

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Orthopädie und Physikalische Medizin

des Universitätsklinikums Halle (Saale)

(Direktor: Herr Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank)

**Orthesenfreie Nachbehandlung versus Hard Brace**

**bei der vorderen Kreuzbandplastik:**

**Vier-Jahresergebnisse**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt

der Medizinischen Fakultät

der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Paul Josef Aloysius Stüeken

geboren am 05.09.1980 in Arnsberg-Neheim

Betreuer: Prof. Dr. med. Hermann Mayr

Gutachter: Prof. Dr. med. David Wohlrab

Prof. Dr. med. Peter Angele

Prof. Dr. med. Philipp Niemeyer

Tag der Eröffnung: 08.05.2012

Tag der mündlichen Verteidigung: 23.09.2013

## Referat

In den letzten 20 Jahren erlebte die Kreuzbandchirurgie eine erhebliche Weiterentwicklung. Dabei wurden verschiedene Transplantate, der Zeitpunkt der OP, die Technik der Verfahren und die Fixierungsoptionen genauso auf den Prüfstand gestellt wie das individuelle Rehabilitationsprogramm z.B. mit Orthese oder keiner Orthese. In der vorliegenden prospektiv randomisierten Studie werden die Vier-Jahresergebnisse nach arthroskopisch gestützter vorderer Kreuzbandplastik unter Verwendung eines Patellarsehnen-Autograft untersucht. Dabei wurden ursprünglich 65 Patienten durch ein Losverfahren in zwei Gruppen randomisiert und nach vier Jahren zur Nachuntersuchung eingeladen. 53 Patienten (81,54%) folgten der Einladung. Für alle Patienten galt das gleiche Rehabilitationsschema zur Nachbehandlung, wobei 27 Patienten mit und 26 Patienten ohne Orthese nachbehandelt wurden. Verglichen wurden die Ergebnisse mit Untersuchungsergebnissen unmittelbar vor der Operation und ein Jahr postoperativ. In der Literatur finden sich viele Arbeiten, die sich mit den Zwei-Jahresergebnissen beschäftigen. Lediglich eine Arbeit stellt Fünf-Jahresergebnisse dar. Zudem herrscht bei allen Arbeiten nach wie vor keine Einigkeit darüber, welches Nachsorgeprinzip bessere Ergebnisse liefert.

Zur Evaluation dienten als Zielkriterien der subjektive Summenscore des International Knee Documentation Committee (IKDC) 2000 und die Messung mittels KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®. Flankierende Kriterien waren der objektive IKDC, Tegner und Lysholm Score. Eine visuelle analoge Schmerzskala (VAS) zur Schmerzevaluation sowie die Auswertung der Röntgenkontrolluntersuchung in Bezug auf Bohrkanalerweiterung und arthrotische Veränderungen des Kniegelenkes fanden ebenfalls Verwendung.

Es zeigte sich, dass in den Ergebnissen kein Unterschied zwischen den beiden postoperativen Rehabilitationsverfahren festgestellt werden konnte. Beide Gruppen erreichten gleiche Ergebnisse.

Stüeken, Paul Josef Aloysius: Orthesenfreie Nachbehandlung versus Hard Brace bei der vorderen Kreuzbandplastik: Vier-Jahresergebnisse  
Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss., 78 Seiten, 2012

---

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Epidemiologie und Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur .....	1
1.2	Verletzungsmechanismus .....	1
1.3	Biomechanik der Kreuzbänder .....	2
1.4	Therapieansätze nach vorderer Kreuzbandruptur .....	3
1.4.1	Chirurgisches Konzept .....	3
1.4.2	Rehabilitation nach operativer Versorgung .....	4
1.4.3	Die Orthese in der Nachbehandlung .....	5
2	Fragestellungen der Dissertation .....	6
3	Material und Methodik .....	7
3.1	Patienten .....	7
3.2	Studiendesign.....	8
3.3	Operationstechnik.....	8
3.4	Nachbehandlungskonzept.....	9
3.5	Dokumentation .....	9
3.5.1	IKDC 2000 Score.....	9
3.5.2	KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® .....	12
3.5.3	Tegner Aktivitätsscore.....	12
3.5.4	Lysholm Score .....	12
3.5.5	Lachman und Schubladentest .....	13
3.5.6	Valgus- und Varusstresstest .....	13
3.5.7	Pivot-Shift-Test .....	14
3.5.8	Kneeling und Knee walking.....	14
3.5.9	Schmerzangabe auf der VAS .....	15
3.6	Nachuntersuchungszeitpunkte .....	15
3.7	Statistik .....	15
4	Ergebnisse .....	17
4.1	Deskriptive Patientendaten .....	17
4.1.1	Altersverteilung und Anzahl der Patienten .....	17

4.1.2	Geschlechter- und Gruppenverteilung.....	18
4.1.3	Nachuntersuchungszeitraum und anamnestische Erhebungen .....	19
4.2	Klinische Testergebnisse.....	20
4.2.1	Erguss .....	20
4.2.2	Valgus- und Varusstresstest .....	20
4.2.3	Lachman Test .....	22
4.2.4	Pivot-Shift-Test .....	22
4.2.5	Schubladentest .....	22
4.2.6	Transplantatentnahmemorbidität .....	23
4.2.7	Umfangsmessung im Seitenvergleich .....	23
4.2.8	Bewegungsumfang im Seitenvergleich.....	26
4.3	Belastungstests.....	27
4.3.1	Kneeling und Knee walking.....	27
4.3.2	Single-leg-hop Test.....	27
4.4	Auswertung der Scores .....	28
4.4.1	KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® .....	28
4.4.2	Abschlussbeurteilung des IKDC.....	30
4.4.3	Tegner Score .....	32
4.4.4	Lysholm Score .....	33
4.5	Radiologische Auswertung.....	34
4.5.1	Nachweis einer Gonarthrose .....	34
4.5.2	Bohrkanalerweiterung (tunnel widening).....	35
4.6	Ergebnisse der Schmerzauswertung.....	36
4.6.1	Schmerzen in Ruhe.....	36
4.6.2	Schmerzen im täglichen Leben .....	36
4.6.3	Schmerzen bei leichter, körperlicher Belastung .....	36
4.6.4	Schmerzen beim Sport .....	36
4.7	Subjektive Beurteilung.....	37
4.7.1	Auswertung des Formblattes.....	37

4.7.2	Funktion des Kniegelenkes .....	38
4.7.3	Stabilität des Kniegelenkes.....	39
4.7.4	Alltags- und Sportaktivität des Kniegelenkes .....	40
4.7.5	Funktion der Orthese .....	40
4.8	Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes.....	40
4.8.1	Körperliche Funktionsfähigkeit .....	40
4.8.2	Körperliche Schmerzen .....	41
4.9	Komplikationen.....	41
5	Diskussion .....	43
5.1	Betrachtung der Studien-Rahmenbedingungen.....	43
5.1.1	Die Patienten .....	43
5.1.2	Die Methodik und Hintergrund .....	43
5.1.3	Eigenschaften der Orthese .....	44
5.2	Betrachtung der Hauptkriterien .....	46
5.2.1	IKDC 2000 Abschlussbewertung .....	46
5.2.2	KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® .....	46
5.3	Betrachtung der Nebenkriterien.....	47
5.3.1	Tegner Score.....	47
5.3.2	Lysholm Score .....	48
5.3.3	Schmerz .....	48
5.3.4	Radiologische Befunde .....	49
5.3.5	Belastungstest.....	50
5.4	Ausblick.....	50
5.5	Limitation der Studie .....	51
5.6	Schlussfolgerung .....	52
6	Zusammenfassung.....	53
7	Literaturverzeichnis .....	54
8	Anhang .....	67
9	Thesen .....	78

**Abkürzungen und Erklärungen**

Abb.	Abbildung
ACL	anterior cruciate ligament
bzw.	beziehungsweise
BMI	Body Mass Index
cm	Zentimeter
HT	Hamstring-Tendon (Semitendinosus- und Gracilissehne)
IKDC	International Knee Documentation Committee
IKDC 2000	Evaluationsbogen des IKDC
lb	Pound-force; Einheit für Kraft (1 lbs entspricht 4,45 N)
mm	Millimeter
n	Anzahl
N	Newton
NO-Gruppe	Gruppe ohne Orthesennachbehandlung (Nonorthesengruppe)
OAK	orthopädische Arbeitsgemeinschaft Knie
O-Gruppe	Gruppe mit Orthesennachbehandlung (Orthesengruppe)
PS	mittleres Patellarsehnendrittel
SF-36	Short-Form 36; Fragebogen zur Ermittlung der Lebensqualität
t (00-7)	Untersuchungszeitpunkte (siehe Material und Methoden)
Tab.	Tabelle
v.a.	vor allem
VAS	visuelle Analogskala
VKB	vorderes Kreuzband

# 1 Einleitung

## 1.1 Epidemiologie und Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur

In den letzten Jahren haben viele Studien belegt, dass die vordere Kreuzbandruptur (VKB) ein häufiges Ereignis im Sport speziell bei Kontakt- und Ballsportarten ist. Heutzutage schätzt man die Inzidenz der VKB-Ruptur in den Industrieländern auf etwa 0,5-1 Ruptur je 1000 Einwohner [1]. In Deutschland werden schätzungsweise 35.000 Rupturen pro Jahr operiert [2]. Damit ist sie die häufigste Verletzung des Kniegelenkes und die bandplastische Rekonstruktion die häufigste Operation am Bewegungsapparat [3-4]. In diesem Zusammenhang muss auch der Kosten-Nutzen-Faktor in der postoperativen Rehabilitation berücksichtigt werden, worauf in dieser Arbeit Bezug genommen wird. In der Literatur wurden dazu allerdings keine Angaben gefunden. Epidemiologische Studien haben gezeigt, dass bei Frauen das Risiko einer Ruptur 3- bis 4-fach höher ist als bei Männern [5-6]. Dabei liegt das typische Verletzungsalter der Patienten bei 15 bis 30 Jahren [2]. Dies hängt im Wesentlichen mit der sportlichen Aktivität in dieser Altersschicht zusammen.

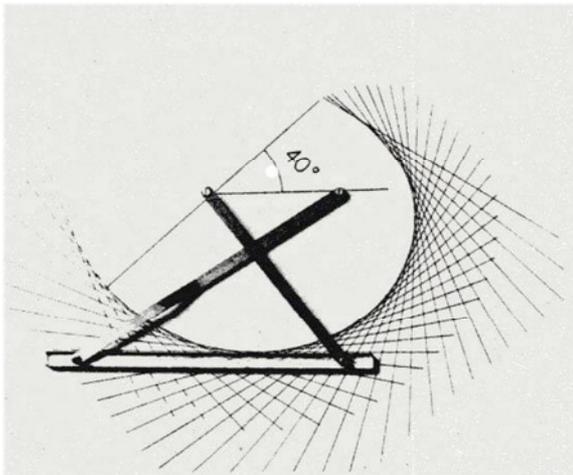
## 1.2 Verletzungsmechanismus

Es gilt zwischen zwei Verletzungsmustern zu unterscheiden. Zum einen kann eine VKB-Ruptur bei einem Fremdkontakt – also einem direkten Trauma – zum anderen nach einem sogenannten „non-contact injury“ – einem indirektem Trauma – auftreten. Letztgenannte Form ist die häufigere Verletzungsursache und beschreibt entweder eine Landung nach einem Sprung, einen abrupten Richtungswechsel oder das direkte Verdrehtrauma [4, 7]. Eine wichtige Erkenntnis vieler Untersuchungen war, dass sich das betroffene Bein im Moment der Ruptur in Beuge-, Außenrotations- und Valgusstellung (Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma) befindet [8]. Das führt unter anderem dazu, dass oft keine isolierte VKB-Ruptur auftritt, sondern Kombinationsverletzungen bei einer Gelenktorsion recht häufig sind.

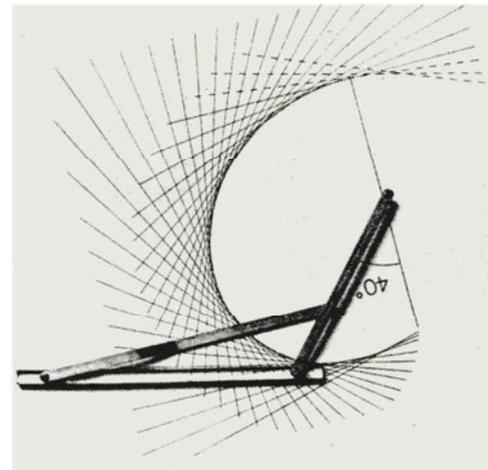
Die Patienten geben bei der Anamneseerhebung an, dass sie ein Schnappen oder Reißen während des Traumas bemerkt haben. Fast immer kann der Zeitpunkt und der Verletzungsmechanismus von den Patienten genau rekonstruiert werden. Nach der Ruptur entwickeln sich zeitnah ein Hämarthros und eine Bewegungseinschränkung sowie ein mäßig starker Schmerzzustand. Aufgrund der resultierenden, chronischen Instabilität des Kniegelenkes kann es in der Folge immer wieder zu rezidivierenden Subluxationen kommen, die Knorpel- und Meniskusschäden provozieren und forcieren [9-10].

### 1.3 Biomechanik der Kreuzbänder

Beide Kreuzbänder stellen passive Führungselemente des Kniegelenkes dar, die wesentlich für das Zustandekommen des Roll-Gleit-Mechanismus verantwortlich sind [11]. Dieser Mechanismus unterscheidet das Kniegelenk auch von vielen anderen Gelenken im Körper und wurde bereits 1836 von den Gebrüdern Weber beschrieben [12]. Zur besseren Veranschaulichung wird in vielen Fällen und auch für diese Arbeit das Modell der Viergelenkkette herangezogen [13-14].



**Abbildung 1: Die überschlagende Viergelenkkette – Form des Femurkondylus in Extension (nach Müller 1982 [15])**



**Abbildung 2: Die überschlagende Viergelenkkette – Form des Femurkondylus in Flexion (nach Müller 1982 [15])**

Die Kreuzbänder beschreiben ein dreidimensionales Trapez. Im femorotibialen Gelenk bewegen sich die Gelenkpartner folgendermaßen: zunächst rollen die Femurkondylen bei eingeleiteter Kniebeugung auf dem Tibiaplateau. Die zurückgelegte Strecke nach posterior beschreibt Pinskerova et al. medial mit 11mm und lateral mit 13mm, was er durch eine MRT-Messung verifizieren konnte [16]. Erst bei einem Flexionswinkel von 20-30° beginnt die Gleitbewegung und ab diesem Zeitpunkt bleiben die Gelenkkontakte auf der Tibia ortsfest [17].

Wie oben bereits erwähnt, haben die Kreuzbänder die Aufgabe der Stabilisierung und Einschränkung von Extreimbewegungen im Kniegelenk. Yasuda et al. fanden 1987 heraus, dass auf das VKB die größte Belastung bei einer Zugkraft auf die Tibia nach anterior herrscht [18]. Im Alltag muss das Knie und speziell der Bandapparat daher eine Menge aushalten. Scott et al. zeigten in ihrer Studie, dass allein beim Joggen etwa das 5-fache Körpergewicht auf dem Kniegelenk lastet [19]. Somit bedarf es bei den Bändern einer hohen Reißfestigkeit. Engerbrechtsen et al. wiesen nach, dass die maximale Reißkraft des VKB bei 1725N liegt und im Alter kontinuierlich abnehmen soll [20-21].

## **1.4 Therapieansätze nach vorderer Kreuzbandruptur**

Ziel der Therapie ist es, dass die Patienten möglichst schmerz- und beschwerdefrei ihren Alltagsbemühungen und Freizeitaktivitäten nachgehen können [22]. Dabei sollte immer individuell mit dem Patienten eine Therapieentscheidung herbeigeführt werden. Erschwert und verzögert wird der Heilungsprozess durch kombinierte Knieinnenstrukturschäden.

### **1.4.1 Chirurgisches Konzept**

Die Geschichte der Kreuzbandchirurgie reicht bereits über ein Jahrhundert zurück. Im Jahr 1895 führte Sir Mayo Robson eine der ersten, dokumentierten Kreuzbandprimärnähte durch [23]. Heute weiß man, dass diese Operationstechnik keine zufriedenstellenden Langzeitergebnisse liefert, da das sich bildende Narbengewebe der biomechanischen Beanspruchung des Kniegelenkes nicht standhält und das VKB in vielen Fällen reruptiert [24]. Daher wurde schnell auf andere Materialien umgesattelt. Seit dem frühen 20. Jahrhundert kommen dazu die autologen Transplantate Semitendinosus- und Gracilissehne oder Patellarsehne und in den letzten Jahren auch ein Teil der Quadricepssehne [25-26] zum Einsatz [27-28]. Welches Transplantat dabei die besten Ergebnisse liefert, ist auch nach vielen prospektiven Studien bis heute nicht eindeutig beantwortet und führt daher in den Fachkreisen immer wieder zu heftigen Diskussionen [28-32]. Neben den Autografts betrachtet die Fachwelt auch immer mehr die Allografts als eine alternative, operative Versorgung. Mayr et al. [33] verglichen beide Konzepte und kamen zu dem Schluss, dass sowohl klinisch als auch objektiv die Ergebnisse in der Revisionschirurgie vergleichbar waren. Die Vorteile der Allografts lagen dabei in einem besseren Extensionsverhalten, geringerer Entnahmemorbidität und besseren, kosmetischen Resultaten [33]. Nachteile wurden in der Literatur mit erhöhter Laxizität, höheren Kosten sowie erhöhtem Infektionsrisiko beschrieben [34-35]. Das in den letzten 30 Jahren am häufigsten verwendete autologe Transplantat ist das mittlere Patellarsehnendrittel (PS) Autograft [27-28], welches auch für diese Arbeit Verwendung fand. Deshalb wird diese Technik an dieser Stelle noch etwas näher betrachtet. Verschiedene Studien zeigen die Vor- und Nachteile der jeweiligen Rekonstruktionstechniken auf [32, 36-37]. Das Hauptargument für den Einsatz des PS-Autograft ist die hohe Primärstabilität bzw. gute maximale Reißfestigkeit. Sie beträgt bei der Patellarsehne ca. 2000N [1, 38-40] und unter Verwendung der Knochenblockfixation ca. 400 bis 900N [1, 41-45]. Des Weiteren zeigt die Fixation der endständigen Knochenblöcke durch die Interferenzschrauben eine hohe primäre Stabilität [1]. Zum besseren Vergleich sei hier als Beispiel eine Bewegung des Kniegelenkes gegen die Schwerkraft angeführt, die eine Kraft von ca. 250N auf die

Plastik ausübt [46]. Für das PS-Autograft ist die erhöhte Entnahmemorbidität das größte Gegenargument [47]. Die Patienten äußern dies als vorderen Knieschmerz bereits kurz nach der Operation [48]. Einige Arbeitsgruppen konnten zeigen, dass persistierende Schmerzen auf Grund der Entnahmemorbidität nicht unerheblich sind und die Werte der Schmerzangabe der Patienten zwischen 19-60% liegen [49-52]. Daher rät man Patienten, die verstärkt kniende Tätigkeiten ausführen (z.B. Handwerker), von dieser Technik ab. Selten treten dagegen Komplikationen im Behandlungsverlauf durch Verletzungen des proximalen Streckapparates bzw. Quadrizepsschwächen auf [53-60]. Als schwerwiegendste Komplikation gilt hier die Patellarsehnenruptur, die in sehr geringer Anzahl beschrieben ist und eher in der frühen, postoperativen Phase vorkommt [61-63]. Eine weitere, seltene Komplikation ist die Patellarfraktur, die durch sorgfältige Präparation häufig vermieden werden kann [64-65]. Andere wesentlich häufiger beschriebene Komplikationen sind zum einen die Tunnelerweiterung des tibialen bzw. femoralen Bohrkanals [66-67]. Laut Rupp et al.[1] sind die klinische Bedeutung und Häufigkeit dieses Phänomens noch nicht sicher geklärt. Zum anderen kann es zu einer mittelfristigen Transplantatelongation und somit konsekutiven Laxizität kommen [68-70]. Als Kontraindikation dieses Verfahrens gelten anatomische Besonderheiten (z.B. Patella baja) und vorbestehende Patellarprobleme (z.B. Patellarspitzensyndrom) [2]. Technisch wird entweder am offenen Kniegelenk oder via arthroskopisch assistierter Rekonstruktion operiert. Auch eine extraartikuläre Rekonstruktionsmöglichkeit [71-72] ist nach wie vor Gegenstand der Wissenschaft.

#### **1.4.2 Rehabilitation nach operativer Versorgung**

Das Konzept der Rehabilitation kann man kurz mit ein paar Punkten zusammenfassen und es ähnelt dabei im Großen und Ganzen der konservativen Therapie:

1. Phase: Abschwellende Maßnahmen, Analgesie, Bewegungseinschränkung
2. Phase: forcierte Mobilisation, dosierte Kräftigung, Teilbelastung
3. Phase: forcierte Kräftigung, Vollbelastung
4. Phase: Rückkehr in die Kontaktsportarten

In den ersten zwei bis drei Tagen steht die Bewegungseinschränkung und Teilbelastung zum Schutz des Transplantates sowie die antiödematöse und analgetische Therapie im Vordergrund. Bei erfolgreichem Handling sichert dies eine Besserung der Beweglichkeit, die in den darauffolgenden Tagen erreicht werden soll[73-74]. Ziel der ersten Woche soll das Erreichen der vollen Extension sein [75-76]. Die frühe Mobilisation ab dem ersten Tag ist heute ein zentraler Pfeiler der modernen VKB-Plastik Therapie [77-78]. Eine Vollbelastung kann oft relativ früh empfohlen werden

[79-80]. Der Schmerz stellt dabei häufig den limitierenden Faktor dar. Viele Spezialisten lassen heute bereits eine schmerzadaptierte Vollbelastung ab dem 1. postoperativen Tag zu [76, 81]. Die Rückkehr in die Kontaktsportarten empfehlen viele Autoren erst nach 6-12 Monaten [2].

Nicht mehr empfohlen wird die immobilisierende Versorgung mit einem Gips, da gezeigt werden konnte, dass die Komplikationsrate in Bezug auf die Muskelatrophie des M. quadriceps und einer Arthrofibrose deutlich ansteigt [82].

Im Anhang 1 ist das für beide Gruppen standardisierte Therapieschema der vorliegenden Arbeit angefügt.

### **1.4.3 Die Orthese in der Nachbehandlung**

Im Prinzip haben sich gegenwärtig zwei industriell hergestellte Modellformen von Orthesen durchgesetzt. Zum einen sind das Softorthesen, die mittels zweier seitlicher Metallführungsstangen und einem Gelenk sowie textilem Trägermaterial eine Stabilität liefern sollen. Dem gegenüber stehen die Hartrahmenorthesen. Sie liefern über vier Auflagepunkte des stabilen Karbon-Hartplastikrahmens eine Grundstatik. Zudem sollen vier Klettverschluss Fixationsgurte dem Patienten Halt bieten. Ein Scharniergelenk zwischen dem tibialen und femoralen Bauteil imitiert dabei das Kniegelenk [83].

In der Rehabilitation ist nach wie vor der Nutzen einer Orthese nicht eindeutig geklärt [84-85]. Immer wieder werden sowohl biomechanisch orientierte als auch klinische Studien zu dem Thema aufgelegt. Gezeigt werden konnte dabei in einigen biomechanischen Arbeiten, dass funktionelle Orthesen einen positiven Effekt auf Stabilität [86-87], Schutz des vorderen Kreuzbandes[88-89] und Muskelaktivierung bzw. Propriozeption [90-91] haben können. Klinische Arbeiten hingegen lieferten bisher indifferente Ergebnisse in Bezug auf subjektive und objektive Scores [82, 92-95], so dass der Nutzen einer Orthese in der postoperativen Rehabilitation weiter ungeklärt bleibt.

## **2 Fragestellungen der Dissertation**

Kreuzbandrupturen sind inzwischen auch ein sozioökonomisch wichtiger Faktor in unserem Gesundheitssystem geworden, weshalb z.B. versucht wird, die Anzahl der Krankentage auf ein Minimum zu reduzieren. Bisher kann man nicht eindeutig die operative Therapie als die bessere oder schlechtere empfehlen. Hier ist aber eine Einflussgröße mit wirtschaftlich geprägtem Antrieb zu sehen. Aus diesem Grund beschäftigt sich die vorliegende Arbeit mit der postoperativen Therapie der VKB-Plastik. Ist heute überhaupt noch eine postoperative Orthesenversorgung nötig? Wo liegen Vor- und Nachteile der orthesenfreien Behandlung und wo die der Orthesenversorgung? Gibt es Unterschiede im Outcome der Patienten, die mit bzw. ohne Orthese nachbehandelt wurden? Hierzu wurden zwei Gruppen mit unterschiedlicher, postoperativer Behandlungsmethode miteinander verglichen. Die Ergebnisse stellen den Zustand nach einem vier-jährigen Beobachtungszeitraum dar. Vor dem Hintergrund der sich verändernden Demographie und der reduzierten finanziellen Mittel im Gesundheitssystem sollte durch diese Arbeit eine Möglichkeit aufgezeigt werden, die der Entlastung des finanziellen Systems Rechnung trägt.

### 3 Material und Methodik

#### 3.1 Patienten

Bei der Studie handelt es sich um die vier Jahres Nachuntersuchung einer prospektiv randomisierten Studie. Die 53 Teilnehmer dieser Studie rekrutieren sich aus einer Anfangspopulation von 65 Patienten. Ein Teilnehmer musste vorzeitig wegen einer Reruptur drei Monate postoperativ von der Studie ausgeschlossen werden. Bei den 52 Teilnehmenden handelt es sich um Patienten, die eine VKB-Ruptur ohne zusätzliche Instabilität erlitten hatten und im Zeitraum von September 2004 bis Januar 2005 von zwei Operateuren mit gleicher Erfahrung operiert wurden.

Es galten folgende Einschlusskriterien:

- ASA I – II [96]
- Alter zwischen 18 und 65 Jahren
- normales Körpergewicht (BMI)
- arthroskopische Erstoperation mit Ersatz des VKBs

Die Ausschlusskriterien waren und sind folgende:

- Seitenbandinstabilitäten  $> 1^\circ$
- Komplexinstabilitäten
- vorausgehende Bandoperationen oder erneute operative Revision nach Indexoperation
- Achsfehlstellungen Varus/Valgus  $> 5^\circ$
- Gonarthrose  $> 1^\circ$  [97]

Die Patienten wurden per Anschreiben zur freiwilligen Nachuntersuchung in die Klinik eingeladen. Zudem boten wir bei zu großem zeitlichen Aufwand für die Teilnehmer die Möglichkeit einer Nachuntersuchung im häuslichen Umfeld an.

Zu Beginn der Nachuntersuchung wurde auf den zeitlichen Umfang von ca. 75 Minuten und den Ablauf hingewiesen. Es wurde eine freiwillige Röntgenkontrolluntersuchung im Rahmen der klinischen Routine angeboten. Danach wurde das Knie klinisch durch einen einzigen Untersucher befundet und die Ergebnisse auf den Dokumentationsvordrucken (Anhang 2-7) festgehalten. Am Ende der Nachuntersuchung füllten die Teilnehmer die Fragebögen (Anhang 2-7) aus. Zudem wurden noch einige abschließende Fragen gestellt und auf Wunsch die individuellen Untersuchungsergebnisse besprochen.

