

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
(Direktor: Prof. Dr. A. Seekamp)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Begleitverletzungen bei Vorderer Kreuzbandruptur.

Eine Verletzungsanalyse mittels MRT

Inauguraldissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Vorgelegt von
Peter Caspar Bünemann
geboren in Wuppertal

Kiel, 2019

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. S. Lippross
2. Berichterstatter: PD. Dr. med. M. Ellrichmann
Tag der mündlichen Prüfung: 03.04.2019
Zum Druck genehmigt: Kiel, den 09.01.2019

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis.....	IV
Abbildungsverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1 Anatomie des Kniegelenks.....	1
1.1.1 Skelett des Kniegelenks	1
1.1.2 Bandapparat und Biomechanik	1
1.1.3 Funktion des vorderen Kreuzbandes	2
1.2 Pathomechanismus der vorderen Kreuzbandruptur	3
1.3 Diagnostik	3
1.3.1 Klinische Untersuchung	3
1.3.2 Radiologische Diagnostik	4
1.4 Inzidenz	5
1.5 Therapie.....	6
1.5.1 Konservative Therapie	6
1.5.2 Operative Therapie	6
1.6 Kosten für die Gesellschaft	7
1.7 Zielsetzung	8
2. Methoden und Material	9
2.1 Patienten und Einschlusskriterien	9
2.2 Die MRT-Untersuchung.....	9
2.3 Datenerhebung	10
2.4 Methoden.....	15
2.5 Statistik.....	17

3. Ergebnisse	17
3.1 Patientenkollektiv	17
3.2 Lokalisation der vorderen Kreuzbandruptur	19
3.3 Begleitverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur	21
3.3.1 Hinteres Kreuzband, Seitenbänder und Popliteussehne	21
3.3.2 MPFL, posteromediales Ligament und Kapselapparat	22
3.3.3 Knorpel, medialer und lateraler Meniskus	25
3.3.4 Knochen, Patellaluxation, Gelenkerguss und extraartikulärer Erguss	28
4. Diskussion	32
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse	32
4.2 Diskussion der Methodik	32
4.3 Diskussion der Ergebnisse	33
4.4 Schlussfolgerung	38
4.5 Ausblick	39
5. Zusammenfassung	40
6. Literaturverzeichnis	42
Danksagung	47

Abkürzungsverzeichnis

- a.p.: anteroposteriorer Strahlengang
- ALC: Anterolaterale Kapsel
- AM: Anteromediales Bündel des vorderen Kreuzbandes
- BTB: Bone-Tendon-Bone Technik für operativen VKB-Ersatz
- fs: Fat saturation (Fettgesättigt)
- HKB: Hinteres Kreuzband
- kor.: Koronarebene
- LCL: Laterales Kollateralband (Außenband)
- MCL: Mediales Kollateralband (Innenband)
- MFL: Meniskofemorales Ligament
- MPFL: Mediales Patellofemorales Ligament
- MRT: Magnetresonanztomographie
- PD: Protonendichte Wichtung
- PL: Posterolaterales Bündel des vorderen Kreuzbandes
- sag.: Sagitalebene
- tra.: Transversalebene
- TSE: Turbo Spin Echo
- VIBE: Volume Interpolated Breathhold Examination
- VKB: Vorderes Kreuzband

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kellgren-Lawrence-Score	16
Tabelle 2: Häufigkeiten der Altersgruppen.....	18
Tabelle 3: Geschlechteraufteilung in den Altersgruppen.....	19
Tabelle 4: Lokalisation der VKB-Ruptur.....	20
Tabelle 5: Geschlechterverteilung bei der Lokalisation der VKB-Rupturen.....	20
Tabelle 6: Häufigkeiten einer HKB-Verletzung	21
Tabelle 7: Häufigkeiten einer MCL-Verletzung	21
Tabelle 8: Häufigkeiten einer LCL-Verletzung	22
Tabelle 9: Häufigkeiten einer Popliteus-Verletzung.....	22
Tabelle 10: Häufigkeiten einer MPFL-Verletzung	23
Tabelle 11: Häufigkeiten einer Verletzung der anterolateralen Kapsel	23
Tabelle 12: Häufigkeiten einer Verletzung der posterolateralen Kapsel	23
Tabelle 13: Häufigkeiten einer Verletzung des posteromedialen Ligaments	24
Tabelle 14: Häufigkeiten einer Knorpel-Verletzung.....	25
Tabelle 15: Altersverteilung der Knorpel-Verletzungen.....	26
Tabelle 16: Häufigkeiten medialer Meniskus-Verletzungen	27
Tabelle 17: Häufigkeiten lateraler Meniskus-Verletzungen	27
Tabelle 18: Häufigkeiten der "Unhappy-triad"	28
Tabelle 19: Häufigkeiten von Knochenschäden.....	29
Tabelle 20: Häufigkeiten einer Patellaluxation.....	29
Tabelle 21: Häufigkeiten eines Gelenkergusses.....	30
Tabelle 22: Häufigkeiten eines extraartikulären Ergusses	30
Tabelle 23: Zusammenhang zwischen Alter und Anzahl der Begleitverletzungen.....	31

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Rechtes Kniegelenk mit vollständig rupturiertem hinteren Kreuzband und begleitendem suprapatellärem Kniegelenkserguss sowie extraartikulärem Weichteilödem	13
Abbildung 2: Linkes Kniegelenk mit rupturiertem Innenband, Außenband, sowie begleitendem Bone bruise am lateralen Femurkondylus	13
Abbildung 3: Linkes Kniegelenk mit rupturierter Popliteussehne am femoralen Ansatz.....	13
Abbildung 4: Rechtes Knie mit rupturiertem medialen Patellofemoralem Ligament und lateralisierte Patella.....	13
Abbildung 5: Linkes Kniegelenk mit rupturiertem posteromedialen Ligament und resultierendem extraartikulärem Erguss.....	14
Abbildung 6: Linkes Kniegelenk mit einer rupturierten anterolateralen Kapsel und resultierendem extrartikulärem Erguss.....	14
Abbildung 7: Rechtes Kniegelenk mit rupturierter posterolateraler Kapsel und resultierendem extraartikulärem Erguss.....	14
Abbildung 8: Rechtes Kniegelenk mit einer Grad II Knorpelläsion am linken Femurkondylus.....	14
Abbildung 9: Rechtes Kniegelenk mit einer Grad II Meniskusläsion, sowie einer Ruptur des medialen Kollateralbandes (Unhappy Triad).....	15
Abbildung 10: Rechtes Kniegelenk mit Grad III Läsion des lateralen Meniskus.....	15
Abbildung 12: Altersverteilung der Patienten.....	17
Abbildung 13: Häufigkeiten der Meniskus-Verletzungen	27
Abbildung 14: Absolute Häufigkeiten der Begleitverletzungen bei VKB Ruptur.....	31

1. Einleitung

1.1 Anatomie des Kniegelenks

1.1.1 Skelett des Kniegelenks

Das Kniegelenk, die *Articulatio genus*, ist ein zusammengesetztes Gelenk, welches aus dem Femur, der Tibia, der Patella, sowie den zwei Menisken besteht und so die *Articulationes femorotibialis* und *femoropatellaris* bilden. Es entspricht in seiner Mechanik einem Dreh-Scharniergelenk (*Trochoginglymus*). Das Femorotibialgelenk bildet sich aus den *Condyli femoris medialis* und *lateralis* sowie der Gelenkfacette der *Facies articularis superior* der Tibia. Die Menisken bedecken ca. 70% der Gelenkfläche. Das Femoropatellargelenk besteht aus der *Facies patellaris* des Femur und der *Facies articularis* der Patella [1, 2].

1.1.2 Bandapparat und Biomechanik

Das *Ligamentum patellae* ist die Sehne des *M. quadriceps femoris* und setzt an der *Tuberositas tibiae* an. Es bildet zusammen mit dem *Retinaculum patellae* die vordere Bandsicherung des Kniegelenks [3].

Den seitlichen Bandapparat bilden das *Lig. collaterale mediale* (Innenband) und das *Lig. collaterale laterale* (Außenband). Das Innenband hat seinen Ursprung am *Epicondylus medialis* des Femurs und setzt an der medialen Fläche der Tibia an. Das Außenband entspringt am *Epicondylus lateralis* des Femurs und zieht nach schräg distal hinten zum *Fibulakopf*. Die Kollateralbänder stabilisieren das Kniegelenk in der Frontalebene und verhindern das Aufklappen bei *Varus-* oder *Valgusstress*. Sie sind in Streckstellung und bei außengedrehtem Kniegelenk angespannt, in Beugstellung und bei innengedrehten Kniegelenk dagegen entspannt [1-3].

Das hintere Kreuzband (HKB) besteht aus einem kräftigeren anterolateralen und einem schwächerem posteromedialen Bündel und ist primärer Stabilisator für eine Translation der Tibia nach hinten. Am effektivsten wird diese bei einem Beugewinkel von 90° verhindert. Bei Streckung wird das vordere Bündel des HKB schlaff und das posterolaterale Bündel wird zum primären Stabilisator. Des Weiteren wirkt das HKB als sekundärer Stabilisator auf die Außenrotation der Tibia im Kniegelenk [1, 4].

Die Menisken bedecken einen Großteil des Tibiaplateaus und haben die Aufgabe, die Inkongruenz zwischen Femur und Tibia im Kniegelenk auszugleichen. Sie dienen der Stabilisierung des Gelenks und einer gleichmäßigen Verteilung des Gelenkdruckes [5].

Die Biomechanik des Kniegelenkes ist durch das Zusammenspiel der vielen einzelnen Muskeln, Bänder und Knochen ein hochkomplexes System, das in seinem vollständigen Aufbau und seiner Funktion bis heute nicht vollständig verstanden ist. Da die verschiedenen Strukturen in den verschiedenen Bewegungsabläufen zusammen agieren, ist es nur verständlich, dass häufig Kombinationsverletzungen verschiedener Anteile der kniegelenksstabilisierenden Strukturen auftreten. Insbesondere die immer besser werdenden diagnostischen Möglichkeiten mittels MRT haben dazu geführt, dass neben den klassischen "großen" Bestandteilen (Kreuzbänder, Seitenbänder und Menisken) immer häufiger auch Läsionen kleinerer und weniger einfach nachzuweisender Stabilisatoren des Kniegelenks, wie das mediale patellofemorale Ligament oder das anterolaterale Ligament dokumentiert werden.

1.1.3 Funktion des vorderen Kreuzbandes

Das vordere Kreuzband (VKB) liegt intraartikulär aber extrasynovial und bildet zusammen mit dem hinteren Kreuzband den Zentralpfeiler des Kniegelenks. Es entspringt in der hinteren Innenseite des lateralen Femurkondylus und setzt im mittleren Bereich der Area intercondylaris an. Als primärer Stabilisator verhindert es eine Translation der Tibia nach vorne, welche bei 30° Beugung am stärksten ist [6]. Als sekundärer Stabilisator dient das VKB im Bezug auf Innenrotation und Abduktion. Des weiteren verhindert es eine Hyperextension im Kniegelenk und führt den Bewegungsablauf zur endgültigen Streckstellung [1, 7].

Das vordere Kreuzband besteht aus einem stärkeren anteromedialen (AM) und einem schwächeren posterolateralen (PL) Bündel, welche ein gegensätzliches Spannungsverhalten haben. Bei Streckung im Kniegelenk ist das PL-Bündel gespannt und bei Beugung das AM-Bündel. Das PL-Bündel ist zusätzlich wichtig für die Rotationssicherung des Kniegelenks, da es in Rotationsstellung gespannt ist [8]. Die Wiederherstellung der beiden Funktionen ist nur durch eine Rekonstruktionstechnik möglich, in der beide Bündel des VKB ersetzt werden [9].

Kapandji und Menschik beschrieben schon 1970 die Kinematik des Kniegelenks und die Funktion der Kreuzbänder mit dem Modell der überschlagenen Viergelenkkette. Hierbei zeigten sie, dass die Lage der Insertionsstellen und die Länge der Bänder dem Gelenk seinen Bewegungsumfang vorgeben. Bei einer Flexion im Kniegelenk wird der Auflagepunkt der

Gelenkflächen von Femur und Tibia während der Bewegung rückverlagert. Die Kreuzbänder dienen bei Bewegungen im Kniegelenk alleine als eine Art Getriebe für den Zwangslauf der Gelenkflächen gegeneinander. Trotz des sehr vereinfachten Modells und ohne Beachtung der durch Scherkräfte veränderte Belastung, ist es auch heute noch als nützliches Modell anzusehen [7, 10, 11].

1.2 Pathomechanismus der vorderen Kreuzbandruptur

Rupturen des vorderen Kreuzbandes können entweder aus direkten Traumata entstehen, oder indirekt bei Sportarten, in denen es zu häufigen Richtungswechseln kommt. Die Indirekte Form ist deutlich häufiger. Vor allem die "high risk pivoting" Sportarten wie Fußball, American Football, Volleyball, Tennis, Ski-Alpin oder Basketball bergen ein erhöhtes Risiko für ein VKB-Trauma [12].

In den meisten Fällen entsteht dieses aus einem Innenrotationstrauma der Tibia gegenüber dem Femur oder einem kombinierten Valgus-/Innenrotationstrauma bei fixiertem Unterschenkel und leichter Knieflexion. Aber auch das Hyperextensions-Innenrotationstrauma, das Hyperflexions-Außenrotationstrauma, extreme Valgus-/Varusbelastungen und übermäßige Anspannungen des M. quadriceps femoris können Verletzungsmechanismen sein [13, 14].

VKB-Verletzungen können entweder isoliert oder in Kombination mit anderen Verletzungen auftreten. Hierzu zählen häufig die Kollateralbänder, die Menisken oder der Knorpel. Beim Valgus-/ Außenrotationstrauma tritt häufig eine kombinierte Läsion von VKB, medialem Kapsel-Band-Apparat sowie des Innenmeniskus auf, welche als "unhappy triad" bezeichnet wird [15, 16].

