

**Aus der Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie
der Medizinischen Fakultät der Charité - Universitätsmedizin Berlin
und der chirurgischen und unfallchirurgischen Praxis
von Professor Dr. med. Moazami-Goudarzi in Berlin**

DISSERTATION

**SPÄTERGEBNISSE DER KLINISCHEN NACHUNTERSUCHUNG DER
VORDEREN KREUZBAND- ERSATZPLASTIK UNTER VERWENDUNG VON
BIORESORBIERBAREN INTERFERENZSCHRAUBEN**

Zur Erlangung des akademischen Grades Doctor medicinae (Dr. med.)

**Vorgelegt der Medizinischen Fakultät der Charité –
Universitätsmedizin Berlin**

Von

**Klaus Brackmann
aus Osnabrück**

Gutachter/in: 1. Prof. Dr. med. Y. M. Goudarzi
 2. Prof. Dr. med. P. Hertel
 3. Prof. Dr. med. U. Stöckle

Datum der Promotion: 18. 09. 2009

Inhaltsverzeichnis	Seite
A. Allgemeiner Teil	
1. Einleitung	5
2. Zielsetzung	7
3. Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes	8
3.1. Femur	8
3.2. Tibia	8
3.3. Patella	8
3.4. Menisken	10
3.5. Muskulatur	12
3.6. Kapselbandapparat und vorderes Kreuzband	14
3.7. Entwicklungsgeschichte des Kniegelenkes	16
4. Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes	18
5. Diagnostik der vorderen Kreuzbandruptur	
5.1. Anamnese	20
5.2. Klinische Untersuchung	21
5.2.1. Inspektion und Palpation	21
5.2.2. Beweglichkeit	22
5.2.3. Grobe Kraft	22
5.2.4. Stabilität	22
5.2.5. Schubladenphänomen	22
5.2.6. Lachmann-Test	23
5.2.7. Pivot-Shift Phänomen	24
5.3. Radiologische Untersuchung	24
5.4. Arthroskopie	25
5.5. Computertomographie	25
5.6. Kernspintomographie	25
5.7. Ultraschall	26
5.8. Untersuchung in Narkose	27
6. Behandlungsstrategien der vorderen Kreuzbandruptur	
6.1. Konservative Behandlung	28
6.2. Operative Behandlung	28
6.2.1. Kreuzbandnaht und Refixation	29
6.2.2. Augmentationstechniken	29
6.2.3. Semitendinosusplastik	30
6.2.4. Patellarsehnenplastik	30
6.3. Postoperative Behandlung	30
6.4. Methoden der subjektiven Zustandsbeurteilung	32
6.4.1. Der Lysholm-Score	32
6.4.2. Der Tegner-Aktivitäts-Score	32
6.4.3. IKDC-Score	33
7. Implantationsmaterial	
7.1. Titanschrauben	34
7.2. Bioresorbierbare Schrauben	34

B. Spezieller Teil

8. Patienten und Methoden

8.1.	Operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes	39
8.2.	Patientengruppen	40
8.3.	Postoperative Behandlung	40
8.4.	Nachuntersuchung und Datenerhebung	44
8.5.	Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung	45
8.6.	Bewertungsschema des Lysholm-Scores	45
8.7.	Statistische Verfahren	46

9. Ergebnisse

9.1 Präoperative Parameter in Kohorte 1 und 2

9.1.1.	Alter	48
9.1.2.	Geschlecht	49
9.1.3.	Seite des betroffenen Kniegelenks	49
9.1.4.	Unfallart	50
9.1.5.	Begleitverletzungen	51

9.2. Postoperative Parameter in Kohorte 1 und 2

9.2.1.	Postoperative Komplikationen	52	
9.2.2.	Subjektive Beurteilung durch den Patienten	52	
9.2.3.	Knieschmerzen	Lysholm-Score Kriterium 1	53
9.2.4.	Instabilitätsgefühl	Lysholm-Score Kriterium 2	53
9.2.5.	Treppensteigen	Lysholm-Score Kriterium 3	54
9.2.6.	Knieschwellung	Lysholm-Score Kriterium 4	54
9.2.7.	Blockaden	Lysholm-Score Kriterium 5	55
9.2.8.	Hocken	Lysholm-Score Kriterium 6	55
9.2.9.	Muskelverminderung	Lysholm-Score Kriterium 7	55
9.2.10.	Leistungsfähigkeit	Lysholm-Score Kriterium 8	56

9.3. Postoperative Parameter in Kohorte 1

9.3.1.	Behandlungsdauer in Tagen	56
9.3.2.	Kniestellung	57
9.3.3.	Vorbehandlung	57

9.4. Das Gesamtergebnis des Lysholm-Scores in Abhängigkeit patientenspezifischer Parameter in Kohorte 1

9.4.1.	Lysholm-Score und Geschlecht	57
9.4.2.	Lysholm-Score und Alter	57
9.4.3.	Lysholm-Score und Seite des betroffenen Kniegelenks	59
9.4.4.	Lysholm-Score und Unfallursache	59
9.4.5.	Lysholm-Score und Art zusätzlicher Verletzungen	60
9.4.6.	Lysholm-Score und Anzahl zusätzlicher Verletzungen	60

C. Diskussion	61
D. Zusammenfassung	71
E. Literaturverzeichnis	72
F. Danksagung	80
G. Lebenslauf	81

A. Allgemeiner Teil

1. Einleitung

Das Kniegelenk ist wegen seiner speziellen Konstruktion, seiner hohen Belastung und seiner exponierten Lage das am häufigsten betroffene Gelenk bei Sportunfällen (35). Die Zunahme dieser Verletzungen läßt sich durch erhöhte sportliche Aktivität im Breitensport (z.B. Ski-Alpin), durch zunehmende Leistungsdichte im Spitzensport, und durch eine Ganz-Jahres-Belastung (z.B. Profi-Fußball), sowie der Zunahme von Risikosportarten (z.B. Snowboard, Inline-Skaten) begründen. Darüber hinaus werden durch eine verbesserte klinische (Lachmann-Test, Pivot-Shift-Test), apparative (MRT) und arthroskopische Diagnostik mehr Kniegelenksverletzungen erfaßt. Das vordere Kreuzband ist dabei das meist verletzte Band des Kniegelenkes (54).

So konnte eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes bei 300 Amateurfußballern innerhalb von 2 Jahren mit einer Rate von 23% nachgewiesen werden (30). In den USA wurde die Zahl der Kreuzbandrisse, die durch Skifahren verursacht werden, auf 100.000 geschätzt (21). In Deutschland wird die Gesamtzahl der frischen Kreuzbandrupturen mit 100.000 angegeben (Statistisches Bundesamt der Bundesrepublik Deutschland Gesundheitsbericht 1998). Gemeinhin wird für entwickelte Industrieländer eine jährliche Inzidenz der frischen vorderen Kreuzbandruptur von 1/1000 angegeben.

Die Kreuzbänder des Kniegelenkes werden zum ersten Mal in einem ägyptischen Bericht um 3000 v.Chr. erwähnt. Etwas später beschreibt Hippokrates (460-370 v.Chr.) die Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. Im Jahre 1845 erscheint zum ersten Mal ein Bericht über die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (11). Die ersten Operationen am vorderen Kreuzband fanden vor etwa 100 Jahren statt und die erste Kreuzbandnaht wurde wahrscheinlich im Jahr 1895 von Mayo Robson durchgeführt, was im Jahre 1903 im Rahmen einer Nachuntersuchung berichtet wird (71). Er fixierte bei einem Bergarbeiter die Kreuzbänder wieder an ihren Ansatzpunkten am Femur. Der Patient war daraufhin fast beschwerdefrei und wieder arbeitsfähig. In den letzten 15 Jahren hat die Kreuzbandchirurgie im Hinblick auf Indikationsstellung und Operationstechnik einen großen Wandel durchgemacht und

ist inzwischen zur Routineoperation geworden (36;72). Eine der letzten Errungenschaften der operativen Medizin in diesem Gebiet ist die Verwendung von bioresorbierbaren Schrauben.

Wenn das vordere Kreuzband reißt, resultiert daraus eine mechanische Instabilität des Kniegelenkes, woraus wiederum sekundär eine hohe Rate von Meniskus- und Knorpelschäden und langfristig Instabilitätsarthrosen entstehen können (23). Daher muß es das Ziel einer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur sein, möglichst frühzeitig und vollständig sowohl die Langzeitstabilität als auch die volle Gelenkfunktion wiederherzustellen. Der ‚Golden Standard‘ der operativen Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur ist die autologe Kreuzbandplastik-Operation mit einem Ligamentum patellae oder einem Semitendinosussehnen-Transplantat (89).

Trotz enormer Fortschritte der Operationstechnik mittels einer autologen Ersatzplastik werden in größeren Studien Komplikationsraten von bis zu 20% angegeben (72). Deshalb bleibt die Indikationsstellung zur operativen Versorgung auch weiterhin eine schwierige und verantwortungsvolle Entscheidung für Arzt und Patienten. Um die Erwartungen an die Operation erfüllen zu können, muß eine Vielzahl von beeinflussenden Faktoren berücksichtigt werden. Eine restitutio ad integrum ist bisher nicht möglich. Ob eine Operation eines gerissenen vorderen Kreuzbandes im Sinne einer Arthroseprävention wirken kann, ist bis jetzt, trotz vorhandener Langzeitstudien, noch unklar.

In den letzten 10 Jahren wurden zahlreiche kurz-, mittel- und langfristige Nachuntersuchungsergebnisse nach Kreuzbandoperation zu den vielfältigsten Fragestellungen veröffentlicht (1;28;42;69;72;75;85). Die Verwendung bioresorbierbaren Fixierungsmaterials bei der vorderen Kreuzbandruptur wurde hingegen erst in wenigen Publikationen evaluiert (17;90).

2. Zielsetzung

Die operative Verankerung eines Patellarsehnentransplantats bei vorderer Kreuzbandruptur wurde, wie viele andere Transplantatfixierungen, bis vor wenigen Jahren hauptsächlich mit Titanschrauben vorgenommen. Seit Mitte der 80er Jahre kommen jedoch auch zunehmend bioresorbierbare Schraubenfixierungen zur Anwendung. Bisher liegen, vor allem im deutschsprachigen Raum, noch sehr wenige Nachuntersuchungsergebnisse der Operation einer vorderen Kreuzbandruptur unter Verwendung von bioresorbierbarem Fixierungsmaterial vor.

Ziel dieser Arbeit ist es, die subjektive Einschätzung der Kniestabilität in einem relativ homogenen Patientenkollektiv, bei dem das Patellarsehnentransplantat als Kreuzbandersatz mit bioresorbierbaren Schrauben fixiert wurde, nach der Operation mit Hilfe des Lysholm-Scores zu untersuchen und diese Ergebnisse mit den Werten von Patienten, die mit Titanschrauben versorgt wurden, zu vergleichen.

Hierbei soll geklärt werden, ob die Ergebnisse der mit bioresorbierbarem Fixierungsmaterial operierten Patienten zufriedenstellend sind, und wie die Ergebnisse im Vergleich zu den Methoden und Ergebnissen anderer Autoren aussehen.

3. Anatomie und Biomechanik des Kniegelenks

3.1. Femur

Der Femur (Oberschenkelbein) ist der längste und schwerste Röhrenknochen des Menschen. Er besteht aus Schenkelkopf, Schenkelhals, Schaft und distalem Endstück. Das distale, verdickte Femurende trägt zwei stark konvexe Gelenkhöcker (Femurkondylen) zur Verbindung mit der Tibia, den größeren Condylus medialis und den Condylus lateralis, die durch die Fossa intercondylaris getrennt sind. Für Kapselbandverletzungen sind die beiden Femurkondylen und die von ihnen gebildete Fossa intercondylaris, von der die Kreuzbänder entspringen, von besonderer Bedeutung.

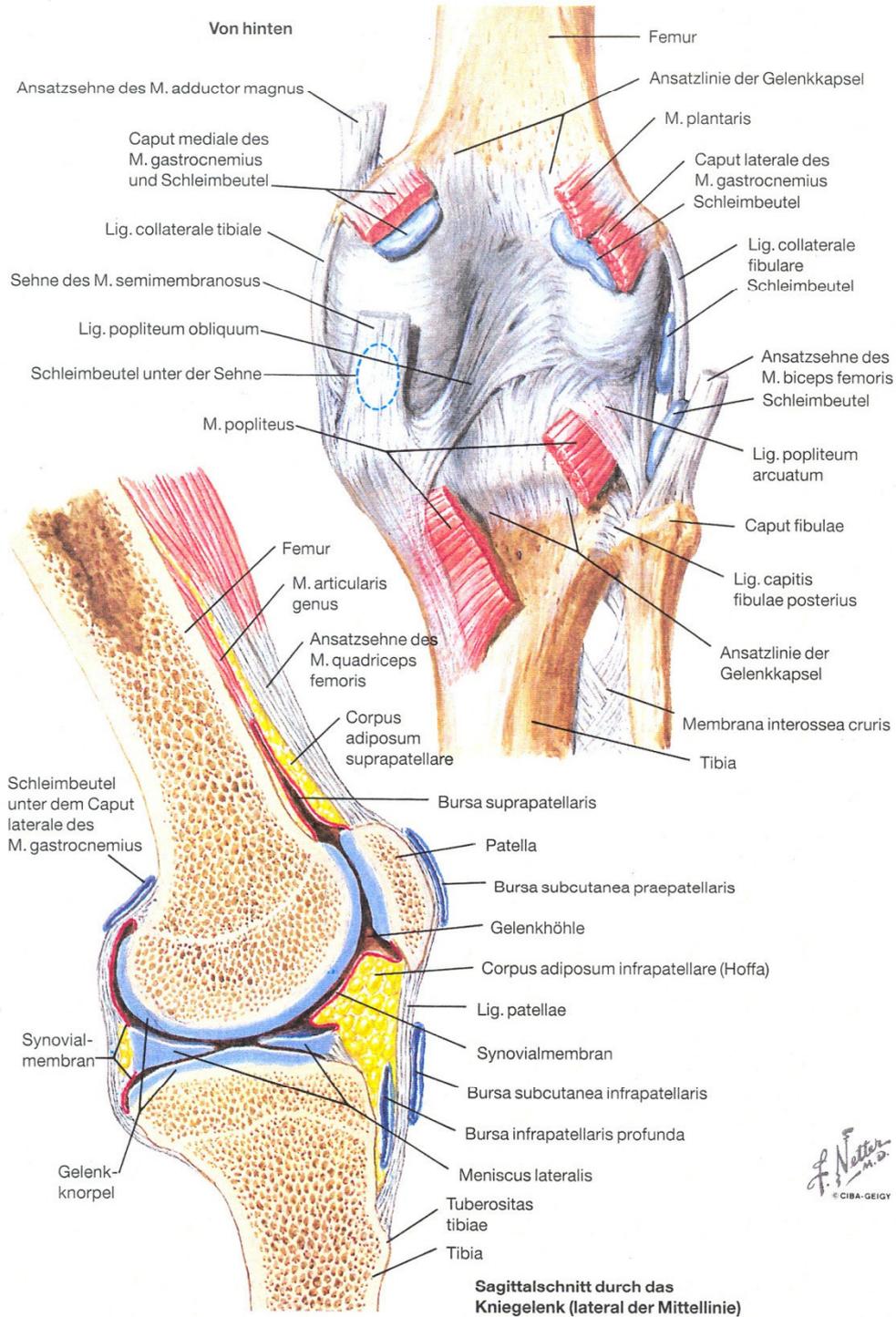
3.2. Tibia

Die Tibia (Schienbein) bildet mit der Fibula (Wadenbein) den knöchernen Anteil des Unterschenkels. Die Tibia verbreitert sich zum Kniegelenk hin zum Tibiakopf (Schienbeinkopf) mit den beiden Tibiakondylen, zwei knorpelig überzogenen Gelenkflächen, zwischen denen eine knorpelfreie Zone, die sog. Eminentia intercondylaris, liegt. Zwei kleine Einmündungen nehmen die Kondylen des Femurkopfes auf.

3.3. Patella

Damit die vordere Oberschenkelmuskulatur bei gebeugtem Knie günstig die Kraft auf den Unterschenkel übertragen kann, benötigt das Kniegelenk einen Abstandhalter. Dieser Abstandhalter ist die Patella (Kniescheibe), welche als eine Art Kraftumleiter funktioniert. Sie ist ein platter Knochen oder Sesambein, der in die Sehne des M. quadriceps femoris eingelagert ist. Proximal besitzt der dreiseitige Knochen eine breite Basis und distal ein zugespitztes Ende, von dem das Ligamentum patellae ausgeht. Die Hinterfläche der Patella ist mit Knorpel überzogen um mit dem Femur artikulieren zu können (s. Abb. 1).

Kniegelenk (Articulatio genus) (Fortsetzung)



F. Netter M.D.
© CIBA-GEIGY

Abb. 1

3.4. Menisken

Die Menisken sind verformbare Scheiben, die in ihrer Gestalt einem „c“ ähnlich sind. Das Baumaterial gleicht einem Faserknorpel. Der Querschnitt ist keilförmig, wobei der äußere, verdickte Rand mit der Gelenkkapsel verwachsen ist. Die Menisken haben die Funktion, die Kraft als Stoßdämpfer vom Oberschenkel auf den Unterschenkel zu übertragen. Durch ihre keilförmige Gestalt füllen die Menisken die Lücke zwischen den runden Femurkondylen und dem Tibiaplateau. Bei Bewegung passen die elastischen Menisken sich an und haben als „Seitenbegrenzer“ eine stabilisierende Funktion. Durch die Menisken wird die Gelenkflüssigkeit besser verteilt. Im Gegensatz zu dem dem Tibiaplateau entsprechenden deutlich größeren halbmondförmigen Meniskus medialis (Innenmeniskus) bildet der Meniskus lateralis (Außenmeniskus) einen nahezu geschlossenen Ring. Ähnlich dem Innenmeniskus ist auch der äußere Meniskus mit seinem Vorderhorn an der Area intercondylaris anterior, und mit seinem Hinterhorn an der Area posterior fixiert (s. Abb. 2).

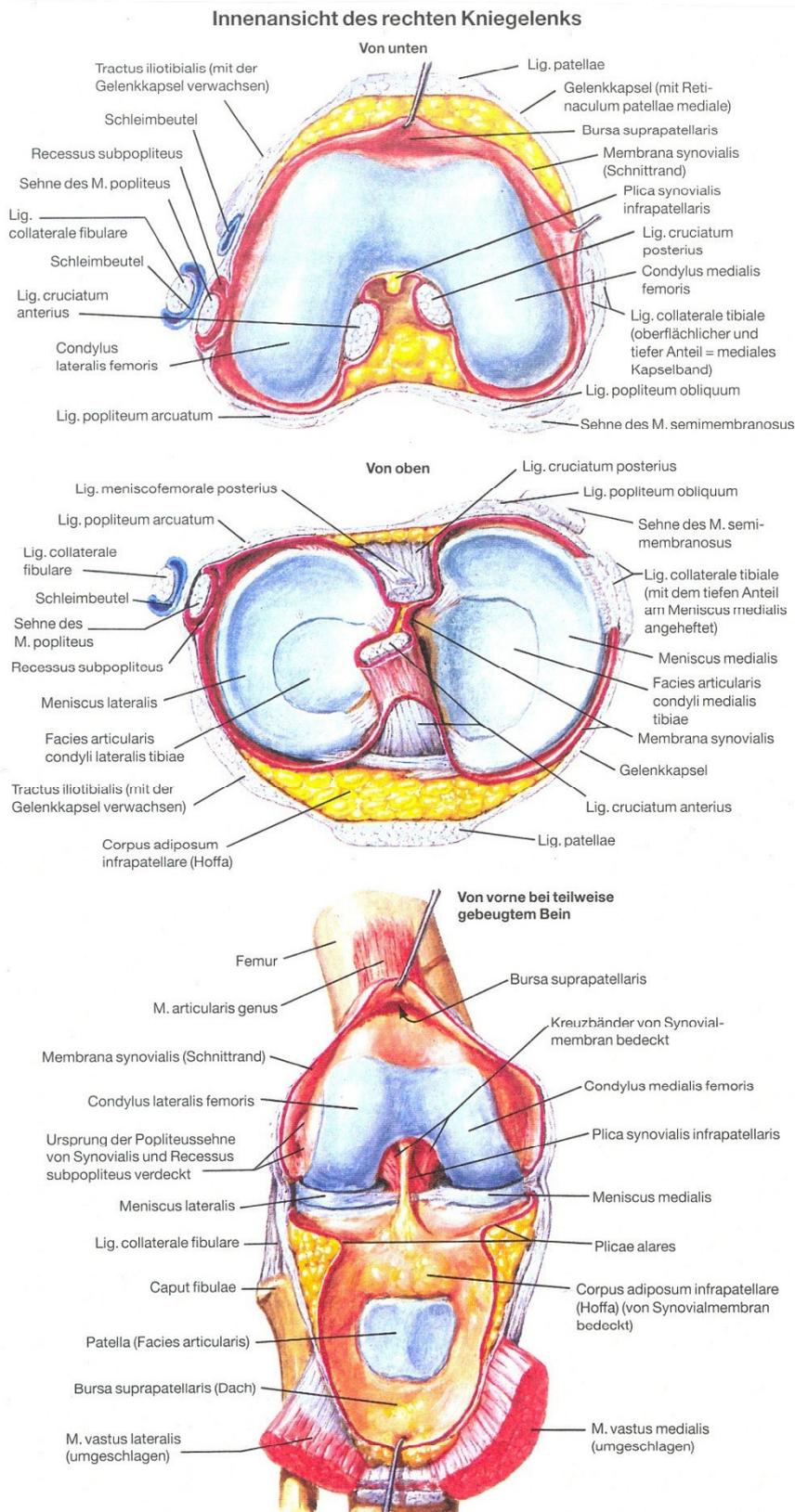


Abb. 2

3.5. Muskulatur

Man kann die Muskeln, die das Kniegelenk umspannen, in zwei synergistische Gruppen teilen: 1) die Gruppe des M. quadriceps femoris und 2) die Kniebeugermuskulatur. Gemeinsam sind sie für die Rotation verantwortlich.

