

Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie der
Technischen Universität München
Klinikum rechts der Isar
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. R. Gradinger)

**Instabilitätsbedingte unikompartimentale Gonarthrosen
und deren Behandlungsmöglichkeiten mittels
hoher tibialer Umstellungsosteotomie und Kreuzbandplastik
-
Validierung anhand einer retrospektiven Studie.**

Tina Sabine Hermann

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier
Prüfer der Dissertation: 1. Priv.-Doz. Dr. V. Martinek
2. Univ.-Prof. Dr. A. Imhoff

Die Dissertation wurde am 08.07.2008 bei der Technischen Universität München
eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 24.09.2008 angenommen.

Meinen Eltern
Roselinde und Ludwig Hermann
in Dankbarkeit

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	6
2. Grundlagen	7
2.1 Anatomie der Kreuzbänder	7
2.2 Biomechanik des Kniegelenks und der Kreuzbänder	9
2.3 Folgen der VKB- Insuffizienz	11
2.4 Therapeutische Möglichkeiten der VKB-Ruptur	12
2.4.1 Konservative Therapie	14
2.4.2 Transplantatmöglichkeiten für den VKB-Ersatz	14
2.5 Therapeutische Möglichkeiten bei Meniskus- und Knorpelschäden	18
2.5.1 Therapieoptionen bei Meniskusschäden	18
2.5.2 Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens	20
2.5.3 Therapiewege der Achskorrektur bei Varusfehlstellung	25
3. Material und Methoden	32
3.1 Studienform, Durchführung und Zielkriterien	32
3.2 Abläufe der zugrunde liegenden Operation	32
3.2.1 Umstellungsosteotomie	33
3.2.2 Kreuzbandplastik	34
3.2.3 Zusatzeingriffe OATS und CMI	37
3.3 Nachbehandlungskonzepte	39
3.4 Patientenkollektiv der Studie	39
3.5 Patientengruppe I (HTO + VKB-EPL)	40
3.6 Patientengruppe II (VKB + Re-VKB-EPL)	41
3.7 Datenerhebung und Auswertung	42
3.7.1 Lysholm Score	42
3.7.2 IKDC-Evaluationsbogen	43
3.7.3 Messungen mittels KT1000-Arthrometer	45
3.7.4 Radiologische Untersuchungen und Auswertungen anhand der Röntgenbilder	46
3.7.4.1 Messungen anhand der a.p.-Aufnahmen	46
3.7.4.2 Auswertungen am seitlichen Röntgenbild	48
3.7.4.3 Ausmessungen an der Ganzbeinstandaufnahme	52
4. Ergebnisse	53
4.1 Auswertungen von Daten aus Patientenakten	53

4.1.1 Zeitraum zwischen Trauma und Operation (HTO und VKB-EPL/ Re-VKB-EPL) ..	53
4.1.2 Verletzungsmechanismus	55
4.1.3 Voroperationen an Meniskus und Knorpel	57
4.1.4 Intraoperativer Knorpel- und Meniskuszustand.....	59
4.1.5 Verwendete Kreuzband-Transplantate.....	66
4.2 Ergebnisse der Scores und Evaluationsblätter	68
4.2.1 Auswertungen des Lysholm Scores	68
4.2.2 Auswertung des IKDC-Bogens.....	72
4.2.2.1 Aktivitätsniveau	72
4.2.2.2 Subjektive Bewertung des Knies	75
4.2.2.3 Symptome	77
4.2.2.4 Bewegungsumfang.....	78
4.2.2.5 Bandstatus	82
4.2.2.6 Instrumentelle Ergebnisse bzgl. des Bandstatus mit Hilfe des KT1000.....	90
4.2.2.7 Kompartimentale Befunde, Befunde an der Transplantatentnahmestelle und... Einbeinsprung	92
4.2.3 Gesamtergebnis des IKDC-Bogens	96
4.3 Radiologische Auswertungen	99
4.3.1 Ergebnisse der Achsveränderung bzw. des tibiofemorale Winkels.....	99
4.3.2 Gelenkspaltänderung.....	102
4.3.3 Veränderungen des tibialen Slope	107
4.3.4 Veränderung der Patellahöhe	108
5. Diskussion	113
5.1. Verletzungsmechanismus	113
5.2 Intraoperativer Knorpel- und Meniskuszustand.....	114
5.3 Lysholm Score	117
5.4. IKDC-Score	118
5.5 Radiologische Auswertungen	126
5.6 Zusammenfassung.....	131
5.7 Schlussfolgerung.....	133
6. Literaturverzeichnis	134
7. Abbildungsverzeichnis.....	144
8. Tabellenverzeichnis.....	149
9. Abkürzungsverzeichnis	151

10. Anhang	153
11. Danksagung	156
12. Lebenslauf	157

1. Einleitung und Problemstellung

Sportliche Betätigung nimmt in der heutigen Zeit einen hohen Anteil in der Freizeitgestaltung der Bevölkerung ein. Nicht zuletzt die stetige Neuentwicklung von Sportgeräten sowie Sportarten führt in nahezu allen Altersklassen zu einer steigenden sportlichen Aktivität. Nachteilig wirkt sich dies u. a. durch hohe Unfallzahlen aus, wie am Beispiel der vorderen Kreuzbandruptur ersichtlich ist. Diese stellt eine der häufigsten Bandverletzungen des Menschen dar [91]. Sport wird in bis zu 70% der Fälle als Anlass der VKB-Ruptur angegeben, wobei „non-contact“ Sportarten mehr als zwei Drittel der Läsionen verursachen. Vor allem betroffen sind Personen der Altersgruppe zwischen 15 und 45 Jahren [35]. Nach Erfahrungen von Miyasaka et al. erleiden jährlich 38 von 100.000 Einwohnern eine VKB-Ruptur, in den USA wird deren Inzidenz sogar mit 80.000 Fällen pro Jahr angegeben [35,74]. Als stabilisierendes Element des Kniegelenkes kommt dem vorderen Kreuzband eine wichtige Aufgabe in der funktionellen Anatomie zu [87,75]. Ein Fehlen bzw. eine Insuffizienz dieser Struktur führt langfristig zu einer chronischen Instabilität und, neben einer vermehrten vorderen tibialen Translation, auch zu höheren Belastungen anderer, das Kniegelenk stabilisierender bzw. formender Strukturen [22,42,46,68]. In absehbarer Zeit entwickelt sich dadurch ein zunehmend geschädigtes Gelenk mit zusätzlichen Knorpel- und Meniskusschäden. Besteht bei diesen Patienten ferner eine Achsfehlstellung, und damit vermehrte Belastung eines Kniekompartimentes, entwickeln sich derartige Schäden schneller und somit auch verstärkt die daraus resultierende Arthrose [1,68]. Letztlich ergibt sich das Problem eines multipel geschädigten Gelenkes. Gerade beim jungen Patienten mit dem Anspruch an sportliche Betätigung sucht man nach geeigneter Therapie, um weitere Sekundärschäden zu verhindern oder zumindest deren Progredienz aufhalten zu können und damit den drohenden Gelenkersatz [1,84,94].

Konkret ergibt sich die Frage, ob bei derartigen Patienten mittels einzeitiger Durchführung einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie (HTO), in Kombination mit einer vorderen Kreuzbandplastik, gute Ergebnisse erzielt werden können und sich dieses Procedere als durchaus lohnenswert präsentiert, oder aber den Einzeleingriffen Vorzug zu gewähren ist. Darüber hinaus richtet sich das Augenmerk auf mögliche, postoperativ feststellbare radiologische Verbesserungen und den Benefit des Patienten nach derartig komplexer Intervention. Von Interesse ist auch, ob die einzeitige Durchführung bei Kombinationseingriffen im Rahmen einer Revisionskreuzbandplastik bzw. bei Notwendigkeit weiterer chirurgischer Eingriffe zufrieden stellende Ergebnisse erzielen kann.

2. Grundlagen

2.1 Anatomie der Kreuzbänder

Als passive Führungselemente spielen das vordere und hintere Kreuzband eine entscheidende Rolle für die physiologische Roll- und Gleitbewegung des Kniegelenks [75,108]. Auch im Hinblick auf die vergleichsweise geringe Stabilität des Gelenks, bedingt durch inkongruente Gelenkflächen, übernehmen die Bänder einen wichtigen Teil der Stabilisierung. Das vordere und hintere Kreuzband sind phylogenetisch von dorsal in das Kniegelenk eingewandert, weshalb sie nur ventral und seitlich von Synovialgewebe umgeben werden und nach dorsal lediglich von Stratum fibrosum der Gelenkkapsel bedeckt sind [25]. Das vordere Kreuzband entspringt nahezu ellipsoid an der medialen Fläche des lateralen Femurkondylus um dann fächerförmig im vorderen Abschnitt der Area intercondylaris tibiae zu inserieren (Abb. 1) [2,36]. Die Gesamtlänge des VKB wird durchschnittlich mit 32mm angegeben und die Breite mit 11mm beziffert [2,36,86].

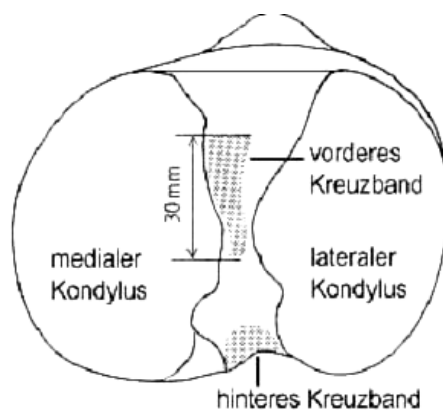


Abb. 1 Insertionsflächen des VKB und HKB am Tibiaplateau. Aus [36].

Das Band besteht aus Faszikeln, welche umeinander gewunden, in Form einer leicht nach lateral gedrehten Spirale verlaufen [2,36,86]. Diese Faszikel werden in zwei Hauptbündel, ein anteromediales (AMB) und ein posterolaterales Band (PLB), zusammengefasst. Obwohl sich diese beiden Teilstrukturen des VKB histologisch nicht voneinander abgrenzen lassen, gehen einige Autoren doch detailliert darauf ein und beschreiben deren Anatomie wie folgt: Die Bündel des AMB verlaufen von der proximalen Seite des femuralen Anhaftungspunktes des VKB zu dem anteromedialen Befestigungspunkt an der Tibia. Das PLB dagegen nimmt seinen

Ursprung an der distalen femuralen Befestigung und inseriert am posterolateralen Pol des tibialen Fixierungsareals [2,58,82,86]. Diese Anordnung der Fasern führt dazu, dass das AMB über den gesamten Bewegungsumfang annähernd gleichmäßig gespannt ist (Abb. 2a,b). Es ist das Leitbündel des VKB und muss bei einer VKB-EPL in seinem Verlauf prinzipiell imitiert werden. Das PLB ist in Extensionsstellung des Beines gespannt und in Flexionsstellung durch Ventralverlagerung des femoralen Ansatzes vollständig entspannt (Abb. 2a,b). Bei zunehmender Streckung werden immer mehr Fasern des VKB benötigt, um den anwachsend ungünstigen Angriffspunkt des Bandes gegen die anteriore Translation zu kompensieren (Abb. 2) [2,58,86].

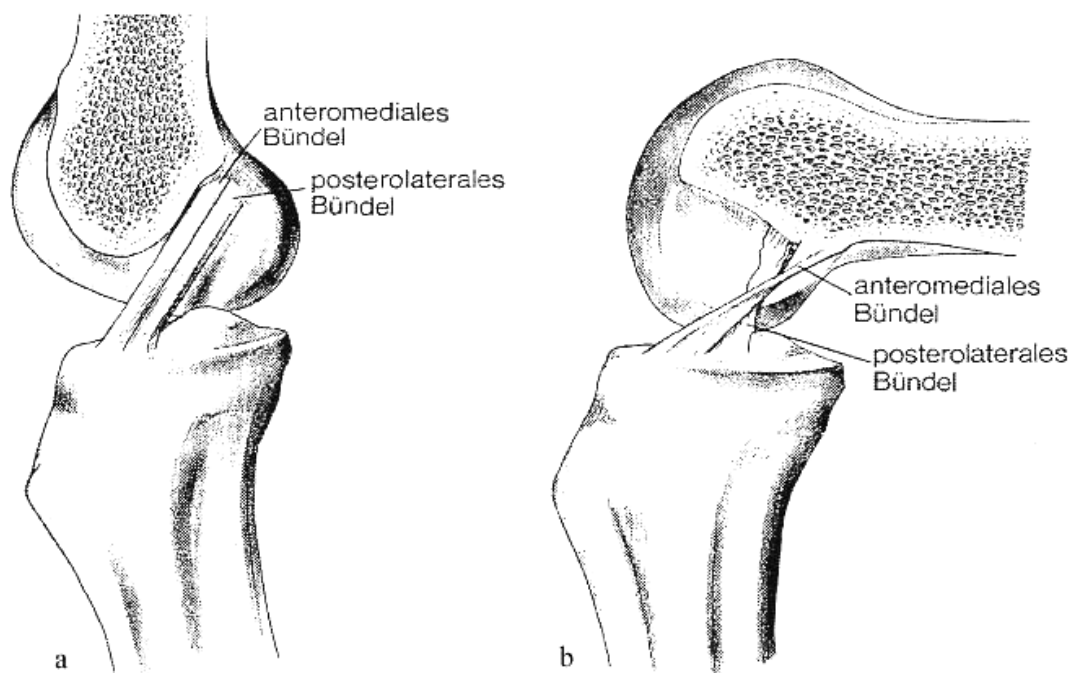


Abb. 2 Funktionelle Anatomie des VKB: **a** Funktionelle Bündel des VKB
b Streckungsverhalten der einzelnen Bündel bei Flexion. Aus [58].

Nicht nur beim vorderen, sondern auch beim hinteren Kreuzband können zwei Teilbänder benannt werden, so existiert ein anterolaterales (ALB) und ein posteromediales Bündel (PMB) [36,88]. Den größten Anteil des HKB bildet dabei das ALB, welches von der ventralen Fläche des medialen Femurkondylus nach posterolateral zur Rückfläche der Tibia verläuft. Das posteromediale Bündel entspringt vom dorsalen Bereich der femoralen Insertionszone und verläuft schräg bis zum medialen Teil des tibialen Anhaftungspunktes. Die Gesamtlänge dieses Ligamentes beträgt 38mm und der Querschnitt wird mit ca. 13mm angegeben [36]. Im Bereich ihrer axialen Fläche berühren sich die beiden Kreuzbänder und gleiten aneinander vorbei,

wobei sich je nach Bewegung ein unterschiedliches Anspannungsmuster innerhalb des Bandes ergibt [36]. Das HKB wird zudem von zwei inkonstanten meniskofemorale Bändern begleitet, dem Ligamentum meniscofemorale posterius (sog. Wrisberg-Ligament) und dem Ligamentum meniscofemorale anterius (sog. Humphrey-Ligament) [103].

2.2 Biomechanik des Kniegelenks und der Kreuzbänder

Im Kniegelenk erlauben die beteiligten Gelenkpartner Tibia und Femur eine Roll- und Gleitbewegung, die Rotation um 3 Achsen bzw. die Translation auf 3 Ebenen [53,72,75]. Bänder und Menisken haben daher nicht nur die alleinige Funktion der Stabilisation, sondern dienen auch der Gelenkführung. Bei der Kniebewegung ist die Form der Gelenkpartner nicht als völlig inkongruent anzusehen, vielmehr folgt deren Bauprinzip mathematisch-geometrischen Gesetzen, wie unter anderem durch Menschik beschrieben [75,72,53]. Seiner Theorie nach liegt das System der “überschlagenen Viergelenkkette“ als grundlegendes Prinzip der Kinematik des Kniegelenks vor. Bei dieser Betrachtungsweise werden die Kreuzbänder als entscheidende Faktoren der Gelenkführung angesehen. Sie beschreiben das System zweier Stäbe, die während der Bewegung in ihrer Länge konstant bleiben und durch ihre Insertionspunkte die Gelenkbewegung vordiktieren. Bei seinen Überlegungen untersucht Menschik die Kniebewegung nach festgelegten Kriterien. Er definiert, dass in der Sagittalebene die Femurkondylen ein ruhendes System (Rastsystem) und die Tibia ein, sich tangential um die Kondylen bewegendes, Gangsystem darstellen. Diesem Bewegungsprinzip zur Folge stellen die femoralen Ursprungspunkte der Kreuzbänder (Abb. 3a) Drehpunkte dar, um welche sich die Bänder jeweils bewegen. Dabei beschreiben die Ansatzpunkte A1 (Ansatz des VKB) und B1 (Ansatz des HKB) (Abb. 3a) der Kreuzbänder jeweils eine Kreisbewegung, wobei sich diese Kreislinien aufgrund der Längendifferenz der Kreuzbänder schneiden; der Schnittpunkt stellt die Drehachse dar. Diese Kreisbahnen bewirken bei Flexion eine physiologische Rückverlagerung des femoralen Aufliegepunktes auf dem Tibiaplateau (Abb. 3b). Entsprechende Ergebnisse konnte Müller ermitteln, dieser bewegte jedoch den Femur bei feststehender Tibia [72,73].

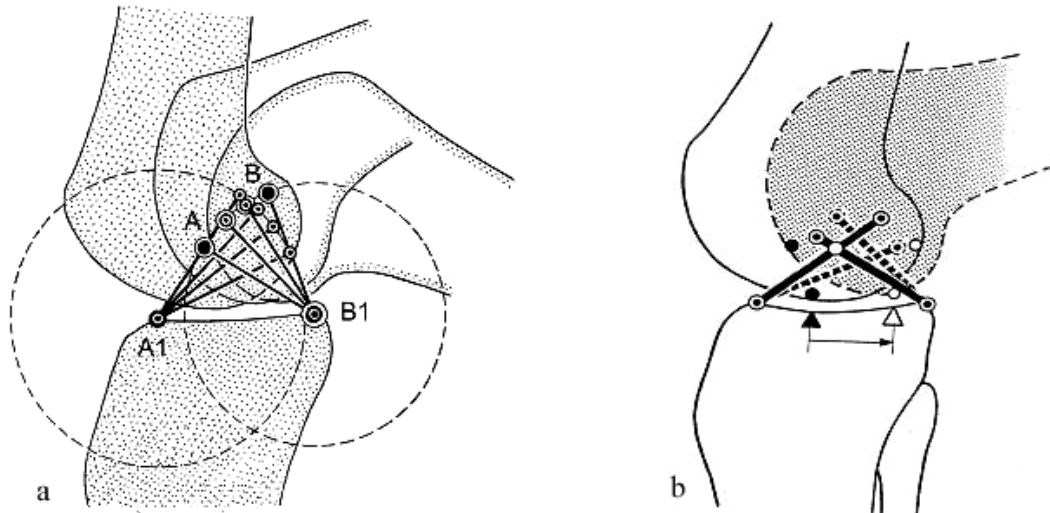


Abb. 3 **a** Die Kreuzbänder bewegen sich nach dem Prinzip des überschlagenen Gelenkvierecks auf Kreisbahnen.
b Physiologische Dorsalverlagerung des femoralen Auflagepunktes auf dem Tibiaplateau. Aus [72].

Bei genauerer Betrachtung der Gelenkpartner konnte Menschik weiter feststellen, dass das Dach der Fossa intercondylaris zum Oberschenkel ein Winkel von 40° bilden muss und die femoralen Ursprungspunkte der Kreuzbänder auf einer Linie liegen müssen, denn nur dann wird ein Bewegungsumfang des Knies von $5-0-140^\circ$ (Extension/Flexion) ermöglicht. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass das vordere Kreuzband bei dieser Konstellation in Streckstellung des Gelenks parallel dem Dach der Fossa anliegt und damit ein weiteres Überstrecken verhindert. Im Gegensatz dazu steht das hintere Ligament bei derartigen Verhältnissen senkrecht zur Fossa intercondylaris. Beide Bänder werden jedoch bei einem Überstreckversuch in ihrer Längsrichtung belastet und angespannt, womit die Voraussetzungen für eine Streckstellung des Kniegelenks und die Festigkeit des Standbeines gegeben sind [72]. Hieraus erklärt sich jedoch auch der Unfallmechanismus der vorderen Kreuzbandruptur. Dieses Ligament erfährt größte Belastung bei auftretenden Kräften in Überstreckung, weshalb somit ein starkes Hyperextensionstrauma, evtl. verstärkt durch Rotationskräfte, zu einer Ruptur des VKB führen kann. Erfolgt eine vordere Kreuzbandplastik zu weit ventral im Dach der Fossa intercondylaris, wird durch o. g. Erkenntnis nun verständlich, dass dieses Band bei starker Flexion zu kurz sein muss und, als schwächstes Glied in der Kette, somit bei extremer Beugung reißt oder zumindest überdehnt wird (Abb. 4) [53].

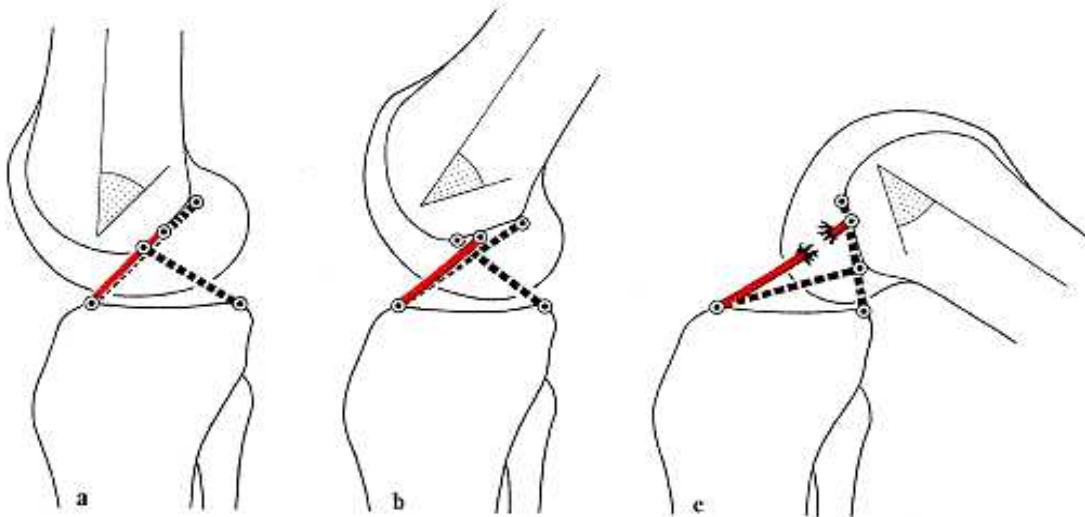


Abb. 4 a-c Falsch eingesetzte Kreuzbänder können sich während der Flexion nicht auf Kreisbahnen bewegen; So erschlafft ein zu weit ventral (a) refixiertes VKB bei geringer Flexion. Bei 120° muss es bei mangelnder Länge reißen (c). Aus [53].

Menschik untersuchte darüber hinaus auch Bewegungsabläufe zwischen Tibia und Femur und konnte darstellen, dass die gegeneinander erfolgten Abroll- und Gleitbewegungen in einer bestimmten Relation zueinander stehen [73]. Bei zunehmender Flexion verschiebt sich das Verhältnis zwischen Roll- und Gleitbewegung zugunsten der Gleitbewegung der Femurcondylen auf dem Tibiaplateau. Diese getroffenen Aussagen erlangen jedoch nur Gültigkeit unter dem Ausschluss der Schlussrotation, welche ca. 15° beträgt und nur bei gleichzeitiger Außenrotation der Tibia möglich ist. Bedingt wird dieses Phänomen durch die Position der Kreuzbänder in der Fossa intercondylaris und deren Ansatzpunkte an der Tibia [73].

2.3 Folgen der VKB- Insuffizienz

Die Kreuzbänder sind nicht nur für den Bewegungsablauf sondern auch für das Bewegungsausmaß von enormer Bedeutung. Damit stellt sich natürlich die Frage, ob ein Kniegelenk mit insuffizientem bzw. rupturiertem Kreuzband überhaupt noch vollwertig funktionieren kann. In einigen Studien konnte gezeigt werden, dass bei einer Ruptur des VKB periphere Bandstrukturen und die Gelenkkapsel diesen Verlust nicht kompensieren können, vielmehr führt dieser Schaden zu einer Störung der Roll- und Gleitbewegung und mündet dauerhaft in einer chronischen Knieinstabilität [1,53,68,90]. Erfolgt eine Schädigung des/der

Meniskus/Menisken nicht schon zum Zeitpunkt des Traumas, so kommt es doch langfristig meist in beiden Kompartimenten zu Meniskusläsionen mit Bedarf an chirurgischer Intervention [1,46,68,69,77]. Ist ein Knie erst einmal in diesem Zustand, befindet man sich bereits in einem Teufelskreis der Gelenkschädigung (Abb. 5).

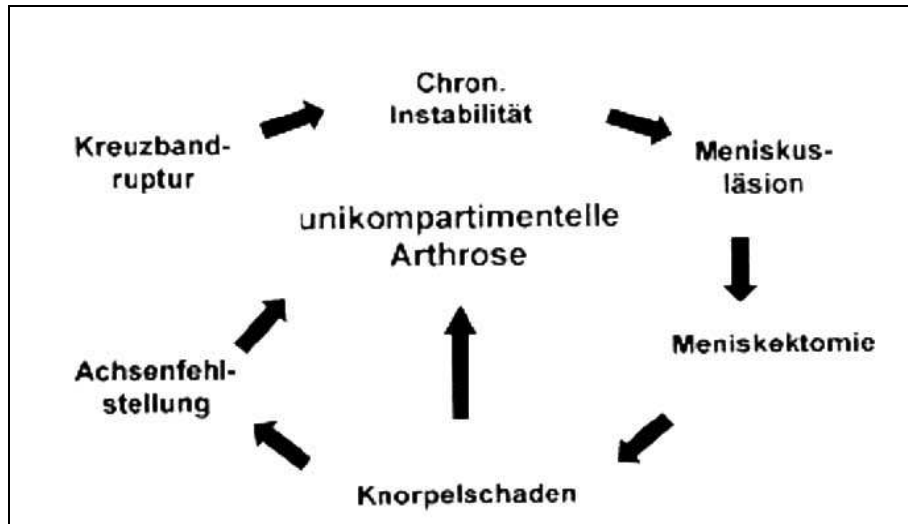


Abb. 5 Circulus vitiosus der Knie-Instabilität. Aus [66].

Durch fehlende Menisken kommt es zu einer erhöhten Stresssituation auf den Knorpel, welcher, bei zusätzlichem Vorliegen einer vorderen Kreuzbandruptur und damit verstärkter anteriorer tibialer Translation (ATT), vermehrt geschädigt wird und eine Arthrose entsteht [1,22,34,48,77,101]. Liegen neben diesen Pathologien noch funktionelle oder kongenitale Achsenfehlstellungen vor, konzentriert sich die Belastung auf ein Gelenkareal, dessen Anfälligkeit für degenerative Veränderungen damit noch verstärkt wird und mit unikompartimentaler Arthrose gerechnet werden muss [1,34,69]. Man steht nun vor einem multipel geschädigten Gelenk mit der zwangsläufigen Frage nach notwendigen und situationsentsprechenden Therapiemöglichkeiten.

2.4 Therapeutische Möglichkeiten der VKB-Ruptur

Das Spektrum der Therapie der vorderen Kreuzbandruptur kann in der Vergangenheit keineswegs als einheitlich bezeichnet werden. Es wurden, neben der heute obsoleten

konservativen Therapie, viele verschiedene Transplantate und Rekonstruktionstechniken durchgeführt [24,104]. Bereits im Jahre 1895 begannen Ärzte damit, sich Gedanken über operative Therapiemöglichkeiten des vorderen Kreuzbandes zu machen. Robson versuchte als Erster eine operative Intervention in Form einer Primärnaht des zerstörten Bandes [24]. Bis zur heutigen Zeit wurden weitere Operationsverfahren entwickelt und getestet. Das Spektrum reicht von prothetischem Ersatz des VKB, über extraartikuläre Stabilisierungen, bis zum primären Kreuzbandersatz durch Auto- und Allografts [24,58,104]. Um die Jahrtausendwende werden folgende Methoden zur VKB Rekonstruktion vorwiegend verwendet: autologe Patellarsehnen-, Hamstringsehnen- und Quadrizepssehnen-transplantate (Abb. 6) [29,104].

<i>Autologe Transplantate</i>	<i>Allografts (homologe Transplantate)</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Mittleres Drittel aus der Patellarsehne als Knochen-Sehnen-Knochen-Transplantat (BPTB) - Laterales Drittel aus der Patellarsehne - 2fache, 3fache oder 4fache Semitendinosussehne - 4fache (bis zu 6fache) Semitendinosus- und Grazilissehnen (Hamstrings) - Zentraler Anteil aus der Quadrizepssehne mit patellärem Knochenblock 	<ul style="list-style-type: none"> - Patellarsehne - Quadrizepssehne - Hamstrings - Achillessehne - Tibialis-anterior-Sehne (seltener auch Tibialis-posterior-Sehne)

Abb. 6 Transplantate für den Ersatz des VKB. Nach [104].

Begleitet wurde diese Entwicklung der Transplantatmöglichkeiten von einer Evolution der Fixationsmöglichkeiten und operativen Technik, die von der klassischen Arthrotomie über Miniarthrotomie, bis hin zur heute vor allem verwendeten Methode der arthroskopisch assistierten Technik verlief. Neben autologen Transplantaten wurden schon ab Mitte des 20. Jahrhunderts körperfremde biologische Gewebe zur Rekonstruktion des Kreuzbandes aus verschiedenen Spenderregionen verwendet, diese Methodik findet aber heute nur in Ausnahmefällen Anwendung [24,104].

2.4.1 Konservative Therapie

Bei Vorliegen eines insuffizienten bzw. rupturierten Kreuzbandes muss, wie u. a. McDaniel et al. zeigen konnten, mit Langzeitschäden des Kniegelenks in Form von Meniskusläsionen, Knorpelschäden und Arthrose gerechnet werden [1,22,34,46,48,68,69,77,101]. Fink et al. fanden jedoch heraus, dass Patienten mit einem niedrigen Sportniveau trotz konservativer Behandlung durchaus zufrieden stellende subjektive Langzeitergebnisse erlangen können [27]. Ähnliche Ergebnisse blieben jedoch für Patienten aus, welche ihre sportliche Aktivität nicht aufgeben oder eingeschränkt haben. Aus diesem Grund wird heute die Indikation zur operativen Therapie entscheidend davon beeinflusst, in welchem Lebensalter sich der Patient befindet und welche Sportfähigkeit sich dieser zukünftig erwartet [27,58].

2.4.2 Transplantatmöglichkeiten für den VKB-Ersatz

Patellarsehne

Jahre lang war der Ersatz des VKB mittels autologem Patellarsehnendrittel unter Mitnahme von Knochenblöcken (BPTB) die allgemein akzeptierte Therapiemaßnahme und Standardmethode. Dabei wurde ein etwa 10mm breiter Sehnenanteil mit zwei Knochenblöcken aus dem inferioren Patellapol und der Tuberositas entnommen. Entscheidende Initiatoren dieser Technik waren Jones K. und Brückner H., wobei letzterer die von Jones 1963 vorgestellte Technik des Patellarsehnentransplantates weiter modifizierte [13,50]. Brückner implantierte die Kreuzband-Transplantate über einen tibialen Bohrkanal. Trotz Entwicklung von Ersatzmethoden blieb diese Art der Kreuzbandplastik über lange Zeit die überwiegend verwendete Technik [92]. Dies ließ sich auf einige positive Eigenschaften des Transplantates zurückführen, wobei der größte Vorteil des BPTB die hohe Stabilität darstellte. Dessen Reißfestigkeit wird in der Literatur zwischen 1700 und 2900 N angegeben, je nach getesteter Sehnenbreite [104]. Auch die verbesserten Heilungstendenzen durch Mitnahme von Knochenblöcken und die allgemein guten postoperativen Ergebnisse waren ausschlaggebende Gründe. Trotzdem gibt es mögliche z. T. gravierende Nachteile dieses Verfahrens. Spezielle Komplikationen stellen Störungen des Kniestreckapparates dar sowie Rupturen der Patellarsehne und Frakturen der Patella. Letzteres lässt sich durch vorsichtige Entnahme des Transplantates minimieren und steht als negativer Aspekt mit einer Inzidenz von 0,1-3% deutlich hinter dem Problem der Morbidität an der

Transplantatentnahmestelle. Diese Beschwerden, die sich vor allem durch Schmerzen an der Spenderregion äußern, sind schlecht therapeutisch angebar, jedoch in bis zu 60% der Fälle vorhanden [29,104]. Somit konnte Patienten, die kniende Tätigkeiten ausüben bzw. maximale Kräfte des Kniestreckapparates benötigen, nicht zu einem Kreuzbandersatz mittels autologer BPTB geraten werden [92,104]. Vielmehr wandelte sich der therapeutische Ansatz unter anderem durch oben genannte Nachteile dahingehend, dass heute der Kreuzbandersatz zunehmend durch Hamstringsehnen das Standardvorgehen darstellt [28,81].

Hamstringsehnen

Die Transplantatgewinnung aus Sehnen des Pes Anserinus (Hamstringsehnen) stellt die heute vorwiegend verwendete Technik dar [28,67,81]. Cho KO führte 1975 als einer der Ersten die Ersatzplastik mittels Semitendinosus-Sehne (STS) durch [56]. Diese Technik wurde in den folgenden Jahren nur zurückhaltend von Operateuren angewendet, da bei STS-Transplantaten eine geringere Reißfestigkeit gegenüber den Patellarsehnentransplantaten nachgewiesen wurde [80]. Erst nach Modifikationen dieser Methodik, durch Kombination mit Anteilen der Graziis-Sehne (GS) bzw. Verwendung der Hamstringsehnen als Dreifach- oder Vierfachstrang, konnte eine stärkere Reißfestigkeit erzielt werden. Durch Verwendung von 2 STS oder 4 Strängen (STS oder STS+GS) konnten Zugfestigkeiten von bis zu 4500N erreicht werden, was dieser Technik unter anderem einen gleichwertigen Stellenwert verglichen zur Patellarsehne (PS) bescherte [38,81,97,104]. Voraussetzung für die hohe Stabilität ist jedoch eine gleichmäßige Vorspannung aller Sehnenstränge vor Implantation des Transplantates [38,104]. Darüber hinaus kann mit dieser Technik die anatomische Doppelbündelstruktur des VKB besser rekonstruiert werden, was bei komplexen Knieschäden als Vorteil erachtet wird [104]. Als Nachteile dieser Ersatzmethode gelten unter anderem Störungen der Innenrotation, Schwächung der Agonisten des VKB, schwierige Entnahmetechnik und aufwendige Nähoperationen zur Transplantatvorbereitung [67,97]. Jedoch haben Fortentwicklung von Operations- und Befestigungstechniken sowie gute Langzeitergebnisse dieser Methodik dazu geführt, dass mittlerweile der vordere Kreuzbandersatz mittels Hamstringsehnen als Goldstandard angesehen und durchgeführt wird [28,67,112].

Quadrizepssehne

Zur Gewinnung dieses Transplantates wird optimalerweise der zentrale Anteil der Sehne in Form eines ca. 10mm breiten Streifens verwendet. Mit dieser Methodik kann ein größerer Gewebequerschnitt in der Mitte des Transplantates erzielt werden als beim Patellarsehnendrittel. Wider erwarten bietet das Quadrizepssehnen-Transplantat jedoch keine höhere Reißfestigkeit, was durch bessere mechanischen Eigenschaften z. B. der Patellarsehne zu erklären ist [104]. Auch bei Quadrizepssehnen-Transplantaten besteht die Möglichkeit Knochenblöcke zu entnehmen und damit eine bessere ossäre Integration und Fixation zu erlangen. Dennoch findet diese Methode kaum routinemäßige Anwendung bei der Therapie der Kreuzbandplastik, weshalb die Datenlage sehr gering und uneinheitlich ist. Chen et al. konnten eine deutliche Kraftreduktion des Musculus quadriceps femoris postoperativ zeigen, die auch noch lange Zeit nach der Operation vorhanden war [16]. In der Literatur wird zudem auch über eine erhebliche Morbidität an der Entnahmestelle berichtet, jedoch vorwiegend von Autoren, welche diese Methode nicht routinemäßig anwenden [16,104].

Allogene Transplantate

Schon frühzeitig dachte man über den Einsatz von körperfremdem Gewebe als Transplantatalternative nach. Bereits 1930 wurden erstmals Patienten mit xenogenen Kreuzbandtransplantaten versorgt [24]. Verwendet wurde dazu vorwiegend homologes Gewebe aus folgenden Regionen: Sehnen des M. tibialis anterior, halbierte Achillessehnen, Patellarsehnen und Fascia-lata-Streifen [24]. Die erzielten Ergebnisse waren viel versprechend, darüber hinaus ergaben sich durch dieses Verfahren auch einige Vorteile: Neben Vermeidung der Entnahmemorbidität, und damit verbundener Reduktion postoperativer Schmerzen, sind auch Aspekte wie Verkürzung der Op-Zeit, kleinere Operationsnarben, freie Wahl unterschiedlicher Transplantatgrößen und mehrfache Verfügbarkeit unter anderem bei Revisionseingriffen zu nennen [24,104]. Es wurde auch von einigen Autoren diskutiert, dass diese Transplantate besser biologisch integriert und sogar vaskularisiert werden bei zudem Ausbleiben einer überschießenden Fremdkörperreaktion [29,104]. Darüber hinaus wird davon ausgegangen, dass homologes Gewebe einem längeren Umbau und Inkorporationsprozess als körpereigenes unterliegt [29,104]. Trotz positiver Eigenschaften der Allografts und ähnlicher Langzeitergebnisse im Vergleich mit autologen Transplantaten, konnte sich dieses Verfahren

bis heute nicht als Routinemethode durchsetzen [24,29,104]. Dies liegt unter anderem an dem zwar geringen, jedoch nicht vollständig eliminierbarem Risiko übertragbarer Infektionen wie z. B. HIV und Hepatitis C. Es gibt zwar Methoden zur Sterilisation und Aufbereitung der Allografts, diese sind jedoch mit strukturellen Einbußen der Gewebestabilität verbunden. Deshalb werden heute vorwiegend unbehandelte sog. "fresh frozen" Transplantate verwendet, bei welchen aber eine mögliche Übertragung von HIV-Viren somit nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Gerade in Deutschland ergibt sich außerdem das Problem der Verfügbarkeit, da es nicht, wie z. B. in USA, allgemeine Gewebebanken gibt, die schnell und problemlos Transplantate zur Verfügung stellen können. Es kann zwar Gewebe importiert werden, dies gestaltet sich in der BRD durch entsprechende Gesetze äußerst langwierig und schwierig. Nur Zentren mit eigenen Gewebebanken haben leichteren Zugriff auf derartige Transplantate. Diese Ersatzgewebe sind vor allem komplexen Knieinstabilitäten vorbehalten und stehen deshalb hauptsächlich in Spezialkliniken der Therapie zur Verfügung [24,29,104].

Obwohl insgesamt eine Reihe von Transplantatmöglichkeiten und Verfahren zur Rekonstruktion des Kreuzbandes vorliegen, hat sich eine völlig einheitliche Methodik noch nicht durchgesetzt, was aktuelle Diskussionen zu diesem Thema erkennen lassen. So beschäftigt sich u. a. die Arbeitsgruppe um Zantop und Fu et al. mit neuen Verfahren der vorderen Kreuzbandplastik und sie versuchen auch weiterhin diese zu perfektionieren [112]. Unter anderem haben Zantop et al. die Arbeitsweise in der Hinsicht verändert, dass man die Kreuzbandplastik nicht mehr nur mittels einem „Einstrang-Transplantat“ ersetzt, sondern mit zwei Strängen (Double bundle) die anatomische Struktur des Kreuzbandes- und dessen Binnenstruktur mit AMB und PLB- besser zu rekonstruieren versucht. Diese Methodik hat auch technische Verfeinerungen zur Folge. Es werden zur Integration der Einzelstränge jeweils separate Bohrkanäle verwendet. Bisher zeigen sich die Ergebnisse Erfolg versprechend. Weitere Neuentwicklungen der Therapieverfahren sowie langfristige Studien- und Forschungsergebnisse bleiben abzuwarten.

2.5 Therapeutische Möglichkeiten bei Meniskus- und Knorpelschäden

2.5.1 Therapieoptionen bei Meniskusschäden

Eine Ruptur des Kreuzbandes führt, wenn nicht bereits im Zusammenhang mit dem Primärtrauma, langfristig zu Schäden am Meniskus und damit letztlich zu Notwendigkeit medizinischer Intervention [1,46,68,69,111].

Nachdem die immense Wichtigkeit des Meniskus auf die Gelenkstabilität immer mehr erkannt wurde, stellte man die Indikation zur totalen Meniskektomie sehr überlegt. Zuvor wurden bis zu 85% der Menisken komplett reserziert, da man der Meinung war, dass nur spezielle Rissformen zur Heilung gebracht werden können [89,111]. Zwar würde man sich eine konservative Behandlungsmöglichkeit bei Meniskusschäden wünschen, diese ist jedoch selten anwendbar und nur bei asymptomatischen stabilen Rissformen praktikierbar (Abb. 7). Es entwickelt sich bei konservativer Therapie ein Pseudoregenerat des Meniskus, dessen Funktion jedoch deutlich eingeschränkt ist [111]. Symptomatische Meniskusrisse benötigen eine gezielte chirurgische Therapie, welche sich seit den 80er Jahren, mit Einführung der arthroskopischen Technik, in Form von speziellen Nahttechniken etabliert hat: die “Inside-out-Technik“, die “Outside-in-Technik“ und die “All-in-Technik“ [111].

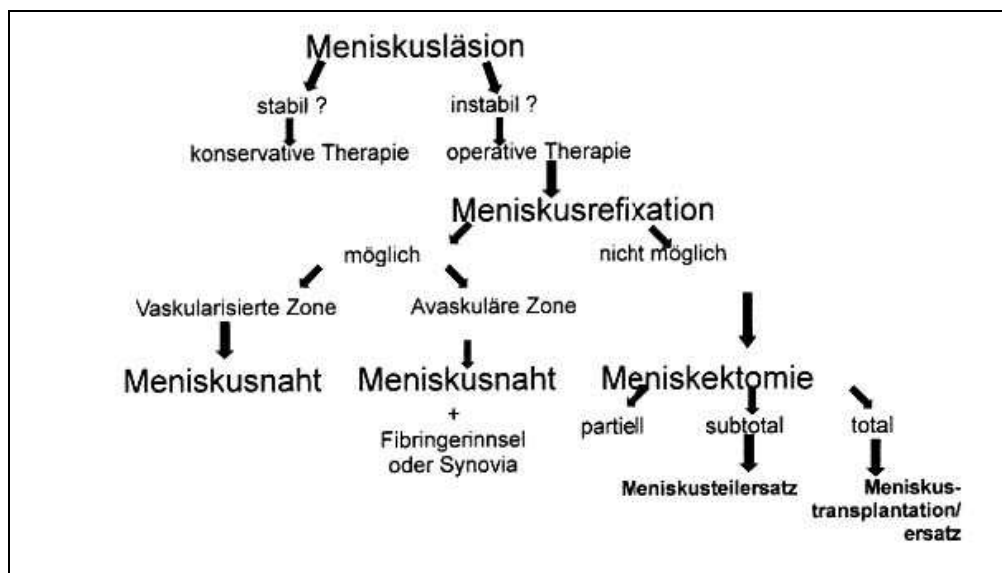


Abb. 7 Flussdiagramm zur Therapie der Meniskusläsion. Aus [111].

Die Techniken unterscheiden sich in Bezug auf das Einbringen der Naht. Bei der "Inside-out-Technik" wird der Meniskus vom Gelenkinneren her nach außen mit einer Naht versorgt. Bei der "Outside-in-Technik" erfolgt die Einbringung der Fäden in umgekehrter Richtung, welche anschließend unter der Haut verknüpft werden. Beide Methoden ermöglichen das Einbringen einer Horizontal- wie Vertikalnaht und auch die Verwendung von nicht- oder resorbierbaren Fäden [111]. Zu Beginn der 90er Jahre wurde eine Alternativmethode vorgestellt, die "All-in-Technik". Diese ermöglichte nun die arthroskopische Refixierung des Meniskus im Gelenkinneren mittels bioresorbierbaren Implantaten, z. B. dem Meniskusanker "Meniscus-Arrow" (Bionx), bzw. konnte nun durch Spezialnadeln eine Naht im Gelenk geknüpft werden [89,100,111]. Gelingt eine Refixierung der Meniskusläsion nicht, sollte dieser zur Vermeidung von Knorpelschäden total, subtotal oder partiell entfernt werden. Die totale Meniskektomie bleibt heute jedoch speziellen Rissformen vorbehalten, so wird eine absolute Indikation nur noch in Fällen mit symptomatischen Scheibenmenisken oder dessen asymptomatischen Läsionen gestellt. Weiter erfolgt die totale Meniskusentfernung nur bei symptomatischen nicht rekonstruierbaren Meniskusrissen [111]. Primär sind partielle Resektion und Refixation die Methoden der Wahl zur Behandlung symptomatischer Meniskusrisse.

Ist jedoch die totale oder subtotale Meniskektomie unvermeidbar, kann eine Meniskustransplantation in Erwägung gezogen werden, da dem Gelenk sonst die frühzeitige Arthrose droht [23,111]. Am häufigsten wird der allogene Meniskusersatz durchgeführt. Problematisch dabei ist die Bereitstellung frischer Transplantate in entsprechender Größe und Form. Natürlich besteht auch in diesem Fall, wie bei allen Allografts, die nicht vollständig eliminierbare Gefahr der Infektionsübertragung. Darüber hinaus verwendet man Prothesen, welche in Form von Kollagengerüsten in das Gelenk implantiert werden und durch Repopularisation, mittels körpereigener Zellen, ein Ersatzgewebe bilden [23,111]. Letzteres zielt jedoch nicht auf einen vollständigen Meniskusersatz, sondern auf dessen Teilersatz ab. Diese Techniken sind ein relativ neues Gebiet der orthopädischen Chirurgie und befinden sich noch im Stadium der klinischen Prüfung. Die bisher vorliegenden Langzeitergebnisse zeigen sich jedoch viel versprechend [23,33]. So erbrachte die Studie von Graf et al. eine deutliche Verbesserung der Kniebeschwerden nach allogenen Meniskusersatz noch nach über 9 Jahren [33].

Neben Rissform und Zustand des Meniskus sollten aber auch weitere Faktoren in die Überlegung bzgl. des geeigneten Therapieverfahrens mit einbezogen werden. So sind u. a. Alter des Patienten, Begleitverletzungen des Kniegelenkes, Vorhandensein von degenerativen

Veränderungen und auch gewünschte Rehabilitationszeit und Sportfähigkeit von großer Bedeutung für die entsprechende Therapie [23,100,111].

2.5.2 Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens

Hyaliner Knorpel bildet die Gleitflächen der Gelenke und besteht im Wesentlichen aus Wasser, dessen Anteil 60-80% am Gesamtgewebe ausmacht [15]. Diese wasserhaltige Grundsubstanz wird von Kollagenfibrillen, hauptsächlich Typ-II- Kollagen, mit 90-95% Proteoglykanen und anderen Proteinen umgeben. Der avaskuläre und nicht innervierte Knorpel wird durch Synovialflüssigkeit und der subchondrale Knochen mittels Diffusion ernährt. Die zelluläre Einheit bildet der Chondrozyt, dessen Anteil am Gesamtgewebe sehr gering, nämlich ca. 1% ist [15]. Eingebettet in die extrazelluläre Matrix aus Kollagenfaserbündeln und Proteinen fehlt dem Chondrozyten die Eigenschaft der Migration. Durch fehlende Mobilität und eingeschränkte Teilungsfähigkeit der Chondrozyten sowie die Tatsache der Avaskularität ist verständlich, weshalb eine Regeneration von Knorpelschäden nur begrenzt möglich ist. Man geht davon aus, dass Knorpelläsionen von 4 mm und größer kaum Heilungstendenzen zeigen und unbehandelt Wegbereiter einer frühzeitigen Arthrose sind [17,31,45,63,65].

Da sich vermehrt jüngere Patienten mit dem Problem von Knorpelschäden des Kniegelenks präsentieren, verursacht durch Knie Traumata oder Bandläsionen, bedarf es somit alternativer Behandlungsmöglichkeiten [20,84]. Bei der Suche nach geeigneter Therapie von Knorpelläsionen sollten, wie von A.B. Imhoff dargestellt (Abb. 8), neben dem Alter weitere Faktoren in die Wahl der adäquaten Therapieform einbezogen werden [45].

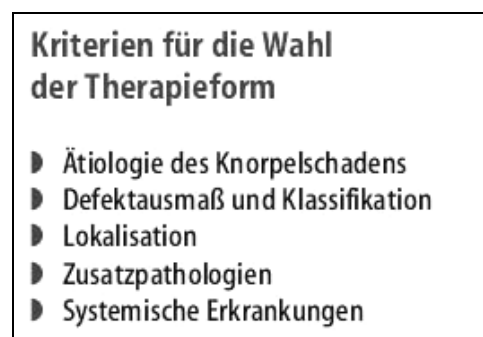


Abb. 8 Kriterien für die Wahl der Therapieform bei Knorpelläsionen. Aus [45].