### **3.2 Studiendesign**

Es handelt sich um die vier Jahresuntersuchung einer prospektiv randomisierten Studie. Durch jene Studie wurden die Patienten per „closed envelope“ in zwei Gruppen randomisiert. Eine Gruppe wurde mit (O-Gruppe) und eine ohne Orthese (NO-Gruppe) postoperativ therapiert. Der Nachuntersuchungszeitpunkt sollte ungefähr vier Jahre postoperativ sein (siehe 3.6). Die Ergebnisse wurden mit den vorausgehenden Untersuchungen verglichen.

Als Zielkriterien für diese Dissertation dienten der subjektive Summenscore des IKDC 2000 [98] und die KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® Messung [99]. Daneben wurden bei der klinischen Untersuchung der objektive IKDC, die visuelle analoge Schmerzskala (VAS), eine Röntgenkontrolluntersuchung sowie begleitende Scores nach Tegner [94] und Lysholm [103] ausgewertet.

### **3.3 Operationstechnik**

Die zuvor durch die Anästhesie und einen der Operateure aufgeklärten Patienten wurden am OP-Tag zur kurzstationären arthroskopisch durchgeführten VKB-Plastik in die Klinik einbestellt. Nach der üblichen OP-Vorbereitung und injizierter single shot Antibiose (30 Minuten präoperativ) wurden die Patienten in Rückenlage unter Allgemeinanästhesie und Blutsperrung des betroffenen, frei beweglichen Beines gelagert. Zunächst wurden über einen anterolateralen Zugang die Kniegelenkbinnenverhältnisse dargestellt und per Videodokumentation festgehalten. Nachfolgend wurde das mittlere, ipsilaterale Patellarsehndrittel als autologes Transplantat mit proximalem und distalem 10mm Knochenblock über einen parallel zum *Ligamentum patellae* anteromedial senkrecht verlaufenden Hautschnitt entnommen. Über das standardisierte, arthroskopisch unterstützte Operationsverfahren wurden durch den anteromedialen Zugang über evaluierte Zielgeräte ein von distal beginnender 10mm Bohrkanal in den Tibiakopf zum originären Ansatzpunkt des VKB sowie ein 10mm Bohrkanal intraartikulär beginnend vom Ursprungsort des VKB in die laterale Femurmetaphyse angelegt. Das Transplantat wurde mit Hilfe von Haltefäden von distal nach proximal in den tibialen und femoralen Bohrkanal eingebracht. Befestigt wurde es im Femur mit einer intraartikulär eingebrachten 7 x 26mm Titaninterferenzschraube und nach Beweglichkeits- und Lageprüfung sowie definierter Spannungsmessung im Tibiakopf mit einer 9 x 20mm Titaninterferenzschraube. Abschließend wurde nochmals die Stabilität und Beweglichkeit getestet und das Ergebnis mittels Videoprint im OP-Bericht dokumentiert.

### **3.4 Nachbehandlungskonzept**

Postoperativ verblieben die Patienten je nach Befinden für ein bis drei Tage stationär. Die zuvor randomisierten Patientengruppen wurden entsprechend ihrer Zuteilung mit oder ohne kniestabilisierender Konfektionsorthese und zusätzlich nach Bedarf mit Unterarmgehstützen versorgt. Dabei erhielten beide Gruppen denselben standardisierten 6-wöchigen Nachbehandlungsplan (Anhang 1). Der einzige Unterschied bestand somit darin, dass die O-Gruppe ab dem 2. Tag postoperativ eine Bewegungseinschränkung durch die Orthese von 0° in der Extension und 90° in der Flexion (Ext/Flex 0°/0°/90°) hatte. Nach vier Wochen wurde die Bewegungseinschränkung aufgehoben und nach sechs Wochen erfolgte die Abnahme der Konfektionsorthese. Die NO-Gruppe hatte zu keiner Zeit eine Protektion des Kniegelenkes und einen für beide Gruppen gleichen Behandlungsplan. Die vorgegebene Bewegungseinschränkung unter Belastung mit maximal 1/3 des Körpergewichtes in der Extension und Flexion ab dem 3. Tag postoperativ von 0°/20°/50° wurde nach dem 8.Tag postoperativ auf 0°/40°/90° gesteigert. Ab der 3.Woche konnten die Patienten frei bewegen.

#### **Kniestabilisierende Konfektionsorthese**

Für diese Studie wurde eine 4-Punkt-Hartrahmen-Knieorthese eines einzigen Herstellers benutzt, die auf eine definierte Bewegungseinschränkung einstellbar ist. Die Orthese wurde durch einen Orthopädietechniker angelegt und ist sowohl für das linke wie für das rechte Knie verfügbar. Sie besteht aus einem Kunststoff ummantelten Aluminiumrahmen. Klettverschlussbänder und Polsterungen unterstützen den sicheren Sitz.

Die Patienten wurden aufgefordert, die Schiene in den ersten zwei Wochen 24 Stunden zu tragen. In der Folge sollte die Schiene tagsüber gleich nach dem Aufstehen angelegt und nur zur Nacht oder zur krankengymnastischen Behandlung sowie zu Untersuchungsterminen abgenommen werden. Weiterhin wurden sie instruiert, die Orthese bei Lockerung oder entstehenden Druckstellen durch den Orthopädietechniker anpassen zu lassen.

### **3.5 Dokumentation**

#### **3.5.1 IKDC 2000 Score**

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

Klinische Tests und Messungen sowie Patientenangaben werden in diesem Teil des Fragebogens berücksichtigt. Dazu ist das Formblatt in sieben Gruppen eingeteilt

(Erguss, passives Bewegungsdefizit, Ligamentuntersuchung, Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidität, Röntgenbefund und Funktionstest. Sechs Patienten wurden zuhause untersucht, da sie ablehnten in die Klinik zu kommen. Hier konnte keine Röntgenaufnahme veranlasst werden. Weitere sechs Patienten lehnten eine Röntgenaufnahme ab.

Die einzelnen Ergebnisse der sieben Gruppen wurden in vier Grade (Grad A = normal, Grad B = fast normal, Grad C = abnormal, Grad D = deutlich abnormal) gewichtet. Dabei ergibt sich der Gruppengrad aus dem schlechtesten Ergebnis innerhalb einer Gruppe. Die Abschlussbeurteilung letztlich gibt den schlechtesten Wert der sieben Gruppen an, der je Patient erreicht wurde. Bevor wir die Patienten in den Gruppen untersuchten, wurde der aktuelle Bewegungsumfang der Kniegelenke nach der Neutral-Null-Methode im aktiven und passiven Zustand mit Hilfe eines Winkelmessers ermittelt [98, 104]. Nachfolgenden aufgeführt, sind die wichtigsten der sieben Gruppen:

### **1. Gruppe: Ligamentuntersuchung**

In dieser Gruppe werden mehrere Testergebnisse zusammengefasst. Dazu zählen unter anderem ein instrumenteller Test, bei dessen Ausführung man sich des Arthrometers KT-1000 (siehe 3.5.2) bedient sowie klinische Tests, wie der Schubladentest (siehe 3.5.5), der Lachman Test (siehe 3.5.5), der Pivot Shift Test (siehe 3.5.7) und der Valgus- und Varusstresstest (siehe 3.5.6), die alle im weiteren Verlauf genauer beschrieben werden.

### **2. Gruppe Röntgenbefund**

Es wurden konventionelle Belastungsaufnahmen des Kniegelenkes im Stehen in zwei Ebenen (anteroposterior und lateral in 45° Beugung) sowie eine Tangentialaufnahme der Patella in 45° Beugung angefertigt [105-107]. Der mediale und laterale Gelenkspalt wird in der Höhe ausgemessen. Wenn er über 4 Millimeter breit ist, kann man davon ausgehen, dass keine Anzeichen einer beginnenden Gonarthrose vorliegen [108]. Dies entspricht Grad A. Bei zusätzlich nachweisbaren geringen Veränderungen, wie kleinen Osteophyten oder Femurkondylenabflachung, teilt man den Grad B zu. Grad C entspricht einem mäßigen Befund mit einer Reduzierung der Gelenkspaltbreite auf 2 bis 4mm und mittelgradig ausgeprägten, osteophytären Anbauten. Ausgeprägte Veränderungen und eine deutliche Höhenminderung auf unter 2mm charakterisieren Grad D. Hierbei muss von einer vorhandenen Knorpeldegeneration ausgegangen werden [105].

Zusätzlich soll auf die Bohrkanalerweiterung (tunnel widening) eingegangen werden. Nach Anders et al. [15] wurde die Einteilung der tibialen und femoralen Bohrkanalveränderung wie folgt vorgenommen:

- Grad A bei 0-2mm
- Grad B bei 3-5mm
- Grad C bei 6-8mm und
- Grad D bei 9-10mm.

Die aufgenommenen Röntgenbilder wurden mit Hilfe einer Software (Firma Philips, Bucky-Diagnost TH von 12/2002, Hamburg) ausgemessen. Tibial und femoral wurden jeweils 10mm Bohrkanäle angelegt. Die Veränderung der Bohrkanäle wurde entsprechend der oben genannten Gruppierung klassifiziert.

### **3. Gruppe: Funktionstest**

Als Belastungs- und Funktionstest wird der Single-leg-hop Test in vielen Studien sowohl als Bestandteil des IKDC 2000 sowie auch als eigenständiger Test verwendet [109-110]. Die Patienten nehmen Aufstellung an einer Markierung und versuchen mit verschränkten Armen hinter dem Rücken und Schwungholen aus dem Stand einbeinig so weit zu springen, wie es ihnen möglich ist. Die Landung soll ebenfalls auf dem Sprungbein erfolgen. Nach einem Probesprung werden pro Seite drei Versuche durchgeführt, wobei mit der operierten Seite begonnen wird. Mit Hilfe eines Maßbandes werden die Weiten gemessen. Zuletzt werden die Versuche gemittelt und mit der Gegenseite verglichen. Erreicht der Patient  $\geq 90\%$  der Gegenseite, so wird ihm der Grad A zugeteilt. 89-76% entsprechen Grad B, 75-50% Grad C und  $< 50\%$  Grad D.

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

Alle Patienten hatten in diesem Fragebogen (Anhang 2) 10 Fragen bezüglich der subjektiven Beurteilung zu beantworten. Zur genauen Berechnung der Ergebnisse diente eine standardisierte Beschreibung zur Auswertung.

#### **Formblatt zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes**

Der Short-Form 36 (SF-36) wurde vom New England Medical Center entwickelt. In dieser Arbeit findet die deutsche Fassung Verwendung, die durch eine repräsentative Stichprobe validiert wurde [111-113]. Abgefragt werden verschiedene Niveaus der Lebensqualität. Dazu gehören die psychische Verfassung, die empfundene Einschränkung, die Schmerzen, der Allgemeinzustand, die soziale Rolle, die Vitalität, Einschränkungen durch emotionale Probleme und der mentale Zustand. Für die

vorliegende Studie waren insbesondere die körperliche Funktionsfähigkeit und Schmerzen von Interesse [114].

### **3.5.2 KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®**

Das Untersuchungsgerät (KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®, MEDmetric® Corporation, San Diego, California, USA) wurde durch Daniel et al. [99] entwickelt und liefert objektive Messergebnisse über eine VKB-Ruptur bzw. Laxizität durch die anteroposteriore Relativbewegung der Tibia gegenüber dem Femur. Für diese instrumentelle Untersuchung der vorderen Schublade wurden die Patienten auf dem Rücken gelagert. Die Beine wurden mit standardisierten Hilfsmitteln positioniert. Dabei gewährleistete eine Kniestütze proximal des Kniegelenkes einen Flexionswinkel von ca. 30°. Das Arthrometer wurde genau über dem Gelenkspalt platziert, so dass die Auflageflächen distal auf der Tibiavorderkante, proximal auf der *Tuberositas tibiae* und auf dem unteren Patellardrittel eine sichere Positionierung gewährleisteten. Nach der Justierung auf null wurden drei Messungen mit jeweils drei unterschiedlichen Kraftgraden (15, 20 und 30 lb) und eine Messung mit maximalem Zug in jeweils frontosagittaler und drei Messungen (20 lb) in dorsosagittaler Richtung durchgeführt. Die Mittelwerte fanden jeweils in der Auswertung Verwendung. Es wurde zuerst die nicht betroffene und danach die betroffene Seite untersucht (Anhang 6).

### **3.5.3 Tegner Aktivitätsscore**

Einen subjektiven Score zur Einschätzung der momentanen Leistungsfähigkeit des Kniegelenkes stellt der Tegner Aktivitätsscore [94] dar (Anhang 3). Dabei erfasst die Bewertungsskala sowohl die sportliche als auch die berufliche Belastung und differenziert in 11 Gruppen (Null entspricht keiner Aktivität, zehn entspricht hoher Aktivität). Die Studienteilnehmer wurden gebeten, sich einer Gruppe zuzuordnen.

### **3.5.4 Lysholm Score**

Dieser numerische Bewertungsscore entstand 1982 durch Lysholm und Gillquist [103] und wird heutzutage sehr häufig in Studien verwendet, die die subjektive Einschätzung des Patienten als ein potentiell Kriterium bewerten. Dabei inkludierte die ursprüngliche Form des Scores nicht die Einschätzung der Aktivität des täglichen Lebens [115], was Tegner und Lysholm 1985 [94] in einer Überarbeitung zusätzlich einschlossen. Der hier jedoch zur Anwendung gekommene Score (Anhang 4) ist eine deutschsprachige, validierte Übersetzung von Wirth und Mitarbeitern [116] und bezieht sich auf den ursprünglichen Score von 1982, der die 8 Ebenen Hinken, Belastung, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen und Hocken umfasst. Bei der Auswertung wird jeder Antwort ein Zahlenwert zugeordnet. Zum Schluss werden die Ebenen summiert. Dabei liegen die Gesamtergebnisse zwischen 0

und 100 Punkten. Differenziert wird das Ergebnis in „excellent“ bei Werten von 95-100, in „good“ bei 84-94, in „fair“ bei 65-83 und in „poor“ bei Werten unter 64 Punkten.

### **3.5.5 Lachman und Schubladentest**

Eine valide Aussage über den klinischen Zustand des VKB kann der Lachman Test in Kombination mit dem Anschlagphänomen geben. Die Ausführung erfolgte gemäß dem Formblatt zur Untersuchung des Knies des IKDC 2000 Scores in Rückenlage bei 25° Flexion und kniegelenknaher Fixierung des Oberschenkels durch Translation der Tibia nach ventral [100]. Das Testergebnis wurde, wie in der Literatur beschrieben [117], in vier Kategorien eingeteilt. Werte von 1-2mm Translation und festem Anschlag entsprachen Grad A, von 3-5mm und festem Anschlag Grad B und von 6-10mm und unsicherem Anschlag Grad C. Bei fehlendem harten Anschlag und einer Translation von >10mm wurde eine Ruptur des VKB vermutet (Grad D). Der Test weist eine hohe Reproduzierbarkeit auf [118].

Die Testung der vorderen und hinteren Schublade gilt auch heute noch als ein aussagekräftiger, klinischer Beweis bei der Diagnosesicherung der Kreuzband-Ruptur [105]. In einer Metaanalyse stellten Scholten et al. 2003 fest [119], dass der vordere Schubladentest eine Spezifität von 88% und eine Sensitivität von 62% aufweist. Eine Kombination verschiedener klinischer Tests steigert insgesamt die Aussagekraft, denn der Lachman Test hat eine höhere klinische Aussagekraft [119-121]. Die anteriore Translation prüft man durch Zug der mit beiden Händen fest umschlossenen Tibia nach ventral. Dabei befindet sich der Patient in Rückenlage mit 90° Knieflexion. Bei der posterioren Translation bleibt die Ausgangsstellung gleich und der Untersucher übt einen Schub der Tibia nach dorsal aus. Beurteilt wird zum einen die Translation im Seitenvergleich (Gesamt AP-Translation: Grad A 0-2mm, Grad B 3-5mm, Grad C 6-10mm, Grad D >10mm) und zum anderen die Qualität des Anschlages (Grad A oder B = fest oder Grad C oder D = unsicher) [121]. Ist der Anschlag unsicher, so wird der Patient automatisch in die Gruppen C oder D eingeordnet.

### **3.5.6 Valgus- und Varusstresstest**

Dieser Stresstest gehört in der klinischen Anwendung zur Routineuntersuchung und soll eine Aussage über die Funktionalität und Stabilität des Seitenbandapparates machen [121-123]. Der Patient liegt auf dem Rücken. Das Bein wird einmal in Neutralstellung und einmal in 25° Flexion im Kniegelenk untersucht. Um einen sicheren Griff zu haben, umfasst eine Hand des Untersuchers den distalen Unterschenkel knapp oberhalb der Malleolengabel und die andere Hand übt Druck nach medial und lateral direkt am Kniegelenk aus. Dabei wird das Ausmaß der Aufklappbarkeit des Gelenkes beurteilt. Grad A entspricht 0-2mm, Grad B 3-5mm,

Grad C 6-10mm und Grad D über 10mm. Neben der Stabilität der Seitenbänder kann hierbei auch eine Aussage über die Menisken gemacht werden. Das Böhler-Zeichen beschreibt einen Schmerzzustand bei Ausführung des Testes in Valgusstress bei geschädigtem, lateralem Meniskus und bei Varusstress dementsprechend bei geschädigtem, medialem Meniskus [124].

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

Ein komplexer Untersuchungstest für die Stabilität des VKB ist der Pivot-Shift-Test [101-102, 125-126]. Hierbei wird der sich passiv verhaltende Patient auf dem Rücken gelagert und der Untersucher stellt eine Innenrotation und Extension des betroffenen, in der Hüfte leicht abduzierten Beines ein. Es kommt bei pathologisch verändertem VKB-Status zu einer ventralen Translation des lateralen Tibiakopfes gegenüber der lateralen Femukondyle bei geführter Bewegung in Knieflexion [2]. Das bei ca. 30° Flexion plötzlich einsetzende Zurückgleiten des Tibiakopfes wird vom Untersucher und Patient deutlich wahrgenommen [2, 127]. Ursächlich kommt hier der dorsalisierende Zug des *Tractus iliotibialis* ab ca. 30° Flexion zum Tragen. Eine Arbeit von Benjaminsen et al. bescheinigte dem Test aber lediglich eine Sensitivität von 24% und eine Spezifität von 91% [128]. Besser sind nach Donaldson et al. die Werte, wenn der Test in Anästhesie ausgeführt wird, da die wachen Patienten den unangenehmen Moment des Zurückgleitens durch aktive Muskularbeit versuchen zu verhindern. Donaldson und Mitarbeiter beschrieben, dass in Narkose die Sensitivität bei 98% liegt gegenüber 35% bei wachen Patienten [129]. Klinisch relevante Aussagekraft bekommt der Test erst in Kombination mit dem Lachman Test, wodurch bei beiden Tests zusammen betrachtet eine Spezifität von 100% erreicht wird [130].

### **3.5.8 Kneeling und Knee walking**

Der subjektive, vordere Knieschmerz wird bei diesem Test untersucht. Entwickelt wurde der Test 1997 von Kartus et al. [93] als Messinstrument für jenes Symptom. Die Patienten knien sich mit den blanken Knien auf einen harten Untergrund. Dabei soll die Belastung, die auf den Knien lastet, gleich verteilt sein. Ein Abstützen durch die Arme soll verhindert werden, daher werden die Patienten aufgefordert, die Arme seitlich am Körper anzulegen. Die Hüfte befindet sich in Neutralstellung, der Oberkörper aufgerichtet und die Füße werden ausgestreckt. Nach Einschätzung der Patienten wird der Schmerz während des Kniens erfragt. Zur Auswahl stehen die Punkte: überhaupt kein Schmerz, etwas, mäßig stark, ziemlich stark und extrem stark/Knien nicht ausführbar. Ins Gewicht fällt hier nur die betroffene Seite. Nach wie vor wird dieser Test von vielen Arbeitsgruppen als valides Messinstrument eingesetzt [37, 131-132].

Das Knee walking baut auf dem Kneeling auf. Es gilt hierbei, eine definierte Strecke von 3m auf den Knien zurückzulegen. Dabei wurden die Patienten direkt nach dem Kneeling Test aufgefordert, die ersten 1,50m vorwärts und die restlichen 1,50m rückwärts auf den Knien zu bewältigen. Auch hierbei wurde wieder die oben erwähnte Einschätzung des Schmerzzustandes der betroffenen Seite abgefragt. Ein Abstützen sollte ebenfalls nicht stattfinden. Ein Abbruch des Testes führte automatisch zur Eingruppierung in den Grad „extrem starker Schmerz“ [93].

### **3.5.9 Schmerzangabe auf der VAS**

Im Fragebogen (Anhang 7), den die Patienten ausfüllen sollten, wurde nach dem Schmerz in vier verschiedenen Kategorien gefragt:

- in Ruhe
- im täglichen Leben
- bei leichter körperlicher Belastung und
- bei sportlicher Belastung.

Dabei wurde auf die visuelle Analogskala (VAS) [133] zurückgegriffen, die in 10 Zahlenwerte aufgeteilt ist. Hierbei entspricht der Wert null gar keinem und der Wert 10 unerträglichem Schmerz. Die Teilnehmer sollten subjektiv der entsprechenden Frage einen zutreffenden Wert zuordnen.

### **3.6 Nachuntersuchungszeitpunkte**

Die vorliegende Studie basiert hauptsächlich auf vier Jahre postoperativ erhobenen Daten (Zeitpunkt t7). Verglichen wurden die Ergebnisse mit denen ein Jahr postoperativ (Zeitpunkt t6). Zur Veranschaulichung dient nachfolgende Auflistung:

- t0 vor der Ruptur (anamnestisch)
- t0 unmittelbar präoperativ
- t3 sechs Wochen postoperativ
- t4 12 Wochen postoperativ
- t5 sechs Monate postoperativ
- t6 ein Jahr postoperativ
- t7 vier Jahre postoperativ

### **3.7 Statistik**

Alle ermittelten Daten wurden in die Vordrucke (Anhang 2-7) handschriftlich eingetragen und danach tabellarisch in das Statistikprogramm SPSS, Version 18, Firma SPSS Inc. eingegeben und ausgewertet.

Zur Berechnung wurden folgende, statistische Tests verwendet:

- T-Test bei unabhängigen Stichproben
- T-Test bei verbundenen Stichproben
- Chi-Quadrat-Test nach Pearson

Als Signifikanzniveau galt ein p-Wert  $< 0,05$ .

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Patientendaten

#### 4.1.1 Altersverteilung und Anzahl der Patienten

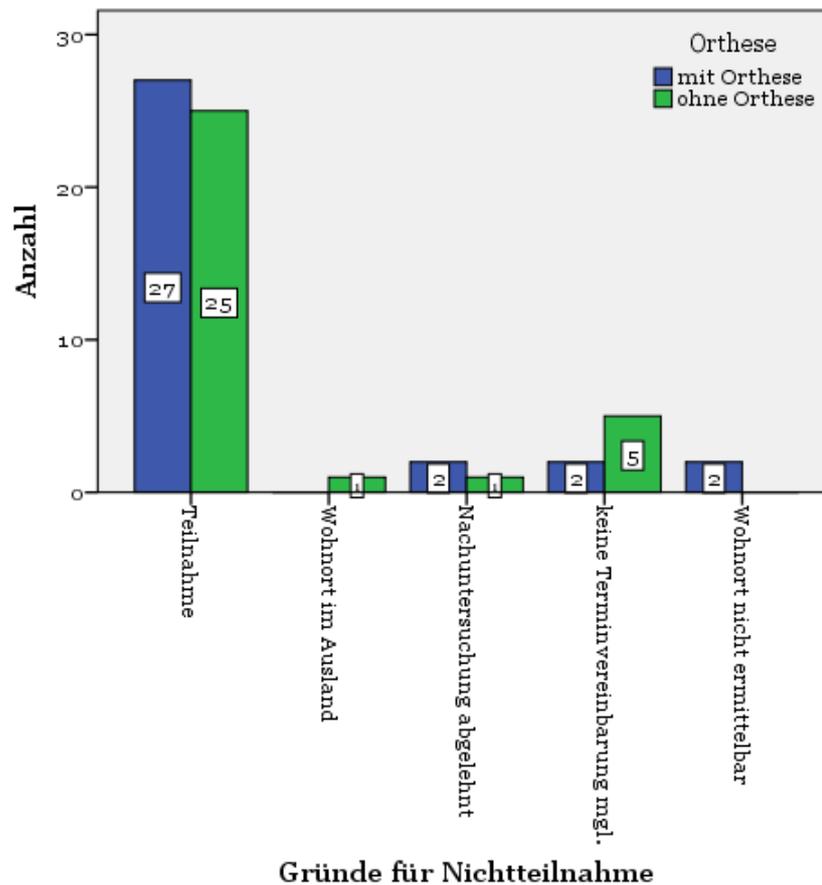
Von den ursprünglich 65 angeschriebenen Patienten erschienen noch 53 zur einmaligen postoperativen Nachuntersuchung nach vier Jahren (t7). Dies entspricht einer Rücklaufquote der Studie von 81,54%. Ein Patient (1,54%) aus der orthesenfreien [NO] Gruppe musste wegen einer Reruptur 12 Wochen postoperativ von der Studie ausgeschlossen werden. Neben diesem konnten 12 weitere Patienten (gesamt 18,46%; 6 aus der Orthesen [O] und 6 aus der orthesenfreien Gruppe) aus folgenden Gründen, wie in Abbildung 3 ersichtlich, nicht untersucht werden:

- Wohnort im Ausland (ein Patient aus der NO-Gruppe; 1,54%)
- Nachuntersuchung aus persönlicher Unzufriedenheit mit dem Outcome abgelehnt (zwei Patienten aus O-Gruppe; ein Patient aus NO-Gruppe; insgesamt 4,61%)
- keine Terminvereinbarung möglich (zwei Patienten aus O-Gruppe; fünf Patienten aus NO-Gruppe; insgesamt 10,77%), einer der fünf Patienten aus der NO-Gruppe hatte zum Zeitpunkt t4 (12 Wochen postoperativ) eine Reruptur
- aktueller Wohnort des Patienten nicht zu ermitteln (zwei Patienten aus O-Gruppe; 3,08%)

Der ermittelte Chi-Quadrat-Test zwischen den beiden Gruppen ergab hierbei keine statistische Signifikanz ( $p=0,710$ ).

Um möglichst viele Patienten in das Follow-up einzuschließen, wurde bei sechs (11,5%) der 52 Patienten, zwei aus der O- und vier aus der NO-Gruppe, ein Hausbesuch durchgeführt.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung schloss die Studie 28- bis 65-jährige weibliche und 21- bis 64-jährige männliche Patienten ein. Der ermittelte Altersdurchschnitt lag entsprechend bei 38,08 Jahren ( $\pm 10,32$  Jahre). Auf die Gruppen verteilt bedeutete dies ein mittleres Alter der O-Gruppe von 40,37 Jahren ( $\pm 11,64$  Jahre) und in der NO-Gruppe von 35,60 Jahren ( $\pm 8,22$  Jahre).



