieverletzungen sehr häufig zu einem Instabilitätsgefühl führen, muss dieses Merkmal anamnestisch besonders gründlich ermittelt werden.

Typisch für ein fehlendes vorderes Kreuzband sind rezidivierende schmerzhaft Knie-subluxationen gefolgt von Knieschwellungen über mehrere Tage. Auslöser für Knieinstabilitätsprobleme sind z. B. Richtungswechsel aus vollem Lauf (Andrews et al. 1977) und Drehbewegungen des Körpers über dem festgestellten Fuß (Kohn et al. 2002).

### 2.5.2 Klinische Untersuchung

Ziel der klinischen Untersuchung ist es, die Verletzungen der einzelnen Kniebinnenstrukturen zu erfassen, um das Verletzungsausmaß einschätzen und patientenindividuelle Therapiemaßnahmen einleiten zu können.

Zunächst wird im Fall einer frischen Verletzung die Motorik, Sensibilität und Durchblutung der gesamten verletzten Extremität überprüft.

Es folgt die Inspektion des betroffenen Kniegelenkes im Vergleich zur Gegenseite. Hier wird das Augenmerk auf eine Rötung, Schwellung sowie auf das Vorhandensein einer Prellmarke oder äußeren Verletzung, eines Hämatoms oder Gelenkergusses gelegt. Bei Funktionsstörungen wird zusätzlich auf eine eventuelle Atrophie der Quadrizepsmuskulatur oder eine Achsenfehlstellung geachtet (Berchtold et al. 2008).

Anschließend kann durch vorsichtige Palpation ein Erguss im Kniegelenk nachgewiesen werden. Hier ist der Recessus suprapatellaris kissenförmig geschwollen. Durch das Ausstreichen des Recessus mit der einen und Palpation der Patella mit der anderen Hand lassen sich bereits Ergussmengen von 15-20 ml nachweisen (Jakob und Stäubli 1990). Im Falle eines Ergusses ergibt sich nach dieser Untersuchungsmethode das Bild der „tanzenden Patella“. Außerdem können durch die Palpation im Falle einer Bandläsion Druckschmerzpunkte im Bereich der anatomischen Ansatzpunkte lokalisiert werden.

Bei einem Verdacht auf eine Kniebandverletzung wird vor der Prüfung der Bandstabilität die aktive Beweglichkeit des Kniegelenkes bis zur Schmerzgrenze getestet. Nach der Neutral-Null-Methode findet sich bei einer isolierten Verletzung des vorderen Kreuzbandes meist eine Beugung bis maximal  $90^\circ$  und ein Streckdefizit von  $10-20^\circ$  (Jäger 1991).

Von großer Bedeutung in der Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes sind im Wesentlichen zwei Stabilitätstests: der Schubladentest und der Lachman-Test.

Bei der Untersuchung des Schubladenphänomens ist das Knie in  $90^\circ$  gebeugt und der Untersucher sitzt auf dem Fuß des Patienten. Bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes lässt sich der Tibiakopf bei Zug nach ventral in eine Subluxationsstellung ziehen: der vordere Schubladentest ist positiv. Die „hintere Schublade“ weist auf eine Ruptur des hinteren Kreuzbandes hin (Berchtold et al. 2008).

Es gilt hier ein wichtiger Merksatz, um evtl. Verwechslungen zu vermeiden: Eine vordere Schublade ist erst dann eine vordere Schublade, wenn bewiesen ist, dass es keine hintere Schublade ist (Müller W 1982). Es muss also zunächst der Test der hinteren Schublade durchgeführt werden, um eine hintere Kreuzbandruptur auszuschließen.

Beim Lachman-Test befindet sich das Knie in  $20^\circ$  Flexion. In dieser Stellung ist das vordere Kreuzband entspannt und es kann auch ein akut verletztes Knie untersucht werden, bei dem keine Flexion von  $90^\circ$  möglich ist. Die eine Hand des Untersuchers fixiert das distale Femur, während die andere Hand den Tibiakopf nach vorne zieht (Torg et al. 1976). Auf diese Weise wird der sog. „vordere Anschlag“ des Kreuzbandes geprüft (Siewert 2000).



Abb. 2: Lachman-Test

Beim Lachman-Test handelt es sich beim akut verletzten Knie um den wichtigsten Test zur Prüfung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes. Er weist eine Sensitivität von etwa 90 % auf (Siewert 2000).

Sowohl der Test der vorderen Schublade als auch der Lachman-Test sind jeweils im Seitenvergleich durchzuführen, wobei mit der unverletzten Seite begonnen werden sollte, damit sich der Patient ein Bild von dem Untersuchungsablauf machen kann und nicht unvorbereitet mit einer evtl. schmerzhaften Untersuchung konfrontiert wird (Kohn et al. 2002).

Aufgrund der Schmerzhaftigkeit wird der Pivot-Shift-Test zum Schluss durchgeführt. Bei der Untersuchung wird das gestreckte, innenrotierte Knie unter leichtem Valgusstress gebeugt. In einer Beugung um 30° kommt es zu einer schnappenden Reposition des subluxierten Tibiakopfes (Siewert 2000).

Dieser Test ist jedoch beim akuten Knie Trauma nicht geeignet, da er wegen der muskulären Gegenspannung der Patienten häufig nicht aussagekräftig ist. In Narkose durchgeführt weist diese Untersuchung eine hohe Sensitivität auf (Petersen und Hansen 1996).

Über einen passiven Varus- bzw. Valgusstress ist zusätzlich die Aufklappbarkeit des Kniegelenkes zu prüfen, um eine laterale bzw. mediale Instabilität auszuschließen (Müller W 1982).

### 2.5.3 Bildgebende Verfahren

Die unfallchirurgischen Erstuntersuchung des Kniegelenkes nach einem Trauma beinhaltet zum Ausschluss knöcherner Begleitverletzungen Röntgenbilder im anteroposterioren, lateralen und tangentialen Strahlengang. Durch die a.-p.-Aufnahmen können das Femorotibialgelenk, das distale Femur, die proximale Tibia und der Kreuzbandhöcker beurteilt werden. Die laterale Projektion hat vor allem bei der Patellahöhenbestimmung große Bedeutung. Die tangentielle Aufnahme ist notwendig, um das Femoropatellargelenk ausreichend beurteilen zu können (Kohn et al. 2002).

Bei einem Verdacht auf einen knöchernen Kreuzbandausriss ist eine sogenannte Tunnelaufnahme nach Frick indiziert. Hier kann die Fossa intercondylaris, der dorsale Femurkondylenanteil sowie die Eminentia intercondylaris überlagerungsfrei beurteilt werden (Kohn et al. 2002).

Gehaltene Aufnahmen, Funktionsaufnahmen sowie Spezialprojektionen werden in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie als für den Einzelfall nützlich, jedoch nicht als notwendig angesehen (Deutsche Gesellschaft ... 2002).

Die Sonographie stellt kein gängiges Verfahren in der Diagnostik der Kreuzbandverletzungen dar.

Im Gegensatz zur Sonographie gilt die Kernspintomographie (MRT) aufgrund ihrer hohen Aussagekraft von etwa 96 % als Goldstandard der bildgebenden Verfahren der Kreuzbandruptur (Siewert 2000). Durch diese Untersuchung sind der Verlauf des vorderen und hinteren Kreuzbandes sowie mögliche knöcherner, meniskale oder chondrale Begleitverletzungen beurteilbar (Kohn et al. 2002).

Die Diagnosestellung erfolgt anhand direkter und indirekter Zeichen. Zu den direkten Zeichen einer vorderen Kreuzbandruptur gehören beispielsweise eine Kontinuitätsunterbrechung des Bandes, eine Verlagerung der Bandenden, eine wellige Struktur oder ein Hämatom in der Umgebung.

Indirekte Zeichen entstehen aus der vorderen Instabilität und sind z. B. ein *kinking* – also eine vermehrte Abwinkelung des hinteren Kreuzbandes – oder eine anteriore Luxation der Tibia. Auch ein Knochenmarködem („*bone bruise*“), eine subchondrale Spongiosaimpression, das sich in 40-50 % aller Rupturen des vorderen Kreuzbandes findet, kann als indirektes Zeichen eines Kreuzbandrisses im MRT diagnostiziert werden (Kohn et al. 2002).

Die Computertomographie wird trotz einer hohen Sensitivität mit 95 % selten angewandt und findet vor allem beim Vorliegen komplexer Begleitverletzungen Verwendung (von Essen und Südkamp 2003).

Durch eine Arthroskopie können alle wichtigen Kniebinnenläsionen beurteilt werden. So kann das vordere Kreuzband dargestellt und gegebenenfalls direkt operativ saniert werden, worin der entscheidende Vorteil dieser Untersuchungsmethode besteht. Gleichzeitig ergibt sich aus diesem Vorteil auch eine Einschränkung: Eine arthroskopische Untersuchung ist ein invasiver Eingriff und ist daher nur mit der Option einer möglichen operativen Intervention indiziert (Siewert 2000).

## 2.6 Therapeutische Optionen

Das Ziel der Therapie einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes liegt vornehmlich in der Wiederherstellung der funktionellen Gelenkstabilität, der vollen Beweglichkeit im Kniegelenk sowie in der Vermeidung der Entstehung einer Arthrose. Außerdem gehören die Reduktion von Schmerzen und Schwellung sowie die Wiederherstellung der Sport- und Berufsfähigkeit, ebenso wie die dadurch resultierende Steigerung der Lebensqualität zu der erklärten therapeutischen Zielsetzung (Deutsche Gesellschaft ... 2002).

Die Wahl der möglichen Therapieoption orientiert sich an den individuellen Gegebenheiten und Ansprüchen wie Alter, Aktivitätsniveau oder Sportambitionen des Patienten.

### 2.6.1 Konservative Behandlungsmethoden

Die konservative Therapie der Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist trotz der Fortschritte in der operativen Versorgung nicht obsolet.

Es gibt bestimmte Indikationen, die eine konservative Therapie rechtfertigen. Hier sind z. B. die Ablehnung der Operation durch den Patienten, eine fortgeschrittene Arthrose oder ein hohes Lebensalter mit eingeschränkter Aktivität zu nennen (Jakob und Stäubli 1990).

Das kreuzbandinsuffiziente Knie wird durch Muskelaufbautraining, Koordinationstraining und Training des Feedbacks an Alltagsanforderungen angepasst (Siewert 2000). Hierbei kommt das gesamte Fachgebiet der Physiotherapie mit aktiver und passiver Krankengymnastik, Elektro-, Kryo- und manueller Therapie sowie gerätegestütztem Training zur Anwendung (von Essen und Südkamp 2003). Das Training der Muskulatur soll zu einer besseren Stabilisation des Kniegelenkes führen. Hier wird vor allem der M. quadriceps femoris und die ischiokrurale Muskulatur in das Aufbautraining einbezogen.

Der Muskelaufbau letztgenannter Gruppe ist besonders wichtig, da diese als Gegenspieler der ventralen Translation der Tibia fungiert (Müller W 1982).

Zusätzlich kann in einigen Fällen eine Bandagenstabilisierung, die jedoch eher dem positiven Feedback als der Stabilisierung dient, während sportlicher Betätigung sinnvoll sein (Siewert 2000).

Zur Schmerzlinderung werden nicht-steroidale Antiphlogistika verabreicht (von Essen und Südkamp 2003).

Der Vorteil der konservativen Behandlung liegt darin, dass im Vergleich zu einer operativen Therapie die Sportfähigkeit konservativ behandelte Sportler schneller wieder erreicht ist (Müller W 1982).

Dennoch ist auch bei guter muskulärer Führung langfristig mit Folgeschäden am Kniegelenk zu rechnen. Bei subjektiver Beschwerdefreiheit wird die gewohnte Sportfähigkeit wieder erreicht, es kommt jedoch aufgrund des Ventralgleitens der Tibia durch das fehlende Kreuzband zu minimalen Dreh-Gleit-Bewegungen an den Menisken und der Knorpeloberfläche, was zu Schäden dieser Strukturen führen kann.

Außerdem kann es bei sportlichen Aktivitäten zum *giving way* kommen. Bei derartigen Bewegungen lockert sich der Kapsel-Band-Apparat, sodass weitere Schädigungen des Knorpels und der Menisken resultieren können. Aus diesen Läsionen kann eine Arthrose entstehen (Seitz et al. 1998).

Wird daher eine Rückkehr zur sportlichen Aktivität angestrebt, sollte eine operative Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur durchgeführt werden (Grontvedt et al. 1996 a).

### 2.6.2 Operative Versorgung

Zunächst war die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes jungen, sportlich sehr aktiven Patienten vorbehalten. Durch eine Verbesserung der minimal-invasiven, operativen Techniken und der Rehabilitationskonzepte, konnte die Prognose nach einer Kreuzbandplastik verbessert werden, sodass eine Altersgrenze heute nicht mehr existiert (Siewert 2000).

Zu den Zielen der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes gehört die Vermeidung weiterer Verletzungen des Kniegelenkes durch die verbliebende Instabilität und die Vorbeugung einer oben beschriebenen posttraumatischer Arthrose durch sich wiederholende Knorpel- und Meniskusverletzungen. Ein weiteres Ziel ist es, das Kniegelenk beim Leistungssportler so zu stabilisieren, dass das sportliche Aktivitätsniveau wieder erreicht werden kann (Siewert 2000).

Der Standard ist die arthroskopisch assistierte Operation, da dieses Verfahren minimal-invasiv ist und die Rehabilitation beschleunigt werden kann (Siewert 2000).

Zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes stehen die folgenden autologen Transplantate zur Verfügung:

Die Verwendung der *Hamstring*-Sehnen ist heute der „*Golden Standard*“. Es werden viersträngige Bündel, kombiniert aus Semitendinosus- und Grazilissehne verwendet, die

eine Reißfestigkeit von etwa 4100 N haben. Bei der *Double Bundle* Technik werden zwei Bündel durch vier Knochenkanäle eingesetzt. Das Transplantat der Semitendinosus- und Grazilissehne entspricht aufgrund seiner Länge und seines mehrsträngigen Aufbaus eher der Anatomie des vorderen Kreuzbandes mit anteromedialem und posterolaterem Bündel (Woo et al. 1997). Der Kraftverlust ist nach der Entnahme der *Hamstring*-Transplantate postoperativ geringer als nach der Verwendung der Patellarsehne (Fu et al. 2000). Es wird jedoch ein Kraftdefizit in der Flexion diskutiert (Burks et al. 2005).

Das mittlere Drittel aus der Patellarsehne als Knochen-Sehnen-Transplantat (*Bone-Tendon-Bone*) ist eine oft verwendete Alternative. Die Vorteile dieses Transplantates, das mit zwei endständigen Knochenblöcken aus Patella und Tibia versehen ist, liegen u. a. in der hohen Reißfestigkeit der Sehne mit etwa 2300 N (Weiler et al. 2002 b). Nachteilig ist die Entnahme des proximalen Knochenblocks mit Gefahr einer Patellarfraktur und der hohen Entnahmemorbidität. So haben bis zu 60 % der Patienten Schmerzen beim Knien. Ein weiterer Nachteil dieses Verfahrens ist eine mögliche langfristige Reduktion der Streckerkraft (Rosenberg et al. 1992).

Ein weiteres gebräuchliches Transplantat ist die Quadrizepssehne. Auf eine ausführlichere Darstellung soll in dieser Arbeit aber verzichtet werden, da dieses Transplantat bei den Patienten dieser Studie nicht zur Anwendung kommt.

Die mechanischen Eigenschaften aller vorgestellten autologen Transplantate sind geeignet, um das vordere Kreuzband zu ersetzen.

## 2.7 Rehabilitation

Die Rehabilitation nimmt nach konservativer und operativer Therapie einen bedeutenden Stellenwert ein.

Die klinischen Ergebnisse nach einem Ersatz des vorderen Kreuzbandes sind bei 80 bis 90 % zufriedenstellend (Engelhardt et al. 2002). Die Rehabilitation nimmt nach dieser Operation einen großen Stellenwert ein.

Die postoperative Rehabilitation nach einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes ist eine Gradwanderung zwischen Überlastung und Überprotektion des Transplantates.

Postoperative Schmerzen, Schwellungen, Ergussbildungen sowie eine neuromuskuläre Koordinationsstörung mit einer Muskelatrophie können durch die zunehmend minimal-invasiven Operationsverfahren vermindert werden. Durch ein frühzeitig erreichtes großes Bewegungsausmaß kann die gelenkstabilisierende Muskulatur zeitnah aktiviert werden, sodass der sensomotorische Verlust reduziert werden kann (Meyer und Biedert 2000).

Die Nachbehandlung wird in den Prinzipien und im Aufbau von Kriterien wie Operationstechniken, Begleitverletzungen und sportartspezifischen Anforderungen bestimmt (Biedert und Meyer 1996):

Die Transplantatverankerung gilt in den ersten postoperativen Wochen als limitierender Faktor und darf bis zur Einheilung nicht überlastet werden. Diese beträgt bei der Patellarsehne etwa vier bis sechs Wochen und bei der Semitendinosus-/Grazilissehne acht bis zwölf Wochen. Gleichzeitig besteht bei einer zu starken postoperativen Bewe-

gungseinschränkung und damit zu zaghafte Rehabilitation die Gefahr der Arthrofibrose (Siewert 2000).

Nach den Begleitverletzungen ist das sportartspezifische Anforderungsprofil der dritte wesentliche Punkt, der den Aufbau des Rehabilitationsprogrammes bestimmt. Für die Gruppe der Breitensportler stellt die Wiedereingliederung in den Berufsalltag das Hauptziel dar, während das Hauptaugenmerk beim Spitzensportler auf einer schnellen Reintegration in die jeweilige Sportart liegt (Meyer und Biedert 2000).

Das abgebildete Rehabilitationsschema teilt die Nachbehandlung in vier Phasen ein, wobei sich fließende Übergänge, die sich an die individuellen Fähigkeiten des Patienten und an den Zustand des operierten Kniegelenkes anpassen, finden. Um die nächste Rehabilitationsphase zu erreichen, müssen die Patienten Kriterien wie ein genügend hohes Kraftpotential, eine Schwellungsverminderung und die sensomotorische Kontrolle des Gelenkes erfüllen (Meyer und Biedert 2000).

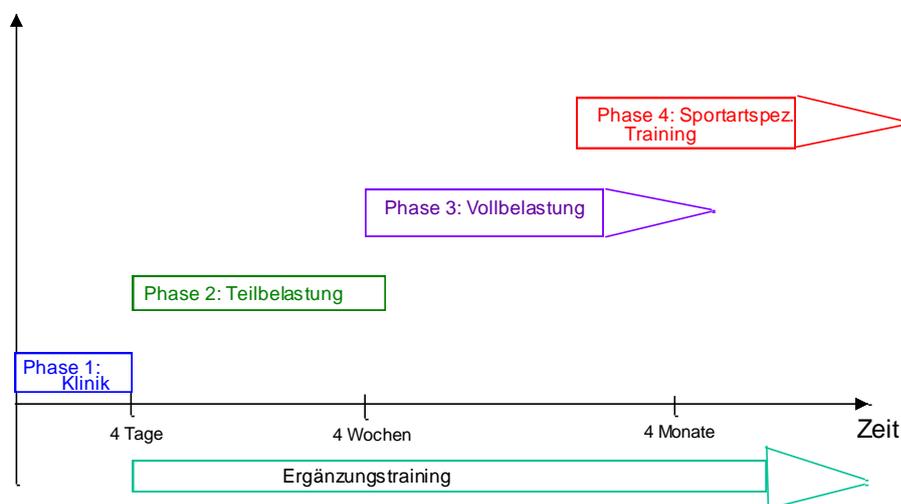


Abb. 3: Rehabilitationsschema

In der klinischen Phase soll unter der Verwendung einer Bewegungsschiene ein Bewegungsausmaß von  $0^{\circ}$ - $0^{\circ}$ - $90^{\circ}$  erreicht werden, wobei vor allem das Erlangen einer vollständigen Streckung des Kniegelenkes im Vordergrund steht. Als unterstützende Maßnahmen werden Elektrostimulation, Patellamobilisation (v. a. nach Verwendung eines Patellarsehnentransplantates) und die Instruktion eines Heimprogrammes verwendet.

An diese Phase schließt sich für die nachfolgenden Wochen die Stufe der Teilbelastung an. Nun wird durch den Aufbau der sensomotorischen Kontrolle die Basis der weiteren funktionellen Entwicklung gebildet (Biedert et al. 1998). Ein leichtes Ersatztraining, das den individuellen und den Ansprüchen der jeweiligen Sportart angepasst wird, kann begonnen werden. Zu Beginn dieses Trainings steht das Wiederabrufen schon bekannter Bewegungsprogramme im Vordergrund (Engelhardt et al. 2002).

Diesem Stadium schließt sich die Phase der Vollbelastung an. Nachdem der Einbeinstand gut kontrolliert werden kann, werden im Anschluss dynamische Kniebeugen trainiert. Die eigentliche Vollbelastung kann bei vollständiger muskulärer Kontrolle, ergussfreiem Kniegelenk und genügendem Bewegungsausmaß freigegeben werden. Das sensomotori-

sche Training wird durch verschiedene Hilfsmittel, wie z. B. einer instabilen Unterlage, verstärkt. Es wird an der Leistungsfähigkeit im Bereich Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit und Koordination gearbeitet sowie Bewegungsprogramme in Anlehnung an die jeweilige Sportart unter erleichterten Bedingungen eingeübt.

Anschließend folgt das sportspezifische Training. Die Belastungssteigerung und der Zustand des Kniegelenkes werden engmaschig kontrolliert und neu beurteilt. Im Vordergrund dieser Phase steht die Entwicklung der Schnelligkeit und der Schnellkraft.

