

Aus der orthopädischen Klinik und Poliklinik  
der Ludwig-Maximilians-Universität München  
(Direktor: Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. V. Jansson)

# **Die Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandplastik mit und ohne Orthese – eine Vergleichsstudie**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Morris Wolter

aus  
München  
2009

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. W. Plitz

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. K.-G. Kunze  
Priv. Doz. Dr. med. H. Anetzberger  
Priv. Doz. Dr. med. P. Biberthaler

Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter: Priv. Doz. Dr. med. H. Mayr

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c.M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 26.11.2009

---

**INHALTSVERZEICHNIS**

Abkürzungen und Erklärungen.....	5
1 EINLEITUNG.....	6
1.1 Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes.....	6
1.2 Theoretische Grundlagen zum vorderen Kreuzband.....	7
1.3 Aspekte der Bandruptur .....	10
1.4 Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur .....	11
1.5 Histomorphologie und Biomechanik des Transplantats .....	12
1.6 Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion.....	13
1.7 Knieorthesen .....	13
2 PROBLEMATIK UND FRAGESTELLUNG .....	15
3 MATERIAL UND METHODEN .....	16
3.1 Studienkonzept .....	16
3.2 Konfektionsorthese .....	17
3.3 Operatives Vorgehen .....	17
3.4 Nachbehandlungsplan .....	18
3.5 Befundung und Dokumentation.....	19
3.5.1 Befundung nach dem IKDC 2000.....	19
3.5.1.1 Formblatt zur Untersuchung des Knies .....	20
3.5.1.2 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies .....	28
3.5.1.3 Subjektive Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Knies.....	28
3.5.1.4 Beurteilung des Gesundheitszustandes.....	29
3.5.2 Lysholm-Score .....	29
3.5.3 Tegner-Score .....	30
3.5.4 Intraoperative Befundung.....	30
3.5.5 Begleituntersuchungen.....	31
3.6 Datenverarbeitung und statistische Methoden .....	35
3.7 Literaturrecherche .....	35
4 ERGEBNISSE.....	36
4.1 Patientenkollektiv .....	36
4.2 Intraoperative Befundung.....	39

4.3 Allgemeine postoperative Beobachtungen .....	41
4.4 Komplikationen .....	42
4.5 Befundung nach dem IKDC 2000 .....	42
4.5.1 Abschlussbeurteilung nach dem IKDC-Formblatt .....	42
4.5.2 Formblatt zur Untersuchung des Knies.....	44
4.5.3 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies.....	54
4.5.4 Subjektive Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Knies .....	55
4.5.5 Formblatt zur Beurteilung des Gesundheitszustandes .....	56
4.6 Lysholm-Score.....	58
4.7 Tegner-Score.....	60
4.8 Begleituntersuchungen .....	60
4.8.1 Radiologische Bohrkanalbeurteilung .....	60
4.8.2 Kniegelenksüberwärmung und Lymphödem.....	61
4.8.3 Umfangsmessung der unteren Extremität .....	62
4.8.4 Winkeltest .....	64
4.8.5 Schmerzevaluation .....	64
5 ERGEBNISÜBERBLICK.....	68
6 DISKUSSION .....	70
6.1 Kritische Betrachtung der Studie .....	70
6.2 Studienlage.....	71
7 ZUSAMMENFASSUNG.....	79
8 KLINISCHE SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK.....	81
9 LITERATURVERZEICHNIS.....	82
10 ANHANG .....	95

## Abkürzungen und Erklärungen

AM-Bündel	anteromediales Bündel
AAOS	American Academy of Orthopaedic Surgeons
AOSSM	American Orthopaedic Society for Sports Medicine
BPTB	Bone-Patellar-Tendon-Bone (Patellarsehndrittel mit anhängenden Knochenblöcken)
HKB	hinteres Kreuzband
IKDC	International Knee Documentation Committee
IKDC 2000	Evaluationsbogen des IKDC
n	Anzahl
N	Kraft in Newton
NO-Gruppe	Gruppe ohne Orthesennachbehandlung (Nonorthesengruppe)
NRS	numerische Rating-Skala
O-Gruppe	Gruppe mit Orthesennachbehandlung (Orthesengruppe)
omGs	oberhalb des medialen Gelenkspalts (Umfangsmessung)
p	p-Wert (Signifikanzniveau)
PL-Bündel	posterolaterales Bündel
t (00-6)	Untersuchungszeitpunkt: prätraumatisch (t00), präoperativ (t0), 5 Tage postoperativ (t1), 12 Tage postoperativ (t2), 6 Wochen postoperativ (t3), 12 Wochen postoperativ (t4), ½ Jahr postoperativ (t5), 1 Jahr postoperativ (t6)
VKB	vorderes Kreuzband

# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes

Die Auswirkungen eines immer aktiveren Sport- und Freizeitverhaltens haben in unserer Gesellschaft über die vergangenen Jahre zu einem deutlichen Anstieg der Sportverletzungen geführt [21, 68, 71, 75, 125, 136, 144, 152, 156, 169, 170, 190]. Vielfach von Verletzungen betroffen sind dabei die Kniegelenke [35, 100, 136, 176]. Prinzipiell können alle Strukturen des Kniegelenks Verletzungen erleiden, mit einem hohen Anteil ist allerdings der Kapsel-Band-Apparat betroffen [100, 136, 182].

Unter den ligamentären Verletzungen zählt das vordere Kreuzband (VKB) zu der am häufigsten verletzten Bandstruktur des Kniegelenks [25, 35, 46, 70, 101, 175, 182, 183, 199, 200, 207]. Verletzungen des hinteren Kreuzbandes (HKB) treten insgesamt seltener auf [129, 144].

Aktuell geht man in den Industriestaaten von einer Verletzungsinzidenz des VKBs von bis zu 1:1000 Einwohner im Jahr aus [73, 183]. In den USA werden jährlich über 100.000 VKB-Rekonstruktionen durchgeführt [3, 88, 94], nach Angaben der *American Orthopaedic Society for Sports Medicine* (AOSSM) sogar über 175.000 [12]. Lobenhoffer bezifferte ehemals (1999) die Zahl der Kreuzbandeingriffe in Deutschland mit 50.000 pro Jahr [136].

Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes betrifft überwiegend junge, sportlich aktive Menschen [87, 88, 183] und zählt zu der häufigsten Ursache länger andauernder Einschränkungen der Kniefunktion im Leben eines Sportlers [60, 108]. Unter Berücksichtigung aller mit der Verletzung verbundenen Kosten wird die VKB-Ruptur zu den kostenintensivsten Verletzungen des Sports gerechnet [60, 71, 87, 166, 183]. In den USA belaufen sich allein die jährlichen Investitionskosten in die VKB-Wiederherstellungschirurgie auf eine Summe von nahezu einer Billion US-Dollar [71, 87].

In der Mehrzahl der Fälle gelingt es der heutigen Kreuzbandchirurgie dem Patienten seine volle Leistungs- und Sportfähigkeit wieder zurückzugeben [108]. So zeigen mittlerweile zwischen 75% und 90% der kreuzbandoperierten Patienten klinisch zufriedenstellende Resultate [3, 59, 61, 94, 181, 215, 220].

Dennoch bleibt weiterhin eine recht hohe Anzahl operierter Patienten mit unbefriedigenden Ergebnissen [3, 12, 55, 58, 61, 215].

Trotz fortgeschrittenen Wissensstandes sind weiterhin noch viele Fragen zum Thema VKB-Rekonstruktion ungeklärt und die Ansichten über die optimale Therapie und Rehabilitation sehr unterschiedlich [37, 61, 73, 77, 115, 140].

## **1.2 Theoretische Grundlagen zum vorderen Kreuzband**

### ***Das Kniegelenk***

Das Kniegelenk bildet das mittlere Gelenk der unteren Extremität und stellt die größte und am meisten exponierte Gelenkverbindung des menschlichen Körpers dar [51b, 136]. Als zusammengesetztes Gelenk besteht das Kniegelenk aus dem medialen und lateralen Tibio-Femoralgelenk und dem ventralen Femoro-Patellargelenk [51b]. Aufgrund der fehlenden knöchernen Führung besitzt das Kniegelenk mit einer Flexibilität auf sechs Freiheitsgraden einen großen Bewegungsumfang [21, 97, 100, 153, 211, 215]. Die Stabilisierung erfolgt durch ein komplexes Zusammenspiel aus Knochen, Kapsel, Bändern, Sehnen, Muskeln und sensorischen Rezeptoren [21, 51b, 198]. Man unterscheidet aktive und passive Mechanismen, die zur Stabilität beitragen. Aktiv wird das Kniegelenk durch die gelenkübergreifende Muskulatur mit ihren Sehnenanteilen [47, 100] stabilisiert. Passive Stabilität wird durch einen starken Kapsel-Band-Apparat gewährleistet [21, 100]. Die Kapsel-Band-Strukturen lassen sich nach klinisch-funktionellen Kriterien in einen äußeren und einen zentralen Bandapparat unterteilen. Das äußere Bandsystem besteht aus dem medialen und dem lateralen Kollateralband (*Ligg. collaterale tibiale et fibulare*), der zentrale Bandapparat wird durch das vordere und das hintere Kreuzband (*Lig. cruciatum anterius et Lig. cruciatum posterius*) konstituiert [136].

### ***Die Kreuzbänder***

Im Rahmen der embryonalen Entwicklung treten die Kreuzbänder unter Mitnahme der *Membrana synovialis* der Gelenkkapsel von dorsal in die *Fossa intercondylaris* ein und kommen somit intraartikulär, aber extrasynovial, zu liegen [14, 174, 215, 223].

**Das hintere Kreuzband (HKB)**

Das hintere Kreuzband hat seinen Ursprung an der anteromedialen Fläche des medialen Femurkondylus und inseriert tibialseitig an der posterioren Fläche der *Eminentia intercondylaris*. Das HKB setzt sich funktionell aus zwei Anteilen, einem starken anterolateralen und einem kürzeren, dickeren posteromedialen Bündel, zusammen [21, 100, 103, 215]. Als das kräftigste Knieband [21, 100, 117] erreicht das HKB den 1,5-fachen Querschnitt des VKBs [136].

**Das vordere Kreuzband (VKB)**

Das vordere Kreuzband entspringt ovalförmig an der Innenfläche des lateralen Femurkondylus, zieht schräg nach anteromedial durch die *Fossa intercondylaris*, um im mittleren Anteil der Area intercondylaris tibiae längssoval anzusetzen [14, 47, 173, 215]. Die freie Länge des vorderen Kreuzbandes wird mit 31 bis 38 mm [136], die Stärke mit durchschnittlich 5 mm ( $\pm 2$  mm) angegeben [164]. Die Binnenarchitektur des vorderen Kreuzbandes ist kompliziert und besteht mikroskopisch-anatomisch nicht aus parallel ausgerichteten Einzel Fasern, sondern aus einer Vielzahl kleiner, umeinander rotierender Faserbündel [14, 136]. In Streckstellung verlaufen die Fasern des vorderen Kreuzbandes annähernd parallel und gespannt, in Beugstellung verdreht und gelockert [100, 164]. Man unterscheidet am VKB ein anteromediales Bündel (AM-Bündel) und ein posterolaterales Bündel (PL-Bündel) mit unterschiedlichen Spannungsverhalten [14, 25, 100, 136, 164, 173, 174, 186, 200, 222, 223]. Während das AM-Bündel primär für den Rückhalt der anterior-posterioren Translation zuständig ist, wirkt das PL-Bündel überwiegend den rotatorischen Momenten des Knies entgegen [174, 215, 220, 222].

Strukturell bestehen die Kreuzbänder zu 70 bis 80% der Trockenmasse aus straffem Typ-I-Kollagen, welches primär für die Reißfestigkeit verantwortlich ist [173, 215].

Die arterielle Blutversorgung der Kreuzbänder erfolgt in erster Linie über ein gut ausgeprägtes synoviales Gefäßnetzwerk, das hauptsächlich durch Endäste der *A. media genus* (*A. poplitea*) unterhalten wird [14, 21, 122]. Endäste der *A. inferior genus* beteiligen sich ebenfalls, allerdings in weit geringerem Ausmaß, an der Ausbildung des periligamentären synovialen Gefäßnetzes. Die subkorti-

kalen Insertionsstellen des VKBs tragen nach Arnoczky [14] nur unwesentlich zur Blutversorgung der Kreuzbänder bei.

Neben der Funktion zur passiven Stabilisierung kommt den Kreuzbändern auch auf Grund ihres Rezeptorenbesatzes eine wichtige propriozeptive Bedeutung zu. Als „peripheres Sinnesorgan“ sind sie ein wichtiger Bestandteil des neuromuskulären Rückkopplungsmechanismus und damit von elementarer Bedeutung für die Propriozeption des Kniegelenks [18, 122, 131, 177, 187, 198]. Die Innervation der Kreuzbänder geht auf eine Versorgung durch Nervenfasern des *N. tibialis* zurück, welche die Gelenkkapsel von dorsal durchbrechen, paravaskulär den synovialen Überzug der Kreuzbänder erreichen [14, 121, 122] und letztlich intraligamentär die Versorgung eines komplexen neuronalen Netzwerks übernehmen [21, 131, 177, 187, 198]. Insgesamt wird rund 1% der Querschnittsfläche des VKBs von nervalen Strukturen eingenommen [187].

### ***Biomechanik und Funktion der Kreuzbänder***

Gemeinsam mit dem HKB bildet das VKB den Zentralpfeiler des Kniegelenks und steuert als passives Führungselement, nach dem Prinzip der überschlagenen Viergelenkskette, die Roll-Gleit-Bewegung der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau [74, 100, 137, 171]. Die wesentliche Funktion des hinteren Kreuzbandes besteht darin, posterior gerichteten Translationsbewegungen der Tibia entgegenzuwirken [5, 117]. Das vordere Kreuzband wirkt als primärer Stabilisator des Kniegelenks gegen eine überphysiologische Ventralverschiebung der Tibia [5, 17, 75, 173, 174]. Als sekundärer Stabilisator limitiert das VKB zusätzlich auch die übermäßige Innenrotation des Unterschenkels [70, 21, 137, 173]. Das Stabilisierungspotential des vorderen Kreuzbandes, die in anteriorer Richtung einwirkenden Kräfte aufzunehmen, liegt nach Butler *et al.* bei über 80% des Rückhaltepotentials des Kniegelenks [41]. Mit zunehmendem Alter ist mit einer Abnahme der maximalen Reißkraft des VKBs zu rechnen. Während bei einem aktiven jungen Erwachsenen (etwa 30 Jahre) entlang der anatomischen Längsachse des VKBs eine mittlere dynamische Reißfestigkeit von 2160 N ( $\pm 157$  N) zu erwarten ist, geht man bei einem Erwachsenen mittleren Alters (etwa 40 – 50 Jahre) im Schnitt von Werten um 1503 N ( $\pm 83$  N) und bei einem älteren Menschen (etwa 60 – 97 Jahre) nur noch von einer Reißkraft von durch-

schnittlich 658 N ( $\pm$  129 N) aus [216]. Noyes *et al.* [157, 158] gehen bei einer mittleren Reißfestigkeit des vorderen Kreuzbandes von 1730 N ( $\pm$  269) davon aus, dass normale Alltagsaktivitäten das Kreuzband hypothetisch zu etwa 25% und anstrengende Aktivitäten zu etwa 50% seiner Reißfestigkeit beanspruchen. Unter extremen Kraftereinwirkungen von mehr als 1000 N ist mit strukturellen Schädigungen bis hin zur Bandruptur zu rechnen [157].

### **1.3 Aspekte der Bandruptur**

Bis zu 95% der Verletzungen des vorderen Kreuzbandes lassen sich ursächlich auf eine Schädigung während sportlicher Aktivitäten zurückführen [87, 89].

Sportarten wie Fußball, Basketball, Handball, Skifahren, Tennis, American Football und allgemein Aktivitäten mit plötzlichen Abstopp- und Drehbewegungen gehen mit einem signifikant erhöhten Verletzungsrisiko einher [11, 71, 87, 89, 136, 190]. In über 70% der Fälle ist es eine körpereigene, ohne Fremdkontakt stattfindende Gewalteinwirkung, die zur Kreuzbandläsion führt [87, 162]. Ein Verlust des vorderen Kreuzbandes führt durch eine pathologische anteriore und rotatorische Bewegungsfreiheit zu einer Störung der ligamentär geführten Roll-Gleit-Bewegung [21, 74, 116, 137]. Auf Grund der unphysiologischen Überlastung verbleibender Stabilisatoren und Strukturen des Kniegelenks kann es langfristig, bei anhaltend hohem Aktivitätsniveau, zu einer progredienten Lockerung des anfangs ungeschädigten Kapsel-Band-Apparates und in Folge dessen zu Sekundärschäden an Knorpel oder Meniskus kommen [26, 74, 75, 118, 122, 150, 161, 162, 173, 197, 223]. In bis zu 80% der Fälle akuter VKB-Rupturen kann bereits eine Mitverletzung der Kniebinnenstrukturen, wie etwa des medialen oder lateralen Meniskus, vorliegen [3, 122, 190].

Neben dem Verlust der passiven Stabilisierung führt eine Kreuzbandruptur auch zu einem sensomotorischen Defizit. In Folge ergeben sich für den Patienten ein Unsicherheitsgefühl und eine Funktionsminderung, insbesondere bei belastenden Aktivitäten, bei Bewegungsabläufen mit schnellen Richtungswechseln und bei Stoppbewegungen [137].

## 1.4 Behandlung der vorderen Kreuzbandruptur

Die Ansichten über die Behandlung der Verletzung des VKBs haben sich vielfach gewandelt und bis heute herrscht nach über 150 Jahren Erfahrung keine Einigkeit bezüglich der optimalen Therapie und Rehabilitation [69, 75, 102, 140, 148]. Obwohl sich die Indikationsstellung zur operativen Versorgung geweitet hat, stellt die VKB-Ruptur nach heutigem Wissen weiterhin keine zwangsläufige Indikation zur operativen Rekonstruktion dar [21, 25, 73, 77, 116, 137].

Entscheidend hierfür ist neben vielen Faktoren wie Alter, Verletzungsausmaß, Morphotyp und Compliance vor allem das Aktivitätsniveau des Patienten [21, 136, 190]. Bei geringer körperlicher und sportlicher Aktivität, insbesondere bei Vermeiden pivotierender Sportarten, kann der Spontanverlauf bei konservativer Therapie günstig sein [37, 43, 77, 137, 190]. Patienten mit größeren Sportambitionen, die ihr Aktivitätsniveau beibehalten wollen, profitieren eher von einer operativen Behandlung [192].

### ***Operative Behandlung***

Neben der Stabilisierung des dynamisch instabilen Kniegelenks wird mit der VKB-Rekonstruktion eine Wiederherstellung der physiologischen Gelenkkine-  
matik angestrebt [183], um präventiv Sekundärverletzungen und frühzeitigen osteoarthrotischen Veränderungen vorzubeugen [3, 55, 136, 139, 190, 192]. Inwieweit eine frühzeitige Arthrose durch die VKB-Rekonstruktion vermieden werden kann, ist bisweilen noch weitgehend ungeklärt [68, 173].

Für den operativen Ersatz des VKBs wurden über die Jahre eine Vielzahl unterschiedlicher Transplantate und Operationsmethoden beschrieben [9, 57, 84, 145, 190]. Gegenwärtig wird die arthroskopische Bandrekonstruktion mit autogenem Sehnenmaterial als die Methode der Wahl beschrieben [57, 84, 195, 197]. Als Transplantate werden einerseits das ipsilaterale mittlere Patellar-sehnendrittel (BPTB-Transplantat) [81, 83, 86, 145, 148, 185, 215] und andererseits in zunehmender Häufigkeit das drei- oder vierfach gelegte Hamstringtransplantat eingesetzt [3, 57, 62, 76, 85, 90, 93, 107, 118, 154, 185, 209, 215]. Beide Transplantate weisen spezifische Vor- und Nachteile auf [21] und werden als gleichwertige Goldstandard-Methoden angesehen [135, 154]. In

einzelnen Fällen findet auch die Quadrizepssehne als eine effektive Bandplastik Anwendung [181, 209].

### **1.5 Histomorphologie und Biomechanik des Transplantats**

Wie in zahlreichen Forschungsarbeiten berichtet, unterliegt der biologische Kreuzbandersatz ab dem Zeitpunkt der Transplantation grundlegenden histomorphologischen Veränderungen [4, 6, 75, 116, 147, 184]. Dieser natürliche Umbauprozess, der letztlich die strukturellen und mechanischen Transplantateigenschaften entscheidend bestimmt [80, 147], wird nach Amiel *et al.* [4] unter dem Begriff *Ligamentisation* zusammengefasst und beinhaltet verschiedene Phasen der Umstrukturierung. Initial kommt es zu einer Entzündungsreaktion mit einer anschließenden ischämisch-degenerativen Nekrosephase [75]. In Folge durchläuft das Transplantat eine Phase der Revaskularisierung und eine Phase der Revitalisierung durch Fibroblasten [26, 75, 147, 156]. Die letzte Phase kennzeichnet sich durch ein sukzessives *Remodeling* mit einer kontinuierlichen Modifizierung der Kollagenstruktur des Transplantats [75, 156]. Während des gesamten Heilungsprozesses wird die Umstrukturierung des Transplantats maßgeblich durch einwirkende mechanische Kräfte beeinflusst [3, 156, 191, 215].

Die primäre Stabilität der Kreuzbandrekonstruktion wird in den ersten Monaten postoperativ von der Transplantatfixierung abhängig gemacht [59, 80, 130]. Die Haltekraft der Fixation einer BPTB-Plastik liegt nach Rupp *et al.* [183] zwischen 400 und 900 N. Dagegen liegt die Reißfestigkeit eines mittleren Patellarsehnedrittels nach Noyes *et al.* [157] bei durchschnittlich 2900 N ( $\pm 260$ ).

Im Allgemeinen ist nach dem dritten postoperativen Monat von eingehheilten Fixationsenden auszugehen und die Festigkeit der Kreuzbandplastik zunehmend von der rein mechanischen Kraft des Transplantats abhängig [3, 59].

Der Umbauprozess eines BPTB-Transplantats dauert nach Beynon *et al.* [26] und Marumo *et al.* [147] mindestens ein Jahr und kann sich nach Zaffagnini *et al.* [221] auf einen Zeitraum von bis zu 24 Monaten erstrecken. Nach dieser Zeit ist mit keinen weiteren, wesentlichen histomorphologischen Veränderungen zu rechnen [221].

## **1.6 Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion**

Neben einer gelungenen Operation zur VKB-Rekonstruktion gilt die Rehabilitation als ein wesentlicher Faktor für den langfristigen Gesamterfolg der Behandlung [21, 27, 59, 73, 74, 77, 82, 108, 116, 126, 133, 140, 172, 194, 213]. Die Auffassung über die Art der optimalen Nachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion hat sich über die vergangenen Jahrzehnte grundlegend gewandelt [31, 33, 67, 76, 77, 80, 116, 148, 190, 213]. Während vor 30 Jahren das therapeutische Vorgehen nach VKB-Rekonstruktion noch eine mehrwöchige Immobilisationsphase des Kniegelenks im Gipsverband vorsah [19, 31, 38, 59, 77, 99, 116, 170, 172, 194, 196, 202, 213], folgen heutige Rehabilitationskonzepte dem Prinzip der frühfunktionellen Rehabilitation mit rascher Mobilisation und Belastung des operierten Kniegelenks [27, 193, 194, 196]. Gegenwärtig betrachtet man die frühfunktionelle Nachbehandlung als eine der wesentlichen Voraussetzungen für ein gutes Gesamtergebnis [21, 38, 77, 112, 137, 159, 170, 191, 194, 196]. Bei allgemeiner Anerkennung aktueller wissenschaftlicher Kenntnisse herrscht allerdings nach wie vor Unklarheit darüber, inwieweit man dem Transplantat unmittelbar postoperativ frühfunktionellen Stress zumuten darf, ohne den Heilungsablauf des Transplantats zu gefährden [26, 59, 77, 116, 170, 224]. So variieren Zeitpunkt und Umfang der Freigabe von Belastung und Gelenkbeweglichkeit zwischen den einzelnen Nachbehandlungskonzepten teilweise erheblich und reichen von einer mehrwöchigen Orthesennachbehandlung bis hin zur sofortigen, uneingeschränkten Belastung [224].

## **1.7 Knieorthesen**

Mit Zunahme der Sportverletzungen kam es auch im Bereich der orthetischen Versorgung zu einer rapiden Entwicklung [10, 72, 218]. In der Literatur [45, 46, 72, 153, 203, 219] werden Kniegelenksorthesen gegenwärtig im Wesentlichen in drei Kategorien eingeteilt: prophylaktische, rehabilitative und funktionelle Orthesen.

Prophylaktische Orthesen haben die Aufgabe, das Kniegelenk vor ernsthaften Verletzungen zu schützen, ohne die physiologische Gelenkfunktion einzu-

schränken [72, 167, 214]. Funktionelle Knieorthesen werden eingesetzt, um einerseits dem Kniegelenk bei vorhandener VKB- oder sonstiger Bandinsuffizienz Stabilität zu verleihen, andererseits aber auch, um die VKB-Rekonstruktion oder andere Bandrekonstruktionen zu schützen [1, 10, 20, 29, 72, 214].

Die Funktion rehabilitativer Knieorthesen liegt primär darin in der Frühmobilisation eine kontrollierte Bewegung zu ermöglichen und dem Bandapparat bzw. dem Transplantat somit eine gewisse Protektion vor schädlichen mechanischen Kräften zu bieten [33, 44, 72, 170, 198, 219].

Insgesamt ist die Verletzung des VKBs eine häufige Indikation zur Orthesenversorgung [178, 210]. Sowohl in der konservativen Behandlung als auch in der Weiterbehandlung nach VKB-Rekonstruktion spielen Orthesen eine wichtige Rolle und kommen in zahlreichen Rehabilitationsprogrammen zum Einsatz [29, 30, 33, 38, 153, 155, 170, 178, 180, 198, 210].

In den letzten Jahren wurde allerdings die routinemäßige Verordnung von Knieorthesen im Rahmen der postoperativen Rehabilitation zunehmend kritischer betrachtet [92], was sich letztlich auch in einem deutlichen Rückgang in der Verordnung entsprechender Orthesen bemerkbar machte [52, 53].

## 2 PROBLEMATIK UND FRAGESTELLUNG

Die Ansichten über die Verwendung kniestabilisierender Orthesen in der Nachbehandlung der VKB-Rekonstruktion sind unterschiedlich [10, 28, 29, 30, 33, 44, 46, 72, 96, 148, 155, 170, 180, 210, 214]. Angesichts der immer wieder geforderten Protektion des Transplantats vor übermäßiger Krafteinwirkung wird in den ersten Wochen der Nachbehandlung häufig eine temporäre Versorgung mittels Orthesen oder Bandagen empfohlen [170, 210].

Aus Meinungsumfragen unter Mitgliedern der *American Academy of Orthopaedic Surgeons* (AAOS) und der *American Orthopaedic Society for Sports Medicine* (AOSSM) geht hervor, dass über die Hälfte der Befragten ein temporäres postoperatives Bracing nach VKB-Rekonstruktion befürwortet [1, 91, 148]. Auch Empfehlungen der *ACL Study Group* zufolge kommt eine Beinschiene für einen Zeitraum von 6 Wochen postoperativ zum Einsatz [2].

Die Wirksamkeit der Orthesen in der Nachbehandlung der VKB-Rekonstruktion wurde bereits in zahlreichen biomechanischen und klinischen Forschungsarbeiten überprüft und partiell eine stabilisierende bzw. kreuzbandprotektive Funktion abgeleitet [10, 20, 28, 29, 44, 54, 178, 180, 214]. Die Frage nach der klinischen Evidenz rehabilitativer Orthesen nach VKB-Rekonstruktion wird in der Literatur allerdings nach wie vor kontrovers diskutiert [1, 10, 32, 33, 38, 91, 120, 143, 146, 153, 155, 170, 180, 203].

In der vorliegenden Studie soll nun untersucht werden, inwieweit die Rehabilitationsergebnisse unter Verwendung einer Orthese mit den Ergebnissen der orthesenfreien Nachbehandlung vergleichbar sind.

### 3 MATERIAL UND METHODEN

#### 3.1 Studienkonzept

Unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien (Tab. 1) wurden insgesamt 65 Patienten, die sich für eine arthroskopische VKB-Rekonstruktion (BPTB-Plastik) entschlossen hatten, aufeinander folgend im Zeitraum September 2004 bis Januar 2005 in die Studie eingeschlossen.

<b>Einschlusskriterien:</b>	<b>Ausschlusskriterien:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ASA I - II (Dripps <i>et al.</i> [56])</li> <li>• Alter von 18 - 60 Jahren</li> <li>• normales Körpergewicht (BMI)</li> <li>• arthroskopische Erstoperation mit Ersatz des VKBs (BPTB-Plastik)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seitenbandinstabilitäten &gt; 1°</li> <li>• Komplexinstabilitäten</li> <li>• Vorausgehende Bandoperationen</li> <li>• Achsfehlstellung Varus/ Valgus &gt; 5°</li> <li>• Gonarthrose &gt; 1° (Fairbank [65])</li> </ul>

**Tab. 1:** Ein- und Ausschlusskriterien

Die Patienten wurden vor Untersuchungsbeginn ausführlich mündlich und schriftlich über Art und Inhalt der geplanten Untersuchung aufgeklärt und auf die Freiwilligkeit der Teilnahme hingewiesen. Diesbezüglich wurde von allen Teilnehmern eine schriftliche Einverständniserklärung eingeholt (Anlage 1).

Eine Genehmigung zur Studiendurchführung wurde am 28.08.2003 durch die Ethikkommission der Medizinischen Hochschule Hannover erteilt.

Mit dem Ziel zwei vergleichbare Gruppen aufzustellen, wurden die Studienteilnehmer zu Beginn randomisiert (Losverfahren) der entsprechenden Nachbehandlungsmethode, mit oder ohne Orthese, zugeteilt.

Die Untersuchungszeitpunkte wurden so gesetzt, dass jeder Patient vor dem operativen Eingriff (t0) und in Folge zu insgesamt sechs weiteren, fest definierten Nachuntersuchungsterminen innerhalb eines Kalenderjahres [5 Tage (t1), 12 Tage (t2), 6 Wochen (t3), 12 Wochen (t4), ½ Jahr (t5) und 1 Jahr postoperativ (t6)] einbestellt wurde. Die Untersuchungen erfolgten zu jedem Zeitpunkt durch ausschließlich einen unabhängigen Untersucher, der nicht gleichzeitig Operateur war und auch in keinem Zusammenhang mit Dritten stand.

Als Hauptuntersuchungskriterium wurde die Befundung nach dem Evaluationsbogen des *International Knee Documentation Committee* (IKDC 2000) mit

geforderter instrumenteller Stabilitätsmessung (KT-1000) definiert (Anlagen 4 bis 9). Neben weiteren Untersuchungen kamen begleitend die Scores nach Lysholm und nach Tegner zur Anwendung (Anlagen 10 und 11).

### **3.2 Konfektionsorthese**

In dieser Arbeit kamen handelsübliche Konfektionsorthesen, die nach Vries *et al.* als erste Wahl zu betrachten sind [210], zur Anwendung. Laut Herstellerangaben wird die verwendete Orthese zur Behandlung von Kreuz- und Seitenbandrissen mit Begleitverletzungen, nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes und zur konservativen Versorgung von Fehlstellungen der Knie- scheibe eingesetzt.

Der eingesetzte Orthesentyp, eine 4-Punkt-Hartrahmenkonstruktion, erlaubt eine seitlich einstellbare Limitierung des Bewegungsumfangs (Flexions-/ Extensionsbegrenzung). Die ordnungsgemäße Anpassung der Orthesen wurde durch einen qualifizierten Mitarbeiter eines Sanitätshauses durchgeführt.

In den ersten vier Wochen postoperativ wurde die Orthese auf einen Bewegungsumfang zwischen 0° Extension und 90° Flexion limitiert (Ex/Flex 0°/0°/90°). Im Anschluss wurde die Flexionsarretierung aufgehoben, dabei eine Überstreckung des Gelenks weiterhin verhindert (Ex/Flex 0°/0°/frei). Die Orthese war tagsüber durchgängig zu tragen und lediglich zur krankengymnastischen Beübung oder zu den Untersuchungsterminen abzulegen. Nach Beendigung der sechsten postoperativen Woche war die Orthesennachbehandlung abgeschlossen und die Orthese abzulegen.

### **3.3 Operatives Vorgehen**

Die Kreuzbandoperationen wurden in einer orthopädisch-chirurgischen Klinik in München von zwei Operateuren mit identischer Erfahrung durchgeführt. Operiert wurde nach einem standardisierten, arthroskopisch kontrollierten Operationsverfahren in Allgemein- oder Spinalanästhesie. Als Kreuzbandersatz fand in dieser Studie ausnahmslos das autologe, ipsilaterale mittlere Patellar-

sehnendrittel Verwendung. 30 Minuten präoperativ wurde den Patienten einmalig eine Antibiotikaprophylaxe (2. Generation Cephalosporin) verabreicht. Gelagert wurden die Patienten in Rückenlage, mit 90° Beugung der Kniegelenke und frei beweglichen Unterschenkeln. Die verletzte Extremität wurde mit einem Beinhalter fixiert und unter Blutleere eine Blutsperrmanschette am Oberschenkel angelegt. Unter sterilen Kautelen wurde über einen anterolateralen Zugang arthroskopische Einsicht in das Kniegelenk verschafft. Eine anteromediale Hautinzision, parallel zum medialen Rand des *Ligamentum patellae*, diente der Entnahme des mittleren Patellarsehnendrittels mit einem proximal und distal anhängenden Knochenblock. Die Stärke des Transplantats lag einheitlich bei etwa 10 mm. Über den anteromedialen Gelenkzugang wurden die Reste des vorderen Kreuzbandes reseziert und gegebenenfalls arthroskopische Standardeingriffe durchgeführt. Bei engen Verhältnissen des Intercondylärraums wurde die *Fossa intercondylaris* durch Entfernung einengender Osteophyten im Sinne einer Notch-Plastik erweitert, um ein Transplantatimpingement zu verhindern [47]. Mit speziellen Zielgeräten erfolgte die Bestimmung der tibialen und femoralen Insertionspunkte zur Anlage der entsprechenden Bohrkanäle. Das endständig mit Haltefäden armierte Transplantat wurde arthroskopisch kontrolliert eingebracht und mit Interferenzschrauben gesichert. Entscheidende intraartikuläre Befunde wurden mit Videoprint festgehalten und abschließend im Operationsbericht dokumentiert.

### **3.4 Nachbehandlungsplan**

Die Nachbehandlung fand für das Gesamtkollektiv im Wesentlichen nach dem gleichen, einheitlich empfohlenen und mitbetreuten Konzept statt. Der einzige Unterschied zwischen den Gruppen lag in der Verwendung von Knieorthesen in der Orthesengruppe (O-Gruppe) für einen postoperativen Zeitraum von 6 Wochen. In der Gruppe ohne Schienennachbehandlung, der Nonorthesengruppe (NO-Gruppe), erfolgte zu keiner Zeit eine äußere Protektion des operierten Kniegelenks. Die Patienten erhielten ein ausführliches Nachbehandlungsschema (Anlage 2) und konnten sich regelmäßig im Behandlungsteam über den Rehabilitationsablauf informieren.

### 3.5 Befundung und Dokumentation

Als Hauptuntersuchungskriterium kam die von der *European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy* (ESSKA) empfohlene, standardisierte Befundung, der IKDC 2000 [63] (Anlagen 4, 5, 7), zum Einsatz. Um die Vergleichbarkeit mit älteren Studien zu gewährleisten, kamen flankierend der Score nach Lysholm [142] (Anlage 10) und der Aktivitätsscore nach Tegner [206] (Anlage 11) zur Anwendung. Die Befunderhebung erfolgte zusätzlich nach einem studienspezifischen Untersuchungsbogen (Anlage 3).

#### 3.5.1 Befundung nach dem IKDC 2000

Aufgrund der Anwendung verschiedenartiger Evaluationssysteme war in der Kreuzbandchirurgie bis weit in die 80er Jahre ein effektiver Vergleich wissenschaftlicher Studien nicht möglich [36, 66, 97, 111, 134, 149]. Mit dem Ziel eine effektive internationale Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu erreichen, wurde 1987 in New York das *International Knee Documentation Committee* (IKDC) aus Mitgliedern der *American Orthopaedic Society for Sports Medicine* (AOSSM) und Mitgliedern der *European Society of Sports Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy* (ESSKA) gegründet. Zweck dieses Zusammenschlusses internationaler Kniechirurgen war die Festlegung einer einheitlichen, international gültigen Terminologie und die Entwicklung eines Standardevaluationsblattes zur Dokumentation von Knieverletzungen [97, 109, 111, 134, 224]. Im Standardevaluationsblatt des IKDC, bestehend aus einem Dokumentations-, einem Qualifikations- und einem Evaluationsteil, ist die Befundung verschiedener Problemkreise nicht numerisch, sondern qualitativ in vier Graden (normal, fast normal, abnormal oder als stark abnormal) zu halten [97]. Für die Gesamtevaluation werden die ersten vier von insgesamt acht Gruppen (subjektive Beurteilung, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparats) berücksichtigt [7, 97, 109, 111], wobei die schlechteste Gruppenqualifikation letztlich die Gesamtevaluation bestimmt [97]. Die vier weiteren Gruppen (Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidität, Röntgenbefunde und funktionelle Testung) sind lediglich zu dokumentieren, ohne in die Gesamtquali-

fikation mit einzufließen [97]. Verwendung findet das Standardevaluationsblatt sowohl in der präoperativen Diagnostik als auch in der Verlaufskontrolle nach VKB-Rekonstruktionen [97, 111, 134]. In Kombination mit einer zusätzlichen Schmerzbefundung gilt das Evaluationsblatt nach Labs und Paul [134] als ein valides Scoresystem.

Die aktuelle Fassung des IKDC-Standardevaluationsblatts, das Formblatt zur Untersuchung des Knies, ist heute neben einem Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies (IKDC Subjektive Knee Form) und einem Formblatt zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes (in Anlehnung an *SF-36 Health Survey*), fester Bestandteil des Befundungsbogens IKDC 2000.

### **3.5.1.1 Formblatt zur Untersuchung des Knies**

Das ursprünglich entworfene IKDC-Standardevaluationsblatt aus dem Jahr 1993 war insgesamt zur Dokumentation von acht und Evaluation von vier Gruppen vorgesehen [97, 189]. Im aktuellen Evaluationsblatt des IKDC 2000 [63] (Anlagen 7 und 8) sind nunmehr sieben Gruppen (Erguß, passives Bewegungsdefizit, Ligamentuntersuchung, Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidity, Röntgenbefund und Funktionstest) zu dokumentieren, wobei lediglich die ersten 3 Gruppen (Erguss, passives Bewegungsdefizit und Ligamentuntersuchung) in der Abschlussbeurteilung berücksichtigt werden. Die Bewertung jeder der sieben Gruppen erfolgt weiterhin qualitativ nach vier Qualifikationsgraden (Grad A: normal, Grad B: fast normal, Grad C: abnormal und Grad D: stark abnormal). Die schlechteste Qualifikation innerhalb einer Gruppe ergibt den Gruppengrad. Die Abschlussbeurteilung richtet sich schließlich nach dem schlechtesten Gruppengrad innerhalb der ersten drei Gruppen [63].