1.3 Diagnostik

1.3.1 Klinische Untersuchung

Die klinische Untersuchung steht an erster Stelle der Diagnostik und kann bei geübter Durchführung alle relevanten Befunde aufdecken. Das akut verletzte Knie ist häufig durch Abwehrspannung und einen Erguss schwierig zu untersuchen, weshalb es sich dann empfiehlt den Patienten nach einigen Tagen erneut zu untersuchen. Als Untersuchungsmöglichkeiten stehen der Lachmann-Test, der Schublade-Test und der Pivot-shift-Test zur Verfügung.

Beim Lachmann Test wird das Knie in 20-25° Beugstellung gebracht und das Femur fixiert. Anschließend wird der Unterschenkel kniegelenksnah umfasst und die Tibia nach ventral gezogen. Bei einem intakten vorderen Kreuzband wird dieses Vorziehen nach ca. 3 mm mit einem harten Anschlag verhindert. Bei >5 mm mit hartem Anschlag kann eine Teilläsion oder eine ältere Läsion vorliegen. Bei einer Ventralbewegung von >10 mm mit fehlendem harten Anschlag ist von einer Ruptur des VKB auszugehen [17]. Der Lachmann-Test gilt als zuverlässigstes klinisches, nicht-invasives Untersuchungsverfahren des vorderen Kreuzbandes und hat mit 90% eine deutlich höhere Sensitivität als der Schubladen-Test [18].

Beim Pivot-shift-Test wird das gestreckte innenrotierte Bein unter Valgusstress in Beugehaltung gebracht. Bei Vorliegen einer vorderen Kreuzbandruptur kommt es hier bei 20-8° zu einer pathologischen Reposition des nach anterolateral subluxierten Tibiakopfes. Dieser Test ist für den Patienten oft sehr schmerzhaft, weshalb er am Besten in Narkose beurteilt werden kann. Donaldson et al. konnten beim nicht-anästhesierten Patienten nur in 35% der Fälle einen positiven Pivot-shift-Test durchführen. Dem gegenüber stehen 98% positive Ergebnisse unter Narkose. [19]

Der Schubladen-Test erfolgt beim liegenden Patienten mit um 90° gebeugtem Knie und flach aufsetzender Fußsohle. Der Tibiakopf wird dann mit beiden Händen umfasst und nach ventral gezogen. Der Schubladentest ist ähnlich wie der Lachmann Test, er wird jedoch sowohl beim wachen, als auch bei anästhesierten Patienten als weniger aussagekräftig beschrieben. Bei Untersuchungen auf Sensitivität konnten bei 70% positive Testergebnisse ohne Narkose und 91% positive Ergebnisse unter Narkose beschrieben werden [19].

1.3.2 Radiologische Diagnostik

Die Konventionelle Röntgenuntersuchung umfasst das Kniegelenk im a.-p. und im seitlichen Strahlengang, und wird bei Ausschluss von knöchernen Kreuzbandausrissen sowie Frakturen durchgeführt. Präoperativ kann sie auch zur Beurteilung der Fossa intercondylaris durchgeführt werden, um Auskunft über die Notch-Weite (Insertionsstelle am Femur) zu erhalten. Diese Aufnahme wird auch als Tunnelaufnahme nach Frik bezeichnet [20].

Die MRT-Aufnahme hat eine sehr hohe Aussagekraft bei Kniebinnenschäden. Vor allem zur Darstellung von Weichteilstrukturen wie Bändern und Knorpel, aber auch sogenannter Bone bruises ist sie geeignet.

Als direkte Zeichen einer VKB-Ruptur im MRT werden die Kontinuitätsunterbrechung, Signalveränderungen im VKB-Verlauf, sowie das "empty notch sign" gesehen, welches eine Flüssigkeitsansammlung an der Insertionsstelle des VKB in der lateralen Femurkondyle beschreibt und nur bei einer Ruptur im MRT zu sehen ist. Durch die Subluxation des Tibiakopfes bei der Ruptur entstehen die indirekten Zeichen, wie die "kissing contusion". Dies sind bone bruises v.a. im lateralen Femurkondylus und lateralen Tibiaplateau, die durch Knochenkontusion entstehen und bei rund 80% der Patienten mit VKB-Ruptur vorkommen [15, 21]. Nach Felli. L et al. ergaben sich jedoch keine statistisch signifikanten Unterschiede in Sensitivität und Spezifität im Vergleich zur klinischen Untersuchung (Sensitivität: 84% vs. 89%; Spezifität: 95% vs. 97%) [22]. Deshalb ist bei Erstverletzungen die MRT-Untersuchung durch eine gute Anamnese und klinische Untersuchung fast ersetzbar, lediglich die Morphologie der Ruptur kann im MRT dann genau untersucht werden [13].

1.4 Inzidenz

Die Inzidenz der vorderen Kreuzbandruptur beträgt etwa 77 pro 100.000 Einwohner und macht damit ungefähr 50% aller strukturellen Knieverletzungen aus [23]. Nach deutschen Daten ist die Inzidenz etwas geringer und beträgt 1/3500 Einwohner [24].

Frauen haben ein deutlich höheres Risiko für Verletzungen des vorderen Kreuzbandes. Erstmals wurde dies von Lindenfeld et al. untersucht, dessen Forschungsgruppe dabei zeigen konnte, dass bei weiblichen Fußballspielerinnen die Verletzungsrate dreimal höher ist, als die von männlichen Spielern [25]. In einer anderen Studie konnte gezeigt werden, dass bei norwegischen Handballspielerinnen die Inzidenz einer VKB-Ruptur fünfmal höher war, als bei männlichen Sportlern [26].

Das vordere Kreuzband reißt etwa zehnmal so häufig wie das hintere. Grund hierfür sind zum einen die vergleichsweise höhere Belastungsfähigkeit des hinteren Kreuzbandes aufgrund seines größeren Durchmessers, und zum anderen seine anders geartete Funktion bei den Bewegungsabläufen [27].

Überwiegend werden VKB-Läsionen bei jüngeren Patienten zwischen 15-45 Jahren diagnostiziert, die aufgrund ihrer sportlichen Aktivität einem höheren Risiko unterliegen. Dieser Teil macht etwa 70% aller Kreuzbandrisse aus [28]. Allerdings tritt die Verletzung mit dem sich ändernden Freizeitverhalten auch vermehrt bei älteren Personen auf [29].

Mit 70-80% sind am häufigsten Komplettrupturen vorzufinden und nur in 20-30% der Fälle handelt es sich um Teilrupturen des vorderen Kreuzbandes. Die häufigste Lokalisation einer Ruptur ist das mittlere Drittel des VKB, gefolgt von Rupturen am femoralen und tibialen Ansatz [30, 31].

1.5 Therapie

1.5.1 Konservative Therapie

In Abhängigkeit von Lebensalter, sportlicher Aktivität, Alltagsfähigkeit und der Bereitschaft des Patienten kann eine Kreuzbandruptur konservativ behandelt werden. Als Behandlungsmöglichkeiten der konservativen Therapie stehen Physiotherapie, Propriozeptionstraining, Stärkung der muskulären Führung, Reduktion der sportlichen Aktivität und das Tragen von Schienen zur Verfügung. Diese sind jedoch vor allem für Patienten ohne Begleitverletzungen, in höherem Lebensalter und mit geringer sportlicher Aktivität zu empfehlen [32, 33].

In vielen Studien wurde belegt, dass die operative Therapie vor allem bei Sportlern einen Vorteil gegenüber der konservativen Therapie hat [34-37]. Frobell et al. haben jedoch auch 2013 in einer Studie mit 121 jungen sportlich aktiven Patienten gezeigt, dass eine frühe operative Behandlung in den ersten fünf Jahren keine besseren Ergebnisse erzielt, als eine frühe Rehabilitation mit Option auf eine spätere VKB- Rekonstruktion [38].

1.5.2 Operative Therapie

Verletzungen des vorderen Kreuzbandes können zu einer Instabilität im Kniegelenk, mit der Folge von Knorpel- oder Meniskusschäden führen, weshalb es in diesem Fall operativ durch eine VKB-Rekonstruktion stabilisiert werden sollte. Früher wurde als Transplantat sehr häufig die Patellasehne als Knochenblocktransplantat (BTB- Technik) verwendet. Da dies jedoch nach der Entnahme zu vermehrten Problemen im Kniegelenk führte, wird seit einiger Zeit zunehmend die Semitendinosusehne (ST-Sehne), eventuell kombiniert mit der Gracilissehne (GT-Sehne) verwendet [39]. Es ist auch möglich künstliche Gewebematerialien zu verwenden, welche in Deutschland aber eher ungebräuchlich sind [40].

Operativ gibt es die Möglichkeit der Einbündel-Technik, bei der eine Sehne, mit je einem Bohrkanal im Ober- und Unterschenkel verwendet wird und die Doppelbündel-Technik, bei der zwei transplantierte Sehnen mit je zwei Bohrkanälen verwendet werden. Die

Doppelbündel-Technik kommt der ursprünglichen Anatomie näher, da hier sowohl das AM- als auch das PL-Bündel rekonstruiert werden können [41, 42]. Allerdings wurde bei dieser Technik eine postoperative Abnahme der Beuge- und Innenrotationskraft nach Sehnenentnahme beschrieben [43].

Für die Fixation in den Bohrkanälen werden heute bevorzugt bioresorbierbare Schrauben verwendet. Die Schrauben müssen einen hinreichend langen Transplantatanteil fassen, damit dieser fest genug fixiert ist. Damit eine ausreichende Transplantatlänge erreicht werden kann, müssen häufig die ST und gleichzeitig die GT entnommen werden, damit eine ausreichende Länge besteht. Je mehr mediale Sehnen am Kniegelenk entnommen werden, desto eher geht dies allerdings mit einer Schwächung der medialen Strukturen einher. Alternativ kann deshalb die Fixation auf Höhe der Kortikalis mit Fixationsknöpfen erfolgen. Hierbei kann ein kürzeres Transplantat gewählt werden, weshalb meist keine Entnahme einer zweiten Sehne notwendig ist, dafür ist jedoch in den gelenknahen Bereichen keine Fixation vorhanden, was oft zu einer verschlechterten Sehnen-Knochen-Heilung führen kann.

Beide Techniken haben Vor- und Nachteile, weshalb heute zunehmend die Hybridfixation durchgeführt wird, welche eine Kombination beider Techniken darstellt [39].

1.6 Kosten für die Gesellschaft

Der Riss des vorderen Kreuzbandes führt häufig zu Komplikationen wie chronischer Dysfunktion des Kniegelenks, sekundären VKB-Verletzungen, sowie posttraumatischer Osteoarthritis [44]. Selbst nach erfolgreicher Kreuzbandrekonstruktion zeigen sich noch erhebliche negative biomechanische Defizite im Vergleich zu physiologisch "gesunden" Knien [45]. Diese Langzeitschäden bringen erhebliche Kosten für das Gesundheitssystem mit sich.

In der Schweiz beträgt die Inzidenz einer VKB-Ruptur 1500/100.000 Einwohner, wofür jährlich 200-250 Mio. US Dollar ausgegeben werden. Kosten für potentielle Langzeitkomplikationen, wie Meniskusläsionen oder Osteoarthritis werden dabei nicht mit einberechnet [46]. Laut dem statistischen Bundesamt betragen 2002 die Krankheitskosten für die Diagnose "Binnenschädigung des Kniegelenks" 359,3 Mio. Euro, wobei der vordere Kreuzbandriss hierbei den Großteil der Diagnosen darstellt.

Langzeitfolgen, wie die Kniegelenksarthrose gehört jetzt schon zu den 30 häufigsten Diagnosen im Krankenhaus, so kam es im Jahr 2002 zu 336,833 stationären Aufenthalten, bei

denen Arthrose die Hauptdiagnose darstellte (Gesundheitsberichterstattung des Bundes). Die Gesamtkosten für die Therapie einer VKB-Ruptur sind also noch deutlich höher, wenn man die Kosten der Langzeitschäden mit einbezieht.

1.7. Zielsetzung

Im Rahmen der Studie soll geklärt werden, ob die Ruptur des vorderen Kreuzbandes, eine viel komplexere Verletzung ist, als dies häufig angenommen wird. Die "einfache" Ruptur des vorderen Kreuzbandes existiert nicht, da durch die entstehende Instabilität im Kniegelenk auf längere Sicht häufig auch Knorpel, Menisken und andere Kniegelenksnahe Strukturen geschädigt werden. Diese Zusammenhänge konnten schon in einigen Studien gezeigt werden [16, 23, 44]. In dieser Arbeit soll näher auf die direkt entstehenden (Mit-)Verletzungen eingegangen werden, die bei der VKB-Ruptur auftreten können. In den MRT Aufnahmen sollen die kniegelenksnahen Bänder, die Menisken, der Knorpel, sowie die Kapsel untersucht werden, um hervorzuheben welche Verletzungen häufig sind, ob es Unterschiede in verschiedenen Altersklassen oder Geschlechtern gibt, oder ob manche Verletzungen gehäuft zusammen auftreten.

Auf Basis der aktuellen Studienlage werden folgende Hypothesen aufgestellt, die im Laufe der Arbeit geklärt werden sollen:

- Der vordere Kreuzbandriss ist keine isolierte Verletzung.
- Verletzungen der Menisken und des Innenbandes sind häufig.
- Es gibt bei den Begleitverletzungen einen Unterschied zwischen den Geschlechtern.
- Es entstehen öfter kompliziertere Verletzungen bei jungen, sportlich aktiven Patienten.

Die Auswertung der Studie soll die Häufigkeit möglicher assoziierter Begleitverletzungen bei VKB-Rupturen erfassen und dazu dienen in Zukunft, die bisher sehr auf das vordere Kreuzband allein fokussierte operative Therapie modifizieren.

2. Methoden und Material

2.1 Patienten und Einschlusskriterien

Im Rahmen der retrospektiven Studie wurden 76 magnetresonanztomografische Untersuchungen auf Begleitverletzungen analysiert, die in der Klinik für Radiologie und Neuroradiologie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel ein MRT bei vorderer Kreuzbandruptur bekommen haben. Die Daten stammen aus einer bereits erstellten Liste, die aus zufällig ausgewählten MRT-Aufnahmen von vorderen Kreuzbandrissen im Zeitraum von 2011 bis 2015 am Universitätsklinikum Kiel erstellt worden sind.

