



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN



Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie

Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des

Klinikums rechts der Isar

Vorstand: Prof. Dr. Andreas B. Imhoff

**Klinische Ergebnisse nach Bohrkanauffüllung mittels autologer  
Beckenkammspongiosa bei Patienten mit Rezidivinstabilität nach  
vorderer Kreuzbandplastik**

**Emine Taha**

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

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. Sepp Braun

2. Priv.-Doz. Dr. Andrea E. Achtnich

Die Dissertation wurde am 21.09.2020 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 16.02.2021 angenommen.

*Meiner Familie in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.*

# Inhaltsverzeichnis

<b>I. Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>1 Das vordere Kreuzband</b>	<b>3</b>
1.1 Anatomie	3
1.2 Funktion	4
1.3 Biomechanik	5
<b>2 Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB)</b>	<b>7</b>
2.1 Epidemiologie	7
2.2 Verletzungsmechanismus	7
2.3 Primäre VKB-Ruptur	8
2.4 Rezidiv-Instabilität des VKB	9
<b>3 Diagnostik des instabilen Kniegelenkes</b>	<b>10</b>
3.1 Klinische Untersuchung	10
3.1.1 Allgemeine Untersuchung	10
3.1.2 Spezifische Untersuchung	10
3.2 Radiologische Untersuchung	13
3.3 Fehleranalyse bei Re-Ruptur des VKB	13
<b>4 Indikation zur VKB Ersatzplastik</b>	<b>15</b>
4.1 Primäre Kreuzbandersatzplastik	15
4.2 Revisionsoperation des VKB	16
<b>II. Fragestellung und Zielsetzung</b>	<b>18</b>
<b>III. Material und Methoden</b>	<b>19</b>
<b>1 Patientenkollektiv</b>	<b>19</b>
<b>2 Operationstechnik</b>	<b>20</b>
2.1 Bohrkanauffüllung mit Beckenkammpongiosa	20
2.2 Revisionskreuzbandplastik nach Bohrkanauffüllung	21
2.3 Postoperative Nachbehandlung	21
<b>3 Datenerhebung</b>	<b>22</b>
3.1 Klinische Untersuchung	22
3.1.1 Anamnese	22
3.1.2 Körperliche Untersuchung	22
3.1.3 Instrumentelle Translationsmessung (KT-1000 Arthrometer)	23
3.2 Verwendete Scores	23
3.2.1 International Knee Documentation Committee Score	24
3.2.2 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score	24
3.2.3 Tegner Activity Level Scale	25
3.2.4 Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist	25

3.3	Auswertung der erhobenen Daten	25
3.4	Statistische Methoden	25
<b>IV.</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>27</b>
1	<b>Patientenkollektiv</b>	<b>27</b>
2	<b>Ergebnisse</b>	<b>28</b>
2.1	Ursachenanalyse Rezidivinstabilität	28
2.2	Transplantatwahl	28
2.3	Begleitverletzungen	29
2.4	Komplikationen	30
3	<b>Ergebnisse der klinischen Untersuchung</b>	<b>31</b>
4	<b>Ergebnisse der verwendeten Scores</b>	<b>32</b>
5	<b>Ergebnisse im Vergleich mit und ohne VKB Re-Plastik</b>	<b>33</b>
<b>V.</b>	<b>Diskussion</b>	<b>37</b>
<b>VI.</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>41</b>
<b>VII.</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>42</b>
<b>VIII.</b>	<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>52</b>
<b>IX.</b>	<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>53</b>
<b>X.</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>54</b>
<b>XI.</b>	<b>Anhang</b>	<b>56</b>
1	<b>Datenerhebungsbogen 1: IKDC</b>	<b>56</b>
2	<b>Datenerhebungsbogen 2: KOOS</b>	<b>63</b>
3	<b>Datenerhebungsbogen 3: TAS</b>	<b>67</b>
4	<b>Datenerhebungsbogen 4: Lysholm Score</b>	<b>68</b>
5	<b>Datenerhebungsbogen 5: Anamnesebogen</b>	<b>69</b>
<b>XII.</b>	<b>Danksagung</b>	<b>71</b>

## I. Einleitung

Als eine der häufigsten Bandrupturen des Menschen gilt die Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB), die Inzidenz liegt bei 68,6 : 100.000 Patientenjahre (Krause et al., 2018). Am häufigsten ereignen sich vordere Kreuzbandrupturen im Alter von 15 - 45 Jahren (70 %), die Inzidenz dieser Bevölkerungsschicht liegt bei 1 : 1750 Einwohnern. Ca. 50.000 VKB-Plastiken werden pro Jahr durchgeführt (Griffin et al., 2000, Petersen et al., 2009). In unserer Gesellschaft stellt Sport einen wichtigen Ausgleichsfaktor zum Berufsleben dar. Insbesondere junge und aktive Menschen haben durchschnittlich eine höhere Verletzungsquote im Rahmen der sportlichen Betätigung und einen hohen Anspruch an die Rückkehr zum Sport (Rupp et al., 2002). Trotz konservativer Therapiemöglichkeiten wird heute die operative Versorgung der VKB-Ruptur als Goldstandard angesehen. Grundlage hierfür sind unzureichende klinische Ergebnisse nach konservativer Therapie mit einer hohen Rate an sekundären operativen Versorgungen mittels VKB Ersatzbandplastik (Ardern, Sonesson, Forssblad, & Kvist, 2017). Ziel der operativen Versorgung ist die Wiederherstellung der physiologischen Kniegelenkskinematik sowie der vollen Arbeitsfähigkeit und Lebensqualität bezüglich des Alltags und der Freizeit (Haas 2000). Zudem soll das Auftreten von Folgeschäden wie z. B. Meniskusläsionen oder Knorpeldefekten durch die Wiederherstellung der Kniegelenksstabilität minimiert werden und langfristig die Arthroseentstehung des Kniegelenkes reduzieren (Jomha et al., 1999).

Jones und Brücker führten in den 60er Jahren die Grundlagen der heutigen Kreuzbandchirurgie ein (Eberhardt et al., 2002). Seither unterliegt die Kreuzbandchirurgie einer stetigen Weiterentwicklung. Hinsichtlich des gewählten Transplantates galt der freie Sehnentransfer des Lig. patellae unter Mitnahme von Knochen-Blöcken für lange Zeit als Goldstandard. Aufgrund der geringen Entnahmemorbidität sowie der Möglichkeit einer anatomischen Fixation auf Gelenkniveau an beiden Seiten ist die Verwendung des Hamstring-Transplantates zunehmend in den Mittelpunkt des Interesses gerückt (Zantop et al., 2006).

Mit zunehmender Zahl an VKB-Rekonstruktionen steigt jedoch auch die Zahl der Revisionseingriffe (Imhoff 2000). Aktuelle Studien beschreiben eine Revisionsrate von 10 % nach VKB-Plastik (Lind et al., 2012).

Ursächlich hierfür kann neben dem erneuten Trauma auch eine persistierende Kniegelenksinstabilität sein. Die Zahl der traumatischen Re-Rupturen nach VKB-

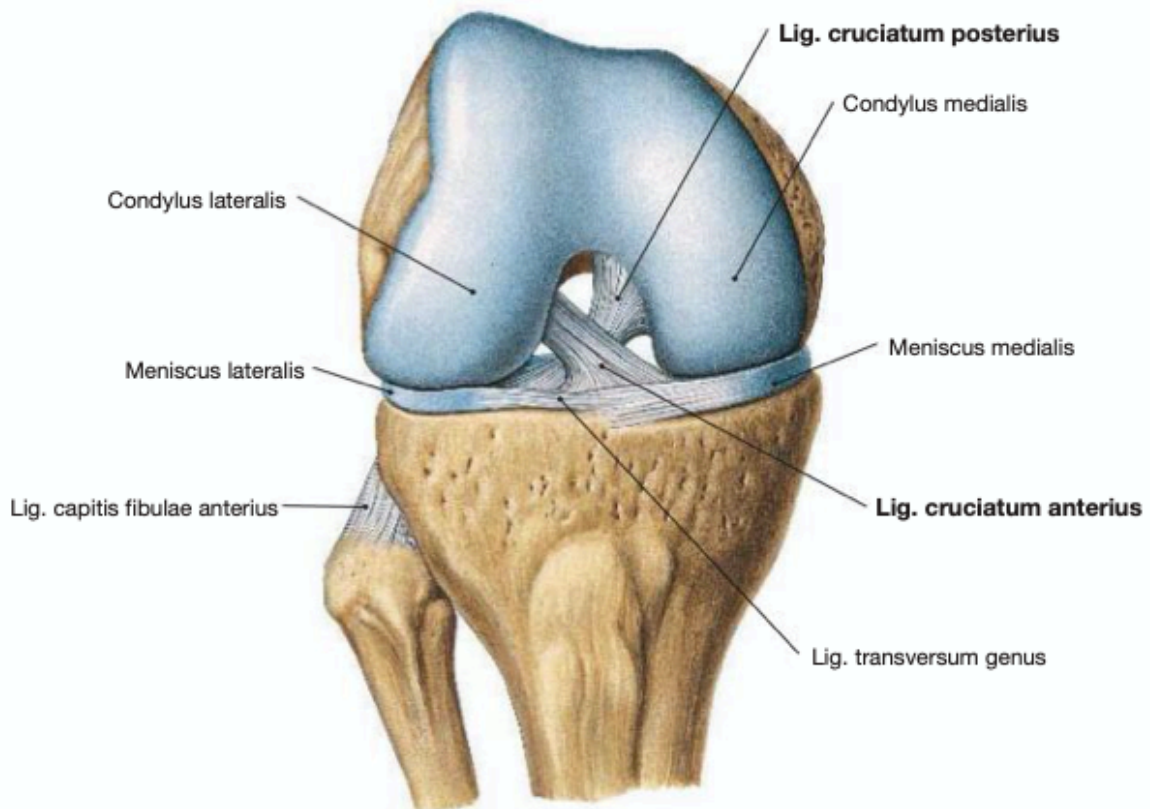
Rekonstruktion liegt bei 3,6 – 10 % (George et al., 2006). Bei der Re-Instabilität des Kniegelenkes ohne Trauma ist eine ausführliche Fehleranalyse notwendig, bevor eine erneute VKB Ersatzoperation durchgeführt werden kann. Neben technischen Fehlern bei der primären VKB-Ersatzbandplastik, kann auch eine übersehene Begleitinstabilität, Achsabweichung oder eine Tunnelweitung ursächlich sein (Denti et al., 2008). Diese Faktoren müssen bei der Planung eines Revisionseingriffes berücksichtigt werden und können mitunter zu einem zweizeitigen operativen Vorgehen führen.

Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war die Evaluation klinischer Ergebnisse nach Bohrkanalauffüllung mittels autologer Beckenkammspongiosa bei Patienten mit symptomatischer Rezidivinstabilität nach vorderer Kreuzbandplastik.

# 1 Das vordere Kreuzband

## 1.1 Anatomie

Als intraartikulär, aber extrasynovial liegendes Binnenband im Kniegelenk entspringt das VKB femoral in den hinteren Anteilen der Fossa intercondylaris (Odensten et al., 1985). Es grenzt kranial an die Linea intercondylaris und verläuft entlang der Knorpel-Knochen-Grenze (Petersen et al., 2007). Von dort aus zieht das vordere Kreuzband schräg durch die Fossa intercondylaris zur Area intercondylaris anterior der Tibia (siehe Abbildung 1).

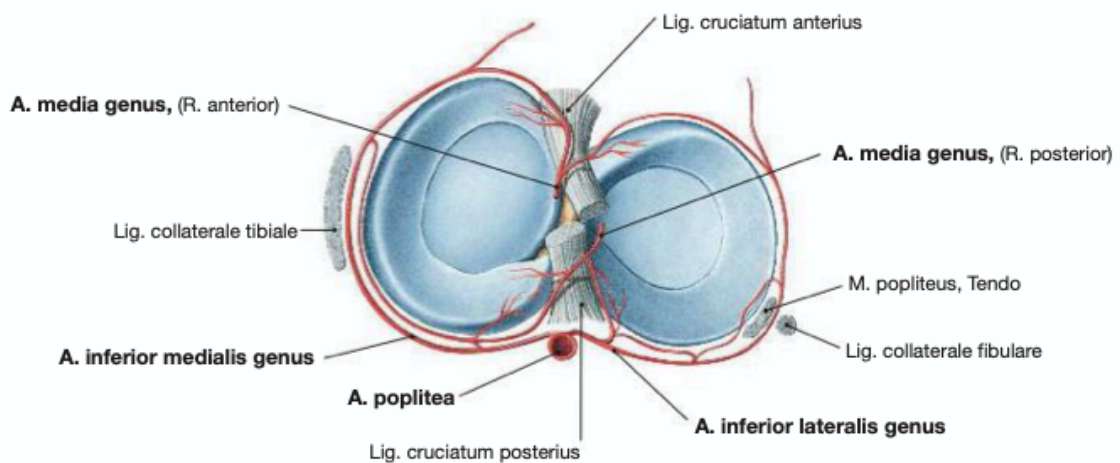


**Abbildung 1: Articulatio genus rechts, in 90° Beugstellung, Ansicht von ventral, nach Entfernung der Gelenkkapsel sowie der Seitenbänder (Paulsen et al., 2017)**

Im mittleren Anteil der Area intercondylaris zwischen dem Tuberculum intercondylare mediale und laterale befindet sich die tibiale Insertionszone. Sie weist einen dreieckigen Querschnitt auf, der charakteristischerweise als „Duck’s foot“ bezeichnet wird (Amis et al., 1998). Die mittlere Länge des VKBs variiert laut Literatur zwischen 31 – 38 mm und besitzt einen mittleren Durchmesser von 11 mm. Histologisch

betrachtet besteht es primär aus Typ-1 Kollagen mit einem variablen Anteil von Retikulin und Elastin (Odensten et al., 1985, Fu et al., 1994). Obwohl sich weder makroskopische noch mikroskopische Unterschiede im Aufbau des VKBs abgrenzen lassen, kann man funktionell ein anteromediales Bündel (AM) von einem posterolateralen Bündel (PL) unterscheiden (Odensten et al., 1985).

Wie in Abbildung 2 beschrieben, erfolgt die Blutgefäßversorgung des VKBs proximal über Endäste der A. media genus aus der A. poplitea. Der arterielle Zufluss im distalen Bereich des VKBs erfolgt aus den Endästen der Aa. inferiores medialis et lateralis genus, aus der A. poplitea. Die Blutgefäße bilden einen periligamentären Plexus, über den die Gefäße horizontal in das Ligament eindringen (Petersen et al., 1999).



**Abbildung 2: Arterielle Versorgung der Kreuzbänder sowie der Menisken rechts, Ansicht von kranial (Paulsen et al., 2017)**

Die nervale Innervation des VKBs erfolgt aus dem R. posterior des N. tibialis, der die Gelenkkapsel von dorsal penetriert (Arnoczky 1983). 1984 war es Schultz erstmals möglich, Mechanorezeptoren am VKB nachzuweisen (Schultz et al., 1984). Zudem konnten eine Reihe weiterer nervaler Rezeptoren wie Pacini-Körperchen, Ruffini-Endigungen, Golgi-Sehnenorgane sowie freie Endigungen beschrieben werden (Denti et al., 1994, Raunest et al., 1998).

## 1.2 Funktion

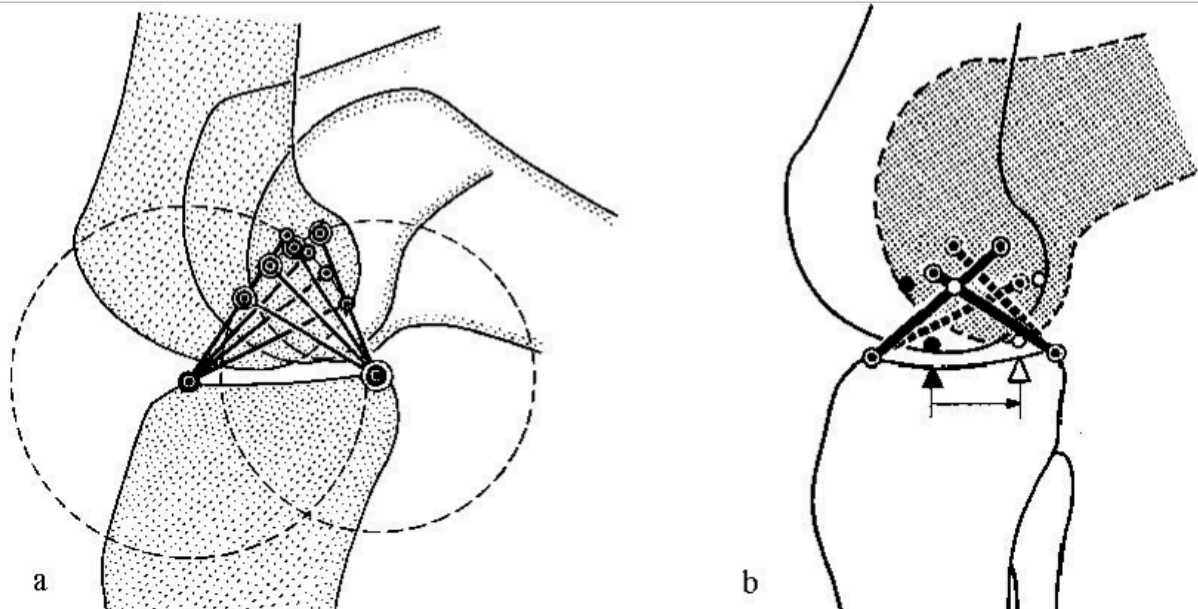
Das vordere Kreuzband erfüllt zwei Hauptaufgaben zur Erhaltung einer physiologischen Kniegelenksbewegung: durch den schrägen Verlauf des VKBs wird



die anteriore tibiale Translation limitiert, die man klinisch mit dem sogenannten „vorderen Schubladen-Test“ erfassen kann. Außerdem besteht eine Limitation der anterioren tibialen Translation unter einer Rotationskraft (Diermann et al., 2009). Bei einer VKB-Insuffizienz ist diese erhöht, weshalb es zu einer anterolateralen Rotationsinstabilität kommt, die klinisch mit dem „Pivot-Shift-Test“ geprüft werden kann (Petersen et al., 2009). Zur Stabilisierung des Kniegelenks bilden die Kollateralbänder (ligg. collaterale tibiale et fibulare) mit den Kreuzbändern eine funktionelle Einheit. Im gestreckten Zustand sind die Kollateralbänder gespannt und schützen so vor Rotations-, Abduktions- und Adduktionsbewegungen. Das vordere Kreuzband hingegen hat sowohl in Streck- als auch in Beugestellung Bandanteile, die gespannt sind (Paulsen et al., 2017). Die anteromedialen Fasern spannen als Führungsbündel (AM-Bündel) unter Flexion des Kniegelenks an, im Gegensatz dazu kommen die posterolateralen Fasern (PL-Bündel) als Sicherungsstrang in Extension zur Spannung (Zantop et al., 2007). Eine weitere wichtige Funktion des VKBs stellt die Propriozeption dar. Über die Propriozeptoren werden unbewusst Muskelgruppen aktiviert, um das VKB bei seinen Aufgaben zu unterstützen. Auf diese Weise erfolgt die Steuerung der ischiokruralen Muskulatur und des M. quadriceps femoris, die der Stabilisierung des VKBs dienen (Johansson et al., 1991).

