

be (MegaFix™, Karl Storz GmbH, Tuttlingen) verankert. Die Fixierung erfolgt in 70° Knieflexion bei vorderem Schubladen-, Valgusstress und leichter Innenrotation.

Nach Wundverschluss und Verband wird das Knie in einer *posterior tibial support*-Orthese (medi PTS®, Medi GmbH & Co. KG, Bayreuth) ruhiggestellt (Abb. 8).



Abbildung 7: Bohrkanäle und Transplantatverlauf bei HKB-Ersatz in Kombination mit posterolateraler Stabilisierung; HKB-Fixation femoral hier mit Flipanker [45].

2.3 Nachbehandlung

Die im Anschluss an die Operation durchgeführte Nachbehandlung erfolgt bei allen Patienten nach einem einheitlichen Schema. Dieses umfasst das konsequente Tragen der PTS-Orthese (Abb. 8) bis sechs Wochen postoperativ sowie drei- bis viermal wöchentlich Physiotherapie. Sechs Wochen postoperativ wird die Beugung freigegeben und die PTS-Orthese tagsüber durch eine funktionelle HKB-Orthese ersetzt. Etwa zwölf Wochen postoperativ erhalten die meisten Patienten intensive stationäre Rehabilitationsmaßnahmen von ca. 14 Tagen Dauer.



Abbildung 8: *Posterior tibial support-Orthese.*

2.4 Erfassung des Operationsergebnisses

Sämtliche Patienten, die eine separate oder mit anderen Bandplastiken kombinierte Rekonstruktion des HKB erhielten, wurden postoperativ mehrfach klinisch und radiologisch untersucht. Kontrolluntersuchungen fanden drei, sechs, zwölf und 24 Monate postoperativ statt. Die klinische Nachkontrolle wurde im gesamten Nachuntersuchungszeitraum durch zwei Untersucher durchgeführt und vom Operateur bzw. erfahrenen Assistenzärzten überprüft. Die Untersuchungsergebnisse wurden nach Vorgaben des *International Knee Documentation Committee* (IKDC) dokumentiert [46] und vor ihrer Auswertung anonymisiert.

2.4.1 Allgemeine klinische Untersuchung

Die Untersuchung der Kniegelenke erfolgt stets im Seitenvergleich. Intraartikulärer Erguss und extraartikuläre Weichteilschwellung werden dokumentiert. Der Bewegungsumfang der Kniegelenke wird nach der Neutral-Null-Methode bestimmt und der Beinumfang in definierten Abständen proximal und distal des Gelenkspaltes vermessen. Patellofemorale, mediale und

laterale Krepitationen werden dokumentiert. Als funktioneller Test wird der Ein-Bein-Sprung beidseits durchgeführt und das Ergebnis des verletzten bzw. operierten Beines mit dem der Gegenseite verglichen.

2.4.2 Untersuchung der Bänder

Sind im Seitenvergleich Unterschiede der Bandstabilität festzustellen, werden diese anhand der Seitendifferenz (SD) der Verschieblichkeit bzw. Aufklappbarkeit des Gelenkspaltes in mm unter Berücksichtigung der IKDC-Einteilung [46] dokumentiert. Die Einteilung umfasst vier Stabilitätsgrade:

- A: SD 0-2 mm = normal
- B: SD 3-5 mm = fast normal
- C: SD 6-10 mm = abnormal
- D: SD > 10 mm = deutlich abnormal

2.4.2.1 Hinteres Kreuzband

Schubladentest in 90° Beugung

Der klassische Test zur Diagnose einer HKB-Läsion ist die Prüfung der hinteren Schublade in 90° Kniebeugung. Der Patient befindet sich in Rückenlage, die Hüftgelenke sind gebeugt. Der Untersucher umfasst den Tibiakopf und übt Druck nach dorsal aus (Abb. 3, S.11). Von der Neutralstellung der Tibia ausgehend wird das Ausmaß der posterioren Translation beurteilt [1, 27]. Um in die Neutralstellung als Ausgangspunkt zu gelangen, muss ggf. zunächst eine vordere Schubladenbewegung erfolgen. Dies darf jedoch nicht als Zeichen für eine VKB-Läsion fehlgedeutet werden.

Der hintere Schubladentest muss zusätzlich mit verstärktem außenrotatorischen Druck auf das Fibulaköpfchen durchgeführt werden: liegt eine kombinierte rotatorische Instabilität vor, ist eine Drehbewegung des Tibiakopfes zu beobachten [27, 47].

Step off-Test

Der *step off*-Test ist ein sensitiver Test zur Beurteilung einer vergrößerten posterioren Translation [26]. In 90° Beugung wird der Gelenkspalt palpirt. Am gesunden Knie sowie nach erfolgreicher HKB-Plastik ist eine Stufe (*step off*) zwischen medialem Femurkondylus und dem ca. 10 mm prominenten medialen Tibiaplateau zu ertasten, während diese bei elongiertem HKB im Seitenvergleich vermindert ist.

2.4.2.2 Laterales Kollateralband und posterolaterale Ecke

Varusstress

Die Stabilitätsprüfung posterolateraler Strukturen erfolgt in Rückenlage zunächst in Extension, dann in 20-30° Flexion des Kniegelenkes. Der Untersucher übt einen Varusstress auf das Gelenk aus, indem eine Hand den Unterschenkel in Höhe des oberen Sprunggelenkes umfasst und die andere Hand am Kniegelenk in Höhe des Gelenkspaltes medial als Widerlager dient. Eine einseitig vermehrte Aufklappbarkeit in 30° Beugung spricht für eine Seitenbandinstabilität, während eine zusätzliche Öffnung des Gelenkspaltes in Streckung eine Beteiligung dorsolateraler Kapsel-Band-Strukturen nachweist [47, 48].

Außenrotationstest

In Bauchlage werden die Füße des Patienten nach außen rotiert (*Dial-Test*; Abb. 4, S. 12). Liegt im Vergleich zur gesunden kontralateralen Seite eine vermehrte Außenrotation vor, kann von einer Instabilität posterolateraler Strukturen ausgegangen werden [47, 49].

2.4.2.3 Vorderes Kreuzband

Lachman-Test

Der Lachman-Test als extensionsnaher Schubladentest in 15-30° Kniebeugung dient zur Prüfung der vorderen Kreuzbandstabilität [27, 50]. Der Untersuchende umfasst und stabilisiert mit einer Hand das Femur, mit der anderen die Tibia. Femur und Tibia werden nun in der Sagittalebene gegeneinander verschoben und das Ausmaß der anterioren Translation sowie die Qualität des Anschlags beurteilt.

Beim instabilen HKB ist die Interpretation des Lachman-Tests zur Prüfung des VKB nicht unproblematisch, da sich der Tibiakopf aus der dorsalen Subluxation zwar nach anterior bewegen lässt, diese Verschieblichkeit aber bei intaktem VKB lediglich die Reposition in die Neutralposition wiedergibt. Wie auch beim hinteren Schubladentest ist es demnach von großer Bedeutung, die Translation ausgehend von der Neutralposition zu bestimmen [1].

Pivot-Shift-Test

Ein ruckartiges Verrutschen des momentanen Kniedrehzentrums wird als Pivot-Shift bezeichnet. Der Pivot-Shift-Test wird durchgeführt, indem der Untersuchende mit einer Hand den Unterschenkel in Innenrotation und Valgusstress, mit der anderen Hand den lateralen Femurkondylus hält und Tibia oder Fibula palpiert. Ist das VKB rupturiert, subluxiert die Tibia in Streckstellung

nach ventral. Wird das Knie gebeugt, kommt es in 20-40° Flexion zur fühlbaren, abrupten Reposition des subluxierten Tibiakopfes nach dorsal [51].

2.4.2.4 Mediales Kollateralband

Valgusstress

Der Untersuchende umfasst mit einer Hand das obere Sprunggelenk, mit der anderen das Kniegelenk von lateral und übt einen Valgusstress aus. Die isoliert vermehrte Öffnung des Gelenkspaltes in 30° Beugung weist auf eine Instabilität des Ligamentum collaterale mediale hin. Ist das Gelenk in Streckung aufklappbar, spricht dies für eine zusätzliche Instabilität der dorsomedialen Gelenkkapsel [52].

2.4.3 Radiologische Untersuchung

2.4.3.1 Stressaufnahmen mit dem Telos-Halteapparat

Prä- und postoperativ werden Stressaufnahmen mit Hilfe eines Haltegerätes nach Scheuba (Fa. Telos GmbH, Marburg; s. Abb. 9a) angefertigt. Das betroffene Bein kann in diesem Haltegerät in verschiedenen Positionen und Beugegraden fixiert und die Tibia mit einer definierten Kraft in die vordere bzw. hintere Schublade gedrückt werden.

Um die Funktion des HKB optimal beurteilen zu können, wird eine Flexion von 90° angestrebt und von dem Stempel der Haltevorrichtung ein Druck von 15 kPa nach posterior auf die Tibia in Höhe der Tuberositas tibiae ausgeübt. Der Patient liegt auf der zu untersuchenden Körperseite auf dem Röntgentisch. Der Standardabstand zwischen Röntgenröhre und Kassette beträgt 1,15 m. Die Aufnahme wird im seitlichen Strahlengang von medial nach lateral angefertigt. Das Knie liegt lateral der Röntgenkassette an. Die Tibia befindet sich in Neutralrotationsstellung: Patellaspitze, Tuberositas tibiae und Os metatarsale II befinden sich in einer vertikalen Achse [30]. Diese Untersuchung wird am operierten Bein als auch kontralateral durchgeführt, um die Seit-zu-Seit-Differenz zu ermitteln und in die Beurteilung der Kniefunktion mit einbeziehen zu können.

Darüber hinaus ist es notwendig, beidseits Aufnahmen mit vorderem Schubladenstress anzufertigen. Besonders bei chronischen HKB-Läsionen, aber auch bei etwa 10 % der operativ versorgten Patienten, liegt eine nicht reponierbare dorsale Subluxation, die so genannte fixierte hintere Schublade, vor [28]. Selbst unter nach anterior gerichtetem Druck erreicht der Tibiakopf dabei nicht die Neutralstellung. Dieser Zustand kann in der gehaltenen vorderen Schubladenaufnahme eindeutig identifiziert werden.

Die gehaltenen Röntgenaufnahmen werden unter Anwendung der Technik nach Jacobsen [32] ausgewertet (s. Abb. 9b). Das Tibiaplateau wird zunächst durch eine Gerade dargestellt, auf der später die Translationsstrecke abgemessen wird. Als knöcherner Bezugspunkt dienen femoral der Mittelpunkt zwischen den am weitesten posterior gelegenen Konturen der medialen und lateralen Kondyle, tibial entsprechend der Mittelpunkt zwischen den am weitesten posterior gelegenen Hinterkanten des medialen und lateralen Tibiaplateaus. Durch diese Bezugspunkte wird jeweils das Lot auf die Tibiaplateaulinie gezogen. Der Abstand dieser Senkrechten, gemessen in Millimeter, stellt die Translation des Tibiakopfes gegenüber dem Femur entlang der Transversalebene (HSL) dar.

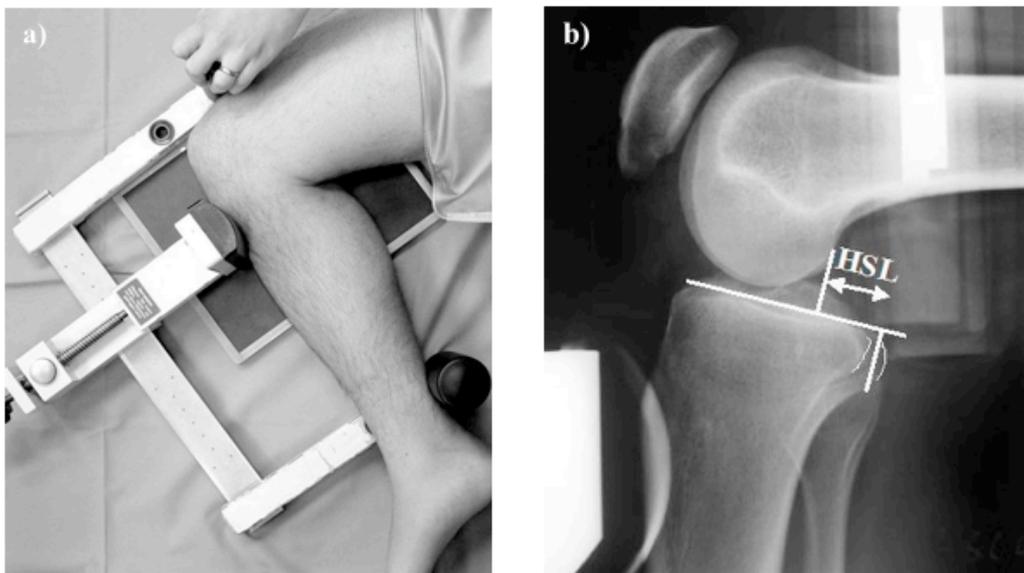


Abbildung 9: a) gehaltene Aufnahme mit dem Scheuba-Gerät (Fa. Telos GmbH, Marburg);
b) Auswertung der gehaltenen Röntgenaufnahmen in der Technik nach Jacobsen [51].

Die Translation des medialen bzw. lateralen Kompartiments wird dabei nicht separat vermessen. Beim gesunden Knie stimmen die Schnittpunkte von femoraler und tibialer Senkrechten mit dem Tibiaplateau überein. Eine posteriore Verschieblichkeit wird mit einem negativen, eine anteriore Verschieblichkeit mit einem positiven Zahlenwert dokumentiert.

Die im postoperativen Verlauf wiederholt bestimmten Werte geben somit Auskunft über die Funktionsfähigkeit des HKB-Transplantates und erlauben, Aufschluss über eine mögliche Auslockerung des Transplantates zu geben.

2.4.4 Bewertung der Kniefunktion nach IKDC-Score

Der vom IKDC 1993 publizierte Knieuntersuchungsbogen erfasst und bewertet subjektive Beschwerden, klinische Symptome, Bewegungsausmaß, Bändertests, Krepitationen, Röntgenbefunde und Hüpfen im Einbeinstand [46]. Die Untersuchungsergebnisse werden in je vier Grade (A=normal, B=annähernd normal, C=abnormal, D=deutlich abnormal; s. 2.4.2) unterteilt.

Miteinbezogen werden im Rahmen dieser Untersuchung die Ergebnisse der gehaltenen Röntgenaufnahmen (A=SSD 0–2 mm, B=SSD 3–5 mm, C=SSD 6–10 mm, D=SSD > 10 mm) sowie die im ursprünglichen IKDC-Untersuchungsbogen nicht erfasste passive Außenrotation im Seitenvergleich (*Dial-Test*: A=SSD bis 5°, B=SSD 6–15°, C=SSD 16–20°, D=SSD > 20°).

In den IKDC-Score als Maß für den funktionellen Zustand des Knies geht somit die Beurteilung der vier Untersuchungsgruppen Gelenkerguss, passives Bewegungsausmaß, Ligamentuntersuchung und radiologische Seit-zu-Seit-Differenz der hinteren Schublade bei intakter Gegenseite ein. Der niedrigste Grad innerhalb einer Gruppe bestimmt den Gruppengrad. Die Endbeurteilung richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb der vier Gruppengrade.

2.4.5 Statistik und Datenanalyse

Es wurde eine retrospektive Studie mit prospektiver Datenerfassung durchgeführt. Zum Vergleich von Auto- und Allografts dient eine *matched group*-Analyse. Es handelt sich um eine Level III – Studie.

Die Evaluierung der Daten erfolgte unter Verwendung der Statistikprogramme Excel (Microsoft Corporation, Redmond, Washington, USA) und SPSS (SPSS, Chicago, Illinois, USA). Zur statistischen Analyse der prä- und postoperativen Ergebnisse innerhalb der Subgruppen wurde der Wilcoxon-Test, für den Vergleich zweier verschiedener Gruppen der U-Test von Mann-Whitney verwendet. Zum Vergleich der Häufigkeiten der IKDC-Werte wurde der χ^2 -Test herangezogen. Das Signifikanzniveau wurde bei 5 % festgelegt ($p \leq 0,05$).

3 Ergebnisse

Anhand der Messung der hinteren Schublade durch gehaltene Röntgenaufnahmen in 90° Kniebeugung präoperativ und postoperativ soll dargestellt werden, in welchem Maß die dorsale Subluxation des Tibiakopfes durch eine Ersatzplastik des HKB reduziert wird. Ausgewertet wird außerdem der durch die hintere Kreuzbandplastik gewonnene Stabilitätszuwachs im zeitlichen Verlauf bis 24 Monate postoperativ.

Es erfolgt eine nach Art des verwendeten Transplantatmaterials (auto- bzw. allogene) untergliederte Auswertung der durchgeführten Untersuchungen.