Ausschlusskriterien für die Studie waren Teilrupturen des vorderen Kreuzbandes, knöcherner Ausrisse des vorderen Kreuzbandes, sowie am Kniegelenk voroperierte Patienten. Patienten jünger als 15 Jahre und älter als 50 Jahre wurden ebenfalls nicht eingeschlossen. Bei Patienten unter 15 Jahren ist die Skelettreife noch nicht abgeschlossen, wodurch es öfter zu knöchernen Ausrissen des vorderen Kreuzbandes aus dem Tibia-Kopf kommt [47]. Auch sind mit 3% nur ein geringer Teil der Patienten, die sich Verletzungen am Bandapparat des Kniegelenks zuziehen Kinder von 15 Jahren oder jünger [48]. Da ab einem höheren Lebensalter vermehrt altersbedingte Gonarthrose im Kniegelenk auftritt [49, 50], wurden Patienten, die älter als 50 Jahre alt waren, auch ausgeschlossen. Wenn von einem Patienten mehrere Aufnahmen vorhanden waren, wurde nur die Aktuellste eingeschlossen. Dadurch wurden Doppelmessungen desselben Kniegelenks und desselben Patienten vermieden, wenn dieser auch auf der kontralateralen Seite behandelt wurde.

21 Bilder entsprachen diesen Ausschlusskriterien, wodurch sich noch 55 MRT-Aufnahmen für die Studie eigneten. Diese Aufnahmen wurden von einem Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie sowie einem Facharzt für Radiologie gesichtet und hinsichtlich ihrer Begleitverletzungen untersucht.

Die Studie wurde, nach Durchsicht der Unterlagen, von der Ethik-Kommission Kiel am 09.03.2016 genehmigt, da keinerlei berufsethnische oder berufsrechtliche Bedenken bestanden (AZ.: D 565/15).

2.2 Die MRT-Untersuchung

Die Magnetresonanztomographie ist heute die Methode der Wahl in der bildgebenden Diagnostik des Kniegelenks. Ein wichtiger Vorteil der MRT ist, dass sie ein nichtinvasives,

nicht strahlenbelastendes Verfahren darstellt. Kontraindikationen der MRT-Untersuchung bestehen bei Patienten mit Herzschrittmacher, Kochleaimplantaten und Neurostimulatoren. Relative Kontraindikationen liegen in den ersten Tagen nach der Implantation von vaskulären Stents und Gefäßclips vor, sowie im ersten Trimenon einer Schwangerschaft. Bei Metallimplantaten, wie Endoprothesen und Osteosynthesematerial, muss die Situation individuell beurteilt werden, ob die Gefahr einer lokalen Überhitzung besteht und ob mit schwerwiegenden Bildstörungen zu rechnen ist [51].

Das physikalische Prinzip besteht darin, dass sich Wasserstoffatome (Protonen) des Gewebes auf Grund ihrer Kernladungszahl parallel oder antiparallel ausrichten. Dabei weisen diese eine Kreisbewegung um ihre eigene Achse auf. Wird ein elektromagnetischer Impuls eingestrahlt, werden die Protonen aus ihrer Achse abgelenkt, wodurch sie ein höheres energetisches Niveau erreichen. Nach Abschalten des Impulses erreichen sie in unterschiedlichen Zeitabständen, in Abhängigkeit von ihrer biochemischen Bindung im Gewebe wieder ihre ursprüngliche Lage. Dabei wird ein Radiofrequenzsignal abgegeben, welches gemessen werden kann. Die MRT hat drei Grundgewichtungen: Die T1- Relaxation, T2- Relaxation und die Protonendichte. Die T1- Relaxation hängt wesentlich von der Wärmeleitfähigkeit des Gewebes ab, weshalb die Protonen im Fettgewebe ein sehr starkes Signal abgeben, dieses erscheint weiß. Protonen in Wasser verhalten sich umgekehrt, Wasser erscheint dunkel. Die T2- Relaxation stellt die Gewebe, die eine Transversalmagnetisierung relativ lange aufrechterhalten können hell dar. So wird zum Beispiel Wasser hier hell dargestellt. Bei der Protonendichte-Wichtung ist der Hauptparameter zur Kontrasterzeugung die Dichte der Protonen in den verschiedenen Geweben [52].

Eine magnetresonanztomographische Untersuchung des Kniegelenks dauert ca. 15-35 Minuten, abhängig von der Anzahl der gefahrenen Ebenen. Der Radiologe muss hier mit der normalen Anatomie und auch Normvarianten bestens vertraut sein. Je nach Fragestellung sind axiale, sagitale, koronare und schräge Ebenen möglich. Die Wahl der Schichtebene bestimmt die Beurteilbarkeit der einzelnen anatomischen Strukturen. Die Schichtabstände sollten möglichst klein gewählt werden um keine pathologischen Befunde zu übersehen. [53-56]

2.3 Datenerhebung

Alle MRT-Bilder wurden von einem 1,5T Siemens Magnaetom Aera Gerät aufgenommen. Die Patienten wurden in Rückenlage mit einer geeigneten Kniespule und vollständig

gestrecktem Knie gelagert und gescannt. Das Bildfeld betrug 320x320 oder 448x448, die Schichtdicke der Schnittbilder hatte 3 mm. und einen Schichtabstand von 0,6 mm.

In allen Fällen wurden die folgenden Ebenen gefahren:

- T1 TSE sag.
- PD TSE sag.
- PD TSE fs kor.
- PD TSE fs tra.
- T1 VIBE fs sag.

Die Bilder wurden ausgewertet und die Ergebnisse anschließend anonymisiert in einer Excel-Tabelle nach folgenden Punkten aufgelistet:

- Alter des Patienten
- Seite des betroffenen Knies
- Geschlecht
- Ort der VKB-Ruptur (tibial, femoral oder intraligamentär)
- Begleitverletzungen anderer kniegelenksnaher Strukturen

Unter den Begleitverletzungen wurden folgende Strukturen und Begleiterscheinungen berücksichtigt:

- Hinteres Kreuzband (Abb. 1)
- Mediales Kollateralband (Abb.2/9)
- Laterales Kollateralband (Abb.2)
- Popliteussehne (Abb. 3)
- Mediales Patellofemorales Ligament (Abb.4)
- Anterolaterale Kapsel (Abb. 6)
- Posterolaterale Kapsel (Abb. 7)

- Posteromediales Ligament (Abb.5)
- Knorpel (Abb. 8)
- Medialer Meniskus (Abb. 9)
- Lateral Meniskus (Abb. 10)
- Knochenschäden (Abb. 2)
- Kniegelenkserguss (Abb.1)
- Extraartikulärer Erguss (Abb.1/5/6/7/9)
- Patellaluxation (Abb. 4)

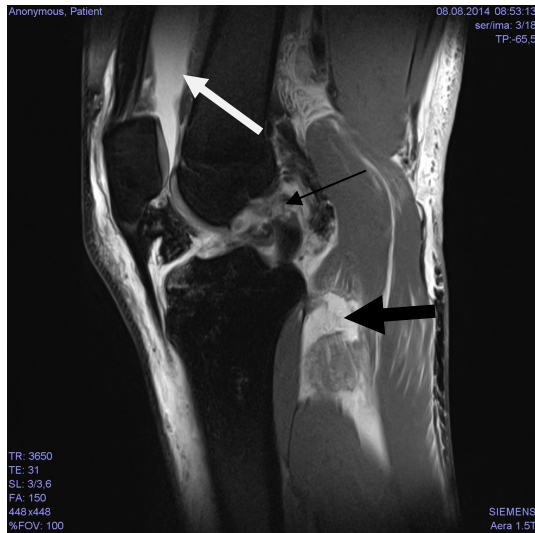


Abbildung 1: Rechtes Kniegelenk mit vollständig rupturiertem hinteren Kreuzband (schwarzer Pfeil) und begleitendem suprapatellärem Kniegelenkserguss (weißer Pfeil) sowie extraartikulärem Weichteilödem (dicker schwarzer Pfeil)



Abbildung 2: : Linkes Kniegelenk mit rupturiertem Innenband (schwarzer Pfeil), Außenband (weißer Pfeil), sowie begleitendem Bone bruise am lateralen Femurkondylus (gestrichelter Pfeil)

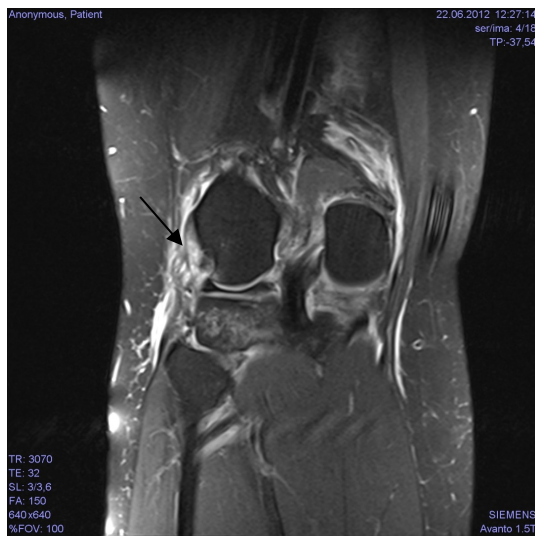


Abbildung 3: : Linkes Kniegelenk mit rupturierter Popliteussehne am femoralen Ansatz (schwarzer Pfeil)

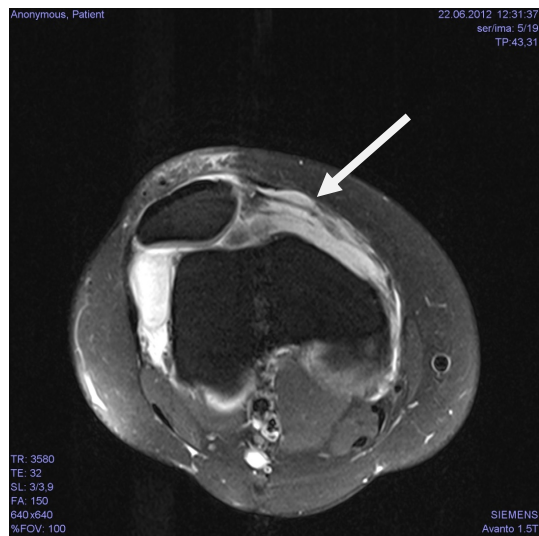


Abbildung 4: : Rechtes Knie mit rupturiertem medialen Patellofemoralem Ligament (weißer Pfeil) und lateralisierter Patella

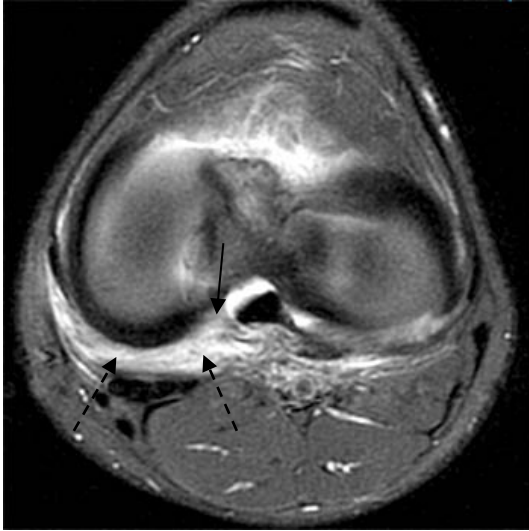


Abbildung 5: Linkes Kniegelenk mit rupturierter posteromedialer Kapsel (schwarzer Pfeil) und resultierendem extraartikulärem Erguss (gestrichelte Pfeile)

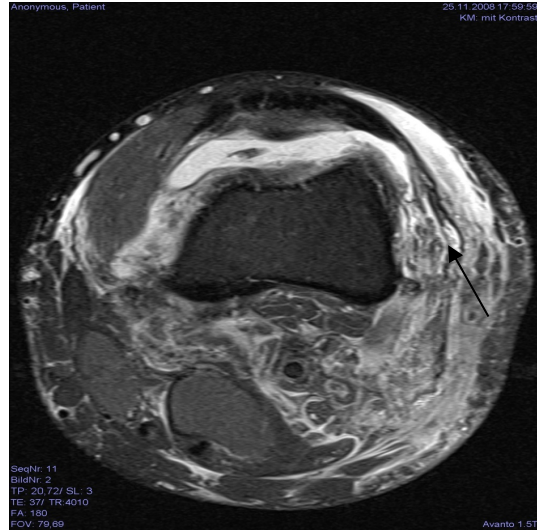


Abbildung 6: Linkes Kniegelenk mit einer rupturierter anterolateraler Kapsel (schwarzer Pfeil) und resultierendem extraartikulärem Erguss (gestrichelte Pfeile)

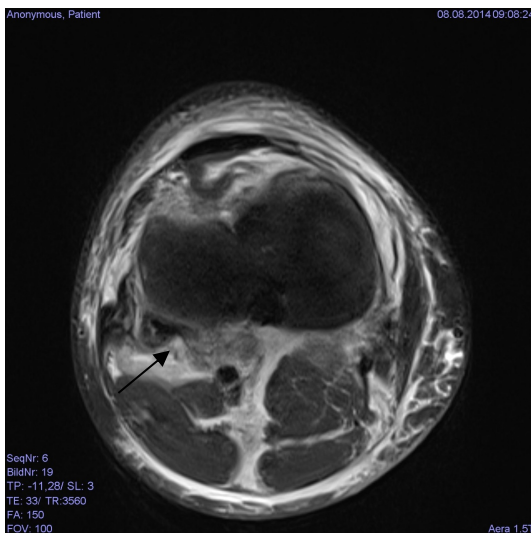


Abbildung 7: Rechtes Kniegelenk mit rupturierter posterolateraler Kapsel (schwarzer Pfeil) und resultierendem extraartikulärem Erguss (gestrichelte Pfeile)

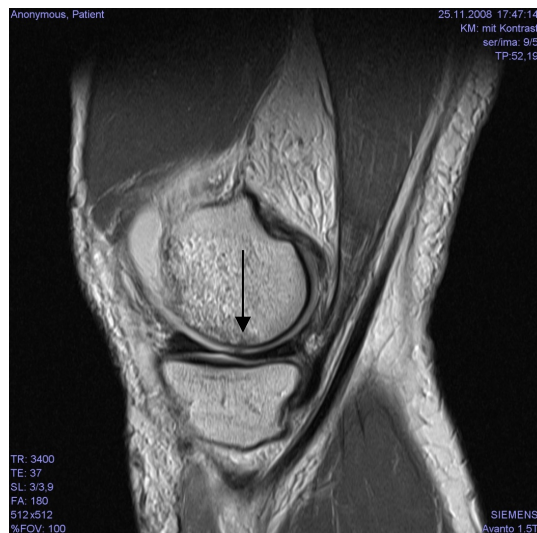


Abbildung 8: Rechtes Kniegelenk mit einer Grad II Knorpelläsion am linken Femurkondylus (schwarzer Pfeil)



Abbildung 9: : Rechtes Kniegelenk mit einer Grad II Meniskusläsion (schwarzer Pfeil) sowie einer Ruptur des medialen Kollateralbandes (gestrichelter Pfeil) welche in Kombination mit dem vorderen Kreuzbandriss das Bild einer Unhappy-triad ergeben. Begleitend zeigt sich ein posterolateraler extraartikulärer Erguss (dicker schwarzer Pfeil)



Abbildung 10: Rechtes Kniegelenk mit Grad III Läsion des lateralen Meniskus (schwarzer Pfeil)

2.4 Methoden

Für die Datenerhebung wurden die zu Beginn 76 MRT-Aufnahmen, zunächst nach dem Alter sortiert in die Gruppen 15-20, 21-30, 31-40, 41-50 und älter als 50 Jahre. 17 Aufnahmen stammten von Personen, die älter als 50 Jahre alt waren und somit aus der Studie ausgeschlossen wurden. Die jüngste Person war 15 Jahre alt und wurde aufgenommen. Somit blieben nach dieser ersten Selektion 59 Aufnahmen.