### **1.3 Biomechanik**

Nach der Theorie der „überschlagenen Viergelenkkette“ von Menschik bilden die Kreuzbänder das Kernstück der Kniegelenkführung. Sie stellen die „Gelenksstangen“ dar, die durch ihre beweglich aufgehängten Insertionspunkte und isometrischen Längen die Bewegung des Tibiakopfes steuern. Seiner Theorie zufolge gibt es ein Rastsystem (Femurkondylus) und ein Gangsystem (Tibia). Wird das System nun schrittweise von der Extension in die Flexion gebracht, bewegt sich das Tibiaplateau in der Sagittalebene als Tangente um die Femurkondylen. Der Schnittpunkt der Kreuzbänder lässt sich dabei als augenblicklicher Drehpunkt der Bewegung ansehen und verlagert sich bei der Flexion nach dorsal. Die Summe der Drehpunkte stellen die sogenannten Polkurven dar (siehe Abbildung 3). Die Bewegung im Kniegelenk ist hauptsächlich an die knöcherne Form von Kondylen und Tibiaplateau und die Integrität der beiden Kreuzbänder gebunden (Menschik 1974, 1975, 1987, Lobenhoffer 1999).



**Abbildung 3: Die überschlagene Viergelenkkette (Müller 1982)**

Je weiter man das Kniegelenk in Streckung bringt, desto mehr geht die Drehbewegung in eine Rollbewegung über und kommt bei voller Streckung zum Stillstand. Dies liegt am Kondylenanschlag sowie der maximalen Spannung des hinteren Kapselbandapparates. Bei weiterer Überstreckung von bis zu  $10^\circ$  kommt es im Sinne der sogenannten Schlussrotation zu einer unwillkürlichen Außenrotation der Tibia um ca.  $5^\circ$ . In dieser Stellung sind die Kollateralbänder maximal gespannt. Bei beginnender Flexion rollen die Femurkondylen auf dem Tibiaplateau nach dorsal. Anschließend folgt eine Drehbewegung der hinteren und stärker gekrümmten Kondylenanteile. Das Ganze geschieht um einen hinteren Drehpunkt wie bei einem Scharniergelenk und wird als Roll-Gleit-Mechanismus bezeichnet. Mit zunehmender Flexion wird die Kontaktfläche des Gelenkes kleiner und die Seitenbänder entspannen sich. Die Gelenksstabilität nimmt ab und die Rotationsbewegung wird freigegeben (Friederich 1993).

Die Roll-Gleit-Bewegung kann als Hauptmechanismus der Bewegung zwischen Femur und Tibia angesehen werden (Müller 1982).

## 2 Ruptur des vorderen Kreuzbandes (VKB)

### 2.1 Epidemiologie

Das aktivere Sport- und Freizeitverhalten unserer Gesellschaft hat in den vergangenen Jahren auch zu einem deutlichen Anstieg an Sportverletzungen geführt (Bollen 2000). Als typische Sportverletzung treten VKB-Rupturen bei 20 % aller Knieverletzungen auf (Majewski et al., 2006). In den Industrieländern liegt die Inzidenz der Kreuzbandruptur im Alter von 15 - 25 Jahren bei 1 : 1.000 Einwohnern (Rupp et al., 2002). Krudwig gab die Zahl der Kreuzbandrupturen in Deutschland mit 35.000 pro Jahr und die Zahl der Kreuzbandeingriffe mit 28.000 pro Jahr an (Krudwig 2000).

### 2.2 Verletzungsmechanismus

Typische Verletzungsmechanismen des Kreuzbandes sind Rotationsbewegungen bei fixiertem Unterschenkel, Hyperextension und Varus-/Valgusstress (Strand et al., 1990). Je nach Sportart können verschiedene Schlüsselsituationen beobachtet werden.

Sportarten wie Fußball, Handball oder Skifahren, bei denen plötzliche Drehbewegungen oder Sprünge durchgeführt werden, führen oft zu Sportverletzungen und stellen die häufigste Ursache einer vorderen Kreuzbandruptur dar. Durch die schnellen Richtungswechsel kommt es zu starken pivotierenden Krafteinwirkungen, weshalb Fußball oder Basketball als sogenannte Level-I-Sportarten beschrieben werden. Die folgende Tabelle zeigt Beispielsportarten mit zugehörigem Pivot-Shift Risiko. Geführt kontrollierte Bewegungen werden als „Non Risk Pivoting“ und plötzliche Drehbewegungen mit Richtungswechsel, plötzliches Abstoppen oder Sprünge mit Drehbewegungen als „High Risk Pivoting“ bezeichnet. Die Mittelstufe wird als „Low Risk Pivoting“ eingestuft (Fink, Hoser, & Benedetto, 1993).

Non Risk Pivoting	Low Risk Pivoting	High Risk Pivoting
Radfahren	Joggen	Fußball
Schwimmen	Skifahren	Handball
Rudern	Wandern	Basketball

**Tabelle 1: Risiko eines Pivoting-Shifts bei unterschiedlichen Sportarten**

Beim Basketball- oder Handballspiel stellt das Landen nach einem Sprung, plötzliche Drehbewegungen oder das plötzliche Abstoppen eine Risikosituation dar (Gokeler et al., 2010).

Im Skisport kommt es zum sogenannten „Phantomfuß-Mechanismus“. Hierbei wird das Kniegelenk stark gebeugt, der Körperschwerpunkt liegt hinter dem Knie und der Unterschenkel wird innenrotiert. Kommt noch eine starke Kontraktion des M. quadriceps femoris hinzu, resultiert dies in einer hohen Spannung des VKB (Ettliger et al., 1995). Als Antagonist des M. quadriceps femoris schützt und stabilisiert die ischiokrurale Muskulatur das vordere Kreuzband in seiner Funktion, indem sie bei Dehnung des VKBs aktiviert wird (Colby et al., 2000).

Diese Risikosituationen haben daher einen hohen Stellenwert bei der Prävention von VKB Rupturen.

### **2.3 Primäre VKB-Ruptur**

Entgegen der Annahme entstehen ca. 70 % der Verletzungen in Nicht-Kontakt-Situationen, also ohne die Mitwirkung eines Gegenspielers (Strand et al., 1990). Hinsichtlich der Geschlechterverteilung zeigen weibliche Athleten gegenüber den männlichen Kollegen ein erhöhtes Risiko für VKB-Rupturen. Die Inzidenz der VKB-Rupturen bei weiblichen Sportlern ist um den Faktor 2,5-9 erhöht (Petersen et al., 2005).

Die Insuffizienz des Bandes führt zur anterolateralen Rotationsinstabilität im Kniegelenk. Die ebenfalls gestörte Propriozeption verursacht zusätzlich eine funktionelle Instabilität. Es kommt zu einer Mehrbelastung der angrenzenden Strukturen wie Gelenkknorpel, Menisken, HKB und Kollateralbänder. Dabei treten rezidivierend unphysiologische Translations-Rotations-Bewegungen auf, die zu erhöhtem Stress an Meniskus sowie Knorpel führen. Diese Mehrbelastung kann sich in Form von Schmerzen, Funktions- oder Aktivitätseinschränkungen äußern und im weiteren Verlauf im Sinne eines Circulus vitiosus zu Läsionen der belasteten Strukturen bis hin zu osteochondralen Schäden und somit zu arthrotischen Veränderungen führen (McDaniel et al., 1983). Laut Øiestad beträgt die Prävalenz der Arthrose bis zu 13 % für isolierte VKB-Rupturen beziehungsweise 21 – 48 % für kombinierte Verletzungen (Øiestad et al., 2009). Kongenitale oder erworbene Achsfehlstellungen können aufgrund von unikompartimentaler Druckbelastung die Bildung der Arthrose noch weiter beschleunigen (Agneskirchner, Burkart, & Imhoff, 2002).

## **2.4 Rezidiv-Instabilität des VKB**

Der größte Risikofaktor für eine VKB-Ruptur ist eine bereits stattgefundenene VKB-Ruptur, sowohl ipsi- als auch kontralateral (Gokeler et al., 2010). Gründe für eine Re-Ruptur können aber auch operationsassoziierte Fehler wie Fehlanlage des Tunnels, Versagen der Transplantatbefestigung, -einheilung oder erneute Traumata darstellen (Desai et al., 2017). Anhand der vorliegenden Literatur ist davon auszugehen, dass heutzutage bis zu 15 % aller primären VKB-Plastiken im Verlauf einer Revisions-Operation bedürfen (Wirth et al., 1998), (Yabroudi et al., 2016). In den USA werden mehr als 13.000 Revisionsrekonstruktionen pro Jahr durchgeführt (Grassi et al., 2017).

### **3 Diagnostik des instabilen Kniegelenkes**

#### **3.1 Klinische Untersuchung**

Die Anamnese beginnt mit dem Erfragen der Krankheitsgenese und der vorherrschenden Symptomatik. Diese könnten sich äußern in Form von Schwellungen, Druckgefühl, Schmerzen, sowie subjektivem Instabilitätsgefühl (sogenanntes „giving-way“), welches zu Einschränkungen im beruflichen oder privaten Alltag führen kann. Des Weiteren wird nach dem Unfallmechanismus und Zeitpunkt gefragt. Zudem erfolgt die Abfrage der Vorbehandlungen und Diagnostik. Nach der gezielten Anamnese erfolgt die Abfrage der allgemeinen Anamneseepunkte wie Vorerkrankungen, Dauermedikation, Allergien sowie Familien- und Sozialanamnese.

##### **3.1.1 Allgemeine Untersuchung**

Die körperliche Untersuchung erfolgt am entkleideten Patienten zum Vergleich mit der gesunden Gegenseite. Bei der Inspektion wird der Patient gebeten, im Untersuchungszimmer einige Schritte auf und ab zugehen, um das Gangbild analysieren zu können. Zudem wird die Beinachse beurteilt. Es sollte auf äußere Verletzungszeichen wie Prellmarken, Hämatome sowie Narben von Voroperationen geachtet werden.

Es folgt die Untersuchung auf der Untersuchungsliege in Rückenlage des Patienten. Der Untersucher inspiziert nun das verletzte und auch das gesunde Knie der Gegenseite und deutet Auffälligkeiten wie Schwellungen, verstrichene Gelenkkonturen (Erguss), Muskelatrophien (v.a. M. quadriceps femoris) oder Rötungen sowie Überwärmungen (Entzündungszeichen), außerdem wird die Position der Patella erfasst. Anschließend wird die Palpation durchgeführt, die eine Prüfung der Sensibilität, Durchblutung und Motorik beinhaltet. Des Weiteren werden Druckdolenzen am medialen sowie lateralen Gelenkspalt, an den knöchernen Strukturen sowie an den Sehnenansätzen provoziert, um die verletzten Strukturen eingrenzen zu können. Die Bewegungsausmaße im Kniegelenk werden aktiv und passiv nach der Neutral-0-Methode beurteilt. Die Außen- und Innenrotation sind in Extension aufgehoben, während sie bei Flexion des Knies von 90° eine Außenrotation von 40° sowie eine Innenrotation von 10-30° ausmachen (Imhoff et al., 2005).

##### **3.1.2 Spezifische Untersuchung**

Zunächst erfolgen die klinischen Tests zur Stabilität des vorderen Kreuzbandes. Beim vorderen Schubladentest wird das Kniegelenk um 60-90° flektiert und der Fuß auf die

Liege aufgesetzt und fixiert. Setzt sich der Untersucher auf den Fuß des Patienten und übt einen Zug nach ventral auf den Unterschenkel aus und kommt es hierbei zu einer vermehrten a.p. Translation, spricht das für eine Läsion des VKBs. Zudem erfolgt immer auch der Ausschluss einer Instabilität des hinteren Kreuzbandes durch den hinteren Schubladentest. Analog zur vorderen Schublade, wird hierbei der Unterschenkel durch den Untersucher nach hinten gedrückt.

Mit einer Sensitivität von 85 % und einer Spezifität von 94 % stellt der Lachman-Test die valideste Methode dar, eine vordere Kreuzbandruptur klinisch zu beurteilen (Benjaminse et al., 2006). Dieser Test wird in 20-30° Beugung durchgeführt. Der Oberschenkel wird mit der einen Hand fixiert und die Tibia wird mit der anderen Hand nach ventral (dorsoventrale Verschiebebewegung) gezogen, wie in Abbildung 4 dargestellt. Bei einer vermehrten a.p. Translation handelt es sich um eine Verletzung des VKBs. Anschließend erfolgt die Beurteilung des Anschlages des vorderen Kreuzbandes, hierbei wird zwischen fest und weich unterschieden. Die Untersuchung des kontralateralen (intakten) Kniegelenks erfolgt obligat, um eine physiologische Laxizität der Bänder von einer Ruptur unterscheiden zu können. Der Lachman-Test wird in vier Grade unterteilt: negativ (0-2 mm Schublade), einfach positiv (3-5 mm), zweifach positiv (6-10 mm) und dreifach positiv (>10 mm). Die Ergebnisse „negativ“ sowie „einfach positiv“ werden als normal / nahezu normal eingestuft, wohingegen die Ergebnisse „zweifach positiv“ und „dreifach positiv“ als abnormal bezeichnet werden.



**Abbildung 4: Lachman-Test (Achnich et al., 2016)**

Neben den Funktionstests zur Erfassung der a.p. Instabilität wird auch die Rotationsinstabilität mittels Pivot-Shift-Test erfasst. Der Untersucher hält mit der einen Hand den Fuß in einer Innenrotationsstellung und mit der anderen Hand wird ein Valgusstress gegen den lateralen Femurkondylus und proximaler Tibia ausgeübt. Bei einer vorderen Kreuzbandruptur hat dies zur Folge, dass es unter der Belastung zu einer vermehrten anterioren Translation des lateralen Tibiaplateaus kommt. Aus dieser Ausgangsstellung beugt man das Kniegelenk langsam um 20 – 40° und es kommt durch eine Änderung der Zugrichtung des Tractus iliotibialis zu einer Reposition des Tibiaplateaus in Form eines „Schnappens“. Dieses Schnappen wird vom Patienten als unangenehmes Instabilitätsgefühl wiedererkannt (Petersen et al., 2009). Auch dieser Test wird in vier Grade unterteilt: negativ, einfach positiv, zweifach positiv und dreifach positiv. Auch hier werden die Ergebnisse „negativ“ und „einfach positiv“ als normal / nahezu normal betrachtet und die Ergebnisse „zweifach positiv“ und „dreifach positiv“ als abnormal eingestuft.

Anschließend folgt die Untersuchung der Kollateralbänder. Dazu wird das Kniegelenk um ca. 20 – 30° flektiert, die mediale Aufklappbarkeit durch Abduktionsbewegungen (Valgusstress) und die laterale Aufklappbarkeit durch Adduktionsbewegungen



(Varusstress) geprüft. Anschließend wird die Funktionsprüfung in Extensionsstellung des Kniegelenks wiederholt. Die Seitenbandinstabilität wird nach Aufklappbarkeit graduiert mit negativ, einfach positiv, zweifach positiv oder dreifach positiv.

Meniskusverletzungen können mit Druckschmerzen über dem medialen oder lateralen Gelenkspalt einhergehen, zudem können spezifische Test durchgeführt werden (Steinmann-I und -II) (Seiderer et al., 2008).

### **3.2 Radiologische Untersuchung**

Standarddiagnostik ist eine Röntgenaufnahme in zwei Ebenen des Kniegelenks: a.p.-Stellung und streng seitlich. Dies dient dem Frakturausschluss und dem Erkennen von knöchernen Band- oder Kapselausrissen.

Bei Verdacht einer VKB Ruptur und zur Beurteilung der Knieinnenstrukturen sollte eine Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden.

