

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie
Universitätsklinikum Münster
Direktor: Prof. Dr. med. W. Winkelmann

**Patellarsehne versus Semitendinosus-/Gracilis-Sehne
als Ersatz zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes**

**5-Jahres-Ergebnisse
eines randomisierten Patientenkollektivs –
eine klinische Studie**

INAUGURAL – DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät der
Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

Vorgelegt von:

Sandra Kesting

aus Arnsberg

2008

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität Münster

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Volker Arolt

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. B. Marquardt

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. J. Steinbeck

Tag der mündlichen Prüfung: 30.06.2008

Aus der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie
Universitätsklinikum Münster
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. W. Winkelmann
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. B. Marquardt
Koreferent: Univ.-Prof. Dr. med. J. Steinbeck

ZUSAMMENFASSUNG

Patellarsehne und Semitendinosus-/Gracilis-Sehne als Ersatz zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

5-Jahres-Ergebnisse – eine klinische Studie

Doktorandin: Sandra Kesting

Ziel dieser klinischen Studie war es, die 5-Jahres-Nachuntersuchungsergebnisse einer nicht-selektierten Untersuchungsgruppe, die eine vordere Kreuzbandplastik mittels Patellarsehne bzw. Semitendinosus-/Gracilissehne erhalten hat, vergleichend zu analysieren. Dazu wurden 29 Patienten eines zuvor randomisierten Patientenkollektivs, 14 Patienten mit Patellarsehnersatz und 15 Patienten mit Semitendinosus-/Gracilissehnersatz durchschnittlich 65 Monate nach der Intervention untersucht. Die Daten wurden mittels IKDC-Knie-Evaluationsblatt, Lysholm-Score, Tegner-Aktivitäts-Score (TAS) und KT-1000-Arthrometer erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte mittels Mann-Whitney-U-Test mit SPSS 11.11.0.

Im IKDC-Evaluationsblatt wurde das betroffene Kniegelenk insgesamt folgendermaßen bewertet: Patellargruppe: 78,6% „normal“ und „fast normal“; Semitendinosus-/Gracilisgruppe: 80% „normal“ und „fast normal“, es besteht kein signifikanter Unterschied ($p = 0,949$).

Der durchschnittlich erreichte Punktwert im Lysholm-Score betrug 88,86 für die Patienten mit Patellarplastik und 90,27 für die Patienten mit Semitendinosus-/Gracilisplastik; der Unterschied ist nicht signifikant ($p = 0,88$).

Im TAS wurde ein durchschnittliches Aktivitätsniveau von 5,64 (Patella) bzw. 5,53 Punkten (Semi/Gracilis) erreicht, wobei kein signifikanter Unterschied besteht ($p = 0,847$).

Mit dem Arthrometer KT-1000 wird im „manual maximum displacement“-Test eine durchschnittliche Seitendifferenz von 1,64 mm in der Patellargruppe und 0,67 mm in der Semitendinosus-/Gracilisgruppe gemessen; es ergibt sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,217$).

Somit ist festzuhalten, dass die Ergebnisse unabhängig von dem gewählten Transplantat gut bis sehr gut ausfallen und keine signifikanten Unterschiede auszumachen sind.

Es bleibt also weiterhin eine individuelle Entscheidung, welches der Transplantate besser geeignet ist.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.-Doz. Dr. med. B. Marquardt für seine engagierte, geduldige und konstruktive Betreuung dieser Arbeit.

Ferner möchte ich mich bei den Herren Prof. Dr. med. J. Steinbeck, Dr. med. M. Moraldo und Dr. med. A. Nolte bedanken.

Ein herzliches „Dankeschön“ geht an die Patienten dieser Studie, deren Datenmaterial ich auswerten durfte.

Für meine Familie, für Christoph und für meine Freunde.

Inhaltsverzeichnis

Allgemeiner Teil

1.	Einleitung	1
1.1	Kreuzbandchirurgie früher und heute	3
1.1.1	Historische Eckpunkte der Kreuzbandchirurgie	3
1.1.2	Synthetischer Bandersatz	5
1.1.3	Genstransfer in der Kreuzbandchirurgie	5
1.2	Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes und des vorderen Kreuzbandes	7
1.2.1	Das Kniegelenk	7
1.2.2	Das vordere Kreuzband	8
1.3	Ruptur des vorderen Kreuzbandes	13
1.3.1	Definition	13
1.3.2	Ätiologie und Pathogenese	13
1.3.3	Diagnostik	15
1.3.4	Therapeutische Optionen	21
1.3.5	Komplikationen	23

Spezieller Teil

2.	Zielsetzung der Arbeit	25
3.	Material und Methoden	27
3.1	Patienten	27
3.2	Behandlungs- und Operationsmethoden	31
3.2.1	Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch die Patellarsehne	31
3.2.2	Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch die 4-fache Semitendinosus-/Gracilis-Sehne	33
3.2.3	Postoperative Nachbehandlung und Physiotherapie	35

3.3	Evaluationsmethoden dieser Studie	37
3.3.1	Das IKDC-Knie-Evaluationsblatt	37
3.3.1.1	Die röntgenologische Untersuchung	39
3.3.2	Der Lysholm-Score	41
3.3.3	Der Tegner-Aktivitäts-Score	44
3.3.4	Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000	46
3.3.5	Statistische Auswertung	49
4.	Ergebnisse	50
4.1	IKDC-Knie-Evaluationsblatt	51
4.1.1	Die röntgenologische Untersuchung	56
4.2	Lysholm-Score	58
4.3	Tegner-Aktivitäts-Score	60
4.4	Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000	62
4.5	Ursachen der Ruptur des vorderen Kreuzbandes	67
4.6	Komplikationen, Beschwerden und Zufriedenheit zum Zeitpunkt der Untersuchung	68
5.	Diskussion	73
5.1	Ergebnis des IKDC-Knie-Evaluationsblattes	77
5.1.1	Ergebnis der röntgenologischen Untersuchung	82
5.2	Ergebnis des Lysholm-Scores	84
5.3	Ergebnis des Tegner-Aktivitäts-Scores	86
5.4	Ergebnis der KT-1000-Untersuchung	88
5.5	Fazit	90
6.	Literaturverzeichnis	91
7.	Lebenslauf	103

Allgemeiner Teil

1. Einleitung

Verletzungen, die das vordere Kreuzband betreffen, zählen zu den häufigsten Bandverletzungen des Menschen in der heutigen Gesellschaft. In den Industrieländern wird die jährliche Inzidenz auf eine vordere Kreuzbandruptur je 1000 Einwohner geschätzt (102).

Abgesehen von einer verbesserten klinischen Diagnostik, insbesondere durch die Magnetresonanztomographie, die eine sichere Diagnose der Ruptur des vorderen Kreuzbandes ermöglicht, wird der Hauptgrund für die steigende Inzidenz in dem gewachsenen Gesundheitsbewusstsein der Bevölkerung gesehen. Das Bedürfnis nach körperlicher Fitness führt dazu, dass immer mehr Menschen in ihrer Freizeit Sport treiben. Fußball, Handball, Tennis, Badminton oder Aerobic sowie Skifahren oder Snowboarding erfreuen sich in der Bevölkerung einer großen Beliebtheit. Dabei werden die Kniegelenke großen Belastungen ausgesetzt und es kann zu Verletzungen der Kreuzbänder kommen.

In dieser klinischen Studie traten die häufigsten Kreuzbandverletzung bei den Sportarten Fußball, Handball und Skifahren auf.

Neben Profisportlern sind überwiegend jüngere Menschen betroffen, die in der Ausbildung oder mitten im Erwerbsprozess stehen. So ergibt sich über die individuelle Problematik hinaus eine sozioökonomische Dimension. Gerade deshalb ist der Anspruch an eine gute Versorgung dieser Verletzung so hoch (102).

Unbehandelte Kreuzbandrupturen können zur Degeneration des hyalinen Gelenkknorpels und zu Meniskusschäden führen (82, 100). Deshalb muss eine Therapie der einmal diagnostizierten Verletzung folgen. Ob diese primär

konservativ oder operativ erfolgen soll, muss individuell mit dem Patienten abgestimmt werden.

Ist eine chirurgische Intervention indiziert und eine Rekonstruktion angestrebt, bleibt noch die Frage nach einem geeigneten Ersatz für das rupturierte Kreuzband. Die moderne Chirurgie bietet in dieser Hinsicht viele Möglichkeiten.

Es existieren sehr viele unterschiedliche, aber zum Teil nur in Teilschritten variierende Methoden in der Kreuzbandchirurgie und es werden weiterhin neue Methoden erforscht, die die bestmögliche Versorgung des Patienten gewähren sollen. Somit bleibt das wissenschaftliche Interesse an klinischen Studien zu dieser Thematik nach wie vor groß.

1.1 Kreuzbandchirurgie früher und heute

1.1.1 Historische Eckpunkte der Kreuzbandchirurgie

- 1895 M. Robson vollführte die erste operative Bandrekonstruktion bei Ruptur eines vorderen und hinteren Kreuzbandes, wobei er zur primären Bandnaht Catgut nutzte. Acht Jahre später publizierte er seine Ergebnisse der Nachuntersuchungen, die eine gute Gelenkfunktion ohne Zeichen von Instabilität herausstellten (97). Diese und andere Publikationen empfahlen die primäre Kreuzbandnaht im Falle einer akuten Ruptur (10, 39). Erst Mitte der 70er Jahre veröffentlichte J. Feagin eine Studie, deren Langzeitergebnisse ernüchternd waren (29). Die Empfehlung für eine alleinige primäre Bandnaht wurde überdacht. Viele Untersuchungen bestätigten daraufhin die inakzeptablen Ergebnisse dieser Operationsmethode, die heute keine Therapieoption mehr darstellt (32, 41, 49, 105, 107).
- 1914 E. Hesse beschrieb erstmalig die Rekonstruktion eines vorderen Kreuzbandes am Menschen mittels freien Fascia-lata-Streifens, die der Chirurg Grekow vornahm (50). In Folge wurden viele ähnliche, oft nur geringfügig abgewandelte Operationstechniken und Transplantate vorgestellt (18, 30, 40, 54, 59, 71, 79).
- 1932 Zur Verth stellte erstmals die operative Versorgung mit Hilfe eines distal gestielten Streifens der Patellarsehne auf dem Deutschen Orthopädenkongress vor (122). Bestätigung fand diese Methode durch A. Wittek, der die Patellarsehne erfolgreich transplantierte, wobei er das proximale Transplantatende am hinteren Kreuzband fixierte (116).

- 1938 I. Palmer beschrieb erstmals die Verwendung eines selbst entwickelten Zielgerätes vor, welches der Bedeutung des weit dorsal liegenden femoralen Ursprunges des vorderen Kreuzbandes Rechnung tragen sollte (88).
- 1950 K. Lindemann veröffentlichte Untersuchungsergebnisse nach Rekonstruktion mittels Sehnen des M. semitendinosus und des M. gracilis, was auf eine Publikation von A. Edwards zurückging. (27, 72)
- 1963 K. Jones stellte eine neue Technik unter der Verwendung eines distal gestielten Transplantates des mittleren Drittels des Ligamentum patellae vor, die als Vorform einer der heute gängigen chirurgischen Interventionen gilt. Das Transplantat wurde unter Mitnahme eines Knochenblockes in ganzer Länge der Patella präpariert. Ohne tibialen Bohrkanal wurde das Transplantat nun distal unter dem Hoffa-Fettkörper hindurch proximal in den femoralen Bohrkanal gezogen, der in der intercondylären Notch unmittelbar hinter der vorderen Begrenzung des Gelenkknorpels platziert wurde (60).
- 1966 H. Brückner beschrieb eine ähnliche Methode, bei der er einen mittleren Patellarsehnenstreifen mit proximalem Knochenblock distal durch einen tibialen Bohrkanal durch das Gelenk hindurch in einem femoralen Bohrkanal versenkte. Im Falle von Voroperationen in der Entnahmeregion oder eines Morbus Osgood-Schlatter bot er eine Alternative an, die ein freies Transplantat mit zusätzlichem tibialen Knochenblock darstellte - die wahrscheinlich erste Beschreibung eines Bone-Tendon-Bone-Transplantates des Ligamentum patellae (15).

Neben der mehrfach gelegten Semitendinosus- und Gracilissehne etablierte sich so das Knochen-Sehnen-Knochen-Transplantat aus der medialen Patellarsehne und wird heutzutage neben den Hamstringsehnen als Standardtransplantat in den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Traumatologie geführt (26).

1.1.2 Synthetischer Bandersatz

Eine Alternative zum herkömmlichen autologen Kreuzbandersatz sollte synthetisch hergestelltes Bandmaterial darstellen, z.B. Problast® als alleiniger Bandersatz oder im Rahmen einer Augmentation. Dennoch konnte sich diese Möglichkeit aufgrund einer hohen Versagerquote nicht durchsetzen. In zahlreichen Studien bemängelte man vor allem das nicht Erreichen des prätraumatischen Aktivitätsniveaus, hohe Rerupturraten, chronische Synovialitiden und sekundäre Gelenkarthrosen (14, 24, 64, 66, 83, 103, 120). Eine Indikation für einen synthetischen Ersatz findet man deshalb heute nur in speziellen Ausnahmefällen.

1.1.3 Gentransfer in der Kreuzbandchirurgie

Bis heute bleibt die Frage offen, welche Methode am besten zur Rekonstruktion eines rupturierten Kreuzbandes geeignet ist. Ein neuer Ansatz ist der Gentransfer; diese Methode soll bessere Ergebnisse in der Kreuzbandchirurgie erbringen.

Der Grundgedanke, der hinter dieser neuen Technik steckt, besteht nicht darin, ein völlig neues Material zur Kreuzbandrekonstruktion zu erfinden, sondern strukturelle und funktionelle Eigenschaften der zur Zeit meistverwendeten Ersatzgewebe, des autologen mittleren Patellarsehnendrittels und der autologen Hamstringsehnen, zu verbessern.

F. Adam beschreibt als aktuell ungelöste Problematik die sich verschlechternden biomechanischen Parameter in der Zeit des Transplantatremodellings sowie die initial geringe Festigkeit des Gewebes, welches Knochentunnel und Transplantat verbindet (1). Eine Beschleunigung dieser Prozesse hätte eine Verkürzung des Heilungsverlaufes und damit die frühere Rückkehr des Patienten zu seinem präoperativen Aktivitätsniveau zur Folge.

Die Modulation des Remodellings und Verbesserung der ossären Integration der Transplantate sind deshalb wesentliche Ziele der neuen Technik des Gentransfers. Dabei wird exogenes genetisches Material in bestimmte Zellen (z.B. Fibroblasten) eingeschleust, um dort die Expression bestimmter Substanzen (z.B. Wachstumsfaktoren) zu modifizieren. Wachstumsfaktoren regulieren wichtige Funktionen des muskuloskelettalen Systems. So demonstrierte S. Rodeo das Potential des knochenmorphogenetischen Proteins 2 (BMP-2) zur verbesserten knöchernen Einheilung eines Sehnentransplantats (98). Jedoch limitiert die kurze intraartikuläre Halbwertszeit die Anwendbarkeit (99, 108). Gentransfer hat im Vergleich mit der Applikation von rekombinanten Proteinen den Vorteil einer potentiell längeren Bioverfügbarkeit und erreicht physiologische Konzentrationen unter Umgehung von Fremdkörperreaktionen (13).

Eine mögliche Anwendung des Gentransfers liegt in der Optimierung des „Tissue engineering“. Allerdings können strukturell und funktionell mit dem Original vergleichbare Ersatzsehnen zur Zeit noch nicht durch „Tissue engineering“ hergestellt werden (76). Die Forschungen gehen weiter.

1.2 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes und des vorderen Kreuzbandes

1.2.1 Das Kniegelenk

Das Kniegelenk ist ein Scharniergelenk und ermöglicht so die Flexion und Extension der unteren Extremität.

Eine Streckung ist bis zu 180° (0° in der Neutral-Null-Methode) möglich, wobei die letzten 10° der Streckung nur bei zeitgleicher Außenrotation erreicht werden können. Dabei ist das vordere Kreuzband bereits vor den Kollateralbändern angespannt und dreht so die Tibia nach außen (Schlussrotation). Eine Überstreckung im Kniegelenk verhindern die Bänder der hinteren Kapselwand, die Kollateralbänder und das hintere Kreuzband. Eine aktive Beugung im Kniegelenk (bei gestrecktem Hüftgelenk) ist bis zu 130° möglich; bewegt man im Kniegelenk passiv, lässt es sich um weitere 30° beugen. Zu Beginn der Flexionsbewegung (ca. 20°) lässt die ovale Form der Menisken nur eine Rollbewegung zu; fortschreitend geht diese in eine Gleitbewegung über, wobei die Menisci passiv nach hinten mitverschoben werden. Bei extendiertem Knie ist eine Rotationsbewegung nicht möglich, da die Kollateralbänder vollkommen angespannt sind. Hingegen lässt das gebeugte Knie bei erschlafften Kollateralbändern eine Drehbewegung zu. Geht man von einer Flexion von 90° aus, so innenrotiert das Knie bis zu 10° und außenrotiert bis zu 30°. Auch diese Bewegung beruht hauptsächlich auf einer Verschiebung der Menisci. Die Kreuzbänder limitieren die Innenrotation, während die Kollateralbänder die Außenrotation begrenzen (106).

Diese komplexe Beweglichkeit muss das Kniegelenk zulassen, wobei es gleichzeitig eine konstante Stabilität gewährleisten muss. Neben der Muskulatur und anderen ligamentären Strukturen wie die Kollateralbänder dienen die Kreuzbänder zusätzlich als Stabilisatoren.

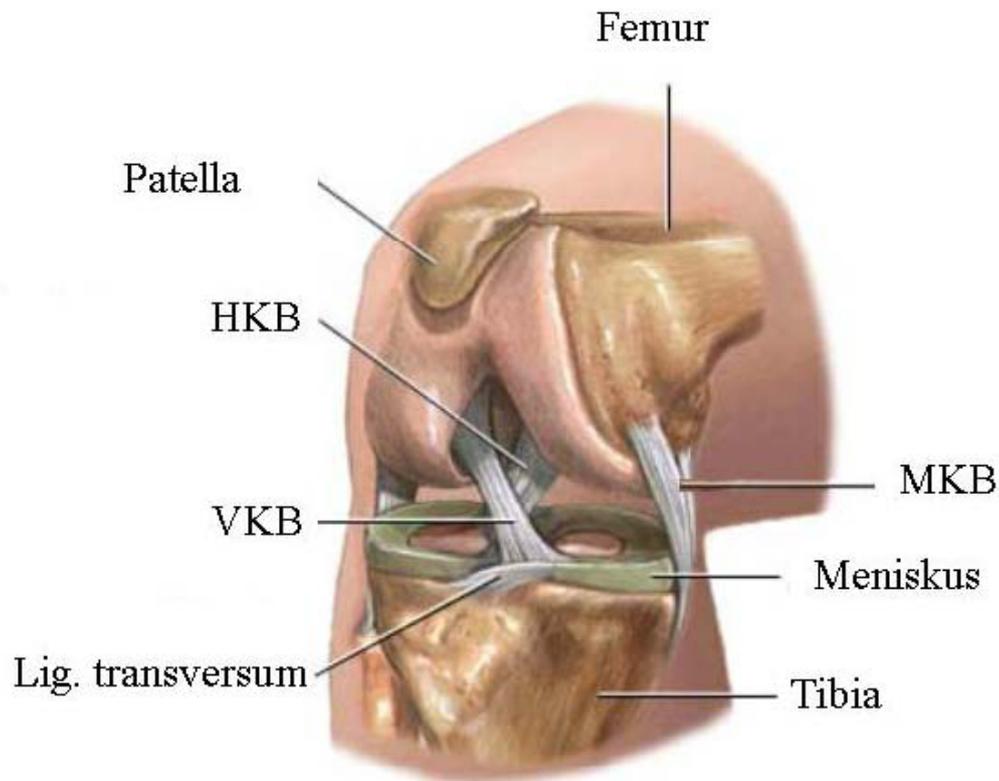


Abbildung 1: Anatomischer Aufbau eines Kniegelenkes aus www.google.de

1.2.2 Das vordere Kreuzband

Die Tibia gegen eine Verschiebung nach vorne, sprich eine Translation, zu sichern, ist Hauptaufgabe des vorderen Kreuzbandes, wobei es den höchsten Wirkgrad in 20° bis 30° Flexion erreicht. Diesem Faktum trägt der Lachmann-Test in der Diagnostik einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes Rechnung. Er ist positiv, wenn sich ein rupturiertes Band um ca. 5 bis 10 mm weiter nach vorne verschieben lässt als bei einem Kniegelenk mit intaktem Band. Passive Stabilität bieten die Kreuzbänder in der Drehbewegung. Indem sich die Bänder umeinander wickeln, limitiert das vordere Kreuzband die Innenrotation im Kniegelenk. Beteiligt sind die Kreuzbänder auch an einer Sicherung gegenüber varischen und valgischen Kräften (17, 44, 78, 112, 119).

Mechanorezeptoren des vorderen Kreuzbandes haben für die Kinematik des Kniegelenkes eine große Bedeutung. Beschrieben sind Vater-Pacini-Körperchen, Ruffini-Körperchen und freie Nervenendigungen. Diese Propriozeptoren sollen als Sensoren für die Gelenkstellung dienen und so Tonus und Aktivität der stabilisierenden Muskeln steuern (43, 53).

In der Literatur variieren die Angaben zur Länge des vorderen Kreuzbandes zwischen 31 (± 3) mm und 36 (± 6) mm (67, 86). In Bezug auf die Querschnittsfläche geht man von der kleinsten aus, die sich im mittleren Drittel des Bandes befindet. Der hier längsovale Querschnitt beträgt bei Männern 44 mm² und Frauen 36,1 mm² (5); er nimmt in Richtung der Insertionsstelle zu und beträgt femoral ca. 113 mm² und tibial ca. 136 mm² (46).



Abbildung 2: Arthroskopische Aufsicht auf das vordere Kreuzband. Darstellung der einzelnen fächerartig divergierenden Bündel aus www.google.de

Der fächerartige Ursprung des vorderen Kreuzbandes befindet sich an der Innenfläche des Condylus lateralis ossis femoris. Der Bandverlauf ist schräg

nach distal-medial-ventral gerichtet. In Extensionsstellung liegt es dem Dach sowie der lateralen Wand der Fossa intercondylaris an und zieht dann bogenförmig um den Knorpel am ventralen Rand. Unterhalb der Fossa intercondylaris divergieren die einzelnen Bündel des vorderen Kreuzbandes fächerartig (siehe Abbildung 2). Insertionsstelle ist die Area intercondylaris tibiae (16, 36).

Ursprung und Ansatz unterscheiden sich im Hinblick auf Form, Fläche und Erreichbarkeit für den Operateur. Oval bis halbmondförmig zeigt sich der femorale Ursprung (86). Er erstreckt sich von der Linea intercondylaris nach distal entlang der Knorpel-Knochen-Grenze. Diese distale Lage, die Konvexität des lateralen Femurkondylus im hinteren Anteil und das überdeckende lockere Bindegewebe machen den Ursprung für eine arthroskopische Betrachtung nur schwer erreichbar. Deshalb gilt es besonderes Augenmerk auf die Platzierung des femoralen Bohrkanals zu legen, denn Studien belegen die häufig zu weit ventral angelegte Bohrung (62).

Die Erreichbarkeit der tibialen Insertionsstelle ist im mittleren Anteil der Area intercondylaris tibiae zwischen den Tuberculum intercondylare mediale et laterale deutlich besser gegeben. Der Mittelpunkt befindet sich ungefähr im Zentrum des Tibiaplateaus, wobei die Ausdehnung individuell variiert (86).

Das vordere Kreuzband besteht aus unterschiedlichen Faserbündeln, die sich umeinander winden. Die femoral kranial entspringenden Fasern inserieren im anteromedialen Anteil der tibialen Insertionszone; die femoral kaudal entspringenden Fasern inserieren im posterolateralen Anteil der tibialen Insertionszone (35). Da sich die Bündel histologisch nicht voneinander abgrenzen lassen, ist die strikte Einteilung in ein anteromediales Faserbündel und posterolaterales Faserbündel umstritten. Dennoch lassen sich Unterschiede feststellen, zum Beispiel im Hinblick auf die Länge. Während die anterioren Fasern durchschnittlich 36,3 mm bemessen, haben die posterioren Fasern eine durchschnittliche Länge von 17,8 mm (67). Da die anteromedialen Fasern näher am Kniedrehpunkt entspringen, sollen sie über einen größeren Bewegungssektor gespannt sein als die posterolateralen Fasern. Bei

zunehmender Flexion verlieren sie ihre Spannung und rotieren um den Kniedrehpunkt, weshalb sie als „Führungsbündel“ bezeichnet werden. Hingegen fungieren die posterioren Fasern als „Sicherungsbündel“, da sie erst in endgradiger Extension unter Spannung geraten (35). Kraftmessungen im vorderen Kreuzband untermauern diese Befunde (77).