**Abbildung 3:** Das Balkendiagramm zeigt die Anzahl der teilnehmenden Patienten und die Anzahl sowie Gründe, welche zur Nichtteilnahme der 13 Patienten führten, in beide Gruppen differenziert.

#### 4.1.2 Geschlechter- und Gruppenverteilung

Bei 27 Patienten (51,9%) erfolgte die Nachbehandlung mit einer Orthese und bei 25 Patienten (48,1%) wurde ohne eine Orthese nachbehandelt.

Die Auswertung der Geschlechterverteilung der 52 Patienten ergab 8 weibliche (15,4%) und 44 männliche (84,6%) Teilnehmer. Desweiteren zeigte die Auswertung der Geschlechtergruppierung, dass von den acht Frauen fünf in die O-Gruppe (62,5%) und drei in die NO-Gruppe (37,5%) randomisiert worden sind. Bei den Männern verteilten sich 22 in die O-Gruppe (50%) und 22 in die NO-Gruppe (50%). Der ermittelte Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergibt keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,515$ ). Weiter zeigen die Ergebnisse, dass von den ursprünglich 8 Frauen aus der ersten Studie 100% zur Nachuntersuchung erschienen sind. Von den zuvor 57 männlichen Patienten erschienen lediglich 44 Teilnehmer, was einer Rücklaufquote von 77,19% entspricht.

#### 4.1.3 Nachuntersuchungszeitraum und anamnestische Erhebungen

Die Nachuntersuchung fand im Mittel 47,77 ( $\pm$  4,07, 43-61) Monate nach der Operation statt. In Jahren ausgedrückt entspricht das einem Wert von 3,98 ( $\pm$  0,34). Deshalb spricht der Titel der vorliegenden Dissertation von einer 4-Jahres Nachuntersuchung.

Die Auswertung der betroffenen Kniegelenksseite (n=52) ergab, dass bei 23 (44,2%; O-Gruppe 11 von 27=40,7%; NO-Gruppe 12 von 25=48%) das linke und bei 29 (55,8%; O-Gruppe 16 von 27=59,3%; NO-Gruppe 13 von 25=52%) das rechte vordere Kreuzband rupturiert gewesen ist. Die häufigste Ursache der Ruptur war dabei im Sport (48 von 52 Patienten; 92,31%) zu finden.

**Tabelle 1: Ursächliche Sportarten für die VKB-Ruptur der Teilnehmer (n=52) untergliedert in beide Nachbehandlungsgruppen**

Verletzung bei	Orthese		Gesamt
	mit Orthese	ohne Orthese	
Fußball	17	13	30
Ski	3	3	6
sonstige Sportarten	2	0	2
Alltag	2	2	4
Handball	0	1	1
Basketball	0	1	1
Judo	1	2	3
Wellenreiten	0	1	1
Hockey	0	1	1
Reiten	1	0	1
Volleyball	1	1	2
Gesamt	27	25	52

Tabelle 1 zeigt die ursächlichen Sportarten, bei denen der Fußball mit 62,5% (30 von 48 Patienten) eindeutig die Hauptursache darstellt. Lediglich 4 (7,69%) Teilnehmer zogen sich die VKB-Ruptur im Alltag zu.

Im weiteren Verlauf wurde nach Fremdkontakt als Ursache des Traumas gefragt. Bei 40 (76,92%) von 52 Patienten war kein Kontakt erinnerlich. In die beiden Gruppen aufgeteilt bedeutet dies, dass 23 (85,2%) von 27 der O-Gruppe und 17 (68%) von 25 der NO-Gruppe keinen Kontakt bemerkten. Die übrigen 12 (23,08%) gaben einen Kontakt zum Zeitpunkt der Ruptur an. Auch hier eingeteilt in die Gruppen ergeben sich für die O-Gruppe 4 (14,8%) von 27 und in der NO-Gruppe 8 (23,1%) von 25 Teilnehmern.

Der OP-Zeitpunkt lag im Gesamtkollektiv 21,13 Monate ( $\pm 58,91$ , 1-401), in der O-Gruppe im Mittel 25,11 ( $\pm 78,76$ ; 1-401) Monate und in der NO-Gruppe 16,84 ( $\pm 24,86$ ; 1-108) Monate nach dem Trauma. Der Median zeigt aber, dass insgesamt nach 5 Monaten (NO-Gruppe 5 Monate; O-Gruppe 6 Monate) operiert wurde.

Postoperativ nutzten die Teilnehmer unterschiedlich lange die Physiotherapie. Beim Kollektiv lag die Dauer bei einem Faktor von 4,73 ( $\pm 1,50$ ; 2-18 Wochen), was etwa 12 Wochen entspricht. Bei der O-Gruppe bei einem Faktor von 4,78 ( $\pm 1,60$ ; 2-18 Wochen) also etwa 12 Wochen und bei der NO-Gruppe bei 4,68 ( $\pm 1,41$ ; 2-18 Wochen), was ebenfalls 12 Wochen entsprechen würde. Ein signifikanter Unterschied ( $p=0,817$ ) lag nicht vor.

## **4.2 Klinische Testergebnisse**

### **4.2.1 Erguss**

Von den 27 Patienten der O-Gruppe hatten 25 (92,6%) keinen und zwei (7,4%) einen leichten Erguss. Bei der NO-Gruppe hatten von den 25 Patienten 24 (96,0%) keinen und einer (4,0%) einen leichten Erguss. Ein signifikanter Unterschied im Chi-Quadrat-Test ( $p=0,599$ ) wurde nicht ermittelt.

### **4.2.2 Valgus- und Varusstresstest**

Auch bei diesen Stresstests konnten zwischen den beiden Gruppen im T-Test (Valgustest:  $p=0,648$ ; Varustest:  $p=0,620$ ) keine signifikanten Unterschiede gefunden werden. Insgesamt konnte im Valgusstresstest bei 48 (92,3%) der 52 Teilnehmer der Grad A (0-2mm) festgestellt werden. In die Gruppen differenziert bedeutet dies, dass sich 25 (92,6% von 27) auf die O-Gruppe und 23 (92,0% von 25) Teilnehmer auf die NO-Gruppe verteilten. Bei lediglich zwei (7,4% von 27) Teilnehmern der O-Gruppe ergab sich Grad B (3-5mm) und bei jeweils einem (4,0% von 25) Teilnehmer der NO-Gruppe konnte Grad B bzw. Grad C (6-10mm) festgestellt werden (Abb. 4, Abb. 5).

Valgusstressstest nach 4 Jahre

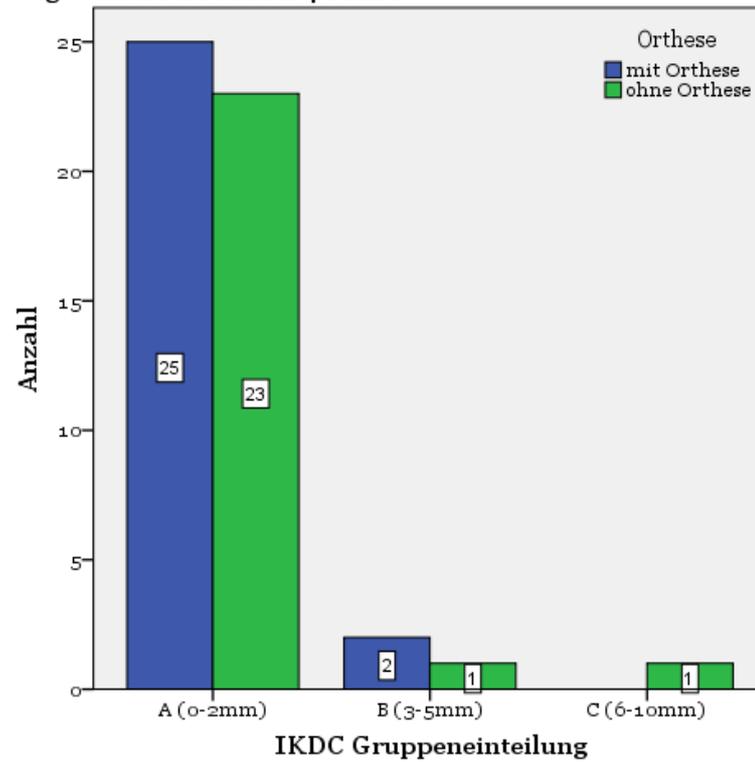


Abbildung 4: Verteilung der Patienten beim Valgusstressstest in die IKDC Grade A-C nach vier Jahren postoperativ (t7) in Orthesengruppe und Non-Orthesengruppe differenziert.

Varusstressstest nach 4 Jahren

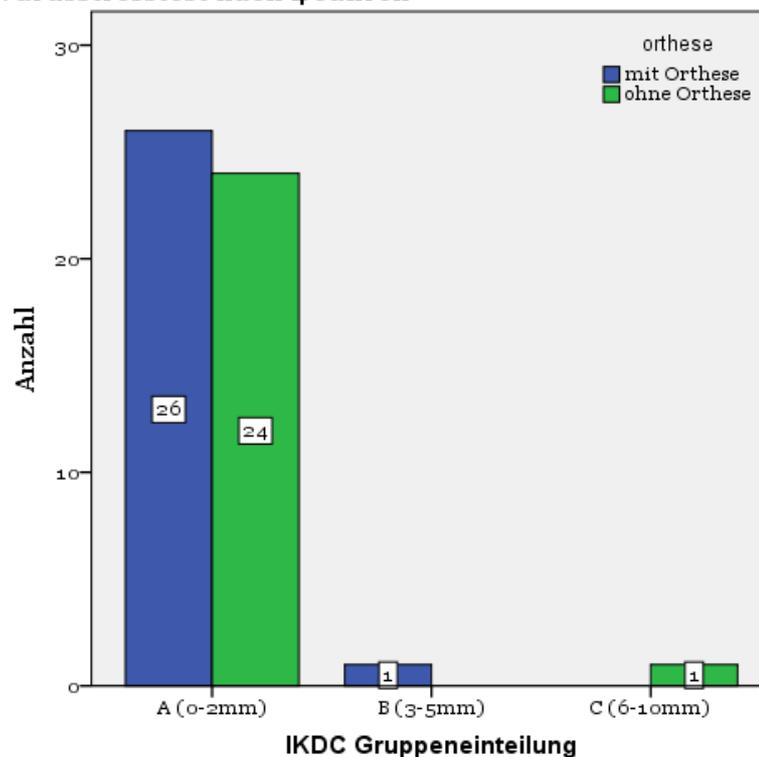


Abbildung 5: Verteilung der Patienten beim Varusstressstest in die IKDC Grade A-C nach vier Jahren postoperativ (t7) in Orthesengruppe und Non-Orthesengruppe differenziert.

Der Varusstresstest lieferte ähnliche Ergebnisse. Hier wurden insgesamt 50 (96,2% von 52) Teilnehmern der Grad A zugeordnet; 26 (96,3% von 27) aus der O-Gruppe und 24 (96,0% von 25) aus der NO-Gruppe. Ein Patient aus der O-Gruppe (3,7%) wies Grad B und ein Patient aus der NO-Gruppe (4,0%) Grad C auf. Zur Veranschaulichung ist das Balkendiagramm beigefügt.

#### **4.2.3 Lachman Test**

In der O-Gruppe wurde bei 12 (44,4% von 27) Patienten keine erhöhte Translation (-1-2mm) nachgewiesen. Eine einfach positive (3-5mm) wiesen 14 (51,9% von 27) und eine zweifach positive (6-10mm) ein Teilnehmer (3,7% von 27) auf. Die NO-Gruppe verteilte sich mit 11 (44,0% von 25) in den Grad einfach positiv und mit vier Teilnehmern (16,0% von 25) in den Grad zweifach positiv. Zehn (40,0% von 25) Patienten zeigten keine erhöhte Translation. Vergleicht man die beiden Gruppen mit Hilfe des T-Testes, so zeigt sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,357$ ).

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

Die Einteilung der Ergebnisse erfolgt bei diesem Test in vier Gruppen. Ist der Test seitengleich, so wird der Teilnehmer in die erste Gruppe eingeordnet. Spürt der Untersucher ein einfach positives Gleiten („Glide“), entspricht es der zweiten, bei einem zweifach positiven („Clunk“) der dritten und entsprechend bei einem dreifach positiven Gleiten („Gross“) der vierten Gruppe. Im Gruppenvergleich ergab der T-Test ( $p=0,35$ ) keinen signifikanten Unterschied. Bei 41 (78,8%) der 52 Teilnehmer war der Test seitengleich und daher definitionsgemäß negativ. Dabei entfielen 23 (85,2% von 27) auf die O-Gruppe und 18 (72,0% von 25) auf die NO-Gruppe. Einfach positiv war der Test bei insgesamt 9 (17,3%) der Patienten. Aus der O-Gruppe waren das drei (11,1% von 27) und aus der NO-Gruppe sechs (24,0% von 25) Teilnehmer. Lediglich zwei (3,8%) der 52 Patienten wiesen einen zweifach positiven Test auf. Dabei verteilte sich jeweils ein Patient auf die O- (3,7% von 27) und NO-Gruppe (4,0% von 25).

#### **4.2.5 Schubladentest**

Die Ergebnisse des T-Testes zeigten im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,362$ ). Von den 27 Patienten aus der O-Gruppe konnte bei 11 (40,7%) der Grad A und bei 15 (55,6%) der Grad B bestimmt werden. Lediglich einem Patienten (3,7%) musste der Grad C zugeordnet werden. In der NO-Gruppe verteilten sich die 25 Patienten jeweils mit 10 Teilnehmern (40,0%) in die Grade A und B. Fünf Patienten (20,0%) erhielten Grad C. Somit zeigten 46 (88,5%) Patienten des Gesamtkollektives ( $n=52$ ) einen festen Anschlag und einen Bewegungsspielraum von maximal fünf Millimetern und sechs Teilnehmer (11,5%) ein Bewegungsausmaß von mehr als sechs Millimetern und einen unsicheren Anschlag.

#### 4.2.6 Transplantatentnahmemorbidity

Alle Teilnehmer wurden mit der gleichen Technik operiert. Durch die Schnittführung kommt es zur Durchtrennung von Hautnervenästen. Ein wichtiges Kriterium für die Patienten war deshalb, ob sie an der Transplantatentnahmestelle nervale bzw. sensible Einschränkungen und Ausfallerscheinungen haben. Aus der O-Gruppe gaben fünf (18,5% von 27) keine und 20 (74,1% von 27) geringe sowie zwei (7,4% von 27) Teilnehmer mäßige Beschwerden an. Vergleichbar waren die Aussagen bei der NO-Gruppe. Hier hatten fünf (20,0% von 25) keine, 18 (72,0% von 25) geringe und zwei (8,0% von 25) mäßige Beschwerden. Im T-Test ( $p=0,951$ ) zeigte sich zwischen den beiden Gruppen erwartungsgemäß kein signifikanter Unterschied.

#### 4.2.7 Umfangsmessung im Seitenvergleich

Mittels eines Maßbandes wurde an fünf Messpunkten der Umfang der unteren Extremität gemessen und im Seitenvergleich beurteilt. Diese fünf Punkte waren dabei klar definiert:

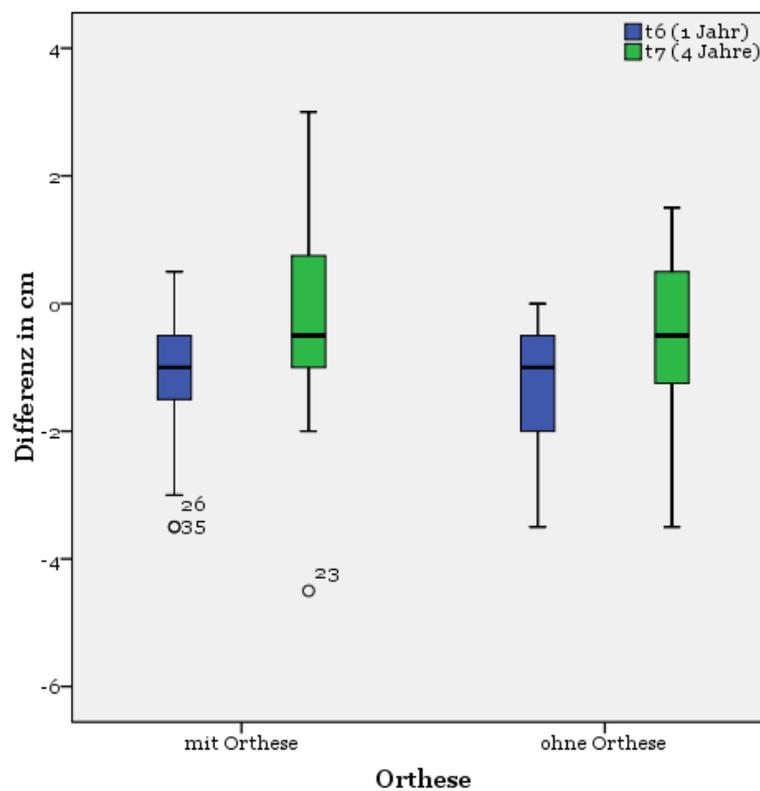
- U<sub>1</sub> = 20cm oberhalb des mittleren Gelenkspaltes
- U<sub>2</sub> = 10cm oberhalb des mittleren Gelenkspaltes
- U<sub>3</sub> = Patellarmitte
- U<sub>4</sub> = maximaler Wadenumfang
- U<sub>5</sub> = Fesselumfang

Die erhaltenen Messwerte wurden in Schritten von 0,5cm angegeben und jeweils die Differenz aus der betroffenen Seite zu der nicht betroffenen Seite gebildet. Zum Schluss erfolgte ein Vergleich der Ergebnisse der Vorgängerarbeit zum Zeitpunkt t<sub>6</sub> mit dem Zeitpunkt t<sub>7</sub>.

##### Messpunkt U<sub>1</sub>

Im Mittel lagen die Werte des Gesamtkollektives bei -0,3cm ( $\pm 1,4$ ), in der O-Gruppe bei einer Differenz von -0,3cm ( $\pm 1,5$ ) und in der NO-Gruppe bei -0,4cm ( $\pm 1,4$ ). Ein signifikanter Unterschied ( $p=0,722$ ) zwischen den beiden Gruppen lag nicht vor. Betrachtet man die Ergebnisse zum Zeitpunkt t<sub>6</sub>, so ergeben sich fürs Kollektiv Differenzen von -1,1cm ( $\pm 1,0$ ), für die O-Gruppe -1,0cm ( $\pm 1,1$ ) und für die NO-Gruppe -1,3cm ( $\pm 1,0$ ). Auch hier lagen keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,471$ ) vor. Auffällig ist allerdings im Vergleich der beiden Beobachtungszeiträume eine Abnahme der Differenzen. Der ermittelte T-Test zeigt dabei eine hohe Signifikanz ( $p<0,0005$ ) zwischen den beiden Zeitpunkten. Dies wird auch in Abbildung 6 deutlich.

Box Plot zur Umfangsmessung 20cm oberhalb der Patella

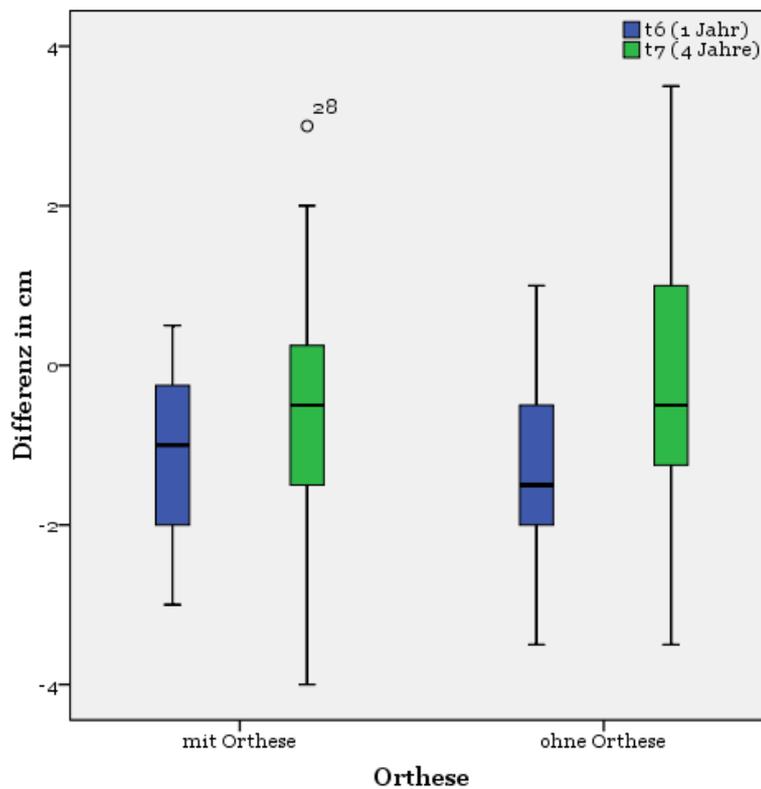


**Abbildung 6: Box Plot der Umfangsmessung 20cm oberhalb des Patellaroberrands ein Jahr (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ. Angegeben ist die Differenz aus der Messung der nicht betroffenen im Vergleich zur betroffenen Seite in beiden Gruppen.**

### Messpunkt U2

Das Gesamtkollektiv zeigte einen Mittelwert von  $-0,3\text{cm}$  ( $\pm 1,6$ ), die O-Gruppe einen Wert von  $-0,6\text{cm}$  ( $\pm 1,5$ ) und die NO-Gruppe einen Mittelwert von  $0,0\text{cm}$  ( $\pm 1,7$ ). Zum Zeitpunkt t6 ergab der Mittelwert des Gesamtkollektives und der O-Gruppe  $-1,1\text{cm}$  ( $\pm 1,1$  bzw.  $\pm 1,1$ ) und der NO-Gruppe einen Wert von  $-1,2\text{cm}$  ( $\pm 1,1$ ). Zu beiden Zeitpunkten waren zwischen der O- und NO-Gruppe keine signifikanten Unterschiede (t7:  $p=0,204$ ; t6:  $p=0,604$ ) zu finden. Ein Vergleich der Zeitpunkte ergab allerdings wieder einen hoch signifikanten Unterschied ( $p=0,006$ ). Auch hier ist zur Verdeutlichung die Abbildung 7 beigelegt.

Box Plot zur Umfangsmessung 10cm oberhalb der Patella



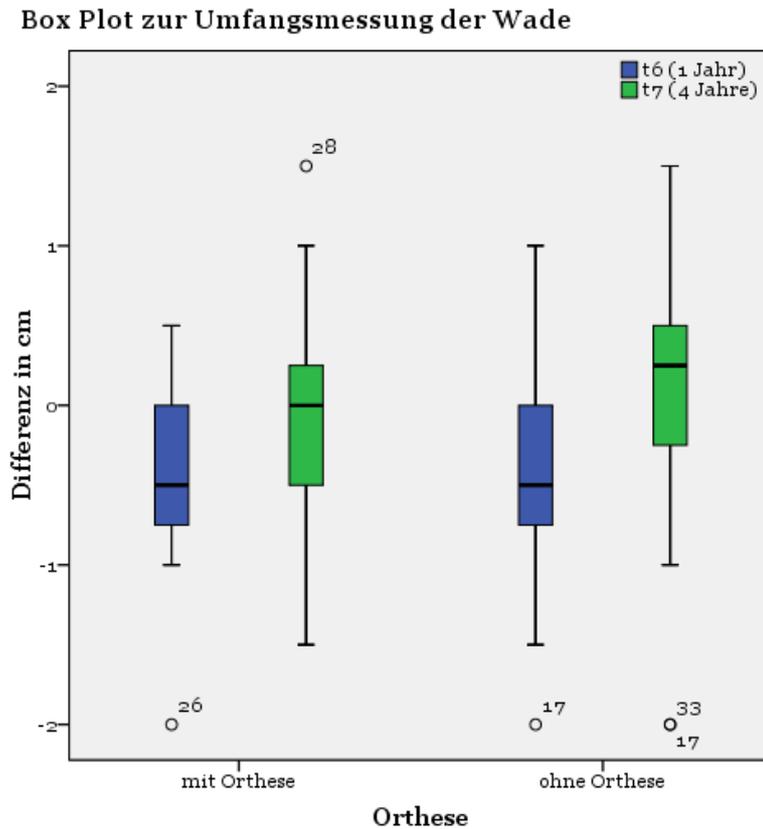
**Abbildung 7: Box Plot der Umfangsmessung 10cm oberhalb des Patellaroberrands ein Jahr (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ. Angegeben ist die Differenz aus der Messung der nicht betroffenen im Vergleich zur betroffenen Seite in beiden Gruppen.**

### Messpunkt U3

Über der Patella waren die Messwerte sehr homogen. Der Mittelwert des Gesamtkollektives lag bei 0,2cm ( $\pm 0,7$ ), der O-Gruppe bei 0,3cm ( $\pm 0,7$ ) und der NO-Gruppe bei 0,1cm ( $\pm 0,6$ ). Auch zum Zeitpunkt t6 zeigten sich ähnliche Werte. Das Gesamtkollektiv wies einen Mittelwert von 0,1cm ( $\pm 0,6$ ), die O-Gruppe von 0,2cm ( $\pm 0,5$ ) und die NO-Gruppe von 0,1cm ( $\pm 0,6$ ) auf. Ein signifikanter Unterschied bestand zu keinem Zeitpunkt (t7:  $p=0,393$ ; t6:  $p=0,441$ ). Auch der Vergleich der beiden Zeitpunkte ergab keinen Unterschied.

### Messpunkt U4

Der Mittelwert des Gesamtkollektives und der O-Gruppe lag bei -0,1cm ( $\pm 0,8$ ) und der NO-Gruppe bei 0,0cm ( $\pm 0,8$ ). Zum Zeitpunkt t6 zeigte sich beim Gesamtkollektiv und der O-Gruppe ein Wert von -0,4cm ( $\pm 0,6$  bzw. 0,5) und bei der NO-Gruppe von -0,3cm ( $\pm 0,7$ ). Wiederum ergab der T-Test zwischen der O- und der NO-Gruppe keine signifikanten Unterschiede (t7:  $p=0,460$ ; t6:  $p=0,466$ ) zwischen den beiden Zeiträume allerdings schon ( $p=0,001$ ).



**Abbildung 8: Box Plot der Umfangsmessung in Höhe des maximalen Wadenumfangs ein Jahr (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ. Angegeben ist die Differenz aus der Messung der nicht betroffenen im Vergleich zur betroffenen Seite in beiden Gruppen.**

### Messpunkt U5

Bei diesem Messpunkt zeigten sich keine bis sehr geringe Unterschiede, so dass auf die statistische Auswertung verzichtet wird. Sie liefert keine aussagekräftigen Hinweise.

### 4.2.8 Bewegungsumfang im Seitenvergleich

#### Extensionsdefizit

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung t7 lag bei jeweils 18 Patienten aus der O-Gruppe (66,7%) und der NO-Gruppe (72,0%) kein Extensionsdefizit mehr vor. Jeweils sechs Patienten aus der O-Gruppe (22,2%) und aus der NO-Gruppe (24,0%) wiesen noch ein Defizit von 3-5° auf. Ein Extensionsdefizit von 6-10° lag bei drei Patienten (11,1%) aus der O-Gruppe und einem Patienten (4,0%) aus der NO-Gruppe vor. Zwischen den beiden Gruppen ließ sich kein statistischer Unterschied feststellen.

