

Aus der Klinik für Orthopädie/Unfallchirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin
Berlin

DISSERTATION

Klinische Langzeitergebnisse nach vorderer
Kreuzbandrekonstruktion unter Verwendung des
Patellarsehnentransplantates nach Brückner

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Sebastian Heinicke

aus Berlin

Gutachter: 1. Priv.-Doz. Dr. med. K. Labs

2. Priv.-Doz. Dr. med. G. Matziolis

3. Priv.-Doz. Dr. med. M. Muschik

Datum der Promotion: 14.06.2009

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Literaturanalyse.....	2
2.1. Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes und seiner Bänder.....	2
2.2. Verletzungsmechanismus und Diagnostik	8
2.3. Begleitverletzungen der vorderen Kreuzbandläsion.....	13
2.4. Historische Entwicklung und heutiger Stand der Kreuzbandchirurgie.....	18
2.5. Transplantatoptionen – ein Vergleich.....	20
2.6. Literaturüberblick von Langzeituntersuchungen nach vorderer Kreuzbandchirurgie.....	25
2.7. Operationszeitpunkt.....	28
2.8. Vorspannung, Platzierung und Fixierung des Transplantates.....	29
2.9. Rehabilitation und postoperative Problemschwerpunkte.....	33
3. Wissenschaftliche Fragestellung.....	36
4. Material und Methoden.....	37
4.1. Klinisches Patientengut.....	37
4.2. Operationstechnik.....	40
4.3. Postoperative Rehabilitation.....	42
4.4. Evaluationsmethoden.....	43
4.5. Statistische Untersuchung.....	52
5. Resultate / klinische Ergebnisse.....	53
6. Diskussion.....	73
6.1. Operationszeitpunkt.....	75
6.2. Begleitverletzungen.....	76
6.3. Art der operativen Versorgung.....	79
6.4. Platzierung der Bohrkanäle.....	81
6.5. Auswirkungen der Beinachse.....	83
7. Klinische Schlussfolgerungen.....	85
8. Zusammenfassung.....	86
9. Quellennachweis.....	88
10. Abkürzungsverzeichnis.....	104
11. Anhang.....	106
12. Danksagung.....	109
13. Eidesstattliche Versicherung.....	110
14. Lebenslauf.....	111

1 Einleitung

Etwa 7% aller traumatischen Schädigungen und ca. 30 % aller Distorsionen betreffen das Kniegelenk, wobei eine häufige Bänderverletzung des Knies die Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist. Nach einer Studie von SEGESSER et al. (1996) weisen Kniegelenke mit 35% die höchste Verletzungsrate auf, gefolgt von 18% Sprunggelenkstraumata. Es handelt sich hierbei um Verletzungen mit einer auffallend hohen Inzidenz bei Sportarten mit schnellen Richtungswechseln wie z.B. Fußball, Basketball oder beim alpinen Skisport. Die Geschlechtsverteilung ist ausgeglichen. Der betroffene Personenkreis ist meistens jung und aktiv, woraus sich die besondere sozioökonomische Relevanz einer entsprechenden Versorgung ergibt, denn eine unbehandelte VKB Insuffizienz führt häufig zur Knorpel-degeneration, Meniskusschäden und zur Notwendigkeit einer sekundären Stabilisierung (Mc DANIEL et al. 1983, DEJOUR et al. 1987), da das Kniegelenk infolge des Fehlens seines Hauptstabilisators - des vorderen Kreuzbandes - instabil wird (CLANCY et al. 1991).

Die operative Versorgung dieser Verletzung mit autologen Transplantaten ist heute, nach mehr als 100 Jahren Kreuzbandchirurgie, der allgemein gültige Standard (FU et al. 1996). Alternativverfahren wie die konservative Therapie oder die primäre Naht konnten sich aufgrund der Entwicklung chronischer Instabilitäten und daraus folgenden Arthrose nicht durchsetzen.

Welches Transplantat letztlich verwendet werden sollte wird kontrovers diskutiert.

Während vor einigen Jahren noch das Patellarsehnentransplantat (BTB) als Standard betrachtet wurde (FU et al. 1996), gerät es heute aufgrund postoperativer, entnahmebedingter Probleme wie dem vorderen Knieschmerz oder Pathologien des patello-femorales Gleitlagers zunehmend in die Kritik. Alternativ findet das Semitendinosus-/Gracilistransplantat (STG) Verwendung, welches sich aufgrund geringer Entnahmepathologie bei ähnlicher Funktionalität in der Kreuzbandchirurgie zunehmend durchsetzt (CORRY et al. 1999, FU et al. 1999).

2 Literaturanalyse

2.1 Anatomie und Funktion des Kreuzbandapparates

Das vordere Kreuzband entspringt am lateralen Femurkondylus und inseriert tibial an der vorderen Area intercondylaris, wobei jene Fasern, die am Femur am weitesten vorn, bzw. hinten entspringen, an der Tibia am weitesten vorn, bzw. hinten ansetzen. Funktionelles Resultat dieser anatomischen Besonderheit ist ein annähernd paralleler Faserverlauf, mit geringer Torsion in Extension. In Flexion hingegen, wenn die in Extension vormals hintersten Stränge zu den vordersten werden, überkreuzen sich die Fasern und das VKB weist eine starke Torsion auf. Man unterscheidet drei funktionell unterschiedliche Faserstränge:

Während ein Bündel, welches sich hauptsächlich aus anteromedialen Faseranteilen rekrutiert während des gesamten Bewegungsausmaßes gespannt ist und hauptsächlich der Führung des Gelenkes dient, existieren andere, sich in verschiedenen Zwischenstellungen spannende Faserzüge, die dieses Führungsbündel stabilisieren (FU et al. 1999). Die dritte Gruppe bilden jene in Extremstellungen gespannten, posterolateralen Bandanteile, die funktionell die Bewegung limitieren und als sogenannte Extensionshemmfasern die Hauptmasse des VKB bilden.

Da die Gesamtheit der Fasern weder gleich lang noch exakt parallel ist, resultiert daraus ein unterschiedliches Dehnungsverhalten. Bei Hyperextension werden beispielsweise die posterolateral entspringenden Fasern stärker gedehnt als die anteromedialen und stellen somit die stärksten Extensionshemmer (GABRIEL et al. 2004).

Für die rekonstruktive Chirurgie hat sich ein Kompromiss aus dem sich annähernd isometrisch verhaltenden und im anteromedialen Teil des VKB liegende Führungsbündel und den posterolateralen Faseranteilen durchgesetzt. In den letzten Jahren wird auch die separate Rekonstruktion beider Faserbündel kontrovers diskutiert. Diese Zweibündeltechnik soll die anatomischen Verhältnisse besser imitieren und dadurch eine insgesamt verbesserte rotatorische Stabilität erbringen (STECKEL et al. 2007). Erste Ergebnisse kurz- und mittelfristiger Studien liegen vor (ADACHI et al. 2004, HAMADA et al. 2001, MUNETA et al. 1999), klare Aussagen können aber aufgrund der uneinheitlichen Methodik nicht getroffen werden.

Zwischen dem Außenmeniskushinterhorn und der medialen Femurkondyle verlaufen zwei, das hintere Kreuzband begleitende Bandformationen. Diese werden als Ligamentum meniscofemorale anterius (Humphrey-Ligament) und Ligamentum meniscofemorale posterius (Wrisberg-Ligament) bezeichnet. Sie stabilisieren das Außenmeniskushinterhorn und die dorsale Translation der Tibia.

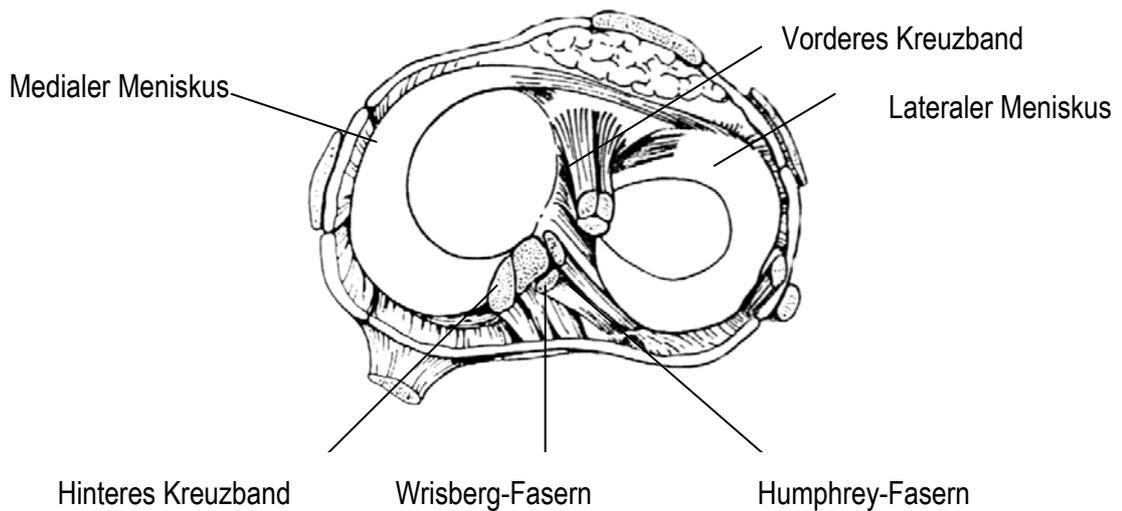


Abb. 1: Darstellung der Faserbündel (anatomisch) des vorderen und hinteren Kreuzbandes im Horizontalschnitt durch ein rechtes Kniegelenk oberhalb der Meniskusebene

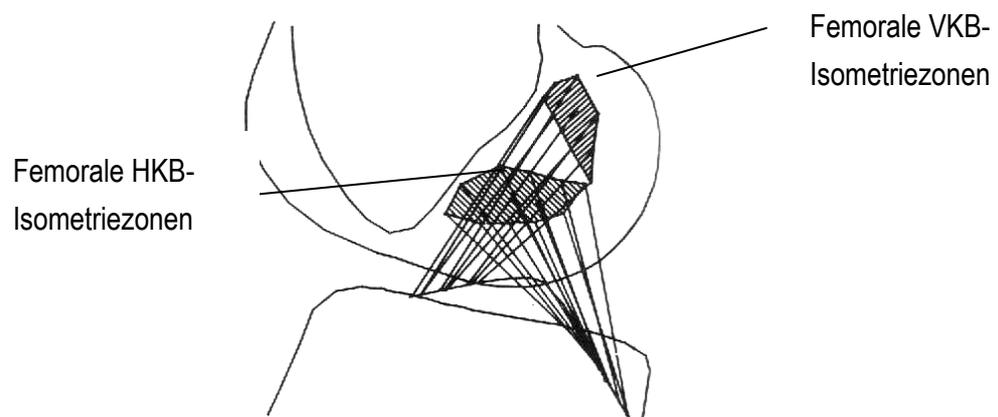


Abb. 2: Darstellung der Kreuzbandursprungs- (Seitenansicht) und Ansatzflächen und Darstellung der Kondylenkontaktlinie.

2.2 Verletzungsmechanismus und Diagnostik der akuten und chronischen Kreuzbandläsion

Ein typischer Verletzungsmechanismus der Ruptur dieser Struktur ist das bereits 1938 von PALMER und 1974 von KENNEDY et al. beschriebene Distorsionstrauma des Kniegelenkes mit Flexion, Außenrotation und Verstärkung der Valgusstellung im Knie bei teilfixiertem Fuß. Hierbei kann es zu einer Kombinationsverletzung unter Beteiligung der dorsomedialen Kapsel und des Innenmeniskushinterhornes kommen.

Die Kombinationsverletzung des vorderen Kreuzbandes und des medialen Seitenbandes ist die häufigste kombinierte Bandverletzung des Kniegelenkes (KEADING et al. 2005). Eine konservative Behandlung der Seitenbandläsion durch Ruhigstellung und Vermeidung von Valgusstress in einer entsprechenden Orthese scheint für die Versorgung ausreichend (SANKAR et al. 2006), bei zweit- bis drittgradigen Instabilitäten wird auch die operative Mitversorgung des betroffenen Seitenbandes, oder die Anfrischung (Mikroperforation) der Bandstrukturen nach ROSENBERG im Hinblick auf eine bessere Funktionalität einer VKB-Plastik diskutiert und empfohlen (ROSENBERG et al. 2002, SHIRAKURA et al. 2000).

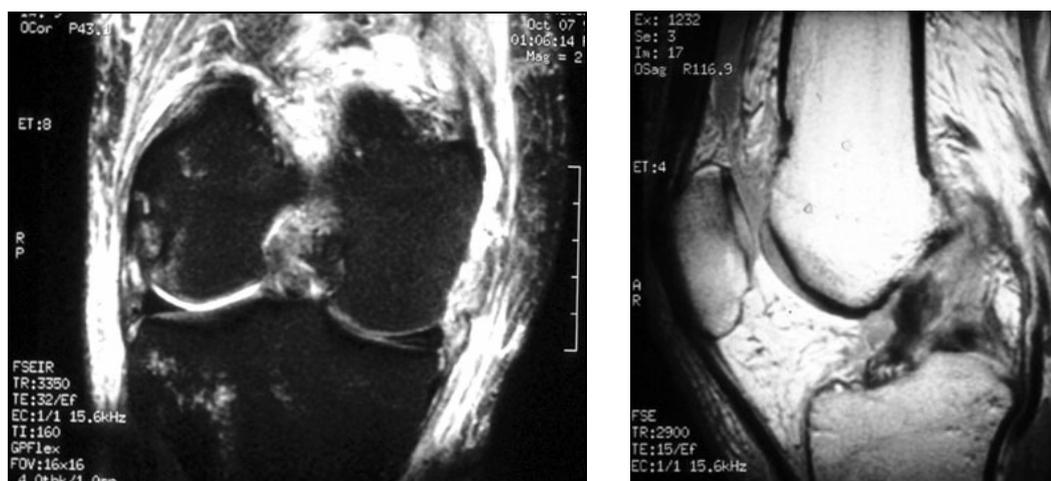


Abb. 3: MRT Kombinationsverletzung VKB und mediales Seitenband

In der Mehrzahl der Fälle wird eine isolierte Ruptur des VKB beschrieben. Man unterscheidet aktive und passive Verletzungsmechanismen.

Die so genannte Skiboat-Injury hat ihre aktive Ursache in einer plötzlichen, starken Kontraktion des Quadrizeps, wie sie z.B. beim Skisport in Folge unbeabsichtigten Absitzens nach hinten vorkommt und ist somit aktiver Genese (FIGUERAS et al. 1987).

Passiv verursachte, isolierte Rupturen werden beobachtet bei einer Verschiebung entweder der Tibia nach vorn bei fixiertem Femur, oder umgekehrt des Femurs nach hinten bei fixierter Tibia, sowie bei einer plötzlichen Beugung des innenrotierten Kniegelenkes (JÄRVINEN et al. 1997).

Diagnostik der Kreuzbandruptur:

Ein Hauptsymptom der akuten Bandverletzung im Kniegelenk besteht in einem ausgeprägten Schmerz, der im Moment des Geschehens auftritt, anschließend sofort nachlässt und bei erneuter Belastung rezidiert. Das Symptom einer Gelenkinstabilität bleibt vom Verletzten im akuten Stadium nicht selten unbemerkt und äußert sich später unter statischer oder dynamischer Belastung.

In vielen Fällen kommt es zur Ausbildung eines ausgeprägten Hämarthros, das bis zum vollen Erscheinungsbild kaum mehr als eine halbe Stunde benötigt und somit gut von dem langsam und innerhalb eines Tages auftretenden nicht-hämorrhagischen Erguss zu differenzieren ist.

NOYES et al. (1980) fanden bei 72%, GILLQUIST et al. (1977) bei 59% akut verletzter Kniegelenke mit Hämarthros einen partiellen oder totalen Riss des vorderen Kreuzbandes. Als Basis der Diagnostik ist eine gründliche klinische Untersuchung unverzichtbar, wobei zunächst, unter Ausstreichen der supra- und infrapatellären Rezessus, palpatorisch nach einem Erguss gesucht wird, dessen Erscheinungsbild durch eine Kniegelenkspunktion verifiziert werden kann. Ein Hämarthros ist hierbei hinweisend auf eine Zerreißung von Kapselbandstrukturen oder einen basisnahen Meniskusriss (BAUER et al.1995, SWENSEN et al. 1995). Sind dem Hämarthros Fettaggen aufgelagert, besteht der Verdacht auf eine osteochondrale Verletzung (Fettmark), oder Quetsch-/ Rissverletzungen des Hoffakörpers.

Eine der wichtigsten differentialdiagnostischen Säulen der Kniebinnenschädigung stellen die Funktionstests dar. Sie sind ohne größeren Aufwand durchführbar und bei entsprechender Erfahrung des Arztes durchaus aussagekräftig.

Ein wesentlicher Nachteil dieser Untersuchungsmethoden liegt jedoch in ihrer Abhängigkeit von subjektiven Eindrücken des Untersuchers, seiner Erfahrung und der angewendeten Kraft (MITCHELL 1999, NOESBERGER 1990).

Darüber hinaus muss bei der Untersuchung eine akute Verletzung mit ausgeprägter, reflektorischer Abwehrspannung von der weitgehend laxen, chronischen Instabilität unterschieden werden. Der Zeitpunkt der Inspektion hat somit bei vorliegender Pathologie einen entscheidenden Einfluss auf das klinische Ergebnis der Instabilitätstests.

Zur Feststellung der isolierten vorderen Kreuzbandruptur gilt die „extensionsnahe Schublade“, der sogenannte Lachman-Test als eine der sensitivsten Methoden (KIM et al. 1995), die auch radiologisch nachweisbar ist - man überprüft den Grad der vorderen Subluxation der Tibia gegenüber dem in 20° Beugung fixierten Femur (TORG et al. 1976). Hierbei wird außerdem die Qualität des Anschlags in „hart“ oder „weich“ unterschieden. Bei einem rupturierten vorderen Kreuzband sollte dieser weich sein und einen verlängerten Weg aufweisen. Ein harter Anschlag bei seitengleichem Weg spricht eher für eine Intaktheit des vorderen Kreuzbandes. Ein verlängerter Weg bei hartem Anschlag ist hinweisend auf eine Elongation und/oder Partialruptur des Bandes.



Abb. 4: Vordere Knieinstabilität (Lachman-Test) (TORG et al. 1976)

Eine weitere Nachweismethode ist die in 70°- 90° Kniegelenksbeugung durchgeführte „vordere Schublade“, bei der die fixierte Tibia des auf dem Rücken liegenden Patienten, ähnlich dem Lachman-Test, auf ihre Verschieblichkeit gegenüber dem Femur überprüft wird. Ist eine abnorme Laxität nachweisbar, stellt sich die Verdachtsdiagnose „vordere Kreuzbandruptur“.

Zu beachten ist bei allen Schubladenphänomenen, dass eine mögliche schwerkraft-induzierte hintere Subluxation der Tibia (stepp off) ausgeschlossen wird, die bei komplexen Knieverletzungen unter Beteiligung des hinteren Kreuzbandes auftritt und fälschlicherweise für ein vorderes Schubladenphänomen oder einen positiven Lachman-Test gehalten werden kann.



Abb. 5: Vorderes Schubladenphänomen

Als wichtiger Test sei der „Subluxationstest“ bzw. die Prüfung des Pivot-shift-Phänomens erwähnt, bei dem das extendierte Bein des liegenden Patienten unter Valgusstress gesetzt und die Tibia im Nachweisfalle nach vorn subluxiert wird (GALWAY et al. 1972). Bei Erreichen von ca. 30° Beugung im Kniegelenk und erhaltenem Valgusdruck erfolgt die mehr oder weniger federnde Reposition („glide“ oder „jerk“) des Tibiakopfes.

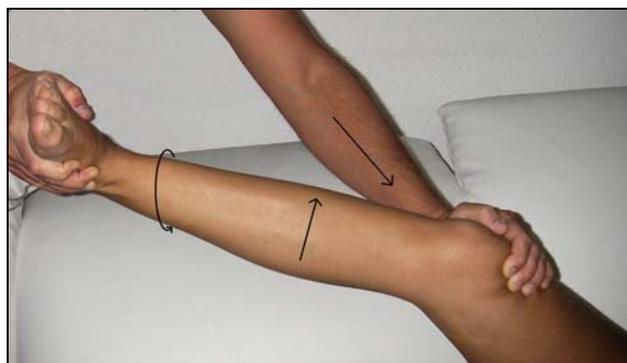


Abb. 6: Pivot shift Test

Hinsichtlich der Genauigkeit oben genannter klinischer Tests zur Feststellung einer vorderen Kreuzbandruptur haben SCHOLTEN et al. (2003) eine Metaanalyse 17 klinischer Studien durchgeführt, in deren Konsequenz der Pivot shift Test den besten positiv prediktiven Wert und der Lachman Test den besten negativ prediktiven Wert erzielt, bei insgesamt jedoch sehr heterogenen Ergebnissen. Darüber hinaus sei auch hier festgestellt, dass der Untersuchungszeitpunkt (akute Abwehrspannung vs. chronische Laxizität), sowie die Erfahrung des Untersuchers wesentlichen Einfluss auf das Ergebnis haben.

Autor	Art der VKB Ruptur	N	Prävalenz	Sn	Sp	LR+	LR-
Vordere Schublade							
HARDAKER (1990)	partiell + komplett	132	0.77	0.18	—	—	—
TONINO (1986) [†]	partiell + komplett	52	0.58	0.27	0.98	12.6	0.7
RUBINSTEIN (1994)	“VKB Insuffizienz”	39	0.23	(0.76) [§]	(0.86) [§]	—	—
BOEREE (1991) [*]	Nicht spezifiziert	203	0.29	0.56	0.92	6.7	0.5
LEE (1988) [*]	Nicht spezifiziert	79	0.29	0.77	0.99	87.9	0.2
RICHTER (1996) [*]	Nicht spezifiziert	74	0.78	0.67	0.88	5.4	0.4
STEINBRÜCK(1988) [*]	Nicht spezifiziert	300	0.17	0.92	0.91	10.4	0.1
SANDBERG(1986) ^{* ‡}	Nicht spezifiziert	182	0.68	0.39	0.78	1.7	0.8
Lachman Test							
HARDAKER (1990)	partiell + komplett	132	0.77	0.74	—	—	—
TONINO (1986) [*]	partiell + komplett	52	0.58	0.89	0.98	40.8	0.1
SCHWARZ(1997) [‡]	partiell + komplett	58	0.81	0.91	0.55	2.0	0.2
RUBINSTEIN (1994)	“ VKB Insuffizienz ”	39	0.23	(0.96) [§]	(1.00) [§]	—	—
BOEREE (1991) [*]	Nicht spezifiziert	203	0.29	0.63	0.90	6.5	0.4
LEE (1988) [*]	Nicht spezifiziert	79	0.29	0.90	0.99	102.1	0.1
RICHTER (1996) [‡]	Nicht spezifiziert	74	0.78	0.93	0.88	7.4	0.1
STEINBRÜCK(1988) [*]	Nicht spezifiziert	300	0.17	0.86	0.95	17.9	0.1
COOPERMAN (1990)	Nicht spezifiziert	32	0.41	(0.65)	(0.42)	—	—

Autor	Art der VKB Ruptur	N	Prävalenz	Sn	Sp	LR+	LR-
Pivot shift Test							
HARDAKER (1990)	partiell + komplett	132	0.77	0.29	—	—	—
TONINO (1986)*	partiell + komplett	52	0.58	0.18	0.98	8.2	0.8
RUBINSTEIN (1994)	“ VKB Insuffizienz ”	39	0.23	(0.93)§	(0.89)§	—	—
BOEREE (1991)*	Nicht spezifiziert	203	0.29	0.31	0.97	8.8	0.7
RICHTER (1996)**‡	Nicht spezifiziert	74	0.78	0.48	0.97	16.4	0.5
STEINBRÜCK(1988)*	Nicht spezifiziert	300	0.17	0.22	0.99	26.9	0.8
* Studienresultate für Meta-Analyse verwendet							
† 0,5 zu jeder Spalte der 2x2 Tabelle addiert							
‡ 2x2 Tabelle rekonstruiert							
§ Gesamtergebnis von 5 Operateuren/ Untersuchern							
Summe der Resultate zweier Physiotherapeuten							
Sn: Sensitivität, Sp: Spezifität, LR+ /LR-: positiv/ negativ prediktiver Wert							

Tab. 1: Diagnostische Genauigkeit verschiedener klinischer Tests zur Diagnostik der vorderen Kreuzbandruptur (SCHOLTEN et al. 2003)

Ein weiterer Teil der Diagnostik sind bildgebende Verfahren, wobei das Röntgen mit Nativaufnahmen in drei Ebenen sowie Spezialaufnahmen, wie z.B. gehaltene Stressaufnahmen, weiterhin im Vordergrund stehen. Röntgenaufnahmen in drei Ebenen dienen in erster Linie dem Ausschluss knöcherner Begleitverletzungen, wie knöcherner Bandausrisse und Tibiakopffrakturen. So ist beispielsweise eine Tunnelaufnahme nach Frick bei Verdacht auf Ausriss des VKB indiziert. Sie erlaubt außerdem eine Beurteilung der dorsalen Femurkondylen, der Fossa intercondylica, der Interkondylenhöcker des Tibiaplateaus und der Kongruenz der Gelenkflächen.

Ergänzend könnte noch eine Aufnahme beidbeinig bei 45° Kniebeugung im dorsoventralen Strahlengang, die Perspektive nach ROSENBERG et al. (1988), durchgeführt werden. Hierbei steht der Patient mit dem Gesicht zur Röntgenplatte, die Röntgenröhre wird ca. 10° geneigt, um die Orientierung des Tibiaplateaus zu berücksichtigen und den Gelenkspalt frei zu projizieren.

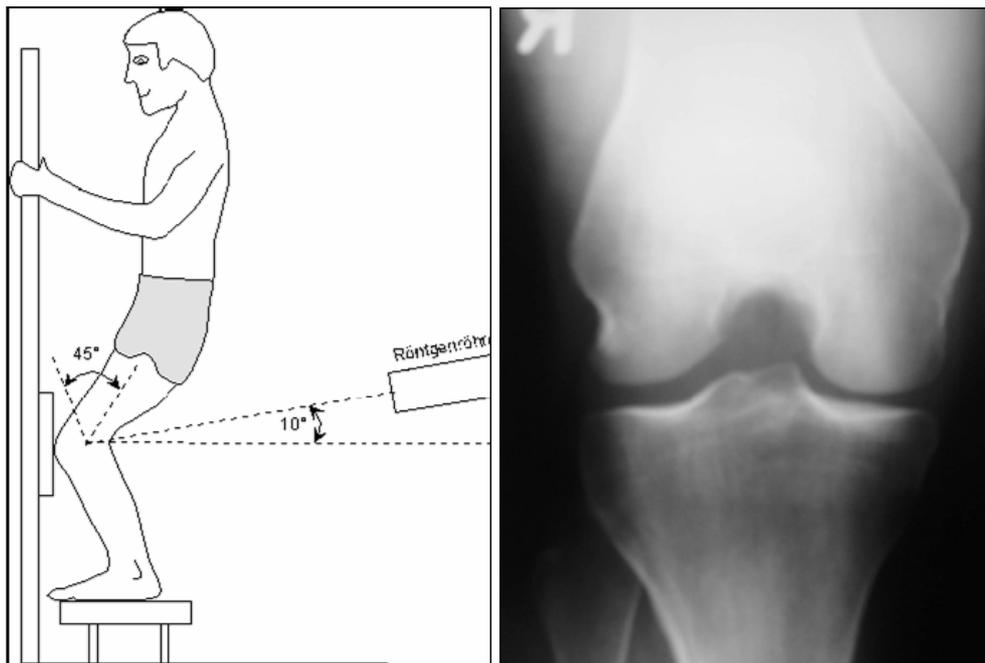


Abb. 7: Aufnahmetechnik nach ROSENBERG et al. (1988)

Aufgrund der projektionsbedingt besseren Darstellung des Gelenkspaltes und der kartilaginären Flächen dieser Aufnahme können sich sicherere Aussagen über Knorpelschäden/Knorpelverschleiß, vor allem der femoralen Gelenkflächen, treffen lassen. Um eine deutliche Abbildung des Ausmaßes einer vorderen Subluxation zu erhalten, bieten sich in einigen Fällen gehaltene extensionsnahe Schubladenstressaufnahmen an. Bei diesem Aufnahmeverfahren liegt der Patient auf einer harten Unterlage auf dem Rücken, und eine Rolle von 7,5 cm Durchmesser wird unter den mittleren Unterschenkel gelegt. Der Arm des Kniehalteapparates wird etwa 5 cm kranial der Patellarbasis platziert, um dort eine nach dorsal gerichtete Kraft von ca. 20 kp einzuleiten. Die Ferse des Patienten wird vom Untersucher von Hand gegen die Unterlage fixiert. Der Grad der Ventralverschieblichkeit der Tibia gegenüber der Neutralstellung gibt Auskunft über das Ausmaß der vorderen Subluxation.

Anhand von Röntgenaufnahmen allein sind keine sicheren Aussagen zu allen verletzten Strukturen möglich.

MRT-Aufnahmen zur Beurteilung der Kniegelenks-Weichteile, speziell der Bänder, sind inzwischen nahezu unverzichtbar, da dieses nichtinvasive Verfahren auch Begleitverletzungen wie Knorpel- oder Meniskusschäden erfasst (RUBIN et al. 1998). Die Schnittebenen können beliebig gewählt werden, also auch diagonal, woraus sich die Möglichkeit ergibt, das vordere Kreuzband in seinem kompletten Verlauf darzustellen. Darüber hinaus gibt das Auftreten eines bone bruise (trabekuläre, intraspongiöse Mikrofrakturen) im lateralen Tibiaplateau- und Femurkondylenbereich einen wichtigen diagnostischen Hinweis auf eine frische Läsion des vorderen Kreuzbandes, bis maximal 12-14 Wochen nach dem Akutereignis (DAVIES et al. 2004).



Abb. 8: MRT-Aufnahme des Kniegelenkes (sagittale Schnittebene)

Die Computertomographie hat ebenso wie die Sonographie zur Beurteilung von Bänderläsionen im Kniegelenk in der bildgebenden Diagnostik nur einen untergeordneten Stellenwert, da die Kreuzbänder mit diesen Verfahren nicht oder nur mangelhaft dargestellt werden können. Während sich die Sonographie allenfalls zum Nachweis von Zysten (Baker-Zyste) eignet, verwendet man das CT zur präoperativen Planung, zur Feststellung von Substanzdefekten bei Revisionen, sowie zur postoperativen Kontrolle von Bohrkanalplatzierungen.