#### ***IKDC-Gruppe 1: Kniegelenkserguss***

Zum palpatorischen Nachweis eines intraartikulären Kniegelenksergusses ab einer Menge von 15 – 20 ml wird der *Recessus suprapatellaris* nach distal ausgestrichen [127, 182]. Der Gelenkserguss wird nach dem Formblatt des

IKDC 2000 zur Untersuchung des Kniegelenks (Anlagen 7 und 8) palpatorisch oder nach dem Volumen des Kniegelenkpunkttates in vier Grade eingeteilt: Grad A entspricht einem nicht nachweisbaren Erguss. Eine Flüssigkeitsschicht weniger als 25 cm<sup>3</sup> gilt als geringer (Grad B) und eine leicht palpable Flüssigkeitsmenge (25 – 60 cm<sup>3</sup>) als mäßiger Erguss (Grad C). Ein angespanntes Knie zusätzlich zum Erguss (mehr als 60 cm<sup>3</sup>) wird als ausgeprägter Erguss definiert (Grad D).

### **IKDC-Gruppe 2: Bewegungsumfang im Kniegelenk**

Der Bewegungsumfang des Kniegelenks (Extension und Flexion) wird mit Hilfe eines Winkelmessers (Goniometer) in 5°-Schritten [99, 113] an beiden Kniegelenken gemessen. Hefti und Müller [97] empfehlen zur Dokumentation die Neutral-Null-Methode unter Benennung des endgradigen (Hyper-) Extensionswinkels, der Neutralposition und des maximalen Flexionswinkels [51b, 191]. Um zusätzlich eine Aussage nach den Kriterien des IKDCs treffen zu können, werden die Bewegungsdefizite im Seitenvergleich dokumentiert und entsprechend evaluiert (Tab. 2).

<b>Grad A</b> (normal)	Streckdefizit < 3° und/ oder Beugedefizit 0°-5°
<b>Grad B</b> (fast normal)	Streckdefizit 3°-5° und/ oder Beugedefizit 6°-15°
<b>Grad C</b> (abnormal)	Streckdefizit 6°-10° und/ oder Beugedefizit 16°-25°
<b>Grad D</b> (deutlich abnormal)	Streckdefizit > 10° und/ oder Beugedefizit > 25°

**Tab. 2:** Grading des Bewegungsumfangs nach dem IKDC 2000 (Seitenvergleich)

### **IKDC-Gruppe 3: Stabilitätsprüfung am Kniegelenk**

#### **Seitenbandstabilität**

Die Prüfung der Seitenbandstabilität findet seitenvergleichend durch Untersuchung der seitlichen Aufklappbarkeit des Kniegelenks (Varus-/ Valgusstress), jeweils in Extensions- und in 20°-Beugestellung des Kniegelenks, statt [136, 182]. Zur Überprüfung des medialen Bandhaltes wird der Unterschenkel abduziert (Valgusstress), zur Überprüfung des lateralen Bandapparats adduziert

(Varusstress) [21, 51b, 182]. Als Normalbefund (Grad A) wird nach dem IKDC 2000 eine Aufklappbarkeit unter 3 mm angesehen [63].

### ***Anterior-posteriore Knielaxität***

Die anterior-posteriore Knielaxität gilt als ein wichtiger Parameter zur Evaluation eines Knies mit vorderer Kreuzbandinsuffizienz [113]. Zahlreiche manuelle Tests stehen zur Verfügung, doch wird bei vielen ein unzulängliches Maß an Reproduzierbarkeit und Validität bemängelt [16].

### ***Schubladentests***

Die Schubladentests dienen der primären Beurteilung der Kreuzbänder durch Prüfung der anterioren und posterioren Translation [127]. Die Durchführung erfolgt in Rückenlage bei 90° Knieflexion. Bei der Überprüfung der vorderen Schublade wird der Unterschenkel gegenüber dem Oberschenkel nach ventral verschoben, bei der hinteren Schublade entsprechend nach dorsal. Neben Translationsausmaß ist auch die Qualität des Endpunktes zu beurteilen [182]. Klinisch kommt dem Schubladentest gegenüber dem Lachman-Test eine geringere Aussagekraft zu [24, 124, 182].

### ***Lachman-Test***

Der nach John W. Lachman benannte Test [207] zur Überprüfung der extensionsnahen Schublade wird in der Literatur als eine sehr sensitive Methode zum Nachweis von Verletzungen des vorderen Kreuzbandes beschrieben [51b, 124, 182, 188, 217]. Die Sensitivität des Lachman-Tests liegt, vor allem unter Berücksichtigung des Anschlagphänomens, bei etwa 90% [124, 128, 188, 190]. Beim Lachman-Test (Abb. 1) wird das Kniegelenk extensionsnah bei etwa 15° bis 20° Flexion gehalten und durch eine rasche Ventralverschiebung der Tibia gegenüber dem fixierten Femur eine vordere Schublade erzeugt [85, 127, 128, 190, 207, 217]. Beurteilt werden dabei die ventrale Translation und der Anschlag (fest oder weich), wobei dem Translationsausmaß weniger Wert beigemessen werden sollte als der Beurteilung in positiv oder negativ [21, 128, 182, 190].



**Abb. 1:** Lachman-Test (nach Debrunner [51b])

Bei der Interpretation des Lachman-Tests ist der Vergleich zur Gegenseite entscheidend [21, 190]. In der Literatur wird folgende Graduierung der Instabilität (Tab. 3) vorgeschlagen [21, 119, 128, 136]:

einfach positiv (+)	zweifach positiv (++)	dreifach positiv (+++)
leichte Instabilität: 3 - 5 mm	mittelschwere Instabilität: 6 - 10 mm	schwere Instabilität: >10 mm

**Tab. 3:** Instabilitätsgrade beim Lachman-Test [63]

### ***Pivot-Shift-Test***

Beschrieben wurde das Pivot-Shift-Phänomen von zahlreichen Autoren, unter anderem auch 1972 von Galway und seinen Mitarbeitern [79, 182]. Heute existieren zahlreiche Modifikationen zur Überprüfung des Pivot-Shift-Phänomens, wobei in der Literatur die Methode nach Macintosh bevorzugt Anwendung findet [79, 182]. Der Pivot-Shift-Test gehört zu den dynamisch passiven Subluxationstests [127, 190], der nach Kim und Kim [124], ähnlich dem Lachman-Test, als eine sensitive Methode zur VKB-Testung beschrieben wird. Nach Hertel [100] lässt sich der Pivot-Shift-Test allerdings eher im chronischen Stadium durchführen. Bei Intaktheit des Innenbandes und des *Tractus iliotibialis* ist der Pivot-Shift-Test bei positiver Testung als pathognomonisch für eine VKB-Insuffizienz anzusehen [127, 182].

Beim Pivot-Shift-Test nach Macintosh wird das gestreckte Knie in Rückenlage unter Valgusstress und Innenrotation in eine Subluxationsstellung gebracht [21, 79, 182]. Kommt es bei zunehmender Beugung des Kniegelenks in ca. 20° bis 30° Flexion zu einer deutlichen ruckartigen Reposition des vorher maximal nach ventral subluxierten Tibiaplateaus [182], weist dies auf eine vordere Kreuzbandläsion hin [21, 79, 136]. Das Zurückschnappen der subluxierten proximalen

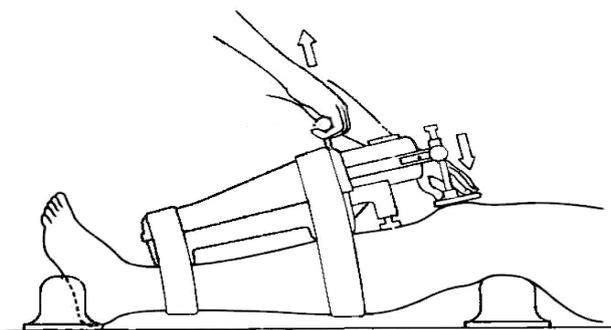
Tibia nach dorsal wird durch den *Tractus ilioibialis* unterstützt, der bei zunehmender Beugung von der Streckseite hinter die Beugeachse des Kniegelenks gleitet und die Flexion und Außenrotation begünstigt [136, 182].

Eine Graduierung der Intensität des Pivot-Shift-Tests geht auf den klinischen, seitenvergleichenden Eindruck während der Untersuchung zurück [85]. Im IKDC 2000 wird neben dem seitengleichen Normalbefund, ein Gleiten (+), ein dumpfes (++) und ein lautes Shiften (+++) differenziert [63].

### **Instrumentelle Stabilitätsmessung (KT-1000)**

Nach Hertel [100] stellt die instrumentelle Stabilitätsmessung eine deskriptive und objektive Einschätzung des Ausmaßes ligamentärer Knieverletzungen dar. Die instrumentelle Prüfung der anterior-posterioren Stabilität gilt nach Lobenhoffer [136] als ein etabliertes Verfahren und wird als eine sensitive Methode zur Diagnostik einer VKB-Verletzung beschrieben [50, 128]. Bei klinischen Nachuntersuchungen wird die instrumentelle Messung in der Kreuzbandchirurgie als Standardverfahren angesehen [48, 136]. Zur instrumentellen Stabilitätsmessung am Kniegelenk kommen Arthrometer zum Einsatz [113, 175].

In dieser Studie wurde das von Daniel *et al.* [49] beschriebene Gerät, der KT-1000 (KT-1000™ *Knee Ligament ARTHROMETER*®, MEDmetric® Corporation, San Diego, California, USA; Patent-Nr. 4,583,555), verwendet (Abb. 2).



**Abb. 2:** Knie-Arthrometer KT-1000 [49]

Die Messung mit dem KT-1000 gilt als eine präzise und objektive Möglichkeit zur Bestimmung der anterior-posterioren Translation des Kniegelenks [8, 175] und kann nach König *et al.* [128] als standardisierter instrumenteller Lachman-Test angesehen werden. Mit dem Arthrometer ist es möglich, mit unterschied-

lich graduierten, reproduzierbaren Kräften [136] das anterior-posteriore Subluxationsausmaß der Tibia in Relation zum Femur metrisch (in Millimetern) zu benennen [49].

Die Messungen der anterioren Translation werden unter definierten, akustisch signalisierten Kräften von 67 N, 89 N, 134 N und zusätzlich auch unter Anwendung einer Maximalkraft durchgeführt. Die Maximalkraft wird nach Anderson *et al.* [8] untersucherabhängig mit einer Zugkraft zwischen 134 N und 190 N angegeben.

In der Literatur werden Messungen der anterior-posterioren Translation unter höheren Zugkräften als diagnostisch aussagekräftiger angesehen als die weit verbreitete Messung mit 89 N [16, 48, 49, 113]. Aufgrund der diagnostischen Wertigkeit sollte die Testung mit Maximalkraft, sowie auch die Testung unter 134 N, bevorzugt zur Anwendung kommen [8, 113, 143, 175, 208]. Nach Daniel *et al.* [49] ist zudem die seitenvergleichende Stabilitätsmessung aussagekräftiger als die Bewertung der absoluten Translation.

Die Messungen erfolgen in der vom Hersteller beschriebenen Art und Weise (<http://www.medmetric.com>) und werden in dieser Studie ausschließlich von einem Untersucher durchgeführt [16]. In entspannter Rückenlage werden die Oberschenkel des Patienten auf einer soliden Hartplastikrolle abgelegt und dadurch die Kniegelenke in eine Beugeposition von 20° bis 30° gebracht [8, 49]. Eine stabile Ablage sichert die Füße in einer parallelen Position. Mit Klettverschlüssen wird das Gerät am Unterschenkel des Patienten entlang der Schienbeinvorderkante so befestigt, dass ein Sensorstempel Kontakt mit der *Patella* und der andere Kontakt zum *Tuberculum tibiae* hat [175]. Mit einer Hand ist der ausgelagerte Stempel auf der *Patella* zu stabilisieren, um zu Messzwecken mit der anderen Hand über einen Handgriff unterschiedliche Zug- bzw. Druckkräfte auf das fixierte Gerät auszuüben. Vor jeder Messreihe ist das Gerät individuell am Patientenknien zu justieren und der Nullpunkt korrekt einzustellen [49, 113, 175]. Wie von Isberg *et al.* [113] vorgegeben, werden die Messungen zuerst am gesunden Knie durchgeführt. Jede Messreihe beinhaltet vier nach ventral gerichtete Zugstufen (67 N, 89 N, 134 N und Maximalkraft), sowie zum Abschluss einer hinteren Kreuzbandinsuffizienz eine dorsalwärts gerichtete

Druckstufe mit 89 N. Jede Messung wird pro Kraftstufe dreimalig wiederholt [208] und der Mittelwert errechnet. Die Seitendifferenz ergibt sich durch entsprechende Subtraktion der gemittelten Translationswerte je Kraftstufe. Eine seitenvergleichende Bandinstabilität von 3 bis 5 mm wird nach dem IKDC als Instabilitätsgrad „+“, von 6 bis 10 mm als „++“ und eine Instabilität über 10 mm als „+++“ bewertet [63, 136]. Entsprechend ist eine Seitendifferenz unter 3 mm als normal zu werten [49, 113].

Neben essentiellen klinischen Stabilitätstests (Lachman-Test, Pivot-Shift-Test, u.a.) berücksichtigt die Beurteilung des Ligamentstatus nach dem IKDC-Formblatt obligat eine seitenvergleichende instrumentelle Translationsmessung unter 134 N und unter Maximalkraft [136] (Anlagen 7 und 8).

#### ***IKDC-Gruppe 4: Kompartimentbefunde***

Bei der klinischen Untersuchung des Kniegelenks ist auch das Gleitverhalten der Gelenkflächen zueinander zu begutachten. Palpable Krepitationen im Kniegelenk, als Hinweis auf eine Schädigung der Gelenkoberfläche [64, 160], werden nach dem IKDC in 4 Ausprägungsgrade (Grad A: keine Krepitation, Grad B: mäßige Krepitation, Grad C: Krepitation mit leichtem Schmerz und Grad D: Krepitation mit deutlicherem Schmerz) eingeteilt [63].

#### ***IKDC-Gruppe 5: Transplantatentnahmemorbidity***

Unter dem Gesichtspunkt der Transplantatentnahmemorbidity ist die Entnahmestelle des autologen Transplantats palpatorisch auf Empfindlichkeit, Reizung oder Gefühllosigkeit zu überprüfen.

#### ***IKDC-Gruppe 6: Röntgenbefund***

Zur präoperativen Evaluation osteoarthrotischer Veränderungen des Kniegelenks werden Standardröntgenaufnahmen des Kniegelenks (in 2 Ebenen und *Patella axial*) angefertigt [100, 127]. Zur radiologischen Diagnostik gehört die Beurteilung der knöchernen Strukturen hinsichtlich spezifischer röntgenolo-

gischer Veränderungen, wie Gelenkspaltveränderung, Femurkondylenabflachung, subchondrale Sklerosierung und Osteophyten [63, 65, 205]. Als Ausschlusskriterium für die Studienteilnahme gelten radiologische Veränderungen, die nicht mehr als Grad 1 gemäß der Klassifikation nach Fairbank [65, 205] (Tab. 4) oder nicht mehr als Grad B nach den IKDC-Kriterien (Anlage 7 und 8) einzustufen sind.

Die Gesamtbeurteilung des röntgenologischen Kniegelenksstatus erfolgt nach der IKDC-Klassifikation in 4 Grade. Zu beurteilen sind das patellofemorale, sowie das mediale und laterale femorotibiale Kompartiment. Eine Gelenkspaltbreite über 4 mm wird nach Ausschluss weiterer radiologischer Gelenkveränderungen als Normalbefund (Grad A) definiert [127]. Ein geringer Grad (Grad B) schließt minimale Veränderungen (d.h. kleine Osteophyten, leichte Sklerose oder Abflachung der Femurkondyle) und nur eine schwach erkennbare Gelenkspaltannäherung mit ein. Ein mittlerer Grad (Grad C) liegt vor bei einer Gelenkspaltbreite von 2 bis 4 mm oder bei einer Gelenkspaltverschmälerung von bis zu 50%. Ausgeprägte Veränderungen (Grad D) mit einer Gelenkspaltverringering um über 50% oder einem Gelenkspalt unter 2 mm werden als sicherer Hinweis einer Knorpeldegeneration angegeben [63, 127].

<b>Grad 0</b>	normal
<b>Grad 1</b>	squaring of the tibial margin
<b>Grad 2</b>	flattening of the femoral condyle and squaring and sclerosis of the tibial plateau
<b>Grad 3</b>	narrowing of the joint space or hypertrophic changes or both
<b>Grad 4</b>	all of these to a more severe degree

**Tab. 4:** Grading röntgenologischer Veränderungen nach Fairbank [63, 205]

### ***IKDC-Gruppe 7: Funktionstest***

Der im IKDC 2000 als Funktionstest empfohlene Einbeinsprungtest kommt in dieser Arbeit nicht zum Einsatz. Stattdessen wird zur funktionellen Beurteilung der Kniegelenke die Einnahme der tiefen ein- und beidbeinigen Hockposition überprüft.

### **3.5.1.2 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies**

Das IKDC-Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies (Anlagen 5 und 6) wird als eine valide und reliable Methode zur Erfassung der subjektiven Beurteilung des Kniegelenks in Bezug auf Merkmale, Symptome, Funktion und sportliche Aktivität, unter anderem auch bei Patienten mit Bandverletzungen, betrachtet [109, 110]. Von insgesamt 18 Fragen beziehen sich die ersten sieben (erster Abschnitt) auf Symptome, Schmerz, Schwellung und Gangunsicherheit. Im zweiten Abschnitt werden neun Fragen zum Bereich „sportliche Betätigung“ und im dritten Abschnitt die Frage zum Thema „Funktionsfähigkeit des Knies“ gestellt [7, 109]. Die Bewertung der Antworten erfolgt numerisch nach Anleitung des IKDCs (Anlage 6). Zur Ermittlung des (subjektiven) Summenscores müssen die Einzelergebnisse addiert und letztlich den Angaben des IKDCs entsprechend (Anlage 6) auf einen Wertebereich zwischen 0 und 100 Punkte transformiert werden.

### **3.5.1.3 Subjektive Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Knies**

Ein häufig bemängeltes Problem bei der klinischen Befunderhebung ist die mangelnde Erfassung der subjektiven Patientenselbsteinschätzung [104]. Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit der Unterpunkt „Funktion“ aus dem IKDC-Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies (Anlage 5) gesondert ausgewertet. Die Patienten werden gebeten, zu jedem Untersuchungszeitpunkt die subjektiv empfundene Funktionsfähigkeit in Abhängigkeit vom Kniegelenk auf einer Skala von 0 bis 10 zu benennen. 10 Punkte entsprechen hierbei einer normalen oder ausgezeichneten Funktionsfähigkeit und 0 Punkte der Unfähigkeit irgendeiner normalen täglichen Aktivität (auch Sport) nachkommen zu können. Darüber hinaus sollen die Patienten zu Studienbeginn ebenfalls eine retrospektive Funktionsbeurteilung des Kniegelenks für den Zustand vor der Verletzung (t00) abgeben.

### 3.5.1.4 Beurteilung des Gesundheitszustandes

Ergänzend zur Erhebung der subjektiven Beurteilung des Knies nach dem IKDC 2000 finden im Formblatt zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes Anteile des SF-36 (*Health Survey Short Form-36*) Berücksichtigung [109]. Das SF-36 hat sich als eine valide und reproduzierbare Methode erwiesen und wird zur allgemeinen Bewertung des Gesundheitszustandes eingesetzt. Durch eine vielschichtige Fragestellung über 8 Dimensionen hinweg (physische Verfassung, Einschränkungen, Schmerzen, Allgemeinzustand, Vitalität, soziale Rolle, Einschränkungen durch emotionale Probleme, mentaler Zustand), soll auf die physische aber auch auf die mentale Komponente des Patienten eingegangen werden [109]. In dieser Arbeit wird lediglich die Frage 3 (a und b) des Formblatts zur Beurteilung des Gesundheitszustandes herausgearbeitet (Anlage 4). Hierbei soll der Grad der Einschränkung bei anstrengenden und bei mäßig anstrengenden Aktivitäten eingeschätzt werden.

### 3.5.2 Lysholm-Score

1982 wurde von Lysholm und Gillquist ein Score vorgestellt, der in der internationalen Literatur zur subjektiven Evaluation von Funktionalität und Stabilität des Kniegelenks weite Verbreitung gefunden hat. Der Lysholm-Score entwickelte sich ursprünglich aus der Larson-Knieskala von 1967, die 1979 von Oretorp modifiziert wurde, um schließlich 1982 nach erneuter Abwandlung durch Lysholm und Gilquist als Lysholm-Score Anwendung zu finden [142]. Darüber hinaus existiert seit 1985 eine weitere, geringfügig modifizierte Fassung des ursprünglichen Lysholm-Scores von 1982 [206]. In dieser Studie kommt die ursprüngliche, weit verbreitete Fassung aus dem Jahr 1982 in deutscher Übersetzung [15] (Anlage 10) zur Anwendung.

Der Lysholm-Score berücksichtigt insgesamt 8 verschiedene Kategorien (Hinken, Gehhilfen, Treppensteigen, Hocken, Instabilität, Schmerzen, Schwellung und Muskelatrophie), die unterschiedlich gewichtet zu einem Gesamtscore summiert werden [134, 142]. Das Gesamtergebnis reicht je nach Ausprägung der Problematik von 0 Punkten bis zu einer Höchstzahl von 100 Punkten. In der

Literatur werden Scorewerte von  $\geq 84$  Punkten mit einem guten oder sehr guten Ergebnis gleichgesetzt [111]. Entsprechend werden Scorewerte unter 84 Punkten als ein befriedigendes und unter 65 Punkten als ein schlechtes Resultat definiert [11, 40, 111, 206].

### **3.5.3 Tegner-Score**

Zur standardisierten Erfassung des Aktivitätsgrades hat sich die von Tegner und Lysholm [206] entworfene und in der Literatur weit verbreitete Aktivitätskala bewährt [97, 149]. Der Tegner-Score ist insgesamt in elf verschiedene Aktivitätsgrade abgestuft, die sowohl die berufliche Belastung als auch die sportliche Aktivität berücksichtigen. Der höchste Aktivitätslevel mit 10 Punkten entspricht dem Aktivitätsniveau eines Profifußballers und bedeutet, dass keine Einschränkungen gegeben und Aktivitäten auf dem höchsten Niveau durchführbar sind. Der niedrigste Aktivitätslevel von 0 Punkten entspricht einer Arbeitsunfähigkeit oder Berentung aufgrund von Knieproblemen. Neben der Einschätzung des tatsächlichen Aktivitätsniveaus liegt die Bedeutung dieser Skala auch in der Funktion als wichtiger Verlaufsparemeter, insbesondere im Vergleich des prä- und postoperativen Aktivitätsniveaus [78, 97, 206]. Die Skala wird in dieser Arbeit in deutscher Übersetzung eingesetzt [15] (Anlage 11).

### **3.5.4 Intraoperative Befundung**

#### ***Knorpel- und Meniskusstatus***

Die intraoperative Beurteilung des Knorpelstatus findet unter arthroskopischer Sichtkontrolle statt und beinhaltet die Begutachtung des patellofemorale, medialen und lateralen femorotibialen Kompartments. Die Knorpelverhältnisse werden sowohl inspektorisch als auch palpatorisch mit Hilfe eines Tasthäkchens überprüft. Zur Beurteilung der Knorpelveränderungen hat sich die Klassifikation nach Outerbridge [168] bewährt (Tab. 5). Neben dem Normalbefund (Stadium 0) werden vier Grade der makroskopischen Oberflächenschädigung des Knorpels beschrieben [42, 163, 168].

<b>Grad I</b>	Softening and swelling of the articular cartilage
<b>Grad II</b>	Fragmentation and fissuring in an area half an inch or less in diameter
<b>Grad III</b>	Fragmentation and fissuring in an area of more than half an inch in diameter
<b>Grad IV</b>	Erosion of articular cartilage down to (subchondral) bone

**Tab. 5:** Einteilung der Chondromalazie nach Outerbridge [168]

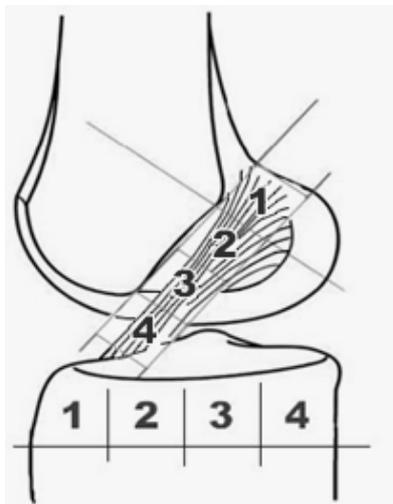
Die Beurteilung der Menisken des verletzten Kniegelenks erfolgt gleichermaßen intraoperativ mittels Testhaken unter arthroskopischer Sicht. Eingriffe und Befunde werden im Operationsbericht und mittels Videoprint dokumentiert.

### 3.5.5 Begleituntersuchungen

#### ***Radiologische Bohrkanalbeurteilung***

Die korrekte Positionierung der VKB-Plastik gilt heute als ein wichtiges Qualitätskriterium in der Kreuzbandchirurgie und ist neben einer guten Fixation und Spannung des Transplantats die wohl wichtigste intraoperativ beeinflussbare Variable, um ein möglichst physiologisches Transplantatverhalten im Kniegelenk zu erhalten [21, 23, 47, 74, 75, 190]. In der Literatur wird die Fehlplatzierung der Bohrkänäle als einer der häufigsten Gründe für ein Transplantatversagen genannt [3, 125]. Von essentieller Bedeutung ist dabei die anterior-posteriore Positionierung der Bohrkänäle [58, 98]. Eine Fehlpositionierung des Femurkanals im Verhältnis zur anatomischen Insertion des VKBs kann zu Bewegungseinschränkungen, Bandelongation und Lockerung des Transplantats führen. In Folge ist durch einen Wirkungsverlust der Bandplastik mit einer sekundären Knieinstabilität zu rechnen [5, 58, 76, 105, 116, 125, 199]. Im Gegensatz zur femoralen Transplantatplatzierung kommt der tibialen Bohrkanalplatzierung in der Literatur eine untergeordnetere Rolle zu [98, 199]. Dennoch ist die Positionierung des tibialen Bohrkanales, vor allem in Extension, für einen impingementfreien Bandverlauf von großer Bedeutung [3, 76, 94, 105, 106, 138, 224]. Zur Insertionskontrolle liegen in der Literatur sowohl zur femoralen [5, 23, 199] als auch zur tibialen Kontrolle der Bohrkanalplatzierung [106, 201] zahlreiche Empfehlungen und Methoden vor.

In den 90er Jahren wurde ein von Bernard und Hertel [23] entwickeltes röntgenologisches Verfahren zur femoralen Bohrkanalbeurteilung vorgestellt, das durch Unterteilung des Intercondylärraumes in der Sagittalebene in vier Quadranten, als Quadrantenmethode bekannt wurde. In dieser Arbeit erfolgt die postoperative Befundung des femoralen Bohrkanals nach der von Bernard und Hertel [23] beschriebenen und von Sommer *et al.* [199] modifizierten Quadrantenmethode. Auf einer streng seitlichen Aufnahme des Kniegelenks mit weitgehend deckungsgleicher Projektion beider Femurkondylen ist die Blumensaat'sche Linie als die Begrenzung des Kondylendaches im Intercondylärraum aufzusuchen. Auf einer Geraden entlang der Blumensaat'schen Linie ist der Punkt zu identifizieren, an dem die Blumensaat'sche Linie im posterioren Abschnitt beginnt sich nach kranial abzubiegen [199]. Der Abstand von diesem Punkt bis zum hinteren femoralen Kortex des lateralen Kondylus gibt die Grundlänge eines jeden der vier Quadranten vor, die sich nach anterior auf der Blumensaat'schen Linie anreihen (Abb. 3a).



**Abb. 3:** Bohrkanalposition

a) femoral: Quadrantenmethode nach Sommer *et al.* [199]

b) tibial: Methode modifiziert nach Stäubli und Rauschnig [201]

Die vier Quadrate gleicher Seitenlänge, von 1 bis 4 nummeriert, decken die femoralen Insertionsareale der Bandplastik ab, von denen allerdings nach Sommer *et al.* [199] nur Quadrat Nr. 1 der anatomisch korrekten Insertion des originären VKBs entspricht.

Für die Ausmessung der tibialen Bohrkanallage kann die tibiale Transplantatinsertion prozentual zur sagittalen Länge des proximalen Tibiadurchmessers

angegeben werden [201]. Bei vollkommener Extension des Kniegelenks sollte der tibiale Bohrtunnel parallel und posterior zur Blumensaat'schen Linie positioniert sein, um ein Transplantatimpingement zu vermeiden [3, 94, 201]. Das Zentrum des tibialen Bohrkanaltunnels sollte hierzu nach Stäubli und Rauschning [201] bei etwa 44% und die anteriore Begrenzung des Transplantats bei etwa 25% des sagittalen proximalen Tibiadurchmessers zu liegen kommen. In dieser Studie wird der proximale Tibiadurchmesser in der Sagittalansicht (analog zur Quadrantenmethode) in vier gleich große Abschnitte von 1 bis 4 unterteilt (Abb. 3b), so dass jeder Abschnitt 25% des Tibiadurchmessers abdeckt.

### ***Überwärmung des Kniegelenks und Lymphödem***

Die oberflächliche Temperatur des Kniegelenks, als Ausdruck der postoperativen Entzündungsphase während des Reparationsvorganges, ist palpatorisch mit der Handinnenfläche im Seitenvergleich zu überprüfen [64].

Die seitenvergleichende Überprüfung der Extremitäten auf eine übermäßige Ansammlung an Lymphflüssigkeit besteht darin, die Unterschenkel durch kurzzeitig lokal ausgeübten Druck mit dem Daumen auf ausgeprägte Impressionsmulden hin zu untersuchen [204].

### ***Umfangsmessung der unteren Extremität***

Umfangsmessungen gelten als ein einfaches und weit verbreitetes Verfahren zur Objektivierung der Muskelatrophie im Zeitverlauf [13, 34, 51a, 114]. Es handelt sich dabei nach Appell [13] allerdings um eine recht ungenaue und unspezifische Messung, nachdem intramuskuläre Ödeme und vermehrtes Bindegewebe ebenfalls in die Umfangsmessung mit einfließen. Die Umfangsmessungen werden in dieser Arbeit mit Hilfe eines flexiblen Maßbandes (Messgenauigkeit: 0,5 cm) an fünf unterschiedlichen Messhöhen [U<sub>1</sub>: 20 cm oberhalb des medialen Gelenkspalts (omGS), U<sub>2</sub>: 10 cm omGS, U<sub>3</sub>: Kniegelenk auf Höhe Patellazentrum, U<sub>4</sub>: kräftigste Stelle der Wade, U<sub>5</sub>: Fußfessel] erfasst. Die Messergebnisse der verletzten bzw. operierten Extremität werden mit den

Werten der gesunden Seite als Referenzseite verglichen. Entsprechend ist ein Umfangsverlust oder ein Umfangszuwachs zu dokumentieren.

### ***Winkeltest***

Zur Überprüfung der Propriozeption bzw. der Wahrnehmung der Kniegelenksstellung im Raum kommt ein einfacher Test zum Einsatz. Dazu werden dem Patienten mit verbundenen Augen in Rückenlage drei fest definierte Winkelpositionen des Kniegelenks (30°, 60° und 90° Flexion) passiv eingestellt und die korrekte Zuordnung des entsprechenden Winkels abgefragt. Dokumentiert wird die Anzahl der richtig erkannten Winkel pro Kniegelenk. Insgesamt werden je Seite 15 Winkelpositionen in willkürlich gewählter Reihenfolge eingestellt.

### ***Schmerzevaluation (NRS-11)***

Zur subjektiven Einschätzung der Schmerzintensität stehen eine Vielzahl unterschiedlicher Erhebungsmethoden, wie beispielsweise die visuelle Analog-Skala (VAS), die numerische Rating-Skala (NRS) und die verbale Rating-Skala (VRS) zur Verfügung [22, 165].

Die numerische Rating-Skala gilt als eine zuverlässige und sensitive Methode zur Erfassung von Schmerzintensität und Schmerzveränderungen [22, 39, 104, 141, 165]. Im Unterschied zur VAS ist die NRS für den Patienten sichtbar durch 11 Ziffern von 0 bis 10 unterteilt [95, 165]. Die „0“ auf der Skala entspricht der Schmerzfreiheit, die „10“ dagegen bedeutet, dass der Patient unerträgliche Schmerzen erleidet [95, 165]. Durch Ankreuzen der entsprechenden Zahl kann der Patient eine Aussage zum Schmerzempfinden treffen [95].

### **3.6 Datenverarbeitung und statistische Methoden**

Unter Berücksichtigung eines jeden Untersuchungszeitpunktes konnten bis zur Abschlussuntersuchung (t6) insgesamt 98,5% der Patienten (64/65) nachuntersucht werden. Auf Grund einer Reruptur der Kreuzbandplastik musste die Nachuntersuchung bei einem Patienten der Nonorthesengruppe vorzeitig, im Anschluss an den 12-Wochen-Termin (t4), beendet werden. Unabhängig von weiteren aufgetretenen Komplikationen (Kapitel 4.4) wurden die Patienten nach dem *Intention to treat*-Prinzip in der Studie belassen.

Die Berechnungen sowie die statistische Auswertung des Datensatzes wurde mit Hilfe des Statistik- und Analyseprogramms der Softwarefirma SPSS<sup>®</sup> 2004 (Inc. Chicago, USA) durchgeführt. Die Datenanalyse erfolgte mit den gängigen statistischen Verfahren zur Überprüfung auf Normalverteilung (Kolmogoroff-Smirnow-Test) und auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen (exakter Fisher-Test, Chi-Quadrat-Test). Parametrische Daten (instrumentelle Stabilitätsmessung, Bewegungsumfang, Umfangsmessung) wurden, Normalverteilung vorausgesetzt, mit dem t-Test für unverbundene Stichproben verglichen. Parameterfreie, ordinalskalierte Daten (Lysholm-Score, Tegner-Aktivitätsskala, IKDC-Evaluation) wurden mit dem Mann-Whitney-U-Test ausgewertet. Als statistisch signifikant wurden Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0,05 gewertet.

### **3.7 Literaturrecherche**

Die Literaturrecherche erfolgte über die Bibliothek der LMU München und mittels der Literaturdatenbank „PubMed“ (<http://www.pubmed.gov>). Begleitend wurden gängige Internet-Suchmaschinen und bestehende eigene Literatur eingesetzt.

## 4 ERGEBNISSE

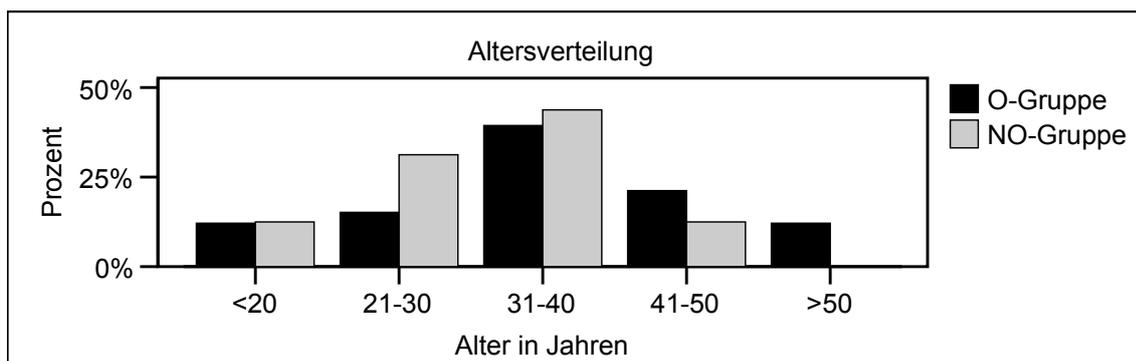
### 4.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv stellte sich zu Studienbeginn aus insgesamt 65 Patienten mit nachgewiesener vorderer Kreuzbandruptur zusammen. Für 33 Patienten (50,8%) war nach randomisierter Gruppeneinteilung eine 6-wöchige Nachbehandlung mit Schiene vorgesehen (O-Gruppe). Weitere 32 Patienten (49,2%) wurden schienenfrei nachbehandelt (NO-Gruppe).

Die Nachkontrolle eines Patienten der Nonorthesengruppe musste auf Grund einer Ruptur der Kreuzbandersatzplastik vorzeitig, im Anschluss an den 12-Wochen-Termin (t4), beendet werden. Ein Jahr postoperativ (t6) konnten 98,5% der Patienten (64/65) an der Abschlussuntersuchung teilnehmen.

### Altersverteilung

Die Studienteilnehmer (n=65) waren zum Zeitpunkt der präoperativen Untersuchung (t0) zwischen 17 und 61 Jahre alt und es ergab sich ein Altersdurchschnitt von 33,6 Jahren ( $\pm 11,1$ ). In der Orthesengruppe errechnete sich ein mittleres Alter von 35,9 ( $\pm 11,6$ ) und in der Nonorthesengruppe von 31,1 Jahren ( $\pm 7,8$ ) (Abb. 4).



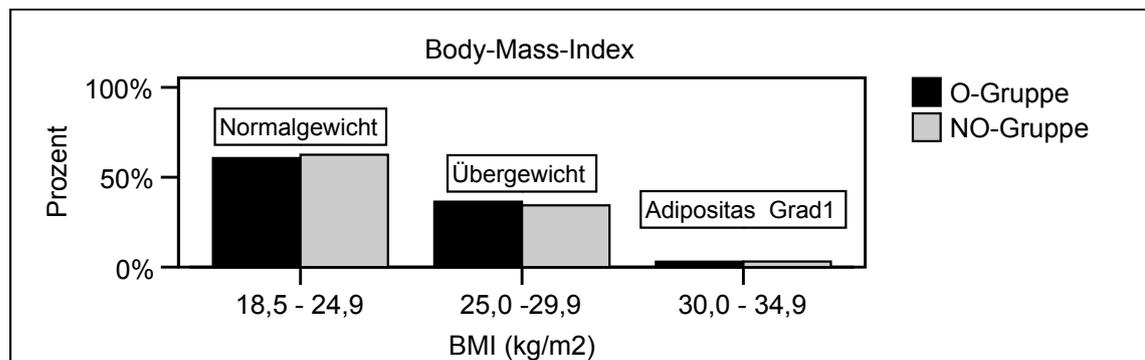
**Abb. 4:** Altersverteilung des Patientenkollektivs

Insgesamt wurden 8 Frauen [Gesamt: 12,3%; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 9,4% (3/32)] im Alter von 24 bis 61 Jahren und 57 Männer [Gesamt: 87,7%; O-Gruppe: 84,8% (28/33); NO-Gruppe: 90,6% (29/32)] zwischen 17 und 60 Jahren in die Studie aufgenommen. Zwischen den Untersuchungsgruppen

zeigte sich eine mittlere Altersdifferenz von 4,9 Jahren. Ein statistisch signifikanter Unterschied blieb aus ( $p > 0,05$ ).