Gelenke können ohne Interaktion mit den sie umgebenden Muskeln nicht arbeiten, und umgekehrt beeinflusst die Gelenkstellung die Muskelwirkung. Wenn sich die Gelenkstellung ändert, dann ändert sich ebenfalls die Wirkungslinie eines betroffenen Muskels, indem sie sich dem Gelenk nähert oder sich von ihm entfernt. Darüber hinaus wird die Länge der Muskeln, die von Propriozeptoren registriert und reguliert wird, von der Gelenkstellung beeinflusst. Dabei passen sich die Muskelfasern der Längenänderung an, wenn Änderungen der Gelenkstellung auftreten (76).

Wichtig ist, daß die das Kniegelenk umspannende Muskulatur entscheidend zur Erhöhung der Reißfestigkeit der Kreuzbänder beiträgt (74). Neben der passiven Führung des Kniegelenkes durch Bandstrukturen und Menisken ermöglicht die umgebende Muskulatur auch die Flexion und die Extension des Knies und sichert dadurch auch die Kreuzbänder gegen Belastungsspitzen ab. Wichtigster Muskel für die Extension ist der M. quadriceps femoris und auch die Kniestabilität hängt entscheidend vom M. quadriceps ab. Fällt dieser Muskel, auch bei intakten Seiten- und Kollateralbändern aus, so ist der Stand auf dem betroffenen Bein unmöglich. Dieser vierköpfige Muskel besteht aus M. rectus femoris, M. vastus lateralis, M. vastus medialis und M. vastus intermedius. Sie bilden zusammen eine gemeinsame Endsehne, die die Patella einschließt und sich dann in dem erwähnten Lig. patellare fortsetzt. Die an der Flexion beteiligten Oberschenkelmuskeln sind im wesentlichen die Muskeln der ischiocruralen Muskelgruppe, bestehend aus M. biceps femoris, M. semitendinosus, M. semimembranosus, M. sartorius und M. gracilis (s. Abb. 3).

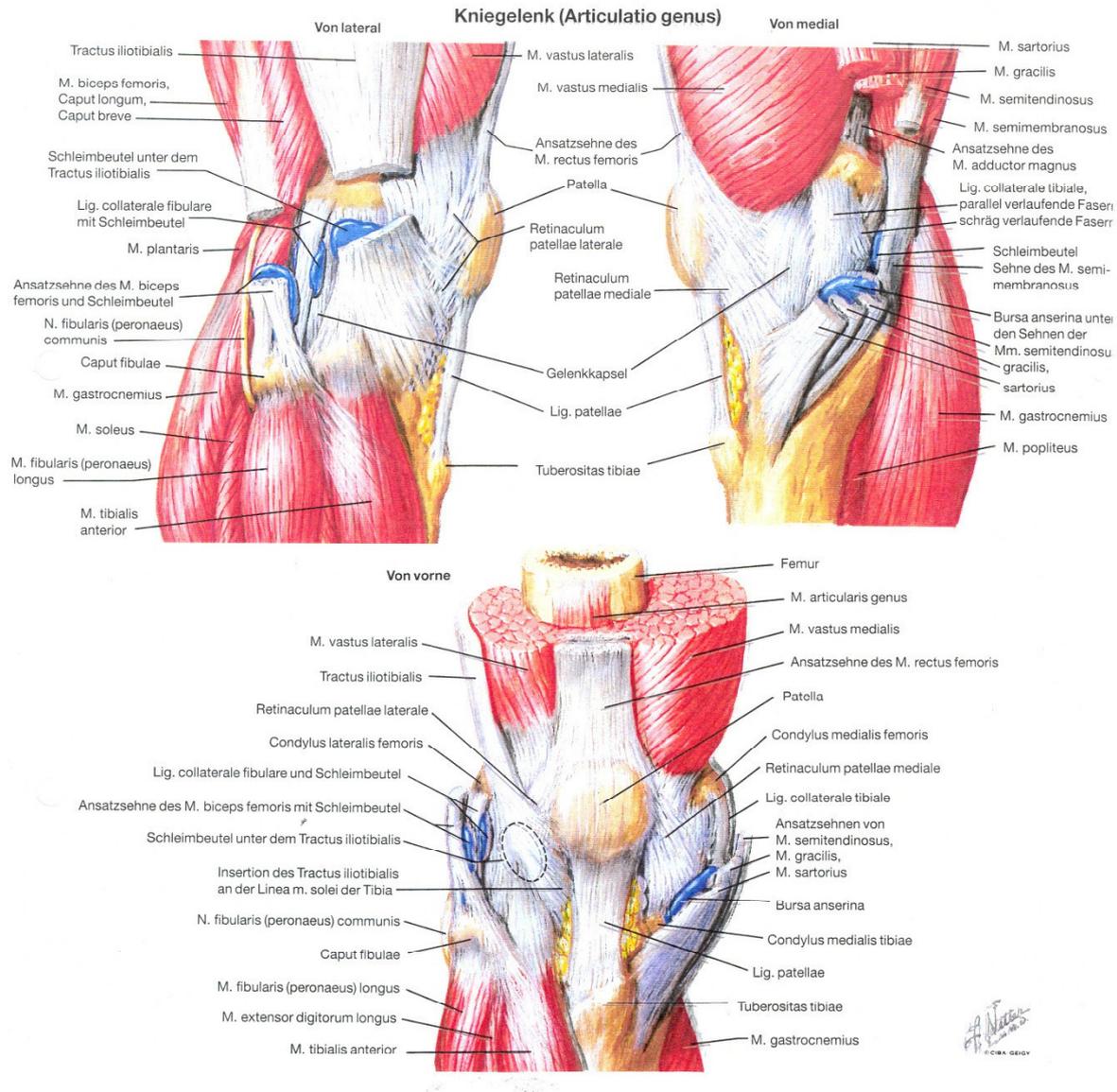


Abb. 3

Eine bekannte Einteilung der Kniegelenksstabilisatoren unterscheidet drei Komplexe (18):

Tab. Einteilung Kniegelenksstabilisatoren

medialer Komplex	lateraler Komplex	zentraler Komplex
Lig. collaterale mediale	Tractus iliotibialis	vorderes Kreuzband
dorsomediale Kapsel	Lig. collaterale laterale	hinteres Kreuzband
M. semimembranosus	M. popliteus	medialer Meniskus
Pes anserinus	M. biceps femoris	lateral Meniskus

3.6. Kapselbandapparat und vorderes Kreuzband

Die Kreuzbänder weisen eine mittlere Reißfestigkeit von ca. 700-1000 N auf. Beim Gehen wirken auf das vordere Kreuzband ca. 300 N, beim Laufen ca. 600 N und beim Stolpern ca. 700 N.

Das vordere Kreuzband entspringt in einem Ursprungsareal von ca. 15-22 mm Länge und ovaler Form im dorsalen Bereich der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Von dort zieht es nach ventral distal medial zur area intercondylaris anterior, wo es zwischen den vorderen Meniskusinsertionen ventral des Tuberculum intercondylare mediale ansetzt (92). Das vordere Kreuzband ist durchschnittlich 3,9 cm lang (46).

Das schmalere vordere Kreuzband ist vorwiegend in Flexion gespannt, während das hintere Kreuzband vorwiegend in Extension gespannt ist. Das vordere Kreuzband ist der Hauptstabilisator des Kniegelenkes (25). Seine Aufgabe ist es, das Abgleiten der Femurkondylen von der Gelenkfläche des Tibiakopfes zu verhindern. Bei gebeugtem Kniegelenk macht es Ab- und Adduktion unmöglich und wirkt gemeinsam mit dem hinteren Kreuzband und den Seitenbändern einer Überstreckung entgegen (27). Somit verhindert das vordere Kreuzband in Flexion vornehmlich eine positive vordere Schublade, während das hintere Kreuzband dieser in Extension entgegenwirkt und somit auch die Hyperextension hemmt. Die Faserbündel der Kreuzbänder, seit einigen Jahren eines der meist diskutierten Themen in der Kreuzbandchirurgie, verwringen sich während ihres Verlaufes. In Extension liegt das vordere Kreuzband dem First der Fossa intercondylaris an und begrenzt damit die Extension. Das vordere Kreuzband ist in sich torquiert. Mit zunehmender Flexion nimmt die Verwringung zu und kann damit besser Spannungsunterschiede der einzelnen Anteile ausgleichen. Man unterscheidet innerhalb des vorderen Kreuzbandes funktionell 2 Fasersysteme, das anteromediale und das posterolaterale Faserbündel. Untersucht man die beiden Faserbündel isoliert, so zeigt sich für das posterolaterale Faserbündel neben einer hohen Grundspannung eine zunehmende Belastung bei der Extension. Bei maximaler Beugung unterliegen die anteromedialen Fasern, die als primäre Stabilisatoren für die ventrale Translation des Tibiakopfes bei der vorderen Schublade dienen, der stärksten Beanspruchung. Das anteromediale Bündel stabilisiert also das Kniegelenk vergleichsweise konstant sowohl in Beugung als auch in Streckung, während das posterolaterale Bündel in Streckung primärer Stabilisator ist.

Einige Autoren (82) weisen auf die zum Kreuzband gehörenden Propriozeptoren hin, die das Band bei einwirkendem Streß durch das Auslösen entsprechender Muskelkontraktionen vor Verletzungen schützen sollen. Unter anderem wurde der Regenerationsprozeß der Mechanorezeptoren innerhalb von 8 Wochen nach durchgeführter Kreuzbandplastik untersucht (86). Die Hauptlokalisierung dieser Propriozeptoren ist in der Nähe von Ansatz und Ursprung des Kreuzbandes (107).

Über prädisponierende anatomische Faktoren für das Zustandekommen einer vorderen Kreuzbandruptur ist bislang wenig veröffentlicht worden. Bei positiver Familienanamnese ist die Inzidenz einer vorderen Kreuzbandruptur erhöht und computertomografische Nachuntersuchungen zeigen bei beidseitigen Kreuzbandrupturen einen signifikant breiteren lateralen Femurkondylus (34). In einer größeren Nachuntersuchung konnte eine auffällig geringere Notchweite (Areal zwischen den beiden Femurkondylen, Ansatzstelle der Kreuzbänder) bei beidseitigen Kreuzbandrupturen nachgewiesen werden. Es wird die Schlußfolgerung gezogen, daß Patienten mit einer Notchweite von unter 15 mm ein höheres Risiko für eine vordere Kreuzbandruptur haben (84) (s. Abb. 4).

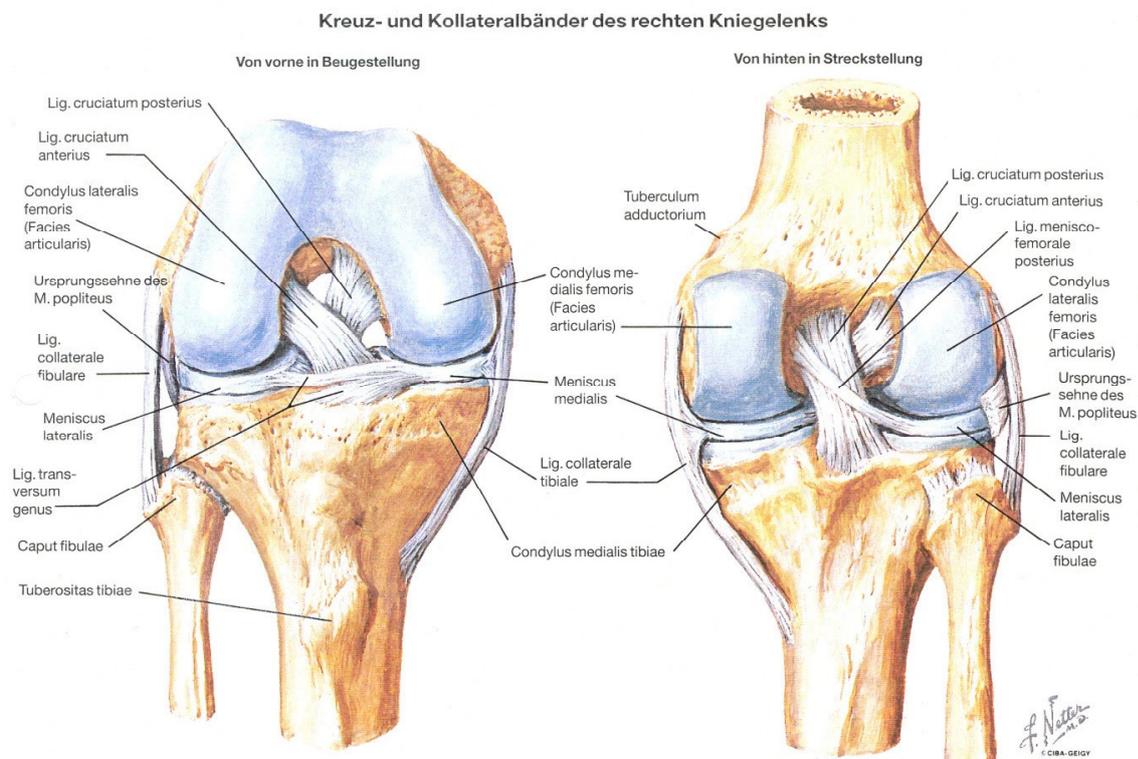


Abb. 4

3.7. Entwicklungsgeschichte des Kniegelenks

Irgendwann in der grauen Vorzeit der Evolution richteten sich unsere Vorfahren aus dem Vierfüßlerstand auf und begannen auf zwei Beinen zu stehen und zu gehen. Das brachte nicht nur Probleme für die jetzt mehr belastete Wirbelsäule mit sich, sondern auch für die nun ebenfalls stärker belasteten Beine. Unser Kniegelenk wäre instabil, wenn nicht ein äußerer Kapsel-Bandapparat mit den Seitenbändern und zahlreichen anderen Bandverstärkungen sowie mehreren Muskelführungen die komplizierte Roll-, Gleit- und Drehbewegungen zusätzlich absichern würden. Diese ausgeklügelte Konstruktion ist in der Entwicklungsgeschichte des Menschen mehrere hundert Millionen Jahre alt.

Embryologische Untersuchungen haben gezeigt, daß die embryonale Entwicklung des Kniegelenks in der Wirbeltierreihe grundsätzlich gleichartig verläuft, so daß experimentelle Befunde an Amphibien und Vögeln auch Aussagen über Entwicklungsvorgänge beim Säuger, einschließlich des Menschen, erlauben.

Verschieden ist lediglich die Geschwindigkeit des Entwicklungsablaufes. Bei Wistarratten konnte gezeigt werden, daß in den ersten zwei Wochen der Embryonalzeit die Anlagen der hinteren Extremitäten nur von undifferenziertem Mesenchym gebildet werden. Am Ende des 14. Embryontages können Verdichtungen des Mesenchyms im Bereich der späteren Knochenanlage nachgewiesen werden. Gleichzeitig deutet sich eine Gelenkzwischenzone an. Am 16. Embryontag kommt es in der Mitte der Gelenkzwischenzone zu einer Mesenchymverdichtung. Die abgeflachten Zellen orientieren sich senkrecht zur Extremitätenachse. Sie zeichnen sich durch einen länglich ovalen Kern mit schmalem, organellenarmem Zytoplasma aus. Die Anlagen der Kreuzbänder und Menisken können am 17. Embryontag an den entsprechenden Stellen in der Gelenkzwischenzone nachgewiesen werden (102).

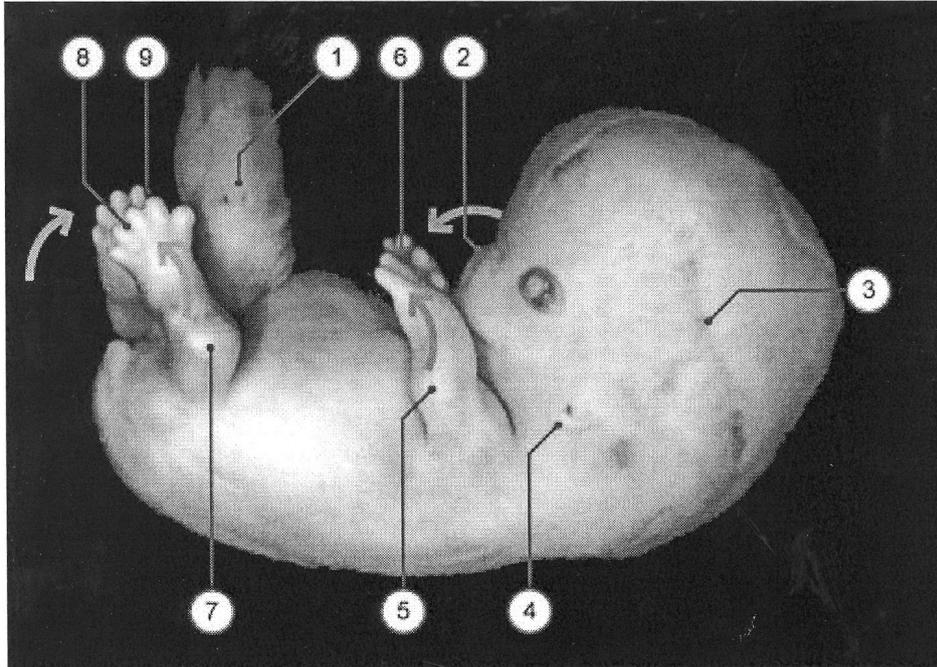
Durch die serielle Sektion von Embryonen wurde ein Zeitplan der Ausbildung des menschlichen Kniegelenks und Bandapparates anhand von Entwicklungsstadien erstellt (64;65). Auch hier zeigt das Mesoderm, aus dem die verschiedenen Teile des Knochenskeletts sich entwickeln, anfänglich noch keine Differenzierung in Strukturen, die individuellen Knochen entsprechen. Die ersten Anzeichen von Knochen und Gelenken sind umschriebene Verdichtungen des Mesoderms. Diese verknorpeln und verknöchern schließlich zu Skelettknochen. Die Ausbildung der Gelenke wird in der 6.

Embryonalwoche beobachtet. Der Gelenkspalt erscheint am Ende des zweiten Lebensmonates (29) (s. Abb. 5).

Stadium 21

ca. 51. Tag

22 - 24 mm



Typische Merkmale:

Subkutaner Gefäßplexus des Kopfes breitet sich aus

Hände und Füße nähern und berühren sich

© Professor Kohei Shiota, Kyoto University

- 1 Nabelschnur mit physiologischem Nabelbruch
- 2 Nase
- 3 subkutaner Gefäßplexus am Kopf
- 4 Ohr
- 5 Ellbogen
- 6 Pronationstellung der Hände (violett Pfeile)
- 7 Knie
- 8 Supinationsstellung der Füße (blaue Pfeile)
- 9 Zehen

Abb. 5

4. Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes

Das gesunde Kniegelenk kann unter normaler Beanspruchung eine Belastung ertragen, die um ein Vielfaches größer ist als diejenige beim normalen Gehen (63). Bei vielen Sportarten (Skifahren, Snowboarden, Rugby) wird das Kniegelenk jedoch hohen dynamischen Kräften, wie Dreh- und Kippkräften ausgesetzt. Diese können sehr hohe momentane Belastungsspitzen hervorrufen. Daher ist eine gute Stabilisierung notwendig, welche maßgeblich durch die Kreuzbänder ermöglicht wird.

Die bei weitem häufigste Ursachen einer Kreuzbandverletzung sind traumatischer Natur, jedoch kommen in seltenen Fällen auch Spontanrupturen des vorderen Kreuzbandes vor, z.B. bei Bodybuildern nach Anabolika-Einnahme (26). Das Trauma schädigt die komplizierte fächerförmige Struktur des vorderen Kreuzbandes unwiederbringlich und es kommt, in Abhängigkeit von der Gewalteinwirkung, zu Überdehnung, Teilruptur oder Komplettruptur des vorderen Kreuzbandes (92). Es wird sowohl über isolierte einseitige und als auch über beidseitige Verletzungen des vorderen Kreuzbandes berichtet. Beidseitige Rupturen des vorderen Kreuzbandes werden von Strobel im eigenen Patientengut mit 4% angegeben.

Bei 70% der vorderen Kreuzbandverletzungen sind Nichtkontakt-Verletzungen die Ursache, 30% entstehen bei Kontaktverletzungen. Der häufigste Verletzungsmechanismus ist das Abbremsen nach einer Valgus-Außenrotation oder Varus-Innenrotation oder eine Überstreckung des Knies. Die Patienten berichten über ein Verdrehen oder Überstrecken des Knies, oft beim Springen oder Abstoppen. 50% der Patienten hören dabei ein Knackgeräusch. Das Knie schwillt über mehrere Stunden an. Eine isolierte vordere Kreuzbandruptur ohne weitere Begleitschäden verursacht zunächst erstaunlich wenig Schmerzen. Der Patient klagt vor allem über ein Instabilitätsgefühl. Das Verletzungsrisiko ist bei Frauen höher als bei Männern. Bei 50% der Patienten mit rupturierten Kreuzbändern liegen auch Meniskusrisse vor. Außenmeniskusverletzungen sind bei frischen vorderen Kreuzbandverletzungen häufiger, während Innenmeniskusverletzungen bei chronischen Verletzungen des vorderen Kreuzbandes häufiger sind.

Die typischen Mechanismen für eine traumatische vordere Kreuzbandverletzung können folgendermaßen klassifiziert werden:

- a) Hyperextensions-Innenrotationstrauma,
- b) Hyperflexions-Außenrotationstrauma,
- c) kräftige Valgisations-/ Varisationsbelastungen,
- d) Flexions-/ Valgisations-/ Außenrotationstrauma,
- d) plötzliche übermäßige Anspannung des Quadricepsmuskels.