Anschließend wurde die Art der vorderen Kreuzbandruptur beurteilt. Hierbei wurde in intraligamentäre, tibiale und femorale Rupturen unterschieden. Vordere Kreuzbandrisse mit knöchernem Ausriss wurden ebenso ausgeschlossen. Dies war bei 4 Aufnahmen der Fall, wodurch sich die Gesamtzahl von 55 MRT-Aufnahmen ergab.

Bei den übrigen Kniegelenksnahen Bandstrukturen (HKB, MCL, LCL, MPFL, Popliteussehne, anterolaterale Kapsel, posterolaterale Kapsel und posteromediales Ligament) wurde jeweils in Ruptur, Teilruptur und keine Ruptur unterteilt.

Der Knorpelschaden wurde nach dem Kellgren-Lawrence-Score in die Grade 1-4 eingeteilt:

Grad	Veränderungen
1	Fragliche Verschmälerung des Gelenkspalts, mögliche Osteophyten
2	Mögliche Verschmälerung des Gelenkspalts, definitive Osteophyten
3	Definitive Verschmälerung des Gelenkspalts, multiple Osteophyten, Sklerose, mögliche Verformung der Tibia und des Femurs
4	Starke Verschmälerung des Gelenkspalts, ausgeprägte Osteophyten, ausgeprägte Sklerose, definitive Verformung der Tibia und des Femurs

Tabelle 1: Kellgren-Lawrence-Score

Meniskusläsionen wurden in vier Grade eingeteilt:

- Grad 1: punktförmig, zentral
- Grad 2: Horizontal (nicht Oberfläche erreichend)
- Grad 3: Bandförmig (Oberfläche erreichend)
- Grad 4: Mehrfache Meniskusläsionen

Der Knochen wurde hinsichtlich von Bone-Bruises oder Impressionsfrakturen untersucht.

Die Patellaluxation wurde anhand der radiologischen Merkmale diagnostiziert. Dabei wurden laterale femorale Knochenkontusionen sowie eine Ruptur des MPFL als diagnostisch hinweisend angesehen. Hierdurch konnte natürlich nur ein radiologischer Verdacht auf eine Patellaluxation gestellt werden, da die zugehörige Klinik gefehlt hat.

Des weiteren wurden intraartikuläre und extraartikuläre Kniegelenksergüsse begutachtet. Die extraartikulären Ergüsse wurden hierbei noch nach der genauen Lokalisation aufgeteilt in posteromediale, posterolaterale und parapatellare Ergüsse.

2.5 Statistik

Aus den Messwerten wurden die deskriptive Statistik berechnet. Die Abhängigkeit von Alter und Ort der VKB-Verletzung im Zusammenhang mit Begleitverletzungen wurde in Kreuztabellen mittels Chi-Quadrat-Test berechnet. Um einen möglichen Zusammenhang von jungen Patienten und komplizierten Verletzungen zu bestimmen, wurden Kreuztabellen angefertigt.

Die Dokumentation der Ergebnisse erfolgte mittels Excel, die Berechnungen der Statistik wurde mit SPSS durchgeführt. Bei der statistischen Auswertung wurde auf die Hilfe eines Statistikers des Instituts für Medizinische Informatik und Statistik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel zurückgegriffen.

3. Ergebnisse

3.1 Patientenkollektiv

Nach Anwendung der Ausschlusskriterien blieben 55 MRT-Aufnahmen zur Auswertung. Davon stammten 38 Untersuchungen von männlichen (69,1%) und 17 von weiblichen Personen (30,9%). Der jüngste Patient war 15 Jahre jung und der älteste Patient 49 Jahre alt, der Mittelwert lag hier bei 29,6 Jahren (s. Abb. 12)

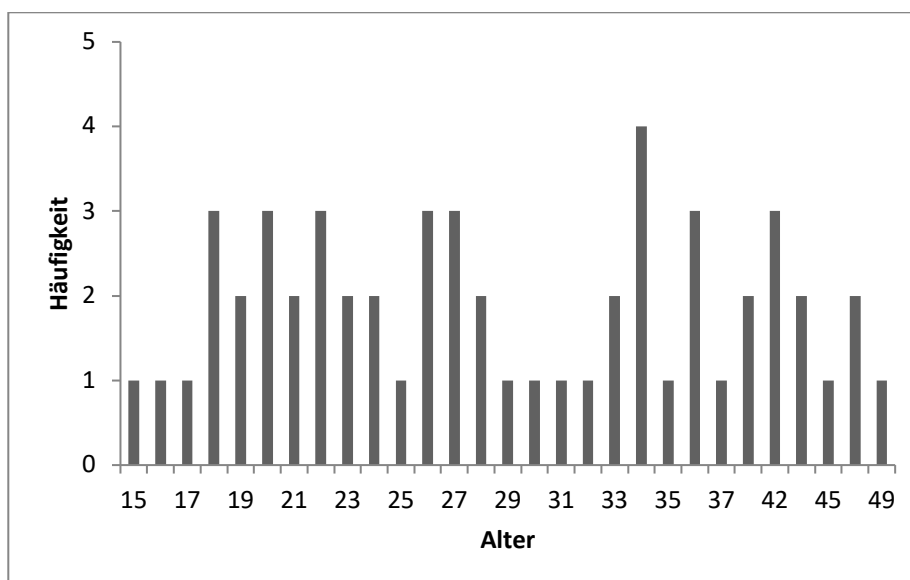


Abbildung 11: Altersverteilung der Patienten

Unter den Patienten waren 85,5% zwischen 15 und 40 Jahren alt. Der Anteil der weiblichen Patienten, die jünger als 20 Jahre alt waren, macht 35% aller weiblichen Patienten aus. Die Häufigkeitsverteilung der verschiedenen Altersgruppen ist normalverteilt und kann Tabelle 2 und Tabelle 3 entnommen werden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	15-20	11	20,0	20,0	20,0
	21-30	20	36,4	36,4	56,4
	31-40	16	29,1	29,1	85,5
	41-50	8	14,5	14,5	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 2: Häufigkeiten der Altersgruppen

Altersgruppe			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
15-20	Gültig	männlich	5	45,5	45,5	45,5
		weiblich	6	54,5	54,5	100,0
		Gesamt	11	100,0	100,0	
21-30	Gültig	männlich	15	75,0	75,0	75,0
		weiblich	5	25,0	25,0	100,0
		Gesamt	20	100,0	100,0	
31-40	Gültig	männlich	13	81,3	81,3	81,3
		weiblich	3	18,8	18,8	100,0
		Gesamt	16	100,0	100,0	
41-50	Gültig	männlich	5	62,5	62,5	62,5
		weiblich	3	37,5	37,5	100,0
		Gesamt	8	100,0	100,0	

Tabelle 3: Geschlechteraufteilung in den Altersgruppen

3.2 Lokalisation der vorderen Kreuzbandruptur

Die betroffene Seite der vorderen Kreuzbandruptur war in 24 Fällen die rechte (43,6%) und in 31 Fällen die linke Seite (56,4%). Der Ort der Ruptur lag, wie in Tabelle 4 dargestellt, hauptsächlich intraligamentär (47,3%) sowie im femoralen Drittel (49,1%). Mit zwei Rupturen im tibialen Drittel betragen diese 3,6% der vorderen Kreuzbandläsionen.

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente

Gültig	Intraligamentär	26	47,3	47,3	47,3
	Femoral	27	49,1	49,1	96,4
	Tibial	2	3,6	3,6	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 4: Lokalisation der VKB-Ruptur

Wie in Tabelle 5 zu sehen, war der Teil der intraligamentären Risse bei Männern mit 84,6% deutlich höher als bei Frauen (15,4%). Der Anteil der intraligamentären Risse, bezogen auf alle Kreuzbandrisse, betrug bei Frauen nur 23,5%, wohingegen der Teil bei Männern 57,9% betrug.

VKB Ruptur			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Intraligamentär	Gültig	männlich	22	84,6	84,6	84,6
		weiblich	4	15,4	15,4	100,0
		Gesamt	26	100,0	100,0	
Femoral	Gültig	männlich	15	55,6	55,6	55,6
		weiblich	12	44,4	44,4	100,0
		Gesamt	27	100,0	100,0	
Tibial	Gültig	männlich	1	50,0	50,0	50,0
		weiblich	1	50,0	50,0	100,0
		Gesamt	2	100,0	100,0	

Tabelle 5: Geschlechterverteilung bei der Lokalisation der VKB-Rupturen

Mittels t-Test wurde untersucht, ob bestimmte Begleitverletzungen bei einem Geschlecht gehäuft auftreten. Hierzu konnten jedoch keine signifikanten Zusammenhänge festgestellt werden.

3.3 Begleitverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur

3.3.1 Hinteres Kreuzband, Seitenbänder und Popliteussehne

Eine Ruptur des hinteren Kreuzbandes ist bei 55 Patienten nur einmal aufgetreten (1,8%). Eine Teilruptur nur in drei Fällen (5,5%). Das hintere Kreuzband wurde somit in 7,3% der Fälle bei einem Riss des vorderen Kreuzbandes mitverletzt (Tabelle 6).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ruptur	1	1,8	1,8	1,8
Teilruptur	3	5,5	5,5	7,3
Keine Ruptur	51	92,7	92,7	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 6: Häufigkeiten einer HKB-Verletzung

Wie in Tabelle 7 zu sehen war das mediale Kollateralband bei acht Patienten vollständig rupturiert (14,5%) und in neun Fällen teilrupturiert (16,4%).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ruptur	8	14,5	14,5	14,5
Teilruptur	9	16,4	16,4	30,9
Keine Ruptur	38	69,1	69,1	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 7: Häufigkeiten einer MCL-Verletzung

Eine Komplettruptur des lateralen Kollateralbandes konnte bei sieben Personen (12,7%) und eine Teilruptur bei neun Personen (16,4%) dokumentiert werden (Tabelle 8).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ruptur	7	12,7	12,7	12,7
Teilruptur	9	16,4	16,4	29,1
Keine Ruptur	39	70,9	70,9	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 8: Häufigkeiten einer LCL-Verletzung

Eine Verletzung der Popliteussehne trat, wie in Tabelle 9 zu sehen, mit insgesamt 5,5% selten auf. Eine Person erlitt dabei eine Komplettruptur (1,8%) und zwei Personen eine Teilruptur (3,6%).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ruptur	1	1,8	1,8	1,8
Teilruptur	2	3,6	3,6	5,5
Keine Ruptur	52	94,5	94,5	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 9: Häufigkeiten einer Popliteus-Verletzung

3.3.2 MPFL, posteromediales Ligament und Kapselapparat

Bei acht Patienten konnte eine vollständige Ruptur des medialen patellofemorales Ligament gezeigt werden (14,5%). Ebenso trat achtmal (14,5%) eine Teilruptur auf (Tabelle 10).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ruptur	8	14,5	14,5	14,5

Teilruptur	8	14,5	14,5	29,1
Keine Ruptur	39	70,9	70,9	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 10: Häufigkeiten einer MPFL-Verletzung

Tabelle 11 zeigt, dass die anterolaterale Kapsel bei drei Personen komplett rupturiert war (5,5%) und bei Vieren teilrupturiert (7,3%). In Tabelle 12 werden die Verletzungen der posterolateralen Kapsel dargestellt. Eine Ruptur trat in drei Fällen (5,5%) und eine Teilruptur in acht Fällen auf (14,5%).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozepte	Kumulierte Prozepte
Gültig Ruptur	3	5,5	5,5	5,5
Teilruptur	4	7,3	7,3	12,7
Keine Ruptur	48	87,3	87,3	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 11: Häufigkeiten einer Verletzung der anterolateralen Kapsel

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozepte	Kumulierte Prozepte
Gültig Ruptur	3	5,5	5,5	5,5
Teilruptur	8	14,5	14,5	20,0
Keine Ruptur	44	80,0	80,0	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 12: Häufigkeiten einer Verletzung der posterolateralen Kapsel