Lavage, Shaving und Debridement

Zu operativen symptomatischen Therapiekonzepten zählen unter anderem die Lavage, das Shaving und das Debridement. Allen gemeinsam ist die arthroskopische Durchführung [15]. Bei der Lavage erfolgt eine Gelenkspülung und damit Entfernung von Detritus und Entzündungsmediatoren, welche für das Entstehen einer Synovitis und weiterer Knorpeldestruktion verantwortlich gemacht werden [15,65]. Beim Shaving werden abgescherte Knorpelteile, die mechanische Probleme bereiten, entfernt. Das Debridement verfolgt die radikale Entfernung des abgestorbenen bzw. nicht regenerierungsfähigen Knorpelgewebes. Zudem werden dabei bei Bedarf auch Knorpelglättung, Teilsynovektomien und Osteophytenabtragungen durchgeführt [15]. Alle Vorgehensweisen erzielen jedoch lediglich eine temporären Beschwerdebesserung und damit nur die Verzögerung der Knorpeldestruktion. Für den jungen Patienten ergibt sich daraus keine suffiziente Therapie [14,15,55].

Abrasionsarthroplastik, Pridie-Bohrung und Mikrofrakturierung

Weitere Methoden versuchen sich die Eigenheilungstendenzen des Knorpelgewebes zu Nutze zu machen sog. Knochenmark-Stimulationstechniken wie die Abrasionsarthroplastik, die Pridie-Bohrung oder die Mikrofrakturierung [12,15]. Bei diesen Techniken versucht man die vaskularisierte Zone unterhalb des Knorpels zu penetrieren, wodurch ein Anschluss an das Blutssystem geschaffen wird und dadurch wieder reparierende Stoffwechselprozesse in das Gebiet gelangen können.

Es bildet sich ein Fibrinclot mit darin enthaltenen eingewanderten pluripotenten Knochenmarksstammzellen, welche sich zu Knorpelgewebe differenzieren und ein Ersatzgewebe bilden können [12,15,31,65,96]. Bei diesen Methoden wird zwar der Defekt durch vorwiegend Faserknorpel ersetzt, was zu kurzfristiger Symptomlinderung für den Patienten führt, jedoch ist dieses Reparaturgewebe dem hyalinen Knorpel mechanisch und funktionell weit unterlegen [12,15]. In Studien mit langen Nachuntersuchungszeiten konnten sogar negative Auswirkungen auf das klinische Langzeitergebnis nach derartigen Eingriffen festgestellt werden. Somit sind auch diese Methoden eher als Zeitgewinn ausgelegt und für den anspruchsvollen jungen Menschen weniger geeignete Therapiemöglichkeiten [15].

Implantation von autologen Chondrozyten (ACT)

Weiter versucht man als Therapiealternative die Implantation von autologen Chondrozyten (ACT), diese werden aus weniger belasteten Knorpelregionen des Kniegelenks arthroskopisch entnommen und anschließend im Labor vermehrt und zur Implantation vorbereitet. In der Originaltechnik von Brittberg et al. werden die vorbereiteten Zellen als Suspension unter einen autologen, mit Fibrinkleber oder Naht abgedichteten, Periostlappen in den Defekt injiziert [11,65]. Neue Techniken der Zellkultivierung und moderne Materialien erlauben heute die Implantation mittels resorbierbaren, dreidimensionalen Trägermaterialien [26]. Hierdurch wird eine gleichmäßige Verteilung der Zellen im Defekt ermöglicht und die operative Handhabung vereinfacht. Die Matrizes lösen sich nach einer definierten Zeit auf und lassen Raum für die korrespondierend verlaufende Neusynthese von Knorpelregeneratgewebe. Zur arthroskopischen Implantation sind 2 Techniken beschrieben, mit welchen die Zellträger entweder in den Defekt geklebt oder transossär verankert werden (Abb. 9) [26].

Durch die geringere Morbidität arthroskopischer Implantation wird sich die Indikation für zellgestützte Verfahren bei der Behandlung von Knorpeldefekten zukünftig erweitern. Zwar zeigen Patienten nach derartiger Behandlung eine Verbesserung des Beschwerdebildes, jedoch führt, wie sich in histologischen Präparaten zeigte, auch diese Methode nicht zur Bildung eines hyalinen Ersatzknorpels [11,65]. Langzeitergebnisse der Therapie-Modifikation mittels Trägermatrices bleiben noch abzuwarten [26].

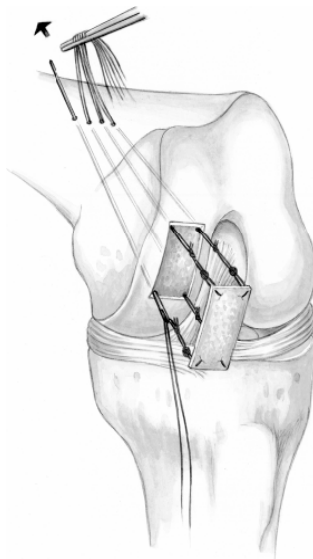


Abb. 9 Transossäre Fixation einer mit autologen Chondrozyten besiedelten, dreidimensionalen Polymermatrix. Aus [26].

Die gegenwärtig einzigen Verfahren, welche zur Wiedererlangung von hyalinem Knorpel in der Defektzone führen, ist die Verpflanzung eines körpereigenen Knochen-Knorpelzylinders, die sog. Osteochondrale autologe Transplantation (OATS, Mosaikplastik) bzw. der posteriore Kondylentransfer [12].

OATS, Mega-OATS und posteriore Kondylentransfer

Bei erstgenannter Technik, je nach Herstellerinstrumentarium OATS (Osteochondral autograft transfer system) (Arthrex) oder Mosaikplastik (S&N) bezeichnet, werden Knorpel/Knochenzylinder aus nicht- oder geringtragenden Gelenkabschnitten entnommen (proximaler medialer oder lateraler Femurkondylus, intercondyläre Notch). Anstelle des zuvor ausgestanzten defekten Knorpel-/Knochengewebes wird der gewonnene Gewebezylinder in Press-fit-Technik eingebracht (Abb. 10a,b) [12,15,45,65]. Der größte Anteil des Defektbereiches kann dadurch mit hyalinem Knorpel gedeckt werden.

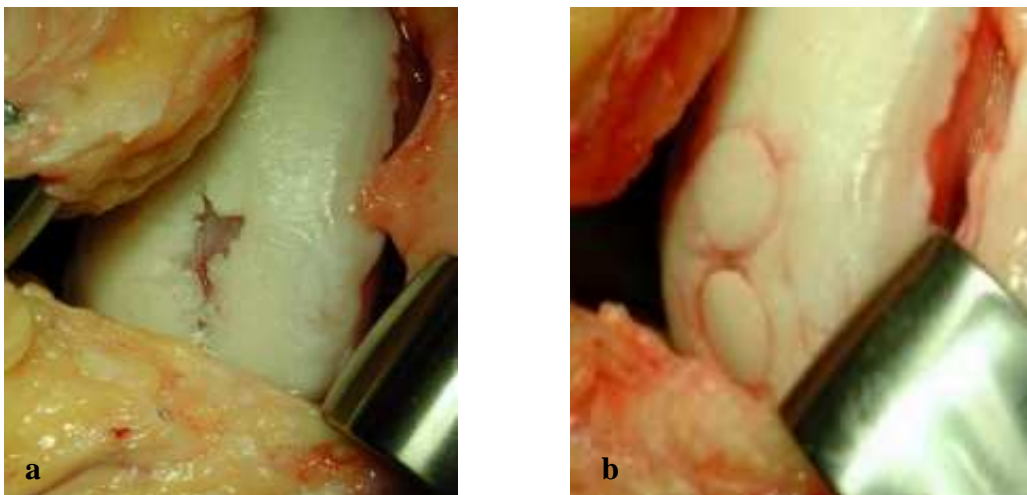


Abb. 10 **a** Knorpeldefekt im Bereich des medialen Femurkondylus
 b Z. n. OATS Implantation. Aus [65].

Allerdings sind dieser Methode Grenzen gesetzt: durch die begrenzte Menge an verfügbarem Spenderknorpel lassen sich größere Defekte eben nicht mehr vollständig wiederherstellen. Deshalb findet diese Methode nur Anwendbarkeit bei Größendefekten bis ca. 3x2 cm² [12,15,45]. Nachteilig bei dieser Technik ist das langfristig noch nicht abschätzbare Verhalten des iatrogenen Defekts der Spenderregion sowie die fehlende Randzonenintegration des

transplantierten Knorpels. An den Grenzstellen der Zylinder bildet sich Narbengewebe aus Faserknorpel, welcher zur Inhomogenität der Knorpelfläche führt. Klare Vorteile dieses Vorgehens sind die doch zufrieden stellenden histologischen und klinischen Ergebnisse und, im Gegensatz zur ACT, die preisgünstige Erlangung eines Transplantatgewebes [65]. Alternativ kann bei Knorpeldefekten größer als 4-5 cm², bei welchen die OATS-Technik an ihre Grenzen stößt, durch den posterioren Kondylentransfer oder Mega-OATS eine Therapie erreicht werden [12]. Mega-OATS stellt eine Kombination aus Press-fit-Technik und posteriorem Kondylentransfer dar. Nach Durchführung einer Meißelosteotomie des posterioren Femurkondylus wird dieser an einer speziellen Arbeitsstation vorbereitet und so ein Mega-OATS-Zylinder gewonnen (Abb. 11a). Dieser wird ebenfalls in Press-fit-Technik in das zuvor entsprechend bearbeitete Defektareal eingebracht (Abb. 11b) [12].

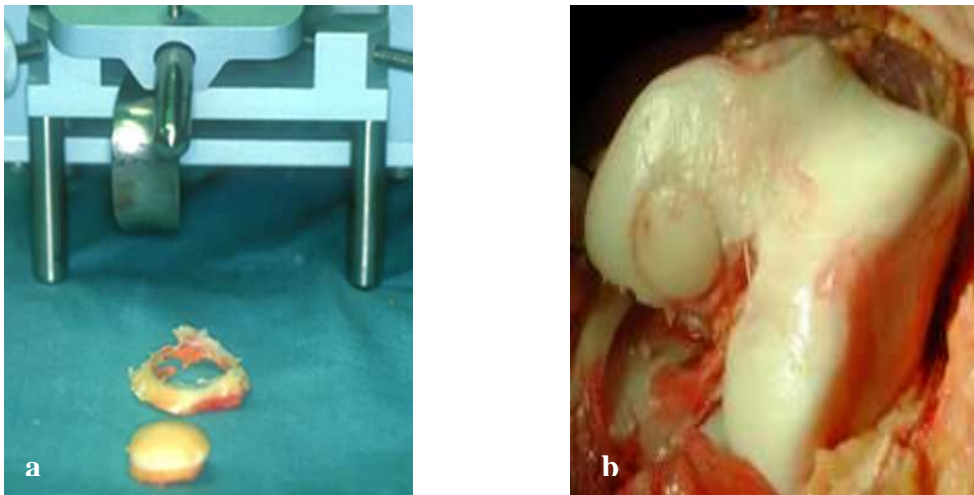


Abb. 11 **a** Gewinnung eines Mega-OATS Zylinders
 b Mega-OATS-Zylinder in situ. Aus [12].

Mittels dieser Methode können Zylinder mit einem Durchmesser von bis zu 30-35mm und einer Höhe bis 20mm gewonnen werden [12]. Der posteriore Femurkondylentransfer unterscheidet sich in der Form von der Mega-OATS-Methodik, dass hier zur Fixation des Zylinders Schrauben in das Gelenk eingebracht werden, welche einen zusätzlichen Eingriff zur Metallentfernung nötig machen [12,15]. Fragwürdig bei dieser Operationsmethode ist, in wie weit sich der Verlust des posterioren Kondylus auf die Kniefunktion auswirken wird. Bei Patienten die das Knie stark in Flexion (>60°) belasten, sollte eine derartige Operations-Indikation eingeschränkt gestellt werden. Zudem wird empfohlen, Menschen über 50 Jahre

nicht mit dieser Methode, wegen altersbedingter mangelhafter Transplantateinheilung, zu versorgen. Bei Patienten, die zusätzliche Achsfehlstellung bzw. Instabilitäten durch Bandläsionen haben, sollten Begleiteingriffe zum besseren Langzeitüberleben des implantierten Zylinders durchgeführt werden [12]. Die Verwendung von Allografts für die osteochondralen Transplantate hat sich wegen o. g. Problemen, wie z. B. die Infektionsgefahr, nicht durchgesetzt [15].

Der derzeitige Therapiestand zeigt einen deutlichen Entwicklungsbedarf weiterer Behandlungsmöglichkeiten für die Zukunft mit dem Ziel, eine Methode zu entwickeln, die einen ganzheitlichen Ersatz des Knorpeldefekts mit hyalinem Knorpel erzielt. Große Hoffnungen werden in das sog. Tissue Engineering gelegt, was die laborchemische Produktion von erforderlichem Gewebe anstrebt und dessen Implantation an gewünschten Defektarealen zum Ziel hat [65].

2.5.3 Therapiewege der Achskorrektur bei Varusfehlstellung

Patienten über 60 Jahre weisen schon zu 80% Arthrosezeichen in einem der größeren Gelenke auf. Das Kniegelenk ist dabei in bis zu 50 % betroffen [84]. Vor der Ära der Endoprothetik wurden zur Behandlung der unikompartimentalen Gonarthrose überwiegend die Umstellungsosteotomien herangezogen. Die Zahlen dieser Operationsmethode gingen jedoch durch wachsende Erfolge des prothetischen Gelenkersatzes primär stark zurück [71,94]. Erst die Entwicklung besserer Op-Techniken und Materialien boten eine Renaissance dieser Methode. Nicht zuletzt mit verursacht durch die Tatsache, dass zunehmend jüngere aktive Patienten mit hohen funktionellen Ansprüchen das Krankheitsbild der unikompartimentalen Gonarthrose präsentieren [71]. Bei jungen Menschen münden Primärschäden wie Kreuzbandruptur, Instabilitäten, Meniskusschäden und Knorpelläsionen in einem Circulus vitiosus der, unterstützt durch unikompartimentale Druckbelastung aufgrund von Achsfehlstellung, in einer Arthrose endet (Abb. 12a,b) [1,22,34,48,70,77,101]. Die endoprothetische Versorgung sollte bei diesen Patienten u. a. auch wegen erheblich höherer Lockerungstendenzen und begrenzter Lebenszeit des Transplantates lediglich als letzte Therapiealternative in Betracht gezogen werden [15,71,84]. Die Umstellungsosteotomie dagegen bietet jungen Menschen die Aussicht auf Schmerzreduktion, bei gleichzeitiger Möglichkeit der körperlichen Aktivität. Zudem kann durch die Operation der Gelenkersatz um

Jahre hinausgeschoben werden [18,71]. Abhängig von der Fehlstellung finden mehrere Operationstechniken zur Achskorrektur Anwendung [39,49,59,84].

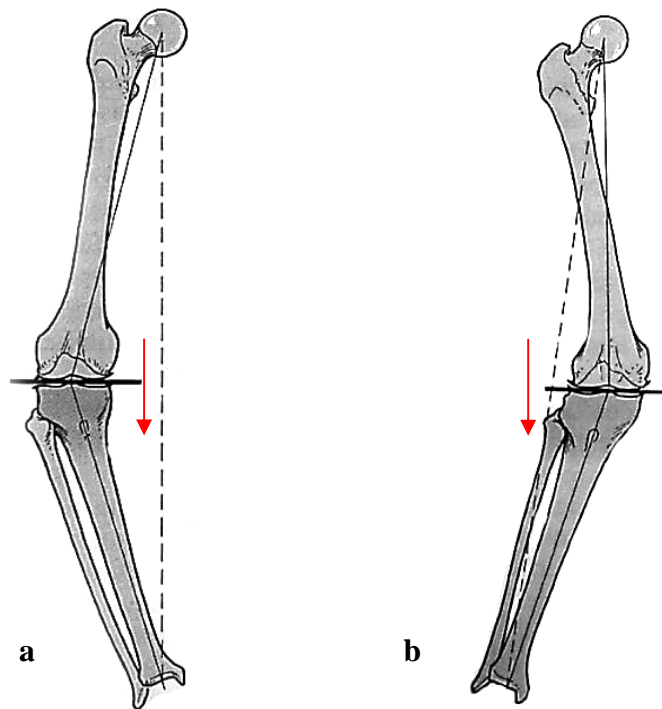


Abb. 12 a Varische Beinachse; vermehrte Druckbelastung des medialen Gelenkkompartmentes.
b valgische Beinachse; vermehrte Druckbelastung des lateralen Gelenkkompartmentes
(Vortragspool Sportorthopädie München)

Eine Achskorrektur im Kniegelenksbereich kann durch eine Osteotomie an der Tibia oder am Femur, aufklappend oder zuklappend sowie varisierend oder valgisierend durchgeführt werden. Da die Osteotomie am Ort der größten Deformität am zweckdienlichsten ist, wird eine varisierende Umstellungsosteotomie vorwiegend am Femur durchgeführt, eine valgisierende an der Tibia. Klassischer Weise wird somit bei medialer Gonarthrose eine valgisierende Umstellung der Tibia in aufklappender (open-wedge) oder zuklappender (closed-wedge) Technik angewandt [49,84]. Unabhängig von der Methodik hängt der Erfolg der Operation, abgesehen von der richtigen Patientenselektion, maßgeblich von einer exakten präoperativen Planung des Eingriffs ab. Für beide Arbeitsweisen benötigt man eine a.-p.-Ganzbeinstandaufnahme des Beins im Zweibeinstand. Anhand dieser kann dann der zu korrigierende Winkel ermittelt werden. Welche Operationstechnik Anwendung findet hängt von mehreren Faktoren ab (Abb. 13) [49].

Neben einer Ganzbeinaufnahme sollten präoperativ auch a.-p.-Röntgenbilder des Knies in 2 oder 3 Ebenen angefertigt werden um das Ausmaß und die Lokalisation der Arthrose, die Dorsalneigung der Tibia (Slope) und das retropatelläre Gleitlager beurteilen zu können [49,59,71,83,84]. Einige Autoren favorisieren eine a.-p.-Aufnahme in "Rosenberg- Technik", da hier eine Kniegelenksarthrose differenzierter beurteilt werden kann [43]. Weitere diagnostische Verfahren, wie beispielsweise eine Kernspintomographie, können durchgeführt werden um Sekundärschäden (z. B. Meniskusschäden) zu differenzieren, sind jedoch für die operative Planung der Umstellungsosteotomie nicht zwingend notwendig [84].

Neben der bildgebenden Diagnostik ist natürlich die klinische Untersuchung des Patienten obligat. Diese präsentieren, korrelierend zur medialen Arthrose, häufig Schmerzsymptome im entsprechenden Gelenkbereich und, bei Begleitverletzungen wie Kreuzbandrupturen, auch Bandinstabilitätszeichen [59]. Nach korrekter und vollständiger präoperativer Planung kann die Operation durchgeführt werden. Beide Umstellungs-Methoden haben eine Veränderung nicht nur der Beinachse, sondern auch des tibialen Slopes zur Folge. In der Regel führt eine schließende Umstellungsosteotomie zu einer Erniedrigung und eine öffnende Korrekturosteotomie zu einer Erhöhung der tibialen Reklination [1,49,59,84]. Dies kann eine entscheidende Bedeutung bei der Wahl der Operationsmethode sein, wenn z. B. gleichzeitig eine vordere Kreuzbandplastik durchgeführt werden soll oder ein insuffizientes VKB besteht. Ein verringerter Slope führt zu einer Schonung der VKB-EPL bzw. vermindert die ATT bei insuffizientem vorderem Kreuzband [1]. Entsprechendes gilt für das HKB bei Erhöhung des Slopes durch eine open-wedge-Osteotomie. Zu beachten ist auch, dass eine Umstellungsosteotomie zu Veränderungen der Beinlänge führt, die open-wedge-Osteotomie verlängert und die closed-wedge-Osteotomie verkürzt leicht das Bein [39].

Aufklappende Osteotomie	Zuklappende Osteotomie
Indikation	Indikation
Patella alta (kontraindiziert bei Patella infera, speziell bei femoropatellären Problemen)	Patella infera
Lockerer mediales Seitenband, erlaubt, dieses anzuspannen	Intaktes mediales Seitenband
Leichtere Arthrose, kleinere Korrektur (wegen Druckerhöhung im medialen Kompartiment)	Schwerere Arthrose, größere Korrektur (keine Druckerhöhung im medialen Kompartiment)
Bei gleichzeitiger VKB-Plastik, wegen kürzerer Operationszeit	VKB-Plastik auch möglich, z. B. bei vergrößertem „posterior slope“, der zu korrigieren ist
Bei gleichzeitigem Gelenkeingriff, der einer mediale Arthrotomie bedarf	Bei gleichzeitigem Gelenkeingriff, der einer lateralen Arthrotomie bedarf
Erhöhen des „posterior slope“	Verringern des „posterior slope“
Vor- und Nachteile	Vor- und Nachteile
Kürzere Operationszeit	Längere Operationszeit
Beckenkammentnahme fakultativ notwendig	Keine Beckenkammentnahme notwendig
Präzision unter Umständen besser	Verletzungsgefahr N. peroneus
Verletzungsgefahr des N. tibialis	
Heilungszeit mit Knochenspan kürzer	

Abb. 13 Gegenüberstellung der aufklappenden und zuklappenden, valgusierenden Tibiakopfosteotomie bzgl. Indikation sowie Vor- und Nachteile. Aus [49].

Closed-Wedge-Osteotomie

Entscheidet sich der Operateur für die, wie auch in unserer Studie angewendete, zuklappende sog. closed-wedge-Osteotomie, so erfolgt der OP-Zugang von lateral. In diesem Fall muss eine sorgfältige Präparation des N. peroneus erfolgen um dessen Verletzung zu vermeiden, was eine schwerwiegende Komplikation dieser Methode darstellt (Abb. 13) [49,84]. Vor Operation wird anhand der Ganzbeinaufnahme der zu korrigierende Winkel bestimmt. Dies kann unter anderem dadurch erfolgen, dass in die Ganzbeinstandaufnahme die mechanische Achse des Femurs (MA) (Abb. 14) und anatomische Achse der Tibia (AT) (Abb.14) eingezeichnet werden. Mittels dieser Linien kann dann der Fehlstellungswinkel „ β “ abgemessen und der gewünschte Korrekturwinkel (x) ermittelt werden (Abb. 14) [66,84]. Letzterer wird durch Bildung der Differenz aus mechanischem Fehlstellungswinkel (β) und gewünschtem mechanischen Valguswinkel von postoperativ 3-5° berechnet [84]. Die mechanische Achse wird in Grad angegeben, negative Werte kennzeichnen dabei im Folgenden Valgus- und positive Varus-Fehlstellungen.



Abb. 14 Bestimmung des Osteotomie-Korrekturwinkels durch Verbindung von Femurkopfmittelpunkt und Kniebasismitte (MA) und Bestimmung der Tibiaschaftachse (AT) anhand einer Ganzbeinaufnahme. (Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Die Verwendung der anatomischen Achse zur Planung einer Umstellungsosteotomie kann auch dann durchgeführt werden, wenn Hüftkopfbild oder OSG-Zentrum auf den Planungsrontgenbildern nicht abgebildet sind. Sie ist jedoch nur dann zulässig, wenn das Kniegelenk weitgehend horizontal eingestellt ist und die Fehlstellung in Gelenknähe auftritt [84]. Letztlich wird mit Hilfe eines Zielgerätes der präoperativ bestimmte Osteotomiewinkel zuverlässig bei der HTO reproduziert und ein entsprechender Knochenkeil entfernt (Abb. 15). Anschließend erfolgt eine schonende Schließung des Osteotomiespaltes und Versorgung der Osteotomie mit Klammern, Osteosyntheseplatte oder Fixateur extern (Abb. 15) [1,32,49,66].

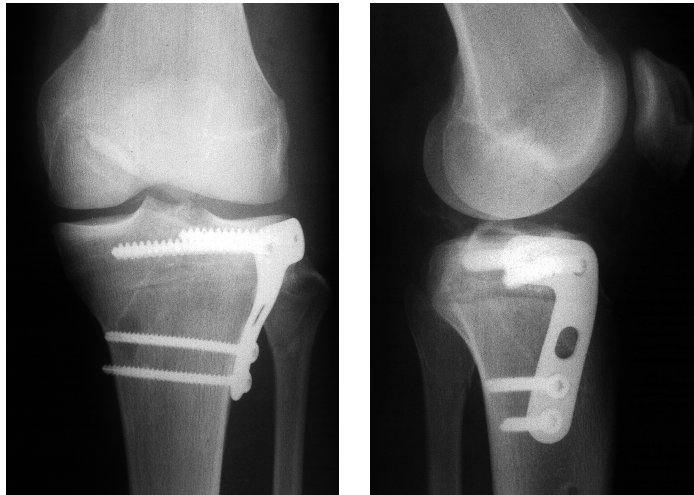


Abb. 15 Hohe tibiale Umstellungsosteotomie (closed-wedge) mit stabiler Plattenversorgung von lateral.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Dieses Vorgehen ist mit weiteren Operationsmethoden kombinierbar, so kann in gleicher Sitzung z. B. auch eine Kreuzbandplastik erfolgen [66]. Die Versorgung von Sekundärschäden ist auch bei der öffnenden Osteotomie möglich, diese unterscheidet sich jedoch maßgeblich von o. g. Operationsmethode.

Open-Wedge-Osteotomie

Hier erfolgt der Operationszugang von medial, weshalb keine Schädigung des N. peroneus erfolgen kann, jedoch eine Gefährdung des N. tibialis auftritt. Durch einbringen von Flachmeißeln und Knochenspreizern kann der Osteotomiespalt bis zu dem gewünschten Winkel aufgespreizt und dann mit einer Platte fixiert werden (Abb. 16) [49,59]. Bei größeren Winkeln muss der Defekt mit Ersatzgewebe aufgefüllt werden wozu u. a. autologe Beckenkamm-spongiosa verwendet wird. Nachteilig an dieser Methode ist auch, dass es in einigen Fällen zu einem Einbruch des Knochens mit Korrekturverlust der Osteotomie kommen kann [59,60].

Durch zunehmend bessere Fixationsmöglichkeiten nach Open-Wedge-Operationen und damit geringeren Komplikationsraten wird heute vermehrt diese Technik verwendet [59]. Beide Methoden befinden sich in der Weiterentwicklung und Perfektionierung durch z.B. computergestützte Durchführung der Operation [6,71].



Abb. 16 Hohe tibiale Umstellungsoperation (open-wedge) mit stabiler Plattenversorgung von medial. Aus [59].

3. Material und Methoden

3.1 Studienform, Durchführung und Zielkriterien

Bei der durchgeführten Untersuchung handelt es sich um eine klinische Retrospektivstudie. Alle Patienten wurden in die Studie aufgenommen, welche zwischen 1996 und 2001 einzeitig mit einer vorderen Kreuzbandplastik (VKB) und einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie in der Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München versorgt worden sind. Die Patienten wurden telefonisch über die Studie informiert und zu einer Nachuntersuchung in die Poliklinik eingeladen. Dort erfolgte dann die klinische Untersuchung sowie Befragung anhand des Lysholm Score und IKDC Bogens, weitere klinische Tests zur Funktionsbewertung, wie z.B. von Tegner et al. wurden nicht mehr verwendet [99]. Darüber hinaus wurden Röntgenaufnahmen des Knies in 2 Ebenen angefertigt. Auf die erneute Durchführung der Ganzbeinstandaufnahme wurde aus strahlenschutztechnischen Gründen verzichtet. Konnten Patienten nicht zu einer Nachuntersuchung erscheinen, erfolgte eine Befragung telefonisch.

3.2 Abläufe der zugrunde liegenden Operation

Patienten, die mit der Kombinationsoperation (HTO und Kreuzbandplastik) versorgt wurden, erhielten entweder eine Spinalanästhesie oder Intubationsnarkose; der weitere Eingriff erfolgte danach in Rückenlage. Im Allgemeinen begann die OP mit der Entnahme der Sehne/en (falls kein Allograft verwendet wurde), welche zum VKB-Ersatz herangezogen wurden. Während der Operateur im Weiteren die Osteotomie vollzog, wurde von einem Assistenten am Nebentisch das Sehnentransplantat für die Implantation präpariert. Nach vollzogener HTO konnte die Kreuzbandplastik erfolgen. Beendet wurde die Operation mit dem Wundverschluss und Anlegen eines sterilen Verbandes. Die Mobilisation wurde ab dem zweiten Tag postoperativen durchgeführt. Nach Entlassung erfolgte dann die Weiterführung der Rehabilitationsmaßnahmen ambulant oder in Reha-Zentren nach entsprechenden Nachbehandlungskonzepten (siehe 3.3).

3.2.1 Umstellungsosteotomie

Zu Beginn erfolgte nach Anlegen einer Blutsperre (300 mmHg) ein zentrale Längsinzision ventral entlang der Tibia (Abb. 17a).

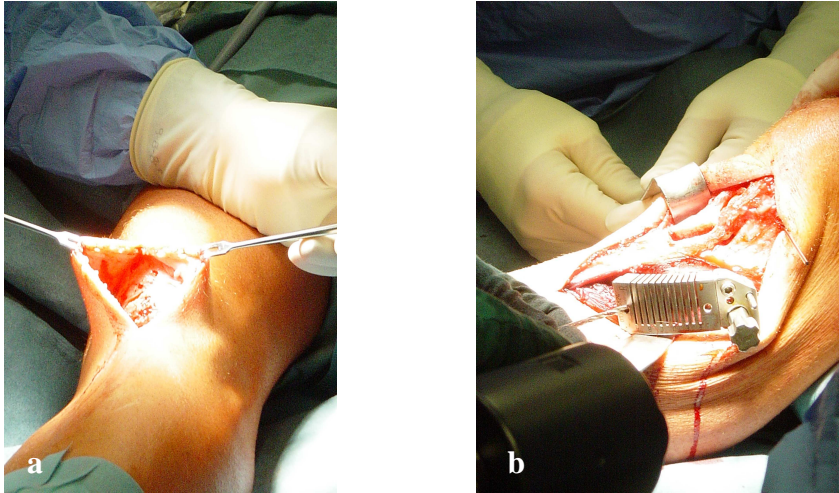


Abb. 17 a Längsinzision ventral entlang der Tibia
b Anlegen der Sägeschablone.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Je nach Sehnentransplantat erfolgte dann entsprechend die Präparation und Entnahme. Im Weiteren wurde die laterale Tibiakante dargestellt mit anschließender Eröffnung der Tibialis anterior Faszie, unmittelbar am Knochen, und danach Abschieben des M. tibialis anterior bis zum Tuberculum Gerdy [7]. Im Anschluss daran musste der N. peroneus vorsichtig dargestellt und präpariert werden, um diesen bei der Osteotomie schützen zu können. Nachfolgend wurde der Gelenkspalt markiert und danach die Sägeschablone positioniert (Abb. 17b), wobei dies unter Bildwandlerkontrolle erfolgte. Im Weiteren wurde die horizontale inkomplette Osteotomie bis kurz vor die mediale Kortikaliskante vollzogen (Abb. 18).

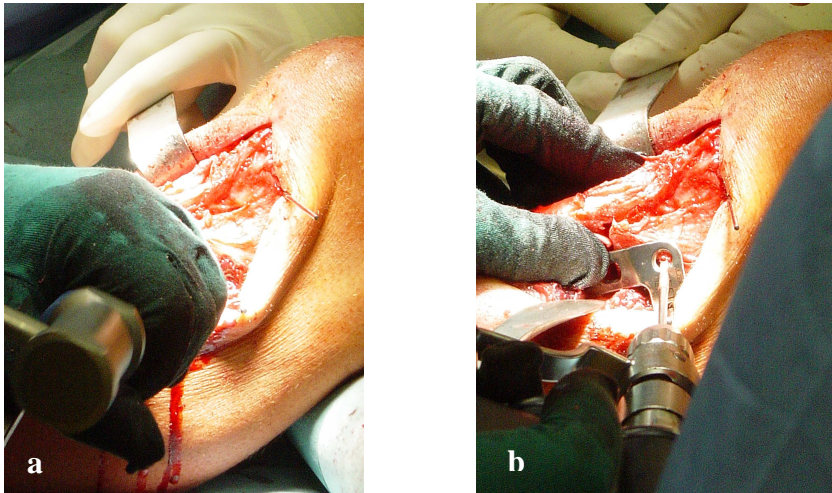


Abb. 18 **a** Aufmeißeln der Osteotomie
 b Fixierung des Osteotomiespaltes mittels L-Platte
 (Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Nach ventraler Komplettierung konnte die Tuberositas mobilisiert und mittels Sägeschablone ein Keil in gewünschter Gradzahl entnommen werden [7,66]. Danach erfolgte die Entfernung der Pins und Anpassung der L-Platte (Abb. 18). Deren Fixierung wurde durch 2 Spongiosaschrauben erreicht, um dem tibialen Bohrkanal der VKB-EPL Platz zu erhalten [49]. Zuvor wurde der Osteotomiespalt langsam zugeklappt, um ein Brechen der mediale Kortikalis zu verhindern. Nach abschließender Bildwandlerkontrolle wurde das Bein in die hängende Position umgelagert und mit der Arthroskopie begonnen.

3.2.2 Kreuzbandplastik

Breits zu Beginn der Operation wurden Sehnen zur Transplantatgewinnung entnommen. Bei Verwendung von Patellarsehne zur VKB-EPL konnte mittels zentraler Inzision das mittlere Patellarsehnendrittel mit endständigen Knochenblöcken entnommen werden (Abb.19) [5,92]. Bei einem Kombinationseingriff mit zusätzlicher HTO kann man über die zentrale Längsinzision der Tibia sowohl das Transplantat gewinnen als auch durch Vorpräparieren nach lateral die Osteotomie durchführen.



Abb. 19 Entnahme eines mittleren Patellarsehnendrittels.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Wurde drei- oder vierfach-gelegte Semitendinosus-Sehne bzw. Semitendinosus/Grazilis-Sehne zur VKB-EPL verwendet, konnte auch hier mit dem paramedianen Längsschnitt über der Tibia sowohl die Sehnenentnahme als auch die Osteotomie erfolgen. Die Sehne/ Sehnen wurden nach Identifikation und distalem Anschlingen mittels Sehnenstripper entnommen (Abb. 20).

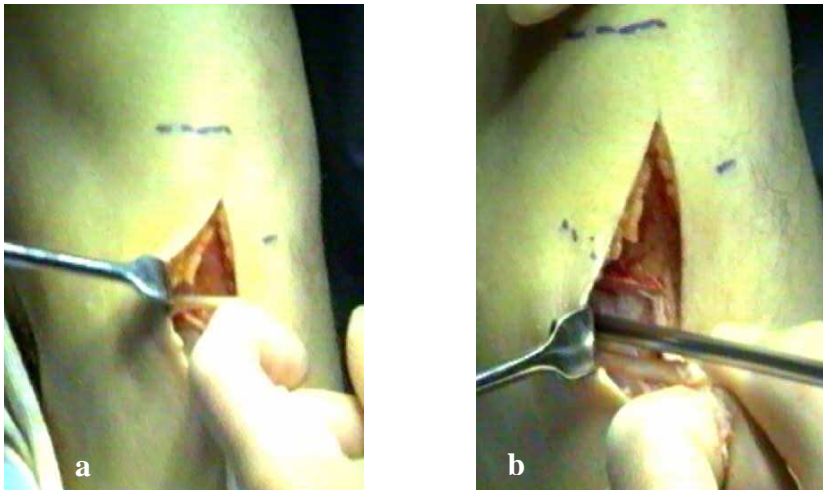


Abb. 20 **a** Präparation und Anschlingen einer Semitendinosus-Sehne
b Entnahme der Sehne mittels Sehnenstripper
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Bei Verwendung der Quadrizepssehne als Transplantat erfolgte die Sehnergewinnung ebenso mittels Längsschnitt am Oberschenkel und anschließender Entnahme eines Quadrizeps-Sehnenstreifens mit einem endständigen Knochenblock aus der Patella.

Wie bei den anderen Sehnentransplantaten resultierte auch hier eine Präparation des zukünftigen Transplantates am Nebentisch. Während der Assistent präparierte, vollzog der Operateur die oben beschriebene Osteotomie. Danach erfolgte eine Arthroskopie des Kniegelenks über einen parazentralen lateralen und medialen Zugang am Kniegelenk. Es wurden Knorpelflächen, Menisken und Bandstrukturen inspiziert und beurteilt. Bei Bedarf konnten dabei Bandstümpfe, Narben und Synovialgewebe aus der Fossa intercondylaris entfernt und z. T. ein Debridement der Notch durchgeführt werden. Nach Gelenktoilette konnte mit der Kreuzbandersatzplastik begonnen werden, indem durch eine anteromediale Inzision das tibiale Zielgerätes gesetzt wurde, mit dessen Hilfe der tibiale Kanal gebohrt werden konnte. Dabei war die richtige Positionierung des Tunnels von entscheidender Wichtigkeit, ebenso bei der Bohrung des femoralen Tunnels [5]. Zu beachten war auch, dass die Tunnellänge dem Knochenblock des Transplantates (BPTB) entsprach oder die Länge des Transfix (30mm) berücksichtigt wurde. Anschließend konnte das Kreuzbandtransplantat eingezogen und fixiert werden. Bei den Untersuchten Patienten erfolgte die Fixation des Patellarsehnentransplantates hauptsächlich mittels resorbierbarer Interferenzschraube, zunächst proximal und dann distal. Die Implantation von STS bzw. ST/G wurde nach Einzug des Transplantates über das Transfix-Instrumentarium und Einschieben des Transfix von proximal lateral über den Zieldraht vollzogen (Abb. 21).

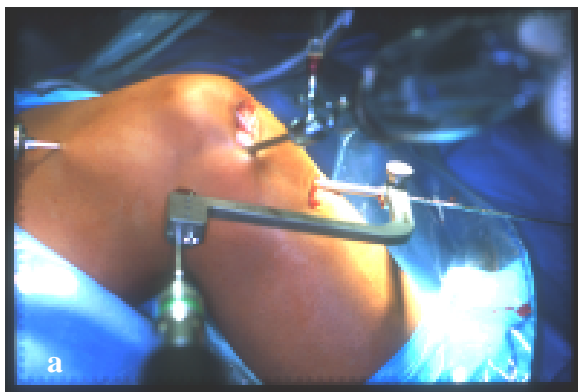


Abb. 21 **a** Einzug des ST/G-Transplantates und Fixation mittels Transfix-Instrumentarium
b Tibiale Fixation der Sehne mittels bioresorbierbarer Schraube (Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Nach mehrfachem Durchbewegen und Spannen distal wurde die proximale Fixation mit bioresorbierbaren Schrauben durchgeführt (Abb. 21). Unabhängig von der Fixation erfolgte abschließend eine Arthroskopiekontrolle mit Fotodokumentation, Röntgenkontrolle der Osteotomie und Einbringen einer Redondrainage in die Tibialis anterior Loge sowie subcutan. Zuletzt wurde die Wunde verschlossen und ein steriler Verband angelegt.

3.2.3 Zusatzeingriffe OATS und CMI

Die Kombinations-Operation (HTO und VKB-EPL) kann mit weiteren Methoden kombiniert werden, so haben in unserer Studie 13 Patienten, zusätzlich zu HTO und VKB-EPL, CMI oder OATS erhalten.

CMI

Bei Patienten mit Meniskusteilentfernungen oder starker Meniskusdegeneration kann ein Kollagenmeniskus Allograft eingepflanzt werden, um Druckspitzen zu vermindern und wieder eine bessere Kräfteverteilung im Gelenk zu erlangen (Abb. 22a). Nach Durchführung der HTO und Kreuzbandplastik erfolgt die Implantation des Meniskus. Diese beginnt mit einer arthroskopischen Inspektion des Gelenks und Beurteilung aller Strukturen. Dann wird der zu ersetzende Meniskusrest bis an der Basis angefrischt und die fehlenden Meniskusteile ausgemessen (Abb. 22b).

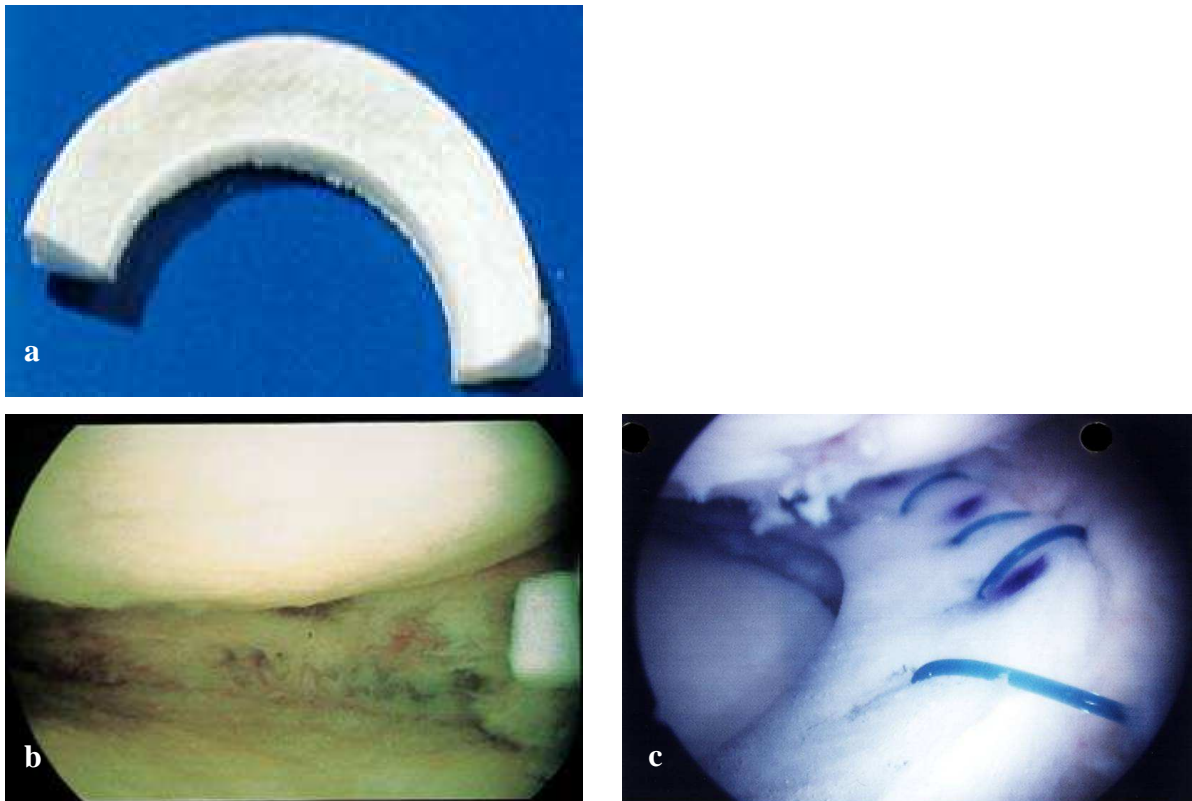


Abb. 22 **a** Kollagenes Meniskusimplantat
b Arthroskopische Sicht nach anfrischen der Meniskusbasis
c Implantation des Kollagenmeniskus.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Anschließend wird der Meniskus in einen gebogenen Meniskus-Trokar und eine zuvor eingebrachte Fadenschlinge eingezogen. Nach exakter Positionierung erfolgt die Fixation durch Nähte (Abb. 22 c).

OATS

Zur Durchführung eines Osteochondralen Knorpel-Knochen-Transfers wird nach erfolgter Osteotomie und Kreuzbandplastik eine Miniarthrotomie vollzogen und der Knorpeldefekt ausgemessen. An dieser Stelle erfolgt die Entnahme, entsprechend der Defektgröße, von Knorpel-Knochen-Zylindern. Dazu wird bis zu 20mm in die Defektzone eingedrungen und der/die Zylinder entnommen. An der ipsilateralen Seite des Defektareals werden aus minderbelasteten proximalen Anteilen des Femurkondylus mit dem OATS- Instrumentarium entsprechende Zylinder genau ausgemeißelt und als Transplantationszylinder sorgfältig, an das Niveau der Defektzone angepasst, in Press-Fit-Technik eingebracht (Abb. 11). Die aus der

Defektzone zu Beginn entnommenen Zylinder werden auf die Entnahmedefekte gestößelt und nach ausgiebiger Spülung des Gelenks die Arthrotomie vorsichtig verschlossen.

3.3 Nachbehandlungskonzepte

Die Nachbehandlung der Operation hing maßgeblich davon ab, ob zusätzliche Eingriffe zur HTO und Kreuzbandplastik vorgenommen wurden. Erfolgte eine HTO nur in Kombination mit einer VKB-EPL, so sollte das Bein 6 Wochen bei einer Beweglichkeit von 90-0-0° (Flexion/Extension) entlastet werden. Nach radiologisch gesicherter Stabilität der Osteotomie konnte zunehmend zur Vollbelastung übergegangen werden. Ähnliches Konzept fand bei zusätzlich implantiertem Meniskusimplantat Anwendung, wobei hier primär eine Beweglichkeit von 60-0-0° (Flexion/ Extension) mit langsamer Steigerung empfohlen wurde. Fand eine Knochen-Knorpel-Transplantation statt, musste das Bein für 6 Wochen bei Kniegelenksbeweglichkeit bis max. 90° Flexion entlastet und anschließend schrittweise während 6 Wochen aufbelastet werden. In diesen Fällen erfolgt eine Röntgenkontrolle nicht nur nach 6 sondern zusätzlich auch nach 12 Wochen.

3.4 Patientenkollektiv der Studie

Patientenauswahl und Einteilung

In den Jahren 1996 bis 2001 wurden insgesamt 68 Patienten in der Sportorthopädie durch die einzeitige Durchführung eine HTO und VKB-Plastik behandelt. Dieses Patientenkollektiv wurde wiederum in zwei Gruppen unterteilt. Die Einteilung richtete sich danach, ob eine Kreuzbandrekonstruktion erstmals durchgeführt wurde, oder es sich bereits um eine Revisionsplastik handelte. Somit ergab sich eine Untergruppe von 40 Patienten (Gruppe I), die mit VKB und HTO behandelt worden sind. Die Zweite bildeten 28 Patienten (Gruppe II), welche sich einer Revisionsplastik des Kreuzbandes zusammen mit einer HTO unterzogen.

Ausschlusskriterien

Von den o. g. 68 Patienten wurde lediglich eine Person (1,5%) aus der Studie ausgeschlossen. Diese hatte sich das nach o. g. Operation ersetzte Kreuzband erneut gerissen.

3.5 Patientengruppe I (HTO + VKB-EPL)

Von den 40 in Gruppe I (HTO + VKB-EPL) einzuteilenden Patienten konnten 36 (90%) Personen telefonisch erreicht, jedoch nur 33 (82,5%) in die Studie aufgenommen werden. Dies lag daran, dass ein Patient (2,5%) wegen einer Re-Ruptur des Kreuzbandes aus der Studie ausgeschlossen wurde und weitere zwei (5%) nicht evaluiert werden konnten, da diese eine Nachuntersuchung bzw. Befragung ablehnten. Von den o. g. 33 Personen sind 25 (76%) zu einer Nachuntersuchung in unserer Poliklinik erscheinen, weitere 8 (24%) konnten telefonisch befragt werden. Das Alter der 33 Personen beträgt im Durchschnitt zum Operations-Zeitpunkt 38 Jahre. Die Verteilung erstreckt sich im Einzelnen von 20 Jahren beim jüngsten, bis 65 Jahre beim ältesten Patienten und ist normalverteilt (Kolmonorov-Smirnov-Test) (Abb. 23). Zum Nachuntersuchungszeitpunkt lag das mittlere Alter bei 41 Jahren. Die Seitenverteilung der betroffenen Kniegelenke war nahezu ausgeglichen, so wurde bei 15 (45%) Patienten das linke und bei 18 (55%) das rechte Bein operiert. Bei 33 Patienten, wovon 23 männlich (69,7%) und 10 weiblich (30,3%) sind, wurde die Ersatzplastik des Kreuzbandes v. a. mit Patellarsehne (PS) durchgeführt (97%), nur in einem Fall (3%) wurde Quadripzessehne verwendet.

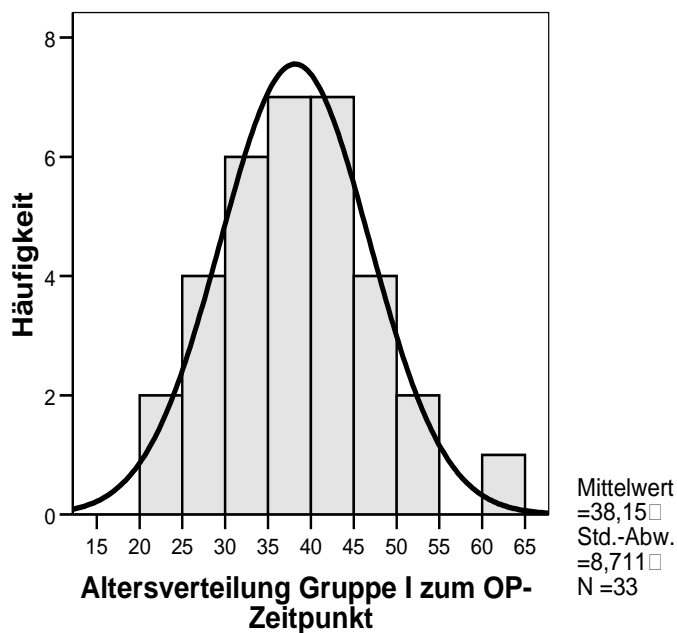


Abb. 23 Altersverteilung Gruppe I (HTO + VKB-EPL) zum Zeitpunkt der OP.

