

AUS DER ABTEILUNG FÜR
UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Qualitätsunterschiede zwischen frühzeitiger und verzögerter
vorderer Kreuzband-Rekonstruktionen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Martin Simon Hummel

2015

AUS DER ABTEILUNG FÜR
UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. MICHAEL NERLICH
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Qualitätsunterschiede zwischen frühzeitiger und verzögerter
vorderer Kreuzband-Rekonstruktionen**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnmedizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Martin Simon Hummel

2015

Dekan:	Prof. Dr. Dr. Torsten Reichert
1. Berichterstatter:	Prof. Dr. Peter Angele
2. Berichterstatter:	Prof. Dr. Michael Melter
Tag der mündlichen Prüfung:	05.05.2015

Meinen Eltern

Zusammenfassung

Einleitung: Rupturen des vorderen Kreuzbandes (VKB) sind mit Meniskus- und/oder Knorpelschäden eng verbunden. Eine verzögerte Rekonstruktion des VKB erhöht das Risiko für Sekundärschäden am Kniegelenk. Während die Knieinstabilität bei VKB-Ruptur mit einer VKB-Rekonstruktion suffizient wiederhergestellt werden kann, sind oftmals Begleitschäden an Menisken und Knorpel irreparabel und führen kontinuierlich zu degenerativen Langzeitschäden am Kniegelenk. Das Ziel dieser Studie ist eine Analyse der Meniskus- und Knorpelschäden im Rahmen der VKB-Ruptur und die Auswirkungen einer frühzeitigen oder verzögerten VKB-Rekonstruktion auf Sekundärschäden am betroffenen Kniegelenk.

Methodik: In einer retrospektiven Datenanalyse wurden alle durchgeführten VKB-Rekonstruktionen (01.01.2010 - 31.12.2010) von zwei Knie-Chirurgen des Sporthopaedicums Straubing/Regensburg untersucht. Eingeschlossen wurden alle Patienten mit isolierter vorderer Kreuzbandruptur, deren Rekonstruktion innerhalb eines Jahres post trauma stattfand. Ausgeschlossen wurden VKB-Revisionen, andere Begleitschäden an Kniebinnenstrukturen, wie Kollateralbänder und hinteres Kreuzband, und vorausgegangene Knieoperationen. Die Knorpelschäden wurden mithilfe des International Cartilage Repair Society (ICRS)-Scores klassifiziert und Meniskusläsionen erhielten eine Rekonstruktion mittels Naht-Technik oder einer partiellen Resektion. Die Unterschiede innerhalb von 1 - 6 und 7 - 12 Monaten nach Trauma wurden miteinander verglichen.

Ergebnisse: 730 Patienten unterzogen sich im Jahr 2010 einer VKB-Rekonstruktion, wovon 233 in diese Studie einbezogen wurden. 83,6% der VKB-Rekonstruktionen wurden innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma durchgeführt und 13,7% innerhalb von sechs bis zwölf Monaten. Die Inzidenz der Knorpelschäden der ICRS-Grade III und IV zeigten signifikante Zusammenhänge mit der Zunahme der Latenzzeit zwischen Trauma und VKB-Rekonstruktion ($p=0,034$), jedoch keine Zunahme nach mehr als sechs Monaten post trauma verglichen mit den ersten sechs Monaten. Die Innenmenisken wurden innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma zu 77,2% mit einer Naht versorgt und zu 22,8% mit einer Teilresektion. Innerhalb von sechs bis zwölf Monaten sank die Versorgung mit einer Naht auf 46,7%, bei gleichzeitiger Zunahme der Teilresektion auf 53,3% ($p=0,015$). Im

Gegensatz zu Männern ($p=0,165$) wurde bei Frauen ein hoch signifikanter Rückgang der Nahtversorgung von 89,9% auf 0,0% deutlich und ein hoch signifikanter Zuwachs an Teilresektionen von 10,5% auf 100,0% innerhalb sechs bis zwölf Monaten, verglichen mit den ersten sechs Monaten ($p=0,002$). Bei 42,1% der Patienten wurden Außenmenisken innerhalb der ersten sechs Monate mit einer Naht versorgt und bei 57,9% mit einer partiellen Resektion. Innerhalb von sechs bis zwölf Monaten wurden die Außenmenisken bei 20% der Patienten mit einer Naht und bei 80% mit einer partiellen Resektionen versorgt ($p=0,334$).

Fazit: Die prognostisch ungünstigeren Knorpelschäden (ICRS III-IV) am Knie treten nach sechs Monaten nach Trauma während der VKB-Rekonstruktion nicht häufiger auf als innerhalb der ersten sechs Monate. Bei den Menisken zeigte sich eine Zunahme der Durchführung der prognostisch negativeren Teilresektionen innerhalb von sechs bis zwölf Monaten nach Trauma gegenüber dem ersten Halbjahr. Die Versorgungen reparabler Menisken mit einer prognostisch günstigen Naht fanden dagegen innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma häufiger statt. Anhand der Ergebnisse dieser Studie empfehlen wir eine frühzeitige Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes, um prognostisch ungünstigere Sekundärschäden speziell an den Menisken zu vermeiden.

Abstract

Introduction: Ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL) are frequently accompanied by meniscal and/or cartilage damages. Delayed ACL reconstruction increases the risks of suffering a secondary damage in the joint. While knee instabilities can be sufficiently stabilized with an ACL reconstruction, secondary menisci and cartilage damages are often irreparable and lead continuously to degenerative long-term damage. The objective of this study was to analyse whether the meniscus and cartilage damage caused by ACL reconstruction increases with the latency of surgery.

Methods: A data set of ACL reconstructions performed at the Sporthopaedicum Straubing/Regensburg by two experienced surgeons between 01.01.2010 - 31.12.2010 was analyzed in this retrospective study. Patients with isolated anterior cruciate ligament ruptures who underwent ACL reconstruction performed within the first year after the trauma were included, however ACL revisions, previous knee surgery and other concomitant damage to internal knee structures, like the collateral ligaments and posterior cruciate ligament, were excluded from this study. The cartilage lesions were classified using the ICRS score, meniscal lesions were classified in reconstruction using a suture technique or a partial resection. In this study the first six months and second six months after trauma were compared.

Results: In 2010 730 patients underwent an ACL reconstruction, 233 were included in the study. 83.6% of ACL reconstructions were performed within the first six months after the trauma and 13.7% within six to twelve months. The incidence of cartilage damage at ICRS grade III and IV showed a significant positive correlation with the increase in latency time between the trauma and the ACL reconstruction ($p=0.034$), but there was no increase for seven until twelve months after trauma compared to the first six months. 77.2 % of the medial menisci were treated with a suture and 22.8% with a partial resection within the first six months after trauma. In the time period between six to twelve months the reconstruction with suture was reduced down to 46.7%, accompanied by a simultaneous increase of the partial resection up to 53.3% ($p=0.015$). Women, in contrast to men, showed a highly significant decrease in suturing from 89.9% down to 0.0% ($p=0.165$) and a highly significant ($p=0.002$)

increase in partial resection from 10.5 % to 100.0 % within the time period of six to twelve months compared to the first six months.

In 42.1% of all cases, lateral menisci were treated with a suture within the first six months and 57.9% with a partial resection. Moreover 20% of all patients underwent a treatment of the lateral menisci within six to twelve months with a suture and 80% with a partial resection (P=0.334).

Conclusion: During an ACL reconstruction the prognostic unfavorable cartilage lesions (ICRS III-IV) in the knee showed no increase after seven months after trauma compared to the first six months. The menisci showed an increase of the partial resection within six to twelve months compared to the first six months. In contrast, the reconstruction of repairable menisci with a favorable prognosis suture was increased in the first six months after the trauma. The results of this study clearly recommend the early reconstruction of anterior cruciate ligament ruptures to avoid prognostic unfavourable secondary damage on the menisci.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Anatomie des Kniegelenks	1
1.2 Verletzungen des vorderen Kreuzbandes.....	2
1.2.1 Epidemiologie von vorderen Kreuzband-Rupturen.....	2
1.2.2 Anatomie des vorderen Kreuzbandes	3
1.2.3 Propriozeption des Kniegelenks	3
1.2.4 Biomechanik des vorderen Kreuzbandes.....	4
1.2.5 Verletzungsmechanismen des vorderen Kreuzbandes	4
1.2.6 Begleitende Meniskusverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur	6
1.2.7 Begleitende Knorpelschäden bei vorderer Kreuzbandruptur	7
1.2.8 Entwicklung einer Gonarthrose	8
1.3 Operative Herstellung des vorderen Kreuzbandes und der Begleitverletzungen..	9
1.3.1 Vordere Kreuzband-Rekonstruktion	9
1.3.2 Behandlung der Begleitverletzungen.....	10
1.3.3 Operationszeitpunkt	11
1.4 Fragestellung.....	12
2. Methodik	13
2.1 Allgemeine Patientendaten.....	13
2.1.1 Patientenverlauf	13
2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien	13
2.2 Operative vordere Kreuzband-Rekonstruktion.....	15
2.2.1 Operationstechnik	15
2.2.2 Einteilung der intraoperativ evaluierten Begleitverletzungen.....	15
2.2.3 Operationszeitpunkt	17
2.3 Statistik und Software	17
3. Ergebnisse	18
3.1 Allgemeine Patientendaten.....	18
3.1.1 Geschlechterverteilung.....	18
3.1.2 Altersverteilung	19
3.2 Vordere Kreuzband-Rekonstruktion.....	20
3.2.1 Operationszeitpunkt	20

3.2.2 Begleitende Knorpelschäden	20
3.2.3 Begleitende Meniskusschäden.....	29
4. Diskussion.....	44
4.1 Der ideale Zeitpunkt zur operativen Versorgung des vorderen Kreuzbandes.....	44
4.2 Der zeitliche Verlauf der vorderen Kreuzband-Rekonstruktion	44
4.3 Begleitverletzungen am Gelenkknorpel	46
4.5 Limitationen der Studie	52
5. Fazit.....	54
6. Literaturverzeichnis	55
7. Abkürzungsverzeichnis	68
Eidesstattliche Erklärung	69
Lebenslauf	70
Danksagung	71

1. Einleitung

1.1 Anatomie des Kniegelenks

Das Kniegelenk ist ein zusammengesetztes Gelenk, in dem Tibia, Femur und Patella, sowie die Menisken, miteinander artikulieren. Zur Stabilisierung tragen die medialen und lateralen Bandkomplexe, die knieumspannende Muskulatur und die Kreuzbänder bei, welche aus vorderem und hinterem Kreuzband bestehen. Aufgrund der geringen Knochenführung, des hohen Grades an Bandführung und des komplexen Aufbaus, zählt das Kniegelenk zu den besonders verletzungsanfälligen Gelenken des menschlichen Körpers [100]. Speziell durch den langen Hebelarm zwischen Tibia und Femur entsteht eine enorme Beanspruchung des Gelenks. Aufgrund der häufigen nicht-traumatischen Beschwerden, die am Kniegelenk auftreten können und der hohen Verletzungsanfälligkeit, steht das Kniegelenk an neunter Stelle aller Erkrankungen mit den längsten Arbeitsunfähigkeiten der betroffenen Patienten [7].

Eine Verletzung des Kniegelenks bedeutet immer eine körperliche Beeinträchtigung, unter der hauptsächlich aktive Sportler mit einer längeren Sportpause leiden und die nicht selten zu einem Karriereende führen kann [8]. Dabei ist das vordere Kreuzband die am häufigsten verletzte ligamentäre Struktur des Kniegelenks und der vordere Kreuzbandriss nach den Sprunggelenkverletzungen diejenige Verletzung, die zu den meisten sport-traumatologischen Diagnosen zählt [4, 6, 8]. Infolge der zunehmenden sportlichen Freizeitaktivitäten und der stetig wachsenden Extrem- und Trendsportarten nehmen auch gleichzeitig die Kniegelenksverletzungen zu. Ferner werden VKB-Läsionen aufgrund ständig verbesserter diagnostischer Möglichkeiten mit zunehmender Häufigkeit nachgewiesen. Besondere Bedeutung kommt der Magnet-Resonanz-Tomographie und der Arthroskopie zu [4]. Vor allem Unfälle in Sportarten mit Sprüngen und plötzlichen Drehbewegungen, wie Fußball, Handball und Basketball oder Sportarten mit hohen Geschwindigkeiten, wie Skifahren, stellen ein erhöhtes Verletzungsrisiko für VKB-Rupturen dar [3, 6]. Zusätzlich sind Kreuzbandrisse häufig mit primären Begleitverletzungen am Meniskus und Gelenkknorpel verbunden, die entweder durch eine direkte oder indirekte Krafteinwirkung hervorgerufen werden [10]. Eine Kreuzbandruptur führt immer zu einer Instabilität im Knie, die dann von den übrigen Binnenstrukturen kompensiert werden muss [80, 86, 82, 65, 88]. Dies kann mit zunehmender Dauer der

Überlastung und zusätzlichen individuellen Faktoren zu Schädigungen weiterer Strukturen führen. Die Folge ist eine Erhöhung der Instabilität, welche letztendlich zu einem Leistungsdefizit des Kniegelenks oder zum Gelenkverschleiß führt [4, 8]. Anzustreben ist deshalb eine möglichst frühzeitige Behandlung sowohl der Kreuzbandinstabilität, als auch der Versorgung von Begleitverletzungen. Eine verzögerte operative Behandlung reduziert zwar das Risiko einer postoperativen Arthrofibrose, führt aber gleichzeitig zu einem verlängerten Krankheitszustand des zumeist jungen, aktiven Patienten [9].

Die Zahlen der vorderen Kreuzbandrekonstruktion steigen seit dem Jahr 2005 jährlich an. So wurden im Jahre 2009 33.007 vordere Kreuzbandrupturen in Deutschland operiert [7]. Durch diese Entwicklung entstehen zusätzliche Kosten, die von Patienten und Krankenkassen getragen werden müssen. Die Kosten für die Behandlung von Verletzungen des Knies und Unterschenkels beliefen sich im Jahre 2008 auf 1.49 Milliarden Euro [7].

1.2 Verletzungen des vorderen Kreuzbandes

1.2.1 Epidemiologie von vorderen Kreuzband-Rupturen

In der Bundesrepublik Deutschland ereignen sich jährlich ca. 35.000 vordere Kreuzbandrisse, in den Vereinigten Staaten sogar ca. 70.000. Rupturen treten vermehrt bei Sportunfällen auf, vorwiegend bei Jugendlichen und Frauen [3, 6, 8, 10]. Dies entspricht in Deutschland 1/5 aller Knieverletzungen und stellt somit die häufigste ligamentäre Verletzung des Kniegelenks dar. Durch verbesserte Trainingsmethoden und verfeinerte Technologien im Sport, wie z.B. das Carving beim Skisport, wird der Sport immer schneller, rasanter und riskanter, womit sich das Risiko eines Sportunfalls erhöht [10, 4]. Es bestehen zudem geschlechtsspezifische Unterschiede bei VKB-Rupturen; so haben verschiedene Studien gezeigt, dass weibliche Sportler eine höhere Verletzungsinzidenz haben als Männer [8,18]. Vor allem im Frauenfußball konnte dies bestätigt werden. Dabei erlitten Frauen zwei- bis dreimal mehr VKB-Rupturen als Männer, wobei sie zusätzlich auch jüngeren Alters waren [3, 14, 15, 19].

1.2.2 Anatomie des vorderen Kreuzbandes

Das vordere Kreuzband entspringt an den hinteren Anteilen der Innenseite des lateralen Femurkondylus. Es verläuft schräg durch die Fossa intercondylaris und inseriert im Bereich der Eminentia intercondylaris an der Tibia. Das hintere Kreuzband entspringt fächerförmig an der Innenfläche des medialen Femurkondylus und verläuft schräg nach distal-posterior und inseriert im hinteren Anteil der Area intercondylaris der Tibia. Beide Kreuzbänder verbinden als straffe Bandverbindung Tibia und Femur. Das vordere Kreuzband wird zusammen mit dem hinteren Kreuzband im vorderen und seitlichen Bereich von der Membrana synovialis bedeckt. In der Kniekehle fehlt dieser synoviale Überzug; hier grenzt das hintere Kreuzband an die Membrana fibrosa der Gelenkkapsel [3, 2, 11]. Am vorderen Kreuzband werden zwei Faserbündel unterschieden; ein antero-mediales (AM) und ein postero-laterales Bündel (PL). Einige Autoren der Literatur differenzieren sogar noch ein intermediäres Bündel, histologisch unterscheiden sie sich jedoch nicht [9]. Die Länge des AM-Bündels beträgt ca. 38 mm, die Länge des PL-Bündels beträgt ca. 20 mm. Bei verschiedenen Gelenkstellungen werden sie unterschiedlich angespannt. Während das AM-Bündel in Flexion unter Spannung steht, kommt das PM-Bündel in Extension unter Spannung.

1.2.3 Propriozeption des Kniegelenks

Im Alltag und im Sport wirken oftmals hohe Kräfte auf das vordere Kreuzband. Um Verletzungen zu verhindern, werden über Propriozeptoren unbewusst Muskelgruppen aktiviert, um das Kreuzband bei seinen Aufgaben zum Schutze des Kniegelenkes zu unterstützen. Propriozeptive Informationen werden von verschiedenen Mechanorezeptoren gemeldet, die in Muskeln, Gelenken, Bändern, Haut usw. vorkommen. Das vordere Kreuzband enthält selbst im Verankerungsbereich an Tibia und Femur und auch am synovialen Bindegewebe Mechanorezeptoren, die ständig als Sensoren für die Gelenkstellung dienen. Auf diese Weise wird die Aktivität der ischiokruralen Muskulatur und des Musculus

quadriceps gesteuert, die der Stabilisierung des Kreuzbandes dient. Beard et al. konnte in einer Studie beweisen, dass zwar die Stabilität durch eine VKB-Ersatzplastik wieder hergestellt werden kann, jedoch die propriozeptive Information, die durch das VKB vermittelt wird, im Knie fehlte und hierdurch ein Defizit in der muskulären Unterstützung bestand [17].

1.2.4 Biomechanik des vorderen Kreuzbandes

Funktionell sind die PL- und AM-Bündel des VKB stets als Einheit zu sehen, was auf die weit gefächerten Ursprungs- und Ansatzstellen zurückzuführen ist und eine hohe Stabilität zwischen Femur und Tibia garantiert [3, 9, 10]. Die Faserbündel beteiligen sich allerdings in den unterschiedlichen Stellungen an der Stabilisierung des Knies. Während das PL-Bündel in Streckung gespannt ist und als Sicherungsstrang dient, kommt das AM-Bündel als Führungsbündel zunehmend in Beugung unter Spannung. Das VKB hat folgende zwei Hauptaufgaben: Einerseits sichert es die Verschiebung der Tibia gegen das Femur nach vorn bzw. das Ligament limitiert die anteriore tibiale Translation unter anteriorer tibialer Kraft [3, 5, 10]. Diese kann klinisch durch den „Schubladentest“ oder den „Lachmann-Test“ erfasst werden, wobei beachtet werden muss, dass die ischiokrurale Muskulatur relaxiert ist und immer im Seitenvergleich getestet wird. Andererseits limitiert das VKB auch die anteriore tibiale Translation unter einer Rotationskraft. Bei einer Insuffizienz des VKB ist diese erhöht und führt zu einer anterolateralen Rotationsinstabilität, die durch einen Pivot-Shift-Test erfasst werden kann [3].

1.2.5 Verletzungsmechanismen des vorderen Kreuzbandes

VKB-Verletzungen werden in Partial- und Komplettrupturen eingeteilt [3, 4, 6]. Während bei einer Teilruptur entweder das PL- oder das AM-Bündel rupturiert ist, sind bei Komplettrupturen beide Bandanteile des VKB betroffen. Die Diagnostik

hierfür ist schwierig und nicht einmal erfahrene Kniechirurgen und Radiologen können eine Partialruptur klinisch oder radiologisch zu 100% sicher feststellen [20, 21, 22]. Nur in Kombination mit einer Arthroskopie ergibt die klinische oder radiologische Untersuchung mittels MRT eine sichere Diagnose einer Komplett- oder Teilruptur. Die anamnestische Angabe des Patienten, dass subjektiv ein Instabilitätsgefühl besteht und die klinische Untersuchung durch den Operateur mit Lachmann-Test, Schubladen-Test und dem Pivot-Shift-Test sind allerdings wichtige Grundvoraussetzungen für eine Indikation zum operativen Ersatz des vorderen Kreuzbandes [3, 4, 6, 20].

Die häufigsten Ursachen für VKB-Verletzungen sind Unfälle in Sportarten mit Sprüngen, abruptem Richtungswechseln oder plötzlichen Drehbewegungen, wie z.B. beim Fußball, Handball oder Basketball. Auch im Skisport kommt es oft zu VKB-Rupturen durch z.B. das Einfädeln beim Slalom oder beim Verkanten der Skier. Hierbei kommt es zu einer Überschreitung des Dehnungspotentials des Bandes und das VKB reißt. Mehrere Studien zeigen, dass die meisten Verletzungen in Nicht-Kontakt-Situationen entstehen bzw. ohne direkte Einwirkung eines Gegners [11, 25, 26, 27]. Dafür verantwortlich sind die typischen Verletzungsmechanismen [3, 6, 28, 29, 30]:

- Valgus-Außenrotation-Flexions-Stress
- Varus-Innenrotation-Flexions-Stress
- Innenrotationstrauma
- Hyperextensions-Vorwärtssturz
- Maximale Quadrizepskontraktion bei Rückwärtsfall

Rupturen des VKB treten sowohl isoliert auf, als auch in Kombination mit anderen Verletzungen. Beteiligt sind meist Menisken, Kollateralbänder und Knorpel. Durch ein Valgus-Außenrotationstrauma entsteht die „unhappy-triad“ als typische Kombination aus einer Ruptur des VKB mit Begleitverletzung des medialen Meniskus und der Ruptur des medialen Kollateralbandes [2, 3].