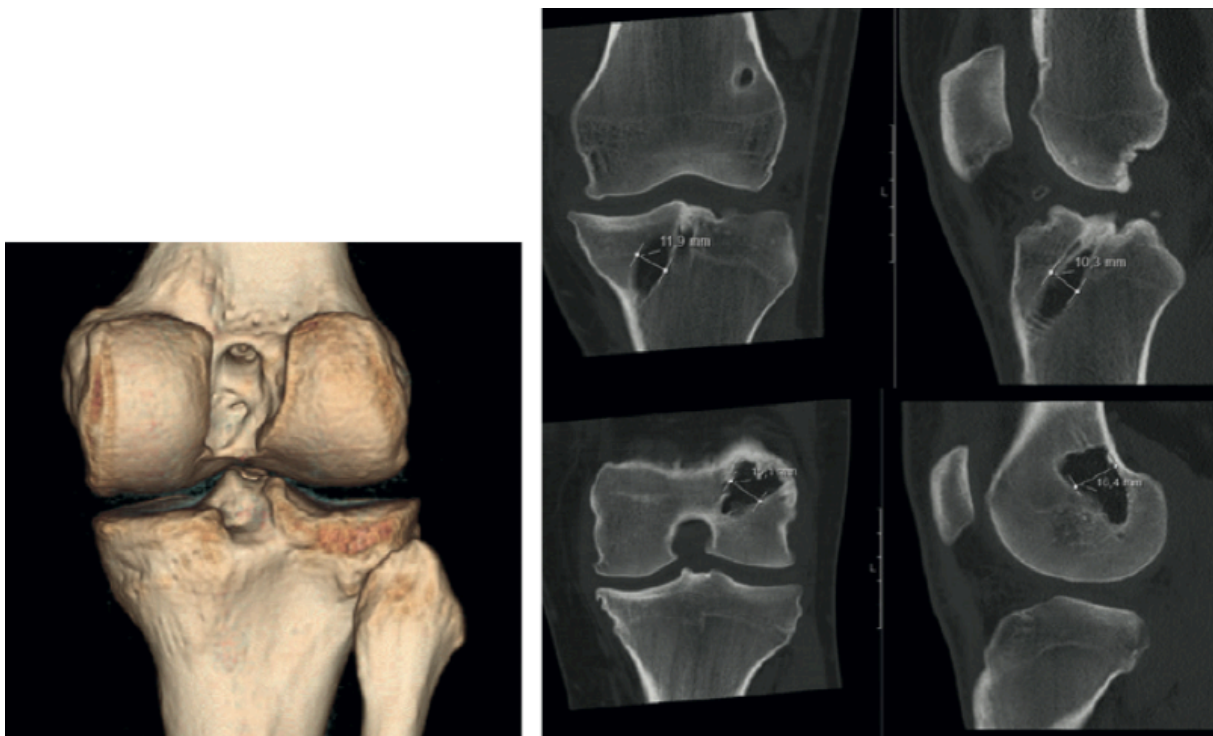
Die konventionelle Computertomographie (CT) ist bei Verdacht auf eine knöcherne Mitbeteiligung indiziert. Einen größeren Stellenwert hat die CT bei der Analyse von rezidivierenden Instabilitäten, hier können Bohrkanalage und -weite beurteilt werden (Achnich et al., 2016).

### **3.3 Fehleranalyse bei Re-Ruptur des VKB**

Durch die verschiedenen Operationstechniken, Transplantate und Verankerungsverfahren bei der primären VKB-Ersatzplastik ist im Falle einer erneuten Instabilität eine Fehleranalyse unumgänglich (Erickson et al., 2016). Versagensgründe könnten folgende sein: technische Fehler wie z. B. Tunnelplatzierung, nicht oder falsch adressierte Begleitpathologien, ungünstige Transplantatwahl (z. B. synthetische Materialien, Allografts), biologische Gründe wie die Einheilung des Transplantates oder nicht ausreichende Nachbehandlung wie Physiotherapie (Desai et al., 2017).

Als Beispiel kann man hier das Zusammenspiel zwischen Achsfehlstellungen und einem Kreuzbandversagen anbringen. Insbesondere bei angeborenen Fehlformen oder voroperierten Kniegelenken spielt die Statik in sagittaler Ebene in Form der Tibiareklination (tibial slope) eine große Rolle. Ein erhöhter tibial slope führt zu einem Gleiten des Femurs gegenüber der Tibia nach dorsal und zu vermehrtem Stress auf das vordere Kreuzband. Eine schließende Umstellungsosteotomie zusätzlich zu einer VKB-Plastik kann zu einer Verringerung des tibial slopes und damit zu einer Schonung der Plastik führen (Agneskirchner et al., 2002).

Für eine ausführliche Fehleranalyse sind eine genaue Anamneseerhebung mit der Fragestellung eines adäquaten Re-Traumas und Problemen im postoperativen Verlauf wie persistierende Schmerzen oder Infektionen zwingend erforderlich. Allgemeine Anamnesepunkte wie Vorerkrankungen, Voroperationen, Medikamenteneinnahme sowie Sozialanamnese (sportlicher Anspruch) können zudem hilfreich sein. Neben einer ausführlichen klinischen Untersuchung (siehe I.3.1) sollte neben der Standarddiagnostik eine erweiterte radiologische Diagnostik durchgeführt werden. Hierzu gehören eine Ganzbeinstandachse sowie ggf. gehaltene Aufnahmen beider Kniegelenke (Schubladenaufnahme) zum Ausschluss einer HKB-Insuffizienz. Eine CT mit 3D-Rekonstruktion gibt Aufschluss über die Lokalisation sowie die Größe und Weite der Bohrkanäle (siehe Abbildung 5) (Achnich et al. 2016).



**Abbildung 5: links 3D CT Rekonstruktion zur exakten Bestimmung der Lokalisation der Bohrkanäle, rechts CT zur Bestimmung der Weite der Bohrkanäle (Achnich et al., 2016)**

## **4 Indikation zur VKB Ersatzplastik**

Die Indikation zur Operation wird bei jungen Patienten mit hohem Aktivitätsgrad und einer subjektiven sowie objektivierbaren Instabilität gestellt (Petersen et al., 2009). Zusätzlich müssen relevante Begleitverletzungen, wie z. B. Meniskusrisse oder weitere ligamentäre Verletzungen, bei der Entscheidung mitberücksichtigt werden. Gegen eine operative Therapie spricht ein niedriges Aktivitätslevel, ein erhöhtes Operationsrisiko, ein hohes Patientenalter oder relevante Begleiterkrankungen.

In Abhängigkeit von der Rupturlokalisierung wird zwischen banderhaltender und primärer Bandrekonstruktion unterschieden. Knöcherner Ausrisse des VKB, femoral als auch tibial, sowie proximale Bandrupturen mit intaktem Synovialschlauch eignen sich zur banderhaltenden Operation (Achnich et al., 2016). Bei einer Kompletttraktur des VKB wird die Indikation zur Bandrekonstruktion gestellt (Noyes et al., 1997). Des Weiteren sollten ligamentäre und intraartikuläre Begleitverletzungen mitbehandelt werden.

Hinsichtlich des Operationszeitpunktes gibt es kontroverse Diskussionen. Man unterscheidet die akute Versorgung innerhalb von 48 Stunden nach Traumageschehen von einer postprimären Versorgung nach Abklingen der traumatischen Entzündungsreaktion im Kniegelenk (nach ca. 4 – 6 Wochen).

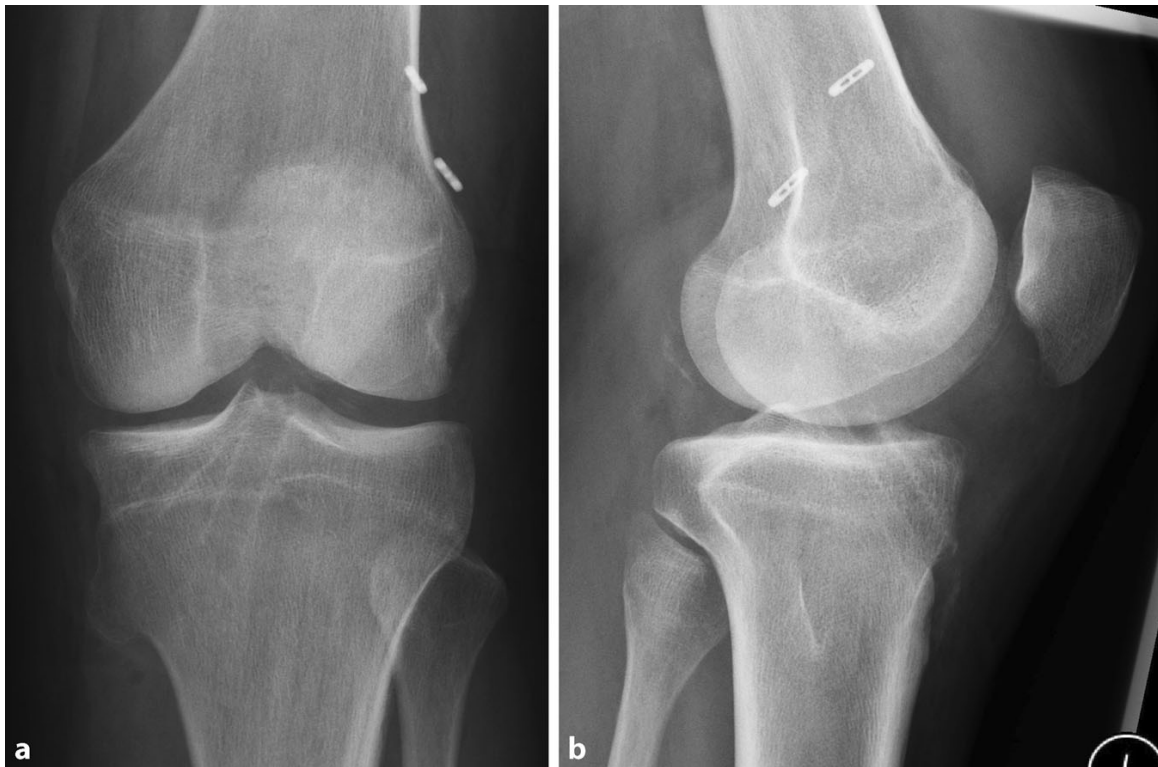
### **4.1 Primäre Kreuzbandersatzplastik**

Bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes wird eine anatomische Rekonstruktion angestrebt. Dies kann in Einzelbündeltechnik oder Doppelbündeltechnik, bei der beide funktionellen Bündel des VKB ersetzt werden, durchgeführt werden. Der aktuelle Goldstandard in der primären VKB Rekonstruktion ist die Einzelbündeltechnik mit autologem Hamstringsehnenstransplantat (Semitendinosussehne). Hierbei wird das Zentrum des femoralen und tibialen Bohrkanals im Zentrum zwischen den Insertionsgebieten des anteromedialen sowie posterolateralen Bündels platziert (Imhoff et al., 2013).

Neben dem autologen Hamstringsehnenstransplantat stehen noch verschiedene Sehnenstransplantate zur alternativen Verfügung. Hierzu zählen die Patellar- und Quadrizepssehne, sowie Allografts.

Die Transplantatwahl erfolgt bei jedem Patienten individuell und wird vom Operateur festgelegt.

Es folgt die beispielhafte Abbildung einer postoperativen Röntgenaufnahme nach einer primären VKB-Rekonstruktion in Doppelbündeltechnik.



**Abbildung 6: Postoperative Darstellung einer Doppelbündelrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. a: a.p.-Aufnahme, b: seitliches Röntgenbild (Janko et al., 2019)**

#### **4.2 Revisionsoperation des VKB**

Die Indikation zur Re-Plastik besteht dann, wenn eine objektive Instabilität nachweisbar ist, die den Patienten in seiner Alltagssituation deutlich beeinträchtigt und durch die Revision eine wesentliche Verbesserung der Situation zu erwarten ist. Liegen Bewegungsdefizite oder Schmerzen vor, muss der Kausalzusammenhang zum Transplantat gegeben sein, um eine Indikation zur Revision-Operation zu rechtfertigen (Achtnich et al., 2016).

Nach durchgeführter erweiterter Ursachenanalyse (siehe I.3.3) erfolgt die operative Versorgung in Abhängigkeit der vorliegenden Ursachen. Hierzu gehört die operative Versorgung von Begleitpathologien (Seitenbänder, Menisken, Knorpel etc.) sowie bei deutlicher koronarer bzw. sagittaler Achsabweichungen in der Ganzbeinstandachse eine Achskorrektur im Sinne einer Korrektur-Osteotomie (Hinterwimmer & Mehl, 2014). Zudem muss geklärt werden, ob Fixationsmaterialien der primären Ersatzplastik entfernt werden.

Zur Planung der Revision des VKB ist die Beurteilung der Bohrkanäle unerlässlich. Diese erfolgt mittels CT. Die Lage der Tunnel kann als „anatomisch“, „partiell anatomisch“ und „nicht anatomisch“ beschrieben werden. Zudem gibt die CT Aufschluss über die Tunnelweite. Bei partiell anatomischer Tunnellage sowie einer Tunnelweite von > 12 mm wird ein zweizeitiges operatives Vorgehen bevorzugt. Es erfolgt dann eine Auffüllung des knöchernen Defektes mittels autologer Spongiosa aus dem Beckenkamm. Eine zweizeitige Revisionsplastik kann nach knöcherner Durchbauung, in der Regel nach ca. 3 Monaten, erfolgen. Bei anatomischer oder extra anatomischer Tunnellage kann zumeist eine einzeitige Revision durchgeführt werden (Achnich et al., 2016).

Die Transplantatwahl erfolgt in Abhängigkeit vom zuvor verwendeten Sehnen transplantat und kann sowohl von der bereits operierten als auch von der kontralateralen Seite entnommen werden (Imhoff et al., 2013).

Bei einer einzeitigen Revision kann die Verwendung von Sehnen transplantaten mit Knochenblock (Patellarsehne oder Quadrizepssehne) sinnvoll sein, um auf eine Spongiosaplastik zu verzichten (Achnich et al., 2016).

## **II. Fragestellung und Zielsetzung**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die klinische Evaluation nach Bohrkanalauffüllung mittels autologer Beckenkammspongiosa bei Patienten mit primär fehlgeschlagener VKB Ersatzplastik. Der Fokus steht hierbei auf der Ursachenanalyse, welche zum Versagen der ersten Kreuzbandplastik geführt hat, sowie auf der Beurteilung der subjektiven und objektiven Stabilität des Kniegelenkes. Zusätzlich erfolgt ein Vergleich der Ergebnisse zwischen den Gruppen mit und ohne sekundärer Kreuzbandplastik nach durchgeführter Bohrkanalauffüllung.

### **III. Material und Methoden**

#### **1 Patientenkollektiv**

Die zuständige Ethikkommission der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München erteilte die Genehmigung zur Durchführung dieser retrospektiven Studie (Projektnummer: 353/15).

In die vorliegende Studie wurden Patienten mit einer erneuten vorderen Instabilität nach vorderer Kreuzbandersatzplastik eingeschlossen. Alle Patienten stellten sich im Beobachtungszeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2014 in der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar der TU München zur Planung einer Bohrkanauffüllung und gegebenenfalls Revisionsoperation nach fehlgeschlagener primärer VKB-Ersatzbandplastik vor.

Voraussetzung für den Einschluss in die Studie war das Vorhandensein von bildgebender Diagnostik (prä- und postoperative Röntgen- sowie CT-Bilder), des Operationsberichtes sowie der Patientenakte. Des Weiteren musste eine Zustimmung der Patienten zur Teilnahme an der Studie vorliegen. Ausgeschlossen wurden Patienten mit fehlenden Vorbefunden oder Bildgebung, einem Patientenalter von unter 18 Jahren, sowie Patienten, die eine fortgeschrittene Arthrose oder Mutliligamentinstabilität beziehungsweise -rekonstruktion aufwiesen.

## **2 Operationstechnik**

Rückenlagerung des Patienten und Anbringen einer Beinhalterung. Das zu operierende Bein muss im Kniegelenk bis zu 120° flektierbar sein. Optional Verwendung einer Blutsperre (280 mmHg). In Intubationsnarkose kann nun noch einmal objektiv die Instabilität im Kniegelenk untersucht und dokumentiert werden.

Es folgt eine diagnostische Arthroskopie über das anterolaterale Portal sowie die Anlage eines anteromedialen Arbeitsportals zur Beurteilung und Versorgung von Begleitverletzungen sowie zur Darstellung der Ersatzbandplastik und der Bohrkanäle.

### **2.1 Bohrkanalauffüllung mit Beckenkammpongiosa**

Nach der arthroskopischen Entfernung des alten Transplantates erfolgt die Darstellung und Säuberung der Bohrkanäle. Störende Fixationsmaterialien werden entfernt. Nun wird in das Zentrum des alten Tunnels ein Zielbohrdraht eingebracht und über diesen stufenweise aufgebohrt. Orientiert wird sich hierbei an der zuvor gemessenen Tunnelweite in der CT. Wichtig ist, die alte Sklerosezone aufzubrechen, um eine gute Einheilung des Knochens zu gewährleisten. Nach der Bohrkanalpräparation erfolgt die Entnahme von kortikospongiösen Zylindern in der Regel am ipsilateralen Beckenkamm. Der Durchmesser der Zylinder richtet sich nach der Bohrkanalgröße. Dazu erfolgt am palpablen Beckenkamm ein Hautschnitt entlang der Crista iliaca, den man ca. 2 cm dorsal der Spina iliaca anterior superior beginnt. Anschließend präpariert man die ansetzende Muskelfaszie und das Periost ab. Die Crista iliaca wird mit Hilfe von zwei stumpfen Hohmann-Haken dargestellt und die Neigung des Beckenkamms beurteilt. Die Entnahme der Spongiosa-Zylinder erfolgt mit einem Hohlmeißel (z. B. OATS-Instrumentarium, Fa. Arthrex). Die Zylinder haben dabei einen 1 mm größeren Durchmesser als der Bohrkanaldurchmesser. Somit wird eine „pressfit“ Verankerung der Zylinder im Bohrkanal gewährleistet. Zusätzlich kann mit einem scharfen Löffel weitere freie Spongiosa gewonnen werden. Unter arthroskopischer Sicht werden die Zylinder nun in die vorbereiteten Bohrkanäle eingebracht und sollen auf Gelenkniveau abschließen.

Nach vollständiger ossärer Konsolidierung, welche mittels CT-Diagnostik ca. 3 – 4 Monate postoperativ kontrolliert wird, kann die VKB-Revisionsplastik entsprechend der primären Ersatzplastik vorgenommen werden (Imhoff et al., 2013).



## **2.2 Revisionskreuzbandplastik nach Bohrkanalauffüllung**

Nach der arthroskopisch gestützten Bohrkanalauffüllung (s. 2.1) erfolgte frühestens nach 3 Monaten postoperativ eine CT Bildgebung zur Beurteilung der knöchernen Durchbauung der Bohrkanäle/ Tunnelauffüllung. Anschließend erfolgt die standardisierte Revisions- Kreuzbandplastik in üblicher Art und Weise. Die Transplantatwahl richtet sich nach den noch verfügbaren Sehnen. In der Regel kann entweder die kontralaterale Semitendinosussehne oder die ipsilaterale Quadrizepssehne verwendet werden. Selten ist eine Spendersehne notwendig.