Durch die Zusammenarbeit von Arzt, Patient und Physiotherapeut kann innerhalb kurzer Zeit ein funktionell optimales Ergebnis erzielt werden (Meyer und Biedert 2000).

Zwischen dem Beginn der Sportfähigkeit und dem Erreichen der vollständigen Leistungsfähigkeit können viele Monate liegen. Kann die spezielle Sportart meist nach etwa fünf bis sechs Monaten wieder aufgenommen werden, zeigt sich die volle Leistungsfähigkeit erst nach weiteren drei bis vier Monaten (Meyer und Biedert 2000).

Um langfristige sensomotorische Defizite zu vermeiden, wird vor einer zu frühen Aufnahme der Sporttätigkeit gewarnt (Co et al. 1991). Die Freigabe sollte nur in enger Zusammenarbeit von Arzt, Physiotherapeut und Patient erteilt werden. Voraussetzungen sind die gute Beweglichkeit, Sprungkraft (Südkamp und Haas 2000), sichere Koordination sowie ein schmerzfreies und stabiles Knie (Siewert 2000).

## 3 Patienten und Methoden

### 3.1 Studiendesign

Bei der durchgeführten Studie (Ethikantragsnummer 13/9/11) handelt es sich um eine prospektive Multicenterstudie, bei der die Patienten mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes jeweils vor und ein Jahr nach der Operation anhand eines standardisierten Protokolls untersucht werden.

Insgesamt sind drei Kliniken an der Studie beteiligt: Die Abteilung Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie der Universitätsklinik Göttingen (Studienleitung), die Sportklinik Stuttgart GmbH sowie das Medizinische Versorgungszentrum Dr. Lehmann in Neumünster.

Die Teilnehmer dieser Studie wurden im Zeitraum zwischen September 2007 bis April 2009 in den drei oben genannten Kliniken ausgewählt. Vor der endgültigen Aufnahme in die Studie wurden die Patienten über diese aufgeklärt und unterzeichneten eine Einverständniserklärung.

Zu den Einschlusskriterien der Studie gehören ein Patientenalter unter 60 Jahren sowie die erstmalige Ruptur des Kreuzbandes.

Ausschlusskriterien sind Rerupturen des betroffenen Kreuzbandes, Revisionen (Thrombose, Embolie, Infekt), eine Meniskusresektion über 50 %, das Vorhandensein von Knorpelschäden dritten und vierten Grades bzw. ein Knorpeldefekt über 3 cm<sup>2</sup>. Eine begleitende Außenbandruptur sowie eine Ruptur des hinteren Kreuzbandes führen ebenso wie eine parallel durchgeführte autologe Chondrozytentransplantation zu einem Ausschluss der Studie. Als letztes Ausschlusskriterium ist eine mögliche Begleitverletzung zu nennen, die die Sportfähigkeit des Patienten wesentlich beeinträchtigt.

### 3.2 Fragebogen

Grundlage dieser Arbeit stellen die speziell für diese Studie entwickelten Vor- und Nachuntersuchungsbögen dar (Abb. 4).

Der Erstuntersuchungsbogen wurde im Rahmen des stationären Aufenthaltes während der Ersatzplastikoperation des vorderen Kreuzbandes mit den Patienten bearbeitet. Zu den Nachuntersuchungen wurden die Patienten telefonisch eingeladen und in den jeweiligen Kliniken befragt und anschließend untersucht. Die Patientendaten wie Alter und Geschlecht sowie Informationen bezüglich Epidemiologie, Sportniveau, klinischer Untersuchung, Diagnostik, Therapie und Rehabilitation wurden mithilfe der Fragebögen notiert.

**VKB-Studie - operative Versorgung**

Studieninterne Patientenidentifikations-Nr. \_\_\_\_\_ Geburtsjahr \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_

**Erhebungsbogen AUFNAHME/OPERATION**  
Untersuchungsdatum: \_\_\_\_\_

**1. Identifikation**

Geschlecht:  männlich  weiblich  
 Strasse: \_\_\_\_\_  
 Stadt/Ort: \_\_\_\_\_  
 Telefon: \_\_\_\_\_  
 Geb.-Datum: \_\_\_\_\_

**2. Anamnese**

OP-Datum: \_\_\_\_\_  
 Betroffene Seite:  rechts  links  
 Wochen bis OP: \_\_\_\_\_

Kontralateral:  normal  nahezu normal  
 abnormal  stark abnormal

Unfalldatum: \_\_\_\_\_  
 Tag / Monat / Jahr

Hauptbeschwerden: \_\_\_\_\_

Relevante Nebenerkrankungen: \_\_\_\_\_

Verletzungsmechanismus  
 kein Trauma  
 Trauma ohne Kontakt  
 Trauma mit Kontakt

Aktivität, bei der die Verletzung auftrat  
 Aktivität des tägl. Lebens  
 Sport  
 Arbeit  
 welche Sportart: \_\_\_\_\_

Bisheriges Sportniveau  
 Keine sportliche Aktivität  
 Geringe sportliche Aktivität (< 1h/Woche)  
 Normale sportl. Aktivität (1-5h/Woche)  
 Hohe sportl. Aktivität (> 5h/Woche)  
 Leistungssport

Bisherige Sportarten  
 Fußball  
 Laufen  
 Tennis/ Badminton  
 Volleyball  
 Andere Sportart

Frühere Kniebeschwerden  
 Ja  
 Nein  
 Gegenseite

Sehmisch 2007 1

**Frühere Operationen am Knie**  
 Nein  
 Ja  
 Gegenseite

**3. Untersuchung der verletzten Seite**

**Hinken**  
 nein (5)  
 wenig oder zeitweise (3)  
 stark oder immer (1)

**Belastung**  
 Vollbelastung (5)  
 Gehstützen oder Stock (3)  
 keine Belastung möglich(0)

**Blockierung**  
 keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung (15)  
 Gefühl der Einklemmung aber keine Blockierung (10)  
 gelegentliche Blockierung (6)  
 häufige Blockierung (2)  
 blockiertes Gelenk bei Untersuchung (0)

**Instabilität**  
 niemals „giving way“ Phänomen (25)  
 „giving way“ selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (20)  
 „giving way“ häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (oder unmöglich, daran teilzunehmen) (15)  
 „giving way“ gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags (10)  
 „giving way“ oft während Tätigkeiten des Alltags (5)  
 „giving way“ bei jedem Schritt (0)

**Lachman test**  
 < 0,5 cm  
 > 0,5 cm  
 > 1 cm  
 > 1,5 cm

**Schmerzen**  
 keine (25)  
 unregelmäßig and gering während schwerer Anstrengung (20)  
 deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung (15)  
 deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km (10)  
 deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2 km (5)  
 ständig (0)

**VKB-Studie - operative Versorgung**

Studieninterne Patientenidentifikations-Nr. \_\_\_\_\_ Geburtsjahr \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_

**Erhebungsbogen AUFNAHME/OPERATION**  
Untersuchungsdatum: \_\_\_\_\_

**5. Stationäre Nachbehandlung:**

Schwellung  
 keine (10)  
 bei schwere Anstrengung (6)  
 bei leichter Anstrengung (2)  
 ständig (0)

Treppensteigen  
 kein Problem (10)  
 ein wenig beeinträchtigt (6)  
 Schritt für Schritt (2)  
 nicht möglich (0)

Hocken  
 kein Problem (5)  
 wenig beeinträchtigt (4)  
 nicht über 90° (2)  
 nicht möglich (0)

**4. Bildgebende Untersuchungen:**

Röntgen  
 Keine Auffälligkeiten  
 Sonstige Auffälligkeiten:  
 Kein Röntgen

MRT  
 Teillruptur  
 Komplettruptur  
 Naht des VKB  
 Innenmeniskusbeteiligung  
 Außenmeniskusbeteiligung  
 Innenbandläsion  
 Außenbandläsion  
 Besonderheiten: \_\_\_\_\_  
 Kein MRT

**6. Stationäre Nachbehandlung:**

Postoperative Komplikationen  
 Keine  
 Infekt  
 Nervenläsion  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

Dauer Stationärer Aufenthalt: \_\_\_\_\_ Tage  
 ambulant

Besonderheiten: \_\_\_\_\_

**7. Nachbehandlung**

Teilbelastung mit ...kg für ...Wochen  
 KG ja/nein ...Wochen  
 MLD ja/nein ...Wochen  
 Stat. Reha ja/nein ...Wochen  
 Amb. Reha ja/nein ...Wochen  
 Schiene ja/nein ...Wochen

**Voraussetzungen Studieneinschluss:**  
 - Alter < 60 Jahre  
 - frische Ruptur < 12 Wochen  
 - keine Ruptur

**Ausschlusskriterien:**  
 - keine Revisionen, Thrombose, Embolie, Infekt  
 - Meniskusresektion > 50%  
 - > III° Knorpelschaden oder Defekt > 3 cm<sup>2</sup>  
 - keine ASB/HKB-Ruptur  
 - keine zusätzliche ACT

**Vorgehen bei Studieneinschluss:**  
 1. Konsekutive Aufnahme von Patienten in die Studie anhand der Einschlusskriterien  
 2. Anlegen des „Aufnahmebogens“  
 3. Faxen einer Kopie an die Uni Göttingen  
 4. Bei Komplikationen bitte Befunde als Kopie belegen  
 5. Eine Kopie verbleibt in der Akte  
 6. Anwendung des speziellen Nachbehandlungsschemas  
 7. Nachuntersuchung der Patienten 12 Monate p.o.  
 8. Anlegen des „Nachbehandlungsbogens“  
 9. Faxen einer Kopie an die Uni Göttingen

Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie  
 Georg-August-Universität  
 Robert-Koch-Straße 40  
 37075 Göttingen  
 TEL: 0551/39-6114  
 FAX: 0551/39-8981  
 MAIL: stephan.sehmisch@med.uni-goettingen.de

Sehmisch 2007 2

**Studie: VKB-Studie - operative Versorgung**

Studieninterne Patientenidentifikations-Nr. \_\_\_\_\_ Geburtsjahr \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_

**Erhebungsbogen NACHUNTERSUCHUNG**  
Untersuchungsdatum: \_\_\_\_\_

**1. Identifikation**

Geschlecht:  männlich  weiblich  
 Strasse: \_\_\_\_\_  
 Stadt/Ort: \_\_\_\_\_  
 Telefon: \_\_\_\_\_  
 Geb.-Datum: \_\_\_\_\_

**2. Anamnese**

Nachuntersuchungsdatum: \_\_\_\_\_  
 OP-Datum: \_\_\_\_\_  
 Monate nach OP: \_\_\_\_\_

Betroffene Seite:  rechts  links

Kontralateral:  normal  nahezu normal  
 abnormal  stark abnormal

Unfalldatum: \_\_\_\_\_  
 Tag / Monat / Jahr

Hauptbeschwerden: \_\_\_\_\_

Komplikationen: \_\_\_\_\_

Relevante Nebenerkrankungen: \_\_\_\_\_

Komplikationen  
 Keine  
 Ruptur  
 Infekt  
 Nervenläsion  
 Meniskus Schaden  
 Sonstiges: \_\_\_\_\_

Seit wann besteht Sportfähigkeit: \_\_\_\_\_

Jetziges Sportniveau  
 Keine sportliche Aktivität  
 Geringe sportliche Aktivität (< 1h/Woche)  
 Normale sportl. Aktivität (1-5h/Woche)  
 Hohe sportl. Aktivität (> 5h/Woche)  
 Leistungssport

Jetzige Sportarten  
 Fußball  
 Laufen  
 Tennis/ Badminton  
 Volleyball  
 Andere Sportart

Sehmisch 2007 1

Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau  
 Sportfähigkeit komplett wiedererreicht  
 >= 90% / Sportfähigkeit fast wiedererreicht  
 >= 70% / moderate Einschränkung  
 >= 50% / stark eingeschränkt  
 Keine Sportfähigkeit mehr

Zu welchem Zeitpunkt bestand volle Sportfähigkeit?  
 4 – 6 Monate  
 6 – 8 Monate  
 8 – 10 Monate  
 10 – 12 Monate  
 > 12 Monate

**3. Untersuchung der verletzten Seite**

**Kniegelenkserguss**  
 kein  
 nach starker Belastung  
 nach leichter Belastung  
 ständig

**Hinken**  
 nein (5)  
 wenig oder zeitweise (3)  
 stark oder immer (1)

**Belastung**  
 Vollbelastung (5)  
 Gehstützen oder Stock (3)  
 keine Belastung möglich(0)

**Blockierung**  
 keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung (15)  
 Gefühl der Einklemmung aber keine Blockierung (10)  
 gelegentliche Blockierung (6)  
 häufige Blockierung (2)  
 blockiertes Gelenk bei Untersuchung (0)

**Instabilität**  
 niemals „giving way“ Phänomen (25)  
 „giving way“ selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (20)  
 „giving way“ häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (oder unmöglich, daran teilzunehmen) (15)  
 „giving way“ gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags (10)  
 „giving way“ oft während Tätigkeiten des Alltags (5)  
 „giving way“ bei jedem Schritt (0)

**Studie: VKB-Studie - operative Versorgung**

Studieninterne Patientenidentifikations-Nr. \_\_\_\_\_ Geburtsjahr \_\_\_\_\_ Name \_\_\_\_\_

**Erhebungsbogen NACHUNTERSUCHUNG**  
Untersuchungsdatum: \_\_\_\_\_

**4. Bildgebende Untersuchungen:**

Lachman test  
 < 0,5 cm  
 > 0,5 cm  
 > 1 cm  
 > 1,5 cm

Röntgen  
 regelrechte Implantatlage  
 bilabile Transplantatfehlage  
 femorale Transplantatfehlage  
 Arthroesezeichen

Schmerzen  
 keine (25)  
 unregelmäßig and gering während schwerer Anstrengung (20)  
 deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung (15)  
 deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km (10)  
 deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2 km (5)  
 ständig (0)

**5. Prozedere**

Keine Behandlung  
 Konservativ: \_\_\_\_\_  
 Operativ: \_\_\_\_\_

**6. Rehabilitation**

Teilbelastung mit ...kg für ...Wochen  
 KG ja/nein ...Wochen  
 MLD ja/nein ...Wochen  
 Stat. Reha ja/nein ...Wochen  
 Amb. Reha ja/nein ...Wochen  
 Schiene ja/nein ...Wochen

Wann wurde Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten freigegeben: \_\_\_\_\_

**Vorgehen bei Studieneinschluss:**  
 1. Konsekutive Aufnahme von Patienten in die Studie anhand der Einschlusskriterien  
 2. Anlegen des „Aufnahmebogens“  
 3. Faxen einer Kopie an die Sportklinik  
 4. Eine Kopie verbleibt in der Akte  
 5. Anwendung des speziellen Nachbehandlungsschemas  
 6. Nachuntersuchung der Pat. 12 Monate p.o.  
 7. Anlegen des „Nachbehandlungsbogens“  
 8. Faxen einer Kopie an die Sportklinik

Klinik für Unfallchirurgie, Plastische und Wiederherstellungschirurgie  
 Georg-August-Universität  
 Robert-Koch-Straße 40  
 37075 Göttingen  
 TEL: 0551/39-6114  
 FAX: 0551/39-8981  
 MAIL: stephan.sehmisch@med.uni-goettingen.de

Sehmisch 2007 2

Abb. 4: Vor- und Nachuntersuchungsbogen

Grundlage des Fragebogens sind die Aktivitätsscores nach Valderrabano (Valderrabano 2006) und Rhee (Rhee 2006) sowie der Lysholm-Score (Tegner und Lysholm 1985) zur Beurteilung der Belastbarkeit und Funktion des Kniegelenkes.

Als ein überwiegend subjektiver Kniescore stützt sich der Lysholm-Score vor allem auf die Evaluation des Patienten und bewertet Tätigkeiten des alltäglichen Lebens in Bezug auf das verletzte Kniegelenk. Durch diesen Score werden acht Kriterien bewertet, die durch eine unterschiedliche Maximalpunktzahl gewichtet werden. Diese Kriterien können in zwei Kategorien unterteilt werden: So werden die Funktionalität des Kniegelenkes und die im Alltag wahrgenommenen Symptome beurteilt. Eine exzellente Bewertung des Lysholm-Scores wird durch eine Punktzahl von 91 bis 100 Punkten erreicht, ein gutes Ergebnis zwischen 84 und 90 Punkten, ein zufriedenstellendes zwischen 65 und 83 Punkten und ein schlechtes unter 64 Punkten.

Bei der Nachuntersuchung werden zusätzlich drei weitere mit Punkten bewertete Kriterien erfragt. Der Patient wird nach einer subjektiven Kraftminderung, einer Wetterfähigkeit sowie einer subjektiven Beurteilung des Kniegelenkes befragt.

### 3.2.1 Operationsmethoden

Um die Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu verifizieren, wird in Rückenlage des Patienten zunächst eine Arthroskopie des Kniegelenkes durchgeführt. Bei gesicherter Ruptur werden unter arthroskopischer Sicht störende Reste des rupturierten Kreuzbandes entfernt.

Bei einer Ersatzplastik durch die *Hamstring*-Sehnen werden die Sehnen der Musculi semitendinosus und/oder gracilis dargestellt, stumpf mobilisiert und als freies Transplantat entnommen. Es erfolgt die Dopplung der Sehne(n) zu einem zwei- bis fünffachen Strang, der dann – mit Zugfäden an den Enden versehen – auf einem Präparationsbrett mit 150 N vorgespannt wird. Das Transplantat bekommt eine Stärke von 7 bis 9 mm und eine Länge von 7 bis 12 cm.

Bei einem *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat wird das Ligamentum patellae freigelegt. Nach der Spaltung des Paratenons wird ein 0,7 bis 1 cm breiter Streifen der Sehne markiert. Es wird je ein Knochenblock aus dem distalen Patellapol und der Tuberositas tibiae markiert und entnommen. Der Sehnendefekt wird durch eine fortlaufende Naht verschlossen.

Nach der Transplantatentnahme werden *Hamstring*- bzw. Patellarsehnentransplantat als Ersatz des vorderen Kreuzbandes über den tibialen und femoralen Bohrkanal eingezogen und mittels Interferenzschrauben femoral und tibial fixiert (Rittstieg 2009). Je nach Verwendung des *Single*- oder *Double-Bundle*-Verfahrens werden die Sehnentransplantate durch zwei bzw. vier Bohrkanäle in das Kniegelenk eingesetzt.

### 3.2.2 Rehabilitation

Hier wird die postoperative Rehabilitation beschrieben. Es wird die Dauer der Teilbelastung, die Anzahl und Dauer der Physiotherapie und Lymphdrainage sowie die Notwendigkeit des Tragens einer ROM-Schiene festgehalten.

### 3.3 Datenverarbeitung und Statistik

Die durch die Fragebögen gewonnenen Daten wurden mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Excel 2007 erfasst und die Durchschnittswerte berechnet.

Die statistischen Tests wurden mit PRISM 4.0 (Graph Pad, San Diego, USA) durchgeführt. Es erfolgte die Berechnung der Pearson-Korrelation oder eines one-way-ANOVA, gefolgt von einem Tukey-Kramer post-hoc-Test.

Das Signifikanzniveau lag bei  $p < 0,05$ .

Bei einem Vergleich der prä- und postoperativen Werte bestimmter Kriterien wurde eine Verbesserung durch eine positive Zahl, eine Verschlechterung durch eine negative ausgedrückt. Eine Stufe entspricht jeweils einer der nächstmöglichen Antwortmöglichkeiten des Fragebogens.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Erstuntersuchung

#### 4.1.1 Epidemiologie

In der vorliegenden Studie erhielten insgesamt 160 Patienten eine Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes in einer der drei teilnehmenden Kliniken.

Die Patientenzahl an den jeweiligen Kliniken teilt sich wie folgt auf: In Stuttgart nahmen 117 Patienten an der Erstuntersuchung teil, in Göttingen 27 und in Neumünster 16.

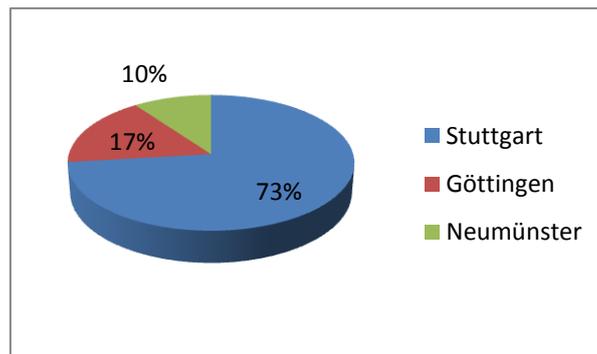


Abb. 5: Erstuntersuchung

Zu den Nachuntersuchungen erschienen insgesamt 90 Patienten (56,3 %): In Stuttgart nahmen 59 an dieser Untersuchung teil, in Göttingen 25 und sechs Patienten in Neumünster.

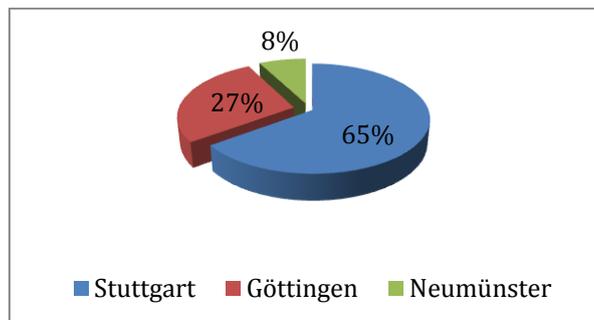


Abb. 6: Nachuntersuchung

In Stuttgart wurden von 117 voruntersuchten Patienten 59 nachuntersucht (50,4 %), in Göttingen waren es 25 von 27 Patienten (92,6 %). In Neumünster betrug die Rücklaufquote 43,8 %.