Mittels des prä- und postoperativ bestimmten IKDC-Scores wird gezeigt, wie sich der arthroskopisch assistierte HKB-Ersatz auf den funktionellen Zustand des Kniegelenkes auswirkt und ob sich die Kniefunktion je nach Transplantatmaterial unterscheidet.

3.1 Epidemiologie

Im Zeitraum Mai 2000 bis Dezember 2006 wurde bei 230 Patienten ein arthroskopisch assistierter HKB-Ersatz durchgeführt. Der Eingriff wurde bei 219 Patienten von demselben Operateur durchgeführt, zwei weitere Chirurgen operierten in 3 bzw. 8 Fällen. Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt betrug $31,1 \pm 10,7$ Jahre (13 - 60 Jahre). Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Eigenschaften des Patientenkollektivs.

38 Patienten erhielten einen Revisionsersatz des hinteren Kreuzbandes und wurden von der Auswertung der Ergebnisse ausgeschlossen.

Von den verbleibenden 192 Patienten wurden weitere 72 Patienten ausgeschlossen, bei denen kein oder ein Follow-up < 12 Monate vorlag.

Insgesamt erfüllten somit 120 Patienten die Ein- und Ausschlusskriterien.

Tabelle 3 gibt eine Übersicht über die Eigenschaften dieser 120 in die Auswertung einbezogenen Patienten. Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt betrug $29,5 \pm 10,2$ Jahre (15-60 Jahre). 114 der 120 Patienten wurden von demselben, 6 Patienten von einem weiteren Operateur versorgt.

Tabelle 2: Eigenschaften des gesamten Patientenkollektivs (n=230). Hinteres Kreuzband (HKB), vorderes Kreuzband (VKB), posterolaterale Stabilisierung (PLS).

Variable	Kategorie	Fallzahl (n)
Geschlecht	Weiblich	54
	Männlich	176
Unfallursache	Verkehrsunfall	136
	Sport	62
	Alltag	24
	Unbekannt	8
HKB-Ersatz	Primär	192
	1. Revision	31
	2. Revision	6
	3. Revision	1
ersetzte Bandstrukturen	HKB + PLS	149
	HKB + PLS + VKB	47
	HKB + VKB	17
	HKB	17
Transplantatmaterial	Autogen	159
	Allogen	71

Tabelle 3: Eigenschaften des in die Auswertung einbezogenen Patientenkollektivs (n=120).

Variable	Kategorie	Fallzahl (n)
Geschlecht	Weiblich	30
	Männlich	90
Unfallursache	Verkehrsunfall	62
	Sport	36
	Alltag	17
	Unbekannt	5
HKB-Ersatz	Primär	120
Ersetzte Bandstrukturen	HKB + PLS	80
	HKB + PLS + VKB	21
	HKB + VKB	8
	HKB	11
Transplantatmaterial	Autogen	83
	Allogen	37

3.1.1 Subgruppierung

Zur weiteren Bearbeitung der Aufgabenstellung erfolgte eine Subgruppierung der 120 in die Auswertung einbezogenen Patienten.

- 1. Gruppe: sämtliche Patienten mit primärem HKB-Ersatz (n=120)
- 2. Gruppe: Versagerausschluss. Patienten, bei denen die radiologisch ermittelte HSL um $\geq 50\%$ reduziert wurde (n=61)
- 3. Gruppe: HKB-Rekonstruktionen mit Allografts (n=37); ausgeschlossen wurden mit Peressigsäure vorbehandelte Allografts (n=8), so dass die Allograftgruppe 29 Patienten umfasst
- 4. Gruppe: HKB-Rekonstruktionen mit Autografts (n=29), die entsprechend den *matching*-Vorgaben den Allograft-Rekonstruktionen als Vergleichskollektiv gegenübergestellt wurden

3.1.2 Alter

Das Durchschnittsalter beträgt in der Gesamtgruppe 29,5 Jahre (15-60 Jahre), in der Gruppe der erfolgreichen Rekonstruktionen 27,6 Jahre (15-60 Jahre), in der Allograftgruppe 30,2 Jahre (16-49 Jahre) und in der Autograftgruppe 30,6 Jahre (15-52 Jahre). Die Verteilung der Patienten auf in 10-Jahres-Schritte eingeteilte Altersgruppen wird in Tabelle 4 aufgeschlüsselt.

Tabelle 4: Anzahl der Patienten in verschiedenen Altersgruppen.

Altersgruppe	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktion	Allograft	Autograft
< 20 Jahre	30	17	6	6
21-30 Jahre	39	26	8	9
31-40 Jahre	32	11	9	9
41-50 Jahre	16	6	6	4
51-60 Jahre	3	1	0	1

3.1.3 Geschlecht

Es wurden mehr Männer als Frauen operiert. Die gesamte Gruppe besteht aus 90 Männern und 30 Frauen. Die Gruppe der Patienten mit Reduktion der HSL $>50\%$ setzt sich aus 43 Männern und 18 Frauen zusammen. Die Gruppen 3 und 4 umfassen je 25 Männer und 4 Frauen.

3.1.4 Operierte Körperseite

In der Gesamtgruppe wurde in 64 Fällen das rechte, in 56 Fällen das linke Knie operiert. Die Gruppe der erfolgreichen Rekonstruktionen umfasst 35 HKB-Rekonstruktionen rechtsseitig und 26 HKB-Rekonstruktionen linksseitig. In der Allograftgruppe wurden 15 rechte und 14 linke Knie, in der Autograftgruppe 18 rechte und 11 linke Knie operiert.

3.1.5 Zeitraum zwischen Trauma und Operation

Bei keinem der 120 untersuchten Patienten wurde der HKB-Ersatz akut posttraumatisch durchgeführt. Da im Fall einer akuten Rekonstruktion keine standardisierten präoperativen gehaltenen Röntgenaufnahmen angefertigt werden, sondern die Instabilität unter Durchleuchtung geprüft wird, konnten diese Fälle nicht in die Auswertung einbezogen werden. Tabelle 5 ist die Anzahl von Patienten in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt zu entnehmen.

Tabelle 5: Anzahl der HKB-Rekonstruktionen zu verschiedenen Operationszeitpunkten.

Zeit Trauma bis OP	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktionen	Allograft	Autograft
1 – 3 Monate	8	5	4	0
4 – 6 Monate	28	16	7	8
7 - 12 Monate	31	18	7	8
13 – 36 Monate	29	11	7	5
> 3 Jahre	21	10	2	8
Unbekannt	3	1	2	0

3.1.6 Ersetzte Bandstrukturen

In allen Subgruppen wurde bei über 60 % der Patienten eine Rekonstruktion des HKB in Kombination mit einer posterolateralen Stabilisierung durchgeführt. In einigen Fällen erfolgte ein isolierter HKB-Ersatz oder ein einzeitiger Ersatz von HKB und VKB mit oder ohne posterolateraler Stabilisierung. Abbildung 10 stellt die Verteilung der isolierten oder kombinierten Eingriffe am Knie-Bandapparat in der Gesamtgruppe und den Subgruppierungen dar.

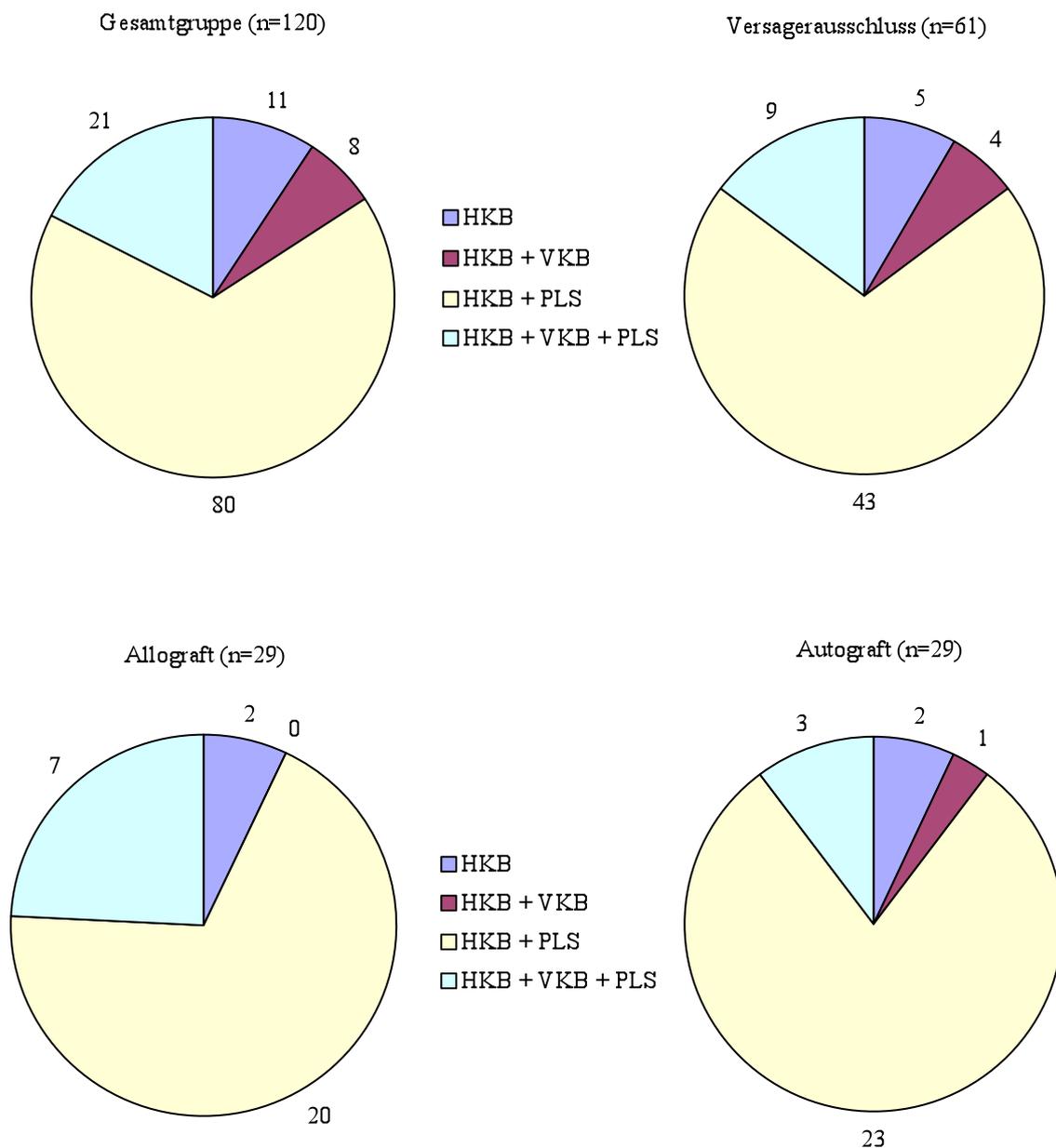


Abbildung 10: Verteilung der Anzahl der durchgeführten Eingriffe am Bandapparat.

3.1.7 Verletzungsursachen

In allen Gruppen sind Verkehrs- und Sportunfälle die häufigsten Verletzungsursachen. Motorradunfälle (33 Fälle in Gruppe 1 $\hat{=}$ 27,5 %) sowie Traumata beim Fußball (12 Fälle in Gruppe 1 $\hat{=}$ 10 %) können als häufigste spezifische Ursache einer HKB-Ruptur identifiziert werden. Das Vorkommen weiterer spezifischer Unfallursachen veranschaulicht Tabelle 6.

Tabelle 6: Häufigkeit von spezifischen Verletzungsursachen.

Verletzungsursache	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktionen	Allograft	Autograft
Verkehrsunfälle:				
Motorrad	33	17	9	11
Auto	12	5	2	5
Fahrrad	7	3	0	1
Sonstige	11	6	3	3
Sportunfälle:				
Fußball	12	10	3	0
Volleyball	3	1	1	0
Handball	5	3	1	1
Kontaktsport (Rugby, Judo)	4	1	3	0
Ski	5	1	0	1
Sonstige	7	4	1	1
Unfälle im Alltag	16	8	4	4
unbekannter Unfallmechanismus	5	2	2	2

3.1.8 Komplikationen

Bei 8 der 130 Patienten trat postoperativ eine Bewegungseinschränkung aufgrund einer Arthrofibrose auf, so dass eine arthroskopische Arthrolyse erfolgte.

Bei 2 Patienten konnte die hintere Schublade durch die Operation nicht reduziert werden.

Jeweils einmal war eine Re-Stabilisierung des VKB bzw. der posterolateralen Gelenkecke notwendig.

Bei einem Patienten trat ein später Gelenkinfekt auf.

3.2 Radiologisch bestimmte hintere Schublade

In allen Subgruppierungen liegt 24 Monate postoperativ eine signifikante Reduktion der HSL und der Seit-zu-Seit-Differenz nach arthroskopisch assistiertem Ersatz des HKB vor ($p < 0,05$). Auf die tabellarische Übersicht der Untersuchungsergebnisse (Tab. 7, 8, 9) folgt deren separate Erläuterung.

Tabelle 7: Anzahl der untersuchten Patienten zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in den Subgruppierungen.

Untersuchungszeitpunkt	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktionen	Allograft	Autograft
Präoperativ	120	61	29	29
3 Monate postoperativ	91	49	19	25
6 Monate postoperativ	92	48	15	26
12 Monate postoperativ	103	53	20	29
24 Monate postoperativ	77	38	27	23

Tabelle 8: Radiologisch ermittelte hintere Schublade (mm \pm Standardabweichung) zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in den Subgruppierungen.

Untersuchungszeitpunkt	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktionen	Allograft	Autograft
Präoperativ	13,7 \pm 3,4	13,8 \pm 3,4	14,8 \pm 3,5	14,6 \pm 2,8
3 Monate postoperativ	6,2 \pm 3,7	4,7 \pm 3,2	7,8 \pm 4,2	5,3 \pm 3,0
6 Monate postoperativ	6,8 \pm 3,0	5,5 \pm 2,7	8,4 \pm 2,3	6,7 \pm 2,1
12 Monate postoperativ	7,2 \pm 2,8	5,5 \pm 2,2	8,9 \pm 3,0	6,9 \pm 1,9
24 Monate postoperativ	8,0 \pm 3,0	5,7 \pm 1,7	9,4 \pm 3,1	7,0 \pm 2,4

Tabelle 9: Seitendifferenz (*side-to-side-difference*; SSD) der hinteren Schublade (mm \pm Standardabweichung) bei operiertem versus kontralateralem Gelenk prä- und postoperativ.

Seitendifferenz	Gesamtgruppe	Erfolgreiche Rekonstruktionen	Allograft	Autograft
SSD präoperativ	11,0 \pm 3,9	11,3 \pm 4,2	11,5 \pm 4,2	11,8 \pm 3,6
SSD postoperativ	4,8 \pm 2,9	3,5 \pm 2,4	6,3 \pm 3,5	4,4 \pm 2,7

3.2.1 Radiologisch bestimmte hintere Schublade: postoperativer Verlauf

Untersucht wurde die Kniestabilität aller primären HKB-Rekonstruktionen (n=120) durch die radiologisch ermittelte HSL im Verlauf bis 24 Monate postoperativ (Abb. 11, Tab. 8).

Drei Monate postoperativ liegt eine durchschnittliche Reduktion der HSL vom präoperativen Ausgangswert $13,7 \text{ mm} \pm 3,4 \text{ mm}$ auf $6,2 \text{ mm} \pm 3,7 \text{ mm}$ vor. Bis 24 Monate postoperativ nimmt die gemessene HSL auf $8,0 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$ zu. Damit liegt 24 Monate postoperativ eine durchschnittliche Reduktion der HSL um 42 % gegenüber dem präoperativen Ausgangswert vor.

