

**„Longitudinale Risikofaktorenanalyse und postoperative klinische Untersuchung
zur Funktionalität nach Semitendinosussehnenersatzplastik des vorderen
Kreuzbandes“**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades Doktor der Medizin (Dr. med.)

vorgelegt
der Medizinischen Fakultät
der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

von Tobias Schwäblein

Betreuer:

Univ. - Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank
apl. Prof. Dr. phil. René Schwesig

Gutachter*innen:

Prof. Dr. Maren Witt, Leipzig
PD Dr. Wolfgang Laube, Altsch

Datum der Verteidigung: 31.03.2025

Referat

Die Intention der vorliegenden Arbeit bestand darin, das funktionelle Outcome nach operativ versorgter VKB (vorderes Kreuzband)-Ruptur retrospektiv in der Frühphase zu untersuchen. Dabei wurden schwerpunktmäßig Einflussfaktoren beim Erleiden einer solchen Verletzung als mögliche Risikofaktoren identifiziert und nach ihrer Relevanz gewertet. In einem weiteren Schritt wurde geprüft, in wieweit sich diese Faktoren im Verlauf auf das postoperative Outcome auswirken.

Im Zeitraum von Januar bis Juni 2016 wurden in der MVZ Sportklinik in Halle (Saale) insgesamt 83 Patienten, welche die Einschlusskriterien erfüllten, operativ versorgt und 1,5 Jahre postoperativ mittels standardisierter Fragebögen evaluiert. Ein Kollektiv von 20 Patienten wurde im Anschluss zusätzlich klinisch vor Ort untersucht und die Ergebnisse in Abhängigkeit der erzielten Scores gesetzt. Als wissenschaftlich erprobte Referenz zur Objektivierung der Stabilitätsbeurteilung wurde zusätzlich mittels KT-1000 Arthrometer getestet. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Statistics Version 28.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) und Microsoft Excel 2010 für Windows.

Der typische Kreuzbandpatient wurde dabei als männlich, jünger als 40 Jahre und beim Ausüben von Risikosportarten wie Ski Alpin, sowie Ballsportarten (insbesondere Fußball und Handball) traumatisiert, identifiziert.

Als Verletzungsmechanismus zeigte sich jeweils mit ähnlichen Häufigkeiten eine misslungene einbeinige Landung (27%), eine Oberkörperverdrehung relativ zum fixiertem Unterschenkel (23%), sowie eine Rotation durch langen Hebelarm beim Skifahren (24%) vorherrschend. Wiederum konnte letztgenannte Entität in einem „auf das Gelenk wirkendes Drehmoments“ subsummiert werden. Eine direkte gegnerische Beteiligung am Unfallgeschehen stellt die Ausnahme ($\approx 20\%$) dar. Als isolierte Verletzung wurde die VKB-Ruptur in 31% der Fälle nachgewiesen, die häufigsten Begleitverletzungen stellten Meniskusverletzungen (60%) und Knorpelschäden (28%) dar (Anmerkung: Mehrfachnennung durch Kombinationsverletzungen möglich).

Die Fragebögen zeigten hohe Scores im Bereich des KOS (Knee Outcome Survey; Median 77) und IKDC 2000 (International Knee Documentation Committee; Median 80), jedoch nur mittleren Score im ACL-RSI (Anterior Cruciate Ligament – Return to Sport Injury Scale; Median 62,5). Als auffälligstes Merkmal der klinischen Untersuchung zeigte sich ein bestehendes Bewegungsdefizit, vorrangig der Kniegelenksflexion, sowie ein Oberschenkelumfangsdefizit des operierten Beines. Ein relevanter Einfluss auf die Fragebögenscores konnte für den IKDC 2000 Score in Abhängigkeit eines anhaltenden Reizzustandes ($r=-0,56$), sowie Flexionsdefizit ($r=-0,49$) nachgewiesen werden.

Schwäblein, Tobias: Longitudinale Risikofaktorenanalyse und postoperative klinische Untersuchung zur Funktionalität nach Semitendinosussehnenersatzplastik des vorderen Kreuzbandes, Halle (Saale), Univ., Med. Fak., Diss, 69 Seiten, 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Epidemiologie	1
1.2 Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen	2
1.3 OP-Indikation und Therapie	5
1.4 Transplantatwahl	7
1.5 VKB Rekonstruktion mittels anteromedialer Portaltechnik und Hybridfixation	8
1.6 Ausblick	11
2. Zielstellung und Hypothesen	12
3. Material und Methodik	13
3.1 Untersuchungsstichprobe	13
3.2 Untersuchungsdesign	15
3.3 Untersuchungsmethoden	16
3.4 Statistische Methoden	19
4. Ergebnisse	20
4.1 Anamnestische Befunde	20
4.2 Intraoperative Befunde	21
4.3 Fragebögenscores	23
4.4 Klinische Untersuchung	29
4.4 Wechselwirkung zwischen den erhobenen Parametern	33
4.4.1 Abhängige Variablen	33
4.4.2 Outcome nach Einflussfaktoren – kategorisiert	34
5. Diskussion	39
5.1 Ergebnisdiskussion	39
5.2 Methodendiskussion	44
6. Zusammenfassung	46
7. Literaturverzeichnis	47
8. Thesen	54
9. Anhang	55

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
ACL-RSI	Anterior Cruciate Ligament – Return to Sport Injury Scale
ALL	anterolaterale Band (Ligament) (
AM	anteriomedial
ATT	anteriore tibiale Translation
BMI	Body Mass Index
bzw.	beziehungsweise
DKG	Deutsche Kniegesellschaft
Et al	et alii
etc.	et cetera
Ex	Extension
Flex	Flexion
gegn.	gegnerische
HKB	hintere Kreuzband
KOS	Knee Outcome Survey
KS	Knorpelschaden
ICRS	International Cartilage Research Society
IKDC	International Knee Documentation Committee
ISS	Injury Surveillance System
lat	lateral
LCL	lateral collateral ligament - Außenband
MCL	medial collateral ligament - Innenband
med	medial
MP 10	Messpunkt 10 cm oberhalb Kniegelenksspalt
MP 20	Messpunkt 20 cm oberhalb Kniegelenksspalt
MRT	Magnetresonanztomografie
MTB	Mountainbike
N	Newton
n.	Number
Nr.	Nummer
Neg.	negativ
PL	posterolateral
Pos.	positiv
r	Korrelationskoeffizient
RTS	Return-to-Sport
sonst.	sonstige
STS	Semitendinosussehne
Tab.	Tabelle
VKB	vordere Kreuzband
vs.	versus
<	geringer
>	größer
≥	größergleich
η_p^2	Partielles Eta-Quadrat
≈	rund
®	Copyright

1. Einleitung

1.1 Epidemiologie

Verletzungen des vorderen Kreuzbandes (VKB) stellen sowohl die häufigste als auch schwerste Bandverletzung des Kniegelenkes dar (Südkamp N.P. und Weiler A., 2004). Allein in Deutschland werden jährlich ca. 40.000 - 50.000 Kreuzbandverletzungen unter hohem Kostenaufwand operativ versorgt und rehabilitiert. Daten aus den USA beziffern die durchschnittlichen Kosten einer operativen VKB Rekonstruktion mit 12740 Dollar (Lubowitz und Appleby, 2011), die sich durch soziale Folgekosten (z.B. Erwerbsminderung) auf 38000 Dollar (Mather et al., 2013) steigern können. Mit Abstand die häufigste Verletzungsursache stellen Sportunfälle in Disziplinen mit häufigen Sprüngen und Drehbewegungen dar, wie etwa bei Ballsportarten, oder dem Alpin Ski. Demzufolge sind vor allem jüngere Menschen betroffen. Etwa 70% der Patienten befindet sich zum Zeitpunkt der Verletzung in einem Alter zwischen 15 und 45 Jahren (Petersen und Zantop, 2007). Seit Jahren steigen die Inzidenzen in beiden Geschlechtern an. Frauen haben darüber hinaus ein um das 2,3 – 9,7fach erhöhtes Risiko eine VKB-Verletzung zu erleiden (Hewett et al., 2005, Schneider et al., 2016). Da VKB-Rupturen mit einem langen und intensiven Rehabilitationsverlauf verbunden sind, bedeutet das für die betroffene Person oft eine unbestimmte Dauer für das „Return-to-Work / Return-to-Sport“. Bei Sportlern liegt die mittlere Ausfallszeit beispielsweise bei 6 – 9 Monaten und nur 60 – 70% erreichen ihr vorheriges Aktivitätsniveau wieder (Biau et al., 2007). Die Re-Rupturrate, welche u.a. von der Transplantatwahl abhängig ist, wird in der Literatur mit 2 – 13% angegeben, wobei das Risiko eines solchen Therapieversagens im ersten postoperativen Jahr am höchsten ist (Myklebust und Bahr, 2005, Wright et al., 2007). Ein weiteres großes Problem stellen degenerative Folgeschäden dar. Bei isolierten VKB-Rupturen beträgt die Prävalenz der posttraumatischen Gonarthrose 13%, bei kombinierten Verletzungen sogar 21 – 48% (Oiestad et al., 2009). Wenngleich die Angaben die Schwere dieser Verletzung unterstreichen, bedarf sie nicht immer einer operativen Behandlung. Einige Patienten scheinen über anatomische, sowie neurophysiologische Voraussetzungen zu verfügen, welche den Verlust des Bandes kompensieren und in Abhängigkeit des individuellen sportlichen Anspruches zu vollständiger Beschwerdefreiheit führen. Generell profitieren Patienten mit hohen Anforderungen in Sport und Beruf jedoch eindeutig vom einem VKB-Ersatz, bei welchem das gewünschte Endresultat auch immer eine optimale physiotherapeutische Nachbehandlung erfordert (Delince und Ghafil, 2012).

1.2 Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen

Meta-Analysen konnten zeigen, dass sich die Häufigkeit von VKB-Rupturen bei Teilnahme an geeigneten Präventionsprogrammen um bis zu 51% reduzieren lässt (Dorrel et al., 2015). Es ist also von großer Bedeutung, die eigentlichen Risikofaktoren und Verletzungsmechanismen zu identifizieren. Dem amerikanischen Injury Surveillance System (ISS) liegt eine umfangreiche Verletzungsstatistik vor, bei der in einem Zeitraum von 16 Jahren, Athleten von Colleges und Universitäten in 15 Sportarten untersucht wurden. Die absolut meisten VKB-Verletzungen traten dabei im American Football auf. Interessanter Weise dominierten die Inzidenzen (VKB-Verletzung pro 1000 Stunden Sport) bei Frauen in den Sportarten Fußball, Handball, und Basketball. Im Alpinen Skifahren betrug der Anteil weiblicher Teilnehmer zwar nur 40% aller Sporttreibenden, dennoch ereigneten sich 63% aller VKB-Verletzungen bei ihnen (Renstrom et al., 2008, Walden et al., 2011). Obwohl direkte Kontakt-Verletzungen durchaus eine Rolle spielen, entstehen über 70% der VKB-Rupturen aus einer sogenannten Non-Contact-Situation (ohne, oder indirekte Gegnerische Beteiligung) (Fauno und Wulff Jakobsen, 2006, Wetters et al., 2015). Unabhängig vom Verletzungshergang stellen sich isolierte VKB-Rupturen in nur rund 30% der Fälle dar (Luig et al., 2018). Die häufigsten Begleitverletzungen betreffen zu etwa 42% Verletzungen der Menisken. Da nicht nur das VKB, sondern auch die restlichen Gelenkbinnenstrukturen eine entscheidende Rolle für die Gelenkkinematik spielen, sollte deren Begutachtung immer in die Therapieoptionen einfließen (Fithian et al., 2005; Luig et al., 2018).

Um den verschiedenen Verletzungsmechanismen gerecht zu werden, unterscheidet man generell zwischen modifizierbaren und nicht modifizierbaren, sowie zwischen intrinsischen (direkt dem Körper betreffenden) und extrinsischen (außerhalb des Körpers befindlichen) Risikofaktoren. Die Grenzen dieser Einteilung sind dabei nicht starr und in angepasster Form auch auf Situationen außerhalb des Sportes, etwa im Bereich der Arbeitsunfälle anwendbar. In Abb. 1 ist eine solche Klassifizierung dargestellt. Sie erlaubt es, auf eine gewisse Verletzungsprädisposition zu schließen.

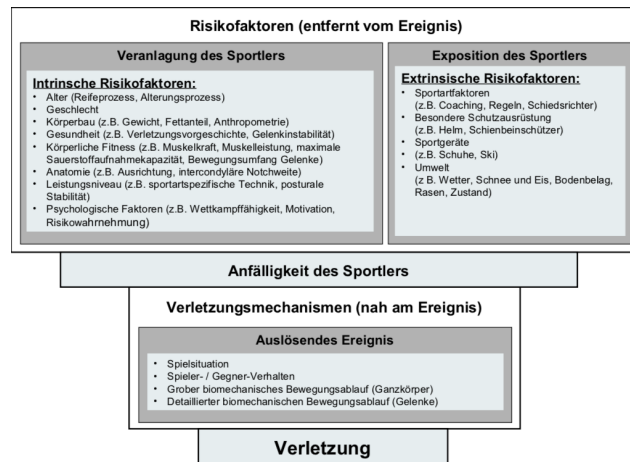


Abb. 1: Umfassendes Modell von Verletzungsursachen im Sport (Gokeler A. et al., 2010 S. 6)

Ein spezifischer intrinsischer Risikofaktor scheint das weibliche Geschlecht darzustellen. Frauen, welche Risikosportarten ausführen wird ein 2 bis 10fach erhöhtes Risiko zum Erleiden einer VKB Ruptur attribuiert (Hewett et al., 2016). Gründe für die hier erhöhten Inzidenzen der VKB-Verletzung können bei anatomischen Voraussetzungen gefunden werden: Das breitere Becken bedingt einen größeren Winkel zwischen den Längsachsen von Femur und Tibia (anatomischer tibiofemorale Winkel) und somit eine vermehrte Valgus-Stellung im Knie. Zum anderen ist die Breite der interkondylären Notch (Fossa intercondylaris) oft schmaler als bei Männern. VKB-Rupturen können daher durch Einklemmungssituationen (Impingement) am vorderen Rand der Fossa begünstigt werden. Als hormonelle Risikofaktoren sind vor allem die weiblichen Sexualhormone zu nennen, von denen bekannt ist, Einfluss auf die Eigenschaften von Binde- und Stützgewebe zu nehmen (Beynon und Shultz 2008). Inwieweit diese für eine erhöhte Bandlaxizität verantwortlich ist und ob Kontrazeptiva einen protektiven Effekt aufweisen wird derzeit diskutiert (Beynon und Shultz 2008). Geschlechtsspezifische anatomische Unterschiede beschreiben allerdings nur eine statische Komponente (Beynon und Shultz, 2008), während die neuromuskuläre Kontrolle den wohl wichtigsten Faktor im Hinblick auf dynamische Stabilisation darstellt. Die Tatsache, dass sich Körperproportionen und Koordination in der puberalen Phase (zumindest temporär) ändern, begünstigt die hohe Inzidenz an VKB-Rupturen bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen (Di Stefano et al., 2009). Während der Quadrizeps femoris durch seine Kontraktion einen tibialen Vorschub erzeugt und damit als Kreuzband-Antagonist arbeitet, wirken die Hamstrings (ischiokrurale Muskulatur) agonistisch, in dem sie den Vorschub minimieren. Oftmals besteht jedoch ein Quadrizeps-Hamstring-Ungleichgewicht zuungunsten der Beinbeugermuskulatur, sowie eine langsamere Aktivierung derer (Colby et al., 2000). Weitere propriozeptive Defizite

hinsichtlich Core Stability und Kräfte defizite der Hüftabduktoren und Außenrotatoren verschärfen die Situation zusätzlich. Dies zeigt sich häufig in Form eines dynamischen Valgus (im weiteren Verlauf der Flexion zunehmende Valgustellung) beim einbeinigen Landen. Diese als ungünstig angesehene Bewegungskonstellation ist beim weiblichen Geschlecht ebenfalls häufiger anzutreffen (Hewett et al., 2010; Khayambashi et al., 2016).

Als Zugangswege, um den konkreten Verletzungsmechanismus zu erörtern, eignen sich vor allem Videoanalysen des Geschehens, oder Interviews mit den Betroffenen. Auf diese Weise haben sich folgende drei Situationen (vor allem im Ballsport) als besonders kritisch herauskristallisiert (Mehl et al., 2018):

- (einbeinige) Landung nach dem Sprung,
- Abruptes Abstoppen,
- Richtungswechsel mit einer Rotationskomponente im Knie.

Das Kniegelenk befindet sich zum Verletzungszeitpunkt zumeist in einer leichten Beugestellung von 5 – 25 Grad, einer Valgusposition, sowie oftmals mit feststehendem Fuß beschrieben. Der durch Quadrizepskontraktion erzeugte tibiale Vorschub kann in dieser Position, bedingt durch ungünstige Hebelverhältnisse, nicht von der ischiokruralen Muskulatur kompensiert werden. Besonders starke Spannungen des Quadrizeps und damit auch des vorderen Kreuzbandes wirken, wenn sich der Körperschwerpunkt zusätzlich hinter dem Knie befindet. Diese Konstellation ist oftmals während der Abfahrtshocke im alpinen Skisport anzutreffen. In den allermeisten Fällen handelt es sich daher bei VKB-Verletzungen um eine Kombination von Bewegungen in der Frontal-, Sagittal-, und Transversalebene. In den Abbildungen 2 und 3 ist ein Vergleich von risikoreichen und – armen Varianten dargestellt. Erstere enthalten neben den Elementen Adduktion und Innenrotation im Hüftgelenk, Flexion und Valgus im Kniegelenk, auch eine Innen- oder Außenrotation der Tibia mit unkontrollierter Fußstellung. Resultierend führt diese Konstellation am Ende in einen sogenannten Valgus- Kollaps, mit Ruptur des VKB's (Olsen et al., 2004; Quatman und Hewett, 2009).

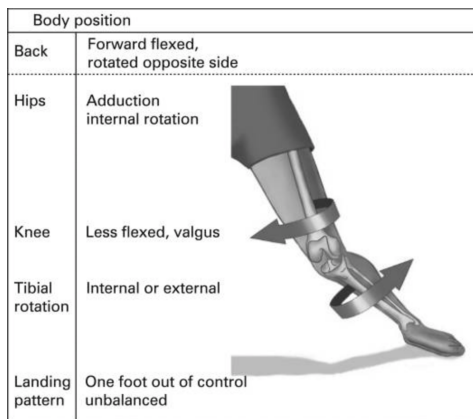


Abb. 3: Risikoreiche Bewegungskonstellation

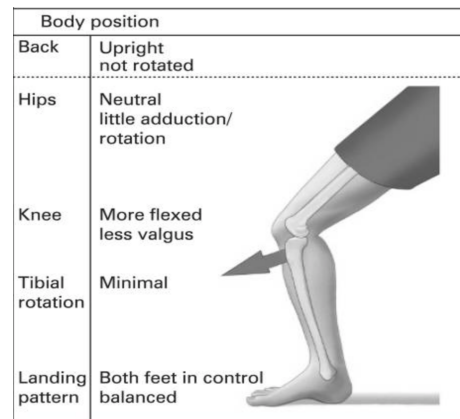


Abb. 2: Risikoarme Bewegungskonstellation

Bahr und Krosshaug, 2005, S. 324)

Neben dem bereits genannten existieren eine Reihe weitere, mehr oder weniger modifizierbarer Risikofaktoren. Die Tatsache, dass zwar die Inzidenz der Verletzung bei Frauen höher ist, bei Männern aber dennoch die absolut größere Anzahl an VKB-Rupturen auftritt, legt nahe, die Problematik nicht nur geschlechtsspezifisch, sondern individuell und multifaktoriell zu betrachten (Renstrom et al., 2008).