#### Flexionsdefizit

Dieses zeigte sich zur Nachuntersuchung t7 bei drei Patienten (11,1%) der O-Gruppe und einem Patienten (4,0%) aus der NO-Gruppe. Die übrigen jeweils 24 Patienten aus

der O- (88,9%) und NO-Gruppe (96,0%) zeigten kein solches Defizit. Daher war auch kein Unterschied zwischen den Gruppen im T-Test ( $p > 0,05$ ) eruierbar.

### **4.3 Belastungstests**

#### **4.3.1 Kneeling und Knee walking**

Als valider direkter Belastungstest gilt das Kneeling [93]. Bei der Frage nach dem Schmerz beim Knien gaben aus der O-Gruppe 11 (40,7%) überhaupt keinen, 12 (44,4%) etwas, drei (11,1%) mäßig starken und einer (3,7%) extrem starken Schmerz an. In der NO-Gruppe äußerten 10 (40%) überhaupt keinen, 8 (32,0%) etwas, sechs (24,0%) mäßig starken und einer (4,0%) ziemlich starken Schmerz. Ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen lag nicht vor ( $p = 0,437$ ). Wenn das Gesamtkollektiv betrachtet wird, so haben 21 (40,4%) überhaupt keinen und 20 (38,5%) etwas Schmerzen. Mäßig starken Schmerz gaben insgesamt 9 (17,3%) und ziemlich starken sowie extrem starken Schmerz jeweils einer (1,9%) an.

Als Steigerung der Belastung im Knee walking Test ergaben sich folgende Ergebnisse. Auf das Gesamtkollektiv bezogen, hatten 8 (15,4%) überhaupt keinen, 12 (30,8%) etwas, 16 (30,8%) mäßig starken, 8 (15,4%) ziemlich starken und ebenfalls 8 (15,4%) extrem starken Schmerz. In der O-Gruppe gaben vier (14,8%) überhaupt keinen, 8 (29,6%) etwas, 9 (33,3%) mäßig starken, zwei (7,4%) ziemlich starken und vier (14,8%) extrem starken Schmerz an. Bei der NO-Gruppe verhielt sich die Verteilung ähnlich. Hier gaben jeweils vier (16,0%) überhaupt keinen und etwas Schmerzen an. Mäßig starken Schmerz hatten 7 (28,0%), ziemlich starken sechs (24,0%) und vier (16,0%) hatten extrem starken Schmerz. Auch hier lag kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,476$ ) zwischen den Gruppen vor.

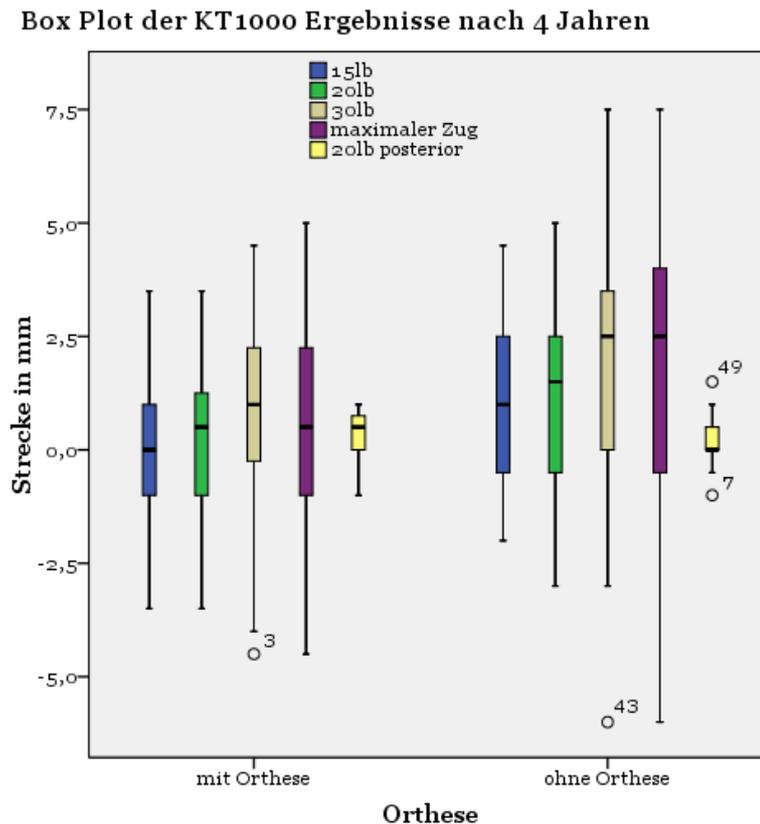
#### **4.3.2 Single-leg-hop Test**

Ein weiterer Belastungstest und Bestandteil des IKDC 2000 ist der Single-leg-hop Test. Dabei wird der Sprung mit Werten des kontralateralen Beines prozentual verglichen. Allerdings nahmen nicht alle Patienten an dem Test teil, da drei (5,8%) Teilnehmer sich die Belastung des Kniegelenkes nicht zutrauten. Davon waren zwei Patienten aus der O- und einer aus der NO-Gruppe. Von den übrigen 49 (94,2%) Teilnehmern erzielten aus der O-Gruppe 19 (76,0%) über 90% und sechs (24,0%) zwischen 76 – 89% der Weiten des kontralateralen Beines. In der NO-Gruppe sprangen 23 (95,8%) über 90% und einer (4,2%) zwischen 76 – 89% der Weiten des anderen Beines. Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,047$ ) zwischen den beiden Gruppen. Dabei erreichen die Patienten der NO-Gruppe ein besseres Ergebnis als die Patienten der O-Gruppe.

## 4.4 Auswertung der Scores

### 4.4.1 KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®

Mit Hilfe des KT1000™ wurde durch definierte Zugkräfte die anteroposteriore Translation der Tibia gegenüber dem Femur untersucht. Dabei ergab die Differenz der Mittelwerte der zurückgelegten Strecke (in mm) beider Seiten das Ergebnis in der jeweiligen Kraftstufe.



**Abbildung 9: Box Plot der anteroposterioren Translation (in mm) mit dem KT1000™ vier Jahre postoperativ (t7) in den verschiedenen Kraftstufen differenziert in beide Behandlungsgruppen.**

Für die O-Gruppe lag der Mittelwert der ersten anterioren Kraftstufe von 15lb bei 0,22mm ( $\pm 1,75$ ; -3,5-3,5), bei der zweiten Kraftstufe von 20lb bei 0,30mm ( $\pm 1,86$ ; -3,5-3,5), bei der dritten Stufe von 30lb bei 0,76mm ( $\pm 2,38$ ; -4,5-4,5) und bei der maximalen Stufe bei 0,59mm ( $\pm 2,40$ ; -4,5-5). Bei der posterioren Druckrichtung mit einer Kraft von 20lb lag der Mittelwert bei 0,30mm ( $\pm 0,59$ ; -1,0-1,0). Die NO-Gruppe erzielte bei 15lb 1,06mm ( $\pm 1,76$ ; -2-4,5), bei 20lb 1,22mm ( $\pm 2,08$ ; -3-5), bei 30lb 1,88mm ( $\pm 3,08$ ; -6-7,5) und bei der maximalen Zugkraft 1,86mm ( $\pm 3,40$ ; -6-7,5). Die dorsale Translation ergab bei 20lb 0,22mm ( $\pm 0,60$ ; -1-1,5). Die Differenz der Gruppen zeigt im T-Test keinen signifikanten Unterschied (15lb:  $p=0,091$ ; 20lb:  $p=0,097$ ; 30lb:  $p=0,147$ ; Maximalkraft:  $p=0,124$ ; 20lb dorsal:  $p=0,646$ ).

Box Plot der KT1000 Ergebnisse im zeitlichen Vergleich

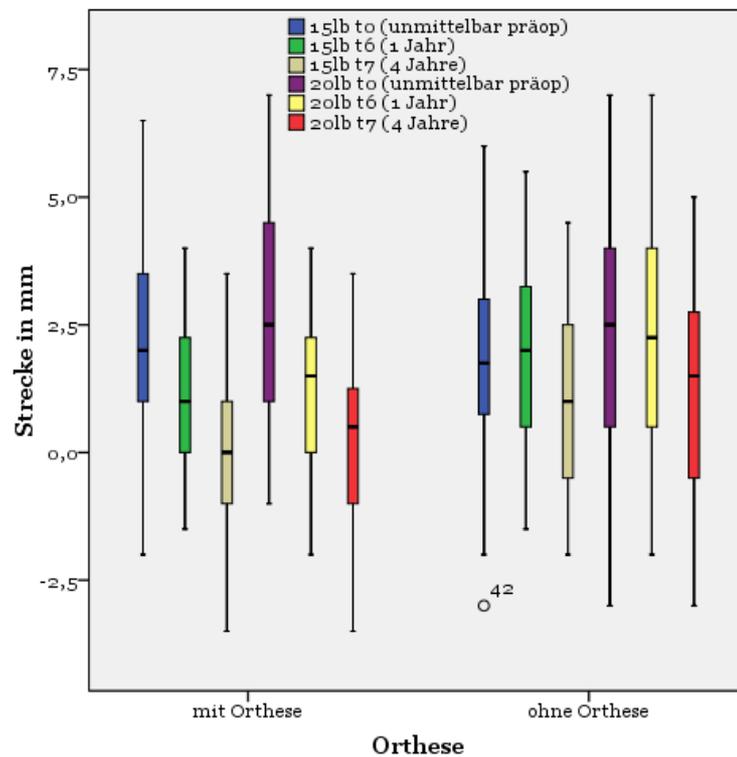


Abbildung 10: Box Plot des Vergleiches der Ergebnisse der KT1000™ Messung bei 15lb und 20lb anteriorer Translation (in mm) unmittelbar präoperativ (to), ein (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ differenziert in beide Gruppen

Box Plot der KT1000 Ergebnisse bei 30lb

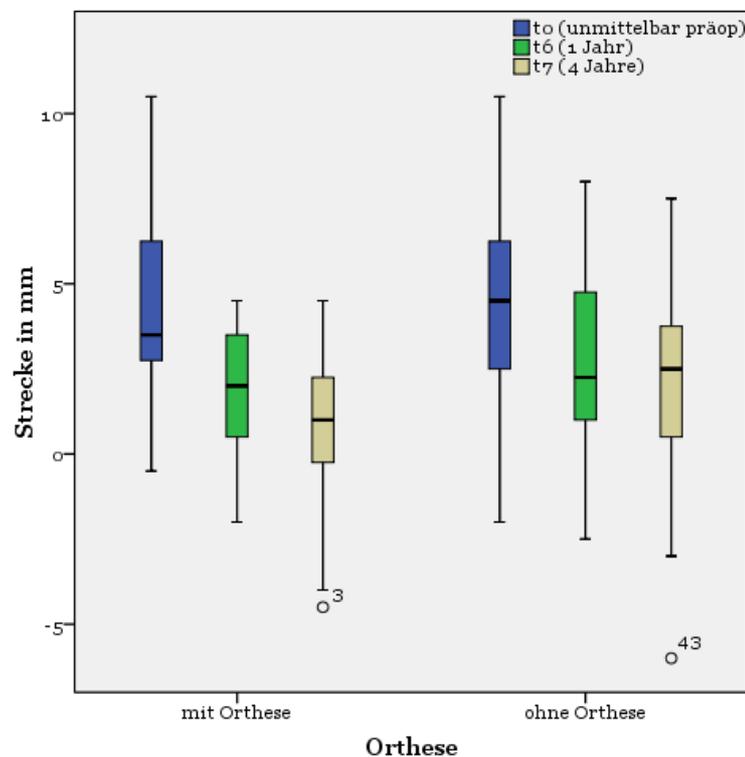


Abbildung 11: Box Plot des Vergleiches der Ergebnisse der KT1000™ Messung bei 30lb anteriorer Translation (in mm) unmittelbar präoperativ (to), ein (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ differenziert in beide Gruppen

Im Vergleich mit den Daten der ersten Studie lässt sich aus den Abbildungen 10 und 11 ablesen, dass die Strecke der Translation über die Zeit stetig abnimmt. Lediglich in der NO-Gruppe ist jeweils bei den Kraftstufen 30lb und der Maximalkraft ein dezenter Anstieg des Mittelwertes zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (t7) zu erkennen. Dies stellt aber keinen signifikanten Unterschied dar.

#### 4.4.2 Abschlussbeurteilung des IKDC

Wie oben beschrieben, wurde zur Auswertung des IKDC 2000 Scores wegen teilweise fehlender Röntgenuntersuchungen der sechste Punkt des Fragebogens ausgeschlossen.

##### IKDC 2000 Summenscore der ersten sechs Punkte

In der O-Gruppe (n=27) konnte bei einem Patienten (3,7%) ein normales Kniegelenk (Grad A) attestiert werden. Bei 19 Patienten (70,4%) lag ein fast normales und bei sieben Patienten (25,9%) ein abnormales Kniegelenk vor. Die Ergebnisse der NO-Gruppe waren vergleichbar. Hier hatten 18 Patienten (72,0%) ein fast normales und sieben (28,0%) ein abnormales Kniegelenk.

IKDC Beurteilung der sechs Punkte nach 4 Jahren

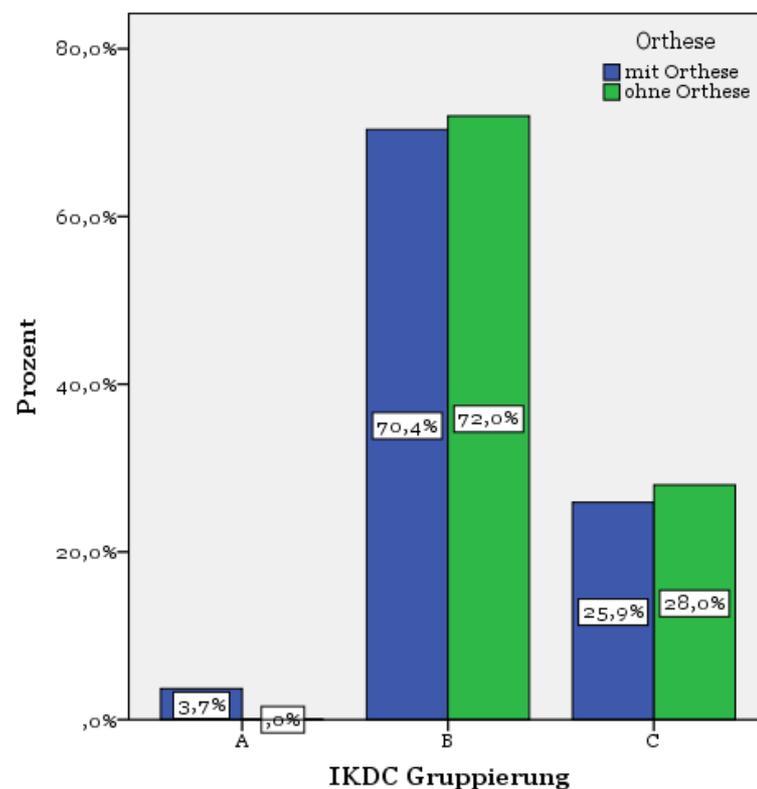
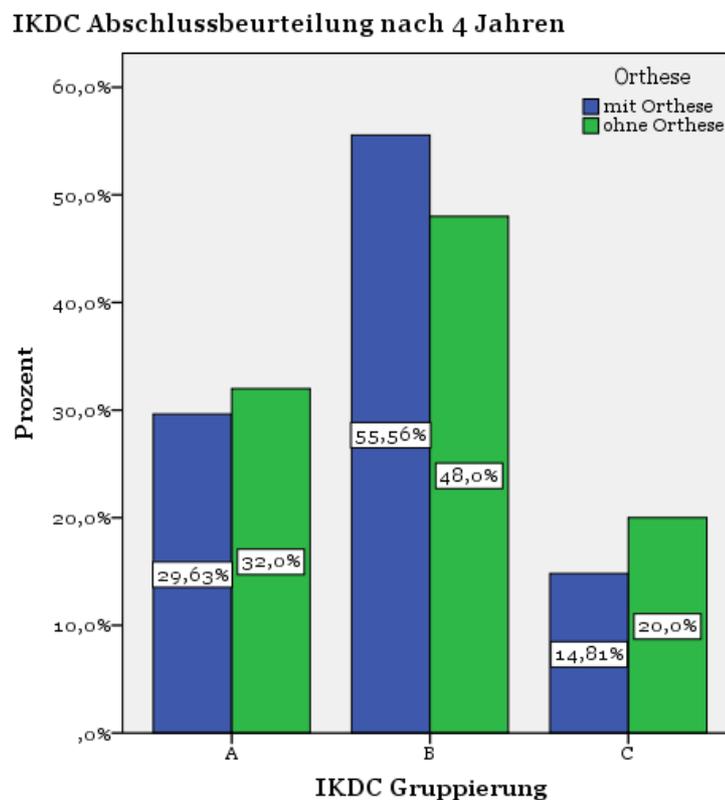


Abbildung 12: Darstellung der prozentualen Verteilung der sechs Punkte des IKDC 2000 (Grad A bis C; ohne Röntgenauswertung) vier Jahre postoperativ (t7) in beide Gruppen differenziert.

Insgesamt zeigt sich also bei 38 Teilnehmern (73,1%) ein normales oder fast normales und bei 14 Teilnehmern (26,9%) ein abnormales Gelenk. Der T-Test ( $p=0,669$ ) ergab im Gruppenvergleich keine signifikanten Ergebnisse.

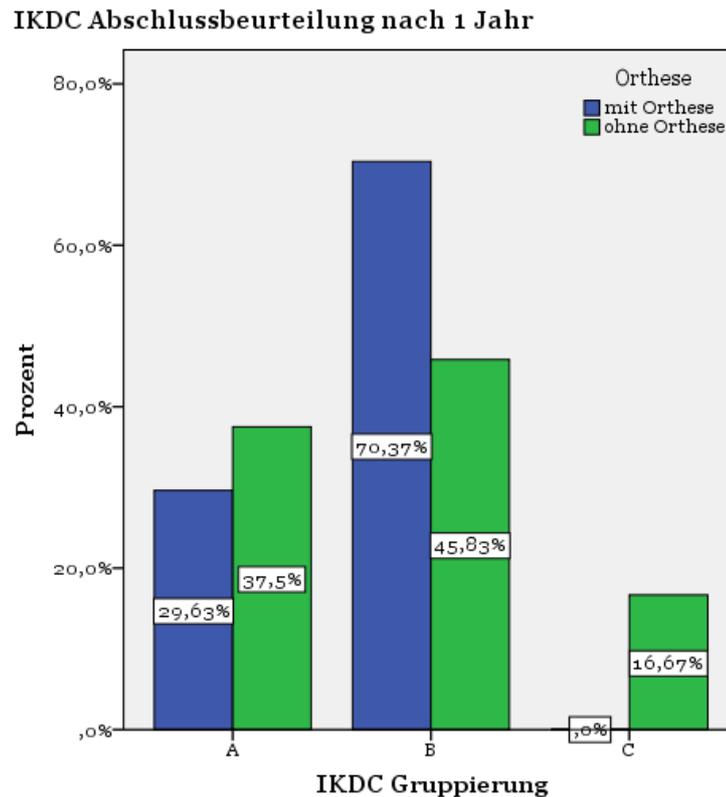
### Abschlussbeurteilung des objektiven IKDC 2000 Score im Vergleich

Bei akuten und subakuten Patienten werden nur die ersten drei Punkte des Scores (Erguss, passives Bewegungsdefizit und Ligamentuntersuchung) berücksichtigt. Für die O-Gruppe ergeben sich nach vier Jahren folgende Ergebnisse. Sechs Patienten (29,6%) hatten ein normales, 17 (55,6%) ein fast normales und vier Patienten (14,8%) ein abnormales Kniegelenk. In der NO-Gruppe ordneten sich sieben (32,0%) in die Kategorie normales Knie, 13 (48,0%) in die Kategorie fast normales Knie und fünf Patienten (20,0%) in die Kategorie abnormales Kniegelenk ein.



**Abbildung 13: Darstellung der prozentualen Verteilung der Grade A bis C der IKDC 2000 Abschlussbeurteilung (ersten drei Punkte) vier Jahre postoperativ (t7) in beide Gruppen differenziert.**

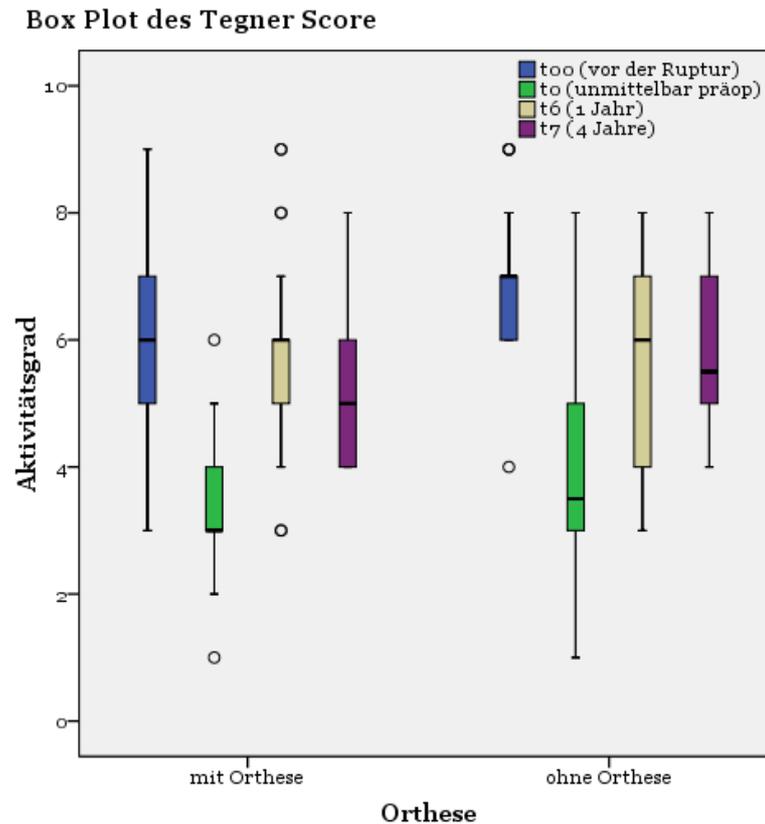
Zum Zeitpunkt t6 ergab sich für die O-Gruppe bei 8 Patienten (29,6%) ein normales und bei 19 (70,4%) ein fast normales Kniegelenk. In der NO-Gruppe zeigten 9 (37,5%) ein normales, 11 (45,8%) ein fast normales und vier Patienten (16,7%) ein abnormales Kniegelenk. Zu beiden Zeitpunkten ist zwischen den Gruppen und zwischen den beiden Erhebungszeiten t6 und t7 im T-Test ( $t_7: p=0,974$ ;  $t_6: p=0,603$ ; Vergleich:  $p=0,060$ ) kein signifikanter Unterschied festzustellen.



**Abbildung 14: Zum Vergleich die Darstellung der prozentualen Verteilung der Grade A bis C der IKDC 2000 Abschlussbeurteilung ein Jahr postoperativ (t6) in beide Gruppen differenziert.**

#### 4.4.3 Tegner Score

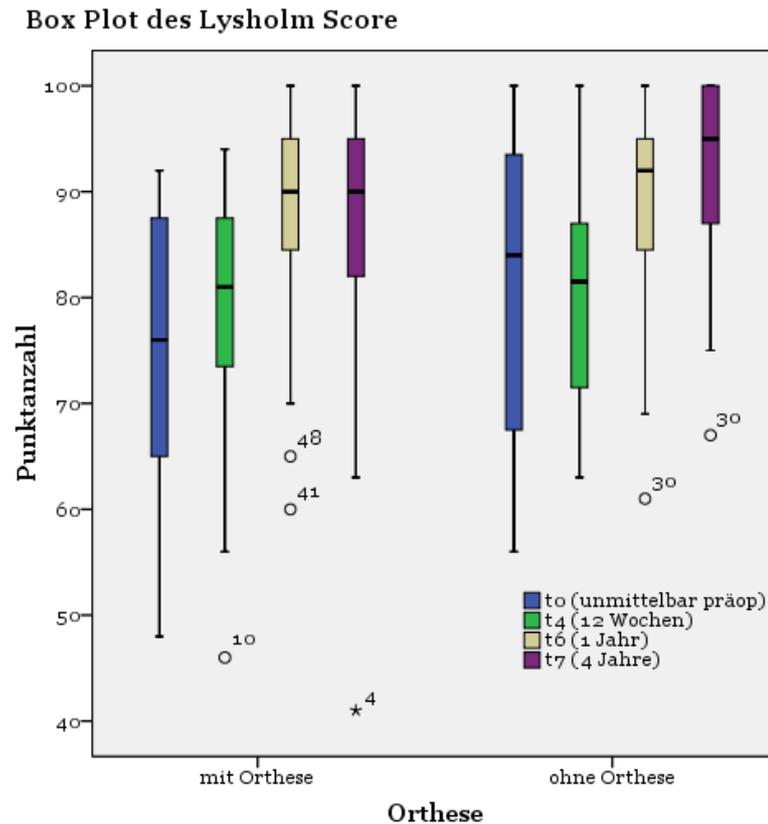
Die Ermittlung des Scores ergab für die O-Gruppe einen Mittelwert von 5,19 ( $\pm 1,11$ ; 4-8) und für die NO-Gruppe einen Mittelwert von 5,72 ( $\pm 1,21$ ; 4-8). Ein Blick auf die Mittelwerte der Vorgängerarbeit zeigt für die O-Gruppe einen Wert von 5,78 ( $\pm 1,58$ ; 3-9) und für die NO-Gruppe 5,58 ( $\pm 1,67$ ; 3-8). Der Vergleich beider Gruppen ergibt keinen signifikanten Unterschied ( $p=0,238$ ). Wird allerdings mit dem Mittelwert zum Zeitpunkt t0 [O-Gruppe 3,48 ( $\pm 1,09$ ; 1-6); NO-Gruppe 3,96 ( $\pm 1,67$ ; 1-8)] verglichen, so ist der Unterschied ( $p<0,05$ ) hoch signifikant. Die unten angeführte Abbildung 15 macht dies deutlich. Insgesamt ist ein Anstieg des Mittelwertes von t0 nach t7 in der O-Gruppe um fast zwei Punkte und in der NO-Gruppe um ca. 1,5 Punkte zu verzeichnen.