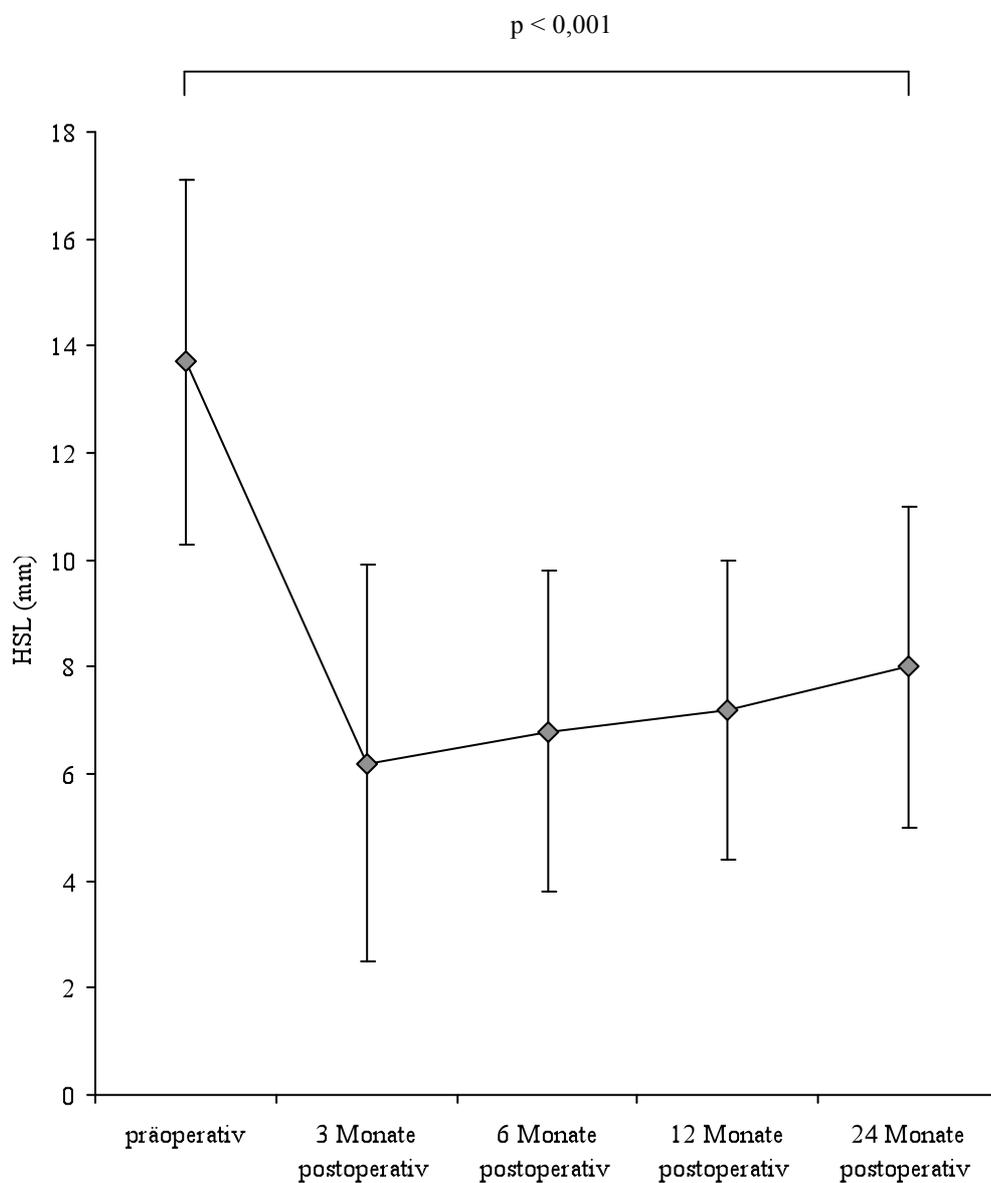


Abbildung 11: HSL präoperativ bis 24 Monate postoperativ bei primären HKB-Rekonstruktionen (n=120).

Die Differenz der am operierten Kniegelenk ermittelten HSL zur kontralateralen Messung (SSD) beträgt präoperativ $11,0 \text{ mm} \pm 3,9 \text{ mm}$ und postoperativ $4,8 \text{ mm} \pm 2,9 \text{ mm}$. Damit liegt postoperativ eine signifikante Reduktion der SSD vor ($p < 0,001$; Abb. 12).

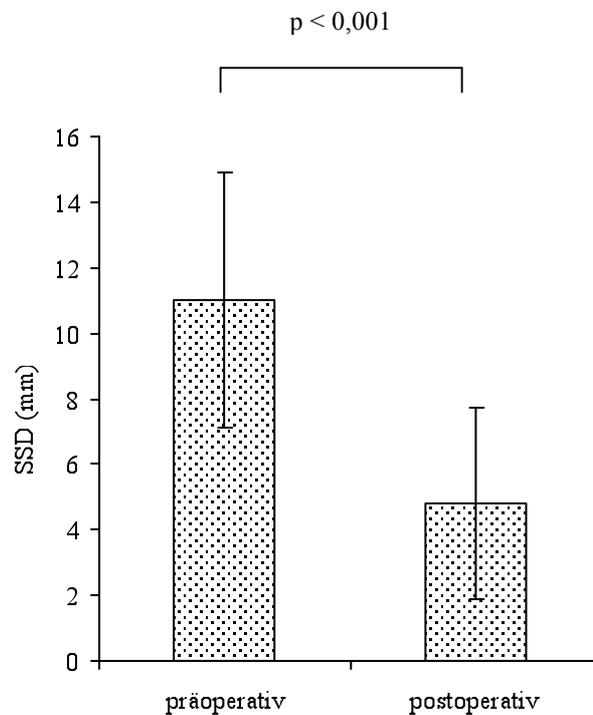


Abbildung 12: Seit-zu-Seit-Differenz (mm) präoperativ versus postoperativ.

Im postoperativen Verlauf ist eine Zunahme der radiologisch bestimmten HSL festzustellen. Da unmittelbar nach der Operation keine gehaltenen Röntgenaufnahmen angefertigt werden, intraoperativ durch die HKB-Plastik die HSL maximal reduziert und der *step off* klinisch wiederhergestellt wird, wird zum Operationszeitpunkt von einer HSL von 0 mm ausgegangen. Zum Untersuchungszeitpunkt drei Monate postoperativ beträgt die HSL im Gesamtkollektiv 6,2 mm.

Die Zunahme der HSL von $6,2 \text{ mm} \pm 3,7 \text{ mm}$ drei Monate postoperativ auf $8,0 \text{ mm} \pm 3,0 \text{ mm}$ 24 Monate postoperativ um 1,8 mm ist signifikant ($p = 0,003$).

Zwischen dem dritten und sechsten Monat postoperativ nimmt die HSL um 0,6 mm, in den folgenden sechs Monaten um 0,4 mm und im Zeitraum ein bis zwei Jahre postoperativ um durchschnittlich 0,8 mm zu (Abb. 13).

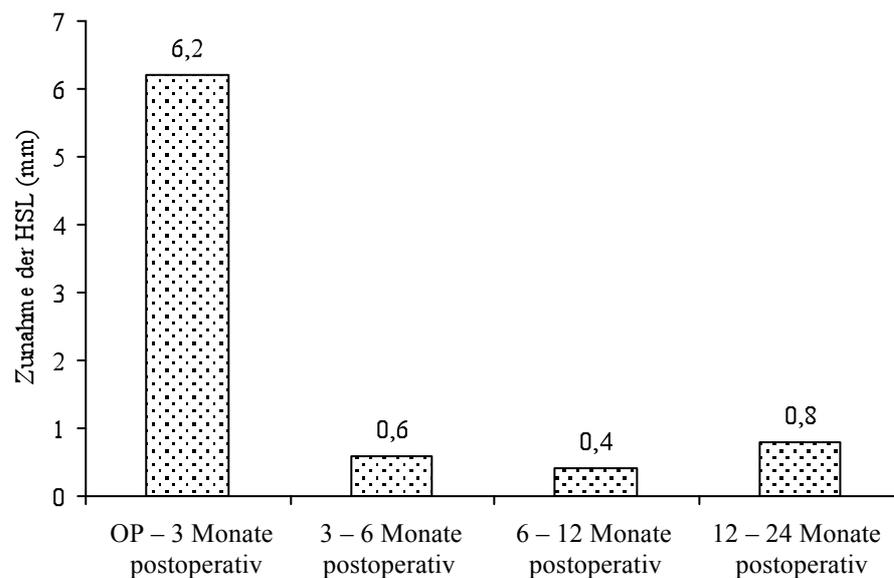


Abbildung 13: Zunahme der HSL zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten.

3.2.2 Radiologisch bestimmte hintere Schublade: Versagerausschluss

Abbildung 14 stellt die radiologisch ermittelte HSL bei den primär als erfolgreich bewerteten HKB-Rekonstruktionen dar (postoperative Reduktion der HSL > 50%; n=61).

Die HSL beträgt präoperativ $13,8 \text{ mm} \pm 3,4 \text{ mm}$. Durch die HKB-Rekonstruktion wird eine Minderung der HSL auf $5,7 \text{ mm} \pm 1,7 \text{ mm}$ 24 Monate postoperativ erzielt. Dieses entspricht einer Reduktion der HSL um 59 %.

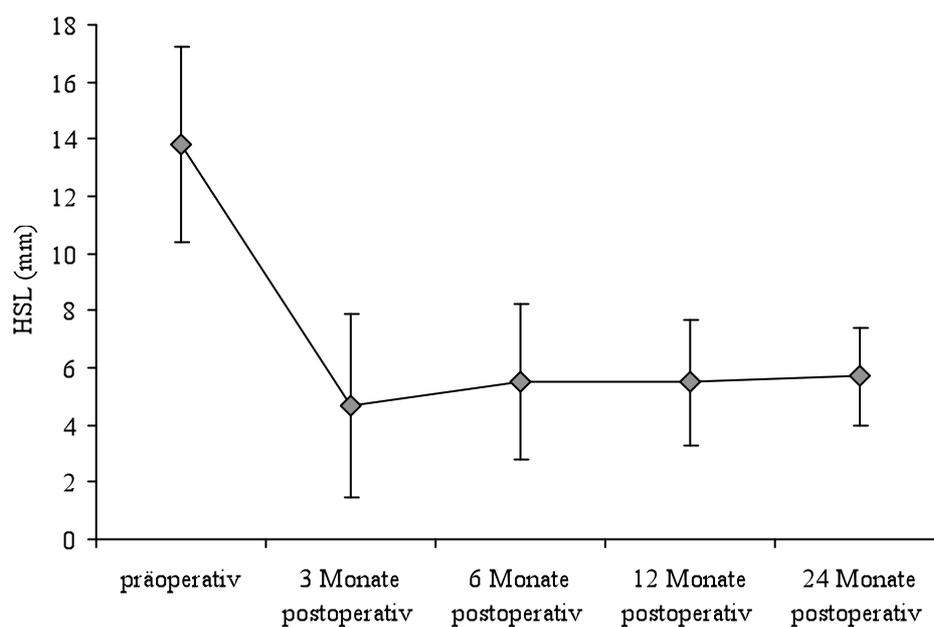


Abbildung 12: HSL präoperativ bis 24 Monate postoperativ bei HKB-Rekonstruktionen mit Reduktion der HSL > 50 % (n=61).

3.3 Kniefunktion bewertet nach IKDC-Vorgaben

Präoperativ liegt bei sämtlichen Patienten entweder IKDC-Score „C“ oder „D“ vor. Die IKDC-Scores „A“ und „B“ treten nicht auf, da in diesen Fällen keine Operationsindikation besteht. Ein IKDC-Score wird nicht vergeben, wenn das kontralaterale Kniegelenk aufgrund von Verletzungen oder Zustand nach Operationen am Bandapparat nicht zum Seitenvergleich herangezogen werden kann (n=14).

Abbildung 15 zeigt die Verteilung der prä- und postoperativ erzielten IKDC-Scores im Vergleich. Nach durchgeführter Bandplastik liegt bei 51 der 120 Patienten mit präoperativ erzielttem Score „C“ oder „D“, ein verbesserter Score „A“ oder „B“ vor. Bei 52 Patienten liegt auch postoperativ noch ein IKDC-Score „C“ vor. Durch den operativen Bandersatz hat sich die Häufigkeit des vergebenen IKDC-Scores „D“ von 92 auf 3 vermindert.

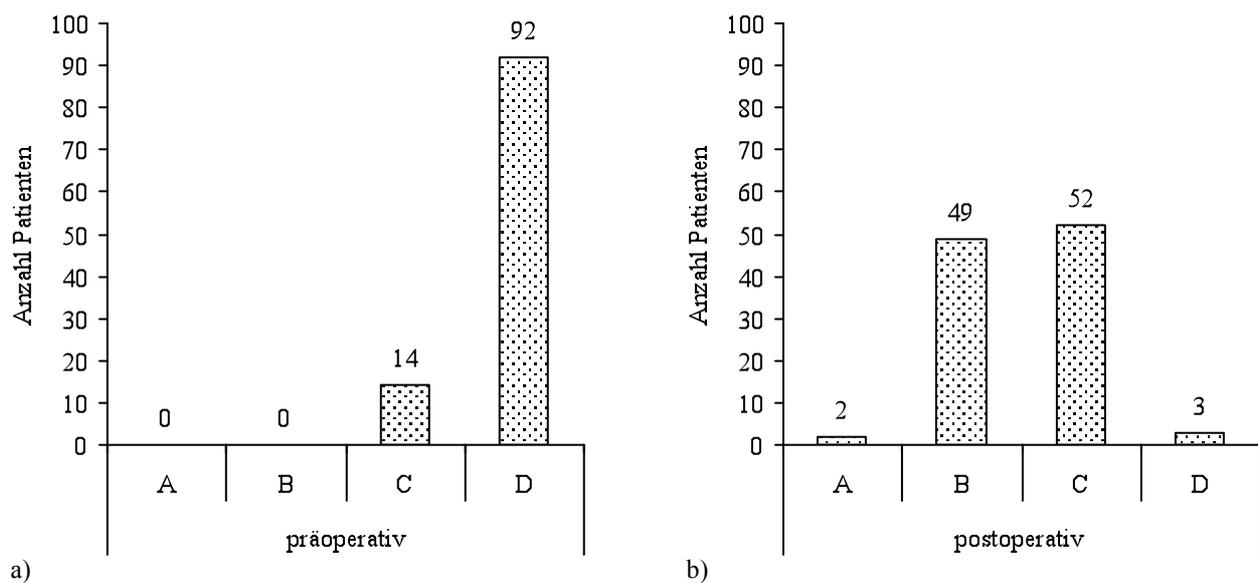


Abbildung 15: a) Verteilung der IKDC-Scores präoperativ; b) Verteilung der IKDC-Scores postoperativ.

Bei insgesamt 53 der 120 Patienten hat sich postoperativ der IKDC-Score um ein Level verbessert, 41 Patienten erzielen eine Verbesserung um zwei Levels und bei zwei Patienten liegt eine Steigerung des Scores um drei Levels vor. In zehn Fällen wurde präoperativ derselbe Score erzielt wie postoperativ. 14 Patienten ist kein IKDC-Score zuzuordnen (s.o.).

3.4 Allograft-HKB-Ersatz versus Autograft-HKB-Ersatz

Bei 29 der 120 untersuchten Patienten wurde der HKB-Ersatz unter Verwendung von allogenen Transplantatmaterial durchgeführt. Die Untersuchungsergebnisse wurden denen eines Vergleichskollektivs aus der Gesamtheit der Autograft-HKB-Rekonstruktionen in einer *matched group*-Analyse gegenübergestellt. Die Vergleichsgruppe unterscheidet sich in anderen Parametern nicht wesentlich von der Allograftgruppe (Tab. 10).

Matching-Parameter sind: Geschlecht, Alter, Ausmaß der präoperativen hinteren Schublade und Begleitverletzungen.

Das Durchschnittsalter zum Operationszeitpunkt beträgt in der Allograftgruppe $30,2 \pm 10,0$ Jahre (16–49 Jahre) und in der Autograftgruppe $30,6 \pm 10,1$ Jahre (15–52 Jahre).

Bei 25 Paaren liegen Untersuchungsergebnisse bis 24 Monate postoperativ, bei 4 Paaren Untersuchungsergebnisse bis 12 Monate postoperativ vor.

Tabelle 10: Gegenüberstellung der Eigenschaften von Allo- und Autograftgruppe.

Variable	Allograft (n=29)	Autograft (n=29)
Geschlecht:		
männlich	25	25
weiblich	4	4
Rekonstruierte Bänder:		
HKB+PLS	20	23
HKB+VKB+PLS	7	3
HKB+VKB	0	1
HKB	2	2
Transplantat HKB:		
Semitendinosus/Gracilis	1	29
Quadrizepssehne	11	
Tibialis anterior	9	
Achillessehne	5	
Patellarsehne	1	
Tibialis posterior/Gracilis	1	
Tibialis anterior/Gracilis	1	

3.4.1 Allograft versus Autograft: Reduktion der hinteren Schublade

Präoperativ zeigt sich mit $14,8 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$ bei der Allograftgruppe gegenüber $14,6 \text{ mm} \pm 2,8 \text{ mm}$ bei der Autograftgruppe keine signifikant unterschiedliche hintere Schublade ($p = 0,987$).

24 Monate postoperativ beträgt die HSL in der Allograftgruppe $9,4 \text{ mm} \pm 3,1 \text{ mm}$, in der Autograft-Gruppe $7,0 \text{ mm} \pm 2,4 \text{ mm}$ (Abb. 16).

Die postoperativ gemessene HSL in der Allograftgruppe ist signifikant größer als die der Autograftgruppe ($p = 0,002$).