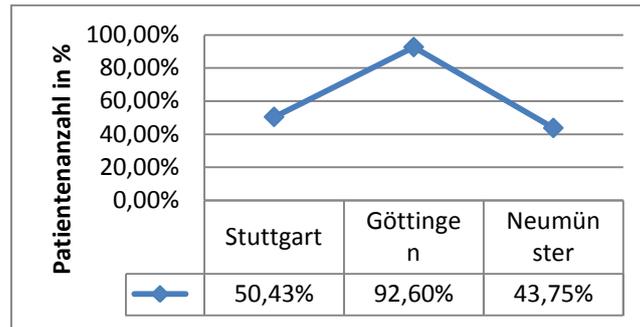


Abb. 7: Rücklaufquote

Von den 160 an der Erstuntersuchung beteiligten Patienten waren 102 Patienten Männer und 58 Frauen.

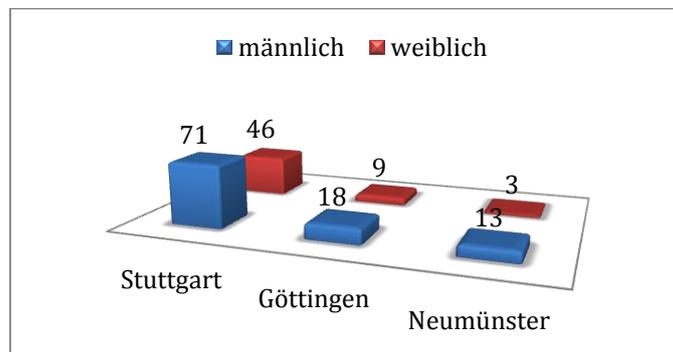


Abb. 8: Geschlechterverteilung Erstuntersuchung

An den Nachuntersuchungen nahmen 56 männliche und 34 weibliche Patienten teil.

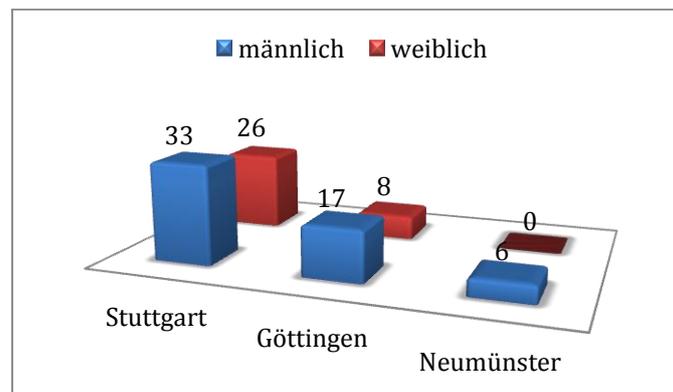


Abb. 9: Geschlechterverteilung Nachuntersuchung

Das Altersspektrum der an der Studie teilnehmenden Patienten erstreckte sich von zehn bis 64 Jahren, wobei das Gesamtdurchschnittsalter 31 Jahre betrug. Bei den weiblichen Patienten zeigte sich ein Durchschnittsalter von 32, bei den männlichen von 30 Jahren.

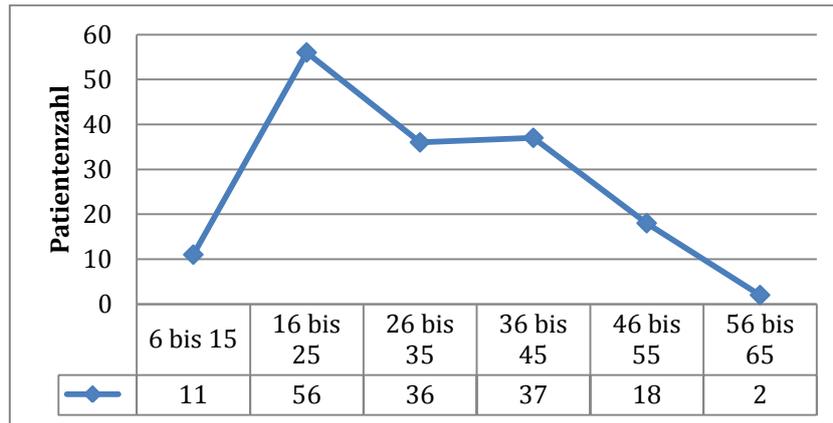


Abb. 10: Verletzungsalter

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Verletzung lag in Stuttgart bei 31 Jahren, in Göttingen und Neumünster bei 28.

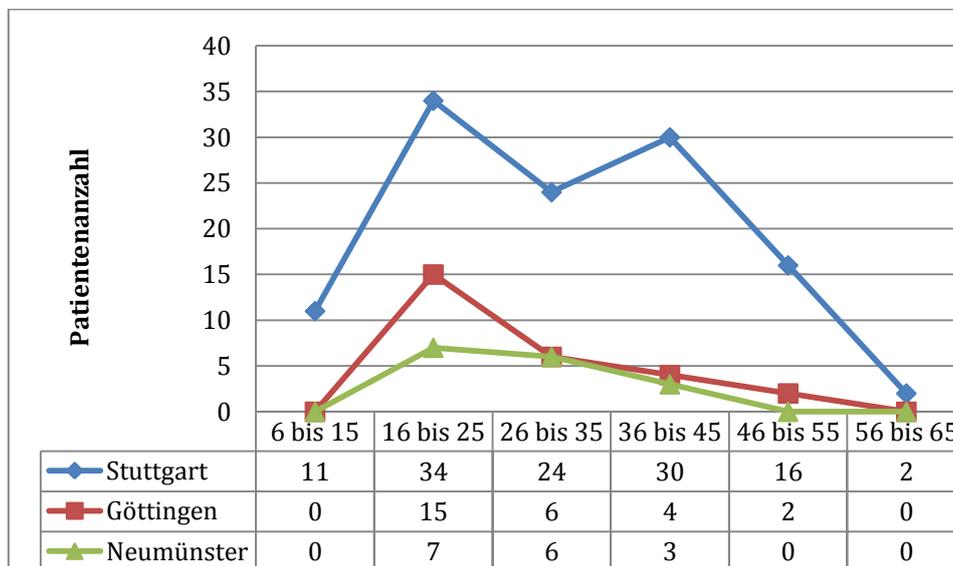


Abb. 11: Verletzungsalter nach Kliniken

74 der 160 Patienten verletzten sich am linken Kniegelenk, 86 am rechten. Dies entspricht einer Verteilung von 46,3 % für die linke Seite und 53,7 % für die rechte.

Bei 85 % der Patienten zeigte sich ein intaktes kontralaterales Knie. Bei 8,1 % der Patienten war die unverletzte Seite nahezu normal, bei 6,9 % abnormal. Eine stark abnormale kontralaterale Seite beklagte keiner der untersuchten Patienten.

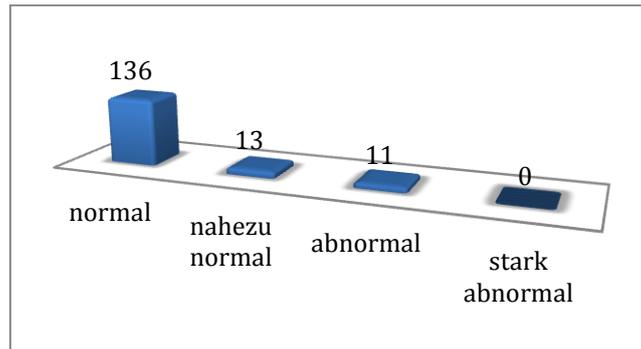


Abb. 12: Kontralaterale Seite

Bei 39 der 160 Patienten (24,4 %) bestanden bereits vor der Ruptur des vorderen Kreuzbandes Beschwerden im Kniegelenk. 75,6 % hatten zuvor keine Probleme. Untersucht man die Seite der Kniebeschwerden, so fielen 69,2 % auf die von der Kreuzbandruptur betroffene Seite, während die kontralateralen Beschwerden 30,8 % ausmachten.

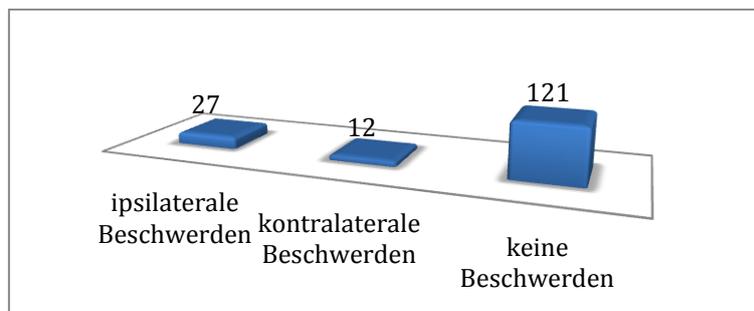


Abb. 13: Frühere Kniebeschwerden

82,5 % haben sich noch keiner Kniegelenksoperation unterzogen. Wurde bereits ein Knie operiert (17,5 %), erfolgte diese zu 60,7 % am ipsilateralen und zu 39,3 % kontralateralen Kniegelenk.

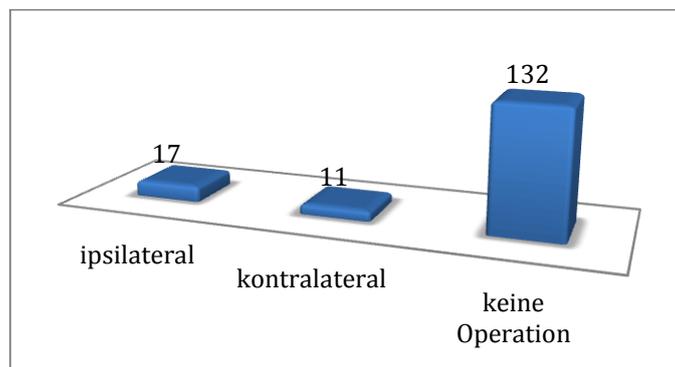


Abb. 14: Frühere Operationen

Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Verletzung und Operation betrug 11,5 Wochen. Die am zeitnahsten durchgeführte vordere Kreuzbandplastik fand nach zwei Tagen statt; der späteste Operationszeitpunkt lag 160 Wochen nach der Verletzung.

Die Mehrheit der Plastiken des vorderen Kreuzbandes (56,2 %) wurde zwischen vier und zwölf Wochen nach der Verletzung durchgeführt. 15 % innerhalb der ersten vier Wochen; 28,8 % der rupturierten Kreuzbänder wurden nach dem Ablauf von drei Monaten operiert.

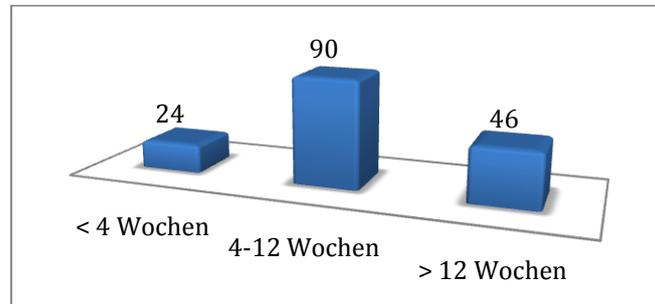


Abb. 15: Operationszeitpunkt

Die genaue Aufteilung unter den einzelnen Kliniken zeigt folgende Tabelle:

	Stuttgart	Göttingen	Neumünster
< 4 Wochen	17	1	6
4 - 12 Wochen	68	14	8
> 12 Wochen	32	12	2

Tab. 1: Operationszeitpunkt Kliniken

Der minimale Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung betrug zwölf Monate. Das längste Intervall lag bei 31 Monaten. Es ergibt sich ein durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitraum von 17,7 Monaten.

#### 4.1.2 Ätiologie

97,5 % der Patienten zog sich die vordere Kreuzbandruptur durch ein traumatisches Ereignis zu. Bei vier Patienten (2,5 %) war die Verletzung nicht durch ein Trauma bedingt.

Die traumatischen Rupturen entstanden zu 76,3 % ohne Fremdeinwirkung.

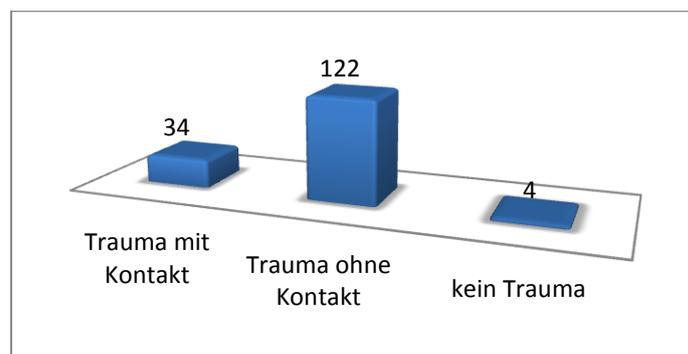


Abb. 16: Verletzungsmechanismus

Der größte Teil der Patienten (82 %) zog sich die Ruptur bei sportlichen Aktivitäten zu.

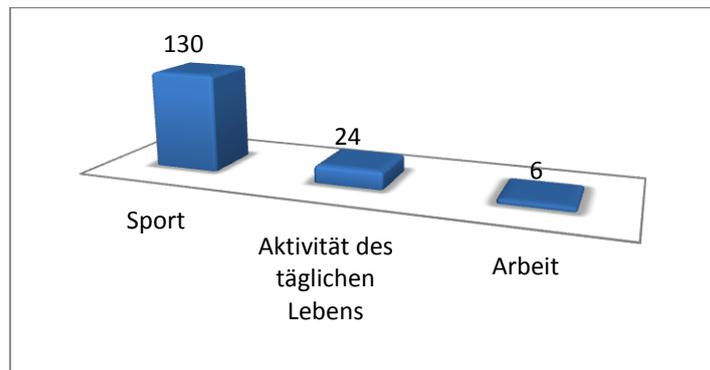


Abb. 17: Verletzungsursache

Betrachtet man nun die Sportarten, die zu der Verletzung geführt haben, genauer, ergibt sich folgendes Bild:

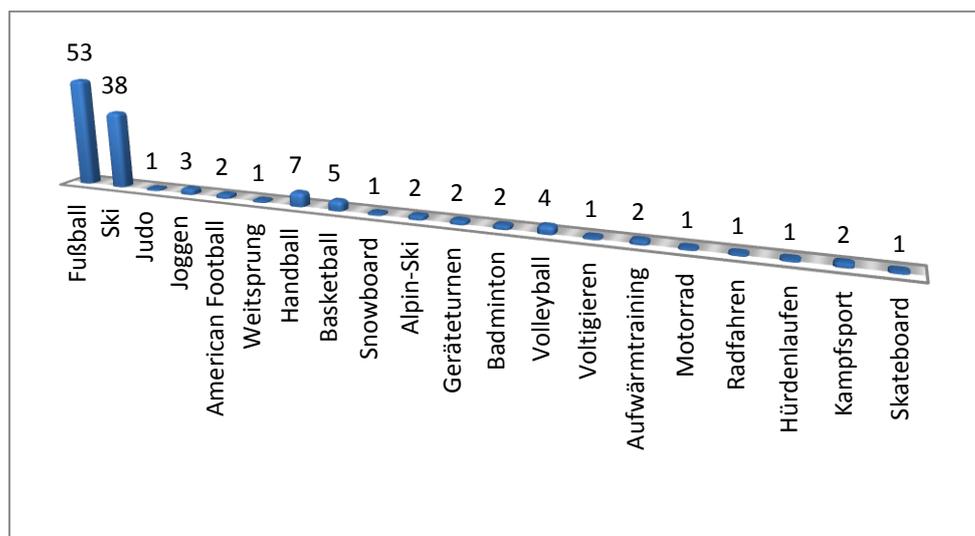


Abb. 18: Sportarten

#### 4.1.2.1 Sportliches Leistungsniveau

Befragt man die Patienten nach ihrer sportlichen Aktivität vor der Verletzung, geben 2,5 % (vier Patienten) an, nicht sportlich aktiv gewesen zu sein. 7,5 % (zwölf Patienten) haben sich weniger als eine Stunde pro Woche sportlich betätigt. Der größte Anteil der Patienten (50,6 %, 81 Patienten) trieb zwischen einer und fünf Stunden Sport in der Woche. 53 Patienten des Kollektivs (33,1 %) haben sich länger als fünf Stunden wöchentlich sportlich betätigt. Zehn Patienten (6,3 %) betrieben Leistungssport.

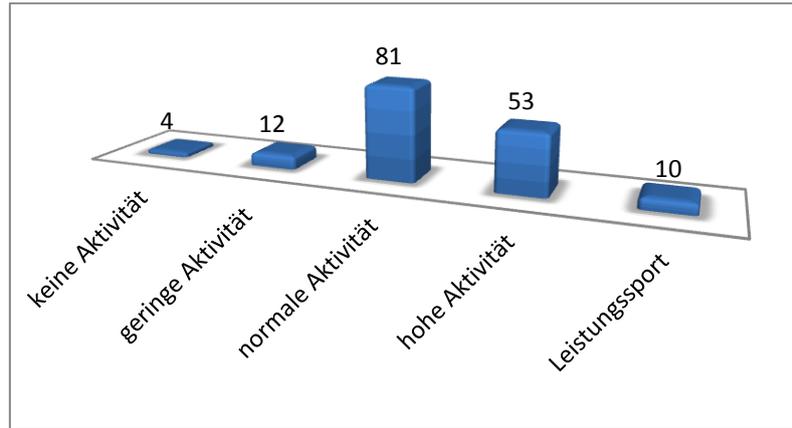


Abb. 19: Präoperatives Sportniveau

Betrachtet man die Sportart, die zu der Kreuzbandruptur geführt, ergibt sich eine der Hauptsportart ähnliche Graphik:

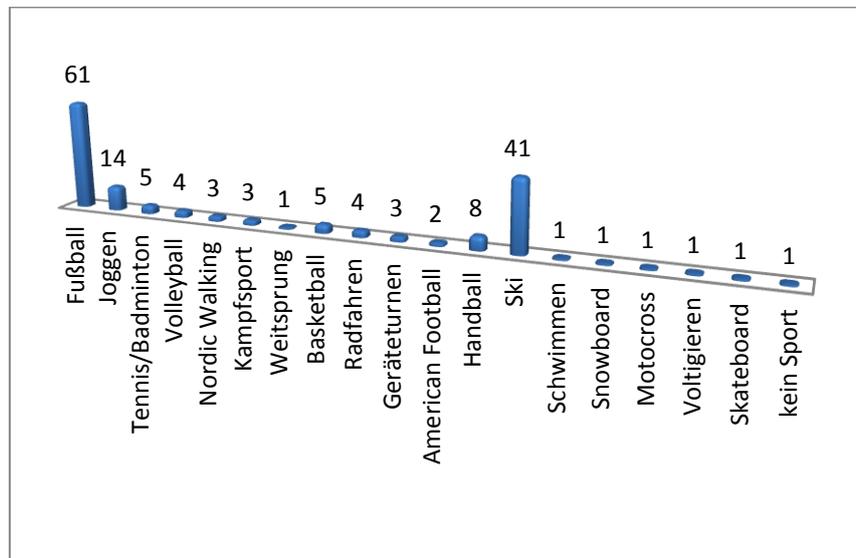


Abb. 20: Präoperative Hauptsportart

### 4.1.3 Untersuchung

Wesentliche Symptome der untersuchten Patienten waren Instabilität (56,9 %), Schmerzen (48,8 %), Bewegungseinschränkung (26,9 %) und Schwellung (15,6 %). Jeweils ein Patient (0,6 %) berichtete über eine Kraftminderung und Krämpfe im Oberschenkel. 7,5 % gaben keine Beschwerden an.

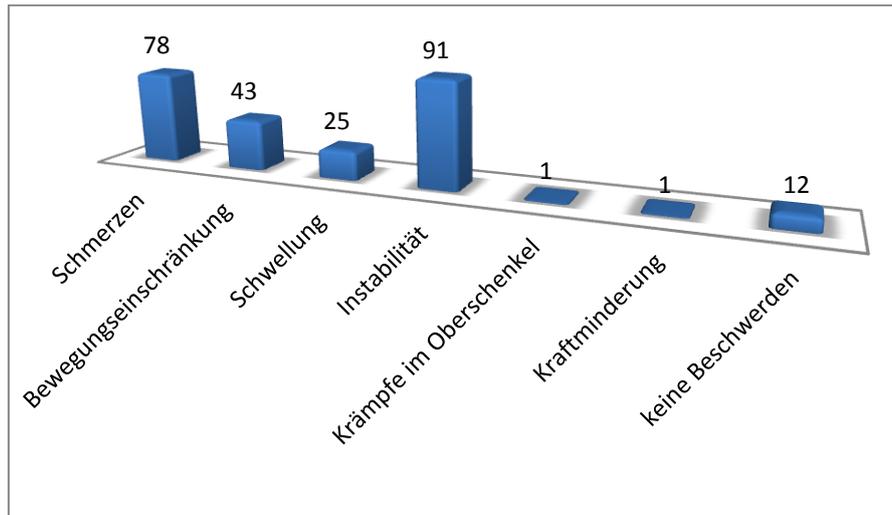


Abb. 21: Präoperative Hauptbeschwerden

Bei der Durchführung des Lachman-Tests zeigte sich bei 94,4 % der Patienten eine Translation zwischen 0,5 und 1,5 cm (41,9 % >0,5 cm und 52,5 % > 1 cm). Für einen Patienten (0,6 %) wurde ein Wert >1,5 cm notiert, bei acht Patienten (5 %) ein Wert <0,5 cm.