**Abbildung 15: Box Plot des Tegner Aktivitätsgrad Scores mit Gegenüberstellung der Ergebnisse vor der Ruptur (too), unmittelbar präoperativ (to), ein (t6) und vier Jahre (t7) postoperativ in beide Gruppen differenziert.**

#### 4.4.4 Lysholm Score

Beim Lysholm Score kann der Teilnehmer maximal 100 Punkte erreichen. Die Zuordnung in die Gruppen ist in Kapitel 3.5.4 dargelegt. Der Score ergab für die O-Gruppe einen Mittelwert von 87,37 ( $\pm 12,65$ ; 41-100) und für die NO-Gruppe 92,24 ( $\pm 8,52$ ; 67-100). Zwischen den beiden Gruppen konnte kein Unterschied ( $p=0,113$ ) ermittelt werden. Auch hier wird wieder der Vergleich zur Vorgängerarbeit herangezogen. Bei den Teilnehmern ( $n=52$ ) konnte zum Zeitpunkt t6 ein Mittelwert von 87,78 ( $\pm 10,48$ ; 44-100) in der O-Gruppe und 88,83 ( $\pm 9,84$ ; 52-100) in der NO-Gruppe errechnet werden. Ein Unterschied ( $p=0,713$ ) zwischen den beiden Gruppen war hier ebenfalls nicht gegeben. In Abbildung 16 erkennt man einen Anstieg der Mittelwerte im Verlauf über die Zeit bei beiden Gruppen.



**Abbildung 16: Box Plot des Lysholm Scores mit Gegenüberstellung der Ergebnisse unmittelbar präoperativ (t<sub>0</sub>), 12 Wochen (t<sub>4</sub>), ein (t<sub>6</sub>) und vier Jahre (t<sub>7</sub>) postoperativ in beide Gruppen differenziert.**

## 4.5 Radiologische Auswertung

### 4.5.1 Nachweis einer Gonarthrose

Eine Röntgenverlaufskontrolle zusätzlich zur klinischen Routinenachuntersuchung wurde allen Patienten angeboten, die sich in der Klinik untersuchen ließen. Insgesamt nahmen 40 (76,9% von 52) Patienten die Möglichkeit wahr, 23 (85,2% von 27) aus der O-Gruppe und 17 (68,0% von 25) aus der NO-Gruppe.

Sechs (11,5%) Patienten konnte wegen der Untersuchung in der heimischen Umgebung kein Röntgenbild angeboten werden. Weitere sechs (11,5%) Patienten lehnten ein solches aus persönlichen Gründen ab. Erhoben wurde nach dem IKDC 2000 [109] der Röntgenbefund des medialen und lateralen Gelenkspaltes sowie des Femoropatellargelenkes. Hierbei wurde der Grad der degenerativen Veränderungen beurteilt, dessen Einteilung unter Punkt 3.5.1 erklärt wurde. Alle drei Kompartimente zeigten im Gruppenvergleich keine signifikanten Unterschiede (Medialer Gelenkspalt:  $p=0,755$ ; lateraler Gelenkspalt:  $p=0,496$ ; femoropatellares Gelenk:  $p=0,766$ ). Insgesamt betrachtet konnte bei 16 Teilnehmern (40,0%) keine mediale, bei 36

(90,0%) keine laterale und bei 10 (25,0%) keine retropatellare Gonarthrose nachgewiesen werden. Die einzelnen Ergebnisse der beiden Gruppen werden der Übersichtlichkeit halber in untenstehenden Tabellen 3 und 4 aufgeführt.

**Tabelle 2: Übersicht der Auswertung arthrotischer Veränderungen in der O-Gruppe vier Jahre postoperativ (t7).**

23 Patienten aus der O-Gruppe	Arthrose			
	keine n (%)	geringe n (%)	mäßige n (%)	deutliche n (%)
medialer Gelenkspalt	10 (43,50%)	10 (43,50%)	3 (13,00%)	0 (0%)
lateral Gelenkspalt	21 (91,30%)	2 (8,70%)	0 (0%)	0 (0%)
femoropatellares Gelenk	6 (26,10%)	15 (65,20%)	2 (8,70%)	0 (0%)

**Tabelle 3: Übersicht der Auswertung arthrotischer Veränderungen in der NO-Gruppe vier Jahre postoperativ (t7).**

17 Patienten aus der NO-Gruppe	Arthrose			
	keine n (%)	geringe n (%)	mäßige n (%)	deutliche n (%)
medialer Gelenkspalt	6 (35,30%)	9 (52,90%)	2 (11,80%)	0 (0%)
lateral Gelenkspalt	15 (88,20%)	1 (5,90%)	1 (6%)	0 (0%)
Femoropatellares Gelenk	4 (23,50%)	11 (64,70%)	2 (11,80%)	0 (0%)

#### 4.5.2 Bohrkanaalerweiterung (tunnel widening)

Es bestand hinsichtlich des femoralen und tibialen Bohrkanals zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied (Tibia:  $p=0,669$ ; Femur:  $p=0,328$ ).

##### Femoraler Bohrkanal

In der O-Gruppe konnte 21 (91,3%) der 23 Patienten der Grad A und jeweils einem Patienten (4,3%) der Grad B bzw. C zugeordnet werden. Bei den 17 Patienten der NO-Gruppe erhielten 13 (76,5%) den Grad A, drei (17,6%) den Grad B und einer (5,9%) den Grad C.

##### Tibialer Bohrkanal

Von den 23 Patienten der O-Gruppe wurde 9 (39,1%) der Grad A, 8 (34,8%) der Grad B, vier (17,4%) der Grad C und zwei Patienten (8,7%) der Grad D zugeordnet. Die 17

Patienten der NO-Gruppe verteilten sich mit 8 (47,1%) in Grad A, mit fünf (29,4%) in Grad B, drei (17,6%) in Grad C und einem (5,9%) Patienten in Grad D.

## **4.6 Ergebnisse der Schmerzauswertung**

### **4.6.1 Schmerzen in Ruhe**

Nach vier Jahren postoperativ gaben die 52 Patienten ein durchschnittliches Schmerzniveau von 0,25 ( $\pm 0,653$ ) an. Dabei lag das Niveau der O-Gruppe bei 0,26 ( $\pm 0,656$ ) und der NO-Gruppe bei 0,24 ( $\pm 0,663$ ). Betrachtet man die Verteilung genauer, so gibt ein Patient (4,0%) der NO-Gruppe ein Schmerzniveau von drei und drei Patienten (11,1%) aus der O-Gruppe ein Niveau von zwei an. Die übrigen Patienten verteilen sich auf null und eins. Einen signifikanten Unterschied ( $p=0,170$ ) zwischen den Gruppen gab es nicht.

### **4.6.2 Schmerzen im täglichen Leben**

Fragt man nach den Schmerzen im täglichen Leben, so geben die Teilnehmer insgesamt ein durchschnittliches Niveau von 0,71 ( $\pm 1,016$ ), die O-Gruppe von 0,93 ( $\pm 1,107$ ) und die NO-Gruppe von 0,48 ( $\pm 0,872$ ) an. Aus der O-Gruppe lag bei drei Patienten (11,1%) das Niveau bei zwei und bei vier (14,8%) bei drei. Von der NO-Gruppe gaben lediglich drei Patienten (12,0%) ein Niveau von zwei und einer (4,0%) von drei an. Auch hier verteilten sich die übrigen Patienten auf das Niveau null bis eins und es zeigte sich im T-Test kein Unterschied ( $p=0,115$ ) zwischen den Gruppen.

### **4.6.3 Schmerzen bei leichter, körperlicher Belastung**

Bei leichter, körperlicher Belastung geben aus der NO-Gruppe zwei Patienten (8,0%) ein durchschnittliches Schmerzniveau von zwei an. Alle anderen aus dieser Gruppe verteilen sich wieder auf null und eins. In der O-Gruppe gibt ein Patient (3,7%) den Wert vier und ein Patient drei an. Bei fünf (18,5%) Patienten der O-Gruppe liegt das Niveau bei zwei. Die übrigen Teilnehmer verteilen sich auf null und eins. Insgesamt liegt das Schmerzniveau im Durchschnitt bei 0,56 ( $\pm 0,938$ ), in der O-Gruppe bei 0,78 ( $\pm 1,121$ ) und der NO-Gruppe bei 0,32 ( $\pm 0,627$ ). Auch hier war zwischen den beiden Gruppen kein Unterschied erkennbar ( $p=0,078$ ).

### **4.6.4 Schmerzen beim Sport**

Im Gruppenvergleich konnte bei dieser Frage im T-Test ein signifikanter Unterschied ( $p=0,015$ ) ermittelt werden. Dies äußert sich beim mittleren Schmerzniveau der O-Gruppe von 1,93 ( $\pm 1,412$ ) und der NO-Gruppe von 1,00 ( $\pm 1,225$ ). Insgesamt liegt das Niveau bei 1,48 ( $\pm 1,393$ ). Die Verteilung der einzelnen Teilnehmer auf die verschiedenen Werte wird in Abbildung 16 wiedergegeben. Es ist deutlich zu erkennen,

dass die Patienten aus der O-Gruppe ein höheres Schmerzniveau angeben als die Teilnehmer der NO-Gruppe.

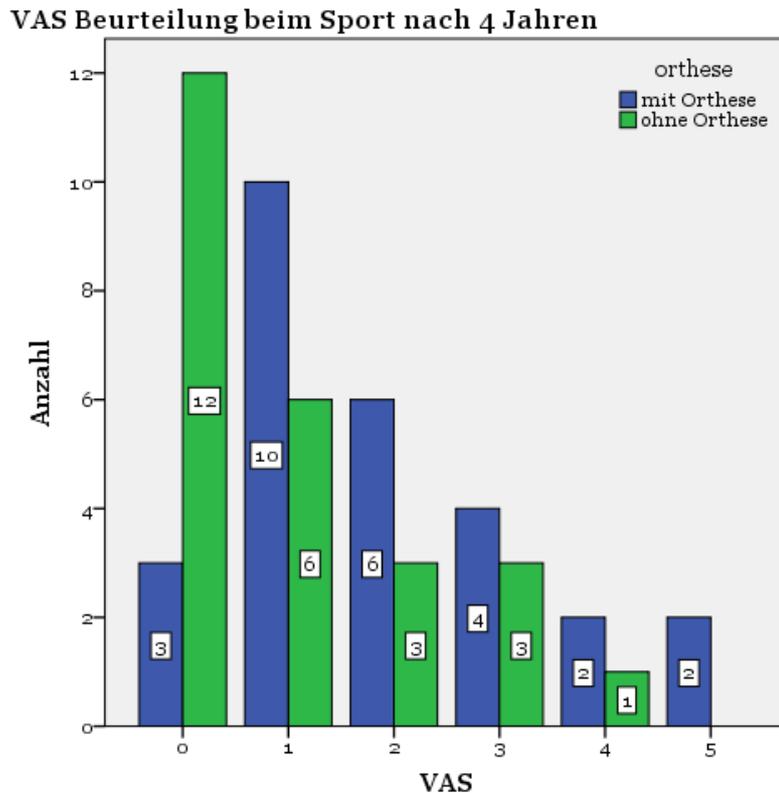


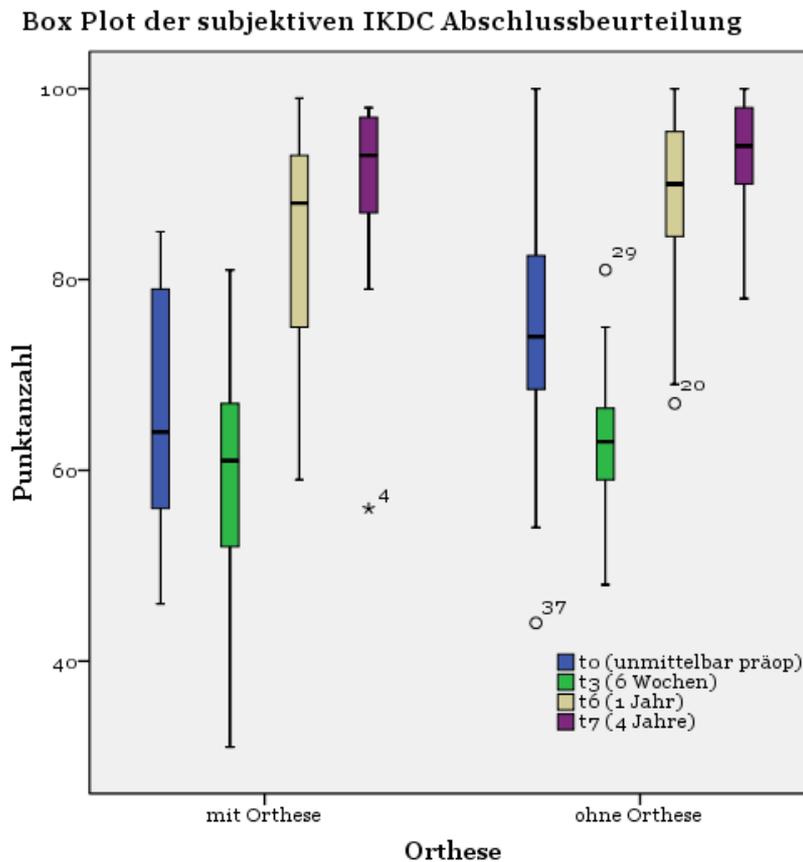
Abbildung 17: Anamnestiche Schmerzangabe der Teilnehmer (n = 52) auf der visuellen Analogskala bei sportlicher Betätigung vier Jahre postoperativ (t7) in beide Gruppen differenziert.

## 4.7 Subjektive Beurteilung

### 4.7.1 Auswertung des Formblattes

Das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Kniegelenkes ermittelt einen Summenscore. Mittels einer standardisierten Formel wird das Rohergebnis modifiziert. Ein signifikanter Unterschied (t0:  $p=0,110$ ; t3:  $p=0,093$ ; t6:  $p=0,236$ ; t7:  $p=0,221$ ) zwischen den beiden Gruppen zu den unterschiedlichen Zeitpunkten ergab sich nicht.

In Abbildung 18 ist ein Anstieg des Scores im postoperativen Verlauf zu sehen. Dabei nimmt der Wert der subjektiven Beurteilung ständig zu und erreicht zum Zeitpunkt t7 die höchsten Werte. Mit Zahlen belegt bedeutet dies zum Zeitpunkt t0 einen Mittelwert in der O-Gruppe von 66,63 ( $\pm 12,41$ ), bei t3 58,96 ( $\pm 10,56$ ), bei t6 85,44 ( $\pm 10,40$ ) und zum Zeitpunkt t7 einen Wert von 90,54 ( $\pm 8,95$ ). Auch in der NO-Gruppe ist dieser Verlauf zu beobachten. Zum Zeitpunkt t0 liegt der Mittelwert bei 72,40 ( $\pm 13,16$ ), bei t3 63,32 ( $\pm 7,37$ ), bei t6 88,75 ( $\pm 9,13$ ) und zum letzten Zeitpunkt t7 bei 93,25 ( $\pm 6,11$ ).



**Abbildung 18: Box Plot der subjektiven Beurteilung des Kniegelenkes nach IKDC Formblatt mit Gegenüberstellung der Ergebnisse unmittelbar präoperativ (t<sub>0</sub>), sechs Wochen (t<sub>3</sub>), ein (t<sub>6</sub>) und vier (t<sub>7</sub>) Jahre postoperativ in beide Gruppen differenziert.**

#### 4.7.2 Funktion des Kniegelenkes

Die Funktionalität spielt für Patienten eine große Rolle, daher wurde auch in dieser Arbeit danach gefragt. Ein Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnte aber nicht ermittelt werden. Es galt auf einer Skala von null (Kann keine tägliche Aktivität ausführen) bis 10 (Keine Einschränkung der täglichen Aktivität) den Aktivitätsgrad zu bestimmen. Dabei ist diese Frage Bestandteil des Fragebogens zur subjektiven Kniebeurteilung, wird aber oft als eigenständige Frage bewertet. Von den 27 Patienten der O-Gruppe wurde ein Mittelwert von 9,33 ( $\pm 1,074$ ) gegenüber der NO-Gruppe mit 9,44 ( $\pm 0,768$ ) ermittelt. Der Mittelwert des Gesamtkollektives lag bei 9,38 ( $\pm 0,932$ ). Über die Zeit betrachtet (t<sub>00</sub> bis t<sub>7</sub>) zeigt sich ein klarer Trend, den Abbildung 18 widerspiegelt. Vor der Ruptur (t<sub>00</sub>) wurde für das Kollektiv ein Mittelwert von 9,81 ( $\pm 0,487$ ) ermittelt. Dabei ergab sich für die O-Gruppe ein Wert von 9,78 ( $\pm 0,577$ ) und für die NO-Gruppe 9,84 ( $\pm 0,374$ ). Zum Zeitpunkt t<sub>0</sub>, also direkt präoperativ, gab die O-Gruppe einen Wert von 5,48 ( $\pm 2,045$ ) und die NO-Gruppe von 5,80 ( $\pm 2,062$ ) an. Das ergab für das Kollektiv einen Wert von 5,63 ( $\pm 2,039$ ). Nach einem Jahr postoperativ

(t6) zeigten die Werte schon eine deutliche Tendenz zur verbesserten Funktionalität [insgesamt: 8,55 ( $\pm 1,527$ ); O-Gruppe: 8,33 ( $\pm 1,754$ ); NO-Gruppe: 8,79 ( $\pm 1,215$ )]. Ein Unterschied im T-Test ( $p > 0,05$ ) zwischen den beiden Gruppen lag zu keinem Zeitpunkt vor. Sehr wohl zeigte sich aber ein signifikanter Unterschied zwischen den Zeitpunkten, der aber nur beiläufig Erwähnung finden soll (t6 zu t7:  $p = 0,001$ ).

Box Plot zur subjektiven Funktionsbeurteilung nach 4 Jahren

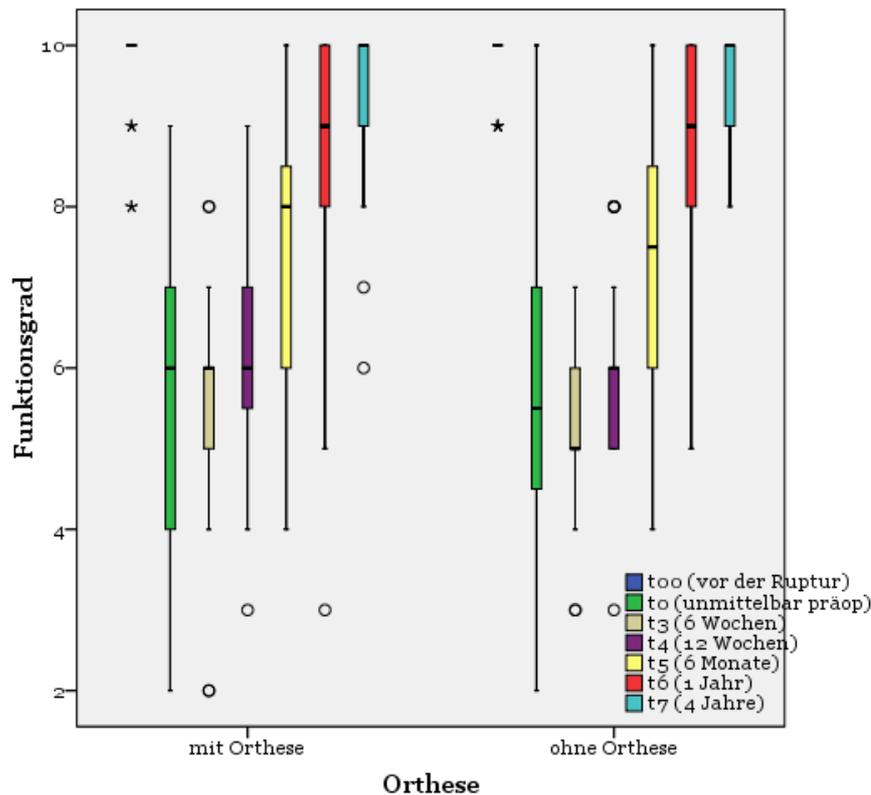


Abbildung 19: Box Plot des subjektiven Funktionsgrades des Kniegelenkes mit Gegenüberstellung der Ergebnisse vor der Ruptur (t0), unmittelbar präoperativ (t1), sechs Wochen (t2), 12 Wochen (t3), sechs Monate (t4), ein (t5) und vier (t7) Jahre postoperativ in beide Gruppen differenziert.

#### 4.7.3 Stabilität des Kniegelenkes

In Anlehnung an die Frage nach der Funktion wurde die Frage nach der subjektiven Stabilität beurteilt. Die Verfahrensweise war identisch. Es zeigte sich aber auch hierbei kein signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ) zwischen den beiden Gruppen. Aus der O-Gruppe ( $n=27$ ) gaben 10 Patienten (37,0%) ein völlig normales, 14 (51,9%) ein fast normales und zwei (7,4%) ein normales Kniegelenk an. Ein Patient (3,7%) aus dieser Gruppe verwies auf ein abnormales Gelenk. Ähnlich fielen die Ergebnisse der NO-Gruppe ( $n=25$ ) aus. Hier gaben 16 Patienten (64,0%) ein völlig normales, sechs (24,0%) ein fast normales und drei (12,0%) ein normales Kniegelenk an.

#### **4.7.4 Alltags- und Sportaktivität des Kniegelenkes**

Die Frage nach der allgemeinen Alltags- und Sportaktivität beantworteten 8 Patienten (29,6%) der O-Gruppe mit völlig normal, 13 (48,1%) mit fast normal und sechs (22,2%) mit normal. Aus der NO-Gruppe waren es 15 Teilnehmer (60,0%) bei völlig normal, sechs (24,0%) bei fast normal und vier (16,0%) bei normal. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,084$ ) zwischen den Gruppen.

#### **4.7.5 Funktion der Orthese**

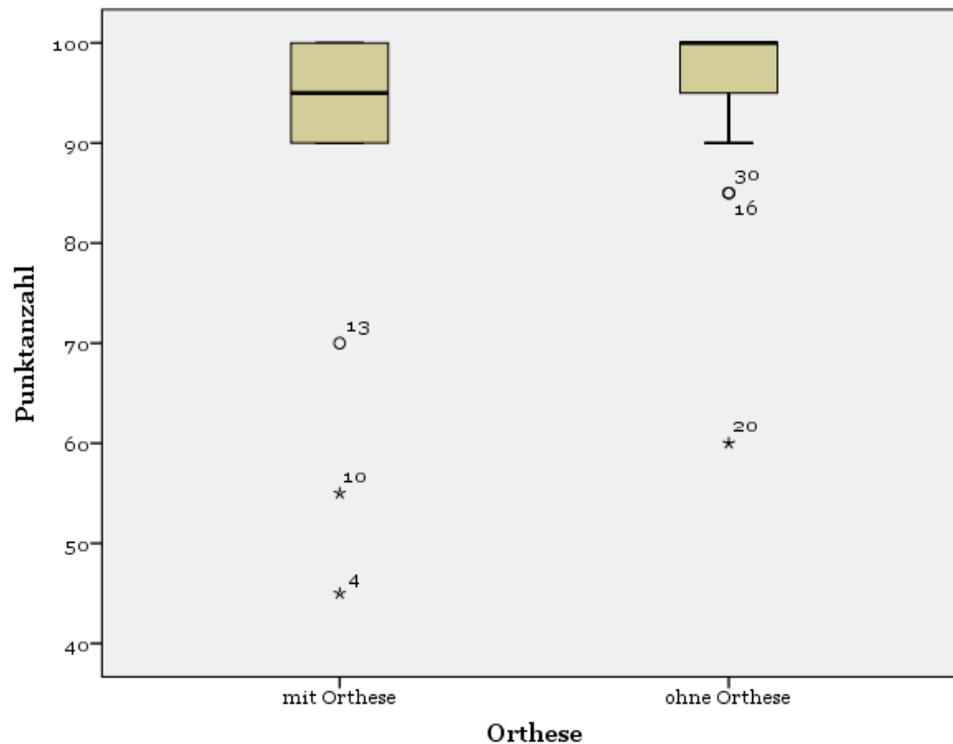
Bei der Erhebung der Anamnese wurden alle Teilnehmer auch gezielt nach der subjektiven Einschätzung über die Funktion der Orthese befragt. Trotz der offenen Frage kristallisierten sich nur zwei Antworten heraus – entweder funktionelle Stabilität oder psychologische Funktion. Aus der O-Gruppe gaben 19 (70,4%) aus eigener Erfahrung und aus der NO-Gruppe 22 Teilnehmer (88,0%) aus persönlicher Einschätzung an, dass die Orthese lediglich eine psychische Stütze und das Gefühl von Sicherheit gebe. Drei Patienten (12,0%) der NO-Gruppe vermuteten, dass die Orthese funktionelle Stabilität liefere. Aus der O-Gruppe sagten 8 (29,6%) Patienten aus, dass ihnen die Orthese funktionelle Stabilität lieferte. Insgesamt betrachtet bedeutet dies, dass 11 (21,2%) die Orthese für eine funktionelle und 41 Patienten (78,8%) für eine psychologische Stütze hielten.

### **4.8 Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes**

#### **4.8.1 Körperliche Funktionsfähigkeit**

In der O-Gruppe lag der Mittelwert zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung t7 bei 91,67 ( $\pm 13,587$ ; 45-100), in der NO-Gruppe bei 95,40 ( $\pm 8,770$ ; 59-100) und insgesamt bei 93,46 ( $\pm 11,570$ ). Ein Gruppenunterschied zeigte sich im T-Test ( $p=0,249$ ) nicht.

Box Plot der körperlichen Funktionsfähigkeit (SF-36) nach 4 Jahren



**Abbildung 20: Box Plot des Gruppenvergleiches der körperlichen Funktionsfähigkeit nach SF-36 Fragebogen vier Jahre postoperativ (t7) in beide Gruppen differenziert.**

#### 4.8.2 Körperliche Schmerzen

Bei diesem Konzept ergab sich für die O-Gruppe ein Mittelwert von 86,56 ( $\pm 20,279$ ; 23-100) und für die NO-Gruppe von 94,80 ( $\pm 9,866$ ; 72-100). Insgesamt lag der Mittelwert bei 90,52 ( $\pm 16,516$ ). Im T-Test zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,072$ ).

#### 4.9 Komplikationen

Desweiteren fanden bei zwei Patienten aus der O-Gruppe etwa zwei Jahre nach der VKB-Plastik diagnostische Re-Arthroskopien bei prolongierten Schmerzzuständen statt. Diese hatten allerdings aufgrund der fehlenden Interventionen keinen Einfluss auf die Auswertungen. Beide Patienten nahmen an den Tests teil und füllten alle Fragebögen aus.

Zwei weitere Patienten aus der O-Gruppe erlitten in den vier Jahren eine VKB-Ruptur der Gegenseite. Nach operativer Versorgung äußerten die Patienten keine Einschränkungen mehr, so dass wir diesem Umstand keine weitere Relevanz beimaßen. Die Patienten konnten alle Tests ausführen und füllten die Fragebögen vollständig aus.

Ob bei den vergleichenden, klinischen Tests mit der kontralateralen Seite ein Einfluss bestand, konnte nicht ermittelt werden.

Als weitere Komplikation muss noch die Fraktur des oberen Sprunggelenkes auf der kontralateralen Seite bei einer Patientin aus der O-Gruppe erwähnt werden. Diese war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung vollständig operativ versorgt, so dass sie ohne Einschränkungen teilnehmen konnte.

## **5 Diskussion**

### **5.1 Betrachtung der Studien-Rahmenbedingungen**

#### **5.1.1 Die Patienten**

Der Rücklauf der ursprünglich 65 Studienteilnehmer lag bei 81,54% und erfüllt die Voraussetzungen für eine wissenschaftlich valide Arbeit [134]. Festzuhalten bleibt, dass es zwar vor aber nicht während der Nachuntersuchung einen Ausschluss eines Teilnehmers gab.