3.6 Patientengruppe II (VKB + Re-VKB-EPL)

In Gruppe II (HTO und Re-VKB-EPL) war es möglich 24 (86%) der 28 in Frage kommenden Patienten zu erreichen, wovon 17 (71%) Personen nachuntersucht werden konnten und 7 (29%) telefonisch befragt wurden. 4 (14%) der 28 Personen konnten nicht ermittelt werden.

Auch in diesem Kollektiv überwiegen männliche Personen mit einem prozentualen Anteil von 62% (15 Personen), wohingegen Frauen nur mit 38% (9 Personen) vertreten sind. Das mittlere Alter bei Operation liegt in Gruppe II bei 33 Jahren, mit einer Streubreite von 16 bis 45 Jahren, und ist annähernd normalverteilt (explorative Auswertung) (Abb. 24).

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zeigt sich ein Durchschnittsalter der Patienten von 37 Jahren (20-49 Jahre). Die Seitenverteilung der betroffenen Knie ist innerhalb dieser Gruppe annähernd gleich, es sind 13 linke (54%) und 11 rechte (46%) Knie betroffen. Das Kreuzband wurde in 14 (58%) Fällen mittels Patellarsehne rekonstruiert, wovon einmal die Sehne aus dem Knie der Gegenseite entnommen worden ist und in 5 Fällen Allografts Anwendung fanden. Darüber hinaus wurden 4 (17%) Knie mit einer Semitendinosus-/Grazilis-Plastik versorgt und ein Patient (4%) erhielt eine isolierte Semitendinosusplastik.

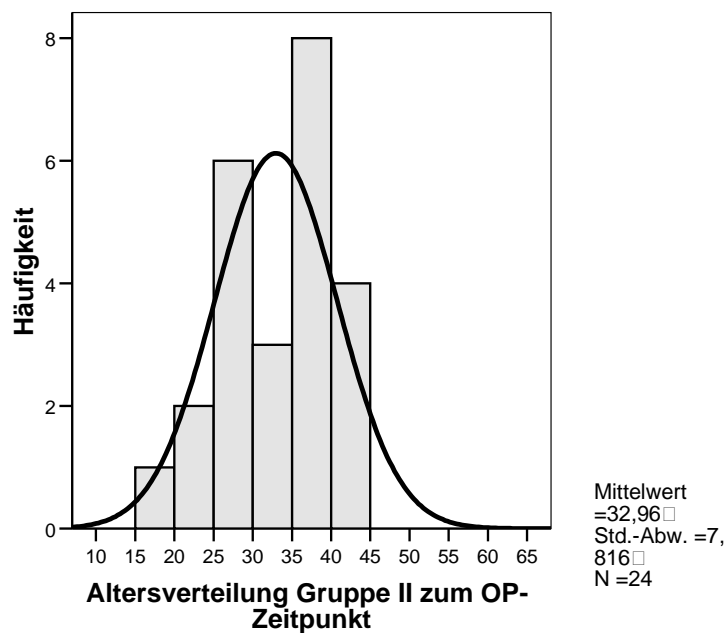


Abb. 24 Altersverteilung Gruppe II (HTO + Re-VKB-EPL) zum Zeitpunkt der OP.

3.7 Datenerhebung und Auswertung

3.7.1 Lysholm Score

Der von Lysholm et al. entwickelte Score stellt einen strengen Bogen zur Beurteilung der Kniefunktion dar, wobei die Wertung innerhalb der acht Obergruppen durch ein numerisches System erfolgt (Anhang) [61,98]. Die Bewertung der acht Gruppen geschieht durch Zahlenwerte, wobei 0 Punkte für das schlechteste Ergebnis und höchstens 25 für das Beste vergeben werden. Die maximal erreichbare Punktzahl sind 100 Punkte, minimal 0 Punkte. Die Bewertungen zwischen 0 – 25 sind durch den Bogen vorgegebene fixe Punktzahlen, welche jedoch zwischen den einzelnen Bewertungsgruppen variieren. Beurteilt werden folgende Themen:

- | | |
|-----------------|-------------------|
| 1. Hinken | 3. Belastung |
| 2. Schmerzen | 4. Blockierung |
| 5. Schwellung | 6. Treppensteigen |
| 7. Instabilität | 8. Hocken |

Es wurde der Situation des Knies vor dem Unfall beurteilt, in Gruppe II somit der Status vor einer erneuten Kreuzbandruptur. Weiter der Zustand vor Durchführung von HTO und VKB-EPL/ Re-VKB-EPL sowie zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung. Der Bogen wurde nach Befragung des Patienten durch den Untersucher ausgefüllt, somit waren den Antworten entsprechende Punktwerte dem Patienten nicht bekannt. Weiter wurde die Befragung und Untersuchung durch eine Person durchgeführt, um untersucherbedingte Beeinflussung zu vermeiden [30]. Diese Vorgehensweise wurde bei allen angewendeten Scores beibehalten.

3.7.2 IKDC-Evaluationsbogen

Eine Gruppe europäischer und amerikanischer Ärzte, das „International Knee Documentation Committee“ (IKDC), entwickelte den einheitlichen Standard-Evaluationsbogen für das Knie (Anhang) [41]. Arbeiten zur Erstellung dieses Bewertungsbogens begannen bereits Ende der achtziger Jahre, wobei der 1988 von Müller et al. eingeführte Bogen als Orientierung diente [41,76]. Die Bewertung durch den IKDC-Score erfolgt nicht durch ein numerisches System, wie die von Lysholm et al. oder Marshall et al. verbreiteten Evaluationsbögen [61,64]. Vielmehr umfasst der IKDC Bogen neben u. a. anamnestischer Daten auch acht Problemgruppen, welche einen Dokumentations-, Qualifikations- und Evaluationsteil enthalten. Dokumentativ erfasst werden Gruppe fünf bis acht (Anhang) [47]:

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| 5. Kompartimentelle Befunde | 6. Symptome an der Transplantatentnahmestelle |
| 7. Röntgenuntersuchung | 8. Funktionelle Testung. |

Evaluiert werden die Gruppen eins bis vier:

- | | |
|---------------------------|----------------|
| 1. Subjektive Beurteilung | 2. Symptome |
| 3. Bewegungsumfang | 4. Bandstatus. |

Sowohl evaluativ als dokumentativ erhaltene Ergebnisse werden qualitativ bewertet. Jeder Befund kann jeweils mit einer der vier Ergebniskategorien qualifiziert werden:

- | | |
|-----------------|----------------------------------|
| - A: „normal“ | - B: „fast normal“ |
| - C: „abnormal“ | - D: „stark/ komplett abnormal“. |

Von jeder der acht Problemgruppen wird ein Gruppenergebnis gebildet, wobei das Gruppenergebnis dem schlechtesten Einzelergebnis der Gruppe entspricht. Auf gleiche Weise

erfolgt auch die Erstellung des Gesamtergebnisses, welches demnach nicht besser als das schlechteste Gruppenergebnis sein kann. Durch diese Methode soll verhindert werden, dass eine Mehrzahl guter Bewertungen schlechte Einzelwertungen des Knies überwiegen. Darüber hinaus werden durch den Bogen auch anamnestische Daten des Patienten wie Name, Geburtsdatum, Aktivitätsniveau aber auch Unfall- und Operationsjahr erfasst. Wie schon bei o. g. Bögen wurde auch der IKDC-Score vom Untersucher ausgefüllt. Zusätzlich ist noch zu bemerken, dass in unserer Studie die in Gruppe sieben (Röntgenuntersuchung) angeführte Evaluationskategorie „patellofemorale Gelenkspalt“ nicht untersucht wurde. Wir haben anderweitige radiologische Auswertung durchgeführt (s. u.).

Anamnestische Datenerhebung und Klinische Untersuchung nach Vorgaben des IKDC-Scores

Die klinische Untersuchung richtete sich nach den Vorgaben des IKDC-Scores. Begonnen wurde jedoch mit Befragung der Patienten, um somit die anamnestisch geforderten Daten zu ermitteln sowie das Aktivitätslevel und die ersten beiden Kategorien des IKDC-Bogens [41,47]. Das Aktivitätsniveau sollte von den Patienten vor dem Unfall (Re-Ruptur in Gruppe II), vor der Operation und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung angegeben werden. Dabei wurden vier Levels nach den kniespezifischen Belastungen in Sport und Beruf unterschieden:

- Niveau I: Aktivität mit belastender Rotation, Fußball.
- Niveau II: Schwere körperliche Arbeit, Tennis, Ski
- Niveau III: Leichte körperliche Arbeit, Joggen
- Niveau IV: Alltägliche Arbeit, sitzende Tätigkeit.

Klinisch untersucht wurde anschließend der Bewegungsumfang nach der Neutral-Null-Methode, die laterale und mediale Aufklappbarkeit des Gelenkes in 20° Flexion, der Lachmann-Test in 25° Beugung als auch der Pivot-shift-Test [47,75,109]. Letzterer konnte bei den meisten Patienten nicht durchgeführt werden, da diese durch Gegenspannung, auch nach mehrmaliger Aufforderung zum Lockerlassen, die Durchführung des Tests verhinderten.

Die anteriore Translation wurde durch den KT-1000 gemessen (s. u.). Weiter wurde palpatorisch ein Krepitieren über dem medialen und lateralen Femoropatellargelenk erfasst. Als funktioneller Test wurde das Hüpfen auf einem Bein gewählt, wie vom IKDC vorgegeben. Die Bewertung erfolgte hier subjektiv durch den Patienten, welcher den funktionellen Unterschied der beiden Kniegelenke prozentual schätzte. Zur radiologischen Bewertung wurden konventionelle Röntgenaufnahmen des Knies in zwei Ebenen durchgeführt.

3.7.3 Messungen mittels KT1000-Arthrometer

Zur Bestimmung der tibialen Translation wurde das KT-1000 Kniearthrometer der Firma Medmetric/ Kalifornia/ USA eingesetzt [3,4,21]. Vor der eigentlichen Messung erfolgte die Lagerung des Patienten in Rückenlage und entsprach dem Versuchsaufbau in Abbildung 25. Somit wurde am zu testenden Knie ein Flexionswinkel von ca. 25° mittels Unterlegekeil erzeugt. Die Messvorrichtung wurde dann, sich an der Tuberositas orientierend, auf den Unterschenkel aufgesetzt und fixiert. Die Befestigung erfolgte durch zwei Fixierungsbänder, wovon das proximale etwas unter der Tuberositas und das distale ca. auf Höhe des oberen Sprunggelenkes zu liegen kam (Abb. 25). Der Messstempel wurde anschließend auf die Patella aufgesetzt und mit einer Hand leicht in seiner Position fixiert. Vor Messung der anterioren Translation wurde eine dorsale Subluxation der Tibia ausgeschlossen. Die Messung erfolgte am operierten als auch am nicht operierten Bein. Mit der Zugvorrichtung wurde nun der Unterschenkel in anteriore Richtung gezogen.

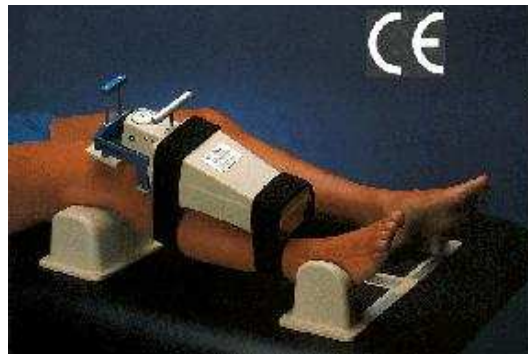


Abb. 25 Positionierung von Patient und Arthrometer bei Messungen mittels KT-1000 Arthrometer (Aus <http://www.medmetric.com/kt1.htm>, Stand 10.12.2007)

Dies wurde mit drei Kraftstufen durchgeführt. Durch akustische Signale kann der Untersucher erkennen, welche Zugkraft er gerade appliziert. Die sich dabei jeweils ergebende Translation der Tibia gegenüber dem Femur kann anhand der Messskala in mm abgelesen werden. Als Endergebnis wurde der Mittelwert aus drei Untersuchungen pro Kraftstufe verwendet.

3.7.4 Radiologische Untersuchungen und Auswertungen anhand der Röntgenbilder

Zur radiologischen Auswertung wurden postoperativ Röntgenbilder des Knies in 2 Ebenen angefertigt. Die a.-p.-Aufnahme des Knies wurde derart getätigt, dass die Patella mittelständig platziert war und medialer und lateraler Gelenkspalt frei zur Einsicht kamen [84]. Die Röntgenbilder wurden von allen Patienten angefertigt, welche, das Einverständnis vorausgesetzt, zu einer Nachuntersuchung erschienen sind. Bei Ablehnung einer radiologischen Untersuchung wurde versucht von ärztlichen Kollegen gegenwärtige Aufnahmen, soweit vorhanden, anzufordern. Verglichen wurden die aktuellsten Bilder mit präoperativen Aufnahmen des Knies. Vor der operativen Therapie mittels HTO und VKB-EPL/ Re-VKB-EPL wurde von jedem Patienten zur Achsenausmessung eine Ganzbeinstandaufnahme angefertigt, auch diese wurde nochmals ausgemessen und mit den Aufnahmen verglichen.

3.7.4.1 Messungen anhand der a.p.-Aufnahmen

An den a.p.-Aufnahmen wurden drei Kriterien untersucht und ausgemessen. Primäres Interesse bestand daran, den femurotibialen Winkel zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde jeweils die anatomische Achse von Femur (AF) und Tibia (AT) in das Röntgenbild eingezeichnet und der Winkel zwischen diesen Bezugslinien bestimmt [62,84]. Eine Abweichung der Tibiaachse nach medial, bezogen auf die Achse des Femurschaftes, wurde als positiver Winkel angegeben (varische Achse), eine Abweichung nach lateral entsprechend als negativer Winkel (valgische Achse) (Abb. 26).



Abb. 26 Ermittlung des tibiofemorale Winkels anhand der a.p.-Aufnahme mittels AF und AT.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Darüber hinaus haben wir an diesen Röntgenbildern auch die Gelenkspaltbreite sowohl im medialen, als auch im lateralen Bereich ausgemessen. Dazu wurde die geringste Gelenkspaltbreite lateral der Eminentiae im jeweiligen Kompartiment ermittelt (Abb. 27).

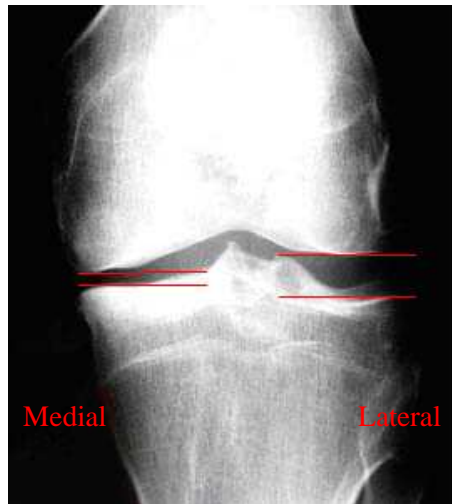


Abb. 27 Ausmessung der Gelenkspaltbreite medial und lateral an der a.p.-Aufnahme.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Die Weiten des medialen und lateralen Gelenkspaltes wurden zur besseren Vergleichbarkeit in Prozentangaben umgerechnet und im Verhältnis angegeben.

3.7.4.2 Auswertungen am seitlichen Röntgenbild

Bestimmung des Slope

Die Ermittlung der tibialen Retroversion wurde mit der PTC-Methode (posteriorer tibialer Cortex) durchgeführt. Bei dieser Art der Messung wird eine Tangente an das Tibiaplateau gelegt und eine Bezugslinie am posterioren tibialen Cortex gebildet (Abb. 28) [19]. Diese beiden Linien haben einen Schnittpunkt, durch welchen eine dritte Linie (blau) gelegt wird, nämlich im rechten Winkel zur PTC-Linie. Der Winkel der tibialen Retroversion bzw. Anteversion ergibt sich nun zwischen Tibiaplateau-Tangente und Senkrechten zur PTC. Liegt eine Retroversion vor, so wurde der Winkel mit positiven Werten, im umgekehrten Fall mit negativen angegeben.

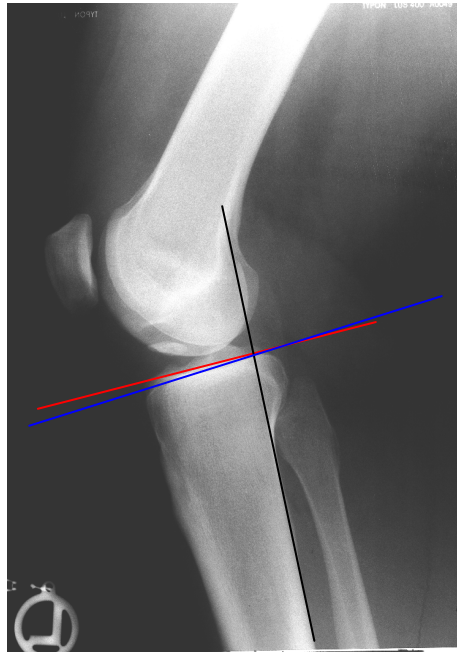


Abb. 28 Bestimmung des Slope mittels PTC-Methode.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Ermittlung der Patella-Höhe nach der Blumensaat-Methode

Bei dieser Bestimmungsmethode wird der Abstand von der Blumensaatlinie (zur Streckseite verlängerten Linie der interkondylären Sklerosezone) zur Patellaspitze gemessen (Abb. 29a) [8]. Dieser beträgt bei 30° Flexion normalerweise 17mm und bei 50° Beugung 0mm (Abb. 29b). Da sich bei Röntgenaufnahmen ein Kniebeugungswinkel von 30° nicht konstant erreichen lässt, wird für diese Methode eine Umrechnungstabelle angewendet, je nach Kniebeugungswinkel kann daraus der entsprechenden Referenzwerte entnommen werden (Abb. 29b) [8].

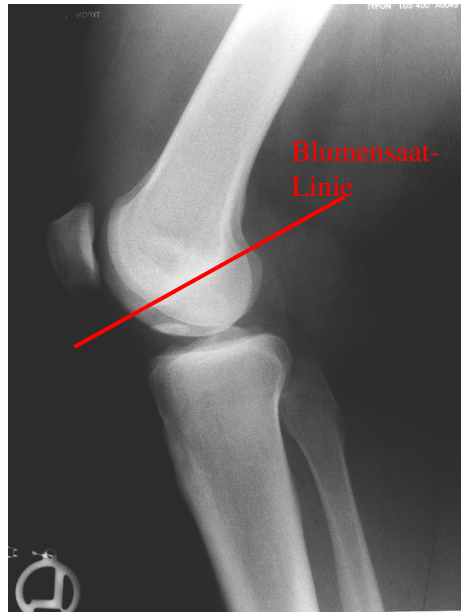


Abb. 29 a Bestimmung der Patellahöhe am Röntgenbild mittels der Blumensaat-Methode.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Beugungswinkel des Kniees im Röntgenbild	Normwert in mm	Normbereich in mm		Übergangsbereich in mm	
15 Grad	30	23,6 bis	36,4	17,2 bis	42,8
20 Grad	25,7	19,3 bis	32,1	12,9 bis	38,5
25 Grad	21,4	15,0 bis	27,8	8,6 bis	34,2
30 Grad	17,1	10,7 bis	23,5	4,3 bis	29,9
35 Grad	12,9	6,5 bis	19,3	0,1 bis	25,7
40 Grad	8,6	2,2 bis	15	-4,2 bis	21,4
45 Grad	4,3	-2,1 bis	10,7	-8,5 bis	17,1
50 Grad	0	-6,4 bis	6,4	-12,9 bis	12,8
55 Grad	-4,3	-10,7 bis	2,1	-17,1 bis	8,5
60 Grad	-8,6	-15,0 bis	-2,2	-21,4 bis	4,2
65 Grad	-12,9	-19,3 bis	-6,5	-25,7 bis	-0,1
70 Grad	-17,1	-23,5 bis	-10,7	-29,9 bis	-4,3

Abb. 29 b Umrechnungstabelle nach Blumensaat zur Ermittlung der Patellahöhe unter Einbeziehung des Kniebeugungswinkels. Nach [8].

Bemessungsart der Patellahöhe nach Blackburne-Peel

Es wird auch bei diesem Messverfahren ein Quotient gebildet. Dabei entspricht die von dem distalen Pol der patellaren Gelenksfläche gezogene Linie, senkrecht auf dem Tibianiveau stehend, dem Dividenden (blaue Linie). Den Divisor bildet der Längenwert der patellaren Gelenksfläche (rote Linie) (Abb. 30) [105]. Ergebnisse von 0.54 bis 1.06 gelten als Normalwerte [105].

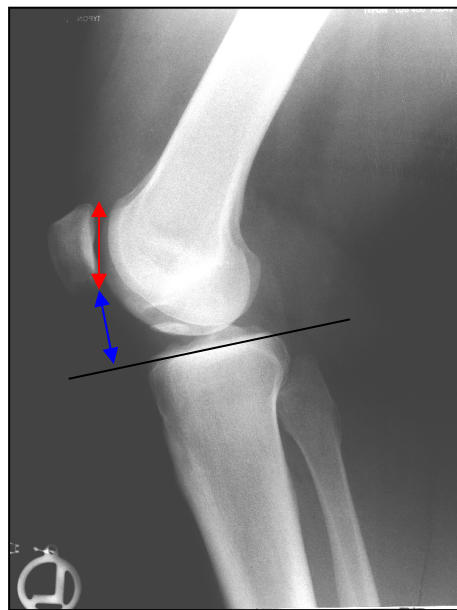


Abb. 30 Patellahöhenbestimmung mit der Messung nach Blackburne-Peel.
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

Bestimmung der Patellahöhe nach Insall- Salvati

Bei dieser Methode wird zur Patellahöhenbestimmung die Länge der Patella und des Lig. patellae in Beziehung gesetzt [105]. Viele unserer Patienten haben ein Kreuzbandtransplantat mit BPTB erhalten. Deshalb war postoperativ bei diesen Personen bei fehlender oder unvollständiger Tuberositas tibiae keine exakte Abmessung der Patellarsehne möglich, weshalb wir auf die Auswertung nach Insall-Salvati verzichteten.

3.7.4.3 Ausmessungen an der Ganzbeinstandaufnahme

Mittels Ganzbeinstandaufnahme wurde präoperativ der Korrekturwinkel durch Messung des Fehlstellungswinkels (β) ermittelt (Abb. 31). Zudem wurde auch an diesen Bildern die Gelenkspaltbreite nach o. g. Methode ausgemessen [84].



Abb. 31 Ermittlung des Fehlstellungswinkels an der Ganzbeinstandaufnahme durch Einzeichnen der mechanischen Achse des Femurs (MA) und der anatomischen Achse der Tibia (AT). Nach [84].
(Fotodokumentation der Sportorthopädie München)

4. Ergebnisse

4.1 Auswertungen von Daten aus Patientenakten

4.1.1 Zeitraum zwischen Trauma und Operation (HTO und VKB-EPL/ Re-VKB-EPL)

Gruppe I

Die durchschnittliche Dauer zwischen Kreuzbandriss und Operation in Patientenkollektiv 1 betrug 6,9 Jahre, wobei innerhalb der ersten 3 Jahre nach Trauma die meisten Patienten operiert wurden (Abb. 32). Der kürzeste Zeitraum bis zur Operation betrug 1 Monat, der längste 22 Jahre. Drei Personen (9%) konnten kein der Ruptur zugrunde liegendes Unfallereignis angeben. Der mittlere postoperative Beobachtungszeitraum lag bei 3,7 (2-7) Jahren.

Am häufigsten durchgeführt wurde die Index-Operation im Jahr 2000, am seltensten 1996 und 1997 (Abb. 33).

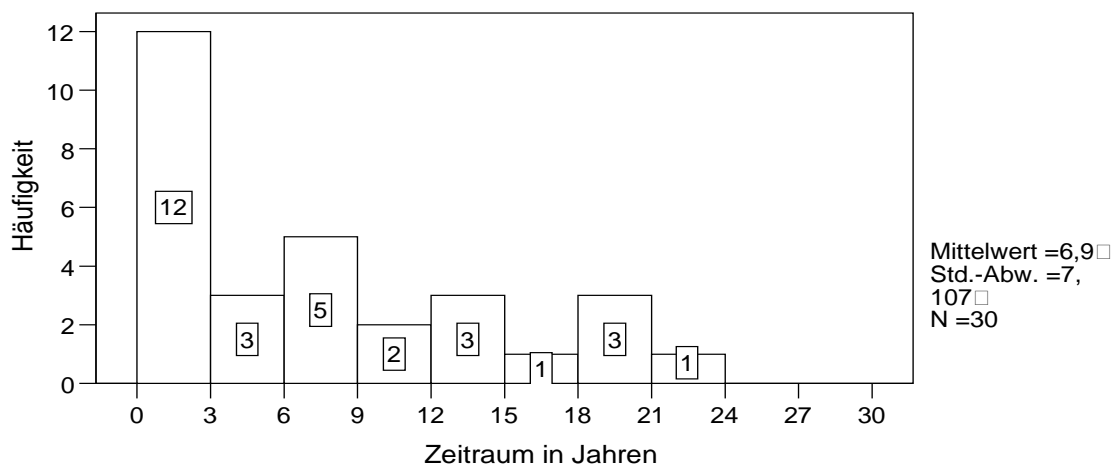


Abb. 32 Zeitspanne zwischen Trauma und Operation in Gruppe I

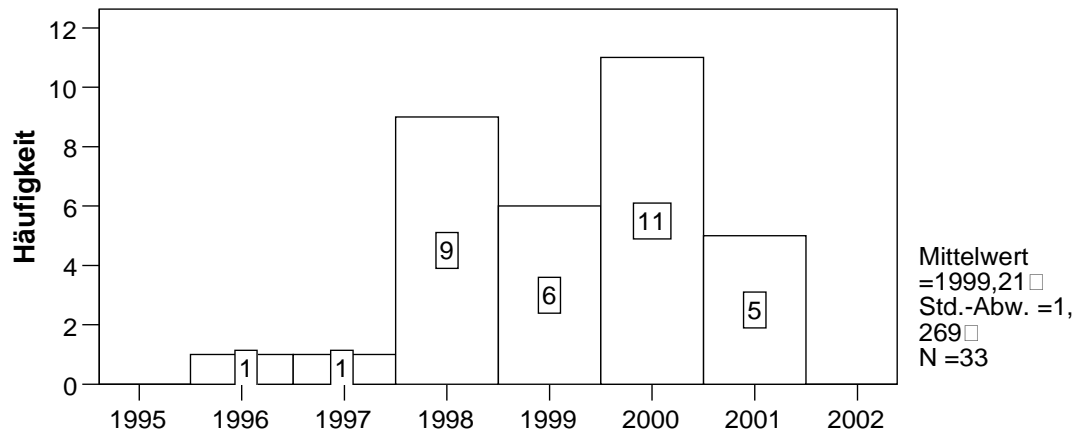


Abb. 33 Operationsverteilung bezogen auf Jahre in Gruppe I

Gruppe II

In Patientenkollektiv 2 wurde als Unfallzeitpunkt die Re-Ruptur der Kreuzbandplastik gewertet. Von insgesamt 24 Patienten konnten lediglich 9 (37,5%) ein erinnerliches Trauma angeben (Abb. 34). Bei diesen konnte ermittelt werden, dass die Mehrzahl der Personen in den ersten 3 Jahren nach Kreuzbandruptur eine operative Therapie erhielten. Die Operation und der Nachuntersuchungszeitpunkt liegen durchschnittlich 3,5 Jahre (2-6) auseinander.

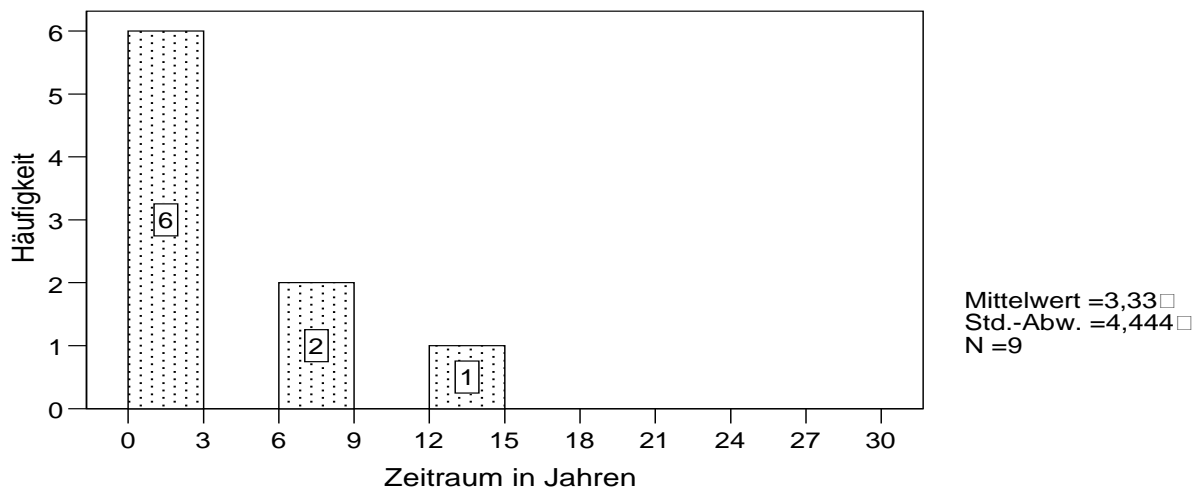


Abb. 34 Zeitraum zwischen Trauma und Operation Gruppe II

Bezogen auf das Gesamtkollektiv Gruppe II wurde die Operation am zahlreichsten im Jahre 2001 durchgeführt, am wenigsten 1997 (Abb. 35).

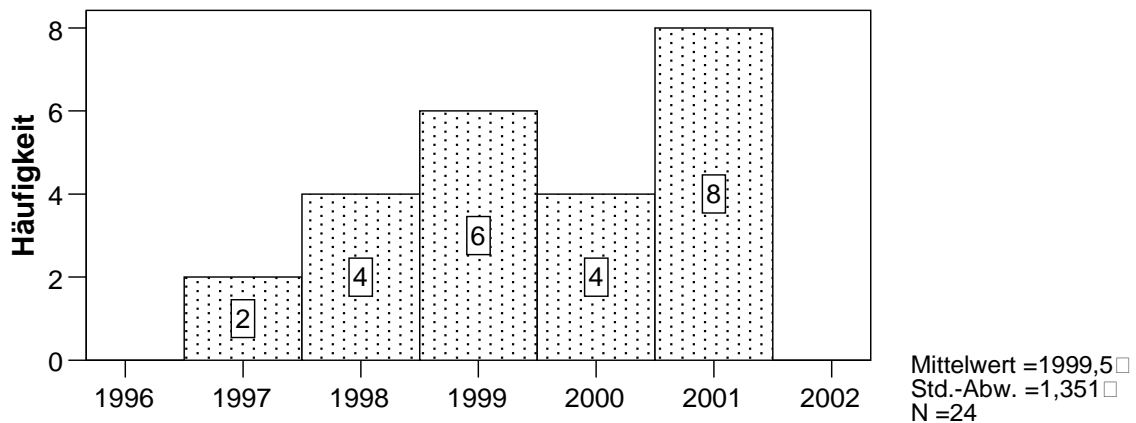


Abb. 35 Operationsverteilung bezogen auf Jahre in Gruppe II.

4.1.2 Verletzungsmechanismus

Alle Patienten wurden über den, die Kreuzbandruptur verursachenden, Verletzungsmechanismus befragt.

Gruppe I

In Gruppe I zogen sich die meisten Personen bei sportlichen Aktivitäten die Kreuzbandruptur zu. Bei Kontaktsportarten war Fußball mit einer Häufigkeit von 10 Ereignissen (30%) die führende Unfallursache und bei Nicht-Kontakt-Sportarten Skifahren (27%) mit einer Anzahl von 9 Ereignissen (Abb. 36).

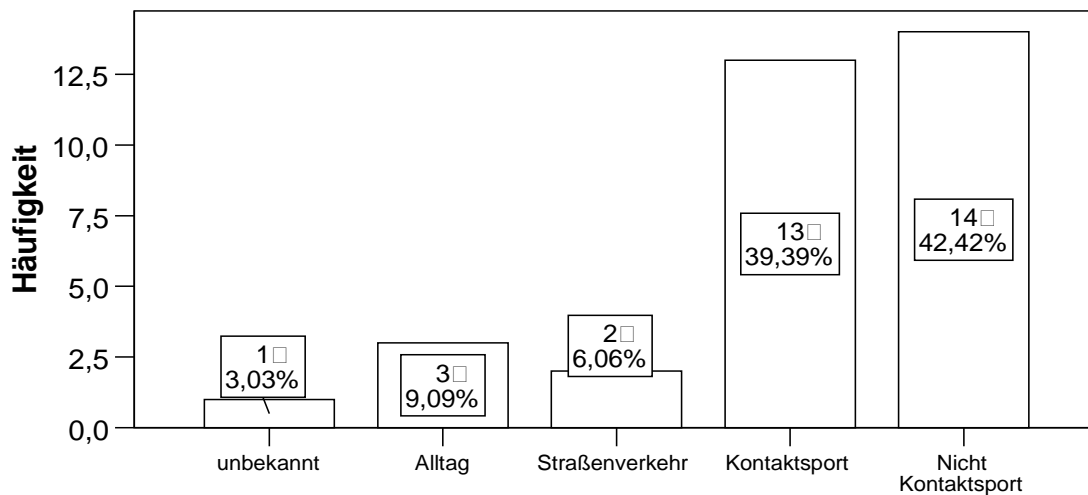


Abb. 36 Unfallursache Gruppe I bzgl. VKB-Ruptur, n=33.

Gruppe II

Innerhalb Gruppe II können mehr als die Hälfte der Patienten (13 Personen) kein konkretes Unfallereignis angeben (Abb. 37). Vielmehr berichten diese Personen, dass sich die Instabilität durch rezidivierende Distorsions- und Giving-way-Ereignisse entwickelt habe. Von Patienten, welche eine Unfallursache benennen konnten (37,5%), wurden Kontaktsportarten mit 12,5% am häufigsten, dicht gefolgt von Nichtkontaktsportarten mit 8,3% angegeben. 16,6% der Rupturen ereigneten sich bei alltäglichen Situationen (Abb. 37). Eine Person erlitt eine Zerstörung des Kreuzbandes durch eine Knieinfektion, verursacht durch die erste Kreuzbandoperation. Ein weiterer Patient litt unter Instabilität nicht wegen einer Ruptur, wie sich intraoperativ herausstellte, sondern hatte ein funktionsloses elongiertes Kreuzbandtransplantat. Diese beiden Personen wurden in der Grafik in Kategorie „Andere“ Ursachen eingestuft.

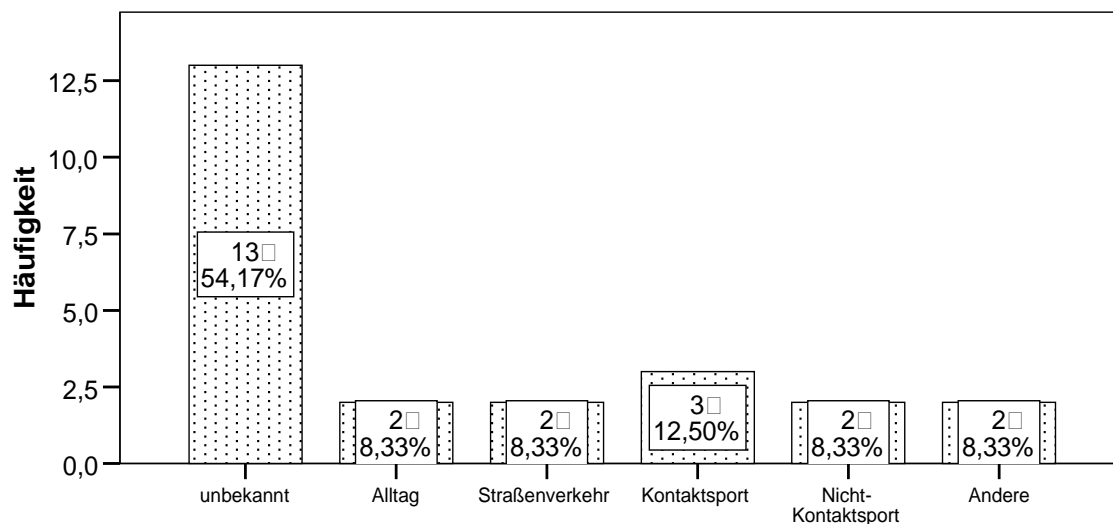


Abb. 37 Unfallursache Gruppe II bzgl. VKB-Re-Ruptur, n=24.

Vergleich Gruppe I und II

Bei Vergleich der beiden Gruppen zeigt sich ein hochsignifikanter Unterschied bezogen auf die Reißursache dahingehend, dass einerseits in Gruppe II mehr als die Hälfte der Personen kein Unfallereignis angeben können und innerhalb der Kategorien deutlich höhere Ergebnisse in Gruppe I ermittelt werden konnten ($p < 0,01$, Mann-Whitney-Test).

4.1.3 Voroperationen an Meniskus und Knorpel

Gruppe I

In diesem Kollektiv zeigt sich anamnestisch, dass lediglich 18% der Personen vor HTO und VKB-EPL keinen therapeutischen Eingriff an den Menisken des entsprechenden Knies gehabt haben (Tab. 2). Vorbehandlungen waren am Innenmeniskus in 70% der Fälle bereits erfolgt, am Außenmeniskus bei 3% und an beiden Menisci bei 9%. Vorbehandlungen des Knorpels berichteten nur 18% der Patienten (Tab. 1).

Vorbehandlung	Häufigkeit	[%]
keine Vorbehandlung	27	81,8
Knorpelchirurgie	6	18,2
Gesamt	33	100,0

Tab. 1 Knorpelchirurgie präoperativ Gruppe I

Vorbehandlung	Häufigkeit	[%]
Keine Vorbehandlung	6	18,2
Innenmeniskus­chirurgie	23	69,7
Aussenmeniskus­chirurgie	1	3,0
Innen- und Außenmeniskus­chirurgie	3	9,1
Gesamt	33	100,0

Tab. 2 Meniskus­chirurgie präoperativ Gruppe I

Gruppe II

In Gruppe II berichten 62,5% der Personen über operative Eingriffe am Innenmeniskus, zusätzlich haben 12,5% der Patienten Chirurgie an beiden Menisken anamnestisch angegeben (Tab. 3). In diesem Kollektiv haben nur 21% der Personen bereits Behandlungen am Knorpel gehabt (Tab. 4).

Vorbehandlung	Häufigkeit	[%]
keine Vorbehandlung	19	79,2
Knorpelchirurgie	5	20,8
Gesamt	33	100,0

Tab. 3 Knorpelchirurgie präoperativ Gruppe II

Vorbehandlung	Häufigkeit	[%]
Keine Vorbehandlung	6	25
Innenmeniskus­chirurgie	15	62,5
Aussenmeniskus­chirurgie	0	0
Innen- und Außenmeniskus­chirurgie	3	12,5
Gesamt	24	100,0

Tab. 4 Meniskus­chirurgie präoperativ Gruppe II

4.1.4 Intraoperativer Knorpel- und Meniskuszustand

Der Zustand des Knorpels wurde anhand der OP-Protokolle ausgewertet und nach Outerbridge eingeteilt [9]. Der Zustand der Menisci wurde in 4 Stadien in Anlehnung an den IKDC-Bogen gegliedert: „N1“ für komplett erhalten, „1/3“ und „2/3“ für den jeweils vorhandenen Meniskusanteil und „Total“ für einen fehlenden Meniskus [47].

Gruppe I

Knorpelzustand

Der Knorpelzustand des medialen Femurkondylus in Gruppe I wies mit einem Drittel der Fälle am häufigsten Knorpelschäden Grad 4 auf, dicht gefolgt von Schäden Grad 2 und 3. Intakter Knorpel bzw. nur geringe Knorpelaffektionen Grad 1 kamen mit 6% bzw. 12% vergleichsweise seltener vor (Abb. 38a).

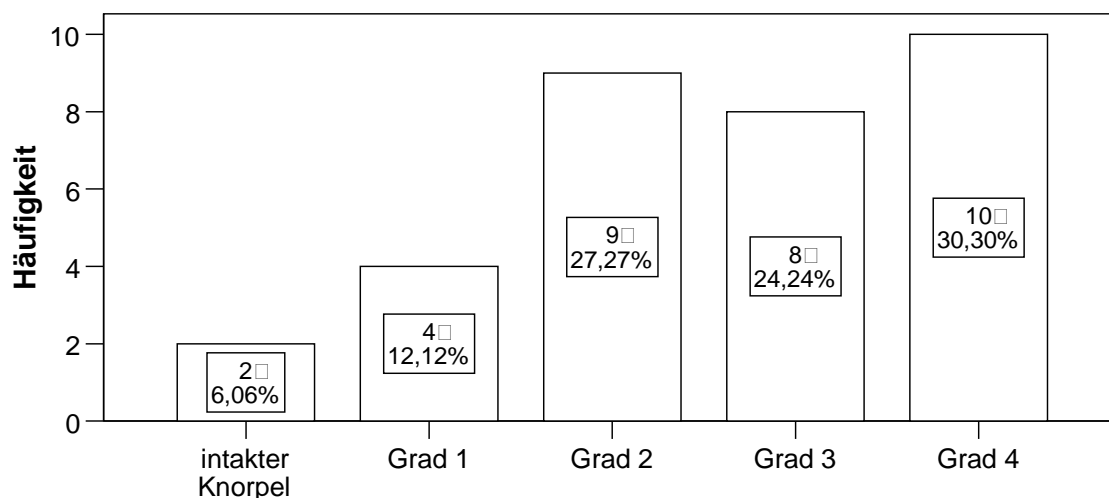


Abb. 38 a Knorpelschäden in Gruppe I am medialen FC, n=33.
(deutlich mehr Knorpelschäden als am med. TP, $p < 0,05$).

Signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$, Vorzeichen-Test) stellte sich die Situation im Bereich des medialen Tibiaplateaus dar. Zwar wurden auch hier Schäden Grad 4 bei 25% der Patienten gefunden, Knorpelaffektionen Grad 1-3 traten jedoch wesentlich seltener auf (Abb. 38b). Intakter Knorpel war sogar bei der Hälfte aller Patienten vorhanden.

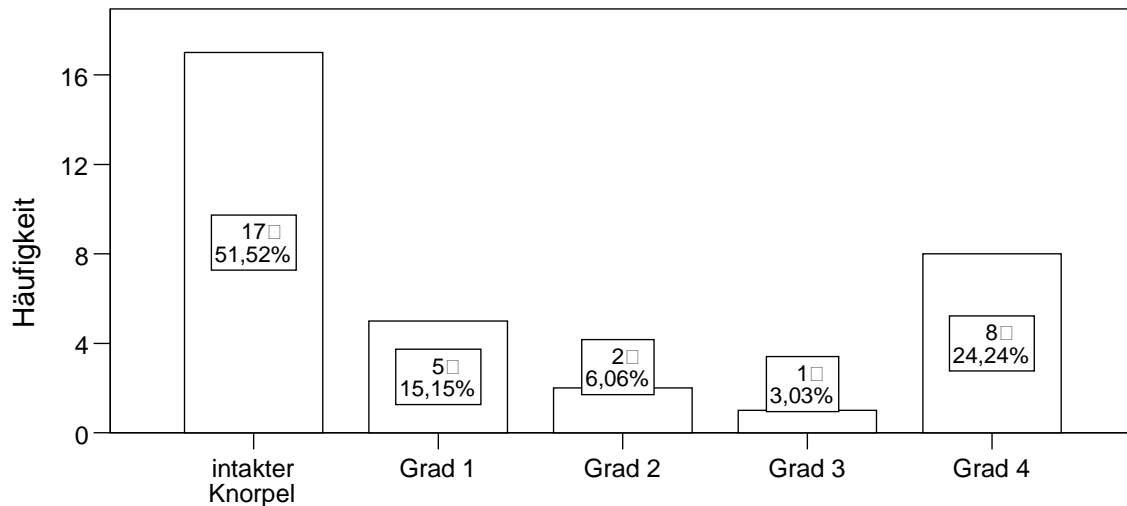


Abb. 38 b. Knorpelschäden Gruppe I am medialen Tibiaplateau; n=33.
(deutlich weniger Knorpelschäden als am med. FC, $p < 0,05$).

Im lateralen Kompartiment wurden in Gruppe I bei nur 3 Personen Pathologien am Knorpel festgestellt. Es handelte sich bei zwei Personen (6%) um Knorpelschäden am Tibiaplateau, wobei eine Person davon Schäden Grad 1, die andere Grad 2 aufwies. Lediglich bei einem Patienten (3%) bot sich ein Defekt dritten Grades am Femurkondylus (Abb. 38c)

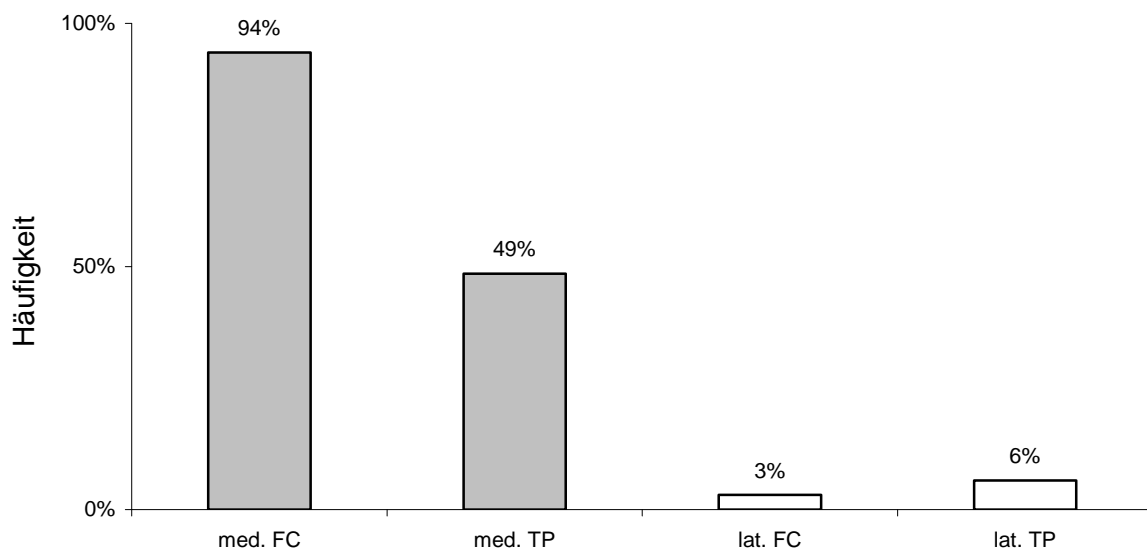


Abb. 38 c Knorpelschäden im medialen und lateralen Kompartiment Gruppe I; n=33.
(Signifikant mehr Schäden im medialen Kompartiment, $p < 0,01$).

Somit waren bei über 90% der Patienten in Gruppe I intakte Knorpelverhältnisse im lateralen Gelenkabschnitt zu finden. Es ergibt sich damit ein hochsignifikanter Unterschied bzgl. der Knorpelschäden bereits im medialen Kompartiment. Hier überwiegen Schäden am FC deutlich ($p < 0,01$ Wilcoxon-Test). Auch im Vergleich der Kompartimente zeigt sich insgesamt das Laterale mit nennenswert weniger Affektionen (Abb. 38c) ($p < 0,01$, Friedmann-Test).

Meniskuszustand

Bezüglich des Meniskus-Zustandes der Kniegelenke zeigten sich medial bei über 60% der Patienten bereits bestehende Schäden, in 12% der Fälle fehlte der Meniskus sogar komplett (Abb. 39a). Signifikant unterschiedlich ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test) stellte sich die Situation des Außenmeniskus dar, hier waren nur bei 6% Teilverluste festgestellt worden (Abb. 39b,c).

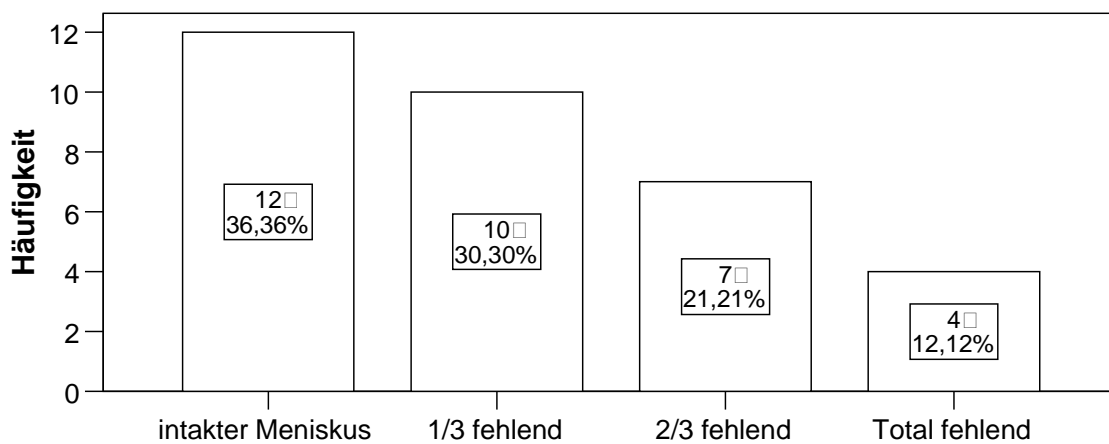


Abb. 39 a Meniskuszustand medial/ IM, Gruppe I, n=33.