1.3 OP-Indikation und konservative Therapie

Zur Beurteilung der Stabilität erfolgt beim frisch verletzten Patienten der Lachmann-Test in 20° Flexionsstellung zur Feststellung der ATT. Rotationsinstabilitäten werden dagegen mittels Pivot-Shift Test, sowie mittels Lachmann-Test in Innen- oder Außenrotation geprüft. Da ersterer oft schmerzhaft ist, bietet sich hier die Untersuchung in Narkose an. Neben der initialen Röntgenbildgebung zum Ausschluss von Frakturen, hat sich die MRT-Diagnostik insbesondere zur Beurteilung von Begleitverletzungen, sowie Bestätigung der Verdachtsdiagnose etabliert. Dennoch lassen sich manche Teilrupturen nur arthroskopisch ausreichend beurteilen. Mit Ausnahme einiger absoluten OP- Indikationen besteht theoretisch immer auch eine konservative Behandlungsoption. VKB- Rekonstruktionen führen in der Regel zu einer erhöhten Lebensqualität, besserer sportlicher Aktivität, sowie geringerer empfundener und gemessener Instabilität im Vergleich zur konservativen Therapie. Zwar existieren durchaus gute konservative Behandlungsergebnisse, diese bedingen jedoch ein Maß an neuromuskulären Training und gehen dennoch oft mit einer Reduktion an sportlicher Aktivität einher. Nur etwa 19% der Patienten erreichen ohne Operation ihr früheres Sportniveau wieder (Hurd et al., 2008). Weiterhin mindert die operative Versorgung die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose und schützt durch eine wiederhergestellte Gelenkstabilität andere Binnenstrukturen, wie etwa die Menisken, welche wiederum im degenerativen Zustand arthrotische Veränderungen begünstigen (Mehl et al., 2019). Feste Kriterien um

einen Patienten, der unter konservativer Therapie ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt, sog. Coper, zu identifizieren, fehlten in der Vergangenheit (Eitzen et al., 2010). Einige Studien beschreiben zudem gleichwertige Ergebnisse der operativen und konservativen Therapie (Frobell et al., 2013). Bei genauerer Betrachtung offenbart sich jedoch zumeist nur eine eingeschränkte Vergleichbarkeit der Therapien, etwa durch die Verwendung unterschiedlicher OP-Techniken oder Versagen der primär konservativen Behandlung und sekundärer Operation (sog. Cross-Over), ohne dies differenziert zu werten (Petersen et al., 2022). Dies führte u.a. zur Entwicklung eines leitliniengerechten Handlungsalgorithmus durch die Deutsche Kniegesellschaft (DKG; Abb. 4, Petersen et al., 2021). Durch diesen Leitfaden sollen Patienten als Non-Coper und somit Profiteure einer operativen Behandlung selektiert werden. Letztendlich müssen jedoch immer auch die patientenseitigen Wünsche in die Entscheidungsfindung mit einfließen.

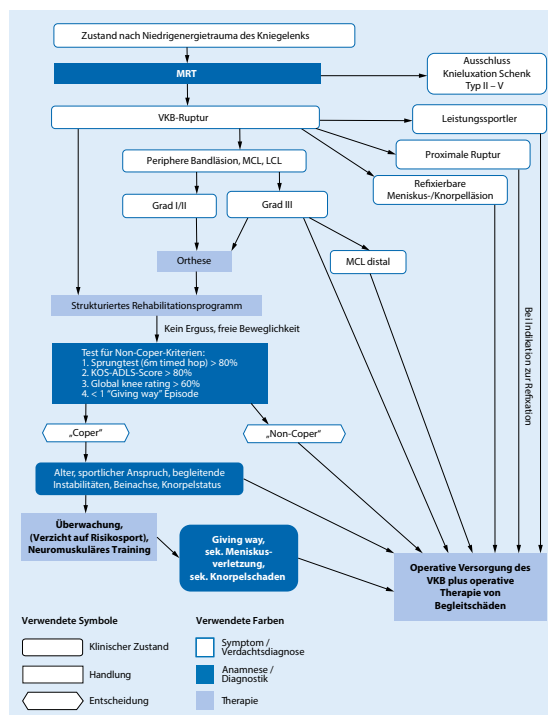


Abb. 4: Handlungsalgorithmus zum Management der akuten VKB-Ruptur (Petersen et al., 2021, S. 58)

1.4 Transplantatwahl

Die Verwendung autologer Sehnen transplantate stellt heutzutage den Goldstandard in der Kreuzbandchirurgie dar. Zu den gängigen verwendeten Transplantaten zählen die häufig mittels Knochenblock entnommenen Patella- und Quadrizepssehne, sowie die Hamstringsehne Semitendinosus, teilweise auch im Verbund mit der Gracilissehne. Während mit allen drei Vertretern die perfekte Imitation eines nativen Kreuzbandes nach wie vor noch nicht gelingt, bieten sie dennoch, in Abhängigkeit vom Fixationsverfahren, ausreichend hohe Ausrissfestigkeiten. In Deutschland ist die Verwendung von Allografts (Körperspendermaterial) aufgrund strenger Infektionsschutzrichtlinien wenig verbreitet (Stecker und Parker, 1999). Unter anderem durch eine geringere Entnahmemorbidität, verbunden mit Unversehrtheit des Streckapparates, haben sich STS-Transplantate weitläufig etabliert. Da sich für den Großteil der Patienten jedoch alle drei oben genannten Sehnen transplantate eignen, sollten hier individuelle Anforderungen (z. B. häufig kniende Tätigkeiten im Beruf) in die Wahl des Transplantates mit einfließen (Petersen und Benedetto, 2013; Domnick et al., 2016; Domnick et al., 2017). Spezielle Rupturformen können darüber hinaus auch VKB-erhaltend mit diversen Nahtverfahren, oder bei Partialrupturen, etwa eines Bündels, auch in der sog. Healing Response Technik erfolgreich therapiert werden (Kohl et al., 2016). Die bisherige Studienlage zeigt insbesondere für die Ligamys®-Technik aufgrund von erhöhten Re-Rupturraten, dass dieses Verfahren primär für Personen oberhalb des 30. Lebensjahres mit geringerem sportlichen Anspruch zu empfehlen ist (Henle et al., 2015).

1.5 VKB Rekonstruktion mittels anteromedialer Portaltechnik und Hybridfixation

Im Folgenden wird das in dieser Studie angewandte Verfahren zur VKB Rekonstruktion unter Verwendung der Semitendinosussehne (STS), ggf. mittel Gracilisaugmentation erläutert:

Die STS sollte eine Länge von 24 cm möglichst nicht unterschreiten, da sie je nach Verwendung 3 bis 4fach gebündelt sowohl die intraartikuläre Strecke, als auch genügend Länge für die femorale und tibiale Integration abdecken muss. Dabei wird ein Durchmesser von 8 mm des fertigen Transplantats angestrebt. Zum Auffinden der STS bei der Entnahme empfiehlt sich eine Hautinzision im Bereich des Pes anserinus. Dieser befindet sich ca. 1cm medial und 2 bis 3 cm distal der Tuberositas tibiae (Magnussen et al., 2012; Herbort et al., 2017). Anhängende Faszien- und Muskelreste werden im Anschluss von der entnommenen Sehne sorgsam entfernt, sodass ein späteres Aufreiben im Gelenk unterbleibt (Tuncay et al., 2007). Um das Verrutschen der einzelnen Transplantatschenkel gegeneinander zu verhindern und eventuell Fixationsmaterial zu befestigen, werden die Enden mit nicht resorbierbaren Fäden armiert. Mit Hilfe einer Messschablone sollten das femorale und tibiale Ende zwecks Bohrkanalbestimmung getrennt gemessen werden, da nur ein eng einliegendes Transplantat den Eintritt von Synovialflüssigkeit verhindert. Die darin enthaltenen Zytokine stehen im Zusammenhang mit sekundären Tunnelweiteung (Clatworthy et al., 1999; Fink et al., 2001; Silva et al., 2010). Das fertige Transplantat wird im Anschluss auf dem Präparierboard mit mind. 80 N bis kurz vor dem Einziehen vorgespannt, um einerseits das Armierungskonstrukt nochmals zu straffen und einen Spannungsverlust bei der Fixation aufgrund elastischer Sehneneigenschaften zu unterbinden (Elias et al., 2009). Die korrekte femorale Bohrkanalanlage erfolgt unabhängig vom tibialen Bohrkanal über ein tiefes anteromediales Portal. Wenngleich dies einen erfahrenen Operateur verlangt, gilt das Verfahren aufgrund des hohen funktionellen Outcomes als weltweit anerkannt (Petersen und Benedetto, 2013, Pinczewski et al., 2009). Es empfiehlt sich, das anteromediale Portal in 90 Grad Flexionsstellung tief und medial anzulegen um eine iatrogene Knorpelschädigung am Femurkondylus zu vermeiden (Abb. 5). Als relativ sichere Orientierungshilfe zur Auffindung des korrekten Tunneleintrittspunkt femoral hat sich das Außenmeniskushinterhorn erwiesen (Abb. 6; Weiler et al., 2018).



Abb. 6: Knieansicht von außen. Anlegen eines tiefen anteromedialen Portals

(Kittl und Herbort, 2018, S. 84)

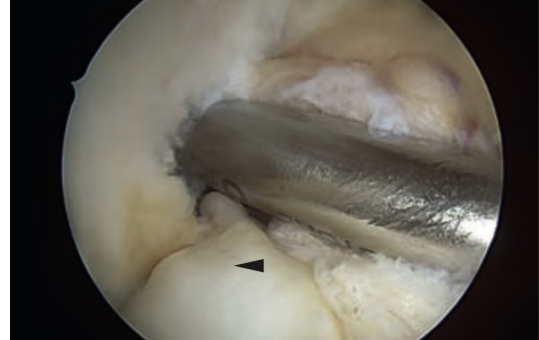


Abb. 5: Einbringen eines Zielgerätes zur femoralen Bohrung. Orientierung am Außenmeniskushinterhorn (Pfeil)

Bei den Fixationstechniken kann man zwischen anatomischen, bzw. gelenknahen und extrakortikalen gelenkfernen Varianten unterscheiden. Darüber hinaus existieren kombinierte Systeme. Die gelenknahe Fixation erfolgt mit sog. Interferenzschrauben, zumeist aus resorbierbaren Materialien. Diese stellen sich in der MRT-Bildgebung artefaktarm dar und müssen im Falle einer Revisions-OP nicht entfernt werden (Mascarenhas et al., 2015). Dabei wird die Transplantatlänge, welche Dehnungsreizen ausgesetzt ist, auf etwa die Länge des intakten VKBs begrenzt (Abb. 7). Im Vergleich zur extrakortikalen Verankerung führt dies zu einer erhöhten Transplantatsteifigkeit, während die maximale Ausrisskraft jedoch in der frühen postoperativen Phase (ca. 6 Wochen) noch reduziert ist (Mickelson et al., 2018; Zantop et al., 2007b). Im Rahmen der Transplantateinheilung muss zunächst eine direkte Bandinsertion erfolgen. Die vollständige Resorption der Schrauben und der komplette Durchsatz mit Knochen kann hingegen Jahre dauern. Tunnelaufweitungen aufgrund von Scherbewegungen des Transplantates treten dabei im Vergleich zu extrakortikalen Fixationsverfahren wesentlich seltener auf (Giorgio et al., 2016). Um die Einheilung so effizient wie möglich zu gestalten, müssen Transplantatbewegungen durch Zug- und Druckbewegungen im Tunneleingang in jeden Fall vermieden werden. Im schlimmsten Falle kann es durch ein Vorbeigleiten der Schraube am Transplantat, sog. „Slippage“, zu einem Verankerungsverlust kommen (Brown et al., 2004).

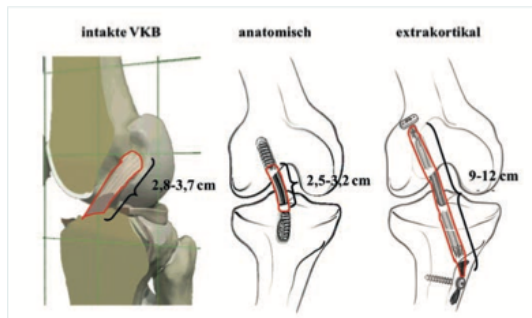


Abb. 7: Vergleich gelenknaher und -ferner (extrakortikaler) Fixationssysteme des VKB-Ersatz



Abb. 8: Fertig armiertes VKB Transplantat mit aufgesetzter EndoPearl®

(Scheffler, 2018, S. 59 und 61)

Sowohl femoral als auch tibial bietet sich darüber hinaus die Kombination mit einem weiteren Fixationssystem im Sinne einer Hybridfixation an. Eine solche Variante stellen biodegradierbare Polylaktid-Kugeln, auch bekannt als „EndoPearl®“ (Abb. 8) dar.

Unter deren Verwendung gelingt es die Verankerungsfestigkeit signifikant zu erhöhen und die Nachteile der singulären Interferenzschrauben Applikation zu minimieren. Die Kugel dient dabei als interner Widerhaken, welcher sich femoral zwischen Schraubenspitze und Transplantat verblockt. Dies erlaubt, die Interferenzschraube relativ zum Transplantat kleiner zu wählen, wodurch sich das auf die Sehne wirkende Drehmoment reduziert, ohne an Festigkeit des Konstrukts einzubüßen. Aufgrund des reduzierten potentiellen Schadens des Schraubengewindes kann am Sehnengewebe die Transplantateinheilung verbessert werden (Musgrove et al., 2000; Weiler et al., 2001). Um die biologischen Rahmendbedingungen weiter zu verbessern kann eine kleine Knochenbrücke zwischen Schraube und Transplantat integriert werden, sodass dieses komplett von Knochengewebe umgeben ist (Weiler et al., 2000) Ein Verdrehen der Sehne ist nun nicht mehr möglich. Besonders zu empfehlen ist die Verwendung einer Bone Wedge für die tibiale Fixation, da hier die Knochendichte geringer als im Femur ist und der wirkende Kraftvektor nahezu parallel liegt (Brand et al., 2000). In jedem Fall sollten VKB-Stumpfrete nach Möglichkeit nicht reseziert werden, da sich hier propriozeptive Sensoren befinden.

1.6 Ausblick

In den letzten Jahren wurden viele verschiedene OP-Verfahren zur VKB- Rekonstruktion beschrieben, bei denen die Verwendung der autologen Sehnentransplantate zumeist als am vielversprechendsten gewertet wurden. Zum Teil werden alte Techniken erneut analysiert und verbessert, die Quadrizepssehne erlebt ein regelrechtes Revival und neue VKB- erhaltenden Möglichkeiten komplettieren das Repertoire. Verbliebene Restinstabilitäten, vor allem unter dynamischer Belastung, sowie Re-Rupturen haben den Fokus jedoch auch auf periphere Kapselbandstrukturen, wie etwa das „anterolaterale Band (ALL)“ und den Tractus iliotibialis, sowie den medialisseitigen Bandapparat gelenkt (Kittl et al., 2016). Obwohl bereits vielversprechenden biomechanische Daten vorliegen, mangelt es noch an eindeutigen Empfehlungen, wie solche Strukturen gezielt zu adressiert werden sollten, um die Rotationsstabilität zu verbessern (Ferretti et al., 2016, Musahl et al., 2017). Der gezielte Bündel-Ersatz mittels sog. Double-Bundle-Technik (jeweils zwei Bohrkanäle femoral und tibial) konnte keinen eindeutigen biomechanischen Vorteil feststellen, bei gleichzeitig erhöhten operativen Aufwand (Desai et al., 2014; van Eck et al., 2012; Xu et al., 2013). Ebenso scheinen sich Nahttechniken (Ligamys ®) nur für ein ausgewähltes Patientengut zu eignen. Es bleibt also abzuwarten, wie sich die Studienlage in der Thematik entwickelt.

2. Zielstellung und Hypothesen

Das Ziel dieser Studie besteht darin, Risikofaktoren zum Erleiden einer VBK-Ruptur in einem Kollektiv der Allgemeinbevölkerung retrospektiv zu analysieren. Darauf aufbauend sollen prä- und postoperative Einflüsse gefunden werden, die das Ergebnis in der Frühphase (1,5 Jahre) nach operativen VKB Ersatzes beeinflussen.

Folgende Hypothesen wurden geprüft:

1. VKB-Rupturen ereignen sich vorrangig als Sportverletzungen im jungen Erwachsenenalter mit gegnerischer Beteiligung.
2. Das postoperative Outcome ist abhängig von patienteneigenen Faktoren wie Alter, BMI und Geschlecht, sowie von der Schwere vorhandener Begleitverletzungen.
3. Trotz intakter VKB-Plastik können klinische Auffälligkeiten die Zufriedenheit der Patienten mindern. Die reine Stabilität ist daher in der klinischen Untersuchung nicht ausreichend.

3. Material und Methodik

3.1 Untersuchungsstichprobe

Die Datenaufnahme erfolgte in Zusammenarbeit mit der MVZ Sportklinik Halle GmbH. Dabei wurden in eben genannter medizinischer Einrichtung nach 1,5 Jahren retrospektiv Patienten gesichtet, welche im Zeitraum vom 01. Januar bis zum 31. Juli 2016 nach einer VKB-Ruptur operativ versorgt wurden. Als Einschlusskriterien galt, dass es sich um eine Erst-Ruptur des VKB's handelte und zudem zum Zeitpunkt des Eingriffs ein unverletztes, natives VKB auf der Gegenseite vorliegen musste. Dies ist insofern wichtig, da es in der späteren Nachuntersuchung einer Referenz zum OP-Ergebnis bedurfte. Dem rupturierten VKB wurde also vor der Verletzung derselbe Ausgangszustand wie der der unverletzten Gegenseite, quasi als „Soll-Zustand“ attribuiert.

Insgesamt wurden im obigen Zeitraum 226 Patienten nach einer stattgehabten Ruptur des vorderen Kreuzbandes von 2 verschiedenen Operateuren operativ versorgt, 164 von ihnen erfüllten die Einschlusskriterien.