1.2.6 Begleitende Meniskusverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur

Die Menisken haben die Aufgabe, die Inkongruenz zwischen Tibia und Femur im Kniegelenk auszugleichen. Sie bedecken einen Großteil des Tibiaplateaus und erreichen dadurch eine gleichmäßige Verteilung des Gelenkdruckes und eine Stabilisierung des Gelenkes. Bei einem Ausfall des VKB nach einer Verletzung entstehen ein vermehrter Unterschenkelvorschub und eine erhöhte Innenrotationsbewegung [3, 4, 31]. Diese Instabilität in sagittaler Ebene belastet das Hinterhorn der medialen und lateralen Menisken und führt zu Quetschungen bis hin zu Rissen der Menisken [78]. In der Regel entstehen Meniskusläsionen durch ein indirektes Trauma. Häufiger sind sie degenerativer Herkunft, wobei meistens eine Kombination aus beiden beobachtet wird. Bei den Meniskusverletzungen am medialen und lateralen Meniskus sind folgende Verletzungstypen bekannt [101, 102, 103, 104, 107]:

Rissformen: Längsriss, Radiärriss, Horizontalriss, Lappenriss, Korbhenkelriss

Lokalisationen: Vorderhorn, Hinterhorn, Pars intermedia

Frische, kleinere und intra-luminale Läsionen können konservativ behandelt werden. Bei ausgedehnten Rupturen ist eine operative Resektion oder eine Rekonstruktion des Meniskus durch eine Naht anzustreben. Da nicht alle Zonen der Menisken gleich durchblutet sind, bestehen unterschiedliche Heilungschancen je nach Topographie und Form der Meniskusruptur. Basisnahe Läsionen in der rot-roten Zone, die stärker vaskularisiert sind, versprechen eine höhere Heilungsrate bei einer Meniskusnaht. Rupturen in der avaskulären inneren Zirkumferenz, der sogenannten weiß-weißen Zone, haben hingegen eine schlechtere Heilungschance und bedürfen eher einer Teilresektion [4, 31, 32].

1.2.7 Begleitende Knorpelschäden bei vorderer Kreuzbandruptur

Im Kniegelenk sind die artikulierenden Flächen von Tibia und Femur mit Knorpel bedeckt. Die Funktion des Gelenkknorpels besteht in erster Linie in der Absorption von Stößen und Kräften, die auf den darunter liegenden Knochen einwirken. Somit dient er als eine Art Stoßdämpfer für den Knochen. Durch die glatte Oberfläche und den komplexen Aufbau ermöglicht er den praktisch reibungs- und schmerzfreien Ablauf von Bewegungen [106]. Bei einer VKB-Ruptur führt die sagittale Instabilität zu einer veränderten Biomechanik im Kniegelenk und zu Scherkräften zwischen beiden Gelenkflächen. Die Folge sind Fehlbelastungen mit anschließendem Gelenkerguss und Progredienz der Schädigung, bis hin zur sekundären Synovialitis und Osteoarthrose [3]. Maffulli et al. konnte zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen Meniskuläsionen und Knorpelschäden bei VKB-Rupturen besteht. Je länger der Zeitraum zwischen Arthroskopie und Unfall war, umso ausgeprägter konnten die Knorpelschäden nachgewiesen werden [33]. Die Knorpelschäden sind typische Begleitläsionen bei einer VKB-Ruptur [33, 34, 35] und werden nach der ICRS-Klassifikation [101] in fünf verschiedene Kategorien unterteilt:

ICRS Grad 0: **normal**

ICRS Grad 1: **annähernd normal**

oberflächliche Läsionen, Erweichung der Oberfläche und/oder oberflächliche Fissuren bzw. Risse

ICRS Grad 2: **pathologisch**

Knorpeldefekt erreicht bis zu 50% der gesamten Knorpeldicke

ICRS Grad 3: **stark pathologisch**

Knorpeldefekte erreichen > 50% der gesamten Knorpeldicke, erreichen die Zone des mineralisierten Knorpels oder der subchondralen Lamelle, Blasenbildung kann auftreten

ICRS Grad 4: **stark pathologisch**

1.2.8 Entwicklung einer Gonarthrose

Bei vorzeitigem Verschleiß der knorpeligen Gelenkflächen des Kniegelenkes kann eine Kniegelenksarthrose entstehen. Dabei handelt es sich um eine nicht entzündliche, degenerative und progrediente Erkrankung des gesamten Kniegelenks mit irreversibel fortschreitender Gelenkdestruktion unter Beteiligung des Knochens, der synovialen und fibrösen Gelenkkapsel, sowie der periartikulären Muskulatur [13].

Die Osteoarthrose ist die weltweit meist diagnostizierte Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen [52]. Zusammen mit der Handgelenks- und Hüftgelenksarthrose stellt die Gonarthrose die höchste Inzidenz dar [56, 54]. Oliveria et al. konnte zeigen, dass die Inzidenz einer klinisch symptomatischen und radiologisch gesicherten Gonarthrose mit 240 pro 100.000 Einwohner deutlich höher liegt als die Inzidenz von Cox- und Handgelenksarthrosen [53]. Mit zunehmendem Alter steigt die Wahrscheinlichkeit, an einer Gonarthrose zu erkranken. Studien belegen im Vergleich von zwei Altersgruppen, dass bei Männern im Alter von 60 bis 64 Jahren Arthrosen des Kniegelenkes rechts mit 23% häufiger als links mit 16,3% auftraten. Bei Frauen war kein Unterschied feststellbar. Eine Gonarthrose wurde hier mit 24,7% im rechten Knie und mit 24,2% im linken Knie festgestellt. In der Altersgruppe der 70- bis 74-Jährigen stieg der Anteil, an einer Gonarthrose zu erkranken, auf bis zu 40% an [55, 54]. Die Gonarthrose ist somit die am häufigsten diagnostizierte Arthrose mit altersabhängigem Inzidenzrisiko.

Man unterscheidet eine primäre (idiopathisch) von einer sekundären Gonarthrose, wobei Erstere ätiologisch noch relativ unbekannt ist. Neben metabolischen und endokrinen Ursachen, wie Rachitis, Chondrokalzinose oder Akromegalie, entstehen sekundäre Gonarthrosen größtenteils durch Dysplasien oder als posttraumatische Folge im Knie, z.B. nach Frakturen, Varus- oder Valgusstellungen, Instabilitäten durch Kapsel- oder Bandverletzungen und Überbelastungen, z.B. durch Adipositas oder beruflicher Schwerstarbeit [50]. Diese Gelenkstörungen führen zur Schädigung von Gelenkknorpeln, Kniegelenkbinnenstrukturen und Gelenkoberflächen.

Ausgangspunkt von Noxen und Krankheitsbeginn einer Gonarthrose ist die Knorpelmatrix innerhalb des Gelenkknorpels. Die Knorpelmatrix steht im ständigen Gleichgewicht zwischen Auf- und Abbau durch anabol und katabol wirkende

Einflussfaktoren, wie zum Beispiel insulin-like-growth-factor [IGF] (I und II) bzw. Interleukin 1 oder Tumornekrosefaktoren [TNF]. Durch Modifikation der Faktoren kann ein Ungleichgewicht durch die Chondrozytenaktivität noch kompensiert werden, bei einer Überforderung allerdings kommt es zu einer Matrixdegeneration [50, 51]. Dies führt zu einer beginnenden Synovitis und kann langfristig in einer Gonarthrose enden. Mehrere Studien belegen, dass eine unbehandelte VKB-Ruptur progressiv zu einer Gonarthrose führt [58, 59]. Daniel et al. (1994) beschrieb im Detail eine Kaskade, die mit einem Knie Trauma beginnt und in einer Arthrose endet [60, 3].

1.3 Operative Herstellung des vorderen Kreuzbandes und der Begleitverletzungen

1.3.1 Vordere Kreuzband-Rekonstruktion

Nachdem früher die direkte VKB-Naht ein mögliches Verfahren zur Therapie akuter Bandverletzung darstellte, ist diese Technik mittlerweile aufgrund schwacher Ergebnisse obsolet [10, 25, 105]. Das Standardoperationsverfahren zur Wiederherstellung der Stabilität eines Kniegelenkes nach einer VKB-Ruptur ist die Rekonstruktion durch ein autologes Gewebematerial. Als Transplantatwahl stehen die Patellarsehne, Quadriceps- und Hamstringsehne (Semitendinosus-/Gracilissehne) zur Verfügung [3, 10, 25]. Auch künstliche Gewebematerialien sind möglich, gelten in Deutschland aber als ungebräuchlich [61]. Verwendet wurde lange Zeit hauptsächlich die Patellarsehne, gewöhnlich mit zwei endständigen Knochenblöcken, um eine sichere Fixation und schnellere Einheilung zu garantieren. Ähnlich wurde auch die Quadricepssehne eingesetzt, bei der die Transplantatentnahme entweder mit oder ohne Knochenblöcke erfolgen kann. In den letzten Jahren haben allerdings die Hamstringsehnen immer mehr an Popularität gewonnen; mit der Möglichkeit, die Semitendinosussehne abhängig von der Länge dreifach oder vierfach bündeln zu können, um somit die Reißfestigkeit und die Steifigkeit des Transplantats zu erhöhen, hat sich diese Methode in großen Teilen Deutschlands durchgesetzt. Bei unzureichender Länge kann zusätzlich die Gracilissehne entnommen werden [3]. Die Doppelbündel-Technik ermöglicht im Gegensatz zur Einbündel-Technik die Rekonstruktion der AM- und PL-Bündel und

stellt hierdurch die ursprüngliche Kniephysiologie wieder her. Diese Technik wird anhand zahlreicher Studien als innovativste Operationsmethode bestätigt und weiterempfohlen, auch wenn es in letzter Zeit zu kontroversen Diskussionen aufgrund der postoperativen Abnahme der Beuge- und Innenrotationskraft nach Sehnenentnahme kam [39, 40, 41, 42]. Neben der Transplantatwahl spielt die Transplantatverankerung für den Erfolg der VKB-Rekonstruktion eine wichtige Rolle und den Operateuren stehen heutzutage viele verschiedene Fixationssysteme zur Verfügung. Die gängigsten Systeme sind die Interferenzschrauben, entweder resorbierbar oder nichtresorbierbar, die transversale Fixation mit zwei Cross-Pins und die Endo-Buttons zur gelenkfernen Fixation. Die implantatfreie Fixationstechnik („press-fit“) verspricht mindestens gleiche Erfolgswerte wie andere Systeme und hat darüber hinaus noch den Vorteil, dass kostenintensive Materialien ausgelassen werden [3].

1.3.2 Behandlung der Begleitverletzungen

Die Therapie der chondralen Schäden am Kniegelenk richtet sich nach dem Schweregrad des Schadens. Während oberflächliche Knorpeldefekte (ICRS Grad I und Grad II) durch eine Glättung der Fransen des Knorpeldefektrandes versorgt werden können, erfolgt bei ICRS Grad III und IV eine regeneratfördernde Technik. Innerhalb einer arthroskopischen VKB-Rekonstruktion wird bei der Mikrofrakturierung mit einem Meißel der subchondrale Markraum eröffnet. Mit der ausgelösten Blutung sollen Stammzellen in den Defekt gelangen und zu Knorpelzellen differenzieren [3]. Anders als bei osteochondralen Schäden werden die Fragmente mit Hilfe von Osteosyntheseschrauben refixiert. Nachteil dabei ist, dass sie in einer weiteren Operation wieder entfernt werden müssen, außer man verwendet bioresorbierbare Schrauben. Heutzutage gewinnt die autologe Chondrozytentransplantation immer mehr an Relevanz und besitzt hierbei ihre eigenen Indikationen. Dabei werden durch eine Biopsie gewonnene Stammzellen zu Chondrozyten kultiviert und in einem zweiten operativen Eingriff in den Defekt reimplantiert. Studien ergaben, dass es möglich ist, ganze Knochen mit artikulierendem Knorpelüberzug zu regenerieren und die Stammpopulation mit verschiedenen Hormonbehandlungen zu kultivieren [36,

37]. Weitere Studien zeigten einen Teilerfolg bei jungen Profisportlern mit autologer Chondrozytentransplantation nach Knorpelläsionen [43].

1.3.3 Operationszeitpunkt

Einer der wichtigsten und meist diskutierten Themen in der Kreuzbandchirurgie ist der Operationszeitpunkt der VKB-Rekonstruktion. Da es keine direkten Vergleichsstudien gibt, sind sich Operateure und Autoren hierüber nicht einig. Verantwortlich für diese Uneinigkeit sind Faktoren wie Operationstechniken, Transplantatwahl, Fixationstechnik, Rehabilitation und Zusammenhänge pathologischer Knieinnenstrukturen, die eine präzise Aussage nicht möglich machen. Üblicherweise wird der Ersatz der Kreuzbänder verzögert durchgeführt, um das Arthrofibrosierisiko der ersten Tage nach dem Trauma zu verringern [10, 46]. Studien belegen signifikant bessere Ergebnisse beim Lysholm-Score und der Tegner-Aktivität zwei Jahre nach einer verzögerten VKB-Rekonstruktion, sobald einige Zeit nach Trauma abgewartet wird [45]. Shelbourne empfiehlt zudem, die Operation erst dann durchzuführen, wenn der Patient einen normalen Gang, eine minimale Schwellung und eine normale Kniegelenksbeweglichkeit aufweist [51]. Da die verzögerte Kreuzbandplastik mit einer langen Behandlung aus Ruhigstellung und Krankengymnastik verbunden sein kann, stellt diese eine lange körperliche und psychische Belastung für den Patienten dar [47]. Daneben erhöht sich die Muskelatrophie nach längerer Ruhigstellung, was zu einer verzögerten Rehabilitation führt [46]. Generell ist anzustreben, eine frühzeitige Versorgung der Kreuzbänder zu vollziehen, um möglichen Sekundärschäden an Menisken und Gelenknorpel vorzubeugen. Viele Autoren konnten in ihren Studien belegen, dass bei einer verzögerten VKB-Rekonstruktion mit einem Intervall von teilweise mehr als einem Jahr nach Trauma, vermehrt Meniskusläsionen und osteochondrale Schäden auftraten [36, 49, 79, 86, 99]. Aufgrund ihrer Beobachtungen empfehlen sie die Durchführung einer frühzeitigeren gegenüber einer verzögerten Rekonstruktion. Andere Studien belegen keine signifikanten Vorteile einer frühen oder verzögerten VKB-Rekonstruktion [46, 47, 48]. Ein genauer Operationszeitpunkt sowie klare

Kriterien zur Entscheidungsfindung über den Operationszeitpunkt sind in der Literatur nur unzureichend zu finden.

1.4 Fragestellung

Aufgrund der unterschiedlichen Vergleichsstudien mit unterschiedlichen Rahmenbedingungen lässt sich aktuell keine exakte Aussage über den idealen oder günstigsten Zeitpunkt der VKB-Rekonstruktion treffen. Eine zeitliche Festlegung ist dennoch wichtig, da eine Rekonvaleszenz nach VKB-Ruptur immer mit viel Zeit und psychischer, physischer und finanzieller Belastung verbunden ist und man dem individuellen Anspruch des Patienten gerecht werden muss. In dieser Studie wird der ideale Zeitpunkt der VKB-Rekonstruktion untersucht, indem als wichtige Entscheidungskriterien die prognostisch wichtigen Folgeerscheinungen für das Auftreten einer Gelenksarthrose oder Begleitverletzungen von Menisken und Gelenkknorpeln herangezogen werden. Es wurden die Knorpel- und Meniskusschäden im Kniegelenk mit der Latenzzeit zwischen Trauma und VKB-Ersatzplastik verglichen. In der Annahme, dass eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes eine Instabilität des Knies und daraus resultierend vermehrt Begleitverletzungen der Menisken und Gelenkknorpel verursacht werden, müssten sekundäre Schäden mit steigender Latenzzeit zur operativen Versorgung zunehmen. In dieser prospektiven Kohorten-Studie wurde geprüft, ob der frühzeitige Ersatz des VKB innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma im Vergleich zur zeitlich verzögerten operativen Versorgung des VKB nach sechs bis zwölf Monaten nach Trauma relevante Folgen für das Auftreten und die Therapie von Begleitverletzungen am Kniegelenk hat.

2. Methodik

2.1 Allgemeine Patientendaten

2.1.1 Patientenverlauf

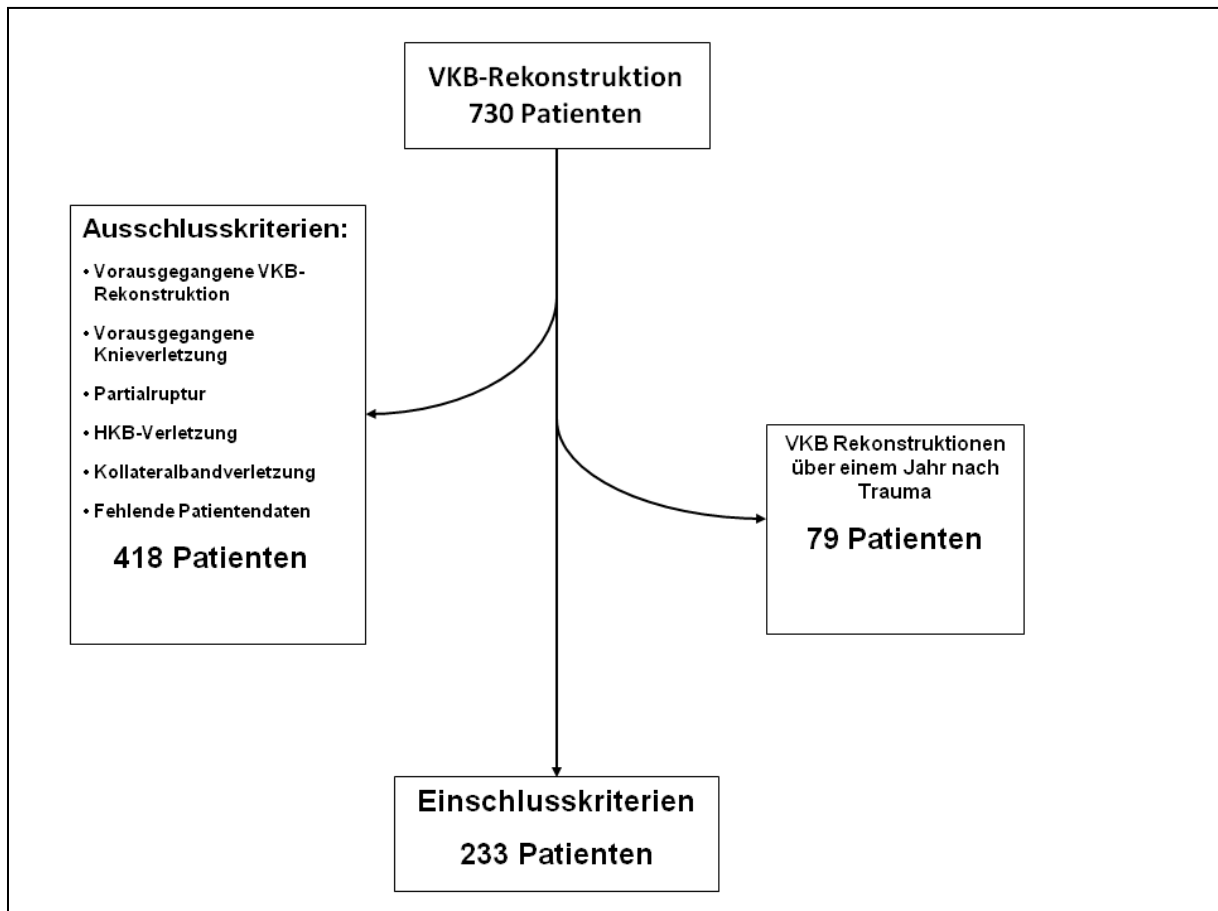
Das Patientengut des Sporthopaedicums Straubing/Regensburg aus dem Jahr 2010 dient als Grundlage für diese Studie. In dieser Zeit vom 01.01.2010 bis 31.12.2010 wurden 730 Patienten von jeweils zwei Chirurgen am vorderen Kreuzband operiert. Bei 651 Patienten erfolgte eine VKB-Rekonstruktion innerhalb eines Jahres. Insgesamt wurden 233 Patienten (männlich: 162, weiblich: 71) nach Ausschlusskriterien mit isolierter VKB-Ruptur in die Studie eingeschlossen (Abb. 1).

2.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Zu den Einschlusskriterien dieser prospektiven Kohortenstudie zählten alle Patienten, die sich im Zeitraum zwischen dem 1.1.2010 und dem 31.12.2010 einem VKB-Ersatz nach VKB-Ruptur unterzogen. Vorausgegangen sollte ausschließlich eine primäre Komplettruptur des VKB sein, die klinisch einen positiven Pivot-shift-Test zeigte. Des Weiteren hatten alle Patienten ein Mindestalter von 18 Jahren, um sicher zu stellen, dass alle Wachstumsfugen geschlossen waren. Hierdurch wurde garantiert, dass das skelettale Wachstum abgeschlossen war und die Indikation zu OP-Maßnahmen in der Patientenpopulation nicht unterschiedlich gestellt wurde. Das Maximalalter betrug 60 Jahre.

Zu den Ausschlusskriterien der Studie gehörten Patienten, die Begleitverletzungen, wie eine Patellaluxation, eine hintere Kreuzbandruptur oder Rupturen der Kollateralbänder hatten. Des Weiterem wurden Patienten mit VKB-Rupturen ausgeschlossen, die sich bereits vor ihrem Trauma am selben Kniegelenk operieren ließen (Revisionsoperationen). Ebenso wurden knöcherne VKB-Rupturen nicht berücksichtigt (siehe Abb. 1).

Abb. 1: Verlauf der Studienteilnehmer



2.1.3 Datenauswertung

Von allen Patienten, die sich im Jahr 2010 einer operativen VKB-Rekonstruktion unterzogen, wurden zunächst allgemeine Daten erhoben, wie Alter, Geschlecht, Unfalldatum, Verletzungsmechanismus, Untersuchungszeitpunkt und Operationszeitpunkt.

Während der VKB-Rekonstruktion wurden gleichzeitig intraoperativ die Knorpel- und Meniskusschäden standardisiert begutachtet. Bei vorhandenen Knorpelschäden wurden diese anhand der ICRS-Klassifikation in ihre entsprechenden Schweregrade und ihre Topographie, jeweils für die Femurkondylen, die Patella und das Tibiaplateau, registriert. Bei den Meniskusschäden wurde festgehalten, ob der Innen- oder Außenmeniskus betroffen war, welche Rissform er besaß und wie die Menisken therapeutisch versorgt werden konnten. Protokolliert wurde dabei, ob der Meniskus

mit einer Naht rekonstruiert werden konnte oder ob eine partielle Resektion durchgeführt wurde.

