

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Einfluss einer kombinierten Rekonstruktion des hinteren
Kreuzbandes und der posterolateralen Gelenkecke auf die
Kniegelenksfunktion im Langzeitverlauf**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Teresa Benert
aus Berlin

Datum der Promotion: 05.06.2016

Für meine Eltern

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
1.1	Verletzung des hinteren Kreuzbandes.....	9
1.2	Unfallmechanismen.....	9
1.3	Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes.....	10
1.3.1	Das hintere Kreuzband.....	11
1.3.2	Posterolaterale Gelenkecke.....	14
1.3.3	Biomechanik des hinteren Kreuzbandes.....	16
1.3.4	Slope.....	18
1.4	Diagnostik einer hinteren Kreuzbandläsion.....	20
1.4.1	Symptome.....	20
1.4.2	Klinische Untersuchung bei einer HKB-Ruptur.....	21
1.4.3	Radiologie.....	22
1.5	Therapiemöglichkeiten.....	24
1.6	Transplantate und Operationstechnik.....	26
1.6.1	Operationstechnik des untersuchten Patientenkollektivs.....	26
1.6.2	Posterolaterale Rekonstruktion.....	28
1.7	Fragestellung.....	31
2	Material und Methoden.....	32
2.1	Patientenkollektiv.....	32
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien.....	34
2.3	Nachuntersuchung.....	34
2.3.1	Röntgenaufnahmen.....	35
2.3.2	Klinische Untersuchung.....	36
2.3.3	Lachmantest.....	37
2.3.4	Hintere Schublade.....	38
2.3.5	Dial-Test.....	39

2.3.6	Varusstress-Test und Valgusstress-Test	40
2.3.7	Pivot-Shift	40
2.3.8	Step-off-Test	41
2.4	Fragebögen	42
2.4.1	International Knee Documentation Committee (IKDC).....	42
2.4.2	Lysholm Score	43
2.4.3	KOOS-Fragebogen	44
2.5	Statistik und Datenanalyse	44
3	Ergebnisse	45
3.1	Epidemiologie.....	45
3.2	Geschlecht und Alter	47
3.3	Zeit zwischen Trauma und Rekonstruktion.....	47
3.4	Ersetzte Bandstrukturen	48
3.5	Verletzungsursachen.....	49
3.6	Body-Mass-Index.....	50
3.7	Ergebnisse der klinischen Untersuchung durch einen Arzt	50
3.7.1	Auswertung der klinischen Untersuchung nach Verletzungsmuster	55
3.7.2	Beinumfänge.....	56
3.8	Side-to-Side Differenz (SSD).....	56
3.9	Auswertung der Fragebögen	57
3.9.1	Auswertung des IKDC Fragebogens.....	57
3.9.2	Auswertung nach Lysholm	60
3.9.3	Auswertung nach KOOS	62
3.10	Radiologisch bestimmte hintere Schublade	63
3.11	Postoperativer Verlauf der hinteren Schublade.....	63
3.12	Auswertung der hinteren Schublade nach Harner.....	65

3.12.1	Einfluss des Verletzungsmusters auf die Ergebnisse der HKB-Rekonstruktion	65
3.13	Patienten mit zeitgleicher Meniskusoperation	66
4	Diskussion	67
5	Zusammenfassung	77
6	Limitationen der Arbeit.....	78
7	Anhang.....	80
7.1	Referenzen.....	80
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	88
7.3	Tabellenverzeichnis.....	90
7.4	Eidesstattliche Versicherung	91
7.5	Lebenslauf.....	92
7.6	Danksagung	94

Abstrakt

Einleitung

Die Verletzung des hinteren Kreuzbandes ist oft die Folge eines Hochenergietraumas. Die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes hat das Ziel, die Stabilität wiederherzustellen und Folgeschäden langfristig zu verhindern und zu reduzieren. Es wird die Hypothese aufgestellt, dass durch die Operation eine zufriedenstellende Kniefunktion und Stabilität gewährleistet und auch nach 10-15 Jahren postoperativ ein gutes Ergebnis erreicht wird.

Methodik

63 Patienten nahmen an der klinischen Nachuntersuchung teil. Nach einem festgelegten Untersuchungsschema wurden die Patienten von zwei erfahrenen Ärzten untersucht und erhielten zusätzlich gehaltene Röntgenaufnahmen beider Kniegelenke. Zudem wurden den Patienten Fragebögen (International Knee Documentation Committee (IKDC), Lysholm Score, KOOS- Fragebogen) zum subjektiven Empfinden ausgehändigt mit der Bitte, diese auszufüllen, um das objektiv klinische Ergebnis mit den Ergebnissen der Fragebögen auswerten zu können.

Ergebnisse

Nach Auswertung der klinischen Untersuchung konnte eine deutliche Reduzierung der hinteren Schublade nach der Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes auch nach 5-10 Jahren, im Vergleich zu den präoperativen Ergebnissen, festgestellt werden. Der überwiegende Anteil der Patienten erreichte im Langzeitverlauf gute bis befriedigende Ergebnisse. Bei der Auswertung der Fragebögen ließ sich eine deutliche Diskrepanz zwischen dem objektiven Ergebnis der klinischen Untersuchung und dem subjektiven Ergebnis der Fragebögen erkennen. Die Auswertung der Fragebögen ergab ein überwiegend unbefriedigendes Ergebnis.

Schlussfolgerung

Die klinische Nachuntersuchung hat gezeigt, dass die Stabilität auch im Langzeitverlauf durch die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes gewährleistet wird, das Ergebnis jedoch von äußeren und inneren Einflussfaktoren wie der persönlichen Aktivität, dem Body Mass Index, des eigenen Anspruchs an die Kniefunktion der Patienten sowie der dem Zeitpunkt der Operation, beeinflusst wird.

Abstract

Introduction

Injury to the posterior cruciate ligament (PCL) often occurs as a result of high-energy trauma. The objective of the reconstruction to the PCL is to rebuild stability and prevent as well as reduce further damage for the long term. Our hypothesis is that due to the operation a satisfactory knee function and stability will be achieved immediately as well as 10-15 years after.

Methods

63 patients participated in the follow-up examination. All patients were examined by two experienced orthopedists under standardized conditions and were given x-rays of both knee joints. Additionally all patients completed questionnaires (International Knee Documentation Committee (IKDC), Lysholm Score, KOOS- Fragebogen) in order to compare the results of the objective clinical examination to the results of the subjective questionnaires.

Results

The analysis of the clinical examination showed an obvious reduction of the posterior drawer after the reconstruction of the PCL, even after 5-10 years compared to the preoperative results. Most patients showed satisfying and/ or good results in the long term.

The results of the questionnaires showed an obvious mismatch between the objective outcome of the clinical check-up and the subjective results of the questionnaire. The results were mostly unsatisfying.

Conclusion

The clinical follow-up examination showed that long term stability of the PCL after reconstruction is ensured. However, it is influenced by external and internal variables, such as individual activity, the body mass index, the personal demand of a functioning knee as well as the operation date.

1 Einleitung

1.1 Verletzung des hinteren Kreuzbandes

Neben dem seit Jahren in der Forschung weit verbreiteten Interesse an der Ruptur des vorderen Kreuzbandes, steigt nun auch vermehrt das Interesse an der Ruptur und Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes [1], obwohl diese zu den selteneren Verletzungen zählt. Die Zunahme der Verletzungen des hinteren Kreuzbandes ist durch die ansteigenden Hochenergie-Traumata zu erklären [2]. Durch die verbesserten diagnostischen Möglichkeiten, wie kernspintomographische Aufnahmen, können hintere Kreuzbandläsionen heute früher erkannt werden. Es ist anzunehmen, dass Verletzungen des hinteren Kreuzbandes häufiger als bisher angenommen vorkommen. In der Vergangenheit wurden diese durch fehlende Untersuchungsmöglichkeiten oft übersehen oder zu spät diagnostiziert. Die Aufmerksamkeit gilt vor allem den isolierten HKB-Rupturen und den kombinierten Verletzungen, bei denen eine deutliche Veränderung der tibiofemorale Artikulation radiologisch oder klinisch nachgewiesen werden kann [3]. Auch der hohe Anspruch der oft jungen Patienten an Mobilität und Lebensqualität im Alltag fördert das starke Interesse an einer guten und erfolgreichen Therapie der Verletzungen [4]. Trotz verbesserter Untersuchungsmöglichkeiten wird eine Verletzung des HKB oft erst im Stadium einer chronischen Schädigung diagnostiziert, da die Verletzung häufig symptomarm verläuft [5]. Eine posttraumatische, nicht frühzeitig erkannte Läsion des hinteren Kreuzbandes, kann oftmals bei jungen Patienten eine deutliche Funktionseinschränkung des Knies mit lebenslangen Folgen nach sich ziehen [5], [6].

1.2 Unfallmechanismen

Der häufigste Unfallmechanismus für das hintere Kreuzbandtrauma ist das direkte prätibiale Knieanpralltrauma, gefolgt von Stürzen auf das gebeugte Knie. Bei angewinkeltem Knie wirkt eine nach posterior gerichtete Kraft auf den Unterschenkel (dashboard injuries), so dass die gesamte Unfallenergie vom hinteren Kreuzband aufgenommen wird [7]. Die sekundären Stabilisatoren sind in dieser Position entspannt

[5], [8]. Seltener hingegen kommt eine Verletzung des hinteren Kreuzbandes durch Hyperflexion und Hyperextension oder Rotationstraumata zustande [5]. Isolierte HKB-Rupturen treten insgesamt selten auf [9]. Je nach Schwere des Traumas kann es zu einer Mitbeteiligung anderer Strukturen kommen, zu denen als häufige Begleitverletzungen die posterolateralen Strukturen (PLS) oder das vordere Kreuzband zählen.

Während Verkehrsunfälle mit 45 %, davon 28 % mit dem Motorrad, eine große Bedeutung für komplexe Knieverletzungsmuster haben, spielen Sportunfälle mit 40 %, davon 25 % Fußball, eine bedeutende Rolle für leichtere, isolierte HKB-Rupturen [5], [8].

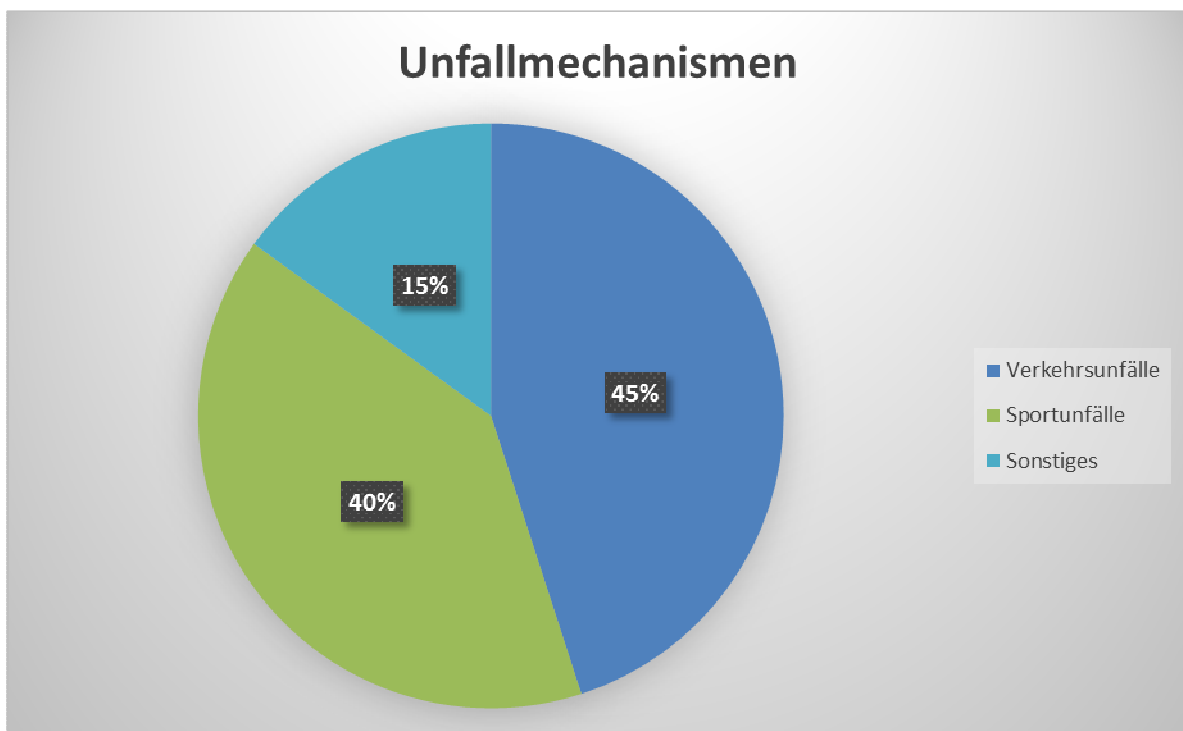


Abbildung 1: Unfallmechanismen

1.3 Anatomie und Biomechanik des Kniegelenkes

Das Kniegelenk ist ein bikondyläres Gelenk und bildet mit dem Femur und den Tibiakondylen das Femorotibialgelenk. Der Femur bildet mit der Patella das Femoropatellargelenk. Die Patella ist in den Streckapparat eingeschlossen. Als

Sesambein bewirkt sie eine Verlagerung des Drehzentrums, wodurch die abgeleitete Hebelwirkung eine Kraftverstärkung bei endgradiger Streckung bewirkt [10]. Das Gelenk ist von einer Gelenkkapsel umgeben, die sich auf der Rückseite in ihre zwei Anteile, die Membrana synovialis und die Membrana fibrosa, aufteilt. Durch den weiteren Verlauf der Membrana synovialis kommen die Kreuzbänder extrasynovial zu liegen. Die Hinterwand der Kapsel ist durch das Ligamentum popliteum obliquum und das Ligamentum popliteum arcuatum verstärkt (posterolaterale Gelenkecke). Die Gelenkkapsel ist mit dem medialen und lateralen Meniskus verwachsen. Der mediale Meniskus ist mit dem medialen Kollateralband direkt verwachsen und besitzt Faserzüge zum vorderen und hinteren Kreuzband.

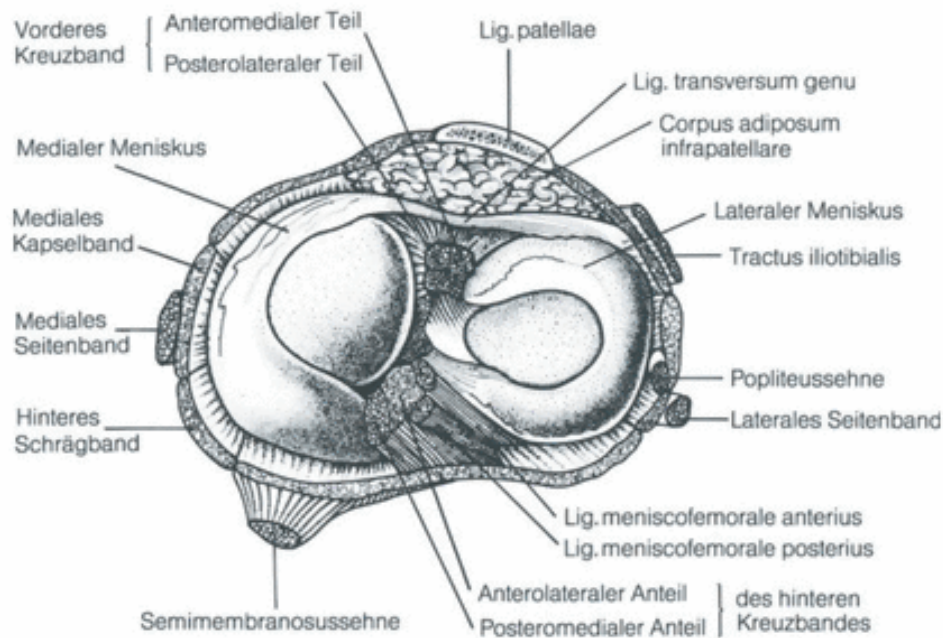


Abbildung 2: Horizontalschnitt proximal der Meniskusebene [11]
(Mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages)

1.3.1 Das hintere Kreuzband

Das hintere Kreuzband ist die kräftigste Bandstruktur des Kniegelenkes und stellt den stärksten Stabilisator auf der Transversalebene dar [12], [13]. Die Kreuzbänder verbinden die Femurkondylen mit dem Tibiaplateau. Sie liegen intrakapsulär, aber extrasynovial. Das hintere 32 - 38 mm lange Kreuzband verläuft von der Innenfläche

des medialen Femurkondylus schräg zur Area intercondylaris, die ungefähr 10 mm unterhalb der Gelenkfläche beginnt, also von vorne oben medial nach hinten unten lateral. Das vordere Kreuzband verläuft entgegengesetzt von der Innenseite der lateralen Femurkondyle schräg zur anterioren Area intercondylaris (von oben hinten lateral nach unten vorn medial). Das hintere Kreuzband besteht aus zwei verschiedenen Hauptbündeln. Die Hauptbündel setzen sich aus einem anterolateralen und einem posteromedialen Bündel zusammen, von denen das anterolaterale Bündel ungefähr 85 % des Volumens des gesamten hinteren Kreuzbandes einnimmt [14]. Es misst intraartikulär eine Länge von 30-39 mm und eine Breite von 13 mm [4]. Die Durchschnittsfläche steigt zum Femur hin an [12]. Während das posteromediale Bündel seine maximale Spannung bei voller Extension erreicht, befindet sich das anterolaterale Bündel bei 90° Flexion unter maximaler Spannung. Vereinzelt wird das hintere Kreuzband von einem oder zwei unregelmäßig auftretenden Bändern, welche als Stabilisatoren gelten, begleitet. Das etwas häufiger auftretende Ligamentum meniscofemorale posterius (Wrisberg-Ligament) mit 71,1 % und das etwas seltenere Ligamentum meniscofemorale anterius (Humphry-Ligament) mit 36,8 % [15]. Beide Bänder treten gleichzeitig in 26,7 % der Fälle auf und mindestens eins der beiden zusätzlichen Stabilisatoren kommt in 84,2 % der Fälle vor [16].

Die Kreuzbänder überkreuzen sich nicht nur gegenseitig, sondern auch das jeweils gegenüberliegende ipsilaterale Kollateralband. Die Kollateral- und Kreuzbänder kreuzen sich in jeder Position des Kniegelenkes, so dass der Schnittpunkt jeweils einem entsprechenden Drehzentrum entspricht.

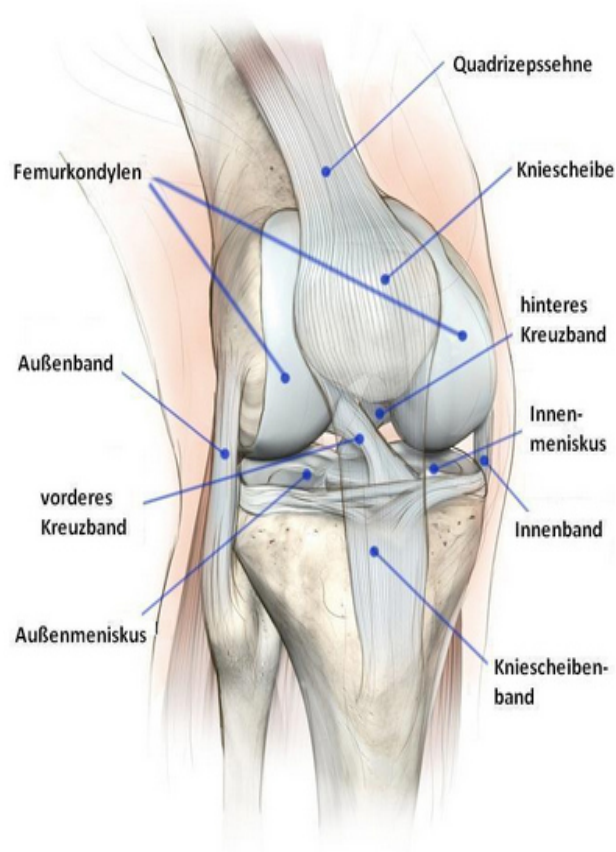


Abbildung 3: Frontalansicht des Kniegelenkes mit transparentem Ligamentum patellae [17]

Die Blutversorgung des hinteren Kreuzbandes erfolgt hauptsächlich aus der Arteria media genus. Der distale Anteil wird über die Arteria inferiora mediales und laterales versorgt. Evolutionsbedingt wandert das hintere Kreuzband von dorsal in das Kniegelenk ein und nimmt seine Blutversorgung mit (Abbildung 4) [4]. Durch diese gute Blutversorgung des hinteren Kreuzbandes haben isolierte Kreuzbandrupturen eine gute Heilungschance [7]. Der proximale und distale Anteil des hinteren Kreuzbandes sind besser durchblutet als der mittlere Anteil, der im Bereich der Faserknorpelzone avaskulär ist [18].

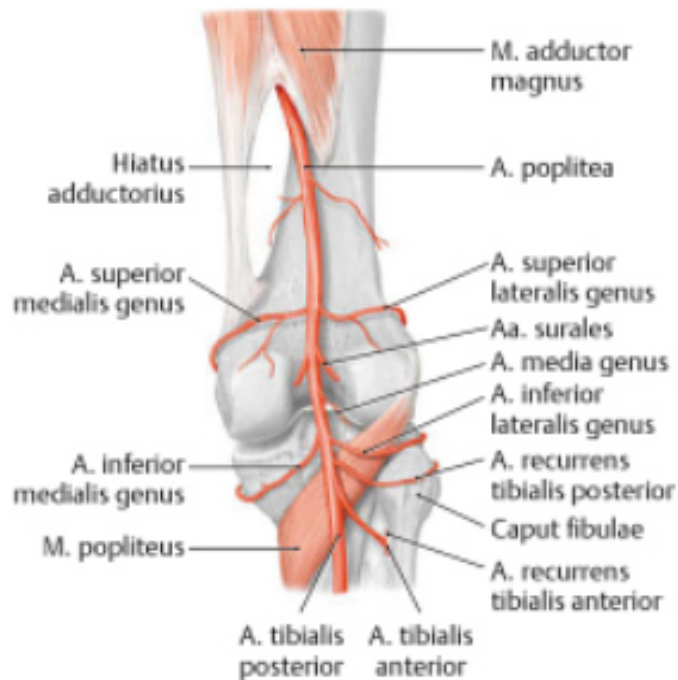


Abbildung 4: Schematische Zeichnung der arteriellen Versorgung des Kniegelenkes [19]
(Mit freundlicher Genehmigung des Thieme Verlages)

1.3.2 Posterolaterale Gelenkecke

Die posterolaterale Gelenkecke ist der wichtigste sekundäre Stabilisator gegen eine posteriore Tibitranslation [20]. Das heißt, sie kontrolliert die anterolaterale und posterolaterale Translation der Tibia in Bezug auf den Femur [21]. Sie besteht aus der Popliteusehne, dem popliteofibularen Band und dem Arcuatum-Komplex. Eine Insuffizienz der posterolateralen Gelenkecke ist die häufigste Begleitläsion bei einer hinteren Kreuzbandruptur [20]. Oft wird diese nicht frühzeitig diagnostiziert und stabilisiert, so dass eine ausreichende Stabilisierung des Kniegelenkes nicht gewährleistet werden kann. Aufgrund dieser verbleibenden posterolateralen Instabilität, trotz eventuell erfolgter Rekonstruktion mitbetroffener Bänder, kann es zu einem schlechten Ergebnis der hinteren Kreuzbandplastik beitragen [21].

Die posterolaterale Gelenkecke kann in drei Schichten unterteilt werden.

Die oberflächliche Schicht besteht aus:

- der Fascia lata,
- dem Tractus iliotibialis
- und dem Musculus biceps femoris,

die mittlere Schicht besteht aus:

- dem Retinaculum patellae laterale
- und dem Ligamentum patellofemorale.
-

Die tiefste Schicht ergibt sich aus:

- der Gelenkkapsel,
- dem Ligamentum collaterale laterale,
- dem Ligamentum arcuatum,
- aus der Sehne des Muskulus popliteus,
- dem Ligamentum popliteofibulare
- und dem dorsal gelegenen Ligamentum fabello-fibulare (Popliteuskomplex) [22], [21].

Zu den bedeutendsten Strukturen gehören die Popliteussehne, das popliteofibulare Band und das laterale Kollateralband, da sie die statischen Stabilisatoren der posterolateralen Gelenkecke sind [23].

Das Ligamentum collaterale fibulare verläuft vom Epicondylus femoris lateralis zum Caput fibulae. Durch den Spalt zwischen Band und Gelenkkapsel tritt der Musculus popliteus und die Endsehne des Musculus biceps femoris hindurch. Bei Extensionsstellung des Kniegelenkes ist das Ligamentum collaterale laterale gespannt, bei Flexion ist durch eine gewisse Lockerung in begrenztem Maße eine Ab- und Adduktion möglich. Es zählt zu den primären Stabilisatoren bei Varusstress [21]. Der Popliteuskomplex besteht aus dem Musculus popliteus, dessen Sehne und dem Ligamentum popliteofibulare. Er dient als primärer Stabilisator gegen die Außenrotation der Tibia. Ein Teil seiner Fasern hat seinen Ursprung am Hinterhorn des Außenminiskus.