Vor allem der schnelle Richtungswechsel bei Ballsportarten oder Zweikampfsituationen (z. B. bei Fußball und Handball) die häufig unkoordinierte Landung bei Basketball und Volleyball auf glattem bzw. unebenem Untergrund führt häufig zur vorderen Kreuzbandruptur (92). Ein typischer Mechanismus bei Skifahrern ist das Einfahren in eine Mulde nach einem Sprung oder die tiefe Hocke bei der Zieleinfahrt, wobei durch einen extremen Gegenzug des M. quadriceps die Ruptur entsteht. Insgesamt der häufigste Unfallmechanismus für eine Ruptur ist das Flexions-, Valgus- und Außenrotationstrauma. Hierbei entstehen in der Regel auch schwere Kombinationsverletzungen. Als eine derartige Kombinationsverletzung ist die „unhappy triad“ bekannt, die von O'Donoghue 1950 beschrieben wurde und bei der es zur Trias Ruptur des vorderen Kreuzbandes, Ruptur des medialen Seitenbandes und Innenmeniskusläsion kommt (2).

5. Diagnostik der vorderen Kreuzbandruptur

5.1. Anamnese

Im Jahre 1879 veröffentlichte der französische Chirurg und Gynäkologe Paul Segond eine ausgezeichnete Auflistung der Hauptmerkmale einer Kreuzbandruptur (Schmerz, Krachen, Erguß und abnorme a.p. Bewegung). Eine große Bedeutung kommt daher einer detaillierten Anamnese des Unfallmechanismus zu, da sie oft zur richtigen Verdachtsdiagnose führt. Bei diversen Sportarten gibt es pathognomonische Unfallmechanismen, die solche Verletzungen auslösen. Wenn z. B. der Skiläufer in einer Torstange einfädelt und das belastete Bein fixiert bleibt, kommt es zur vermehrten Abduktions- und Außenrotationsfehlbelastung und man findet die typische Valgus-Flexions-Außenrotationsstellung (s. Kap. 3) vor.

Besonders die Frage nach einem hörbaren Geräusch (Knacken) mit einem plötzlich einschließenden stechenden Schmerz kann wertvolle Hinweise liefern. Des Weiteren sollte die Funktionsfähigkeit nach dem Unfall erfragt werden, z. B. ob normales Gehen, weitere sportliche Tätigkeit oder körperliche Arbeit möglich war. Etwa $\frac{3}{4}$ der Patienten sind nach dem Unfall gehfähig, aber nicht sportfähig (41). Es gibt jedoch Einzelfälle, wie zum Beispiel einen Fußballspieler der Bundesliga, der nach einer anteromedialen Knie-Instabilität vom Grad III noch weiterspielte, bis das Kniegelenk ohne weitere äußere Einwirkung endgültig nachgab (108). Auch viele Skifahrer berichten, daß sie nach der Knieverletzung noch vorsichtig abfahren konnten.

Normalerweise besteht unmittelbar nach dem Unfall keine Schwellung, aber ein streng lokalisierter Schmerz, der später in einen diffusen Schmerz mit diffuser Schwellung und Gelenkerguß übergeht. Bei Auftreten des Ergusses innerhalb der ersten sechs Stunden ist an ein Hämarthros zu denken. So konnte bei einer Nachuntersuchung von akut verletzten Kniegelenken mit frühzeitiger Hämarthrosbildung eine Kreuzbandrupturrate von 72% gefunden werden (70). Es muß jedoch berücksichtigt werden, daß ausgedehnte Kapselbandläsionen mit Verletzung der peripheren Strukturen auch ohne Hämarthros verlaufen können, da die Flüssigkeit in die Weichteile ablaufen kann.

Die wichtigste anamnestische Frage ist die Frage nach dem Instabilitätsgefühl, da sie für den Patienten das auffälligste Merkmal ist. Die Instabilität signalisiert einen ungenügenden Halt des Kreuzbandes. Bei veralteten Läsionen ist das Instabilitätsgefühl das Hauptsymptom und tritt hauptsächlich beim Gehen in unebenem Gelände auf. Gerade hier kann das gezielte Nachfragen nach einem Unfall vor längerer Zeit zur richtigen Diagnose führen. Auch nach Schmerzen beim Treppensteigen, Reibegeräuschen und rezidivierenden Gelenkergüssen sollte gefragt werden.

5.2. Klinische Untersuchung

Die klinischen Untersuchungen umfassen die Inspektion und Palpation sowie Funktionsprüfungen der Beweglichkeit und Stabilität. Die Ergebnisse sind nur aussagekräftig, wenn sie im Seitenvergleich mit der gesunden Seite betrachtet werden.

5.2.1. Inspektion und Palpation

Grundsätzlich ist bei der Inspektion eines verletzten Kniegelenkes zwischen den Merkmalen einer frischen Verletzung und denen einer alten zu unterscheiden. Liegt eine frische Läsion vor, sollten Gangbild und Schwellung des Knies berücksichtigt werden. Der Gang ist meistens hinkend unter Schonung des verletzten Kniegelenkes. Die Schwellung des Gelenkes ist meist paraartikulär und diffus über das gesamte Gelenk verteilt. Bei veralteten Läsionen hingegen ist vor allem auf die Beinachsen zu achten, da für den Erfolg einer Bandrekonstruktion die richtige Beinachse ein wesentlicher Faktor ist. Bei der Palpation eines verletzten Kniegelenkes muß zwischen frischen und veralteten Kniebandläsionen unterschieden werden. Bei frischen Knie - Instabilitäten dient die Palpation vorwiegend zum Nachweis von Ergüssen, Weichteilschwellungen und lokalen Druckschmerzpunkten. Auch Hauttemperatur und Sensibilität sind im Seitenvergleich palpatorisch zu untersuchen. Bei veralteten Bandschäden sind es vor allem Meniskusschäden und die Chondropathia patellae, die durch Palpation diagnostiziert werden können (67).

5.2.2. Beweglichkeit

Die aktive Beweglichkeit bezeichnet den Umfang der Bewegung im Kniegelenk, der vom Patienten selbst, also ohne Zuhilfenahme von Hilfsmitteln, schmerzfrei ausgeführt werden kann. Man mißt dabei sowohl maximale Beugung als auch maximale Streckung. Da physiologische Werte nicht exakt auf eine bestimmte Gradzahl festzulegen sind, gibt man als Norm bei der Flexion Werte zwischen 130° und 150°, und bei der Extension bis zu 10° (Hyperextension) an. Die passive Beweglichkeit wird durch den Untersucher herbeigeführt, d.h. der Patient nimmt eine möglichst entspannte Haltung ein und die Bewegung wird durch den Untersucher ausgeführt. Das Ausmaß der Beweglichkeit wird bis zum Erreichen der Schmerzgrenze gemessen. Die Werte sollten sich beim gesunden Patienten im Vergleich zur aktiven Beweglichkeit nicht wesentlich ändern.

5.2.3. Grobe Kraft

Der Patient wird aufgefordert, das Knie zu strecken, während der Untersucher mit der einen Hand die Quadrizeps-Muskulatur palpiert und mit der zweiten Hand der Streckung Widerstand leistet. Am Einfachsten läßt sich die Untersuchung am sitzenden Patienten mit frei hängenden Beinen durchführen.

5.2.4. Stabilität

Die Stabilitätsprüfung beginnt immer am gesunden, unverletzten Gelenk und bezieht sich neben der Schmerzhaftigkeit auch auf die Art des Anschlages. Dieser kann je nach Ausmaß der Verletzung hart oder federnd sein oder sogar ganz fehlen. Grundsätzlich kann die Einteilung der Instabilität in Schritten von jeweils 5 mm vorgenommen werden. Bis 5 mm bezeichnet er eine Instabilität mit +, von 5-10 mm mit ++ und über 10 mm mit +++ (66).

5.2.5. Schubladenphänomen

Das oft bei einem Kreuzbandriß auftretende Symptom der Verschiebbarkeit des Schienbeinkopfes gegenüber dem Oberschenkelknochen bei gebeugtem Knie, entweder nach vorn (bei Verletzung des vorderen) oder hinten (bei Verletzung des hinteren Kreuzbandes) wird Schubladenphänomen genannt.

Das vordere Schubladenzeichen wird am 90° flektierten Knie in Neutralstellung, in 30° Außenrotation und in 15° Innenrotation geprüft.

Die vordere Schublade zeigt sich dabei beim Zug an der Tibia als eine pathologische Bewegungsfreiheit der Tibia nach ventral.

Das hintere Schubladenphänomen wird bei 90° Flexion in Neutralstellung, in 30° Außenrotation und 15° Innenrotation geprüft. Es gilt der wichtige Merksatz, daß jede vordere Schublade erst dann eine solche ist, wenn bewiesen ist, daß es keine hintere Schublade ist (s. Abb. 6).



Abb. 6: Schubladenphänomen

5.2.6. Lachmann-Test

Die heute als Lachmann-Test bekannte Untersuchungsmethode wurde im Jahre 1875 vom griechischen Arzt George C. Noulis beschrieben und wird deshalb in einigen Ländern (Frankreich, Griechenland) auch als Noulis-Lachmann-Test bezeichnet. Bei der Durchführung des Testes wird der Unterschenkel um ca. 20-30 Grad gegenüber dem Oberschenkel gebeugt und passiv nach vorne bewegt. Positiv ist der Lachmann-Test wenn bei Vorbewegen des Unterschenkels kein harter Anschlag zu spüren ist. Das vordere Kreuzband ist dann mit großer Sicherheit gerissen. Negativ ist der Lachmann-Test, wenn ein harter Anschlag zu spüren ist. Eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist dann unwahrscheinlich (s. Abb. 7).

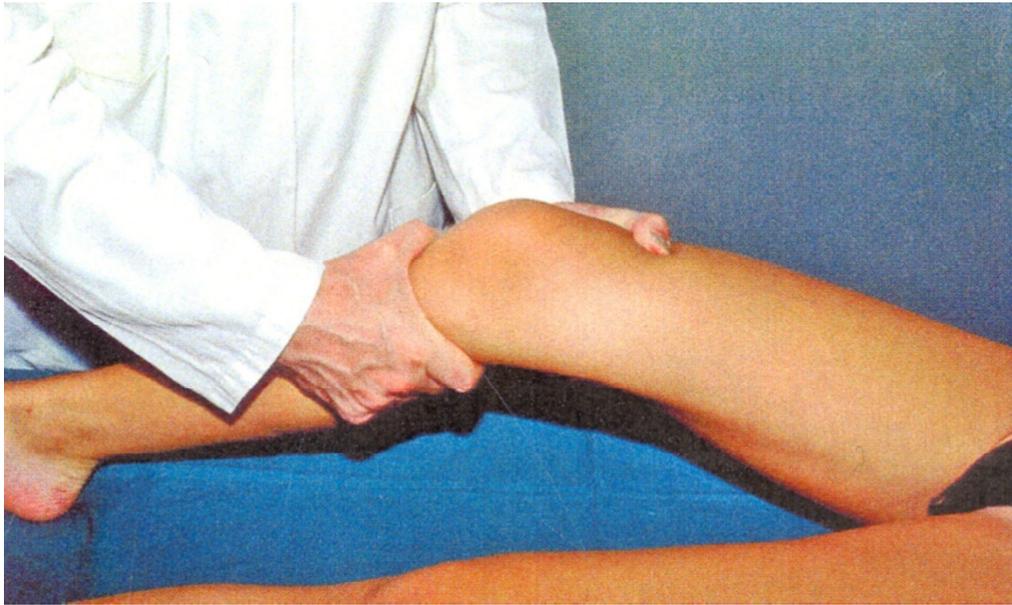


Abb. 7: Lachmann-Test

5.2.7. Pivot-Shift-Zeichen

Das Pivot-Shift-Zeichen beruht darauf, daß der laterale Schienbeinkopf bei $5^\circ - 10^\circ$ Flexion und Innenrotation des Unterschenkels subluxiert und zwischen 30° und 40° Beugung die Reposition erfolgt. Der Test besteht also aus einer provozierten Subluxation (Verschiebung nach unten) des Schienbeins nach innen, das heißt der Untersucher drückt den Unterschenkel mit der einen Hand beim liegenden Patienten in Richtung Knie und führt gleichzeitig eine Innenrotation aus. Mit der anderen Hand beugt er das Knie und setzt es unter Valgusstreß, indem er es in eine x-Bein-Stellung bringt. Bei einem positiven Pivot-Shift-Test, kommt es zu einem Rutschen des proximalen Tibiaplateaus nach hinten. Da der Test direkt nach der Verletzung meist als schmerzhaft empfunden wird, wird er von vielen Ärzten nur noch selten durchgeführt. Er bringt keinen Vorteil gegenüber dem weniger schmerzhaften Lachmann-Test.

5.3. Radiologische Untersuchung

In jedem Fall sollten Röntgenaufnahmen des verletzten Kniegelenkes in anteroposteriorem und seitlichem Strahlengang sowie die Darstellung der Fossa intercondylaris mit der sogenannten "Tunnelaufnahme" und die Tangentialauf-

nahmen der Patella angefertigt werden, um Frakturen oder Knorpelschäden ausschließen zu können. Um einen objektiveren Befund zu erhalten, können die Aufnahmen auch in Narkose durchgeführt werden, da infolge erhöhten Muskeltonus erhebliche Differenzen resultieren können.

5.4. Arthroskopie

Die Arthroskopie ist eine Standardmethode zur Diagnostik und Therapie von Kniegelenksverletzungen und Erkrankungen. Allerdings gilt auch hier der Leitsatz "Die Arthroskopie dient zur besseren Qualifizierung und Quantifizierung an sich diagnostizierter Kniebinnenschäden und damit der Indikation zu einem operativen Eingriff." Es läßt sich leicht erkennen, daß die Diagnose aufgrund der Klinik gestellt wird. Bei frischen und veralteten anteromedialen Knie-Instabilitäten gibt es folgende Indikationen zur Arthroskopie (108):

1. Hämarthros beim frisch verletzten Kniegelenk und unklarer Narkoseuntersuchung.
2. Frische Innenbandruptur und positiver Lachmann-Test, fehlender Hämarthros.
3. Bei der veralteten anteromedialen Knie-Instabilität sollte bei radiologisch erkennbaren Arthrosezeichen durch Arthroskopie die Knorpelsituation im Gelenk abgeklärt werden.

5.5. Computertomographie

Mit der Computertomographie des Kniegelenkes (CT-Arthrographie) steht eine reproduzierbare Methode zur Verfügung, bei der die Kreuzbänder dargestellt werden können. Läsionen lassen sich mit einer Sensitivität von 94,2% und einer Spezifität von 91,3% nachweisen. Kreuzbandverletzungen können präoperativ diagnostiziert und morphologisch eingeteilt werden. Nach Kreuzbandrekonstruktionen erlaubt die CT-Arthrographie eine annähernd objektive Beurteilung des Operationsergebnisses.

5.6. Kernspintomographie

Die Kernspintomographie (MR) ist sicher die modernste Methode in der radiologischen Diagnostik. Mit ihr soll es möglich sein, eine vordere Kreuzbandruptur mit einer Sensitivität von 98% und einer Spezifität von 100% (!) diagnostizieren zu können (33) (s. Abb. 8).



Abb. 8: Vordere Kreuzbandruptur bei einem 28-jährigen Patienten

5.7. Ultraschall

Eine immer mehr in den Vordergrund tretende Untersuchungsmethode ist die Ultraschallsonographie, hauptsächlich wegen der fehlenden Strahlenbelastung. Bei der Untersuchung von Gelenksinnenstrukturen sind diverse Strukturen sonographisch darstellbar, wie z.B. Menisken und auch Kreuzbänder. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Untersuchung der Kreuzbänder durch einige Umstände deutlich eingeschränkt ist, da zum Beispiel die Abgrenzung der Kreuzbänder gegen die umgebenden Strukturen schwierig ist. Nicht zuletzt deshalb kann diese Methode verlässlich nur vom erfahrenen Untersucher durchgeführt werden.

5.8. Untersuchung in Narkose

Eine wichtige und für die Stabilitätsverhältnisse sehr aussagekräftige Untersuchungsmethode, die trotz der Vielfalt an hochtechnischen Möglichkeiten durchgeführt werden sollte, ist die Untersuchung in Narkose. Da durch die Narkose sämtliche schmerz- und ängstlich bedingten Abwehrspannungen, die das wirkliche Ausmaß der Instabilität verschleiern würden, ausgeschaltet werden, sollte diese Untersuchung, insbesondere bei akuten Verletzungen und Verdacht auf die Ruptur der Kniebänder bei nicht eindeutiger Klinik erwogen werden. Sie kann einer Arthroskopie im Vergleich sicher vorangestellt werden.

6. Behandlungsstrategien der vorderen Kreuzbandruptur

Die Behandlungsstrategie nach einer vorderen Kreuzbandruptur richtet sich vor allem nach dem persönlichen Aktivitätsmuster des Patienten. Neben seinen privaten, beruflichen und sportlichen Belastungen spielen Alter, Konstitution und Grad von eventuellen Vorschäden bzw. des Kniegelenkverschleißes sowie die Schwere der Akutverletzung eine wichtige Rolle.

Prinzipiell können folgende Behandlungsstrategien unterschieden werden:

- rein konservatives Vorgehen
- primär ein konservatives Vorgehen, bei anhaltendem Instabilitätsgefühl erfolgt die vordere Kreuzbandplastik später
- ein einzeitiges Vorgehen mit frühestmöglicher Arthroskopie und vorderer Kreuzbandplastik in einem Schritt
- ein mehrzeitiges Vorgehen mit zunächst arthroskopischer Abklärung und Primärbehandlung von Begleitverletzungen und später die Kreuzbandplastik.

6.1. Konservative Behandlung

Die klinischen Resultate nach konservativer Behandlung von vorderen Kreuzbandrupturen zeigen, daß die Mehrzahl dieser Behandlungen zu inakzeptablen Ergebnissen führen (43). Patienten klagten sowohl über Knieinstabilitäten als auch über Knieschmerzen (58). Des Weiteren sind andere Strukturen im Gelenk einem höheren Verletzungsrisiko ausgesetzt. Jedoch bei älteren Patienten, bei Patienten ohne Sportambitionen bzw. ohne andere Belastungsanforderungen, bei minimaler Instabilität oder bei Vorliegen von Kontraindikationen wird allgemein zu einem primär konservativen Vorgehen geraten. Die konservative Therapie bei richtiger Indikationsstellung, enger Patientenführung und entsprechender Nachbehandlung zur Muskelkräftigung stellt hier eine nicht zu vernachlässigende Alternative in der Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur dar (24).

6.2. Operative Behandlung

In den vergangenen Jahren wurde der operative Ersatz des gerissenen oder insuffizienten vorderen Kreuzbandes immer häufiger. Ein besseres Verständnis der anatomischen und funktionellen Zusammenhänge, eine geeignetere Transplantatwahl und eine stabilere Fixierungstechnik lassen mittlerweile in einem hohen

Prozentsatz gute Ergebnisse erzielen. Da die Funktion des vorderen Kreuzbandes sehr komplex ist, ist jedoch auch seine Rekonstruktion komplex und bietet immer noch viele Fehlermöglichkeiten.

Nach wie vor besteht ein generelles Problem darin, unabhängig von der jeweils eingesetzten Operationstechnik und der Transplantatwahl, die richtigen Ansatzstellen des Kreuzbandtransplantates mit der erforderlichen Präzision zu rekonstruieren.

Drei Möglichkeiten der operativen Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur sind zu nennen:

- Naht des vorderen Kreuzbandes
- primär ein konservatives Vorgehen, bei anhaltendem Instabilitätsgefühl erfolgt die vordere Kreuzbandplastik später
- Naht und Augmentation des vorderen Kreuzbandes
- bandplastischer Ersatz

6.2.1. Kreuzbandnaht und Refixation

Bei der eigentlichen Naht müssen die Bandstümpfe exakt aneinander adaptiert oder bei knochennahen Rupturen exakt am Ansatzpunkt fixiert werden, um einen physiologischen Bewegungsablauf zu gewährleisten. Für die Naht oder Refixation des vorderen Kreuzbandes unterscheidet man den proximalen (femorale) Ausriß, und den distalen (tibialen) Ausriß, den tibialen, knöchernen Ausriß, sowie intermediäre (intragamentäre) Rupturen. Die Erfolgsquote der direkten Naht liegt bei nur 60% (20).

6.2.2. Augmentationstechniken

Die Verstärkung der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes durch Kunstbänder wurde in früheren Jahren gefordert. Sie dient zur Verstärkung der Kreuzbandnaht und der Kreuzbandplastik und soll eine größere Stabilität nach der Operation gewährleisten und das wiederhergestellte Band oder das Transplantat vor Überlastung in der postoperativen Phase schützen. Zur Augmentation sind verschiedene Kunststoffmaterialien wie zum Beispiel Nylon, Dacron, Teflon, Terswiss, Trevira und Goretex bekannt. Auch Kohlefaserpräparate gehören zu möglichen Alternativen. Allerdings wird die Augmentationstechnik nur in

Ausnahmefällen angewandt, da sich gezeigt hat, daß sie keinen zusätzlichen Vorteil bringt (91).

6.2.3. Semitendinosusplastik

Die Sehne des M. semitendinosus strahlt medialseitig unterhalb des Kniegelenkes in den pes anserinus, die flach ausgezogene Sehnenplatte der Adduktoren ein.

Im Gegensatz zur Patellarsehne wird sie als ganze entnommen. Sie ist etwa 24-30 cm lang. Sie kann durch Doppelung zum 3- oder 4-strängigen Transplantat verstärkt werden und hat somit eine größere Reißfestigkeit als die Patellarsehnenplastik. Die Befestigungsmethode wird gelegentlich als das „weakest link“ bezeichnet. Deshalb wurden beispielsweise die Sehnenenden mit extra gewonnenen Knochenblöcken, z.B. aus der proximalen Tibia, verankert, dann transplantiert und fixiert, weil als Nachteil dieser Methode vermutet wurde, daß die direkte Verankerung dieses mehrsträngigen Transplantates mit Interferenzschrauben wegen der zu erwartenden Transplantatschädigung nicht möglich ist (93;104;105). Neuere Untersuchungen, z.B. Zantop et al., haben jedoch Ausreißkräfte von 715 N nach Fixierung mit Biointerferenzschrauben festgestellt (113;114).