### BMI

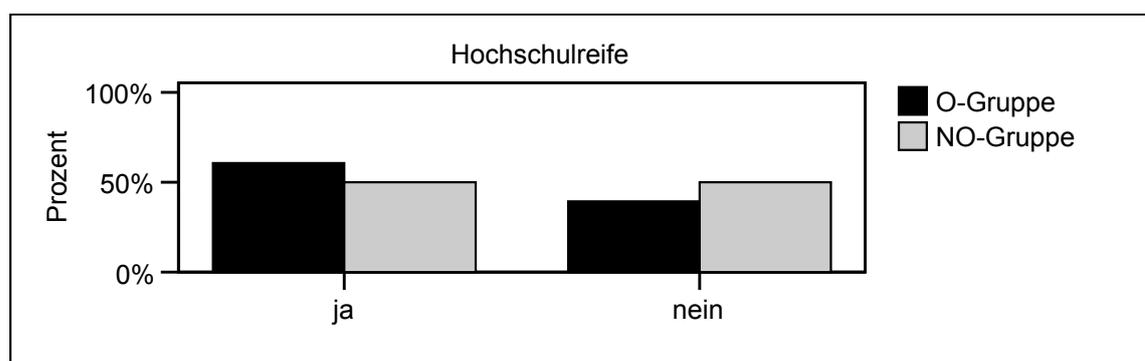
61,5% der Patienten [Gesamt: 40/65; O-Gruppe: 60,6% (20/33); NO-Gruppe: 62,5% (20/32)] hatten laut WHO-Definition [212] mit einem BMI zwischen 18,5 und 24,9  $\text{kg/m}^2$  ein normales Körpergewicht. 35,4% [Gesamt: 23/65; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 34,4% (11/32)] waren als übergewichtig (BMI von 25,0 - 29,9  $\text{kg/m}^2$ ) und 3,1% (2/65) als adipös (BMI von 30,0 - 34,9  $\text{kg/m}^2$ ) einzustufen (Abb. 5). Bei einem durchschnittlichen BMI von 24,5  $\text{kg/m}^2$  ( $\pm 2,8$ ) in der Orthesengruppe und von 24,4  $\text{kg/m}^2$  ( $\pm 2,8$ ) in der Nonorthesengruppe, ergab sich kein signifikanter Gruppenunterschied ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 5:** Body Mass Index (BMI)

### Hochschulreife

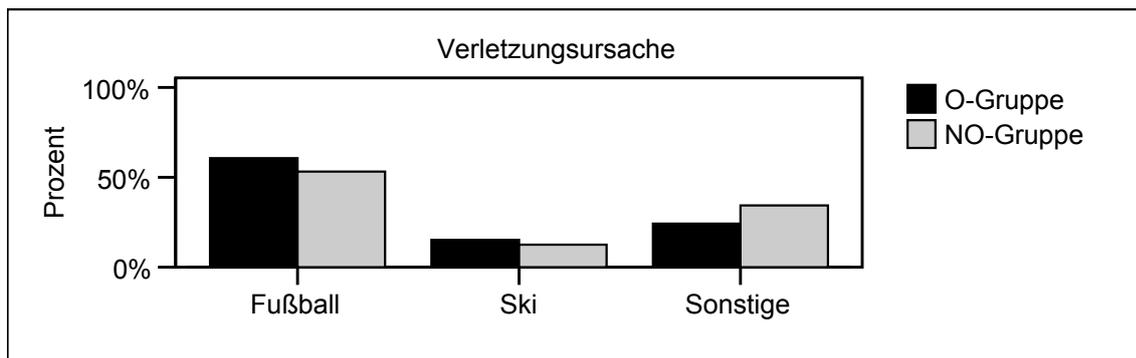
Bezüglich des Bildungsweges wurde innerhalb des Kollektivs, bei einem Anteil von 55,4% [Gesamt: 36/65; O-Gruppe: 60,6% (20/33); NO-Gruppe: 50,0% (16/32)] mit allgemeiner Hochschulreife (Abb. 6), kein signifikanter Unterschied festgestellt ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 6:** Allgemeine Hochschulreife

### Verletzungshergang

Als die häufigste Verletzungsursache stellte sich im Kollektiv die sportliche Aktivität heraus. Lediglich 9,2% (n=6) der Kreuzbandverletzungen traten während Alltagsaktivitäten ein. 56,9% der Kreuzbandrisse [Gesamt: 37/65; O-Gruppe: 60,6% (20/33); NO-Gruppe: 53,1% (17/32)] ereigneten sich während des Fußballspiels und 13,8% [Gesamt: 9/65; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 12,5% (4/32)] während des Skifahrens (Abb. 7).



**Abb. 7:** Verletzungsursache

76,9% der Patienten [Gesamt: 50/65; O-Gruppe: 84,8% (28/33); NO-Gruppe: 68,8% (22/32)] beschrieben den Unfallmoment als Trauma ohne Fremdkontakt.

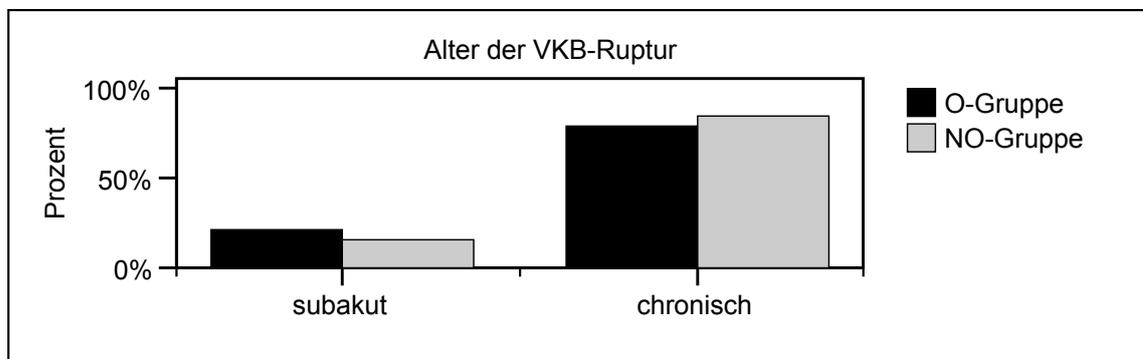
### Verletzungsseite

Die Kreuzbandruptur lag bei 40% der Patienten [Gesamt: 26/65; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 43,8% (14/32)] am linken Kniegelenk vor. Bei 60% [Gesamt: 39/65; O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 56,3% (18/32)] war das rechte Kniegelenk betroffen. Bezüglich der Seitenverteilung zeigten sich vergleichbare Ergebnisse innerhalb der Gruppen ( $p > 0,05$ ).

### Zeitabstand seit der Verletzung bis zur Kreuzbandrekonstruktion

Der Zeitraum seit der Kreuzbandverletzung bis zum Zeitpunkt der Rekonstruktion kann nach Hefti und Müller [97] in drei Abschnitte eingeteilt werden: Die akute Verletzung (weniger als 2 Wochen zurückliegend), die subakute Verletzung (2 bis 8 Wochen zurückliegend) und die chronische Verletzung (länger als 8 Wochen zurückliegend). Im Patientenkollektiv war die Kreuzbandverletzung bei 18,5% [Gesamt: 12/65; O-Gruppe: 21,2% (7/33); NO-Gruppe:

15,6% (5/32)] als subakut und bei 81,5% [Gesamt: 53/65; O-Gruppe: 78,8% (26/33); NO-Gruppe: 84,4% (27/32)] als chronisch einzustufen (Abb. 8).



**Abb. 8:** Zeitabstand seit der Verletzung bis zur Operation

Insgesamt traten 46,2% der Patienten [Gesamt: 30/65; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 53,1% (17/32)] die Kreuzbandoperation innerhalb der ersten sechs Monate seit der Verletzung an. Bei 21,5% [Gesamt: 14/65; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 18,8% (6/32)] lag eine Kreuzbandverletzung vor, die anamnestisch älter als 2 Jahre war.

## 4.2 Intraoperative Befundung

### Meniskusstatus

Beim Vergleich des intraoperativen Meniskusstatus zeigten die Gruppen vergleichbare Ergebnisse ohne signifikante Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Der prozentuale Anteil einfacher VKB-Rupturen ohne Anzeichen einer Meniskusläsion lag bei 32,3% [Gesamt: 21/65; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 40,6% (13/32)]. Entsprechend zeigten 67,7% [Gesamt: 44/65; O-Gruppe: 75,8% (25/33); NO-Gruppe: 59,4% (19/32)], neben der arthroskopisch gesicherten Kreuzbandruptur, eine sichtbare Meniskusläsion. Die Indikation zur arthroskopischen Intervention am Meniskus wurde, je nach Ausmaß der Schädigung, bei insgesamt 38 Patienten [Gesamt: 58,5%; O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 53,1% (17/32)] gestellt.

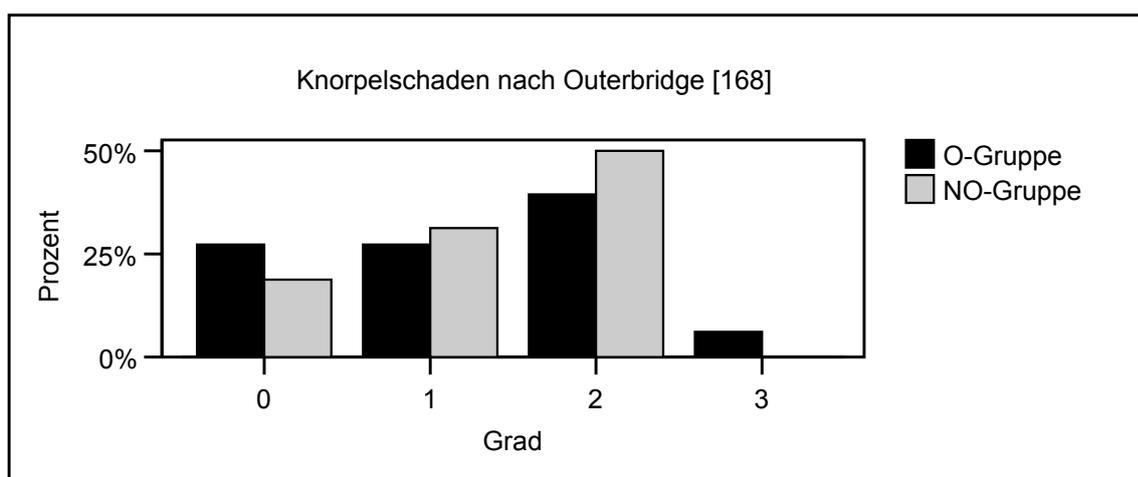
20 Patienten [Gesamt: 30,8%; O-Gruppe: 27,3% (9/33); NO-Gruppe: 34,4% (11/32)] wurden am Innenmeniskus, 11 Patienten [Gesamt: 16,9%; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 9,4% (3/32)] am Außenmeniskus und weitere 7

Patienten [Gesamt: 10,8%; O-Gruppe: 12,1% (4/33); NO-Gruppe: 9,4% (3/32)] sowohl am Innen- als auch am Außenmeniskus mitbehandelt. Eine Refixation des Innenmeniskus erfolgte bei 3 Patienten [Gesamt: 4,6%; O-Gruppe: 3,0% (1/33); NO-Gruppe: 6,3% (2/32)]. Für eine Refixation des Außenmeniskus bestand keine Indikation.

Unter Berücksichtigung des Verletzungsaltes wurden 66,7% (8/12) der Patienten mit subakuter VKB-Ruptur und 56,6% (30/53) mit chronischer Bandruptur am Meniskus mitbehandelt.

### Intraoperative Knorpel- und Gelenkbefundung

Bei der intraoperativen Beurteilung der Knorpelbeschaffenheit nach der Klassifikation von Outerbridge [168] zeigte sich zwischen den Gruppen kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ). 23,1% [Gesamt: 15/65; O-Gruppe: 27,3% (9/33); NO-Gruppe: 18,8% (6/32)] wiesen intakte Knorpelverhältnisse in allen Kompartimenten auf. Leichte, erstgradige Veränderungen der Knorpeloberfläche wurden bei 29,2% [Gesamt: 19/65; O-Gruppe: 27,3% (9/33); NO-Gruppe: 31,2% (10/32)] nachgewiesen. 44,6% [Gesamt: 29/65; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 50,0% (16/32)] zeigten zweitgradige Knorpelveränderungen. Bei 2 Patienten (O-Gruppe: 6,1%) waren die Knorpelschäden als drittgradig einzustufen (Abb. 9).

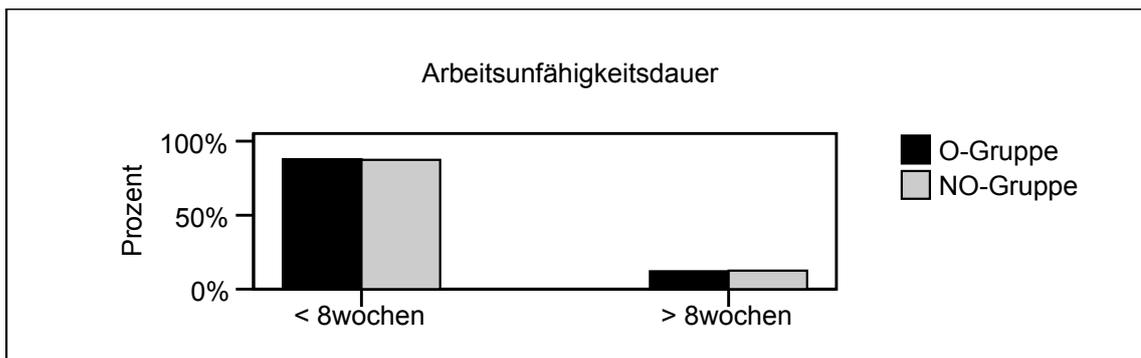


**Abb. 9:** Knorpelschaden nach der Klassifikation von Outerbridge [168]

### 4.3 Allgemeine postoperative Beobachtungen

#### Postoperative berufliche Arbeitsunfähigkeit

Die postoperative beruflichen Arbeitsunfähigkeit belief sich bei 87,7% der Patienten [Gesamt: 57/65; O-Gruppe: 87,9% (29/33); NO-Gruppe: 87,5% (28/32)] auf eine Zeitdauer von bis zu 8 Wochen (Abb. 10).



**Abb. 10:** postoperative Arbeitsunfähigkeit

#### Postoperative Krankengymnastik und manuelle Lymphdrainage

Innerhalb der ersten postoperativen Woche wurde bei 80% der Patienten [Gesamt: 52/65; O-Gruppe: 75,8% (25/33); NO-Gruppe: 84,4% (27/32)] mit krankengymnastischer Beübung begonnen. 73,8% [Gesamt: 48/65; O-Gruppe: 72,7% (24/33); NO-Gruppe: 75,0% (24/32)] erhielten bis zu 12 Wochen postoperativ physiotherapeutische Beübung.

Manuelle Lymphdrainage wurde bei 67,7% [Gesamt: 44/65; O-Gruppe: 72,7% (24/33); NO-Gruppe: 62,5% (20/32)] bis zu 6 Wochen und bei 18,5% [Gesamt: 12/65; O-Gruppe: 21,2% (7/33); NO-Gruppe: 15,6% (5/32)] länger als 6 Wochen durchgeführt. 2 Patienten der Orthesengruppe (6,1%) und 7 Patienten der Nonorthesengruppe (21,9%) erhielten im gesamten Untersuchungszeitraum keine Lymphdrainage.

#### Muskelaufbautraining

Die Dauer des Muskelaufbautrainings reichte im Patientenkollektiv von 2 Wochen durchgeführten Trainings bis hin zu einer Dauer von über 18 Wochen. Im Gruppenvergleich zeigten sich ähnliche Daten und keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). 92,3% [Gesamt: 60/65; O-Gruppe: 97,0%

(32/33); NO-Gruppe: 87,5% (28/32)] begannen innerhalb der ersten 8 Wochen nach der Kreuzbandrekonstruktion mit gezieltem Training der Beinmuskulatur. 62,5% [Gesamt: 40/64; O-Gruppe: 60,6% (20/33); NO-Gruppe: 64,5% (20/31)] beendeten das intensivierete Muskelaufbautraining spätestens nach einer Dauer von 8 Wochen. Ein längeres Aufbautraining wurde von 37,5% [Gesamt: 24/64; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 35,5% (11/31)] durchgeführt.

#### **4.4 Komplikationen**

Im Studienkollektiv kam es in keinem Fall zu unmittelbar postinterventionellen Komplikationen, wie Beinvenenthrombosen oder Kniegelenksinfektionen. Im Anschluss an den 12-Wochen-Nachuntersuchungszeitpunkt (t4) kam es zur traumatischen Ruptur der Kreuzbandplastik eines 17-jährigen Patienten der Nonorthesengruppe.

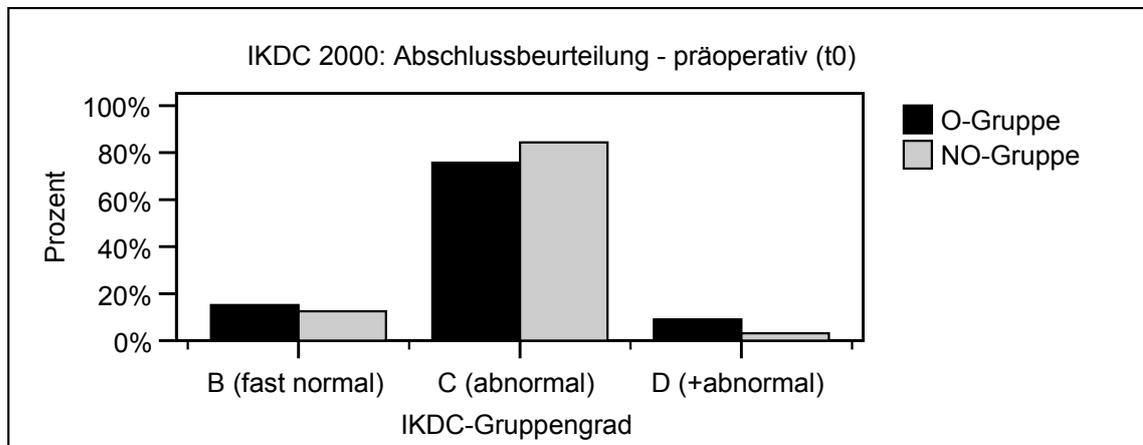
Zusätzlich wurden im Studienverlauf eine Schwangerschaft (NO-Gruppe) und unmittelbar vor der Abschlussuntersuchung drei Verletzungen des operierten Kniegelenks (O-Gruppe: 1/33; NO-Gruppe: 2/32), ohne Schädigung des Bandapparats, protokolliert. 9 Monate postoperativ kam es bei einer 43-jährigen Patientin der Orthesengruppe auf Grund anhaltender Kniegelenksbeschwerden zur Rearthroscopie des Kniegelenks.

#### **4.5 Befundung nach dem IKDC 2000**

##### **4.5.1 Abschlussbeurteilung nach dem IKDC-Formblatt**

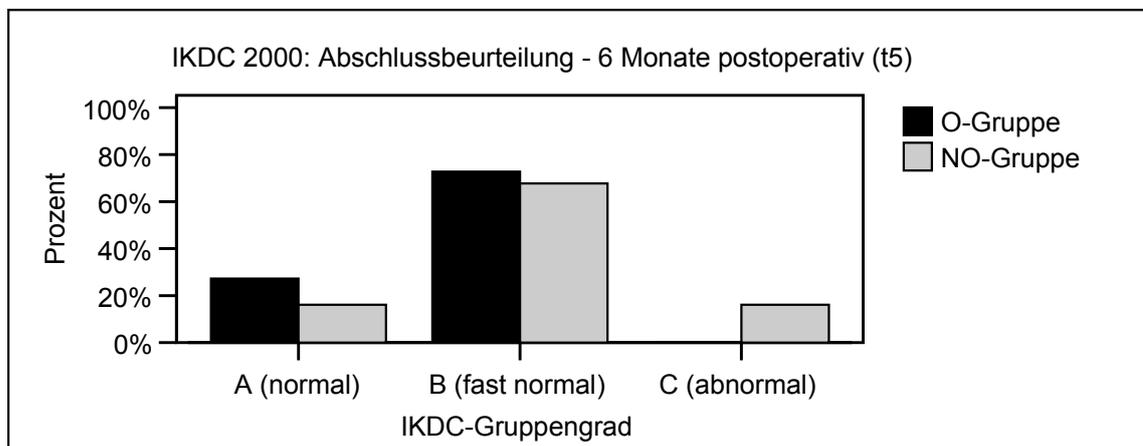
In der klinischen Abschlussbeurteilung nach dem Formblatt des IKDC 2000 (Bewertung der Kriterien „Erguss“, „passives Bewegungsdefizit“ und „Ligamentuntersuchung“) konnten im gesamten Untersuchungszeitraum zwischen den Untersuchungsgruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden ( $p > 0,05$ ). Entsprechend den Kriterien des IKDCs zeigten präoperativ (t0) 86,2% [Gesamt: 56/65; O-Gruppe: 84,9% (28/33); NO-Gruppe: 87,5% (28/32)] eine abnormale oder deutlich abnormale Abschlussbeurteilung (Gruppengrad C oder D) (Abb. 11). Nur 13,8% [Gesamt: 9/65; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-

Gruppe: 12,5% (4/32)] erhielten eine fast normale IKDC-Beurteilung (Grad B). Ein klinischer Normalbefund (Gruppengrad A) lag in keinem Fall vor.



**Abb. 11:** IKDC 2000 - Abschlussbeurteilung (t0)

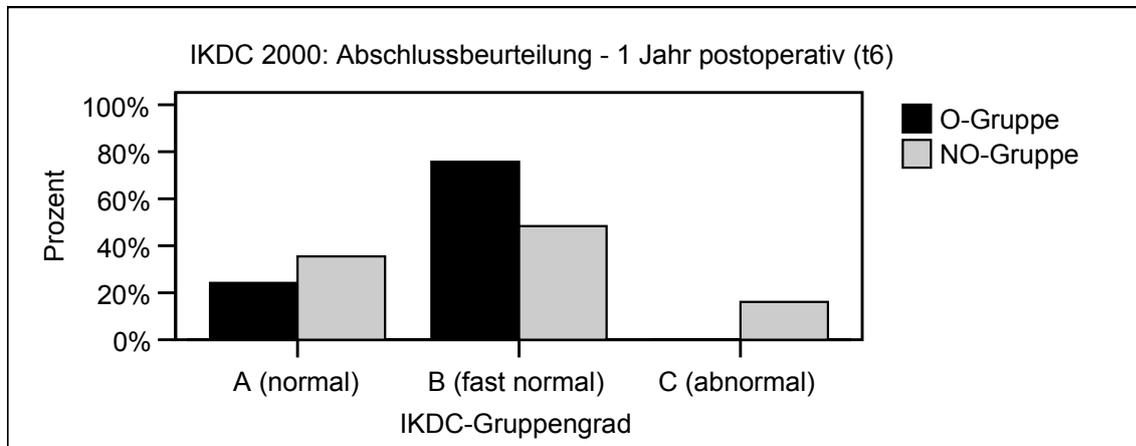
6 Monate postoperativ (t5) wurden 21,9% [Gesamt: 14/64; O-Gruppe: 27,3% (9/33); NO-Gruppe: 16,1% (5/31)] als klinisch normal (Gruppengrad A) evaluiert. 70,3% [Gesamt: 45/64; O-Gruppe: 72,7% (24/33); NO-Gruppe: 67,7% (21/31)] wurden mit IKDC-Gruppengrad B (fast normal) bewertet. 16,1% der Nonorthesengruppe (5/31) wurden als abnormal (Grad C) eingestuft (Abb. 12).



**Abb. 12:** IKDC 2000 - Abschlussbeurteilung (t5 )

1 Jahr postoperativ (Abb. 13) zeigten 92,2% [Gesamt: 59/64; O-Gruppe: 100% (33/33); NO-Gruppe: 83,9% (26/31)] in der Abschlussbeurteilung gute oder sehr gute Ergebnisse (Gruppengrad A und B). 29,7% [Gesamt: 19/64; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 35,5% (11/31)] hatten klinisch einen Normalbefund (Gruppengrad A). Fast normale Befunde (Gruppengrad B) lagen bei 62,5%

[Gesamt: 40/64; O-Gruppe: 75,8% (25/33); NO-Gruppe: 48,4% (15/31)] und ein abnormaler Befund (Gruppengrad C) bei 7,8% [NO-Gruppe: 16,1% (5/31)] vor.



**Abb. 13:** IKDC 2000 - Abschlussbeurteilung (t6)

#### 4.5.2 Formblatt zur Untersuchung des Knies

##### **IKDC-Gruppe 1: Kniegelenkserguss**

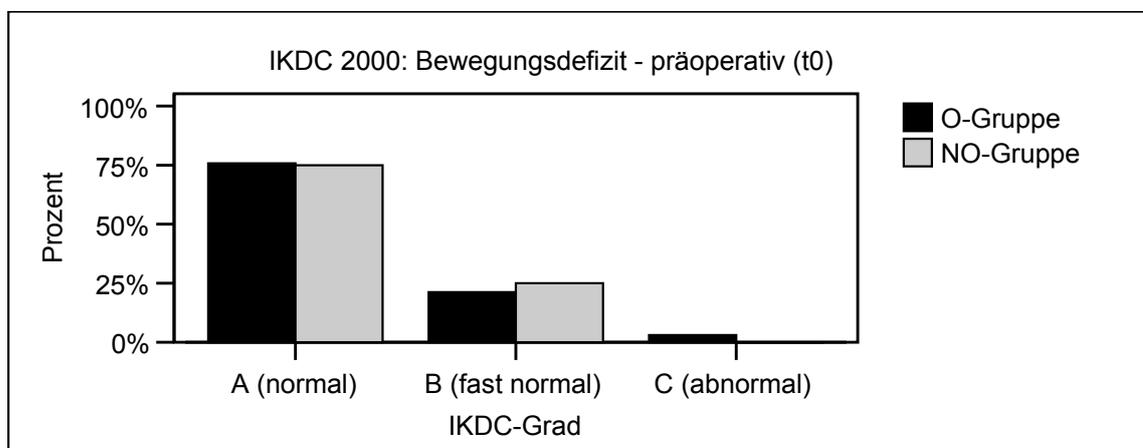
Im Gruppenvergleich waren während des gesamten Untersuchungszeitraumes hinsichtlich klinisch manifester Ergusszeichen keine statistisch signifikanten Unterschiede festzustellen ( $p > 0,05$ ).

Präoperativ zeigten insgesamt 35,4% [Gesamt: 23/65; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 31,3% (10/32)] einen Kniegelenkserguss, der bei 30,8% (20/65) nach den Kriterien des IKDC als geringer Erguss (Grad B) und bei 4,6% [Gesamt: 3/65; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 3,1% (1/32)] als mäßiger Erguss (Grad C) dokumentiert wurde. Ein halbes Jahr nach dem operativen Eingriff (t5) wurde bei 29,7% [Gesamt: 19/64; NO-Gruppe: 29,0% (9/33); O-Gruppe: 32,2% (10/31)] und zur Abschlussuntersuchung (t6) insgesamt noch bei 10,9% [Gesamt: 7/64; O-Gruppe: 9,1% (3/33); NO-Gruppe: 12,9% (4/31)] ein leichter Erguss (Grad B) festgestellt.

### **IKDC-Gruppe 2: Bewegungsumfang im Kniegelenk**

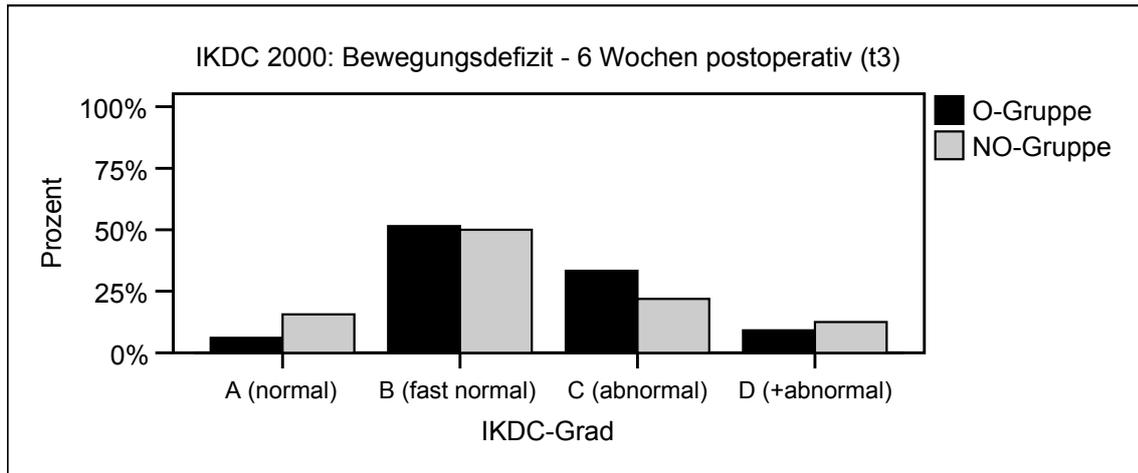
Beim statistischen Vergleich der Beurteilung des Bewegungsumfangs zeigten sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt statistisch signifikante Gruppenunterschiede ( $p > 0,05$ ).

Zu Studienbeginn ( $t_0$ ) hatten 75,4% [Gesamt: 49/65; O-Gruppe: 75,8% (25/33); (NO-Gruppe: 75,0% (24/32))] kein bedeutsames Bewegungsdefizit im Seitenvergleich (Grad A). Ein fast normales Bewegungsausmaß (Grad B) wurde bei 23,1% [Gesamt: 15/65; O-Gruppe: 21,2% (7/33); NO-Gruppe: 25,0% (8/32)] dokumentiert. Ein Patient der Orthesengruppe (3,0%) erhielt bezüglich des Bewegungsausmaßes eine abnormale Einstufung (Grad C) (Abb. 14). In der Orthesengruppe ergab sich präoperativ am verletzten Kniegelenk ein durchschnittlicher Flexionswinkel von  $137,3^\circ (\pm 5,2^\circ)$  und in der Nonorthesengruppe von  $137,8^\circ (\pm 4,2^\circ)$ . Die entsprechenden Extensionswerte lagen in der Orthesengruppe im Mittel bei  $0,6^\circ (\pm 3,0^\circ)$  und bei  $1,3^\circ (\pm 2,8^\circ)$  in der Nonorthesengruppe (Hyperextension).



**Abb. 14:** IKDC 2000 - passives Bewegungsdefizit ( $t_0$ )

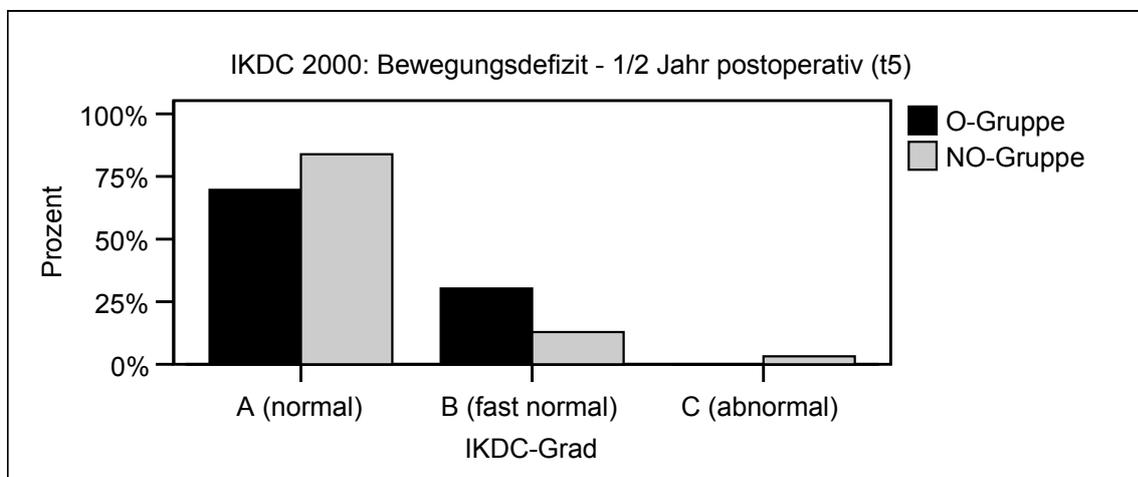
Sechs Wochen postoperativ (Abb. 15) zeigten 61,6% [Gesamt: 40/65; O-Gruppe: 57,6% (19/33); NO-Gruppe: 65,6% (21/32)] normale oder fast normale Bewegungsausmaße (Grad A oder B). 18 Patienten [Gesamt: 27,7%; O-Gruppe: 33,3% (11/33); NO-Gruppe: 21,9% (7/32)] wurden als abnormal (Grad C) eingestuft. Ein deutlich abnormales Ergebnis (Grad D) zeigten 10,8% der Patienten [Gesamt: 7/65; O-Gruppe: 9,1% (3/33); NO-Gruppe: 12,5% (4/32)].



**Abb. 15:** IKDC 2000 - passives Bewegungsdefizit (t3)

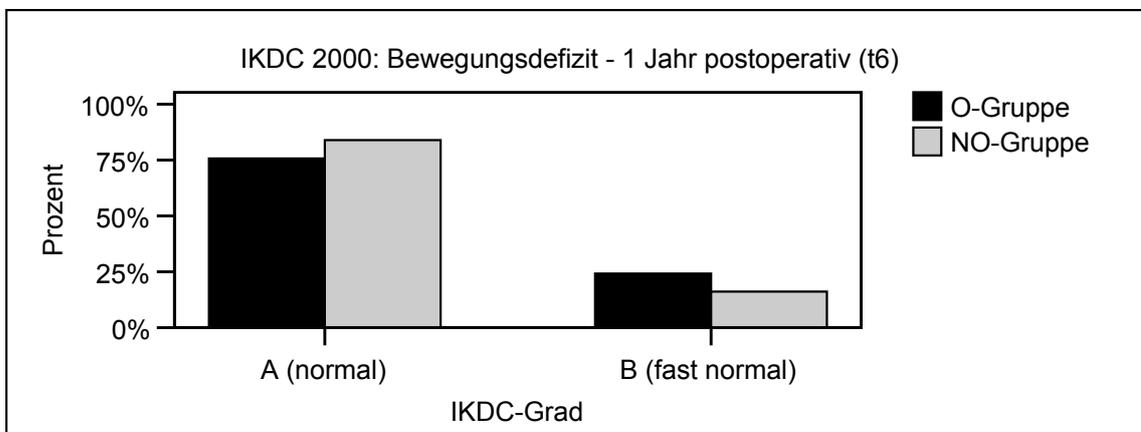
12 Wochen postoperativ (t4) war bei 60,0% [Gesamt: 39/65; O-Gruppe: 54,5% (18/33); NO-Gruppe: 65,6% (21/32)] ein normaler (Grad A) und bei 32,3% [Gesamt: 21/65; O-Gruppe: 33,3% (11/33); NO-Gruppe: 31,2% (10/32)] ein fast normaler Bewegungsumfang (Grad B) zu verzeichnen. Bei 7,7% [Gesamt: 5/65; O-Gruppe: 12,1% (4/33); NO-Gruppe: 3,1% (1/32)] lag weiterhin ein abnormaler Bewegungsumfang vor (Grad C).

Ein halbes Jahr postoperativ (Abb. 16) erreichten insgesamt 76,6% [Gesamt: 49/64; O-Gruppe: 69,7% (23/33); NO-Gruppe: 83,9% (26/31)] einen seitengleichen Bewegungsumfang (Grad A). Fast normale Verhältnisse (Grad B) zeigten insgesamt 21,9% [Gesamt: 14/64; O-Gruppe: 30,3% (10/33); NO-Gruppe: 12,9% (4/31)].



**Abb. 16:** IKDC 2000 - passives Bewegungsdefizit (t5)

Zur Abschlussuntersuchung (t6) wurden alle nachuntersuchten Patienten (n=64) bezüglich des Bewegungsausmaßes als normal oder fast normal (Grad A oder B) eingestuft (Abb. 17). Bei 79,7% [Gesamt: 51/64; O-Gruppe: 75,8% (25/33); NO-Gruppe: 83,9% (26/31)] ergaben sich normale Bewegungsausmaße (Grad A) und bei 20,3% [Gesamt: 13/64; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 16,1% (5/31)] mit geringen Einschränkungen im Bewegungsumfang fast normale Werte (Grad B). 4 Patienten [Gesamt: 6,3%; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 6,5% (2/31)] hatten kombinierte Extensions-/ Flexionsdefizite, ein Patient der Orthesengruppe (O-Gruppe: 3,0%) hatte ein reines Flexionsdefizit und 8 Patienten [Gesamt: 12,5%; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 9,7% (3/31)] reine Extensionsdefizite. Zwischen den Untersuchungsgruppen ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Der durchschnittlich erreichte Flexionswinkel im Kniegelenk lag 1 Jahr postoperativ in der Orthesengruppe bei  $138,5^\circ (\pm 3,6^\circ)$  und in der Nonorthesengruppe bei  $139,4^\circ (\pm 2,5^\circ)$ . Die mittlere Extension (Hyperextension) lag in der Orthesengruppe bei  $0,8^\circ (\pm 3,1^\circ)$  versus  $1,1^\circ (\pm 2,5^\circ)$  in der Nonorthesengruppe.



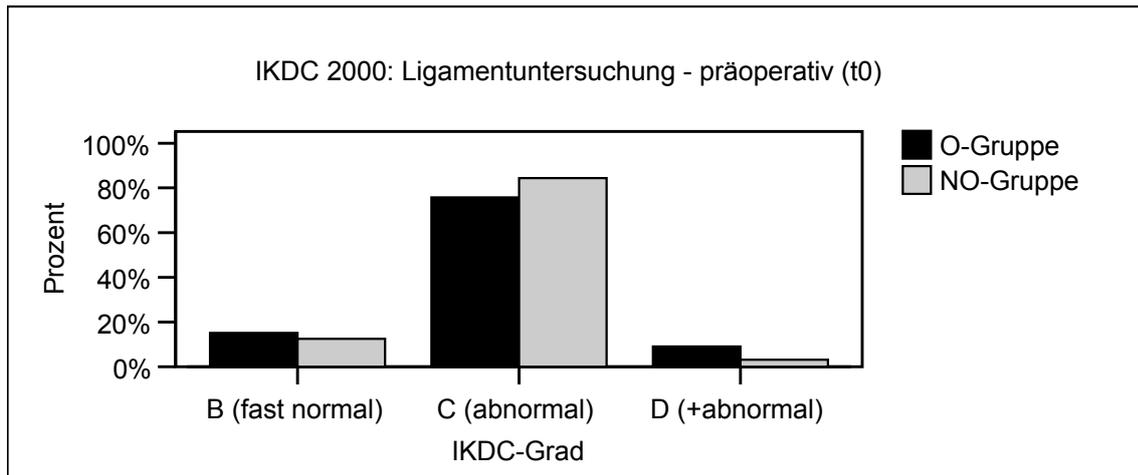
**Abb. 17:** IKDC 2000 - passives Bewegungsdefizit (t6)

### ***IKDC-Gruppe 3: Stabilitätsprüfung***

#### ***Ligamentbeurteilung des Knies***

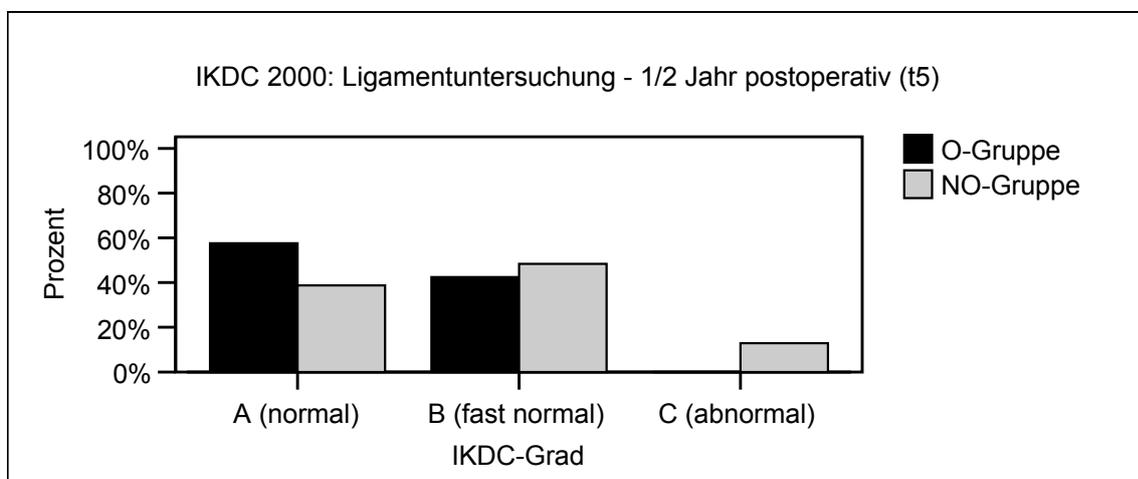
Die Evaluation der Bandstabilität nach dem IKDC-Formblatt zur Untersuchung des Knies (Gruppe 3) ergab im Vergleich beider Untersuchungsgruppen zu keinem Zeitpunkt (t1, t5 und t6) statistisch signifikante Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

Präoperativ (t0) zeigten 86,2% [Gesamt: 56/65; O-Gruppe: 84,9% (28/33); NO-Gruppe: 87,5% (28/32)] in der Ligamentuntersuchung ein abnormales oder deutlich abnormales Ergebnis (Grad C oder D). Ein fast normales Resultat (Grad B) wurde bei 13,8% [Gesamt: 9/65; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 12,5% (4/32)] festgestellt. Eine normale Ligamentsituation (Grad A) lag in keinem der Fälle vor (Abb. 18).



