

Diplomarbeit

**Anzahl und Versorgungsmöglichkeiten der
Kreuzbandverletzungen in der Ski- und
Tourismusregion Dachstein-Schladming**

eingereicht von

Vanessa Königer

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der gesamten Heilkunde

(Drⁱⁿ. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Klinik Diakonissen Schladming

ausgeführt an der

Klinischen Abteilung für Orthopädie und Traumatologie

unter der Anleitung von

Prim. Priv. Doz. Dr. med. univ. Georg Mattiassich

Ao. Univ. Prof. Mag. phil. Dr. med. univ. Franz Seibert

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Schladming, am 06.02.2023

Vanessa Königer, eh.

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich insbesondere bei meinem Betreuer Prim. Priv. Doz. Dr. Georg Mattiassich für die erstklassige Unterstützung, die fachliche Expertise, die Geduld und die Korrektur der Arbeit bedanken. Vielen Dank, dass ich die Räumlichkeiten der Klinik Diakonissen Schladming jederzeit zur Datenerhebung nutzen durfte.

Für die kompetente Betreuung möchte ich mich auch herzlich bei meinem zweiten Betreuer Ao. Univ. Prof. Mag. phil. Dr. Franz Seibert bedanken.

Vielen Dank an Ass. Dr. Lars Brunnader, der mir stets mit professionellem Rat zur Seite gestanden ist und auf all meine Fragen eine Antwort hatte.

Besonderer Dank gebührt OA Dr. Krister Röder, OA Dr. Paul Himmelstoss und Ass. Dr. Severin Noiges, ohne die die Verwirklichung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Danke für eure fachliche Expertise sowie die Bereitstellung von Patientendaten und Bildmaterial. Ich möchte mich sowohl bei euch für die wertvollen praktischen Erfahrungen im Operationssaal bedanken, als auch bei OA Dr. Alfred Steindl, dem ich während meiner Studienzeit wohl am häufigsten bei Kreuzbandrekonstruktionen assistieren durfte und im Zuge dessen mein Interesse für die Kniechirurgie geweckt wurde.

Danke an meinen gesamten Freundeskreis für die wundervolle Studienzeit in Graz. Darüber hinaus möchte ich mich bei meinem Freund bedanken, der mich stets motiviert hat und die kleinen Pausen in der Natur immer so abenteuerlich gestaltet hat, dass ich definitiv kurz abschalten konnte, um wieder neue Energie zu tanken.

Schlussendlich möchte ich mich bei meinen Eltern bedanken, die mir mein Studium überhaupt erst ermöglicht haben. Danke für eure bedingungslose Unterstützung bei der Verwirklichung meiner Träume seit meinen Kindheitstagen und dass ihr mir immer wieder vor Augen geführt habt, was im Leben wirklich zählt.

Zusammenfassung

Hintergrund:

Die vordere Kreuzbandruptur ist eine häufige Verletzung, die vor allem bei abrupten Belastungen und Sport auftritt. Die Ruptur kann konservativ und operativ behandelt werden. Bei beiden Therapieansätzen ist das Ziel die Wiederherstellung eines stabilen, funktionsfähigen Gelenks. Welcher Therapieansatz gewählt wird, muss anhand verschiedener Faktoren wie Begleitverletzungen, Aktivitätslevel und in Abstimmung mit den Patient*innen bestimmt werden. Für ein optimales Therapieergebnis ist bei beiden Ansätzen die Compliance und eine regelmäßige Physiotherapie wichtig.

Bei der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (ACL) gibt es noch keinen Goldstandard bezüglich der Operationsmethode. Da eine Läsion des anterolateralen Ligaments (ALL) für eine persistierende Rotationsinstabilität nach einer isolierten ACL-Rekonstruktion verantwortlich zu sein scheint, erlangt die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion immer mehr Aufmerksamkeit.

Zunächst wird ein Überblick über die ACL-Ruptur und das ALL gegeben. Ziel dieser Arbeit ist es, die operativen Versorgungsstrategien mit Fokus auf die ACL-/ALL-Rekonstruktion darzulegen. Zudem soll die ACL-Rekonstruktion mit der ACL-/ALL-Rekonstruktion anhand klinischer Daten verglichen werden, um die Relevanz des ALL besser beurteilen zu können.

Methode:

Einerseits wurde in der Literatur über die ACL- und ACL-/ALL-Rekonstruktion recherchiert, andererseits wurden Daten aus der Klinik Diakonissen Schladming (KDS) von Jänner 2020 bis Dezember 2021 herangezogen. Dabei wurde die ACL-Rekonstruktion mit der ACL-/ALL-Rekonstruktion bezüglich der postoperativen Schmerzen, Beweglichkeit und Stabilität nach drei bis zwölf Monaten sowie der Rerupturrate miteinander verglichen. Die postoperativen Schmerzen wurden anhand der visuellen Analogskala (VAS), bei der „null“ für „kein Schmerz“ und „zehn“ für „stärkste vorstellbare Schmerzen“ steht, beurteilt. Die Beweglichkeit im Kniegelenk wurde anhand der Neutral-Null-Methode gemessen. Die Stabilität wurde bei den Kontrollen erfragt und anhand des Lachman- und des Pivot-Shift-Tests objektiviert. Zur Rerupturrate wurden lediglich Rupturen des rekonstruierten Kreuzbandes gezählt.

Ergebnisse:

Die Ergebnisse betrachten Unterschiede der Operationsmethoden bezüglich: Operationsdauer, Dauer des Krankenhausaufenthaltes, Stabilität, Beweglichkeit, Schmerzen und Rerupturrate. Die Ergebnisse der ACL-/ALL-Rekonstruktion wiesen eine kürzere Operationsdauer, bessere Stabilität und geringere Rerupturraten auf. Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes mit 4,6 Tagen in der ACL-Gruppe vs. 4,4 Tagen in der ALL-Gruppe war beinahe ident. Auch das postoperative Beweglichkeitsausmaß erwies sich mit durchschnittlich 0-0,3-130,8 Grad nach ACL-Rekonstruktion und 0,8-0,5-132,9 Grad nach ACL-/ALL-Rekonstruktion als ähnlich. In der ALL-Gruppe trat ein Streckdefizit häufiger auf, wohingegen in der ACL-Gruppe ein Flexionsdefizit überwog.

Abstract

Background:

Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is a common injury that often occurs during activities including pivoting sports. The ACL-rupture may be treated surgically or non-surgically. The aim in both treatment options is to restore a stable, functional knee joint. Various factors such as accompanying injuries, activity level should be considered in the therapy-decision. Compliance and physiotherapy is important to achieve a good clinical outcome.

In ACL-reconstruction, there is still no gold standard regarding the surgical method. As a lesion of the anterolateral ligament (ALL) could be responsible for the remaining instability after an isolated ACL-reconstruction, combined ACL-/ALL-reconstruction has become more popular.

Firstly an overview of ACL-rupture will be given. The aim of this paper is to present the surgical treatment strategies with focus on combined ACL-/ALL- reconstruction. Moreover, the ACL-reconstruction will be compared with the ACL-/ALL-reconstruction based on clinical data.

Method:

Literature on ACL- and ALL-reconstruction was researched. Furthermore, clinical data of the Clinic Diakonissen Schladming from January 2020 to December 2021 were used. ACL-reconstruction was compared with ACL-/ALL-reconstruction in terms of postoperative pain, mobility and stability after three to twelve months, and rerupture rate. Postoperative pain was assessed with the visual analogue scale (VAS), where “zero” represents "no pain" and “ten” represents "pain as bad as it could possibly be." Range of motion was measured using the neutral-zero-method. Stability was both evaluated by asking the patients and by using stability tests such as Lachman- and Pivot-shift-test. The rerupture rate only consulted ruptures of the reconstructed ACL.

Results:

The results consider the differences between the surgical methods in terms of operative time, length of hospital stay, postoperative stability, range of motion, pain and rerupture rate. The results of ACL-/ALL-reconstruction represented shorter operative time, better stability and lower rerupture rates. The hospital stay, which was 4,6 days in the ACL-group and 4,4 days

in the ALL-group, proved to be almost similar. The range of motion also proved similar in both groups with an average of 0-0,3-130,8 degrees after ACL-reconstruction and 0,8-0,5-132,9 degrees after ACL-/ALL-reconstruction. In the ALL-group an extension deficit predominated, whereas in the ACL-group a flexion deficit predominated.

Inhaltsverzeichnis

<i>Danksagungen</i>	<i>II</i>
<i>Zusammenfassung</i>	<i>III</i>
<i>Abstract</i>	<i>V</i>
<i>Abkürzungen und deren Erklärung</i>	<i>IX</i>
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	<i>X</i>
<i>Tabellenverzeichnis</i>	<i>XI</i>
1.0 Einleitung	1
2.0 Das Kniegelenk	3
2.1 Anatomie und Mechanik des Kniegelenks	4
2.1.1 Gelenkkapsel.....	4
2.1.2 Bänder	5
2.1.3 Menisken.....	6
2.1.4 Gelenkhöhle	7
2.1.5 Schleimbeutel.....	7
2.1.6 Gefäße und Innervation.....	7
3.0 Vordere Kreuzbandruptur	10
3.1 Ätiologie	10
3.2 Klassifikation	10
3.3 Klinik	11
3.4 Diagnostik	11
4.0 Therapie	15
4.1 konservative Therapie	15
4.2 Operative Therapie	17
4.2.1 Graft-Auswahl für die ACL-Rekonstruktion	18
4.2.1.1 Ligamentum patellae.....	18
4.2.1.2 Hamstring-Sehnen.....	19
4.2.1.3 Quadricepssehne	19
4.2.1.4 Allografts.....	19
4.2.2 Operationszeitpunkt	19
4.3 ALL-Rekonstruktion	20

4.3.1	Historische Entwicklung und Anatomie des ALL	20
4.3.2	Biomechanik des anterolateralen Ligaments	26
4.3.3	Funktion des anterolateralen Ligaments	28
4.3.4	ALL-Operation	28
4.3.4.1	OP-Indikationen	29
4.3.4.2	Klassifikation von ALL-Läsionen.....	30
4.3.4.3	Operationsmethode	30
4.3.4.4	Graft-Auswahl.....	34
4.3.4.5	Postoperativ.....	34
4.3.4.6	Vorteile der ALL-Rekonstruktion.....	36
5.0	<i>Kreuzbandoperationen in Schladming</i>	41
5.1	Versorgung von vorderen Kreuzbandrupturen	41
5.2	Postoperative Kontrollen	43
5.2.1	Stabilität	44
5.2.2	Beweglichkeit	45
5.2.3	Schmerzen.....	46
5.2.4	Reruptur	46
6.0	<i>Diskussion</i>	47
7.0	<i>Schlussfolgerung</i>	54
	<i>Literaturverzeichnis</i>	0

Abkürzungen und deren Erklärung

ACL/VKB	anterior cruciate ligament/vorderes Kreuzband
ALL	anterolaterales Ligament
BPTB	bone patella tendon bone
CT	Computertomografie
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie
IKDC	International Knee Documentation Committee
KDS	Klinik Diakonissen Schladming
LCL	Ligamentum collaterale laterale
LCM	Ligamentum collaterale mediale
LET	laterale extraartikuläre Tenodese
MRT	Magnetresonanztomografie
nm	nicht möglich
OP	Operation
VAS	visuelle Analogskala

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1	Durchführung des Pivot-Shift-Tests (in diesem Fall mit einem Beschleunigungsmesser zur Quantifizierung) ¹⁵	12
Abb. 2	Darstellung des ALL des linken Knies – superfizial des LCL, posterior und proximal des lateralen Femurepikondylus und zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf liegend; ALL – anterolaterales Ligament; FCL – Ligamentum collaterale fibulare/laterale (LCL); GT – Tuberculum Gerdy; IT – Iliotibialband; LGT – lateral gastrocnemius tendon ⁴⁹	23
Abb. 3	in einer Zugprüfmaschine eingespanntes linkes Knie in anterolateraler Ansicht und vertikaler Ausrichtung des ALL ⁴⁹	26
Abb. 4	Segond-Fraktur nach einem Zugversuch am anterolateralen Ligament des linken Knies in anterolateraler Ansicht ⁴⁹	27
Abb. 5	linkes Knie in anterolateraler Ansicht mit Markierung von lateralem Epikondylus, Fibulakopf, Tuberculum Gerdy und der Gelenklinie (KDS).....	31
Abb. 6	Setzen der tibialen Stichinzisionen und Anlegen des konvergenten Tibia-Knochentunnels mit einem 4,5 Millimeter Bohrer (A). Die zwei Tunnel werden mit einer rechtwinkligen Klemme verbunden (B). Bildung einer Schlaufe mit einer Zweier-Naht für die Passage des ALL (C). ⁶³	32
Abb. 7	linkes Knie vor dem Einbringen eines 3ST/1G-Autotransplantats (KDS)	33
Abb. 8	chirurgische Technik; (A) Passage des ALL für die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion in einem rechten Knie. Nach Fixierung des ACL-Transplantats am Femur wird das Gracilis-Transplantat unter dem Iliotibialband zum posterioren Tibiabohrkanal geführt. Danach wird es durch den tibialen Knochentunnel gezogen und unter dem Iliotibialband zurück nach proximal zum Femurtunnel geführt wie in lateraler (B) und frontaler (C) Ansicht dargestellt ist. ⁶³	33

Tabellenverzeichnis

Tab. 1	Klassifikation des Lachman-Tests laut IKDC	12
Tab. 2	Graduierung des Pivot-Shift-Tests ¹⁵	13
Tab. 3	Autoren und deren Bezeichnungen des ALL.....	21
Tab. 4	Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen	25
Tab. 5	Entscheidungsbaum zur ACL-/ALL-Rekonstruktion ¹⁵	29
Tab. 6	Phasen des Rehabilitations-Standardprotokolls ¹⁵	35
Tab. 7	Pivot-Shift-Testergebnisse ¹⁵	37
Tab. 8	Rissraten je nach Transplantat und Rekonstruktionsart ⁶⁴	38
Tab. 9	Vorteile der ACL-/ALL-Rekonstruktion	38
Tab. 10	Anzahl der Operationen, Geschlechtsverteilung, Altersdurchschnitt und -spanne	42
Tab. 11	Altersverteilung.....	42
Tab. 12	Anzahl der Operationen ohne und mit meniskaler Begleitverletzung.....	42
Tab. 13	OP-Dauer (in Minuten), Krankenhaus-Aufenthalt (in Tagen).....	43
Tab. 14	Anzahl der Kontrollen und der berichteten Instabilität	44
Tab. 15	Anzahl der Kontrollen und Ergebnisse der Stabilitätstests	44
Tab. 16	Anzahl der Kontrollen und der Beweglichkeit.....	45
Tab. 17	Anzahl der Kontrollen und der angegebenen Schmerzintensität nach VAS	46
Tab. 18	Anzahl der Kontrollen und der Rerupturen	46

1.0 Einleitung

Das vordere Kreuzband (Ligamentum cruciatum anterius, ACL) stellt eine zentrale Struktur im Kniegelenk dar und ist sowohl für die Translations- als auch für die Rotationsstabilität von Relevanz.

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes tritt meist bei einer Sportverletzung mit plötzlichem Richtungswechsel wie beim Tennis spielen, Fußball spielen oder beim Skifahren auf. Die Anzahl dieser Verletzung ist aufgrund des steigenden sportlichen Interesses der Gesellschaft steigend. Die Verletzungsmechanismen bei der Ruptur können ein kombinierter Tibia-Valgusstress mit Femur-Außenrotationsstress oder auch ein kombinierter Tibia-Varusstress mit Femur-Innenrotationsstress sein. Aber auch andere ruckartige Rotationsbelastungen, Hyperflexionen und -extensionen sowie schnelle Abbremsbewegungen können zur ACL-Ruptur führen.⁷

Die Hauptaufgabe des vorderen Kreuzbandes ist die Stabilisierung gegen die anteriore tibiale Translationskraft sowie die Bewahrung der Rotationsstabilität. Nach einer Ruptur kann es akut zu Schmerzen, Schwellung und einer funktionellen Instabilität kommen. Die Instabilität äußert sich häufig im Sinne des „giving-way“-Phänomens, bei dem es zu einer Subluxation der Tibia nach vorne kommt. Die Patient*innen streben eine schnelle, komplikationslose und langfristige Genesung an. Sie wollen häufig zu dem Aktivitätslevel, das sie vor der Verletzung hatten, zurückkehren. Begleitverletzungen wie Meniskusrisse oder zusätzliche Bänderverletzungen, das sportliche Aktivitätsniveau und der Anspruch der Patient*innen sind Faktoren, die zur Therapieentscheidung beitragen.

Bei den Operationsmethoden wird neben der herkömmlichen ACL-Rekonstruktion mit autologen Sehnen in den letzten Jahren auch immer mehr die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion propagiert. Das ALL gilt als sekundärer peripherer Stabilisator neben dem ACL, da es sowohl der anterioren tibialen Translation als auch der tibialen Innenrotation entgegenwirkt.⁵⁶ Die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion soll die Rotationsinstabilität, die nach isolierten ACL-Rekonstruktionen in bis zu 25 Prozent beschrieben wird, verhindern.¹⁵ Angewandt wird diese Operationsmethode bisher vor allem bei jungen und/oder aktiven Patient*innen sowie bei Leistungssportler*innen.⁷

Ziel dieser Arbeit ist es, die gegenwärtige Literatur betreffend der vorderen Kreuzbandruptur unter besonderer Berücksichtigung der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion zu analysieren. Außerdem soll die Anatomie, Biomechanik und Funktion des ALL näher betrachtet werden, um die Relevanz des Ligaments für die kombinierte ACL-/ALL-

Rekonstruktion deutlich zu machen. Schlussendlich soll die herkömmliche ACL-Rekonstruktion mit der zusätzlichen ALL-Rekonstruktion bezüglich des klinischen Outcomes in Bezug auf die postoperative Stabilität, Beweglichkeit und Operationsdauer verglichen werden. Hierzu werden Daten aus der KDS im Zeitraum von Jänner 2020 bis Dezember 2021 herangezogen.

2.0 Das Kniegelenk

Das größte Gelenk des menschlichen Körpers ist das Kniegelenk, das von von drei Knochen (Femur, Patella und Tibia) gebildet wird und aus zwei Gelenkteilen besteht.

Einerseits besteht es aus der *Articulatio femoropatellaris*, welche zwischen Femur und Patella gebildet wird. Dieses Gelenk spielt bei der Übertragung der Sehne des *Musculus quadriceps femoris* vom Femur über das Knie auf die Tibia eine tragende Rolle. Andererseits besteht es aus der *Articulatio femorotibialis*, die sich aus Femur und Tibia zusammensetzt und das Gewicht des Körpers überträgt.¹

In der *Articulatio femorotibialis* gleiten die Femurkondylen auf der *Facies articularis superior* der Tibia. Die beiden bikonvexen Kondylen verfügen über eine von ventral nach dorsal zunehmende Krümmung. Die Gelenkfacetten des Tibiakopfes sind im Gegensatz dazu etwas konkav und um drei bis sieben Grad nach hinten geneigt. Diese Inkongruenz wird durch die beiden Menisken ausgeglichen, wobei sich ihre Dicke je nach Druckbelastung anpasst. In maximaler Extension artikulieren die schwächer gekrümmten Anteile der Femurkondylen mit der Tibia. Dabei sind die Berührungs- und Druckübertragungsflächen groß. Bei Flexion berühren die stärker gekrümmten dorsalen Anteile der Femurkondylen den Tibiakopf. Dabei sind die Berührungsflächen klein, wodurch die Rotationsbewegungen begünstigt werden.²

2.1 Anatomie und Mechanik des Kniegelenks

Stabilisiert wird das Kniegelenk vor allem durch Bänder und die umgebenden Muskeln. Die Mechanik des Kniegelenks, vor allem die *Articulatio femorotibialis*, kann vereinfacht als Trochoginglymus oder auch Drehscharniergelenk angesehen werden. Das bedeutet, dass eine Flexion, eine Extension und eine Rotation um die Längsachse möglich sind.²

Aktiv kann der Erwachsene bis zu einem Winkel von null Grad strecken, passiv sind weitere fünf bis zehn Grad möglich. Bei der Extension erfolgt am Ende zwangsläufig eine Schlussrotation der Tibia. Aktiv kann bis zu 120 Grad gebeugt werden, passiv ist eine Flexion bis 160 Grad möglich, anschließend wird die Beugung durch die Weichteilhemmung blockiert. Die Innen- und Außenrotation der Tibia kann nur in Beugstellung erfolgen. Bei vollständiger Extension ist eine Rotation aufgrund der straff gespannten Seitenbänder unmöglich. Durch die Hauptbänder des Kniegelenks wird die Rotationsstabilität gewährt. Die Kreuzbänder sind während der Innenrotation ineinander gedreht und gespannt. Während der Außenrotation wickeln sie sich auseinander. Im Gegensatz dazu sind die Seitenbänder in der Außenrotationsstellung gespannt und während der Innenrotation lockerer. Die Rotation wird zudem durch die postero-medialen und postero-lateralen Kapselverstärkungen im Knie gesichert.³

2.1.1 Gelenkkapsel

Die Gelenkkapsel ist mit ihrem *Stratum fibrosum* an der Tibia einen Zentimeter unter den Knorpelrändern befestigt, wo sie ins Periost übergeht. Sie umläuft seitlich die Femurkondylen und ist ventral mit der Quadrizepssehne und der Patella verwachsen. Dorsal reicht sie bis zur *Linea intercondylaris*.

