

DIPLOMARBEIT

VERGLEICH DER ERGEBNISSE NACH REKONSTRUKTION DES VORDEREN KREUZBANDES MITTELS SEMITENDINOSUS/GRACILIS SEHNEN IN DER EINFACH- BÜNDEL-TECHNIK VERSUS DOPPEL-BÜNDEL-TECHNIK

eingereicht von

Christoph Kittl

Mat.Nr.: 0310564

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt am

Univ.-Klinik für Unfallchirurgie Graz

unter der Anleitung von

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

Dr. Priv. -Doz. Boldin, Christian

Ort, Datum

Unterschrift

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am

Unterschrift

VORWORT

Zu Beginn möchte ich eine kleine Geschichte erzählen, wie es überhaupt dazu gekommen ist, dass ich jetzt hier sitze und meine Diplomarbeit über Kreuzband Rekonstruktionen schreibe.

Vor ungefähr 10 Jahren, als ich mit einigen Schulkollegen Fußball spielte, war dies eine lebensverändernde Diagnose, als die Ärzte bei mir einen Kreuzbandriss feststellten. Daraufhin konnte ich einige Monate meinem größten Hobby, dem Sport, nicht mehr nachgehen. Umso schlimmer sich damals diese Zeit für mich gestaltete, umso einschneidender ist dieses Erlebnis heute für mich.

Ich musste mich einer Kreuzbandersatz-Operation unterziehen. Das ganze Rundherum und speziell von den Nachuntersuchungen war ich so fasziniert, dass ich den Berufswunsch „Arzt“ von nun an in mir trug.

Nun sitze ich hier und habe es geschafft. Die damals lebensverändernde Diagnose wurde zu meiner lebensentscheidenden, die mich mein ganzes Leben begleiten wird.

INHALTSVERZEICHNIS

Diplomarbeit.....	1
Eidesstattliche Erklärung.....	2
Vorwort.....	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Danksagung.....	6
Anatomie des Kniegelenks.....	7
Kniegelenk, Articulatio genu.....	7
Wichtige Bänder.....	8
Pathologie des Kreuzbandrisses.....	12
Verletzungsmechanismus.....	12
Diagnostik.....	15
Klinische Untersuchung.....	16
Therapie.....	17
Double Bundle Vs.Single Bundle.....	18
Unterschiede bei den Operationsmethoden.....	19
Studienrecherche.....	22
Kostenanalyse.....	27
Studienteil.....	29
Abstract.....	29
Zusammenfassung.....	30
Material und Methoden.....	31
Untersuchungsmethoden.....	35
Operationsmethoden.....	45
Statistische Auswertung (Resultate).....	50
Konklusio.....	57
Einschränkungen.....	59

Anhang.....60
Literaturverzeichnis.....66

DANKSAGUNG

Ich danke hiermit ganz besonders meinen Diplomarbeitsbetreuern Prof. Seibert und Doz. Boldin. Sie haben einen erheblichen Anteil an dieser Diplomarbeit geleistet. Sie sind mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden. Danke!

Als zweites möchte ich meine Eltern erwähnen, die mich immer und jederzeit voll unterstützt haben. Ich bin froh, dass es euch gibt!

Abschließend danke ich meiner Freundin Elke, die es mit mir, die ganze Zeit, während der Erstellung dieser Arbeit ausgehalten hat.

ANATOMIE DES KNIEGELENKS

In diesem Abschnitt soll die Anatomie des Kniegelenks in groben Zügen wiederholt werden. Besonderes Augenmerk wird auf den Bandapparat des *Articulatio genu* gelegt. Außerdem werden die Kapsel und die Menisci näher besprochen.

Kniegelenk, *Articulatio genu*:

Das Kniegelenk (*Articulatio genu*) gilt als größtes Gelenk der menschlichen Körpers¹ und ist ein Dreh-Schaniergelenk (*Trochoginglymus*) bestehend aus 2 Teilgelenken. Aus dem *Articulatio femorotibialis* und aus dem *Articulatio femoropatellaris*. Das erste Gelenk wird aus Femur und Tibia gebildet, das zweite aus Femur und Patella².

Die 2 Kondylen des Femurs (*Condylus medialis* und *Condylus lateralis*) gleiten auf der Gelenkfläche der Tibia (*Facies articularis superior*). Die Inkongruenz dieser beiden Gelenkflächen wird durch den Knorpelüberzug und die Menisci (siehe weiter unten) ausgeglichen².

Die *Facies articularis* der Patella und die *Facies patellaris* des Femurs stehen beim Femoropatellargelenk (*Art. femoropatellaris*) in Kontakt².

Gelenkkapsel:

Das *Stratum fibrosum* der Gelenkkapsel geht 1 cm unterhalb der Knorpelränder in das Periost der Tibia über. Am Femur ist die Gelenkkapsel seitlich der Kondylen befestigt. Vorne verbindet sie sich mit dem Quadrizeps Muskel und der Patella. Hinten geht sie bis zur *Linea intercondylaris*².

Die Epikondylen des Femurs liegen somit außerhalb der Gelenkkapsel¹.

Die zweite Schicht der Gelenkkapsel (Stratum synoviale) verläuft vorne, medial und lateral an der Knorpel-Knochen-Grenze des Tibiakopfes. Die Kreuzbänder (siehe unten) liegen extraartikulär, da das Stratum synoviale die Area intercondylaris ausspart. Die untere Kapselschicht ist am Femur an den hinteren und seitlichen Knorpelbeschichtungen der Kondylen und am äußeren Rand der Facies patellaris befestigt², die Patella ist somit in die Kapselwand integriert¹.

Vorne geht sie in die Bursa suprapatellaris über. Unter der Kniescheibe zieht das Stratum synoviale über den Hoffa-Fettkörper (Corpus adiposum infrapatellare) und setzt an der Area intercondylaris anterior an².

Wichtige Bänder:

Lig. Patellae:

Die Patellarsehne, wie sie oft im kurz genannt wird, geht aus dem Musculus Quadriceps femoris hervor und setzt an der Tuberositas tibiae an². Mit dem mittleren Teil dieses Bandes kann die Kreuzbandrekonstruktion gemacht werden. Diese Operationsweise mit der BTB (Bone-Tendon-Bone) Technik war in Hinsicht auf mechanische Festigkeit, sichere Fixation des Grafts und kurze Heildauer der Goldstandard³.

Seitenbänder:

Lig. collaterale tibiale:

Das Innenband entspringt am Epicondylus medialis femoris und setzt unterhalb des Tibiakopfplateaus an der Facies medialis tibiae an².

Da das mediale Seitenband aus mehreren Faserzügen besteht, werde ich ein wenig auf die funktionelle Anatomie der medialen Seite eingehen. Warren und Marshall⁴ beschrieben anhand von 145 Leichen als erstes die 3 Schichten des medialen Bandapparates:

Die oberflächliche Schicht (superficial Layer) besteht aus der tiefen Fascia cruris, wel-

che den Quadrizepsmuskel und den Musculus Satorius einschließt⁴.

Die zweite oder auch mittlere Schicht (intermediate Layer) beinhaltet das oberflächliche Seitenband (s-MCL → superficial- Medial collateral ligament) und das Ligamentum patellofemorale medialis. Die tiefe Schicht besteht aus der Kapsel und aus dem d-MCL (deep-medial collateral ligament)⁴.

Lig. collaterale fibulare:

Das Außenband entspringt am Epicondylus lateralis femoralis und zieht von dort aus zum Caput fibulae. Auf dem Weg dorthin überkreuzt es die Sehne des Musculus popliteus.

Allgemein besteht das laterale Kompartiment des Knies aus dem vorderen, mittleren und hinteren Drittel. Dies beschrieben Jack C. Hughston et. al⁵. 1976.

Das vordere Drittel, welches das Kapselband enthält, erstreckt sich von der lateralen Seite der Patella Sehne und der Patella zur vorderen Grenze des Tractus iliotibialis. Das laterale Retinakulum verstärkt mit seinen Faserzügen dieses vordere Drittel. Es hat außerdem auch keinen Ansatz am Femur⁵.

Das mittlere Drittel des lateralen Bandapparates ist aus dem Tractus iliotibialis und dem Kapselband zusammengesetzt. Es erstreckt sich nach hinten soweit wie das laterale Seitenband. Es hat seinen Ursprung am lateralen Epicondyl des Femurs und setzt an der tibialen Gelenksgrenze an⁵.

Das hintere Drittel enthält beides, Kapselbänder und nicht Kapselbänder, diese werden in der englischsprachigen Literatur als „arcuate complex“ zusammengefasst. Dieser Komplex enthält folgende Bänder: Lig. fabellofibulare, Lig. popliteofibulare und Lig. Arcuatum⁵.