2.3 Begleitverletzungen der Läsion des vorderen Kreuzbandes

Der Riss des vorderen Kreuzbandes ist häufig eine komplexe Verletzung unter Einbeziehung der Menisken und/oder des medialen Seitenbandes.

Die mediale Seitenbandläsion

Bei der Kombinationsverletzung vorderes Kreuzband/mediales Seitenband werden, ähnlich der Meniskusruptur, langfristig stärkere degenerative Veränderungen des Kniegelenkes und ein schlechterer Verlauf beobachtet als bei isolierten Rupturen des vorderen Kreuzbandes (KAEDING et al. 2005, KANNUS et al. 1988, NOYES und BARBER-WESTIN 1995).

Hinsichtlich der Schwere der Läsion unterscheidet man drei Grade:

- Grad I:
 - Druckdolenz am Tuberculum adductorium („Skipunkt“), proximale Läsion am häufigsten (DD: Läsion Lig. femoropatellare mediale bei Patellaluxation)
 - Gelenkspalt-Bereich (DD: mediale Meniskusläsion)
 - Tibiaansatz distal (DD: Tendinitis Pes anserinus/Bursitis)

- Grad II: wie Grad I, zusätzlich
 - Aufklappbarkeit in 20° Flexion (stabil in Extension)

- Grad III: wie Grad II, zusätzlich
 - Aufklappbarkeit in Extension,
 - Läsion der dorsalen Strukturen Kapselstrukturen, eventuell auch der Popliteus- Sehne.

Zur Therapie dieser Begleitverletzung wird sowohl die Möglichkeit eines konservativen als auch eines operativen Vorgehens beschrieben.

Welche Behandlungsart die günstigere ist, wird kontrovers diskutiert, da es sowohl Studien gibt, die eine operative Versorgung favorisieren (FRÖHLKE et al.1998, SCHMID 1996), andere, die gute Ergebnisse nach konservativem Vorgehen beschreiben (PETERSEN et al. 1999) und auch solche, die keinen wesentlichen Unterschied im Vergleich feststellen können (OHNO et al. 1995). Empfohlen wird eine graduierungsabhängige Operationsindikation dieser Läsion, wobei die Grade I und II konservativ und Grad III operativ zu behandeln sind.

ROSENBERG et al. (2002) empfehlen bei subakuter oder chronischer Kombinationsverletzung vorderes Kreuzband/mediales Seitenband eine zusätzliche Mikroperforation der medialen Seitenbandstrukturen zur Induktion akuter ligamentärer Reorganisations- und Umbauprozesse, um die Gesamtstabilität des Gelenkes zu erhöhen.

Läsionen des lateralen Seitenbandes findet man seltener und eher in Verbindung mit Läsionen des hinteren Kreuzbandes und posterolateraler Gelenksareale.

Die Meniskus-/ Knorpelläsion

Ein prognostisch ungünstiger Faktor ist die Vergesellschaftung der Kreuzbandruptur mit einer Meniskusläsion, da sie die Progredienz einer degenerativen Veränderung des Gelenkes beschleunigen kann (MALETIUS et al. 1999, NEBELUNG und WUSCHECH 2005, SCHMITZ et al. 1996, YUKSEL et al. 2006).

Grundlegend muss in primäre (akute Kombinationsverletzung) und sekundäre (instabilitätsbedingter Folgeschaden) meniskale Läsionen unterteilt werden.

BRAY et al. (1989) stellten in ihrer Studie fest, dass auch bei einer Transplantatlockerung und der damit verbundenen Rückkehr des Pivot shift Phänomens sich die Inzidenz einer Meniskusverletzung im Sinne eines Sekundärschadens wesentlich erhöht.

Hinsichtlich eines akuten Meniskus Schadens bieten sich mehrere chirurgische Möglichkeiten, um degenerativen Veränderungen im Kniegelenk entgegenzuwirken:

- Die reparative Meniskus chirurgie, bei der durch Refixation der Strukturen versucht wird, die Anatomie des Meniskus wiederherzustellen. Ist der Grad der Beschädigung begrenzt und somit diese Versorgung durchführbar, haben einige Studien positive Ergebnisse gezeigt (BARBER et al. 1997, BARRETT et al. 1997).
- Ist keine reparative Versorgung möglich (beispielsweise bei komplexen Meniskusrupturen), kann der Einsatz eines Meniskusimplantates (CMI™, ReGen Biologics), oder eine Meniskustransplantation erwogen werden.
- Ist auch diese Versorgung nicht möglich, bleibt nur die partielle oder komplette Meniskektomie, deren Langzeitprognose jedoch eher ungünstig ist und zu Degenerationen am Gelenk führt (JOHAMA et al. 1999, MALETIUS et al. 1996, SHELBOURNE und GRAY 2000).

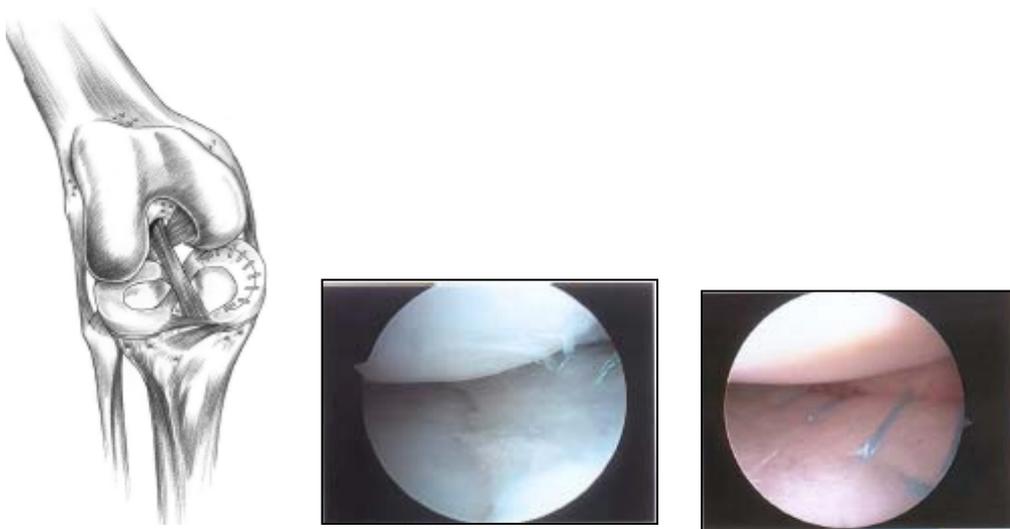


Abb. 9: Meniskusimplantat CMI™, Fa. ReGen Biologics.

Die reparable Meniskusläsion ist prozentual gesehen häufiger eine mediale (BRAY et al. 1989, TANDOGAN et al. 2003), wobei die Chance einer erfolgreichen Rekonstruktion sich jedoch mit fortschreitender Chronifizierung offensichtlich verringert. Um auch postoperativ langfristig eine Schädigung des Meniskus und eine daraus folgende mögliche Gonarthrose zu vermeiden, ist eine entsprechend stabile Kreuzbandplastik notwendig, denn neben primären Verletzungsmustern kann es auch zu Sekundär-Verletzungen infolge einer Instabilität kommen, wobei häufig kartilaginäre Strukturen, aber insbesondere die Menisken, betroffen sind.

Ebenso häufig, aber in der Literatur weniger berücksichtigt, sind VKB-Ruptur assoziierte Knorpelläsionen. TANDOGAN et al. (2003) fanden in 19 Prozent der Fälle Beschädigungen der kartilaginären Strukturen, vor allem im medialen femoro-tibialen Kompartiment (60%). LABS et al. (1999) stellten fest, dass sowohl bei traumatischen als auch degenerativen Verletzungen vor allem das mediale Tibiaplateau und der mediale Femurkondylus am häufigsten alteriert war (Grad 3 Läsionen), wobei sich häufig das Läsionsbild eines intraartikulären Flakes zeigte.

Die chronische Instabilität

Besonders bei älteren Rupturen werden, in Abhängigkeit der Belastung des Kniegelenkes, mehr oder weniger häufig spontanes Wegknicken (giving way), sowie intermittierende, schmerzhafte Einklemmungserscheinungen angegeben. Rotationsbewegungen bei fixiertem Fuß können ein „giving way“ als Ausdruck einer rotatorischen Instabilität provozieren.

Folge dieses schmerzhaften Geschehens ist eine Schwellung des Gelenkes, die sich nach einigen Tagen spontan zurückbildet. Das betroffene Knie ist nun bis zur nächsten Episode weitgehend schmerzfrei.

Da die permanente Instabilität, deren Ausdruck eben solche „giving ways“ sind, zu einer wiederholten Traumatisierung des Knorpels und der Menisken führt, sind arthrotische Veränderungen des Gelenkes häufig die Folge, wobei ein direkter Zusammenhang zwischen dem Grad der Instabilität und der Progredienz der Arthrose zu bestehen scheint (JONES et al. 2003, KANNUS et al.1987).

Bei chronischen Instabilitäten mit vermehrter a.-p. Translation können Veränderungen der muskulären Strukturen zu einer Kompensation im Sinne der Ausbildung eines Reserve-stabilisierungsapparates führen. Hierbei spielen vor allem die ischiokrurale Muskelgruppe sowie der Quadriceps femoris eine entscheidende Rolle. Über eine Reduzierung der Quadricepskraft bei Stärkung des Semitendinosus-/ Gacilisstranges kann eine verstärkte Translation während des Schreitvorganges verhindert, und das fehlende VKB als Primärstabilisator teilweise kompensiert werden. Traumatisierende giving way Episoden sollen somit umgangen werden (TORRY et al. 2004, YANAGAWA et al. 2002).

2.4 Historische Entwicklung und heutiger Stand der Kreuzbandchirurgie

Die Erstbeschreibung von Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes geht auf GALEN (129-199 n. Chr.) zurück, der die Bänder als stabilisierende Weichteilstrukturen beschrieb, die eine abnormale Beweglichkeit verhindern sollen. BONNET (1845) war es dann, der differenziert die Binnenstrukturen der großen Gelenke, speziell der des Kniegelenkes in seiner Veröffentlichung „über die Behandlung von Gelenkerkrankungen“ berichtete.

Die erste belegte operative Versorgung eines rupturierten Kreuzbandes wurde 1895 von MAYO ROBERTSON durchgeführt. Es handelte sich dabei um eine primäre Naht, ein Achtjahresergebnis dieser Operation des vorderen und des hinteren Kreuzbandes wurde 1903 veröffentlicht (MAYO ROBERTSON 1903). 1917 war es HEY GROVES, von dem die erste Kreuzbandplastik unter Verwendung eines Fascia lata - Streifens überliefert ist (HEY GROVES 1917). In diesen Zeitabschnitt fallen auch erste Versuche eines künstlichen Bandersatzes von CORNER (Drahtmaterialien) und SMITH (Seidenfäden) (SMITH 1918), die jedoch fehlschlugen.

Nach Durchführung der ersten Arthrographien und Arthroskopien des Kniegelenkes um 1920 durch TAKAGI und BIRCHER (BIRCHER 1921,1922), empfahl 1936 CAMPBELL (1936) den plastischen Ersatz des vorderen Kreuzbandes durch einem Steifen aus dem medialen Anteil des Ligamentum patellae. Damals mehr als heute waren jedoch die behandelnden Ärzte über den Nutzen einer operativen Versorgung des Kreuzbandes uneins (CAMPBELL 1936).

1938 stellte PALMER fest, dass Kreuzbandoperationen nicht nur schwierig, zeitraubend und riskant seien, sondern auch selten zu einer Restitutio ad integrum führten und entwickelte kurz darauf eine Bohrlehre zu präziseren femoralen und tibialen Platzierung des Transplantates (PALMER 1938).

Ab den frühen sechziger Jahren gewann die Idee einer operativen Versorgung an Popularität. Verantwortlich dafür war unter anderen JONES, der 1963 eine neue Operationstechnik beschrieb, bei der er das distal gestielte Patellarsehnentransplantat von der Tibiavorderkante ausgehend in das Gelenk zog und über einen vorher angelegten femoralen Bohrkanaal nach lateral führte, um es dort zu verankern (JONES 1963).

Erweitert wurde die Methode 1966 durch BRÜCKNER, der das gestielte Transplantat durch einen tibialen und einen femoralen BohrkanaI führte und es mit Ausziehäden am lateralen Kondylus fixierte, auch wies er auf die Möglichkeit hin, ein freies Transplantat der Gegenseite zur Rekonstruktion zu verwenden (BRÜCKNER 1966). An gleicher Stelle wurde als Erweiterung erstmals die Verwendung eines freien Ligamentum-patellae-Transplantates beschrieben, da die bis dahin verwendeten gestielten Plastiken häufig eine unzureichende Länge aufwiesen.

Heute bietet sich dem Arzt zur Behandlung dieser Verletzung ein breites Spektrum an Versorgungsmöglichkeiten, wobei primär zwischen operativen oder konservativen Vorgehen zu entscheiden ist.

Vor- und Nachteile konservativer und operativer Therapieansätze werden immer wieder kontrovers diskutiert und gegeneinander abgewägt. In einer Langzeitvergleichsstudie beider Methoden fanden FINK et al. (1996) heraus, dass die operativ behandelte Gruppe (BTB) gegenüber der konservativ behandelten, sowohl subjektiv als auch objektiv weit bessere Ergebnisse erzielte. Bestätigt wird diese Arbeit u.a. durch Studien von BONAMO et al. (1990), SEITZ et al. (1994) und JÄRVELÄ et al. (1999), die in ihrer jeweils untersuchten Gruppe sehr ähnliche Ergebnisse erzielen. CASTELEYN (1999) verglich in seiner Veröffentlichung eine Vielzahl weiterer Studien beider Therapiemethoden und konnte ebenfalls diesen Trend bestätigen. Selbst wenn der optimale Operationszeitpunkt verfehlt wird (siehe unten), scheint das operative Vorgehen der konservativen Behandlung - zumindest unter objektiven Gesichtspunkten - überlegen (WITTENBERG et al. 1998). Welcher Weg letztendlich gewählt wird, sollte von funktionellen (z.B. fehlende muskuläre Kompensation, komplexe Kapselbandverletzung, Kreuzbandteiltraktur) und individuellen Parametern (z.B. Alter, Leistungsorientierung) abhängig gemacht werden (WIRTH 1990). Auch für bereits chronifizierte Instabilitäten bietet sich im Nachhinein eine operative Versorgung an. NOYES et al. (1997) untersuchten in ihrer Studie 87 Patienten mit 30 akuten und 57 chronischen Rupturen 28 Monate postoperativ nach und stellten bei der akuten Gruppe eine gute Stabilität in 92% und bei der chronischen Gruppe in immerhin 85% der Fälle fest. Die erreichten Ergebnisse sind zwar, bedingt durch einen langfristig auf das Gelenk traumatisierend wirkenden Stabilitätsverlust, meist schlechter als nach Versorgung akuter Rupturen, dennoch ist es möglich, einem fortschreitenden arthrotischen Umbau des Knies zu verlangsamen.

2.5 Transplantatoptionen – ein Vergleich

Im Laufe der letzten 20 Jahre haben sich die Operationsmethoden und auch die verwendeten Materialien grundlegend gewandelt.

Die Idee der Versorgung eines rupturierten Kreuzbandes durch eine primäre Naht ist fast so alt wie die Kreuzbandchirurgie selbst, gilt heute aber als weitgehend obsolet, da sie (ähnlich der konservativen Versorgung) häufig zu einer chronischen Instabilität führt (AHO et al. 1986, CLANCY et al. 1988, JÄRVINEN et al. 2001, ODENSTEN et al. 1985). Während in den achtziger Jahren noch Kunststoffen, wie beispielsweise Kohlefaser oder Dacron® eine gewichtige Rolle als Ersatz des vorderen Kreuzbandes zukam, sind solche Implantate heute aufgrund schlechter Ergebnisse in mittel- und langfristigen Studien fast völlig überholt (KIEFER et al. 1998, MAKISALO et al. 1996, ROOLKER et al. 2000).

Die heute gebräuchlichsten Transplantate sind vor allem autologer Natur, wie das Patellarsehnentransplantat (BTB), die Semitendinosus-Gracilissehne (STG) und das Quadricepssehnenentransplantat (QT) (FU et al. 2000). Die Verwendung von sogenannten Allografts (allogene Transplantate), wie z.B. Patellarsehnen oder Achillessehnen gilt nach wie vor als Alternativmöglichkeit zu den etablierten autologen Transplantaten (ZIJL et al. 2000), nicht zuletzt, weil vergleichende Studienergebnisse keine relevanten Unterschiede in der Stabilität zwischen beiden Gruppen feststellen konnten (ROBERT et al. 2001).

Ein hervorzuhebender Vorteil der Allografts ist die fehlende Entnahmepathologie und die damit verbundene höhere subjektive Zufriedenheit der Patienten.

Die Nachteile dieser Transplantatwahl liegen jedoch in einer möglichen immunologischen Inkompatibilität, einem verlängerten Ein- und Umbauprozess sowie der potentiellen Infektionsgefahr und den damit verbundenen aufwendigen Virenscreenings und der Sterilisationsprozedur. Diese wiederum schwächen das Transplantat und führen zu reduzierter biomechanischer Belastbarkeit.

In den neunziger Jahren stellte die Verwendung der Patellarsehne den Goldstandard in der Transplantatwahl dar (JÄRVINEN et al. 1995, SHELBOURNE et al. 1997).

Vor allem jedoch die Entnahmepathologie, insbesondere der vordere Knieschmerz und die patellofemorale Arthrose (BARBER et al. 1991, CALLAWAY et al. 1994, SGAGLIONE 1990, WARREN 1992), haben Ende der neunziger Jahre, trotz guter mittel- und langfristiger Studienergebnisse dieser Operationsmethode (JOHAMA et al. 1999, MITSOU et al. 1996) zu einem Umdenken zugunsten des Semitendinosus-/Gracilissehnentransplantates (STG) geführt, dessen Gewinnung mit einer wesentlich geringeren Entnahmepathologie verbunden ist (CORRY et al. 1999) und meist ebenso gute Ergebnisse in der subjektiven und objektiven Beurteilung in kurz- und mittelfristigen Studien zeigte (MARCACCI et al. 1998, SIEGEL et al. 1998).

Bis zur 6. postoperativen Woche stellt die primäre Transplantatfixierung den sensibelsten Teil der Plastik dar, da eine stabile biologische Integration noch fehlt. Unter Verwendung des Patellarsehnentransplantates hat sich die Fixation über Knochenblöcke in Kombination mit Interferenzschrauben bewährt, da die primäre Ausreissfestigkeit bei ca. 500 N liegt (STEINER et al. 1994) und damit in einem Bereich, der eine entsprechende funktionelle Nachbehandlung zulässt. Das Patellarsehnentransplantat bringt den physiologischen Sehnen-Knochenübergang durch die Knochenblöcke mit und führt so zu einer rascheren spongiösen Einheilung (SHELBOURNE et al. 1995, AGLIETTI et al. 1994), die wiederum eine schnellstmögliche Belastung des Kniegelenkes ermöglicht (FU et al. 2000).

Da jedoch der Sehnenanteil des Patellarsehnentransplantates immer länger ist als das Kreuzband selbst, ergibt sich eine tibiale und/oder femorale Bohrkanalstrecke, in der ein Teil der Transplantatsehne sich frei bewegt. Dies kann zu dem sogenannten Scheibenwischereffekt, einer Synovialflüssigkeitsinfiltration mit mechanisch bedingter Tunnelerweiterung durch Bewegung des Transplantates im Bohrloch führen (SHINO et al. 1993). Des Weiteren birgt besonders die Gewinnung der Knochenblöcke auch den Nachteil der Entnahmepathologie, insbesondere in Form des vorderen Knieschmerzes. Die daraus folgenden schlechteren subjektiven Ergebnisse machen das Transplantat heute eher zur zweiten Wahl. Versuche, diese Pathologie zu mildern (z.B. durch Sehnennaht oder Auffüllen der knöchernen Entnahme-defekte), brachten keine zufriedenstellenden Ergebnisse (BOZOTTA und PRUNNER 2000).

Anders stellt sich die Situation bei der Semitendinosus-/Gracilissehnenplastik dar. Die zunächst verwendete Armierungstechnik über Durchflechtungsnähte in den Sehnensträngen und Fixierung der Nähte am kortikalen Knochen ist mechanisch ungünstig, da die vielen Lastübertragungen und die hohe Elastizität der Verankerung zur möglichen Elongation des Konstruktes dem sogenannten „Bungee-Effekt“ führen können. Die Steifigkeit des Transplantates nimmt mit steigender Distanz der Fixationspunkte ab, denn je länger die Gesamtlänge des Transplantates, und je weniger Steifigkeit die Fixation aufweist, desto ausgeprägter ist der „Bungee-Effekt“.

Ein weiterer Nachteil der STG liegt in der relativ langen Einheilungsphase des Transplantates, denn die Sehne muss im Knochenkanal eine Insertion über Sharpey'sche Fasern erst neu bilden.

Dieser Vorgang dauert ca. 12 Wochen und erfordert neben einem intensiven Knochenkontakt auch mechanische Ruhe, die eine forcierte Rehabilitation einschränkt (GORADIA et al. 1998). Ab der 6. Woche verlagert sich die kritische Phase der Behandlung von der Primärverankerung auf die Schwächung des Transplantates, denn ein Großteil der sogenannten Transplantatversager entsteht durch eine postoperative Verschlechterung der Gewebsparameter in der 6.- 18. Woche nach dem Eingriff (RODEO et al. 1993). In dieser Phase überschneidet sich das subjektiv wiedererlangte Stabilitätsgefühl des Patienten mit der höchsten Vulnerabilität des Transplantates im Zuge der Umbauvorgänge (Aufbau neuer Durchblutung, Wiederaufbau), dem „Remodeling“.

Wie NOYES et al. (1984) in ihrer Studie feststellten, beträgt die Belastung des vorderen Kreuzbandes im Alltag durchschnittlich 445 N, so dass diese Zugkraft als Minimalanspruch an das frühe Transplantat gefordert wird.

Das Ziel bei der Transplantatwahl ist, der physiologischen Reißfestigkeit des intakten vorderen Kreuzbandes von ca. 2000 N möglichst nahe zu kommen, bzw. diese zu übertreffen. In Tierversuchen hat sich allerdings gezeigt, dass die Transplantate - unabhängig vom Typ - durch Umstrukturierungen letztlich nur höchstens 80 % ihrer ursprünglichen Haltekraft erreichen (CLANCY et al. 1981).

Ein 9-10mm breiter Patellarsehnenstreifen wird diesem Wert ebenso gerecht, wie ein mehrfach gebündelter Semitendinosus-/Gracilisstrang.

Ein Hauptproblem der Bündelung liegt darin, dass die ermittelten Festigkeitswerte für STG-Transplantate nur gelten, wenn alle Stränge simultan und nicht sequentiell belastet werden. Ist dies nicht der Fall, entsteht das Problem des schwächsten Gliedes, in dessen Folge das Transplantat elongieren oder ausreißen kann (HAMNER et al. 1999).

Insgesamt muss die VKB-Plastik als mechanisches Konstrukt betrachtet werden, dessen Stabilität vor allem von drei Einflussgrößen abhängig ist :

- dem Transplantat,
- der entsprechenden Fixierung sowie
- der Qualität der vorliegenden femoralen und tibialen Knochensubstanz.

Aus der Summe dieser Faktoren ergibt sich die tatsächliche Prognose der VKB-Plastik, entsprechende gesamtheitliche Tests (z.B. zyklische Belastungstests) haben somit den höchsten Realitätsbezug (WOO et al. 1991).

1996 stellte O'NEILL in einer Studie von 125 vorderen Kreuzbandplastiken und einem Nachuntersuchungszeitraum von 42 Monaten fest, dass Kniegelenke mit Semitendinosus-/Gracilistransplantaten längerfristig im Durchschnitt eine geringere Stabilität zeigten als Patellarsehnentransplantate (Fixierung und Nachbehandlung blieben unberücksichtigt), andere Autoren bestätigen diesen Trend (AGLIETTI et al 1994, BIZZINI et al. 2006, OTERO et al. 1993). ROE et al. (2005) hingegen fand mit längeren Nachuntersuchungsintervall (7Jahre) keine eindeutigen Unterschiede in der Transplantatstabilität.

Zu erwähnen ist, dass durch die im Zeitintervall deutlich veränderten und verbesserten Fixierungstechniken, sowohl beim BTB- (Rigid-Fix, Press-Fit, et c.), als auch beim STG-Transplantat (Biointerferenzschrauben, Endobutton, Trans-Fix, etc.) eine valide Vergleichbarkeit heutiger Verfahren mit denen früherer Studien nur bedingt möglich ist.

Zusammenfassend lassen sich Vor- und Nachteile beider Transplantate wie folgt darstellen:

	Vorteil	Nachteil
BTB	<ul style="list-style-type: none"> -lange Erfahrungen und gute Langzeitergebnisse (JOHAMA et al. 1999, MITSOU et al. 1996) -hohe Reißfestigkeit (NOYES et al 1984, Mc KERNAN 1995) -stabile knöcherne Fixierung (SHELBOURNE et al. 1995, STEINER et al. 1994) -sofortige Rehabilitation möglich und dadurch schnelle Rückkehr zum präoperativen Leistungsniveau (FU et al. 2000) 	<ul style="list-style-type: none"> -Entnahmepathologie (KARTUS et al. 1999, SHELBOURNE und TRUMPER 1998) -Gefahr der Patellafraktur (VIOLA und VIANELLO 1999) -defektbedingte subpatellare Fettkörperherniation (JOHNSON et al. 1996) -schlechtere Kosmetik
STG	<ul style="list-style-type: none"> -geringere Entnahmepathologie (CORRI et al. 1999, ROSENBERG et al. 1997) -bessere Simulation der anatomischen Bündelstruktur des VKB (WALLACE 1997, WOO et al. 1997) -variable Transplantatlänge (ROSENBERG et al. 1997, SHAFFER 1993) -besseres Tunnelmatch durch flexible Bündelungstechniken (COLOMBET et al. 2005) -anatomische VKB-Rekonstruktion über Double-Bundle-Technik möglich (MARCACCI et al. 2003) 	<ul style="list-style-type: none"> -längere Einheilungsphase und deshalb weniger aggressive und länger dauernde Rehabilitation (GORIDA et al. 1998, LIU 1997) -geringere Stabilität (AGILETTI et al. 1994, BIZZINI et al. 2006, OTERO et al. 1993)

Tab. 2: STG und BTB: Vor- und Nachteile

2.6 Literaturüberblick von Langzeituntersuchungen unter Verwendung des Patellarsehenentransplantates

Die Analyse von Langzeitresultaten nach vorderer Kreuzbandchirurgie mit einer minimalen Nachuntersuchungszeit von mehr als 5 Jahren ist nicht problemlos. Die publizierten Studienzahlen sind sehr begrenzt, die Patientenzahlen sind gering, die Techniken unterscheiden sich, die Nachuntersuchungskriterien sind uneinheitlich. Die Forderung nach einheitlichen und vergleichbaren Kriterien wurde erst Anfang der 90er Jahre durch eine Konsensustagung des International Knee Documentation Committee (IKDC) und der Einführung eines Standard evaluationsblattes durchgesetzt (HEFTI et al. 1993). Die Tabelle gibt einen Überblick aller publizierten Langzeituntersuchungen nach autologen vorderen Kreuzbandersatz mit einem Patellarsehnentransplantat.

Literaturüberblick – Langzeitresultate vorderer Kreuzbandchirurgie ohne Verwendung des IKDC Score:

Autor	Jahr	NUZ	Pat.	Technik	Resultate
JOHNSON et al.	1984	8 J	87	offen mediales 1/3 Lig. patellae	71 % subjektiv zufrieden, 69 % sehr gute und gute funktionelle Resultate 27 Patienten unbefriedigend 10 Transplantatversager, 11 Pat. vorderer Knieschmerz und 11 Pat. progressive Arthrose
SANDBERG und BALKFORS	1988	5 J	89	offen mediales 1/3 Lig. patellae	80 % sehr gute und gute Resultate, Sportniveau deutlich reduziert, Kniefunktion für ADL am besten wiederhergestellt
HOLMES et al.	1991	> 5 J	27	offen zentrales 1/3 Lig. patellae	16x exzellent, 7x gut, 3x befriedigend, 1x schlecht
MOK und DOWD	1993	7,5 J	30	offen zentrales 1/3 Lig. patellae	27/30 Patienten sehr gute und gute Resultate im Lysholm und Gillquist Score, kein Patient mit patellofemorale Schmerzen, 2 Pat. unzureichendes Resultat

Autor	Jahr	NUZ	Pat.	Technik	Resultate
MITSOU und VILLIANATOS	1996	7 J	334	offen laterales 1/3 Lig. patellae	Lysholm 89,5 % exzellente und gute Resultate, 10,5 % unbefriedigend KT-1000 (89N) < 3mm – 78 %
GRONVEDT et al.	1996	5 J	50	offen zentrales 1/3 Lig. patellae	Lysholm: Ø 93,3 Punkte Tegner: Ø 5,1; 13 % Flexionsdefizit > 10° KT-1000 < 3mm – 79 %
NATRI et al.	1996	6,6J	32	offen mediales 1/3 Lig. patellae	50% der Patienten subjektiv zufrieden, 57 % exzellent und gut im Lysholm-Score, Lachman in 59 % und Pivot shift in 69 % negativ
PATEL et al.	2000	5,8J	32	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	Lysholm: Ø 88,5 Punkte Tegner: Ø 5,1 KT-1000 < 3mm – 87 %
PETERSON et al.	2001	5,2J	30	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	Lysholm: Ø 88,6 Punkte Tegner: Ø 6,1 KT-1000 < 3mm – 66,6 %
JÄGER et al.	2003	9,5J	75	arthroskopisch, zentrales 1/3 Lig. patellae	Lysholm Ø 91,6 Punkte, Tegner Ø 5,2; Rolimeter <2mm - 82,8 %, 3-5mm – 14,4 %, Pivot shift 94,6 % negativ, 31,1 % Transplantatentnahmemorbidity 51,3 % der Patienten Zunahme der Arthrose

Literaturüberblick – Langzeitergebnisse vorderer Kreuzbandchirurgie unter Verwendung des IKDC Evaluationsschemas:

Autor	Jahr	NUZ	Pat.	Technik	Resultate
AGLIETTI et al.	1997	7 J	89	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A: 21 %, B: 56 %, C: 19 %, D: 3 % giving way 8 %, Schmerzen 8 %, KT-2000 >5mm in 16 %, Extensionsdefizit 3-5° - 22 %, 6-10° - 4%,
OTTO et al.	1998	9 J	68	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A: 21% B: 59%, C: 18%, D: 2% Lachman Grad 0/1: 98% Schmerzen Kniestand: 17%
SERNERT et al.	1999	4,2 J	527	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A: 33,6%, B: 40%, C: 20,7%, D: 5,7% Lysholm: Ø 86 Punkte, Tegner: Ø 6,0 KT 1000: Ø Diff.: 1.5mm
JOMHA et al.	1999	7 J	59	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A: 20,3%; B: 55,9% ; C: 22%; D: 1,69 %, Lysholm: Ø 94 Punkte, KT-1000 < 3mm – 49,1 %
POKAR et al.	2001	5 J	76	arthroskopisch zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A: 21,7 %; B: 57,9 %; C: 19,7 %; D: 1,3 % Lysholm: Ø 94,6 (66-100) Punkte KT-1000 < 3mm - 55,3 %
JÄRVELÄ et al.	2001	7 J	72	Mini-open zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: Gruppe A (isolierte Rupturen): A: 30%, B: 52%, C: 18%; Gruppe B (Begleitverletzungen): A: 23%, B: 60%, C: 18%; Lysholm Ø 86 vs. 83 Punkte; Marshall Ø 43 vs. 42 Punkte, ROM normal und fast normal 88 % Gruppe A und 95 % Gruppe B
HERTEL et al.	2005	10,7 J	95	Offen zentrales 1/3 Lig. patellae	IKDC: A:27% B: 57%, C: 15%, D: 1% Schmerzen im Kniestand: leicht 25%, stark 2% Tegner prätraum.: Ø 6.8, posttraum.: Ø 6,0

Tab. 3: Langzeitergebnisse mit und ohne IKDC Score

2.7 Operationszeitpunkt

Wie in vielen anderen Bereichen der Kreuzbandchirurgie weichen auch die Meinungen über den optimalen Zeitpunkt des Eingriffs auseinander.