Das *Stratum synoviale* als innere Schicht der Gelenkkapsel ist ventral, medial und lateral an der Knorpel-Knochen-Grenze des Tibiakopfs befestigt. Sie dringt dorsal zwischen die Gelenkfacetten der *Facies articularis superior* der Tibia ein und umläuft die *Area intercondylaris anterior*. Am Femur ist das *Stratum synoviale* in der *Fossa intercondylaris*, an den hinteren und seitlichen Knorpelrändern der Kondylen sowie am Rand der *Facies patellaris* befestigt. Die innere Kapselschicht geht ventral und proximal in die *Bursa suprapatellaris* über. Das *Stratum synoviale* bedeckt unterhalb der Patella den Hoffa-Fettkörper und setzt an der *Area intercondylaris anterior* an. Die Femurepikondylen liegen außerhalb der Kapsel. An der Hinterwand liegen mit Fettgewebe aufgefüllte Öffnungen für den Durchtritt der Gefäße, welche die Kreuzbänder und das distale Femur versorgen.²

2.1.2 Bänder

Das Ligamentum patellae geht aus den Ansatzsehnen des Musculus quadriceps femoris hervor. Die oberflächlichen Fasern ziehen über die Patella hinweg und vereinen sich distal mit tiefen Fasern, die die Apex patellae mit der Tuberositas tibiae verbinden.

Das Ligamentum collaterale mediale (LCM) entspringt am Epicondylus medialis femoris, zieht sich breit ausgedehnt nach anterodistal und setzt an der Facies medialis tibiae unterhalb des Tibiakopfplateaus an. Das LCM wird von den Sehnen des Pes anserinus superficialis überkreuzt, von denen es durch die Bursa anserina getrennt ist. In seitlicher Ansicht ist das Band dreieckig und weist einen anterioren parallelfaserigen und einen posterioren fächerförmigen Anteil auf. Das vordere Faserbündel ist vom Meniscus medialis durch einen Spalt, in dem sich meist eine kleine Bursa befindet, getrennt. Das posteriore Faserbündel ist mit dem Meniscus medialis verwachsen und erschlafft mit zunehmender Flexion, wodurch die aktive Rotation im Kniegelenk ermöglicht wird.

Das Ligamentum collaterale laterale (LCL) verläuft vom Epicondylus lateralis femoris zum Caput fibulae. Es überkreuzt die Sehne des Musculus popliteus und ein Gefäßnervenbündel, das zwischen dem LCL und der Capsula fibrosa verläuft. Zusammen mit dem "short posterior genual ligament" oder auch dem lateralem Kapselband stabilisiert es das Kniegelenk in der Extension.

Die dorsale Kapselwand wird vom Ligamentum popliteum obliquum verstärkt. Es ist ein Teil der Ansatzsehne des Musculus semimembranosus und zieht schräg von distal medial nach proximal lateral. Lateral wird die dorsale Kapselwand vom Ligamentum popliteum arcuatum verstärkt. Die bogenförmig verlaufenden Fasern konvergieren auf die Spitze des Fibulakopfes. Von diesem Band spaltet sich das "short posterior genual ligament" ab, welches zum Epicondylus lateralis femoris zieht und parallel zum LCL verläuft, sich jedoch innerhalb der Capsula fibrosa befindet.

Seitlich wird die Kapsel von den longitudinalen Retinacula patellae verstärkt. Da sie aus den Fasern des Musculus quadriceps femoris hervorgehen und zur Tuberositas tibiae ziehen, gelten sie als Reservestreckapparat. Es werden oberflächliche patellotibiale von tiefen patellofemorale Zügen unterschieden. Die transversalen Retinacula patellae verlaufen als Verstärkungszüge der Kapsel lateral von der Patella zur tiefen Schicht des Tractus iliotibialis.

Die Kreuzbänder liegen von dorsal eingewandert zwischen Stratum synoviale und Stratum fibrosum der Gelenkkapsel und damit extraartikulär, aber intrakapsulär. Das ACL verläuft von der Area intercondylaris anterior der Tibia zur hinteren Innenfläche des Condylus

lateralis femoris. Das in sich verdrehte Band wird in ein anteromediales und posterolaterales Faserbündel unterteilt.² Die zwei Funktionsbündeln sorgen in synergetischer Weise für die anterior-posteriore und rotatorische Stabilität des Knies.⁴ Dadurch wird die Beweglichkeit der vorderen Tibia kontrolliert und eine übermäßige Rotation verhindert. Zudem ist das ACL dafür zuständig Änderungen der Bewegungsrichtung, der Position des Kniegelenks sowie Änderungen der Geschwindigkeit, Beschleunigung und Steifigkeit zu erkennen.⁵

Das hintere Kreuzband (Ligamentum cruciatum posterius, PCL) ist stärker als das vordere Kreuzband. Es entspringt von der Area intercondylaris posterior und der Rückfläche der Tibia. Fächerartig strahlt es in die Innenfläche des medialen Femurkondylus ein. Es besteht aus einem anterolateralen und posteromedialen Faserbündel.²

2.1.3 Menisken

Die Menisken sind gebogene Scheiben aus Faserknorpel, die keilförmig zwischen den femoralen und tibialen Gelenkflächen liegen. Der Meniscus medialis hat eine sichelförmige Krümmung und Kontakt mit dem hinteren Anteil des LCM. Der Meniscus lateralis ist annähernd kreisförmig, verfügt über einen kleineren Krümmungsradius als der Meniscus medialis und hat keine Verbindung zum LCL. Die Menisken sind über kurze, straffe Bänder befestigt, die jeweils zwischen ihrem Vorder- und Hinterhorn, zur Area intercondylaris anterior und posterior ziehen. Zudem sind die breiteren Außenkanten mit der Gelenkkapsel verwachsen. Der Meniscus medialis ist außerdem mit dem "coronary ligament", einem fächerförmigen Band, an der Vorderkante des Caput tibiae befestigt. Vom Hinterrand des Meniscus lateralis zieht das Ligamentum meniscofemorale posterius (Wrisberg) zur femoralen Ansatzzone des PCL. Das Ligamentum meniscofemorale anterius (Humphry) ist nur bei etwa 70 Prozent der Menschen angelegt.² Beide Menisken können über inkonstante meniskopatellare Bänder mit der Patella verbunden sein. Die beiden Vorderhörner werden durch ein variabel ausgestaltetes Ligamentum transversum genus miteinander verbunden. Es verläuft quer durch das Corpus adiposum infrapatellare. Die Blutversorgung erfolgt über ein perimeniskales Randnetz aus Verzweigungen der Arteria media genus. Der zentrale Teil ist gefäßfrei und wird durch die Synovia mittels Diffusion und Osmose ernährt. Außerdem sind die Menisken reich an sensiblen Nervenendigungen.

Ihre Aufgabe ist der Ausgleich von Inkongruenzen der Femurkondylen und des Tibiakopfplateaus. Sie vergrößern die Druckübertragungsflächen und vermindern dadurch den Gelenkflächendruck. Bei Flexion werden sie von den Femurkondylen nach hinten verlagert. Ebenso werden sie bei den Rotationsbewegungen mitgeführt. Der Meniscus

lateralis ist durch seine enger beieinander liegenden Ansatzfasern besser beweglich als der mediale. Daher ist bei nicht muskulär gesicherten Rotationsbewegungen im Kniegelenk der weniger bewegliche Meniscus medialis am meisten gefährdet.²

2.1.4 Gelenkhöhle

Die Cavitas articularis erscheint durch vorspringende Bänder, Fett- und Synovialfalten, die Menisken und durch mehrere gelenknahe Schleimbeutel stark verzweigt. Von den Seiten der Patella entspringen die Plicae alares, welche die lateralen, paarigen Anteile des Hoffa-Fettkörpers darstellen. Der Fettkörper ist unregelmäßig begrenzt, im Schnitt dreieckig und liegt mit seiner Basis dem Ligamentum patellae auf. Das Ligamentum transversum genus wird fast vollständig von Fettgewebe bedeckt. Zwischen der Fossa intercondylaris an der Vorderseite und der Mitte des infrapatellaren Fettkörpers spannt sich die Plica synovialis infrapatellaris aus. Im proximalen Bereich der Gelenkhöhle, der dem Boden der Bursa suprapatellaris entspricht, liegt die mit Fett unterfütterte Plica synovialis suprapatellaris. Sie ist das Gegenlager für die proximalen Anteile der Patella im gestreckten Knie.³

2.1.5 Schleimbeutel

Die Bursa suprapatellaris liegt fünf bis sechs Zentimeter oberhalb der Basis patellae und wird von der Quadrizepssehne bedeckt. Ihre Wand wird vom Musculus articularis genus gespannt. Zumeist liegt eine Verbindung zur Gelenkhöhle vor. Durch ein sagittal eingestelltes Septum wird die Bursa suprapatellaris manchmal in ein größeres mediales und ein kleineres laterales Kompartiment getrennt. Der Recessus subpopliteus liegt zwischen der Gelenkkapsel und der Ursprungssehne des Musculus popliteus und ist immer mit der Gelenkhöhle verbunden. Die Bursa musculi semimembranosi liegt unter der Ansatzsehne des Musculus semimembranosus und kommuniziert mit der Gelenkhöhle. Die Bursa subtendinea musculi gastrocnemii medialis kann mit der Gelenkhöhle kommunizieren. Die Bursae praepatellares (subcutanea, subfascialis, subtendinea) verfügen über keine Verbindung zur Gelenkhöhle, da sie lediglich als Verschiebeeinrichtungen der Haut gegen die Patella dienen. Zwischen Haut und Ligamentum patellae, zwischen Ligamentum patellae und Tibia sowie dem Corpus adiposum infrapatellare liegt die Bursa infrapatellaris (subcutanea, profunda). Auch diese kommuniziert nicht mit der Gelenkhöhle.³

2.1.6 Gefäße und Innervation

Die Gefäßversorgung in der epifaszialen Schicht, der Subcutis, erfolgt von der medialen Seite der Knieregion durch den Ramus saphenus der Arteria genus descendens. Dieser ist

der letzte Ast der Arteria femoralis und wird im Canalis adductorius abgegeben. Der Ramus saphenus tritt durch die Lamina vastoadductoria in den Spalt zwischen Musculus sartorius und Musculus gracilis und verlässt die subfasziale Schicht nach kurzem Verlauf. In der epifaszialen Schicht deszendiert der Ramus saphenus schräg nach vorne und erreicht die Region anterior der medialen Patellakante.

Die sensible Versorgung erfolgt durch den Nervus femoralis über die Rami cutanei anteriores und den Nervus saphenus. Letzterer verlässt durch die Lamina vastoadductoria in Begleitung der Arteria genas descendens den Canalis adductorius. Eng angeschlossen an die tiefe Fläche der Sehnen des Musculus sartorius und Musculus gracilis, zieht dieses Gefäßnervenbündel nach distal und tritt dann zwischen diese beiden Sehnen, um knapp oberhalb des Pes anserinus superficialis die Fascia lata zu durchdringen. Kurz danach wird der Ramus infrapatellaris abgegeben, der bogenförmig unterhalb der Patella zur Haut der anterioren Knieregion zieht. Der Stamm des Nervus saphenus verläuft tief und parallel zur Vena saphena magna an die mediale Seite der Tibia. Die laterale Knieregion wird durch die Endäste des Nervus cutaneus femoris lateralis versorgt. Alle diese Nerven bilden den Plexus infrapatellaris, von dem aus auch propriozeptive Äste in den anterioren Teil der Capsula fibrosa ziehen. In der posterioren Knieregion verläuft die Vena saphena parva oberflächlich in der Rinne zwischen den beiden Gastrocnemiusköpfen und mündet im distalen Drittel der Kniekehle in die Vena poplitea. Ihr liegt dünne Haut auf, die vom Nervus cutaneus femoris posterior versorgt wird.

Die Fossa poplitea liegt in der subfaszialen Schicht und wird proximal-medial vom Musculus semitendinosus und Musculus semimembranosus, proximal-lateral von den beiden Köpfen des Musculus biceps femoris begrenzt. Der proximale Teil der Fossa poplitea entspricht der Facies poplitea des Femurs. Die distale Grenze bilden die Faszie, die den Musculus popliteus bedeckt und die ursprungsnahen Anteile der beiden Köpfe des Musculus gastrocnemius. Lateral davon befindet sich der Muskelbauch des Musculus plantaris. Daran schließt der dorsale Teil der Capsula fibrosa des Kniegelenks an, der durch das Ligamentum popliteum obliquum verstärkt wird.

In der Tiefe der Fossa poplitea bilden die Vasa poplitea und der Nervus tibialis einen gemeinsamen Gefäßnervenstrang, der in fetthaltiges Bindegewebe eingebettet ist. Der Nerv liegt dem perivasalen Bindegewebe nur locker auf und entlässt den Nervus cutaneus surae medialis. Dieser bildet mit dem Ramus communicans peronei, der aus dem Nervus peroneus communis stammt, im Bereich der Wade den Nervus suralis. In variabler Höhe tritt dieser durch die Fascia cruris und schließt sich der Vena saphena parva an. Aus dem Nervus tibialis

entspringen oberhalb der distalen Grenze der Fossa poplitea auch die Muskeläste für die beiden Köpfe des Musculus gastrocnemius. Weiters gibt der Nervus tibialis in der Fossa poplitea ein zartes Filament an den Musculus plantaris ab und beteiligt sich mit dem Nervus peroneus communis an der propriozeptiven Innervation des Kniegelenks. Die Äste verlaufen entlang der Gefäße und treten in der Mittellinie der Region im Bereich der Kreuzbänder von dorsal ins Gelenk ein.

Die am tiefsten gelegene Arteria poplitea gibt die Arteriae superiores lateralis et medialis genus ab. Der mittlere Teil der Fossa poplitea liegt in Höhe der Gelenkkapsel. In Streckstellung des Gelenkes liegt die Arteria poplitea der Gelenkkapsel mehr oder weniger unmittelbar auf. Sie gibt die Arteria media genus ab. Der distale Teil liegt in Höhe des Tibiakopfes und des Musculus popliteus. Der Muskel wird von der Arteria poplitea überkreuzt. Auch hier befindet sich die Arteria poplitea sehr nahe am Kniegelenk und wird durch die dorsal von ihr liegenden Köpfe des Musculus gastrocnemius fixiert. Die Arteria poplitea gibt hier die Arteriae inferiores medialis et lateralis genus ab.

Aus dem Nervus peroneus communis entspringt der Nervus cutaneus surae lateralis, der den lateralen Rand der Wade im proximalen Anteil sensibel versorgt. In Höhe des Kniegelenks trifft ein sensibler propriozeptiver Ast des Nervus peroneus communis auf die Arteria inferior lateralis genus. Gemeinsam ziehen sie in den Spalt zwischen dem von der Ansatzsehne des Musculus biceps femoris umsponnenen LCL und der Capsula fibrosa des Kniegelenks ein und beteiligen sich an der propriozeptiven Innervation der Gelenkkapsel.⁶

3.0 Vordere Kreuzbandruptur

Von einer vorderen Kreuzbandruptur spricht man bei einem kompletten oder partiellen Riss der Fasern des vorderen Kreuzbandes.

3.1 Ätiologie

Vor allem folgende Verletzungsmechanismen können zu einer ACL-Ruptur führen:⁷

- kombinierter Valgus- und femoraler Außenrotationsstress
- kombinierter Varus- und femoraler Innenrotationsstress
- Rotationsbewegungen, Hyperflexion, Hyperextension, tibiale Translation, ...

Häufig resultiert eine vordere Kreuzbandruptur durch sogenannte „Stop and Go“ Sportarten wie Fußball, Handball, Basketball und Skifahren. Die Schwere der Verletzung variiert je nach Gewalteinwirkung auf das Kniegelenk aufsteigend von einer isolierten Kreuzbandruptur bis hin zu komplexen Verletzungen des Kapsel-Band-Apparates.⁷ Laut einer Studie von Delincé und Ghafil⁸ würden weibliche Athleten häufiger ACL-Rupturen aufweisen als männliche Athleten. Dies könnte auf Unterschiede im körperlichen Training, der Muskelkraft und der neuromuskulären Kontrolle zurückzuführen sein. Andere mögliche Erklärungen könnten Variationen des Beckens und der unteren Extremitäten, eine größere Laxität der Bänder sowie der Einfluss von Östrogen auf die Bändeigenschaften sein. Zudem berichteten sie, dass ein häufiges Verletzungsmuster der ACL-Ruptur durch schnelle Richtungs- oder Geschwindigkeitswechsel bei fest aufgesetztem Fuß resultieren kann, welche bei der Ausübung der oben genannten Sportarten auftreten können. Außerdem werden ACL-Rupturen mit abrupten Abbremsbewegungen in Verbindung gebracht, beispielsweise bei der Landung aus einem Sprung, bei Drehungen sowie bei direkten Stößen auf die Vorderseite der Tibia.^{8,9}

3.2 Klassifikation

Bisher gibt es noch keine einheitliche Klassifikation der ACL-Ruptur. Laut DGU-Leitlinie kann nach folgenden Kriterien unterschieden werden:⁷

- ligamentär – ossär¹⁰
 - Typ I: undisloziert
 - Typ II: partiell disloziert
 - Typ III: vollständig disloziert/mehrfragmentär
- isolierte Ruptur – kombinierte Ruptur mit Begleitverletzungen

- Lokalisation der Ruptur (proximales-, mittleres-, distales Drittel)
- hinsichtlich der möglichen Naht des ACL hat die Lokalisation und Beschaffenheit des Stumpfes eine neue entscheidende Bedeutung¹¹
- komplette – inkomplette Ruptur¹²
- Alter der Ruptur¹³
 - frisch < vier Wochen
 - chronisch > vier Wochen

3.3 Klinik

Zu den akuten Symptomen zählen ein Zerreißungsgefühl, ein Rupturgeräusch, eine Instabilität im Sinne von giving-way-Attacken, ein Gelenkserguss, der direkt oder verzögert auftreten kann, ein Verschiebegefühl vom Femur gegen die Tibia, ein Kapsel- oder Kniekehlschmerz, eine Streck- und/oder Beugehemmung sowie eine Pseudoblockade. Bei einer Pseudoblockade kann das Knie schmerzbedingt kaum bewegt werden, obwohl kein mechanisches Hindernis vorliegt. Chronische Symptome können sich in Form von Gangunsicherheit, Instabilitätsgefühl, Leistungsverlust, medialem Knieschmerz, rezidivierenden Gelenksergüssen, Schwellungen, wiederholten Distorsionstraumen des Kniegelenks im Alltag oder unter Belastung und Unfähigkeit zur Durchführung von pivotierenden Bewegungsabläufen äußern.⁷

3.4 Diagnostik

Neben der Anamnese ist die klinische Untersuchung mit Inspektion und Palpation (Weichteilschwellung, Kontusionsmarken, Ergusspalpation, Palpation der Seitenbandansätze und des Gelenkspalts, Thrombosezeichen), Meniskustests, Betrachtung des Gangbildes sowie eine aktive und passive Bewegungsprüfung von Relevanz. Zudem muss immer eine Stabilitätsprüfung im Seitenvergleich durchgeführt werden. Zur Stabilitätsprüfung zählen:⁷

- Varus- und Valgusstresstest
 - in Streckung und Überstreckung
 - in 20-30 Grad Beugung des Kniegelenks
- vordere und hintere Schublade in 90 Grad Beugung
- Lachman-Test
 - anteriore tibiale Translation in 20-30 Grad Beugung (Tab.1)

Tab. 1 Klassifikation des Lachman-Tests laut IKDC

Lachman-Test	Translation um
Negativ	< 3 mm
1 +	3-5 mm
2 +	6-10 mm
3 +	> 10 mm

- Dokumentation des Anschlages: fester Anschlag – weicher Anschlag – kein Anschlag
- Pivot-Shift-Test/Subluxationstest⁷

Laut ALL-Expertengruppe soll der Test wie folgt durchgeführt werden:¹⁴

- Der Untersucher soll das leicht abduzierte Bein mit der ipsilateralen Hand auf Fersenhöhe kontrollieren und eine Innenrotation bewirken.
- Die kontralaterale Hand soll auf die laterale Gelenkseite gelegt werden und dabei eine leichte Valgusbelastung ausüben. Unter der kombinierten Belastung von Innenrotation und Valgusbelastung soll das Knie natürlich gebeugt werden (Abb.1).



