



TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Fakultät für Medizin

Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar München

**Kniegelenksinfekte nach vorderer Kreuzbandplastik –  
die Bedeutung des Transplantaterhalts**

Alexander Themessl

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. Andreas B. Imhoff
- 2) Prof. Dr. Peter Biberthaler
- 3) Priv.-Doz. Dr. Knut Beitzel

Die Dissertation wurde am 28.10.2019 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 13.05.2020 angenommen.

Aus der Abteilung für Sportorthopädie  
am Klinikum rechts der Isar München  
(Leitung: Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff)

**Kniegelenksinfekte nach vorderer Kreuzbandersatzplastik -  
die Bedeutung des Transplantaterhalts**

Dissertation zum Erlangen des Doktorgrades der Medizin  
an der Medizinischen Fakultät  
der Technischen Universität München (TUM)

Vorgelegt von  
Alexander Themessl  
München 2019

# INHALTSVERZEICHNIS

<b><u>ABKÜRZUNGEN UND ERKLÄRUNGEN.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>1. ABSTRACT .....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>2. EINLEITUNG.....</u></b>	<b><u>11</u></b>
2.1. EINTEILUNG UND DEFINITION VON GELENKINFEKTEN .....	12
2.2. PATHOGENESE UND RISIKOFAKTOREN .....	13
2.2.1. PATHOGENESE .....	13
2.2.2. RISIKOFAKTOREN.....	16
2.3. DIAGNOSESTELLUNG EINES GELENKINFEKTS NACH VKB-REKONSTRUKTION.....	16
2.3.1. ANAMNESE UND KLINISCHER BEFUND .....	17
2.3.2. LABORDIAGNOSTIK UND ANALYSE DER SYNOVIA .....	18
2.3.3. BILDGEBUNG .....	19
2.4. STADIEN DES GELENKINFEKTS .....	19
2.5. THERAPEUTISCHES VORGEHEN BEI POSTOPERATIVEM KNIEGELENKSINFEKT .....	24
2.5.1. ERREGERSPEKTRUM .....	24
2.5.2. ANTIBIOTISCHE THERAPIE .....	24
2.5.3. OPERATIVE VERSORGUNG.....	25
<b><u>3. FRAGESTELLUNG .....</u></b>	<b><u>27</u></b>
<b><u>4. METHODIK UND DATENERHEBUNG .....</u></b>	<b><u>29</u></b>
4.1. STUDIENPLANUNG UND PATIENTENKOLLEKTIV.....	29
4.2. DIAGNOSESTELLUNG UND BEHANDLUNGALGORITHMUS.....	31

<b>4.3.</b>	<b>ABLAUF DER NACHUNTERSUCHUNG .....</b>	<b>34</b>
<b>4.4.</b>	<b>NACHUNTERSUCHUNG – ANAMNESE UND KLINISCHE UNTERSUCHUNG .....</b>	<b>35</b>
4.4.1.	IKDC 2000 UND FORMBLATT ZU UNTERSUCHUNG DES KNIES.....	36
4.4.2.	ARTHROMETER KT-1000™ .....	37
<b>4.5.</b>	<b>NACHUNTERSUCHUNG – SUBJEKTIVE BEURTEILUNG.....</b>	<b>40</b>
4.5.1.	KOOS - KNIEFRAGEBOGEN .....	40
4.5.2.	WOMAC - SCORE .....	41
4.5.3.	LYSHOLM-KNIESCORE .....	42
4.5.4.	IKDC 2000 - FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN UNTERSUCHUNG DES KNIES .....	43
<b>4.6.</b>	<b>RADIOLOGISCHE BEURTEILUNG .....</b>	<b>44</b>
4.6.1.	TRANSPLANTATINTEGRITÄT .....	45
4.6.2.	BESCHAFFENHEIT DES KNORPELS (ICRS KLASSIFIKATION) .....	45
4.6.3.	BEURTEILUNG DER MENISKEN .....	47
4.6.4.	BEURTEILUNG DER ARTHROFIBROSE .....	48
<b>4.7.</b>	<b>STATISTISCHE AUSWERTUNG .....</b>	<b>49</b>
<b>5.</b>	<b><u>ERGEBNISSE .....</u></b>	<b>50</b>
<b>5.1.</b>	<b>PATIENTENKOLLEKTIV UND GRUPPENEINTEILUNG.....</b>	<b>50</b>
<b>5.2.</b>	<b>DEMOGRAPHISCHE DATEN.....</b>	<b>51</b>
<b>5.3.</b>	<b>MIKROBIOLOGISCHE BEFUNDE.....</b>	<b>53</b>
<b>5.4.</b>	<b>KLINISCHE BEFUNDE .....</b>	<b>54</b>
5.4.1.	AUSWERTUNG DES FORMBLATTS ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES (IKDC 2000) .....	54
5.4.2.	MESSUNGEN MIT DEM KT-1000™ .....	54
<b>5.5.</b>	<b>AUSWERTUNG DER SUBJEKTIVEN FRAGEBÖGEN .....</b>	<b>56</b>
5.5.1.	AUSWERTUNG DES KOOS- KNIEFRAGEBOGENS .....	56
5.5.2.	AUSWERTUNG DES WOMAC-SCORES.....	56

5.5.3.	ERGEBNISSE DES LYSHOLM-KNIESCORES .....	57
5.5.4.	ERGEBNISSE AUS DEM FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN BEURTEILUNG (IKDC 2000) .....	57
<b>5.6.</b>	<b>RADIOLOGISCHE AUSWERTUNG .....</b>	<b>59</b>
5.6.1.	BEURTEILUNG DER GRAFTINTEGRITÄT .....	59
5.6.2.	BEURTEILUNG DES KNORPELZUSTANDES .....	59
5.6.3.	BEURTEILUNG DER MENISKEN .....	59
5.6.4.	BEURTEILUNG DER ARTHROFIBROSE .....	62
<b>6.</b>	<b><u>DISKUSSION .....</u></b>	<b><u>63</u></b>
6.1.	DISKUSSION DER RISIKOFAKTOREN FÜR EIN TRANSPLANTATVERSAGEN .....	65
6.2.	DISKUSSION DER ERGEBNISSE AUS KLINISCHER UND SUBJEKTIVER NACHUNTERSUCHUNG .....	74
6.2.1.	DISKUSSION DER RESULTATE VON PATIENTEN MIT TRANSPLANTATERHALT.....	74
6.2.2.	DISKUSSION DER RESULTATE VON PATIENTEN MIT TRANSPLANTATENTFERNUNG .....	80
6.3.	DISKUSSION DER RADIOLOGISCHEN ERGEBNISSE .....	83
6.3.1.	DEGENERATIVE VERÄNDERUNGEN.....	83
6.3.2.	ARTHROFIBROSE .....	85
6.4.	LIMITATIONEN .....	87
<b>7.</b>	<b><u>ZUSAMMENFASSUNG.....</u></b>	<b><u>88</u></b>
<b>8.</b>	<b><u>LITERATURVERZEICHNIS .....</u></b>	<b><u>91</u></b>
<b>9.</b>	<b><u>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>105</u></b>
<b>10.</b>	<b><u>TABELLENVERZEICHNIS.....</u></b>	<b><u>106</u></b>
<b>11.</b>	<b><u>ANHANG .....</u></b>	<b><u>107</u></b>

**12. VORVERÖFFENTLICHUNG .....136**

**13. DANKSAGUNG.....137**

## Abkürzungen und Erklärungen

VKB	vorderes Kreuzband
HKB	hinteres Kreuzband
EPL	Ersatzbandplastik
MRI	Magnetic resonance imaging
HTO	hohe tibiale Osteotomie
ST	Semitendinosus
HS	Hamstring
QS	Quadrizepssehne
BPTB	Bone-Patellar- Tendon- Bone
ROM	range of motion
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index
IKDC	International Knee Documentation Committee
ICRS	International Cartilage Research Society
SA	Staphylococcus aureus
KNS	Koagulase- negative Staphylokokken
MSKNS	Methicillin- sensible Koagulase- negative Staphylokokken
MRKNS	Methicillin- resistente Koagulase- negative Staphylokokken
MSSA	Methicillin- sensibler Staphylococcus aureus
MRSA	Methicillin- resistenter Staphylococcus aureus
CRP	C-reaktives Protein
IL	Interleukin
TNF	Tumornekrosefaktor
SAP	Systeme, Anwendungen und Produkte in der Datenverarbeitung
vs.	versus

## 1. Abstract

**Introduction:** Septic arthritis is a rare but potentially devastating complication after anterior cruciate ligament reconstruction. According to literature, almost every fifth graft has to be removed, making it of clinical and scientific interest to understand the impact of graft removal and graft retention on patients' outcome. Therefore, it is the goal of this study to retrospectively analyze clinical, subjective, and radiological data of patients with and without graft retention during the treatment of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction.

**Methods:** Patients included in this study had undergone arthroscopic treatment of septic arthritis between January 2006 and December 2015 at the main author's institution and were out at least 12 months status post treatment. They were divided into two groups (Group 1: patients with initial graft retention; Group 2: patients with initial graft removal). Group 2 was further subdivided into Group 2a, which consisted of patients with secondary graft reimplantation, and Group 2b, those without secondary graft reimplantation. Clinical (physical examination, knee arthrometer- KT-1000™-measurements), subjective (KOOS, WOMAC score, Lysholm score and subjective IKDC score) and radiological data (MRI) were collected at follow-up and analyzed. MRI findings were compared to initial preoperative findings.

**Results:** Of 41 patients initially included in this study, 33 (81 %) were available for follow up at a mean of  $54,7 \pm 24,4$  months. Mean age was  $28,4 \pm 9,3$  years. With regard to the baseline characteristics of the patients, no significant correlation could be found between any of the demographic or clinical parameters and the risk for later graft removal.

Patients with initial graft retention (Group 1, n = 21) obtained significantly better results on the objective IKDC score (normal or nearly normal: 66,6 %; vs. 36,4 %; p = 0,047) and



KT-1000™ - measurements ( $1,3 \pm 1,0$  mm vs.  $2,9 \pm 1,5$  mm;  $p = 0,005$ ). Patients from Group 1 also scored higher on the Lysholm score and the subjective IKDC score ( $p = 0,007$  and  $0,011$ ). Comparison between Group 2a ( $n = 4$ ) and Group 2b ( $n = 8$ ) showed no significant differences, however patients with graft reimplantation (Group 2a) reached superior results. MRI analysis revealed a deterioration of cartilage of 1.0 grade according to ICRS classification in patients with graft (group 1 and 2a) as compared to a deterioration of 1.6 grades in patients without a graft (group 2b). Patients from group 2b also showed a higher incidence of new meniscal tears at follow-up. Arthrofibrosis was found only in patients with a graft at follow-up (Group 1 and 2a).

**Conclusion:** Patients with initial graft retention showed superior results compared to patients with graft removal. Patients with graft reimplantation reached similar results as patients with initial graft retention, therefore highlighting the importance of a functioning graft for the majority of the objective, subjective, and radiologic outcome parameters.

**Einleitung:** Kniegelenksinfekte nach einer Ersatzbandplastik des vorderen Kreuzbandes (VKB) sind seltene aber potentiell schwerwiegende Komplikationen. In bis zu 20 % der Fälle muss das VKB-Transplantat entfernt werden, um den Gelenkinfekt erfolgreich behandeln zu können.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Studie, in einem Patientenkollektiv mit und ohne Transplantaterhalt während der Behandlung des Gelenkinfekts objektive, subjektive und radiologische Parameter retrospektiv zu analysieren, um so genauere Aussagen zur Bedeutung des Transplantaterhalts für Patienten treffen zu können.

**Methoden:** Alle Patienten, die zwischen Januar 2006 und Dezember 2015 in der Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar aufgrund eines postoperativen Gelenkinfekts nach VKB-Ersatzbandplastik arthroskopisch behandelt worden sind und ein Mindestfollow-up von 12 Monaten aufwiesen, wurden in diese Studie eingeschlossen. Eine Einteilung der Patienten erfolgte dabei in zwei Gruppen: Gruppe 1 bestand aus Patienten mit initialem Transplantaterhalt, während Gruppe 2 Patienten mit initialer Transplantatentfernung beinhaltete. Die Patienten aus Gruppe 2 wurden wiederum in eine Gruppe 2a (Patienten mit erneuter VKB-Rekonstruktion nach Ausheilung des Infektes) und Gruppe 2b (Patienten ohne erneute VKB-Rekonstruktion) unterteilt. Für die Nachuntersuchung erfolgte der Vergleich der Gruppen anhand objektiver (klinische Untersuchung gemäß IKDC 2000, KT-1000™), subjektiver (KOOS-Kniefragebogen, WOMAC-Score, Lysholm-Kniescore, subjektiver Teil des IKDC 2000) und radiologischer (MRT-) Parameter.

**Ergebnisse:** Von 41 eingeschlossenen Patienten konnten 33 Patienten (81 %) für die Nachuntersuchung rekrutiert werden. Das mittlere Follow-up betrug  $54,7 \pm 24,4$  Monate bei einem durchschnittlichen Patientenalter von  $28,4 \pm 9,3$  Jahren. Es konnten keine signifikanten Risikofaktoren für eine spätere Transplantatentfernung festgestellt werden. Patienten aus

Gruppe 1 (n = 21) erzielten im Vergleich zu Patienten aus Gruppe 2 (n = 12) signifikant bessere Ergebnisse im klinischen Teil des IKDC 2000 Fragebogens (normal oder fast normal: 66,6 %; vs. 36,4 %; p = 0,047) und in der KT-1000™ - Messung ( $1,3 \pm 1,0$  mm vs.  $2,9 \pm 1,5$  mm; p = 0,005). Gruppe 1 war Gruppe 2 auch in der Auswertung des Lysholm-Kniescores (p = 0,007) und des subjektiven IKDC Fragebogens signifikant überlegen (p = 0,011). Zwischen den Untergruppen 2a (n = 4) und 2b (n = 8), zeigten sich keine signifikanten Unterschiede. Jedoch schnitten Patienten mit einer Transplantat Re-Implantation (Gruppe 2a) bei in den Auswertungen tendenziell besser als Patienten ohne Transplantat (Gruppe 2b) und sogar ähnlich wie Patienten aus Gruppe 1 ab. Die MRT-Auswertung zeigte vermehrt Knorpel- und Meniskusschäden bei Patienten mit Transplantatentfernung (Gruppe 2) im Vergleich zu den Patienten mit Transplantaterhalt (Gruppe 1). Arthrofibrose konnte nur bei Patienten mit einem Transplantat (Gruppe 1 und 2a) nachgewiesen werden.

**Schlussfolgerung:** Patienten mit initialem Transplantaterhalt schnitten in den objektiven, subjektiven und radiologischen Kategorien besser ab als die Patienten mit initialem Transplantatausbau. Patienten mit einer erneuten VKB-Rekonstruktion erreichten vergleichbare Ergebnisse wie die Patienten mit ursprünglichem Transplantaterhalt. Somit sollten bei Gelenkinfekten nach vorderer Kreuzbandplastik transplantaterhaltende Verfahren erfolgen. Bei Notwendigkeit einer Transplantatentfernung erscheint eine erneute VKB-Rekonstruktion nach ausgeheiltem Infekt vorteilhaft für das postoperative Ergebnis dieser Patienten zu sein.

## 2. Einleitung

Die Geschichte der Kreuzbandchirurgie ist eine Erfolgsgeschichte der vergangenen Dekaden. Ihre Ursprünge gehen auf Sir Arthur Mayo-Robson aus Leeds (1853-1933) und William Henry Battle aus London (1855-1935) zurück, denen 1895 die erste erfolgreiche Durchführung einer Naht des vorderen Kreuzbands (VKB) sowie 1900 die erste wissenschaftliche Veröffentlichung zu diesem Thema in der englischsprachigen Literatur zugeschrieben werden (Battle, 1900; Robson, 1903). Von dem deutschen Chirurgen Herbert Goetjes folgte 1913 der erste große Fallbericht über die operative Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur mittels Naht (Goetjes, 1913). Da diese Operationen aber komplikationsreich und die Ergebnisse unvorhersehbar waren, blieb die Skepsis gegenüber der operativen Versorgung von Kreuzbandverletzungen zunächst groß. Noch in den 30er Jahren galten Eingriffe am Kniegelenk als „ (...) jenseits der Grenzen der herkömmlichen Regeln der Chirurgie“ und bis in die 1970er Jahre stellte eine VKB-Ruptur für manch einen Chirurgen „den Anfang vom Ende“ des Knies dar (Bick, 1933; Sayampanathan et al., 2017; Schindler, 2012; Torg et al., 1976).

Der allgemeine medizinische Fortschritt und besonders die zunehmende Bedeutung der arthroskopischen Gelenkchirurgie revolutionierten jedoch kurze Zeit später die Kreuzbandchirurgie. Durch neue, minimalinvasive Techniken gelang eine Reduktion der Komplikationsraten, und mit dem Einsatz erster Ersatzbandplastiken konnten die operativen Ergebnisse stetig verbessert werden. Heute stellt die Kreuzbandchirurgie mit über 130.000 Eingriffen pro Jahr alleine in den USA, eines der Zugpferde der modernen Orthopädie und Unfallchirurgie dar (Mall et al., 2014; Treuting, 2000b).

Junge und aktive Menschen sind mit am häufigsten von Verletzungen des vorderen Kreuzbands betroffen, profitieren aber auch laut aktuellen Daten hinsichtlich mittel- bis langfristiger Ergebnisse besonders von einer operativen Versorgung (Lai et al., 2017; Siegel, 2018). Doch trotz der hohen Erfolgsrate dieser Eingriffe, dürfen die operativen Risiken und die möglichen

Komplikationen nicht außer Acht gelassen werden. Zwar konnten durch den Einzug minimalinvasiver Rekonstruktionsmöglichkeiten die operativen Komplikationsraten reduziert werden, dennoch bleibt bis heute ein gewisses Restrisiko durch diese Operationen bestehen (Treuting, 2000a).

Mit einer Inzidenz von 0,14 % - 2,16 % gehören postoperative Gelenkinfekte zu den selteneren Komplikationen nach einer VKB-Ersatzbandplastik, gehen aber mit erheblichen sozioökonomischen Kosten einher und können vor allem schwerwiegende gesundheitliche Konsequenzen für die Patienten nach sich ziehen (Gobbi et al., 2016; Indelli et al., 2002; Makhni et al., 2015; Singh & Yu, 2017).

Doch obwohl in den letzten Jahren zahlreiche Erkenntnisse über postoperative Gelenkinfekte nach VKB-Rekonstruktionen gesammelt werden konnten, stellt diese Komplikation Ärzte teilweise noch immer vor diagnostische und therapeutische Schwierigkeiten. Vor diesem Hintergrund ist ein gewissenhafter Umgang mit dieser Komplikation von großem medizinischen wie auch wissenschaftlichen Interesse. Diese Arbeit soll einen Beitrag zu einem besseren Verständnis der Risikofaktoren, diagnostischen Mittel, Therapiemöglichkeiten und der postoperativen Folgen von Gelenkinfektionen nach vorderer Kreuzbandersatzplastik leisten.

## 2.1. Einteilung und Definition von Gelenkinfekten

Gelenkinfekte werden grundsätzlich in exogen und endogen erworbene Infekte eingeteilt. Bei endogenen Infekten kommt es zu einer hämatogenen Streuung von Erregern über die vaskularisierte Synovia eines Gelenks. Ursächlich sind nicht selten subklinische Infektionen des oropharyngealen Raums, des Urogenitaltrakts oder Weichteilinfektionen, wobei bestimmte Risikofaktoren (siehe 2.2.2) die Entstehung eines Infekts begünstigen können (Maderazo et al., 1988). Exogene Infektionen hingegen, treten entweder im Rahmen offener Verletzungen auf,

oder aber es führen iatrogene/operative Maßnahmen zu einer Verschleppung von Erregern in das Gelenk. Dabei steigt die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines iatrogenen Gelenkinfekts mit dem Grad der Invasivität des Eingriffs erwartungsgemäß an und ist nach einer Arthrotomie mit 0,02 % - 1 % am höchsten, gefolgt von arthroskopischen Eingriffen (0,04 % - 0,28 %) und Punktionen oder Infiltrationen mit einem Infektionsrisiko von 0,003 %- 0,34 % (Grifka & Kuster, 2011; Simank et al., 2004).

## 2.2. Pathogenese und Risikofaktoren

Erreger, die sich in einem Gelenk befinden, werden für gewöhnlich durch das körpereigene Immunsystem beseitigt. Allerdings können verschiedene Mechanismen dazu führen, dass sich dennoch ein manifester Gelenkinfekt ausbildet. Eine entscheidende Rolle für die Pathogenese eines Infekts spielen dabei die strukturellen Gegebenheiten des Gelenks, die individuelle Immunantwort des Patienten und die Virulenz des Erregers (Shirtliff & Mader, 2002).

### 2.2.1. Pathogenese

#### 2.2.1.1. *Anatomie eines echten Gelenks*

Das echte Gelenk (Diarthrose, Synovialgelenk) besteht aus den artikulierenden Gelenkkörpern (Epiphysen), dem dazwischen liegenden Gelenkspalt, der Gelenkschmiere (Synovia) sowie aus der das Gelenk umschließenden Gelenkkapsel. Diese setzt sich wiederum aus einer äußeren Membrana fibrosa und einer inneren Membrana synovialis zusammen. Die kollagenreiche und gelegentlich durch Kapselbänder (Ligamenta capsularia) verstärkte Membrana fibrosa dient vor allem der passiven Stabilität des Gelenks und der Abgrenzung nach außen. Die zweischichtige und gut vaskularisierte Membrana synovialis (synoviale Intima und Subintima) ist überwiegend für die Produktion und Resorption der Synovia verantwortlich. Beide Schichten der

Gelenkkapsel (Membrana fibrosa und Membrana synovialis) haben durch das Vorhandensein von Mechanorezeptoren (Pacini- und Ruffini-Körperchen) sowie von freien Nervenendigungen zusätzlich propriozeptive und nozizeptive Eigenschaften.

Die Synovia ist eine visköse Flüssigkeit und enthält neben vereinzelt Zellen (dendritische Zellen, Mastzellen), Proteine (z. B. Hyaluronan, Lubricin) und Nährstoffe. Diese Zusammensetzung ermöglicht es ihr, den avaskulären hyalinen Gelenkknorpel mit Nährstoffen zu versorgen, die Reibungskräfte zwischen den artikulierenden Gelenkkörpern zu minimieren und als Stoßdämpfer zu dienen (Schuenke, 2000).

Allerdings können die biologischen und physikalischen Eigenschaften des Gelenks auch die Entstehung von Gelenkinfekten begünstigen. So führt das Fehlen einer Basalmembran und der lockere Aufbau der synovialen Intima dazu, dass Erreger leichter aus dem Blut in das Gelenk übertreten können. Außerdem erleichtern die rheologischen Eigenschaften der Synovia eine Kolonisation des Gelenks durch Bakterien. In vorgeschädigten oder voroperierten Gelenken finden sich zudem erhöhte Konzentrationen verschiedener Proteine der extrazellulären Matrix (z. B. Fibronectin), die eine Adhäsion der Erreger im Gelenk erleichtern und die Entstehung einer Infektion begünstigen können (Shirtliff & Mader, 2002).

#### *2.2.1.2. Immunantwort*

Das Eindringen von Erregern in das Gelenk und die Erkennung pathogener Oberflächenstrukturen durch das körpereigene Immunsystem führt zur Aktivierung einer Entzündungskaskade. Hierbei spielen verschiedene Zytokine (z. B. IL-1 $\beta$ , IL-6, TNF-alpha, Interferon-alpha), Akute-Phase-Proteine (z. B. CRP), Sauerstoffradikale sowie das Komplementsystem und verschiedene zelluläre Mechanismen zur Bekämpfung der Erreger eine entscheidende Rolle. Kann ein Erreger jedoch nicht rechtzeitig beseitigt werden, führt die

aufrecht erhaltene Entzündungsreaktion mit der Zeit zu einer enzymatischen und/oder toxischen Schädigung von Gelenkstrukturen (Shirtliff & Mader, 2002).

Man geht davon aus, dass das Ausmaß der Infektion zudem durch individuelle genetische Phänotypen beeinflusst wird. So haben Tierversuche beispielsweise gezeigt, dass das Fehlen bestimmter antiinflammatorischer Zytokine (z. B. Interleukin 1) mit einer erhöhten Anfälligkeit des Gelenks für Staphylokokken-Infektionen assoziiert ist (Gjertsson et al., 2002; Hultgren et al., 2002; Mathews et al., 2010).

#### *2.2.1.3. Virulenzfaktoren*

Die Gefahr, die von bakteriellen Erregern für die Entstehung eines Gelenkinfekts ausgeht, hängt maßgeblich von ihren jeweiligen Virulenzfaktoren ab. Eine Fülle verschiedener Proteine und Oberflächenstrukturen sind somit für die pathogene Potenz (Virulenz) eines Erregers und ihre Fähigkeit zur Kolonisation eines Gelenks verantwortlich.

So produzieren Bakterien beispielsweise zahlreiche Oberflächenstrukturen (Adhäsine), die ihre Anheftung an Komponenten der extrazellulären Matrix im Gelenk des Trägers ermöglichen. Außerdem sind gewisse Erreger (darunter v. a. Staphylokokken) in der Lage, über die Ausbildung eines Biofilms oder einer antiphagozytären Kapsel, trotz der immunologischen Antwort des Patienten in dem betroffenen Gelenk zu persistieren und eine Entzündungsreaktion aufrechtzuerhalten (Shirtliff & Mader, 2002).

Die unterschiedliche Virulenz von Erregern und damit die verschiedenen klinischen Verläufe sind dabei vom Vorkommen verschiedener Toxine und Enzyme abhängig, die auf unterschiedliche Genotypen innerhalb verschiedener Spezies zurückzuführen sind (Abdelnour et al., 1993; Deng & Tarkowski, 2000).



### 2.2.2. Risikofaktoren

Parallel zu diesen Gesichtspunkten können bei den Patienten auch prädisponierende Faktoren für die Entstehung eines Gelenkinfekts vorliegen. So sind internistische und immunsupprimierende Vorerkrankungen, wie Diabetes mellitus, Nieren- und Lebererkrankungen, chronischer Alkoholkonsum, Tabakkonsum oder ein erhöhtes Alter mit dem gehäuftem Auftreten von Gelenkinfekten assoziiert (Brophy et al., 2015; Mathews et al., 2010).

Auch Voroperationen an dem betroffenen Gelenk, Steroidinjektionen oder zugrunde liegende Gelenkerkrankungen (wie rheumatoide Arthritis oder Arthrose) werden als allgemeine Risikofaktoren für die Entstehung von bakteriellen Arthritiden diskutiert (D. R. McAllister et al., 1999; Stutz, 2005).

Der Einbau von Fremdmaterial in das Gelenk, genauer gesagt die Verwendung von autologen oder allogenen Transplantaten sowie deren Fixierungssystemen, stellt einen weiteren Risikofaktor für eine Keimbesiedelung und die Entwicklung eines Gelenkinfekts dar.

Im Rahmen von VKB-Rekonstruktionen ist zudem davon auszugehen, dass die Dauer der Präparation der Transplantate aber unter Umständen auch die Wahl des Transplantats eine Rolle bei der Entstehung von Infekten spielen können (Barker et al., 2010; Maletis et al., 2013).

### 2.3. Diagnosestellung eines Gelenkinfekts nach VKB-Rekonstruktion

Ob ein Gelenkinfekt erfolgreich behandelt werden kann hängt auch maßgeblich von der frühzeitigen Diagnosestellung ab (Schuster et al., 2015; Williams et al., 1997). Dem diagnostischen Vorgehen liegen in der Regel die von Newman (1976) beschriebenen Kriterien für die Diagnose eines Gelenkinfekts zugrunde (Tabelle 1). Um eine korrekte Diagnose stellen

zu können ist die Gesamtbeurteilung der anamnestischen, klinischen und laboranalytischen Befunde sowie der Erregernachweis erforderlich.

**Tabelle 1** - Kriterien für die Diagnose eines Gelenkinfekts (Newman, 1976)

---

<b>1.</b>	Erregernachweis aus dem Gelenk
<b>2.</b>	Erregernachweis aus einer anderen Quelle (z.B. Blut)
<b>3.</b>	Kein Erregernachweis, aber
<b>3a)</b>	histologischer oder radiologischer Nachweis einer Infektion
<b>3b)</b>	trübe Gelenkflüssigkeit

---

#### 2.3.1. Anamnese und klinischer Befund

Je nach zeitlichem Verlauf der ersten Symptome können postoperative Gelenkinfekte nach einer VKB-Rekonstruktion in akute (< zwei Wochen), subakute (zwei Wochen bis zwei Monate) und späte (> zwei Monate) Infekte eingeteilt werden. Da die Patienten den Beginn der Symptome häufig nicht eindeutig benennen können, dienen diese Zeitangaben als Richtwerte, sodass die Übergänge von der einen in die nächste Form fließend verlaufen (Williams et al., 1997).

Häufig präsentiert sich ein akuter Gelenkinfekt mit den klassischen Entzündungszeichen, rubor (Rötung), calor (Erwärmung), tumor (Schwellung), dolor (Schmerz) und functio laesa (Funktionseinschränkung), während subakute und chronische Infekte oftmals auch ein klinisch subtileres Erscheinungsbild haben können (Stucken et al., 2013). Aber insbesondere eine Rötung im Bereich der Operationszugänge und das Austreten von purulentem Wundsekret sind hochgradige Indikatoren für einen postoperativen Gelenkinfekt (Stutz, 2005). Teilweise sind auch systemische Reaktionen wie postoperativ neu aufgetretenes oder intermittierendes Fieber

sowie generelles Unwohlsein mit einem Gelenkinfekt assoziiert worden (Fong & Tan, 2004; Margaretten et al., 2007).

### 2.3.2. Labordiagnostik und Analyse der Synovia

Die klinischen Entzündungszeichen weisen insbesondere bei akuten Infekten eine hohe Sensitivität auf, allerdings sind sie wenig spezifisch für einen Gelenkinfekt. So finden sich entsprechende Veränderungen beispielsweise auch im Rahmen nicht infektiöser Pathologien oder treten in der frühen postoperativen Phase gar regelrecht auf (Mouzopoulos et al., 2009). Daher sollte bei dem Verdacht auf einen Gelenkinfekt neben der Erhebung anamnestischer und klinischer Befunde auch eine adäquate Labordiagnostik (v.a. CRP, Leukozyten) erfolgen. Vor dem Beginn einer antibiotischen Therapie, ist zudem an die mikrobiologische Analyse des Gelenkpunktats bzw. einer (arthroskopisch gewonnenen) Gewebeprobe für den Erregernachweis zu denken (Burks et al., 2003).

Der mikrobiologischen Untersuchung von Blutkulturen oder Wundsekret kommt hingegen nur eine untergeordnete Rolle zu, da besonders die Analyse von Wundsekret oft keine Unterscheidung zwischen extraartikulären Infekten oder einer Kontaminationen durch die natürliche Hautflora und dem Gelenkinfekt zulässt.

In Fällen von unklaren oder negativen mikrobiologischen Befunden kommt der Erhebung von Infektparametern im peripheren Blut, eine zentrale Rolle zu. In einer systematischen Übersichtsarbeit von Mouzopoulos et al. (2009) waren die Leukozytenzahl in über der Hälfte der Fälle erhöht [53 % (11-100 %)], die BSG und das CRP sogar in über 90 % (50-100 %) und 95 % (67-100 %)]. Ein CRP-Wert von > 6mg/dl kann zudem laut Wang et al. (2009) bei einer entsprechenden klinischen Begleitsymptomatik bereits wegweisend für einen Gelenkinfekt sein. Das CRP gilt dabei aufgrund seiner schnelleren Dynamik, als sensitivster Laborparameter in der Infektdiagnostik. Normalisiert sich das CRP nicht binnen zwei Wochen postoperativ oder

kommt es zu einem erneuten Anstieg in dieser Zeit, muss ein Infekt in Betracht gezogen werden (Armstrong et al., 1992; Musso & McCormack, 2005; Simank et al., 2004).