Während einige Autoren einen frühen Eingriff (bis ca. 2 Wochen nach der Verletzung) favorisieren (NOYES und BARBER-WESTIN 1995), gibt es andere, die bessere Ergebnisse bei späteren Rekonstruktionen (ca. 6 Wochen nach Verletzung) erzielten. Es werden außerdem auch individuelle Parameter des Patienten wie sein physischer und psychischer Status, der präoperative Zustand des Knies und die familiäre und physiotherapeutische Unterstützung als wichtige Einflussgrößen bei der Zeitplanung angeführt (SHELBOURNE et al. 1995).

NOGALSKI und BACH (1993) wiesen in ihrer Arbeit darauf hin, dass eine frühe Kreuzbandrekonstruktion mit einem erhöhten Arthrofibrosierisiko einhergeht, speziell bei Vorhandensein von Begleitverletzungen wie Meniskus- oder Seitenbandrupturen.

KARLSSON et al. (1999) stellten in einer Vergleichsstudie bei Sportlern mit VKB - Ruptur fest, dass die Gruppe, die 2 - 12 Wochen nach der Verletzung operiert wurde, mittelfristig (5 Jahre postoperativ) ein höheres Aktivitätsniveau erreichte, als jene, deren Zeitspanne bis zur OP 12 - 24 Wochen betrug.

Sehr ähnliche Ergebnisse erzielte MARCACCI et al. (1995), dessen Vergleichsgruppe 1 (Frührekonstruktion bis ca. 2 Wochen) bessere Ergebnisse und eine schnellere Rückkehr zum Sport aufwies als Vergleichsgruppe 2 (Spätrekonstruktion ab ca. 12 Wochen) und damit diese Tendenz unterstreicht.

Auch SIEBOLD et al. 2003 fanden in ihrer Studie heraus, dass die frühsekundär operierte Gruppe 1 (< 8. Woche) der verzögert operierten Gruppe 2 (> 8. Woche), vor allem hinsichtlich des Auftretens von Sekundärverletzungen wie Verletzung des medialen Meniskus und Knorpelschäden, signifikant überlegen war.

Objektiviert wurden diese Ergebnisse durch das IKDC - Evaluationsblatt, welches bei 90% in Gruppe 1 im Gegensatz zu 83% in Gruppe 2 normale oder fast normale Ergebnisse zeigte.

Eine Umfrage unter den Mitgliedern der AOSSM (American Orthopaedic Society for Sports Medicine) hat ergeben, dass die mittlere Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation bei diesen Operateuren 3-6 Wochen beträgt (DELAY et al. 2001).

2.8 Vorspannung, Platzierung und Fixierung des Transplantates

Die Spannung mit der ein Transplantat eingesetzt werden soll, ist ein wichtiger, aber schwierig zu ermittelnder Parameter (YASUDA et al. 1997).

TOHYAMA et al. (1998) stellten in ihrer Vergleichsstudie dreier Patientengruppen mit STG-Transplantaten unterschiedlicher initialer Spannung (20N, 40N und 80N) fest, dass eine relativ hohe primäre Spannung (80N) die postoperative Stabilität im Knie erhöht.

VAN KAMPEN et al. (1998) fanden in einer ähnlichen Untersuchung zweier Gruppen mit BTB-Transplantaten und einer Vorspannung von 20 bzw. 40 N ein Jahr postoperativ keine signifikanten Unterschiede, und schlossen daraus, dass eine Spannung von 20 N ausreichende Haltbarkeit besitzt, ohne die Gefahr der Überspannung.

Ist die primäre Transplantatspannung zu niedrig, bleibt das Gelenk instabil, ist sie jedoch zu hoch, wird der Bewegungsumfang des Gelenkes und somit das subjektive Ergebnis negativ beeinflusst (PAULOS et al. 1994).

Außerdem wurde festgestellt, dass eine zu hohe Spannung eine Mindervaskularisation des Transplantates mit anschließender Degeneration zur Folge haben kann (YOSHIYA et al. 1987). Es wird empfohlen, die geringste Vorspannung anzusetzen, die für ein stabiles Knie nötig ist. Im Zweifelsfalle sei ein lockeres Knie, welches den vollen Bewegungsumfang bietet, dem festen Knie mit eingeschränkter Beweglichkeit vorzuziehen.

Für eine optimale Fixierung des Transplantates, scheinen zwei Faktoren eine entscheidende Rolle zu spielen:

- Die möglichst gelenknahe tibiale und femorale Fixierung des Transplantates (FU et al. 2000).
- Seine feste Primärverankerung mit einem bündigen, großflächigen Kontakt zu den femoralen und tibialen Kontaktflächen (Tunnelwand), um eine schnelle biologische Fixierung zu fördern.

Besonders die tibiale Fixierung hat sich hierbei als Schwachstelle erwiesen, deren Ursache zum einen in dem femoral abgewinkelten Bohrkanalverlauf mit den daraus resultierenden Scherkräften (MALEK et al. 1996), und zum anderen in der geringeren metaphysären Knochendichte der Tibia liegen kann (VUORI et al. 1994).

Das Semitendinosus-/Gracilistransplantat ist, durch das Fehlen eines physiologischen Sehnen-Knochen-Überganges, auf einen stabilen, flächigen Tunnelkontakt angewiesen. Bei der Vierfach-Bündelung versucht man diesen Effekt durch die konzentrische Platzierung der Interferenzschraube zwischen den einzelnen Strängen zu erreichen, wobei man das Ziel verfolgt, jedes dieser Bündel maximal an die Tunnelwand zu pressen (SHINO und PFLASTER 2000).

Die Effektivität dieses Vorgehens ist jedoch fraglich, so haben beispielsweise SIMONIAN et al. (1998), im Vergleich zur exzentrischen Platzierung der Schraube, keine wesentlichen Unterschiede im Vergleich beider Methoden bezüglich der Primärstabilität feststellen können.

Seit KUROSAKA et al. (1987) ihre Ergebnisse publizierten hat sich die Interferenzschraube weitgehend in der Kreuzbandchirurgie etabliert. Heute finden diese meist aus Titan oder bioresorbierbare Materialien wie PDLLA, ein zu 100 Prozent amorphes, durch Hydrolyse biologisch abbaubares Laktid, gefertigten Schrauben bei fast allen Operationstechniken und Transplantaten vor allem zur tibialen Fixierung Verwendung.

Wie einige Studien belegen, scheint es keinen signifikanten Unterschied in der Außrisskraft der Schrauben beider Materialien zu geben (CABORN et al.1998, HACKL et al. 2000, HOFFMANN et al.1999, KOUSA et al. 2001), möglicherweise aber in der Gewebsverträglichkeit (WALTON 1999).

LOUBIGNAC et al. (1998) fanden in ihrer radiologischen Studie von VKB - Plastiken unter Verwendung bioresorbierbarer Interferenzschrauben bei allen untersuchten Patienten (n=17) eine mehr oder weniger starke Sklerose und Verbreiterung des Tunnels und schlossen daraus, dass die Resorption der bioresorbierbaren Materialien wahrscheinlich mit einer deutlichen Entzündungsreaktion einhergeht.

Im Gegensatz dazu fanden LAJTAI et al. (1998) in einer histologischen Studie keinerlei Anzeichen für eine Entzündung oder Fremdkörperreaktion.

Eine weitere unerwünschte Folge der Fixierung ist das so genannte „tunnel enlargement“, eine Bohrkanalerweiterung, die durch mechanische Interaktion zwischen Bohrkanal und Transplantat entsteht, über das besonders häufig beim Einsatz von STG Transplantaten unter Verwendung von Endo-Button (JANSON et al. 1999, NEBELUNG et al. 1998, ZYSK et al. 2000) und Interferenzschrauben berichtet wird (BUELOW et al. 2000, LOUBIGNAC et al. 1998).

Die klinische Relevanz dieses Effektes ist jedoch umstritten, neuere Studien belegen, dass das „tunnel enlargement“ keine oder nur geringe Auswirkungen auf die Stabilität des Transplantates und die Festigkeit des Knies hat (AGILETTI et al. 1998, NEBELUNG et al. 1998, SIMONIAN et al. 2000).

Neben den Interferenzschrauben gibt es noch einige andere Fixationsmethoden, die vor allem auf der femoralen Seite Anwendung finden.

Bei der von MALEK et al. (1996) beschriebenen Press-Fit Methode wird ein Bohrkanal angelegt, der einen geringeren Durchmesser hat als das Transplantat, welches dann unter Kraftaufwendung in das Bohrloch eingepresst wird. Diese Technik wurde entwickelt, um eine gelenkbinnenraumnahe, fremdkörperfreie Transplantatfixierung zu erreichen. SEIL et al. (1998) haben im vergleichenden Tierversuch jedoch festgestellt, dass die Methode keine sichere Primärverankerung gewährleistet, und bei Belastung zum Herausrutschen, dem so genannten „graft slippage“ neigt.

Bei der von CLARK et al. (1998) beschriebenen femoralen Cross-Pin Fixierung wird ein Bolzen quer zum Bohrkanal eingebracht, über den das STG Transplantat umgeschlagen wird und zurückläuft. CLARK et al. (1998) beschreibt diese Methode, unter Berufung auf seine Ergebnisse als eine der stabilsten zur femoralen Fixierung.

An dieser Stelle sei noch eine weitere Art der Transplantatfixierung, die „Bone-Block-Locking“ Fixierung, erwähnt, bei der das Transplantat mittels eines, zuvor über Hohlfräsen gewonnenen Knochenblockes im Bohrkanal verankert wird.

In einer Studie am Schaf stellten GULLMAN et al. (1999) dazu fest, dass die Bone-Block-Locking Technik sicherer und mit weniger Komplikationen behaftet ist als die Fixierung durch Interferenzschrauben.

Fixationmethode	Modell	Durchschnittliche primäre Ausreissfestigkeit (pull-out-strength) in N	Studie
bioresorbierbare Interferenzschraube	Schwein	555	RUPP et al. 1999
	Schwein	797	SEIL et al. 1998
	Schwein	837	KOUSA et al. 2001
	Leiche	565	JOHNSON et al. 1996
	Leiche	330 – 418	PENA et al. 1996
	Schwein	589	KOUSA et al.2003
Titan-Interferenzschraube	Schwein	844	RUPP et al. 1999
	Schwein	945	SEIL et al. 1998
	Schwein	863	KOUSA et al. 2001
	Leiche	640	PENA et al. 1996
	Leiche	276-436	JOHNSON et al. 1996
RigidFix	Schwein	868	KOUSA et al.2003
Press-Fit	Schwein	708 (bei 5 Versagern von 30)	SEIL et al. 1998
Bone Mulch Screw	Schwein	1112	KOUSA et al.2003
Endobutton CL	Leiche	540 (+/- 9.6)	KILGER et al. 2005
	Schwein	1086	KOUSA et al.2003
Smart Screw	Schwein	794	KOUSA et al.2003
Cross Pin	Schwein	725 –1600	CLARK et al. 1998

Tab. 4: Darstellung der maximalen Ausreissfestigkeit (pull-out-strength) verschiedener Fixationsmöglichkeiten

2.9 Rehabilitation und postoperative Behandlung

Die Bedeutung einer umfassenden Rehabilitation ist immens, denn die Wiederherstellung des muskuloskelettalen Systems, möglichst in seiner vollen Funktionalität, ist ohne eine entsprechende Nachbehandlung nur schwer zu erreichen.

Unabhängig davon sind jedoch viele Faktoren wie Zeitpunkt des Beginns, Intensität und Dauer der Behandlung umstritten.

Heute geht man, auch aus sozioökonomischen Gesichtspunkten, davon aus, dass die moderne Rehabilitation nach Kreuzbandersatzplastik so früh und intensiv wie möglich vonstatten gehen sollte.

Verschiedene Studien haben gezeigt, dass dieses aktive Vorgehen den Heilungsprozess beschleunigt, weniger Komplikationen aufzeigt und längerfristig zu einer größeren Stabilität im Knie führt, und die Patienten dadurch früher in das Alltagsleben entlassen werden können. (FROSCH et al. 2001, SHELBOURNE et al. 1995). MUNETA et al. (1998) empfahlen ein zurückhaltendes rehabilitatives Vorgehen nach Verwendung von STG Transplantaten, denn er fand in seiner Studie heraus, dass Patienten mit aggressiver Rehabilitation ein höheres Risiko einer späteren Lockerung tragen als solche mit BTB-Transplantaten.

Eine etwas moderatere Art der Rehabilitation wird auch in einer Veröffentlichung von BARBER-WESTIN et al. (1999) favorisiert, die eine volle sportliche Aktivität frühestens nach acht Monaten empfehlen und sich dabei auf die geringe Transplantatversagerquote ihrer Studie berufen. Dennoch wird auch in dieser Arbeit ein sofortiger Beginn der Rehabilitation und die frühe Belastung des Gelenkes beschrieben, so dass man zu dem Schluss kommen kann, dieser Trend habe sich allgemein durchgesetzt.

Es gibt jedoch Unterschiede in der Geschwindigkeit des Einheilungsprozesses unterschiedlicher Transplantate. Speziell das Semitendinosus-/Gracilistransplantat benötigt durch das Fehlen des physiologischen Sehnen-Knochenüberganges längere Zeit zum Aufbau einer strapazierfähigen biologischen Insertion. Auch existieren verschiedene Aussagen zur Dauer der „Ligamentisierung“. ABE et al. (1993) stellten in einer mikroskopischen Untersuchung beim Tier fest, dass nach einem Jahr das Transplantat der eigentlichen Bänderstruktur zwar sehr ähnlich war, aber ein vollständiger Umbau noch nicht vonstatten gegangen war.

ROUGRAFF et al. (1993) untersuchten humane autologe Patellarsehnentransplantate und bezifferten den Zeitraum bis zu vollständigen Ligamentisierung gar mit drei Jahren.

Im Gegensatz dazu beschreibt JOHNSON et al. (1993) in seiner Untersuchung an Patienten mit Semitendinosustransplantaten eine vollständige strukturelle Umwandlung bereits nach 4 Monaten postoperativ. Die Ursache für die Streuung dieser Ergebnisse könnte in den untersuchten, durch die Biopsie begrenzten Gewebeausschnitten liegen, deren Ort der Gewinnung praktisch dem Zufallsprinzip unterliegt. Darüber hinaus rekrutieren sich einige der verwendeten Daten aus Tierversuchen oder aus sekundären bzw. indirekten Quellen (MRT), so dass eine eingeschränkte Aussagekraft unterstellt werden muss.

Orientiert man sich an der Literatur, so lassen sich einige Schlüsselfaktoren und Tendenzen des rehabilitatorischen Vorgehens wie folgt zusammenfassen:

- Aktive Streckung im Kniegelenk in Extensionsnähe belastet das Transplantat am stärksten (BEYNNON et al.1995, GROOD et al.1984, ZAVATSKY et al. 1994).
- Eine möglichst frühe Wiederbelastung des operierten Gelenkes vermag die postoperative Morbidität zu reduzieren (NOYES et al. 1987, PAULOSS et al.1983, SHELBORNE et al. 1990).
- Sog. „closed-kinetic-chain-Übungen“ bieten durch ihre axial ausgerichtete Kraftentwicklung eine schonende Methode des Muskelaufbaus, während „open-kinetic-chain-Übungen“ Scherkräfte entwickeln können und deswegen zur Frührehabilitation eher ungeeignet sind (LUTZ et al.1993).
- Im Zeitraum von der 6. - 12. postoperativen Woche durchläuft das Transplantat seine vulnerabelste Phase, a-p Translationskräfte sollten in diesem Zeitabschnitt vermieden werden (KOHNS et al.1994, RODEO et al.1993).
- Isometrische Übungen des Quadriceps (in einem Flexionswinkel > 60°) sowie der Adduktoren gefährden ein entsprechend festes Transplantat nicht und sind deshalb zur frühen Rehabilitation geeignet. (BEYNNON et al.1995).

3 Wissenschaftliche Fragestellung

Ziel dieser Studie war es, die langfristigen Ergebnisse eines Patellarsehnentransplantates hinsichtlich subjektiver und funktioneller Aspekte unter besonderer Berücksichtigung von Kofaktoren wie Begleitverletzungen, Operationszeitpunkt und anderen Einflüssen zu untersuchen.

Es existieren in der Literatur zahlreiche kurz- und mittelfristige Untersuchungen, die sich mit Verläufen nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes beschäftigen. Berücksichtigt man, dass Operationsmethoden zur Rekonstruktion des VKB mit vergleichbaren Standards seit ca. 20 Jahren praktiziert werden und mit dem IKDC-, Tegner-, und Lysholm- Score seit ca. 15 Jahren auch allseits anerkannte und valide Nachuntersuchungsverfahren zur Objektivierung durchgeführter Untersuchungen etabliert sind, ist es an der Zeit langfristige Nachuntersuchungen durchzuführen. Dieses erscheint umso wichtiger, da die Patientenklientel meist jung und aktiv-, und somit auf ein langlebiges, funktionsfähiges Transplantat angewiesen ist.

Der Schwerpunkt lag dabei auf der Untersuchung wichtiger Einflussfaktoren wie:

- *Zeitintervall Trauma – Op*
 - Welchen Einfluss hat der Operationszeitpunkt auf den langfristigen Verlauf?

- *Begleitverletzungen / Meniskuschirurgie*
 - Welcher Zusammenhang besteht zwischen dem Auftreten einer Begleitverletzung (Meniskusschaden) und der Prognose der Plastik?

- *Op-Technik/ Lage der Bohrkanäle*
 - Wie wirkt sich eine Fehlplatzierung der Bohrkanäle langfristig auf die Qualität der Versorgung unter objektiven und subjektiven Gesichtspunkten aus?

4 Material und Methoden

4.1 Klinisches Patientengut

Von 85 Patienten, die sich im Zeitraum zwischen 1980 und 1991 an der Orthopädischen Universitätsklinik der Charité einer Kreuzbandrekonstruktion unterzogen, bildet die Gruppe derer, die mit einem autologen medialen Patellarsehnentransplantat versorgt wurden (n=57), die Basis der Studie.

Von diesen 57 Patienten wurden 13 aufgrund einer Vergesellschaftung der Kreuzbandruptur mit komplexen Kniegelenkstraumata von der Nachuntersuchung ausgeschlossen, jeweils 2 waren nicht mehr auffindbar bzw. lehnten eine Nachuntersuchung ab und 1 Patient war zwischenzeitlich verstorben. Die verbleibenden 39 Patienten (67%) konnten klinisch und radiologisch nachuntersucht werden.

Bei einem Großteil der Patienten (n=30) war die VKB Ruptur auf einen Sportunfall zurückzuführen, andere Ursachen waren Verkehrsunfälle (n=5) bzw. Arbeitsunfälle (n=4).

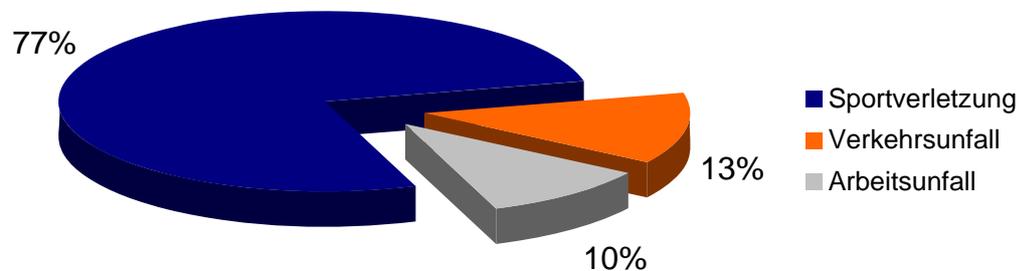


Abb.10: Verteilung der Unfallursachen (n=39)

Bei etwa der Hälfte der nachuntersuchten Personen (n=20) wurden zum Zeitpunkt der Kreuzbandrekonstruktion Meniskusschäden nachgewiesen, die nach dem damaligen operativen Standard mit einer offenen Resektion versorgt wurden.

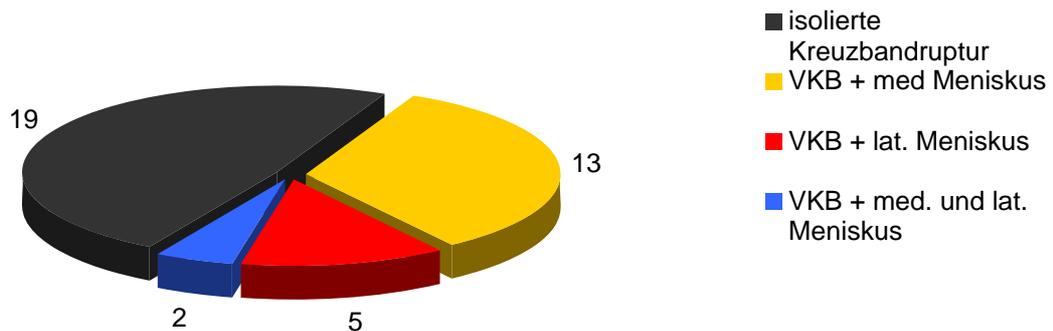


Abb. 11: VKB-Läsion und Begleitpathologien

Unter den 39 nachuntersuchten Personen waren 27 Männer (69 %) und 12 Frauen (31%), deren durchschnittliches Alter zum Zeitpunkt der Operation bei 27 (12-50) Jahren lag, die mittlere Zeitspanne zwischen der Operation und der Nachuntersuchung betrug 13,5 (11-20) Jahre. 25 mal war das rechte und 14 mal das linke Kniegelenk betroffen. Unter Berücksichtigung der bei 20 Patienten zusätzlich durchgeführten Meniskus Chirurgie wurden zwei Gruppen unterteilt:

- Gruppe 1 : isolierte vordere Kreuzbandplastik
- Gruppe 2 : vordere Kreuzbandplastik + Meniskus Chirurgie.

Die demographischen Daten stellen sich tabellarisch wie folgt dar:

	Gruppe 1 (n = 19)	Gruppe 2 (n = 20)
Geschlecht (m/w)	14 / 6	13 / 6
Alter zur Op in Jahren	24 (+/- 4*, 13 – 40**)	32 (+/- 12*, 12 – 50**)
Intervall Unfall – Op in Monaten	6 (+/- 2,2*; 2 – 24**)	16 (+/- 2,4*; 1 – 96**)
Nachuntersuchung (Jahre)	13,2 (+/- 2*; 11-19**)	13,8 (+/- 3*; 11– 20**)
Seite (rechts/links)	12 / 7	13 / 7

Tab. 5: Demographische Patientendaten (*Standardabweichung, **Min.-Max.-wert)

4.2 Operationstechnik

Bei allen Patienten wurde die offene Operationstechnik unter Verwendung eines autologen Patellarsehnentransplantates angewandt. Die Arthrotomie erfolgte über einen medialen Schnitt (modifizierter Payr-Schnitt), gefolgt von der Inspektion der Kreuzbänder, der Menisken und des Knorpels. Bei bestehender Notwendigkeit wurde eine ergänzende Meniskus chirurgie durchgeführt.

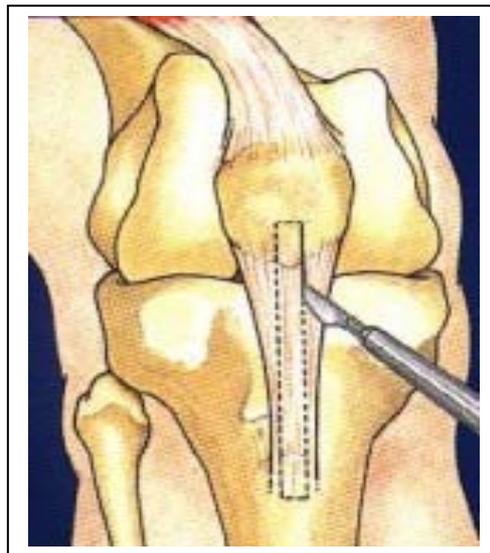


Abb. 12: Entnahmetechnik des BTB Transplantates.

Das etwa 9 cm lange zentrale Patellarsehnendrittel, sowie der patellare und tibiale Knochenblock wurden entnommen. Nach Präparation und Säuberung des Transplantates wurde der zylindrische patellare Knochenblock über Bohrungen paarig armiert, anschließend erfolgte die Entfernung von Bandstümpfen und Weichteilgewebe aus der Fossa intercondylaris sowie das Anlegen der im Durchmesser 9-10 mm starken femoralen und tibialen Bohrkanäle.

Während der tibiale Kanal durchgängig aufgebohrt und distal konisiert wurde, erreichte die femorale Bohrung ca. 30mm Tiefe und wurde lateral mit kleineren transkondylären Bohrkanälen (2,3mm) zum Durchzug der Armierungsfäden versehen.

Das über den tibialen Bohrkanal eingeführte Transplantat wurde mit seinem tibialen Knochenblock durch axialen Zug im vorgefrästen Konus distal verklemmt, während die proximale Fixierung in 30 – 45° Flexion an der Außenseite des distalen Femurkondylus über eine Knochenbrücke erfolgte.



Abb. 13: Schematische Darstellung der angewandten Operationstechnik unter Verwendung des BTB-Transplantates

4.3 Postoperative Rehabilitation

Postoperativ wurde das Knie zunächst in 20° Beugstellung ruhiggestellt und für insgesamt 6 Wochen unter Vollentlastung in einem Gipstutor fixiert.

Nach dessen Entfernung erfolgte eine umfangreiche rehabilitatorische Nachbehandlung mit der Zielsetzung des Muskelwiederaufbaus, der Wiedererlangung propriozeptiver Fähigkeiten und der Wiederherstellung des vollen Bewegungsumfanges unter zunächst schmerzadaptierter aktiver und passiver Erweiterung des Bewegungsumfanges.

Sieben Wochen nach dem Eingriff wurden keinerlei Einschränkungen des Bewegungsumfanges mehr vorgegeben und unter Vollbelastung beübt.

4.4 Evaluationsmethoden

Die klinische Nachuntersuchung wurde durch eine unabhängige Person durchgeführt. Diese Person hat keinen der Patienten selbst operiert.

Die Evaluation fand unter Verwendung verschiedener objektiver und subjektiver Scores statt:

- *Standardvaluationsblatt des International Knee Documentation Committee (IKDC)* (HEFTI et al.1990)
- *Lysholm -Score* (LYSHOLM und GILLQUIST 1982, 0-100 Punkte)
- *Tegner-Score* (TEGNER et al. 1985, Graduierung von 0-10)
- *VAS* (Visuelle Analog Skalen, Graduierung von 0-10)

Im Weiteren wurden eine klinische Untersuchung, der instrumentelle Lachman-Test unter Verwendung des KT-1000 (MED Metric, San Diego, California, USA) und eine Röntgenanalyse vorgenommen.

IKDC-Standardvaluationsblatt:

Das IKDC Evaluationsblatt (Anhang 1) wurde von der AOSSM (American Orthopaedic Society for Sports Medicine) entwickelt und 1990 veröffentlicht. Ziel war es, eine international anerkannte Evaluation zu präsentieren und somit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse in der Nachuntersuchung von Kniegelenken zu ermöglichen, die bis zu diesem Zeitpunkt durch die Heterogenität und Vielzahl verwendeter Scores nicht gegeben war.

Die Standardevaluation des IKDC umfasst:

- eine subjektive Beurteilung des Knies,
- Symptomerfassung unter Berücksichtigung von Schmerz, Schwellung sowie partiellem oder vollem giving way
- Bewegungsumfang (ROM [Range of Motion]- Ermittlung des Flexions-/ Extensionsumfanges des Knies)
- eine Stabilitätsprüfung unter Verwendung des Lachman-Tests, der vorderen Schublade, der medialen und lateralen Aufklappbarkeit, sowie des Pivot-shift Testes
- Ermittlung des patellofemorales und tibiofemorales Krepitus
- Erfassung des vorderen Knieschmerzes
- die radiologische Beurteilung und
- Messung des Einbeinsprunges

Die ersten vier Parameter werden zum Vergleich mit der Gegenseite herangezogen und fließen in die abschließende Bewertung ein, ihre Graduierung erfolgt in:

A: normal, B: fast normal, C: abnormal und D: stark abnormal.