Abb. 1 Durchführung des Pivot-Shift-Tests (in diesem Fall mit einem Beschleunigungsmesser zur Quantifizierung)¹⁵

- Die Beugung soll mit beiden Händen fortgesetzt werden, wobei Innenrotation und Valgusbelastung bis etwa 20 Grad beibehalten werden sollen. Am Punkt der Verschiebung soll die Rotationsbelastung der ipsilateralen Hand gelöst werden und die proximale Tibia von der kontralateralen Hand in die Außenrotation geführt werden. Dadurch wird die laterale Seite der proximalen Tibia zum Zeitpunkt der Verschiebung durch die Schwerkraft und die Spannung des iliotibialen Bandes plötzlich absinken.¹⁴

- Der Untersucher sollte die im Test hervorgerufene pathologische Bewegung in Graden festhalten.¹⁵

Tab. 2 Graduierung des Pivot-Shift-Tests¹⁵

Pivot-Shift-Test	Bedeutung
Grad 0	Normal
Grad I	Gleitschwenk
Grad II	Ruck mit Subluxation oder Klirren
Grad III	Deutliches Klirren mit Blockierung (durch Einklemmen des posterolateralen Tibiaplateaus gegen die Femurkapsel)

Die bekanntesten physikalischen Tests zur Beurteilung der Integrität des ACL sind der Lachman-Test, der vordere Schubladentest und der Pivot-Shift-Test.¹⁶

Neben Anamnese und klinischer Untersuchung spielt auch die Bildgebung eine wichtige Rolle. Zum Frakturausschluss wird ein Röntgen (Kniegelenk in zwei Ebenen) benötigt. Dabei kann man gegebenenfalls knöcherne Bandausrisse (Eminentiafraktur, Avulsionsfraktur des PCL, Segondfrakturen) oder eine tibiale Avulsion des ACL-Ansatzes sehen. Eine Computertomographie (CT) ist bei Verdacht auf knöcherne Läsionen indiziert. Bei klinischem Verdacht auf Instabilität oder Beschwerdepersistenz soll eine Magnetresonanztomographie (MRT) durchgeführt werden, da es sich um folgende Verletzungen handeln könnte:⁷

- Bandverletzungen
- Meniskusläsionen
- Kapselbandläsionen (periphere Kniestabilisatoren)
- osteochondrale Läsionen
- okkulte Frakturen
- Knochenmarksödeme, insbesondere des posterolateralen Tibiaplateaus und der anterolateralen Femurkondylen (pathognomisch für ACL-Ruptur)
- freie Gelenkkörper
- Erguss

Bei Verdacht auf eine ACL-Ruptur wird eine zeitnahe bildgebende Diagnostik empfohlen, um die Therapie in weiterer Folge rasch einleiten zu können. Dies liegt darin begründet, dass

eine operative Therapie bei zeitnahe Einleiten nach der ACL-Ruptur mehr Aussicht auf Erfolg hat.⁷

4.0 Therapie

Das Therapiekonzept nach gesicherter ACL-Ruptur wird nach wie vor viel diskutiert. Sowohl die konservative als auch die operative Therapie ist unter Berücksichtigung einiger Faktoren eine berechtigte Option.

4.1 konservative Therapie

Prinzipiell besteht keine generelle Altersbeschränkung für eine operative Kreuzbandrekonstruktion, die besagt, dass ab einem gewissen Alter nur noch eine konservative Therapie durchgeführt werden kann.¹⁷ Die konservative Therapie ist jedoch bei älteren Patient*innen mit reduziertem Aktivitätsanspruch und ohne persistierende Instabilitäts-Symptome oft erfolgreich. Sobald stabilitätsabhängige Symptome auftreten, sollte die Indikation zur operativen Intervention erneut geprüft werden. Für einen konservativen Behandlungsversuch sprechen bei einer isolierten Ruptur folgende Faktoren:⁷

- sehr geringe Instabilität (minimale Lachman-Differenz, kein Pivot-Shift)
- kein Instabilitätsgefühl trotz adäquater Belastung
- geringe Sportambitionen, keine Belastungsanforderungen
- Bereitschaft, das Aktivitätsniveau zu verringern
- wenig kniebelastende Sportarten
- hohes biologisches Alter und arthrotische Veränderungen
- vorbestehende höhergradige Arthrose
- geringe Instabilität mit kernspintomographisch gering disloziertem Kreuzbandstumpf

Bei einer isolierten ACL-Ruptur ist demnach die Einleitung einer konservativen Therapie möglich. Allerdings muss der Patient engmaschig kontrolliert werden, um bei Versagen der konservativen Therapie eine frühzeitige operative Therapie einleiten zu können und dadurch schwerwiegende Folgeschäden verhindern zu können.⁷

In einer von Strehl und Eggli¹⁸ durchgeführten Studie, die den Stellenwert der konservativen Behandlung bei einer ACL-Ruptur untersuchte, wurden 38 der 73 Patient*innen mit einer totalen ACL-Ruptur als für eine primär konservative Behandlung geeignet eingestuft. Die Altersspanne breitete sich von 16 bis 53 Jahren aus, darunter waren 20 Frauen und 18 Männer. Die Auswahl der Patient*innen erfolgte anhand eines präoperativen Screening-Protokolls. Dieses schloss Patient*innen mit geringen klinischen Symptomen, niedrigem bis mäßigem Sportniveau, keinen signifikanten Begleitverletzungen, der Zustimmung der gut

informierten Patient*innen und guter Compliance im Sinne der Befolgung des konservativen Behandlungsprotokolls ein. Bei allen konservativ behandelten Patient*innen war die Kniefunktion vor der Behandlung ohne Einschränkung und schmerzfrei. Das konservative Therapiekonzept bestand aus einem dreistufigen 16-wöchigen Rehabilitationsprogramm, dessen Ziel eine uneingeschränkte Gelenkfunktion in kritischen Alltagssituationen und reibungslosen Bewegungsabläufen beim Laufen und Springen war. Bei Patient*innen mit geringen sportlichen Ambitionen sollte ein höheres Aktivitätsniveau als vor der Ruptur angestrebt werden, um eine muskuläre Stabilisierung im Gelenk zu erreichen. Risikosportarten mit Drehbewegungen sollten nicht vor einem Jahr nach der Ruptur durchgeführt werden.¹⁸

Rodriguez et al.⁹ haben unter anderem die klinische Bedeutung der konservativen und chirurgischen Behandlung erörtert und die Auswirkungen beider Ansätze hervorgehoben. Welches Therapiekonzept gewählt werden soll, wird nicht nur anhand der Frage, ob Patient*innen sich einer ACL-Rekonstruktion unterziehen wollen, sondern auch in Bezug auf die Rehabilitation und die Möglichkeiten der gewünschten künftigen sportlichen Aktivitäten, entschieden. Kliniker*innen werden regelmäßig gebeten, Patient*innen zu beraten, ob eine chirurgische oder eine konservative Behandlung die bessere Option für sie als Individuum ist.^{8,9}

Die Kenntnis des klinischen Verlaufs nach beiden Behandlungsoptionen ist für die Entscheidung über die Behandlung entscheidend. Personen, die sich für eine konservative Behandlung entscheiden, müssen sich einer intensiven Physiotherapie unterziehen, um die Muskeln um das Knie herum zu stärken, insbesondere den Musculus quadriceps femoris und die das Knie umgebende Sehnen. Sofern keine chirurgische Behandlung durchgeführt wird, bleibt das Knie jedoch trotzdem instabiler und anfälliger für Verletzungen.¹⁶

Komplette ACL-Rupturen haben ohne einen chirurgischen Eingriff eine viel schlechtere Prognose. Nach einer kompletten Ruptur sind einige Patient*innen in der Ausübung von „Stop and Go“ Sportarten limitiert, während andere bereits bei typischen Tätigkeiten wie beim Gehen eine Instabilität aufweisen. Diese Vielfalt wird durch den Grad der ursprünglichen Knieverletzung und den individuellen körperlichen Anforderungen beeinflusst. Etwa die Hälfte aller Verletzungen des vorderen Kreuzbandes stehen in Zusammenhang mit Meniskus-, Gelenkknorpel- oder anderen Bandverletzungen. Sekundärschäden können vor allem bei Patient*innen auftreten, die aufgrund einer ACL-Verletzung immer wieder Instabilitätsschübe erleiden.^{19,9}

4.2 Operative Therapie

Häufiger fällt die Entscheidung für die operative Therapie, die vor allem bei jungen und aktiven Patient*innen notwendig ist, um eine sichere Rückkehr zur Aktivität unter Minderung des Risikos von Folgeschäden zu ermöglichen. Es gibt derzeit keine hohe Evidenz für eindeutige Indikationen zur operativen Versorgung von isolierten vorderen Kreuzbandrupturen ohne Begleitverletzungen.⁷ Jedoch konnte gezeigt werden, dass nach einer frühzeitigen operativen Versorgung hinsichtlich der Langzeitfolgen eine signifikant geringere Anzahl an Folgeverletzungen der Menisken und des Knorpels festgestellt werden konnten.²⁰

Für eine frühzeitige operative Versorgung sprechen:⁷

- begleitende Meniskusläsion
 - eine einzeitige operative Intervention mit Meniskusnaht und eine vordere Kreuzband-Rekonstruktion oder eine vordere Kreuzband-Reparatur sollte angestrebt werden²¹
 - eine Meniskusresektion erhöht die Instabilität signifikant und verschlechtert die Prognose²²
- Versagen der konservativen Therapie mit persistierenden Instabilitätssymptomen
- objektive und subjektive Instabilität mit regelmäßigen giving-way-Phänomenen
- Wunsch nach Belastungsfähigkeit für kniebelastende Sportarten und berufliche Tätigkeit
- instabilitätsbedingter Knorpelschaden
- persistierende Instabilität nach konservativer Therapie
- instabilitätsbedingte Symptome und Folgeverletzungen⁷

Ziel der operativen Behandlung ist die übungsstabile Versorgung mit der Möglichkeit zur frühfunktionellen Bewegungstherapie und rascher Belastung.²³

Dies bedingt eine Aufhebung der translatorischen Instabilität und die Symptomfreiheit im Alltag sowie beim Sport. Durch die operative Stabilisierung des Kniegelenks können schwerwiegende Folgeschäden wie Meniskusrisse und Knorpelschäden signifikant reduziert werden.²⁴ Inwiefern die Entwicklung einer Arthrose aufgehalten werden kann, ist noch nicht geklärt, da bereits die Gewalteinwirkung am Unfalltag einen primären Schaden setzt. Nach erfolgreicher operativer Stabilisierung wird als Ursache einer dennoch fortschreitenden Arthrose die erhöhte Aktivität der Patient*innen diskutiert.^{25,7} Der Hauptzweck der

Operation ist die Verbesserung der Kniestabilität, die zusätzlich durch eine korrekte neuromuskuläre Therapie verbessert werden kann.⁹

4.2.1 Graft-Auswahl für die ACL-Rekonstruktion

Für die ACL-Rekonstruktion stehen verschiedene Grafts zur Verfügung. Middleton et al.⁴ präsentierten Ergebnisse von einem Gipfeltreffen zur anatomischen ACL-Rekonstruktion, an dem orthopädische Chirurgen aus mehr als 20 Ländern teilnahmen und bei dem es darum ging Konzepte, Ansätze und Techniken der ACL-Rekonstruktion zu diskutieren. Dabei war das bevorzugte Transplantat ein Hamstring-Sehnen-Autotransplantat (53,1 %), gefolgt von einem Autotransplantat der Patellasehne (22,8 %), einem Allotransplantat (13,5 %) und einem Autotransplantat der Quadrizepssehne (10,6 %).⁴ Wie oben erläutert, besteht das vordere Kreuzband aus einem anteromedialen und posterolateralen Bündel, die gemeinsam für die anterior-posteriore sowie die rotatorische Stabilität sorgen. Es gibt sowohl Methoden zur ACL-Rekonstruktion mit einem als auch mit zwei Bündeln, deren Endergebnisse sich als ähnlich erwiesen, sofern es sich um korrekte anatomische Rekonstruktionen handelte.⁴ Eine anatomische ACL-Rekonstruktion ist definiert als eine funktionelle Wiederherstellung des vorderen Kreuzbandes in seinen ursprünglichen Dimensionen, in seiner Kollagenausrichtung und an seinen Ansatzstellen.²⁶ In derselben Studie⁴ führten vierzehn der Teilnehmer (48,1 %) sowohl Einzelbündel- als auch Doppelbündel-Techniken in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien durch. Einmal wurde in Abhängigkeit des Transplantats die Rekonstruktionstechnik gewählt. Mit Patellasehnen-transplantaten wurde die Einzelbündel-Technik durchgeführt, mit Hamstring-Sehnen die Doppelbündel-Rekonstruktion. Andere Chirurg*innen entschieden je nach Größe des Transplantats, Größe der Insertionsstelle und der Kerbe, Größe des Knies und/oder des Habitus, je nach Aktivitätsniveau von vor der Operation, nach Ausmaß der Laxität bei der Untersuchung sowie nach subjektiven Beschwerden bezüglich der Rotationsinstabilität.⁴ Eichhorn und Birkner²⁷ haben die in Frage kommenden Grafts für die ACL-Rekonstruktion aufgelistet, wovon folgend ein kurzer Überblick gegeben wird.

4.2.1.1 Ligamentum patellae

Das am meisten angewandte Transplantat für die ACL-Rekonstruktion mit gut dokumentierten Langzeitergebnissen ist das Ligamentum patellae.²⁸ Es stammt aus dem mittleren Patelladrittel mit einem Knochenblock aus der Patellaspitze und aus der Tuberositas tibiae. Aufgrund der Vernarbung kann allerdings häufig ein vorderer Knieschmerz auftreten. Zudem kann als Komplikation bei der Knochenblockentnahme eine

Patellafraktur auftreten.²⁹ Aufgrund der Sehnenentnahme aus dem Streckapparat kann die Extension längerfristig geschwächt sein. Eine weitere Limitation ist, dass die Länge des Transplantats durch die Anatomie vorgegeben ist, die Dicke ist hingegen frei wählbar.²⁷

4.2.1.2 Hamstring-Sehnen

Aufgrund der Möglichkeit eines lediglich kleinen kosmetischen Schnittes und einer guten Fixierung mit einem Flipanker wird häufig die Entnahme der Hamstring-Sehnen, allen voran der Semitendinosussehne und der Gracilissehne, bevorzugt.³⁰

4.2.1.3 Quadricepssehne

Die Quadricepssehne kommt vor allem bei Revisionsoperationen zum Einsatz. Die variable Entnahmemöglichkeit sowie die freie Wahl von Dicke und Länge sind Vorteile. Für einen gewissen Zeitraum gibt es auch hier Einbußen bei der Extension.²⁷

4.2.1.4 Allografts

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden häufig Allografts verwendet, vor allem Patellasehnen oder Achillessehnen. Vorteile sind die praktisch unbegrenzte Verfügbarkeit und die fehlende Entnahmemorbidity. Nachteilig sind die hohen Kosten. Ob Allografts gleich gut wie körpereigene Sehnen einwachsen können, ist nicht zur Gänze geklärt. Außerdem bleibt ein gewisses Risiko vor Infektionen, die mit dem Allograft übertragen werden könnten.²⁷

4.2.2 Operationszeitpunkt

Zum optimalen Operationszeitpunkt ist nach wie vor keine evidenzbasierte Aussage möglich.³¹ Bei der Wahl des Operationszeitpunkts sollten drei Hauptfaktoren berücksichtigt und abgewogen werden. Erstens die erhöhte Inzidenz von Meniskus- und Knorpelverletzungen nach einer verzögerten ACL-Rekonstruktion, zweitens das mit einer frühen ACL-Rekonstruktion verbundene Risiko einer Arthrofibrose und drittens der Verlust an Muskelkraft aufgrund von Inaktivität, wenn die Operation verzögert wird.³²

Günstige Operationszeitpunkte für die isolierte vordere Kreuzbandruptur sind:⁷

- Bei frischer Ruptur innerhalb der ersten Tage in Abhängigkeit vom Reizzustand möglich.³³
- Nach Abklingen der akuten Inflammationsphase bei aktiv vollständig streckbarem und weitgehend frei beugbarem, schmerzfreiem Kniegelenk.³⁴
- Eine osteochondrale Fraktur oder ein dislozierter nahtfähiger Meniskusriss kann eine möglichst frühzeitige ACL-Plastik erforderlich machen. (Eine einzeitige, simultane

Versorgung von Meniskus und ACL führt nach aktueller Studienlage zu besseren Einheilungschancen für den Meniskus.)³⁵

Bei folgenden Verletzungen ist eine dringliche Operation indiziert:⁷

- dislozierter, knöcherner Ausriss des vorderen Kreuzbandes
- osteochondrale Verletzung
- eingeklemmter Meniskus
- relevante Impressionsfraktur

4.3 ALL-Rekonstruktion

Einige Patient*innen weisen nach erfolgter ACL-Rekonstruktion eine anhaltende Rotationsinstabilität sowie ein positives Pivot-Shift-Phänomen auf.³⁶ Grund dafür könnte die Unterschätzung der Auswirkungen von Läsionen der anterolateralen Strukturen des Kniegelenks bei gleichzeitiger Verletzung des vorderen Kreuzbandes sein. Das erste extraartikuläre Stabilisierungsverfahren wurde bereits 1967 von Lemaire beschrieben.³⁷ Die modifizierte laterale extraartikuläre Tenodese (LET) nach Lemaire hat gezeigt, dass die anterolaterale Rotationslaxität im ACL-rekonstruierten Knie reduziert wird. Seitdem wurden zahlreiche Modifikationen beschrieben, die als LET bezeichnet werden. Diese Verfahren wurden jedoch weitgehend wieder aufgegeben, da über eine Einschränkung der Außenrotation, vermehrte Schmerzen und eine Überlastung als Nachteile berichtet wurden.³⁸ Eine der Operationsmethoden, die in den letzten Jahren wieder mehr Aufmerksamkeit auf sich gezogen hat und gute Ergebnisse mit sich gebracht hat, ist die zusätzliche Rekonstruktion des anterolateralen Ligaments (ALL). Diese Operationstechnik unterscheidet sich von den früheren Verfahren, bei denen ein großer seitlicher Einschnitt und eine Transplantatentnahme aus dem Iliotibialband erforderlich war. Bei der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion wird einerseits versucht die normale Anatomie und Biomechanik des ALL nachzubilden, andererseits wird lediglich ein kleiner Einschnitt für das Gracilissehnentransplantat benötigt.³⁹

4.3.1 Historische Entwicklung und Anatomie des ALL

Die Existenz des ALL galt mehrere Jahre als umstritten und durchlief unterschiedliche Bezeichnungen. In den letzten Jahren rückte es wieder mehr in den Fokus wissenschaftlicher Untersuchungen.

Unter anderem haben sich Vincent et al.⁴⁰ mit der Anatomie und der historischen Entwicklung des ALL näher auseinandergesetzt, wie folgend dargelegt wird. Bereits 1879

beschrieb der französische Chirurg Segond⁴¹ eine Abrissfraktur, die heute als Segond-Fraktur bekannt ist, an der anterolateralen proximalen Tibia. An dieser Stelle stellte er die Existenz eines „perlmutterartigen, widerstandsfähigen, faserigen Bandes“ fest, welches bei erzwungener Belastung stets extreme Spannungen aufwies. Er beschrieb es auch als Verstärkung der lateralen Gelenkkapsel durch Fasern des Iliotibialbandes.

Nach Segonds Entdeckung wurde das Band immer wieder in der Literatur erwähnt, jedoch mit unterschiedlichen Bezeichnungen (Tab. 3).

Tab. 3 Autoren und deren Bezeichnungen des ALL

Autoren	Jahr	Bezeichnung
Segond ⁴¹	1879	Perlmutterartiges, widerstandsfähiges, faseriges Band sowie Verstärkung der lateralen Gelenkkapsel durch Fasern des Iliotibialbandes
Last ⁴²	1948	Kurzes laterales Ligament
Hughston et al. ⁴³	1976	„midthird capsular ligament“
Terry et al. ⁴⁴	1986	Kapsulo-ossäre Schicht des Iliotibialbandes
LaPrade et al. ⁴⁵	2000	„midthird lateral capsular ligament“
Campos et al. ⁴⁶	2001	Laterales kapsuläres Ligament
Vieira et al. ⁴⁷	2007	Anterolaterales Ligament
Vincent et al. ⁴⁰	2011	Anterolaterales Ligament

Die Beschreibungen variierten zwar etwas, jedoch schienen alle Autoren dieselbe Struktur beschrieben zu haben. Von Vincent et al.⁴⁰ wurde diese Struktur 2011 dann endgültig als „anterolaterales Ligament“ bezeichnet, wie es von Vieira et al.⁴⁷ bereits im Jahr 2007 vorgeschlagen wurde, als sie sich genauer mit der Anatomie des Iliotibialtrakts auseinandergesetzt haben.