6.2.4. Patellarsehnenplastik

Seit Erstbeschreibung des vorderen Kreuzbandersatzes mit einem freien Transplantat aus der Patellarsehne durch Jones und Brückner hat sich die autologe Patellarsehnenplastik mit 2 Knochenblöcken zu einem Standardverfahren entwickelt. Diese Methode ist gut standardisiert und der Eingriff kann entweder über eine Miniarthrotomie oder unter arthroskopischer Kontrolle durchgeführt werden. Die in dieser Studie angewandte Operationstechnik ist im Kapitel Methoden beschrieben (s. Abb. 9).

6.3. Postoperative Behandlung

Die Rehabilitation des vorderen Kreuzbandes ist auch heute noch ein Thema, das für Unfallchirurgen, Orthopäden und Physiotherapeuten gleichermaßen von hohem Interesse ist. In zahlreichen experimentellen Studien konnte nachgewiesen werden, daß Bewegung und ein gewisser Streß für die Bandheilung von essentieller Bedeutung sind.

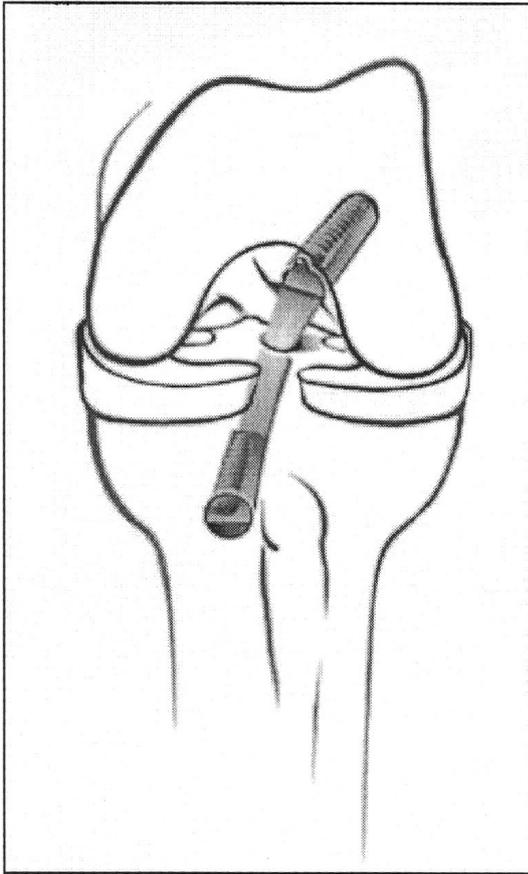


Abb. 9: schematische Darstellung eines fertig implantierten Transplantates bei vorderer Kreuzbandruptur

Thomson und Kollegen (96) veröffentlichten 2002 die Ergebnisse einer Metaanalyse von 31 Studien mit insgesamt 1545 Patienten. Ziel war es, die Effektivität verschiedener Rehabilitationsprogramme nach vorderer Kreuzbandverletzung sowie anderen Knieläsionen zu überprüfen. Hierbei konnte keine Überlegenheit eines bestimmten Rehabilitationsverfahrens bewiesen werden.

Im folgenden soll das bei unserem Patientengut angewandte Nachbehandlungsschema (RVK-Schema) mit dem von Professor Pässler aus Heidelberg vorgeschlagenem Procedere verglichen werden: Bei Pässler sollen bis zum 2. postoperativen Tag Wadenpumpe und isometrische Übungen als Thromboseprophylaxe durchgeführt werden; ebenso kurzfristiges Aufstehen, sowie aktive und passive Bewegungsübungen. Das Pässler Schema legt zudem Wert auf Hochlagerung des Kniegelenkes in Überstreckstellung und über Herzniveau. Das RVK-Schema beginnt zusätzlich am 2. postoperativen Tag des Trainings mit der

Motorbewegungsschiene. Bis zur 3. Woche maximale Beugung 90°. In der 4.-6. Woche Intensivierung des Trainingsprogrammes.

Standfahrrad sowie Unterwasserbewegungstraining und Vollbelastung sind bei Pässler etwas eher als beim RVK Schema vorgesehen, aktive Beugung bis 120° bei Pässler deutlich eher (ab 11. postoperativem Tag). Laut RVK-Schema ist dies erst ab der 7. Woche vorgesehen. Die Sportfähigkeit beginnt nach dem RVK-Schema Nachbehandlungsplan erst nach Ablauf von 12 Monaten, bei Pässler modifiziert nach Sportart.

6.4. Methoden der subjektiven Zustandsbeurteilung

6.4.1. Der Lysholm-Score

Der Lysholm-Score wurde im Jahre 1982 zur subjektiven Bewertung des Operationserfolges 1982 von Lysholm und Gillquist entwickelt. Er ist in der Vergangenheit der am häufigsten verwendete Score zur Evaluation von Knieinstabilitäten. Er wurde 1985 in leicht veränderter Form von Tegner und Lysholm vorgestellt (95). Der Score wird als 95% subjektiv und 5% objektiv gewertet. Instabilität und Schmerz gehen zu jeweils 30% in die Bewertung ein. Er ist als Bewertungsskala von 100 Punkten angelegt, wobei ein besonderer Wert auf die Punkte Instabilität und Schmerz gelegt wird, die bereits über die Hälfte der Gesamtpunktzahl ausmachen (s. Bewertungsschema unter 7.4). In den Score gehen unfallunabhängige Faktoren wie z.B. Alter und Fitneß nicht mit ein.

6.4.2. Der Tegner-Aktivitäts-Score

Der Tegner-Aktivitäts-Score wurde 1985 von Tegner entwickelt (95). Er ermittelt die subjektive Beurteilung des Aktivitätsniveaus vor dem Unfall sowie vor und nach der Behandlung. Eine Veränderung kann deshalb während des gesamten Verlaufes verfolgt werden. Im Maximalfall kann der Level 10 erreicht werden. Die Bewertung auf Level 0 entspricht einer verletzungsbedingten Arbeitsunfähigkeit, ein erreichter Level 10 entspricht der Aktivität eines Leistungssportlers. Es kommen hier Aktivitäten des täglichen Lebens sowie des Freizeit-, Amateur- und Profisports zum Tragen. Aufgrund der höheren Verletzungshäufigkeit im Sport werden sportliche Belastungen stärker gewichtet.

6.4.3. IKDC-Score (international knee documentation committee)

Unter der Vielzahl von Scores und Bewertungsschemata bei Knieinstabilitäten hat der IKDC-Score an Bedeutung gewonnen (77). Er ist ein überwiegend objektiver Score (60%) mit 4 Kategorien (subjektives Befinden, Klinik, Bewegungsausmaß und Stabilität) sowie 15 zu ermittelnden Unterkategorien. Der IKDC-Score legt sehr strenge Kriterien fest für die Einteilung seiner Gesamtergebnisse in die Gruppen A „normal“, B „fast normal“, C „abnormal“ und D „stark abnormal“.

7. Implantationsmaterial

7.1. Titanschrauben

Titan ist im Periodensystem der Elemente das chemische Element mit dem Symbol Ti und der Ordnungszahl 22. Es gehört zu den Übergangsmetallen. Leicht, fest, dehnbar, weiß-metallisch glänzend und korrosionsbeständig ist es besonders für hochmobile und korrosive Anwendungen geeignet. Im Vergleich zu anderen Metallen weist es einen relativ niedrigen Elastizitätsmodul bei hoher Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit auf. Wegen dieser guten Korrosionsbeständigkeit und Biokompatibilität findet es Verwendung als Implantatwerkstoff in der Medizin. Als reines Titan bezeichnet man unlegiertes Titan mit geringen Gehalten an Nebenbestandteilen wie Kohlenstoff, Eisen oder Sauerstoff. Die ersten Untersuchungen für den medizinischen Einsatz führte Leventhal in den fünfziger Jahren durch. Als Implantatwerkstoff wird es in der Medizin hauptsächlich für Fixationselemente zur Stabilisierung von Frakturen in Form von Osteosynthesplatten und Schrauben und als Prothesen des totalen Gelenkersatzes wie Hüft-, Knie-, Schulter- und Kiefergelenkendoprothesen eingesetzt. In der Zahnmedizin verwendet man Titan zur Herstellung dentaler Implantate.

Bisher wurden zur Verankerung der Knochenblöcke des Sehnentransplantates als Ersatz des vorderen Kreuzbands meist Titanschrauben verwendet.

7.2. Bioresorbierbare Interferenzschrauben

Seit der frühen Entwicklung von resorbierbaren synthetischen Nahtmaterialien in den 60iger bis 80iger Jahren (12), stellt die Verwendung biodegradierbarer (synthetisch bioabsorbierbar, bioresorbierbar) Materialien zur operativen Stabilisierung von Frakturen und Osteotomien eine große Herausforderung dar. Schon Anfang der 70iger Jahre wurden Implantate aus Polylactid in der Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie eingesetzt, da hier die auf das Implantat einwirkenden Kräfte als eher gering eingestuft wurden (13). Mitte der 80er Jahre wurden erste Erfahrungen gesammelt, um biodegradierbare Stifte und Schrauben auch in stärker belasteten Bereichen des Bewegungsapparates einzusetzen (79). Nach der anfänglichen Euphorie kristallisierte sich jedoch zunehmend ein begrenztes Spektrum für den Einsatz biodegradierbarer Implantate in der Frakturversorgung heraus (103). In der Sporttraumatologie bzw. der orthopädischen Sportmedizin hat der Einsatz

biodegradierbarer Implantate jedoch eine schnelle Verbreitung gefunden (4). Der Grund mag in den geringeren Belastungen zu finden sein, denen ein Implantat in der Kapsel-Bandchirurgie ausgesetzt ist. Zusätzlich mag die Tatsache der ungestörten Revisionschirurgie und einer ungestörten bildgebenden Diagnostik von Bedeutung sein. Das Prinzip der Verankerung von Interferenzschrauben stellte zum ersten Mal Lambert im Jahre 1983 für die Fixierung eines Patellarsehnentransplantates vor (48). Anfangs wurden konventionelle 6,5 mm AO-Spongiosaschrauben verwendet. Nach weiteren Untersuchungen von Kurosaka et al. im Jahre 1987 wurde das Prinzip der Interferenzschraube durch die Einführung von sogenannten Madenschrauben, den heutigen Interferenzschrauben weiter optimiert (47) (Abb. 1). Bioresorbierbare Implantate müssen eine gleich gute Primärverankerung wie Metallschrauben gewährleisten, sich jedoch langsam von selber auflösen und durch eigenes Knochengewebe ersetzt werden. Klinische und biomechanische Studien haben gezeigt, daß die Metallschrauben bei Operationen zum Ersatz des vorderen Kreuzbandes gut durch bioresorbierbare Schrauben ersetzt werden können. Die gute Biokompatibilität, das je nach Typ der verwendeten Schraube vollständige Auflösen und deren Ersatz durch Knochenmaterial konnte in den letzten Jahren nachgewiesen werden.

Das Material, das zur Anwendung kommt, ist das biodegradierbare synthetische Homopolymer Poly(D,L-Lactid) (PDLLA) und die Copolymere Poly(D,L-Lactid-co-Glycolid) (PDLLA-co-Gly) und Poly(D,L-Lactid-co-Trimethylencarbonat) (PDLLA-co-TMC), die alle unter dem Handelsnamen Resomer von der Fa. Boehringer (Ingelheim, Deutschland) hergestellt werden. Als Vertreter biologisch abbaubarer Kunststoffe werden sie fermentativ hergestellt. Hierbei wird die Milchsäure, die den Ausgangsstoff der Polymerisation darstellt, auf biotechnologischem Weg aus Zucker oder Stärkeabfällen gewonnen. Die Lactidbildung und die Polymerisation erfolgen anschließend auf rein chemischem Wege bei 200 °C unter Zugabe eines Katalysators (s. Abb. 10).

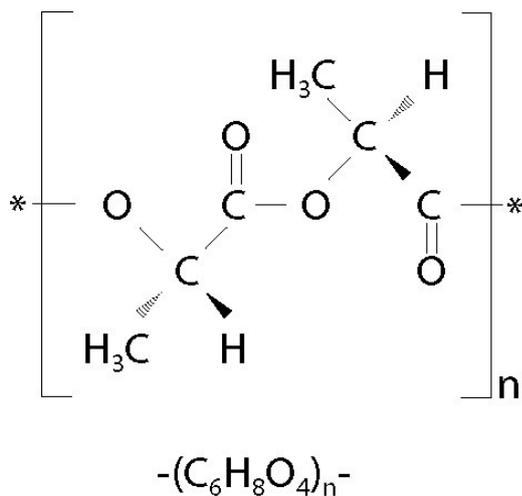


Abb. 10: chemische Formel Poly (D,L-Lactid)

Im Körper erfolgt der Abbau des Polymers Poly (D,L-Lactide) durch Hydrolyse und Phagozytose in mehreren Einzelschritten:

- Disintegration der Sekundär und Tertiär-Strukturen durch Eindringen von Wasser.
- Hydrolyse der kovalenten Bindungen zum Oligomer.
- Teilen des Oligomers zu einem Molekulargewicht, was dem Material ein Gelatine-ähnliches und körniges Äußeres gibt.
- Partielle Phagozytose der kleinen Partikel durch Makrophagen.
- Kompletter Abbau zu Milchsäure, die dann im Krebszyklus weiter zu CO_2 und H_2O abgebaut wird.

Im speziellen Fall der Operation des vorderen Kreuzbandes kann der Chirurg erwarten, daß zwei Jahre nach der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes ungefähr noch ein Drittel des Materials der bioresorbierbaren Interferenzschraube im Knochentunnel zu finden ist (16) (s. Abb. 11).



Abb. 11: perforierte bioresorbierbare Interferenzschraube

Die hier angewandte Megafix-P-Schraube (Storz) besteht aus einem Stereokopolymer (Poly-(L-co-D,L-Lactid) im Verhältnis 70:30. Sie degradiert langsam und ohne Resorptionsreaktionen. Damit weist sie eine sehr gute Gewebeverträglichkeit auf, was sich in histologischen Untersuchungen in einer sehr schmalen Knochen-Implantat-Zwischenzone äußert (103).

Die MegaFixTM-P weist spezielle Perforationen auf. Je nach Schraubengröße sind 14 bis 24 Perforationen am Schraubenkörper vorhanden. Durch diese patentierten Perforationen bietet die MegaFixTM-P essentielle Vorteile gegenüber herkömmlichen bioresorbierbaren Interferenzschrauben, ohne dabei jedoch an Festigkeit zu verlieren. So erlauben die Perforationen der MegaFixTM-P die gleichmäßige dreidimensionale knöcherne Durchbauung des gesamten Implantates. Das Material der MegaFixTM-P

zeigte im Tierversuch eine komplette Resorption nach ca. 18 Monaten (2,5 Jahre Nachuntersuchung in tierexperimenteller Studie (103).

Viele Interferenzschrauben weisen entweder ein sehr scharfes oder ein sehr stumpfes Gewinde auf. Bei einem sehr scharfen Gewinde besteht die Gefahr der Transplantatläsion. Bei einem sehr runden Gewinde läßt sich die Schraube nicht oder nur sehr schwer starten. Die MegaFix™-P weist im Gegensatz zu anderen bioresorbierbaren Schrauben eine spezielle patentierte Gewindekonfiguration mit einer Kombination von scharfen und stumpfen Gewindegängen auf.

B. Spezieller Teil

8. Patienten und Methoden

8.1. Operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Bei allen Patienten wurde eine plastische Ersatzoperation mit dem autologen Patellarsehnendrittel der gleichen Seite, das mit zwei Knochenblöcken als freies Transplantat entnommen wurde, durchgeführt. Das Transplantat hat folgende Maße: der tibiale Knochenblock 2 cm, der Knochenblock aus der Patella 1,5 cm, die anzulegenden Bohrkanäle sind 2,5 cm (femorale Bohrkanal) und 4 cm (tibiale Bohrkanal) lang.

Die Knochenblöcke werden wie folgt verankert: Nach einer Miniarthrotomie wird zunächst das tibiale Zielgerät eingebracht. Dieses wird an anatomisch korrekter Ansatzstelle des vorderen Kreuzbandes am Schienbeinkopf 7mm vor dem hinteren Kreuzband eingesetzt. Durch das Zielgerät wird in einem Winkel von 45° bis 50° ein Führungsdraht durch den Tibiakopf gebohrt. Über den Führungsdraht wird der tibiale Bohrkanal mit einem Durchmesser von 9 – 10 mm mittels Hohlraumfräser eingesägt. Danach wird das Kniegelenk in eine Beugung von 90° gebracht.

Transtibial wird das femorale Zielinstrument an die dorsale Femurknochenwand herangeführt, und über das Zielgerät wird der femorale Führungsdraht (Casparidraht) durch den lateralen Femurkondylus gebohrt. Über dem Casparidraht wird der femorale Bohrkanal gleichfalls in einem Durchmesser von 9 mm angelegt. In den beiden Knochenblöcken wird jeweils ein 2 mm Bohrkanal geschaffen und durch Haltefäden armiert. Die Fäden des femoralen Knochenblockes werden durch die Öse des Casparidrahtes gezogen und anschließend wird mit Hilfe des Handbohrfutters der Casparidraht durch den lateralen Femurkondylus durchgezogen, bis der vorbereitete Knochenblock in dem femoralen Bohrkanal gut plaziert ist. Danach wird nach Anbringen eines dünnen Führungsdrahtes eine Interferenzschraube mit einem Durchmesser von 8mm in den Bohrkanal eingedreht. Hiermit wird der femorale Knochenblock gut in dem spongiösen Teil des lateralen Femurkondylus verankert. Anschließend wird das Kniegelenk in eine Beugung von 20° gebracht und auf beschriebene Weise der tibiale Knochenblock mit Hilfe der zweiten Interferenzschraube im Schienbeinkopf befestigt. Sodann wird die erreichbare

Stabilität des vorderen Kreuzbandes durch intraoperative Durchführung des Lachmantestes überprüft und gleichzeitig festgestellt, daß kein Impingement (Anstoßen) zwischen dem Sehnentransplantat und femoralem Notch besteht.

8.2. Patientengruppen

Die erste Gruppe (n=49) setzte sich aus Personen mit rekonstruiertem vorderen Kreuzband zusammen, bei denen das mittlere Drittel der Patellarsehne als Transplantat in Kombination mit bioresorbierbaren Interferenzschrauben verwendet wurde. Die Operationen wurden im Zeitraum von 1997 bis 2005 durchgeführt. Es handelt sich um das Patientengut der chirurgischen und unfallchirurgischen Praxis von Professor Dr. med. Moazami-Goudarzi in Berlin. Wegen der Nachbetreuung der Patienten der Kohorte 1 in der Praxis von Prof. Goudarzi war es möglich, bis auf einen Fall bei allen Patienten Angaben zum postoperativen Verlauf zu erhalten. Über Adressenrecherchen und Telefoninterview konnten schließlich auch von dem fehlenden Patienten die Angaben für den Lysholm-Score eingeholt werden, so daß er gleichfalls in die Bewertung eingegangen ist.

Die zweite Gruppe (n=140) bestand aus Personen mit rekonstruiertem vorderen Kreuzband, bei denen das mittlere Drittel der Patellarsehne als Transplantat in Kombination mit Titanschrauben verwendet wurde. Die Operationen wurden im Zeitraum von 1986 bis 1989 durchgeführt. Von 182 in diesem Zeitraum operierten Patienten wurden 140 Patienten (77%) nachuntersucht. Diese zweite Kohorte ist ein Gesamtkollektiv aus dem damaligen Rudolph-Virchow-Krankenhaus Berlin (Leiter Prof. Hertel), das als Ganzes zum Vergleich herangezogen wurde und deshalb grösser als die erste Kohorte ist. Der Operateur der Kohorte 1 war zu dieser Zeit stellvertretender Leiter der Abteilung Unfallchirurgie des damaligen Rudolph-Virchow-Krankenhauses. In diesem Kollektiv standen zwar patientenspezifische Angaben und einige postoperative Parameter nicht zur Verfügung, jedoch konnten alle Parameter für die Anwendung des Lysholm-Scores in die Vergleichsanalyse eingebracht werden.

8.3. Postoperative Behandlung

Die Rehabilitation nach einer Kreuzbandoperation besteht im wesentlichen aus frühzeitigen Bewegungsübungen, einem intensiven Muskelaufbauprogramm sowie

einem Koordinationstraining. Kontinuierliche Bewegungen auf einer Motorschiene sowie eine dosierte Belastung wirken sich auf die Knorpelernährung sowie auf das Einheilen des Transplantates sehr positiv aus. Durch den Einsatz von Muskelstimulationsgeräten kann der Muskelschwund am Oberschenkel reduziert werden. Zum Schutz des Transplantates sollte für einige Wochen eine abnehmbare und verstellbare Schiene (= Orthese) getragen werden. Die meisten Patienten haben nach 3-5 Wochen die Vollbelastung wieder erreicht. Eine erweiterte ambulante Rehabilitation beginnt ab der 3. Woche. Das Fahrradergometer als Trainingsgerät hat sich bestens bewährt. Bei gut aufgebauter Oberschenkelmuskulatur und wiedergewonnener Stabilität können nach 12 Monaten auch Rotationssportarten wie Fußball, Handball, Basketball und alpiner Skilauf begonnen werden. In der Regel sind die operativen Ergebnisse nach Kreuzbandrekonstruktionen als sehr gut zu bezeichnen. In den meisten Fällen können die Patienten ihren Sport auf hohem Niveau fortsetzen. Die Patienten beider Kohorten wurden postoperativ nach dem gleichen Schema versorgt (s. Tabelle).