Die schlechteste Bewertung innerhalb einer Gruppe bestimmt dabei den Gruppenwert und der schlechteste Gruppenwert das Gesamtergebnis.

Bei der Symptomevaluation wurde nur das vollständige *Fehlen von Schwellung, Schmerz und „giving way“* mit dem Prädikat *„normal“* versehen, *moderate Belastungen ohne diese Symptome* galten als *„fast normal“*.

„Abnormal“ zeigte an, dass die Untersuchten zu *symptomfreien leichten Aktivitäten* fähig waren, während das Knie sich *„stark abnormal“* darstellte, wenn *selbst leichte Betätigungen nicht ohne Schmerz, Schwellung oder „giving way“* durchgeführt werden konnten.

Die Bewegungsfreiheit des Kniegelenkes wurde mit dem Goniometer im Vergleich mit der Gegenseite ermittelt. Mit *„normal“* wurde eine *Seitendifferenz von weniger als 5° in Flexion und weniger als 3° in Extension* beurteilt. Bei einer *Flexions-/Extensionsdifferenz von 6-15°, respektive 3 - 5°*, war das Knie *„fast normal“*, betrug diese *16 - 25° bzw. 6 - 10°* wurde ein *„abnormal“* und *bei Werten, die darüber lagen*, ein *„stark abnormal“* vergeben.

Die a.-p. Stabilität wurde mit dem dafür entwickelten und von DANIEL et al. (1985) beschriebenen Messgerät KT 1000 ermittelt. Das Verfahren ermöglicht die metrische Evaluation der a.-p. Translation der Tibia gegenüber dem Femur (Laxizität) und erfolgt in 30° Beugung unter einer Kraft von 89 Newton im Vergleich zur Gegenseite. Die Messungen wurden dreimal pro Seite wiederholt. Der jeweilige Mittelwert diente dann zur Dokumentation.

Die Laxizitätsgrade stellten sich im IKDC Formblatt wie folgt dar: *normal 0 - 2 mm, fast normal 3 - 5 mm, abnormal 6 - 10 mm, stark abnormal > 10mm.*

Die ebenfalls zur IKDC Evaluation gehörige radiologische Untersuchung umfasst die Auswertung arthrotischer Veränderungen im Kniegelenk. Beurteilt werden der mediale und laterale femorotibiale Gelenkspalt, sowie das patellofemorale Kompartiment.

Lagen *keinerlei Veränderungen* im Röntgenbild vor, wurde das Knie als „*normal*“ bewertet. Wurden *kleinere osteophytäre Umbauten und eine leichte Gelenkspaltverschmälerung (Gelenkspalt > 4mm)* festgestellt, galt der Befund als „*fast normal*“, während eine *Gelenkspaltverringerng auf 2-4 mm unter Vorhandensein von Osteophyten* als „*abnormal*“ graduiert wurde. Als „*stark abnormal*“ wurde ein *Gelenkspalt < 2mm in Kombination mit starken osteophytären Umbauten und deutlich erkennbaren subchondralen Reaktionszonen* bezeichnet.

Lysholm-Score:

Dieser, tendenziell subjektiv orientierende Score wurde 1982 von LYSHOLM und GILLQUIST zur Erfassung von Instabilitäten des Kniegelenkes entwickelt. Er umfasst die Kriterien *Hinken, das Verwenden von Gehhilfen, Treppensteigen, Hocken, Instabilität, Schmerz, Schwellung und Muskelatrophie* (Anhang 2).

Tegner Score:

Zur Evaluierung des sportlichen Aktivitätslevels wurde dieser Score 1985 entwickelt. Die Graduierung erfolgt auf einer Skala von 1 bis 10. Es bietet sich an, zusätzlich eine präoperative Erhebung des Aktivitätsniveaus durchzuführen, um das Ergebnis auf einen entsprechenden Vergleichswert beziehen und eine Tendenz ablesen zu können (Anhang 3).

Visuelle Analogskalen (VAS):

Visuelle Analogskalen dienen zur Erfassung der für die subjektive Zufriedenheit der Patienten entscheidenden Parameter Stabilität, Schmerz und Funktionalität. Der verwendete Bogen umfasst 28 Fragen, die die Funktionalität der VKB-Plastik bezüglich dieser Schwerpunkte erfassen. Fragen zu *Stabilität* wie „*Können Sie auf unebenen Untergrund gehen?*“, zum *Schmerz* „*Wie oft schmerzt ihr Knie?*“ und zur *Funktionalität* „*Haben Sie Probleme beim abrupten Stopp oder Richtungswechsel während des Joggens oder Gehens?*“ wurden vom Untersuchten auf einer Skala von 10 mm Länge quantifiziert, wobei jeweils die Extreme (z.B. „nie“ und „immer“) den jeweiligen Anfangs bzw. Endpunkt bildeten. Zur Evaluation können dann sowohl die einzelnen Fragen, als auch die den Parametern zugeordneten Frageblöcke herangezogen werden. Es wird dabei die Position der vom Patienten erstellten Markierung auf der Skala vermessen und prozentual dargestellt.

Klinische Untersuchung:

Die klinische Untersuchung setzte sich aus einem kompletten Kniestatus, einer standardisierten Messung des Muskelumfanges und der Erfassung des Bewegungsumfanges sowie der Beinachsen zusammen. Zusätzlich wurden zur Beurteilung des jeweiligen Verlaufes die Akten studiert und hinsichtlich beeinflussender Komponenten wie Sekundäreingriffen und Verletzungen überprüft.

Röntgenanalyse:

Zur Röntgenanalyse erfolgten Aufnahmen in drei Ebenen (seitlich in Extension, Patella axial und im postero-anterioren Strahlengang im Stand). Diese wurden von drei unabhängigen Personen (zwei Orthopäden und ein Radiologe) ausgewertet.

Radiologisch evaluiert wurden:

- osteoarthrotische Veränderungen nach IKDC Klassifikation (siehe IKDC)
- die Patellahöhenindex nach BLACKBURNE und PEEL (1977)
- der Impingementindex nach JÄGER (2000)
- die femorale und tibiale Bohrrkanallage (BERNARD und HERTEL 1990, STÄUBLI und RAUSCHING 1994)

Der von BLACKBURNE und PEEL (1977) veröffentlichte Index zur Einschätzung der Patellahöhe setzt die kranio-kaudale Ausdehnung der patellaren Gelenkfläche (GF) ins Verhältnis zum Abstand zwischen dem unteren Rand dieser Fläche und dem Tibiaplateau (TP).

Der Index beträgt für eine Patella norma 0,8, für eine Patella alta $> 1,0$ und für eine Patella baja $< 0,5$.

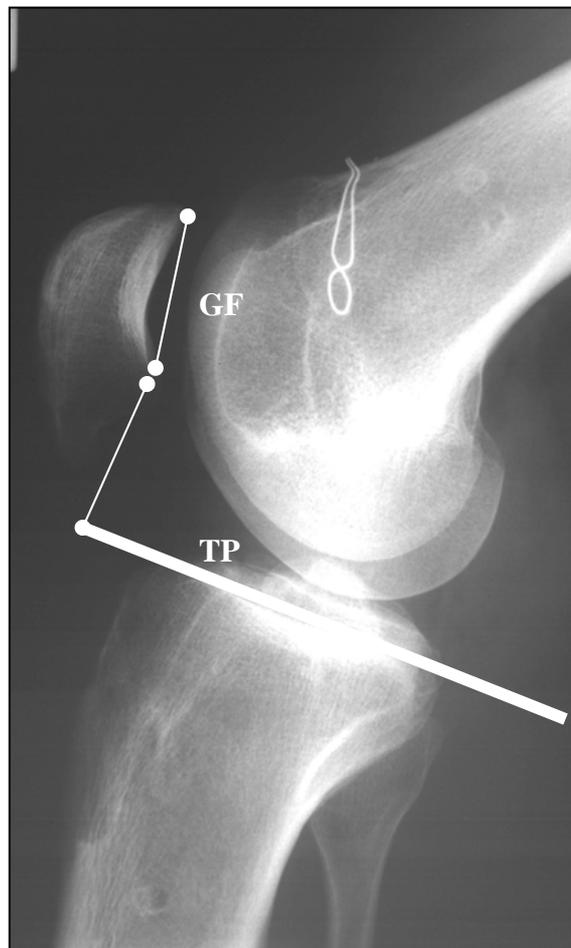


Abb. 14: Patellahöhenindex nach BLACKBURNE/PEEL (1977)

Beim Impingementindex nach JÄGER (2000) wird ein Quotient aus dem Winkel α (ergibt sich aus einer Tangenten zur Blumensaat-Linie und einer Tangenten parallel zum Transplantatverlauf) und einem Winkel β (aus den Parallelen der dorsalen Kortikalis von Femur und Tibia) gebildet. (Impingementindex = α/β)

Der Verdacht eines Transplantatimpingements stellt sich, wenn dieser Quotient unter 1 liegt.

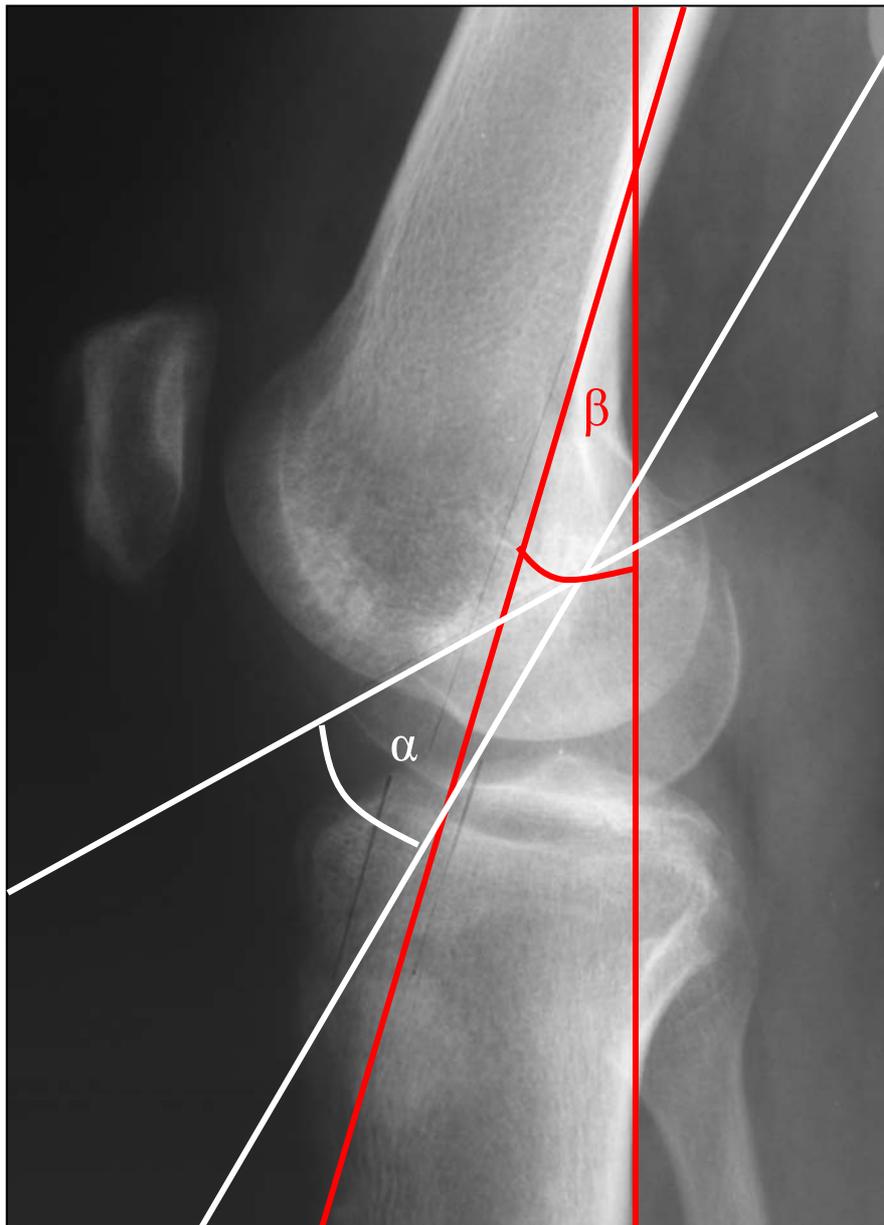


Abb. 15: Impingementindex nach JÄGER (2000)

Die Einschätzung der Lage des femoralen Bohrkanals wurde durch eine von BERNARD et al. (1990) veröffentlichte Methode vorgenommen.

Dafür werden zunächst zwei Tangenten gezogen: eine entlang der Blumensaat-Linie, die andere parallel dazu, entlang des kaudalsten Punktes der Kondylen. Der Abstand der beiden Tangenten (Strecke h) beschreibt die Höhe der Fossa intercondylaris.

Zieht man nun je eine rechtwinklige Verbindungslinie vom anterioren und posterioren kondylären Extrempunkt der Tangenten, erhält man die antero-posteriore Ausdehnung der Interkondyärgrube.

Die Lage des Bohrkanales lässt sich nun mittels Hilfslinien, ausgehend vom zentralen Bohrkanal zur Strecke h und der Tangente t, hinsichtlich seiner antero-posterioren bzw. kranio-kaudalen Positionierung ermitteln.

Die von BERNARD und HERTEL (1996) ermittelten anatomischen Durchschnittswerte liegen für den Streckenabschnitt dorsale Kondylenkante bis zur Insertionsstelle des VKB auf der Tangente t bei 24,8% bezogen auf die Gesamtlänge der Interkondyärgrube und bei 28,5 % der Strecke h (Höhe der Interkondyärgrube) ausgehend vom Kondylen-dach.

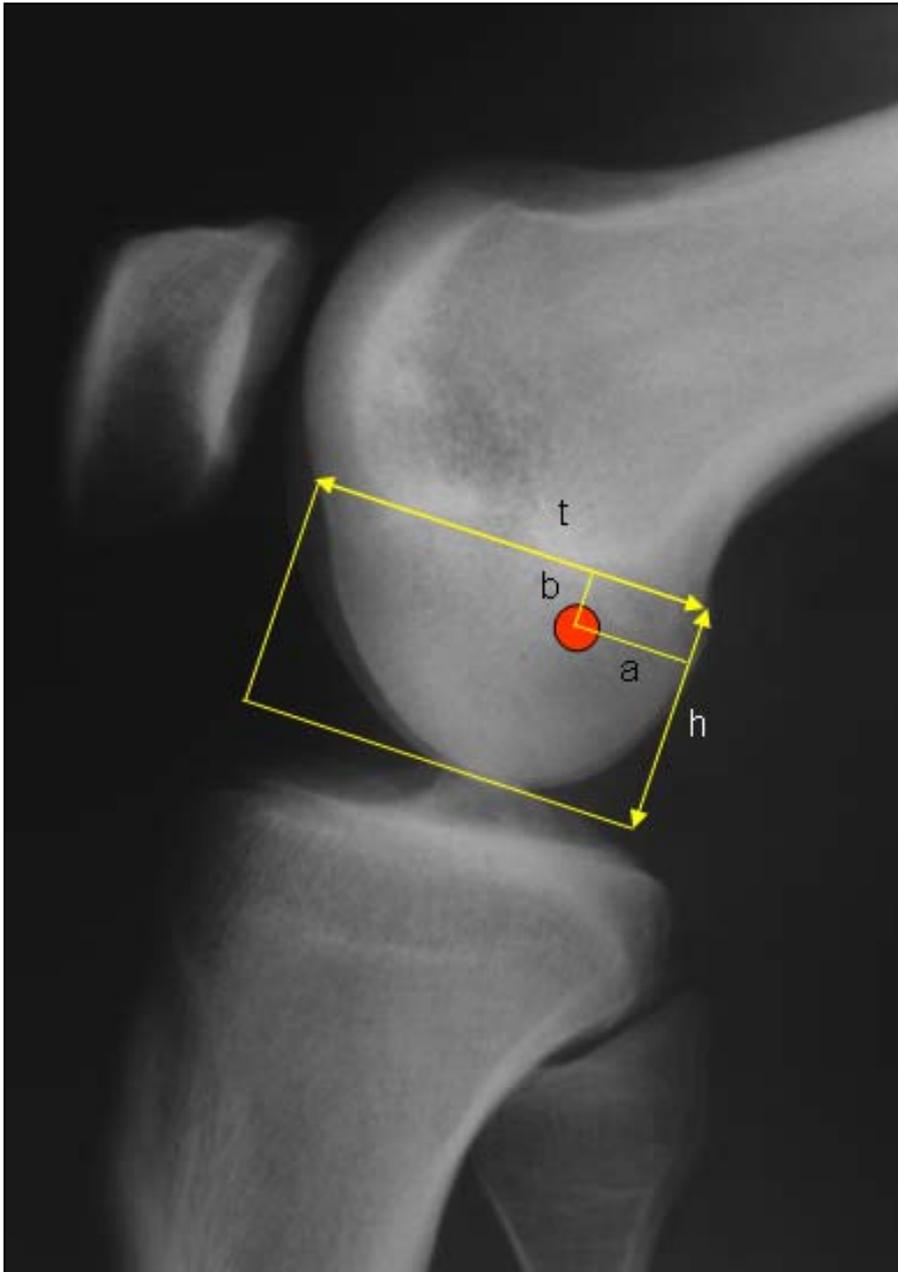


Abb. 16: Lage des femoralen Bohrkanals nach BERNARD und HERTEL (1996)

Zur Beurteilung der Lage des tibialen Bohrkanals wurde die antero-posteriore Ausdehnung des Tibiakopfes gemessen und der zentrale Durchtrittspunkt (c) der tibialen Bohrung in das Gelenk bestimmt. Dieser Punkt sollte im Optimalfall bei 44% der Strecke von ventral liegen (STÄUBLI und RAUSCHING 1994).

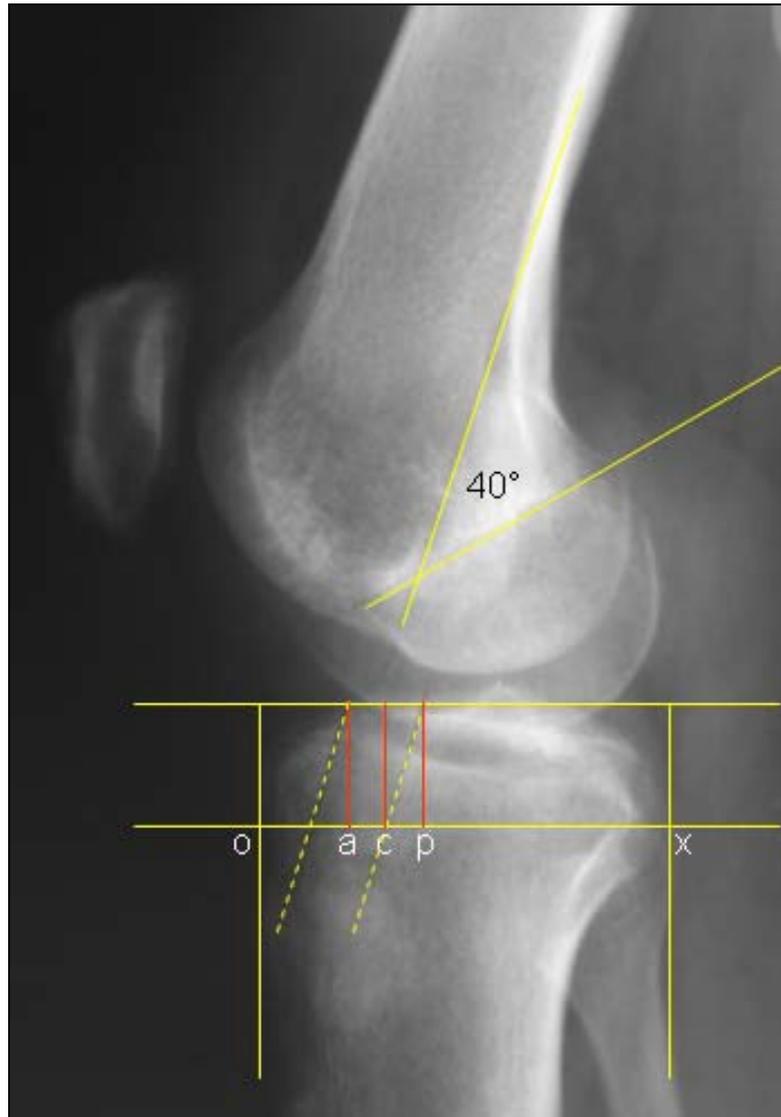


Abb. 17: Lage des tibialen Bohrkanals nach STÄUBLI und RAUSCHING (1994) und des Interkondylendachwinkels nach SCUDERI (1993)

4.5 Statistische Untersuchung

Die Berechnungen zur Datenanalyse erfolgten nach Datenerfassung und Import im Kalkulationsprogramm Microsoft Excel 97™ (Microsoft, Seattle, USA).

Anschließend wurden die Daten zur statistischen Auswertung in das Programm SPSS 10 (SPSS Inc., Chicago, USA) übertragen und ausgewertet.

Folgende Verfahren wurden genutzt:

- T-test für gepaarte Stichproben für parametrische Daten (z.B.: Patientenalter)
- Chi-Quadrat-Test für Gruppenunterschiede
- Mann-Whitney-U-Wilcoxon Rank Sum Test zur Gruppendifferenzanalyse nichtparametrischer Daten (z.B.: Lysholm-Score)
- Korrelationsanalyse nach Spearman (z.B.: Streckdefizite)
- Irrtumswahrscheinlichkeit (wurde für $p = 0,05$ festgelegt)

5 Resultate / Klinische Ergebnisse

Das Gesamtergebnis des IKDC-Evaluationsblattes erbrachte für die dafür herangezogenen 4 Hauptkriterien folgendes Ergebnis:

nur 4 Patienten (10%) erreichten ein „normal“ (Grad A), 17 Patienten (44%) ein „fast normal“ (Grad B), 13 Patienten (33%) wurden „abnormal“ (Grad C) eingestuft und 5 Patienten (13%) mussten mit „stark abnormal“ (Grad D) kategorisiert werden. Betrachtet man die Gruppen 1 und 2 separat, fällt ein positiveres Ergebnis der Gruppe 1 (isolierte VKB-Chirurgie bei intakten Menisken) auf, welches jedoch nicht statistisch signifikant ist.

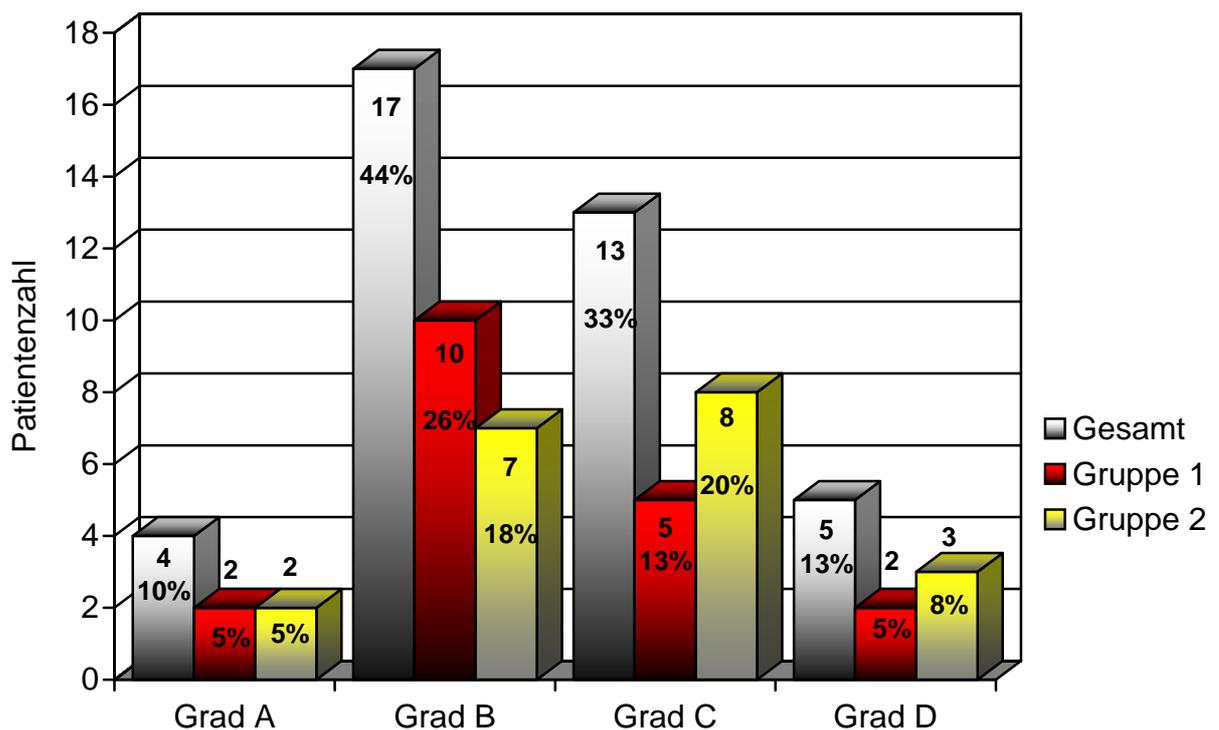


Abb. 18: Gruppenabhängiges Gesamtergebnis IKDC-Evaluation

Das Gesamtergebnis der IKDC-Evaluation soll im Folgenden aufgeschlüsselt werden.

Die erste Kategorie bezog sich auf die subjektive Einschätzung.

Als „normal“ schätzten dabei 11 Patienten (28%) ihr Kniegelenk ein. 16 Patienten (42%) bezeichneten ihr Knie als „fast normal“, 12 Untersuchte (30%) empfanden ihr Gelenk als subjektiv abnormal.

Keiner der Patienten gab ein stark abnormales Kniegelenk in dieser Kategorie an. Signifikante Unterschiede zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 waren nicht feststellbar.

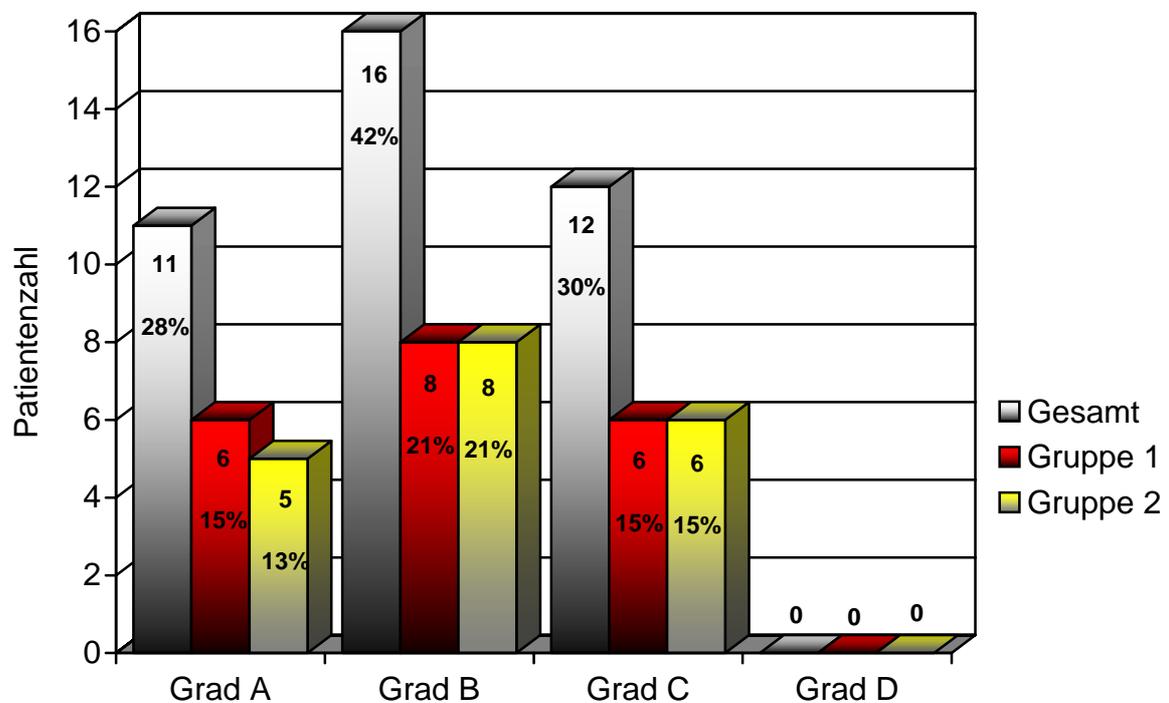


Abb. 19: Gruppenabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie Subjektive Einschätzung

In der zweiten Kategorie werden die Parameter Schmerz, Schwellung und giving-way ermittelt.

Ein normales Resultat (Grad A) wiesen 17 Untersuchte (43%) auf. 12 Patienten (31%) erreichten ein fast normales Ergebnis (Grad B), während je 5 Patienten (13%) als „abnormal“ bzw. „stark abnormal“ graduiert werden mussten (Grad C und Grad D). Auch hier war aufgrund der geringen Stichprobenzahl eine statistische Sicherung nicht möglich.