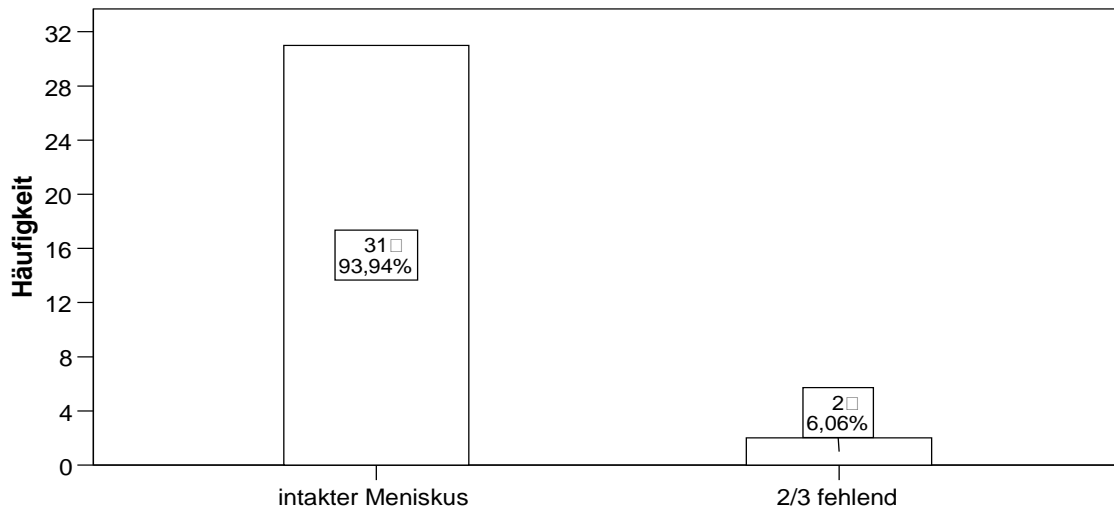


Abb. 39 **b** Meniskuszustand lateral/ AM Gruppe I, n=33.

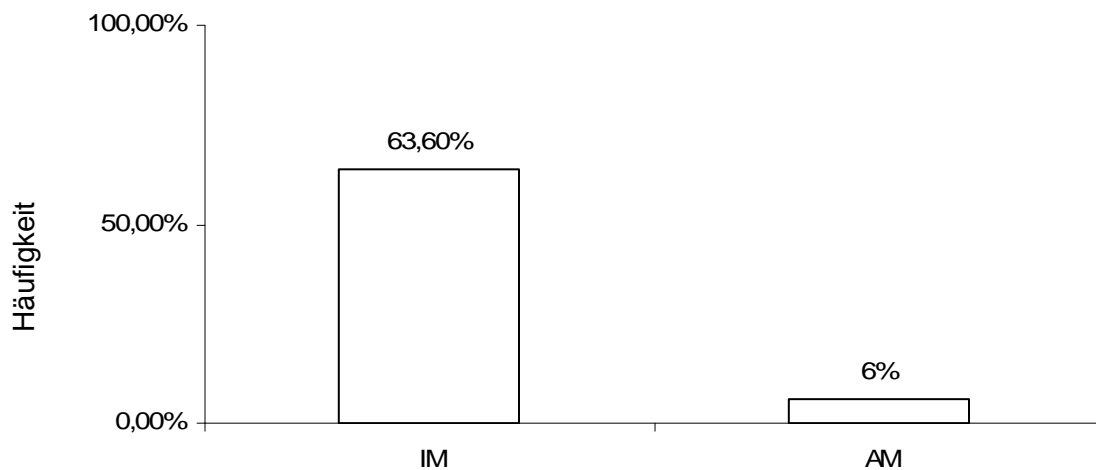


Abb. 39 **c** Schäden am IM und AM Gruppe I, n=33.
(Signifikant mehr Schäden am IM, $p < 0.01$)

Gruppe II

In Patientenkollektiv II zeigten sich insgesamt bei lediglich 12,5% der Personen keine bis leichte Schäden des Knorpels am medialen Femurkondylus (Abb. 40a). 87,5% der Patienten wiesen Defekte höheren Grades auf. Am Zahlreichsten waren Schäden Grad 2 (37,5%) gefunden worden, Grad 3 und 4 waren mit einem Anteil von 21% bzw. 29% etwas weniger vertreten (Abb. 40a).

Am Tibiaplateau wurden signifikant weniger Knorpelschäden als am medialen FC gefunden ($p < 0,01$ Vorzeichen-/Wilcoxon-Test). Es zeigte sich am medialen TP bei 50% der Patienten intakter Knorpel (Abb. 40b). Am häufigsten traten in Gruppe II Schäden Grad 2 mit 21% auf, dicht gefolgt von Defekten Grad 1 (17%). In Kategorie Grad 3 und 4 mussten insgesamt nur 12,5% der Personen eingestuft werden (Abb. 40b).

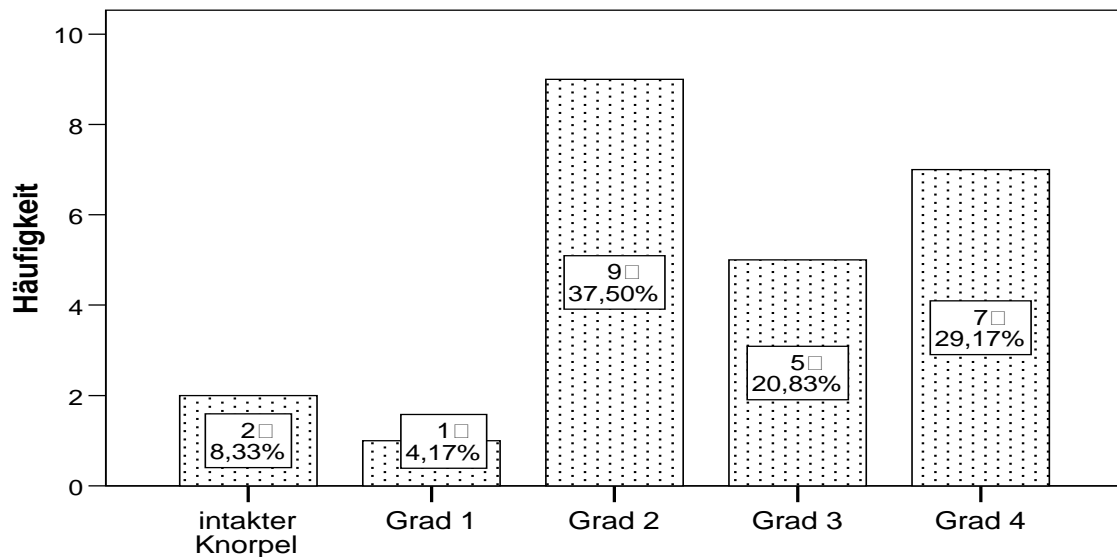


Abb. 40 a Knorpelschäden in Gruppe II am medialen FC, n=24.

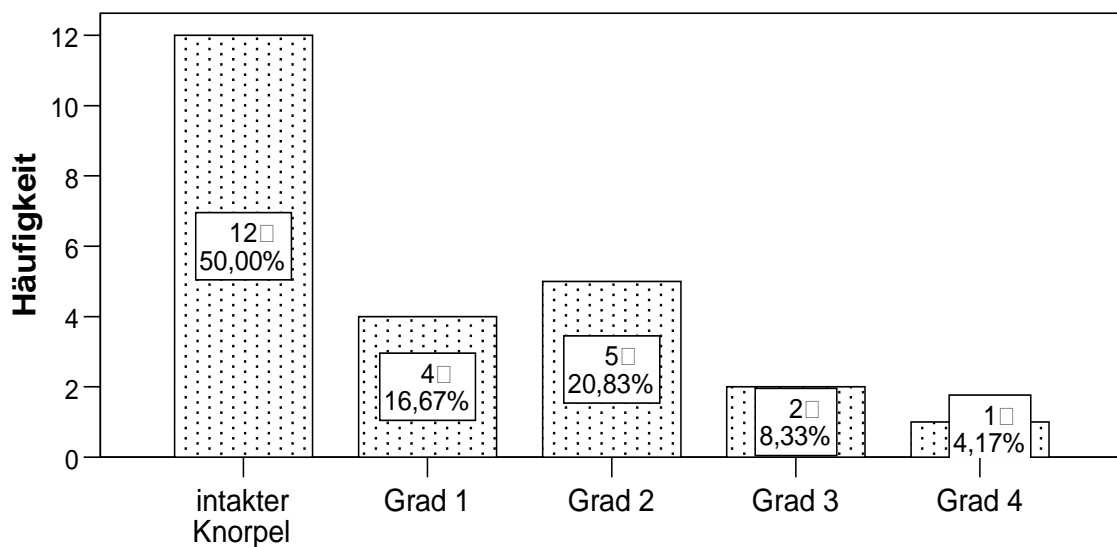


Abb. 40 b Knorpelschäden in Gruppe II am medialen TP, n=24.

Im lateralen Gelenkabschnitt wurden bei insgesamt 4 Personen (16,6 %) aus Gruppe II Pathologien am Knorpel gefunden. 3 Patienten davon hatten Defekte Grad 1 am lateralen FC, einer dieser Patienten zeigte zugleich gleichwertige Schäden des Tibiaplateaus. Affektionen Grad 3 traten bei einer Person auf, wobei auch in diesem Fall äquivalente Defekte an Femur und Tibia gleichzeitig bestanden. Intakte Knorpelbeschichtung zeigte sich bei 83% der Patienten. Verglichen mit dem medialen Gelenkabschnitt konnten somit lateral hochsignifikant weniger Knorpelläsionen festgestellt werden (Abb. 40c) ($p < 0,01$, Friedmann-Test).

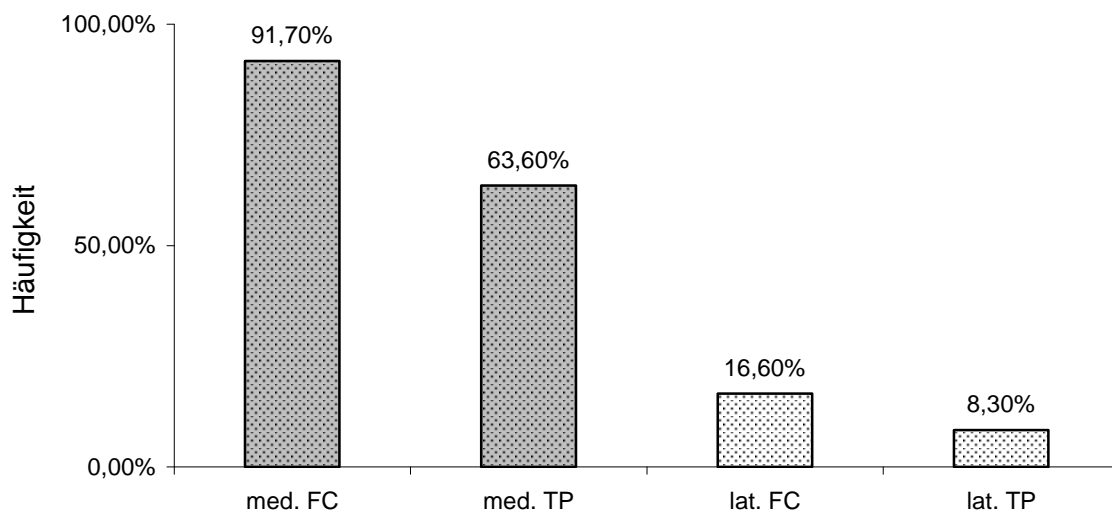


Abb. 40 c Knorpelschäden im medialen und lateralen Kompartiment Gruppe II; $n=24$ (signifikant mehr Knorpelschäden medial, $p < 0,01$).

Der Meniskuszustand in Gruppe II stellte sich intraoperativ deutlich schlechter dar als in Gruppe I, denn insgesamt mehr als 50% der Patienten in Kollektiv II zeigten bereits drastische Schäden der medialen Menisci bzw. den kompletten Verlust (Abb. 41a). Intakte Menisken waren noch bei 33% vorhanden. Unterschiedlich dazu stellt sich die Situation im lateralen Gelenkabschnitt dar (Abb. 41b).

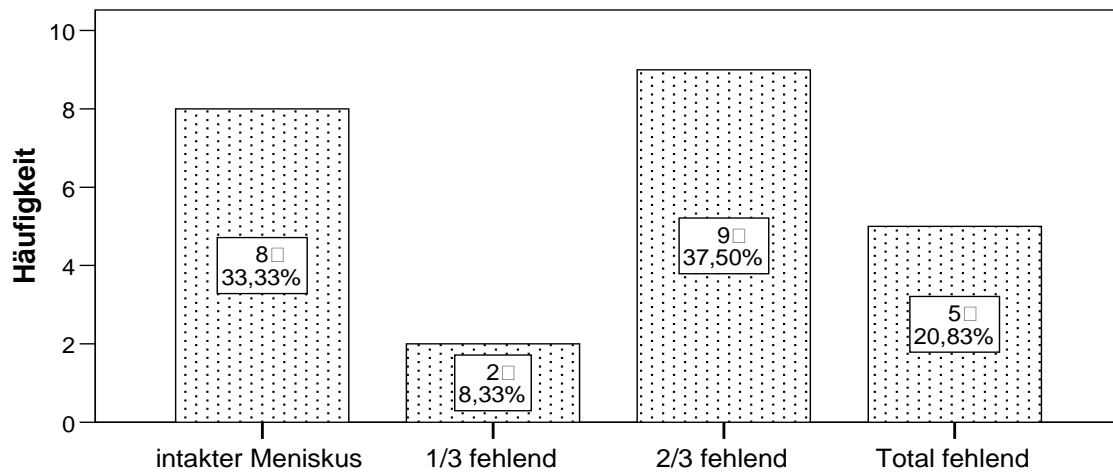


Abb. 41 a Meniskuszustand medial Gruppe II, n=24.

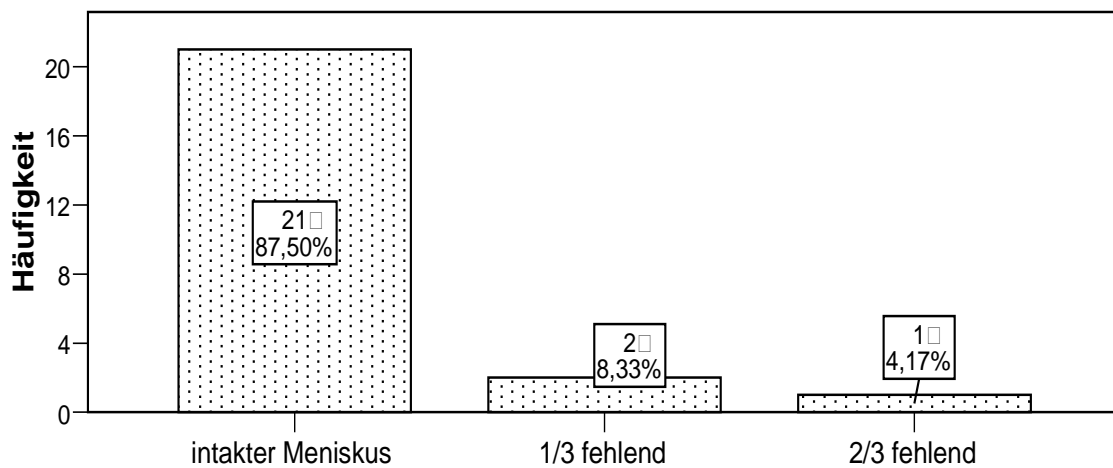


Abb. 41 b Meniskuszustand lateral Gruppe II, n=24.

Es konnten dort lediglich bei 3 Patienten (12,5%) Meniskusschäden festgestellt werden (Abb. 41b). Im Vergleich zeigten sich medial signifikant häufiger Meniskusaffektionen als lateral (Abb. 41c) ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test).

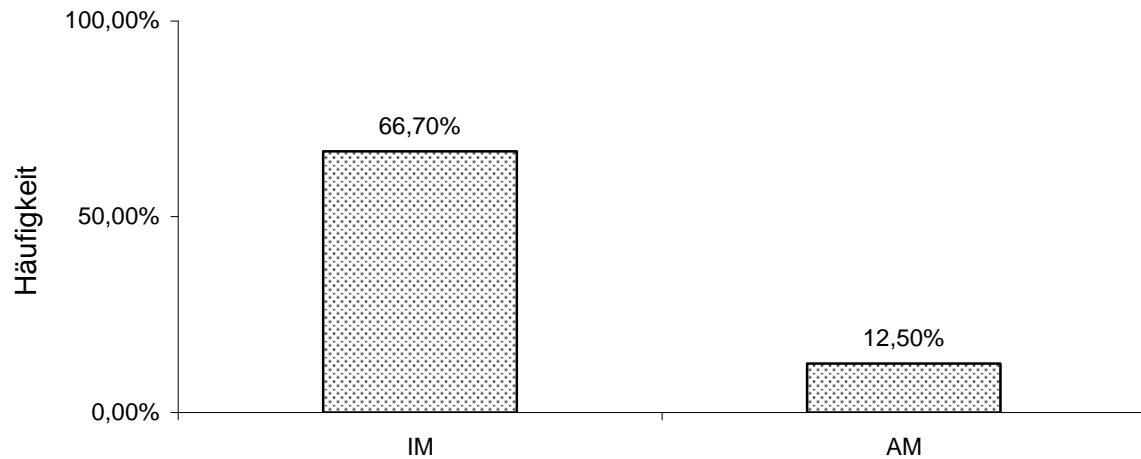


Abb. 41 c Schäden am IM und AM Gruppe II, n=24 (signifikant mehr Schäden am IM, $p < 0,01$).

Vergleich Gruppe I und II

Es zeigt sich bei Gegenüberstellung kein signifikanter Unterschied bzgl. des Knorpel- bzw. des Meniskuszustandes zwischen den Gruppen ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test).

4.1.5 Verwendete Kreuzband-Transplantate

Gruppe I

In dieser Gruppe wurde nur in einem Fall (3%) statt Patellarsehne Quadrizepssehne als Transplantat verwendet, alle anderen Patienten (97%) erhielten einen Kreuzbandersatz mittels PS. Bei einem der Patienten wurde die PS des kontralateralen Knies als Transplantat verwendet (Abb. 42).

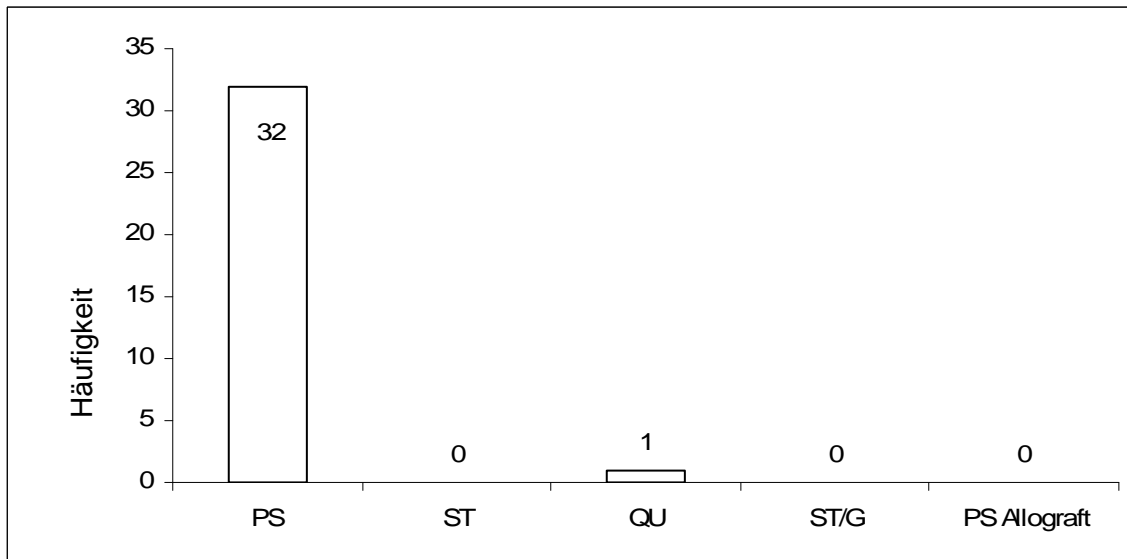


Abb. 42 Verwendete Kreuzband-Transplantate Gruppe I, n=33.

Gruppe II

Auch in diesem Kollektiv wurde das Kreuzband bei 58% der Gruppenmitglieder mittels Patellarsehne ersetzt. Darüber hinaus wurde bei 5 Personen (21%) ein Patellarsehnen-Allograft verwendet sowie Semitendinosus-Sehne in einem Fall (4%) und Semitendinosus-/Grazilis-Transplantate bei 4 Patienten eingesetzt (17%) (Abb. 43).

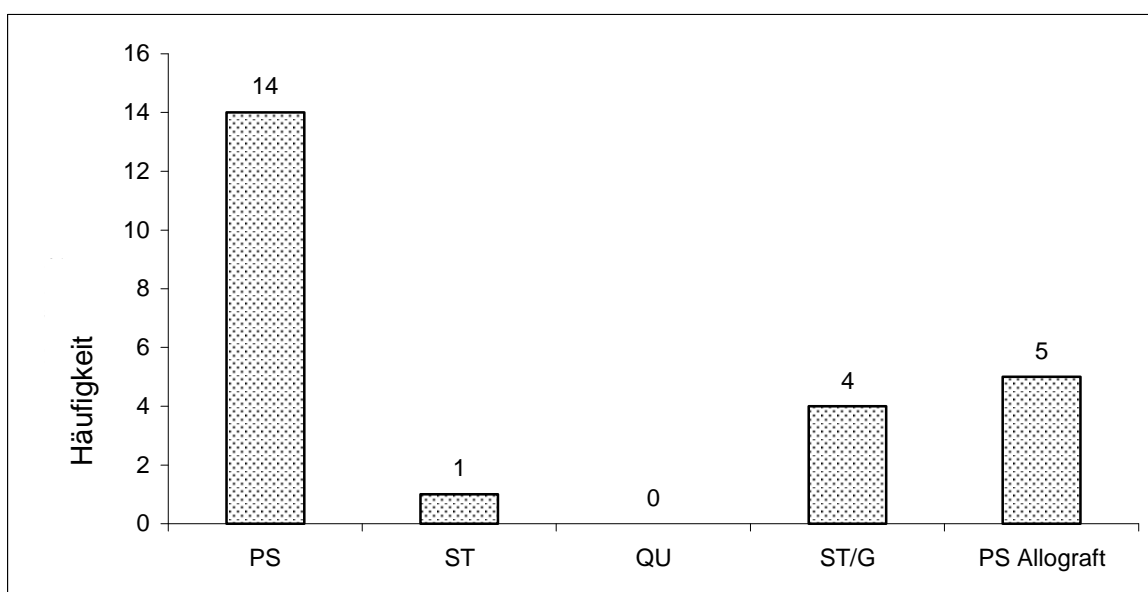


Abb. 43 Verwendete Kreuzband-Transplantate Gruppe II, n=24.

4.2 Ergebnisse der Scores und Evaluationsblätter

4.2.1 Auswertungen des Lysholm Scores

Gruppe I

Der Lysholm Score ergab in Gruppe I einen Durchschnittswert von 98 Punkten vor dem Unfall, 64 vor der Operation und 88 postoperativ, also zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (Tab. 5) (Abb. 44a). Infolgedessen konnte eindeutig eine Verbesserung der Beschwerden durch die operative Therapie im Vergleich zum präoperativen Zustand erreicht werden, was anhand der detaillierteren Darstellung von prä- und postoperativen Werten zu erkennen ist (Abb. 44b) ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Die Ausgangssituation, also vor dem Trauma, konnte jedoch trotz guter Ergebnisse nicht mehr erzielt werden (Abb. 44a) ($p < 0,01$, Friedman-Test).

Lysholm Score	Minimum	Maximum	Mittelwert
Lysholm Score vor Ruptur	76	100	97,70
Lysholm Score präoperativ	24	95	63,52
Lysholm Score postoperativ	68	100	88,12

Tab. 5 Punkteverteilung des Lysholm Scores in Gruppe I, n=33.

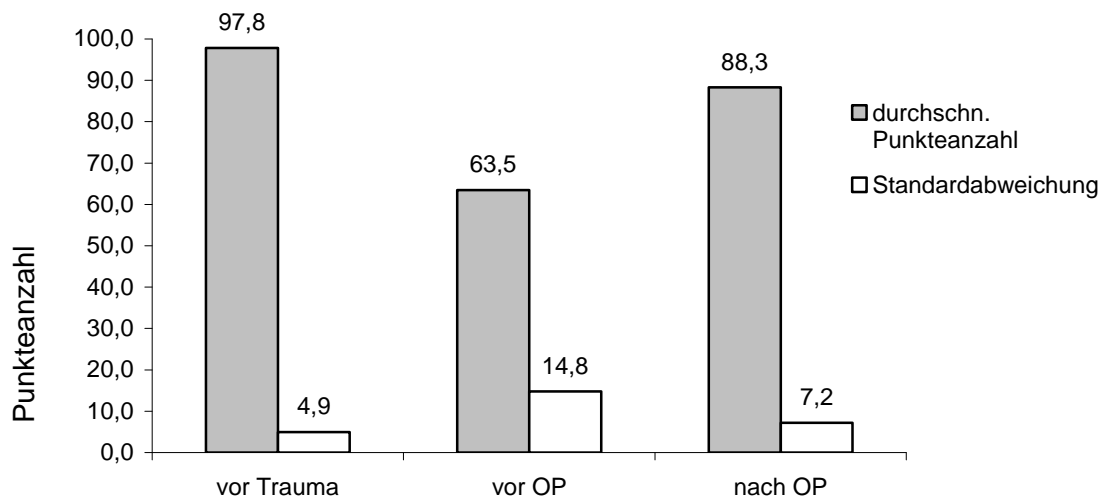


Abb. 44 a Durchschnittliche Punkteverteilung des Lysholm Scores vor Trauma, vor OP und postoperativ in Gruppe I, n=33. (Signifikant unterschiedliche Werte vor Trauma, vor OP und postoperativ, $p < 0.01$).

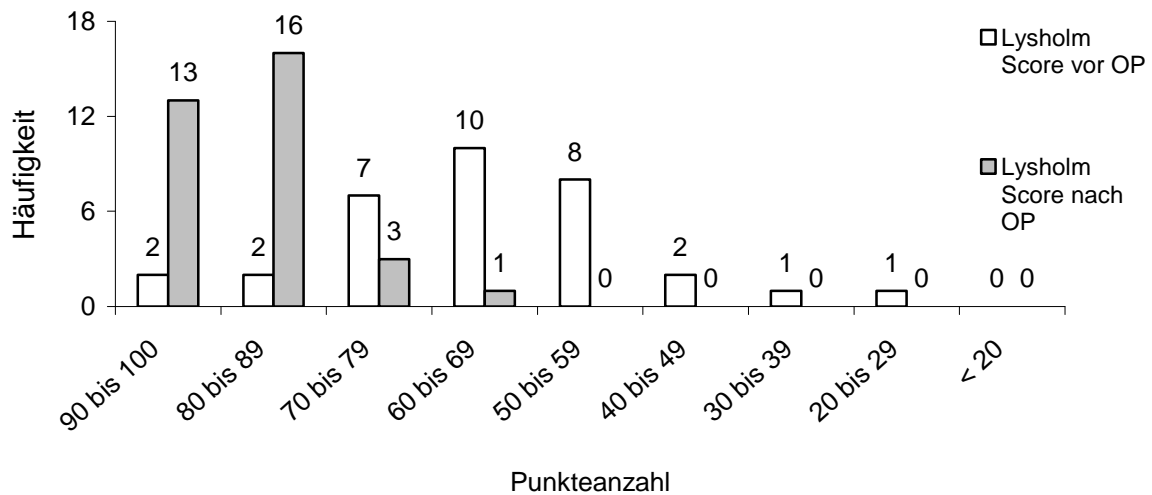


Abb. 44 b Detaillierte Punkteverteilung des Lysholm Score vor und nach OP in Gruppe I, n=33. (Signifikant unterschiedliche Werte prä- und postoperativ, $p < 0,01$, Wilcoxon-Test).

Gruppe II

In Patientenkollektiv II zeigte sich eine ähnliche Punkteentwicklung, so beträgt der Durchschnittswert vor Unfall 90 Punkte, präoperativ 65 und postoperativ, zum Zeitpunkt der Untersuchung, 85 Punkte (Tab. 6) (Abb. 45a). Somit konnte auch in dieser Patientengruppe eine signifikante Verbesserung der Kniefunktion durch die Therapie erreicht werden, was die detaillierte Punkteverteilung noch deutlicher erkennen lässt (Abb. 45) ($p < 0,01$, Wilcoxon- und Friedmann-Test). Die Werte nach Operation nähern sich sogar dem Ausgangszustand vor Re-Ruptur an, können diesen jedoch nicht mehr vollständig erreichen (Abb. 45a) ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test).

Lysholm Score	N	Minimum	Maximum	Mittelwert
Lysholm- Score vor Unfall	24	69	100	90,25
Lysholm- Score präoperativ	24	31	94	65,13
Lysholm- Score postoperativ	24	57	100	85,42

Tab. 6 Punkteverteilung des Lysholm Scores in Gruppe II

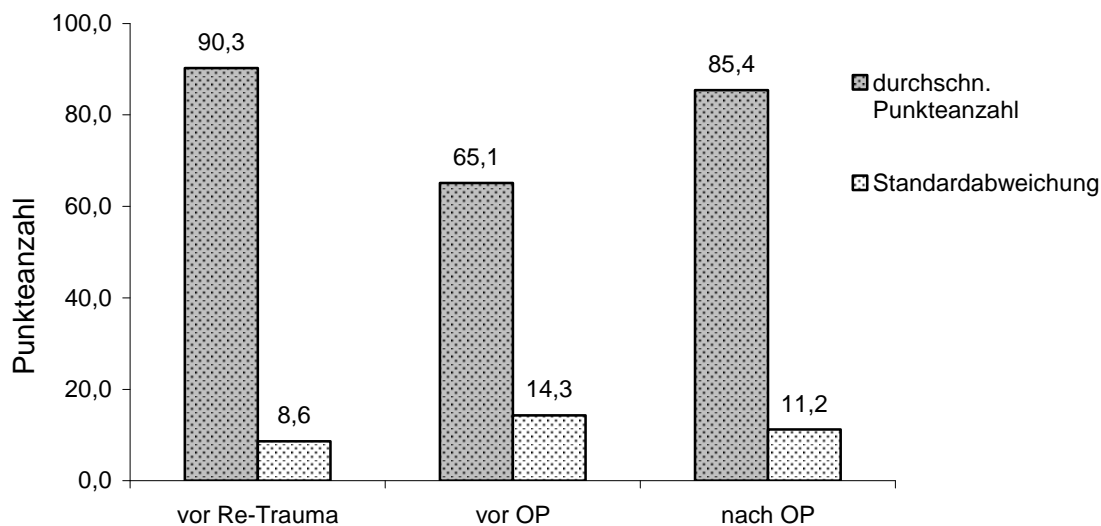


Abb. 45 a Durchschnittliche Punkteverteilung des Lysholm Scores vor Trauma, vor OP und postoperativ in Gruppe II, $n=24$. (Signifikant unterschiedliche Werte vor OP und postoperativ, kein signifikanter Unterschied mehr im Vergleich vor der Re-Ruptur zu postoperativ, $p=0,54$).

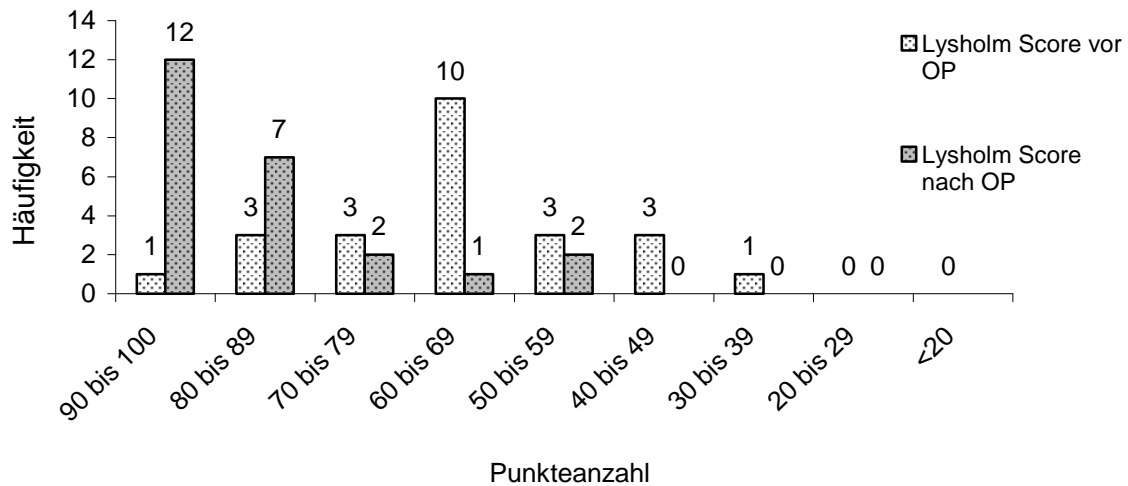


Abb. 45 **b** Detaillierte Punkteverteilung des Lysholm Scores vor und nach OP in Gruppe II, n=24. (Signifikant unterschiedliche Werte vor OP und postoperativ, $p < 0,01$).

Vergleich Gruppe I und II

Für Lysholm Score Werte vor dem Unfall zeigt sich ein signifikanter Unterschied dahingehend, dass Patienten in Gruppe I deutlich höhere Punktzahlen erreichten als diejenigen in Gruppe II ($p < 0,01$, Kruskal-Wallis-Test). Vergleicht man die Situationen „präoperativ“ und „postoperativ“ so ergibt sich hier kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test) (Abb. 46).

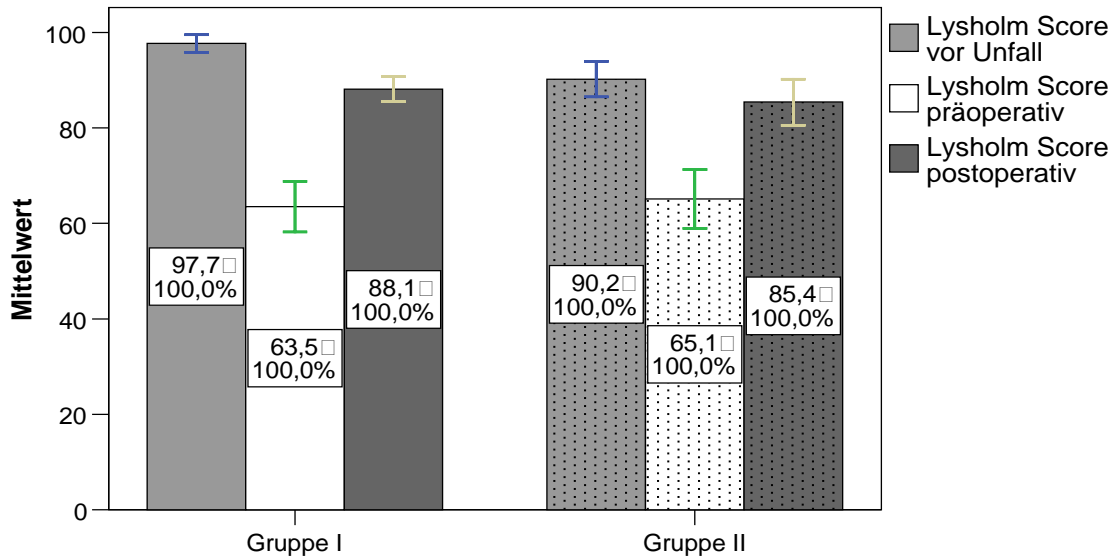


Abb. 46 Ergebnisse des Lysholm Scores in Gruppe I und II. (Situation vor Unfall $p < 0.01$, prä- und postoperativ, $p > 0.05$).

4.2.2 Auswertung des IKDC-Bogens

4.2.2.1 Aktivitätsniveau

Die Aktivitätslevel werden in Anlehnung an den IKDC- Fragebogen in 4 Kategorien eingestuft, dabei stellt Kategorie I die höchste Leistungsstufe dar und Aktivitätsniveau IV die niedrigste.

Gruppe I

Es zeigte sich, dass die Aktivitätsniveaus bezogen auf die verschiedenen Bewertungszeitpunkte einen signifikanten Unterschied aufweisen ($p < 0,01$, Friedman-Test). So erreichen Personen dieses Patientenkollektivs vor Operation deutlich eingeschränkte Aktivitätsverhältnisse als postoperativ. Jedoch ist durch die Operation die Ausgangssituation nicht zu erreichen (Tab. 7) (Abb. 47).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Aktivitätsniveau vor Unfall	33	1	3	1,88	0,696
Aktivitätsniveau präoperativ	33	1	4	3,06	0,747
Aktivitätsniveau postoperativ	33	1	4	2,61	0,788
Gesamt	33				

Tab. 7 Auswertung des IKDC Aktivitätsniveaus der Gruppe I

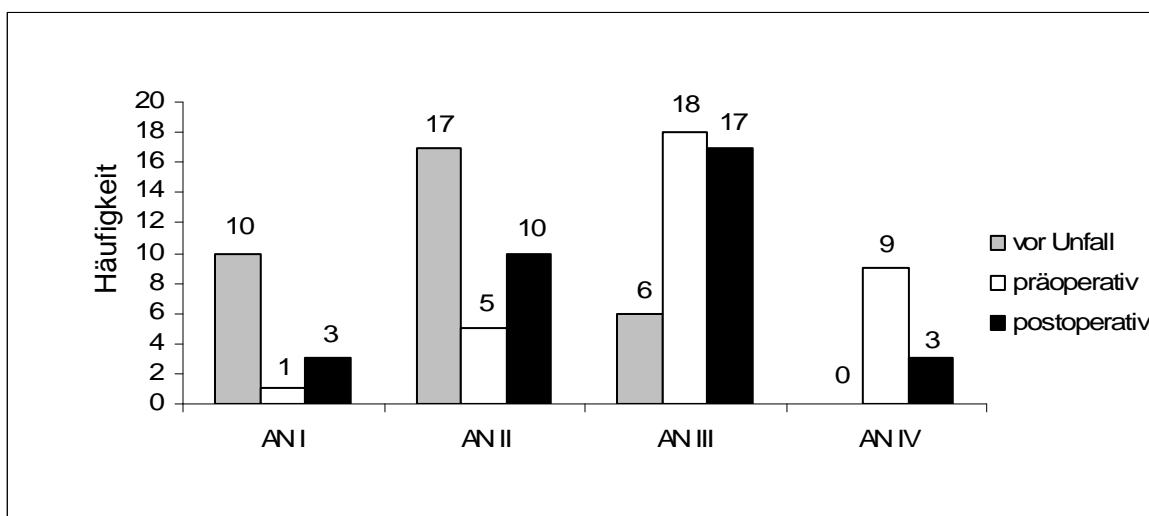


Abb. 47 Aktivitätsniveaus vor Unfall, präoperativ und postoperativ in Gruppe I, n=33 (signifikant unterschiedliche Werte vor Unfall, präoperativ und postoperativ, $p < 0.01$).

Vor OP kann nur eine Person (3%) in Level I (schwere Aktivität) eingestuft werden, in Level II (Moderate Aktivität) 5 Personen (15%) (Abb. 47). 55% der Patienten waren nur in der Lage leichte Aktivitäten (Level III) zu verrichten und 9 der Personen konnten nur unbelastende Tätigkeiten (Level IV) ausführen (Abb. 47). Postoperativ zeigt sich eine Zunahme des Aktivitätsniveaus, v. a. der Level I und II. In diese können nun 39% der Patienten statt zuvor 18% eingestuft werden (Abb. 47). Level III können noch 52% der Patienten erreichen und die schlechteste Kategorie muss nur in 9% der Fälle vergeben werden (Abb. 47).

Gruppe II

Auch in Gruppe II ergeben sich signifikante Unterschiede, vergleicht man die erzielten Levels zu den unterschiedlichen Zeitpunkten miteinander ($p < 0,01$, Friedman-Test). Nach erneuter Kreuzbandruptur zeigen sich deutlich schlechtere Ergebnisse als davor, mit einem Verlust von nahezu 2 Aktivitätsstufen. Durch Operation kann eine Verbesserung von beinahe einer Stufe erzielt werden (Tab. 8) (Abb. 48).

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Aktivitätsniveau vor Unfall	24	1	3	1,50	0,659
Aktivitätsniveau präoperativ	24	2	4	3,29	0,624
Aktivitätsniveau postoperativ	24	1	4	2,46	0,833
Gesamt	24				

Tab. 8 Auswertung des IKDC Aktivitätsniveaus der Gruppe II

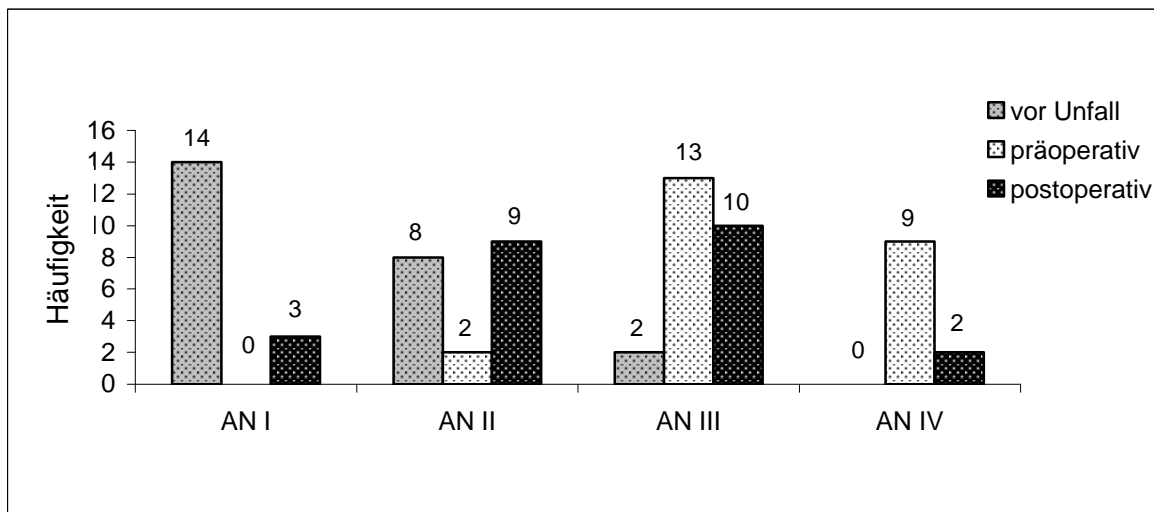


Abb. 48 Aktivitätsniveaus vor Unfall, präoperativ und postoperativ in Gruppe II, $n=24$. (Signifikant unterschiedliche Werte vor Unfall, präoperativ und postoperativ, $p < 0,01$).

Vor Operation kann kein Patient aus dieser Gruppe schwerste körperliche Tätigkeiten entsprechend Aktivitätsniveau I ausführen und lediglich 8% (2 Personen) sind in der Lage

schwere Aktivitäten zu verrichten (Abb. 48). Die verbleibenden 92% der Personen können lediglich noch leichte Tätigkeiten und weniger ausführen (Abb. 48). Nach Operation zeigt sich eine deutliche Verbesserung dieser Situation: nur 8% (2) der Personen müssen in Kategorie IV eingestuft werden, 79% (19 Patienten) können leichte und moderate Tätigkeiten bewältigen und 13% (3 Gruppenmitglieder) erreichen sogar wieder Kategorie I (Abb. 48). Insgesamt zeigt sich im Vergleich ein signifikanter Unterschied der Leistungsfähigkeit zu den jeweiligen Bewertungszeitpunkten ($p < 0,01$, Friedmann-Test).

Vergleich Gruppe I und II

Bei Gegenüberstellung der beiden Gruppen präsentiert sich zum Zeitpunkt vor dem Unfall ein gerade noch signifikanter Unterschied bzgl. der Aktivität, da in Gruppe II die Patienten im Schnitt eine allenfalls gering bessere Ausgangssituation erkennen lassen (Abb. 47,48) ($p = 0,043$, Mann-Whitney-Test). Zum Zeitpunkt vor der Operation zeigte sich kein bedeutsamer Unterschied in der Belastbarkeit der Gruppen ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test, Kruskal-Wallis-Test), ebenso kann postoperativ keine nennenswerte Abweichung in der Aktivität festgestellt werden ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test).

4.2.2.2 Subjektive Bewertung des Knies

Gruppe I

In Gruppe I bewertete die Mehrzahl der Patienten den Zustand des Knies mit „fast normal“ (66,7%), jedoch wurde nur in 3% der Fälle das Knie als vollständig „normal“ beurteilt. Kategorie „komplett abnormal“ traf bei keinem der Personen zu (Tab. 9)(Abb. 49).

Bewertung	Häufigkeit	[%]
normal	1	3,0
fast normal	22	66,7
abnormal	10	30,3
Komplett abnormal	0	0,0
Gesamt	33	100,0

Tab. 9 Auswertung der IKDC Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe I

Gruppe II

Die meisten Patienten (13) stuften in diesem Kollektiv ihr Knie als „fast normal“ (54,2%) ein, weitere 33,3% (8 Gruppenmitglieder) erteilten die Bewertung „abnormal“. Lediglich 1 Person (4,2%) empfindet ihr Knie als „komplett abnormal“, jedoch auch nur 2 Patienten (8,3%) als „normal“ (Tab. 10) (Abb. 49).

Bewertung	Häufigkeit	[%]
normal	2	8,3
fast normal	13	54,2
abnormal	8	33,3
komplett abnormal	1	4,2
Gesamt	24	100,0

Tab. 10 Auswertung der IKDC Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe II

Vergleich Gruppe I und II

In Gegenüberstellung der beiden Gruppen zeigt sich kein signifikanter Unterschied bzgl. der Begutachtungen innerhalb der der IKDC Kategorie „Subjektive Bewertung“ (Abb. 49) ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test).

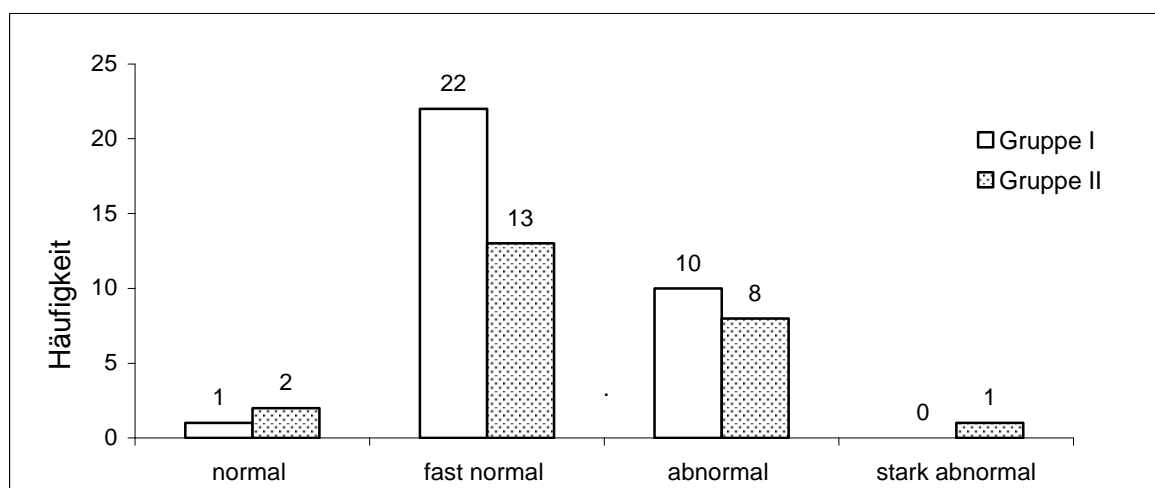


Abb. 49 Ergebnisse der Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe I und II. (Kein Unterschied zwischen Gruppe I und II, $p > 0,05$).

4.2.2.3 Symptome

Gruppe I

Personen in Gruppe I empfinden das operierte Knie in 75,8% der Fälle als „fast normal“ (Tab. 11). Den Kategorien „abnormal“ und „komplett Abnormal“ konnten insgesamt nur 9,1% zugeteilt werden. Immerhin noch 15,2 % vergaben „normale“ Bewertungen (Tab. 11).

Bewertung	Häufigkeit	[%]
normal	5	15,2
fast normal	25	75,8
abnormal	2	6,1
komplett abnormal	1	3,0
Gesamt	33	100,0

Tab. 11 Auswertung der IKDC Kategorie „Symptome“ in Gruppe I

Gruppe II

Über die Hälfte der Personen (54,2%) beurteilt das Knie insgesamt als „fast normal“ (Tab. 12). Nahezu ein Drittel sogar als „normal“ und nur 4 Patienten empfinden es gewissermaßen „abnormal“. In Kategorie „komplett abnormal“ stufte sich kein Patient ein (Tab. 12).