Zu den dynamischen Stabilisatoren zählen ebenso die Bicepssehne, der Tractus iliotibialis und der popliteale Muskel- Sehnen- Komplex.

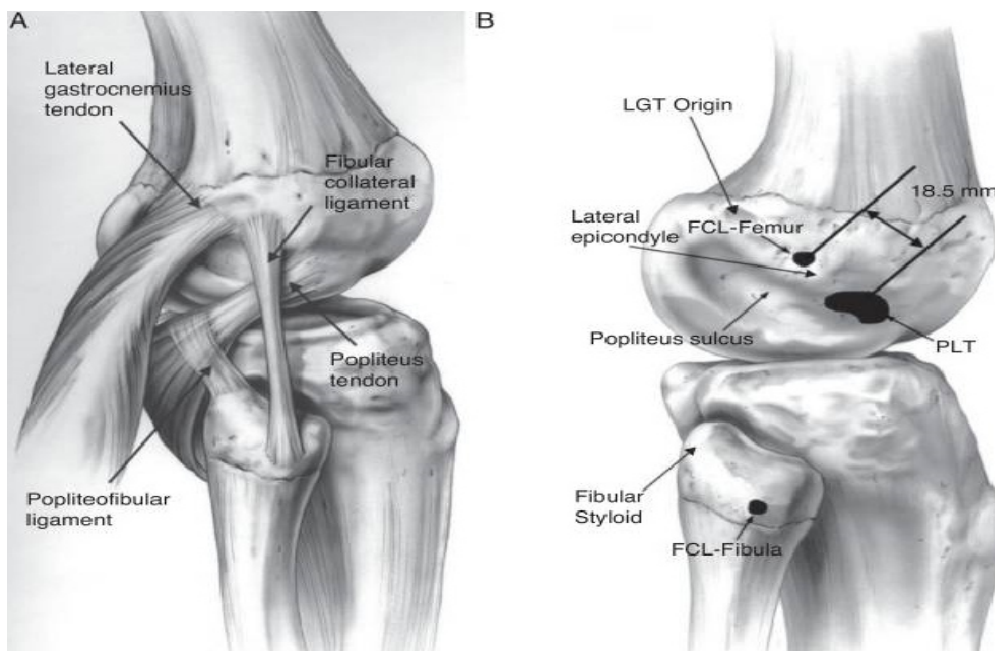


Abbildung 5: A) Die Anatomie der posterolaterale Ecke mit ihren drei Hauptstrukturen für die laterale Stabilität: Sehne des Muskulus popliteus, dem Ligamentum popliteofibulare und dem Ligamentum collaterale laterale. B) die dazugehörigen Ansatzflächen [23].

1.3.3 Biomechanik des hinteren Kreuzbandes

Die Kreuzbänder halten gemeinsam mit den Kollateralbändern das Kniegelenk zusammen und führen und stabilisieren es während der Bewegung. Vor allem begrenzen sie die Streckung der Tibia.

Die Kreuzbänder liegen so, dass in fast jeder Position des Kniegelenkes ein Teil der Kreuzbänder angespannt ist und verhindern auf diese Weise, besonders bei der Flexion des Kniegelenkes, eine Verschiebung des Femurs und der Tibia auf der Transversalebene. Die Kollateralbänder sind in dieser Position erschlafft. Das hintere Kreuzband besteht aus zwei funktionellen Faserbündeln, die gemeinsam die kräftigste Bandstruktur des Kniegelenkes darstellen. Sie verhindern bei Bewegung die Translation des Tibiakopfes nach dorsal und schränken durch die spezielle Verlaufsrichtung und Stabilität der Faserbündel die Innenrotation des Unterschenkels ein. Das kräftigere

anterolaterale Bündel hat eine Querschnittsfläche von durchschnittlich 43 mm², während das posteromediale Bündel mit einer ungefähren Querschnittsfläche von 10 mm² deutlich dünner ist [24]. Dadurch lässt sich auch die unterschiedliche Reißfestigkeit der beiden Bündel erklären. Studien haben gezeigt, dass das anterolaterale Bündel sechsmal stärker als das posteromediale Bündel ist [5].

Das anterolaterale Bündel spannt sich bei Flexion des Kniegelenkes an [24]. Nach Angaben von Race und Amis [25] ist das anterolaterale Bündel zwischen 30 und 120° der primäre Stabilisator gegen die hintere Translation der Tibia, während es in Streckung entspannt ist [24]. Über einem Flexionswinkel von 45° steigt der Winkel des anterolateralen Bündels so stark an, so dass es bei maximaler Flexion fast senkrecht zum Tibiaplateau steht und zu steil steht, um eine Verschiebung auf der Transversalebene beeinflussen zu können [25], [26]. Es reduziert den Abstand zwischen Tibia und Femur bei maximaler Flexion [26]. Das posteromediale Bündel ist in Extension gespannt und verhindert durch den senkrechten Verlauf der Fasern zur Transversalebene eine Hyperextension des Kniegelenkes, ohne einen Einfluss auf die posteriore Translation zu haben. Die Translationsebene wird in extensionsnahen Stellungen durch posteromediale und posterolaterale Strukturen gesichert [24], [27]. Es relaxiert mit zunehmender Beugung und gewinnt bei einer Flexion von 120° wieder an Bedeutung, da es durch die Verlagerung der medialen Kondyle zu einer Verlagerung des Ansatzes des posteromedialen Bündels nach anterior kommt und sich die Fasern durch die Entfernung vom Tibiaplateau wieder anspannen [24], [25]. Es weist bei niedriger Flexion einen höheren Winkel als das anterolaterale Bündel auf und bei maximaler Flexion einen niedrigeren Winkel. Es limitiert die Extension und übernimmt in höheren Beugestellungen die Rolle des primären Stabilisators gegen die posteriore tibiale Translation [24], [25]. Bei der Innenrotation wickeln sich die Kreuzbänder umeinander, während sich bei der Außenrotation die Bänder wieder lockern und entwickeln.

Betrachtet man während eines Bewegungsablaufes die Verbindung der Drehzentren (Kreuzungspunkte der Kreuzbänder), ergibt sich eine Kurve und die Gelenkflächen hüllen sich gegenseitig ein. Bei der Beuge-Streck-Bewegung zeigt sich, dass sich das Momentandrehzentrum P immer im Kreuzungspunkt der beiden Kreuzbänder und Seitenbänder befindet (Abbildung 6) [28].

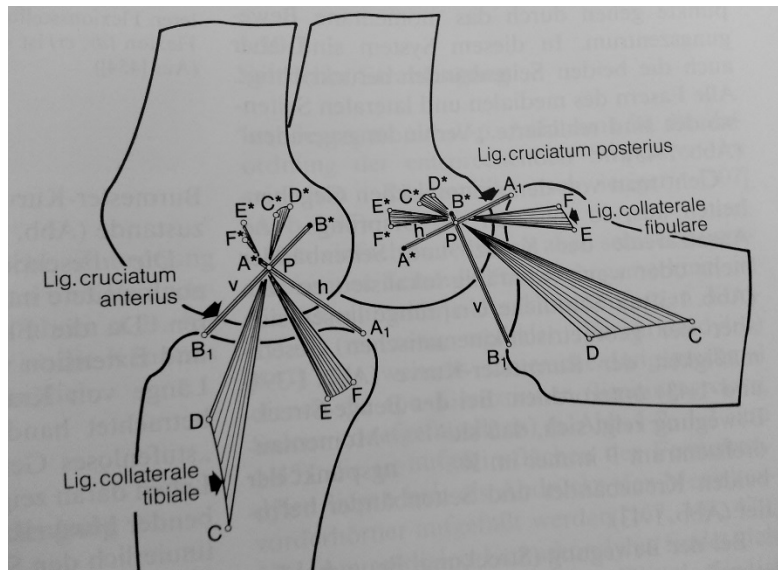


Abbildung 6: Biomechanik des Kniegelenkes [28] (Mit freundlicher Genehmigung des Springer Verlages)

1.3.4 Slope

Die knöchernen tibiale Gelenkfläche ist in der Sagittalebene um 5-6° nach dorsal geneigt (Tibial Slope). Vom tibialen Slope wird der „meniscal Slope“ unterschieden, der sich auf die Knorpeldicke und die Menisken bezieht. Zudem steht das Tibiaplateau im Verhältnis zur Femurschaftachse ebenfalls geringfügig nach dorsal versetzt. Durch die zusätzlich nach dorsal konkave Krümmung der Femurdiaphyse und des Tibiaschaftes ist die Anatomie an die Funktion des Kniegelenkes angepasst (Abbildung7) [29].

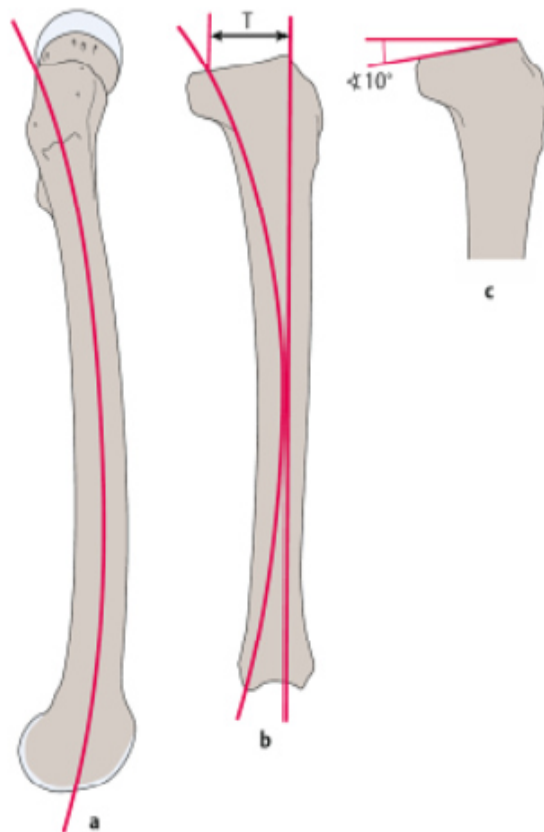


Abbildung 7: a-c Physiologische dorsal-konkave Krümmung der Femurdiaphyse in der Sagittalebene
 (a). Physiologische dorsal-konkave Krümmung der Tibiadiaphyse mit physiologischer Versetzung des Tibiaplateaus gegenüber der Femurschaftsachse nach posterior (T) in der Sagittalebene (b).
 Schematische Darstellung des Tibial Slope (c). [29]

1.4 Diagnostik einer hinteren Kreuzbandläsion

1.4.1 Symptome

Die Symptome bei einer hinteren Kreuzbandruptur können stark variieren, abhängig davon wie komplex das Verletzungsmuster ausfällt. Typischerweise kommen die Patienten mit einer passenden Anamnese, wie einem Anpralltrauma, zum Beispiel bei einem Verkehrsunfall (dashboard injury) oder bei einer sportlichen Aktivität (Hyperflexion) [1].

Es muss zwischen akuten und chronische sowie zwischen kombinierten und isolierten Verletzungen unterschieden werden [1].

Bei akuten Verletzungen stellen sich die Patienten häufig mit einer starken Schwellung des Kniegelenkes vor und durch die Kapseldehnung äußern sie Schmerzen bei der Beugung des Gelenkes und in der Kniekehle [6]. Oft sind die Schmerzen jedoch recht moderat. Vereinzelt kann es durch den Kreuzbandausriss zu einem Hämarthros kommen, der jedoch nicht obligat ist [1]. Der Bewegungsumfang kann eingeschränkt sein, vor allem bei der Kniebeugung. Die Belastbarkeit des Kniegelenkes ist jedoch oft uneingeschränkt. Nicht selten wird eine hintere Kreuzbandruptur aber nicht in der Akutphase sondern in der chronischen Phase diagnostiziert, sondern erst, wenn der Patient sich zu einem späteren Zeitpunkt mit anhaltendem Instabilitätsgefühl erneut vorstellt. Bei einer chronischen HKB-Läsion stehen oft Schmerzen im medialen Gelenkcompartment, im Patellofemoralgelenk und ein mit Flexion des Kniegelenkes assoziiertes Instabilitätsgefühl im Vordergrund [6].

Abhängig vom Ausmaß des Verletzungsmusters, besonders bei Kombinationsverletzungen, klagten die Patienten häufig zusätzlich über ein Instabilitätsgefühl, das sog. „Giving-away-Phänomen“ [30]. Eine kombinierte Verletzung ist häufig sehr schwer und kann durch das Vorliegen weiterer Begleitverletzungen, wie z.B. Frakturen oft falsch eingeschätzt werden. Durch das Überwiegen schwerer Begleitverletzungen, können kombinierte Kreuzbandrupturen häufig übersehen werden. Isolierte Verletzungen sind hingegen mit 2 % sehr selten, oft symptomarm und unspezifisch wodurch eine Diagnosestellung erschwert wird [31]. Erstsymptome sind dann häufig erst beim Laufen auf unebenem Boden, beim Treppensteigen oder beim Heben von Gewichten zu spüren [32].

Auf mögliche Prellmarken, vor allem an der Tibia und Hämatome in der Kniekehle, ist daher zu achten.

1.4.2 Klinische Untersuchung bei einer HKB-Ruptur

Bevor die verschiedenen Tests zur Untersuchung des hinteren Kreuzbandes durchgeführt werden dürfen, muss durch konventionelle Röntgenaufnahmen im anterioren-posterioren und seitlichen Strahlengang gesichert werden, dass keine weiteren Frakturen der angrenzenden Knochen oder Ausrisse von knöchernen Strukturen vorliegen [7]. Gehaltene Aufnahmen in 90° im Seitenvergleich werden im chronischen oder fraglichen Zustand durchgeführt, um die Instabilität quantifizieren zu können.

Nach Ausschluss von knöchernen Frakturen, Inspektion der Weichteile und der Kniekonturen, wird die Instabilität der Ligamente im Seitengleich untersucht. Eine Überprüfung der hinteren Schublade im 90° Winkel kann durch den Hyperextensionstest ergänzt werden. Bei dieser palpatorisch hinteren Schublade legt der Untersucher seine flache Hand auf die Tuberositas tibiae und die Fingerspitzen auf die Patellavorderfläche. Ein leichter Druck auf die Tuberositas tibiae erlaubt bei einer hintere Kreuzband-Läsion ein leichtes Zurücksinken des Tibiakopfes nach dorsal, das durch die Hyperextension der Fingergrundgelenke registriert wird.

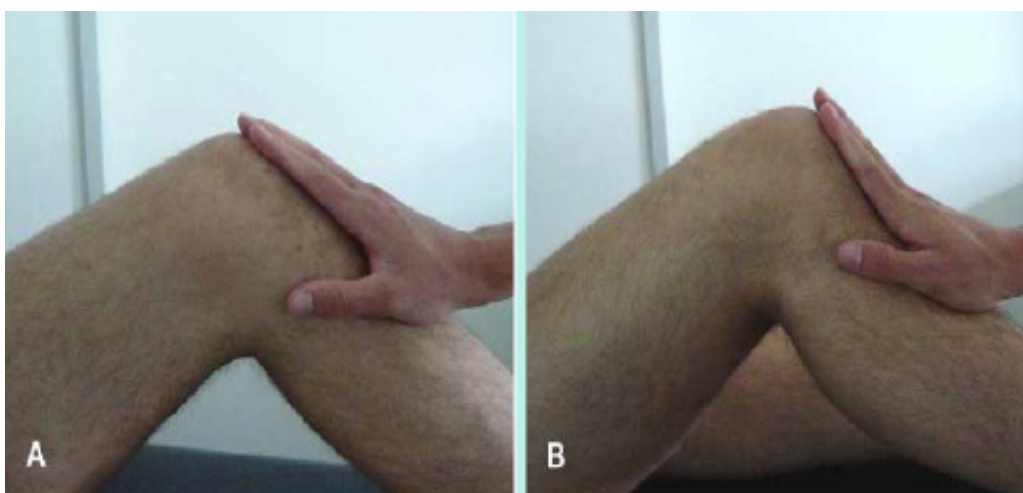


Abbildung 8: A) Hyperextensionstest in Ausgangstellung und B) in manueller hinterer Schublade [1]

Als sensitiver Test bei akuten Läsionen hat sich auch der Step-off-Test erwiesen, durch den eine verminderte Prominenz des Tibiaplateaus bei 90° angewinkelten Kniegelenk im Seitenvergleich ertastet werden kann. Ebenso kommt der reversed Lachmantest zur Anwendung.



Abbildung 9: Step-off-Test [1]

Um eine Mitbeteiligung der posterolateralen Ecke beurteilen zu können, wird der Dial-Test in Extension, 30° und 90° durchgeführt (Abbildung 21). Dabei weist eine vermehrte Außenrotation bei 30° auf eine isolierte Verletzung der posterolateralen Strukturen hin. Eine vermehrte Außenrotation bei 30° und 90° Beugung spricht für eine zusätzliche HKB-Läsion [4].

1.4.3 Radiologie

Um knöcherne Verletzungen ausschließen zu können, werden vor der klinischen Untersuchung Röntgenbilder angefertigt.

Bei ligamentären Rupturen lässt sich eine größere Distanz zwischen den artikulierenden Gelenkflächen erkennen, bei den gehaltenen Aufnahmen (Abbildung 10) kann die hintere Schublade nach Jacobsen ausgewertet werden und somit im Vergleich zur Gegenseite ausgemessen werden [33].



Abbildung 10: gehaltene Röntgenaufnahme in 90° Knieflexion [7]

Das ist wichtig für den weiteren Therapieablauf. Bei chronischen Verletzungen können Sekundärschäden, wie die Arthrose, durch die Bildung von Osteophyten und Sklerosierung sowie eine Verschmälerung des Gelenkspaltes oder eine fixierte Schublade erkannt werden. Belastungsaufnahmen wie die Rosenbergaufnahme bei 45° zeigen vor allem bei chronischer Instabilität des hinteren Kreuzbandes arthrotische Veränderungen in den medialen Gelenkkompartimenten im Verlauf. Durch die Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes kommt es zu einer Verlagerung des Drehzentrums und somit, wie auch bei einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes, zu einer Überlastung mit zeitgleich vermehrten Scherkräften im lateralen Kompartiment [34]. Bei einer Flexion zwischen 30 und 60° werden genau die Knorpelareale belastet und indirekt durch die Gelenkspaltverschmälerung dargestellt, die in der Hauptbelastungszone liegen [35].



Abbildung 11: Rosenbergaufnahme bei Belastung in 45° Kniebeuge. Patient mit chronischer hinterer Kreuzband-Insuffizienz und posterolateraler Instabilität. [1]

Bei frischen oder akuten Kreuzbandverletzungen ist darauf zu achten wann sich der Unfall ereignete, da Stressaufnahmen nach zwei Wochen des Unfallhergangs, die Heilung der Bänder stören könnten und daher nicht indiziert sind. Bei akuten Verletzungen wird zur Beurteilung der Strukturen ein Knie-MRT angefertigt.

Bei eingeschränkter Untersuchbarkeit der Bänder wird ein Knie-MRT angefertigt. Dabei ist jedoch zu beachten, dass eine Beurteilung der ligamentären Strukturen sowie der Menisken und Knorpel zwar möglich ist, jedoch keine Aussage über die funktionelle Qualität der Bänder gemacht werden kann. Ein MRT wird durchgeführt, um den Verlauf der Ausheilung zu beurteilen. Bei chronischen Instabilitäten ist eine Beurteilung der Knorpel und Menisken sinnvoll, bzw. um eine Rekonstruktionsrevisions-Operation planen zu können.

1.5 Therapiemöglichkeiten

Je nach Klassifizierung der hinteren Kreuzbandläsion wird das weitere Therapiekonzept zusammengestellt. Bewährt hat sich das Konzept nach Harner, der die HKB-Läsionen in vier Gruppen einteilt (A-D). Dort werden isolierte und Kombinationsverletzungen, die hintere Schublade und die varische Aufklappbarkeit in die Therapieempfehlung mit einbezogen. Je nach Größe der hinteren Schublade und der einzelnen Ergebnisse wird

die Therapie konservativ mit Physiotherapie oder operativ, auch abhängig von der Symptomatik, durchgeführt [4], [7].

Grad	A	B	C	D
Hintere Schublade	< 5 mm	5-10 mm	10-15 mm	> 15 mm
Hintere Schublade in Innenrotation	abnehmend	gleich bleibend	gleich bleibend	zunehmend
Varusinstabilität	-	-	+/-	+
Diagnose	isoliert	isoliert	kombiniert	kombiniert
Therapieempfehlung	Physiotherapie	Operation, wenn symptomatisch	Operation	Operation

Abbildung 12: Klassifikation der HKB-Läsion nach Harner [36], [37]

Für die Therapieplanung muss ebenfalls das Alter und das Aktivitätsniveau der Patienten, das Alter der Verletzung sowie Begleitverletzungen wie Knorpel-, Meniskus- und weitere Bandverletzungen, z.B. eine Verletzung der posterolateralen Ecke sowie die Instabilität, berücksichtigt werden. Bei isolierter Instabilität und einer Schublade unter 10 mm im Seitenvergleich, sollte die Therapie konservativ erfolgen [7]. Bei multiplen Bandverletzungen und ansteigender Instabilität erfolgt eine Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes zusammen mit einer Refixation oder Ersatz der betroffenen Ligamente. Bei chronischer Instabilität muss vor der Rekonstruktion eine fixierte hintere Schublade ausgeschlossen werden, da diese durch die Rekonstruktion weiter fixiert würde. Bei Vorliegen einer fixierten hinteren Schublade ist das Tragen einer Orthese für 6-8 Wochen indiziert, um den Tibiakopf aus der biomechanisch ungünstigen Position zu holen. Bei radiologisch kontrolliertem Erfolg ist eine operative Rekonstruktion möglich [4].

Bei einer Fehlstellung der Beinachse oder beginnender arthrotischer Veränderungen der betroffenen Gelenke, ist gegebenenfalls eine Korrekturosteotomie vor der Rekonstruktion durchzuführen [4], [7].

1.6 Transplantate und Operationstechnik

Bei der Transplantatwahl kommen verschiedene Transplantate in Frage. Bevorzugt wird die Semitendinosussehne verwendet, da die Entnahmemorbidität gering ist. Ebenso kommen auch die Gracilissehne, die mittlere Patellasehne (BPTB), die Quadrizepssehne oder die Achillessehne in Betracht. Auch zwischen Allo- und Autograft muss unterschieden werden. Die Gracilis-, Patella- und Quadrizepssehne werden als Autograft, die Achilles-, Quadrizeps- und Tibialis-anterior-Sehne auch als Allograft verwendet. Die Sehnen können ipsi- oder contralateral entnommen werden. Es gibt verschiedene Operationstechniken, die erprobt wurden und abhängig vom Zeitpunkt der Verletzung variieren, d.h., ob sich die HKB-Verletzung in einem akuten oder chronischen Zustand befindet, ob in Einzel- oder Doppelbündeltechnik operiert wird oder bei der Transplantatfixierung.

Ist das hintere Kreuzband noch kräftig vorhanden, aber elongiert ausgeheilt, wird nur das anterolaterale Bündel ersetzt, das in Beugung stabilisiert. Hierbei bleibt das meist nur wenig elongierte, in Streckung stabilisierende posteromediale Bündel erhalten. Sind keine suffizienten Bandreste mehr erhalten, wird die anatomische Doppelbündeltechnik verwendet [5].

1.6.1 Operationstechnik des untersuchten Patientenkollektivs

Die Patienten aus dem untersuchten Patientenkollektiv erhielten alle eine Einzelbündelrekonstruktion des AL-Bündels in tibialer Tunneltechnik und femoraler inside-out Technik mit Fixation des Transplantates in Hybridtechnik.

Für den arthroskopischen HKB-Ersatz werden insgesamt vier Zugänge benötigt. Dazu werden ein hoher und ein tiefer anterolateraler Zugang angelegt. Über den hohen anterolateralen Zugang erfolgt die diagnostische Arthroskopie. Ebenso wird ein hoher anteromedialer Zugang durchgeführt sowie ein dorsomedialer Zugang, der der

Darstellung des hinteren Kreuzbandes dient, einschließlich der Insertionsstelle an der Tibia. Um den Muskulus semitendinosus entnehmen zu können, wird ein drei bis vier cm langer Hautschnitt durchgeführt. Dieser wird dann unter Mitnahme eines periostalen Anteiles herauspräpariert. Dadurch wird das Transplantat etwas verlängert und der knöcherne Anteil sorgt für ein besseres Anwachsen im Bohrkanal. Zur Entnahme wird ein sechs bis sieben mm Sehnenstripper verwendet. Die Transplantatlänge sollte um die 28 cm betragen. Reicht diese nicht aus wird die Sehne des Muskulus gracilis ebenfalls entnommen. Über den tiefen anterolateralen Zugang wird zuerst der femorale Bohrkanal angelegt, der anatomisch an der Knochen-Knorpelgrenze im Zentrum des anterolateralen Bündels liegt. Die Tiefe des Bohrkanals wird ermittelt, nachdem die Gesamtlänge des femoralen Bohrkanals ermittelt wurde [4]. Über diesen wird dann der Zieldraht eingeführt und positioniert, abhängig vom Transplantatdurchmesser überbohrt.