Tabelle: Nachbehandlungsschema VKB-Ersatz mit Patellar- oder Semitendinosussehe (UKRV Unfall und Wiederherstellungschirurgie VKB-Nachbehandlungsschema vom 29.6.93)

	Bewegungsumfang	Belastung	Übungsprogramm
1 Tag		Keine	Thromboseprophylaxe
			Wadenpumpe, isometrische Übungen
			Hüftbeuger, Abduktoren, Kniestrecker
			Bewegungsübungen Gegenseite!
			Kokontraktion (Brunow)
			Redonenentfernung 2. Tag
2. Tag bis Entlassung	90/0/0	Bis halbes Körpergewicht	Motorschiene 2x 1/2 Stunde mit Steigerung
			Aufstehen zur Toilette
			Achsengerechte Bewegungen mit passiver, assistierter und aktiver Beugung

			Auch passive Streckung erlaubt
			Übungen in Rücken-, Bauch- und Seitenlage
			Aktive Beugung / Streckung bis Schmerzgrenze
			Passive Patellamobilisation
			Mod. PNF* Muster (prox. Widerstand)
			Don Joy ACL-Schiene 0/0/90 Tag und Nacht
Entlassung bis 3. Woche	90/0/0	Bis halbes Körpergewicht	Täglich: Einzel-KG mit PNF, aktiver Bewegungstherapie mit Widerständen
			Kokontraktion (n. Brunow)
			Stabil. – und Koordinationsübungen mit Teilbelastung, Elektrotherapie: Mittelfrequenzstrom 15' tgl.
			Evtl. Biofeedback für Quadriceps
			Krafttraining für Ischiocruralmuskulatur, gesundes Bein, obere Extremität, Kreislauftraining
			Gerätetraining unter Anleitung und Aufsicht
			Kryotherapie mit Würfeis (5 am Ende jeder Übungsserie zur Ergußprophylaxe)
			Tägliche Gesamtübungszeit ca. 3 Stunden
			Don Joy ACL Schiene 0/0/90 Tag und Nacht, kann zur KG abgenommen werden

4. – 6. Woche	90/0/0	Zunehmend bis Vollbelastung	Intensivierung obiges Programm
			Zusätzl. isokinet. Standfahrrad
			Widerstände beim Muskeltraining
			Unterwasserbewegungstherapie
			Übungszeit weiter 3 Stunden tgl. Don Joy ACL Schiene 0/0/90 Tag und Nacht, kann zur KG abgenommen werden
7. – 12. Woche	Frei	Vollbelastung	Programm weiter plus Laufband undisokinet. Beintrainer (nur axialer Druck), Koordinations- und Geschicklichkeitsübungen (Kippkreisel, Trampolin), Alltagsbelastung meist nach 6-8 Wochen Sportart- und berufsspezifisches Training. Noch keine max. Quadricepsaktion in Streckung, Übungszeit 2-3 Stunden täglich
Ab 12. Woche	Frei	Vollbelastung	Trainingsausmaß nach Anspruch und Fortschritt: Isokin. Muskelaufbautraining, Schwimmen, Laufen, Reflexschulung
Bis 1 Jahr postop.			Vermeiden dynamischer Sportarten wg. Gefahr der Dehnung des Transplanates

8.4. Nachuntersuchung und Datenerhebung

Alle operierten Patienten wurden zu Nachuntersuchungen einbestellt. Aus den Ergebnissen der Nachuntersuchungen, Patientenakten und, bei Uneindeutigkeit nochmaligem Befragen des Patienten, standen bei Datenerhebung folgende Daten zur Verfügung:

Kohorte 1:

- Alter
- Geschlecht
- Seite des betroffenen Kniegelenks
- Unfallart
- Begleitverletzung
- Behandlungsdauer
- Kniestellung zum Unfallzeitpunkt
- Vorbehandlung
- Postoperative Komplikationen
- Subjektive Beurteilung des operativen Ergebnisses unter Inanspruchnahme von drei Kategorien der vom Patienten eingeschätzten Verbesserung (beträchtliche, geringe oder keine Verbesserung).
- Lysholm-Score Kriterien 1 – 8
- Lysholm-Score Gesamtergebnis

Kohorte 2:

- Alter
- Geschlecht
- Seite des betroffenen Kniegelenks
- Unfallart
- Begleitverletzung
- Postoperative Komplikationen
- Subjektive Beurteilung des operativen Ergebnisses unter Inanspruchnahme von drei Kategorien der vom Patienten eingeschätzten Verbesserung (beträchtliche, geringe oder keine Verbesserung).
- Lysholm-Score Kriterium 1 und 2
- Gesamtergebnis Lysholm-Score

8.5. Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung

In Kohorte 1 erfaßte die Datenerhebung einen Nachuntersuchungszeitraum von 68 Tagen (0,2 Jahre) bis 995 Tagen (2,7 Jahre). Der Mittelwert lag bei 228 Tagen (0,65 Jahre). Die Standardabweichung lag bei 207 Tagen (0,57 Jahre). Die Operationen fanden zwischen 1997 und 2005 statt. Die Auswertung der Datenbögen für diese Arbeit erstreckte sich über einen Zeitraum von bis zu 8 Jahren nach den Operationen.

In Kohorte 2 werden Nachuntersuchungen erfaßt, die 10 – 13 Jahren nach Operation stattfanden. Detaillierte Angaben zum Nachuntersuchungszeitraum standen in dieser Gruppe nicht zur Verfügung (s. auch 8.2.)

8.6. Bewertungsschema des Lysholm-Scores

Kriterium	Ausprägungsgrad	Punkte
1) Knieschmerzen	Keine	30
	Selten, nach Sport oder Belastung	25
	Häufig, nach Sport oder Belastung	20
	Selten, auch bei Gehen oder spontan	15
	Häufig, bei Gehen oder Spontan	10
	Ständig, auch in Ruhe	0
2) Instabilitätsgefühl	Kein Instabilitätsgefühl	30
	Selten, bei Sport oder Belastung	25
	Häufig, bei Sport oder Belastung	20
	Selten, bei Gehen oder Treppensteigen	15
	Ständig	0
3) Treppensteigen	Ohne Probleme	10
	Mit geringen Problemen	6

	Mit großen Problemen	4
	Unmöglich	0
4) Schwellung	Keine	10
	Bei schwerer Anstrengung	6
	Bei gewöhnlicher Anstrengung	2
	Ständig	0
5) Blockaden	Nie	5
	Vereinzelt	4
	Häufig	2
	Immer	0
6) Hocken	Wie Gegenseite	5
	Mit geringen Problemen	3
	Nicht möglich	0
7) Muskelverminderung	Keine. Evtl. stärkere Muskulatur	5
	Geringe Verminderung	3
	Verminderung	0
8) Sport- bzw. Arbeitsunfähigkeit	Aktiv wie vor dem Unfall	5
	Geringer als vor dem Unfall	0
Maximale Gesamtpunktzahl		100

8.7. Statistik

Studiendesign: Es handelt sich bei der vorliegenden Arbeit um die retrospektive Evaluierung eines Patientenkollektivs nach Kreuzbandersatzoperation unter Verwendung von bioresorbierbarem Implantationsmaterial mit Hilfe eines Fragebogens. Zur besseren Einordnung der erhobenen Daten wurden einige Parameter dieser Querschnittserhebung - in Form eines historischen Vergleichs - mit Daten eines Patientenkollektivs verglichen, das unter Verwendung von Titanschraubenmaterial operiert wurde. In der Hierarchie der evidenzbasierten Medizin würde die Analyse zweier nicht randomisierter Kohorten dem Evidenzniveau

III-3 entsprechen (68). Hierbei ist zu beachten, daß durch das Evidenzniveau die Beweiskraft einer Studie, nicht ihre klinische Relevanz, klassifiziert wird.

Folgende statistische Methoden kamen zur Anwendung:

- Chi-square oder Chi-quadrat-Test: Statistisches Verfahren mit dem sich prüfen läßt, ob die Verteilung eines Merkmals in zwei Gruppen sich unterscheidet. Dieser Test ist anwendbar für kategoriale oder auch für kontinuierliche Merkmale, die klassifiziert wurden.
- T-Test: Statistischer Test, mit dem sich bestimmen läßt, ob der Unterschied der Mittelwerte zweier Zahlenkohorten zufällig ist oder nicht.
- Korrelation/Regression: Statistisches Verfahren, welches zwischen zwei Variablen eine Beziehung (Korrelation) herstellt. Bei der Regression wird eine Gerade durch eine Punktwolke gezogen. Somit lassen sich Vorhersagen über y für jedes beliebige x machen. Der Bestimmtheitsgrad (R^2) sagt dabei aus, „wie gut“ die Korrelation bzw. die Vorhersage ist. Ein hoher Bestimmtheitsgrad nähert sich dem Wert 1.

Signifikanzniveau: In der Statistik sind Ergebnisse bzw. Unterschiede signifikant, wenn sie nur mit einer bestimmten geringen Wahrscheinlichkeit durch Zufall zustande kommen. In Worten ausgedrückt bedeutet ein Signifikanzniveau von $p = 0,05$, daß das vorliegende Ergebnis mit 5%iger Wahrscheinlichkeit auch durch Zufall zustande gekommen sein könnte. Die Überprüfung statistischer Signifikanz geschieht unter Anwendung von dem Datenmaterial angepaßten Signifikanztests, die eine Abschätzung der Irrtumswahrscheinlichkeit erlauben.

9. Ergebnisse

9.1. Präoperative Parameter in Kohorte 1 und 2

9.1.1. Alter

Das Durchschnittsalter der ersten Kohorte zum Zeitpunkt der Operation war 35,1 Jahre ($n = 41$), das Durchschnittsalter der zweiten Kohorte war 29,4 Jahre. Der Unterschied des Durchschnittsalters war statistisch signifikant ($p = 0,0047$, T-Test für zwei unabhängige Stichproben).

Kohorte 1 zeigte einen gleichmäßigen Aufbau hinsichtlich der Altersverteilung, während Kohorte 2 eine Verschiebung zum jüngeren Alter hin hatte (s. Tabelle 1, Graphik 1). Im proportionalen Anteil der jüngsten Altersgruppe und der zweitältesten Altersgruppe unterschieden sich die beiden Kohorten signifikant.

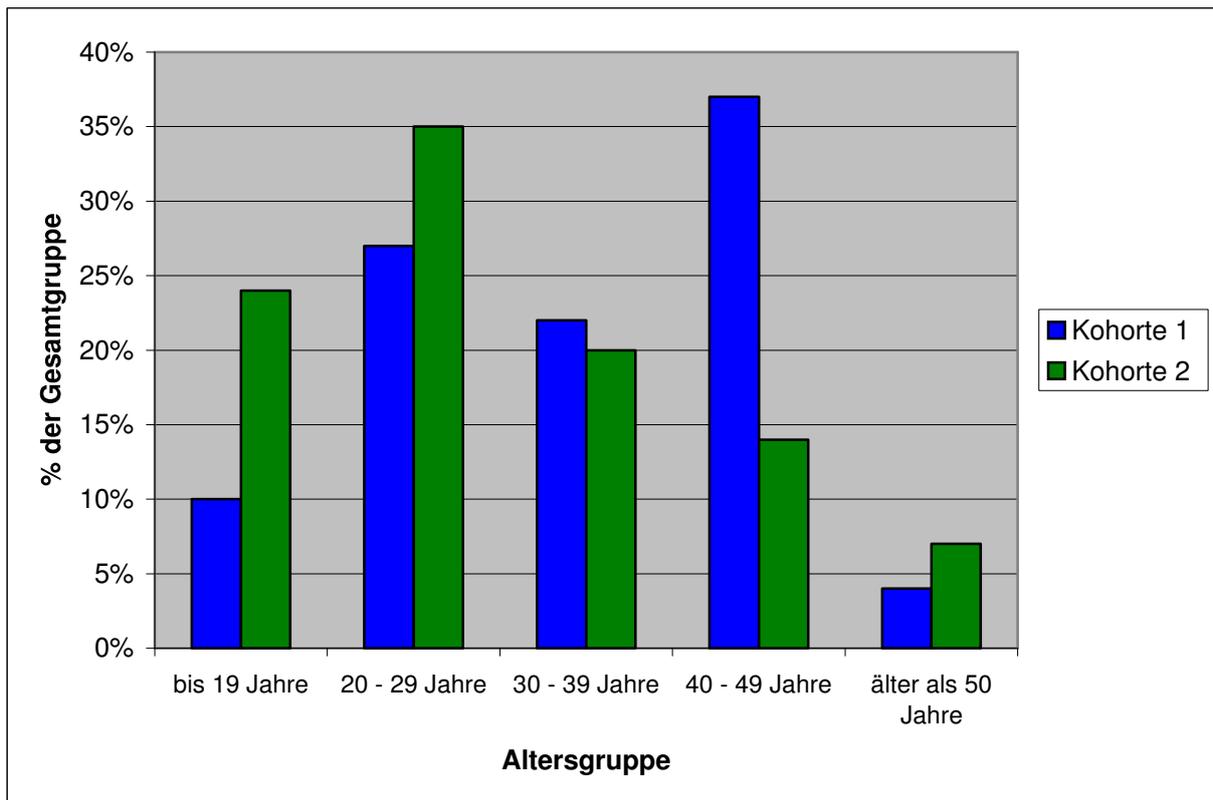
Tabelle 1: Altersverteilung

Alter (Jahre)	0-19	20-29	30-39	40-49	50-59
Kohorte 1 (n=49)	5 (10%)*	13 (27%)	11 (22%)	18 (37%)**	2 (4%)
Kohorte 2 (n=140)	34 (24%)*	49 (35%)	28 (20%)	19 (14%)**	10 (7%)

* Chi-square: $p \leq 0.05$. Freiheitsgrad: 1

** Chi-square: $p \leq 0.01$. Freiheitsgrad: 1

Graphik 1: Altersgruppenverteilung (%)



9.1.2. Geschlecht

In beiden Kohorten waren Männer leicht in der Überzahl. Es gab jedoch zwischen den untersuchten Kohorten keinen signifikanten Unterschied in der Verteilung der Geschlechter (s. Tabelle 2).

Tabelle 2: Geschlechtsverteilung

Geschlecht	Männlich	Weiblich
Kohorte 1 (n=49)	34 (69%)	15 (31%)
Kohorte 2 (n=140)	91 (65%)	49 (35%)

Chi-square: $p = 0.31$, Freiheitsgrad: 1

9.1.3. Seite des betroffenen Kniegelenkes

Rechte und linkes Kniegelenk waren in beiden Kohorten zu annähernd gleichen Anteilen betroffen, wobei in der zweiten Kohorte die Ruptur des rechten Kniegelenkes etwas häufiger war. Der Unterschied zwischen den Kohorten war nicht signifikant (s. Tabelle 3).

Tabelle 3: Seitenverteilung der Kniegelenke

	Rechts	Links
Kohorte 1 (n = 49)	25 (51%)	24 (49%)
Kohorte 2 (n = 140)	81 (58%)	59 (42%)

Chi-square: $p = 0.67$, Freiheitsgrad: 1

9.1.4. Unfallart

In beiden Kohorten wurden die meisten Kreuzbandrupturen durch sportliche Aktivitäten verursacht. In der zweiten Kohorte waren Sportunfälle sogar für drei Viertel der Läsionen verantwortlich und signifikant häufiger als in der ersten Kohorte (s. Tabelle 4, Graphik 2). In der ersten Kohorte waren Arbeits- bzw. Schulunfälle signifikant häufiger als in der ersten Gruppe anzutreffen.

Tabelle 4: Unfallarten

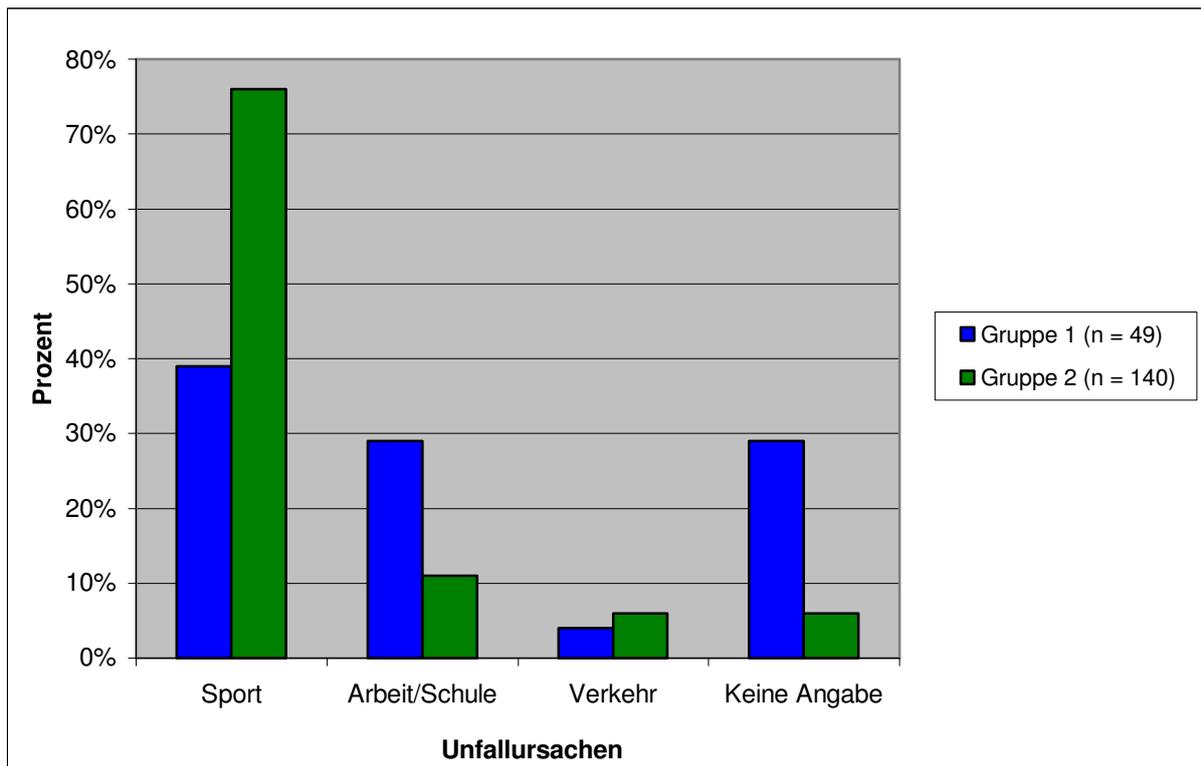
	Sport	Arbeit/Schule	Verkehr	Keine Angabe
Kohorte 1 (n = 49)	19 (39%)*	14 (29%)**	2 (4%)	14 (29%)***
Gruppe 2 (n = 140)	107 (76%)*	16 (11%)**	8 (6%)	9 (6%)***

* Chi-square: $p \leq 0.001$, Freiheitsgrad: 1

** Chi-square: $p \leq 0.01$, Freiheitsgrad: 1

*** Chi-square: $p \leq 0.001$, Freiheitsgrad: 1

Graphik 2: Unfallursachen (%)



9.1.5. Begleitverletzungen

Begleitverletzungen waren in beiden Kohorten in der Hälfte der Fälle oder mehr (Kohorte 1: 61%, Kohorte 2: 49%) nachzuweisen. Der Meniskusriß war in beiden Kohorten die häufigste Begleitverletzung, wobei in Kohorte 1 die Hälfte der Verletzungen mit einem Meniskusriß assoziiert war (s. Tabelle 5).

Tabelle 5: Zusätzliche Verletzungen:

	MR	KS	SB	KV	HK	F	KA
Kohorte1* (n = 49)	24(49%)**	15(31%)***	4 (8%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (8%)	19(39%)
Kohorte2* (n = 140)	39(29%)**	13(9%)***	4 (3%)	4 (3%)	3 (2%)	3 (2%)	74(53%)

* Mehrfachnennungen waren möglich

** Chi-square: $p \leq$, Freiheitsgrad: 1

*** Chi-square: $p \leq 0.001$, Freiheitsgrad: 1

MR: Meniskusriß, KS: Knorpelschaden, SB: Seitenbandverletzung, KV: Kapselverletzung, HK: Hintere Kreuzbandverletzung, F: Fraktur, KA: keine Angaben

9.2. Postoperative Parameter in Kohorte 1 und 2

9.2.1. Postoperative Komplikationen

In beiden Kohorten entwickelten sich in einem Teil der Fälle postoperative Komplikationen verschiedener Art. In Kohorte 2 zeigten die Patienten häufiger einen komplikationslosen postoperativen Verlauf im Vergleich zu Kohorte 1 (66% vs. 57%). Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant (s. Tabelle 6).

Tabelle 6: Postoperative Komplikationen

	Keine	Gelenkerguß	Bewegungs- einschränkung	Infektion	Sensibil. störung
Kohorte 1* (n = 49)	28 (57%)	21 (43%)**	7 (14%)***	2 (4%)	0 (0%)
Kohorte 2* (n = 140)	95 (66%)	36 (26%)**	5 (4%)***	2 (1%)	2 (1%)

* Mehrfachnennungen waren möglich

** Chi-square: $p \leq 0.025$, Freiheitsgrad: 1

*** Chi-square: $p \leq 0.01$, Freiheitsgrad: 1

9.2.2. Subjektive Beurteilung durch den Patienten

Auf die Frage, ob sie das Gefühl hätten, daß sich eine Verbesserung eingestellt habe, berichtete über die Hälfte der Patienten in beiden Kohorten über beträchtliche Verbesserungen. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede (s. Tabelle 7).

Tabelle 7: Subjektive Beurteilung durch den Patienten

	Keine Unter- suchung	Beträchtl. Verbesse- rung	Geringe Verbesse- rung	keine Verbesse- rung	Ver- schlech- terung	Keine Angabe
Kohorte 1 (n = 49)	1 (2%)	32 (65%)	10 (20%)	2 (4%)	0 (0%)	4 (8%)*
Kohorte 2 (n = 140)	13 (9%)	89 (64%)	20 (14%)	12 (9%)	5 (4%)	1 (1%)*

* Chi-square: $p \leq 0.001$, Freiheitsgrad: 1

9.2.3. Knieschmerzen, Lysholm-Score Kriterium 1

Mehr als die Hälfte der Patienten gaben Schmerzfreiheit im ersten Kriterium des Lysholm-Scores an. In der ersten Kohorte war der Anteil der Patienten ohne Schmerzen (67%) höher als in der zweiten, jedoch ohne statistische Signifikanz zu erreichen. Der Anteil von Patienten, der über Schmerzen bei alltäglichen Aktivitäten klagte, war in der zweiten Kohorte signifikant höher (18%) als in der ersten Kohorte (s. Tabelle 8).