Ein kompletter Riss des posteromedialen Ligamentes konnte bei fünf Patienten gezeigt werden (9,1%), eine Teilruptur bei acht Patienten (14,5%). Die Häufigkeiten können in Tabelle 13 gesehen werden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ruptur	5	9,1	9,1	9,1
	Teilruptur	8	14,5	14,5	23,6
	Keine Ruptur	42	76,4	76,4	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 13: Häufigkeiten einer Verletzung des posteromedialen Ligaments

3.3.3 Knorpel, medialer und lateraler Meniskus

In Tabelle 14 sind die Häufigkeiten der verschiedenen Schweregrade von Knorpelschäden zu sehen. 32,7% der Patienten erlitten durch den vorderen Kreuzbandriss einen Knorpelschaden. Größtenteils war dies ein leichter Knorpelschaden vom Stadium II (16,4%). Schwere Grad-IV-Schäden wurden nur bei einer Person beobachtet (1,8%). Unter den elf Patienten, die jünger als 20 Jahre alt waren, konnten keinerlei Knorpelschäden entdeckt werden (Tabelle 15). Dagegen war die Häufigkeit von Knorpelschäden in den anderen drei Altersgruppen ungefähr gleichmäßig verteilt und betrug jeweils um die 40% (21-30: 40%; 31-40: 43,7%; 41-50: 37,5%). Es gab keine höhere Rate an Knorpelschäden bei der Patientengruppe der 41- 50 Jahre alten Personen

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Stadium I	3	5,5	5,5	5,5
Stadium II	9	16,4	16,4	21,8
Stadium III	5	9,1	9,1	30,9
Stadium IV	1	1,8	1,8	32,7
Kein Schaden	37	67,3	67,3	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 14: Häufigkeiten einer Knorpel-Verletzung

Altersgruppe			Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
15-20	Gültig	Kein Schaden	11	100,0	100,0	100,0
21-30	Gültig	Stadium I	2	10,0	10,0	10,0
		Stadium II	3	15,0	15,0	25,0
		Stadium III	2	10,0	10,0	35,0
		Stadium IV	1	5,0	5,0	40,0
		Kein Schaden	12	60,0	60,0	100,0
		Gesamt	20	100,0	100,0	
31-40	Gültig	Stadium I	1	6,3	6,3	6,3
		Stadium II	4	25,0	25,0	31,3
		Stadium III	2	12,5	12,5	43,8
		Kein Schaden	9	56,3	56,3	100,0
		Gesamt	16	100,0	100,0	
41-50	Gültig	Stadium II	2	25,0	25,0	25,0
		Stadium III	1	12,5	12,5	37,5
		Kein Schaden	5	62,5	62,5	100,0
		Gesamt	8	100,0	100,0	

Tabelle 15: Altersverteilung der Knorpel-Verletzungen

Die Meniskusschäden sind in Tabelle 16 und Tabelle 17 dargestellt. 20 Personen erlitten einen Schaden des medialen Meniskus (36,4%) und 19 Personen wiesen eine Läsion am lateralen Meniskus auf (34,5%). Wie in Abb.13 zu sehen, waren bei beiden Menisken die Grad III-Verletzungen die Häufigsten. Am medialen Meniskus war dies bei neun Personen der Fall (16,4%) und am lateralen Meniskus bei zwölf Personen (21,8%).

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Grad I	3	5,5	5,5	5,5
	Grad II	7	12,7	12,7	18,2
	Grad III	9	16,4	16,4	34,5
	Grad IV	1	1,8	1,8	36,4
	Kein Riss	35	63,6	63,6	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 16: Häufigkeiten medialer Meniskus-Verletzungen

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Grad II	7	12,7	12,7	12,7
	Grad III	12	21,8	21,8	34,5
	Kein Riss	36	65,5	65,5	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 17: Häufigkeiten lateraler Meniskus-Verletzungen

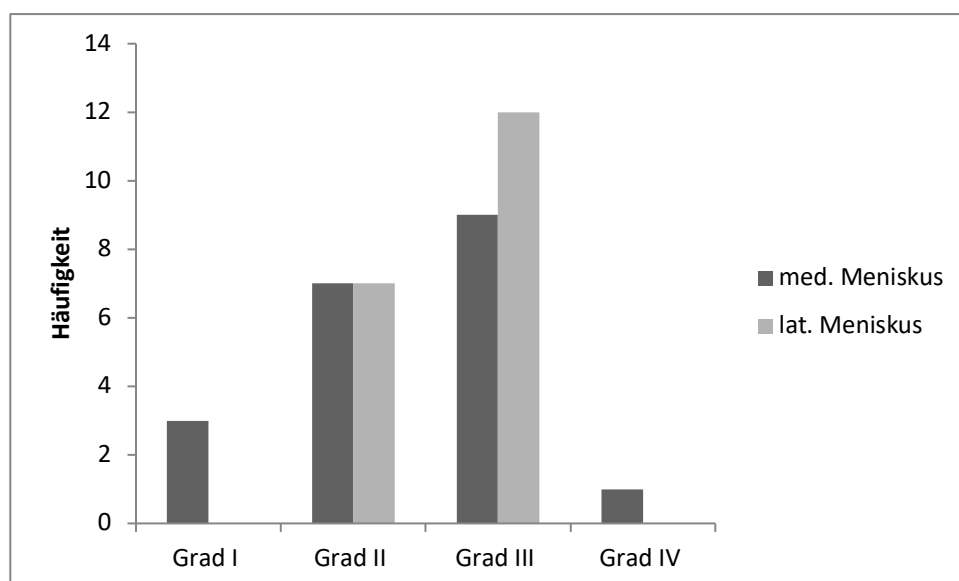


Abbildung 12: Häufigkeiten der Meniskus-Verletzungen

Das zeitgleiche Vorhandensein eines vorderen Kreuzbandrisses, eines Innenbandrisses sowie einer Innenmeniskusläsion, welches als "Unhappy triad" bezeichnet wird, konnte bei 5 Patienten (9%) beobachtet werden (s. Tabelle 18). Einbezogen in die Berechnung wurden nur Komplettrupturen des Innenbandes in Kombination mit einem Innenmeniskusschaden, unabhängig seines Schweregrades.

	Häufigkeit	Prozent
Ja	5	9%
Nein	50	91%
Gesamt	55	100%

Tabelle 18: Häufigkeiten der "Unhappy-triad"

3.3.4 Knochen, Patellaluxation, Gelenkerguss und extraartikulärer Erguss

Knochenschäden, wurden insgesamt bei 41 Patienten festgestellt, was einen prozentualen Anteil von 74,6% aller Personen ergab. Den mit 67,3% deutlich höheren Anteil der Verletzungen, machten hier die Bone bruises aus. Nur vier Personen (7,3%) zogen sich eine Impressionsfraktur oder eine Fraktur zu (Tabelle 19).

Bei 14 der 55 Personen konnte im MRT radiologisch eine Patellaluxation diagnostiziert werden. Die Häufigkeit betrug somit 25,5% (Tabelle 20).

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Bone bruise	37	67,3	67,3	67,3
Fraktur / Impressionsfraktur	4	7,3	7,3	74,5
Keine Knochenschäden	14	25,5	25,5	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 19: Häufigkeiten von Knochenschäden

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	14	25,5	25,5	25,5
Nein	41	74,5	74,5	100,0
Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 20: Häufigkeiten einer Patellaluxation

In den Tabellen 21 und 22 sind die Häufigkeiten der intra- und extraartikulären Ergüsse aufgeführt. Ein Kniegelenkserguss konnte bei fast allen Aufnahmen festgestellt werden (94,5%). Nur bei drei Personen konnte kein Erguss entdeckt werden. Die häufigste Lokalisation für einen extraartikulären Erguss, war mit 20% posterolateral der Kniegelenkscapsel. Ein posterolateraler (9,1%) und parapatellarer Erguss (10,9%) traten ähnlich häufig auf. Insgesamt konnte bei 22 Patienten ein extraartikulärer Erguss festgestellt werden.

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	52	94,5	94,5	94,5
	Nein	3	5,5	5,5	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 21: Häufigkeiten eines Gelenkergusses

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Posteromedial	5	9,1	9,1	9,1
	Posterolateral	11	20,0	20,0	29,1
	Parapatellar	6	10,9	10,9	40,0
	Kein Erguss	33	60,0	60,0	100,0
	Gesamt	55	100,0	100,0	

Tabelle 22: Häufigkeiten eines extraartikulären Ergusses

In Abbildung 14 sind die absoluten Häufigkeiten der einzelnen Begleitverletzungen, unabhängig vom Schweregrad, noch einmal zusammengefasst. Es werden alle Strukturen, auch wenn diese nur leicht verletzt wurden, in der Abbildung dargestellt.

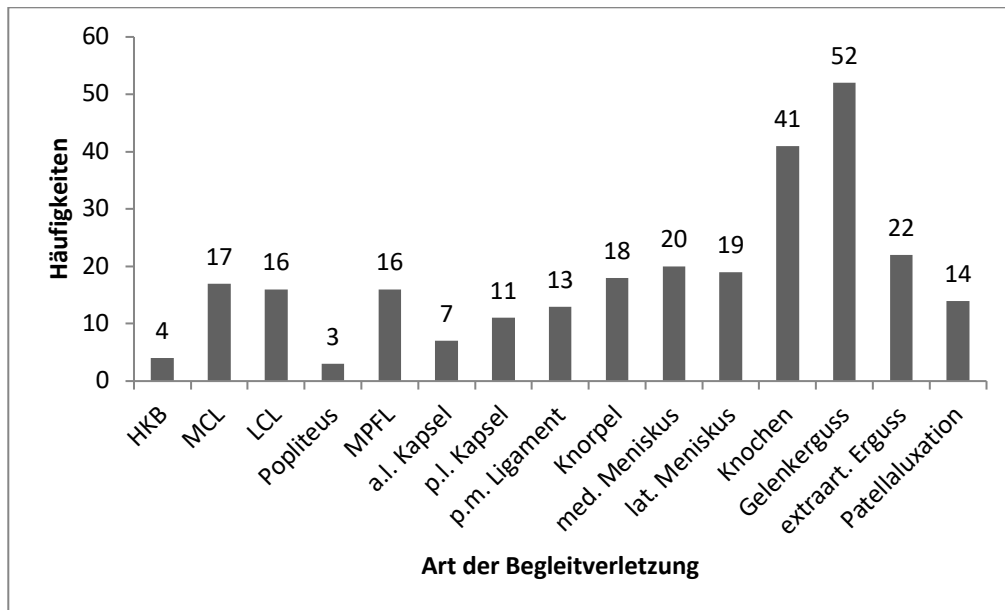


Abbildung 13: Absolute Häufigkeiten der Begleitverletzungen bei VKB-Ruptur

In Bezug auf die Fragestellung wurde untersucht, ob es bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten (15-30 Jahren) zu komplizierteren Verletzungen kommt (≥ 4 Begleitverletzungen). Hierzu wurde mittels Kreuztabellen und Chi-Quadrat-Test nach Pearson der Zusammenhang untersucht, wobei jedoch kein signifikanter Zusammenhang zwischen jungem Alter und mehreren Begleitverletzungen gezeigt werden konnte. Der p-Wert betrug hier 0,168 und war somit nicht signifikant. Die Kreuztabelle hierzu ist in Tabelle 23 zu sehen.

		Schweregrad der Verletzung		Gesamt
		3 oder weniger Begleitverletzungen	4 oder mehr Begleitverletzungen	
Alter	15-30 Jahre	21	10	31
	31-50 Jahre	11	13	24
Gesamt		32	23	55

Tabelle 23: Zusammenhang zwischen Alter und Anzahl der Begleitverletzungen

4. Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der vordere Kreuzbandriss keine einfache Verletzung ist. Zwar gab es deutliche Unterschiede bei den Häufigkeiten der verschiedenen Begleitverletzungen, eine isolierte Ruptur des vorderen Kreuzbandes, wurde jedoch bei keiner der MRT- Aufnahmen festgestellt.

Neben einem Kniegelenkserguss waren vor allem Bone bruises bei den meisten Patienten zu dokumentieren. Verletzungen des Innen- und Außenbandes, des medialen patellofemorales Ligamentes, sowie des Knorpels und der Mensiken waren auch relativ häufige Begleitverletzungen, wohingegen Schäden des hinteren Kreuzbandes sowie der Popliteussehne eher selten zu beobachten waren.

4.2 Diskussion der Methodik

Bei der Datenerhebung aus den bestehenden MRT-Aufnahmen wurde sich vor allem daran orientiert, welche Begleitverletzungen im klinischen Alltag häufig sind und welche im Zusammenhang mit vorderen Kreuzbandrupturen auch in vorigen nationalen und internationalen Studien häufiger beobachtet werden konnten [23, 24, 44, 57, 58]. Kruger-Franke, M., et al. beschäftigten sich im Jahre 1995 mit den Begleitverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur, wobei jedoch nur auf die Menisken und Seitenbänder geachtet wurde. Von damals 107 untersuchten Patienten mit vollständigem vorderen Kreuzbandriss wiesen 55% einen Riss des lateralen und 45% des medialen Meniskus auf. Bei 34% war zudem das mediale Kollateralband gerissen [59]. Auch Yan F., et al. untersuchten 2016 die Auswirkungen einer VKB-Ruptur auf die Menisken und den Knorpel. Von 366 Patienten wurde bei 223 Patienten (60,9%) ein Schaden der Menisken und bei 75 Patienten (20,5%) ein Knorpelschaden entdeckt [60]. Temponi E.F., et al. beschrieb 2017, dass Verletzungen der posterolateralen Ecke, zu der auch die Popliteussehne gehört, gehäuft (19,7%) vorkommen und empfiehlt auf derartige Verletzungen bei Diagnose einer VKB Verletzung zu achten [61]. Generell wurde der Zusammenhang mit Meniskus-, Knorpel- und Außenbandschäden häufiger in der Literatur beschrieben. Eine übersichtliche Studie über alle möglichen Begleitverletzungen im Kniegelenk bei Kreuzbandrissen sucht man bisher jedoch eher vergeblich. Sicherlich kann mit einem Kollektiv von 55 Patienten eher eingeschränkt auf die

Gesamtpopulation geschlossen werden, es lassen sich jedoch zumindest Tendenzen erkennen, die vorherige Erkenntnisse erhärten oder diese eventuell anzweifeln lassen.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

Mit einem Durchschnittsalter von 29,6 Jahren lag das untersuchte Patientenkollektiv in der Hauptrisikogruppe zwischen 15-39 Jahren für mögliche Kreuzbandverletzungen [62], jedoch ist mit 69% der Anteil der Männer in den gegebenen Daten deutlich höher gewesen, als der der Frauen, was allgemein betrachtet eher ungewöhnlich ist, da Frauen ein höheres Risiko für vordere Kreuzbandrisse haben [25, 26, 62]. Da es sich bei der untersuchten Population um eine zufällige Ansammlung von MRT-Aufnahmen handelt, kann dieser Unterschied auch ein Zufall sein. 47% der Kreuzbandrisse traten im mittleren Drittel auf, 49% im femoralen Drittel und 3,6% im tibialen Drittel. In der Literatur sind die Lokalisationen im Wesentlichen auf intraligamentäre Risse und Risse am Übergang von Knochen (Femur und Tibia) zu Kreuzband eingeteilt, wobei diese dann zum größten Teil im intraligamentären Bereich (70-80%) und zu geringeren Teilen am femoralen (20%) und tibialen Übergang auftreten (2%) [30, 63]. Bei der Auswertung der MRT-Bilder wurde das Kreuzband in drei Bereiche aufgeteilt, um die Lokalisation der Ruptur festzustellen, dies ist der Grund, weshalb eine vermeintlich hohe Anzahl an Rupturen im femoralen Bereich (49%) zustande kommt. Es bedeutet deswegen nicht zwangsläufig, dass das Band am direkten Übergang zum Knochen, sondern lediglich im proximalen Drittel rupturiert ist.