2.2 Operative vordere Kreuzband-Rekonstruktion

2.2.1 Operationstechnik

Die VKB-Plastik wurde arthroskopisch-assistiert durchgeführt. Als Transplantat wurde die Semitendinosus-Sehne verwendet. Sie wurde über einen Ringstripper des gleichen Knies entnommen und für die Rekonstruktion des VKB als Quadrupel-Bündel eingesetzt. Dabei wurde die Sehne zu einer Schlinge gefaltet, präpariert und an ihren Enden mit Baseball-Nähten armiert. Durch eine Messschablone wurden die Durchmesser der gedoppelten Sehnen ermittelt, die der späteren Bohrkanäle in Tibia und Femur entsprachen. Durch präzises Knochenbohren und mithilfe eines Zielgerätes wurden anschließend die Bohrkanäle an Tibia und Femur gesetzt, die den ursprünglichen Ansatz und Ursprung des VKBs entsprachen. Nach dem Führen der Sehnenschlingen durch den tibialen Tunnel, wurden sie „press-fit“ im femoralen Tunnel fixiert [62]. Zum Schluss wurden die Transplantate über den tibialen Tunnel gespannt und gelenkfern mit Endobutton und Suture disc gesichert.

Die Operationen fanden im Sporthopaedicum Regensburg und Straubing statt. Die Operationen wurden von zwei erfahrenen Kniechirurgen (AGA-Instruktoren) durchgeführt und bedienten sich der gleichen oben genannten Operationstechnik.

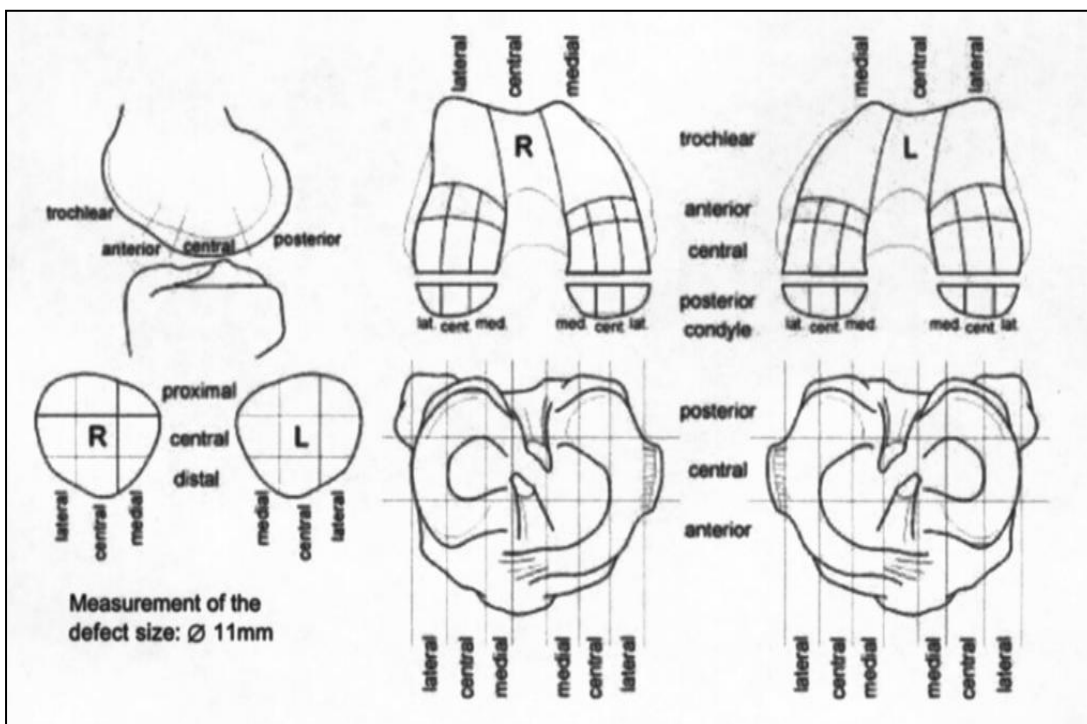
2.2.2 Einteilung der intraoperativ evaluierten Begleitverletzungen

2.2.3.1 Knorpelschäden

Mittels eines Operationsprotokolls wurden von beiden ausführenden Operateuren die Knorpel- und Meniskusschäden der einzelnen Patienten in einem Knieschema festgehalten. In der Schemazeichnung (Abb. 2) sind Grafiken der Gelenkknorpeloberflächen von Tibia, Femur und Patella eingezeichnet, die über ein

Rastersystem in mehrere Felder unterteilt wurden. Während der Operation konnten die Schweregrade und die geografischen Lagen der Knorpeldefekte präzise in ein Rastersystem übertragen werden. Bei der Gradeinteilung bedienten sich die Operateure der ICRS-Klassifikation, unterteilt in vier Schweregrade. Es erfolgte zusätzlich die Einteilung in prognostisch günstige I - II-gradige Knorpelschäden und prognostisch eher ungünstige III - IV-gradige Knorpelschäden.

Abb. 2: Knieschema des Operationsprotokolls (Feldeinteilung von Femurkondylus, Tibiaplateau und Patella)



Für eine spätere topografische Darstellung der Inzidenz wurden alle Knorpelschäden in drei Gruppen eingeteilt: Gruppe der Inzidenz aller Schweregrade, Gruppe der Inzidenz der Schweregrade I + II und Gruppe der Inzidenz der Schweregrade III + IV. Zeitlich unterteilt wurden die Gruppen in ein bis sechs und sechs bis zwölf Monate.

2.2.3.2 Meniskusschäden

Bei den Menisken wurde nach der Rissform und der Lokalisierung unterschieden. Wie auch bei den Knorpelschäden konnten die Risse an den Menisken in ein OP-Protokoll skizziert werden. Zur prognostischen Auswertung der Meniskusrisse diente die Art der operativen Versorgung, da die Rissform und Risslokalität am Meniskus wenig aussagekräftig für die Prognose ist. Relevant war hierbei, ob die Meniskusrisse mit einer prognostisch günstigen Naht (N) rekonstruiert werden konnten, oder ob sie prognostisch eher ungünstig partiell reseziert (p.R.) werden mussten.

2.2.3 Operationszeitpunkt

Relevant für diese Studie war das Intervall zwischen VKB-Trauma und dem Operationszeitpunkt. Verglichen wurden demnach alle Patienten, die im ersten Jahr nach Trauma operiert wurden. Die Gründe für den Operationszeitpunkt wurden nicht dargestellt. Die Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt. In der ersten Gruppe befanden sich alle Patienten, die sich innerhalb sechs Monate nach dem Unfall operieren ließen. In Gruppe zwei befanden sich alle Patienten, deren VKB innerhalb von sechs bis zwölf Monaten rekonstruiert wurde.

2.3 Statistik und Software

Alle Daten wurden mit der Software Excel verwaltet. Statistische Analysen wurden mit SPSS 18 ausgewertet. Knorpeldefekte wurden mit Corel Draw grafisch dargestellt

Statistische Analysen erfolgten durch nichtparametrische Tests und t-Tests (Anova). Bei Kreuz- und Korrelationstabellen verwendete man den Chi-Quadrat-Test, um mögliche Zusammenhänge zu untersuchen. Das Signifikanz-Level wurde festgesetzt bei $p \leq 0.05$ und für hoch signifikant bei $p \leq 0.01$.

3. Ergebnisse

3.1 Allgemeine Patientendaten

3.1.1 Geschlechterverteilung

Im Jahr 2010 wurden im Sporthopaedicum Regensburg und Straubing 730 Patienten mit einer VKB-Rekonstruktion operativ behandelt. Nach den Ausschlusskriterien wurden 233 Patienten in die Studie aufgenommen. Insgesamt befanden sich 162 männliche und 71 weibliche Patienten darunter. Dies entspricht einem Geschlechterverhältnis von 70% zu 30% (Abb. 3).

Abb. 3: Geschlechterverteilung der Studienpopulation



3.1.2 Altersverteilung

Von den in diese Studie eingeschlossenen Patienten war der jüngste Patient 18 Jahre, der älteste 59 Jahre alt. Das Durchschnittsalter der Patienten zum Unfallzeitpunkt betrug 31 Jahre (weibliche Patienten: 31,9 Jahre; männliche Patienten: 29,6 Jahre) (Abb. 4, 5).

Abb. 4: Altersverteilung

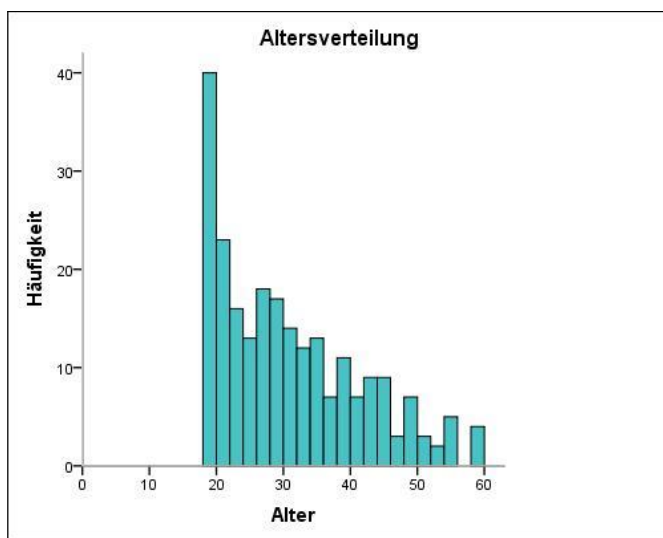
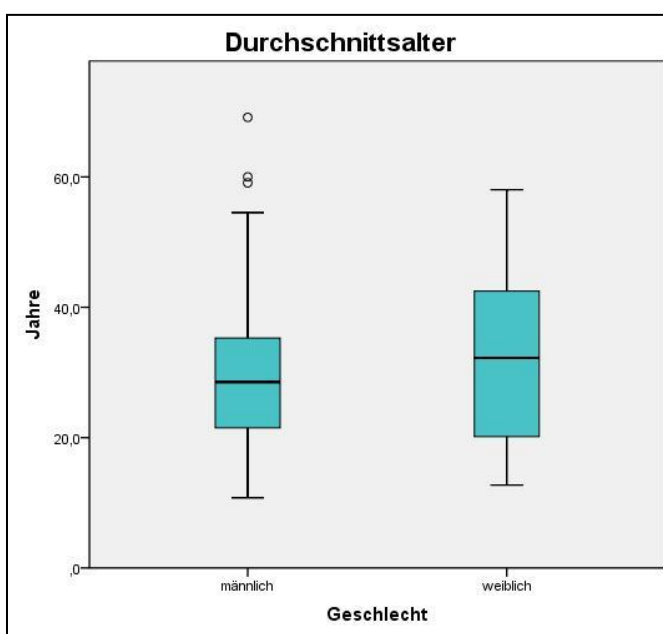


Abb. 5: Durchschnittsalter

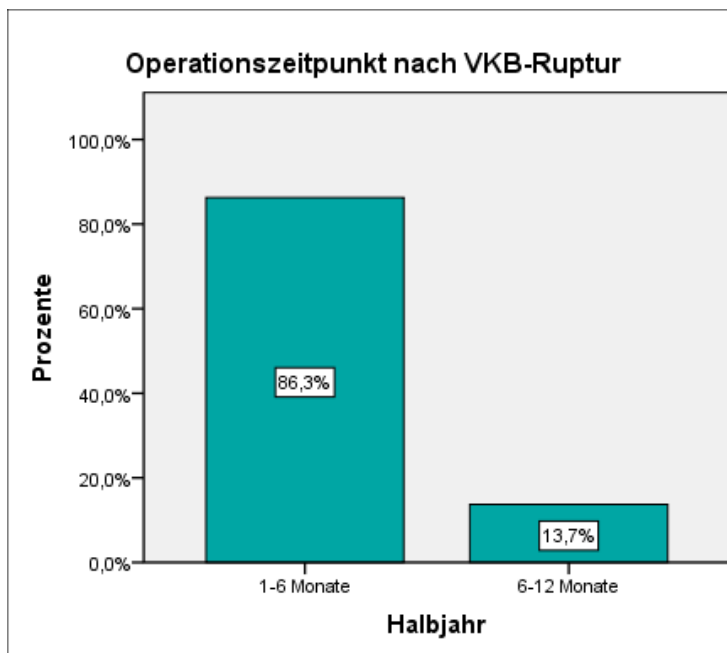


3.2 Vordere Kreuzband-Rekonstruktion

3.2.1 Operationszeitpunkt

Von den 233 Patienten unterzogen sich 201 Patienten einer VKB-Rekonstruktion innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma und 32 Patienten zwischen sechs bis zwölf Monate nach Trauma. Dies entspricht einer Verteilung von 86,3% und 13,7% (Abb. 6).

Abb. 6: Operationszeitpunkt nach VKB-Trauma



3.2.2 Begleitende Knorpelschäden

3.2.2.1 Knorpelschäden-Zeitintervall

Die während der VKB-Ersatzplastik aufgetretenen Knorpelschäden wurden mit dem Intervall zwischen Trauma und operativem Eingriff verglichen. Zu erkennen war eine Zunahme der Inzidenz der pathologischen und prognostisch ungünstigen

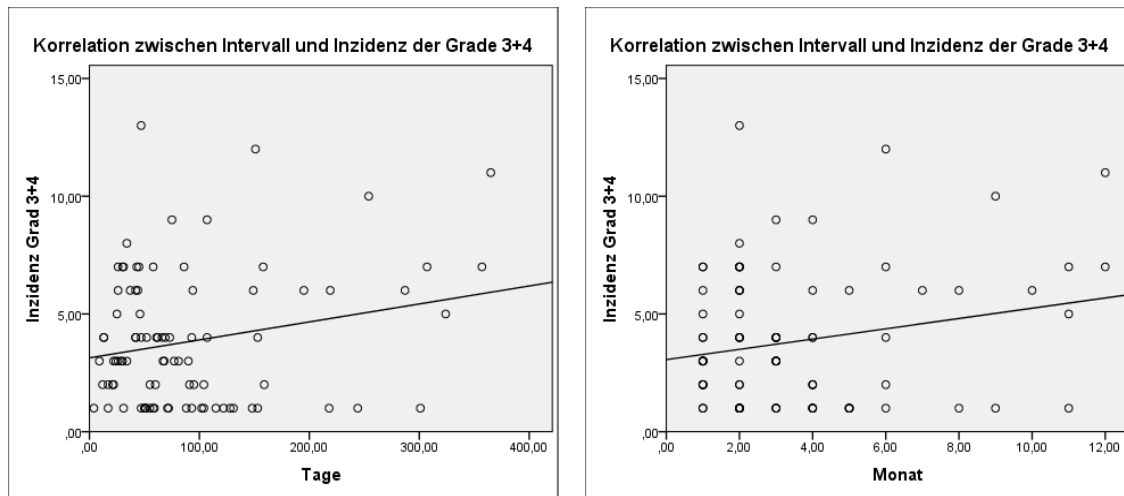
Knorpelschäden (ICRS-Grade III + IV) bei gleichzeitig zunehmendem zeitlichen Intervall zwischen VKB-Trauma und VKB-Rekonstruktion. Je größer das zeitliche Intervall zwischen VKB-Ruptur und Operationszeitpunkt war, desto häufiger traten demnach prognostisch ungünstigere Knorpelschäden der ICRS-Grade III + IV auf (Abb. 7, 8). Korrelationsanalysen bestätigten signifikante Zusammenhänge der Knorpelschäden der Grade IV und die zusammengefassten Grade III + IV mit dem Zeitintervall entweder in Tagen oder Monaten (Tab. 1). Nicht signifikant waren die Inzidenzen der Grade I und II bzw. beide zusammengefasst.

Tab. 1: Gegenüberstellung von Zeit-Intervall und Inzidenz von Knorpelschäden

Inzidenz		Intervall	
		Tage	Monate
Inzidenz Gesamt- knorpelschäden	N	226	226
	Korrelation nach Pearson	0,047	0,047
	Signifikanz (2-seitig)	0,479	0,485
Inzidenz Grad I	N	14	14
	Korrelation nach Pearson	0,203	0,204
	Signifikanz (2-seitig)	0,487	0,484
Inzidenz Grad II	N	223	223
	Korrelation nach Pearson	-0,06	-0,061
	Signifikanz (2-seitig)	0,372	0,363
Inzidenz Grad III	N	86	86
	Korrelation nach Pearson	0,178	0,168
	Signifikanz (2-seitig)	0,101	0,121
Inzidenz Grad IV	N	13	13
	Korrelation nach Pearson	,759**	,743**
	Signifikanz (2-seitig)	0,003	0,004
Inzidenz Grad I + II	N	224	224
	Korrelation nach Pearson	-0,037	-0,037
	Signifikanz (2-seitig)	0,58	0,587
Inzidenz Grad III + IV	N	91	91
	Korrelation nach Pearson	,223*	,215*
	Signifikanz (2-seitig)	0,034	0,041

Signifikant $p < 0,05$: *; hoch-signifikant $p < 0,01$: **

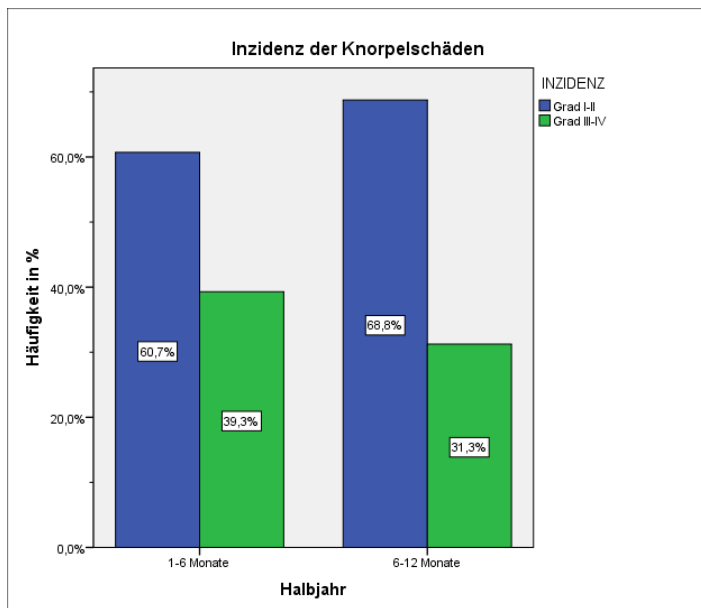
Abb. 7 und 8: Inzidenz der Grade III und IV (Links: in Tagen nach VKB-Ruptur. Rechts: in Monaten nach VKB-Ruptur)



3.2.2.2 Vergleich der Knorpelschäden Grad I + II und Grad III + IV

Von den 201 Patienten, die sich innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma am vorderen Kreuzband operieren ließen, hatten 60,7% einen Knorpelschaden von Grad I - II und 39,9% einen Knorpelschaden von Grad III - IV. Von den 32 Patienten, dessen operativer Eingriff zwischen sechs und zwölf Monaten nach Trauma stattfand, wiesen 68,8% einen Knorpelschaden von Grad I - II und 31,3% einen Knorpelschaden von Grad III - IV auf. Die Häufigkeit der Knorpelschäden Grad I - II war innerhalb sechs bis zwölf Monate höher als innerhalb der ersten sechs Monate (Abbildung 9). Die Häufigkeit der Knorpelschäden Grad III - IV war innerhalb der ersten sechs Monate etwas höher und stieg nach sechs Monaten Wartezeit zur OP nicht an. Es konnten demnach kein signifikanter ($p=0,38$) Anstieg der schwerwiegenden Knorpelschäden Grad III + IV ausgewertet werden, wenn sich der Patient erst nach mehr als sechs Monaten nach Trauma mit einer VKB-Ersatzplastik operativ versorgen ließ.

Abb. 9: Häufigkeit der Knorpelschäden innerhalb eines Jahres nach Trauma



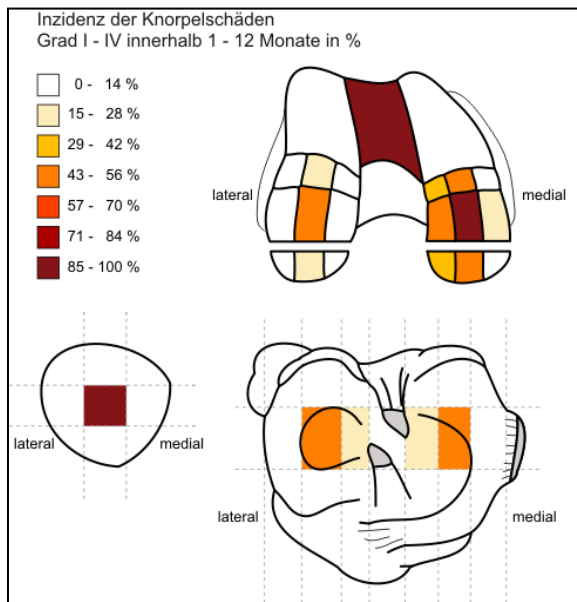
3.2.2.3 Topografische Darstellung der Knorpelschäden

Im folgenden Abschnitt wird die Verteilung der Knorpelschäden topografisch dargestellt. Man erkennt in allen Grafiken eine Konzentration der Läsionen im medialen Kondylus in der Gruppe der Inzidenz aller Knorpelschäden, der Gruppe der zusammengefassten Grade I + II und der zusammengefassten Grade III + IV. Zeitlich unterteilt wurden die Gruppen jeweils in einem Gesamtzeitraum von einem Jahr, sowie den genannten zwei Halbjahren.