## **2.3 Postoperative Nachbehandlung**

Ab dem 1. postoperativen Tag ist eine freie Beweglichkeit des Kniegelenkes vorgesehen. In den ersten zwei Wochen nach der OP erfolgt eine schmerzadaptierte Teilbelastung von 20 kg an Unterarmgehstützen. Bis zur Vollbelastung ist es notwendig, eine Thromboseprophylaxe beispielsweise mit niedermolekularem Heparin durchzuführen.

Ab ca. 8 Wochen postoperativ darf mit sportlichen Betätigungen wie Laufbandlaufen, Fahrradfahren und Kraulschwimmen begonnen werden. Nach 3 Monaten postoperativ ist auch das Joggen erlaubt.

Die standardisierte Nachbehandlung sieht eine Kniegelenksorthese (4-Punkt Hartrahmenorthese) für mindestens 3 Monate postoperativ ohne Bewegungseinschränkung vor.

Die Nachbehandlung wird bei Versorgung von Begleitpathologien entsprechend angepasst.

### **3 Datenerhebung**

#### **3.1 Klinische Untersuchung**

Die klinischen Nachuntersuchungen fanden im Zeitraum von Juli 2015 bis März 2016 in den Räumen der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München statt. Die Zeit zwischen Bohrkanauffüllung und Nachuntersuchung betrug durchschnittlich 34,2 Monate  $\pm$  16,8 (Range 9 - 67 Monate). Die Patienten brachten die ausgefüllten Fragebögen sowie vorhandene Röntgen-/ MRT Bilder zum Nachuntersuchungstermin mit. Neben der Krankheitsanamnese, dem Unfallmechanismus und möglicher postoperativer Komplikationen wurde in der klinischen Untersuchung die Datenerhebung mit Hilfe eines weiteren Fragebogens (Untersuchungsbogen), welcher in Anlehnung an das Formblatt zur klinischen Untersuchung des Knies vom IKDC erstellt wurde, ergänzt. Zusätzlich wurden Parameter wie Schmerz, Schmerzmitteleinnahme, Stabilität und Funktion im Alltag sowie die Patientenzufriedenheit mit der Ersatzplastik erhoben.

##### **3.1.1 Anamnese**

Zunächst wurden die Patientenstammdaten überprüft und vervollständigt. Es wurden der Unfallmechanismus und postoperative Auffälligkeiten erfasst. Die Patienten wurden gefragt, ob sie Beschwerden hätten wie Rötung, Überwärmung, Schwellung, Schmerzen oder ein instabiles Gefühl. Nebenbefunde wie Meniskusläsionen oder Umstellungsosteotomien wurden aus den Akten ermittelt.

##### **3.1.2 Körperliche Untersuchung**

Alle Patienten wurden nach einem standardisierten Schema und im Seitenvergleich nachuntersucht. Die körperliche Untersuchung umfasste zunächst die Inspektion, Palpation und die Kontrolle von Durchblutung, Motorik und Sensibilität des operierten Kniegelenks. Zudem erfolgte die Beurteilung der Beinachse sowie des Gangbildes. Nach der Neutral-0-Methode wurde der Bewegungsumfang im Kniegelenk gemessen und die Verschieblichkeit der Patella getestet. Um Hypothrophiezeichen der Oberschenkelmuskulatur (vor allem des M. quadriceps femoris) zu erfassen, wurde der Muskelumfang 12 cm kranial des Kniegelenkspaltes gemessen und dokumentiert. Der Seitenbandapparat wurde in 0° und 20° gebeugtem Knie getestet. Der Varus-/ Valgusstress in gestrecktem Zustand dient der Beurteilung der Aufklappbarkeit. Eine vermehrte Aufklappbarkeit spricht für eine Verletzung der Seitenbänder. Des Weiteren

erfolgte zur Beurteilung des Zustandes des vorderen Kreuzbandes der vordere Schublagentest, der Lachman-Test sowie der Pivot-Shift-Test (siehe I 3.1.2 spezifische Untersuchungen).

### **3.1.3 Instrumentelle Translationsmessung (KT-1000 Arthrometer)**

Zur Objektivierung erfolgte die Untersuchung der VKB Stabilität mittels KT-1000 Arthrometer (Daniel et al., 1985).

Während dieser Untersuchung liegt der Patient auf dem Rücken und beide Beine liegen auf einer speziellen Vorrichtung, so dass die Kniegelenke um 20° gebeugt werden. Das KT-1000 stützt sich auf der Patella und der distalen Tibia auf und wird mit mehreren Klettverschlüssen am Unterschenkel befestigt. Auf der Tuberositas tibiae sitzt ein Wegmesser, der die a.p. Translation (in Millimetern) messen kann (siehe Abb. 7).



**Abbildung 7: KT-1000 Messung (Achnich et al., 2016)**

## **3.2 Verwendete Scores**

Die Patienten erhielten zusammen mit dem Einladungsschreiben zur Nachuntersuchung vier Fragebögen zum Selbstauffüllen. Die Auswertung der Fragebögen erfolgte gemäß dem International Knee Documentation Committee Score (IKDC) sowie dem Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). Des

Weiteren wurden der Tegner Activity Level Scale und der modifizierte Score nach Lysholm und Gillquist verwendet.

### **3.2.1 International Knee Documentation Committee Score**

Das „International Knee Documentation Committee“ (IKDC) gehört heute zu den Standardmethoden, um Behandlungsergebnisse nach Kreuzbandverletzungen zu evaluieren und die Befunde zu qualifizieren, aber nicht mehr numerisch zu bewerten (Hefti et al., 1993).

Der Evaluationsbogen besteht aus einem Dokumentationsteil, einem Qualifikationsteil sowie einem Evaluationsteil. Der Dokumentationsteil beinhaltet Patientenstammdaten sowie Untersuchungsdatum, Unfallmechanismus, betroffene Knieseite sowie den Zustand der Gegenseite. Im Qualifikationsteil stehen vier Problemgruppen zur Evaluation (subjektive Bewertung durch den Patienten, Symptome wie Schmerzen, Schwellung, Überwärmung sowie der Bewegungsumfang beider Knie und die Prüfung des Bandapparates). Diese werden ergänzt durch vier weitere optionale Gruppen, die dokumentiert werden, aber nicht in die Bewertung mit einfließen. Im Evaluationsteil werden die Befunde der ersten vier Problemgruppen des Qualifikationsteils in „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „stark abnormal“ eingeteilt. Die schlechteste Bewertung innerhalb einer Gruppe ergibt die Gruppenqualifikation (A, B, C oder D; A entspricht hierbei „normal“ und D entspricht „stark abnormal“). Im Gesamtergebnis zählt wiederum die schlechteste Gruppenqualifikation. Somit wird gewährleistet, dass ein Gesamtergebnis nie besser sein kann, als das schlechteste Teilergebnis (Hefti et al., 1993).

### **3.2.2 Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score**

Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) besteht aus 42 Fragen, die sich in fünf Untergruppen einteilen lassen und folgende Parameter messen:

- I. Krankheitssymptome (sieben Fragen)
- II. Schmerzen (neun Fragen)
- III. Aktivitäten des täglichen Lebens (17 Fragen)
- IV. Sport und Freizeit (fünf Fragen)
- V. Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie (vier Fragen)

Zu jeder Frage gibt es fünf Antwortmöglichkeiten mit einem Zahlenwert zwischen null und vier. Zur Berechnung des einzelnen Untergruppenwertes werden die angekreuzten Antwortmöglichkeiten der betreffenden Untergruppen miteinander

addiert. Anschließend wird das Gesamtergebnis auf eine Skala von 0 bis 100 transformiert. Je höher die Punktzahl, desto weniger Beschwerden sind bezüglich des Kniegelenks zu detektieren (Roos et al., 1998).

### **3.2.3 Tegner Activity Level Scale**

Dieser Funktionsscore wird vom Patienten nach seinem subjektiven Einschätzen angekreuzt und dokumentiert seine körperliche Aktivität. Die Skala reicht von zehn bis null, wobei zehn das höchste Aktivitätsniveau im Sinne von Hochleistungssport auf (inter-)nationaler Ebene und null die Arbeitsunfähigkeit beziehungsweise Berentung aufgrund der Kniebeschwerden darstellt (Tegner et al., 1985).

### **3.2.4 Modifizierter Score nach Lysholm und Gillquist**

Der modifizierte Score nach Lysholm und Gillquist ist ein symptomorientierter Fragebogen, der vor allem nach der Patienteneinschätzung bezüglich einer Instabilität abzielt. Dabei wird nach Funktionseinschränkungen im Alltag wie Hinken, Belastung, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen und Hocken gefragt. Die Ergebnisse der einzelnen Problembereiche sind unterschiedlich gewichtet und werden zu einem Gesamtscore aufsummiert. 100 Punkte gelten als „sehr gutes“, < 65 Punkten als „schlechtes“ Ergebnis (Lysholm et al., 1982).

## **3.3 Auswertung der erhobenen Daten**

Auf Grundlage der Krankheitsanamnese, den herangezogenen Scores zu den Fragebögen und der körperlichen sowie bildgebenden Untersuchungen erfolgte die Auswertung. Folgende Informationen konnten mit Hilfe der vorliegenden Krankenakten des jeweiligen Patienten erhoben werden: Operationsdatum, Operationsdiagnose, Voroperationen, Transplantatwahl zum Ersatz des rupturierten VKBs, femorale und tibiale Tunnellagen und -weiten, Begleiterkrankungen an den Menisken, Knorpelschäden oder postoperative Komplikationen wie Infektionen oder Wundheilungsstörungen.

## **3.4 Statistische Methoden**

Zur statistischen Auswertung der erhobenen Daten wurde das Statistikprogramm IBM Statistics Version 25 (SPSS Incorporated an IBM Company, Chicago, Illinois, USA) sowie Microsoft Excel für Mac 2011 herangezogen. Zur deskriptiven Auswertung der jeweiligen Parameter wurden Mittelwert (MW), Minimum (Min), Maximum (Max) sowie die Standardabweichung (SD) bestimmt.

Die Ergebnisse wurden im weiteren Verlauf in zwei Gruppen miteinander verglichen. Die erste Gruppe bilden die Patienten, die nach der Bohrkanalauffüllung eine VKB Re-Plastik erhielten (RPNB = Re-Plastik Nach Bohrkanalauffüllung) und die zweite Gruppe die Patienten, die die Re-Plastik ablehnten (KRP = Keine Re-Plastik). Zur Bestimmung der statistischen Signifikanz zwischen den Ergebnissen der beiden Gruppen werden der Mann-Whitney-U-Test sowie der exakte Test nach Fisher herangezogen. Das Signifikanzniveau wurde auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Der p-Wert ist das Ergebnis des statistischen Tests. Wenn  $p < \alpha$ , wird das Ergebnis als statistisch signifikant erachtet.

## **IV. Ergebnisse**

### **1 Patientenkollektiv**

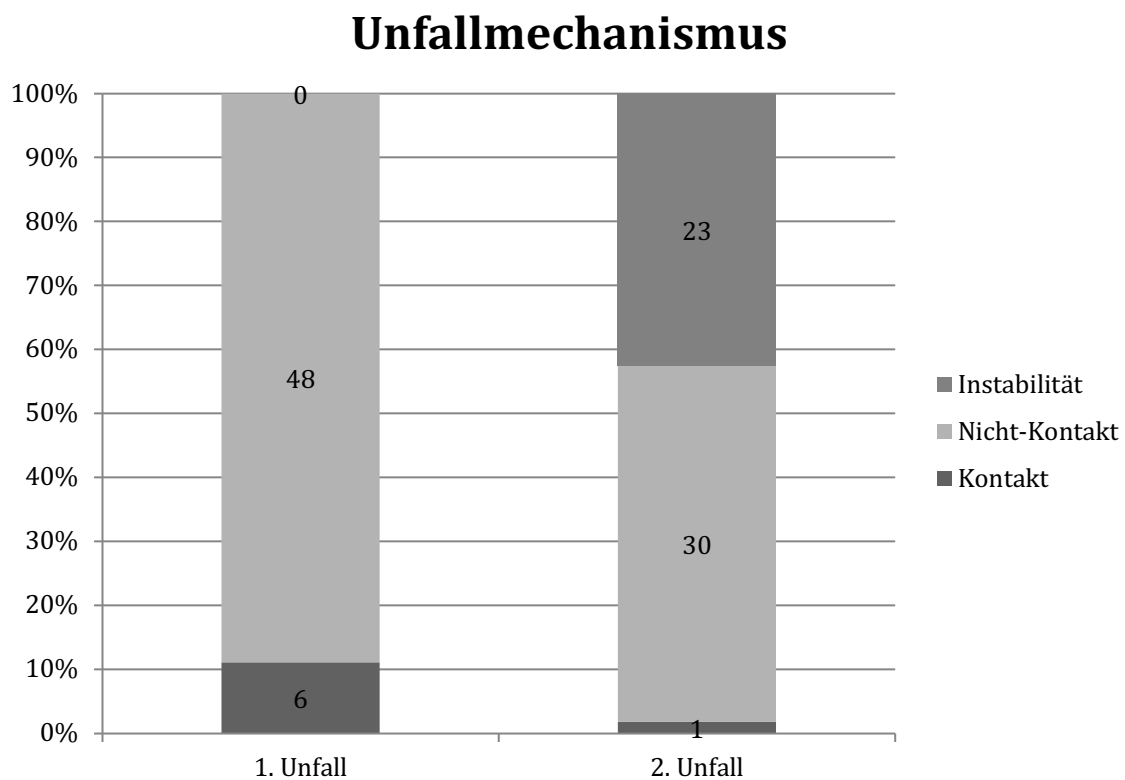
Insgesamt erhielten 78 Patienten im Beobachtungszeitraum von Januar 2010 bis Dezember 2014 eine Bohrkanalauffüllung aufgrund einer Re-Instabilität nach primär versorgter VKB Ersatzplastik. Unter Berücksichtigung der Ein- und Ausschlusskriterien sowie der Erreichbarkeit und dem Einverständnis wurden 54 Patienten in die Studie eingeschlossen. Alle Teilnehmer beantworteten die versendeten Fragebögen, 44 der Patienten erschienen zur klinischen Nachuntersuchung. Somit lag die Quote der beantworteten Fragebögen bei 100 %, die Quote der Nachuntersuchungen bei 81 %. Das mittlere Lebensalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug 34,1 Jahre  $\pm$  8,5 (Range 19 – 51 Jahre). Das Gesamtkollektiv bestand aus 15 weiblichen (27,8 %) und 39 männlichen (72,2 %) Patienten. Bei 28 Patienten (51,9 %) war die rechte Seite von der Verletzung betroffen, bei den restlichen 26 (48,1 %) die linke Seite. 9 von 54 Patienten entschieden sich im Verlauf gegen eine erneute VKB Plastik.

## 2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ursachenanalyse, Begleitverletzungen und Operationen dargestellt.

### 2.1 Ursachenanalyse Rezidivinstabilität

Mit Bezug auf die Ursachenanalyse der erneuten vorderen Kniegelenksinstabilität wurde zwischen adäquatem Trauma, mit oder ohne Gegner-Kontakt, und der erneuten Instabilität ohne Trauma unterschieden. Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt.



**Abbildung 8: Unfallmechanismus, die zur primären VKB Ruptur (1.) und zur Rezidivinstabilität (2.) führte**

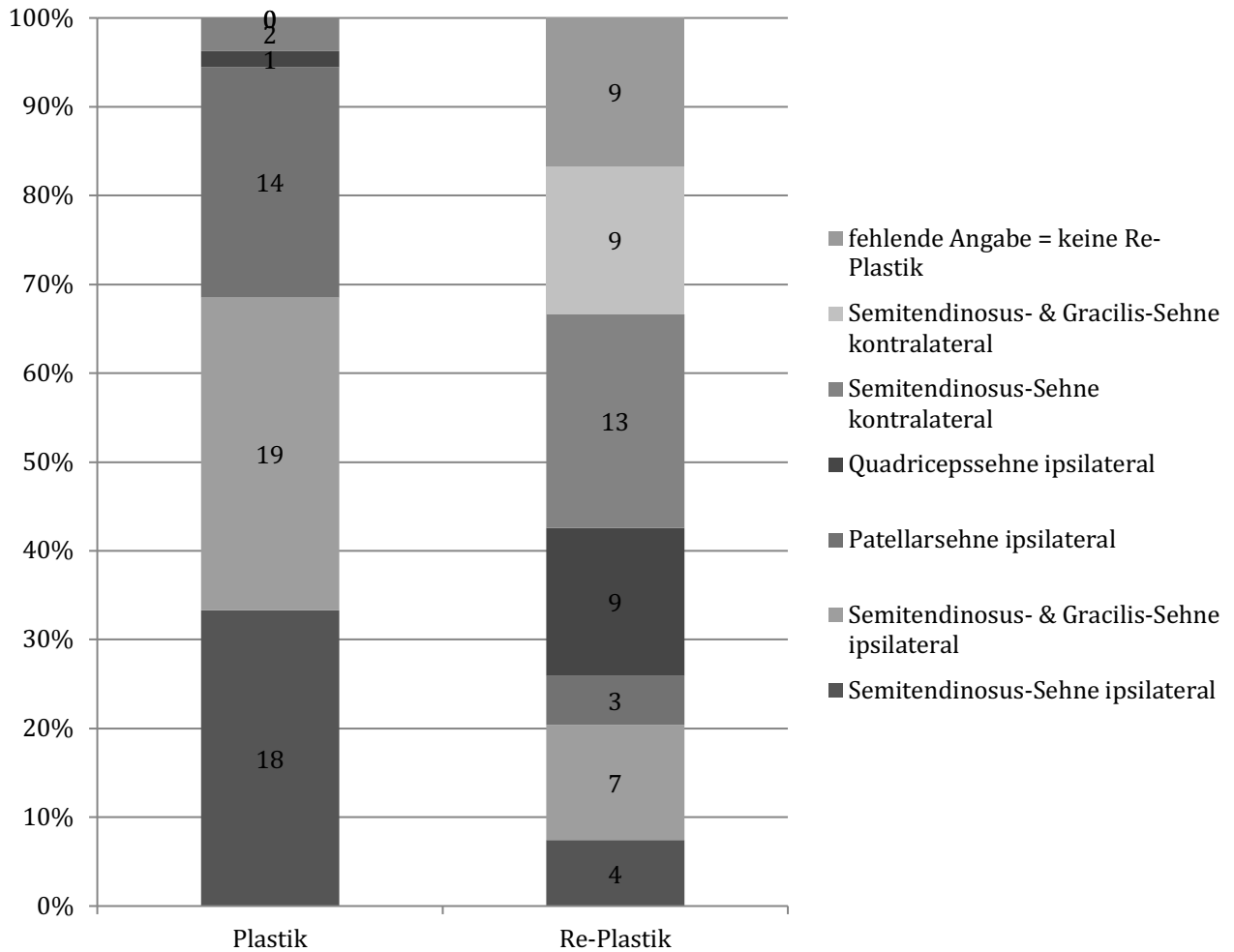
### 2.2 Transplantatwahl

Zusätzlich wurden die verwendeten Transplantate betrachtet. Die Abbildung 9 veranschaulicht die Wahl des Transplantates im Vergleich primäre Operation vs. Revisionsoperation.