Abbildung 13: Femorales Zielgerät zur Platzierung des Bohrkanales (Karl Storz GmbH) [38]

Der tibiale Bohrkanal, der über den antero-medialen Zugang durchgeführt wird, liegt ca. 12-14 mm kaudal der hinteren Tibiakante, der ventrale Bohrkanal auf Höhe der Tuberositas tibiae an der anteromedialen Tibiakopfante. Durch diesen wird ebenfalls ein Zieldraht eingebracht, bis er etwa 15 mm unterhalb der Innenmeniskusoberkante in der HKB-Insertion die erwünschte Position erreicht.

Das Transplantat wird durch den tibialen Bohrkanal eingeführt und durch den femoralen Bohrkanal ausgeleitet. Durch Ziehen am Zugfaden wird das Transplantat dann unter arthroskopischer Kontrolle bis zur Markierung in den femoralen Bohrkanal gezogen. Dort wird das Transplantat mittels einer Interferenzschraube in Hybridtechnik fixiert. Tibial erfolgt die Fixierung des Transplantates erst nach der posterolateralen Stabilisierung. Bei einer Knieflexion von 80° wird unter maximal vorderem Schublendendruck durch eine weitere Interferenzschraube das Transplantat tibial fixiert. Über Armierungsfäden werden diese dann über eine Knochenbrücke verknötet.

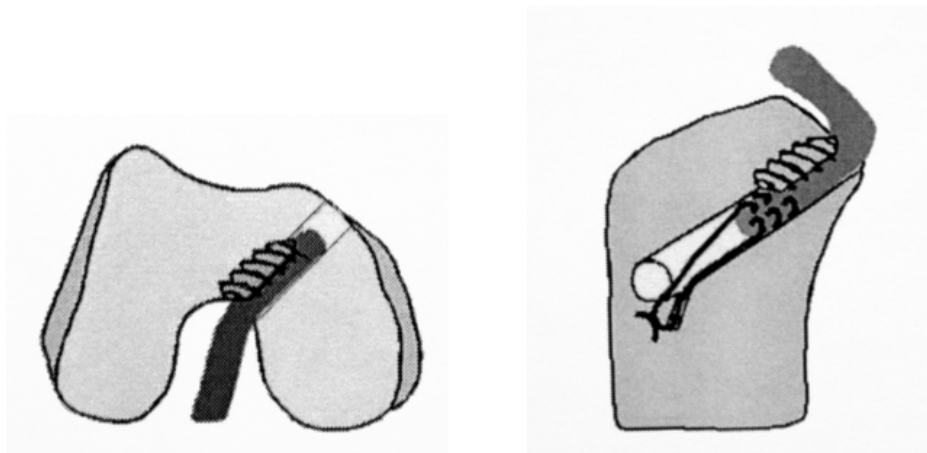


Abbildung 14: Transplantatfixation: Femoral gelenknahe Fixation mit Interferenzschraube. Tibial gelenknahe Fixation mit Interferenzschraube und Sicherung der Fixation durch Verknöten der Armierungsfäden über eine Knochenbrücke. [90]

1.6.2 Posterolaterale Rekonstruktion

Die Rekonstruktion der posterolateralen Gelenkecke wurde nach der von Strobel modifizierten Operationstechnik nach Larson durchgeführt.

Dazu wurde die Semitendinosussehne verwendet. Es handelt sich hierbei um keine anatomische Rekonstruktion, sondern um eine isometrische, dreieckige Wiederherstellung der ligamentären Strukturen. Der dorsale Transplantationszügel entspricht der Sehne des Musculus popliteus und dem Ligamentum popliteofibulare, der ventrale Anteil dem Ligamentum collaterale laterale. Nachdem über einen drei bis vier Zentimeter langen Hautschnitt das Caput fibulae freigelegt wurde, wird unter dem

Schutz des Nervus peroneus von ventral nach dorsal ein Bohrkanal durch das Fibulaköpfchen gebohrt. Über einen weiteren Hautschnitt am Epicondylus lateralis wird der Tractus iliotibialis dargestellt, der stumpf gepalten wird. Bei in Flexion gehaltenem Knie kann so ein Kirschnerdraht anterior und kranial des Epicondylus lateralis eingebracht werden. Die Semitendinosussehne wird so gezogen, dass der anteriore Anteil epifaszial vor der Tibialis-anterior-Faszie, der dorsale Anteil durch einen zweiten Weichteiltunnel unterhalb des Tractus iliotibialis verläuft. Die Isometrieverhältnisse werden überprüft und dann der Draht überbohrt. Auf die Transplantatenden werden biodegradierbare Polylactid-Kugeln (Endopearl R, ConMed Linvatec Deutschland GmbH) angeknötet. Anschließend wird das Transplantat in den femoralen Bohrkanal eingezogen und bei 70° Flexion, leichter Innenrotation, Valgusstress und vorderem Schubladenstress mittels Interferenzschrauben (MegaFix™, Karl Storz GmbH, Tuttlingen) verankert.

Die Nachbehandlung erfolgt nach einem einheitlichen Schema mittels PTS-Orthese und Physiotherapie.



Abbildung 15: Interferenzschrauben zur gelenknahen Sehnenfixation (Mega Fix®-Reihe, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen) [38]

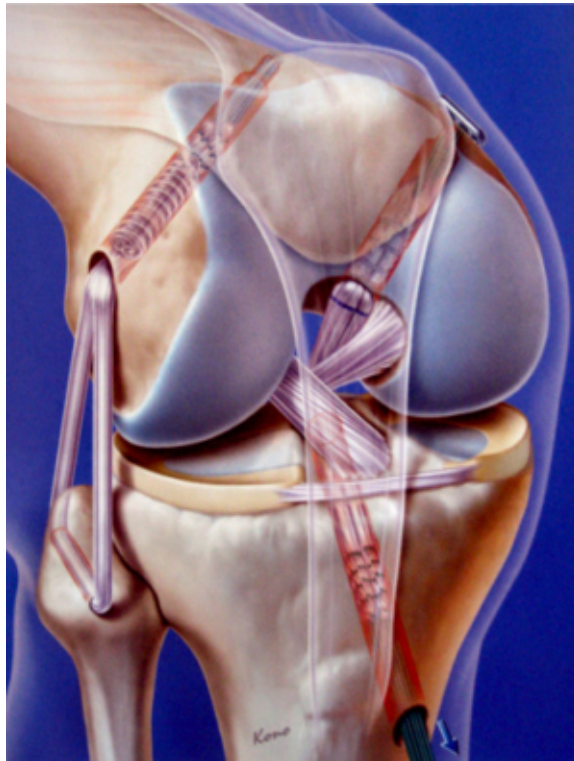


Abbildung 16: Bohrkanäle und Transplantatverlauf bei Ersatz des hinteren Kreuzbandes mit posterolateraler Stabilisierung (Hinteres Kreuzband, 2008, Endo Press, Tuttlingen) [39]

1.7 Fragestellung

Da im Bereich der Forschung über die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erst wenige Erkenntnisse vorliegen und oft die bisher vorliegenden Ergebnisse keine zufriedenstellenden Ergebnisse liefern, befasse ich mich in dieser Dissertation mit der Langzeitauswertung von Patienten, die in einem Zeitraum von bis zu zehn Jahren einen Ersatz des hinteren Kreuzbandes erhalten haben und überprüfe die Funktion und Stabilität der HKB-Rekonstruktion anhand der klinischen Untersuchungen im Langzeitverlauf.

Meine Fragestellung lautet, inwiefern eine kombinierte Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes und der posterolateralen Gelenkecke einen Einfluss auf die Kniegelenksfunktion im Langzeitverlauf hat.

2 Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Das Patientenkollektiv besteht aus einem Pool an 230 Patienten, die in den vergangenen fünf bis zehn Jahren, zwischen Mai 2000 und September 2006, im Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité Campus Virchow Klinikum, Sektion Arthroskopie und Sporttraumatologie, eine arthroskopisch assistierte Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erhalten haben.

Diese 230 Patienten wurden eingeladen, zu einer kontrollierten Nachuntersuchung in die Klinik zu kommen. Die Kontaktaufnahme erfolgte telefonisch, per Post und per E-Mail. Die Patienten erhielten bereits bei Kontaktaufnahme die Information, dass die Teilnahme freiwillig erfolgt. Dank der Richard und Annemarie Wolf-Stiftung konnte den Patienten, die aus Deutschland und der Schweiz angereist sind, die Fahrtkostenerstattung zugesichert werden. Von den 230 Patienten meldeten sich 67 Patienten zurück und willigten der Teilnahme ein. 43 Briefe konnten nicht zugestellt werden. Zehn Patienten haben inzwischen ein Knie-Totalendoprothese (TEP) erhalten und konnten daher nicht an der Untersuchung teilnehmen. Zwei der 67 Patienten schieden während des Untersuchungszeitraumes aufgrund persönlicher Gründe oder krankheitsbedingt aus. Bei zwei weiteren Patienten fehlten Ergebnisse der Fragebögen direkt vor bzw. nach der Operation und Röntgenbilder im Verlauf, so dass insgesamt ein Patientenkollektiv von 63 Patienten in die Auswertung mit eingeschlossen wurde.

Die 63 Patienten bestanden aus 47 Männern und 16 Frauen, die zum Untersuchungszeitpunkt 2012 ein mittleres Alter von 39 Jahren \pm 11 Jahre aufwiesen. Das Alter zum Zeitpunkt der OP betrug 30 \pm 10 Jahre. Bei 33,3 % erfolgte das Trauma durch einen Motorradunfall (21 von 63 Patienten), gefolgt von Sportunfällen 28,6 % (18 von 63), Autounfällen 14,2 % (9 von 63), im Alltag 9,5 % (6 von 63) und als Fußgänger bzw. Fahrradfahrer mit 7,9 % (5 von 64). Bei 6,3 % (vier Patienten) gab es keine Angabe zum Unfallhergang.

Durch diese Unfallmechanismen erlitten fünf Patienten eine isolierte hintere Kreuzbandruptur, 28 Patienten eine kombinierte Knieverletzung aus hinterer Kreuzbandruptur und posterolateraler Ecke (PLC) und 30 Patienten eine Verletzung aus vorderer- und hinterer Kreuzbandruptur mit Beteiligung der posterolateralen Ecke.

Das Intervall zwischen Unfall und Operation betrug im Durchschnitt 4,8 Jahre. Bei 61 Patienten wurde die anterolaterale Einzelbündel-Technik angewendet, bei zwei Patienten die Doppelbündeltechnik. 38 Patienten erhielten ein Transplantat aus dem Musculus Semitendineus und Musculus Gracilis. Seltener wurde die Tibialis anterior Sehne (zehnmal), die Achillessehne (sechsmal) und die Quadrizepssehne mit viermal verwendet. Die BPTB-, Semitendinosus/ Tibialis anterior-, Gracilis/Tibialis posterior- und anterior Sehne wurden jeweils einmal verwendet.

Alle Patienten erhielten nach der Operation das gleiche Schema für die Nachbehandlung. Dieses Schema sieht das konsequente Tragen einer PTS-Orthese bis sechs Wochen nach der OP vor, verbunden mit Physiotherapieeinheiten zwei- bis dreimal wöchentlich. Nach sechs Wochen darf die Beugung freigegeben werden und die PTS-Orthese wird durch eine funktionelle HKB-Orthese ersetzt. Nach zwölf Wochen wird den Patienten empfohlen an einer dreiwöchigen Rehabilitation teilzunehmen. Die Nachbehandlungsphase verlief bei den Patienten komplikationslos.



Abbildung 17: Posterior Tibial Support (PTS)-Orthese [1]

Die Operation wurde bei allen Patienten durch einen Operateur durchgeführt. Bei Antritt der kontrollierten Nachuntersuchung erhielten die Patienten eine Einverständniserklärung, die sie zu Beginn unterschreiben mussten. Der Ethikantrag wurde im März 2012 bewilligt. Die kontrollierte Nachuntersuchung enthält eine Röntgenaufnahme beider Kniegelenke, eine klinische Untersuchung durch zwei erfahrene Ärzte und Fragebögen, um das subjektive Empfinden der Patienten mit in die

Auswertung miteinzubeziehen und diese dann mit den objektiven Parametern in Beziehung zu setzen.

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
<ul style="list-style-type: none">• Hintere Kreuzbandplastik bis 2008• Ein Operateur• Ein Bein operiert• Verschiedene Transplantate• Revision vor 2008	<ul style="list-style-type: none">• Knie-Totalendoprothese• Beide Beine verletzt• Fehlende präoperative gehaltene Aufnahmen• Fehlende gehaltene Aufnahmen <12 Monate

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien:

2.3 Nachuntersuchung

Die Patienten wurden zu einer klinischen Untersuchung in einem Zeitabstand von drei, sechs, zwölf, 24 Monaten nach der hinteren Kreuzbandrekonstruktion eingeladen, zuletzt nach fünf bis 15 Jahren.

Die klinische Untersuchung fünf bis zehn Jahre nach der Kreuzbandplastik bestand aus einer gehaltenen Röntgenaufnahme und einer klinischen Untersuchung der Knie durch zwei erprobte Orthopäden der Sektion Arthroskopie und Sporttraumatologie der Charité des Campus Virchow Klinikums, ergänzt wurde die klinische Untersuchung durch Fragebögen.

2.3.1 Röntgenaufnahmen

Prä- und postoperativ sowie im Verlauf, wurden Stressaufnahmen angefertigt. In dem Röntgenhalteapparat nach Scheuba (Fa. Telos GmbH, Marburg) werden das betroffene Bein und auch die Gegenseite geröntgt. Die Gegenseite wird aufgenommen, um später die Seitendifferenz bestimmen zu können. Die Beine werden nacheinander in verschiedenen Positionen in den Telos Halteapparat eingespannt und fixiert. So kann die Tibia mit einer vorher definierten Kraft in die vordere und hintere Schublade gedrückt werden. Es wurde angestrebt, die Beine in einem Winkel von 90° zu fixieren. Mit einem Stempel, der an der Haltevorrichtung des Röntgengerätes befestigt ist, wird nun auf der Höhe der Tuberositas tibiae, die Tibia mit einer Kraft von 15 kpa nach posterior gedrückt [40]. Der Patient steht mit der zu untersuchenden Körperseite an der Röntgenplatte. Zwischen der Röntgenkassette und der Röntgenröhre liegt ein Standardabstand von 1,15 Metern. Der Strahlengang erfolgt bei Aufnahme von medial nach lateral. Das aufzunehmende Knie liegt lateral der Röntgenkassette an. Die Tibia liegt in Neutralposition vor, d.h., die Patellaspitze, die Tuberositas tibiae und die Os Metatarsale II liegen in einer vertikalen Achse vor [41]. Die vordere Schublade wird durchgeführt um erkennen zu können, ob sich das Knie in einer fixierten Schublade befindet. Bei einer fixierten hinteren Schublade lässt sich der Tibiakopf, trotz des nach anterior gerichteten Druckes, nicht in die Neutralnullstellung bringen. Diese nach dorsal gerichtete nicht reponierbare Subluxation kommt oft bei chronischen HKB-Läsionen, aber auch bei 10 % der operierten Patienten vor [40]. Die Auswertung der gehaltenen Röntgenaufnahmen erfolgte nach Jacobsen [33]. Nach Jacobsen werden verschiedene Knochenpunkte miteinander verbunden. Zuerst wird das Tibiaplateau mit einer Geraden verbunden, anschließend wird der Mittelpunkt zwischen den beiden am weitesten nach dorsal reichenden Knochenpunkten der medialen und lateralen Femurkondylen aufgesucht. Von dort wird eine senkrechte Linie gezogen, so dass die Gerade des Tibiaplateaus und die Gerade zwischen den Femurkondylen in einem 90° Winkel stehen. Die nächste Gerade wird vom Mittelpunkt aus des am weitesten nach dorsal reichenden medialen und lateralen Tibiaplateaus gezogen. Auch dieser Punkt wird mit einer im 90° Winkel stehenden Geraden mit der Tibiaplateaulinie verbunden. Die Differenz der zueinander parallelstehenden Geraden ergibt die Translation des Tibiakopfes gegenüber des Femurs auf der Transversalebene. Gemessen wird die Differenz in Millimetern und ergibt die hintere bzw. vordere Schublade. Bei einem

gesunden Knie stimmen die Schnittpunkte auf der Transversalebene überein und die Differenz beträgt 0 mm. Lässt sich der Tibiakopf nach dorsal verschieben ergibt es einen negativen Wert, lässt sich der Tibiakopf nach ventral verschieben einen positiven Wert. Durch wiederholte postoperative Röntgenaufnahmen bei den Kontrolluntersuchungen lässt sich der postoperative Verlauf der hinteren Kreuzbandplastik beurteilen und eine eventuelle Transplantatlockerung erkennen.

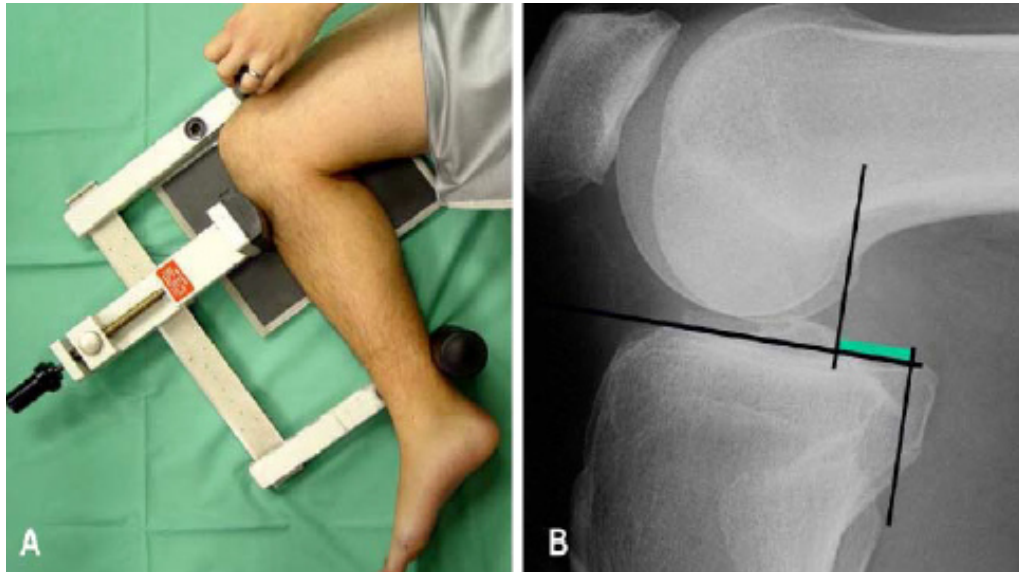


Abbildung 18: A) Telos-Halteapparat [33] B) Auswertung der hinteren Schublade (HSL)-Aufnahme nach Jacobsen bei 90° Kniebeugung [33], [1]

2.3.2 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung wurde durch zwei erprobte Ärzte der Sektion für Arthroskopie und Sporttraumatologie der Charité des Campus Virchow Klinikums durchgeführt. Es erfolgte immer eine Untersuchung beider Beine im seitenvergleich, um einen Vergleichswert zu haben. Beide Beine werden auf Deformitäten, Ergüsse, Weichteilschwellung und Entzündungsparameter untersucht. Der Bewegungsumfang wurde anhand der Neutralnullmethode bestimmt und das Beuge-/Streckdefizit mittels eines Goniometers ausgemessen und auf einem vorgegebenen Protokoll dokumentiert sowie auch die Krepitationen im patellofemorale, im lateralen und medialen

Gelenkspalt. Als funktioneller Test diene zum Abschluss ein Ein-Bein-Sprung mit dem operierten und dem nicht betroffenen Bein. Als Vorlage für die klinische Untersuchung diene das Protokoll des International Knee Documentation Committee (IKDC). Ebenfalls die Auswertung der Translation. Die Auswertung findet immer im Vergleich zur Gegenseite statt (SSD): (A: 0 - 2 mm = normal, B: 3 - 5 mm = fast normal, C: 6 - 10mm = abnormal und D: > 10mm = deutlich abnormal).

2.3.3 Lachmantest

Beim „klassischen“ Lachmantest liegt der Patient auf dem Rücken [42]. Der Test ist für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes vorgesehen. Das zu untersuchende Bein ist bei 20° - 30° flektiert. Der Untersucher umfasst mit einer Hand den Oberschenkel und mit der anderen Hand den Unterschenkel. Auf der Sagittalebene werden die beiden Kompartimente nun gegeneinander verschoben. Es wird zeitgleich der Anschlag beurteilt, ob dieser weich oder fest ist. Problematisch ist die Untersuchung bei der Ruptur des hinteren Kreuzbandes, da eine nach dorsal subluxierte Tibia einen positiven Lachmantest vortäuschen kann (Abbildung 19) [43].



Abbildung 19: Lachmantest: Das Knie befindet sich bei 30° in der spontanen hinteren Schublade; C) Reposition in Neutralposition [1]

2.3.4 Hintere Schublade

Der hintere Schubladentest dient der Diagnostik einer hinteren Kreuzbandruptur. Bei der hinteren Schublade ist bei der Untersuchung das betroffene Bein in einem 90° Winkel gebeugt. Der Untersucher umfasst den Unterschenkel mit beiden Händen und legt die Finger in die Kniekehle des Patienten, die Daumen auf den medialen und lateralen Gelenkspalt. Der Unterschenkel wird nun entweder nach hinten gedrückt oder nach vorne gezogen. Die Tibia wird bei der vorderen Schublade nach ventral gegenüber dem Femur verschoben, bei der hinteren Schublade nach dorsal. Es ist darauf zu achten, dass der Druck von einer Neutralstellung ausgeht. Eine Korrektur in die Neutralstellung darf nicht als positives Zeichen einer vorderen Kreuzbandruptur gewertet werden. Der Test wird anschließend mit nach innen und dann nach außenrotierten Fuß wiederholt [44]. Im Vergleich zum anderen Bein, kann die Parallelverschiebung von Tibia und Femur zusammen mit dem Endpunkt beurteilt werden. Die Translation kann in verschiedene Grade eingeteilt werden. Grad 1° entspricht einer tibialen Verschieblichkeit von 0 – 5 mm, Grad 2 einer Verschieblichkeit von 6 – 10 mm und Grad 3 einer Verschieblichkeit von 11 mm und mehr. Der hintere Schubladentest zählt mit 90 % Sensitivität und 99 % Spezifität zu den präzisesten Tests [44]. Ergänzt werden kann der hintere Schubladentest mit der Überprüfung, ob ein Step-off zu tasten ist. Bei einem gesunden Knie in 90° Beugung, lässt sich eine Stufe

zwischen medialer Femurkondyle und dem medialen Tibiaplateau ertasten. Diese Prominenz des Tibiaplateaus kann bei einer hinteren Kreuzbandruptur vermindert sein.

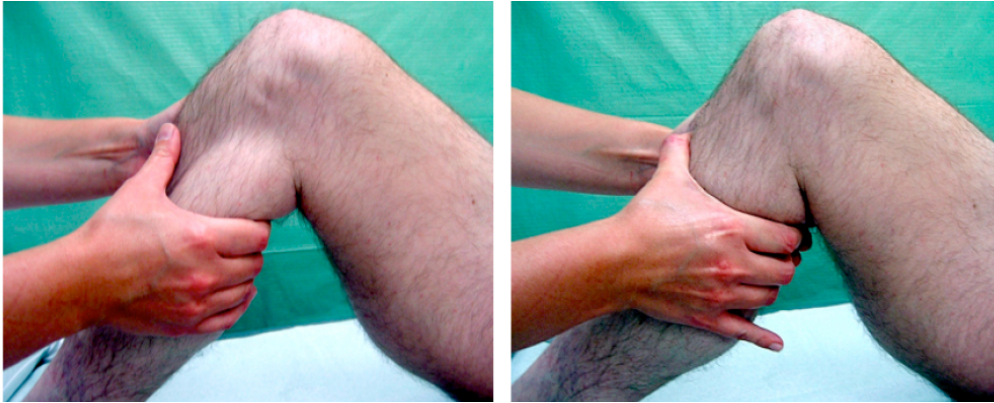


Abbildung 20: Prüfung der hinteren Schublade in 90° Flexion: Neutralposition und hintere Schublade [36]

2.3.5 Dial-Test

Um die posterolaterale Stabilität zu prüfen, wird der Dial-Test angewendet. Eine Verletzung der posterolateralen Ecke ist eine häufige Begleitverletzung bei Kreuzbandverletzungen. Bei diesem Test liegt der Patient auf dem Bauch. Die Beine sind erst bei 90° dann bei 30° angewinkelt, zum Schluss in gestreckter Position. Der Untersucher führt in allen drei Positionen durch eine passive Außenrotation der Füße eine Rotation der Beine durch. Ist eine maximale Außenrotation der Füße erreicht, wird der Winkel zwischen der medialen Fußkante und der Längsachse des Femurs mit einem Goniometer ausgemessen. Bei einer vermehrten Außenrotation im Vergleich zur Gegenseite, kann von einer Instabilität der posterolateralen Strukturen ausgegangen werden [45]. Anschließend wird die Untersuchung in der hinteren Schubladen Position wiederholt. Die Auswertung erfolgt ebenfalls im Vergleich zur Gegenseite. Die Ergebnisse werden dann mit den Ergebnissen des Lysholm Scores und des subjektiven IKDC verglichen [46]. Diese Untersuchung und die laterale Aufklappbarkeit des Gelenkspaltes können bei Läsionen der posterolateralen Gelenkecke erhöht sein [36], [45].