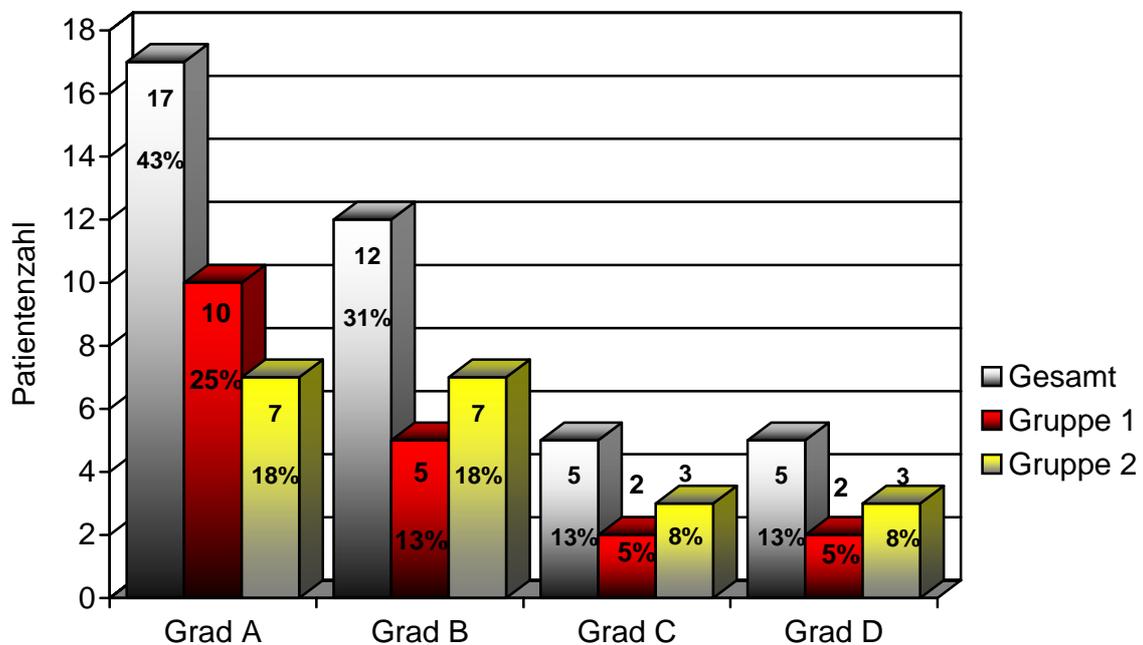


Abb. 20: Gruppenabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie Schmerz

Ein statistisch signifikanter Gruppenunterschied ($p < 0,05$) wurde in der Kategorie Bewegungsumfang festgestellt. Die Grade A („normal“) oder B („fast normal“) erreichten 15 Patienten (78,9%) in Gruppe 1 und nur 10 Patienten in Gruppe 2. Das kategorische Ergebnis für beide Gruppen stellt sich wie folgt dar: 5 Patienten (13%) erreichen ein „normal“, 20 (51%) ein „fast normal“, und bei 14 Patienten (36%) ergibt die Auswertung der Messungen ein „abnormal“.

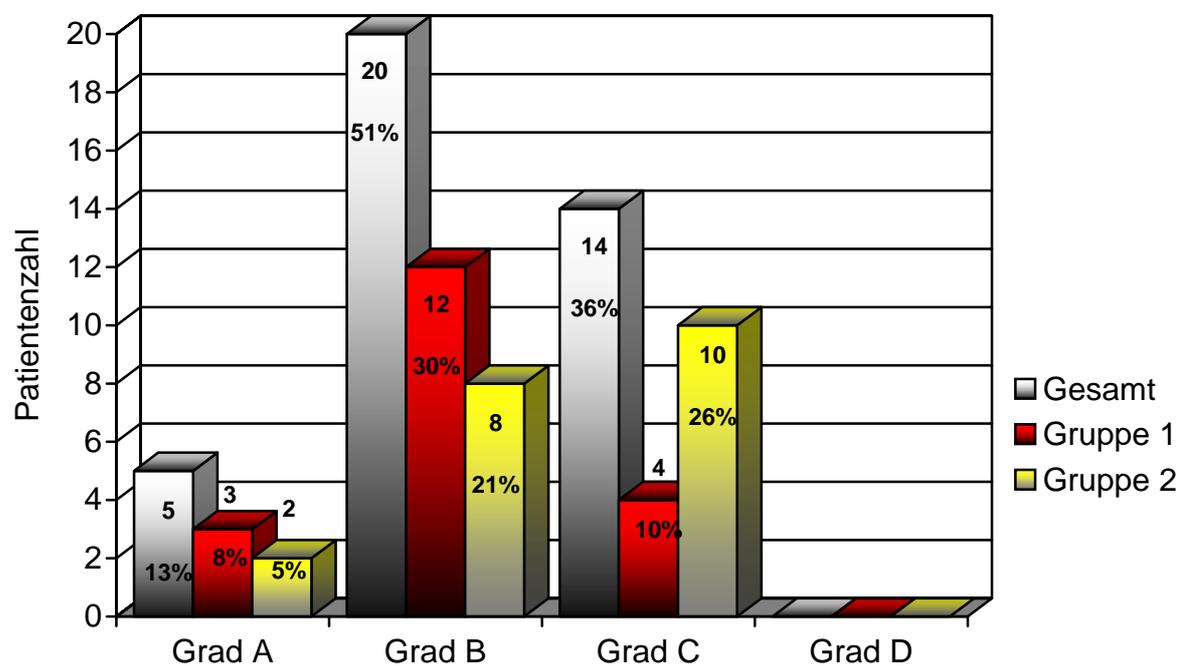


Abb. 21: Gruppenabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie Bewegungsumfang

Betrachtet man die Gruppen nach Flexion und Extension getrennt, fällt auf, dass vor allem Flexionsdefizite entscheidend den Bewegungsumfang einschränken. Nur 7 Patienten (17,9%) erreichen das mit A graduierte Defizit von weniger als 5°.

Bei 20 Patienten (51,3%) besteht eine Flexionseinschränkung von 6°-15°, und bei 12 Untersuchten (30,8%) sogar von 16°-25°. Die Patienten der Gruppe 2 zeigten hier stärkere Einschränkungen im Gruppenvergleich. Weniger Probleme hatten die Untersuchten mit der Extension. 8 Patienten (21%) wurden mit Grad A, 26 (66%) mit Grad B und nur 5 Patienten (13%) mit Grad C bewertet. Signifikante Gruppenunterschiede waren im Kriterium „Extensionsdefizit“ nicht feststellbar.

In der Kategorie 4, der Ermittlung der ligamentären Stabilität, wurden bei der Messung der a.-p. Translation durchweg „normale“ und „fast normale“ Ergebnisse erzielt. Einen Grad A (bis 2 mm) erreichten dabei 13 (33,3%), den Grad B (3-5mm) 26 Patienten (66,6%).

Der Pivot-shift Test fiel bei 30 Patienten (77%) negativ aus. Einen einfach bzw. zweifach positiven Test zeigten 8 (20,5%) bzw. 1 (2,5%) Patient.

Bei allen Patienten wurde ein patellofemorales Krepitus festgestellt. Dieser fiel bei 24 Patienten (61,5%) mäßig und bei 15 Patienten (38,5%) stark aus.

Krepitationen des medialen Kompartiments wurden bei 17 (43,6%), des lateralen Kompartiments bei 13 Patienten (33,4%) in mäßiger Ausprägung festgestellt. Auffällig war der höhere Anteil von Krepitationserscheinungen in Gruppe 2.

Es ergab sich folgende Gruppenverteilung:

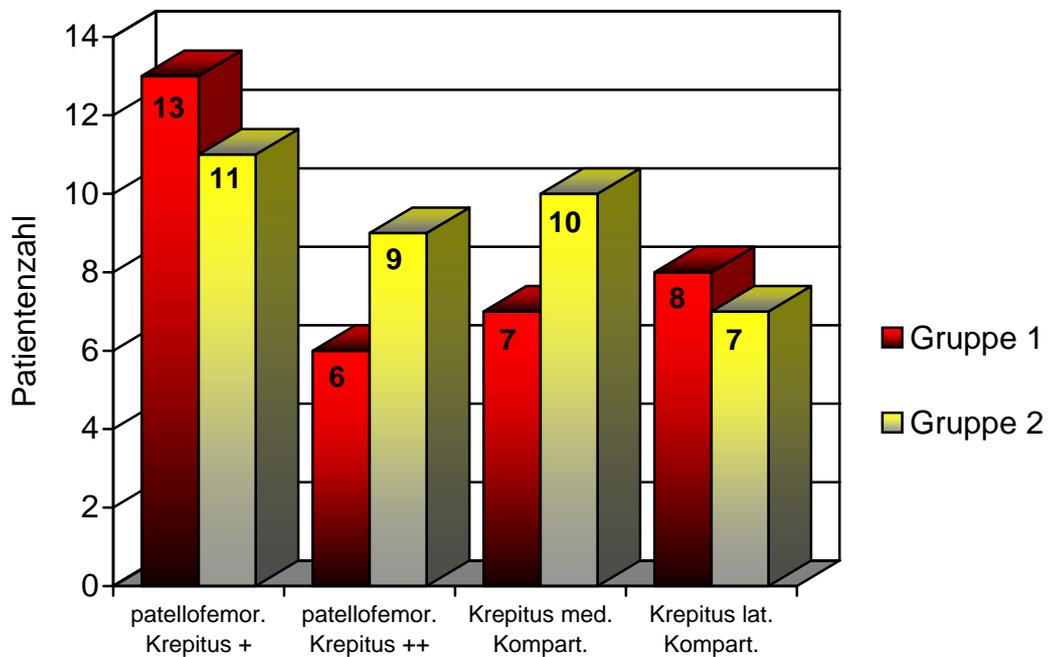


Abb. 22: Gruppenabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie Kompartimentauffälligkeiten

Auch die Auswertung der präoperativen und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung aufgenommenen Röntgenbilder zeigte, neben einer allgemein zunehmenden Arthrose, vor allem arthrotische Veränderungen bei Gruppe 2 im medialen Kompartiment.

Als „normal“ (A) im Hinblick auf das Vorhandensein einer Kniegelenksarthrose im *patellofemorale*n Gelenk wurden präoperativ 33 Patienten (84,6%) und als „fast normal“ (B) 6 Patienten (15,4%) evaluiert. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigten 26 Patienten (66,7%) ein normales und 12 Patienten (30,7%) ein fast normales Ergebnis. Eine nachuntersuchte Person musste mit „abnormal“ eingestuft werden.

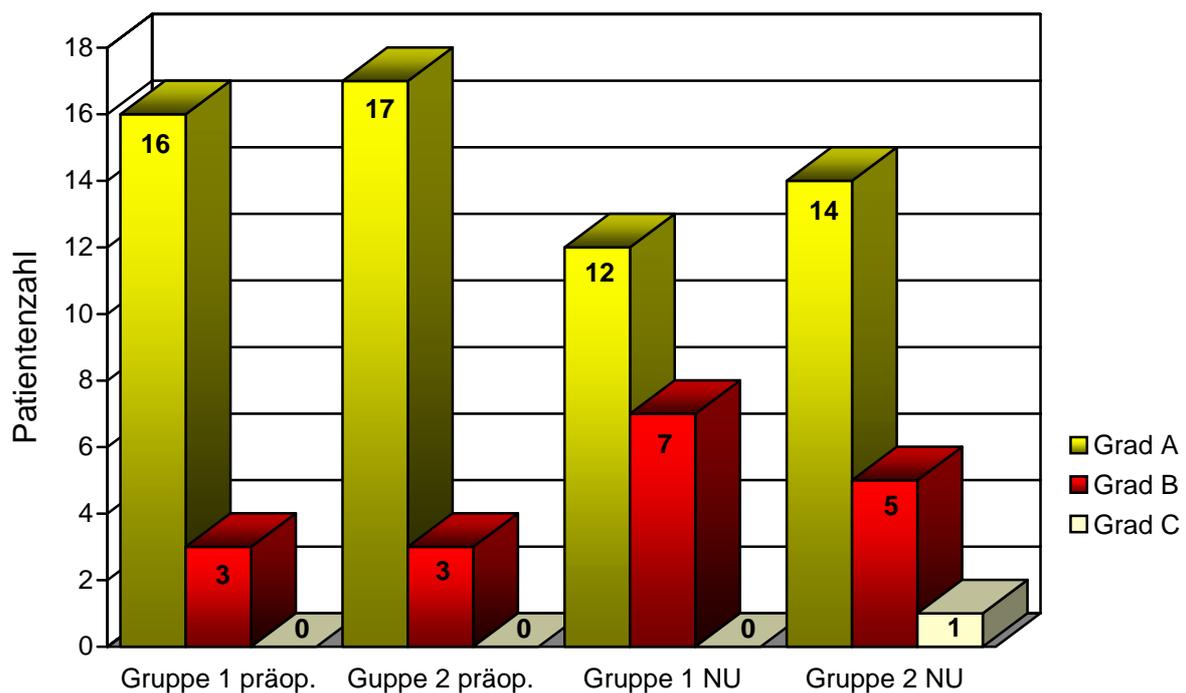


Abb. 23: Gruppenabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie Entwicklung des Arthrosegrades im Patellofemoralgelenk

Im medialen femorotibialen Kompartiment hatten präoperativ 37 Patienten ein normales Knie (Grad A), ohne Anzeichen einer Arthroseentwicklung. Nur bei 2 Patienten waren leichte Veränderungen feststellbar, so dass diese als „fast normal“ (B) evaluiert wurden. Deutlich schlechter waren die Ergebnisse zum Nachuntersuchungszeitpunkt. Nur noch 8 Patienten konnte ein normales Knie (Grad A) attestiert werden, 19 Untersuchte wurden als „fast normal“ und 12 Patienten „abnormal“ gewertet.

Separiert man die Gruppen voneinander, so bedeutet dies für Gruppe 2, dass 8 Patienten eine deutliche Gelenkspaltverschmälerung und somit eine Arthrose postoperativ entwickelt haben. Insgesamt wurden somit 10 von 20 Kniegelenken (50%) dieser Gruppe als „abnormal“ bewertet - eine statistisch signifikante ($p < 0,05$) Verschlechterung.

Auch im Vergleich der Entwicklung beider Gruppen fällt, bezüglich der Arthrosezunahme, ein signifikant ($p < 0,05$) schlechteres Ergebnis der Gruppe 2 auf.

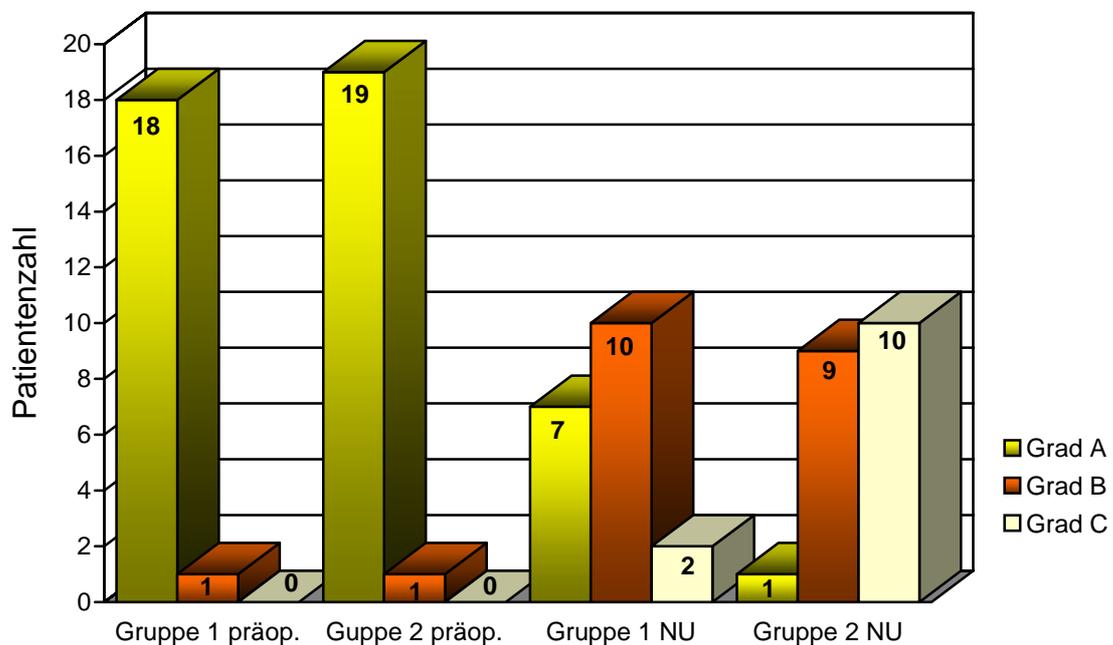


Abb. 24: Gruppenabhängiges Ergebnis: Entwicklung des Arthrosegrades im medialen femorotibialen Kompartiment

Das laterale femorotibiale Gelenk wurde präoperativ bei 38 Patienten (97,4%) hinsichtlich der Arthroseentwicklung als „normal“ (Grad A) und nur bei 2 Untersuchten (2,6%) als „fast normal“ (Grad B) eingestuft. Postoperativ reduzierte sich die Anzahl der normalen Knie (A) auf 32 (82%), die Anzahl der mit „fast normal“ kategorisierten Gelenke erhöhte sich folglich auf 7 (18%). Ein „abnormal“ oder „stark abnormal“ wurde weder präoperativ noch zum Nachuntersuchungszeitpunkt evaluiert.

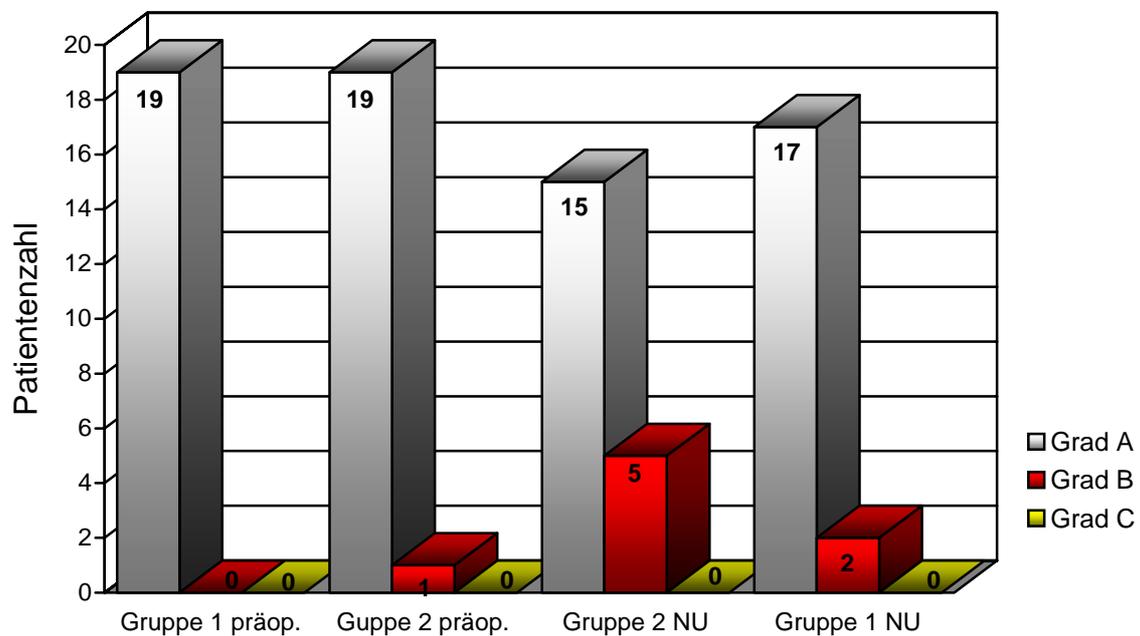


Abb. 25: Gruppenabhängiges Ergebnis: Entwicklung des Arthrosegrades im lateralen femorotibialen Kompartiment

Der abschließende funktionelle Test in Form des Einbeinsprunges ergab für 7 Patienten (17,9%) einen Grad A mit 90-100% der Sprungkraft im Vergleich zur Gegenseite.

21 Patienten (58,3%) erreichten einen Grad B mit 76-90% Sprungkraft, 8 Untersuchte (20,5%) Grad C (50-75%), und 3 Patienten (7,7%) mussten mit D (<50%) graduiert werden. Signifikante Gruppenunterschiede waren nicht feststellbar, die Frage der Sprungbeinseite blieb bei diesem Test unberücksichtigt.

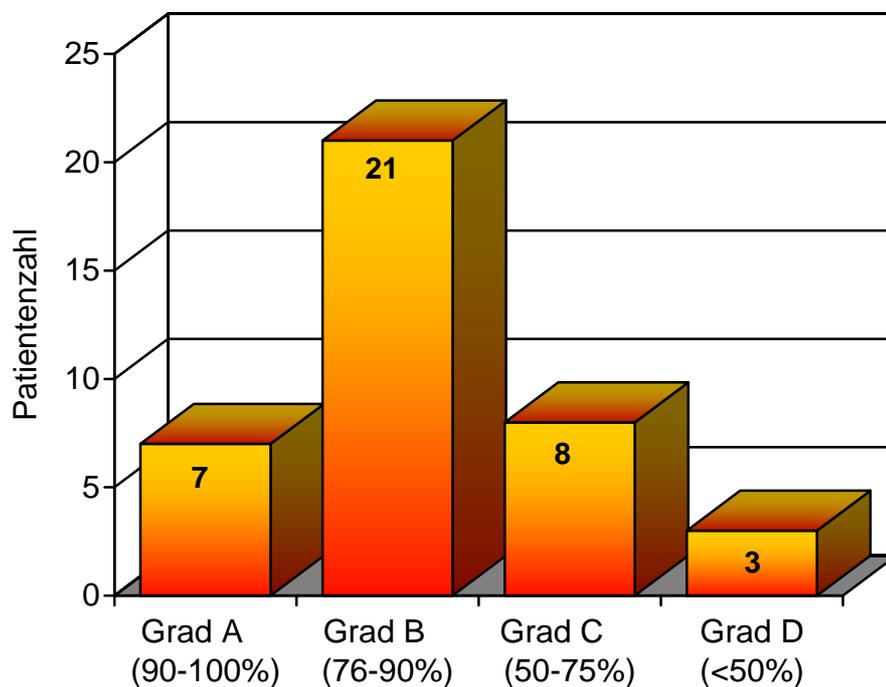


Abb. 26: Gruppenunabhängiges Ergebnis: Einzelkategorie funktioneller Test/ Einbeinsprung (beide Gruppen, Patientenzahl)

Die Auswertung des LYSHOLM-SCORES (1982) erbrachte für die einzelnen Gruppen in keinem der Unterkategorien signifikante Unterschiede.

Der präoperative LYSHOLM-Score wurde zur Evaluierung routinemäßig erst Ende der achtziger Jahre eingesetzt, so dass eine Darstellung der Entwicklung der erstellten Werte ist durch die fehlende präoperative Datenerfassung leider nicht möglich war.

Besonders auffällig bei der Datenauswertung ist das unterdurchschnittliche Ergebnis des Einzelpunktes *Hocken*, der nur etwa 44 % der Maximalpunktzahl erreicht und somit als einziger klar unter 50% bleibt. Auch bei der Einzelkategorie Treppensteigen gaben die Patienten deutliche Einschränkungen an bei durchschnittlich nur 55% des Maximalwertes.

Der errechnete Mittelwert des nachuntersuchten Patientenkollektives liegt in Gruppe 1 bei 73, in Gruppe 2 bei 71 Punkten. Gesamtergebnis 72 Punkte (32-100 Punkte).

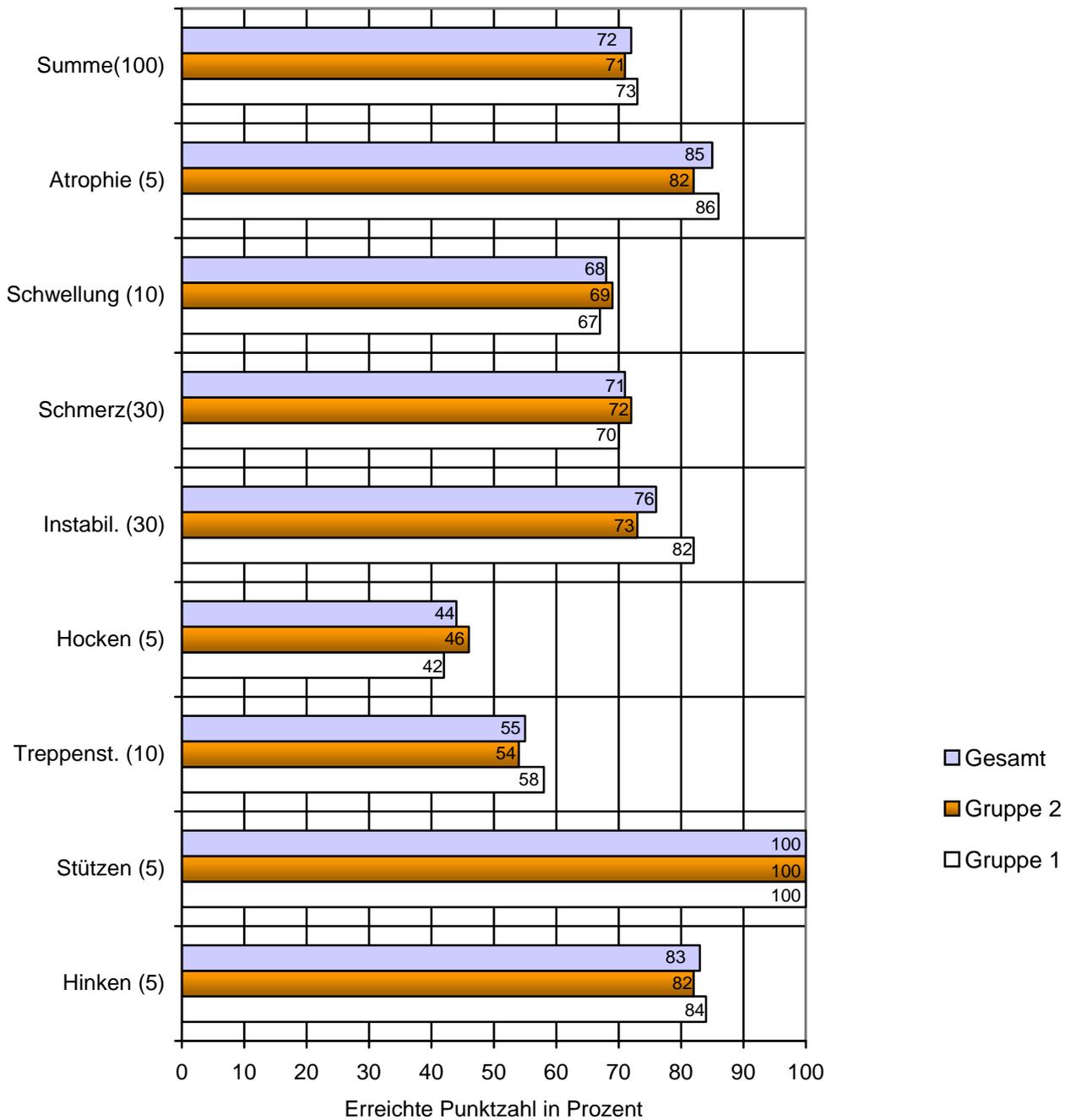


Abb. 27: Prozentuales, gruppenabhängiges Ergebnis des LYSHOLM- Scores (1982)

	Gruppe 1	Gruppe 2	Signifikanz	Gesamt
Hinken (5)	4,2 (3-5)	4,1 (3-5)	n.s.	4,1 (3-5)
Stützen (5)	5 (5)	5 (5)	n.s.	5 (5)
Treppensteigen (10)	5,8 (3-10)	5,4 (2-9)	n.s.	5,5 (2-10)
Hocken (5)	2,6 (0-4)	2,8 (0-5)	n.s.	2,75 (0-5)
Instabilität (30)	24,1 (10-30)	21,8 (10-30)	n.s.	22,6 (10-30)
Schmerz (30)	20,8 (5-30)	21,7 (5-30)	n.s.	21,3 (5-30)
Schwellung (10)	6,7 (2-10)	6,9 (2-10)	n.s.	6,8 (2-10)
Atrophie (5)	3,8 (3-5)	3,6 (3-5)	n.s.	3,75 (3-5)
Summe (100)	73 (46-100)	70,8 (32-96)	n.s.	72,3 (32-100)

Tab. 6: Ergebnis beider Gruppen im Mittelwerte (Minimum-/Maximumwert) des LYSHOLM-Scores (1982)

Der TEGNER-Score (1985) lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bei durchschnittlich 4,5 Punkten und fiel somit deutlich niedriger aus als der durchschnittlich erhobene prätraumatische Score. Besonders deutlich präsentiert sich der Aktivitätsverlust in Gruppe 2, bei der sich das per Tegner-Score ermittelte Aktivitätsniveau von 6,3 auf 4,3 senkte – eine statistisch signifikante ($p < 0,05$) Einbuße im Vergleich zu Gruppe 1, bei der dieser Wert sich nur um 1,3 (von 6,1 auf 4,8) verringerte.

	Gruppe 1	Gruppe 2	Signifikanz	Gesamt
Prätraumatisch	6,1 (1-8)	6,3 (1-9)	n.s.	6,1 (1-9)
Posttraumatisch	1,8 (0-3)	1,6 (0-3)	n.s.	1,7 (0-3)
Zur NU	4,8 (2-7)	4,3 (1-6)	n.s.	4,5 (1-8)

Tab. 7: Ergebnisse des TEGNER-Scores (1985), Mittelwerte (Minimum-/Maximumwerte)

Die Auswertung der zur subjektiven Erfassung wichtiger Parameter (Schmerz, Stabilität, Funktionalität) entworfenen VAS-Methode bestätigt und ergänzt die Ergebnisse der vorangegangenen Untersuchungen.

Besonders auffällig stellte sich im Abschnitt *Schmerz* die durchschnittliche Markierung der Frage: „Haben Sie Schmerzen beim Kniestand?“ mit 68,1 mm (+/- 20 mm) auf der 100mm langen Skala dar, während die Frage „Schmerzt Ihr Knie beim Sitzen?“ im Durchschnitt bei 23,6 mm (+/-22,2) markiert wurde.

Im Abschnitt *Stabilität / Funktionalität* zeigte die Frage: „Haben Sie Probleme mit Ihrem operierten Kniegelenk bei Drehungen?“ mit 69,1 mm (+/- 32,7 mm) die extremste Markierung, aber auch Fragen wie „Ist Ihr Knie locker“ wurden bei 55,5mm (+/-40mm) und somit, wie alle Fragen in diesem Abschnitt, bei über 50% der Skalierung auf dem Strahl markiert.

Bei der Auswahl der Fragen wurde besonderen Wert auf die Erfassung subjektiver Parameter gelegt, die entscheidend sind für die Evaluation der Schlüsselfaktoren zur Qualitätsbeurteilung des Transplantates wie Spannung, Stabilität, Propriozeption und Entnahmepathologie.

Eine Unterscheidung der Gruppen wurde bei der Befragung nicht vorgenommen.