9 von 54 Patienten lehnten eine Re-Plastik nach durchgeführter Bohrkanalauffüllung ab.



## Transplantatwahl



**Abbildung 9: Transplantatwahl - Verwendete Sehne zum VKB Ersatz in der Primärsituation und bei der Revisionsoperation**

### 2.3 Begleitverletzungen

Wie in Abbildung 10 dargestellt, wurden Begleitverletzungen zum Zeitpunkt der geplanten Bohrkanauffüllung bei der präoperativen Diagnostik erfasst und dokumentiert.

Entsprechend erfolgte die Mitbehandlung der Begleitpathologie bei der Bohrkanauffüllung.

## Begleitverletzungen / -eingriffe

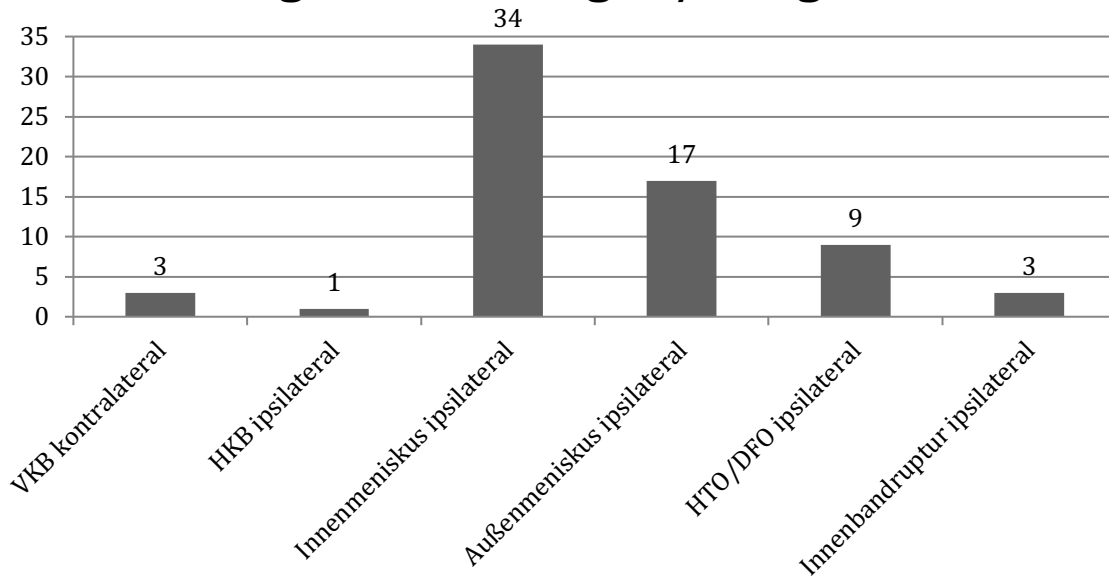


Abbildung 10: Begleitverletzungen / -eingriffe

### 2.4 Komplikationen

Nach der Revisionsplastik (45 Patienten) kam es postoperativ bei insgesamt drei Patienten innerhalb der ersten drei Wochen zu einer Kniegelenksinfektion. Die Patienten wurden stationär aufgenommen, operativ versorgt (arthroskopische Spülung) und eine resistenzgerechte antibiotische Behandlung bei positivem Keimnachweis durchgeführt (zweimal *Enterococcus faecalis* und einmal metycillinresistenter *Staphylococcus epidermidis*).

Es gab keinen Fall von Wundheilungsstörungen oder Thrombosen.

### **3 Ergebnisse der klinischen Untersuchung**

Bei der klinischen Nachuntersuchung im Zeitraum von Juli 2015 – März 2016 wurden die Patienten zunächst nach subjektiven klinischen Beschwerden befragt. 8 Patienten gaben eine Schwellung an, 22 bejahten Schmerzen, 4 Patienten fühlten eine subjektive Instabilität, 1 weiterer klagte über eine Blockade und 4 beschrieben ein giving-way Phänomen.

Im Gesamtkollektiv zeigte sich im Mittel ein aktives Bewegungsmaß am verletzten Kniegelenk von  $133,0 \pm 3,9$  Grad Flexion bis  $2,4 \pm 2,0$  Grad Extension. Am gesunden Kniegelenk lag das aktive Bewegungsmaß bei  $134,5 \pm 3,7$  Grad Flexion bis  $4,0 \pm 2,3$  Grad Extension. Das passive Bewegungsmaß am verletzten Kniegelenk betrug  $136,2 \pm 3,5$  Grad Flexion und  $4,8 \pm 2,5$  Grad Extension, am gesunden Kniegelenk  $137,7 \pm 3,7$  Grad Flexion und  $6,6 \pm 2,8$  Grad Extension.

Die Umfangsvermessung des Oberschenkels ergab eine Differenz zwischen dem verletzten und dem gesunden Knie von  $1,5 \pm 1,0$  cm.

Anschließend wurden die Seitenbänder getestet. Bei 2 Patienten zeigte sich das lig. collaterale mediale (MCL) auf der verletzten Seite sowohl in der  $0^\circ$ - als auch in der  $20^\circ$ -Stellung einfach aufklappbar. Auf der gesunden Seite zeigten sich keine Auffälligkeiten. Ebenfalls auf der verletzten Seite war das lig. collaterale laterale (LCL) bei einem Patienten in der  $20^\circ$ -Stellung einfach positiv.

Der Lachman-Test war auf der verletzten Seite bei 8 Patienten negativ, bei 22 Patienten einfach positiv und bei 14 Patienten zweifach positiv. Somit wurden 30 x normale und 14 x abnormale Ergebnisse dokumentiert.

Bei 30 Patienten zeigte sich der Pivot-Shift-Test auf der verletzten Seite negativ, 11 x einfach positiv und bei drei Patienten zweifach positiv. Folglich wurden 41 normale und drei abnormale Ergebnisse dokumentiert.

Die vordere Schublade war auf der verletzten Seite 38-mal negativ, dreimal einfach positiv, zweimal zweifach positiv und einmal dreifach positiv.

Abschließend erfolgte die KT-1000 Messung. Die Seitendifferenz betrug durchschnittlich  $1,9 \pm 1,4$  mm. Alle Untersuchungen wurden auch auf der unverletzten Gegenseite durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 11 noch einmal veranschaulicht dargestellt.

## Ergebnisse der klinischen Tests

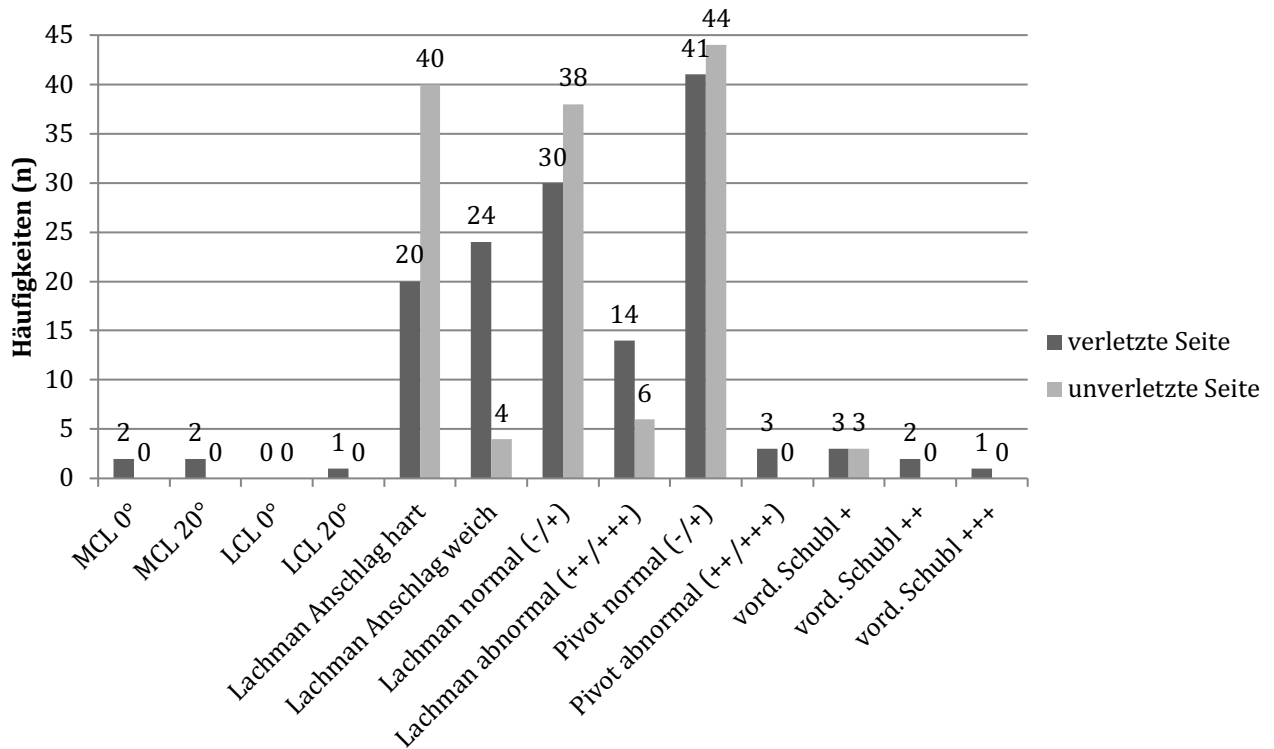


Abbildung 11: Ergebnisse der klinischen Tests - Vergleich verletzter zu unverletzter Seite

### 4 Ergebnisse der verwendeten Scores

Der IKDC Score betrug durchschnittlich  $69,1 \pm 14,4$  (Range 39,1 - 100,0). Der KOOS wurde entsprechend seiner Untergruppen bewertet, wie in Abbildung 12 beschrieben. Die Unterkategorie „Krankheitssymptome“ hatte einen Mittelwert von  $79,3 \pm 15,3$  (Range 50 - 100), die Unterkategorie „Schmerzen“ hatte einen Mittelwert von  $81,5 \pm 14,8$  (Range 47 - 100), die Unterkategorie „Aktivitäten des täglichen Lebens“ hatte einen Mittelwert von  $90,6 \pm 11,6$  (Range 60 - 100), die Unterkategorie „Sport und Freizeit“ hatte einen Mittelwert von  $63,4 \pm 24,9$  (Range 10 - 100) und die Unterkategorie „Lebensqualität“ hatte einen Mittelwert von  $49,0 \pm 22,9$  (Range 0 - 94).

## KOOS Score

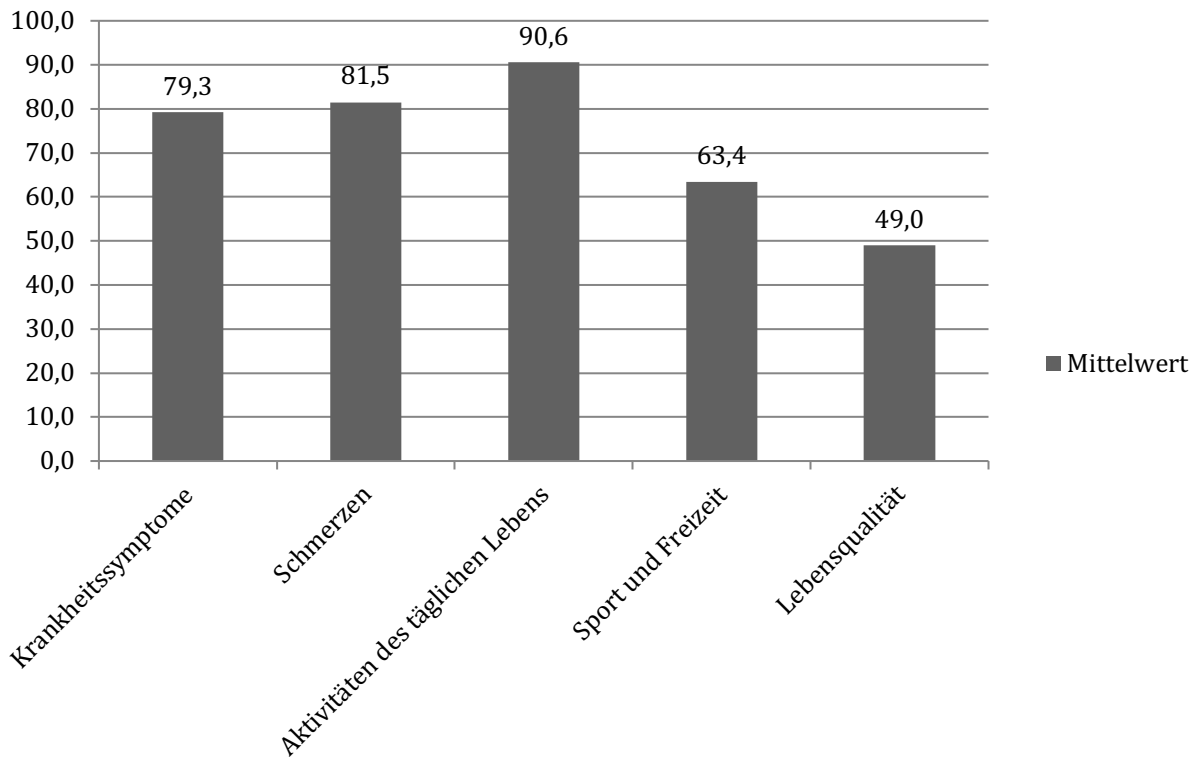


Abbildung 12: KOOS Score

Der Lysholm-Score betrug durchschnittlich  $76,4 \pm 15,9$  (Range 35 - 100). Der Tegner-Score erzielte durchschnittlich  $4,2 \pm 1,4$  Punkte (Range 1 - 9).

### 5 Ergebnisse im Vergleich mit und ohne VKB Re-Plastik

Das Gesamtkollektiv wurde in die Gruppe der Patienten, die nach der Bohrkanalauffüllung eine Re-Plastik (RPNB) erhalten haben und diejenigen, die sich gegen eine Re-Plastik (KRP) entschieden haben, unterteilt. In der RPNB Gruppe sind 39 von 45 Patienten zur Nachuntersuchung erschienen, in der KRP Gruppe 5 von 9 (siehe Tabelle 2).

	Nachuntersuchung	Keine Nachuntersuchung	$\Sigma$
RPNB	39	6	45
KRP	5	4	9
$\Sigma$	44	10	54

Tabelle 2: Patientenkollektiv

In der RPNB Gruppe lag das aktive Bewegungsmaß auf der verletzten Seite bei  $133,0 \pm 4,1$  Grad Flexion und  $2,3 \pm 2,0$  Grad Extension, auf der gesunden Seite:  $134,5 \pm 3,8$  Grad Flexion und  $4,0 \pm 2,3$  Grad Extension.

In der KRP Gruppe zeigte sich ein aktives Bewegungsmaß auf der verletzten Seite von  $133,4 \pm 2,1$  Grad Flexion und  $2,8 \pm 1,9$  Grad Extension, auf der gesunden Seite:  $134,4 \pm 3,4$  Grad Flexion und  $3,4 \pm 2,1$  Grad Extension.

Die Differenz des Oberschenkelumfangs lag in der RPNB Gruppe bei  $1,4 \pm 1,0$  cm, in der KRP Gruppe bei  $2,0 \pm 0,8$  cm. Es zeigte sich keine statistische Signifikanz ( $p = 0,138$ ).

Der Anschlag sowie die Graduierung des Lachman-Tests waren im Vergleich der beiden Gruppen nicht signifikant unterschiedlich ( $p = 0,356$ ), sowie ( $p = 0,5573$ ).

Der Pivot-Shift-Test zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied im Gruppenvergleich ( $p = 0,0003545$ ).

Auch der vordere Schubladentest war statistisch signifikant im Gruppenvergleich ( $p = 0,001825$ ).

Der KT-1000 maß in der RPNB Gruppe eine Differenz von  $1,8 \pm 1,3$  mm, in der KRP Gruppe lag die Differenz bei  $2,6 \pm 1,4$  mm. Hier konnte keine statistische Signifikanz festgestellt werden ( $p = 0,180$ ). Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse noch einmal übersichtlich dargestellt.

Klinischer Test	RPNB	KRP
ROM aktiv verletzt (Grad)	133 – 0 – 2	133 – 0 – 3
ROM passiv verletzt (Grad)	136 – 0 – 5	136 – 0 – 5
Differenz OS-Umfang (cm)	1,4	2,0
Lachman Anschlag hart	19/39 (48,7 %)	1/5 (20 %)
Lachman Anschlag weich	20/39 (51,3 %)	4/5 (80 %)
Lachman-Test -	8/39 (20,5 %)	0/5 (0 %)
Lachman-Test +	18/39 (47,4 %)	4/5 (80 %)
Lachman-Test ++	13/39 (33,3 %)	1/5 (20 %)
Lachman-Test +++	0/39 (0 %)	0/5 (0 %)
Pivot-Shift-Test -	29/39 (74,4 %)	1/5 (20 %)
Pivot-Shift-Test +	10/39 (25,6 %)	1/5 (20 %)
Pivot-Shift-Test ++	0/39 (0 %)	3/5 (60 %)
Pivot-Shift-Test +++	0/39 (0 %)	0/5 (0 %)
VSL -	36/39 (92,3 %)	2/5 (40 %)
VSL +	3/39 (7,7 %)	0/5 (0 %)
VSL ++	0/39 (0 %)	2/5 (40 %)
VSL +++	0/39 (0 %)	1/5 (20 %)
Differenz KT-1000 (mm)	1,8	2,6

**Tabelle 3: Mittelwerte und Häufigkeiten der klinischen Untersuchung auf der verletzten Seite im Vergleich**

Auch die Ergebnisse der Fragebögen wurden nach den Gruppen unterteilt betrachtet (siehe Tabelle 4):

Beim IKDC Score lag kein statistisch signifikanter Unterschied vor (p-Wert = 0,611).