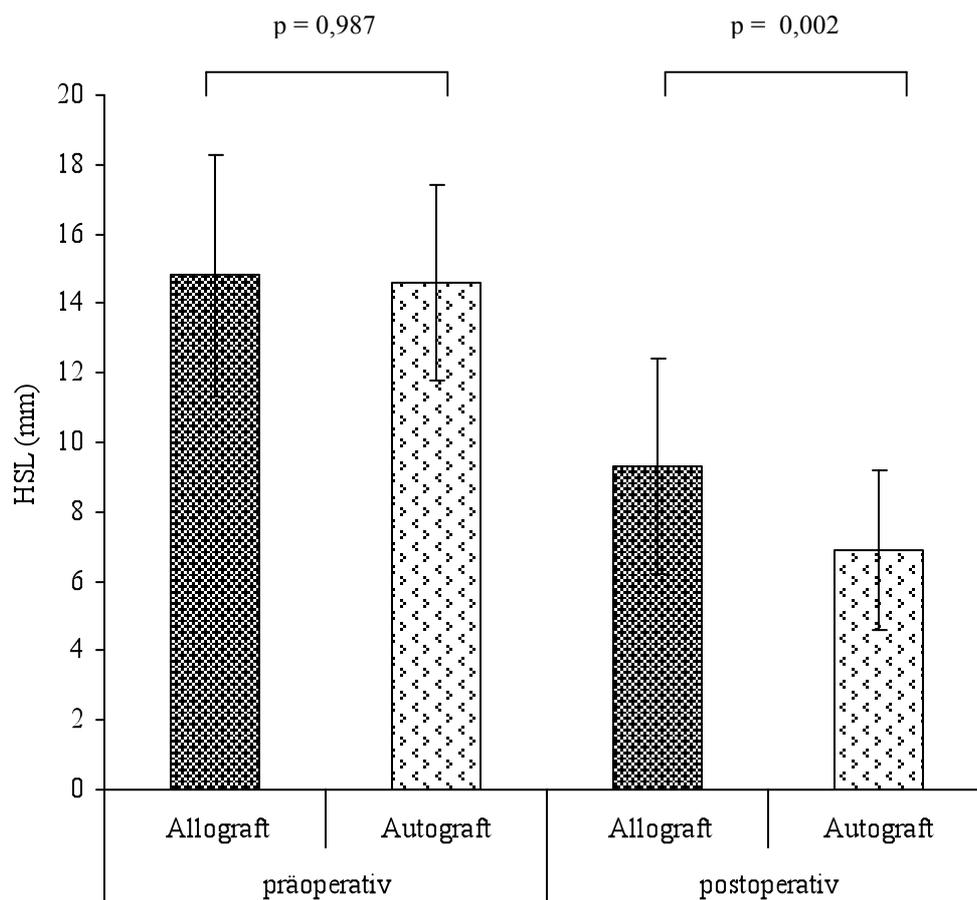


Abbildung 16: prä- und postoperative HSL bei Allografts und Autografts.

In der Allograftgruppe liegt eine Reduktion der HSL um 36 % und in der Autograftgruppe eine Reduktion um 52% vor.

Durch den HKB-Ersatz beträgt die Differenz (HSL präoperativ) – (HSL postoperativ) in der Allograftgruppe $5,4 \pm 4,1$ mm und in der Autograftgruppe $7,7 \pm 2,4$ mm ($p = 0,021$; Abb. 17).

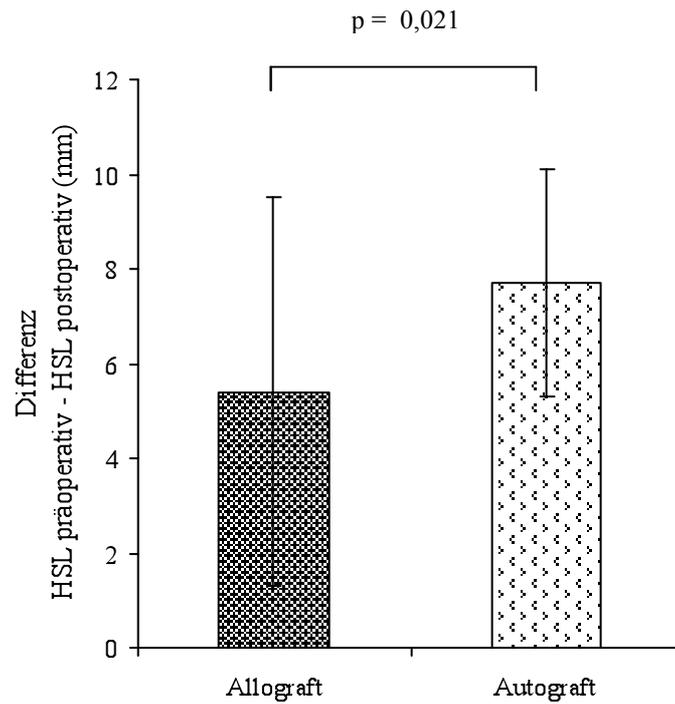


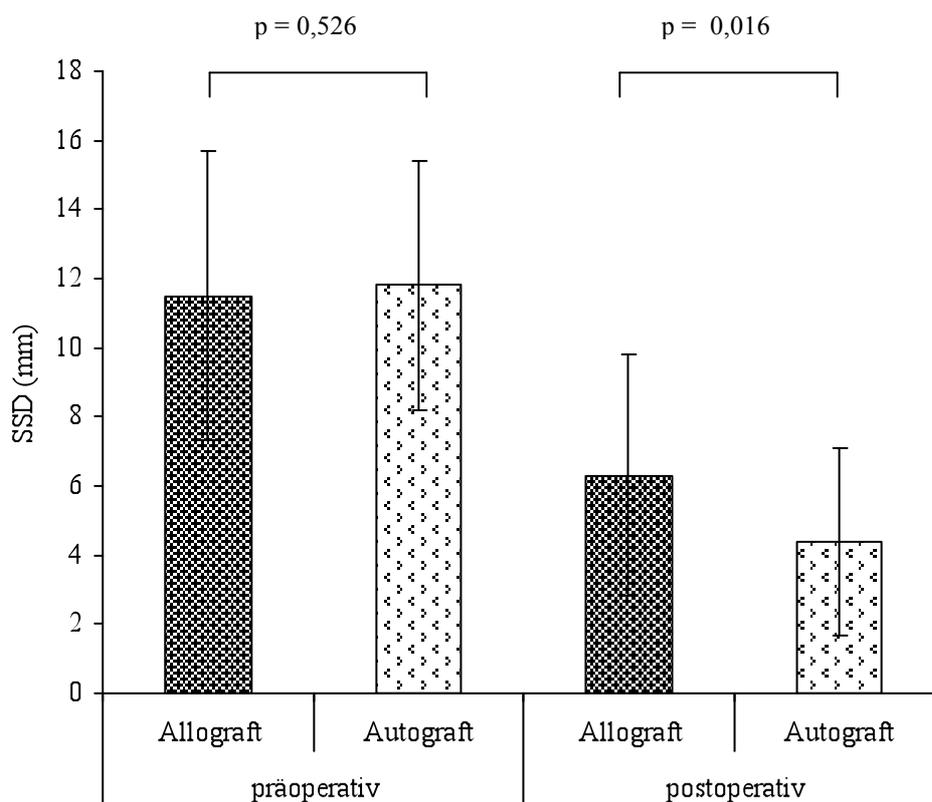
Abbildung 17: Differenz der ermittelten HSL präoperativ und postoperativ bei Allografts und Autografts.

3.4.2 Allograft versus Autograft: Reduktion der Seit-zu-Seit-Differenz

Präoperativ ist die Seit-zu-Seit-Differenz in der Allograft- und Autograftgruppe nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0,526$).

In der Allograftgruppe liegt postoperativ eine Reduktion der Seit-zu-Seit-Differenz der radiologisch bestimmten HSL von $11,5 \text{ mm} \pm 4,2 \text{ mm}$ auf $6,3 \text{ mm} \pm 3,5 \text{ mm}$ vor. Die Seit-zu-Seit-Differenz in der Autograftgruppe beträgt präoperativ $11,8 \text{ mm} \pm 3,6 \text{ mm}$, postoperativ $4,4 \text{ mm} \pm 2,7 \text{ mm}$.

In Hinsicht auf die Seit-zu-Seit-Differenz bei der HKB-Rekonstruktion mittels autogenem Transplantatmaterial liegen bessere Ergebnisse vor (s. Abb. 18): die postoperativ bestimmte Seit-zu-Seit-Differenz ist in der Allograftgruppe signifikant größer als in der Autograftgruppe ($p = 0,016$).



3.4.3 Allograft versus Autograft: Hintere Schublade im postoperativen Verlauf

Gehaltene Röntgenaufnahmen wurden bei sämtlichen Patienten mehrfach bis 24 Monate postoperativ angefertigt (Tab. 8). Abbildung 19 veranschaulicht die radiologisch ermittelte Schublade im Verlauf bei Vergleich von allogenen und autogenem Transplantatmaterial.

Da in allen Fällen die selbe Operationstechnik angewendet wurde, wird für das Ausmaß der intraoperativ vorliegenden HSL von einem identischen Wert für beide Gruppen ausgegangen. Intra- oder unmittelbar postoperativ erfolgt jedoch keine radiologische Untersuchung, die das klinische Vorliegen einer Neutralstellung (HSL 0 mm) objektiviert.

Nach drei Monaten liegt in der Allograftgruppe eine größere HSL vor als in der Autograftgruppe (7,8 mm gegenüber 5,3 mm).

Im Verlauf bis 24 Monate postoperativ kommt es in beiden Gruppen zu einer Zunahme der HSL. Zum Zeitpunkt 24 Monate postoperativ beträgt die durchschnittliche HSL in der Allograftgruppe 9,4 mm und in der Autograftgruppe 7,0 mm.

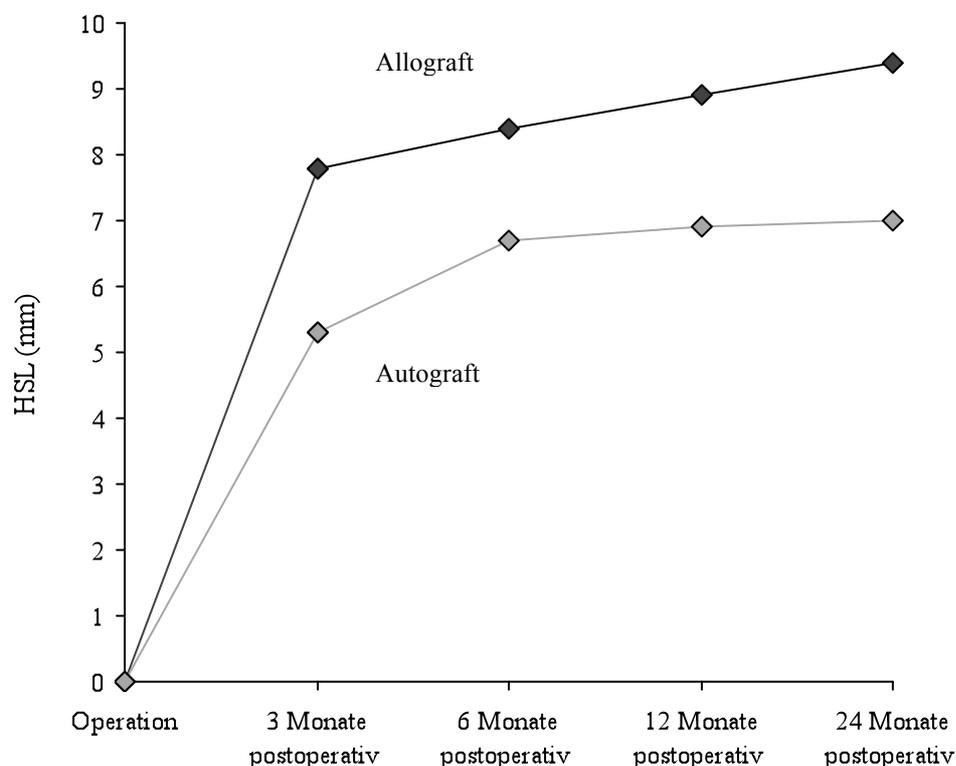


Abbildung 19: Zunahme der HSL bei Allograft- und Autografttransplantation im postoperativen Verlauf.

Drei Monate postoperativ liegt in der Allograftgruppe eine HSL von $7,8 \pm 4,3$ mm und in der Autograftgruppe eine HSL von $5,3 \pm 3,0$ mm vor (signifikant größere Zunahme in der Allograftgruppe; $p = 0,041$). In beiden Gruppen nimmt die HSL weiter zu. Die Differenz der ermittelten HSL 3 Monate postoperativ bis 24 Monate postoperativ beträgt in der Allograftgruppe $1,2 \pm 2,9$ mm und in der Autograftgruppe $1,5 \pm 2,5$ mm. Im Zeitraum 3 bis 24 Monate postoperativ unterscheidet sich damit die Zunahme der hinteren Schublade in den beiden Gruppen nicht signifikant ($p = 0,794$; Abb. 20).

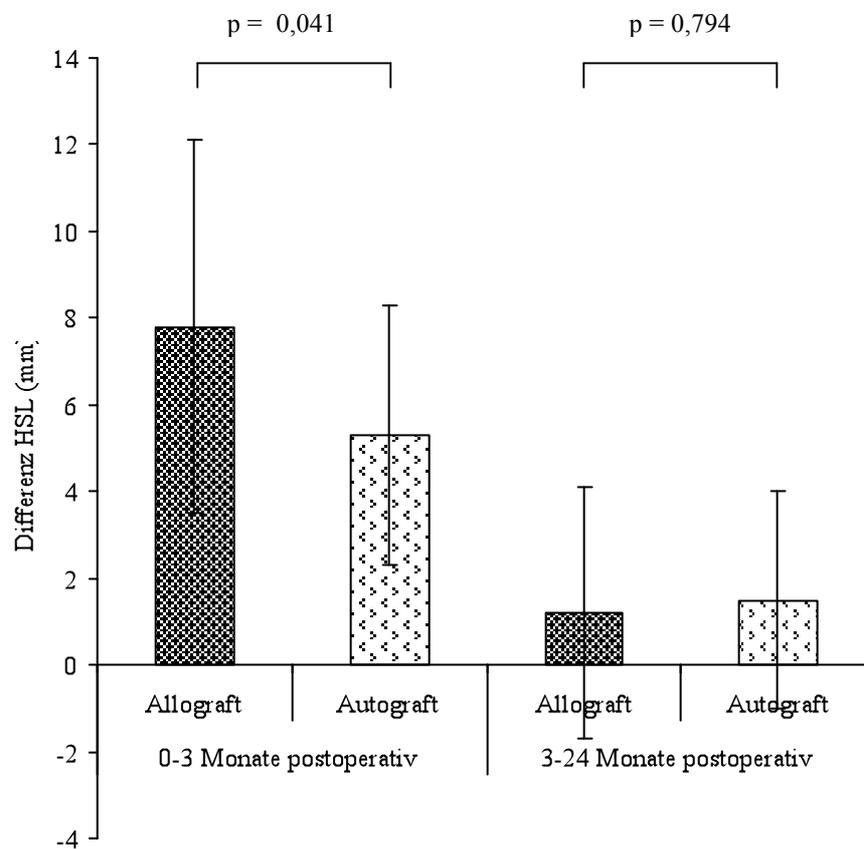


Abbildung 20: Zunahme der HSL zwischen den Untersuchungszeitpunkten 0 und 3 Monate postoperativ sowie 3 und 24 Monate postoperativ (Δ HSL in mm) bei Allograft- und Autografttransplantation.

3.4.4 Allograft versus Autograft: funktioneller Zustand nach IKDC-Vorgaben

Die Abbildungen 21 und 22 veranschaulichen die Verteilung der prä- und postoperativ vergebenen IKDC-Scores bei Patienten mit Allograft- und Autografttransplantaten.

Ein IKDC-Score wird nicht vergeben, wenn das kontralaterale Kniegelenk aufgrund von Verletzungen oder Zustand nach Operationen am Bandapparat nicht zum Seitenvergleich zur Verfügung steht.

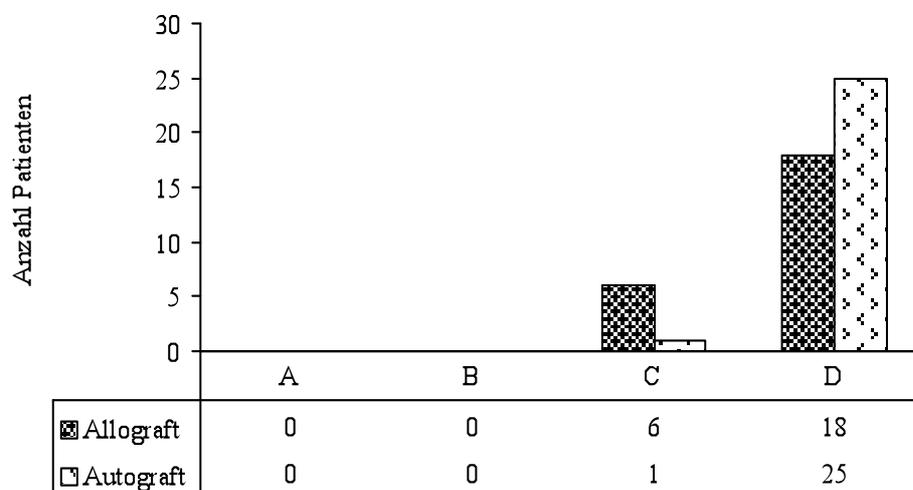


Abbildung 21: Präoperativer IKDC-Score von 29 Patienten mit Allograft-HKB-Transplantat gegenüber 29 Patienten mit Autograft-HKB-Transplantat.