Bewertung	Häufigkeit	[%]
normal	7	29,2
fast normal	13	54,2
abnormal	4	16,7
komplett abnormal	0	0
Gesamt	24	100,0

Tab. 12 Auswertung der IKDC Kategorie „Symptome“ in Gruppe II

Vergleich Gruppe I und II

Es ergibt sich im Vergleich kein signifikanter Unterschied, die zahlenmäßige Verteilung innerhalb der Gruppen ist somit ähnlich (Abb. 50) ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test).

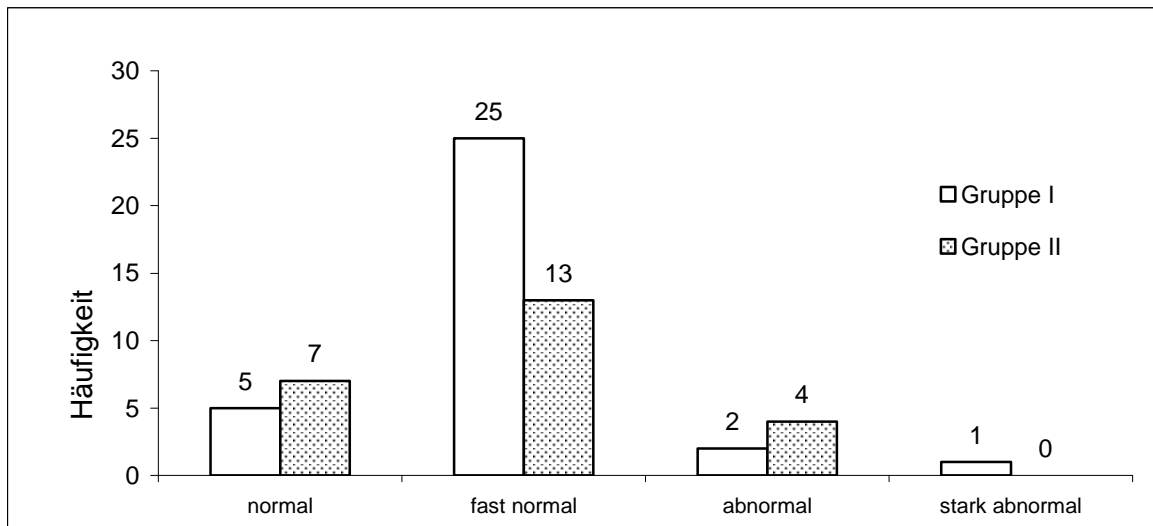


Abb. 50 Ergebnisse der Kategorie „Symptome“ in Gruppe I (n=33) und II (n=24). (Kein Unterschied zwischen Gruppe I und II, $p > 0.05$).

4.2.2.4 Bewegungsumfang

In den folgenden Auswertungen werden nur die Patienten erfasst, welche zu einer Nachuntersuchung in unserer Ambulanz erschienen und untersucht worden sind. In Gruppe I betrifft die Auswertung 25 der 33 Personen. In Kollektiv II konnten von insgesamt 24 Patienten 17 nachuntersucht und in die unten stehenden Auswertungen einbezogen werden.

Gruppe I

Bei Untersuchung der 25 Patienten konnten bei 68% (17) der Personen Ausfälle unter 2° Grad festgestellt werden, 28% (7) litten unter Streckeinbußen zwischen 3° bis 5° Grad und lediglich eine Person (4%) hatte Defizite darüber hinaus (Tab. 13) (Abb. 51).

Extensionsausfall	Häufigkeit	[%]
<3°	17	68,0
3° bis 5°	7	28,0
6° bis 10°	1	4,0
> 10°	0	0
Gesamt	25	100,0

Tab. 13 Auswertung der IKDC Kategorie "Bewegungsumfang/ Extensionsausfall" in Gruppe I.

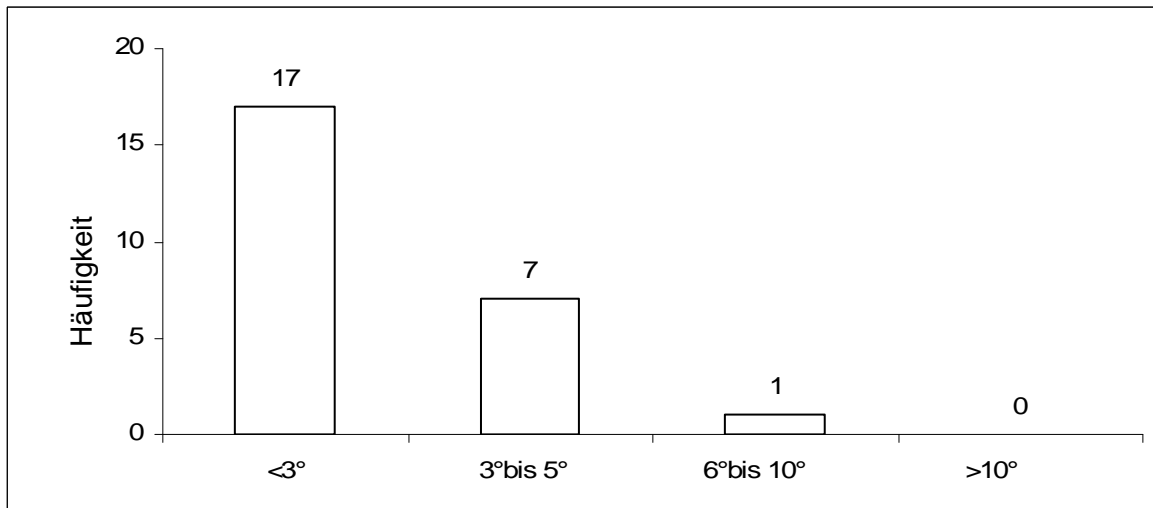


Abb. 51 Ergebnisse der Kategorie „Extensionsausfall“ in Gruppe I, n=25.
(Kein signifikanter Unterschied zu Flexionsausfällen, $p>0,05$).

Betrachtet man innerhalb dieser Gruppe die Flexion, so zeigt sich bei ca. der Hälfte der Patienten sowohl ein Beugeausfall von unter 16° Grad als auch von unter 6° Grad (Tab. 14). Stärkere Bewegungseinbußen konnten nicht festgestellt werden.

Flexionsausfall	Häufigkeit	[%]
$0^\circ\text{ bis }5^\circ$	13	52,0
$6^\circ\text{ bis }15^\circ$	12	48,0
$16^\circ\text{ bis }25^\circ$	0	0
$>25^\circ$	0	0
Gesamt	25	100,0

Tab. 14 Auswertung der Kategorie "Bewegungsumfang/ Flexionsausfall" in Gruppe I.

Vergleicht man die ermittelten Defizite von Extension und Flexion, so präsentiert sich keine nennenswerte Abweichung der Werte ($p>0,05$, Wilcoxon-Test).

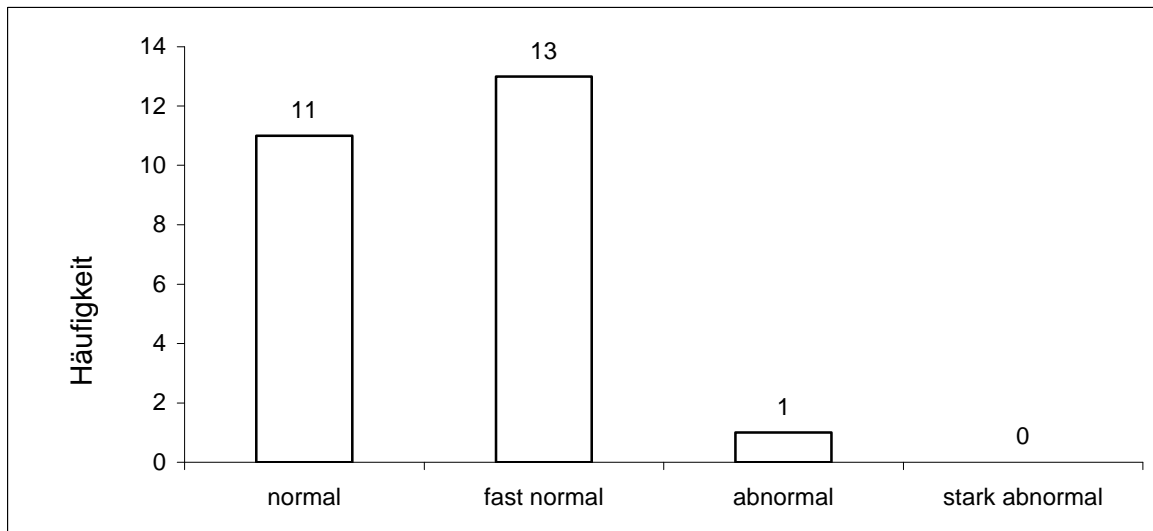


Abb. 52 Gesamtergebnisse der Kategorie „Bewegungsumfang“ in Gruppe I, n=25.

In der Gesamtbewertung erreichen Patienten in Gruppe I vorwiegend gute und sehr gute Ergebnisse in der Kategorie „Bewegungsumfang“ (Abb. 52).

Gruppe II

Bei 11 Personen (64,7%) zeigte sich ein Extensionsdefizit von maximal 3°, weitere 6 (35,3%) wiesen mit maximal 5° etwas höhere Streckverluste auf (Tab. 15). Stärkere Streckausfälle konnten nicht ermittelt werden.

Extensionsausfall	Häufigkeit	[%]
<3°	11	64,7
3° bis 5°	6	35,3
6° bis 10°	0	0
> 10°	0	0
Gesamt	17	100,0

Tab. 15 Auswertung der IKDC Kategorie "Bewegungsumfang/ Extensionsausfall" in Gruppe II

Bei den Flexionsdefiziten erreichten zahlenmäßig gleichviel Personen Beugeausfälle von einerseits maximal 5°, andererseits maximal 15° Grad. Ein Defizit bis höchstens 25° wurde

bei nur einer Person (5,9%) gemessen (Tab. 16). Stellt man Streck- und Beugedefizite gegenüber so zeigt sich kein signifikanter Unterschied ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test).

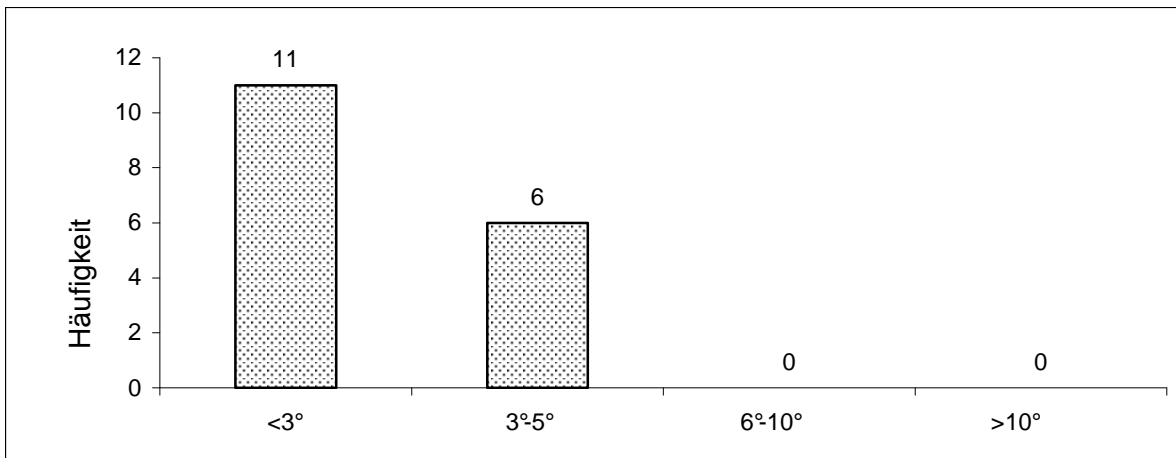


Abb. 53 Ergebnisse der Kategorie „Extensionsausfall“ Gruppe II, n=17. (Kein signifikanter Unterschied zu Flexionsausfällen, $p > 0,05$).

Flexionsausfall	Häufigkeit	[%]
0° bis 5°	8	47,1
6° bis 15°	8	47,1
16° bis 25°	1	5,9
< 25°	0	0
Gesamt	17	100,0

Tab. 16 Auswertung der Kategorie "Bewegungsumfang/ Flexionsausfall" in Gruppe II.

In der Gesamtbewertung können auch in Patientenkollektiv II die meisten Personen gute und sehr gute Bewertungen in der Kategorie „Bewegungsumfang“ erreichen (Abb. 54).

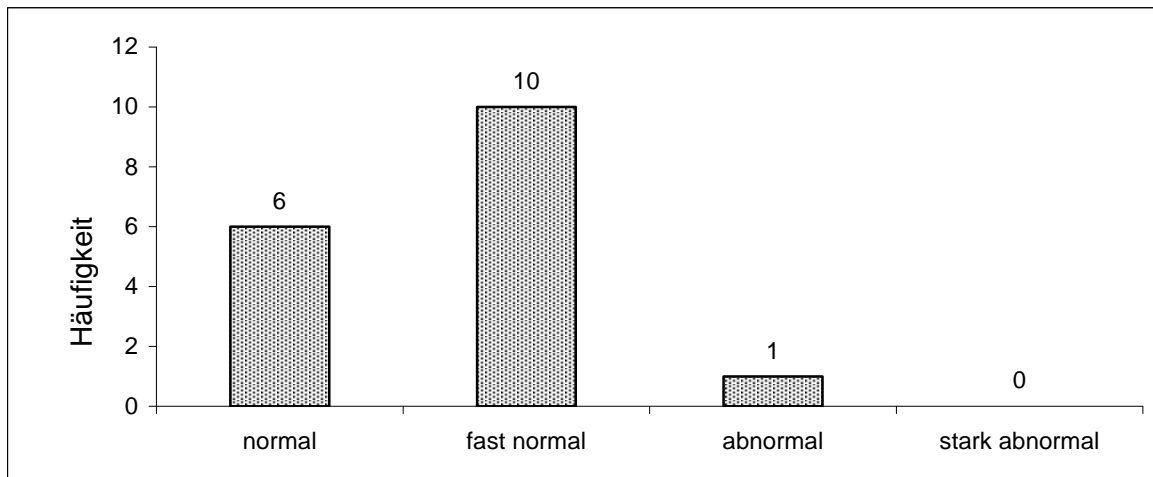


Abb. 54 Gesamtergebnisse der Kategorie „Bewegungsumfang“ in Gruppe II, n=17.

Vergleich Gruppe I und II

Vergleicht man Gruppe I und Gruppe II so erkennt man bzgl. der Streck- und Beugedefizite der Kniegelenke keine nennenswerten Abweichungen ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test).

4.2.2.5 Bandstatus

Nichtinstrumentelle Ergebnisse bzgl. des Bandstatus

Gruppe I

Die Mehrzahl der Patienten zeigten in dieser Fraktion hintere und vordere Translationen von 3 bis 5mm, die ventrale Verschieblichkeit erreichte bei einem Patienten (4%) Höchstwerte mit 6 bis 10mm, jedoch wiesen 7 Personen (28%) nur eine Beweglichkeit von maximal 2mm auf (Tab. 17) (Abb. 55). Die dorsale Translation betreffend ergeben sich sogar bei 12 Patienten (48%) maximale Verschieblichkeiten von lediglich 2mm. In Gruppe I zeigt sich somit gerade

kein signifikanter Unterschied bzgl. des vorderen und hinteren Durchgangs mehr ($p=0,07$, Wilcoxon-/ Vorzeichen-Test).

a.p.-Translation	Häufigkeit	[%]
0-2mm	7	28,0
3-5mm	17	68,0
6-10mm	1	4,0
>10mm	0	0
Gesamt	25	100,0

Tab. 17 a Auswertung der IKDC Kategorie „a.p.-Translation“ in Gruppe I

Hinterer Durchgang	Häufigkeit	[%]
0-2mm	12	48,0
3-5mm	13	52,0
6-10mm	0	0
>10mm	0	0
Gesamt	25	100,0

Tab. 17 b Auswertung der IKDC Kategorie „hinterer Durchgang“ in Gruppe I

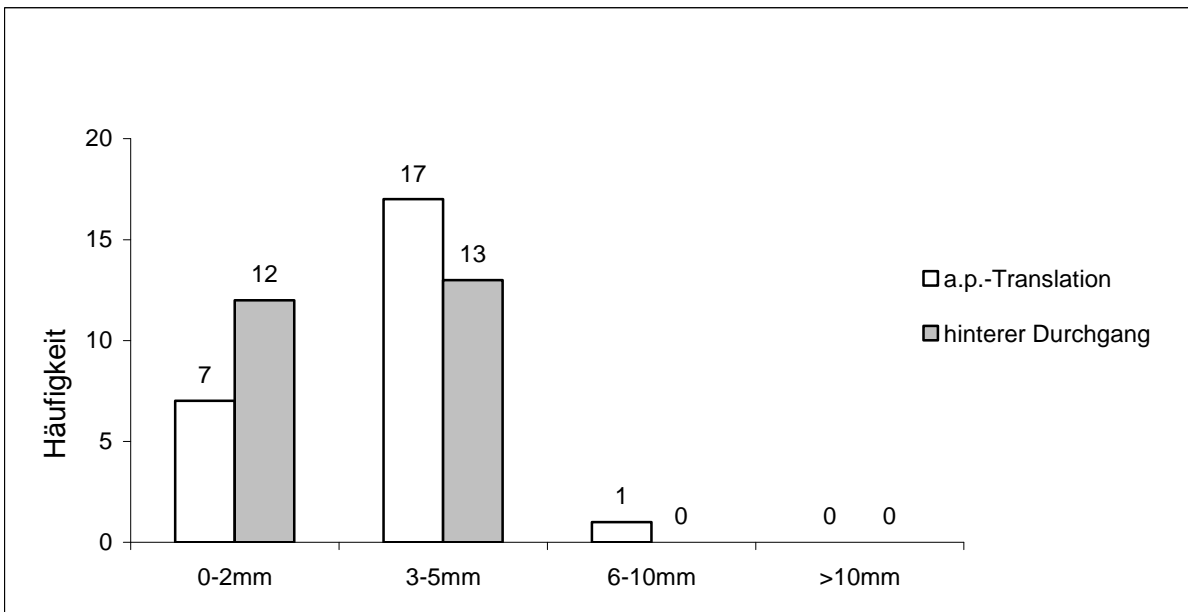


Abb. 55 Ergebnisse der Kategorie „a.p.-Translation“/ „hinterer Durchgang“ in Gruppe I, $n=25$. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p=0,07$).

Auch im Vergleich der medialen zur lateralen Aufklappbarkeit zeigt sich kein ausschlaggebender Unterschied ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test) (Abb. 56).

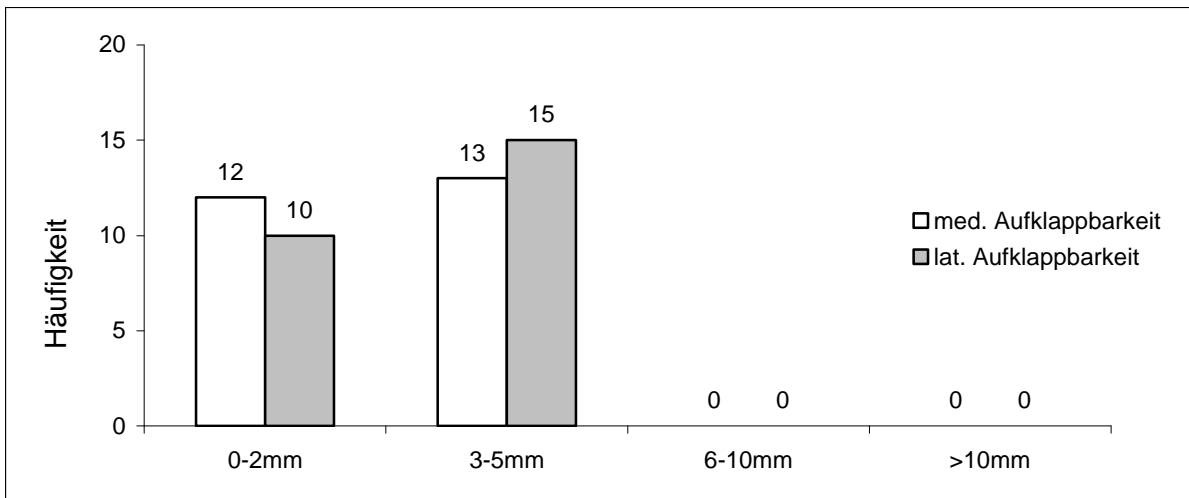


Abb. 56 Ergebnisse der Kategorie „med. Aufklappbarkeit“/ „lat. Aufklappbarkeit“ in Gruppe I, n=25. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Resultate des Pivot shift Tests ergeben bei 21 Patienten (84%) negative Testergebnisse und lediglich bei 3 Patienten (12%) leichtes bzw. mittelschweres Shifting (Tab. 18). Bei einer Person (4%) ist die Untersuchung wegen Gegenspannens nicht durchführbar, insgesamt erreichte die Patientengruppe I innerhalb der IKDC-Kategorie „Bandstatus“ am häufigsten Kategorie „fast normal“, Level „abnormal“ musste nur einmal vergeben werden (Abb. 57). 2 Personen bewerteten das Knie sogar als normal.

Pivot Shift Test	Häufigkeit	[%]
negativ	21	84,0
+	2	8,0
++	1	4,0
+++	0	0
Untersuchung nicht möglich	1	4,0
Gesamt	25	100,0

Tab. 18 Auswertung der IKDC Kategorie „Pivot Shift Test“ in Gruppe I.

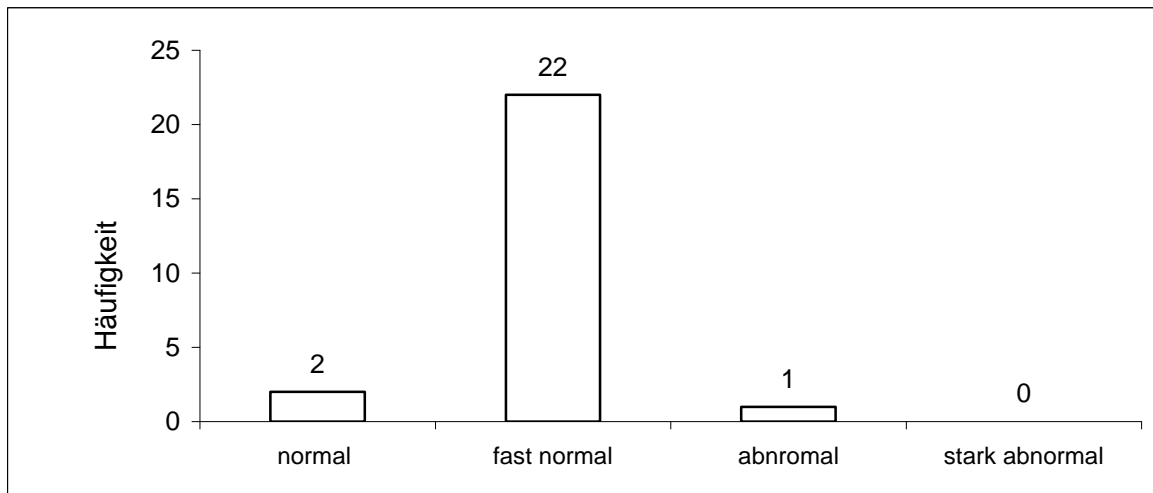


Abb. 57 Gesamtauswertung der IKDC Kategorie „Bandstatus“ in Gruppe I, n=25.

Insgesamt können in Gruppe I in der Kategorie „Bandstatus“ in 88% der Fälle (22 Personen) gute Ergebnisse erreicht werden (Abb. 57).

Gruppe II

Auch hier zeigt sich bei der Mehrzahl der Patienten eine ventrale Verschieblichkeit von 3-5 mm (82%) und bei 18% sogar bessere Ergebnisse mit max. 2mm Translation (Tab. 19a) (Abb. 58). Schlechtere Werte konnten nicht ermittelt werden. Beim hinteren Durchgang zeigt sich bei nahezu 65% (11 Patienten) eine dorsale Verschieblichkeit von 3-5 mm und bei 6 Gruppenmitgliedern (35%) konnten als Maximalwerte sogar nur 2 mm ermittelt werden (Tab. 19b) (Abb. 58). Es ergibt sich insgesamt in dieser Gruppe kein aussagekräftiger Unterschied bzgl. vorderer und hinterer Translation ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test).

a.p.-Translation	Häufigkeit	[%]
0-2mm	3	17,6
3-5mm	14	82,4
6-10mm	0	0
>10mm	0	0
Gesamt	17	100,0

Tab. 19 a Auswertung der IKDC Kategorie „a.p.-Translation“ in Gruppe II.

„hinterer Durchgang“	Häufigkeit	[%]
0-2mm	6	35,3
3-5mm	11	64,7
6-10mm	0	0
>10mm	0	0
Gesamt	17	100,0

Tab. 19 **b** Auswertung IKDC Kategorie „hinterer Durchgang“ in Gruppe II

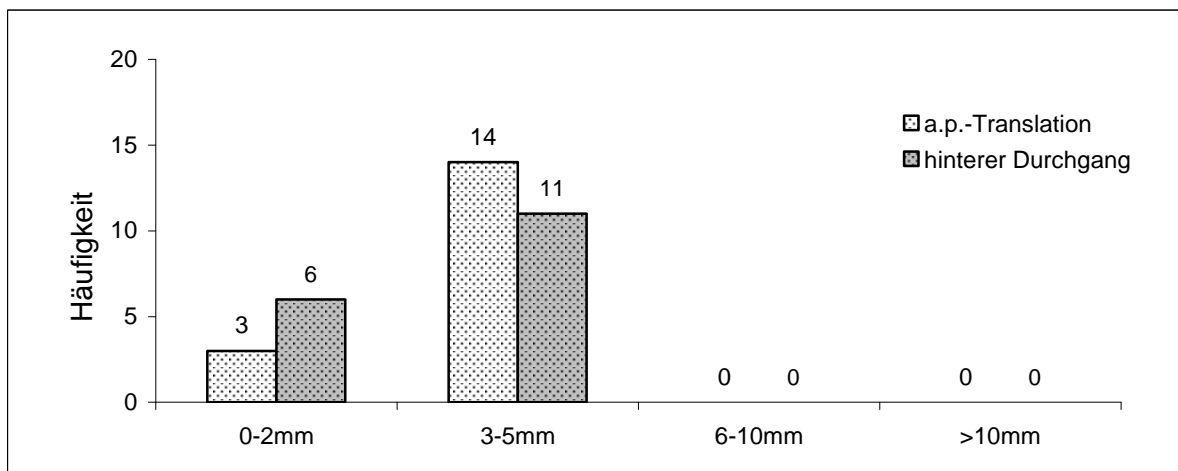


Abb. 58 Ergebnisse der Kategorie „a.p.-Translation“/ „hinterer Durchgang“ in Gruppe II, n=17. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Bezüglich medialer und lateraler Aufklappbarkeit zeigt sich in diesem Kollektiv ebenso kein signifikanter Unterschied (Abb. 59) ($p > 0,05$, Wilcoxon-/ Vorzeichen-Test).

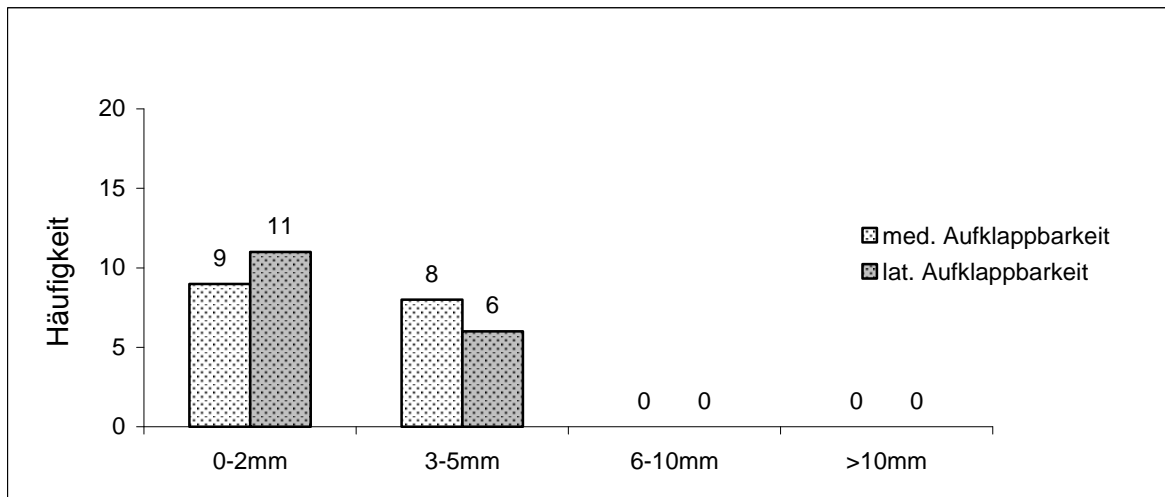


Abb. 59 Auswertung der IKDC Kategorie „mediale Aufklappbarkeit“/ „laterale Aufklappbarkeit“ Gruppe II, n=17.
(Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Bei Beurteilung des Knies durch den Pivot shift Test erreichten nur 9 Personen ein negatives Testergebnis (53%) (Tab. 20).

Pivot Shift Test	Häufigkeit	[%]
negativ	9	52,9
+	4	23,5
++	0	0
+++	0	0
Untersuchung nicht möglich	4	23,5
Gesamt	17	100,0

Tab. 20 Auswertung der IKDC Kategorie „Pivot Shift Test“ in Gruppe II.

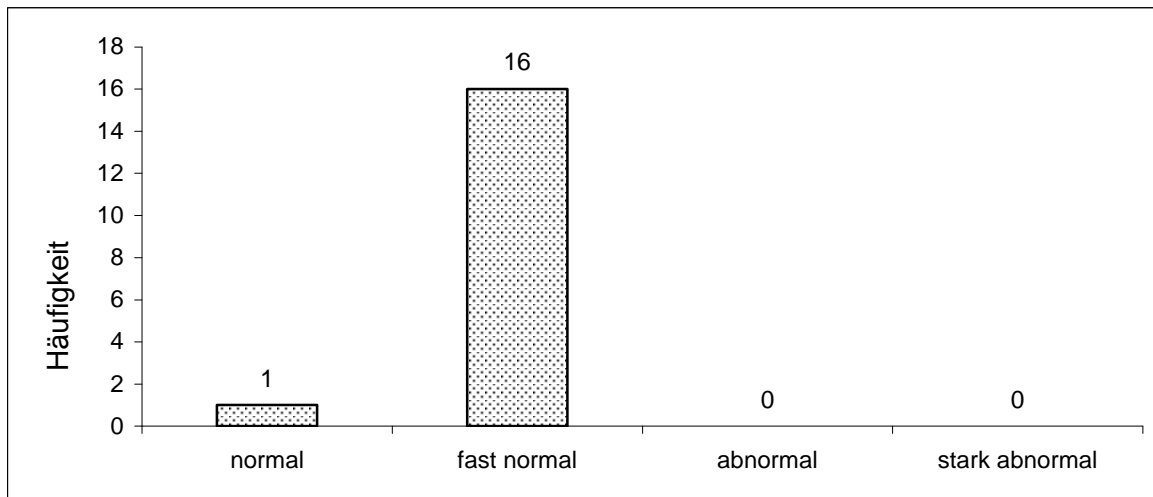


Abb. 60 Gesamtauswertung der IKDC Kategorie „Bandstatus“ in Gruppe II, n=17.

4 Personen (24%) hatten positives Shifting, weitere 4 Patienten (24%) konnten mit diesem Test wegen Gegenspannens nicht evaluiert werden. Alles in allem erreichten die Patienten eine Gruppen-Bewertung für die IKDC-Kategorie „Bandstatus“ insgesamt 16 Mal „fast normal“ und 1 Mal „normale“ Ergebnisse (Abb. 60).

Vergleich Gruppe I und II

Bei Gegenüberstellung der beiden Patientenfraktionen zeigt sich bzgl. der a.p.-Translation bzw. des hinterem Durchgangs kein signifikanter Unterschied (Abb. 55,58), ebenso verhält sich die Situation bezogen auf die mediale/ laterale Aufklappbarkeit ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test, Mann-Whitney-Test). Bei statistischer Bewertung des Pivot Shift Test (Abb. 56,59,61a) zeigt sich hingegen ein signifikanter Unterschied, so erzielten bei diesem Test Kniegelenke in Gruppe I deutlich bessere Ergebnisse (Abb. 61) ($p = 0,03$, Mann-Whitney-Test).

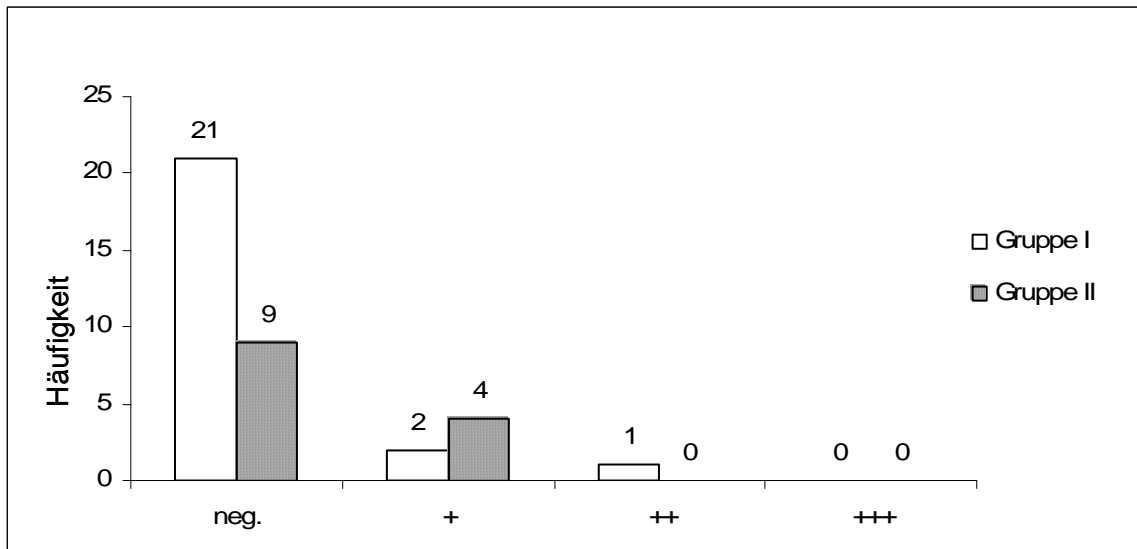


Abb. 61 a Gesamtergebnisse des Pivot Shift Tests in Gruppe I (n=24) und Gruppe II (n=13). (Signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p=0,03$).

Insgesamt zeigt sich bei der Endbewertung der Kategorie „Bandstatus“ zwischen den einzelnen Gruppen kein aussagekräftiger Unterschied mehr ($p>0,05$, Mann-Whitney-Test) (Abb. 61b).

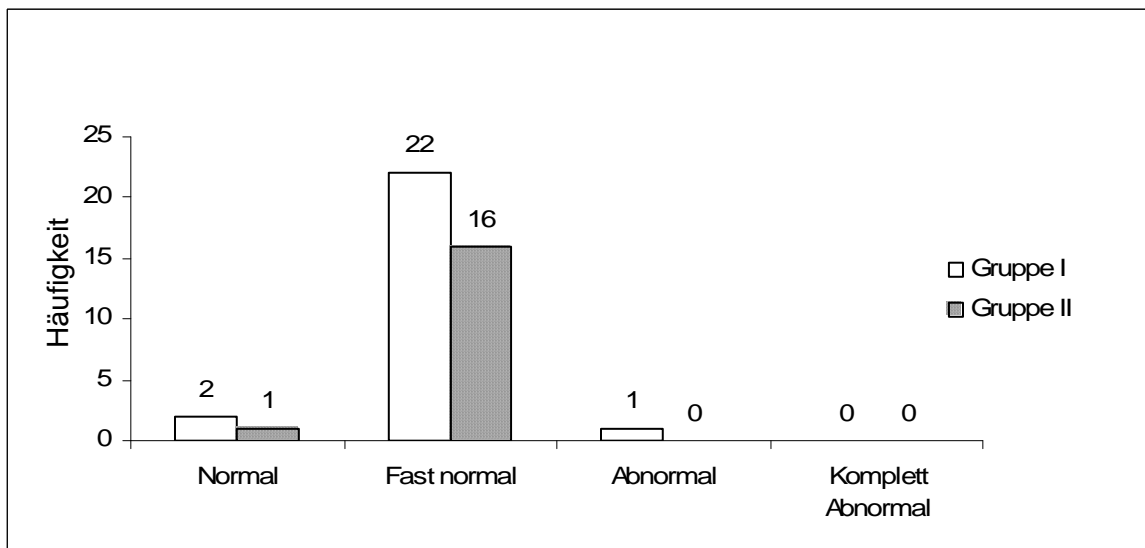


Abb. 61 b Gesamtergebnis der IKDC Kategorie „Bandstatus“ Gruppe I (n=25) und II (n=17). (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p>0,05$).

4.2.2.6 Instrumentelle Ergebnisse bzgl. des Bandstatus mit Hilfe des KT1000

Mit Hilfe des KT 1000 Arthrometers wurde die ventrale Translation der Tibia bei Applikation verschiedener Kräfte gemessen.

Gruppe I

Es ergeben sich keine signifikanten Unterschiede bzgl. der ventralen Translation zwischen gesundem und operiertem Knie bei Applikation verschiedener Kräfte ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test, Vorzeichen-Test)(Abb. 62). Die operierten Gelenke zeigen zusammen nur gering vermehrte Verschieblichkeiten (Tab. 21).

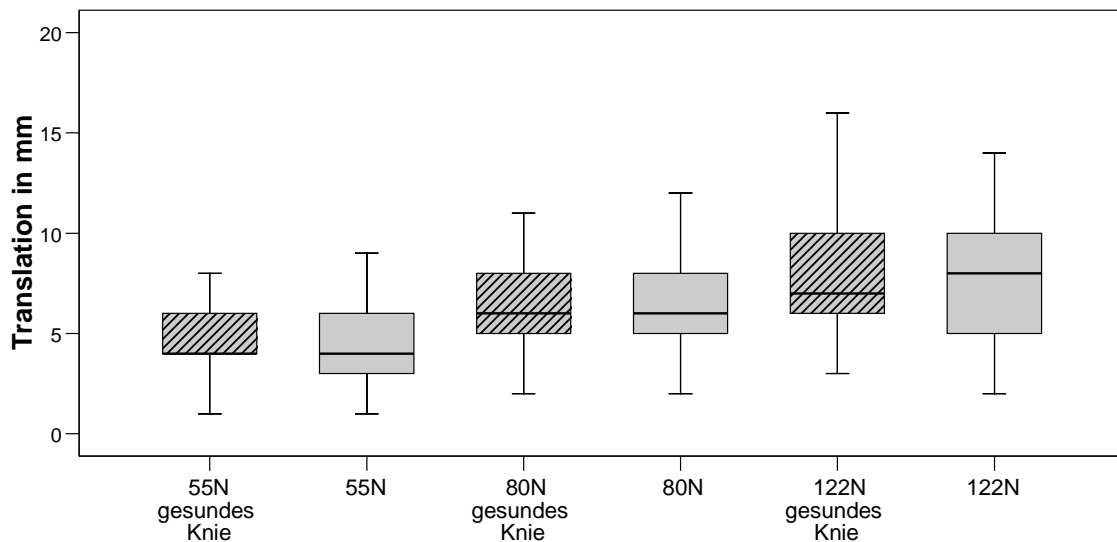


Abb. 62 Ventrale Translation gemessen mittels KT 1000 Arthrometer am gesunden und operierten Knie Gruppe I, n=25.
(Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Kraft/ Knie	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
55N/ gesundes Knie	25	1	8	4,64	1,955
55N	25	1	9	4,76	2,185
80N/ gesundes Knie	25	2	11	6,28	2,638
80N	25	2	12	6,40	2,533
122N gesundes Knie	25	3	16	7,72	3,398
122N	25	2	14	7,76	3,086

Tab. 21 Gegenüberstellung der ventralen Translation von operiertem und gesundem Knie in Gruppe I

Gruppe II

Auch in dieser Gruppe zeigte sich kein bedeutsamer Unterschied der ventralen Translation zwischen gesundem und operiertem Knie ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test) (Abb. 63). Für die operierten Gelenke konnten mit dem KT 1000 insgesamt nur gering höhere Werte ermittelt werden (Tab. 22).

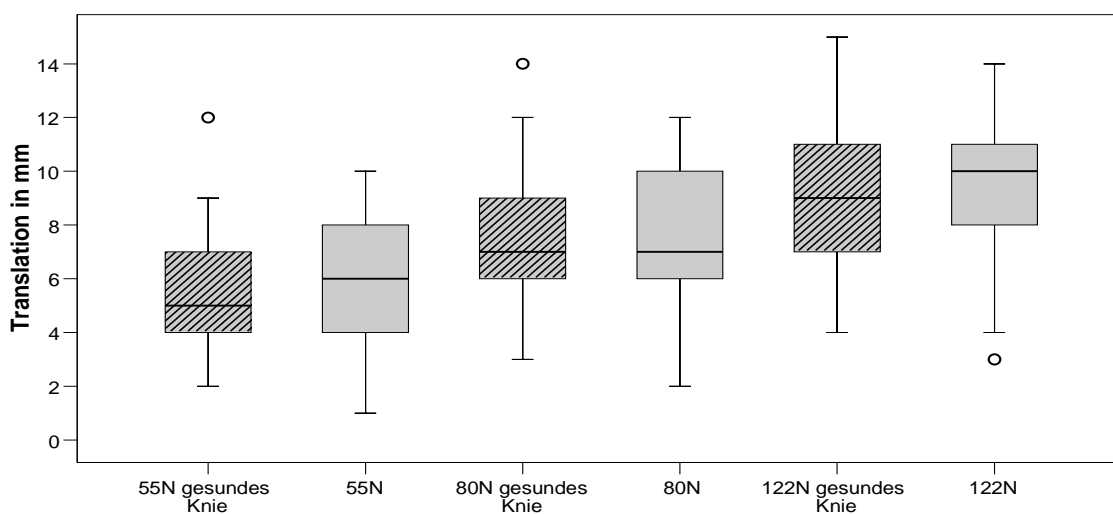


Abb. 63 Ventrale Translationen gemessen mittels KT 1000 Arthrometer am gesunden und operiertem Knie in Gruppe II, $n=17$. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Kraft/ Knie	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard- abweichung
55N/ gesundes Knie	17	2	12	5,94	2,512
55N	17	1	10	5,88	2,643
80N/ gesundes Knie	17	3	14	7,53	2,896
80N	17	2	12	7,47	2,961
122N/ gesundes Knie	17	4	15	9,29	3,293
122N	17	3	14	9,24	3,212

Tab. 22 Gegenüberstellung der ventralen Translation von operiertem und gesundem Knie in Gruppe II

Vergleich Gruppe I und II

Vergleicht man zwischen den Gruppen die ermittelten Translationswerte der gesunden sowie kranken Kniegelenke bei 55N, 80N und 122N miteinander, so ergibt sich insgesamt keine nennenswerte Abweichung ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test).

4.2.2.7 Kompartimentale Befunde, Befunde an der Transplantatentnahmestelle und Einbeinsprung

In die Auswertung der o. g. Kategorie „Einbeinsprung“ konnten auch die Patienten mit einbezogen werden, welche lediglich telefonisch befragt wurden.

Gruppe I

Es zeigt sich, dass 36% der Patienten (9) ihr Knie im Hinblick auf Kompartimentale Befunde als „normal“ bewerten (Tab. 23a) (Abb. 64). Die Mehrzahl der Personen (60%) empfindet das Gelenk als „Fast normal“ und lediglich eine Person (4%) „Abnormal“ (Tab. 23a).

Kompartimentale Befunde	Häufigkeit	[%]
Normal	9	36,0
Fast normal	15	60,0
Abnormal	1	4,0
Komplett abnormal	0	0
Gesamt	25	100,0

Befunde an der Transplantatentnahmestelle	Häufigkeit	[%]
Normal	5	20,0
Fast normal	18	72,0
Abnormal	2	8,0
Komplett abnormal	0	0
Gesamt	25	100,0

Tab. 23 Auswertung der IKDC Kategorien in Gruppe I
a „Kompartimentale Befunde“
b „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“

Einbeinsprung	Häufigkeit	[%]
Normal	19	57,6
Fast normal	9	27,3
Abnormal	4	12,1
Komplett abnormal	1	3,0
Gesamt	33	100,0

Tab. 23 **c** „Einbeinsprung“

Auch bei Beurteilung der Beschwerden an der Transplantatentnahmestelle bewerteten die Mehrzahl der Personen (72%) die Situation als „fast normal“ (Tab. 23b). 20% erachten in dieser Hinsicht den Zustand als „normal“; schlechtere Beurteilungen gab es nur bei 2 Patienten (8%). In der Kategorie „Einbeinsprung“ wird am häufigsten die Bewertung „normal“ (57%) und „fast normal“ vergeben (Tab. 23c). Jedoch beurteilen 15% der Personen die Sprungfähigkeit schlechter (Tab. 23c) (Abb. 64). In der Kategorie „Einbeinsprung“ wird am häufigsten die Bewertung „normal“ (57%) und „fast normal“ vergeben (Tab. 23c).

Jedoch beurteilen 15% der Personen die Sprungfähigkeit schlechter (Tab. 23c) (Abb. 64).

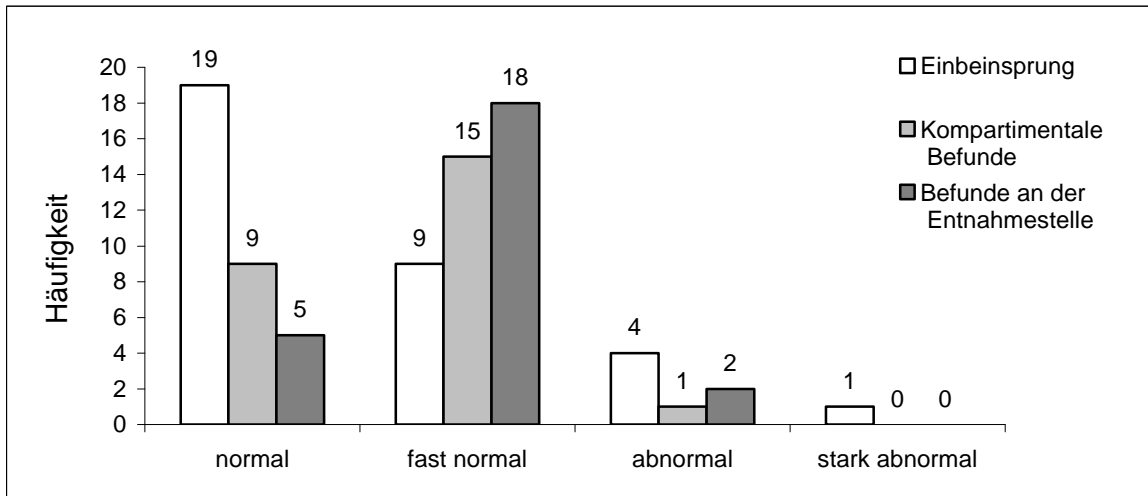


Abb. 64 Ergebnisse der Kategorien „Kompartimentale Befunde“ (n=25), „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ (n=25) und „Einbeinsprung“ (n= 33) in Gruppe I.

Gruppe II

Auch in dieser Gruppe werden die meisten Knie (70,6%) als „Fast normal“ bzgl. Krepitationen im Gelenk erachtet (Tab. 24) (Abb. 65). In 3 Fällen wird die Bewertung „normal“ und Lediglich 2 Mal „abnormal“ vergeben (Tab. 24).

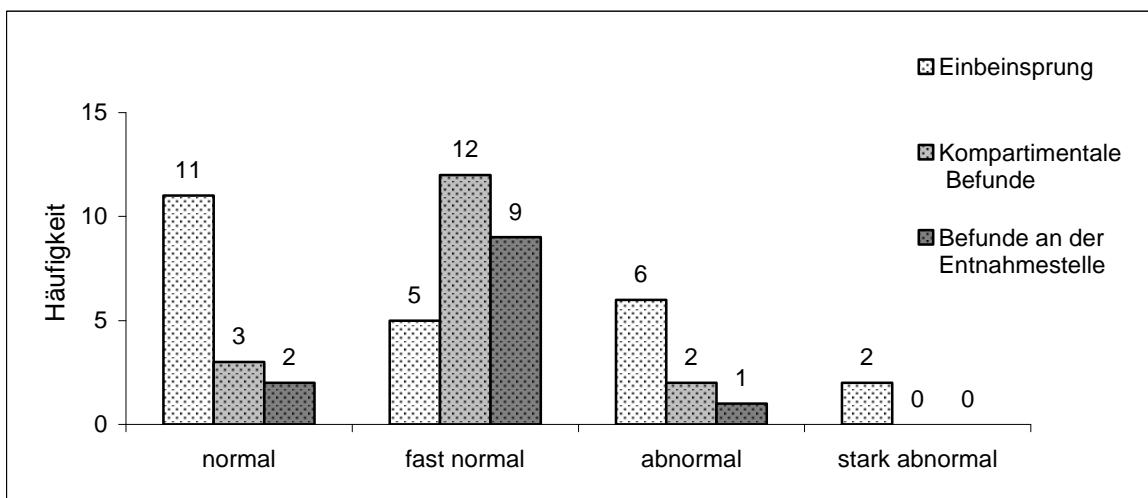


Abb. 65 Ergebnisse der Kategorien „Kompartimentale Befunde“ (n=17), „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ (n=12) und „Einbeinsprung“ (n= 24) in Gruppe II.