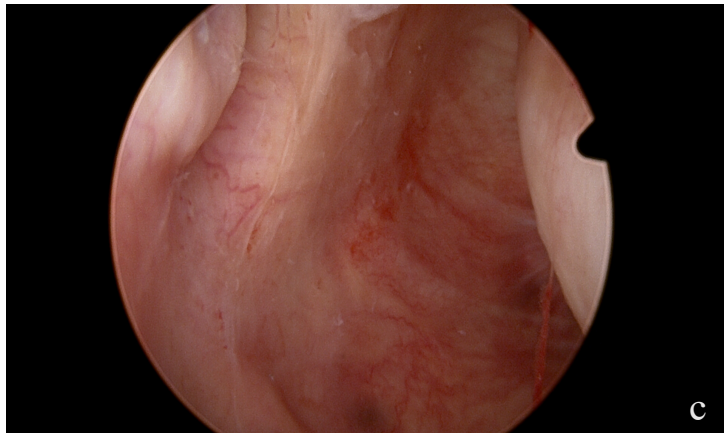
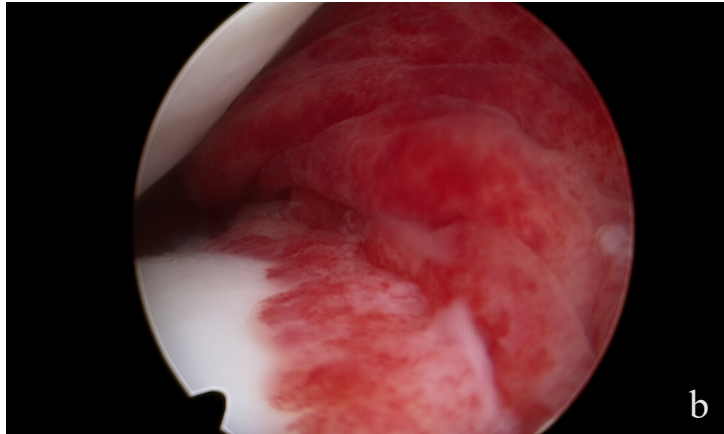
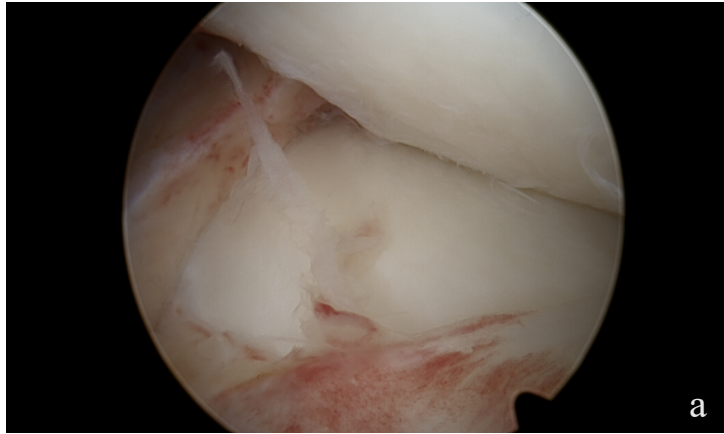
### 2.3.3. Bildgebung

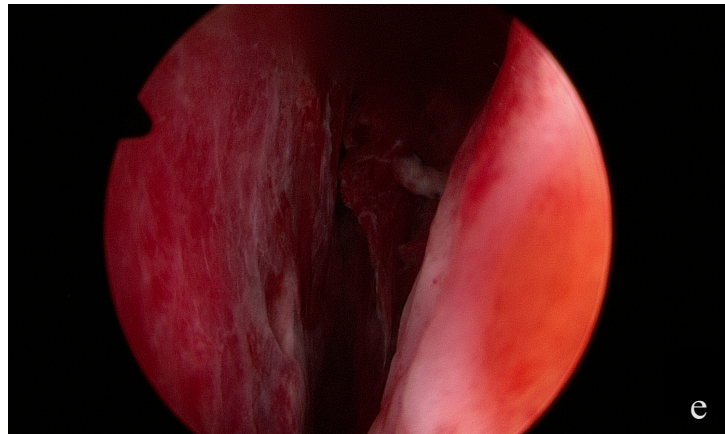
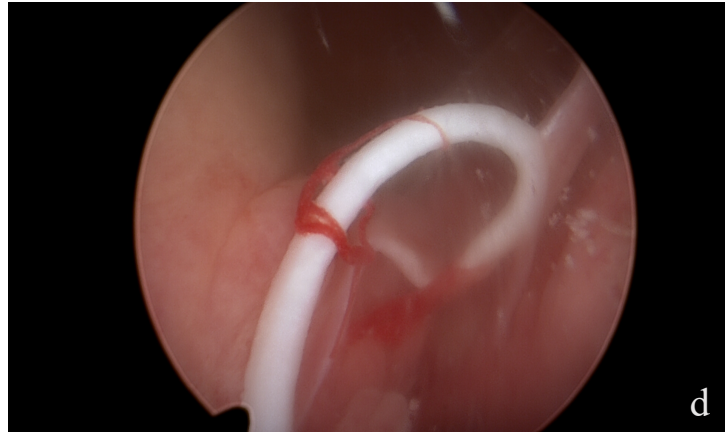
Der Einsatz bildgebender Verfahren spielt in der akuten Infektdiagnostik eine untergeordnete Rolle, kann aber ergänzend zu den bereits genannten Verfahren oder zum Ausschluss von Differentialdiagnosen eingesetzt werden. Beispielsweise können mit dem Ultraschall bereits frühzeitig Hinweise auf eine intraartikuläre Ergussbildung detektiert werden. Im Nativröntgen können im Verlauf Osteolysen als Anzeichen für einen chronischen Infekt erkennbar sein. Weitere radiologische Verfahren wie die Magnetresonanztomografie, die Computertomografie oder die Szintigrafie sollten speziellen Fragestellungen vorbehalten sein (Stutz, 2005).

## 2.4. Stadien des Gelenkinfekts

Um das Ausmaß des Gelenkinfekts und die daraus resultierenden therapeutischen Konsequenzen beurteilen zu können, existieren verschiedene Klassifikationssysteme für Gelenkinfekte.

Die heute gängigste Klassifikation stammt von Gächter aus dem Jahr 1985, anhand derer Gelenkinfekte abhängig von intraoperativen und radiologischen Befunden in vier Stadien eingeteilt werden können (Abbildung 1 und Tabelle 2).





**Abbildung 1** - Arthroskopiebefunde bei Kniegelenksinfekt, Einteilung nach Gächter, rechtes Knie:  
a) lateraler Gelenkspalt Stadium 1; b /c) medialer Gelenkspalt und lateraler Rezessus Stadium 2;  
d / e) medialer und lateraler Rezessus Stadium 3

**Tabelle 2** – Gächter Stadien für Gelenkinfekte (Gächter, 1985)

<b>Stadium</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>Stadium 1 (Abb. 1a)</b>	Leichte entzündliche Veränderung der Synovia, ggf. petechiale Einblutungen, keine radiologischen Veränderungen
<b>Stadium 2 (Abb. 1b, c)</b>	Schwere Entzündung, Fibrinbeläge, Eiteransammlung, keine radiologischen Veränderungen
<b>Stadium 3 (Abb. 1d, e)</b>	Verdickung der Synovia, schwammartige Kompartimentierung (besonders im Recessus suprapatellaris), keine radiologischen Veränderungen
<b>Stadium 4</b>	Pannusbildung mit Knorpelbeschädigung, radiologische Veränderungen wie subchondrale Osteolysen und Zystenbildung

Neben dieser Einteilung existieren noch weitere Klassifikationen. So beschrieben Jansen et al. (1989) eine ähnliche Klassifikation wie Gächter, jedoch ohne die Berücksichtigung radiologischer Veränderungen.

Kuner et al. (1987) unterteilten Gelenkinfekte anhand klinischer Parameter ebenfalls in vier Stadien. Nach ihrer Klassifikation kommt es in Stadium 1 zu einer schwellungsbedingten Schonhaltung des Gelenks. Stadium 2 ist durch die periartikuläre Schwellung und Druckdolenz über der Kapsel sowie das Auftreten von Fieber charakterisiert. In Stadium 3 dominieren höchste Schmerzhaftigkeit, eine gespannte glänzende Haut und septische Körpertemperaturen, bei deutlicher Beeinträchtigung des Allgemeinzustands. In Stadium 4, dem chronischen Infekt entsprechend, kommt es zunächst zu einem Rückgang der Entzündungszeichen aber zu einer progredienten Deformation des Gelenks, Instabilität und starken funktionellen Beeinträchtigungen (Kuner et al., (1987)).

Eine weitere Klassifikation, speziell für exogen bakterielle Infektionen, wurde von Pfeiffenberger & Meiss (1996) vorgestellt (Tabelle 3).

**Tabelle 3** - Klassifikation der exogenen bakteriellen Infektion (Pfeiffenberger & Meiss, 1996)

<b>Stadium</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>I (milde Infektion)</b>	Erste Symptome zwischen 24h und 5 Tagen nach Intervention, Drainage bereits entfernt, geringe Bakterienzahl, meist negative Keimkultur
<b>II (mäßige Infektion)</b>	Dauer zwischen 5 und 10 Tagen, Eiteransammlung meist positive Bakterienkultur
<b>III (schwere Infektion)</b>	Dauer > 10 Tage, kein Eiter
<b>Typ A</b>	mit Weichteilnekrosen
<b>Typ B</b>	ohne Weichteil- oder Knochennekrosen



## 2.5. Therapeutisches Vorgehen bei postoperativem Kniegelenksinfekt

### 2.5.1. Erregerspektrum

Bei 63 % - 100 % der Patienten mit einem Gelenksinfekt nach VKB-Rekonstruktion gelingt der kulturelle Erregernachweis im Rahmen der Gelenkspunktion oder der arthroskopischen Probenentnahme (Gächter, 1994; Ivey & Clark, 1985; Parisien & Shaffer, 1992; M. Smith, 1986). Am weitaus häufigsten werden Koagulase-negative Staphylokokken (KNS) und *Staphylococcus aureus* als verursachende Erreger identifiziert (D. R. McAllister et al., 1999; Schulz et al., 2007). Unter den KNS ist *Staphylococcus epidermidis* für einen Großteil der Infekte verantwortlich (Judd et al., 2006; Musso & McCormack, 2005; Schollin-Borg et al., 2003). Wesentlich seltener können auch weitere Erreger wie *Peptostreptococcus*, *Pseudomonas aeruginosa*, Mykobakterien oder Pilze nachgewiesen werden (Muscolo et al., 2009).

### 2.5.2. Antibiotische Therapie

Für die Behandlung eines postoperativen Gelenkinfekts kommt heute üblicherweise eine Kombination aus mehrwöchiger antibiotischer Therapie und einer operativen Versorgung zum Einsatz (Wang et al., 2014).

Die Wahl des Antibiotikums richtet sich dabei nach erwartetem oder nachgewiesenem Keimspektrum. Da es sich bei einem Großteil der Gelenkinfekte nach VKB-Ersatz um Infektionen mit *Staphylococcus aureus* oder koagulasenegativen Staphylokokken handelt, ist darauf zu achten, dass die kalkulierte Breitbandantibiose besonders das Gram positive Erregerspektrum abdeckt (z.B. Ampicillin/Sulbactam, ein Cephalosporin oder ein Aminoglykosid). Dabei ist bei der Wahl des Antibiotikums aber stets auf bestehende Komorbiditäten, vorausgegangene Erregernachweise und Allergien Rücksicht zu nehmen.

Nach gelungenem Erregernachweis erfolgt gegebenenfalls die Umstellung der Antibiose gemäß Antibiogramm (Schulz et al., 2007; Simank et al., 2004).

Die initial intravenös applizierte und im Verlauf oralisierte Antibiotikatherapie wird in der Regel auf mehrere Wochen angesetzt (Burks et al., 2003; D. R. McAllister et al., 1999). Beispielsweise sprechen sich Mader et al. (2001) für eine mindestens vierwöchige Antibiotikatherapie mit zunächst intravenöser Applikation bis zur Normalisierung der laborchemischen Entzündungsparameter und anschließender Umstellung auf eine orale Gabe aus. Simank et al. (2004) befürworten eine vier- bis sechs-wöchige orale Antibiose nach initialer intravenöser Gabe über fünf bis sieben Tage.

### 2.5.3. Operative Versorgung

Lege artis der operativen Versorgung von Gelenkinfekten nach VKB-Rekonstruktion ist die arthroskopische Gelenkspülung. Hierbei erfolgt im Rahmen des ersten Eingriffs einerseits die Bestimmung des Gächter-Stadiums sowie die Materialgewinnung für den Erregernachweis und andererseits gleichzeitig eine therapeutische Spülung des Gelenks. Je nach intraoperativem Befund (Gächter-Stadium) und klinischem Verlauf wird das weitere Prozedere (arthroskopisch vs. offen), die Anzahl der weiteren Eingriffe und das Vorgehen bzgl. des Fremdmaterials (Transplantaterhalt vs. Transplantatentfernung) bestimmt.

Ein rein arthroskopisches Vorgehen ist in der Regel den Gächter-Stadien I-III vorbehalten. In Stadium I und II erfolgt hierfür die großzügige Spülung des Gelenks mit mindestens neun Litern Spülmedium. Es muss darauf geachtet werden, dass alle Kompartimente (superiorer Rezessus, mediales und laterales sowie vorderes und hinteres Gelenkkompartiment sowie medialer und lateraler Recessus) ausreichend gespült werden. Um die Diffusion des Antibiotikums über die Synovia in das Gelenk gewährleisten zu können, sollte initial keine rigorose Synovektomie

erfolgen (Petersen et al., 2014). Erst ab Stadium III ist zusätzlich ein ausgiebiges Débridement der verdickten Synovia vorgesehen.

Eine alleinige arthroskopische Vorgehensweise ist in Stadium IV nach Gächter oft nicht mehr gerechtfertigt. Hier ist häufig eine zusätzliche Arthrotomie notwendig, um die betroffenen Gelenkpartien ausreichend débridieren und den Infekt adäquat behandeln zu können. Bei persistierenden klinischen Beschwerden oder fehlendem Rückgang der Entzündungswerte im Verlauf müssen erneute Eingriffe oder eine Eskalation der therapeutischen Möglichkeiten in Erwägung gezogen werden (Stutz, 2005).

Eine Entfernung des Transplantats und des gesamten intraartikulären Fremdmaterials ist laut aktueller Literatur nur in circa 20 % der Fälle notwendig. Tabelle 4 fasst die Ursachen zusammen, die einen Materialausbau dennoch erforderlich machen können (Makhni et al., 2015; Saper et al., 2014; Schuster et al., 2015; Van Tongel et al., 2007; Wang et al., 2014).

**Tabelle 4** - Indikationen für die Transplantatsresektion (Petersen et al., 2014)

<b>Indikationen für eine Transplantatentfernung</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Transplantatinsuffizienz</li><li>• Infektlokalisation im Bohrkanal</li><li>• Infektpersistenz nach wiederholten Spülungen</li><li>• Gächter Stadium IV</li></ul>

### 3. Fragestellung

Die Entstehung sowie das Ausmaß von Gelenkinfekten nach einer VKB-Rekonstruktion sind multifaktoriell bedingt und nur teilweise durch den Operateur beeinflussbar (Mouzopoulos et al., 2009). Um Patienten mit einer VKB-Ruptur dennoch bestmöglich bezüglich dieser Komplikation beraten und über Therapieerfolg und Risiken aufklären zu können, ist ein fundiertes Wissen über diese Pathologie essentiell.

Die Literatur zu diesem Thema ist sehr heterogen und besonders hinsichtlich der Unterscheidung von transplantaterhaltenden gegenüber nicht-transplantaterhaltenden Verfahren unzureichend (Calvo et al., 2014; Fong & Tan, 2004; Judd et al., 2006; Makhni et al., 2015). Vor dem Hintergrund, dass laut Literatur aber bis zu 20 % der Transplantate im Rahmen der Infektsanierung entfernt werden müssen, ist eine genauere Betrachtungsweise dieser Patientengruppen notwendig.

Zusätzlich sind strukturelle Folgeschäden in zahlreichen Studien meist nur mit Hilfe von Röntgenuntersuchungen erfasst (Abdel-Aziz et al., 2014; Makhni et al., 2015; Schuster et al., 2015; Van Tongel et al., 2007). Wesentlich detailliertere Aussagen über die Veränderungen innerhalb des Kniegelenks, besonders in der Frühphase nach einem Infekt, verspricht man sich hingegen von der Magnetresonanztomographie. Auch diesbezüglich herrscht Nachholbedarf in der wissenschaftlichen Welt (De Smet, 2012; Grassi et al., 2016).

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Arbeit, mögliche Risikofaktoren für eine spätere Transplantatentfernung zu identifizieren und die postoperativen klinischen und subjektiven Ergebnisse zwischen Patienten mit und ohne Transplantaterhalt (sowie der Patienten mit und ohne erneuter VKB-Transplantation nach initialer Entfernung) zu vergleichen. Anhand der

Magnetresonanztomographie sollten zudem die strukturellen Folgeschäden des Knies nach stattgefundenem Gelenkinfekt untersucht werden.

Die primäre Hypothese für diese Studie lautete, dass Patienten mit initialem Transplantaterhalt im Rahmen der Infektsanierung, im Vergleich zu Patienten mit Transplantatentfernung, bessere klinische, subjektive wie auch radiologischen Ergebnisse erzielen.

Sekundär wurde angenommen, dass Patienten mit erneuter VKB-Plastik nach initialer Transplantatentfernung bessere postoperative Ergebnisse aufweisen als Patienten ohne erneute Rekonstruktion des vorderen Kreuzbands nach Transplantatentfernung.

## 4. Methodik und Datenerhebung

### 4.1. Studienplanung und Patientenkollektiv

Die zuständige Ethikkommission der Fakultät für Medizin des Klinikums rechts der Isar erteilte die Genehmigung zur Durchführung dieser retrospektiven Studie. Alle Patienten wurden schriftlich über das Vorgehen, Ziele und Risiken der geplanten Studie informiert und ihre Einverständniserklärung eingeholt (Anhang 1).

Die Rekrutierung der Patienten erfolgte über den Datensatz der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar in München (Suche in SAP nach „Infekt nach vorderer Kreuzbandersatzplastik“). Dabei wurden alle Patienten berücksichtigt, die im Zeitraum zwischen Januar 2006 und Dezember 2015 in der Abteilung für Sportorthopädie des Klinikums rechts der Isar aufgrund eines Kniegelenkinfekts nach VKB-Rekonstruktion operativ behandelt worden waren und deren letzter Eingriff zur Infektsanierung mindestens 12 Monate zurück lag. Die gesamten Ein- und Ausschlusskriterien sind in Tabelle 5 aufgeführt.

**Tabelle 5** - Ein- und Ausschlusskriterien

<b>Einschlusskriterien:</b>	<b>Ausschlusskriterien:</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Zeitraum 2006-2015</li><li>• Patientenalter ab 18 Jahren</li><li>• Gesicherter Gelenkinfekt nach VKB-EPL</li><li>• Operative Behandlung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wohnsitz nicht in Deutschland</li><li>• zusätzliche Primäreingriffe neben der VKB-EPL (z.B. HKB-Rekonstruktion, Osteotomien, Osteosynthesen)</li></ul>

Zur Beantwortung der Fragestellungen dieser Studie erfolgte zunächst eine Unterteilung der Patienten in zwei Gruppen. In Gruppe 1 befanden sich die Patienten, deren Transplantat im

Rahmen der Infektsanierung erhalten worden war und in Gruppe 2 die Patienten, deren Transplantat im Verlauf der Behandlung des Infekts entfernt werden musste. Zudem wurden die Patienten aus Gruppe 2 noch einmal weiter unterteilt. Patienten, die nach der Transplantatentfernung eine erneute VKB-Rekonstruktion erhalten hatten, wurden der Gruppe 2a zugeteilt, Patienten ohne erneute VKB-Rekonstruktion der Gruppe 2b.

Die folgenden Patientendaten wurden nach Eingang der Einverständniserklärung und vor der Untersuchung, über die elektronischen Patientenakten erhoben:

- Geschlecht und Alter der Patienten
- OP-Datum
- Dauer (in Tagen) bis zur Nachuntersuchung
- Primär- oder Sekundäreingriff der initialen VKB-Rekonstruktion
- Wahl des Transplantats (HS- versus QS- Transplantat)
- Art der chirurgischen Technik (Einzelbündel vs. Doppelbündel)
- Anzahl der postoperativen Tage bis zur Diagnosestellung der Infektion
- Vorhandensein von Fieber bei Erstvorstellung
- Höhe des CRP (mg/dl)
- Gächter-Stadium
- Gesamtanzahl der Revisionseingriffe
- mikrobiologische Befunde

## 4.2. Diagnosestellung und Behandlungsalgorithmus

Orientierend an der Literatur fasst Tabelle 6 die für das Vorgehen in der Abteilung für Sportorthopädie relevanten Parameter für die Diagnose eines Gelenkinfekts zusammen (Bonnaire & Weber, 2014; Grifka & Kuster, 2011).

Dabei sind anamnestische Angaben, wie persistierende postoperative Schmerzen des Kniegelenks oder neu aufgetretene bzw. persistierende Bewegungseinschränkungen sowie ein eitriges Wundsekret und erhöhte Entzündungswerte ausschlaggebend für das weitere diagnostische Vorgehen. Die definitive Diagnose erfolgt anhand des mikrobiologischen Erregernachweises.

**Tabelle 6** - Kriterien für die Diagnosestellung eines Gelenkinfekts

<b>Anamnese/Klinik</b>	<b>Labor</b>	<b>Mikrobiologie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Klinische Entzündungszeichen</li> <li>Eitriges Wundsekret</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Erhöhung der Entzündungsparameter (hier CRP &gt; 0,5mg/dl, Leukozyten &gt; 4-10 G/l)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Intraartikulärer Erregernachweis</li> </ul>

Die Gewinnung von mikrobiologischem Material erfolgt entweder durch eine Gelenkpunktion (subklinische Verläufe) oder bei hochgradigem klinischem Verdacht auf einen Infekt direkt im Rahmen der ersten Arthroskopie. Der Erregernachweis anhand einer Punktion muss aus unseren Augen kritisch gesehen werden, da die Erfolgsquote der Gelenkpunktion unter der einer arthroskopischen Probenentnahme liegt (Johnson & Freemont, 2001).



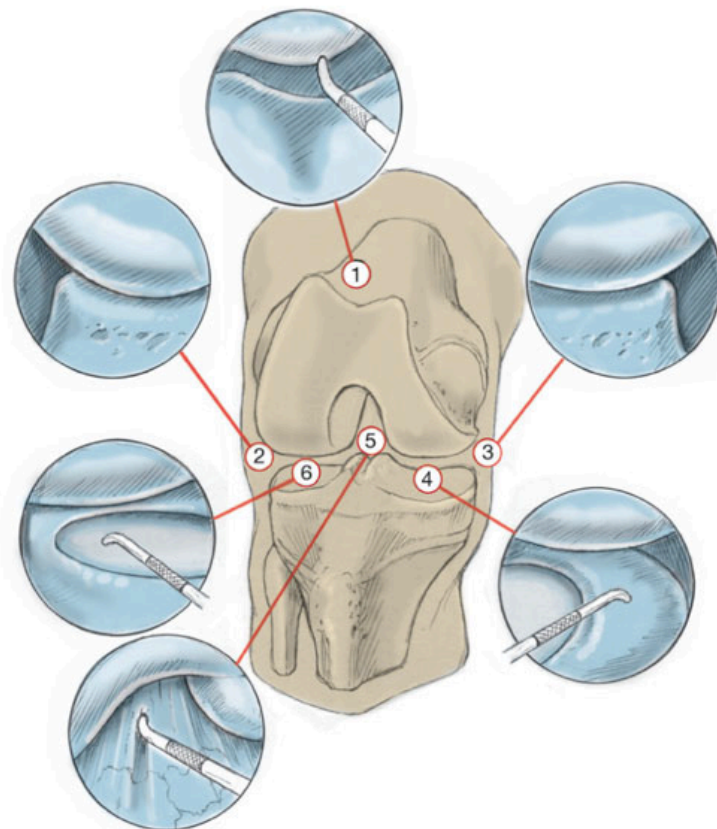
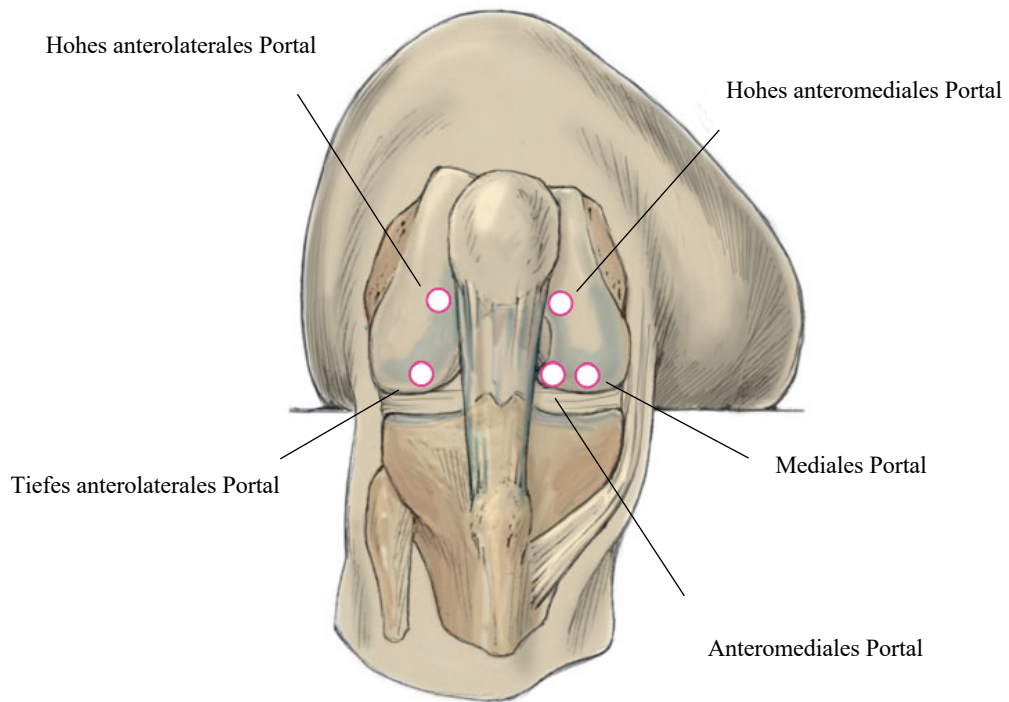
Die Arthroskopie erfolgt standardmäßig über die Anlage eines anterolateralen und anteromedialen Standardportals. Je nach Einsicht in das Gelenk und vorliegenden Befunden können weitere Portale notwendig werden (Abbildung 2).

Dabei orientiert sich die Schnittführung vorzugsweise an den alten Operationsnarben. Initial ist darauf zu achten, kein Spülmedium in das Gelenk einzubringen, um einen Teil der nativen Synovialflüssigkeit aus dem Trokar für die mikrobiologische Keimbestimmung zu gewinnen. Im anschließenden diagnostischen Rundgang werden alle Kompartimente (Recessus Suprapatellaris, Femoropatellargelenk, lateraler Recessus, medialer Recessus, medialer Gelenkspalt, Fossa intercondylaris, lateraler Gelenkspalt, posteriore Kompartimente) ausreichend dargestellt, um anhand der intraoperativen Befunde das Gächter Stadium zu bestimmen und von insgesamt sieben verschiedenen Stellen Gewebeproben für die histopathologische und mikrobiologische Aufarbeitung zu gewinnen.

Die ausführliche Spülung des Gelenks und aller Gelenkkompartimente erfolgt mit ausreichend (9-12 Liter) Spülmedium. Devitalisiertes und nekrotisches Gewebe wird débridiert, Blutkoagel sowie Fibrinbeläge entfernt.

Wenn es der intraoperative Befund und die klinische Situation des Patienten zulassen, wird das VKB-Transplantat erhalten. Bei Anzeichen auf eine Insuffizienz des Transplantats in der intraoperativen Testung oder bei Infektpersistenz trotz wiederholter Spülungen, wird das Transplantat reseziert und die Bohrkanäle ausgiebig débridiert und vorhandene Materialrückstände mit dem Shaver entfernt.

Eine intraartikuläre Saugdrainage verbleibt in der Regel bis zum dritten postoperativen Tag oder bis zur nächsten Spülung.



**Abbildung 2** - Häufige Arthroskopieportale am Knie und diagnostischer Rundgang 1: Patellofemoralgelenk, 2: Posterolateraler Rezessus, 3: Posteromedialer Rezessus, 4: Medialer Gelenkspalt, 5: Fossa intercondylaris, 6: Lateraler Gelenkspalt (aus Imhoff & Feucht, 2017)

Nach der Probenentnahme wird eine empirische Antibiotikatherapie entsprechend dem zu erwartenden Keimspektrum eingeleitet. Mittel der Wahl stellt dabei üblicherweise die Kombination aus intravenöser Gabe von Unacid 3g (3x täglich) und der intravenösen Gabe von Vancomycin zweimal täglich (in gewichtsadaptierter Dosierung) dar. Ausnahmen können sich auf Grund der medizinischen Vorgeschichte der Patienten, wie beispielsweise Allergien oder Begleiterkrankungen, ergeben. Im Verlauf erfolgt bei Bedarf anhand der mikrobiologischen Ergebnisse eine resistenzgerechte Anpassung des Antibiotikums.

In der postoperativen Phase steht eine initiale Ruhigstellung des betroffenen Knies (Sohlenkontakt) und die Anwendung lokaler antiphlogistischer Maßnahmen im Vordergrund. Es erfolgten tägliche Wundinspektionen sowie alle zwei Tage die Kontrolle des CRP und der Leukozytenzahl. Falls es unter der eingeleiteten Therapie zu keiner Besserung oder gar zu einer Verschlechterung der Symptome oder der laborchemischen Parameter kommt, erfolgt die operative Revision mit wiederholten Spülungen und gegebenenfalls Débridement.

Erst bei einer deutlichen Besserung der klinischen Infektzeichen und einem Rückgang der Entzündungsparameter über einen Zeitraum von mindestens sieben Tagen, wird der Patient unter oraler Antibiose in die ambulante Weiterbehandlung entlassen.

Diese umfasst wöchentliche klinische und laboranalytische Kontrolluntersuchungen, um möglichst frühzeitig Hinweise auf eine Wiederkehr der Infektion detektieren zu können. Dabei erfolgt die orale antibiotische Therapie solange, bis der Patient über einen Zeitraum von sechs Wochen symptomfrei war und es zu keinem erneuten Anstieg der Entzündungswerte gekommen ist.

#### 4.3. Ablauf der Nachuntersuchung

Nach Erhalt der schriftlichen Einverständniserklärungen erfolgte die Einladung der Patienten und die Terminvereinbarung zur Nachuntersuchung in die Abteilung für Sportorthopädie

/Radiologie am Klinikum rechts der Isar. Die Nachuntersuchungen erfolgten unabhängig von der Gruppeneinteilung der Patienten nach einem standardisierten Ablauf (Tabelle 7).

**Tabelle 7** - Ablauf der Nachuntersuchung

<b>Anamnese und klinische Beurteilung</b>	<b>Subjektive Beurteilung</b>	<b>Radiologische Beurteilung</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anamnesebogen</li> <li>• IKDC- 2000- Formblatt zur Untersuchung des Knies</li> <li>• KT-1000™</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KOOS-Fragebogen</li> <li>• WOMAC-Score</li> <li>• Lysholm-Score</li> <li>• IKDC 2000 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• MRT- Untersuchung</li> </ul>

#### 4.4. Nachuntersuchung – Anamnese und klinische Untersuchung

Zu Beginn der Nachuntersuchung fand eine standardisierte Anamnese anhand des Anamnesebogens statt (Anhang 2). Neben demographischen Daten wurden darin Informationen zur aktuellen medizinischen Situation des Patienten (Schmerzen anhand einer visuellen Analogskala, Einnahme von Medikamenten und mögliche sportliche Einschränkungen) erfasst. Des Weiteren wurden die Patienten zu ihrer medizinischen Vorgeschichte, zu allgemeinen Vorerkrankungen, Voroperationen und zum Konsum von Nikotin befragt.

Die klinische Untersuchung der Patienten erfolgte einheitlich anhand des Formblatts zur Untersuchung des Knies aus dem IKDC 2000 (Anhang 3). Zusätzlich wurde eine

instrumentelle, objektivierbare Untersuchung mit Hilfe des Arthrometers KT1000™ durchgeführt.

#### 4.4.1. IKDC 2000 und Formblatt zur Untersuchung des Knies

Bei dem IKDC 2000 handelt es sich um einen aus insgesamt sechs Teilen bestehenden Fragebogen zur Beurteilung von ligamentären Verletzungen des Knies. Neben dem hier verwendeten Formblatt zur Untersuchung des Knies (Anhang 3), gehören noch ein demographisches Formblatt, das Formblatt des gegenwärtigen Gesundheitszustandes, das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies, das Formblatt zur Anamnese des Knies und ein chirurgisches Dokumentationsblatt zu dem gesamten Fragebogen.

Eine erste Fassung des heutigen IKDC 2000 wurde bereits 1993 von Hefti et al. (1993) veröffentlicht, nachdem das 1987 gegründete International Knee Documentation Committee (IKDC) beschlossen hatte, einen standardisierten Evaluationsbogen für die Beurteilung von akuten und subakuten Knieverletzungen zu erstellen. Die ursprüngliche Fassung bestand lediglich aus dem sogenannten IKDC Standard Evaluationsbogen für ligamentäre Knieverletzungen. Dieser enthielt einen ersten Abschnitt zur Dokumentation der medizinischen Vorgeschichte und einen zweiten Abschnitt, mit Fragen zu insgesamt acht verschiedenen Befundkategorien (subjektive Beurteilung des Patienten, Symptome, Bewegungsumfang, Untersuchung der Bandstrukturen, Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidität, Röntgenbefunde und Funktionstests). Die Bewertung erfolgte qualitativ, sodass jedem Befund einer von vier Graden zugeteilt wurde (Grad A: normal, Grad B: fast normal, Grad C: abnormal, Grad D: deutlich abnormal). Die jeweils schlechteste Bewertung einer Frage bestimmte die Bewertung der Befundkategorie und die schlechteste Bewertung einer Kategorie bestimmte die Gesamtbewertung. In diese abschließende Gesamtbewertung flossen nur die Bewertungen der ersten vier Kategorien ein (subjektive Beurteilung des Patienten, Symptome,

Bewegungsumfang, Untersuchung des Bandapparats). Die restlichen vier Bereiche (Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidity, Röntgenbefunde, funktionelle Testung) wurden einzig zu Informationszwecken dokumentiert (Hefti et al., 1993; Irrgang et al., 2001).

Das heutige Formblatt zur Untersuchung des Knies basiert in Teilen auf dem ursprünglichen IKDC Standard Evaluationsbogen. Die aktuelle Version erfasst jedoch nur sieben statt acht Bereiche (Erguss, passives Bewegungsdefizit, Ligamentuntersuchung, Kompartimentbefunde, Transplantatentnahmemorbidity, Röntgenbefund, Funktionstest).

Die Anweisungen zur Durchführung der einzelnen Untersuchungen können Anhang 4 entnommen werden. Die Beurteilung erfolgt weiterhin über die qualitative Gradeinteilung (Grad A: normal, Grad B: fast normal, Grad C: abnormal und Grad D: deutlich abnormal). Von den insgesamt sieben Bereichen gehen die ersten drei (Erguss, passives Bewegungsdefizit, Ligamentuntersuchung) in die Gesamtevaluation mit ein. Die Auswertung erfolgte wie bereits in der ursprünglichen Form des IKDC Standard Evaluationsbogens.