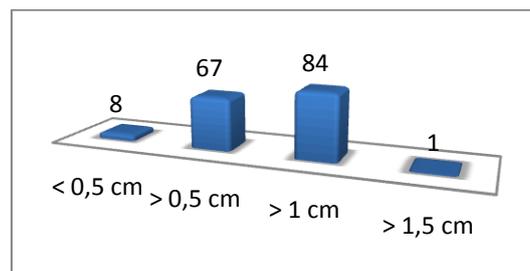


Abb. 22: Präoperativer Lachman-Test

Bei der Berechnung des präoperativen Lysholm-Scores wurden Werte zwischen 24 und 100 Punkten erreicht. Der Durchschnitt betrug 68,8 Punkte.

Ein exzellentes Ergebnis zeigte sich bei 13, ein gutes bei 19 Patienten. Der größte Patientenanteil erreichte ein zufriedenstellendes (66 Patienten) oder schlechtes Ergebnis (62 Patienten).

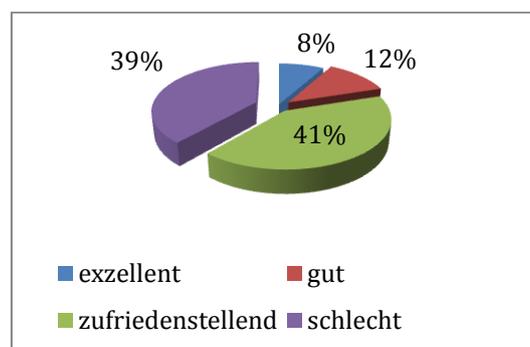


Abb. 23: Präoperativer Lysholm-Score

Eine röntgenologische Diagnostik wurde zu 94,4 % angefertigt.

Bei 93,1 % der Patienten wurde eine MRT-Untersuchung durchgeführt.

Hier zeigte sich zu 74,5 % eine Komplettruptur des vorderen Kreuzbandes; zu 4 % eine Teilruptur. Bei 14,6 % wurde keine Unterscheidung zwischen einer Komplett- oder Teilruptur des Kreuzbandes getroffen.

Eine Begleitverletzung konnte bei 68,8 % der Patienten diagnostiziert werden:

Bei 44,3 % konnte eine Begleitverletzung der Menisken festgestellt werden (72,7 % Innen-, 27,3 % Außenmeniskus). Bei einer Seitenbandläsion (26,2 %) ist die mediale Struktur mit 84,6 % häufiger verletzt als die Laterale (15,4 %).

Ein großer Teil der Patienten (40,9 %) verletzte sich am Knorpel (Knorpelläsion) bzw. am Knochen [*Bone bruise* (Knochenödem)].

Sonstige beobachtete Besonderheiten (Erguss, Tibiakopffraktur, Bakerzyste) ergaben sich bei 8,1 %. Bei 2 % der Patienten wurden keine Auffälligkeiten festgestellt, bei 6,9 % wurde keine MRT-Aufnahme angefertigt.

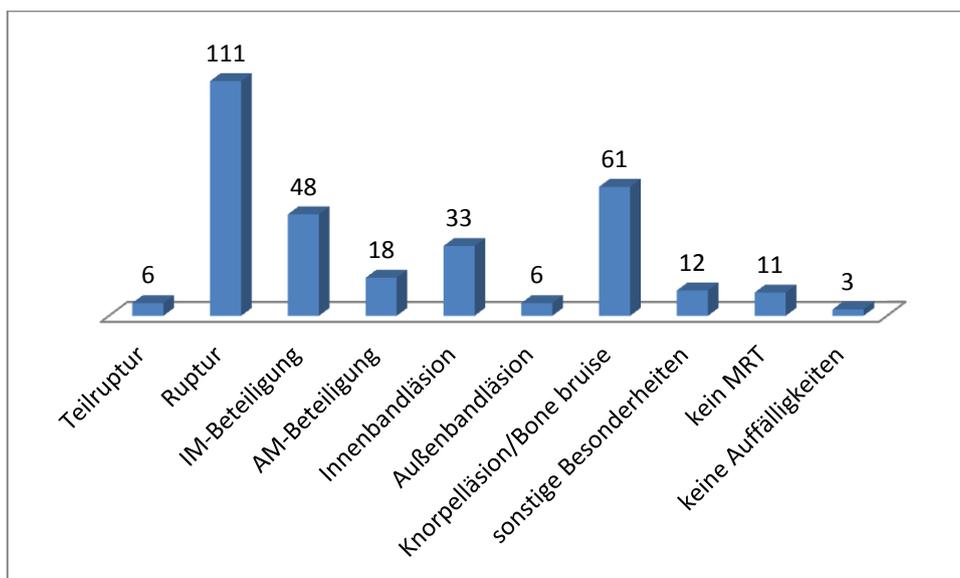


Abb. 24: MRT

#### 4.1.4 Operative Versorgung

Zu 86 % erhielten die Patienten ein Semitendinosussehnen-Transplantat, 11 % dieser Patienten als *Double Bundle*; ggf. in Kombination mit der Grazilissehne. Ein *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat wurde bei 14 % benutzt.

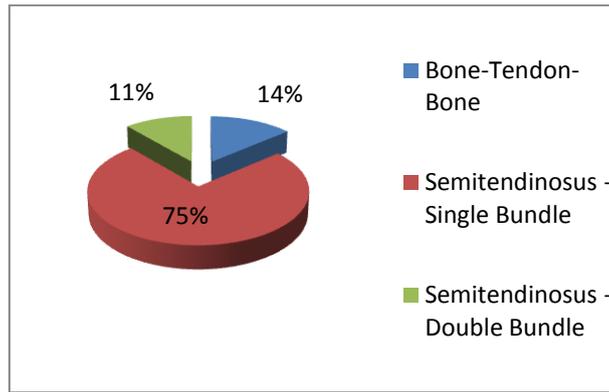


Abb. 25: Transplantat

Bei 48,1 % (77 Patienten) wurden neben der vorderen Kreuzbandplastik noch zusätzliche Maßnahmen – wie eine Meniskusrefixation oder –partialresektion (51 Patienten) oder eine Chondroplastik (18 Patienten) – während der Operation durchgeführt. Andere zusätzliche Maßnahmen (z. B. Mikrofrakturung oder Plicaresektion) wurden unter Sonstiges zusammengefasst (14 Patienten).

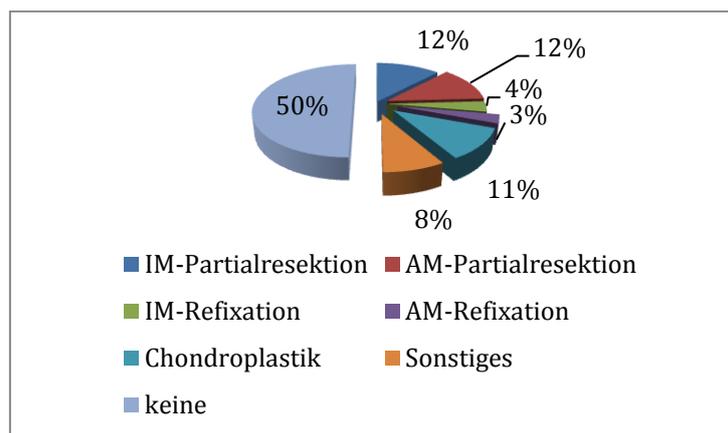


Abb. 26: zusätzliche Maßnahmen

Die Operation verlief zu 98,8 % ohne Komplikationen. Bei einem Patienten wurde eine zusätzliche Interferenzschraube gewählt. Bei einem weiteren Patienten wurde intraoperativ von einem Semitendinosus- auf ein *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat gewechselt.

Die Dauer des stationären Aufenthaltes nach vorderer Kreuzbandplastik betrug durchschnittlich 3,7 (2 bis 8) Tage. Splittet man diese Daten genauer auf, so ergibt sich ein durchschnittlicher Klinikaufenthalt in der Sportklinik Stuttgart von 3,7 Tagen, in Göttingen von 4,6 und in Neumünster von 2,4 Tagen.

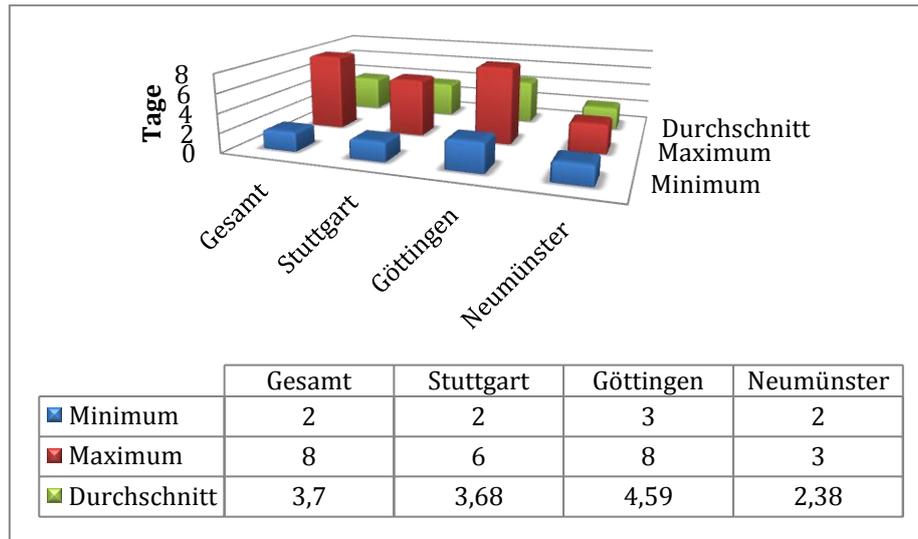


Abb. 27: Stationärer Aufenthalt

Bei 158 Patienten ereigneten sich postoperativ keine Komplikationen (98,8 %). Bei einem Patienten wurde eine Arthrofibrose festgestellt, bei einem anderen ein Hämatom.

## 4.2 Nachuntersuchung

### 4.2.1 Sportfähigkeit

Etwa ein Jahr nach der Operation gaben 53,3 % eine normale sportliche Aktivität an. 6,7 % betrieben keinen Sport, 13,3 % weniger als fünf Stunden pro Woche. Eine hohe sportliche Aktivität gaben 22,2 % an, 4,5 % betrieben Leistungssport.

Verglichen mit den präoperativen Angaben veränderte sich das Sportniveau bei 58,1 % nicht, bei 33,7 % der Patienten verringerte sich die sportliche Aktivität; über eine Verbesserung der Sportfähigkeit berichteten 8,2 %.

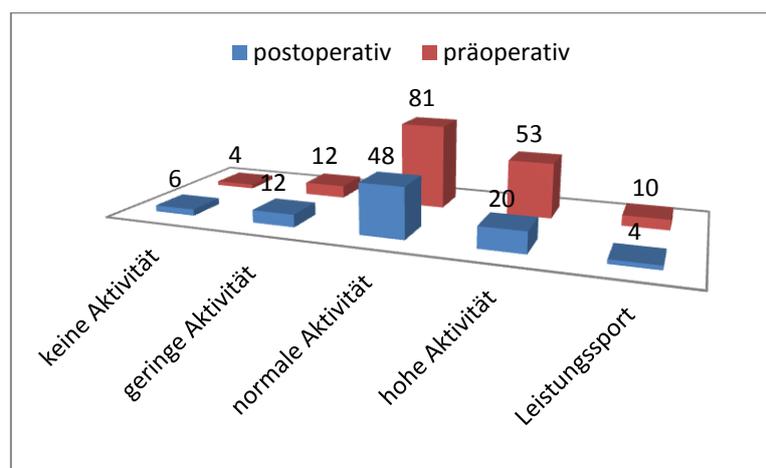


Abb. 28: Vergleich prä- und postoperatives sportliches Leistungsniveau

Ein statistischer Vergleich der Sportfähigkeit vor und nach der Operation ergab eine signifikante Verschlechterung der postoperativen Werte gegenüber den präoperativen ( $p < 0,05$ ).

Setzt man die prä- und postoperative Sportfähigkeit in Abhängigkeit voneinander, ergibt sich eine Korrelation zwischen dem Sportniveau vor und nach der Operation: Je höher die sportliche Aktivität der Patienten vor der Operation war, desto höher war die Sportfähigkeit auch etwa ein Jahr nach der Operation ( $p < 0,0001$ ).

Außerdem kann beobachtet werden, dass unabhängig von der Operationsmethode im Durchschnitt immer eine Reduktion des Sportniveaus eintritt. Die geringsten Einschränkungen gab es bei Patienten, die ein *Double-Bundle*-Transplantat erhielten, gefolgt von Patienten mit einem Semitendinosus-Transplantat. Über die stärksten Einschränkungen berichteten Patienten, die nach dem *Bone-Tendon-Bone*-Verfahren operiert wurden.

	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>-1</b>	<b>=</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Durchschnitt</b>
<b><i>Bone-Tendon-Bone</i></b>	8,33 %	8,33 %	25,00 %	41,67 %	9,09 %	8,33 %	<b>-0,67</b>
<b>Semitendinosus</b>	3,17 %	9,52 %	22,22 %	55,56 %	9,52	0 %	<b>-0,41</b>
<b><i>Double Bundle</i></b>	0 %	0 %	9,09 %	90,91 %	0 %	0	<b>-0,1</b>

Tab. 2: Vergleich Sportniveau - Operationsmethode

In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Operation zeigt sich, dass Patienten, die weniger als vier Wochen nach dem Trauma operiert wurden, mindestens eine normale sportliche Aktivität wiedererreicht haben. Nach einer späteren Operation gab es auch Patienten, die nicht mehr sportlich aktiv waren. Der größte Anteil der Patienten, die postoperativ Leistungssport betrieben, findet sich bei einer Operation nach mehr als zwölf Wochen.

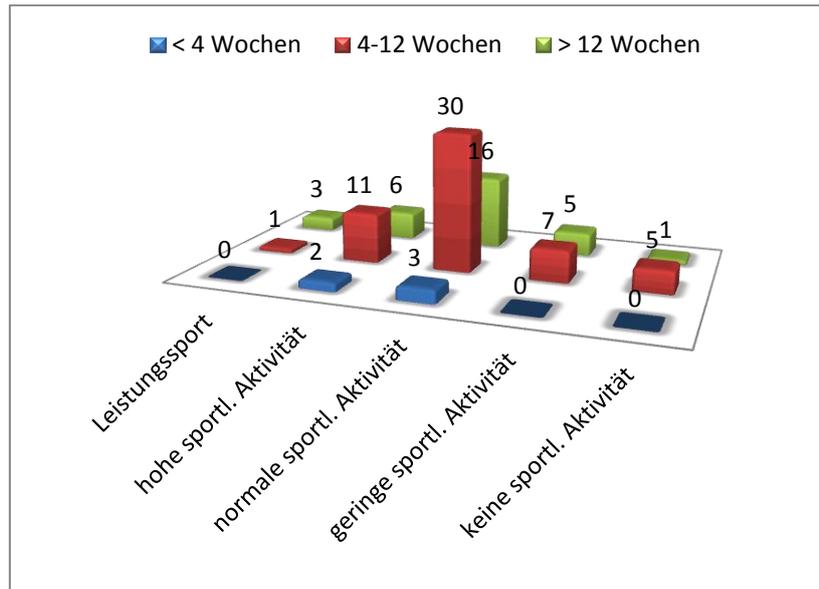


Abb. 29: Vergleich Sportniveau - Operationszeitpunkt

Fußball ist prä- und postoperativ die am häufigsten betriebenen Sportart, postoperativ folgt das Laufen und Radfahren.

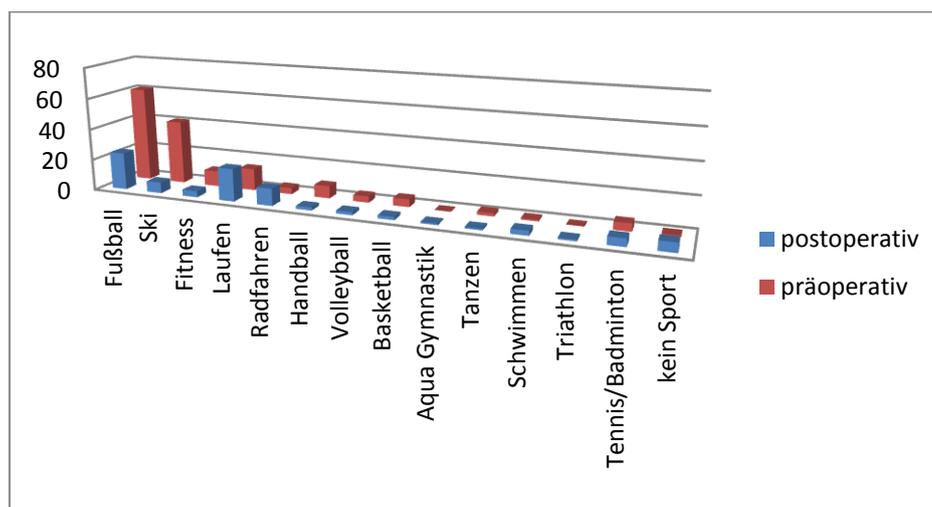


Abb. 30: Vergleich prä- und postoperative Sportarten

Die volle sportliche Belastbarkeit erreichten 45,6 %. 25,5 % erreichten 90 % ihrer Sportfähigkeit, moderate Einschränkungen gaben 16,7 %, starke Einschränkungen 5,5 % an. Bei 6,7 % ist die Sportfähigkeit aufgehoben.

Den größten Anteil der Patienten mit komplett wieder erreichter Sportfähigkeit stellt die *Double-Bundle*-Gruppe, gefolgt von der *Semitendinosus*- und *Bone-Tendon-Bone*-Gruppe. Nach allen drei Operationsverfahren konnten jeweils mehr als die Hälfte der Patienten mindestens 90 % ihrer vorherigen Sportfähigkeit wieder erreichen.

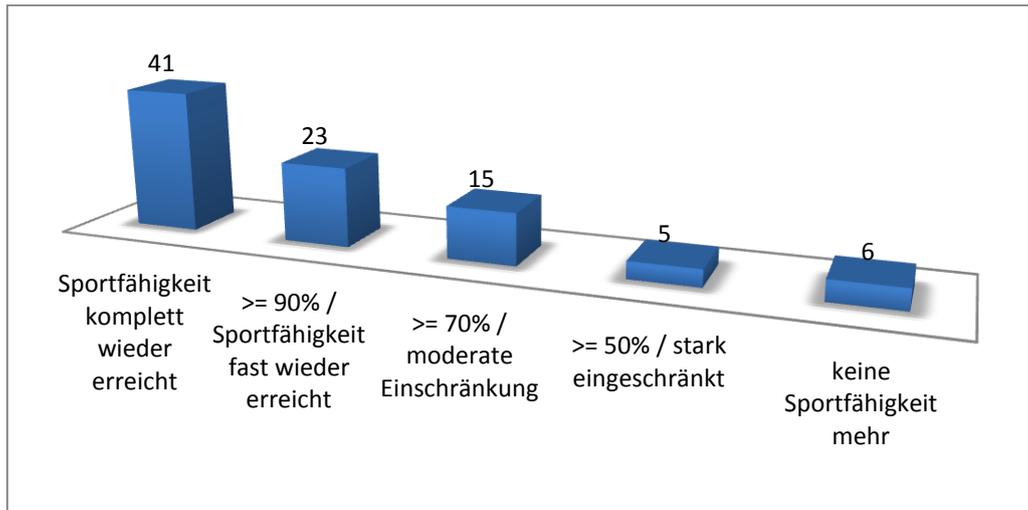


Abb. 31: Sportliche Belastbarkeit

Nach sechs bis acht Monaten waren 26,7 % der Patienten wieder uneingeschränkt sportfähig. 13,3 % erreichten die volle Sportfähigkeit nach vier bis sechs Monaten, jeweils 20 % nach acht bis zehn, zehn bis zwölf bzw. nach mehr als zwölf Monaten.