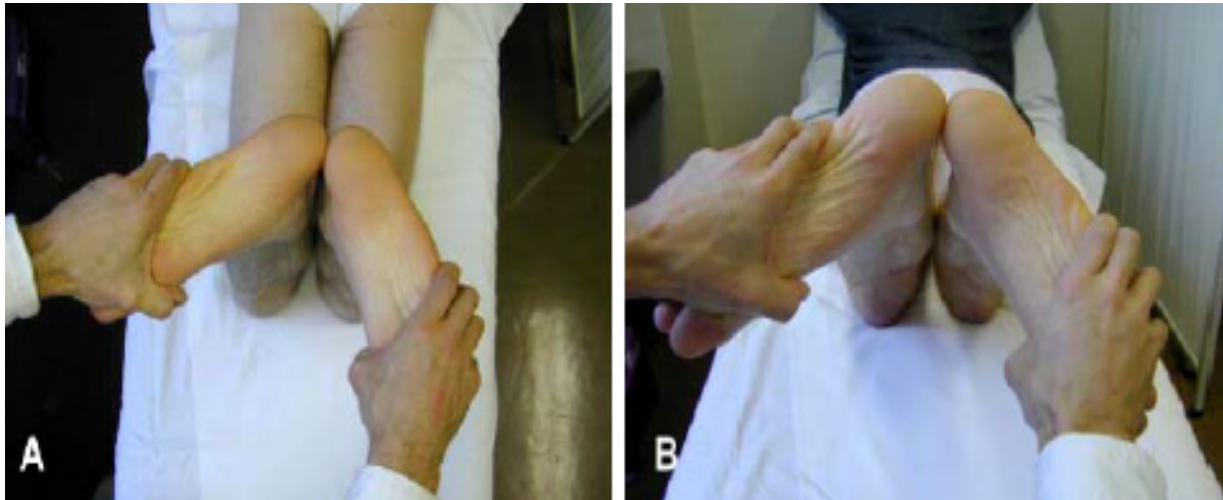


Abbildung 21: Dial-Test bei 30° [1]

2.3.6 Varusstress-Test und Valgusstress-Test

Beim Varusstress Test wird das mediale Kollateralband untersucht. Dabei liegt der Patient auf dem Rücken auf der Untersuchungstrage. Der Untersucher umfasst mit einer Hand das Sprunggelenk mit der anderen Hand umfasst er von medial das Kniegelenk, so dass die Finger den lateralen Gelenkspalt tasten können. Sie dient gleichzeitig als Widerlager für den vom Sprunggelenk medialwärts gerichteten Druck. Die Untersuchung findet in Extension und bei 20° - 30° Knieflexion statt. Eine Aufklappbarkeit bei 30° spricht für eine Instabilität der Seitenbänder, eine zusätzliche Aufklappbarkeit in Extension spricht für eine Mitbeteiligung der dorsolateralen Kapsel-Band-Strukturen [36], [45]. Die Untersuchung findet im Vergleich zur Gegenseite statt. Beim Valgusstress Test dient das laterale Kniegelenk als Widerlage und die mediale Aufklappbarkeit kann getestet werden.

2.3.7 Pivot-Shift

Der Pivot-Shift Test ist eine Untersuchung, um die Instabilität des lateralen Kompartiments, von einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbandes ausgehend, zu untersuchen. Beim Pivot-Shift-Test umfasst der Untersucher mit der einen Hand den Unterschenkel in Innenrotation und Valgusstress, mit der anderen Hand umfasst er die

laterale Femurkondyle und palpiert dabei die Fibula und die Tibia. Bei einer vorderen Kreuzbandruptur subluxiert die Tibia in Extensionstellung nach ventral. Bei Beugung des Kniegelenkes auf 20° - 40° kommt es zu einer spürbaren plötzlichen Reposition des subluxierten Tibiakopfes nach dorsal (Abbildung 22) [47].



Abbildung 22: Pivot-Shift Grad 3. Deutliche Subluxation des Tibiakopfes beim Passieren von Flexion zu Extension [48]

2.3.8 Step-off-Test

Der Step-off-Test kann einfach vor dem Posterior Drawer Test durchgeführt werden. Beim Step-off-Test liegt der Patient auf dem Rücken. Das Kniegelenk ist um 90° flektiert. Im physiologischen Zustand befindet sich das Tibiaplateau ca. einen cm anterior der medialen Femurkondyle. Dieser sogenannte Step-off ist normalerweise bei Verletzungen des hinteren Kreuzbandes reduziert. Diese Stufe lässt sich mit dem Daumen oder Zeigefinger ertasten, wenn man mit diesen von der medialen Femurkondyle Richtung Tibia streicht. Die posteriore Verschiebung wird abhängig von der Subluxation in drei Schweregrade unterteilt. Liegt die posteriore Translation zwischen 1 - 5 mm, liegt Grad 1 vor, der Step-off ist gerade noch tastbar. Grad 2 liegt

bei einer Verschiebung zwischen 5 - 10 mm vor und Grad 3 bei mehr als 10 mm (Abbildung 23) [49].

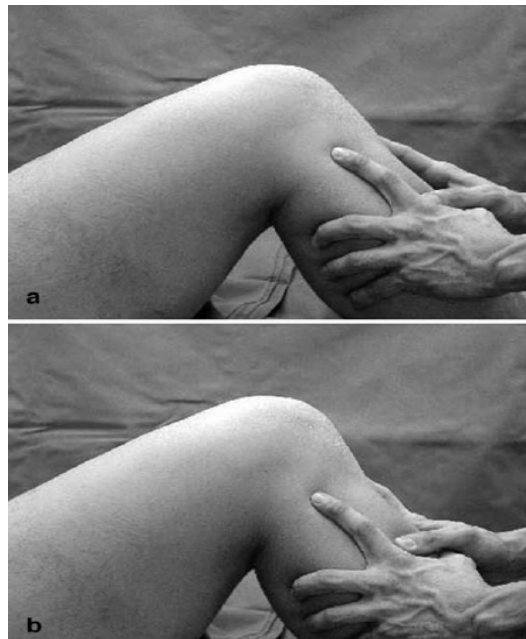


Abbildung 23: a) und b) Posterior Drawer Test; vermindertes Step-off in Neutralposition; a) das Tibiaplateau befindet sich auf gleicher Höhe, b) bei Druckausübung deutlich sichtbare Absenkung [49]

2.4 Fragebögen

2.4.1 International Knee Documentation Committee (IKDC)

Der IKDC ist ein international anerkannter Fragebogen, der von der Europäischen Kniegesellschaft ESKA und der amerikanischen Sportorthopäden OASSM 1987 entwickelt wurde [50]. Dieser Dokumentationsbogen wird benutzt, um die Funktionsfähigkeit des Knies nach Knieverletzungen zu beurteilen. Der Fragebogen kann sowohl präoperativ als auch postoperativ zur Verlaufskontrolle herangezogen werden. Für ein Kurzzeitergebnis sollte eine Beurteilung nach zwei Jahren, nach fünf Jahren für ein mittleres Ergebnis und für ein Langzeitergebnis nach 10 Jahren stattfinden [50]. Der IKDC-Score stellt der subjektiven Einschätzung des Patienten funktionelle Parameter gegenüber. Der subjektive Teil des Fragebogens umfasst einen

Fragebogen zur Beurteilung des gegenwärtigen Gesundheitszustandes des Knies (in Anlehnung an Fragen aus dem SF-36 Health Survey), in dem das allgemeine Gesundheitsempfinden im Alltag erfragt wird, einem Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies, in dem speziell nach klinischen Symptomen in Ruhe, bei alltäglicher Bewegung und bei sportlicher Belastung gefragt wird. Die Auswertung erfolgt nach einer Punkteverteilung mit einem Punkt für die niedrigste Funktionsstufe und fünf Punkten für die höchste Funktionsstufe. Die Einzelpunkte werden addiert und dann auf eine Skala von 0 bis 100 transformiert, wobei 100 Punkte die höchste Funktionsstufe und somit das beste Ergebnis repräsentieren. Die objektive Beurteilung des IKDC 2000 umfasst das Formblatt zur Untersuchung des Knies. Es enthält sieben Unterpunkte. Diese Unterpunkte umfassen Erguss, passives Bewegungsdefizit, Ligamentuntersuchung, Kompartimentbefund, Transplantatentnahmemorbidität, Röntgenbefund und den Funktionstest. Von diesen Unterpunkten werden jedoch nur die ersten drei Untergruppen bewertet, die restlichen vier werden nur dokumentiert. Bei der Auswertung erfolgt die Einteilung in vier Qualifikationsgrade (A = normal, B = fast normal, C = abnormal und D = deutlich abnormal). Die schlechteste Gradeinteilung innerhalb einer Gruppe ergibt den Gruppengrad. Die schlechteste Gradeinteilung innerhalb der ersten drei Gruppen ergibt den Gesamtgrad der Abschlussbeurteilung.

2.4.2 Lysholm Score

Der Lysholm-Score, modifiziert nach Lysholm und Gillquist, erfasst die Befindlichkeit der Patienten. Er gilt als ein valider Fragebogen nach Knieverletzungen für die Befindlichkeit [51].

Dieser fragt nach Funktionseinschränkungen im Alltag, wie beim Treppensteigen, Hocken und Belastung des Beines und wann und wie oft Blockierung, Schmerzen, Schwellung, ein Instabilitätsgefühl oder ein Hinken auftreten [51], [52].

2.4.3 KOOS-Fragebogen

Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) ist ein Fragebogen, der 42 Fragen enthält und in fünf Untergruppen unterteilt wird. Diese Fragen beinhalten Fragen zu Symptomen im Knie, Schmerzen, Aktivitäten des täglichen Lebens, Sport und Freizeit und die Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie. Die Auswertung erfolgt mit einem Punktesystem von 0 bis 4. 0 Punkte bedeuten keine Probleme, 4 Punkte bedeuten erhebliche Probleme. Jede Untergruppe wird individuell berechnet. Das Gesamtergebnis wird auf einer Skala von 0 bis 100 transformiert. Je höher die Punktzahl, desto weniger Probleme hat der Patient [53]. Der KOOS-Fragebogen ermöglicht eine Beurteilung des Therapieverlaufes, also ob der Patient auf die Operation des Kreuzbandes und die anschließende physikalische Therapie angesprochen hat [53], [54]. Gemeinsam mit dem IKDC-Fragebogen gehört er zu den entwickelten und validierten kniespezifischen Fragebögen [55].

2.5 Statistik und Datenanalyse

Für die statistische Auswertung wurde das Statistikprogramm SPSS und zur Ermittlung der Mittelwerte und Standardabweichungen das Programm Microsoft Office Excel 2007 verwendet.

Die erhobenen Daten wurden in eine Excel-Tabelle eingefügt und mit Hilfe des Microsoft Office Excel 2007 Programmes die Mittelwerte und die Standardabweichung für die deskriptive Auswertung berechnet.

Der Kruskal-Wallis Rank Sum Test, als ein parameterfreier statistischer Test, wurde angewandt, um anhand einer Varianzanalyse zu prüfen, ob bei unabhängigen Stichproben bei mehreren Gruppen ein Zusammenhang gefunden werden kann.

Die von den Patienten am Untersuchungstag ausgefüllten Fragebögen wurden digital und mit der Hand ausgewertet und in Excel-Tabellen zusammengetragen.

Die Erstellung der Diagramme erfolgte ebenfalls mit dem Excel-Programm. Das Signifikanzniveau wird mit $p < 0,05$ festgesetzt.

3 Ergebnisse

3.1 Epidemiologie

Das Patientenkollektiv besteht aus 63 Patienten, die nach einer Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes zwischen Mai 2000 und September 2006, im Jahr 2012 zu einer kontrollierten Nachuntersuchung des hinteren Kreuzbandes eingeladen wurden. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Rekonstruktion liegt bei 30 ± 10 Jahre. Untersucht und betrachtet wurde der Verlauf der hinteren Schublade nach der Operation.

Im Durchschnitt wurden die Patienten im Jahr 2012 nach $8 \pm 2,5$ Jahren nach Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes nachuntersucht. Bei 41 Patienten fand die Untersuchung nach 5 - 9 Jahren statt, bei 19 Patienten nach 10 - 15 Jahren und bei einer Patientin nach mehr als 15 Jahren.

Die Gesamtzahl der Patienten setzte sich aus den in Tabelle 2 dargestellten Patienteneigenschaften zusammen.

Eigenschaften	Häufigkeit in absoluten Zahlen (n=63)
Alter	< 20 Jahre: 10 20 - 29 Jahre: 21 30 - 40 Jahre: 26 41 - 50 Jahre: 6
Geschlecht	Männer: 47 Frauen: 16
Zeitraum zwischen Trauma und Operation	Chronisch: 61 Keine Angabe: 2
Ersetzte Bandstrukturen	HKB isoliert: 5 HKB + PLS: 28 HKB + VKB+PLS: 30
BMI 2012	BMI < 24: 19 BMI 25 - 30: 25 BMI > 30: 17 Keine Angabe: 2
Unfallursache:	Sport: 18 Fahrrad: 3 Fußgänger: 2 Motorrad: 21 Alltag: 6 Auto-/ Verkehrsunfall: 9 Unbekannt: 4
HKB- Ersatz	Primär: 44 1. Revision: 18 2. Revision: 1

Tabelle 2: Patientenkollektiv

3.2 Geschlecht und Alter

Das Patientenkollektiv umfasste von den insgesamt 63 Patienten 47 Männer und 16 Frauen, von denen 31 Patienten zum Zeitpunkt der Operation unter 30 Jahre alt waren, davon sogar 10 Patienten unter 20 Jahre. Das Geschlecht verteilte sich von den unter 30- Jährigen auf 10 Frauen und 21 Männer. 26 Patienten waren zwischen 30 und 40 Jahren alt, davon 22 Männer und 4 Frauen und 6 Patienten waren zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs zwischen 41 - 50 Jahre alt, davon 4 Männer und 2 Frauen. Nach der statistischen Berechnung liegt ein Zusammenhang zwischen dem Ergebnis der hinteren Schublade nach sechs Monaten postoperativ vor ($p = 0,04$) sowie zwischen dem Geschlecht und der hinteren Schublade ($p = 0,02$).

3.3 Zeit zwischen Trauma und Rekonstruktion

Keiner der Patienten wurde direkt nach der Ruptur des hinteren Kreuzbandes, also in einem akuten Stadium (< 2 Wochen nach Trauma) operiert. 6 Patienten wurden in einem subakuten Stadium (< 12 Wochen nach Trauma) operiert und 51 Patienten erhielten eine Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erst in einem chronischen Stadium, d.h. > 6 Monate nach dem Unfall. Der größte Teil der Patienten wurde zwischen 6 - 24 Monaten nach Unfallhergang einer Operation unterzogen, im Durchschnitt nach 4,6 Jahren.

Zeitraum zwischen Unfall und Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes	Patientenanzahl (n = 61)
1 - 3 Monate	6
4 - 6 Monate	4
6 - 12 Monate	16
13 - 24 Monate	16
> 24 Monate	19

Tabelle 3: Zeit zwischen Trauma und Rekonstruktion

3.4 Ersetzte Bandstrukturen

Bei 5 Patienten (8 %) wurde das hintere Kreuzband isoliert rekonstruiert, bei 28 Patienten (44 %) war zusätzlich die posterolaterale Ecke verletzt und wurde mit rekonstruiert. Bei 30 Patienten (48 %) musste zusätzlich zum hinteren Kreuzband, sowohl das vordere Kreuzband als auch die posterolaterale Ecke mit rekonstruiert werden.

Bei allen Patienten wurde die anterolaterale Einzelbündelrekonstruktion angewendet. Als Transplantat wurde bei 60 % der Patienten der autologe Musculus Semitendineus und Musculus Gracilis verwendet. Zu 15 % wurde die Tibialis anterior Sehne zum Einsatz gebracht, die Achillessehne zu 9,5 % sowie die Quadrizepssehne mit 6,3 %. Die BPTB- Semitendinosus/ Tibialis anterior-, Gracilis/Tibialis posterior- und anterior Sehne wurden jeweils zu 1,5 % verwendet.

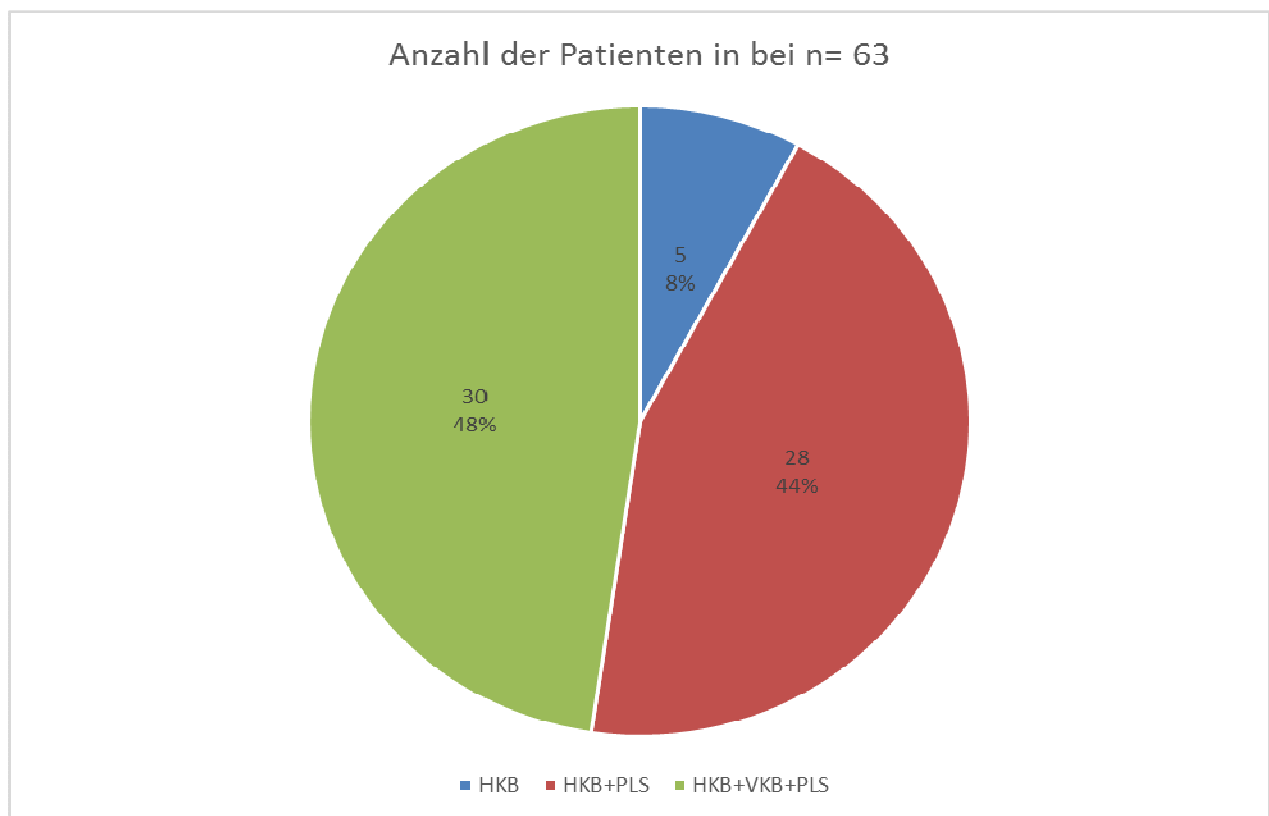


Abbildung 24: Ersetzte Bandstrukturen; Anzahl der Patienten bei n = 63 in absoluten Zahlen und in Prozent (%).

3.5 Verletzungsursachen

Die Hauptursachen für die meisten Verletzungsmuster der 63 Patienten sind durch einen Unfall im Straßenverkehr und beim Sport zu finden, bei denen es durch ein starkes Anpralltrauma zur Ruptur des hinteren Kreuzbandes gekommen ist. Insgesamt 30 Traumata erfolgten bei einem Verkehrsunfall, von denen 21 (33,3 %) durch einen Motorradunfall und lediglich neun (14,2 %) durch einen Autounfall verursacht wurden. 18 (28,6 %) der Kreuzbandrupturen erfolgten durch einen Sportunfall. Die Hauptsportarten waren in allen Fällen Fußball- oder Skiunfälle. Lediglich 6 (9,5 %) der Rupturen passierten im Alltag, fünf (7,9 %) der Traumata erfolgten als Fahrrad bzw. Fußgänger. vier (6,3 %) der Unfallhergänge sind unbekannt.

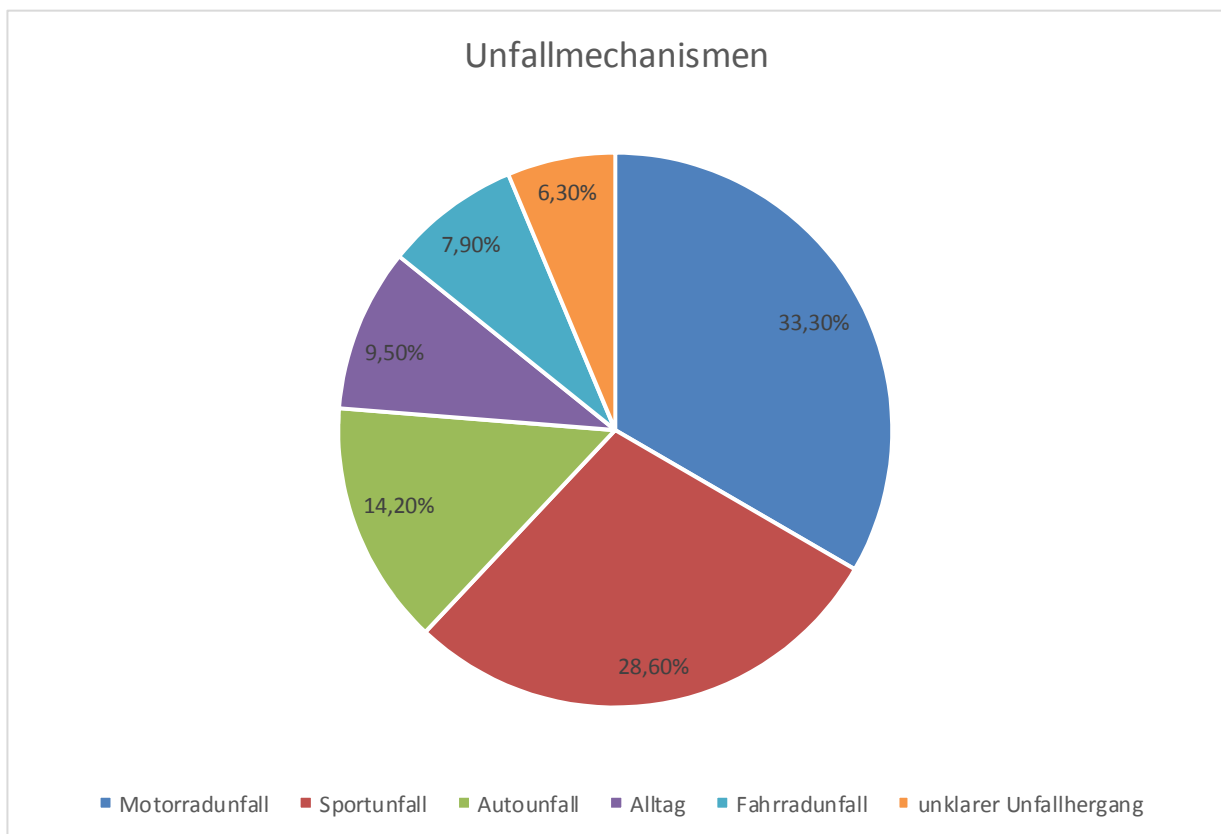


Abbildung 25: Unfallmechanismen des Patientenkollektivs (n = 63)

3.6 Body-Mass-Index

Der durchschnittliche Body-Mass-Index (BMI) betrug bei den 63 Patienten 28,5 kg/m², was einem Übergewicht entspricht. Davon waren 19 Patienten normalgewichtig und 17 adipös, 25 waren übergewichtig. Der BMI präoperativ lag bei 26,8 kg/m² bei n = 26. Der BMI weist eine Korrelation in Bezug auf den Verlauf der hinteren Schublade sechs Monate postoperativ auf (p = 0,04).