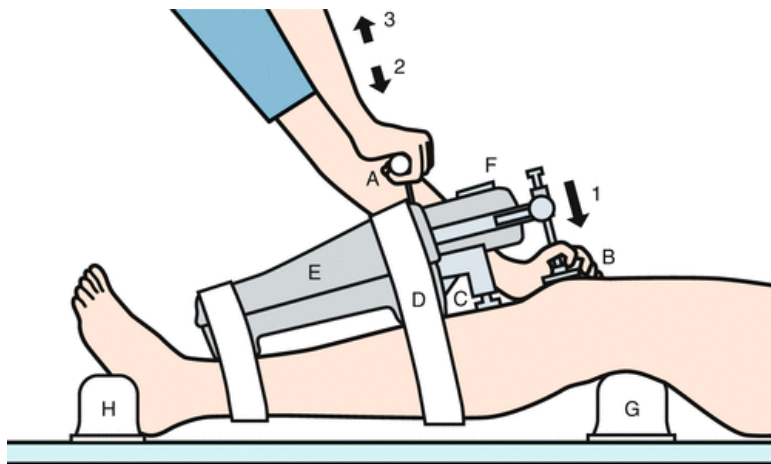
#### 4.4.2. Arthrometer KT-1000™

Die Knieuntersuchung mit einem Arthrometer stellt eine instrumentelle Form der Diagnostik von akuten und chronischen Verletzungen der Kreuzbänder dar (Pugh et al., 2009; Rangger et al., 1993).

Das KT-1000™ Knee Ligament ARTHROMETER® (MEDmetric® Corporation, San Diego, California), ist ein etabliertes Messinstrument zur präzisen und reproduzierbaren Messung von sagittalen Translationsbewegungen der Tibia gegenüber dem Femur und somit der Knielaxität. Entsprechend findet es als eine Art instrumenteller Lachmann-Test Anwendung in der Beurteilung von Pathologien des vorderen oder hinteren Kreuzbandes (Konig et al., 1998).

#### 4.4.2.1. KT-1000™ - Versuchsaufbau

Bei dem Untersuchungsaufbau (Abbildung 3) kommen für die richtige Lagerung des zu untersuchenden Knies eine Oberschenkelunterlage (G) definierter Größe sowie eine laterale Fußunterstützung (H) zur Anwendung. Das Arthrometer (E) wird mittels zweier Velcrostraps (D) auf der Tibiavorderseite fixiert. Die distale Auflagefläche (C) wird dabei auf der Tuberositas tibiae platziert und die proximale (B) auf der Patella. Über den Kraftsensorhebel (A) können dann Auslenkungskräfte ausgeübt werden und an der Anzeige (F) der Tibiavorschub in Millimeter (mm) abgelesen werden.



**Abbildung 3** - Aufbau und Funktionsweise des KT-1000™, A: Kraftsensorhebel, B&C: proximale, distale Auflagefläche, D: Velcrostraps, E: Arthrometer, F: Anzeige, G: Oberschenkelunterlage, H: Fußunterstützung, 1:Stabilisation des Geräts, 2,3: Kraftrichtung während Messung

#### 4.4.2.2. KT-1000™ - Versuchsablauf

Für die Auswertung werden Messungen des Tibiavorschubs (mm) beider Knie durchgeführt und die Seitendifferenz berechnet. Es hat sich gezeigt, dass der individuelle Vergleich der Seitendifferenz aussagekräftiger ist, als der Abgleich der Messwerte mit allgemeinen

Referenzwerten (Arneja & Leith, 2009). Als groben Richtwert beschrieben Daniel et al. (1985) eine Seitendifferenz von  $< 2$  mm als normal, wobei sich die Autoren auf akute Verletzungen bezogen und zudem bemerkten, dass die Ergebnisse in erheblichem Maße von der Compliance der Patienten abhängig waren.

Während des Messvorgangs befindet sich der Patient in Rückenlage. Dabei wird das zu untersuchende Knie (vorzugsweise mit dem gesunden Knie beginnend) durch den Oberschenkelsupport in  $20^{\circ}$ - $40^{\circ}$  Beugung gebracht und das Bein durch die Fußunterstützung in leichter Außenrotation stabilisiert. Nach Anlage und Befestigung des KT-1000™ - Arthrometers, wird die Anzeige geeicht, indem die Anzeigeskala so lange gedreht wird, bis sie 0 mm anzeigt (Abbildung 4). Mit einer Hand wird nun das Gerät an der proximalen Auflagefläche stabilisiert (Abbildung 3, 1) und mit der anderen Hand an dem Kraftsensorhebel Kraft ausgeübt (Abbildung 3, 3), sodass eine anteriore Translationsbewegung der Tibia gegenüber dem Femur entsteht. Grundsätzlich erlaubt ein auditives Signal eine Einteilung in drei Kraftgrade (67N, 89N, 133N) sowie eine maximale anteriore Translation (135-180N) für die jeweils gesondert eine Messung stattfinden kann (Khan et al., 2017).

Für unsere Messungen mit dem KT-1000™ wurde die jeweils maximale anteriore Translationsbewegung gemessen. Anschließend wird der Kraftsensorhebel losgelassen (Abbildung 3, 2) und das Gerät vor dem nächsten Durchgang erneut geeicht. Dieser Vorgang wird nun so oft wiederholt, bis drei konstante Ergebnisse reproduziert sind. Im Anschluss erfolgt die Messung in gleicher Art und Weise auf der Gegenseite. Abschließend wird die Seitendifferenz aus den Mittelwerten des gesunden und des verletzten Knies berechnet.





**Abbildung 4** - Anlage und Display des KT-1000™

#### 4.5. Nachuntersuchung – subjektive Beurteilung

Die subjektive Befragung enthielt vier Fragebögen zur persönlichen Einschätzung der eigenen Kniefunktion durch die Patienten, sowie zur Erhebung von Beschwerden und Einschränkungen in Sport und Beruf (Tabelle 8):

**Tabelle 8** - Fragebögen für die subjektive Beurteilung

- 
- KOOS-Kniefragebogen
  - WOMAC-Score
  - Lysholm-Score
  - IKDC 2000- Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies
- 

##### 4.5.1. KOOS - Kniefragebogen

Der KOOS - Kniefragebogen (Anhang 5) wurde in den 1990er Jahren von Roos et al. (1998) zur subjektiven Beurteilung von Knieverletzungen entwickelt. Darin werden die Patienten zu

fünf verschiedenen Kategorien (mit je unterschiedlicher Anzahl an Untergruppen) befragt: Symptome und Steifigkeit (S1-S7), Schmerz (P1-P9), Aktivitäten des täglichen Lebens (A1-A17), Sport und Freizeit (SP1-SP5) sowie Lebensqualität (Q1-Q4). Zur Beantwortung stehen jeweils fünf likert-skalierte Antwortmöglichkeiten zur Verfügung.

Für die Auswertung werden allen Antworten innerhalb einer Kategorie Punktwerte zwischen 0 - 4 zugeteilt und die Teilsumme gebildet. Mit einer Formel (Anhang 6) lassen sich die Ergebnisse auf eine Skala von 0 - 100 abbilden, wobei 0 den größtmöglichen Beschwerden und 100 Beschwerdefreiheit entspricht (Roos et al., 1998). In die Wertung eingehen können nur Kategorien für die mindestens 50 % der Fragen in den Untergruppen beantwortet worden sind. Die Bewertung findet für jede der Kategorien einzeln statt, eine Gesamtevaluation ist nicht vorgesehen.

#### 4.5.2. WOMAC - Score

Ursprünglich für die Beurteilung von Patienten mit Knie- und Hüftarthrose entwickelt, kann der WOMAC- (Western Ontario & McMaster Universities Osteoarthritis Index) Score in seiner aktuellen Version (Version 3.1, Stand Juli 2018) auch für Nachuntersuchungen von VKB- Verletzungen und Knieinstabilitäten eingesetzt werden (Collins et al., 2011).

Der Fragebogen existiert in zwei möglichen Versionen. Zum einen in der Form einer visuellen Analogskala (VAS) und zum anderen in der Form einer likert-skalierten Bewertung. Darin werden die Patienten zu jeweils drei Hauptkategorien (mit je unterschiedlicher Anzahl an Subkategorien) befragt: Schmerz (fünf Subkategorien), Kniesteifigkeit (zwei Subkategorien) und funktionelle Einschränkungen (17 Subkategorien). In der likert-skalierten Version werden pro Subkategorie fünf qualitative Antwortmöglichkeiten angeboten, denen in der Auswertung ein Punktwert zwischen 0 - 4 zugeteilt und daraus wiederum für jede Kategorie eine Teilsumme gebildet wird. Damit sind für die Kategorie Schmerz Punktwerte zwischen 0 - 20, für

Kniesteifigkeit zwischen 0 - 8 und für die funktionellen Einschränkungen zwischen 0 - 68 möglich. Die Auswertung findet für jede Kategorie einzeln statt.

In der Version mit VAS belaufen sich die Punktwerte für die Kategorie Schmerz auf 0-500 Punkte, Kniesteifigkeit 0 - 200 Punkte und funktionelle Einschränkungen 0 - 1700 Punkte.

Im Gegensatz zum KOOS-Kniefragebogen entsprechen bei dem WOMAC-Score hohe Punktwerte hohem Leidensdruck und niedrige Punktwerte einem geringeren Leidensdruck (Bellamy, 2005; Collins et al., 2011).

Da die Nutzung und Auswertung des WOMAC-Scores lizenziert und nicht frei zugänglich sind, besteht zusätzlich die Möglichkeit, ausgehend von den erhobenen Daten des KOOS-Kniefragebogens, eine Umwandlung in den WOMAC-Score durchzuführen. Dafür werden, wie in Tabelle 9 gezeigt, die Punktwerte ausgewählter Fragen aus den Kategorien Schmerz, Symptome und Aktivitäten des täglichen Lebens des KOOS-Kniefragebogens zusammengerechnet (Anhang 7).

**Tabelle 9** - Umrechnung der Punktwerte KOOS - WOMAC

WOMAC-Kategorie	KOOS-Kategorie (ausgewählte Fragen)	Punktwerte
Schmerz	Schmerz (5-9)	0-20
Steifigkeit	Symptome (6-7)	0-8
Funktionelle Beeinträchtigung	Aktivitäten des täglichen Lebens (1-17)	0-68

#### 4.5.3. Lysholm-Kniescore

Der Lysholm-Kniescore dient der Beurteilung von Knieinstabilitäten, insbesondere nach Bandverletzungen des Knies. Seine erste Fassung wurde 1982 von Lysholm und Gillquist

veröffentlicht und 1985 von Tegner und Lysholm zu seiner aktuell gültigen Version modifiziert (Anhang 8). Das Einsatzgebiet des Lysholm-Kniescores sind vor allem Patienten mit einer anteromedialen, anterolateralen, kombinierten oder posterioren Instabilität (Lysholm & Gillquist, 1982; Tegner & Lysholm, 1985).

Die aktuelle Version enthält acht Kategorien (Hinken, Gehhilfen, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen, Hocken/Muskelschwund\*), die nach unterschiedlicher Gewichtung (Punktwerten) zu einem Gesamtergebnis von minimal 0 und maximal 100 Punkten addiert werden. In der Gesamtauswertung werden Punktwerte zwischen 95 - 100 als exzellent, zwischen 84 - 94 als gut, zwischen 65 - 83 als befriedigend und < 64 als schlecht bewertet (Irrgang et al., 1998; Lysholm & Gillquist, 1982).

#### 4.5.4. IKDC 2000 - Formblatt zur subjektiven Untersuchung des Knies

Das Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies wurde entwickelt, um nach Knieverletzungen, Veränderungen von Beschwerden sowie Verbesserungen oder Verschlechterungen der Kniefunktion bei sportlichen Aktivitäten zu erheben (Irrgang et al., 2001). Die erste Fassung wurde von Irrgang et al. (2001) veröffentlicht und stellt heute, in einer über die Jahre leicht modifizierten Form, einen festen Bestandteil des Evaluationsbogens des IKDC 2000 dar (Anhang 9). Anwendung findet dieses Formblatt besonders bei Patienten mit Verletzungen der Bandstrukturen des Knies und der Menisken, außerdem bei Patienten mit (patellofemorale) Knorpelschäden und Schmerzen des Knies.

Dazu werden die Patienten zu drei Kategorien befragt: 1) Symptome (Schmerzen, Steifigkeit, Schwellung, Blockierung, und Gangunsicherheit), 2) Sport und tägliche Aktivitäten, 3) Funktionsfähigkeit des Knies.

---

\* In der hier verwendeten Übersetzung des Fragebogens wurde die Kategorie Hocken durch Muskelschwund ersetzt.

Insgesamt besteht der Fragebogen aus 18 Einzelfragen, mit teils numerischen und teils binären Antwortmöglichkeiten. Letztendlich werden die Einzelwertungen zu einem Gesamtergebnis aufsummiert, das dann unter Verwendung einer angegebenen Formel einen Wert zwischen 0- 100 ergibt. 100 Punkte spiegeln das beste Ergebnis wieder und sind gleichbedeutend mit keinen Einschränkungen im Sport und täglichen Leben sowie dem Fehlen von Symptomen, 0 Punkte entsprechen dem schlechtesten Ergebnis (Collins et al., 2011).

#### 4.6. Radiologische Beurteilung

Die Bildgebung des betroffenen Knies erfolgte am Tag der Nachuntersuchung in der Abteilung für Radiologie am Klinikum rechts der Isar. Hierfür wurde eine Magnetresonanztomographie mit einem hochauflösenden 3-Tesla MR-System (Ingenia 3.0 T, Philips Healthcare, Best, Niederlanden) durchgeführt. Für die Auswertung wurden T1- und T2-gewichtete Standardaufnahmen in der Sagittal-, Koronar- und in der Axialebene erstellt. Die so angefertigten Bilder wurden anschließend auf das Picture Archiving Communication System (PACS) überspielt (Easy Vision, Philips, Best, Netherlands).

Die radiologische Auswertung erfolgte nach Verblindung der Untersucher hinsichtlich der Gruppenzugehörigkeit der Patienten, sofern dies möglich war. Die Auswertung wurde von einem Facharzt für Radiologie (K.W.) mit Spezialisierung im Bereich muskuloskelettale Radiologie und einer Fachärztin für Orthopädie und Unfallchirurgie (A.A.) durchgeführt. Dafür verglichen beide Untersucher, unabhängig voneinander, die MRT-Bilder der Nachuntersuchung mit den ursprünglichen MRT-Bildern, die nach der initialen Knieverletzung bzw. vor der initialen VKB-Rekonstruktion angefertigt worden waren hinsichtlich der in Tabelle 10 dargestellten Kriterien. In Fällen abweichender Meinungen bezüglich der Befunde wurde im Anschluss eine Konsensentscheidung getroffen.

**Tabelle 10** - Kriterien der radiologischen Auswertung

---

1. Transplantatintegrität
  2. Beschaffenheit des Knorpels (gemäß ICRS-Klassifikation)
  3. Beschaffenheit der Menisken
  4. Vorhandensein von Arthrofibrose
- 

#### 4.6.1. Transplantatintegrität

Das Kriterium für die Beurteilung waren die Darstellbarkeit und Integrität des VKB-Transplantats über seinen gesamten Verlauf, zwischen tibialer und femoraler Insertion und das Fehlen von radiologischen Anzeichen für eine Insuffizienz des Transplantates.

Ein intaktes Sehnenransplantat stellt sich typischerweise als durchgängige, kompakte und hypointense Struktur in der T2-Gewichtung dar. Hyperintense Bereiche, besonders perpendicular zu dem Verlauf des Transplantates oder Auffaserungen gelten als Indikatoren für eine Beschädigung oder Diskontinuität.

Hierbei wurde jedoch berücksichtigt, dass bei der Verwendung von HS-Sehnen in der Doppelbündel Technik, besonders in der frühen postoperativen Phase längs-verlaufende hyperintense Bereiche des Transplantats als Zeichen der verschiedenen Bündel, physiologisch auftreten können (Grassi et al., 2016; Meyers et al., 2010).

#### 4.6.2. Beschaffenheit des Knorpels (ICRS Klassifikation)

Die Beurteilung des Knorpels erfolgte anhand der ICRS Klassifikation von Knorpelschäden (Tabelle 11).

Diese Klassifikation wurde in den 90er Jahren von einer Arbeitsgruppe der International Cartilage Research Society (ICRS) ausgearbeitet, um ein standardisiertes Vorgehen zur Evaluation von Knorpelschäden vorzugeben. Ursprünglich basierend auf makroskopischen Befunden wird sie mittlerweile auch in der radiologischen Untersuchung von Knorpelschäden mit der MRT angewandt (Brittberg & Winalski, 2003). Anhand dieser Klassifikation können Knorpelschäden je nach Tiefe in fünf Schweregrade (0 - 4) mit jeweils weiteren Unterteilungen innerhalb des Schweregrades (a - d) eingeteilt werden (Brittberg & Winalski, 2003; Dwyer et al., 2017).

Für jeden Patienten wurde der Schweregrad (ICRS-Grad) des Knorpelschadens in dem medialen, lateralen und in dem patellofermoralen Kompartiment erhoben und die Befunde von vor und nach dem Infekt verglichen. Ausgehend von den Deltawerten, die sich aus den Schweregraden der beiden Aufnahmen ergaben, wurde dann die mittlere Veränderung des Knorpelschadens für die jeweiligen Patientengruppen (Gruppe 1 und Gruppe 2, sowie Gruppe 2a und Gruppe 2b) berechnet und verglichen.

**Tabelle 11** - ICRS-Klassifikation von Knorpelschäden (Brittberg et al., 2003)

<b>ICRS-Grad</b>	<b>Beschreibung</b>
<b>0</b>	Keine erkennbaren Defekte - normal
<b>1</b>	Fast normal
<b>1a</b>	Oberfläche intakt, leichte Erweichung, Fibrillationen
<b>1b</b>	Oberflächliche Risse/Fissuren
<b>2</b>	Läsionstiefe < 50 % - abnormal
<b>3</b>	Läsionstiefe > 50 % - deutlich abnormal
<b>3a</b>	Ohne Knochenkontakt
<b>3b</b>	Bis zur kalzifizierten Schicht
<b>3c</b>	Bis zur subchondralen Schicht
<b>3d</b>	Mit Blasenbildung
<b>4 a/b</b>	Läsionstiefe bis unter subchondrale Platte – deutlich abnormal

#### 4.6.3. Beurteilung der Menisken

Für die Beurteilung der Menisken wurden der Zustand beider Menisken auf den alten MRT- Aufnahmen und den neuen Aufnahmen hinsichtlich des Vorhandenseins von neu- aufgetretenen Schäden verglichen.

Die gängige Einteilung von Meniskusrissen in horizontale, longitudinale, radiäre, Lappen- und Korbhenkelrisse sowie in komplexe Rissformen, die vor allem therapeutische Relevanz hat, spielte für unsere Auswertung nur eine untergeordnete Rolle. So fand in dieser Studie die Beurteilung des jeweiligen Meniskus lediglich binär (1 = Meniskusriss, 2 = kein Meniskusriss) statt.



#### 4.6.4. Beurteilung der Arthrofibrose

Arthrofibrose ist eine der häufigsten Komplikationen nach VKB-Rekonstruktionen und gilt als Ursache für persistierende postoperative Bewegungseinschränkungen des Knies (Ekhtiari et al., 2017; Meyers et al., 2010). Gängige Definitionen basieren auf klinischen Befunden. So unterteilen Shelbourne et al. (1996) Arthrofibrose in vier Typen. Danach weisen Patienten mit einem Typ 1 ein Extensionsdefizit von  $< 10^\circ$  ohne Flexionsdefizit auf. Typ 2 bedeutet ein Extensionsdefizit von  $> 10^\circ$  ohne Flexionsdefizit. Bei Typ 3 besteht ein Extensionsdefizit von  $> 10^\circ$  bei einem Flexionsdefizit von  $> 25^\circ$ . Typ 4 wird definiert mit einem Extensionsdefizit von  $> 10^\circ$ , einem Flexionsdefizit von  $> 30^\circ$  und einem Patellatiefstand.

Histo-pathologisch handelt es sich bei Arthrofibrose um ein kollagenhaltiges, granulierendes Gewebe, das vereinzelt Anzeichen von Neovaskularisationen und Chondrometaplasien aufweisen kann (Bosch, 2002; Gillespie et al., 1998).

Eine Kombination aus operativen und postoperativen Mikrotraumen sowie die daraus resultierenden Entzündungsreaktionen im Gelenk, werden als Ursachen für die Entstehung von Arthrofibrose diskutiert (Facchetti et al., 2017). Die Diagnosestellung erfolgt in der Regel klinisch, wenngleich sich die histologischen Korrelate mithilfe des Kernspins gut darstellen lassen (Bradley et al., 2000; Cosgarea et al., 1994; Shelbourne et al., 1991).

In der MRT präsentiert sich Arthrofibrose in T1-gewichteten Sequenzen üblicherweise als hypointense und in T2-gewichteten Sequenzen als hypo- bis isointense Struktur (Recht & Kramer, 2002). Es kann zwischen einer fokalen Form, sogenannten Zyklopläsionen, und einer diffusen Form unterschieden werden, wobei sich diese in ihrer Signalqualität nicht unterscheiden. Die Zyklopläsion ist charakterisiert durch ihre Lage anterior des tibialen Endes des VKB-Transplantates (Meyers et al., 2010). Die diffuse Form ist von ihrer Lage her weniger gut umschrieben und kann sich von anterior nach posterior bis hin zur Gelenkkapsel und dem Hoffa

Fettkörper erstrecken und in ausgeprägten Fällen bis in den recessus suprapatellaris reichen (Papakonstantinou et al., 2003).

Im Rahmen dieser Untersuchung sollte mit Hilfe der radiologischen Erkenntnisse der Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Arthrofibrose (Tabelle 12) und den klinischen Befunden sowie der subjektiven Zufriedenheit der Patienten untersucht werden.

**Tabelle 12** - radiologische Beurteilung von Arthrofibrose

<b>Arthrofibrose fokal/diffus</b>	
<b>1</b>	Vorhanden
<b>2</b>	Nicht vorhanden

#### 4.7. Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der Ergebnisse wurde die Statistik- und Analyse Software SPSS der Firma IBM benutzt (Version 22.0; SPSS Chicago, IL). Die Überprüfung auf Normalverteilung der Daten erfolgte mithilfe des Kolmogorov-Smirnov Tests. Dabei ergaben keine der erhobenen Werte eine Normalverteilung. Folglich wurden für die weitere statistische Auswertung der Gruppenvergleiche

(Gruppe 1 vs. Gruppe 2; Gruppe 2a vs. Gruppe 2b) nicht-parametrische Tests angewandt.

Der Mann-Whitney-U Test wurde für die Subanalyse der quantitativen postoperativen Ergebnisse verwendet. Für die Korrelationsbestimmung zwischen kontinuierlichen Variablen kam der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman zum Einsatz. Sofern nicht anders angegeben, wurden die Ergebnisse mit Mittelwert und Standardabweichung oder Median und Spannweite dargestellt. Statistische Signifikanz wurde mit einem p-Wert  $< 0.05$  festgelegt.

## 5. Ergebnisse

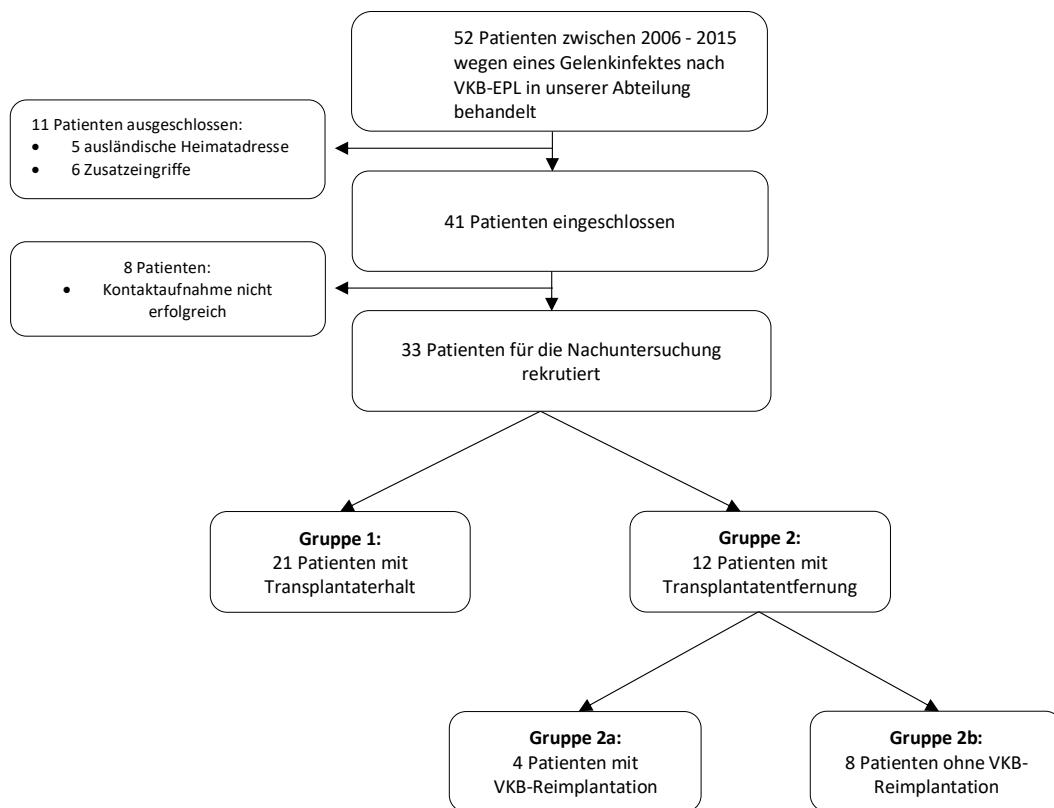
### 5.1. Patientenkollektiv und Gruppeneinteilung

Zwischen Januar 2006 und Dezember 2015 wurden in der Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar 52 Patienten operativ auf Grund eines Gelenkinfekts nach vorderer Kreuzbandersatzplastik behandelt. Insgesamt elf Patienten davon mussten aus dieser Studie ausgeschlossen werden: bei fünf Patienten auf Grund einer ausländische Heimatadresse und bei den restlichen sechs Patienten auf Grund operativer Zusatzeingriffe im Rahmen der initialen VKB-Rekonstruktion (drei Patienten hatten zusätzlich eine HKB-Rekonstruktion erhalten und bei drei Patienten waren zusätzlich Osteotomien bzw. Osteosynthesen durchgeführt worden). Von den verbliebenen 41 Patienten, konnten acht weitere nicht kontaktiert werden und standen somit für das weitere Vorgehen nicht zur Verfügung.

Somit wurden insgesamt 33 der ursprünglich 41 eingeschlossenen Patienten (81 %) für diese Studie rekrutiert und zu der Nachuntersuchung eingeladen.

Bei 21 der 33 Patienten (64 %) war das VKB-Transplantat im Rahmen der Infektsanierung erhalten worden (Gruppe 1). Bei den verbliebenen 12 Patienten (36 %), war im Zuge der Revisionseingriffe das VKB-Transplantat entfernt worden (Gruppe 2). In der weiteren Subanalyse von Gruppe 2, bestand Gruppe 2a aus vier Patienten (33%), die bis zu dem Zeitpunkt der Nachuntersuchung ein neues VKB-Transplantat erhalten hatten und Gruppe 2b aus acht Patienten (67%) ohne erneute VKB-Rekonstruktion. Abbildung 5 gibt einen Überblick über das Auswahlverfahren sowie die Gruppenzugehörigkeiten der Patienten.

Insgesamt betrug das mittlere Follow-up  $54,7 \pm 24,4$  Monate (13 – 103). Bei allen Patienten war der Gelenkinfekt erfolgreich behandelt worden, ohne Wiederauftreten eines Kniegelenkinfekts bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung.



**Abbildung 5** - Erhebung des Patientenkollektivs und Gruppeneinteilung

## 5.2. Demographische Daten

Die Analyse der ausgewählten Parameter ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gruppen (Tabelle 13). Es konnte somit keine signifikante Assoziation zwischen einem der Parameter und dem späteren Vorgehen bezüglich des Transplantats hergestellt werden.

**Tabelle 13** - Patientenparameter

<b>Parameter</b>	<b>Gruppe 1 (n = 21)</b>	<b>Gruppe 2 (n = 12)</b>	<b>p- Wert</b>
<b>Alter (Mittelwert ± SD)</b>	29,7 ± 7,9	27,5 ± 12,7	<b>0,303</b>
<b>Geschlecht</b>			<b>0,377</b>
Männlich	18 (85,7)	8 (66,7)	
Weiblich	3 (14,3)	4 (33,3)	
<b>Nachuntersuchung (Monate)</b>	54 (18-103)	41 (13-86)	<b>0,443</b>
<b>Initiale VKB-EPL</b>			<b>0,716</b>
Primär	14 (66,7)	7 (58,3)	
Sekundär	7 (33,3)	5 (41,7)	
<b>Initiales VKB- Transplantat</b>			<b>1,000</b>
HS	20 (95,2)	12 (100)	
QS	1 (4,8)	-	
<b>Chirurgische Technik</b>			<b>0,228</b>
SB	11 (52,4)	9 (75)	
DB	10 (47,6)	3 (25)	
<b>Tage bis Auftreten der Infektion</b>	15,5 (6-95)	23 (6-90)	<b>0,275</b>
<b>Fieber (&gt; 38.5 °C)</b>			<b>0,698</b>
Ja	12 (57,1)	8 (66,7)	
Nein	9 (42,9)	4 (33,3)	
<b>CRP (mg/dl)</b>	11,5 (0-32)	12,5 (0-29)	<b>0,820</b>
<b>Gächter-Stadium</b>	2 (1-2)	2 (1-3)	<b>0,423</b>
<b>Anzahl der Revisionseingriffe</b>	3 (1-7)	4 (2-5)	<b>0,171</b>

### 5.3. Mikrobiologische Befunde

Koagulase-negative Staphylokokken stellten sowohl in Gruppe 1 (61,8 %), als auch in Gruppe 2 (52,9 %) die häufigsten Erreger dar. Unter den Koagulase-negativen Staphylokokken war die Subspezies *Staphylococcus epidermidis* in beiden Gruppen mit insgesamt 71,4 % am häufigsten vertreten.

Am zweithäufigsten konnte der Erreger *Staphylococcus aureus* nachgewiesen werden. Dabei fand sich dieser mit 29,4 % häufiger bei den Patienten aus Gruppe 2 (verglichen mit 8,8 % in Gruppe 1). Dieser Unterschied erreichte keine statistische Signifikanz ( $p = 0,377$ ).

Eine Mischflora aus zwei oder mehr Keimen konnte bei insgesamt acht Patienten (16 %), davon sechs aus Gruppe 1 (28,6%) und zwei aus Gruppe 2 (16,7%) gefunden werden (Tabelle 14).

**Tabelle 14** - Keimspektrum nach Gruppen und Signifikanz

Mikroorganismen	Gruppe 1 (n = 21)	Gruppe 2 (n = 12)	p-Wert
<b>Koagulase-negative Staphylokokken</b>	21 (61,8)	9 (52,9)	<b>0,433</b>
<i>MSKNS</i>	16	8	
<i>MRKNS</i>	5	1	
<b>Staphylococcus aureus</b>	3 (8,8)	5 (29,4)	<b>0,377</b>
<i>MSSA</i>	3	4	
<i>MRSA</i>	-	1	
<b>Andere</b>	7 (20,6)	3 (17,7)	-
<i>Streptokokken</i>	2	1	
<i>Coryneacterium</i>	1	-	
<i>Bacillus cereus</i>	1	-	
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	1	
<i>Propionibacterium acnes</i>	1	-	
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1	-	
<i>Fingoldia magna</i>	-	1	
<b>Kein Keimnachweis</b>	3 (8,8)	-	-

## 5.4. Klinische Befunde

Für die Follow-up Nachuntersuchungen standen 33 Patienten zur Verfügung. Drei davon verweigerten die klinische Untersuchung und konnten somit nicht in die Datenauswertung der körperlichen Untersuchung einbezogen werden. Drei weitere Patienten hatten sich in der Zwischenzeit eine Ruptur des kontralateralen vorderen Kreuzbands zugezogen und ein Patient hatte eine Re-Ruptur seiner VKB-Plastik erlitten. Diese vier Patienten wurden ebenfalls von der Datenerhebung der klinischen Untersuchung ausgeschlossen. Damit war es möglich, bei insgesamt 26 Patienten (78,9 %) die klinische Untersuchung gemäß dem Formblatt zur Untersuchung des Knies aus dem IKDC 2000 und mit dem KT-1000™ durchzuführen.

### 5.4.1. Auswertung des Formblatts zur Untersuchung des Knies (IKDC 2000)

Die Patienten mit Transplantaterhalt (Gruppe 1) erzielten in der Auswertung des Formblattes zur Untersuchung des Knies (IKDC 2000) signifikant bessere Ergebnisse ( $p = 0,047$ ) als die Patienten mit Transplantatresektion aus Gruppe 2 (Tabelle 15). So ergab die Auswertung für Gruppe 1 bei 66,6 % der Patienten ein normales oder fast normales Ergebnis. In Gruppe 2 erreichten 36,4 % ein normales oder fast normales Ergebnis und entsprechend 63,6 % ein abnormales oder deutlich abnormales Resultat. Die Patienten mit einer erneuten VKB-Rekonstruktion (Gruppe 2a) erreichten ein besseres Ergebnis als die Patienten ohne erneute VKB-Rekonstruktion (Gruppe 2b), jedoch ohne statistische Signifikanz ( $p = 0,782$ ).