Zur Struktur des vorderen Kreuzbandes sollte man wissen, dass der Hauptteil aus straffem Bindegewebe besteht. Die einzelnen Kollagenfibrillen werden von lockerem Bindegewebe in kleine Bündel unterteilt (20). Abweichend von dieser Struktur enthält der Anteil des vorderen Kreuzbandes, der dem vorderen Rand der Fossa intercondylaris anliegt, zwischen den straffen Kollagenfaserbündeln Knorpelzellen (90). Die Entstehung ist wahrscheinlich auf die funktionelle Anpassung an Druck- und Schubbeanspruchung zurückzuführen (4, 78).

Die Blutversorgung der Kreuzbänder leitet sich von einem periligamentären, arteriellen Netzwerk ab, das sie proximal und distal umrankt. Es wird gebildet aus Endästen der A. genus media (proximal) und Endästen der Aa. inferiores medialis et lateralis.

Die in das Band dringenden Gefäße richten sich dem Bandverlauf entsprechend aus. Innerhalb des vorderen Kreuzbandes ist die Verteilung allerdings nicht homogen. So sind innerhalb der chondral apophysären Insertionszonen und innerhalb der Faser-Knorpel-Zone im Zentrum des Bandes keine Gefäße nachweisbar (3, 9, 23, 93, 101, 104).

Wichtig ist auch die Betrachtung der topographischen Anatomie der unteren Extremität im Hinblick auf Nerven- und Gefäßverläufe in der Region des Kniegelenkes und Schnittführung in der Kreuzbandchirurgie. Denn häufig gibt es Komplikationen im Sinne eines sensiblen Ausfalles im Bereich des lateralen Kniegelenkes und des proximalen Unterschenkels nach Durchführung einer Kreuzbandrekonstruktion. Diese Region wird sensibel von den Rr. infrapatellares des N. saphenus versorgt. Die Äste zweigen im distalen Oberschenkel Drittel hinter dem Adduktorenkanal vom N. saphenus ab, ziehen

an der Knieinnenseite nach distal und verlaufen im Bogen um die Kniescheibe zur Knie- und Unterschenkelaußenseite. Beide Äste können bei der Entnahme der Transplantate, ungeachtet, ob es sich um die Patellarsehne oder die Semitendinosus-/Gracilissehne handelt, leicht verletzt werden. In Folge kann es dann zu sensiblen Ausfällen, aber auch zu Neuomen mit neuropathischen Schmerzen kommen. Die Schnittführung sollte aus diesem Grunde nicht quer zur Verlaufsrichtung der Nerven gewählt werden (113).

Im Bereich des femoralen Ursprungs des vorderen Kreuzbandes besteht eine enge topographische Beziehung zu den Vasa poplitea und zum N. tibialis; in Extension liegen nur wenige Millimeter dazwischen, in Flexion vergrößert sich die Distanz. Daher sind Verletzungen dieser Strukturen bei Kreuzbandrekonstruktionen mit gebeugtem Knie selten (91).

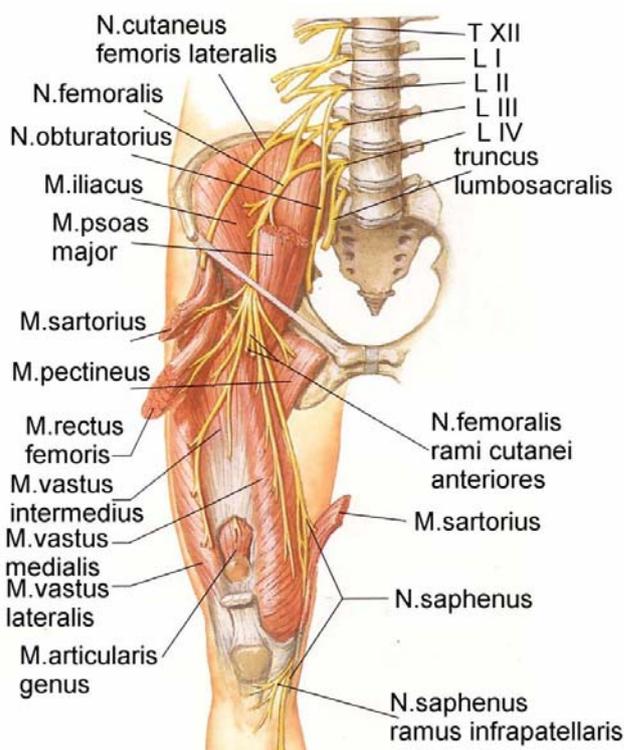


Abbildung 3: Verlauf Nerven der unteren Extremität
aus www.google.de

1.3 Ruptur des vorderen Kreuzbandes

1.3.1 Definition

Laut Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie ist 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. (26)

1.3.2 Ätiologie und Pathogenese

Viele Studien beschäftigen sich mit der Frage nach der Ursache einer vorderen Kreuzbandruptur. Zahlreiche Theorien machen anatomische, hormonelle oder umweltbedingte Faktoren für die Verletzung des vorderen Kreuzbandes verantwortlich.

Ein Impingment des vorderen Kreuzbandes gegen die Fossa intercondylaris wird als mögliche anatomische Ursache von Verletzungen dieses Bandes angesehen (47, 61, 84). Ferner sollen eine höhere Laxität des Kniegelenkes und der Muskulatur, wie sie bei Frauen zu beobachten ist, mit einem erhöhten Verletzungsrisiko für vordere Kreuzbandrupturen einhergehen (117).

Desweiteren zeigen Studien eine signifikant höhere Verletzungsrate des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Sportlerinnen, insbesondere in Sportarten wie Fußball und Basketball, so dass hormonelle Faktoren in der Diskussion sind (6).

Laut verschiedener Studien soll das Hormon Östrogen für das höhere Rupturrisiko der Frauen verantwortlich sein (73, 94, 118). Ungenügende Informationen über die Verbindung spezifischer Hormone mit der höheren

Verletzungsrate weiblicher Athletinnen machen es allerdings unmöglich, endgültige Schlüsse zu ziehen und Empfehlungen über die Behandlung auszusprechen.

Ferner begünstigen umweltbedingte Komponenten Verletzungen des vorderen Kreuzbandes. Sempel, dennoch einleuchtend ist, dass das Risiko einer Kreuzbandverletzung durch das Tragen von Schuhen mit Noppen, Stollen oder ähnlichem – wie zum Beispiel im Fußball – erhöht ist. Entscheidend soll die Anordnung der Stollen sein. Befinden sich diese am peripheren Rand der Sohle und nimmt ihre Größe nach innen ab, bedeutet dies ein höheres Verletzungsrisiko des vorderen Kreuzbandes (68). In einer Studie von B. Boden berichteten Patienten, dass sie sich zum Zeitpunkt des Traumas auf unebenem Untergrund befanden, so dass die Bodenunebenheiten durchaus das Risiko einer Kreuzbandruptur erhöhen können (12).

Es ist nicht von der Hand zu weisen, dass all diese Faktoren Einfluss auf das Kreuzband nehmen, dennoch entsteht die eigentliche Ruptur durch ein Trauma. Dabei sind die Unfallmechanismen mannigfaltig. Zu den typischen Mechanismen gehören das Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma, welches zu einer Zerreißung der medialen Kapsel-Band-Strukturen und des vorderen Kreuzbandes führt. Er wird zum Beispiel bei Einfädelstürzen an der Torstange bei Skifahrern beobachtet. Ebenfalls typisch ist das Flexions-Varus-Innenrotationstrauma, bei dem es zu einer Verletzung der anterolateralen Kapsel-Band-Strukturen und des vorderen Kreuzbandes kommt; zum Beispiel beim Überkreuzen der Skier zu sehen. Ferner sind das Hyperextensionstrauma, welches das vordere Kreuzband zum Bersten bringt, sowie das Hyperflexionstrauma mit Verletzung der Meniskushinterhörner und des vorderen Kreuzbandes zu erwähnen. Außerdem ist das Valgustrauma zu nennen, das vor allem bei Sportarten wie Fußball, Basketball, Handball, etc. zu beobachten ist. Es entsteht, wenn zum Beispiel der Gegenspieler von außen gegen das gestreckte, feststehende Bein des Spielers fällt. (63)

1.3.3 Diagnostik

Die klinische Untersuchung ist trotz vielzähliger hochtechnischer Gerätschaften, wie z.B. der Magnetresonanztomographie, bei der Diagnosestellung einer vorderen Kreuzbandruptur immer noch unerlässlich. Nur in Ausnahmefälle wird die Ruptur aufgrund der Aussagekraft technischer Apparate gestellt, während die weitaus größte Anzahl von Instabilitäten im Kniegelenk allein durch die klinische Diagnostik erkannt wird. Schwierig wird dies allerdings bei frischen Verletzungen, die durch eine unüberwindbare Abwehrspannung oder ein Hämarthros eine klinische Untersuchung nahezu unmöglich machen. So ist es Standard, die erhobenen Befunde der Anamnese und klinischen Untersuchung durch eine radiologische Diagnostik zu ergänzen. Dieses ermöglicht den Ausschluss knöcherner Verletzungen, verifiziert die Diagnose und kann zur weiteren Planung, eventuell einer chirurgischen Intervention, herangezogen werden.

Anamnese

Die Diagnostik beginnt mit einer ausführlichen Anamnese, bei der vor allem Zeitpunkt und Hergang des Unfalles zu erfragen sind. Ebenso muss geklärt sein, ob das betroffene Knie bereits Vorverletzungen aufweist oder der Patient Begleitverletzungen hat. Wichtig ist nach dem Verhalten des Patienten unmittelbar nach dem Unfall zu fragen; das erleichtert die Einschätzung der Verletzungsschwere. All dieses ist entscheidend für das folgende Procedere. In die weiteren Überlegungen sollte auch eine Berufs- und Freizeitanamnese miteinbezogen werden, um so die Erwartungshaltung des Patienten hinsichtlich der Therapie richtig einzustufen.

Bei veralteten Knieverletzungen ist die Instabilität das Hauptsymptom, deshalb ist dieses Merkmal anamnestisch besonders gründlich zu ermitteln. In diesem Fall sollte besonderes Augenmerk auf bereits durchgeführte Vorbehandlungen

und länger zurückliegende Unfälle gerichtet sein, da diese Hinweise entscheidend für die richtige Diagnose sein können.

Immer sollte auch nach Schmerzen und rezidivierenden Gelenkergüssen gefragt werden und in welchem Zusammenhang sie zu Aktivitäten stehen, wie zum Beispiel dem Treppensteigen. (63)

Inspektion und Palpation

Bei der Inspektion eines verletzten Kniegelenkes sollte man auf das Gangbild und eine Schwellung achten. Bei einer Verletzung ist der Gang meist hinkend mit Schonung der verletzten Seite. Wegen des vorne und seitlich fehlenden Muskelmantels und der spärlichen Fettschicht sind die knöchernen Konturen eines gesunden Kniegelenkes gut tastbar, teils sogar sichtbar. Dagegen sind diese bei einem verletzten Kniegelenk meist verstrichen. Eine generalisierte Schwellung kann extraartikulär und/oder intraartikulär bedingt sein. Beim frisch verletzten Knie finden sich Schwellung und Hämatomverfärbung einerseits über der Anprallstelle, andererseits über verletzten Anteilen der Gelenkkapsel. Handelt es sich um eine veraltete Läsion, ist es wichtig, ebenfalls auf die Beinachsen und die Ausprägung der Oberschenkelmuskulatur zu achten. Auch diese Aspekte sind für das weitere Procedere und eine eventuelle chirurgische Intervention wichtig. (63)

Die Palpation dient vorwiegend dem Nachweis von Ergüssen, eventuell vorhandenen Weichteilschwellungen sowie lokalen Druckschmerzpunkten. Eine Flüssigkeitsansammlung (ab 20 ml) lässt sich während der Palpation von einer Weichteilschwellung durch Auslösen des Phänomens der tanzenden Patella unterscheiden. Ist die Ursache der Ergussbildung unklar oder führt der Erguss an sich zu Beschwerden, sollte punktiert werden. (63)

Hauttemperatur und Sensibilität sind im Seitenvergleich zu untersuchen. Bei alten Bandschäden gilt es auf Erscheinungen wie z.B. Meniskus- oder Knorpeldegenerationen zu achten.

Funktionsprüfungen

Im Folgenden wird das Knie funktionell überprüft. Zunächst wird die aktive und passive Beweglichkeit des Knies bis zur Schmerzgrenze gemessen. Dann schließt sich die Prüfung der groben Kraft an, bei der der Patient sein Knie gegen Widerstand des Untersuchers bewegt. Am sitzenden Patienten mit frei hängenden Beinen lässt sich die Prüfung am leichtesten durchführen. Muskelatrophien lassen sich so schnell feststellen.

Von herausragender Bedeutung in der Diagnostik einer vorderen Kreuzbandruptur sind der Schubladentest und der Lachmann-Test.

Das vordere Schubladenzeichen wird am 90° flektierten Knie geprüft. Der Untersucher fixiert mit seinem Gesäß den Fuß des Patienten, beide Hände umfassen den Tibiakopf. Bei entspannter ischiokruraler Muskulatur wird er nach vorne und hinten verschoben, um eine eventuelle Instabilität nachzuweisen. Es ist wichtig, zunächst eine Läsion des hinteren Kreuzbandes (hintere Schublade) auszuschließen, da sonst bei intaktem vorderen Kreuzband die vordere Schublade falsch positiv ausfällt.

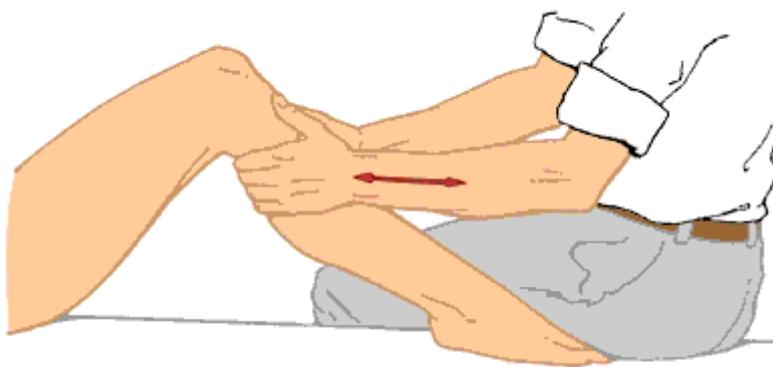


Abbildung 4: „Schubladentest“ aus www.gvle.de/kompendium/knie/0106/0020.html

Bei dem Lachmann-Test handelt es sich um den wichtigsten Test zur Prüfung der Stabilität des vorderen Kreuzbandes. Ähnlich dem Schubladentest befindet sich das Knie in Flexion, in diesem Fall aber zwischen 20° bis 30°. Während nun die eine Hand des Untersuchers den distalen Femur fixiert, wird mit der anderen Hand der Tibiakopf nach vorne gezogen (114). Beide Tests sind jeweils im Seitenvergleich durchzuführen, wobei darauf geachtet werden sollte, mit der unverletzten Seite zu beginnen.

Nun gilt es die Stabilität bzw. die Instabilität zu beurteilen, wobei man drei Grade unterscheidet. Bei einer Verschiebung um 3 bis 5 mm handelt es sich um eine leichte Instabilität (+), 5 bis 10 mm machen eine mittlere Instabilität (++) und mehr als 10 mm eine starke Instabilität (+++) aus. Außerdem ist auf den so genannten Anschlag zu achten, ein weicher spricht für eine komplette Bandruptur, während ein harter Anschlag für ein intaktes Band oder eine Teilruptur spricht.

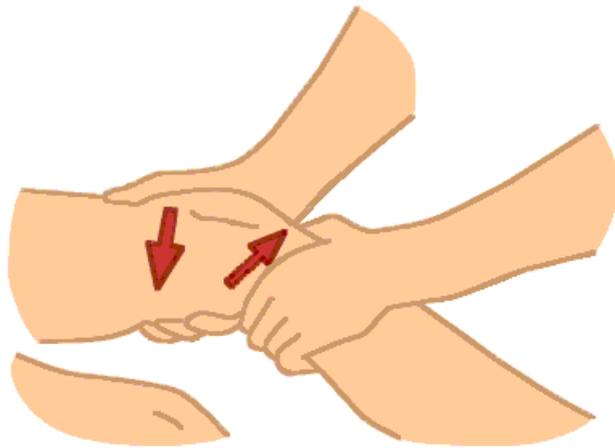


Abbildung 5: Lachmann-Test aus www.gvle.de/kompendium/knie/0106/0020.html

Ein weiterer Test ist das Pivot-Shift-Zeichen, das auf der Tatsache beruht, dass der laterale Tibiakopf bei 5° bis 10° Flexion und Innenrotation des Unterschenkels subluxiert und zwischen 30° und 40° reponiert. Bei der Durchführung dieses Tests gibt es mehrere Methoden, die dieses Phänomen

herausstellen. Der positiv ausgefallene Test spricht für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes, eventuell auch für eine Hyperlaxität. Anzumerken ist, dass dieser Test in der Diagnostik eines frisch verletzten Kniegelenkes ohne Narkose wenig Sinn macht, da er zu schmerzhaft und deshalb häufig falsch-negativ ausfällt (63).

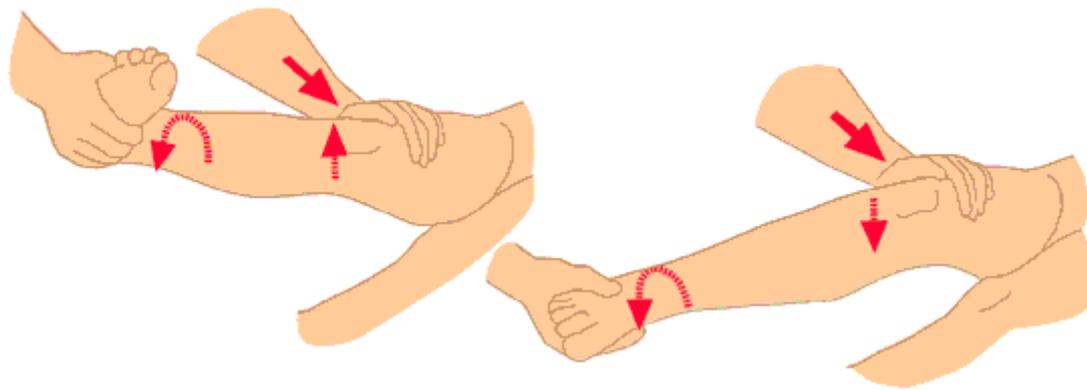


Abbildung 6: Pivot-Shift-Test aus www.gvle.de/kompodium/knie/0106/0020.html

Im Weiteren ist noch die Aufklappbarkeit des Kniegelenkes mittels Valgus- bzw. Varusstress zu prüfen, um eine mediale bzw. laterale Instabilität auszuschließen. (63, 81)

Röntgenologische Untersuchung

Zur orthopädisch-traumatologischen Untersuchung des Kniegelenkes gehören Röntgenaufnahmen im antero-posterioren (a.-p.), lateralen und axialen Strahlengang. Eine a.-p.-Aufnahme dient der grundlegenden Beurteilung des Femorotibialgelenkes, des distalen Femurs, der proximalen Tibia, der Kreuzbandhöcker und des Fibulaköpfchens. Die laterale Aufnahme bieten die Möglichkeit, die ventral und dorsal gelegenen Strukturen überlagerungsfrei beurteilen zu können; zudem ist eine Patellahöhenbestimmung möglich. Durch

die axiale oder tangentielle Aufnahme lässt sich das Femoropatellargelenk in unterschiedlichen Einstellungen darstellen.

Bei Verdacht auf einen knöchernen Kreuzbandausriss sollte eine Tunnelaufnahme angefertigt werden. Diese Spezialeinstellung gestattet eine überlagerungsfreie Beurteilung der Fossa intercondylaris (Notch), der Eminentia intercondylaris sowie der dorsalen Femurkondylenanteile. Andere Röntgeneinstellungen sind besonderen Fragestellungen vorbehalten. (63)

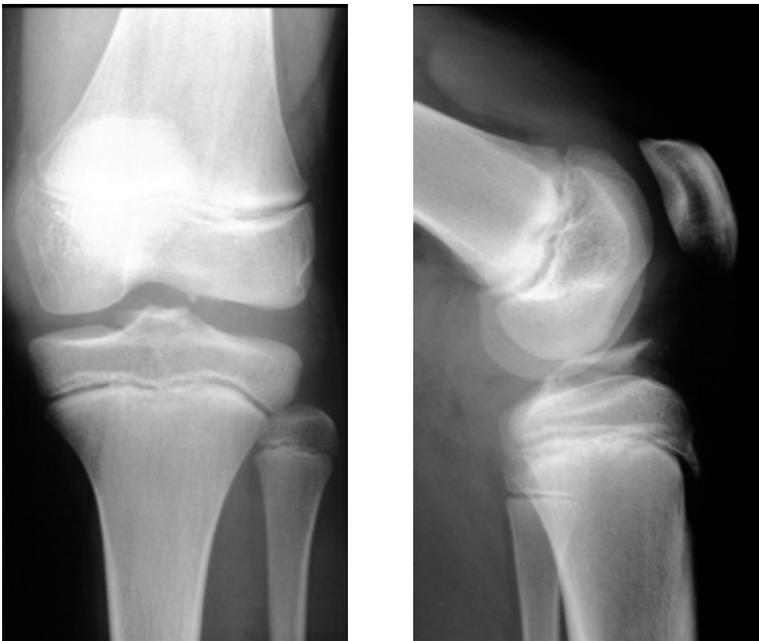


Abbildung 7: Röntgenaufnahme eines knöchernen Ausrisses des vorderen Kreuzbandes an der Eminentia intracondylaris

Weitere apparative Diagnostik

Die Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und des Berufsverbandes der Ärzte für Orthopädie sehen Spezialprojektionen, Funktionsaufnahmen sowie gehaltene Aufnahmen als nützliche apparative Untersuchungen im Einzelfall an, nicht aber als notwendig.

Ebenso werden weitere apparative diagnostische Methoden wie die maschinelle Schubladenprüfung, die Sonographie, die Computertomographie und die Magnetresonanztomographie eingeordnet. Auch sie sind nicht obligat, sondern einer besonderen Fragestellung vorbehalten. (26)

1.3.4 Therapeutische Optionen

Erklärte Ziele der Therapie einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes sind in erster Linie die Gelenkstabilisierung, die Reduktion von Schwellneigung und Schmerzen, die Wiederherstellung der Berufs- und Sportfähigkeit sowie die Steigerung der Lebensqualität. Verschiedene Optionen der Therapie stehen zur Verfügung. Grundsätzlich ist zu entscheiden, ob man konservativ oder operativ vorgeht. Da letztlich der Patient selbst darüber entscheidet, sollte er sorgfältig über seine Verletzung und die Behandlungsmöglichkeiten informiert und aufgeklärt werden. In der Beratung sollte in jedem Fall über die beruflichen und sportlichen Ambitionen des Patienten gesprochen werden; neben anderen Faktoren wie Alter, Allgemeinzustand und Begleitverletzungen des Patienten sollte dieses in der Planung des weiteren Procederes mitberücksichtigt werden (26).

Konservative Therapie

Die konservative Therapie umfasst mehrere Methoden. Dazu zählen die medikamentöse Therapie, die physikalische Therapie und das Nutzen von Orthopädietechnik (z.B. Knieorthesen). Üblich ist eine Kombination dieser Methoden. Innerhalb von sechs Monaten wird entschieden, ob durch die konservative Therapie die Instabilität muskulär kompensiert werden konnte. Sollte dieses nicht der Fall sein, so folgt der Rat zur operativen Therapie. (26)

Operative Therapie

Heute bevorzugtes Operationsverfahren ist ohne Frage der Kreuzbandersatz meist unter arthroskopischer Sichtkontrolle oder offen. Was dennoch bleibt ist die Frage der Transplantatwahl.

In den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie werden als Transplantate der Wahl die mittlere Patellarsehne mit anhängenden Knochenblöcken und die Hamstringsehnen im Standardoperationsverfahren angeführt (26).

Eine Alternative stellt die Transplantation des zentralen Anteils der Quadricepssehne dar. Sie wird im Vergleich zu den Standardtransplantaten jedoch immer noch zurückhaltend verpflanzt, obwohl auch diese Operationsvariante laut einiger Studien gute Ergebnisse aufweist (34). Als Routinetransplantat für das vordere Kreuzband hat sich die Quadricepssehne aber noch nicht etabliert.

Sehr selten finden der Tractus iliotibialis oder die Plantaris-longus-Sehne Verwendung in der heutigen Kreuzbandchirurgie, dennoch kommen sie in wenigen Fällen als Alternative in Betracht und seien hier erwähnt (51).