3.2.2.3.1 Inzidenz der gesamten Knorpelschäden (Grad I – IV)

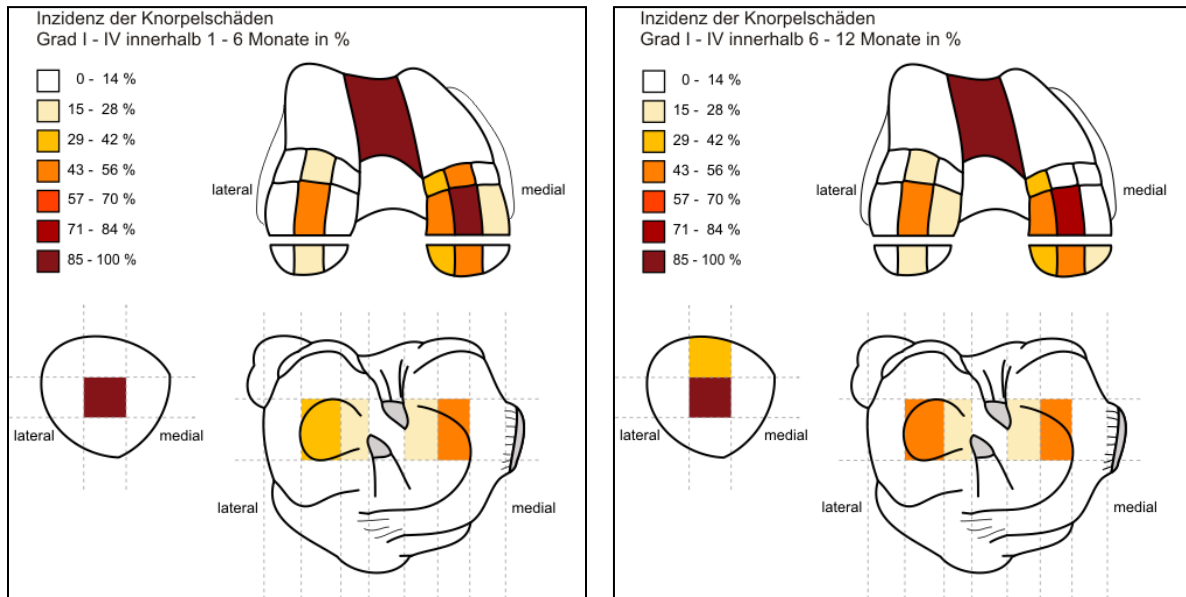
Innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes von einem Jahr traten Knorpelschäden der Schweregrade I – IV am medialen Femurkondylus sowie im Bereich des Gleitlagers und im Zentrum der Kniescheibe am häufigsten auf (Abb. 10). Deutlich weniger zeichneten sich die Knorpelschäden im Zentrum des lateralen Femurkondylus sowie am medialen und lateralen Tibiaplateau ab.

Abb. 10: Knorpelschäden der Grade I - IV innerhalb 1 bis 12 Monaten



Verglich man die intraoperativ registrierten Inzidenzen von Knorpelschäden innerhalb von ein bis sechs Monaten und sechs bis zwölf Monaten posttraumatisch, unterschieden sie sich topografisch nur minimal. Es zeigte sich, dass im Bereich des Gleitlagers, der Kniescheibe und dem Zentrum des medialen Femurkondylus, die Knorpelschäden in beiden Gruppen am häufigsten auftraten (Abb. 11 und 12).

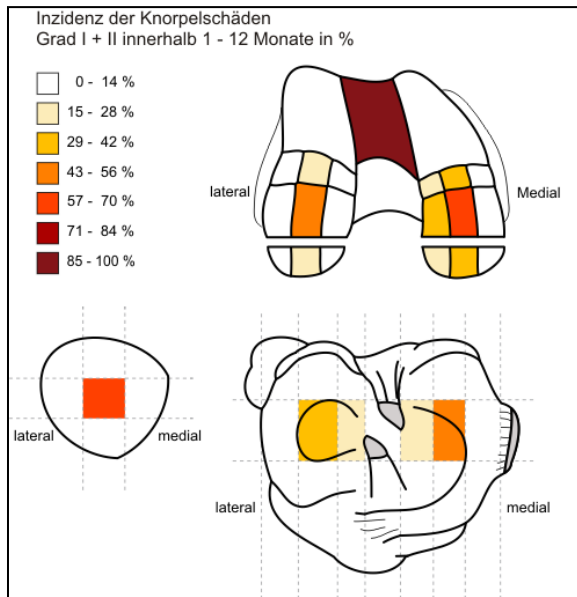
Abb. 11 und 12: Knorpelschäden der Grade I - IV (Links: Abb. 11: innerhalb ein bis sechs Monate, rechts: Abb. 12: innerhalb sechs bis zwölf Monate)



3.2.2.3.2 Inzidenz der prognostisch günstigeren Knorpelschäden (Grad I und II).

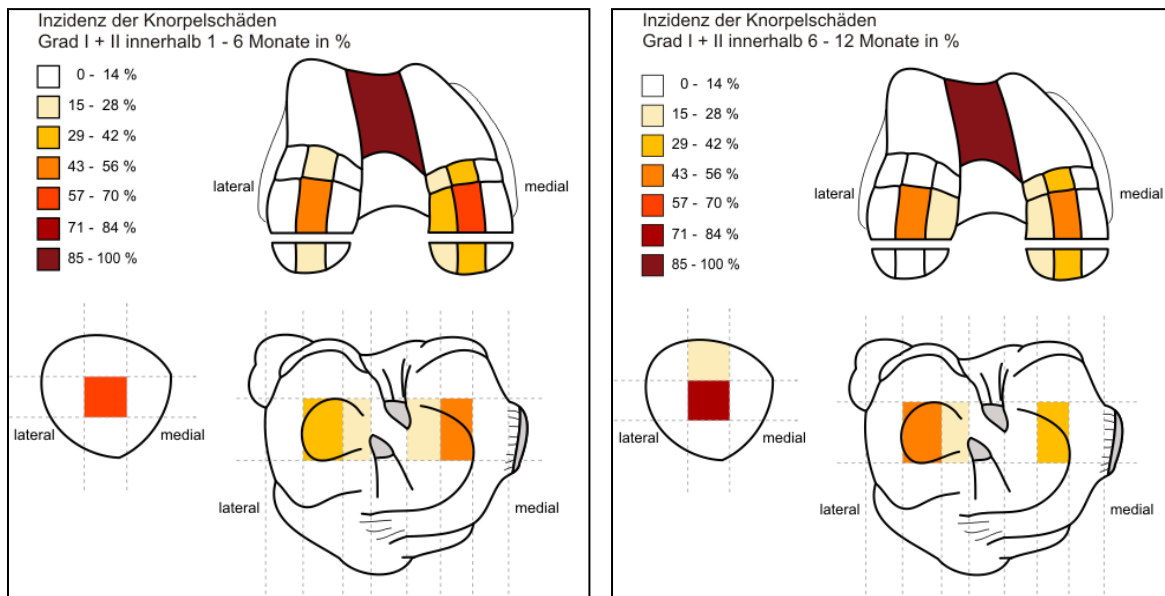
Innerhalb eines Jahres zeigte sich, dass die prognostisch günstigeren Knorpelschäden der Grade I und II am häufigsten im femoralen Gleitlager zu beobachten waren. Vorzufinden waren diese Knorpelschäden auch in den Hauptbelastungszonen des medialen und lateralen Femurkondylus sowie in den medialen und lateralen Zentren des Tibiaplateaus und dem Zentrum der Kniescheibe (Abb. 13).

Abb. 13: Knorpelschäden der Grade I und II innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes von einem Jahr



Kaum eine Veränderung ließ die Inzidenz der Knorpelschäden der Grade I + II im Vergleich zwischen den ersten sechs Monaten und innerhalb des sechsten bis zwölften Monats erkennen. Nach sechs Monaten traten weniger I + II°-Schäden am medialen Femurkondylus und dem zentralen Bereich des Tibiaplateaus auf. Dagegen zeigten sich an der Patella nach sechs Monaten vermehrt I + II°-Knorpelschäden (Abb. 14, 15).

Abb. 14 und 15: Knorpelschäden der Grade I und II (Grafische Verteilung. Links: innerhalb ein bis sechs Monate, Rechts: innerhalb sechs bis zwölf Monate)



3.2.2.3.4 Inzidenz der prognostisch ungünstigeren Knorpelschäden (Grad III + IV)

Im Verlauf des Untersuchungszeitraumes von einem Jahr konzentrierten sich die prognostisch ungünstigen Knorpelschäden III + IV° lediglich im Bereich des medialen Femurkondylus und im Zentrum der Kniescheibe. Im Tibiaplateau traten keine schwerwiegenden Knorpelschäden auf (Abb. 16).

Wie in den ersten sechs Monaten sammelten sich auch innerhalb von sechs bis zwölf Monaten die meisten schwerwiegenden Knorpelschäden III + IV° am medialen Kondylus. An der Kniescheibe nahmen die hochgradigen Knorpelschäden im zweiten Halbjahr eher ab (Abb. 17, 18).

Abb. 16: Knorpelschäden der Grade III und IV innerhalb des gesamten Untersuchungszeitraumes von einem Jahr

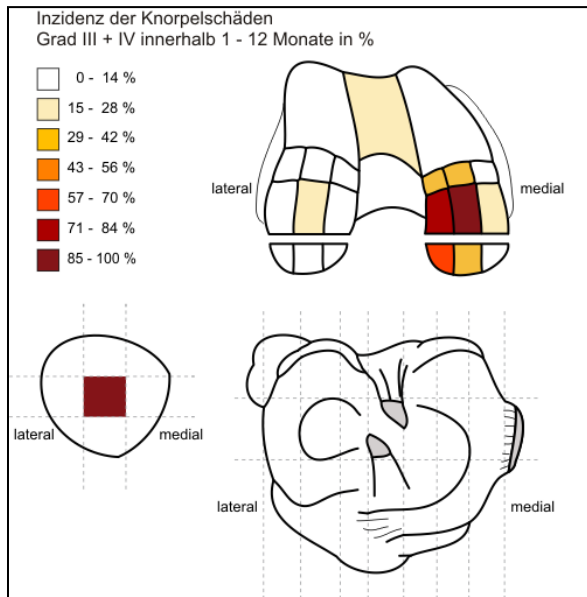
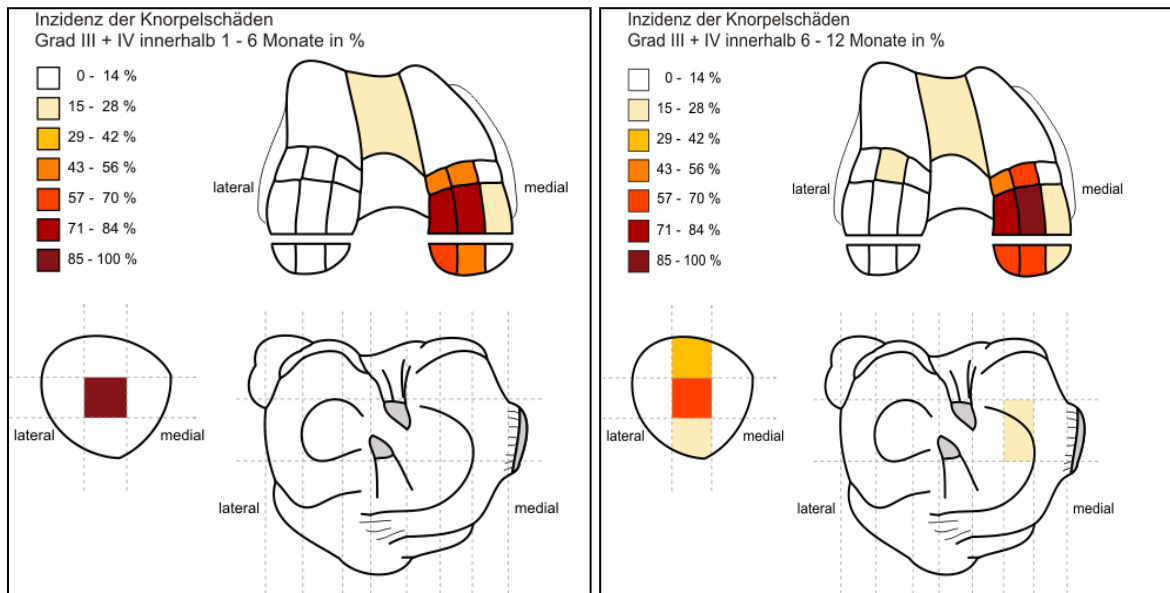


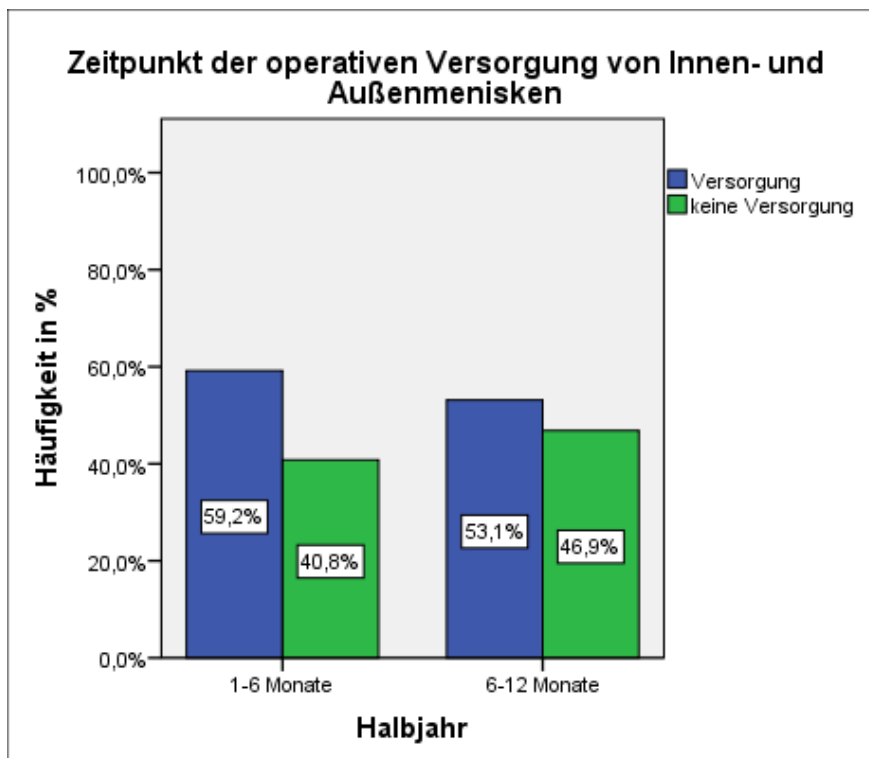
Abb. 17 und 18: Knorpelschäden der Grade III und IV (Grafische Verteilung: Links: innerhalb ein bis sechs Monate. Rechts: innerhalb sechs bis zwölf Monate)



3.2.3 Begleitende Meniskusschäden

Von den 233 Patienten mit VKB-Ersatzplastik mussten sich 96 (41,2%) einer zusätzlichen Meniskustherapie unterziehen. Innerhalb der ersten sechs Monate wurden 59,2% der medialen und lateralen Menisken entweder mit einer Naht oder einer partiellen Resektion versorgt. In 40,8% der Fälle war eine Versorgung der Menisken intraoperativ nicht indiziert (Abb. 19). Innerhalb von sechs bis zwölf Monaten traten mit 53,1% behandlungsbedürftige Meniskusdefekte auf, 46,9% der Menisken bedurften keiner Versorgung.

Abb. 19: Meniskusversorgung während einer VKB-Rekonstruktion innerhalb ein bis sechs und sechs bis zwölf Monaten



Innerhalb der ersten sechs Monate wurden 79 Innenmenisken (IM) und 57 Außenmenisken (AM) intraoperativ mit der VKB-Ersatzplastik mitversorgt, innerhalb von sechs bis zwölf Monaten waren es 15 IM und fünf AM. Trotz häufigerem Auftreten von IM-Schäden und vermehrter notwendiger operativer Eingriffe am IM innerhalb der ersten sechs Monate, zeigen Abb. 20 und 21, dass die AM-Läsionen (91.9%) verhältnismäßig häufiger versorgt wurden als die IM-Läsionen (83.9%). Unterdessen zeigte sich, dass die meisten operativen Eingriffe an den Menisken innerhalb der ersten sechs Monate stattfanden. Die IM wurden in diesem Zeitraum sechsmal so häufig versorgt wie innerhalb sechs bis zwölf Monaten (83,9% vs. 16,1%), die AM sogar elfmal so häufig (91,1% vs. 8,1%).

Abb. 20 : Innenmeniskusversorgung während einer VKB-Rekonstruktion innerhalb ein bis sechs und sechs bis zwölf Monaten

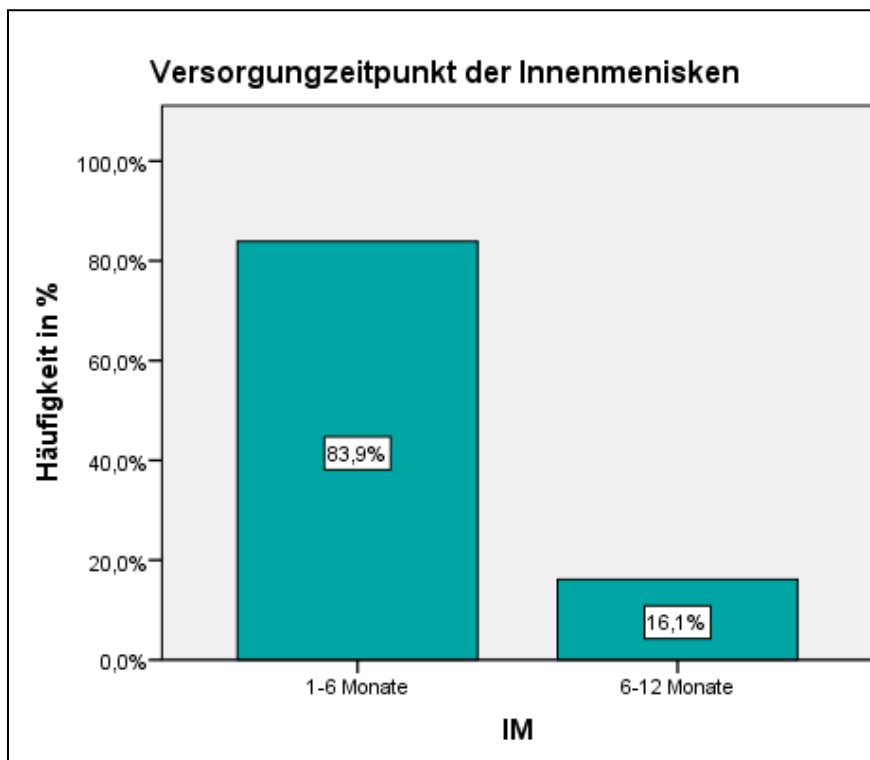
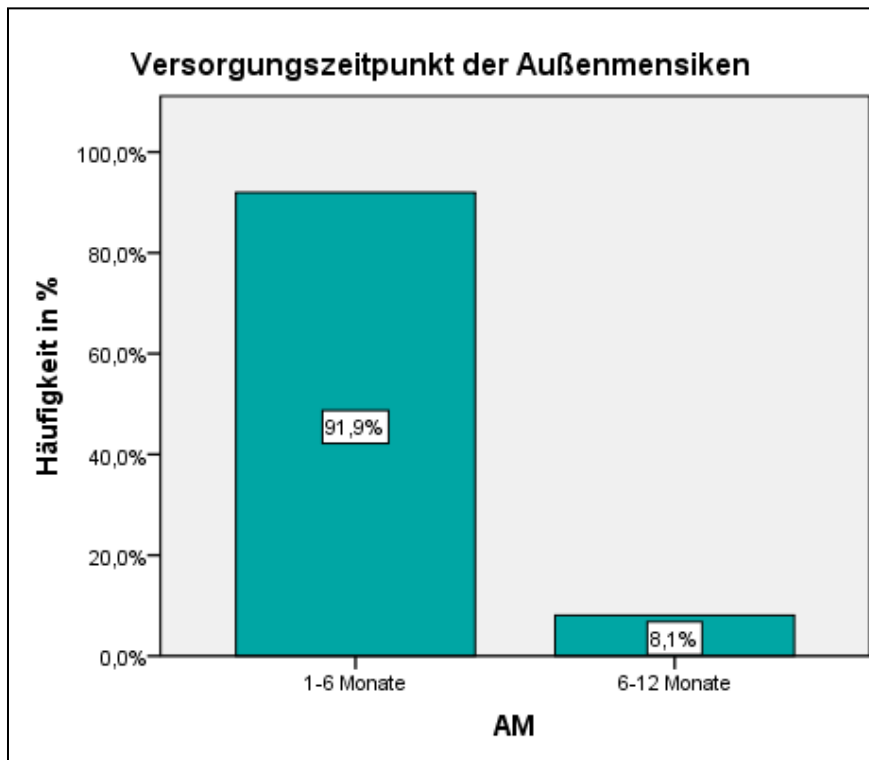


Abb. 21: Außenmeniskusversorgung während einer VKB-Rekonstruktion innerhalb ein bis sechs und sechs bis zwölf Monaten



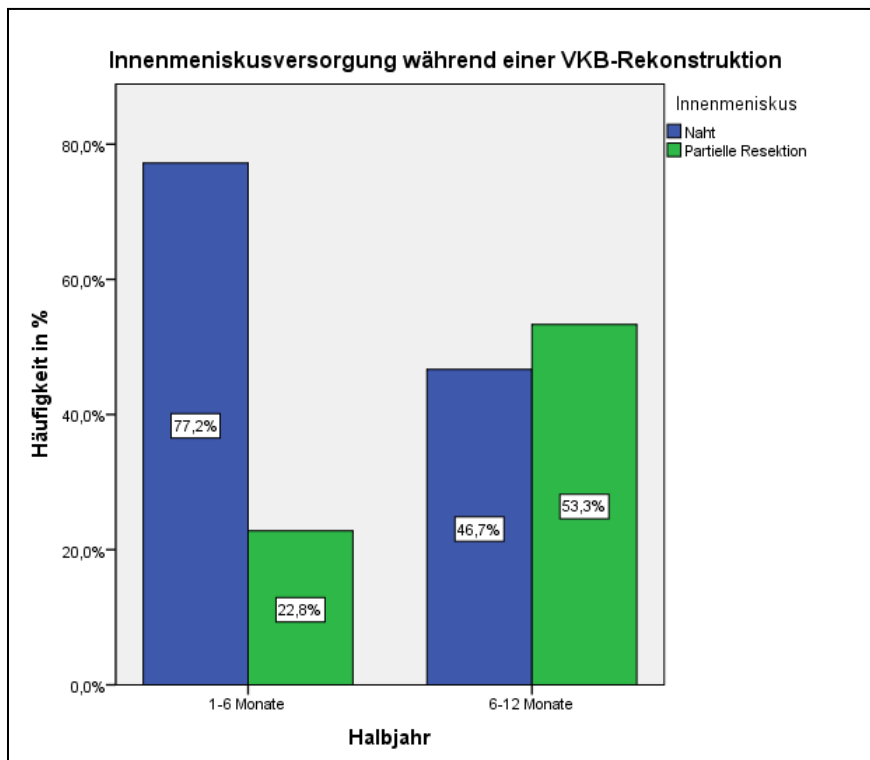
3.2.3.1 Innenmeniskus

Falls während einer VKB-Rekonstruktion eine Versorgung der Innenmenisken notwendig war, überwog mit 68 zu 26 Eingriffen insgesamt die Versorgung der Menisken mit einer Naht gegenüber einer Versorgung mit einer partiellen Resektion. Im Halbjahresvergleich zeigten sich in den ersten sechs Monaten 61 (77,2%) IM mit einer Versorgung durch eine Naht, 18 (22,8%) IM bedurften einer partiellen Resektion (Tab. 4). Innerhalb von sechs bis zwölf Monaten nach Trauma nahm die Möglichkeit zur IM-Naht (n=7; 46,7%) ab, welche sich als signifikanter Unterschied ($p=0,015$) darstellte. Dementsprechend stieg die Wahrscheinlichkeit, dass im zweiten Halbjahr ein IM-Schaden mit einer IM-Resektion (53,3%) versorgt werden musste (Abb. 22).