Der KOOS Score konnte in seinen Einzelgruppen ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede feststellen (p = 0,287; 0,806; 0,551; 0,198; 0,950). Die einzelnen Ergebnisse sind in der Tabelle 4 aufgeführt.

Der Lysholm-Score und der Tegner- Score zeigten keine statistische Signifikanz im Gruppenunterschied (p = 0,923) und (p = 0,338).

Score	RPNB	KRP
IKDC	68,5 ± 13,5	72,0 ± 18,0
KOOS „Krankheitssymptome“	78,3 ± 15,4	84,5 ± 13,3
KOOS „Schmerzen“	81,3 ± 14,5	82,4 ± 16,0
KOOS „Aktivitäten des täglichen Lebens“	90,3 ± 11,8	92,0 ± 10,3
KOOS „Sport und Freizeit“	61,2 ± 25,0	74,4 ± 21,4
KOOS „Lebensqualität“	49,2 ± 21,1	47,9 ± 30,2
Lysholm	76,6 ± 15,7	75,4 ± 15,5
Tegner	4,1 ± 1,4	4,6 ± 1,3

**Tabelle 4: Scores im Vergleich**



## V. Diskussion

Die wichtigste Erkenntnis der vorliegenden Arbeit ist, dass sich bei Patienten mit einer Bohrkanauffüllung bei erneuter vorderer Kreuzbandruptur gute klinische Ergebnisse zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung evaluieren lassen konnten. Bei insgesamt 83 % der Patienten erfolgte die sekundäre vordere Kreuzbandersatzplastik, 17 % lehnten diese bei subjektivem Stabilitätsgefühl ab. Die Ergebnisse beider Patientengruppen wurden verglichen, diese zeigten sich als weitestgehend vergleichbar. Die Stabilitätstests konnten jedoch schlechtere Ergebnisse in der Gruppe ohne sekundäre Kreuzbandplastik zeigen.

Nach wie vor stellen Revisionsoperationen in der Kreuzbandchirurgie eine Herausforderung dar. Dies ist zum einen operationstechnisch, zum anderen aber auch durch das inhomogene Patientenkollektiv bedingt. Zudem ist die aktuelle Studienlage ohne konkreten Handlungskonsens. Bezogen auf das gesamte vorliegende Studienkollektiv war dieses hinsichtlich des Geschlechts, Alter und Historie repräsentativ. Das Nachuntersuchungsintervall betrug durchschnittlich 34,2 Monate  $\pm$  16,8 und ist damit zur Beurteilung des Therapieergebnisses ausreichend lang.

Besonders an der untersuchten Gruppe ist die Tatsache, dass sich nicht alle Patienten nach durchgeführter Bohrkanauffüllung zu einer erneuten VKB Ersatzplastik entschieden haben (KRP Gruppe). Hierfür können nachfolgende Erklärungen in Betracht gezogen werden. Noyes et al. teilte Patienten mit VKB-Verletzungen in Abhängigkeit von ihrem Verhalten nach der Verletzung und der Notwendigkeit einer Behandlung in drei verschiedene Gruppen ein (Noyes, Matthews, Mooar, & Grood, 1983). „Coper“ haben nach konservativer Therapie eine hohe Rückkehrate zum Sport und eine signifikant verringerte Instabilität im Kniegelenk (Fitzgerald, Axe, & Snyder-Mackler, 2000). „Adapter“ reduzieren ihr Aktivitätsniveau, um eine Instabilität zu vermeiden. „Non-Coper“ leiden unter Episoden von „giving-way“ Phänomenen und subjektiver Instabilität bei Aktivitäten des täglichen Lebens. Nach der Ausschöpfung aller konservativen Maßnahmen ist bei Non-Copern die Re-Plastik als Therapie der Wahl anzusehen (Kaplan, 2011). Je nach Tunnellage und -weite muss das zweizeitige Vorgehen empfohlen werden. Es folgte die Bohrkanauffüllung und im Anschluss darauf die postoperative Nachbehandlung durch physiotherapeutische Beübung mit Muskelkräftigung und propriozeptivem Training für mindestens 3 Monate. Es konnte gezeigt werden, dass sich hierdurch auch das funktionelle Bewegungsmuster des Kniegelenkes (Chmielewski, Hurd, Rudolph, Axe, & Snyder-Mackler, 2005) ändert.

Dies könnte ein Grund für die Ablehnung der Re-Plastik gewesen sein. Feucht et al. fanden außerdem heraus, dass Patienten mit VKB Re-Plastiken oder sonstigen Voroperationen eine realistische Einschätzung bezüglich der Rückkehr zum Sport, Schmerzen und der Gesamtsituation haben (Feucht et al., 2016). Diese reduzierte Erwartungshaltung und der verbesserte funktionale Status nach physiotherapeutischer Nachbehandlung nach Bohrkanalauffüllung können eine weitere Erklärung für die Ablehnung der Re-Plastik sein. Neben dem Aspekt der wahrgenommenen subjektiven Instabilität präsentierten sich einige Patienten präoperativ auch mit einem verminderten Bewegungsumfang und einer Beschwerdesymptomatik des Kniegelenks. Im Rahmen der Bohrkanalauffüllung wurde bei jedem Patienten eine diagnostische Arthroskopie mit Debridement und Resektion von Narbengewebe und Entfernung von Restfasern des Kreuzbandtransplantates durchgeführt. Intraartikuläre Pathologien wie Meniskus- oder Knorpelschäden, aber auch Achsabweichungen wurden behandelt. Eine Symptomreduktion sowie Verbesserung der Beweglichkeit konnte also bereits nach der Bohrkanalauffüllung eintreten, die Patientenzufriedenheit erhöhen und zu einem subjektiven Stabilitätsgefühl führen, so dass eine Re-Plastik für diese spezielle Patientengruppe unnötig erschien.

Neben der subjektiven Instabilität erfolgte die Messung der objektiven Stabilität mittels KT-1000 im Gruppenvergleich, VKB Re-Plastik vs. Bohrkanalauffüllung ohne VKB-Plastik. Hier zeigte sich eine höhere Seitendifferenz in der KRP Gruppe ( $2,6 \pm 1,4$  mm). Dies ist durch das fehlende Kreuzband leicht erklärbar. In der RPNB Gruppe lag die a.p.-Translation bei  $1,8 \pm 1,3$  mm. Vergleichbare Ergebnisse wurden in der Studie von Ponzio et al. mit einem Nachuntersuchungsintervall von 5 Jahren berichtet, hier lag die mittlere Seitendifferenz bei  $2,65 \pm 2,29$  mm (Ponzio et al., 2018). In der klinischen Untersuchung wurde der Lachman-Test bei der RPNB Gruppe zu 67 % als normal (-/+ ) und zu 33 % als abnormal (++) bewertet. Die Ergebnisse der Studie von Battaglia et al. mit einem Nachuntersuchungsintervall von 6 Jahren zeigen, dass der Lachman-Test bei 71 % als normal bewertet wurde (Battaglia et al., 2007). Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen somit vergleichbare Zahlen. Der Pivot-Shift-Test war in der RPNB Gruppe bei 100 % normal, was sich mit Daten der Literatur deckt. Franceschi et al. berichtet von ebenfalls 100 % normalen Ergebnissen (Franceschi et al., 2013).

Demgegenüber zeigte die Gruppe ohne nachfolgender VKB Ersatzplastik (KRP Gruppe) statistisch signifikant häufiger einen positiven Pivot-Shift-Test ( $p = 0,0003545$ ) und vorderen Schubladentest ( $p = 0,001825$ ).

Der IKDC betrug in der RPNB Gruppe 68,5 und in der KRP Gruppe 72,0 ( $p = 0,611$ ). Ähnliche Ergebnisse konnte Nagaraj et al. mit Durchschnittswerten von 69,8 ermitteln (Nagaraj & Kumar, 2019).

In einer großen Studie von Ahlden et al. zu VKB Plastiken und Re-Plastiken wurde zur Quantifizierung der Ergebnisse der KOOS Score herangezogen (Ahlden et al., 2012). Vergleicht man die vorliegenden Studienergebnisse mit den 2 Jahres Follow-up Werten dieser Studie, liegen diese im vergleichbaren Bereich. Beispielsweise zeigte sich in der Untergruppe Krankheitssymptome ein Wert von  $72,3 \pm 17,7$ , in der vorliegenden Studie lag der Wert bei  $78,3 \pm 15,4$ . Ähnlich verhielt es sich mit den Untergruppen Schmerzen, Aktivitäten des täglichen Lebens und auch der Lebensqualität.

In der Literatur zeigen Patienten mit einer VKB Re-Plastik hinsichtlich der Stabilitätstests annähernd die Resultate einer primären VKB-Plastik. Die funktionellen Ergebnisse fallen im Vergleich zur primären VKB Rekonstruktion etwas ab (Ahlden et al., 2012; Thomas, Kankate, Wandless, & Pandit, 2005). Eine aktuelle Studie zur VKB Re-Plastik zeigte eine signifikante Verbesserung des Lysholm Scores von 61,5 auf 87,5 Punkte (Briggs, Lysholm, et al., 2009). In unserer Studie liegt der Durchschnittswert bei 76,4 Punkten und damit im mittleren Bereich. Laut Briggs et al. entspricht eine normale bis nahezu normale Kniefunktion einem Lysholm Score von  $73 \pm 15$  Punkten. Hinsichtlich des Gruppenvergleiches lag die Differenz zwischen den Gruppen RPNB und KRP bei 1,2 Punkten. In der Literatur wird der kleinste zu erkennende Unterschied im Lysholm Score zwischen 8,9 - 10,1 Punkten beschrieben (Briggs, Kocher, Rodkey, & Steadman, 2006). Somit ist keine signifikante oder klinische Relevanz zwischen den Gruppen der Studie zu erkennen.

Für den Tegner Score war die Differenz zwischen den beiden untersuchten Gruppen ebenfalls nicht signifikant. Die Patienten mit Re-Plastik lagen bei 4,1 Punkten, die Patientin ohne Re-Plastik bei 4,6 Punkten. Der aktuellen Literatur zufolge liegt der Tegner Score nach VKB Re-Plastik bei durchschnittlich 5 Punkten (Andriolo et al., 2015). Der Tegner Score für eine normale Kniefunktion liegt bei 5,7 (Briggs, Steadman,

Hay, & Hines, 2009). Ein Tegner Score von 4 Punkten beschreibt jedoch bereits mittelschwere körperliche Arbeit sowie mindestens zweimal wöchentliches Joggen.

Die Studie hat nachfolgende Limitationen. Es handelt sich um ein retrospektives Studiendesign mit einer limitierten Patientenzahl, welche dem Design geschuldet ist. Hieraus ergibt sich auch die ungleiche Größe der Untergruppen, insbesondere der KRP Gruppe. Die Aussagekraft wird dadurch deutlich eingeschränkt. Des Weiteren wurden die Untergruppen nicht blind gebildet, sondern die Patienten haben sich dezidiert für oder gegen eine Re-Plastik entschieden, was die Vergleichbarkeit vermindert. In der vorliegenden Studie kann keine Überlegenheit des einen oder anderen Verfahrens festgestellt werden und keine Schlussfolgerung mit klarer Therapieempfehlung hinsichtlich der beiden Verfahren gefolgert werden. Aufgrund des speziellen Patientengutes fehlen dezidierte Vergleichswerte aus der Literatur, um die eigenen Ergebnisse zu beurteilen.

Die Stärken der Studie liegen in der sauberen retrospektiven Analyse eines bislang in der Literatur kaum untersuchten Patientengutes. Die Darstellung des klinischen Outcomes von Patienten mit VKB EPL Insuffizienz nach durchgeführter Bohrkanalauffüllung wurde mittels standardisierter Untersuchung, klinisch etablierten Scores und der KT 1000 Untersuchung zur verbesserten Objektivierbarkeit der Stabilität ergänzt. Die Ergebnisse von Patienten mit Re-Plastik gegen Patienten ohne Re-Plastik nach Bohrkanalauffüllung wurden noch nicht im Vergleich in der Literatur untersucht.

## VI. Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war die klinische Evaluation nach Bohrkanalauffüllung mittels autologer Beckenkammpongiosa bei Patienten mit Rezidivinstabilität nach VKB-Ersatzbandplastik. Verglichen wurden hierbei Patienten, die nach primär fehlgeschlagener VKB-Plastik eine Bohrkanalauffüllung erhielten und sich anschließend aktiv für oder gegen eine VKB-Re-Plastik entschieden.

Insgesamt 54 Patienten erfüllten die Einschlusskriterien, 45 der Patienten entschieden sich für die Revisions-VKB Ersatzbandplastik und 9 Patienten gegen die Re-Plastik. 44 der 54 Patienten wurden klinisch nachuntersucht. Die Ergebnisse wurden mithilfe des IKDC, KOOS, Lysholm und Tegner Scores ausgewertet, die von allen 54 Patienten ausgefüllt wurden.

Das mittlere Patientenalter zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung betrug 34 Jahre. Die Zeit zwischen Bohrkanalauffüllung und Nachuntersuchung betrug durchschnittlich 34 Monate (ca. 3 Jahre).

Das Gesamtkollektiv wurde unterteilt in die Gruppen RPNB und KRP, um einen Vergleich durchzuführen. Als statistische Grundlage dienten der Mann-Whitney-U-Test sowie der exakte Test nach Fisher mit einem Signifikanzniveau von  $p = 0,05$ . Weder die klinische Untersuchung noch die verwendeten Scores konnten einen statistisch signifikanten Unterschied nachweisen.

Diskutiert wurde unter anderem, dass es Patienten gibt, die auch ohne eine Re-Plastik durch konsequente Physiotherapie zu hohem Aktivitätslevel zurückkehren können, wogegen andere Patienten auch nach Ausschöpfung der konservativen Maßnahmen weiterhin Instabilität empfinden und hier die Re-Plastik als Therapieoption angeboten werden sollte.

Schließlich muss man zu dem Ergebnis kommen, dass die Indikation zur VKB Re-Plastik sorgfältig gestellt werden sollte und die Entscheidung individuell in Absprache mit dem Patienten getroffen werden muss. Im kurz- bis mittelfristigen Intervall zeigen sich vergleichbare klinische Ergebnisse in beiden Gruppen.

## VII. Literaturverzeichnis

1. Achtnich, A. E., Akoto, R., Barié, A., Bernhard, M., Felmet, G., Guenther, D., Herbort, M., Hertel, P., Höher, J., Krutsch, W., Kwisda, S., Scheffler, S. und Streich, N. (2016). "Diagnostik des Kniebandapparates." Zürich: AGA-Komitee-Knie-Ligament. Letzter Zugriff am 15.08.2020.  
[http://www.aga-online.ch/fileadmin/user\\_upload/Themenhefte/UH\\_Knie\\_Ligament\\_Endversion.pdf](http://www.aga-online.ch/fileadmin/user_upload/Themenhefte/UH_Knie_Ligament_Endversion.pdf)
2. Agneskirchner, J. D., Burkart, A., Imhoff, A. B. (2002). "Axis deviation, cartilage damage and cruciate ligament rupture-concomitant interventions in replacement of the anterior cruciate ligament." Unfallchirurg **105**(3): 237-245.
3. Ahlden, M., Samuelsson, K., Sernert, N., Forssblad, M., Karlsson, J., Kartus, J. (2012). "The Swedish National Anterior Cruciate Ligament Register: a report on baseline variables and outcomes of surgery for almost 18,000 patients." Am J Sports Med **40**(10): 2230-2235.
4. Amis, A. A. and R. P. Jakob (1998). "Anterior cruciate ligament graft positioning, tensioning and twisting." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **6 Suppl 1**: S2-12.
5. Andriolo, L., Filardo, G., Kon, E., Ricci, M., Della Villa, F., Della Villa, S., Zaffagnini, S. and Marcacci, M. (2015). "Revision anterior cruciate ligament reconstruction: clinical outcome and evidence for return to sport." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **23**(10): 2825-2845.
6. Ardern, C. L., Sonesson, S., Forssblad, M., Kvist, J. (2017). "Comparison of patient-reported outcomes among those who chose ACL reconstruction or non-surgical treatment." Scand J Med Sci Sports **27**(5): 535-544.
7. Arnoczky, S. P. (1983). "Anatomy of the anterior cruciate ligament." Clin Orthop Relat Res(172): 19-25.

8. Battaglia, M. J., 2nd, Cordasco, F. A., Hannafin, J. A., Rodeo, S. A., O'Brien, S. J., Altchek, D. W., Cavanaugh, J., Wickiewicz, T. L., Warren, R. F. (2007). "Results of revision anterior cruciate ligament surgery." Am J Sports Med **35**(12): 2057-2066.
9. Benjaminse, A., A. Gokeler and C. P. van der Schans (2006). "Clinical diagnosis of an anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis." J Orthop Sports Phys Ther **36**(5): 267-288.
10. Bollen, S. (2000). "Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage." Br J Sports Med **34**(3): 227-228.
11. Briggs, K. K., Steadman, J. R., Hay, C. J., Hines, S. L. (2009). "Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees." Am J Sports Med **37**(5): 898-901.
12. Briggs, K. K., Kocher, M. S., Rodkey, W. G., Steadman, J. R. (2006). "Reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm knee score and Tegner activity scale for patients with meniscal injury of the knee." J Bone Joint Surg Am **88**(4): 698-705.
13. Briggs, K. K., Lysholm, J., Tegner, Y., Rodkey, W. G., Kocher, M. S., Steadman, J. R. (2009). "The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later." Am J Sports Med **37**(5): 890-897.
14. Chmielewski, T. L., Hurd, W. J., Rudolph, K. S., Axe, M. J., Snyder-Mackler, L. (2005). "Perturbation training improves knee kinematics and reduces muscle co-contraction after complete unilateral anterior cruciate ligament rupture." Phys Ther **85**(8): 740-749; discussion 750-744.
15. Colby, S., A. Francisco, B. Yu, D. Kirkendall, M. Finch and W. Garrett, Jr. (2000). "Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers. Implications for anterior cruciate ligament injury." Am J Sports Med **28**(2): 234-240.