#### **5.1.2 Die Methodik und Hintergrund**

Die Patienten erhielten zur postoperativen Behandlung einen ausgedruckten standardisierten Ablaufplan an die Hand, welcher ihnen zu jederzeit eine Anleitung sein sollte. Retrospektiv gaben allerdings einige Patienten aus der O-Gruppe an, dass sie die Orthese in den ersten zwei Wochen nicht, wie ursprünglich gedacht, 24 Stunden am Stück trugen. Einige wenige Patienten legten die Orthese nur beim Verlassen der Häuslichkeit an. Aufgrund des Follow-up Zeitraumes von vier Jahren war eine genaue und fundierte Angabe durch die Patienten nicht mehr möglich. Dieser Umstand kann sich auf die Ergebnisse der Arbeit ausgewirkt haben. Allerdings wird es sich bei zukünftigen Arbeiten als schwierig erweisen, diesen Bias zu minimieren oder gar zu verhindern. Bereits von McDevitt et al., Harilainen et al. und Risberg et al. wurde dieser Punkt betrachtet und kritisch diskutiert [85, 92, 110]. Dabei spielte die verordnete Tragedauer anscheinend keine Rolle. McDevitt und Mitarbeiter [85] forderten eine Tragedauer von einem Jahr postoperativ. Allerdings folgten 21% (8 Patienten) dieser Empfehlung nicht und trugen die Orthese im Mittel lediglich für 8 Monate (6 – 10 Monate). Das konnte auch bei einer kürzer verordneten Tragedauer von drei Monaten, wie es Risberg und Mitarbeiter [110] forderten, von den Patienten nicht gewährleistet werden. Hier gaben sogar 24% der Patienten der O-Gruppe an, dass sie die Tragedauer frühzeitig beendeten. Harilainen und Mitarbeiter [92] beschrieben ebenfalls eine Non-Compliance der Patienten, machten aber keine speziellen Angaben dazu. Keine Unstimmigkeiten in Bezug auf die Compliance der Patienten beschrieben dagegen Möller und Mitarbeiter [135]. Alle 56 Patienten, die zur Zwei-Jahres-Nachkontrolle befragt wurden, gaben an, die Orthese dem Nachbehandlungsplan entsprechend getragen zu haben. Auch Feller et al. [82] beschrieben, dass die Compliance ihrer 20 Patienten akzeptabel war. Allerdings berichteten sie auch über mehrere Patienten, die von der verordneten Tragedauer von 6 Wochen erheblich abwichen. Bei der Auswertung der Ergebnisse berücksichtigten sie aber diesen Umstand und fanden keine Unterschiede im Outcome.

Mit den Langzeitergebnissen einer operativ versorgten VKB-Ruptur, welche postoperativ mit oder ohne Orthese nachbehandelt wurde, beschäftigten sich in der Vergangenheit bereits mehrere Autoren. Unserer Arbeit liegt ein Nachbetrachtungszeitraum von vier Jahren zu Grunde. Dies ist verglichen mit anderen Arbeiten aus der Pubmed-Recherche ein relativ langer Nachbetrachtungszeitraum und somit eher eine Seltenheit. Die meisten Arbeitsgruppen beobachteten die Patienten zwischen ein bis zwei Jahre nach [85, 92-93, 110, 135-136]. Lediglich Harilainen und Mitarbeiter [137] können mit einem fünf Jahres Follow-up und den Zielkriterien Laxizität sowie dem Tegner und Lysholm Score ähnliche Rahmenbedingungen liefern. Einzig die in den ersten Wochen für beide Gruppen verordnete Teilbelastung auf 15 kg des Körpergewichtes stellt einen Unterschied gegenüber unserer Arbeit dar. Die übrigen Arbeiten beschränken sich auf einen kürzeren Nachuntersuchungszeitraum. Fraglich ist hier, wann die Endergebnisse ein Plateau erreichen. Unsere Scores ergaben bezüglich der Funktion des Kniegelenkes und der Aktivität einen weiteren Anstieg über die Zeit von t6 zu t7. Die Frage bleibt, ob die Resultate weiter steigen oder irgendwann stagnieren und somit eine Nachbetrachtungszeit von zwei Jahren ausreicht. Wie auch wir kamen alle Arbeiten aber zu dem Schluss, dass in den Ergebnissen keine Unterschiede zwischen der Rehabilitation mit und ohne Orthese bestehen. Weiter ist anzumerken, dass sich alle Arbeiten mit eher geringen Patientenkollektiven beschäftigt haben. Somit kann nicht sicher attestiert werden, ob die Gruppengröße auch tatsächlich die Realität widerspiegelt. Daher sollten größere Kontrollgruppen in zukünftigen Studien beobachtet werden.

### **5.1.3 Eigenschaften der Orthese**

In dieser Arbeit wurde eine Hartrahmenorthese mit Gelenk verwandt, die individuell angepasst wurde und gemäß der Hypothese dem Kniegelenk Stabilität in der Extension und Flexion sowie der Rotation geben sollte. Dazu erhielten die Patienten für die ersten vier Wochen zum optimalen Schutz des Transplantates eine Bewegungslimitierung auf  $0^{\circ}/0^{\circ}/90^{\circ}$ . Ziel war die Verhinderung vermehrter Zugkräfte auf das Autograft, welche bei einer endgradigen Bewegung im Kniegelenk auftreten. Danach hoben wir die Limitierung auf und die Patienten trugen die Orthese für weitere zwei Wochen mit freiem Bewegungsumfang. Weiterhin stellte sie eine Unterstützung gegen Valgus- und Varusstress dar, sollte die postoperative Schwellung verringern und die Propriozeption der kniegelenksumgebenden Muskulatur unterstützen sowie eine Schmerzreduktion erzielen. In vergleichenden Studien war die Sinnhaftigkeit der Orthese hinter dem oben beschriebenen Hintergrund mehrfach infrage gestellt worden [93, 95, 136]. In einem biomechanischen Review von Cawley und Mitarbeitern [138] wurde nachgewiesen, dass die Protektion in Extension und Flexion sowie der Schutz vor Varus- und

Valgusstress nur unter physiologischen bzw. geringen Kräfteinwirkungen gegeben war. Wirken auf das Kniegelenk größere oder unvorhergesehene Kräfte ein, so kann die Orthese keinen Schutz liefern. Das führt dazu, dass eine Orthese den Alltagsbedingungen nicht standhalten kann. Diese Erkenntnisse konnten in anderen biomechanischen Arbeiten von Beynnon et al. sowie Wojtys et al. bestätigt werden [139-140]. Auch funktionelle, klinische Arbeiten konnten die theoretischen Ergebnisse reproduzieren [90, 141-142] und bescheinigten Orthesen eine geringe stabilisierende Komponente bei Alltagsbewegungen. Somit bleibt der funktionelle Sinn einer Orthese weiter fraglich und bedarf der weiteren Überprüfung.

Es scheint, dass der von den Orthesen ausgeübte Druck auf das Kniegelenk zu einer postoperativen Verminderung der Schwellneigung des Kniegelenkes und der Schmerzen führt [93, 95, 136]. Gleichzeitig wird aber offensichtlich die frühe Rehabilitation behindert [136]. Eine Schmerzreduktion und antiödematöse Therapie am Knie erreichen auch handelsübliche und kostengünstigere Bandagen sehr gut, was bereits von Brandsson et al. 2001 [136] angemerkt wurde.

Brandsson und Mitarbeiter [136] stellten ebenfalls fest, dass die postoperative Tragedauer einer Orthese keinen Einfluss auf das Outcome der Patienten hat. Sowohl nach einer 12-wöchigen [92, 110] als auch nach einer 3- [136], 4- [93] oder 6-wöchigen [82] Tragedauer waren die Ergebnisse vergleichbar. Unsere Patienten trugen die Orthese für 6 Wochen und zeigten im Langzeitvergleich ebenfalls kein besseres Outcome als die NO-Gruppe. Dies legt die Vermutung nahe, dass der klinische und objektive Nutzen der Orthese weiter kritisch hinterfragt werden muss.

Einen erheblichen Diskussionsbedarf sahen wir gerade im Zuge der derzeitigen Gesundheitspolitik und Entwicklung des Gesundheitssystems vor dem Hintergrund der Demographie und allgemeinen Gesundheitskostenentwicklung in den verursachten Kosten der Orthesen-Therapie. In Europa liegen die handelsüblichen Preise für eine Orthese zwischen 400-1200€ pro Stück [143]. Bei der jährlich operierten Patientenzahl werden schnell hohe, zusätzliche Nachbehandlungskosten erreicht. In der diesbezüglich durchgeführten Literaturrecherche fanden sich kaum Arbeiten, die diesen Punkt kritisch diskutierten. Lediglich Brandsson et al. [136] führten an, dass ähnliche therapeutische Effekte der Orthese auch mit einer einfachen Bandage erreicht werden können. Bei McDevitt et al. [85] wurde aufgeführt, dass die jährlichen Kosten der Orthesen bei jedem einzelnen der drei untersuchten Kadetteninstitute bei 30.000\$ lagen. Daher sehen wir hier einen erheblichen Handlungsbedarf für zukünftige Arbeiten.

Neben den objektivierbaren Kriterien spielen auch die subjektiven Ansichten der Patienten in Bezug auf die Orthese eine entscheidende Rolle. Dabei entstand bei unserem Kollektiv der Eindruck, dass die Mehrheit der Patienten der Orthese nur eine Erinnerungsfunktion beimisst. Dies ließ sich auch in der Literatur so wiederfinden. Schon Martinek et al. [144] hinterfragten, ob allein durch die Erinnerung an die Ruptur der Aktivitätsgrad und demzufolge die Instabilitätsereignisse reduziert werden. Ein Gedanke, der zukünftig nur schwer zu objektivieren ist.

## **5.2 Betrachtung der Hauptkriterien**

### **5.2.1 IKDC 2000 Abschlussbewertung**

Im Jahr 1985 entwarf die Schweizer orthopädische Arbeitsgruppe Knie (OAK) einen Score [145], welcher fortan neue Bewertungsdimensionen berücksichtigen sollte. Dieser Score bildete die Grundlage für ein Gremium aus amerikanischen und europäischen Kniespezialisten, die ihrerseits 1987 das International Knee Documentation Committee (IKDC 2000) Formblatt daraus weiterentwickelten. Das Formblatt sollte sicherstellen, dass eine valide und vergleichbare Dokumentation über den Status einer Kreuzbandverletzung existiert. Dadurch konnte der Verlauf einer VKB-Ruptur objektiv und subjektiv begutachtet werden [109]. Dieser Score wurde 1993 etwas modifiziert und ist seitdem ein fester Bestandteil von VKB-Studien. Auch für die vorliegende Dissertation wurde er verwendet. Kritisch angemerkt werden muss allerdings, dass das sehr differenzierte Bewertungssystem bei der Beurteilung oft Schwierigkeiten bereitet [146].

Verglichen mit den Ergebnissen aus der Literatur konnten wir bei unseren Ergebnissen keine signifikanten Unterschiede feststellen. Bei allen Arbeitsgruppen, die den objektiven IKDC 2000 Score nutzen, zeigten ca. 75% der Patienten aus beiden Gruppen nach zwei [85, 93, 110, 136] Jahren ein normales bzw. fast normales Kniegelenk.

### **5.2.2 KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®**

Die Messungen des KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® lieferten in unserer Arbeit zu keiner Zeit signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen. Dies konnten auch Melegati und Mitarbeiter 2003 [76] bestätigen. Nach vier Monaten untersuchten sie 36 Patienten mit PS-Plastik, welche in zwei Gruppen eingeteilt waren. Das nicht signifikante Ergebnis bei einer anterioren Kraftstufe von 30 lb ergab einen Mittelwert von  $1,8 \pm 1,6$ mm in der Gruppe A und in Gruppe B von  $1,5 \pm 1,1$ mm. Unsere Ergebnisse waren unter gleicher anteriorer Krafteinwirkung vergleichbar (NO-Gruppe:  $1,88 \pm 3,08$ mm; O-Gruppe:  $0,76 \pm 2,38$ mm). Sicherlich kann hier die Vergleichbarkeit der Studien in Frage gestellt werden, da wir die Orthese mit 6 Wochen wesentlich

länger verordneten und einen wesentlich länger gefassten Nachbeobachtungszeitraum als Melegati und Mitarbeiter [76] wählten. Andere Studien belegen allerdings diese Vergleichbarkeit. Bei einer anterioren Kraftstufe von 20 lb führten Feller et al. [82] den KT1000™ Score durch und beschrieben nach zwei Jahren keine signifikanten Unterschiede. Die O-Gruppe zeigte Werte im Vergleich zur gesunden Seite von 2,0mm ( $\pm 2,1$ ) und die NO-Gruppe von 2,6mm ( $\pm 1,9$ ). Verglichen mit unseren Ergebnissen [O-Gruppe: 0,30mm ( $\pm 1,86$ ); NO-Gruppe: 1,22mm ( $\pm 2,08$ )] kann man keine gravierenden Unterschiede zwischen der NO- und O-Gruppe feststellen. Brandsson et al. [136] führten ein zwei Jahres Follow-up mit 50 Patienten durch. Auch hier zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der anterioren Laxizität. Keine signifikanten Unterschiede fanden auch Risberg et al. 1999 [110] in ihrem zwei Jahres Follow-up mit 60 Patienten sowie Kartus und Mitarbeiter [93] mit 78 Patienten. McDevitt et al. [85] führten mit ihrer Studie an jungen, gut trainierten amerikanischen Soldaten ebenfalls keine signifikanten Ergebnisse an. Die Tragedauer der O-Gruppe belief sich auf drei Wochen in Extensionsstellung und weiteren drei Wochen mit Hyperextension ( $10^\circ/0^\circ/140^\circ$ ).

### **5.3 Betrachtung der Nebenkriterien**

#### **5.3.1 Tegner Score**

Unsere Ergebnisse ergaben für die O-Gruppe einen Median von 5,19 ( $\pm 1,11$ ) und für die NO-Gruppe einen Median von 5,72 ( $\pm 1,21$ ). Zum Zeitpunkt vor der Operation ( $t_0$ ) aus der Vorgängerarbeit ergaben sich für die O-Gruppe ein Median von 3,48 ( $\pm 1,09$ ) und für die NO-Gruppe ein Median von 3,96 ( $\pm 1,67$ ). Dies zeigt deutlich, dass der zu erwartende, postoperative Anstieg um ca. 1,7 Punkte in der O-Gruppe bzw. der NO-Gruppe auch eintritt. Somit ergibt sich ein positiver Effekt der Operation. Das Aktivitätsniveau nach vier Jahren steigt deutlich an, verglichen mit dem Zeitpunkt vor der Behandlung. Einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnten wir mittels des T-Testes nicht nachweisen. Demzufolge ergeben beide Behandlungsmethoden vergleichbare Langzeitergebnisse nach vier Jahren. Auf entsprechende Ergebnisse kamen 2006 auch Harilainen und Mitarbeiter [137]. Nach einem fünf Jahres Follow-up mit 53 Patienten ergab der Tegner Score präoperativ für beide Gruppen einen Median von 3 bei einer Spannbreite der Angaben beider Gruppen von 0-6. Postoperativ äußerten beide Gruppen ein Aktivitätslevel im Mittel von 6 bei einer Spannbreite der O-Gruppe zwischen 1-10 und der NO-Gruppe von 3-10. Auch hier ergaben die Ergebnisse keine signifikanten Unterschiede. In ihrem zwei Jahres Follow-up zeigten Risberg et al. ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen [110]. Vor der VKB-Ruptur lag der prospektiv erhobene Median des

Aktivitätslevels bei 7,6 und sank präoperativ auf einen Median von 3,5. Nach den zwei Jahren stieg der Score wieder auf einen Median von 5,3 an und entspricht fast exakt unseren Ergebnissen. Weitere Unterstützung erfahren unsere Ergebnisse durch die Arbeit von Kartus et al. [93]. Nach einem zwei Jahres Follow-up ergab der Tegner Score einen Median von 7 (3-9) in der O-Gruppe und von 6 (3-9) in der NO-Gruppe. Signifikant waren die Unterschiede zwischen den Gruppen aber auch hier nicht. Demzufolge kann man schließen, dass die Patienten von der Operation profitieren und ein zufriedenstellendes Aktivitätsniveau nach zwei bis fünf Jahren postoperativ erreichen. Eine Versorgung mit oder ohne Orthese spielt dabei aber keine Rolle.

### **5.3.2 Lysholm Score**

Unsere Ergebnisse für den Lysholm Score ergaben nach vier Jahren einen Median von 87,37 ( $\pm 12,65$ ) für die O-Gruppe und für die NO-Gruppe 92,24 ( $\pm 8,52$ ). Auch hier zeigte sich kein signifikanter Unterschied ( $p=0,113$ ) im T-Test zwischen den beiden Gruppen. Verglichen mit der Literatur zeigen unsere Ergebnisse Parallelen zu denen von Harilainen und Mitarbeitern [137]. Auch bei dieser Arbeit wird kein signifikanter Unterschied im postoperativen Vergleich nach fünf Jahren gefunden. Der Score ergab für die O-Gruppe einen Median von 89 ( $\pm 13,0$ ) und für die NO-Gruppe von 91 ( $\pm 9,6$ ). Die Arbeitsgruppe um McDevitt [85] zeigte an jungen, gut trainierten Sportlern ebenfalls keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen. Nach zwei Jahren lag der Median der O-Gruppe bei 94 (86-100 Punkte) und der Median der NO-Gruppe bei 93 (79-100). Ähnliche Ergebnisse erzielten auch Möller et al. [135] nach zwei Jahren. Hier erreichte die O-Gruppe einen Median von 95 (63-100) und die NO-Gruppe von 99 (64-100). Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant ( $p=0,13$ ). Ähnliches zeigten auch Kartus und Mitarbeiter [93] nach ihrem zwei Jahres Follow-up. Der Median der O-Gruppe lag bei 89 (39-100) und der NO-Gruppe bei 85 (37-100). Die Ergebnisse im Ganzen betrachtet, lassen den Schluss zu, dass die subjektive Belastbarkeit nach dem Lysholm Score unabhängig von der Nachbetrachtungszeit ist und nach zwei Jahren wahrscheinlich bereits ihr Maximum erreicht hat.

### **5.3.3 Schmerz**

Dieses wichtige subjektive Patientenkriterium spielt in vielen Studien interessanterweise kaum eine Rolle. Lediglich Risberg und Mitarbeiter [110] sowie Möller et al. [135] befragten in ihren ähnlich aufgebauten zwei Jahres Follow-up Studien die Patienten zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Operation (2 [135] und 6 Wochen, 3 und 6 Monate, 1 [110] und 2 Jahre nach der VKB-Plastik) über ihre Schmerzzustände. Gefragt wurde bei Risberg et al. nach Schmerzen in Ruhe und bei

Belastung. Dabei bedienten sie sich der visuellen Analogskala (VAS), welche in 100mm eingeteilt und unserer vergleichbar war. Zu keinem Zeitpunkt konnten sie einen statistisch signifikanten Unterschied nachweisen. Auch Möller et al. bedienten sich der in 10cm eingeteilten VAS. Die Ergebnisse zeigten keinen signifikanten Unterschied. Das entspricht bei der Schmerzangabe in Ruhe auch unseren Ergebnissen. Allerdings konnten wir bei der Schmerzangabe beim Sport einen signifikanten Unterschied feststellen. Die Patienten der NO-Gruppe gaben dabei ein geringeres Schmerzniveau an. Dies könnte ein Hinweis auf das bessere Outcome im Hinblick auf die Langzeitergebnisse sein. Weitere, belegende oder konträre Daten konnten in der Literaturrecherche dazu nicht gefunden werden.

#### **5.3.4 Radiologische Befunde**

Unsere Ergebnisse zeigen keine Hinweise auf eine sekundäre präarthrotische Veränderung nach VKB-Plastik. Auch war zwischen den Gruppen kein signifikanter Unterschied in der Bohrtunnelerweiterung festzustellen. In der Literatur wird kontrovers darüber diskutiert, ob posttraumatisch gehäuft sekundäre, arthrotische Veränderungen auftreten [147]. In einer Metaanalyse konnte Oiestad et al. [148] zeigen, dass bei isolierter VKB-Ruptur keine gehäufte, sekundäre Gonarthrose auftritt. Das zeigen auch die Ergebnisse von McDevitt et al.[85], die keine Abnormalitäten im Röntgenbefund nach zwei Jahren nachweisen konnten. Evaluiert durch die Arbeit von Risberg et al. [110] ist, dass es bei chronischen Ligamentrupturen bzw. Meniskusschäden zu einem 3-fach erhöhtem Risiko präarthrotischer Veränderungen im Sinne einer weiteren Meniskus- und Knorpelschädigung nach 10 Jahren kommt [149]. Traumatische Kombinationsverletzungen (VKB-Ruptur mit medialer Meniskus- und/oder medialer Außenbandläsion) liefern dagegen laut Oiestad et al. [148] sehr wohl ein erhöhtes Risiko für eine sekundäre Gonarthrose nach 10 Jahren. Harilainen et al. [137] folgerten aus ihren Ergebnisse, dass nicht sicher gesagt werden kann, ob die Rekonstruktion des VKB wirklich einen Schutz vor zunehmender Degeneration des Kniegelenkes liefert. Somit bleibt weiter eine gewisse Uneinigkeit in der Fachwelt, welches Ausmaß an degenerativen Veränderungen eine Kniebinnenverletzung liefert.

Bisher ist noch nicht klar, ob die Bohrtunnelerweiterung auf das Outcome der Patienten einen Einfluss hat. Zwar konnten Vadalà und Mitarbeiter 2007 [150] nachweisen, dass diese Erscheinung bei der HT-Technik und Nachbehandlung ohne Orthese wesentlich häufiger auftritt, einen Einfluss auf die subjektiven und objektiven Kriterien war von ihnen allerdings nicht zu evaluieren. Bestätigen konnten dies auch Harilainen und Mitarbeiter in ihrem 2006 [137] vorgestellten fünf Jahres Follow-up, das beide Techniken (PS vs. HT-Technik) miteinander verglich. Auf die postoperative

Stabilität hat die Bohrtunnelerweiterung scheinbar keinen Einfluss. Allerdings fehlen dazu weitere Langzeitergebnisse.

### **5.3.5 Belastungstest**

Interessant ist, dass beim Single-leg-hop Test ein signifikanter Unterschied zu verzeichnen ist. Dabei erzielte die NO-Gruppe deutlich bessere Ergebnisse in der Weite verglichen mit dem kontralateralen Knie als die O-Gruppe. Man könnte also annehmen, dass die subjektive und objektive Belastbarkeit der NO-Gruppe besser ist. Erwähnt werden muss aber auch, dass von den drei Patienten, die den Test wegen des fehlenden Vertrauens in die Stabilität des Kniegelenkes nicht durchführten, zwei aus der O-Gruppe stammten. Somit relativiert sich das Ergebnis dieses Testes etwas. Ein Vergleich mit der Vorgängerarbeit konnte nicht angestellt werden, da hier die Belastung durch eine Einnahme der Hockposition und nicht durch den Single-leg-hop Test vorgenommen wurde. Verglichen mit der Literatur finden sowohl Risberg et al. [110] als auch Möller et al. [135] keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Bei der letztgenannten Arbeitsgruppe erreichten die Patienten aus der NO-Gruppe zwei Jahre postoperativ eine mittlere Weite von 93cm ( $\pm 8$ ) und die O-Gruppe von 94cm ( $\pm 11$ ). Im T-Test ergab sich ein p-Wert von 0,18. Im zwei Jahres Follow-up von Kartus und Mitarbeitern [93] zeigten sich zwischen den Gruppen allerdings auch keine Unterschiede. Die O-Gruppe erreichte 95% (50-167) und die NO-Gruppe 92% (64-119) im Vergleich zu der kontralateralen Seite. Insgesamt legt unser Ergebnis die Vermutung nahe, dass die Patienten der NO-Gruppe im Langzeitverlauf eine höhere Belastungsstufe erreichen, als dies bei der O-Gruppe der Fall ist. Vermutet werden muss aber auch ein bei der geringen Fallzahl an Patienten bestehender statistischer Fehler.

### **5.4 Ausblick**

Die frühe Vollbelastung, eine schnelle postoperative Mobilisierung mit zügigem Erreichen der vollen Extension und eine Therapie ohne Orthese stellen den modernen Ansatz der Nachbehandlung dar und wird heute von den meisten Spezialisten angewendet [76]. Nach Fu et al. [151] symbolisiert dies, weshalb das Outcome nach VKB-Rekonstruktion immer besser geworden ist. Kartus et al. [93] argumentieren, dass der aggressive Nachbehandlungsansatz viele Kliniker zu Beginn eher dazu veranlasst hat, das Transplantat mit einer Orthese zu schützen. Einerseits sprechen Kartus et al. [93] von einer hohen Komplikationsrate bei ihren Patienten (Extensionsdefizit, Schmerzen, Rearthroscopie), die wir bei unseren Patienten nicht bestätigen konnten. Viele Arbeiten haben andererseits gezeigt, dass die Reruptur- und Komplikationsrate nach VKB-Plastik eher gering ist [85, 135, 152] und die Orthesen-Nachbehandlung

diese nicht entscheidend senkt. Daher rücken alternative Rechtfertigungen einer Orthese in den Vordergrund. Dazu zählt auch die psychische Komponente [91], welche bei McDevitt et al. [85] von 50% der Patienten der O-Gruppe angegeben wurde. Auch wir konnten dies bei den Aussagen unserer Patienten feststellen. Genau 41 von 53 Patienten (78,8%; 70,4% der O-Gruppe) gaben auf die Frage nach dem Sinn einer Orthese die psychische Stabilität und Erinnerung an die Ruptur als Grund an.

Ein fortlaufender Umschwung ist ebenfalls in der OP-Technik zu verzeichnen. Früher wurde auf das autologe PS-Verfahren gesetzt und damit in über 80% der Fälle gute Ergebnisse erzielt [47, 153-154]. Allerdings lässt sich an der Entwicklung der 1990er Jahre, gemessen an den OP-Zahlen von Nutzern der PS-Technik von 89% auf 76% [47, 155], ein Wechsel hin zur HT-Technik ablesen. Somit steht heute die Verwendung der Hamstringssehnen im Vordergrund. Für erstgenanntes Verfahren gibt es inzwischen über 10 Arbeiten, die eine Orthesen-Nachbehandlung mit einer Nachbehandlung ohne Orthese als Follow-up zwischen zwei und fünf Jahren vergleichen. Allerdings ist für letztgenanntes Verfahren bisher nur eine Studie von Birmingham und Mitarbeitern aus dem Jahr 2002 bekannt [156]. Doch auch diese Arbeitsgruppe bestätigte, dass es keinen Unterschied in der Nachbehandlung macht. Ein Follow-up nach zwei Jahren wurde jedoch von dieser Arbeitsgruppe nicht erhoben. Hier sollten somit noch weitere Arbeiten gerade im Hinblick auf die Langzeitergebnisse folgen.