Kreuzbänder:

Anatomie:

Die Ligamenta. cruciata liegen außerhalb des Gelenks (extraartikulär aber intrakapsulär). Die Kreuzbänder schützen das Kniegelenk in der Sagittalebene, Frontal-, aber auch in der Horizontalebene². Femur und Tibia können dadurch nur sehr wenig ge-

geneinander verschoben werden. Bei einer Insuffizienz oder einer Ruptur des vorderen Kreuzband, kann man das Schubladenphänomen beobachten. Hierbei lässt sich die Tibia viel leichter gegenüber dem Femur verschieben, als bei einem physiologischen Zustand des Knies.

Das Lig. cruciatum anterius verläuft von der Area intercondylaris anterior der Tibia zur hinteren Innenfläche des Condylus lateralis femoris, es besteht aus 2 Bündel. Aus dem anteromedialen Bündel und aus dem posterolateralen Bündel, dies fanden Abott et al. im Juli 1944 heraus⁶.

Das anteromediale Bündel hat einen Durchmesser von 7 ± 1 mm und das posterolaterale Bündel 6 ± 1 mm. Fächerförmige Ansatzstellen können 3 bis 5 mal größere Durchmesser haben^{7,8}. Ito et al. inspizierten an 47 Leichen die Kniegelenke. 55% hatten ein makroskopisches Doppel Bündel, zusammengesetzt aus AM und PL Bündel. 45% hingegen ein, makroskopisch betrachtet, Einfach -Bündel. Davon hatten 19% ein mikroskopisch gesehenes Doppel Bündel und 36% hatten tatsächlich auch ein mikroskopisch gesehenes Einfach-Bündel⁹.

Biomechanik:

Das anteromediale Band ist in Flexion angespannt. Gegensätzlich dazu ist das posterolaterale Bündel im gestrecktem Zustand fest. Das AM und das PL Bündel liegen bei der Extension im Kniegelenk nahezu parallel. Im Gegensatz dazu drehen sie sich ineinander bei einer Flexion im Kniegelenk¹⁰.

Mehrere Autoren betrachten das posterolaterale Bündel als besonders wichtig bei der Rotationsstabilität bei fast voller Extension^{11,12,13}. Gabriel et al. fanden außerdem heraus, dass das posterolaterale Bündel besonders wichtig während kombinierten Kräften in voller Streckung ist¹³.

Mae et al. untersuchten an 11 Kreuzband (Doppel-Bündel) operierten Patienten die Bundle Stabilität in einer biomechanischen Studie. Das AM Bündel trug $42,3 \pm 5,7\%$ der ganzen, auf das Knie einwirkenden, Kraft und das PL Bündel $57,7 \pm 5,7\%$ der ganzen Kraft bei 0° Flexion. Bei 90° Abwinkelung trug das AM Bündel $64,1 \pm 11,1\%$ der ganzen Kraft. Im Gegensatz zu vorher trug hier das PL Bündel nur $33,9 \pm 11,1\%$ ¹⁴.

Das hintere Kreuzband ist etwas stärker als das vordere. Es entspringt an der Area intercondylaris posterior und der Tibiahinterkante. Der Ansatz ist die Innenseite des medialen Femurkondyls. Es besteht wie das vordere Kreuzband aus zwei Bündel, das anterolaterale und posteromediale Bündel².

Menisci:

Das Kniegelenk beinhaltet 2 aus Faserknorpel bestehende Scheiben, die sogenannten Menisci, einen medial, den anderen lateral. Der Meniscus medialis ist sichel²- oder halbmondförmig¹ angeordnet, der laterale Meniskus C oder kreisförmig. Ihr Querschnitt ist keilförmig. Die Außenseiten der Knorpelscheiben sind mit der Gelenkscapsel verwachsen. Die freien Innenseiten der Menisci mit der Area intercondylaris².

Bandzüge der Menisci:

Es ist bekannt, dass 2 Bänder von dem Hinterhorn des lateralen Meniskus zur lateralen Seite des medialen Femurkondyls ziehen. Diese werden meniscofemorale Bänder genannt. Das Lig. meniscofemorale anterius (a-MFL, Wrisberg) zieht vor dem hinterem Kreuzband zum Kondyl, das meniscofemorale posterius (p-MFL, Humphrey) zieht zum medialen Kondyl¹⁵. Die Funktion dieser Bänder ist bis jetzt noch nicht vollständig geklärt. Einige Autoren glauben, dass sie den lateralen Meniskus während der Bewegung stabilisieren. Wiederum andere Autoren sind der Meinung, dass diese MFLs (wie sie in der englischen Literatur genannt werden) den Schutz des Hinterhorns als primäre Funktion bewirken.

Außerdem sind beide Menisci über meniscopatellare Bänder mit der Kniescheibe verbunden¹.

Blutversorgung, Innervation:

Die peripheren Zonen der Menisci werden von der Arteria media genus versorgt. Der mittlere Teil ist frei von Gefäßen und wird durch die Synovia ernährt. Die Bindegewebeanteile der Menisci enthalten sehr viele sensiblen Nervenendigungen, während die knorpeligen inneren Anteile nervenfrei sind².

PATHOLOGIE DES KREUZBANDRISSES

Die Verletzung des Kreuzbandes (ACL: anterior cruciate ligament) ist die häufigste Bandverletzung des Kniegelenks¹⁶. In Österreich werden fast 8.500 Kreuzbandrekonstruktionen vorgenommen⁷⁵.

In diesem Kapitel sollen der Verletzungsmechanismus, die Diagnose, klinische Untersuchungen und die Therapie näher betrachtet werden.

Verletzungsmechanismus

80% der Rupturen des vorderen Kreuzbandes resultieren aus einem Innenrotations-trauma der Tibia gegenüber dem Femur. Der zweithäufigste Mechanismus besteht aus einem Valgus-Außenrotationstrauma. Eine eher seltener Mechanismus ist das Hyperextensionstrauma¹⁶, genauso wie das Hyperflexionstrauma mit ventral-gleiten der Tibia¹⁷.

Diese Verletzungsmechanismen kommen gehäuft bei Kontaktsportarten, wie Fußball Rugby, Basketball oder Kampfsportarten vor. Auch „Nicht-Kontakt“ Sportarten steuern ihren Beitrag zu den Kreuzbandrupturen, wie zum Beispiel Schifahren, Tennis oder Motorsport bei.

Das Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia, veröffentlichte am 1. Oktober 2008 eine Tabelle, die die häufigsten Orte einer Kreuzbandverletzung, die operativ behandelt wurde, aufzeigt. Insgesamt wurden 5884 operierte Kreuzbandverletzungen in die Analyse aufgenommen¹⁸ (siehe Tabelle 1).

Man kann deutlich sehen, dass Sport (mit 65%), die häufigste Ursache für eine Kreuzbandverletzung ist. Gefolgt von der 2. häufigsten Lokalisation. das Zuhause mit 11%¹⁸.

Ort der Verletzung	Anzahl der Kreuzbandverletzungen	
Sport	3833	(65,1%)
Zuhause	655	(11,1%)
Öffentlicher Ort	264	(4,5%)
Firmengelände	228	(3,9%)
Straße	213	(3,6%)
Farm (Bauernhof)	108	(1,8%)
Schule	94	(1,6%)
Andere	489	(8,3)
Total	5884	(100%)

Tabelle1: Ort der Verletzung in Korrelation zur Anzahl der Kreuzbandverletzungen die operiert wurden¹⁸

Die 2. Tabelle die aus demselben Artikel entnommen wurde, zeigt uns die Häufigkeit der Kreuzbandverletzungen in Korrelation mit den jeweiligen Sportarten. Wie schon oben erwähnt stehen Rugby, Fußball und Schi fahren ganz oben auf der Liste. Diese Tabelle berücksichtigt 3997 Kreuzbandverletzungen in Neuseeland (siehe Tabelle 2)¹⁸.

Sportart	Verletzungen
Rugby	952
Korbball	746
Fußball	612
Touch Rugby	353
Schifahren	223
Basketball	172
Rugby League	152
Eishockey	85
Motorsport	79

Sportart	Verletzungen
Squash	57
Kampfsportart	54
Snowboarding	54
Andere Sportarten	458
Total	3997

Tabelle2: Die Häufigkeit der Kreuzbandverletzung bei den einzelnen Sportarten¹⁸

Eine Metaanalyse von Shimokochi, Y. et al¹⁹. zeigt den Verletzungshergang bei „non-contact“ Kreuzbandrupturen. Es wurden 211 Patienten befragt und untersucht. Der häufigste Mechanismus war, wie schon oben erwähnt, Innenrotation plus Valgustrau-
ma. An zweiter Stelle steht Außenrotation plus Valgus. Der dritt- und vierthäufigste Verletzungsmechanismus war, Innenrotation (alleine) und Valgus (alleine)¹⁹. Hier eine kleine Tabelle, welche die Verteilung darstellt (siehe Tabelle 3).