Das Vorkommen des Bandes wurde von Vincent et al.⁴⁰ bei 30 Patient*innen, die sich wegen einer Arthrose des medialen Kompartiments einer Knie-Totalendoprothese unterzogen haben, untersucht. Die Anatomie und Histologie wurde bei zehn Leichenknien untersucht. Bei der anatomischen Untersuchung wurde jedes Knie nach dem gleichen Schema präpariert. Dabei wurde eine mediale parapatellare Arthrotomie durchgeführt, die Patellasehne von der Tuberositas tibiae freipräpariert und der Streckmechanismus entfernt. Anschließend wurden die Kreuzbänder, das mediale Kollateralband und die mediale Gelenkkapsel entfernt. Die Ansätze des Iliotibialbandes am Tuberculum Gerdy und am Fibulakopf wurden durchtrennt. Daraufhin wurde die Tibia mit einem Homann-Haken nach

anterior disloziert. In dieser Position war das ALL innerhalb der lateralen Gelenkkapsel deutlich zu erkennen. Der Ursprung befand sich neunmal am lateralen Femurkondylus unmittelbar anterior des Ursprungs der Popliteussehne und verschmolz mit deren Fasern. Im verbleibenden Fall entstand das ALL aus der Popliteussehne selbst, fünf Millimeter von ihrem Ursprung entfernt. Im weiteren Verlauf nach distal wurde immer eine enge Verbindung mit dem lateralen Meniskus zwischen seinem vorderen und mittleren Drittel festgestellt. Makroskopisch war es jedoch nicht möglich zu beurteilen, ob einige Fasern tatsächlich am Meniskus anliegen. Der Ansatz befand sich immer an der proximalen anterolateralen Tibia etwas distal vom Gelenkknorpel und posterior vom Tuberculum Gerdy. Die Struktur verlief bei gestrecktem Kniegelenk unter geringer Spannung fast direkt nach distal. Eine anteriore Tibiadislokation führte zu einem schrägeren Verlauf und einer deutlichen Straffung des Bandes. Die Beugung des Knies auf 90 Grad führte ebenfalls zu einer Verengung der Struktur.

Auch bei den 30 Patient*innen, bei denen die Knie-Totalendoprothese durchgeführt wurde, lag der Ursprung immer in der Nähe oder am Ursprung der Popliteussehne und der Ansatz etwas distal der Gelenklinie und etwas hinter dem Tuberculum Gerdy. Somit wurde das ALL bei allen als klar ersichtliche Struktur, die den lateralen Femurkondylus, den lateralen Meniskus und das laterale Tibiaplateau miteinander verbunden hat, identifiziert.

Bei der histologischen Untersuchung der Leichenknie zeigten Querschnitte durch das ALL, dass es sich um einen Streifen Bindegewebe handelt, der von lockerem Synovialgewebe umgeben ist. Längsschnitte zeigten wellenförmige kollagene Fasern des dichten zentralen Kerns mit paralleler Ausrichtung, was auf Band- oder Sehngewebe hindeutet. Schnitte vom proximalen Ursprung zeigten einen gemeinsamen Ursprung mit der Popliteussehne mit einer Vermischung der Kollagenfasern aus beiden Strukturen. An der Schnittstelle zwischen dem ALL und dem lateralen Meniskus bestätigte die histologische Untersuchung die Anhaftung am Meniskus ohne Spaltfläche und die Insertion einiger Kollagenfasern in den Meniskus selbst. Die meisten Fasern kamen in die Nähe des Meniskusgewebes, setzten sich aber ohne Unterbrechung in Richtung des Tibiaplateaus fort.⁴⁰

Die „Wiederentdeckung“ des ALL wird vor allem Claes et al.⁴⁸ zugeschrieben, da sie 2013 eine detaillierte anatomische Charakterisierung darüber veröffentlichten. In ihrer Studie wurden 41 Leichenknie bezüglich der Existenz und der Eigenschaften des ALL untersucht. Der femorale Ursprung und tibiale Ansatz, der Verlauf sowie die Beziehung zu benachbarten anatomischen Strukturen wurden qualitativ und quantitativ untersucht. Das ALL war bei allen Knien bis auf eine Ausnahme als gut definierte Bandstruktur zu erkennen, die sich

deutlich von der anterolateralen Gelenkkapsel abgrenzte. Der Ursprung befand sich am lateralen Femurepikondylus, leicht anterior des LCL-Ursprungs sowie proximal und posterior des Ursprungs der Popliteussehne. Die oberflächlichsten Fasern setzten sich über die laterale Seite des distalen Femurs in Richtung des lateralen intermuskulären Septums fort. In vielen Fällen verschmolzen die hintersten Fasern des proximalen ALL mit dem proximalen Teil des LCL. Der Verlauf war schräg zur proximalen anterolateralen Tibia. Zudem wurde eine starke Verbindung zwischen dem ALL und der Peripherie des mittleren Drittels des lateralen Meniskus festgestellt. Auf Höhe der Gelenklinie zeigten sich zwischen lateralem Meniskusrand und ALL die Arteria inferior lateralis genus und die Vene. Der Ansatz an der anterolateralen Tibia befand sich etwa in der Mitte zwischen dem Tuberculum Gerdy und der Spitze des Fibulakopfes, bildete eine dicke kapsuläre Insertionsfalte und präsentierte sich eindeutig vom Iliotibialband getrennt. Das ALL erwies sich auch in dieser Studie als eine ausgeprägte Bandstruktur anterolateral des Kniegelenks und wies konsistente Merkmale des Ursprungs und des Ansatzes auf.⁴⁸

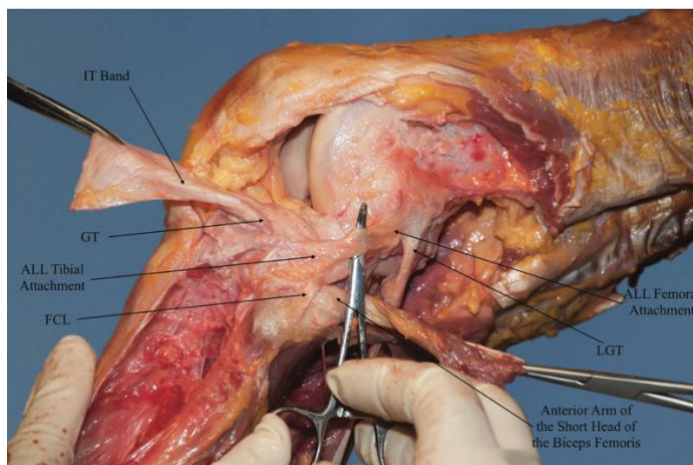


Abb. 2 Darstellung des ALL des linken Knies – superficial des LCL, posterior und proximal des lateralen Femurepikondylus und zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf liegend; ALL – anterolaterales Ligament; FCL – Ligamentum collaterale fibulare/laterale (LCL); GT – Tuberculum Gerdy; IT – Iliotibialband; LGT – lateral gastrocnemius tendon⁴⁹

Auch Kennedy et al.⁴⁹ untersuchten 2015 die Anatomie des ALL. Der femorale Ursprung des ALL befand sich in dieser Studie durchwegs posterior und proximal des Ursprungs des LCL und des lateralen Femurepikondylus. Bei allen Exemplaren gab es eine Verbindung zwischen dem ALL und dem lateralen Meniskus, die durchtrennt werden musste, um das ALL vollständig zu isolieren. Außerdem wies das ALL in allen Knien feine Faszienausdehnungen auf, die sich anterodistal über den femoralen LCL-Ursprung und den lateralen Epikondylus erstreckten. Der tibiale Ansatz lag proximal und anterior vom Caput breve des Musculus biceps femoris, etwa in der Mitte zwischen Tuberculum Gerdy und

vorderem Rand des Fibulakopfes. Feste knöcherne Ansätze konnten sowohl am Ursprung als auch am Ansatz des ALL festgestellt werden. Anhand anatomischer, struktureller und röntgenologischer Eigenschaftsmessungen kamen sie zum Ergebnis, dass das ALL in den meisten Fällen posterior und proximal des lateralen Femurepikondylus entspringt und zur anterolateralen Tibia verläuft.⁴⁹

Die Anatomie des ALL wurde 2017 von Sonnery-Cottet et al.¹⁵ an zahlreichen Exemplaren analysiert. Dabei ergab sich eine gewisse Variabilität der Struktur. Der femorale Ursprung des ALL schien durchwegs zu variieren, befand sich aber typischerweise knapp posterior und proximal des lateralen Epikondylus und haftete am Knochen, wie auch von Kennedy et al.⁴⁹ beschrieben wurde. Das ALL verlief nach anterodistal und überschritt sich mit dem proximalen Teil des LCL. In der Nähe der Gelenklinie waren einige Fasern des Bandes am lateralen Meniskus und an der anterolateralen Kapsel befestigt. Der Großteil der Fasern verlief fächerförmig weiter nach distal, wobei der distale Ansatz an der proximalen Tibia direkt hinter dem Tuberculum Gerdy lag. Die Länge des ALL von seinem femoralen Ursprung bis zur distalen Insertion variierte zwischen 34 und 59 Millimetern. Auch die Dicke variierte, da es bei Männern (2,09 mm) etwa doppelt so dick wie bei Frauen (1,09 mm) gemessen wurde.¹⁵ Der Konsens der ALL-Expertengruppe lautete wie folgt:¹⁵

- Das ALL ist ein ausgeprägtes Band auf der anterolateralen Seite des menschlichen Knies.
- Der femorale Ansatz liegt posterior und proximal des lateralen Epikondylus.
- Der tibiale Ansatz liegt zwischen dem Tuberculum Gerdy und dem Fibulakopf.
- Das ALL hat einen festen Ansatz am lateralen Meniskus.

Park et al.⁵⁰ kamen 2019 zum Ergebnis, dass das ALL eine eigenständige Struktur ist, die aus einem femoralen, meniskalen und tibialen Kompartiment besteht.^{50,51} Auch die histologische Untersuchung von Getgood et al.⁵² hat ergeben, dass es sich beim ALL um eine eigenständige Struktur und nicht um eine extrakapsuläre Verdickung handelt, da sie einen dichten Kollagenkern, knöcherne Einsätze und eine Mechanorezeptorfunktion aufweist.^{52,51}

In Tabelle 4 sind die Ergebnisse einiger anatomischen Untersuchungen aufgelistet. Dabei ist ersichtlich, dass der Ursprung am Femur anterior und distal oder proximal und posterior des LCL liegen kann, die Insertionsstelle an der Tibia jedoch immer an derselben Stelle beschrieben wird. Bei allen der angeführten Studien wurde zudem eine meniskale Insertion der ALL-Fasern festgestellt.

Tab. 4 Ergebnisse der anatomischen Untersuchungen

Autoren	Ursprung (Femur)	Ansatz (Tibia)	Anmerkungen
Vincent et al. ⁴⁰	Auf/in der Nähe der Popliteussehne, anterodistal des LCL-Ursprungs	Posterior vom Tuberculum Gerdy, etwas distal der Gelenklinie	Meniskale Insertion Histologisch: ligamentäre Struktur
Claes et al. ⁴⁸	Proximal und posterior zur Popliteussehne, anterodistal des LCL-Ursprungs	Zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf	Meniskale Insertion Eindeutige Trennung vom Iliotibialband
Kennedy et al. ⁴⁹	Proximal und posterior des LCL-Ursprungs und des lateralen Epikondylus	Zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf	Meniskale Insertion Feste knöcherne Ansätze an Femur und Tibia
Sonnery-Cottet et al. ⁵³	Proximal und posterior des lateralen Epikondylus	zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf	Meniskale Insertion Feste knöcherne Ansätze

Littlefield et al.⁵¹ verglichen 2021 elf Studien bezüglich der Anatomie des ALL miteinander. Dabei stellten sie fest, dass neuere Studien darin übereinstimmen, dass das ALL eine Bandstruktur ist, die ihren Ursprung in der Nähe des lateralen Femurepikondylus hat und an der proximalen Tibia zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf ansetzt.^{15,53,54} Die Verzweigung der ALL-Fasern zeigte sich fächerförmig mit Insertion am lateralen Meniskus.^{52,53,54} Andere Studien haben jedoch behauptet, dass das ALL in seiner genauen Struktur und Lage variiert.^{15,55} Es kann sowohl posterior und proximal als auch anterior und distal am Ansatz des LCL seinen Ursprung nehmen.^{56,57} Eine der untersuchten Studien war von Getgood et al.⁵², die nach wie vor behaupteten, dass das ALL möglicherweise dem kapsulo-ossären Band entsprechen würde. Eine aktuellere Studie von Ariel De Lima et al.⁵⁷ kam jedoch zum Ergebnis, dass das ALL und das kapsulo-ossäre Band aufgrund der unterschiedlichen Befestigungsstellen und einer fehlenden Verbindung zueinander unabhängige Strukturen sind.⁵⁷ Nach Analyse der Studien kamen Littlefield et al.⁵¹ zum

Ergebnis, dass das ALL definitiv existiert und die Anatomie des Ligaments in den neueren Studien größtenteils übereinstimmt.

4.3.2 Biomechanik des anterolateralen Ligaments

Die biomechanischen Eigenschaften des ALL wurden in mehreren Studien getestet. Bei der quantitativen ALL-Charakterisierung von Claes et al.⁴⁸ zeigte sich eine maximale Spannung des ALL bei kombinierter Flexion und Innenrotation der Tibia. Aufgrund der Struktur und der anatomischen Lage wurde angenommen, dass das ALL die Innenrotation der Tibia kontrolliert und dadurch das Pivot-Shift-Phänomen beeinflusst.

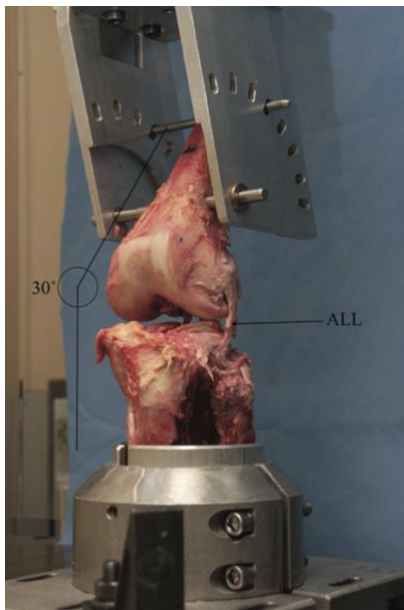


Abb. 3 in einer Zugprüfmaschine eingespanntes linkes Knie in anterolateraler Ansicht und vertikaler Ausrichtung des ALL⁴⁹

Kennedy et al.⁴⁹ führten biomechanische Tests durch, bei denen das distale Ende der Tibia eingegossen und auf dem Sockel einer Zugprüfmaschine befestigt wurde. Das Femur wurde mit einer speziellen Vorrichtung bei 30 Grad Knieflexion starr befestigt, sodass die Fasern des ALL in einer Linie mit dem vertikal aufgebrauchten Kraftvektor ausgerichtet waren. Nach der vertikalen Ausrichtung wurden alle anderen Weichteilstrukturen, die sich zwischen Femur und Tibia erstreckten, mit einem Skalpell durchtrennt, sodass nur das ALL intakt blieb. Das Belastungsprotokoll wurde an frühere Zugversuchsprogramme angepasst und umfasste eine zyklische Vorkonditionierung zwischen 10 und 25 N bei 0,1 Hz für zehn Zyklen. Unmittelbar nach der Vorkonditionierung wurde jede Probe mit 20 mm/min bis zum Versagen gezogen. Die Tests führten zum Ergebnis, dass das ALL in Bezug auf die umgebenden anatomischen und knöchernen Orientierungspunkte eindeutig identifiziert werden konnte und dass das ALL in der Lage ist, erheblichen Kräften standzuhalten. Das

ALL wurde bei allen Proben eindeutig als eine Bandstruktur, die während der Innenrotation bei 30 Grad Flexion unter Spannung stand, identifiziert. Darüber hinaus wurden biomechanische Beweise geliefert, die den Zusammenhang zwischen dem tibialen Ansatz des ALL und Segond Frakturen belegen (Abb. 3).⁴⁹ Kraeutler et al.⁵⁶ verglichen 2017 die Ergebnisse der aktuellen Literatur zur Biomechanik des ALL. Auch sie kamen zum Schluss, dass das ALL bei einer Innenrotation von 30 Grad unter Spannung steht. Bei den meisten Exemplaren konnte es als ligamentäre Struktur sichtbar gemacht werden. In einigen Fällen war es jedoch nur als Knötchen aus stärker gespanntem Kapselgewebe während der Innenrotation tastbar.⁵⁶

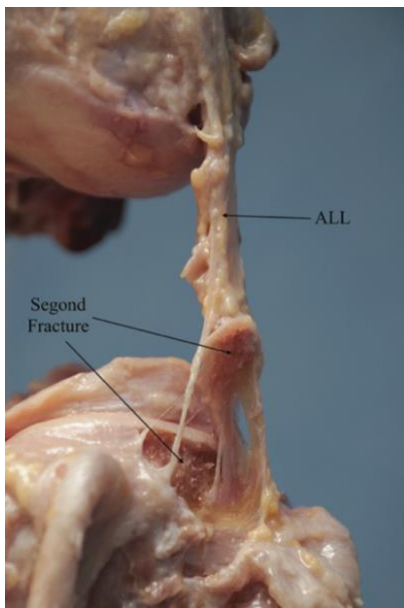


Abb. 4 Segond-Fraktur nach einem Zugversuch am anterolateralen Ligament des linken Knies in anterolateraler Ansicht⁴⁹

Neben Kraeutler et al.⁵⁶ haben auch Littlefield et al.⁵¹ verschiedene Studien, die die Biomechanik des ALL untersuchten, in ihrer Studie analysiert. Beide kamen zum Ergebnis, dass das ALL eine mittlere Bruchlast zwischen 50 und 205 N, eine mittlere Steifigkeit von 20 bis 42 N/mm und eine mittlere Bruchdehnung von etwa 36 Prozent besitzt. Das Versagen des ALL kann durch viele verschiedene Mechanismen, wie Bandrissen an den femoralen oder tibialen Ansätzen, intrasubstanziellen Rissen und einer vollständigen Ablösung von der Tibia mit einem damit verbundenen knöchernen Abriss (Segond-Fraktur), eintreten.⁵⁶ Littlefield et al.⁵¹ zufolge spielt das ALL eine tragende Rolle bei der Rotationsstabilität und hilft dabei, die Knielaxität zu verhindern. Eine der von ihnen untersuchten Studien war von Park et al.⁵⁰, welche ergab, dass die Korrelation zwischen der anterolateralen Rotationslaxität und der Schwere der ACL- oder ALL-Verletzung statistisch signifikant war. Die Laxität wurde mithilfe des Pivot-Shift- und Lachman-Tests gemessen und die Schwere

der ACL- oder ALL-Verletzung anhand einer Skala von null bis drei auf der Grundlage des Vorhandenseins von Faserresten unter MRT-Darstellung bewertet. Dabei wurde festgestellt, dass das ALL bei ACL-Verletzungen eine Rolle bei der anterolateralen Knielaxität spielt, die bei Patient*innen mit ALL- und ACL-Riss synergistisch sein kann. Darüber hinaus war ein höhergradiges Pivot-Shift-Ergebnis mit einer signifikant höheren Inzidenz von ALL-Verletzungen verbunden.⁵⁰

4.3.3 Funktion des anterolateralen Ligaments

Littlefield et al.⁵¹ verglichen neben der Anatomie und Biomechanik auch mehrere Studien bezüglich der Funktion des ALL miteinander. Das ALL fungiert vor allem als sekundärer Stabilisator neben dem ACL, da es der anterioren tibialen Translation und der tibialen Innenrotation entgegenwirkt und dadurch das Pivot-Shift-Phänomen verhindert. In einigen der Studien^{58,59} wurde festgestellt, dass die Durchtrennung oder Abtrennung des ALL bei Patient*innen mit einer ACL-Defizienz zu einer signifikant verringerten anteroposterioren Stabilität sowie einer signifikant erhöhten Innenrotation des Kniegelenks führen kann. Im Gegensatz dazu fanden Saiegh et al.⁶⁰ keine Zunahme der anterioren tibialen Translation bei Kadavern während der Hinzufügung einer ALL-Läsion in einem ACL-defizienten Knie.⁵¹ Die Ergebnisse der Studie von Parsons et al.⁶¹ zeigten ebenso, dass das ALL ein wichtiger Stabilisator bei der Innenrotation der Tibia vor allem bei hohen Kniebeugewinkeln ist. Auch sie berichteten, dass Patient*innen mit einem intakten ACL oder einem operativ rekonstruierten ACL dennoch ein positives Pivot-Shift-Zeichen aufweisen können und dass Verletzungen der seitlichen Strukturen nachweislich ein positives Pivot-Shift-Zeichen in Knien ohne ACL-Verletzung hervorrufen können. Daher kann ein positives Pivot-Shift-Zeichen in einem ACL-intakten Knie durch eine unerkannte Schädigung des ALL erklärt werden. Es ist auch möglich, dass anatomische ALL-Rekonstruktionen, allein oder zusätzlich zu intraartikulären ACL-Rekonstruktionen, dem instabilen Knie eine zusätzliche Rotationsstabilität verleihen, insbesondere im Fall einer Hyperlaxizität oder einer ACL-Revision. Bei Patient*innen mit anhaltender anterolateraler Rotationsinstabilität des Knies ist es möglich, dass die Schädigung des ALL zu einem zusätzlichen Stabilitätsverlust geführt hat und dass eine Rekonstruktion des ALL zusätzlich zur intraartikulären ACL-Rekonstruktion von Vorteil sein kann.⁶¹

4.3.4 ALL-Operation

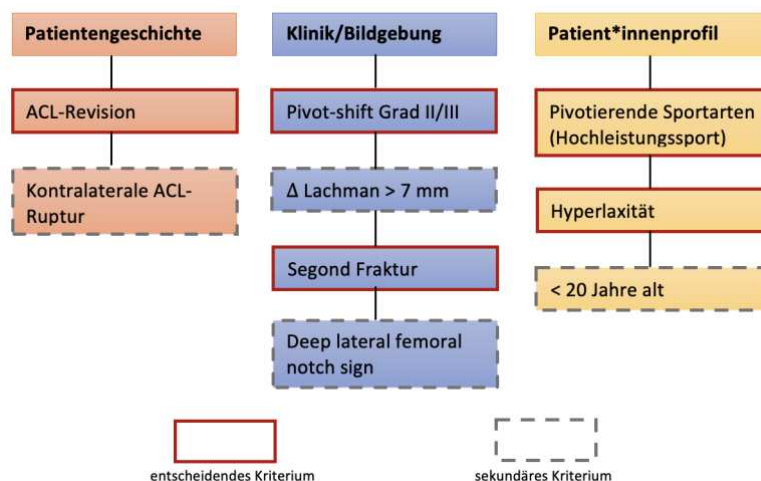
Bei der kombinierten ACL-/ALL-Operation wird zusätzlich zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes auch das anterolaterale Ligament rekonstruiert. Diese

Operationsmethode soll vor allem der oftmals persistierenden Rotationsinstabilität nach isolierter ACL-Rekonstruktion entgegenwirken.