„Allografts“ stellen eine weitere Therapieoption dar. Man verwendet homologes Sehnengewebe, wie zum Beispiel die Achillessehne von hirntoten Organspendern. Damit vermeidet man die aus der Transplantatentnahme resultierende Morbidität, was einen entscheidenden Vorteil bietet (85, 110). Hingegen stellt die mögliche Übertragung von Infektionen (z.B. HIV) ein Problem dar, da man heute unbehandelte, bei minus 80° C tiefgefrorene („fresh frozen“) oder kryopräservierte Transplantate verwendet. Das man so verfährt, begründet sich in der Tatsache, dass in früheren Methoden die initial durchgeführte Sterilisation des Gewebes durch γ -Bestrahlung oder mit Ethylenoxid zu einer substantiellen Schädigung des Gewebes geführt oder aber

Fremdkörperreaktionen provoziert hat (25, 31, 55, 96). Da auf Allografts aus klinikeigenen Gewebebanken oder dem europäischen Ausland (z.B. Eurotransplant, Leyden) zurückgegriffen werden muss, minimiert sich das Infektionsrisiko deutlich, da im Rahmen von Multiorganentnahmen die üblichen Screenings auf HIV und Hepatitis durchgeführt werden. Dennoch bleibt die Verwendung eines Allografts selten, obwohl Berichte gute klinische Ergebnisse vergleichbar mit der Verwendung von autologen Transplantaten bestätigen (65, 91).

Die Anwendung von synthetischem Material als Kreuzbandersatz erscheint verlockend, da keine Entnahmemorbidität entsteht und je nach Verankerung eine sehr schnelle Rückkehr auf ein hohes Aktivitätsniveau möglich ist. Dennoch haben alle bisher eingesetzten synthetischen Bandersatzmaterialien, wie Gore-Tex, Dacron, Kohlefaser und das Leeds-Keio-Band schon frühzeitig zu einer hohen Versagerquote geführt (22, 37, 38, 87, 95). Verantwortlich dafür macht man den Abrieb dieser Bänder mit nachfolgender Ruptur. Auch haben Abriebpartikel je nach verwendetem Material zum Teil zu erheblichen synovialen Reaktionen im Sinne von Fremdkörperreaktionen geführt (19, 58, 64). Selbst der Einsatz eines Augmentationsbandes (LAD) zur Protektion des autologen Gewebes während des Remodellings hat in klinischen Studien keinen Erfolg zeigen können (42). Entsprechend dieser Erfahrung ist die Verwendung von synthetischem Bandersatzmaterial heute nur noch in speziellen Ausnahmefällen indiziert.

1.3.5 Komplikationen in der Kreuzbandchirurgie

Wie bei jeder chirurgischen Intervention ist auch der operative Eingriff im Falle einer vorderen Kreuzbandruptur nicht frei von Komplikationen, über die der Patient selbstverständlich aufgeklärt werden sollte.

Neben allgemeinen Risiken, wie beispielsweise einer Blutung, Wundinfektion, Wundheilungsstörung, Thrombose mit möglicher Folge einer Embolie, Gefäß-

oder Nervenverletzung, überschießender Narbenbildung, gibt es auch spezielle Komplikationen bezüglich des Eingriffes am Knie.

Beispielsweise kann man ein erneutes Reißen des Bandes nicht ausschließen; so bleibt nach der Operation das Risiko einer Reruptur bestehen. Häufige Komplikationen sind Knieschmerzen, insbesondere patellofemoral, Transplantatlockerung und Bewegungseinschränkungen im Kniegelenk. Da Bewegungseinbußen häufig mit einem großen Leidensdruck verbunden sind, stellen sie eine schwerwiegende Komplikation dar. Mit Einführung von verbesserten Operationstechniken und Rehabilitationskonzepten nimmt die Inzidenz bis heute stetig ab.

Ist die Bewegungseinschränkung im Kniegelenk durch eine exzessive Bindegewebsvermehrung bei inflammatorisch-reparativen Prozessen verursacht, so spricht man von einer Arthrofibrose. Hauptsymptom ist die persistierende, teils schmerzhafte Einschränkung der Gelenkbeweglichkeit. Aus klinischer Sicht werden übereinstimmend Bewegungseinschränkungen von 10° oder mehr in der Extension und eine Flexion von weniger als 125° als Arthrofibrose bezeichnet (46). Man unterscheidet zwei Formen der Arthrofibrose; neben der primären Form, die durch eine generalisierte Bindegewebsvermehrung im Gelenk gekennzeichnet ist, gibt es die lokalisierte, sekundäre Arthrofibrose, die meist auf einer mechanischen Problematik basiert. So können eine fehlerhafte Transplantatplatzierung beim Kreuzbandersatz oder fehlplatzierte, nach intraartikulär reichende Interferenzschrauben Ursachen sein (52, 56, 109). Die Unterscheidung der beiden Formen der Arthrofibrose spielt bei der Therapie eine wichtige Rolle. Während die lokalisierte Fibrose mit kurzer Verlaufszeit in der Regel mit arthroskopischen Eingriffen zu beherrschen ist, so bedarf es bei der primären Form einer differenzierten Therapie, die meist mehrere offene Eingriffe erfordert. Langzeitige Physiotherapie und rein arthroskopische Eingriffe bleiben oft ohne Erfolg (74).

Spezieller Teil

2. Zielsetzung der Arbeit

In den letzten Jahren gibt es viele Publikationen zu dem Thema Patellarsehne versus Semitendinosus-/Gracilis-Sehne zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. In unterschiedlichsten Studien wird erforscht, wie die Versorgung einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes idealerweise aussieht. Mit dieser Arbeit möchte ich meinen Beitrag leisten, um einem Patienten eine bestmögliche Empfehlung hinsichtlich der Versorgung seiner Bandverletzung zu geben. Die bisher erschienenen Publikationen unterscheiden sich in ihren Designs meist nur in Nuancen.

Viele Studien erfassten ihre Nachuntersuchungen 2 Jahre postinterventionell (2, 21, 70). Bei einigen selektierte man das Patientenkollektiv und untersuchte beispielsweise nur Sportler (z.B. Leichtathleten) und/oder beschränkte sich auf geschlechtsspezifische Betrachtungen, indem man nur Frauen untersuchte (9.1, 38.1, 53.1).

Diese klinische Studie umfasst nun ein nicht-selektiertes Patientenkollektiv, das Berufstätige, Studenten, Hausfrauen und Rentner ungeachtet ihrer sportlichen Aktivität, sowohl männlichen als auch weiblichen Geschlechts unterschiedlichsten Alters einschließt. Man könnte sagen, die Studie umfasst einen Querschnitt durch die Gesellschaft. Im Minimum wurden sie 5 Jahre nach der Rekonstruktion ihres Kreuzbandes nachuntersucht.

Mit dieser klinischen Studie wollen wir verschiedenen Fragen auf den Grund gehen. Dabei lautet die zentrale Frage: Inwieweit wirkt sich die Wahl eines der beiden autologen Sehnentransplantates zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes auf das Outcome des Patienten aus?

Sind die postoperativen Untersuchungsergebnisse – 5 Jahre nach dem operativen Eingriff – abhängig von der Auswahl der Sehne zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes?

Im Speziellen gehen wir unter anderem dabei folgenden Fragen auf den Grund:

Ist das Wiedererreichen des präoperativen Aktivitätsniveaus im sportlichen bzw. im alltäglichen Bereich abhängig von der Auswahl der Sehne zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes?

Ist die Stabilität bzw. Instabilität des Kniegelenkes abhängig von der Auswahl der Sehne zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes?

Ist das subjektive Empfinden eines Patienten bezüglich der Funktion seines operierten Kniegelenkes abhängig von der Auswahl der Sehne zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes?

Die Antworten auf diese Fragen sollen letztendlich bei der Entscheidung helfen, welches Transplantat bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes besser geeignet ist – in Abhängigkeit davon, welche Voraussetzungen der Patient zur Operation mitbringt.

3. Material und Methoden

In den folgenden Kapiteln werden das Patientenkollektiv, die Behandlungs- und Operationsmethoden, sowie die Evaluation mittels verschiedener Scores und Untersuchungen vorgestellt.

3.1 Patienten

Die Teilnehmer dieser Studie rekrutierten wir aus einer orthopädischen Tagesklinik in Münster, die sich alle in der Praxisklinik Hohenzollernring zwischen dem 1. März und 15. Juni 1999 zur ambulanten Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes vorgestellt haben. Mit Hilfe von Zufallszahlen wurden sie zu diesem Zeitpunkt in zwei Gruppen randomisiert. Die eine Gruppe erhielt eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes durch die Patellarsehne, die andere durch die Semitendinosus-/Gracilis-Sehne. Die Verteilung der Patienten erfolgte dabei unabhängig vom Operateur. Narkose und Operation sowie die Schmerzmedikation und die anschließende Physiotherapie wurden nach Möglichkeit nach einem standardisierten Schema durchgeführt (siehe Behandlungsmethoden).

Die Klinik am Hohenzollernring in Münster weist eine langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der ambulanten Kreuzbandchirurgie auf. In den letzten Jahren haben sich durchschnittlich 450 Patienten jährlich einem solchen Eingriff unterzogen.

Die Nachuntersuchungen im Rahmen dieser 5-Jahres-Ergebnisse wurden alle in der Klinik und Poliklinik für Allgemeine Orthopädie des Universitätsklinikums Münster durchgeführt.

Dazu wurden alle Patienten des vormals randomisierten Kollektivs angeschrieben und/oder angerufen mit der Bitte um Teilnahme an dieser

Studie. 29 der ursprünglich 110 randomisierten Patienten erklärten sich zu der Nachuntersuchung bereit.

Der ernüchternd geringe Anteil an Patienten, die sich zur Nachuntersuchung bereit erklärt haben, hat viele verschiedene Ursachen. Das Hauptproblem für das geringe Interesse an einer solchen klinischen Studie sehe ich vor allem in der Tatsache, dass das Gros des ausgewählten Patientenkollektivs berufstätig ist. Trotz des von mir angekündigten geringen Zeitaufwandes für die Nachuntersuchung nahmen viele aus Zeitmangel nicht teil.

Mitten in der Erwerbsfähigkeit zu stehen, bedeutet zudem auch Standortwechsel vorzunehmen. So waren viele der Patienten unbekannt verzogen. Leider blieben auch weitere Recherchen bezüglich aktueller Adressen ohne Erfolg. Einige Patienten befanden sich zum Zeitpunkt der Nachuntersuchungen im Ausland.

Einige wenige gaben persönliche Gründe an, aufgrund derer sie nicht an der Studie teilnehmen konnten. Ein Patient verstarb durch einen Verkehrsunfall.

Dennoch ist es gelungen, eine repräsentative Gruppe nachuntersuchen zu können:

Von den 29 Patienten stammen 14 aus der Gruppe, die den Patellarsehnenerersatz erhalten haben und 15 aus der Gruppe mit der Semitendinosus-/Gracilisplastik. So bleibt die Vergleichbarkeit zwischen diesen beiden Gruppen sehr gut erhalten (siehe Tabelle 1).

Ebenso ist darauf geachtet worden, dass in beiden Untersuchungsgruppen Patienten beider Geschlechter vertreten sind. In der Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe ist das Verhältnis zwischen Frauen und Männern ausgeglichen. Dort konnten wir 7 Frauen und 8 Männer nachuntersuchen. Auch in der Gruppe mit der Patellarsehnenplastik haben wir Frauen und Männer nachuntersuchen können. Das Verhältnis beträgt hier 2 Frauen zu 12 Männern (siehe Tabelle 1).

Bezüglich der Altersstruktur in den beiden Gruppen ergeben sich bei der Nachuntersuchung folgende Besonderheiten:

In der Gruppe der Patienten mit der Patellarsehnenplastik reicht das Alter von 25 bis 48 Jahren. Und der Altersdurchschnitt liegt bei 34,57 Jahren ($\pm 7,37$ Jahre). Dahingegen ergibt sich in der Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe ein durchschnittliches Alter von 45,13 Jahren ($\pm 15,93$ Jahre) mit einer Verteilung über die gesamte Gruppe von 24 bis 66 Jahren (siehe Tabelle 1).

Dieser Unterschied in den beiden Gruppen bezüglich des Alters muss in der anschließenden Interpretation der Nachuntersuchung berücksichtigt werden. Es sei erwähnt, dass der Unterscheid jedoch nicht signifikant ist ($p = 0,12$).

Im Hinblick auf die beruflichen und freizeitlichen/sportlichen Strukturen sind die beiden Gruppen wiederum sehr homogen. In beiden Gruppen finden wir Studenten, Rentner und Hausfrauen, Berufstätige mit vornehmlich sitzender Tätigkeit (Beamte, Kaufmannsberufe), sowie Berufstätige mit körperlich anstrengender Arbeit (Bäcker- und Konditormeister, Kfz-Mechaniker). In der Freizeit üben alle Patienten mehr oder weniger Sport aus. Von Walking und Jogging über Training im Fitness-Studio bis hin zu Mannschaftssportarten wie Handball und Fußball (Kreis- und Oberliga) ist alles vertreten. Somit weisen die beiden Gruppen auf diesem Gebiet keine relevanten Unterschiede auf.

Da diese klinische Studie als 5-year-follow-up angelegt ist, startete sie im April 2004. Da sich die benachrichtigten Patienten aber erst nach und nach zu der Nachuntersuchung bereitklärten, zogen sich die Untersuchungen über einige Monate hinweg. Durchschnittlich wurden die Patienten somit knapp 5,5 Jahre nach ihrer Operation des vorderen Kreuzbandes nachuntersucht. In der Patellargruppe beträgt der mittlere Nachuntersuchungszeitpunkt 65,64 Monate ($\pm 3,08$ Monate) und in der Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe beträgt er 65,33 Monate ($\pm 3,37$ Monate). Der Einfachheit halber werde ich aber auch weiterhin von „5-Jahres-Ergebnissen“ oder von „5 Jahre postoperativ“ sprechen.

Um die Fakten der vorherigen Abschnitte zur Vereinfachung zu bündeln, möchte ich an dieser Stelle eine Tabelle mit den wichtigsten Daten einfügen:

	Patellargruppe	Semitendinosus-Gracilis-Gruppe
Patientenzahl	14 Patienten	15 Patienten
Männer	12 Patienten	8 Patienten
Frauen	2 Patientinnen	7 Patientinnen
Altersdurchschnitt	34,57 Jahre	45,13 Jahre
Durchschnittlicher Nachuntersuchungszeitpunkt	65,64 Monate	65,33 Monate

Tabelle 1: Daten zur Einschätzung des Patientenkollektivs

3.2 Behandlungs- und Operationsmethoden

Die Patienten wurden mittels Zufallszahlen im Rahmen der Randomisierung einer Operationstechnik zugewiesen, wobei die Zuteilung unabhängig vom Alter, Geschlecht und dem Operateur vorgenommen wurde. Die Operationen erfolgten alle in Intubationsnarkose.

Intraoperativ wurde den Patienten 100 mg Tramadol zur Analgesie verabreicht, postoperativ wurde Metamizol in einer Dosierung zwischen 1,5 und 2,5 g gegeben. Desweiteren erfolgte bei beiden Operationsmethoden eine Blockade des N. femoralis mit 20 ml Bupivacain 0,25%, wodurch die Patienten für 6 bis 18 Stunden weitestgehend schmerzfrei waren. Tramal long 100 mg wurde für die Weiterführung der Schmerztherapie zuhause rezeptiert.

3.2.1 Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch die Patellarsehne (BTB = bone-tendon-bone-Ersatz)

Unter Vollnarkose erfolgte als erstes eine Untersuchung des Beines. Nach sterilem Abwaschen und Abdecken wurde dann in Blutleere zunächst eine Arthroskopie des Kniegelenkes durchgeführt, um die Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu verifizieren. Auf die gesicherte Diagnose und Indikation zur Durchführung einer vorderen Kreuzbandplastik folgte immer ein standardisiertes Operationsprocedere.

Nach Sanierung der Synovia unter arthroskopischer Kontrolle wurde das Arthroskop zunächst aus dem Kniegelenk entfernt. Dann erfolgte ein ca. 7 cm langer Hautschnitt parallel zum Ligamentum patellae verlaufend. Der Schnitt reichte vom distalen Pol der Patella bis zur Tuberositas tibiae. Es wurde das Ligamentum patellae dargestellt und das Paratenon gespalten. Es folgte die Markierung eines 0,7 bis 1 cm breiten Streifens aus der Sehne. Die beiden Knochenblöcke aus dem distalen Patellapol (1,5 x 0,7 cm; max. Durchmesser 1 cm) und der Tuberositas tibiae (1,5 x 0,7 cm; max. Durchmesser 0,9 cm)

wurden ebenfalls markiert. Jeweils mit einem Bohrloch der Stärke 2,4 mm versehen, wurden die Knochenblöcke mit Hilfe einer oszillierenden Knochensäge entnommen. Vor der endgültigen Entnahme des Implantates wurden Haltefäden durch das Bohrloch gelegt. An einem zweiten sterilen Arbeitsplatz erfolgte nun das Trimmen der gewonnenen Knochenblöcke auf den angestrebten Durchmesser von 1,0 bzw. 0,9 cm unter Zuhilfenahme einer Schablone. Das Implantat wurde von Resten des Hoffa-Fettkörpers gesäubert und im Anschluss gemessen. Der Sehnendefekt wurde durch eine fortlaufende Naht verschlossen. Es wurde 2 cm medial der Tuberositas tibiae bis auf das Periost präpariert.

Erneut wurde das Arthroskop eingeführt, sodass unter Sicht störende Reste des rupturierten Kreuzbandes entfernt und die Fossa intercondylaris mittels eines Shavers erweitert werden konnte (Notchplastik). Im nächsten Schritt erfolgte das Einbringen eines 2,4 mm starken Kirschnerdrahtes in den distalen Kreuzbandstumpf bei mindestens 90° flektierten Kniegelenk. Den Kreuzbandstumpf erhaltend wurde der distale Bohrkanal mit kanülierten Bohrern bis auf einen Durchmesser von 1 cm aufgebohrt. Unter arthroskopischer Sicht wurde dann ein kanüliertes Zielgerät in das Kniegelenk durch den unteren Knochenkanal eingebracht und hinter dem lateralen Femurkondylus bei 100° flektiertem Knie verankert. Ein 2,4 mm starker Kirschnerdraht mit distaler Öse wurde nun transfemorale lateral durch die Haut vorgeschossen. So war es möglich, über den Kirschnerdraht einen proximalen Knochenkanal der Länge des entnommenen Knochenblockes entsprechend mit einem maximalen Durchmesser von 0,9 cm aufzubohren. Es folgte das Vermessen der Gesamtlänge der Bohrkanäle, die der Länge des Implantates entspricht. Als nächstes wurde der proximale Haltefaden durch die Öse des Kirschnerdrahtes geführt. Mit dem Entfernen dieses Drahtes wurde der Faden durch das Bohrloch gezogen. Das Einziehen des proximalen Knochenblockes erfolgte nun unter arthroskopischer Sicht. Parallel zu diesem Knochenblock wurde eine 7 mm Interferenzschraube eingebracht. Bei 15° Flexion folgte im Anschluss unter manueller Anspannung die Fixierung des distalen

Knochenblockes ebenfalls mit einer 7 mm Interferenzschraube. Die Stabilität wurde überprüft.

Nach abschließender Sichtkontrolle unter Durchbewegung des Kniegelenkes und Einlegen einer intraartikulärer Redon-Drainage wurde das Arthroskop entfernt. Schichtweise wurde die Wunde verschlossen, eine subcutane Redon-Drainage eingelegt und ein steriler Verband angebracht. Darüber wurde ein Kompressionsstrumpf angezogen und ein Druckverband mit elastischer Binde gewickelt. Das Bein wurde über eine Knierolle gelagert.

Weiter erfolgte eine postoperative Röntgenkontrolle zur Überprüfung der Schrauben und eine funktionelle Nachbehandlung (aus dem Klinik-Standard bei Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mittels BTB-Ersatz).

3.2.2 Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch die Semitendinosus-/Gracilis-Sehne

Die vorbereitenden Maßnahmen für diese Methode sind der oben beschriebenen Operationsmethode identisch.

Auch bei dieser Methode wurde zunächst eine Arthroskopie des Kniegelenkes zur Diagnosesicherung durchgeführt. Bei gesicherter Ruptur des vorderen Kreuzbandes wurden über einen ca. 3 cm langen Hautschnitt in Höhe der Tuberositas tibiae medial halbschräg im Verlauf des Pes anserinus die Sehnen des Musculus semitendinosus und des Musculus gracilis dargestellt. Nach sorgfältiger Präparation und Isolierung voneinander wurden die Sehnen mittels PM-Klemme angeklemt. Nachdem nun beide Sehnen in ihrem Verlauf auf einer Strecke von ca. 10 cm stumpf mobilisiert wurden, erfolgte unter Zuhilfenahme eines 5 bis 7 mm breiten Sehnenstrippers (offen oder geschlossen) das Strippen der Sehnen als Ganzes. Anschließend wurde die entstandene Fascientasche wieder verschlossen.

Auf einem zweiten sterilen Tisch wurden die Sehnen nun präpariert, wobei die muskulären Anteile entfernt wurden. Es folgte die Doppelung der beiden

Sehnen mittig über einen Einziehfadens, sodass sich ein vierfacher Sehnenstrang ergab.

Das weitere Vorgehen stand erneut unter arthroskopischer Kontrolle. Unter Zuhilfenahme eines tibialen Zielgerätes erfolgte das Anlegen des tibialen Bohrkanales von 7 bis 9 mm Durchmesser, dazu wurden die bereits vorhandenen Zugänge genutzt. Zur Anlage des proximalen Bohrkanales wurde der laterale Notchbereich von den Resten des vorderen Kreuzbandes mittels Shavers gesäubert und die Notch soweit verbreitert, dass es zu keinem Impingement der späteren Bandplastik kommen kann. Der femorale Kanal wurde mit einem Zielgerät ca. 2,5 cm tief eingebohrt und ebenfalls von Weichteilresten befreit. Im Anschluss wurde das Transplantat mit Hilfe des Führungsdrahtes in den Bohrkanal eingezogen und parallel dazu ein Spongiosazylinder von ca. 6 mm Stärke eingestößelt, der zuvor mit einer Stanze beim Anlegen des tibialen Bohrkanals gewonnen wurde. Zusätzlich wurde eine 8 mm resorbierbare Interferenzschraube parallel zum Spongiosazylinder eingedreht, damit das Transplantat fest verankert ist. Im Anschluss daran wurde das Gelenk nochmalig inspiziert, wobei das Band in Extension geprüft wurde um sicherzustellen, dass es zu keinem Impingement im Bereich der Notch kommen kann. Nach Einlage einer intraartikulären Redon-Drainage wurde der arthroskopische Operationsteil beendet. In 20° bis 30° Flexion wurde dann das Ersatzband unter Zuhilfenahme einer Kocherklemme angespannt. Zur distalen Verankerung wurde ein weiterer Spongiosazylinder parallel zum Transplantat in den tibialen Knochenkanal eingestößelt und mit einer 9 mm resorbierbaren Interferenzschraube sicher fixiert. Nach Einlage einer weiteren Redon-Drainage im Sehnenentnahmebereich erfolgte ein schichtweiser intracutaner Wundverschluss mit Vicryl, Hautverschluss mit Steristrips und ein steriler Verband. Beidseits wurde der Patient mit Kompressionsstrümpfen versorgt und ein weiterer Kompressionsverband im Kniegelenksbereich angelegt. Postoperativ folgten Verbandswechsel, Entfernung der Redon-Drainagen und die funktionelle Nachbehandlung mit Krankengymnastik und Muskelaufbautraining dem Schema entsprechend (aus

dem Klinik-Standard bei Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mittels Semitendinosus-/Gracilis-Ersatz).

3.2.3 Postoperative Nachbehandlung und Physiotherapie

Alle Patienten, die in diese Studie eingeschlossen wurden, sind nach einem einheitlichen Protokoll für die postoperative Rehabilitation und Physiotherapie behandelt worden. Die implantierten Bänder gelten als übungsstabil. So wurde neben der postoperativen Thromboseprophylaxe mit Kompressionsstrümpfen und niedermolekularem Heparin auf jegliche Ruhigstellung der operativen Extremität verzichtet und mit der funktionellen Nachbehandlung begonnen. Im Folgenden wird das Grundschemata aufgezeigt, wobei die hier angegebenen Zeitvorgaben individuellen Variationen unterlagen:

Ab 1. Tag postop.: Entfernen der Redon-Drainage

Verbandwechsel

Teilbelastung mit 5 bis 10 kg

Gangschule: Abrollen unter Zuhilfenahme von

Unterarmgehstützen

Quadrizepsanspannungen

Lymphdrainagen

Ab 2. Tag postop.: Isometrie für die gesamte Oberschenkelmuskulatur

Evtl. Motorschiene

Evtl. Eisbehandlung

Ab 10. Tag postop.: Flexionstraining bis 90° (isometrisch oder dynamisch-konzentrisch)

Weitere Extension passiv, dann max. 10 Minuten

Eisbehandlung

Ggf. Elektrotherapie für Flexoren und Extensoren

Zunehmende Belastung bis zur Hälfte des Körpergewichtes
Aquatrainning nach Abschluss der Wundheilung

Ab 4. Woche: Steigerung der Flexion
Bewegungsbad mit Kraulbeinschlag (ohne Flossen)
Fahrradergometer ohne Trittbelastung (isokinetische Belastung)
Übergang zur Vollbelastung

Ab 7. Woche: Vollbelastung
Fahrradfahren mit zunehmender Trittbelastung
Medizinische Trainingstherapie
Laufband mit Steigung und Gefälle
Hinführung zum Joggen
Isokinetik passiv/aktiv bis 20°/30° Extension

Ab 12. Woche: Dauerlauf
Medizinische Trainingstherapie mit Beinstrecker (bis 20°/30° Extension)
Isokinetik konzentrisch bis 20°/30° Extension
Reaktives Stabilisationstraining

Ab 6. Monat: Ballsportarten (kein Wettkampf)
Kampfsportarten (ggf. mit Schiene)
Übergang zur 0° Extension am Beinstrecker/
Isokinetik

Ab 12. Monat: Freigabe für Ballsportarten (Wettkampf)
Freigabe zum Skilaufen (alpin)

3.3 Evaluationsmethoden dieser Studie

Für die Erhebung, Auswertung und Beurteilung der Daten zu dieser klinischen Studie haben wir neben einer Anamnese und einer klinischen Untersuchung, das IKDC-Knie-Evaluationsblatt, den Lysholm-Score und den Tegner-Aktivitäts-Score herangezogen. Zusätzlich wurde eine Untersuchung mit dem Arthrometer KT-1000 vorgenommen.