Eine kombinierte Ruptur aus vorderem und hinterem Kreuzband stellt eher die Ausnahme dar, das liegt zu einem daran, dass das hintere Kreuzband einen größeren Durchmesser hat und dadurch seltener reißt, als auch weil es eine antagonistische Funktion hat [27]. Jedoch wird eine kombinierte Verletzung in der Klinik häufiger diagnostiziert als eine isolierte HKB-Ruptur. In diesen Fällen aber eher in Verbindung mit Verletzungen der posterolateralen Gelenkecke als mit dem vorderen Kreuzband [64]. So ist es auch nicht verwunderlich, dass sich unter den 55 nur ein Patient befand, der eine kombinierte Kreuzbandverletzung aufwies (1,8%). Ebenfalls nur eine Person zeigte eine rupturierte Popliteusehne, bei zwei weiteren war diese teilrupturiert, womit sich bei 5,4% eine Verletzung der Popliteusehne zeigte. Temponi et al. untersuchte 2017 in seiner Studie die Häufigkeit von Verletzungen der posterolateralen Ecke bei VKB Rupturen. Dabei untersuchte er 162 Patienten mit vorderem Kreuzbandriss auf Begleitverletzungen und wies sogar bei 20 Personen (12,3%) eine Schädigung der Popliteusehne nach [61].

Eine Ruptur des medialen Kollateralbandes, als Begleitverletzung bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes, entsteht häufig durch den typischen Valgus-Stress. Ein zeitgleiches Auftreten der MCL-Verletzung wurde bei ungefähr 20% der Patienten mit VKB-Ruptur beschrieben [65, 66]. Auch in unseren untersuchten Daten konnte eine ähnliche Häufigkeit mit 14,5% beobachtet werden, wobei hier jedoch nur die Kompletttrupturen berücksichtigt wurden. Aufgrund einer anhaltenden Instabilität im Kniegelenk wird diskutiert, ob ein rupturiertes oder teilrupturiertes Seitenband, ein höheres Risiko für eine sekundäre Insuffizienz der Kreuzbandplastik oder Osteoarthritis birgt [67].

Ein Riss des lateralen Kollateralbandes trat bei unseren Untersuchungen bei 7 Personen auf (12,7%), was als recht hoher Wert betrachtet werden kann, da die LCL Ruptur allgemein eher eine seltenere Begleitverletzung bei VKB-Ruptur ist und eher bei Hyperflexions-Außenrotationstrauma oder extremen Varus-Stress vorkommt [14]. Von 162 untersuchten Patienten konnten Temponi et al. lediglich bei 8 Patienten (5%) einen Riss des des lateralen Kollateralbandes feststellen [61]. Diese, sehr hohen Zahlen, in den untersuchten Daten könnten dadurch zu Stande gekommen sein, dass die Daten aus einer Universitätsklinik stammen, die allgemein eher kompliziertere Verletzungen behandelt, als kleinere Kliniken. Das Außenband gilt jedenfalls als wichtiger Stabilisator des Kniegelenks. So zeigten Zantop et al. dass eine alleinige VKB Rekonstruktion, bei gleichzeitig vorhandener LCL-Ruptur, die Kinematik des Knies nicht wieder vollständig herstellen kann [68]

Eine vollständige Ruptur des medialen Patellofemoralen Ligaments konnte bei 8 Personen (14,5%) festgestellt werden, die Zahl der Teilrupturen war mit 14,5% genauso häufig zu sehen. Sillanpaa et al. untersuchten die Inzidenz vom gleichzeitigen Auftreten einer VKB- mit einer MPFL-Ruptur bei Sport Verletzungen von jungen Athleten. Sie zeigten, dass eine Patellaluxation bei 7% mit kompletter VKB Ruptur zu sehen war und bei 13% bei Patienten mit Teilruptur [69]. Die VKB Ruptur und die MPFL Ruptur entstehen beide durch ähnliche Verletzungsmuster und sind häufig durch dauerhafte Knieinstabilität gekennzeichnet. Hiemstra et al. untersuchten 2016 das Outcome von Patienten mit kombinierter VKB- und MPFL-Ruptur und zeigten, dass eine kombinierte Verletzung bei 33%, aufgrund anhaltender Knieinstabilität, zu einer späteren Zweitoperation führte [70].

Bei 14 Patienten (25,5%) wurde eine Patellaluxation diagnostiziert. Hierbei handelte es sich jedoch um eine reine Verdachtsdiagnose anhand der MRT-Bilder ohne Kenntnis der zugehörigen Klinik des Patienten. Deshalb muss diese Zahl eher kritisch betrachtet werden. Zeichen für eine Patellaluxation im MRT waren Kontusionsödeme der medialen Patella und

des lateralen Femurkondylus, sowie die Ruptur des medialen Patellofemorales Ligaments. Diese Zeichen werden auch in der Literatur als relativ sicher beschrieben [71], sind jedoch ohne zugehörige Klinik nicht für eine Diagnose ausreichend.

Bei 11 Patienten (20%) traten Verletzungen der posterolateralen Kapsel auf (3 Komplettrupturen und 8 Teilrupturen). Die posterolaterale Kapsel besteht aus zahlreichen kleineren Kapsel-Band-Strukturen und hat eine große Bedeutung für die Stabilität des Kniegelenkes. Eine Verletzung entsteht gehäuft bei hinteren Kreuzbandrissen, tritt aber auch bei VKB-Rupturen auf und wird dann als ein prognostisch ungünstiger Faktor gewertet [72]. Mit 19,7% wiesen Temponi et al., 2017 einen ähnlich hohen Anteil an Begleitverletzungen der posterolateralen Kapsel nach [61].

Eine Verletzung der anterolateralen Kapsel (ALC) wurde bei 7 Patienten (12,8%) diagnostiziert. Mit 51% wiesen Musahl et al. einen deutlich höheren Wert an begleitenden Verletzungen der ALC nach. Sie zeigten außerdem, dass Patienten mit einer kombinierten VKB- und ALC-Ruptur eine erhöhte Rotation im Kniegelenk beim Pivot-Shift aufwiesen [73]. Der deutliche Unterschied in der Häufigkeit der ALC-Verletzungen kann nicht genau erklärt werden. Jedoch haben Musahl et al. die Verletzungen der anterolateralen Kapsel in die Grade I-III eingeteilt, wobei Grad III die Komplettruptur der Kapsel beschreibt. Diese konnte auch nur bei 4,8% nachgewiesen werden, ähnlich wie in den eigenen Untersuchungen mit 5,5%.

Insgesamt konnten bei 22 Patienten (40%) ein extraartikulärer Erguss festgestellt werden. Diese Weichteilödeme entstehen häufig durch Verletzungen der Kniegelenkscapsel und Einblutungen in das periartikuläre Gewebe. Am häufigsten traten hier bei 11 Personen (22%) posterolaterale Ergüsse auf, welche durch Verletzungen der posterolateralen Ecke entstehen. Auch in vorigen Studien war die Häufigkeit an Verletzungen dieser Region ähnlich hoch [73].

Knorpelschäden konnten bei 18 Patienten (32,7%) nachgewiesen werden, wobei Läsionen vom Schweregrad II am häufigsten vorkamen (n=9; 16,4%). Wie in Tabelle 15 zu sehen, fiel von den 18 Patienten mit Knorpelschaden 44% auf die Patientengruppe zwischen 21-30 Jahren. Maffulli et al. untersuchten 378 Patienten auf die Häufigkeit von Knorpelläsionen bei vorderem Kreuzbandriss. Eingeschlossen wurden, ähnlich wie bei dieser Studie, nur Patienten zwischen 16 und 50 Jahren, damit mögliche degenerative Knorpelschäden ausgeschlossen werden konnten. Bei 157 Patienten (42%) konnte mindestens eine Knorpelläsion festgestellt werden, auch hier traten am häufigsten Verletzungen vom Grad II auf [74]. Auch Yüksel et al.

untersuchten die Häufigkeit von chondralen Begleitverletzungen bei VKB-Ruptur, von 317 Patienten wurde bei 45% mindestens eine Knorpelläsion diagnostiziert. Des Weiteren wurde der Abstand zwischen Verletzung des vorderen Kreuzbandes und der erstmaligen Arthroskopie untersucht, welcher im Durchschnitt bei 19,4 Monaten lag. Hierbei zeigte sich, dass bei zunehmenden Zeitabstand eine erhöhte Prävalenz von Knorpelschäden auftrat [75]. De Campos et al. konnten 2016 zeigen, dass Knorpelschäden bei Patienten erst signifikant häufiger vorkommen, wenn die Operation später als ein Jahr nach dem initialen vorderen Kreuzbandriss operiert wird [76].

Einen Riss des Innenmeniskus wurde bei 20 Patienten beobachtet (36%), wobei die Verletzungen vom Schweregrad III hier am häufigsten vorkamen (n=9; 16,4%). Die Häufigkeit der Schädigung des medialen Meniskus als Begleitverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur wird in der Literatur sehr unterschiedlich beschrieben. So zeigten Studien bei 46% [73], bei 53% [77] oder sogar bei 72% [23] einen vorhandenen Schaden des medialen Meniskus. Die bei uns nachgewiesenen 36% sind also eher als niedriger Wert für eine begleitende Innenmeniskusverletzung anzusehen. Musahl et al. zeigten des Weiteren, dass ein begleitender Meniskusschaden mit einer erhöhten Rotation im Kniegelenk einhergeht, da die Menisken als wichtige sekundäre Stabilisatoren bei VKB-Rissen fungieren. Deshalb sollte bei Verletzung dieser sekundären Stabilisatoren eine angemessene Therapie erfolgen [73]. Eine gehäufte Inzidenz an medialen Meniskusrissen tritt, aufgrund der dauerhaften Knieinstabilität, häufig bei chronischer VKB Insuffizienz auf, [78]. Eine kombinierte Verletzung aus vorderem Kreuzband, Innenband und Innenmeniskus, der sogenannten "Unhappy triad" trat bei 5 Personen auf (9%). Obwohl die "Unhappy triad", als Verletzungsmuster bei einem VKB-Riss, relativ bekannt ist, bestehen heutzutage Zweifel, ob diese Kombination an Verletzungen wirklich gehäuft auftritt. In mehreren Studien wurde ein häufigeres Verletzungsmuster mit Außenmeniskus-, anstatt Innenmeniskus-Beteiligung gesehen und die klassische "Unhappy triad" eher als ein seltenes klinisches Phänomen unter Athleten gesehen [24, 57, 79]. Mit einer Häufigkeit von 9%, die diese Kombination an Verletzungen aufwies, ist sie jedoch in der von uns untersuchten Population nicht unbedingt als seltenes Phänomen anzusehen.

Laterale Meniskusrisse traten bei 19 Personen auf (34,5%), wobei auch hier die Grad III-Verletzungen die Häufigsten waren. Diese konnten bei 12 Personen (21,8%) nachgewiesen werden. Auch hier sind unterschiedliche Daten zu der Häufigkeit beschrieben, so lassen sich Zahlen mit 18% oder auch 41% begleitenden Außenmeniskusrissen finden [58, 73]. Frank et

al. untersuchten in ihrer Studie die biomechanischen Effekte des Außenmeniskushinterhorn und des Meniskofemoralem Ligament (MFL) bei gerissenen und intakten vorderen Kreuzbändern. Bei Durchschneiden des MFL und des Außenmeniskus kommt es zu einer erhöhten anterioren tibialen Translation im Kniegelenk. Sie konnten zeigen, dass das Außenmeniskushinterhorn ein wichtiger Stabilisator des Knies sowohl bei Rotationsbewegungen, als auch bei der Translation ist, sodass es bei kombinierten Verletzungen mit bereits erfolgter Kreuzbandplastik, zu einer erhöhten Spannung auf das Transplantat kommen kann, womit die Gefahr der Re-Ruptur steigt. Deshalb sollte es bei einer kombinierten Verletzung des vorderen Kreuzbandes und des Außenmeniskus, zu einer gleichzeitigen Versorgung kommen, um eine mögliche Überbelastung des VKB-Transplantats zu verhindern [80].