Nach Sichtung des primären Patientenpools konzentrierte sich der folgende Schritt u.a. auf anthropometrische Daten (Größe, Gewicht, BMI) sowie Alter und Geschlecht der Patienten. Angaben zum Gewicht fanden sich im präoperativen Aufklärungsbogen der Anästhesie und entsprachen in etwa dem Gewicht zum Zeitpunkt der Verletzung. Zudem wurden Details über vorliegende Begleitverletzungen ausschließlich dem OP-Bericht entnommen und nicht anhand von radiologischen Befunden gewertet. Knorpelschäden, welche ebenfalls unter diese Rubrik fallen, wurden erst ab Stadium 2 in der Outerbridge Klassifikation gemäß der ICRS (Abb. 9) gewertet. Wenngleich bereits ab Stadium 1 Erweichungen der Oberfläche arthroskopisch tastbar sind, stellt sich diese jedoch in der Regel noch glatt und ohne Fibrillationen dar. Zudem besteht hier noch keine Indikation zu einer operativen Behandlung (Bös und Ellermann, 2003, Lasanianos und Kanakaris, 2015).

Der Ersatz des vorderen Kreuzbandes erfolgte bei allen Patienten mithilfe eines autologem Semitendinosussehnentransplantat der ipsilateralen Körperseite in der Quadrupeltechnik (2x-lige Faltung). Unter Verwendung eines femoralen anteriomedialen Portals wurden in Single-Bundle Technik die Bohrkanäle angelegt. Die femorale Fixation erfolgte mittels Interferenzschrauben und EndoPearl, unter Zuhilfenahme einer Bone Wedge, welche mit einem speziellen Meisel aus den Knochen geschlagen wurde. Tibial wurde ebenfalls eine Interferenzschraube genutzt. Zusätzlich erfolgte hier eine Verblockung des Transplantates von außerhalb des Bohrkanals mit einer Knochenbrücke. In beiden Kompartimenten wurde also ein Hybridverfahren angewandt (s. Kapitel 1.5).

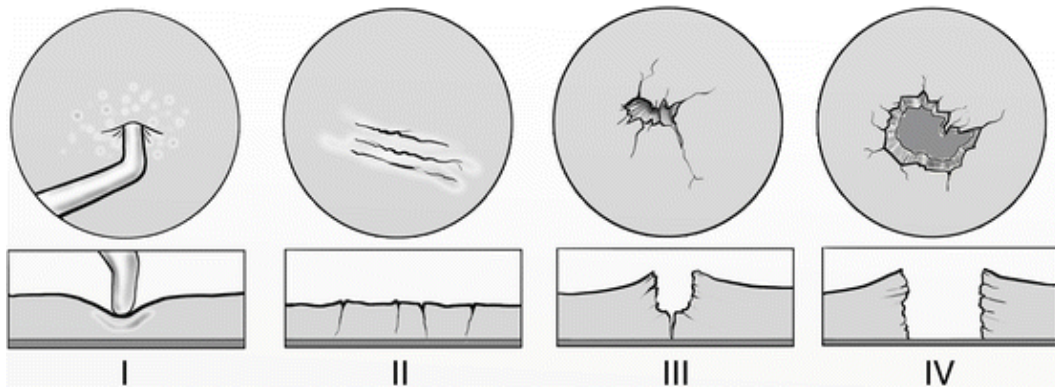


Abb. 7: Outerbridge Klassifikation für Knorpelschäden - arthroskopisch gesehen

- I: Knorpelerweichung und Schwellung;
- II: Fragmentation in einem Areal < 1,3cm und <50% Höhenverlust;
- III: Fragmentation in einem Areal > 1,3cm, mit Defekt bis an die Knorpel/Knochengrenze reichend;
- IV: Knorpelerosionen mit freiliegenden subchondralen Knochen

(Lasanianos und Kanakaris, 2015, S. 501)

Im Nachbetrachtungszeitraum erneut durchgeführte Eingriffe wurden als Komplikationen (VKB-Revisionsplastik, arthroskopische Arthrolyse, oder sonstige erneute Verletzungen) erfasst.

3.2 Untersuchungsdesign

Neben der initialen anamnestischen Datenerhebung sollten weiterhin spezielle Fragen, etwa zum Verletzungsgeschehen, durch die Verwendung von Fragebögen, sowie auffällige klinische Untersuchungsbefunde erhoben werden. Da Testbefunde an freiwilligen Probanden klinisch erhoben wurden, erfolgte im Vorhinein das Einholen eines entsprechenden Ethikvotums (Nr. 2019-002). Im Bereich der absoluten Transplantatstabilität, quasi der ATT (s. S.17), wurden die klinischen Befunde ergänzend mittels KT-1000 Arthrometer objektiv gegengeprüft. Für die Wechselwirkung der erhobenen Parametern untereinander sollten die Fragebögenscores schließlich als Outcomereferenz dienen, deren Score sich in Abhängigkeit verschiedener Variablen zusammensetzt.

3.3 Untersuchungsmethoden

Fragebögen

Der Zeitpunkt der Datenerhebung mittels Fragebögen zur aktuellen Funktionalität des Kniegelenks betrug 1,5 Jahre nach der operativen Versorgung. Die Patienten sollten sich also an einem Punkt befinden, an dem die Rehabilitation abgeschlossen ist, volle Belastbarkeit besteht und im Idealfall das Aktivitätslevel vor der Verletzung wieder erreicht ist. Zunächst wurde hierzu das Einverständnis der Patienten eingeholt und über die Freiwilligkeit der Teilnahme informiert. Danach erfolgte das Versenden der Fragebögen, postalisch oder per Mail. Mit einigen Patienten wurden standardisierte telefonische Interviews zur Datengewinnung und Beantwortung der Fragebögen geführt. Zum Einsatz kamen der Tegner-Aktivitäts-Score, der KOS-Score (Knee Outcome Survey), ein modifizierter IKDC 2000-Score (International Knee Documentation Committee), sowie der ACL-RSI-Scale (Anterior Cruciate Ligament - Return to Sport Injury Scale), s. Anlagen S.57 ff. Da ein Hauptziel dieser Studie die Risikofaktorenanalyse zum Erleiden einer vorderen Kreuzbandruptur darstellt, wurden durch einem weiteren, selbst erstellten Fragebogen, ergänzende anamnestische Aspekte ermittelt:

- die spezifische Unfallsituation (Sportart, Trauma, Verkehrsunfall etc.),
- der Verletzungsmechanismus,
- der gegnerischen Beteiligung am Unfallgeschehen (ohne, direkt und indirekt),
- der Seitendominanz der verletzten Extremität,
- sowie der Zeitraum vom Verletzungszeitpunkt bis zur operativen Versorgung.

Insgesamt sendeten 83 Teilnehmer (51%) der initial 164 Patienten die ausgefüllten Fragebögen zurück.

Körperliche Untersuchung und KT-1000 Messung

Der letzte Schritt bestand in einer standardmäßigen körperlichen Untersuchung, sowie Messung mit dem KT-1000 Arthrometer, ebenfalls 1,5 Jahre nach der Operation. Hierzu wurde ein per Zufallsprinzip gewähltes Kollektiv (n=20), welches sich für die Untersuchung bereit erklärte, nochmals eingeladen. Bei der Untersuchung vor Ort wurden zunächst inspektorische Auffälligkeiten der Beinachsen, bzw. Abweichungen des operierten Knies im Vergleich zur unverletzten Gegenseite notiert (Schwellung, Rötung, usw.). Im Anschluss wurden die Bewegungsausmaße von Flexion und Extension mittels Goniometer ermittelt. Eine Oberschenkelumfangsdifferenz konnte in einer weiteren Messung bestimmt werden. Um das Messniveau zu definieren, dienten hier zwei Referenzpunkte, jeweils 10 cm (MP 10) und 20 cm (MP 20) oberhalb des

Kniegelenkspaltes. Es folgte die manuelle Überprüfung der Stabilität der Kreuzbandplastik, die sogenannte anteriore tibiale Translation (ATT), mithilfe des KT-1000 Arthrometers (Abb.10). Auch hier diente die nicht operierte Seite als gesunde Referenz.

Beim KT-1000 Arthrometer handelt es sich um ein in der Diagnostik von Kreuzbandrupturen, bzw. Stabilität von Transplantaten erprobtes Messgerät (König et al., 1998). Es ermöglicht die objektive Messung der ATT der Tibia gegenüber des Femurs, quasi den Vorschub des Unterschenkels, welcher vom vorderen Kreuzband natürlich begrenzt wird. Anhand Abbildung 10 wird im Folgenden das Untersuchungssetting beschrieben:

Der Patient legt sich dazu flach auf eine Untersuchungsfläche, während mit Hilfe einer Unterlage (G) ein Winkel von ca. 30 Grad im Kniegelenk (ähnlich dem Lachmantest) erzeugt wird. Zusätzlich werden die Füße in einer weiteren Vorrichtung (H) platziert, sodass der Unterschenkel in eine leichte Außenrotations-stellung (ca. 15 Grad) positioniert wird. Die so erzeugte Entspannung der Seitenbänder ermöglicht die isolierte Untersuchung der Kreuzbänder. Danach gilt es, dass eigentliche KT-1000 (E) korrekt am Unterschenkel anzubringen, indem ein Sensor Pad mit Kontakt zur Tuberositas Tibiae (C), ein anderer auf der Patella (B) platziert werden. Mit Hilfe von Klettverschlüssen wird das Gerät im Anschluss fixiert (D) (Rangger et al., 1993).

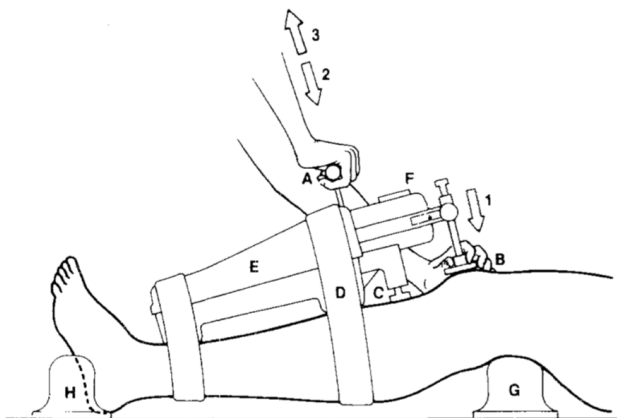


Abb. 8: Schematischer Aufbau der KT-1000 Messung, Erklärungen im Text (Rangger et al., 1993, S. 60)

Vor jeder Messung ist es wichtig, dass KT-1000 zu kalibrieren, um so den Nullpunkt korrekt einzustellen. Durch Zug (3) an dem Hebel (A) wird eine ATT erzeugt, welche die relative Bewegung des Patella Pads (B) gegenüber dem auf der Tuberositas Tibiae platzierten Pads (C) registriert. Diese Verschiebung wird kontinuierlich durch eine analoge Anzeige (F) in mm gemessen. Die angewandte Zugkraft wird dem Untersucher dabei durch ein veränderliches akustisches Signal mitgeteilt. Insgesamt existieren drei

verschiedene Stufen mit je 67 N, 89 N und 134 N, wobei letztere in etwa dem Kraftaufwand eines manuell durchgeführten Lachmann-Tests entspricht.

Eine Differenz von < 3 mm zwischen der operierten und nicht operierten Seite lassen ein suffizientes Transplantat bzw. ein gesundes Kreuzband vermuten, während ein Seitenunterschied zwischen 3 und 5 mm eine erhöhte Laxizität bzw. eine Partialruptur nahelegt. Bei Differenzen > 5 mm ist von einer Komplettruptur bzw. von einem Transplantatversagen auszugehen (Rangger et al., 1993).

Insgesamt wurden sowohl rechts, als auch links, beginnend mit der unverletzten Seite, in allen drei Kraftstufen jeweils drei Vergleichsmessungen (3x je 67 N, 89 N, 134 N pro Seite) durchgeführt. Der jeweils größte Wert wurde als Vorschub gewertet.

Sollte ein Messergebnis deutlich von den anderen zwei Referenzen abweichen, wurde dies als Messfehler gewertet und alle drei Messungen wiederholt. In Anbetracht der geringeren klinischen Relevanz wurden die Messwerte mit 67 N bzw. 89 N nicht in die weitere Auswertung miteinbezogen.

3.3 Statistische Methoden

Um Abhängigkeiten der gesammelten Daten zu den Fragebögenscores zu ermitteln, kamen aufgrund diverser Skalenniveaus unterschiedliche Testverfahren zum Einsatz. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS Statistics Version 28.0 für Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) und Microsoft Excel 2010 für Windows. Um die Rohdaten auswertbar zu machen, erfolgte eine Neukategorisierung in Anlehnung an die Kategorien des IKDC 2000 Fragebogen (siehe Kapitel 4.4.1). Ordinal- und intervallskalierte Daten wurden mittels Produkt-Moment-Korrelation nach Pearson, bzw. Spearman geprüft. Bei nominalskalierten Daten kam der Chi-Quadrat Test zum Einsatz. Mittelwertunterschiede wurden univariat mittels Allgemeinem Linearen Modell geprüft (Signifikanzgrenzen: $p < 0,05$ und $\eta_p^2 > 0,15$).

4. Ergebnisse

4.1 Anamnestisch erhobene Daten

Anthropometrische Daten

Das Durchschnittsalter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 32 Jahre, mit einer Spannweite von 12 bis 60 Jahren vom jüngsten bis zum ältesten Teilnehmer. Etwa 75% der Verletzungen ereigneten sich dabei bei den unter 40-Jährigen (Abb. 11).

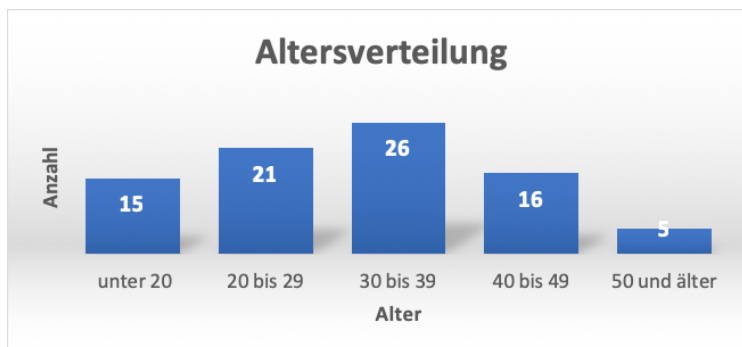


Abb. 9: Altersverteilung - absolut

Geschlechterverhältnis

Dabei entfielen mit rund 39% (n=83) etwas mehr als ein Drittel der VKB-Rupturen auf das weibliche Geschlecht.

BMI

Der BMI zum Zeitpunkt der Operation, welcher, wie im Methodik Teil beschrieben, in etwa dem Wert zum Zeitpunkt der Verletzung entsprach betrug durchschnittlich 25,1. Dieser Wert entspricht bei beiden Geschlechtern der Obergrenze im Bereich „Normalgewicht“

Versorgungszeitraum

Bei einem Viertel der Verletzten (25%; n=83) vergingen 0 bis 4 Wochen vom Trauma bis zur definitiven operativen Versorgung, sog. Akut- und Subakutversorgung. Der Großteil (75%) wurde mit mehr Abstand zum Ereignis versorgt. Dabei wurde der Zeitraum „4 Wochen und mehr“ nach dem Verletzungsereignis als Chronisch gewertet.

4.2 Intraoperative Befunde

Begleitverletzungen

Von besonderem Interesse sind neben der eigentlichen VKB-Ruptur darüber hinaus die erlittenen Begleitverletzungen. Dabei lag das Augenmerk auch auf der Frage: „Wie oft tritt die VKB-Ruptur isoliert auf?“ Die Kategorisierung richtete sich bei der deskriptiven Auswertung zunächst nach der reinen Häufigkeit der verschiedenen Entitäten, sowie nach Beteiligung der Kompartimente medial oder lateral. Es zeigt sich, dass die isolierte VKB-Ruptur durchaus vorkommt, aber mit rund 31% (Tab. 1) einen geringen Anteil hat. Unter den Begleitverletzungen (unabhängig ob in Kombination oder isoliert vorliegend) konnten Knorpelschäden (28%, n=83) und insbesondere Meniskusschäden (60%, n=83) am häufigsten nachgewiesen werden. Die peripheren Bandstrukturen (med. und lat. Seitenband) zeigten sich zu 6% mitverletzt (n=83).

Zudem zeigte sich bei den Knien mit isolierten Meniskusverletzungen eine minimale Bevorzugung des med. Meniskus' im Vergleich zum lat. Meniskus. Es folgt die Unterteilung der weiterhin vorgefundenen Verletzungskombinationen nach ihrer Häufigkeit (Tab. 1).

Tab. 1: Art der Begleitverletzung

Art der Begleitverletzung	Häufigkeit; n=83	%
Isolierte VKB - Ruptur	26	31
Meniskusschäden gesamt	50	60
Knorpelschäden gesamt	23	28
Seitenbandverletzungen gesamt	5	6
medialer Meniskus isoliert	17	21
lateral Meniskus isoliert	13	16
lat. Meniskus + Knorpelschaden	6	7
Knorpelschaden isoliert	5	6
med. Meniskus + Knorpelschaden	5	6
med. Meniskus + lat. Meniskus + Knorpelschaden	4	5
med. + lat. Meniskus	2	2
Seitenbandruptur isoliert (med. oder lat.)	2	2
med. Meniskus + Knorpelschaden + Innenband	1	1
lat. Meniskus + Knorpelschaden + Außenband	1	1
lat. Meniskus + Innenband + Knorpelschaden	1	1

In wieweit der jeweilige Knorpelschaden durch die Verletzung bedingt, oder bereits vorbestehend war, konnte anhand der Befunde nicht ermittelt werden. Die sogenannte „Unhappy Triad“ - Verletzung, bestehend aus den Komponenten VKB-Ruptur, Verletzung des Innenmeniskus, sowie des Innenbandes, trat nur in einem einzigen Fall auf, ebenso wie die Beteiligung des kompletten lateralen Kompartiments (VKB + Außenmeniskus + Außenband). Die Kombination aus Außenmeniskus und Innenband, welche ebenfalls bei einem Patienten vorlag, resultierte aus einem Verkehrsunfall mit einem Motorrad. Als Bewegungskonstellation wird ein forcierter Valgusstress mit Außenrotation angenommen, welche in diesem speziellen Setting selten anzutreffen ist.

4.3 Fragebögen

Im Folgenden sind die Kategorien des selbst erstellten Fragebogenteils abgebildet:

Unfallgeschehen

In Abb. 12 ist das zur VKB-Verletzung führende Geschehen dargestellt. Mit 90% ereigneten sich die bei weitem meisten VKB-Rupturen im Rahmen von Sportunfällen. Bedeutend geringere Häufigkeiten zeigten sich mit 5% bzw. 4% in den Bereichen Arbeits- und Heimunfällen (etwa Sturz von der Leiter, Sprung in eine Baugrube etc.). Mit lediglich 1% ist eine VKB-Verletzung für einen Unfall im Straßenverkehr untypisch.