3.3.1 Das IKDC-Knie-Evaluationsblatt

Das „International Knee Documentation Committee“ – kurz: IKDC – wurde im Jahre 1987 durch amerikanische und europäische Kniechirurgen ins Leben gerufen, die es sich zum Ziel machten ein kurzes und einfaches Standardevaluationsblatt zu entwickeln, das auf einer einheitlichen Terminologie beruht. Im Unterschied zu vielen anderen Evaluationsverfahren zeichnet sich diese neue Evaluationsmethode dadurch aus, dass den erhobenen Ergebnissen in den vier Problemkreisen (Subjektive Beurteilung durch Patient, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparates) keine numerischen Werte zugeordnet werden. Befunde werden mit den Begriffen „normal“, „fast normal“, „abnormal“, „stark abnormal“ qualitativ bewertet. Bei der Auswertung des IKDC-Evaluationsblattes ist zu bemerken, dass die am schlechtesten bewertete Gruppe zugleich auch das Gesamtergebnis der Evaluation darstellt. Somit kann ein auch in nur einer Gruppe als „abnormal“ eingestuftes Kniegelenk insgesamt nicht besser als „abnormal“ eingestuft werden (48).

Für die Erhebung und Auswertung der hier vorliegenden Daten wurde das 1993 überarbeitete und von Hefti und Müller vorgestellte neue IKDC-Knie-Evaluationsblatt verwendet. Dieses basiert auf der Grundlage des OAK-Dokumentationsblattes, das im deutschsprachigen Raum recht gute Verbreitung gefunden hatte. Studien ergaben, dass dieses Evaluationsblatt

realistische Resultate darstellte. Die Modifikation dieses Blattes beinhaltet neben dem Verzicht auf numerische Werte auch eine Ergänzung der vier Problembereiche um weitere vier Bereiche, welche jedoch nur dokumentiert werden, nicht aber in die Gesamtevaluation einfließen (Kompartiment. Befunde, Symptome bei Transplantatentnahmestelle, Röntgenbefunde und Funktioneller Test). Somit fließen lediglich die subjektive Beurteilung des betroffenen Kniegelenkes durch den Patienten selber, die Symptome „Schmerzen, Schwellung und Giving way“ bei höchstem Aktivitätsniveau, der Bewegungsumfang des Kniegelenkes und die klinische Untersuchung des Bandapparates in das Gesamtergebnis mit ein (48).

THE IKDC KNEE LIGAMENT STANDARD EVALUATION FORM * [1]								
Name: _____ first name: _____ DOB: / / med. rec. #: _____								
Examiner: _____ date of examination: / / date of injury/ies: / / : / / date of surgeries: / / : / /								
Cause of injury : <input type="checkbox"/> ADL * [2] <input type="checkbox"/> traff. <input type="checkbox"/> non-pivoting non-contact sports <input type="checkbox"/> pivoting non-contact sp. <input type="checkbox"/> contact sp. <input type="checkbox"/> work								
Time inj. to surg. : _____ (months) <input type="checkbox"/> acute (0-2 weeks) <input type="checkbox"/> subacute (2-8 weeks) <input type="checkbox"/> chronic (>8 weeks)								
Knee involved : <input type="checkbox"/> r. <input type="checkbox"/> l. opposite knee: <input type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> injured exam. under anesthes.: <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no								
Postop. diagnosis : _____								
Surgical proced. : _____								
Status menisci : norm. <input type="checkbox"/> mod. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> 1/3 removed: med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> 2/3 removed: med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> compl. rem. <input type="checkbox"/> mod. <input type="checkbox"/> lat.								
Morphotype : <input type="checkbox"/> lax <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> tight <input type="checkbox"/> varus <input type="checkbox"/> valgus								
Activ. level * [3] : preinjury: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV pretreatment: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV								
present: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV Eventual change knee-related: <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no								
GROUPS (PROBLEM AREA)	QUALIFICATION WITHIN GROUPS * [4]				GROUP QUALIFIC.			
	A: normal B: nearly norm. C: abnormal D: sev. abnorm.				A B C D * [4]			
1. PATIENT SUBJECTIVE ASSESSMENT								
How does your knee function? <input type="checkbox"/> normally <input type="checkbox"/> nearly norm. <input type="checkbox"/> abnormally <input type="checkbox"/> sev. abnorm.								
On a scale of 0 to 3 how does your knee affect your activity level? <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3								
2. SYMPTOMS (absence of significant symptoms, at highest activity level known by patient) * [5]								
No pain at activity level * [3] <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV or worse								
No swelling at activity level * [3] <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV or worse								
No partial giving way at activity level * [3] <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV or worse								
No complete giving way at activity level * [3] <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV or worse								
3. RANGE OF MOTION: Flex./ext.: documented side: / / opposite side: / / * [6]								
Lack of extension (from zero anatomic) <input type="checkbox"/> <3° <input type="checkbox"/> 3-5° <input type="checkbox"/> 6-10° <input type="checkbox"/> >10°								
Δ * [7] lack of flexion <input type="checkbox"/> 0-5° <input type="checkbox"/> 6-15° <input type="checkbox"/> 16-25° <input type="checkbox"/> >25°								
4. LIGAMENT EXAMINATION * [8]								
Δ * [7] Lachman (in 25° flex.) * [9] <input type="checkbox"/> -1 to 2mm <input type="checkbox"/> -1 to 3mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm or 6 to 10mm <input type="checkbox"/> or <-3mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Idem (alternative measurement, optional) <input type="checkbox"/> -1 to 2mm <input type="checkbox"/> >4 to 5mm <input type="checkbox"/> 6-10 / <-3mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Endpoint: <input type="checkbox"/> firm <input type="checkbox"/> soft								
Δ * [7] total a.p. transl. in 70° flex. * [9] <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Idem (alternative measurement, optional) <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Δ * [7] post. sag in 70° flex. <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Δ * [7] med. joint opening (valgus rotation) <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Δ * [7] lat. joint opening (varus rotation) <input type="checkbox"/> 0 to 2mm <input type="checkbox"/> 3 to 5mm <input type="checkbox"/> 6 to 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Pivot shift * [11] <input type="checkbox"/> neg. <input type="checkbox"/> * (glide) <input type="checkbox"/> ** (clunk) <input type="checkbox"/> *** (gross)								
Δ * [7] reversed pivot shift <input type="checkbox"/> equal (neg.) <input type="checkbox"/> slight <input type="checkbox"/> marked <input type="checkbox"/> gross								
5. COMPARTMENTAL FINDINGS * [12]								
Δ * [7] Crepitus patellofemoral <input type="checkbox"/> none/equal <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> painful <input type="checkbox"/> severe								
Δ * [7] Crepitus medial compartment <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> painful <input type="checkbox"/> severe								
Δ * [7] Crepitus lateral compartment <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> painful <input type="checkbox"/> severe								
6. HARVEST SITE PATHOLOGY * [13]								
Tenderness, irritation, numbness <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> slight <input type="checkbox"/> moderate <input type="checkbox"/> severe								
7. X-RAY FINDINGS (DEGENERATIVE JOINT DISEASE) * [14]								
Patellofemoral cartilage space <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
Medial compartment cartilage space <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
Lateral compartment cartilage space <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
8. FUNCTIONAL TEST * [15]								
Δ One leg hop (percent of opposite side) <input type="checkbox"/> 90-100% <input type="checkbox"/> 75-90% <input type="checkbox"/> 50-75% <input type="checkbox"/> <50%								
FINAL EVALUATION								

Abbildung 8: IKDC-Knie-Evaluationsblatt, www.edoc.hu-berlin.de

3.3.1.1 Die röntgenologische Untersuchung

Das Röntgen des Kniegelenkes gehört zu jeder Routineuntersuchung im Rahmen der Diagnostik einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Ebenso bietet die Röntgenuntersuchung in der Verlaufskontrolle der Verletzung eine zuverlässige Informationsquelle bezüglich des aktuellen Zustandes des Kniegelenkes.

Bereits im Rahmen des IKDC-Knie-Evaluationsblattes dokumentiert man Röntgen-Befunde, lässt diese aber nicht in die Gesamtbewertung mit einfließen. So haben wir der Durchführung und Auswertung dieser Befunde einen eigenen Stellenwert gegeben.

In unseren Untersuchungen haben wir das betroffene Kniegelenk des Patienten in zwei Ebenen geröntgt. Dieses beinhaltet eine anterior-posteriore und eine seitliche Aufnahme. Zur Beurteilung einer möglicherweise frühzeitigen Degeneration des gesamten Kniegelenkes oder einzelner Kompartimente waren diese Ebenen ausreichend. Im Rahmen des IKDC-Knie-Evaluationblattes wurden medialer, lateraler sowie femoropatellarer Gelenkspalt beurteilt. In die folgenden Kategorien galt es den Gelenkspalt einzuteilen: „normal“, „> 4 mm“, „2 - 4 mm“, < 2 mm“ (siehe Abb. 9: „7. x-ray findings“) (48).

Desweiteren beurteilten wir weitere Zeichen degenerativer Veränderungen: eine subchondrale Sklerosierung, Zystenbildung und osteophytäre Anbauten. In Anbetracht dessen, dass uns keine Vergleichsaufnahmen zur Verfügung stehen, beschränken wir uns lediglich auf die Beschreibung und Beurteilung der Aufnahmen, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung erstellt wurden.

Zur Einordnung der erhobenen Befunde ziehen wir die Klassifikation nach Kellgren and Lawrence heran, mittels der man eine Gonarthrose in verschiedene Schweregrade einteilt. Nach der Leitlinie „Gonarthrose“ der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie wird die Klassifikation nach Kellgren und Lawrence als Referenzscore zur Bewertung einer Gonarthrose in klinischen Studien empfohlen (26).

TABELA 1 / TABLE 1

Classificação radiográfica de Kellgren
e Lawrence para artrose do quadril
*Kellgren and Lawrence radiographic
classification for hip arthritis*

Grau 0	Normal
<i>Grade 0</i>	<i>Normal</i>
Grau 1	Estreitamento do espaço articular medialmente, possíveis osteófitos em torno da cabeça femoral
<i>Grade 1</i>	<i>Medial joint space narrowing, possible osteophytes around femoral head</i>
Grau 2	Definido estreitamento articular inferiormente, osteófitos nítidos e alguma esclerose
<i>Grade 2</i>	<i>Defined lower joint narrowing, sharply visible osteophytes, and some sclerosis</i>
Grau 3	Significativo estreitamento articular, osteófitos pequenos, esclerose, cistos e deformidades ósseas no fêmur e no acetábulo
<i>Grade 3</i>	<i>Significant joint narrowing, small osteophytes, sclerosis, femoral and acetabular cysts and bone deformities</i>
Grau 4	Visível perda do espaço articular acompanhada de importante esclerose e cistos, significativa deformidade da cabeça femoral e do acetábulo e presença de grandes osteófitos
<i>Grade 4</i>	<i>Sharp loss of joint space with important sclerosis and cysts, significant femoral head and acetabular deformity, and presence of large osteophytes</i>

Fonte (Source): Kellgren J.H., Lawrence J.S.: Radiologic assessment of osteoarthritis. *Ann Rheum Dis* 16: 494-502, 1957.

Abbildung 9: Klassifikation nach Kellgren und Lawrence, www.rbo.org.br

3.3.2 Der Lysholm-Score

Der Lysholm-Score ist ein weiterer international anerkannter Test zur Beurteilung der Funktion und Belastbarkeit des Kniegelenkes. 1982 wurde dieses neue Evaluationssystem von Lysholm und Gillquist vorgestellt. Dabei handelte es sich um eine Modifikation des „rating-sheet for knee function“ von Larson (69) und beruht auf subjektiven Angaben des Patienten. Als besonderen Unterschied zum Larson-Score betonen Lysholm und Gillquist die Einführung des Begriffes „Instabilität“ mit den Symptomen des „Giving ways“. Eine weitere Herausforderung an die Bewertungsskala sahen die Autoren in der

Berücksichtigung der Aktivitäten des täglichen Lebens. Somit beruht die Skala hauptsächlich auf vom Patienten selbst erstellten Einschätzungen der Funktionalität des eigenen Knies in seinem Alltag (z.B. beim Treppensteigen). Objektive Erhebungen wie beispielsweise der Bewegungsumfang und Bandinstabilität sollen zwar erhoben werden, aber in die Beurteilung nicht mit einfließen (75).

Symptome	Punkte
Limp	
None	5
Slightly or periodical	3
Severe and constant	0
Support	
Full support	5
Stick or crutch	3
Weight bearing impossible	0
Stairclimbing	
No problems	10
Slightly impaired	6
One step at a time	2
Unable	0
Squatting	
No problems	5
Slightly impaired	4
Not past 90°	2
Unable	0
Instability	
Never giving way	30

Rarely during athletic or other severe exertion	25
Frequently during athletic or other severe exertion	20
Occasionally in daily activities	10
Often in daily activities	5
Every step	0
Pain	
None	30
Inconstant and slight during severe exertion	25
Marked on giving way	20
Marked during severe exertion	15
Marked on or after walking more than 2 km	10
Marked on or after walking less than 2 km	5
Constant and severe	0
Swelling	
None	10
With giving way	7
On severe exertion	5
On ordinary exertion	2
Constant	0
Atrophy of thigh	
None	5
1 – 2 cm	3
More than 2 cm	0
Gesamtpunktzahl/100

Tabelle 2: Lysholm-Score, erstellt nach einer Vorlage aus „Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries“ Tegner, Lysholm 1985

3.3.3 Der Tegner-Aktivitäts-Score (TAS)

Als Ergänzung zu den anderen Evaluationsmethoden haben wir ebenfalls den Tegner-Aktivitäts-Score bei den Patienten und Patientinnen dieser Studie erhoben.

Dem Aktivitätsniveau des jeweiligen Patienten wird entsprechend der folgenden Übersicht ein Zahlenwert von 0 – 10 zugeordnet, wobei das jeweils „höchste“ Aktivitätsniveau ausschlaggebend ist (113.1).

Punkte	Sportart
10	Competitive sports Soccer – national and international elite
09	Competitive sports Soccer – lower divisions Ice hockey, Wrestling, Gymnastics
08	Competitive sports Bandy, Squash or badminton Athletics (Jumping, etc.), downhill skiing
07	Competitive sports Tennis, Athletics (running), Motorcross, speedway Handball, Basketball Recreational sports Soccer, Bandy and ice hockey, Squash, Athletics (jumping), Cross-country track finding both recreational and competitive
06	Recreational sports Tennis and badminton, Handball, Basketball, downhill skiing, Jogging, at least 5 times a week
05	Work Heavy labor (e.g. building, forestry) Competitive sports Cycling, cross-country skiing Recreational sports Jogging on uneven ground at least twice weekly

04	Work Moderately heavy labor (e.g. truck driving, domestic work) Recreational sports Cycling, cross-country skiing, Jogging on even ground at least twice weekly
03	Work Light labor (e.g. nursing) Competitive and recreational sports Swimming Walking in forest possible
02	Work Light labor Walking on uneven ground possible but impossible to walk in forest
01	Work Sedentary work Walking on even ground possible
00	Sick leave or disability pension because of knee problems

Tabelle 3: TAS – Tegner-Aktivitäts-Score, erstellt nach einer Vorlage aus „Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries“ Tegner, Lysholm 1985

Während das IKDC-Knie-Evaluationsblatt und der Lysholm-Score auf subjektiven und/oder objektiven Angaben beruhen, befasst sich der TAS ausschließlich mit den sportlichen Fähigkeiten des Patienten (113.1). Anhand der Verläufe für den TAS nach der Operation lassen sich Aussagen über die Belastbarkeit des Kniegelenks treffen, vorausgesetzt, alle anderen Faktoren sind unverändert. Außerdem ist die Wiederherstellung der ursprünglichen Belastbarkeit ein Ziel, das wir durch die Operation und die Nachbehandlung erreichen wollen.

Wir haben den Tegner-Aktivitäts-Score bei der direkten präoperativen Erhebung der Daten erhoben und die Patienten zu ihrem Aktivitätsniveau vor der Verletzung/Unfall befragt. Dieser „Ausgangsbefund“ ist wichtig für den Vergleich mit dem TAS nach 5 Jahren. So können wir Aussagen darüber treffen,

inwieweit die Patienten ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau nach der Operation und der anschließenden Nachbehandlung wieder erreichen.

Bei der Bewertung des TAS nach mehreren Jahren spielen allerdings noch einige andere Faktoren eine Rolle. So haben beispielsweise einige Patienten angegeben, dass sie aus Angst vor weiteren Verletzungen ihre sportlichen Aktivitäten eingeschränkt haben, obwohl sie sich nach ihren Angaben dazu in der Lage sahen, höherwertige Aktivitäten im Sinne des TAS auszuüben. Ebenso gaben viele Patienten an, aus reinem Zeitmangel nicht mehr in dem früheren Ausmaß sportlich aktiv zu sein, sodass ein schlechterer Wert nach diesem Score bei diesen Patienten kein Indiz für eine schlechtere Kniegelenksfunktion darstellt. Diese Faktoren sollten bei der Auswertung und Deutung der Werte des Tegner-Aktivitäts-Scores berücksichtigt werden.

3.3.4 Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000

Die Daten, die mit Hilfe des Arthrometer KT-1000 erhoben wurden, unterscheiden sich von den Werten der anderen Scores, da sie auf einer objektiven Datenerhebung beruhen. Damit die Ergebnisse reproduzierbar sind, kommt es auf eine sorgfältige Vorbereitung des Patienten sowie eine exakte Durchführung der Untersuchung an.

Mit dem Arthrometer KT-1000 lässt sich der „Lachmann-Test“ imitieren; durch das Anziehen des Handgriffs kann man den tibialen Vorschub in Millimeter am Gerät ablesen.

Für die Durchführung der Untersuchung liegt der Patient entspannt auf dem Rücken, die Hände befinden sich an der Seite des Körpers. Die Vorrichtung zur Unterstützung des Oberschenkels wird proximal des Kniegelenkspalts platziert und so in der Höhe adaptiert, dass sich das Knie in einer Flexion von 20° – 35° befindet. Auch muss unbedingt darauf geachtet werden, dass ein

Flexionswinkel gewählt wird, der die Patella bestmöglichst in der femoralen Trochlea stabilisiert. So werden Fehlablesungen bedingt durch eine erhöhte Beweglichkeit der Patella vermieden.

Als nächster Schritt wird die Vorrichtung zur Unterstützung der Füße so platziert. Dabei müssen sich die Malleoli laterales gerade proximal des oberen Endes befinden. So kann der Tendenz der Außenrotation des Beines entgegengewirkt werden.

Beim Positionieren des Arthrometer KT-1000 ist darauf zu achten, dass sich die Markierung für den Kniegelenkspalt am Gerät auch tatsächlich in Höhe des Gelenkspaltes befindet. Das Arthrometer KT-1000 wird zuerst distal, dann proximal am Unterschenkel befestigt. Danach wird das Arthrometer KT-1000 so justiert, dass die Unterstützungsschienen für die Patella und die Tibia annähernd parallel zueinander verlaufen.

Mit einer Hand wird während der Messvorgänge der Oberschenkel und das „patella reference pad“ stabilisiert und fixiert. Bevor mit den eigentlichen Messungen begonnen werden kann, muss die Drehscheibe auf „0“ eingestellt werden.

Mit der nun anschließenden Untersuchung werden Daten auf drei verschiedene Arten erhoben.

1. Active Displacement Test:

Der Patient wird aufgefordert, die Quadrizeps-Muskulatur gerade so anzuspannen, dass sich der Fuß von der Unterlage hebt. Bei diesem Vorgang bewirkt die angespannte Quadrizeps-Muskulatur über die Patellarsehne einen Vorschub der Tibia. Das vordere Kreuzband wirkt diesem Vorschub der Tibia normalerweise entgegen. Bei Verletzungen des vorderen Kreuzbandes fällt der aktive Tibia-Vorschub dementsprechend stärker aus. Auch dieser Wert wird am Gerät abgelesen und notiert.

2. Passive Displacement Test:

Der tibiale Vorschub wird bei 15 und 20 Pfund gemessen. Bei großen bzw. muskulösen Menschen wird auch die Messung des tibialen Vorschubes bei einer Kraft von 30 Pfund empfohlen, da dieser Messwert wesentlich sensitiver ist. Das Arthrometer KT-1000 signalisiert durch Töne in 3 verschiedenen Tonlagen, welche Kraft gerade auf das Bein einwirkt. Die Werte werden an der Skala entsprechend abgelesen und notiert.

3. Manual Maximum Displacement Test:

Bei dieser Untersuchung übt der Untersucher eine direkte Kraft auf den proximalen Unterschenkel des Patienten aus und provoziert einen maximalen tibialen Vorschub. Dieser Test liefert die sensitivsten Ergebnisse.

Diese Untersuchungen werden nacheinander an beiden Beinen durchgeführt, wobei an der nicht betroffenen Seite begonnen wird. Zu beurteilen ist jeweils die Differenz der Messwerte beider Beine. Unterscheiden sich diese Werte um mehr als 3 mm, ist dies als Hinweis auf eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes zu werten (28, 80).

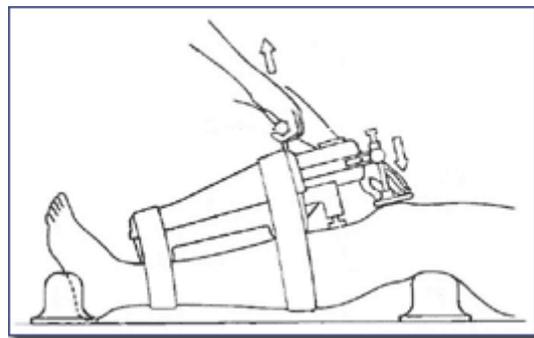


Abbildung 10: KT-1000, www.traumatologiadellosport.com

3.3.5 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS 11.11.0. Zur Überprüfung der Signifikanz wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt.

Er gilt als nicht-parametrischer Test für zwei unabhängige Stichproben. Es wird auf einem vorgegebenen Signifikanzniveau geprüft, ob zwei beliebige stetige Verteilungen aus zwei unabhängigen statistischen Grundgesamtheiten in ihrer mittleren Lage übereinstimmen. Dieser Test sollte angewandt werden, wenn die Stichproben nicht sehr groß sind ($n > 8$).

4. Ergebnisse

In den folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Nachuntersuchungen dargestellt. Aufgrund einer besseren Überschaubarkeit werden die einzelnen Untersuchungsmethoden und –scores getrennt von einander betrachtet. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt dann in der anschließenden Diskussion.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse gilt es zu bedenken, dass das Patientenkollektiv bei den Voruntersuchungen („vor Verletzung“ und „präoperativ“) und der 1 Jahres-Nachuntersuchung („1 Jahr postoperativ“) eine Stärke von durchschnittlich 98 Patienten betrug. Für die 5-Jahres-Nachuntersuchung konnten aus dem Patientenkollektiv 29 Patienten gewonnen werden. Dennoch bleiben die Ergebnisse dieser Nachuntersuchung trotz der geringeren Gruppenstärke aufgrund der ausgeglichenen Patientenverteilung auf die beiden Untersuchungsgruppen vergleichbar.

4.1 Das IKDC-Knie-Evaluationsblatt

In diesem Abschnitt werden die Ergebnisse des IKDC-Knie-Evaluationsblattes dargestellt.

Ziel dieser klinischen Studie ist es, die 5-Jahres-Ergebnisse mit den Ergebnissen vor Beeinträchtigung durch die Ruptur des vorderen Kreuzbandes zu vergleichen und zu analysieren, ob eines der beiden unterschiedlichen Transplantate dem jeweils anderem im Ergebnis überlegen ist.

Dieses gestaltet sich allerdings in sofern problematisch, als dass alle Patienten erst unmittelbar vor der Untersuchung untersucht werden konnten. Somit gab es bezüglich der Datenerhebung mit Hilfe des IKDC-Knie-Evaluationblattes nicht die Möglichkeit die objektiven Untersuchungsbefunde der Gruppen 3 und 4 (Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparates) zu einem Zeitpunkt zu erheben, an dem der Patient keine Beschwerden hatte. Daher beruht das Ergebnis des IKDC-Knie-Evaluationsblattes zum Zeitpunkt „vor Verletzung“ lediglich auf den subjektiven Befunden der Gruppen 1 und 2 (Subjektive Beurteilung durch Patient und Symptome).