Mechanismus	Anzahl der Verletzungen
Innenrotation + Valgus	28
Außenrotation + Valgus	27
Innenrotation (alleine)	18
Valgus (alleine)	11
Außenrotation (alleine)	6
Hyperextension	5
Varus	2
Innenrotation + Hyperextension	1
Außenrotation + Hyperextension	1
Gesamt	99

Tabelle3: Die Häufigkeit der einzelnen Verletzungsmechanismen¹⁹

Die Kreuzbandruptur-Verteilung zwischen Männern und Frauen ist noch nicht vollends geklärt. Gianotti SM et al¹⁸. meint, dass Männer nur deswegen öfter Kreuzbandverletzt sind, weil sie mehr prädisponierende Sportarten betreiben als Frauen¹⁸. Frauen sollen aber das größere Risiko haben eine Kreuzbandruptur zu erleiden²⁰.

Diagnostik:

Anamnese:

Wie bei allen anderen diagnostischen Prozeduren, kommt auch beim Kreuzbandriss, der Anamnese eine besondere Bedeutung zu. Hierbei sollte man vor allem auf folgende Kriterien achten¹⁶:

1. Unfallmechanismus (wie schon oben erwähnt weisen Innenrotationsvalgus und Außenrotationsvalgus Traumen besonders auf eine Ruptur des vorderen Kreuzband hin.)
2. Schmelzcharakter
3. Gefühl oder Hören eines Risses oder Knalls im Kniegelenks
4. Instabilität (Schubladenphänomen oder Giving way Symptomatik)
5. Fortsetzen der sportlichen Aktivität
6. Erguss
7. Bewegungsdefizit
8. Frühere Verletzungen am Kniegelenk

Anschließend sollte man sich auf die radiologische Untersuchung (Röntgen) konzentrieren. Diese schließt eine Fraktur oder knöcherne Eminentiaausrisse sowie knöcherne Kapsel-Band-Ausrisse aus. Diese haben einen großen Einfluss auf die nachfolgende Therapie¹⁶.

Magnetresonanztomographie:

Laut dem Lehrbuch „Praxis der Unfallchirurgie. Klare Behandlungskonzepte zur Bewältigung aller Situationen.“ hat das MRT einen eher geringen Stellenwert bei der Diagnostik ligamentärer Verletzungen im Kniegelenk. Dennoch gilt die Magnetresonanztomographie als radiologische „State of the art“ Untersuchung bei Knieverletzungen. Lee et al. untersuchten 79 Patienten und fanden dabei heraus, dass die MRT eine Sensitivität von 94% hat. Die vordere Schublade 78% und der Lachman Test 89%²¹.

Klinische Untersuchung:

Da ich auf die klinische Untersuchung im Studienteil noch näher eingehen, werde, kann dieses Kapitel kleiner ausfallen. Es werden daher nur die wichtigsten Untersuchungsmethoden genannt.

Bei der Inspektion sollte man auf einen Erguss und auf eine Muskelatrophie achten. Bei der anschließenden Palpation kann man Meniskusläsionen, Verletzungen des Innen- und Außenbandapparates Patellaluxationen und Risse des medialen Retinakulum feststellen.

Der 90° Schubladentest (anterior drawer test) war lange Zeit der Goldstandard, um den vorderen Kreuzbandriss zu diagnostizieren. Man dachte, er wäre beides, sensitiv und spezifisch. Dies konnte 1975 durch Marshall J. L. et al. widerlegt werden, als mehrere Operationen durchgeführt wurden. Es zeigte sich, dass der 90° Schubladen Test 50% falsch negative Ergebnisse lieferte²². Die Gründe waren einleuchtend: Schmerzen, Muskelspasmen, Hämarthros oder einfach die Unfähigkeit das Knie in die 90° Beugstellung zu bringen²³.

Um die Ruptur des vorderen Kreuzband zu veranschaulichen benutzt man heute den Lachman-Test. Dieser wird in ca. 25° Beugstellung vollzogen, da hier das vordere Kreuzband am wenigsten Spannung aufweist und der Muskeltonus der Kniebeuger am geringsten ist¹⁶. Man sollte beim Lachman-Test immer auf derselben Seite stehen, auf der man auch das Knie untersucht. Hierbei vermeidet man die tibiale Innenrotation, die zu falsch negativen oder falsch positiven Resultaten führen kann²⁴.

Therapie:

Hier stellt sich die Frage nach einer operativen oder konservativen Therapie. Barrack untersuchte an 72 jungen Patienten diese Frage. Er kam zu dem Ergebnis, dass man bei Jugendlichen, die sportlich weiter aktiv sein wollen, kein zufriedenstellendes Outcome bei einer Non-operativen Behandlung erreicht werden²⁵.

Es sollte bei folgenden Patienten die Indikation zur Ersatzplastik gestellt werden:

1. sportlich aktiv, Wunsch nach Weiterführung des Sports
2. Zusätzlich zur ACL Ruptur, noch eine andere Verletzung der stabilisierenden Strukturen (Seitenbänder, PCL)
3. Gleichzeitige Meniskusläsion

Auf die operativen Möglichkeiten will ich nur kurz eingehen, da im Studienteil, die verschiedenen Vorgehensweisen diskutiert werden. Das Kreuzband kann entweder mit einer BTB- (Bone-Patellar-Bone) oder einer ST/G- (Semitendinosus/Gracilis) Plastik rekonstruiert werden. Die BTB Technik ist von der Verankerungsfestigkeit und -steifigkeit, der der ST/G Plastik überlegen¹⁶. Der große Nachteil dieser ist aber die hohe Entnahmemorbidität. Patienten leiden zu 40% an patellofemorale Schmerzen¹⁶.

Diese beiden Sehnen können entweder in der Single-Bundle Technik oder der Double-Bundle Technik, die den physiologischen Aufbau des Kreuzbandes am besten nachahmt, eingebaut werden. Dazu aber weiter im Studienteil.

DOUBLE BUNDLE Vs. SINGLE BUNDLE

Als erstes beschrieben in den 70er Jahren Norwood et al. die anatomische Doppel Bündel Form des vorderen Kreuzbandes^{26,27}. Obwohl man sich bewusst ist, dass die Single Bundle Methode nicht die anatomischen Gegebenheiten des vorderen Kreuzbandes wiedergibt, ist diese Methode trotzdem die Standard Technik in der Kreuzbandrekonstruktions Chirurgie²⁸. In den letzten Jahren sind Zweifel aufgekommen, ob ein einzelnes Bündel die Rotationsstabilität annähernd wiederherstellt. Woo et al. publizierte 2002 in einer Kadaverstudie, dass nur 45-65% der Rotationsstabilität gegenüber eines intakten Knies, mit einer Single Bundle Operation, wieder hergestellt werden konnte²⁹. Bis zum Jahre 2009 wurden etliche Vergleichsstudien Single Bundle versus Double Bundle in verschiedenen Konstellationen publiziert^{30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40,41,42}.

Unterschiede bei den Operationsmethoden:

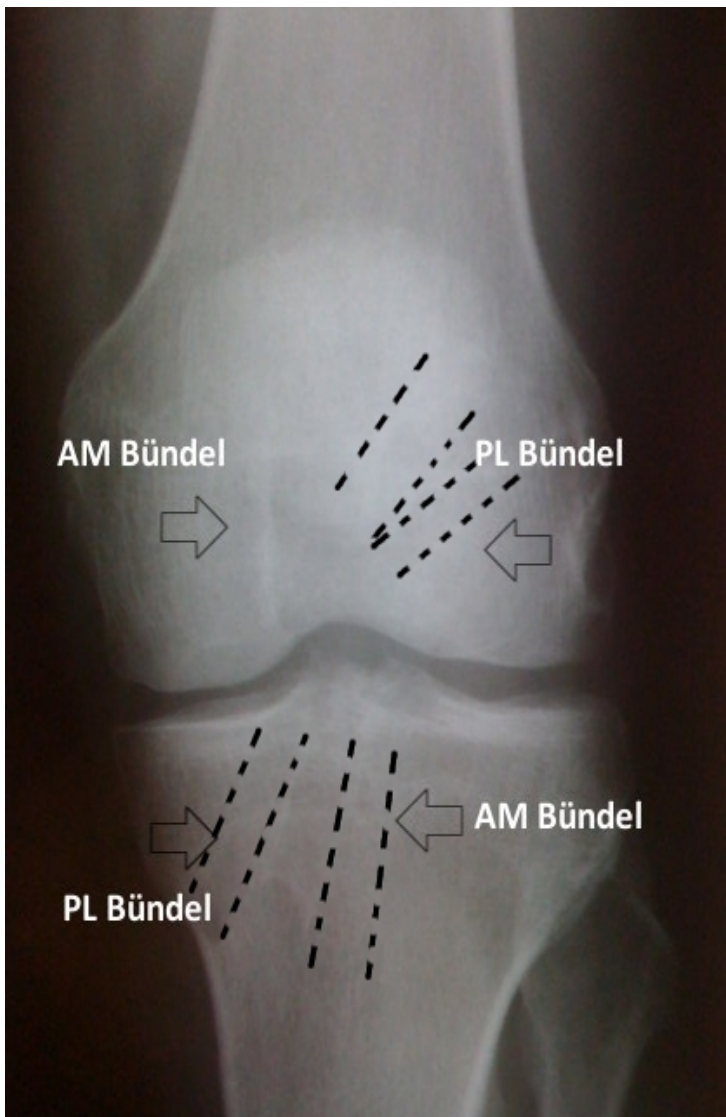


Abb. 1: Röntgenbild mit den beiden Kanälen der Single Bundle Technik

Die Semitendinosus Sehne wird als anteromediales. Die Semitendinosus Sehne wird als anteromediales und die Gracilis Sehne als posterolaterales Bündel verwendet. Im Gegensatz dazu wird bei der Single Bundle Methode aus den 2 Sehnen ein 4 fach Konvolut präpariert.

Die beiden Operationsmethoden werden im Studienteil besprochen und genau erklärt. Hier sollen nur einige Unterschiede aufgezeigt werden. Der wohl größte Unterschied der beiden Operationsmethoden sind die Tunnel. Bei der Double Bundle Methode, wie sie von uns ausgeführt wurde, müssen 4 Tunnel gebohrt werden. 2 Tunnel in den Femur und 2 Tunnel in die Tibia (siehe Abb. 1). Es werden bei beiden Operationstechniken die Semitendinosus und Gracilis Sehne entnommen. Bei der Doppel Bündel Methode werden diese Sehnen als 2fach Konvolut präpariert.

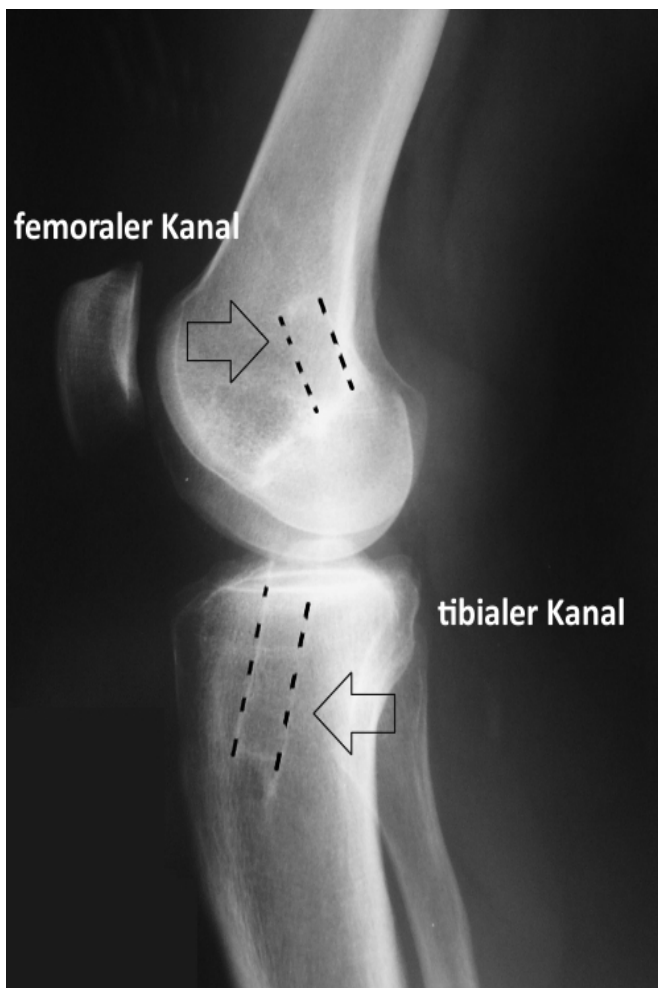


Abb. 2: Röntgenbild mit den vier Kanälen der Double Bundle Technik

Femorale Kanäle:

Der zweite Unterschied liegt in der Positionierung der Kanäle. Bei der Double Bundle Technik werden 2 femorale Kanäle gebohrt. 1-mal auf 11:00 (rechts) bzw. 13:00 (links) und 1-mal auf der Uhrposition 8:30 (rechts) und 15:30 (links).

Bei der Single Bundle Methode wird eher ein anteromediales Bündel rekonstruiert. Rechts auf der Uhrposition 10:30 und links 1:30.

Tibiale Kanäle:

Bei der Doppelbündeltechnik wird zuerst mit dem PL Kanal, der knapp vor das hintere Kreuzband

gesetzt wird, begonnen. Der AM Kanal wird knapp ventral des PL Kanals gesetzt. Bei der Einzelbündeltechnik wird nur ein Kanal knapp vor das hintere Kreuzband gesetzt (siehe Abb. 2).

Portale:

Bei der Double Bundle Operation muss im Gegensatz zu der Single Bundle Operation, für das posterolaterale Bundle ein zweites Portal eingesetzt werden. Dieses wird medial des tiefen anteromedialen Standardportals gelegt¹⁰⁵.

Schrauben:

Wir haben bei beiden Operationstechniken resorbierbares Schraubenmaterial für eine gelenksnahe Fixierung verwendet. Für die Single Bundle Technik Bio RCI Schrauben der Firma Smith&Nephew®, bestehend aus PLA (Polylactide); femoral meist

7x25mm teilweise mit 8mm Kopf, tibial meist 8x35mm.

Für die Double bundle Technik wurden Schrauben der Firma Arthrex® verwendet; femoral für AM mit 6x23mm, für PL meist 5x15mm, tibial idem. Die Schrauben der Firma Arthrex bestehen aus PLLA (Poly-L-Lactide)

Moisala et al. publizierten im Dezember 2008 eine prospektive Vergleichsstudie. Diese ergab, dass es in einem Zeitraum von 2 Jahren kein klinisch signifikanter Unterschied zwischen den 2 Schraubenarten (Bioabsorbial, Metall) beobachtet werden konnte⁴³.

Studienrecherche:

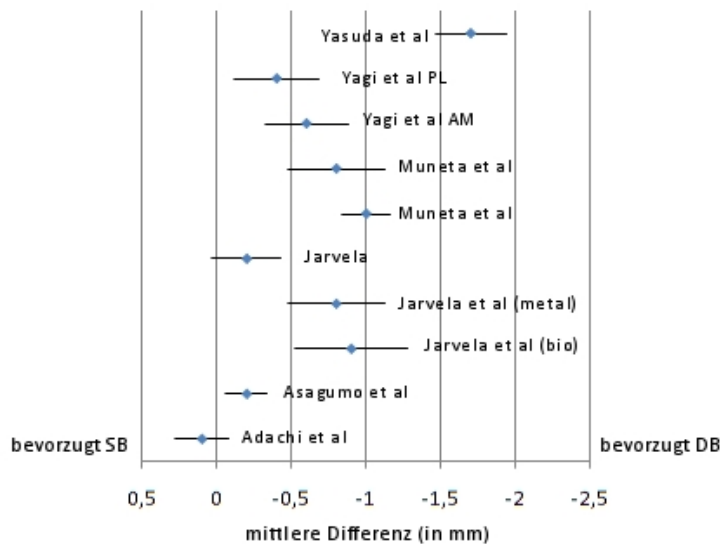


Abb. 3: Durchschnittswerte verschiedener Studien bei den KT-1000 Messungen

The American Journal of Sports Medicine im Dezember 2008 herausgefunden⁴⁴. Diese Metaanalyse gewann 2007 den Systemic Review Competition Award.

Nachdem 2 voneinander unabhängige Autoren die MEDLINE und EMBASE Datenbank nach Vergleichstudien abgesucht hatten wurden 9 Studien in diese Metaanalyse inkludiert^{39,45,46,47,31,30,48,49}. Die obere Graphik zeigt die mittlere KT-1000 Arthrometer Differenz (in mm) und das 95% Konfidenz Intervall. Alle Werte über 0 bevorzugen die Single Bundle Methode. Werte im negativen Bereich bevorzugen die Double Bundle Methode. (siehe Abb. 3)

Das Ergebniss dieser Metaanalyse unterstützte die Null Hypothese, dass es zwischen den beiden Operations Methoden keinen klinisch signifikanten Unterschied bei der KT-1000 Messung und keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den Pivot-shift Ergebnissen gab.