Tab. 4: Anzahl der operativen Versorgungen der Innenmenisken während der VKB-Rekonstruktion

		Gesamt	Halbjahr	
			1-6 Monate	6-12 Monate
Gesamt	Anzahl	94	79	15
	%	100%	100%	100%
Naht	Anzahl	68	61	7
	%	72,30%	77,20%	46,70%
Partielle Resektion	Anzahl	26	18	8
	%	27,70%	22,80%	53,30%

Abb. 22: Häufigkeit der chirurgischen Versorgungen bei Innenmenisken



Im Geschlechtervergleich ergaben die statistischen Ergebnisse einen signifikanten Zusammenhang zwischen Versorgungsart und Versorgungszeitpunkt der Innenmenisken bei Frauen ($p=0,002$). Innenmenisken wurden in den ersten sechs Monaten eher mit einer Naht (89,5%) versorgt als mit einer partiellen Resektion (10,5%), innerhalb sechs bis zwölf Monaten wurden nur noch Teilresektionen

durchgeführt (Abb. 23). Bei Männern hingegen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (Abb. 24). Hier war lediglich eine Tendenz erkennbar, dass innerhalb der ersten sechs Monate mit 73,3% ungefähr dreimal so viele Menisken mit einer Naht versorgt wurden, als mit einer partiellen Resektion (26,7%). Auch innerhalb von sechs bis zwölf Monaten dominierte leicht die Nahtversorgung der Menisken (53,8% vs. 46,2%), jedoch waren diese Werte nicht signifikant ($p=0,165$).

Abb. 23: Häufigkeit der chirurgischen Versorgungen bei Frauen

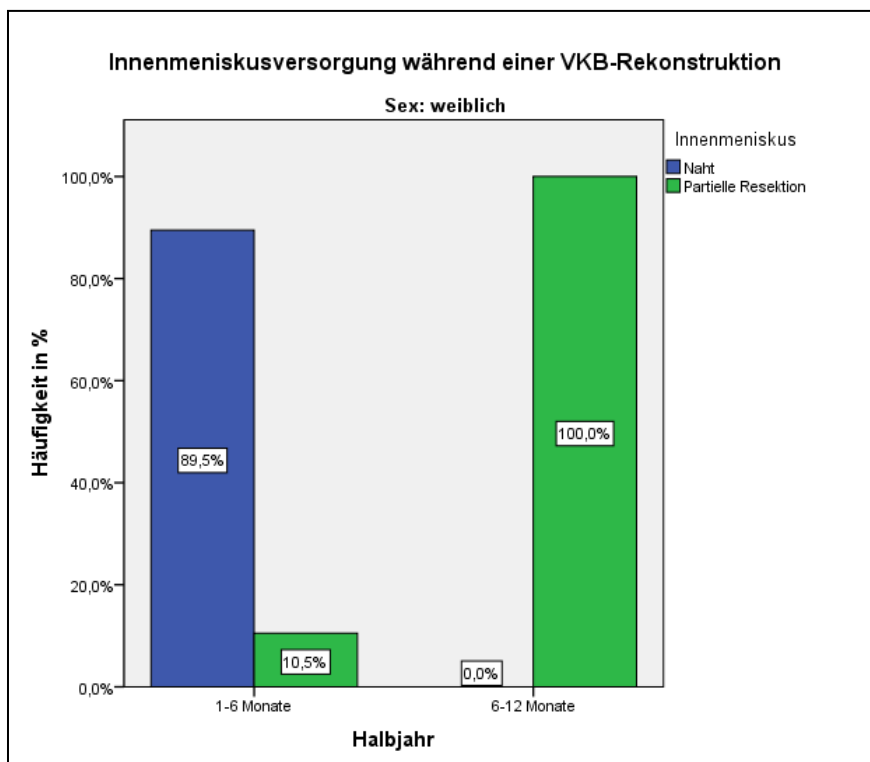
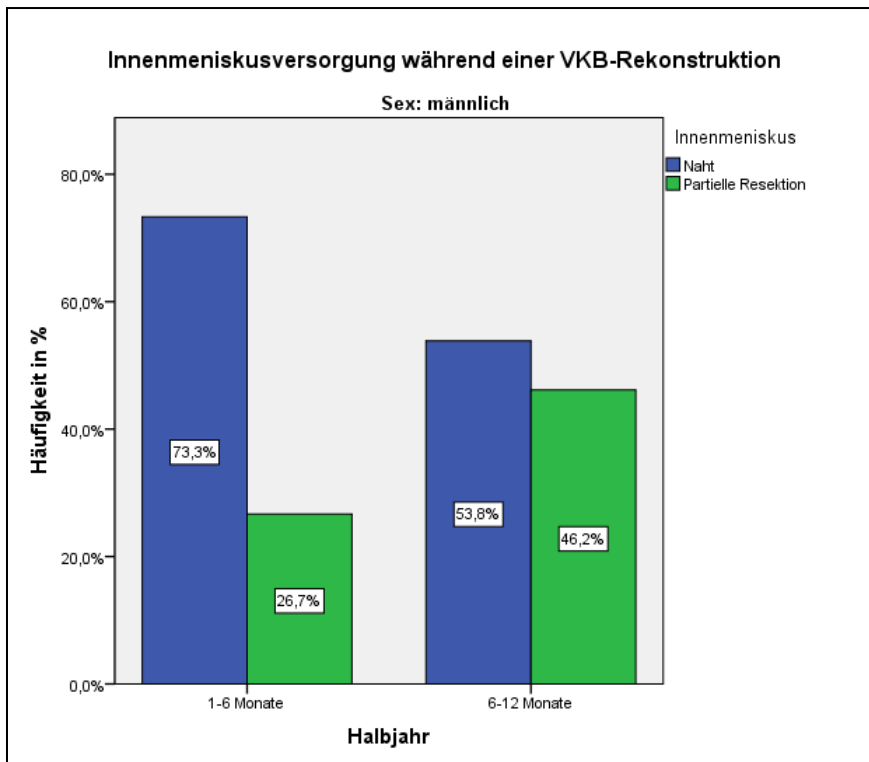


Abb. 24: Häufigkeit der chirurgischen Versorgungen bei Männern



Für das Zeitintervall zwischen Trauma und operativer Versorgung der Innenmenisken mit einer Naht ergaben deskriptive Statistiken einen Mittelwert von 76,9 Tagen und für die Versorgung mit einer partiellen Resektion einen Mittelwert von 125,0 Tagen ($p=0,016$) (Abb. 25, 26).

Abb. 25: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Rekonstruktion des Innenmeniskus (Medianwert)

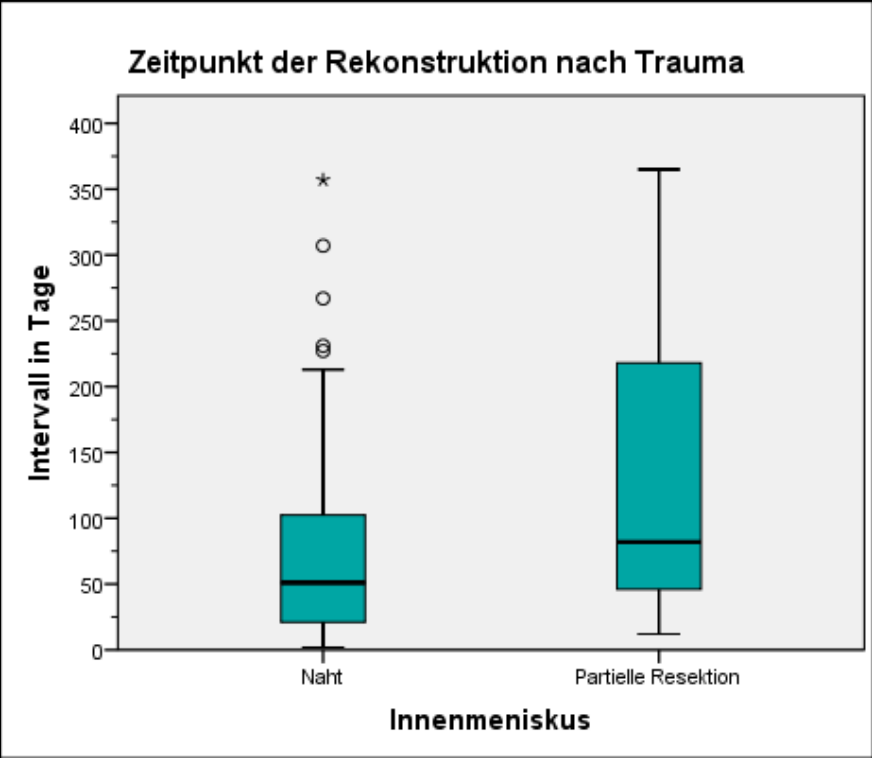
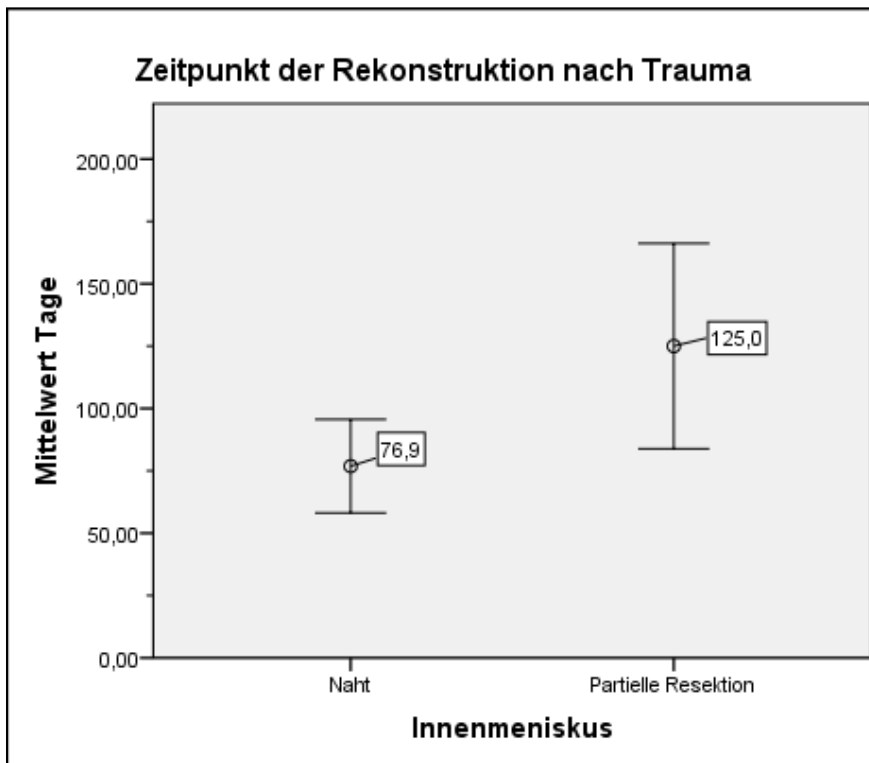
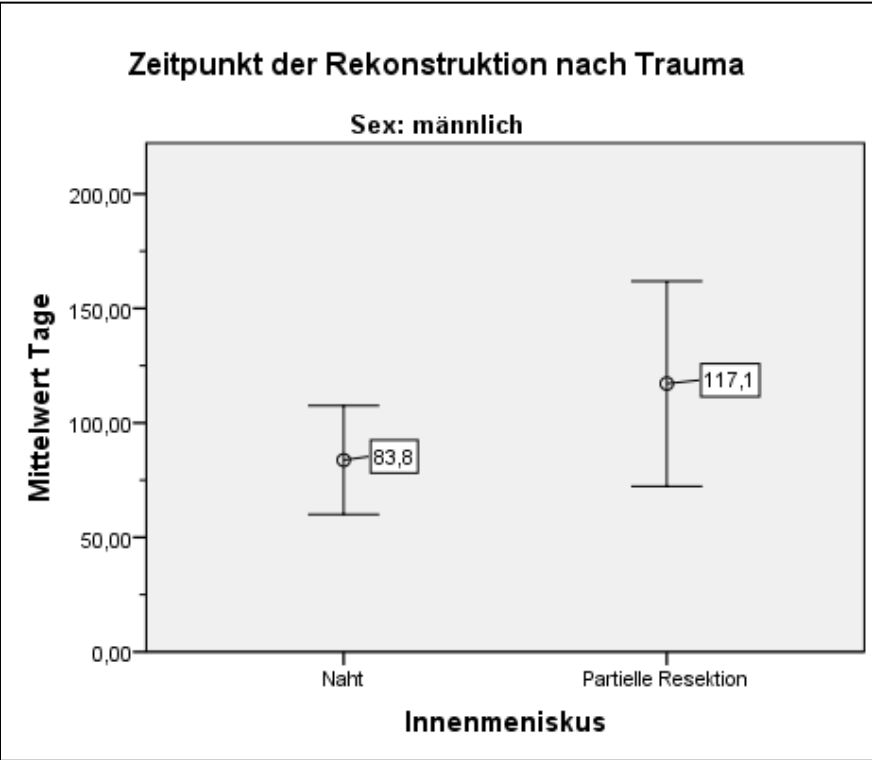
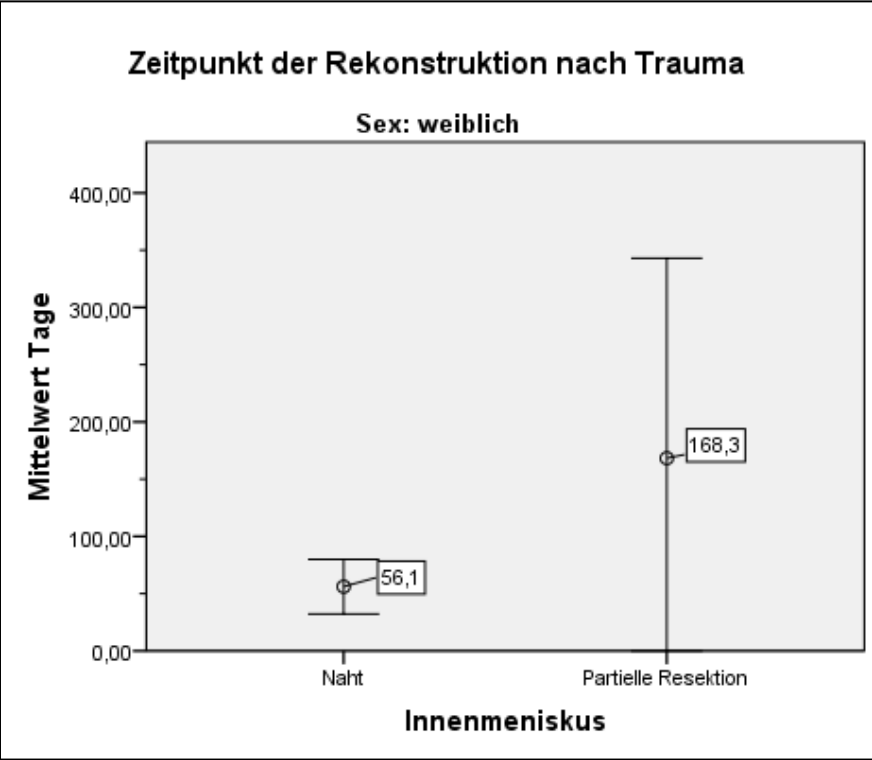


Abb. 26: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Rekonstruktion des Innenmeniskus (Mittelwert)



Im Geschlechtervergleich zeigte sich ein hochsignifikanter Unterschied beim Zeitpunkt der Meniskusversorgung bei Frauen ($p=0,004$); mit einem Mittelwert von 56,1 Tagen lag die Versorgung der IM mit einer Naht deutlich unter dem Mittelwert der partiellen Resektion (168,3 Tage) (Abb. 27, 28). Bei männlichen Patienten zeigten sich keine signifikanten Unterschiede ($p=0,149$). Eine Naht erfolgte im Mittel nach ca. 83,8 Tagen und eine partielle Resektion nach ca. 117,1 Tagen (Abb. 31).

Abb. 27 und 28: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Reconstruction des Innenmeniskus (Oben Abb. 27: weiblich; unten Abb. 28: männlich)



3.2.3.2 Außenmeniskus

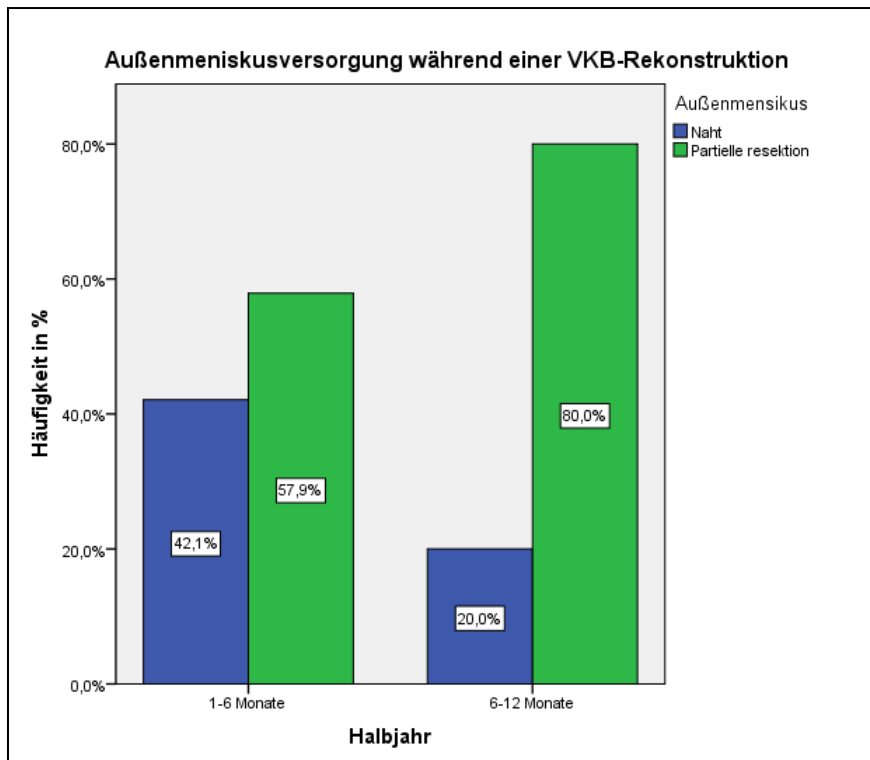
Bei den Ergebnissen der Außenmeniskusversorgung zeigte sich, dass innerhalb sechs bis zwölf Monaten deutlich weniger AM (n=5) operativ versorgt wurden als innerhalb der ersten sechs Monate (n=57). Von 57 Außenmeniskuläsionen innerhalb der ersten sechs Monate wurden 24 Läsionen mit einer Naht (59,3%) und 33 mit einer partiellen Resektion (40,30%) versorgt. Innerhalb von sechs bis zwölf Monaten wurden Außenmenisken einmal mit einer Naht (20%) behandelt und vier partielle Resektionen (80%) durchgeführt (Tab. 5).

Tab. 5: Anzahl der operativen Versorgungen der Außenmenisken, während der VKB Rekonstruktion

		Gesamt	Halbjahr	
			1-6 Monate	6-12 Monate
Gesamt	Anzahl	62	57	5
	%	100,00%	100,00%	100,00%
Naht	Anzahl	25	24	1
	%	40,30%	42,10%	20,00%
Partielle Resektion	Anzahl	37	33	4
	%	59,70%	57,90%	80,00%

Verglich man die Versorgungsarten am AM, so zeigte sich, dass innerhalb der ersten sechs Monate die Außenmenisken mehrheitlich mit einer prognostisch ungünstigeren partiellen Resektion (57,9%) versorgt wurden statt mit einer Naht (42,1%). Hingegen wurden innerhalb der sechs bis zwölf Monate Außenmenisken noch deutlich seltener genäht (20%) und wesentlich häufiger partielle Resektionen (80%) durchgeführt (Abb. 29). Dieser Trend war jedoch nicht statistisch signifikant ($p=0,334$).