### 5.4.2. Messungen mit dem KT-1000™

Die Messungen mit dem KT-1000™ ergaben statistisch signifikant bessere Werte für Gruppe 1 im Vergleich zu Gruppe 2 ( $p = 0,005$ ). In Gruppe 2a zeigte sich zudem eine geringere Seitendifferenz und damit ein besseres Ergebnis der Messungen mit dem KT-1000™

verglichen zu Gruppe 2b (statistisch nicht signifikant;  $p = 0,409$ ). Tabelle 15 zeigt die mittleren Seitendifferenzen (aus drei aufeinanderfolgenden Messungen) gemessen zwischen dem Indexknie und dem kontralateralen Knie.

**Tabelle 15** - Ergebnisse der klinischen Untersuchung, \* = statistisch signifikant

<b>Klinische Untersuchung</b>	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe 2</b>	<b><i>p-Wert</i></b>	<b>Gruppe 2a</b>	<b>Gruppe 2b</b>	<b><i>p-Wert</i></b>
<b>Formblatt zur Untersuchung des Knies (IKDC 2000)</b>			<b><i>0,047*</i></b>			<b><i>0,782</i></b>
A (normal) <b>oder</b> B (fast normal)	66,6 %	36,4 %		66,7%	25,0 %	
C (abnormal) <b>oder</b> D (deutlich abnormal)	33,4 %	63,6 %		33,3 %	75,0 %	
<b>KT-1000™: Seitendifferenz in mm</b>	1,3 ± 1,0	2,9 ± 1,5	<b><i>0,005*</i></b>	2,3 ± 0,6	3,2 ± 1,8	<b><i>0,409</i></b>



## 5.5. Auswertung der subjektiven Fragebögen

### 5.5.1. Auswertung des KOOS- Kniefragebogens

Die Auswertung des KOOS-Kniefragebogens ergab in Gruppe 1 höhere Werte in allen fünf Kategorien. Die Unterschiede erreichten keine statistische Signifikanz. Der Vergleich der Werte aus der Subanalyse von Gruppe 2 ergab weiterhin keine signifikanten Unterschiede zwischen Gruppe 2a und 2b (Tabelle 16).

**Tabelle 16** - Ergebnisse aus dem KOOS-Kniefragebogen, ADL = Aktivitäten des täglichen Lebens, SP = Sport und Freizeit, QOL = Lebensqualität

<b>KOOS</b>	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe 2</b>	<b>p-Wert</b>	<b>Gruppe 2a</b>	<b>Gruppe 2b</b>	<b>p-Wert</b>
<b>Symptome</b>	82 (29-100)	75 (50-89)	<b>0,153</b>	72 (50-89)	75 (50-89)	<b>0,864</b>
<b>Schmerzen</b>	94 (56-100)	83 (36-100)	<b>0,120</b>	77 (47-94)	83 (36-100)	<b>1,000</b>
<b>ADL</b>	97 (69-100)	96 (57-100)	<b>0,210</b>	96 (78-100)	92 (57-100)	<b>0,495</b>
<b>SP</b>	83 (35-100)	68 (0-85)	<b>0,180</b>	70 (30-85)	68 (0-80)	<b>0,609</b>
<b>QOL</b>	69 (31-100)	56 (0-81)	<b>0,153</b>	56 (25-81)	56 (0-75)	<b>0,864</b>

### 5.5.2. Auswertung des WOMAC-Scores

Die Auswertung des WOMAC-Scores zeigte, dass Patienten mit Grafterhalt in den Bereichen Schmerz, Gelenksteifigkeit und funktionelle Einschränkungen beschwerdeärmer waren, als Patienten mit Graftentfernung [2 (0-33) : 6 (0-40)]. Innerhalb von Gruppe 2 (2b vs. 2a) gaben die Patienten ohne erneute VKB-Rekonstruktion die größten Beschwerden an [8 (2- 40) : 4 (0-25)]. Beide Gruppenvergleiche waren nicht statistisch signifikant ( $p = 0,069$ ;  $p = 0,307$ ).

### 5.5.3. Ergebnisse des Lysholm-Kniescores

Die Bewertung des Lysholm-Kniescores ergab einen signifikanten Unterschied ( $p = 0,007$ ) zwischen Patienten aus Gruppe 1 und Gruppe 2 mit einem Median von 89 (48 - 100) Punkten in Gruppe 1 im Vergleich zu 69 (14 - 90) Punkten in Gruppe 2 (Abbildung 6). Die Auswertung innerhalb von Gruppe 2 erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen Gruppe 2a und Gruppe 2b ( $p = 0,357$ ) wenngleich die Patienten aus Gruppe 2a einen höheren Punktwert erreichten [88 (45 - 90) : 68 (14 - 88)].

### 5.5.4. Ergebnisse aus dem Formblatt zur subjektiven Beurteilung (IKDC 2000)

In der Auswertung des Formblatts zur subjektiven Beurteilung des Knies (IKDC 2000) schnitten die Patienten mit initialem Graftverlust (Gruppe 1) verglichen mit den Patienten aus Gruppe 2 signifikant besser ab [89 (49-100) : 66 (35-92),  $p = 0,011$ ]. Bei der Subanalyse von Gruppe 2 verhielt es sich ähnlich wie bei der Auswertung des Lysholm-Kniescores. So erzielte Gruppe 2a höhere Werte als Gruppe 2b [71 (40-92) : 66 (35-90)] aber ebenfalls ohne statistische Signifikanz ( $p = 0,705$ ).

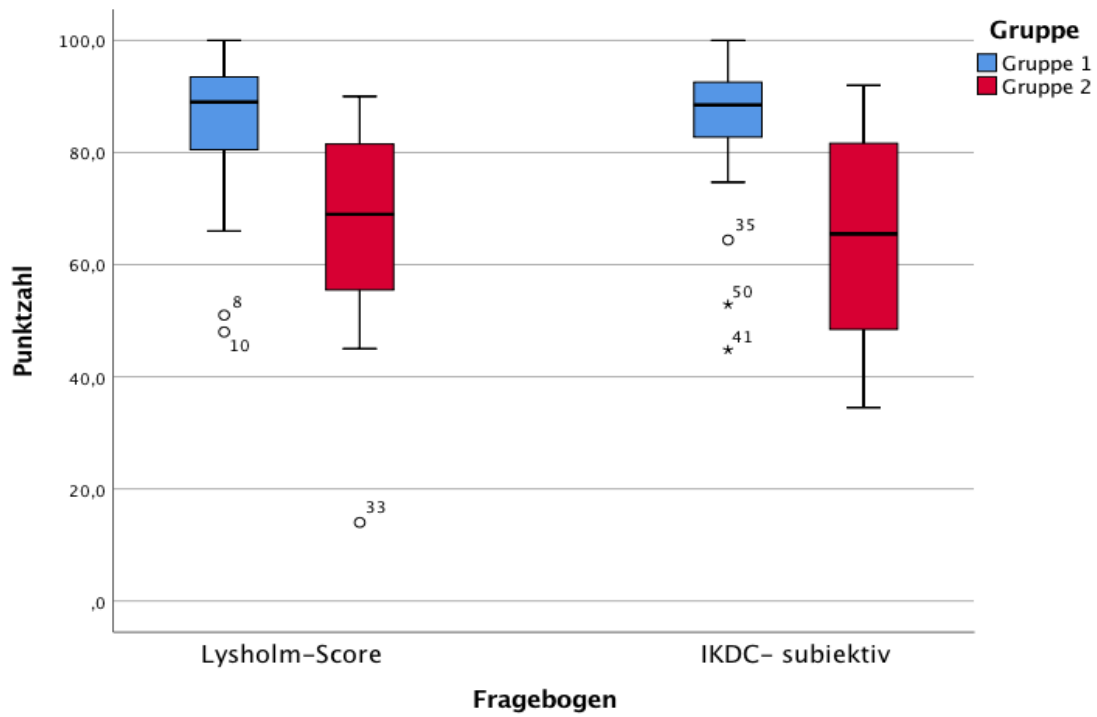
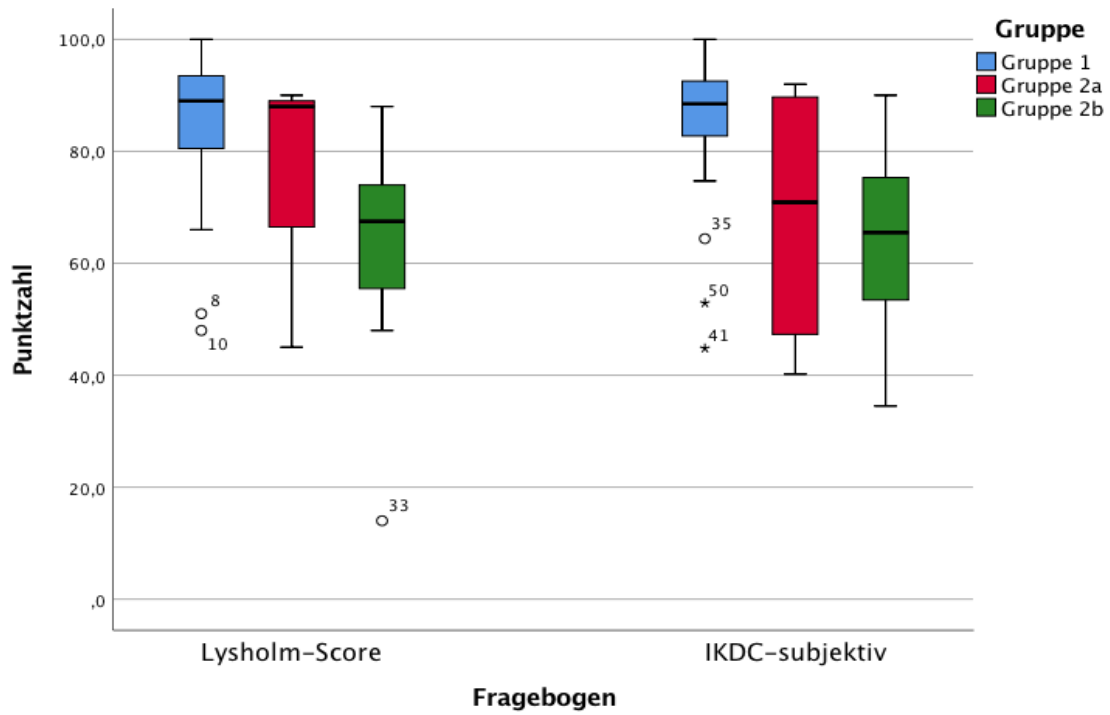


Abbildung 6 - Gruppenvergleiche des Lysholm-Kniescores und des subjektiven IKDC 2000

## 5.6. Radiologische Auswertung

Die MRT-Bildgebung am Nachuntersuchungstermin erfolgte bei insgesamt 28 Patienten (84,8 %). Darunter waren 17 Patienten aus Gruppe 1 (81,0 %), alle vier Patienten aus Gruppe 2a und sieben Patienten aus Gruppe 2b (87,5 %). Bei 25 der nachuntersuchten Patienten (89 %) standen die ursprünglichen MRT-Aufnahmen, von dem Zeitpunkt vor der initialen VKB-Rekonstruktion, zum Abgleich zur Verfügung. Die drei Patienten (11 %) ohne ursprüngliche MRT-Aufnahmen wurden aus der Gesamtauswertung ausgeschlossen.

### 5.6.1. Beurteilung der Grafitintegrität

Bei allen Patienten mit einem VKB-Transplantat zum Nachuntersuchungstermin (Gruppe 1 und Gruppe 2a) war das Transplantat vollständig intakt.

### 5.6.2. Beurteilung des Knorpelzustandes

Bei Patienten aus Gruppe 1 und Gruppe 2a, also den Patienten mit einem Transplantat zeigte sich im Vergleich zu den Voraufnahmen, eine Gesamtzunahme der Knorpelschäden um 1,0 Grad (Mittelwert) gemäß der ICRS-Klassifikation. In Gruppe 2b (Patienten ohne Transplantat bei der Nachuntersuchung) ergab sich eine mittlere Zunahme der Knorpelschäden um 1,6 Grad.

### 5.6.3. Beurteilung der Menisken

In Gruppe 1 war es während der initialen VKB-Rekonstruktion bei fünf Patienten (31 %) zu einer operativen Mitversorgung der Menisken gekommen. Vier davon hatten eine partielle Resektion des medialen bzw. lateralen Meniskus erhalten und bei einem Patienten mit Korbhenkelriss war eine Meniskusnaht durchgeführt worden.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung, konnten bei insgesamt vier Patienten aus Gruppe 1 (25 %) neu aufgetretene Verletzungen des medialen bzw. des lateralen Meniskus, im Vergleich zu den Voraufnahmen festgestellt werden.

In Gruppe 2 war bei vier Patienten (44 %) ursprünglich eine Mitversorgung der Menisken durchgeführt worden (ein Patient aus Gruppe 2a und drei Patienten aus Gruppe 2b). Unter ihnen erhielten der Patient aus Gruppe 2a und zwei Patienten aus Gruppe 2b eine partielle Resektion des medialen bzw. lateralen Meniskus und ein Patient aus Gruppe 2b eine Meniskusnaht aufgrund eines Korbhenkelrisses.

In den MRT-Aufnahmen der Nachuntersuchung wurde bei einem Patienten aus Gruppe 2a (25 %) eine neue Meniskusverletzung festgestellt während in Gruppe 2b bei vier Patienten (75 %) eine neue Meniskusverletzung diagnostiziert wurde (Tabelle 17).

Patienten mit Vorschäden an den Menisken zeigten keine erhöhte Anfälligkeit für spätere Meniskusschäden.

**Tabelle 17 - Präoperative und postoperative Meniskus-/Knorpelschäden (ICRS Grad)**

Patient	Knorpel						Meniskus			
	Präop lateral	Postop lateral	Präop medial	Postop medial	Präop Patella	Postop Patella	Präop lateral	Postop lateral	Präop medial	Postop medial
<b>Gruppe 1</b>										
1	0	0	0	0	0	0	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
2	0	0	0	0	0	2	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
3	0	3	0	3	0	3	Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
4	1	1	0	0	1	1	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
5	3	3	3	3	0	-	kein Riss	kein Riss	kein Riss	Riss
6	0	1	0	0	0	0	kein Riss	Riss	kein Riss	kein Riss
7	0	3	0	3	0	3	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
8	0	1	0	1	0	0	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
9	0	0	0	0	2	2	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
10	0	2	3	4	1	3	kein Riss	kein Riss	Riss	kein Riss
11	-	4	-	2	-	2	-	kein Riss	-	kein Riss
12	0	2	0	2	2	3	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
13	2	3	2	4	1	3	Riss	Riss	Riss	Riss
14	0	2	0	2	3	3	Riss	Riss	kein Riss	Riss
15	-	4	-	3	3	3	Riss	Riss	Riss	Riss
16	1	4	1	1	1	1	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
17	0	2	0	2	3	3	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
<b>Gruppe 2a</b>										
18	0	3	0	3	0	0	kein Riss	Riss	kein Riss	kein Riss
19	0	3	0	1	1	3	Riss	Riss	Riss	kein Riss
20	0	0	0	0	1	1	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss
21	0	0	0	0	0	0	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss

<b>Gruppe 2b</b>											
22	-	4	-	4	-	4	-	Riss	-	Riss	
23	0	3	0	1	1	2	kein Riss	Riss	kein Riss	Riss	
24	-	3	-	2	-	3	-	Riss	-	Riss	
25	1	3	1	3	0	3	kein Riss	Riss	kein Riss	Riss	
26	3	4	3	4	3	3	Riss	Riss	Riss	Riss	
27	1	2	2	4	2	4	kein Riss	Riss	Riss	Riss	
28	0	2	0	3	1	3	kein Riss	kein Riss	kein Riss	kein Riss	

#### 5.6.4. Beurteilung der Arthrofibrose

Auf den MRT-Bildern der Nachuntersuchungen wurde bei insgesamt 13 Patienten (76 %) mit einem Transplantat (Gruppe 1 und 2a), das Neuauftreten von Arthrofibrose festgestellt. Bei den Patienten ohne Re-Implantation eines Transplantates (Gruppe 2b) konnte in keinem Fall Arthrofibrose radiologisch nachgewiesen werden.

## 6. Diskussion

Die Literatur, die in den vergangenen Jahren zu diesem Themenbereich veröffentlicht wurde, deutet darauf hin, dass die Häufigkeit postoperativer Gelenkinfekte nach einer VKB-Rekonstruktion erfreulicherweise ein konstant niedriges Niveau erreicht hat. Angaben zu den Inzidenzen variieren je nach betrachteter Studie zwischen 0,1 % und 2,25 %, womit Gelenkinfekte eine der selteneren Komplikationen nach arthroskopischem VKB-Ersatz darstellen (Makhni et al., 2015; Wang et al., 2008).

Obgleich ihre Inzidenz gering ist und bisherige transplantaterhaltende Behandlungsergebnisse vielversprechend sind, darf nicht außer Acht gelassen werden, dass postoperative Gelenkinfekte schwerwiegende Folgen haben können und bei circa einem Viertel bis zu einem Drittel der Patienten, eine Transplantatentfernung und damit ein erheblicher operativer Mehraufwand notwendig ist (Makhni et al., 2015; Pogorzelski et al., 2018; Saper et al., 2014; Wang et al., 2014).

Während zahlreiche Risikofaktoren für die Entstehung eines Gelenkinfekts diskutiert werden, ist unklar, welche Faktoren den Ausbau eines Transplantats begünstigen und welche Auswirkungen dieses Vorgehen konkret auf das Outcome der Patienten hat (Armstrong et al., 1992; D R McAllister et al., 1999; Mouzopoulos et al., 2009; Schollin-Borg et al., 2003).

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel dieser Arbeit, mögliche Faktoren zu identifizieren, die bei Patienten mit postoperativem Gelenkinfekt nach VKB-Rekonstruktion eine Transplantatinsuffizienz und damit den Transplantatausbau begünstigen könnten und inwiefern sich der Transplantatausbau auf das klinische und subjektive Outcome dieser Patienten auswirkt.

Zudem wurde der Frage nachgegangen, welche radiologischen Konsequenzen der Infekt im Allgemeinen für das betroffene Knie hat und welche radiologisch nachweisbaren



Veränderungen im Knie das Fehlen eines Transplantats im Speziellen mit sich bringt. Im Folgenden sind die wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst:

Gelenkinfekte nach einer VKB-Rekonstruktion können in der Mehrheit der Fälle erfolgreich durch eine Kombination aus antibiotischer und arthroskopischer Therapie, transplantaterhaltend behandelt werden. Risikofaktoren für das Fehlschlagen eines transplantaterhaltenden Prozederes konnten im Rahmen dieser Studie nicht identifiziert werden, wenngleich es Hinweise gab, dass die Dauer des Infekts sowie das Erregerspektrum den späteren Transplantaterhalt negativ beeinflussen könnten.

Betroffenen Patienten können nach ausgeheiltem Infekt mittelfristig gute klinische und subjektive Ergebnisse in Aussicht gestellt werden. Als prognostisch ungünstig auf das postoperative Outcome wirkte sich vor allem das Fehlen eines funktionsfähigen Transplantats aus. Sollte eine Resektion des Transplantats für den Therapieerfolg dennoch notwendig sein, können durch eine erneute VKB-Reimplantation im Verlauf erfolgversprechende Resultate erzielt werden.

Postoperative Bewegungseinschränkungen stellen einen der limitierenden Faktoren der Patienten mit einem Transplantat dar, wenngleich die Entstehung von Arthrofibrose nicht alleine dafür verantwortlich gemacht werden kann. Persistierende Schmerzen und Instabilität sind das Hauptbeschwerdebild der Patienten ohne VKB-Transplantat.

Nach den Erkenntnissen dieser Studie gewährleistet der Transplantaterhalt, wie auch die Reimplantation nach vorheriger Transplantatentfernung bessere klinisch - funktionelle Ergebnisse, eine höhere postoperative Zufriedenheit und bessere radiologische Ergebnisse im Vergleich zu Patienten ohne funktionellem Transplantat.

## 6.1. Diskussion der Risikofaktoren für ein Transplantatversagen

Zu den häufigsten Ursachen für ein Transplantatversagen nach einer VKB-Rekonstruktion werden Traumata (32 %), technische Fehler (24 % bis über 50 %) und biologische Faktoren (7 %) beziehungsweise deren Kombinationen (37 %) gezählt (Wright et al., 2010). Gelenkinfekte spielen hierfür im Allgemeinen mit < 1 % nur eine untergeordnete Rolle. Hinzu kommt, dass auch nicht jeder Gelenkinfekt zu einem Transplantatversagen führt.

Entsprechend lag auch die Versagensquote und konsekutiv die Rate an Transplantatentfernungen in dem betrachteten Patientenkollektiv bei nur 36 %. Damit lagen die erhobenen Werte dennoch etwas über den Angaben aus drei Übersichtsarbeiten zu diesem Thema, in denen die Inzidenz für eine Transplantatentfernung bei postoperativem Gelenkinfekt zwischen 14,4 % und 22 % angegeben wurde (Makhni et al., 2015; Saper et al., 2014; Wang et al., 2014).

Ein Grund für die Varianz dieser Angaben, stellt unserer Meinung nach vordergründig die uneinheitliche Indikationsstellung für einen Transplantatausbau im Rahmen postoperativer Gelenkinfekte nach VKB-Ersatz dar (Matava et al., 1998). Zwar herrscht weitgehend Konsens, dass bei persistierenden Infektanzeichen trotz adäquater Therapie oder bei strukturellen Schäden des Grafts ein Transplantatausbau erfolgen sollte, aber das Fehlen klarer Leitlinien diesbezüglich ermöglicht dennoch einen nicht zu vernachlässigenden Ermessensspielraum durch den Operateur, besonders bezüglich des Zeitpunktes der Transplantatentfernung. So gaben beispielsweise Hantes et al. (2017) an, bei persistierenden Infektzeichen nach der ersten Spülung, bereits eine vollständige Materialentfernung durchzuführen. Und auch in der Arbeit von Burks et al. (2003) gaben die Autoren an, bei sieben von acht Patienten eine Materialentfernung im Rahmen der ersten oder zweiten Arthroskopie (auf Grund von Fibrinablagerungen auf dem Transplantat) durchgeführt zu haben. Demgegenüber beschreiben

Schuster et al. (2015), dass nur bei einem Patienten (2,8 %) auf Grund einer Infektpersistenz bis nach der fünften Spülung ein Transplantatausbau unternommen wurde.

Ausschlaggebend für die Transplantatentfernung im klinischen Alltag, wie auch für diese Studie, waren vor allem eine Insuffizienz des Grafts in der arthroskopischen Testung oder eine Infektpersistenz trotz adäquater Behandlung. Die tendenziell höhere Rate an Transplantatentfernungen im Vergleich zu den oben genannten Übersichtsarbeiten führen wir dabei vor allem auf zwei Ursachen zurück: Die Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar stellt als spezialisiertes Kniezentrum eine Anlaufstelle für Patienten mit komplizierten Verläufen und schweren postoperativen Komplikationen dar. Werden Patienten erst nach fehlgeschlagenen oder inadäquaten initialen Behandlungsversuchen in unsere Abteilung überwiesen, kann dies zu einem relevanten Zeitverlust und einer Verschlechterung der Rahmenbedingungen für die Infektbehandlung führen. Von den in dieser Studie eingeschlossenen Patienten war es bei knapp einem Drittel (27,3 %) zu einer initialen Behandlung ex domo gekommen. Wir gehen also davon aus, dass es dadurch bei einem Teil dieser Patienten zu einer verzögerten Einleitung der Therapie gekommen war, wodurch der weitere Therapieverlauf negativ beeinflusst worden ist.

Ein weiterer Grund für die höhere Inzidenz sehen wir darin, dass in den letzten Jahren gute klinische Erfahrungen mit dem bedarfsgerechten frühzeitigen Ausbau und Wiedereinbau von Transplantaten gemacht wurden. Somit ist denkbar, dass die Entscheidung über den Transplantaterhalt oder dessen Ausbau, besonders bei unklaren Befunden in der ersten Arthroskopie, hin zu Gunsten der Transplantatentfernung verschoben worden ist.

Anhand der ausgewerteten demographischen Daten (Alter und Geschlecht) der Patienten mit und ohne Transplantaterhalt konnten wir im Rahmen dieser Arbeit keine signifikanten Unterschiede ermitteln ( $p = 0,303$ ;  $0,377$ ). Der Altersdurchschnitt unserer Patienten lag bei

29,7 ± 7,9 (Gruppe 1) und 27,5 ± 12,7 (Gruppe 2) Jahren und unterschied sich somit einerseits in beiden Gruppen nicht signifikant und war andererseits vergleichbar mit den Angaben weiterer Arbeiten aus der Literatur mit teils höheren und teils niedrigeren Raten an Transplantatentfernungen (Abdel-Aziz et al., 2014; Calvo et al., 2014; Judd et al., 2006; Schulz et al., 2007).

Grundsätzlich ist es denkbar, dass zunehmendes Alter durch die altersabhängige Kumulation von Komorbiditäten zu einer Abnahme der Sehnenqualität oder des Einheilungsvermögen einer Kreuzbandplastik führen könnte. Arbeiten aus verschiedenen orthopädischen Bereichen konnten zeigen, dass mit steigendem Lebensalter die Heilungsraten von Sehnenrekonstruktionen rückläufig waren und die Versagensrate dieser Operationen anstiegen (Cho & Rhee, 2009; Pardes et al., 2017). Da Kreuzbandrekonstruktionen und damit ihre Komplikationen aber vornehmlich junge Patienten betreffen, ist unserer Meinung nach in diesem Patientengut nicht von einem relevanten Einfluss des Alters auf den Therapieerfolg, konkret auf den Transplantaterhalt, auszugehen.

Zwischen den beiden Gruppen zeigte sich auch bezogen auf die Geschlechterverteilung kein signifikanter Unterschied ( $p = 0,377$ ). Zwar waren, wie auch in dem Großteil der Studien zu diesem Thema, männliche Patienten häufiger von einer Transplantatinsuffizienz betroffen als weibliche Patienten ( $n = 8$  vs.  $n = 4$ ), allerdings entspricht dieses Verhältnis auch weitgehend der Verteilung von Männern und Frauen, die generell von einer VKB-Rekonstruktion und deren Komplikationen betroffen sind (Makhni et al., 2015).

Hinzu kommt, dass biologischen Faktoren auch bei dem generellen Versagen einer VKB-Rekonstruktion nur eine untergeordnete Rolle zugesprochen werden (Wright et al., 2010). Zwar ist es nicht auszuschließen, dass ein Geschlechterunterschied bezüglich der Resilienz gegenüber von Gelenkinfekten besteht, für die Beantwortung dieser Frage ist allerdings die aktuelle Datenlage nicht ausreichend.

Bei insgesamt 14 der Patienten aus Gruppe 1 (66,7 %) war eine primäre VKB-Plastik ursächlich für den postoperativen Gelenkinfekt, im Vergleich zu 7 Patienten (58,3 %) aus Gruppe 2 ( $p = 0,716$ ). Bei den restlichen 7 Patienten (33,3 %) aus Gruppe 1 bzw. 5 Patienten aus Gruppe 2 (41,7 %) führte eine Revisionskreuzbandrekonstruktion zu dem Infekt.

Zudem unterschieden sich beide Patientengruppen auch hinsichtlich der Voroperationen oder Begleitoperationen des betroffenen Knies nicht signifikant voneinander.

Wir wissen aus der bisherigen Literatur, dass Revisionskreuzbandrekonstruktionen in einem Infekt-freien Setting mit einer höheren Versagerrate als primäre VKB-Rekonstruktionen assoziiert sind (Battaglia et al., 2007; Rick W. Wright, 2007). Es ist also denkbar, dass wiederholte oder größere Eingriffe in die Physiologie und Anatomie des Gelenks zu einem verminderten Einheilungsvermögen des Transplantats und somit zu einer vermehrten Anfälligkeit des Transplantats auch im Rahmen des Infekts führen können. Die Auswertung unserer Daten ließ diese Vermutung allerdings nicht zu. Möglicherweise liegt die Ursache für den Unterschied darin, dass es sich in unserem Kollektiv überwiegend um akute oder subakute Infekte handelte (Auftreten innerhalb der ersten zwei postoperativen Monate) und in dieser kurzen Zeit weder bei primären Kreuzbandplastiken, noch bei Revisionseingriffen von einer vollständigen Einheilung der Grafts ausgegangen werden kann. Somit ist es zwar möglich, dass Revisionskreuzbänder einen Risikofaktor für eine Transplantatinsuffizienz darstellen, dieser Faktor jedoch erst nach einer deutlich längeren Zeit zum Tragen kommt.

Aufgrund hausinterner Standards wurden bei unseren Patienten in dem entsprechenden Zeitraum nahezu ausschließlich Hamstring-Transplantate verwendet (Gruppe 1: 95,2 % vs. Gruppe 2: 100 %;  $p = 1,000$ ). Daher ist anhand dieser Daten keine Aussage darüber möglich, ob die Transplantatwahl einen isolierten Risikofaktor für das Transplantatversagen bei einem Infekt darstellt.

Zwar kommen Saper et al. (2014) in ihrer Übersichtsarbeit zu dem Schluss, dass die Versagensrate nach Infekt bei Allografts höher sei als bei Autografts ( $p = 0,01$ ), allerdings betrug in dieser Arbeit die Gesamtanzahl der Patienten mit Allografts nur  $n = 5$  (im Vergleich zu  $n = 79$  Patienten mit einem Autograft). Dieser zwar statistisch signifikante Unterschied sollte somit, wie die Autoren selbst bemängelten, mit Vorsicht betrachtet werden.

Es ließe sich ohnehin bezweifeln, ob ein solcher Zusammenhang wahrscheinlich ist, da einerseits der Einfluss der Transplantatwahl selbst auf die Entstehung eines Infekts kontrovers diskutiert wird. Und andererseits konnte auch noch keine klare klinische oder subjektive Überlegenheit eines bestimmten Transplantats generell bei der Versorgung von VKB-Verletzungen gezeigt werden (Binnet & Basarir, 2007; Judd et al., 2006; Katz et al., 2008; Matava et al., 1998; Poolman et al., 2007).

Die Patienten aus Gruppe 1 wurden in ähnlichen Anteilen mit einer double bundle Technik (47,6 %) und einer single bundle Technik (52,4 %) versorgt. Patienten aus Gruppe 2 wurden zu 75 % mit einer single bundle Technik (entsprechend 25 % mit double bundle Technik) versorgt ( $p = 0,228$ ).

Das native Kreuzband besteht aus zwei anatomischen Anteilen (anteromediales Bündel und posterolaterales Bündel). Bei einer Rekonstruktion beider Bündel (double bundle Technik) konnte zwar in einzelnen Studien bei Infekt-freien postoperativen Verläufen ein objektivierbarer Zugewinn der Stabilität festgestellt werden, ohne jedoch eine subjektive Überlegenheit im Vergleich zur single bundle Technik (Ersatz beider anatomischer Bündel durch ein Transplantat) zu erbringen (Jarvela et al., 2017). Dennoch könnte man daraus schließen, dass eine double bundle Rekonstruktion somit auch widerstandsfähiger gegenüber einem Infektmilieu wäre und einen protektiven Faktor gegenüber einer frühzeitigen Transplantatinsuffizienz im Rahmen des Infekts darstellt. Leider finden sich in der Literatur diesbezüglich keine Angaben. Dem wäre außerdem entgegenzusetzen, dass eine double bundle

Rekonstruktion durch das zusätzliche Fremdmaterial und den zusätzlichen knöchernen und weichteiligen Schaden eine Persistenz von Erregern im Gelenk fördert und somit das Versagen des Transplantats begünstigt.

Abschließend lassen die erhobenen Daten keine sicheren Rückschlüsse darauf zu, ob die vermehrte Anzahl an Patienten mit einer single bundle Rekonstruktion in Gruppe 2, tatsächlich auf einen potentiellen Risikofaktor hindeutet. Es sind diesbezüglich weitere Untersuchungen notwendig, um aussagekräftige Schlussfolgerungen ziehen zu können.

Bei den Patienten aus Gruppe 1 lag die Zeit zwischen Index-Operation und Infektbehandlung in unserer Abteilung bei durchschnittlich 15,5 (6-95) Tagen, bei Patienten aus Gruppe 2 bei 23 (6-90) Tagen ( $p = 0,275$ ). Diese Zeitangaben waren weitgehend vergleichbar mit den Angaben aus bisherigen Studien (Calvo et al., 2014; Indelli et al., 2002; Judd et al., 2006).

Aus der Studie von Wang et al. (2014) wissen wir, dass ein verzögerter Diagnosezeitpunkt und damit ein späterer Therapiebeginn (in ihrer Übersichtsarbeit sprechen die Autoren von  $> 7$  Tagen) mit einem statistisch signifikant erhöhten Risiko für eine Transplantatentfernung assoziiert ist ( $p = 0,02$ ). Interessanterweise konnten auch in einer Arbeit von Schulz et al. (2007) mit einem zeitlichen Verlauf zwischen Indexoperation und Revision von 61,7 (5-196) nur bei 7 von 21 Patienten das Transplantat erhalten werden.

Wenngleich in unserer Studie keine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen vorlag, legen die bisherigen Ergebnisse nahe, dass eine Verzögerung bis zur adäquaten Therapie oder auch chronische Infekte einen Risikofaktor für das spätere Transplantatversagen darstellen.

Die therapeutischen Konsequenzen des zeitlichen Verlaufs eines Gelenkinfekts kennen wir zudem aus dem Bereich der Endoprothetik. Der Unterscheidung in akute ( $< 4$  Wochen postoperativ) und chronische ( $> 4$  Wochen postoperativ) Gelenkinfekte in diesem Bereich liegt die Vermutung zugrunde, dass mit zunehmender Zeit die Wahrscheinlichkeit für die

Ausbildung eines Biofilms zunimmt, welcher wiederum einen Prothesenausbau erforderlich machen kann. Zwar existiert ein vergleichbarer Cut-off nach dem Einbau von Kreuzbandersatzplastiken bisher nicht, aber es ist nicht auszuschließen, dass auch die Biofilmaktivität von Bakterien hier in Zukunft eine entscheidende Rolle für die Infektversorgung spielen wird (Renz et al., 2016).