Unsere Studie würde sich in der oberen Graphik, bei Yagi et al. PL einordnen. Diese Graphik zeigt weiter, dass es zwar einen Unterschied in der translatorischen Stabilität zwischen Double Bundle und Single Bundle gibt, aber dieser nicht klinisch signifikant

In den letzten Jahren ist die Single Bundle Operationsmethode immer wieder in Frage gestellt worden, da die Rotationsstabilität nicht ausreichend wiederhergestellt werden konnte²⁹. Ob der Umstieg auf eine Double Bundle Operation einen klinischen Vorteil ergibt, hatten Meredick et al. im

ist, da das IKDC Formenblatt eine Seitendifferenz von 2mm (gemessen mit dem KT-1000 Arthrometer) als normal ansieht.

Crawford et al. recherchierten 124 Publikationen und verglichen einige Studien in Bezug auf Operationstechnik und klinischem Outcome miteinander.

Autor	Technik	Vergleich	Klinisches Ergebnis
Muneta et al ⁵⁰ .	2 femoral, 2 tibial tunnel; ST/G	Unverletztes Knie	Keine statistische Signifikanz
Kubo et al ⁵¹ .	1 femoral, 1 tibial Tunnel; BTB für AM und Semitendinosus für PL	Unverletztes Knie	3 Patienten mit normaler Funktion, 1 mit leichter Instabilität.
Yagi et al ⁵² .	Anatomische DB	Isolierte AM oder PL Rekonstruktion	Kein Unterschied im IKDC Score
Giron et al ⁵³ .	1.Gruppe: SB; 2. Gruppe: DB mit 1 tibialen und 2 femoralen Tunnel; 3.Gruppe: 2 tibiale und 2 femurale Tunnel	IKDC; KT-1000; Pivot-shift	A: 81 B:76 C: 89 sonst gleiche Resultate
Hamada et al ⁵⁴ .	2 femurale, 1 tibiales Tunnel; ST oder ST/G	Unverletztes Knie	Kein Unterschied zwischen SB und DB
Marcacci et al ⁵⁵ .	DB	SB	Besseres Ergebnis im IKDC Score
Toritsuka et al ⁵⁶ .	2 femurale und 1 tibiales Tunnel; ST oder ST/G	Anteriore Instabilität	Leicht besseres Ergebnis in der DB Gruppe
Aglietti et al ⁴⁵ . und Giron et al ⁵⁷ .	1. Gruppe: SB 2. Gruppe: DB (transtibiale Technik) 3.Gruppe: DB (Outside-in Technik)	KT-1000; IKDC, KOOS; pivot shift	Gruppe 3 hatte die besten Ergebnisse

Tabelle 4: Übersicht der Kreuzbandrekonstruktions Studien.

Autor	Technik	Vergleich	Klinisches Ergebnis
Siebold und Dehler ⁵⁸ .	DB	SB	Vergleichbare Resultate
Otsubo et al ⁵⁹ .	2 femurale, 2 tibiale Tunnel	Unverletztes Knie	Keines der AM Bndel rupturierte. 12% der PL Bündel zeigten Schädigungen am Eingang des femuralen Tunnels
Yasuda et al ⁶⁰ .	2 femurale, 2 tibiale Tunnel	SB und unverletztes Knie	Keine der Patienten hatte über 5mm Seitendifferenz
Ishibashi et al ⁶¹ .	Selbe wie Yasuda et al.	Isolierte Am und PL Rekonstruktion	Weniger anteriore Instabilität im Gegensatz zur isolierten AM oder PL Rekonstruktion
Adachi et al ³⁹ .	2 femural, 2 tibial Tunnel	SB und unverletztes Knie	Kein Unterschied zwischen DB und SB
Zhao et al ⁶² .	2 femural und 2 tibiale Tunnel; 4x ST/G	IKDC, Lysholm, Tegener, KT-1000, Pivot, 1leg hop	95,3% der Patienten hatten < 3mm anteriore Instabilität; 97,7% hatten normalen oder annähernd normalen IKDC Test
Kittl et al.	2 femural und 2 tibial; ST/G autograft	SB	Kein statistisch signifikanter Unterschied

Tabelle 4: Übersicht der Kreuzbandrekonstruktions Studien

Single Bundle vs. Double Bundle:

Von den oben genannten Autoren und von einigen mehr habe ich jene Studien herausgefiltert, die Single Bundle mit Double Bundle vergleichen (siehe Tabelle 5). Alle anderen Faktoren werden in meiner Zusammenfassung nicht berücksichtigt.

Autor	Kein Unterschied	Besseres Resultat in der DB Gruppe
Sasaki et al ¹² . 1991	X	
Hamada et al ⁶³ . 2001	X	
Toritsuka et al ⁶⁴ . 2004	X	
Yasuda et al ⁶⁵ . 2004		X
Giron et al ⁵³ . 2006	X	
Marcacci et al ⁶⁶ . 2006		X
Siebold und Dehler ⁵⁸ . 2006	X	
Aglietti et al ⁴⁵ . 2007 und Giron et al ⁵⁷ . 2006		X
Albuquerque et al ⁴¹ . 2007	X	
Siebold et al ³⁸ . 2008		X
Streich et al ⁶⁷ . 2008	X	
Kondo et al ⁴⁰ . 2008		X
Kim et al ⁴² . 2009	X	
Seon et al ³⁶ . 2009		X
Kittl et al. 2009	X	

Tabelle 5: Übersicht der Kreuzbandrekonstruktions Studien, die SB- und DB -Technik vergleichen

9 Studien beschreiben keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden, wie auch Meredith et al⁴⁴. in seiner Metaanalyse beschreibt. 6 Autoren fanden einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

Kostenanalyse

Brophy et al⁶⁸. veröffentlichten 2009 im „The American Journal of Sports Medicine“ eine Kostenanalyse. Er verglich die Kosten zwischen Single Bundle und Double Bundle Rekonstruktionen und rechnete wieviel es mehr kosten würde einen Teil oder alle Operationen auf Double Bundle umzustellen. Die Daten und Analysen dieser Studie belaufen sich auf die Anzahl der ACL Rekonstruktionen in den United States of America. Dort werden laut Lohmander et al⁶⁹. jedes Jahr insgesamt 200.000 ACL Rekonstruktionen vorgenommen.

Wie schon weiter oben beschrieben, ist man sich des klinischen Vorteils der Double Bundle Rekonstruktionen noch nicht ganz sicher.

Gerade deswegen ist es meiner Meinung nach besonders wichtig auch den finanziellen Aspekt miteinzubeziehen. Dies haben Brophy et al⁶⁸. mit einer Tabelle veranschaulicht.

Szenario	Prozent	Kosten	Ausgleich ^{70,71,72,73}
1 Zusätzliche proximale und distale Befestigung	50,00%	36,2 Mio. \$	4% → 1,5%
2 1+30' extra Zeit	50,00%	96,2 Mio. \$	5,9% → 0%
3 1+ 1 Allograft	50,00%	186,2 Mio. \$	11,4% → 0%
4 1+ 2 Allografts	50,00%	336,2 Mio. \$	20,5% → 0%
5 3+ 30' extra Zeit	100,00%	792,4 Mio. \$	24,1% → 0%

Tabelle 6: Kostenanalyse einer möglichen Umstellung von SB auf DB

Mit dieser Kostenanalyse ergibt sich, dass es ein signifikanter Kostensprung wäre 50% der ACL Rekonstruktionen auf Double Bundle umzustellen.

In Szenario 1 wurde angenommen, dass lediglich zusätzliche Materialkosten für die distale und proximale Befestigung anfallen und nur 50% aller ACL Rekonstruktionen umgestellt werden. Alleine diese Annahme reicht, dass die Revisionsoperationen von 4% auf 1,5% fallen müssten, um kosteneffektiv auf Double Bundle umzustellen.

Szenario 2 fügt dem ersten noch eine 30 minütige Extraoperationszeit hinzu. Dies ist meiner Meinung nach etwas übertrieben, da der Zeitunterschied im Studienteil lediglich 12 Minuten beträgt. Allerdings würden mit dem zweiten Szenario die Kosten um 96,2 Mio. \$ steigen. Hierfür müssten die Revisionsoperationen von 5,9% auf 0% gesenkt werden.

Szenario 3 beinhaltet zusätzlich zu Szenario 1 noch einen Allograft. Dieser hebt die Kosten um 186,2 Mio. \$ pro Jahr. Ein zweiter Allograft, wie in Szenario 4 beschrieben, würde die Kosten auf 336,2 Mio. \$ explodieren lassen.