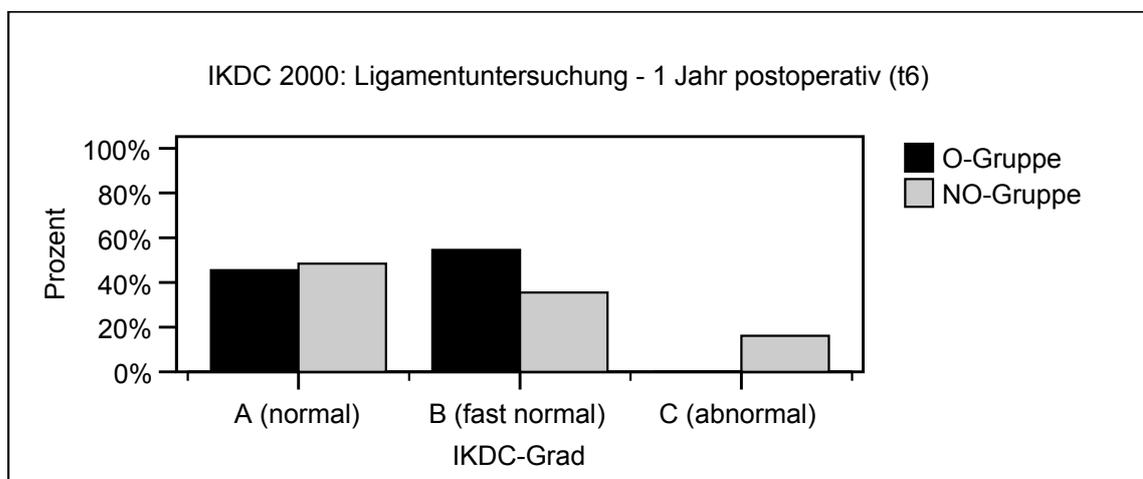
**Abb. 18:** IKDC 2000 - Ligamentuntersuchung (t0)

Ein halbes Jahr postoperativ (t5) zeigten 48,4% [Gesamt: 31/64; O-Gruppe: 57,6% (19/33); NO-Gruppe: 38,7% (12/31)] normale Ligamentverhältnisse (Grad A). 45,3% [Gesamt: 29/64; O-Gruppe: 42,4% (14/33); NO-Gruppe: 48,4% (15/31)] wurden in der Ligamentbeurteilung mit Grad B (fast normal) und 6,3% [NO-Gruppe: 12,9% (4/31)] mit Grad C (abnormal) evaluiert (Abb. 19).



**Abb. 19:** IKDC 2000 - Ligamentuntersuchung (t5)

Zur Abschlussuntersuchung nach einem Jahr (Abb. 20) stellten sich bei 92,2% des Kollektivs normale oder fast normale Ligamentverhältnisse ein. 46,9% [Gesamt: 30/64; O-Gruppe: 45,5% (15/33); NO-Gruppe: 48,4% (15/31)] erhielten eine normale (Grad A) und 45,3% [Gesamt: 29/64; O-Gruppe: 54,4% (18/33); NO-Gruppe: 35,5% (11/31)] eine fast normale Ligamentbeurteilung (Grad B). Bei 5 Patienten der Nonorthesengruppe (NO-Gruppe: 16,1%) wurde die Ligamentuntersuchung als abnormal (Grad C) bewertet. Eine deutlich abnormale Instabilität (Grad D) wurde in keinem der Fälle festgestellt.



**Abb. 20:** IKDC 2000 - Ligamentuntersuchung (t6)

### **Seitenbandstabilität**

Die präoperative Überprüfung der Seitenbandstabilität in Streck- und in 20°-Beugstellung ergab keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede ( $p > 0,05$ ). In 72,3% der Fälle [Gesamt: 47/65; O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 81,3% (26/32)] wurden seitengleich stabile Bandverhältnisse dokumentiert (Grad A nach IKDC). 18,5% [Gesamt: 12/65; O-Gruppe: 24,2% (8/33); NO-Gruppe: 12,5% (4/32)] zeigten im Seitenvergleich medial eine vermehrte Aufklappbarkeit (Grad B). Bei 4,6% [Gesamt: 3/65; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 3,1% (1/32)] lag eine geringe laterale Aufklappbarkeit (Grad B) vor. Weitere 4,6% [Gesamt: 3/65; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 3,1% (1/32)] hatten im Seitenvergleich sowohl medial- als auch lateralseitig eine gering vermehrte Aufklappbarkeit (Grad B).

**Lachman-Test**

Bei der Überprüfung der anterioren Stabilität mit Hilfe des Lachman-Tests zeigten die Ergebnisse im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Präoperativ ( $t_0$ ) fiel der Test bei 98,5% [Gesamt: 64/65; O-Gruppe: 97,0% (32/33); NO-Gruppe: 100% (32/32)] im Seitenvergleich eindeutig verlängert (++) oder (+++) aus. Ein halbes Jahr postoperativ ( $t_5$ ) hatten alle 64 überprüften Patienten (100%) ein seitengleich normales Ergebnis oder lediglich eine erstgradige Instabilität (+). Zur Abschlussuntersuchung nach einem Jahr ( $t_6$ ) wurde bei 89,1% [Gesamt: 57/64, O-Gruppe: 93,9% (31/33), NO-Gruppe: 83,9% (26/31)] eine seitengleiche Stabilität bzw. eine geringfügige Instabilität (+) dokumentiert.

**Pivot-Shift-Test**

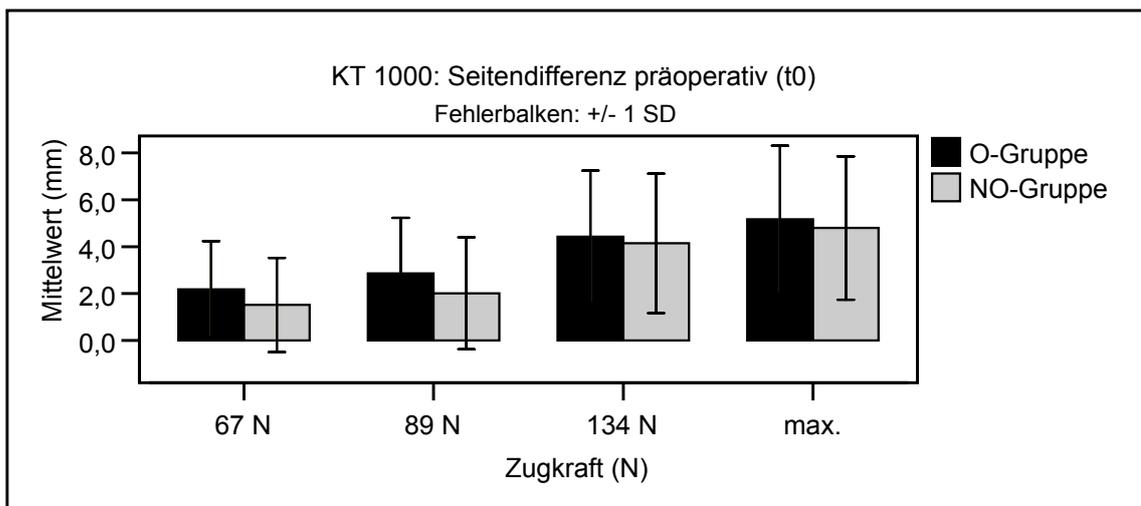
Die Überprüfung des Pivot-Shift-Tests ergab im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Zu Studienbeginn ( $t_0$ ) war der Pivot-Shift-Test bei 98,5% (64/65) als auffällig seitendifferent zu werten. 63,1% [Gesamt: 41/65; O-Gruppe: 54,5% (18/33); NO-Gruppe: 71,9% (23/32)] hatten ein Gleiten (+), 33,8% [Gesamt: 22/65; O-Gruppe: 42,4% (14/33); NO-Gruppe: 25,0% (8/32)] ein dumpfes (++) und ein Patient der Nonorthesengruppe (NO-Gruppe: 3,1%) ein ausgeprägtes Shiften (+++). Nach einem halben Jahr postoperativ ( $t_5$ ) blieb der Test bei 95,3% (61/64) negativ. Bei 4,7% [Gesamt: 3/64; O-Gruppe: 3,0% (1/33); NO-Gruppe: 6,5% (2/31)] wurde im Vergleich zur Gegenseite ein Gleiten (+) dokumentiert. Zur Abschlussuntersuchung ( $t_6$ ) konnte in 87,5% der Fälle [Gesamt: 56/64; O-Gruppe: 87,9% (29/33); NO-Gruppe: 87,1% (27/31)] kein positiver Pivot-Shift-Test provoziert werden. Ein Gleiten (+) wurde bei 12,5% [Gesamt: 8/64; O-Gruppe: 12,1% (4/33); NO-Gruppe: 12,9% (4/31)] festgestellt.

**Instrumentelle Stabilitätsmessung (KT-1000™ ARTHROMETER®)**

Die instrumentelle Stabilitätsmessung mit dem KT-1000 Arthrometer erfolgte unter einer Zugkraft von 67 N, 89 N, 134 N und unter Maximalkraft. Eine

Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes wurde in allen Fällen klinisch und mit Hilfe der instrumentellen hinteren Schublade (87 N Druck) ausgeschlossen. Die seitenvergleichende instrumentelle Kraftstufenmessung ergab im Untersuchungszeitraum, trotz numerischer Divergenzen zwischen den Gruppen, keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

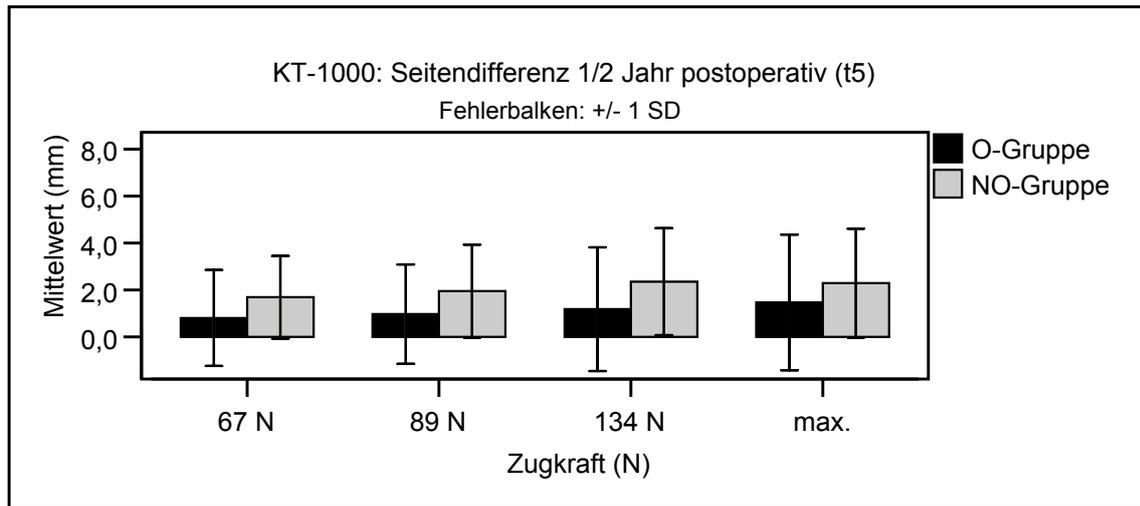
Präoperativ (Abb. 21) zeigte die Orthesengruppe in der instrumentellen Stabilitätsmessung eine Seitendifferenz von durchschnittlich 2,2 mm ( $\pm 2,1$ ) bei 67 N bis hin zu 5,2 mm ( $\pm 3,1$ ) unter Maximalkraft [89 N: 2,9 mm ( $\pm 2,4$ ); 134 N: 4,4 mm ( $\pm 2,8$ )]. Die Nonorthesengruppe erzielte in der Kraftstufenmessung vergleichbare Werte mit 1,5 mm ( $\pm 2,0$ ) bei niedrigster Zugstufe (67 N) bis hin zu 4,8 mm ( $\pm 3,1$ ) in der Maximalkraftmessung [89 N: 2,0 mm ( $\pm 2,4$ ); 134 N: 4,1 mm ( $\pm 3,0$ )].



**Abb. 21:** Seitendifferenz (in mm) im KT-1000 (t0)

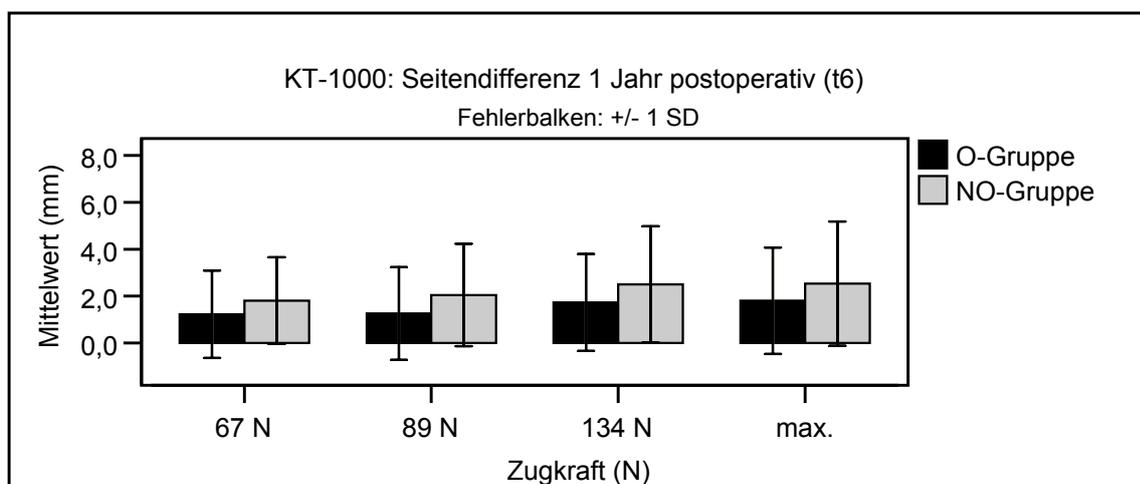
6 Monate postoperativ (Abb. 22) lagen die seitenvergleichenden Messungen in der Orthesengruppe unter einer Zugkraft von 134 N bei durchschnittlich 1,2 mm ( $\pm 2,6$ ). In der Nonorthesengruppe errechnete sich bei gleicher Zugkraft (134 N) mit 2,4 mm ( $\pm 2,3$ ) ein höherer Mittelwert. Ebenso lagen die weiteren Werte der Kraftstufenmessung in der Nonorthesengruppe im Schnitt etwas höher [67 N: 1,7 mm ( $\pm 1,8$ ); 84 N: 2,0 mm ( $\pm 2,0$ ); Maximalkraft: 2,3 mm ( $\pm 2,3$ )] als die Werte der Orthesengruppe [67 N: 0,8 mm ( $\pm 2,0$ ); 84 N: 1,0 mm ( $\pm 2,1$ ); Maxi-

malkraft: 1,5 mm ( $\pm$  2,9)]. Ein statistisch signifikanter Unterschied im Gruppenvergleich blieb aus ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 22:** Seitendifferenz (in mm) im KT-1000 (t5)

In der Abschlussuntersuchung (Abb. 23) ergaben die Messwerte der instrumentellen Kraftstufenmessung innerhalb der Orthesengruppe [67 N: 1,2 mm ( $\pm$  1,9); 84 N: 1,3 mm ( $\pm$  2,0); 134 N: 1,7 mm ( $\pm$  2,1); Maximalkraft: 1,8 mm ( $\pm$  2,3)], im Vergleich zu den Messwerten der Nonorthesengruppe [67 N: 1,8 mm ( $\pm$  1,8); 84 N: 2,0 mm ( $\pm$  2,2); 134 N: 2,5 mm ( $\pm$  2,5); Maximalkraft: 2,5 mm ( $\pm$  2,7)], nach wie vor einen geringeren Seitenunterschied. Trotz numerischer Differenzen zeigten sich keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede ( $p > 0,05$ ).



**Abb. 23:** Seitendifferenz (in mm) im KT-1000 (t6)

**IKDC-Gruppe 4: Krepitationen im Kniegelenk**

Die Überprüfung des Kniegelenks auf Krepitationen ergab in der Gruppengenüberstellung zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Präoperativ ( $t_0$ ) wurde in 66,2% der Fälle [Gesamt: 43/65; O-Gruppe: 66,7% (22/33); NO-Gruppe: 65,6% (21/32)] Krepitationen im patellofemorale Kompartiment (retropatellar) festgestellt. 6 Wochen postoperativ ( $t_3$ ) waren bei 76,9% [Gesamt: 50/65; O-Gruppe: 75,8% (25/33); NO-Gruppe: 78,1% (25/32)] und 12 Wochen postoperativ ( $t_4$ ) bei 78,5% (51/65) retropatellare Krepitationen festzustellen. 6 Monate postoperativ ( $t_5$ ) wurden Krepitationen im retropatellaren Gleitlager bei 90,6% [Gesamt: 58/64; O-Gruppe: 90,9% (30/33); NO-Gruppe: 90,3% (28/31)] und zu Studienabschluss ( $t_6$ ) bei 64,1% [Gesamt: 41/64; O-Gruppe: 66,7% (22/33); NO-Gruppe: 61,3% (19/31)] dokumentiert.

**IKDC-Gruppe 5: Transplantatentnahmemorbidity**

Die Untersuchung hinsichtlich postoperativer Transplantatentnahmemorbidity (Empfindlichkeit, Reizung oder Gefühllosigkeit der Entnahmestelle des Transplantats) ergab im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Während 6 Monate postoperativ ( $t_5$ ) über die Hälfte der Studienteilnehmer [Gesamt: 56,3% (36/64); O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 48,4% (15/31)] leichte Entnahmebeschwerden (Gruppengrad B) angaben, sank der prozentuale Anteil mit leichten Beschwerden zu Studienabschluss ( $t_6$ ) weiter ab auf 34,4% [Gesamt: 22/64; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 32,3% (10/31)].

**IKDC-Gruppe 6: Radiologischer Gelenkstatus**

Die radiologische Beurteilung des Kniegelenks nach dem IKDC 2000 zeigte im femorotibialen Kompartiment bei drei Patienten der Orthesengruppe (Gesamt: 4,8%) und bei einem Patienten der Nonorthesengruppe (Gesamt: 3,2%) geringgradige degenerative Veränderungen (Grad B). Die Befundung des patellofemorale Kompartiments ergab bei 7,7% [Gesamt: 5/65; O-Gruppe: 9,1% (3/33); NO-Gruppe: 6,3% (2/32)] geringfügige degenerative Veränderungen

(Grad B). Statistisch signifikante Unterschiede blieben im Gruppenvergleich aus ( $p > 0,05$ ).

### ***IKDC-Gruppe 7: Funktionstestung***

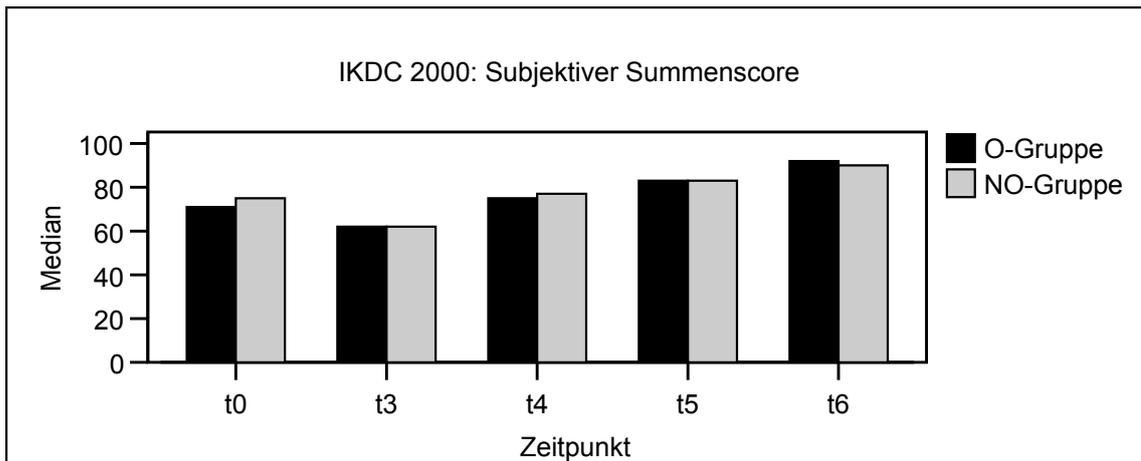
Die Auswertung der Funktionsprüfung (beidbeinige und einbeinige Hocke) zeigte im Gruppenvergleich keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

Präoperativ konnten 75,4% [Gesamt: 49/65; O-Gruppe: 66,7% (22/33); NO-Gruppe: 84,4% (27/32)] eine beidbeinige Hockstellung einnehmen. 44,6% [Gesamt: 29/65; O-Gruppe: 48,5% (16/33); NO-Gruppe: 40,6% (13/32)] waren in der Lage eine einbeinige Hocke mit dem verletzten Kniegelenk vorzuzeigen. 6 Monate postoperativ (t5) waren 85,9% [Gesamt: 55/64; O-Gruppe: 87,9% (29/33); NO-Gruppe: 83,9% (26/31)] und zur Abschlussuntersuchung (t6) 96,9% [Gesamt: 62/64; O-Gruppe: 93,9% (31/33); NO-Gruppe: 100,0% (31/31)] im Stande eine beidbeinige Hockposition einzunehmen. Ein halbes Jahr postoperativ (t5) konnten 35,9% [Gesamt: 23/64; O-Gruppe: 42,4% (14/33); NO-Gruppe: 29,0% (9/31)] und ein Jahr postoperativ (t6) 68,8% [Gesamt: 44/64; O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 74,2% (23/31)] eine einbeinige Hocke mit dem operierten Kniegelenk einnehmen.

### **4.5.3 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies**

Der subjektive Summenscore nach IKDC zeigte im Gruppenvergleich keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

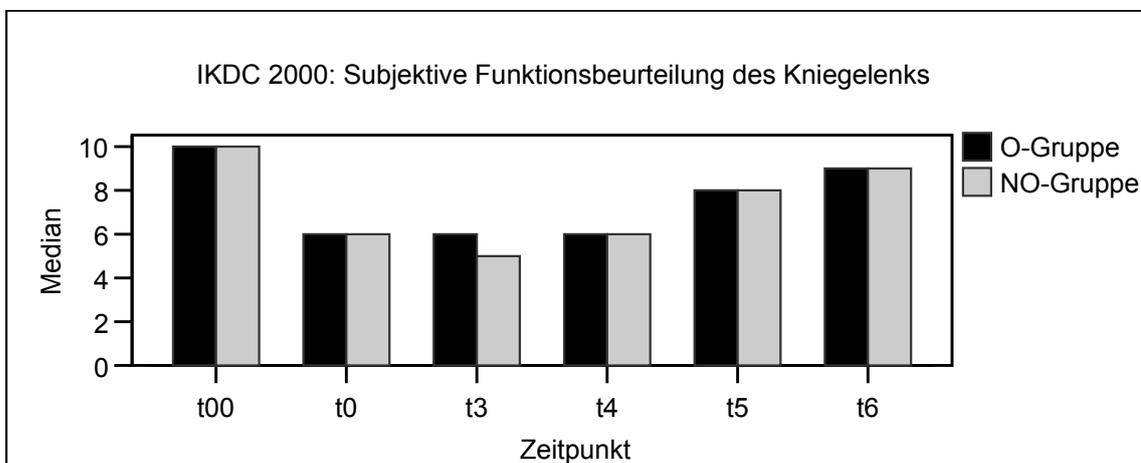
Präoperativ (t0) wurde im Kollektiv ein Median von 72 Punkten (44 - 100) erreicht. 6 Monate postoperativ (t5) lag der Median in der Summe bei 83 Punkten (54 - 100), 1 Jahr postoperativ (t6) bei einem Median von 91 Punkten (59 - 100) (Abb. 24).



**Abb. 24:** IKDC 2000 - Subjektiver Summenscore

#### 4.5.4 Subjektive Beurteilung der Funktionsfähigkeit des Knies

Im Gruppenvergleich zeigten sich hinsichtlich der subjektiven Funktionsbeurteilung (Abb. 25) zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Differenzen ( $p > 0,05$ ). Der retrospektiv ermittelte Funktionszustand des Kniegelenks zum Zeitpunkt vor der Verletzung (t00) lag im Gesamtkollektiv bei einem Median von 10 Punkten (8 - 10). Präoperativ (t0) erzielte das Kollektiv eine funktionelle Selbsteinschätzung von 6 Punkten (2 - 10) im Median. Ein halbes Jahr postoperativ (t5) ergab die Beurteilung der Funktionsfähigkeit des operierten Kniegelenks 8 Punkte (4 - 10) im Median. In der Abschlussuntersuchung (t6) lag die subjektive Funktionseinschätzung im Kollektiv bei einem Median von 9 Punkten (3 - 10).



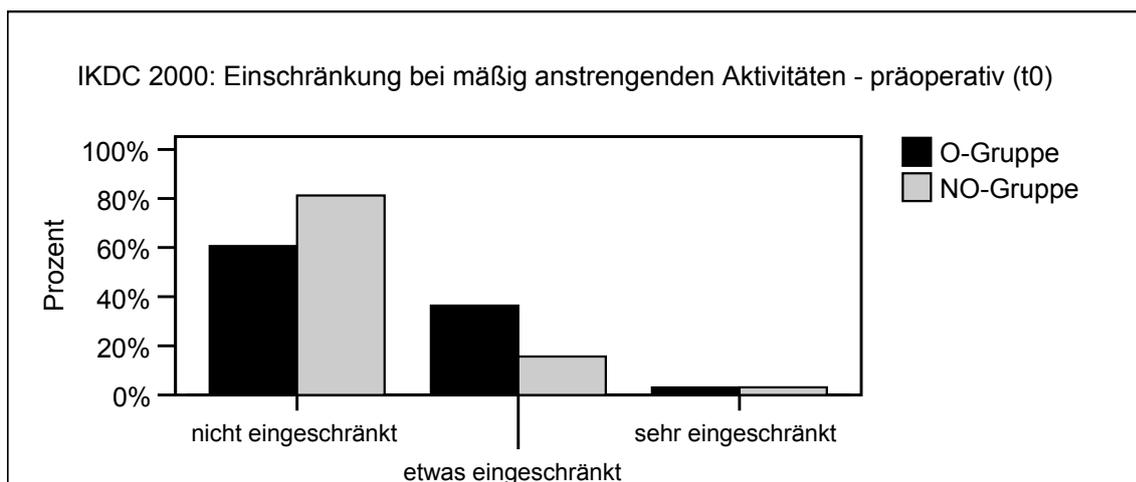
**Abb. 25:** IKDC 2000 - Subjektive Funktionsbeurteilung

#### 4.5.5 Formblatt zur Beurteilung des Gesundheitszustandes

Im Gruppenvergleich ergab die Beurteilung des Einschränkungsgrades bei mäßig anstrengenden und anstrengenden Aktivitäten keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

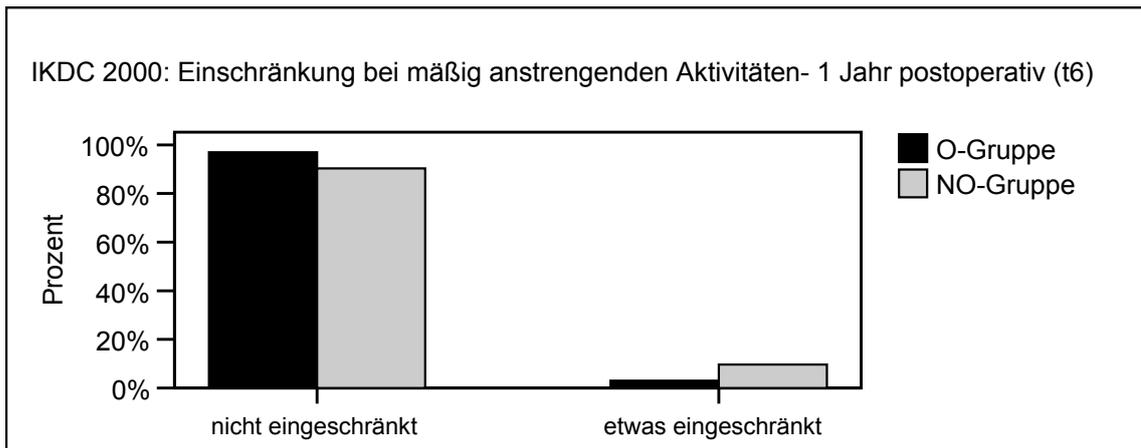
##### ***Einschränkung bei mäßig anstrengenden Aktivitäten***

Bei mäßig anstrengenden Aktivitäten fühlten sich präoperativ 70,8% [Gesamt: 46/65; O-Gruppe: 60,6% (20/33); NO-Gruppe: 81,2% (26/32)] überhaupt nicht eingeschränkt. Eine leichte Einschränkung wurde bei 26,2% [Gesamt: 17/65; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 15,6% (5/32)] und eine starke Einschränkung bei 3,1% [Gesamt: 2/65; O-Gruppe: 3,0% (1/33); NO-Gruppe: 3,1% (1/32)] notiert (Abb. 26).



**Abb. 26:** IKDC 2000 - Einschränkung bei mäßig anstrengenden Aktivitäten (t0)

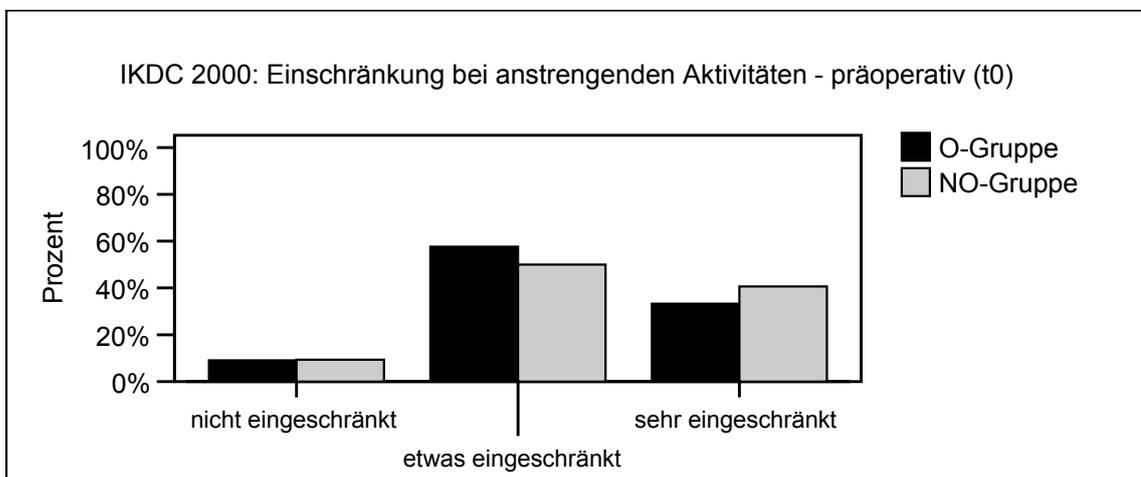
Ein Jahr nach der Knieoperation (Abb. 27) fühlten sich bei mäßig anstrengenden Aktivitäten 93,8% [Gesamt: 60/64; O-Gruppe: 97,0% (32/33); NO-Gruppe: 90,3% (28/31)] überhaupt nicht eingeschränkt. Eine leichte Einschränkung empfanden 6,3% [Gesamt: 4/64; O-Gruppe: 3,0% (1/33); NO-Gruppe: 9,7% (3/31)].



**Abb. 27:** IKDC 2000 - Einschränkung bei mäßig anstrengenden Aktivitäten (t6)

### ***Einschränkung bei anstrengenden Aktivitäten***

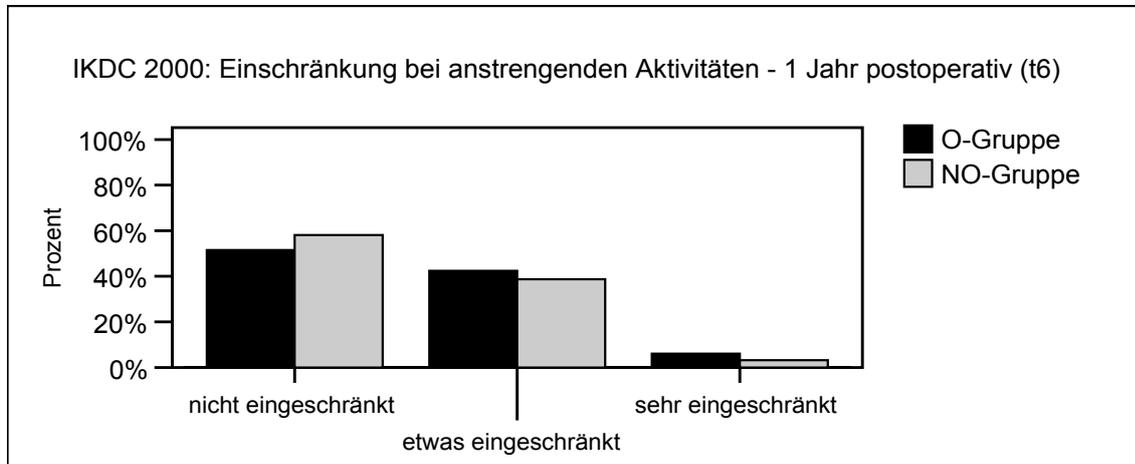
Präoperativ (t0) empfanden 53,8% [Gesamt: 35/65; O-Gruppe: 57,6% (19/33); NO-Gruppe: 50,0% (16/32)] während anstrengender Tätigkeiten eine leichte und 36,9% [Gesamt: 24/65; O-Gruppe: 33,3% (11/33); NO-Gruppe: 40,6% (13/32)] eine starke Einschränkung. 9,2% [Gesamt: 6/65; O-Gruppe: 9,1% (3/33); NO-Gruppe: 9,4% (3/32)] bemerkten keine Einschränkung (Abb. 28).



**Abb. 28:** IKDC 2000 - Einschränkung bei anstrengenden Aktivitäten (t0)

Zur Abschlussuntersuchung ein Jahr postoperativ (Abb. 29) fühlten sich 40,6% [Gesamt: 26/64; O-Gruppe: 42,4% (14/33); NO-Gruppe: 38,7% (12/31)] bei anstrengenden Aktivitäten leicht und 4,7% [Gesamt: 3/64; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 3,2% (1/31)] sehr eingeschränkt. Keine Einschränkung

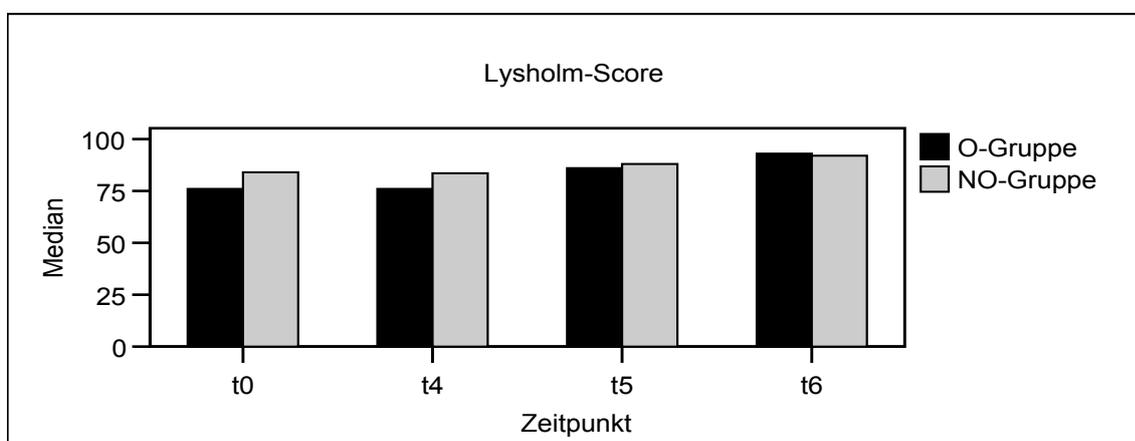
während anstrengender Tätigkeiten empfanden abschließend 54,7% der Patienten [Gesamt: 35/64; O-Gruppe: 51,5% (17/33); NO-Gruppe: 58,1% (18/31)].



**Abb. 29:** IKDC 2000 - Einschränkung bei anstrengenden Aktivitäten (t6)

#### 4.6 Lysholm-Score

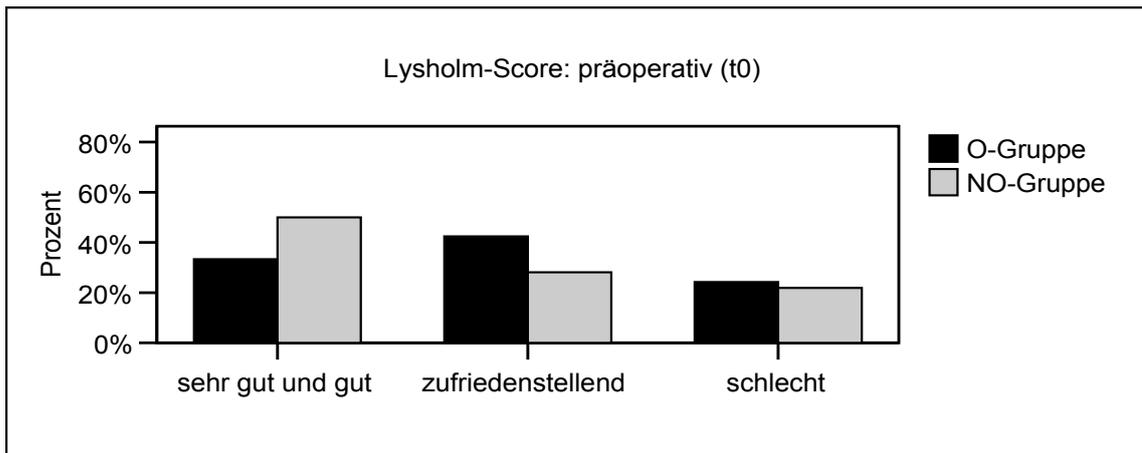
Präoperativ (t0) erzielte die Orthesengruppe im Lysholm-Score mit einem Median von 76 Punkten (46 - 92) einen etwas niedrigeren Wert als die Non-orthesengruppe mit 84 Punkten (55 - 100), was sich numerisch als signifikanter Gruppenunterschied herausstellte ( $p < 0,05$ ). Im postoperativen Nachuntersuchungszeitraum konnte im Score nach Lysholm kein signifikanter Gruppenunterschied festgestellt werden ( $p > 0,05$ ). Ein Jahr postoperativ (t6) ergaben sich vergleichbare Medianwerte [O-Gruppe: 93 (60 - 100), NO-Gruppe: 92 (61 - 100)] (Abb. 30).