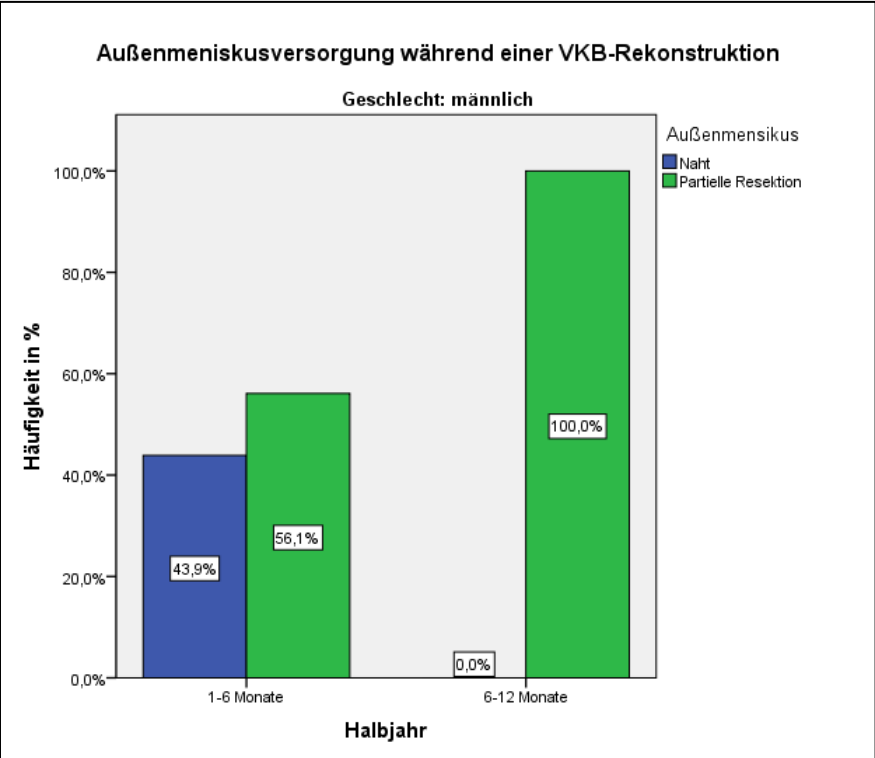
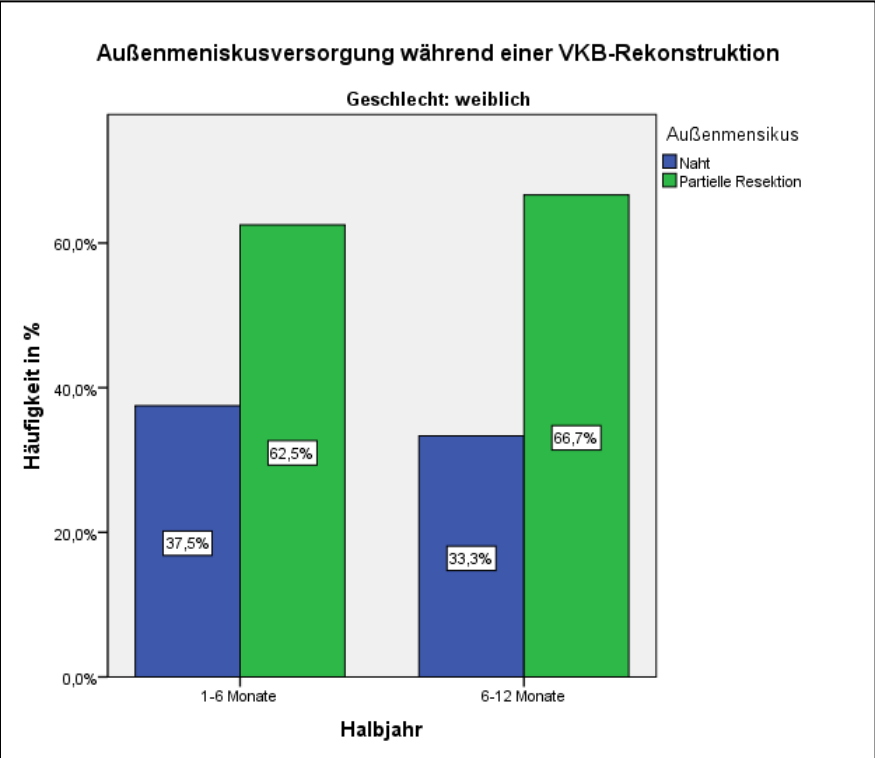
Abb. 29: Häufigkeit der chirurgischen Versorgungen bei Außenmenisken



Im Geschlechtervergleich zeigte sich ein deutlicher Unterschied. Bei Frauen überwog in beiden Halbjahren die Behandlung der Außenmenisken mit einer prognostisch schlechteren partiellen Resektion (62,5% bzw. 66,7%) gegenüber der Versorgung mit einer Naht (35,7% bzw. 33,3%).

Während Außenmenisken bei Männern innerhalb der ersten sechs Monate unwesentlich häufiger mit einer partiellen Resektion behandelt wurden (56,1%) als mit einer Naht (43,9%), erfolgte innerhalb von sechs bis zwölf Monaten ausschließlich eine Teilresektion (100%) (Abb. 30, 31). Obwohl eine deutliche Tendenz zu erkennen war, zeigte sich bei beiden Geschlechtern kein signifikanter Zusammenhang zwischen Versorgungszeitpunkt und Versorgungart (männlich: $p=0,219$, weiblich: $p=0,891$).

Abb. 30 und 31: Häufigkeit der chirurgischen Versorgungen bei Frauen und Männern



Versorgte man lädierte Außenmenisken während einer VKB-Rekonstruktion mit einer Naht, so vergingen im Schnitt zwischen VKB-Trauma und Operationszeitpunkt 63,6 Tage. Eine partielle Resektion erfolgte im Schnitt nach 84,5 Tagen d.h. ca. drei Wochen später als die operative Nahttechnik und zeigte, dass auch bei den Außenmeniskusversorgen deutliche zeitliche Unterschiede erkennbar waren (Abb. 32, 33). Statistische Analysen konnten allerdings keine signifikanten Differenzen belegen ($p=0,226$).

Abb. 32: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Rekonstruktion des Außenmeniskus (Medianwert)

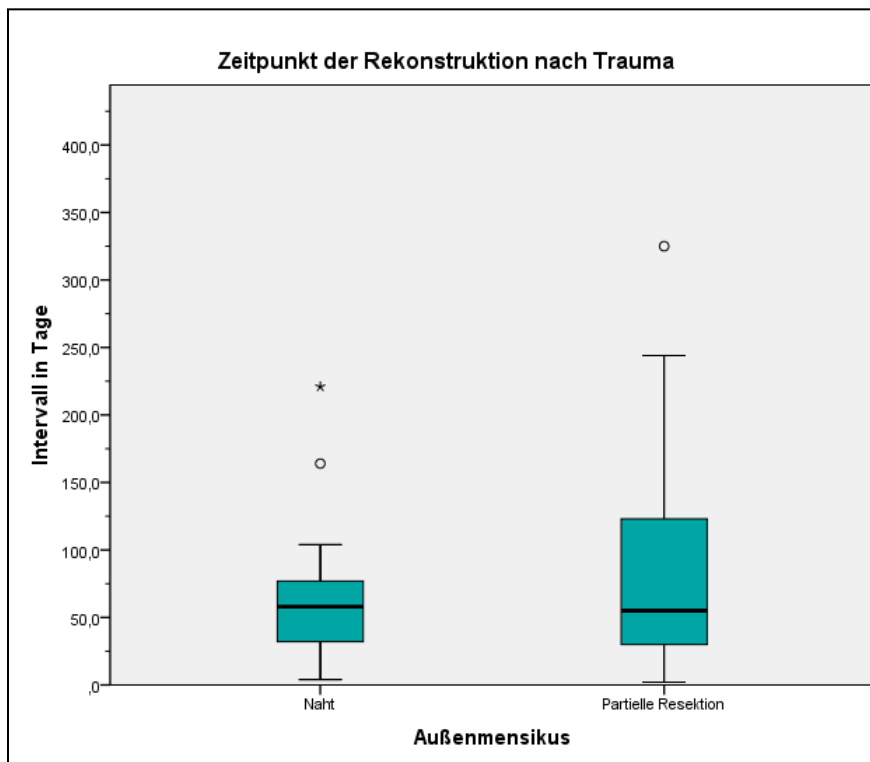
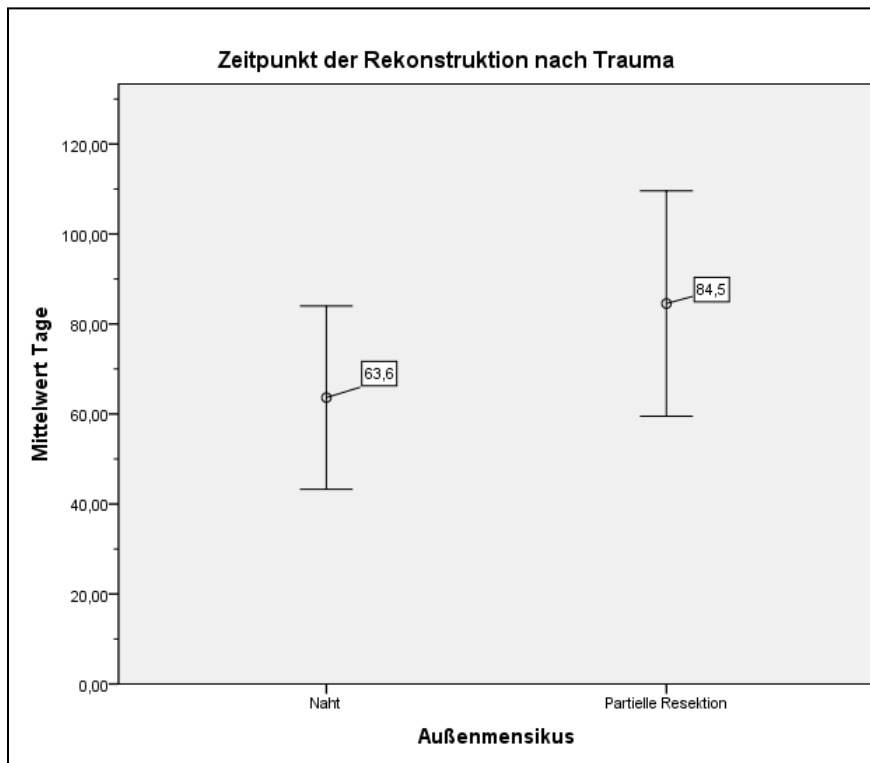
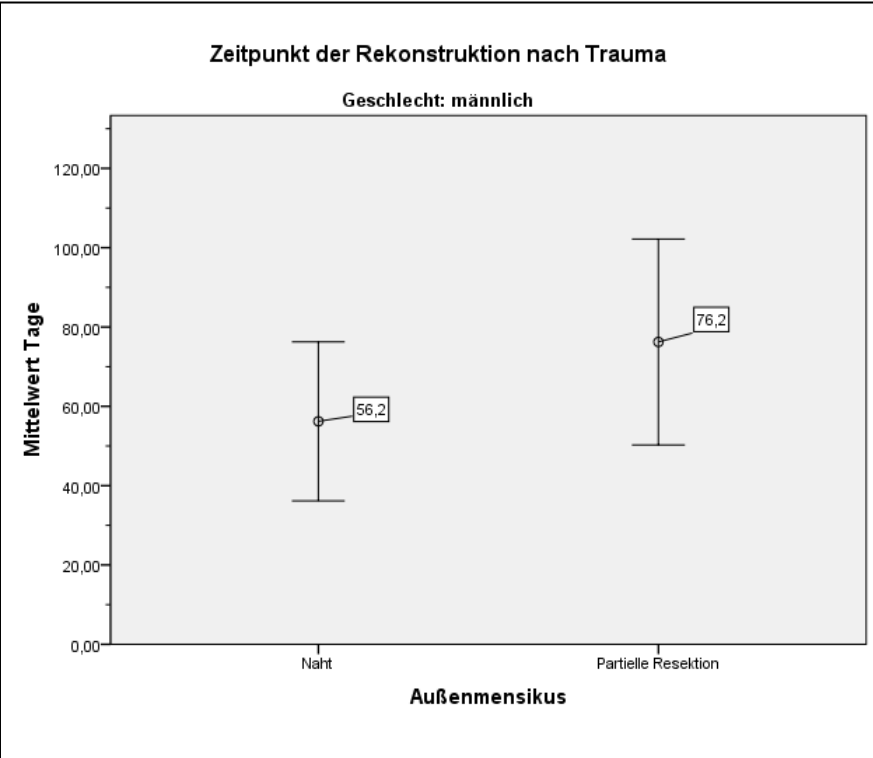
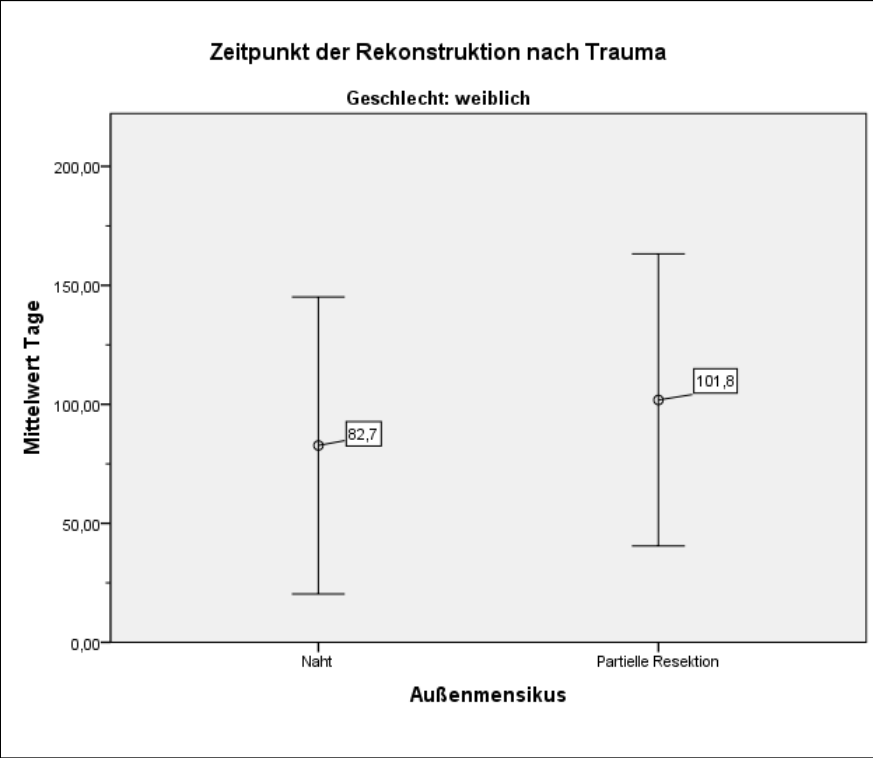


Abb. 33: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Rekonstruktion des Außenmeniskus (Mittelwert)



Im Geschlechtervergleich zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Außenmeniskusversorgung mit einer Naht oder mit einer partieller Resektion (Abb. 34 und 35). Eine Tendenz der früheren Nahtversorgung war allerdings bei beiden Geschlechtern zu erkennen. Bei Frauen lag das Zeitintervall zwischen Trauma und operativem Eingriff bei ca. 83 Tagen für eine Nahtversorgung und ca. 102 Tagen bei einer partiellen Resektion für den AM ($p=0,651$). Bei Männern versorgte man Außenmenisken nach ca. 56 Tagen mit einer Naht und nach ca. 76 Tagen mit einer partiellen Resektion ($p=0,243$)

Abb. 34 und 35: Zeitintervall zwischen VKB-Trauma und Reconstruction des Innenmeniskus (oben Abb. 34: weiblich; unten Abb. 35: männlich)



4. Diskussion

4.1 Der ideale Zeitpunkt zur operativen Versorgung des vorderen Kreuzbandes

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass eine operative Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes mit einer zeitlichen Verzögerung von mehr als sechs Monaten nach Trauma möglichst vermieden werden sollte, um die Begleitverletzungen am Meniskus mit einer prognostisch günstigen Therapie, wie der Naht, versorgen zu können.

Basierend auf der in dieser Studie nachgewiesenen zunehmenden Anzahl an prognostisch ungünstigen Teilresektionen des Innenmeniskus bei einem OP-Zeitpunkt über sechs Monate nach Trauma, folgt die eindeutige Empfehlung zur Ersatzplastik innerhalb der ersten sechs Monate nach Ruptur.

Nach Berücksichtigung der inflammatorischen Phase in den ersten sechs Wochen nach Trauma mit Schwellung, Bewegungsdefizit und Entzündungsreaktion, ist die Indikation für eine VKB-Ersatzplastik ebenfalls zurückhaltend gestellt worden. Als idealer Zeitraum für eine VKB-Ersatzplastik sollten die ersten sechs Monate nach Trauma angestrebt werden.

4.2 Der zeitliche Verlauf der vorderen Kreuzband-Rekonstruktion

Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes zählt zu den häufigsten Bandverletzungen in unserer heutigen Gesellschaft [7]. Ob isoliert oder mit Beteiligung der Knieinnenstrukturen ist die Rehabilitation mit einer langen physischen und psychischen Belastung verbunden. Wurde einmal eine VKB-Verletzung diagnostiziert ist eine Therapie obligat. Deshalb muss mit dem Patienten individuell entschieden werden, ob die Therapie zunächst konservativ oder operativ erfolgen soll. Entscheidet man sich für einen operativen Eingriff ist die Wahl zwischen einer geeigneten Operationstechnik und dementsprechend auch der geeigneten Transplantatwahl zu treffen. Zum Standardoperationsverfahren zählt heutzutage die

Rekonstruktion des VKB mit Hilfe der mittleren Patellarsehne oder der Semitendinosus-/Gracilis-Sehne (Hamstring) [63].

Um einen möglichst schnellen Wiedereintritt ins Sport- oder Berufsleben anzustreben, ist der Zeitpunkt der Rekonstruktion für den Erfolg entscheidend. Bedauerlicherweise fehlen aussagekräftige Studien, die einen entsprechenden Operationszeitpunkt in den Fokus ihrer Untersuchung stellen. Eine exakte Definition des notwendigen zeitlichen Eingriffs fehlt und wird deshalb international auch weiterhin kontrovers diskutiert [65, 79, 80, 94]. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Rahmenbedingungen einzelner Studien, bestehend aus Operationsverfahren, Transplantatwahl, Erfahrung, Patientenalter, Binnenstrukturbeteiligung, usw., konnten bisher keine eindeutigen Aussagen über den idealen Operationszeitpunkt getroffen werden.

Veröffentlichungen ergaben einerseits, dass eine operative Versorgung in der Frühphase zu einer Arthrofibrose mit Bewegungsdefiziten führen kann [89, 90] und deshalb zunächst ein mögliches Anschwellen des Kniegelenks abgewartet werden soll, bis der Patient das Kniegelenk frei bewegen kann. Andererseits belegen weitere Studien, dass eine verspätete Rekonstruktion des VKB nach über zwölf Monaten zu sekundären Meniskus- und Knorpelschäden führen kann, die durch die verbleibende Instabilität entstanden sind [65, 80, 86, 82, 88]. Der optimale Zeitpunkt der OP innerhalb des ersten Jahres nach Trauma rückt daher immer wieder als wichtiger Faktor bei Diskussionen der VKB-Rekonstruktion in den Vordergrund und wurde in dieser Studie explizit untersucht. Die Verwendung des Cut-off-Levels von sechs Monaten und die Ergebnisse dieser Studie sind wichtige Angaben und Informationen für den Kreuzbandchirurgen. Nach den Ergebnissen dieser Studie sollte eine vordere Kreuzband-Rekonstruktion nicht nach dem sechsten Monat post trauma durchgeführt werden, um hierdurch mögliche Begleitverletzungen am Meniskus noch eher mit einer prognostisch günstigen Naht versorgen zu können.

In unserer Studie konnte ein vergleichbares Muster der allgemeinen Patientenpopulation mit ähnlichen Publikationen festgestellt werden [65, 79, 86]. Altersunterschiede im Geschlechtervergleich konnten wir nicht beobachten, allerdings lag das Durchschnittsalter wie in vergleichbaren Studien bei ca. 31 Jahren und Frauen waren im Schnitt zwei Jahre älter als Männer (m: 29,6; w: 31,9). Als auffällig zu nennen ist die Tatsache, dass deutlich mehr Männer als Frauen (70% vs.

30%) operiert wurden. In mehreren Studien [36, 79, 82, 86] wurden ebenfalls VKB-Rekonstruktionen vermehrt bei Männern durchgeführt. In den ersten sechs Monaten wurden in dieser Studie 86,3% der Patienten operiert und 13,7% davon innerhalb von sechs bis zwölf Monaten. Ähnlich wie in der Publikation von Lawrence et al. (2011) wurden im Schnitt frühe VKB-Rekonstruktionen nach ca. zwei Monaten durchgeführt und verzögerte nach ca. 8,5 Monaten [81].

4.3 Begleitverletzungen am Gelenkknorpel

Eine komplette vordere Kreuzbandruptur verursacht immer eine Instabilität im Kniegelenk [79, 92, 93, 95]. Diese Verletzung kann primär von Blessuren an Knorpel und Menisken begleitet werden, führt aber auch durch Instabilität im Gelenk zu sekundären Schäden an Menisken und am Gelenkknorpel [34, 36, 82, 86, 96]. Daher empfehlen viele Autoren eine VKB-Rekonstruktion zur Wiederherstellung der Stabilität und zur Schonung von Gelenkknorpel, sowie zur Prävention von intraartikulären Schäden [65, 86]. In unserer prospektiven Studie wurden die Begleitschäden am Gelenkknorpel intraoperativ während einer VKB-Rekonstruktion von zwei erfahrenen Chirurgen aufgezeichnet und direkt in einem Operationsprotokoll festgehalten. Im Gegensatz zu anderen Studien [68, 91] wurden die Knorpelschäden nach der ICRS-Klassifikation in ein Rastersystem übertragen, um die Läsionen topografisch festzuhalten. Nur wenige Studien bedienten sich gleicher Methode [82, 86, 36]. Viele Autoren registrierten nur die Schweregrade der Knorpelschäden, nicht aber deren anatomische Position [81, 79]. In unserer Studie zeigten die Ergebnisse einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Inzidenz der steigenden Schwere der Knorpelschäden und des Zeitintervalls, das zwischen Trauma und VKB-Rekonstruktion verstrichen ist. Die Inzidenz der prognostisch schwerwiegenden Knorpelschäden Grad III + IV stieg signifikant mit Verzögerung einer VKB-Rekonstruktion nach Trauma an. Allerdings konnte das festgesetzte Cut off-Level von sechs Monaten nach Trauma keine Aussage in Bezug auf steigende Knorpelschäden bei mehr als sechs Monaten Wartezeit zwischen Trauma und OP hervorbringen. Daher kann allein aus Gründen der Schonung des Gelenkknorpels keine Empfehlung hinsichtlich des OP-Zeitpunktes zum VKB-Ersatz ergehen. Auch

Tandogan et al. (2003) beobachtete einen Zusammenhang zwischen verzögerter VKB-Plastik und schwerwiegenden Knorpelschäden [36]. Lawrence et al. (2011) konnte ebenfalls bestätigen, dass die Inzidenz der pathologischen Grade mit verzögerter Kreuzbandplastik signifikant erhöht ist. In seiner Studie traten bereits nach drei Monaten gravierende Knorpelläsionen und Meniskusschäden auf [81]. Anstey et al. (2012) beobachtete in einer Studie mit schwachem Studiendesign schwerwiegende Begleitschäden erst nach sechs Monaten [83] und Church et al. (2005) und Chhadia et al. (2011) sogar erst nach zwölf Monaten [65, 80]. Mehrere Studien konnten auch belegen, dass Männer während einer VKB-Rekonstruktion mehr Knorpelschäden aufwiesen als Frauen [80, 82, 86]. O'Connor et al. (2005) berichtete sogar ausschließlich von steigenden Knorpelschäden bei Männern [79]. Da in unseren statistischen Analysen die prognostisch positiven Knorpelschäden Grad I + II im Hinblick auf den OP-Zeitpunkt unauffällig blieben, wurde der Fokus auf die höhergradigen Knorpelschäden (Grad III + IV) gerichtet, die, wie in der Literatur bereits erwähnt, einen Zusammenhang zwischen einer VKB-Ruptur und daraus resultierenden Gelenkknorpelschäden aufzeigen [73, 83, 86]. Mit Hilfe der Ergebnisse der Schäden am Gelenkknorpel in dieser Studie kann kein idealer Operationszeitpunkt der VKB-Plastik definiert werden.