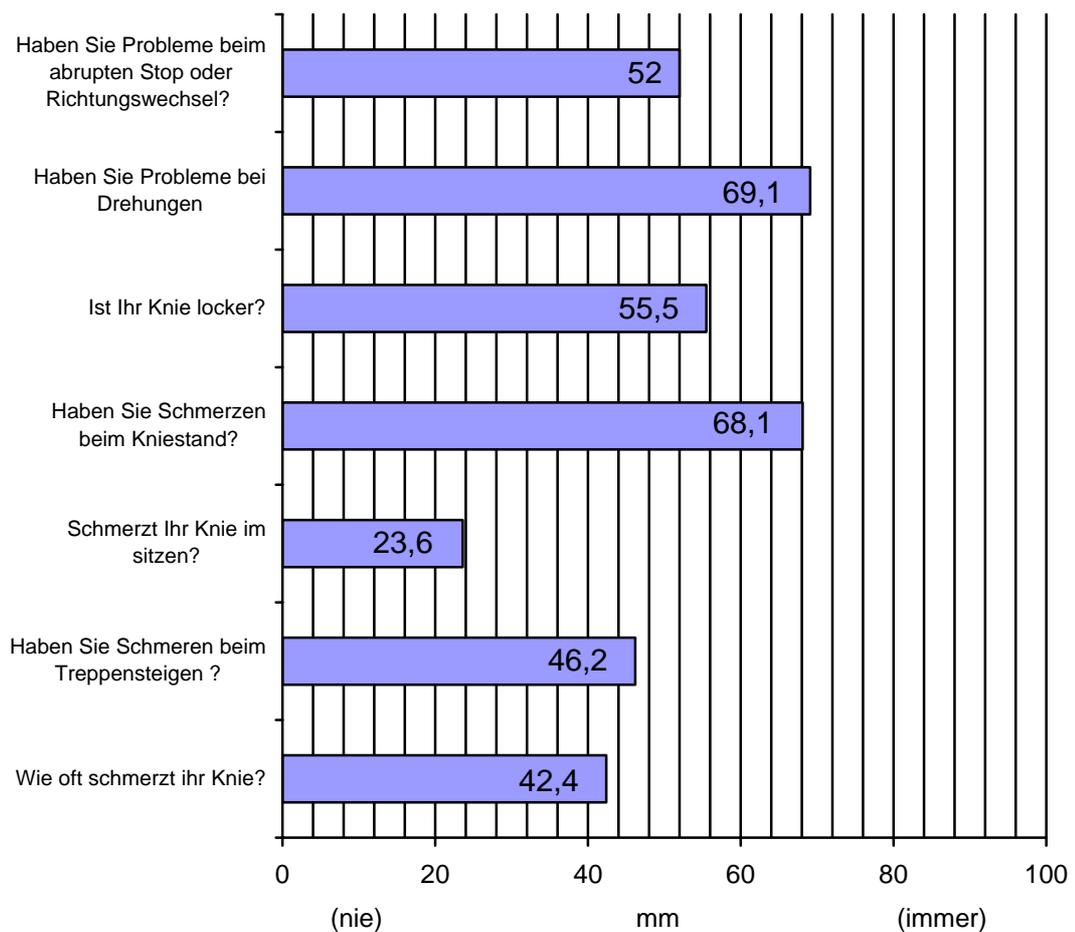


Abb. 28: Ausgewählte Fragen des VAS – Bogens (Durchschnittswerte), beide Gruppen

Für den instrumentellen Lachman-Test unter Verwendung des KT-1000, wurden bei einer Kraftanwendung von 67 N, 89 N und 134 N, sowie des manuellen Maximums, folgende Durchschnittswerte im Vergleich zur Gegenseite ermittelt:

	Gruppe 1	Gruppe 2	Signifikanz	Gesamt
67 N	0,91	0,89	n.s.	0,90
89 N	1,44	1,32	n.s.	1,34
134 N	2,3	2,2	n.s.	2,3
Manuelles Maximum	3,2	2,9	n.s.	2,89

Tab. 8: Ermittelte Werte des instrumentellen Lachman-Tests (Seit-zu-Seit-Differenz)

Es zeigte sich eine ausgeprägtere anteriore Instabilität der Gruppe 1 im Vergleich zur Gruppe 2 in allen vier Kraftanwendungen (Seitendifferenz), jedoch ohne Signifikanz.

Bei der radiologischen Evaluation konnten durch die Bestimmung der Bohrkanaalplatzierung nach BERNARD und HERTEL (1996) Fehler bezüglich der Kanalplatzierung aufgedeckt werden.

Besonders die Ermittlung der antero-posterioren Platzierung der femoralen Bohrkanaäle zeigte, dass der durchschnittliche Abstand von der dorsalen Kondylenkante bezogen auf die Gesamtlänge der Interkondylärgrube bei 43,4% (SD: +/-10,9%, Min.-Max.-wert: 24,4%-59,2%) lag und somit fast um das Doppelte zu weit ventral, bezogen auf den von BERNARD und HERTEL (1996) ermittelten anatomischen Insertionspunkt.

Lediglich 2 der 39 Patienten wiesen Bohrkanaäle im optimalen Bereich von etwa 25 % auf.

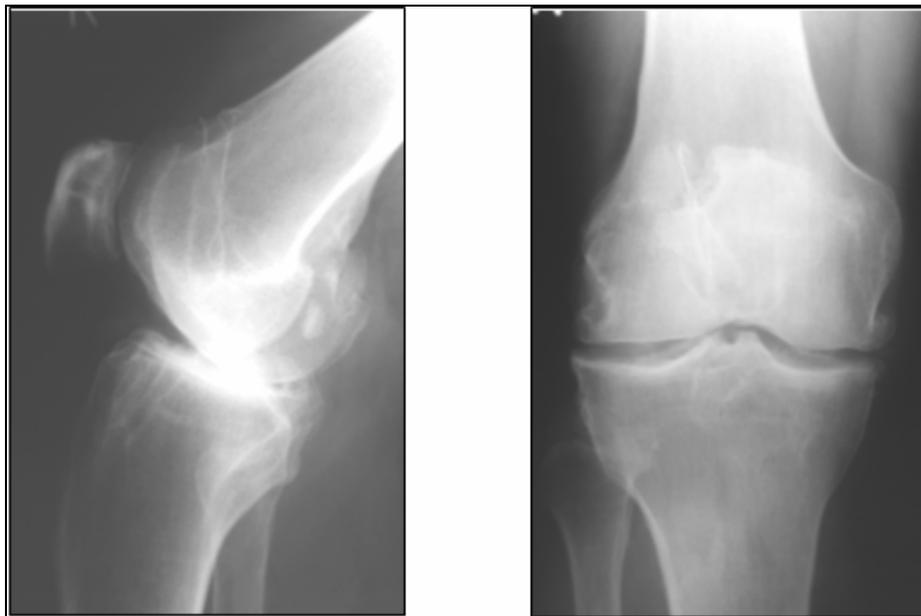


Abb. 29: Postoperatives Röntgenbild 15 Jahre nach vorderer Kreuzbandplastik mit Fehlpositionierung beider Bohrkanaäle (zu weit ventral) und osteoarthrotischen Veränderungen in allen Kompartimenten.

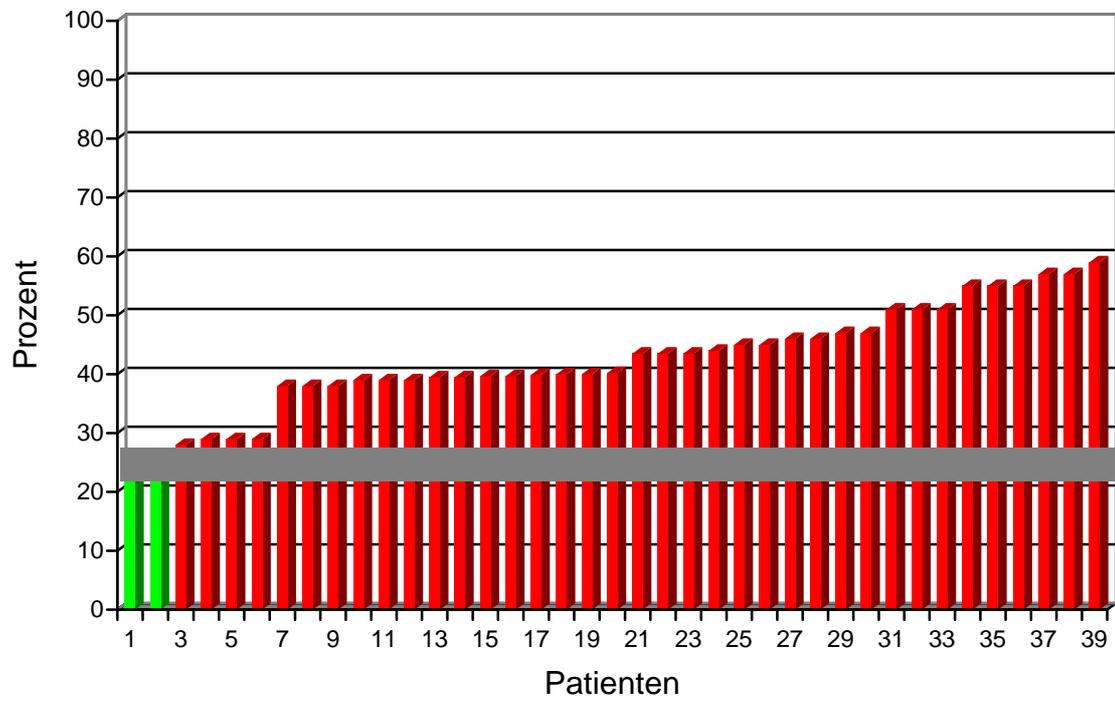
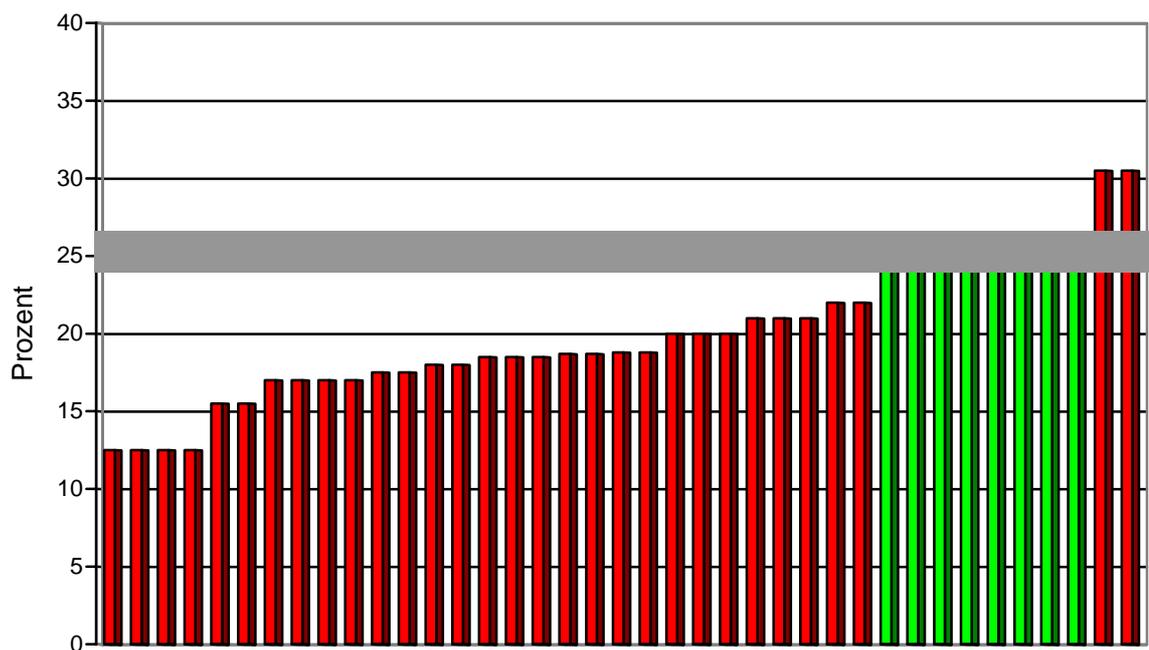


Abb. 30: Horizontale Platzierung der femoralen Bohrkanäle entlang des Interkondylardaches von dorsal

Auch die optimale Platzierung der Bohrkanäle hinsichtlich der Höhe wurde häufig verfehlt. Nur bei 8 Patienten (20,5%) lag der Kanal im von BERNARD und HERTEL (1996) empfohlenen Bereich von etwa 25 % der Gesamthöhe der Interkondylärgrube, ausgehend vom Kondylendach.



Die Platzierung des tibialen Bohrkanals wurde nach STÄUBLI und RAUSCHING (1994) bei durchschnittlich 35,6% (SD +/-8,8%; Min.-Max.-wert: 25,7% - 52,8%) des sagittalen Durchmessers des Tibiaplateaus ermittelt. Bis auf 6 Patienten (15,4%), deren Kanäle in der Nähe des im anatomischen Optimalbereichs von ca. 44% lagen, fielen hauptsächlich zu weit anteriore Platzierungen auf.

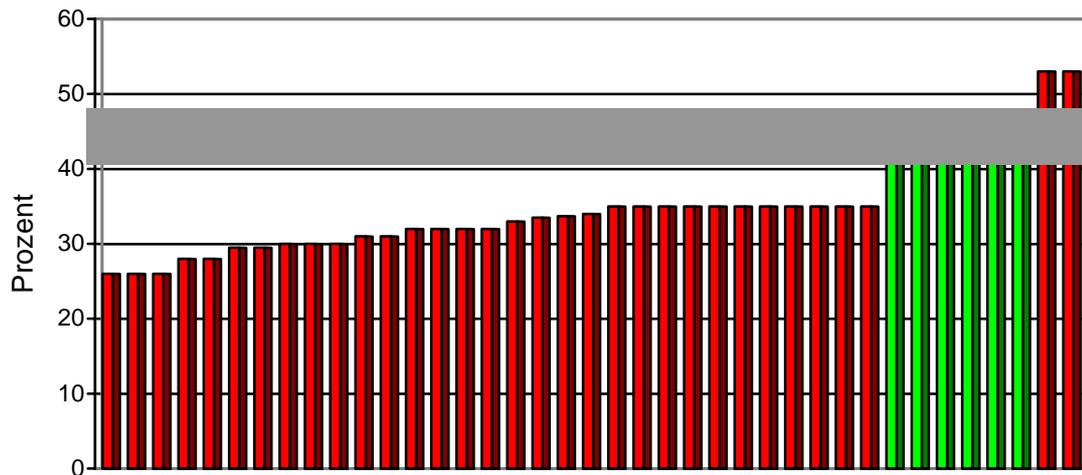


Abb. 32: Platzierung des tibialen Bohrkanalzentriums in Bezug auf den sagittalen Durchmesser des Tibiakopfes

Auch die Tendenz zu einer Patella baja musste festgestellt werden.

So betrug der präoperative Patellahöhenindex nach BLACKBURN und PEEL (1977) am verletzten Knie durchschnittlich 0,79 (SD +/- 0,16) [Gruppe 1 – 0,78 (SD +/- 0,12); Gruppe 2 - 0,81 (SD +/- 0,11)] und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Mittel 0,67 (SD +/- 0,23) [Gruppe 1 – 0,70 (SD +/- 0,14); Gruppe 2 - 0,66 (SD +/- 0,11)].

Die Berechnung des Impingementindex nach JÄGER (2000) ergab einen Mittelwert von 1,09 (SD +/- 0,26; Min.-Max.-wert 0,54-1,63). Für 11 Patienten (28,2%) muss mit einem Index unter 1 von einem Impingement ausgegangen werden.

6 Diskussion

Die vordere Kreuzbandplastik unter Verwendung eines Patellarsehnentransplantates ist eine Operationstechnik, über die verlässliche Langzeitergebnisse vorliegen (SHELBOURNE und GRAY 1997).

Zahlreiche Veröffentlichungen haben gezeigt, dass diese Methode sowohl direkt postoperativ, als auch im langfristigen Verlauf einen vergleichsweise stabilen und belastbaren Ersatz für das rupturierte vordere Kreuzband bildet (MUNETTA et al. 1998, ROOS und KARLSSON 1998) und eine frühestmögliche Rückkehr in das alltägliche Leben und zu sportlicher Aktivität erlaubt (FU et al. 2000).

Diese Studie mit einem Nachuntersuchungsintervall von fast 14 Jahren ist eine der am weitesten zurückreichenden Nachuntersuchungen nach vorderer Kreuzbandplastik, die je durchgeführt wurden.

Der Wert von Langzeituntersuchungen liegt in der Erfassung der Entwicklung besonders zeitabhängiger Faktoren, wie beispielsweise der Kniegelenksarthrose oder der Stabilität. Je größer dabei der Zeitabschnitt zwischen Operation und Nachuntersuchung ist, desto besser kann die dauerhafte Qualität eines Transplantates oder einer Operationsmethode bezüglich dieser Einflussgrößen beurteilt werden.

Der Vorteil der Langfristigkeit bedeutet jedoch auch gleichzeitig den größten Nachteil der Studie. So konnte, erstens, nur ein relativ kleines Patientenkollektiv von 39 Personen nachuntersucht werden, was einerseits auf die damals geringere Popularität dieser Operationsmethode und des verwendeten Transplantates und zum anderen auf Migration oder Sterbefälle innerhalb des Nachuntersuchungskollektivs während dieses langen Zeitabschnittes zurückzuführen ist.

Zum Zweiten stellt das Fehlen wichtiger Vergleichsdaten ein Problem dar.

So wurde das sehr aussagekräftige und international anerkannte IKDC-Evaluationsblatt erst Ende der achtziger Jahre veröffentlicht und fehlt somit als Bezugspunkt zu den hier erfassten Werten. Eine vergleichende Verlaufsbeschreibung ist in dieser Hinsicht leider nicht möglich.

Ein weiterer Nachteil liegt zum Dritten in der auf die Röntgentechnik beschränkten Verwendung bildgebender Verfahren.

Zum damaligen Zeitpunkt wurden weder MRT angefertigt, noch gab es arthroskopische Fotodokumentationen, die nun zum Vergleich prä-, intra- und direkt postoperativer Verhältnisse im Kniegelenk herangezogen werden könnten.

Um dieses Defizit soweit wie möglich auszugleichen, wurde bei der Anfertigung und Auswertung der Röntgenbilder zur Nachuntersuchung auf äußerste Präzision geachtet.

Zum Vierten ist sowohl die damalige Operationstechnik, als auch die rehabilitative Nachbetreuung als nicht mehr zeitgemäß und überholt zu betrachten. Ein Vergleich mit kurz- und mittelfristigen Studien, die nach aktuellen Verfahren operierte und nachbehandelte Kreuzbandplastiken evaluieren, ist damit nur bedingt möglich.

Betrachtet man die Ergebnisse vergleichbarer Studien (JÄGER et al. 2001, OTTO et al. 1998, JÄRVELÄ et al. 2001, HERTEL et al. 1999), fällt ein deutlich schlechteres Resultat der hier nachuntersuchten Patientengruppe auf.

Bezogen auf den IKDC- Evaluationsbogen erreichten z.B. bei HERTEL et al. (1999) 80%, bei JÄRVELÄ et al. (2003) sogar 86% der Patienten ein normales oder fast normales (A oder B) Ergebnis, in der vorliegenden Studie waren es lediglich 54 %. Die Ursachenforschung bietet in diesem Falle jedoch zahlreiche Ansätze.

6.1 Diskussion Operationszeitpunkt

Ein entscheidender Parameter einer langfristig erfolgreichen Kreuzbandplastik ist der optimale Operationszeitpunkt.

Zwar divergieren die Meinungen in der Literatur über den günstigsten Zeitpunkt des Eingriffes von etwa 2 Wochen (NOYES und BARBER-WESTIN 1997) bis ca. 6 Wochen nach dem Unfall (SHELBOURNE et al. 1995), letztendlich empfehlen aber alle Arbeiten zu dieser Fragestellung frühsekundäre Versorgung innerhalb von 3 Monaten.

Das mittlere Zeitintervall zwischen Unfall und Operation der Patienten dieser Studie lag bei 11,3 Monaten, bei einem signifikant ($p < 0,05$) späteren Operationszeitpunkt der Gruppe 2 (16 Monate) gegenüber der Gruppe 1 (6 Monate).

In Anbetracht dieser Tatsache und unter Berücksichtigung vergleichender Studien (MARCACCI et al. 1995 und KARLSSON et al. 1999), die weit bessere Ergebnisse in Gruppen mit entsprechend frühen operativen Vorgehen feststellten, zeigt sich, dass ein Großteil der nachuntersuchten Patienten, vor allem in Gruppe 2, vergleichsweise zu spät operiert wurde.

JÄRVELÄ et al (2000) fand in seiner Studie heraus, dass jene Patienten, die eine späte Rekonstruktion erhielten, wesentlich häufiger unter Schmerz, giving way und instabilitätsbedingten degenerativen Veränderungen litten.

Auch in der vorliegenden Nachuntersuchung war es vor allem die verzögert operierte Gruppe 2, welche vermehrt diese Symptomatik zeigte. Die zusätzlichen Meniskusresektionen dieser Gruppe können als wichtiger Einflussfaktor im Verlauf aufgetretener Gonalgien und sekundärer Gonarthrosen beachtet werden.

6.2 Diskussion Begleitverletzungen

Ein weiterer wichtiger Faktor auf die Langzeitprognose einer Kreuzbandrekonstruktion ist das Vorhandensein von Begleitverletzungen, in diesem Falle speziell der Meniskusläsion. Den Menisken kommt eine bedeutende Rolle in der Protektion des Kniegelenkes, insbesondere der kartilaginären Gelenkflächen, sowie in der stellungsabhängigen Lastverteilung zu (ARGAARD und VERDONK 1999, MALETIUS und MESSNER 1996 und 1999, BURKS et al. 1997).

Die Genese dieser Läsion kann sowohl in der direkten, durch das Trauma selbst, oder der indirekten Schädigung, durch eine Mehrbelastung des Meniskus in Folge einer vorderen Kreuzbandruptur, liegen. Interessanterweise hat sich in verschiedenen Studien herausgestellt, dass die Mehrzahl der akuten Schäden nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes am lateralen Meniskus zu finden ist, während chronische Läsionen eher den medialen Meniskus betreffen (BELLABARBA et al. 1997, THOMPSON et al. 1993). Es wird geschlussfolgert, dass eine größtmögliche Schonung des medialen Meniskus durch die frühzeitige Rekonstruktion des rupturierten Kreuzbandes und mitverletzter Strukturen zu erreichen ist.

Möglicherweise findet sich hier ein Zusammenhang zwischen den sehr späten Rekonstruktionen der Gruppe 2 (durchschnittlich 16 Monate posttraumatisch) und den in dieser Gruppe gehäuft aufgetretenen, medial betonten gonarthrotischen Veränderungen. Es fällt auf, dass zum Operationszeitpunkt in der signifikanten Mehrzahl der Fälle (75%) Läsionen des medialen Meniskus gefunden wurden.

Somit scheint möglich, dass zumindest ein Teil dieser meniskalen Schäden sekundär entstanden ist und durch eine frühzeitige Kniestabilisation hätte vermieden werden können. Die Häufung medialer Meniskusschäden bei chronischer Instabilität könnte auf eine, bereits 1973 von HUGHSTON und EILERS beobachtete, ungünstige biomechanische Konstellation zurückzuführen sein.

Es wird beschrieben, dass während der Knieflexion sich der Musculus semimembranosus spannt und über seine kapsulär inserierenden Fasern, die wiederum mit dem Meniskushinterhorn verbunden sind, auf den Meniskus eine Zugkraft ausübt.

Fehlt das vordere Kreuzband, kommt es zu einer a.-p. Translation der Tibia gegenüber dem Femur und einer Einklemmung des medialen Meniskus, der, vor allem über das posteriore Horn, sehr fest mit der Tibia verbunden ist (THOMPSON et al. 1993, WARREN et al. 1977).

Mögliche Folge dieser nun bei Flexion auftretenden Zugbelastung, in Kombination mit der translationsbedingten Einklemmung ist eine Ruptur in der meniskokapsulären Region (ALLEN et al. 2000, THOMPSON et al. 1993, HUGHSTON und EILERS 1973).

Neuere Untersuchungen von SMITH et al. (2001) (575 Meniskusrupturen, 75 % der chronischen Fälle mit Ruptur des medialen Meniskus die Schädigung im peripheren posterioren Horn) und DIMOND et al. (1998) (vergleichende arthroskopische Nachuntersuchung chronischer (n=27) und akuter (n= 60) Kreuzbandrupturen mit einer signifikanten Häufung von Schäden an knorpeligen Gelenkstrukturen, speziell am medialen Meniskus in der chronischen Gruppe) bestätigen diese Theorie.

Der direkte Zusammenhang zwischen Meniskuläsionen bzw. anschließender Resektion und der progredienten Entwicklung einer Arthrose des Kniegelenkes im späteren Verlauf konnte auch durch diese Untersuchung eindrucksvoll nachgewiesen werden.

Während zum Operationszeitpunkt die radiologische Evaluation keinerlei Unterschiede der Gruppen 1 und 2 hinsichtlich einer bestehenden Arthrose zeigte, kam es in Gruppe 2 in der weiteren Entwicklung zu einer signifikant stärkeren Ausprägung osteoarthrotischer Veränderungen. Wie es die vorgenommene Meniskuschirurgie erwarten ließ, war vor allem das mediale Kompartiment betroffen.

Der eminente Einfluss einer Meniskuspathologie und –chirurgie auf die Prognose eines traumatisierten Kniegelenkes wird unterstrichen durch die Erkenntnis, dass langfristig auch eine partielle oder totale Meniskektomie ohne Kreuzbandpathologie für eine progressive Arthrose des Kniegelenkes durch sekundäre Knorpelschädigungen verantwortlich sein kann. Insgesamt wurde bei einem Drittel unserer Patienten eine bedeutsame Arthrose mit signifikanter Gelenkspaltverschmälerung und Osteophytenbildung vorgefunden.

Zu ähnlichen, wenn auch nicht so ausgeprägten Ergebnissen, kommen auch Studien von JOHAMA et al. (1997) und JÄGER et al. (2000), wohingegen die Arbeit von JÄRVELÄ et al. (2000) paradoxerweise in der Gruppe mit isolierter Ruptur die schlechteren radiologischen Resultate findet.

An dieser Stelle sei die Arbeit von SCHIMMER et al. (1998) erwähnt, in der festgestellt wurde, dass ein durch die partielle Meniskektomie und die darauf folgende unphysiologische Mehrbelastung des Gelenkknorpelgewebes verursachter Schaden in den ersten fünf Jahren nahezu keine Beschwerden verursacht, sich die Schmerzsymptomatik in den Jahren darauf jedoch drastisch verstärkt.

Dieser Umstand könnte, unter Berücksichtigung des vergleichsweise fast doppelt so langen Nachuntersuchungsintervalles dieser Evaluation im Vergleich zu oben erwähnten Studien, vor allem hinsichtlich der Deutlichkeit der Ergebnisse, Relevanz besitzen.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung wurden keine Arthroscopien zur Verifizierung eines möglichen, koexistierenden Kniebinnenschadens durchgeführt.

Darüber hinaus beschränkte sich die radiologische Evaluation auf den antero-posterioren, sowie den seitlichen Strahlengang. Andere Aufnahmetechniken mit wesentlicher diagnostischer Aussagekraft (Ganzbein-Standaufnahmen, Rosenberg-Aufnahmen) wurden vernachlässigt.

Dieser Umstand ist eine wesentliche Schwäche der Studie, da keine klaren Aussagen über das Ausmaß eines vermuteten Begleitschadens getroffen werden können.

6.3 Diskussion operative Versorgung

Um diesen wesentlichen Einflussfaktor auf die Prognose des betroffenen Kniegelenkes zu spezifizieren, sollten Lokalisation und Ausmaß, vor allem jedoch auch die Art der operativen Versorgung der meniskalen Schädigung berücksichtigt werden (ROCKBORN und GILLQUIST 1995). So hatte unter anderem die damals verwendete radikale, offene meniskale Resektionstechnik möglicherweise eine intraoperative Traumatisierung der Gelenkbinnenräume zur Folge und somit einen nicht unbedeutenden Anteil an den arthrotischen Umbauvorgängen der Gruppe 2 der Studie.

Die offene Resektionstechnik galt schon Mitte der 80-er Jahre aufgrund der Folgeschäden als weitgehend überholt und wurde im weiteren Verlauf durch eine zurückhaltende arthroskopische und somit wesentlich schonendere Technik abgelöst (SIMPSON et al. 1986).

Auch in der Kreuzbandchirurgie hat sich, wie auf fast allen chirurgischen Gebieten, eine Tendenz zu immer weniger Invasivität in der Bestrebung nach schnellerer Rehabilitation, geringerer iatrogenen Traumatisierung und besserer Kosmetik durchgesetzt.

Anfang der neunziger Jahre vollzog sich die Entwicklung von der früher häufig verwendeten und für diese Studie relevanten offenen (arthrotomischen), zur minimalinvasiven Zweischnitt- und letztlich der arthroskopischen Technik. Neben den erwähnten Vorteilen der minimalinvasiven Verfahren gegenüber der Arthrotomie ist vor allem auch die Erhaltung bzw. Schonung der Sensibilität und der Propriozeption anzuführen (FREMEREY et al. 2001). So klagten 21 Untersuchte (53,8 %) dieser Studie über ein „Taubheitsgefühl am Knie“ und gaben mehr oder weniger stark ausgedehnte Sensibilitätsverluste peripatellär an. Parallel dazu könnten die stark divergierenden Ergebnisse der objektiven und der subjektiven Stabilitätsevaluierung des Gelenkes einen Hinweis auf Einbußen der Propriozeption geben.

Während sowohl die mit dem KT-1000 ermittelten Stabilitätswerte (Seitendifferenz < 2mm bei 33 %, 3-5 mm bei 66% der Patienten im Manual-Maximum-Test), als auch die Ergebnisse des Pivot-shift Testes als gut zu bewerten sind, lagen die durchschnittlichen Bewertungen im subjektiven VAS Bogen für Fragen des Bereiches Stabilität wie *„Haben Sie Probleme beim abrupten Stop oder Richtungswechsel während des Joggens oder Gehens?“* bei 52 mm (+/- 38,4 mm), und *„Ist Ihr Knie locker?“* bei 55mm (+/- 40 mm).

Die Frage „Haben Sie Probleme mit ihrem operierten Kniegelenk bei Drehungen?“ wurde sogar bei 69,1mm evaluiert (+/- 32,7 mm) und somit in einem Bereich, der eine eindeutige subjektive Unsicherheit bezüglich dieses Parameters demaskiert.

Darüber hinaus wird an dieser Stelle die Bedeutung sensitiver subjektiver Fragebögen, wie im diesem Fall des VAS, deutlich (HÖHER et al. 1995). Gerade in klinischen Nachuntersuchungen wird häufig nicht das gemessen, was der Patient fühlt, und der Patient fühlt etwas, dass der Untersucher nicht messen kann (LABS und PAUL 1997). Besonders signifikant in vorliegender Studie ist der Zusammenhang der Größen Schmerz und Bewegungsumfang.