**Abb. 30:** Lysholm-Score im Gesamtverlauf

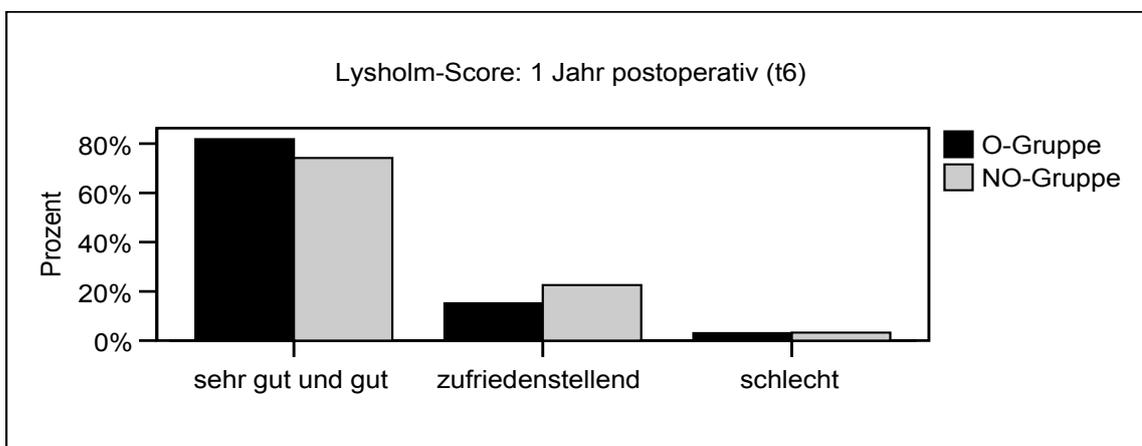
Die Auswertung der gruppierten Ergebnisse im Lysholm-Score [sehr gut und gut (100-84), zufriedenstellend (83-65) und schlecht (<65)] erbrachte zu keinem Zeitpunkt signifikante Gruppenunterschiede ( $p > 0,05$ ).

Präoperativ erreichten 41,5% [Gesamt: 27/65; O-Gruppe: 33,4% (11/33); NO-Gruppe: 50,0% (16/32)] ein sehr gutes oder gutes Ergebnis (Abb. 31).



**Abb. 31:** Lysholm-Score (t0)

In der Abschlussuntersuchung (t6) zeigten 78,1% der Fälle [Gesamt: 50/65; O-Gruppe: 81,8% (27/33); NO-Gruppe: 74,2% (23/31)] mit Werten zwischen 84 und 100 Punkten ein gutes oder sehr gutes Endergebnis. Befriedigende Resultate konnten insgesamt 18,8% [Gesamt: 12/64; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 22,6% (7/31)] erbringen (Abb. 32).

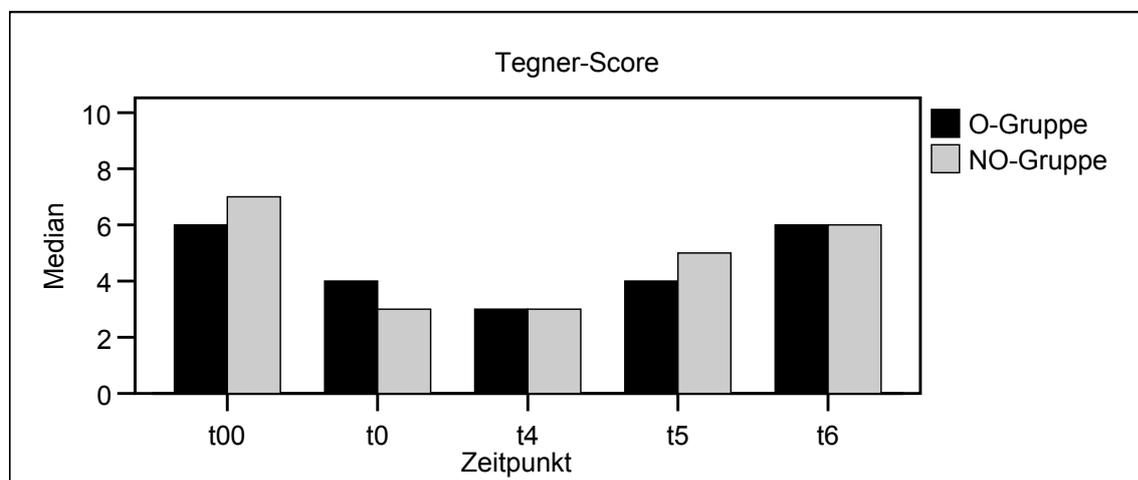


**Abb. 32:** Lysholm-Score (t6)

## 4.7 Tegner-Score

Im Gruppenvergleich des Tegner-Aktivitätslevels ergaben sich im Jahresverlauf postoperativ keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Lediglich beim Vergleich des zusätzlich retrospektiv erhobenen Tegner-Scores für den Zustand vor der Verletzung ( $t_{00}$ ) zeigte sich in der Orthesengruppe mit einem Median von 6 Punkten (2 – 9) im Vergleich zur Nonorthesengruppe mit 7 Punkten (2 - 10) ein numerisch signifikanter Unterschied ( $p < 0,05$ ).

Präoperativ ( $t_0$ ) lag der Median in der Orthesengruppe bei 4 (1 - 6) und in der Nonorthesengruppe bei 3 Punkten (1 - 8). Ein Jahr postoperativ ( $t_6$ ) erreichten beide Gruppen im Median 6 Punkte (3 - 10) (Abb. 33).



**Abb. 33:** Tegner-Aktivitätsscore im Verlauf

Beim Vergleich des präoperativ ermittelten Tegner-Aktivitätsniveaus ( $t_0$ ) mit dem Ergebnis der Abschlussuntersuchung ( $t_6$ ) ergab sich in beiden Gruppen ein Aktivitätszugewinn (positiver Wert) von 2 Punkten im Median.

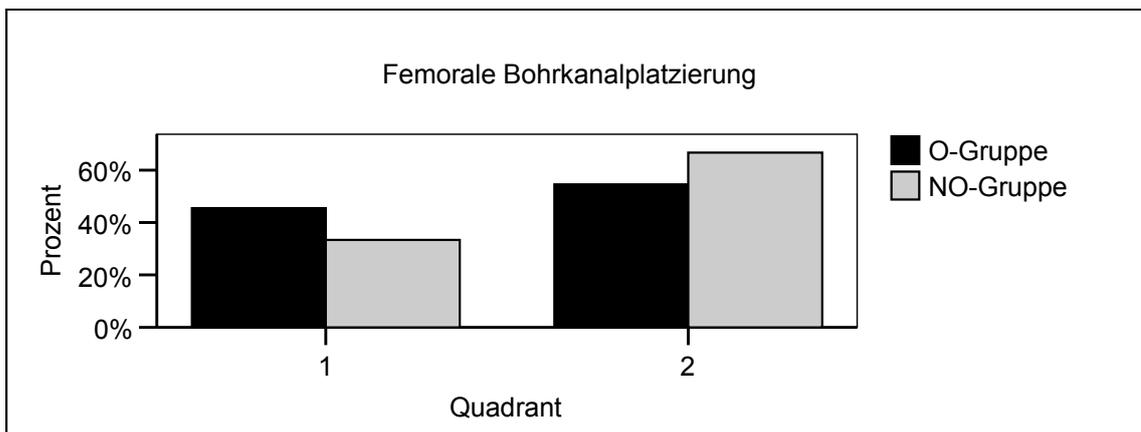
## 4.8 Begleituntersuchungen

### 4.8.1 Radiologische Bohrkanalbeurteilung

#### ***Femorale Bohrkanallage***

Bei der radiologischen Evaluation der femoralen Bohrkanäle nach der Einteilung nach Sommer *et al.* [199] ergaben sich zwischen den Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

Bei 39,7% [Gesamt: 25/63; O-Gruppe: 45,5% (15/33); NO-Gruppe: 33,3% (10/30)] der Patienten wurde der femorale Bohrkanal im ersten posterioren Quadranten und bei den restlichen 60,3% [Gesamt: 38/63; O-Gruppe: 54,5% (18/33); NO-Gruppe: 66,7% (20/30)] ventraler, im zweiten Quadranten, identifiziert (Abb. 34).



**Abb. 34:** Femorale Bohrkanalplatzierung (Sommer *et al.* [199])

### ***Tibiale Bohrkanallage***

Die Auswertung der tibialen Platzierung der Bohrkanäle ergab ebenso keinen Anhalt für statistisch signifikante Gruppenunterschiede ( $p > 0,05$ ). Bei der radiologischen Kontrolle war die tibiale Bohrkanallage bei 28,6% der Patienten [Gesamt: 18/63; O-Gruppe: 27,3% (9/33); NO-Gruppe: 30,0% (9/30)] zwischen dem ersten und dem zweiten anterioren Quadranten zu identifizieren. Die Mehrheit der tibialen Bohrkanäle [Gesamt: 65,1% (41/63); O-Gruppe: 63,6% (21/33); NO-Gruppe: 66,7% (20/30)] war im zweiten Quadranten vorzufinden. Zwischen dem zweiten und dritten Quadranten waren weitere 4,8% der Bohrkanäle [Gesamt: 3/63; O-Gruppe: 6,1% (2/33); NO-Gruppe: 3,3% (1/30)] positioniert. Bei einem Patienten der Orthesengruppe war der tibiale Bohrkanal im sich nach posterior anschließenden dritten Quadranten auszumachen.

### **4.8.2 Kniegelenksüberwärmung und Lymphödem**

Die palpatorische, seitenvergleichende Überprüfung der Kniegelenkstemperatur ergab zu keiner Zeit einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied ( $p > 0,05$ ).

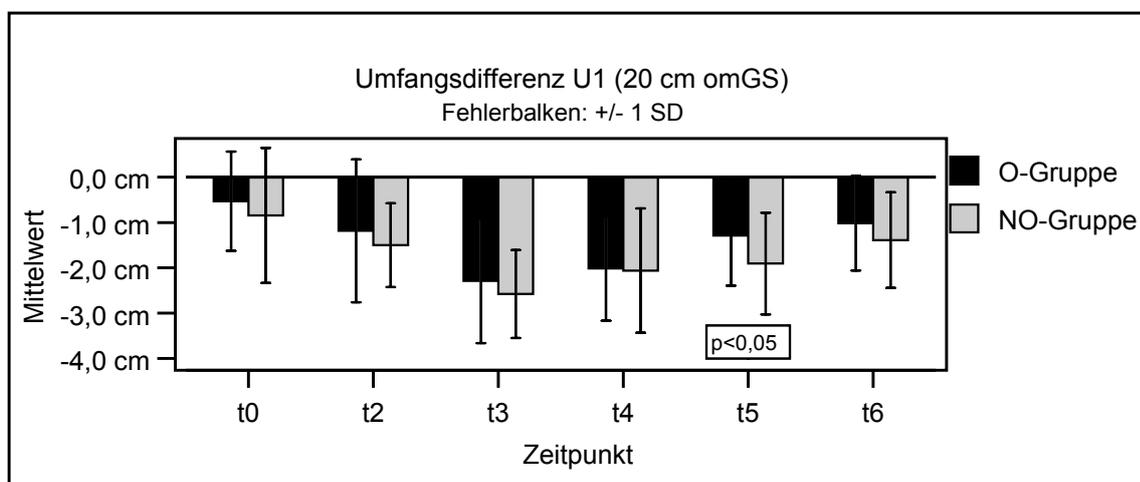
Beim Vergleich klinisch diagnostizierter Unterschenkelödeme zeigte sich im Untersuchungszeitraum lediglich 6 Wochen postoperativ (t3) ein signifikanter Gruppenunterschied ( $p < 0,05$ ). Während zu diesem Zeitpunkt 36,4% (12/33) der Orthesengruppe signifikante Lymphödeme hatten, lag der Anteil in der Nonorthesengruppe bei 9,4% (3/32). Die weiteren Untersuchungsergebnisse zeigten keine signifikanten Differenzen ( $p > 0,05$ ).

#### 4.8.3 Umfangsmessung der unteren Extremität

Die seitenvergleichenden Umfangsmessungen ergaben im Gruppenvergleich mit Ausnahme zweier Messungen (Messhöhe  $U_1$  und  $U_2$ ) 6 Monate postoperativ (t5) keine statistisch signifikanten Unterschiede.

##### **Messhöhe $U_1$ (20 cm oberhalb des medialen Gelenkspalts)**

Zu Studienbeginn (t0) zeigte sich innerhalb der Orthesengruppe bei 20 cm omGS ( $U_1$ ) im Mittel ein um 0,5 cm ( $\pm 1,1$ ) geringeren Umfang als am kontralateralen gesunden Bein (Abb. 35). Vergleichbare Werte wurden bei der Nonorthesengruppe mit einem Umfangsdefizit von durchschnittlich 0,8 cm ( $\pm 1,5$ ) erhoben ( $p > 0,05$ ). Ein halbes Jahr postoperativ (t5) lag in der Orthesengruppe mit 1,3 cm ( $\pm 1,1$ ) ein statistisch signifikant geringerer ( $p < 0,05$ ) Seitenunterschied vor als in der Nonorthesengruppe mit einer Differenz von 1,9 cm ( $\pm 1,1$ ). Zu Studienabschluss (t6) ergaben sich vergleichbare Umfangsdefizite [O-Gruppe: 1,0 cm ( $\pm 1,0$ ); NO-Gruppe: 1,4 cm ( $\pm 1,1$ )].



**Abb. 35:** Umfangsdifferenz im Seitenvergleich auf Höhe  $U_1$  (20 cm omGs)

### Messpunkt U<sub>2</sub> (10 cm oberhalb des medialen Gelenkspalts)

Bis auf den Untersuchungszeitpunkt t<sub>5</sub> (6 Monate postoperativ) ergaben die seitenvergleichenden Umfangsmessungen auf Höhe U<sub>2</sub> (10 cm omGS) im Untersuchungszeitraum vergleichbare Ergebnisse zwischen den Gruppen (Abb. 36). 6 Monate postoperativ (t<sub>5</sub>) zeigte die Nonorthesengruppe mit 1,5 cm ( $\pm 1,2$ ) im Seitenvergleich ein statistisch signifikant größeres Umfangsdefizit ( $p < 0,05$ ) als die Orthesengruppe mit 0,8 cm ( $\pm 1,0$ ).

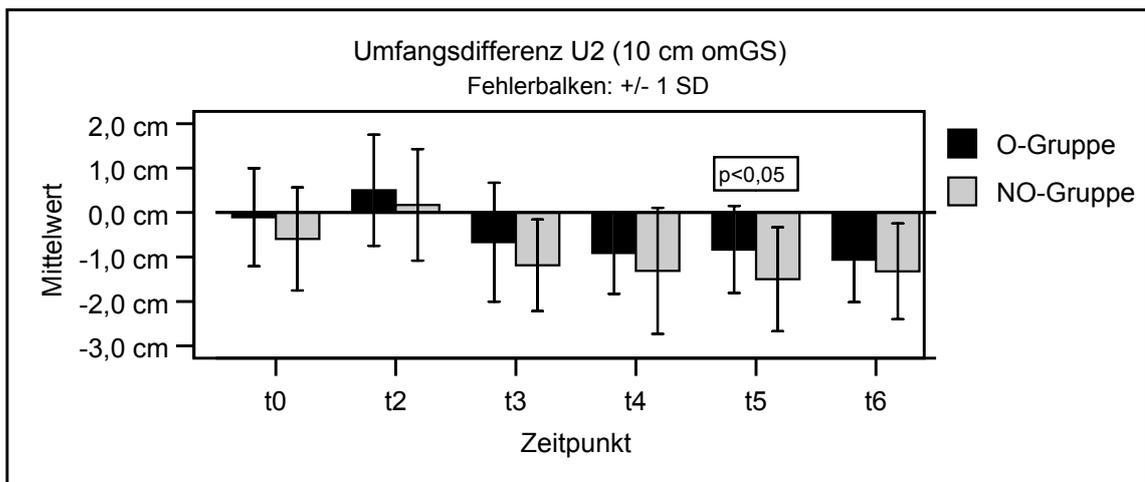


Abb. 36: Umfangsdifferenz im Seitenvergleich auf Höhe U<sub>2</sub> (10 cm omGs)

### Messpunkt U<sub>3</sub> (Kniegelenk)

Die Umfangsmessungen am Messpunkt U<sub>3</sub> (Patellamitte) zeigten in der Gruppegegenüberstellung stets vergleichbare Ergebnisse (Abb. 37).

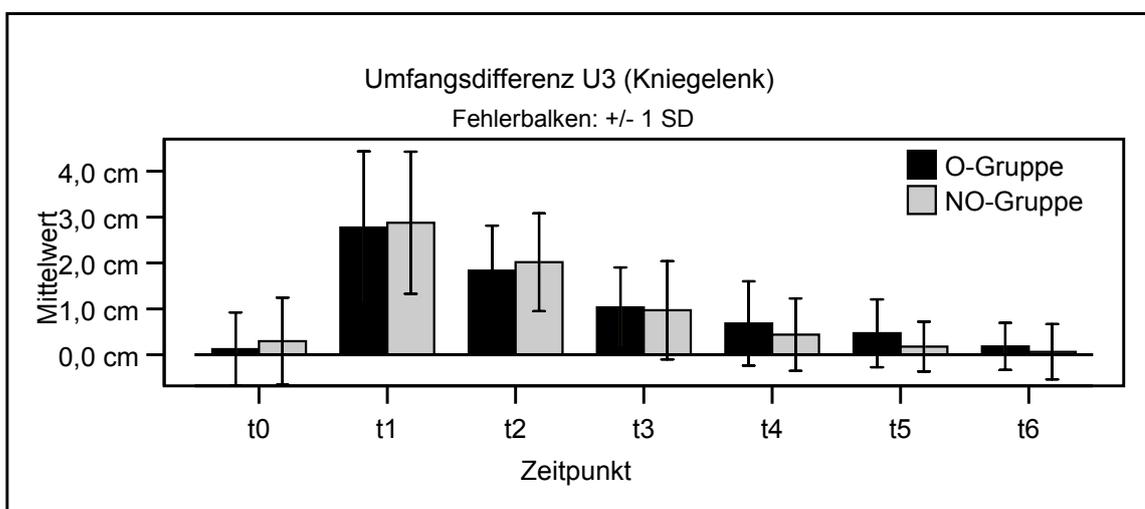


Abb. 37: Umfangsdifferenz im Seitenvergleich auf Höhe U<sub>3</sub> (Patellamitte)

**Messpunkt  $U_4$  und  $U_5$  (Wade und Fußfessel)**

Die statistische Auswertung der Umfangsmessungen am Wadenmaximum ( $U_4$ ) und an den Fußfesseln ( $U_5$ ) lieferte bei intraindividuell vernachlässigbar kleinen Schwankungen zu keinem Zeitpunkt signifikante Gruppenunterschiede.

**4.8.4 Winkeltest**

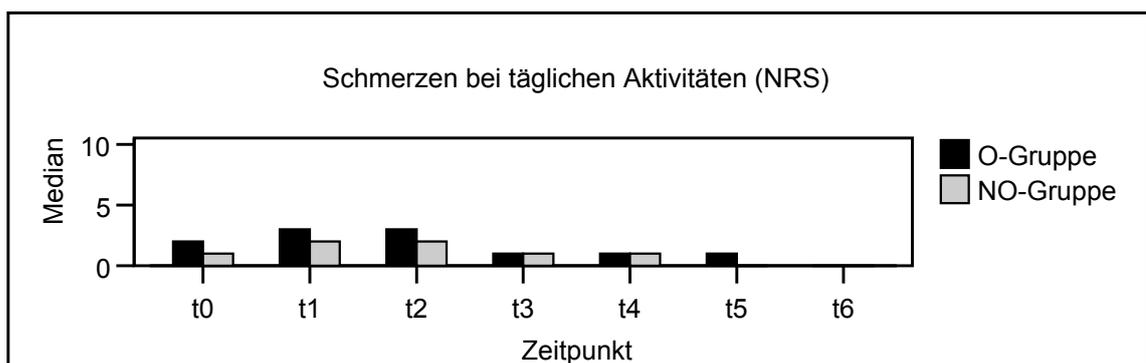
Im Gruppenvergleich konnte die Testung des Stellungsempfindens am Kniegelenk während des gesamten Untersuchungszeitraums keine statistisch signifikanten Unterschiede aufzeigen ( $p > 0,05$ ). Präoperativ wurden die Winkelpositionen bei 40,0% [Gesamt: 26/65; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 43,8% (14/32)] der Patienten schlechter am verletzten Kniegelenk als auf der gesunden Seite erkannt. 6 Wochen postoperativ (t3) hatten 33,8% [Gesamt: 22/65; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 28,1% (9/32)] weniger genaue Ergebnisse am operierten Gelenk als kontralateral. 12 Wochen postoperativ (t4) konnten 30,8% der Studienteilnehmer [Gesamt: 20/65; O-Gruppe: 30,3% (10/33); NO-Gruppe: 31,3% (10/32)] die Winkelgrade am operierten Knie schlechter als am gesunden Kniegelenk zuordnen. Nach einem halben Jahr (t5) erkannten 26,6% [Gesamt: 17/64; O-Gruppe: 21,2% (7/33); NO-Gruppe: 32,3% (10/31)] und zur Abschlussuntersuchung (t6) ebenso 26,6% [Gesamt: 17/64; O-Gruppe: 36,4% (12/33); NO-Gruppe: 16,1% (5/31)] die eingestellten Winkel am operierten Knie schlechter als auf der gesunden Seite.

**4.8.5 Schmerzevaluation*****Schmerzen in Ruhe***

Im Gruppenvergleich ergab die Auswertung des Schmerzempfindens in Ruhe keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ). Präoperativ (t0) wurde im Ruhezustand mittels numerischer Rating-Skala (NRS) für beide Gruppen ein Medianwert von 0 Punkten (0 - 6) und ein Jahr postoperativ (t6) ein Medianwert von 1 (0 - 1) ermittelt.

### **Schmerzen bei täglichen Aktivitäten**

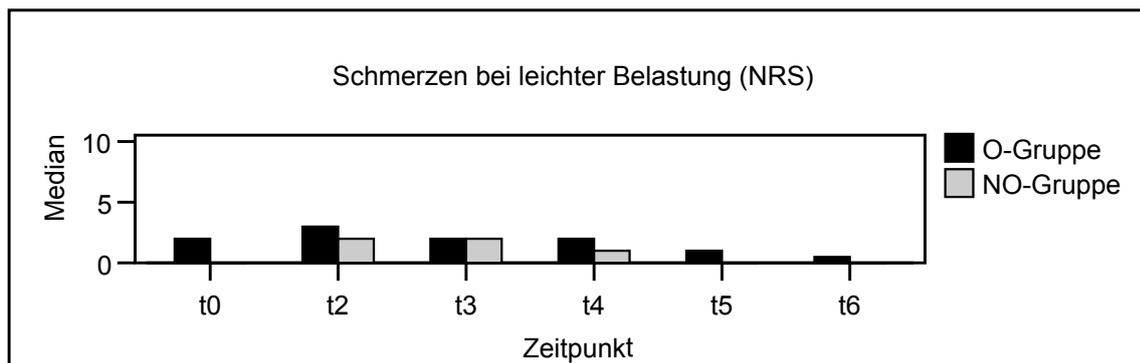
Die Beurteilung der Schmerzen bei täglichen Aktivitäten ergab im Untersuchungszeitraum präoperativ (t0) und ein halbes Jahr postoperativ (t5) signifikante Gruppenunterschiede. Präoperativ (t0) wurde in der Nonorthesengruppe mit einem Medianwert von 1 (0 – 3) ein statistisch signifikant niedrigerer Wert als in der Orthesengruppe mit einem Median von 2 (0 - 8) ermittelt ( $p < 0,05$ ). 6 und 12 Wochen (t3 und t4) postoperativ zeigten beide Gruppen einen Medianwert von 1 auf der NRS. Ein halbes Jahr postoperativ (t5) lag in der Orthesengruppe ein Median von 1 (0 – 5) und in der Nonorthesengruppe ein signifikant niedrigerer Medianwert von 0 (0 – 3) vor ( $p < 0,05$ ). Zum Zeitpunkt der letzten Untersuchung (t6) wurde in beiden Gruppen ein Medianwert von 0 (0 - 4) festgestellt (Abb. 38).



**Abb. 38:** Schmerzverlauf (NRS) bei täglichen Aktivitäten

### **Schmerzen bei leichter Belastung**

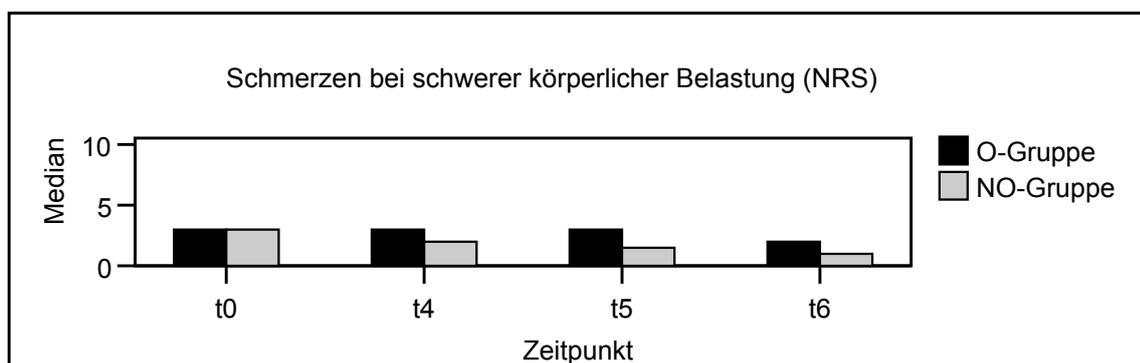
Die Auswertung der Beschwerden bei leichter Belastung ergab in der numerischen Auswertung lediglich präoperativ (t0) einen statistisch signifikanten Gruppenunterschied. Mit einem Medianwert von 2 (0 – 6) zeigte die Orthesengruppe präoperativ im Vergleich zur Nonorthesengruppe mit einem Wert von 1 (0 – 3) ein statistisch signifikant höheres Schmerzniveau ( $p < 0,05$ ). Ein Jahr postoperativ (t6) lagen innerhalb der Gruppen, stellvertretend für den gesamten Untersuchungszeitraum, vergleichbare Ergebnisse vor [O-Gruppe: 1 (0 - 4); NO-Gruppe: 0 (0 - 4)] (Abb. 39).



**Abb. 39:** Schmerzverlauf (NRS) bei leichter Belastung

### **Schmerzen bei schwerer körperlicher Belastung**

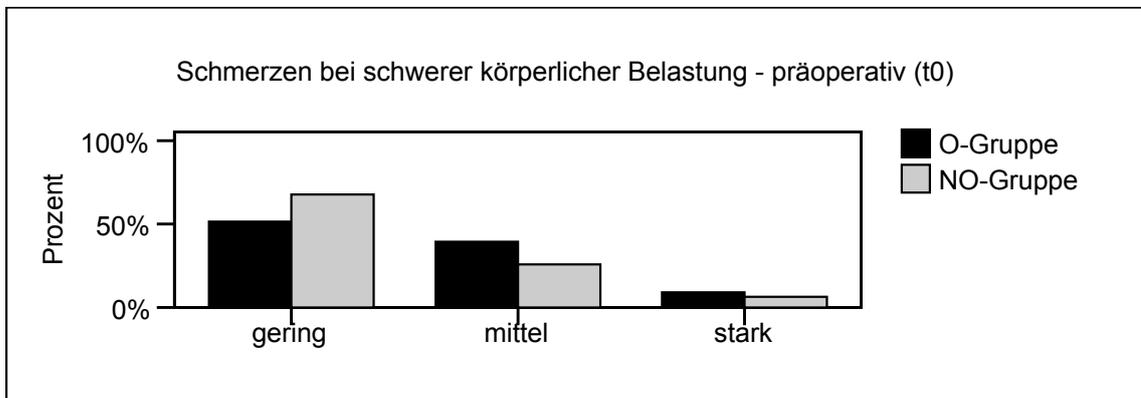
Die Auswertung der Schmerzen bei schwerer körperlicher Belastung ergab präoperativ im Gruppenvergleich in beiden Gruppen einen vergleichbaren Medianwert von 3 (0 - 8) auf der NRS (Abb. 40). Ein halbes Jahr nach der Operation (t5) zeigte sich in der Orthesengruppe mit einem Median von 3 (0 - 8) ein numerisch signifikant höherer Wert als in der Nonorthesengruppe mit einem Median von 2 (0 - 7). Ebenso lagen die Medianwerte ein Jahr postoperativ (t6) in der Orthesengruppe mit 2 (0 - 9) statistisch signifikant höher ( $p < 0,05$ ) als in der Nonorthesengruppe mit einem NRS-Wert von 1 (0 - 6).



**Abb. 40:** Schmerzverlauf (NRS) bei schwerer körperlicher Belastung

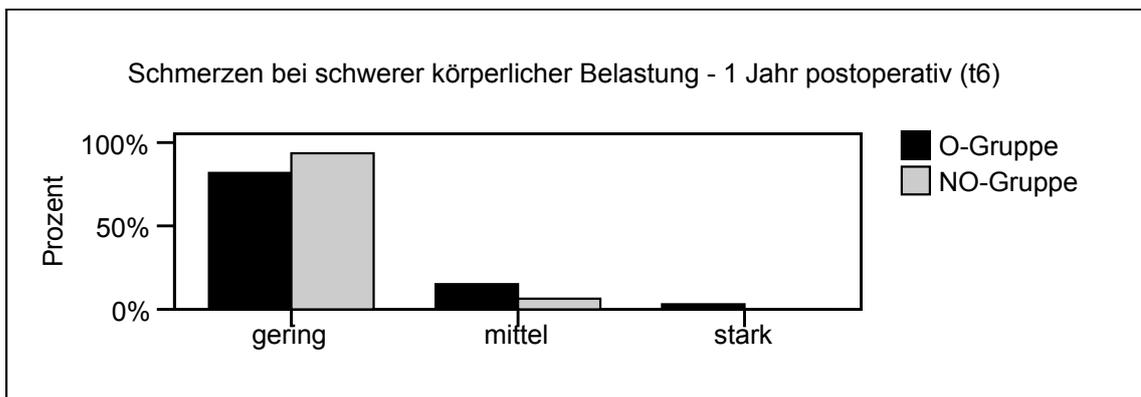
Statistisch unauffällig ( $p > 0,05$ ) verhielten sich dagegen insgesamt die Ergebnisse der dreistufigen Schmerzeinteilung (gering, mittel, stark). Die Beschwerden bei schwerer körperlicher Belastung wurden präoperativ von 59,4% (Gesamt: 38/64; O-Gruppe: 51,5% (17/33); NO-Gruppe: 67,7% (21/31)] als gering,

von 32,8% [Gesamt: 21/64; O-Gruppe: 39,4% (13/33); NO-Gruppe: 25,8% (8/31)] als mittel und von 7,8% (Gesamt: 5/64; O-Gruppe: 9,1% (3/33); NO-Gruppe: 6,5% (2/31)] als stark bewertet (Abb. 41).



**Abb. 41:** Schmerzangabe bei schwerer körperlicher Belastung (t0)

Zu Studienabschluss (t6) gaben 87,5% [Gesamt: 56/64; O-Gruppe: 81,8% (27/33); NO-Gruppe: 93,5% (29/31)] an, unter schwerer körperlicher Belastung geringe oder keine Schmerzen wahrzunehmen. 10,9% [Gesamt: 7/64; O-Gruppe: 15,2% (5/33); NO-Gruppe: 6,5% (2/31)] bewerteten die Schmerzen als mittelgradig und ein Patient der Orthesengruppe als höhergradig (Abb. 42).



**Abb. 42:** Schmerzangabe bei schwerer körperlicher Belastung (t6)

## 5 ERGEBNISÜBERBLICK

Insgesamt lässt sich feststellen, dass sämtliche Maßnahmen zur Überprüfung beider Nachbehandlungsmethoden, mit und ohne Orthese, in der Gesamtheit keine statistisch signifikanten Unterschiede aufzeigen konnten. Die Gruppen lieferten bezüglich subjektiver und objektiver Untersuchungskriterien im Studienzeitraum vergleichbare Ergebnisse.

Hinsichtlich der Hauptzielkriterien (IKDC 2000, Tegner- und Lysholm-Score, KT-1000) traten postoperativ keine statistisch signifikanten Unterschiede (ns) im Gruppenvergleich auf. Signifikante Gruppenunterschiede (s) zeigten sich präoperativ (t0) im Lysholm-Score und im retrospektiv (t00) erhobenen, prätraumatischen Tegner-Score (Tab. 6).

HAUPTKRITERIEN								
	t00	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
<b>IKDC 2000 - Formblatt</b>								
<b>1. Ergussbeurteilung</b>	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>2. Bewegungsumfang</b>	-	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
<b>3. Ligamentbeurteilung</b>	-	ns	-	-	-	-	ns	ns
<b>Objektives Gesamtergebnis</b>	-	ns	-	-	-	-	ns	ns
<b>IKDC 2000</b>								
<b>Subjektiver Summenscore</b>	-	ns	-	-	ns	ns	ns	ns
<b>IKDC 2000</b>								
<b>Subjektive Funktionsbeurteilung</b>	ns	ns	-	-	ns	ns	ns	ns
<b>IKDC 2000 SF-36 Health Survey</b>	-	ns	-	-	-	-	-	ns
<b>Stabilitätsmessung (KT-000)</b>	-	ns	-	-	-	-	ns	ns
<b>Pivot- Shift-Test</b>	-	ns	-	-	-	-	ns	ns
<b>Lachman-Test</b>	-	ns	-	-	-	-	ns	ns
<b>Lysholm-Score</b>	-	<b>s</b>	-	-	-	ns	ns	ns
<b>Tegner-Score</b>	<b>s</b>	ns	-	-	-	ns	ns	ns

Tab. 6: Statistischer Vergleich der Gruppenergebnisse (Hauptkriterien)

Hinsichtlich der Nebenkriterien ergaben sich im Jahresverlauf lediglich vereinzelt statistisch signifikante Gruppendifferenzen. So zeigte sich bei der lymphatischen Schwellneigung 6 Wochen und bei der Messung des Umfangsverlusts 6 Monate postoperativ ein statistisch signifikanter Gruppenunterschied.

In der Gegenüberstellung der Schmerzbeurteilung waren die Ergebnisse beider Gruppen, bis auf vereinzelte Differenzen, im Wesentlichen vergleichbar. Auch

im Winkeltest sowie im Funktionstest konnten im Kollektiv keine signifikanten Gruppendifferenzen nachgewiesen werden (Tab. 7).

NEBENKRITERIEN								
	t00	t0	t1	t2	t3	t4	t5	t6
Winkeltest	-	ns	-	-	ns	ns	ns	ns
Lymphödem	-	-	ns	ns	s	ns	/	/
Umfang 20 cm (omGS)	-	ns	ns	ns	ns	ns	s	ns
Umfang 10 cm (omGS)	-	ns	ns	ns	ns	ns	s	ns
(NRS) Ruhe	-	ns						
(NRS) Alltag	-	s	ns	ns	ns	ns	s	ns
(NRS) Leichte Belastung	-	s	ns	ns	ns	ns	ns	ns
(NRS) Schwere Belastung	-	ns	ns	ns	ns	ns	s	s

Tab. 7: Statistischer Vergleich der Gruppenergebnisse (Nebenkriterien)

Unter Berücksichtigung subjektiver Beurteilungskriterien und des klinischen Gesamtergebnisses fielen die abschließenden Ergebnisse im Studienkollektiv 1 Jahr postoperativ (t6) insgesamt positiv aus (Tab. 8). Über 90% der Studienteilnehmer erhielten in der klinischen Gesamtevaluation nach dem IKDC 2000 eine normale (Grad A) oder fast normale (Grad B) Abschlussbewertung. In der instrumentellen Stabilitätsmessung (134 N) blieb das Kollektiv ein Jahr postoperativ im Durchschnitt unter 3 mm im Seitenvergleich [2,1 (±2,3)].

1-Jahres-Ergebnisse (t6)	Orthesen- gruppe	Nonorthesen- gruppe	Gesamt
<b>IKDC 2000 - Abschlussbeurteilung</b>			
Grad A	24,2% (8/33)	35,5% (11/31)	29,7% (19/64)
Grad B	75,8% (25/33)	48,4% (15/31)	62,5% (40/64)
Grad C	0% (0/33)	16,1% (5/31)	7,8% (5/64)
<b>IKDC 2000 - Subjektiver Summenscore</b>	92 (59 – 100)	90 (67 – 100)	91 (59 – 100)
<b>IKDC 2000 - Funktionelle Beurteilung</b>	9 (3 – 10)	9 (5 – 10)	9 (3 – 10)
<b>Lysholm-Score</b>			
Median	93 (60 - 100)	92 (61 - 100)	92 (60 – 100)
gut und sehr gut	81,8% (27/33)	74,2% (23/31)	78,1% (50/64)
<b>Tegner-Score</b>			
Median	6 (3 – 9)	6 (3 – 10)	6 (3 – 10)
<b>Stabilitätsmessung (KT-1000)</b>			
89 N	1,3 mm (± 2,0)	2,0 mm (± 2,2)	1,6 (± 2,1)
134 N	1,7 mm (± 2,1)	2,5 mm (± 2,5)	2,1 (± 2,3)
Max.	1,8 mm (± 2,3)	2,5 mm (± 2,7)	2,2 (± 2,5)

Tab. 8: Ergebnisüberblick (t6)

## 6 DISKUSSION

### 6.1 Kritische Betrachtung der Studie

Die Studienteilnehmer wurden initial, mit dem Ziel zwei vergleichbare Gruppen aufzustellen, randomisiert den beiden Untersuchungsgruppen, mit und ohne Orthesennachbehandlung, zugeteilt. Zahlreiche Untersuchungskriterien ermöglichten einen umfassenden Vergleich der Gruppenergebnisse untereinander, sowie auch mit den Ergebnissen der Literatur. Die Grundlage hierzu lag in der Anwendung international anerkannter Score- und Evaluationssysteme.

Schwierigkeiten in der klinischen Anwendung bereiteten allerdings einzelne Scores, wie etwa der Lysholm- und der Tegner-Score. Die Schwachstellen der Score-Systeme wurden darin gesehen, dass ein individuelles und präzises Eingehen auf die Patientensituation teils nur unzulänglich gewährleistet werden konnte. In der Literatur erfährt beispielsweise gerade der Lysholm-Score darin Kritik, eine geringe Aussagekraft bei anstrengenden Tätigkeiten zu haben [179]. Nach Hefti und Müller [97] wird zudem die Summation zu einem Gesamtscore als ungünstig angesehen, da dies insgesamt zu einer Überbewertung subjektiver Parameter führe und einzelne Problembereiche darin untergingen [78, 134]. Die Behandlung des Studienkollektivs nach dem *Intention to treat*-Prinzip konnte bis auf eine Ausnahme (Studienabbruch wegen Transplantatruptur) realisiert werden. Die verbleibenden Patienten wurden wie zu Studienbeginn festgelegt nachuntersucht. Auf Grund unvermeidbarer Umstände, wie etwa Kniegelenksverletzungen oder auch Gravidität, kam es zeitweise zu einem mehr oder weniger stark ausgeprägten Drift einzelner Untersuchungsergebnisse. Entsprechende Fälle wurden allerdings nicht von der Studie ausgeschlossen und entsprechend in der Auswertung berücksichtigt.

Die Grenzen dieser Arbeit zeigten sich zurückblickend in der eingeschränkten Kontrollmöglichkeit des individuellen Rehabilitationsverlaufs. So lagen Inanspruchnahme des physiotherapeutischen Angebots (ambulante/ stationäre Rehabilitationsbehandlung) ebenso wie auch die konsequente Nutzung der Orthese weitestgehend im Ermessen des einzelnen Patienten.

## 6.2 Studienlage

Zur Protektion des Transplantats vor übermäßiger Beanspruchung werden in den ersten Wochen nach operativer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes häufig rehabilitative und funktionelle Orthesen eingesetzt [28, 29, 92, 146, 151, 153, 155, 180]. Der klinische Nutzen der Orthesenanwendung im Rahmen der Frührehabilitation nach VKB-Rekonstruktion konnte allerdings bis heute noch nicht eindeutig geklärt werden. Wissenschaftliche Studien wie beispielsweise von Anderson *et al.* [10], Beck *et al.* [20], Beynnon *et al.* [28 und 29], Cawley *et al.* [44], Cook *et al.* [46], Rebel und Paessler [178] und Wojtys *et al.* [214] konnten nur teilweise einen Wirksamkeitsnachweis der Orthesen erbringen.