4.3.4.1 OP-Indikationen

Von Sonnery-Cottet et al.¹⁵ wurden 2017 die OP-Indikationen für eine kombinierte ACL-/ALL-Operation beschrieben. Sie berichteten, dass nach einer isolierten ACL-Rekonstruktion eine persistierende Rotationsinstabilität auftreten kann, welche ein Risikofaktor für Rerupturen und kontralaterale Risse sein kann. Davon ist vor allem folgende Patientengruppe betroffen: aktive Patient*innen, die zum Aktivitätsniveau von vor der Verletzung zurückkehren; Leistungssportler*innen und weibliche pädiatrische Patientinnen. Da diese Gruppe ein höheres Risiko für eine anhaltende Rotationsinstabilität aufweist, sei die Verbesserung der Kontrolle der Rotationsstabilität für sie von hoher Relevanz. Ein weiterer Risikofaktor für ipsi- und kontralaterale ACL-Rupturen ist die Rückkehr zu „Stop and Go“ Sportarten, wie Skifahren, Tennis, Volleyball oder Fußball. Daher ist es wichtig, dass die Ziele einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion darin bestehen, die Rate der ACL-Transplantatrupturen zu reduzieren und die Rotationsstabilität des Knies besser zu kontrollieren. Die ALL-Expertengruppe war sich einig, dass die minimalinvasive ALL-Rekonstruktion ein extraartikuläres Verfahren ist, das zu ähnlichen postoperativen Ergebnissen führt und eine ähnlich niedrige Komplikationsrate aufweist wie die isolierte ACL-Rekonstruktion. Eine kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion sollte bei Patient*innen in Betracht gezogen werden, bei denen mindestens ein entscheidendes Kriterium oder zwei sekundäre Kriterien für ein erhöhtes Risiko einer sekundären ACL-Ruptur oder einer postoperativen positiven Pivot-Restverschiebung vorliegt.¹⁵ Die Kriterien sind folgend veranschaulicht (Tab. 5).

Tab. 5 Entscheidungsbaum zur ACL-/ALL-Rekonstruktion¹⁵



Mit den Indikationen der ACL-/ALL-Rekonstruktion setzten sich auch sieben von Littlefield et al.⁵¹ untersuchte Studien auseinander. Als Hauptindikation wurde eine ACL-Rekonstruktion mit dem Vorliegen zusätzlicher Risikofaktoren, die das Risiko einer Transplantatruptur erhöhen, angegeben. Die Risikofaktoren stimmten alle mit den Kriterien, die von Sonnery-Cottet et al.¹⁵ angegeben wurden, überein. Als wichtige Kontraindikationen für eine ALL-Rekonstruktion wurden ein ACL-Transplantatdurchmesser von weniger als sieben Millimeter sowie eine laterale Kompartimentarthritits genannt.^{39,51}

4.3.4.2 Klassifikation von ALL-Läsionen

Um die Diagnostik der ALL-Läsionen und die Entscheidung für eine chirurgische Rekonstruktion zu erleichtern, kann eine Klassifikation hilfreich sein. Ferretti et al.⁶² haben die Verletzungsmuster des lateralen Kompartiments bei 60 Patient*innen mit scheinbar isolierten akuten Kreuzbandrissen untersucht, die durch klinische Untersuchung diagnostiziert und durch die MRT bestätigt wurden. Dabei wurde zur Beurteilung möglicher begleitender ALL-Läsionen das laterale Kompartiment chirurgisch freigelegt, die Verletzungen identifiziert, erfasst, fotografiert und rekonstruiert. Makroskopische Risse der lateralen Kapsel wurden bei 90 Prozent (54 Patient*innen) eindeutig identifiziert. Die Läsionen wurden in vier Kategorien eingeteilt:⁶²

- Typ I: Multilevel-Ruptur, bei der einzelne Schichten auf verschiedenen Ebenen gerissen sind und die makroskopische Blutung das ALL betrifft und sich nur auf die anterolaterale Kapsel erstreckt (19/60 Patient*innen, 31,6 %).
- Typ II: Multilevel-Ruptur, bei der einzelne Schichten auf verschiedenen Ebenen gerissen sind und sich die makroskopische Blutung vom ALL und der anterolateralen Kapsel bis zur posterolateralen Ecke erstreckt (16/60 Patient*innen, 26,7 %).
- Typ III: vollständiger Querriss mit Beteiligung des ALL in der Nähe seiner Einmündung ins laterale Tibiaplateau (13/60 Patient*innen, 21,7 %).
- Typ IV: Knochenausriss/Segond-Fraktur (6/60 Patient*innen, 10 %).

Demnach treten bei scheinbar isolierten ACL-Rupturen auch häufig Verletzungen des anterolateralen Kompartiments auf. Darüber hinaus können sie auch einen größeren Bereich der lateralen Kapsel, der über das ALL hinausgeht und als anterolateraler Komplex bezeichnet wird, betreffen.¹⁵

4.3.4.3 Operationsmethode

Die ALL-Expertengruppe¹⁵ schlägt eine Operationstechnik vor, die ein minimalinvasives und morbiditätsarmes Verfahren zur Wiederherstellung des ALL ermöglicht, das für die

anterolaterale Rotationsinstabilität entscheidend ist. Es soll ein Sehnentransplantat verwendet werden, bei dem ein Glied an der korrekten anatomischen Position am Femur befestigt ist und ein einfaches oder doppeltes Bündel (Delta- oder Y-Konstrukt) an der Tibia, wodurch die native Anatomie des ALL nachgeahmt werden soll. Das bevorzugte Transplantat ist die Gracilis-Sehne, deren beiden Enden nach der Entnahme mit einer Zweier-Naht vernäht werden. Das Knie wird auf 90° gebeugt und in dieser Position gehalten. Anschließend werden die drei wichtigsten Orientierungspunkte, der laterale Epikondylus, der Fibulakopf und das Tuberculum Gerdy, aufgesucht und markiert.



Abb. 5 linkes Knie in anterolateraler Ansicht mit Markierung von lateralem Epikondylus, Fibulakopf, Tuberculum Gerdy und der Gelenklinie (KDS)

Danach wird eine Inzision unmittelbar proximal des Epikondylus vorgenommen. Etwa acht Millimeter proximal und vier Millimeter posterior des lateralen Epikondylus wird ein 2,4 Millimeter langer Bohrstift eingebracht.

An der Tibia sind die wichtigsten Orientierungspunkte die Mitte des Fibulakopfes und des Tuberculum Gerdy. Es wird eine Stichinzision zehn Millimeter unterhalb der Gelenklinie auf halbem Weg zwischen der Mitte des Tuberculum Gerdys und des Fibulakopfes vorgenommen. Ist eine zweite Tibiahülse geplant, wird eine zweite, weiter anterior gelegene Inzision über der Mitte des Tuberculum Gerdys mit der Delta-Technik durchgeführt. Ein 2,4 Millimeter Draht wird dann durch jede Inzision parallel zum Tibiaknochen platziert. Mit einem kanülierten 4,5 Millimeter Bohrer werden dann zwei knöcherne Sockel an der Tibia geschaffen.

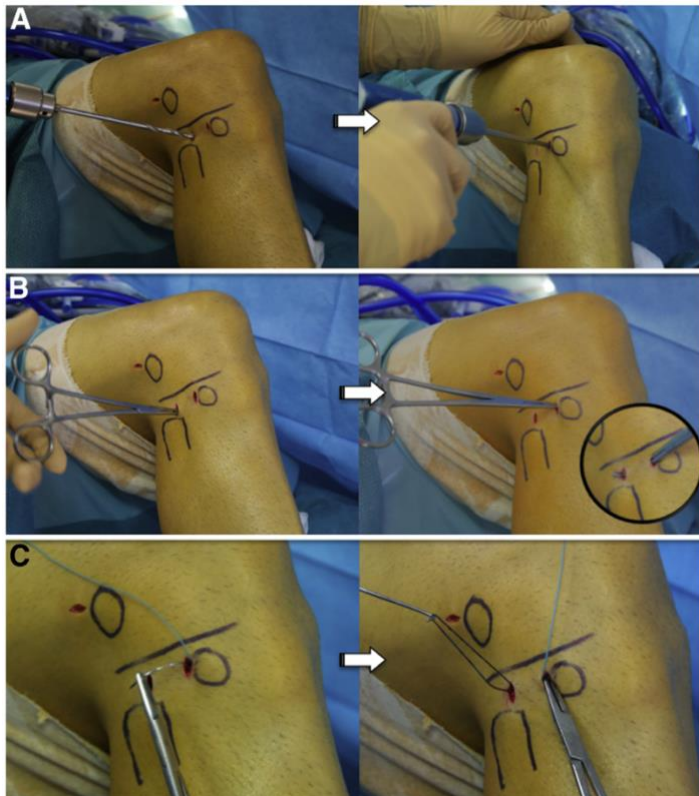


Abb. 6 Setzen der tibialen Stichinzisionen und Anlegen des konvergenten Tibia-Knochentunnels mit einem 4,5 Millimeter Bohrer (A). Die zwei Tunnel werden mit einer rechtwinkligen Klemme verbunden (B). Bildung einer Schlaufe mit einer Zweier-Naht für die Passage des ALL (C).⁶³

Um sicherzustellen, dass das ALL-Transplantat in der Flexion nicht spannt und bei der Extension funktioniert, wird eine Isometrieprüfung durchgeführt. Die Passage-Naht wird dabei um den Femur-Draht, dann der Reihe nach um jeden der Tibia-Drähte gelegt, woraufhin das Knie in vollem Bewegungsumfang bewegt wird. Die Naht sollte in Extension straffer und bei Flexion des Knies lockerer sein. Wenn sich die Naht in der Flexion strafft, ist die Position an der Femurpfanne zu distal und anterior und sollte entsprechend angepasst werden. Mit einem kanülierten 4,5 Millimeter Bohrer wird ein Sackloch mit einer Tiefe von 20 Millimeter gebohrt, um den Knochenanker vollständig aufnehmen zu können. Der Tunnel wird debridiert, um eine leichte Passage des Transplantats zu gewährleisten. Anschließend wird das Transplantat eingebracht und die Schraube auf die übliche Weise vorgeschoben.

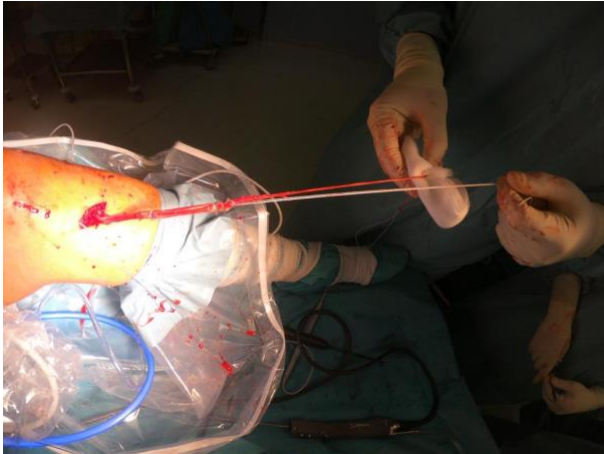


Abb. 7 linkes Knie vor dem Einbringen eines 3ST/1G-Autotransplantats (KDS)

Unter dem Iliotibialband wird eine stumpfe Dissektion durchgeführt, um eine Verbindung zwischen der Femurpfanne und der Tibiahülse herzustellen. Daraufhin wird das Transplantat endgültig gespannt. Das Knie wird in volle Extension gebracht, wodurch sichergestellt wird, dass sich der Fuß in neutraler Rotation befindet, und das Transplantat mit einem 4,5 Millimeter Anker in der Tibiahülse fixiert. Danach wird das Knie mehrmals in vollem Umfang bewegt und eine abschließende Kontrolle des Transplantats vorgenommen, um sicherzustellen, dass eine adäquate Spannung erreicht wurde. Abschließend wird ein Lokalanästhetikum infiltriert und die Wunden werden schichtweise verschlossen.^{15,63}

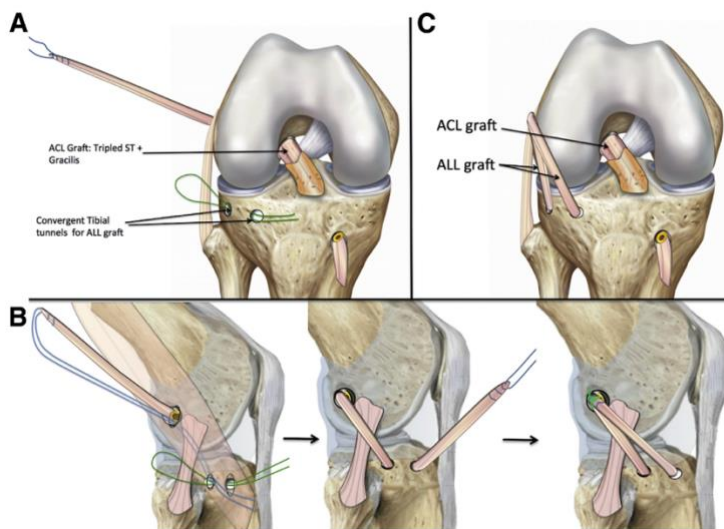


Abb. 8 chirurgische Technik; (A) Passage des ALL für die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion in einem rechten Knie. Nach Fixierung des ACL-Transplantats am Femur wird das Gracilis-Transplantat unter dem Iliotibialband zum posterioren Tibiabohrkanal geführt. Danach wird es durch den tibialen Knochentunnel gezogen und unter dem Iliotibialband zurück nach proximal zum Femurtunnel geführt wie in lateraler (B) und frontaler (C) Ansicht dargestellt ist.⁶³

Die Operationstechnik unterscheidet sich von früheren Verfahren, die auf dem Iliotibialband basierten, da versucht wird, die normale Anatomie und Biomechanik des ALL nachzubilden sowie durch die Verwendung der Gracilissehne als Transplantat.³⁹

4.3.4.4 Graft-Auswahl

Littlefield et al.⁵¹ setzten sich unter anderem auch mit der idealen Graft-Auswahl auseinander. Zwei der von ihnen untersuchten Studien (Saithna et al.³⁹ und Sonnery-Cottet et al.^{63,64}) verwendeten für die ACL-Rekonstruktion ein dreifaches Semitendinosus-Autotransplantat und einen einfachen Strang der Gracilis-Sehne (3ST-/1G-Autotransplantat). Für die ALL-Rekonstruktion wurde der einfache Gracilissehnenstrang hergenommen. Bei Patient*innen, die sich einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion unterziehen, hat sich die Wahl dieser Transplantate durchgesetzt.⁵¹ In einer prospektiven Vergleichsstudie von Sonnery-Cottet et al.⁶⁴ wurden mehrere Transplantatarten bei isolierter ACL-Rekonstruktion und kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktions-Verfahren untersucht. Eine Gruppe unterzog sich der isolierten ACL-Rekonstruktion mit einem BPTB-Autotransplantat, eine zweite Gruppe der isolierten ACL-Rekonstruktion mit einem vierfachen Hamstring-Autotransplantat und eine dritte Gruppe der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion mit einem 3ST/1G-Autotransplantat für die ACL-Rekonstruktion und einem ALL-Transplantat, das aus einem einzigen Gracilissehnen-Autotransplantat bestand. Dabei wurde nachgewiesen, dass die Rate des ACL-Transplantatversagens bei 221 Patient*innen in der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktions-Gruppe um das 3,1-fache niedriger war als bei 176 Patient*innen, die sich einer isolierten ACL-Rekonstruktion mit einem vierfachen Hamstring-Autotransplantat und um das 2,5-fache niedriger als bei 105 Patient*innen, die sich einer isolierten ACL-Rekonstruktion mit einem BPTB-Autotransplantat unterzogen haben.⁶⁴ Es wurden jedoch keine signifikanten postoperativen Unterschiede zwischen den Gruppen in Bezug auf die subjektive Beurteilung der Kniefunktion im Alltag und Sport anhand spezifischer Scores sowie in Bezug auf die seitliche Laxität unter Verwendung eines KT-1000-Arthrometers (Kniearthrometer zur objektiven Bewertung der Laxität) festgestellt.⁵¹

4.3.4.5 Postoperativ

Das Ziel der ALL-Rekonstruktion ist die Wiederherstellung der natürlichen Anatomie, was durch die korrekte Platzierung und Fixierung der Transplantate erreicht werden kann und dadurch die normale Kniekinematik wiederherstellen soll. Dadurch werden mögliche postoperative Komplikationen wie seitliche Einschränkung, Bewegungsverlust und Transplantatversagen minimiert. Die ALL-Expertengruppe¹⁵ empfiehlt, dass die Rehabilitation nach einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion in ähnlicher Weise wie die konventionelle ACL-Rehabilitation erfolgen sollte. Es kann auch ein beschleunigtes

Rehabilitationsprogramm angeboten werden. Dieses sollte ein anfängliches Erwecken des Musculus quadrizeps mit willkürlicher und elektrostimulierter Muskelkontraktion umfassen, wobei der Schwerpunkt auf dem Erreichen einer sofortigen vollen Streckung liegen sollte, um das Risiko von Blutungen und Adhäsionen oder Zyklopbildung zu verringern. Passive Flexion und Patellamobilisierung unter Vermeidung exzentrischer Quadrizepskontraktion sollten ebenfalls durchgeführt werden. Die Patient*innen können noch am selben Tag oder am Tag nach der Operation entlassen werden, ohne dass eine Immobilisation notwendig ist. Sie sollten je nach Schmerztoleranz mit Hilfe von Krücken vollständig belasten. Dies ist jedoch nur möglich, wenn keine Begleitverletzungen wie Meniskusschäden vorhanden waren.