Vor allem im IKDC- Evaluationsblatt war der Unterpunkt „Schmerz“ aufgrund seines größeren Einflusses auf das Gesamtergebnis verantwortlich für das schlechte Ergebnis dieser Untersuchung. Je 5 Patienten mussten mit „abnormal“ bzw. „stark abnormal“ hinsichtlich der Schmerzeinschätzung evaluiert werden. Über 2/3 dieser Patienten zeigten parallel dazu eine starke oder sehr starke (Grad C oder D) Einschränkung der Beweglichkeit.

20,5 % der Patienten hatten Streckdefizite < 3°, 66,6 % von 3°-5° und 12,8 % von 6°-10°. Auffällig war vor allem ein deutliches Beugedefizit: nur 17,9 % der Patienten zeigten ein Defizit unter 5°, 51,3 % von 6°-15° und allein 30,8 % der nachuntersuchten Patienten wiesen Einschränkungen in der Flexion von 16 – 25° auf.

Die reduzierte physiologische Beweglichkeit wurde im alltäglichen Leben von den Patienten als besonders störend empfunden, dieser Aspekt spiegelt sich auch in der subjektiven Zufriedenheit wieder. Vergleichbare Studien (HERTEL et al. 2005, JÄRVELÄ et al. 2000) ermittelten deutlich geringere Defizite, bei einem schon erwähnt besserem Gesamtergebnis.

6.4 Diskussion Platzierung der Bohrkanäle

Die Extensions- und vor allem Flexionsverluste und der offensichtliche Zusammenhang zwischen Schmerz und deutlicher Bewegungseinschränkung könnten eine weitere Ursache in der, anhand der radiologischen Untersuchung festgestellten, erheblichen Fehlplatzierung der femoralen und tibialen Bohrkanäle haben.

Die korrekte Position zur Transplantatinsertion zu finden, ist auch unter Verwendung verschiedener Zielgeräte eine der schwierigsten Aufgaben bei vorderer Kreuzbandrekonstruktion. Angestrebt wird die möglichst exakte Einhaltung originärer anatomischer Verhältnisse. Die korrekte Platzierung der Bohrkanäle und somit des Transplantates ist dabei ein entscheidender Faktor.

Das Konzept der früher proklamierten und favorisierten isometrischen Positionierung ist aufgrund fehlender Realisierbarkeit und der Erkenntnis, dass das vordere Kreuzband an sich keine isometrische Struktur, sondern aus Bündeln verschiedener stellungsabhängiger Spannung zusammengesetzt ist (FU et al. 1999), heute weitgehend verlassen worden.

Die häufigste Fehlpositionierung bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes ist der femoral und tibial zu weit ventral angelegte Bohrkanal. So befand sich auch in dieser Studie der nach BERNARD und HERTEL (1990) evaluierte femorale Kanal bei 37 Patienten (95%), der tibiale Kanal, berechnet nach STÄUBLI und RAUSCHNING (1994), bei 33 Patienten (85%) in einer zum Teil deutlichen anterioren Fehlposition.

Vor allem die femorale Fixierung, ist sie zu weit ventral platziert, kann Transplantatlockerung, Transplantatversagen und eine eingeschränkte Beweglichkeit (IRRGANG 1993, MELBY et al. 1991) zur Folge haben.

Darüber hinaus führt die muskuläre und statische Fehlbelastung zur sekundären Schädigung des Knorpels und kann so eine Progredienz der Arthrose bedingen.

Bei aller Prägnanz der Resultate muss jedoch einschränkend darauf verwiesen werden, dass die Basis der vorliegenden Ergebnisse im Bezug auf die Platzierung der Bohrkanäle die radiologische Evaluation als valide Messmethode umstritten ist. In der Literatur finden sich verschiedene Arbeiten, die die Möglichkeit einer präzisen Bestimmung von Bohrkanallage und -winkel anhand eines Röntgenbildes bezweifeln (HOWELL et al. 2001, ROMANO et al. 1993, HOWELL et al. 1999).

Andere Studien (JÄVELÄ et al. 2000) weisen darauf hin, dass Fehlpositionierungen immer als Zusammenhang der tibialen und femoralen Komponente unter Berücksichtigung der Transplantatlänge zu betrachten seien: eine femoral leicht anteriore in Kombination mit einer tibial leicht posterioren Platzierung kann die Eigenschaften eines Transplantates wesentlich deutlicher verschlechtern als eine kombinierte leicht anteriore Positionierung.

6.5 Diskussion Beinachse

Einen ebenfalls nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Prognose einer Kreuzbandplastik, die Belastung der Menisken und vor allem auch auf die Progredienz einer Arthrose hat eine pathologische Beinachse. Die große Mehrheit der Kreuzbandläsionen dieser und anderer Studien ist auf Sportverletzungen, und damit verbundene unphysiologische Belastungsspitzen zurückzuführen.

Das betrifft vor allem - wie an anderer Stelle schon erwähnt – Sportarten mit schnellen Richtungswechseln wie Fußball, Handball oder Basketball. Auch in dieser Studie sind fast 80% der Kreuzbandverletzungen Folge sportlicher Aktivität, wobei ein Großteil der vorwiegend männlichen Patienten eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Varusstellung der Beinachse aufwies. Diese Fehlstellung führt häufig zu einer inadäquaten Mehrbelastung des medialen Meniskus mit möglicher schmerzhafter Arthrose im medialen Kompartiment (Varusgonarthrose), sowie bei deutlicher Ausprägung zu verstärkter lateraler Gelenköffnung und damit vergesellschafteter Insuffizienz posterolateraler Bandstrukturen (NOYES et al. 2001). Hinzu kommen statisch bedingte nutritive Defizite kartilaginärer Strukturen, in deren Konsequenz sich ein Circulus vitiosus des betroffenen Gewebes entwickeln kann. Da eine unkorrigierte, pathologische Achsenstellung, in Abhängigkeit ihrer Ausprägungsstärke, die Resultate vorderer Kreuzbandplastiken mehr oder weniger stark beeinträchtigt, wird ab einer bestimmten Achsabweichung valgischer oder varischer Genese, speziell bei Revisionseingriffen, eine zusätzliche Umstellungsosteotomie in derselben oder einer separaten Sitzung empfohlen (NOYES, BARBER-WESTIN et al. 2000, NOYES und SIMON 1993). NOYES et al. (2001) haben dabei das Ausmaß einer Varusfehlstellung in 3 Grade eingeteilt: den einfachen Varus, ohne eine posterolaterale Insuffizienz und ohne laterale Gelenkspaltöffnung sowie fehlender medialer Arthrose, sowie den doppelten und den dreifachen Varus, mit milder bzw. starker Ausprägung obiger Symptome.

Es wird festgestellt, dass beim doppelten Varus die lateralen Bandstrukturen die Tendenz haben, sich nach einer Umstellungsosteotomie eigenständig zu verkürzen, und die abnorme laterale Spaltöffnung sich ohne weitere chirurgische Intervention restituiert, während beim dreifachen Varus eine zusätzliche Rekonstruktion dieser Strukturen notwendig ist (NOYES, BARBER-WESTIN et al. 1993).

Bei den Patienten dieser Nachuntersuchung wurden weder Graduierungen bezüglich der Achsfehlstellung im Vorfeld, noch osteotomische Umstellung zu deren Korrektur vorgenommen, so dass auch hier ein das Gesamtergebnis negativ beeinflussender Faktor angenommen werden muss.

7 Klinische Schlussfolgerungen

- Die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes sollte im Optimalfall zwischen der zweiten und der sechsten Woche, jedoch vor dem 3. Monat nach dem Unfall erfolgen, denn eine frühsekundäre operative Versorgung beugt instabilitätsbedingten Sekundärschäden vor.
- Meniskusverletzungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Sekundärarthrose trotz Kreuzbandplastik deutlich, insbesondere wenn beschädigte Menisken teil- oder totalreseziert wurden. Wann immer möglich, sollte deshalb eine strukturerhaltende Meniskus Chirurgie, wie zum Beispiel in Form der Versorgung mit primärer Naht angestrebt werden.
- Die minimalinvasive Chirurgie scheint der offenen Technik überlegen, denn Arthrotomien können aufgrund ihrer Invasivität neben oberflächlichen Sensibilitätsstörungen der Haut auch Propriozeptionsstörungen des Gelenkes verursachen und somit zu einem subjektiven Unsicherheitsgefühl und verzögerter reflektorischer Stellungskorrektur führen.
- Eine präzise Platzierung der Bohrkanäle ist Voraussetzung für eine langlebige und funktionell akzeptable Kreuzbandplastik. Fehlplatzierungen führen über Bewegungseinschränkungen und über resultierende Kniebinnenschädigungen zu objektiv und subjektiv schlechten Resultaten.
- Eine frühzeitige rehabilitatorische Mobilisierung ist der mehrwöchigen Ruhigstellung im Gipstutor vorzuziehen, sie beugt Adhäsionen im Kapselbandapparat des Kniegelenkes vor und mindert postoperative Bewegungseinschränkungen, Muskelinbalancen und Kontrakturen.

8 Zusammenfassung

Ziel der Studie war die Darstellung von Langzeitresultaten nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion unter Verwendung des Patellarsehnentransplantates (Brücknerplastik).

Besondere Berücksichtigung fanden beeinflussende Faktoren wie Operationsmethodik, Begleitverletzungen und der Zeitpunkt der Operation, sowie postoperative Problemschwerpunkte, insbesondere Bewegungseinschränkungen und Arthroseentwicklung.

Des Weiteren wurden die nachuntersuchten Patienten in zwei Gruppen unterteilt: *Gruppe 1* rekrutierte sich aus Personen mit isolierten Kreuzbandrupturen, während die Patienten der *Gruppe 2* zusätzlich eine behandelte Meniskusläsion aufwiesen. Wir unterzogen diese beiden Kollektive einem Vergleich.

Es wurden insgesamt 39 Patienten nachuntersucht, 19 ohne und 20 mit begleitender Meniskuspathologie, die im Zeitraum von 1982 bis 1991 am Universitätsklinikum der Humboldt-Universität zu Berlin (Charité), Klinik für Orthopädie, operativ versorgt wurden, mit einem mittleren Nachuntersuchungsintervall von 13,5 Jahren.

Zur Evaluation fanden Verwendung:

- Standardevaluationsblatt des International Knee Documentation Committee (IKDC) (HEFTI et al.1990)
- Lysholm Score (Lysholm und Gillquist 1982, 0-100 Punkte)
- Tegner Score (1985, Graduierung von 0-10)
- VAS (Visuelle Analog Skalen, Graduierung von 0-10),
- der instrumentelle Laxizitätstest unter Verwendung des KT 1000 (MEDMetric, San Diego, California, USA)
- und eine radiologische Analyse der Bohrkanäle.

Die Auswertung o.g. Evaluationen und Untersuchungen erbrachte im Vergleich mit anderen Langzeitstudien, sowohl in objektiver, als auch in subjektiver Hinsicht deutlich schlechtere Ergebnisse, wobei sowohl operationstechnische, als auch rehabilitative Ursachen zugrunde liegen können.

Ein Hauptgrund für die schlechten Resultate ist sicherlich eine deutliche femorale und tibiale Bohrkanafehlplatzierung, in deren Folge es zu signifikanten Bewegungseinschränkungen und mechanisch verursachten Sekundärschädigung der Kniebinnenräume unter Stressbelastung gekommen ist.

Langfristig kann diese Binnenraumschädigung für eine progrediente Arthrose verantwortlich gemacht werden, die wiederum eine subjektive Schmerzempfindung bedingt.

Da die verwendeten subjektiven Scores sich in ihrem Gesamtergebnis zu 2/3 aus den Parametern Schmerz und Bewegungsumfang zusammensetzen, muss hauptsächlich die Fehlplatzierung der Bohrkanaäle für die sowohl objektiv, als auch subjektiv unterdurchschnittlichen Ergebnisse angeschuldigt werden.

Darüber hinaus fiel ein mit durchschnittlich 11,2 Monaten deutlich zu langes Unfall-Operationsintervall auf, welches wiederum -aufgrund der langen Instabilität- prognostisch ungünstige Sekundärschäden kausal bedingen kann.

Auch das postoperativ-rehabilitative Vorgehen mit einer Ruhigstellung im Gipsverband bei einem Flexionswinkel von 20° für 6 Wochen wird heute aufgrund von Kontrakturen der Beugemuskulatur, Kapselverwachsungen und des resultierenden Streckdefizits, möglicherweise in Kombination mit einer adjuvanten Arthrolyseoperation, als prognostisch ungünstig angesehen.

Insgesamt müssen die Resultate, unter Berücksichtigung veralteter Methodik in Operation und Rehabilitation und im Vergleich mit verwandten Studien, aufgrund deutlicher Bewegungseinschränkungen, ausgeprägter Schmerzsymptomatik und subjektiver Unzufriedenheit der Patienten als ungenügend und letztlich für den Patienten wenig profitabel betrachtet werden.

9 Quellennachweis

1. Abe S, Kurosaka M, Iguchi T, Light and electron microscopic study of remodeling and maturation process in autogenous graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 9: 394-405, 1993
2. Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y, Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single versus double-bundle multistranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br* 86: 515-520, 2004
3. Aglietti P, Buzzi R, Giron F, Arthroscopic-assisted acl reconstruction with the central third patellar tendon. A 5-8 year followup. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5: 138-144, 1997
4. Aglietti P, Zaccherotti G, Simeone AJ, Buzzi R, Anatomic versus non-anatomic tibial fixation in anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone graft. *Knee Surg Sports Traumatol. Arthrosc* 6: 43-48, 1998
5. Aglietti P, Patellar tendon versus doubled semitendinosus and gracilis tendons for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 22: 211-218, 1994
6. Aho AJ, Lehto MUK, Kkjala UM, Repair of the anterior cruciate ligament augmentation versus conventional suture of fresh rupture. *Acta Orthop Scand* 57: 345-357, 1986
7. Allen CR, Wong EK, Livesay GA, Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *J Orthop Res* 18: 109-115, 2000
8. Argaard H, Verdonk R, Function of the normal meniscus and consequences of meniscal resection. *Scand J Med Sci Sports* 9: 134-140, 1999
9. Barber FA, Click SD, Meniscus repair rehabilitation with concurrent anterior cruciate reconstruction. *Arthroscopy* 13: 433-437, 1997
10. Barber FA, Small N, Click J, Anterior cruciate ligament reconstruction by semitendinosus and gracilis tendon autograft. *Am J Knee Surg* 4: 84-93, 1991
11. Barber-Westin SD, Noyes FR, Heckmann TP, Schaffer BL, The effect of exercise and rehabilitation on anterior-posterior knee displacements after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 29: 420-425, 1999
12. Barrett SJ, Treacy SH, Ruff CG, Preliminary results of the t-Fix endoscopic meniscus repair technique in an anterior cruciate ligament reconstruction population. *Arthroscopy* 13: 218-223, 1997
13. Bauer SJ, Hollande JE, Fuchs SH, Thode HC, A clinical decision rule in the evaluation of acute knee injuries. *J Emerg Med* 13: 611-615, 1995

14. Bellabarba C, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr, Patterns of meniscal injury in the anterior cruciate deficient knee: review of literature. *Am J Orthop* 26: 18-23, 1997
15. Bernard M, Hertel P, Lais E, Reconstruction of the insertion of the ACL. Studies on the accuracy of a non-instrumental method. *Unfallchirurg* 93: 565-569, 1990
16. Bernard M, Hertel P, Intraoperative and postoperative insertion control of anterior cruciate ligament-plasty. A radiologic measuring method (quadrant method). *Unfallchirurg* 99: 332-340, 1996
17. Beynon BD, Johnson RJ, Flemming BC, Anterior cruciate ligament strain behaviour during rehabilitation exercises in vivo. *Am J Sports Med* 23: 24-34, 1995
18. Bircher E, Die Arthroendoskopie. *Zentralbl Chir*: 1460-1461, 1921
19. Bircher E, Beitrag zur Pathologie und Diagnose der Meniscus-Verletzung. *Bruns Beitr Klin Chir* 127: 239-250, 1922
20. Bizzini M, Gorelick M, Munzinger U, Drobny T, Joint laxity and isokinetic thigh muscle strength characteristics after anterior cruciate ligament reconstruction: bone patellar tendon bone versus quadrupled hamstring autografts. *Clin J Sport Med* 16: 4-9, 2006
21. Blackburne JS, Peel TE, A new method of measuring patellar height. *J Bone Joint Surg Br* 59: 241-242, 1977
22. Bonamo JJ, Fay C, Firestone T, The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med* 18: 618-623, 1990
23. Bonnet A, *Traité des maladies des articulations*, pp 1-1,300. Paris, Baillière, 1845
24. Boszotta H, Prunner K, Refilling of removal defects: impact on extensor mechanism complaints after use of a bone-tendon-bone graft for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 16: 160-164, 2000
25. Bray RC, Dandy DJ, Meniscal lesions and chronic anterior cruciate ligament deficiency: meniscal tears occurring before and after reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 71: 128-130, 1989
26. Brückner H, Eine neue Methode der Kreuzbandplastik. *Chirurg* 37: 413-414, 1966
27. Buelow JU, Siebold R, Ellermann A, A new bicortical tibial fixation technique in anterior cruciate ligament reconstruction with quadruple hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 218-225, 2000
28. Burks RT, Metcalf MH, Metcalf RW, Fifteen-year follow-up of arthroscopic partial meniscectomy. *Arthroscopy* 13: 673-679, 1997
29. Caborn DN, Coen M, Neef R, Hamilton D, Nyland J, Johnson DL, Quadrupled semitendinosus-gracilis autograft fixation in the femoral tunnel: a comparison between a metal and a bioabsorbable interference screw. *Arthroscopy* 14: 241-245, 1998

-
30. Callaway GH, Nicholas SJ, Cavanaugh JT, Cavo C, Wickiewicz TL, Warren RF, Hamstring augmentation versus patellar tendon reconstruction of acute anterior cruciate ligament disruption: A randomized prospective study. *Orthopaedic Transactions* 18: 1017, 1994
 31. Campbell W: Repair of ligaments of the knee. *Surg Gynecol Obstet*: 964, 1936
 32. Casteleyn PP, Management of anterior cruciate ligament lesions: surgical fashion, personal whim or scientific evidence? Study of medium- and long-term results. *Acta Orthop Belg* 65: 327-339, 1999
 33. Clancy WG Jr, Ray JM, Zoltan DJ, Acute tears of anterior cruciate ligament. Surgical versus conservative treatment. *J Bone Joint Surg Am* 70: 1483-1488, 1988
 34. Clancy WG Jr, Smith L, Arthroscopic anterior and posterior cruciate ligament reconstruction technique. *Ann Chir Gynaecol* 80: 141-148, 1991
 35. Clancy WG, Narechania RG, Rosenberg TD, Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in rhesus monkeys: A histological, microangiographic, and biomechanical analysis. *J Bone Joint Surg Am* 63A: 1270-1284, 1981
 36. Clark R, Olsen RE, Larson BJ, Goble EM, Farrer RP, Cross-pin femoral fixation: a new technique for hamstring anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Arthroscopy* 14: 258-267, 1998
 37. Colombet P, Robinson J, Jambou S, Allard M, Bousquet V, de Lavigne, Two-bundle, four-tunnel anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9: 1-8, 2005
 38. Corry IS, Webb JM, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA, Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament. A comparison of patellar tendon autograft and four strand hamstring tendon autograft. *Am J Sports Med* 27: 444-454, 1999
 39. Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L, Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med* 13: 401-407, 1985
 40. Davies NH, Niall D, King LJ, Lavelle J, Healy JC, Magnetic resonance imaging of bone bruising in the acutely injured knee-short-term outcome. *Clin Radiol* 59: 439-445, 2004
 41. Dejour H, Walch G, Deschamps G, Chambat P, Arthrose du genou sur laxite chronique anterieure. *Rev Chir Orthop* 73: 157-170, 1987
 42. Delay BS, Smolinski RJ, Wind WM, Bowman DS, Current practices and opinions in ACL reconstruction and rehabilitation: results of a survey of the American Orthopaedic Society for Sports Medicine. *Am J Knee Surg* 14: 85-91, 2001
 43. Dimond PM, Fadale PD, Hulystn MJ, Tung GA, Griesberg J, A comparison of MRI findings in patients with acute and chronic ACL tears. *Am J Knee Surg* 11: 153-159, 1998

-
44. Figueras JM, Escalas F, Vidal A, The anterior cruciate ligament injury in skiers skiing trauma ant safety. Sixth International Symposium ASTM STP 938. American Society for testing and Materials, Philadelphia, ff 55-60, 1987
 45. Fink C, Hoser C, Benedetto K, Hackl W, Gabl M, Long term results following conservative or operative treatment of anterior cruciate ligament rupture. *Der Unfallchirurg* 99: 964-969, 1996
 46. Fremerey R, Lobenhoffer P, Skutek M, Gerich T, Bosch U, Proprioception in anterior cruciate ligament reconstruction. Endoscopic versus open two-tunnel technique. A prospective study. *Int J Sports Med* 22: 144-148, 2001
 47. Fröhlike JP, Oskam J, Vierhout PAM, Primary reconstruction of the medial collateral ligament in combined injury of the medial collateral ligament and the anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 103-106, 1998
 48. Frosch KH, Habermann F, Fuchs M, Is prolonged ambulatory physical therapy after acl-plasty indicated? Comparison of costs and benefits. *Unfallchirurg* 104: 513-518, 2001
 49. Fu FH, Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part I: Biologie and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med* 27: 821-830, 1999
 50. Fu FH, Bennett CH, Menetrey J, Lattermann C, Ma CB, Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II: Operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med* 28: 124-130, 2000
 51. Fu FH, Schulte KR, Anterior cruciate ligament surgery. *Clin Orthop* 325: 19-24, 1996
 52. Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Ygi M, Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotary loads. *J Orthop Res*: 85-89, 2004
 53. Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL, Pivot shift: A clinical sign of symptomatic anterior cruciate insufficiency. *J Bone Joint Surg Br* 54: 763-764, 1972
 54. Gillquist M, Arthroscopy in acute injuries of the knee joint. *Acta Orthop Scand* 48: 190, 1977
 55. Goradia VK, Rochat MC, Grana WA, Egle DM, Strength of ACL reconstructions using semitendinosus tendon grafts. *J Okla State Med Assoc* 91: 275-277, 1998
 56. Grontvedt T, Engebretsen L, Benum P, A prospective, randomised study of three operations for acute rupture of the ACL. Five-year follow-up of 131 patients. *J Bone Joint Surg Am* 78: 159-168, 1996
 57. Grood ES, Suntay WJ, Noyes FR, Biomechanics of the knee extension exercise. Effect of cutting the ACL. *J Bone Joint Surg Am* 66: 725-34, 1984
 58. Gulman B, Mollaian S, Tomak Y, Femoral fixation of patellar tendon grafts using the bone-block locking technique in ACL reconstruction. A biomechanical study. *Bull Hosp Joint Dis* 58: 71-75, 1999

-
59. Hackl W, Fink C, Benedetto K-P, Hoser C, Transplantatfixation bei der vorderen Kreuzbandrekonstruktion. *Unfallchirurg*, 103: 468-478, 2000
 60. Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Miyama T, Shiozaki Y, Mae T, Single- versus bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endobutton femoral fixation: a prospective study. *Arthroscopy* 17: 801-807, 2001
 61. Hamner DL, Brown CH, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC, Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: Biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am* 81: 549-557, 1999
 62. Hefti E, Müller W, Jakob RP, Stäubli H-U, Hackenbusch W, Evaluation of knee ligament injuries: the OAK and IKDC forms. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1: 226-234, 1993
 63. Hefti E, Müller W, Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form. *Orthopäde* 22: 351-362, 1993
 64. Hertel P, Behrend H, Cierpinski T, Musahl V, Widjaja G, ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone press-fit fixation: 10-year clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 13: 248-255, 2005
 65. Hey Groves E, Operation for repair of the crucial ligaments. *Lancet* 674-675, 1917
 66. Höher J, Munster A, Klein J, Validation and application of a subjective knee questionnaire. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3: 26-33, 1995
 67. Hoffmann RFG, Peine R, Bail HJ, Sudkamp NP, Weiler A, Initial fixation strength of modified patellar tendon grafts for anatomic fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 15: 392-399, 1999
 68. Holmes PF, James SL, Larson RL, Singer KM, Jones DC, Retrospective direct comparison of three intraarticular anterior cruciate ligament reconstructions. *Am J Sports Med* 19: 596-599, 1991
 69. Howell SM, Gittins ME, Gottlieb JE, The relationship between the angle of the tibial tunnel in the coronal plane and loss of Flexion and anterior laxity after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 29: 567- 574, 2001
 70. Hughston JC, Eilers AF, The role of the posterior oblique ligament in repairs of acute medial (collateral) ligament tears of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 55: 923- 940, 1973
 71. Irrgang JJ, Modern trends in ACL rehabilitation: nonoperative and postoperative management. *Clin Sports Med* 12: 797-813, 1993

-
72. Jäger L, Lindahl S, Kohler K, Sernert N, Eriksson BI, Karlsson J, Serial magnetic resonance imaging of the donor site after harvesting the central third of the patellar tendon. A prospective study of 37 patients after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 20-24, 1999
 73. Jäger A, Impingement index: A tool to predict an intercondylar notch impingement after ACL reconstruction. In : 2nd Heidelberg ACL-Symposium – State of the Art 2000, Eds : Pässler HH, Thermann H, Johann Ambrosius Barth Verlag, 2000
 74. Jäger 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* 141: 42-47, 2003
 75. Jansson KA, Harilainen A, Sandelin J, Karjalainen PT, Aronen HJ, Tallroth K, Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with the hamstring autograft and endobutton fixation technique. A clinical, radiographic and magnetic resonance imaging study with 2 years follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 290-295, 1999
 76. Järvelä T, Nyysönen M, Kannus P, Paakkala T, Bone-patellar tendon-Bone reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Int Orthop* 23: 227-231, 1999
 77. Järvelä T, Kannus P, Järvinen M, Anterior knee pain 7 years after an acl reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft. *Scand J Med Sci Sports* 10: 221-227, 2000
 78. Järvelä T, Paakkala T, Kannus P, The incidence of patellofemoral osteoarthritis and associated findings 7 years after acl reconstruction with a bone-patellar tendon- bone autograft. *Am J Sports Med* 29: 18-24, 2001
 79. Järvinen M, Kannus P, Injury of an extremity as a risk factor for development of osteoporosis. Current concepts review. *J Bone Joint Surg Am* 79: 263-276, 1997
 80. Järvinen M, Natri A, Lehto M, Kannus P, Reconstruction of chronic anterior cruciate ligament insufficiency in athletes using a bone-patellar tendon-bone autograft. A two year follow-up study. *Int Orthop* 19: 1-6, 1995
 81. Johnson LL, Dyk GY, Metal and biodegradable interference screws: Comparison of failure strength. *Arthroscopy* 12: 452-456, 1996
 82. Johnson LL, The outcome of a free autogenous semitendinosus tendon graft in human anterior cruciate reconstructive surgery a histological study. *Arthroscopy* 9: 131- 142, 1993
 83. Johnson RJ, Ericson E, Haggmark T, Five to ten year follow-up evaluation after reconstruction of the ACL. *Clin Orthop* 183: 122-140, 1984
 84. Jomha NM, Pinczewski LA, Clingeleffer A, Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament with patellar-tendon autograft and interference screw fixation. The results at seven years. *J Bone Joint Surg Br* 81: 775-779, 1999

-
85. Jones KG, Reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am* 45: 925–932, 1963
 86. Jones HP, Appleyard RC, Majahan S, Meniscal and chondral loss in the acl injured knee. *Sports Med* 33: 1075-1089, 2003
 87. Kannus P, Jarvinen M, Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligaments. Long term results. *J Bone Joint Surg Am* 68: 1007-1012, 1987
 88. Kannus P, Long term results of conservatively treated medial collateral ligament injuries of the knee joint. *Clin Orthop* 226: 103-112, 1988
 89. Karlsson J, Kartus J, Magnusson L, Larsson J, Brandsson S, Eriksson BI, Subacute versus delayed reconstruction of the anterior cruciate ligament in the competitive athlete. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 146-151, 1999
 90. Kartus J, Lindahl S, Kohler K, Sernert N, Eriksson BI, Karlsson J, Serial magnetic resonance imaging of the donor siteafter harvesting the central third of the patellar tendon. A prospective study of 37 patients after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 20-24, 1999
 91. Kaeding CC, Pedroza AD, Parker RD, Spindler KP, Intra-articular findings in the reconstructed multiligament-injured knee. *Arthroscopy* 21: 424-30, 2005
 92. Kennedy JC, Weinberg MW, Wilson AS, The anatomy and function of the ACL. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am* 56: 223-235, 1974
 93. Kiefer H, Richter M, Hehl G, Augmentation techniques: are they out? *Zentralbl Chir* 123: 1002-1013, 1998
 94. Kilger RH, Thomas M, Hanford S, Alaseirlis DA, Paessler HH, Woo SL, The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament using the novel knot/press-fit technique: a cadaveric study. *Am J Sports Med* 33: 856-863, 2005
 95. Kim SJ, Kim HK, Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. *Clin Orthop* 317: 237-242, 1995
 96. Kohn D, Rose C, Primary stability of interferece screw fixation. Influence of screw diameter and insertion torque. *Am J Sports Med* 22: 334-338, 1994
 97. Kousa P, Järvinen TLN, Kannus P, Initial fixation strenght of bioabsorbable and titanium interference screws in ACL reconstruction. *Am J Sports Med* 29: 420-425, 2001
 98. Kousa P, Jarvinen TL, Vihavainen M, Kannus P, Jarvinen M, The fixation strength of six hamstring tendon graft fixation devices in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 31: 174-181, 2003