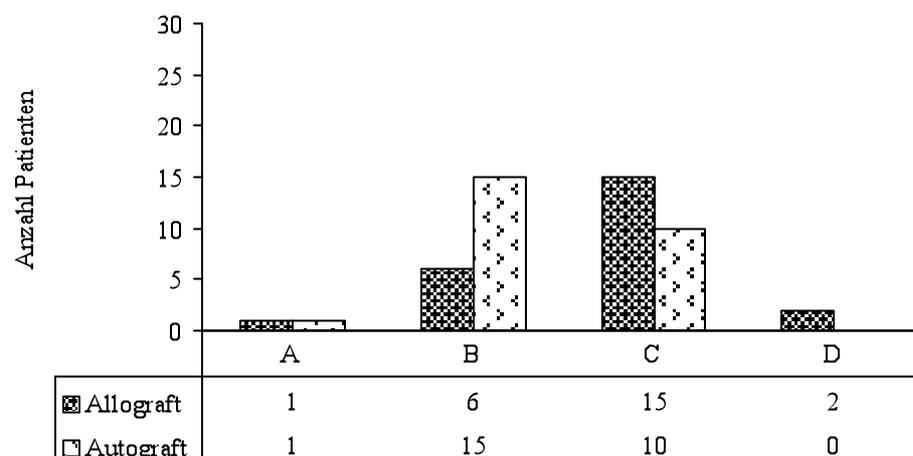


Abbildung 22: Postoperativer IKDC-Score von 29 Patienten mit Allograft-HKB-Transplantat gegenüber 29 Patienten mit Autograft-HKB-Transplantat.

Die Häufigkeiten der postoperativ vergebenen Scores „A und B“ und „C und D“ bei Allografts und Autografts unterscheiden sich signifikant ($p = 0,02$).

Postoperativ werden von Patienten der Autograftgruppe mehr „B-Scores“ erzielt als in der Allograftgruppe. Zwar kann auch in der Allograftgruppe bei 16 von 18 Patienten mit präoperativem Score „D“ postoperativ eine Verbesserung festgestellt werden, jedoch erzielen nur sieben Patienten mit allogenen Transplantat gegenüber 16 Patienten mit autogenem Transplantat einen Score „B“ oder Score „A“ (Abb.22).

In der Autograftgruppe erzielen sämtliche Patienten postoperativ einen besseren IKDC-Score als präoperativ. In der Allograftgruppe verbessert sich der Score bei 6 Patienten nicht. In der Autograftgruppe erzielen mehr Patienten eine Verbesserung um zwei oder drei Score-Levels als Patienten der Allograftgruppe ($p = 0,016$), (Tab. 11).

Tabelle 11: Verbesserung des präoperativen IKDC-Scores. „1“: Verbesserung um 1 Score-Level, z.B. von „D“ präoperativ auf „C“ postoperativ. X: kein IKDC-Score vergeben.

Verbesserung	Allograft	Autograft
Keine	6	0
1	13	12
2	4	13
3	1	1
X	5	3

4 Diskussion

Bei der HKB-Ruptur handelt es sich um eine Verletzung des Kniebandapparates, deren korrekte Diagnose und Therapie sich oft problematisch gestaltet [1]. Das unfallchirurgische und orthopädische Interesse galt lange hauptsächlich der Behandlung der VKB-Ruptur. Rekonstruktionen des HKB werden nach wie vor nur in wenigen Zentren routinemäßig durchgeführt.

Die Operationstechnik wurde dabei in den letzten Jahren bis zum arthroskopisch assistierten HKB-Ersatz verfeinert. Erkenntnisse konnten zunehmend aus der klinischen Erfahrung mit Patienten nach erfolgtem HKB-Ersatz in unterschiedlichster Technik gewonnen werden [44, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61].

Gegenstand dieser Arbeit ist die Auswertung und die Beurteilung der Operationsergebnisse nach arthroskopisch assistiertem HKB-Ersatz. Im Einzelnen wurde untersucht, in welchem Ausmaß die präoperativ bestehende hintere Schublade durch einen HKB-Ersatz reduziert werden kann, ob sich das Operationsergebnis in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial (allogen oder autogen) unterscheidet und wie sich der funktionelle Zustand des operierten Kniegelenkes ändert.

Nach Festlegung der Ein- und Ausschlusskriterien liegen letztlich Untersuchungsergebnisse von 120 Patienten vor, die in die Auswertung einbezogen werden.

Es konnte gezeigt werden, dass durch eine HKB-Plastik die radiologisch gemessene HSL um etwa 50 % reduziert werden kann und zu einer verbesserten Kniefunktion nach IKDC-Score führt. In den ersten zwei Jahren postoperativ kommt es zu einer vom Patienten meist unbemerkten, in der klinischen und radiologischen Untersuchung jedoch feststellbaren Wiederrückbildung der HSL. Die Untersuchungsergebnisse der Patienten, bei denen allogenes Transplantatmaterial anstelle von körpereigenen Sehnen verwendet wurde, sind sowohl klinisch als auch radiologisch schlechter ausgefallen als in der Vergleichsgruppe.

4.1 Radiologisch ermittelte hintere Schublade

Gehaltene Röntgenaufnahmen mit dem Telos-Haltegerät stellen das Diagnostikum der Wahl zur Quantifizierung einer dorsalen Subluxation des Tibiakopfes bei einer HKB-Insuffizienz dar [30]. Eine Differenzierung der Art der kombinierten HKB-Verletzungen dieser Untersuchungsmethode nicht möglich. Wird jedoch eine HSL von mehr als 12 mm ermittelt, ist davon auszugehen, dass eine kombinierte HKB-Läsion vorliegt [20, 26].

Bezüglich der Bestimmung des exakten Ausmaßes der HSL wird die radiologische Untersuchung mit gehaltenen Aufnahmen der klinischen Untersuchung als überlegen angesehen [30, 33, 34]. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Ergebnisse durch eine aktive Muskelanspannung bei Schmerzzuständen verfälscht werden können [30].

Im untersuchten Patientenkollektiv (n=120) wurde 24 Monate nach durchgeführter HKB-Plastik eine durchschnittliche Reduktion der HSL von 13,7 mm auf 8,0 mm festgestellt. Die Seit-zu-Seit-Differenz konnte um mehr als 50% von 11,0 mm auf 4,8 mm reduziert werden.

Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Studien ist eingeschränkt möglich. Es liegen nur wenige Studien vor, in denen zur Beurteilung des Operationsergebnisses nach HKB-Ersatz die hintere Schublade radiologisch bestimmt wurde [44, 53, 57, 58, 60, 62, 63, 64, 65].

Zur Anwendung kamen unterschiedliche Operationstechniken (Doppelbündeltechnik [65], tibiale Fixation in offener *tibial inlay*-Technik [64], offene Technik [62]).

Unterschiede bestehen außerdem bei der Auswahl des Transplantatmaterials (autogene Hamstringsehnen [44, 53], autogenes BPTB-Transplantat [64, 65], allogene Achillessehne [53, 57, 58], allogenes BPTB-Transplantat [64], Quadrizepssehne [62]).

Zudem unterscheidet sich das Verletzungsspektrum (isolierter HKB-Ersatz [53, 65], komplexe Rekonstruktion [44, 57, 58, 60, 64]).

Es liegen geringe Fallzahlen von 15 [60, 65] bis höchstens 41 [58, 64] Patienten vor.

Den Ergebnissen unserer Studie stehen aktuell vier vergleichbare Studien gegenüber (arthroskopisch assistierter HKB-Ersatz, kombinierte Bandverletzung, radiologische Bestimmung der hinteren Schublade):

Mariani et al. [60] führten bei 15 Patienten einen einzeitigen Ersatz von vorderem und hinterem Kreuzband mit autogenen BPTB- und Hamstringtransplantaten durch; postoperativ bestand bezüglich der posterioren Translation eine Seitendifferenz von 5,8 mm.

Fanelli et al. [57] konnten bei 35 Patienten nach Knieluxation den *step off* in 46 % wiederherstellen und die hintere Schublade normalisieren (SSD bei 52 % zwischen 0 und 3 mm; allogenes HKB Transplantat Achillessehne).

Strobel et al. [44] führten bei 17 Patienten einen einzeitigen HKB/VKB-Ersatz und eine posterolaterale Stabilisierung mit autogenen Hamstringsehnen durch und reduzierten die radiologisch ermittelte HSL von 15,06 mm auf 7,12 mm.

Bei den 21 von Becker et al. [63] operierten Patienten wurde die Seit-zu-Seit-Differenz von 9,5 mm präoperativ auf 4,1 mm postoperativ vermindert (autogenes Hamstring- oder BPTB-Transplantat).

Die Ergebnisse der genannten Arbeitsgruppen und unserer Studie bezüglich der Reduktion der HSL unterscheiden sich also nicht wesentlich: eine um 50% reduzierte Schublade und Seit-zu-Seit-Differenz ist ein realistisches Operationsergebnis und wird nach ISAKOS-Konsens (Florenz 2002) als erfolgreiche Rekonstruktion gewertet.

Betrachtet man die 61 Patienten unserer Studie, bei denen die HSL um mehr als 50% reduziert wurde, so fällt auf, dass sich darunter viele junge Patienten unter 30 Jahren befinden (Durchschnittsalter 26,4 Jahre im Vergleich zu 29,6 Jahren im Gesamtkollektiv). Im Unterschied zum Gesamtkollektiv, welches 25 % weibliche Patienten umfasst, liegt der Frauenanteil in dieser Gruppe höher mit etwa 30 %. Studien zum Operationsergebnis nach HKB-Ersatz in Abhängigkeit vom Geschlecht liegen nicht vor. Hingegen konnten nach VKB-Ersatz keine signifikanten Unterschiede bezüglich Stabilitätsgewinn, funktionellem Ergebnis und Komplikationsrate in Abhängigkeit vom Geschlecht festgestellt werden [66, 67].

In der Gruppe der Patienten, die mit einem allogenen HKB-Transplantat versorgt wurden, konnte 24 Monate postoperativ lediglich eine Reduzierung der HSL um 36 % festgestellt werden. Auffällig dabei ist, dass bei präoperativen Ausgangswerten von 14,8 mm in der Allograftgruppe und 14,6 mm in der Kontrollgruppe bereits zum ersten Nachuntersuchungszeitpunkt 3 Monate postoperativ eine durchschnittliche HSL von 7,8 mm gegenüber 5,3 mm in der Vergleichsgruppe gemessen wurde. Eine ausführliche Diskussion dieser Ergebnisse folgt unter 4.3.

4.2 Zunahme der hinteren Schublade im postoperativen Verlauf

In der vorliegenden Untersuchung zeigt sich eine signifikante Zunahme der HSL im postoperativen Verlauf. Es liegen keine Veröffentlichungen vor, in denen die HSL mehrfach in den ersten 2 Jahren postoperativ bestimmt wurde.

Fraglich ist, ob zum Operationszeitpunkt tatsächlich eine Neutralstellung der Tibia zum Femur hergestellt werden kann. Intraoperativ erfolgt die Fixierung des Transplantates durch den Operateur unter manueller Reposition (Kontrolle des *step off*) mit gleichzeitigem maximalen vorderen Schubladendruck in 80° Knieflexion durch den Assistenten. Im Operationssaal erfolgt keine radiologische Kontrolle. Das Bein wird nach Fixierung des Transplantates ständig mit dorsaler tibialer Unterstützung zur Entlastung des HKB-Transplantates und der posterolateralen Struktu-

ren gelagert. Unmittelbar postoperativ wird die PTS-Schiene angelegt und für sechs Wochen 24 Stunden am Tag getragen.

Geht man davon aus, dass zum Zeitpunkt der Fixierung des HKB-Transplantates tatsächlich eine HSL von 0 mm besteht, kann den Untersuchungsergebnissen entnommen werden, dass es bei sämtlichen Patienten innerhalb der ersten drei Monate postoperativ zu einem Auslockern des Transplantates oder einer Transplantatelongation von mehr als 6 mm, bzw. fast 8 mm in der Allograft-Gruppe kommt. Die biomechanischen und histologischen Studien zur Transplantateinheilung (Sehne-zu-Knochen) im Tierversuch zeigen, dass sich zur Transplantatverankerung acht bis 12 Wochen postoperativ Kollagenfasern ausbilden, die Sharpeyfasern ähnlich sind [68]. In Hinblick auf das Transplantatremodeling kann festgestellt werden, dass in der frühen postoperativen Phase bis etwa 6 Wochen postoperativ durch zunehmenden Zelluntergang die mechanische Stärke des Transplantates zunächst abnimmt [69]. Um in dieser frühen postoperativen Phase die auf das Transplantat einwirkenden Kräfte so gering wie möglich zu halten, ist das konsequente Tragen der PTS-Schiene postoperativ unabdingbar.

Im Zeitraum drei bis sechs Monate postoperativ ist hingegen nur eine Zunahme der hinteren Schublade um 0,8 mm festzustellen. Die Orthesenbehandlung ist zu diesem Zeitpunkt abgeschlossen und die Beugung wird freigegeben. Bis ein Jahr postoperativ kommt es lediglich zu einer weiteren geringen Zunahme der HSL um 0,2 mm. In diesem Zeitraum besteht keine Flexionseinschränkung mehr und die Patienten erlangen ein normales Gangbild. Ab dem 9. postoperativen Monat darf bei Schmerzfreiheit, guter Koordination und stabilem Knie eine allmähliche Wiederaufnahme der sportlichen Aktivitäten erfolgen. Im Zeitraum 12 bis 24 Monate postoperativ haben wir eine Zunahme der hinteren Schublade um 0,3 bis 0,8 mm festgestellt. Meist berichteten Patienten in dieser Phase von einer normalen, schmerzarmen Kniefunktion im Alltag.

Die beschriebene Zunahme der HSL hat keinen Einfluss auf das subjektive Stabilitätsgefühl des Patienten. Oft besteht bei der Nachuntersuchung eine deutliche Diskrepanz zwischen der klinischen Untersuchung der hinteren Schublade und der radiologischen Untersuchung, bei der größere hintere Schublade werte als erwartet gemessen werden.

Es ist anzunehmen, dass neben den o.g. Einheilungs- und Remodelingprozessen die posttraumatischen Heilungs- und Anpassungsvorgänge der Gelenkkapsel und Umgebungsstrukturen eine Rolle spielen. So verändert sich mit der Subluxationsstellung im Kniegelenk auch die relative Lage der Weichteile während des posttraumatischen Heilungsprozesses zueinander, so dass teilweise über Monate und Jahre bestehende Narbenbildungen, Adhäsionen und eine verkürzte

Muskulatur einem optimalen Repositionsergebnis zum Operationszeitpunkt entgegenwirken. Somit ist die konsequente präoperative Orthesenbehandlung sowie intensive physiotherapeutische Behandlung zur Aufdehnung der Muskulatur unverzichtbar und sollte nach Möglichkeit bis zum Operationszeitpunkt über mehrere Wochen durchgeführt werden.

Bei stetigen Fortschritten in der Weiterentwicklung von OP-Techniken muss demnach das Augenmerk auch auf die funktionelle Vor- und Nachbehandlung des Kniegelenkes und deren Bedeutung für das Operationsergebnis gelegt werden. Im angloamerikanischen Raum erfolgt meist eine aggressivere Nachbehandlung als sie die Patienten dieser Studie erhalten haben. Jedoch scheint sich auch dort ein Wandel hin zur Durchführung von vorsichtigeren, individuell abgestimmten Rehabilitationsmaßnahmen anzudeuten [70].

4.3 Allograft versus Autograft

Trotz weniger das Transplantatmaterial vergleichender Studien erfreut sich die Verwendung von allogenem Transplantatmaterial in der Kreuzbandchirurgie in den letzten Jahren steigender Beliebtheit. So werden in den USA aktuell bei 20 % aller VKB-Rekonstruktionen Allografts verwendet [71]. Als Vorteile werden die Abnahme der postoperativen Morbidität durch die Sehnenentnahme, eine Steigerung des Transplantatdurchmessers durch zusätzlich vorhandenes Material, sowie eine verkürzte Operationsdauer und schnellere Rehabilitation genannt [40, 71]. Klinische Studien zeigen zufriedenstellende Ergebnisse nach HKB-Ersatz sowohl bei Verwendung von Allografts als auch von Autografts, ohne dass eine nach Transplantatmaterial getrennte Auswertung bzw. ein autogenes oder allogenes Vergleichskollektiv vorliegt [44, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 65, 72]. Vielmehr scheint die Transplantatwahl je nach Transplantatverfügbarkeit und Vorliebe des Operateurs zu erfolgen.