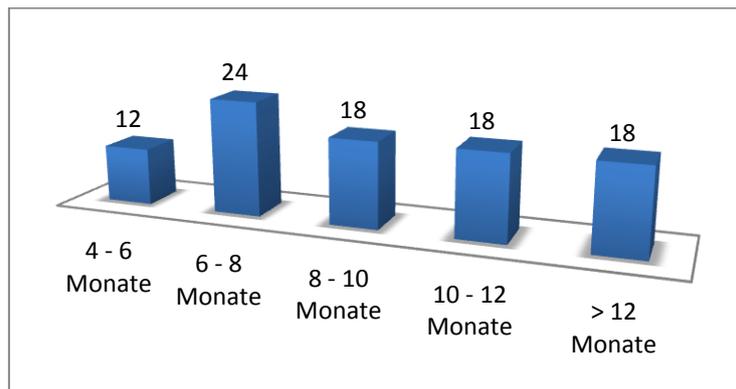


Abb. 32: Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit

Unterteilt nach der Operationsmethode ergibt sich folgender Zusammenhang mit der Sportfähigkeit:

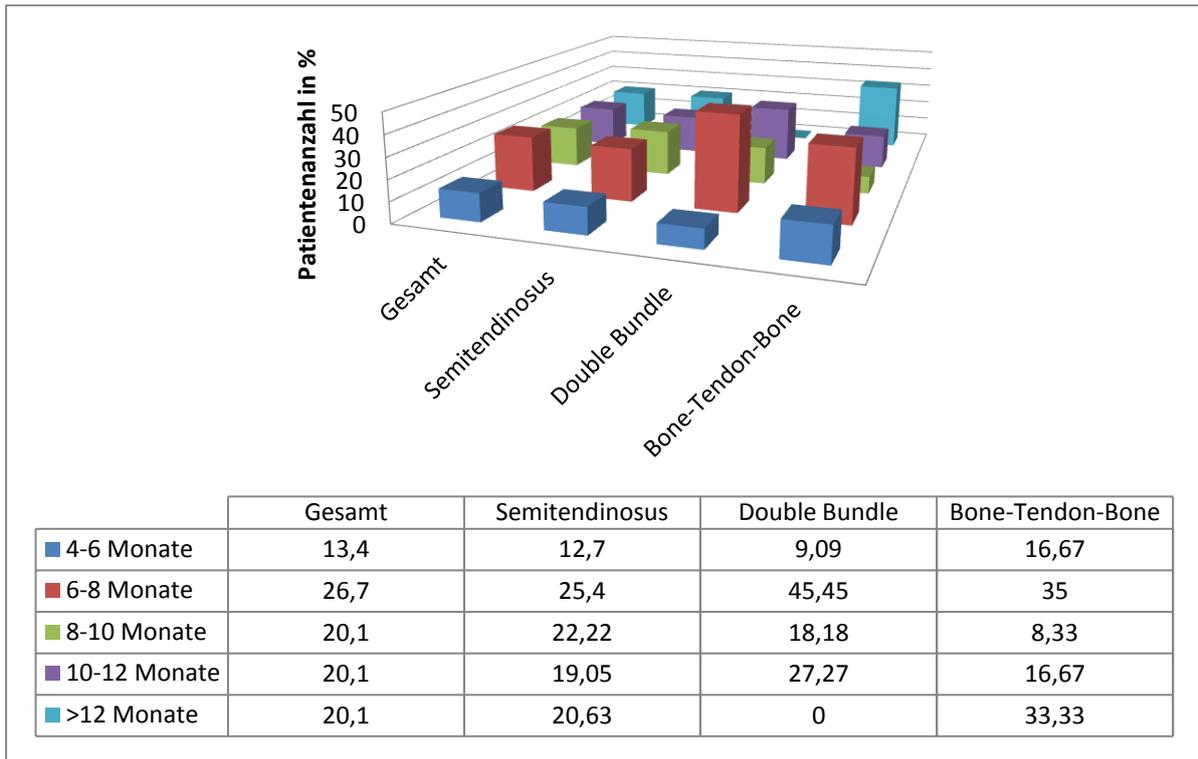


Abb. 33: Vergleich Sportfähigkeit - Operationsmethode

Erfolgte die Ersatzplastik innerhalb von vier Wochen nach dem Trauma, erreichten die Patienten die Sportfähigkeit durchschnittlich nach 7,8 Monaten, bei einer Operation nach vier bis zwölf Wochen nach sechs Monaten. Fand die Operation nach mehr als zwölf Wochen statt, war die Sportfähigkeit im Durchschnitt nach 5,1 Monaten erreicht. Betrachtet man den Zusammenhang zwischen dem Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit und dem Aktivitätsniveau zeigt sich, dass je schneller die Patienten ihre sportliche Betätigung wieder aufnahmen, desto weniger eingeschränkt war die Sportfähigkeit. So waren Patienten, die diese nach vier bis zehn Monaten wieder erreicht haben, maximal moderat eingeschränkt, nach zehn bis zwölf Monaten fand sich im ungünstigsten Fall eine starke Einschränkung mit 50 % der Sportfähigkeit. In der letzten Kategorie (>12 Monate) waren die Patienten zum Teil gar nicht mehr sportfähig; hier konnte nur in 11 % der Fälle die Sportfähigkeit komplett wieder erreicht werden.

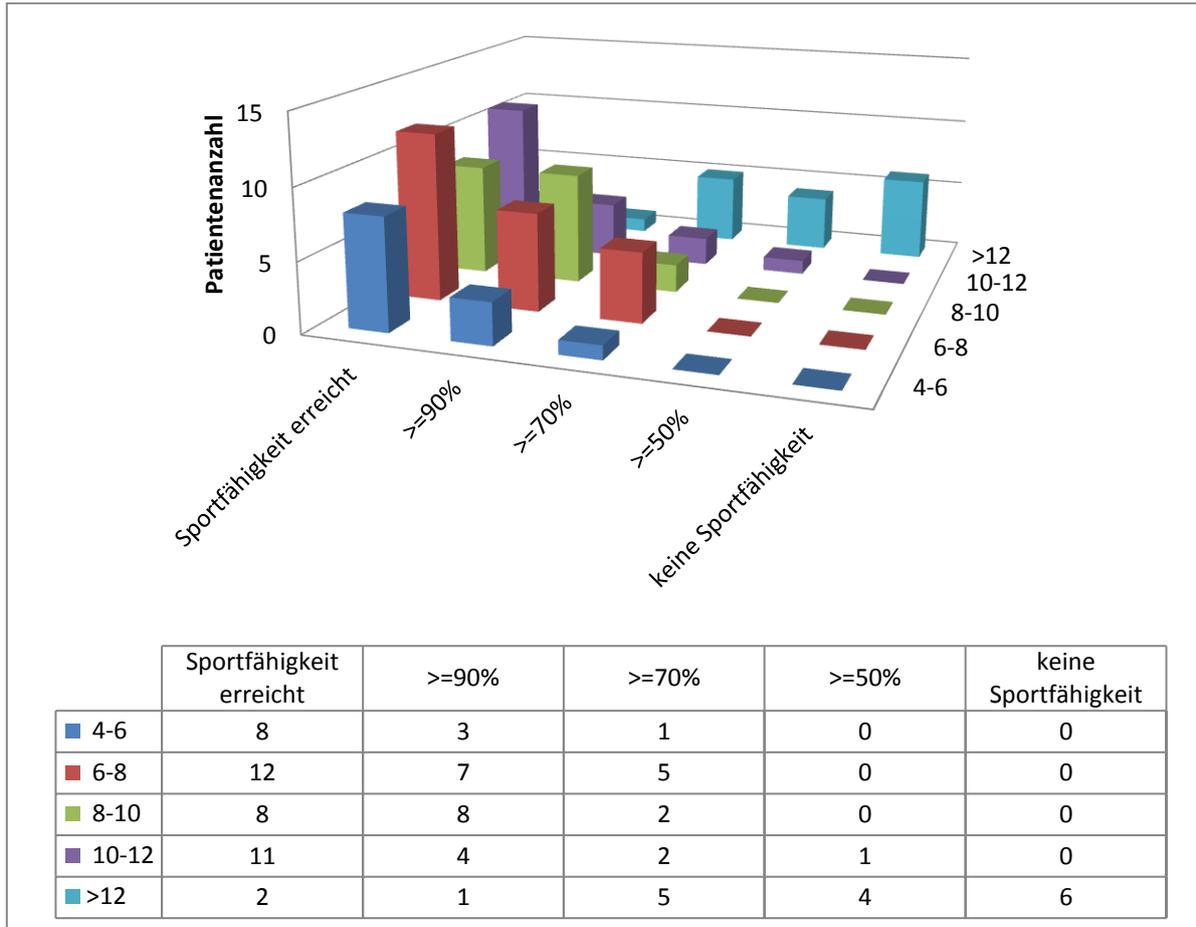


Abb. 34: Vergleich Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit - Aktivitätsniveau

#### 4.2.2 Untersuchung

50,1 % der Patienten waren bei der Nachuntersuchung beschwerdefrei, 16,8 % gaben Schmerzen an, 12,3 % ein Instabilitätsgefühl, 11,2 % eine Schwellung.

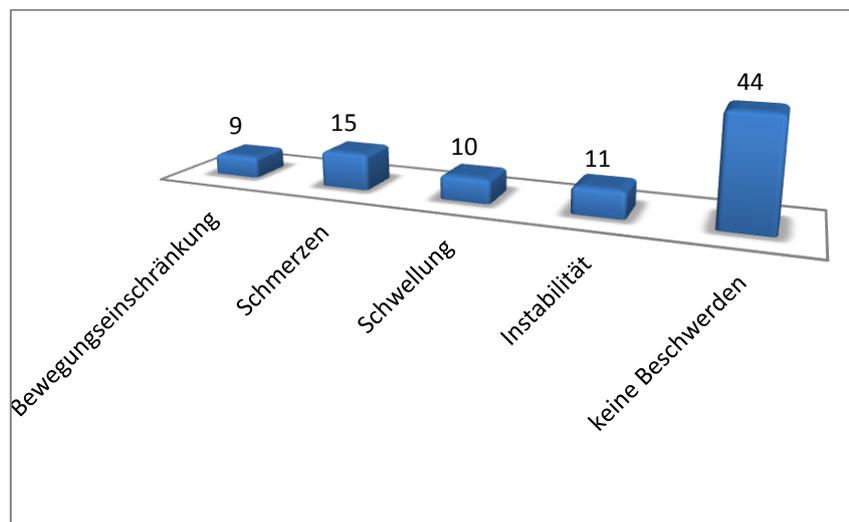


Abb. 35: Hauptbeschwerden

Der postoperative Zustand der kontralateralen Seite entsprach größtenteils dem präoperativen:

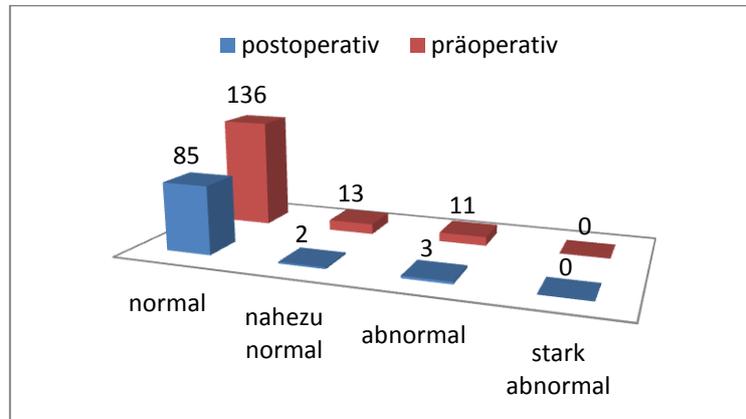


Abb. 36: Vergleich prä- und postoperativer Zustand kontralaterale Seite

Bei der klinischen Untersuchung des operierten Kniegelenks wurde bei 88,9 % kein Kniegelenkserguss festgestellt. Bei 11,1 % ergab sich ein Erguss nach starker Belastung. Ein Erguss nach leichter Belastung sowie ein ständig bestehender konnte nicht beobachtet werden.

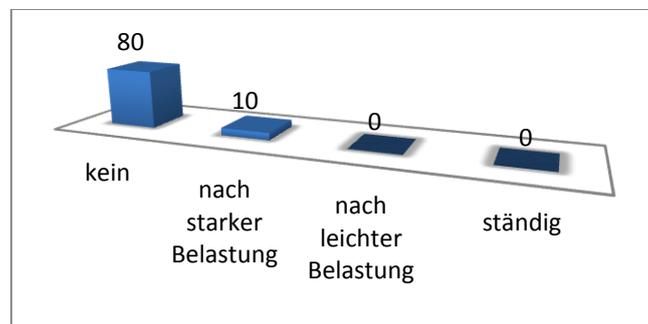


Abb. 37: Kniegelenkserguss

Beim postoperativen Lachman-Test wurde bei 52,2 % eine Translation von weniger als 0,5 cm festgestellt, von mehr als 0,5 cm bei 24,4 %, von mehr als einem Zentimeter bei 7,8 % der Patienten. Ein Testergebnis von mehr als 1,5 cm wurde nicht beobachtet. Bei 15,6 % der Patienten wurde kein postoperativer Lachman-Test durchgeführt.

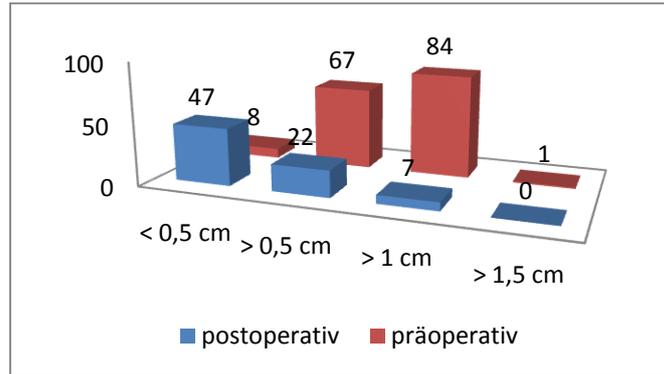


Abb. 38: Vergleich prä- und postoperativer Lachman-Test

Vergleicht man die Werte vor der Operation mit denen nach dieser, hat sich der Test bei 1,4 % der Patienten verschlechtert, bei 71,6 % verbessert. Bei 27 % ergab sich keine Veränderung.

Im Zusammenhang mit der Operationsmethode zeigte sich die stärkste Verbesserung nach einer Semitendinosusersatzplastik, gefolgt von der *Double-Bundle*-Technik. Nach einem *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat ergab sich die geringste Verbesserung.

	3	2	1	=	-1	Durchschnitt
<b><i>Bone-Tendon-Bone</i></b>	0 %	20 %	50 %	30 %	0 %	-0,9
<b>Semitendinosus</b>	1,82 %	38,18 %	25,45 %	34,55 %	0 %	-1,07
<b><i>Double Bundle</i></b>	0 %	22,22 %	66,67 %	0 %	11,11 %	-1

Tab. 3: Vergleich Lachman-Test - Operationsmethode

Bei der Erhebung des postoperativen Lysholm-Scores erreichten 72,2 % der Patienten ein exzellentes, 18,9 % ein gutes und 6,7 % ein befriedigendes Ergebnis. Ein schlechtes Ergebnis zeigte sich bei 2,2 %.

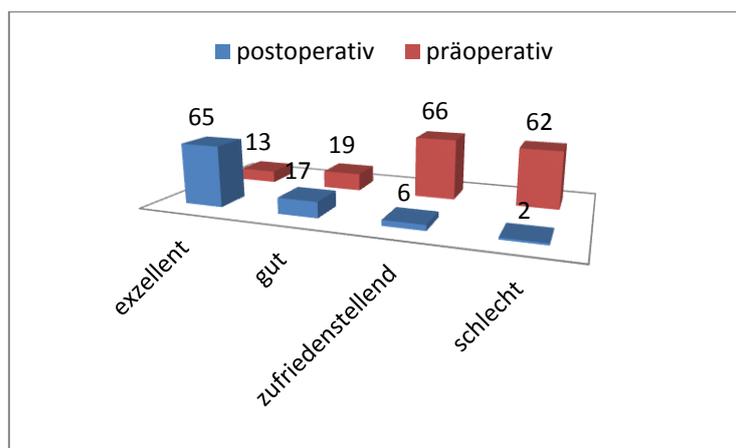


Abb. 39: Vergleich prä- und postoperativer Lysholm-Score

Vergleicht man die Durchschnittswerte des prä- und postoperativ erhobenen Lysholm-Scores, ergibt sich vor der Operation ein Wert von 68,8 Punkten, nach der Operation von 92,7 Punkten.

Insgesamt kann das postoperative Ergebnis des Lysholm-Score mit  $p < 0,0001$  als signifikant besser angesehen werden als das präoperative.

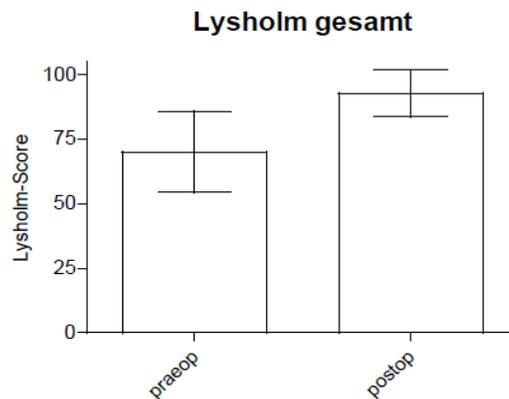


Abb. 40: Vergleich Lysholm-Score

Aufgeschlüsselt nach Operationsmethode zeigte sich bei den Patienten, die mit einem Semitendinosus- oder *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat versorgt wurden, eine hochsignifikante Verbesserung des Lysholm-Scores ( $p < 0,001$ ). Nach der Verwendung eines *Double-Bundle*-Transplantates zeigte sich ebenfalls eine Verbesserung, die aber statistisch nicht signifikant ist ( $p > 0,05$ ).

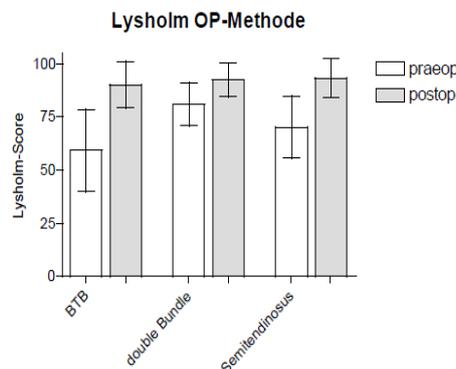


Abb. 41: Vergleich Lysholm-Score - Operationsmethode

In Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt zeigt sich, dass alle Patienten, die in einem Zeitraum kürzer als vier Wochen nach der Verletzung operiert wurden (5,7 %), einen exzellenten Lysholm-Score erreichten. Bei einer Operation zwischen vier und zwölf Wochen fand sich bei 43,3 % ein exzellentes, bei 9,5 % ein gutes, bei 6,7 % ein zufriedenstellendes und bei 2,2 % ein schlechtes Ergebnis. Betrug der Operationszeitpunkt länger als zwölf Wochen, erzielten 21,2 % der nachuntersuchten Patienten einen exzellenten und 9,5 % einen guten Lysholm-Score. Statistisch zeigt sich keine signifikante

Korrelation zwischen dem Zeitpunkt der Operation und der Höhe des Lysholm-Scores ( $p > 0,05$ ).

Ein postoperatives Röntgenbild wurde bei 89,9 % der nachuntersuchten Patienten angefertigt. Dieses zeigte zu 85,6 % eine regelrechte Transplantatlage und zu 4,5 % eine femorale Transplantatfehlage. Arthrosezeichen und eine tibiale Fehllage fanden sich nicht.

Eine deutliche subjektive Minderung der Kraft gaben 2,2 % der Patienten an, 12,2 % eine befriedigende, 33,4 % eine geringe. 52,2 % der Patienten berichteten über keine Krafteinschränkung.

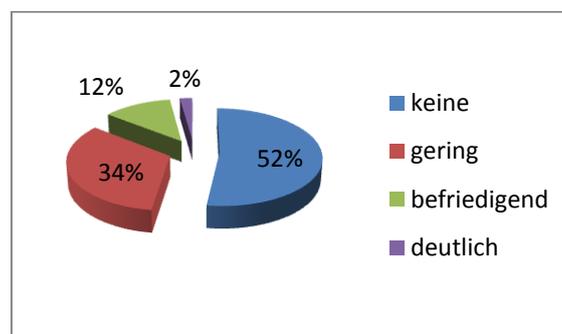


Abb. 42: Subjektive Kraftminderung

Eine Wetterfähigkeit bestand bei 71,1 % der nachuntersuchten Patienten.

Die subjektive Bewertung durch die Patienten zeigte zu 31 % ein sehr gutes, zu 51 % ein gutes und zu 10 % ein befriedigendes Ergebnis. 8 % beurteilten ihr Kniegelenk als ausreichend.

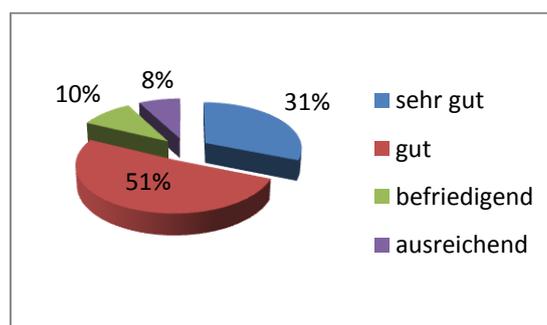


Abb. 43: Subjektive Beurteilung

Eine mehrheitlich gute Beurteilung vergaben die Patienten mit einem *Bone-Tendon-Bone*- oder *Semitendinosus*-Transplantat. In der *Double-Bundle*-Gruppe war der Großteil der Patienten sehr gut mit dem Zustand seines Kniegelenkes zufrieden. In der *Semitendinosus*-Gruppe vergab mehr als ein Drittel (36,5 %) der Patienten eine sehr gute Bewertung.