-
99. 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* 15: 225-229, 1987
 100. Labs K, Paul B, To compare and contrast the various evaluation scoring systems after ACL reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg* 116(1-2): 92-96, 1997
 101. Labs K, Perka C, Walther H-U, Peter D, Analyse traumatischer und degenerativer Knorpelläsionen des Kniegelenks. *Arthroskopie* 12: 294-298, 1999
 102. Lajtai G, Balon R, Humer K, Aitzetmuller G, Unger F, Orthner E, Resorbable interference screws. Histologic study 4.5 years postoperative, *Unfallchirurg* 101: 866-869, 1998
 103. Liu S, Morphology and matrix composition during early tendon to bone healing. *Clin Orthop* 339: 253, 1997
 104. Loubignac F, Lecuire F, Rubini J, Basso M, Troublesome radiologic changes after reconstructive fixation of the anterior cruciate ligament with resorbable interference screws. *Acta Orthop Belg* 64: 47-51, 1998
 105. Lutz GE, Palmitier RA, Chao EYS, Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain exercises and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone Joint Surg* 75(A): 732-739, 1993
 106. Lysholm J, Gillquist J, Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10: 150-154, 1982
 107. Makisalo SE, Visuri T, Viljanen A, Jokio P, Reconstruction of the anterior cruciate ligament with carbon fibres: unsatisfactory results after 8 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4: 132-136, 1996
 108. Malek M, DeLuca J, Verch D, Arthroscopically assisted ACL reconstruction using central third patellar tendon autograft with press fit femoral fixation. *Istr Course Lect* 45: 287- 295, 1996
 109. Maletius W, Messner K, The effect of partial meniscectomy on the long-term prognosis of knees with localized, severe chondral damage. A twelve- to fifteen-year follow-up. *Am J Sports Med* 24: 258- 262, 1996
 110. Maletius W, Messner K, Eighteen- to twenty-four-year follow-up after complete rupture of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 27: 711-717, 1999
 111. Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Loreti I, Petitto A, Arthroscopic intra- and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction with gracilis and semitendinosus tendons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 68-75, 1998
 112. Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F, Neri MP, Petitto A, Early versus late reconstruction for anterior cruciate ligament rupture, results after five years of follow-up. *Am J Sports Med* 23: 690-693, 1995

-
113. Marcacci M, Molgora AP, Zaffagnini S, Vascellari A, Iacono F, Presti ML, Anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with hamstrings. *Arthroscopy* 19: 540-546, 2003
 114. Mayo Robson AW: Ruptured cruciate ligaments and their repair by operation. *Ann Surg* 716-718, 1903
 115. McDaniel WJ Jr, Dameron TB Jr, The untreated ACL rupture. *Clin Orthop* 172: 158-163, 1983
 116. McKernan DJ, Weiss JA, Deffner KT, Greenwald RM, Tensile properties of gracilis, semitendinosus and patellar tendons from the same donor. Presented at the 41st Annual Meeting, Orthopaedic Research Society, 1995
 117. Melby A, Noble JS, Askew MJ, The effects of graft tensioning on the laxity and kinematics of the acl reconstructed knee. *Arthroscopy* 7: 257-266, 1991
 118. Mitchell PD, The assesment of acute knee injuries by senior house officers in the accident and emergency department. *Injury* 30: 215-218, 1999
 119. Mitsou A, Vallianatos P, Reconstruction of the anterior cruciate ligament using a patellar tendon autograft. A long term follow up. *Int Orthop* 20: 285-289, 1996
 120. Mok DW, Dowd GS, Long-term results of anterior cruciate reconstruction with the patellar tendon. *Injury* 24: 385-388, 1993
 121. Muneta T, Sekiya I, Ogiuchi T, Yagishita K, Yamamoto H, Shinomiya K, Objektive faktors affecting overall subjektive evaluation of recovery after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scand J Med Sci Sports* 8: 283-289, 1998
 122. Muneta T, Sekiya I, Yagishita K, Ogiuchi T, Yamamoto H, Shinomiya K, Two bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament using semitendinosus tendon with endobuttons: operative technique and preliminary results. *Arthroscopy* 15: 618-624, 1999
 123. Natri A, Jarvinen M, Lehto M, Reconstruction of the chronically insufficient ACL: long term results of the Ericksson procedure. *Int Orthop* 20: 28-31, 1996
 124. Nebelung W, Becker R, Merkel M, Ropke M, Bone tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction with semitendinosus tendon using Endobutton fixation on the femoral side. *Arthroscopy* 14: 810-815, 1998
 125. Nebelung W, Wuschech H, Thirty-five years of follow-up of anterior cruciate ligament-deficient knees in high-level athletes. *Arthroscopy* 21: 696-702, 2005
 126. Noesberger B, Diagnose der frischen Ruptur und Erscheinungsbild der chronischen vorderen Instabilität. aus: *Kniegelenk und Kreuzbänder*, Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.), Springer-Verlag: 145-159, 1990
 127. Nogalski MP, Bach BR Jr, A review of early anterior cruciate ligament surgical repair or reconstruction. Results and caveats. *Orthop Rev* 22: 1213-1223, 1993

-
128. Noyes FR, Grood ES, Butler DL, Paulus LE, Clinical biomechanics of the knee – Ligament restraints and functional stability. In: Funk FJ (Hrsg.) The American Academy of Orthopaedic Surgeons: Symposium of the Athlete's Knee. Mosby, St.Louis: ff 1-35, 1980
 129. Noyes FR, Barber-Westin SD, A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstruction. Am J Sports Med 25: 460-471, 1997
 130. Noyes FR, Barber SD, Simon R, High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, acl deficient knees. A two- to seven year follow up study. Am J Sports Med 21: 2-12, 1993
 131. Noyes FR, Barber-Westin SD, The treatment of acute combined ruptures of the anterior cruciate and medial ligaments of the knee. Am J Sports Med 23: 380-389, 1995
 132. Noyes FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS, Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee ligament repairs and reconstructions. J Bone Joint Surg Am 66: 344-352, 1984
 133. Noyes FR, Barber-Westin SD, Hewett TE, High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated ACL-deficient knees. Am J Sports Med 28: 282-296, 2000
 134. Noyes FR, Barber-Westin SD, Revision ACL with the use of bone-patellar tendone-bone autogenous grafts. J Bone Joint Surg Am 83: 1131-1143, 2001
 135. O'Neill DB, Arthroscopically-assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament: A prospective randomized analysis of three techniques. J Bone Joint Surg Am 78: 803, 1996
 136. Odensten M, Hamberg B, Nordin M, Lysholm J, Gillquist J, Surgical or conservative treatment of the acutely torn anterior cruciate ligament. A randomized study with short-term follow up observations. Clin Orthop 198: 87-93, 1985
 137. Ohno K, Pomaybo AS, Schmidt CC, Levine RE, Ohland KJ, Woo SL, Healing of the medial collateral ligament after a combined medial collateral and anterior cruciate ligament injury and reconstruction of the anterior cruciate ligament: comparison of repair and nonrepair of medial collateral ligament tears in rabbits. J Orthop Res 13: 442-449, 1995
 138. Otero A, A comparison of the doubled semitendinosus/gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 9: 143-148, 1993
 139. Otto D, Pinczewski LA, Clingeleffer A, Five-year results of single incision arthroscopic ACL reconstruction with patellar tendon autograft. Am J Sports Med 26: 181-188, 1998
 140. Palmer I, On the injuries to the ligaments of the knee joint : A clinical study. Acta Chir Scand (Suppl 81) 53: 1-282, 1938

-
141. Patel JV, Church JS, Hall AJ, Central third bone-patellar tendon-bone ACL reconstruction: a 5-year follow-up. *Arthroscopy* 16: 67-70, 2000
 142. Paulos LE, Wnorowski DC, Greenwald AE, Infrapatellar contracture syndrom: Diagnosis, treatment, and long-term followup. *Am J Sports Med* 22: 440-449, 1994
 143. Pena F, Grontvedt T, Brown GA, Aune AK, Engebretsen L, Comparison of failure strength between metallic and absorbable interference screws. Influence of insertion torque, tunnel-bone block gap, bone mineral density, and interference. *Am J Sports Med* 24: 329-334, 1996
 144. Petersen W, Laprell H, Combined injuries of the medial collateral ligament and the anterior cruciate ligament. Early ACL reconstruction versus late ACL reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg* 119: 258-262, 1999
 145. Peterson RK, Sheldon WR, Bomboy AL, Allograft vs. autograft patellar tendon ACL reconstruction: a five-year followup. *Arthroscopy* 17: 9-13, 2001
 146. Pokar S, Wissmeyer T, Krischak G, Kiefer H, Kinzl I, Arthroscopically-assisted reconstruction of the ACL with autologous patellar tendon replacement-plasty. 5 year results. *Unfallchirurg* 104: 317-324, 2001
 147. Robert K, Peterson MD, Walter R, Sheldon MD, Allograft vs. Autograft Patellar Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A 5-Year Follow-up. *Arthroscopy* 17: 9-13, 2001
 148. Rockborn P, Gillquist J, Outcome of arthroscopic meniscectomy. A 13-year physical and radiographic follow-up of 43 patients under 23 years of age. *Acta Orthop Scand* 66: 113-117, 1995
 149. Rodeo SA, Arnoczky SP, Torzilli PA, Tendon healing in a bone tunnel: a biomechanically and histologically study in a dog. *J Bone Joint Surg Am* 75: 1795-1803, 1993
 150. Roe J, Pinczewski LA, Russell VJ, Salmon LJ, Kawamata T, Chew M, A 7-year follow-up of patellar tendon and hamstring tendon grafts for arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: differences and similarities. *Am J Sports Med* 33: 1337-1345, 2005
 151. Roolker W, Patt TW, van Dijk CN, Vegter M, Marti RK, The Gore-Tex prosthetic ligament as a salvage procedure in deficient knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 20-25, 2000
 152. Roos H, Karlsson J, ACL instability and reconstruction. Review of current trends in treatment. *Scand J Med Sci Sports* 8: 426-431, 1998
 153. Rosenberg TD, Paulos LE, Parker RD, Coward DB, Scott SM: The fortyfive degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 70: 1479-1483, 1988
 154. Rosenberg TD, Deffner KT, ACL reconstruction: semitendinosus tendon is the graft of choice. *Orthopedics* 20: 396-398, 1997

-
155. Rosenberg, TD, Chen, LC, Cooley, VJ, Medial Collateral Ligament Healing Response Technique: Microperforation. *Techniques in Knee Surgery* 1: 36-42, 2002
 156. Rougraff B, Shelbourne KD, Gerth PK, Arthroscopic and histologic analysis of human patellar tendon autografts used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 21: 277-284, 1993
 157. Rubin DA, Kettering JM, Towers JD, Britton CA, MR imaging of knees having isolated and combined ligament injuries. *Am J Roentgenol* 170: 1207-1213, 1998
 158. Rupp S, Hopf T, Hess T, Resulting tensile forces in the human bone-patellar tendon-bone graft: direct force measurement in vitro. *Arthroscopy* 15: 179-184, 1999
 159. Sandberg R, Balkfors B, The durability of anterior cruciate ligament reconstruction with the patellar tendon. *Am J Sports Med* 16: 341-343, 1998
 160. Sankar WN, Wells L, Sennett BJ, Wiesel BB, Ganley TJ, Combined anterior cruciate ligament and medial collateral ligament injuries in adolescents. *J Pediatr Orthop* 26: 733-736, 2006
 161. Schatzmann L, Brunner B, Stäubli HU, Effect of cyclic preconditioning on the tensile properties of human quadriceps tendons and patellar ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 56-61, 1998
 162. Schimmer RC, Brulhart KB, Duff C, Arthroscopic partial meniscectomy: a 12-year follow-up and two-step evaluation of the long-term course. *Arthroscopy* 14: 136-142, 1998
 163. Schmid F, Injuries of the medial collateral ligament and anterior cruciate ligament of the knee joint and Lemaire surgical functional treatment. Long-term outcome. *Unfallchirurgie* 22: 123-129, 1996
 164. Schmitz MA, Rouse LM, De Haven KE, The management of meniscal tears in the ACL-deficient knee. *Clin Sports Med* 15: 573-593, 1996
 165. Scholten RJ, Opstelten W, van der Plas CG, Bijl D, Deville WL, Bouter LM, Accuracy of physical diagnostic tests for assessing ruptures of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *J Fam Pract* 52: 689-694, 2003
 166. Scuderi GR, The femoral intercondylar roof angle: radiographic and MRI measurement. *Am J Knee Surg* 6: 10-14, 1993
 167. Segesser B, Goesele A, Fibuläre Bandplastik mit Plantarissehne nach Weber modifiziert nach Segesser. *Sportverl Sportschad* 10: 88-93, 1996
 168. Seil R, Rupp S, Krauss PW, Benz A, Kohn DM, Comparison of initial fixation strength between biodegradable and metallic interference screws and a press-fit fixation technique in a porcine model. *Am J Sports Med* 26: 815-819, 1998

-
169. Seitz H, Chrysopoulos A, Egkher E, Mousavi M, Long term results of replacement of the anterior cruciate ligament in comparison with conservative therapy. *Chirurg* 65: 992-998, 1994
 170. Sernert N, Kartus J, Kohler K, Stener S, Larsson J, Eriksson BI, Karlsson J, Analysis of subjective, objective and functional examination tests after anterior cruciate ligament reconstruction. A follow-up of 527 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 160-165, 1999
 171. Sgaglione NA, Primary repair with semitendinosus augmentation of anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 18: 64-73, 1990
 172. Shaffer BS, Tibone JE, Patellar tendon length change after ACL reconstruction using the midthird patellar tendon. *Am J Sports Med* 21: 449-454, 1993
 173. Shelbourne KD, Gray T, Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation, a two- to nine-year follow-up. *Am J Sports Med* 25: 786-795, 1997
 174. 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* 23: 686-689, 1995
 175. Shelbourne KD, Gray T, Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *Am J Sports Med* 28: 446-452, 2000
 176. Shelbourne KD, Trumper RV, Preventing anterior knee pain after acl reconstruction. *Am J Sports Med* 25: 786-795, 1998
 177. Shelbourne KD, Urch SE, Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon. *Am J Sports Med* 28: 651-658, 2000
 178. Shino K, Nakata K, Horibe S, Quantitative evaluation after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Allograft vs. autograft. *Am J Sports Med* 21: 609-616, 1993
 179. Shino K, Pflaster DS, Comparison of eccentric and concentric screw placement for hamstring graft fixation in the tibial tunnel. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 73-75, 2000
 180. Shirakura K, Terauchi M, Katayama M, Watanabe H, Yamaji T, Takagishi K, The management of medial ligament tears in patients with combined anterior cruciate and medial ligament lesions. *Int Orthop* 24: 108-111, 2000
 181. Siebold R, Buelow J-U, Ellermann A, Einflussfaktoren auf das Ergebnis nach vorderer Kreuzbandplastik mit vierfachem Kniebeugesehnentransplantat. *Arthroskopie* 15: 137-142, 2002

-
182. Siegel MG, Barber-Westin SD, Arthroscopic-assisted outpatient anterior cruciate ligament reconstruction using the semitendinosus and gracilis tendons. *Arthroscopy* 14: 268-277, 1998
 183. Simonian PT, Sussmann PS, Baldini TH, Crockett HC, Wickiewicz TL, Interference screw position and hamstring graft location for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 14: 459-464, 1998
 184. Simonian PT, Erickson MS, Larson RV, O'Kane JW, Tunnel expansion after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction with 1-incision EndoButton femoral fixation. *Arthroscopy* 16: 707-714, 2000
 185. Simpson DA, Thomas NP, Aichroth PM, Open and closed meniscectomy. A comparative analysis. *J Bone Joint Surg Br* 68: 301-304, 1986
 186. Smith A, The diagnosis and treatment of injuries of the crucial ligaments. *Br J Surg*: 176-189, 1918
 187. Smith JP, Barrett GR, Medial and lateral meniscal tear patterns in ACL- deficient knees. *Am J Sports Med* 29, 415-419, 2001
 188. Sommer C, Friederich NF, Muller W, Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 8: 207-213, 2000
 189. Stäubli HU, Rauschnig W, Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. Anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic resonance arthrography in vivo. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2: 138-146, 1994
 190. Stapleton TR, Complications in anterior cruciate ligament reconstructions with patellar tendon grafts. *Sports Med Arthrosc Rev* 5: 156-162, 1997
 191. Steckel H, Fu FH, Starmann JS, The double-bundle technique for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic overview. *Scand J of Med Science in Sports* 17: 99-108, 2007
 192. Swensen TM, Harner CD, Knee ligament and meniscal injuries. Current concepts. *Orthop Clin North Am* 26: 529-546, 1995
 193. Tandogan RN, Taser O, Kayaalp A, Taskiran E, Pinar H, Alparslan B, Alturfan A, Analysis of meniscal and chondral lesions accompanying anterior cruciate ligament tears: relationship with age, time from injury, and level of sport. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12: 262-270, 2004
 194. Tegner Y, Lysholm J, Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198: 43-49, 1985
 195. Thompson WO, Fu FH, The meniscus in the cruciate- deficient knee. *Clin Sports Med* 12: 771-796, 1993

-
196. Tohyama H, Yasuda K, Significance of graft tension in anterior cruciate ligament reconstruction. Basic background and clinical outcome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6: 30-37, 1998
 197. Torg JS, Conrad W, Kalen V, Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 4: 84-93, 1976
 198. Torry MR, Decker MJ, Ellis HB, Shelburne KB, Sterett WI, Steadman JR, Mechanisms of compensating for anterior cruciate ligament deficiency during gait. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1403-1412, 2004
 199. van Kampen A, Wymenga AB, van der Heide HJ, Bakens HJ, The effect of different graft tensioning in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective randomized study. *Arthroscopy* 14: 845-850, 1998
 200. Viola R, Vianello R, Three cases of patella fracture in 1320 anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft. *Arthroscopy* 15: 93-97, 1999
 201. Vuori I, Heinonen A, Sievanan H, Effects of unilateral strength training and detraining on bone mineral density and content in young women. A study of mechanical loading and deloading on human bones. *Calcif tissue Int* 55: 59-67, 1994
 202. Wallace MP, Howell SM, Hull ML, In vivo tensile behaviour of a four-bundle hamstring graft as a replacement for the ACL. *J Orthop Res* 15: 539-545, 1997
 203. Walton M, Absorbable and metal interference screws: comparison of graft security during healing. *Arthroscopy* 15: 818-826, 1999
 204. Warren R, Patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: Arthroscopic versus open. Presented at the Annual Meeting, American Academy of Orthopaedic Surgeons, Washington, DC, February 1992.
 205. Wirth CJ, Indikationsstellung für die konservative oder operative Indikationsstellung der Knieverletzungen. aus *Kniegelenk und Kreuzbänder* von Jakob RP, Stäubli HU (Hrsg.), Springer-Verlag, 1990
 206. Woo SL, Hollis JM, Adams DJ, Tensile properties of the human femur-acl-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med* 19: 208-214, 1991
 207. Woo SL, Chan SS, Yamaji T, Biomechanics of knee ligament healing, repair and reconstruction. *J Biomech* 30: 431-439, 1997
 208. Yanagawa T, Shelburne K, Serpas F, Pandy M, Effect of hamstrings muscle action on stability of the ACL-deficient knee in isokinetic extension exercise. *Clin Biomech* 17(9-10): 705-712, 2002

-
209. Yasuda K, Tsujino J, Tanabe Y, Kaneda K, Effects of initial graft tension on a clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. Autogenous doubled hamstring tendons connected in series with polyester tapes. *Am J Sports Med* 25: 99-106, 1997
210. Yoshya S, Andrish JT, Manley MT, Graft tension in anterior cruciate ligament reconstruction: An in vivo study on dogs. *Am J Sports Med* 15: 464-470, 1987
211. Yuksel HY, Erkan S, Uzun M, The evaluation of intraarticular lesions accompanying ACL ruptures in military personnel who elected not to restrict their daily activities: the effect of age and time from injury. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14: 1139-1147, 2006
212. Zawatsky AB, Beard DJ, O'Connor JJ, Cruciate ligament loading during isometric muscle contractions, A theoretical basis for rehabilitation. *Am J Sports Med* 22: 418-423, 1994
213. Zijl JAC, Kleinpol AEB, Willems WJ, Comparison of tibial tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction using patellar tendon autograft or allograft. *Am J Sports Med* 28: 547-551, 2000
214. Zysk SP, Kruger A, Baur A, Veihelmann A, Refior HJ, Tripled semitendinosus anterior cruciate ligament reconstruction with Endobutton fixation: a 2-3-year follow-up study of 35 patients. *Acta Orthop Scand* 71: 381-386, 2000

10 Abkürzungsverzeichnis

Abb.	-	Abbildung
ADL	-	Activities of daily living
AS	-	articular surface
AOSSM	-	American Orthopaedic Society for Sports Medicine
a-p	-	anterior-posterior
BTB	-	bone patellar-tendon bone
bzw.	-	beziehungsweise
ca.	-	circa
Cl	-	Condylus lateralis
Cm	-	Condylus medialis
cm	-	Zentimeter
CT	-	Computertomographie
DD	-	Differentialdiagnose
Diag.	-	Diagramm
et c.	-	et cetera
et al.	-	et alii
F	-	Femur
h	-	Höhe
IKDC	-	International Knee Documentation Comitee
Kp	-	Kilopond
KT 1000	-	Knee Tensiometer 1000
Lca	-	Ligamentum cruciatum anterius
Lig.	-	Ligamentum
LR+/LR-	-	positiv/ negativ prediktiver Wert
m/w	-	männlich/weiblich
Max.-wert	-	Maximalwert
med.	-	medial
Min.-wert	-	Minimalwert
MI	-	Meniscus lateralis
Mm	-	Meniscus medialis

mm	-	Millimeter
MRT	-	Magnetresonanztomographie
N	-	Newton
n. Chr.	-	nach Christus
NU	-	Nachuntersuchung
Op.	-	Operation
P	-	Patella
Pat.	-	Patient/-en
ROM	-	Range of motion
Sn	-	Sensitivität
Sp	-	Spezifität
STG	-	Semitendinosus-/ Gracilis-Transplantat
T	-	Tibia
Tab.	-	Tabelle
TP	-	Tibiaplateau
VAS	-	Visuelle Analogskala
VKB	-	Vorderes Kreuzband
vs.	-	versus
z.B.	-	zum Beispiel

11 Anhang

IKDC KNIE-EVALUATIONSBLATT								
Name: _____ Vorname: _____ geb. / / Pat.Nr.: _____								
Untersucher: _____ Datum Unters.: / / Datum Unf./-Älle: / / ; / / Datum Op.: / /								
Unfallursache : <input type="checkbox"/> Alltag <input type="checkbox"/> Verk. <input type="checkbox"/> Nicht-Kontaktsport ohne Rot. <input type="checkbox"/> Nicht-Kont.sp. mit Rot. <input type="checkbox"/> Kontaktsport <input type="checkbox"/> Arbeit								
Zeit Unfall-Op. : _____ (Mon.) <input type="checkbox"/> akut (0-2 Wochen) <input type="checkbox"/> subakut (2-8 Wochen) <input type="checkbox"/> chron. (>8 Wochen)								
Betroffenes Knie : <input type="checkbox"/> ra. <input type="checkbox"/> il. Gegenseite: <input type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> verletzt Unters. in Anaesthes.: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein								
Postop. Diagnose : _____								
Operation : _____								
Zustand Menisci : norm. <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. 1/3 entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. 2/3 entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. kompl. entf.: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat.								
Morphotyp : <input type="checkbox"/> lax <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> straff <input type="checkbox"/> varus <input type="checkbox"/> valgus								
Aktiv.niveau : vor Unfall: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV vor Op.: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV								
heute: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV ev. Veränderung wegen Knie <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein								
GRUPPEN (PROBLEMBEREICHE)	BEWERTUNG INNERHALB GRUPPEN				GRUPPENQUALIF.			
	A: normal	B: fast norm.	C: abnormal	D: stark abnorm.	A	B	C	D
1. SUBJEKTIVE BEURTEILUNG DURCH PATIENT								
Wie funktioniert ihr Knie? <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> fast normal <input type="checkbox"/> abnormal <input type="checkbox"/> stark abn.								
Wie beeinflusst ihr Knie ihre Aktivität auf einer Skala von 0 bis 3? <input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3								
2. SYMPTOME (Fehlen von signifikanten Symptomen bei höchster vom Pat. ausgeübter Aktivitätsstufe)								
Keine Schmerzen bei Aktivitätsniveau <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV od.								
Keine Schwellung bei Aktivitätsniveau <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV schlech-								
Kein teilw. Giving way bei Akt.niveau <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV ter								
Kein kompl. Giving way bei Akt.niveau <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV								
3. BEWEGUNGSUMFANG: Flex./Ext.: Betroffene Seite: / / Gegenseite: / /								
Streckausfall (von anatom. Nullstellung) <input type="checkbox"/> <3° <input type="checkbox"/> 3-5° <input type="checkbox"/> 6-10° <input type="checkbox"/> >10°								
Flexionsausfall <input type="checkbox"/> 0-5° <input type="checkbox"/> 6-15° <input type="checkbox"/> 16-25° <input type="checkbox"/> >25°								
4. UNTERSUCHUNG BANDAPPARAT								
Lachman (in 25° Flex.) <input type="checkbox"/> -1 bis 2mm <input type="checkbox"/> -1 b.-3mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm od. <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
idem (alternative Unters., fakultat.) <input type="checkbox"/> -1 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3-5 / -1 bis 2mm <input type="checkbox"/> 6-10 / <-3mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Anschlag: <input type="checkbox"/> fest <input type="checkbox"/> weich								
totale a.p. Transl. in 70° Flex. <input type="checkbox"/> 0 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
idem (alternative Unters., fakultat.) <input type="checkbox"/> 0 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
hint. Durchhang in 70° Flex. <input type="checkbox"/> 0 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
med. Gelenköffnung (Valgusrotation) <input type="checkbox"/> 0 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
lat. Gelenköffnung (Varusrotation) <input type="checkbox"/> 0 bis 2mm <input type="checkbox"/> 3 bis 5mm <input type="checkbox"/> 6 bis 10mm <input type="checkbox"/> >10mm								
Pivot shift <input type="checkbox"/> neg. <input type="checkbox"/> + <input type="checkbox"/> ++ <input type="checkbox"/> +++								
Reversed pivot shift <input type="checkbox"/> = (neg.) <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> markant <input type="checkbox"/> massiv								
5. KOMPARTIMENTALE BEFUNDE								
Patellofemorale Krepitation <input type="checkbox"/> keine/seiteng. <input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark								
Krepitation mediales Kompartiment <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark								
Krepitation laterales Kompartiment <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> schmerzhaft <input type="checkbox"/> stark								
6. SYMPTOME BEI TRANSPLANTATENTNAHMESTELLE								
Druckdolenz, Irritation, Gefühlsstörung <input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gering <input type="checkbox"/> mässig <input type="checkbox"/> stark								
7. RÖNTGENBEFUNDE (ARTHROSE)								
Patello-fem. Gelenkspalt <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
Medialer Gelenkspalt <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
Lateraler Gelenkspalt <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> > 4mm <input type="checkbox"/> 2-4mm <input type="checkbox"/> < 2mm								
8. FUNKTIONELLER TEST								
Einbeinsprung (% der Gegenseite) <input type="checkbox"/> 90-100% <input type="checkbox"/> 76-90% <input type="checkbox"/> 50-75% <input type="checkbox"/> <50%								
GESAMTAUSWERTUNG <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>								

Anhang 1: IKDC Evaluationsblatt

Lysholm-Score		
Hinken	kein Hinken	5
	gelegentlich oder leicht	3
	schwer und ständig	0
Gehhilfen	keine	5
	Stock oder Stütze	2
	keine Belastung möglich	0
OS- Atrophie	keine	5
	1-2 cm	3
	mehr als 2 cm	0
Instabilität	keine	30
	selten (beim Sport oder bei schwerer Anstrengung)	25
	häufig beim Sport o. bei schwerer Anstrengung (o. sport-unfähig)	20
	gelegentlich bei alltäglicher Belastung	10
	häufig bei alltäglicher Belastung	5
	bei jedem Schritt	0
Schmerzen	keine	30
	gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung	25
	stark bei Subluxation	20
	stark bei schwerer Anstrengung	15
	stark nach 2 km Gehen	10
	stark nach weniger als 2 km gehen	5
	ständig	0
Schwellung	keine	10
	bei Subluxation	7
	bei schwerer Anstrengung	5
	bei normaler Anstrengung	2
	ständig	0
Treppensteigen	problemlos	10
	leicht behindert	6
	nur einzelne Stufen	2
	unmöglich	0
Hocken	problemlos	5
	leicht behindert	4
	nicht über 90 Grad	2
	unmöglich	0
Summe		

Anhang 2: Lysholm-Score

Aktivitäts- Score nach Tegner

10	Nationale oder internationale Turniere	Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt (Handball, Basketball)
9	Nationale oder internationale Turniere Regionale Turniere	Abfahrtslauf, Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt (Squash, Badminton) Fußball, Hallen- Ballsport mit Gegnerkontakt
8	Turniersport	Hallen- Ballsport ohne Gegnerkontakt, Eishockey, Abfahrtslauf
7	Turniersport Freizeitsport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik Fußball, Hallen- Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf
6	Freizeitsport	Tennis, Leichtathletik, Turnen, Joggen mindestens fünfmal wöchentlich
5	Arbeit Turniersport Freizeitsport	schwere körperliche Arbeit (Bauarbeit, Waldarbeit) Radfahren, Langlauf, Rudern Jogging auf unebenem Boden zweimal wöchentlich
4	Arbeit Freizeitsport	mittelschwere körperliche Arbeit (Lastwagenfahren, Bodenreinigung) Radfahren, Langlauf, Jogging auf ebenem Boden zweimal wöchentlich
3	Arbeit Turnier- und Freizeitsport	leichte körperliche Arbeit (Krankenschwester) Schwimmen, Waldspaziergänge
2	Arbeit Gehen auf unebenem Boden	leichte körperliche Arbeit
1	Arbeit Gehen auf ebenem Boden	sitzende Tätigkeit
0	wegen Kniebeschwerden arbeitsunfähig oder berentet	

Anhang 3: Aktivitäts-Score nach Tegner

12 Danksagung

Herrn PD Dr. med. K. Labs danke ich für die Überlassung des Themas und für die langjährige wissenschaftliche Betreuung der Arbeit.

Weiterhin danke ich den Mitarbeitern der Poliklinik und des Archivs der Charité Berlin, die mich durch ihre selbstlose Zuarbeit stets unterstützten.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie, ohne die das Studium der Medizin und diese Arbeit nicht möglich gewesen wären.

13 Eidesstattliche Erklärung

Ich, Sebastian Heinicke, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Klinische Langzeitergebnisse nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion unter Verwendung des Patellarsehnentransplantates nach Brückner“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderen Arbeiten dargestellt habe.

Berlin, den

14 Lebenslauf

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