Andersson und Mitarbeiter stellten 2009 [157] fest, dass es bisher kaum einer Studie gelungen sei, im Hinblick auf die Langzeitergebnisse einen Unterschied zwischen einer Nachbehandlung mit und ohne Orthese nachzuweisen. Alle oben angeführten Arbeiten, die sich mit einem Follow-up beschäftigt haben, konnten keine signifikanten Unterschiede feststellen. Die aufgezeigten Unterschiede (O-Gruppe: geringere Schwellung; NO-Gruppe: frühere Mobilisation) waren dagegen eher in der Frühphase der Rehabilitation nachzuweisen [135]. Allerdings waren diese unspezifisch und zweifelhaft in ihrer klinischen Bedeutung und demzufolge bisher kaum verwertbar. Dies wurde auch durch unsere Arbeit so bestätigt. Hier gilt es in Zukunft die grundsätzliche Verordnung einer postoperativen Orthese zu überdenken und sie ggf. für spezielle Patientengruppen wie z.B. Kinder und Jugendliche [158] oder Senioren zu empfehlen; hier stellen Orthesen ein berechtigtes und sinnvolles Einsatzgebiet dar, was bereits durch Kocher und Mitarbeiter [158] vorgeschlagen wurde.

## **5.5 Limitation der Studie**

Wie oben beschrieben, finden sich in der Literatur nur wenige Arbeiten, die einen ähnlich langen Nachbetrachtungszeitraum darlegen. Auf Grund des Abstandes zu dem

Ereignis der Ruptur und der operativen Versorgung konnten die Patienten einige Fragen nur noch grob aus dem Gedächtnis reproduzieren. Dies stellt eine mögliche Schwachstelle der vorliegenden Arbeit dar.

Zudem kann nicht genau gesagt werden, zu welchem Zeitpunkt nun wirklich der Endpunkt der Ergebnisse erreicht ist. Diverse Arbeiten vermitteln den Anschein, dass der Endpunkt nach 2 Jahren erreicht sei. Da keine 100%ige Vergleichbarkeit mit den vorausgehenden Untersuchungen gewährleistet werden konnte, waren wir nicht in der Lage, definitiv festzustellen, ob auch unsere Ergebnisse nach zwei Jahren denselben Endpunkt wie nach vier Jahren erreicht hätten.

## **5.6 Schlussfolgerung**

Diese Arbeit konnte keine signifikanten Unterschiede im Outcome nach vier Jahren zwischen den beiden Behandlungsgruppen feststellen. Daher behandeln wir unsere Patienten nach isolierter vorderer Kreuzbandruptur und mittlerer Patellasehnedrittel Plastik auf kostensparende Art und Weise ohne Orthese.

## 6 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war, welche postoperative Rehabilitation nach PS-Autograft-Plastik bessere Ergebnisse nach einem vier Jahres Follow-up liefert – die Orthesen oder die orthesenfreie Nachbehandlung. Dazu erschienen von ursprünglich 65 Patienten zum Operationszeitpunkt noch 53 Patienten nach 47,77 ( $\pm 4,07$ ) Monaten zur Nachuntersuchung. Diese zum OP-Zeitpunkt per Losverfahren randomisierten Patienten verteilten sich zufällig zum Follow-up in zwei gleichgroße Gruppen (O-Gruppe n=27; NO-Gruppe n=25). Neben den 12 Loss-of-follow-up Patienten hatte einer 12 Wochen postoperativ eine Reruptur erlitten und musste ausgeschlossen werden.

Als Hauptzielkriterien definierten wir den subjektiven IKDC 2000 Summenscore und die KT1000™ Knee Ligament Arthrometer® Messung. Flankierende Kriterien bei der klinischen Kontrolle waren der objektive IKDC Score, Schmerzen in Ruhe und bei Belastung, eine radiologische Kontrolluntersuchung sowie der Tegner und Lysholm Score.

Die Ergebnisse lieferten beim Single-leg-hop Test und bei der Schmerzangabe während des Sports im Vergleich zwischen den beiden Gruppen signifikante Unterschiede. Unter Belastung (Single-leg-hop Test) zeigte die NO-Gruppe bessere Ergebnisse als die O-Gruppe ( $p=0,047$ ). Die Schmerzangabe auf der VAS von 0 (kein Schmerz) bis 10 (extremer Schmerz) lag in der NO-Gruppe bei 1,00 ( $\pm 1,225$ ) und in der O-Gruppe bei 1,93 ( $\pm 1,412$ ), was zu einem  $p$ -Wert=0,015 führte. Bei einzelnen Umfangsmessungen [Messpunkt U1 ( $p<0,0005$ ), U2 ( $p=0,006$ ) und U4 ( $p=0,001$ )] konnten signifikante Unterschiede im Vergleich zur Vorgängerarbeit nachgewiesen werden. Alle übrigen Scores und klinischen Tests sowie radiologische Kontrollen ergaben keine signifikanten Unterschiede sowohl im Gruppenvergleich wie auch im Vergleich zur Vorgängerarbeit.

Wir kommen zu dem Schluss, dass der klinische Nutzen einer postoperativen Rehabilitation mittels Orthese nach wie vor nicht klar nachweisbar ist. Unsere mittelfristigen Ergebnisse und die aktuelle Literatur belegen dies. Daher erfolgt unsere Nachbehandlung der Patienten ohne Orthese.

## 7 Literaturverzeichnis

1. **Rupp S, Seil R, Jager A, Kohn D:** (2002) Replacement of the anterior cruciate ligament with a patellar tendon transplant. *Orthopade* 31 (8):751-7.
2. **Teske W, Anastasiadis A, Lichtinger T, von Schulze Pellengahr C, von Engelhardt LV, Theodoridis T:** (2010) Rupture of the anterior cruciate ligament. Diagnostics and therapy. *Orthopäde* 9 (39):883-900.
3. **Weiler A, Scheffler S, Hoher J:** (2002) Transplant selection for primary replacement of the anterior cruciate ligament. *Orthopade* 31 (8):731-40.
4. **Lippross S, Prange G, Oehlert K, Furkmann O, Seekamp A, Hassenpflug J, Varoga D:** (2010) Mass sports improves proprioception and reduces valgus stress on the female knee joint. *Z Orthop Unfall* 148 (2):210-4.
5. **Huston LJ, Greenfield ML, Wojtys EM:** (2000) Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete. Potential risk factors. *Clin Orthop Relat Res* 372:50-63.
6. **Arendt E, Dick R:** (1995) Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer. NCAA data and review of literature. *Am J Sports Med* 23 (6):694-701.
7. **Mountcastle SB, Posner M, Kragh JF, Jr., Taylor DC:** (2007) Gender differences in anterior cruciate ligament injury vary with activity: epidemiology of anterior cruciate ligament injuries in a young, athletic population. *Am J Sports Med* 35 (10):1635-42.
8. **Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, Weimann A, Drescher W, Eiling E, Stange R, Fuchs T, Hedderich J, Zantop T:** (2005) A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Arch Orthop Trauma Surg* 125 (9):614-21.
9. **Gillquist J, Messner K:** (1999) Anterior cruciate ligament reconstruction and the long-term incidence of gonarthrosis. *Sports Med* 27 (3):143-56.
10. **Dye SF, Wojtys EM, Fu FH, Fithian DC, Gillquist I:** (1999) Factors contributing to function of the knee joint after injury or reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Instr Course Lect* 48:185-98.
11. **Hertel P, Schweiberer L:** (1975) Biomechanics and pathophysiology of the knee ligaments. *Hefte Unfallheilkd* 125:1-16.
12. **Weber W, Weber EFW:** *Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge: Eine anatomisch-physiologische Untersuchung.* Dieterich; Göttingen, 1836.
13. **Goodfellow J, O'Connor J:** (1978) The mechanics of the knee and prosthesis design. *J Bone Joint Surg Br* 60-B (3):358-69.
14. **Müller W, Morscher E:** *Das Knie. Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie.* Springer Verlag; Berlin, Heidelberg, New York, 1982.

15. **Anders JO, Struwe MS, Sander K, Layher F, Venbrocks RA:** (2007) Radiological and clinical functional examinations 36 months after anterior cruciate ligament repair by a patellar tendon graft. *Z Orthop Unfall* 145 (6):719-25.
16. **Pinskerova V, Johal P, Nakagawa S, Sosna A, Williams A, Gedroyc W, Freeman MA:** (2004) Does the femur roll-back with flexion? *J Bone Joint Surg Br* 86 (6):925-31.
17. **Fischer O:** Kinematik organischer Gelenke. Vieweg; Braunschweig, 1907.
18. **Yasuda K, Sasaki T:** (1987) Exercise after anterior cruciate ligament reconstruction. The force exerted on the tibia by the separate isometric contractions of the quadriceps or the hamstrings. *Clin Orthop Relat Res* 220:275-83.
19. **Scott SH, Winter DA:** (1990) Internal forces of chronic running injury sites. *Med Sci Sports Exerc* 22 (3):357-69.
20. **Woo SL, Bloomstrom GL:** The tensile properties of the anterior cruciate ligament as a function of age. In: Jackson DW, Arnoczky SP, Woo SL, Frank CB, Simon TM: The anterior cruciate ligament Current and future concepts. Raven Press; New York, 1993. pp. 53-61.
21. **Engebretsen L, Lewis JL:** (1996) Graft selection and biomechanical considerations in ACL reconstruction (isometry, stress, preload). *Sports Med Arthroscopy Rev* 4:336-41.
22. **Eitel F, Neugebauer EA, Mutschler WE:** (2002) Evidence based trauma surgery. *Unfallchirurg* 105 (8):666-74.
23. **Robson AW:** (1903) VI. Ruptured Crucial Ligaments and their Repair by Operation. *Ann Surg* 37 (5):716-8.
24. **Feagin JA, Jr., Curl WW:** (1976) Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year follow-up study. *Am J Sports Med* 4 (3):95-100.
25. **Staubli HU, Schatzmann L, Brunner P, Rincon L, Nolte LP:** (1996) Quadriceps tendon and patellar ligament: cryosectional anatomy and structural properties in young adults. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4 (2):100-10.
26. **Blauth W:** (1984) 2-strip substitution-plasty of the anterior cruciate ligament with the quadriceps tendon. *Unfallheilkunde* 87 (2):45-51.
27. **Chouliaras V, Ristanis S, Moraiti C, Stergiou N, Georgoulis AD:** (2007) Effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with quadrupled hamstrings and bone-patellar tendon-bone autografts: an in vivo study comparing tibial internal-external rotation. *Am J Sports Med* 35 (2):189-96.
28. **Sherman OH, Banffy MB:** (2004) Anterior cruciate ligament reconstruction: which graft is best? *Arthroscopy* 20 (9):974-80.

29. **Zaffagnini S, Marcacci M, Lo Presti M, Giordano G, Iacono F, Neri MP:** (2006) Prospective and randomized evaluation of ACL reconstruction with three techniques: a clinical and radiographic evaluation at 5 years follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14 (11):1060-9.
30. **Sajovic M, Vengust V, Komadina R, Tavcar R, Skaza K:** (2006) A prospective, randomized comparison of semitendinosus and gracilis tendon versus patellar tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: five-year follow-up. *Am J Sports Med* 34 (12):1933-40.
31. **Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE, Jr.:** (2004) Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med* 32 (8):1986-95.
32. **Pinczewski LA, Lyman J, Salmon LJ, Russell VJ, Roe J, Linklater J:** (2007) A 10-year comparison of anterior cruciate ligament reconstructions with hamstring tendon and patellar tendon autograft: a controlled, prospective trial. *Am J Sports Med* 35 (4):564-74.
33. **Mayr HO, Willkomm D, Stoehr A, Schettle M, Suedkamp NP, Bernstein A, Hube R:** (2012) Revision of anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon allograft and autograft: 2- and 5-year results. *Arch Orthop Trauma Surg.*
34. **Poehling GG, Curl WW, Lee CA, Ginn TA, Rushing JT, Naughton MJ, Holden MB, Martin DF, Smith BP:** (2005) Analysis of outcomes of anterior cruciate ligament repair with 5-year follow-up: allograft versus autograft. *Arthroscopy* 21 (7):774-85.
35. **Willkomm D:** Spendertransplantate in der wiederherstellenden Gelenkchirurgie unter besonderer Berücksichtigung der 5-Jahresergebnisse nach Revisionschirurgie des vorderen Kreuzbandes. Halle-Wittenberg: Martin-Luther Universität; 2009.
36. **Rose T, Engel T, Bernhard J, Hepp P, Josten C, Lill H:** (2004) Differences in the rehabilitation period following two methods of anterior cruciate ligament replacement: semitendinosus/gracilis tendon vs. ligamentum patellae. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 12 (3):189-97.
37. **Feller JA, Webster KE, Gavin B:** (2001) Early post-operative morbidity following anterior cruciate ligament reconstruction: patellar tendon versus hamstring graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9 (5):260-6.

38. **Blevins FT, Hecker AT, Bigler GT, Boland AL, Hayes WC:** (1994) The effects of donor age and strain rate on the biomechanical properties of bone-patellar tendon-bone allografts. *Am J Sports Med* 22 (3):328-33.
39. **Cooper DE, Deng XH, Burstein AL, Warren RF:** (1993) The strength of the central third patellar tendon graft. A biomechanical study. *Am J Sports Med* 21 (6):818-23; discussion 23-4.
40. **Flahiff CM, Brooks AT, Hollis JM, Vander Schilden JL, Nicholas RW:** (1995) Biomechanical analysis of patellar tendon allografts as a function of donor age. *Am J Sports Med* 23 (3):354-8.
41. **Hulstyn M, Fadale PD, Abate J, Walsh WR:** (1993) Biomechanical evaluation of interference screw fixation in a bovine patellar bone-tendon-bone autograft complex for anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 9 (4):417-24.
42. **Kohn D, Sander-Beuermann A:** (1994) Donor-site morbidity after harvest of a bone-tendon-bone patellar tendon autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2 (4):219-23.
43. **Paschal SO, Seemann MD, Ashman RB, Allard RN, Montgomery JB:** (1994) Interference fixation versus postfixation of bone-patellar tendon-bone grafts for anterior cruciate ligament reconstruction. A biomechanical comparative study in porcine knees. *Clin Orthop Relat Res* 300:281-7.
44. **Rupp S, Krauss PW, Fritsch EW:** (1997) Fixation strength of a biodegradable interference screw and a press-fit technique in anterior cruciate ligament reconstruction with a BPTB graft. *Arthroscopy* 13 (1):61-5.
45. **Weiler A, Windhagen HJ, Raschke MJ, Laumeyer A, Hoffmann RF:** (1998) Biodegradable interference screw fixation exhibits pull-out force and stiffness similar to titanium screws. *Am J Sports Med* 26 (1):119-26.
46. **Rupp S, Hopf T, Hess T, Seil R, Kohn DM:** (1999) Resulting tensile forces in the human bone-patellar tendon-bone graft: direct force measurement in vitro. *Arthroscopy* 15 (2):179-84.
47. **Muller B, Rupp S, Kohn D, Seil R:** (2000) Donor site problems after anterior cruciate ligament reconstruction with the middle third of the patellar ligament. *Unfallchirurg* 103 (8):662-7.
48. **Kartus J, Magnusson L, Stener S, Brandsson S, Eriksson BI, Karlsson J:** (1999) Complications following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. A 2-5-year follow-up of 604 patients with special emphasis on anterior knee pain. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7 (1):2-8.

49. **Marder RA, Raskind JR, Carroll M:** (1991) Prospective evaluation of arthroscopically assisted anterior cruciate ligament reconstruction. Patellar tendon versus semitendinosus and gracilis tendons. *Am J Sports Med* 19 (5):478-84.
50. **Povacz P, Breiffuss H, Fröhlich R, Resch H:** (1997) Veränderungen im Femoropatellargelenk durch ENtnahme des mittleren Patellasehndrittels bei vorderer Kreuzbandplastik. *Arthroscopy* 10:110-5.
51. **Sachs RA, Daniel DM, Stone ML, Garfein RF:** (1989) Patellofemoral problems after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 17 (6):760-5.
52. **Shaffer BS, Tibone JE:** (1993) Patellar tendon length change after anterior cruciate ligament reconstruction using the midthird patellar tendon. *Am J Sports Med* 21 (3):449-54.
53. **Bonatus TJ, Alexander AH:** (1991) Patellar fracture and avulsion of the patellar ligament complicating arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Rev* 20 (9):770-4.
54. **Bonamo JJ, Krinick RM, Sporn AA:** (1984) Rupture of the patellar ligament after use of its central third for anterior cruciate reconstruction. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am* 66 (8):1294-7.
55. **DeLee JC, Craviotto DF:** (1991) Rupture of the quadriceps tendon after a central third patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 19 (4):415-6.
56. **Drez DJ, Jr., DeLee J, Holden JP, Arnoczky S, Noyes FR, Roberts TS:** (1991) Anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone allografts. A biological and biomechanical evaluation in goats. *Am J Sports Med* 19 (3):256-63.
57. **Marumoto JM, Mitsunaga MM, Richardson AB, Medoff RJ, Mayfield GW:** (1996) Late patellar tendon ruptures after removal of the central third for anterior cruciate ligament reconstruction. A report of two cases. *Am J Sports Med* 24 (5):698-701.
58. **Mickelsen PL, Morgan SJ, Johnson WA, Ferrari JD:** (2001) Patellar tendon rupture 3 years after anterior cruciate ligament reconstruction with a central one third bone-patellar tendon-bone graft. *Arthroscopy* 17 (6):648-52.
59. **Ouweleen KM, McElroy JJ:** (1995) A unique complication following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 11 (2):225-8.
60. **Carter TR, Edinger S:** (1999) Isokinetic evaluation of anterior cruciate ligament reconstruction: hamstring versus patellar tendon. *Arthroscopy* 15 (2):169-72.

61. **Miller MD, Nichols T, Butler CA:** (1999) Patella fracture and proximal patellar tendon rupture following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 15 (6):640-3.
62. **Sousa A, Matos R, Veludo V, Pedroso D, Pinto R, Cabral T:** (2002) Patellar tendon avulsion after reconstruction of the anterior cruciate ligament. *Int Orthop* 26 (2):129-30.
63. **Haasters F, Ockert B, Mutschler W, Kessler MA:** (2009) Late patellar tendon rupture 10 years after anterior cruciate ligament reconstruction using a bone-patellar tendon-bone graft. *Unfallchirurg* 112 (8):728-33.
64. **Papageorgiou CD, Kostopoulos VK, Moebius UG, Petropoulou KA, Georgoulis AD, Soucacos PN:** (2001) Patellar fractures associated with medial-third bone-patellar tendon-bone autograft ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9 (3):151-4.
65. **Viola R, Vianello R:** (1999) Three cases of patella fracture in 1,320 anterior cruciate ligament reconstructions with bone-patellar tendon-bone autograft. *Arthroscopy* 15 (1):93-7.
66. **Fink C, Zapp M, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Rieger M:** (2001) Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Arthroscopy* 17 (2):138-43.
67. **Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, Bartlett RJ:** (1999) Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7 (3):138-45.
68. **Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, Fleming BC, Renstrom PA, Nichols CE:** (2001) The elongation behavior of the anterior cruciate ligament graft in vivo. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med* 29 (2):161-6.
69. **Good L, Odensten M, Gillquist J:** (2000) Sagittal knee stability after anterior cruciate ligament reconstruction with a patellar tendon strip. *Am J Sports Med* 22:518-23.
70. **Rupp S, Muller B, Seil R:** (2001) Knee laxity after ACL reconstruction with a BPTB graft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9 (2):72-6.
71. **Ellison AE:** (1979) Distal iliotibial-band transfer for anterolateral rotatory instability of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 61 (3):330-7.
72. **Losee RE, Johnson TR, Southwick WO:** (1978) Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair. *J Bone Joint Surg Am* 60 (8):1015-30.

73. **Shelbourne KD, Nitz P:** (1990) Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 18 (3):292-9.
74. **Shelbourne KD, Wilckens JH:** (1990) Current concepts in anterior cruciate ligament rehabilitation. *Orthop Rev* 19 (11):957-64.
75. **Fu FH, Irrgang JJ, Harner CD:** Loss of motion following anterior cruciate ligament reconstruction in the anterior cruciate ligament: current and future concepts. Raven Press. 1993.
76. **Melegati G, Tornese D, Bandi M, Volpi P, Schonhuber H, Denti M:** (2003) The role of the rehabilitation brace in restoring knee extension after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective controlled study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11 (5):322-6.
77. **Münch E:** (2010) Nachbehandlung der vorderen Kreuzbandplastik. *Arthroscopy* 23:23-9.
78. **Beynon BD, Uh BS, Johnson RJ, Abate JA, Nichols CE, Fleming BC, Poole AR, Roos H:** (2005) Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, double-blind comparison of programs administered over 2 different time intervals. *Am J Sports Med* 33 (3):347-59.
79. **Jorgensen U, Jensen CM, Scavenius M:** Rehabilitation with or without initial weightbearing. A prospective randomized study. *Proceedings of Sports Medicine 2000*; Stockholm, 1995.
80. **Tyler TF, McHugh MP, Gleim GW, Nicholas SJ:** (1998) The effect of immediate weightbearing after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 357:141-8.
81. **Marx RG, Jones EC, Angel M, Wickiewicz TL, Warren RF:** (2003) Beliefs and attitudes of members of the American Academy of Orthopaedic Surgeons regarding the treatment of anterior cruciate ligament injury. *Arthroscopy* 19 (7):762-70.
82. **Feller J, Bartlett J, Chapman S, Delahunt M:** (1997) Use of an extension-assisting brace following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5 (1):6-9.
83. **Buntenschön K:** (2009) Orthesenversorgung nach Knieverletzung. *Pro und Kontra. Trauma und Berufskrankheit* 11 (Supplement 3):293-5.
84. **Birmingham TB, Bryant DM, Giffin JR, Litchfield RB, Kramer JF, Donner A, Fowler PJ:** (2008) A randomized controlled trial comparing the effectiveness of functional knee brace and neoprene sleeve use after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 36 (4):648-55.

85. **McDevitt ER, Taylor DC, Miller MD, Gerber JP, Ziemke G, Hinkin D, Uhorchak JM, Arciero RA, Pierre PS:** (2004) Functional bracing after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized, multicenter study. *Am J Sports Med* 32 (8):1887-92.
86. **Liu SH, Kabo JM, Osti L:** (1995) Biomechanics of two types of bone-tendon-bone graft for ACL reconstruction. *J Bone Joint Surg Br* 77 (2):232-5.
87. **Wojtys EM, Kothari SU, Huston LJ:** (1996) Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. *Am J Sports Med* 24 (4):539-46.
88. **Beynon BD, Johnson RJ, Fleming BC, Peura GD, Renstrom PA, Nichols CE, Pope MH:** (1997) The effect of functional knee bracing on the anterior cruciate ligament in the weightbearing and nonweightbearing knee. *Am J Sports Med* 25 (3):353-9.
89. **Paulos LE, Cawley PW, France EP:** (1991) Impact biomechanics of lateral knee bracing. The anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 19 (4):337-42.
90. **Acierno SP, D'Ambrosia C, Solomonow M, Baratta RV, D'Ambrosia RD:** (1995) Electromyography and biomechanics of a dynamic knee brace for anterior cruciate ligament deficiency. *Orthopedics* 18 (11):1101-7.
91. **Nemeth G, Lamontagne M, Tho KS, Eriksson E:** (1997) Electromyographic activity in expert downhill skiers using functional knee braces after anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 25 (5):635-41.
92. **Harilainen A, Sandelin J, Vanhanen I, Kivinen A:** (1997) Knee brace after bone-tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. Randomized, prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5 (1):10-3.
93. **Kartus J, Stener S, Lindahl S, Engstrom B, Eriksson BI, Karlsson J:** (1997) Factors affecting donor-site morbidity after anterior cruciate ligament reconstruction using bone-patellar tendon-bone autografts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 5 (4):222-8.
94. **Tegner Y, Lysholm J:** (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198:43-9.
95. **Muellner T, Alacamlioglu Y, Nikolic A, Schabus R:** (1998) No benefit of bracing on the early outcome after anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 6 (2):88-92.
96. **Dripps RD, Lamont A, Eckenhoff JE:** (1961) The role of anesthesia in surgical mortality. *JAMA* 178:261-6.
97. **Fairbank TJ:** (1948) Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br* 30B (4):664-70.

98. **Hefti F, Muller W, Jakob RP, Staubli HU:** (1993) Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 1 (3-4):226-34.
99. **Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L:** (1985) Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med* 13 (6):401-7.
100. **Torg JS, Conrad W, Kalen V:** (1976) Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 4 (2):84-93.
101. **Galway HR, MacIntosh DL:** (1980) The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 147:45-50.
102. **Jakob RP, Staubli HU, Deland JT:** (1987) Grading the pivot shift. Objective tests with implications for treatment. *J Bone Joint Surg Br* 69 (2):294-9.
103. **Lysholm J, Gillquist J:** (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10 (3):150-4.
104. **Shelbourne KD, Gray T:** (1997) Anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft followed by accelerated rehabilitation. A two- to nine-year followup. *Am J Sports Med* 25 (6):786-95.
105. **Kohn D, Schneider G, Dienst M, Rupp S:** (2002) Diagnosis of rupture of the anterior cruciate ligament. *Orthopade* 31 (8):719-30.
106. **Hertel P:** (1996) Acute and chronic knee ligament injuries. *Unfallchirurg* 99 (9):686-700; quiz 699.
107. **Boegard T, Jonsson K:** (1999) Radiography in osteoarthritis of the knee. *Skeletal Radiol* 28 (11):605-15.
108. **Kellgren JH, Lawrence JS:** (1957) Radiological assessment of osteoarthrosis. *Ann Rheum Dis* 16 (4):494-502.
109. **Hefti F, Muller W:** (1993) Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form. *Orthopade* 22 (6):351-62.
110. **Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynon BD:** (1999) Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score, and the Cincinnati knee score. A prospective study of 120 ACL reconstructed patients with a 2-year follow-up. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy : official journal of the ESSKA* 7 (3):152-9.
111. **Jerosch J, Floren M:** (2000) Quality of life improvement (SF-36) after implantation of a knee endoprosthesis. *Unfallchirurg* 103 (5):371-4.
112. **Bullinger M:** (1995) German translation and psychometric testing of the SF-36 Health Survey: preliminary results from the IQOLA Project. *International Quality of Life Assessment. Soc Sci Med* 41 (10):1359-66.