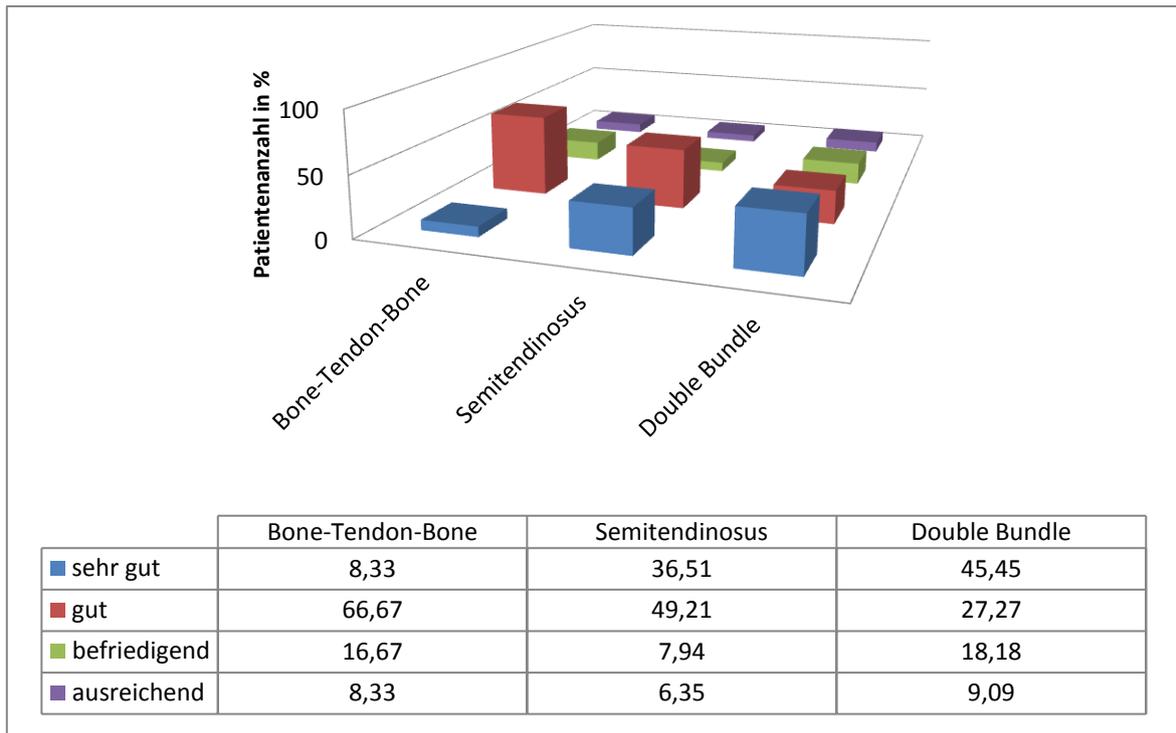


Abb. 44: Vergleich Patientenzufriedenheit - Operationsmethode

Setzt man die subjektive Patientenzufriedenheit mit dem Zeitpunkt der Ersatzplastik in Beziehung, fällt auf, dass – unabhängig vom Operationszeitpunkt – der größte Patientenanteil (mindestens 80 %) mindestens „gut“ mit dem postoperativen Zustand ihres Kniegelenkes zufrieden waren. Dies stellt folgende Graphik dar:

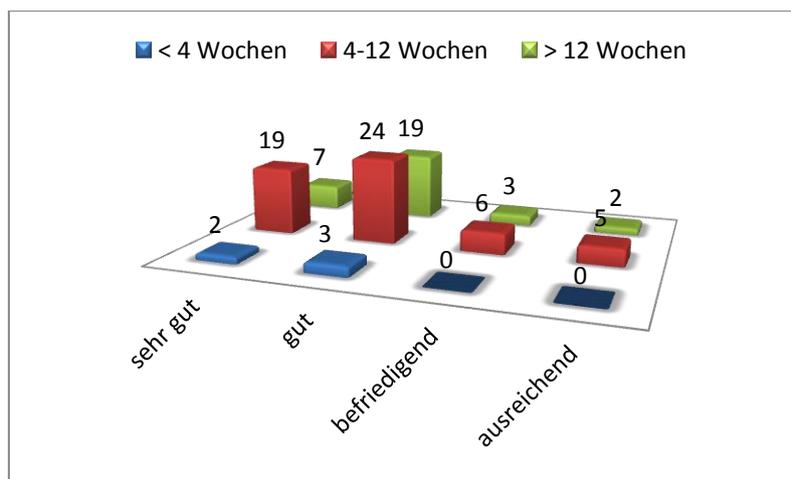


Abb. 45: Vergleich subjektive Zufriedenheit - Operationszeitpunkt

Patienten, die schneller als vier Wochen nach ihrer Verletzung operiert wurden, bewerteten ihr Knie stets sehr gut oder gut. Betrug der Zeitraum bis zur Ersatzplastik mehr als vier Wochen gab es auch befriedigende und ausreichende Bewertungen der Patienten.

Jedoch ergibt sich keine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem Operationszeitpunkt und der subjektiven Patientenzufriedenheit ( $p > 0,05$ ).

Sieht man die subjektive Zufriedenheit in Abhängigkeit von den Punkten Sportniveau, der Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau und dem Zeitpunkt der Sportfähigkeit, ergibt sich folgender Zusammenhang: Patienten, die ihr operiertes Kniegelenk als subjektiv ausreichend bewerteten, sind zum Großteil (57,1 %) nicht mehr sportlich aktiv; die Rückkehr zur vollen Sportfähigkeit betrug mindestens zehn Monate. Ein umgekehrtes Bild findet sich bei der „sehr guten“ subjektiven Bewertung. Hier sind alle Patienten sportlich aktiv und weisen höchstens moderate Einschränkungen der Sportfähigkeit auf.

Zu 93,3 % war die Behandlung zum Nachuntersuchungszeitpunkt abgeschlossen. Konservativ wurden 4,5 % der Patienten weiterbehandelt, operativ 2,2 %.

## 5 Diskussion

### 5.1 Patientenkollektiv

In der vorliegenden Studie wurden die Patienten jeweils vor einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes und nach einem Follow up von zwölf bis 31 Monaten anhand eines standardisierten Fragebogens untersucht. Die Nachuntersuchung fand durchschnittlich 17,7 Monate nach der Operation statt.

An den Voruntersuchungen nahmen 160 Patienten, 102 Männer und 58 Frauen, teil. Das Durchschnittsalter betrug 31 Jahre. Nachuntersucht wurden 90 Patienten, 56 Männer und 34 Frauen.

Verglichen mit der Literatur beinhaltet diese Studie ein großes Patientenkollektiv.

In der Vergangenheit untersuchten B. Müller et al. (2000) von 54 operierten Patienten 47 (14 Frauen, 33 Männer) nach einem durchschnittlichen postoperativen Zeitraum von 4,3 Jahren nach. Das Durchschnittsalter lag mit 27,6 Jahren etwas unter dem dieser Studie. Fink et al. (1993) untersuchten in einer retrospektiven Studie 52 durchschnittlich 35jährige Patienten 6,1 Jahre nach der Operation. Auch Grontvedt et al. (1996 b) untersuchten mit 50 Patienten ein kleineres Patientenkollektiv als diese Studie. Wie in den Untersuchungen von B. Müller et al. (2000) und Fink et al. (1993) lag der mittlere Nachuntersuchungszeitraum mit fünf Jahren über den 17 Monaten dieser Studie.

Ein größeres Patientenkollektiv weist die Studie von Sernert und Kartus (1999) auf. Hier wurden 527 Patienten durchschnittlich 4,2 Jahre nach der Operation untersucht.

### 5.2 Verletzungsursache

B. Müller et al. (2000) beobachteten, dass eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes sich vor allem während einer sportlichen Betätigung ereignet. Diese Aussage bestätigt sich auch in dieser Studie: 82 % der untersuchten Patienten zogen sich die Ruptur bei einer sportlichen Aktivität zu.

Fußball, Skilaufen und Handball führen in Europa die Liste der Sportarten, die zu dieser Verletzung führen, an (Grontvedt et al. 1996 b). Diese Daten können in der vorliegenden Studie bestätigt werden: Fußball führte in den meisten Fällen der sportlich bedingten Traumen zur Kreuzbandruptur, gefolgt vom Skifahren und Handball.

Auch nach Petersen et al. (2005) und Strobel et al. (1995) sind vor allem Sportarten mit häufigen Richtungs- und Tempowechseln, in denen zusätzliche Drehbewegungen auftreten, eine Ursache für Rupturen des vorderen Kreuzbandes.

### 5.3 Operationsmethode und -zeitpunkt

Das Ziel der operativen Therapie einer vorderen Kreuzbandruptur mittels Ersatzplastik ist es, die physiologische Kinematik des Kniegelenkes wiederherzustellen. Außerdem soll das Kniegelenk wieder derart stabilisiert werden, dass das sportliche Aktivitätsniveau erhalten bleibt (Siewert 2000).

Als Transplantat haben sich die autologen Transplantate der Patellar- und der *Hamstring*-Sehnen etabliert (Becker et al. 2000, Pässler und Mastrokalos 2003, Eichhorn und Strobel 1997). Außerdem wurde mit der *Double-Bundle*-Technik eine neue Methode entwickelt, die die Anatomie des vorderen Kreuzbandes möglichst genau wiederherstellt (Rose und Imhoff 2006, Brucker et al. 2005).

Zahlreiche Studien untersuchen jeweils eine der beschriebenen Operationsmethoden. So beschränkten sich Grontvedt et al. (1996 b), Sernert und Kartus (1999), B. Müller et al. (2000) und Jäger et al. (2003) auf die Untersuchung der Operationsergebnisse nach Patellarsehnenersatz.

In der vorliegenden Studie wurden alle drei beschriebenen Transplantate verwendet, sodass ein Vergleich der postoperativen Ergebnisse möglich wird. Die Entscheidung für die jeweilige Operationsmethode wurde individuell getroffen.

Als Vorteil eines *Bone-Tendon-Bone*-Ersatzes sehen Fu et al. (2000) eine schnelle Einheilung des Transplantates aufgrund der endständigen Knochenblöcke und der Möglichkeit der gelenknahen Fixation. So soll ein sofortiger Beginn der Rehabilitation und somit eine schnelle Rückkehr zum ursprünglichen Leistungsniveau möglich sein. Die vorliegende Studie kommt in diesem Punkt zu einem anderen Ergebnis: Ein Drittel der Patienten, die nach der *Bone-Tendon-Bone*-Technik operiert wurden, benötigten für die Wiedererlangung der vollen Sportfähigkeit länger als ein Jahr. Patienten, die nach den beiden anderen Methoden operiert wurden, waren im Vergleich schneller wieder voll sportfähig.

Als Nachteil des Patellarsehnenersatzes sehen Freedmann et al. (2003) eine vermehrt auftretende femoropatellare Schmerzproblematik sowie die Entnahmestellenmorbidity. Dieser Nachteil kann bei der Verwendung der *Hamstring*-Sehnen vermieden werden. Nachteilig bei dieser Methode postulieren Brand et al. (2000) und von Essen und Südkamp (2003) jedoch das Fehlen der endständigen Knochenblöcke, sodass die Sehnenenden als Weichteile im Knochen fixiert werden müssen und ein primär instabileres Transplantat entsteht. Auch diese Beobachtung konnte in der vorliegenden Studie nicht geteilt werden. Patienten mit einem *Hamstring*-Sehnen-Transplantat wiesen die stärkste Verbesserung hinsichtlich der Stabilität auf.

Bei einer Operation nach der *Double-Bundle*-Technik wird als Vorteil eine höhere biomechanische Effizienz (Schmidt-Wiethoff und Dargel 2007) beschrieben, der jedoch eine längere Operationszeit und aufwendigere Technik gegenübersteht. In der vorliegenden Arbeit weisen Patienten mit einem *Double-Bundle*-Transplantat hinsichtlich der Sportfähigkeit die besten Ergebnisse auf.

In der vorliegenden Studie wurden die nachuntersuchten Patienten durchschnittlich 13,5 Wochen nach der Verletzung operiert. Die schnellste Operation fand 48 Stunden nach der Verletzung statt, der längste Zeitraum zwischen Verletzung und Operation betrug 160 Wochen. Die meisten Patienten wurden zwischen vier und zwölf Wochen nach der Ruptur operiert, ein Drittel der Patienten mehr als zwölf Wochen nach der Verletzung, die geringste Patientenzahl innerhalb der ersten vier Wochen.

Der ideale Zeitpunkt der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes ist umstritten und abhängig von Faktoren wie der nach einer Verletzung einsetzenden Inflammation (Irie et al. 2003).

Schmidt-Wiethoff und Dargel (2007) sehen die Primärversorgung der Kreuzbandruptur vornehmlich bei Spitzensportlern zur Anwendung kommen, da es hier auf eine leistungsorientierte Rehabilitation und möglichst minimale Ausfallzeiten ankommt. Die Tatsache, dass alle in der vorliegenden Studie primärversorgten Patienten einen exzellenten Lysholm-Score aufweisen, spricht für eine gute Wiedereingliederung dieser schnell operierten Patienten in die Sport- und Alltagsfähigkeit. Allerdings kann die statistische Untersuchung dieser Arbeit keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Operationszeitpunkt und Höhe des Lysholm-Scores darstellen.

Hinsichtlich des Zeitpunktes der Sportfähigkeit zeigte sich, dass die Patienten, je später sie operiert wurden, desto schneller nach der Operation wieder zu ihrer vollen Sportfähigkeit zurückkehren konnten. Durchschnittlich 5,2 Monate benötigten Patienten, die frühestens zwölf Wochen nach der Verletzung operiert wurden. Sechs Monate waren es bei Patienten mit einem Operationszeitpunkt nach vier bis zwölf Wochen und 7,8 Monate bei primärversorgten Patienten, die nach weniger als vier Wochen operiert wurden. Ein anderes Bild zeigte sich bei der Untersuchung des sportlichen Aktivitätsniveaus. Hier erreichten alle Patienten, die nach weniger als vier Wochen operiert wurden, mindestens eine normale sportliche Aktivität.

Marcacci et al. (1998) beschrieben eine schnellere Rückkehr zum Sportniveau bei Patienten, die innerhalb von zwei Wochen nach der Verletzung operiert wurden. Eine schnelle Rückkehr zur Sportfähigkeit bei zeitnah operierten Patienten konnte dagegen in der vorliegenden Arbeit nicht bestätigt werden.

Andere Autoren berichten wiederum von einem besseren klinischen Ergebnis bei einer operativen Versorgung nach mehr als vier Wochen (Meighan et al. 2003, Pässler und Mastrokalos 2003). Hierdurch sollen sich unter anderem die Arthrofibroserate und patellofemorale Schmerzen verringern, was zu einer verkürzten Rehabilitationsphase führt. Die Ergebnisse dieser – Marcacci et al. (1998) widersprechenden – Studien können in der vorliegenden Arbeit bestätigt werden. Die Patienten dieser Studie erlangten desto schneller ihre Sportfähigkeit, je später sie operiert wurden.

## 5.4 Postoperative Ergebnisse

### 5.4.1 Lysholm-Score

Die Erhebung des Lysholm-Scores dient der Einschätzung der Aktivität der Patienten im alltäglichen Leben. Da der Patient die Funktionalität des Kniegelenkes selbst einschätzt, handelt es sich hier um einen subjektiven Score. Parameter wie Schmerz und eine Instabilität des Kniegelenkes hängen eng mit der Patientenzufriedenheit und der Erwartung der Patienten zusammen (Kocher et al. 2002). Daher kann der Lysholm-Score als ein Spiegelbild der Patientenzufriedenheit angesehen werden (Sernert und Kartus 1999).

Vergleicht man den in dieser Studie errechneten Lysholm-Score vor und nach der Operation, ergibt sich ein präoperativer Durchschnittswert von 68,8 Punkten und ein postoperativer von 92,7 Punkten. Die Werte nach der Operation sind hochsignifikant besser, als die Punktzahlen unmittelbar vor der Operation; das durchschnittliche Ergebnis verbesserte sich von einem zufriedenstellendem Score auf einen exzellenten. Dieses exzellente Ergebnis nach einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes lässt sich durch zahlreiche Studien (Hoher und Bach 1997, Sernert und Kartus 1999, Kocher et al. 2002) bestätigen und ist nach Imhoff (2000) unter anderem auf eine durch eine minimalinvasive arthroskopische Operationstechnik geringe postoperative Morbidität zurückzuführen.

Unterteilt man die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Werte nach den Operationsmethoden und vergleicht die prä- und postoperativen Werte, kommt man zu dem Ergebnis, dass die postoperativen Scorewerte von Patienten, die ein *Bone-Tendon-Bone* oder *Hamstring*-Transplantat bekommen haben, signifikant besser sind als die präoperativen Werte. Bei Patienten, die nach dem *Double-Bundle*-Verfahren operiert wurden, konnte keine signifikante Verbesserung der postoperativen Werte beobachtet werden. Da präoperativ ein sehr hoher Lysholm-Score bestand, ist diese Beobachtung als *Selection-Bias* zu werten.

Die signifikante Verbesserung des Lysholm-Scores von Patienten, die ein Patellar- oder *Hamstring*-Sehnen-Transplantat bekommen haben, wird auch in anderen Studien beschrieben (Williams et al. 2004). Sehr häufig werden diese beiden Operationsmethoden untereinander verglichen, wobei zahlreiche Studien keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Techniken feststellen (Pinczewski und Deehan 2002, Grontvedt et al. 1996 a).

Vergleicht man die Höhe des postoperativen Lysholm-Scores dieser beiden Operationsmethoden mit anderen Studienergebnissen, finden sich bei Jäger et al. (2003) bezüglich der Patienten mit einem *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat dieser Studie ähnliche Werte. Williams et al. (2004) publizierten vergleichbare Ergebnisse des postoperativen Lysholm-Scores in Bezug auf die *Hamstring*-Sehnen-Transplantate.

### 5.4.2 Stabilität

Der Lachman-Test, der auch bei Schmerzen im Kniegelenk durchführbar ist, gilt als sensitivster Test zur Diagnostik einer vorderen Kreuzbandruptur.

Präoperativ wurde bei der Mehrheit der Patienten eine Translation im verletzten Kniegelenk zwischen 0,5 und 1,5 cm beobachtet. Postoperativ hingegen wies die Mehrheit einen Lachman-Test von weniger als 0,5 cm auf.

Unterteilt man diese Testergebnisse nach den einzelnen Operationsmethoden, ergibt sich folgendes Ergebnis: Die Patienten, die ein Semitendinosus-Transplantat erhielten, wiesen im Durchschnitt die größte Steigerung hinsichtlich des Lachman-Testes auf, gefolgt von der *Double-Bundle*- und *Bone-Tendon-Bone*-Gruppe. Insgesamt weisen alle drei

Gruppen eine Verbesserung des postoperativen Lachman-Testes gegenüber dem präoperativen auf. Ein Ziel des operativen Eingriffs – die Stabilität des Kniegelenkes zu verbessern – wird bei allen Operationsmethoden erreicht.

Alle drei Operationsmethoden weisen eine ähnliche Verbesserung des postoperativen Lachman-Testes auf. Auch Aune und Holm (2001), Pinczewski und Deehan (2002) und Feller und Webster (2001) konnten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Stabilität zwischen den verschiedenen Operationsmethoden finden.

### 5.4.3 Sportfähigkeit

In dieser Arbeit wurde untersucht, ob es den teilnehmenden Patienten gelang, ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau wieder zu erreichen.

Etwa die Hälfte der operierten Patienten gab an, ihre Sportfähigkeit komplett wieder erreicht zu haben, ein Viertel erreichte ihre Sportfähigkeit zu großen Teilen wieder. Die übrigen Patienten berichteten über moderate bis starke Einschränkungen, einige Patienten betrieben postoperativ keinen Sport. Allerdings ist zu beachten, dass einige Patienten auch vor der Operation wenig oder nur gering sportlich aktiv waren.

Auch B. Müller et al. (2000) beschrieben einen Rückgang der sportlichen Aktivität. Allerdings wurden hier die Sportarten in *High-Risk-Pivoting*-Sportarten mit schnellen Drehbewegungen, Richtungswechseln und Spungbelastungen wie Fußball, Handball oder Tennis, *Low-Risk-Pivoting*-Sportarten wie Laufen und *Non-Risk-Pivoting*-Sportarten mit kontrollierten Bewegungen und nur teilweiser Gewichtsbelastung wie Radfahren oder Schwimmen unterteilt. Der Rückgang der sportlichen Aktivität bezieht sich in dieser Arbeit auf einen „Sportklassenwechsel“: Ein Drittel der Patienten, die vor der Ruptur des Kreuzbandes eine *High-Risk-Pivoting*-Sportart betrieben hatten, mussten nach der Operation zu einer *Low*- oder *Non-Risk-Pivoting*-Sportart wechseln. Da in der vorliegenden Arbeit eine derartige Unterteilung nicht vorgenommen wurde, kann diese Aussage von B. Müller et al. nicht direkt verglichen werden.

Fußball, Ski und Handball sind die Sportarten, die beim untersuchten Patientenkollektiv der vorliegenden Studie am häufigsten zu einer Kreuzbandruptur geführt haben. Verglichen mit den Sportarten ein Jahr nach der Verletzung zeigt sich, dass nach wie vor Fußball die von den meisten Patienten betriebene Sportart ist, trotz eines Rückgangs von etwa 10 %. Ski und Handball wurden vom Joggen und Radfahren abgelöst. Insgesamt ist in dem untersuchten Patientenkollektiv also ein Rückgang der *High-Risk*-Sportarten Fußball, Skifahren und Handball zu verzeichnen. Auch Schmidt-Wiethoff und Dargel (2007) beschreiben eine Aktivitätseinschränkung vor allem beim Fußball und Skifahren. Fink et al. (1994) sind der Ansicht, dass eine Rückkehr in eine *High-Risk*-Sportart nur in Ausnahmefällen zu erreichen ist. Diese Aussage kann durch das hier untersuchte Patientenkollektiv nicht bestätigt werden. Beim Fußball ist zwar ein deutlicher Rückgang zu beobachten, dennoch ist diese Kontaktsportart auch nach der Operation die meist ausgeübteste Sportart.

Neben dem Rückgang der *High-Risk*-Sportarten Fußball, Ski und Handball ist eine deutliche Zunahme des Joggens und Radfahrens zu verzeichnen. Auch B. Müller et al. (2000) beschrieben einen Wechsel von *High-Risk*- in *Low*- oder *Non-Risk*-Sportarten.

Vergleicht man das durchschnittliche prä- und postoperative Sportniveau, gemessen in Stunden sportlicher Aktivität pro Woche, geben die Patienten ein Jahr nach der Operation ein signifikant niedrigeres Sportniveau an als vor der Verletzung.

Einen Rückgang der Sportfähigkeit publizierten auch Schmidt-Wiethoff und Dargel 2007. Sie sahen diesen darin begründet, dass eine Ruptur des Kreuzbandes mit gravierenden Störungen des physiologischen Ablaufs des Kniegelenkes verbunden ist, die sowohl aufgrund des Traumas als auch aufgrund sekundärer Schädigungen durch eine Instabilität des Gelenkes bedingt sein können. Eine Reduzierung der Sportfähigkeit ist daher die Folge. Durch die operative Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes soll diese Limitierung bestmöglich minimiert werden.