16. Daniel, D. M., M. L. Stone, R. Sachs and L. Malcom (1985). "Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption." Am J Sports Med **13**(6): 401-407.
17. Daniel, D. M., Stone, M. L., Dobson, B. E., Fithian, D. C., Rossman, D. J., Kaufman, K. R. (1994). "Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study." Am J Sports Med **22**(5): 632-644.
18. Denti, M., D. Lo Vetere, C. Bait, H. Schonhuber, G. Melegati and P. Volpi (2008). "Revision anterior cruciate ligament reconstruction: causes of failure, surgical technique, and clinical results." Am J Sports Med **36**(10): 1896-1902.
19. Denti, M., M. Monteleone, A. Berardi and A. S. Panni (1994). "Anterior cruciate ligament mechanoreceptors. Histologic studies on lesions and reconstruction." Clin Orthop Relat Res(308): 29-32.
20. Desai, N., Andernord, D., Sundemo, D., Alentorn-Geli, E., Musahl, V., Fu, F., Forssblad, M., Samuelsson, K. (2017). "Revision surgery in anterior cruciate ligament reconstruction: a cohort study of 17,682 patients from the Swedish National Knee Ligament Register." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **25**(5): 1542-1554.
21. Diermann, N., T. Schumacher, S. Schanz, M. J. Raschke, W. Petersen and T. Zantop (2009). "Rotational instability of the knee: internal tibial rotation under a simulated pivot shift test." Arch Orthop Trauma Surg **129**(3): 353-358.
22. Eberhardt, C., A. Jager, G. Schwetlick and M. A. Rauschmann (2002). "History of surgery of the anterior cruciate ligament." Orthopade **31**(8): 702-709.
23. Erickson, B. J., Cvetanovich, G., Waliullah, K., Khair, M., Smith, P., Bach, B., Jr., Sherman, S. (2016). "Two-Stage Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction." Orthopedics **39**(3): 456-464.



24. Ettliger, C. F., R. J. Johnson and J. E. Shealy (1995). "A method to help reduce the risk of serious knee sprains incurred in alpine skiing." Am J Sports Med **23**(5): 531-537.
25. Feucht, M. J., Cotic, M., Saier, T., Minzlaff, P., Plath, J. E., Imhoff, A. B., Hinterwimmer, S. (2016). "Patient expectations of primary and revision anterior cruciate ligament reconstruction." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **24**(1): 201-207.
26. Fink, C., Hoser, C., Benedetto, K. P. (1993). "[Sports capacity after rupture of the anterior cruciate ligament--surgical versus non-surgical therapy]." Aktuelle Traumatol **23**(8): 371-375.
27. Fitzgerald, G. K., Axe, M. J. and L. Snyder-Mackler (2000). "The efficacy of perturbation training in nonoperative anterior cruciate ligament rehabilitation programs for physical active individuals." Phys Ther **80**(2): 128-140.
28. Franceschi, F., Papalia, R., Del Buono, A., Zampogna, B., Diaz Balzani, L., Maffulli, N., Denaro, V. (2013). "Two-stage procedure in anterior cruciate ligament revision surgery: a five-year follow-up prospective study." Int Orthop **37**(7): 1369-1374.
29. Friederich, N. F. (1993). "Knee joint function and the cruciate ligaments. Biomechanical principles for reconstruction and rehabilitation." Orthopade **22**(6): 334-342.
30. Fu, F. H., C. D. Harner, D. L. Johnson, M. D. Miller and S. L. Woo (1994). "Biomechanics of knee ligaments: basic concepts and clinical application." Instr Course Lect **43**: 137-148.
31. George, M. S., W. R. Dunn and K. P. Spindler (2006). "Current concepts review: revision anterior cruciate ligament reconstruction." Am J Sports Med **34**(12): 2026-2037.

32. Gokeler, A., Zantop, T., Jöllenbeck, T. (2010). "Epidemiologie." GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband 1(1): 3-14.
33. Grassi, A., Kim, C., Marcheggiani Muccioli, G. M., Zaffagnini, S., Amendola, A. (2017). "What Is the Mid-term Failure Rate of Revision ACL Reconstruction? A Systematic Review." Clin Orthop Relat Res **475**(10): 2484-2499.
34. Griffin, L. Y., J. Agel, M. J. Albohm, E. A. Arendt, R. W. Dick, W. E. Garrett, J. G. Garrick, T. E. Hewett, L. Huston, M. L. Ireland, R. J. Johnson, W. B. Kibler, S. Lephart, J. L. Lewis, T. N. Lindenfeld, B. R. Mandelbaum, P. Marchak, C. C. Teitz and E. M. Wojtys (2000). "Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies." J Am Acad Orthop Surg **8**(3): 141-150.
35. Haas, N. P. (2000). "Surgery of the cruciate ligament--an ever current topic." Chirurg **71**(9): 1023.
36. Hefti, F., W. Muller, R. P. Jakob and H. U. Staubli (1993). "Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **1**(3-4): 226-234.
37. Hinterwimmer, S. and J. Mehl (2014). "[Combination of ACL-replacement and high tibial osteotomy]." Oper Orthop Traumatol **26**(1): 43-55.
38. Imhoff, A. B. (2000). "Vordere Kreuzbandplastik." Arthroskopie **13**(6): 269.
39. Imhoff, A. B., Baumgartner, R. und Linke, R. D. (2005): „Checkliste Orthopädie“, Stuttgart: Springer Verlag (1. Auflage): 1-49.
40. Imhoff, A. B., Feucht, M. J. (2013). „Atlas sportorthopädisch-sporttraumatologische Operationen“, Berlin Heidelberg: Springer Verlag (1. Auflage): 181-223.
41. Janko, M., Verboket, R. D., Plawetzki, E., Geiger, E. V., Lustenberger, T., Marzi, I., Nau, C. (2019). "[Comparable results after arthroscopic replacement of the anterior

cruciate ligament : Clinical and functional results after single bundle and double bundle reconstruction]." Chirurg.

42. Johansson, H., P. Sjolander and P. Sojka (1991). "A sensory role for the cruciate ligaments." Clin Orthop Relat Res(268): 161-178.
43. Jomha, N. M., D. C. Borton, A. J. Clingeleffer and L. A. Pinczewski (1999). "Long-term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees." Clin Orthop Relat Res(358): 188-193.
44. Kaplan, Y. (2011). "Identifying individuals with an anterior cruciate ligament-deficient knee as copers and noncopers: a narrative literature review." J Orthop Sports Phys Ther **41**(10): 758-766.
45. Krause, M., Freudenthaler, F., Frosch, K. H., Achtnich, A., Petersen, W., Akoto R. (2018). "Operative Versus Conservative Treatment of Anterior Cruciate Ligament Rupture." Dtsch Arztebl Int **115**(51-52): 855-862.
46. Krudwig, WK. (2000). "Current situation of arthroscopy in Germany." Arthroskopie **13**: 191-193.
47. Lind, M., Lund, B., Fauno, P., Said, S., Miller, L. L., Christiansen, S. E. (2012). "Medium to long-term follow-up after ACL revision." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **20**(1): 166-172.
48. Lobenhoffer, P. (1999). "Knee ligament injuries. Anatomy, biomechanics, diagnosis, indications." Chirurg **70**(2): 219-230.
49. Lysholm, J. and J. Gillquist (1982). "Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale." Am J Sports Med **10**(3): 150-154.
50. Majewski, M., H. Susanne and S. Klaus (2006). "Epidemiology of athletic knee injuries: A 10-year study." Knee **13**(3): 184-188.

51. McDaniel, W. J., Jr. and T. B. Dameron, Jr. (1983). "The untreated anterior cruciate ligament rupture." Clin Orthop Relat Res (172): 158-163.
52. Menschik A (1974). "Mechanik des Kniegelenkes. 1. Teil." Z Orthop 112 : 481–495.
53. Menschik A (1975). "Mechanik des Kniegelenkes. 2. Teil: Schlußrotation." Z Orthop 113 : 388–400.
54. Menschik A (1987). "Biometrie. Das Konstruktionsprinzip des Kniegelenks, des Hüftgelenks, der Beinlänge und der Körpergröße." Berlin Heidelberg New York, Springer Verlag.
55. Müller W (1982). "Das Knie." Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
56. Nagaraj, R. and M. N. Kumar (2019). "Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Nonathlete Population." Indian J Orthop **53**(1): 154-159.
57. Noyes, F. R., Mooar, P. A., Matthews, D. S. and D. L. Butler (1983). "The symptomatic anterior cruciate-deficient knee. Part II: the results of rehabilitation, activity modification, and counseling on functional disability." J Bone Joint Surg Am **65**(2): 163-174.
58. Noyes, F. R. and S. D. Barber-Westin (1997). "A comparison of results in acute and chronic anterior cruciate ligament ruptures of arthroscopically assisted autogenous patellar tendon reconstruction." Am J Sports Med **25**(4): 460-471.
59. Odensten, M. and J. Gillquist (1985). "Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction." J Bone Joint Surg Am **67**(2): 257-262.
60. Oiestad, B. E., Engebretsen, L., Storheim, K., Risberg, M. A. (2009). "Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review." Am J Sports Med **37**(7): 1434-1443.

61. Paulsen, F., Waschke, J. (2017). „Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat“, Sobotta Atlas der Anatomie Band 1, München: Elsevier Urban & Fischer, (24. Auflage): 291 - 434.
  
62. Petersen, W., Rosenbaum, D., Raschke, M. (2005). "Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen." Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin; 56: 151-156.
  
63. Petersen, W., Zantop, T., Rosenbaum, D., Raschke, M. (2005). "Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 2: Präventionsstrategien und Präventionsprogramme." Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin; 56: 157-164.
  
64. Petersen, W. and B. Tillmann (2002). "[Anatomy and function of the anterior cruciate ligament]." Orthopade **31**(8): 710-718.
  
65. Petersen, W. and B. Tillmann (1999). "Blood and lymph supply of the posterior cruciate ligament: a cadaver study." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **7**(1): 42-50.
  
66. Petersen, W. and T. Zantop (2007). "Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles." Clin Orthop Relat Res **454**: 35-47.
  
67. Petersen, W. und T. Zantop, (2009): „Das vordere Kreuzband“, Köln, Dt. Ärzte-Verlag.
  
68. Ponzio, A., Monaco, E., Basigliani, L., Iorio, R., Caperna, L., Drogo, P., Conteduca, F., Ferretti, A. (2018). "Long-Term Results of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Hamstring Grafts and the Outside-In Technique: A Comparison Between 5- and 15-Year Follow-up." Orthop J Sports Med **6**(8): 2325967118792263.

69. Raunest, J., M. Sager and E. Burgener (1998). "Proprioception of the cruciate ligaments: receptor mapping in an animal model." Arch Orthop Trauma Surg **118**(3): 159-163.
70. Roos, E. M., H. P. Roos, L. S. Lohmander, C. Ekdahl and B. D. Beynon (1998). "Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure." J Orthop Sports Phys Ther **28**(2): 88-96.
71. Rupp, S. and D. Kohn (2002). "The anterior cruciate ligament as focus of interest." Orthopade **31**(8): 701.
72. Rupp, S., R. Seil, A. Jager and D. Kohn (2002). "Replacement of the anterior cruciate ligament with a patellar tendon transplant." Orthopade **31**(8): 751-757.
73. Schultz, R. A., D. C. Miller, C. S. Kerr and L. Micheli (1984). "Mechanoreceptors in human cruciate ligaments. A histological study." J Bone Joint Surg Am **66**(7): 1072-1076.
74. Seiderer-Nack, J., Sternfeld, A., Hrsg. Christ, F. (2008). "Anamnese und körperliche Untersuchung." Alliance for Med. Education, München.
75. Strand, T., R. Tvedte, L. Engebretsen and A. Tegnander (1990). "[Anterior cruciate ligament injuries in handball playing. Mechanisms and incidence of injuries]." Tidsskr Nor Laegeforen **110**(17): 2222-2225.
76. Tegner, Y. and J. Lysholm (1985). "Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries." Clin Orthop Relat Res(198): 43-49.
77. Thomas, Kankate, R., Wandless, F., Pandit, H. (2005). "Revision anterior cruciate ligament reconstruction using a 2-stage technique with bone grafting of the tibial tunnel." Am J Sports Med **33**(11): 1701-1709.
78. Wirth, C. J. and G. Peters (1998). "The dilemma with multiply reoperated knee instabilities." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **6**(3): 148-159.

79. Yabroudi, M. A., Bjornsson, H., Lynch, A. D., Muller, B., Samuelsson, K., Tarabichi, M., Karlsson, J., Fu, F. H., Harner, C. D., Irrgang, J. J.. (2016). "Predictors of Revision Surgery After Primary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction." Orthop J Sports Med **4**(9): 2325967116666039.
80. Zantop, T., M. Herbort, M. J. Raschke, F. H. Fu and W. Petersen (2007). "The role of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament in anterior tibial translation and internal rotation." Am J Sports Med **35**(2): 223-227.
81. Zantop, T., Weimann, A., Schmidtke, R., Herbort, M., Raschke, M. J., Petersen, W. (2006). "Graft laceration and pullout strength of soft-tissue anterior cruciate ligament reconstruction: in vitro study comparing titanium, poly-d,l-lactide, and poly-d,l-lactide-tricalcium phosphate screws." Arthroscopy **22**(11): 1204-1210.

## VIII. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Articulatio genus rechts, in 90° Beugstellung, Ansicht von ventral, nach Entfernung der Gelenkkapsel sowie der Seitenbänder (Paulsen et al., 2017)...	3
Abbildung 2: Arterielle Versorgung der Kreuzbänder sowie der Menisken rechts, Ansicht von kranial (Paulsen et al., 2017).....	4
Abbildung 3: Die überschlagene Viergelenkkette (Müller 1982).....	6
Abbildung 4: Lachman-Test (Achtnich et al., 2016).....	12
Abbildung 5: links 3D CT Rekonstruktion zur exakten Bestimmung der Lokalisation der Bohrkanäle, rechts CT zur Bestimmung der Weite der Bohrkanäle (Achtnich et al., 2016) .....	14
Abbildung 6: Postoperative Darstellung einer Doppelbündelrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. a: a.p.-Aufnahme, b: seitliches Röntgenbild (Janko et al., 2019) .....	16
Abbildung 7: KT-1000 Messung (Achtnich et al., 2016).....	23
Abbildung 8: Unfallmechanismus, die zur primären VKB Ruptur (1.) und zur Rezidivinstabilität (2.) führte .....	28
Abbildung 9: Transplantatwahl - Verwendete Sehne zum VKB Ersatz bei der primären Situation und bei der Revisionsoperation.....	29
Abbildung 10: Begleitverletzungen / -eingriffe .....	30
Abbildung 11: Ergebnisse der klinischen Tests - Vergleich verletzter zu unverletzter Seite .....	32
Abbildung 12: KOOS Score .....	33



## IX. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Risiko eines Pivoting-Shifts bei unterschiedlichen Sportarten .....	7
Tabelle 2: Patientenkollektiv .....	33
Tabelle 3: Mittelwerte und Häufigkeiten der klinischen Untersuchung auf der verletzten Seite im Vergleich.....	35
Tabelle 4: Scores im Vergleich .....	36

## X. Abkürzungsverzeichnis

3D	dreidimensional
A.	Arteria
Abb.	Abbildung
Ae.	Arteriae
a.p.	anterior-posterior
AM	anteromedial
BTB	Bone-Tendon-Bone (Patellarsehne mit zusätzlichem Knochenblock)
ca.	circa
cm	Centimeter
CT	Computertomographie
DFO	Distale Femurosteotomie
EPL	Ersatzplastik
et al.	und andere
Fa.	Firma
HKB	Hinteres Kreuzband
HTO	Hohe tibiale Osteotomie
IKDC	International Knee Documentation Committee
LCL	Ligamentum collaterale laterale/ Außenband
Lig.	Ligamentum
Ligg.	Ligamenta
kg	Kilogramm
KOOS	Knee Osteoarthritis Outcome Score
KRP	Keine Re-Plastik
mm	Millimeter
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
M.	Musculus
Max.	Maximum
Min.	Minimum
MCL	Ligamentum collaterale mediale/ Innenband
MW	Mittelwert
MRT	Magnetresonanztomographie

N.	Nervus
OATS	Osteochondral Autograft Transfer System
OP	Operation
Pat.	Patient
PL	posterolateral
R.	Ramus
Re-	Rezidiv- / Revisions-
RPNB	Re-Plastik nach Bohrkanalauffüllung
ROM	range of motion
SD	Standardabweichung
TAS	Tegner Activity Scale
TUM	Technische Universität München
V.	Vena
v.a.	vor allem
vs.	versus
VKB	Vorderes Kreuzband
z. B.	zum Beispiel

# XI. Anhang

## 1 Datenerhebungsbogen 1: IKDC

### IKDC Score

Name, Vorname: \_\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_\_  
(Tag / Monat / Jahr)

Adresse: \_\_\_\_\_ PLZ Ort: \_\_\_\_\_

Telefonnummer: \_\_\_\_\_

Beruf: \_\_\_\_\_

Ihre Größe: \_\_\_\_\_ cm

Ihr Gewicht: \_\_\_\_\_ kg

1. Wie intensiv ist Ihre sportliche Betätigung?

- Ich bin ambitionierte/r Sportler/in.
- Ich bin gut durchtrainiert und treibe häufig Sport.
- Ich treibe ab und zu Sport.
- Ich treibe nie Sport.