3.7 Ergebnisse der klinischen Untersuchung durch einen Arzt

Im Rahmen der Nachuntersuchung erhielten alle Patienten ein Standardröntgen nach Rosenberg, die Umfangmessung der unteren Extremitäten und die klinische Untersuchung in Anlehnung an den IKDC 2000. Sie beinhaltet sieben Gruppen, zu denen die Beurteilung eines Ergusses, die Ausmessung des Beuge- und Streckdefizites, eine Ligamentuntersuchung mit Beurteilung des Lachmann Test bei 25° Beugung, die Gesamt AP-Translation bei 25° und 70°, die hintere Schublade bei 70°, der Varus- und Valgusstress, der Außenrotationstest bei 30° und 90° und der Pivot Shift, die Kompartimentbefunde, einschließlich Krepitation sowie die instrumentelle Untersuchung des Gelenkspaltes via einer Röntgenuntersuchung gehört.

Als letzter Punkt wird ein Funktionstest mit Sprung auf einem Bein, in Prozent gegenüber der gegenüberliegenden Seite, beurteilt.

Folgende Ergebnisse wurden von den 63 Patienten bei der klinischen Nachuntersuchung 2012 erreicht (Tabelle 4).

Untersuchung	Anzahl der Patienten (n = 63)
1. Erguss	
➤ Kein	54
➤ Leicht	3
➤ Mäßig	2
➤ deutlich	0
	Keine Angabe: 4
2. Passives Bewegungsdefizit	
• Streckdefizit	
➤ < 3°	52
➤ 3 - 5°	5
➤ 6 - 10°	1
➤ > 10°	1
	keine Angabe: 4

<ul style="list-style-type: none"> • Beugedefizit <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 - 5° ➤ 6 - 15° ➤ 16 - 25° ➤ > 25° 	37 19 1 2 keine Angabe: 4
3. Ligamentuntersuchung (manuell)	
<ul style="list-style-type: none"> • Lachmann Test bei 25° Beugung <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	28 25 6 0 keine Angabe: 4
<ul style="list-style-type: none"> • Gesamt AP Translation (25°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	31 22 4 1 keine Angabe: 5
<ul style="list-style-type: none"> • Gesamt AP Translation (70°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	33 20 4 1 keine Angabe: 5
<ul style="list-style-type: none"> • Hintere Schublade (70°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	28 20 9 1 keine Angabe: 5
<ul style="list-style-type: none"> • Valgusstress <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	48 9 2 0 keine Angabe: 4
<ul style="list-style-type: none"> • Varusstress <ul style="list-style-type: none"> ➤ 0 – 2 mm ➤ 3 – 5 mm ➤ 6 – 10 mm ➤ > 10 mm 	42 13 3 0 keine Angabe: 5
<ul style="list-style-type: none"> • Dial-Test (30°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ < 5° ➤ 6 - 10° ➤ 11 - 19° ➤ > 20° 	28 19 7 3 Keine Angabe: 6
<ul style="list-style-type: none"> • Dial-Test (90°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ < 5° ➤ 6 - 10° ➤ 11 - 19° ➤ > 20° 	29 18 9 1 Keine Angabe: 6
<ul style="list-style-type: none"> • Außenrotationstest (30°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ < 5° ➤ 6 - 10° ➤ 11 - 19° ➤ > 20° 	29 19 7 2

	keine Angabe: 6
<ul style="list-style-type: none"> • Außenrotationstest (90°) <ul style="list-style-type: none"> ➤ < 5° ➤ 6 - 10° ➤ 11 - 19° ➤ > 20° 	<p>29 18 9 1 keine Angabe: 6</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Pivot Shift <ul style="list-style-type: none"> ➤ Gleich ➤ Gleiten ➤ Dumpf ➤ Laut 	<p>44 13 2 0 keine Angabe: 4</p>
4. Kompartimentbefunde	
<ul style="list-style-type: none"> • Krepitation anterior (PF) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Mäßig ➤ Leichter Schmerz ➤ Starker Schmerz 	<p>49 7 1 0 keine Angabe: 6</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Krepitation mediales Komp. <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Mäßig ➤ Leichter Schmerz ➤ Starker Schmerz 	<p>51 7 0 0 keine Angabe: 5</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Krepitation laterales Komp <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Mäßig ➤ Leichter Schmerz ➤ Starker Schmerz 	<p>54 4 1 0 keine Angabe: 4</p>
5. Transplantatentnahmemorbidity	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Gering ➤ Mäßig ➤ Deutlich 	<p>20 1 3 0 Keine Angabe: 39</p>
6. Röntgenbefund	
<ul style="list-style-type: none"> • Medialer Gelenkspalt <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Gering ➤ Mäßig ➤ Deutlich 	<p>46 7 4 0 keine Angabe: 6</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Lateraler Gelenkspalt <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Gering ➤ Mäßig ➤ Deutlich 	<p>41 9 7 1 keine Angabe: 5</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Femoropatellar-Gelenk <ul style="list-style-type: none"> ➤ Kein ➤ Gering ➤ Mäßig ➤ Deutlich 	<p>42 10 4 1 keine Angabe: 6</p>

7. Funktionstest	
➤ > 90 %	37
➤ 89 – 76 %	12
➤ 75 – 50 %	6
➤ < 50 %	4
	keine Angabe: 4

Tabelle 4: Auswertung der klinischen Untersuchung

Nach Abschlussbewertung der klinischen Untersuchung 2012, in dem jeweils der niedrigste Grad innerhalb einer Gruppe den Gruppengrad angibt, kann zusammengefasst werden, dass bei dem Gesamtkollektiv der Patienten durch die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes im Verlauf von durchschnittlich $8 \pm 2,5$ Jahren im Vergleich zu den Auswertungen der präoperativen klinischen Untersuchung, eine deutliche Verbesserung der Untersuchungsergebnisse erzielt werden konnte. Der größte Anteil erreichte mit B und C gute bis befriedigende Ergebnisse.

Während die Patienten ($n = 48$) präoperativ vorwiegend Werte von D ($n = 40$) und C ($n = 8$) erreichten und keine Ergebnisse von A oder B, waren es bei der klinischen Untersuchung 2012 nur noch 10 Patienten mit einem D, 31 Patienten mit einem C, während sich 18 Patienten auf einen B- bzw. 4 auf einen A-Wert verbessert hatten, bei $n = 63$ (Tabelle 5).

Kein Beugedefizit hatten 62 % der Patienten. Ein Beugedefizit lag bei 38 % der Patienten vor, was mit dem durchschnittlichen BMI von 28 kg/m^2 und einer vergrößerten Weichteilhemmung zusammenhängen kann. Ein Streckdefizit wiesen nur 12 % der Patienten auf. 23,8 % wiesen beim Pivot Shift Test ein Gleiten oder einen dumpfen Anschlag auf. Des Weiteren erreichten bei der manuellen Bestimmung der hinteren Schublade 82,7 % der Patienten ein unauffälliges Ergebnis (0 – 5 mm). Die Untersuchung der Seitenbänder und somit die Bestimmung der Aufklappbarkeit waren beim Valgustest mit 81,3 % und beim Varustest mit 72,4 % unauffällig. Bei der Außenrotation bei 30° und 90° kam es jeweils nur bei 50 % zu normalen Ergebnissen $< 5^\circ$. Ähnlich sah es beim Dial-Test bei 30° und 90° aus, bei dem nur knapp 50 % ein unauffälliges Ergebnis erreichten.

75 % der Patienten wiesen keine Gelenkspaltverschmälerung, 15 % eine geringe Verschmälerung und 9 % eine mäßige Verschmälerung auf. Lediglich 2 % hatten eine deutliche Verschmälerung des Gelenkspaltes.

Ergebnis	IKDC (klinische Untersuchung) Präoperativ n = 48	IKDC (klinische Untersuchung 2012) Postoperativ n = 63
A	0	4
B	0	18
C	8	31
D	40	10

Tabelle 5: Auswertung der klinischen Untersuchung prä-versus postoperativ

Bei der klinischen Untersuchung nach IKDC erreichten von den normalgewichtigen Patienten jeweils 8 Patienten von den 19 ein B oder C, bei den Übergewichtigen und adipösen lag das Ergebnis mehrheitlich bei C, während beim IKDC-Fragebogen in allen Gruppen das Ergebnis schwerpunktmäßig bei D lag.

3.7.1 Auswertung der klinischen Untersuchung nach Verletzungsmuster

Die Auswertung der klinischen Untersuchung 2012 nach Verletzungsmuster (VM) ergab, dass die Rekonstruktion der kombinierten Verletzungsmuster aus hinterem Kreuzband, vorderem Kreuzband und posterolateraler Gelenkecke im Durchschnitt ein C erreichten. Ein Patient erreichte trotz Kombinationsverletzung aus HKB, VKB und PLS ein A, drei von den Patienten mit HKB und PLS Verletzungen ebenfalls. Die Verletzungen aus hinterer posterolateraler Gelenkecke lagen zwischen C und B und die isolierten Verletzungen bei B (Abbildung 26).

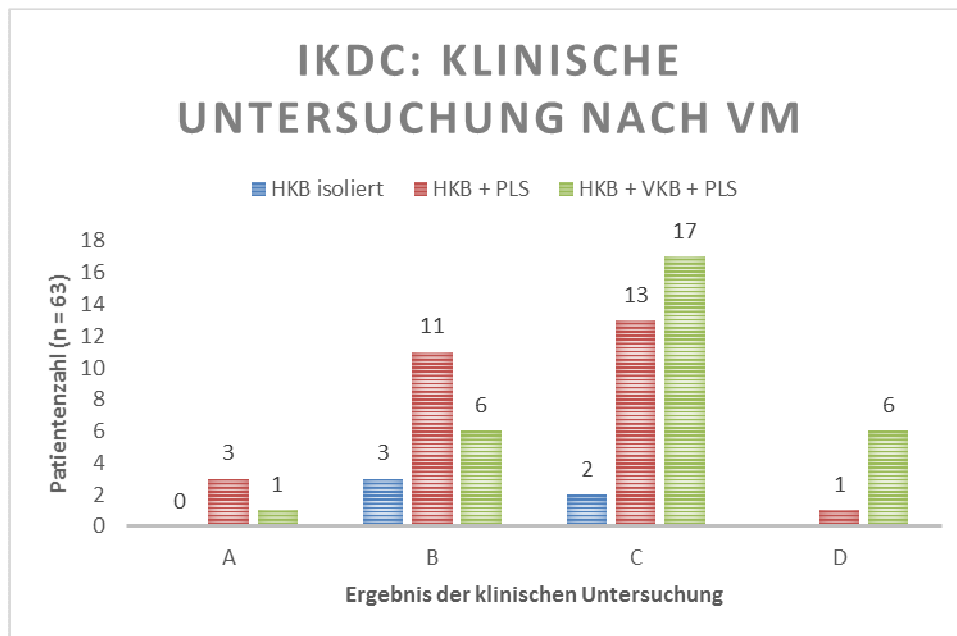


Abbildung 26: Klinische Untersuchung nach IKDC, hinteres Kreuzband (HKB), vorderes Kreuzband (VKB), posterolaterale Gelenkecke (PLS), Verletzungsmuster (VM)

3.7.2 Beinumfangfänge

Bei der Beinumfangmessung konnte ausgemessen werden, dass das verletzte und operierte Bein im Durchschnitt um 1,5 cm schlanker als das nicht operierte Bein war, unabhängig davon, ob es das dominierte Bein war oder nicht. Bei 15 Patienten waren die Oberschenkel ohne wesentliche Differenz (< 1 cm), bei neun Patienten war das verletzte und operierte Bein kräftiger (≥ 1 cm). Die Beine wurden jeweils an drei festgelegten Punkten jeweils am Ober- und Unterschenkel ausgemessen, so dass ein direkter Vergleich möglich war. Die Punkte lagen jeweils am oberen, mittleren und unteren Drittel des Ober- bzw. Unterschenkels. Bezugspunkte waren die Femurkondylen und die Malleolengabel.

3.8 Side-to-Side Differenz (SSD)

Die Differenz der operierten Seite zur nicht operierten Gegenseite (SSD) konnte von $9,7 \pm 3,9$ mm präoperativ auf $4,8 \pm 3,9$ mm 5 -10. Jahre (y) postoperativ reduziert werden. Wobei diese ebenfalls im 3. Monat postoperativ ihren niedrigsten Wert mit $3,8 \pm 3,3$ mm erreichte.

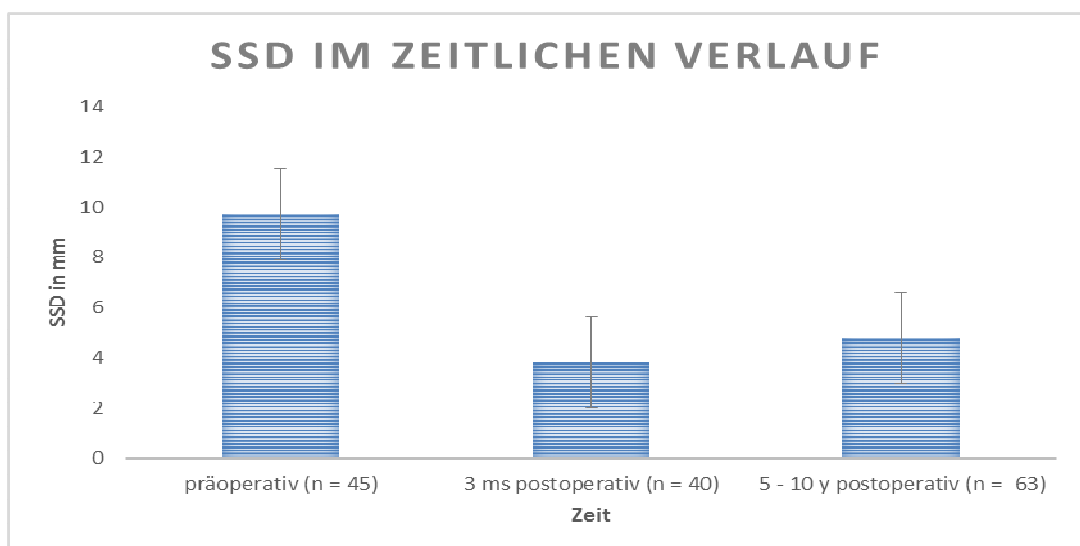


Abbildung 27: Mittelwert (MW) der SSD im zeitlichen Verlauf; Angaben in Millimetern (mm)

3.9 Auswertung der Fragebögen

3.9.1 Auswertung des IKDC Fragebogens

Um die jeweiligen klinischen Untersuchungsergebnisse in Zusammenhang und im Vergleich mit dem subjektiven Empfinden des Patienten beurteilen zu können, wurde parallel von den Patienten ein Fragebogen zu Aktivitäten des täglichen Lebens ausgefüllt.

Bei der Auswertung ergab sich eine deutliche Diskrepanz zwischen der subjektiven Empfindung der Patienten und den objektiven klinischen Untersuchungsergebnissen.

Die Auswertung des Fragebogens ergab bei der Befragung 2012 folgende Werte:

IKDC Fragebogen 2012	Patientenanzahl in absoluten Zahlen (n = 63)
• > 90 % = A	7 (11,1 %)
• 90 - 81 % = B	13 (20,6 %)
• 80 – 71 % = C	12 (19,0 %)
• < 70 % = D	31 (49,2 %)

Tabelle 6: Auswertung IKDC-Fragebogen

Im Vergleich mit der klinischen Untersuchung ist zu erkennen, dass ein größerer Teil der Patienten ein schlechteres subjektives Ergebnis erzielte, als sie der klinischen Untersuchung zu Folge haben müssten (Abbildung 28).

Die Mehrheit der Patienten erreichte ein D, was 49 % der Patienten entspricht und kein befriedigendes Ergebnis darstellt.

Somit lässt sich erkennen, dass objektiv eine deutliche Reduktion der hinteren Schublade nach operativer Rekonstruktion erreicht werden konnte, dass das Gesamtergebnis aber nicht unabhängig von der subjektiven Empfindung der Patienten betrachtet werden kann.

Die psychische Komponente trägt einen wesentlichen Anteil an der Zufriedenheit und des Empfindens der Patienten bei.

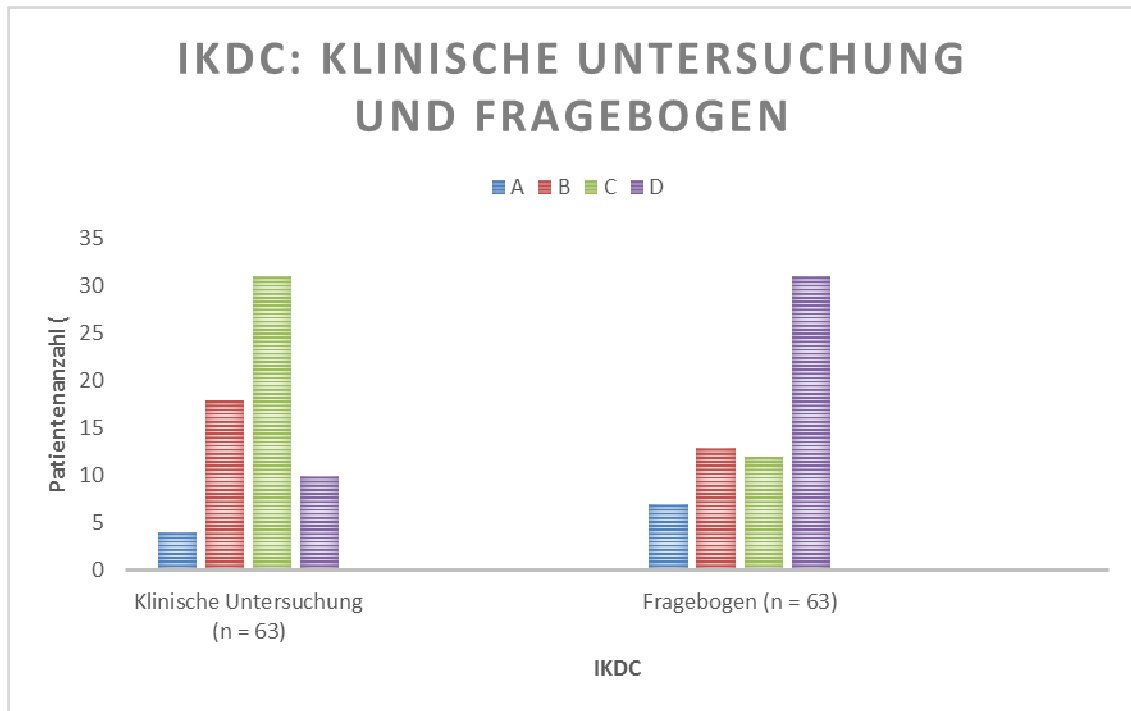


Abbildung 28: IKDC: Klinische Untersuchung und Fragebogen im Vergleich

3.9.1.1 Auswertung des Fragebogens nach Verletzungsmuster

Die Auswertung des Fragebogens nach Verletzungsmuster lag bei den kombinierten und isolierten Verletzungen insgesamt durchschnittlich bei C. Isolierte HKB Verletzungen erreichten jeweils einmal ein A, B und C und zweimal ein D, HKB und PLS Verletzungen kamen auf 4 mal A, 5 mal B, 8 mal C und 11 mal ein D und die HKB, VKB und PLS Verletzungen ergaben 2 mal ein A, 7 mal ein B, 4 mal ein C und 17 mal ein D (Abbildung 29).

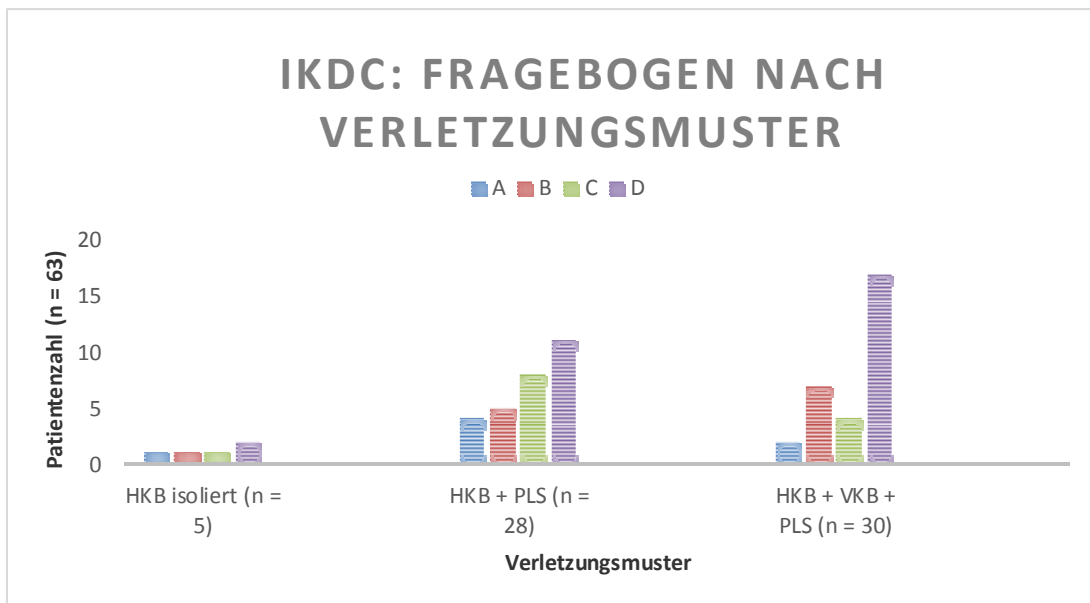


Abbildung 29: IKDC Fragebogen nach Verletzungsmuster

In Bezug auf den BMI konnte kein Unterschied bei der Auswertung des IKDC-Fragebogen zwischen den einzelnen Gewichtsklassen erkannt werden. Schwerpunktmäßig wurde als Ergebnis ein D erreicht (Tabelle 7).

BMI	Ergebnis	Klinische Untersuchung 2012 Patientenanzahl (n = 63)	IKDC Fragebogen 2012 Patientenanzahl in absoluten Zahlen (n = 63)
normal	A	1	2
	B	8	6
	C	8	4
	D	2	7
übergewichtig	A	2	3
	B	5	5
	C	15	4
	D	4	13
adipös	A	1	2
	B	5	1
	C	10	4
	D	2	10

Tabelle 7: Klinische Untersuchung und IKDC-Fragebogen im Vergleich

3.9.2 Auswertung nach Lysholm

Bei der Auswertung nach Lysholm werden die Antworten der Patienten nach Punkten ausgewertet. Die höchste zu erreichende Punktzahl ist 100. Je höher die erreichte Punktzahl, desto besser ist das Ergebnis:

- < 65 = poor
- 65 – 83 = fair
- 84 – 90 = good
- > 90 = excellent

Von unserem Gesamtkollektiv erreichten von 62 Patienten (eine Angabe unbekannt) 23 Patienten eine gute und exzellente Punktzahl. 12 Teilnehmer waren gut und 11 Patienten exzellent. 39 Patienten bekamen eine befriedigende und unbefriedigende Punktzahl, von denen 8 befriedigend waren und 21 unbefriedigend. mit einem Mittelwert von insgesamt $72,4 \pm 18$ Punkten.

Die schlechteren Ergebnisse waren mit 12 Patienten hauptsächlich den kombinierten Verletzungsmustern aus hinterem Kreuzband (HKB), vorderem Kreuzband (VKB) und der posterolateralen Strukturen (PLS) zuzuschreiben und 7 Patienten den HKB und PLS Verletzungen. Ein gutes bzw. exzellentes Ergebnis erreichten jeweils 6 und 5 Patienten der HKB, VKB und PLS Verletzungen. Bei den HKB und PLS Verletzungsmustern bekamen sieben Patienten ein „poor“, neun Patienten ein befriedigendes Ergebnis, sieben ein gutes und fünf ein exzellentes Ergebnis. Die geringe Zahl der isolierten HKB - Verletzungen kann nicht als repräsentativ gesehen werden. 2 Patienten erreichten dort ein „poor“, zwei ein befriedigendes Ergebnis und 1 Patient ein „excellent“.

Im Fragebogen nach Lysholm hatten 33 Patienten kein Instabilitätsgefühl im Knie bei alltäglichen Bewegungen. Von diesen 33 Patienten hatten nach der Klassifikation nach Harner 23 Patienten ein gutes Ergebnis von A oder B, zehn der Patienten hatten ein C. 28 Patienten gaben ein Instabilitätsgefühl an, von denen jeweils 12 beziehungsweise 11

Patienten mit B oder C klassifiziert wurden, einen mit A. Fünf Patienten hatten trotz einer A Klassifikation kein Stabilitätsgefühl.