Kompartimentale Befunde	Häufigkeit	[%]
Normal	3	17,6
Fast normal	12	70,6
Abnormal	2	11,8
Komplett abnormal	0	0
Gesamt	17	100,0

Tab. 24 a Auswertung der IKDC Kategorie „Kompartimentale Befunde“ in Gruppe II

Befunde an der Transplantatentnahmestelle	Häufigkeit	[%]
Normal	2	11,8
Fast normal	9	52,9
Abnormal	1	5,9
Komplett Abnormal	0	0
Allograft	5	29,4
Gesamt	12	100,0

Einbeinsprung	Häufigkeit	[%]
Normal	11	45,8
Fast normal	5	20,8
Abnormal	6	25,0
Komplett abnormal	2	8,3
Gesamt	24	

Tab. 24 b Auswertung der IKDC Kategorien „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ und „Einbeinsprung“ in Gruppe II.

Ähnlich stellt sich die Situation an der Transplantatentnahmestelle dar. Hier empfinden die meisten Patienten (52,9%) ihr Knie als „Fast normal“, zwei weitere (11,8%) bewerten es sogar mit „Normal“ und lediglich eine Personen (5,9%) empfindet es als „Abnormal“ (Tab. 24b) (Abb. 65). 5 Personen erhielten ein Allograft als Transplantat und konnten nicht in die Auswertung mit eingehen. Den Einbeinsprung Beurteilt die Mehrzahl der Patienten (45,8%) als „Normal“ (Tab. 24b). Weitere 5 Personen vergeben die Kategorie „Fast normal“ bzw. 5 die

Bewertung „Abnormal“. Immerhin empfinden 2 Personen (8,3%) die Situation als „Komplett abnormal“ (Tab. 24c).

Vergleich Gruppe I und II

Es zeigt sich hier kein signifikanter Unterschied im Verteilungsmuster innerhalb der o. g. Kategorien ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test) (Abb. 64,65).

4.2.3 Gesamtergebnis des IKDC-Bogens

Gruppe I

75% (6 Personen) der telefonisch befragten Patienten konnten insgesamt gute Ergebnisse erreichen, nur 2 Patienten mussten in Gruppe I als „abnormal“ eingestuft werden (Abb. 66). Von den nachuntersuchten Personen erreichten die Mehrzahl (64%) „fast normale“ Resultate, jedoch erhielten auch 8 Patienten (32%) „abnormale“ Ergebnisse und sogar eine Person (4%) musste in Kategorie „komplett abnormal“ eingeteilt werden (Abb. 66). Insgesamt ergeben sich damit bei 67% (22 Personen) „fast normale“ Ergebnisse, bei 30% (10 Personen) „abnormale“ Resultate und bei einem Untersuchungsmitglied (3%) „komplett abnormale“ Befunde (Abb. 66).

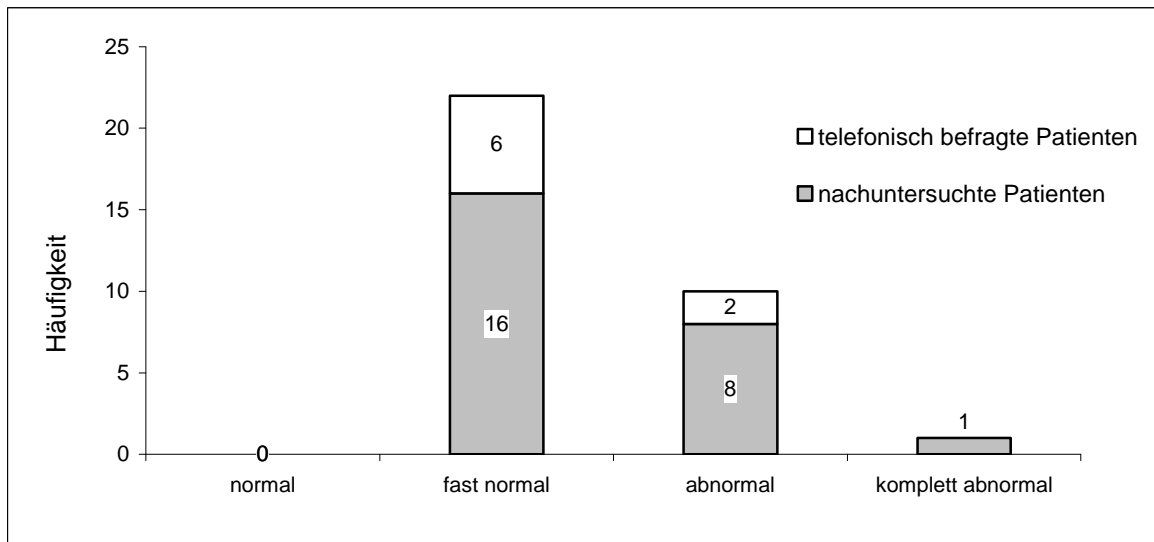


Abb. 66 Gesamtergebnis des IKDC-Bogens in Gruppe I, n=33.

Gruppe II

In dieser Gruppe erreichten 4 (57%) der telefonisch befragten Personen „fast normale“ Resultate und jeweils eine Person (14,3%) das Ergebnis „normal“, „abnormal“ und sogar „komplett abnormal“ (Abb. 67). Ein sehr gutes Endergebnis konnte in dem nachuntersuchten Kollektiv nicht ermittelt werden, hier war mit 8 (47%) Personen nahezu die Mehrzahl der Gruppenmitglieder in Kategorie „fast normal“ einzustufen (Abb. 67). Dicht gefolgt von 7 ebenso vielen Patienten mit „abnormalen „Resultaten“ und einer Person (6%) mit „komplett abnormalen“ Befunden (Abb. 67). Insgesamt ergibt sich daraus bei einem Patienten ein „normales“ und bei zwei Personen ein „komplett abnormales“ Ergebnis, 12 Personen erreichen „fast normale“ Resultate und bei 9 Gruppenmitgliedern konnte letztlich ein „abnormaler“ Befund erhoben werden (Abb. 67).

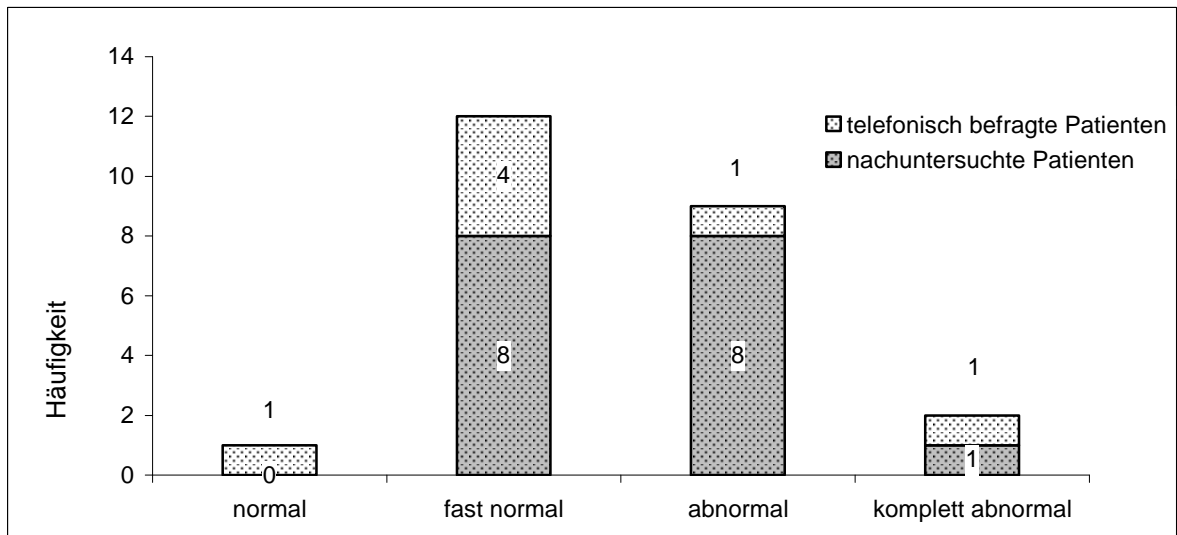


Abb. 67 Gesamtergebnis des IKDC-Bogens in Gruppe II, n=24.

Vergleich Gruppe I und II

Bei Vergleich der Gesamtbewertung des IKDC ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den zwei Gruppen ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test) (Abb. 68).

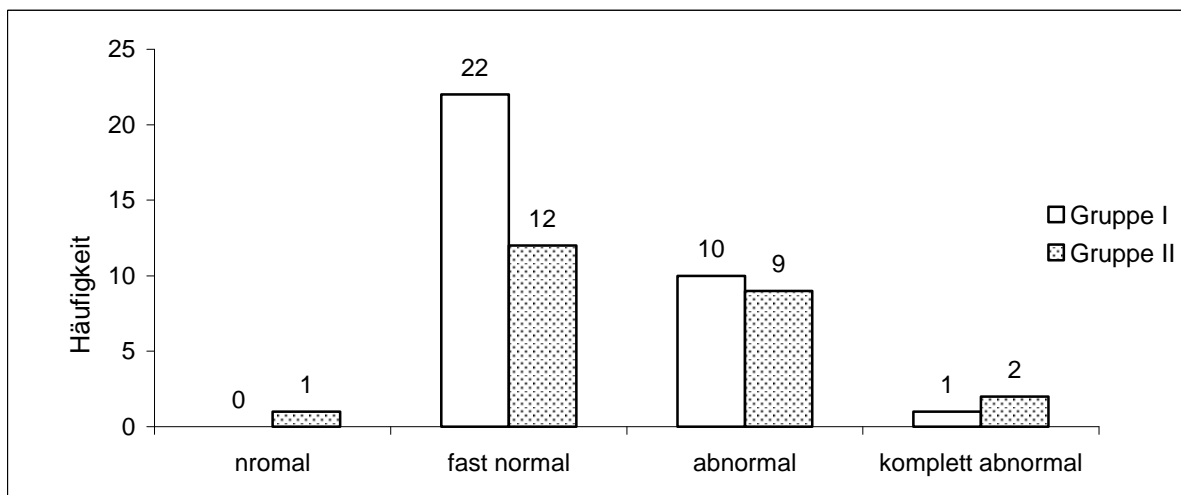


Abb. 68 Gesamtergebnisse des IKDC-Bogens in Gruppe I (n=33) und II (n= 24), (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen-Bewertungen, $p > 0,05$).

4.3 Radiologische Auswertungen

4.3.1 Ergebnisse der Achsveränderung bzw. des tibiofemorale Winkels

In Gruppe I liegen von 27 (82%) der 33 Patienten alle zur Auswertung nötigen Röntgenbilder vor, weshalb 6 Personen (18%) nicht in die folgende Statistik einbezogen werden können. In Kollektiv II mussten 5 (21 %) der 24 Personen wegen inkomplettem radiologischen Materials aus der nachstehenden Auswertung ausgeschlossen werden.

Gruppe I

Im Vergleich des radiologisch ermittelten Fehlstellungswinkels der Ganzbeinaufnahme und dem gemessenen präoperativen tibio-femoral-Winkel, ermittelt anhand des a.p.-Röntgenbildes, ist ein signifikanter Unterschied und somit keine Wechselbeziehung erkennbar (Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,2, $p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Im Durchschnitt liegt der an der Ganzbeinaufnahme ermittelte Winkel bei 4,8 Grad Varus ($2-11^\circ$), wohingegen anhand der a.p.-Aufnahme im Mittel deutlich geringere Werte der anatomischen Beinachse mit 1,7 Grad (-4 bis 10° Grad) Varus gemessen werden können (Tab. 25) (Abb. 69).

	N	Minimaler Winkel	Maximaler Winkel	Mittelwert in Grad	Standard-Abweichung
Ganzbeinachse	27	2	11	4,81	2,254

Tibiofemorale Winkel	N	Minimaler Winkel	Maximaler Winkel	Mittelwert in Grad	Standard-Abweichung
präoperativ	27	-4	10	1,74	3,537
postoperativ	27	-12	4	-4,67	3,340

Tab. 25 Ermittelte tibiofemorale Winkel prä- und postoperativ sowie Fehlstellungswinkel an der Ganzbeinaufnahme präoperativ in Gruppe I

Im Vergleich der tibiofemorale Winkelverhältnisse präoperativ und postoperativ lässt sich ein signifikanter Unterschied erkennen ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Nach Operation kann im Schnitt ein valgischer Winkel von $-4,7^\circ$ Grad (-12 bis 4°) ermittelt werden und es ergibt sich somit anhand der a.p.-Bilder eine Korrektur von insgesamt $6,4^\circ$ Grad (Tab. 22) (Abb. 74).

Der an der Ganzbeinachse präoperativ ermittelte Korrekturwinkel lag im Schnitt bei 7,3 Grad (6 bis 14 Grad), kann aber wegen fehlender Korrelation hier nicht in die Rechnung mit einbezogen werden.

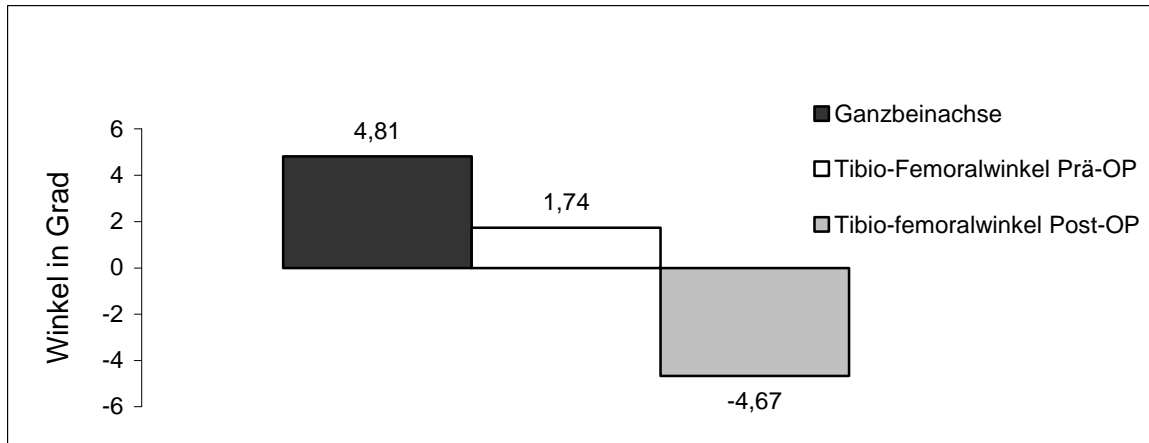


Abb. 69 Mechanische Achse der Ganzbeinaufnahme und tibiofemorale Winkel an der a.p.-Aufnahme in Gruppe I, n=27. (Positive Werte entsprechen varischen, negative Werte valgischen Winkeln). (Signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p < 0,01$).

Gruppe II

Bei Vergleich der präoperativ ermittelten Fehlstellungswinkel der Ganzbeinachse und den tibiofemorale Winkeln, gemessen anhand der a.p.-Aufnahme, lässt sich kein aussagekräftiger Zusammenhang ermitteln (Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,1, $p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Im Durchschnitt wurde bei diesen Personen an der Ganzbeinstandaufnahme ein Winkel von 4,10 Grad (0 bis 8 Grad) und ein tibiofemorale Winkel an den a.p.-Aufnahmen von -1,67 Grad ermittelt (-8 bis 5 Grad) (Tab. 26) (Abb. 70).

	N	Minimaler Winkel	Maximaler Winkel	Mittelwert	Standardabweichung
Ganzbeinachse	21	0	8	4,10	1,868

Tibiofemorale Winkel	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
präoperativ	21	-8	5	-1,67	3,425
postoperativ	21	-14	-2	-6,19	2,874

Tab. 26 Ermittelte tibiofemorale Winkel prä- und postoperativ sowie Fehlstellungswinkel an der Ganzbeinaufnahme präoperativ in Gruppe II

Vergleicht man die tibiofemorale Winkel untereinander, so lässt sich vor OP ein Wert von im Mittel 1,67 Grad Valgus messen, der sich dann zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung auf 6,19 Grad vergrößert hat (Tab. 26) (Abb. 70). Es zeigt sich somit ein hochsignifikanter Unterschied zwischen den Werten prä- und postoperativ ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Im Vergleich ergibt sich für die a.p.-Aufnahmen eine Gesamtkorrektur von 4,5° Grad. Präoperativ anhand der Ganzbeinstandaufnahme geplant waren bei dieser Gruppe im Schnitt 6,7° Grad (5 bis 10°).

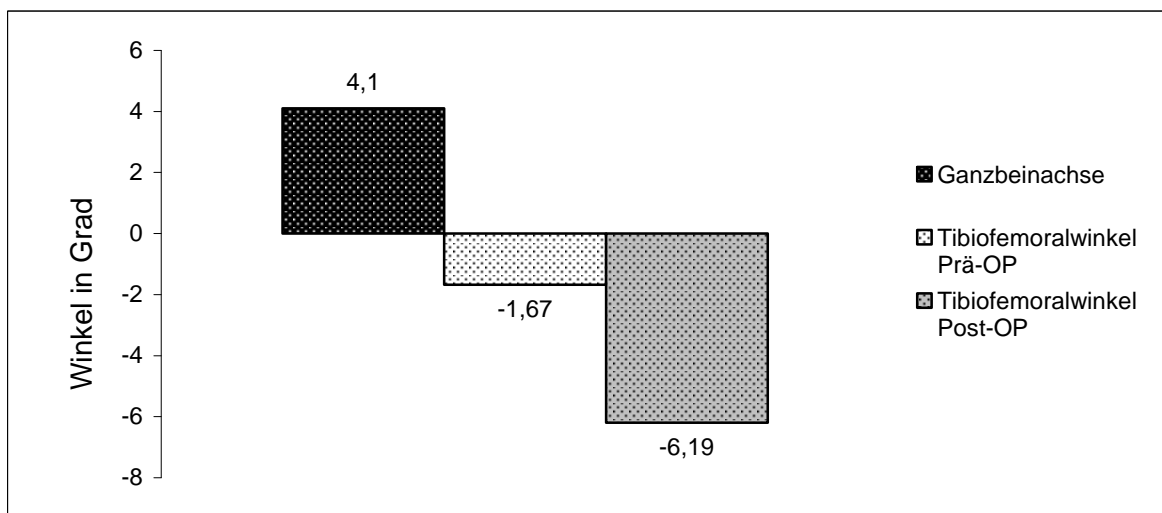


Abb. 70 Mechanische Achse der Ganzbeinaufnahme und tibiofemorale Winkel an der a.p.-Aufnahme in Gruppe II, n=21. (Positive Werte entsprechen varischen, negative Werte valgischen Winkeln). (Signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p < 0,01$)

4.3.2 Gelenkspaltänderung

Gruppe I

Vergleicht man die mediale Gelenkspaltbreite der Ganzbeinaufnahme mit derjenigen der präoperativen a.p.-Aufnahme, so ergibt sich, bei Durchschnittswerten von 0,34 cm in der Ganzbeinaufnahme und 0,41cm in den präoperativen a.p.-Bildern, ein signifikanter Unterschied zwischen den Werten ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test) (Abb. 71).

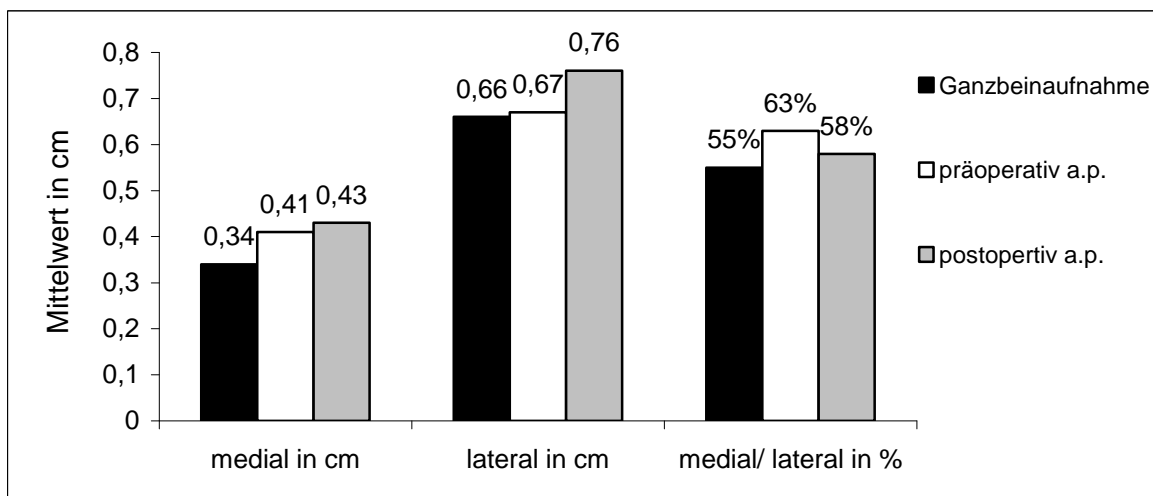


Abb. 71 Durchschnittliche Gelenkspaltbreite an Ganzbein- und a.p.-Aufnahmen in Gruppe I, $n=27$. (medial: $p < 0,05$ bzgl. Ganzbein und präoperativ a.p., $p > 0,05$ bzgl. prä- und postoperativ a.p.); (lateral: $p > 0,05$ bzgl. Ganzbein und präoperativ a.p., $p < 0,05$ bzgl. prä- und postoperativ a.p.). (medial/lateral: $p < 0,01$ bzgl. Ganzbein, prä- und postoperativ a.p.)

medial	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standard-Abweichung
Gelenkspalt Ganzbein medial	27	0,20	0,60	0,3407	0,10099
Gelenkspalt a.p. präoperativ medial	27	0,20	0,70	0,4074	0,12687
Gelenkspalt a.p. postoperativ medial	27	0,10	0,80	0,4259	0,17230

lateral	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standard-Abweichung
Gelenkspalt Ganzbein lateral	27	0,40	1,30	0,6556	0,18467
Gelenkspalt a.p. präoperativ lateral	27	0,40	1,00	0,6741	0,13754
Gelenkspalt a.p. postoperativ lateral	27	0,50	1,10	0,7556	0,15275

Tab. 27 Auswertung der Gelenkspaltbreite medial und lateral in Gruppe I

Es ergibt sich im Vergleich der Punktwerte medial von Ganzbeinaufnahme und präoperativer a.p.-Aufnahme nur ein schwach positiver Zusammenhang (Korrelationskoeffizient nach Pearson von 0,8) wie in der Abbildung ersichtlich ist (Abb. 72).

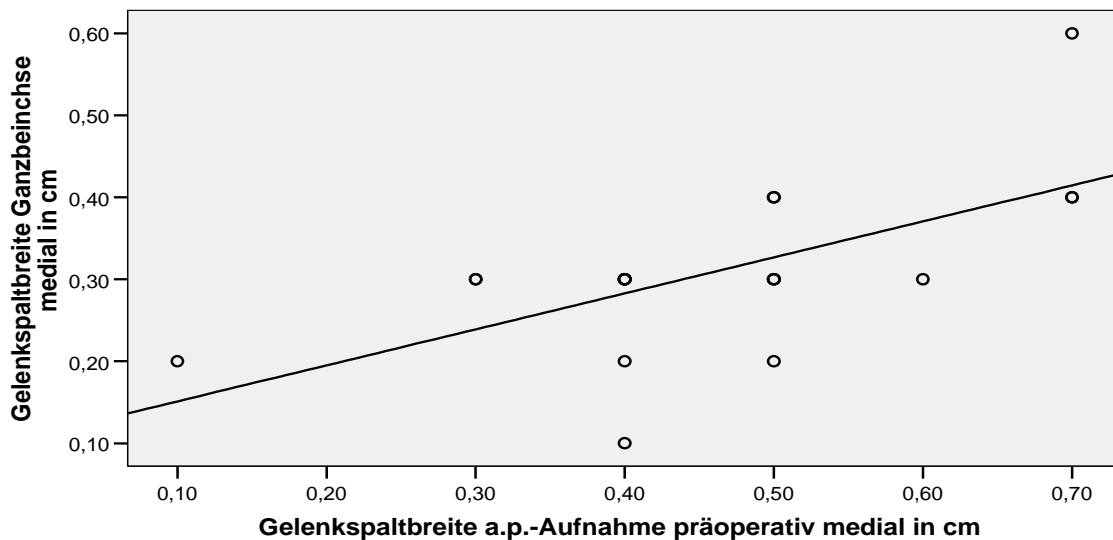


Abb. 72 Korrelation zwischen medialer Gelenkspaltbreite an der Ganzbein- und a.p.-Aufnahme in Gruppe I, n=27.

Bei Vergleich von präoperativen und postoperativen a.p.-Aufnahmen lässt sich kein signifikanter Unterschied bzgl. der medialen Gelenkspaltbreite bzw. dessen Änderung feststellen (Abb. 71) ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test). Die Durchschnittswerte bei diesen Aufnahmen bewegen sich zwischen 0,41 und 0,43 cm (Abb. 71). Im lateralen Gelenkabschnitt ergibt sich kein nennenswerter Unterschied zwischen den gemessenen Werten der Ganzbeinaufnahme und solchen der präoperativen a.p.-Bilder ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test). Bei beiden liegen die Werte durchschnittlich bei ca. 0,66 cm mit einer Korrelation von 0,3 (Korrelationskoeffizient nach Pearson 0,3) (Abb. 72). Im Vergleich der a.p.-Bilder untereinander ergibt sich ein signifikanter Unterschied prä- und postoperativ dahingehend, dass der laterale Gelenkspalt sich statistisch signifikant von 0,67 cm auf 0,76 cm erweitert ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test). Im Vergleich der Gelenkspaltgröße medial zu lateral zeigen sich medial durchwegs deutlich geringere Werte ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test, Friedmann-Test) (Abb. 71).

Gruppe II

Vergleicht man in dieser Gruppe die Werte der medialen Gelenkspaltbreiten der Ganzbeinstandaufnahme mit denjenigen der präoperativen a.p.-Aufnahme, so ergeben sich signifikant unterschiedliche Mittelwerte von 0,31 cm bzw. 0,46 cm (Abb. 73)

($p < 0,01$, Wilcoxon-Test). Weiter lässt sich hier lediglich eine schwach positive Korrelation ermitteln, wie in der Abbildung zu erkennen ist (Abb. 74) (Korrelationskoeffizient nach Pearson von 0,6).

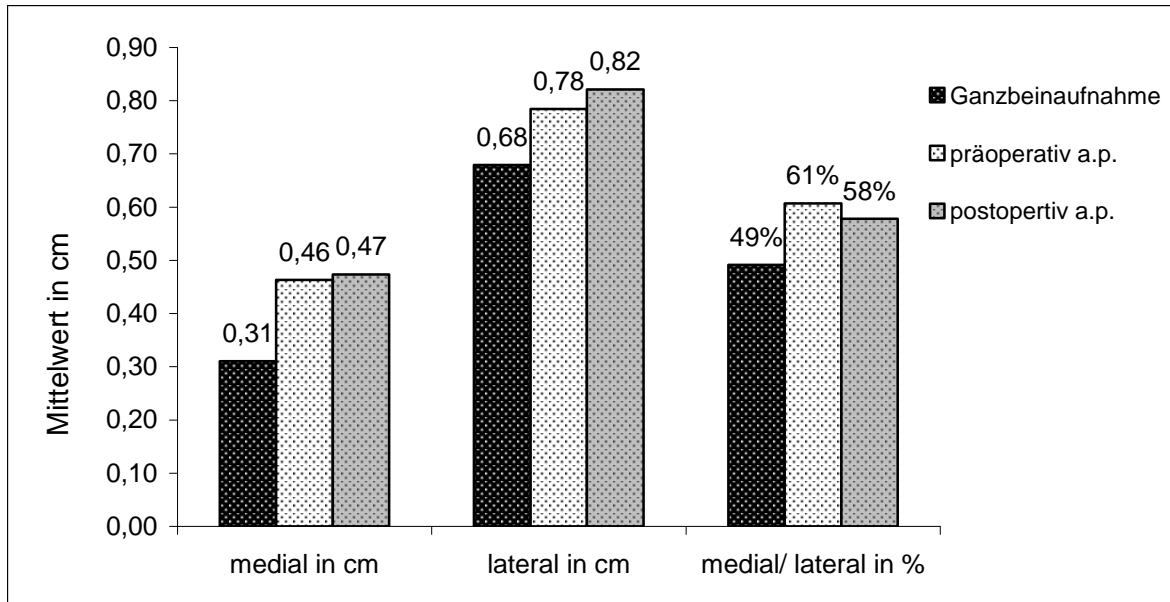


Abb. 73 Durchschnittliche Gelenkspaltbreite an Ganzbein- und a.p.-Aufnahmen in Gruppe II, $n=19$.
 (medial: $p < 0,05$ bzgl. Ganzbein und präoperativ a.p., $p > 0,05$ bzgl. prä- und postoperativ a.p.); (lateral: $p < 0,05$ bzgl. Ganzbein und präoperativ a.p., $p > 0,05$ bzgl. prä- und postoperativ a.p.). (medial/ lateral: $p < 0,05$ bzgl. Ganzbein, prä- und postoperativ a.p.).

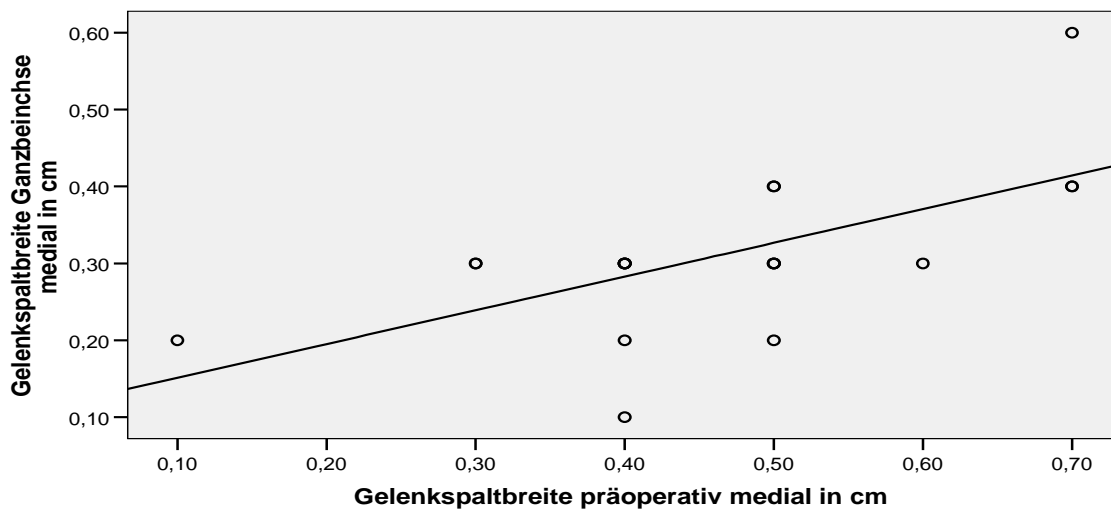


Abb. 74 Korrelation zwischen medialer Gelenkspaltbreite an der Ganzbein- und a.p.-Aufnahme in Gruppe II, $n=19$.

In Gegenüberstellung der medialen Gelenkspaltbreite der a.p.-Aufnahmen präoperativ und postoperativ lässt sich kein signifikanter Unterschied erkennen (Abb. 73) ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test), da sich die Werte lediglich von im Schnitt von 0,46 cm auf 0,47 cm erhöht haben (Tab. 28).

medial	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standardabweichung
Gelenkspalt Ganzbeinachse	19	0,10	0,60	0,3105	0,10485
Gelenkspaltbreite präoperativ	19	0,10	0,70	0,4632	0,14985
Gelenkspaltbreite postoperativ	19	0,20	0,80	0,4737	0,16614

Tab. 28 Auswertung der Gelenkspaltbreite in Gruppe II a medial

lateral	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standardabweichung
Gelenkspalt Ganzbeinachse	19	0,40	1,30	0,6789	0,20704
Gelenkspaltbreite präoperativ I	19	0,50	1,10	0,7842	0,16077
Gelenkspaltbreite postoperativ	19	0,50	1,20	0,8211	0,16526

Tab. 28 Auswertung der Gelenkspaltbreite in Gruppe II b lateral

Bezogen auf den lateralen Gelenkspalt ergibt sich ein nennenswerter Unterschied zwischen den gemessenen Werten der Ganzbeinaufnahme und solchen der präoperativen a.p.-Bilder ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test). Vergleicht man die a.p.-Bilder bzgl. der lateralen Gelenkweite untereinander, so ergibt sich kein signifikanter Unterschied anhand der Bilder präoperativ und postoperativ dahingehend, dass sich der Gelenkspalt lediglich im Durchschnitt von 0,78 mm auf 0,82 mm vergrößert hat ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test) (Abb. 73) (Tab. 28). Auch im Vergleich von medialem und lateralem Abschnitt zu den verschiedenen Zeitpunkten, ergeben sich

signifikant unterschiedliche Werte, der mediale Gelenkspalt ist deutlich geringer ($p < 0,05$, Wilcoxon-Test, Friedmann-Test).

4.3.3 Veränderungen des tibialen Slope

Gruppe I

In Gruppe I zeigt sich eine signifikante Änderung der tibialen Reklination, vergleicht man die seitlichen Röntgenaufnahmen, welche vor der Operation gemacht wurden, mit denjenigen postoperativ (Abb. 75) ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test). So liegt bei präoperativen Bildern der Slope im Bereich von 1 bis 12 Grad (durchschnittlich $6,4^\circ$), bei jenen nach OP zwischen -6 und 10 Grad (durchschnittlich $2,3^\circ$). Insgesamt erreichte man damit eine Korrektur des Slope von durchschnittlich $4,14^\circ$ Grad.

Gruppe II

Bei Gegenüberstellung der Ergebnisse, ermittelt aus den präoperativen Aufnahmen und postoperativen Röntgenaufnahmen in Gruppe II, lässt sich ebenfalls ein signifikanter Unterschied bezüglich der Slope-Werte erkennen. Denn die Winkel nehmen im Mittel von $8,8^\circ$ (3 - 16 Grad) auf $4,6^\circ$ (0 - 10 Grad) ab und damit ergibt sich durchschnittliche eine Korrektur von $4,21$ Grad ergibt ($p < 0,01$, Wilcoxon-Test) (Abb. 75).

Vergleich Gruppe I und II

Bei Gegenüberstellung der Ergebnisse aus den Kollektiven zeigt sich ein schwach signifikanter Unterschied bzgl. der gemessenen Slope-Werte prä- und postoperativ dahingehend, dass in Gruppe II insgesamt etwas höhere Ausgangswerte mit durchschnittlich $2,3^\circ$ Grad sowohl vor, als auch nach der Operation gemessen werden konnten (Abb. 75) ($p < 0,05$, Mann-Whitney-Test).

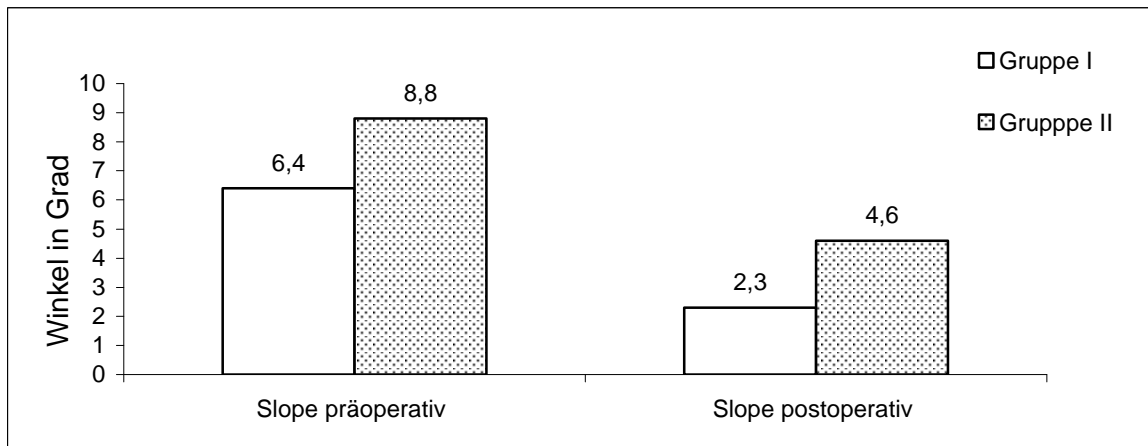


Abb. 75 Veränderung des Tibialen Slope prä- und postoperativ in Gruppe I und II

4.3.4 Veränderung der Patellahöhe

Bestimmung der Patellahöhe anhand der Blumensaat-Methode

Gruppe I

Postoperativ kann in dieser Gruppe eine Verbesserung bzgl. der Patellahöhe festgestellt werden (Abb. 76). So kommt es in den Gruppen des Norm- sowie Übergangsbereich zu einer Zunahme von ca.7%. In pathologische Gruppen, wie Patella infera und alta, müssen hingegen deutlich weniger Patienten eingeteilt werden (Tab. 29). Bei statistischer Auswertung lässt sich jedoch insgesamt kein signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativen Werten erkennen ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test).

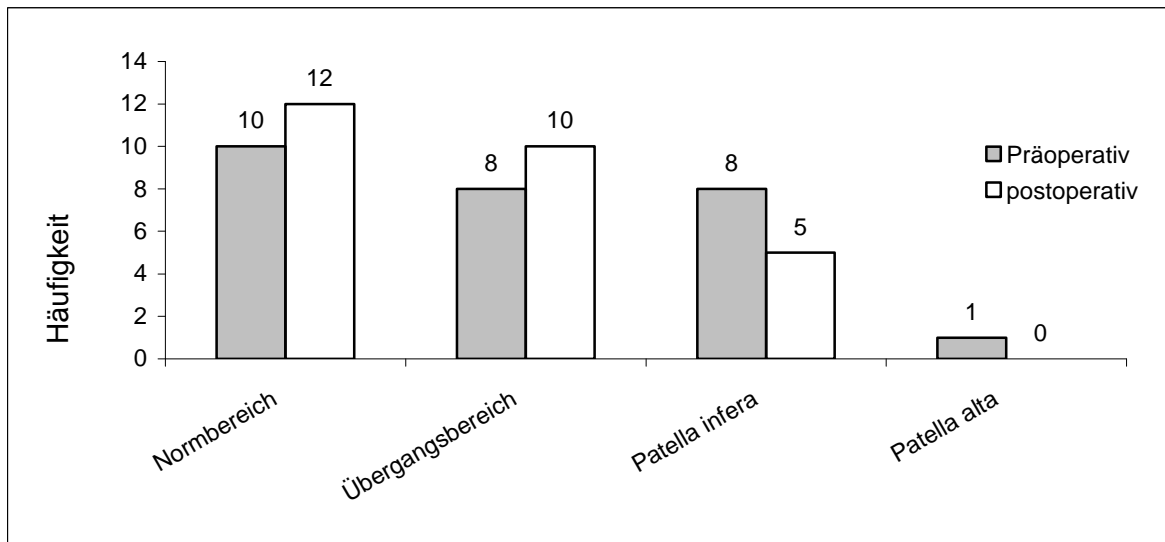


Abb. 76 Ergebnisse der Patellahöhe mittels der Blumensaatt Methode prä- und Postoperativ in Gruppe I, n=27.
(Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0.05$).

präoperativ	Häufigkeit	[%]
Normbereich	10	37,0
Übergangsbereich	8	29,6
Patella infera	8	29,6
Patella alta	1	3,7
Gesamt	27	100,0

postoperativ	Häufigkeit	[%]
Normbereich	12	44,4
Übergangsbereich	10	37,0
Patella infera	5	18,5
Patella alta	0	0
Gesamt	27	100,0

Tab. 29 Patellahöhe nach Blumensaatt präoperativ und postoperativ in Gruppe I

Gruppe II

In dieser Gruppe lässt sich keine nennenswerte Verbesserung bzgl. der Patellahöhe erkennen ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test) (Abb. 77). Hier kann zwar bzgl. des Normbereichs ein deutlicher Zuwachs festgestellt werden, jedoch kommt es im Gegenzug auch zu einer Zunahme von pathologischen Werten (Abb. 77) (Tab. 30).

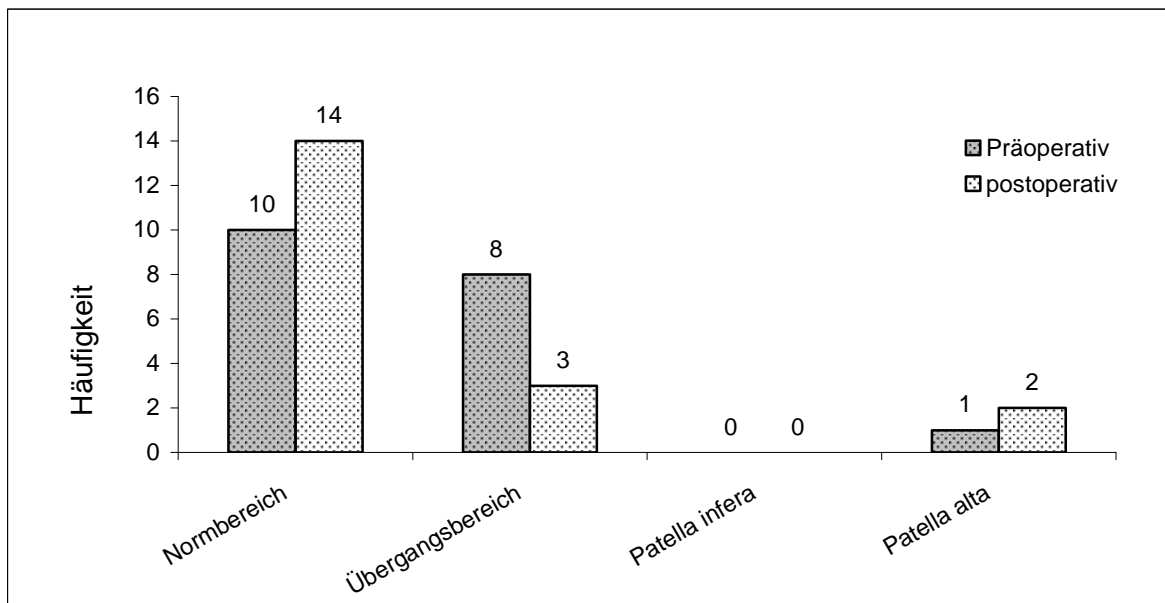


Abb. 77 Ergebnisse der Patellahöhe mittels der Blumensaat Methode prä- und postoperativ in Gruppe II, n=19.
(Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

präoperativ	Häufigkeit	[%]
Normbereich	10	52,6
Übergangsbereich	8	42,1
Patella infera	0	0
Patella alta	1	5,3
Gesamt	19	100,0

postoperativ	Häufigkeit	[%]
Normbereich	14	73,7
Übergangsbereich	3	15,8
Patella infera	0	0
Patella alta	2	10,5
Gesamt	19	100,0

Tab. 30 Patellahöhe nach Blumensaat präoperativ und postoperativ in Gruppe II

Vergleich Gruppe I und II

Wie schon innerhalb der Gruppen lässt sich auch im Vergleich gegeneinander kein signifikanter Unterschied bzgl. der Patellahöhe feststellen ($p > 0,05$, Mann-Whitney-Test).

Patellahöhenbestimmung nach Blackburne-Peel

Gruppe I

Insgesamt kommt es bei 63% (17 Gruppenmitgliedern) der Patienten zu einer Abnahme der Patellahöhe, bei 26% (7 Personen) zu einer Zunahme und bei 11% (3 Patienten) bleiben die Werte gleich. Im Mittel ergibt sich damit insgesamt eine Abnahme der Höhe von 0,57 cm auf 0,53 cm (Tab. 31) (Abb. 78). Bei statistischer Bewertung kann jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Werten prä- und postoperativ festgestellt werden ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test).

	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standardabweichung
Werte präoperativ	27	0,30	1,00	0,57	0,20161
Werte postoperativ	27	0,22	1,00	0,53	0,20185

Tab. 31 Patellahöhenbestimmung nach Blackburne-Peel in Gruppe I

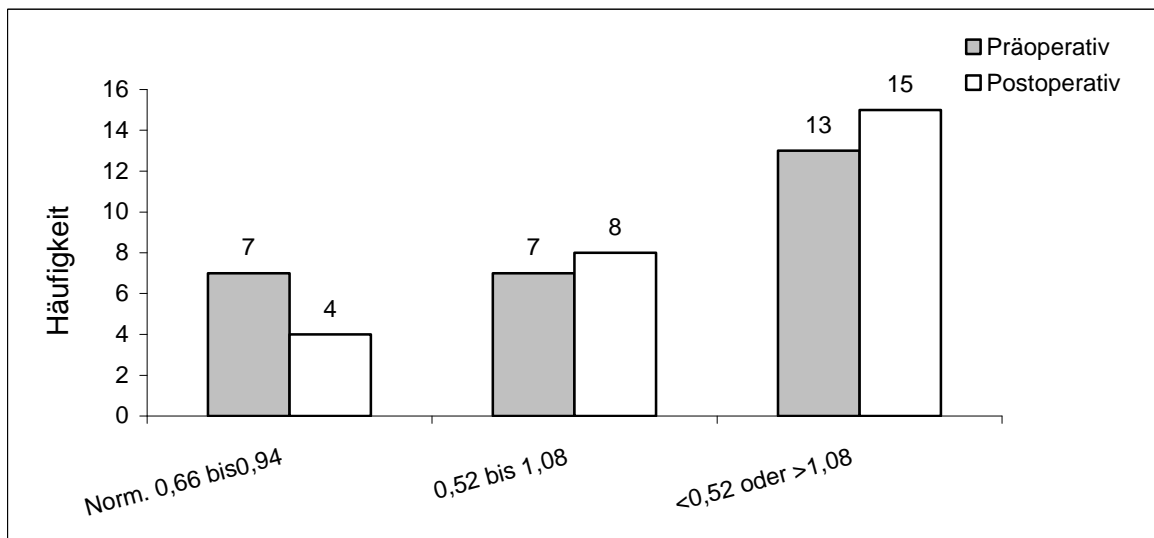


Abb. 78 Veränderungen der Patellahöhe nach Blackburne-Peel in Gruppe I, n =24. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$)

Gruppe II

Bei Bestimmung der Patellahöhe nach Blackburne-Peel konnte im Vergleich von prä- zu postoperativen Werten eine Zunahme dieser bei 80% (15 Patienten) der Personen festgestellt werden, bei einer Person (5%) blieb das Ergebnis gleich und bei 16% (3 Personen) kam es zu einer Abnahme der Werte. Im Durchschnitt kam es somit jedoch zu keiner signifikanten Veränderung der Messergebnisse von 0,5 (0,13-0,84) auf 0,55 (0,08-0,93) (Tab. 32) (Abb. 79) ($p > 0,05$, Wilcoxon-Test).

	N	Minimum in cm	Maximum in cm	Mittelwert in cm	Standardabweichung
Werte präoperativ	19	0,13	0,84	0,4942	0,17696
Werte postoperativ	19	0,08	0,93	0,5468	0,20216

Tab. 32 Patellahöhenbestimmung nach Blackburne-Peel in Gruppe II

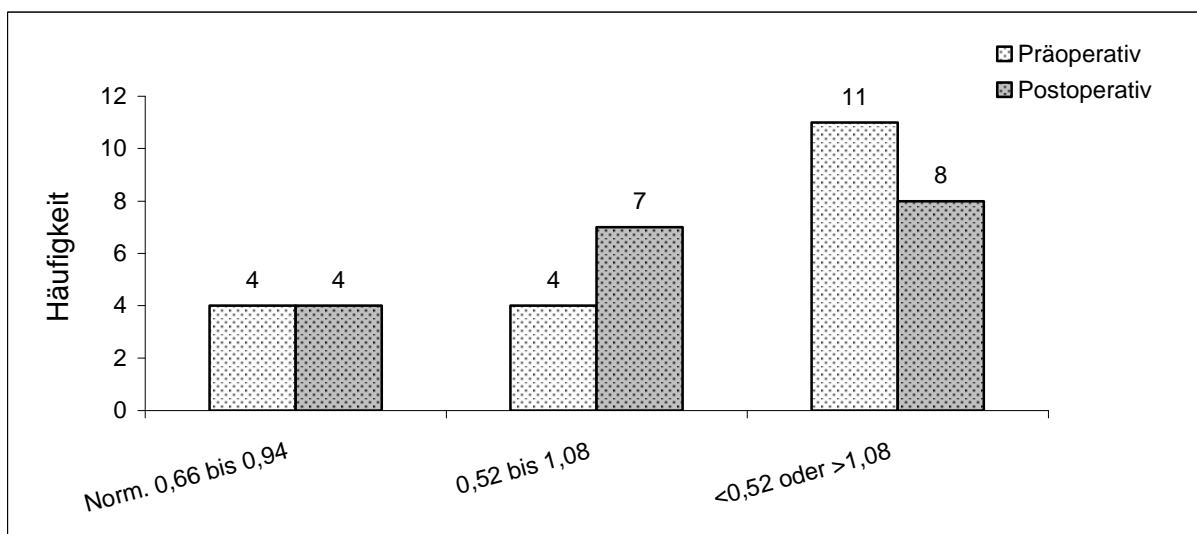


Abb. 79 Veränderungen der Patellahöhe nach Blackburne-Peel Gruppe II, n =19. (Kein signifikanter Unterschied zwischen den Werten, $p > 0,05$).