Um Schäden am Gelenkknorpel gezielt zu behandeln, ist es für den Knie-Chirurgen unerlässlich, zu erfahren, wo sich bestimmte Knorpelläsionen im Knie verteilen. Vier vergleichbare Studien können belegen, wie sich die Knorpelschäden zu unterschiedlichen Zeiten nach VKB-Trauma verteilen [36, 73, 79, 86]. Zum Vergleich wurde in dieser Studie die Inzidenz der verschiedenen Schweregrade innerhalb von sechs Monaten, innerhalb von sechs bis zwölf Monaten und insgesamt innerhalb eines Jahres zwischen Trauma und VKB-Ersatzplastik dargestellt. Während der ersten sechs Monate verteilten sich die Knorpelläsionen der Schweregrade I und II fast gleichmäßig im ganzen Kniegelenk über dem femoralen Gleitlager, den medialen und lateralen Femurkondylen, den artikulierenden medialen und lateralen Zentren des Tibiaplateaus und über dem Zentrum der Patella. Die schwerwiegenden Knorpelschäden Grad III und IV konzentrierten sich dagegen hauptsächlich am medialen Femurkondylus und im Zentrum der Patella. Verspätete sich die VKB-Rekonstruktion um sechs bis zwölf Monate war kein Unterschied in der Inzidenz der leichteren Knorpelschäden Grad I und II feststellbar. Demgegenüber verschlechterten sich zur selben Zeit die Knorpelschäden Grad III und IV am

medialen Femurkondylus. Diese Studie bestätigt dabei vergleichbare bisherige Studien [36, 73, 79, 86], die belegen konnten, dass sich prognostisch positive Knorpelschäden Grad I und II eher im ganzen Knie verteilen und sich prognostisch negative Knorpelschäden hauptsächlich am medialen Femurkondylus und der Patella konzentrieren. Ursache der gleichmäßigen Verteilung der Knorpelschäden mit Schweregrad I und II könnten demnach natürliche altersbedingte Abnutzungserscheinungen des Knorpels sein. Wohingegen die schwerwiegenden Knorpelschäden Grad III und IV traumatologische Läsionen sind, die durch eine Instabilität oder durch Fehlbelastungen ausgelöst werden können. Slauterbeck et al. (2009) publizierte ähnliche Ergebnisse, mit dem Unterschied, dass sich die Knorpelschäden mehrheitlich im zentralen Abschnitt der Hauptbelastungszone des lateralen Femurkondylus befanden [86]. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass Slauterbeck et al. (2009) auch doppelt so viele Läsionen am Außenmeniskus diagnostizierte als am Innenmeniskus. Als Schlussfolgerung ist anzunehmen, dass Meniskus- und Knorpelläsionen entweder kombiniert lateral oder kombiniert medial auftreten. Tatsächlich wurden in dieser Studie mehr Innenmeniskusläsionen als Außenmeniskusläsionen festgestellt (40% vs. 27%), was die Annahme unterstreichen würde, dass es zu einer einheitlichen Belastung einer Gelenkfacette kommen kann. Auch in einer Studie von Tandogan et al. (2004) wurde beobachtet, dass sich die Knorpelschäden in der Hauptbelastungszone des medialen Femurkondylus konzentrierten. Gleichzeitig wurden mehr als doppelt so viele Läsionen am Innenmeniskus diagnostiziert als am Außenmeniskus [36]. Murrell et al. (2001) konnte belegen, dass Läsionen kombiniert einseitig auftreten [73]. Umso länger sich die VKB-Rekonstruktion zeitlich zum Trauma verzögerte, desto gravierender waren auch die Schäden an Menisken und Gelenkknorpeln. Im Hinblick auf die Seitenverteilung scheint ein Zusammenhang zwischen Knorpelschäden und Meniskusläsionen im Rahmen der VKB-Ruptur zu bestehen. Auch unsere Beobachtungen stützen diese Vermutung. Rückschließend ist zu vermuten, dass ein defekter Meniskus im Rahmen einer VKB-Ruptur Schäden am Knorpel des Femurkondylus gleicher Seite verursachen kann. Um diese Theorie zu bestätigen sind allerdings weitere Studien nötig.

4.4 Begleitverletzungen an Menisken

Die Begleitverletzungen der VKB-Ersatzplastik an den Menisken wurden in dieser Studie nicht durch ihre Rissformen unterschieden, sondern durch deren operative Rekonstruktion. Entweder war eine prognostisch günstige Naht des Meniskus während der gleichzeitig durchgeführten VKB-Plastik möglich, oder es musste eine prognostisch ungünstige Teilresektion des Meniskus vorgenommen werden. Die Verwendung der Therapieform zur Darstellung einer Langzeitprognose im Hinblick auf die Bildung von Gonarthrose wurde den Rissformen am Meniskus vorgezogen. Die operative Behandlung einer begleitenden Meniskusverletzung, entweder durch eine Rekonstruktion per Naht oder durch eine Teilresektion, war in dieser Studie ein relevantes Kriterium dafür, wann eine VKB-Rekonstruktion durchgeführt werden sollte.

Andere Studien untersuchten die Inzidenz der Meniskusrisse und Knorpelschäden innerhalb zwölf Monate und vier Jahren [64, 65, 66]. Scheller et al. (2001) empfahl, Meniskuläsionen so früh wie möglich zu behandeln. Daher sollten Meniskusteilresektionen auch nur dann durchgeführt werden, wenn eine Naht nicht mehr möglich ist [66]. Unbehandelte Meniskuläsionen führten zu einem Meniskusverlust und zu einer signifikanten Zunahme von Knorpelschäden [66, 67, 68, 69, 70, 71]. Ein Verlust des Meniskus durch Teil- oder Kompletresektion bewirkte eine allgemeine Instabilität im Knie und führte in Folge dessen zu einer Überbelastung der Knorpeloberflächen und letztendlich zu Knorpelschäden. Aufgrund dieser Beobachtungen ist eine frühzeitige Behandlung des defekten Meniskus umso wichtiger [72, 73], da hierdurch eine Gonarthrose oder deren Vorstufen verhindert werden können.

Mehrere Studien untersuchten die Knorpel- und Meniskusschäden während und nach einer VKB-Rekonstruktion mittels Magnetresonanztomographie oder Arthroskopie [75, 76, 77]. Auch andere prospektive und retrospektive Studien analysierten die Begleitschäden zu unterschiedlichen Operationszeiten und diskutierten kontrovers deren Vorteile [49, 70, 73, 79, 80, 81, 82]. Im Hinblick auf den optimalen Zeitpunkt zur Stabilisierung eines Kreuzbandverletzten Knies wurden unterschiedliche Studien veröffentlicht. Die meisten Studien berichteten, dass in den

ersten posttraumatischen Wochen vor allen Dingen Schwellungen, Entzündungen und Bewegungsdefizite im Knie bestanden und die Vermeidung einer VKB-Rekonstruktion in dieser Phase zur Prävention einer Arthrofibrose notwendig war [84, 85]. Innerhalb eines Intervalls von weniger als drei und mehr als zwölf Monaten zwischen VKB-Ruptur und VKB-Rekonstruktion wurde von einigen Verfassern ein expliziter Zusammenhang von Menisken und Knorpel bezüglich der auftretenden Läsionen festgestellt. Slauterbeck et al. (2009) und Lawrence et al. (2011) berichteten von irreparablen Begleitschäden an Menisken und am Knorpel bereits drei Monate nach Ruptur und legten damit in ihrer Studie ein maximales Zeitintervall von zwölf Wochen für frühzeitige Versorgungen fest [81, 86]. In dieser Studie betrug ein frühzeitiger Eingriff durchschnittlich 66 Tage nach Trauma und zeigt ein ähnliches Zeitintervall wie in den Studienergebnissen von Lawrence et al. (2011) [81]. Um eine adäquate Stabilisierung des Knies zu erzielen, ist eine verspätete VKB-Rekonstruktion nach zwölf Monaten als ungenügend zu definieren [71, 86]. In dieser Studie wurde für eine frühzeitige Rekonstruktion des VKB und somit auch des Meniskus eine zeitliche Höchstgrenze von sechs Monaten nach Trauma gesetzt. Eine Versorgung der lädierten Menisken innerhalb der ersten sechs Monate zeigte erhöhte Raten an möglichen Meniskus-Rekonstruktionen durch eine Naht. Die Rate an Meniskus-Rekonstruktionen verringerte sich bei einem Eingriff nach sechs Monaten. Nur eine Studie wandte gleiche Zeitintervalle [83] an. Anstey et al. (2012) konnte ebenfalls nachweisen, dass die Inzidenz irreparabler, medialer Meniskusläsionen ab sechs Monaten höher war als in der ersten Periode [83]. Im Gegensatz dazu konnte ab sechs Monaten kein erhöhtes Auftreten von Außenmeniskusläsionen sowie Knorpelschäden festgestellt werden. Anstey et al. (2012) zeigte allerdings ein schwaches Studiendesign mit fehlendem Ausschluss von Partialrupturen, die gegenüber der Komplettruptur eine gewisse Stabilität im Knie garantieren und mögliche sekundäre Begleitschäden im Knie beeinflussen würden. Darüber hinaus fehlen in der genannten Studie Informationen über die weitere Versorgung der Meniskusläsionen, was für das Erstellen einer Prognose hilfreich wäre. Unsere Studie basiert ausschließlich auf Komplettrupturen des vorderen Kreuzbandes, die durch ein MRT und klinisch mit dem Pivot-Shift-Test als instabil festgestellt wurden. Partialrupturen mit möglicher erhaltener Reststabilität wurden dementsprechend ausgeschlossen.

In unserer Studie konnten wir feststellen, dass mediale Meniskusschäden eher innerhalb von sechs bis zwölf Monaten auftraten als innerhalb des ersten Halbjahres. Im Gegensatz hierzu konnte dies bei den Außenmenisken nicht bestätigt werden, auch wenn eine deutliche Tendenz zu erkennen war. Somit konnten wir die Ergebnisse der Studien von Lawrence et al., Chhadia et al. und Anstey et al. bestätigen [80, 81, 83]. Des Weiteren zeichneten wir nicht nur die Inzidenz der Meniskusläsionen auf, sondern auch deren Versorgung während einer VKB-Rekonstruktion. Diese Erkenntnis der Meniskustherapie ist wesentlich wichtiger für die Prognose der medialen und lateralen Menisken als eine reine Rissform oder die Inzidenz der Rissformen, um den genauen Zeitpunkt einer VKB-Rekonstruktion zu planen. Unsere Ergebnisse zeigen ein signifikant erhöhtes Risiko, dass in einem Zeitraum von mehr als sechs Monaten zwischen VKB-Trauma und OP ein lädierter medialer Meniskus nur noch durch eine prognostisch ungünstigere Teilresektion therapiert werden kann. Im Geschlechtervergleich wird dies noch deutlicher: Während bei Frauen die signifikanten Werte deutlich machen, dass eine temporäre Instabilität im Knie nach VKB-Trauma geringfügige Sekundärschäden verursacht und eine verzögerte Rekonstruktion mit erheblichen Läsionen am Meniskus korrelieren, verteilten sich die Meniskusversorgungen bei Männern dagegen gleichmäßig innerhalb eines Jahres. Dieser Vergleich macht deutlich, dass eine Instabilität im Knie bei Männern wesentlich besser kompensiert wird als bei Frauen. Verantwortlich dafür können einerseits anatomische und hormonelle Einflüsse sein, sowie eine höhere Laxizität bei Frauen gegenüber Männern [58, 108, 109]. Auch Hewett et al. (2010) bestätigte diese Faktoren als Ursache der erhöhten Inzidenz an VKB-Rupturen bei Frauen [18]. Eine VKB-Ruptur scheint deshalb eine weitaus höhere Instabilität bei Frauen auszulösen als bei Männern und führt dadurch bei verzögerter VKB-Rekonstruktion zu vermehrten Schäden an Menisken. Eine Teilresektion der irreparablen medialen Meniskusschäden erhöht aufgrund der Überbelastung im Kniegelenk das Risiko, Schäden am Kniegelenknorpel zu verursachen [66, 76]. Viele Studien konnten keinen direkten und eindeutigen Zusammenhang erhöhter Knorpelschäden und konsekutiver Gonarthrose mit einer verzögerten VKB-Plastik herstellen [65, 73, 81, 82, 83, 86]. Nur Chhadia et al. (2011) berichtete in seiner Studie über erhöhte Knorpelschäden während einer verzögerten VKB-Rekonstruktion nach zwölf Monaten [80]. Somit zeigt sich, dass Meniskusläsionen für erhebliche Knorpelschäden im Knie verantwortlich sind, die innerhalb einer verzögerten VKB-

Rekonstruktion diagnostiziert wurden [73, 87]. Im Gegensatz zu Studien von Chhadia et al. (2011), Lawrence et al. (2011) und Anstey et al. (2012) zeigte diese Studie keine signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Operationszeitpunkt und den Schäden an Außenmenisken, auch wenn im zweiten Halbjahr nach Trauma deutlich mehr Teilresektionen als Meniskusnähte durchgeführt wurden.

4.5 Limitationen der Studie

Die Frage nach dem optimalen Operationszeitpunkt einer VKB-Rekonstruktion wurde in vielen Publikationen mehrfach und intensiv diskutiert [50, 65, 66, 80, 81, 82, 83, 86]. Mit diesen Studien kamen allerdings auch neue Tendenzen, Empfehlungen, Methoden, Grenzen und Fragen hinzu. Unsere Studie präsentiert eine große Studienpopulation und strenge Ausschlusskriterien für eine spezifische Fragestellung. Chhadia et al. (2011) und Rotterud et al. (2011) bemängeln den Einfluss mehrerer Operateure und Institutionen auf die Ergebnisse. In ihren Publikationen berichten die Autoren über nichtstandardisierte Beurteilungen der Begleitschäden und abweichende Entscheidungen, wie z.B. Operationszeitpunkt oder Operationstechnik [80,82]. Die Bewertung der Begleitschäden während einer VKB-Rekonstruktion hängt maßgeblich von der Erfahrung des Operateurs ab und wurde auch in dieser Studie berücksichtigt.

Publikationen intraoperativer Auswertungen von Begleitschäden an Menisken und Gelenkknorpeln während einer VKB-Rekonstruktion beeinflussen die chirurgischen Entscheidungen der behandelnden Ärzte. Dies kann sich sowohl auf die Indikation einer vorderen Kreuzband-Rekonstruktion, als auch auf die Indikation einer Meniskusversorgung und die nichtstandardisierte Bewertung der Begleitschäden auswirken [50, 81, 82, 83, 86]. Ältere Studiendaten von VKB-Rekonstruktionen, die über einen längeren Zeitraum von mehr als drei Jahren gesammelt und veröffentlicht wurden, tragen auch zu den bevorzugten Operationszeiten der Ärzte bei [50, 65, 81, 86]. Verantwortlich dafür sind ebenso ständig neue Operationsverfahren und weltweit wechselnde Operationstechniken beim Management lädierter Gelenkknorpel. Die bekannten Schwachstellen vergleichbarer Studien sind vor allem die Ein- und

Ausschlusskriterien. In einigen Fällen wurden begleitende Bandverletzungen eingeschlossen, die nach einer Kreuzbandruptur zu weiteren sekundären Schäden durch die zusätzliche Instabilität führen können [83]. Des Weiteren wurden in mehreren Studien nicht zwischen Teil- und Komplettrupturen unterschieden [50, 80, 83], welche ebenfalls durch eine erhaltene Reststabilität im Knie zu einer Verzerrung der Daten führen können.

Diese Studie wurde prospektiv aufgesetzt und es wurde eine einheitliche Patientenpopulation mit einheitlichem Verletzungsmuster selektiert. Da in dieser Studie speziell der Zusammenhang zwischen den Begleitschäden an Menisken und dem Gelenkknorpel während einer VKB-Rekonstruktion untersucht wurde, sind strenge Auswahlkriterien aufgesetzt worden, um vergleichbare Ergebnisse zu interpretieren. Aufgrund der spezifischen Fragestellung war es notwendig, von 730 Patienten 418 auszuschließen. 233 Patienten waren letztendlich revisionsfrei, hatten keine begleitenden Bandrupturen oder sonstige Schädigungen der Knieinnenstruktur. Im Gegensatz zu anderen Studien mit einem ähnlich großen Patientengut und geringen Ausschlusskriterien besitzt unsere Studie einen hohen Aussagewert für die spezifische Fragestellung. Wir empfehlen daher, eine VKB-Rekonstruktion innerhalb der ersten sechs Monate durchzuführen, um sekundäre Begleitschäden zu minimieren. Allerdings sind weitere Studien nötig, wobei hier ein besonderer Fokus auf das Auftreten von Meniskus- und Knorpelläsionen in gezielten Zeitabständen von sechs und zwölf Monaten gelegt werden sollte.

5. Fazit

Die Frage über den richtigen Zeitpunkt der operativen Versorgung einer kompletten VKB-Ruptur wurde in der Literatur bisher divers diskutiert. Um eine postoperative Gonarthrose zu vermeiden, ist es wichtig, die für degenerative Gelenkschäden verantwortlichen Begleitschäden an Menisken und Gelenkknorpeln zu untersuchen. Eine eindeutige Antwort kann in der Literatur oder in Publikationen bisher nicht gefunden werden, da sich die Studiendesigns der verschiedenen Publikationen stark voneinander unterscheiden und Schwächen aufweisen. Eine VKB-Plastik wurde von der bisherigen Literatur erst nach sechs Wochen empfohlen und möglichst innerhalb des ersten Jahres nach Trauma. Diese Studie grenzte den Zeitraum zur Empfehlung einer VKB-Plastik nochmals ein, indem zugrunde gelegt wird, dass die prognostisch günstige Therapie der begleitenden Meniskusverletzungen möglichst innerhalb der ersten sechs Monate nach Trauma durchgeführt werden sollte. Die Ergebnisse dieser Studie lassen ebenfalls schlussfolgern, dass sich mit zunehmender Verzögerung einer VKB-Rekonstruktion nach einer Ruptur die intraartikulären Begleitverletzungen an Knorpel und Meniskus innerhalb der ersten zwölf Monate nach Trauma verstärken. Wir konnten topografisch darstellen, dass sich die Knorpelschäden der Grade III und IV innerhalb eines Jahres im Zentrum der Patella und dem medialen Femurkondylus konzentrierten. Dabei schienen die Knorpel- und Meniskusschäden kombiniert meistens einseitig auf einer Facette, also entweder medial oder lateral, aufzutreten. Gravierende Schäden (ICRS Grad III + IV) am Gelenkknorpel zeigten mit verzögerter Kreuzbandplastik mehr als sechs Monate nach Trauma keine Zunahme, so dass sie nicht als Kriterium verwendet werden können, um eine Empfehlung für eine frühzeitige VKB-Rekonstruktion auszusprechen.

6. Literaturverzeichnis

1. Bollen S: „Epidemiology of knee injuries: diagnosis and triage.“ In: Br J Sports Med 34, 2000, S. 227–228.
2. O’Donoghue D: „The unhappy triad: Etiology, diagnosis and treatment.“ Am J Orthop. 1964 Nov-Dec; 6:242-7 PASSIM.
3. Petersen W, Zantop T: „Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie“ Deutscher Ärzteverlag ISB 978-3-7691-0562-9 (S.5-71)
4. Schabus R, Bosina E: „Das Knie: Der Ratgeber für das verletzte Knie; Diagnostik, Therapie und Rehabilitation bei Verletzungen des Kniegelenks“. Springer London, Limited, 2007. ISBN 3211694137, 9783211694138. (S.8)
5. Grifka J, Dullien S: „Knie und Sport: Empfehlungen von Sportarten aus orthopädischer und sportwissenschaftlicher Sicht.“ Deutscher Ärzteverlag GmbH. ISBN 978-3-7691-1251-1.
6. Wilcke A: „Vordere Kreuzbandläsion: Anatomie, Pathophysiologie, Diagnose, Therapie...“ Steinkopff Verlag Darmstadt. ISBN 3-7985-1404-6. SPIN 10866555.
7. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2013, www.destatis.de, GENSIS-Online Datenbank, Krankheitskosten: Deutschland, Jahre, Krankheitsdiagnosen (ICD10)
8. Rose T, Imhoff AB: „Verletzungen beim Fußball.“ Deutsches Ärzteblatt 2006; 103(23): A-1611 / B-1376 / C-1328

9. Gorschewsky O: „Das vordere Kreuzband“.
www.oszm.ch/fileadmin/990_system/010_site1/user_upload/Ueber_uns/Leistungen/das_vordere_kreuzband.pdf.
10. Teske W, Anastasiadis A, Lichtinger T: „Ruptur des vorderen Kreuzbands : Diagnostik und Therapie“ Orthopäde Springer Verlag 2010,39:883-900.
11. Rochcongar P, Laboute E, Jan J: „Ruptures of the anterior cruciate ligament in soccer.” Int J Sports Med. 2009 May;30(5):372-8
12. Putz R, Pabst R: „Sobotta, Atlas der Anatomie des Menschen, Band 2, Rumpf, Eingeweide untere Extremität“. Urban und Fischer, München Jena.
13. Meyer RP, Gächter A: „Kniechirurgie in der Praxis“ Springer Verlag ISBN 3-540-41903-9
14. Hayes G, Langley-Hobbs S, Jeffery N: „Risk factors for medial meniscal injury in association with cranial cruciate ligament rupture.” J Small Anim Pract. 2010 Dec; 51(12):630-4.
15. Hirschmann MT, Iranpour F: „Surgical Treatment of complex bicruciate knee ligament injuries in elite athletes”. The American journal of sports medicine.
16. Tegnander A, Odd Egil Olsen: „Injuries in Norweign female elite soccer: a prospective one season cohort study.” Sports medicine(2008) 16:194-198
17. Beard DJ, Kyber P: „Reflex hamstring contraction latency in anterior cruciate ligament defieny” Journal of Orthopedics. Vol 12, Issue 2 pages 219-228. (1994)
18. Hewlett TE: „Understanding and preventioning acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010.” North American Journal of Sports Physical Therapy. (Dec. 2010) 5(4): 234-251.