Bei 29 der von uns untersuchten Patienten wurde ein primärer Ersatz des HKB unter Verwendung von allogenem Transplantatmaterial durchgeführt. Bei diesen Patienten wurden ausschließlich nicht sterilisierte *fresh frozen* Allografts verwendet. Es handelt sich dabei um aus der klinik-eigenen Gewebekbank stammendes Gewebe, das unmittelbar nach der sterilen Entnahme beim Organspender eingefroren wurde. Die Lagerung von *fresh frozen* Allografts mindert zwar die Zellvitalität, jedoch ist die Einheilung der Allografts durch das Einwandern von Empfängerzellen gewährleistet [71, 73]. Die Operationstechnik und Nachbehandlung unterscheiden sich nicht vom Vorgehen in der Autograft-Vergleichsgruppe.

War die radiologisch ermittelte HSL präoperativ nicht signifikant unterschiedlich (Allograft 14,8 mm gegenüber Autograft 14,6 mm), wurde postoperativ in der Allograft-Gruppe eine signifikant größere hintere Schublade ermittelt (Allograft 9,4 mm gegenüber Autograft 7,0 mm).

Bezüglich der *matching*-Parameter Geschlecht, Alter und präoperativ radiologisch ermittelter Schublade unterscheiden sich die Gruppen nicht. Es ist jedoch anzumerken, dass in der Allograftgruppe vier von sieben Patienten mit einzeitiger komplexer Rekonstruktion (HKB, VKB, und PLS) nur ein *matching*-Partner zuzuordnen war, bei dem eine weniger schwerwiegende Verletzung therapiert wurde (HKB und VKB oder HKB und PLS).

Bei den 29 Patienten, die einen HKB-Ersatz unter Verwendung von autogenem Transplantatmaterial erhielten und der Allograft-Gruppe zum Vergleich dienen, wurde 24 Monate postoperativ eine durchschnittliche HSL von 7,0 mm ermittelt, während im Gesamtkollektiv eine posteriore tibiale Translation von 8,0 mm und damit ein schlechteres Ergebnis bestimmt wurde. Eine mögliche Erklärung ist, dass sich unter den untersuchten 130 Patienten auch jene 29 Patienten befinden, die eine allogenes Transplantat erhalten haben.

Betrachtet man die postoperative Zunahme der HSL in der Allograft- gegenüber der Autograftgruppe, so kann festgestellt werden, dass zum Zeitpunkt drei Monate postoperativ in der Allograft-Gruppe eine hintere Schublade von 7,8 mm und in der Autograft-Gruppe eine HSL von nur 5,3 mm besteht. Es darf davon ausgegangen werden, dass bei identischem Operationsverfahren intraoperativ in beiden Gruppen eine Neutralposition der Tibia oder zumindestens eine nicht signifikant unterschiedliche Reduktion der präoperativ bestehenden HSL erzielt werden konnte.

Während in der Zeitspanne von der Operation bis drei Monate postoperativ eine signifikant größere Zunahme der HSL in der Allograft-Gruppe zu beobachten ist, entwickelt sich die Zunahme der HSL bis 24 Monate postoperativ in beiden Gruppen nahezu parallel: die Zunahme der HSL im Zeitraum drei bis sechs Monate postoperativ beträgt in der Allograft-Gruppe 0,7 mm und in der Autograft-Gruppe 1,0 mm. Im Zeitraum sechs bis zwölf Monate postoperativ kommt es zu einer Zunahme der HSL um 0,4 mm in beiden Gruppen. Zwölf bis 24 Monate postoperativ ist in der Autograft-Gruppe keine Zunahme der HSL zu vermerken, in der Allograft-Gruppe eine Zunahme um 0,5 mm.

Somit konnte gezeigt werden, dass bezüglich des anterior-posterioren Stabilitätsgewinns durch die HKB-Ersatzplastik Unterschiede in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial insbesondere in den ersten 3 Monaten postoperativ festzustellen sind.

Betrachtet man die wenigen bisher veröffentlichten klinischen Studien, in denen die Operationsergebnisse von HKB-Rekonstruktionen mit Allografts denen von Rekonstruktionen mit Autografts gegenübergestellt werden, lässt sich kein einfacher Vergleich mit der vorliegenden Studie ziehen.

Ahn et al. [53] führten Messungen mit dem Telos-Haltegerät durch. Bei einer Gruppengröße von je 18 Patienten (Allograft: Achillessehne, Autograft: vierfach Hamstringsehne) fanden sich weder bei der Telos-Messung noch beim IKDC-Score signifikante Unterschiede. In der Autograft-Gruppe wurde jedoch ein signifikant höherer Wert beim Lysholm-Score erzielt.

Auch in der *tibial inlay*-Studie von Cooper et al. [64] bestand bei der postoperativen Telos-Messung kein signifikanter Unterschied zwischen HKB-Rekonstruktionen mit Allograft (n=25; BPTB) und Autograft (n=16; BPTB).

Wang et al. [61] operierten 16 Patienten mit allogener Achillessehne und sieben Patienten mit allogenen Tibialis-anterior-Transplantat und verglichen die funktionellen Scores mit denen von 32 Patienten mit autogenen Quadrizeps- oder Hamstringsehnen. Auch in diesem Patientengut konnte im Gegensatz zu den Untersuchungsergebnissen unserer Studie kein signifikanter Unterschied bei IKDC-, Tegner- oder Lysholm-Score in Abhängigkeit vom Transplantatmaterial festgestellt werden.

In der Studie von Fanelli et al. [74] werden ebenfalls weder signifikante Unterschiede bei der klinischen Untersuchung, noch bei Tegner- und Lysholm-Score zwischen Rekonstruktionen mit Allografts (n=15; Achillessehne) und Autografts (n=6; BPTB) beschrieben.

Bemerkt werden muss, dass in den Studien von Ahn und Wang nur Patienten mit einem isolierten HKB-Ersatz berücksichtigt wurden und bei Cooper mehrere Revisionsfälle eingeschlossen sind. Das Patientengut unterscheidet sich somit erheblich von demjenigen unserer Studie.

Es liegen jedoch vergleichsweise viele Studien vor, die die Unterschiede zwischen Allografts gegenüber Autografts beim VKB-Ersatz untersuchen. Prodromos et al. führten eine Metaanalyse der Daten zum VKB-Ersatz durch [75]. Dabei wurden die Ergebnisse von 20 Studien unter Verwendung von Allografts Untersuchungen mit gleichem Studiendesign gegenübergestellt, bei denen Autografts zur Verwendung kamen. VKB-Rekonstruktionen mit Allografts weisen demnach eine signifikant niedrigere Stabilität als Rekonstruktionen mit Autografts auf. Es traten bei Verwendung von Allografts dreimal mehr Transplantatinsuffizienzen auf.

Mehrere Ursachen können für die weniger guten Ergebnisse bei der Verwendung von Allografts, insbesondere in der frühen postoperativen Phase, in Erwägung gezogen werden.

In diesem Zusammenhang lassen sich Ergebnisse aus tierexperimentellen Untersuchungen zum VKB-Ersatz in die Diskussion miteinbeziehen. Die immunologische Antwort im Vergleich zur Transplantation von autogenem Material ist erhöht [76]. Obwohl es zu keinem Abstoßen des Transplantates kommt, wird das Einwandern von patienteneigenen Zellen gehemmt und dadurch das Transplantat geschwächt. Klinisch ist jedoch eine signifikante Immunreaktion auf allogene Sehnentransplantate nicht erfassbar, so dass der Gewebetypisierung und der postoperativen Gabe von Immunsuppressiva keine Bedeutung beigemessen wird [77].

Diverse tierexperimentelle Studien haben die besseren mechanischen und strukturellen Eigenschaften von autogenem gegenüber allogenen Gewebe festgestellt [76, 78, 79, 80]. Es zeigt sich ein verzögerter Remodelingprozess mit verlängerter Nekrose- und Revaskularisierungsphase im Vergleich zu autologem Gewebe. Mehrere Faktoren spielen eine Rolle: die oben beschriebenen immunologischen Eigenschaften [76], Schädigung des Gewebes durch Inaktivierungsmethoden wie Gammabestahlung [81], Einfrieren, chemische Behandlung mit Peressigsäure und Ethanol sowie subklinische Infektion [75]. Ein höheres Organspenderalter (> 65 Jahre) scheint sich hingegen nicht negativ auszuwirken [82, Tibialissehne, gammabestrahlt]. Bei den oben genannten experimentellen Studien wurden Transplantate mit Knochenblock verwendet. Scheffler et al. [83] konnten anhand histologischer und mechanischer Untersuchungen nach autogenem bzw. allogenen VKB-Ersatz mit knochenblockfreiem, *fresh frozen*, nicht sterilisiertem Transplantat am Schafmodell nachweisen, dass sich der Remodelingprozess in Abhängigkeit vom verwendeten Material in den ersten 12 Monaten unterscheidet. Das intraartikuläre Remodeling geht beim Allograft langsamer vonstatten als beim Autograft. Sechs Wochen postoperativ wurde bei den allogenen Transplantaten eine signifikant niedrigere Zellzahl und Vaskularisierung festgestellt als bei den autogenen Transplantaten. Ein Jahr postoperativ wiesen die Transplantate ähnliche Strukturmerkmale auf. Anhand biomechanischer Tests konnte in den ersten postoperativen Wochen kein Unterschied bezüglich der a-p-Translation festgestellt werden. Ein Jahr postoperativ wurden jedoch bessere Ergebnisse in der Autograftgruppe erzielt.

Als Hauptargumente für die routinemäßige Verwendung von Allografts werden die fehlende Entnahmestellenmorbidity, die kürzeren Operationszeiten, besser kalkulierbare Transplantate und gute funktionelle Ergebnisse genannt.

Nachteile bestehen zunächst in der eingeschränkten Verfügbarkeit von Allografts, der damit verbundenen Kosten und in der international nicht einheitlichen Gesetzeslage (Anforderungen an die Beschaffung, Aufbereitung und Lagerung von Allografts). Unerwünschte klinische Effekte sind das verlangsamte Einheilungsverhalten sowie das potentielle Risiko einer Übertragung von Infektionskrankheiten [40, 71].

Klinische Konsequenz aus den Ergebnissen der oben beschriebenen Studien und unserer Untersuchung ist die Bevorzugung von Autografts zum Ersatz des HKB, während Allografts routinemäßig nur in den Fällen verwendet werden sollten, in denen zu wenig autogenes Transplantatmaterial vorhanden ist. Die postoperative Rehabilitation muss aufgrund von verzögerter Einheilung und intraartikulärem Remodeling optimal an den Patienten und an das Transplantatmaterial angepasst werden. Die strikte Orthesenbehandlung über mehrere Wochen nach erfolgtem HKB-Ersatz sowie eine vorsichtige physiotherapeutische Nachbehandlung sind zur Erhaltung des intraoperativ erzielten Stabilitätsgewinns, insbesondere bei im Vergleich verzögert einheilenden Allografts, unerlässlich.

4.4 Funktioneller Kniegelenkszustand bewertet nach IKDC

Der IKDC-Score [46] hat sich zur Beurteilung des funktionellen Zustandes des Kniegelenkes etabliert und wird in fast allen klinischen Studien, die sich mit Verletzungen des Kniebandapparates befassen, angewandt. Es muss jedoch beachtet werden, dass ein Großteil der in dieser Studie untersuchten Patienten schwerwiegende Verletzungen des Kniegelenkes erlitten hat und die komplexe Bandrekonstruktion oft nach jahrelangem Instabilitätsgefühl und Schmerzzuständen erfolgt ist. Die wenigsten Patienten streben nach einer Bandrekonstruktion nach einer Knieluxation an, wieder Leistungssport aufnehmen zu können. Die Motivation für die aufwendige rekonstruktive Operation mit sich anschließender, wochenlangender, einschränkender Orthesenbehandlung und Physiotherapie besteht vielmehr in der Aussicht auf Beschwerdereduktion oder gar Beschwerdefreiheit im Alltag, Arbeitsfähigkeit und Wiederaufnahme von Freizeitsport. Bei der Beurteilung des IKDC-Scores sollte man also berücksichtigen, dass z.B. bei einer Seit-zu-Seit-Differenz der hinteren Schublade von 6 mm postoperativ ein IKDC-Score C vergeben werden muss, selbst wenn in allen weiteren Gruppen, die in den Score eingehen, bessere Ergebnisse erzielt wurden und präoperativ z.B. eine Seit-zu-Seit-Differenz der hinteren Schublade von 18 mm vorlag.

Entsprechend der Indikation für einen HKB-Ersatz findet sich präoperativ in allen Fällen ein IKDC-Score D oder C. Durch die HKB-Rekonstruktion konnte bei den insgesamt 120 von uns

untersuchten Patienten die Anzahl des vergebenen IKDC-Scores D von 92 auf 3 vermindert werden. Unter den 120 Patienten befinden sich 10 Fälle, in denen prä- und postoperativ keine Verbesserung der Kniegelenksfunktion nach IKDC-Maßstab erzielt wurde.

In der Allograft-Gruppe wurde präoperativ auffällig häufig der IKDC-Score C vergeben (20 % C in der Allograft-Gruppe gegenüber 3 % in der Vergleichsgruppe). Postoperativ erzielten dennoch deutlich mehr Patienten der Autograft-Gruppe gute Ergebnisse (15 Patienten mit IKDC-Score B in der Autograft-Gruppe gegenüber 6 Patienten in der Allograftgruppe). Ein sehr gutes Ergebnis A liegt zwei Jahre postoperativ nur bei jeweils einem Patienten aus beiden Gruppen vor. Bei den insgesamt 120 Patienten wurden postoperativ folgende Scores vergeben: A bei 2 Patienten (1,6 %), B bei 49 Patienten (40,8 %), C bei 52 Patienten (43,3 %), D bei 3 Patienten (2,5 %) und 14 Patienten konnte kein Score zugeordnet werden (11,6 %).

Zum Vergleich liegen folgende nach 2000 veröffentlichte Studien vor, bei denen das HKB arthroskopisch assistiert in Einzelbündel- und transtibialer Technik rekonstruiert wurde.

Funktionell sehr gute Ergebnisse erzielten Chan et al. [54] (20 Patienten, 85 % mit A oder B) und Chen et al. [55] (52 Patienten, 81 % mit A oder B). In der erstgenannten Studie lagen jedoch nur isolierte HKB-Läsionen vor, in der letzteren handelte es sich in 40 der 52 Fälle um isolierte Verletzungen.

In der Studie von Mariani [60] (kombinierter HKB- und VKB-Ersatz, 15 Patienten) war die Score-Verteilung wie folgt: A in 20 %, B in 46,7 %, C in 20 % und D in 6,7 %.

Deehan [56] untersuchte 31 Patienten nach isoliertem HKB-Ersatz und vergab Score A in 17 %, B in 50 %, C in 29 % und D in 4 %.

Bei 19 Patienten nach kombiniertem HKB-Ersatz und posterolateraler Stabilisierung vergab Khanduja [59] A in 32 %, B in 58 %, C in 10 % Fällen und keinen postoperativen Score D.

Strobel veröffentlichte die einzige Studie, in der kein A-Score postoperativ vergeben wurde [44] (B 29 %, C 59 %, D 12 %). Untersucht wurden hier jedoch 17 Patienten mit schwerstem Kniegelenkstrauma, bei denen HKB, VKB und die posterolateralen Strukturen rekonstruiert wurden.

Die posteriore Translation ist nicht allein vom Zustand des HKB abhängig, sondern wird durch Verletzungen posteromedialer und posterolateraler Strukturen verstärkt [17, 44, 84, 85]. Es ist daher verständlich, dass bei Patienten mit komplexer Rekonstruktion nach Knieluxation weniger gute Operationsergebnisse vorliegen als bei Patienten mit Ersatz des HKB nach isolierter Verletzung.

4.5 Schlussfolgerung

Die Untersuchungsergebnisse der 120 Patienten vor und nach HKB-Ersatz zeigen, dass nach der HKB-Rekonstruktion, meist in Kombination mit der Versorgung anderer Verletzungen des Kniebandapparates, eine Reduzierung der HSL um etwa 50 % realistisch ist. Die Patienten erlangen nach schweren Verletzungen, wie z.B. der Knieluxation, durch die Operation eine Kniefunktion, die ein beschwerdearmes alltägliches Leben, allerdings in den wenigsten Fällen eine Rückkehr in den Spitzensport ermöglicht.

In Hinblick auf das OP-Verfahren gilt der unterschiedlichen Transplantatwahl besonderes Interesse: bei ansonsten identischer OP-Technik kamen bei einem Teil der Patienten Allografts zur Anwendung. Im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Studien waren im Rahmen der *matched pairs*-Analyse bezüglich der Stabilität des HKB gemessen an der radiologisch ermittelten HSL die allogenen Transplantate den autogenen Transplantaten unterlegen. Auch erzielten Patienten mit autogenen Transplantaten bessere IKDC-Scores als Patienten, bei denen Allografts verwendet wurden.