Das Rehabilitations-Standardprotokoll der ALL-Expertengruppe¹⁵ besteht aus folgenden sechs Phasen und gilt nur für ACL-/ALL-Operationen ohne Begleitverletzungen (Tab. 6):

Tab. 6 Phasen des Rehabilitations-Standardprotokolls¹⁵

Stufe 1 (bis zu 2 Wochen)
<ul style="list-style-type: none"> - Erweckung des Quadrizeps mit voller Streckung - Kontrolle von Entzündungszeichen, Schmerzen und Erguss - Training des Gangbildes - aktiver und passiver Bewegungsumfang, mindestens 90° - Dehnung der Hamstrings zur Vorbeugung der Flexionshaltung
Stufe 2 (2-6 Wochen)
<ul style="list-style-type: none"> - normales Gehen ohne Krücken (ab einer ausreichenden neuromuskulären Kontrolle ohne Hinken) - aktiver Bewegungsumfang - isometrisch geschlossene kinetische Kette (0-50°) zur Vermeidung der anterioren Tibia-Translation - progressive Muskelkräftigung - Radfahren auf einem Ergometer - Training des Körpergleichgewichts - Kräftigung der Kniesehne: Beachtung der Pseudo-Flexion Kontrakturen - alle Kräftigungsübungen sollten so durchgeführt werden, ohne dass sie Schmerzen oder Blutergüsse verursachen
Stufe 3 (6-12 Wochen)
<ul style="list-style-type: none"> - Wiederherstellung der neuromuskulären Kontrolle

<ul style="list-style-type: none"> - keine Schwellung oder Schmerzen - normaler Bewegungsumfang - gesteigerte Kraft - geschlossene kinetische Kette (0-50°), Übungen mit Beinpresse - Ausfallschritte und Kniebeugen, beide Beine - Valgusknie vermeiden, Betonung der Hüftmuskeln als Abduktoren und Außenrotatoren - Steppen
Stufe 4 (12 Wochen – 5 Monate)
<ul style="list-style-type: none"> - mit dem Laufen beginnen - Springen und Richtungswechsel ohne Zögern - volles Kraftprogramm - Sportarten ohne Drehung
Stufe 5 (5 – 6 Monate)
<ul style="list-style-type: none"> - voller Bewegungsumfang - Beweglichkeitstraining während der Stimulation einer sportlichen Aktivität - Wiederherstellung der dynamischen Gelenkstabilität
Stufe 6 (ab 6 Monaten)
<ul style="list-style-type: none"> - sportartspezifisches Training und Übungen für die „Rückkehr zum Sport“

Die „Rückkehr zum Sport“ sollte bei der Physiotherapie getestet werden und basiert nicht nur auf der Zeit, sondern auch auf der wiederhergestellten Muskelfunktion, die sich in Kraft und Sprungkraft widerspiegelt. Die Isokinetik kann zur Verbesserung der Kraft eingesetzt werden, wobei verschiedene Hüpfests (mit Ausnahme des einbeinigen Hüpfests für die Distanz) für die Bewertung der funktionellen Leistung zur Verfügung stehen. Der Konsens der ALL-Expertengruppe lautet, dass wenn eine kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion mit korrekter anatomischer Positionierung durchgeführt wird, die Rehabilitation reibungslos ablaufen sollte.¹⁵

4.3.4.6 Vorteile der ALL-Rekonstruktion

Eine persistierende Instabilität ist multifaktoriell bedingt und kann als Ursachen eine nicht anatomische Ausrichtung des Transplantats, schlechte neuromuskuläre Kontrolle, Meniskusdefekte sowie eine gleichzeitige Verletzung der anterolateralen Strukturen des Knies umfassen.⁶⁴ Die Verletzungsrate der anterolateralen Strukturen im akut ACL-

verletzten Knie schwankt zwischen 50 und 90 Prozent, wobei aktuelle Studien über Raten am oberen Ende des Spektrums berichten, was wahrscheinlich auf eine bessere Bildgebung, einschließlich dreidimensionaler MRT und auf die direkte Beobachtung während der chirurgischen Exploration zurückzuführen ist.^{62,64,65} Eine Transplantatruptur kann bei Hochrisikopatient*innen nach erfolgter isolierter ACL-Rekonstruktion in bis zu 28 Prozent der Fälle auftreten.⁶⁶

Die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion wird mit hervorragenden klinischen Ergebnissen in Verbindung gebracht, ohne dass es Hinweise auf die unerwünschten Ereignisse gibt, die in der Vergangenheit zum weitgehenden Verzicht auf andere Arten der LET geführt haben. Insbesondere haben vergleichende Studien signifikante Vorteile der ALL-Rekonstruktion gegenüber der isolierten ACL-Rekonstruktion in Bezug auf eine geringere Rate an persistierender Instabilität, Transplantatrupturen, sekundäre Meniskusverletzungen sowie signifikant verbesserte funktionelle Ergebnisse und verbesserte Werte für die Rückkehr zum Sport gezeigt.^{64,67,66}

Sonnery-Cottet et al.¹⁵ haben eine Studie von 83 durchgeführten kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktionen mit zweijähriger Nachbeobachtungszeit zum klinischen Outcome veröffentlicht. Für die ACL-Rekonstruktion wurde ein Semitendinosus-Sehnen-Transplantat und für die perkutane doppelsträngige ALL-Rekonstruktion ein Gracilis-Sehnen-Transplantat verwendet, um die dreieckige Form des nativen ALL nachzuahmen. Das ALL wurde in voller Streckung fixiert, um eine neutrale Rotation der Tibia zu gewährleisten. Die Pivot-Shift-Testergebnisse haben sich postoperativ deutlich zu den präoperativen Werten verbessert (Tab. 7).

Tab. 7 Pivot-Shift-Testergebnisse¹⁵

Pivot-Shift-Test	Präoperativ	Postoperativ
Negativ	0	76
Grad I	47	7
Grad II	23	0
Grad III	19	0

Die ACL-/ALL-Rekonstruktion wird vor allem für die Hochrisikogruppe vorgeschlagen, um die auf das ACL-Transplantat übertragenen Kräfte zu verringern und es zu schützen. Die kombinierte Technik ermöglicht nicht nur eine bessere Rotationsstabilität, sondern kann dadurch auch die Rerupturrate bei Hochrisikopatient*innen unter 20 Jahren, Hyperlaxie-Patient*innen und Leistungssportler*innen in pivotierenden Sportarten reduzieren. Zudem

wurde über ausgezeichnete Ergebnisse in Bezug auf die Rückkehr zum Sport und die Einfachheit der Technik berichtet. Sofern eine anatomische Rekonstruktion durchgeführt wird und das Transplantat in voller Streckung und neutraler Drehung fixiert wird, konnten die Bedenken hinsichtlich einer möglichen Überlastung des Knies entkräftet werden. Außerdem wurden keine Komplikationen im Zusammenhang mit der chirurgischen Technik gemeldet.¹⁵

In einer weiteren Studie mit 502 Patient*innen aus der Hochrisikogruppe wurde nachgewiesen, dass die Rate des Transplantatversagens bei der ACL-/ALL-Rekonstruktion signifikant niedriger war als bei der ACL-Rekonstruktion, bei der ein Hamstring-Sehnen-Autotransplantat oder ein Knochen-Patellarsehnen-Knochen-Autotransplantat (BPTB) angewandt wurde (Tab. 8).^{64,66}

Tab. 8 Rissraten je nach Transplantat und Rekonstruktionsart⁶⁴

Transplantat	Rissrate
Hamstrings (ACL-Rekonstruktion)	10,77 %
BPTP	16,77 %
Hamstrings (ACL-/ALL-Rekonstruktion)	4,13 %

Die Vorteile der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion sind folgend aufgelistet (Tab. 9).

Tab. 9 Vorteile der ACL-/ALL-Rekonstruktion

Autoren	Vorteile
Sonnery-Cottet et al. ^{15,64,65,68}	Geringere Pivot-Verschiebung
	Geringere Rerupturrate
	Geringere sekundäre Menishektomie-Rate
	Höhere Rate der Rückkehr zum früheren Sportlevel
	Bessere Stabilität
	Bessere Rotationskontrolle
	Einfache Technik (kaum Verlängerung der OP-Dauer)
	Minimale kosmetische Beeinträchtigung (perkutan)
	Geringere Misserfolgsrate
Saithna et al. ⁶⁶	bessere Kniegelenkskinematik
Helito et al. ⁶⁷	Geringere Pivot-Verschiebung
	Geringere Rerupturrate
	Bessere KT-1000-, IKDC-, Lysholm-Werte

Lee et al. ⁶⁹	Geringere Pivot-Verschiebung
	Geringere Rerupturrate
	Höhere Rate der Rückkehr zum Sport
	Bessere IKDC-, Tegner-Aktivitäts-Werte

Über bessere klinische Ergebnisse von Patient*innen mit einer chronischen ACL-Defizienz, die sich einer ACL-/ALL-Rekonstruktion unterzogen haben, haben Saithna et al.⁶⁶ und Helito et al.⁶⁷ berichtet. Patient*innen mit chronischer ACL-Defizienz weisen eine größere anterolaterale Knielaxität auf, was sich durch eine Verlagerung des Rotationszentrums des Knies ins mediale Kompartiment erklären lässt.⁶⁶ Die alleinige ACL-Rekonstruktion scheint vor allem bei Vorliegen einer anterolateralen Verletzung nicht in der Lage zu sein, die normale Kniegelenkskinematik wiederherzustellen.⁷⁰ Da die ACL-/ALL-Rekonstruktion mit höherer Wahrscheinlichkeit eine normale Kniegelenkskinematik wiederherstellen kann als die isolierte ACL-Rekonstruktion, profitieren Patient*innen mit einer chronischen ACL-Defizienz von der kombinierten Rekonstruktionsmethode.⁶⁶ Dies zeigten auch die Studienergebnisse von Helito et al.⁶⁷, denn die ALL-Gruppe zeigte im Vergleich zur ACL-Gruppe eine geringere Pivot-Verschiebung (0,1 vs. 35,3 %), bessere KT-1000-Werte (1,0 vs 2,0) und bessere Ergebnisse bei den Scores zur subjektiven Kniefunktion im Alltag und beim Sport (IKDC und Lysholm-Score). Daher sollte bei Patient*innen, die sich mehr als zwölf Monate nach der ursprünglichen Verletzung einer Rekonstruktion unterziehen, gleich die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion angewandt werden.⁶⁷

Die Wiederherstellung der normalen Kniegelenkskinematik soll außerdem die unphysiologischen Belastungen auf eine heilende Meniskusreparatur reduzieren und folglich zu einer geringeren sekundären Meniskektomie rate führen.^{67,68} Eine Vergleichsstudie⁶⁸ mit 383 Patient*innen zeigte, dass die Versagensrate der medialen Meniskusreparatur (definiert als Re-Operation für eine sekundäre Meniskektomie des zuvor reparierten Meniskus) bei Patient*innen der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktionsgruppe um das Zweifache niedriger war. Diese Ergebnisse wurden in einer weiteren Studie⁶⁵, in der die sekundäre Meniskektomie rate nach kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion ebenso signifikant niedriger war als nach isolierter ACL-Rekonstruktion, bestätigt.

Helito et al.⁷¹ haben außerdem die Rolle der ALL-Rekonstruktion bei 90 Patient*innen mit einer ACL-Ruptur und Hyperlaxität der Bänder untersucht. 60 Patient*innen wurden einer isolierten ACL-Rekonstruktion und 30 einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion unterzogen. Bei der Nachuntersuchung nach etwa 30 Monaten wies die ALL-Gruppe

signifikant bessere Ergebnisse in Bezug auf geringere Raten von Pivot-Verschiebungen (26,7 vs 51,7 %), bessere KT-1000-Werte (1,5 vs 2,3) und eine geringere Rerupturrate (3,3 vs 21,7 %) auf.

In einer Studie von Lee et al.⁶⁹ mit 87 Patient*innen wurden in der ALL-Gruppe ebenso deutlich geringere Pivot-Verschiebungen (53,5 vs 90,5 %), bessere subjektive IKDC-Werte, bessere Tegner-Aktivitäts-Score-Werte, eine bessere Rückkehr zum Sport und eine geringere Rerupturrate beobachtet. Nur zwei Patient*innen (4,4 %) hatten in der ACL-Gruppe eine Transplantatruptur, während in der ALL-Gruppe niemand eine Transplantatruptur erlitt.

Nach einer isolierten ACL-Rekonstruktion sind niedrige Raten der Rückkehr zum Sport ein großes Problem, insbesondere für die Hochrisikogruppe. Durchschnittlich kehren nur 50 bis 65 Prozent der Patient*innen auf ihr Sportniveau von vor der Verletzung zurück und nur 55 Prozent in den Leistungssport.⁷² Studienergebnisse zeigten, dass Patient*innen mit einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion eine signifikant höhere Rate der Rückkehr zum Niveau der sportlichen Aktivität von vor der Verletzung aufweisen als Patient*innen mit isolierter ACL-Rekonstruktion (57,1 vs 25,6 %).⁶⁹ Die klinischen Ergebnisse von 72 Leistungssportler*innen, die sich einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion unterzogen haben, wurden von Rosenstiel et al.⁷³ aufgezeigt. Insgesamt waren 85,7 Prozent in der Lage, in denselben Leistungssport zurückzukehren, den sie vor der Verletzung ausgeübt hatten, wobei die durchschnittliche Zeit zwischen Operation und Rückkehr 7,9 Monate betrug (5 bis 12 Monate).

Thaunat et al.⁷⁴ analysierten Komplikationen und Reoperationen nach kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion, die speziell auf unerwünschte Ergebnisse untersucht wurde. In dieser Studie von 548 Patient*innen standen nur drei Reoperationen in spezifischem Zusammenhang mit dem ALL-Verfahren, bei welchen lediglich die Entfernung der Femurschraube erforderlich war. Bei niemandem war eine Reoperation erforderlich, um ein straffes Transplantat zu schneiden und es gab keine Anzeichen für eine Überdehnung innerhalb der mittleren Nachbeobachtungszeit von 35,5 Monaten. Die Autoren kamen zum Schluss, dass die Reoperationsraten großteils mit denen vergleichbar sind, die für die isolierte ACL-Rekonstruktion beschrieben wurden und nicht übermäßig hoch sind.⁷⁴

5.0 Kreuzbandoperationen in Schladming

Die Klinik Diakonissen Schladming befindet sich inmitten des Dachsteingebirges und den niederen Tauern. Diese Region ist eine beliebte Sportregion sowohl im Sommer als auch im Winter mit einem hohen touristischen Anteil.

5.1 Versorgung von vorderen Kreuzbandrupturen

Die vordere Kreuzbandruptur ist ein häufiges Verletzungsmuster, das in der Klinik Diakonissen Schladming in der Ambulanz gesehen wird. Ein positiver Schubladentest, Lachman-Test und/oder Pivot-Shift-Test können bereits die Verdachtsdiagnose einer Kreuzbandruptur nahelegen. Um die Verdachtsdiagnose verifizieren zu können, muss eine MRT durchgeführt werden. Im Zeitraum von Jänner 2020 bis Dezember 2021 wurden an der Klinik 249 Patient*innen aufgrund einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes operiert. Aufgrund der Ausschlusskriterien mussten 26 Patient*innen ausgeschlossen werden, weil sie bereits eine Voroperation am selben Knie hatten und 22 Patient*innen, da sie eine zusätzliche Seitenbandruptur oder andere Begleitverletzungen hatten, die zusätzlich operativ saniert werden mussten. Patient*innen, die eine Meniskusverletzung aufwiesen, wurden in der Studie belassen.

Nach Selektion anhand der Ausschlusskriterien blieben 201 Patient*innen, die den Einschlusskriterien entsprachen. Davon waren 98 männlich und 103 weiblich. Die Versorgung erfolgte bei 57 der Patient*innen primär, bei 69 frühsekundär, bei 69 sekundär und bei sechs Patient*innen war der Zeitpunkt der Versorgung dokumentiert und dadurch nicht erhebbar. In der KDS werden zu den primären Versorgungen die Operationen, die innerhalb der ersten Woche nach der Ruptur stattfinden, gezählt. Frühsekundär wird die Versorgung nach vier bis sechs Wochen und sekundär eine Versorgung nach mehr als drei Monaten nach stattgefundener Ruptur genannt.

Im genannten Zeitraum wurden bei beiden Geschlechtern mehr kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktionen als herkömmliche ACL-Rekonstruktionen durchgeführt. Die genaue Anzahl der Operationen sowie die Verteilung der Operationsmethode, des Geschlechts und des Alters wird in Tabelle 10 aufgezeigt.

Tab. 10 Anzahl der Operationen, Geschlechtsverteilung, Altersdurchschnitt und -spanne

	ACL	ACL/ALL	Gesamt
Operationen	61	140	201
Männer	31	67 (68 %)	98
Frauen	30	73 (71 %)	103
Altersdurchschnitt	36,7	35,1	35,6
Altersspanne	14-64	11-61	11-64

In dieser Studie sind vordere Kreuzbandrupturen in Verbindung mit einer operativen Versorgung am häufigsten in der Altersgruppe zwischen 20 und 29 Jahren sowie zwischen 30 und 39 Jahren aufgetreten (Tab. 11).

Tab. 11 Altersverteilung

Alter	Anzahl
11-19	19
20-29	58
30-39	50
40-49	43
50-59	25
60-64	7

Von den 201 Patient*innen erlitten 109 eine ACL-Ruptur ohne jegliche Begleitverletzungen. 92 der Patient*innen erlitten die ACL-Ruptur mit Begleitverletzungen der Menisken (Tab. 12). Davon war in 36 Fällen der Meniscus medialis, in 41 Fällen der Meniscus lateralis und in 15 Fällen waren beide Menisken betroffen. Die Meniskusverletzungen wurden je nach intraoperativem Befund genäht, teilreseziert oder totalreseziert.

Tab. 12 Anzahl der Operationen ohne und mit meniskaler Begleitverletzung

	ACL	ACL/ALL	Gesamt
Ohne Begleitverletzung	36	73	109
Mit Begleitverletzung	25	67	92

Mit Einschluss aller 201 Eingriffe, dauerte eine Operation durchschnittlich 79 Minuten (Schnitt-Naht-Zeit). Die OP-Dauer zeigte sich sowohl bei den Eingriffen mit als auch ohne Meniskus-Begleitverletzungen als kürzer bei der kombinierten ACL-/ALL-Methode (Tab. 13). Der Krankenhausaufenthalt betrug bei den Patient*innen, die mit der herkömmlichen

ACL-Methode operiert worden sind, durchschnittlich 4,6 Tage und somit etwas mehr als bei den Patient*innen, die mit der ACL-/ALL-Technik operiert worden sind und etwa 4,4 Tage stationär bleiben mussten.

Tab. 13 OP-Dauer (in Minuten), Krankenhaus-Aufenthalt (in Tagen)

	ACL	ACL/ALL	ACL + ACL/ALL
OP-Dauer (Durchschnitt 201 OPs)	84,5	76,5	79
OP-Dauer ohne Begleitverletzung (Durchschnitt 109 OPs)	78	71	73,4
Kürzeste OP-Dauer (ohne Begleitverletzung)	50	50	
Längste OP-Dauer (ohne Begleitverletzung)	119	108	
Krankenhaus-Aufenthalt	4,6	4,4	

Die jahreszeitliche Häufung lässt sich aufgrund mehrerer Covid19-Lockdowns sowohl im Jahr 2020 als auch im Jahr 2021 nur bedingt beurteilen. Mit Einschluss aller 249 stattgefundenen Kreuzbandoperationen wurden 107 Operationen im Jahr 2020 und 142 im Jahr 2021 durchgeführt. 2020 wurde im Mai mit 17 Operationen am häufigsten operiert. Im Jahr 2021 war das Monat mit den häufigsten Rekonstruktionen der März, in dem 37 Operationen vollbracht wurden.

5.2 Postoperative Kontrollen

Die postoperativen Kontrollen wurden standardmäßig nach sechs Wochen, nach drei und sechs Monaten sowie nach einem Jahr terminisiert. Die Patient*innen wurden bei den Kontrollen nach ihrem subjektivem Gefühl bezüglich der Stabilität sowie ihrer Schmerzen, die sie nach VAS von null bis zehn angeben sollten, befragt. Zudem wurden der Lachman-Test und der Pivot-Shift-Test zur Beurteilung der Verschieblichkeit und der Stabilität im Seitenvergleich durchgeführt und dokumentiert. Nur bei einem Bruchteil der Patient*innen konnten alle Kontrollen durchgeführt werden. Dies kann einerseits darin begründet liegen, dass sie keine Beschwerden hatten und somit einen Krankenhausbesuch für nicht notwendig hielten, aber auch, dass einige Patient*innen die weiterführenden Kontrollen in ihrem Heimatkrankenhaus durchführen haben lassen.

Von den 201 in die Studie einbezogenen Patient*innen sind nur 119 zur Kontrolle erschienen, wovon 34 der ACL-Gruppe und 85 der ALL-Gruppe angehörten. (Tab. 14)

5.2.1 Stabilität

Drei der 119 Patient*innen haben angegeben, teilweise eine Instabilität zu verspüren. Davon gehörten zwei der ACL-Gruppe und eine*r der ALL-Gruppe an (Tab. 14).

Tab. 14 Anzahl der Kontrollen und der berichteten Instabilität

	ACL	ALL	Gesamt
Erfolgte Kontrollen	34	85	119
Subjektive Instabilität	2	1	3
Subjektive Instabilität [%]	5,8	1,2	2,5

In einem der Fälle wurde das Instabilitätsgefühl lediglich einmal seit der Operation, die zum Kontrollzeitpunkt zwei Monate zurücklag, verspürt. Zugleich lag ein Streck- und Flexionsdefizit vor (0-5-110°), Schmerzen wurden verneint. Bei der klinischen Untersuchung war einerseits eine deutliche Hypotrophie des Oberschenkels festzustellen, andererseits bestand ein suprapatellarer Erguss, jedoch ohne Ballotement. Sowohl der Lachman-Test, als auch der Pivot-Shift-Test sind negativ ausgefallen. Die angewandte Operationsmethode war hier eine herkömmliche ACL-Rekonstruktion. Im zweiten Fall wurde bei der Ein-Jahres-Kontrolle über ein persistierendes Instabilitätsgefühl vor allem beim Bergab gehen von Stiegen berichtet sowie eine Schmerzintensität von VAS drei bei Belastung. Der Lachman-Test war negativ, während der Pivot-shift-Test aufgrund von Gegenspannen und einem muskulären Hartspann nicht durchführbar war. Die Operationsmethode war ebenfalls eine herkömmliche ACL-Rekonstruktion.

Im dritten Fall wurde das Instabilitätsgefühl beim Bergab gehen einhergehend mit einer Schmerzintensität von VAS eins bei einer Kontrolle zehn Monate nach der Operation angegeben. Der Bewegungsumfang betrug 0-0-120° und die Schmerzen waren bei maximaler Flexion und Extension reproduzierbar. Hier wurde die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion angewandt und beide Menisken genäht.

Einmal war der Pivot-Shift-Test nicht adäquat durchführbar, ansonsten ist er immer negativ ausgefallen. Der Lachman-Test ist in der ACL-Gruppe bei 68 Prozent negativ und bei 32 Prozent positiv ausgefallen und in der ALL-Gruppe bei 87 Prozent negativ und bei 13 Prozent positiv (Tab. 15).