Neben dem Diagnosezeitpunkt stellt laut den Arbeiten von Saper et al. (2014) und Wang et al. (2014) zusätzlich das Erregerspektrum einen Risikofaktor für eine Entfernung des Transplantats dar. Zwar ergab der Vergleich der ursächlichen Erreger in unserer Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen den Patienten mit einem Transplantatausbau und einem Transplantaterhalt, allerdings wurde *Staphylococcus aureus* vermehrt in Patienten mit späterer Transplantatentfernung nachgewiesen ( $p = 0,377$ ).

*Staphylococcus aureus*-Species sind hoch-virulente Erreger, deren Nachweis in Tierstudien mit einer höheren Wahrscheinlichkeit für einen Gelenkinfekt assoziiert war als beispielsweise der Nachweis von *Staphylococcus epidermidis*. Zudem wird vermutet, dass *Staphylococcus aureus*-Species in der Lage sind, einen dichteren Biofilm zu bilden, der für die Schwere der Infektion mitverantwortlich gemacht wird (Archer, 1998; Cassat et al., 2007). Daher ist es denkbar, dass diese Infektionen das Transplantat mehr in Mitleidenschaft ziehen, als dies bei Infektionen durch andere Erreger der Fall wäre.

So konnten auch Saper et al. (2014) zeigen, dass der Nachweis von *Staphylococcus aureus* ein Fehlschlagen der transplantaterhaltenden Therapie wahrscheinlicher machten und Wang et al. (2014) stellten fest, dass eine *Staphylococcus aureus* -Infektion mit einer schlechteren Prognose, höheren CRP-Werten und einer höheren Rate an Transplantatentfernungen assoziiert war (Saper et al., 2014; Wang et al., 2014).



Diese Ergebnisse legen nahe, dass bei einem Nachweis von *Staphylococcus aureus* mit einer größeren Versagensrate der Transplantate gerechnet werden muss und unter Umständen frühzeitig an einen Transplantatausbau gedacht werden sollte.

Der Unterschied der CRP-Werte bei Aufnahme (Gruppe 1: 11,5 (0-32) mg/dl; Gruppe 2: 12,5 (0-29) mg/dl;  $p = 0,820$ ) sowie des Gächter-Stadiums (Gruppe 1: Stadium 2 (1-2); Gruppe 2: Stadium 2 (1-3);  $p = 0,423$ ) war nicht statistisch signifikant. Diese Ergebnisse erlaubten daher keine Rückschlüsse auf die Integrität des Transplantats und somit dessen spätere Versorgung.

Das C-reaktive Protein stellt als akute-Phase Protein ein wichtiges diagnostisches Mittel im Rahmen von Infekten und anderen entzündlichen Prozessen dar. Zudem konnte gezeigt werden, dass sich der CRP-Wert gut als prognostischer Marker und zur Einschätzung des Schweregrads einer Infektion im Rahmen bestimmter infektiöser Geschehen eignet (Hohenthal et al., 2009).

Auch in der Diagnostik septischer Arthritiden spielt der CRP-Wert mit einer Sensitivität von 92 % (Referenzwert: 2 mg /dl) eine erhebliche Rolle (Hariharan & Kabrhel, 2011). Calvisi und Lupparelli (2008) beschreiben den natürlichen postoperativen Verlauf des CRP-Werts bei komplikationslosen VKB-Rekonstruktionen (Peak um den dritten postoperativen Tag und Absinken ab dem siebten postoperativen Tag), weshalb eine Verwertbarkeit des CRPs als Infektmarker besonders in der frühen postoperativen Phase kritisch und immer im klinischen Kontext gesehen werden sollte (Calvisi & Lupparelli, 2008).

Dennoch konnten Singhal et al. (2011) in einer retrospektiven Studie bei Kindern mit entzündlichen Veränderungen der Hüfte zeigen, dass CRP-Werte  $> 2$  mg/dl, neben einer Belastungsunfähigkeit des Gelenks, den stärksten unabhängigen Risikofaktor für einen Gelenkinfekt darstellten.

Konkrete Angaben über den Zusammenhang zwischen der Höhe des CRP-Levels und der Schwere des postoperativen Gelenkinfekts nach einer VKB-Rekonstruktion fehlen allerdings bisweilen in der Literatur. Zwar ist wie bereits erwähnt aus einer Übersichtsarbeit von Wang et

al. (2014) bekannt, dass der Nachweis von *Staphylococcus aureus* mit erhöhten CRP-Werten und mit einer höheren Rate an Transplantatentfernungen assoziiert war, über die Wertigkeit des CRPs als isolierter prognostischer Marker lässt sich anhand dieser Aussagen aber nur mutmaßen. Zumal auch der Vergleich mehrerer Studien mit hohen und niedrigen Raten an Transplantatentfernungen, wie auch die eigenen Ergebnisse, keine relevanten Unterschiede des CRP-Wertes zwischen Patienten mit und ohne Transplantaterhalt erkennen ließen (Gille et al., 2015; Hantes et al., 2017; Schuster et al., 2015).

Die Serumanalyse der Entzündungsparameter hat somit zwar zu Recht ihren Stellenwert in der Diagnostik, die aktuellen Erkenntnisse lassen jedoch keinen Rückschluss von der Höhe der Parameter auf die spätere Transplantatversorgung zu.

Abschließend stellen wir fest, dass die Ergebnisse unserer Studie keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der untersuchten, potentiellen Risikofaktoren für das Versagen einer Kreuzbandplastik bei postoperativem Infekt ergaben. Auf Grund des jungen Alters und guten Allgemeinzustands der Patienten erscheinen endogene Faktoren eine untergeordnete Rolle zu spielen. Es ist davon auszugehen, dass die Gründe für eine Transplantatinsuffizienz im Rahmen eines postoperativen Infekts multifaktoriell bedingt sind, exogene Faktoren wie die Dauer der Infektion und das Erregerspektrum aber vermutlich den größten Einfluss haben. Damit lässt sich vor allem auf die Bedeutung einer rechtzeitig eingeleiteten und adäquaten Therapie schließen, wenngleich für ein genaueres Verständnis der potentiellen Einflussfaktoren weitere Studien zu diesem bisher noch zu wenig verstandenen Themenkomplex notwendig sind.

## 6.2. Diskussion der Ergebnisse aus klinischer und subjektiver Nachuntersuchung

Die erfreulich niedrige Inzidenz postoperativer Gelenkinfekte nach einer VKB-Rekonstruktion hat zur Folge, dass Studien zu diesem Thema stets verhältnismäßig geringe Fallzahlen aufwiesen (Makhni et al., 2015; Saper et al., 2014; Wang et al., 2014).

Dieser Tatsache ist es auch geschuldet, dass die Studienlandschaft zu diesem Themengebiet sehr heterogen ausfällt und somit die Vergleichbarkeit der Studien untereinander deutlich erschwert wird.

Um diesen Limitationen möglichst gerecht zu werden, konnten wir unseres Wissens einerseits das bis dato größte Patientenkollektiv für eine Studie über postoperative Verläufe von Patienten mit einem Gelenkinfekt nach VKB-Rekonstruktion rekrutieren. Andererseits sollte durch eine Subgruppenanalyse der Patienten (Transplantaterhalt vs. Transplantatentfernung mit/ohne Re-Implantation) ein möglichst homogenes Studiendesign und damit eine bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit zukünftigen Arbeiten gewährleistet werden.

Dennoch sind auch die Erkenntnisse dieser Studie stets vor dem Hintergrund der verhältnismäßig kleinen Fallzahl zu sehen und die Ergebnisse stets im Kontext mit der bisherigen Literatur zu betrachten.

### 6.2.1. Diskussion der Resultate von Patienten mit Transplantaterhalt

Für diese Studie wurden zahlreiche klinische (objektiver IKDC-Fragebogen, KT-1000™, ) und subjektive (KOOS/WOMAC-Score, Lysholm-Kniescore, subjektiver IKDC-Fragebogen) Daten erhoben. Dabei wurden Patienten gesondert betrachtet, je nachdem ob bei ihnen das Transplantat initial erhalten werden konnte (Gruppe 1) oder entfernt werden musste (Gruppe 2).

Anhand der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten konnte gezeigt werden, dass Patienten mit einem postoperativen Gelenkinfekt und Transplantaterhalt (Gruppe 1) nach einem mittelfristigen Follow-up [ $54,7 \pm 24,4$  Monaten (13 - 103)] zufriedenstellende klinische, wie auch subjektive Ergebnisse erreichen können.

Zwei Drittel der Patienten mit Transplantaterhalt erreichten in der klinischen Untersuchung gemäß objektivem IKDC-Fragebogen ein normales oder fast normales Ergebnis. Außerdem wiesen diese Patienten bei den Messungen der Laxität (KT-1000™) eine Seitendifferenz von nur  $1,3 \pm 1,0$  mm und damit vergleichbare Werte wie Patienten ohne postoperativen Gelenkinfekt auf. In den subjektiven Fragebögen (KOOS/WOMAC-Score, Lysholm-Score, subjektiver IKDC) erreichten die Patienten mit initialem Transplantaterhalt zudem gute bis exzellente Punktwerte [2 (0-33), 89 (48 - 100) und (89 (49-100))].

Bei dem Vergleich unserer Ergebnisse mit den Resultaten bisheriger Studien zu diesem Themenbereich stellte wir zweierlei Dinge fest:

Einerseits zeigte sich eine große Übereinstimmung der klinischen und subjektiven Resultate dieser Arbeiten und der Patienten mit initialem Transplantaterhalt (Abdel-Aziz et al., 2014; Calvo et al., 2014; Collins et al., 2011; Iorio et al., 2008; Makhni et al., 2015; Monaco et al., 2010; Schuster et al., 2015).

So konnten beispielsweise Monaco et al. (2010) in einer retrospektiven Nachuntersuchung von 12 Patienten nach 38 Monaten (6 - 54) bei allen Patienten normale oder fast normale Ergebnisse in der klinischen Untersuchung (gemäß IKDC 2000) und eine hohe subjektive Zufriedenheit bei ihren Patienten feststellten [Lysholm-Kniescore:  $98,3$  (69 - 100)]. Die Bestimmung der Laxität (KT-1000™) lag dabei mit  $2,3$  mm (1 - 4) auf einem ähnlichen Niveau wie in Vergleichsstudien (Makhni et al., 2015).

Ähnliche Werte präsentierten auch Schuster et al. (2015) in ihrer retrospektiven Nachuntersuchung von 29 Patienten. Darin zeigte sich, dass nach einem Intervall von  $4,7 \pm 3,2$

Jahren (0,7 - 11,2), 92,3 % der Patienten ein normales oder fast normales Ergebnis in der klinischen Untersuchung gemäß dem IKDC erreichten. Zudem ergab die Messung mit dem KT-1000™ nur eine Seitendifferenz von  $1,4 \pm 0,9$  mm (0 - 3 mm) im Vergleich zu der gesunden Gegenseite. In der Auswertung des Lysholm-Kniescores erreichten die Patienten in dieser Arbeit im Durchschnitt  $80,4 \pm 11,2$  Punkte.

Erwähnenswert ist zudem, dass die Patienten mit Transplantaterhalt nach postoperativem Gelenkinfekt ähnliche klinische und subjektive Ergebnisse erzielten, wie die Patienten mit komplikationslosen postoperativen Verläufen aus Vergleichsstudien (Mayr et al., 2016). Auch Abdel-Aziz et al. (2014) fanden in einer Fall-Kontroll-Studie (Infekt vs. nicht-Infekt) bei einer Nachuntersuchungszeit von  $59 \pm 21$  bzw.  $55 \pm 21$  Monaten zwischen den beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der klinischen Untersuchung (Lachmann-Test/Pivot-Shift/ KT-1000™) oder der Ausprägung von Flexions- und Extensionsdefiziten. Auch die Auswertungen subjektiver Fragebögen dieser Studie [Lysholm-Kniescore: 85(72 - 93) vs. 90 (83 - 95);  $p = 0,10$ ; KOOS-Fragebogen: Symptome: 86 (69 - 89) vs. 87 (76 - 95);  $p = 0,39$ ; Schmerz: 82 (75 - 93) vs. 89 (84 - 97);  $p = 0,07$ ; ADL: 96 (82 - 99) vs. 96 (91 - 99);  $p = 0,28$ ; SP: 90 (65 - 99) vs. 95 (86 - 99);  $p = 0,45$ ; QOL: 84 (63 - 100) vs. 100 (77 - 100);  $p = 0,20$ ] zeigten keine signifikanten Unterschiede beider Gruppen.

Andererseits beschrieben einzelne Autoren trotz guter und vergleichbarer klinischer/objektiver Resultate, teils schlechtere subjektive Outcomes bei ihren Patienten mit postoperativen Gelenkinfekt (Judd et al., 2006; D R McAllister et al., 1999; Torres-Claramunt R, 2013).

Beispielsweise ergaben die Auswertungen von McAllister et al. (1999) bei vier nachuntersuchten Patienten in der Messung mit dem KT-1000™ eine Seitendifferenz von 1,75 mm (0-3) bei einem Lysholm-Kniescore von nur 78,25 (73-88), ähnlich wie Torres-Claramunt et al. (2013), die in ihrer Nachuntersuchung von 15 Patienten eine Seitendifferenz

mit dem KT-1000™ von  $1,3 \pm 2$  mm maßen aber nur einen Lysholm-Kniescore von  $77,7 \pm 15,3$  und im subjektiven IKDC nur  $70,4 \pm 19,5$  Punkte bei ihren Patienten ermittelten.

Die Gründe für diese Unterschiede gehen aus der aktuellen Datenlage nicht genau hervor.

Häufig aufgeführte Ursachen für das schlechtere subjektive Abschneiden von Patienten stellen Infekt-assoziierte Knorpelschäden oder das Auftreten von Arthrofibrose dar.

Zudem können laut einer Studie von Mouzopoulos et al. (2009) das Patientenalter und die Transplantatwahl, das Outcome von Patienten mit postoperativen Gelenkinfekt beeinflussen. Es ist außerdem auch denkbar, dass ein längeres Follow-up einzelner Studien, die postulierten Gelenkschäden mitbeeinflusst haben könnte.

Auch hinsichtlich der Angaben bezüglich des postoperativen sportlichen Leistungsniveaus der Patienten variieren die Aussagen in der Literatur. In unserem Patientenkollektiv gaben zwei Drittel der Patienten mit einem Transplantat zum Untersuchungszeitpunkt an, Sport ganz oder teilweise wieder auf ihrem ursprünglichen Niveau ausüben zu können.

Entsprechendes („return to recreational sporting activities“) gaben in der Arbeit von Abdel-Aziz et al. (2014) nur 62,5 % der Patienten mit einem postoperativen Infekt, gegenüber 85,7 % und 78,6 % der Patienten aus den Studien von Monaco et al. (2010) und Calvo et al. (2014).

Da sich eine ähnliche Heterogenität der Angaben allerdings auch in Studien ohne postoperativem Gelenk-Infekt wiederfindet, scheint die Sportfähigkeit nach erfolgreicher Behandlung bei Patienten mit einem funktionsfähigen Transplantat nicht in größerem Ausmaß eingeschränkt zu sein, als das bei Patienten ohne Infekt der Fall ist (Biau et al., 2007; Myklebust & Bahr, 2005).

Dennoch stellten wir fest, dass auch nach einem erfolgreich behandelten Gelenkinfekt (mit Transplantaterhalt) bis zu einem Drittel der Patienten Schwierigkeiten hat, einen (zuvor ausgeübten) Sport in vollem Umfang wieder auszuüben.

Interessant erscheint die augenscheinliche Diskrepanz zwischen den hohen Zufriedenheitswerten und dem postoperativen sportlichen Leistungsniveau der Patienten unserer Studie. Eine Erklärung dafür sehen wir aber in der relativen Komponente der subjektiven Befragungen. Es ist denkbar, dass gerade Freizeitsportler die postoperative Zufriedenheit weniger an das Erreichen einer vollständigen Sportfähigkeit geknüpft haben, als an das Wiedererlangen der alltäglichen/beruflichen Funktionalität. Hinzu kommt, dass in den Fragebögen der sportlichen Leistungsfähigkeit nur eine untergeordnete Rolle zukommt.

Ein weiterer Anhaltspunkt für die Relativität der Einschätzungen der Patienten scheint zu sein, dass trotz der hohen Zufriedenheit der Patienten nur etwas mehr als zwei Drittel ein normales oder fast normales Ergebnis in der klinischen Untersuchung nach dem IKDC, und somit knapp ein Drittel der Patienten ein abnormales oder deutlich abnormales Ergebnis erreichten. Diese Werte lagen deutlich hinter denen aus Vergleichsstudien wie von Schuster et al. (2015), Monaco et al. (2010) oder Boström et al. (2014) mit 92,3 %, 100 % und 88,9 %. Dabei stellten wir aber fest, dass in unserer Studie bei allen bis auf einen der Patienten mit abnormalen oder deutlich abnormalen Ergebnissen Bewegungsdefizite (besonders der Flexion) ursächlich für die schlechteren Ergebnisse waren, jedoch nicht eine vermehrte Instabilität.

Es ist bekannt, dass es im Rahmen von ligamentären Operationen zu Bewegungsdefiziten, besonders der Flexion kommen kann (Bostrom Windhamre et al., 2014; Judd et al., 2006; D. R. McAllister et al., 1999). Zu einer subjektiven Beeinträchtigung scheinen aber besonders Streckdefizite im Rahmen von Flexionskontrakturen des M. Quadrizeps femoris zu führen, da hier bereits Abweichungen von mehr als 5° zu Gangabweichungen führen können (Irrgang & Harner, 1995; Jackson & Schaefer, 1990; Schuster et al., 2015). Ein Beugedefizit hingegen könne laut Irrgang et al. (1995) wesentlich länger toleriert werden. Die Autoren führten weiter an, dass erst ab einer eingeschränkten Beugung unter 110° alltägliche Aktivitäten wie Treppensteigen oder das Sitzen beeinträchtigt würden. Die Beugedefizite der Patienten unseres Studienkollektivs, die ein abnormales oder deutlich abnormales Resultat erreichten, beliefen

sich auf maximal  $16^\circ$  -  $25^\circ$  der Gegenseite. Bei einem physiologischen Maß der Flexion zwischen  $135^\circ$  -  $145^\circ$  und den guten subjektiven Resultaten dieser Patienten ist anzunehmen, dass bei diesen Patienten dennoch eine suffiziente Beweglichkeit vorhanden war, die zwar zu keiner größeren Einschränkung im Alltag führte aber möglicherweise zu Einschränkungen der sportlichen Leistungsfähigkeit führte.

Auch wenn die streckenweise erhöhten Bewegungseinschränkungen unserer Patienten keinen großen Einfluss auf die subjektiven Ergebnisse hatten, stellt sich die Frage, warum es in unserem Studienkollektiv, verglichen mit den Angaben aus der Literatur, vermehrt zu Bewegungsdefiziten gekommen war. Laut einer Studie von Meyers et al. (2010) können verschiedene Faktoren in Zusammenhang mit postoperativen Bewegungseinschränkungen nach VKB-Rekonstruktionen gebracht werden. Zu den Häufigsten zählten neben einem Graftimpingement oder der Ausbildung von intraartikulären Zysten und Ganglien vor allem die Entstehung von Arthrofibrose. Wie bereits zuvor beschrieben, werden intraartikuläre Traumata im Rahmen von Verletzungen oder operativen Eingriffen für die Entstehung von Arthrofibrose verantwortlich gemacht. Somit hätten eine vermehrte Anzahl an Revisionseingriffen oder Vorschäden einen Erklärungsansatz für die vermehrten Bewegungsdefizite darstellen können. Die Patienten unserer Studie wiesen allerdings im Vergleich zu den Patienten aus den Arbeiten von Schuster et al. (2015) und Monaco et al. (2010) weder vermehrt Voroperationen noch eine höhere Anzahl an Begleitschäden auf, sodass wir nicht abschließend erklären können, warum die Patienten unserer Studie häufiger Bewegungsdefizite aufwiesen. Messfehler bei der insgesamt relativ niedrigen Fallzahl können hier jedoch einen entsprechenden Einfluss auf die Gesamtauswertung gehabt haben.

Zusammenfassend ziehen wir aus den Nachuntersuchungsergebnissen der Patienten mit initialem Grafterhalt verschiedene Schlüsse:



Zum einen erreichten diese Patienten nach einem mittelfristigen Follow-up sowohl gute klinische als auch subjektive Ergebnisse und eine hohe return to Sport-Rate.

Die größte postoperative Limitation unserer Patienten stellten persistierende Beugedefizite dar, die sich jedoch nicht relevant auf die subjektive Patientenzufriedenheit auswirkten, möglicherweise aber zu einer gewissen sportlichen Einschränkung führten.

#### 6.2.2. Diskussion der Resultate von Patienten mit Transplantatentfernung

Ausgehend von den Daten über die konservative Behandlung von VKB-Rupturen wird mittlerweile davon ausgegangen, dass ohne funktionsfähigem vorderen Kreuzband keine ausreichende Stabilität des Kniegelenks gewährleistet werden kann und dadurch ein erhöhtes Risiko für Folgeschäden besonders des Gelenkknorpels besteht (Karikis et al., 2018). Möglicherweise sprechen sich daher viele Chirurgen auch in der Infektsituation für primär transplantaterhaltende Verfahren beziehungsweise eine Reimplantation nach initialer Transplantatentfernung aus (Matava et al., 1998).

Der vorherige Abschnitt verdeutlichte bereits, dass Patienten mit einem Transplantaterhalt gute klinische wie auch subjektive Ergebnisse erzielten. Interessanterweise ergaben die Resultate dieser Arbeit außerdem, dass Patienten mit initialer Transplantatentfernung und konsekutiver Reimplantation in der klinischen und subjektiven Auswertung ähnlich gut abschnitten wie die Patienten mit initialem Transplantaterhalt [objektiver IKDC 66,7 % normal oder fast normal; KT-1000™:  $2,3 \pm 0,6$ ; Lysholm-Kniescore: 88 (45 - 90); subjektiver IKDC: 71 (40 - 92)].

Nur wenige Studien haben entsprechende Patienten bisher gesondert nachuntersucht. Aber auch Burks et al. (2003) kamen in ihrer retrospektiven Arbeit zu dem Ergebnis, dass Patienten nach Transplantatentfernung und Reimplantation nur eine leicht vermehrte Laxität des betroffenen

Knies bei einer insgesamt hohen Zufriedenheit aufwiesen [KT-1000™: 3 mm (1,9 - 4,0); Lysholm-Kniescore: 92,5 (76 - 100)].

Vergleichbar mit unserer Studie konnten auch Hantes et al. (2016) zeigen, dass Patienten von einer Reimplantation profitierten und dadurch deutlich bessere Ergebnisse erzielten als die Patienten ohne Transplantat [KT-1000™: 1,4 mm vs. 5,6 mm; Lysholm-Kniescore: 92 (87–95) vs. 58 (56 und 60); subjektiver IKDC: 86 (83–89) vs. 52 (50 und 54)].

Die Patienten ohne Transplantat (Gruppe 2b) wiesen hingegen eine signifikant größere Laxität des Kniegelenks im Vergleich zu Patienten mit einem Transplantaterhalt auf (KT-1000™:  $3,2 \pm 1,8$  mm). Zudem erzielten drei Viertel dieser Patienten ein abnormales oder deutlich abnormales Ergebnis in der klinischen Untersuchung (IKDC) und eine geringere postoperative Zufriedenheit [Lysholm-Kniescore: 68 (14 – 88); subjektiver IKDC: 66 (35-90), WOMAC: 8 (2-40)].

Zu einem ähnlichen Ergebnis kamen auch Schulz et al. (2007) und Gille et al. (2015), die in ihren Arbeiten feststellten, dass Patienten mit Transplantatentfernung im Vergleich zu Patienten mit Transplantaterhalt sowohl schlechtere Ergebnisse in den klinischen Untersuchungen, wie auch bei der Auswertung der subjektiven Fragebögen erzielten.

Als ursächlich für das schlechtere Abschneiden dieser Patienten sehen wir vor allem die Kombination aus infektbedingten Gelenkschäden und persistierender Instabilität des Kniegelenks.

Aus Langzeitstudien über Patienten ohne postoperativen Infekt ist bekannt, dass konservativ oder verzögert operativ versorgte Patienten, verglichen mit frühzeitig operierten Patienten, im Verlauf öfters degenerative Veränderungen des Gelenks aufweisen (Frobell et al., 2013; Karikis et al., 2018). Außerdem wissen wir, dass ein florider Gelenkinfekt den Knorpel sowie die

Weichteile schädigen kann und dass mit zunehmender Dauer des Infekts zusätzliche Gelenkschäden auftreten können (R. L. Smith et al., 1987; Studahl et al., 1994).

Bei den Patienten aus Gruppe 2b (Transplantatentfernung ohne Reimplantation) kamen alle dieser Faktoren zum Tragen. Somit halten wir es für möglich, dass der Infekt per se, die längere Dauer des Infekts (verglichen mit den Patienten aus Gruppe 1) sowie die persistierende Instabilität für einen zusätzlichen und frühzeitigen Verschleiß der Weichteile des Kniegelenks und dadurch für das schlechtere klinische und subjektive Abschneiden dieser Patienten mitverantwortlich war.

Zusammenfassend zeigen die klinischen und subjektiven Ergebnisse unserer Arbeit, übereinstimmend mit der Literatur, dass Patienten nach einer Transplantatentfernung von einer erneuten Reimplantation sowohl nach objektiven (IKDC und KT-1000™), als auch nach subjektiven Kriterien (KOOS/WOMAC-Score, Lysholm-Kniescore, IKDC) profitieren. Damit untermauern unsere Ergebnisse die meist ohnehin übliche Vorgehensweise vieler Operateure in einem entsprechenden Setting.

Als ursächlich für das schlechtere Abschneiden von Patienten ohne Transplantat erachten wir vor allem die Kombination aus Pathogenität des Infektes einerseits und persistierender (Mikro-)Instabilität des Gelenks andererseits.

Unsere Ergebnisse lassen vermuten, dass entsprechende Instabilitäten durch das fehlende Transplantat in einem Infektsetting früher zu degenerativen Schäden des Gelenks führen, als dies in einem Infekt-freien Setting der Fall wäre. Daher ist eine Reimplantation aus unserer Sicht zu einem frühen Zeitpunkt erstrebenswert, wenngleich stets interindividuell und vor dem Hintergrund möglicher Operationsrisiken eine Entscheidung mit dem Patienten getroffen werden muss.

Eine Frage der Zukunft wird sein, ob sich vor dem Hintergrund der vergleichbar guten Ergebnisse von Patienten mit einem Transplantat (Gruppe 1 und Gruppe 2a), ein transplantaterhaltendes Verfahren vor dem Risiko der möglichen Infektpersistenz gegenüber einem sofortigen Ausbau mit konsekutivem Wiedereinbau rechtfertigen lässt. Um diese Frage beantworten zu können, werden allerdings weitere Studien notwendig sein.

### 6.3. Diskussion der radiologischen Ergebnisse

#### 6.3.1. Degenerative Veränderungen

Bereits seit den Arbeiten von Smith et al. (1987) und Studahl et al. (1994) sind die möglichen strukturellen Auswirkungen eines Infektes auf das Gelenk, besonders auf den Gelenkknorpel, bekannt (R. L. Smith et al., 1987; Studahl et al., 1994).

Die meisten Studien zu diesem Thema, in denen diese strukturellen Veränderungen radiologisch nachuntersucht wurden, stützen sich aber fast ausschließlich auf röntgenmorphologische Aspekte (Abdel-Aziz et al., 2014; Bostrom Windhamre et al., 2014; Gille et al., 2015; Hantes et al., 2017; Judd et al., 2006; D R McAllister et al., 1999; Monaco et al., 2010; Sajovic et al., 2009; Schollin-Borg et al., 2003; Schulz et al., 2007; Schuster et al., 2015; Torres-Claramunt R, 2013; Van Tongel et al., 2007; Viola et al., 2000).

Da degenerative Veränderungen der Kniebinnenstrukturen im Röntgen aber nur indirekt und mit zeitlicher Verzögerung darstellbar sind, hielten wir es für möglich, dass viele dieser Studien die Konsequenzen eines postoperativen Infekts für die strukturellen Gegebenheiten des Gelenks inadäquat oder unzureichend erfasst haben.

Da die Magnetresonanztomographie hingegen eine wesentlich genauere und vor allem frühzeitige Darstellung intraartikulärer Folgeschäden ermöglicht, erfolgte im Rahmen dieser

Arbeit die radiologische Untersuchung der Knieinnenstrukturen, anhand von MRT-Aufnahmen.

Unsere Daten zeigten eine insgesamt hohe Inzidenz struktureller Gelenkveränderungen bei allen Patienten mit postoperativem Gelenkinfekt nach VKB-Rekonstruktion. So wiesen nach einem mittleren Follow-up von  $54,7 \pm 24,4$  (13 - 103) Monaten, alle Patienten ohne Transplantat zum Nachuntersuchungszeitpunkt (Gruppe 2b) und 65 % der Patienten mit Transplantat (Gruppe 1 und Gruppe 2a) neue Knorpelschäden im Vergleich zu den Voraufnahmen auf. Zusätzlich konnten bei 75 % der Patienten ohne Transplantat und 25 % der Patienten mit einem Transplantat neu aufgetretene Meniskusschäden gegenüber den Voraufnahmen festgestellt werden.

Die wenigen vergleichbaren Studien in der Literatur kamen zu einem ähnlichen Ergebnis. So stellten McAllister et al. (1999) und Schub et al. (2012) in ihren Arbeiten fest, dass bei allen ihrer Patienten mit postoperativem Gelenkinfekt nach VKB-Rekonstruktion magnetresonanztomographische Veränderungen, besonders des Knorpels, sichtbar wurden. Schub et al. (2012) fanden zudem das größte Ausmaß aller strukturellen Schäden bei einem Patienten, der zur Nachuntersuchung kein intaktes VKB-Transplantat mehr aufwies, wengleich bei den Ergebnissen dieser Arbeit zu berücksichtigen ist, dass es sich um eine Langzeitnachuntersuchung mit einem mittleren Follow-up von 17,9 Jahren handelte.

In den Studien mit Röntgennachuntersuchungen fiel auf, dass vor allem Studien mit hohen Raten an Transplantatentfernungen degenerative Veränderungen des Gelenks beschrieben, während in den Arbeiten mit überwiegendem Transplantatenerhalt deutlich seltener fortgeschrittene degenerative Veränderungen detektiert wurden. So fanden Schulz et al. (2007) und Gille et al. (2015) bei einem Großteil (84,7 %) der Patienten ohne Transplantat bereits fortgeschrittene arthrotische Veränderungen auf den Röntgenaufnahmen. Monaco et al. (2010)

und Schuster et al. (2015) hingegen fanden nahezu keine degenerativen Veränderungen im Rahmen der radiologischen Nachuntersuchungen bei ihren Patienten mit einem Transplantaterhalt. Diese Unterschiede sind auch in den klinischen und vor allem subjektiven Ergebnissen dieser Patienten abgebildet.

Somit können wir aus den Ergebnissen schlussfolgern, dass im Rahmen von Gelenkinfekten bereits frühzeitig und häufiger als bisher gedacht strukturelle Gelenkschäden auftreten, unabhängig davon, ob das Transplantat initial erhalten oder entfernt wurde. Dennoch waren erwartungsgemäß die Patienten ohne einem funktionsfähigen Transplantat in deutlich stärkerem Ausmaß von diesen Folgeschäden betroffen.

Eine klinische Relevanz dieser strukturellen Veränderungen zeigte sich vordergründig bei Patienten mit ausgeprägtem radiologischen Befund (Gruppe 2b), während die klinischen/subjektiven Auswirkungen bei den Patienten mit Transplantat (Gruppe 1 und Gruppe 2a) nach diesem mittelfristigen Follow-up noch nicht so deutlich ersichtlich waren. Zukünftige Arbeiten mit längeren Nachuntersuchungszeiträumen könnten diesbezüglich weitere Erkenntnisse liefern.

### 6.3.2. Arthrofibrose

Arthrofibrose wird häufig für postoperative Bewegungseinschränkungen nach einer VKB-Rekonstruktion verantwortlich gemacht, wobei die Aussagen über Arthrofibrose dabei meist auf klinisch erhobenen oder subjektiv empfundenen Bewegungseinschränkungen der Patienten basieren und die einzelnen Definitionen teilweise voneinander abweichen (Magit et al., 2007; Mayr et al., 2004; Shelbourne et al., 1991). Obwohl Arthrofibrose auch eine radiologische und strukturell fassbare Entität darstellt, stützen sich wenige Aussagen auf radiologische Befunde.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigen, dass der radiologische Nachweis von Arthrofibrose zwar ohne weiteres möglich ist, per se aber keine Rückschlüsse auf das subjektive oder klinische Outcome zulässt. So konnte bei mehr als drei Viertel unserer Patienten mit einem Transplantat Arthrofibrose (diffus oder fokal) in den Follow-up MRTs nachgewiesen werden, dennoch erreichten diese Patienten die höchsten Zufriedenheitswerte. Da wie zuvor erwähnt Bewegungseinschränkungen aber das Hauptproblem dieser Patienten darstellten, ist es dennoch denkbar, dass das Vorhandensein von Arthrofibrose mitverantwortlich für diese Bewegungsdefizite war.