Ihre besondere Aussagekraft erhält die Studie durch die Anzahl der Patienten (insgesamt 120 Patienten und 29 *matched pairs* Allograft versus Autograft). In allen Fällen erfolgte der Ersatz des AL-Bündels sowie eine einheitliche Transplantatfixation. 114 der 120 Patienten wurden von demselben, 6 Patienten von einem weiteren Operateur versorgt. Alle Patienten wurden einer identischen postoperativen Orthesen- und physiotherapeutischen Behandlung zugeführt.

Kritisch zu bewerten ist das Vorkommen unterschiedlicher Verletzungsmuster im Gesamtkollektiv (isolierte HKB-Läsion, HKB in Kombination mit posterolateraler Instabilität und/oder VKB bis hin zur Knieluxation). In der *matched group*-Analyse wurden jedoch Partner entsprechend der Verletzungsschwere zugeteilt, so dass ein Vergleich des postoperativen Stabilitätsgewinns in Abhängigkeit vom verwendeten Transplantatmaterial durchaus möglich ist. Es ist anzumerken, dass in 28 von 29 Fällen ein nicht-Hamstring-Allograft einem autologen Semitendinosus-/Gracilistransplantat gegenübergestellt wurde.

Zur momentanen Studienlage ist zu sagen, dass klinisch ein zu inhomogenes Patientengut mit geringen Fallzahlen vorliegt, um komparative Studienanalyse zu betreiben und daraus Schlüsse für das ideale Operationsverfahren ziehen zu können. Die postoperativen, klinischen Ergebnisse verschiedener Autoren variieren. Die Präferenz einer bestimmten Technik ist von den Vorlieben und der Erfahrung des Operateurs sowie den Begleitumständen, wie z.B. Substanzdefekten nach Traumata oder Voroperationen und Transplantatwahl, abhängig.

In Abhängigkeit von Verletzungsschwere, Verletzungsmuster, Voroperationen und Motivation des Patienten muss von Fall zu Fall entschieden werden, ob konservativ oder operativ vorgegangen werden soll. Fällt die Entscheidung zu Gunsten der operativen Therapie, so müssen ggf. auch Kompromisse – z.B. bei der Wahl des Transplantatmaterials – eingegangen werden. Dies sollte in der präoperativen Phase mit dem Patienten besprochen und entschieden werden.

Durch die in den letzten Jahren gewonnenen Erkenntnisse zur HKB-Verletzung und deren operativer Therapie sind nicht nur eine Zunahme von Eingriffen am HKB zu erwarten, sondern auch eine Vielzahl von notwendigen Revisionseingriffen. Umso wichtiger ist es, die Grundprinzipien des HKB-Ersatzes zu verstehen und standardisierte Diagnostik und folgend Therapiekonzepte zu etablieren, die dem Patienten eine optimale Behandlung garantieren.

Unsere klinischen Untersuchungen und die zum Vergleich herangezogenen Studien zeigen, dass durch die gegenwärtigen Operationstechniken des HKB-Ersatzes keine normale tibiofemorale Kinematik hergestellt werden kann. Im Vergleich zum präoperativen Zustand ist jedoch eine deutliche Verbesserung der Kniefunktion durch Reduktion der Instabilität möglich.

Ansatzpunkte für klinische Studien könnten bei entsprechend großen Fallzahlen neben der Operationstechnik und der Wahl des Transplantatmaterials z.B. die Operationsresultate in Abhängigkeit vom Rekonstruktionszeitpunkt und in Abhängigkeit vom Geschlecht sein. Auch die Bedeutung von postoperativen Rehabilitationsmaßnahmen und deren zeitlichem Ablauf bietet Möglichkeit zur weiteren Diskussion.

Weiterhin bleibt ungewiss, in welchem Ausmaß die zwangsläufige Entstehung arthrotischer Veränderungen bei ligamentärer Instabilität durch die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes hinausgezögert werden kann. Ein Wissenszuwachs ist durch ausstehende Langzeitergebnisse zu erwarten.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde anhand klinischer und radiologischer Methoden das Operationsergebnis nach arthroskopisch assistiertem Ersatz des hinteren Kreuzbandes (HKB) untersucht. Ziel war es herauszustellen, in welchem Ausmaß sich die dorsale Subluxation des Tibiakopfes durch eine Kreuzbandersatzplastik reduzieren lässt, ob der gewonnene Stabilitätzuwachs im postoperativen Verlauf konstant ist und welchen Einfluss das Transplantatmaterial (autogen oder allogen) auf das Operationsergebnis hat.

120 Patienten wurden präoperativ und postoperativ nach 3, 6, 12 und 24 Monaten untersucht und die Ergebnisse nach IKDC-Vorgaben dokumentiert. Durch gehaltene Aufnahmen in 90° Knieflexion wurde zu jedem Untersuchungszeitpunkt die hintere Schublade radiologisch quantifiziert.

Die Patienten wurden in identischer Operationstechnik versorgt (Rekonstruktion des anterolateralen Bündels in tibialer Tunneltechnik und femoraler *inside-out*-Technik, Fixierung auf Gelenkniveau mit Interferenzschrauben). In 80 Fällen erfolgte der HKB-Ersatz in Kombination mit einer posterolateralen Stabilisierung, in 21 Fällen die komplexe Rekonstruktion von HKB, vorderem Kreuzband (VKB) und posterolateralen Strukturen, bei 8 Patienten wurden HKB und VKB ersetzt und 11 Patienten erhielten eine isolierte Rekonstruktion des HKB. Das Durchschnittsalter betrug 29,5 Jahre (15-60 Jahre). Als häufigste spezifische Verletzungsursache sind Traumata beim Motorradfahren (27 %) und beim Fußballspielen (10 %) zu nennen.

Bei 29 Patienten wurden Allografts als Transplantate verwendet. Die Untersuchungsergebnisse wurden denen eines Vergleichskollektivs mit autogenen Transplantaten in einer *matched group*-Analyse gegenübergestellt. In der Autograftgruppe lag postoperativ eine größere Reduktion der hinteren Schublade und Seit-zu-Seit-Differenz als in der Allograftgruppe vor. In der Autograftgruppe wurden postoperativ bessere IKDC-Scores erreicht als in der Allograftgruppe.

Unsere Untersuchungen und die in dieser Arbeit vorgestellten Studien zeigen, dass bei Knieverletzungen mit grober Instabilität bei Beteiligung des HKB durch die gegenwärtigen Operationstechniken selten die Wiederherstellung einer normalen Kniefunktion gelingt. Durch den HKB-Ersatz ist eine Reduzierung der hinteren Schublade um 50 % realistisch. In den ersten zwei Jahren postoperativ ist eine radiologisch nachweisbare, von den Patienten meist unbemerkte Wiederzunahme der hinteren Schublade zu erwarten. Autogene Transplantate sind allogenen Transplantaten vorzuziehen.

6 Anhang

6.1 Literaturverzeichnis

- [1] Strobel, M. J.; Weiler, A. und Eichhorn, H. J. (2000): Diagnostik und Therapie der frischen und chronischen hinteren Kreuzbandläsion., *Chirurg (Band 71)*, Nr. 9, Seite 1066-81.
- [2] Skyhar, M. J.; Warren, R. F.; Ortiz, G. J.; Schwartz, E. und Otis, J. C. (1993): The effects of sectioning of the posterior cruciate ligament and the posterolateral complex on the articular contact pressures within the knee, *J Bone Joint Surg Am (Band 75)*, Nr. 5, Seite 694-9.
- [3] Strobel, M. J.; Weiler, A.; Schulz, M. S.; Russe, K. und Eichhorn, H. J. (2003): Arthroscopic evaluation of articular cartilage lesions in posterior-cruciate-ligament-deficient knees, *Arthroscopy (Band 19)*, Nr. 3, Seite 262-8.
- [4] Fanelli, G. C. und Edson, C. J. (1995): Posterior cruciate ligament injuries in trauma patients: Part II, *Arthroscopy (Band 11)*, Nr. 5, Seite 526-9.
- [5] Schulz, M. S.; Russe, K.; Weiler, A.; Eichhorn, H. J. und Strobel, M. J. (2003): Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries, *Arch Orthop Trauma Surg (Band 123)*, Nr. 4, Seite 186-91.
- [6] Harner, C. D.; Xerogeanes, J. W.; Livesay, G. A.; Carlin, G. J.; Smith, B. A.; Kusayama, T.; Kashiwaguchi, S. und Woo, S. L. (1995): The human posterior cruciate ligament complex: an interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation, *Am J Sports Med (Band 23)*, Nr. 6, Seite 736-45.
- [7] Tillmann, B (1974): Zur funktionellen Morphologie der Gelenkentwicklung., *Orthop Prax (Band 12)* Seite 384-342.
- [8] Scapinelli, R. (1997): Vascular anatomy of the human cruciate ligaments and surrounding structures, *Clin Anat (Band 10)*, Nr. 3, Seite 151-62.
- [9] Keser, S.; Savranlar, A.; Bayar, A.; Ulukent, S. C.; Ozer, T. und Tuncay, I. (2006): Anatomic localization of the popliteal artery at the level of the knee joint: a magnetic resonance imaging study, *Arthroscopy (Band 22)*, Nr. 6, Seite 656-9.
- [10] Kennedy, J. C.; Alexander, I. J. und Hayes, K. C. (1982): Nerve supply of the human knee and its functional importance, *Am J Sports Med (Band 10)*, Nr. 6, Seite 329-35.

-
- [11] Girgis, F. G.; Marshall, J. L. und Monajem, A. (1975): The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis, *Clin Orthop Relat Res*, Nr. 106, Seite 216-31.
- [12] Race, A. und Amis, A. A. (1994): The mechanical properties of the two bundles of the human posterior cruciate ligament, *J Biomech* (Band 27), Nr. 1, Seite 13-24.
- [13] Harner, C. D.; Livesay, G. A.; Kashiwaguchi, S.; Fujie, H.; Choi, N. Y. und Woo, S. L. (1995): Comparative study of the size and shape of human anterior and posterior cruciate ligaments, *J Orthop Res* (Band 13), Nr. 3, Seite 429-34.
- [14] Gupte, C. M.; Bull, A. M.; Thomas, R. D. und Amis, A. A. (2003): A review of the function and biomechanics of the meniscomfemoral ligaments, *Arthroscopy* (Band 19), Nr. 2, Seite 161-71.
- [15] Butler, D. L.; Noyes, F. R. und Grood, E. S. (1980): Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study, *J Bone Joint Surg Am* (Band 62), Nr. 2, Seite 259-70.
- [16] Race, A. und Amis, A. A. (1996): Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament: an analysis of bundle function in a-P drawer, *J Biomech* (Band 29), Nr. 7, Seite 873-9.
- [17] Amis, A. A.; Bull, A. M.; Gupte, C. M.; Hijazi, I.; Race, A. und Robinson, J. R. (2003): Biomechanics of the PCL and related structures: posterolateral, posteromedial and meniscomfemoral ligaments, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 11), Nr. 5, Seite 271-81.
- [18] Lobenhoffer, P.; Lattermann, C.; Krettek, C.; Blauth, M. und Tscherne, H. (1996): Rupturen des hinteren Kreuzbandes: heutiger Behandlungsstand., *Unfallchirurg* (Band 99), Nr. 6, Seite 382-99.
- [19] Grood, E. S.; Stowers, S. F. und Noyes, F. R. (1988): Limits of movement in the human knee. Effect of sectioning the posterior cruciate ligament and posterolateral structures, *J Bone Joint Surg Am* (Band 70), Nr. 1, Seite 88-97.
- [20] Vogrin, T. M.; Hoher, J.; Aroen, A.; Woo, S. L. und Harner, C. D. (2000): Effects of sectioning the posterolateral structures on knee kinematics and in situ forces in the posterior cruciate ligament, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 8), Nr. 2, Seite 93-8.
- [21] Seebacher, J. R.; Inglis, A. E.; Marshall, J. L. und Warren, R. F. (1982): The structure of the posterolateral aspect of the knee, *J Bone Joint Surg Am* (Band 64), Nr. 4, Seite 536-41.

-
- [22] LaPrade, R. F.; Ly, T. V.; Wentorf, F. A. und Engebretsen, L. (2003): The posterolateral attachments of the knee: a qualitative and quantitative morphologic analysis of the fibular collateral ligament, popliteus tendon, popliteofibular ligament, and lateral gastrocnemius tendon, *Am J Sports Med* (Band 31), Nr. 6, Seite 854-60.
- [23] Ullrich, K.; Krudwig, W. K. und Witzel, U. (2002): Posterolateral aspect and stability of the knee joint. I. Anatomy and function of the popliteus muscle-tendon unit: an anatomical and biomechanical study, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 10), Nr. 2, Seite 86-90.
- [24] LaPrade, R. F.; Muench, C.; Wentorf, F. und Lewis, J. L. (2002): The effect of injury to the posterolateral structures of the knee on force in a posterior cruciate ligament graft: a biomechanical study, *Am J Sports Med* (Band 30), Nr. 2, Seite 233-8.
- [25] Harner, C. D.; Vogrin, T. M.; Hoher, J.; Ma, C. B. und Woo, S. L. (2000): Biomechanical analysis of a posterior cruciate ligament reconstruction. Deficiency of the posterolateral structures as a cause of graft failure, *Am J Sports Med* (Band 28), Nr. 1, Seite 32-9.
- [26] Jung, T. M.; Strobel, M. J. und Weiler, A. (2006): Diagnostik und Therapie von Verletzungen des hinteren Kreuzbandes., *Unfallchirurg* (Band 109), Nr. 1, Seite 41-59.
- [27] Strobel, M.; Stedtfeld, H.-W.; Eichhorn, H.J. (1995): Diagnostik des Kniegelenkes., 3. Auflage, Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- [28] Strobel, M. J.; Weiler, A.; Schulz, M. S.; Russe, K. und Eichhorn, H. J. (2002): Fixed posterior subluxation in posterior cruciate ligament-deficient knees: diagnosis and treatment of a new clinical sign, *Am J Sports Med* (Band 30), Nr. 1, Seite 32-8.
- [29] Rosenberg, T. D.; Paulos, L. E.; Parker, R. D.; Coward, D. B. und Scott, S. M. (1988): The forty-five-degree posteroanterior flexion weight-bearing radiograph of the knee, *J Bone Joint Surg Am* (Band 70), Nr. 10, Seite 1479-83.
- [30] Jung, T. M.; Reinhardt, C.; Scheffler, S. U. und Weiler, A. (2006): Stress radiography to measure posterior cruciate ligament insufficiency: a comparison of five different techniques, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*.
- [31] Schulz, M. S.; Russe, K.; Lampakis, G. und Strobel, M. J. (2005): Reliability of stress radiography for evaluation of posterior knee laxity, *Am J Sports Med* (Band 33), Nr. 4, Seite 502-6.
- [32] Jacobsen, K. (1976): Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint, *Acta Orthop Scand* (Band 47), Nr. 3, Seite 335-4.