Die kreuzbandprotektive Funktion des postoperativen Bracings wird in der nachweislichen Reduktion von Translations- und Rotationsbewegungen im geschienten gegenüber dem ungeschienten Kniegelenk gesehen. Positive Effekte der Orthesen konnten allerdings lediglich bei relativ niedrigen Krafterwirkungen nachgewiesen werden. Bei zunehmender Kraft ist von einer deutlichen Abnahme des effektiven Nutzens in der Kontrolle der anterioren tibialen Translation auszugehen [10, 20, 29 44].

Einer Untersuchung von DeVita *et al.* [54] zufolge wird die kreuzbandprotektive Wirkung der Orthesen in einer Reduktion der auf das Kniegelenk wirkenden Kräfte gesehen.

Neben der mechanischen Funktion zur Protektion der Bandrekonstruktion werden die Vorteile der Knieorthesen zudem aber auch in einer Verbesserung der Propriozeption gesehen [30, 178, 190, 210].

Bei der Überprüfung der verfügbaren Literatur auf klinische Vergleichsstudien zum Thema Orthesennachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion wurde eine überschaubare Anzahl relevanter wissenschaftlicher Arbeiten gefunden.

Brandsson *et al.* [38], Harilainen und Sandelin [91, 92], Kartus *et al.* [120], McDevitt *et al.* [151], Möller *et al.* [153] und Risberg *et al.* [180] stellten in ihren prospektiven klinischen Studien den kontrollierten Vergleich der Rehabilitation mit und ohne Orthese nach VKB-Rekonstruktion an. Grundlegende Bedingung zum Studienvergleich war die ausschließliche Verwendung eines autogenen BPTB-Transplantats zur Bandrekonstruktion.

Die Gruppenzuteilung der Studienteilnehmer erfolgte mit Ausnahme der Arbeit von Kartus *et al.* [120] randomisiert. Zur Erfassung der Behandlungsergebnisse kamen unter anderem international anerkannte Beurteilungskriterien, wie die Evaluation nach dem IKDC, der Tegner- und Lysholm-Score, der Cincinnati-Score und die instrumentelle Stabilitätsprüfung (KT-1000, CA 4000, Knee Laxity Tester), zum Einsatz. In den Arbeiten von Harilainen und Sandelin [91, 92], Möller *et al.* [153] und Risberg *et al.* [180] wurde nicht nach den Kriterien des IKDCs evaluiert. Mit Ausnahme der Publikationen von Harilainen und Sandelin [91, 92] sowie von Möller *et al.* [153] wurde zur instrumentellen Stabilitätsmessung der KT-1000 verwendet. Harilainen und Sandelin [91, 92] setzten zur Stabilitätsprüfung das Gerät CA 4000 (OSI, Hayward, Ca., USA) ein, Möller *et al.* [153] den Knee Laxity Tester (Stryker Kalamazoo, Mich., USA).

Kartus *et al.* [120] analysierten an insgesamt 78 Patienten mit chronischer VKB-Ruptur die Effizienz von Knieorthesen in der frühen Rehabilitationsphase nach VKB-Rekonstruktion. Zu diesem Zweck wurden die Studienteilnehmer in zwei gleich große Gruppen (Orthesen- und Nonorthesengruppe), deren Rehabilitationsverfahren sich lediglich bezüglich der Orthesenanwendung unterschieden, eingeteilt. Die Tragedauer der Schiene war in der Orthesengruppe auf einen postoperativen Zeitraum von durchschnittlich 4 Wochen (3 – 6) beschränkt. Zur Nachuntersuchung, durchschnittlich 24 Monate postoperativ, konnten die Autoren in der seitenvergleichenden instrumentellen Stabilitätsmessung (KT-1000) bei einem Median von 3 mm (-5,5 – 11) keine signifikanten Unterschiede im Gruppenvergleich feststellen. Auch bezüglich des Tegner-Scores [O-Gruppe: Median 7 (3 – 9); NO-Gruppe: 6 (3 – 9)] und des Lysholm-Scores [O-Gruppe: Median 89 (39 – 100); NO-Gruppe: Median 85 (37 – 100)] ergaben sich keine signifikanten Unterschiede. Sehr gute und gute Ergebnisse im Lysholm-Score ( $\geq 84$  Punkte) zeigten 69% der Orthesengruppe und 54% der Nonorthesengruppe. Die Evaluation nach dem IKDC blieb ebenfalls ohne statistisch signifikante Gruppenunterschiede (Tab. 9).

IKDC-Abschlussbeurteilung (2 Jahre postoperativ)	IKDC Gruppe A	IKDC Gruppe B	IKDC Gruppe C	IKDC Gruppe D
<b>Orthesengruppe</b>	23% (9/39)	46% (18/39)	28% (11/39)	3% (1/39)
	69% (27/39)			
<b>Nonorthesengruppe</b>	15% (6/39)	46% (18/39)	33% (13/39)	5% (2/39)
	62% (24/39)			

**Tab. 9:** IKDC-Abschlussbeurteilung (Kartus *et al.* [120])

Kartus *et al.* [120] konnten abschließend keinen klinisch signifikanten Effekt des postoperativen Bracings auf die Funktion, den Aktivitätslevel und die Laxizität im Vergleich zur schienenfreien Nachbehandlung feststellen. Aus diesem Grund wurde die Empfehlung ausgesprochen, nach VKB-Rekonstruktionen zur raschen Vollbelastung ohne orthetischer Limitierung überzugehen.

Brandsson *et al.* [38] verglichen in ihrer prospektiven Studie ebenfalls die Ergebnisse der schienenfreien Nachbehandlung mit denen der Orthesennachbehandlung in der frühen Rehabilitationsphase nach VKB-Rekonstruktion. Hierzu wurden 50 Patienten randomisiert in 2 Gruppen (Orthesen- und Nonorthesengruppe) je 25 Personen aufgeteilt. Die Orthese war in der Orthesengruppe 3 Wochen konsequent zu tragen und auch nicht zur physiotherapeutischen Beübung abzulegen. Im Studienverlauf wurden insgesamt 7 Patientenausfälle dokumentiert, so dass in der Abschlussuntersuchung nach durchschnittlich 26 Monaten postoperativ, 92% (23/25) der Orthesengruppe und 80% (20/25) der Nonorthesengruppe nachuntersucht werden konnten. Im Gruppenvergleich zeigten sich 2 Jahre postoperativ im Tegner-Score [O-Gruppe: 6 (4 – 10); NO-Gruppe: 5 (2 – 9)], im Lysholm-Score [Median: 95 Punkte (72 – 100)] und hinsichtlich der Abschlussbeurteilung nach dem IKDC (Tab. 10) keine signifikanten Unterschiede.

IKDC-Abschlussbeurteilung (2 Jahre postoperativ)	IKDC Gruppe A	IKDC Gruppe B	IKDC Gruppe C	IKDC Gruppe D
<b>Orthesengruppe</b>	8 (35%)	9 (39%)	6 (26%)	0
<b>Nonorthesengruppe</b>	5 (25%)	11 (55%)	4 (20%)	0

**Tab. 10:** IKDC-Abschlussbeurteilung (Brandsson *et al.* [38])

Brandsson's Stabilitätsmessungen mit dem KT-1000 ergaben präoperativ durchschnittlich weniger als 3 mm im Seitenvergleich [O-Gruppe: 2,0 mm (0 – 8,0); NO-Gruppe: 2,8 mm (0,5 – 7,0)] und zum Studienabschluss durchschnittlich 0,5 mm in beiden Gruppen (O-Gruppe: -1,0 – 2,5; NO-Gruppe: 1,5 – 2,5). Bei gleichwertigen Gruppenergebnissen bezüglich Funktion und Stabilität wird von der Autorengruppe eine Orthesennachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion als nicht erforderlich betrachtet.

In der klinischen Vergleichsstudie von Möller *et al.* [153] wurden unter gleicher Fragestellung insgesamt 62 Patienten randomisiert in zwei Gruppen, mit und ohne postoperativer Schienennachbehandlung, eingeteilt und nach Rekonstruktion des VKBs über einen Zeitraum von 2 Jahren nachuntersucht. Die rehabilitative Schiene war für eine postoperative Dauer von 6 Wochen konsequent (2 Wochen: Tag und Nacht, 4 Wochen: tagsüber) zu tragen.

Präoperativ ergaben sich mit einem Median im Tegner-Score von 2 Punkten (0 - 7) vergleichbare Aktivitätslevel in beiden Gruppen ( $p=0,33$ ). 6 Monate postoperativ zeigte sich ein signifikanter Gruppenunterschied ( $p<0,05$ ) im Tegner-Score [O-Gruppe: 3 (1 – 6), NO-Gruppe: 4 (1 – 8)]. In der Endevaluation, 2 Jahre postoperativ, wurden im Tegner-Score abschließend vergleichbare ( $p=0,08$ ) Ergebnisse ermittelt [O-Gruppe: 5 (1 – 9); NO-Gruppe: 6 (1 – 10)]. Die Auswertung der Ergebnisse im Lysholm-Score zeigte zwischen den Gruppen stets vergleichbare Werte. 6 Monate postoperativ erzielte die Orthesengruppe einen durchschnittlichen Punktwert von 94 und die Nonorthesengruppe von 95 Punkten. 2 Jahre postoperativ lagen im Schnitt beide Gruppen über 95 Punkten. Die Messungen des Bewegungsumfanges waren im Untersuchungszeitraum durchweg vergleichbar und ergaben keine statistisch signifikanten Unterschiede im Gruppenvergleich. 6 Wochen postoperativ erreichte die Nonorthesengruppe einen mittleren Bewegungsumfang von  $0^{\circ}/2^{\circ}/127^{\circ}$  und die Orthesengruppe von  $0^{\circ}/3^{\circ}/124^{\circ}$ . 2 Jahre postoperativ wurde in der Nonorthesengruppe ein mittlerer Hyperextensionswinkel von  $-3^{\circ}$  bis  $+3^{\circ}$  und in der Orthesengruppe von  $-1^{\circ}$  bis  $+3^{\circ}$  gemessen.

Die Stabilitätsmessung (Knee Laxity Tester unter 90 N Zugkraft) wurde präoperativ, 6 Monate und 2 Jahre postoperativ durchgeführt (Tab. 11). In der Vari-

anzalyse zeigten sich während des gesamten Nachuntersuchungszeitraums keine signifikanten Gruppenunterschiede.

Knee Laxity Tester (Mittelwert)	Präoperativ	6 Monate	2 Jahre
<b>Orthesengruppe</b>	4,3 mm ( $\pm$ 3,2)	1,5 mm ( $\pm$ 2,5)	1,6 mm ( $\pm$ 1,9)
<b>Nonorthesengruppe</b>	4,5 mm ( $\pm$ 2,9)	1,7 mm ( $\pm$ 2,6)	2,9 mm ( $\pm$ 2,4)

**Tab. 11:** Instrumentelle Stabilitätsmessung (Möller *et al.* [153])

Die Auswertung der seitenvergleichenden Umfangsmessungen des Kniegelenks zeigte lediglich 2 Wochen postoperativ eine signifikante ( $p < 0,05$ ) Gruppendifferenz [O-Gruppe: 2,5 cm ( $\pm$  1,0), NO-Gruppe: 1,7 cm ( $\pm$  0,9)].

Bezüglich der Schmerzuntersuchungen (VAS) ergaben sich zu keinem Zeitpunkt signifikante Gruppenunterschiede. 6 Monate postoperativ hatten beide Gruppen im Median einen VAS-Wert von 0,3 (0 bis 4,3). Bezüglich der Muskel- und Funktionstestungen wurden ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede dokumentiert.

Insgesamt konnten auch Möller *et al.* [153] in ihrer Publikation keine Vorteile des postoperativen Bracings gegenüber der schienenfreien Nachbehandlung aufzeigen.

Im Unterschied zu den bisher vorgestellten Publikationen wurde in den im Folgenden präsentierten Vergleichsstudien von Harilainen und Sandelin [91, 92], McDevitt *et al.* [151] und Risberg *et al.* [180] eine länger andauernde Orthesenversorgung (auch mit funktionellen Orthesen) über einen Zeitraum von mehr als 6 Wochen vorgenommen.

Risberg *et al.* [180] verglichen in ihrer 2-jährigen Studie an insgesamt 60 kreuzbandoperierten Patienten die Ergebnisse der Nachbehandlung mit und ohne Orthese. Die Patienten wurden auch hier randomisiert in zwei gleichgroße Gruppen ( $n = 30$ ) eingeteilt. In der Orthesengruppe war innerhalb der ersten 2 Wochen postoperativ eine rehabilitative Orthese und im Anschluss daran eine funktionelle Schiene für weitere 10 Wochen zu tragen. Risberg *et al.* [180]

konnten im Gruppenvergleich zu keinem Zeitpunkt der Studie signifikante Unterschiede im instrumentellen Stabilitätstest (KT-1000) feststellen (Tab. 12).

KT-1000 (Mittelwert)	Präoperativ	3 Monate	6 Monate	1 Jahr	2 Jahre
<b>Orthesengruppe</b>	6,2 mm (± 4,2)	0,9 mm (± 3,5)	1,3 mm (± 4,0)	2,0 mm (± 3,5)	2,1 mm (± 3,7)
<b>Nonorthesengruppe</b>	6,6 mm (± 5,3)	1,1 mm (± 3,7)	0,7 mm (± 4,9)	1,2 mm (± 4,2)	2,5 mm (± 4,0)

**Tab. 12:** Instrumentelle Stabilitätsmessung (Risberg *et al.* [180])

Auch der Tegner-Score und die Schmerzbeurteilung ergaben vergleichbare Ergebnisse zwischen den Gruppen. Im Cincinnati-Knee-Score zeigte die Orthesengruppe 3 Monate postoperativ, trotz eines signifikant größeren Umfangsverlustes, ein signifikant besseres Ergebnis im Vergleich zur Nonorthesengruppe.

Zusammenfassend konnten auch Risberg *et al.* [180] bezüglich Kniegelenkstabilität, Bewegungsumfang, Muskelkraft, funktioneller Knie-tests, Patientenzufriedenheit und Schmerzverhalten im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede feststellen.

McDevitt *et al.* [151] stellten in ihrer prospektiven Multicenterstudie in gleicher Weise vergleichend die Ergebnisse des postoperativen Bracings und der schienenfreien Rehabilitation vor. 100 Patienten, deren VKB-Ruptur nicht älter als 8 Wochen war, wurden unmittelbar postoperativ (BPTB-Plastik) randomisiert in zwei Gruppen (Orthesen- und Nonorthesengruppe) aufgeteilt. Über einen Zeitraum von durchschnittlich 29 Monaten (24 – 42 Monate) nach VKB-Rekonstruktion konnten insgesamt 94% der Orthesengruppe (47/50) und 96% der Nonorthesengruppe (48/50) nachuntersucht werden. Die Orthesengruppe wurde mit einer rehabilitativen und im Anschluss mit einer funktionellen Orthese nachbehandelt. In den ersten 3 Wochen postoperativ wurde die Schiene in Extensionsstellung arretiert und war 2 bis 3 Mal am Tag zur therapeutischen Beübung abzulegen. Von der 3. bis zur 6. Woche postoperativ wurde die Orthese nahezu auf den vollen Bewegungsumfang freigegeben. Im Anschluss wurde 6 Wochen postoperativ eine funktionelle Orthese für einen Zeitraum von

6 Monaten (optional bis zu 12 Monaten) verordnet. Der Gruppe ohne Schienennachbehandlung wurde in den ersten 3 Wochen nach der Bandrekonstruktion ein „*Knee immobilizer*“ in Extensionsstellung angelegt, welcher ebenfalls 2 bis 3 Mal am Tag zur Physiotherapie abzulegen war.

McDevitt *et al.* [151] konnten bezüglich der Kniestabilität (KT-1000, Lachman-Test) keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen herausfinden. Die Messungen mit dem KT-1000 ergaben 2 Jahre postoperativ in der Orthesengruppe eine Seitendifferenz zwischen - 4 und 5 mm und in der Nonorthesengruppe zwischen 0 und 5 mm. 93,6% der Orthesengruppe und 91,7% der Nonorthesengruppe hatten im Seitenvergleich Werte zwischen - 1 und 2 mm. Zwei Jahre postoperativ wurde im Lysholm-Score in der Orthesengruppe ein Wert von durchschnittlich 94 (86 – 100) und in der Nonorthesengruppe von 93 Punkten (79 – 100) dokumentiert. Insgesamt erzielten 98% abschließend im IKDC einen Gruppengrad von A (normal) oder B (fast normal). Hinsichtlich des Bewegungsausmaßes, der Funktionstestung im Einbeinsprung und der Ergebnisse aus isokinetischen Messungen ergaben sich keine statistisch signifikanten Differenzen im Gruppenvergleich.

McDevitt und seine Mitarbeiter konnten im Allgemeinen keinen signifikanten Einfluss des postoperativen Bracings auf das Gesamtergebnis nach VKB-Rekonstruktion feststellen.

Harilainen und Sandelin [91, 92] untersuchten in ihrer insgesamt fünfjährigen Vergleichsstudie zur Nachbehandlung nach VKB-Rekonstruktion insgesamt 60 Patienten, die eingangs nach Geburtsjahr randomisiert in eine Orthesengruppe (n= 30) und in eine Nonorthesengruppe (n= 30) eingeteilt wurden. In der Orthesengruppe war für einen postoperativen Zeitraum von 3 Monaten eine rehabilitative Schiene zu tragen. Ein Jahr postoperativ konnten alle Patienten (n= 60), zwei Jahre postoperativ 93% (56/60) und 5 Jahre postoperativ 80% (48/60) der Patienten nachuntersucht werden. Die Resultate im Lysholm-Score waren im Gruppenvergleich stets vergleichbar (Tab. 13).

Lysholm-Score (Mittelwert)	<b>Präoperativ</b>	<b>1 y</b>	<b>2 y</b>	<b>5 y</b>
<b>Orthesengruppe</b>	70 ( $\pm$ 10,3)	89 ( $\pm$ 10,7)	90 ( $\pm$ 9,5)	89 ( $\pm$ 13,0)
<b>Nonorthesengruppe</b>	73 ( $\pm$ 14,4)	90 ( $\pm$ 9,5)	93 ( $\pm$ 8,7)	91 ( $\pm$ 9,6)

**Tab. 13:** Lysholm-Score (Harilainen und Sandelin [91, 92])

Auch in Hinblick auf die subjektive Aktivitätsbeurteilung im Tegner-Score zeigten die Gruppen im Studienverlauf nahezu identische Ergebnisse (Tab. 14).

Tegner-Score (Median)	<b>Präoperativ</b>	<b>1 y</b>	<b>2 y</b>	<b>5y</b>
<b>Orthesengruppe</b>	3 (0-6)	5 (2-9)	6 (1-9)	6 (1-10)
<b>Nonorthesengruppe</b>	3 (0-6)	6 (2-10)	6 (3-10)	6 (3-10)

**Tab. 14:** Tegner-Score (Harilainen und Sandelin [91, 92])

Die instrumentelle Stabilitätsmessung (CA 4000) unter 178 N Zug ergab ein Jahr postoperativ einen Seitenunterschied von 1,6 mm ( $\pm$  2,3) in der Orthesengruppe und von 1,7 mm ( $\pm$  2,7) in der Nonorthesengruppe. 2 Jahre postoperativ lag der Seitenunterschied in der Orthesengruppe mit 1,7 mm ( $\pm$  2,9) geringfügig niedriger als in der Nonorthesengruppe mit 2,2 mm ( $\pm$  3,5). 5 Jahre postoperativ ergab die Stabilitätsmessung in der Orthesengruppe eine Seitendifferenz von 1,2 mm ( $\pm$  2,5) und von 1,7 mm ( $\pm$  3,5) in der Nonorthesengruppe. Zu keinem Zeitpunkt wurden zwischen den Gruppen statistisch signifikante Unterschiede in der Stabilitätsmessung festgestellt.

Harilainen und Sandelin [91, 92] kamen zu dem Schluss, dass postoperatives Bracing auch auf lange Sicht keinen Einfluss auf das Endresultat zu haben scheint.

Die vorgestellten klinischen Studien konnten in der Gegenüberstellung beider Nachbehandlungsmethoden keine statistisch signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich der Verlaufs- und Endergebnisse nachweisen. In den meisten Fällen distanzieren sich die Autoren auf Grund unzureichender klinischer Evidenz gänzlich von einer weiteren Orthesenverordnung nach VKB-Rekonstruktion.

Die Ergebnisse der eigenen Arbeit zeigen sich, unabhängig von der gewählten Nachbehandlungsmethode, mit den Literaturergebnissen konsistent.

## 7 ZUSAMMENFASSUNG

Der klinische Nutzen kniestabilisierender Orthesen in der Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandrekonstruktion ist bis heute noch nicht eindeutig geklärt, weshalb die Diskussion über postoperatives Bracing in der Literatur nach wie vor kontrovers geführt wird.

In dieser prospektiven Vergleichsstudie sollten die Ergebnisse der temporären orthetischen Versorgung (6 Wochen postoperatives Bracing) mit den Resultaten der schienenfreien Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion verglichen werden. Hierzu wurden insgesamt 65 Patienten, die zur operativen Rekonstruktion des rupturierten VKBs vorgesehen waren, randomisiert in zwei Gruppen [Orthesengruppe (n= 33) und Nonorthesengruppe (n= 32)] eingeteilt und in definierten Abständen über einen Zeitraum von 12 Monaten postoperativ nachuntersucht. Ein von zwei erfahrenen Operateuren durchgeführtes, standardisiertes Operationsverfahren (BPTB-Plastik) und ein einheitlich empfohlenes und mitbetreutes Nachbehandlungsschema stellten die Rahmenbedingungen dieser Studie.

Die Zielkriterien der Untersuchung waren der IKDC 2000 und die instrumentelle Stabilitätsmessung (KT-1000-Arthrometer). Neben weiteren Untersuchungen kamen flankierend auch der Lysholm-Score und der Aktivitätsscore nach Tegner zum Einsatz.

Die Untersuchungsgruppen waren präoperativ bezüglich sämtlicher Untersuchungskriterien (IKDC 2000, Stabilitätsmessung, Verletzungsalter, Begleitverletzungen, Alter und Schmerzlevel) vergleichbar. Statistisch signifikante Gruppenunterschiede wurden hier einzig beim numerischen Vergleich der präoperativen Ergebnisse im Lysholm-Score (O-Gruppe: Median 76 Punkte; NO-Gruppe: Median 84 Punkte) und im prätraumatischen Tegner-Aktivitätslevel (O-Gruppe: Median 6 Punkte; NO-Gruppe: Median 7 Punkte) dokumentiert.

Die postoperativen Nachuntersuchungen ließen im Gruppenvergleich hinsichtlich der Hauptzielkriterien keine statistisch signifikanten Unterschiede erkennen. Auf der Grundlage klinischer Messdaten nach dem IKDC 2000 beendeten insgesamt über 90% der Patienten die Studie mit einem sehr guten oder guten Abschlussresultat (IKDC Gruppen A und B). Ein klinisch einwandfreies Resultat

(IKDC Gruppe A) zeigte sich zu Studienabschluss bei 24,2% der Orthesengruppe und bei 35,5% der Nonorthesengruppe.

Die Stabilitätsmessungen mit dem KT-1000 ergaben zu keinem Zeitpunkt statistisch signifikante Differenzen zwischen den Gruppen. Ein Jahr postoperativ wurde unter 89 N Zugkraft in der Orthesengruppe eine durchschnittliche Seitendifferenz von 1,3 mm ( $\pm 2,0$ ) und in der Nonorthesengruppe von 2,0 mm ( $\pm 2,2$ ) ermittelt ( $p > 0,05$ ). Unter einer Zugkraft von 134 N lag innerhalb der Nonorthesengruppe mit 2,5 mm ( $\pm 2,5$ ) gegenüber der Orthesengruppe mit 1,7 mm ( $\pm 2,1$ ) eine größere Seitendifferenz vor, ohne dabei statistisch signifikante Gruppenunterschiede darzulegen ( $p > 0,05$ ).

In der Gegenüberstellung der Ergebnisse des subjektiven Summenscores nach dem IKDC 2000 ergab sich in der Orthesengruppe mit einem Median von 92 Punkten (59 - 100) und von 90 Punkten (67 - 100) in der Nonorthesengruppe, stellvertretend für den gesamten Untersuchungszeitraum, ein vergleichbares Abschlussresultat. Bezüglich der abschließenden subjektiven Funktionsbeurteilung des behandelten Kniegelenks nach dem IKDC 2000 (Skala von 0 - 10) erreichte sowohl die Orthesen- als auch die Nonorthesengruppe mit jeweils einem Median von 9 Punkten (3 - 10) ein sehr gutes Endergebnis. Die Auswertung des Lysholm-Scores und des Aktivitätsscores nach Tegner zeigte im postoperativen Beobachtungszeitraum zwischen den Gruppen gleichermaßen keine signifikanten Unterschiede. Ein Jahr postoperativ ( $t_6$ ) erlangte die Orthesengruppe im Lysholm-Score einen Median von 93 Punkten (60 - 100) und die Nonorthesengruppe einen Median von 92 Punkten (61 - 100). Im Tegner-Score wurde zu Studienabschluss in beiden Gruppen mit einem Median von 6 Punkten (3 - 10) das ursprüngliche, prätraumatische Aktivitätsniveau erreicht.

Hinsichtlich einzelner Nebenkriterien traten im Gruppenvergleich marginal signifikante Unterschiede auf, welche in der ganzheitlichen Verlaufsbeurteilung allerdings als unerheblich einzustufen sind.

Bilanzierend lieferte der Vergleich beider Untersuchungsgruppen bezüglich wesentlicher objektiver und subjektiver Untersuchungskriterien im Beobachtungszeitraum keine signifikanten Unterschiede, was die Gleichwertigkeit beider Nachbehandlungsmethoden unterstreicht.

## 8 KLINISCHE SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit deuten insgesamt in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Literatur darauf hin, dass von einer temporären Orthesennachbehandlung, im Vergleich zur orthesenfreien Rehabilitation nach VKB-Rekonstruktion (autogene BPTB-Plastik), keine wesentlichen Vor- oder Nachteile hinsichtlich des klinischen Gesamtergebnisses zu erwarten sind. Gemäß der heutigen Datenlage erscheint eine orthesenfreie Nachbehandlung bei erfolgreicher Operation prinzipiell als möglich, ohne den Heilungsverlauf der Kreuzbandrekonstruktion zu gefährden.

Die Entscheidung für oder gegen eine Orthesennachbehandlung sollte im Einzelfall unter Berücksichtigung zahlreicher individueller Gegebenheiten, wie etwa Operationsverlauf, Erfahrung des Operateurs [58, 148, 223], Transplantatauswahl und -fixierung [190, 224], Begleitverletzungen [91, 155] und Patientencompliance, erfolgen.

Angesichts der hohen durch Orthesen verursachten Kosten [32, 146] wird auf der anderen Seite auch die Möglichkeit benannt, kostspielige Hartrahmenkonstruktionen gegen wesentlich kostengünstigere funktionelle Bandagen auszutauschen [155]. Unter dem Aspekt, dass elastische Bandagen neben der komprimierenden Wirkung nachweisbar ebenfalls zu einer Verbesserung der Propriozeption beitragen [32, 123, 132, 137, 155], könnte deren Einsatz möglicherweise auch die Orthese im Bedarfsfall ersetzen [155]. Ein grundsätzliches Entfernen der Orthesen aus den Rehabilitationskonzepten nach Kreuzbandrekonstruktion wird allerdings nicht empfohlen [178].

Unabhängig von der Nachbehandlung mit oder ohne Orthese sollte dabei nach wie vor die stadiengerechte Physiotherapie im Vordergrund der Rehabilitation stehen [190, 213].

Gleichermaßen sind aber auch betroffene Patienten mit VKB-Rekonstruktion umfassend über die natürlichen Grenzen der Kreuzbandchirurgie zu informieren, denn nach wie vor kann die Ersatzplastik das originale vordere Kreuzband nicht ersetzen [55, 26].

## 9 LITERATURVERZEICHNIS

1. **AAOS**. <http://www.aaos.org/about/papers/position/1124.asp>, rev. **2003**, (Stand: 13.05.2006)
2. **ACL Study Group**. <http://www.aclstudygroup.com/ACLFinal/frRehab.htm>, (Stand:12.05.2008)
3. **Allen** CR, Giffin JR, Harner CD. Revision anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin North Am.* **2003** Jan; 34(1): 79-98
4. **Amiel** D, Kleiner JB, Akeson WH. The natural history of the anterior cruciate ligament autograft of patellar tendon origin. *Am J Sports Med.* **1986** Nov-Dec; 14(6): 449-62
5. **Amis** AA, Beynonn B, Blankevoort L, Chambat P, Christel P, Durselen L, Friederich N, Grood E, Hertel P, Jakob R. Proceedings of the ESSKA Scientific Workshop on Reconstruction of the Anterior and Posterior Cruciate Ligaments. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1994**; 2(3): 124-32
6. **Andersen** HN, Amis AA. Review on tension in the natural and reconstructed anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1994**; 2(4): 192-202
7. **Anderson** AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ. International Knee Documentation Committee. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: Normative data. *Am J Sports Med.* **2006** Jan; 34(1): 128-35
8. **Anderson** AF, Snyder RB, Federspiel CF, Lipscomb AB. Instrumented evaluation of knee laxity: A comparison of five arthrometers. *Am J Sports Med.* **1992** Mar-Apr; 20(2): 135-40
9. **Anderson** AF, Snyder RB, Lipscomb AB Jr. Anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective randomized study of three surgical methods. *Am J Sports Med.* **2001** May-Jun; 29(3): 272-9
10. **Anderson** K, Wojtys EM, Loubert PV, Miller RE. A biomechanical evaluation of taping and bracing in reducing knee joint translation and rotation. *Am J Sports Med.* **1992** Jul-Aug; 20(4): 416-21
11. **Andersson** C, Odensten M, Good L, Gillquist J. Surgical or non-surgical treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament. A randomized study with long-term follow-up. *J Bone Joint Surg Am.* **1989** Aug; 71(7): 965-74
12. **AOSSM**. AOSSM initiates multi-center ACL revision study. In: Matava MJ, Boden BP, eds. AOSSM Sports Medicine Update March-April. **2005**:5. <http://www.sportsmed.org/secure/-reveal/admin/uploads/documents/SMU%20March-April%202005.pdf>, (Stand: 13.05.2006)
13. **Appell** HJ. Skeletal muscle atrophy during immobilization. *Int J Sports Med.* **1986** Feb;7(1):1-5
14. **Arnoczky** SP. Anatomy of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* **1983** Jan-Feb;(172): 19-25
15. **Auerbach** B. Inaugural Dissertation Universität Giessen, <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2002/865/pdf/d020165.pdf>, (Stand: 12.10.2007)
16. **Ballantyne** BT, French AK, Heimsoth SL, Kachingwe AF, Lee JB, Soderberg GL. Influence of examiner experience and gender on interrater reliability of KT-1000 arthrometer measurements. *Phys Ther.* **1995** Oct; 75(10): 898-906
17. **Barrack** RL, Lund PJ, Munn BG, Wink C, Happel L. Evidence of reinnervation of free patellar tendon autograft used for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* **1997** Mar-Apr; 25(2): 196-202

18. **Barrack** RL, Skinner HB, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med.* **1989** Jan-Feb; 17(1): 1-6
19. **Bassett** FH 3rd, Beck JL, Weiker G. A modified cast brace: Its use in nonoperative and postoperative management of serious knee ligament injuries. *Am J Sports Med.* **1980** Mar-Apr; 8(2): 63-7
20. **Beck** C, Drez D Jr, Young J, Cannon WD Jr, Stone ML. Instrumented testing of functional knee braces. *Am J Sports Med.* **1986** Jul-Aug; 14(4): 253-6
21. **Behrend** H, Stutz G, Bathis H, Kuster MS. Knee ligament injuries. *Schweiz Rundsch Med Prax.* **2006** Oct 25; 95(43): 1663-71
22. **Beilin** Y, Hossain S, Bodian CA. The numeric rating scale and labor epidural analgesia. *Anesth Analg.* **2003** Jun; 96(6): 1794-8
23. **Bernard** M, Hertel P. Intraoperative and postoperative insertion control of anterior cruciate ligament-plasty. A radiologic measuring method (quadrant method). *Unfallchirurg* **1996** May; 99(5): 332-40
24. **Beynnon** B, Howe JG, Pope MH, Johnson RJ, Fleming BC. The measurement of anterior cruciate ligament strain in vivo. *Int Orthop.* **1992**; 16(1): 1-12
25. **Beynnon** BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part 1. *Am J Sports Med.* **2005** Oct; 33(10): 1579-602
26. **Beynnon** BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE. Treatment of anterior cruciate ligament injuries, Part 2. *Am J Sports Med.* **2005** Nov; 33(11): 1751-67
27. **Beynnon** BD, Johnson RJ, Fleming BC. The science of anterior cruciate ligament rehabilitation. *Clin Orthop Relat Res.* **2002** Sep; (402): 9-20
28. **Beynnon** BD, Johnson RJ, Fleming BC, Peura GD, Renstrom PA, Nichols CE, Pope MH. The effect of functional knee bracing on the anterior cruciate ligament in the weightbearing and nonweightbearing knee. *Am J Sports Med.* **1997** May-Jun; 25(3): 353-9
29. **Beynnon** BD, Pope MH, Wertheimer CM, Johnson RJ, Fleming BC, Nichols CE, Howe JG. The effect of functional knee-braces on strain on the anterior cruciate ligament in vivo. *J Bone Joint Surg Am.* **1992** Oct; 74(9): 1298-312
30. **Beynnon** BD, Ryder SH, Konradsen L, Johnson RJ, Johnson K, Renstrom PA. The effect of anterior cruciate ligament trauma and bracing on knee proprioception. *Am J Sports Med.* **1999** Mar-Apr; 27(2): 150-5
31. **Beynnon** BD, Uh BS, Johnson RJ, Abate JA, Nichols CE, Fleming BC, Poole AR, Roos H. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med.* **2005** Mar; 33(3): 347-59
32. **Birmingham** TB, Kramer JF, Kirkley A, Inglis JT, Spaulding SJ, Vandervoort AA. Knee bracing after ACL reconstruction: Effects on postural control and proprioception. *Med Sci Sports Exerc.* **2001** Aug; 33(8): 1253-8
33. **Blauth** W, Ulrich HW, Hahne HJ. Sense and nonsense of knee orthosis. *Unfallchirurg.* **1990** May; 93(5): 221-7
34. **Börnert** K, Fröhner G. Ultrasound diagnosis in disorders of the neuromuscular knee joint system after cruciate ligament injuries. *Aktuelle Traumatol.* **1994** Oct; 24(6): 232-8
35. **Bollen** S. Epidemiology of knee injuries: Diagnosis and triage. *Br J Sports Med.* **2000** Jun; 34(3): 227-8

36. **Bollen** S, Seedhom BB. A comparison of the Lysholm and Cincinnati knee scoring questionnaires. *Am J Sports Med.* **1991** Mar-Apr; 19(2): 189-90
37. **Bonamo** JJ, Fay C, Firestone T. The conservative treatment of the anterior cruciate deficient knee. *Am J Sports Med.* **1990** Nov-Dec; 18(6): 618-23
38. **Brandsson** S, Faxen E, Kartus J, Eriksson BI, Karlsson J. Is a knee brace advantageous after anterior cruciate ligament surgery? A prospective, randomised study with a two-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* **2001** Apr; 11(2): 110-4
39. **Breivik** EK, Bjornsson GA, Skovlund E. A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *Clin J Pain.* **2000** Mar; 16(1): 22-8
40. **Briggs** KK, Kocher MS, Rodkey WG, Steadman JR. Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee score and Tegner activity scale for patients with meniscal injury of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* **2006** Apr; 88(4): 698-705
41. **Butler** DL, Noyes FR, Grood ES. Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study. *J Bone Joint Surg Am.* **1980** Mar; 62(2): 259-70
42. **Cameron** ML, Briggs KK, Steadman JR. Reproducibility and reliability of the outerbridge classification for grading chondral lesions of the knee arthroscopically. *Am J Sports Med.* **2003** Jan-Feb; 31(1): 83-6
43. **Casteleyn** PP, Handelberg F. Non-operative management of anterior cruciate ligament injuries in the general population. *J Bone Joint Surg Br.* **1996** May; 78(3): 446-51
44. **Cawley** PW, France EP, Paulos LE. Comparison of rehabilitative knee braces. A biomechanical investigation. *Am J Sports Med.* **1989** Mar-Apr; 17(2): 141-6
45. **Cawley** PW, France EP, Paulos LE. The current state of functional knee bracing research. A review of the literature. *Am J Sports Med.* **1991** May-Jun; 19(3): 226-33
46. **Cook** F, Tibone J, Redfern C. A dynamic analysis of a functional brace for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med.* **1989**; 17: 519-524
47. **Csizy** M, Friederich NF. Bore canal site in surgical reconstruction of the anterior cruciate ligament. Position – placement errors - anatomic measurement. *Orthopäde.* **2002** Aug; 31(8): 741-50
48. **Daniel** DM. The accuracy and reproducibility of the KT1000 Knee Ligament Arthrometer. **1990**. <http://www.medmetric.com/acc.htm>, (Stand: 25.03.2007)
49. **Daniel** DM, Malcom LL, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R. Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. *J Bone Joint Surg Am.* **1985** Jun; 67(5): 720-6
50. **Daniel** DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study. *Am J Sports Med.* **1994** Sep-Oct; 22(5): 632-44
51. **Debrunner** A., *Orthopädie, Orthopädische Chirurgie: Die Störungen des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis*, 3. Auflage, Verlag Hans Huber, Bern **1994** (a: 93, b: 783-847)
52. **Decoster** LC, Vailas JC. Functional anterior cruciate ligament bracing: A survey of current brace prescription patterns. *Orthopedics.* **2003** Jul; 26(7): 701-6
53. **Decoster** LC, Vailas JC, Swartz WG. Functional ACL bracing. A survey of current opinion and practice. *Am J Orthop.* **1995** Nov; 24(11): 838-43
54. **DeVita** P, Lassiter T Jr, Hortobagyi T, Torry M. Functional knee brace effects during walking in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* **1998** Nov-Dec; 26(6): 778-84