Mit Szenario 5 werden die Materialkosten für die Befestigung, 30 Minuten extra Zeit und 1 Allograft für 100% aller ACL Rekonstruktionen berechnet. Man kommt auf eine stolze Summe von 792,4 Mio. \$ zusätzlich pro Jahr. Hier müsste man die Revisionsoperationen von 24,1% auf 0% senken, um die Kosten ausgleichen zu können.

Eine neue Studie mit 100 Double Bundle Rekonstruktionen zeigt, dass die Revisionsrate mit einer Follow-up Periode von $2,1 \pm 0,5$ Jahren, bei 8% liegt⁷⁴. So gesehen könnte man die Kosten nicht über die Senkung der Revisionsoperationen ausgleichen.

In Österreich gab es 2007, laut Jahrbuch der Gesundheitsstatistik⁷⁵, 8310 Kreuzbandrekonstruktionen. Eine Umstellung von Single Bundle auf Double Bundle würde somit 5,56 Mio.€ (7,95 Mio\$) zusätzlich kosten.

STUDIEN TEIL

Abstract:

Background: The anterior cruciate ligament has 2 bundles. The AM (anteromedial) Bundle and the PL (posterolateral) Bundle. Nowadays surgeons want to reconstruct the ACL in the most physiological way, so that it most likely provides the best translational and rotatory stability. The authors investigated outcomes of the single bundle versus the double bundle technique.

Hypothesis: The double bundle technique is superior to the single bundle technique.

Study design: prospective

Methods: the authors compared the outcome of the single bundle and the double bundle operational method. IKDC HSS, OAK, Lysholm and several clinical tests (e.g. Lachman, ROM, Strengh, KT-1000) were analyzed and evaluated. 10 Patients in the single Bundle Group and 14 patients in the double bundle group could be included.

Results: There was no difference between the two groups preoperatively. There was no difference between the two groups referring to the translatory and rotational stability tests, measured with the Pivot-shift-test, Lachman-test and KT-1000.

Also no significant differences were found regarding the Knee Scores, measured with the IKDC, HSS, OAK and Lysholm score.

Conclusion: Double Bundle reconstruction does not result in a significant clinical difference in the conventional outcome measurements (KT-1000, Lachman and Pivot-shift testing. Rotational stability of the knee or different Knee Scores). The result is not better when using the double bundle method instead of the single bundle technique, concerning the shortterm follow-up (at least 1 year)

Keywords: anterior cruciate ligament; double bundle; single bundle; semitendinosus autograft.

Zusammenfassung:

Hintergrund: Das vordere Kreuzband besteht aus 2 anatomischen Bündel, das anteromediale (AM) und das posterolaterale (PL). Heute will man das Kreuzband so physiologisch wie möglich rekonstruieren, um damit die beste translatorische und rotatorische Stabilität zu erreichen. Unsere Studie untersucht den klinischen Unterschied zwischen Single Bundle und Double Bundle Operationsmethode mit einem Follow-up von mindestens 1 Jahr..

Hypothese: Die Double Bundle Operationsmethode ist der Single Bundle Technik im klinischen Outcome überlegen. Die Hypothese konnte nicht bestätigt werden.

Studie: prospektiv

Methoden: Unsere Studie vergleicht die Single Bundle und die Double Bundle Operationsmethoden. Fragebögen, Scores (IKDC, HSS, OAK, Lysholm) und verschiedene andere klinische Tests (z.B.: Lachman, Range od Motion, Oberschenkelumfang, KT-1000) wurden analysiert und ausgewertet. Insgesamt wurden 24 Patienten inkludiert. 10 Patienten in der Single Gruppe und 14 Patienten in der Double Bundle Gruppe.

Ergebnisse: Die beiden Gruppen zeigen in Hinsicht auf Alter, Geschlecht und diverser anderer Parameter keinen Unterschied. Die Studie ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen, weder in der anterioren noch in der Rotationsstabilität. Die Parameter wurden mit Hilfe des Pivot-shift-Tests, Lachman Tests und KT-1000 ermittelt.

Außerdem wurde kein signifikanter Unterschied in den Resultaten der Knie Scores und Fragebögen gefunden

Diskussion: Die Double Bundle Operationsmethode zeigt keinen klinisch signifikanten Unterschied im Kurzzeitergebnis (follow-up mindestens 1 Jahr) mit dem konventionellen Nachuntersuchungsmethoden und den Knie Scores. Weder bei der Translations- noch bei der Rotationsstabilität konnte man eine Verbesserung zur Single Bundle Methode feststellen. Wie schon viele andere Autoren vor uns feststellten, gibt es keinen klinischen Unterschied der beiden Operationstechniken.

Keywords: vorderes Kreuzband; Doppel Bündel; Einfach Bündel; Semitendinosus; Autograft.

Material und Methoden:

Das Ergebnis der arthroskopischen Kreuzband Rekonstruktion (ACL reconstruction) bei 41 Patienten wird prospektiv mit Hilfe des standardisierten Nachuntersuchungsschemas dargestellt. Alle Operationen wurden von Prof. Seibert und Doz. Boldin im Zeitraum von 2 Jahren durchgeführt. Der Operationszeitraum erstreckt sich vom Jänner 2006 bis zum Jänner 2008. Die Nachuntersuchungen wurden ausschließlich von mir, als unabhängigen Nachuntersucher übernommen. Diese wurden im Zeitraum vom Februar bis April 2009 blind durchgeführt. Das heißt, dass der Untersucher zu keinem Zeitpunkt der Untersuchung wusste in welcher Gruppe sich der Patient befand. Die Follow-up Zeit in der Single Bundle Gruppe betrug 16,9 Monate ($\pm 3,8$; Median: 17,5). in der Double Bundle Gruppe: 15,1 Monate ($\pm 2,6$; Median: 14,5)

Patienten:

Von den ursprünglich 105 Kreuzbandrekonstruktionen, im Zeitraum vom Jänner 2006 bis Jänner 2008, an der Universitätsklinik der Unfallchirurgie am LKH Graz wurden nur jene 51 Patienten inkludiert, die entweder von Prof. Seibert oder Doz. Boldin operiert und nachbetreut wurden. Von diesen 51 Patienten wurden 10 Patienten, wegen einer gleichzeitigen Umstellungsosteotomie, eines schwerwiegenden (Outerbridge Score ≥ 3) Knorpelschadens und einer operativ behandelten Seitenbandruptur, ausgeschlossen.

Patienten mit einem Meniskusriss wurden genauso wie Patienten mit leichtem Knorpelschaden (Outerbridgescore ≤ 2) in die Studie eingeschlossen, wobei sich diese in vergleichbarem Ausmaß auf beide Gruppen verteilten.

Demnach befinden sich 41 Patienten in dieser Studie, die sorgfältig nach unseren Ein- bzw. Ausschlusskriterien ausgesucht wurden. Das Durchschnittsalter der Single Bundle Gruppe (Group S) ist 31 Jahre und es nahmen jeweils 9 Männer und 9 Frauen bei der Studie teil. Die Altersbandbreite geht von 17 bis 45 Jahren. Das Durchschnittsalter der Double Bundle Gruppe (Group B) ist 30 Jahre und es nahmen 16 Männer und 7 Frauen teil. Die Altersbandbreite erstreckt sich von 16 bis 48 Jahren.