Von unseren untersuchten Patienten wiesen 37 Patienten (67,3%) Bone bruises auf, was abgesehen von einem begleitenden Kniegelenkserguss, die häufigste Begleitverletzung bei vorderer Kreuzbandruptur darstellte. Bone bruises entstehen durch den Aufprall von Femur und Tibia bei einem Riss des VKB und können im MRT als hyperintense Signalanhebung gesehen werden. Am häufigsten prallen das anterolaterale Femur und die posterolaerale Tibia zusammen, weshalb dort sehr häufig Bone bruises zu sehen sind [81]. Auch in der bisherigen Literatur werden Bone bruises als eine sehr häufige Begleitverletzung beschrieben und konnte bei 75%, 80% oder sogar 88% der Patienten bei vorderem Kreuzbandriss entdeckt werden [21, 61, 82]. Obwohl die Anwesenheit von Bone bruises mit stärkeren Schmerzen einhergeht, konnten keine sicheren Langzeitschäden aufgrund von Bone bruises im Kniegelenk ausgemacht werden [83].

Einen Kniegelenkserguss konnte man bei fast allen Patienten sehen (94,5%). Da ein Kniegelenkserguss eher zwangsläufig bei einem akuten Trauma, wie dem vorderen Kreuzbandriss auftritt, ist dieser eigentlich weniger eine Begleitverletzung, als ein Marker für ein akutes Geschehen [84]. Somit lässt sich vermuten, dass die drei Patienten, welche keinen Kniegelenkserguss aufweisen konnten, eher eine ältere Verletzung des vorderen Kreuzbandes hatten. Da ein Erguss im Kniegelenk nur langsam resorbiert werden kann, führt dieser durch Druck auf umliegende Strukturen zu Schmerzen. Wang et al. untersuchten Patienten mit vorderem Kreuzbandriss danach, ob eine frühzeitige Kniegelenkspunktion in der Notaufnahme den Schmerz lindern und zu einer besseren Genauigkeit bei der Diagnose führen würde. Eine Schmerzlinderung konnte hierbei jedoch nicht nachgewiesen werden und auch eine bessere Diagnostik mittels Lachmann-Test konnte nicht signifikant gezeigt werden

[85]. Deshalb sollte, auch aufgrund der hohen Infektionsgefahr, eher von einer frühzeitigen Punktion des Kniegelenks abgesehen werden.

4.4 Schlussfolgerung

Mit der vorliegenden Studie konnte gezeigt werden, dass es sich bei der vorderen Kreuzbandruptur an sich nicht um eine isolierte Verletzung handelt. Bei keinem der Patienten trat eine wirklich isolierte VKB-Ruptur auf. Als häufigste Begleitverletzungen konnten Bone bruises (67,3%), Verletzungen des Innen- (36%) und Außenmeniskus (34,5%), Knorpelschäden (32,7%), Risse des medialen patellofemorales Ligaments (14,5%), sowie des medialen (14,5%) und des lateralen Kollateralbandes (12,7%) dokumentiert werden. Eine Gesamtübersicht der Begleitverletzungen ist aus Abb. 13 ersichtlich. Im Bezug auf die Fragestellung konnte gezeigt werden, dass nicht nur Begleitverletzungen des Innenbandes und der Menisken häufig sind, sondern dass auch Außenbandrisse in unserem Patientenkollektiv gehäuft aufgetreten waren. Dies kann zufällig oder dadurch bedingt sein, dass die Daten aus einer Universitätsklinik stammen, wo grundsätzlich eher kompliziertere Verletzungen behandelt werden, trotzdem wäre es zielführend diesbezüglich noch einmal Daten aus einer größeren Population zu untersuchen. Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern im Bezug darauf, ob bestimmte Begleitverletzungen gehäuft bei einer Gruppe auftreten, konnten nicht gezeigt werden, weshalb die Hypothese aus der Fragestellung abgelehnt werden muss. Da in der untersuchten Population der männliche Anteil mit 69,1% deutlich höher war, als der der Frauen mit 30,9%, sollte man, um bessere Aussagen darüber treffen zu können, ob es relevante Unterschiede zwischen den Geschlechtern gibt, das Geschlechterverhältnis besser verteilen und auch Patienten ähnlichen Alters gegeneinander untersuchen.

Auch die Hypothese, dass es zu komplizierteren Verletzungen bei jungen Patienten kommt, muss abgelehnt werden (s. Tabelle 23), da auch hier keine signifikanten Werte gezeigt werden konnten. Man kann sicherlich über die Definition einer komplizierten Verletzung diskutieren, welche bei den hier untersuchten Patienten als vordere Kreuzbandruptur mit vier oder mehr Begleitverletzungen definiert wurde. Des Weiteren wurden Patienten bis einschließlich 30 Jahren als "junge" Patienten gezählt, was in der untersuchten Gruppe sinnvoll war, da es eine relativ große Streuung im Alter gab, ansonsten jedoch individuell anders definiert werden kann.

In der vorliegenden zusammenhängenden Arbeit wurden die vielen möglichen Begleitverletzungen der vorderen Kreuzbandruptur dargestellt und es wurde noch einmal

deutlich gezeigt, dass es sich bei dieser so häufigen Verletzung eigentlich um eine komplizierte Schädigung des Kniegelenks handelt. Die frühzeitige Versorgung einer vorderen Kreuzbandruptur mit einem autologen Transplantat stellt nach wie vor den Goldstandard in der Therapie dar [15, 86, 87], es darf aber nicht übersehen werden, dass mit der reinen Kreuzbandplastik meistens nur ein Teil der Pathologie adressiert wird. Um Langzeitschäden eventuell verhindern zu können müssen auch andere gelenkstabilisierende Strukturen therapiert werden. Auch in der aktuellen Literatur wird deshalb immer mehr ein Augenmerk auf die verschiedenen Begleitverletzungen gelegt.

4.5 Ausblick

Bei der Studie handelte es sich um eine retrospektive Untersuchung. Um Unterschiede im klinischen Alltag zu vergleichen, wäre eine prospektive Kohortenstudie sinnvoll. Hierbei könnten zwei Gruppen von Patienten mit vorderem Kreuzbandriss und unterschiedlichen Therapien, hinsichtlich langfristiger Schäden auf Knorpel, Menisken sowie Re-Rupturen der Kreuzbänder untersucht werden. Da nach Anwendung der Ausschlusskriterien letzten Endes nur 55 MRT-Aufnahmen ausgewertet werden konnten, sollte möglichst in Zukunft eine größere Patientenzahl untersucht werden. Zufällige Fehler bei der Auswertung bewirken hier einen deutlicheren Unterschied auf das Ergebnis.

Da die Daten aus der Radiologie einer Universitätsklinik stammen und es sich dabei eventuell auch um kompliziertere Verletzungen gehandelt hat, kann es sein, dass diese für die Epidemiologie insgesamt, unter Einschluss der niedergelassenen Orthopäden, nicht repräsentativ sind. Deshalb ist es sinnvoll in zukünftigen Studien das Patientenkollektiv aus anderen Einrichtungen und aus einer Universitätsklinik zu beziehen.

Eine Nachuntersuchung hinsichtlich des klinischen Verlaufes und der aktuellen Beschwerden könnte helfen, die verschiedenen Therapiemethoden bezüglich ihrer klinischen Relevanz einzuordnen. Hierbei könnte geklärt werden inwiefern Begleitverletzungen der sogenannten Kreuzbandruptur einen Einfluss auf klinische Beschwerden und das allgemeine Wohlbefinden haben.

5. Zusammenfassung

Einleitung: Risse des vorderen Kreuzbandes (VKB) gehören zu den häufigsten Verletzungen des Kniegelenks. Hauptsächlich treten diese bei jüngeren, sportlich aktiven Patienten auf und sind meist mit einer Vielzahl von Begleitverletzungen verknüpft. Während die VKB- Ruptur mittels operativer Rekonstruktion meist suffizient therapiert werden kann, sind die Begleitschäden an Menisken und Knorpel oft irreparabel und führen mit der Zeit zu degenerativen Langzeitschäden. Dies kann bereits im jungen Alter zu schwerer Kniegelenksarthrose und chronischen Schmerzen führen. Im Rahmen dieser Studie sollen die häufigsten Begleitverletzungen bei vorderer Kreuzbandruptur erfasst werden.

Methodik: In dieser retrospektiven Datenanalyse wurden 55 MRT- Aufnahmen von vorderen Kreuzbandrissen der Klinik für Radiologie und Neuroradiologie des Universitätsklinikums Schleswig- Holstein, Campus Kiel hinsichtlich ihrer Begleitverletzungen analysiert. Die Daten stammen aus zufällig ausgewählten Aufnahmen von kompletten VKB-Rupturen aus dem Zeitraum von 2011 bis 2015. Ausschlusskriterien waren Teilrupturen, knöcherne Ausrisse des vorderen Kreuzbandes, am Kniegelenk voroperierte Patienten, sowie Patienten, die jünger als 15 Jahre und älter als 50 Jahre waren. Bei der Analyse der Aufnahmen wurde auf Begleitverletzungen folgender Strukturen geachtet: Hinteres Kreuzband, Außenbänder, Popliteussehne, Mediales Patellofemorales Ligament, Kapselapparat, Posteromediales Ligament, Knorpel, Menisken, Knochen, Patella sowie das Vorhandensein eines Kniegelenksergusses.

Ergebnisse: Bei dem untersuchten Patientenkollektiv (mittleres Alter 29,6 Jahre; 38 Personen männlich, 17 Personen weiblich) waren neben einem Kniegelenkserguss, der bei fast allen Patienten zu sehen war (94,5%), vor allem Bone bruises häufig zu sehen (67,3%). Verletzungen des Innen- (36%) und Außenmeniskus (34,5%), Knorpelschäden (32,7%), Risse des medialen patellofemorales Ligaments (14,5%), sowie des medialen (14,5%) und des lateralen Kollateralbandes (12,7%) traten auch gehäuft auf. Seltener waren Verletzungen des posteromedialen Ligamentes (9,1%), der anterolateralen und posterolateralen Kapsel (jeweils 5,5%) sowie des hinteren Kreuzbandes und der Popliteus-Sehne (jeweils 1,8%). Extraartikuläre Ergüsse konnten bei insgesamt 40% nachgewiesen werden, davon waren 20% posterolateral, 10,9% parapatellar und 9,1% posteromedial lokalisiert.

Diskussion: Die Ergebnisse der Studie zeigten, dass der vordere Kreuzbandriss keine isolierte Verletzung ist. Keine der VKB-Rupturen trat ohne eine begleitende Verletzung der untersuchten Strukturen auf. Interessant ist vor allem, dass bei dem untersuchten Patientenkollektiv der Außenbandriss relativ häufig zu sehen war. Signifikante Unterschiede zwischen den Geschlechtern hinsichtlich der verschiedenen Begleitverletzungen konnten genau so wenig nachgewiesen werden, wie ein gehäuftes Vorkommen von komplexeren Verletzungen bei jungen, sportlich aktiven Patienten. Anhand der Ergebnisse der Studie wird deutlich, dass der vordere Kreuzbandriss eine komplexere Verletzung ist, als häufig angenommen wird. Die Behandlung der Begleitverletzungen kann eventuell helfen Spätschäden am Kniegelenk zu verhindern.

6. Literaturverzeichnis

1. Zilles, K. and B.N. Tillmann, *Anatomie*. 1st ed. 2010, Heidelberg: Springer.
2. Paulsen, F. and J. Waschke, *Sobotta Atlas der Anatomie des Menschen: Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat*. 23rd ed. 2010, München: Elsevier.
3. Wagner, M. and R. Schabus, *Funktionelle Anatomie des Kniegelenks*. 1st ed. 1982, Berlin: Springer.
4. Wirth, C.J., L. Zichner, and D. Kohn, *Orthopädie und orthopädische Chirurgie: Knie*. 2005, Stuttgart: Thieme.
5. Schabus, R. and E. Bosina, *Das Knie: Diagnostik Therapie Rehabilitation*. 2007, Wien: Springer.
6. Butler, D.L., F.R. Noyes, and E.S. Grood, *Ligamentous restraints to anterior-posterior drawer in the human knee. A biomechanical study*. J Bone Joint Surg Am, 1980. **62**(2): p. 259-70.
7. Jagodzinski, M., N. Friedrich, and W. Müller, *Das Knie: Form, Funktion und ligamentäre Wiederherstellungschirurgie*. 2nd ed. 2015, Berlin: Springer.
8. Petersen, W. and T. Zantop, *Anatomische Doppelbündelrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes*. 1st ed. 2014, Berlin: Endo Press.
9. Yagi, M., et al., *Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction*. Am J Sports Med, 2002. **30**(5): p. 660-6.
10. Kapandji, I.A., *The physiology of the joints*. 1970, Edinburgh: Churchill Livingstone.
11. Menschik, A., *Mechanik des Kniegelenks*. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 1974(112): p. 481-495.
12. Magnussen, R.A., et al., *Cross-cultural comparison of patients undergoing ACL reconstruction in the United States and Norway*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2010. **18**(1): p. 98-105.
13. Siewert, J.R. and H.J. Stein, *Chirurgie*. 9th ed. 2012, Berlin: Springer.
14. Petersen, W. and T. Zantop, *Das vordere Kreuzband*. 2009, Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
15. Teske, W., et al., *[Rupture of the anterior cruciate ligament. Diagnostics and therapy]*. Orthopade, 2010. **39**(9): p. 883-898; quiz 899.
16. O'Donoghue, D.H., *The Unhappy Triad: Etiology, Diagnosis and Treatment*. Am J Orthop, 1964. **6**: p. 242-7 PASSIM.
17. Buckup, K. and J. Buckup, *Klinische Tests an Knochen, Gelenken und Muskeln*. 5th ed. 2012, Stuttgart: Thieme.
18. Kim, S.J. and H.K. Kim, *Reliability of the anterior drawer test, the pivot shift test, and the Lachman test*. Clin Orthop Relat Res, 1995(317): p. 237-42.
19. Donaldson, W.F., 3rd, R.F. Warren, and T. Wickiewicz, *A comparison of acute anterior cruciate ligament examinations. Initial versus examination under anesthesia*. Am J Sports Med, 1985. **13**(1): p. 5-10.
20. Hepp, R. and H.A. Locher, *Orthopädisches Diagnostikum*. 8th ed. 2014, Stuttgart: Thieme.