Ein Patient, der die Funktionalität seines Knies subjektiv als „normal“ oder „fast normal“ einschätzt, wird somit dieser Qualitäten zugeordnet, obwohl möglicherweise eine erhebliche Aufklappbarkeit des Kniegelenkes nur die Bewertung „abnormal“ zugelassen hätte. Eine solch schlechtere Bewertung aufgrund potentiell pathologischer Untersuchungsbefunde ist natürlich retrospektiv nicht möglich.

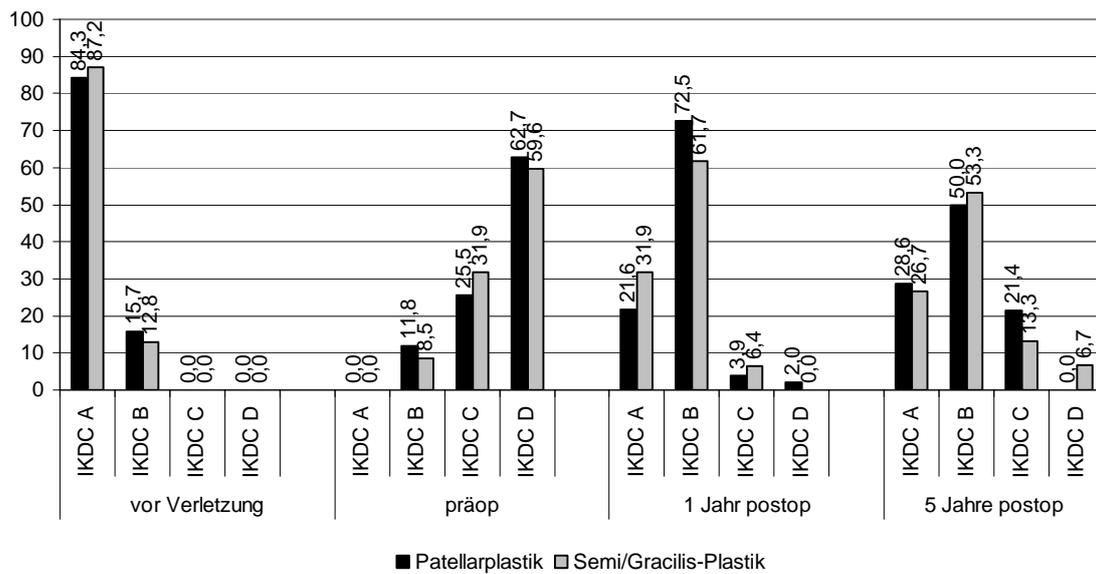
So muss die Tatsache, dass es sich bei den Daten des IKDC-Knie-Evaluationsblattes „vor Verletzung“ nur um subjektive Bewertungen handelt, stets im Auge behalten werden.

Die folgende Tabelle umfasst die Ergebnisse des IKDC-Knie-Evaluationsblattes zu den Zeitpunkten „vor Verletzung“, „präoperativ“, „1 Jahr postoperativ“ und „5 Jahre postoperativ“ für beide Patientengruppen.

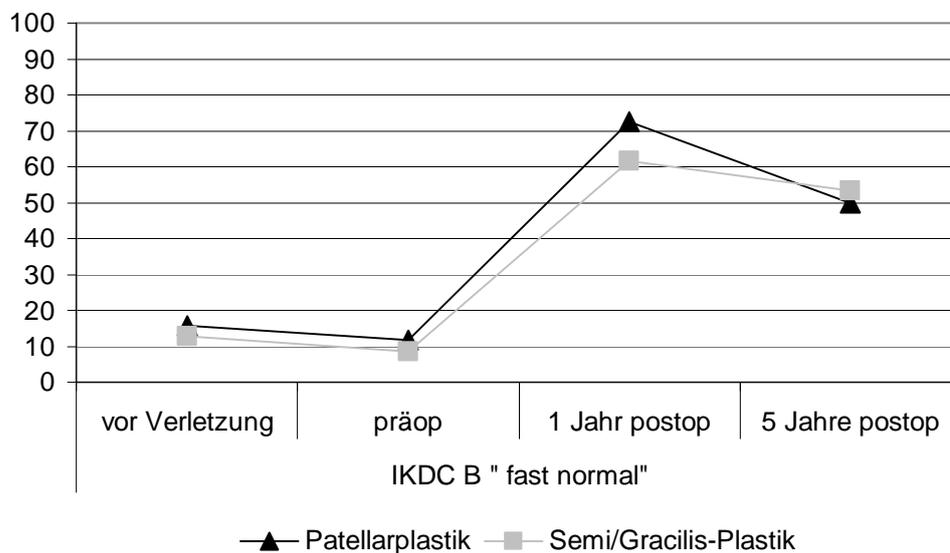
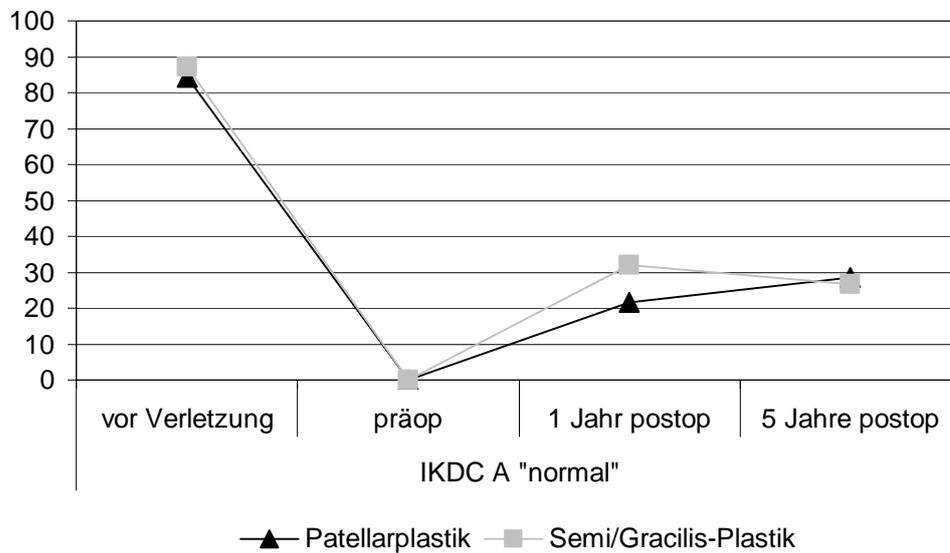
	Patellarplastik	Semi/Gracilis-Plastik
„vor Verletzung“		
IKDC A	84,3 %	87,2 %
IKDC B	15,7 %	12,8 %
IKDC C	0,0 %	0,0 %
IKDC D	0,0 %	0,0 %
„präoperativ“		
IKDC A	0,0 %	0,0 %
IKDC B	11,8 %	8,5 %
IKDC C	25,5 %	31,9 %
IKDC D	62,7 %	59,6 %
„1 Jahr postoperativ“		
IKDC A	21,6 %	31,9 %
IKDC B	72,5 %	61,7 %
IKDC C	3,9 %	6,4 %
IKDC D	2,0 %	0,0 %
„5 Jahre postoperativ“		
IKDC A	28,6 %	26,7 %
IKDC B	50,0 %	53,3 %
IKDC C	21,4 %	13,3 %
IKDC D	0,0 %	6,7 %

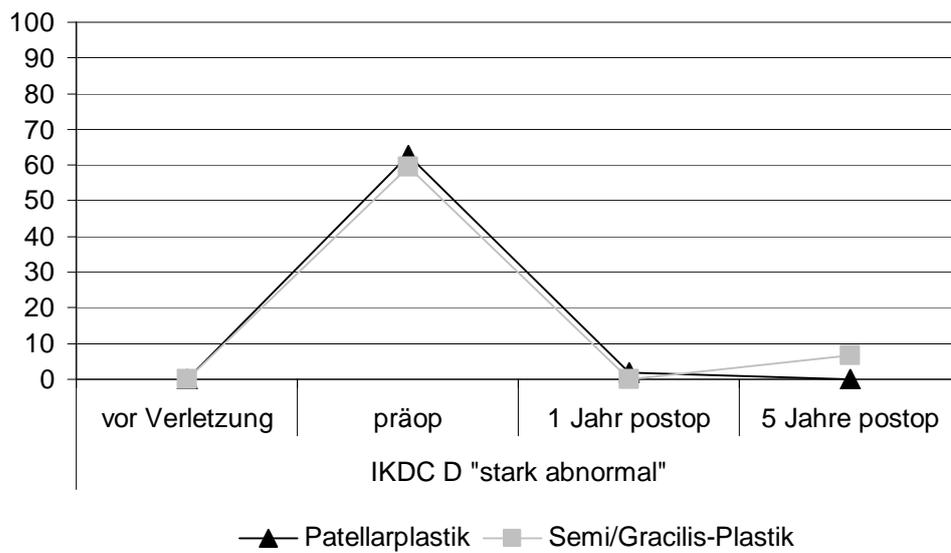
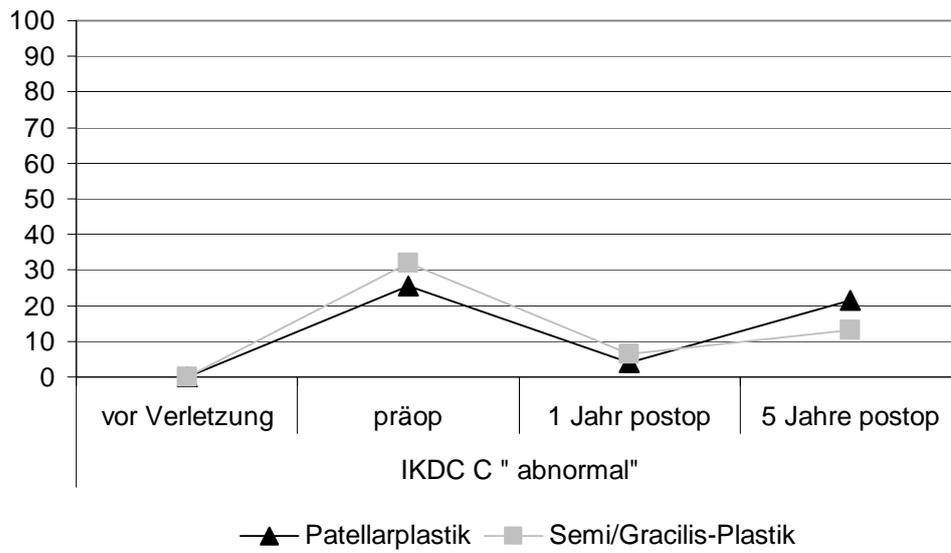
Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, habe ich die Werte in einem Säulendiagramm veranschaulicht.

Somit kann man auf einen Blick die unterschiedliche Verteilung auf die 4 Fraktionen (von „normal“ bis „stark abnormal“) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten erfassen.



Um die Entwicklung der Ergebnisse zu bestimmten Zeitpunkten besser beurteilen zu können, habe ich eine graphische Darstellung der Werte der einzelnen Fraktionen (IKDC A bis D) als Kurvendiagramm hinzugefügt.





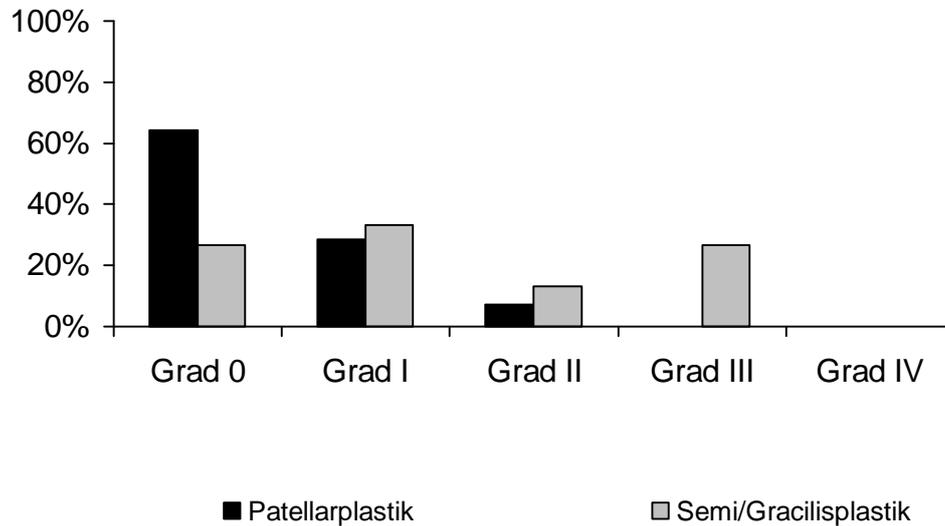
4.1.1 Die röntgenologische Untersuchung

Das betroffene Kniegelenk wurde jeweils in zwei Ebenen (anterior-posterior und seitlich) geröntgt. Bei der Befundung achteten wir besonders auf degenerative Veränderungen wie Gelenkspaltverschmälerung, subchondrale Sklerosierung, osteophytäre Anbauten und Knochendestruktionen. Dann stuften wir die Patienten in die Kategorien der Klassifikation von Kellgren and Lawrence ein. Die Leitlinie „Gonarthrose“ der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie empfiehlt diese Klassifikation zur Bewertung und Einteilung von Verschleißerscheinungen des Kniegelenkes in klinischen Studien.

Zur besseren Übersicht sind die Ergebnisse in eine Tabelle eingefügt:

	Patellargruppe (absolut)	Semi-Gruppe (absolut)
Grad 0	64,3 % (9)	26,7 % (4)
Grad I	28,6 % (4)	33,3 % (5)
Grad II	7,1 % (1)	13,3 % (2)
Grad III	0,0 %	26,7 % (4)
Grad IV	0,0 %	0,0 %

Die graphische Darstellung der Ergebnisse soll einer besseren Anschaulichkeit dienen.



Leider können diese Ergebnisse nicht prä- und/oder postoperativen Ergebnissen gegenübergestellt werden, da keine entsprechenden Aufnahmen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vorlagen. Aus diesem Grund soll dieser Abschnitt deskriptiv gehalten werden und weiteren Untersuchungen als Vorlage dienen.

4.2 Der Lysholm-Score

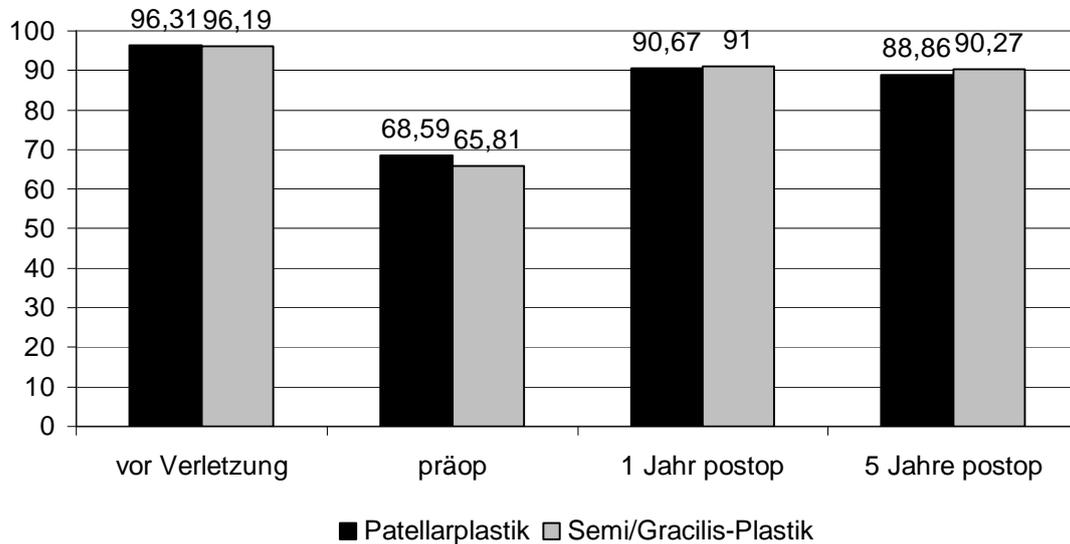
Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse des Lysholm-Scores zu bestimmten Zeitpunkten („vor Verletzung“, „präoperativ“, „1 Jahr postoperativ“ und „5 Jahre postoperativ“) dargestellt.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse muss bedacht werden, dass der Befund „vor Verletzung“ den Zustand vor dem Eintritt der Kreuzbandruptur widerspiegelt. Da die Verletzung in einigen Fällen sehr lange zurücklag bzw. ein konkreter Verletzungszeitpunkt gar nicht mehr nachvollziehbar war, konnten einige Patienten hierzu nur vage Angaben machen.

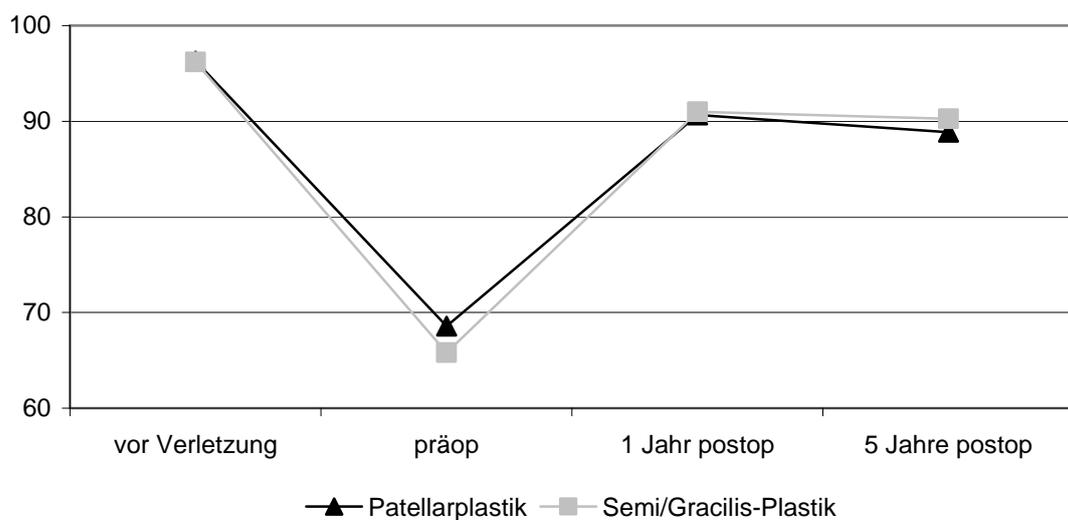
Die folgende Tabelle stellt die Ergebnisse des Lysholm-Scores zu den Zeitpunkten „vor Verletzung“, „präoperativ“, „1 Jahr postoperativ“ und „5 Jahre postoperativ“ für beide Patientengruppen dar. Angaben in Punktwerten.

	Patellarplastik	Semi-Gracilis-Plastik
„vor Verletzung“		
Mittelwert	96,31 ($\pm 4,75$)	96,19 ($\pm 4,48$)
„präoperativ“		
Mittelwert	68,59 ($\pm 15,98$)	65,81 ($\pm 14,83$)
„1 Jahr postoperativ“		
Mittelwert	90,67 ($\pm 8,51$)	91,00 ($\pm 8,98$)
„5 Jahre postoperativ“		
Mittelwert	88,86 ($\pm 12,96$)	90,27 ($\pm 10,96$)

Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, habe ich die Werte in einem Säulendiagramm anschaulicher dargestellt.



Die Entwicklung der Ergebnisse zu bestimmten Zeitpunkten soll dieses Kurvendiagramm zeigen. Dabei gilt es zu beachten, dass ich aufgrund der besseren Beurteilbarkeit der Kurven nur einen Ausschnitt aus dem Diagramm (60 bis 100 Punkte) gewählt habe.



4.3 Der Tegner-Aktivitäts-Score

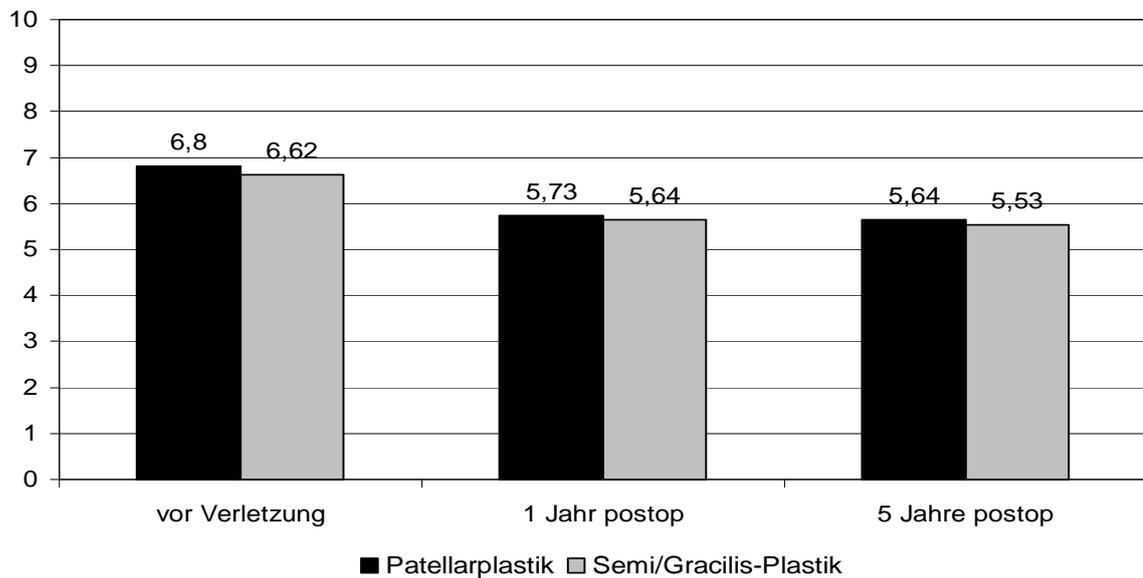
Im Folgenden sind die Untersuchungsergebnisse des Tegner-Aktivitäts-Score zu bestimmten Zeitpunkten („vor Verletzung“, „1 Jahr postoperativ“ und „5 Jahre postoperativ“) dargestellt.

Bei der direkten präoperativen Erhebung der Daten wurde das Aktivitätsniveau vor dem Eintritt der Verletzung ermittelt, da dieser Wert für den Vergleich mit den Ergebnissen nach 5 Jahren wichtig ist. So ist es möglich, zu beurteilen inwiefern die Patienten ihr ursprüngliches Aktivitätsniveau wieder erreicht haben.

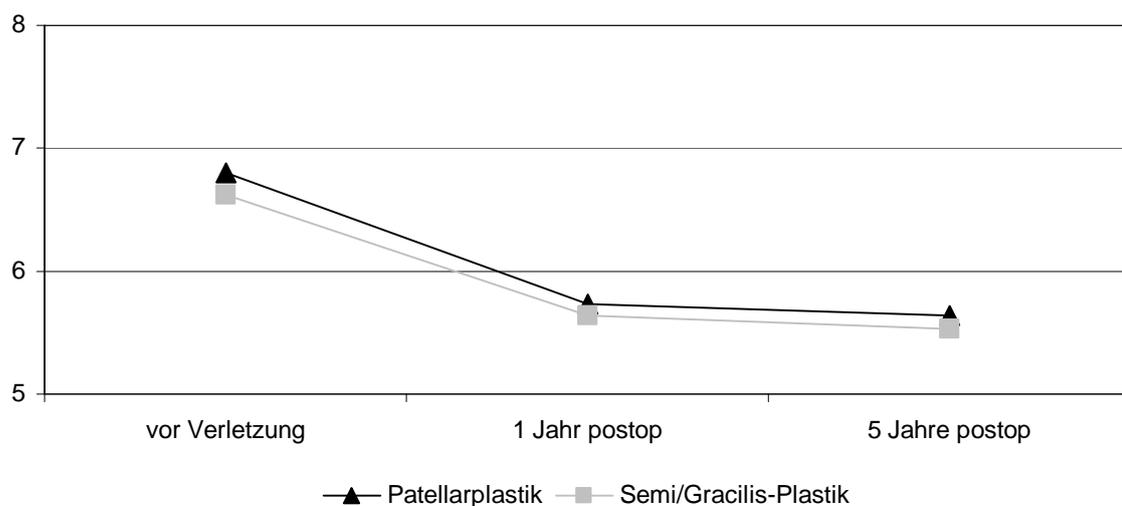
Die Tabelle zeigt die Ergebnisse des Tegner-Aktivitäts-Scores für beide Patientengruppen im direkten Vergleich. Angaben in Punktwerten.

	Patellarplastik	Semi-Gracilis-Plastik
„vor Verletzung“		
Mittelwert	6,80 ($\pm 1,01$)	6,62 ($\pm 1,12$)
„1 Jahr postoperativ“		
Mittelwert	5,73 ($\pm 1,37$)	5,64 ($\pm 1,33$)
„5 Jahre postoperativ“		
Mittelwert	5,64 ($\pm 1,69$)	5,53 ($\pm 1,60$)

Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, habe ich die Werte in einem Säulendiagramm anschaulicher dargestellt:



Um die chronologische Entwicklung der Ergebnisse besser beurteilen zu können, habe ich eine graphische Darstellung der Werte als Kurvendiagramm hinzugefügt. Aufgrund der besseren Beurteilbarkeit der Kurven habe ich einen Ausschnitt aus dem Diagramm (5 bis 8 Punkte) gewählt habe.