2. Rauchen Sie Zigaretten?

- Ja, \_\_\_\_\_ Zigaretten pro Tag
- Nein, ich habe das Rauchen in den letzten sechs Monaten aufgegeben.
- Nein, ich habe das Rauchen vor mehr als sechs Monaten aufgegeben.
- Nein, ich habe nie geraucht.

### FORMBLATT ZUR BEURTEILUNG DES GEGENWÄRTIGEN GESUNDHEITZUSTANDES

3. Wie würden Sie Ihren allgemeinen Gesundheitszustand beurteilen:

- hervorragend
- sehr gut
- gut
- mäßig
- schlecht

4. Wie würden Sie Ihren derzeitigen Allgemeinzustand im Vergleich zu Ihrem Zustand vor einem Jahr beurteilen?

- viel besser als vor einem Jahr
- etwas besser als vor einem Jahr
- etwa genauso wie vor einem Jahr
- etwas schlechter als vor einem Jahr
- viel schlechter als vor einem Jahr

5. Es folgt eine Liste von Aktivitäten, die an einem typischen Tag anfallen können. Werden Sie bei diesen Aktivitäten durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand eingeschränkt? Wenn ja, in welchem Umfang?

	Ja, sehr eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt
Anstrengende Aktivitäten wie Laufen, schwere Gegenstände heben, an anstrengenden Sportarten teilnehmen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mäßig anstrengende Aktivitäten wie z.B. einen Tisch umstellen, staubsaugen, Kegeln oder Golf spielen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lebensmittel hochheben oder tragen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehrere Treppen hochsteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Eine Treppe hochsteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sich bücken, knien oder in die Hocke gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehr als 1,5km gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehrere Straßenblöcke gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Einen Straßenblock gehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sich baden oder anziehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Verfassung Schwierigkeiten bei Ihrer Arbeit oder bei anderen normalen täglichen Aktivitäten? Bitte Zutreffendes ankreuzen.

	JA	NEIN
Ich musste die für meine Arbeit oder andere Aktivitäten vorgesehene Zeit reduzieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte nicht soviel leisten, wie ich wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich war in meiner Arbeit oder in anderen Aktivitäten eingeschränkt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich hatte Schwierigkeiten, meine Arbeit oder andere Aktivitäten auszuführen (Ich musste mich z.B. besonders anstrengen).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme Schwierigkeiten bei Ihrer Arbeit oder bei anderen normalen täglichen Aktivitäten? Sie waren z. B. deprimiert oder unruhig. Bitte Zutreffendes ankreuzen.

	JA	NEIN
Ich musste die für meine Arbeit oder andere Aktivitäten vorgesehene Zeit reduzieren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich konnte nicht soviel leisten, wie ich wollte.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich habe meine Arbeit oder anderen Aktivitäten nicht so sorgfältig wie gewöhnlich ausgeführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Inwieweit haben Ihre körperliche Verfassung oder seelischen Probleme Ihre normalen gesellschaftlichen Aktivitäten mit Familie, Freunden, Nachbarn oder anderen Gruppen in den vergangenen 4 Wochen beeinträchtigt?

- überhaupt nicht    etwas    mäßig stark    ziemlich stark    extrem stark

9. Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?

- keine Schmerzen    sehr gering    gering  
 mäßig stark    stark    sehr stark

10. Inwieweit wurde Ihre normale Arbeit (Arbeit außerhalb des Hauses und Hausarbeit) in den vergangenen 4 Wochen durch Ihre Schmerzen beeinträchtigt?

- überhaupt nicht    etwas    mäßig stark    ziemlich stark    extrem stark

11. Wie häufig wurden Ihre gesellschaftlichen Aktivitäten (Besuche bei Freunden, Verwandten usw.) in den vergangenen 4 Wochen durch Ihre körperliche Verfassung oder seelischen Probleme beeinträchtigt?

- immer    fast immer    ziemlich häufig    manchmal    selten    nie

12. Die folgenden Fragen betreffen Ihren Gemüts- und Allgemeinzustand in den vergangenen 4 Wochen. Kreuzen Sie bitte für jede Frage die Antwort an, die Ihre Situation am besten beschreibt. Wie oft hatten Sie dieses Gefühl in den vergangenen 4 Wochen?

	immer	Fast immer	Ziemlich oft	manchmal	gelegentlich	nie
Waren Sie durchweg voller Energie und Schwung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Waren Sie sehr nervös?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Waren Sie ruhig und gelassen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hatten Sie viel Energie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fühlten Sie sich niedergeschlagen und traurig?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fühlten Sie sich erschöpft?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Waren Sie glücklich?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fühlten Sie sich müde?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

13. Inwieweit sind die folgenden Aussagen in Bezug auf Ihre Person RICHTIG oder FALSCH?

	Unbedingt richtig	Überwiegend richtig	Ich weiß nicht	Überwiegend falsch	Unbedingt falsch
Ich glaube, ich bin etwas krankheitsanfälliger als andere Leute.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich bin so gesund wie jeder andere.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte, dass sich mein Gesundheitszustand verschlechtert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mein Gesundheitszustand ist ausgezeichnet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN BEURTEILUNG DES KNIES

### SYMPTOME\*:

\* Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben.

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?

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

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen? Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).

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

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen? Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

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

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

- überhaupt nicht
- etwas
- ziemlich
- sehr
- extrem



5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?

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

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?

- Ja
- Nein

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

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

#### **SPORTLICHE BETÄTIGUNG:**

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

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

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

	Überhaupt nicht schwierig	Minimal schwierig	Ziemlich schwierig	Extrem schwierig	unmöglich
Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Auf dem vorderen Knie knien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**FUNKTION:**

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

**FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNIEVERLETZUNG:**

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten

**DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:**

Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten

## 2 Datenerhebungsbogen 2: KOOS

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Austria/German version LK1.0

### "KOOS" KNIFFRAGEBOGEN

Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_

**ANLEITUNG:** In diesem Fragebogen geht es um Ihren Eindruck von Ihrem Knie. Ihre Angaben werden uns helfen, nachzuvollziehen, wie es Ihrem Knie Ihrer Meinung nach geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihren üblichen Tätigkeiten nachzugehen.

Beantworten Sie bitte jede Frage durch Ankreuzen des entsprechenden Kästchens. Bitte kreuzen Sie nur ein Kästchen pro Frage an. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

#### Beschwerden

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden in Ihrem Knie in der **letzten Woche**.

S1. War Ihr Knie geschwollen?

niemals      selten      manchmal      oft      immer  
                       

S2. Haben Sie ein Knirschen verspürt, ein Klicken oder irgendein anderes Geräusch gehört, wenn Sie Ihr Knie bewegten?

niemals      selten      manchmal      oft      immer  
                       

S3. Ist Ihr Knie hängen geblieben, oder hat es blockiert, wenn Sie es bewegten?

niemals      selten      manchmal      oft      immer  
                       

S4. Konnten Sie Ihr Knie ganz strecken?

immer      oft      manchmal      selten      niemals  
                       

S5. Konnten Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer      oft      manchmal      selten      niemals  
                       

#### Steifigkeit

In den nachfolgenden Fragen geht es um die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

S6. Wie stark war Ihre KniestEIFigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

keine      schwach      mäßig      stark      sehr stark  
                       

S7. Wie stark war Ihre KniestEIFigkeit **später am Tag**, nachdem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten?

keine      schwach      mäßig      stark      sehr stark

**Schmerzen**

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals	mindestens einmal im Monat	mindestens einmal in der Woche	mindestens einmal am Tag	immer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie stark waren die Schmerzen in Ihrem Knie in der **letzten Woche** bei den folgenden Tätigkeiten?

P2. Drehbewegung des Beins mit dem Knie

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P3. Ihr Knie ganz strecken

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P4. Ihr Knie ganz beugen

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P5. Auf ebenem Boden gehen

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P6. Treppen hinauf- oder hinuntergehen

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P7. Nachts im Bett

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P8. Sitzen oder Liegen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

P9. Aufrecht stehen?

keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Körperliche Funktionsfähigkeit, Aktivitäten des täglichen Lebens**

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Funktionsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit, sich selbständig zu bewegen und sich selbst zu versorgen. Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der **letzten Woche** wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A1. Treppen hinuntersteigen

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

A2. Treppen hinaufsteigen

keine	wenig	einige	große	sehr große
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der **letzten Woche** wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A3. Vom Sitzen aufstehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A4. Aufrecht stehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A5. Sich zu Boden bücken, etwas vom Boden aufheben

keine  wenig  einige  große  sehr große

A6. Auf ebenem Boden gehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A7. Ins Auto einsteigen oder aus dem Auto aussteigen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A8. Einkaufen gehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A9. Socken/Strümpfe anziehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A10. Vom Bett aufstehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A11. Socken/Strümpfe ausziehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A12. Im Bett liegen (beim Umdrehen, oder wenn das Kniegelenk längere Zeit unverändert in einer Stellung ist)

keine  wenig  einige  große  sehr große

A13. In die Badewanne oder aus der Badewanne steigen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A14. Sitzen

keine  wenig  einige  große  sehr große

A15. Sich auf die Toilette setzen oder aufstehen

keine  wenig  einige  große  sehr große

Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der **letzten Woche** wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

A16. Schwere Hausarbeit verrichten (schwere Kisten bewegen, schwere Einkäufe tragen usw.)

keine  wenig  einige  große  sehr große

A17. Leichte Hausarbeit verrichten (kochen, Staub wischen usw.)

keine  wenig  einige  große  sehr große

### Körperliche Funktionsfähigkeit, Sport und Freizeitaktivitäten

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit bei stärkerer körperlicher Betätigung. Geben Sie bitte bei jeder der nachfolgenden Tätigkeiten das Ausmaß der Schwierigkeiten an, die Sie in der **letzten Woche** wegen Ihres Kniegelenks damit hatten.

SP1. Hocken

keine  wenig  einige  große  sehr große

SP2. Laufen

keine  wenig  einige  große  sehr große

SP3. Springen

keine  wenig  einige  große  sehr große

SP4. Drehbewegung des Beins mit dem kranken Knie

keine  wenig  einige  große  sehr große

SP5. Knien

keine  wenig  einige  große  sehr große

### Lebensqualität

Q1. Wie oft denken Sie an Ihr Knieproblem?

niemals  mindestens einmal im Monat  mindestens einmal in der Woche  mindestens einmal am Tag  immer

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um Tätigkeiten zu vermeiden, die Ihrem Knie schaden könnten?

gar nicht  wenig  etwas  stark  vollständig

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, dass Sie sich auf Ihr Knie nicht verlassen können?

gar nicht  wenig  mäßig  ziemlich  sehr

Q4. Wie viele Schwierigkeiten haben Sie durch das Knie insgesamt?

keine  wenig  einige  große  sehr große

**Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens**

### 3 Datenerhebungsbogen 3: TAS

#### TAS – Tegner activity Scale

Mit den nachfolgenden Fragen möchten wir untersuchen, wie gut Ihre Kniefunktion ist.

Bitte lesen Sie die nachfolgende Aufstellung durch. Beurteilen Sie ihren Aktivitätsstatus und kreuzen Sie die betreffende Spalte an.

Kreuz	Aktivitätsgrad	Tätigkeit
<input type="checkbox"/>	Hochleistungssport – nationale und internationale Elite	Fußball
<input type="checkbox"/>	Leistungssport	Eishockey, Ringen, Turnen, Gymnastik, Fußball (untere Ligen)
<input type="checkbox"/>	Leistungssport	Skifahren, Badminton, Squash, Leichtathletik (Weitsprung)
<input type="checkbox"/>	Leistungssport Freizeitsport	Handball, Tennis, Basketball, Leichtathletik (Laufen), Querfeldeinlauf Eishockey, Fußball, Squash, Weitsprung, Querfeldeinlauf
<input type="checkbox"/>	Freizeitsport	Badminton, Tennis, Basketball, Skifahren, Joggen bis 5x die Woche
<input type="checkbox"/>	Leistungssport Freizeitsport Arbeit	Radfahren, Skilanglauf Joggen auf unebenem Boden mind. 2x pro Woche Schwerarbeit (Bauarbeiter)
<input type="checkbox"/>	Freizeitsport Arbeit	Skilanglauf, Radfahren, Joggen auf ebenem Boden mind. 2x pro Woche zeitweise schwere Arbeit, z.B. LKW-Fahrer
<input type="checkbox"/>	Leistungssport Freizeitsport Arbeit Gehen	Schwimmen Schwimmen leichte körperliche Arbeiten Gehen auf unebenem Boden, z.B. im Wald
<input type="checkbox"/>	Arbeit Gehen	kaum körperliche Arbeit Gehen im Wald unmöglich
<input type="checkbox"/>	Arbeit Gehen	überwiegend sitzend Gehen nur auf ebenem Boden möglich
<input type="checkbox"/>	Arbeit Gehen	Arbeitsunfähigkeit aufgrund einer Kniegelenksverletzung normales Gehen nicht möglich

## 4 Datenerhebungsbogen 4: Lysholm Score

LYSHOLM SCORE (MODIFIZIERTER SCORE NACH LYSHOLM UND GILLQUIST)

Hinken:

- nein                       wenig oder zeitweise                       stark oder immer

Belastung:

- Vollbelastung       Gehstützen oder Stock                       Belastung nicht möglich

Blockierung:

- keine Blockierung und kein Gefühl der Einklemmung  
 Gefühl der Einklemmung aber keine Blockierung  
 gelegentliche Blockierung  
 häufige Blockierung  
 blockiertes Gelenk bei Untersuchung

Instabilität:

- niemals "giving way" Phänomen  
 "giving way" selten während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung  
 "giving way" häufig während des Sports oder anderer schwerer Anstrengung  
(oder unmöglich, daran teilzunehmen)  
 "giving way" gelegentlich während Tätigkeiten des Alltags  
 "giving way" oft während Tätigkeiten des Alltags  
 "giving way" bei jedem Schritt

Schmerzen:

- keine  
 unregelmäßig and gering während schwerer Anstrengung  
 deutlich/ausgeprägt während schwerer Anstrengung  
 deutlich während oder nach dem Gehen von mehr als 2km  
 deutlich während oder nach dem Gehen von weniger als 2km  
 ständig

Schwellung:

- keine     bei schwere Anstrengung  
 bei gewöhnlicher Anstrengung       ständig

Treppensteigen:

- kein Problem                                       ein wenig beeinträchtigt  
 Schritt für Schritt                                       nicht möglich

Hocken:

- kein Problem                                       wenig beeinträchtigt  
 nicht über 90°                                       nicht möglich

Gesamtpunktzahl:



## 5 Datenerhebungsbogen 5: Anamnesebogen

Anamnesebogen Kniegelenk

Datum: \_\_\_\_\_

Name: \_\_\_\_\_ Alter: \_\_\_\_\_

Betroffenes Knie:  rechts  links

### Anamnese:

1. Ruptur Jahr: \_\_\_\_\_ Verletzungsmechanismus: \_\_\_\_\_

1. Bohrkanalreduktion Jahr \_\_\_\_\_

1. Replastik Jahr: \_\_\_\_\_ Transplantat: \_\_\_\_\_

2. Ruptur Jahr: \_\_\_\_\_ Verletzungsmechanismus: \_\_\_\_\_

2. Bohrkanalreduktion Jahr \_\_\_\_\_

2. Replastik Jahr: \_\_\_\_\_ Transplantat: \_\_\_\_\_

3. Ruptur Jahr: \_\_\_\_\_ Verletzungsmechanismus: \_\_\_\_\_

3. Bohrkanalreduktion Jahr \_\_\_\_\_

3. Replastik Jahr: \_\_\_\_\_ Transplantat: \_\_\_\_\_

**Beschwerden:** \_\_\_\_\_

**Bildgebung dabei:**  CT  RÖ  MRT

**Nebenbefunde:** \_\_\_\_\_

**Frühere Operationen:** \_\_\_\_\_

**Inspektion:**  Rötung  Schwellung  Überwärmung  Erguss

genu varum / valgum

<b>Beweglichkeit</b> Flexion - Extension	RECHTS	LINKS
aktiv	- -	- -
passiv	- -	- -
Bewegungsstopp	<input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> weich <input type="checkbox"/> hart	<input type="checkbox"/> normal <input type="checkbox"/> weich <input type="checkbox"/> hart
Oberschenkel-Umfang		

Bandführung	RECHTS				LINKS			
	-	+	++	+++	-	+	++	+++
INNENBAND medial aufklappbar:								
-in 20° Beugung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-in Kniestreckung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
AUßENBAND lateral aufklappbar:								
-in 20° Beugung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
-in Kniestreckung:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LACHMANN-Test:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
- Anschlag	<input type="checkbox"/>	fest	<input type="checkbox"/>	weich	<input type="checkbox"/>	fest	<input type="checkbox"/>	weich
PIVOTSHIFT-Test:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SCHUBLADEN-Test:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Auswertung IKDC Score: \_\_\_\_\_

Auswertung KOOS Score: \_\_\_\_\_

Auswertung Lysholm Score: \_\_\_\_\_

Auswertung Tegner Score: \_\_\_\_\_

## **XII. Danksagung**

Ich danke Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff, Leiter der Abteilung und Poliklinik für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München, dass ich die Arbeit an seinem Haus anfertigen durfte.

Weiterhin gilt mein Dank an meinen Doktorvater Prof. Dr. med. Sepp Braun für die freundliche Übernahme der vorliegenden Doktorarbeit und die Bereitstellung der erforderlichen Daten sowie Räumlichkeiten.

Einen besonderen Dank möchte ich meiner Betreuerin PD Dr. med. Andrea Achtnich aussprechen. Ihr kompetenter Rat und ihre unermüdliche Unterstützung haben mich über fünf Jahre hinweg stets begleitet und trugen maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit bei.

Dr. med. univ. Elmar Herbst sowie Dr. Bernhard Haller danke ich herzlichst für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Auch möchte ich mich bei Dr. med. Theresa Diermeier und Dr. med. Felix Dyrna bedanken, die immer Zeit und ein offenes Ohr für mich hatten.

Zuletzt danke ich meiner Familie, die mir dieses Studium ermöglichten und mir auch während der Doktorarbeit immerzu unterstützend und liebevoll zur Seite standen.