Tabelle 8: Knieschmerzen

	Schmerzfrei	Bei besonderen Aktivitäten	Bei alltäglichen Aktivitäten	Ständig
Kohorte 1 (n = 49)	33 (67%)	14 (29%)	2 (4%)*	0 (0%)
Kohorte 2 (n = 140)	73 (52%)	39 (29%)	25 (18%)*	3 (2%)

* Chi-square: $p \leq 0.025$, Freiheitsgrad: 1

9.2.4. Instabilitätsgefühl, Lysholm-Score Kriterium 2

Ein signifikant höherer Teil der ersten Kohorte (80%) war beschwerdefrei bezüglich des zweiten Kriteriums des Lysholm-Scores im Vergleich zur zweiten Kohorte (56%). In der zweiten Kohorte klagten dementsprechend signifikant mehr Patienten über häufiges oder ständiges Instabilitätsgefühl (s. Tabelle 9).

Tabelle 9: Instabilitätsgefühl

	Kein	Selten	Häufig	Ständig
Kohorte 1 (n = 49)	39 (80%)*	10 (20%)	0 (0%)**	0 (0%)
Kohorte 2 (n = 140)	78 (56%)*	30 (21%)	29 (21%)**	3 (2%)

* Chi-square: $p \leq 0.01$, Freiheitsgrad: 1

** Chi-square: $p \leq 0.001$, Freiheitsgrad: 1

9.2.5. Treppensteigen, Lysholm-Score Kriterium 3

Mehr als drei Viertel der Patienten (80%) der ersten Kohorte konnten beschwerdefrei Treppen steigen. Ein kleiner Teil der Patienten hatte geringe Probleme (12%), und vier von 49 Patienten (4%) hatten große Probleme. Für keinen der Patienten war das Treppensteigen unmöglich. In der zweiten Kohorte hatten 118 von 140 Patienten (84%) keine Probleme, 17 Patienten hatten geringe Probleme (12%), und 5 Patienten (4%) hatten große Probleme. Es gab keine signifikanten Unterschiede zur ersten Gruppe (s. Tabelle 11).

Tabelle 11: Treppensteigen

	Ohne Probleme	Geringe Probleme	Große Probleme	Unmöglich
Kohorte 1 (n = 49)	39 (80%)	6 (12%)	4 (8%)	0 (0%)
Kohorte 2 (n = 140)	118 (84%)	17 (12%)	5 (4%)	0 (0%)

9.2.6. Knieschwellung, Lysholm-Score Kriterium 4

Zwei Drittel der Patienten der ersten Kohorte hatten keine Schwellung des operierten Knies zu verzeichnen. Kein Patient klagte über eine dauerhafte Schwellung. In der zweiten Kohorte trat bei 82 von 140 Patienten (59%) keine Knieschwellung auf und kein Patient klagte über eine Dauerschwellung. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zur ersten Gruppe (s. Tabelle 12).

Tabelle 12: Knieschwellung

	Keine	Selten	Häufig	Spontan	Immer
Kohorte 1 (n = 49)	33 (67%)	9 (18%)	5 (10%)	2 (4%)	0 (0%)
Kohorte 2 (n = 140)	82 (59%)	41 (29%)	9 (6%)	8 (6%)	0 (0%)

9.2.7. Blockaden, Lysholm-Score Kriterium 5

Die Mehrzahl (86%) der Patienten der ersten Kohorte hatte keine Blockaden. Nur wenige berichteten über vereinzelte (10%) oder häufige (4%) Blockaden. Blockaden wurden in der zweiten Kohorte nicht signifikant unterschiedlich zur ersten Gruppe berichtet (s. Tabelle 13).

Tabelle 13: Blockaden

	Nie	Vereinzelte	Häufig	Immer
Kohorte 1 (n = 49)	42 (86%)	5 (10%)	2 (4%)	0 (0%)
Kohorte 2 (n = 140)	120 (86%)	18 (13%)	2 (1%)	0 (0%)

9.2.8. Hocken, Lysholm-Score Kriterium 6

Das Hocken war bei über der Hälfte der Patienten der ersten Kohorte auf der operierten wie auf der nicht operierten Seite gleich. Ein Drittel der Patienten berichtete über geringe Probleme am operierten Knie, wohingegen bei 6% der Patienten das Hocken nicht möglich war. In der zweiten Kohorte wurden hinsichtlich dieses Parameters keine signifikant unterschiedlichen Ergebnisse berichtet (s. Tabelle 14).

Tabelle 14: Hocken

	Wie Gegenseite	Geringe Probleme	Nicht möglich
Kohorte 1 (n = 49)	28 (57%)	18 (37%)	3 (6%)
Kohorte 2 (n = 140)	90 (64%)	48 (34%)	2 (1%)

9.2.9. Muskelverminderung, Lysholm-Score Kriterium 7

Fast die Hälfte der Patienten (41%) in Kohorte 1 bemerkte keine Muskelverminderung, bzw. sogar eine Zunahme der Muskelmasse. In einem Drittel wurde eine geringe Verminderung verzeichnet, während 24% eine deutliche Verminderung der Muskelmasse auf der operierten Seite registrierten. In der zweiten Kohorte verzeichneten 12% der Patienten eine Verminderung der Muskelmasse

(16/140), was einen statistischen signifikanten Unterschied zur ersten Gruppe ergab ($p \leq 0,05$) (s. Tabelle 15).

Tabelle 15: Muskelverminderung

	Keine oder stärker	Geringe Vermind.	Verminderung
Kohorte 1 (n = 49)	20 (41%)	17 (35%)	12 (24%)*
Kohorte 2 (n = 140)	62 (44%)	62 (44%)	16 (12%)*

* Chi-square: $p \leq 0.05$, Freiheitsgrad: 1

9.2.10. Leistungsfähigkeit, Lysholm-Score Kriterium 8

Die Sport- und Leistungsfähigkeit war bei der Hälfte der Patienten von Kohorte 1 wie vor der Operation. 41% der Patienten konnten sportlich und allgemein nach der Operation geringfügig weniger leisten. Bei 6% der Patienten war postoperativ kein Sport mehr möglich. Die Leistungsfähigkeit der zweiten Kohorte war signifikant nicht unterschiedlich von der ersten Gruppe (s. Tabelle 16).

Tabelle 16: Sport- und Leistungsfähigkeit

	Aktiv wie vorher	Geringer als vorher	Kein Sport, andere Arbeit
Kohorte 1 (n = 49)	26 (53%)	20 (41%)	3 (6%)
Kohorte 2 (n = 140)	62 (44%)	64 (46%)	14 (10%)

9.3. Postoperative Parameter in Kohorte 1

Postoperative Parameter wie Behandlungsdauer, Kniestellung zum Unfallzeitpunkt und Vorbehandlung von Kohorte 2 waren nicht verfügbar. Deshalb werden in den folgenden Punkten nur Angaben zu Kohorte 1 gemacht.

9.3.1. Behandlungsdauer

Die Patienten von Kohorte 1 hatten eine durchschnittliche stationäre Aufenthaltsdauer von 5 Tagen (Min. 3 Tage, Max. 12 Tage).

9.3.2. Kniestellung zum Unfallzeitpunkt

Von den 49 Patienten nannten 2 Patienten eine Innenrotation, 2 Patienten eine Beugung, 6 Patienten eine Beugung mit Innenrotation, 7 Patienten eine Außenrotation und ein Patient eine Streckung als Kniestellung zum Unfallzeitpunkt. Der Rest der Patienten konnte sich zur Kniestellung zum Zeitpunkt des traumatischen Ereignisses nicht erinnern oder keine verlässlichen Angaben machen.

9.3.3. Vorbehandlung

Neun von 49 Patienten erinnerten sich an Vorbehandlungen eines Kniegelenkes (3 x Arthroskopie, 1 x Kreuzbandplastik, 1 x Patellafraktur, 4 x keine näheren Angaben).

9.4. Das Gesamtergebnis des Lysholm-Scores in Abhängigkeit patientenspezifischer Parameter in Kohorte 1

Patientenspezifische Parameter zu Kohorte 2 waren nicht verfügbar. Deshalb können die folgenden statistischen Analysen zum Lysholm-Score in Abhängigkeit von patientenspezifischen Parametern nur für Kohorte 1 vorgenommen werden

9.4.1. Lysholm-Score und Geschlecht

Die 34 Männer der ersten Kohorte hatten einen durchschnittlichen Gesamt-Score nach Lysholm (89,5) der sich von dem Wert der 15 Frauen in der ersten Kohorte (90) nicht signifikant unterschied (T-Test für zwei unabhängige Stichproben) (s. Tabelle 17).

Tabelle 17: Lysholm-Score und Geschlechtsgruppen

	Männlich	Weiblich
Kohorte 1 (n = 49)	89,5* (n=34)	90* (n=15)

* T-Test: $p > 0,05$

9.4.2. Lysholm-Score und Alter

Die Höhe der erreichten Lysholm-Scores zeigte eine leichte Abhängigkeit vom Alter der operierten Patienten. Jüngere Patienten erzielten einen höheren Score als ältere Patienten (s. Tabelle 18.). Der statistische Vergleich des Mittelwertes der Altersgruppen zeigte jedoch aufgrund der geringen Fallzahl keine statistische

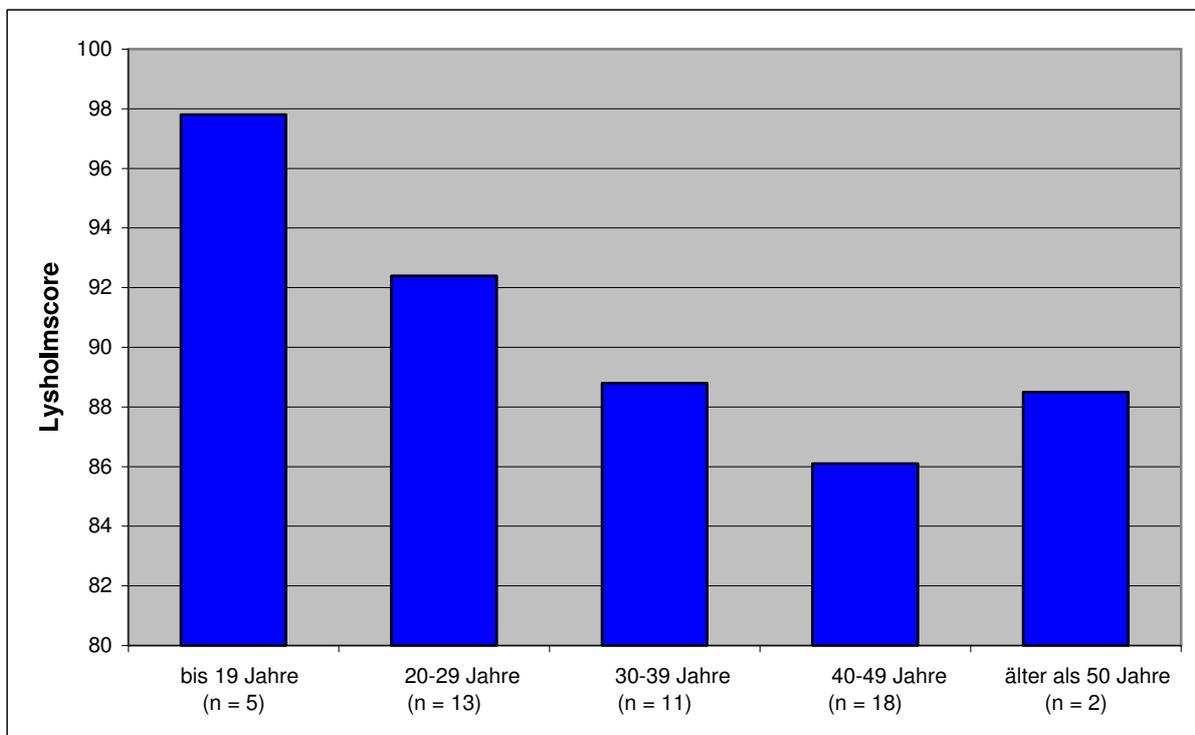
Signifikanz (T-Test für zwei unabhängige Stichproben). In der graphischen Darstellung der Korrelation konnte ein Trend gezeigt werden, der jedoch einen sehr niederen Bestimmtheitsgrad aufwies (s. Graphik 3 und 4).

Tabelle 18: Lysholm-Score und Alter

	0-19	20-29	30-39	40-49	50-59
Kohorte 1 (n = 49)	97,8* (n=5)	92,4* (n=13)	88,8* (n=11)	86,1* (n=18)	88,5* (n=2)

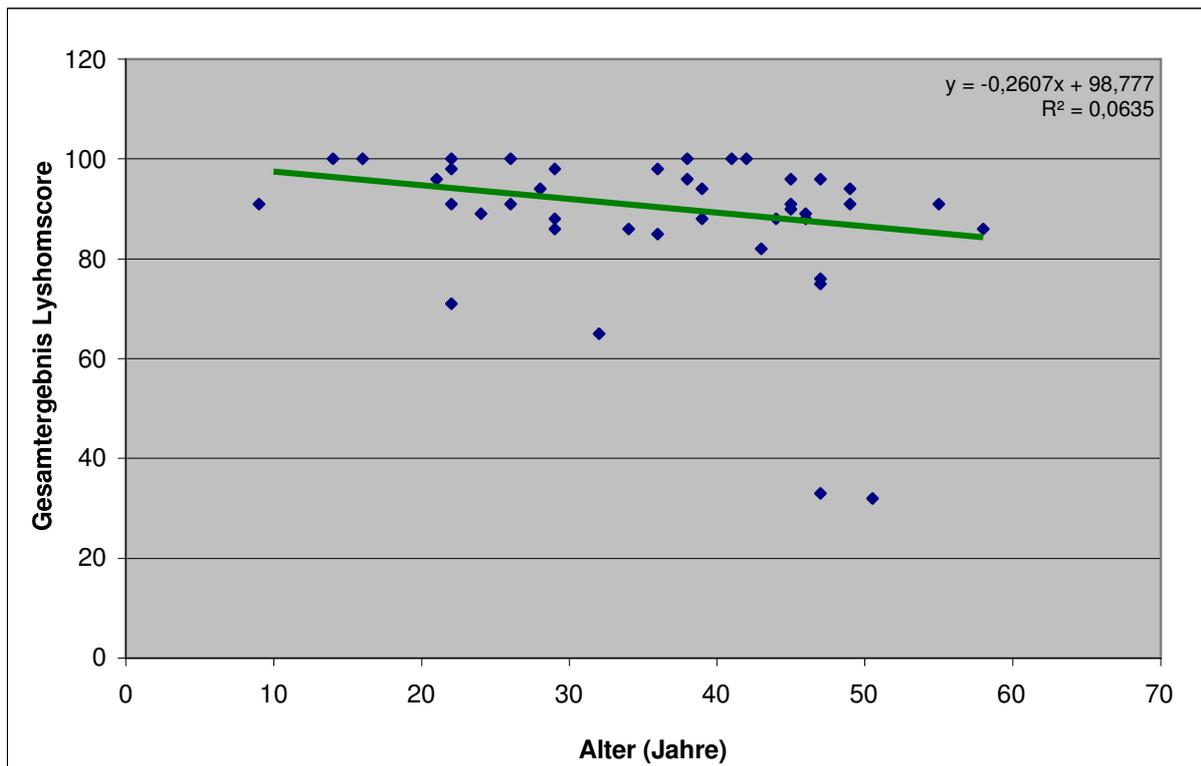
* T-Test: $p > 0,05$

Graphik 3: Lysholm-Score in Altersgruppen



Graphik 4: Alter versus Lysholm-Score

(n = 41)



9.4.3. Lysholm-Score und Seite des Knies

Der Lysholm-Score war unabhängig von der Seite des operierten Knies. Es gab keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem Ergebnis des rechten (88,2) im Vergleich zum linken Knie (91,2) (T-Test für zwei unabhängige Stichproben) (s. Tabelle 19).

Tabelle 19: Lysholm-Score und Seite des operierten Knies

	Rechts	Links
Kohorte 1 (n = 49)	88,2* (n=25)	91,2* (n=24)

* T-Test: $p > 0,05$

9.4.4. Lysholm-Score und Unfallursache

Die Art der Unfallursache hatte keine signifikante Auswirkung auf die Höhe des Lysholm-Scores nach der Operation, allerdings lag der Lysholm-Score der Patienten ohne Angabe einer Unfallursache signifikant unter dem Durchschnittswert der restlichen Patienten, die Sport, Arbeit/Schule, oder Verkehrsunfall als Ursache

angegeben hatten ($p = 0.012$, T-Test für zwei unabhängige Stichproben) (s. Tabelle 20).

Tabelle 20: Lysholm-Score und Unfallursache

	Sport	Arbeit/Schule	Verkehrsunfall	Keine Angabe
Kohorte 1 (n = 49)	91,5* (n=19)	93,5* (n=14)	90,5* (n=2)	83,2* (n=14)

* T-Test Durchschnittswert (Sport, Arbeit, Verkehrsunfall) versus Keine Angabe: $p < 0,05$

9.4.5. Lysholm-Score und Art zusätzlicher Verletzungen

Der Durchschnittswert des Lysholm-Scores bei Operierten der Kohorte 1 ohne Begleitverletzung (90) unterschied sich nicht von Operierten mit Meniskusriß (91), Knorpelschaden (86), Seitenbandverletzung (79) oder Fraktur (92) (T-Test für zwei unabhängige Stichproben) (s. Tabelle 21).

Tabelle 21: Lysholm-Score und Art zusätzlicher Verletzungen

	MR	KS	SB	KV	HK	F	KA
Kohorte 1 (n = 49)	91*(n=24)	86*(n=15)	79*(n=4)	-	-	92*(n=4)	90*(n=1)

* T-Test: $p > 0,05$

MR: Meniskusriß, KS: Knorpelschaden, SB: Seitenbandverletzung, KV: Kapselverletzung, HK: Hintere Kreuzbandverletzung, KA: keine Angaben

9.4.6. Lysholm-Score und Anzahl zusätzlicher Verletzungen

Die Anzahl der Begleitverletzungen hatte keinen signifikanten Einfluß auf den postoperativen Verlauf, der mit dem Lysholm-Score gemessen wurde (T-Test für zwei unabhängige Stichproben) (s. Tabelle 22).

Tabelle 22: Lysholm-Score und Anzahl zusätzlicher Verletzungen

	1	2	3	0
Kohorte 1 (n = 49)	91 (n=15)	86 (n=13)	91 (n=2)	90 (n=19)

* T-Test: $p > 0,05$

C. Diskussion

Das Ziel jeder Behandlung und Rehabilitation nach Verletzung des vorderen Kreuzbandes sollte der Wiedergewinn der vor der Läsion bestehenden Funktion sein (95). Zur besseren Einschätzung der Kreuzbandrekonstruktion wird die Bedeutung eines Aktivitätsindex unterstrichen. Dabei zeigten sich im subjektiven Lysholm-Score deutlich bessere Ergebnisse als in der Einschätzung durch den postoperativen Tegner-Aktivitätsindex (109).

Zur besseren Beurteilung des Lysholm-Scores wiesen Demirdjian et al. bei einer großen Nachuntersuchung nach, daß in der gesunden Bevölkerung 85% der Männer und 69% der Frauen den maximal möglichen Wert von 100 Punkten erreichen (14). Nach Knieoperationen werden in der Literatur unterschiedliche Werte angegeben, die sich in einem Bereich der Spannbreite von 75 – 100 bewegen:

So wurde in einer Studie mit 527 Personen der durchschnittliche Lysholm-Score nach Operation des rupturierten vorderen Kreuzbandes mit 86 angegeben (83), wohingegen Pokar et al. bei 76 operierten Patienten einen Wert von 94,6 und Jäger et al. bei 74 Operierten einen Wert von 93,6 ermittelten (75;42). In einer Studie, in der eine sofortige Operation nach Unfall mit einer späteren Operation verglichen wurde, wurde der durchschnittliche Lysholm-Score in der sofort operierten Gruppe mit 87 (n = 8), und in der später operierten Gruppe mit 75 (n = 13) (53) angegeben. In einer kürzlich publizierten Studie mit 948 Personen wurde in der Nachverfolgungsperiode ein Lysholm-Score von 90 ermittelt (49).

Die Ergebnisse des Lysholm-Scores der hier präsentierten Untersuchung (Gruppe 1: 89,7, Gruppe 2: 83,1) liegen somit im Bereich der in der Literatur angegebenen Werte.

Um den Nutzen bioresorbierbaren Fixierungsmaterials bewerten zu können, sollte ein Vergleich mit Titan, dem Standardmaterial für Transplantatfixierung, durchgeführt werden. Es existieren einige Studien, die solch einen Materialvergleich bei der operativen Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur vornehmen, indem sie Gruppen vergleichen, die mit bioabsorbierbarem Material oder mit Titanschrauben

versorgt wurden: Zum Beispiel verwendeten Barber et al. für die Kreuzbandrekonstruktion eine Bioschraube aus Poly-L-Lactid-Säure; 31 Patienten wurden mit absorbierbaren Schrauben und 48 Patienten mit Metallschrauben versorgt. Die klinische Verlaufskontrolle erfolgte unter anderem mittels des Lysholm-Scores. Die Studie war als randomisierte, prospektive und multizentrische Studie angelegt, in der die Patienten über einen Zeitraum von 2 Jahren regelmäßig beobachtet wurden. Der Lysholm-Score in den beiden Gruppen ergab Werte von 94 plus minus 9,6 bzw. 96 plus minus 6,9. Auch klinisch zeigten sich zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung signifikante Unterschiede. Darüber hinaus wird berichtet, daß es stets zu einem vollständigen Einheilen des Knochenblockes kam (3).

In einer retrospektiven Studie untersuchten Marti et al. 69 Patienten nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes unter Anwendung von Metallschrauben (n = 38) oder bioresorbierbaren Interferenzschrauben (n = 31). Der Zeitpunkt der Nachuntersuchung war durchschnittlich 20 Monate postoperativ in der ersten Gruppe und knapp 10 Monate postoperativ in der zweiten Gruppe. Weder Lysholm- noch Tegner-Score zeigten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen (59).