55. **Diekstall** P, Rauhut F. Considerations for the indications for anterior cruciate ligament reconstruction. Results of conservative versus operative treatment. *Unfallchirurg*. **1999** Mar; 102(3): 173-81
56. **Dripps** RD, Lamont A, Eckenhoff JE. The role of anesthesia in surgical mortality. *JAMA*. **1961** Oct 21; 178: 261-266
57. **Eberhardt** C, Jager A, Schwetlick G, Rauschmann MA. History of surgery of the anterior cruciate ligament. *Orthopäde*. **2002** Aug; 31(8): 702-9
58. **Eichhorn** J, Girdano N. Computerassistierte Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit dem Navigationssystem. *Arthroskopie*. **2005** Jan; 18: 24-26
59. **Engelhardt** M, Freiwald J, Rittmeister M. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopäde*. **2002** Aug; 31(8): 791-8
60. **Eriksson** E. Prevention of injuries in sports. A realistic goal? *Orthopäde*. **2000**; 29: 969-971 © Springer-Verlag
61. **Eriksson** E. Can an ACL reconstruction replicate the normal ACL? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **2005** Nov; 13(8): 613
62. **Eriksson** K, Anderberg P, Hamberg P, Olerud P, Wredmark T. There are differences in early morbidity after ACL reconstruction when comparing patellar tendon and semitendinosus tendon graft. A prospective randomized study of 107 patients. *Scand J Med Sci Sports*. **2001** Jun; 11(3): 170-7
63. **ESSKA** **2000**. <http://www.esska.org>, [http://www.esska.org/pdf/IKDC\\_deutsch.pdf](http://www.esska.org/pdf/IKDC_deutsch.pdf), (Stand: 12.10.2006)
64. **Fairbank** TJ. Examination of the knee joint. *Br Med J*. **1969** Jul 26;3(5664): 220-2
65. **Fairbank** TJ. Knee Joint changes after Meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br*. Nov **1948**; 30-B, (4) 664-670
66. **Feagin** JA Jr., Blake WP. Postoperative evaluation and result recording in the anterior cruciate ligament reconstructed knee. *Clin Orthop Relat Res*. **1983** Jan-Feb; (172): 143-7
67. **Feller** J, Bartlett J, Chapman S, Delahunt M. Use of an extension-assisting brace following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **1997**;5(1): 6-9
68. **Fink** C, Hoser C, Benedetto KP, Hackl W, Gabl M. Long-term outcome of conservative or surgical therapy of anterior cruciate ligament rupture. *Unfallchirurg*. **1996** Dec; 99(12): 964-9
69. **Fithian** DC, Paxton EW, Stone ML, Luetzow WF, Csintalan RP, Phelan D, Daniel DM. Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. *Am J Sports Med*. **2005** Mar; 33(3): 335-46
70. **Fleming** BC, Renstrom PA, Beynon BD, Engstrom B, Peura GD, Badger GJ, Johnson RJ. The effect of weightbearing and external loading on anterior cruciate ligament strain. *J Biomech*. **2001** Feb; 34(2): 163-70
71. **Flynn** RK, Pedersen CL, Birmingham TB, Kirkley A, Jackowski D, Fowler PJ. The familial predisposition toward tearing the anterior cruciate ligament: A case control study. *Am J Sports Med*. **2005** Jan; 33(1): 23-8
72. **France** EP, Paulos LE. Knee Bracing. *J Am Acad Orthop Surg*. **1994** Oct; 2(5):281-287
73. **Frank** CB, Jackson DW. The science of reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am*. **1997** Oct; 79(10): 1556-76
74. **Friederich** NF. Knee joint function and the cruciate ligaments. Biomechanical principles for reconstruction and rehabilitation. *Orthopäde*. **1993** Nov; 22(6): 334-42

75. **Fu** FH, Bennett CH, Lattermann C, Ma CB. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 1: Biology and biomechanics of reconstruction. *Am J Sports Med.* **1999** Nov-Dec; 27(6): 821-30
76. **Fu** FH, Bennett CH, Ma CB, Menetrey J, Lattermann C. Current trends in anterior cruciate ligament reconstruction. Part 2: Operative procedures and clinical correlations. *Am J Sports Med.* **2000** Jan-Feb; 28(1): 124-30
77. **Fu** FH, Schulte KR. Anterior cruciate ligament surgery. State of the art? *Clin Orthop Relat Res.* **1996** Apr; (325): 19-24
78. **Fuchs** S, Friedrich M. Possible influence of knee scores. *Unfallchirurg.* 01/**2000**; 103(1): 44-50
79. **Galway** HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: A symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res.* **1980** Mar-Apr; (147): 45-50
80. **Gerich** TG, Cassim A, Lattermann C, Lobenhoffer HP. Pullout strength of tibial graft fixation in anterior cruciate ligament replacement with a patellar tendon graft: Interference screw versus staple fixation in human knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1997**; 5(2): 84-8
81. **Gerich** TG, Lattermann C, Bosch U, Lobenhoffer HP, Tscherne H. Endoscopic versus limited open technique for replacement of the anterior cruciate ligament. 4 years outcome of a prospective study. *Unfallchirurg.* **1998** Jul; 101(7): 551-6
82. **Gladstone** JN, Andrews JR. Preface: Anterior cruciate ligament reconstruction part II. *Orthop Clin North Am.* **2003**; XV
83. **Gladstone** JN, Andrews JR. Endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction with patella tendon autograft. *Orthop Clin North Am.* **2002** Oct; 33(4): 701-15, VII
84. **Gobbi** A, Diara A, Mahajan S, Zanazzo M, Tuy B. Patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction with conical press-fit femoral fixation: 5-year results in athletes population. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2002** Mar; 10(2): 73-9
85. **Goldblatt** JP, Fitzsimmons SE, Balk E, Richmond JC. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: Meta-analysis of patellar tendon versus hamstring tendon autograft. *Arthroscopy.* **2005** Jul; 21(7): 791-803
86. **Gotzen** L, Petermann J. Rupture of the anterior cruciate ligament in the athlete. *Chirurg.* **1994** Nov; 65(11): 910-9
87. **Griffin** LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM. Noncontact acl injuries: Risk factors and prevention strategies. *J Am Acad Orthop Surg.* **2000** May-Jun; 8(3): 141-50
88. **Griffin** LY, Albohm MJ, Arendt EA, Bahr R, Beynon BD, Demaio M, Dick RW, Engebretsen L, Garrett WE Jr, Hannafin JA, Hewett TE, Huston LJ, Ireland ML, Johnson RJ, Lephart S, Mandelbaum BR, Mann BJ, Marks PH, Marshall SW, Myklebust G, Noyes FR, Powers C, Shields C Jr, Shultz SJ, Silvers H, Slauterbeck J, Taylor DC, Teitz CC, Wojtys EM, Yu B. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of the Hunt Valley II meeting. *Am. J Sports Med.* January **2005** Sep; 34(9): 1512-32
89. **Grontvedt** T, Engebretsen L, Bredland T. Arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament using bone-patellar tendon-bone grafts with and without augmentation. A prospective randomised study. *J Bone Joint Surg Br.* **1996** Sep; 78(5): 817-22

90. **Hamner** DL, Brown CH Jr, Steiner ME, Hecker AT, Hayes WC. Hamstring tendon grafts for reconstruction of the anterior cruciate ligament: Biomechanical evaluation of the use of multiple strands and tensioning techniques. *J Bone Joint Surg Am.* **1999** Apr; 81(4): 549-57
91. **Harilainen** A, Sandelin J. Post-operative use of knee brace in bone-tendon-bone patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction: 5-year follow-up results of a randomized prospective study. *Scand J Med Sci Sports.* **2006** Feb; 16(1): 14-8
92. **Harilainen** A, Sandelin J, Vanhanen I, Kivinen A. Knee brace after bone-tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. Randomized, prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1997**; 5(1): 10-3
93. **Harner** CD, Fu FH, Irrgang JJ, Vogrin TM. Anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in the new millennium: A global perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2001** Nov; 9(6): 330-6
94. **Harner** CD, Giffin JR, Dunteman RC, Annunziata CC, Friedman MJ. Evaluation and treatment of recurrent instability after anterior cruciate ligament reconstruction. *The journal of Bone and Joint Surgery, Inc.* **2000**; 82: 1652-1664
95. **Hartrick** CT, Kovan JP, Shapiro S. The numeric rating scale for clinical pain measurement: A ratio measure? *Pain Pract.* **2003** Dec; 3(4): 310-6
96. **Hasan** HA. Tegner and Lysholm scores in brace-free rehabilitation. *Saudi Med J.* **2004** Dec; 25(12): 1962-6
97. **Hefti** F, Muller W. Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form. *Orthopäde.* **1993** Nov; 22(6): 351-62
98. **Hefzy** MS, Grood ES, Noyes FR. Factors affecting the region of most isometric femoral attachments. Part II: The anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* **1989**Mar-Apr;17(2):208-16
99. **Henriksson** M, Rockborn P, Good L. Range of motion training in brace vs. plaster immobilization after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective randomized comparison with a 2-year follow-up. *Scand J Med Sci Sports.* **2002** Apr; 12(2): 73-80
100. **Hertel** P. Acute and chronic knee ligament injuries. *Unfallchirurg.* **1996** Sep; 99(9): 686-700
101. **Hertel** P, Behrend H, Cierpinski T, Musahl V, Widjaja G. ACL reconstruction using bone-patellar tendon-bone press-fit fixation: 10-year clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2005** May; 13(4): 248-55
102. **Hinterwimmer** S, Engelschalk M, Sauerland S, Eitel F, Mutschler W. Operative or conservative treatment of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review of the literature. *Unfallchirurg.* **2003** May; 106(5): 374-9
103. **Hochstein** P, Schmickal T, Grutzner PA, Wentzensen A. Diagnostic and incidence of the rupture of the posterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* **1999** Oct; 102(10): 753-62
104. **Höher** J, Münster A, Klein J, Eypasch E, Tiling T. Validation and application of a subjective knee questionnaire. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1995**; 3(1): 26-33
105. **Howell** SM. Principles for placing the tibial tunnel and avoiding roof impingement during reconstruction of a torn anterior cruciate ligament. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1998**; 6 Suppl 1: 49-55
106. **Howell** SM, Clark JA. Tibial tunnel placement in anterior cruciate ligament reconstructions and graft impingement. *Clin Orthop Relat Res.* **1992** Oct; (283): 187-95

107. **Howell** SM, Taylor MA. Brace-free rehabilitation, with early return to activity, for knees reconstructed with a double-looped semitendinosus and gracilis graft. *J Bone Joint Surg Am.* **1996** Jun; 78(6): 814-25
108. **Imhoff** AB, Vordere Kreuzbandplastik, Arthroskopie. **2000**; 13: 269
109. **Irrgang** JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD. Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med.* **2001** Sep-Oct; 29(5): 600-13
110. **Irrgang** JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Neyret P, Richmond JC, Shelbourne KD. Responsiveness of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med.* **2006** Oct; 34(10): 1567-73
111. **Irrgang** JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH. Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1998**; 6(2): 107-14
112. **Isberg** J, Faxen E, Brandsson S, Eriksson BI, Karrholm J, Karlsson J. Early active extension after anterior cruciate ligament reconstruction does not result in increased laxity of the knee. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2006** Nov; 14(11): 1108-15
113. **Isberg** J, Faxen E, Brandsson S, Eriksson BI, Karrholm J, Karlsson J. KT-1000 records smaller side-to-side differences than radiostereometric analysis before and after an ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2006** Jun; 14(6): 529-35
114. **Järvelä** T, Kannus P, Latvala K, Järvinen M. Simple measurements in assessing muscle performance after an ACL reconstruction. *Int J Sports Med.* **2002** Apr; 23(3): 196-201
115. **Johnson** RJ. Treatment of ACL and PCL. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2001** Nov; 9(6): 329
116. **Johnson** RJ, Beynon BD, Nichols CE, Renstrom PA. The treatment of injuries of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* **1992** Jan; 74(1): 140-51
117. **Kannus** P, Bergfeld J, Jarvinen M, Johnson RJ, Pope M, Renstrom P, Yasuda K. Injuries to the posterior cruciate ligament of the knee. *Sports Med.* **1991** Aug; 12(2): 110-31
118. **Kapoor** B, Clement DJ, Kirkley A, Maffulli N. Current practice in the management of anterior cruciate ligament injuries in the United Kingdom. *Br J Sports Med.* **2004** Oct; 38(5): 542-4
119. **Kartus** J, Ejerhed L, Sernert N, Brandsson S, Karlsson J. Comparison of traditional and subcutaneous patellar tendon harvest. A prospective study of donor site-related problems after anterior cruciate ligament reconstruction using different graft harvesting techniques. *Am J Sports Med.* **2000** May-Jun; 28(3): 328-35
120. **Kartus** J, Stener S, Kohler K, Sernert N, Eriksson BI, Karlsson J. Is bracing after anterior cruciate ligament reconstruction necessary? A 2-year follow-up of 78 consecutive patients rehabilitated with or without a brace. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1997**; 5(3): 157-61
121. **Kennedy** JC, Alexander IJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J Sports Med.* **1982** Nov-Dec; 10(6): 329-35
122. **Kennedy** JC, Weinberg HW, Wilson AS. The anatomy and function of the anterior cruciate ligament. As determined by clinical and morphological studies. *J Bone Joint Surg Am.* **1974** Mar; 56(2): 223-35
123. **Kerkour** K. Reconstruction du ligament croisé antérieur (LCA): Répercussions du choix du greffon sur la sensibilité proprioceptive du genou. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie.* **2003**; 51(2): 115-120

124. **Kim** SJ, Kim HK. Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test and the Lachman test. *Clin Orthop Relat Res.* **1995** Aug; (317): 237-42
125. **Koh** J, Koo SS, Leonard J, Kodali P. Anterior cruciate ligament (ACL) tunnel placement: A radiographic comparison between navigated versus manual ACL reconstruction. *Orthopedics.* **2006** Oct; 29 (10 Suppl): 122-4
126. **Kohn** D. Vorderes Kreuzband. *Arthroskopie.* **2005**; 18: 7
127. **Kohn** D, Schneider G, Dienst M, Rupp S. Diagnosis of rupture of the anterior cruciate ligament. *Orthopäde.* **2002** Aug; 31(8): 719-30
128. **König** DP, Rütt J, Kumm D, Breidenbach E. Diagnosis of anterior knee instability. Comparison between the Lachman test, the KT-1000 arthrometer and the ultrasound Lachman test. *Unfallchirurg.* **1998** Mar; 101(3): 209-13
129. **Krudwig** WK. Situation der Arthroskopie in Deutschland. *Arthroskopie.* **2000**; 13: 191-193
130. **Kurosaka** M, Yoshiya S, Andrish JT. A biomechanical comparison of different surgical techniques of graft fixation in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* **1987**; 15: 225-229
131. **Kuster** MS. Is joint stability only a matter of ligaments? *Schweiz Rundsch Med Prax.* **2001** Aug 2; 90(31-32): 1293-5
132. **Kuster** MS, Grob K, Kuster M, Wood GA, Gachter A. The benefits of wearing a compression sleeve after ACL reconstruction. *Med Sci Sports Exerc.* **1999** Mar; 31(3): 368-71
133. **Kvist** J. Rehabilitation following anterior cruciate ligament injury: Current recommendations for sports participation. *Sports Med.* **2004**; 34(4): 269-80
134. **Labs** K, Paul B. To compare and contrast the various evaluation scoring systems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Orthop Trauma Surg.* **1997**; 116(1-2): 92-6
135. **Liden** M, Ejerhed L, Sernert N, Laxdal G, Kartus J. Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized study with a 7-year follow-up. *Am J Sports Med.* **2007** May; 35(5): 740-8
136. **Lobenhoffer** P. Knee ligament injuries. Anatomy, biomechanics, diagnosis, indications. *Chirurg.* **1999** Feb; 70(2): 219-30
137. **Lobenhoffer** P, Agneskirchner JD. Anterior cruciate ligament rupture – state of art. *Arthroskopie.* **2005** Feb; 18(1): 11-14
138. **Lobenhoffer** P, Blauth M, Pohlemann T, Thermann H, Tscherne H. New developments in joint surgery. *Orthopäde.* **1997** May; 26(5): 422-36
139. **Lobenhoffer** P, Tscherne H. Indications for anterior cruciate ligament reconstruction - current surgical techniques, choice of transplant. *Orthopäde.* **1993** Nov; 22(6): 372-80
140. **Lobenhoffer** P, Tscherne H. Rupture of the anterior cruciate ligament. Current status of treatment. *Unfallchirurg.* **1993** Mar; 96(3): 150-68
141. **Lundeberg** T, Lund I, Dahlin L, Borg E, Gustafsson C, Sandin L, Rosen A, Kowalski J, Eriksson SV. Reliability and responsiveness of three different pain assessments. *J Rehabil Med.* **2001** Nov; 33(6): 279-83
142. **Lysholm** J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* **1982** May-Jun; 10(3): 150-4
143. **Maitland** ME, Ajemian SV, Suter E. Quadriceps femoris and hamstring muscle function in a person with an unstable knee. *Phys Ther.* **1999** Jan; 79(1): 66-75

144. **Majewski** M, Habelt S, Klaus S. Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study. *Knee*. **2006** Jun; 13(3): 184-8
145. **Marcacci** M, Zaffagnini S, Iacono F, Vascellari A, Loretì I, Kon E, Presti ML. Intra- and extra-articular anterior cruciate ligament reconstruction utilizing autogeneous semitendinosus and gracilis tendons: 5-year clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **2003** Jan;11(1):2-8
146. **Martinek** V, Friederich NF. To brace or not to brace? How effective are knee braces in rehabilitation? *Orthopäde*. **1999** Jun; 28(6): 565-70
147. **Marumo** K, Saito M, Yamagishi T, Fujii K. The "ligamentization" process in human anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar and hamstring tendons: A biochemical study. *Am J Sports Med*. **2005** Aug; 33(8): 1166-73
148. **Marx** RG, Jones EC, Angel M, Wickiewicz TL, Warren RF. Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopaedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy*. **2003** Sep; 19(7): 762-70
149. **Marx** RG, Stump TJ, Jones EC, Wickiewicz TL, Warren RF. Development and evaluation of an activity rating scale for disorders of the knee. *Am J Sports Med*. **2001** Mar-Apr; 29(2):213-8
150. **McDaniel** WJ Jr, Dameron TB Jr. The untreated anterior cruciate ligament rupture. *Clin Orthop Relat Res*. **1983** Jan-Feb; (172): 158-63
151. **McDevitt** ER, Taylor DC, Miller MD, Gerber JP, Ziemke G, Hinkin D, Uhorchak JM, Arciero RA, Pierre PS. Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective, randomized, multicenter study. *Am J Sports Med*. **2004** Dec; 32(8): 1887-92
152. **Melegati** G, Tornese D, Bandi M, Volpi P, Schonhuber H, Denti M. The role of the rehabilitation brace in restoring knee extension after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective controlled study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **2003** Sep; 11(5): 322-6
153. **Möller** E, Forssblad M, Hansson L, Wange P, Weidenhielm L. Bracing versus nonbracing in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: A randomized prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **2001**; 9(2): 102-8
154. **Montgomery** SC, Miller MD. What's new in sports medicine. *J Bone Joint Surg Am*. **2005** Mar; 87(3): 686-94
155. **Muellner** T, Alacamlıoglu Y, Nikolic A, Schabus R. No benefit of bracing on the early outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. **1998**; 6(2): 88-92
156. **Musahl** V, Lehner A, Watanabe Y, Fu FH. Biology and biomechanics. *Curr Opin Rheumatol*. **2002** Mar; 14(2): 127-33
157. **Noyes** FR, Butler DL, Grood ES, Zernicke RF, Hefzy MS. Biomechanical analysis of human grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions. *J Bone Joint Surg Am*. **1984** Mar;66(3):344-52.
158. **Noyes** FR, Butler DL, Paulos LE, Grood ES. Intra-articular cruciate reconstruction. I: Perspectives on graft strength, vascularization and immediate motion after replacement. *Clin Orthop Relat Res*. **1983a** Jan-Feb; (172): 71-7
159. **Noyes** FR, Mangine RE, Barber S. Early knee motion after open and arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. **1987** Mar-Apr; 15(2): 149-60
160. **Noyes** FR, Matthews DS, Mooar PA, Grood ES. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: The results of rehabilitation, activity modification and counseling on functional disability. *J Bone Joint Surg Am*. **1983b** Feb; 65(2): 163-74

161. **Noyes** FR, McGinniss GH. Controversy about treatment of the knee with anterior cruciate laxity. *Clin Orthop Relat Res.* **1985** Sep; (198): 61-76
162. **Noyes** FR, Moar PA, Matthews DS, Butler DL. The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part I: The long-term functional disability in athletically active individuals. *J Bone Joint Surg Am.* **1983c** Feb; 65(2): 154-62
163. **Noyes** FR, Stabler CL. A system for grading articular cartilage lesions at arthroscopy. *Am J Sports Med.* **1989** Jul-Aug; 17(4): 505-13
164. **Odensten** M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am.* **1985** Feb; 67(2): 257-62
165. **Ong** KS, Seymour RA. Pain measurement in humans. *Surgeon.* **2004** Feb; 2(1): 15-27
166. **Orchard** J, Seward H, McGivern J, Hood S. Intrinsic and extrinsic risk factors for acl injury in Australian footballers. *Am J Sports Med.* **2001** Mar-Apr; 29(2): 196-200
167. **Osternig** LR, Robertson RN. Effects of prophylactic knee bracing on lower extremity joint position and muscle activation during running. *Am J Sports Med.* **1993** Sep-Oct; 21(5): 733-7
168. **Outerbridge** RE. The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br.* **1961** Nov; 43-B: 752-7
169. **Pagenstert** G, Valderrabano V, Hintermann B. Tendon injuries of the foot and ankle in athletes. *Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin und Sporttraumatologie.* **2004**; 52(1):11-12
170. **Pässler** HH. New developments in surgery of the knee joint (II). *Versicherungsmedizin.* **2000** Mar 1; 52(1): 13-8
171. **Pässler** HH. The history of the cruciate ligaments: Some forgotten (or unknown) facts from Europe. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1993**; 1(1): 13-6
172. **Paulos** L, Noyes FR, Grood E, Butler DL. Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair. *Am J Sports Med.* **1981** May-Jun; 9(3): 140-9
173. **Petersen** W, Tillmann B. Anatomy and function of the anterior cruciate ligament. *Orthopäde.* **2002** Aug; 31(8): 710-8
174. **Petersen** W, Zantop T. Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. *Clin Orthop Relat Res.* **2006** Jan; 454: 35-47
175. **Rangger** C, Daniel DM, Stone ML, Kaufman K. Diagnosis of an ACL disruption with KT-1000 arthrometer measurements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1993**; 1(1): 60-6
176. **Raschka** C. Medical insurance focus on sports disabilities: The knee joint. *Versicherungsmedizin.* **2005** Sep 1; 57(3): 137-40
177. **Raunest** J, Sager M, Burgener E. Proprioception of the cruciate ligaments: Receptor mapping in an animal model. *Arch Orthop Trauma Surg.* **1998**; 118(3): 159-63
178. **Rebel** M, Paessler HH. The effect of knee brace on coordination and neuronal leg muscle control: An early postoperative functional study in anterior cruciate ligament reconstructed patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2001** Sep; 9(5): 272-81
179. **Risberg** MA, Ekeland A. Assessment of functional tests after anterior cruciate ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther.* **1994** Apr; 19(4): 212-7
180. **Risberg** MA, Holm I, Steen H, Eriksson J, Ekeland A. The effect of knee bracing after anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective, randomized study with two years' follow-up. *Am J Sports Med.* **1999** Jan-Feb; 27(1): 76-83
181. **Ritchie** JR, Parker RD. Graft selection in anterior cruciate ligament revision surgery. *Clin Orthop Relat Res.* **1996** Apr; (325): 65-77

182. **Rüegsegger M, Jakob RP.** Diagnosis of acute and chronic injuries of the knee joint. *Orthopäde* **1993** Nov; 22(6): 343-50
183. **Rupp S, Kohn D.** The anterior cruciate ligament as focus of interest. *Orthopäde*. **2002** Aug; 31(8): 701
184. **Rupp S, Muller B, Seil R.** Knee laxity after ACL reconstruction with a BPTB graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2001**; 9(2): 72-6
185. **Rupp S, Seil R, Jager A, Kohn D.** Replacement of the anterior cruciate ligament with a patellar tendon transplant. *Orthopäde*. **2002** Aug; 31(8): 751-7
186. **Samuelson TS, Drez D Jr, Maletis GB.** Anterior cruciate ligament graft rotation. Reproduction of normal graft rotation. *Am J Sports Med.* **1996** Jan-Feb; 24(1): 67-71
187. **Schutte MJ, Dabezies EJ, Zimny ML, Happel LT.** Neural anatomy of the human anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Am.* **1987** Feb; 69(2): 243-7
188. **Schwarz W, Hagelstein J, Minholz R, Schierlinger M, Danz B, Gerngross H.** Manual ultrasound of the knee joint. A general practice method for diagnosis of fresh rupture of the anterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* **1997** Apr; 100(4): 280-5
189. **Sernert N, Kartus J, Kohler K, Ejerhed L, Brandsson S, Karlsson J.** Comparison of functional outcome after anterior cruciate ligament reconstruction resulting in low, normal and increased laxity. *Scand J Med Sci Sports.* **2002** Feb; 12(1): 47-53
190. **Shelbourne KD, Foulk DA.** Treatment of anterior Cruciate Ligament injuries. Principles and practice of orthopaedic Sport Medicine. ed. by Garrett WE, Jr., Speer KP and Kirkendall DT. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia , **2000**: 743-761
191. **Shelbourne KD, Gray T.** Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med.* **1997** Nov-Dec; 25(6): 786-95
192. **Shelbourne KD, Gray T.** Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations. *Am J Sports Med.* **2000** Jul-Aug; 28(4): 446-52
193. **Shelbourne KD, Klootwyk TE, Wilckens JH, De Carlo MS.** Ligament stability two to six years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *Am J Sports Med.* **1995** Sep-Oct; 23(5): 575-9
194. **Shelbourne KD, Nitz P.** Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* **1990** May-Jun; 18(3): 292-9
195. **Shelbourne KD, Urch SE.** Primary anterior cruciate ligament reconstruction using the contralateral autogenous patellar tendon. *Am J Sports Med.* **2000** Sep-Oct; 28(5): 651-8
196. **Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A, DeCarlo M.** Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med.* **1991** Jul-Aug; 19(4):332-6
197. **Shimizu T, Takahashi T, Wada Y, Tanaka M, Morisawa Y, Yamamoto H.** Regeneration process of mechanoreceptors in the reconstructed anterior cruciate ligament. *Arch Orthop Trauma Surg.* **1999**; 119(7-8): 405-9
198. **Solomonow M, Krogsgaard M.** Sensorimotor control of knee stability. A review. *Scand J Med Sci Sports.* **2001** Apr; 11(2): 64-80

199. **Sommer** C, Friederich NF, Muller W. Improperly placed anterior cruciate ligament grafts: Correlation between radiological parameters and clinical results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2000**; 8(4): 207-13
200. **Song** Y, Debski RE, Musahl V, Thomas M, Woo SL. A three-dimensional finite element model of the human anterior cruciate ligament: A computational analysis with experimental validation. *J Biomech.* **2004** Mar; 37(3): 383-90
201. **Stäubli** HU, Rauschnig W. Tibial attachment area of the anterior cruciate ligament in the extended knee position. Anatomy and cryosections in vitro complemented by magnetic resonance arthrography in vivo. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **1994**; 2(3): 138-46
202. **Steadman** JR. Rehabilitation of acute injuries of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* **1983** Jan-Feb; (172): 129-32
203. **Sterett** WI, Briggs KK, Farley T, Steadman JR. Effect of functional bracing on knee injury in skiers with anterior cruciate ligament reconstruction: A prospective cohort study. *Am J Sports Med.* **2006** Oct; 34(10): 1581-5
204. **Szegvari** M, Lakos A, Szontagh F, Foeldi M. The active function of the subcutaneous lymphatic vessels of the human lower extremity. *Acta Med Acad Sci Hung* **1964**; 20: 209-13.
205. **Tapper** EM, Hoover NW. Late Results after Meniscectomy, *J Bone Joint Surg Am.* Apr **1969**; 51: 517 – 603
206. **Tegner** Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res.* **1985** Sep; (198): 43-9
207. **Torg** JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med.* **1976** Mar-Apr; 4(2): 84-93
208. **Torzilli** PA, Panariello RA, Forbes A, Santner TJ, Warren RF. Measurement reproducibility of two commercial knee test devices. *J Orthop Res.* **1991** Sep; 9(5): 730-7
209. **Treme** G, Hart JA, Miller MD. What's New in Sports Medicine. *The Journal of Bone and Joint Surgery.* **2007** April; 89: 686-696
210. **Vries** J, Bos R, Grady JH, Vierhout. Die Anwendbarkeit von Orthesen bei Schäden des vorderen Kreuzbandes. *Orthopädie-Technik.* 9/1997: 736-744
211. **Wentzensen** A. Injuries of the posterior cruciate ligament. *Unfallchirurg.* **1999** Oct; 102(10):751-2
212. **WHO.** [http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro\\_3.html](http://www.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html), (Stand 12.10.2006)
213. **Wilk** KE, Reinold MM, Hooks TR. Recent advances in the rehabilitation of isolated and combined anterior cruciate ligament injuries. *Orthop Clin North Am.* **2003** Jan; 34(1): 107-37
214. **Wojtys** EM, Kothari SU, Huston LJ. Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. *Am J Sports Med.* **1996** Jul-Aug; 24(4): 539-46
215. **Woo** SL, Abramowitch SD, Kilger R, Liang R. Biomechanics of knee ligaments: Injury, healing, and repair. *J Biomech.* **2006**; 39(1): 1-20
216. **Woo** SL, Hollis JM, Adams DJ, Lyon RM, Takai S. Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex. The effects of specimen age and orientation. *Am J Sports Med.* **1991** May-Jun; 19(3): 217-25
217. **Wroble** RR, Brand RA. Paradoxes in the history of the anterior cruciate ligament. *Clin Orthop Relat Res.* **1990** Oct; (259): 183-91
218. **Wu** GK, Ng GY, Mak AF. Effects of knee bracing on the functional performance of patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil.* **2001** Feb;82(2):282-5

- 219.** Wu GK, Ng GY, Mak AF. Effects of knee bracing on the sensorimotor function of subjects with anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* **2001** Sep-Oct; 29(5): 641-5
- 220.** Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL. Biomechanical analysis of an anatomic ACL reconstruction. *Am J Sports Med.* **2002** Sep-Oct; 30(5): 660-6
- 221.** Zaffagnini S, De Pasquale V, Marchesini Reggiani L, Russo A, Agati P, Bacchelli B, Marcacci M. Neoligamentization process of BTPB used for ACL graft: Histological evaluation from 6 months to 10 years. *Knee.* **2007** Mar; 14(2): 87-93
- 222.** Zantop T, Herbort M, Raschke MJ, Fu FH, Petersen W. The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation. *Am J Sports Med.* **2007** Feb; 35(2): 223-7
- 223.** Zantop T, Petersen W, Sekiya JK, Musahl V, Fu FH. Anterior cruciate ligament anatomy and function relating to anatomical reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* **2006** Oct; 14(10): 982-92
- 224.** Ziring E, Ishaque B, Petermann J, Gotzen L. Arthroscopic and clinical evaluation after isolated, augmented anterior cruciate ligament replacement. A prospective study. *Unfallchirurg.* **2001** Feb; 104(2): 158-66

## 10 ANHANG

### Anlage 1: Einverständniserklärung

#### Patientenaufklärung und Einwilligungsprotokoll

Bei Ihnen ist eine Operation zur Rekonstruktion des Vorderen Kreuzbandes im Kniegelenk geplant. Für den Erfolg dieses Eingriffes ist es wichtig, möglichst dauerhaft eine normale Bandstabilität und Funktion des Kniegelenkes zu erreichen. Das Ziel der Therapie sollte auch sein, Ihrem Kniegelenk baldmöglichst wieder zu einer normalen Funktion zu verhelfen. Einige Therapeuten befürworten die Verwendung einer kniestabilisierenden Schiene bei der Nachbehandlung. Andere bevorzugen die schienenfreie Nachbehandlung. Welches Vorgehen günstiger ist, um die oben genannten Ziele zu erreichen, ist noch nicht abschließend geklärt.

#### **1. Ziel der vorliegenden Untersuchungen.**

In der geplanten Studie sollen zwei unterschiedliche, bisher schon gebräuchliche Nachbehandlungsmethoden untersucht werden. Erfasst werden dabei Dauer und Ausprägung des Reizzustandes Ihres Kniegelenkes nach der Operation, Bandhalt Ihres Kniegelenkes im Verlauf der Zeit (Kontrolle mit einem Messgerät) und die Funktion Ihres Kniegelenkes im Verlauf der Zeit (Dokumentation mit einem Bewertungsbogen). Damit eine Beeinflussung der Auswertung weitgehend unmöglich ist, wird das Verfahren, das bei Ihnen durchgeführt wird, zufallsmäßig entschieden. Wenn wir auf diese Weise feststellen, welche Nachbehandlungsmethode des Vorderen Kreuzbandersatzes besser ist, könnte in Zukunft die Therapie verbessert werden.

#### **2. Erklärung der geplanten Nachbehandlungsverfahren.**

Bei Ihnen kommt eines der beiden Nachbehandlungsverfahren bei Ersatz des Vorderen Kreuzbandes zur Anwendung:

- a.) schienenfreie Nachbehandlung  
Verzicht auf Gehstützen 10-14 Tage nach der Operation
- b.) Verwendung einer kniestabilisierenden Konfektionsschiene für 6 Wochen  
Verzicht auf Gehstützen 10-14 Tage nach der Operation

#### **3. Zu erwartende spezielle Wirkungen bzw. Nebenwirkungen**

Beide Nachbehandlungsverfahren nach Ersatz des Vorderen Kreuzbandes sind seit Jahren gebräuchliche und in der Klinik schon vielfach erfolgreich angewendete Methoden.

Manche Therapeuten vermuten ein erhöhtes Risiko für die Bandstabilität bei schienenfreier Nachbehandlung, andere vermuten ein Risiko für die Bandstabilität bei falsch angelegter Schiene. Ebenso wird der zeitliche Verlauf der funktionellen Wiederherstellung des Kniegelenkes bei den genannten Nachbehandlungsverfahren unterschiedlich beurteilt.

Die allgemeinen Komplikationsmöglichkeiten des Eingriffes hat Ihr Operateur im Rahmen des vorgeschriebenen Vorbereitungsgesprächs bereits mit Ihnen besprochen.

Ich bestätige durch meine Unterschrift, dass ich mich mit der Durchführung der geplanten Operation einschließlich der vorgesehenen ärztlichen Maßnahmen einverstanden erkläre. Ich bin darüber informiert, dass meine persönlichen Daten beim behandelnden Arzt verbleiben, so dass sich für Unbeteiligte keine Hinweise auf meine Identität ergeben.

#### **4. Einverständniserklärung**

Ich, ....., wurde voll über Art und Inhalt der geplanten Untersuchung aufgeklärt. Alle meine Fragen wurden ausreichend beantwortet. Ich habe die Art und Auswirkungen der geplanten Behandlungsmaßnahmen voll und ganz verstanden. Sollte ich weitere Fragen haben oder sollten Unklarheiten bestehen, so ist der behandelnde Arzt gerne bereit, diese zu klären. Mir ist bekannt, dass meine Teilnahme freiwillig ist. Entsprechend kann ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile für mich bzw. für meine weitere Behandlung widerrufen.