Im Vergleich dazu zeigte sich bei keinem der Patienten ohne Transplantat (mit vergleichsweise niedrigen Werten in den subjektiven Fragebögen) eine lokale oder diffuse Form der Arthrofibrose. Zwar hatten auch diese Patienten vereinzelt Bewegungseinschränkungen, aber ihre schlechteren klinischen Ergebnisse waren vor allem auf die vermehrte Laxität zurückzuführen.

Auch Facchetti et al. (2016) stellten in einer Studie über die Entstehung von Arthrofibrose nach VKB-Rekonstruktion ohne postoperativen Infekt (Follow-up von sechs, zwölf und 24 Monaten) das Vorhandensein und sogar eine Zunahme von Arthrofibrose fest (25 %, 27 %, 33 %), parallel zeigte sich aber auch in dieser Arbeit keine Verschlechterung subjektiver Scores der Patienten. Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass die Autoren nur das Vorhandensein fokaler Formen, sogenannter Zyklops-Läsionen beurteilten, und zudem keine klinischen Scores erhoben wurden.

Wir schließen aus diesen Ergebnissen, dass das Vorhandensein eines Transplantats im Knie für die Entstehung der Arthrofibrose scheinbar entscheidend mitverantwortlich ist. Zudem kann der radiologische Nachweis von Arthrofibrose mit einer eingeschränkten ROM assoziiert

werden, für ein schlechteres subjektives Outcome scheinen aber andere Faktoren im Vordergrund zu stehen.

Die durch diese Studie gewonnenen Kenntnisse tragen erheblich zu einem besseren Verständnis postoperativer Gelenkinfekte bei Patienten mit einer vorderen Kreuzbandplastik bei. Dennoch stehen auch die Ergebnisse dieser Arbeit nicht alleine für sich, sondern müssen im Rahmen der bisherigen Veröffentlichungen zu diesem Thema und möglicher zukünftiger Studien interpretiert werden.

#### 6.4. Limitationen

Bei der Beurteilung dieser Studie gilt es einige Limitationen zu berücksichtigen:

Erstens entfiel durch den retrospektiven Charakter dieser Studie, wie auch bei der Mehrzahl der hier aufgeführten Studien, die Möglichkeit einer Randomisierung der Patienten.

Zweitens kann es durch den Verlust von 19 % der eingeschlossenen Patienten zu systematischen Verzerrungen in den Auswertungen gekommen sein, da es denkbar ist, dass besonders unzufriedene Patienten seltener zu einer Studienteilnahme bereit waren. Nachdem von diesen 19 % ( $n = 8$ ), die wir nicht für die Nachuntersuchung rekrutieren konnten, fünf Patienten (62,5 %) aufgrund fehlender Adressen und nicht aufgrund mangelnder Bereitschaft der Studie ferngeblieben sind, schreiben wir diesem Störfaktor eine untergeordnete Rolle zu. Grundsätzlich ist eine Nachuntersuchungsrate von über 80 % auch in der Literatur weit verbreitet und als akzeptabel zu betrachten.

Zwar verfügte diese Studie im Vergleich zu anderen Arbeiten zu diesem Thema über eine relativ hohe Fallzahl, dennoch stellt auch diese Patientenzahl eine Limitation für die Aussagekraft der Ergebnisse da.

Vor dem Hintergrund der insgesamt geringen Inzidenz von Knieinfekten nach VKB-Rekonstruktionen werden geringe Fallzahlen jedoch immer einen gewissen qualitativen



Mangel der Studien darstellen, die sich mit diesem Thema befassen. Nichtsdestotrotz ist dies unseres Wissens die Studie mit dem größten Patientenkollektiv, die sich dieser Art von Fragestellung widmet. Daher sind unsere Erkenntnisse ein Ansatzpunkt für die weitere wissenschaftliche Tätigkeit in diesem Bereich und sie stellen einen wichtigen Bezugspunkt für Ärzte dar, die für die Versorgung von Patienten mit Gelenkinfekten nach vorderer Kreuzbandrekonstruktion verantwortlich sind.

## 7. Zusammenfassung

Gelenkinfekte nach einer vorderen Kreuzbandplastik können besonders in Abwesenheit eines funktionsfähigen Transplantats erhebliche Einschränkungen für die Patienten zur Folge haben. Ziel dieser retrospektiven Studie war es, Risikofaktoren für die Transplantatentfernung im Rahmen der Infektbehandlung zu analysieren und zu zeigen, dass Patienten mit einem Transplantaterhalt im Rahmen der Infektsanierung gegenüber den Patienten mit einer Transplantatentfernung ein besseres postoperatives klinisches, subjektives wie auch radiologisches Outcome vorweisen.

Dazu wurden alle verfügbaren Patienten, die über einen Zeitraum von zehn Jahren (Januar 2006 – Dezember 2015) in der Abteilung für Sportorthopädie am Klinikum rechts der Isar aufgrund eines postoperativen Gelenkinfektes nach VKB-Plastik operativ behandelt worden waren, in zwei Gruppen aufgeteilt und verglichen. Gruppe 1 bestand dabei aus Patienten, deren Transplantat während der Infektsanierung erhalten werden konnte und Gruppe 2 aus Patienten deren Transplantat initial entfernt worden war. Die Patienten dieser Gruppe wurden dann erneut in eine Gruppe 2a mit Patienten, denen nach erfolgreicher Infektsanierung ein neues Transplantat reimplantiert wurde, und eine Gruppe 2b unterteilt, die nach initialer Transplantatentfernung keine erneute VKB-Plastik erhielten. Die Patientengruppen wurden dann anhand von objektiven (klinische Untersuchung gemäß

IKDC 2000, KT-1000™), subjektiven (KOOS-Kniefragebogen, WOMAC-Score, Lysholm-Kniescore, subjektiver Teil des IKDC 2000) und radiologischen (MRT-) Befunden verglichen.

Von den 41 eingeschlossenen Patienten konnten 33 Patienten (81 %) für die Nachuntersuchung rekrutiert werden. Die mittlere Zeit bis zur Nachuntersuchung betrug  $54,7 \pm 24,4$  Monate bei einem durchschnittlichen Patientenalter von  $28,4 \pm 9,3$  Jahren. Patienten aus Gruppe 1 (n = 21) erzielten im Vergleich zu Patienten aus Gruppe 2 (n = 12) signifikant bessere Ergebnisse im klinischen Teil des IKDC 2000 Fragebogen (normal oder fast normal: 66,6 %; vs. 36,4 %; p = 0,047) und in der KT-1000™ - Messung ( $1,3 \pm 1,0$  mm vs.  $2,9 \pm 1,5$  mm; p = 0,005). Gruppe 1 war auch in der Auswertung des Lysholm-Kniescores (p = 0,007) und des subjektiven IKDC Fragebogens (p = 0,011) überlegen, während die Auswertungen des KOOS-Kniefragebogens und des WOMAC - Scores keine statistisch signifikanten Unterschiede zeigten. Auch zwischen den Untergruppen 2a (n = 4) und 2b (n = 8), waren die Unterschiede der Ergebnisse nicht signifikant, wenngleich sich ergab, dass Patienten mit einer erneuten Graft Re-Implantation (Gruppe 2a) bei der subjektiven und klinischen Auswertung tendenziell besser und sogar ähnlich wie Patienten aus Gruppe 1 abschnitten. Die MRT-Auswertung zeigte vermehrt Knorpel- und Meniskusschäden in Gruppe 2 verglichen zu Gruppe 1. Außerdem kam es nur bei Patienten mit VKB-Transplantat zum Nachuntersuchungstermin (Gruppe 1 und 2a) zum Auftreten von Arthrofibrose, was sich jedoch nicht nachteilig auf die Patientenzufriedenheit auswirkte.

Es konnten in dieser Studie keine signifikanten Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen und dem Risiko für eine Graftentfernung hergestellt werden. Es konnte jedoch dargelegt werden, dass Patienten mit einem postoperativen Knieinfekt nach einer vorderen Kreuzbandplastik signifikant von einem Transplantat profitieren. Diese Patienten

berichteten insgesamt von geringeren Beschwerden: Im Vergleich zu Patienten nach Transplantatentfernung zeigten sich in dieser Gruppe seltener Instabilitäten des Kniegelenkes in der klinischen Untersuchung, und in der MRT-Auswertung waren weniger Schäden des Knorpels und der Menisken zu sehen.

Die Subanalyse der Patienten mit Graftentfernung ergab, dass Patienten subjektiv wie objektiv davon profitieren, wenn es nach ausgeheiltem Infekt zu einer erneuten Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes kommt und dass diese Patienten nach erneuter Ersatzplastik nahezu vergleichbare Resultate wie die Patienten mit initial erhaltenem Transplantat erzielten.

Somit verdeutlichen unsere Ergebnisse die Bedeutung eines funktionsfähigen Transplantates für objektive und subjektive Ergebnisse von Patienten mit einem postoperativem Gelenkinfekt nach vorderer Kreuzbandplastik. Als prognostisch ungünstig erwies sich besonders die Entfernung eines Transplantates ohne erneute Re-Implantation. Insgesamt sind unsere Erkenntnisse ein weiterer wichtiger Schritt in der Untersuchung von Kniegelenkinfekten nach VKB-Rekonstruktionen. Allerdings bedarf es weiterer Studien mit höheren Fallzahlen, um ein noch besseres Verständnis dieser komplexen und potenziell folgenschweren Komplikationen zu erlangen.

## 8. Literaturverzeichnis

- Abdel-Aziz, A., Radwan, Y. A., & Rizk, A. (2014). Multiple arthroscopic debridement and graft retention in septic knee arthritis after ACL reconstruction: a prospective case-control study. *International Orthopaedics*, 38(1), 73-82. doi:10.1007/s00264-013-2123-y
- Abdelnour, A., Arvidson, S., Bremell, T., Rydén, C., & Tarkowski, A. (1993). The accessory gene regulator (agr) controls *Staphylococcus aureus* virulence in a murine arthritis model. *Infection and Immunity*, 61(9), 3879-3885.
- Archer, G. L. (1998). *Staphylococcus aureus*: a well-armed pathogen. *Clin Infect Dis*, 26(5), 1179-1181.
- Armstrong, R. W., Bolding, F., & Joseph, R. (1992). Septic arthritis following arthroscopy: clinical syndromes and analysis of risk factors. *Arthroscopy*, 8(2), 213-223.
- Arneja, S., & Leith, J. (2009). Review article: Validity of the KT-1000 knee ligament arthrometer. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 17(1), 77-79. doi:10.1177/230949900901700117
- Barker, J. U., Drakos, M. C., Maak, T. G., Warren, R. F., Williams, R. J., 3rd, & Allen, A. A. (2010). Effect of graft selection on the incidence of postoperative infection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 38(2), 281-286. doi:10.1177/0363546509346414
- 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. doi:10.1177/0363546507307391
- Battle, W. (1900). A case after open section of the knee-joint for irreducible traumatic dislocation. In *Trans Clin Soc Lond* (Vol. 33, pp. 232-233).
- Bellamy, N. (2005). The WOMAC Knee and Hip Osteoarthritis Indices: development, validation, globalization and influence on the development of the AUSCAN Hand Osteoarthritis Indices. *Clin Exp Rheumatol*, 23(5 Suppl 39), S148-153.

Biau, D. J., Tournoux, C., Katsahian, S., Schranz, P., & Nizard, R. (2007). ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res*, 458, 180-187. doi:10.1097/BLO.0b013e31803dcd6b

Bick, E. (1933). *History and source book of orthopaedic surgery*. New York: The Hospital for Joint Diseases.

Binnet, M. S., & Basarir, K. (2007). Risk and outcome of infection after different arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction techniques. *Arthroscopy*, 23(8), 862-868. doi:10.1016/j.arthro.2007.02.008

Bonnaire, F., & Weber, A. (2014, 06/2014). Bakterielle Gelenkinfektionen. Retrieved from [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/012-0101\\_S1\\_Bakterielle\\_Gelenkinfektionen\\_2014-06.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/012-0101_S1_Bakterielle_Gelenkinfektionen_2014-06.pdf)

Bosch, U. (2002). [Arthrofibrosis]. *Orthopade*, 31(8), 785-790. doi:10.1007/s00132-002-0336-7

Bostrom Windhamre, H., Mikkelsen, C., Forssblad, M., & Willberg, L. (2014). Postoperative septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: does it affect the outcome? A retrospective controlled study. *Arthroscopy*, 30(9), 1100-1109. doi:10.1016/j.arthro.2014.03.019

Bradley, D. M., Bergman, A. G., & Dillingham, M. F. (2000). MR Imaging of Cyclops Lesions. *American Journal of Roentgenology*, 174(3), 719-726. doi:10.2214/ajr.174.3.1740719

Brittberg, M., & Winalski, C. S. (2003). Evaluation of cartilage injuries and repair. *J Bone Joint Surg Am*, 85-A Suppl 2, 58-69.

Brophy, R. H., Wright, R. W., Huston, L. J., Nwosu, S. K., & Spindler, K. P. (2015). Factors Associated with Infection Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Bone Joint Surg Am*, 97(6), 450-454. doi:10.2106/jbjs.N.00694

Burks, R. T., Friederichs, M. G., Fink, B., Luker, M. G., West, H. S., & Greis, P. E. (2003). Treatment of postoperative anterior cruciate ligament infections with graft removal and early reimplantation. *Am J Sports Med*, 31(3), 414-418. doi:10.1177/03635465030310031501

- Calvisi, V., & Lupparelli, S. (2008). C-reactive protein changes in the uncomplicated course of arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Int J Immunopathol Pharmacol*, *21*(3), 603-607. doi:10.1177/039463200802100313
- Calvo, R., Figueroa, D., Anastasiadis, T., Vaisman, A., Olid, A., Gili, F., Valderama, J. J., & De La Fuente, P. (2014). Septic arthritis in ACL reconstruction surgery with hamstring autografts. Eleven years of experience. *The Knee*, *21*(3), 717-720.
- Cassat, J. E., Lee, C. Y., & Smeltzer, M. S. (2007). Investigation of biofilm formation in clinical isolates of *Staphylococcus aureus*. *Methods Mol Biol*, *391*, 127-144. doi:10.1007/978-1-59745-468-1\_10
- Chang, C.-Y., Hondar Wu, H.-T., Huang, T.-F., Ma, H.-L., & Hung, S.-C. (2004). Imaging evaluation of meniscal injury of the knee joint: A comparative MR imaging and arthroscopic study. *Clinical Imaging*, *28*(5), 372-376. doi:https://doi.org/10.1016/S0899-7071(03)00245-6
- Cho, N. S., & Rhee, Y. G. (2009). The factors affecting the clinical outcome and integrity of arthroscopically repaired rotator cuff tears of the shoulder. *Clinics in orthopedic surgery*, *1*(2), 96-104. doi:10.4055/cios.2009.1.2.96
- Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Crossley, K. M., & Roos, E. M. (2011). Measures of Knee Function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis Care Res (Hoboken)*, *63*(0 11), S208-228. doi:10.1002/acr.20632
- Cosgarea, A. J., DeHaven, K. E., & Lovelock, J. E. (1994). The surgical treatment of arthrofibrosis of the knee. *Am J Sports Med*, *22*(2), 184-191. doi:10.1177/036354659402200206
- Daniel, D. M., Stone, M. L., Sachs, R., & Malcom, L. (1985). Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. *Am J Sports Med*, *13*(6), 401-407. doi:10.1177/036354658501300607

De Smet, A. A. (2012). How I Diagnose Meniscal Tears on Knee MRI. *American Journal of Roentgenology*, 199(3), 481-499. doi:10.2214/AJR.12.8663

Deng, G. M., & Tarkowski, A. (2000). The features of arthritis induced by CpG motifs in bacterial DNA. *Arthritis Rheum*, 43(2), 356-364. doi:10.1002/1529-0131(200002)43:2<356::Aid-anr15>3.0.Co;2-j

Dwyer, T., Martin, C. R., Kendra, R., Sermer, C., Chahal, J., Ogilvie-Harris, D., Whelan, D., Murnaghan, L., Nauth, A., & Theodoropoulos, J. (2017). Reliability and Validity of the Arthroscopic International Cartilage Repair Society Classification System: Correlation With Histological Assessment of Depth. *Arthroscopy*, 33(6), 1219-1224. doi:10.1016/j.arthro.2016.12.012

Ekhtiari, S., Horner, N. S., de Sa, D., Simunovic, N., Hirschmann, M. T., Ogilvie, R., Berardelli, R. L., Whelan, D. B., & Ayeni, O. R. (2017). Arthrofibrosis after ACL reconstruction is best treated in a step-wise approach with early recognition and intervention: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25(12), 3929-3937. doi:10.1007/s00167-017-4482-1

Facchetti, L., Schwaiger, B. J., Gersing, A. S., Guimaraes, J. B., Nardo, L., Majumdar, S., Ma, B. C., Link, T. M., & Li, X. (2017). Cyclops lesions detected by MRI are frequent findings after ACL surgical reconstruction but do not impact clinical outcome over 2 years. *Eur Radiol*, 27(8), 3499-3508. doi:10.1007/s00330-016-4661-3

Fong, S. Y., & Tan, J. L. (2004). Septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Ann Acad Med Singapore*, 33(2), 228-234.

Frobell, R. B., Roos, H. P., Roos, E. M., Roemer, F. W., Ranstam, J., & Lohmander, L. S. (2013). Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *BMJ : British Medical Journal*, 346. doi:10.1136/bmj.f232

Gächter, A. (1985). Der Gelenkinfekt. *Inform Arzt*(6), 35-43.

Gächter, A. (1994). Gelenkinfekt- Arthroskopische Spülungsbehandlung- Hints und Tricks. *Arthroskopie*, 7, 98-101.

- Gille, J., Gerlach, U., Oheim, R., Hintze, T., Himpe, B., & Schultz, A. P. (2015). Functional outcome of septic arthritis after anterior cruciate ligament surgery. *Int Orthop*, *39*(6), 1195-1201. doi:10.1007/s00264-014-2600-y
- Gillespie, M. J., Friedland, J., & Dehaven, K. E. (1998). Arthrofibrosis: Etiology, classification, histopathology, and treatment. *Operative Techniques in Sports Medicine*, *6*(2), 102-110. doi:https://doi.org/10.1016/S1060-1872(98)80057-9
- Gjertsson, I., Hultgren, O. H., & Tarkowski, A. (2002). Interleukin-10 ameliorates the outcome of Staphylococcus aureus arthritis by promoting bacterial clearance. *Clinical and Experimental Immunology*, *130*(3), 409-414. doi:10.1046/j.1365-2249.2002.01999.x
- Gobbi, A., Karnatzikos, G., Chaurasia, S., Abhishek, M., Bulgheroni, E., & Lane, J. (2016). Postoperative Infection After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health*, *8*(2), 187-189. doi:10.1177/1941738115618638
- Goetjes, H. (1913). Über Verletzungen der Ligamenta cruciata des Kniegelenks. *Dtsch Z Chir*, *123*, 221-289.
- Grassi, A., Bailey, J. R., Signorelli, C., Carbone, G., Tchonang Wakam, A., Lucidi, G. A., & Zaffagnini, S. (2016). Magnetic resonance imaging after anterior cruciate ligament reconstruction: A practical guide. *World J Orthop*, *7*(10), 638-649. doi:10.5312/wjo.v7.i10.638
- Grifka, J., & Kuster, M. (2011). Weichteil- und Gelenkinfektionen. In *Orthopädie und Unfallchirurgie*. Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hantes, M. E., Raoulis, V. A., Doxariotis, N., Drakos, A., Karachalios, T., & Malizos, K. N. (2017). Management of septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using a standard surgical protocol. *Knee*, *24*(3), 588-593. doi:10.1016/j.knee.2017.02.007
- Hariharan, P., & Kabrhel, C. (2011). Sensitivity of erythrocyte sedimentation rate and C-reactive protein for the exclusion of septic arthritis in emergency department patients. *J Emerg Med*, *40*(4), 428-431.
- Hefti, F., Muller, W., Jakob, R. P., & Staubli, H. U. (1993). Evaluation of knee ligament injuries with the IKDC form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *1*(3-4), 226-234.



- Hohenthal, U., Hurme, S., Helenius, H., Heiro, M., Meurman, O., Nikoskelainen, J., & Kotilainen, P. (2009). Utility of C-reactive protein in assessing the disease severity and complications of community-acquired pneumonia. *Clinical Microbiology and Infection*, *15*(11), 1026-1032. doi:10.1111/j.1469-0691.2009.02856.x
- Hultgren, O. H., Svensson, L., & Tarkowski, A. (2002). Critical role of signaling through IL-1 receptor for development of arthritis and sepsis during *Staphylococcus aureus* infection. *J Immunol*, *168*(10), 5207-5212.
- Imhoff, A. B., & Feucht, M. J. (2017). *Atlas sportorthopädisch-sporttraumatologische Operationen* (Vol. 2). Berlin: Springer.
- Indelli, P. F., Dillingham, M., Fanton, G., & Schurman, D. J. (2002). Septic arthritis in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*(398), 182-188.
- Iorio, R., Vadala, A., Di Vavo, I., De Carli, A., Conteduca, F., Argento, G., & Ferretti, A. (2008). Tunnel enlargement after anterior cruciate ligament reconstruction in patients with post-operative septic arthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *16*(10), 921-927. doi:10.1007/s00167-008-0575-1
- Irrgang, J. J., Anderson, A. F., Boland, A. L., Harner, C. D., Kurosaka, M., Neyret, P., Richmond, J. C., & Shelborne, K. D. (2001). Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. *Am J Sports Med*, *29*(5), 600-613. doi:10.1177/03635465010290051301
- Irrgang, J. J., & Harner, C. D. (1995). Loss of motion following knee ligament reconstruction. *Sports Med*, *19*(2), 150-159.
- Irrgang, J. J., Ho, H., Harner, C. D., & Fu, F. (1998). Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg, Sports Traumatol, Arthrosc*, *6*(2), 107-114.
- Ivey, M., & Clark, R. (1985). Arthroscopic debridement of the knee for septic arthritis. *Clin Orthop Relat Res*(199), 201-206.
- Jackson, D. W., & Schaefer, R. K. (1990). Cyclops syndrome: loss of extension following intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, *6*(3), 171-178.

Jarvela, S., Kiekara, T., Suomalainen, P., & Jarvela, T. (2017). Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Prospective Randomized Study With 10-Year Results. *Am J Sports Med*, 45(11), 2578-2585. doi:10.1177/0363546517712231

Johnson, J. S., & Freemont, A. J. (2001). A 10 year retrospective comparison of the diagnostic usefulness of synovial fluid and synovial biopsy examination. *J Clin Pathol*, 54(8), 605-607. doi:10.1136/jcp.54.8.605

Judd, D., Bottoni, C., Kim, D., Burke, M., & Hooker, S. (2006). Infections following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 22(4), 375-384. doi:10.1016/j.arthro.2005.12.002

Karikis, I., Ahlen, M., Sernert, N., Ejerhed, L., Rostgard-Christensen, L., & Kartus, J. (2018). The Long-Term Outcome After Early and Late Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy*, 34(6), 1907-1917. doi:10.1016/j.arthro.2018.01.026

Katz, L. M., Battaglia, T. C., Patino, P., Reichmann, W., Hunter, D. J., & Richmond, J. C. (2008). A retrospective comparison of the incidence of bacterial infection following anterior cruciate ligament reconstruction with autograft versus allograft. *Arthroscopy*, 24(12), 1330-1335. doi:10.1016/j.arthro.2008.07.015

Khan, N., Dockter, E., Fithian, D., Navarro, R., & Luetzow, W. (2017). In V. Musahl, J. Karlsson, R. Kuroda, & S. Zaffagini (Eds.), *Rotatory Knee Instability* (pp. 119-120). Cham: Springer.

Konig, D. P., Rutt, J., Kumm, D., & Breidenbach, E. (1998). [Diagnosis of anterior knee instability. Comparison between the Lachman test, the KT-1,000 arthrometer and the ultrasound Lachman test]. *Unfallchirurg*, 101(3), 209-213.

Kuner, E., Thurk, H., & von der Lippe, I. ((1987)). Zur Diagnostik der akuten Kniegelenksinfektion. *Unfallchirurgie*(13), 249-254.

Lai, C. C. H., Ardern, C. L., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2017). Eighty-three per cent of elite athletes return to preinjury sport after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review with meta-analysis of return to sport rates, graft rupture rates and performance outcomes. *British Journal of Sports Medicine*.

- Lysholm, J., & Gillquist, J. (1982). Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*, *10*(3), 150-154.  
doi:10.1177/036354658201000306
- Mader, J., Wang, J., & Calhoun, J. (2001). Antibiotic therapy for musculoskeletal infections. *J Bone Joint Surg Am*(83), 1178-1188.
- Maderazo, E. G., Judson, S., & Pasternak, H. (1988). Late infections of total joint prostheses. A review and recommendations for prevention. *Clin Orthop Relat Res*(229), 131-142.
- Magee, T., & Williams, D. (2004). Detection of Meniscal Tears and Marrow Lesions Using Coronal MRI. *American Journal of Roentgenology*, *183*(5), 1469-1473.  
doi:10.2214/ajr.183.5.1831469
- Magit, D., Wolff, A., Sutton, K., & Medvecky, M. J. (2007). Arthrofibrosis of the knee. *J Am Acad Orthop Surg*, *15*(11), 682-694.
- Makhni, E. C., Steinhaus, M. E., Mehran, N., Schulz, B. S., & Ahmad, C. S. (2015). Functional Outcome and Graft Retention in Patients With Septic Arthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. *Arthroscopy*, *31*(7), 1392-1401.  
doi:10.1016/j.arthro.2014.12.026
- Maletis, G. B., Inacio, M. C., Reynolds, S., Desmond, J. L., Maletis, M. M., & Funahashi, T. T. (2013). Incidence of postoperative anterior cruciate ligament reconstruction infections: graft choice makes a difference. *Am J Sports Med*, *41*(8), 1780-1785.  
doi:10.1177/0363546513490665
- Mall, N. A., Chalmers, P. N., Moric, M., Tanaka, M. J., Cole, B. J., Bach, B. R., Jr., & Paletta, G. A., Jr. (2014). Incidence and trends of anterior cruciate ligament reconstruction in the United States. *Am J Sports Med*, *42*(10), 2363-2370. doi:10.1177/0363546514542796
- Margaretten, M. E., Kohlwes, J., Moore, D., & Bent, S. (2007). Does this adult patient have septic arthritis? *Jama*, *297*(13), 1478-1488. doi:10.1001/jama.297.13.1478
- Matava, M. J., Evans, T. A., Wright, R. W., & Shively, R. A. (1998). Septic arthritis of the knee following anterior cruciate ligament reconstruction: results of a survey of sports medicine fellowship directors. *Arthroscopy*, *14*(7), 717-725.

- Mathews, C. J., Weston, V. C., Jones, A., Field, M., & Coakley, G. (2010). Bacterial septic arthritis in adults. *Lancet*, *375*(9717), 846-855. doi:10.1016/S0140-6736(09)61595-6
- Mayr, H. O., Benecke, P., Hoell, A., Schmitt-Sody, M., Bernstein, A., Suedkamp, N. P., & Stoehr, A. (2016). Single-Bundle Versus Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Comparative 2-Year Follow-up. *Arthroscopy*, *32*(1), 34-42. doi:10.1016/j.arthro.2015.06.029
- Mayr, H. O., Weig, T. G., & Plitz, W. (2004). Arthrofibrosis following ACL reconstruction--reasons and outcome. *Arch Orthop Trauma Surg*, *124*(8), 518-522. doi:10.1007/s00402-004-0718-x
- McAllister, D. R., Parker, R. D., Cooper, A. E., Recht, M. P., & Abate, J. (1999). Outcomes of postoperative septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, *27*(5), 562-570. doi:10.1177/03635465990270050301
- McAllister, D. R., Parker, R. D., Cooper, A. E., Recht, M. P., & Abate, J. (1999). Outcomes of Postoperative Septic Arthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*, *27*(5).
- Meyers, A. B., Haims, A. H., Menn, K., & Moukaddam, H. (2010). Imaging of Anterior Cruciate Ligament Repair and Its Complications. *American Journal of Roentgenology*, *194*(2), 476-484. doi:10.2214/AJR.09.3200
- Monaco, E., Maestri, B., Vadala, A., Iorio, R., & Ferretti, A. (2010). Return to sports activity after postoperative septic arthritis in ACL reconstruction. *Phys Sportsmed*, *38*(3), 69-76. doi:10.3810/psm.2010.10.1810
- Mouzopoulos, G., Fotopoulos, V. C., & Tzurbakis, M. (2009). Septic knee arthritis following ACL reconstruction: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *17*(9), 1033-1042. doi:10.1007/s00167-009-0793-1
- Muscolo, D. L., Carbo, L., Aponte-Tinao, L. A., Ayerza, M. A., & Makino, A. (2009). Massive Bone Loss from Fungal Infection after Anterior Cruciate Ligament Arthroscopic Reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*, *467*(9), 2420-2425. doi:10.1007/s11999-009-0714-0
- Musso, A., & McCormack, R. (2005). Infections after ACL reconstruction: what happens when cultures are negative? *Clin J Sport Med*, *15*(381-384).

- Myklebust, G., & Bahr, R. (2005). Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 127. doi:10.1136/bjism.2004.010900
- Newman, J. H. (1976). Review of septic arthritis throughout the antibiotic era. *Ann Rheum Dis*, 35(3), 198-205.
- Papakonstantinou, O., Chung, C. B., Chanchairujira, K., & Resnick, D. L. (2003). Complications of anterior cruciate ligament reconstruction: MR imaging. *Eur Radiol*, 13(5), 1106-1117. doi:10.1007/s00330-002-1622-9
- Pardes, A. M., Beach, Z. M., Raja, H., Rodriguez, A. B., Freedman, B. R., & Soslowsky, L. J. (2017). Aging leads to inferior Achilles tendon mechanics and altered ankle function in rodents. *Journal of biomechanics*, 60, 30-38. doi:10.1016/j.jbiomech.2017.06.008
- Parisien, J. S., & Shaffer, B. (1992). Arthroscopic management of pyarthrosis. *Clin Orthop Relat Res*(275), 243-247.
- Petersen, W., Herbort, M., Höynck, E., Zantop, T., & Mayr, H. (2014). Stadiengerechte Therapie bei Infekten nach Ersatzplastik des vorderen Kreuzbandes. *Operative Orthopädie und Traumatologie*, 26(1), 63-74. doi:10.1007/s00064-013-0262-3
- Pfeiffenberger, J., & Meiss, L. (1996). Septic conditions of the shoulder - an updating of treatment strategies. *Arch Orthop Trauma Surg*(115), 325-331.
- Pogorzelski, J., Themessl, A., Achtnich, A., Fritz, E. M., Wortler, K., Imhoff, A. B., Beitzel, K., & Buchmann, S. (2018). Septic Arthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: How Important Is Graft Salvage? *Am J Sports Med*, 363546518782433. doi:10.1177/0363546518782433
- Poolman, R. W., Abouali, J. A., Conter, H. J., & Bhandari, M. (2007). Overlapping systematic reviews of anterior cruciate ligament reconstruction comparing hamstring autograft with bone-patellar tendon-bone autograft: why are they different? *J Bone Joint Surg Am*, 89(7), 1542-1552. doi:10.2106/jbjs.F.01292
- Pugh, L., Mascarenhas, R., Arneja, S., Chin, P. Y., & Leith, J. M. (2009). Current concepts in instrumented knee-laxity testing. *Am J Sports Med*, 37(1), 199-210. doi:10.1177/0363546508323746

- Rangger, C., Daniel, D. M., Stone, M. L., & Kaufman, K. (1993). Diagnosis of an ACL disruption with KT-1000 arthrometer measurements. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, *1*(1), 60-66.
- Recht, M. P., & Kramer, J. (2002). MR imaging of the postoperative knee: a pictorial essay. *Radiographics*, *22*(4), 765-774. doi:10.1148/radiographics.22.4.g02j111765
- Renz, N., Perka, C., & Trampuz, A. (2016). Management periprothetischer Infektionen des Kniegelenks. *Der Orthopäde*, *45*(1), 65–71. doi:https://doi.org/10.1007/s00132-015-3217-6
- Rick W. Wright, W. R. D., Annunziato Amendola, Jack T. Andrish, David C. Flanigan, Morgan Jones, Christopher C. Kaeding, Robert G. Marx, Matthew J. Matava, Eric C. McCarty, Richard D. Parker, Armando Vidal, Michelle Wolcott, Brian R. Wolf, Kurt P. Spindler. (2007). Anterior Cruciate Ligament Revision Reconstruction –Two-Year Results From the MOON Cohort. *Journal of Knee Surgery*, *20*.
- Robson, A. W. M. (1903). VI. Ruptured Crucial Ligaments and their Repair by Operation. *Annals of Surgery*, *37*(5), 716-718.
- Roos, E. M., Roos, H. P., Lohmander, L. S., Ekdahl, C., & Beynnon, B. D. (1998). Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)--development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther*, *28*(2), 88-96. doi:10.2519/jospt.1998.28.2.88
- Sajovic, M., nič ar, G. L., & Dernovš ek, M. Z. (2009). Septic arthritis of the knee following anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedic Reviews*, *1*(1), e3. doi:10.4081/or.2009.e3
- Saper, M., Stephenson, K., & Heisey, M. (2014). Arthroscopic irrigation and debridement in the treatment of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, *30*(6), 747-754. doi:10.1016/j.arthro.2014.02.015
- Sayampanathan, A. A., Howe, B. K., Bin Abd Razak, H. R., Chi, C. H., & Tan, A. H. (2017). Epidemiology of surgically managed anterior cruciate ligament ruptures in a sports surgery practice. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, *25*(1), 2309499016684289. doi:10.1177/2309499016684289

- Schindler, O. S. (2012). Surgery for anterior cruciate ligament deficiency: a historical perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 20(1), 5-47. doi:10.1007/s00167-011-1756-x
- Schollin-Borg, M., Michaelsson, K., & Rahme, H. (2003). Presentation, outcome, and cause of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a case control study. *Arthroscopy*, 19(9), 941-947.
- Schub, D. L., Schmitz, L. M., Sakamoto, F. A., Winalski, C. S., & Parker, R. D. (2012). Long-term outcomes of postoperative septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 40(12), 2764-2770. doi:10.1177/0363546512461903
- Schuenke, M. (2000). In *Funktionelle Anatomie Topographie und Funktion des Bewegungssystems* (pp. 50-52). Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schulz, A. P., Gotze, S., Schmidt, H. G., Jurgens, C., & Faschingbauer, M. (2007). Septic arthritis of the knee after anterior cruciate ligament surgery: a stage-adapted treatment regimen. *Am J Sports Med*, 35(7), 1064-1069. doi:10.1177/0363546507299744
- Schuster, P., Schulz, M., Immendoerfer, M., Mayer, P., Schlumberger, M., & Richter, J. (2015). Septic Arthritis After Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Evaluation of an Arthroscopic Graft-Retaining Treatment Protocol. *Am J Sports Med*, 43(12), 3005-3012. doi:10.1177/0363546515603054
- Shelbourne, K. D., Wilckens, J. H., Mollabashy, A., & DeCarlo, M. (1991). Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *Am J Sports Med*, 19(4), 332-336. doi:10.1177/036354659101900402
- Shirtliff, M. E., & Mader, J. T. (2002). Acute Septic Arthritis. *Clinical Microbiology Reviews*, 15(4), 527-544. doi:10.1128/CMR.15.4.527-544.2002
- Siegel, M. G. (2018). Editorial Commentary: "Defer No Time, Delays Have Dangerous Ends" (Henry VI, Shakespeare): Delayed Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Has Consequences. *Arthroscopy*, 34(6), 1918-1920. doi:10.1016/j.arthro.2018.02.017
- Simank, H.-G., Wadi, B., & Bernd, L. (2004). Gelenkempyeme. *Der Orthopäde*, 33, 327-331. doi:10.1007/s00132-003-0602-3

- Singh, J. A., & Yu, S. (2017). The burden of septic arthritis on the U.S. inpatient care: A national study. *PLOS ONE*, *12*(8), e0182577. doi:10.1371/journal.pone.0182577
- Singhal, R., Perry, D. C., Khan, F. N., Cohen, D., Stevenson, H. L., James, L. A., Sampath, J. S., & Bruce, C. E. (2011). The use of CRP within a clinical prediction algorithm for the differentiation of septic arthritis and transient synovitis in children. *J Bone Joint Surg Br*, *93*(11), 1556-1561. doi:10.1302/0301-620x.93b11.26857
- Smith, M. (1986). Arthroscopic treatment of the septic knee. *Arthroscopy*, *2*(30-34).
- Smith, R. L., Schurman, D. J., Kajiyama, G., Mell, M., & Gilkerson, E. (1987). The effect of antibiotics on the destruction of cartilage in experimental infectious arthritis. *J Bone Joint Surg Am*, *69*(7), 1063-1068.
- Stucken, C., Garras, D. N., Shaner, J. L., & Cohen, S. B. (2013). Infections in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Sports Health*, *5*(6), 553-557. doi:10.1177/1941738113489099
- Studahl, M., Bergman, B., Kalebo, P., & Lindberg, J. (1994). Septic arthritis of the knee: a 10-year review and long-term follow-up using a new scoring system. *Scand J Infect Dis*, *26*(1), 85-93.
- Stutz, G. (2005). Diagnostik und arthroskopische Therapie von Gelenkinfekten. *SFA Arthroscopie aktuell*, *18*.
- Tegner, Y., & Lysholm, J. (1985). Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res*(198), 43-49.
- Torg, J. S., Conrad, W., & Kalen, V. (1976). Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med*, *4*(2), 84-93. doi:10.1177/036354657600400206
- Torres-Claramunt R, P. X., Erquicia J, . (2013). Knee joint infection after ACL reconstruction: Prevalence, management and functional outcomes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthroscopy*, *21*(21), 2844-2849.
- Treuting, R. (2000a). Minimally invasive orthopedic surgery: arthroscopy. *The Ochsner journal*, *2*(3), 158-163.