4.4 Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000

Der folgende Abschnitt zeigt die Ergebnisse der Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000 zu bestimmten Zeitpunkten („präoperativ“, „1 Jahr postoperativ“ und „5 Jahre postoperativ“).

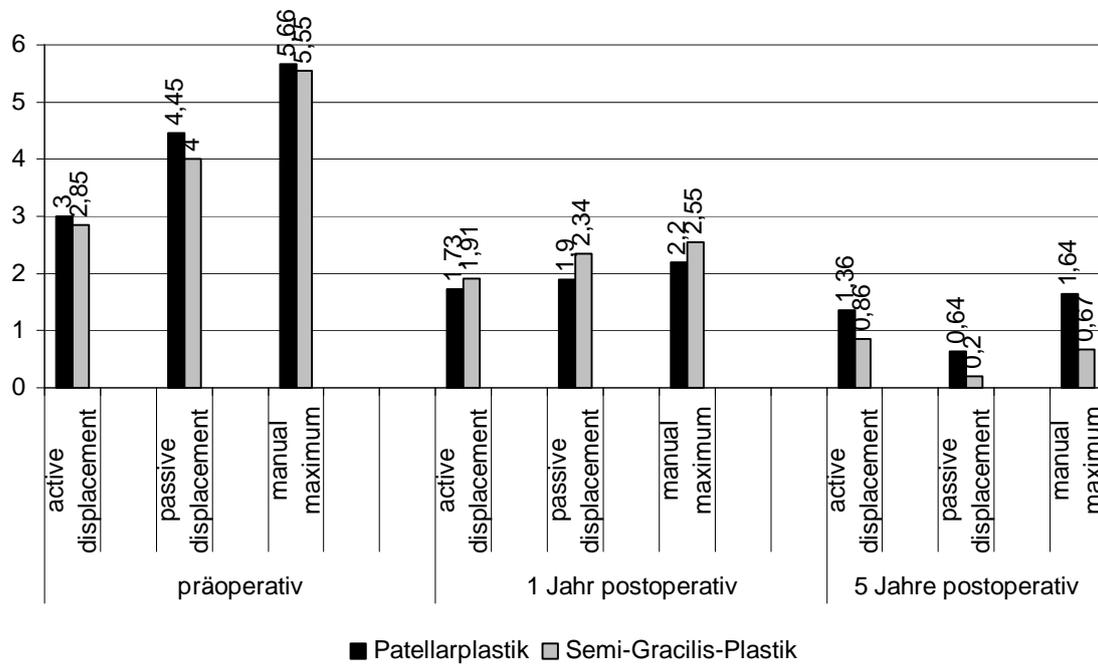
Bei der Diskussion der Ergebnisse dieser Untersuchung müssen einige Besonderheiten berücksichtigt werden. Da wir die Patienten zu einem Zeitpunkt vor Eintritt der Verletzung nicht untersuchen konnten, liegen demzufolge auch keine Ergebnisse vor, die wir als Ausgangswerte definieren können.

Im Gegensatz zu dem IKDC-Knie-Evaluationsblatt, dem Lysholm-Score und dem Tegner-Aktivitäts-Score, können wir hier also keinen Vergleich ziehen und auch keine Aussagen darüber treffen, ob die Patienten – ungeachtet des jeweiligen Transplantates – bezüglich der Kniestabilität wieder den Ausgangszustand ihres Kniegelenks erreicht haben.

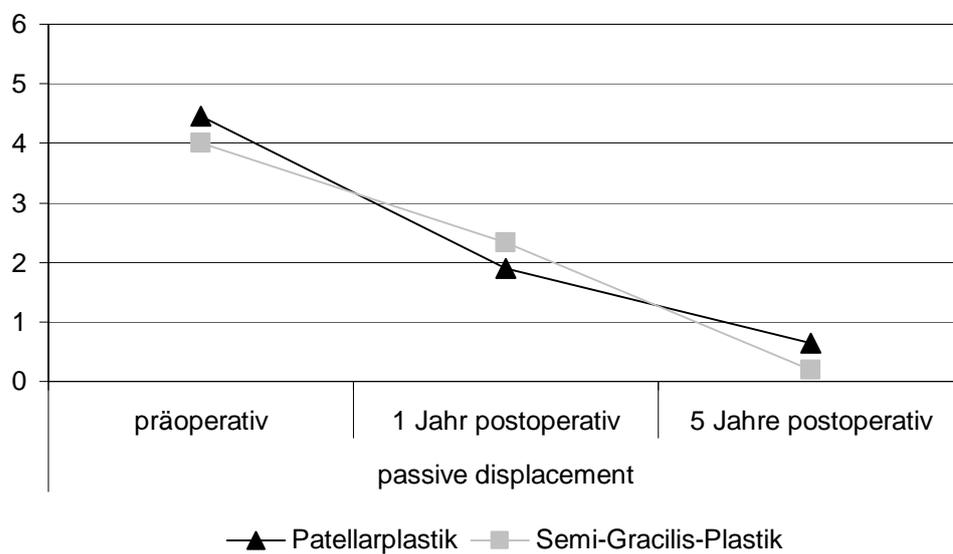
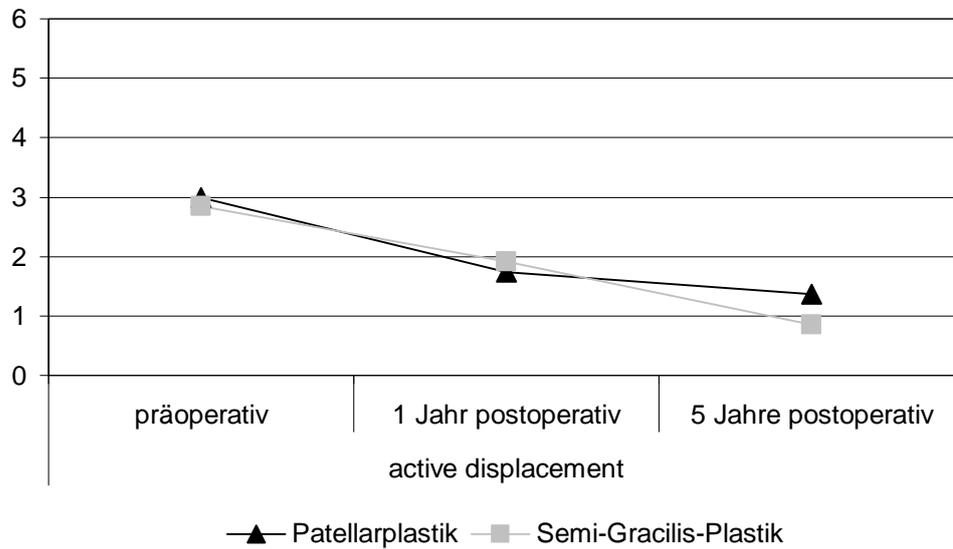
Die Tabelle legt die Ergebnisse der Untersuchung mittels Arthrometer KT-1000 für beide Patientengruppen im direkten Vergleich dar.

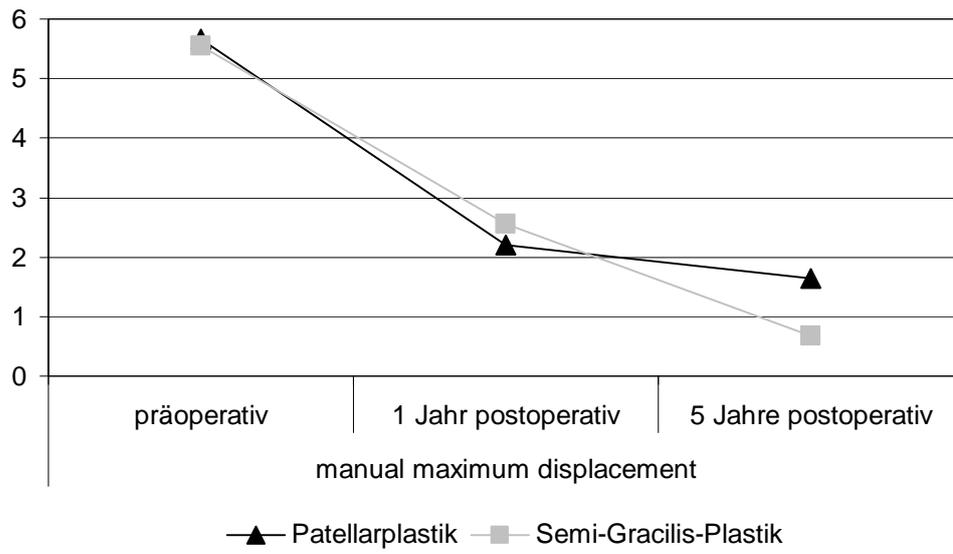
	Patellarplastik	Semi-Gracilis-Plastik
„präoperativ“		
active displacement	3,00 mm	2,85 mm
passive displacement	4,45 mm	4,00 mm
manual maximum displacement	5,66 mm	5,55 mm
„1 Jahr postoperativ“		
active displacement	1,73 mm	1,91 mm
passive displacement	1,90 mm	2,34 mm
manual maximum displacement	2,20 mm	2,55 mm
„5 Jahre postoperativ“		
active displacement	1,36 mm	0,86 mm
passive displacement	0,64 mm	0,20 mm
manual maximum displacement	1,64 mm	0,67 mm

Um die Ergebnisse besser vergleichen zu können, habe ich die Werte in einem Säulendiagramm anschaulicher dargestellt.



Die chronologische Entwicklung der Ergebnisse ist für die einzelnen Testsequenzen (active, passive and manual displacement) nochmals als Kurvendiagramm dargestellt.





4.5 Die Ursachen für die Ruptur des vorderen Kreuzbandes

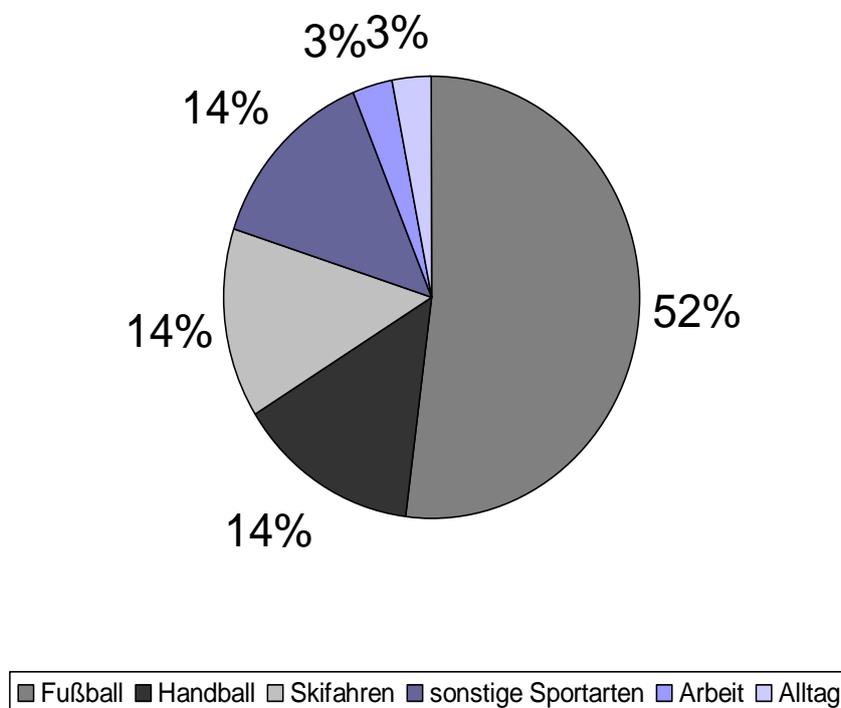
Abgesehen von einem Arbeitsunfall und einer Ruptur im Alltag eines älteren Patienten, handelt es sich ausschließlich um VKB-Rupturen, die im Rahmen von Sportunfällen passiert sind.

In der Mehrzahl der Fälle kam es zu den Verletzungen während eines Fußballspiels (52% der Fälle), gefolgt von Verletzungen im Handball oder beim Skifahren (je 14 %).

Jeweils 1 Patient verletzte sich beim Reiten, im Basketballspiel, während des Step-Aerobics sowie beim Sturz vom Rennrad.

Nach diesen Ergebnissen könnte man behaupten, dass Fußball, Handball und Skifahren als „Risikosportarten“ hinsichtlich einer Verletzung der Kniebinnenstrukturen zu bezeichnen sind.

Zur Veranschaulichung ist die Verteilung der Ursachen graphisch festgehalten:



4.6 Komplikationen, Beschwerden und Zufriedenheit zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung

Komplikationen

Komplikationen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung sind nicht zu verzeichnen. Alle Patienten geben an, dass sie zu dem Untersuchungstermin beschwerdefrei sind.

Lediglich eine Patientin gab an, dass sie einige Wochen zuvor an einer Bakerzyste operiert worden sei; dieses Ereignis sei aber komplikationslos überstanden und sie sei beschwerdefrei.

Bewegungseinschränkungen im Kniegelenk

Im Rahmen des IKDC-Knie-Evaluationsblattes wurden unter anderem auch die Bewegungsumfänge der Patienten nach der Neutral-Null-Methode festgehalten, um so eventuelle Defizite zu ermitteln. Bei der Einstufung gilt zu beachten, dass es Toleranzgrenzen gibt, innerhalb derer Einschränkungen des Bewegungsumfanges als „normal“ gewertet werden (Streckdefizit bis 3° „normal“, Flexionsdefizit bis 5° „normal“). Wir gehen von einem normalen Bewegungsumfang von 120° – 150° / 0° / 10° Flexion/Extension – im Vergleich mit der gesunden Gegenseite – aus. Dabei fällt auf, dass nur bei sehr wenigen Patienten Bewegungsdefizite zu verzeichnen sind.

Die Patienten der Patellar-Gruppe zeigen sehr gute Ergebnisse; nur 1 Patient (46 Jahre) weicht mit einer geringfügigen Einschränkung von einem „normalen“ Bewegungsumfang ab und fällt in die Kategorie „fast normal“ (Streckausfall 3 – 5° und Flexionsausfall 6 – 15°).

Die Patienten der Semi-Gruppe zeigen gute Ergebnisse; 1 Patient (50 Jahre) zeigt allerdings deutliche Bewegungsdefizite sowohl in der Extension (6 – 10° „abnormal“) wie auch in der Flexion (>25° „stark abnormal“). 2 Patienten zeigen

bei normalem Streckvermögen eine geringfügig („fast normal“, 25-jähriger Patient) bis mäßig („abnormal“, 24-jähriger Patient) eingeschränkte Flexion. 1 Patient (27 Jahre) zeigt bei normaler Flexion ein Streckdefizit von 3 – 5°. Die übrigen Patienten (87%) weisen einen überwiegend „normalen“ bis „fast normalen“ Bewegungsumfang auf.

Die Ergebnisse zeigen, dass nach einer Kreuzbandrekonstruktion mittels Patellarsehne nicht mit einer erheblichen Bewegungseinschränkung zu rechnen ist.

Auch die Ergebnisse der Semi-Gruppe zeigen den Trend, dass erhebliche Defizite in Flexion und Extension nicht zu erwarten sind.

Die deutliche Abweichung von der Norm trat bei einem Patienten auf, dessen Röntgenaufnahme ausgeprägt degenerative Veränderungen (insbesondere osteophytäre Anbauten) darstellte, sodass das Bewegungsdefizit durch die Gonarthrose verursacht sein könnte. Inwieweit die Gonarthrose mit der Kreuzbandplastik oder der Ruptur des VKB zusammenhängt, kann nicht abschließend beurteilt werden, da präoperative Voraufnahmen des betroffenen Kniegelenkes nicht vorlagen.

Nachdenklich stimmt mich allerdings das Flexionsdefizit des 24-jährigen Patienten, in dessen Röntgenaufnahme keine erheblichen arthrotischen Veränderungen nachzuweisen sind – ein eindeutiger Zusammenhang mit der Rekonstruktion des VKB ist jedoch nicht abschließend zu klären.

Schmerzen

Über akute Schmerzen zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung klagt keiner der Patienten. Allerdings leiden ca. 55% der Patienten – ohne signifikanten Unterschied in den Vergleichsgruppen – an belastungsabhängigen Schmerzen des Kniegelenkes. Die Intensität des Erlebens ist dabei sehr individuell und schwer von den Patienten quantifizierbar.

Schwellung

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung habe ich bei keinem der Patienten eine Schwellung des operierten Kniegelenkes feststellen können. Allerdings geben Patienten aus beiden Untersuchungsgruppen an, belastungsabhängige Schwellungen des Knies zu bemerken.

17 Patienten, knapp 59% ohne signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen, sind in dieser Hinsicht im Alltag und bei sportlicher Belastung völlig beschwerdefrei.

Insgesamt klagen 10 Patienten, etwa 34%, über ein leichtes Anschwellen ihres Kniegelenkes bei starker Belastung, die kniebeanspruchende Arbeit (z.B. die kniende Tätigkeit eines Mechanikers oder Gartenarbeit) oder intensive sportliche Aktivität umfasst. Die Patienten geben jedoch an, dass die Schwellung gut beherrschbar und nach kurzer Ruhephase oder Hochlegen des Beines rückläufig sei. Die Verteilung ist in beiden Gruppen ähnlich und somit nicht signifikant.

Auffällig ist, dass 2 Patienten, die eine Patellarplastik erhielten, über vermehrtes Schwellen auch schon bei geringer Belastung (z.B. Treppensteigen) klagen. Dieses beeinflusse die Lebensqualität erheblich.

Giving way

Mit Giving way wird die Instabilität des Kniegelenkes bezeichnet, welche sich meist durch ein seitliches „Wegknicken“ äußert.

Insgesamt berichten 19 Patienten (ca. 66%), dass sie auch bei Aktivität auf höchstem Niveau keine Instabilität des operierten Kniegelenkes wahrnehmen, ungeachtet des unterschiedlichen Kreuzbandersatzes.

Niemand kategorisiert das Giving way mit „stark abnormal“. Ein Trend zeigt aber, dass mit 27% (4 Patienten) der Semi-Gruppe das Giving way mit „abnormal“ bezeichnen, hingegen nur 14 % (2 Patienten) der Patella-Gruppe.

Parästhesien

Zu den Komplikationen beider Operationsverfahren zählt die intraoperative Beschädigung von Nervenfasern. Aus diesem Grund kann es zu postoperativen Parästhesien kommen, die sich unter Umständen nicht mehr zurückbilden.

Über Missempfindungen klagen Patienten aus beiden Untersuchungsgruppen, wobei sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ergibt.

Insgesamt sind 22 Patienten (ca. 76%) zufrieden und haben keine oder nur geringe Parästhesien, v.a. direkt im Bereich der Operationsnarbe.

Insgesamt 24% (7 Patienten) beklagen mäßige bis starke Missempfindungen bis hin zu Taubheitsgefühlen, die abgesehen von der Narbe auch den distalen Oberschenkel, den proximalen Unterschenkel sowie die Kniekehle mitbetreffen.

Nur die Narbe im Bereich der Transplantatentnahmestelle wurde von 48% als exakt lokalisierbare Missempfindung genannt, die übrigen Lokalisationen von Parästhesien variieren stark und sind individuell.

Zufriedenheit

Jedem Patienten bot ich im Anschluss an die Untersuchung die Möglichkeit, sich „frei“ zum Zustand des Kniegelenkes unabhängig von vorgegebenen Fragen in Scores oder Evaluationsblättern.

Dazu ergeben sich folgende interessante Informationen:

Als erfreulich werte ich die Aussagen von 4 Patienten, die ihre volle Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis zum Ausdruck brachten, obwohl

nicht explizit danach gefragt wurde. Alle Patienten erhielten eine Semitendinosus-Gracilisplastik. 2 Patienten dieser Gruppe stellten ihre Sensibilitätsstörungen in den Vordergrund. Niemand dieser Untersuchungsgruppe klagte über Schmerzen, Schwellung oder Instabilität.

In der Patellargruppe gaben 2 Patienten explizit an bei kniender Tätigkeit Schmerzen zu erleiden, wodurch sie erheblich beeinträchtigt sind.

Diese interessante Erkenntnis spiegelt sich in der gängigen Literatur wider; so wurde in vielen Studien gezeigt, dass Patienten mit einer Patellarplastik signifikant mehr Beschwerden bei knienden Tätigkeiten beklagen (21, 33, 111). Niemand dieser Gruppe klagte über Sensibilitätsstörungen.

5. Diskussion

Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes zählt zu den häufigsten Bandverletzungen in der heutigen Gesellschaft. Die Inzidenz der Kniebinnenverletzungen und somit auch der vorderen Kreuzbandrupturen nahm in den letzten Jahren deutlich zu, sie wird auf eine Ruptur je 1000 Einwohner geschätzt (102).

Die Degeneration des hyalinen Gelenkknorpels und Meniskusschäden können Folgen einer unbehandelten vorderen Kreuzbandruptur darstellen (82, 100). Deshalb ist die Therapie der einmal diagnostizierten Verletzung obligat. Mit dem Patienten muss nun individuell überlegt werden, ob die Therapie primär konservativ oder operativ erfolgen soll.

Wird die Indikation zur chirurgischen Intervention, sprich zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes, gestellt, bleibt noch die Wahl eines geeigneten Ersatzmaterials für das rupturierte Band.

In den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie werden als Transplantate der Wahl die mittlere Patellarsehne mit anhängenden Knochenblöcken (bone-tendon-bone-Ersatz) und die Semitendinosus-/Gracilis-Sehne im Standardoperationsverfahren angeführt (26).

In vielen klinischen Studien der unterschiedlichsten Designs veröffentlichten Autoren Nachuntersuchungsergebnisse von Patienten, die entweder einen Ersatz durch die Patellarsehne (57) oder einen Ersatz mittels Semitendinosus-/Gracilis-Sehne (115) erhalten haben. Ebenso haben sich zahlreiche Studien mit der Frage beschäftigt, ob eines dieser Standardverfahren dem jeweils anderen im direkten Vergleich überlegen ist. Meist befassten sich diese Studien mit einem selektierten Patientenkollektiv hinsichtlich des Berufes bzw. der Sportart (z.B. Leichtathleten) oder des Geschlechtes (9.1, 38.1, 53.1).

Zielsetzung dieser klinischen Studie ist es, der zentralen Frage nachzugehen, inwieweit die Transplantatwahl zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes sich auf das Outcome eines beliebigen Patienten 5 Jahre nach der Operation auswirkt.

So umfasst diese Studie nun ein nicht-selektiertes Patientenkollektiv, welches Sportler, Berufstätige, Studenten, Rentner, etc., sowohl männlichen als auch weiblichen Geschlechts unterschiedlichsten Alters einschließt.

Die vorgelegte Arbeit umfasst 5-Jahres-Nachuntersuchungsergebnisse (durchschnittlich rund 65 Monate postinterventionell) nach Rekonstruktion des rupturierten vorderen Kreuzbandes mittels Patellarsehne bzw. Semitendinosus-/Gracilis-Sehne. Dazu wurden 29 Patienten, davon 14 mit Patellarsehnenersatz und 15 mit Semitendinosus-/Gracilissehnenersatz klinisch und radiologisch untersucht.

Die Daten wurden mittels IKDC-Knie-Evaluationsblatt, Lysholm-Score, Tegner-Aktivitäts-Skala und Arthrometer KT-1000 erhoben. Da es sich hierbei um die am weitesten verbreiteten und akzeptierten Evaluationsverfahren handelt, ist somit die Möglichkeit des direkten Vergleichs mit anderen klinischen Studien gegeben. In den Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und orthopädische Chirurgie werde diese Evaluationsmethoden für klinische Studien empfohlen (26). Die Röntgenbilder wurden zusätzlich nach Kellgren and Lawrence klassifiziert.

Lange Zeit galt der Kreuzbandersatz mittels Patellarsehnentransplantat als Goldstandard (115), der auch in Langzeitstudien gute Ergebnisse erzielte. So publizierte Jäger et al. 2003 (57) ein 10-year follow-up mit guten bis sehr guten Nachuntersuchungsergebnissen. In 87,8% der Fälle war der Lachmann negativ, bei 94,6% war der pivot shift negativ und 71,6% bewerteten ihr Knie subjektiv als stabil. 83,7% der Patienten werteten die Funktion ihres Knies als normal. Im Tegner-Aktivitäts-Score (TAS) wurden durchschnittlich 5,2 Punkte und im Lysholm-Score durchschnittlich 93,6 Punkte erreicht.

Ähnlich gute Ergebnisse zeigen Studien, die sich mit der Semitendinosus-/Gracilissehne als weiteres Standard-Sehnentransplantat (26) beschäftigen. So wies Williams et al. 2004 (115) bei 89% der Untersuchten eine sehr gute Stabilität mit negativem Lachmann und pivot shift nach. Der durchschnittliche Lysholm-Score betrug 91 Punkte und im TAS wurden durchschnittlich 6 Punkte erreicht.