19. Wlادن M, Hagglund M, Magnusson H: „Anterior cruciate ligament injury in elite football. A prospective three-cohort study.” *Knee Surgery Sports Traumatology Arthroscopy* (2011) Jan 19(1): 11-9 Epub2010 Jun. 9
20. Cimino F, Volk BS, Setter D: „Anterior cruciate ligament injury: diagnosis, management, and prevention.” *Am Fam Physician*. 2010 Oct 15; 82(8):917-22.
21. Musahl V, Steckel H, Zantop T: „VKB-Verletzungsmuster und Augmentation von Partialrupturen“ *Arthroskopie* Volume 20, Number 2, 115-120, DOI: 10.1007/s00142-007-0388-0.
22. Van Dyck P, De Smet E, Veryser J: „Partial tear of the anterior cruciate ligament of the knee: injury patterns on MR imaging.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2011 Jul 20.
23. Beldame J, Bertiaux S, Roussignol X: „Laxity measurements using stress radiography to assess anterior cruciate ligament tears.” *Orthop Traumatol Surg Res*. 2011 Feb; 97(1):34-43. Epub 2010 Dec 18.
24. Ruedl G, Webhofer M, Linortner: „ACL Injury Mechanisms and Related Factors in Male and Female Carving Skiers: A Retrospective Study.” *Int J Sports Med*. 2011 Oct; 32(10):801-6. Epub 2011 Jun 21.
25. Yastrebov O, Lobenhoffen P: „Isolierte und kombinierte Kniebandverletzung“ . *Der Orthopade* 2009, 38:563-580
26. Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L: „Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball. A prospective study covering two seasons.”. *Scand J Med Sci Sports*. 1997 Oct;7(5):289-92.
27. Strand T, Tvedte R, Engebretsen L: „Anterior cruciate ligament injuries in handball playing. Mechanisms and incidence of injuries”. *LimitsTidsskr Nor Laegeforen*. 1990 Jun 30; 110(17):2222-5.

28. Rochcongar P, Laboute E, Jan J: „Ruptures of the anterior cruciate ligament in soccer.” *Int J Sports Med.* 2009 May; 30(5):372-8. Epub 2009 Feb 6.
29. Shin CS, Chaudhari AM, Andriacchi TP: „Valgus plus internal rotation moments increase anterior cruciate ligament strain more than either alone.” *Med Sci Sports Exerc.* 2011 Aug; 43(8):1484-91.
30. Yeow CH, Kong CY, Lee PV: „Correlation of axial impact forces with knee joint forces and kinematics during simulated ski-landing.” *J Sports Sci.* 2011 Aug; 29(11):1143-51. Epub 2011 Jul 21.
31. Domire ZJ, Boros RL, Hashemi J: „An examination of possible quadriceps force at the time of anterior cruciate ligament injury during landing: A simulation study.” *J Biomech.* 2011 May 17; 44(8):1630-2. Epub 2011 Mar 31.
32. Wirth CJ, Zichner L, Kohn D: „Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. Knie“. Thieme, Stuttgart, Auflage: 1 (2005). S.217-316.
33. Strobel M: „Arthroskopische Chirurgie“. Springer Verlag, Berlin (Dezember 1997), S.106-196.
34. Maffulli N, Binfield PM, King JB: „Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee.” *Arthroscopy.* 2003 Sep; 19(7):685-90.
35. Yüksel HY, Erkan S, Uzun M: „The evaluation of intraarticular lesions accompanying ACL ruptures in military personnel who elected not to restrict their daily activities: the effect of age and time from injury.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2006 Nov; 14(11):1139-47. Epub 2006 Aug 23.
36. Tandogan RN, Taşer O, Kayaalp A: „Analysis of meniscal and chondral lesions accompanying anterior cruciate ligament tears: relationship with age, time from injury, and level of sport.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2004 Jul; 12(4):262-70. Epub 2003 Sep 20.

37. Berner A, Angele P, Nerlich M: „Lunatumersatz mit mesenchymalen Stammzellen durch Tissue Engineering“, Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie. 24. - 27.10.2007, Berlin.
38. Dienstknecht; Berner A; Zellner: „Östrogen als Suppressor der chondralen Differenzierungsphase mesenchymaler Stammzellen“, 71. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie, Berlin; DOCE16-209 /20071009/
39. Yasuda K, Tsujino J, Ohkoshi Y: „Graft site morbidity with autogenous semitendinosus and gracilis tendons.“ Am J Sports Med. 1995 Nov-Dec;23(6):706-14
40. Kartus J, Movin T, Karlsson J: „Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts.“ Arthroscopy. 2001 Nov-Dec; 17(9):971-80.
41. Ejerhed L, Kartus J, Sernert N, Köhler K: „Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction? A prospective randomized study with a two-year follow-up.“ Am J Sports Med. 2003 Jan-Feb; 31(1):19-25.
42. Wagner M, Kääh MJ, Schallock J: „Hamstring tendon versus patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction using biodegradable interference fit fixation: a prospective matched-group analysis.“ Am J Sports Med. 2005 Sep; 33(9):1327-36. Epub 2005 Jul 7.
43. Ferretti A, Monaco E, Giannetti S: „A medium to long-term follow-up of ACL reconstruction using double gracilis and semitendinosus grafts.“ Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2011 Mar; 19(3):473-8. Epub 2010 Jul 3.
44. Mithöfer K, Peterson L, Mandelbaum BR: „Articular cartilage repair in soccer players with autologous chondrocyte transplantation: functional outcome and return to competition.“ Am J Sports Med. 2005 Nov; 33(11):1639-46. Epub 2005 Aug 10.

45. Millett PJ, Pennock AT, Sterett WI: „Early ACL reconstruction in combined ACL-MCL injuries.” *Knee Surg.* 2004 Apr; 17(2):94-8.

46. Ahlén M, Lidén M: „A comparison of the clinical outcome after anterior cruciate ligament reconstruction using a hamstring tendon autograft with special emphasis on the timing of the reconstruction.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011 Mar; 19(3):488-94. Epub 2010 Nov 10.

47. Smith TO, Davies L, Hing CB: „Early versus delayed surgery for anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010 Mar; 18(3):304-11. Epub 2009 Oct 17.

48. Frobell RB, Roos EM, Roos HP: „A randomized trial of treatment for acute anterior cruciate ligament tears.” *N Engl J Med.* 2010 Jul 22; 363(4):331-42.

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

50. Demirağ B, Aydemir F, Daniş M: „Incidence of meniscal and osteochondral lesions in patients undergoing delayed anterior cruciate ligament reconstruction.” *Acta Orthop Traumatol Turc.* 2011 Sep; 45(5):190-194. doi: 10.3944/AOTT.2011.2398.

51. Michael, Joern W.-P.; Schlüter-Brust, Klaus U: „Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose“. *Deutsches Ärzteblatt Int* 2010; 107(9): 152-62; DOI: 10.3238/arztebl.2010.015

52. Wirth CJ, Zichner L, Kohn D: „Orthopädie und Orthopädische Chirurgie. Knie“. Thieme, Stuttgart, Auflage: 1 (2005). S.362.

53. Felson DT: „Osteoarthritis.” *Rheum Dis Clin North Am* 16 (1990) 499-512

54. Oliveria SA, Felson DT, Reed JI: „Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a healthmaintenance organization.” *Arthritis Rheum* 1995; 38(8): 1134-41.
55. Andrianakos AA, Kontelis LK, Karamitsos DG: „Prevalence of symptomatic knee, hand and hip osteoarthritis in Greece.” The ESORDIG study. *J Rheumatology* 2006; 33: 2507–13.
56. D’Ambrosia RD: „Epidemiology of osteoarthritis.” *Orthopedics* 2005; 28 (Suppl. 2): p. 201–205.
57. Grotle M, Hagen KB, Natvig B: „Prevalence and burden of osteoarthritis: results from a population survey in Norway.” *J Rheumatol.* 2008 Apr; 35(4):677-84. Epub 2008 Feb 15.
58. Walden M, Hägglund M, Werner J: „The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from gender-related perspective.” *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2011; 19:3-10
59. Wong JM, Khan T, Jayadev CS: „Anterior cruciate ligament rupture and osteoarthritis progression.” *Open Orthop J.* 2012;6: 295-300. doi: 10.2174/1874325001206010295. Epub 2012 Jul 27.
60. Norris R, Thompson P, Getgood A: „The Effect of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction on the Progression of Osteoarthritis.” *Open Orthop J.* 2012; 6: 506–510.
61. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE: „Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study“ . *Am J Sports Med.* 1994 Sep-Oct; 22(5):632-44.
62. Petersen W, Zantop T: „Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie“ *Deutscher Ärzteverlag* ISB 978-3-7691-0562-9 S.85

63. Petersen W, Zantop T: „Das vordere Kreuzband: Grundlagen und aktuelle Praxis der operativen Therapie“ Deutscher Ärzteverlag ISB 978-3-7691-0562-9 S.143-150

64. Dt. Ges. F. Orthopädie und orthopäd. Chirurgie und BV d. Ärzte f. Orthopädie: „Leitlinien der Orthopädie.“ Dt. Ärzte-Verlag, 2. Auflage, Köln 2002.

65. Church S, Keating JF: „Reconstruction of the anterior cruciate ligament; timing of surgery and the incidence of meniscal tears and degenerative change“. J Bone Joint Surg Br. 2005 Dec; 87(12):1639-42.

66. Brophy RH, Wright RW, David TS: „Association between previous meniscal surgery and the incidence of chondral lesions at revision anterior cruciate ligament reconstruction.“ Am J Sports Med. 2012 Apr; 40(4):808-14.

67. Scheller G, Sobau C, Bülow JU. „Arthroscopic partial lateral meniscectomy in an otherwise normal knee: Clinical, functional, and radiographic results of a long-term follow-up study.“ Arthroscopy. 2001 Nov-Dec; 17(9):946-52.

68. Maffulli N, Binfield PM, King JB: „ Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee.“ Arthroscopy. 2003 Sep; 19(7):685-90.

69. McDermott ID, Amis AA: „The consequences of meniscectomy.“ J Bone Joint Surg Br. 2006 Dec; 88(12):1549-56.

70. Cohen M, Amaro JT, Ejnisman B: „Anterior cruciate ligament reconstruction after 10 to 15 years: association between meniscectomy and osteoarthritis.“ Arthroscopy. 2007 Jun; 23(6):629-34.

71. Granan LP, Bahr R, Lie SA: „Timing of anterior cruciate ligament reconstructive surgery and risk of cartilage lesions and meniscal tears: a cohort study based on the Norwegian National Knee Ligament Registry.“ Am J Sports Med. 2009 May; 37(5):955-61.

72. Henry S, Mascarenhas R, Kowalchuk D: „Medial meniscus tear morphology and chondral degeneration of the knee: is there a relationship?“ *Arthroscopy*. 2012 Aug; 28(8):1124-1134.
73. Murrell GA, Maddali S, Horovitz L: „The effects of time course after anterior cruciate ligament injury in correlation with meniscal and cartilage loss.“ *Am J Sports Med*. 2001 Jan-Feb; 29(1):9-14.
74. Borchers JR, Kaeding CC, Pedroza AD: „Intra-articular findings in primary and revision anterior cruciate ligament reconstruction surgery: a comparison of the MOON and MARS study groups.“ *Am J Sports Med*. 2011 Sep; 39(9):1889-93. Epub 2011 June.
75. Shelbourne KD, Gray T: „Minimum 10-year results after anterior cruciate ligament reconstruction: how the loss of normal knee motion compounds other factors related to the development of osteoarthritis after surgery.“ *Am J Sports Med*. 2009 Mar; 37(3):471-80. Epub 2008 Dec
76. Shelbourne KD, Gray T: „Results of anterior cruciate ligament reconstruction based on meniscus and articular cartilage status at the time of surgery. Five- to fifteen-year evaluations.“ *Am J Sports Med*. 2000 Jul-Aug; 28(4):446-52.
77. Faber KJ, Dill JR, Amendola A: „Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study.“ *Am J Sports Med*. 1999 Jul-Aug; 27(4):489-94.
78. Mitsou A, Vallianatos P: „Meniscal injuries associated with rupture of the anterior cruciate ligament: a retrospective study.“ *Injury*. 1988 Nov; 19(6):429-31.
79. O'Connor DP, Laughlin MS, Woods GW: „Factors related to additional knee injuries after anterior cruciate ligament injury.“ *Arthroscopy*. 2005 Apr; 21(4):431-8.

80. Chhadia AM, Inacio MC, Maletis GB: „Are meniscus and cartilage injuries related to time to anterior cruciate ligament reconstruction?” *Am J Sports Med.* 2011 Sep; 39(9):1894-9. Epub 2011 Jun 24.

81. Lawrence JT, Argawal N, Ganley TJ: „Degeneration of the knee joint in skeletally immature patients with a diagnosis of an anterior cruciate ligament tear: is there harm in delay of treatment?” *Am J Sports Med.* 2011 Dec;39(12):2582-7. Epub 2011 Sep 14.

82. Røtterud JH, Sivertsen EA, Forssblad M: „Effect of gender and sports on the risk of full-thickness articular cartilage lesions in anterior cruciate ligament-injured knees: a nationwide cohort study from Sweden and Norway of 15 783 patients." *Am J Sports Med.* 2011 Jul; 39(7):1387-94.

83. Anstey DE, Heyworth BE, Price MD: „Effect of timing of ACL reconstruction in surgery and development of meniscal and chondral lesions.” *Phys Sportsmed.* 2012 Feb; 40(1):36-40. psm.2012.02.1949.

84. Shelbourne KD, Wilckens JH, Mollabashy A: „Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction. The effect of timing of reconstruction and rehabilitation.” *Am J Sports Med.* 1991 Jul-Aug; 19(4):332-6.

85. Mayr HO, Weig TG, Plitz W: „Arthrofibrosis following ACL reconstruction--reasons and outcome.” *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004 Oct; 124(8):518-22. Epub 2004 Aug 3.

86. Slauterbeck JR, Kousa P, Clifton BC: „Geographic mapping of meniscus and cartilage lesions associated with anterior cruciate ligament injuries.” *J Bone Joint Surg Am.* 2009 Sep; 91(9):2094-103.

87. Millett PJ, Willis AA, Warren RF: „Associated injuries in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament tears: does a delay in treatment increase the risk of meniscal tear?” *Arthroscopy.* 2002 Nov-Dec; 18(9):955-9.

88. Foster A, Butcher C, Turner PG: „Changes in arthroscopic findings in the anterior cruciate ligament deficient knee prior to reconstructive surgery.” *Knee*. 2005 Jan; 12(1):33-5.
89. Jackson DW, Schaefer RK: „Cyclops syndrome: loss of extension following intra-articular anterior cruciate ligament reconstruction.” *Arthroscopy*. 1990; 6(3):171-8.
90. Meighan AA, Keating JF, Will E: „Outcome after reconstruction of the anterior cruciate ligament in athletic patients. A comparison of early versus delayed surgery.” *J Bone Joint Surg Br*. 2003 May; 85(4):521-4.
91. Outerbridge R.: „The etiology of chondromalacia patellae.” *J Bone Joint Surg Br*. 1961 Nov; 43-B: 752-7.
92. Petersen W, Forkel P, Achtnich A: „Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament in single bundle technique.” *Oper Orthop Traumatol*. 2013 Apr; 25(2):185-204.
93. Chen CH, Li JS, Hosseini A: „Anteroposteriore Stabilität des Knies während der Standphase des Gangs nach vorderer Kreuzband Lig. Mangel.“ *Gait Posture*. Mar 2012; 35 (3) :467-71.
94. Shelbourne KD, Patel DV: „Timing of surgery in anterior cruciate ligament-injured knees” *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 1995, Volume 3, Issue 3, pp 148-156
95. Gardinier ES, Manal K, Buchanan TS: „Gait and neuromuscular asymmetries after acute anterior cruciate ligament rupture.” *Med Sci Sports Exerc*. 2012 Aug; 44(8):1490-6.
96. Meighan AA, Keating JF, Will E: „Outcome after reconstruction of the anterior cruciate ligament in athletic patients. A comparison of early versus delayed surgery.” *J Bone Joint Surg Br*. 2003 May; 85(4):521-4.

97. Roos H, Lindberg H, Gärdsell P: „The prevalence of gonarthrosis and its relation to meniscectomy in former soccer players. Am J Sports Med. 1994 Mar-Apr; 22(2):219-22.”

98. Chantraine A: „Knee joint in soccer players: osteoarthritis and axis deviation.” Med Sci Sports Exerc. 1985 Aug; 17(4):434-9.

99. Kaeding CC, Pedroza AD, Parker RD: „Intra-articular findings in the reconstructed multiligament-injured knee.” Arthroscopy. 2005 Apr; 21(4):424-30.

100. Schünke M, E Schulte, Schumacher U: „Prometheus- Lernatlas der Anatomie“, Thieme Verlag 2007 ISBN 978-3-13-9522-1. S.436-445

101. Hjelle K, Solheim E, Strand T: „Articular cartilage defects in 1,000 knee arthroscopies.” Arthroscopy. 2002 Sep; 18(7):730-4.

102. Suk In Na, Min Su Woo, Jong Min Lee: „A new surgical technique of arthroscopic partial meniscectomy for unstable inferior leaf of the anterior horn in a horizontal tear of lateral meniscus.” Knee Surg Relat Res. 2013 Sep; 25(3):147-9. doi: 10.5792/ksrr.2013.25.3.147. Epub 2013 Aug 29.

103. Ahn JH, Yim SJ, Seo YS: „The double flipped meniscus sign: Unusual MRI findings in bucket-handle tear of the lateral meniscus.” Knee. 2013 Sep 20. pii: S0968-0160(13)00168-3. doi: 10.1016/j.knee.2013.09.003.

104. Höher J, Tingart M: „Meniskuserhaltende Operationstechniken.“ SFA Arthroskopie Aktuell. 1999 – Ausgabe Nr. 12. http://www.sfa-stiftung.org/Bilder/SFA_Aktuell_Nr12.pdf

105. Feagin JA Jr, Curl WW: „Isolated tear of the anterior cruciate ligament: 5-year followup study.” Clin Orthop Relat Res. 1996 Apr; (325):4-9.

106. Imhof H, Sulzbacher I, Grampp S: „Subchondral bone and cartilage disease: a rediscovered functional unit.“ Invest Radiol.2000 Oct; 35(10):581-8.
107. Jörg Jerosch, Simone Sandmann: „Diagnostische Möglichkeiten bei Kniegelenkverletzungen unter besonderer Berücksichtigung klinischer Meniskustests“ (Diss. 2004) Medizinischen Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster
108. Wojtys EM, Ashton-Miller JA, Huston LJ: „A gender-related difference in the contribution of the knee musculature to sagittal-plane shear stiffness in subjects with similar knee laxity.“ J Bone Joint Surg Am. 2002 Jan;84-A(1):10-6.
109. Pollard CD, Braun B, Hamill J: „Influence of gender, estrogen and exercise on anterior knee laxity.“Clin Biomech (Bristol, Avon). 2006 Dec; 21(10):1060-6. Epub 2006 Sep 1.

7. Abkürzungsverzeichnis

ACL:	anterior cruciate ligament
AL-Bündel:	anterio-laterales Bündel
AM:	Außenmeniskus
AM-Bündel:	anterio-mediales Bündel
bzw.:	beziehungsweise
ca.:	circa
d.h.:	das heißt
evtl.:	eventuell
ICRS:	International Cartilage Repair Society
IGF:	insulin like growth factor
IGK:	Inzidenz der Grade der Knorpelschäden
IM:	Innenmeniskus
MRT:	Magnetresonanztomographie
M.:	Musculus
PL-Bündel:	postero-laterales Bündel
o.g.:	oben genannt
OP:	Operation
ROM:	range of motion
TNF:	Tumornekrosefaktor
VKB:	vorderes Kreuzband
z.B.:	zum Beispiel
°:	Grad

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Martin Hummel, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema:

Qualitätsunterschiede frühzeitiger und verzögerter vorderer Kreuzband-Rekonstruktionen

selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Ort, Datum

Unterschrift

Lebenslauf

Geboren: 24. Mai 1978 in Weinheim

Nationalität: Deutsch / Französisch

Familienstand: verheiratet

Werdegang:

Seit 02/2013	angestellter Zahnarzt der Dentalaesthetica Düsseldorf
02/2011 – 02/2013	Vorbereitungsassistent an der Zahnklinik Medeco Düsseldorf
06/2010	Approbation
10/2004 - 06/2010	Studium der Zahnmedizin an der Universität Regensburg
04/2001 - 03/2004	Volontariat als Produzent (Funkhaus Regensburg)
1989-1999	Besuch des Gymnasiums Pindl, Regensburg
1988 – 1989	Besuch des Gymnasiums BIZ, Hemsbach
1984 – 1988	Besuch der Grundschule Laudенbach

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Peter Angele für die Überlassung dieses Themas und seiner umfangreichen Betreuung, sowie den hilfreichen Ratschlägen, die zum guten Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Des Weiteren bedanke ich mich ganz herzlich bei Herrn Dr. Werner Krutsch für die hervorragende und intensive Unterstützung. Er hat mich stets durch seine wertvollen Diskussionen und konstruktiver Kritik inspiriert.

Für jegliche Unterstützung möchte ich mich ebenso bei meinem Bruder Grégoire Hummel bedanken, der für mich ein großes Vorbild ist.

Für die unermüdliche Geduld und das Korrekturlesen möchte ich mich von ganzem Herzen bei Teresa Schaz bedanken, die mich in den letzten Jahren begleitet und immer wieder moralisch motiviert hat, meine Dissertation zu vollenden.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die mir mein Zahnmedizinstudium ermöglicht haben und zur Niederschrift meiner Dissertation verholfen haben. Vous m'avez toujours encouragé dans mes décisions. Merci pour tout!