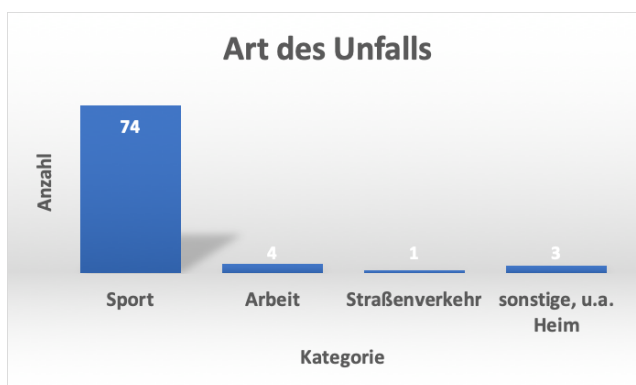


Abb. 12: Art des Unfalls

Sportart

Weiterhin erfolgte die Unterteilung der Sportunfälle differenziert nach der jeweiligen Sportart (Tab. 2). Im untersuchten Patientenkollektiv ereigneten sich nahezu die Hälfte der VKB-Rupturen im Fußball. Als zweiter großer Vertreter stellte sich der alpine Skisport dar. Die sportartspezifische Inzidenz, also die Anzahl an Verletzungen pro Sportstunden, konnte jedoch nicht ermittelt werden.

Tab. 1: VKB Rupturen nach Sportart

Sportart	n = 74; Häufigkeiten (Prozent)
Fußball	33 (45%)
Ski Alpin	18 (24%)
Handball	7 (10%)
Volleyball	4 (5%)
sonstige	12 (16%)

Unter der Kategorie „sonstige“ wurden alle Sportarten mit geringen Fallzahlen subsummiert. Jeweils 1x lagen VKB-Rupturen beim Skateboarden, Bouldern,

Leichtathletik, Tanzen, Geräteturnen, Basketball, Jiu-Jitsu, sowie Motocross vor. Beim Radfahren (Mountainbike) und Joggen verletzten sich jeweils zwei Patienten.

Primär- bzw. Sekundärsportart

Interessanter Weise bezeichneten nur rund 60% der Teilnehmer die Sportart, welche letztendlich zur Verletzung geführt hat, als ihre Primärsportart (die Sportart, in welcher die meiste Expertise anzunehmen ist, Tab. 3). Exemplarisch ist zusätzlich die Unterteilung in dieser Kategorie für die Sportarten Fußball und Ski Alpin aufgeführt, da sich hier die größten Unterschiede offenbarten.

Tab. 2: Primär- oder Sekundärsportart

VKB - Rupturen je Sportart	Sportart entspricht der Primärsportart Häufigkeit; (Prozent)	Sportart entspricht nicht der Primärsportart Häufigkeit; (Prozent)
Gesamt n = 74 (alle Sportunfälle)	44 (60%)	30 (40%)
Fußball n = 33	27 (82%)	6 (18%)
Ski Alpin n = 18	1 (6%)	17 (94%)

Seitendominanz

Auf die Frage, ob die verletzte Seite dem dominanten Bein, quasi dem Bein mit welchem sie bevorzugt abspringen, oder schießen würden, entspräche, antworteten rund 59% (n=82) mit „ja“.

Verletzungsmechanismus

Zur genauen Analyse des Verletzungsmechanismus wurden die Patienten gebeten, die auslösende Situation so genau wie möglich zu beschreiben (Tab. 4). Da die Angaben beim Alpinen Skisport oft wenig differenziert waren und darüber hinaus immer einen Sturz oder Wegrutschen, mit Verdrehung des Knies beinhalteten, wurde diese Kategorie als „Großes Drehmoment beim Skifahren“ zusammengefasst. Die Kategorie Gewalteinwirkung von außen beinhaltet neben Unfällen mit Sportgeräten (MTB) sowohl Straßenverkehrsunfälle, als auch direkte Foulspele in Sportarten mit Gegnerkontakt. Ohne die Verletzungen beim Skisport zu betrachten, welche sich allesamt durch einen sportartspezifischen Mechanismus ereigneten, zeigt sich ein etwa gleicher Anteil bedingt durch einbeinige Landung und schnelle Richtungswechsel mit fixiertem Unterschenkel, quasi den typischen Situationen in Spielsportarten.

Tab. 3: Verletzungsmechanismus

Mechanismus	Häufigkeit; n=79	%
Weggeknickt bei (einbeiniger) Landung	21	27
großes Drehmoment beim Skifahren	19	24
Oberkörper verdreht bei fixiertem Unterschenkel	18	23
Gewalteinwirkung von außen	11	14
Weggerutscht (ungünstige Bodenverhältnisse)	8	10
Abruptes Abstoppen aus hoher Geschwindigkeit	2	3

Weiterhin wurde nach der gegnerischen Beteiligung beim Unfallhergang gefragt (Abb. 13). Da dieser Mechanismus in manchen Sportarten nur in Ausnahmefällen (z. B. Zusammenstoß beim Volleyball), oder gar nicht vorkommt, wurden hier nur die Mannschaftssportarten Fußball, Handball und Basketball untersucht (n=41). Als direkte gegnerische Beteiligung zählten Foulspiele, unabhängig ob beabsichtigt oder nicht. Wurde der Sportler hingegen beim Sprungwurf oder Kopfball vom Gegenspieler touchiert und somit aus der Balance gebracht, führte dies im Allgemeinen zu einer Störung im ursprünglichen Bewegungsablauf. Diese Situation wurde als indirekte gegnerische Beteiligung gewertet. Etwa $\approx 20\%$ der VKB-Verletzungen sind auf eine direkte Mitwirkung des Gegenspielers zurückzuführen.

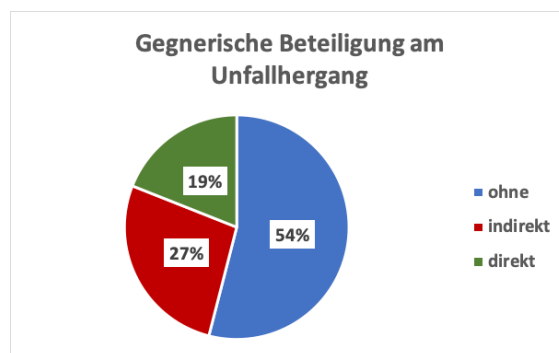


Abb. 13: Gegnerische Beteiligung am Unfallhergang (n=41)

Komplikationen

Im gesamten anderthalbjährigen Nachbetrachtungszeitraum (n=82) traten bei 66 Patienten keine Komplikationen auf. 7 Patienten zeigten trotz fortwährender Physiotherapie Defizite im Bewegungsumfang, u.a. durch Bildung eines Zyklops, sodass eine arthroskopische Arthrolyse erfolgte. Weitere 9 Patienten verletzten sich nach Wiedereinstieg in den Sport erneut. In 2 Fällen resultierte dies in einer Re-Ruptur der VKB Plastik, was zu einer Revisionsplastik führte. Darüber hinaus erlitten beide

Patienten die Re-Ruptur in derselben Sportart, in der sich auch die Primärverletzung ereignete, nämlich jeweils im Fußball und Basketball. Eine postoperative Infektion oder Wundheilungsstörung trat in keinem der untersuchten Fälle auf.



Abb. 14: Komplikationen im postoperativen Verlauf

Fragebögenscores

Im Folgenden werden die literaturbekannten Fragebögen (Tegner, KOS, IKDC 2000 und ACL-RSI) analysiert.

Zunächst wurden die Fragebögen hinsichtlich ihrer maximal und minimal erreichten Punktzahlen gewertet. Aufgrund der Intervallskalierung erfolgte weiterhin die Angabe des Medians (Tab. 5).

Anmerkung: Wenngleich der KOS und der IKDC-2000 Score nicht nur sportliche, bzw. alltägliche Items abfragen, wurden die Bögen jedoch stellvertretend für den vorherrschenden Frageschwerpunkt kategorisch als „Einfluss auf die sportliche Aktivität“, bzw. „Funktionalität im Alltag gewertet“, der ACL-RSI Score als psychologisch relevanter Score.

Tab. 5: Fragebögenscores gesamt

	Tegner 0 - 10	Einfluss auf die sportliche Aktivität (KOS); 0 - 100	Funktionalität im Alltag (IKDC 2000); 0 - 100	Psychologischer Score (ACL-RSI) 0 - 100
Median	5	77	80	63
Min.	2	29	30	5
Max.	9	100	100	100

Zur genaueren Analyse wurden die Ergebnisse der Fragebögen in Anlehnung an die IKDC gemäß den vier Kategorien „Sehr gut“, „gut“, „mäßig“ und „schlecht“ eingeteilt (Abb. 15-17).

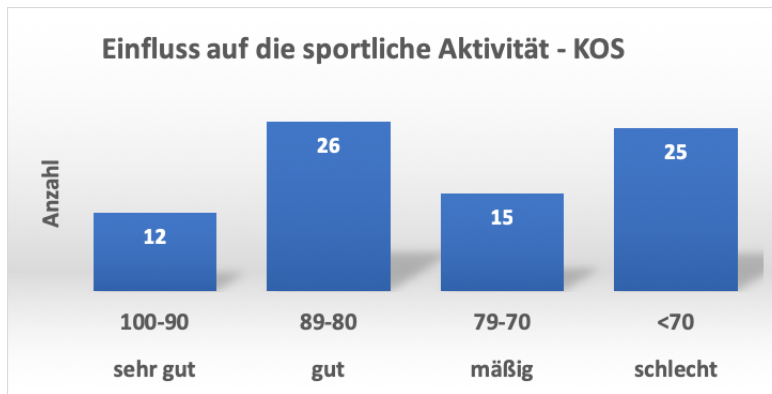


Abb. 15: Einfluss auf die sportliche Aktivität - KOS Score

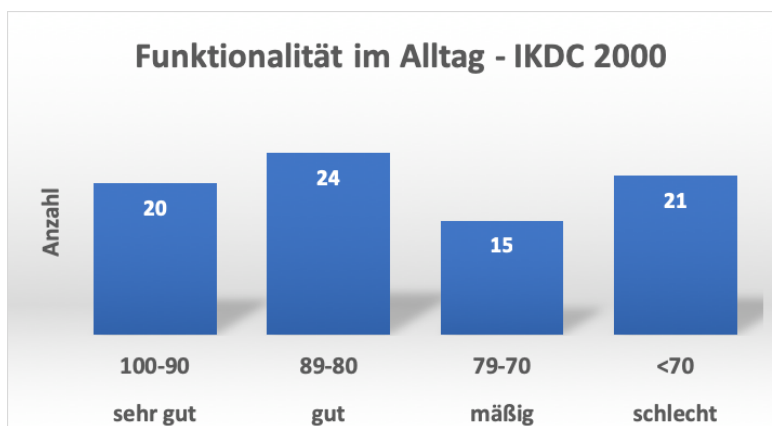


Abb. 16: Funktionalität im Alltag - IKDC 2000Score

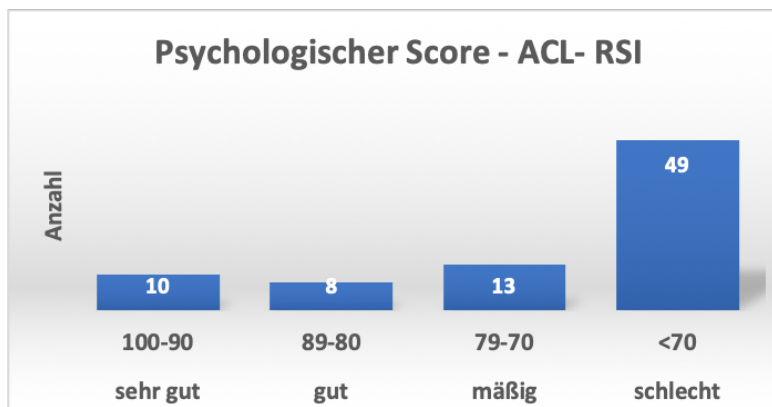


Abb. 17: Psychologischer Score - ACL-RSI

Während Beim KOS und IKDC 2000 Fragebogen in etwa ähnlich viele Patienten in den ersten beiden Kategorien zu finden sind, wie in der dritten und vierten, fanden sich im psychologischen Fragebogen mehr als die Hälfte der Teilnehmer im Bereich „schlecht“. Wie auch den Median-Werten aus Tab. 5 zu entnehmen, erzielte die Gesamtheit im „alltäglichen“ IKDC 2000 Bogen ein etwas besseres Ergebnis als im sportlichen KOS. Beim Tegner Aktivitätsscore, welcher das aktuelle Aktivitätsniveau abfragt, erscheint diese differenzierte Einteilung nicht sinnvoll. Hier wird das sportartspezifische

Verletzungsrisiko gestaffelt kategorisiert, ohne dass dies eine Aussage über die Leistungsfähigkeit des Sporttreibenden gibt. Ein Langläufer auf Wettkampfebene würde beispielsweise, aufgrund des per se geringeren Risiko zum Erleiden einer VKB-Ruptur in dieser Sportart, lediglich 5 Punkte erzielen und somit max. in der Kategorie „mäßig“ gewertet werden. Zur differenzierten Darstellung wurde hier eine Häufigkeitsverteilung gewählt (Abb.18).

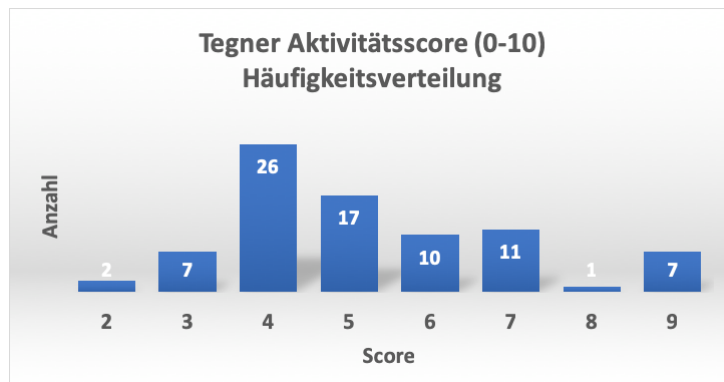


Abb. 18: Tegner Aktivitätsscore (Kategorien des Score gemäß Anlage S.57)

Als Teilaspekt des IKDC 2000 Fragebogens wurde der Patient ebenfalls gebeten, die Funktionsfähigkeit des Knies vor der Verletzung und zum Nachbetrachtungszeitpunkt, subjektiv einzuschätzen. Da erstere explizit nicht in die Auswertung des Fragebogens einfluss, wurden diese beiden Zeitpunkte separat miteinander verglichen.

Im Schnitt wurde das unverletzte Kniegelenk mit 97% Funktionalität gewertet. Anderthalb Jahre postoperativ sank die subjektive Einschätzung auf 76% (n=83)

Trotz intakten Kreuzbandes lag der durchschnittliche Prozentwert vor der Ruptur nicht bei 100%. Dies liegt vor allem daran, dass bei einigen Patienten durchaus Gelenkbeschwerden vorlagen, welche noch keiner Therapie zugeführt wurden.

4.3 Klinische Untersuchung

Im Folgenden finden sich die anderthalb Jahre postoperativ erhobenen Befunde:

Inspektion

Tab. 6: Beinachsenstellung

Beinachsenstellung	Häufigkeit n=20	%
keine Abweichung	14	70
Valgusstellung	3	15
Varusstellung	3	15

Weiterhin wurden Auffälligkeiten im Seitengleich untersucht. Hierbei wurde eine vermehrte Schwellung, oder Gelenkserguss als anhaltender Reizzustand gewertet. 5 Patienten zeigten einen solchen Reizzustand im operierten Kniegelenk (25%, n= 20)
Ein klinisch infektsuspekter Lokalbefund zeigte sich explizit nicht.

Bewegungsausmaß

Daran anschließend, wurden die passiven Extensions- und Flexionsmaße notiert.

Um zu verdeutlichen, ob die Neutralstellung (0 Grad) erreicht wurde, oder dies durch eine Streckhemmung nicht möglich war, erfolgte die Darstellung bei der Auswertung der passiven Extension als Häufigkeitsverteilung. Im Bereich der gesunden Seite reichten die Werte von 0° bis 3°. Dementgegen wurde die Neutralstellung auf der operierten Seite in 5 Fällen nicht erreicht, während hier der max. gemessene Wert 1° betrug. Negative Gradzahlen sind als Defizit zur Neutralstellung anzusehen (Abb. 19 + 20).

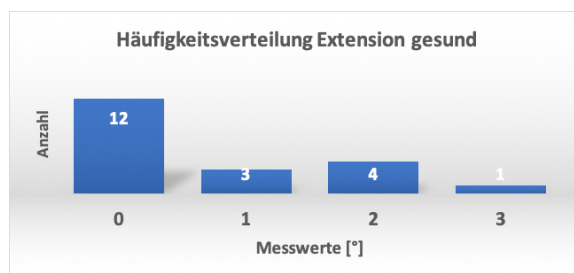


Abb. 19: Extension gesunde Seite

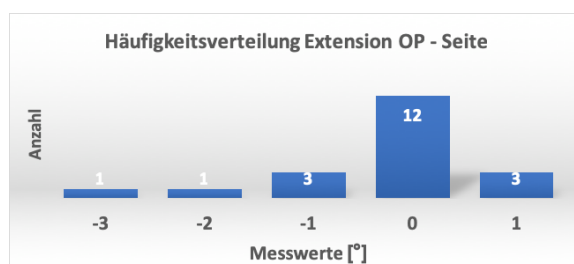


Abb. 20: Extension OP-Seite

Ebenfalls deutlich wirkte sich der Unterschied beim Vergleich der passiven Flexionsgrade aus. Die operierte Seite erreichte im Mittel 137°, während auf der gesunden Seite 142° gemessen wurden. Der niedrigste Wert der operierten Seite betrug 124°. Dementgegen standen 136° auf der unverletzten Seite (Abb. 21).

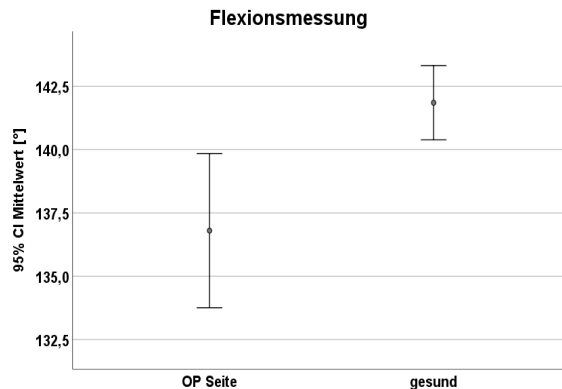


Abb. 21: Flexionsmessung

Provokationstests

Im folgenden Schritt der Untersuchung wurden die Kniegelenke hinsichtlich der Bandstabilität und Meniskussymptomatik verglichen. Die Kategorisierung erfolgte in Anlehnung an den IKDC Score (Tab. 7 + 8).

Tab. 7: Valgusstress

Mediale Aufklappbarkeit Innenband (Valgusstress)	Häufigkeit n=20	%
normal; <3 mm	17	85
fast normal; 3 - 5 mm +	2	10
abnormal; 6 - 10 mm ++	1	5

Tab. 8: Varusstress

Laterale Aufklappbarkeit Außenband (Varusstress)	Häufigkeit n=20	%
normal; < 3 mm	17	85
fast normal; 3 - 5 mm +	2	10
abnormal, 6 - 10 mm ++	1	5

Anhand der Überprüfung der Meniskuszeichen (Steinmann I) gaben 2 Patienten eine Schmerzsymptomatik im Bereich des med. Meniskus an (10%; n=20).