Nicht erst zu diesem Zeitpunkt wurde darüber spekuliert, welches dieser beiden Operationsverfahren dem jeweils anderen überlegen sei. Viele Studien beschäftigten sich mit dem Vergleich der beiden Operationsmethoden (2, 11, 21, 70, 92). Die meisten Arbeiten waren als 2-year follow-ups (21, 21, 70) angelegt und zeigten ähnliche Resultate. Bezüglich Kniestabilität und Funktion konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Patellarsehne oder Semitendinosus-/Gracilissehne als Kreuzbandersatz ausgemacht werden (2, 11, 21, 70, 92). Aglietti et. al (2) stellte heraus, dass Patienten mit Patellarsehnenerersatz häufiger ein mildes Extensionsdefizit von $\leq 3^\circ$ aufwiesen. Corry et al. (21) wies in seiner Studie darauf hin, dass anzunehmen sei, dass die Morbidität an der Transplantatentnahmestelle beim Semitendinosus-/Gracilistransplantat geringer ist, aufgrund signifikant weniger Beschwerden beim Knien.

Verschiedene Metaanalysen trugen die Ergebnisse einiger Vergleichsstudien zusammen (33, 111, 121). Yunes et al. (121) zeigte, dass Patienten mit

Patellarplastik höhere postoperative Aktivitätslevel erreichen und eine größere Kniestabilität aufweisen.

Freedman et al. (33) bestätigte, dass die Patellarsehnentransplantate zu einer größeren Kniestabilität führen, außerdem sei die Rate an „graft failure“ geringer. Allerdings beklagen die Patienten mit Patellarsehnenerersatz häufiger Schmerzen bei knienden Tätigkeiten.

Spindler et al. (111) bestätigte dieses, konsternierte aber gleichzeitig, dass kein signifikanter Unterschied bezüglich des „graft failure“ bestehe. Er postulierte, dass die Transplantatwahl für das erfolgreiche Outcome nach Kreuzbandrekonstruktion nicht entscheidend sei.

Auch diese klinische Studie bestätigt, dass die Unterschiede zwischen den beiden Operationsverfahren bzw. der beiden Transplantate nicht signifikant sind.

5.1 Ergebnis des IKDC-Knie-Evaluationsblattes

Mit diesem IKDC-Knie-Evaluationsblatt werden sowohl subjektive als auch objektive Kriterien erfragt, die in die Bewertung mit einfließen, wobei das jeweils schlechteste Ergebnis die Gesamtbeurteilung bestimmt.

Nur die Ergebnisse der ersten vier Bereiche – namentlich „subjektive Beurteilung durch Patient“, „Symptome“, „Bewegungsumfänge“, „Untersuchung des Bandapparates“ – werden in die Gesamtbewertung miteinbezogen (48).

Die zusätzlich erhobenen Informationen im Rahmen der Untersuchung bedürfen einer gesonderten Betrachtung – die Untersuchung bezüglich Krepitationen im Kniegelenk, die Daten zur Entnahmestelle und der Einbeinsprung – zu der im Anschluss Stellung bezogen wird. Ergänzend zu der Auswertung der Röntgenaufnahmen im IKDC-Knie-Evaluationsblatt, bei der man lediglich den Gelenkspalt beurteilt, klassifizierten wir die Befunde nach Kellgren and Lawrence (siehe unten).

Zunächst aber zur Betrachtung der wertungsentscheidenden Parameter:

Vergleicht man die Ergebnisse der beiden Untersuchungsgruppen 5 Jahre postoperativ, so ist zu bemerken, dass die Patienten beider Gruppen in jeweils annähernd gleich hoher Zahl ihr Knie mit den Attributen „normal“ und „fast normal“ bezeichnen. Im Detail empfinden 28,6% der Patellargruppe die Funktion et cetera des betroffenen Kniegelenkes als „normal“, 50,0% als „fast normal“. In der Semitendinosus-/Gracilisgruppe splittet es sich in 26,7% „normal“ und 53,3% „fast normal“.

Bezüglich der Attribute „abnormal“ und „stark abnormal“ ergibt sich folgendes Ergebnis: Während 21,4% der Patellargruppe die Wertung „abnormal“ vergibt (und 0,0% „stark abnormal“), sind es in der Semitendinosus-/Gracilisgruppe 13,3% (und 6,7% „stark abnormal“). Die Unterschiede sind nicht signifikant ($p = 0,949$).

Sieht man die Werte der 5-Jahres-Nachuntersuchung im Vergleich zu den Ergebnissen früherer Zeitpunkte, so ergibt sich folgendes Bild:

Nimmt man als Referenzwerte die 1-Jahres-Nachuntersuchung so kann man sagen, dass das Attribut „fast normal“ analog zu den 1-Jahres-Ergebnissen jeweils die stärkste Fraktion stellt, gefolgt von den Bewertungen „normal“ und „abnormal“. Als „stark abnormal“ wurde die Funktion des Kniegelenkes nur in Einzelfällen bewertet. Zu bemerken ist, dass die Fraktion „fast normal“ zu Ungunsten der zunehmenden Fraktion „abnormal“ etwas verloren hat – somit nivellieren sich die ersten drei Attribute zunehmend.

Wie zu erwarten, fällt der Vergleich zu den präoperativ erreichten Untersuchungsergebnissen sehr positiv aus. In beiden Gruppen konnte eine Verschiebung der Bewertung zugunsten der besseren Beurteilungskriterien verzeichnet werden.

Enttäuschend fällt hingegen die Gegenüberstellung der Ergebnisse „5 Jahre postoperativ“ und „vor Verletzung“ aus. Die hervorragenden Werte, die von den Patienten zum Zeitpunkt vor dem Eintritt der Verletzung erreicht wurden, konnten auch 5 Jahre nach erfolgreicher Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes nicht eingestellt werden. Ferner kann man sogar sagen, dass nicht einmal ein Trend zur Verbesserung der Werte zu verzeichnen ist, betrachtet man den chronologischen Verlauf der Ergebnisse.

In beiden Untersuchungsgruppen wird zu etwa 80% eine „normale“ bis „fast normale“ Kniegelenksfunktion erreicht. Abschließend lässt sich somit festhalten, dass bezüglich der subjektiven und objektiven Beurteilung des betroffenen Kniegelenkes mithilfe des IKDC-Evaluationsblattes keine eindeutige Entscheidung zugunsten eines Transplantates zu treffen ist.

Damit werden ähnlich gute Resultate wie in anderen Studien erreicht. Corry et al. berichtete, dass 82% der Patienten mit Patellarplastik und sogar 89% der Patienten mit Semitendinosus-/Gracilis eine „normale“ und „fast normale“

Bewertung erhielten. Auch hier stellte sich kein signifikanter Unterschied ein (21).

Bei Pinczewski et al. erreichten mehr als 87% der Patienten beider Gruppen die Kategorien A und B des IKDC-Knie-Evaluationsblattes ohne signifikanten Unterschied (92).

Nun zur Betrachtung der Parameter, die nicht in die Wertung eingeflossen sind:

- Krepitation im Kniegelenk

Bei der klinischen Untersuchung wurde das Kniegelenk sehr detailliert untersucht. So wurde auf die Krepitation im Kniegelenk in verschiedenen Kompartimenten besonders geachtet.

Dabei ist folgendes aufgefallen:

Bei rund 85% der Patienten mit einer Patellarplastik sind keine Krepitationen im betroffenen Kniegelenk zu spüren. Bei jeweils weniger als 15% der Patienten konnten „mäßige“ Krepitationen im patellofemorale bzw. laterale Kompartiment festgestellt werden. Noch seltener im medialen Kompartiment. Starke bis schmerzhaft Krepitationen sind nicht palpabel.

In der Gruppe mit der Semitendinosus-/Gracilis-Plastik ergab die Untersuchung, dass bei knapp 87% der Patienten keine Krepitationen im Kniegelenk tastbar waren. Bei 13% sind „mäßige“ Krepitationen palpabel, sowohl im patellofemorale, laterale und medialen – also unspezifisch bezüglich der Lokalisation. Wie in der Vergleichsgruppe wurden auch hier keine starken bis schmerzhaften Krepitationen festgestellt.

So unterscheiden sich die beiden Untersuchungsgruppen auch in dieser Kategorie nur unwesentlich.

- Daten zur Entnahmestelle

Auch die Entnahmestelle des Transplantates wurde genauestens unter die Lupe genommen. Eine Druckdolenz, eine Irritation oder eine Gefühlsstörung im Bereich der Transplantatentnahmestelle konnte mit den Kategorien „keine“, „gering“, „mäßig“ oder „stark“ bewertet werden.

Dabei ist folgendes aufgefallen:

Rund 58% der Patellargruppe gaben an, keinerlei Beschwerden zu haben, 21% geringe, 14% mäßige und 7% starke.

Bei den Patienten mit Semitendinosus-/Gracilisplastik klagten 40% über keine Beschwerden, 34% über geringe, 13% über mäßige und 13% über starke.

Hier ist wiederum festzuhalten, dass die Verhältnisse zwischen den Kategorien beider Gruppen gleich sind.

- Einbeinsprung

Den Abschluss der klinischen Untersuchung bildete der Einbeinsprung, der im Vergleich zur gesunden Seite prozentual bewertet werden sollte.

Dieser Einbeinsprung ist von allen Patienten beider Untersuchungsgruppen problemlos durchgeführt worden. Alle erreichen die 100%. Aufgrund dieses eindeutigen Ergebnisses möchte ich nicht weiter auf diese Untersuchung eingehen. Sie bietet im Vergleich der Gruppen keinen Angriffspunkt.

Bevor ich die Ergebnisse der Röntgenuntersuchung diskutiere, möchte ich noch folgende Anmerkung über das IKDC-Knie-Evaluationsblatt hinzufügen:

Den oben aufgezeigten und diskutierten Ergebnissen des Evaluationsblattes – insbesondere den wertungsentscheidenden Parametern – stehe ich skeptisch gegenüber, da ich nach Erhebung der Patientenmeinung zum Teil sehr überrascht von den einzelnen Untersuchungsbefunden war. Es gab in einigen

Fällen eine starke Diskrepanz zwischen subjektiven Empfindungen des Patienten und den objektiv erhobenen Untersuchungsbefunden.

So möchte ich folgende Beispiele anbringen:

(1) Ein junger Mann, der mit dem Ergebnis seines Kreuzbandersatzes überhaupt nicht zufrieden war, vergab natürlich bei der subjektiven Einschätzung das schlechteste Attribut „stark abnormal“, jedoch konnte ich in der anschließenden Untersuchung für diese Empfindung kein klinisches Korrelat festmachen. Er erreichte sowohl bei der Röntgenuntersuchung, als auch bei der objektiven Untersuchung durch das KT 1000, die ich zur Beurteilung der a.p.-Translation nutzte, gute bis sehr gute Ergebnisse. Dennoch fiel er in die schlechteste Kategorie aufgrund seiner subjektiven Beurteilung.

(2) Eine rüstige Rentnerin, die äußerst sportlich ist, gab an vollkommen mit ihrem „neuen“ Kreuzband zufrieden zu sein. Sie empfand ihr Knie als „normal“, doch musste ich in der Untersuchung einige Merkmale festhalten, die der Bezeichnung „normal“ nicht mehr gerecht wurden. Somit erreichte sie „nur“ eine untergeordnete Kategorie.

Was ich damit zum Ausdruck bringen möchte ist, dass es nicht einfach ist, objektive und subjektive Aspekte in einem Test zu vereinigen. Beide Merkmale haben sicherlich ihre Daseinsberechtigung.

Das Subjektive steht für die Wahrnehmung, die Empfindung und nicht zuletzt die Zufriedenheit des Patienten. Dieses darf man auf gar keinen Fall aus dem Auge verlieren. Daraus ergeben sich Konsequenzen für den Arzt und den Patienten, der mit einer mehr oder weniger guten Compliance über den Behandlungserfolg mitentscheidet.

Mit den objektiven Kriterien hingegen lässt sich unvoreingenommen die Funktionstüchtigkeit, z.B. des Kniegelenkes, überprüfen, festhalten und vergleichbar machen.

5.1.1 Die röntgenologische Untersuchung

Im Rahmen des IKDC-Knie-Evaluationsblattes haben wir bei den Patienten eine Röntgenuntersuchung durchgeführt. Dazu haben wir das operierte Knie in zwei Ebenen geröntgt. Im IKDC-Knie-Evaluationsblatt beurteilten wir den Gelenkspalt und stufen zusätzlich die Befunde nach der etablierten Klassifikation von Kellgren and Lawrence ein.

Da die Klassifikation ebenfalls den Gelenkspalt bzw. dessen Verschmälerung miteinbezieht, beschränke ich mich auf die Auswertung nach Kellgren and Lawrence. Sie erbrachte folgendes Ergebnis: Insgesamt zeigten 44,8% der Patienten keine Anzeichen einer Gonarthrose und erhielten den Grad 0. 31,0% haben eine Gonarthrose I. Grades, 10,3% II. Grades und 13,8% III. Grades. Niemand wies eine Gonarthrose IV. Grades auf.

Die Verteilung innerhalb der beiden Untersuchungsgruppen fällt sehr unterschiedlich aus: Die Mehrheit der Patienten mit der Patellarplastik zeigten keine Arthrosezeichen (64,3 %), 28,6 % wiesen Zeichen einer beginnenden Arthrose („medial joint space narrowing, possible osteophytes around femoral head“) und nur 7,1% zeigten eine mäßige Gonarthrose mit „defined lower joint narrowing, sharply visible osteophytes and some sclerosis“ (siehe Klassifikation nach Kellgren and Lawrence, Abbildung 9).

In der Untersuchungsgruppe mit Semitendinosus-/Gracilisersatz verteilten sich die Befunde hingegen sehr ausgeglichen: 26,7 % haben keine Gonarthrose, 33,3 % zeigten Grad I, 13,3 % Grad II und immerhin 26,7 % Grad III. Wie in der Vergleichsgruppe erreicht niemand den Arthrosegrad IV.

Das heißt, die Patienten mit der Patellarplastik wiesen deutlich weniger Degenerationen auf. An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass die Patienten der Semitendinosus-/Gracilisgruppe im Durchschnitt 10 Jahre älter sind als die Vergleichsgruppe, somit könnte das schlechtere Ergebnis dieser Gruppe auch altersbedingt sein.

Ob und inwiefern die degenerativen Veränderungen mit der Ruptur und der operativen Versorgung in Zusammenhang stehen, bleibt in Ermangelung präoperativer Röntgenaufnahmen und deren Vergleich ungewiss. Die Erfassung, Beschreibung und Auswertung soll allerdings als Anhaltspunkt für folgende Nachuntersuchungen dienen.

5.2 Ergebnisse des Lysholm-Scores

Mit Hilfe dieses Scores kann die Aktivität des Patienten im alltäglichen Leben eingeschätzt werden. Der Patient beurteilt selbst die Funktionalität seines eigenen Kniegelenkes in seinem Alltag. Es handelt sich somit um einen rein subjektiven Score.

Zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Nachuntersuchung zeigten sich folgende Ergebnisse: Die Patienten, die eine Patellarplastik erhalten haben, erreichen einen Wert von durchschnittlich 88,86 Punkten ($\pm 12,96$). Die Gruppe der Patienten mit der Semitendinosus-/Gracilis-Plastik erreichen einen Durchschnittswert von 90,27 Punkten ($\pm 10,96$). Im Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen ergibt sich somit kein signifikanter Unterschied ($p = 0,88$).

Mit diesen Werten stellt sich – bis auf 1,8 bzw. 0,7 Punkte – das Niveau ein, das die Patienten bei der 1-Jahres-Nachuntersuchung erreichten.

Der Vergleich mit den Werten, die direkt vor der Operation erhoben wurden, also zu einem Zeitpunkt, zu dem das Kreuzband definitiv geschädigt war, zeigt folgendes Ergebnis:

In beiden Untersuchungsgruppen werden 5 Jahre postoperativ deutlich bessere Ergebnisse erreicht. Die Patellargruppe steigert sich um rund 20 Punkte und die Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe sogar um knapp 25 Punkte. Betrachtet man die Steigerung der beiden Gruppen im Vergleich, lässt sich sagen, dass die Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe sich deutlicher gesteigert hat als die Patellargruppe.

Auffällig ist allerdings, dass das Ausgangsniveau, welches ein gesundes, normal funktionierendes Knie – vor Eintritt einer Verletzung – beschreiben soll, nicht erreicht wird. Die Patellar-Gruppe startete mit einem Ausgangswert von 96,31 Punkten ($\pm 4,75$) und erreicht nach 5 Jahren einen Durchschnittswert von

88,86 Punkten ($\pm 12,96$). Somit liegt dieser Wert 7,45 Punkte unter dem Ausgangsniveau. In der Semitendinosus-/Gracilis-Gruppe zeigt sich ein ähnliches Bild. Der Ausgangswert liegt bei 96,19 Punkten ($\pm 4,48$) und der durchschnittliche Wert 5 Jahre nach der Operation beträgt 90,27 Punkte ($\pm 10,96$). Damit ergibt sich eine Differenz von 5,92 Punkten.

Abschließend lässt sich festhalten, dass bezüglich der Wiederherstellung des alltäglichen Aktivitätsniveaus keine eindeutige Entscheidung zugunsten eines Transplantates zu treffen ist.

Auch die Studie von Jäger et al., die sich mit dem Patellarsehnenersatz beschäftigte und die Forschungsgruppe um Williams, die sich mit Semitendinosus-/Gracilistransplantat befasste, zeigten ähnliche Ergebnisse.

Bei Jäger et al. erreichten die Probanden etwa 10 Jahre nach Intervention im Lysholm-Score einen durchschnittlichen Punktwert um 93,6 (57). Die Probanden von Williams et al. erreichten im Durchschnitt 91 Punkte (115).

In der Vergleichsstudie von Pinczewski et al. erreichten beiden Untersuchungsgruppen ähnlich gute Resultate 5 Jahre postoperativ; die Patienten mit Patellarsehnenersatz kamen auf einen Punktwert von 96 im Mittel und die Patienten mit Semitendinosus-/Gracilisersatz erreichten 95 Punkte. Somit sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patientengruppen zu verzeichnen (92).

5.3 Ergebnis des Tegner-Aktivitäts-Scores

Der Tegner-Aktivitäts-Score dient der Erfassung der sportlichen Aktivität des Patienten. Auch dieser Score beruht allein auf den Angaben der Patienten, ohne dass man eine Möglichkeit einer Kontrolle oder Objektivierung hat. Dennoch gab es bei keinem der Patienten Zweifel bezüglich falscher Angaben.

Zum Zeitpunkt der 5-Jahres-Nachuntersuchung zeigt sich folgendes Ergebnis: Die Patienten, die eine Patellarplastik erhalten haben, erreichen einen Wert von durchschnittlich 5,64 Punkten ($\pm 1,69$). Die Gruppe der Patienten mit der Semitendinosus-/Gracilis-Plastik erreicht einen Durchschnittswert von 5,53 Punkten ($\pm 1,60$). Im Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen ergibt sich kein signifikanter Unterschied ($p = 0,847$).

Auch im Tegner-Aktivitäts-Score werden die Ergebnisse der 1-Jahres-Nachuntersuchung fast nivelliert. Es sind lediglich kleine Abweichungen von 0,09 bzw. 0,11 Punkten zu verzeichnen, die keinen relevanten Unterschied ausmachen.

Auffällig ist, dass auch 5 Jahre nach der Rekonstruktion und somit der vermeintlich vollen, funktionellen Wiederherstellung des Kniegelenkes, das ursprüngliche Aktivitätsniveau bezüglich der Sportlichkeit bei weitem nicht erreicht wird.

Der Ausgangswert der Patellagruppe, der zu Beginn der Studie ermittelt wurde, liegt bei 6,80 Punkten ($\pm 1,01$). Somit ergibt sich eine Differenz zur aktuellen Untersuchung von 1,16 Punkten. In der Untersuchungsgruppe Semitendinosus-/Gracilis errechnen wir einen Unterschied von 1,09 Punkten bei einem Ausgangswert von 6,62 Punkten ($\pm 1,12$).

Bezüglich der Wiederherstellung des sportlichen Aktivitätsniveaus kann somit abschließend keine eindeutige Entscheidung zugunsten eines Transplantates getroffen werden.

Damit werden die Ergebnisse anderer Studien untermauert.

In der Studie von Jäger et al. erreichten die Probanden etwa 10 Jahre nach Rekonstruktion mittels Patellarsehne im TAS einen durchschnittlichen Punktwert um 5,2 (57). Die Probanden von Williams et al., die eine Semitendinosus-/Gracilisplastik erhielten, erreichten im Durchschnitt 6 Punkte (115).

In der Vergleichsstudie von Laxdal et al. erreichten beide Untersuchungsgruppen ebenfalls gute Resultate; die Patienten mit Patellarsehnenerersatz kamen im TAS auf einen Punktwert von 6 im Mittel und Patienten mit Semitendinosus-/Gracilisersatz erreichten 7 Punkte. Somit sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patientengruppen zu verzeichnen (70).

5.4 Ergebnis der KT-1000-Untersuchung

Zunächst sei noch einmal auf die Besonderheit hingewiesen, dass wir bei dieser Untersuchung keine Ausgangswerte zum Zeitpunkt vor dem Eintritt der Verletzung erheben konnten. Somit ist das Hauptaugenmerk auf den Verlauf der Untersuchungsergebnisse zu legen.

Bei dieser Untersuchungsmethode gilt es die Differenz zwischen dem verletzten und gesunden Kniegelenk bezüglich seiner Bandstabilität quantitativ zu ermitteln. Eine Differenz von mehr als 3 mm wird als Hinweis auf eine Verletzung im Bereich des vorderen Kreuzbandes gewertet. (28)

Wie zu erwarten, liegen die Werte, die präoperativ (nicht in Narkose) ermittelt wurden nahezu alle im pathologischen Bereich. Diese objektiven Werte bestätigten also das von den Patienten geschilderte Gefühl der Instabilität.

Im weiteren Verlauf der Genesung der Patienten zeigt sich eine stetige Verbesserung der Untersuchungsergebnisse, wobei sich die Gruppen nicht wesentlich von einander unterscheiden. Zum Zeitpunkt der 1-Jahres-Nachuntersuchung erreichen bereits alle Patienten einen Wert unterhalb der 3-mm-Marke.

Erfreulich ist, dass die Ergebnisse der 5-Jahres-Nachuntersuchung eine weitere Verbesserung zeigen. Beide Untersuchungsgruppen bleiben durchschnittlich in allen drei Testsequenzen unterhalb der 2-mm-Differenz (siehe Tabelle „Ergebnisse KT-1000“).

Obwohl die Semitendinosus-Gracilis-Gruppe bessere Werte erreicht als die Vergleichsgruppe, sind die Unterschiede der Ergebnisse sowohl für das „active displacement“ ($p = 0,683$), das „passive displacement“ ($p = 0,451$) wie auch für das „manual maximum displacement“ ($p = 0,217$) nicht signifikant sind.

Lediglich ein Patient mit Patellarsehnenersatz weist eine Seitendifferenz von mehr als 3 mm (in allen Testsequenzen) auf; er gibt auf Befragung aber ein tolerierbares Instabilitätsgefühl an. Es ist anzunehmen, dass er die Bandinstabilität durch einen gut trainierten Muskelapparat partiell kompensiert.

Bezüglich der übrigen Patienten ist festzuhalten, dass niemand sonst eine Seitendifferenz von mehr als 3 mm aufweist und somit davon auszugehen ist, dass bei diesen Patienten 5 Jahre postinterventionell keine erneute Verletzung des vorderen Kreuzbandes eingetreten ist.

Dass kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen zu verzeichnen ist, stellt sich auch in den Studien von Laxdal et al. und Pinczewski et al. heraus. Beide Forschungsgruppen zeigen im Durchschnitt Seit-zu-Seit-Differenzen von ca. 1 – 2 mm sowohl bei Patienten mit Patellarsehnenersatz wie auch bei Patienten mit Semitendinosus-/Gracilisersatz (70, 92).

5.5 Fazit

Abschließend kann man sagen, dass keines der beiden Transplantate – weder die Patellarsehne noch die Semitendinosus-/Gracilissehne – zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes dem jeweils anderen überlegen ist. So muss im Falle einer VKB-Ruptur weiterhin individuell abgewägt werden, welches Transplantat das besser geeignete ist. Die Tatsache, dass beide Operationsverfahren in den Nachuntersuchungen ähnlich gute bis sehr gute Ergebnisse erzielen, bedeutet aber auch, dass meist eine gute Alternative vorhanden ist, z.B. im Falle einer Reruptur oder ähnlichem.

Spindler et al. postulierte, dass die Transplantatwahl für das erfolgreiche Outcome nach Kreuzbandrekonstruktion nicht entscheidend sei (111). Auch diese klinische Studie untermauert diese Vermutung; letztlich sind es andere Faktoren, die für ein positives Outcome verantwortlich sind.

Vor jeder Rekonstruktion eines vorderen Kreuzbandes sollte dennoch mit jedem Patienten individuell erörtert werden, welches Transplantat in Frage kommt. So wurde in vielen Studien gezeigt, dass viele Patienten mit einer Patellarplastik über Beschwerden bei knienden Tätigkeiten klagen (21, 33, 111). Auch in dieser Studie beklagten 2 Patienten mit Patellarsehnenerersatz Schmerzen beim Knie, sodass sie in ihrer Arbeit erheblich eingeschränkt sind. Und da mit dieser Arbeit einmal mehr bestätigt wurde, dass in sonstiger Hinsicht kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Transplantaten besteht, sollte bei Patienten mit überwiegend kniender Tätigkeit z.B. auf eine Semitendinosus-/Gracilissehne als Ersatz zurückgegriffen werden.