München, den

Unterschrift des Patienten

Unterschrift des Arztes

**Anlage 2: Nachbehandlungsprotokoll**

<b><u>Nonorthesengruppe (NO-Gruppe):</u></b>	<b><u>Orthesengruppe (O-Gruppe):</u></b>
<p>Nachbehandlung ohne Konfektionsorthese</p> <p><b>Op-Tag/ 1. Tag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lagerung in gerader Schiene</li> <li>• sanfte Kälteapplikationen im komprimierenden System (Cryo-Cuff)</li> <li>• Anspannen der Kniebeuger</li> <li>• Anspannen der Kniestrecker nur in der geschlossenen Kette</li> <li>• Aktive Fußbewegung</li> </ul> <p><b>2. Tag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Motorschienenbeübung mit zunehmender Bewegung (Beginn max. Ex/Flex 0/0/50)</li> <li>• aktive Kniestreckung nur in der geschlossenen Kette</li> <li>• Lymphdrainage</li> <li>• Beginn mit elektrischer Muskelstimulation</li> </ul> <p><b>3. - 7. Tag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vier-Punktengang mit Belastung nach Toleranz</li> <li>• 1/3 Kniebeugen Ex/Flex 0/20/50 mit erhöhten Fersen</li> <li>• Beübung der Ab- und Adduktoren</li> <li>• Knieflexion gegen Widerstand</li> </ul> <p><b>8. - 14. Tag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortführung der bisherigen Physiotherapie, Gangschulung</li> <li>• Vollbelastung ab dem 12. Tag</li> <li>• Beinpresse Ex/Flex 0/40/90 mit max. 1/3 Körpergewicht Belastung</li> <li>• Kokontraktion (Kniestrecker/Kniebeuger)</li> <li>• Beübung der Fußmuskulatur, Sprunggelenksstabilisation</li> <li>• Stretching nach Anweisung durch den Therapeuten</li> <li>• für 4 Wochen: treppauf gesundes Bein voran, treppab operiertes Bein voran</li> </ul> <p><b>3. - 6. Woche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fortführung der bisherigen Physiotherapie, Anleitung zur Selbstbeübung</li> <li>• Standfahrrad mit geringem Widerstand (falls Flexion über 100° erreicht)</li> <li>• Koordinationsübungen</li> <li>• Beübung in offener Kette ab 5. Woche</li> <li>• Beginn mit einbeinigen Stabilisierungsübungen ab 5. Woche</li> <li>• Aquajogging ab 5. Woche</li> </ul> <p><b>7. - 12. Woche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gesteigerte Koordinations- und Kräftigungsübungen</li> <li>• Radfahren in der Ebene ab 8. Woche</li> <li>• einbeinige, gestützte Kniebeugen und side-to-side-steps</li> <li>• Gehen/Laufen auf der Stelle, vorwärts, rückwärts gegen Widerstand</li> </ul> <p><b>ab 12. Woche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schwimmen im Kraulschlag</li> <li>• Inline-Skating (für Geübte)</li> <li>• leichtes Lauftraining ab 16. Woche</li> <li>• allgemeine Wiedereingliederung in den Sport 6 Monate post-Op</li> </ul>	<p>Nachbehandlung mit Orthese prinzipiell wie NO-Gruppe bis auf folgende Änderungen:</p> <p><b>2. Tag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlage einer kniestabilisierenden Konfektionsorthese</li> <li>• Bewegungslimitierung Ex/Flex 0/0/90</li> </ul> <p><b>5. Woche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freigabe der Schienenbeweglichkeit</li> </ul> <p><b>7. Woche</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwöhnung von der Schiene</li> <li>• Rehabilitationsfortsetzung ohne Orthese wie NO-Gruppe</li> </ul>

**Anlage 3: Dokumentationsbogen (Mayr)****Nachbehandlung der Vorderen Kreuzbandplastik mit und ohne Orthese  
-eine Vergleichsstudie-**

(Hermann Mayr, Morris Wolter, Wolfgang Plitz)

**Fragebogen zur Patientenuntersuchung**

Name: \_\_\_\_\_ Vorname: \_\_\_\_\_ Geb.Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

keine Orthese Orthese **1. Anamnese:**

Zeitpunkt des Unfalls: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Zeitpunkt der Operation: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Abstand Unfall – Vordere Kreuzbandplastik:  sofort,  < 2 Tage,  < 1,  < 2,  < 4,  < 6,  
 < 9 Wochen,  < 3 Monate,  < 6 Monate,  > 6 Monate,  > 2 Jahre,  > 5 Jahre

Röntgen Δ p.-a. im Stehen prä op (Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_):

 Retropatellararthrose:  0,  I Gonarthrose:  0,  I

MRI-Befund prä op (Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_):

Gonarthrose  0  1Retropatellararthrose  0  1Vordere Kreuzbandruptur  frisch  alt  vollständig  inkomplettInnenmeniskuläsion Aussenmeniskuläsion bone bruise med. Kapselbandläsion lat. Kapselbandläsion 

intraoperativer Befund:

 VKB-ruptur,  HKB-Partialruptur,  med. Instabilität,  lat. Instabilität,  IM-läsion,  AM-läsion, Knorpelschäden ( Outerbridge:  °I,  °II,  °III,  °IV), Z.n. Fraktur,  Z.n. bone bruise,  intraartikuläre BridenWeitere Eingriffe:  IM-resektion,  IM-Naht,  AM-resektion,  AM-Naht,  Knorpelglättung,OP-Dauer:  < 40,  < 60 Minuten,  < 2,  > 2 StundenWar das Knie vor Operation:  überwärmt,  gerötet,  Erguss im Knie,  geschwollenKomplikationen perioperativ:  Thrombose,  Infekt,  Reflexdystrophie,  Sonstiges

Therapie post-OP:

 Krankengymnastik: wie lang:  2,  4,  6,  8,  12,  18,  >18 Wochen,  
ab wann:  sofort,  2,  4,  6,  8,  12,  >12 Wochen post-OP Lymphdrainage: wie lang:  2,  4,  6,  8,  12,  18,  >18 Wochen,  
ab wann:  sofort,  2,  4,  6,  8,  12,  >12 Wochen post-OP Muskelaufbau wie lang:  2,  4,  6,  8,  12,  18,  >18 Wochen,  
ab wann:  sofort,  2,  4,  6,  8,  12,  >12 Wochen post-OP Orthese nein Orthese ja wie lang:  2,  4,  6,  8,  12,  18,  >18 Wochen,  
ab wann:  sofort,  2,  4,  6,  8,  12,  >12 Wochen post-OP  
 unbeweglich,  beweglich:  0/0/90,  0/20/60,  0/20/90,  frei, Medikamente:  Analgetika,  Antirheumatika,  Thromboseprophylaxe,  Karil,  Sonstige,  
wie lange:  <1 Woche,  <2 Wochen,  <3 Wochen,  <6 Wochen,  länger,

Schmerz prae-OP am OP-Tag (VAS)0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Schmerz post-OP am OP-Tag (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Schmerz zwei Tage post-OP (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Schmerz 4 Wochen post-OP ausserhalb Therapie (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Schmerz bei funktioneller Therapie (VAS): 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

Wie lange Arbeitsunfähig:

<2,  <3,  <4,  <8,  <12 Wochen,  <6 Monate,  <9 Monate,  <1 Jahr,  >1 Jahr

Bewegungsumfang vor Operation:

Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad

Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Bewegungsumfang nach KG-Ende:

Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad

Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Wie lang Arbeitsunfähig:

<2,  <3,  <4,  <8,  <12 Wochen,  <6 Monate,  <9 Monate,  <1 Jahr,  >1 Jahr

### Untersuchungsbefund T1

Röntgen  $\Delta$  p.-a. im Stehen bei Nachuntersuchung (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

Retropatellararthrose:  I,  II,  III,  IV

Gonarthrose:  I,  II,  III,  IV

Tilt-Winkel transversal:

Abstand Patellaspitze/ Tuberositas Tibiae

Untersuchung des Knies (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

Befund bei Untersuchung:

subjektiv:

subjektive Beschwerden

VAS im täglichen Leben (Schmerzen Knie)

keine

0     1     2     3     4     5     6     7     8     9     10    unerträglich

Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar

Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar

Schmerz bei sportlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar

Grad der Beschwerden        mäßig        mittel        stark

- Kein Schmerz
- Kein Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Knien auf der operierten Seite schmerzbedingt nicht möglich
- Schmerzen beim Stehen
- Ruheschmerz
- Schmerzen beim Gehen in der Ebene
- Schmerz beim Bergabgehen
- Schmerz beim Bergaufgehen
- Schmerz beim Aufstehen aus dem Sitzen
- Einnahme der Hocke unmöglich
- Einbeinige Kniebeuge unmöglich

<input type="checkbox"/>	Bewegungseinschränkung
<input type="checkbox"/>	Blockaden
objektiv:	
<input type="checkbox"/>	Beinachse gerade
<input type="checkbox"/>	varus
<input type="checkbox"/>	valgus
<input type="checkbox"/>	Erguß
<input type="checkbox"/>	med Aufklappbarkeit
<input type="checkbox"/>	lat Aufklappbarkeit
<input type="checkbox"/>	Lachman +
<input type="checkbox"/>	Pivot shift <input type="checkbox"/> glide <input type="checkbox"/> clunk
<input type="checkbox"/>	Crepitatio femoro-tibial
<input type="checkbox"/>	Crepitatio retropatellar
<input type="checkbox"/>	Schnappen
<input type="checkbox"/>	Schmerzangabe med Kompartment
<input type="checkbox"/>	Schmerzangabe lat Kompartment
<input type="checkbox"/>	Schmerzangabe retropatellar
<input type="checkbox"/>	tastbares freies Dissekat
Bewegungsumfang:	
Extension: <input type="checkbox"/> -5, <input type="checkbox"/> 0, <input type="checkbox"/> 5, <input type="checkbox"/> 10, <input type="checkbox"/> 20, <input type="checkbox"/> 30, <input type="checkbox"/> 40, <input type="checkbox"/> 50, <input type="checkbox"/> 60 Grad	
Flexion: <input type="checkbox"/> 40, <input type="checkbox"/> 50, <input type="checkbox"/> 60, <input type="checkbox"/> 70, <input type="checkbox"/> 80, <input type="checkbox"/> 90, <input type="checkbox"/> 100, <input type="checkbox"/> 110, <input type="checkbox"/> 120, <input type="checkbox"/> 130, <input type="checkbox"/> 140 Grad	
Umfangsmaße:	
	re. <span style="margin-left: 200px;">li.</span>
<u>20 cm oberhalb med GS</u>	
<u>10 cm oberhalb med GS</u>	
<u>Patellamitte</u>	
<u>max. Unterschenkelumfang</u>	
<u>Fesselumfang</u>	
<b>Nachuntersuchungsbefund T 2</b>	
<u>Röntgen Δ p.-a. im Stehen bei Nachuntersuchung (Datum: ___/___/___):</u>	
femoraler Bohrkana: <input type="checkbox"/> korrekt, <input type="checkbox"/> zu weit ventral, <input type="checkbox"/> zu weit dorsal	
tibialer Bohrkana: <input type="checkbox"/> korrekt, <input type="checkbox"/> zu weit ventral, <input type="checkbox"/> zu weit dorsal	
<input type="checkbox"/> andere Fehlplatzierung des Bandes	
<u>Untersuchung des Knies (Datum: ___/___/___):</u>	
Befund bei Nachuntersuchung:	
subjektiv:	
subjektive Beschwerden	
VAS im täglichen Leben(Schmerzen Knie)	
keine <span style="float: right;">unerträglich</span>	
<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6 <input type="checkbox"/> 7 <input type="checkbox"/> 8 <input type="checkbox"/> 9 <input type="checkbox"/> 10
Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10	
<input type="checkbox"/> im gesamten Knie <input type="checkbox"/> in der Patellasehne <input type="checkbox"/> retropatellar	
Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10	
<input type="checkbox"/> im gesamten Knie <input type="checkbox"/> in der Patellasehne <input type="checkbox"/> retropatellar	
objektiv:	
<input type="checkbox"/>	Erguß
<input type="checkbox"/>	Überwärmung
<input type="checkbox"/>	Rötung
<input type="checkbox"/>	Lymphödem
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 20 ml
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 60 ml
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt >60ml

<input type="checkbox"/>	keine vorausgehende Punktion
<input type="checkbox"/>	bis zu 2 vorausgehende Punktionen
<input type="checkbox"/>	mehr als 2 vorausgehende Punktionen

Bewegungsumfang:  
 Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad  
 Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Umfangsmaße:

	re.	li.
20 cm oberhalb med GS	_____	_____
10 cm oberhalb med GS	_____	_____
Patellamitte	_____	_____
max. Unterschenkelumfang	_____	_____
Fesselumfang	_____	_____

**Nachuntersuchungsbefund T 3**  
 Untersuchung des Knies (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

subjektive Beschwerden  
 VAS im täglichen Leben(Schmerzen Knie)  
 keine unerträglich  
 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10  
 im gesamten Knie    in der Patellasehne    retropatellar

Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10  
 im gesamten Knie    in der Patellasehne    retropatellar

objektiv:

<input type="checkbox"/>	Erguß
<input type="checkbox"/>	Überwärmung
<input type="checkbox"/>	Rötung
<input type="checkbox"/>	Lymphödem
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 20 ml
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 60 ml
<input type="checkbox"/>	Punktion zum Untersuchungszeitpunkt >60ml
<input type="checkbox"/>	keine vorausgehende Punktion
<input type="checkbox"/>	bis zu 4 vorausgehende Punktionen
<input type="checkbox"/>	mehr als 4 vorausgehende Punktionen

Bewegungsumfang:  
 Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad  
 Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Umfangsmaße:

	re.	li.
20 cm oberhalb med GS	_____	_____
10 cm oberhalb med GS	_____	_____
Patellamitte	_____	_____
max. Unterschenkelumfang	_____	_____
Fesselumfang	_____	_____

**Nachuntersuchungsbefund T 4**  
 Untersuchung des Knies (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

subjektive Beschwerden  
 VAS im täglichen Leben(Schmerzen Knie)  
 keine unerträglich  
 0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellar

Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellar

Schmerz bei sportlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellar

Grad der Beschwerden  mäßig  mittel  stark

- Kein Schmerz
- Kein Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Knien auf der operierten Seite schmerzbedingt nicht möglich
- Schmerzen beim Stehen
- Ruheschmerz
- Schmerzen beim Gehen in der Ebene
- Schmerz beim Bergabgehen
- Schmerz beim Bergaufgehen
- Schmerz beim Aufstehen aus dem Sitzen
- Einnahme der Hocke unmöglich
- Einbeinige Kniebeuge unmöglich
- Bewegungseinschränkung
- Blockaden

objektiv:

- Erguß
- Überwärmung
- Rötung
- Lymphödem
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 20 ml
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 60 ml
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt >60ml
- keine vorausgehende Punktion
- bis zu 5 vorausgehende Punktionen
- mehr als 5 vorausgehende Punktionen
- Lachman +
- Schnappen
- Schmerzangabe med Kompartment
- Schmerzangabe lat Kompartment
- Schmerzangabe retropatellar

Bewegungsumfang:

Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad

Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Umfangsmaße:

re.

li.

20 cm oberhalb med GS \_\_\_\_\_

10 cm oberhalb med GS \_\_\_\_\_

Patellamitte \_\_\_\_\_

max. Unterschenkelumfang \_\_\_\_\_

Fesselumfang \_\_\_\_\_

#### Nachuntersuchungsbefund T 5

Untersuchung des Knies (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

Befund bei Nachuntersuchung:

subjektiv:

würden sie den Eingriff wieder durchführen lassen?

ja

nein

## subjektive Beschwerden

VAS im täglichen Leben(Schmerzen Knie)

keine

 0     1     2     3     4     5     6     7     8     9     10    unerträglich

Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar

Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar

Schmerz bei sportlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie     in der Patellasehne     retropatellar
Grad der Beschwerden        mäßig        mittel        stark

- Kein Schmerz
- Kein Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Schmerz beim Knien auf der operierten Seite
- Knien auf der operierten Seite schmerzbedingt nicht möglich
- Schmerzen beim Stehen
- Ruheschmerz
- Schmerzen beim Gehen in der Ebene
- Schmerz beim Bergabgehen
- Schmerz beim Bergaufgehen
- Schmerz beim Aufstehen aus dem Sitzen
- Einnahme der Hocke unmöglich
- Einbeinige Kniebeuge unmöglich
- Bewegungseinschränkung
- Blockaden

## objektiv:

- Erguß
- Überwärmung
- Rötung
- Lymphödem
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 20 ml
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 60 ml
- Punktion zum Untersuchungszeitpunkt >60ml
- keine vorausgehende Punktion
- bis zu 8 vorausgehende Punktionen
- mehr als 8 vorausgehende Punktionen
- Lachman +
- Pivot shift     glide     clunk
- Schnappen
- Schmerzangabe med Kompartment
- Schmerzangabe lat Kompartment
- Schmerzangabe retropatellar

## Bewegungsumfang:

Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 GradFlexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

## Umfangmaße:

re.

li.

20 cm oberhalb med GS10 cm oberhalb med GSPatellamittemax. UnterschenkelumfangFesselumfang

**Nachuntersuchungsbefund T 6**Röntgen  $\Delta$  p.-a. im Stehen bei Nachuntersuchung (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

- Retropatellararthrose:  I,  II,  III,  IV  
 Gonarthrose:  I,  II,  III,  IV  
 Tilt-Winkel transversal:  
 Abstand Patellaspitze/ Tuberositas Tibiae  
 Tunnel widening  tibial  femoral  
 femoraler Bohrkanal:  korrekt,  zu weit ventral,  zu weit dorsal  
 tibialer Bohrkanal:  korrekt,  zu weit ventral,  zu weit dorsal  
 andere Fehlplatzierung des Bandes  
 fleckige Entkalkung,  Patella baja,  Infrapatellararthrose

Untersuchung des Knies (Datum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_):

Befund bei Nachuntersuchung:

subjektiv:

würden sie den Eingriff wieder durchführen lassen?

- ja  
 nein

subjektive Beschwerden

VAS im täglichen Leben (Schmerzen Knie)

keine unerträglich  
 0  1  2  3  4  5  6  7  8  9  10

Schmerz in Ruhe (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellar

Schmerz bei leichter körperlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellar

Schmerz bei sportlicher Belastung (VAS) 0—1—2—3—4—5—6—7—8—9—10

 im gesamten Knie  in der Patellasehne  retropatellarGrad der Beschwerden  mäßig  mittel  stark

- Kein Schmerz  
 Kein Schmerz beim Knien auf der operierten Seite  
 Schmerz beim Knien auf der operierten Seite  
 Knien auf der operierten Seite schmerzbedingt nicht möglich  
 Schmerzen beim Stehen  
 Ruheschmerz  
 Schmerzen beim Gehen in der Ebene  
 Schmerz beim Bergabgehen  
 Schmerz beim Bergaufgehen  
 Schmerz beim Aufstehen aus dem Sitzen  
 Einnahme der Hocke unmöglich  
 Einbeinige Kniebeuge unmöglich  
 Bewegungseinschränkung  
 Blockaden

objektiv:

- Erguß  
 Überwärmung  
 Rötung  
 Lymphödem  
 Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 20 ml  
 Punktion zum Untersuchungszeitpunkt < 60 ml  
 Punktion zum Untersuchungszeitpunkt > 60ml  
 keine vorausgehende Punktion  
 bis zu 10 vorausgehende Punktionen  
 mehr als 10 vorausgehende Punktionen  
 Lachman +  
  Pivot shift  glide  clunk

- Schnappen
- Schmerzangabe med Kompartment
- Schmerzangabe lat Kompartment
- Schmerzangabe retropatellar

Bewegungsumfang:

Extension:  -5,  0,  5,  10,  20,  30,  40,  50,  60 Grad

Flexion:  40,  50,  60,  70,  80,  90,  100,  110,  120,  130,  140 Grad

Umfangsmaße:

re.

li.

20 cm oberhalb med GS \_\_\_\_\_

10 cm oberhalb med GS \_\_\_\_\_

Patellamitte \_\_\_\_\_

max. Unterschenkelumfang \_\_\_\_\_

Fesselumfang \_\_\_\_\_

**Anlage 4:** IKDC 2000 Formblatt zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes [63]

(page 5)	<b>IKDC 2000</b>		
<b>FORMBLATT ZUR BEURTEILUNG DES GEGENWÄRTIGEN GESUNDHEITZUSTANDES*</b>			
<b>(SF36)</b>			
Nachname _____		Vorname: _____	
Geburtsdatum ____/____/____			
Tag		Monat	Jahr
Heutiges Datum: ____/____/____			
Tag		Monat	Jahr
<b>1. Wie würden Sie Ihren allgemeinen Gesundheitszustand beurteilen:</b>			
<input type="checkbox"/> hervorragend <input type="checkbox"/> sehr gut <input type="checkbox"/> gut <input type="checkbox"/> mäßig <input type="checkbox"/> schlecht			
<b>2. Wie würden Sie Ihren derzeitigen Allgemeinzustand im Vergleich zu Ihrem Zustand vor einem Jahr beurteilen?</b>			
<input type="checkbox"/> viel besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> etwas besser als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> etwa genauso wie vor einem Jahr <input type="checkbox"/> etwas schlechter als vor einem Jahr <input type="checkbox"/> viel schlechter als vor einem Jahr			
<b>3. Es folgt eine Liste von Aktivitäten, die an einem typischen Tag anfallen können. Werden Sie bei diesen Aktivitäten durch Ihren <i>derzeitigen Gesundheitszustand</i> eingeschränkt? Wenn ja, in welchem Umfang?</b>			
	Ja, sehr eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
a. Anstrengende Aktivitäten wie Laufen, schwere Gegenstände heben, an anstrengenden Sportarten teilnehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Mäßig anstrengende Aktivitäten wie z.B. einen Tisch umstellen, staubsaugen, Kegeln oder Golf spielen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
* Dieses Formblatt enthält Fragen aus dem SF-36 Health Survey (SF-36 Fragebogen zur Gesundheit). Wiedergabe mit freundlicher Genehmigung des Medical Outcomes Trust, Copyright © 1992.			

**Anlage 5: IKDC 2000 Formblatt zur Subjektiven Beurteilung des Knies [63]**

(page 7)	<b>IKDC 2000</b>										
<b>FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN BEURTEILUNG DES KNIES</b>											
Name _____											
Heutiges Datum: _____ / _____ / _____ Datum der Verletzung _____ / _____ / _____ Tag Monat Jahr Tag Monat Jahr											
<b><u>SYMPTOME*:</u></b>											
* Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben.											
<b>1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?</b>											
<input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.											
<b>2. Wie oft hatten Sie in den <u>vergangenen 4 Wochen</u> oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?</b>											
Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nie	<input type="checkbox"/>	ständig Schmerzen									
Schmerzen											
<b>3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?</b>											
Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).											
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Keine Schmerzen											
unerträgliche Schmerzen											
<b>4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der <u>vergangenen 4 Wochen</u> oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?</b>											
<input type="checkbox"/> überhaupt nicht <input type="checkbox"/> etwas <input type="checkbox"/> ziemlich <input type="checkbox"/> sehr <input type="checkbox"/> extrem											
<b>5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?</b>											
<input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.											
<b>6. Hatten Sie in den <u>vergangenen 4 Wochen</u> oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?</b>											
<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein											

**7. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können?**

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

(page 8)

**SPORTLICHE BETÄTIGUNG:**

**8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?**

- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
- Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
- Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
- Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
- Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

**9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?**

	überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unmöglich
a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c. Auf dem vorderen Knie knien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**FUNKTION:**

**10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?**

**FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNEIVERLETZUNG:**

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen											Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:**

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen											Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Anlage 6:** IKDC 2000 Anleitungen für das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies [63]

(page 9)

**Anleitungen zur Berechnung des Ergebnisses für das 2000 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies**

Eine Reihe von Methoden zur Auswertung des Formblatts zur subjektiven Beurteilung des Knies wurde untersucht. Die Untersuchungen ergaben, daß eine Summierung der Einzelergebnisse ebenso gute Resultate liefert wie kompliziertere Auswertungsmethoden.

Die Antworten auf die einzelnen Fragen erhalten einen Zahlenwert, wobei 1 die niedrigste Funktionsstufe oder höchste Symptomstufe darstellt. Unter Frage 1 (höchste Aktivitätsstufe ohne erhebliche Schmerzen) erhält beispielsweise die Antwort „Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen“ einen Punkt und die Antwort „Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)“ 5 Punkte. Unter Frage 2 (Häufigkeit der Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen) erhält die Antwort „ständig Schmerzen“ einen Punkt und „Nie“ 11 Punkte.

Zur Ermittlung des Gesamtergebnisses für das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies werden die Ergebnisse für die Einzelpunkte addiert und dann zu einer Skala mit dem Bereich 0 bis 100 transformiert. **Hinweis:** Die Antwort auf Punkt 10 „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“ wird nicht in die Gesamtpunktzahl einbezogen. Zur Berechnung des Gesamtergebnisses für das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies gehen Sie wie folgt vor:

1. Ordnen Sie der Antwort des Patienten auf jede Frage eine Punktzahl zu, wobei die niedrigste Punktzahl die niedrigste Funktionsstufe bzw. höchste Symptomstufe darstellt.
2. Berechnen Sie das Rohergebnis, indem Sie die Punkte für alle Fragen addieren (mit Ausnahme der Antwort auf Punkt 10 „Funktionsfähigkeit vor der Knieverletzung“)
3. Wandeln Sie das Rohergebnis wie folgt in eine Skala von 0 bis 100 um:

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{\text{Rohergebnis} - \text{Niedrigstmögliche Punktzahl}}{\text{Punktzahlbereich}} \times 100$$

wobei die niedrigstmögliche Punktzahl 18 und der Bereich möglicher Punktzahlen 87 ist. Wenn beispielsweise die für die 18 Fragen berechnete Punktzahl 60 beträgt, wird das IKDC-Ergebnis wie folgt berechnet:

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{60 - 18}{87} \times 100$$

$$\text{IKDC-Ergebnis} = 48,3$$

Dieses umgewandelte Ergebnis wird als Maßstab für die Funktionsfähigkeit verwendet, wobei höhere Punktzahlen eine höhere Funktionsfähigkeit und geringere Symptome repräsentieren. Ein Ergebnis von 100 bedeutet, daß die täglichen oder sportlichen Aktivitäten keinen Beschränkungen unterliegen und daß keine Symptome vorliegen.

Das IKDC-Ergebnis kann auch berechnet werden, wenn Daten fehlen, solange mindestens Antworten zu 90 % der Fragen vorliegen (d.h. es wurden mindestens 16 Fragen beantwortet). Zur Berechnung des Ergebnisses bei fehlenden Daten verwenden Sie anstelle des fehlenden Einzelergebnisses (bzw. der fehlenden Einzelergebnisse) das Durchschnittsergebnis für die beantworteten Fragen. Nach Berechnung des Rohergebnisses wird es wie oben beschrieben zu dem IKDC-Ergebnis transformiert.

## Anlage 7: IKDC 2000 Formblatt zur Untersuchung des Knies [63]

(page 16)

**IKDC 2000  
FORMBLATT ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES**

Name des Patienten \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
Tag Monat Jahr

Geschlecht:  W  M **Alter:** \_\_\_\_\_ Untersuchungsdatum: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
Tag Monat Jahr

Allgemeine Laxizität:  verminderte Laxizität  normal  erhöhte Laxizität  
 Beinachse:  eindeutig Varus  normal  eindeutig Valgus  
 Patellastellung:  baja  normal  alta

Subluxation/ Dislokation der Patella:  
 zentriert  subludierbar  subluxiert  disloziert

Bewegungsausmaß (Streckung/Beugung): Betroffene Seite: passiv \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ aktiv \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_  
 Normale Seite: passiv \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_ aktiv \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

SIEBEN GRUPPEN	VIER GRADE			GRUPPENGRADE				
	Normal	Fast normal	Abnormal	Deutlich abnormal	A	B	C	D
<b>1. Erguß</b>	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> leicht	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2. Passives Bewegungsdefizit</b>								
Δ Streckdefizit	<input type="checkbox"/> < 3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> > 10°				
Δ Beugedefizit	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> > 25°				
<b>3. Ligamentuntersuchung</b> (manuell, instrumentell, Röntgen)								
Δ Lachman Test (25° Beugung) (134 N)	<input type="checkbox"/> -1-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm (1+)	<input type="checkbox"/> 6-10mm (2+)	<input type="checkbox"/> >10mm (3+)				
		<input type="checkbox"/> <-1- -3	<input type="checkbox"/> < -3 steif					
Δ Lachman Test (25° Beugung) manuell, max.	<input type="checkbox"/> -1-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Vorderer Endpunkt:	<input type="checkbox"/> fest		<input type="checkbox"/> unsicher					
Δ Gesamt AP-Translation (25°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Gesamt AP-Translation (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Hintere Schublade (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Valgusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Varusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5mm	<input type="checkbox"/> 6-10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ Außenrotationstest (30°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°				
Δ Außenrotationstest (90°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> >20°				
Δ Pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> +Gleiten	<input type="checkbox"/> ++(dumpf)	<input type="checkbox"/> +++ (laut)				
Δ Reverse pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> Gleiten	<input type="checkbox"/> stark	<input type="checkbox"/> ausgeprägt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4. Kompartimentbefunde</b>		<b>Krepitation</b>	<b>Krepitation mit</b>					
Δ Krepitation anterior (PF)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz				
Δ Krepitation mediales Komp.	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz				
Δ Krepitation laterales Komp.	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> > leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>5. Transplantatentnahmemorbidität</b>	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**6. Röntgenbefund:**

Medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	
Lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	
Femoropatellar-Gelenk	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	
Vorderer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	
Hinterer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> kein	<input type="checkbox"/> gering	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutlich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

**7. Funktionstest**

Hüpfen auf einem Bein (in % der gegenüberliegenden Seite)	<input type="checkbox"/> $\geq 90\%$	<input type="checkbox"/> 89-76%	<input type="checkbox"/> 75-50%	<input type="checkbox"/> $< 50\%$	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
--	--------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	---

**\*\*Abschlußbeurteilung****A B C D**

\* Gruppengrad: Der Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe.

\*\* Abschlußbeurteilung: Bei akuten und subakuten Patienten richtet sich die Abschlußbeurteilung nach dem schlechteren Gruppengrad. Bei chronischen Patienten wird die prä- und postoperative Beurteilung verglichen. Bei einer Abschlußbeurteilung werden nur die ersten drei Gruppen beurteilt, jedoch werden alle Gruppen dokumentiert.

Der Unterschied zwischen dem betroffenen Knie und dem normalen Knie, bzw. dem, was als normal angesehen wird.

**IKDC-AUSSCHUSS:**

**AOSSM:** Anderson, A., Bergfeld, J., Bolland, A., Dye, S., Feagin, J., Hamer, C., Mhtadi, N., Richmond, J., Shelbourne, D., Terry, G.

**ESSKA:** Staubli, H., Hefti, F., Höher, J., Jacob, R., Müller, W., Neyret, P.

**APOSSM:** Chan, K., Kurosaka, M.

**Anlage 8: IKDC 2000 Anleitungen für das Formblatt zur Untersuchung des Knies [63]**

(page 17)

**IKDC 2000****ANLEITUNGEN FÜR DAS FORMBLATT ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES**

Das Formblatt zur Untersuchung des Knies enthält Punkte, die in eine von sieben Meßdomänen fallen. Dabei werden jedoch nur die ersten drei Domänen bewertet. Die sieben Domänen werden mit Hilfe des Formblattes zur Untersuchung des Knies beurteilt.

**1. Erguß**

Ein Erguß wird durch vorsichtige Palpation des Knies beurteilt. Eine Flüssigkeitswelle (weniger als 25 cc) gilt als gering, leicht palpierbare Flüssigkeit als mäßig (25 bis 60 cc) und ein angespanntes Knie zusätzlich zum Erguß (mehr als 60 cc) gilt als ausgeprägt.

**2. Passives Bewegungsdefizit**

Der passive Bewegungsspielraum wird mit einem Winkelmesser gemessen und auf dem Formblatt für die betroffene Seite und die gegenüberliegende oder normale Seite festgehalten. Die Werte für Nullpunkt/Überstreckung/Beugung sind aufzuzeichnen (z.B. 10 Grad Überstreckung, 150 Grad Beugung = 10/0/150; 10 Grad Beugung zu 150 Grad Beugung = 0/10/150). Die Streckung wird mit der des normalen Knies verglichen.

**3. Ligamentuntersuchung**

Der Lachman-Test, die gesamte anteroposteriore Translation bei 70 Grad und der mediale und laterale Gelenkspalt können manuell, instrumentell oder mittels Röntgenaufnahme unter Belastung beurteilt werden. Dabei sollte nur ein Test beurteilt werden, vorzugsweise eine „gemessene Verschiebung“. Bei der instrumentellen Untersuchung beider Knie wird eine Standardkraft von 134 N (30 lb-force) angelegt. Die Zahlenwerte für die Seitenunterschiede werden abgerundet und das entsprechende Kästchen wird angekreuzt.

Der Endpunkt wird mit dem Lachman-Test beurteilt. Der Endpunkt beeinflusst die Einstufung, wenn die Laxizität des betroffenen Knies vorne 3 bis 5 mm größer ist als die des normalen Knies. In diesem Fall führt ein weicher Endpunkt zu einem abnormen Grad anstelle eines nahezu normalen Grads.

Der hintere Durchhang bei 70 Grad wird durch einen Vergleich des Profils des betroffenen Knies mit dem des normalen Knie und durch Palpieren der medialen femorotibialen Kante geschätzt. Dieser Befund kann durch die Beobachtung bestätigt werden, daß die Kontraktion des Quadrizeps die Tibia nach vorne zieht.

Für die Außenrotationstests liegt der Patient mit auf 30 und 70 Grad gebeugten Knien auf dem Bauch. An beide Füße wird eine einheitliche äußere Drehkraft angelegt, und das Ausmaß der Außenrotation wird aufgezeichnet.

Pivot-Shift and Reverse Pivot-Shift werden mit dem Patienten in Rückenlage, einer Hüftabduktion von 10 bis 20 Grad und mit Tibia in Neutralrotation unter Verwendung der Technik nach Losee, Noyes oder Jakob durchgeführt. Die im Vergleich zum normalen Knie größte Subluxation wird festgehalten.

**4. Kompartimentbefund**

Patellofemorale Krepitation wird durch Streckung gegen geringen Widerstand hervorgerufen. Die mediale und laterale Kompartimentkrepitation wird durch Strecken des Knies aus einer gebeugten Stellung mit Belastung in Varusrichtung und folgender Belastung in Valgusrichtung (d.h. McMurray-Test) hervorgerufen. Die Einstufung erfolgt nach Intensität und Schmerz.

**5. Transplantatentnahmemorbidität:**

Auf Empfindlichkeit, Reizung oder Gefühllosigkeit an der Entnahmestelle des autologen Transplantats achten.

**6. Röntgenbefund**

Die Verschmälerung des medialen und lateralen Gelenkspalts wird durch ein bilaterales PA-Röntgenbild mit Gewichtsbelastung auf beiden Beinen und einem Beugungswinkel von 35 bis 45 Grad (Tunnelaufnahme) beurteilt. Die patellofemorale Verschmälerung wird durch eine Merchant-Aufnahme bei 45 Grad dokumentiert. Ein geringer Grad bezeichnet minimale Veränderungen (d.h. kleine Osteophyten, leichte Sklerose oder Abflachung der Femurkondyle) und nur schwach erkennbare Verschmälerung des Gelenkspalts. Bei einem mittleren Grad liegen diese Veränderungen möglicherweise vor sowie eine Verschmälerung des Gelenkspalts (z.B. ein Gelenkspalt von 2-4 mm oder eine Verschmälerung des Gelenkspalts von bis zu 50 %). Zu den ausgeprägten Veränderungen zählen ein Gelenkspalt von weniger als 2 mm oder eine Verschmälerung des Gelenkspalts von mehr als 50 %.

**7. Funktionstest**

Der Patient wird aufgefordert, auf der betroffenen und auf der normalen Seite jeweils einmal auf einem Bein so weit wie möglich zu springen. Für jedes Bein werden drei Versuche festgehalten und die Ergebnisse werden gemittelt. Dann wird das Verhältnis von betroffenem zu normalem Knie berechnet.

Anlage 9: Dokumentationsbogen (Arthrometer KT-1000)

### Patient Evaluation Form

Knee Ligament ARTHROMETER®  
Model KT1000™



Patient: \_\_\_\_\_ ID Number: \_\_\_\_\_ Date: \_\_\_\_\_  
 Physician: \_\_\_\_\_ Examiner: \_\_\_\_\_  
 Test Code: \_\_\_\_\_

SIDE	INJURY DATE	SURGERY DATE	R.O.M.	EFFUSION	TENDERNESS	ANESTHETIC
I _____	_____	_____	_____	_____	_____	<input type="checkbox"/> Gen. <input type="checkbox"/> Spinal
N _____	_____	_____	_____	_____	_____	<input type="checkbox"/> Local <input type="checkbox"/> None

**POSTERIOR TIBIAL SAG SCREEN AT 90° FOR PCL DEFICIENCY**

<b>A</b>	Quadriceps Active Displacement (+ = anterior - = posterior) (Patient slides restrained foot along table using thigh strap for lateral support). If displacement sign is +, go to section B; if -, go to section C.	N	I	

**POSTERIOR DISPLACEMENT AT QUAD NEUTRAL ANGLE (~70°)**

	Force	ANTERIOR			POSTERIOR		
		N	I	I-N	N	I	I-N
<b>B</b> Passive Displacement Tests (muscles relaxed) (Flexion = _____ ° when Quadriceps Active Displacement N=0)	20 lb.						
Quadriceps Active Displacement (Tibial Sag Test) (Patient slides restrained foot along table using thigh strap for lateral support)		N	I	I-N			
Corrected 20 lb. Posterior Displacement					N	I	I-N
Add ACTIVE Displacement to PASSIVE Posterior Displacement							
Corrected 20 lb. Anterior Displacement		N	I	I-N			
Subtract ACTIVE displacement from PASSIVE Anterior Displacement							

**ANTERIOR DISPLACEMENT MEASUREMENT AT 20° TO 35°**

	Force	ANTERIOR			POSTERIOR		
		N	I	I-N	N	I	I-N
<b>C</b> Passive Displacement Tests (muscles relaxed) (Examiner applies force through KT1000™ handle)	15 lb.						
	20 lb.						
	30 lb.						
Compliance Index (mm) 30 lb. minus 15 lb.							
Quadriceps Active Displacement Tests (Patient raises heel slightly off table)		N	I	I-N			
Manual Maximum Displacement Tests (High force applied manually to proximal calf)		N	I	I-N			

**OTHER LAXITY TESTS**

<b>D</b>	PIVOT SHIFT	N	I	VARUS 30°	N	I	Notes: Acute _____ Pos. _____ Chronic _____ Med. _____ Ant. _____ Lat. _____
	REV. PIVOT SHIFT			VALGUS 30°			

\* Denotes muscle guarding during test

Rev. 8/99

© 1996 MEDmetric® Corporation. All rights reserved. Litho in U.S.A.  
 MEDmetric® Corporation, 7542 Trade Street, San Diego, CA 92121-2412 ■ Tel: 1 (858) 536-9122 ■ Fax: 1 (858) 536-9303 ■ e-mail: kt1000@idt.net ■ http://www.medmetric.com

**Anlage 10: Lysholm-Score [142] in der Übersetzung nach Auerbach [15]**

		<b>Punkte</b>
<b>1. Hinken oder humpeln Sie?</b>		
a) nie	<input type="radio"/>	5
b) wenig oder nur zeitweise	<input type="radio"/>	3
c) schwer und ständig	<input type="radio"/>	0
<b>2. Benötigen Sie eine Gehhilfe?</b>		
a) nein	<input type="radio"/>	5
b) Stock oder Krücke	<input type="radio"/>	3
c) gehunfähig	<input type="radio"/>	0
<b>3. Treppensteigen?</b>		
a) problemlos	<input type="radio"/>	10
b) etwas erschwert	<input type="radio"/>	6
c) langsam, Stufe um Stufe	<input type="radio"/>	2
d) unmöglich	<input type="radio"/>	0
<b>4. In die Hocke gehen?</b>		
a) problemlos	<input type="radio"/>	5
b) etwas erschwert	<input type="radio"/>	4
c) schwer möglich (nicht über 90 Grad)	<input type="radio"/>	2
d) unmöglich	<input type="radio"/>	0
<b>5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?</b>		
a) nie	<input type="radio"/>	30
b) selten beim Sport oder schweren Anstrengungen	<input type="radio"/>	25
c) häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen	<input type="radio"/>	20
d) gelegentlich bei Alltagsarbeiten	<input type="radio"/>	10
e) oft bei Alltagsarbeiten	<input type="radio"/>	5
f) bei jeder Bewegung bzw. bei jedem Schritt	<input type="radio"/>	0
<b>6. Schmerzen?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	30
b) ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung	<input type="radio"/>	25
c) Auftreten bei Knieunsicherheit	<input type="radio"/>	20
d) Auftreten bei schweren Anstrengungen	<input type="radio"/>	15
e) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge	<input type="radio"/>	10
f) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge	<input type="radio"/>	5
g) ständig und stark	<input type="radio"/>	0
<b>7. Schwellung des Kniegelenks?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	10
b) bei Knieunsicherheit	<input type="radio"/>	7
c) bei schwerer Anstrengung	<input type="radio"/>	5
d) bei leichter Anstrengung	<input type="radio"/>	2
e) ständig	<input type="radio"/>	0
<b>8. Muskelschwäche des/ der Beine(s)?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	5
b) gering ( Oberschenkelumfang 1-2cm verringert)	<input type="radio"/>	3
c) ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)	<input type="radio"/>	0

**Anlage 11: Tegner-Score [206] in der Übersetzung nach Auerbach [15]**

<b>Gruppe 0</b>	Arbeitsunfähigkeit oder Berentung aufgrund der Knieprobleme
<b>Gruppe 1</b>	sitzende Berufstätigkeit (z.B. Sekretärin) Spazierengehen auf ebener Strecke möglich
<b>Gruppe 2</b>	körperlich leichte Arbeit (z.B. Verkäuferin, Lehrerin) Spazierengehen auf unebener Strecke möglich
<b>Gruppe 3</b>	körperlich mittelschwere Arbeit (z.B. Krankenpflegerin, Koch, Hausfrau mit kleinem Haushalt) Leistungs- oder Freizeitsport: Schwimmen, Wandern (ca. 5 km/h)
<b>Gruppe 4</b>	körperlich schwere Arbeit (z.B. Putzfrau, Maler, Hausfrau mit großem Haushalt) Freizeitsport: Radfahren, Skilanglauf, Joggen 2 x pro Woche auf ebener Strecke
<b>Gruppe 5</b>	körperliche Schwerstarbeit (z.B. Bergbau, Straßenbau, Waldarbeiten) Freizeitsport: Joggen 2 x pro Woche auf unebener Strecke
<b>Gruppe 6</b>	Freizeitsport: Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Skiabfahrtslauf, Joggen häufiger als 2 x pro Woche
<b>Gruppe 7</b>	Leistungssport: Tennis, Leichtathletik (Laufen), Motocross, Handball, Basketball, Querfeldeinlauf Freizeitsport: Fußball, Hockey, Squash, Leichtathletik (Weitsprung), Querfeldeinlauf
<b>Gruppe 8</b>	Leistungssport: Hockey, Squash, Badminton, Leichtathletik (Weitsprung), Skiabfahrtslauf
<b>Gruppe 9</b>	Leistungssport: Fußball (niedrige Klasse), Eishockey, Ringen, Geräteturnen
<b>Gruppe 10</b>	Leistungssport: Fußball (national, international)

## **DANKSAGUNG**

Ich bedanke mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. habil. Dr. Ing. W. Plitz, dem Leiter des Labors für Biomechanik und experimentelle Orthopädie, Klinikum Großhadern, Ludwig-Maximilians-Universität München, für die freundliche Überlassung dieses Themas. Durch seine Anleitung und seine hilfreichen Beiträge hat er wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Besonderer Dank gebührt Herrn PD Dr. med. H. Mayr, dem geistigen Urheber dieser Arbeit, für die ausdauernde und kollegiale Betreuung dieser Studie.

Bedanken möchte ich mich auch bei Herrn Dr. med. E.-O. Münch für sein intensives Mitwirken und seine freundliche Unterstützung.

Ein aufrichtiges Dankeschön gilt an dieser Stelle auch dem gesamten Ärzteteam und den Sprechstundenhilfen der OCM-Klinik München.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei meiner Familie und Freunden für ihren wesentlichen Beitrag am Gelingen dieser Arbeit bedanken.

Abschließend möchte ich allen Patienten dieser Studie ein herzliches Dankeschön für das entgegengebrachte Vertrauen und die angenehme Zusammenarbeit aussprechen und ihnen allen auf diesem Weg weiterhin alles Gute wünschen.

---

## LEBENS LAUF

### Personalien

Name und Vorname: Wolter, Morris  
Geburtsdatum: 28. April 1981  
Geburtsort: München  
Konfession: römisch-katholisch  
Familienstand: ledig  
Nationalität: deutsch

### Schulischer Werdegang

1987 - 1991 Grundschole Bockhorn  
1991 - 2000 Gymnasium Erding  
30.06.2000 Abitur

### Universitärer Werdegang

WS 2000/2001 Beginn des Studiums der Medizin an der LMU  
08.09.2003 Ärztliche Vorprüfung  
29.04.2008 Ärztliche Prüfung  
06.06.2008 Approbation

### Beruflicher Werdegang

seit 14.07.2008 Assistenzarzt  
Abteilung für Unfallchirurgie und Sportorthopädie,  
Krankenhaus Barmherzige Brüder Regensburg