Umfangsmessung

Beim Vergleich der Messwerte der Oberschenkelumfänge zeigte sich sowohl bei der MP 10 (Abb. 22), als auch MP 20 (Abb. 23) ein im Mittelwertvergleich verringerter Umfang der operierten Seite. Mit knapp 2 cm ist diese Differenz zur gesunden Seite bei der MP 20 besonders deutlich.

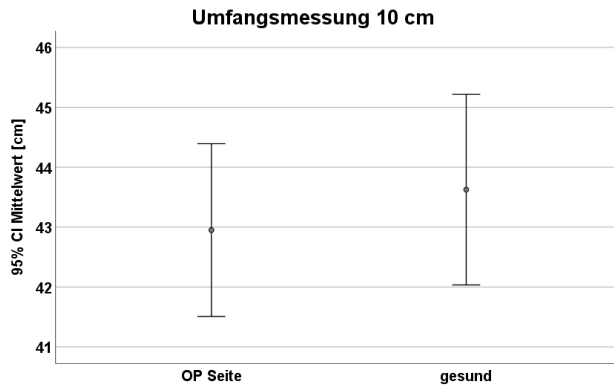


Abb. 22: Umfangsmessung MP 10 cm

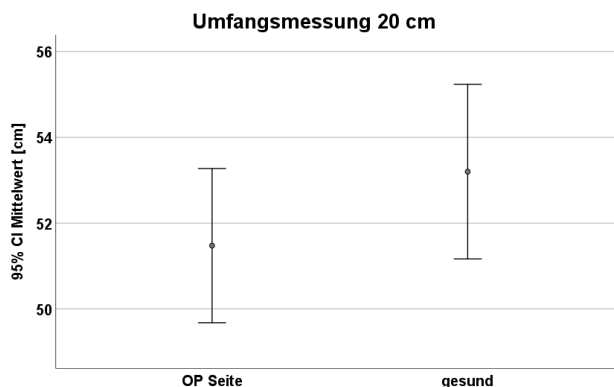


Abb. 23: Umfangsmessung MP 20 cm

KT-1000 Messung

Bei der Betrachtung der KT 1000 Messung wurde vor allem die Kategorie 134 N betrachtet, da diese in etwa dem Kraftaufwand des manuell durchgeführten Lachmann-Tests entspricht. Der Mittelwertvergleich zeigte durchschnittlich einen gering höheren Wert der ATT auf der operierten Seite mit 3,8 mm, im Vergleich zur gesunden Seite bei 3,5 mm. Die Spannweite der absoluten Messwerte sind in Abb. 24 aufgezeigt.

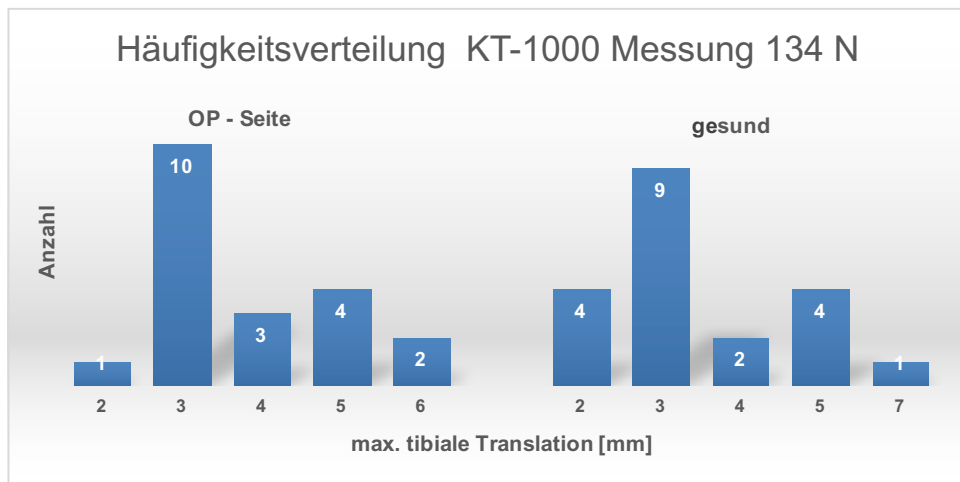


Abb. 24: Häufigkeitsverteilung KT-1000 Messung 134 N

Absolute ATT-Werte von mehr als 5 mm lassen augenscheinlich eine VKB Insuffizienz vermuten. Entscheidend ist jedoch, der in der manuellen Untersuchung zu erhebende „harte Anschlag“ des Unterschenkels. Eine VKB Insuffizienz ist daher laut Hersteller anzunehmen, wenn eine interindividuelle Seitendifferenz von >5mm vorliegt (Collette et al. 2011). Dies zeigte sich im untersuchten Patientengut jedoch nicht (Tab. 16).

4.4 Wechselwirkung zwischen den erhobenen Parametern

4.4.1 Abhängige Variablen

Als abhängige Variablen wurden definiert:

- Tegner Aktivitätsscore,
- KOS (Einfluss auf die sportliche Aktivität),
- IKDC 2000 (Funktionalität im Alltag),
- ACL-RSI (psychologischer Score),
- Begleitverletzungen

Über diese Variablen wurde folglich das Outcome bestimmt.

Die Einflussfaktoren, welche obige Variablen bedingen eignen sich in ihrer Rohform jedoch nicht für eine statistische Auswertung, da reine klinische Messergebnisse als Häufigkeitsangaben wenig aussagekräftig sind. Hierfür wurden stattdessen die intraindividuellen Differenzen der operierten Seite zur gesunden Seite betrachtet. Es erfolgte eine Neuklassifizierung in Anlehnung an das IKDC Formblatt mit den Kategorien „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „deutlich abnormal“ (S.34 ff.). Stellte sich ein Messwert der operierten Seite im Vergleich zur gesunden Seite (Soll-Referenz) als besser dar (z. B. Oberschenkelumfang OP-Seite 48 cm vs. gesund 46 cm), so wurde eine Differenz von 0, bzw. die Kategorie „normal“ angenommen. Weiterhin wurden im Bereich der abhängigen Variable „Begleitverletzungen“ Kategorien mit geringen Fallzahlen sinnhaft zusammengefasst.

4.4.2 Outcome nach Einflussfaktoren - kategorisiert

Metrische Variablen

- Alter
- BMI

Nominale Variablen

- Geschlecht (männlich; weiblich)
- Zeitraum bis zur Operation (unter 4 Wochen; 4 Wochen und mehr)
- gegnerische Beteiligung am Verletzungsmechanismus (ohne; indirekt; direkt)

Ordinale Variablen

- Achsenstellung (normal vs. Varus und Valgus)
- Reizzustand (vorhanden vs. nicht vorhanden)
- Meniskuszeichen (Pos. vs. Neg.)
- Varusstress

normal	< 3 mm
fast normal	3 – 5 mm
abnormal	6 – 10 mm
- Valgusstress

normal	< 3 mm
fast normal	3 – 5 mm
abnormal	6 – 10 mm
- Begleitverletzungen
 - VKB - Ruptur isoliert;
 - VKB - Ruptur + 1 weitere Verletzung;
 - VKB - Ruptur + 2 weitere Verletzungen;
 - VKB - Ruptur + 3 und mehr weitere Verletzungen
- Extensionsdefizit

Normal	< 3°
fast normal	3 – 5°
abnormal	6 – 10°
deutlich abnormal	> 10°
- Flexionsdefizit

Normal	0 – 5°
fast normal	6 – 15°
abnormal	16 – 25°
deutlich abnormal	> 25°

- Umfangsdifferenz MP 10

Normal	< 1 cm
fast normal	1 – 1,9 cm
abnormal	2 – 2,9 cm
deutlich abnormal	3 und mehr cm

- Umfangsdifferenz MP 20

Normal	< 1 cm
fast normal	1 – 1,9 cm
abnormal	2 – 2,9 cm
deutlich abnormal	3 und mehr cm

- KT 1000 Differenz 134 N

Normal	1 – 2 cm
fast normal	3 – 5 cm (+)
abnormal	6 – 10 cm (++)
deutlich abnormal	> 10 cm (+++)

Um die metrischen Daten, wie Alter und BMI im Vergleich zu den als ordinalskaliert eingestuften Fragebögen zu ermitteln, wurde die Korrelation nach Spearman angewandt.

Anmerkung: Die unterschiedlichen Häufigkeiten der Fragebögen sind bedingt durch fehlende Angaben bei der Auswertung. Wenn mehr als eine Frage nicht beantwortet wurde, konnte der jeweilige Score nicht bestimmt werden.

Für den Tegner Aktivitätsscore, sowie den IKDC 2000 Score konnten schwach negative Korrelationen in Abhängigkeit des Alters festgestellt werden. Junge Patienten würden demnach etwas bessere Ergebnisse erzielen (IKDC 2000), bzw. eine höheres Aktivitätsniveau (Tegner) in den Fragebögen erreichen, als die älteren Teilnehmer.

Ähnliche schwach korrelierende Ergebnisse konnten beim Einflussfaktor BMI nachgewiesen werden. Hier zeigten die Patienten mit geringerem BMI bessere Ergebnisse im KOS Score, sowie ebenfalls im IKDC 2000 Score. Aufgrund der jedoch insgesamt geringen Korrelationen ($r < -0,3$) ist eine signifikante Abhängigkeit der Scores weder für das Alter, noch den BMI nachgewiesen und wird somit nicht angenommen.

Um der nominalen Verteilung der Variablen „Geschlecht“ und „Zeitraum bis zur OP“ gerecht zu werden, erfolgte hier eine Auswertung durch die sogenannte unifaktorielle Varianzanalyse (η_p^2 ; Tab. 9 + 10).

Tab. 9: Einflussfaktor Geschlecht

	η_p^2
Tegner; n=81	0,02
KOS; 78	0,04
IKDC 2000; 81	0,01
ACL-RSI; 80	0,03

Tab. 10: Einflussfaktor Zeitraum bis zur OP

	η_p^2
Tegner; n=81	0
KOS; n=78	0
IKDC; n=81	0
ACL-RSI; n=80	0,02

Es zeigte sich, dass sowohl beim Geschlecht als auch beim Zeitraum bis zur operativen Versorgung keine Abhängigkeiten auftraten. Im Kollektiv wurden hohe Scores geschlechts- und versorgungszeitunabhängig erzielt, sodass diese Faktoren nicht als Risikofaktoren bezogen auf das Outcome zu werten sind.

Weiterhin sollte der Frage nachgegangen werden, ob eine direkte gegnerische Beteiligung bei der Verletzung, etwa ein grobes Foulspiel, in einer gravierenderen Begleitverletzung resultiert, als z.B. im Falle einer eigens verschuldeten Verletzung. Die Annahme konnte jedoch nicht bestätigt werden ($\eta_p^2 < 0,1$; n=41).

Im Folgenden sind die neu kategorisierten Untersuchungsbefunde, wie auf Seite 34 ff. beschrieben, als Häufigkeitstabellen aufgetragen (Tab. 11 – 16).

Tab. 11: Extensionsdefizit kategorisiert

Extensionsdefizit	Häufigkeiten n=20	%
<3°; normal	17	85
3-5°; fast normal	3	15

Tab. 12: Flexionsdefizit kategorisiert

Flexionsdefizit	Häufigkeiten n=20	%
0-5°; normal	12	60
6-15°; fast normal	7	35
16-25°; abnormal	1	5

Tab. 13: Umfangsdifferenz MP 10 kategorisiert

Umfangsdifferenz MP 10	Häufigkeit n=20	%
< 1 cm; normal	9	45
1-1,9 cm; fast normal	9	45
2-2,9 cm; abnormal	1	5
3 und mehr cm; deutlich abnormal	1	5

Tab. 14: Umfangsdifferenz MP 20 kategorisiert

Umfangsdifferenz MP 20	Häufigkeit n=20	%
< 1 cm; normal	3	15
1-1,9 cm; fast normal	7	35
2-2,9 cm; abnormal	6	30
3 und mehr cm; deutlich abnormal	4	20

Tab. 15: Begleitverletzungen kategorisiert

Begleitverletzungen	Häufigkeit n=83	%
VKB isoliert	26	31
VKB + 1 weitere Verletzung	37	45
VKB + 2 weitere Verletzungen	13	16
VKB + 3 und mehr Verletzungen	7	8

Tab. 16: KT-1000 Differenz 134 N kategorisiert

KT 1000 Differenz 134 N	Häufigkeit n=20	%
< 3mm; normal	18	90
3-5mm; fast normal	2	10

Es erfolgte anschließend die Berechnung der Korrelation nach Spearman.

Bei den Untersuchungsergebnissen konnte in den Bereichen Extensionsdefizit, Umfangsdifferenz MP 10, Umfangsdifferenz MP 20, KT 1000 Differenz, sowie Begleitverletzungen keine signifikante Abhängigkeit nachgewiesen werden. In der Kategorie Flexionsdefizit zeigte sich jedoch ein mittelgroßer Zusammenhang mit dem IKDC Fragebogen (Tab. 17), sodass Patienten mit größerem Flexionsdefizit relevant niedrigere Scores in ihren Alltagsleistungen, erbrachten als jene ohne Einschränkung. Weiterhin mittelstarke Korrelationen lagen bei der Abhängigkeit des IKDC 2000 von einem bestehenden Reizzustand (Tab. 18) vor. Auch hier erzielten Patienten mit diesem Merkmal geringere Ergebnisse. Die Provokationstests Varus-, und Valgusstress, sowie Meniskusstresstest zeigten keine relevanten Korrelationen.

Tab. 17: Einflussfaktor Flexionsdefizit

Flexionsdefizit n=20	r
Tegner	-0,21
KOS	-0,13
IKDC 2000	-0,49
ACL-RSI	-0,04

Tab. 18: Einflussfaktor Reizzustand

Reizzustand	r
Tegner	0,17
KOS	-0,35
IKDC 2000	-0,56
ACL-RSI	-0,37

5. Diskussion

5.1 Ergebnisdiskussion

Die Annahme, dass es sich bei VKB-Rupturen um Verletzungen handelt, die vorrangig bei jungen Patienten anzutreffen sind, konnte auch hier bestätigt werden. Während Petersen (2007) mit 75% im Alter von 15 -75 einen sehr großen Altersbereich anspricht, entfielen in diesem Kollektiv ebenfalls 75% auf sogar unter 40-jährige (12 – 39 Jahre, Abb. 11). Dies scheint in erster Linie dem hohen Aktivitätslevel geschuldet. Der Anteil der Patientinnen betrug in dieser Studie mit 39% etwas weniger als die Hälfte. Da jedoch keine direkten Inzidenzen als „Verletzungen pro Sportstunde“ bestimmt wurden, ist das eingangs erwähnte erhöhte Verletzungsrisiko weiblicher Sportler nur indirekt bestätigt. Schneider et al. (2016) konnten in einer Vergleichsarbeit in den letzten Jahren steigende Inzidenzen von Knieverletzungen insgesamt bei Frauen nachweisen, bei absolut jedoch ebenfalls größeren Absolutzahlen bei den Männern. Aufgrund des wachsenden Anteils sportlich aktiver Frauen ist eine Fortsetzung des Trends anzunehmen. Eine Abnormität des BMI's der Patienten konnte in der Studie nicht nachgewiesen werden. Es ist jedoch davon auszugehen, dass insbesondere übergewichtige Personen nur in einem geringen Teil in Risikosportarten aktiv sind.

Durch die Korrelation mit den Fragebögen konnten sowohl Geschlecht, Alter, als auch BMI als outcomerelevante Faktoren ausgeschlossen werden. Mok et al. (2022) konnte jedoch in einem Review mehrerer Studien, ebenfalls unter Verwendung des IKDC 2000 Score, einen im Schnitt 3 Punkte höheren postoperativen Score der Männer gegenüber den Frauen feststellen. Die Autoren räumen jedoch ein, dass durchaus Confoundervariablen aufgrund von Mängeln in der Datenerhebung der einzelnen Studien das Ergebnis beeinflussen. Struwer et al. (2013) konnten in einer ähnlichen Studie, in einer Nachbetrachtung von 10 Jahren, keinen signifikanten Einfluss des Alters oder BMI's auf die subjektive Bewertung des IKDC Scores finden. Almeida et al. (2014) zufolge kehren in der Kohorte der unter 30jährigen prozentual mehr Patienten zu ihren Leistungsniveau vor Verletzung zurück, als in allen anderen Altersgruppen. Hierbei muss zur Wertung des Alters, als möglicher Risikofaktor, der in den zitierten Studien deutlich längere Nachbetrachtungszeitraum, als im eigenen Patientengut bedacht werden. Mit zunehmender Dauer sind durchaus zunehmende degenerative Gelenkbeschwerden zu erwarten.

Die Sportarten, welche allgemein als Risikosportarten zum Erleiden einer VKB Ruptur gelten, zeigten sich in der Datenauswertung bestätigt. Der große Anteil der Sportart Fußball ist auf die große (nationale) Beliebtheit der Sportart im untersuchten Kollektiv zurückzuführen. Im VBG Sportreport von 2018, welcher die sportartspezifischen Inzidenzen berücksichtigt, stellte sich Handball als risikoreichste Sportart dar (Luig et al.,

2018). Zudem gilt die VKB Ruptur als häufigste spezifische Verletzung im Alpinen Skisport (Tarka et al., 2019), welcher im untersuchten Kollektiv die zweithäufigste Verletztenanzahl darstellt. Im US-amerikanischen Raum dominieren hingegen Sportarten wie American Football und Lacrosse (Agel et al., 2016).

Die drei vorherrschenden Verletzungsformen „Weggeknickt bei (einbeiniger) Landung“, „relative Oberkörperverdrehung zum fixierten Unterschenkel“, sowie „Großes Drehmoment beim Skifahren“ vereinen die in der Literatur beschriebenen Elemente aus leichter Knieflexion, Valgusstellung und tibialer Außenrotation (sog. Valguskollaps Abb. 2; Olsen et al., 2004). Mehl et al. (2018) beschreibt zudem ein „Abruptes Abstoppen“ als häufige Konstellation, welches im eigenen Kollektiv nicht bestätigt werden konnte. Entscheidend ist jedoch, dass auch in den weniger häufigen Entitäten oft eine multiplanare Krafteinwirkung auf das Kniegelenk stattgefunden hat und somit die Komplexität der Verletzung bestätigt wird.

Weiterhin konnte im Vergleich zum VBG Sportreport 2018 ein gleichermaßen geringer Anteil direkter gegnerischer Beteiligung am Verletzungsgeschehen nachgewiesen werden (16% vs. 20% in dieser Studie). Am deutlichsten unterscheiden sich die Daten jedoch bei den VKB-Rupturen, welche ohne jegliche gegnerische Beteiligung stattfanden. Während sich im Report nur etwas mehr als ein Drittel (37%) auf diese Weise ereigneten, entfielen im eigenen Kollektiv mehr als die Hälfte (54%) auf diese Kategorie. Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür könnte im Patientenkollektiv liegen. Während im Sportreport Daten von professioneller Sportler ausgewertet wurden, welche trainingsbedingt weniger verletzungsanfällig sein könnten, wurden in der eigenen Studie primär Daten von Breitensportlern als Abbild der Allgemeinbevölkerung gewertet. Weitestgehend Einigkeit herrscht jedoch in der Tatsache, dass die direkte gegnerische Beteiligung beim Erleiden einer VKB Ruptur nur einen kleinen Anteil ausmacht (Pfeifer et al., 2018), was die Sinnhaftigkeit eines individuellen Präventionstrainings unterstreicht.