Tab. 15 Anzahl der Kontrollen und Ergebnisse der Stabilitätstests

	ACL	ALL	Gesamt
Erfolgte Kontrollen	34	85	119

Lachman-Test neg	23	74	97
Lachman-Test 1+	9	10	19
Lachman-Test 2+	2	1	3
Lachman neg [%]	68	87	
Lachman pos [%]	32	13	
Pivot-Shift neg	33	85	118
Pivot-Shift neg [%]	97,1	100	
Pivot-Shift nm	1	0	1

5.2.2 Beweglichkeit

Die Daten zur postoperativen Beweglichkeit wurden nur von jenen Kontrollen, die drei bis zwölf Monate nach der Operation stattgefunden haben, verwertet, da der Beweglichkeitsumfang vor allem bei der sechswöchigen Kontrolle teilweise aufgrund einer vorgegebenen limitierten Beugung bei einer Meniskusbeteiligung eingeschränkt sein könnte und dadurch die Werte verfälschen könnte. Gemessen wurde die Beweglichkeit mit der Neutral-Null-Methode. Das postoperative Beweglichkeitsausmaß erwies sich in beiden Gruppen mit durchschnittlich 0-0,3-130,8 Grad nach herkömmlicher ACL-Rekonstruktion und 0,8-0,5-132,9 Grad nach kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion als ähnlich. Ein Streckdefizit wurde in der ALL-Gruppe häufiger dokumentiert, wohingegen ein Beugedefizit öfters in der ACL-Gruppe beobachtet wurde. Die absoluten und relativen Zahlen sowie die dazugehörigen Beweglichkeitsgrade sind in Tabelle 16 angegeben.

Tab. 16 Anzahl der Kontrollen und der Beweglichkeit

	ACL	ALL	Gesamt
Verwertbare Kontrollen	32	77	109
Beweglichkeit [°]	0-0,3-130,8	0,8-0,5-132,9	
Streckdefizit	2	6	8
Streckdefizit [%]	6,25	7,79	7,34
Streckdefizit [°]	1x 3°, 1x 5°	5x 5°, 1x 10°	1x 3°, 6x 5°, 1x 10°
Beugedefizit	2	3	5
Beugedefizit [%]	6,25	3,90	4,59
Beugedefizit [°]	1x 100°, 1x 110°	3x 100°	4x 100°, 1x 110°

Ansonsten wurde die Beweglichkeit der Patient*innen als uneingeschränkt und seitengleich bewertet.

5.2.3 Schmerzen

Die Schmerzen wurden anhand der visuellen Analogskala (VAS) evaluiert. VAS eins wurde in beiden Gruppen meist als leichtes Ziehen im Bereich des lateralen Gelenkspalts im Bereich der ALL-Insertionsstelle verspürt. VAS zwei wurde bei Tätigkeiten wie langem Stehen oder Gehen sowie beim Fersensitz angegeben. Dabei wurde der Schmerz hauptsächlich im Bereich des Tractus iliotibialis beschrieben. Bei Belastung oder maximaler Flexion wurde VAS drei angegeben.

Schmerzfrei waren prozentuell gesehen mehr Patient*innen aus der ACL-Gruppe (Tab. 17).

Tab. 17 Anzahl der Kontrollen und der angegebenen Schmerzintensität nach VAS

	ACL	ALL	Gesamt
Erfolgte Kontrollen	34	85	119
Schmerzfrei	27	56	83
Schmerzfrei [%]	79,4	65,9	69,7
VAS 1	2	12	14
VAS 1 [%]	5,9	14,1	11,8
VAS 2	3	14	17
VAS 2 [%]	8,8	16,5	14,3
VAS 3	2	3	5
VAS 3 [%]	5,9	3,5	4,2

5.2.4 Reruptur

Innerhalb des zweijährigen Beobachtungszeitraumes kam es innerhalb der ersten zwölf Monate zu zwei ipsilateralen Rerupturen, die beide bei männlichen Patienten aufgetreten sind. Bei einem Patienten wurde primär die herkömmliche ACL-Rekonstruktion angewandt, beim anderen die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion. Die Rerupturrate erwies sich somit auch hier in der ALL-Gruppe als niedriger (Tab. 18).

Tab. 18 Anzahl der Kontrollen und der Rerupturen

	ACL	ALL	Gesamt
Erfolgte Kontrollen	34	85	119
Reruptur	1	1	2
Rerupturrate [%]	2,9	1,2	

6.0 Diskussion

Die Ruptur des vorderen Kreuzbandes zählt zu einer der häufigsten traumatischen Bandverletzungen im Sport. Es gibt bereits viele Studien, die sich mit der vorderen Kreuzbandruptur, deren Ätiologie, Diagnostik und Therapie auseinandersetzen.

Vor allem bei der Therapie gibt es verschiedene Ansätze, die bereits über Jahre hinweg kontrovers diskutiert werden. Einerseits ist die konservative Therapie für gewisse Patientengruppen eine Option, andererseits die operative Therapie. Bezüglich der operativen Therapie wurden die letzten Jahrzehnte und Jahre diverse Techniken angewandt. Eine dieser Techniken ist die Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes (ACL) mit zusätzlicher Rekonstruktion des anterolateralen Ligaments (ALL). Dieses operative Verfahren wird auch in Schladming bei einigen der Patient*innen angewandt.

In der Literatur war seit der Erstbeschreibung des ALL sowohl das Vorhandensein als auch die genaue Anatomie und Funktion des Bandes lange umstritten. Eine zusätzliche Ruptur des ALL scheint häufig für eine persistierende Rotationsinstabilität nach isolierter ACL-Rekonstruktion verantwortlich zu sein. Das ALL fungiert als zusätzlicher Stabilisator des Kniegelenks und soll die normale Kniekinematik wiederherstellen. Diese Diplomarbeit soll einen Überblick über die bisherigen Studien vor allem in Bezug auf das ALL geben. Weiters wird anhand der Daten aus der Klinik Diakonissen Schladming dargelegt, ob die zusätzliche ALL-Rekonstruktion die in den Studien genannten Vorteile mit sich bringt. Es wird betrachtet, wie sich die Beweglichkeit und Stabilität bei den postoperativen Kontrollen darstellt, ob es geschlechtsspezifische oder altersspezifische Unterschiede gibt und ob die Operationsdauer im Vergleich zur herkömmlichen ACL-Rekonstruktion länger dauert.

Das vordere Kreuzband sorgt für eine anterior-posteriore sowie rotatorische Stabilität im Kniegelenk. Eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes ist häufig durch plötzliche Verdreh- oder Einknicktraumen bedingt und tritt vor allem bei „Stop and Go“ Sportarten wie Skifahren, Tennis oder Fußball spielen auf. Nach einer ACL-Ruptur zeigen sich häufig Schmerzen, eine subjektiv wahrnehmbare funktionelle Instabilität im Kniegelenk sowie ein deutlicher Funktionsverlust beim Ausüben von alltäglichen und sportlichen Aktivitäten. Sofern die Ruptur unbehandelt bleibt, kann es zur Entwicklung von Folgeschäden wie sekundären Meniskus- oder Knorpelverletzungen sowie einer schmerzhaften frühen Kniegelenksarthrose und zu chronischen Instabilitäten kommen.

Bezüglich der Therapieansätze ist ein primär konservativer Behandlungsversuch bei einer isolierten Kreuzbandruptur vor allem bei Patient*innen mit geringer objektiver und

subjektiver Instabilität, geringen sportlichen Ambitionen, reduziertem Aktivitätsanspruch sowie bei höherem Alter möglich. Die Physiotherapie hat hier zur Stärkung der umgebenden Muskeln hohe Relevanz und besteht meist aus einem mehrwöchigen Rehabilitationsprogramm. Bei Patient*innen mit geringen sportlichen Ambitionen sollte jedoch unbedingt ein höheres Aktivitätslevel als vor der Ruptur erreicht werden, um eine muskuläre Stabilisierung im Gelenk zu erreichen.¹⁸ Nichtsdestotrotz bleibt das Knie im Großen und Ganzen bei rein konservativer Therapie instabiler und ist anfälliger für Verletzungen.¹⁶ Bei Patient*innen mit rezidivierenden Instabilitätsschüben können Sekundärschäden häufig die Folge sein. Zudem steht die Hälfte aller ACL-Rupturen in Zusammenhang mit Meniskus-, Gelenkknorpel- oder anderen Bandverletzungen, die eine operative Versorgung notwendig machen.¹⁹ Daher ist eine engmaschige Kontrolle wichtig, um bei Versagen der konservativen Therapie eine operative Therapie einleiten zu können, sodass Folgeschäden möglichst früh verhindert werden können.⁷

Da jedoch auch Patient*innen nach erfolgter ACL-Rekonstruktion teilweise von einem Instabilitätsgefühl berichteten, rückte die Rolle des ALL als zusätzlicher Stabilisator vor allem bezüglich der Rotationsstabilität in den Vordergrund wissenschaftlicher Arbeiten. Anfangs wurden vor allem die Anatomie, Biomechanik und Funktion des ALL untersucht, da das Vorhandensein sowie die Bedeutung des Ligaments für die ACL-Rekonstruktion lange umstritten waren. Neuere Studien betrachten auch das klinische Outcome nach erfolgter kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion.^{15,66}

Ein großer Anteil der Patient*innen mit einer ACL-Ruptur ist sportlich aktiv und im jungen oder mittleren Erwachsenenalter. Viele dieser Patient*innen wollen sowohl im Alltag als auch bei der Ausübung ihrer sportlicher Aktivitäten nicht eingeschränkt sein. Die meisten streben daher eine rasche und effektive Therapie an. Die Patient*innen wollen vor allem eine schnelle Genesung, bestenfalls ohne jegliche Komplikationen und eine sichere Rückkehr zu ihren Aktivitäten. Für diese Patientengruppe ist die primäre Option ein operativer Therapieansatz. Auch hier ist eine konsequente Durchführung der Physiotherapie postoperativ von großer Relevanz. Nur dadurch ist es möglich, die Muskulatur aufzubauen und stark zu halten, sodass das Kniegelenk von außen muskulär gut geschützt ist und stabil bleibt. Zudem können durch die operative Therapie sekundäre Schäden wie Meniskusrisse und Knorpelschäden signifikant reduziert werden.²⁴ Bei der Wahl des Operationszeitpunktes sollten drei Faktoren abgewogen werden: die erhöhte Inzidenz von Meniskus- und Knorpelverletzungen nach einer verzögerten ACL-Rekonstruktion, das mit einer frühen ACL-Rekonstruktion verbundene Arthrofibrose-Risiko und der Verlust an Muskelkraft

aufgrund von Inaktivität bei Verzögerung der Operation.³² Welches Graft sich am besten für die ACL-Rekonstruktion ist ebenso Gegenstand vieler Studien. Darin wird einerseits behandelt welche Sehne sich am besten eignet (Hamstring-, Patella-, Quadrizepssehne), wann ein Auto- oder ein Allotransplantat verwendet werden soll und ob die Einzelbündel- oder Doppelbündeltechnik angewandt werden soll. Dies entscheiden die Operateure meist jedoch individuell. Nach Middleton et al. entscheiden sich einige je nach Transplantat für die Einzelbündel- oder Doppelbündel-Rekonstruktion, andere je nach Größe des Knies, nach Aktivitätsniveau oder nach Größe der Insertionsstelle.⁴

Die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion gewann in den letzten Jahren sowohl in der Literatur als auch im chirurgischen Alltag immer mehr an Bedeutung, auch wenn die Struktur erstmals bereits 1879 vom französischen Chirurg Paul Segond beschrieben wurde.⁴¹ Das ALL wurde in den darauffolgenden Jahren nach seiner Entdeckung mit vielen verschiedenen Namen benannt und seine Existenz wurde immer wieder angezweifelt. 2011 wurde die Struktur dann von Vincent et al.⁴⁰ als „anterolaterales Ligament“ bezeichnet. Bei den anatomischen Untersuchungen variierte der femorale Ursprung etwas, befand sich den neueren Studien zufolge jedoch typischerweise etwas posterior und proximal des lateralen Epikondylus. Zusätzlich wurde eine Insertion am lateralen Meniskus sowie feste knöcherne Ansätze am Femur und an der Tibia festgestellt. Der Ansatz an der Tibia wurde durchwegs einheitlich zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf beschrieben.^{40,48,49,51,56} Zudem konnte histologisch nachgewiesen werden, dass es sich beim ALL um eine ligamentäre Struktur handelt.^{50,57}

Biomechanische Studien haben ergeben, dass das ALL während der Innenrotation bei 30 Grad Flexion unter Spannung steht.^{48,49} Aufgrund der Struktur und der anatomischen Lage wird angenommen, dass das ALL die Innenrotation der Tibia kontrolliert und dadurch das Pivot-Shift-Phänomen beeinflusst.⁴⁸ Weiters gibt es biomechanische Beweise, die den Zusammenhang zwischen dem tibialen Ansatz ALL und Segond Frakturen belegen.⁴⁹ In den Studien von Kraeutler et al.⁵⁶ und Littlefield et al.⁵¹ wird belegt, dass das ALL eine mittlere Bruchlast zwischen 50 und 205 N, eine mittlere Steifigkeit von 20 bis 42 N/mm und eine mittlere Bruchdehnung von 36 Prozent hat. Die Ergebnisse zeigten außerdem, dass das ALL einerseits zur Rotationsstabilität beiträgt und andererseits die Knielaxität verhindert. Dies wurde anhand des Pivot-Shift- und Lachman-Tests gemessen.⁴⁸ Zudem fungiert das ALL als sekundärer Stabilisator neben dem ACL, wodurch es der anterioren tibialen Translation und der tibialen Innenrotation entgegenwirkt und somit das Pivot-Shift-Phänomen verhindern kann.⁵¹ Doch auch hier gibt es kontroverse Studienergebnisse. In einigen Studien wird

beschrieben, dass die Durchtrennung des ALL bei einem ACL-defizienten Knie zu einer signifikant verringerten anteroposterioren Stabilität sowie zu einer signifikant erhöhten Innenrotation des Kniegelenks führt.^{58,59} In anderen Studien wird jedoch keine Zunahme der anterioren tibialen Translation nach Durchtrennung des ALL bei einer ACL-Defizienz festgestellt.^{60,51} Um die biomechanischen Eigenschaften des nativen ALL, den Beitrag des ALL zur Kinematik und Stabilität des Knies sowie die Auswirkungen einer kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion auf die Biomechanik zu untersuchen sind daher noch weitere Studien notwendig. Indiziert ist die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion vor allem bei Pivot-shift Grad II oder III, einer Segond-Fraktur, bei Leistungssportler*innen, bei Personen, die pivotierende Sportarten ausüben, bei Hyperlaxität der Bänder sowie bei einer ACL-Revision. Sekundäre Kriterien sind eine kontralaterale ACL-Ruptur, ein Lachman-Test von mehr als sieben Millimeter Unterschied, ein DLFNS oder ein Alter von unter 20 Jahren.¹⁵ Als Transplantat wird bei der kombinierten ACL-/ALL-Operationsmethode häufig ein dreifaches Semitendinosus-Autotransplantat für die ACL-Rekonstruktion verwendet und ein Gracilis-Autotransplantat für die ALL-Rekonstruktion. Bei der ACL-/ALL-Rekonstruktion ist die Rerupturrate deutlich geringer als bei isolierten ACL-Rekonstruktionen mit Hamstring-Transplantaten.^{64,51}

Die ALL-Operationsmethode ist im Vergleich zu den früheren LET-Operationen minimalinvasiv, da ein großer seitlichen Einschnitt vermieden wird und keine Transplantatentnahme aus dem Iliotibialband erforderlich ist. Dies könnte die anterolaterale Kniestabilität beeinträchtigen oder anhaltende seitliche Schmerzen verursachen. Bei der ALL-Rekonstruktion wird die Gracilis-Sehne als Transplantat bevorzugt. Wichtig ist außerdem eine abschließende Isometrieprüfung, um die korrekte anatomische Fixierung des Transplantats überprüfen zu können. Die Ergebnisse der ACL-/ALL-Rekonstruktion im Vergleich zur herkömmlichen ACL-Rekonstruktion in Bezug auf die Stabilität und Funktion, die Einfachheit der Technik (Verlängerung der Operationszeit um nicht mehr als 15 Minuten), die minimale kosmetische Beeinträchtigung durch die perkutane Technik, die niedrige Rerupturrate und die Rückkehr zum Sport lassen den Schluss zu, dass das ALL eine wichtige Funktion neben dem ACL hat.¹⁵

Die klinischen Ergebnisse der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion mit zweijähriger Nachbeobachtungszeit wurden von Sonnery-Cottet et al.¹⁵ beschrieben. Wichtig sei bei der ALL-Rekonstruktion eine korrekte anatomische Platzierung und Fixierung in voller Streckung, um eine neutrale Rotation der Tibia gewährleisten zu können. Als Transplantat wurde auch hier ein Semitendinosus-Transplantat für die ACL-Rekonstruktion und ein

Gracilis-Transplantat für die ALL-Rekonstruktion gewählt. Die Ergebnisse in Bezug auf Stabilität und Funktion, der einfachen Operationstechnik mit einer Verlängerung der Operationszeit um nicht mehr als 15 Minuten und einer niedrigen Misserfolgsrate führten dazu, dass diese Technik immer häufiger angewandt wird. Sie führt zu einer besseren Rotationsstabilität und senkt die Rate der Rerupturen.¹⁵ Auch Saithna et al.⁶⁶ haben die klinischen Outcomes nach kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion untersucht. Sie berichteten, dass die zusätzliche ALL-Rekonstruktion mit höherer Wahrscheinlichkeit wieder eine normale Kniegelenkskinematik herstellen kann als die isolierte ACL-Rekonstruktion. In einer weiteren Studie von Sonnery-Cottet et al.⁶⁸ wird dargelegt, dass sogar die sekundäre Meniskektomie rate nach kombinierter ACL-/ALL-Rekonstruktion signifikant niedriger ist als nach einer isolierten ACL-Rekonstruktion. Zudem sei die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion mit einer höheren Rückkehr rate zum Sportlevel vor der Verletzung verbunden. Weitere Studien bestätigen die genannten klinischen Ergebnisse und zeigen auf, dass die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion mit geringeren Raten an ACL-Transplantatrupturen, sekundären Meniskusverletzungen, persistierender Instabilität sowie mit verbesserten funktionellen Ergebnissen einhergeht.^{63,66,67} Mögliche Komplikationen nach ALL-Rekonstruktion können sich in Form einer seitlichen Einschränkung, Bewegungsverlust und Transplantatversagen äußern. Durch eine korrekte Platzierung und Fixierung der Transplantate können diese Komplikationen jedoch minimiert werden. Die Rehabilitation sollte in ähnlicher Weise wie bei einer herkömmlichen ACL-Rehabilitation erfolgen und sollte bei korrekter anatomischer Positionierung der Transplantate reibungslos ablaufen.¹⁵ Die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion wird inzwischen mit hervorragenden klinischen Ergebnissen in Verbindung gebracht. Die zusätzliche ALL-Rekonstruktion stellt die normale Kniekinematik zuverlässiger wieder her, kann dadurch die ACL-Belastung verringern, wodurch auch die Rerupturraten, sekundären Meniskektomieraten und Langzeitfolgen minimiert werden können. Auf dieser Grundlage erscheint es logisch, eine zusätzliche ALL-Rekonstruktion im Rahmen einer ACL-Rekonstruktion vor allem in der genannten Hochrisikogruppe in Erwägung zu ziehen. Auch die Gründe für die weit verbreitete Ablehnung der LET vor etwa 30 Jahren, einschließlich hoher Raten von Knieversteifungen und Reoperationen konnten in keiner der Studien, die über die klinischen Ergebnisse der ALL-Rekonstruktionen berichteten, beobachtet werden. In der Klinik Diakonissen Schladming werden jährlich viele vordere Kreuzbandrupturen diagnostiziert. In der Klinik werden Patient*innen, die aus der Region kommen und sofern es die Kapazitäten zulassen, auch einige Patient*innen außerhalb der Region operiert.

Hierbei wird immer häufiger die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion angewandt. Im Zeitraum von Jänner 2020 bis Dezember 2021 wurden 249 Patient*innen aufgrund einer vorderen Kreuzbandruptur operiert.

Nach Selektion anhand der Ausschlusskriterien konnten noch 201 Patient*innen in der Studie belassen werden. Es wurden 61 herkömmliche ACL-Rekonstruktionen und 140 kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktionen durchgeführt. Der Altersdurchschnitt in der ACL-Gruppe lag bei 37 Jahren, der in der ACL-/ALL-Gruppe bei 35 Jahren.

Von den Männern wurden 68 Prozent mit der ACL-/ALL-Methode operiert, von den Frauen 71 Prozent. Der Altersdurchschnitt in der ACL-Gruppe betrug 36,7 und der in der ALL-Gruppe 35,1. Somit konnten weder geschlechtsspezifische noch altersspezifische Unterschiede festgestellt werden. Die Operationsdauer der ACL-Rekonstruktionen, bei denen keine Meniskusschäden repariert werden mussten, dauerte durchschnittlich 78 Minuten. Die ACL-/ALL-Rekonstruktionen ohne Begleitverletzungen der Menisken nahmen im Schnitt 71 Minuten in Anspruch. In der Literatur wurde berichtet, dass die Operationszeit mit der ALL-Methode um nicht mehr als 15 Minuten verlängert wird.¹⁵ In dieser Arbeit wurde sogar eine kürzere Operationsdauer mit der ALL-Methode erreicht. Dies kann jedoch auch darin begründet liegen, dass die ALL-Methode vor allem von den versierten Kniechirurg*innen der Klinik durchgeführt wird.