Treuting, R. (2000b). Minimally invasive orthopedic surgery: arthroscopy. *Ochsner J*, 2(3), 158-163.

Van Tongel, A., Stuyck, J., Bellemans, J., & Vandenuecker, H. (2007). Septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a retrospective analysis of incidence, management and outcome. *Am J Sports Med*, 35(7), 1059-1063.  
doi:10.1177/0363546507299443

Viola, R., Marzano, N., & Vianello, R. (2000). An unusual epidemic of Staphylococcus-negative infections involving anterior cruciate ligament reconstruction with salvage of the graft and function. *Arthroscopy*, 16(2), 173-177.

Wang, C., Ao, Y. F., Wang, J. Q., Hu, Y. L., Cui, G. Q., Yu, J. K., Tian, D. X., Yin, Y., Jiao, C., Guo, Q. W., Yan, H., & Wang, Y. J. (2008). [Diagnosis and management of septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction]. *Zhonghua Wai Ke Za Zhi*, 46(10), 745-748.

Wang, C., Lee, Y. H., & Siebold, R. (2014). Recommendations for the management of septic arthritis after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 22(9), 2136-2144.  
doi:10.1007/s00167-013-2648-z

Williams, R. J., 3rd, Laurencin, C. T., Warren, R. F., Speciale, A. C., Brause, B. D., & O'Brien, S. (1997). Septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. Diagnosis and management. *Am J Sports Med*, 25(2), 261-267.  
doi:10.1177/036354659702500222

Wright, R. W., Huston, L. J., Spindler, K. P., Dunn, W. R., Haas, A. K., Allen, C. R., Cooper, D. E., DeBerardino, T. M., Lantz, B. B., Mann, B. J., & Stuart, M. J. (2010). Descriptive epidemiology of the Multicenter ACL Revision Study (MARS) cohort. *Am J Sports Med*, 38(10), 1979-1986. doi:10.1177/0363546510378645

## 9. Abbildungsverzeichnis

<b>ABBILDUNG 1 - ARTHROSKOPIEBEFUNDE BEI KNIEGELENKSINFEKT, EINTEILUNG NACH GÄCHTER, RECHTES KNIE:</b> .....	21
<b>ABBILDUNG 2 - HÄUFIGE ARTHROSKOPIEPORTALE AM KNIE UND DIAGNOSTISCHER RUNDGANG 1: PATELLOFEMORALGELENK, 2: POSTEROLATERALER REZESSUS, 3: POSTEROMEDIALER REZESSUS, 4: MEDIALER GELENKSPALT, 5: FOSSA INTERCONDYLARIS, 6: LATERALER GELENKSPALT (AUS IMHOFF &amp; FEUCHT, 2017)</b> .....	33
<b>ABBILDUNG 3 - AUFBAU UND FUNKTIONSWEISE DES KT-1000™, A: KRAFTSENSORHEBEL, B&amp;C: PROXIMALE, DISTALE AUFLAGEFLÄCHE, D: VELCROSTRAPS, E: ARTHROMETER, F: ANZEIGE, G: OBERSCHENKELUNTERLAGE, H: FUßUNTERSTÜTZUNG, 1:STABILISATION DES GERÄTS, 2,3: KRAFTRICHTUNG WÄHREND MESSUNG</b> .....	38
<b>ABBILDUNG 4 - ANLAGE UND DISPLAY DES KT-1000™</b> .....	40
<b>ABBILDUNG 5 - ERHEBUNG DES PATIENTENKOLLEKTIVS UND GRUPPENEINTEILUNG</b> .....	51
<b>ABBILDUNG 6 - GRUPPENVERGLEICHE DES LYSHOLM-SCORES UND DES SUBJEKTIVEN IKDC 2000</b> .....	58

## 10. Tabellenverzeichnis

<b>TABELLE 1</b> - KRITERIEN FÜR DIE DIAGNOSE EINES GELENKINFEKTS (NEWMAN, 1976).....	17
<b>TABELLE 2</b> - GÄCHTER-STADIEN FÜR GELENKINFEKTE (GÄCHTER, 1985) .....	22
<b>TABELLE 3</b> - KLASSIFIKATION DER EXOGENEN BAKTERIELLEN INFEKTION (PFEIFFENBERGER & MEISS, 1996) .....	23
<b>TABELLE 4</b> - INDIKATIONEN FÜR DIE TRANSPLANTATSRESEKTION (PETERSEN ET AL., 2014)..	26
<b>TABELLE 5</b> - EIN- UND AUSSCHLUSSKRITERIEN .....	29
<b>TABELLE 6</b> - KRITERIEN FÜR DIE DIAGNOSESTELLUNG EINES GELENKINFEKTS .....	31
<b>TABELLE 7</b> - ABLAUF DER NACHUNTERSUCHUNG.....	35
<b>TABELLE 8</b> - FRAGEBÖGEN FÜR DIE SUBJEKTIVE BEURTEILUNG .....	40
<b>TABELLE 9</b> - UMRECHNUNG DER PUNKTWERTE KOOS - WOMAC.....	42
<b>TABELLE 10</b> - KRITERIEN DER RADIOLOGISCHEN AUSWERTUNG .....	45
<b>TABELLE 11</b> - ICRS-KLASSIFIKATION VON KNORPELSCHÄDEN (BRITTBERG ET AL., 2003) .....	47
<b>TABELLE 12</b> - RADIOLOGISCHE BEURTEILUNG VON ARTHROFIBROSE.....	49
<b>TABELLE 13</b> - PATIENTENPARAMETER .....	52
<b>TABELLE 14</b> - KEIMSPEKTRUM NACH GRUPPEN UND SIGNIFIKANZ .....	53
<b>TABELLE 15</b> - ERGEBNISSE DER KLINISCHEN UNTERSUCHUNG, * = STATISTISCH SIGNIFIKANT .....	55
<b>TABELLE 16</b> - ERGEBNISSE AUS DEM KOOS-KNIEFRAGEBOGEN, ADL = AKTIVITÄTEN DES TÄGLICHEN LEBENS, SP = SPORT UND FREIZEIT, QOL = LEBENSQUALITÄT .....	56
<b>TABELLE 17</b> - PRÄOPERATIVE UND POSTOPERATIVE KNORPEL-/MENISKUSSCHÄDEN.....	61

## 11. Anhang

**Anhang 1** - Patientenansreiben

**Anhang 2** - Anamnesebogen

**Anhang 3** - IKDC 2000 – Formblatt zur Untersuchung des Knies

**Anhang 4** - Anleitung für das Formblatt zur Untersuchung des Knies

**Anhang 5** - KOOS-Kniefragebogen

**Anhang 6** - Anleitung zur Berechnung der Punktzahl des KOOS-Kniefragebogens

**Anhang 7** - Berechnung des WOMAC-Scores aus dem KOOS-Kniefragebogen

**Anhang 8** - Lysholm-Kniescore

**Anhang 9** - IKDC 2000 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies

**Anhang 10** - Vorveröffentlichung

## Anhang 1 - Patientenanschriften



Klinikum rechts der Isar



Technische Universität München

Abteilung für Sportorthopädie · Klinikum rechts der Isar  
Ismaninger Straße 22 · 81675 München

Patientin / Patient



**Klinikum rechts der Isar  
Anstalt des öffentlichen Rechts**

**Abteilung für Sportorthopädie  
Univ.-Prof. Dr. Andreas B. Imhoff  
Chefarzt**

Ismaninger Straße 22  
81675 München

Tel: (089) 4140-7821

Fax: (089) 4140-7826

E-Mail: [sportortho@Lrz.tum.de](mailto:sportortho@Lrz.tum.de)

URL: <http://www.sportortho.de>

Ort, Datum

### **Bitte um Teilnahme an Studie zur Revisionsoperation bei Infektion nach vorderer Kreuzbandplastik**

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

mit diesem Schreiben möchten wir Sie bitten, an einer Studie der Abteilung für Sportorthopädie der TU München teilzunehmen. Innerhalb dieser Studie werden Patientinnen und Patienten nachuntersucht und befragt, die nach einem Ersatz des vorderen Kreuzbandes eine Infektion erlitten haben. Dies dient der Objektivierung des zu erwartenden Ergebnis bezüglich der Knie-Funktion nach einer postoperativen Infektion. Wir erhoffen uns aus den gewonnenen Daten erfolgsversprechende Behandlungsstrategien für zukünftige Infektionen nach einem vorderen Kreuzbandersatz ableiten zu können.

Ihr zeitlicher Aufwand beträgt dabei ca. 15 Minuten für das Ausfüllen der Fragebögen sowie eine einmalige, ca. 30 minütige körperlich Nachuntersuchung in unserer Abteilung für Sportorthopädie sowie eine MRT-Untersuchung in der Abteilung für Radiologie im Klinikum rechts der Isar, München. Die Nachuntersuchung bietet Ihnen dabei die Möglichkeit, ihr Knie nochmals professionell nachuntersuchen zu lassen. Etwaige Risiken bestehen in unseren Augen nicht.

Die Teilnahme an dieser Befragung ist völlig freiwillig und hat keinerlei Auswirkung auf Art und Qualität ihrer Behandlung. Selbstverständlich können Sie Ihre erteilte Zustimmung ohne Angabe von Gründen jederzeit widerrufen.

Die Befragung und die daraus resultierenden Ergebnisse sind Inhalt einer klinischen Studie, die später von uns veröffentlicht wird. Ihre Angabe werden anonymisiert innerhalb einer Excel-Datei gespeichert, die keinen

### **Poliklinik für Sportorthopädie im Sporthaus (Haus 524)**

Sprechstunden- u. OP-Termine

Tel: (089) 4140-7840

Fax: (089) 4140-7841

E-Mail: [sportpoliklinik@Lrz.tum.de](mailto:sportpoliklinik@Lrz.tum.de)

### **Sprechstunden tgl. 8 – 16 Uhr Montag**

Privatsprechstunde

Univ.-Prof. Dr. Andreas B. Imhoff

### **Dienstag – Freitag**

Sprechstunden der Oberärzte

Ltd. OA PD Dr. Sepp Braun

OA PD Dr. Knut Beitzel

OA Dr. Stefan Buchmann

OA PD Dr. Andreas Lenich

OA Dr. Bastian Scheiderer

### **Station 24/1 und 6/1**

Sekretariat Tel: (089) 4140-7844

Sekretariat Fax: (089) 4140-7889

E-Mail: [sportstation@Lrz.tum.de](mailto:sportstation@Lrz.tum.de)

### **Vorstand:**

Univ.-Prof. Dr. Reiner Gradinger  
(Ärztlicher Direktor, Vorsitzender)

Markus Zendler  
(Kaufmännischer Direktor)

Anette Thoke-Colberg  
(Pflegedirektorin)

Univ.-Prof. Dr. Peter Henningsen  
(Dekan)

offensichtlichen Rückschluss auf Ihre Identität zulässt und die nach Abschluss der Studie unwiderruflich gelöscht werden wird. Die Veröffentlichung der Daten geschieht ebenfalls in anonymisierter Form.

Ihr freundliches Einverständnis vorausgesetzt, würden wir gerne das von uns operierte Kniegelenk (operative Spülung des Kniegelenkes nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes) gerne zum **derzeitigen Zustand** mit Hilfe der folgenden Fragebögen (s.u.) beurteilen.

Wenn Sie mit der anonymen Befragung einverstanden sind, bitten wir Sie um Ihr schriftliches Einverständnis mit Ort, Datum und Unterschrift.

Wir bitten Sie die Fragebögen sowie den unterschriebenen Teil dieses Anschreibens in den beigefügten vorfrankierten Umschlag zu legen und an uns zurück zu senden.

Bezüglich eines Nachuntersuchungstermins würde ich Sie, sobald ich Ihr schriftliches Einverständnis zur Teilnahme an dieser Studie habe, telefonisch oder per email kontaktieren.

Für Rückfragen stehe ich Ihnen selbstverständlich jederzeit unter 089-41407840 oder [jonas.pogorzelski@tum.de](mailto:jonas.pogorzelski@tum.de) zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihre Kooperation, Sie helfen uns sehr weiter uns stets zu verbessern!

---

Ort, Datum

Unterschrift Patient

Studienleiter:

Dr. med. Jonas Pogorzelski

Abteilung für Sportorthopädie  
TU München

Klinikum rechts der Isar  
Ismaninger Str. 22  
81675 München

## Anhang 2 - Anamnesebogen

### Allgemeine Daten

Name \_\_\_\_\_

Vorname \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

Email \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Geb. Datum \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Alter

Größe

Gewicht

### Vorgeschichte

**Rauchen Sie (Anzahl pro Tag)?**

nein

< 5 Zig

10-20 Zig

> 20 Zig

**Haben Sie medikamentenpflichtige Vorerkrankungen?**

Ja

Nein

**Wenn ja, welche?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**Wurden Sie bereits vor der OP in unserer Abteilung an Ihrem betroffenen Knie operiert?**

Ja

Nein

**Wenn ja, wann (Datum) und was wurde durchgeführt?**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Wurden Sie nach der OP in unserer Abteilung an Ihrem betroffenen Knie operiert?

Ja       Nein

Wenn ja, wann (Datum) und was wurde durchgeführt?

---

---

## **Allgemeine Fragen**

Haben Sie aktuell Schmerzen am Knie?

Ja, starke Schmerzen       Ja, mäßige Schmerzen   
Ja, gelegentlich leichte Schmerzen       Keine Schmerzen

Nehmen Sie derzeit Schmerzmedikamente wegen des Knies?

Ja, regelmäßig       Ja, bei Bedarf       Nein

Haben Sie evtl. Sport / Rehabilitationstraining auf Grund der Knieschmerzen aufgegeben oder reduziert?

Nein       Reduziert       Aufgegeben

Wenn Sie Sport treiben / Rehabilitationstraining machen, müssen Sie dann zur Durchführung Schmerzmedikamente nehmen?

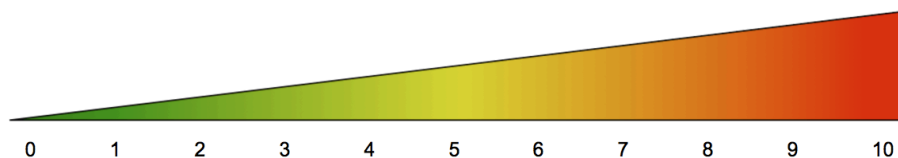
Ja, regelmäßig       Ja, bei Bedarf       Nein

## **VAS**

Visuelle Analogskala = subjektive Einschätzung Ihrer aktuellen Schmerzen

Wie stark sind Ihre Schmerzen im Knie zur Zeit?

Bitte kreisen Sie eine Zahl zwischen 0 (keine Schmerzen) und 10 (unerträgliche Schmerzen) ein.





# Anhang 3 - IKDC 2000 – Formblatt zur Untersuchung des Knies

(page 16)

## 2000 FORMBLATT ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES

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

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

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

Subluxation/Dislokation der Patella:  zentriert  subluxierbar  subluxiert  disloziert  
 Bewegungsmaß (Streckung/Beugung): Betroffene Seite: passiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ aktiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
 Normale Seite: passiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ aktiv \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

### SIEBEN GRUPPEN VIER GRADE \*GRUPPENGRAD

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

Vorderer Gelenkspalt (sagittal)  kein  gering  mäßig  deutlich  
Hinterer Gelenkspalt (sagittal)  kein  gering  mäßig  deutlich

**7. Funktionstest**

Hüpfen auf einem Bein   $\geq 90\%$   89-76%  75-50%   $< 50\%$   
(in % der gegenüberliegenden Seite)

**\*\* Abschlußbeurteilung**

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

\*\* Abschlußbeurteilung: Bei akuten und subakuten Patienten richtet sich die Abschlußbeurteilung nach dem schlechteren Gruppengrad. Bei chronischen Patienten wird die prä- und postoperative Beurteilung verglichen. Bei einer Abschlußbeurteilung werden nur die ersten drei Gruppen beurteilt, jedoch werden alle Gruppen dokumentiert. Der Unterschied zwischen dem betroffenen Knie und dem normalen Knie, bzw. dem, was als normal angesehen wird.

**IKDC-AUSSCHUSS:**

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

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

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

## Anhang 4 - Anleitung für das Formblatt zur Untersuchung des Knies

(page 17)

2000

### ANLEITUNGEN FÜR DAS FORMBLATT ZUR UNTERSUCHUNG DES KNIES

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

#### 1. Erguß

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

#### 2. Passives Bewegungsdefizit

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

#### 3. Ligamentuntersuchung

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

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

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

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

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

#### 4. Kompartimentbefund

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

#### 5. Transplantatentnahmemorbidität:

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

#### 6. Röntgenbefund

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

7. *Funktionstest*

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

## Anhang 5 - KOOS-Kniefragebogen

Knee and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), German version LK1.01

1

### „KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

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

Patienten Nr: \_\_\_\_\_

**ANLEITUNG:** Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten.

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

#### Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der **vergangenen Woche**.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals  selten  manchmal  oft  immer

S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?

niemals  selten  manchmal  oft  immer

S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?

niemals  selten  manchmal  oft  immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer  oft  manchmal  selten  nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer  oft  manchmal  selten  nie

#### Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

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

keine  schwach  mäßig  stark  sehr stark

S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im **Verlauf des Tages**?

keine  schwach  mäßig  stark  sehr stark

**Schmerzen**

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der **vergangenen Woche** als Sie z.B.:

P2. sich im Knie drehen?

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 ausstrecken?

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 herauf oder heruntergehen?

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 liegen?

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

P8. saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?

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

P9. aufrecht standen?

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

**Aktivitäten des täglichen Lebens**

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?

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

A2. Treppen hinaufstiegen?

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

A3. vom Sitzen aufstanden?

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

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **letzte Woche** als Sie z.B.:

A4. standen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A6. auf ebenen Boden gingen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A8. einkaufen gingen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A9. Strümpfe/Socken anzogen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A10. vom Bett aufstanden?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A11. Strümpfe/Socken auszogen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A12. im Bett lagen und sich drehen, ohne das Knie dabei zu beugen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A13. in oder aus der Badewanne kamen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A14. saßen?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A15. sich auf die Toilette setzten oder aufstanden?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?

keine  wenig  einige  große  sehr große

A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?

keine  wenig  einige  große  sehr große

**Sport und Freizeit**

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten **letzte Woche** als Sie z.B.:

SP1. in die Hocke gingen?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

SP2. rannten?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

SP3. hüpfen?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

SP5. sich hinknieten?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

**Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie**

Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

nie                      monatlich                      wöchentlich                      täglich                      immer  
                                                                                       

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

nicht                      wenig                      etwas                      stark                      vollständig  
                                                                                       

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, daß Ihr Knie nicht stabil ist?

gar nicht                      wenig                      einiges                      schlimm                      sehr schlimm  
                                                                                       

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch das Knie haben?

keine                      wenig                      etwas                      große                      sehr große  
                                                                                       

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



## Anhang 6 - Anleitung zur Berechnung der Punktzahl des KOOS-Kniefragebogens

KOOS Scoring. August 2012.

1

### KOOS Scoring 2012

A change in how to manage missing items was introduced in 2012. Previously, 2 missing items were allowed in each subscale. From 2012, at least 50% of the items should be responded to. The differences in subscale level are outlined in the following table:

	Number of items needed for calculation of subscale score (2012 rule for missing items)	Number of items needed for calculation of subscale score (1998 rule for missing items)
Pain	5	7
Symptoms	4	5
ADL	9	15
Sport/Rec	3	3
QOL	2	2

### KOOS Scoring instructions

Assign the following scores to the boxes:

None	Mild	Moderate	Severe	Extreme
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
0	1	2	3	4

Each subscale score is calculated independently. Calculate the mean score of the individual items of each subscale and divide by 4 (the highest possible score for a single answer option). Traditionally in orthopedics, 100 indicates no problems and 0 indicates extreme problems. The normalized score is transformed to meet this standard.

**Missing data:** If a mark is placed outside a box, the closest box is chosen. If two boxes are marked, that which indicates the more severe problem is chosen. As long as at least 50% of the subscale items are answered for each subscale, a mean score can be calculated. If more than 50% of the subscale items are omitted, the response is considered invalid and no subscale score should be calculated. For the subscale Pain, this means that 5 items must be answered; for Symptoms, 4 items; for ADL, 9 items; for Sport/Rec, 3 items; and for QOL, 2 items must be answered in order to calculate a subscale score. Subscale scores are independent and can be reported for any number of the individual subscales, i.e. if a particular subscale is not considered valid (for example, the subscale Sport/Rec 2 weeks after total knee replacement), the results from the other subscale can be reported at this time-point.

### KOOS Excel scoring files

Excel spreadsheets with formulae to calculate the five subscale scores are available from [www.koos.nu](http://www.koos.nu). If, for any reason, you prefer to use your own spreadsheets, the Excel formulae are given below. NB: The excel spreadsheet available from [koos.nu](http://koos.nu) does not take the number of missing items into account and will return a total subscale score regardless of missing items.

**Excel formulation:** When the raw data have been entered in the order the items occur in the KOOS questionnaires available from [koos.nu](http://koos.nu), these Excel formulations can be copied and pasted directly into an English version of an Excel spreadsheet to automatically calculate the five subscore scales. Please note that it has been assumed that the items in the subscale symptoms appear first in the questionnaire.

KOOS Pain:	=100-AVERAGE(I2:Q2)/4*100
KOOS Symptoms:	=100-AVERAGE(B2:H2)/4*100
KOOS ADL:	=100-AVERAGE(R2:AH2)/4*100
KOOS Sport/Rec:	=100-AVERAGE(AI2:AM2)/4*100
KOOS QOL:	=100-AVERAGE(AN2:AQ2)/4*100

### KOOS Manual Score calculation

The slightly updated version of the formulae (presented above and used from August 2012 in the spreadsheets available from [www.koos.nu](http://www.koos.nu)) does not need any manual imputation: Apply the mean of the observed items within the subscale (e.g. KOOS Pain), divide by 4, and multiply by 100; when this number is then subtracted from 100, you have the KOOS subscale estimate for that particular cross-sectional assessment of the individual patient. For manual calculations, please use the formulae provided below for each subscale:

1. PAIN  $100 - \frac{\text{Mean Score (P1-P9)} \times 100}{4} = \text{KOOS Pain}$
2. SYMPTOMS  $100 - \frac{\text{Mean Score (S1-S7)} \times 100}{4} = \text{KOOS Symptoms}$
3. ADL  $100 - \frac{\text{Mean Score (A1-A17)} \times 100}{4} = \text{KOOS ADL}$
4. SPORT/REC  $100 - \frac{\text{Mean Score (SP1-SP5)} \times 100}{4} = \text{KOOS Sport/Rec}$
5. QOL  $100 - \frac{\text{Mean Score (Q1-Q4)} \times 100}{4} = \text{KOOS QOL}$

### WOMAC - How to score from the KOOS

Assign scores from 0 to 4 to the boxes as shown above. To get original WOMAC Scores, sum the item scores for each subscale. If you prefer percentage scores in accordance with the KOOS, use the formula provided below to convert the original WOMAC scores.

$$\text{Transformed scale} = 100 - \frac{\text{actual raw score} \times 100}{\text{maximum score}}$$

WOMAC subscores	Original score = sum of the following items	Maximum score
Pain	P5-P9	20
Stiffness	S6-S7	8
Function	A1-A17	68

### KOOS Profile

To visualize differences in the five different KOOS subscores and change between different administrations of the KOOS (e.g. pre-treatment to post-treatment), KOOS Profiles can be plotted. The example from Nilsdotter et al. [17] shows KOOS profiles prior to and at three time points following total knee replacement (TKR).

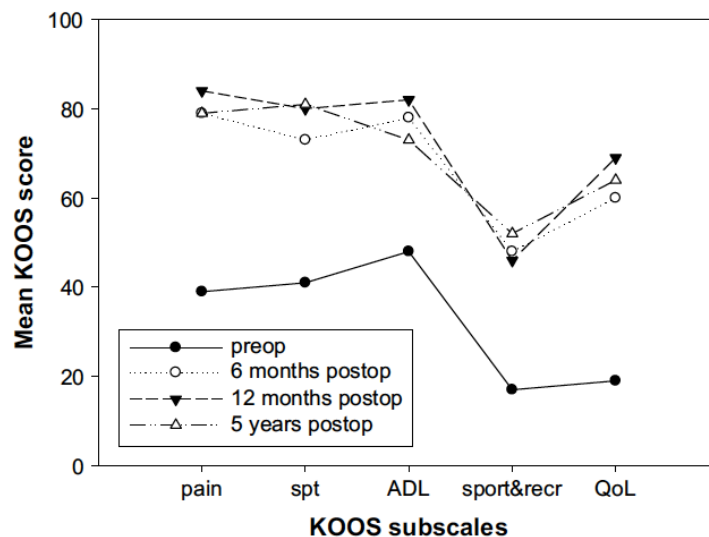


Fig. 1. KOOS profiles prior to and up to 5 years after TKR. Mean KOOS scores (n=80) at the preoperative, 6 months, 12 months and 5 year assessments after TKR.

## Anhang 8 - Lysholm-Kniescore

Lysholm-Score, in der Übersetzung nach Morris (2009)

<b>1. Hinken oder humpeln Sie?</b>		<b>Punkte</b>
a) nie	O	5
b) wenig oder nur zeitweise	O	3
c) schwer und ständig	O	0
<b>2. Benötigen Sie eine Gehhilfe?</b>		
a) nein	O	5
b) Stock oder Krücke	O	3
c) gehunfähig	O	0
<b>3. Treppensteigen?</b>		
a) problemlos	O	10
b) etwas erschwert	O	6
c) langsam, Stufe um Stufe	O	2
d) unmöglich	O	0
<b>4. In die Hocke gehen?</b>		
a) problemlos	O	5
b) etwas erschwert	O	4
c) schwer möglich (nicht über 90 Grad)	O	2
d) unmöglich	O	0
<b>5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?</b>		
a) nie	O	30
b) selten beim Sport oder schweren Anstrengungen	O	25
c) häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen	O	20
d) gelegentlich bei Alltagsarbeiten	O	10
e) oft bei Alltagsarbeiten	O	5
f) bei jeder Bewegung bzw. bei jedem Schritt	O	0

<b>6. Schmerzen?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	30
b) ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung	<input type="radio"/>	25
c) Auftreten bei Knieunsicherheit	<input type="radio"/>	20
d) Auftreten bei schweren Anstrengungen	<input type="radio"/>	15
e) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge	<input type="radio"/>	10
f) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge	<input type="radio"/>	5
g) ständig und stark	<input type="radio"/>	0
<b>7. Schwellung des Kniegelenks?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	10
b) bei Knieunsicherheit	<input type="radio"/>	7
c) bei schwerer Anstrengung	<input type="radio"/>	5
d) bei leichter Anstrengung	<input type="radio"/>	2
e) ständig	<input type="radio"/>	0
<b>8. Muskelschwäche des/ der Beine(s)?</b>		
a) keine	<input type="radio"/>	5
b) gering (Oberschenkelumfang 1-2cm verringert)	<input type="radio"/>	3
c) ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)	<input type="radio"/>	0

## Anhang 9 - IKDC 2000 Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies

### 7.1.3 FORMBLATT ZUR SUBJEKTIVEN BEURTEILUNG DES KNIES

Name \_\_\_\_\_  
Heutiges Datum: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Datum der Verletzung \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_  
Tag Monat Jahr Tag Monat Jahr

#### SYMPTOME\*:

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

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

? Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)

? Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis

? Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen

? Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit

? Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen 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	?	?	?	?	?	?	?	?	?	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	?	?	?	?	?	?	?	?	?	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 das 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
a. Treppensteigen	?	?	?	?	?
b. Treppe hinuntergehen	?	?	?	?	?
c. Auf dem vorderen Knie knien	?	?	?	?	?
d. Hockstellung	?	?	?	?	?
e. Normal sitzen	?	?	?	?	?
f. Vom Stuhl aufstehen	?	?	?	?	?
g. Geradeaus laufen	?	?	?	?	?
h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	?	?	?	?	?
i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	?	?	?	?	?

**FUNKTION:**

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

**FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KnieVERLETZUNG:**

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

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

10  
?





# Septic Arthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction

## How Important Is Graft Salvage?

Jonas Pogorzelski,\* MD, MHBA, Alexander Themessl,\* Andrea Achtnich,\* MD, Erik M. Fritz,\*<sup>†</sup> MD, Klaus Wörtler,<sup>‡</sup> MD, Prof., Andreas B. Imhoff,\*<sup>§</sup> MD, Prof., Knut Beitzel,\* MD, PhD, and Stefan Buchmann,\*<sup>||</sup> MD, PhD

*Investigation performed at the Department of Radiology, Technical University of Munich, Hospital Rechts der Isar, Munich, Germany*

**Background:** Septic arthritis (SA) of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) is a rare but potentially devastating condition. In certain cases, graft removal becomes necessary.

**Purpose:** To evaluate clinical, subjective, and radiologic outcomes of patients with SA after ACLR and assess whether graft retention has superior clinical results as compared with graft removal.

**Study Design:** Cohort study; Level of evidence, 3.

**Methods:** All patients who were at least 12 months out from arthroscopic treatment of SA after isolated ACLR at our institution were eligible for inclusion. Patients were categorized into 2 groups: group 1, patients with initial graft retention; group 2, patients with initial graft removal. Group 2 was subdivided into 2 groups: group 2a, patients with graft reimplantation; group 2b, patients without graft reimplantation. Objective and subjective assessments were obtained at follow-up, including the International Knee Documentation Committee (IKDC) knee examination form, KT-1000 arthrometer measurements, WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index) score, Lysholm score, and IKDC subjective evaluation. Radiologic assessment was performed with pre- and postoperative magnetic resonance imaging.