Eingeteilt nach Verletzungsmustern gaben 53 % der Patienten (16 der 30 Patienten) mit einem kombinierten Verletzungsmuster (HKB, VKB, PLS) und 36 % der Patienten (10 der 28 Patienten) mit einem Verletzungsmuster aus HKB und PLS sowie 40 % der Patienten (2 der 5 Patienten) mit isolierter hinteren Kreuzbandverletzung ein Instabilitätsgefühl an.

Die Instabilitätsprüfungen des Kniegelenkes bei der klinischen Untersuchung ergaben ähnliche Ergebnisse. Die Untersuchung der Seitenbänder und somit die Bestimmung der Aufklappbarkeit waren beim Valgustest mit 81,3 % und beim Varustest mit 72,4 % unauffällig.

Abweichungen gab es bei der Prüfung der Außenrotation, bei der es bei 30° und 90° jeweils nur bei 50 % zu normalen Ergebnissen $< 5^\circ$ kam.

Ähnlich sah es beim Dial-Test bei 30° und 90° aus, bei dem nur knapp 50 % ein unauffälliges Ergebnis erreichten.

3.9.3 Auswertung nach KOOS

Bei der Auswertung nach KOOS lag der erreichte Wert im Durchschnitt bei 77 ± 15 Punkten. Bei Betrachtung der einzelnen Verletzungsmuster erreichten die kombinierten Verletzungen aus HKB, VKB und PLS durchschnittlich 76 ± 15 Punkte, HKB und PLS 79 ± 17 Punkte und die isolierten Verletzungen 78 ± 14 Punkte (Abbildung 30).

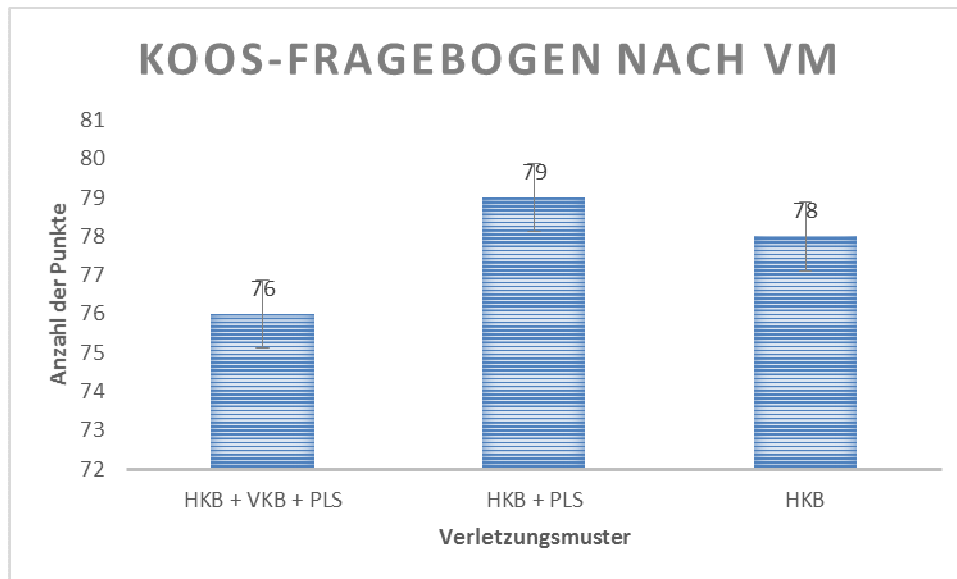


Abbildung 30: Auswertung KOOS-Fragebogen nach Verletzungsmuster (VM), hinteres Kreuzband (HKB), vorderes Kreuzband (VKB), posterolaterale Struktur (PLS)

3.10 Radiologisch bestimmte hintere Schublade

Bei allen operierten Patienten liegt eine deutliche postoperative Reduktion nach arthroskopischer Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes vor.

Die radiologisch ermittelte hintere Schublade wird zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in Tabelle 8 dargestellt.

Untersuchungszeitpunkt	Mittelwert der hinteren Schublade in mm plus Standardabweichung	Mittelwert der Side to Side-Difference
Präoperativ	13,1 ± 3,2	9,3 ± 3,98
3 Monate postoperativ	6,1 ± 2,9	3,7 ± 2,9
6 Monate postoperativ	7,6 ± 2,6	3,8 ± 3,0
24 Monate postoperativ	7,9 ± 2,4	6,4 ± 2,7
5-10 Jahre postoperativ	8,5 ± 3,4	4,7 ± 3,9

Tabelle 8: Mittelwerte der radiologisch ermittelten hinteren Schublade und SSD
(in mm ± Standardabweichung)

3.11 Postoperativer Verlauf der hinteren Schublade

Anhand der in Abbildung 31 aufgeführten Daten lässt sich erkennen, dass 3 Monate postoperativ die maximale Reduktion der hinteren Schublade um mehr als 50 % nach Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erreicht werden konnte.

Der Mittelwert der hinteren Schublade im Gesamtkollektiv sank von 13,1 ± 3,2 mm präoperativ auf 6,1 mm ± 2,9 mm im 3. Monat postoperativ. Das entspricht einer Reduktion um 53,4 %. Ab dem 3. Monat postoperativ beginnt die hintere Schublade erneut anzusteigen. Zwischen dem 3. und 6. Monat nimmt die hintere Schublade um 1,5 mm auf 7,6 ± 2,6 mm zu, und zwischen dem 6. Monat und 24 Monate noch einmal um 0,3 mm auf 7,9 ± 2,4 mm. Nach 5 - 10 Jahren hat die hintere Schublade um weitere 0,6 mm zugenommen und liegt bei 8,5 ± 3,4 mm. Insgesamt liegt eine Zunahme der

hinteren Schublade um 39,3 % vor, d.h. um 2,4 mm gegenüber dem postoperativen Ausgangswert von drei Monaten und erreicht somit eine durchschnittliche Reduktion der hinteren Schublade von 35 % vom präoperativen Wert.

Zum Zeitpunkt der Operation wird von einer hinteren Schublade von 0 mm ausgegangen, da während der Operation von einer maximalen Reduktion der hinteren Schublade ausgegangen wird und es klinisch zu einer Wiederherstellung des Step-off kommt. Direkt postoperativ darf keine Rosenbergaufnahme durchgeführt werden, da die benötigten Kräfte zu stark für die frische Rekonstruktion wären.

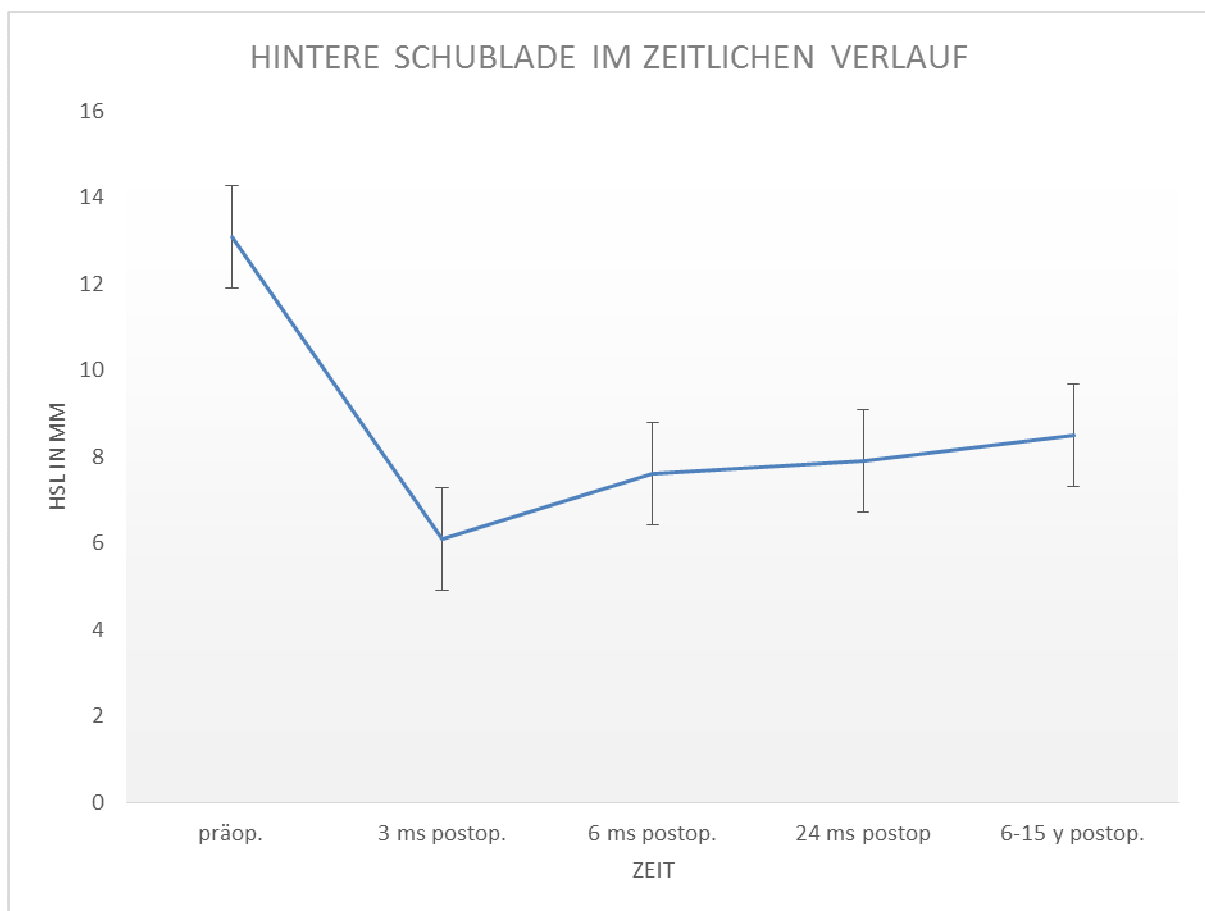


Abbildung 31: Mittelwert (MW) der hinteren Schublade (HSL) im zeitlichen Verlauf in Millimetern (mm)

3.12 Auswertung der hinteren Schublade nach Harner

In der Auswertung und Klassifikation der hinteren Schublade nach Harner, in der die Ergebnisse in

- A = 3 – 5 mm
- B = 5 – 10 mm
- C = 10 - 15 mm
- D = > 15 mm

eingeteilt werden, erreichten präoperativ 27 Patienten ein C, 12 Patienten ein D und zwei Patienten ein B, drei Monate postoperativ konnte das Ergebnis nach der Rekonstruktion folgendermaßen verbessert werden:

33 Patienten erreichten ein gutes Ergebnis, von denen 10 Patienten ein A und 23 Patienten ein B erhielten. Keiner bekam ein D.

In der klinischen Untersuchung nach durchschnittlich 8 Jahren waren die Ergebnisse bei 41 Patienten gut. D.h., es konnte zehnmal ein A, 31 mal ein B, 21 mal ein C und lediglich nur einmal ein D vergeben werden.

Bei 65 % der Patienten wurde auch nach durchschnittlich 8 Jahren nach der Rekonstruktion noch ein gutes Ergebnis erzielt.

3.12.1 Einfluss des Verletzungsmusters auf die Ergebnisse der HKB-Rekonstruktion

Trotz kombinierter Verletzungen wurde ein gutes bis befriedigendes Ergebnis bei der hinteren Schublade und den unterschiedlichen Verletzungsmustern erreicht mit einer leichten Tendenz zu guten Ergebnissen.

Ob es bei isolierten HKB - Verletzungen zu einem besseren Ergebnis kommt, was anzunehmen wäre, konnte bei der geringen Anzahl der isolierten HKB-Rupturen in dieser Arbeit nicht näher beurteilt werden. Bei den kombinierten Verletzungen lässt sich jedoch ein breites Mittelfeld bei B erkennen. Eine Übersicht ist in Tabelle 9 zu sehen

Verletzungsmuster präoperativ	A (HSL nach Harner)	B (HSL nach Harner)	C (HSL nach Harner)	D (HSL nach Harner)	Total (n)
HKB	0	1 (33,3 %)	2 (66,7 %)	0	3 (100 %)
HKB + PLS	0	1 (5,2 %)	14 (73,7 %)	4 (21,1 %)	19 (100 %)
HKB + VKB + PLS	0	1 (5 %)	11 (55 %)	8 (40 %)	20 (100 %)
Verletzungsmuster Postoperativ 2012	A (HSL nach Harner)	B (HSL nach Harner)	C (HSL nach Harner)	D (HSL nach Harner)	Total (n)
HKB	1 (20 %)	2 (40 %)	1 (20 %)	1 (20 %)	5 (100 %)
HKB + PLS	5 (17,9 %)	13 (46,4 %)	10 (35,7 %)	0	28 (100 %)
HKB + VKB+PLS	4 (13,3 %)	16 (53,3 %)	10 (33,3 %)	0	30 (100 %)

Tabelle 9: Verletzungsmuster und Ergebnisse nach Harner, Angaben in absoluten Zahlen (n); Hintere Schublade (HSL), hinteres Kreuzband (HKB), posterolaterale Struktur (PLS), vorderes Kreuzband (VKB)

3.13 Patienten mit zeitgleicher Meniskusoperation

Bei 14 der 63 Patienten wurde mit der Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes auch eine Meniskusoperation durchgeführt. Acht dieser 14 Patienten erreichten bei der Auswertung nach Harner ein A oder ein B (einmal A und siebenmal B) und sechsmal ein C.

Beim IKDC - Fragebogen lag das Ergebnis dieser 14 Patienten schwerpunktmäßig bei einem D (neunmal D). Viermal wurde ein C erreicht und einmal ein B.

Bei der klinischen Untersuchung lagen sieben Patienten bei einem C, vier bei einem D und drei bei einem B.

Nach Lysholm hatten 11 Patienten ein „poor“ oder „fair“ und lediglich drei Patienten ein „excellent“ oder „good“. 9 Patienten gaben ein Instabilitätsgefühl an, 5 Patienten hatten kein Instabilitätsgefühl.

4 Diskussion

In dieser unserer ersten Langzeitstudie konnte gezeigt werden, dass direkt postoperativ eine deutliche Reduktion der hinteren Schublade nach einer Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erzielt werden konnte, es aber im Langzeitverlauf zu einer erneuten Vergrößerung der hinteren Schublade kommt. Die Signifikanz der Reduktion der hinteren Schublade postoperativ wurde bereits in einer Studie von Lahner et al. [56] nachgewiesen.

Die Stabilität erreichte auch im Langzeitverlauf trotz Zunahme der hinteren Schublade in der klinischen Untersuchung noch gute Ergebnisse, über 52 % der Patienten gaben kein Instabilitätsgefühl an.

Da es bisher noch keine ähnlich großangelegte Langzeitstudie für das hintere Kreuzband gibt, konnten im Vergleich zu einer Langzeitstudie für das vordere Kreuzband von Bottoni und Smith [57] ähnliche Ergebnisse erreicht werden. In einem Follow-up von 10 Jahren wurden demnach 99 Patienten nach einer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes untersucht. 80 % der Transplantate waren intakt und stabil.

Indiziert ist eine Rekonstruktion allgemein, wenn die hintere Schublade bei mehr als 10 mm liegt, eine Instabilität vorhanden ist, eine Multiligamentverletzung vorliegt bzw. eine isolierte Kreuzbandruptur symptomatisch wird [58].

Welchen Einfluss eine isolierte oder kombinierte Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes auf den langfristigen Verlauf der Kniegelenksfunktion hat, soll hier diskutiert werden.

Der häufigste Unfallmechanismus bei einer hinteren Kreuzbandruptur ist das Hochenergietrauma bei z.B. Verkehrsunfällen mit einer Inzidenz von 8,1 – 38 % [59].

Durch die Operation soll die Anatomie rekonstruiert und die Funktion und die Stabilität wiederhergestellt werden [60]. In unserer Studie war in 47,5 % der Fälle ein Rasanztrauma durch einen Motorrad- oder Autounfall erfolgt.

Die Reduktion der hinteren Schublade war direkt postoperativ am größten, da zum Operationszeitpunkt von einer hinteren Schublade von einem definierten Ausgangswert von 0 mm ausgegangen wird.

Im Verlauf der ersten drei bis sechs Monate nach dem operativen Eingriff konnte eine erneute Zunahme der hinteren Schublade um 24,6 % beobachtet werden mit steigender Tendenz im Langzeitverlauf. Nach zehn Jahren lag die Reduktion dieser noch bei 34,6

% des präoperativen Ausgangswertes. Das entspricht einer Zunahme von 39,3 % des postoperativen Ausgangswertes.

Für die erneute Zunahme der hinteren Schublade können diverse Faktoren diskutiert werden.

Es ist anzunehmen, dass ein vermehrtes körperliches Training, vor allem der stabilisierenden Beinmuskulatur, wie dem Musculus quadriceps femoris, einen protektiven Faktor gegenüber der Zunahme der hinteren Schublade darstellt. Die Hamstringmuskulatur wirkt der durch den Musculus quadriceps femoris induzierten nach anterior gerichteten Translation entgegen [61]. In einer Studie von Cross und Powell [62] konnte gezeigt werden, dass Patienten, die eine positive Einstellung zu sportlichen Aktivitäten hatten und dadurch ihr Training bereitwilliger durchführten, bessere Ergebnisse erzielten.

Ebenso ließ sich in der Studie von Cross und Powell [62] ein signifikanter Anstieg von guten Ergebnissen bei gewissenhaften und konsequentem Training beobachten, was die Stabilität angehend auf einem guten Aufbau und Tonus der Quadrizepsmuskulatur zurückzuführen ist.

Das Ergebnis in unserer Studie liefert einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Geschlecht ($p = 0,02$) und der hinteren Schublade sechs Monate postoperativ. In einer Studie von Jung et al. [61] konnte gezeigt werden, dass Frauen nach einer Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes eine größere Reduktion der hinteren Schublade erreichten als die Männer der entsprechenden Vergleichsgruppe. In dieser Matched-Group-Analyse von Jung et al. [61] wurden 32 Männer und 32 Frauen miteinander verglichen. Die Parameter die verglichen wurden betrafen die zu rekonstruierende Ligamentstrukturen, das Zeitintervall zwischen Unfall und Rekonstruktion, das Alter, das Transplantatmaterial, die präoperative tibiale Dislokation, das Follow-up-Intervall und die Revision beziehungsweise primäre Operation.

Ein erhöhter Body Mass Index wies ebenfalls einen Einfluss auf die hinteren Schublade mit einem Faktor von $p = 0,04$ in unserer Studie auf.

Da aber auch unter den normalgewichtigen Patienten eine Zunahme der hinteren Schublade zu erkennen war, vermuten wir eine multifaktorielle Ursache, die auch schon bereits für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes identifiziert wurden [63]. Zu diesen gehören beispielsweise die generelle Gelenklaxität, hormonelle Faktoren, der Body Mass Index und das Genu recurvatum [64], [65]. Ein zusätzlicher Risikofaktor, der für einen Riss des vorderen Kreuzbandes herausgefunden wurde, ist der tibiale Slope. Das

konnte in einer großen Metaanalyse bestätigt werden [66]. In einer Studie von Christensen et al. [63] konnte gezeigt werden, dass Patienten mit einem größeren lateralen tibialen posterioren Slope (LTPS) ein höheres Risiko für das frühere Versagen einer vorderen Kreuzbandrekonstruktion aufweisen, besonders bei weiblichen Patientinnen. Dieser Effekt scheint eine große Hauptverantwortung mit einem erhöhten Risiko für das Versagen von Transplantaten bei vergrößertem posteriorem Slope zu tragen. Diese Erkenntnis ist ein wichtiger Hinweis bei Erwägung einer Slopekorrektur bei primären VKB-Rekonstruktionen und deren Revisionen [63]. Bisher stehen noch keine Untersuchungen zur Verfügung, ob der Slope auch Einfluss auf die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes aufweist.

In unserer klinischen Untersuchung schnitten die übergewichtigen Patienten schlechter ab als die normalgewichtigen Patienten. 8 Patienten von den 19 Normalgewichtigen erhielten ein B oder C, bei den Übergewichtigen und Adipösen lag das Ergebnis hauptsächlich bei C. Dennoch gab es im Fragebogen keinen Unterschied zwischen den Gewichtsklassen. Das hier erzielte Ergebnis war hauptsächlich ein D.

Ein Großteil (92 %) unserer Patienten erlitt Mehrbandverletzungen (58 Patienten von 63) mit komplexem Verletzungsmuster und war überwiegend stark übergewichtig bis adipös (68 %, 42 von 61).

Ebenfalls stellt sich bei der postoperativen Betrachtung der Langzeitergebnisse nach durchschnittlich $8 \pm 2,5$ Jahren die Frage, wie die hohe Diskrepanz zwischen den klinischen Ergebnissen und dem subjektiven Empfinden der Patienten zustande kommt und welcher Einflussnahme dieser unterliegt.

In einer Studie von Grassmayr et al. [67] konnte ebenfalls keine Korrelation zwischen Stabilität, funktionellem Ergebnis und subjektivem Empfinden nachgewiesen werden.

Im Gegensatz dazu konnte in einer Studie von Boynton und Tjetjens [68] ein Zusammenhang zwischen dem Grad der hinteren Schublade und den subjektiven und funktionalen Ergebnissen erkannt werden. Ein ähnliches Ergebnis wurde auch von Keller et al. [69] beschrieben.

Obwohl in unserer Studie die hintere Schublade bei den Patienten direkt postoperativ um 53,4 % reduziert werden konnte und auch nach acht Jahren mehr als 65,1 % (41 von 63) der Patienten noch sehr gute und gute Ergebnisse erreichten, erzielten bei der subjektiven Bewertung mittels des IKDC-Fragebogens hingegen der Erwartung 49,2 % Patienten nur ein D, das einem ungenügenden Ergebnis entspricht.

In der Studie nach Ahn et al. [70] erzielten alle 61 Patienten ein normales oder fast normales Ergebnis in der IKDC - Fragebogenauswertung, was unseren Auswertungen widerspricht und daran liegen kann, dass die Patienten zu einem Zeitpunkt nach bereits zwei Jahren untersucht wurden.

Die in unserer Studie erhobenen Ergebnisse konnten durch die Studie von Ihle et al. [59] bestätigt werden, dass kaum normale Werte erreicht werden können und Schmerzen, wie bei unseren Patienten, der limitierende Faktor bei körperlichem und seelischem Wohlergehen sind [59], [71].

Des Weiteren ist eine mögliche Erklärung für die Abweichung, dass nur ein bestimmter Teil der insgesamt operierten Patienten an der Untersuchung teilgenommen hat, und dass das womöglich die Patienten mit Beschwerden waren. Das Einzugsgebiet der in Betracht kommenden Patienten war sehr groß und bezog sich auf ganz Deutschland und die Schweiz. Dadurch wurde die Rekrutierung der Patienten durch die längere Anreise und dem damit teilweise verbundenen Arbeitsausfall erschwert. Dank der Richard und Annermarie Wolf-Stiftung konnte die Fahrkostenerstattung der anreisenden Patienten erstattet werden.

Die sehr komplexen Verletzungsmuster unseres Patientenkollektivs mit hauptsächlich Multiligamentverletzungen und nur sehr wenigen isolierten Rupturen des hinteren Kreuzbandes, können ebenfalls für die Abweichung sprechen.

Am Telefon oder im Anschreiben wurden die Patienten darüber aufgeklärt, dass die Untersuchung einige Stunden in Anspruch nehmen wird. Es ist anzunehmen, dass sich dadurch hauptsächlich die Patienten mit Schmerzen und Unzufriedenheit bereit erklärt haben, den Aufwand in Kauf zu nehmen. Die 63 Patienten stellen daher nur einen kleinen Anteil der insgesamt 230 Patienten dar, die an unserer Studie teilgenommen haben.

Es konnte kein Zusammenhang zwischen der Schwere der Verletzung und den IKDC Ergebnissen gefunden werden, so dass eine Vorhersage über den postoperativen Verlauf präoperativ schwierig ist.

Ebenfalls ist zu vermuten, dass die eigene Motivation der Patienten in Bezug auf die Rehabilitation, die Fitness und den Anspruch an die Funktion, die unterschiedlichen Erwartungshaltungen, die Zufriedenheit und das Endergebnis beeinflussen. Des Weiteren konnte in der Studie von Ihle et al. [59] herausgefunden werden, dass Patienten mit einer geringeren körperlichen Arbeitsbelastung vor dem Unfall bessere

klinische Ergebnisse erzielten und weniger Schmerzen angaben, als Patienten mit einer höheren Arbeitsbelastung.

Auch in meiner durchgeführten Studie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen der Rekonstruktion der isolierten hinteren Kreuzbänder und der Rekonstruktion einer kombinierten Verletzung in Bezug auf die posterolaterale Stabilität beobachtet werden [46].