Vergleich Gruppe I und II

Im Vergleich der beiden Gruppen konnte kein statistischer Unterschied der Werte festgestellt werden (Abb.78,79) ($p > 0,05$, Kruskal-Wallis-Test).

5. Diskussion

5.1. Verletzungsmechanismus

Gruppe I

In Gruppe I ergibt sich insgesamt eine höhere Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur bei non-contact Sportarten; es haben sich 42% der Patienten bei derartigen Aktivitäten das Kreuzband verletzt. Auch Griffin et al. konnten zeigen, dass die Mehrheit derartiger Risse bei Nichtkontaktsportarten auftreten [35]. Sportliche Aktivität war bei 39% der Personen die Rissursache, wobei Fußball mit 30% der Fälle dominierte. Bei Nicht-Kontakt-Aktivitäten sind Skiunfälle in unserem Kollektiv mit 27% der häufigste Ruptur-Anlass. Auch Lobenhoffer und Tscherne geben o. g. Sportarten als eine der häufigsten Unfallursachen in den USA an. Demnach erleiden 66% der Skifahrer bei Knieverletzungen Kreuzbandrupturen und 25% der Fußballspieler weisen nach 2 Jahren einen VKB-Riss auf [58].

Gruppe II

In Gruppe II vermochten über 50% der Personen kein ursächliches Rupturereignis zu nennen. Im Gegensatz dazu konnten Salmon et al. zeigen, dass nach arthroskopischer VKB-Rekonstruktion von Patienten, welche innerhalb von 13 Jahren eine Re-Ruptur erlitten (13% der Patienten), nur eine Person (11%) kein zugrunde liegendes Ereignis angeben konnte [93]. Weiter erfassten Salmon et al. die bekannten Rupturereignisse in bis zu 23% der Fälle bei Kontaktsportarten und bei 78% Nicht-Kontaktsportarten [93]. In unserem Kollektiv konnten diese Ergebnisse keine Bestätigung finden, es waren lediglich 12,5% der Rissursachen mit Kontaktsport und 8,3% mit Nicht-Kontaktsport assoziiert. In 16,6% waren es alltägliche Situationen, welche die Re-Ruptur verursachten.

Im Vergleich der beiden Gruppen zeigt sich ein statistischer Unterschied dahingehend, dass in Gruppe I wesentlich mehr Personen ein ursächliches Rissereignis nennen können und innerhalb der Kategorien „Kontaktsportart“ und „Nicht-Kontaktsportart“ deutlich höhere Werte in Gruppe I erhoben werden konnten, mit im Mittel 27 Prozentpunkten Unterschied für Kontaktsportarten bzw. 34 Prozentpunkten für Nicht-Kontaktsportarten. Bei der hohen Anzahl an wahrscheinlich unfallunabhängigen wiederkehrenden Instabilitäten in Gruppe II kann unter Umständen eine fehlerhafte Voroperation ursächlich sein. Harilainen et al. zeigten darüber

hinaus noch andere Gründe für wiederkehrende Instabilitäten nach Revisions-Operationen, wie u. a. zu frühe Rückkehr zu sportlicher Aktivität oder überaggressive Rehabilitationsmaßnahmen und gibt das postoperative Transplantatversagen mit ca. 8% an [40].

5.2 Intraoperativer Knorpel- und Meniskuszustand

Gruppe I

Knorpelschäden

Bei den Patienten in Gruppe I zeigte sich arthroskopisch intakter Knorpel in lediglich 6% der Fälle am FC und in 52% am Tibiaplateau. Bei Knorpelschäden dominieren Zahlenmäßig Schäden nach Outerbridge Grad IV sowohl am medialen FC in 30% und am medialen TP in 24% der Fälle. Alles in allem liegen am medialen FC Schäden von Grad I-IV mit 94% vor, wobei am medialen Tibiaplateau Schäden von Grad I-IV nur bei 48% der Personen zu finden waren. Im Gegensatz dazu fanden Kaeding et al. bei Patienten deutlich weniger Schäden am Knorpel [51]. Dabei handelte es sich um Personen, welche sich nach einem Jahr und später ihren Kreuzbandriss operieren ließen [51]. Er ermittelte strukturelle Einbußen am medialen FC in lediglich 40% der Fälle und am medialen TP in sogar nur 18% der Fälle. Ähnliche Ergebnisse ermittelten Vasara et al., diese konnten bei Patienten mit VKB-Ruptur bei insgesamt 44% der Kniegelenke Knorpelschäden feststellen, wobei auch davon zahlenmäßig mehr Schäden am med. FC zu finden waren [102]. Diese Untersucherguppen evaluierten jedoch Patienten, welche lediglich Kreuzbandschäden ohne zusätzliche Achsfehlstellung boten, was somit geringere Begleitschäden des Gelenks erklärt.

Bestätigungen finden unserer Ergebnisse hingegen in einer Untersuchung von Boss et al. Diese stellten sogar bei allen Personen, welche eine Kreuzbandplastik in Kombination mit einer HTO erhalten hatten, eine mediale Knorpelläsionen fest [10]. Zu ähnlichen Bilanzen kamen Lattermann et al. in einer vergleichbaren Studie [57].

Meniskusschäden

Im lateralen Kompartiment unserer Patienten waren drastisch weniger strukturelle Veränderungen zu finden, wie auch Lattermann et al. bei ihren Patienten zeigen konnten [57].

Im Gegensatz zu Kaeding et al. konnten wir in unserem Kollektiv statt 50% lateraler Meniskusschäden nur bei 6% Veränderungen in diesem Bereich feststellen. Die von uns ermittelten Zahlen für strukturelle Veränderungen des medialen Meniskus (63%) liegen somit nahe an den ermittelten Werten von Kaeding und seinen Kollegen. Diese fanden derartige Läsionen bei Personen, die neben einer vorderen Kreuzbandruptur zudem die Zerstörungen des medialen Kollateralbandes aufwiesen [51]. Sie konnten zeigen, dass Patienten mit unbehandeltem Kreuzband bereits nach einem Jahr in bis zu 64% der Fälle mit medialen Meniskusschäden rechnen müssen [51]. Unter anderem könnte dies eine Rolle dafür gespielt haben, dass bereits bei 12% unserer Gruppenmitglieder kein medialer Meniskus mehr vorhanden war.

Bestätigend dazu zeigten sich in anderen Studien die Schäden am medialen Meniskus zwischen 60% und 100% [107]. Mit unseren Daten annähernd vergleichbare Werte bzgl. des lateralen Meniskuszustandes ermittelten Lattermann et al. mit einer Häufigkeit von etwa 14% [57]. Diese untersuchten neben Personen mit VKB-EPL und HTO auch Patienten, die sich nur einer HTO unterzogen. Die Meniskusschäden wurden insgesamt angegeben und nicht den einzelnen Patientengruppen zugeordnet, was die etwas höhere Inzidenz an lateralen Schäden erklären mag [57].

Gruppe II

Knorpelschäden

In Kollektiv II konnte am medialen FC bei lediglich 8% der Patienten und am medialen TP in 50% intakter Knorpel festgestellt werden. An den medialen Femurcondylen waren insgesamt bei 92% der Personen strukturelle Veränderungen des Knorpels vorhanden, v. a. in Form von Läsionen Grad II-IV (88%). Das mediale TP zeigte signifikant weniger häufig Schäden, dort waren bei insgesamt 50% der Personen Einbußen zu finden, v. a. dominierten Schäden Grad II mit 21%. Grossman et al. konnten im Gegensatz dazu durch eine Studie zeigen, dass Patienten, welche sich der Revision einer vorderen Kreuzbandplastik nach ca. 4,5 Jahren unterzogen, in 41% der Fälle keine Beeinträchtigung des Knorpels im medialen Kompartiment hatten [37]. In unserem Kollektiv konnte lediglich bei einer Person (4%) intakte Knorpelflächen im kompletten medialen Gelenkabschnitt gefunden werden. Dies liegt sicherlich auch daran, dass Grossman et al. nur Personen ohne Beinefehlstellung bzw. sekundäre Instabilität in die Auswertung einbezogen haben und unsere Patienten durch z. T. gemeinsames Vorhandensein

dieser Faktoren durchaus Mehrbelastung in diesem Kompartiment erleiden, wie sich durch Ergebnisse von Lattermann et al. oder Boss et al. bestätigen lässt [10,57]. Das laterale Kompartiment zeigte in Gruppe II signifikant weniger Knorpelschäden, denn es waren nur bei 17% der Patienten strukturelle Einbußen erkennbar, hauptsächlich am medialen FC meist in Form von Grad I Defekten. Lediglich eine Person (4%) zeigte Grad III Läsionen, diese waren jedoch gleichzeitig auch am lateralen TP zu finden. Intakte Gelenkflächen im lateralen Gelenkabschnitt konnte Grossman et al. bei 48% deutlich weniger häufig finden als wir in unserem Patientengut mit 83%, was sicherlich mit Ausschlußfaktoren seiner Studienteilnehmer zusammenhängt [37]. Intakte Knorpelflächen im gesamten Knie konnten wir nur bei einer Person (4%) feststellen. Noyes et al., welche ein Patientenkollektiv mit Voroperationen, Vorschäden und teilweise bestehender Achsfehlstellung bei Revisionskreuzbandplastik untersuchten, konnten insgesamt bei 73% Knorpelschäden feststellen [79]. Gesamt lagen in unserem Kollektiv mit über 90% bei deutlich mehr Patienten strukturelle Einbußen vor, was wohl wiederum mit o. g. gelenkschädigenden Zusatzfaktoren zu erklären sein dürfte.

Meniskusschäden

Der Meniskuszustand in Gruppe II stellt sich schlechter dar als in Gruppe I, denn insgesamt 67% der Personen in Kollektiv II weisen Schäden des medialen Meniskus auf, wovon 20% totale Verluste zu verzeichnen waren und bei 38% 2/3 der Menisci fehlten. Ähnliche Werte ermittelten Kaeding et al. jedoch bei primärer VKB-Läsion mit ca. 64% medialer Meniskusschäden [51]. Lattermann et al. stellten bei ihrem Kollektiv bei 93% der Patienten strukturelle Schäden an den Menisken fest [57]. Laterale Meniskusschäden konnten wir in Gruppe II, ähnlich wie auch in Kollektiv I, vergleichsweise wenig in 12,5% der Fälle ermitteln. Bestätigend zu unseren Ergebnissen zeigte Grossman et al. in einer Studie von Patienten, die sich einer Revisionskreuzbandplastik unterzogen hatten, dass bereits in 7% der Fälle laterale Meniskus Chirurgie erforderlich gewesen war [37].

Im Vergleich der Gruppen zueinander zeigte sich kein relevanter Unterschied bzgl. Knorpel- und Meniskuszustand. Auch nach bereits erfolgter Kreuzbandplastik (Gruppe II) zeigen sich keine größeren Schäden an Knorpel und Menisken. Somit ist die Index OP für beide Gruppen eine Möglichkeit die wohl vermehrt für die Schäden ursächliche Achsfehlstellung zu beheben.

5.3 Lysholm Score

Gruppe I

Es zeigte sich in Patientenkollektiv I, dass postoperativ mit durchschnittlich 88 ($\pm 7,5$) erreichten Punkten eine deutliche Verbesserung bezogen auf die Bewertungen präoperativ (64 Punkte, ± 15) erzielt werden konnte. Der Ausgangszustand des Knies vor Kreuzbandruptur mit im Mittel 98 Punkten (± 5) konnte jedoch nicht vollständig erreicht werden. Vergleichbare Ergebnisse ermittelten Noyes et al. mit dem ähnlichen Bewertungsscore nach Cincinnati [79]. Sie evaluierten damit Patienten, welche jedoch zweizeitig mit HTO und VKB-Plastik therapiert wurden und eine Kreuzbandplastik bzw. z. T. auch eine Revisionsplastik (in 36% der Fälle) erhielten [79]. Vor der Operation bewertete der Durchschnitt dieser Patienten das Knie mit 63 Zählern und nach Operation mit 82 Punkten, bei etwas längerem Follow up Zeitraum ($\bar{\emptyset}$ 4,5 Jahre) als in unserer Gruppe ($\bar{\emptyset}$ 3,7 Jahre). Sowohl im Kollektiv von Noyes et al. wie auch in unserem konnte eine signifikante Verbesserung der Werte postoperativ um bis zu 24 Punkte gezeigt werden. Darüber hinaus war bei keinem Patienten eine Verschlechterung der Werte im Vergleich zu ermitteln [79]. Höhere Punktzahlen ermittelten Salmon et al. mit im Durchschnitt 94 Punkten ($\bar{\emptyset}$ 5 Jahre Follow up), jedoch handelte es sich bei diesem Kollektiv um Personen, welche an einer Kreuzbandruptur litten und diese isoliert operativ therapiert wurde [93]. Williams et al. ermittelten bei Patienten mit HTO und Kreuzbandplastik vor OP deutlich schlechtere Ergebnisse im Lysholm Score mit 47 Punkten, kommen aber postoperativ mit durchschnittlich 81 Punkten zu ähnlichen Ergebnissen wie wir [106].

Gruppe II

In Fraktion II konnte, ebenso wie in Patientenkollektiv I, eine signifikante Verbesserung der Punktwerte prä- und postoperativ erreicht werden. Vor Operation klassifizierten die Personen der Gruppe II den Zustand des Gelenkes mit durchschnittlich 65 Punkten (± 15), hingegen nach Therapie mit 85 Zählern (± 11). Somit ergibt sich insgesamt eine Verbesserung von 20,3 Punktwerten bei einem Follow up von 3,5 Jahren. Wie bereits o. g. ermittelten Noyes et al. ähnliche Zahlen mit dem Cincinnati-Score, obgleich in deren Untersuchungsgut der Kreuzbandersatz maximal bei 46% der Patienten ein Revisionseingriff darstellte und die Operation zweizeitig durchgeführt wurde [79]. Im Gegensatz dazu ermittelten Wirth et al., dass die erreichten Punktwerte bei Personen, welche sich jedoch isoliert einer

Revisionskreuzbandplastik unterzogen, präoperativ kaum unterschiedlich zu den erzielten Endergebnissen bei primärem Kreuzbandersatz mit ca. 63 (± 8) sind [110]. Hingegen sich postoperative Werte seiner Erfahrung nach aber deutlich geringer in der Revisionsgruppe (68 \pm 8) verglichen zum primären Ersatz (83 \pm 8) zeigen [110]. Wirth et al. sind in ihrer Arbeit auch der Ansicht, dass diese Differenz nicht nur isoliert durch die erneute Kreuzbandplastik bedingt ist, sondern durchaus begleitende Knorpelschäden des Knies mit dafür verantwortlich gemacht werden können [110]. Obwohl in der Untersuchung von Wirth et al. weniger Patienten strukturelle Knorpelveränderungen aufwiesen als in unserer Untersuchung, konnten wir deutlich bessere Endergebnisse im Lysholm Score ermitteln [110]. Dies ist wahrscheinlich auf die Tatsache zurückzuführen, dass wir durch die Umstellung die beschädigten Areale deutlich entlastet haben und damit den Hauptort der Schmerzentstehung, was die Patienten postoperativ als deutlichen Benefit erkennen und entsprechend honorieren. Bei Gegenüberstellung der Punktwerte im Lysholm Score von Gruppe I und II zeigt sich, bestätigend mit den Aussagen von Wirth et al., in Gruppe II mit bereits bestehendem Kreuzbandersatz ein deutlich schlechterer Ausgangswert vor Re-Ruptur bzw. erneuter Instabilität mit 90,2 statt 97,7 Punkten [110], prä- und postoperativ unterscheiden sich die Kollektive bezogen auf die im Score ermittelten Werte nicht mehr wesentlich [110].

5.4. IKDC-Score

Voroperationen und Kategorie „Aktivitätslevel“

Gruppe I

Insgesamt stellten wir eine nur geringe Verbesserung des Aktivitätslevels in Gruppe I fest, von durchschnittlich Niveau 3,0 (präoperativ 3,06 Punkte) auf nahezu Level 2 (postoperativ 2,6 Punkte). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Lattermann et al. Die von ihnen untersuchten Patienten erreichten einen Anstieg der Aktivität um 0,5 Punkte auf 2,3 Zähler [57]. Die etwas besseren Endwerte in deren Patientengruppe führen wir darauf zurück, dass Lattermann et al. lediglich 8 Patienten nachuntersucht haben, welche eine HTO und VKB-Plastik einzeitig erhielten [57]. Darüber hinaus berichten sie in deren Studie, dass die Mehrzahl der Patienten bereits vor der HTO und VKB-Plastik Innenmeniskus chirurgie erhalten haben, beziffern dies jedoch nicht genau, im Gegensatz zu anderen Autoren. Letztere geben die

Häufigkeit an Operationen am Meniskus zwischen 60% und 100% an [57,78,79,107]. Auch in unserem Kollektiv befinden sich die Punktwerte in diesem Bereich mit insgesamt 79% der Personen. Eine Abweichung an Vorschäden des Knies könnte ebenso zu dem geringen Unterschied der Endergebnisse zwischen unserer und der Studie von Lattermann et al. geführt haben.

Gruppe II

Hier zeigen sich nach erneuter Kreuzbandruptur deutlich schlechtere Ergebnisse bei der Aktivität als vor dem Unfallereignis mit einem Verlust von 2 Aktivitätsstufen. Durch Operation kann das Level 3 (präoperativ 3,3 Punkte) um nahezu 1 Kategorie auf noch Niveau 2 (postoperativ 2,5 Punkte) angehoben werden. Diese Werte sind ebenso vergleichbar mit Ergebnissen von Lattermann et al. [57]. Es zeigt sich jedoch in beiden Gruppen unserer Studie ein schlechteres Ausgangsniveau als bei Lattermanns Untersuchung, weiter erhielten wir bei unseren Patienten etwas niedrigere Endergebnisse. Ursächlich dafür kann einerseits sein kleineres Patientenkollektiv sein, andererseits ist aus seiner Studie zudem nicht vollständig ersichtlich, wie viele der untersuchten Patienten tatsächlich eine Revisionskreuzbandplastik simultan zur HTO erhielten [57]. Auch gibt es keine genaue Angabe darüber, welche Anzahl an Patienten bereits Voroperationen z. B. an den Menisci hatten [57]. Wie bereits erwähnt geben Lattermann et al. bei der Mehrzahl ihrer Patienten Voroperationen an, beziffern dies aber nicht genau [57].

Im Vergleich der beiden Gruppen zeigt sich vor Unfall eine schwach signifikant höhere Aktivität in Gruppe II als in Gruppe I. Die höhere Inzidenz an Kreuzbandrupturen in Gruppe II könnte somit u. a. auch durch höhere Belastungen bedingt sein. Im Weiteren ergeben sich keine nennenswerten Unterschiede bezüglich der Aktivität.

Kategorien „Subjektive Bewertung“ und „Symptome“

Gruppe I

In Anlehnung an den IKDC-Bogen wurden bei der Kategorie „subjektiven Bewertung“ in Fraktion I in nahezu 70% „normale“ und „fast normale“ Ergebnisse erzielt. „Komplett

abnormal“ wurde das entsprechende Knie in keinem der Fälle bewertet, jedoch in 30% als „abnormal“. Ähnliche Ergebnisse lieferte eine Untersuchung von Boss et al., diese konnten bei den untersuchten Patienten nach HTO und VKB-Plastik in der Rubrik „ subjektive Bewertung“ des IKDC in 67% der Fälle sehr gute und gute Ergebnisse ermitteln, die beiden schlechtesten Bewertungsstufen bzgl. dieser Kategorie wurden von 33% der Personen evaluiert [10]. Hinsichtlich der Kategorie „Symptome“ ermittelte Boss et al in 50% der Fälle gute und sehr gute Ergebnisse, jedoch mussten ebenso viele Patienten mit „abnormal“ (17%) und sogar (33%) „komplett abnormal“ bewertet werden [10]. Hier konnten wir deutlich bessere Ergebnisse erzielen, da in unserem Kollektiv 91% normale und fast normale Ergebnisse erlangten und lediglich 9% in die Gruppen „abnormal“ und „komplett abnormal“ eingeteilt werden mussten. Diese deutlich besseren Ergebnisse in unserem Kollektiv könnten unter anderem daran liegen, dass unsere Patienten, im Gegensatz zu denen von Bos et al. untersuchten, deutlich schlechtere Ausgangssituationen hatten, aufgrund von größeren Vorschäden des Knies [10]. Im Vergleich empfinden diese Personen den Unterschied vor und nach der Therapie wohl als drastische Abnahme der Beschwerden, welches sich in besseren Bewertungen postoperativ widerspiegeln könnte. Weiter war das von Boss et al. untersuchte Patientenkollektiv mit ähnlichen Follow up Zeiten deutlich kleiner mit nur 6 Patienten, was zudem eine Abweichung der Ergebnisse bedingen mag [10].

Gruppe II

Mitglieder der Revisionsgruppe erzielte in 63% der Fälle normale bis fast normale Ergebnisse für den Untersuchungspunkt „Subjektive Bewertung“, hingegen musste über ein Drittel der Personen (33%) in Kategorie „abnormal“ und sogar 4% der Patienten in „komplett abnormal“ eingestuft werden. Bessere Bewertungen konnten in Kategorie „Symptome“ ermittelt werden, hier waren es über dreiviertel (83%) der Personen die normale und fast normaler Ergebnisse erzielten und lediglich in 17% abnormale Benotungen vergaben.

Vergleicht man die Kategorie „Subjektive Bewertung“, so ermitteln Boss et al. ähnliche Ergebnisse in deren Patientenkollektiv [10]. Der Bewertungspunkt „Symptome“ wird von unseren Patienten deutlich besser beurteilt, obwohl von Boss und Kollegen untersuchte Patienten offensichtlich weniger Vorschäden des Knies aufwiesen. Personen mit Revisions-Kreuzbandplastik wurden nämlich aus der Untersuchung generell ausgeschlossen [10].

Eine derart starke Abweichung zwischen diesen zwei IKDC Kategorien, die durchaus miteinander in Beziehung stehen, ist evtl. wieder auf die unterschiedliche Patientenzahl

zurückzuführen [10]. Daten zum Direktvergleich bzgl. HTO und Revisions-Kreuzbandplastiken sind nach meinem Recherchenstand in der aktuellen Literatur nicht verfügbar und konnten somit nicht zum Vergleich herangezogen werden.

Bei Gegenüberstellung der Kollektive I und II konnten wir in unserer Untersuchung keine nennenswerten Abweichung in den Kategorien „Symptome“ und „Subjektive Bewertung“ feststellen.

Kategorie „Bewegungsumfang“

Gruppe I

Boss et al. zeigten in ihrem Kollektiv einen Extensionsausfall kleiner 3 Grad bei über 93% der Patienten, wohingegen in unserer Untersuchungsgruppe nur 68% diesen Zustand erreichten, jedoch sich bei 32% Werte über 3° Extensionsausfall ergaben [10]. Bezüglich des Flexionsausfalls kamen wir auch zu anderen Werten als Boss et al., welche bei der Hälfte der Personen Beugeausfälle von über 16° feststellten [10]. In unserem Kollektiv hatte eine ähnliche Anzahl an Patienten (48%) nur Einschränkungen bis max. 15°. Auch diesbezüglich spielt sicherlich das zum Teil abweichende unterschiedliche Patientenkollektiv eine bedeutende Rolle, da die Mehrzahl der von Boss et al. untersuchten Personen längere Follow-up Zeiten aufweisen [10].

Gruppe II

In Untersuchungsgut II zeigen sich etwas schlechtere Ergebnisse als in Gruppe I, da über 35% an Streckeinbußen des Knies über 3 Grad zum Nachuntersuchungszeitpunkt leiden. Auch hinsichtlich der Beugefähigkeit ergaben sich schlechtere Ergebnisse, da 47% der Personen Einbußen von 6° bis 15° beklagten und 6% sogar schlechtere Werte aufwiesen. Ebenfalls zeigen sich somit im Vergleich mit Resultaten von Boss et al. schlechtere Resultate, welche wiederum mit dem abweichenden Patientengut und Ausgangszuständen der Knie zu erklären sein können [10].

Bei Gegenüberstellung der beiden Gruppen konnten wir letztlich keine eindeutigen Unterschiede ermitteln, somit erreichen auch in der Revisionsgruppe die Patienten noch zufrieden stellende Ergebnisse bzgl. des Bewegungsumfangs.

Kategorie „Bandstatus“

Gruppe I

Bei 96% der Patienten in Kollektiv I konnte eine a.p.-Translation von maximal 5 mm festgestellt werden, 28% blieben sogar unter 2 mm und nur eine Person (4%) erreichte höhere Werte mit bis zu 10 mm. Diese Ergebnisse liegen deutlich über den von Boss et al. ermittelten, dieser stellte mittels Lachman Test lediglich bei 82% eine maximale Verschieblichkeit von 5 mm fest, nur eine Person erreichte Werte bis 10mm (4%) [10]. Abweichende Resultate ergeben sich auch bzgl. des Pivot Shift Tests, da in unserem Kollektiv bei 12% der Personen eine Translation zu ermitteln war und Boss et al. lediglich bei 7% diese Befunde erheben konnten [10]. Dies kann unter anderem daran liegen, dass unsere Patienten abweichende Operationstechniken und teilweise Materialien für den Kreuzbandersatz erhalten haben. Denn eine Untersuchung von Williams et al. liefert mit unseren Werten vergleichbare Ergebnisse bei, zu unserer analogen, Studiendurchführung [106].

Gruppe II

In Kollektiv II ergibt sich bei 18% der Patienten eine Translationen von weniger als 2mm und bei 82% von höchstens 5mm. Bei der klinischen Durchführung des Pivot Shift Tests konnte bei über der Hälfte der Personen (53%) kein Luxationsphänomen festgestellt werden, jedoch viel der Test bei 24% positiv aus und bei 24% war die Untersuchung nicht durchführbar.

In einer Studie von Lattermann et al. zeigte sich im Vergleich eine deutliche Abweichung [57]. Dieser ermittelte schlechtere Ergebnisse, da deren Patienten in 38% a.p.-Translationen beim Lachman Test von mehr als 5mm aufwiesen und der Pivot-Shift-Test sogar bei 38% der Personen positiv ausfiel [57]. Die in der Studie untersuchte Patientenzahl liegt jedoch deutlich unter unserer, weiter erfolgte bei diesen Patienten keine Revisionsplastik, weshalb die Ergebnisse nicht exakt vergleichbar sind [57].

In, zu unserer Arbeit, vergleichbarer Studiendurchführung wurden von anderen Autoren bisher abweichende Auswertungen bzw. pauschale Ergebnisangaben gemacht, weshalb ein besserer Vergleich aktuell nicht möglich ist.

Im Vergleich unserer Kollektive untereinander bezüglich der Ergebnisse „Bandstatus“ ergibt sich kein signifikanter Unterschied.

Gesamtergebnis IKDC

Gruppe I

Alles in allem erzielten 67% der Personen aus Gruppe I „fast normale“ Ergebnisse, neben 30% „abnormalen“ und 3% „komplett abnormalen“. Im Gegensatz dazu stellten Boss et al. bei ihren Patienten mit einem Follow up von 2-5 Jahren in 17% „normale“ Resultate fest, bei 33% „fast normale“, bei 17% „abnormale“ und sogar bei 33% „komplett abnormale“ [10]. Insgesamt ermittelten wir, ausgenommen Kategorie „normal“, durchweg bessere Gesamtwerte für unsere Patienten. Dies kann zum einen daran liegen, dass nicht alle Patienten komplett nachuntersucht und somit einige Parameter nicht in die Bewertung eingingen, zum anderen hatten, wie bereits o. g., Boss et al. zu uns abweichende Studiendurchführung und Voraussetzungen [10]. Mit unseren vergleichbare Werte konnten Lattermann et al. zeigen, auch bei ihren Patienten waren gute und sehr gute Bewertungen in 75% der Fälle und sehr schlechte Beurteilungen in 25% vorhanden [57]. Letztere waren etwas weniger als in unserer Auswertung zu ermitteln bei jedoch kleinerem Patientenkollektiv [57].

Gruppe II

In Patientengruppe II ergeben sich insgesamt bei der Mehrzahl der Patienten (88%) „fast normale“ und „abnormale“ Ergebnisse, jedoch wurde in zwei Fällen (8%) die Kategorie „komplett abnormal“ und einmal (4%) „normal“ erzielt. Auch in dieser Gruppe zeigt sich ein besseres Gesamtergebnis als in der Literatur angegeben. Lattermann et al. ermittelten für ein etwas kleineres Patientengut „normale“ und „abnormale“ Ergebnisse (75%), wohingegen sie das Level „komplett abnormal“ sogar in 25% der Fälle vergeben mussten [57]. Die von uns ermittelten besseren Resultate können daraus resultieren, dass einige der Patienten nicht komplett untersucht werden konnten und somit nicht alle Kategorien durch den IKDC befundet wurden. Darüber hinaus haben wir im Vergleich zu Lattermann et al. ein deutlich größeres Patientenkollektiv mit mehr Vorschäden des Knies untersucht [57].

Durch Gegenüberstellung unserer Gruppenergebnisse kann kein signifikanter Unterschied in den Resultaten des IKDC ermittelt werden, wonach durchaus auch Patienten mit Revisionseingriffen des Kreuzbandes von der Therapie mittels HTO und Kreuzbandplastik profitieren.

Kniegelenkstabilität

Gruppe I und II

Ergebnisse des KT 1000 Arthrometers

Die klinische Stabilitätsprüfung zeigte in meiner Arbeit in beiden Gruppen keine bedeutsam erhöhte vordere Translation im Vergleich zum hinteren Durchgang.

Bei Betrachtung der Seitendifferenz unter instrumenteller Testung mit dem KT 1000-Arthrometer lies sich innerhalb der Gruppen und im Vergleich der beiden miteinander keine signifikant erhöhte Translation in Gegenüberstellung zum gesunden Knie feststellen.

Es lagen bei Kraftapplikation von 55N, 80N und 122N Translationen in Gruppe I von im Mittel 4,8 mm, 6,4 und 7 mm vor. In Gruppe II war die ermittelte Verschieblichkeit etwas, jedoch nicht signifikant, höher mit Werten von 5,9mm, 7,5mm und 9,2mm. Somit ist in unserem Kollektiv von einer etwas höheren Festigkeit der Bänder in Gruppe I auszugehen, in Gegenüberstellung zum gesunden Knie zeigt sich jedoch innerhalb der Populationen, dass nahezu gleiche Stabilitätswerte erreicht werden. Dies spricht für eine gute Festigkeit der Kreuzbandtransplantate [3,21]. Zu differierenden Werten kam Boss et al., welche innerhalb ihrer Studie bei 33% der Personen Werte bis zu 5mm Unterschied zum gesunden Knie feststellten, die Mehrzahl (67%) jedoch maximale Differenzen von 2 mm innerhalb eines Follow up von maximal 5 Jahren aufwiesen [10]. Diese Untersuchung bewertet jedoch nur Patienten, die mit einer HTO und Kreuzbandplastik versorgt wurden, weiter erfolgte eine abweichende Transplantattechnik des Kreuzbandes. Zudem konnte in der Literatur mit zunehmenden Follow up Zeiten steigende Translationswerte mit dem KT 1000, bei gleichzeitiger Meniskuschirurgie während der Kreuzbandplastik, gezeigt werden [93]. Bei Boss et al. wurden Patienten mit entsprechenden Eingriffen mit in die Studiauswertung einbezogen, jedoch nicht genau beziffert [10].

Entsprechende Studien und somit Ergebnisse für Revisionseingriffe des Kreuzbandes sind derzeit in der Literatur noch ausstehend. Ob Resultate meiner Arbeit, zumindest was die Gruppe der Revisionskreuzbandplastik betrifft, Bestätigung finden müssen weitere Studien klären.

Pivot shift Test

Gruppe I

In dieser Arbeit fanden sich innerhalb Gruppe I lediglich 3 Personen (12%), welche leichte und mittlere Subluxationen bei Durchführung des Pivot shift Tests zeigten, 84% hatten negative Testergebnisse, jedoch konnte bei einer Person die Untersuchung wegen Gegenspannens nicht durchgeführt werden. Signifikant unterschiedlich präsentieren sich die Ergebnisse von Williams et al. In deren Arbeit erreichten lediglich 9% der Patienten negative Testergebnisse, alle anderen Personen litten unter teilweise ausgeprägten Subluxationstendenzen. Es wurden von dieser Forschergruppe jedoch deutlich weniger Patienten nachuntersucht [106]. Bei ähnlich geringen Patientenzahlen ermittelten Lattermann et al. wiederum mit unseren vergleichbare Ergebnisse, da nur eine Person (13%) ohne Transplantatversagen, einen positiven Pivot shift Test aufwies [57].

Gruppe II

Unterschiedlich zu Gruppe I sind die Ergebnisse in Gruppe II, wenn man diese aufgrund der hohen Anzahl an nicht durchführbaren Pivot shift Tests überhaupt vergleichen kann. Denn nur 54% der zu ermittelnden Resultate entsprechen in Kollektiv II negativen Testergebnissen, hingegen erzielten 4 Personen (24%) positive Resultate. Mit 37,5% positiver Befunde bzgl. des Pivot-Shift-Test erzielten Lattermann et al. deutlich schlechtere Werte für ihr Kollektiv, welches größtenteils aus Patienten mit Revisionskreuzbandplastiken kombiniert mit HTO bestand [57]. Da dieser jedoch mit lediglich 8 Personen ein deutlich kleineres Patientenkollektiv untersuchte, bei welchem 2 Versager der Kreuzbandplastik auftraten, schlagen sich schlechte Resultate somit deutlicher im Gesamtergebnis nieder.

5.5 Radiologische Auswertungen

Beinachse und tibio-femoral-Winkel

Gruppe I

Präoperativ zeigte sich in Gruppe I ein Durchschnittswert von $4,8^\circ$ ($2-11^\circ$) Grad Varusabweichung auf der Ganzbeinaufnahme. Bei Gegenüberstellung der ermittelten Fehlstellungswinkel aus der Ganzbeinaufnahme mit Ergebnissen von Röntgenbildern des Knies in zwei Ebenen konnte keine Korrelation bzgl. der Winkel ermittelt werden. Aufgrund nicht durchgeführter Ganzbeinaufnahmen bei der Nachuntersuchung können somit keine Aussagen über die tatsächlichen Korrekturwinkel bzw. Korrekturverluste gemacht werden.

Präoperativ geplant war in beiden Gruppen im Durchschnitt eine Korrektur von 7° ($4-14^\circ$) Grad. Anhand des Tibiofemoralwinkels konnte postoperativ eine Valgisierung des Winkels um $6,4$ Grad in Gruppe I erzielt werden. Auch Williams et al. ermittelten anhand langer a.p.-Aufnahmen vergleichbare Korrekturwerte [106]. Somit kann durch die Operation, wie vorgesehen, eine Valgisierung der Beinachse und Entlastung der arthrotischen Gelenkareale erreicht werden.

Gruppe II

In Gruppe II zeigten sich etwas geringere Ergebnisse mit $4,1$ Grad ($0-8^\circ$) Varusabweichung in der Ganzbeinaufnahme. Präoperativ geplant war auch in dieser Gruppe im Durchschnitt eine Korrektur von 7 Grad ($4-14^\circ$). Anhand des Tibiofemoralwinkels konnte postoperativ eine Valgisierung des Winkels um $4,5$ Grad in Gruppe II erreicht werden. Auch diese Werte entsprechen den von Williams et al. ermittelten Ergebnissen und spiegeln den gewünschten Umstellungserfolg wider [106].

Gelenkspaltbreite

Gruppe I

Bei Auswertung der a.p.-Aufnahmen des Knies in 2 Ebenen konnte bei Betrachtung der medialen Gelenkspaltbreite eine positive Korrelation zu den entsprechenden Ganzbeinaufnahmen festgestellt werden. Bei Gegenüberstellung der a.p.-Aufnahmen im Verlauf bis zur Nachuntersuchung konnte lediglich eine minimale, jedoch nicht signifikante, Vergrößerung der medialen Gelenkspaltbreite von 0,02 cm in Gruppe I gezeigt werden. Im lateralen Kompartiment konnte keine Korrelation bzgl. der Knieaufnahmen und der Ganzbeinaufnahme ermittelt werden. Es zeigten sich die Gelenkspaltweiten prä- und postoperativ jedoch signifikant unterschiedlich dahingehend, dass ein größerer Gelenkraum im lateralen Kompartiment von nahezu 1mm postoperativ gemessen werden konnte. Bei Gegenüberstellung der lateralen und medialen Gelenkspaltbreiten der a.p.-Aufnahmen präsentieren sich die Ergebnisse durchgehend unterschiedlich, indem sich medial durchwegs geringere Gelenkspaltweiten ermitteln lassen. Mit den vorliegenden Ergebnissen kann somit eine Progression der Arthrose bzw. eine weitere Gelenkspaltverringernng nicht sicher ausgeschlossen bzw. belegt werden, da auch bekanntlich subjektive Befunde und radiologische Ergebnisse nicht eindeutig korrelieren [57].

Gruppe II

In dieser Gruppe stellte sich bzgl. der Gelenkspaltänderungen ähnliches dar. Eine schwache Korrelation des medialen Gelenkspaltes im Vergleich zur Ganzbeinstandaufnahme war erkennbar, die Werte im Vergleich der Aufnahmen jedoch signifikant voneinander abweichend. Bei Gegenüberstellung der Befunde im Verlauf bis zur Nachuntersuchung konnte lediglich eine minimale, jedoch nicht signifikante, Vergrößerung der medialen Gelenkspaltbreite von 0,01 cm in Gruppe II festgestellt werden. Bei Gegenüberstellung der lateralen Gelenkspaltbreiten der a.p.-Aufnahmen im zeitlichen Verlauf zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Es präsentierte sich lediglich eine leichten Vergrößerungstendenz postoperativ in Gruppe II. Diese Ergebnisse können, wie auch in Gruppe I, nicht zur Beurteilung der Arthrose-Progression bzw. weitere Gelenkspaltverringernng verwendet werden [57]. Differenzierte Vergleichsmöglichkeiten unserer Ergebnisse in der Literatur sind rar, Boss et al. äußerten sich zwar ohne nähere Ausführungen dahingehend, dass die Gelenkspaltbreite größer als 2mm bei

vergleichbaren Patienten sei, geht aber nicht weiter darauf ein [10]. Vielmehr finden Arthrosezeichen zur weiteren Bewertung Anwendung, dies wurde von uns nicht durchgeführt [10,57].

Slope

Gruppe I und II

Bei Untersuchung der tibialen Reklination konnten wir in beiden Gruppen eine signifikante Änderung in der Hinsicht feststellen, dass postoperativ eine Verbesserung, d. h. Abnahme der Reklination, in beiden Gruppen von ca. 4° Grad erreicht wurde. Dies konnten auch Hohmann et al. oder Papp et al. bei vergleichbaren Patientenkollektiven ermitteln [44,85]. In Gruppe I verkleinerte sich die tibiale Reklination von präoperativ durchschnittlich 6,4° (1-12°) Grad auf postoperativ 2,3° (-6 -10°) Grad. In Gruppe II verringerte sich der Slope von 8,8° (3-16°) Grad auf 4,5° (0-10°) Grad. Es ergibt sich bei Gegenüberstellung ein schwach signifikanter Unterschied dahingehend, dass in Gruppe II durchschnittlich 2,3 Grad höhere Slope-Werte gemessen werden. Wie in der Literatur bekannt, führt eine höhere tibiale Reklination zu vermehrten Zugkräften auf das VKB, jedoch gab es bisher kaum Studien die sich mit diesem Thema detaillierter, zumindest für die schließende Osteotomie, befasst haben [44]. Es lässt sich jedoch vermuten, dass eine höhere Inzidenz an VKB-Rissen in Gruppe II durchaus durch eine vermehrter Beanspruchung des Kreuzbandes mitbedingt sein könnte. V. a. kann aber mit einer closed wedge Osteotomie eine deutliche Verringerung der tibialen Reklination und damit von einer Schonung und längeren Beständigkeit der Kreuzbandplastik ausgegangen werden [19,44].

Patellahöhe

Gruppe I und II

Blumensaatmethode

Die in der Arbeit verwendete Methode nach Blumensaat erbrachte innerhalb der Gruppen und im Vergleich zueinander keine signifikanten Unterschiede. In Gruppe I konnten nach der Operation mehr Patienten in den Normbereich und Übergangsbereich eingestuft werden (jeweils ca. 7%). Vor Operation wurde bei 30% der Patienten eine Patella infera und bei 4% eine Patella alta festgestellt. Nach Operation war bei keinem Patienten mehr eine Patella alta

befundet worden und lediglich bei 19% eine Patella infera. Wenn auch nicht statistisch signifikant kommt es zu einer leichten Elevation der Patella. Ähnliche Ergebnisse konnten Kesmezacar et al. in einer Studie ermitteln [54].

In Gruppe II kommt es sogar zu deutlicherem Zuwachs innerhalb des Normbereichs nach Operation, jedoch konnten postoperativ statt in einem Fall (5%) in zwei Fällen (10%) eine Patella alta festgestellt werden. Es zeigt sich ebenfalls in dieser Gruppe die Tendenz der Elevation der Patella, jedoch ohne statistische Bedeutsamkeit, vergleichbar mit Werten o. g. Studie, jedoch bei Anwendung anderer Messtechniken [54]. Seyahi et al. konnten an Standardaufnahmen des seitlichen Kniegelenks auch die Tendenz einer höher stehenden Patella durch Messung mittels Blumensaat-Methode ermitteln. Sie kamen sogar zu dem Schluss, dass gemessene Werte mit der Blumensaatmethode nicht mit Ergebnissen, ermittelt durch andere gängige Messverfahren, übereinstimmen und somit insgesamt diese Meßmethodik nicht empfehlen [95].

Bei Gegenüberstellung der beiden Gruppen kann kein deutlicher Unterschied bezogen auf die Patellahöhe und deren Veränderung festgestellt werden, somit kann in unserem Kollektiv davon ausgegangen werden, dass eine HTO in Kombination mit einer vorderen Kreuzbandplastik diesbezüglich keine maßgeblichen Veränderungen nach sich zieht.

Blackburne-Peel Methode

Bei Bestimmung der Patellahöhe mittels der Blackburne-Peel-Methode nimmt in Gruppe I die Patellahöhe im Durchschnitt von präoperativ zu postoperativ von 0,57 auf 0,53 ab, jedoch ohne statistische Signifikanz. Auch Kesmezacar et al. ermittelten in ihrer Studie insgesamt eine Abnahme der Höhe um ca. 9% [54]. Jedoch kommen sie in ihrer Arbeit zu einer Abnahme bei bis zu 87% der Patienten, wohingegen wir diese Beobachtung bei lediglich 63% der Patienten machen konnten. 7 unserer Personen (26%) hatten eine Zunahme der Patellahöhe und in 3 Fällen (11%) blieben die Werten unverändert. Derartige Ergebnisse konnten Kesmezacar et al. bei deutlich weniger Patienten, welche sich jedoch lediglich einer HTO ohne Kreuzbandersatz unterzogen hatten, feststellen [54]. In meiner Arbeit konnte ich ganz im Gegensatz zu Kesmezacar et al. keine statistisch signifikante Abnahme der Patellahöhe nach der Blackburne-Peel-Methode in Gruppe I ermitteln [54].

Ähnlich dazu zeigt sich die Situation innerhalb Gruppe II, hier konnte ebenfalls kein signifikanter Unterschied der Ergebnisse bzgl. der Patellahöhe festgestellt werden, da es lediglich zu einer Erhöhung des Quotienten von 0,5 (0,13-0,84) auf 0,55 (0,08-0,93) kam.

Im Vergleich der Gruppen untereinander konnte kein bedeutsamer Unterschied gezeigt werden. Diese durchaus variierenden Ergebnisse zu anderen Studien lassen sich ggf. dadurch erklären, dass die Patellahöhenbestimmung entsprechend der Blackburne-Peel-Methode, nach durchgeführter HTO, wegen dadurch möglicher Verfälschung der Werte, wohl keine sicher Vergleichbaren Ergebnisse liefert, wie Kaper et al. in einer Untersuchung zeigen konnten [52]. In der vorliegenden Studie wurde der gebräuchliche Score nach Insall-Salvati nicht verwendet, da der für diese Methode nötige Messpunkt an der Tuberositas nicht mehr eindeutig nach Entnahme von autologen Patellarsehnentransplantaten ermittelt werden konnte.

5.6 Zusammenfassung

In dieser Arbeit werden die Ergebnisse zweier Gruppen verglichen, bei denen zusätzlich zu einer hohen tibialen Umstellungsosteotomie entweder zugleich eine vordere Kreuzbandplastik (Gruppe I: HTO+VKB) bzw. eine Revisionsplastik des vorderen Kreuzbandes (Gruppe II: HTO+Re-VKB) durchgeführt wurde.

Gruppe I

Gruppe I wies im medialen Kompartiment signifikant höhere Knorpelschäden als im lateralen Gelenkabschnitt auf. Wie sich in der Messung des tibiofemorale Winkels zeigte, konnte durch eine Umstellung des Winkels um $6,4^\circ$ Grad eine deutliche Entlastung des medialen Kompartiments erreicht werden. Klinische Bestätigung findet dies in der Auswertung des Lysholm Scores, es wurde durch die Operation eine signifikante Verbesserung des Kniezustandes postoperativ gezeigt und damit ein deutlicher Benefit für die Patienten erreicht. Der Ausgangszustand des Gelenkes konnte jedoch nicht mehr erzielt werden. Bei Beurteilung des Kniezustandes anhand des IKDC-Scores zeigte sich ebenfalls für die Mehrzahl der Patienten im Gesamtergebnis eine zufrieden stellendes Resultat. Ähnliche Ergebnisse lieferte die Untersuchung der Kniegelenksstabilität mittels IKDC Kriterien, tatsächlich kam es zu keiner nennenswerten Abweichung bzgl. Instabilität oder ventraler Translation im Vergleich zum gesunden Knie, womit eine gute Stabilität des Gelenkes nach operativem Eingriff erreicht wurde.

Durch Auswertung radiologischer Bilder konnte eindeutig die auch in der Literatur schon bekannte These bestätigt werden, dass eine schließende tibiale Osteotomie deutliche Verringerung der tibialen Reklination bewirkt und damit eine Entlastung des eingesetzten Kreuzbandtransplantates bietet. Bei Ermittlung der Gelenkspaltweite zeigte sich vor und nach Operation keine deutliche Vergrößerung im medialen Abschnitt, zumindest jedoch keine Verschmälerung. Anders stellt sich die Situation im lateralen Kompartiment dar, hier kann nach Operation eine statistisch bedeutsame Erweiterung der Gelenkspalte ermittelt werden. Die Untersuchung der Patellahöhenänderung zeigte bei Anwendung der Methode von Blumensaat und Blackburne-Peel keine signifikanten Veränderungen z.B. im Hinblick einer Patella infera auf.

Gruppe II

Auch in Gruppe II zeigten sich im medialen Kompartiment signifikant höhere Knorpelschäden als lateral. Durch eine Umstellung des tibiofemorale Winkels um im Mittel $4,5^\circ$ Grad konnte auch in dieser Gruppe eine Entlastung des entsprechenden Gelenkareals erreicht werden. Mittels Lysholm Score kann eine klinische Besserung des Zustandes für den Patienten mit deutlich höheren Scorewerten postoperativ ermittelt werden. Jedoch war auch in Gruppe II der Ausgangszustand des Gelenkes nicht mehr erreicht worden. Bei Beurteilung des Gelenkes mittels IKDC-Score zeigten ebenfalls die Mehrzahl der Patienten im Gesamtergebnis zufriedenstellende Ergebnisse. Ähnlich wie in Kollektiv I konnte auch in Gruppe II weitgehend gute Stabilität der Kreuzbänder durch klinische Tests ermittelt werden. Neben Korrektur der Beinachse erfolgte auch die Veränderung der tibialen Reklination durch die closed-wedge-Osteotomie, was eine deutliche Entlastung des eingesetzten Transplantates bewirkt. In Gruppe II zeigen sich im Vergleich zu Gruppe I höhere Slope-Ausgangswerte, was evtl. eine Ursache für die häufigere Kreuzbandruptur darstellen könnte und damit der Slopekorrektur sogar therapeutischer Charakter zuteil wird. Die Untersuchung der Gelenkspaltbreite präsentierte im Vergleich der a.p.-Bilder prä- und postoperativ im medialen und lateralen Abschnitt keine signifikante Vergrößerung. Bedeutsam unterschiedlich zeigte sich jedoch durchwegs die geringere Gelenkspaltbreite medial als lateral. Die Untersuchung der Patellahöhenänderung präsentierte bei Anwendung der Methode von Blumensaat auch in dieser Gruppe die Tendenz der Patellaelevation, jedoch ohne statistische Signifikanz. Die Methode nach Blackburne-Peel lieferte für Gruppe II ebenso keine signifikante Erhöhung der Patella, die Werte bewegten sich weitgehend nach Operation im Normbereich, zumindest mit den angewendeten Untersuchungsmethoden.