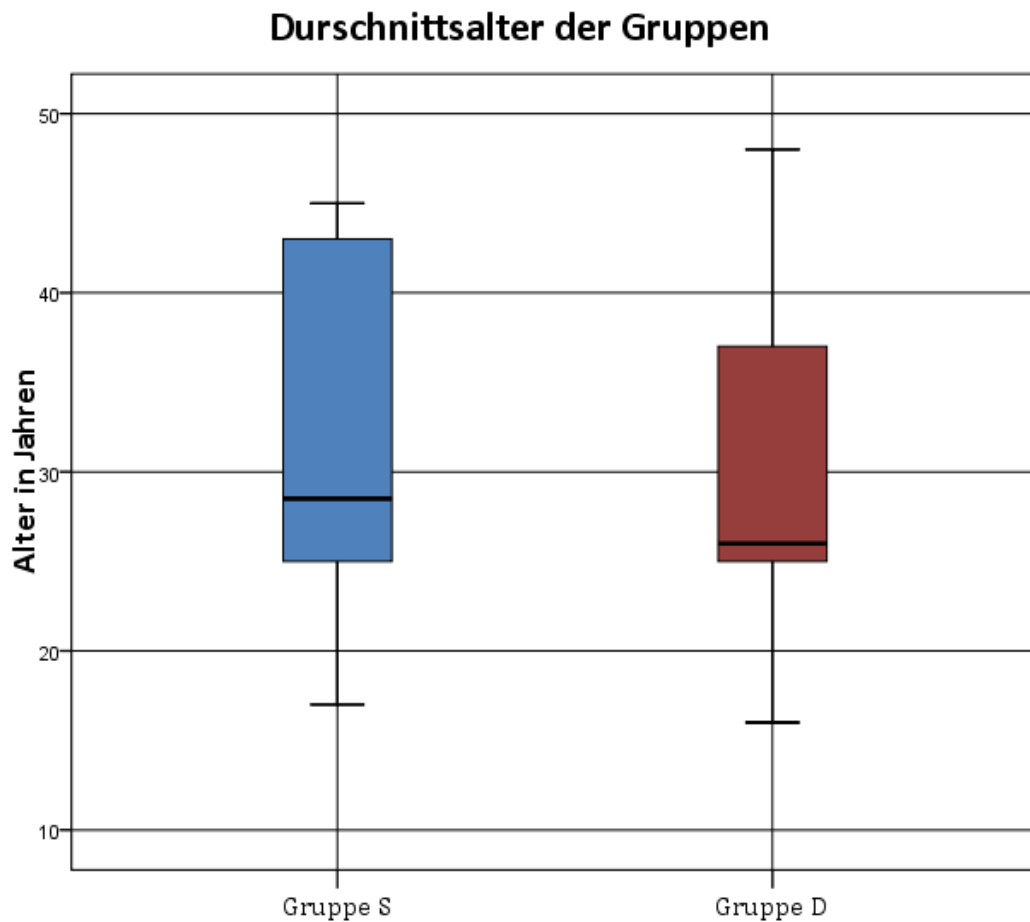


Abb. 4: Dieser Boxplot zeigt die Altersverteilung in den beiden Gruppen.

Gruppen:

Alle Patienten wurde in 2 Gruppen eingeteilt.

Gruppe S entspricht der Single- Bundle Operationsmethode. Alle außer 2 Patienten dieser Einheit wurden von Prof. Seibert operiert und nachbehandelt. Die restlichen 2 Patienten wurden von Doz. Boldin operiert. In dieser Gruppe befanden sich 18 Patienten.

Die zweite Gruppe (Gruppe D) entspricht der Double Bundle Operationsmethode. Alle 23 Patienten in dieser Gruppe wurden von Doz. Boldin operiert und nachbehandelt.

Die mittlere Zeit zwischen Verletzung und Kreuzbandrekonstruktion war 8,3 Monate (Median, 3 Monate; Range, 1-156 Monate; siehe Abb. 4) Alle Patienten wurden wegen eines akuten Kreuzbandrisses oder einer chronischen ACL Insuffizienz operiert.

Bei der intraoperativen Untersuchung, hatten alle Patienten einen positiven Pivot-shift Test. Beim Großteil der Patienten wurde ein 2+ Lachmann festgestellt. Bei 4 Patienten ein 3+ Test. (siehe Abb. 5)

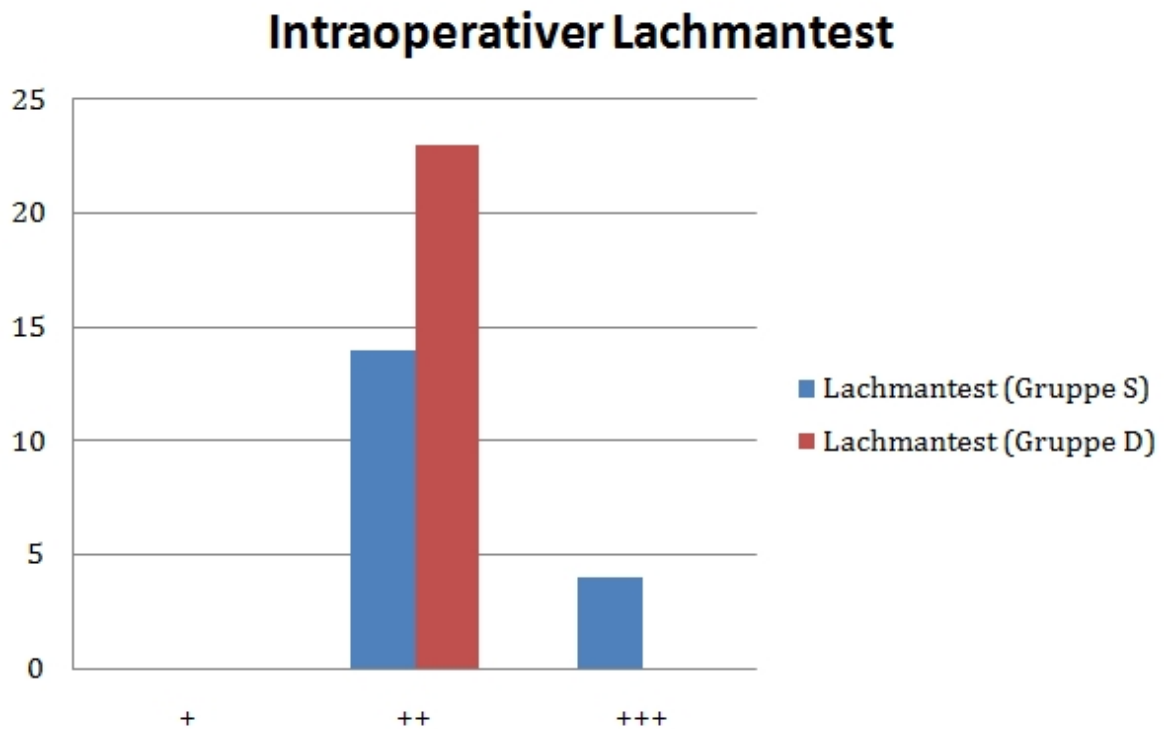


Abb.5: Intraoperativer Lachman im Vergleich

Die mittlere Operationszeit (siehe Abb. 6) in der Single Bundle Gruppe (1:27, Range: 47 Minuten – 2:10) ist um 12 Minuten geringer als in der Double Bundle Gruppe (1:39, Range: 47 Minuten – 2:20).

Von den 18 Patienten in der Single- Bundle Gruppe hatten 10 Patienten eine Läsion des medialen Meniskus und 4 eine Läsion des lateralen Meniskus. 1 Patient hatte eine Läsion bei beiden Menisci; 3 Patienten hatten keine Läsion.

Von den 10 medialen Meniskusläsionen, wurden 8 partiell reseziert und 2 genäht. Bei den 6 lateralen Meniskusläsionen wurden alle partiell reseziert.

Von den 23 Patienten in der Double Bundle Gruppe hatten 9 eine mediale Meniskusläsion, 6 eine laterale Läsion, 3 eine Läsion bei beiden Menisci und 5 Patienten hatten keinen Meniskusschaden

Von den 9 medialen Meniskusläsionen wurden 4 genäht (davon 1 vorzeitig) und 5 partiell reseziert (davon 3 vorzeitig). Bei den 6 lateralen Meniskusschäden wurden keine genäht, sondern alle partiell reseziert.

Von den 3 beidseitigen Meniskusschäden wurde 1 medialer Meniskus genäht und alle anderen reseziert.

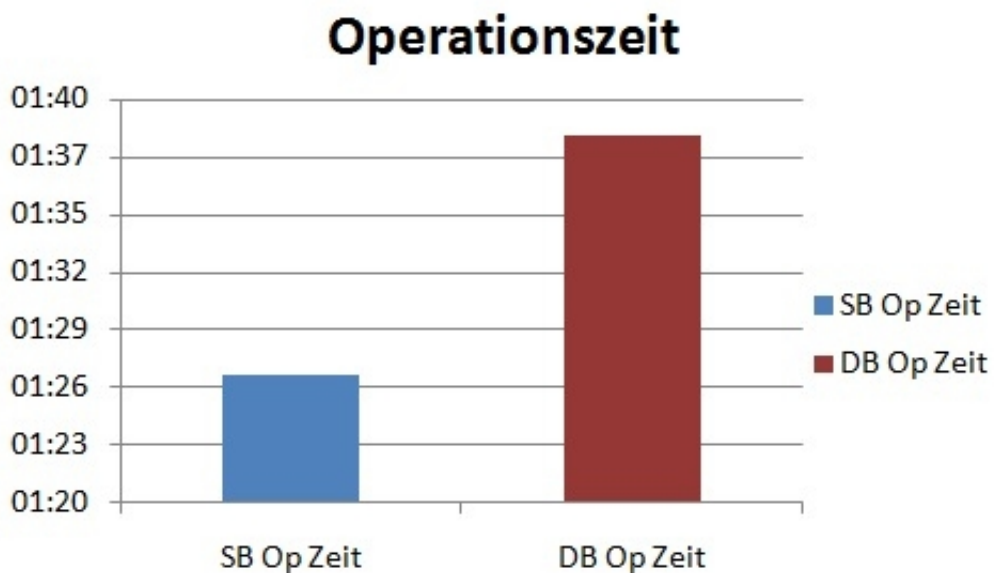


Abb. 6: Vergleich der Operationsdauer bei SB und DB -Technik

Untersuchungsmethoden:

Zur Nachuntersuchung der 41 Kreuzband operierten Patienten wurden Fragebögen (z.B.: IKDC, HSS, Lysholm), klinische Untersuchungen (90° Drawer Test, Lachman Test usw.) und KT-1000 Testung herangezogen, um ein möglichst vergleichbares Ergebnis zu bekommen. Alle Patienten wurden von mir persönlich nachuntersucht. Der Untersucher wusste zu keinem Zeitpunkt in welcher Gruppe sich die Patienten befanden.