113. **Bullinger M, Kirchberger I:** Der SF-36-Fragebogen zum Gesundheitszustand: Handbuch für die deutschsprachige Fragebogenversion. Hogrefe-Verlag für Psychologie; Göttingen, 1998.
114. **Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD:** (2001) Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med* 29 (5):600-13.
115. **Wirth CJ, Zichner L:** Orthopädie und orthopädische Chirurgie. Kohn D, editor. Thieme; Stuttgart, 2005.
116. **Wirth B, Liffert F, de Bruin ED:** (2011) Development and evaluation of a German version of the Lysholm score for measuring outcome after anterior cruciate ligament injuries. *Sportverletz Sportschaden* 25 (1):37-43.
117. **König DP, Rütter J, Kumm D, Breidenbach E:** (1998) Diagnostik der vorderen Knieinstabilität. *Unfallchirurg* 101:209-13.
118. **Wiertsema SH, van Hooff HJ, Mighelsen LA, Steultjens MP:** (2008) Reliability of the KT1000 arthrometer and the Lachman test in patients with an ACL rupture. *Knee* 15 (2):107-10.
119. **Scholten RJ, Opstelten W, van der Plas CG, Bijl D, Deville WL, Bouter LM:** (2003) Accuracy of physical diagnostic tests for assessing ruptures of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *J Fam Pract* 52 (9):689-94.
120. **Kim SJ, Kim HK:** (1995) Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test. *Clin Orthop Relat Res* 317:237-42.
121. **Ruegsegger M, Jakob RP:** (1993) Diagnosis of acute and chronic injuries of the knee joint. *Orthopade* 22 (6):343-50.
122. **Lobenhoffer P:** (1999) Knee ligament injuries. Anatomy, biomechanics, diagnosis, indications. *Chirurg* 70 (2):219-30.
123. **Yasuda K:** (1983) Experimental study of dynamic mechanical properties of the knee joint in varus-valgus direction in vivo. *Nippon Seikeigeka Gakkai Zasshi* 57 (11):1787-98.
124. **Kohn D:** Knie. In: Wirth CJ, Zichner L: Orthopädie und Orthopädische Chirurgie Das Standardwerk für Klinik und Praxis. Georg Thieme Verlag; Stuttgart, 2005. pp. 65-6.
125. **Petermann J, Trus P, Kunneke M, Gotzen L:** (1996) The pivot-shift test in relation to hip position and lower leg rotation. A clinical analysis. *Unfallchirurg* 99 (3):191-5.

126. **Hendrich V:** (1989) Diagnosis of fresh combined injuries of the knee ligaments (clinical and technical diagnosis). *Langenbecks Arch Chir Suppl II Verh Dtsch Ges Chir*:415-9.
127. **Malanga GA, Andrus S, Nadler SF, McLean J:** (2003) Physical examination of the knee: a review of the original test description and scientific validity of common orthopedic tests. *Arch Phys Med Rehabil* 84 (4):592-603.
128. **Benjaminse A, Gokeler A, van der Schans CP:** (2006) Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther* 36 (5):267-88.
129. **Donaldson WF, 3rd, Warren RF, Wickiewicz T:** (1985) A comparison of acute anterior cruciate ligament examinations. Initial versus examination under anesthesia. *Am J Sports Med* 13 (1):5-10.
130. **Katz JW, Fingeroth RJ:** (1986) The diagnostic accuracy of ruptures of the anterior cruciate ligament comparing the Lachman test, the anterior drawer sign, and the pivot shift test in acute and chronic knee injuries. *Am J Sports Med* 14 (1):88-91.
131. **Aune AK, Holm I, Risberg MA, Jensen HK, Steen H:** (2001) Four-strand hamstring tendon autograft compared with patellar tendon-bone autograft for anterior cruciate ligament reconstruction. A randomized study with two-year follow-up. *Am J Sports Med* 29 (6):722-8.
132. **Eriksson K, Anderberg P, Hamberg P, Lofgren AC, Bredenberg M, Westman I, Wredmark T:** (2001) A comparison of quadruple semitendinosus and patellar tendon grafts in reconstruction of the anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg Br* 83 (3):348-54.
133. **Freyd M:** (1923) The graphic rating scale. *Journal of Educational Psychology* 14:83-102.
134. **Murphy KR, Myors B:** Statistical power analysis a simple and general model for traditional and modern hypothesis tests. Second ed. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.; Mahwah, NY, 2004.
135. **Moller E, Forsblad M, Hansson L, Wange P, Weidenhielm L:** (2001) Bracing versus nonbracing in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized prospective study with 2-year follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 9 (2):102-8.
136. **Brandsson S, Faxen E, Kartus J, Eriksson BI, Karlsson J:** (2001) 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* 11 (2):110-4.

137. **Harilainen A, Sandelin J:** (2006) 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* 16 (1):14-8.
138. **Cawley PW, France EP, Paulos LE:** (1989) Comparison of rehabilitative knee braces. A biomechanical investigation. *Am J Sports Med* 17 (2):141-6.
139. **Beynon BD, Pope MH, Wertheimer CM, Johnson RJ, Fleming BC, Nichols CE, Howe JG:** (1992) The effect of functional knee-braces on strain on the anterior cruciate ligament in vivo. *J Bone Joint Surg Am* 74 (9):1298-312.
140. **Wojtys EM, Goldstein SA, Redfern M, Trier E, Matthews LS:** (1987) A biomechanical evaluation of the Lenox Hill knee brace. *Clin Orthop Relat Res* 220:179-84.
141. **Branch TP, Hunter RE:** (1990) Functional analysis of anterior cruciate ligament braces. *Clin Sports Med* 9 (4):771-97.
142. **Cook FF, Tibone JE, Redfern FC:** (1989) A dynamic analysis of a functional brace for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 17 (4):519-24.
143. **Simoens S, Guillaume P, Moldenaers I, Depoorter A, De Coster S, Van den Steen D, Van de Sande S, Debruyne H, Ramaekers D, Lona M:** (2009) International comparison of orthotic brace prices. *Eur J Health Econ* 10 (2):149-55.
144. **Martinek V, Friederich NF:** (1999) To brace or not to brace? How effective are knee braces in rehabilitation? *Orthopade* 28 (6):565-70.
145. **Muller W, Biedert R, Hefti F, Jakob RP, Munzinger U, Staubli HU:** (1988) OAK knee evaluation. A new way to assess knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* (232):37-50.
146. **Irrgang JJ, Snyder-Mackler L, Wainner RS, Fu FH, Harner CD:** (1998) Development of a patient-reported measure of function of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 80 (8):1132-45.
147. **Gelber AC, Hochberg MC, Mead LA, Wang NY, Wigley FM, Klag MJ:** (2000) Joint injury in young adults and risk for subsequent knee and hip osteoarthritis. *Ann Intern Med* 133 (5):321-8.
148. **Oiestad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA:** (2009) Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Am J Sports Med* 37 (7):1434-43.
149. **O'Neill DB:** (2001) Arthroscopically assisted reconstruction of the anterior cruciate ligament. A follow-up report. *J Bone Joint Surg Am* 83-A (9):1329-32.
150. **Vadala A, Iorio R, De Carli A, Argento G, Di Sanzo V, Conteduca F, Ferretti A:** (2007) The effect of accelerated, brace free, rehabilitation on bone tunnel

enlargement after ACL reconstruction using hamstring tendons: a CT study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 15 (4):365-71.

151. **Fu FH, Schulte KR:** (1996) Anterior cruciate ligament surgery 1996. State of the art? *Clin Orthop Relat Res* 325:19-24.

152. **Harner CD, Irrgang JJ, Paul J, Dearwater S, Fu FH:** (1992) Loss of motion after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 20 (5):499-506.

153. **Breitfuss H, Frohlich R, Povacz P, Resch H, Wicker A:** (1996) The tendon defect after anterior cruciate ligament reconstruction using the midthird patellar tendon--a problem for the patellofemoral joint? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 3 (4):194-8.

154. **Lobenhoffer P, Tscherne H:** (1993) Rupture of the anterior cruciate ligament. Current status of treatment. *Unfallchirurg* 96 (3):150-68.

155. **Campbell JD:** (1998) The evolution and current treatment trends with anterior cruciate, posterior cruciate, and medial collateral ligament injuries. *Am J Knee Surg* 11 (2):128-35.

156. **Birmingham TB, Kramer JF, Kirkley A:** (2002) Effect of a functional knee brace on knee flexion and extension strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arch Phys Med Rehabil* 83 (10):1472-5.

157. **Andersson D, Samuelsson K, Karlsson J:** (2009) Treatment of anterior cruciate ligament injuries with special reference to surgical technique and rehabilitation: an assessment of randomized controlled trials. *Arthroscopy* 25 (6):653-85.

158. **Kocher MS, Tucker R, Briggs KK:** (2005) Relationship between subjective and objective assessment of outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg* 18 (1):73-81.

## 8 Anhang

### Anhang 1: Nachbehandlungsprotokoll

<b>Nonorthesengruppe (NO-Gruppe):</b>	<b>Orthesengruppe (O-Gruppe):</b>
<p>Nachbehandlung ohne Konfektionsorthese</p> <p>OP-Tag/1. Tag</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>2.Tag:</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 Muskelstimulierung</li> </ul> <p>3. – 7. Tag:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vier-Punktgang mit Belastung nach Toleranz</li> <li>• 1/3 Kniebeugen Ex/Flex 0/20/50 mit erhöhten Fersen</li> <li>• Beübung der Ab- und Adduktion</li> <li>• Knieflexion gegen Widerstand</li> </ul> <p>8. – 14. Tag:</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>3. – 6. Woche:</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 der offenen Kette ab 5. Woche</li> <li>• Beginn mit einbeinigen Stabilisierungsübungen ab 5. Woche</li> <li>• Aquajogging ab 5. Woche</li> </ul> <p>7. – 12. Woche:</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 Kniebeugung und side-to-side-steps</li> <li>• Gehen/Laufen auf der Stelle, vorwärts, rückwärts gegen Widerstand</li> </ul> <p>Ab 12. Woche:</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</p> <p>Prinzipiell wie NO-Gruppe bis auf folgende Änderungen:</p> <p>2.Tag</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlage einer kniestabilisierenden Konfektionsorthese</li> <li>• Bewegungslimitierung Ex/Flex 0/0/90</li> </ul> <p>5.Woche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Freigabe der Schienensbeweglichkeit</li> </ul> <p>7. Woche:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwöhnung von der Schiene</li> <li>• Rehabilitationsfortsetzung ohne Orthese wie NO-Gruppe</li> </ul>

**Anhang 2:** Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies

Name \_\_\_\_\_

Heutiges Datum: \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ Datum der Verletzung \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
Tag Monat Jahr Tag Monat Jahr**SYMPTOME\*:**

\* 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.

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben 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 meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen, seit dem Auftreten Ihrer Verletzung bzw. seit dem letzten Untersuchungstermin Schmerzen?

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									

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen aktuell?

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"/>										

Keine Schmerzen

unerträgliche Schmerzen

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen, seit dem Auftreten Ihrer Verletzung bzw. seit dem letzten Untersuchungstermin?

überhaupt nicht	<input type="checkbox"/>
etwas	<input type="checkbox"/>
ziemlich	<input type="checkbox"/>
sehr	<input type="checkbox"/>
extrem	<input type="checkbox"/>

5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben 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 meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen, seit dem Auftreten Ihrer Verletzung bzw. seit dem letzten Untersuchungstermin ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?Ja        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 meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

**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?

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<input type="checkbox"/>										

DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:

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

**Anhang 3:** Tegner Score

NIVEAU 0	arbeitsunfähig durch Knieprobleme
NIVEAU I	Beruf: minimal, nur im Sitzen, spazieren nur auf ebenem Boden
NIVEAU II	Beruf: leicht, abwechselnd im Stehen oder im Sitzen/ spazieren gehen auf ebenem Boden
NIVEAU III	Beruf: mäßig, vor allem im Stehen aber auch sitzenden Tätigkeiten  Leistungs- oder Freizeitsport: Schwimmen, spazieren gehen unter schweren Bedingungen
NIVEAU IV	Beruf: intensiv, nicht ständig schwere körperliche Arbeit  Freizeitsport: Radrennfahren, Fahrradfahren, Langlaufen, Joggen auf unebenem Boden (2x wöchentlich)
NIVEAU V	Beruf: intensiv, schwere körperliche Arbeit  Leistungssport: Radrennfahren, Langlaufen  Freizeitsport: Joggen auf unebenem Boden (2xwöchentlich)
NIVEAU VI	Freizeitsport: Tennis, Federball, Handball, Basketball, Volleyball, Skifahren, Joggen  (5x wöchentlich)
NIVEAU VII	Leistungssport: Tennis, Leichtathletik (Laufdisziplinen), Volleyball  Freizeitsport: Fußball, Hockey, Squash, Leichtathletik (Sprungdisziplinen)

**Anhang 4:** Lysholm Score

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

**Anhang 5: 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 LaxizitätBeinachse:  eindeutig Varus  normal  eindeutig ValgusPatellastellung:  baja  normal  altaSublux./Dislokation der Patella:  zentriert  subluxierbar  subluxiert  disloziert**Bewegungsausmaß**

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

Normale Seite: passiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ aktiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

(Innenrotation/Außenrotation): Betroffene Seite: passiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ aktiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Normale Seite: passiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ aktiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

SIEBEN GRUPPEN

VIER GRADE

\*GRUPPENGRAD

	Normal	Fast	Abnormal	Deutlich	A	B	C	D
		normal		abnormal				

<b>1. Erguß</b>	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"/>	<input type="checkbox"/>
-----------------	-------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	-----------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

**2. Passives Bewegungsdefizit**

$\Delta$ Streckdefizit	< 3° <input type="checkbox"/>	3-5° <input type="checkbox"/>	6-10° <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> > 10°				
------------------------	-------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	--	--	--	--

$\Delta$ Beugedefizit	0-5° <input type="checkbox"/>	6-15° <input type="checkbox"/>	16-25° <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> > 25°	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-----------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

**3. Ligamentuntersuchung** (manuell, instrumentell, Röntgen)

$\Delta$ Lachman Test (25° Beugung/134N)	-1-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm (1+) <input type="checkbox"/>	6-10mm (2+) <input type="checkbox"/>	>10mm (3+) <input type="checkbox"/>
--	---------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------

<input type="checkbox"/> <-1- -3	<input type="checkbox"/> <-3 steif
----------------------------------	------------------------------------

 $\Delta$  Lachman Test (25° Beugung)

manuell, max.	-1-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm <input type="checkbox"/>	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
---------------	---------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

Vorderer Endpunkt:	<input type="checkbox"/> fest	<input type="checkbox"/> unsicher
--------------------	-------------------------------	-----------------------------------

$\Delta$ Gesamt AP-Translation (25°)	0-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm <input type="checkbox"/>	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Gesamt AP-Translation (70°)	0-2mm <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 3-5mm	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
--------------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Hintere Schublade (70°)	0-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm <input type="checkbox"/>	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Valgusstress	0-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm <input type="checkbox"/>	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
-----------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Varusstress	0-2mm <input type="checkbox"/>	3-5mm <input type="checkbox"/>	6-10mm <input type="checkbox"/>	>10mm <input type="checkbox"/>
----------------------	--------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Außenrotationstest (30°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> > 20°
-----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Außenrotationstest (90°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> > 20°
-----------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	---------------------------------	--------------------------------

$\Delta$ Pivot shift	gleich <input type="checkbox"/>	+Gleiten <input type="checkbox"/>	++(dumpf) <input type="checkbox"/>	+++ (laut) <input type="checkbox"/>
----------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------

$\Delta$ Reverse pivot shift	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"/>	<input type="checkbox"/>
------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------	--------------------------

<b>4.Kompartimentbefunde</b>	<b>Krepitation</b>		<b>Krepitation mit</b>					
Δ Krepitation anterior (PF)	kein <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	leichtem <input type="checkbox"/>	> leichtem <input type="checkbox"/>	Schmerz	Schmerz		
Δ Krepitation mediales Komp.	kein <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	leichtem <input type="checkbox"/>	> leichtem <input type="checkbox"/>	Schmerz	Schmerz		
Δ Krepitation laterales Komp.	kein <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	leichtem <input type="checkbox"/>	> leichtem <input type="checkbox"/>	Schmerz	Schmerz	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### 5.Transplantatentnahmemorbidity

kein  gering  mäßig  deutlich

#### 6.Röntgenbefund:

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

#### 7.Funktionstest

Hüpfen auf einem Bein  ≥ 90% 89-76%  75-50%   < 50%

(in % der gegenüberliegenden Seite)

**\*\*Abschlußbeurteilung**

\*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., Boland, A., Dye, S., Feagin, J., Hamer, C., Mohtadi, N., Richmond, J., Shelbourne, D., Totty, G.

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

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

**Anhang 6:** Messungen mit KT1000™ Knee Ligament Arthrometer®

Verwendete Zug-/Druckkraft	Rechts	Links	Differenz re.-li.
15 lbs. nach ventral (Vorschub in mm)			
20 lbs. nach ventral (Vorschub in mm)			
30 lbs. nach ventral (Vorschub in mm)			
Maximaler manueller Vorschub (in mm)			
15 lbs. nach dorsal (Vorschub in mm)			
20 lbs. nach dorsal (Vorschub in mm)			

**Anhang 7:** Nachuntersuchungsbefund (3-4 Jahre post op)

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

Beruf \_\_\_\_\_

Geschlecht:  Männlich  Weiblich

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

Verletzung:  Rechtes Knie  Linkes Knie

Befund bei Nachuntersuchung (subjektiv):

VAS im täglichen Leben(Schmerzen Knie)

keine		unerträglich
o	<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):

o	<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 bei leichter körperlicher Belastung (VAS):

o	<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 bei sportlicher Belastung (VAS):

o	<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
---	--

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

**Messung zum PCL Zustand:**

**li.** Bein in 90° einstellen, Fuß steht auf Unterlage, Einsinken der Tibiakante nach posterior

ja     nein

**re.** Bein in 90° einstellen, Fuß steht auf Unterlage, Einsinken der Tibiakante nach posterior

ja     nein

**li.** Quadriceps in die Kniestreckung aktiv spannen lassen, Tibiakante gleitet vor

ja     nein

**re.** Quadriceps in die Kniestreckung aktiv spannen lassen, Tibiakante gleitet vor

ja     nein

**MFP des Kniegelenkes (Grad 0 bis 5)**

	Rechts	Links
Extension:	_____	_____
Flexion:	_____	_____
Außenrotation:	_____	_____
Innenrotation:	_____	_____

**Anamnese (hauptsächlich der letzten vier Jahre):**

(erneute Kreuzbandruptur, andere Traumata, gesunde Seite betroffen, OP, Unfallmechanismus und –grund, Zusatzverletzungen im Knie bei Ruptur, dominante Seite?)

**Compliance nach OP und während Therapie mit/ohne Orthese**

(Orthese getragen, wie oft/lange, welche KG Übungen gemacht, wie lange, wann mit Sport begonnen)

**Single-legged-hop**

(Hände auf dem Rücken verschränkt, mit einem Bein abspringen und landen)

	1. Weite	2. Weite	3. Weite	Median
Linkes Bein				
Rechtes Bein				

**Kneeling**

(Arme seidl. hängen lassen, Knieflex. 90°, Hüftextension in Neutralstellung, Fußflexion maximal, harter Boden)

Schmerz:     überhaupt nicht     etwas     mäßig stark     ziemlich stark     extrem stark

**Knee-walking**

(Strecke von 3m zurücklegen, ASTE siehe Kneeling)

Schmerz:  überhaupt nicht  etwas  mäßig stark  ziemlich stark  extrem stark

**Sonstige Verletzungen bei der Rekonstruktion**

- nur ACL  Med. Men.  Lat. Men.  LCL  MCL  PCL  
 P cap  Arthrose  Knorpel  sonstige \_\_\_\_\_

**Röntgenbefunde**

- Kein Befund  med. Arthrose  Fem.-pat. Arthrose  Ant. fem Bohrkanäle  
 Osteophyten  lat. Arthrose  Ant. tib. Bohrkanäle  sonstiges \_\_\_\_\_

**Umfangmaße:**

Messpunkt	Rechts	Links	Differenz re.-li.
20 cm oberhalb oberem Patellarand			
15 cm oberhalb oberem Patellarand			
10 cm oberhalb oberem Patellarand			
5 cm oberhalb oberem Patellarand			
Oberer Patellarand			
Patellamitte			
Unterer Patellarand			
Max. Wadenumfang			
Fesselumfang			

**Stellungsempfinden der Kniegelenke**

Extension/ Flexion  $\pm 10^\circ$  (Durchschnittswert bei 5 Wiederholungen nach 2x-iger Übung unter Winkelangabe und Durchführung bei verbundenen Augen):

Re.	Li.
30° ja nein	30° ja nein
60° ja nein	60° ja nein
90° ja nein	90° ja nein

## 9 Thesen

1. Die Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur ist sozioökonomisch relevant.
2. Die am häufigsten verwendeten Transplantate bei der vorderen Kreuzbandchirurgie sind heute Semitendinosus-, Gracilis- und Patellarsehne.
3. Die Auswahl des Transplantates sollte sich nach der detaillierten Art der Verletzung und individuellen Anspruchshaltung des Patienten richten.
4. Der Goldstandard ist die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes in arthroskopischer Technik.
5. Aktuelle Techniken erlauben eine frühfunktionelle Nachbehandlung und eine frühzeitige Vollbelastung.
6. Das Erreichen der vollen Extension sollte das erste Therapieziel in der frühen Nachbehandlung sein. Dabei wird die Immobilisation der VKB-Plastik als obsolet angesehen.
7. Patienten ohne Orthese zeigen bei den subjektiven und objektiven Kriterien die gleichen Ergebnisse wie Patienten, die mit Orthese nachbehandelt worden sind.
8. Der einbeinige Sprungtest gilt als valider Belastungstest und zeigt in der Gruppe ohne Orthese signifikant bessere Ergebnisse als in der Orthesen-Gruppe.
9. Die Orthese als unterstützende Maßnahme in der Nachbehandlung der VKB-Ruptur stellt ein kostspieliges Konzept dar und ist daher bei immer größer werdendem Kostendruck im Gesundheitssystem in Frage zu stellen.
10. Die Compliance der Patienten in Bezug auf das Tragen der Orthese ist sehr kritisch zu betrachten. Der überwiegende Teil trägt die Orthese nicht wie vom Operateur verordnet.

## Curriculum vitae

### ■ Persönliche Daten

---

Name: Paul Josef Aloysius Stüeken

Geburtsdatum/-ort: 05.09.1980, Arnsberg

Staatsangehörigkeit: deutsch

Familienstand: ledig

### ■ Schulbildung

---

1987-1991 St. Johannes Grundschule Balve

1991-2000 Städtisches Walram Gymnasium Menden

Abschluss Abitur (Note: 3,2)

### ■ Wehrdienst

---

08/2000-01/2001 Grundwehrdienst

01/2001-07/2002 Soldat auf Zeit (Laufbahn ROA)

09/2000-10/2000 Sanitätslehrgang 1 in Ulm: Ersthelfer Ausbildung

01/2001-03/2001 Sanitätslehrgang 2 in Amberg (Bundeswehrkrankenhaus)

Abschluss Krankenpflegehelfer (Note: 3)

05/2001-07/2001 Unteroffizierslehrgang in München

02/2002-03/2002 Offizierslehrgang in München

### ■ Berufsausbildung

---

04/2002-05/2002 Ausbildung zum Rettungssanitäter in der Paramed  
Rettungsdienstschule in Dietmannsried

Abschluss Rettungssanitäter (Note: 3)

08/2002-08/2005      Ausbildung zum Physiotherapeuten in dem bfw-  
Unternehmen für Bildung (staatlich anerkannte Schule  
für Physiotherapie) in Bad Berleburg

Abschluss examinierter Physiotherapeut (Note: 1,7)

### ■ Studium

---

10/2005-10/2011      Studium der Humanmedizin an der Martin Luther  
Universität Halle-Wittenberg

09/2007                abgeschlossenes erstes Staatsexamen (Note: befriedigend)

02-03/2008            Famulatur in der Allgemeinarzt-Gemeinschaftspraxis (Hr.  
H. Hanfeld und Hr. Dr. med. U. Lorenz)

08/2008                Famulatur in der Palliativ Medizin im Krankenhaus St.  
Elisabeth und St. Barbara Halle (Hr. Dr. med. H. Nietsch)

09/2008                Famulatur in der Orthopädie der OCM Klinik München  
(Hr. Prof. Dr. med. H. Mayr)

02-03/2009            Famulatur in der Pneumologie des Diakoniekranken-  
hauses Halle (Hr. Dr. med. R. Heine)

08/2009                Famulatur in der Anästhesie der Helios Klinik Lutherstadt  
Eisleben (Hr. Dr. med. T. Zirk)

03/2010                Famulatur in der Unfallchirurgie des Bundeswehr-  
krankenhauses Westerstede (Hr. Dr. med. A. Gutcke)

08-12/2010            1.Tertial: Anästhesie in der Universitätsklinik Halle-  
Wittenberg (Hr. Prof. Dr. med. M. Bucher)

12/2010-03/2011      2.Tertial: Innere Medizin in der Helios Klinik  
Sangerhausen (Hr. Dr. med. U. Steinborn)

03-07/2011            3.Tertial: Chirurgie im Spital Davos/Schweiz (Hr. Dr.  
med. C. Ryf)

10/2011                abgeschlossenes zweites Staatsexamen (Note:  
befriedigend)

■ **beruflicher Werdegang**

---

- 11/2011-06/2012            Assistenzarzt in der Chirurgie im Spital Davos/Schweiz  
(Hr. Dr. med. C. Ryf)
- 07/2012                     Assistenzarzt in der Inneren Medizin/Pulmonologie in der  
Hochgebirgsklinik Davos/Schweiz (Hr. PD Dr. med.  
Günter Menz)
- seit 08/2012                Assistenzarzt in der Inneren Medizin/Gastroenterologie  
im Krankenhaus Böblingen (Hr. Prof. Dr. med. H. Leser)

Halle (Saale), 13. April 2012

Paul Stüeken

## **Selbstständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig, ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die vorliegende Arbeit wurde weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Halle (Saale), 13. April 2012

Paul Stüeken

**Erklärung über frühere Promotionsversuche**

Hiermit erkläre ich, dass diese Arbeit mein erster Promotionsversuch ist und ich zuvor keine andere Arbeit eingereicht habe. Auch an anderen Hochschulen im In- und Ausland habe ich bisher keinen Versuch einer Promotion unternommen.

Halle (Saale), 13. April 2012

Paul Stüeken

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. Hermann Mayr für das sehr interessante Thema, die Unterstützung und das Vertrauen bei der Umsetzung der Arbeit und für die ständige Erreichbarkeit danken. Sie waren ein sehr hilfreicher Doktorvater und haben mich nie im Stich gelassen.

Frau Prof. Dr. rer. nat. Anke Bernstein danke ich für das geduldige Beantworten der Fragen bei der Auswertung der Arbeit.

Frau Dr. med. Katrin Schumann danke ich für die ständigen Anregungen und die fachlichen Diskussionen. Du hast mir oft neue Perspektiven eröffnet und somit den Fortschritt der Arbeit vorangetrieben.

Ein großer Dank gilt auch meiner Familie, die mich jederzeit unterstützt und mir immer wieder Mut zugesprochen hat. Ohne Euch wäre diese Dissertation nie beendet worden.

Der wichtigsten Person in meinem Leben möchte ich ebenfalls von ganzem Herzen danken – Ramona Schwartpaul. In unserer gemeinsamen Zeit hast du mir die Augen geöffnet. Du hast mir durch deine große Geduld und tägliche Aufmunterung immer wieder Kraft gegeben und warst mir oft die erhoffte Hilfe und der antreibende Pol. Deinen Anteil an dem Gelingen der Arbeit kann man gar nicht genug honorieren!

Ganz besonders möchte ich den Patienten danken. Sie waren es, die diese Studie überhaupt ermöglicht haben, indem sie sich nochmal zur Nachuntersuchung zur Verfügung gestellt haben. Dafür spreche ich ihnen meinen allerherzlichsten Dank aus.