Objektiv lässt sich die Lebensqualität der Patienten durch die Operation verbessern. Auch wenn die subjektive Bewertung der Patienten nicht den guten objektiven Ergebnissen entsprach, konnten viele unserer Patienten wieder ihren alltäglichen und teilweise auch sportlichen Aktivitäten nachgehen. Das Level der sportlichen Aktivität entsprach nicht bei allen Patienten dem Level vor dem Unfall. Die subjektiven und objektiven Untersuchungen führten auch bei unterschiedlichen Studien zu kontroversen Ergebnissen [69], [67]. Ähnliche Ergebnisse konnten auch in anderen Studien nachgewiesen werden [72], [73].

Shelbourne et al. [74] zeigte in einem Follow-up von 271 Patienten nach sechs Jahren im Jahr 2005, dass 76 % der Patienten zu einem Aktivitätslevel zurückkehren konnten, welches dem vor dem Unfall entsprach beziehungsweise diesem ähnlich war. Diese Patienten waren konservativ nach einer isolierten Kreuzbandruptur behandelt worden.

Cross und Powell [62] fanden heraus, dass Kreuzbandrupturen durch Sportverletzungen ein besseres Ergebnis erreichten als Rupturen durch Motorradunfälle.

In unserer Studie wurden 30 Traumata infolge eines Verkehrsunfalles verursacht, von denen 33,3 % durch einen Motorradunfall und lediglich 14,2 % durch einen Autounfall verursacht wurden. Sportverletzungen waren bei 28,6 % der Kreuzbandrupturen die Ursache. In unserer Studie konnte diesbezüglich kein Unterschied festgestellt werden.

Trotz erfolgreicher Rückkehr zum Aktivitätslevel, fanden Boynton und Tietjens [68] heraus, dass 74 % von den Patienten dennoch das Gefühl hatten, Einschränkungen zu haben.

Ebenfalls ist zu beobachten, dass die hintere Schublade ab dem dritten Monat postoperativ wieder kontinuierlich zunimmt und nach durchschnittlich acht Jahren die Reduktion der hinteren Schublade bei 35 % des präoperativen Ausgangswertes liegt. Die postoperative Auslockerung der Rekonstruktion liegt nach diesem Zeitraum demnach bei 39,3%.

Ebenfalls besteht die Möglichkeit, dass durch eine zu frühe aktive Rehabilitation in der frühen Heilungsphase das rekonstruierte Band durch zu starke Scherkräfte gedehnt wird, weshalb viele Autoren zu einer längeren konservativen Behandlung tendieren, um das rekonstruierte Band, das Bein in einer extendierenden Schiene lagernd, zu schonen [3].

Unsere Patienten erhielten nach der Operation das gleiche Schema für die Nachbehandlung, welches ein konsequentes Tragen einer PTS-Orthese bis sechs Wochen nach der OP vorsieht, verbunden mit begleitenden Physiotherapieeinheiten. Nach sechs Wochen darf die Beugung begonnen werden und die PTS-Orthese wird durch eine funktionelle HKB-Orthese ersetzt. Nach zwölf Wochen wird dem Patienten eine dreiwöchige Rehabilitation empfohlen. Inwiefern die teilnehmenden Patienten sich an das Schema gehalten haben, konnte retrospektiv nicht mehr wahrheitsgetreu eruiert werden. Nachgewiesen ist, dass die angemessene Rehabilitation einen fundamentalen Faktor für das Outcome liefert [75], [37].

Generell ist zu betonen, dass die bisherige Studienlage über eine sinnvolle Rehabilitation von HKB Verletzungen und deren operative Nachsorge sehr eingeschränkt ist. [76]. In einer Studie von Pierce et al. [77] wurden sämtliche gängige Behandlungen von hinteren Kreuzbandverletzungen zwischen 1983 und 2011 untersucht, die unter den Schlüsselwörtern „rehabilitation“ und „posterior cruciate ligament“ bei pubmed auftauchten. Als Resultat kam heraus, dass bisher noch keine optimale Richtlinie für die konservative oder postoperative Behandlung nach hinterem Kreuzbandersatz definiert oder vereinbart wurde [77].

Inwieweit die Neuentwicklung einer speziellen HKB-Orthese Vorteile bietet und möglicher Weise Einfluss auf bisher gängigen Nachbehandlungs-Empfehlungen hat, ist Gegenstand laufender Studien. Die spezielle HKB-Orthese sollte die anatomischen Gelenkkräfte, entsprechend des Knieflexionswinkels, variieren können und sich an verschiedene Aktivitäten anpassen lassen [76].

In einer Studie von Strobel et al. [78] wurden 17 Patienten zwei Jahre postoperativ nach Rekonstruktion des vorderen und hinteren Kreuzbandes sowie der postereolateraler Ecke untersucht. Es konnte eine signifikante Verbesserung der Kniefunktion nach subjektiven und objektiven Kriterien festgestellt werden. Jedoch wurde ebenfalls nachgewiesen, dass eine Rekonstruktion von Multiligamentverletzungen eine Stabilisierung einer schwer instabilen Knieverletzung verbessern kann, eine Restlaxität

aber gewöhnlich bleibt und eine Normalisierung nach IKDC Standard nicht möglich ist [78].

Auch wenn bereits gute Kniegelenksfunktionen durch die Rekonstruktion erreicht werden können [79], sind weitere Untersuchungen nötig, da die gängigen Operationsverfahren noch nicht geeignet sind, um eine normale tibiofemorale Kinematik bei schweren Knieverletzungen zu rekonstruieren [78].

Ob es einen Zusammenhang zwischen der Auslockerung und der Transplantatauswahl gibt, konnte bisher nicht signifikant nachgewiesen werden. In einer Studie von Chen et al. [80] konnte kein signifikanter Unterschied zwischen autologer Quadrizepssehne und autologer Hamstringsehne ermittelt werden, lediglich konnte in der Hamstring-Gruppe eine leichte Tendenz zur Auslockerung des Transplantates nach zwei Jahren erkannt werden, die jedoch nicht signifikant war. Gleichzeitig war die Muskelatrophie in der Hamstring-Gruppe geringer, das darauf zurückgeführt werden kann, dass das Muskeltraining dort effektiver ist und die Muskelmasse nach der Rehabilitation nicht mehr stark abnimmt [80].

Bisher wurde angenommen, dass die Patellasehne als Kreuzbandtransplantat eine bessere statische Kniegelenksstabilität bei vorderen Kreuzbandverletzungen liefert als Hamstringtransplantate [81]. In einer Studie von Webster et al. [81] wurden 65 Patienten 15 Jahre nach vorderem Kreuzbandersatz mit einem Patellasehnentransplantat oder einem Hamstringtransplantat nachuntersucht. Es wurde festgestellt, dass die Ergebnisse beider Gruppen vergleichbar sind und beide Transplantattypen nach der Langzeituntersuchung gute objektive und subjektive Ergebnisse erreichten [81]. Die Personen mit dem Patellasehnentransplantat gingen tendenziell aber mehr sportlichen Aktivitäten nach [81].

Die von uns untersuchten Patienten erhielten zu 60 % ein Transplantat aus den Musculi Semitendinosus und Gracilis und zu 40 % aus anderen autologen Muskulaturen. Fünf der Transplantate waren allogenen Ursprungs. In einer Studie von Bottoni und Smith [57] waren 80 % der Transplante zehn Jahre postoperativ nach Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes intakt und stabil, wobei der missglückte Anteil bei den Transplanten allogenen Ursprungs dreifach höher war als der Anteil der Autografts [57].

In der von uns nachuntersuchten Patientengruppe konnte diesbezüglich keine Tendenz erkannt werden.

Ebenfalls können Co-Morbiditäten des Knochens, die in den Fragebögen nicht erhoben wurden, die Entnahmemorbidität und der damit eventuell teilweise verbundene

Knochenverlust, sowie Fehlplatzierungen der Bohrkanäle eine Rolle für die Stabilität des Kreuzbandersatzes spielen. Ebenfalls muss berücksichtigt werden, dass oftmals schwere Verletzungen infolge Rasantraumata vorliegen und die Patienten meist eine langjährige Anamnese nach dem Unfall aufweisen, die zu weiteren Knorpelschäden geführt hat [82].

Bei 47,5 % war ein Rasantrauma durch einen Motorrad- oder Autounfall erfolgt. In unserer Studie wurde lediglich bei 14 der 63 Patienten mit der Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes auch eine Meniskusoperation durchgeführt. Acht dieser Patienten (57 %) erreichten gute und sehr gute Ergebnisse nach der Einteilung von Harner und sechs Patienten (43 %) ein befriedigendes Ergebnis.

In unserer Studie lag nach einem Follow-up von zehn Jahren bei 81 % unseres gesamten Patientenkollektivs keine Verschmälerung des medialen oder bei 72 % des lateralen Kompartimentes vor. Bei 19 % bzw. 28 % war eine mäßige bis deutliche Verschmälerung des Gelenkspaltes zu erkennen, was ebenso durch die natürlichen Abnutzungserscheinungen wie höheres Lebensalter und/ oder erhöhtes Körpergewicht bedingt sein kann. Beim IKDC - Fragebogen lag das Ergebnis bei den Patienten mit Meniskusoperation schwerpunktmäßig mit 64 % bei D, mit 29 % bei C und mit 7 % bei B. Bei der klinischen Untersuchung lagen 50 % bei C, 29 % bei D und 21 % bei B. Nach Lysholm erreichten 79% der Patienten ein „poor“ oder „fair“ und lediglich 21 % der Patienten ein „excellent“ oder „good“. 64 % der Patienten gaben ein Instabilitätsgefühl an, 36 % der Patienten hatten kein Instabilitätsgefühl.

Es ist eine Korrelation zwischen Knorpelschäden und Knieverletzungen vorhanden, die abhängig von der zunehmenden Zeitspanne zwischen dem Unfallereignis und der Operation ansteigt [83]. Bei unseren Patienten lag die Zeitspanne zwischen Unfallereignis und Operation im größtenteils zwischen sechs und 24 Monaten, im Durchschnitt nach 4,6 Jahren.

Zu vermuten ist, dass die Auslockerung des hinteren Kreuzbandes nach Rekonstruktion auch vom Verletzungsmuster abhängig ist sowie von den Begleitverletzungen wie z.B. das meniscofemorale Ligament, welches ebenfalls zur Stabilisierung des Kniegelenkes beiträgt und 30 % der Belastung des hinteren Kreuzbandes trägt [84], [85].

Auch wenn in unserer Studie die Patienten mit einem kombinierten Verletzungsmuster mit ca. 50 % ein gutes Ergebnis erzielten, ist davon auszugehen, dass isolierte HKB-Verletzungen ein besseres und stabileres Langzeitergebnis erzielen [86]. In einer Studie nach Shelbourne et al. [87] konnten bei nichtoperativer Versorgung von isolierten

hinteren Kreuzbandrupturen bei den Patienten gute subjektive Ergebnisse erreicht werden, in der aber keine gehaltenen Röntgenaufnahmen durchgeführt wurden, wodurch eine objektive Bewertung von Verletzungen des hinteren Kreuzbandes und deren Versorgung nicht möglich ist. Ebenso wurden in einer Studie von Lahner et al. [56] gute und sehr gute objektive und subjektive Ergebnisse nach isolierter Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes erreicht. Auch in einer Studie von Lien et al. [88] wurden nach Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes bei isolierter Ruptur mittels gehaltener Aufnahmen gute funktionelle Ergebnisse bei relativ hohem Aktivitätslevel ermittelt. Schmerzen und Instabilität machten dort weiterhin die Hauptbeschwerden aus. In einer Studie von Lee et al. [89] konnte kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die posterolaterale Stabilität zwischen einer isolierten Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes und einer kombinierten Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes mit der posterolateralen Gelenkecke gefunden werden. Die Ergebnisse beider Verletzungsmuster waren miteinander vergleichbar [89]. Auch in einer Studie von Kim et al. [46] zeigte sich, dass bei der kombinierten Rekonstruktion von hinterem Kreuzband und posterolateraler Gelenkecke ein ähnliches Ergebnis in Hinblick auf die posterolaterale Stabilität erreicht wird wie bei der isolierten Rekonstruktion. Es zeigt sich sogar bei der kombinierten Rekonstruktion ein besseres funktionelles Ergebnis als bei der isolierten Rekonstruktion, trotz geringerer Verbesserung der hinteren Translation nach Rekonstruktion [46]. Eingeteilt nach Verletzungsmustern gaben in unserer Studie 53 % der Patienten (16 der 30 Patienten) mit einem kombinierten Verletzungsmuster (HKB, VKB, PLS) und 36 % der Patienten (10 der 28 Patienten) mit einem Verletzungsmuster aus HKB und PLS sowie 40 % der Patienten (2 der 5 Patienten) mit isolierter hinteren Kreuzbandverletzung ein Instabilitätsgefühl an. Die Instabilitätsprüfungen des Kniegelenkes bei der klinischen Untersuchung ergaben ähnliche Ergebnisse. Da für meine Arbeit nur wenige Patienten, insgesamt fünf Teilnehmer, mit einer isolierten Kreuzbandruptur vorlagen, sind die wenigen Ergebnisse für diesen Teil nicht zu verwerten. Patienten, die zeitgleich mit der Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes eine Rekonstruktion der posterolateralen Ecke erhielten und zugleich meniskuserhaltend mittels Meniskusnaht oder Meniskusresektion operiert wurden, erhielten bessere Ergebnisse. 57 % der von uns nachuntersuchten Patienten mit Meniskusoperation erhielten ein gutes Ergebnis und 43 % ein befriedigendes Ergebnis. Gründe dafür können sein, dass durch den Erhalt bzw. eine Naht der Menisken das Entstehen und das Fortschreiten einer posttraumatischen Arthrose und

sekundäre Meniskusschäden reduziert oder verzögert werden können. Ebenfalls erhöht eine Rekonstruktion die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Meniskusnaht.

In der Auswertung nach Lysholm waren in unserer Studie die schlechteren Ergebnisse mit 12 Patienten hauptsächlich den kombinierten Verletzungsmustern aus hinterem Kreuzband (HKB), vorderem Kreuzband (VKB) und der posterolateralen Strukturen (PLS) zuzuschreiben und 7 Patienten den HKB und PLS Verletzungen. Ein gutes bzw. exzellentes Ergebnis erreichten jeweils 6 bzw. 5 Patienten der HKB, VKB und PLS Verletzungen. Bei den HKB und PLS Verletzungsmustern bekamen neun Patienten ein befriedigendes Ergebnis und sieben ein gutes bzw. fünf ein exzellentes Ergebnis. Bei der klinischen Auswertung nach dem IKDC lagen die Ergebnisse für die kombinierten Verletzungsmuster aus HKB und PLS zwischen B und C mit Tendenz zu B und bei den Verletzungsmustern aus HKB, VKB und PLS bei C. Die isolierten Kreuzbandverletzungen erreichten ein B. Bei der Auswertung nach dem IKDC Fragebogen lagen alle Verletzungsmuster ausschließlich bei C. Beim KOOS-Fragebogen erreichten die kombinierten Verletzungen aus HKB, VKB und PLS durchschnittlich 76 ± 15 Punkte, HKB und PLS 79 ± 17 Punkte und die isolierten Verletzungen 78 ± 14 Punkte. Eingeteilt nach Verletzungsmustern gaben 53 % der Patienten mit kombinierten Verletzungsmustern (HKB, VKB, PLS) und 36 % der Patienten mit einem Verletzungsmuster aus HKB und PLS sowie 40 % der Patienten mit isolierter hinterer Kreuzbandverletzung ein Instabilitätsgefühl an.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Patienten, unabhängig ihres Lebensalters, insgesamt von einer Rekonstruktion und Stabilisierung des hinteren Kreuzbandes profitieren. Vor allem profitieren Menschen, die eine aktive Lebensweise führen, einen hohen funktionellen Anspruch besitzen und ihr Aktivitätsniveau nicht reduzieren wollen. Ein Normalgewicht ist förderlich. Ebenfalls profitieren Patienten mit einer nahtfähigen Meniskusläsion von einer Rekonstruktion, da Spätfolgen dadurch verhindert bzw. verzögert werden können. Ebenfalls lässt sich festhalten, dass durch die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes die hintere Schublade deutlich reduziert wird und diese auch nach acht Jahren postoperativ gute Ergebnisse erreicht.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes eine deutlich objektive Stabilität mit Reduzierung der hinteren Schublade und der Side-to-Side-Differenz bewirkt, das durch die Ergebnisse im Langzeitverlauf in der klinischen Untersuchung ermittelt werden konnte.

Langfristig gesehen besteht die Möglichkeit isolierte und kombinierte Verletzungen des hinteren Kreuzbandes mittels standardisierter OP-Technik erfolgreich zu stabilisieren. Im Gegensatz zu unseren Erwartungen lässt sich eine Korrelation zwischen guter Kniestabilität und subjektiver Beschwerdefreiheit nicht darstellen.

Die unterschiedlichen Ergebnisse in der subjektiven Auswertung zu den objektiven Ergebnissen sind abhängig von der persönlichen Aktivität und dem Anspruch der Patienten sowie auch davon, ob die Operation im akuten oder erst im chronischen Zustand durchgeführt wurde.

Die Funktion des operierten Knies war bei vielen Patienten auch im Langzeitverlauf noch gut erhalten und es sind bisher kaum Spätschäden wie Arthrose oder Gelenkspaltverschmälerung zu erkennen.

Der größte Teil unserer Patienten hatte ein erhöhtes Körpergewicht, das ebenfalls zu einer Verminderung des Gelenkspaltes und zur Arthrose führen kann, wobei die Rekonstruktion und die erhöhte Belastung eine zusätzliche Begünstigung zur Entstehung, jedoch nicht ursächlich sein muss. Die Patienten unserer Studie wiesen über 80% keine Verschmälerung des Gelenkspaltes auf.

Durch Training der Muskulatur und sportliche Aktivitäten kann eine zusätzliche Stabilisierung im Gelenk erreicht werden, weswegen ein kontrollierter Aufbau, v.a. auch in der Rehabilitationsphase dringend empfohlen wird.

Ebenfalls scheint die Komplexität der Verletzung, das Alter der Patienten und das Geschlecht gewisse Einflussfaktoren auf das langfristige Ergebnis der operativen Versorgung zu liefern.

Die Korrelation zwischen guter Kniestabilität und subjektiver Beschwerdefreiheit lässt sich nicht darstellen

6 Limitationen der Arbeit

Einige Limitationen bei der Arbeit bestanden darin, dass ein Teil der Datenerhebung retrospektiv erhoben wurde, d.h. die objektive Datenerhebung nicht gewährleistet ist. Leider waren nicht alle Ergebnisse der Fragebögen direkt vor bzw. nach der Operation vorhanden, wodurch ein Teil der Patienten nicht mit in die Auswertung eingehen konnten, ebenso bei den Patienten, bei denen Röntgenbilder im Verlauf gefehlt haben. Eine weitere Limitation liegt in der geringen Anzahl der Patienten in dieser Studie und der entsprechend ungleichen Größe der Untergruppen. Dadurch wird die Aussagekraft eingeschränkt.

Dadurch, dass die Patienten vor und nach der Operation und in unserer Studie durch unterschiedliche Ärzte nachuntersucht wurden, kann es dadurch ebenfalls zu Unterschieden bei den Ergebnissen kommen. Obwohl wir in unserer Studie keinen direkten Zusammenhang zwischen Alter und BMI gefunden haben, wäre es für weitere Studien zu empfehlen größere Patientengruppe einer Altersklasse miteinander zu vergleichen sowie auch größere Patientengruppen einer Gewichtsklasse.

Ebenfalls können die Operationen dadurch, dass die Patienten unterschiedliche Verletzungsmuster erlitten haben und teilweise unterschiedliche Begleitverletzungen aufweisen, kombiniert mit individuellen körperlichen Voraussetzungen, nicht direkt verglichen werden. Somit findet keine Operation auf dem gleichen Level statt.

Dem entsprechend ist ein weiterer limitierender Faktor die generell geringe Anzahl an Patienten dieser Studie. Vor allem die geringe Patientenanzahl mit isolierter hinterer Kreuzbandruptur, wodurch eine Auswertung in dieser Kategorie nicht möglich war.

Zudem ist es schwierig die postoperativen Funktionsparameter zu bestimmen ohne Vergleichswerte vor dem Unfall zu haben. Da diese individuell variieren können ist davon auszugehen, dass das nicht verletzte Knie im Langzeitverlauf ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen wurde. Da dieses als Referenzwert benutzt wird, kann es dadurch ebenfalls zu Abweichungen kommen. Inwieweit sich die Verletzung einer Extremität auch auf die andere Extremität auswirkt, muss in weiteren Studien erhoben werden. Auf jeden Fall kann durch die Studie aber eine Tendenz erkannt werden.

Da von den 230 kontaktierten Patienten lediglich 63 Patienten bereit waren an der kontrollierten Nachuntersuchung teilzunehmen besteht ebenfalls die Möglichkeit, dass sich ausschließlich die Patienten zur Verfügung gestellt haben, die ohnehin Probleme mit dem Knie hatten und daher unserem Angebot entgegen kamen. Es ist möglich, dass

der Teil der Patienten, der sich nicht bereit erklärt hat teilzunehmen, auch subjektiv mit dem Ergebnis zufrieden war und daher eine Teilnahme für nicht nötig erachtet hat. Auch wenn die Patienten für die postoperative Nachsorge ein standardisiertes Nachbehandlungsschema und wiederholte Anweisungen durch das Ärzteteam erhalten haben, ist durch die deutschlandweite Streuung und individuelle Motivation der Patienten eine unterschiedliche Nachbehandlung sehr wahrscheinlich

7 Anhang

7.1 Referenzen

- [1] T. M. Jung, M. J. Strobel, e A. Weiler, «Diagnostik und Therapie von Verletzungen des hinteren Kreuzbandes», *Unfallchirurg*, vol. 109, n. 1, pp. 41–60, 2006.
- [2] G. C. Fanelli e C. J. Edson, «Part II», vol. 11, n. 5, pp. 526–529, 1995.
- [3] D. Karataglis, I. Bisbinas, M. A. Green, e D. J. A. Learmonth, «Functional outcome following reconstruction in chronic multiple ligament deficient knees.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 14, n. 9, pp. 843–847, 2006.
- [4] B. Schewe e J. Fritz, «Die Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes-Operationstechnik-», Tuttlingen, 2009.
- [5] M. J. Strobel, A. Weiler, e H. J. Eichhorn, «[Diagnosis and therapy of fresh and chronic posterior cruciate ligament lesions].», *Chirurg.*, vol. 71, n. 9, pp. 1066–81, 2000.
- [6] T. M. Jung, M. J. Strobel, e A. Weiler, «Diagnostics and treatment of posterior cruciate ligament injuries.», *Unfallchirurg*, vol. 109, n. 1, pp. 41–59; quiz 60, Jan. 2006.
- [7] M. G. Ulmer, T. Rose, e A. B. Imhoff, «Bandverletzungen am Kniegelenk Teil 2», *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, pp. 391–414, 2006.
- [8] M. S. Schulz, K. Russe, A. Weiler, H. J. Eichhorn, e M. J. Strobel, «Epidemiology of posterior cruciate ligament injuries.», *Arch. Orthop. Trauma Surg.*, vol. 123, n. 4, pp. 186–191, 2003.
- [9] T. Li, «Bandverletzungen des Kniegelenkes Anatomie und Biomechanik», vol. 11, n. 3, pp. 307–317, 2013.
- [10] K.-W. Jauch, W. Mutschler, J. N. Hoffmann, e K.-G. Kauz, *Chirurgie Basisweiterbildung: In 100 Schritten durch den Common Trunc*, 2. ed. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013.
- [11] M. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2. ed. Berlin, Heidelberg, New York: Spinger-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 3, 1991.
- [12] S. Chandrasekaran, D. Ma, J. M. Scarvell, K. R. Woods, e P. N. Smith, «A review of the anatomical, biomechanical and kinematic findings of posterior cruciate ligament injury with respect to non-operative management.», *Knee*, vol. 19, n. 6, pp. 738–45, Dez. 2012.