5.7 Schlussfolgerung

Die unikompartimentale mediale Gonarthrose wird beim jungen Menschen durch kombiniertes Auftreten pathogener Faktoren verursacht, wobei die vordere Kreuzbandruptur, die Instabilität und die varische Achsfehlstellung wesentlich daran beteiligt sind. Als Therapieoption kommt die einzeitige Durchführung einer Kreuzbandersatzplastik und valgisierenden Umstellungsosteotomie in Betracht. Patienten mit derartiger Behandlung wurden in vorliegender Studie evaluiert. Die Untersuchungen erfolgten in Anlehnung an gängige Kniegelenk-Scores (IKDC- und Lysholm Score) incl. Auswertung von radiologischem Material. Diese Arbeit konnte zeigen, dass durch die Operation eine Valgisierung der Beinachse und damit Entlastung des geschädigten Gelenkareals, trotz radiologisch unsignifikanter Erweiterung des medialen Gelenkkompartiments, erreicht werden konnte. Eine Progression der Arthrose kann mit unseren Ergebnissen jedoch nicht belegt bzw. bewiesen werden. Bei Annahme des „worst case“ und somit Fortschreiten der Arthrose, stellt die Operation zumindest einen Zeitgewinn bezogen auf den drohenden Gelenkersatz dar. Zudem bietet die postoperativ deutlich feststellbare Slope-Reduktion eine Entlastung des eingesetzten Kreuzbandtransplantates und damit vermehrte Protektion. Im Vordergrund für den Patienten steht ungeachtet dessen die eindeutige Beschwerdereduktion und Verbesserung der Kniefunktion und Stabilität.

Für ein ausgewähltes Patientengut- junger Patient, Achsfehlstellung, unikompartimentaler Knorpelschaden und Knieinstabilität durch Kreuzbandruptur- kann die hohe tibiale Osteotomie in Kombination mit vorderer Kreuzbandplastik durchaus als Erfolg versprechende Therapie angesehen werden, selbst wenn es sich um einen Revisionseingriff am Kreuzband handelt. Die dabei einzeitige Durchführung o. g. Eingriffe ermöglicht eine umfangreiche und kausale Therapie der genannten pathogenen Faktoren. Abgesehen davon werden zeitlich und wirtschaftlich aufwendige mehrmalige Hospitalisierungen und Rehabilitationsbehandlungen vermieden.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Agneskirchner, J.D., Burkart, A., Imhoff, A.B.
Achsenfehlstellung, Knorpelschaden und Kreuzbandruptur - Begleiteingriffe bei der VKB-Plastik. Unfallchirurg 105 (2002) 237-245.
- 2 Arnoczky, S.P.
Anatomy of the anterior cruciate ligament.
Clin Orthop Relat Res. 172 (1983) 19-25.
- 3 Bach, B.R. Jr., Warren, R.F., Flynn, W.M., Kroll, M., Wickiewicz, T.L.
Arthrometric evaluation of knees that have a torn anterior cruciate ligament.
J Bone Joint Surg Am. 72 (1990) 1299-1306.
- 4 Balasch, H., Schiller, M., Friebel, H., Hoffmann, F.
Evaluation of anterior knee joint instability with the Rolimeter. A test in comparison with manual assessment and measuring with the KT-1000 arthrometer.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 7 (1999) 204-208.
- 5 Bauer, R., Baumgartner, R., Frischhut, B., Grill, F., Kerschbaumer, F., Kohn, D., Kraus, J., Poisel, S., Winkelmann, W., Wirth, C.J.
„Orthopädische Operationslehre: Becken und untere Extremität, Band II/ 2, Teil 2“
Bauer, R., Kerschbaumer, F., Poisel, S. (Hrsg.),
Georg Thieme Verlag, Stuttgart- New York, 1995, 444-453.
- 6 Billings, A., Scott, D.F., Camargo, M.P., Hofmann, A.A.
High tibial osteotomy with a calibrated osteotomy guide, rigid internal fixation, and early motion. Long-term follow-up.
J Bone Joint Surg Am. 82 (2000) 70-79. Erratum in:
J Bone Joint Surg Am 82 (2000) 450.
- 7 Blauth, W., Schuchardt, E.
„Orthopädisch-chirurgische Operationen am Knie“
Thieme Verlag, Stuttgart- New York, 1986, 19.42-19.51.
- 8 Blumensaat, C.
Die Lageabweichungen und Verrenkungen der Kniescheibe.
Ergeb Chir Orthop 31 (1938) 149-233.
- 9 Bös, L., Ellermann, A.
Arthroscopic diagnosis and classification of articular cartilage lesions.
Z. für Sportmedizin 54 (2003) 181-183.
- 10 Boss, A., Stutz, G., Oursin, C., Gächter, A.
Anterior cruciate ligament reconstruction combined with valgus tibial osteotomy (combined procedure).
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 3 (1995) 187-191.

- 11 Brittberg, M., Lindahl, A., Nilsson, A., Ohlsson, C., Isaksson, O., Peterson, L.
Treatment of deep cartilage defects in the knee with autologous chondrocyte transplantation.
N Engl J Med. 331 (1994) 889-895.
- 12 Brucker, P., Agneskirchner, J.D., Burkart, A., Imhoff, A.B.
Mega-OATS. Technik und Ergebnisse.
Unfallchirurg. 105 (2002) 443-449.
- 13 Brückner, H.
A new method for plastic surgery of cruciate ligaments.
Chirurg. 37 (1966) 413-414. German.
- 14 Buckwalter, J.A., Lohmander, S.
Operative treatment of osteoarthritis. Current practice and future development.
J Bone Joint Surg Am. 76 (1994) 1405-1418.
- 15 Burkart, A.C., Schoettle, P.B., Imhoff, A.B.
Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens.
Unfallchirurg. 104 (2001) 798-807.
- 16 Chen, C.H., Chen, W.J., Shih, C.H.
Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction with quadriceps tendon-patellar bone autograft. J Trauma. 46 (1999) 678-682.
- 17 Convery, F.R., Akeson, W.H., Keown, G.H.
The repair of large osteochondral defects. An experimental study in horses.
Clin Orthop Relat Res. 82 (1972) 253-262.
- 18 Coventry, M.B., Ilstrup, D.M., Wallrichs, S.L.
Proximal tibial osteotomy. A critical long-term study of eighty-seven cases.
J Bone Joint Surg Am. 75 (1993) 196-201.
- 19 Cullu, E., Aydoğdu, S., Alparslan, B., Sur, H.
Tibial slope changes following dome-type high tibial osteotomy.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 13 (2005) 38-43.
- 20 Curl, W.W., Krome, J., Gordon, E.S., Rushing, J., Smith, B.P., Poehling, G.G.
Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies.
Arthroscopy. 13 (1997) 456-460.
- 21 Daniel, D.M., Malcom, L.L., Losse, G., Stone, M.L., Sachs, R., Burks, R.
Instrumented measurement of anterior laxity of the knee.
J Bone Joint Surg Am. 67 (1985) 720-726.
- 22 Dejour, H., Bonnin, M.
Tibial translation after anterior cruciate ligament rupture. Two radiological tests compared. J Bone Joint Surg Br. 76 (1994) 745-749.

- 23 Dienst, M., Kohn, D.
Die allogene Meniskustransplantation.
Oper Orthop Traumatol. 18 (2006) 463-480.
- 24 Eberhardt, C., Jäger, A., Schwetlick, G., Rauschmann, M.A.
Geschichte der Chirurgie des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 31 (2002) 702-709.
- 25 Ellison, A.E., Berg, E.E.
Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament.
Orthop Clin North Am. 16 (1985) 3-14.
- 26 Erggelet, C.
Arthroskopische autologe Chondrozytentransplantation (ACT).
Arthroskopie 18 (2005) 209-212.
- 27 Fink, C., Hoser, C., Benedetto, K.P., Hackl, W., Gabl, M.
Long-term outcome of conservative or surgical therapy of anterior cruciate ligament rupture. Unfallchirurg. 99 (1996) 964-969.
- 28 Forssblad, M., Valentin, A., Engström, B., Werner, S.
ACL reconstruction: patellar tendon versus hamstring grafts--economical aspects.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 14 (2006) 536-41.
- 29 Fu, F.H., Bennett, C.H., Ma, C.B., Menetrey, J., Lattermann, C.
Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part II. Operative procedures and clinical correlations. Am J Sports Med. 28 (2000) 124-130.
- 30 Fuchs, S., Friedrich, M.
Beeinflussungsmöglichkeiten von Kniegelenkscores. Unfallchirurg 103 (2000) 44-50.
- 31 Furukawa, T., Eyre, D.R., Koide, S., Glimcher, M.J.
Biochemical studies on repair cartilage resurfacing experimental defects in the rabbit knee. J Bone Joint Surg Am. 62 (1980) 79-89.
- 32 Geiger, F., Sabo, D.
Tibial realignment with external fixator. Orthopäde 33 (2004) 161-169.
- 33 Graf, K.W. Jr., Sekiya, J.K., Wojtys, E.M.
Long-term results after combined medial meniscal allograft transplantation and anterior cruciate ligament reconstruction: minimum 8.5-year follow-up study.
Arthroscopy. 20 (2004) 129-140.
- 34 Grelsamer, R.P.
Unicompartmental osteoarthritis of the knee.
J Bone Joint Surg Am. 77 (1995) 278-292.

- 35 Griffin, L.Y., Agel, J., Albohm, M.J., Arendt, E.A., Dick, R.W., Garrett, W.E., Garrick, J.G., Hewett, T.E., Huston, L., Ireland, M.L., Johnson, R.J., Kibler, W.B., Lephart, S., Lewis, J.L., Lindenfeld, T.N., Mandelbaum, B.R., Marchak, P., Teitz, C.C., Wojtys, E.M.
Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* 8 (2000) 141-150.
- 36 Grigis, F.G., Marshall, J.L., Monajem, A.
The Cruciate Ligaments of the Knee Joint. Anatomical, Functional and Experimental Analysis. *Clin Orthop Relat Res.* 106 (1975) 216-231.
- 37 Grossman, M.G., ElAttrache, N.S., Shields, C.L., Glousman, R.E.
Revision anterior cruciate ligament reconstruction: three- to nine-year follow-up. *Arthroscopy.* 21 (2005) 418-423.
- 38 Hamner, D.L., Brown, C.H. Jr., Steiner, M.E., Hecker, A.T., Hayes, W.C.
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 (1999) 549-557.
- 39 Hankemeier, S., Paley, D., Pape, H.C., Zeichen, J., Gosling, T., Krettek, C.
Knee para-articular focal dome osteotomy. *Orthopäde* 33 (2004) 170-177.
- 40 Harilainen, A., Sandelin, J.
Revision anterior cruciate ligament surgery. A review of the literature and results of our own revisions. *Scand J Med Sci Sports.* 11 (2001) 163-169.
- 41 Hefti, F., Müller, W., Jakob, R.P., Stäubli, H.U.
Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1 (1993) 226-234.
- 42 Hinterwimmer, S., Baumgart, R., Plitz, W.
Tension changes in the collateral ligaments of a cruciate ligament-deficient knee joint: an experimental biomechanical study. *Arch Orthop Trauma Surg.* 122 (2002) 454-458.
- 43 Höher, J., Klein, C.H.
Die "Rosenberg-Aufnahme" zur konventionellen Röntgendiagnostik bei der Kniegelenksarthrose- Technikbeschreibung. *Z. für Sportmedizin* 54 (2003) 176-177.
- 44 Hohmann, E., Bryant, A., Imhoff, A.B.
The effect of closed wedge high tibial osteotomy on tibial slope: a radiographic study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 14 (2006) 454-459.
- 45 Imhoff, A.B., Öttl, G.M., Burkart, A., Traub, S.
Autologous osteochondral transplantation on various joints. *Orthopäde.* 28 (1999) 33-44.

- 46 Indelicato, P.A., Bittar, E.S.
A perspective of lesions associated with ACL insufficiency of the knee. A review of 100 cases. *Clin Orthop Relat Res.* 198 (1985) 77-80.
- 47 Irrgang, J.J., Ho, H., Harner, C.D., Fu, F.H.
Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 6 (1998) 107-114.
- 48 Jacobsen, K.
Osteoarthritis following insufficiency of the cruciate ligaments in man. A clinical study. *Acta Orthop Scand.* 48 (1977) 520-526.
- 49 Jakob, R.P., Jacobi, M.
Closing wedge osteotomy of the tibial head in treatment of single compartment arthrosis. *Orthopäde.* 33 (2004) 143-152.
- 50 Jones, K.G.
Reconstruction of anterior cruciate ligament. A technique using the central one-third of the patellar ligament. *J Bone Joint Surg Am.* 45 (1963) 925-932.
- 51 Kaeding, C.C., Pedroza, A.D., Parker, R.D., Spindler, K.P., McCarty, E.C., Andrish, J.T.
Intra-articular findings in the reconstructed multiligament-injured knee.
Arthroscopy. 21 (2005) 424-430.
- 52 Kaper, B.P., Bourne, R.B., Rorabeck, C.H., Macdonald, S.J.
Patellar infera after high tibial osteotomy.
J Arthroplasty. 16 (2001) 168-173.
- 53 Kentsch, A., Friedrich, N., Müller, We.
Bemerkungen zur Biomechanik des menschlichen Kniegelenks.
Hefte zur Unfallheilkunde 217 (1991) 1-10.
- 54 Kesmezacar, H., Erginer, R., Ogut, T., Seyahi, A., Babacan, M., Tenekecioglu, Y.
Evaluation of patellar height and measurement methods after valgus high tibial osteotomy.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 13 (2005) 539-544.
- 55 Kim, H.K., Moran, M.E., Salter, R.B.
The potential for regeneration of articular cartilage in defects created by chondral shaving and subchondral abrasion. An experimental investigation in rabbits.
J Bone Joint Surg Am. 73 (1991) 1301-1315.
- 56 KO, Cho.
Reconstruction of the anterior cruciate ligament by semitendinosus tenodesis.
J. Bone Joint Surg. Am. 57 (1975) 608 - 612.

- 57 Lattermann, C., Jakob, R.P.
High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 4 (1996) 32-38.
- 58 Lobenhoffer, P, Tscherne, H.
Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes. Heutiger Behandlungsstand.
Unfallchirurg. 96 (1993) 150-168.
- 59 Lobenhoffer, P., Agneskirchner, J., Zoch, W.
Open valgus alignment osteotomy of the proximal tibia with fixation by medial plate fixator. Orthopäde 33 (2004) 153-160.
- 60 Lobenhoffer, P., Agneskirchner, J.D.
Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 11 (2003) 132-138.
- 61 Lysholm, J., Gillquist, J.
Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. Am J Sports Med. 10 (1982) 150-154.
- 62 Majewski, M., Schäfer, T., Manns, S., Friederich, N.F.
Tibiavalgisationsosteotomie: Lateral zuklappend vs. medial aufklappend.
Arthroskopie 17 (2004) 242-245.
- 63 Mankin, H.J.
The response of articular cartilage to mechanical injury.
J Bone Joint Surg Am. 64 (1982) 460-466.
- 64 Marshall, J.L., Fetto, J.F., Botero, P.M.
Knee ligament injuries: a standardized evaluation method.
Clin Orthop Relat Res. 123 (1977) 115-129.
- 65 Martinek, V., Imhoff, A.B.
Therapie von Knorpelschäden. Z. für Sportmed. 54 (2003) 70-76.
- 66 Martinek, V., Imhoff, A.B.
Tibiale Umstellungsosteotomie am Kniegelenk-Renaissance eines klassischen Verfahrens? Z. für Sportmedizin 54 (2003) 229-232.
- 67 Matsumoto, A., Yoshiya, S., Muratsu, H., Yagi, M., Iwasaki, Y., Kurosaka, M., Kuroda, R.
A comparison of bone-patellar tendon-bone and bone-hamstring tendon-bone autografts for anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med. 34 (2006) 213-219.
- 68 McDaniell, W.J. Jr., Dameron, T.B. Jr.
Untreated Ruptures of the Anterior Cruciate Ligament. A follow-up study.
J Bone Joint Surg Am. 62 (1980) 696-705.

- 69 McDaniel, W.J. Jr., Dameron, T.B. Jr.
The untreated anterior cruciate ligament rupture.
Clin Orthop Relat Res. 172 (1983) 158-163.
- 70 McKellop, H.A., Sigholm, G., Redfern, F.C., Doyle, B., Sarmiento, A., Luck, J.V. Sr.
The effect of simulated fracture-angulations of the tibia on cartilage pressures in the
knee joint. J Bone Joint Surg Am. 73 (1991) 1382-1391.
- 71 Menetrey, J., Paul, M.
Possibilities of computer-assisted navigation in knee para-articular osteotomies.
Orthopäde 33 (2004) 224-228. German.
- 72 Menschik, A.
Mechanik des Kniegelenkes I. Teil. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 112 (1974) 481-495.
- 73 Menschik, A.
Mechanik des Kniegelenkes, II. Teil: Schlußrotation.
Z Orthop Ihre Grenzgeb. 113 (1975) 388-400.
- 74 Miyasaka, K.C., Daniel, D.M., Shore, M.L., Hirsham, P.
The incidence of knee ligament injuries in the general population.
Am J Knee Surg 4 (1991) 3-8.
- 75 Müller, W.
„Das Knie: Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie“.
Springer Verlag GmbH, Berlin, Heidelberg, New York. 1982, 1-162.
- 76 Müller, W., Biedert, R., Hefti, F., Jakob, R.P., Munzinger, U., Stäubli, H.U.
OAK knee evaluation. A new way to assess knee ligament injuries.
Clin Orthop Relat Res. 232 (1988) 37-50.
- 77 Neyret, P., Donell, S.T., Dejour, H.
Results of partial meniscectomy related to the state of the anterior cruciate ligament.
Review at 20 to 35 years.
J Bone Joint Surg Br. 75 (1993) 36-40.
- 78 Noyes, F.R., Barber-Westin, S.D.
Revision anterior cruciate ligament reconstruction: report of 11-year experience and
results in 114 consecutive patients.
Instr Course Lect. 50 (2001) 451-461.
- 79 Noyes, F.R., Barber-Westin, S.D., Hewett, T.E.
High tibial osteotomy and ligament reconstruction for varus angulated anterior
cruciate ligament-deficient knees.
Am J Sports Med. 28 (2000) 282-296.
- 80 Noyes, F.R., Butler, D.L., Grood, E.S., Zernicke, R.F., Hefzy, M.S.
Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and
reconstructions. J. Bone Joint Surg. Am. 66 (1984) 344 – 352.

- 81 Oberthaler, G., Aichner, A., Marth, W., Primavesi, C., Trost, A.
Vorderer Kreuzbandersatz mit Semitendinosus-Grazilis-Sehne 4fach vs. Lig. patellae
vs. funktioneller Behandlung. *Arthroskopie* 16 (2003) 255-261.
- 82 Odensten, M., Gillquist, J.
Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for
reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* 67 (1985) 257-262.
- 83 Pape, D., Adam, F., Rupp, S., Seil, R., Kohn, D.
Stability, bone healing and loss of correction after valgus realignment of the tibial
head. A roentgen stereometry analysis. *Orthopäde.* 33 (2004) 208-217.
- 84 Pape, D., Seil, R., Adam, F., Rupp, S., Kohn, D., Lobenhoffer, P.
Bildgebung und präoperative Planung der Tibiakopfosteotomie.
Orthopäde 33 (2002) 122-134.
- 85 Papp, M., Csernátöny, Z., Kazai, S., Károlyi, Z., Róde, L.
The patella and tibial condyle position after combined and after closing wedge high
tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 15 (2007) 769-780.
- 86 Petersen, W, Zantop, T.
Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles.
Clin Orthop Relat Res. 454 (2007) 35-47.
- 87 Petersen, W., Tillmann, B.
Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Orthopäde* 31 (2002) 710-718.
- 88 Race, A., Amis, A.A.
The mechanical properties of the two bundles of the human posterior cruciate
ligament. *J Biomech.* 27 (1994) 13-24.
- 89 Rauschmann, M.A., Deb, R., Thomann, K.D., Zichner, L.
Die Geschichte der Meniskuschirurgie. Von der Exzision des freien Gelenkkörpers bis
zur Meniskusnaht. *Orthopäde.* 29 (2000) 1044-1054.
- 90 Rong, G.W., Wang, Y.C.
The role of cruciate ligaments in maintaining knee joint stability.
Clin Orthop Relat Res. 215 (1987) 65-71.
- 91 Rupp, S., Kohn, D.
Vorderes Kreuzband im Mittelpunkt des Interesses. *Orthopäde* 31 (2002) 701.
- 92 Rupp, S., Seil, R., Jäger, A., Kohn, D.
Ersatz des vorderen Kreuzbandes mit dem Patellarsehnentransplantat.
Orthopäde 31 (2002) 751-757.
- 93 Salmon, L.J., Russell, V.J., Refshauge, K., Kader, D., Connolly, C., Linklater, J.,
Pinczewski, L.A.
Long-term outcome of endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with
patellar tendon autograft: minimum 13-year review.
Am J Sports Med. 34 (2006) 721-732.

- 94 Seil, R., Rupp, S., Kohn, D.
Neues Interesse an der Umstellungsosteotomie. *Orthopäde* 33 (2004) 121.
- 95 Seyahi, A., Atalar, A.C., Koyuncu, L.O., Cinar, B.M., Demirhan, M.
Blumensaat line and patellar height.
Acta Orthop Traumatol Turc. 40 (2006) 240-247.
- 96 Steadman, J.R., Rodkey, W.G., Rodrigo, J.J.
Microfracture: surgical technique and rehabilitation to treat chondral defects.
Clin Orthop Relat Res. 391 Suppl. (2001) 362-369.
- 97 Strobel, M.J., Schulz, M.S.
VKB-Rekonstruktion mit dem Semitendinosus-Grazilis-Sehnentransplantat.
Orthopäde 31 (2002) 758-769.
- 98 Tegner, Y., Lysholm, J.
Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries.
Clin Orthop Relat Res. 198 (1985) 43-49.
- 99 Tegner, Y., Lysholm, J., Lysholm, M., Gillquist, J.
A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 14 (1986) 156-159.
- 100 Tingart, M., Höher, J., Bouillon, B., Tiling, T.
Meniskusrefixierung: Faden oder Anker? *Unfallchirurg.* 104 (2001) 507-512.
- 101 Vasara, A.I., Jurvelin, J.S., Peterson, L., Kiviranta, I.
Arthroscopic cartilage indentation and cartilage lesions of anterior cruciate ligament-deficient knees. *Am J Sports Med.* 33 (2005) 408-414.
- 102 Veltri, D.M., Deng, X.H., Torzilli, P.A., Warren, R.F., Maynard, M.J.
The Role of the Cruciate and Posterolateral Ligaments in Stability of the Knee: A Biomechanical Study. *Am. J. Sports Med.* 23 (1995) 436 - 443.
- 103 Wan, A.C., Felle, P.
The menisco-femoral ligaments. *Clin Anat.* 8 (1995) 323-326.
- 104 Weiler, A., Scheffler, S., Höher, J.
Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Orthopäde* 31 (2002) 731-740.
- 105 Westrich, G.H., Peters, L.E., Haas, S.B., Buly, R.L., Windsor, R.E.
Patella height after high tibial osteotomy with internal fixation and early motion.
Clin Orthop Relat Res. 354 (1998) 169-174.
- 106 Williams, R.J. 3rd., Kelly, B.T., Wickiewicz, T.L., Altchek, D.W., Warren, R.F.
The short-term outcome of surgical treatment for painful varus arthritis in association with chronic ACL deficiency. *J Knee Surg.* 16 (2003) 9-16.

- 107 Williams, R.J. 3rd., Wickiewicz, T.L., Warren, R.F.
Management of unicompartmental arthritis in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.* 28 (2000) 749-760.
- 108 Wirth, C.J., Artmann, M.
Verhalten der Roll-Gleit-Bewegung des belasteten Kniegelenkes bei Verlust und Ersatz des vorderen Kreuzbandes. *Arch Orthop Unfallchir.* 78 (1974) 356-361.
- 109 Wirth, C.J., Jäger, M., Kolb, M.
Die komplexe vordere Knie- Instabilität.
Georg Thieme Verlag, Stuttgart-New York (1984).
- 110 Wirth, C.J., Kohn, D.
Revision anterior cruciate ligament surgery: experience from Germany.
Clin Orthop Relat Res. 325 (1996) 110-115.
- 111 Wirth, C.J., Peters, G.
Die Meniskusläsion. *Orthopäde.* 26 (1997) 191-208.
- 112 Zantop, T., Kubo, S., Petersen, W., Musahl, V., Fu, F.H.
Current techniques in anatomic anterior cruciate ligament reconstruction.
Arthroscopy. 23 (2007) 938-947.

7. Abbildungsverzeichnis	Seite	
Abb. 1	Insertionsflächen des VKB und HKB am Tibiaplateau	7
Abb. 2	Funktionelle Anatomie des VKB: a Funktionelle Bündel des VKB b Streckungsverhalten der einzelnen Bündel bei Flexion.	8
Abb. 3	a Die Kreuzbänder bewegen sich nach dem Prinzip des überschlagenen Gelenkvierecks auf Kreisbahnen. b physiologische Dorsalverlagerung des femoralen Auflagepunktes auf dem Tibiaplateau.	10
Abb. 4	a-c Falsch eingesetzte Kreuzbänder können sich während der Flexion nicht auf Kreisbahnen bewegen; So erschlafft ein zu weit ventral (a) refixiertes VKB bei geringer Flexion. Bei 120° muss es bei mangelnder Länge reißen (c).	11
Abb. 5	Circulus vitiosus der Knie-Instabilität.	12
Abb. 6	Transplantate für den Ersatz des VKB.	13
Abb. 7	Flussdiagramm zur Therapie der Meniskusläsion.	18
Abb. 8	Kriterien für die Wahl der Therapieform bei Knorpelläsionen.	20
Abb. 9	Transossäre Fixation einer mit autologen Chondrozyten besiedelten, dreidimensionalen Polymermatrix.	22
Abb. 10	a Knorpeldefekt im Bereich des medialen Femurkondylus b Z. n. OATS Implantation.	23
Abb. 11	a Gewinnung eines Mega-OATS Zylinders b Mega-OATS-Zylinder in situ.	24
Abb. 12	a Varische Beinachse; vermehrte Druckbelastung des medialen Gelenkkompartmentes. b valgische Beinachse; vermehrte Druckbelastung des lateralen Gelenkkompartmentes	26
Abb. 13	Gegenüberstellung der aufklappenden und zuklappenden, valgisierenden Tibiakopfosteotomie bzgl. Indikation sowie Vor- und Nachteile.	28
Abb. 14	Bestimmung des Osteotomie-Korrekturwinkels durch Verbindung von Femurkopfmittelpunkt und Kniebasismitte (MA) und Bestimmung der Tibiaschaftachse (AT) anhand einer Ganzbeinstandaufnahme.	29
Abb. 15	Hohe tibiale Umstellungsoperation (closed wedge) mit stabiler Plattenversorgung von lateral.	30

Abb. 16	Hohe tibiale Umstellungsoperation (open wedge) mit stabiler Plattenversorgung von medial. (Aus http://chirinn.klinikum.uni-muenchen.de/klinik/kli_03_16_01-01.html , Stand 10.12.07)	31
Abb. 17	a Längsinzision ventral entlang der Tibia b Anlegen der Sägeschablone.	33
Abb. 18	a Aufmeißeln der Osteotomie b Fixierung des Osteotomiespaltes mittels L-Platte	34
Abb. 19	Entnahme eines mittleren Patellarsehnendrittels.	35
Abb. 20	a Präparation und Anschlingen einer Semitendinosus-Sehne b Entnahme der Sehne mittels Sehnenstripper	35
Abb. 21	a Einzug des ST/G-Transplantates und Fixation mittels Transfix-Instrumentarium b Tibiale Fixation der Sehne mittels bioresorbierbarer Schraube	36
Abb. 22	a Kollagenes Meniskusimplantat b Arthroskopische Sicht nach anfrischen der Meniskusbasis c Implantation des Kollagenmeniskus.	38
Abb. 23	Altersverteilung Gruppe I (HTO + VKB-EPL) zum Zeitpunkt der OP.	41
Abb. 24	Altersverteilung Gruppe II (HTO + Re-VKB-EPL) zum Zeitpunkt der OP.	42
Abb. 25	Positionierung von Patient und Arthrometer bei Messungen mittels KT-1000 Arthrometer (Aus http://www.medmetric.com/kt1.htm , Stand 10.12.2007).	45
Abb. 26	Ermittlung des tibiofemorale Winkels anhand der a.p.-Aufnahme mittels AF und AT.	47
Abb. 27	Ausmessung der Gelenkspaltbreite medial und lateral an der a.p.-Aufnahme.	48
Abb. 28	Bestimmung des Slope mittels PTC-Methode.	49
Abb. 29	a Bestimmung der Patellahöhe am Röntgenbild mittels der Blumensaat-Methode. b Umrechnungstabelle nach Blumensaat zur Ermittlung der Patellahöhe unter Einbeziehung des Kniebeugungswinkels.	50
Abb. 30	Patellahöhenbestimmung mit der Messung nach Blackburne-Peel.	51

Abb. 31	Ermittlung des Fehlstellungswinkels an der Ganzbeinaufnahme durch Einzeichnen der mechanischen Achse des Femurs (MA) und der anatomischen Achse der Tibia (AT).	52
Abb. 32	Zeitspanne zwischen Trauma und Operation in Gruppe I	53
Abb. 33	Operationsverteilung bezogen auf Jahre in Gruppe I	54
Abb. 34	Zeitraum zwischen Trauma und Operation Gruppe II	54
Abb. 35	Operationsverteilung bezogen auf Jahre in Gruppe II	55
Abb. 36	Unfallursache Gruppe I bzgl. VKB-Ruptur	56
Abb. 37	Unfallursache Gruppe II bzgl. VKB-Re-Ruptur	57
Abb. 38	a Knorpelschäden in Gruppe I am medialen FC. b Knorpelschäden in Gruppe I am medialen Tibiaplateau c Knorpelschäden im medialen und lateralen Kompartiment in Gruppe I	59/60
Abb. 39	a Meniskuszustand medial/ IM, Gruppe I b Meniskuszustand lateral/ AM Gruppe I c Schäden am IM und AM Gruppe I	61/62
Abb. 40	a Knorpelschäden in Gruppe II am medialen FC b Knorpelschäden in Gruppe II am medialen TP c Knorpelschäden im medialen und lateralen Kompartiment Gruppe II	63/64
Abb. 41	a Meniskus-Zustand medial Gruppe II b Meniskus-Zustand lateral Gruppe II c Schäden am IM und AM Gruppe II	65/66
Abb. 42	Verwendete Kreuzband-Transplantate Gruppe I	67
Abb. 43	Verwendete Kreuzband-Transplantate Gruppe II	67
Abb. 44	a Durchschnittliche Punkteverteilung des Lysholm Scores vor Trauma, vor OP und postoperativ in Gruppe I b Detaillierte Punkteverteilung des Lysholm Score vor und nach OP in Gruppe I	69
Abb. 45	a Durchschnittliche Punkteverteilung des Lysholm Scores vor Trauma, vor OP und postoperativ in Gruppe II b Detaillierte Punkteverteilung des Lysholm Scores vor und nach Op in Gruppe II	70/71
Abb. 46	Ergebnisse des Lysholm Scores in Gruppe I und II	72
Abb. 47	Aktivitätsniveau vor Unfall, präoperativ und postoperativ in Gruppe I	73
Abb. 48	Aktivitätsniveau vor Unfall, präoperativ und postoperativ in Gruppe II	74

Abb. 49	Ergebnisse der Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe I und II	76
Abb. 50	Ergebnisse der Kategorie „Symptome“ in Gruppe I und II	78
Abb. 51	Ergebnisse der Kategorie „Extensionsausfall“ in Gruppe I	79
Abb. 52	Gesamtergebnisse der Kategorie „Bewegungsumfang“ in Gruppe I.	80
Abb. 53	Ergebnisse der Kategorie „Extensionsausfall“ Gruppe II	81
Abb. 54	Gesamtergebnisse der Kategorie „Bewegungsumfang“ in Gruppe II, n=17.	82
Abb. 55	Ergebnisse der Kategorie „a.p.-Translation“/ „hinterer Durchgang“ in Gruppe I	83
Abb. 56	Ergebnisse der Kategorie „med. Aufklappbarkeit“/ „lat. Aufklappbarkeit“ in Gruppe I	84
Abb. 57	Gesamtauswertung der IKDC Kategorie „Bandstatus“ in Gruppe I	85
Abb. 58	Ergebnisse der Kategorie „a.p.-Translation“/ „hinterer Durchgang“ in Gruppe II	86
Abb. 59	Auswertung der IKDC Kategorie „mediale Aufklappbarkeit“/ „laterale Aufklappbarkeit“ Gruppe II	87
Abb. 60	Gesamtauswertung der IKDC Kategorie „Bandstatus“ in Gruppe II	88
Abb. 61	a Gesamtergebnisse des Pivot Shift Tests in Gruppe I und Gruppe II b Gesamtergebnis der IKDC Kategorie „Bandstatus“ Gruppe I und II	89
Abb. 62	Ventrale Translation gemessen mittels KT 1000 Arthrometer am gesunden und operierten Knie Gruppe I	90
Abb. 63	Ventrale Translationen gemessen mittels KT 1000 Arthrometer am gesunden und operierten Knie in Gruppe II	91
Abb. 64	Ergebnisse der Kategorien „Kompartimentale Befunde“, „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ und „Einbeinsprung“ in Gruppe I	94
Abb. 65	Ergebnisse der Kategorien „Kompartimentale Befunde“, „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ und „Einbeinsprung“ in Gruppe II	94
Abb. 66	Gesamtergebnis des IKDC-Bogens in Gruppe I	97
Abb. 67	Gesamtergebnis des IKDC-Bogens in Gruppe II	98
Abb. 68	Gesamtergebnisse des IKDC-Bogens in Gruppe I und II	98

Abb. 69	Mechanische Achse der Ganzbeinaufnahme und tibiofemorale Winkel an der a.p.-Aufnahme in Gruppe I	100
Abb. 70	Mechanische Achse der Ganzbeinaufnahme und tibiofemorale Winkel an der a.p.-Aufnahme in Gruppe II	101
Abb. 71	Durchschnittliche Gelenkspaltbreite an Ganzbein- und a.p.-Aufnahmen in Gruppe I	102
Abb. 72	Korrelation zwischen medialer Gelenkspaltbreite an der Ganzbein- und a.p.-Aufnahme in Gruppe I	104
Abb. 73	Durchschnittliche Gelenkspaltbreite an Ganzbein- und a.p.-Aufnahme in Gruppe II.	105
Abb. 74	Korrelation zwischen medialer Gelenkspaltbreite an der Ganzbein- und a.p.-Aufnahme in Gruppe II	105
Abb. 75	Veränderung des Tibialen Slope prä- und postoperativ in Gruppe I und II	108
Abb. 76	Ergebnisse der Patellahöhe mittels der Blumensaat Methode prä- und postoperativ in Gruppe I	109
Abb. 77	Ergebnisse der Patellahöhe mittels der Blumensaat Methode prä- und postoperativ in Gruppe II	110
Abb. 78	Veränderungen der Patellahöhe nach Blackburne-Peel in Gruppe I	111
Abb. 79	Veränderungen der Patellahöhe nach Blackburne-Peel Gruppe II	112
Abb. 80	IKDC Score	153
Abb. 81	Lysholm Score (Aus http://www.traumascores.com/index.php?option=com_content&task=view&id=90&Itemid=76 , Stand 17.12.07)	154/155

8. Tabellenverzeichnis	Seite
Tab. 1 Knorpelchirurgie präoperativ Gruppe I	58
Tab. 2 Meniskuschirurgie präoperativ Gruppe I	58
Tab. 3 Knorpelchirurgie präoperativ Gruppe II	58
Tab. 4 Meniskuschirurgie präoperativ Gruppe II	58
Tab. 5 Punkteverteilung des Lysholm Scores in Gruppe I	68
Tab. 6 Punkteverteilung des Lysholm Scores in Gruppe II	70
Tab. 7 Auswertung des IKDC Aktivitätsniveaus der Gruppe I	73
Tab. 8 Auswertung des IKDC Aktivitätsniveaus der Gruppe II	74
Tab. 9 Auswertung der IKDC Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe I	75
Tab. 10 Auswertung der IKDC Kategorie „Subjektive Bewertung“ in Gruppe II	76
Tab. 11 Auswertung der IKDC Kategorie „Symptome“ in Gruppe I	77
Tab. 12 Auswertung der IKDC Kategorie „Symptome“ in Gruppe II	77
Tab. 13 Auswertung der IKDC Kategorie "Bewegungsumfang/ Extensionsausfall" in Gruppe I	78
Tab. 14 Auswertung der Kategorie "Bewegungsumfang/ Flexionsausfall" in Gruppe I	79
Tab. 15 Auswertung der IKDC Kategorie "Bewegungsumfang/ Extensionsausfall" in Gruppe II	80
Tab. 16 Auswertung der Kategorie "Bewegungsumfang/ Flexionsausfall" in Gruppe II	81
Tab. 17 a Auswertung der IKDC Kategorie „ a.p.-Translation“ in Gruppe I b Auswertung der IKDC Kategorie „hinterer Durchgang“ in Gruppe I	83
Tab. 18 Auswertung der IKDC Kategorie „Pivot Shift Test“ in Gruppe I	84
Tab. 19 a Auswertung der IKDC Kategorie „a.p.-Translation“ in Gruppe II b Auswertung IKDC Kategorie „hinterer Durchgang“ in Gruppe II	85/86
Tab. 20 Auswertung der IKDC Kategorie „ Pivot Shift Test“ in Gruppe II	87
Tab. 21 Gegenüberstellung der ventralen Translation von operiertem und gesundem Knie in Gruppe I	91

Tab. 22	Gegenüberstellung der ventralen Translation von operiertem und gesundem Knie in Gruppe II	92
Tab. 23	Auswertung der IKDC Kategorien in Gruppe I a „Kompartimentale Befunde“; b „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ c „Einbeinsprung“	93
Tab. 24	Auswertung der IKDC Kategorie „Kompartimentale Befunde“ in Gruppe II a „Kompartimentale Befunde“ b „Befunde an der Transplantatentnahmestelle“ und „Einbeinsprung“	95
Tab. 25	Ermittelte tibiofemorale Winkel prä- und postoperativ sowie Fehlstellungswinkel an der Ganzbeinaufnahme präoperativ in Gruppe I	99
Tab. 26	Ermittelte tibiofemorale Winkel prä- und postoperativ sowie Fehlstellungswinkel an der Ganzbeinaufnahme präoperativ in Gruppe II	101
Tab. 27	Auswertung der Gelenkspaltbreite medial und lateral in Gruppe I Es ergibt sich im Vergleich der Punktwerte medial nur ein schwach positiver Zusammenhang	103
Tab. 28	Auswertung der Gelenkspaltbreite in Gruppe II a medial b lateral	106
Tab. 29	Patellahöhe nach Blumensaat präoperativ und postoperativ in Gruppe I	109
Tab. 30	Patellahöhe nach Blumensaat präoperativ und postoperativ in Gruppe II	110
Tab. 31	Patellahöhenbestimmung nach Blackburne Peel in Gruppe I	111
Tab. 32	Patellahöhenbestimmung nach Blackburne Peel in Gruppe II	112

9. Abkürzungsverzeichnis

ACI	Autologe Chondrozyten Implantation
ACT	Autologe Chondrozyten Transplantation
AF	Anatomische Achse des Femur
ALB	anterolaterales Bündel des HKB
AMB	anteromediales Bündel des VKB
AN	Aktivitätsniveau
AT	Anatomische Achse der Tibia
ATT	Anteriore Tibiale Translation
BPTB	mittleres Drittel der Patellarsehne als Knochen-Sehnen-Knochen Transplantat
CMI	Collagen meniscus implant
EPL	Ersatzplastik
FC	Femurkondylus
FKM	Femurkopfmittelpunkt
GS	Grazilis-Sehne
HKB	hinteres Kreuzband
HTO	Hohe tibiale Umstellungsosteotomie
HTO + Re-VKB-EPL	Umstellungsosteotomie in Kombination mit Re-VKB-Plastik
HTO + VKB-EPL	Umstellungsosteotomie in Kombination mit VKB-Plastik
IKDC	International Knee Dokumentation Committee
K	Knochenkeil
Lat.	Lateral
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MA	Mechanische Achse des Femurs
Med.	Medial
N.	Nervus
OATS	Osteochondral autograft transfer system
PLB	posterolaterales Bündel des VKB
PMB	Posteromediales Bündel des HKB
PS	Patellarsehne
PS-Allograft	Patellarsehnen-Allograft

PTC	Posteriorer tibialer Cortex
QU	Quadrizepssehne
Re-VKB-EPL	Revisionsplastik des vorderen Kreuzbandes
ST/G	Semitendinosus-Grazilis-Sehne
STS	Semitendinosus-Sehne
TP	Tibiaplateau
VKB	vorderes Kreuzband
VKB-EPL	Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes

10. Anhang

IKDC Score

THE IKDC KNEE LIGAMENT STANDARD EVALUATION FORM * [1]				
Name: _____ first name: _____ DOB: __/__/__ med. rec. #: _____				
Examiner: _____ date of examination: __/__/__ date of injury/ies: __/__/__ ; __/__/__ date of surgeries: __/__/__ ; __/__/__				
Cause of injury : <input type="checkbox"/> ADL* [2] <input type="checkbox"/> traff. <input type="checkbox"/> non-pivoting non-contact sports <input type="checkbox"/> pivoting non-contact sp. <input type="checkbox"/> contact sp. <input type="checkbox"/> work				
Time inj. to surg. : _____ (months) <input type="checkbox"/> acute (0-2 weeks) <input type="checkbox"/> subacute (2-8 weeks) <input type="checkbox"/> chronic (>8 weeks)				
Knee involved : <input type="checkbox"/> r. <input type="checkbox"/> l. opposite knee: <input type="checkbox"/> norm. <input type="checkbox"/> injured exam. under anesthes.: <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no				
Postop. diagnosis : _____				
Surgical proced. : _____				
Status menisci : norm. <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> 1/3 removed: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> 2/3 removed: <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat. <input type="checkbox"/> compl. rem. <input type="checkbox"/> med. <input type="checkbox"/> lat.				
Morphotype : <input type="checkbox"/> lax <input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> tight <input type="checkbox"/> varus <input type="checkbox"/> valgus				
Activ. level* [3] : preinjury: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV pretreatment: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV				
present: <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV Eventual change knee-related: <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no				

GROUPS (PROBLEM AREA)	QUALIFICATION WITHIN GROUPS * [4]				GROUP QUALIFIC.			
	A: normal	B: nearly norm.	C: abnormal	D: sev. abnorm.	A	B	C	D* [4]
1. PATIENT SUBJECTIVE ASSESSMENT								
How does your knee function?	<input type="checkbox"/> normally	<input type="checkbox"/> nearly norm.	<input type="checkbox"/> abnormally	<input type="checkbox"/> sev. abnorm.				
On a scale of 0 to 3 how does your knee affect your activity level?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3				
2. SYMPTOMS (absence of significant symptoms, at highest activity level known by patient) * [5]								
No pain at activity level* [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No swelling at activity level* [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No partial giving way at activity level* [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No complete giving way at activity level* [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
3. RANGE OF MOTION: Flex./ext.: documented side: __/__/__ opposite side: __/__/__ * [6]								
Lack of extension (from zero anatomic)	<input type="checkbox"/> <3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> >10°				
▲ * [7] lack of flexion	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> >25°				
4. LIGAMENT EXAMINATION * [8]								
▲ * [7] Lachman (in 25° flex.)* [9]	<input type="checkbox"/> -1 to 2mm	<input type="checkbox"/> -1 to -3mm [10]	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm or 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
idem (alternative measurement, optional)	<input type="checkbox"/> -1 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 / -1 to -3mm	<input type="checkbox"/> 6-10 / < -3mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Endpoint: <input type="checkbox"/> firm <input type="checkbox"/> soft								
▲ * [7] total a.p. transl. in 70° flex.* [9]	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
idem (alternative measurement, optional)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
▲ * [7] post. sag in 70° flex.	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
▲ * [7] med. joint opening (valgus rotation)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
▲ * [7] lat. joint opening (varus rotation)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Pivot shift * [11]	<input type="checkbox"/> neg.	<input type="checkbox"/> + (glide)	<input type="checkbox"/> ++ (clunk)	<input type="checkbox"/> +++ (gross)				
▲ * [7] reversed pivot shift	<input type="checkbox"/> equal(neg.)	<input type="checkbox"/> slight	<input type="checkbox"/> marked	<input type="checkbox"/> gross				
5. COMPARTMENTAL FINDINGS * [12]								
▲ * [7] Crepitus patellofemoral	<input type="checkbox"/> none/equal	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
▲ * [7] Crepitus medial compartment	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
▲ * [7] Crepitus lateral compartment	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
6. HARVEST SITE PATHOLOGY * [13]								
Tenderness, irritation, numbness	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> slight	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> severe				
7. X-RAY FINDINGS (DEGENERATIVE JOINT DISEASE) * [14]								
Patellofemoral cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
Medial compartment cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
Lateral compartment cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
8. FUNCTIONAL TEST * [15]								
▲ One leg hop (percent of opposite side)	<input type="checkbox"/> 90-100%	<input type="checkbox"/> 76-90%	<input type="checkbox"/> 50-75%	<input type="checkbox"/> <50%				
FINAL EVALUATION								

Abb. 80 IKDC Score. Nach [47].

Lysholm Score

Kategorie	Bewertung	Punkte
Hinken	Nein	5
	wenig oder zeitweise	3
	stark oder immer	0
Belastung	Vollbelastung	5
	Gehstützen oder Stock	2
	Belastung nicht möglich	0
Blockierung	keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung	15
	Gefühl der Einklemmung aber keine Blockierung	10
	gelegentliche Blockierung	6
	häufige Blockierung	2
	blockiertes Gelenk bei Untersuchung	0
Instabilität	Niemals "giving way" Phänomen	25
	"giving way" selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung	20
	"giving way" häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung (oder unmöglich, daran teilzunehmen)	15
	"giving way" gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags	10
	"giving way" oft während Tätigkeiten des Alltags	5
	"giving way" bei jedem Schritt	0
Schmerzen	keine	25
	unregelmäßig and gering während schwerer Anstrengung	20
	deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung	15
	deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2 km	10
	deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2 km	5
	Ständig	0

Schwellung	keine	10
	bei schwere Anstrengung	6
	bei gewöhnlicher Anstrengung	2
	ständig	0
Treppensteigen	kein Problem	10
	ein wenig beeinträchtigt	6
	Schritt für Schritt	2
	nicht möglich	0
Hocken	kein Problem	5
	wenig beeinträchtigt	4
	nicht über 90°	2
	nicht möglich	0

Abb. 81 Lysholm Score. (Aus http://www.traumascores.com/index.php?option=com_content&task=view&id=90&Itemid=76). Nach [61,98].

11. Danksagung

Bedanken möchte ich mich bei all jenen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

PD Dr. med. V. Martinek für die Überlassung des Themas und freundliche Betreuung der Arbeit.

Univ.-Prof. Dr. A.B. Imhoff für die Ermöglichung der Durchführung dieser Untersuchung in seiner Klinik.

Dem gesamten Ärzte-Team und Pflegepersonal der Sportorthopädie München für die freundliche Integration und Unterstützung.

Meinen Studienkollegen und Freunden, die fortwährend durch Motivation und Aufmunterungen zur Fertigstellung dieser Arbeit beigetragen haben.

Schließlich möchte ich mich herzlich bei meiner Schwester bedanken, aber vor allem auch bei meinen Eltern Roselinde und Ludwig Hermann, die mich stets in jeglicher Weise unterstützen und mir dieses Studium und die Voraussetzung der Promotion überhaupt erst ermöglicht haben.

12. Lebenslauf

Name	Hermann, Tina Sabine
Geburtsdatum/-ort	03. August 1978 in Erlangen
Anschrift	Flemingstrasse 86, 81925 München
Familienstand	ledig, keine Kinder
Eltern	Ludwig Hermann, Pensionär, ehem. Dipl. Ing. für Elektrotechnik Roselinde Hermann, Krankenschwester
Geschwister	Sandra Hartmann, Medizinisch Technische Assistentin
Schulbildung	1985-1989 Grundschule Möhrendorf 1989-1998 Albert-Schweitzer-Gymnasium Erlangen
Berufsausbildung	1998-1999 Ausbildung zur MTA an der Berufsfachschule für Technische Assistenten in der Medizin an der Universität Erlangen-Nürnberg
Hochschulausbildung	WS 99/00-SS 00 Medizinstudium an der TU München WS 00/01-SS 01 Medizinstudium an der LMU München WS 01/02-SS 02 Medizinstudium an der Medizinischen Hochschule Hannover WS 02/03- SS 06 Medizinstudium an der TU München
Prüfungen	09/2001: Ärztliche Vorprüfung 09/2002: 1. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 04/2005: 2. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung 04/2006 3. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung und Abschluss des Studiums, (Gesamtnote 1,8)
Berufl. Werdegang	01.08.2006- 30.06.2007 Anstellung als Assistenzärztin am Zentrum für Innere Medizin, Klinikum Deggendorf (Lehrkrankenhaus der Medizinischen Hochschule Hannover, Versorgungsstufe III) Seit 01.07.2007 Anstellung als Assistenzärztin in der Abteilung für Innere Medizin am Kreisklinikum Ebersberg