In einer anderen prospektiven randomisierten Studie verglichen McGuire et al. 103 Patienten, die mit bioresorbierbaren Poly-Lactid-Schrauben operiert waren, mit 101 Patienten, die mit den traditionellen Metallschrauben versorgt wurden. Der Lysholm-Score lag 4 Jahre postoperativ bei 95 für die Gruppe mit bioresorbierbarem Transplantationsmaterial, und bei 97,2 für die Gruppe mit Metallfixierung. Obwohl insgesamt 12 Polylactidschrauben in dieser Studie beim Fixierungsprozeß brachen, wurden keine unterschiedlichen Erfolgsraten in den verschiedenen Parametern der Nachuntersuchung gemessen (110).

Ebenfalls in einer prospektiven und randomisierten Studie operierten Hackl et al. 40 Patienten. Die Transplantatfixation wurde bei 20 Patienten mit Metallschrauben und bei 20 Patienten mit resorbierbaren Polyglykonatschrauben vorgenommen. Die Patienten wurden über einen Zeitraum von 2 Jahren klinisch und radiologisch nachuntersucht. Es wird berichtet, daß zu keinem Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Ergebnisse von Tegner- oder Lysholm-Score auftrat (22;32).

Studien mit weniger hohem Evidenzgrad zeigen ähnliche Ergebnisse. So wurden in einer einarmigen retrospektiven Studie 66 Kniegelenke nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit hamstring Transplantaten unter Verwendung bioresorbierbarer Polylactidschrauben von Charlton et al. untersucht. Der durchschnittliche Lysholm-Score war 91 (Spannbreite, 45 bis 98), wobei das nicht involvierte Knie einen Durchschnittswert von 97 zeigte (10). Des weiteren untersuchten Ma et al. in einer prospektiven nicht-randomisierten Studie jeweils 15 Patienten, die entweder unter Verwendung von bioresorbierbaren Polylactidschrauben oder mit Metallbuttons operiert wurden. Die klinische Evaluierung wurde mittels der Vorgaben des International Knee Documentation Committee und arthrometrischer Messungen vorgenommen. In der Nachuntersuchungsperiode wurden bis 40 Monate postoperativ keine Unterschiede festgestellt. Gleichzeitig wird berichtet, daß das bioresorbierbare Material auch nach vier Jahren noch nicht vollständig degradiert war (55).

In einer multizentrischen Studie randomisierten Kaeding et al. ihre Patienten zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes in zwei Gruppen. Ein Jahr nach Operation klagte die Gruppe, die mit Polylactidschrauben versorgt wurde, etwas häufiger über Schmerzen ($p < 0,05$), jedoch zeigten alle anderen Parameter keine statistisch signifikanten Unterschiede. Zwei Jahre nach der Operation waren signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen in keinem der untersuchten Parameter zu finden (44).

Drogset et al. jedoch dokumentieren in einer randomisierten kontrollierten Studie, daß die subjektive Kniefunktion bei den Patienten, die mit Metallschrauben operiert wurden ($n = 20$), besser war als bei den Patienten, die mit bioresorbierbaren (poly-l-lactic) Interferenzschrauben operiert wurden ($n = 20$). Sie hatten weniger Ruheschmerzen, einen höheren Tegner- und einen höheren Lysholm-Score (sechs Wochen postoperativ: 84 versus 78, $p < 0,05$; zwei Jahre postoperativ: 97 versus 94, $p < 0,05$) sowie eine bessere subjektive Kniefunktion zwei Jahre nach der Operation. Es wurde jedoch kein Unterschied hinsichtlich der Stabilität gefunden. Ruheschmerzen und leicht höherer Lysholm-Score wurden als Effekt der Auflösung des bioresorbierbaren Materials mit anschließender Komplementaktivierung interpretiert (17).

Laxdal et al. beobachteten 6-24 Monate nach der Operation bei 77 Patienten, die nach Randomisierung entweder mit bioresorbierbaren Poly-L-Lactid-Säure Schrauben oder mit Metallschrauben operiert wurden, keine Unterschiede hinsichtlich der Messung von KT-1000, Tegner-Score oder Lysholm-Score. Auch die klinische Untersuchung ergab keinen größeren Unterschied zwischen den zwei Gruppen. Im einbeinigen Hüpfest zeigte die Gruppe, die mit bioresorbierbaren Schrauben operiert wurde, sogar bessere Werte (50).

Im deutschsprachigen Raum kündigten Stengel et al. im Protokoll einer randomisierten kontrollierten Studie an, den Einsatz von bioresorbierbaren Schrauben versus Pins zur optimalen Fixierung von Transplantaten beim vorderen Kreuzbandersatz mit hamstring Transplantaten zu untersuchen [ISRCTN17384369] .

Zusammenfassend kann festgestellt werden, daß der Großteil der durchgeführten Studien keine nennenswerten oder signifikanten Unterschiede zwischen Titan und bioresorbierbarem Fixierungsmaterial bei der Operation der vorderen Kreuzbandruptur feststellen konnte.

In unseren eigenen Daten fiel das Gesamtergebnis des Lysholm-Scores in der mit bioresorbierbaren Schrauben operierten Gruppe etwas besser aus als in der mit Titanschrauben operierten Gruppe (89,7 vs. 83,1). Im statistischen Test erwies sich dieser Unterschied sogar als signifikant. Damit werden die Ergebnisse derjenigen Studien bestätigt, die zu dem Ergebnis kommen, daß bioresorbierbare Schrauben nicht von Nachteil sind. Aufgrund des niedrigen Evidenzgrades des hier durchgeführten Vergleiches und angesichts der obengenannten Ergebnisse von Studien höheren Evidenzgrades wäre es jedoch unangebracht, aus diesem Ergebnis einen Vorteil des bioresorbierbaren Materials gegenüber Titan abzuleiten.

So muß zur Einschätzung unserer Analyse, die in der Form eines historischen Vergleiches vorgenommen wurde, der Tatsache Beachtung geschenkt werden, daß Vergleiche von Patientengruppen mit historischen Kontrollen, also Patientengruppen, die vor mehr oder weniger weit zurückliegenden Zeiträumen behandelt wurden, durch eine schwer einzuschätzende Anzahl von Einflußgrößen in ihrer Aussagefähigkeit eingeschränkt sind. Zum Beispiel ist es möglich, daß die

Patientengruppen sich schon vor Einsatz therapeutischer Maßnahmen in ihrer Prognose aufgrund biologischer Unterschiede wie beispielsweise des Alters, des Allgemeinzustandes, Krankheitsstadium (Zeitpunkt der Diagnosestellung) sowie anderer Kriterien wie beispielsweise Transportzeiten, klinischer Logistik oder der konkreten Art der neben der Operation angewandten Therapien unterscheiden. Es ist höchst unwahrscheinlich, daß bei einem historischen Vergleich rein zufällig zwei Patientengruppen verglichen werden, die außer der Anwendung des untersuchten Materials (bioresorbierbare Schrauben versus Titanschrauben) keine wesentlichen die Prognose beeinflussenden Unterschiede zeigen. Deshalb finden sich historische Vergleiche in den Hierarchieklassifizierungen evidenzbasierter Medizin in einem der unteren Ränge wieder und werden im Allgemeinen dem Niveau 3 zugeordnet (68).

Zur Vergleichbarkeit der Gruppen kann in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß die Patienten der Kohorte 1 unter relativ standardisierten Methoden von einem erfahrenen Operateur operiert wurden. Derselbe Operateur war auch maßgeblich an den Operationen der Kohorte 2 beteiligt (s. 8.2), so daß eine gewisse personelle und methodische Kontinuität besteht.

Die beiden untersuchten Gruppen zeigten in der vorliegenden Studie zwar keinen Unterschied bezüglich Geschlechtsverteilung und Seitenverteilung des betroffenen Knies. Im Durchschnitt war jedoch die zweite Gruppe etwas jünger als die erste Gruppe, was sich auch in der höheren Anzahl von Sportunfällen ausdrückte. Meniskus- und Kapselverletzungen waren tendenziell häufiger in der ersten Gruppe. Bei einem generell sehr heterogenen Patientengut, das für Kniegelenkoperationen zur Verfügung steht, ist es sehr schwer einzuschätzen, wie weit sich diese Unterschiede in den Gruppen auf die ermittelten Ergebnisse ausgewirkt haben könnten.

Im Hinblick auf postoperative Komplikationen wurden in der hier vorgelegten Untersuchung keine inflammatorischen oder osteolytischen Komplikationen dokumentiert, die auf eine problematische Integration ins Knochengewebe hinweisen könnten. Operationstypische Komplikationen wie Gelenkerguß oder Bewegungseinschränkung waren jedoch in der ersten Kohorte häufiger als in der zweiten (Tabelle 6). In der subjektiven Beurteilung durch den Patienten zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Tabelle 7).

Bezüglich der Einzelparameter des Lysholm-Scores schneidet die erste Kohorte in den ersten beiden Parametern (Knieschmerzen, Instabilitätsgefühl) tendenziell besser ab (Tabelle 8, 9). In den Einzelparametern 3 bis 8 (Treppensteigen, Knieschwellung, Blockaden, Hocken, Muskelverminderung, Leistungsfähigkeit), zeigen sich jedoch, bis auf eine Ausnahme, keine Unterschiede. Lediglich im Parameter Muskelverminderung (Tabelle 15) erzielt Kohorte 1 einen schlechteren Wert. Möglicherweise sind diese Widersprüchlichkeiten auch auf unterschiedliche Fragetechniken in den zwei Kohorten zurückzuführen, was sich bei retrospektiv geführten historischen Vergleichen nicht ganz vermeiden läßt.

Die statistische Analyse der Relation einzelner patientenspezifischer Parameter von Kohorte 1 zum Lysholm-Score zeigte, daß die Ergebnisse des Lysholm-Scores unabhängig vom Geschlecht des Patienten, der Seite des betroffenen Knies, der Unfallursache sowie der Art und Anzahl zusätzlicher Verletzungen waren (Tabelle 17, 19, 20, 21, 22). Dabei ist zu beachten, daß die kleine Fallzahl nur die Detektion großer Unterschiede zuläßt, bzw. mit einer quantitativ größeren Gruppe auch kleinere Unterschiede nachgewiesen werden könnten. In Bezug auf das Alter der Patienten überrascht nicht, daß jüngere Patienten tendenziell einen höheren Lysholm-Score erzielten als Ältere (Tabelle 18, Grafik 3, 4).

Aus den Einzelergebnissen und dem Gesamtergebnis des Lysholm-Scores und unter Berücksichtigung der Ausgangsbedingungen des Vergleichs läßt sich die Schlußfolgerung ziehen, daß weder eine Höher- noch eine Minderwertigkeit der bioresorbierbaren Schrauben gegenüber Titanschrauben abgeleitet werden kann. Es kann von einer relativen Gleichwertigkeit ausgegangen werden, was durch die verfügbare Literatur bestätigt wird.

Damit stimmen die vorliegenden Ergebnisse des Einsatzes bioresorbierbarer Schrauben mit anderen Bereichen der Knochenchirurgie überein. Zum Beispiel haben sich auch bei Meniskusoperationen bioresorbierbare Schrauben als sicheres und effektives Material erwiesen. So waren in einer einarmigen Studie (n = 25) ohne Kontrollgruppe Komplikationen selten (Wanderung des Implantats und vorübergehende entzündliche Reaktionen) und es wurde die Schlußfolgerung gezogen, daß der klinische Erfolg den herkömmlichen Meniskusreparationen

gleichzustellen ist (98). Auch bei Knöcheloperationen werden bioresorbierbare Schrauben mit Erfolg verwendet. So erreichten in einer Studie mit 38 Patienten die mit bioresorbierbaren Schrauben operierten Patienten (n = 20) den vorigen Aktivitätslevel sogar besser und hatten weniger Schwellungen der Knöchel als die Patienten, die mit Metallschrauben (n = 18) operiert wurden. Die Beweglichkeit war etwa gleich groß zwischen den beiden Gruppen (45).

Ein genereller Vorteil bioresorbierbaren Implantationsmaterials wäre, daß Risiken und Kosten einer Zweitoperation zur Entfernung der Titanimplantate vermieden werden könnten. In der Traumatologie werden Osteosyntheseplatten und Schrauben aus Titan nach Abschluß der Frakturheilung in vielen Fällen entfernt. Ein Grund dafür ist, daß metallbedingte Röntgenartefakte und Strahlenstreuung die spätere bildgebende Diagnostik erschweren. Die bei der erneuten Behandlung entstehenden Kosten für einen doch als geheilt anzusehenden Patienten werden deshalb toleriert.

Da jedoch die Entfernung von Titanschrauben bei der Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes wegen der schlechten Zugänglichkeit nur in Ausnahmefällen durchgeführt wird, zählt dieses Argument für den Einsatz von bioresorbierbarem Material nur bedingt, und der Vergleich der mechanisch-physikalischen Eigenschaften und der Biokompatibilität muß im Vordergrund stehen.

Kommerziell reines Titan wird als generell inertes und biokompatibles Material beschrieben, das weder toxische noch allergische Reaktionen verursacht. Trotzdem sind lokale und systemische Gewebeeränderungen nach Titanimplantation beschrieben. So bildet Titan an seiner Oberfläche rasch eine Passivschicht aus, welche aus beständigen und wenig löslichen Oxiden besteht (106). Diese Passivschicht schützt die Metalloberfläche vor korrosiven Angriffen. Deshalb wurde von einigen Autoren empfohlen, das Osteosynthesematerial nach der Knochenheilung zu belassen. Möglicherweise kann dem jedoch nicht vorbehaltlos zugestimmt werden, da es auch Hinweise gibt, daß es nach der Insertion von Titan in den Organismus zur Lösung des Metalls (37) kommen kann. So konnten hohe Konzentrationen von Titandioxid bis über 2000 ppm auch in der Umgebung von Titanimplantaten gefunden werden (81).

Außerdem wurde *in vivo* auf mögliche Schädigungen durch Korrosion hingewiesen (97). Einige Male wurden Metallosen im Bereich von Osteosynthesematerialien aus Titan beobachtet (81). Ebenso wurden systemische Gewebeveränderungen nach intraossärer Implantation von Titan beschrieben. In 40-50% der Fälle wurden nach Titanosteosynthesen graue Verfärbungen umgebender Weichgewebe beschrieben (101). Auch über den Abtransport des Titans und eine Ablagerung in verschiedenen Organen ist bis heute noch relativ wenig bekannt. Spezielle Untersuchungen haben gezeigt, daß zum Beispiel die Lunge als permanentes Speicherorgan in Betracht kommt (19;56;57). Da großangelegte Langzeitstudien fehlen, kann letztendlich auch ein cancerogenes Risiko nicht mit absoluter Sicherheit ausgeschlossen werden. Aus diesen Gründen wird von anderen Autoren empfohlen Titan als Osteosynthesematerial nach erfolgter Frakturheilung, soweit dies möglich ist und bis zum definitiven Ausschluß unerwünschter Langzeitwirkungen, zu entfernen.

Bei bioresorbierbarem Fixationsmaterial kommen heutzutage zwei verschiedene Arten von Material zum Einsatz: Polyglykolid und Poly-L-Lactid (bzw. Poly-D,L-Lactid). Polyglykolid ist ein hydrophiles Polymer (88) und wird in der Hauptsache hydrolytisch und nur spärlich enzymatisch gespalten. Während der Endphase des Zerfalls werden gelegentlich ca. 10-15 Mikrometer große Polymere von mononukleären und Fremdkörperriesenzellen phagozytiert (100). Die Implantate aus Polylaktid scheinen dagegen gewebefreundlicher zu sein. Sowohl am Tierexperiment (60) als auch in klinischen Studien (5;59;61;79;80) werden Komplikationen hier weniger häufig beschrieben. Das Auftreten von Infektionen gegenüber Abwehrreaktionen ist seltener (39;61;73;87). Diese liegen statistisch im Bereich von oder sogar unter denen von Metallimplantaten. Während die Zugfestigkeit von Polyglykolid etwas höher als die von Polylactid ist, wird letzteres jedoch schneller und vollständig resorbiert.

Die Integration des bioresorbierbaren Materials verläuft in der Regel komplikationslos und ohne osteolytische Veränderungen (3;110;44). Auch entzündliche Abwehrreaktionen werden in der Regel nicht gefunden (32). Entzündungsparameter wie C5a, TCC und IL-8 unterschieden sich nicht signifikant bei Patienten, die mit bioresorbierbaren Schrauben operiert wurden im Vergleich zu den mit Titanschrauben Operierten (15).

Schrauben aus Polyglykolid konnten im Röntgenbild bis 6 Wochen postoperativ identifiziert werden, dann nicht mehr (32). Drogset et al. untersuchten die Verweildauer des bioresorbierbaren Implantationsmaterials mit Hilfe von Magnetresonanztomographie. Es wurde beobachtet, daß zwei Jahre nach der Kreuzbandrekonstruktion etwa noch ein Drittel des resorbierbaren Materials in den Knochentunneln zu finden ist (111). Nach einer klinischen Studie von Böstmann ist Material aus Polyglykolid nach etwa 36 Wochen intra- und extrazellulär vollkommen abgebaut. Die Möglichkeit eines Auftretens von nicht-infektiösen Fremdkörperentzündungen wird mit 4,5 – 22,5% der Fälle angegeben (7). Aufgrund unterschiedlicher Ergebnisse liegen die Empfehlungen für die Anwendung von Polyglykolid als resorbierbares Implantat weit auseinander (3;39;40).

Die Biokompatibilität der Polylactide wird in der wissenschaftlichen Literatur meist als hervorragend beurteilt. Dennoch liegen auch hier kontroverse experimentelle und klinische Daten bezüglich der Gewebeverträglichkeit vor. Zum Beispiel werden in Untersuchungen von Gourlay et al. und Tunc et al. die Polylactide als gewebeverträglich und nicht-toxisch beurteilt (31;99). Ein osteogenes Potential von Poly-L-Lactid wurde von Hollinger et al. beschrieben (38). Anhand von tierexperimentellen Untersuchungen mit Hunden und Schafen wurden positive Berichte ohne Anzeichen von Entzündungen oder Fremdkörperreaktionen publiziert (51;52). Campbell et al. beobachteten eine wachstumsfördernde Wirkung der Polylactide auf normale menschliche Epithelzellen und sogar ein wachstumshemmender Einfluß auf Zellen des menschlichen hypopharyngealen Plattenepithelkarzinoms wurde beschrieben (9).

Die Toxizität der Milchsäure, welche auch als physiologisches Endprodukt bei der Energiegewinnung über die anaerobe Glykolyse in der Muskelzelle vorkommt, ist gering. Bei schwerer Muskelarbeit kann beispielsweise der Normalwert des Blutacetats von 8-17mg/100ml bis auf 100mg/100ml ansteigen. Menschen könnten orale Dosen von mehr als 1500 mg Milchsäure pro Kilogramm Körpergewicht tolerieren (World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations WHO 1967, Toxicological Evaluation of Some Antimicrobials, Antioxidants, Emulsifiers, Stabilizers, Huor-Treatment Agents, Acids and Bases, FAO Nutrition Meetings, Report Series No. 40 A, B, C, WHO/Food Add./67.29, (1967) 144.)

Im Gegensatz dazu stehen andere Studien, welche über ungünstige Gewebereaktionen und osteolytische Reaktionen berichten. Zum Beispiel konnte in einer Studie zwar eine gute Biokompatibilität von implantierten Polylactiden im Hundeknochen über eine Dauer von sechs Wochen nachgewiesen werden. Dann, mit Einsetzen der Biodegradation, traten jedoch plötzliche Entzündungszeichen und Knochenresorption auf (94). Untersuchungen von Böstmann et al. setzten eine eventuell auftretende reduzierte Gewebeerträglichkeit in direkten Zusammenhang mit dem fortschreitenden Abbau der Polylactide. Fremdkörperreaktionen und Osteolysen wurden als die häufigsten postoperativ auftretenden Komplikationen bewertet (6;112).

Generell kann also die Biokompatibilität der bioresorbierbaren Polymere als zufriedenstellend bewertet werden. Allerdings ist zu fragen, ob nicht hohe Konzentrationen der Abbauprodukte in einigen Fällen negative Reaktionen verursachen können, was die klinisch gelegentlich beobachteten Veränderungen wie Osteolysen und Fremdkörperreaktionen erklären könnte.

Abschließend läßt sich sagen, daß ein wesentlicher Unterschied zwischen bioresorbierbarem und metallischem Fixationsmaterial im Hinblick auf den Operationserfolg, gemessen am Lysholm-Score, aus den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung nicht abzuleiten ist. Um die Vorteile bioresorbierbarer Materialien sicherzustellen und ihre Verwendung empfehlen zu können, sollten jedoch mehr Langzeituntersuchungen zu dieser Thematik durchgeführt werden.

D. Zusammenfassung

Die Verwendung von bioresorbierbarem Fixierungsmaterial in der Kreuzbandchirurgie gewann in den letzten Jahren an Bedeutung. Für den Operateur stellt sich die Frage, ob das klassische Fixierungsmaterial aus Titan oder bioresorbierbares Schraubenmaterial aus Polylactid verwendet werden soll.

In der hier vorgelegten Studie wurde eine Kohorte von Patienten nach vorderer Kreuzbandruptur untersucht, bei denen ein Drittel der Patellarsehne als Kreuzbandersatz mit bioresorbierbaren Polylactidschrauben fixiert wurde. Diese Kohorte wurde, in Form eines historischen Vergleiches, mit einer Kohorte von Patienten verglichen, die in derselben Weise, aber unter Verwendung von Titanschrauben operiert wurden. Untersuchungsgegenstand war die subjektive Einschätzung der Patienten selbst, die sich hauptsächlich im Punkte-Score nach Lysholm ausdrückt.

Das Gesamtergebnis des Lysholm-Score war in der ersten Kohorte besser als in der zweiten Kohorte (89,7 versus 83,1, $p < 0,05$). Auch im Vergleich mit der Literatur konnte bestätigt werden, daß der Einsatz bioresorbierbarer Schrauben bei der Rekonstruktion des vorderen Patellarsehnendrittels nach vorderer Kreuzbandruptur keinen Nachteil hinsichtlich des subjektiven Befindens des Patienten nach sich zieht.