- [13] C. D. Harner, J. W. Xerogeanes, G. a Livesay, G. J. Carlin, B. a Smith, T. Kusayama, S. Kashiwaguchi, e S. L. Woo, «The human posterior cruciate ligament complex: an interdisciplinary study. Ligament morphology and biomechanical evaluation.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 23, n. 6, pp. 736–45, 2013.
- [14] Benninghoff, D. Drenckhahn, e J. Waschke, *Taschenbuch Anatomie*, 1. ed. München: Elsevier GmbH, 2008.
- [15] A. A. Amis, C. M. Gupte, a. M. J. Bull, e A. Edwards, «Anatomy of the posterior cruciate ligament and the meniscomfemoral ligaments», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 14, n. 3, pp. 257–263, 2006.
- [16] S. Nagasaki, Y. Ohkoshi, K. Yamamoto, W. Ebata, R. Imabuchi, e J. Nishiike, «The incidence and cross-sectional area of the meniscomfemoral ligament.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 34, n. 8, pp. 1345–50, 2006.
- [17] M. Defillipo, «Symptome und Behandlung», *WorldPress*, 2005. [Em linha]. Disponível em: <http://www.symptomeundbehandlung.com/schmerzen-im-knie/femoropatellares-schmerzsyndrom-oder-chondropathia-patellae/>.
- [18] D. Kohn, C. J. Wirth, e L. Zichner, *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Ein Standardwerk für Klinik und Praxis Knie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005.
- [19] E. Schulte, U. Schumacher, e M. Schünke, *Prometheus LernAtlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem*, 2. ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, pp. 555, 2007.
- [20] D. Kohn, C. J. Wirth, e L. Zichner, *Orthopädie und Orthopädische Chirurgie: Ein Standardwerk für Klinik und Praxis Knie*. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2005.
- [21] S. A. R. Ibrahim, S. Ghafar, M. Salah, M. Abo Alnas, A. Al Misfer, H. Farouk, H. Al Haran, e S. Khirait, «Surgical management of traumatic knee dislocation with posterolateral corner injury.», *Arthroscopy*, vol. 29, n. 4, pp. 733–41, Abr. 2013.
- [22] J. R. Seebacher, A. E. Inglis, J. L. Marshall, e R. F. Warren, «The structure of the posterolateral aspect of the knee.», *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 64, n. 4, pp. 536–541, 1982.
- [23] B. Crespo, E. W. James, L. Metsavaht, e R. F. Laprade, «Injuries to posterolateral corner of the knee : a comprehensive review from anatomy to surgical treatment &», *Rev. Bras. Ortop.*, vol. 50, n. 4, pp. 363–370, 2014.
- [24] W. Petersen e T. Zantop, «Biomechanik des hinteren Kreuzbandes und der hinteren Instabilität», Ago. 2006.
- [25] A. Race e A. A. Amis, «Loading of the two bundles of the posterior cruciate ligament: An analysis of bundle function in A-P drawer», *J. Biomech.*, vol. 29, n. 7, pp. 873–879, Jul. 1996.

- [26] R. Papannagari, L. E. DeFrate, K. W. Nha, J. M. Moses, M. Moussa, T. J. Gill, e G. Li, «Function of posterior cruciate ligament bundles during in vivo knee flexion.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 35, n. 9, pp. 1507–1512, 2007.
- [27] A. A. Amis, «Biomechanics of the PCL and related structures : posterolateral , posteromedial and meniscofemoral ligaments Posterolateral structures Functional anatomy», pp. 3–10, 2013.
- [28] M. J. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2. ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [29] P. Lobenhoffer, R. van Heerwaarden, e J. D. Agneskirchner, *Kniegelenknahe Osteotomien: Indikation - Planung - Operationstechniken mit Plattenfixateuren*, 2. ed. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag, 2014.
- [30] S. Iwata, Y. Suda, T. Nagura, H. Matsumoto, T. Otani, T. P. Andriacchi, e Y. Toyama, «Clinical disability in posterior cruciate ligament deficient patients does not relate to knee laxity, but relates to dynamic knee function during stair descending.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 15, n. 4, pp. 335–42, Abr. 2007.
- [31] C. Zorzi, M. Alam, V. Iacono, V. Madonna, D. Rosa, e N. Maffulli, «Combined PCL and PLC reconstruction in chronic posterolateral instability.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 21, n. 5, pp. 1036–42, Mai. 2013.
- [32] P. Kannus, J. Bergfeld, M. Järvinen, R. J. Johnson, M. Pope, P. Renström, e K. Yasuda, «Injuries to the posterior cruciate ligament of the knee.», *Sports Med.*, vol. 12, n. 2, pp. 110–131, 1991.
- [33] K. Jacobsen, «Stress radiographical measurement of the anteroposterior, medial and lateral stability of the knee joint.», *Acta Orthop. Scand.*, vol. 47, n. 3, pp. 335–4, Jun. 1976.
- [34] T. Zantop, C. Zantop, e W. Petersen, «Biomechanik von Kreuzband und Kreuzbandersatz», *Schweizerische Zeitschrift für Sport. und Sport.*, vol. 61, n. 2, pp. 11–19, 2013.
- [35] M. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2.Auflage ed. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [36] A. Wienand, «Hinterer Kreuzbandersatz mit autogenem versus allogenen Transplantatmaterial», Berlin, 2010.
- [37] C. D. Harner e J. Höher, «Evaluation and treatment of posterior cruciate ligament injuries.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 26, n. 3, pp. 471–482, 1998.
- [38] K. Storz, «Instrumente für die HKB-Rekonstruktion», *EndoWorld*, 2015. [Em linha]. Disponível em: https://www.karlstorz.com/cps/rde/xbcr/karlstorz_assets/ASSETS/2185000.pdf.

- [39] M. J. Strobel e A. Weiler, *Hinteres Kreuzband*. Tuttingen: Endo Press, 2008.
- [40] M. J. Strobel, A. Weiler, M. S. Schulz, K. Russe, e H.-J. Eichhorn, «Fixed posterior subluxation in posterior cruciate ligament-deficient knees: diagnosis and treatment of a new clinical sign.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 30, n. 1, pp. 32–8, 2002.
- [41] T. M. Jung, C. Reinhardt, S. U. Scheffler, e A. Weiler, «Stress radiography to measure posterior cruciate ligament insufficiency: a comparison of five different techniques.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 14, n. 11, pp. 1116–21, 2006.
- [42] M. J. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2. ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [43] M. J. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2. ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [44] G. T. Feltham e J. P. Albright, «The diagnosis of PCL injury: literature review and introduction of two novel tests.», *Iowa Orthop. J.*, vol. 21, pp. 36–42, 2001.
- [45] R. F. LaPrade e G. C. Terry, «Injuries to the posterolateral aspect of the knee. Association of anatomic injury patterns with clinical instability.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 25, n. 4, pp. 433–8, 2003.
- [46] S.-J. Kim, S.-K. Lee, S.-H. Kim, S.-H. Kim, e M. Jung, «Clinical outcomes for reconstruction of the posterolateral corner and posterior cruciate ligament in injuries with mild grade 2 or less posterior translation: comparison with isolated posterolateral corner reconstruction.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 41, n. 7, pp. 1613–20, 2013.
- [47] H. R. Galway e D. L. MacIntosh, «The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency.», *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n. 147, pp. 45–50, 1980.
- [48] M. J. Strobel e H.-W. Stedtfeld, *Diagnostik des Kniegelenkes*, 2. ed. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1991.
- [49] F. Margheritini e P. P. Mariani, «Diagnostic evaluation of posterior cruciate ligament injuries», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 11, n. 5, pp. 282–288, 2003.
- [50] W. Müller, R. Jakob, e H. Stäubli, «Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. ...*, vol. 1, n. 3–4, pp. 226–34, 1993.
- [51] N. Nitzsche e H. Schulz, «Wirkung eines Trainings im offenen und geschlossenen kinetischen Systems nach vorderer Kreuzbandplastik», *Dtsch. Z. Sportmed.*, vol. 63, n. 10, pp. 305–310, 2012.

- [52] Y. Tegner e J. Lysholm, «Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries.», *Clin. Orthop. Relat. Res.*, n. 198, pp. 43–9, Set. 1985.
- [53] E. M. Roos, H. P. Roos, L. S. Lohmander, C. Ekdahl, e B. D. Beynnon, «Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure.», *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, vol. 28, n. 2, pp. 88–96, 1998.
- [54] A. Almangoush, L. Herrington, I. Attia, R. Jones, A. Aldawoudy, A. Abdul Aziz, e A. Waley, «Cross-cultural adaptation, reliability, internal consistency and validation of the Arabic version of the Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) for Egyptian people with knee injuries», *Osteoarthr. Cartil.*, vol. 21, n. 12, pp. 1855–64, 2013.
- [55] K. P. Spindler, T. a Warren, J. C. Callison, M. Secic, S. B. Fleisch, e R. W. Wright, «Clinical outcome at a minimum of five years after reconstruction of the anterior cruciate ligament.», *J. Bone Joint Surg. Am.*, vol. 87, n. 8, pp. 1673–9, Ago. 2005.
- [56] M. Lahner, T. Vogel, M. S. Schulz, e M. J. Strobel, «Outcome 4 years after isolated single-bundle posterior cruciate ligament reconstruction.», *Orthopade*, vol. 41, n. 3, pp. 206–11, Mar. 2012.
- [57] C. R. Bottoni, E. L. Smith, J. Shaha, S. S. Shaha, S. G. Raybin, J. M. Tokish, e D. J. Rowles, «Autograft Versus Allograft Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective, Randomized Clinical Study With a Minimum 10-Year Follow-up», *Am. J. Sports Med.*, vol. 43, n. 10, pp. 2501–2509, 2015.
- [58] G. C. Fanelli, J. D. Beck, e C. J. Edson, «Current concepts review: the posterior cruciate ligament.», *J. Knee Surg.*, vol. 23, n. 2, pp. 61–72, 2010.
- [59] C. Ihle, A. Ateschrang, D. Albrecht, J. Mueller, U. Stöckle, e S. Schröter, «Occupational consequences after isolated reconstruction of the insufficient posterior cruciate ligament.», Jan. 2014.
- [60] W. M. Wind, «Evaluation and Treatment of Posterior Cruciate Ligament Injuries: Revisited», *Am. J. Sports Med.*, vol. 32, pp. 1765–1775, 2004.
- [61] T. M. Jung, A. Lubowicki, A. Wienand, M. Wagner, e A. Weiler, «Knee Stability After Posterior Cruciate Ligament Reconstruction in Female Versus Male Patients: A Prospective Matched-Group Analysis», *Arthrosc. J. Arthrosc. Relat. Surg.*, vol. 27, n. 3, pp. 399–403, 2011.
- [62] M. J. Cross e J. F. Powell, «Long-term followup of posterior cruciate ligament rupture: a study of 116 cases.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 12, n. 4, pp. 292–297, 1984.
- [63] J. J. Christensen, a. J. Krych, W. M. Engasser, M. K. Vanhees, M. S. Collins, e D. L. Dahm, «Lateral Tibial Posterior Slope Is Increased in Patients With Early Graft Failure After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction», *Am. J. Sports Med.*, vol. 43, n. 10, pp. 2510–2514, 2015.

- [64] N. Lefevre, Y. Bohu, S. Klouche, J. Lecocq, e S. Herman, «Anterior cruciate ligament tear during the menstrual cycle in female recreational skiers», *Orthop. Traumatol. Surg. Res.*, vol. 99, n. 5, pp. 571–575, 2013.
- [65] G. D. Myer, K. R. Ford, M. V Paterno, T. G. Nick, e T. E. Hewett, «The effects of generalized joint laxity on risk of anterior cruciate ligament injury in young female athletes.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 36, n. 6, pp. 1073–1080, 2008.
- [66] S. C. Wordeman, C. E. Quatman, C. C. Kaeding, e T. E. Hewett, «In vivo evidence for tibial plateau slope as a risk factor for anterior cruciate ligament injury: a systematic review and meta-analysis.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 40, n. 7, pp. 1673–81, 2012.
- [67] M. J. Grassmayr, D. A. Parker, M. R. J. Coolican, e B. Vanwanseele, «Posterior cruciate ligament deficiency: Biomechanical and biological consequences and the outcomes of conservative treatment. A systematic review», *J. Sci. Med. Sport*, vol. 11, n. 5, pp. 433–443, 2008.
- [68] M. Boynton e B. Tietjens, «Long-Term Followup of the Untreated Isolated Posterior Cruciate Ligament-Deficient Knee», *Am. J. Sports Med.*, vol. 24, pp. 306–310, 1996.
- [69] P. M. Keller, K. D. Shelbourne, J. R. McCarroll, e a C. Rettig, «Nonoperatively treated isolated posterior cruciate ligament injuries.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 21, n. 1, pp. 132–136, 1993.
- [70] J. H. Ahn, H. S. Yang, W. K. Jeong, e K. H. Koh, «Arthroscopic transtibial posterior cruciate ligament reconstruction with preservation of posterior cruciate ligament fibers: clinical results of minimum 2-year follow-up.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 34, n. 2, pp. 194–204, 2006.
- [71] D. E. Cooper e D. Stewart, «Posterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle patella tendon graft with tibial inlay fixation: 2- to 10-year follow-up.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 32, n. 2, pp. 346–360, 2004.
- [72] M. Tzurbakis, A. Diamantopoulos, T. Xenakis, e A. Georgoulis, «Surgical treatment of multiple knee ligament injuries in 44 patients: 2-8 years follow-up results.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 14, n. 8, pp. 739–49, 2006.
- [73] J. M. Hart, B. F. Blanchard, J. A. Hart, S. C. Montgomery, R. Schoderbek, e M. D. Miller, «Multiple ligament knee reconstruction clinical follow-up and gait analysis.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 17, n. 3, pp. 277–85, 2009.
- [74] K. D. Shelbourne e Y. Muthukaruppan, «Subjective results of nonoperatively treated, acute, isolated posterior cruciate ligament injuries», *Arthrosc. - J. Arthrosc. Relat. Surg.*, vol. 21, n. 4, pp. 457–461, 2005.
- [75] C. M. LaPrade, D. M. Civitarese, M. T. Rasmussen, R. F. LaPrade, M. T. Rasmussen, e R. F. LaPrade, «Emerging Updates on the Posterior Cruciate

- Ligament A Review of the Current Literature», *Am. J. Sports Med.*, vol. XX, n. X, pp. 1–16, 2015.
- [76] K. S. Jansson, K. E. Costello, L. O'Brien, C. a Wijdicks, e R. F. LaPrade, «A historical perspective of PCL bracing.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 21, n. 5, pp. 1064–70, 2013.
- [77] C. M. Pierce, L. O'Brien, L. W. Griffin, e R. F. LaPrade, «Posterior cruciate ligament tears: Functional and postoperative rehabilitation», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 21, n. 5, pp. 1071–1084, 2013.
- [78] M. J. Strobel, M. S. Schulz, W. J. Petersen, e H. J. Eichhorn, «Combined anterior cruciate ligament, posterior cruciate ligament, and posterolateral corner reconstruction with autogenous hamstring grafts in chronic instabilities.», *Arthroscopy*, vol. 22, n. 2, pp. 182–92, Feb. 2006.
- [79] M. Denti, D. Tornese, G. Melegati, H. Schonhuber, e A. Quaglia, «Combined chronic anterior cruciate ligament and posterior cruciate ligament reconstruction : functional and clinical results», vol. 23, n. 10, pp. 2853–2858, 2015.
- [80] C. H. Chen, W. J. Chen, e C. H. Shih, «Arthroscopic reconstruction of the posterior cruciate ligament: A comparison of quadriceps tendon autograft and quadruple hamstring tendon graft», *Arthroscopy*, vol. 18, n. 6, pp. 603–612, 2002.
- [81] K. E. Webster, J. A. Feller, N. Hartnett, W. B. Leigh, e A. K. Richmond, «Comparison of Patellar Tendon and Hamstring Tendon Anterior», *Am. J. Sports Med.*, vol. XX, 2015.
- [82] P. Lobenhoffer, «Chronic instability after posterior cruciate ligament injury. Tactics, techniques, and results.», *Unfallchirurg*, vol. 102, n. 11, pp. 824–38, 1999.
- [83] A. J. Krych, P. L. Sousa, A. H. King, W. M. Engasser, M. J. Stuart, e B. a. Levy, «Meniscal tears and articular cartilage damage in the dislocated knee», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, 2015.
- [84] C. M. Gupte, A. M. J. Bull, R. D. Thomas, e A. A. Amis, «A review of the function and biomechanics of the menisofemoral ligaments.», *Arthroscopy*, vol. 19, n. 2, pp. 161–71, Feb. 2003.
- [85] S. H. Han, D. I. Kim, S. G. Choi, J. H. Lee, e Y. S. Kim, «The posterior menisofemoral ligament: Morphologic study and anatomic classification», *Clin. Anat.*, vol. 25, n. 5, pp. 634–640, 2012.
- [86] R. D. P. L. Cury, M. B. Mestriner, C. C. Kaleka, N. R. Severino, V. M. De Oliveira, e O. P. A. Camargo, «Double-bundle PCL reconstruction using autogenous quadriceps tendon and semitendinous graft: Surgical technique with 2-year follow-up clinical results», *Knee*, vol. 21, n. 3, pp. 763–768, Jun. 2014.

- [87] K. D. Shelbourne, M. Clark, e T. Gray, «Minimum 10-year follow-up of patients after an acute, isolated posterior cruciate ligament injury treated nonoperatively.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 41, n. 7, pp. 1526–33, 2013.
- [88] O. A. Lien, E. J.-L. Aas, S. Johansen, T. C. Ludvigsen, W. Figved, e L. Engebretsen, «Clinical outcome after reconstruction for isolated posterior cruciate ligament injury.», *Knee Surgery, Sport. Traumatol. Arthrosc.*, vol. 18, n. 11, pp. 1568–72, 2010.
- [89] D. W. Lee, H. W. Jang, Y. S. Lee, S. J. Oh, J. Y. Kim, H. E. Song, e J. G. Kim, «Clinical, Functional, and Morphological Evaluations of Posterior Cruciate Ligament Reconstruction With Remnant Preservation: Minimum 2-Year Follow-up.», *Am. J. Sports Med.*, vol. 42, n. 8, pp. 1822–1831, Jun. 2014.
- [90] J. Höher, S. Scheffler, e A. Weiler, «Graft choice and graft fixation in PCL reconstruction.», *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.*, vol. 11, n. 5, pp. 297–306, 2003.

7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Unfallmechanismen	10
Abbildung 2: Horizontalschnitt proximal der Meniskusebene.....	11
Abbildung 3: Frontalansicht des Kniegelenkes mit transparentem Ligamentum patellae	13
Abbildung 4: Schematische Zeichnung der arteriellen Versorgung des Kniegelenkes	14
Abbildung 5: A) Die Anatomie der posterolaterale Ecke mit ihren drei Hauptstrukturen für die laterale Stabilität: Sehne des Muskulus popliteus, dem Ligamentum popliteofibulare und dem Ligamentum collaterale laterale. B) die dazugehörigen Ansatzflächen.....	16
Abbildung 6: Biomechanik des Kniegelenkes	18
Abbildung 7: a-c Physiologische dorsal-konkave Krümmung der Femurdiaphyse in der Sagittalebene (a). Physiologische dorsal-konkave Krümmung der Tibiadiaphyse mit physiologischer Versetzung des Tibiaplateaus gegenüber der Femurschaftschse nach posterior (T) in der Sagittalebene (b). Schematische Darstellung des Tibial Slope (c)..	19
Abbildung 8: A) Hyperextensionstest in Ausgangstellung und B) in manueller hinterer Schublade.....	21
Abbildung 9: Step-off-Test	22
Abbildung 10: gehaltene Röntgenaufnahme in 90° Knieflexion	23
Abbildung 11: Rosenbergaufnahme bei Belastung in 45° Kniebeuge. Patient mit chronischer hinterer Kreuzband-Insuffizienz und posterolateraler Instabilität.....	24
Abbildung 12: Klassifikation der HKB-Läsion nach Harner	25
Abbildung 13: Femorales Zielgerät zur Platzierung des Bohrkanales (Karl Storz GmbH)	27
Abbildung 14: Transplantatfixation: Femoral gelenknahe Fixation mit Interferenzschraube. Tibial gelenknahe Fixation mit Interferenzschraube und Sicherung der Fixation durch Verknoten der Armierungsfäden über eine Knochenbrücke.....	28
Abbildung 15: Interferenzschrauben zur gelenknahen Sehnenfixation (Mega Fix® - Reihe, Karl Storz GmbH & Co. KG, Tuttlingen)	29
Abbildung 16: Bohrkanäle und Transplantatverlauf bei Ersatz des hinteren Kreuzbandes mit posterolateraler Stabilisierung (Hinteres Kreuzband, 2008, Endo Press, Tuttlingen)	30

Abbildung 17: Posterior Tibial Support (PTS)-Orthese	33
Abbildung 18: A) Telos-Halteapparat B) Auswertung der hinteren Schublade (HSL)- Aufnahme nach Jacobsen bei 90° Kniebeugung	36
Abbildung 19: Lachmantest: Das Knie befindet sich bei 30° in der spontanen hinteren Schublade; C) Reposition in Neutralposition	38
Abbildung 20: Prüfung der hinteren Schublade in 90° Flexion: Neutralposition und hintere Schublade.....	39
Abbildung 21: Dial-Test bei 30°	40
Abbildung 22: Pivot-Shift Grad 3. Deutliche Subluxation des Tibiakopfes beim Passieren von Flexion zu Extension.....	41
Abbildung 23: a) und b) Posterior Drawer Test; verminderter Step-off in Neutralposition; a) das Tibiplateau befindet sich auf gleicher Höhe, b) bei Druckausübung deutlich sichtbare Absenkung.....	42
Abbildung 24: Ersetzte Bandstrukturen; Anzahl der Patienten bei n = 63 in absoluten Zahlen und in Prozent (%).	48
Abbildung 25: Unfallmechanismen des Patientenkollektivs (n = 63).....	49
Abbildung 26: Klinische Untersuchung nach IKDC, hinteres Kreuzband (HKB), vorderes Kreuzband (VKB), posterolaterale Gelenkecke (PLS)	55
Abbildung 27: Mittelwert (MW) der SSD im zeitlichen Verlauf; Angaben in Millimetern (mm).....	56
Abbildung 28: IKDC: Klinische Untersuchung und Fragebogen im Vergleich.....	58
Abbildung 29: IKDC Fragebogen nach Verletzungsmuster	59
Abbildung 30: Auswertung KOOS-Fragebogen nach Verletzungsmuster (VM), hinteres Kreuzband (HKB), vorderes Kreuzband (VKB), posterolaterale Struktur (PLS).....	62
Abbildung 31: Mittelwert (MW) der hinteren Schublade (HSL) im zeitlichen Verlauf in Millimetern (mm).....	64

7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien:	34
Tabelle 2: Patientenkollektiv	46
Tabelle 3: Zeit zwischen Trauma und Rekonstruktion	47
Tabelle 4: Auswertung der klinischen Untersuchung	53
Tabelle 5: Auswertung der klinischen Untersuchung prä-versus postoperativ	54
Tabelle 6: Auswertung IKDC-Fragebogen	57
Tabelle 7: Klinische Untersuchung und IKDC-Fragebogen im Vergleich	59
Tabelle 8: Mittelwerte der radiologisch ermittelten hinteren Schublade und SSD (in mm ± Standardabweichung).....	63
Tabelle 9: Verletzungsmuster und Ergebnisse nach Harner, Angaben in absoluten Zahlen (n); Hintere Schublade (HSL), hinteres Kreuzband (HKB), posterolaterale Struktur (PLS),vorderes Kreuzband (VKB).....	66

7.4 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Teresa Benert, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Einfluss einer kombinierten Rekonstruktion des hinteren Kreuzbandes und der posterolateralen Gelenkecke auf die Kniegelenksfunktion im Langzeitverlauf“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum: Berlin, den 14.01.2016

Unterschrift:

7.5 Lebenslauf

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

7.6 Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. Dr. h.c. Norbert Haas, Direktor der Abteilung für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie und des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie an der Charité bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit unter seiner Leitung zu schreiben.

Ich möchte Herrn Dr. Tobias Jung für die Betreuung und Unterstützung dieser Dissertation danken. Ohne Ihn wäre die eine oder andere Frustration manchmal nur schwer zu meistern gewesen. Auch für die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens möchte ich mich bedanken.

Ich möchte Julia Ohde danken, mit der ich eine großartige Zeit verbringen durfte und mit der ich gemeinsam durch Höhen und Tiefen während der Dissertation gegangen bin. Ohne sie wäre die Datenerhebung nicht möglich gewesen und hätte nicht annähernd so viel Freude gemacht.

Ein weiterer Dank geht an die Schwestern und Kollegen der Radiologie und der Rettungsstelle im Campus Virchow Klinikum in Berlin, die es möglich gemacht haben, selbst am Wochenende und während der Woche zum Vollbetrieb, unsere Studienpatienten mit einzuplanen und dadurch so manche Überstunde leisten mussten.

Ein herzlicher Dank an die Kollegen des Julius-Wolf-Institutes für die Unterstützung im Ganglabor.

Von ganzem Herzen danke ich meinen Eltern und meinen Schwestern für die liebevolle seelische und moralische Unterstützung auf meinem Weg zur Ärztin.

Meinen Studienfreundinnen Katharina Stürer, Katharina Völk, Katharina Mielke und Julia Neumann sei für die jahrelange Geduld, die aufmunternden Worte und den unermüdlichen Zuspruch zutiefst gedankt.

Ebenso gilt ein großer Dank all meinen Freunden, die mich in jeder Lebenslage auf all meinen Wegen begleitet und auf welche Art und Weise auch immer unterstützt haben.

Bei der Richard und Annemarie Wolf-Stiftung bedanke ich mich für die finanzielle Unterstützung dieser Arbeit.