**Results:** Of the 41 patients included, 33 (81%) were available for follow-up at a mean  $\pm$  SD 54.7  $\pm$  24.4 months at an age of 28.4  $\pm$  9.3 years. When compared with patients from group 2 (n = 12), patients from group 1 (n = 21) obtained significantly better results on the objective IKDC score (normal or nearly normal: group 1, 66.6%; group 2, 36.4%;  $P = .047$ ) and KT-1000 measurements (group 1, 1.3  $\pm$  1.0 mm; group 2, 2.9  $\pm$  1.5 mm;  $P = .005$ ). Group 1 also scored better than group 2 on the Lysholm ( $P = .007$ ), IKDC subjective ( $P = .011$ ), and WOMAC ( $P = .069$ ) measures. Between groups 2a (n = 4) and 2b (n = 8), no significant differences in outcomes could be detected ( $P$  values, .307-.705), although patients with anterior cruciate ligament graft reimplantation showed a clear tendency toward better results in objective and not subjective parameters. Magnetic resonance imaging evaluation showed higher rates of cartilage damage and meniscal tears among patients with graft resection versus graft retention.

**Conclusion:** Patients with graft retention showed superior postoperative results when compared with patients who underwent initial graft resection, although subanalysis showed comparable outcomes between graft retention and reimplantation. Thus, while graft-retaining protocols should have the highest priority in the treatment of SA after ACLR, graft reimplantation should be performed in cases where graft resection becomes necessary, to avoid future cartilage and meniscal lesions. Finally, further studies with larger numbers of patients are needed to gain a better understanding of the outcomes of patients with SA after ACLR.

**Keywords:** septic arthritis; anterior cruciate ligament reconstruction; ACL; radiologic outcome; graft removal

Septic arthritis (SA) of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction (ACLR) is a potentially devastating condition associated with significant morbidity. Consequences of SA may include prolonged hospitalization,

additional surgery, secondary graft failure, decreased range of motion, diminished functional capacity, cartilage damage, arthrofibrosis, and early advancement of osteoarthritis.<sup>10,12</sup> Since SA occurs so infrequently after ACLR (0.14%-2.6% of cases),<sup>7,8,12</sup> there is a paucity of studies evaluating postoperative outcomes and identifying the best treatment algorithm.<sup>12</sup> Consequently, there is no agreed-on standard management of SA after ACLR. However, recent studies did indicate that repeated irrigation and debridement (ID) of the knee, combined with

intravenous antibiotics, may provide the best chance for graft retention and good postoperative outcomes.<sup>10,18,19</sup> Still, only about 4 of every 5 anterior cruciate ligament (ACL) grafts can be successfully salvaged, and there is little information regarding the outcomes of patients who undergo graft removal or reimplantation.<sup>12</sup>

Furthermore, the radiologic outcomes assessed by these studies focus primarily on early advancement of osteoarthritis as detected by plain radiographs. In contrast, radiologic outcomes assessed by magnetic resonance imaging (MRI) have gained little attention. MRI can be an especially useful tool in evaluating outcomes after SA, since it provides extensive information regarding the soft tissue structures, including graft integrity, chronic changes to the synovia, cartilage, and meniscal lesions.

Therefore, the primary purpose of this study was to evaluate clinical, radiologic, and subjective outcomes after SA after ACLR. We assessed whether graft retention was significantly associated with better or worse clinical or radiologic outcomes as compared with graft resection. It was hypothesized that the outcomes of patients with initial graft retention would be superior to those from initial graft resection.

**METHODS**

**Study Design**

This was a retrospective study. Ethical approval was granted by the institutional ethics committee, and informed consent was obtained from all patients before inclusion. Patients were included if they were at least 12 months out from treatment for SA after isolated ACLR. For the purpose of this study, SA was defined by criteria 1 or 2, listed in Table 1. Patients were excluded if they were nonresidents or underwent concomitant reconstructive procedures aside from meniscal repair at the time of index ACLR, including high tibial osteotomies or additional ligament reconstructions.

For further subanalysis of patient characteristics, patients were divided into 2 groups: group 1 consisted of those in whom the graft could be retained, and group 2 included those patients who required graft removal during the initial IDs for adequate infection treatment. Grafts were removed in cases with persistent positive bacterial cultures after multiple IDs, a Gaechter stage >2 (Table 2), or graft insufficiency. Additionally, group 2 was subdivided into patients who underwent revision ACLR 6 to 12 months after successful treatment of SA (group 2A) and patients who did not undergo revision ACLR (group 2B).

**TABLE 1**  
Clinical Criteria Utilized to Diagnose Patients With Septic Arthritis

Criteria 1	Criteria 2
History Examination	Positive intra-articular biopsy cultures
Elevated C-reactive protein	
Elevated leukocytes	

**TABLE 2**  
Arthroscopic Joint Infection Classification Proposed by Gaechter<sup>6</sup>

Stage 1	Opacity of fluid, redness of the synovial membrane, possible petechial bleeding, no radiologic alterations
Stage 2	Severe inflammation, fibrinous deposition, pus, no radiologic alterations
Stage 3	Thickening of the synovial membrane, compartment formation, no radiologic alterations
Stage 4	Aggressive pannus with infiltration of the cartilage, undermining the cartilage; radiologic signs of subchondral osteolysis; possible osseous erosions and cysts

For each patient, medical records and operative reports were reviewed to obtain relevant data for analysis of any association between a set of variables defined a priori and graft retention. These variables included each patient's sex, age, follow-up time, type of index ACLR (primary vs revision surgery), graft choice (hamstring autograft vs quadriceps tendon autograft), surgical technique (single bundle vs double bundle), days from index ACLR to infection, presence or absence of fever, C-reactive protein (CRP) level, Gaechter stage,<sup>20</sup> and total number of IDs. Furthermore, information was collected on results of microbiological testing, graft retention or removal, graft reimplantation, and successful eradication of infection. As in previous publications, an infection was confirmed with the presence of either intra-articular bacterial growth or typical clinical findings of an infection, including purulent secretion with erythema, intra-articular effusion, and elevated CRP or leukocyte levels.<sup>10,18</sup>

**Treatment Algorithm for Postoperative SA**

In cases of clinically suspected SA, blood tests were drawn to document CRP and leukocyte levels. Joint aspiration was not routinely performed, because an arthroscopic ID

<sup>§</sup>Address correspondence to Andreas B. Imhoff, MD, Prof., Department of Orthopaedic Sports Medicine, Hospital Rechts der Isar, Technical University of Munich, Ismaninger Straße 22, 81675 Munich, Germany (email: a.imhoff@lrz.tu-muenchen.de).

<sup>\*</sup>Department of Orthopaedic Sports Medicine, Hospital Rechts der Isar, Technical University of Munich, Munich, Germany.

<sup>†</sup>University of Minnesota Medical School, Minneapolis, Minnesota, USA.

<sup>‡</sup>Department of Radiology, Hospital Rechts der Isar, Technical University of Munich, Munich, Germany.

<sup>¶</sup>Orthopädisches Fachzentrum, Weilheim-Garmisch-Starnberg-Penzberg-Murnau, Germany.

One or more of the authors has declared the following potential conflict of interest or source of funding: A.B.I. has received intellectual property royalties from Arthrex and Arthrosurface; consulting fees from Arthrex, Arthrosurface, and Medi-Bayreuth; and research support from Arthrex. K.B. has received consulting and speaker fees from Arthrex.

was performed on the day of admission in all suspected cases of SA. Intraoperatively, 7 biopsy specimens from different locations were collected and subsequently cultured for 14 days. Extensive debridement of adhesions and removal of fibrin layers and coagulated blood clots were performed in each case, followed by extensive irrigation with at least 12 L of saline. If possible, the graft was retained. However, graft removal was performed in cases with persistent positive bacterial cultures after multiple IDs, a Gaechter stage >2 (Table 2), or graft insufficiency. Finally, a closed-suction drain was placed intra-articularly.

Postoperatively, empiric intravenous antibiotic therapy was started, and the drain was removed on postoperative day 3 or 4. Antibiotic treatment was reevaluated after receipt of the results from the intraoperative microbiological testing. Postoperatively, weightbearing and range of motion were unrestricted. In cases of improvement in clinical and laboratory parameters for at least 7 continuous days, antibiotic treatment was changed to oral administration. If improvement of clinical and laboratory parameters could not be observed, further IDs were performed. Patients were discharged with oral antibiotics, and follow-up examinations were routinely performed on a weekly basis. Treatment was considered successful and discontinued after 6 weeks in cases without recurrence of symptoms. In cases of persistent instability of the knee after removal of the graft and eradication of the infection, the patient was advised to undergo reimplantation of an ACL graft. Of note, the senior surgeons do use hamstring autografts in all primary cases as well as in revision cases, if available. If not, quadriceps tendon autograft is the preferred graft to reconstruct the ACL. This algorithm has grown historically in our center.

#### Clinical Outcomes

At final follow-up, each patient underwent a standard clinical assessment according to the criteria of the International Knee Documentation Committee (IKDC) knee examination form<sup>9</sup> and an additional manual KT-1000 arthrometer measurement (Medmetric Corp).<sup>14</sup> Furthermore, patients completed a subjective questionnaire that included the following postclinical outcome measures: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) total score,<sup>1</sup> Lysholm score,<sup>11</sup> and IKDC score (subjective knee evaluation form).<sup>5</sup>

#### Imaging

At final follow-up, high-resolution 3-T MRI of the previously injured knee was performed with a whole-body scanner (Ingenia; Philips Healthcare) for all patients. The radiologic evaluation at final follow-up consisted of a standard protocol of sagittal, coronal, and axial planes in T1- and T2-weighted scans. All MRI scans were transferred on picture archiving communication system workstations (Easy Vision; Philips) and compared by 1 musculoskeletal radiologist (K.W.) and 1 orthopaedic surgeon (A.A.) with the MRI before the index surgery. Specifically, graft

integrity was assessed, and the emergence or deterioration of cartilage lesions was evaluated according to the International Cartilage Research Society classification.<sup>2,13</sup> In cases of >1 cartilage lesion, only the one with the worst grading was counted. If necessary, disagreements over grading were discussed between the authors and a joint decision was made. Furthermore, the emergence of meniscal lesions and arthrofibrosis was evaluated. Arthrofibrosis was defined as either a local thickening of the implanted graft or a scattered accumulation of fibrous tissue along the capsule.

#### Statistical Analysis

Statistical analysis was performed with the SPSS software package (v 22.0; IBM). Statistical power was considered for this study in terms of the effect size, given the fixed sample size. Distribution of data was evaluated with the Kolmogorov-Smirnov test, which demonstrated a nonnormal distribution for all scores. Therefore, nonparametric tests were performed, including Mann-Whitney *U* tests for subanalysis of postoperative scores and Spearman rank test to assess correlations among continuous variables. Unless otherwise indicated, all outcomes are presented with median and range values. All reported *P* values are 2-tailed, with *P* < .05 indicating statistical significance.

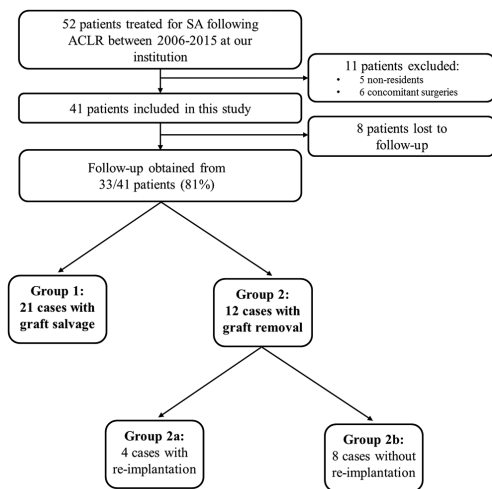
## RESULTS

All available patients between January 2006 and January 2015 were initially included, resulting in 52 consecutive patients who were treated surgically for SA after ACLR. Eleven patients were excluded because of either concomitant treatments or nonresident status. The remaining 41 patients were included in this study. Despite our best efforts, 8 patients (6 patients from group 1, 2 patients from group 2B) were lost to follow-up, so final minimum 12-month outcome data were available for 33 of 41 patients (81%) at a mean  $\pm$  SD follow-up of 54.7  $\pm$  24.4 months (range, 13-103 months).

Of those, graft salvage was achieved in a total of 21 patients (group 1, 64%), while in 12 patients (group 2, 36%) the graft was resected. Group 2 was further subdivided into patients who underwent revision ACLR 6 to 12 months after successful treatment of the SA (*n* = 4, group 2A) and patients who did not undergo revision ACLR (*n* = 8, group 2B). The complete patient selection process is presented in Figure 1. Clinical eradication of infection was achieved in all cases, and no recurrence of infections was reported.

#### Patient Characteristics

Analysis of the preoperative variables chosen a priori demonstrated no significant differences between patients who underwent graft removal and those with graft retention



**Figure 1.** Flowchart visualizing the patient population and treatment groups for this study after accounting for inclusion criteria, exclusion criteria, and those lost to follow-up. ACLR, anterior cruciate ligament reconstruction; SA, septic arthritis.

(Table 3). Thus, there was no detectable association between any variable and graft removal.

**Microbiological Findings**

Coagulase-negative *Staphylococcus* was the most frequent pathogen found in group 1 (61.8%) and in group 2 (52.9%). Among the coagulase-negative staphylococci, *Staphylococcus epidermidis* was the most frequent, with an overall appearance of 71.4%. *Staphylococcus aureus* was represented in a higher proportion of patients requiring graft removal (29.4%) as compared with patients who did not undergo graft removal (8.8%). However, this finding did not reach statistical significance ( $P = .377$ ). Eight patients (16%) had  $\geq 2$  pathogens in their wound, including 6 patients in group 1 and 2 in group 2. Table 4 provides an overview of the microbiological findings.

**Objective Outcome Scores**

Of the 33 patients available for final follow-up, 3 refused physical examination; 1 had recurrent ACL rupture; and 3 others had contralateral ACL rupture. This left a total of 26 patients available for objective clinical assessment. Objective clinical examination based on the IKDC score at final follow-up showed significantly superior results for patients with graft retention when “normal” and “nearly normal” results were compared with “abnormal” and “severely abnormal” results ( $P = .047$ ). Moreover, despite a tendency for better results in group 2A over

**TABLE 3**  
Patient and Baseline Characteristics of the Study Groups<sup>a</sup>

	Group 1 (n = 21)	Group 2 (n = 12)	P Value
Age, y (mean ± SD)	29.7 ± 7.9	27.5 ± 12.7	.303
Sex			.377
Male	18 (85.7)	8 (66.7)	
Female	3 (14.3)	4 (33.3)	
Follow-up, mo	54 (18-103)	41 (13-86)	.443
Index ACLR			.716
Primary	14 (66.7)	7 (58.3)	
Revision	7 (33.3)	5 (41.7)	
Index ACL graft			$\geq .999$
Hamstring	20 (95.2)	12 (100)	
Quadriceps	1 (4.8)	—	
Surgical technique			.228
SB	11 (52.4)	9 (75)	
DB	10 (47.6)	3 (25)	
Days until infection	15.5 (6-95)	23 (6-90)	.275
Fever, >38.5°C			.698
Yes	12 (57.1)	8 (66.7)	
No	9 (42.9)	4 (33.3)	
CRP, mg/dL	11.5 (0-32)	12.5 (0-29)	.820
Gaechter stage	2 (1-2)	2 (1-3)	.423
Total IDs	3 (1-7)	4 (2-5)	.171

<sup>a</sup>Continuous data are presented as median (range) unless otherwise noted. Categorical data are presented as n (%). ACL, anterior cruciate ligament; ACLR, anterior cruciate ligament reconstruction; CRP, C-reactive protein; DB, double bundle; ID, irrigation and debridement; SB, single bundle.

group 2B, the difference did not reach statistical significance ( $P = .782$ ). The mean side-to-side difference in maximum manual KT-1000 measurement showed significantly superior results for group 1 versus group 2 ( $P = .005$ ). Sub-analysis of groups 2A and 2B showed no significant difference in measurements ( $P = .409$ ). Table 5 presents results from the objective clinical examination.

**Subjective Outcome Scores**

Subjective patient-reported outcome scores showed significantly stronger results for the Lysholm and IKDC subjective scores among patients with graft retention as opposed to patients with graft resection ( $P = .007$  and  $P = .011$ , respectively). The results of the WOMAC score were also favorable for patients without graft resection; however, it did not reach statistical significance ( $P = .069$ ). Between groups 2A and 2B, no statistical significance in outcomes could be detected ( $P$  values, .307-.705). However, a slight tendency toward better results was observed among the patients who underwent graft reimplantation. Table 6 presents complete results of subjective patient-reported outcomes.

**Magnetic Resonance Imaging**

Overall, 28 patients (84.8%) underwent MRI at final follow-up (group 1, n = 17; group 2A, n = 7; group 2B,

TABLE 4  
Microorganisms Detected in the Joint<sup>a</sup>

	Group 1 (n = 21)	Group 2 (n = 12)	P Value
Coagulase negative			
<i>Staphylococcus</i>	21 (61.8)	9 (52.9)	.433
MSCNS	16	8	
MRCNS	5	1	
<i>Staphylococcus aureus</i>	3 (8.8)	5 (29.4)	.377
MSSA	3	4	
MRSA	—	1	
Other	7 (20.6)	3 (17.7)	—
<i>Streptococcus</i>	2	1	
<i>Corynebacterium</i>	1	—	
<i>Bacillus cereus</i>	1	—	
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	1	
<i>Propionibacterium acnes</i>	1	—	
<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	1	—	
<i>Fingoldia magna</i>	—	1	
No pathogen found	3 (8.8)	—	—

<sup>a</sup>Categorical data presented as n (%). MRCNS, methicillin-resistant coagulase-negative *Staphylococcus* (eg, *S epidermidis*, *S capitis*, *S caprae*, *S hominis*); MRSA, methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*; MSCNS, methicillin-sensitive coagulase-negative *Staphylococcus* (eg, *S epidermidis*, *S capitis*, *S caprae*, *S hominis*); MSSA, methicillin-sensitive *Staphylococcus aureus*.

TABLE 5  
Objective Scores Among the Study Groups at Final Follow-up<sup>a</sup>

Measure	Group 1 (n = 15)	Group 2 (n = 11)	P Value	Group 2a (n = 3)	Group 2b (n = 8)	P Value
IKDC objective, %			.047 <sup>b</sup>			.782
A (normal) or B (nearly normal)	66.6	36.4		66.7	25.0	
C (abnormal) or D (severely abnormal)	33.4	63.6		33.3	75.0	
KT-1000, difference (mm)	1.3 ± 1.0	2.9 ± 1.5	.005 <sup>b</sup>	2.3 ± .6	3.2 ± 1.8	.409

<sup>a</sup>IKDC, International Knee Documentation Committee.

<sup>b</sup>Statistically significant,  $P < .05$ .

TABLE 6  
Subjective Patient-Reported Outcomes Scores Among the Study Groups at Final Follow-up<sup>a</sup>

Measure	Group 1 (n = 21)	Group 2 (n = 12)	P Value	Group 2a (n = 4)	Group 2b (n = 8)	P Value
WOMAC	2 (0-33)	6 (0-40)	.069	4 (0-25)	8 (2-40)	.307
Lysholm	89 (48-100)	69 (14-90)	.007 <sup>b</sup>	88 (45-88)	68 (14-88)	.357
IKDC subjective	89 (49-100)	66 (35-92)	.011 <sup>b</sup>	71 (40-92)	66 (35-90)	.705

<sup>a</sup>Continuous data are presented as median (range). IKDC, International Knee Documentation Committee; WOMAC, Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index.

<sup>b</sup>Statistically significant,  $P < .05$ .

n = 4). For 25 patients, a comparison was performed between follow-up MRI scans and those taken before index surgery. For the remaining 3 patients, this comparison could not be performed, since index MRI could not be obtained.

All patients from groups 1 and 2A demonstrated integrity of the ACL graft at final follow-up. Patients with graft retention and those with graft reimplantation showed a mean deterioration of cartilage by 1.0 point according to the International Cartilage Repair Society classification,<sup>2,13</sup> as opposed to a mean decrease of 1.6 points among

patients with no ACL graft. From group 1, 4 patients (25%) initially underwent partial medial and/or lateral meniscal resection, and 1 (6%) underwent meniscal repair attributed to a bucket-handle tear. In group 2A, 1 patient (20%) required a partial meniscal resection, and group 2B included 2 cases (29%) of partial resection and 1 case (14%) of bucket-handle tear, which was repaired. Four patients from group 1 (25%), 1 from group 2A (25%), and 3 from group 2B (75%) had additional meniscal tears at follow-up. For complete radiologic findings regarding

cartilage and meniscal injuries, see the Appendix (available in the online version of this article).

Finally, MRI evaluation demonstrated newly acquired local or scattered arthrofibrosis in 13 patients (54%) (group 1, 73%; group 2A, 75%; and group 2B, 0%).

## DISCUSSION

There are several important findings in this study. First, no pre- or perioperative variables were significantly associated with a higher incidence of graft resection. Second, outcome scores were significantly higher for patients with initial graft retention as compared with those having graft resection; however, subanalysis revealed that outcomes between the graft retention and graft reimplantation groups were similar. Still, the differences between patients undergoing graft reimplantation and those who underwent graft resection did not reach statistical significance. Fourth, radiologic evaluation demonstrated that graft resection without ACL reimplantation was associated with a high rate of cartilage damage and additional meniscal tears at final follow-up. Emergence of postoperative arthrofibrosis could be detected in more than half of the study population but affected only groups with an intact ACL graft. Finally, every patient ultimately demonstrated clinical resolution of symptoms associated with joint infection.

When comparing patients with and without graft retention, we found no significant differences in pre- or perioperative variables, including baseline demographics, index surgical factors, and infection factors. We did observe similar findings regarding infectious organisms. Notably, as compared with the graft retention group, the graft resection group showed a longer length of time from index surgery to diagnosis of infection (23.0 vs 15.5 days) and a higher percentage of *S aureus* as the causative organism (29.4% vs 8.8%). However, neither of these differences reached statistical significance. The preoperative risk factors for graft resection are most certainly multifactorial, and many variables may play a role in whether graft resection is required, including the immunogenic response and overall state of health of each patient. Within the literature, few studies analyzed variables associated with graft retention versus resection. Saper et al<sup>15</sup> performed a systematic review of the literature regarding arthroscopic ID for SA after ACLR, analyzing 11 studies with a total of 90 patients. The authors found that cases with *S aureus* ( $P = .053$ ),  $\geq 2$  IDs ( $P = .029$ ), and allografts ( $P < .001$ ) were all associated with a higher rate of graft removal or revision ACL. Wang et al<sup>19</sup> reported similar findings from a systematic review of 17 studies with 196 patients in which the authors found that delayed diagnosis ( $P = .002$ ) and *S aureus* infection ( $P = .019$ ) were both associated with an increased likelihood of graft removal. These findings are similar to our results in which the graft resection group had a longer time to diagnosis (23.0 vs 15.5 days), more IDs (4 vs 3), and a higher percentage of *S aureus* infection (29.4% vs 8.8%) as compared with the graft retention group. However, our results did not reach statistical

significance, which might be due to the 3- to 6-fold-greater patient population in the other analyses. Another possibility is that, while no allografts were used for ACLR in our cohort, the inclusion of allograft in the systematic reviews is a potential confounder that may inflate the effect of timing, rate of *S aureus* infection, and number of IDs.

Regarding clinical outcomes, our overall graft resection rate of 36% is higher than the rates of 14.4% to 22% described in previous systematic reviews of the literature.<sup>12,15,19</sup> A possible explanation is that our study spans a long period and the awareness of the superiority of graft retention has grown over only the past few years. Furthermore, our study took place at a specialized knee center to which patients were frequently referred after undergoing initial treatment at an outside hospital, thus possibly delaying optimal management.

Among patients in the graft resection group, subjective and objective outcomes scores were consistently superior among those who underwent graft reimplantation compared with those who did not, but the difference did not reach statistical significance. Interestingly, the graft reimplantation group demonstrated outcomes similar to those of the graft retention group. Moreover, the graft retention group did show significantly superior subjective and objective outcome scores as compared with the graft resection group; thus, the largest contributor to this difference is likely the graft resection subgroup that did not undergo reimplantation. However, it has to be taken into account that according to the aforementioned treatment algorithm, the patients with graft retention (group 1) probably suffered from a less severe type of infection. This might also be a reason for the superior outcomes.

In general, these superior outcomes empirically confirm what one would intuitively expect. Plausible reasons for the retention group's superior outcomes include minimized anatomic disruption and minimized morbidity and rehabilitation from additional reconstructive surgery. Few other studies in the literature compared outcomes between graft retention and graft resection. In a 24-patient series, Schulz et al<sup>17</sup> cited worse objective outcome scores for patients who had no graft versus graft retention or reimplantation (clinical IKDC, 26.65 vs 44.40), but the groups had similar subjective outcome scores (subjective IKDC, 64.6 vs 65.3; Lysholm score, 64.4 vs 67.7; Tegner score, 3.4 vs 4.5). By contrast, Calvo et al<sup>3</sup> did find significantly lower Lysholm scores among patients who underwent graft removal or replacement versus graft retention (89.5 vs 97.2,  $P = .03$ ) in a 7-patient case series of SA after ACLR. In a systematic review of 19 studies with 203 patients, Makhni et al<sup>12</sup> compared outcomes of studies with low versus high rates of graft retention. The authors found that, on average, studies with lower rates of graft retention consistently reported worse subjective and objective clinical outcomes (flexion deficit, 8.5° vs 3.2°; extension deficit, 2.1° vs 0.3°; KT-1000, 3.0 vs 1.9 mm; Lysholm score, 69.4 vs 84.7; IKDC score, 64 vs 72; Tegner score, 3.8 vs 6.0; return to sport, 57% vs 68%; instability, 57% vs 13%). In sum, our findings demonstrate the same trend consistently seen throughout these studies.

Our MRI findings demonstrated that patients lacking an ACL graft were more likely to develop cartilage and

meniscal lesions (cartilage damage increased 1.6 points for nongraft patients vs 1.0 point for patients with intact grafts). All patients (8 [100%]) from group 2B showed signs of further cartilage deterioration on follow-up MRI, as opposed to 11 (69%) from group 1 and 2 (50%) from group 2A. Moreover, additional meniscal tears were seen in 75% of group 2B (nongraft) versus 25% of groups 1 and 2A (graft).

The main reason for the increased deterioration of soft tissue among patients without an ACL graft was likely due to increased instability of the knee or a more severe infection. This hypothesis concurs with the inferior results of the KT-1000 measurements of the nongraft group with its subjective Lysholm evaluation results. Since the number of IDs performed until eradication did not vary significantly between groups, we conclude that the number of interventions did not correlate with the extent of soft tissue damage seen on final MRI. Schub et al<sup>16</sup> performed a study evaluating MRI at a long-term follow-up of 17.9 years (range, 17.1-18.6 years) after SA. The authors observed that all 4 of their patients (3 with intact grafts and 1 with ruptured graft) had a progression of cartilage loss and additional meniscal tears, based on comparison with previous MRI. However, the patient with the ruptured graft showed increased cartilage loss, especially in the tibial and femoral compartments, when compared with the patients with intact grafts. While their follow-up period was longer than ours, we were nonetheless able to distinguish similar cartilage deterioration in our patients, particularly those without graft reimplantation. By contrast, Schuster et al<sup>18</sup> performed a radiographic follow-up evaluation (4.7 ± 3.2 years; range, 0.7-11.2 years) of 26 patients after SA and found that while 15.4% of patients showed signs of cartilage damage, the remaining 84.6% had no signs of cartilage deterioration. This discrepancy is noteworthy; that is, the difference may be due to the fact that Schuster et al<sup>18</sup> analyzed only radiographs and not MRI. This gives further credibility to the notion that MRI is excellent at distinguishing damage to the cartilage surfaces and surrounding soft tissues and can be very useful in follow-up evaluation of these patients.

Finally, we observed the emergence of localized or scattered arthrofibrosis in both groups with grafts, whereas there was no case of newly acquired arthrofibrosis in the nongraft group at final follow-up. One proposed factor leading to arthrofibrosis after ACLR is the exposure of repeated microtrauma to the graft, which may explain the lack of arthrofibrosis in our nongraft cohort.<sup>4</sup> Moreover, given that the patients with an intact ACL graft showed superior subjective and objective postoperative outcomes, the presence of arthrofibrosis does not seem to influence clinical outcome.

#### Limitations

While this study demonstrates important findings, it is not without limitations. First, this is a retrospective comparative study. Therefore, the patients were not randomized to graft resection versus graft retention groups, which

created a potential source for confounders and selection bias, as is typical for this type of study. The 81% rate of patient follow-up could also create selection bias affecting the observed clinical and radiologic outcomes, although a follow-up rate >80% is widely considered reasonable. Given the rarity of SA after ACLR, attributed to the modernized techniques and protocols that minimize infection, low patient numbers and a potential lack of power are always limitations in this type of study. However, to our knowledge, this is the largest patient series on SA after ACLR to date, making our data useful for other surgeons.

#### CONCLUSION

Patients with graft retention showed superior postoperative results when compared with patients who underwent initial graft resection, although subanalysis showed comparable outcomes between graft retention and reimplantation. Thus, while graft-retaining protocols should have the highest priority in the treatment of SA after ACLR, we believe that graft reimplantation should be performed in cases where graft resection becomes necessary to avoid future cartilage and meniscal lesions. Finally, further studies with larger numbers of patients are needed to gain a better understanding of the outcomes of patients with SA after ACLR.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors thank Jonathan A. Godin, MD, MBA, for his contribution to this study.

#### REFERENCES

- Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol*. 1988;15(12):1833-1840.
- Brittberg M, Peterson L. Introduction of an articular cartilage classification. *ICRS Newsletter*. 1998;1(1):5-8.
- Calvo R, Figueroa D, Anastasiadis Z, et al. Septic arthritis in ACL reconstruction surgery with hamstring autografts: eleven years of experience. *Knee*. 2014;21(3):717-720.
- Delcogliano A, Franzese S, Branca A, Magi M, Fabbriani C. Light and scan electron microscopic analysis of cyclops syndrome: etiopathogenic hypothesis and technical solutions. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1996;4(4):194-199.
- Ebrahimzadeh MH, Makhmalbaf H, Golhasani-Keshtan F, Rabani S, Birjandinejad A. The International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Short Form: a validity and reliability study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015;23(11):3163-3167.
- Gächter A. Die bedeutung der arthroskopie beim pyarthros. *Unfallheilkunde*. 1988;200:132-136.
- Gobbi A, Karnatzikos G, Chaurasia S, Abhishek M, Bulgheroni E, Lane J. Postoperative infection after anterior cruciate ligament reconstruction. *Sports Health*. 2016;8(2):187-189.
- Indelli PF, Dillingham M, Fanton G, Schurman DJ. Septic arthritis in postoperative anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res*. 2002;398:182-188.

9. Johnson DS, Ryan WG, Smith RB. Does the Lachman testing method affect the reliability of the International Knee Documentation Committee (IKDC) form? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004;12(3):225-228.
10. Kim SJ, Postigo R, Koo S, Kim JH. Infection after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopedics.* 2014;37(7):477-484.
11. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med.* 1982;10(3):150-154.
12. Makhni EC, Steinhaus ME, Mehran N, Schulz BS, Ahmad CS. Functional outcome and graft retention in patients with septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *Arthroscopy.* 2015;31(7):1392-1401.
13. Peterson L, Minas T, Brittberg M, Nilsson A, Sjogren-Jansson E, Lindahl A. Two- to 9-year outcome after autologous chondrocyte transplantation of the knee. *Clin Orthop Relat Res.* 2000;374:212-234.
14. Pugh L, Mascarenhas R, Arneja S, Chin PY, Leith JM. Current concepts in instrumented knee-laxity testing. *Am J Sports Med.* 2009;37(1):199-210.
15. Saper M, Stephenson K, Heisey M. Arthroscopic irrigation and debridement in the treatment of septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy.* 2014;30(6):747-754.
16. Schub DL, Schmitz LM, Sakamoto FA, Winalski CS, Parker RD. Long-term outcomes of postoperative septic arthritis after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 2012;40(12):2764-2770.
17. Schulz AP, Gotze S, Schmidt HG, Jurgens C, Faschingbauer M. Septic arthritis of the knee after anterior cruciate ligament surgery: a stage-adapted treatment regimen. *Am J Sports Med.* 2007;35(7):1064-1069.
18. Schuster P, Schulz M, Immendoerfer M, Mayer P, Schlumberger M, Richter J. Septic arthritis after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: evaluation of an arthroscopic graft-retaining treatment protocol. *Am J Sports Med.* 2015;43(12):3005-3012.
19. Wang C, Lee YH, Siebold R. Recommendations for the management of septic arthritis after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2014;22(9):2136-2144.
20. Widmer AF, Gaechter A, Ochsner PE, Zimmerli W. Antimicrobial treatment of orthopedic implant-related infections with rifampin combinations. *Clin Infect Dis.* 1992;14(6):1251-1253.

---

For reprints and permission queries, please visit SAGE's Web site at <http://www.sagepub.com/journalsPermissions.nav>.



## 12. Vorveröffentlichung

In diese Arbeit sind die Ergebnisse aus der wissenschaftlichen Publikation, mit dem Titel „Septic Arthritis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction - How Important Is Graft Salvage?“, erschienen in „*The American Journal of Sports Medicine*“, der Ausgabe 08/2018 eingegangen (Anhang 10).

Eine Anzeige zur Vorveröffentlichung an der Fakultät für Medizin der Technischen Universität München ist am 12.11.2018 erfolgt.

## 13. Danksagung

Größter Dank gilt meiner Familie für ihre ausnahmslose Unterstützung.

Außerdem danke ich meinem Doktorvater Herrn Univ.-Prof. Dr. med. Andreas B. Imhoff, der mir die Durchführung dieser Arbeit in seiner Abteilung ermöglicht hat.

Zudem möchte ich mich besonders bei meinem Kollegen PD Dr. med. Jonas Pogorzelski, MHBA sowie meinem Mentor PD Dr. med. Knut Beitzel, M.A. für ihr Feedback und ihre stete Unterstützung bedanken.