6. Literaturverzeichnis

1. Adam, F., Pape, D., Steimer, O., Kohn, D., Rupp, S. (2001) Biomechanische Eigenschaften der Interferenzverschraubung beim Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit Patellar- und Hamstring-Transplantaten. Eine experimentelle Studie mittels Röntgenstereometrieanalyse (RSA). *Orthopäde* 30: 649 – 657
2. Aglietti, P., Buzzi, R., Zaccherotti, G., De Biase, P. (1994) Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 22: 211 – 218
3. Alm, A., Strömberg, B. (1974) Vascular anatomy of the patella and cruciate ligaments. A microangiographic and histologic investigation in the dog. *Acta Chir Scand* 445: 23 – 35
4. Altmann, K. (1964) Zur kausalen Histiogenese des Knorpels. W. Roux's Theorie und experimentelle Wirklichkeit. *Erg Anat Entwickl Gesch* 37: 1 – 167
5. Anderson, A.F., Dome, D.C., Gautam, S., Awh, M.H., Rennirt, G.W. (2001) Correlation of antropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tears. *Am J Sports Med* 29: 58 – 63
6. Arendt, E., Dick, R. (1995) Knee injury patterns among me and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 6: 694 – 701
7. Arnoczky, S.P., Rubin, R.M., Marshall, J.L. (1979) Microvasculature of the cruciate ligaments and its reponse to injury. *J Bone Joint Surg Am* 61: 1221 – 1229
8. Arnoczky, S.P. (1985) Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures. *Orthop Clin North Am* 16: 15 – 27
9. Arnoczky, S.P., Matyas, J.R., Buckwalter, J.A., Amiel, D., (1993) Anatomy of the anterior cruciate ligament. In: *The anterior cruciate ligament: Current and future concept*. Raven press, New York, 5 – 20

- 9.1 Barrett, G.R., Noojin, M.D., Hartzog, C.W., Nash, C.R. (2002) Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament in Females: A Comparison of Hamstring versus Patellar Tendon Autograft. *Arthroscopy* 18: 46 – 54
10. Battle, W. (1900) A case after open section of knee joint for irreducible traumatic dislocation. *Clin Soc London Trans* 33: 232
11. Beynnon, B.D., Johnson, R.J., Fleming, B.C., Kannus, P., Kaplan, M., Samani, J., Renström, P. (2002) Anterior cruciate ligament replacement: Comparison of bone-patellar tendon-bone grafts with two-strand hamstring grafts. *J Bone Joint Surg* 84: 1503 – 1513
12. Boden, B.P., Dean G.S., Feagin J.A. Mechanisms of ACL injury. *Orthopedics*, in press
13. Bostman, O.M., Pihlajamaki, H.K. (2000) Adverse tissue reactions to bioabsorbable fixation devices. *Clin Orthop* 2000: 216 – 227
14. Boszotta, H., Helperstorfer, W. (1994) Long-term results of arthroscopy implantation of a Trevira prosthesis for replacement of anterior cruciate ligament. *Akt Traumatol* 24: 91 – 94
15. Brückner, H. (1966) Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. *Chirurg* 37: 413 – 414
16. Burks, T.R. (1990) Gross anatomy. In: Daniel, D. (ed) *Knee ligaments: Structure function and injury*. Raven press, New York, 59 – 75
17. Butler, D.L., Noyes, F.R., Grood, E.S. (1980) Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. *J Bone Joint Surg Am* 62: 259 – 270
18. Campell, W. (1936) Repair of the ligaments of the knee. Report of a new operation for repair of the anterior cruciate ligament. *Surgery* 62: 964 – 968
19. Claes, L., Ludwig, J., Margevicius, K, Dürselen, L. (1995) Biological response to ligament wear particles. *J Appl Biomater* 6: 35 – 41
20. Clark, J.M., Sidles, J.A. (1990) The interrelation of fiber bundles in the anterior cruciate ligament. *J Orthop Res* 8: 180 – 188

21. Corry, I.S., Webb, J.M., Clingeffer, A.J., Pinczewski, L.A. (1999) Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four-strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med* 27: 444 – 454
22. Dandy, D., Gray, A. (1994) Anterior cruciate ligament reconstruction with the Ledds-Keio prothesis plus extra-articular tenodesis: Results after six years. *J Bone Joint Surg Br* 76: 193 – 197
23. Davies, D.V., Edwards, D.A.W. (1948) The blood supply of the synovial membrane and intraarticular structures. *Ann Roy Coll Surg* 2: 142 – 156
24. Denti, M., Arosio, A., Monteleone, M., Peretti, G. (1990) Preliminary assessment of anterior cruciate ligament reconstruction with Leeds-Keio artificial ligament: *Am J Knee Surg* 13: 432 – 438
25. Drez, D., DeLee, J., Holden, J., Arnoczky, S., Noyes, F., Roberts, T.S. (1991) Anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone allografts. A biological and biomechanical evaluation in goats. *Am J Sports Med* 19: 256 – 263
26. Dt. Ges. F. Orthopädie und orthopäd. Chirurgie und BV d. Ärzte f. Orthopädie (Hrsg.) Leitlinien der Orthopädie. Dt. Ärzte-Verlag, 2. Auflage, Köln 2002
27. Edwards, A.H. (1926) Rupture and repair of the anterior cruciate ligament. *Br J Surg* 13: 432 – 438
28. Elliger-Wimber, C. (2003) Objektive Scores bei Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit Patellar-Sehne oder Semitendinosus-Gracilis-Sehne. Inaugural-Dissertation, pp: 29 – 31
29. Feagin, J., Curl, W. (1976) Isolated tear of the anterior cruciate ligament. 5-year follow-up study. *Am J Sports Med* 4: 95 – 100
30. Felsenreich, F. (1934) Über die Technik der vorderen Kreuzbandplastik mittels gestielter Fascienstreifen. *Zentralbl Chir* 61: 1223 – 1227
31. Fideler, B., Vangsness, C., Bin, L. Orlando, C., Moore, T. (1995) Gamma irradiation: effect on biomechanical properties of human bone-patellar tendon-bone allografts. *Am J Sports Med* 23: 643 – 646

32. Fink C., Hoser C., Benedetto, K.P., Hackl, W., Gabl, M., (1996) Langzeitergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. *Unfallchirurg* 99: 964 – 969
33. Freedman, K.B., D'Amanto, M.J., Nedeff, D.D., Kaz, A., Bach, B.R. (2003) Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Metaanalysis Comparing Patellar Tendon and Hamstring Tendon Autografts. *Am J Sports Med* 31: 2 – 11
34. Fulkerson, J., Langeland, R. (1995) An alternative cruciate reconstruction graft: the central quadriceps tendon. *Arthroscopy* 11: 252 – 254
35. Fuss, F.K. (1989) Anatomy of the cruciate ligaments and their function in extension and flexion of the human knee joint. *Am J Anat* 184: 162 – 176
36. Garrik J.G., Requa R.K. (2001) Anterior cruciate ligament injuries in men and women: How common are they? In: Griffin, L.Y. (ed) *Prevention of noncontact ACL injuries*. American Academy of Orthopaedic Surgeons Rosemont, Ill
37. Gillquist, J, Odensten, M (1993) Reconstruction of old anterior cruciate ligament tears with with a Dacron prothesis – A prospective study. *Am J Sports Med* 21: 358 – 366
38. Glousman, R., Shields, C., Kerlari, R., Jobe, F., Lombardo, S., Yocum, L., Tibone, J., Gambardella, R (1988) Gore-Tex prosthetic ligament in anterior cruciate deficient knees. *Am J Sports Med* 16: 321 – 326
- 38.1 Gobbi, A., Mahajan, S., Zanazzo, M., Tuy, B. (2003) Patellar Tendon versus Quadrupled Bone-Semitendinosus Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Clinical Investigastion in Athletes. *Arthroscopy* 19: 592 – 601
39. Goetjes H. (1913) Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenkes. *Dtsch Z Chir* 123: 221 – 289
40. Gold, E. (1928) Vollständiger plastischer Ersatz des vorderen Kreuzbandes und funktionell-anatomische Wiederherstellung desselben. *Dtsch Z Chir* 213: 120 – 127
41. Grontvedt, T., Engebretsen, L., Benum, P., Fasting, O., Molster A., Strand, T. (1996) A prospective randomized study of three operations for

- acute rupture of the anterior cruciate ligament. Five-year follow-up of one hundred and thirty-one patients. *J Bone Joint Surg Am* 78: 159 – 168
42. Grontvedt, T., Engebretsen, L., Bretland, T. (1996) 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 Am* 78: 817 – 822
43. Grood, E.S., Noyes F.R., Butler, D.L., Suntay, W.L. (1981) Ligamentous and capsular restraints preventing straight medial and lateral laxity in intact human cadaver knee. *J Bone Joint Surg Am* 70: 1257 – 1269
44. Grüber, J., Wolter, D., Lierse, W. (1986) Der vordere Kreuzbandreflex (LCA Reflex). *Unfallchirurg* 89: 551 – 554
45. Harner, C.D., Baek, G.H., Vogrin, T.M., Carlin, G.J., Kashiwaguchi, S., Woo, S.L.Y. (1999) Quantative analysis of anterior cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* 15: 741 – 749
46. Harner, C.D., Irrgang, J.J., Paul, J., Dearwater, S., Fu, F.H. (1992) Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 20: 499 – 506
47. Harner, C.D., Paulos, E., Greenwald, A.E. (1994) Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1: 37 – 43
48. Hefti, E., Müller, W. (1993) Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. Das neue IKDC-Knie-Evaluationsblatt. *Orthopäde* 22: 351 – 362
49. Hertel, P. (1996) Frische und alte Kniebandverletzungen. *Unfallchirurg* 99: 686 – 700
50. Hesse, E. (1914) Über den Ersatz der Kreuzbänder des Kniegelenks durch freie Fascientransplantation. *Verh Dtsch Ges Chir* 43: 188 – 189
51. Hey-Groves E.W. (1920) The crucial ligaments of the knee joint; their function, rupture and the operative treatment of the same. *Br J Surg* 7: 505 – 515

52. Howell, S.M., Clark, J.A., Farley, T.E. (1991) A rationale for predicting anterior cruciate graft impingement by the intercondylar roof. *Am J Sports Med* 19: 276 – 282
53. Hungervorst, T., Brand, R.A. (1998) Current concepts review – Mechanoreceptors in joint function. *J Bone Joint Surg Am* 80: 1365 – 1378
- 53.1 Ireland, M.L (1999) Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes: Epidemiology. *Journal of Athletic Training* 34: 150 – 154
54. Janik, B. (1955) *Die Kreuzbandverletzungen des Kniegelenks*. DeGryter, Berlin
55. Jackson, D., Windler, G, Simon, T (1990) Intra-articular reactions associated with the use of freeze-dried, ethylene oxid-sterilized bone-patellar tendon-bone allografts in the reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 18: 1 – 11
56. Jackson, D.W., Schaefer, R.K. (1990) Cyclops syndrome. Loss of extension following intraarticular anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 6: 771 – 778
57. Jäger, A., Welsch, F., Braune, C., Eberhardt, C., Kappler, C. (2003) 10-Jahres-Ergebnisse nach arthroskopischer vorderer Kreuzbandrekonstruktion mit dem Patellarsehnentransplantat. *Z Orthop* 141: 42 – 47
58. Jenson, K, Klein, W. (1990) Probleme und Komplikationen beim künstlichen Kreuzbandersatz. *Arthroskopie* 3: 15 – 23
59. Jirasek, A. (1932) Über Knieverletzungen: Verletzungen der Kreuzbänder. *Dtsch Z Chir* 235: 484 – 522
60. Jones, K.G. (1963) Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 45: 925 – 932
61. Kennedy, J.C., Weinberg, H.W., Wilson, A.S. (1974) The anatomy and function of the anterior cruciate ligament: as determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am* 56: 223 – 235

62. Kohn, D., Busche, T., Carls, J. (1998) Drill hole position in endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Results of an advanced arthroscopy course. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 13 – 15
63. Kohn, D., Schneider, G., Dienst, N., Rupp, S. (2002) Diagnostik der Ruptur des vorderen Kreuzbandes. *Der Orthopäde* 8: 719 – 729
64. Klein, W., Jensen, K. (1992) Synovitis and artificial ligaments. *Arthroscopy* 8: 116 – 124
65. Kleipool, A., Zijl, J., Wilmes, W. (1998) Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone allograft or autograft: A prospective study with an average follow-up of 4 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 224 – 230
66. Küllmer, K., Letsch, R., Schmit-Neuerburg, K.P., Turowski, B. (1996) Arthroseprogression nach alloplastischer Kreuzbandoperation – Welche Faktoren spielen eine Rolle? *Unfallchirurgie* 22: 130 – 138
67. Kummer, B., Yamamoto (1988) Funktionelle Anatomie der Kreuzbänder. *Arthroskopie* 1: 2 – 10
68. Lambson, R.B., Barnhill, B.S., Higgins, R.W. (1996) Football cleat design and its effect on anterior cruciate ligament injuries: a three-year prospective study. *Am J Sports Med* 24: 155 – 159
69. Larson, R. (1974) Rating sheet for knee function. In: Smillie I (ed) *Diseases of the knee joint*. Churchill Livingstone, Edinburgh, pp 29 – 30
70. Laxdal, G., Kartus, J., Hansson, L., Heidvall, M., Ejerhed, L., Karlsson, J. (2005) A prospective randomized comparison of bone-patellar tendon-bone and hamstring grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 21: 34 – 42
71. Lexer, E. (1931) *Die gesamte Wiederherstellungschirurgie*. Barth, Leipzig
72. Lindemann, K. (1950) Über den plastischen Ersatz der Kreuzbänder durch gestielte Sehnenverpflanzung. *Z Orthop* 79: 316 – 334
73. Liu, S.H., Al-Shaikh, R.A., Panossian, V. (1997) Estrogen affects the cellular metabolism of the anterior cruciate ligament: a potential explanation for female athletic injury. *Am J Sports Med* 25: 704 – 709

74. Lobenhoffer, P., Tausendfreund, J., Zeichen, J., Bosch, U. (1999) Operative Therapie der Arthrofibrose. *Arthroskopie* 12: 252 – 259
75. Lysholm, J., Gillquist J. (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with spezial emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10: 150 – 154
76. Madry, H. (2002) Gentransfer in der Kreuzbandchirurgie. *Orthopäde* 31: 799 – 809
77. Markolf, K.L., Gorek, J.K., Kabo, J.M., Shapiro, M.S. (1990) Direct measurement of resultant forces in the anterior cruciate ligament: an in vitro study performed with a new experimental technique. *J Bone Joint Surg Am* 72: 557 – 567
78. Markolf, K.L., Mensch, J.S., Amstutz, H.C. (1976) Stiffness and laxity of the knee – the contribution of the supporting structures. *J Bone Joint Surg Am* 58: 583 – 593
79. Matti, H. (1918) Ersatz des gerissenen vorderen Kreuzbandes durch extraartikuläre freie Faszientransplantation. *Münch Med Wochenschr* 17: 451 – 452
80. MEDmetric®, Knee Ligament ARTHROMETER®, Model KT-1000 TM
81. Müller, W. (1982) Das Knie. Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. Berlin, Heidelberg, New York
82. Murell, G.A., Maddali, S., Horovitz, L., Oakley, S.P., Warren, R.F. (2001) The effects of time course after anterior cruciate ligament injury in correlation with meniscal and cartilage loss. *Am J Sports Med* 29: 9 – 14
83. Neumann, K., Ekkernkamp, A. (1995) Sinn und Unsinn von Kreuzbandprothesen. *Chirurg* 66: 1079 – 1084
84. Norwood, L.A. jr., Cross, M.J. (1977) The intercondylar shelf and the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 5: 171 – 176
85. Noyes F., Barber-Westin, S. (1993) Allograft reconstruction of the anterior and posterior cruciate ligaments: Report of ten-year experience and results. *Instr Course Lect* 42: 381 – 396

86. Odensten, M., Gillquist, J. (1985) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 67: 257 – 262
87. Pässler, H., Stadler, J., Berger, R. (1987) Erste Ergebnisse der operativen Behandlung 200 veralteten Kreuzbandrupturen mit einem Kunststoffband. *Hefte Unfallheilkd* 189: 963 – 963
88. Palmer, I. (1938) On the injuries to the ligaments of the knee joint. *Acta Chir Scand* 69: 43 – 62
89. Petersen, W., Hansen, U. (1996) Blood supply of the anterior cruciate ligament. An immunohistochemical study in human cadavers. *J Orthop Sci* 5: 332 – 334
90. Petersen, W., Tillmann, B. (2002) Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Orthopäde* 31: 710 – 718
91. Petersen, R., Shelton, W., Bomboy, A. (2000) Allograft versus autograft anterior cruciate ligament reconstruction: A 5 year follow-up. *Arthroscopy* 17: 9 – 13
92. Pinczewski, L.A., Deehan, D.J., Salmon L.J., Russell, V.J., Clingeleffer, A. (2002) A five-year comparison of patellar tendon versus four-strand hamstring tendon autograft for arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 30: 523 – 536
93. Pfab, B. (1927) Zur Blutversorgung der Menisci und Kreuzbänder. *Dtsch Z Chir* 205: 258 – 264
94. Posthuma, B.W., Bass, M.J., Bull, S.B. (1987) Detecting changes in functional ability in woman with premenstrual syndrome. *Am J Obstet Gynecol* 156: 275 – 278
95. Richmond, J., Manseau, C., Patz, R., Mc Conville, O. (1992) Anterior ligament reconstruction using a Dacron prosthesis : A long term study. *Am J Sports Med* 20: 24 – 28
96. Roberts, T.S., Drez, D., McCarthy, W., Paine, R. (1991) Anterior cruciate reconstruction using freeze-dried, ethylene oxid-sterilized bone-patellar tendon-bone allografts. *Am J Sports Med* 19: 35 – 41

97. Robson, A.W. Mayo (1903) Ruptured crucial ligaments and their repair by operation. *Ann Surg* 37: 716 – 718
98. Rodeo, S.A., Suzuki, K., Deng, X.H., Wozney, J., Warren, R.F. (1999) Use of recombinant human bone morphogenetic protein-2 to enhance tendon healing in a bone tunnel. *Am J Sports Med* 27: 476 – 488
99. Rogachefsky, R.A., Dean, D.D., Howell, D.S., Altmann, R.D. (1993) Treatment of canine osteoarthritis with insuline-like growth-factor-1 (IGF-1) and sodium pentosan polysulfate. *Osteoarthritis Cartil* 1: 10 – 114
100. Ross, H., Adalberth, T., Dahlberg, L., Lohmander L.S., (1995) Osteoarthritis of the knee after injury to the anterior cruciate ligament and meniscus: the influence of time and age. *Osteoarthritis Cartil* 3: 261 – 267
101. Rubin, R.M., Marshall, J.L. (1976) Vascular anatoy of the cruciate ligaments in the dog – normal and injured states. *Trans Orthop Res Soc* 1: 148
102. Rupp, S., Kohn, D. (2002) Vorderes Kreuzband im Mittelpunkt des Interesses. *Orthopäde* 31: 701
103. Savarese, A., Lunghi, E., Budassi, P., Agosti, A. (1993) Remarks on the complications following ACL reconstruction using synthetic ligaments. *Ital J Orthop Traumatol* 19: 79 – 86
104. Scapinelli, R. (1968) Studies on the vasculature of the human knee joint. *Am Anat* 70: 305 – 331
105. Schmid, F. (1996) Die Verletzung des medialen Seitenbandes und des vorderen Kreuzbandes am Kniegelenk und ihre operative funktionelle Behandlung nach Lemaire. *Unfallchirurgie* 22: 124 – 129
106. Schiebler, T.H., Schmidt W., Zilles, K. (Springer-Verlag, 8. Auflage, 1999) *Anatomie*. 336 – 337
107. Seiler, H., Frank, H.R. (1993) Suture of the anterior cruciate ligament – what is the real value of this method? *Unfallchirurg* 96: 443 – 450
108. Sellers, R.S., Zhang, R., Glasson, S.S. et al. (2000) Repair of articular cartilage defects one year after treatment with recombinat human bone morphogenetic protein-2 (rhRMP-2). *J Bone Joint Surg Am* 82: 151 – 160

109. Shelbourne, K.D., Patel, D.V., Martini, D. (1996) Classification and management of arthrofibrosis of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 24: 857 – 862
110. Shelton, W., Papendick, L., Dukes A. (1997) Autograft versus allograft anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 13: 446 – 449
111. Spindler, K.P., Kuhn, J.E., Freedman, K.B., Matthews, C.E., Dittus, R.S., Harrell, F. (2004) Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Autograft Choice: Bone-Tendon-Bone versus Hamstring. *Am J Sports Med* 32: 1986 – 1995
112. Takeda, Y., Xerogeanes, J.W., Livesay, G.A., Fu, F.H., Woo, S.L.Y. (1994) Biomechanical function of the anterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 10: 140 – 147
- 113.1 Tegner, Y., Lysholm, J. (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop* 198: 43 – 49
113. Tifford, C.D., Spero, L., Luke, T., Plancher, K.D. (2000) The relationship of the infrapatellar branches of the saphenous nerve to arthroscopy portals and incisions for anterior cruciate ligament surgery – an anatomic study. *Am J Sports Med* 28: 562 – 567
114. Torg J.S., Conrad, W., Kalen, V. (1976) Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 4: 84 – 93
115. Williams, R. J., Hyman, J., Petrigliano, F., Rozental, T., Wickiewicz, T.L. (2004) Anterior cruciate ligament reconstruction with a four-strand hamstring tendon autograft. *J Bone Joint Surg* 86: 225 – 232
116. Wittek, A. (1935) Kreuzbandersatz aus dem Lig. Patellae (nach zur Verth). *Schweiz Med Wochenschr* 65: 103 – 104
117. Wojtys, E.M., Huston, L.J., Ashton-Miller, J.A. (1998) Active knee stiffness differences between young men and women. Presented at the annual meeting of the American Orthopaedic Society of Sports Medicine, July 12 – 15, Vancouver, British Columbia
118. Wojtys, E.M., Huston, L.J., Lindenfeld, T.N. (1998) Association between the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *Am J Sports Med* 26: 614 – 619

119. Woo, S.L.Y. (1987) Treatment of the medial collateral ligament injury. I: The importance of anterior cruciate ligament on the varus and valgus laxity. *Am J Sports Med* 15: 15 – 29
120. Wredmark, T., Engstrom B. (1993) Five-year results of anterior cruciate ligament reconstruction with Stryker Dacron high strength ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1: 71 – 75
121. Yunes, M., Richmond, J.C, Engels, E.A., Pinczewski, L.A. (2001) Patellar Versus Hamstring Tendons in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Meta-analysis. *Arthroscopy* 17: 248 – 257
122. Zur Verth (1933) Aussprache 27. Kongress, 5.-7. Sept. 1932, Mannheim. *Verh Dtsch Orthop Ges*, 268 – 270

8. Lebenslauf

<u>Persönliche Daten:</u>	Sandra Kesting Geboren am 07.09.1980 in Arnsberg Wohnhaft in 59071 Hamm, Westfalen	
<u>Eltern:</u>	Bernward Hartmut Kesting Reinhild Kesting geb. Frieg	
<u>Geschwister:</u>	Susanne Kesting	
<u>Schulabschluss:</u>	Mai 2000	Allgemeine Hochschulreife Freiherr-vom-Stein Gymnasium, Hamm
<u>Hochschulbildung:</u>	2000 bis 2001	Studium der Politikwissenschaft (WWU Münster)
	2001 bis 2007	Studium der Humanmedizin (WWU Münster)
<u>Famulaturen:</u>	Herbst 2003	Arbeits- und Betriebsmedizin (Werkarztzentrum Hamm e.V., Dr. M. Groß)
	Frühjahr 2004	Chirurgie, SP Hand- und Wiederherstellungschirurgie (Malteserkrankenhaus Hamm, Prof. Dr. H. Towfigh)
	Herbst 2004	Pathologie, SP Brustkrebs (Klinikum Nord in Bremen, Prof. Dr. Bonk)
<u>Praktisches Jahr:</u>	1. Tertial	Chirurgie, SP Unfallchirurgie und Gefäßchirurgie (St. Marienhospital Hamm, A. Kraft und Dr. Nüsser)
	2. Tertial	Orthopädie, SP Endoprothetik und Handchirurgie (SRO Langenthal, Schweiz, Dr. Boss und Dr. Kurzen)
	3. Tertial	Innere Medizin, SP Kardiologie (St. Marienhospital Hamm, Prof. Dr. Böcker)
<u>Prüfungen:</u>	März 2003	Ärztliche Vorprüfung
	April-Juni 2007	Ärztliche Prüfung

Auslandsaufenthalt: Juni 2006 bis Oktober 2006 2. Tertial des Praktischen Jahres
SRO Langenthal, Schweiz

Berufliche Tätigkeit: seit August 2007 Assistenzärztin,
Radiologisches Institut Hamm
(St. Barbara-Klinik Heessen,
St. Marien-Hospital Hamm)

Freizeitaktivitäten: Fotografieren, Lesen, Gesellschaftsspiele