Über die jahreszeitliche Häufung kann aufgrund mehrerer Lockdowns keine aussagekräftige Aussage gemacht werden. Die Dauer des Krankenhausaufenthaltes zeigte sich in beiden Gruppen ähnlich und betrug in der ACL-Gruppe 4,6 Tage und in der ALL-Gruppe 4,4 Tage. Viele Patient*innen waren als Tourist*innen für follow-up Untersuchungen nicht rekrutierbar, weswegen nur 119 Daten für die postoperativen Ergebnisse zur Stabilität, Beweglichkeit und Rerupturrate ausgewertet werden konnten. Davon gehörten 34 der ACL-Gruppe und 85 der ALL-Gruppe an.

Subjektiv ist nach der isolierten ACL-Rekonstruktion bei 5,8 Prozent und nach der kombinierten ACL-/ALL-Rekonstruktion bei 1,2 Prozent eine Instabilität wahrgenommen worden. Dies spricht, wie auch in der Literatur erwähnt, für eine bessere postoperative Stabilität in der ALL-Gruppe. Der Pivot-Shift-Test war bei 118 Patient*innen negativ und konnte einmal in der ACL-Gruppe aufgrund von Gegenspannen und eines muskulären Hartspans nicht durchgeführt werden. Der Lachman-Test fiel in der ALL-Gruppe mit 87 Prozent häufiger negativ aus als in der ACL-Gruppe mit 68 Prozent. Somit kann auch hier festgestellt werden, dass die ALL-Gruppe stabilere Testergebnisse bezüglich der tibialen Translation aufweist als die ACL-Gruppe.

Bei insgesamt acht Patient*innen wurde ein Streckdefizit dokumentiert. Dabei kam es in der ALL-Gruppe mit 7,79 Prozent etwas häufiger zum Auftreten eines Streckdefizits als in der ACL-Gruppe mit 6,25 Prozent. Ein Beugedefizit wurde öfters in der ACL-Gruppe mit 6,25 Prozent beobachtet, wohingegen in der ALL-Gruppe ein Beugedefizit in nur 3,90 Prozent der Fälle aufgetreten ist. Ansonsten wurde die Beweglichkeit als uneingeschränkt und seitengleich bewertet.

Schmerzfrei waren mehr Patient*innen, die der ACL-Gruppe angehörten. In beiden Gruppen wurden Schmerzen im Bereich von VAS eins bis drei angegeben, dabei jeweils am häufigsten eine Intensität von zwei. Diese wurde hauptsächlich bei langen Belastungen oder dem Fersensitz angegeben. Allerdings wurde in der ALL-Gruppe häufiger eine niedrige Intensität angegeben als in der ACL-Gruppe, in der häufiger über eine höhere Intensität berichtet wurde.

Jeweils ein/e Patient*in aus den beiden Gruppen hat sich eine ipsilaterale Reruptur innerhalb der ersten zwölf Monate zugezogen. Somit lag die Rerupturrate bei den Patient*innen, die sich einer ACL-Rekonstruktion unterzogen haben, bei 1,64 Prozent und bei den Patient*innen mit einer ACL-/ALL-Rekonstruktion bei 0,71 Prozent.

Auch hier zeigte sich ein Ergebnis zugunsten der ACL-/ALL-Rekonstruktion, da die Rerupturrate niedriger ist. Die Ergebnisse sind jedoch kritisch zu betrachten, da einerseits ein längerer Beobachtungszeitraum mehr Aussagekraft hätte und andererseits nicht gesichert ist, dass alle Patient*innen, die einer Reruptur erlitten haben auch wieder in die Klinik Diakonissen Schladming und nicht in ein Heimatkrankenhaus gegangen sind.

7.0 Schlussfolgerung

Das Therapiekonzept muss nach wie vor für jeden Patient*innen individuell je nach seinen Bedürfnissen bestimmt werden. Die Resultate der recherchierten Literatur und die klinischen Ergebnisse der Klinik Diakonissen Schladming sprechen jedoch dafür, dass die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion vor allem für die benannte Zielgruppe der isolierten ACL-Rekonstruktion überlegen scheint. Anhand der Befragung zur subjektiven Stabilität sowie der Durchführung der Stabilitätstests, lässt sich sagen, dass es zwischen den beiden Operationsverfahren einen Unterschied bei der postoperativen Stabilität gibt, der zugunsten der ACL-/ALL-Operation ausfällt. Die kombinierte ACL-/ALL-Rekonstruktion bringt neben der Stabilität auch bezüglich der Rerupturrate gute Ergebnisse mit sich. In Bezug auf die Operationsdauer wurde bei der ACL-/ALL-Rekonstruktion im Schnitt sogar kürzer operiert als bei der ACL-Rekonstruktion. Die Beweglichkeit zeigte sich bei den Kontrollen in beiden Gruppen bei mehr als 90 Prozent als uneingeschränkt. Jedoch ist ein Streckdefizit in der ALL-Gruppe häufiger aufgetreten und ein Beugedefizit öfters in der ACL-Gruppe. Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die ACL-/ALL-Rekonstruktion aktuell berechtigterweise ein präsenteres Thema in der Literatur ist und immer häufiger auch angewandt wird. Sowohl die Ergebnisse der Studien in der Literatur als auch die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass Patient*innen nach einer ACL-/ALL-Rekonstruktion über stabilere klinische Ergebnisse verfügen als Patient*innen nach einer ACL-Rekonstruktion. Ein stabiles Knie mit einer wiederhergestellten normalen Kniegelenkskinematik ist in weiterer Folge auch für die Minimierung von Folgeschäden wie Arthrosen von Relevanz. Zur Bewertung von Langzeitergebnissen bedarf es jedoch noch weiteren Studien.

Literaturverzeichnis

- 1) Drake RL, Vogl W, Mitchell AWM, Tibbitts R. Gray's Anatomie für Studenten. 1. Auflage. Urban & Fischer; 2007. S. 1128
- 2) Streicher J, Pretterklieber M. 4 Bewegungsapparat. 4.4 Untere Extremität, Membrum inferius. In: Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J (ed.) Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012. S. 320ff.
- 3) Streicher J, Pretterklieber M. 4 Bewegungsapparat. 4.4 Untere Extremität, Membrum inferius. In: Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J (ed.) Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012. S. 329ff.
- 4) Middleton, K.K., Hamilton, T., ... Fu, F.H., 2014. Anatomic anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction: A global perspective. Part 1. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy 22, 1467–1482.
- 5) Ellison, A.E., Berg, E.E., 1985. Embryology, anatomy, and function of the anterior cruciate ligament. Orthopedic Clinics of North America 16, 3–14.
- 6) Streicher J, Pretterklieber M. 4 Bewegungsapparat. 4.4 Untere Extremität, Membrum inferius. In: Waldeyer A, Anderhuber F, Pera F, Streicher J (ed.) Waldeyer - Anatomie des Menschen: Lehrbuch und Atlas in einem Band. Berlin, Boston: De Gruyter; 2012. S. 371ff.
- 7) Herbort, M., Lobenhoffer, P., ..., 2018. DGU-Leitlinie 012-005 Vordere Kreuzbandruptur. Leitlinien Unfallchirurgie, DGU Leitlinien Kommission Berlin.
- 8) Delincé, P., Ghafil, D., 2012. Anterior cruciate ligament tears: Conservative or surgical treatment? A critical review of the literature. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.
- 9) Rodriguez, K., Soni, M., ... Sange, I., 2021. Anterior Cruciate Ligament Injury: Conservative Versus Surgical Treatment. Cureus.
- 10) Meyers, M.H., McKeever, F.M., 1970. Fracture of the intercondylar eminence of the tibia. The Journal of bone and joint surgery. American volume 52, 1677–1684.
- 11) Henle, P., Röder, C., ... Eggli, S., 2015. Dynamic Intraligamentary Stabilization (DIS) for treatment of acute anterior cruciate ligament ruptures: Case series experience of the first three years. BMC Musculoskeletal Disorders 16.
- 12) Zantop T, Brucker PU, Vidal A, Zelle BA, Fu FH (2007) Intra- articular rupture pattern of the ACL. Clin. Orthop. Relat. Res. 454:48–53
- 13) Beynon BD, Johnson RJ, Abate JA, Fleming BC, Nichols CE (2005) Treatment of anterior cruciate ligament injuries, part I. Am J Sports Med 33:1579–1602
- 14) Musahl, V., Hoshino, Y., ... Fu, F.H., 2013. Erratum to: The pivot shift: A global user guide (Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, (2012), 20, (724-731), 10.1007/s00167-011-1859-4). Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy.
- 15) Sonnery-Cottet, B., Daggett, M., ... Claes, S., 2017. Anterolateral Ligament Expert Group consensus paper on the management of internal rotation and instability of the anterior cruciate ligament - deficient knee. Journal of Orthopaedics and Traumatology.
- 16) Jensen, K., 1990. Manual laxity tests for anterior cruciate ligament injuries. Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy.
- 17) Toanen, C., Demey, G., Ntagiopoulos, PG, ... 2017. Is There Any Benefit in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Patients Older Than 60 Years? Am J Sports Med. 45:832–837
- 18) Strehl, A., Eggli, S., 2007. The value of conservative treatment in ruptures of the anterior cruciate ligament (ACL). Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care 62, 1159–1162.
- 19) Laxdal, G., Kartus, J., ... Karlsson, J., 2005. Outcome and risk factors after anterior cruciate ligament reconstruction: A follow-up study of 948 patients. Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery 21, 958–964.

- 20) Kay, J., Memon, M., Shah, A., ... 2018. Earlier anterior cruciate ligament reconstruction is associated with a decreased risk of medial meniscal and articular cartilage damage in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 39:2187
- 21) Phillips, M., Rönblad, E., Lopez-Rengstig, L., ..., 2018. Meniscus repair with simultaneous ACL reconstruction demonstrated similar clinical outcomes as isolated ACL repair: a result not seen with meniscus resection. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 40:2230
- 22) Shelbourne, K.D., Patel, D.V., Martini, D.J. 1996. Classification and management of arthrofibrosis of the knee after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 24:857–862
- 23) Andersson, C., Gillquist, J. 1992. Treatment of acute isolated and combined ruptures of the anterior cruciate ligament. A long-term follow-up study. *Am J Sports Med.* 20:7–12
- 24) Kay, J., Memon, M., Shah, A., ... 2018. Earlier anterior cruciate ligament reconstruction is associated with a decreased risk of medial meniscal and articular cartilage damage in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 39:2187
- 25) Ajuied, A., Wong, F., Smith, C., ... 2014. Anterior Cruciate Ligament Injury and Radiologic Progression of Knee Osteoarthritis. *Am J Sports Med.* 42:2242–2252
- 26) van Eck, C.F., Lesniak, B.P., Schreiber, V.M., Fu, F.H. 2010. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy* 26(2):258–268
- 27) Eichhorn H.J., Birkner W., 2009. Aktuelle Trends zur Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. *SFA Arthroskopie Aktuell.* 19, 5-7.
- 28) Rosenberg, T.D., Franklin, J.L., ... Reider, B., 1992. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine* 20, 519–526.
- 29) Bonatus, T. J., & Alexander, A. H., 1991. Patellar fracture and avulsion of the patellar ligament complicating arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthopaedic review*, 20(9), 770–774.
- 30) Brant Lipscomb, A., Johnston, R.K., ... Pressly Gilbert, P., 1982. Evaluation of hamstring strength following use of semitendinosus and gracilis tendons to reconstruct the anterior cruciate ligament. *The American Journal of Sports Medicine* 10, 340–342.
- 31) Kwok, C.S., Harrison, T., Servant, C. 2013. The optimal timing for anterior cruciate ligament reconstruction with respect to the risk of postoperative stiffness. *Arthroscopy* 29:556–565
- 32) Paschos, N.K., Howell, S.M., 2016. Anterior cruciate ligament reconstruction: Principles of treatment. *EFORT Open Reviews* 1, 398–408.
- 33) Hunter, R.E., Mastrangelo, J., Freeman, J.R., Purnell, M.L., Jones, R.H. 1996. The impact of surgical timing on postoperative motion and stability following anterior cruciate ligament reconstruction. *YJARS* 12:667–674
- 34) Mayr, H.O., Weig, T.-G., Plitz, W. 2004. Arthrofibrosis following ACL reconstruction? reasons and outcome. *Arch Orthop Trauma Surg.* 124:518–522
- 35) Wasserstein, D., Dwyer, T., Gandhi, R., ... 2013. A matched-cohort population study of reoperation after meniscal repair with and without concomitant anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med.* 41:349–355
- 36) Lie, D.T.T., Bull, A.M.J., Amis, A.A., 2007. Persistence of the mini pivot shift after anatomically placed anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 457, 203–209.
- 37) Lemaire, M., 1967. Rupture ancienne du ligament croisé antérieur du genou. *J Chir* 93, 311–320.
- 38) O'Brien, S.J., 1991. The iliotibial band lateral sling procedure and its effect on the results of anterior cruciate ligament reconstruction, in: *American Journal of Sports Medicine.* pp. 21–25.
- 39) Saithna, A., Thauant, M., ... Sonnery-Cottet, B., 2018. Combined ACL and Anterolateral Ligament Reconstruction. *JBJS Essential Surgical Techniques* 8, e2.
- 40) Vincent, J.P., Magnussen, R.A., ... Neyret, P., 2012. The anterolateral ligament of the human knee: An anatomic and histologic study. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 20, 147–152.

- 41) Segond, P., 1879. Recherches cliniques et experimentales sur les epanchements sanguine der genou par entorse [Clinical and experimental research on board effusions of Knee Sprain. *Prog Med VII* 7:297-9, 3, 319–321.
- 42) Last, R.J., 1948. Some anatomical details of the knee joint. *The Journal of bone and joint surgery. British volume* 30 B, 683–688.
- 43) Hughston, J.C., Andrews, J.R., ... Moschi, A., 1976. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *Journal of Bone and Joint Surgery - Series A* 58, 173–179.
- 44) Terry, G.C., Hughston, J.C., Norwood, L.A., 1986. The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract. *The American Journal of Sports Medicine* 14, 39–45.
- 45) LaPrade, R.F., Gilbert, T.J., ... Chaljub, G., 2000. The magnetic resonance imaging appearance of individual structures of the posterolateral knee. A prospective study of normal knees and knees with surgically verified grade III injuries. *American Journal of Sports Medicine* 28, 191–199.
- 46) Campos, J.C., Chung, C.B., ... Resnick, D., 2001. Pathogenesis of the Segond fracture: Anatomic and MR imaging evidence of an iliotibial tract or anterior oblique band avulsion. *Radiology* 219, 381–386.
- 47) Vieira, E.L., Vieira, E.Á., ... Cohen, M., 2007. An Anatomic Study of the Iliotibial Tract. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 23, 269–274.
- 48) Claes, S., Vereecke, E., ... Bellemans, J., 2013. Anatomy of the anterolateral ligament of the knee. *Journal of Anatomy* 223, 321–328.
- 49) Kennedy, M.I., Claes, S., ... Laprade, R.F., 2015. The anterolateral ligament: An anatomic, radiographic, and biomechanical analysis. *American Journal of Sports Medicine* 43, 1606–1615.
- 50) Park, Y.B., Lee, H.J., ... Kim, S.H., 2019. Anterolateral ligament injury has a synergic impact on the anterolateral rotatory laxity in acute anterior cruciate ligament-injured knees. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 27, 3334–3344.
- 51) Littlefield, C.P., Belk, J.W., ... McCarty, E.C., 2021. The Anterolateral Ligament of the Knee: An Updated Systematic Review of Anatomy, Biomechanics, and Clinical Outcomes. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*.
- 52) Getgood, A., Brown, C., ... Zaffagnini, S., 2019. The anterolateral complex of the knee: results from the International ALC Consensus Group Meeting. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 27, 166–176.
- 53) Sonnery-Cottet, B., Barbosa, N.C., ... Saithna, A., 2018. Clinical outcomes of extra-articular tenodesis/anterolateral reconstruction in the ACL injured knee. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*.
- 54) Patel, R.M., Brophy, R.H., 2018. Anterolateral Ligament of the Knee: Anatomy, Function, Imaging, and Treatment. *American Journal of Sports Medicine* 46, 217–223.
- 55) Weber, A.E., Zuke, W., ... Cole, B.J., 2019. Lateral Augmentation Procedures in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Anatomic, Biomechanical, Imaging, and Clinical Evidence. *American Journal of Sports Medicine* 47, 740–752.
- 56) Kraeutler, M.J., Welton, K.L., ... McCarty, E.C., 2018. Current Concepts of the Anterolateral Ligament of the Knee: Anatomy, Biomechanics, and Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine* 46, 1235–1242.
- 57) Ariel De Lima, D., Helito, C.P., ... Cavalcante, M.L. C., 2019. Anterolateral ligament of the knee: A step-by-step dissection. *BMC Musculoskeletal Disorders* 20.
- 58) Amis, A.A., 2017. Anterolateral knee biomechanics. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 25, 1015–1023.
- 59) Bonanzinga, T., Signorelli, C., ... Marcacci, M., 2017. Kinematics of ACL and anterolateral ligament. Part I: Combined lesion. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 25, 1055–1061.
- 60) Saiegh, Y.A., 2017. Sectioning the anterolateral ligament did not increase tibiofemoral translation or rotation in an ACL-deficient cadaveric model. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 25, 1086–1092.

- 61) Parsons, E.M., Gee, A.O., ... Cavanagh, P.R., 2015. The biomechanical function of the anterolateral ligament of the knee. *American Journal of Sports Medicine* 43, 669–674.
- 62) Ferretti, A., Monaco, E., ... De Carli, A., 2017. Prevalence and Classification of Injuries of Anterolateral Complex in Acute Anterior Cruciate Ligament Tears. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 33, 147–154.
- 63) Sonnery-Cottet, B., Daggett, M., ... Thauinat, M., 2016. Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction. *Arthroscopy Techniques* 5, e1253–e1259.
- 64) Sonnery-Cottet, B., Saithna, A., ... Thauinat, M., 2017. Anterolateral Ligament Reconstruction Is Associated with Significantly Reduced ACL Graft Rupture Rates at a Minimum Follow-up of 2 Years: A Prospective Comparative Study of 502 Patients from the SANTI Study Group. *American Journal of Sports Medicine* 45, 1547–1557.
- 65) Sonnery-Cottet, B., Praz, C., ... Saithna, A., 2018. Epidemiological Evaluation of Meniscal Ramp Lesions in 3214 Anterior Cruciate Ligament–Injured Knees From the SANTI Study Group Database: A Risk Factor Analysis and Study of Secondary Meniscectomy Rates Following 769 Ramp Repairs. *American Journal of Sports Medicine* 46, 3189–3197.
- 66) Saithna, A., Daggett, M., ... Sonnery-Cottet, B., 2021. Clinical Results of Combined ACL and Anterolateral Ligament Reconstruction: A Narrative Review from the SANTI Study Group. *Journal of Knee Surgery*.
- 67) Helito, C.P., Camargo, D.B., ... Demange, M.K., 2018. Combined reconstruction of the anterolateral ligament in chronic ACL injuries leads to better clinical outcomes than isolated ACL reconstruction. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 26, 3652–3659.
- 68) Sonnery-Cottet, B., Saithna, A., ... Delaloye, J.R., 2018. Anterolateral Ligament Reconstruction Protects the Repaired Medial Meniscus: A Comparative Study of 383 Anterior Cruciate Ligament Reconstructions From the SANTI Study Group With a Minimum Follow-up of 2 Years. *American Journal of Sports Medicine* 46, 1819–1826.
- 69) Lee, D.W., Kim, J.G., ... Kim, DuH., 2019. Clinical Outcomes of Isolated Revision Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or in Combination With Anatomic Anterolateral Ligament Reconstruction. *American Journal of Sports Medicine* 47, 324–333.
- 70) Sonnery-Cottet, B., Lutz, C., ... Imbert, P., 2016. The Involvement of the Anterolateral Ligament in Rotational Control of the Knee. *American Journal of Sports Medicine* 44, 1209–1214.
- 71) Helito, C.P., Sobrado, M.F., ... Demange, M.K., 2019. Combined Reconstruction of the Anterolateral Ligament in Patients With Anterior Cruciate Ligament Injury and Ligamentous Hyperlaxity Leads to Better Clinical Stability and a Lower Failure Rate Than Isolated Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 35, 2648–2654.
- 72) Ardern, C.L., Taylor, N.F., ... Webster, K.E., 2014. Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: An updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *British Journal of Sports Medicine* 48, 1543–1552.
- 73) Rosenstiel, N., Praz, C., ... Sonnery-Cottet, B., 2019. Combined Anterior Cruciate and Anterolateral Ligament Reconstruction in the Professional Athlete: Clinical Outcomes From the Scientific Anterior Cruciate Ligament Network International Study Group in a Series of 70 Patients With a Minimum Follow-Up of 2 Years. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery* 35, 885–892.
- 74) Thauinat, M., Clowe, G., ... Sonnery-Cottet, B., 2017. Reoperation Rates after Combined Anterior Cruciate Ligament and Anterolateral Ligament Reconstruction: A Series of 548 Patients from the SANTI Study Group with a Minimum Follow-up of 2 Years. *American Journal of Sports Medicine* 45, 2569–2577.