E. Literaturverzeichnis

- (1) Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Simeone AJ, Zaccherotti G. Arthroscopic-assisted anterior cruciate ligament reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5(3):138-144.
- (2) Barber FA. What is the terrible triad? *Arthroscopy* 1992; 8(1):19-22.
- (3) Barber FA, Elrod BF, McGuire DA, Paulos LE. Preliminary results of an absorbable interference screw. *Arthroscopy* 1995; 11(5):537-548.
- (4) Barber FA, Herbert MA, Click JN. Suture anchor strength revisited. *Arthroscopy* 1996; 12(1):32-38.
- (5) Barca F, Busa R. Austin/chevron osteotomy fixed with bioabsorbable poly-L-lactic acid single screw. *J Foot Ankle Surg* 1997; 36(1):15-20.
- (6) Bostman O, Paivarinta U, Manninen M, Rokkanen P. Polymeric debris from absorbable polyglycolide screws and pins. Intraosseous migration studied in rabbits. *Acta Orthop Scand* 1992; 63(5):555-559.
- (7) Bostman O, Paivarinta U, Partio E, Vasenius J, Manninen M, Rokkanen P. Degradation and tissue replacement of an absorbable polyglycolide screw in the fixation of rabbit femoral osteotomies. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74(7):1021-1031.
- (8) Bostman O, Partio E, Hirvensalo E, Rokkanen P. Foreign-body reactions to polyglycolide screws. Observations in 24/216 malleolar fracture cases. *Acta Orthop Scand* 1992; 63(2):173-176.
- (9) Campbell JH, Edsberg L, Meyer AE. Polylactide inhibition of carcinoma cell growth in vitro. *J Oral Maxillofac Surg* 1994; 52(1):49-51.
- (10) Charlton WP, Randolph DA, Jr., Lemos S, Shields CL, Jr. Clinical outcome of anterior cruciate ligament reconstruction with quadrupled hamstring tendon graft and bioabsorbable interference screw fixation. *Am J Sports Med* 2003; 31(4):518-521.
- (11) Colombet P, ALLARD M, BOUSQUET V, DE LAVIGNE C, FLURIN PH. **THE HISTORY OF ACL SURGERY**. Bordeaux-Mérignac Centre of Orthopaedic and Sports Surgery 2006.
- (12) Conn J, Jr., Oyasu R, Welsh M, Beal JM. Vicryl (polyglactin 910) synthetic absorbable sutures. *Am J Surg* 1974; 128(1):19-23.
- (13) Cutright DE, Hunsuck EE. The repair of fractures of the orbital floor using biodegradable polylactic acid. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1972; 33(1):28-34.

- (14) Demirdjian AM, Petrie SG, Guanche CA, Thomas KA. The outcomes of two knee scoring questionnaires in a normal population. *Am J Sports Med* 1998; 26(1):46-51.
- (15) Drogset JO, Grontvedt T, Jessen V, Tegnander A, Mollnes TE, Bergh K. Comparison of in vitro and in vivo complement activation by metal and bioabsorbable screws used in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2006; 22(5):489-496.
- (16) Drogset JO, Grontvedt T, Myhr G. Magnetic Resonance Imaging Analysis of Bioabsorbable Interference Screws Used for Fixation of Bone-Patellar Tendon-Bone Autografts in Endoscopic Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *Am J Sports Med* 2006.
- (17) Drogset JO, Grontvedt T, Tegnander A. Endoscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts fixed with bioabsorbable or metal interference screws: a prospective randomized study of the clinical outcome. *Am J Sports Med* 2005; 33(8):1160-1165.
- (18) Einsingbach T. Funktionelle Behandlung bei Knieinstabilitäten. *Krankengymnastik* 1986; Jahrgang 38 Heft 6:411-430.
- (19) Elo R, Maatta K, Uksila E, Arstila AU. Pulmonary deposits of titanium dioxide in man. *Arch Pathol* 1972; 94(5):417-424.
- (20) Feagin JA, Jr., Curl WW. Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year follow-up study. *Am J Sports Med* 1976; 4(3):95-100.
- (21) Feagin JA, Jr., Lambert KL, Cunningham RR, Anderson LM, Riegel J, King PH et al. Consideration of the anterior cruciate ligament injury in skiing. *Clin Orthop Relat Res* 1987;(216):13-18.
- (22) Fink C, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Freund MC, Rieger M. Bioabsorbable polyglyconate interference screw fixation in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective computed tomography-controlled study. *Arthroscopy* 2000; 16(5):491-498.
- (23) Fink C, Hoser C, Benedetto KP. [Development of arthrosis after rupture of the anterior cruciate ligament. A comparison of surgical and conservative therapy]. *Unfallchirurg* 1994; 97(7):357-361.
- (24) Fink C, Hoser C, Benedetto KP, Hackl W, Gabl, M. Langzeitergebnisse nach konservativer oder operativer Therapie der vorderen Kreuzbandruptur. *Der Unfallchirurg* 99, 964-969. 1996.
Ref Type: Generic
- (25) Franke J. [Classification of chronic capsule instabilities of the knee joint. Part I. Anatomy and diagnosis]. *Beitr Orthop Traumatol* 1981; 28(3):125-140.
- (26) Freeman BJ, Rooker GD. Spontaneous rupture of the anterior cruciate ligament after anabolic steroids. *Br J Sports Med* 1995; 29(4):274-275.
- (27) Frick H, Leonhard H, Starck D. *Spezielle Anatomie*. Thieme ed. 1992. 373-374.

- (28) Ganzer D, Minnich S, Völker L, Pietzner U, Hermann U, Mayer G. Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit der All-inside-Technik. *Arthroskopie* 1998; 11:68-73.
- (29) Gardner E, O'Rahilly R. The early development of the knee joint in staged human embryos. *J Anat* 1968; 102(Pt 2):289-299.
- (30) Gogus A, Lobenhoffer P, Tscherne H. [Allogeneic cruciate ligament replacement. Perspectives and initial clinical results]. *Unfallchirurg* 1993; 96(2):93-99.
- (31) Gourlay SJ, Rice RM, Hegyeli AF, Wade CW, Dillon JG, Jaffe H et al. Biocompatibility testing of polymers: in vivo implantation studies. *J Biomed Mater Res* 1978; 12(2):219-232.
- (32) Hackl W, Fink C, Benedetto KP, Hoser C. Transplantatfixation bei der vorderen Kreuzbandrekonstruktion. *Unfallchirurg* 2000; 103:468-478.
- (33) Haller W, Gradinger R, Reiser M. Ergebnisse der magnetischen Resonanz (MR)-Tomografie bei der Nachuntersuchung von Kreuzbandtransplantaten. *Unfallchirurg* 1986; 89:375-379.
- (34) Harner CD, Paulos LE, Greenwald AE, Rosenberg TD, Cooley VC. Detailed analysis of patients with bilateral anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 1994; 22(1):37-43.
- (35) Hefti F, Müller W. Der heutige Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. *Der Orthopäde* , 251-263. 1993.
Ref Type: Generic
- (36) Henche HR. [Cruciate reconstruction using an 8-fold plantaris tendon]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 1997; 135(2):Oa6.
- (37) Hillmann G, Donath K. Licht-und Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Biostabilität dentaler Titanimplantate. *Z Zahnarztl Implant* 1991; 7(170).
- (38) Hollinger JO. Preliminary report on the osteogenic potential of a biodegradable copolymer of polyactide (PLA) and polyglycolide (PGA). *J Biomed Mater Res* 1983; 17(1):71-82.
- (39) Hovis WD, Bucholz RW. Polyglycolide bioabsorbable screws in the treatment of ankle fractures. *Foot Ankle Int* 1997; 18(3):128-131.
- (40) Hovis WD, Kaiser BW, Watson JT, Bucholz RW. Treatment of syndesmotic disruptions of the ankle with bioabsorbable screw fixation. *J Bone Joint Surg Am* 2002; 84-A(1):26-31.
- (41) Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, Moschi A. Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58(2):159-172.

- (42) Jager A, Welsch F, Braune C, Eberhardt C, Kappler C. [Ten year follow-up after single incision anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft]. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 2003; 141(1):42-47.
- (43) Johnson RJ, Beynon BD, Nichols CE, Renstrom PA. The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 1992; 74(1):140-151.
- (44) Kaeding C, Farr J, Kavanaugh T, Pedroza A. A prospective randomized comparison of bioabsorbable and titanium anterior cruciate ligament interference screws. *Arthroscopy* 2005; 21(2):147-151.
- (45) Kaukonen JP, Lamberg T, Korkala O, Pajarinen J. Fixation of syndesmotic ruptures in 38 patients with a malleolar fracture: a randomized study comparing a metallic and a bioabsorbable screw. *J Orthop Trauma* 2005; 19(6):392-395.
- (46) Kennedy JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am* 1974; 56(2):223-235.
- (47) Kurosaka M, Yoshiya S, Andrish JT. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1987; 15(3):225-229.
- (48) Lambert KL. Vascularized patellar tendon graft with rigid internal fixation for anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 1983;(172):85-89.
- (49) Laxdal G, Kartus J, Ejerhed L, Sernert N, Magnusson L, Faxen E et al. Outcome and risk factors after anterior cruciate ligament reconstruction: a follow-up study of 948 patients. *Arthroscopy* 2005; 21(8):958-964.
- (50) Laxdal G, Kartus J, Eriksson BI, Faxen E, Sernert N, Karlsson J. Biodegradable and Metallic Interference Screws in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery Using Hamstring Tendon Grafts: Prospective Randomized Study of Radiographic Results and Clinical Outcome. *Am J Sports Med* 2006.
- (51) Leenslag JW, Pennings AJ, Bos RR, Rozema FR, Boering G. Resorbable materials of poly(L-Lactide). VI. Plates and screws for internal fracture fixation. *Biomaterials* 1987; 8(1):70-73.
- (52) Leenslag JW, Pennings AJ, Bos RR, Rozema FR, Boering G. Resorbable materials of poly(L-Lactide). VII. In vivo and in vitro degradation. *Biomaterials* 1987; 8(4):311-314.
- (53) Liow RY, McNicholas MJ, Keating JF, Nutton RW. Ligament repair and reconstruction in traumatic dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85(6):845-851.
- (54) Lobenhoffer P, Tscherne H. [Rupture of the anterior cruciate ligament. Current status of treatment]. *Unfallchirurg* 1993; 96(3):150-168.

- (55) Ma CB, Francis K, Towers J, Irrgang J, Fu FH, Harner CH. Hamstring anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison of bioabsorbable interference screw and endobutton-post fixation. *Arthroscopy* 2004; 20(2):122-128.
- (56) Maatta K, Arstila AU. Pulmonary deposits of titanium dioxide in cytologic and lung biopsy specimens. Light and electron microscopic x-ray analysis. *Lab Invest* 1975; 33(3):342-346.
- (57) Maatta K, Elo R, Arstila A, Uksila E. [Pulmonary changes induced by titanium dioxide]. *Duodecim* 1971; 87(21):1435-1444.
- (58) Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC. Stiffness and laxity of the knee--the contributions of the supporting structures. A quantitative in vitro study. *J Bone Joint Surg Am* 1976; 58(5):583-594.
- (59) Marti C, Imhoff AB, Bahrs C, Romero J. Metallic versus bioabsorbable interference screw for fixation of bone-patellar tendon-bone autograft in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A preliminary report. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5(4):217-221.
- (60) Matsusue Y, Hanafusa S, Yamamuro T, Shikinami Y, Ikada Y. Tissue reaction of bioabsorbable ultra high strength poly (L-Lactide) rod. A long-term study in rabbits. *Clin Orthop Relat Res* 1995;(317):246-253.
- (61) Matsusue Y, Nakamura T, Suzuki S, Iwasaki R. Biodegradable pin fixation of osteochondral fragments of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1996;(322):166-173.
- (62) McGuire DA, Barber FA, Elrod BF, Paulos LE. Bioabsorbable interference screws for graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 1999; 15(5):463-473.
- (63) McLean SG, Myers PT, Neal RJ, Walters MR. A quantitative analysis of knee joint kinematics during the sidestep cutting maneuver. Implications for non-contact anterior cruciate ligament injury. *Bull Hosp Jt Dis* 1998; 57(1):30-38.
- (64) Merida-Velasco JA, Sanchez-Montesinos I, Espin-Ferra J, Merida-Velasco JR, Rodriguez-Vazquez JF, Jimenez-Collado J. Development of the human knee joint ligaments. *Anat Rec* 1997; 248(2):259-268.
- (65) Merida-Velasco JA, Sanchez-Montesinos I, Espin-Ferra J, Rodriguez-Vazquez JF, Merida-Velasco JR, Jimenez-Collado J. Development of the human knee joint. *Anat Rec* 1997; 248(2):269-278.
- (66) Müller W. Das Knie. Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie. *Springer Berlin, Heidelberg, New York* 1982.
- (67) Neumann K, Muhr G. Bandverletzungen des Kniegelenkes und ihre Therapie. *Aktuelle Chirurgie* 1992; 27:213-218.
- (68) NHMRC. NHMRC additional levels of evidence and grades for recommendations for developers of guidelines. Canberra: National Health and Medical Research Council. 2005.

- (69) Noyes FR, Barber-Westin SD. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with human allograft. Comparison of early and later results. *J Bone Joint Surg Am* 1996; 78(4):524-537.
- (70) Noyes FR, Bassett RW, Grood E. Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee. *Journal of Bone and Joint Surgery*, 1980; 62:687-695.
- (71) Pässler HH. Geschichte der vorderen Kreuzbandchirurgie: Alte und neue Fakten. *Arthroskopie* 1997; 10:222-228.
- (72) Passler JM, Schippinger G, Schweighofer F, Fellingner M, Seibert FJ. [Complications in 283 cruciate ligament replacement operations with free patellar tendon transplantation. Modification by surgical technique and surgery timing]. *Unfallchirurgie* 1995; 21(5):240-246.
- (73) Pelto-Vasenius K, Hirvensalo E, Rokkanen P. Absorbable implants in the treatment of distal humeral fractures in adolescents and adults. *Acta Orthop Belg* 1996; 62 Suppl 1:93-102.
- (74) Petersen L. Rehabilitation und Dokumentation nach Kreuzbandverletzungen. *Krankengymnastik* 1990; Jahrgang 42, Heft 1:15-24.
- (75) Pokar S, Wissmeyer T, Krischak G, Kiefer H, Kinzl L, Hehl G. [Arthroscopically-assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament with autologous patellar tendon replacement-plasty. 5 years results]. *Unfallchirurg* 2001; 104(4):317-324.
- (76) Pope M, Stankwich C, Beynon B, Flemming B. Effect of knee musculature from anterior cruciate ligament strain in vivo. *Journal of electromyography and kinesiology* 1992; 1(3):191-198.
- (77) Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynon BD. Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm Score, and the Cincinnati knee Score. A prospective study of 120 ACL reconstructed patients with a 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7(3):152-159.
- (78) Rokkanen P, Bostman O, Vainionpää S, Makela EA, Hirvensalo E, Partio EK et al. Absorbable devices in the fixation of fractures. *J Trauma* 1996; 40(3 Suppl):S123-S127.
- (79) Rokkanen P, Bostman O, Vainionpää S, Vihtonen K, Tormala P, Laiho J et al. Biodegradable implants in fracture fixation: early results of treatment of fractures of the ankle. *Lancet* 1985; 1(8443):1422-1424.
- (80) Rokkanen PU, Bostman O, Hirvensalo E, Makela EA, Partio EK, Patiala H et al. Bioabsorbable fixation in orthopaedic surgery and traumatology. *Biomaterials* 2000; 21(24):2607-2613.
- (81) Rosenberg A, Gratz KW, Sailer HF. Should titanium miniplates be removed after bone healing is complete? *Int J Oral Maxillofac Surg* 1993; 22(3):185-188.

- (82) Schultz RA, Miller DC, Kerr CS, Micheli L. Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study. *J Bone Joint Surg Am* 1984; 66(7):1072-1076.
- (83) Sernert N, Kartus J, Kohler K, Stener S, Larsson J, Eriksson BI et al. Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction. A follow-up of 527 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1999; 7(3):160-165.
- (84) Shelbourne KD, Facibene WA, Hunt JJ. Radiographic and intraoperative intercondylar notch width measurements in men and women with unilateral and bilateral anterior cruciate ligament tears. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1997; 5(4):229-233.
- (85) Shelbourne KD, Foulk DA. Timing of surgery in acute anterior cruciate ligament tears on the return of quadriceps muscle strength after reconstruction using an autogenous patellar tendon graft. *Am J Sports Med* 1995; 23(6):686-689.
- (86) Shimizu T, Takahashi T, Wada Y, Tanaka M, Morisawa Y, Yamamoto H. Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg* 1999; 119(7-8):405-409.
- (87) Sinisaari I, Patiala H, Bostman O, Makela EA, Hirvensalo E, Partio EK et al. Metallic or absorbable implants for ankle fractures: a comparative study of infections in 3,111 cases. *Acta Orthop Scand* 1996; 67(1):16-18.
- (88) Speer KP, Warren RF. Arthroscopic shoulder stabilization. A role for biodegradable materials. *Clin Orthop Relat Res* 1993;(291):67-74.
- (89) Sperner G, Seewald P, Hamberger A, Koller A, Wanitschek P, Golser K. [Arthroscopic replacement of the anterior cruciate ligament with a double semitendinosus tendon]. *Unfallchirurg* 1996; 99(11):869-874.
- (90) Stengel D, Matthes G, Seifert J, Tober V, Mutze S, Rademacher G et al. Resorbable screws versus pins for optimal transplant fixation (SPOT) in anterior cruciate ligament replacement with autologous hamstring grafts: rationale and design of a randomized, controlled, patient and investigator blinded trial [ISRCTN17384369]. *BMC Surg* 2005; 5(1):1.
- (91) Strobel M. *Arthroskopische Chirurgie*. Springer Verlag . 1998.
Ref Type: Generic
- (92) Strobel M, Stedtfeld HW, Eichhorn HJ. Diagnostik des Kniegelenkes. *Springer Verlag* 1996; Dritte Auflage.
- (93) Strobel MJ, Schulz MS. VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Grazilis-Sehnentransplantat. *Orthopädie* 2002; 31:758-769.
- (94) Suganuma J, Alexander H. Biological response of intramedullary bone to Poly-L-Lactid Acid. *Journal Applied Biomaterials* 1993; 4:13-27.

- (95) Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in evaluation of knee ligament injuries. *Clinical orthopaedics and related research* , 43-49. 1985.
Ref Type: Generic
- (96) Thomson LC, Handoll HH, Cunningham A, Shaw PC. Physiotherapist-led programmes and interventions for rehabilitation of anterior cruciate ligament, medial collateral ligament and meniscal injuries of the knee in adults. *Cochrane Database Syst Rev* 2002;(2):CD001354.
- (97) Thull R, Schaldach M. Physikalisch-chemische Aspekte chirurgischer Metallimplantate. *Fortschr Kiefer Gesichts Chir* 1975; 19:56-59.
- (98) Tsai AM, McAllister DR, Chow S, Young CR, Hame SL. Results of meniscal repair using a bioabsorbable screw. *Arthroscopy* 2004; 20(6):586-590.
- (99) Tunc DC. Orientruded polylactide based body-absorbable osteosynthesis devices: a short review. *J Biomater Sci Polym Ed* 1995; 7(4):375-380.
- (100) Ulbrich K, Strohaln J, Kopecek J. Polymers containing enzymatically degradable bonds. VI. Hydrophilic gels cleavable by chymotrypsin. *Biomaterials* 1982; 3(3):150-154.
- (101) Ungersboeck A, Geret V, Pohler O, Schuetz M, Wuest W. Tissue reaction to bone plate made of pure titanium: a prospective quantitative clinical study. *J MaterSci Materials Med* 1995; 6:136-141.
- (102) Wassilev W. Morphologische Charakteristik der Synovialzellen. *C R Acad bulg Sci* 23 1960.
- (103) Weiler A, Hoffmann RF, Stahelin AC, Helling HJ, Suedkamp NP. Biodegradable implants in sports medicine: the biological base. *Arthroscopy* 2000; 16(3):305-321.
- (104) Weiler A, Hoffmann RFG, Suedkamp NP, Siepe CJ, Haas NP. Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Unfallchirurg* 1999; 102:115-123.
- (105) Wentzensen A, Hochstein P. Versorgung der VKB-Ruptur: Indikation, Verfahrenswahl, Zeitpunkt, Begleit- und Nachbehandlung. *Zentralbl Chir* 1998; 123:970-980.
- (106) Wintermantel E, Ha S-W. Das Werkstoffsystem: Biokompatible Metalle: Titanlegierungen. *Springer, Berlin* 1996;159-162.
- (107) Wirth CJ. [Cruciate ligament injuries of the knee joint]. *Orthopade* 1989; 18(4):302-313.
- (108) Wirth CJ, Jäger M, Kolb M. Die komplexe vordere Knie-Instabilität. *Stuttgart New Yorck* 1984.
- (109) Wülker N, Kohn D, Siebert WE, Wirth CJ. Die Bedeutung des Aktivitäts-Scores bei der Bewertung von Kniebandrekonstruktionen. *Sportverletzung/Sportschaden* 5, 130-134. 1991.

F. Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Professor Dr. med Y. Mouazami-Goudarzi für die Überlassung des Themas, seine Ratschläge und Anregungen für die Erstellung dieser Arbeit, sowie für seine Geduld.

Zu danken ist meiner Kollegin und Freundin Frau Dr. Massoumeh Nawabian, die mich in ihrer herzlichen Art begleitet hat und für mich menschlich unersetzbar ist.

Nicht zuletzt bin ich Herrn Dr. Wolfram Metzger zu ganz besonderem Dank verpflichtet. Er unterstützte mich mit Kritik und Anregungen, insbesondere beriet er mich bei der statistischen Verarbeitung des umfangreichen Materials.

G. Lebenslauf

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

Erklärung

„Ich, Klaus Brackmann,

erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema:

„Spätergebnisse der klinischen Nachuntersuchung der vorderen Kreuzbandersatzplastik unter Verwendung von bioresorbierbaren Interferenzschrauben“

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

02.06.2008

Datum

Unterschrift