Bei der Frage nach dem optimalen Zeitintervall bis zur operativen Versorgung konnten weder für „Akut und subakut (unter 4 Wochen)“, noch für „Chronisch (4 oder mehr Wochen)“ korrelierende Scores nachgewiesen werden. Entscheidend scheint zu sein, dass das Kniegelenk reizfrei ist und schwellungsbedingt eine hohe Flexion toleriert (Mayr et al., 2017). Eine Risikozunahme der Arthrofibrose bei längerem Zuwarten ist aufgrund von inflammatorischer Bindegewebshypertrophie, mit konsekutiven Bewegungsdefizit, anzunehmen. Jedoch besteht die isoliert zeitliche Abhängigkeit nicht (Shelbourne et al., 1996). Der unmittelbare Versorgungszeitpunkt, innerhalb von 48 h nach dem Trauma, wurde in der eigenen Studie nur bei wenigen Profisportlern umgesetzt und ist zudem deutschlandweit in der Praxis selten zu realisieren. Neben Zeit für Diagnostik, und

entsprechender Bereitschaft qualifizierten Personals ist dies, mit Ausnahme weniger absoluter OP Indikationen, oft zudem nicht notwendig (Coper-Kriterien erfüllt? Abb. 4). Der optimale Operationszeitpunkt sollte daher immer auch sozioökonomische Hintergründe (z.B. berufliche Ausfallszeiten) und private Aspekte des Patienten berücksichtigen.

Als häufige Begleitverletzung konnte mit 28% ein Knorpelschaden, unabhängig von der Lokalisation und weiteren strukturellen Schäden nachgewiesen werden.

Maffulli et al. (2003) konnten mit rund 42% eine leicht höhere Inzidenz in einer Vergleichsstudie mit 378 Patienten bestätigen. Da eine direkte traumatische Knorpelschädigung auch beim Erleiden einer VKB-Ruptur nicht typisch ist und aus den vorliegenden Patientendaten keine sichere Aussage diesbezüglich getroffen werden kann, wird diese Begleitverletzung als vorbestehend angenommen. Zudem zeigte sich eine Gesamtinzidenz an Meniskusverletzungen von immerhin 60% mit geringer Bevorzugung des medialen Meniskus. Dies nur korrespondiert nur bedingt mit dem in der Einleitung beschriebenen Verletzungsmechanismus, welcher per se den lateralen Meniskus als verletzungsführend angibt.

Trotz der Komplexität und damit zunehmenden Schweregrad höherwertigerer Begleitverletzungen, konnte keine direkte Outcomerelevanz nachgewiesen werden. Die Gründe scheinen u.a. im frühen Nachbetrachtungszeitpunkt zu liegen. Eine relevante Zunahme vorhandener präarthrotischer Defekte, sowie ein Versagen refixierter Gelenkbinnenstrukturen ist in diesem kurzen Intervall noch nicht anzunehmen (Meniskusnaht etc.). Aufgrund der vermehrten ATT im VKB-insuffizienten Knie sind Gelenkstrukturen wie Menisken jedoch vermehrter Belastung ausgesetzt (Zantop et al., 2007a). Zudem werden größere Meniskusdefekte ohne Möglichkeit einer primären Refixation mit vermehrter Rotationsinstabilität assoziiert (Hoshino et al., 2020). Eine vermehrte Wichtung der Begleitverletzungsschwere scheint daher mit Zunahme des Nachbetrachtungszeitraums wahrscheinlich. Generell existieren zum jetzigen Stand nur wenige Studien mit Betrachtung des frühen Nachbehandlungszeitraums. Ein weiterer möglicher Erklärungsansatz, warum relevantere Begleitverletzungen im untersuchten Kollektiv nicht in einem verringerten Outcome resultieren, mag der individuell reduzierte Funktionsanspruch seitens der Patienten sein. Im Wissen einer durchgemachten Verletzung wird möglicherweise auf Risikosportarten im vorbekannten Umfang verzichtet. Die VKB Rekonstruktion dient dennoch vorrangig der Sicherung der Rotationsstabilität und verhindert dadurch eine Überbeanspruchung weiterer Gelenkbinnenstrukturen. Eine posttraumatische Gonarthrose kann auf diese Weise gemindert werden (Rothrauff et al. 2019).

Die erhobenen körperlichen Untersuchungsbefunde stehen im Bereich Achsfehlstellung nicht in Zusammenhang mit dem Verletzungsereignis, oder der durchgeführten Operation. Vorhandene positive Meniskuszeichen korrelierten nur in einem von zwei Fällen mit dem intraoperativen Befund. Zudem wurde nicht explizit auf eine anteromediale bzw. anterolaterale Rotationsinstabilität getestet, sodass diese Kategorien (Achsfehlstellung, Meniskuszeichen, vermehrte mediale + laterale Aufklappbarkeit) unter Vorbehalt interpretiert werden müssen. Die bei einigen Knieen bemerkte Schwellung und diskrete Überwärmung wurde als anhaltender Reizzustand und explizit nicht als mögliches infektiöses geschehen interpretiert. Einige Patienten gaben zudem an, sich vor der Untersuchung vermehrt belastet zu haben. Die Abhängigkeit des IKDC 2000 Scores von einem persistierenden Reizzustand wird erklärt durch eine noch unvollständige Rehabilitation des Patienten und somit unzureichender Fähigkeit des Kniegelenks, der aktuellen Belastung standzuhalten. Eine signifikante Abhängigkeit des Reizzustandes von einem Provokationstest und somit singulären klinischen Merkmal wurde nicht bestätigt.

In allen Fällen wurde sowohl mittels manueller Untersuchung als auch KT 1000 Testung eine im Seitenvergleich stabile VKB Plastik nachgewiesen, deren mechanische Intaktheit somit bestätigt wurde.

Die Fragebögen scores zeigten ein signifikant geringeres Outcome in Abhängigkeit eines reduzierten Flexionsausmaß. Als Ursache für das postoperative Bewegungsdefizit könnte eine Entnahmemorbidität mit konsekutiv verringerter Flexionskraft bei STS Verwendung liegen (Nishino et al., 2006). Das deutliches Umfangsdefizit, welches zusätzlich die Extensoren des Oberschenkels betrifft, liegt nach eigener Ansicht in einem unzureichenden Rehabilitationstraining begründet, wenngleich keine signifikant geringeren Scores dadurch festgestellt wurde. Trotz Mitgabe eines standardisierten Nachbehandlungsschema konnte die individuelle Umsetzung, der in der Regel heimatnah durchgeführten Rehabilitation, nicht kontrolliert werden.

In den Fragebögen wurden sowohl im KOS (Median 77), als auch IKDC 2000 (Median 80) gute Ergebnisse erzielt. Eine funktionelle Stabilität ist davon ausgehend sowohl bei alltäglicher, als auch sportlicher Belastung gegeben. Im ACL-RSI Score zeigten sich hingegen mäßige Ergebnisse (Median 63). Letzterer ist aufgrund der psychologisch relevanten Fragen geeignet, um die RTS-Rate zu ermitteln (traut sich der Athlet den Wiedereinstieg zu?). Webster et al. (2018) konnten in einer Studie mit über 700 Patienten, 12 Monate postoperativ nach VKB Rekonstruktion, ebenfalls geringe ACL-RSI Scores (Median 65) nachweisen. In dieser Studie wurde jedoch eine zum Untersuchungszeitpunkt höhere RTS-Rate bei den männlichen Patienten gefunden.

In der Praxis, vor allem im Breitensport, spielen sportpsychologische Rehabilitationsansätze derzeit leider noch eine untergeordnete Rolle. Der RTS Status wird aufgrund von erneuten Verletzungssorgen in der Folge nicht mehr erreicht, trotz erfüllter physiologischer Voraussetzung. Der ACL-RSI Score, oder ein vergleichbares Tool, sollte daher zusätzlich in Nachbehandlungsschemata integriert werden, um die patienteneigene Bereitschaft zum RTS-Status zu bestimmen.

Für den IKDC Score konnte eine signifikant geringerer Score der Patienten mit anhaltenden Reizzustand im operierten Kniegelenk nachgewiesen werden. Die Annahme, dass dies die Funktionalität trübt, scheint plausibel, wenngleich die Ursachen hierfür unklar sind. Ohne weiterführende bildgebende Diagnostik kann nur mutmaßlich ein Zusammenhang mit dem Verletzungsgeschehen gesehen werden. Wie oben beschrieben bestand mehrheitlich eine Diskrepanz der Testung zu den intraoperativen Begleitverletzungen. Den Patienten wurde in der Folge ein erneuter Konsultationstermin beim Operateur angeboten.

5.2 Methodendiskussion

Im Kapitel „Untersuchungsmethoden“ (S. 16) wurde von einer Differenz der in die Studie eingeschlossenen Patienten zur Dropout Rate berichtet. Als ursächlich dafür wird einerseits eine mangelnde Motivation angenommen, da ein Großteil der Teilnehmer den eigentlichen Patientenstatus verlassen und die alltäglichen Aktivitäten wieder voll aufgenommen hat. Zum anderen liefen im Vorfeld andere Studien in derselben medizinischen Einrichtung, sodass die erneute Teilnahmebereitschaft gering war. Im Folgenden sind die Gründe für ein Nicht-Ausfüllen des Fragebogens aufgeführt:

- Teilnahme explizit abgelehnt: 15
- keine Zeit aus beruflichen oder privaten Gründen: 18
- Rücksendung trotz mehrmaliger Erinnerung versäumt: 27
- ausgefüllter Fragebogen offenbarte unbekanntes Ausschlusskriterium 3
- in Akte hinterlegte Kontaktdaten stimmten nicht mehr überein, 18
bzw. keine Antwort auf diverse Kontaktversuche:

Die für den anschließenden Untersuchungsteil einzuschließenden Teilnehmer sollten sich nach dem Zufallsprinzip aus eben diesem Kollektiv zusammensetzen. Allerdings zeigte sich, dass die Bereitschaft noch einmal für eine additive, medizinisch nicht zwingend notwendige Untersuchung, vor Ort in Halle zu erscheinen ebenfalls gering war. Zudem deckte das Patientengut den gesamten Mitteldeutschen Raum, mitunter auch den der gesamten BRD ab. Daraufhin viel die Entscheidung vor allem Patienten aus dem näheren Umkreis zu rekrutieren. In der Einwilligungserklärung der Fragebögen wurde bereits auf die Möglichkeit dieser Untersuchung vor Ort hingewiesen, woraufhin einige Patienten ihr Interesse bekundeten, andere diese von vornherein ausschlossen. Weiterhin wurde das Teilnehmerfeld dadurch beeinflusst, dass einerseits Patienten mit großer Unzufriedenheit und andererseits solche mit sehr gutem subjektivem Befinden vorrangig Interesse zeigten. Das reine Zufallsprinzip konnte bei der Auswahl also nicht vollständig gewahrt werden. Die Rücklaufquote von 83 Fragebögen stellt dennoch eine zufriedenstellende Anzahl an Patienten zur Auswertung dar, die Teilnehmerzahl für die klinische Untersuchung (n=20) hingegen die trübt Auswertung. Die Korrelationen der klinisch auffälligen Befunden mit Fragebögenscores muss daher ebenfalls unter diesem Aspekt betrachtet werden.

Generell ermöglicht die Verwendung von validierten Fragebögen eine standardisierte und ökonomische Befragung aller Teilnehmer. Insbesondere der IKDC 2000 und ACL-RSI Score stellen weltweit etablierte Scores dar. Das Ergebnis ist jedoch mitunter starken subjektiven Schwankungen unterworfen. Zudem scheint die häufigere Befragung, zu verschiedenen Zeitpunkte sinnvoll. Fehlte mehr als eine Kategorie,

konnten einige Scores nicht bestimmt werden. Die allgemeine klinische Untersuchung des Kniegelenks (Inspektion, Palpation) im Vergleich zur Gegenseite erfolgte nur durch einen Untersucher, ohne dass dieser die Befunde bei Erstvorstellung (nach initialer Verletzung) selbst erhoben hatte. Zur Bewertung der Transplantatstabilität erfolgte die Testung mittels KT 1000, ein etabliertes Tool mit hoher untersucherunabhängiger Aussagekraft. Zur Objektivierung der Funktionalität einer Kreuzbandplastik ist die reine Stabilitätstestung der ATT jedoch nicht ausreichend. Eine dynamische Belastung, wie sie unter alltäglichen Bedingungen besteht, wurde jedoch bewusst nicht getestet. Zwar kann auf diese Weise die Objektivität der Funktionalität, im Vergleich zu reinen Fragebögen, deutlich verbessert werden, aufgrund der aufwendigen Prozeduren solcher Messungen, sowie der Verschiebung des eigentlichen Untersuchungsschwerpunktes der Arbeit, wurde davon abgesehen. Zum anderen bestand größtenteils Zufriedenheit unter den Probanden, sodass eine forcierte Testung (Y-Balance-Test, Einbeinlandung usw.) ein unverhältnismäßig hohes Risiko einer erneuten Verletzung birgt, was im Rahmen einer additiven klinischen Untersuchung nicht tragbar ist. Insbesondere zur Risikofaktorenwertung empfiehlt es sich, Inzidenzen (Verletzte pro Sportstunde) zu bestimmen. Diese Information konnte jedoch von den Probanden nicht eindeutig wiedergegeben werden, sodass mit Absolutzahlen gearbeitet wurde. Die Tatsache, dass oftmals eine heimatnahe physiotherapeutische Weiterbehandlung erfolgte, muss bei der frühzeitigen Nachbetrachtung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Wenngleich allen Patienten ein, den nationalen Standards entsprechendes Nachbehandlungsschema ausgehändigt wurde, bleibt die genaue Umsetzung Seitens des Patienten nicht eindeutig nachvollziehbar und somit das Erreichen der Meilensteine der Rehabilitationsphasen eingeschränkt vergleichbar.

Ein großer Vorteil der Studie liegt im frühen Nachuntersuchungszeitraum. Während mittlere und späte postoperative Phasen in der Literatur häufig beschreiben wurden, ist die Datenmenge in der frühen Phase deutlich geringer. Insbesondere fokussiert diese Studie zudem auf die Allgemeinbevölkerung und nicht auf ein explizit sporttreibendes Kollektiv (Profi-, Collegeathleten, usw.)

6. Zusammenfassung

Die eingangs formulierten Hypothesen konnten nur zum Teil bewiesen werden (S. 12). Aus der Literatur bekannte Risikofaktoren bzw. -konstellationen wurden in dieser Studie auch in der allgemeinen Bevölkerung bestätigt. Das per se erhöhte Risiko zum Erleiden einer VKB-Ruptur des weiblichen Geschlechts wurde indirekt durch Häufigkeitsanalysen beschrieben, da intrinsische Ursachen dieser Geschlechterdifferenz nicht untersucht wurden. Weiterhin deckten sich die Untersuchungsergebnisse zum Unfallgeschehen mit denen, welche auf Videoanalysen aus dem Profisport basieren, der direkte Gegnerkontakt in Sportsportarten bleibt auch im eigenen Patientengut die Ausnahme. Die initiale Annahme, dass zum einen ältere und weniger aktive Patienten, sowie das Vorhandensein komplexerer Begleitverletzungen mit geringeren Outcomes assoziiert sei, konnte nicht bestätigt werden. Vielmehr zeigten sich postoperative klinisch messbare Defizite trotz intakter VKB-Plastik mit geringeren Fragebogenscores assoziiert. Eine stärkere Wichtung der Begleitverletzungen konnte nicht bewiesen werden, deren Wichtung über einen längeren Nachbetrachtungszeitraum wird jedoch angenommen.

Die Studienergebnisse stellen im Wesentlichen eine Bestätigung des aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnisstandes dar und ergänzen insbesondere die Frühphase nach operativer Versorgung, in welcher die Datenlage derzeit noch geringer ist.

Zukünftige Studien sollten sich zusätzlich vermehrt auf pre/post Vergleiche konzentrieren. Idealerweise liegen von Patienten Daten vor dem Verletzungsereignis vor. Hierzu empfiehlt es sich ein großes Kollektiv primär zu sichten und im Falle einer erlittenen VKB Ruptur im Intervall nach zu betreuen. Gerade Sportvereine mit Jugendabteilungen eignen sich hierfür, da im Idealfall sowohl ausreichend hohe Fallzahlen generiert werden und sich eine Risikoreduktion für die Sporttreibenden einstellt. Um vorbestehende Kniebinnenschäden zu erkennen, liegt idealerweise zum Zeitpunkt vor der Verletzung eine Bildgebung (MRT) als Ausgangsbefund vor, welche jedoch ebenfalls im klinischen Kontext betrachtet werden muss. Diese primärpräventiven Ansätze sollten weiterhin genutzt werden, um Referenzwerte zu ermitteln und somit schließlich auch im Freizeitsport „Athletes at Risk“ zu identifizieren, ggf. auch den Erfolg konservative Behandlungsoptionen besser zu werten.

Im Hinblick auf zukünftige Studien, sollte der Frage nach familiärer Häufungen von Kreuzbandrupturen nachgegangen werden. Wenngleich es sich dabei um eine Verletzung, welche eine äußeres Ereignis bedarf handelt, scheinen einige Individuen jedoch eine Prädisposition aufgrund von Risikoverhalten und anatomischer Gegebenheiten zu besitzen.

7. Literaturverzeichnis

Agel J, Rockwood T, Klossner D (2016) Collegiate ACL Injury Rates Across 15 Sports: National Collegiate Athletic Association Injury Surveillance System Data Update (2004-2005 Through 2012-2013). *Clin J Sport Med* 26: 518-523.

Almeida A, Valin MR, Ferreira R, De Almeida NC, Agostini AP (2014) Correlation between the result from arthroscopic reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee and the return to sports activity. *Rev Bras Ortop* 49: 240-4.

Bahr R, Krosshaug T (2005) Understanding injury mechanisms: a key component of preventing injuries in sport. *Br J Sports Med* 39: 324-9.

Beynon BD, Shultz SJ (2008) Anatomic alignment, menstrual cycle phase, and the risk of anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train* 43: 541-2.

Biau DJ, Tournoux C, Katsahian S, Schranz P, Nizard R (2007) ACL reconstruction: a meta-analysis of functional scores. *Clin Orthop Relat Res* 458: 180-7.

Bös L, Ellermann A (2003) Arthroscopic diagnosis and classification of articular cartilage lesions.

Brand JC JR., Pienkowski D, Steenlage E, Hamilton D, Johnson DL, Caborn DN (2000) Interference screw fixation strength of a quadrupled hamstring tendon graft is directly related to bone mineral density and insertion torque. *Am J Sports Med* 28: 705-10.

Brown CH JR., Wilson DR, Hecker AT, Ferragamo M (2004) Graft-bone motion and tensile properties of hamstring and patellar tendon anterior cruciate ligament femoral graft fixation under cyclic loading. *Arthroscopy* 20: 922-35.

Clatworthy MG, Annear P, Bulow JU, Bartlett RJ (1999) Tunnel widening in anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective evaluation of hamstring and patella tendon grafts. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 7: 138-45.