-
- [33] Margheritini, F.; Mancini, L.; Mauro, C. S. und Mariani, P. P. (2003): Stress radiography for quantifying posterior cruciate ligament deficiency, *Arthroscopy* (Band 19), Nr. 7, Seite 706-11.
- [34] Hewett, T. E.; Noyes, F. R. und Lee, M. D. (1997): Diagnosis of complete and partial posterior cruciate ligament ruptures. Stress radiography compared with KT-1000 arthrometer and posterior drawer testing, *Am J Sports Med* (Band 25), Nr. 5, Seite 648-55.
- [35] Lysholm, J. und Gillquist, J. (1981): Arthroscopic examination of the posterior cruciate ligament, *J Bone Joint Surg Am* (Band 63), Nr. 3, Seite 363-6.
- [36] Harner, C. D. und Hoher, J. (1998): Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries, *Am J Sports Med* (Band 26), Nr. 3, Seite 471-82.
- [37] Weiler, A.; Jung, T. M. und Strobel, M. J. (2006): Arthroskopisch assistierter hinterer Kreuzbandersatz und posterolaterale Stabilisierung mit Semitendinosus-/Grazilissehnen, *Unfallchirurg* (Band 109), Nr. 1, Seite 61-71.
- [38] Giffin, J. R. und Shannon, F. J. (2007): The role of the high tibial osteotomy in the unstable knee, *Sports Med Arthrosc* (Band 15), Nr. 1, Seite 23-31.
- [39] Agneskirchner, J. D.; Hurschler, C.; Stukenborg-Colsman, C.; Imhoff, A. B. und Lobenhoffer, P. (2004): Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees. Winner of the AGA-DonJoy Award 2004, *Arch Orthop Trauma Surg* (Band 124), Nr. 9, Seite 575-84.
- [40] Hoher, J.; Scheffler, S. und Weiler, A. (2003): Graft choice and graft fixation in PCL reconstruction, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 11), Nr. 5, Seite 297-306.
- [41] Kathagen, Bernd-Dietrich; Scheffler, Sven; Becker, Roland; Willkomm, Dörthe; Mayr, Hermann O. und Pruß, Axel (2008): Gewinnung, Prozessierung und Transplantation allogener muskuloskelettaler Gewebe, *Transfusion Medicine and Hemotherapy* (Band 35), Seite 438-445.
- [42] Kim, S. J. und Min, B. H. (1994): Arthroscopic intraarticular interference screw technique of posterior cruciate ligament reconstruction: one-incision technique, *Arthroscopy* (Band 10), Nr. 3, Seite 319-23.
- [43] Larson, RV (2001): Isometry of the lateral collateral and popliteofibular ligaments and techniques for reconstruction using a free semitendinosus tendon graft, *Oper Tech Sports Med*, Nr. 9, Seite 84-90.
- [44] Strobel, M. J.; Schulz, M. S.; Petersen, W. J. und Eichhorn, H. J. (2006): Combined anterior cruciate ligament, posterior cruciate ligament, and posterolateral corner reconstruc-

- tion with autogenous hamstring grafts in chronic instabilities, *Arthroscopy* (Band 22), Nr. 2, Seite 182-92.
- [45] Strobel, M.J.; Weiler, A. (2008): *Hinteres Kreuzband.*, Endo Press, Tuttlingen.
- [46] Hefti, F.; Muller, W.; Jakob, R. P. und Staubli, H. U. (1993): Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 1), Nr. 3-4, Seite 226-34.
- [47] LaPrade, R. F. und Terry, G. C. (1997): Injuries to the posterolateral aspect of the knee. Association of anatomic injury patterns with clinical instability, *Am J Sports Med* (Band 25), Nr. 4, Seite 433-8.
- [48] Hughston, J. C.; Andrews, J. R.; Cross, M. J. und Moschi, A. (1976): Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment, *J Bone Joint Surg Am* (Band 58), Nr. 2, Seite 173-9.
- [49] Larsen, M. W. und Toth, A. (2005): Examination of posterolateral corner injuries, *J Knee Surg* (Band 18), Nr. 2, Seite 146-50.
- [50] Torg, J. S.; Conrad, W. und Kalen, V. (1976): Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete, *Am J Sports Med* (Band 4), Nr. 2, Seite 84-93.
- [51] Galway, H. R. und MacIntosh, D. L. (1980): The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency, *Clin Orthop Relat Res*, Nr. 147, Seite 45-50.
- [52] Hughston, J. C.; Andrews, J. R.; Cross, M. J. und Moschi, A. (1976): Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments, *J Bone Joint Surg Am* (Band 58), Nr. 2, Seite 159-72.
- [53] Ahn, J. H.; Yoo, J. C. und Wang, J. H. (2005): Posterior cruciate ligament reconstruction: double-loop hamstring tendon autograft versus Achilles tendon allograft--clinical results of a minimum 2-year follow-up, *Arthroscopy* (Band 21), Nr. 8, Seite 965-9.
- [54] Chan, Y. S.; Yang, S. C.; Chang, C. H.; Chen, A. C.; Yuan, L. J.; Hsu, K. Y. und Wang, C. J. (2006): Arthroscopic reconstruction of the posterior cruciate ligament with use of a quadruple hamstring tendon graft with 3- to 5-year follow-up, *Arthroscopy* (Band 22), Nr. 7, Seite 762-70.
- [55] Chen, C. H.; Chuang, T. Y.; Wang, K. C.; Chen, W. J. und Shih, C. H. (2006): Arthroscopic posterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft: results with a minimum 4-year follow-up, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*.
- [56] Deehan, D. J.; Salmon, L. J.; Russell, V. J. und Pinczewski, L. A. (2003): Endoscopic single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction: results at minimum 2-year follow-up, *Arthroscopy* (Band 19), Nr. 9, Seite 955-62.

- [57] Fanelli, G. C. und Edson, C. J. (2002): Arthroscopically assisted combined anterior and posterior cruciate ligament reconstruction in the multiple ligament injured knee: 2- to 10-year follow-up, *Arthroscopy* (Band 18), Nr. 7, Seite 703-14.
- [58] Fanelli, G. C. und Edson, C. J. (2004): Combined posterior cruciate ligament-posterolateral reconstructions with Achilles tendon allograft and biceps femoris tendon tenodesis: 2- to 10-year follow-up, *Arthroscopy* (Band 20), Nr. 4, Seite 339-45.
- [59] Khanduja, V.; Somayaji, H. S.; Harnett, P.; Utukuri, M. und Dowd, G. S. (2006): Combined reconstruction of chronic posterior cruciate ligament and posterolateral corner deficiency. A two- to nine-year follow-up study, *J Bone Joint Surg Br* (Band 88), Nr. 9, Seite 1169-72.
- [60] Mariani, P. P.; Margheritini, F. und Camillieri, G. (2001): One-stage arthroscopically assisted anterior and posterior cruciate ligament reconstruction, *Arthroscopy* (Band 17), Nr. 7, Seite 700-7.
- [61] Wang, C. J.; Chan, Y. S.; Weng, L. H.; Yuan, L. J. und Chen, H. S. (2004): Comparison of autogenous and allogeneous posterior cruciate ligament reconstructions of the knee, *Injury* (Band 35), Nr. 12, Seite 1279-85.
- [62] Aglietti, P.; Buzzi, R. und Lazzara, D. (2002): Posterior cruciate ligament reconstruction with the quadriceps tendon in chronic injuries, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 10), Nr. 5, Seite 266-73.
- [63] Becker, R.; Ropke, M. und Nebelung, W. (1999): [Clinical outcome of arthroscopic posterior cruciate ligament-plasty], *Unfallchirurg* (Band 102), Nr. 5, Seite 354-8.
- [64] Cooper, D. E. und Stewart, D. (2004): Posterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle patella tendon graft with tibial inlay fixation: 2- to 10-year follow-up, *Am J Sports Med* (Band 32), Nr. 2, Seite 346-60.
- [65] Garofalo, R.; Jolles, B. M.; Moretti, B. und Siegrist, O. (2006): Double-bundle transtibial posterior cruciate ligament reconstruction with a tendon-patellar bone-semitendinosus tendon autograft: clinical results with a minimum of 2 years' follow-up, *Arthroscopy* (Band 22), Nr. 12, Seite 1331-1338 e1.
- [66] Barber-Westin, S. D.; Noyes, F. R. und Andrews, M. (1997): A rigorous comparison between the sexes of results and complications after anterior cruciate ligament reconstruction, *Am J Sports Med* (Band 25), Nr. 4, Seite 514-26.
- [67] Salmon, L. J.; Refshauge, K. M.; Russell, V. J.; Roe, J. P.; Linklater, J. und Pinczewski, L. A. (2006): Gender differences in outcome after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon autograft, *Am J Sports Med* (Band 34), Nr. 4, Seite 621-9.

- [68] Rodeo, S. A.; Arnoczky, S. P.; Torzilli, P. A.; Hidaka, C. und Warren, R. F. (1993): Tendon-healing in a bone tunnel. A biomechanical and histological study in the dog, *J Bone Joint Surg Am* (Band 75), Nr. 12, Seite 1795-803.
- [69] Scheffler, S. U.; Unterhauser, F. N. und Weiler, A. (2008): Graft remodeling and ligamentization after cruciate ligament reconstruction, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 16), Nr. 9, Seite 834-42.
- [70] Fanelli, G. C. (2008): Posterior cruciate ligament rehabilitation: how slow should we go? *Arthroscopy* (Band 24), Nr. 2, Seite 234-5.
- [71] Buchmann, S.; Musahl, V.; Imhoff, A. B. und Brucker, P. U. (2008): Allogene Kreuzbandtransplantation, *Orthopäde* (Band 37), Nr. 8, Seite 772-8.
- [72] Wang, C. J.; Weng, L. H.; Hsu, C. C. und Chan, Y. S. (2004): Arthroscopic single- versus double-bundle posterior cruciate ligament reconstructions using hamstring autograft, *Injury* (Band 35), Nr. 12, Seite 1293-9.
- [73] Gulotta, L. V. und Rodeo, S. A. (2007): Biology of autograft and allograft healing in anterior cruciate ligament reconstruction, *Clin Sports Med* (Band 26), Nr. 4, Seite 509-24.
- [74] Fanelli, G. C.; Giannotti, B. F. und Edson, C. J. (1996): Arthroscopically assisted combined posterior cruciate ligament/posterior lateral complex reconstruction, *Arthroscopy* (Band 12), Nr. 5, Seite 521-30.
- [75] Prodromos, C.; Joyce, B. und Shi, K. (2007): A meta-analysis of stability of autografts compared to allografts after anterior cruciate ligament reconstruction, *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* (Band 15), Nr. 7, Seite 851-6.
- [76] Jackson, D. W.; Grood, E. S.; Goldstein, J. D.; Rosen, M. A.; Kurzweil, P. R.; Cummings, J. F. und Simon, T. M. (1993): A comparison of patellar tendon autograft and allograft used for anterior cruciate ligament reconstruction in the goat model, *Am J Sports Med* (Band 21), Nr. 2, Seite 176-85.
- [77] Rihn, J. A. und Harner, C. D. (2003): The use of musculoskeletal allograft tissue in knee surgery, *Arthroscopy* (Band 19 Suppl 1), Seite 51-66.
- [78] Nikolaou, P. K.; Seaber, A. V.; Glisson, R. R.; Ribbeck, B. M. und Bassett, F. H., 3rd (1986): Anterior cruciate ligament allograft transplantation. Long-term function, histology, revascularization, and operative technique, *Am J Sports Med* (Band 14), Nr. 5, Seite 348-60.
- [79] Thorson, E.; Rodrigo, J. J.; Vasseur, P.; Sharkey, N. und Heitter, D. (1989): Replacement of the anterior cruciate ligament. A comparison of autografts and allografts in dogs, *Acta Orthop Scand* (Band 60), Nr. 5, Seite 555-60.

-
- [80] Tom, J. A. und Rodeo, S. A. (2002): Soft tissue allografts for knee reconstruction in sports medicine, *Clin Orthop Relat Res*, Nr. 402, Seite 135-56.
- [81] Fideler, B. M.; Vangsness, C. T., Jr.; Lu, B.; Orlando, C. und Moore, T. (1995): Gamma irradiation: effects on biomechanical properties of human bone-patellar tendon-bone allografts, *Am J Sports Med* (Band 23), Nr. 5, Seite 643-6.
- [82] Greaves, L. L.; Hecker, A. T. und Brown, C. H., Jr. (2008): The effect of donor age and low-dose gamma irradiation on the initial biomechanical properties of human tibialis tendon allografts, *Am J Sports Med* (Band 36), Nr. 7, Seite 1358-66.
- [83] Scheffler, S. U.; Schmidt, T.; Gangey, I.; Dustmann, M.; Unterhauser, F. und Weiler, A. (2008): Fresh-frozen free-tendon allografts versus autografts in anterior cruciate ligament reconstruction: delayed remodeling and inferior mechanical function during long-term healing in sheep, *Arthroscopy* (Band 24), Nr. 4, Seite 448-58.
- [84] Fanelli, G. C.; Orcutt, D. R. und Edson, C. J. (2005): The multiple-ligament injured knee: evaluation, treatment, and results, *Arthroscopy* (Band 21), Nr. 4, Seite 471-86.
- [85] Harner, C. D.; Hoher, J.; Vogrin, T. M.; Carlin, G. J. und Woo, S. L. (1998): The effects of a popliteus muscle load on in situ forces in the posterior cruciate ligament and on knee kinematics. A human cadaveric study, *Am J Sports Med* (Band 26), Nr. 5, Seite 669-73.

6.2 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
AL-Bündel	anterolaterales Bündel
aMFL	anteriores meniskofemorales Ligament
AMG	Arzneimittelgesetz
BPTB	Bone-Patellatendon-Bone
Fa.	Firma
HKB	hinteres Kreuzband
HSL	hintere Schublade
IKDC	International Knee Documentation Committee
ISAKOS	International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine
LCL	Ligamentum collaterale laterale
Lig.	Ligamentum
M.	Musculus
MCL	Ligamentum collaterale mediale
MFL	meniskofemorales Ligament
N.	Nervus
p.a.	posterior-anterior
PLRI	posterolaterale rotatorische Instabilität
PLS	posterolaterale Stabilisierung
PM-Bündel	posteromediales Bündel
pMFL	posteriores meniskofemorales Ligament
PTS-Schiene	Posterior tibial support-Schiene
SSD	<i>side-to-side-difference</i> ; Seitendifferenz
VKB	vorderes Kreuzband

6.3 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Biomechanik des HKB.....	8
Abbildung 2:	Posterolaterale Gelenkecke.....	9
Abbildung 3:	Prüfung der hinteren Schublade.....	11
Abbildung 4:	<i>Dial</i> -Test.....	12
Abbildung 5:	Arthroskopischer Befund bei HKB-Läsion.....	13
Abbildung 6:	Transplantatfixation.....	20
Abbildung 7:	Bohrkanäle und Transplantatverlauf bei HKB-Ersatz und posterolateraler Stabilisierung.....	21
Abbildung 8:	<i>Posterior tibial support</i> – Orthese.....	22
Abbildung 9:	a) gehaltenen Aufnahmen mit dem Telos-Gerät b) Auswertung in der Technik nach Jacobsen.....	26
Abbildung 10:	Verteilung der Anzahl der durchgeführten Eingriffe am Bandapparat.....	32
Abbildung 11:	HSL präoperativ bis 24 Monate postoperativ bei primären HKB-Rekonstruktionen.....	35
Abbildung 12:	Seit-zu-Seit-Differenz präoperativ versus postoperativ.....	36
Abbildung 13:	Zunahme der HSL im postoperativen Verlauf.....	37
Abbildung 14:	HSL präoperativ bis 24 Monate postoperativ bei HKB-Rekonstruktionen mit Reduktion der HSL > 50 %.....	37
Abbildung 15:	a) Verteilung der IKDC-Scores präoperativ b) Verteilung der IKDC-Scores postoperativ.....	38
Abbildung 16:	Prä- und postoperative HSL bei Allografts und Autografts.....	40
Abbildung 17:	Differenz der HSL prä- und postoperativ bei Allografts und Autografts.....	41
Abbildung 18:	SSD prä- und postoperativ bei Allografts und Autografts.....	42
Abbildung 19:	Zunahme der HSL bei Allograft- und Autografttransplantation im postoperativen Verlauf.....	43

Abbildung 20:	Zunahme der HSL zwischen den Untersuchungszeitpunkten 0 und 3 Monate postoperativ sowie 3 und 24 Monate postoperativ bei Allografts und Autografts.....	44
Abbildung 21:	Präoperativer IKDC-Score Allografts versus Autografts.....	45
Abbildung 22:	Postoperativer IKDC-Score Allografts versus Autografts.....	45

6.4 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Klassifikation der HKB-Läsion nach Harner.....	14
Tabelle 2:	Eigenschaften des gesamten Patientenkollektivs.....	29
Tabelle 3:	Eigenschaften des in die Auswertung einbezogenen Patientenkollektivs.....	29
Tabelle 4:	Anzahl der Patienten in verschiedenen Altersgruppen.....	30
Tabelle 5:	Anzahl der HKB-Rekonstruktionen zu verschiedenen Operationszeitpunkten.....	31
Tabelle 6:	Häufigkeit von spezifischen Verletzungsursachen.....	33
Tabelle 7:	Anzahl der untersuchten Patienten zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in den Subgruppierungen.....	34
Tabelle 8:	Radiologisch ermittelte hintere Schublade zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in den Subgruppierungen.....	34
Tabelle 9:	Seitendifferenz der hinteren Schublade bei operiertem versus kontralateralem Gelenk prä- und postoperativ in den Subgruppierungen.....	34
Tabelle 10:	Gegenüberstellung der Eigenschaften von Allo- und Autograftgruppe.....	39
Tabelle 11:	Verbesserung des präoperativen IKDC-Scores.....	46

6.5 Erklärung

Ich, Anna Wienand, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Hinterer Kreuzbandersatz mit autogenem versus allogenen Transplantatmaterial“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Berlin, 12.05.2010

6.6 Danksagung

Herrn PD Dr. Andreas Weiler danke ich für die Betreuung dieser Arbeit.

Mein herzlicher Dank gilt ihm jedoch vor allen Dingen für die Ausbildung und Unterstützung im Rahmen meiner bisherigen klinischen Tätigkeit.

Ich bedanke mich bei Herrn Dr. Tobias Jung, der mir mit Rat und Tat in den Sprechstunden und darüber hinaus zur Seite stand.

Frau Jessica Schallock danke ich für das freundschaftliche Zusammenarbeiten nicht nur an „den Donnerstagen“.

Ich möchte mich bei meinen Freunden und bei meiner Familie für Motivation, Unterstützung und jahrelange Ablenkung bedanken.

6.7 Lebenslauf

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