Auch Schmidt-Wiethoff (2005) und Schmidt-Wiethoff und Dargel (2005) sehen den in dieser Arbeit festgestellten Zusammenhang zwischen einem hohen präoperativen Sportniveau und einem daraus resultierenden hohen postoperativen Level. Sie beschreiben ein hohes Maß sportmotorischer Vorerfahrungen bei eher leistungssportlich orientierten Patienten, sodass eine Rückkehr zur sportlichen Aktivität schneller erreicht werden kann (Schmidt-Wiethoff und Dargel 2007).

Setzt man Sport- und Aktivitätsniveau in Abhängigkeit voneinander, kommt diese Arbeit zu einem ähnlichen Ergebnis wie andere Studien (Hinterwimmer et al. 2003, Rose und Imhoff 2006). Ersatzplastiken des vorderen Kreuzbandes führen zu einem guten funktionellen Ergebnis. In jeder Kategorie des sportlichen Aktivitätsniveaus hat die jeweilige Mehrheit der Patienten die Sportfähigkeit komplett wieder erreicht. Dabei fällt auf, dass je höher das sportliche Aktivitätsniveau, desto mehr Patienten sind wieder voll sportfähig. Dies deckt sich mit den oben beschriebenen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit (je höher das präoperative Leistungsniveau, desto höher das postoperative) und den Ergebnissen von Schmidt-Wiethoff (2005) und Schmidt-Wiethoff und Dargel (2007).

In Bezug auf die Operationsmethode ergibt sich, dass Patienten, die nach der *Double-Bundle*-Technik operiert wurden, die geringste Einschränkung ihrer Sportfähigkeit und ihres Aktivitätsniveaus verzeichnen mussten, gefolgt von der Semitendinosus-Gruppe. Am stärksten verringerte sich das Sport- und Aktivitätsniveau bei Patienten mit einem *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat. Die gleiche Rangfolge ergibt sich bei dem Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit. Auch hier weisen Patienten mit einem *Double-Bundle*-Transplantat die besten Ergebnisse auf.

Rose und Imhoff (2006) erklären das gute Abschneiden der *Double-Bundle*-Technik in den beschriebenen Bereichen der Sportfähigkeit (Sportniveau, Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau und Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit) durch das Erreichen einer größeren Rotationsstabilität, die durch die anatomisch möglichst genaue Rekon-

struktion der beiden Bündel des Kreuzbandes erlangt wird. Durch diese Stabilität soll die physiologische Biomechanik wiederhergestellt werden, sodass es vor allem in Sportarten, die durch Rotationsbewegungen gekennzeichnet sind, zu Vorteilen gegenüber anderen Operationsverfahren kommt.

Auch die in dieser Arbeit beobachteten besseren Ergebnisse hinsichtlich der Sportfähigkeit der Patienten mit einem Semitendinosussehnen-Transplantat gegenüber denen mit einer Plastik der Patellarsehne wurde bereits in anderen Studien beschrieben. Bartlett et al. (2001) und Magen et al. (1999) beobachteten beim Vergleich von *Hamstring*- und Patellarsehnentransplantaten eine höhere Rückkehrate zum ursprünglichen Aktivitätsniveau nach der Verwendung von *Hamstring*-Sehnen. Über ein subjektiv besseres funktionelles Ergebnis, einer schnelleren Rückkehr zur Arbeit und einer geringeren Rehabilitationszeit nach einem Semitendinosussehnen-Transplantat berichten Weiler et al. (2002 a). Als einen möglichen Grund hierfür sehen Muneta und Sekiya (1998), dass sich Patienten mit einem Transplantat der Semitendinosus- oder Grazilissehne subjektiv sicherer fühlen und zufriedener waren. Eine höhere Patientenzufriedenheit der Semitendinosusgruppe konnte auch in der vorliegenden Arbeit gezeigt werden. Diese Feststellung könnte z. B. durch die schnellere Wiederherstellung des Extensormechanismus, der die Stabilität des Kniegelenkes fördert, und einen verminderten retropatellaren Crepitus begründet sein. Außerdem empfinden Patienten mit einem Patellarsehnentransplantat vermehrt Schmerzen im Bereich der Entnahmestelle (Feller und Webster 2001). Diese könnten dazu führen, dass die Patienten sich später und weniger intensiv sportlich betätigen. Andere Arbeiten hingegen sprechen von einem höheren postoperativen Aktivitätslevel von Patienten mit einer Patellarplastik (Freedmann et al. 2003, Yunes et al. 2001). Diese Ergebnisse können in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

### 5.4.4 Subjektive Einschätzung

Die Patienten dieser Studie wurden ein Jahr nach der Ersatzplastik nach ihrer subjektiven Bewertung des Kniegelenkes befragt. Auf diese Weise sollte untersucht werden, ob es einen Zusammenhang zwischen Kriterien wie dem Sportniveau, der Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau und dem Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit und der Patientenzufriedenheit gibt. Die Untersuchungen dieser Arbeit ergaben, dass eine positive Bewertung mit einem möglichst schnellen und vollständigen Erreichen der sportlichen Aktivität korreliert. Je schneller und sportfähiger die Patienten nach der Operation waren, desto besser bewerteten sie ihr operiertes Kniegelenk und desto zufriedener waren sie. Je länger eine eingeschränkte Sportfähigkeit bzw. die Verletzungspause bestand, desto stärker sank die Patientenzufriedenheit. Dies spiegelte sich in einer schlechteren subjektiven Bewertung wider.

Außerdem wurde der Zusammenhang zwischen der subjektiven Patientenzufriedenheit und dem Operationszeitpunkt untersucht. Auffallend ist, dass – egal wann operiert wurde – mit mindestens 80 % der größte Patientenanteil das operierte Kniegelenk mindestens mit einem „gut“ bewertete. Auch Freedmann et al. (2003) beobachteten, dass be-

züglich der subjektiven Parameter generell eine hohe Patientenzufriedenheit zu finden ist.

Patienten, die die Kreuzbandersatzplastik nach weniger als vier Wochen erhielten, vergaben ausschließlich die Bewertungen „sehr gut“ und „gut“. In den beiden anderen Gruppen, die zwischen vier und zwölf Wochen oder nach mehr als zwölf Wochen operiert wurden, finden sich auch befriedigende und ausreichende Bewertungen.

Eine signifikante Korrelation zwischen der subjektiven Patientenzufriedenheit und dem Zeitpunkt der Operation konnte nicht festgestellt werden. Jedoch scheint die Patientenbewertung besser zu sein, je früher die Patienten operiert wurden, wobei diese Beobachtung nicht signifikant ist.

Insgesamt scheinen individuelle Parameter der Patienten wie der präoperative Zustand des verletzten Kniegelenkes, die physische und psychische Patientenbeschaffenheit und die physiotherapeutische Unterstützung in der Rehabilitation eine Rolle hinsichtlich der Patientenzufriedenheit und des funktionellen Ergebnisses des operierten Kniegelenkes zu spielen, wie auch Shelbourne und Foulk (1995) publizierten.

### 5.5 Schwachpunkte der Arbeit

Bei dieser Studie handelt es sich um keine prospektiv randomisierte Studie, daher besteht nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit. Die jeweilige Operationsmethode wurde individuell für den Patienten gewählt, sodass eine *Selection Bias* resultiert. Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Patientenkollektivs, das nach der *Double-Bundle*-Technik operiert wurde. Im Gegensatz zu den beiden anderen Operationsverfahren konnte hier keine signifikante Steigerung des Lysholm-Scores festgestellt werden, da hier ein sehr hoher präoperativer Score vorlag. Eine Verbesserung könnte durch ein unvorhersehbares Randomisierungsverfahren erzielt werden.

Auch die Behandlung der Kreuzbandrupturen durch verschiedene Operateure führt zu Einschränkungen in der Vergleichbarkeit der Operationsmethoden. Dies wird durch die Operationen in verschiedenen Kliniken mit unterschiedlichen Instrumenten noch verstärkt. Eine Optimierung des besseren Vergleichs durch einen Operateur könnte den Nachteil mit sich bringen, dass sich das Patientenkollektiv verkleinert bzw. die Studiedauer, in der eine vergleichbare Patientenzahl aufgenommen werden kann, steigt.

Als ein weiterer Schwachpunkt dieser Arbeit können die subjektiven Parameter des Fragebogens angesehen werden. Die Ergebnisse dieser Studie sind also von der subjektiven Bewertung des Patienten abhängig, was zu einer Verzerrung der objektiven Ergebnisse der Kreuzbandersatzplastik führen könnte.

Auch der in Interviewform erhobene Lysholm-Score könnte zu einem besseren Ergebnis geführt haben, als ein durch die Patienten alleine durchgeführter (Hoher und Bach 1997).

Eine Optimierung könnte also durch objektive Parameter erreicht werden, wobei die Beurteilung des Kniegelenks durch die subjektive Bewertung des Patienten erst vollständig wird.

## 6 Schlussfolgerung

Die vorliegende Arbeit hebt die Bedeutung der Sportfähigkeit für die von einer vorderen Kreuzbandruptur betroffenen Patienten hervor. 82 % der Patienten zog sich die Kreuzbandruptur während einer sportlichen Aktivität zu. Der Altersgipfel der untersuchten Patienten lag zwischen 16 und 35 Jahren. Es sind also vor allem sportlich aktive und junge Menschen von einer Verletzung des vorderen Kreuzbandes betroffen. Der Wunsch nach der Wiedererlangung der Sportfähigkeit steht für diese Patienten im Vordergrund.

Die Beobachtung der postoperativen sportlichen Betätigung ergab, dass etwa die Hälfte der Patienten eine Wiedererlangung des präoperativen Aktivitäts- und Leistungsniveaus erreicht und so der Patientenwunsch nach einer vollen Sportfähigkeit erfüllt wird. Doch trotz dieser guten Ergebnisse ist nach einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes mit einer funktionellen Einschränkung des Kniegelenkes zu rechnen, da die Patienten dieser Arbeit vor der Verletzung ein signifikant höheres Sportniveau angeben als ein Jahr nach der Ersatzplastik. Eine weitere signifikante statistische Untersuchung ergab, dass je höher das Sportniveau eines Patienten vor der Verletzung, desto höher ist dieses auch postoperativ. Ursächlich könnte eine größere Motivation eines ambitionierten oder Leistungssportlers sein, das bisherige Sportniveau wieder zu erreichen, als sie vielleicht bei einem Gelegenheitssportler vorliegt.

Beim Vergleich der prä- und postoperativen Sportarten ist Fußball zu beiden Zeitpunkten die am meisten betriebene Sportart. Skifahren, das vor der Verletzung als zweithäufigste Sportart genannt wurde, wird nach der Verletzung durch das Radfahren abgelöst. Grund hierfür könnte sein, dass Fußball als Freizeitsport betrieben wird und daher die Hemmschwelle, diesen Sport wieder auszuüben niedriger sein könnte, als in ein Skigebiet zu fahren.

Eine Rückkehr in eine *High-Risk*- und Kontaktsportart wie Fußball ist also möglich. Das postoperativ von vielen Patienten vermehrt betriebene Radfahren lässt aber darauf schließen, dass viele Patienten nach der Verletzung des Kreuzbandes eher knieschonendere und verletzungsärmere Sportarten wie Radfahren oder Laufen ausüben.

Die Untersuchungen der Operationsmethoden in Hinblick auf die Sportfähigkeit ergaben, dass Patienten, die nach der *Double-Bundle*-Technik operiert wurden, die schnellste und vollständigste Wiedererlangung der Sportfähigkeit gelang. Patienten, die ein *Bone-Tendon-Bone*-Transplantat erhielten, verzeichneten die größte Einschränkung der sportlichen Aktivität.

Allerdings könnte Grund für die Reihenfolge *Double-Bundle*, *Hamstring* und *Bone-Tendon-Bone* beim Erreichen der Sportfähigkeit eine mögliche Auswahl der Operationsmethode nach der Fitness bzw. dem gesundheitlichen Zustand der Patienten sein. Da Patienten mit einem *Double-Bundle*-Transplantat im Durchschnitt einen über 20

Punkte höheren präoperativen Lysholm-Score als die Patellarsehnen-Gruppe erreichten, ist hier von einer größeren präoperativen Einschränkung auf Seiten der *Bone-Tendon-Bone*-Gruppe auszugehen. Dieses könnte also ein Grund für die schnellere und vollständigere Rückkehr zum ursprünglichen Aktivitätsniveau der Patienten mit einer *Double-Bundle*-Plastik sein: Durch die geringere präoperative Einschränkung war auch das postoperative Outcome besser.

Hinsichtlich der Sportfähigkeit wurden unterschiedliche Beobachtungen im Zusammenhang mit dem Zeitpunkt der Operation gemacht:

Eine möglichst späte Operation scheint sich positiv auf den Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit auszuwirken: Je später die Patienten operiert wurden, desto schneller berichteten sie von einer vollen Sportfähigkeit.

Einen umgekehrten Zusammenhang scheint es bei der Untersuchung des Erreichens des ursprünglichen Aktivitätsniveaus in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt zu geben. Hier scheint aus einem möglichst kurzen Zeitraum zwischen Verletzung und Operation ein hohes postoperatives Aktivitätsniveau zu resultieren. Allerdings wurden nur wenige Patienten in diese Studie aufgenommen, die schneller als vier Wochen nach der Kreuzbandruptur operiert wurden, sodass diese Aussage nicht als allgemeingültig angesehen werden kann. Hier müssten weitere Untersuchungen mit einem größeren zeitnah operierten Patientenkollektiv durchgeführt werden.

Anders als vom Operationszeitpunkt scheint die Patientenzufriedenheit von der postoperativen Sportfähigkeit abzuhängen: Eine positive Bewertung scheint mit einer möglichst schnellen und vollständigen Rückkehr zum Sport- und Aktivitätsniveau zu korrelieren. Je länger die Patienten sportunfähig waren oder ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau nicht erreichen konnten, desto schlechter bewerteten sie ihr operiertes Kniegelenk. Auf der anderen Seite resultierte eine positive Bewertung aus einer schnellen und vollen Sportfähigkeit.

## 7 Zusammenfassung

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist die häufigste Verletzung des Kniegelenkes: Sie wird auf ca. eine Ruptur je 1000 Einwohner geschätzt (Rupp und Kohn 2002).

In zahlreichen Studien der unterschiedlichsten Designs diskutierten Autoren den Vorteil operativer oder konservativer Verfahren, die verschiedenen Operationsmethoden, die Alltagsfähigkeit nach vorderer Kreuzbandruptur und die unterschiedlichen Rehabilitationsprinzipien nach der Ersatzplastik. Viele dieser Arbeiten fokussierten sich – anders als diese Studie – auf jeweils einen der genannten Punkte oder untersuchten ein nach Geschlecht, Alter oder Beruf selektiertes Patientenkollektiv.

Außerdem finden sich in der Literatur nur wenige Studien, die sich mit der Sportfähigkeit nach einer Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes beschäftigen. Das Wiedererlangen der Sportfähigkeit ist jedoch für die meisten Patienten der Hauptgrund, sich einer Operation und der daraus resultierenden Nachbehandlung zu unterziehen.

Ziel dieser prospektiven klinischen Studie sollte es sein, oben genannte Kriterien in verschiedenen Abhängigkeiten voneinander zu diskutieren.

Um eine möglichst allgemeingültige Aussage treffen zu können, umfasst die Studie ein nicht-selektives Patientenkollektiv, das Männer und Frauen, Sportler und Nicht-Sportler, Schüler, Studenten und Berufstätige beinhaltet. Außerdem handelt es sich um eine Multicenterstudie, bei der die Operationen und Untersuchungen von verschiedenen Personen durchgeführt werden und die Studie so eine höhere wissenschaftliche Aussagekraft hat. Der standardisierte Fragebogen, mit dem die Untersuchungen an allen drei Zentren durchgeführt wurden, ermöglicht dennoch eine gute Vergleichbarkeit aller Ergebnisse.

In dieser prospektiven Multicenterstudie wurde ein Patientenkollektiv von 160 Patienten untersucht und nach dem standardisierten Fragebogen befragt. Kriterien der Sportfähigkeit (sportliches Leistungsniveau, Aktivitätsniveau und Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit), prä- und postoperativ betriebene Sportarten und Lysholm-Score, Operationsmethode und -zeitpunkt sowie die subjektive Patientenzufriedenheit wurden miteinander in Verbindung gesetzt.

Nach einem Zeitraum von durchschnittlich etwa 17 Monaten nahmen 90 Patienten an den Nachuntersuchungen teil.

Der größte Teil der teilnehmenden Patienten zog sich die Kreuzbandruptur während einer sportlichen Aktivität zu und war zwischen 16 und 25 Jahre alt.

Etwa ein Jahr nach der Operation konnte ca. die Hälfte der Patienten von einer komplett wieder erreichten Sportfähigkeit berichten. Auch bei der Befragung nach dem sportlichen Leistungsniveau in Wochenstunden berichtete ca. die Hälfte der nachunter-

suchten Patienten von einer unveränderten sportlichen Leistungsfähigkeit im Vergleich zum Leistungsniveau vor der Operation.

Hinsichtlich des Bezuges zwischen Sportfähigkeit und Operationsmethode ergab sich, dass Patienten, die ein *Double-Bundle*-Transplantat erhielten, ihr sportliches Leistungsniveau am schnellsten und mit den geringsten Einschränkungen wieder erreichten. Patienten aus der *Bone-Tendon-Bone*-Gruppe erzielten die schlechtesten Ergebnisse hinsichtlich des Zeitpunktes und des Niveaus der Sportfähigkeit.

Betrachtet man das gesamte Patientenkollektiv unabhängig von der Operationsmethode in Bezug auf den Lysholm-Score, ist der postoperativ erhobene Wert signifikant höher als der präoperative. Aufgeschlüsselt nach Operationsmethoden zeigt sich diese Signifikanz bei der *Bone-Tendon-Bone*- sowie bei der Semitendinosusgruppe. Nach der Operation mit einem *Double-Bundle*-Transplantat findet sich kein signifikant erhöhter Lysholm-Score.

Der durchschnittliche Operationszeitpunkt dieser Studie betrug 13,5 Wochen nach der Verletzung des vorderen Kreuzbandes. Der kürzeste Zeitraum zwischen Verletzung und Operation betrug 48 Stunden, der längste 160 Wochen.

Der Operationszeitpunkt in Zusammenhang gesetzt mit dem in dieser Arbeit erhobenen postoperativen Lysholm-Score ergibt keine statistisch signifikante Korrelation.

Auch die subjektive Patientenzufriedenheit korreliert nicht mit dem Zeitpunkt der Operation.

Unabhängig vom Operationszeitpunkt ist eine große subjektive Patientenzufriedenheit zu finden. Mehr als 80 % der operierten Patienten bewerteten ihr behandeltes Kniegelenk mit einem „gut“ oder „sehr gut“. Hier findet sich eine Korrelation zwischen positiver Bewertung und einer möglichst vollständigen und zeitnahen Rückkehr zur ursprünglichen Sportfähigkeit.

Durch diese Korrelationen bestätigt sich die These dieser Arbeit, dass die Wiedererlangung der Sportfähigkeit für den Patienten mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes im Mittelpunkt steht.