Colby S, Francisco A, Yu B, Kirkendall D, Finch M, GARRETT W JR (2000) Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers. Implications for anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 28: 234-40.

Collette M, Courville J, Forton M, Gagnie B (2012) Objective evaluation of anterior knee laxity; comparison of the KT-1000 and GNRBÒ arthrometers. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* Volume 20, pp. 2233–2238

Delince P, Ghafil D (2012) Anterior cruciate ligament tears: conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20: 48-61.

Desai N, Bjornsson H, Musahl V, Bhandari M, Petzold M, Fu FH, Samuelsson K (2014) Anatomic single- versus double-bundle ACL reconstruction: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 22: 1009-23.

Distefano LJ, Padua DA, Distefano MJ, Marshall SW (2009) Influence of age, sex, technique, and exercise program on movement patterns after an anterior cruciate ligament injury prevention program in youth soccer players. *Am J Sports Med* 37: 495-505.

- Domnick C, Garcia P, Raschke MJ, Glasbrenner J, Lodde G, Fink C, Herbolt M (2017) Trends and incidences of ligament-surgeries and osteotomies of the knee: an analysis of German inpatient records 2005-2013. *Arch Orthop Trauma Surg* 137: 989-995.
- Domnick C, Raschke MJ, Herbolt M (2016) Biomechanics of the anterior cruciate ligament: Physiology, rupture and reconstruction techniques. *World J Orthop* 7: 82-93.
- Dorrel BS, Long T, Shaffer S, Myer GD (2015) Evaluation of the Functional Movement Screen as an Injury Prediction Tool Among Active Adult Populations: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Health* 7: 532-7.
- Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L, Engebretsen L, Risberg MA (2010) Functional tests should be accentuated more in the decision for ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18: 1517-25.
- Elias JJ, Kilambi S, Ciccone WJ 2ND (2009) Tension level during preconditioning influences hamstring tendon graft properties. *Am J Sports Med* 37: 334-8.
- Fauno P, Wulff Jakobsen B (2006) Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med* 27: 75-9.
- Ferretti A, Monaco E, Ponzio A, Basiglini L, Iorio R, Caperna L, Conteduca F (2016) Combined Intra-articular and Extra-articular Reconstruction in Anterior Cruciate Ligament-Deficient Knee: 25 Years Later. *Arthroscopy* 32: 2039-2047.
- Fink C, Zapp M, Benedetto KP, Hackl W, Hoser C, Rieger M (2001) Tibial tunnel enlargement following anterior cruciate ligament reconstruction with patellar tendon autograft. *Arthroscopy* 17: 138-43.
- Fithian DC, Paxton EW, Stone ML, Luetzow WF, Csintalan RP, Phelan D, Daniel DM (2005) Prospective trial of a treatment algorithm for the management of the anterior cruciate ligament-injured knee. *Am J Sports Med* 33: 335-46.
- Frobell RB, Roos HP, Roos EM, Roemer FW, Ranstam J, Lohmander LS (2013) Treatment for acute anterior cruciate ligament tear: five year outcome of randomised trial. *BMJ : British Medical Journal* 346: f232.
- Giorgio N, Moretti L, Pignataro P, Carrozzo M, Vicenti G, Moretti B (2016) Correlation between fixation systems elasticity and bone tunnel widening after ACL reconstruction. *Muscles Ligaments Tendons J* 6: 467-472.
- Gokeler A, Zantop T, Jöllenbeck T (2010) Vorderes Kreuzband Epidemiologie GOTS-Expertenmeeting: Vorderes Kreuzband 3-14.
- Henle P, Röder C, Perler G, Heitkemper S, Eggli S (2015) Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures: case series experience of the first three years. *BMC Musculoskelet Disord* 16: 27.
- Herbolt M, Michel P, Rascke MJ, Vogel N, Schulze M, Zoll A, Fink C, Petersen W, Domnick C (2017) Should the Ipsilateral Hamstrings Be Used for Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in the Case of Medial Collateral Ligament Insufficiency? Biomechanical Investigation Regarding Dynamic Stabilization of the Medial Compartment by the Hamstring Muscles. *Am J Sports Med* 45: 819-825.

Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD (2010) Understanding and preventing acl injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations - update 2010. N Am J Sports Phys Ther 5: 234-51.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS JR., Colosimo AJ, Mclean SG, Van Den Bogert AJ, Paterno MV, Succop P (2005) Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study. Am J Sports Med 33: 492-501.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Paterno MV, Quatman CE (2016) Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. J Orthop Res 34: 1843-1855.

Hoshino Y, Hiroshima Y, Miyaji N, Nagai K, Araki D, Kanzaki N, Kakutani K, Matsushita T, Kuroda R (2020) Unrepaired lateral meniscus tears lead to remaining pivot-shift in ACL-reconstructed knees. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 28: 3504-3510.

Hurd WJ, Axe MJ, Snyder-Mackler L (2008) A 10-year prospective trial of a patient management algorithm and screening examination for highly active individuals with anterior cruciate ligament injury: Part 1, outcomes. Am J Sports Med 36: 40-7.

Khayambashi K, Ghoddosi N, Straub RK, Powers CM (2016) Hip Muscle Strength Predicts Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injury in Male and Female Athletes: A Prospective Study. Am J Sports Med 44: 355-61.

Kittl C, El-Daou H, Athwal KK, Gupte CM, Weiler A, Williams A, Amis AA (2016) The Role of the Anterolateral Structures and the ACL in Controlling Laxity of the Intact and ACL-Deficient Knee. Am J Sports Med 44: 345-54.

Kittl C, Herbolt M (2018) VKB-Einzelbündel Rekonstruktion mittels anteromediale Portaltechnik. VKB Ruptur-TherapieAGA-Knie-Ligament-Komitee: 82-88.

Kohl S, Evangelopoulos DS, Schar MO, Bieri K, Muller T, Ahmad SS (2016) Dynamic intraligamentary stabilisation: initial experience with treatment of acute ACL ruptures. Bone Joint J 98-b: 793-8.

König DP, Rutt J, Kumm D, Breidenbach E (1998) Clinical diagnosis and instrumented measurement of anterior knee laxity. A comparative study of the Lachman test, KT1000 knee ligament arthrometer and the sonographic Lachman test. Unfallchirurg 101: 209-213.

Lasanianos NG, Kanakaris NK (2015) Trauma and Orthopaedic Classifications, London, Springer, p.501

Lubowitz JH, Appleby D (2011) Cost-effectiveness analysis of the most common orthopaedic surgery procedures: knee arthroscopy and knee anterior cruciate ligament reconstruction. Arthroscopy 27: 1317-22.

Luig P, Bloch H, Burkhardt K, Klein C, Kühn N (2018) VBG-Sportreport 2018 – Analyse des Unfallgeschehens in den zwei höchsten Ligen der Männer: Basketball, Eishockey, Fußball und Handball. Hamburg: VBG S:28-31

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

Magnussen RA, Lawrence JT, West RL, Toth AP, Taylor DC, Garrett WE (2012) Graft size and patient age are predictors of early revision after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring autograft. *Arthroscopy* 28: 526-31.

Mascarenhas R, Saltzman BM, Sayegh ET, Verma NN, Cole BJ, Bush-Joseph C, Bach BR JR (2015) Bioabsorbable versus metallic interference screws in anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review of overlapping meta-analyses. *Arthroscopy* 31: 561-8.

Mather RC 3RD, Koenig L, Kocher MS, Dall TM, Gallo P, Scott DJ, Bach BR JR, Spindler KP (2013) Societal and economic impact of anterior cruciate ligament tears. *J Bone Joint Surg Am* 95: 1751-9.

Mayr HO, Brandt CM, Weig T, Koehne M, Bernstein A, Suedkamp NP, Hube R, Stoehr A (2017) Long-term Results of Arthroscopic Arthrolysis for Arthrofibrosis After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy* 33(2):408-14.

Mehl J, Diermeier T, Herbst E, Imhoff AB, Stoffels T, Zantop T, Petersen W, Achtnich A (2018) Evidence-based concepts for prevention of knee and ACL injuries. 2017 guidelines of the ligament committee of the German Knee Society (DKG). *Arch Orthop Trauma Surg* 138: 51-61.

Mehl J, Otto A, Baldino JB, Achtnich A, Akoto R, Imhoff AB, Scheffler S, Petersen W, (2019) The ACL-deficient knee and the prevalence of meniscus and cartilage lesions: a systematic review and meta-analysis (CRD42017076897). *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery* 139: 819-841.

Mickelson DT, Lefebvre T, Gall K, Riboh JC (2018) Adjustable-Loop Femoral Cortical Suspensory Fixation for Patellar Tendon Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Time Zero Biomechanical Comparison With Interference Screw Fixation. *Am J Sports Med* 46: 1857-1862.

Musahl V, Getgood A, Neyret P, Claes S, Burnham JM, Batailler C, Sonnerly-Cottet B, Williams A, Amis A, Zaffagnini S, Karlsson J (2017) Contributions of the anterolateral complex and the anterolateral ligament to rotatory knee stability in the setting of ACL Injury: a roundtable discussion. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25: 997-1008.

Musgrove TP, Salmon LJ, Burt CF, Pinczewski LA (2000) The influence of reverse-thread screw femoral fixation on laxity measurements after anterior cruciate ligament reconstruction with hamstring tendon. *Am J Sports Med* 28: 695-9.

Myklebust G, Bahr R.(2005) Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med* 39: 127-31.

Nishino A, Sanada A, Kanehisa H, Fukubayashi T (2006) Knee-flexion torque and morphology of the semitendinosus after ACL reconstruction. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1895-900.

Oiestad BE, Engebretsen L, Storheim K, Risberg MA (2009) Knee osteoarthritis after anterior cruciate ligament injury: a systematic review. *Am J Sports Med* 37: 1434-43.

Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R (2004) Injury mechanisms for anterior cruciate ligament injuries in team handball: a systematic video analysis. *Am J Sports Med* 32: 1002-12.

Petersen W, Benedetto K (2013) Personalisierte VKB Chirurgie Arthroscopie. Arthroscopie 26: 6-11.

Petersen W, Stein T, Günther D, Schoepp C, Ellermann A, Best R, Höher J, Imhoff A, Lutz P, Eberle C, Häner M, Herbolt M, Stoffels T, Jung T, Scheffler S, Mehl J, Stöhr A, Mengis N, Akoto R, Achtnich A (2021) Handlungsalgorithmus: Therapie der akuten Ruptur des vorderen Kreuzbands. Knie Journal 3: 57-60.

Petersen W, Von Eisenhart-Rothe R, Tischer T, Niemeyer P (2022) Does non-surgical treatment after rupture of the anterior cruciate ligament lead to results that are as good as surgery? Knie Journal 4: 1-3

Petersen W, Zantop T, (2007) Anatomy of the anterior cruciate ligament with regard to its two bundles. Clin Orthop Relat Res 454: 35-47.

Pfeifer CE, Beattie PF, Sacko RS, Hand A (2018) Risk factors associated with non-contact anterior cruciate ligament injury: A systemic review. Int J Sports Phys Ther 13: 575-587.

Pinczewski L, Roe J, Salmon L (2009) Why autologous hamstring tendon reconstruction should now be considered the gold standard for anterior cruciate ligament reconstruction in athletes. Br J Sports Med 43: 325-7.

Quatman CE, Hewett TE (2009) The anterior cruciate ligament injury controversy: is "valgus collapse" a sex-specific mechanism? Br J Sports Med 43: 328-35.

Rangger C, Daniel DM, Stone ML, Kaufman K (1993) Diagnosis of an ACL disruption with KT-1000 arthrometer measurements. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1: 60-6.

Renstrom P, Ljungqvist A, Arendt E, Beynnon B, Fukubayashi T, Garrett W, Georgoulis T, Hewett TE, Johnson R, Krosshaug T, Mandelbaum B, Micheli L, Myklebust G, Roos E, Roos H, Schamasch P, Shultz S, Werner S, Wojtys E, Engebretsen L (2008) Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. Br J Sports Med 42: 394-412.

Rothroff BB, Jorge A, de Sa D, Kay J, Fu FH, Musahl V (2020) Anatomic ACL reconstruction reduces risk of post-traumatic osteoarthritis: a systematic review with minimum 10-year follow-up. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 28:1072–1084.

Scheffler S (2018) VKB Fixation mit Interferenzschrauben. VKB Ruptur-Therapie AGA-Knie-Ligament-Komitee: 58-64.

Schneider O, Scharf HP, Stein T, Knapstein S, Hermann C, Flechtenmacher J (2016) [Incidence of knee injuries : Numbers for outpatient and inpatient care in Germany]. Orthopade 45: 1015-1026.

Shelbourne KD, Patel DV, Martini DJ (1996) Classification and management of arthrofibrosis of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. Am J Sports Med 24: 857-62.

Silva A, Sampaio R, Pinto E (2010) Femoral tunnel enlargement after anatomic ACL reconstruction: a biological problem? Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 18: 1189-94.

Stecker S, Parker R (1999) Graft selection in knee cruciate ligament surgery: autograft, allograft and synthetic. Operative Techniques in Orthopaedics 9: 248-255.

Struewer J, Ziring E, Frangen TM, Efe T, Meissner S, Buecking B, Bliemel C, Ishaque B (2013) Clinical outcome and prevalence of osteoarthritis after isolated anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring graft: follow-up after two and ten years. *Int Orthop* 37: 271-7.

Südkamp NP, Weiler A: Ligamentäre Kniegelenksverletzungen und Meniskusverletzungen. *Praxis der Unfallchirurgie*, Mutschler W, Haas NP. Stuttgart 2004: Thieme. S.775-778

Tarka MC, Davey A, Lonza GC, O'Brien CM, Delaney JP, Endres NK (2019) Alpine Ski Racing Injuries. *Sports Health* 11: 265-271.

Tuncay I, Kucucker H, Uzun I, Karalezli N (2007) The fascial band from semitendinosus to gastrocnemius: the critical point of hamstring harvesting: an anatomical study of 23 cadavers. *Acta Orthop* 78: 361-3.

Van Eck CF, Kopf S, Irrgang JJ, Blankevoort L, Bhandari M, Fu FH, Poolman RW (2012) Single-bundle versus double-bundle reconstruction for anterior cruciate ligament rupture: a meta-analysis--does anatomy matter? *Arthroscopy* 28: 405-24.

Walden M, Hagglund M, Werner J, Ekstrand J (2011) The epidemiology of anterior cruciate ligament injury in football (soccer): a review of the literature from a gender-related perspective. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19: 3-10.

Webster KE, Nagelli CV, Hewett TE, Feller JA (2018) Factors Associated With Psychological Readiness to Return to Sport After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Surgery. *Am J Sports Med* 46: 1545-1550.

Weiler A, Richter M, Schmidmaier G, Kandziora F, Südkamp NP (2001) The EndoPearl device increases fixation strength and eliminates construct slippage of hamstring tendon grafts with interference screw fixation. *Arthroscopy* 17: 353-9.

Weiler A, Scheffler SU, Südkamp NP (2000) Aktuelle Aspekte in der Verankerung von Hamstringsehnen-Transplantaten in der Kreuzbandchirurgie. *Der Chirurg* 71: 1034–1044.

Weiler A, Wagner M, Kittl C (2018) The posterior horn of the lateral meniscus is a reliable novel landmark for femoral tunnel placement in ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 26: 1384-1391.

Wetters N, Weber A, Wuerz TH, Schub DL, Mandelbaum BR (2015) Mechanism of Injury and Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury.24 , pp 2-6

Wright RW, Dunn WR, Amendola A, Andrich JT, Bergfeld J, Kaeding CC, Marx RG, Mccarty EC, Parker RD, Wolcott M, Wolf BR, Spindler KP (2007) Risk of tearing the intact anterior cruciate ligament in the contralateral knee and rupturing the anterior cruciate ligament graft during the first 2 years after anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective MOON cohort study. *Am J Sports Med* 35: 1131-4.

Xu M, Gao S, Zeng C, Han R, Sun J, Li H, Xiong Y, Lei G (2013) Outcomes of anterior cruciate ligament reconstruction using single-bundle versus double-bundle technique: meta-analysis of 19 randomized controlled trials. *Arthroscopy* 29: 357-65.

Zantop T, Schumacher T, Diermann N, Schanz S, Raschke MJ, Petersen W (2007a) Anterolateral rotational knee instability: role of posterolateral structures. Winner of the AGA-DonJoy Award 2006. *Arch Orthop Trauma Surg* 127: 743-52.

Zantop T, Weimann A, Wolle K, Musahl V, Langer M, Petersen W (2007) Initial and 6 weeks postoperative structural properties of soft tissue anterior cruciate ligament reconstructions with cross-pin or interference screw fixation: an in vivo study in sheep. *Arthroscopy* 23: 14-20.

8. Thesen

1. VKB-Rupturen stellen eine typische Sportverletzung in Risikosportarten dar.
2. Junge Männer sind aufgrund des Risikoprofils besonders gefährdet, der Anteil an Frauen ist steigend.
3. Als Verletzungsmechanismus in der Praxis zeigt sich oft eine misslungene einbeinige Landung, eine relative Oberkörperverdrehung zum fixierten Unterschenkel, sowie eine forcierte passive Rotation des Unterschenkels, etwa durch den langen Hebelarm beim Skifahren.
4. In Mannschaftssportarten stellt die direkte gegnerische Beteiligung beim Unfallhergang die Ausnahme dar.
5. Die VKB-Ruptur ist mehrheitlich mit Begleitverletzungen assoziiert.
6. Geschlecht, Alter und Begleitverletzungen zeigen sich per se nicht mit einem schlechteren postoperativen Outcome assoziiert.
7. Patienteneigenes Vertrauen und Zuversicht sollten als Kriterien für den Wiedereinstieg in den Sport beachtet, sportpsychologische Betreuung in die Nachbehandlung integriert werden.
8. Konservative Behandlungsansätze können ohne Verlust des Behandlungserfolgs erprobt werden, ein späterer Wechsel zu operativen Verfahren ist möglich.

9. Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Umfassendes Modell von Verletzungsursachen im Sport	3
Abb. 2: Risikoreiche Bewegungskonstellation	5
Abb. 3: Risikoarme Bewegungskonstellation	5
Abb. 4: Handlungsalgorithmus zum Management der akuten VKB-Ruptur	6
Abb. 5: Knieansicht von außen. Anlegen eines tiefen anteromedialen Portals	9
Abb. 6: Einbringen eines Zielgerätes zur femoralen Bohrung.	9
Abb. 7: Vergleich gelenknaher und -ferner (extrakortikaler) Fixationssysteme des VKB-Ersatz	10
Abb. 8: Fertig armiertes VKB Transplantat mit aufgesetzter EndoPearl	10
Abb. 9: Outerbridge Klassifikation für Knorpelschäden - arthroskopisch gesehen	14
Abb. 10: Schematischer Aufbau der KT-1000 Messung, Erklärungen im Text	17
Abb. 11: Altersverteilung - absolut	20
Abb. 12: Art des Unfalls	23
Abb. 13: Gegnerische Beteiligung am Unfallhergang (n=41)	25
Abb. 14: Komplikationen im postoperativen Verlauf	26
Abb. 15: Einfluss auf die sportliche Aktivität - KOS Score	27
Abb. 16: Funktionalität im Alltag - IKDC 2000Score	27
Abb. 17: Psychologischer Score - ACL-RSI	27
Abb. 18: Tegner Aktivitätsscore (Kategorien des Score gemäß Anlage S. 57)	28
Abb. 19: Extension gesunde Seite	29
Abb. 20: Extension OP-Seite	29
Abb. 21: Flexionsmessung	30
Abb. 22: Umfangsmessung MP 10cm	31
Abb. 23: Umfangsmessung MP 20cm	31
Abb. 24: Häufigkeitsverteilung KT-1000 Messung 134 N	32

Tabellenverzeichnis:

Tab. 1: Art der Begleitverletzung	21
Tab. 2: VKB Rupturen nach Sportart	23
Tab. 3: Primär- oder Sekundärsportart	24
Tab. 4: Verletzungsmechanismus	25
Tab. 5: Fragebögenscores gesamt	26
Tab. 6: Beinachsenstellung	29
Tab. 7: Valgusstress	30
Tab. 8: Varusstress	30
Tab. 9: Einflussfaktor Geschlecht	36
Tab. 10: Einflussfaktor Zeitraum bis zur OP	36
Tab. 11: Extensionsdefizit kategorisiert	36
Tab. 12: Flexionsdefizit kategorisiert	37
Tab. 13: Umfangsdifferenz MP 10 kategorisiert	37
Tab. 14: Umfangsdifferenz MP 20 kategorisiert	37
Tab. 15: Begleitverletzungen kategorisiert	37
Tab. 16: KT-1000 Differenz 134 N kategorisiert	37
Tab. 17: Einflussfaktor Flexionsdefizit	38
Tab. 18: Einflussfaktor Reizzustand	38

Anlagen:

Anschreiben Sportklinik + Fragebögen

Messblatt Kniegelenk

Selbstständigkeitserklärung

Anschreiben MVZ Sportklinik Halle



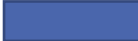
Sportklinik Halle - Weidenplan 17, 06108 Halle



Zentrum für Gelenkchirurgie
Vertragspartner des Olympiastützpunktes Sachsen-Anhalt
Vertragspartner des Chinesischen Leichtathletikverbandes



Halle, 13.11.2017

Sehr geehrte(r)  

Sie wurden im Zeitraum von Januar bis Juli 2016 in der Sportklinik in Halle am Knie, zwecks Refixation eines gerissenen Kreuzbandes, operiert. Um dieses aufwendige OP-Verfahren in Zukunft weiter verbessern zu können und die Patientenzufriedenheit zu steigern, untersuche ich im Rahmen meiner Doktorarbeit Kreuzband-Operationen in der frühen Nachbetrachtung. Ich würde mich sehr freuen, wenn Sie in diesem Zusammenhang die beiden im Anhang befindlichen Fragebögen ausfüllen könnten.

Unter Umständen würde ich danach zu einem erneuten Termin in die Sportklinik einladen (manuelle Untersuchung, leichte Stabilitätsübungen). In diesem Fall folgen weitere Informationen.

Die Teilnahme an dieser Studie ist freiwillig und die Datenauswertung erfolgt anonym.
Die Bearbeitung der gesamten Fragen dauert ca. 15 min.

Bitte senden Sie die ausgefüllten Fragebögen via E-Mail oder postalisch an mich zurück

Adresse: sport.wissenschaft@sportklinik-halle.de oder

Sportklinik Halle-Physiotherapie
Weidenplan 20
06108 Halle (Saale)

Gerne können Sie mich auch bei Rückfragen kontaktieren.

Mit freundlichen Grüßen

Tobias Schwäblein
Doktorand

Gesellschafter
Dr. Thomas Bartels
Dr. Kay Brehme
Dr. Martin Pyschik
Dr. Anett Rößner

Angestellte Ärzte
Dr. Michael Frank
Dr. Yvette Silbersack

Weidenplan 17 in 06108 Halle
Telefon: 0345 – 22 64 80 0
Fax : 0345 – 22 64 80 80
info@sportklinik-halle.de
www.sportklinik-halle.de

Hypo-Vereinsbank Halle
Konto: 42 58 118
BLZ: 800 200 86
IBAN: DE91 8002 0086 0004 2581 18
BIC: HYVEDEMM 440

Musterpatient

Fragebogen Teil I

Code: 9

Größe: 1,53m

Gewicht: 70kg

Geburtsdatum: 30.09.1966

Hatten Sie jemals eine Voroperation an einen der beiden Knie, wenn ja welche (Meniskus, Vorderes Kreuzband...)?

➤ *nein*

Aktuelle Verletzung (Januar bis Juli 2016): An welchem Knie haben Sie sich verletzt?

➤ *links*

Ist dies Ihre dominante Seite (Bein auf dem Sie sicherer stehen; mit dem Sie einen Ball treten würden)?

➤ *nein*

Handelte es sich bei der Verletzung um einen Unfall?

➤ *ja*

Falls ja:

Um welche Art Unfall handelte es sich (Sportunfall, Verkehrsunfall, Arbeitsunfall, zu Hause....)?

➤ *Sportunfall*

Bei Sportunfällen:

Welche Sportart haben Sie betrieben?

➤ *Ski alpin*

Handelt es sich dabei um Ihre Primärsportart? Wenn nein, bitte die Primärsportart angeben.

➤ *Nein*

Lief der Unfall ohne, mit indirekter (etwa beim Sprung aus der Balance gebracht), oder direkter gegnerischer Einwirkung (Gewalteinwirkung von außen) ab?

➤ *unglücklich beim langsamen Losfahren mit linker Skischaufel unter Schnee gekommen (sehr schlechte Sicht, sehr schlechte Pistenverhältnisse da enormer Neuschnee. Durch geringe Geschwindigkeit löste sich Skibindung nicht)*

Haben Sie die Betätigung nach der Verletzung umgehend eingestellt?

- *Nein, da ich keine Schmerzen hatte, habe ich die mit Hand gelösten Ski anschließend wieder angeschnallt und wollte fahren . Kurve ging aber nicht!*

Versuchen Sie bitte den Verletzungsmechanismus bzw. die Situation, welche zur Verletzung geführt hat so genau wie möglich zu beschreiben (etwa Wegknicken des Knies nach innen/außen beim Landen; Verdrehung beim Landen; Wegknicken beim in die Hocke gehen; Einklemmung des Knies im Fahrzeug; Sturz...):

- *Wahrscheinlich ein Verdrehen, da sich Bindung nicht löste und die Skischaufel unter dem siehe vorherige Frage Schnee steckte*

Wurde seit der der Kreuzband OP ein erneuter Eingriff am selben, oder anderen Knie durchgeführt (etwa um Beweglichkeit zu verbessern, erneute Kreuzbandruptur...)? Wenn ja, bitte Seite und Ursache angeben:

- *nein*

Fragebogen Teil II

Tegner Aktivitätsskala:

Bitte kreuzen Sie die Stufe (Zahlenangabe links) an, welche Ihrem momentanen Sport- und Bewegungsverhalten am ehesten entspricht:

- 10 Wettkampfsport:** Fußball, Ski alpin – auf internationalem oder nationalem Niveau
- 9 Wettkampfsport:** Fußball, Ski alpin – auf regionalem Niveau, Eishockey, Unihockey, Kampfsport , Kunstturnen
- 8 Wettkampfsport:** Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungdisziplinen), Snowboard
- X Wettkampfsport:** Tennis, Leichtathletik (Lauf- und Wurfdisziplinen), Geräteturnen, Handball, Basketball, Orientierungslauf, Crosslauf
- Freizeitsport:** Fußball, Eishockey, Ski alpin
- 6 Freizeit sport:** Joggen (mind. 5 Mal pro Woche), Tennis, Badminton, Squash, Handball, Basketball, Volleyball, Orientierungslauf, Crosslauf, Snowboard, Aerobic (high impact)
- 5 Wettkampfsport:** Radsport, Langlauf, Eiskunstlauf
- Freizeitsport:** Turnen, Gymnastik, Inline-Skating, Klettern/Bergsteigen, Skitouren/Schneeschuhlaufen, Joggen (auf unebenem Untergrund, mindestens 2 Mal pro Woche)
- Arbeit:** schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit)
- 4 Freizeit sport:** Radfahren, Langlauf, Tanzen, Aerobics (low impact), Bergwandern (abwärts), Joggen (auf ebenem Untergrund , mindestens 2 Mal pro Woche)
- Arbeit:** Mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. schwere Hausarbeit)
- 3 Wettkampf-/Freizeitsport:** Schwimmen, Wandern, Walking, Kegeln/Bowling
- Arbeit:** leichte körperliche Tätigkeit
- Gehen:** querfeldein möglich
- 2 Arbeit:** vorwiegend sitzende Tätigkeit
- Gehen:** auf unebenem Boden möglich
- 1 Arbeit:** sitzende Tätigkeit
- Gehen:** nur auf ebenem Boden möglich
- 0 Arbeit:** wegen Knieproblemen arbeitsunfähig oder berentet
- Gehen:** nur eingeschränkt möglich

KOS-Score-Sport

Die folgenden Fragen wurden konzipiert, um die Symptome und Einschränkungen Ihres Knies beim Sport zu dokumentieren. Bitte beantworten Sie jede Frage, indem Sie diejenige Aussage ankreuzen, die am besten Ihre Situation in den letzten Tagen wiedergibt! Auch wenn mehr als eine Aussage zutreffend ist, bitte notieren Sie **nur eine** Antwort.

Symptome

In welchem Maß behindern Sie die folgenden Kniesymptome bei Ihrem Sport?

	nie gehabt	habe, aber behindert mich nicht	behindert mich leicht	behindert mich mäßig	behindert mich stark	behindert mich total
1. Schmerz	☐	☐	☒	☐	☐	☐
2. Kniegeräusche	☐	☒	☐	☐	☐	☐
3. Steifigkeit	☐	☐	☒	☐	☐	☐
4. Schwellung	☐	☐	☒	☐	☐	☐
5. teilweise instabiles Gefühl	☒	☐	☐	☐	☐	☐
6. total instabiles Gefühl	☒	☐	☐	☐	☐	☐
7. Kraftlosigkeit	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Einschränkungen

In welchem Maß sind Sie bei folgenden sportlichen Aktivitäten wegen Ihres Knies eingeschränkt?

	nie gehabt	habe, aber behindert mich nicht	behindert mich leicht	behindert mich mäßig	behindert mich stark	behindert mich total
1. Joggen/ geradeaus rennen	☒	☐	☐	☐	☐	☐
2. springen/ landen	☒	☐	☐	☐	☐	☐
3. abbremsen/ beschleunigen	☒	☐	☐	☐	☐	☐
4. abdrehen/ Richtung wechseln	☐	☒	☐	☐	☐	☐

Wie würden Sie Ihre aktuelle Kniefunktion während Ihrer üblichen Sportaktivitäten auf einer Skala von 0 bis 100 definieren?

75

IKDC 2000 – Formblatt zur subjektiven Beurteilung des Knies

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?
 - ☒ Sehr anstrengende Aktivitäten, wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Fußball etc.)
 - ☐ Anstrengende Aktivitäten, wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 - ☒ Mäßig anstrengende Aktivitäten, wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 - ☐ Leichte Aktivitäten, wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 - ☐ Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

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

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

Nie Ständig Schmerzen

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Kreuzen Sie bitte eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Keine Schmerzen Unerträgliche Schmerzen

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während **der vergangenen 4 Wochen**?
 - ☐ Überhaupt nicht
 - ☐ Etwas
 - ☒ Ziemlich
 - ☐ Sehr
 - ☐ Extrem

5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?
 - ☐ Sehr anstrengende Aktivitäten, wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (z.B. Basketball, Fußball etc.)
 - ☐ Anstrengende Aktivitäten, wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 - ☒ Mäßig anstrengende Aktivitäten, wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 - ☐ Leichte Aktivitäten, wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 - ☐ Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten durchführen.

6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt.

☒ Ja
☐ Nein

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

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

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

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

9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie? Bitte setzen Sie in jeder Zeile für die zutreffende Aussage ein Kreuz.

	Überhaupt nicht schwierig	Minimal schwierig	Ziemlich schwierig	Extrem schwierig	unmöglich
Treppensteigen	X				
Treppe hinuntergehen	X				
Auf dem betroffenen Knie knien		X			
Hockstellung			X		
Normal sitzen	X				
Vom Stuhl aufstehen	X				
Geradeaus laufen	X				
Hochspringen, auf dem betroffenen Bein landen	X				
Beim Laufen schnell anhalten und starten	X				

10. Beurteilen Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies **vor der Knieverletzung**. Kreuzen Sie dazu bitte eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (kann keine täglichen Aktivitäten durchführen) und geht mit zunehmender Funktionsfähigkeit bis zu 10 (keine Einschränkung der täglichen Aktivität).

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒

Kann keine täglichen
Aktivitäten durchführen

keine Einschränkung
der täglichen Aktivität

11. Beurteilen Sie die **derzeitige** Funktionsfähigkeit Ihres Knies. Kreuzen Sie dazu bitte eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (kann keine täglichen Aktivitäten durchführen) und geht mit zunehmender Funktionsfähigkeit bis zu 10 (keine Einschränkung der täglichen Aktivität).

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

Kann keine täglichen
Aktivitäten durchführen

keine Einschränkung
der täglichen Aktivität

ACL-RSI-Skala

Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu der Sportart, die Sie als Hauptsportart vor Ihrer Verletzung ausgeübt haben. Kreuzen Sie für jede Frage dasjenige Kästchen zwischen den beiden beschriebenen Extremen an das Ihr derzeitiges Befinden wiedergibt.

1. Sind Sie zuversichtlich, dass Sie den Sport auf demselben Niveau wie vorher ausüben können?

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐
überhaupt nicht zuversichtlich										völlig zuversichtlich

2. Halten Sie es für wahrscheinlich, Ihr Knie durch die Teilnahme an Ihrem Sport wieder verletzen zu können?

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐
sehr wahrscheinlich										völlig unwahrscheinlich

3. Macht Sie der Gedanke an die Ausübung Ihres Sports nervös?

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒
sehr nervös										gar nicht nervös

4. Sind Sie zuversichtlich, dass Ihr Knie bei der Ausübung Ihres Sports nicht nachgeben wird?

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒
überhaupt nicht zuversichtlich										völlig zuversichtlich

5. Sind Sie zuversichtlich, dass Sie Ihren Sport ausüben können, ohne Bedenken wegen Ihres Knies zu haben?

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐
überhaupt nicht zuversichtlich										völlig zuversichtlich

6. Finden Sie es frustrierend, dass Sie in Bezug auf Ihren Sport Ihr Knie berücksichtigen müssen?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
 sehr
frustrierend überhaupt nicht
frustrierend

7. Befürchten Sie, dass Sie Ihr Knie bei der Ausübung Ihres Sports wieder verletzen könnten?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐
 habe
große Sorge habe überhaupt
keine Sorge

8. Sind Sie zuversichtlich, dass Ihr Knie unter Belastung standhält?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
 überhaupt
nicht zuversichtlich völlig
zuversichtlich

9. Haben Sie Angst, dass Sie Ihr Knie bei der Ausübung Ihres Sports versehentlich wieder verletzen könnten?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐
 habe
große Angst habe überhaupt
keine Angst

10. Hält Sie der Gedanke daran, nochmals operiert und nachbehandelt werden zu müssen, davon ab, Ihren Sport auszuüben?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐
 die
ganze Zeit zu keinem
Zeitpunkt

11. Sind Sie zuversichtlich, Ihren Sport gut ausüben zu können?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐
 überhaupt
nicht zuversichtlich völlig
zuversichtlich

12. Sind Sie gelassen, wenn es um die Ausübung Ihres Sports geht?

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐
 gar nicht
gelassen völlig
gelassen

Messblatt Kniegelenk Testpatient

Name: Max Mustermann

Code: 10

OP Seite: rechts

➤ Inspektion:

Genu Varum: -

Genu Valgum: x

Genu recurvatum: -

Schwellung: -

Rötung/Wärme: -

Erguss palpabel: -

➤ Bewegungsausmaß Kniegelenk: Normalwerte: 5°-0°-130°

links	0-0-129	Ex-0-Flex
rechts	0-0-130	Ex-0-Flex

➤ Muskelatrophie: Referenzlinie: medialer Kniegelenksspalt

links		rechts	
Oberschenkel MP 10 cm	48	Oberschenkel MP 10 cm	47
Oberschenkel MP 20 cm	58	Oberschenkel MP 20 cm	57

➤ Provokationstests:

Seitenbandstabilität

Aufklappbarkeit in Steckstellung + 20° Flexion	Med.	Lat
stabil	x	x
1°-ig aufklappbar		
2°-ig aufklappbar		
3° ig aufklappbar		

VKB/HKB (fester Anschlag, +, ++, +++):

Lachmann-Test:	fester Anschlag
Vordere Schublade	fester Anschlag
Hindere- Schublade	fester Anschlag

Meniskuszeichen (Steinmann I)

	med	lat
rechts	-	+
links	-	-

➤ KT-1000 -134N

links				rechts			
Messversuche							
anterior (mm)	1	1	2	anterior (mm)	3	2	2
≈	1,3			≈	2,3		
posterior (mm)	0	1	1	posterior (mm)	0	1	1
≈	0,6			≈	0,6		

Selbstständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit mit dem Titel:

„Longitudinale Risikofaktorenanalyse und postoperative klinische Untersuchung zur Funktionalität nach Semitendinosussehnenersatzplastik des vorderen Kreuzbandes“

unter der Betreuung von Univ.- Prof. Dr. med. Karl-Stefan Delank und Herrn apl. Prof. Dr. phil. Schwesig selbst angefertigt habe.

Die Ergebnisse wurden bisher weder im In- noch Ausland in gleicher oder ähnlicher Weise publiziert, noch anderen Prüfungsbehörden vorgelegt.

Halle (Saale), den 01.09.2024
Ort, Datum

Unterschrift

Erklärung über frühere Promotionsversuche

Ich erkläre hiermit, dass ich dato keine andere Promotion verfasst und eingereicht habe.

Halle (Saale), den 01.09.2024
Ort, Datum

Unterschrift

Danksagung

Ich bedanke mich bei all den Personen, die mich maßgeblich in der Anfertigung dieser Arbeit begleiteten.

Besonders möchte ich Herrn apl. Prof. Dr. phil. Schwesig erwähnen, der mich über die gesamte Zeit fortwährend und unermüdlich entscheidend am Entstehungsprozess dieser Dissertation förderte. Danke!

Ebenfalls möchte ich lobend Herrn Dr. med. Bartels, sowie das Team der Sportklinik Halle benennen, ohne deren Hilfe in der Patientenrekrutierung diese Studie nicht möglich gewesen wäre.

Mein besonderer Dank gilt zudem den Patienten, welche sich bereitklärten prä- und postoperativ an dieser Studie teilzunehmen.

Darüber hinaus möchte ich meiner Familie für die vielseitige und ausdauernde Unterstützung danken, welche sie mir während des Verfassens dieser Arbeit zukommen ließ.