21. Rosen, M.A., D.W. Jackson, and P.E. Berger, *Occult osseous lesions documented by magnetic resonance imaging associated with anterior cruciate ligament ruptures*. *Arthroscopy*, 1991. **7**(1): p. 45-51.
22. Felli, L., et al., *Comparison of clinical, MRI and arthroscopic assessments of chronic ACL injuries, meniscal tears and cartilage defects*. *Musculoskelet Surg*, 2016.
23. Olsson, O., et al., *Epidemiology of intra- and peri-articular structural injuries in traumatic knee joint hemarthrosis - data from 1145 consecutive knees with subacute MRI*. *Osteoarthritis Cartilage*, 2016.
24. Petersen, W., et al., *Injuries of the anterior cruciate ligament: from prevention to therapy*. *Zeitschrift für die orthopädische und unfallchirurgische Praxis*, 2012(06): p. 233.
25. Lindenfeld, T.N., et al., *Incidence of injury in indoor soccer*. *Am J Sports Med*, 1994. **22**(3): p. 364-71.
26. Myklebust, G., et al., *A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball*. *Scand J Med Sci Sports*, 1998. **8**(3): p. 149-53.
27. Wilcke, A., *Vordere Kreuzbandläsion*. 2004, Heidelberg: Steinkopff-Verlag.
28. Petersen, W., D. Rosenbaum, and M. Raschke, *Rupturen des vorderen Kreuzbandes bei weiblichen Athleten. Teil 1: Epidemiologie, Verletzungsmechanismen und Ursachen*. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 2005. **56**(6): p. 150-156.
29. Faraj, A.A., E. Schilders, and M. Martens, *Arthroscopic findings in the knees of preadolescent children: report of 23 cases*. *Arthroscopy*, 2000. **16**(8): p. 793-5.
30. Ng, W.H., et al., *Imaging of the anterior cruciate ligament*. *World J Orthop*, 2011. **2**(8): p. 75-84.
31. Tjoumakaris, F.P., D.J. Donegan, and J.K. Sekiya, *Partial tears of the anterior cruciate ligament: diagnosis and treatment*. *Am J Orthop (Belle Mead NJ)*, 2011. **40**(2): p. 92-7.
32. Beynon, B.D., et al., *Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part 2*. *Am J Sports Med*, 2005. **33**(11): p. 1751-67.
33. Beynon, B.D., et al., *Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I*. *Am J Sports Med*, 2005. **33**(10): p. 1579-602.
34. Hinterwimmer, S., et al., *Operative vs. konservative Therapie der vorderen Kreuzbandruptur: Eine systematische Literaturübersicht*. *Der Unfallchirurg*, 2003. **106**(5): p. 374-379.
35. Wittenberg, R.H., H.U. Oxfort, and C. Plafki, *A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures. A matched pair analysis*. *Int Orthop*, 1998. **22**(3): p. 145-8.
36. Linko, E., et al., *Surgical versus conservative interventions for anterior cruciate ligament ruptures in adults*. *Cochrane Database Syst Rev*, 2005(2): p. CD001356.
37. Monk, A.P., et al., *Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries*. *Cochrane Database Syst Rev*, 2016. **4**: p. CD011166.
38. Frobell, R.B., et al., *Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial*. *BMJ*, 2013. **346**: p. f232.

39. Strobel, S., et al., *Sehnenpräparation für die Kreuzbandrekonstruktion mit Semitendinosus- und Gracilissehne*. 2014, Tuttlingen: Endo Press.
40. Daniel, D.M., et al., *Fate of the ACL-injured patient. A prospective outcome study*. Am J Sports Med, 1994. **22**(5): p. 632-44.
41. Liden, M., et al., *Patellar tendon or semitendinosus tendon autografts for anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized study with a 7-Year follow-up*. Am J Sports Med, 2007. **35**(5): p. 740-8.
42. Wagner, M., et al., *Hamstring tendon versus patellar tendon anterior cruciate ligament reconstruction using biodegradable interference fit fixation: a prospective matched-group analysis*. Am J Sports Med, 2005. **33**(9): p. 1327-36.
43. Kartus, J., T. Movin, and J. Karlsson, *Donor-site morbidity and anterior knee problems after anterior cruciate ligament reconstruction using autografts*. Arthroscopy, 2001. **17**(9): p. 971-80.
44. Nagelli, C.V., et al., *Does Anterior Cruciate Ligament Innervation Matter for Joint Function and Development of Osteoarthritis?* J Knee Surg, 2016.
45. Imhauser, C., et al., *Abnormal tibiofemoral contact stress and its association with altered kinematics after center-center anterior cruciate ligament reconstruction: an in vitro study*. Am J Sports Med, 2013. **41**(4): p. 815-25.
46. Farshad, M., et al., *Reconstruction versus conservative treatment after rupture of the anterior cruciate ligament: cost effectiveness analysis*. BMC Health Serv Res, 2011. **11**: p. 317.
47. Schoepp, C., W. Martin, and D. Rixen, *Knöcherner vorderer Kreuzbandausriss*. OP-Journal, 2013. **29**(3): p. 216-220.
48. Miyasaka, K.C., et al., *The incidence of knee ligament injuries in the general population*. Am J Knee Surg, 1991. **4**: p. 3-9.
49. Gunther, K.P., et al., *[Clinical epidemiology of hip and knee joint arthroses: an overview of the results of the "Ulm Osteoarthritis Study"]*. Z Rheumatol, 2002. **61**(3): p. 244-9.
50. Oliveria, S.A., et al., *Incidence of symptomatic hand, hip, and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization*. Arthritis Rheum, 1995. **38**(8): p. 1134-41.
51. Hart, R., et al., *Total knee arthroplasty implanted with and without kinematic navigation*. Int Orthop, 2003. **27**(6): p. 366-9.
52. Hodler, J., et al., *[Magnetic resonance tomography (MRT) of the knee joint: meniscus, cruciate ligaments and hyaline cartilage]*. Rofo, 1993. **159**(2): p. 107-12.
53. Dawson, J., et al., *Questionnaire on the perceptions of patients about total knee replacement*. J Bone Joint Surg Br, 1998. **80**(1): p. 63-9.
54. Altman, D.G. and C.J. Dore, *Randomisation and baseline comparisons in clinical trials*. Lancet, 1990. **335**(8682): p. 149-53.
55. Hamelynck, K.J., *Vor- und Nachteile mobiler Komponenten in der Kniegelenktotalendoprothetik*, in *Praxis der Knieendoprothetik*, J. Eulert and J. Hassenpflug, Editors. 2001, Springer: Berlin. p. 129-136.
56. Liow, R.Y., et al., *Functional rating for knee arthroplasty: comparison of three scoring systems*. Orthopedics, 2003. **26**(2): p. 143-9.
57. Stevens, K.J. and J.L. Drago, *Anterior cruciate ligament tears and associated injuries*. Top Magn Reson Imaging, 2006. **17**(5): p. 347-62.

58. Bin Abd Razak, H.R., et al., *Diagnosis of ligamentous and meniscal pathologies in patients with anterior cruciate ligament injury: comparison of magnetic resonance imaging and arthroscopic findings*. *Ann Transl Med*, 2015. **3**(17): p. 243.
59. Kruger-Franke, M., et al., [*Concomitant injuries with anterior cruciate ligament rupture. A retrospective study*]. *Unfallchirurg*, 1995. **98**(6): p. 328-32.
60. Yan, F., et al., *Effect of anterior cruciate ligament rupture on secondary damage to menisci and articular cartilage*. *Knee*, 2016. **23**(1): p. 102-5.
61. Temponi, E.F., et al., *Incidence and MRI characterization of the spectrum of posterolateral corner injuries occurring in association with ACL rupture*. *Skeletal Radiol*, 2017.
62. Janssen, R.P., et al., *Anterior cruciate ligament reconstruction with 4-strand hamstring autograft and accelerated rehabilitation: a 10-year prospective study on clinical results, knee osteoarthritis and its predictors*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2013. **21**(9): p. 1977-88.
63. Noyes, F.R., et al., *Biomechanical analysis of human ligament grafts used in knee-ligament repairs and reconstructions*. *J Bone Joint Surg Am*, 1984. **66**(3): p. 344-52.
64. Schuttler, K.F., et al., [*Posterior cruciate ligament injuries*]. *Unfallchirurg*, 2017. **120**(1): p. 55-68.
65. Bates, N.A., et al., *Characteristics of inpatient anterior cruciate ligament reconstructions and concomitant injuries*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2016. **24**(9): p. 2778-86.
66. Yoon, K.H., J.H. Yoo, and K.I. Kim, *Bone contusion and associated meniscal and medial collateral ligament injury in patients with anterior cruciate ligament rupture*. *J Bone Joint Surg Am*, 2011. **93**(16): p. 1510-8.
67. Domnick, C., M.J. Raschke, and M. Herbolt, *Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques*. *World J Orthop*, 2016. **7**(2): p. 82-93.
68. Zantop, T., et al., *Double-bundle reconstruction cannot restore intact knee kinematics in the ACL/LCL-deficient knee*. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2010. **130**(8): p. 1019-26.
69. Sillanpaa, P., Elo J, Matilla VM, Pihlajamaki H, *Incidence and nature of simultaneous anterior cruciate ligament injury and patellar dislocation - analysis of 130 708 young adults*. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*, 2012. **28** (9)(139): p. e413-e18.
70. Hiemstra, L.A., et al., *Outcomes of surgical stabilization in patients with combined ACL deficiency and patellofemoral instability - A case series*. *Knee*, 2016. **23**(6): p. 1106-1111.
71. Diederichs, G. and S. Scheffler, [*MRI after patellar dislocation: assessment of risk factors and injury to the joint*]. *Rofo*, 2013. **185**(7): p. 611-20.
72. Bonanzinga, T., et al., *Biomechanical effect of posterolateral corner sectioning after ACL injury and reconstruction*. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015. **23**(10): p. 2918-24.

73. Musahl, V., et al., *The Influence of Meniscal and Anterolateral Capsular Injury on Knee Laxity in Patients With Anterior Cruciate Ligament Injuries*. Am J Sports Med, 2016. **44**(12): p. 3126-3131.
74. Maffulli, N., P.M. Binfield, and J.B. King, *Articular cartilage lesions in the symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee*. Arthroscopy, 2003. **19**(7): p. 685-90.
75. Yuksel, H.Y., S. Erkan, and M. Uzun, *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. **14**(11): p. 1139-47.
76. de Campos, G.C., et al., *Association Between Meniscal and Chondral Lesions and Timing of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*. Orthop J Sports Med, 2016. **4**(10): p. 2325967116669309.
77. Smith, J.P., 3rd and G.R. Barrett, *Medial and lateral meniscal tear patterns in anterior cruciate ligament-deficient knees. A prospective analysis of 575 tears*. Am J Sports Med, 2001. **29**(4): p. 415-9.
78. Fithian, D.C., L.W. Paxton, and D.H. Goltz, *Fate of the anterior cruciate ligament-injured knee*. Orthop Clin North Am, 2002. **33**(4): p. 621-36, v.
79. Shelbourne, K.D. and P.A. Nitz, *The O'Donoghue triad revisited. Combined knee injuries involving anterior cruciate and medial collateral ligament tears*. Am J Sports Med, 1991. **19**(5): p. 474-7.
80. Frank, J.M., et al., *Lateral Meniscus Posterior Root and Menisiofemoral Ligaments as Stabilizing Structures in the ACL-Deficient Knee: A Biomechanical Study*. Orthop J Sports Med, 2017. **5**(6): p. 2325967117695756.
81. Speer, K.P., et al., *Osseous injury associated with acute tears of the anterior cruciate ligament*. Am J Sports Med, 1992. **20**(4): p. 382-9.
82. Faber, K.J., et al., *Occult osteochondral lesions after anterior cruciate ligament rupture. Six-year magnetic resonance imaging follow-up study*. Am J Sports Med, 1999. **27**(4): p. 489-94.
83. Papalia, R., et al., *Bone bruises in anterior cruciate ligament injured knee and long-term outcomes. A review of the evidence*. Open Access J Sports Med, 2015. **6**: p. 37-48.
84. Sarimo, J., et al., *Acute traumatic hemarthrosis of the knee. Is routine arthroscopic examination necessary? A study of 320 consecutive patients*. Scand J Surg, 2002. **91**(4): p. 361-4.
85. Wang, J.H., et al., *Efficacy of knee joint aspiration in patients with acute ACL injury in the emergency department*. Injury, 2016. **47**(8): p. 1744-9.
86. Reinhardt, K.R., I. Hetsroni, and R.G. Marx, *Graft selection for anterior cruciate ligament reconstruction: a level I systematic review comparing failure rates and functional outcomes*. Orthop Clin North Am, 2010. **41**(2): p. 249-62.
87. Mihelic, R., et al., *Long-term results of anterior cruciate ligament reconstruction: a comparison with non-operative treatment with a follow-up of 17-20 years*. Int Orthop, 2011. **35**(7): p. 1093-7.

Danksagung

Ich bedanke mich ganz herzlich bei Herrn Prof. Dr. med. Deike Varoga und Herrn Prof. Dr. med. Sebastian Lippross für das Überlassen des Themas und die fachliche Unterstützung bei dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Des Weiteren bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. med. Andreas Seekamp, der mir in seiner Klinik die Durchführung dieser Studie ermöglichte, bei Herrn Dr. phil. Christoph Borzikowsky, der mir mit seiner Unterstützung bei der Statistik sehr geholfen hat. Weiterhin möchte ich mich bei der Abteilung für Radiologie und Neuroradiologie des UKSH, Campus Kiel bedanken, deren Mitarbeiter mir immer wieder bei Fragen geholfen haben sowie bei Herrn Sönke Schmidt, der mir während meiner Famulatur sehr bei dem Erlernen der Auswertung von MRT-Bildern geholfen hat.

Für ihre unermüdliche Geduld möchte ich mich bei Marie-Stephanie Heiss bedanken, die mir in den letzten Jahren immer zur Seite gestanden hat.

Mein größter Dank gilt meinen Eltern, die es mir erst ermöglicht haben Medizin zu studieren und mich dabei immer unterstützt haben. Ohne sie wäre diese akademische Laufbahn niemals möglich gewesen.