## 8 Anhang

### 8.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Der Roll-Gleit-Mechanismus nach Müller W (1982 S. 12).....	5
Abb. 2: Lachman-Test .....	14
Abb. 3: Rehabilitationsschema.....	19
Abb. 4: Vor- und Nachuntersuchungsbogen .....	22
Abb. 5: Erstuntersuchung.....	25
Abb. 6: Nachuntersuchung.....	25
Abb. 7: Rücklaufquote.....	26
Abb. 8: Geschlechterverteilung Erstuntersuchung .....	26
Abb. 9: Geschlechterverteilung Nachuntersuchung.....	26
Abb. 10: Verletzungsalter .....	27
Abb. 11: Verletzungsalter nach Kliniken.....	27
Abb. 12: Kontralaterale Seite .....	28
Abb. 13: Frühere Kniebeschwerden.....	28
Abb. 14: Frühere Operationen.....	28
Abb. 15: Operationszeitpunkt .....	29
Abb. 16: Verletzungsmechanismus .....	29
Abb. 17: Verletzungsursache .....	30
Abb. 18: Sportarten.....	30
Abb. 19: Präoperatives Sportniveau .....	31
Abb. 20: Präoperative Hauptsportart.....	31
Abb. 21: Präoperative Hauptbeschwerden .....	32
Abb. 22: Präoperativer Lachman-Test .....	32
Abb. 23: Präoperativer Lysholm-Score.....	32
Abb. 24: MRT .....	33
Abb. 25: Transplantat .....	34
Abb. 26: zusätzliche Maßnahmen .....	34
Abb. 27: Stationärer Aufenthalt.....	35
Abb. 28: Vergleich prä- und postoperatives sportliches Leistungsniveau.....	35
Abb. 29: Vergleich Sportniveau - Operationszeitpunkt.....	37

Abb. 30: Vergleich prä- und postoperative Sportarten.....	37
Abb. 31: Sportliche Belastbarkeit.....	38
Abb. 32: Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit .....	38
Abb. 33: Vergleich Sportfähigkeit - Operationsmethode .....	39
Abb. 34: Vergleich Zeitpunkt der vollen Sportfähigkeit - Aktivitätsniveau.....	40
Abb. 35: Hauptbeschwerden.....	40
Abb. 36: Vergleich prä- und postoperativer Zustand kontralaterale Seite .....	41
Abb. 37: Kniegelenkserguss .....	41
Abb. 38: Vergleich prä- und postoperativer Lachman-Test.....	42
Abb. 39: Vergleich prä- und postoperativer Lysholm-Score .....	42
Abb. 40: Vergleich Lysholm-Score .....	43
Abb. 41: Vergleich Lysholm-Score - Operationsmethode.....	43
Abb. 42: Subjektive Kraftminderung .....	44
Abb. 43: Subjektive Beurteilung .....	44
Abb. 44: Vergleich Patientenzufriedenheit - Operationsmethode .....	45
Abb. 45: Vergleich subjektive Zufriedenheit - Operationszeitpunkt.....	45

## 8.2 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Operationszeitpunkt Kliniken.....	29
Tab. 2: Vergleich Sportniveau - Operationsmethode .....	36
Tab. 3: Vergleich Lachman-Test - Operationsmethode .....	42

## 9 Literaturverzeichnis

1. Amis A, Dawkins GPC (1977):  
Functional anatomy of the anterior cruciate ligament.  
J Bone Joint Surg Br 73, 260-267
2. Andrews JR, McLoad WD, Ward T, Howard K (1977):  
The cutting mechanism.  
Am J Sports Med 5, 111-121
3. Appell H, Stang-Voss C:  
Funktionelle Anatomie. Grundlagen sportlicher Leistung und Bewegung.  
Springer-Verlag. Berlin, Heidelberg, New York 1996
4. Arendt E, Dick R (1995):  
Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer.  
NCAA data and review of literature.  
Am J Sports Med 238(6), 694-701
5. Arnoczky SP (1985):  
Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures.  
Orthop Clin North Am 16, 15-27
6. Aune AK, Holm I (2001):  
Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone  
autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with  
two-year follow-up.  
Am J Sports Med 29, 722-728
7. Bartlett RJ, Clatworthy MG, Nguyen TN (2001):  
Graft selection in reconstruction of the anterior cruciate ligament  
J Bone Joint Surg Br 83, 625-634
8. Becker R, Starke C, Schröder M, Nebelung W (2000):  
Biomechanische Eigenschaften tibialer Fixationsverfahren von Hamstring-  
Transplantaten zur Kreuzbandrekonstruktion.  
Arthroskopie 13, 314-317
9. Berchtold R, Hamelmann H, Peiper H:  
Chirurgie  
Urban und Fischer, München 2008
10. Biedert R, Meyer ST (1996):  
Die Verletzung des Leistungssportlers – eine spezielle therapeutische Herausfor-  
derung.  
Schweiz Z Sportmed 44, 59-62
11. Biedert R, Müller W, Lobenhoffer P, Lattermann C, Stauffer E (1998):  
Sensomotorische Funktion des Kniegelenks.  
Sportorthop – Sporttraumatol 14(4), 186-194
12. Bonnet A:  
Traité des maladies des articulations.  
Bailéro, Paris 1845
13. Brand J, Weiler A, Caborn DNM, Brown CH, Johnsons DL (2000):

- Graft fixation in cruciate ligament reconstruction.  
Am J Sports Med 28, 761-774
14. Brucker PU, Lorentz S, Imhoff AB (2005):  
Anatomic fixation in double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction.  
Oper Tech Orthop 15, 135-139
15. Brückner H (1996):  
Eine neue Methode der Kreuzbandplastik.  
Chirurg 37, 413-414
16. Burks R T, Crim J, Fink BP (2005):  
The effects of semitendinosus und gracilis harvest in anterior cruciate ligament reconstruction.  
Arthroscopy 21, 1177-1185
17. Co FJ, Skinner HB, Cannon WD:  
Effect of ACL reconstruction on proprioception of the knee and the heelstrike transit. In: Transactions of the 37<sup>th</sup> Annual Meeting, 16  
Orthopaedic Research Society, Anaheim CA 1991, 603
18. Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie und Berufsverband der Ärzte für Orthopädie:  
Leitlinien der Orthopädie. 2. Auflage  
Deutsche Ärzte-Verlag, Köln 2002
19. Eberhardt C, Jäger A, Schwetlick G, Rauschmann MA (2002):  
Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 31, 702-709
20. Edwards AG, Lafferty JF, Lange, KO (1970):  
Ligament strain in the human knee joint.  
J Basic Engeneering 92, 131-136
21. Edwards AH (1926):  
Rupture and repair of the anterior cruciate ligament.  
Br J Surg 13, 432-438
22. Eichhorn J, Strobel M (1997):  
Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit der Quadrupel-Semitendinosussehne in der 2-Kanal-Technik mit Dualbottonfixation.  
Arthroskopie 10, 2-249
23. Einsingbach T (1986):  
Funktionelle Behandlung bei Knieinstabilitäten.  
Krankengymnastik 38(6), 411-430
24. Engelhardt M, Freiwald J, Rittmeister, M (2002):  
Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandplastik.  
Orthopäde 31, 791-798
25. Feagin J, Curl W (1976):  
Isolated tear of the anterior cruciate ligament. 5-year follow-up study.  
Am J Sports Med 4, 93-94
26. Feller JA, Webster KE (2001):  
Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft.

- Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 9, 260-266
27. Fink C, Hoser C, Bendetto KP (1993):  
Sportfähigkeit nach vorderer Kreuzbandplastik – Operative versus nicht operative Therapie.  
Akt Traumatol 23, 371-375
28. Fink C, Hoser C, Bendetto KP (1994):  
Arthroseentwicklung nach der Ruptur des vorderen Kreuzbandes.  
Unfallchirurg 97, 357-361
29. Freedmann KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR (2003):  
Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: A metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring autografts.  
AM J Sports Med 31, 2-11
30. Fu FH, Bennett CH, Menetrey J, Lattermann C, Ma CB (2000):  
Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II: Operative procedures and clinical correlations.  
Am J Sports Med 28, 124-130
31. Fuss FK (1989):  
Anatomy of the cruciate ligaments and their function in extension and flexion of the human knee joint.  
Am J Anat 184, 162-176
32. Goetjes H (1913):  
Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenks.  
Chirurg 123, 221-289
33. Gotzen L, Petermann J (1994):  
Die Kreuzbandruptur des vorderen Kreuzbandes beim Sportler.  
Chirurg 65, 910-919
34. Grontvedt T, Engebretsen L, Benum P, Fasting O, Molster A, Strand T (1996 a):  
A prospective randomized study of three options for acute rupture of the anterior cruciate ligament. Five year follow-up of hundred and thirty-one patients.  
J Bone Joint Surg 78, 159-168
35. Grontvedt T, Engebretsen L, Bredland T (1996 b):  
Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts with and without augmentation. A prospective randomized study.  
J Bone Joint Surg. 78, 817-822
36. Harner CD, Paulos LE, Greenwald AE, Rosenberg TD, Cooley VC (1994):  
Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament injuries.  
Am J Sports Med 22(1), 37-43
37. Hertel P (1996):  
Frische und alte Kniebandverletzungen.  
Unfallchirurg 99, 686-700
38. Hey Groves EW (1920):  
The crucial ligaments of the knee joint; their function, rupture and the operative treatment of the same.  
Br J Surg 7, 505-515

39. Hinterwimmer S, Engelschalk M, Sauerland S, Eitel F, Mutschler W (2003):  
Operative vs. konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur: eine systematische Literaturübersicht.  
Unfallchirurg 106, 374-370
40. Hoher J, Bach T (1997):  
Does the mode of data collection change results in a subjective knee score? Self-administration versus interview.  
Am J Sports Med 25, 642-647
41. Hungervorst T, Brand RA (1998):  
Current concepts review – Mechanorezeptoren in joint function.  
J Bone Surg Am 80, 1365-1378
42. Imhoff AB (2000):  
Vordere Kreuzbandplastik.  
Arthroskopie 13, 269
43. Irie K, Uchiyama E, Iwaso H (2003):  
Intraarticular inflammatory cytokines in acute anterior cruciate ligament injured knee.  
Knee 10, 93-96
44. Jäger A:  
Die arthroskopische vordere Kreuzbandplastik mit dem freien Ligamentum Transplantat: Technik – Nachbehandlung – Ergebnisse.  
Med. Diss., Frankfurt am Main 1991
45. Jäger A, Starker M, Herresthal J (2000):  
Can meniscus refixation prevent early development of arthrosis in the knee joint? Long-term results.  
Zentralbl Chir 125(6), 532-535
46. Jäger A, Welsch F, Braune C, Eberhardt C, Kappler C (2003):  
10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzrekonstruktion mit dem Patellarsehnentransplantat.  
Z Orthop 141, 42-47
47. Jakob RP, Stäubli H-U:  
Kniegelenk und Kreuzbänder: Anatomie, Biomechanik, Klinik, Rekonstruktion, Komplikationen, Rehabilitation.  
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg 1990
48. Jones KG (1963):  
Reconstruction of the anterior cruciate ligament.  
J Bone Joint Surg Am 45, 925-932
49. Jones R (1916):  
Disabilities of the knee-joint.  
BMJ 1916,2, 925-932
50. Kocher MS, Steadman JR, Briggs K, Zurakowski D, Sterett WI, Hawkins RJ (2002):  
Determinants of patient satisfaction with outcome after anterior cruciate ligament reconstruction.  
J Bone Joint Surg (Am) 84, 1560-1572
51. Kohn D:

- Das Knie.  
Thieme-Verlag. Stuttgart, New York 2000
52. Kohn D, Schneider G, Dienst M, Rupp S (2002):  
Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 8, 719-729
53. Kummer B, Yamamoto, M (1988):  
Funktionelle Anatomie der Kreuzbänder.  
Arthroskopie 1, 2-10
54. Lambson RB, Barnhill BS, Higgins RW (1996):  
Football cleat design and its effect in anterior cruciate ligament injuries: a three-year prospective study.  
Am J Sports Med 24(2), 155-159
55. Lingemann K (1950):  
Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzung.  
Orthopäde 79, 319-334
56. Liu SH, Al-Shaikh RA, Panossian V (1997):  
Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament: a potential explanation for the female athletic injury.  
Am J Sports Med 25(5), 704-709
57. Lobenhoffer P (1999):  
Kniebandverletzungen, I. Anatomie, Biomechanik, Diagnostik, Indikationsstellung.  
Chirurg 70, 219-230
58. Lobenhoffer P, Agneskirchner JD (2005):  
Vorderes Kreuzband – was ist gesichert?  
Arthroskopie 18, 11-14
59. Lobenhoffer P, Tscherne H (1993):  
Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Heutiger Behandlungsstand.  
Unfallchirurg 96, 150-168
60. Magen HE, Howell SM, Hull ML (1999):  
Structural properties of six tibial fixation methods for anterior cruciate ligament soft tissue grafts.  
Am J Sports Med 27, 35-43
61. Marcacci M, Zaffagnini, S, Iacono F, Neri MP, Loreti I, Petitto A (1998):  
Arthroscopic intra- and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with gracilis und semitendinosus tendons  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 6, 68-75
62. Meighan AA, Keating JF, Will E (2003):  
Outcome after reconstruction of the anterior cruciate ligament of athletic patients. A comparison of early versus delayed surgery.  
J Bone Joint Surg Br 58, 521-524
63. Meyer S, Biedert RM (2000):  
Rehabilitationsprinzipien nach VKB-Rekonstruktion für Breiten- und Spitzensportler.

- Arthroskopie 13, 307-310
64. Miyasaka KC, Daniel D, Stone ML, Hirshman P (1991):  
The incidence of the knee ligament injuries in the general population  
Am J Knee Surg 4, 3-9
65. Muneta T, Sekiya I (1998):  
Objective factors affecting overall subjective evaluation of recovery after anterior  
cruciate ligament reconstruction.  
Scand J Med Sci Sports 8, 283-289
66. Müller B, Rupp S, Kohn D, Seil R (2000):  
Sportfähigkeit nach arthroskopisch assistierter vorderer Kreuzbandplastik mit  
dem mittleren Drittel der Patellarsehne  
Arthroskopie 13, 298-301
67. Müller W:  
Das Knie – Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellung.  
Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York 1982
68. Natri A, Jarvinen M, Kannus P, Niittymäki S, Aarnio J, Lindholm TS (1995):  
Changing injury pattern of acute anterior cruciate ligament tears treated at Tam-  
pere University Hospital in the 1980s.  
Scand J Med Sci Sports 5(2), 100-104
69. Noulis G:  
Entorse du genou.  
Faculté de médecine Paris. Paris 1875
70. Norwood TJ, Cross MJ (1977):  
The intercondylar shelf and the anterior cruciate ligament .  
Am J Sports Med 17, 171-176
71. Noyes FR, Bassett, RW, Grood ES, Butler DL (1980):  
Arthroscopy in acute traumatic hemarthros of the knee.  
J Bone Joint Surg Br 50, 687-695
72. Noyes FR, Berrios-Torres S, Barber-Westin SD, Heckmann TP (2000):  
Prevention of permanent arthrofibrosis after anterior cruciate ligament recon-  
struction alone or combined with associated procedures: a prospective study in  
443 knees.  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 8, 296-206
73. Pässler HH, Mastrokalos DS (2003):  
Anterior cruciate ligament reconstruction using semitendinosus and gracilis ten-  
dons, bone patellar tendon, or quadriceps tendon-graft with press-fit fixation  
without hardware. A new and innovative procedure.  
Orthop Clin N AM 34, 49-64
74. Palmer I (1938):  
On the injuries to the ligaments of the knee joint.  
Acta Chir Scand 69, 43-62
75. Petersen W, Hansen U (1996):  
Bloody supply of the anterior cruciate ligament. An immunohistochemical study  
in human cadavers.  
J Orthop Sci 5, 332-334

76. Petersen W, Rosenbaum D, Raschke M (2005):  
Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen.  
Dtsch Z Sportmed 56, 150-156
77. Petersen W, Tillmann B (2002):  
Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 31, 710-718
78. Pinczewski LA, Deehan DJ:  
A comparison of patellar tendon and four strand hamstring tendon graft for anterior cruciate ligament reconstruction: results of a prospective study at five years.  
American Academy of Orthopaedic Surgeons. 2002 Annual Meeting. February 13-17. Dallas, Texas 2002
79. Posthuma BW, Bass MJ, Bull SB (1987):  
Detecting changes in functional ability in woman with premenstrual syndrome.  
Am J Obstet Gynecol 156(2), 275-278
80. Rhee (2006):  
Anterior Shoulder Stabilization in Collision Athletes.  
Am J Sports Med, 34(6)
81. Ritchie JR, Parker RD (1996):  
Graft selection in anterior cruciate ligament revision surgery.  
Clin. Orthop. 325, 65-77
82. Rittstieg, A. (2009):  
Klinisches Ergebnis und Kraftdefizit nach vorderer Kreuzbandplastik in Abhängigkeit von der femoralen Fixation und der Anzahl der entnommenen Transplantatsehnen.  
Med. Diss. Göttingen 2009
83. Robson M (1903):  
Ruptured crucial ligaments and their repair by operation.  
Ann Surg 37, 716-718
84. Rose T, Imhoff AB (2006):  
Verletzungen beim Fußball.  
Dtsch Ärztebl, Jg 103, 23: 1611-1617
85. Rosenberg T, Franklin J, Baldwin G (1992):  
Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction.  
Am J Sports Med 20, 519-525
86. Rowden NJ, Sher D, Rogers GJ, Schindhelm K (1997):  
Anterior cruciate ligament graft fixation. Initial comparison of patellar tendon and semitendinosus autografts in young fresh cadavers.  
Am J Sports Med 25(4), 472-478
87. Rupp S, Kohn D (2002):  
Vorderes Kreuzband im Mittelpunkt des Interesses.  
Orthopäde 31, 701
88. Schäfer H, Hempfling H:  
Arthrographie und Arthroskopie des Kniegelenks.

- Gustav Fischer Verlag. Stuttgart, Jena, New York 1995
89. Schiebler TH, Schmidt W, Zilies K:  
Anatomie.  
Springer-Verlag 1999
90. Schmidt-Wiethoff R (2005)  
Biomechanische, morphologische und klinische Studien zum vorderen Kreuz-  
bandersatz in Pressfit-Technik.  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Shaker Verlag, Aachen, 1-220
91. Schmidt-Wiethoff R, Dargel J (2007):  
Aktuelle Konzepte zur Diagnose und Therapie der vorderen Kreuzbandruptur  
Deutsche Sporthochschule Köln  
Dtsch Z Sportmed, 58(11), 384-391
92. Schünke M, Schulte E, Schumacher U:  
Prometheus: Lernatlas der Anatomie. Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.  
Thieme Verlag. Stuttgart, New York 2005
93. Seitz H, Marlowits S, Kolonja A, Chichakli N, Vécsei V (1998):  
Meniskusläsionen nach konservativer Therapie vorderer Kreuzbandrupturen.  
Arthroskopie 11, 82-85
94. Sernert N, Kartus J (1999):  
Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior  
cruciate ligament reconstruction. A follow up of 527 patients (In Process Cita-  
tion).  
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 7, 160-165
95. Shelbourne KD, Foulk DA (1995):  
Timing of surgery in acute anterior cruciate ligament tears on the return of quad-  
riceps muscle strength after reconstruction using an autogenous patellar tendon  
graft.  
Am J Sports Med 23, 686-589
96. Siewert:  
Chirurgie.  
Springer-Verlag 2000
97. Strobel M, Stedtfeld HW, Eichhorn HJ:  
Diagnostik des Kniegelenks.  
Springer Verlag. Berlin, Heidelberg, New York 1995
98. Südkamp NP, Haas NP (2000):  
Neue Wege in der Kreuzbandchirurgie.  
Chirurg 71, 1024-1033
99. Takeda Y, Xerogeanes JW, Livesay GA, Fu FH, Woo SL (1994):  
Biomechanical function of the anterior cruciate ligament.  
Arthroscopy 10, 140-147
100. Tegner Y, Lysholm J (1985):  
Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries.

- Clin Orthop ; 198:43-49 (original score: Lysholm J, Gillquist J (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale.  
Am J Sports Med; 10(3):150-154)
101. Torg JS, Conrad W, Kalen V (1976):  
Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete.  
Am J Sports Med 4, 84-93
102. Valderrabano (2006):  
Sports in Ankle Arthritis an TAR.  
The American Journal of Sports Medicine 34(6)
103. Von Essen H, Südkamp NP (2003):  
Das Komplextrauma des Kniegelenkes. Diagnostik und Therapie ligamentärer Verletzungen.  
Unfallchirurg 106, 398-411
104. Weber W:  
Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge.  
Dieterichsche Buchhandlung. Göttingen 1836
105. Weiler A, Peine R, Pashmineh-Azar A, Abel C, Sudkamp NP, Hoffmann RF (2002 a):  
Tendon healing in a bone tunnel. Part I: Biomechanical results after biodegradable interference fit fixation in a model of anterior cruciate ligament reconstruction in sheep.  
Arthroscopy 18, 113-123
106. Weiler A, Scheffler S, Höher J (2002 b):  
Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes.  
Orthopäde 31, 731-740
107. Williams RJ, Hyman J, Petrigliano F, Rozental T, Wickiewicz TL (2004):  
Anterior Cruciate Ligament Reconstruction with a Four-Strand Hamstring Tendon Autograft.  
J Bone Joint Surg Am 86, 225-232
108. Woitys EM:  
Active knee stiffness between young men and woman.  
Presented at the annual meeting of the American Orthopaedic Society of Sports Medicine, July 12 – 15, Vancouver, British Columbia 1998
109. Woo SL-Y, Fox RJ, Sakane M, Livesay GA, Rudy TW, Runco TJ (1997):  
Force and force distribution in the anterior cruciate ligament and its clinical implications.  
Sportorthop-Sporttraumatol 13, 37-48
110. Yunes M, Richmond JC, Engels EA, Pinczewski LA (2001):  
Patellar Versus Hamstring Tendons in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis.  
Arthroscopy 17, 248-257
111. Zur Verth (1933):  
Aussprache 27. Kongress, 5. -7. September 1932  
Verh. Dtsch. Orthop. Ges. , Mannheim, S. 268-270

## Danksagung

Mein herzlichster Dank gilt Herrn Privatdozent Dr. med. Sehmisch für die Überlassung des interessanten Themas sowie die hervorragende, stets geduldige fachliche Betreuung und wertvolle Beratung beim Erstellen der Dissertation. Darüber hinaus bedanke ich mich für das gründliche Korrekturlesen meiner Arbeit.

Außerdem danke ich Dr. med. Hingelbaum und Dr. med. Losch für die Übernahme der auswärtigen Patientenuntersuchungen sowie für die zur Verfügung gestellten Vor- und Nachuntersuchungsbögen.

Ein besonderer Dank gilt den Patienten dieser Studie, die das Gelingen der Arbeit erst möglich gemacht haben.

Für das zusätzliche Korrekturlesen und die moralische Unterstützung danke ich meinen Eltern und meinem Bruder Tobias, sowie Maria, Heike und Julia sehr herzlich.

Zudem danke ich Ingo Müller und Matthias Strotmann für ihre Unterstützung beim Erstellen des Fotomaterials zur Veranschaulichung der Untersuchungstechniken.

## Lebenslauf

Am 26. September 1985 wurde ich, Diana Maria Knabke, nach meinem Bruder Tobias Knabke (1982) als zweites Kind meiner Eltern Hedwig und Gottfried Knabke in Lönningen geboren.

Von 1992 bis 1996 besuchte ich die Grundschule Lönningen. Im Jahre 1996 wechselte ich zur Orientierungsstufe Lönningen und besuchte ab 1998 das Copernicus-Gymnasium in Lönningen, wo ich im Jahre 2005 mein Abitur ablegte.

Ab dem Wintersemester 2005/2006 studierte ich Medizin an der Georg-August-Universität in Göttingen.

Den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung legte ich im September 2007 mit der Note „gut“ ab.

Während des Studiums absolvierte ich Famulaturen in den Bereichen Pädiatrie, Innere Medizin, Dermatologie, Anästhesie, Allgemeinmedizin und Orthopädie.

Im Dezember 2011 legte ich den zweiten Abschnitt der ärztlichen Prüfung mit der Note „gut“ ab.

Seit April 2012 absolviere ich meine Facharztausbildung in der Abteilung Unfallchirurgie und Orthopädie im Evangelischen Krankenhaus Oldenburg.