Fragebögen:

Es kamen 4 Fragebögen zum Einsatz. Der IKDC (Subjective Knee evaluation Form kurz: IKDCS und Knee Ligament Standard Evaluation Form kurz: IKDCL), der modifizierte HSS- Score, der Lysholm Knie Score und der OAK- Score.

Der IKDC Score wurde 1993 von dem International Knee Documentation Committee ins Leben gerufen und 1994 überarbeitet⁷⁶.

Aus dem IKDCS wurden die Sporeigenschaften der Patienten heraus gefiltert. Außerdem wurde auf einer Skala von 1-10 die Aktivitäten vor der Verletzung und zum jetzigen Zeitpunkt verglichen. Der IKDCL gab Aufschluss über Symptome, wie Schmerzen, Erguss und Instabilität. Es wurde mit diesem auch die Range of Motion (ROM) in Extension und Flexion gemessen. Außerdem wurde sehr großer Wert auf die klinische Untersuchung der Bandstabilität (90° drawer test, lachman, pivot shift, lat., med. joint opening) gelegt. Weiter werden auch noch Gefühlstörungen im Narbenbereich, Röntgenauffälligkeiten und funktionelle Tests (1 leg hop test) behandelt.

Der Patient wird durch den IKDCL in eine von 4 Gruppen eingeteilt, je nachdem wie gut die Werte in den oben genannten Kategorien sind. Gruppe 1 stellt hierbei die beste Gruppe dar und soll im täglichen Leben ein normal funktionierendes Knie widerspiegeln. Gruppe 2 heißt annähernd normal. Gruppe 3 abnormal und Gruppe 4 schwer abnormal. Der IKDCL und IKDCS sind im Anhang als Bilder eingefügt.

Der modifizierte **Hospital for Special Surgery Score** wurde von dem 1977 entwickelten Marshall Score abgeleitet. Es wurden zu dem sehr objektiven Score mehr funktionelle Tests hinzugefügt⁷⁷. Der Score umfasst folgende Kriterien wie Schmerzen und Funktion. Außerdem gibt es für Gehilfen und Extensionsdefizit Abzugspunkte.

Im Gegensatz zu dem HSS Score behandelt der Lysholm Knie Score die subjektive Komponente⁷⁷. Er geht auf die Beurteilung von Schmerzen, Ergüssen, Instabilität, Blockierungen und funktionellen Tests ein.

Im Juli 1988 entwickelte die Schweizer orthopädische Arbeitsgruppe Knie (OAK) einen Score⁷⁸, der wie sie damals publizierten, im Gegensatz zu dem Score nach Marshall et al.⁷⁹, die Nachbehandlung einer Knie Ligament Verletzung besser bewerten konnte.

Dieser Fragebogen beinhaltet Informationen über die Anamnese, allgemeine Untersuchungen, Stabilität und funktionelle Tests. Zu den funktionellen Tests muss man zusätzlich sagen, dass dieser Fragebogen der einzige ist, der neben dem Einbeinsprung noch weitere, wie Entengang und Einbein- Kniebeuge inkludiert. Für die Evaluation sind laut Schweizer Knie Gruppe 3 verschiedene Faktoren beeinflussend. Das Gesamtergebnis in einer Kategorie spiegelt die fehlenden Punkte in den einzelnen Gruppen (Schmerzen/Erguss, Range of Motion/Muskelkraft, Stabilität und funktionelle Tests) wieder und kann, wenn nur 1 Parameter 0 Punkte ergibt nur noch „mäßig“ sein⁷⁸.

Oberschenkel Muskel:

Der Oberschenkel- und die Hamstring- (Semitendinosus, Semimembranosus, Biceps femoris) Muskeln tragen einen wesentlichen Beitrag zum Outcome nach einer ACL Rekonstruktion bei⁸⁰. Laut Järvelä et al. korreliert die Messung der Oberschenkelatrophie (Maßband) mit den isokinetischen Tests. Gleichzeitig sollte man aber noch den „one leg hop“ Test zur funktionellen Überprüfung anführen. Järvelä berichtet, dass Patienten mit schlechten isokinetischen Muskelstärke-Messergebnissen auch schlechte Ergebnisse bei dem „one leg hop“ Test und bei der Muskelatrophiemessung hatten⁸¹.

Es wurde jeweils 15 und 20 cm vom medialen Gelenkspalt nach proximal gemessen. Dort wurde der Oberschenkelumfang mittels eines Maßbandes ausgemessen (siehe Abb.7).

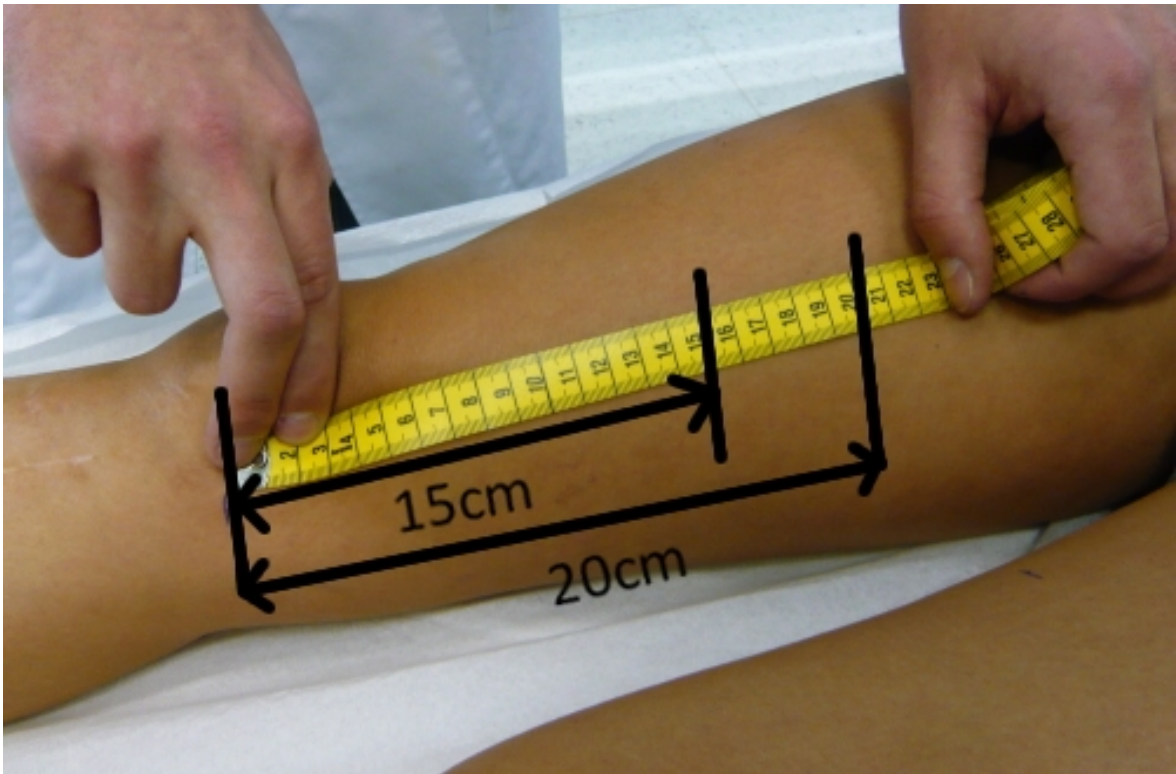


Abb. 7: Ausmessen des Oberschenkelumfangs 15 und 20 cm vom medialen Gelenkspalt

Der Unterschied zwischen den beiden Umfängen am operierten und nicht operierten Bein wird in Zentimeter angegeben und statistisch ausgewertet.

Es konnte nicht bewiesen werden, dass eine der beiden Operationsmethoden (Single- vs. Double Bundle) ein besseres Ergebnis, in Hinsicht auf die Muskelatrophie, vorweist^{82,83}.

Der „one leg hop“ Test wurde, wie am IKDC Formblatt beschrieben, durchgeführt. Der Patient musste zuerst 3x von dem nicht operierten Bein weg springen und danach 3x vom operierten Bein. Die Mittelwerte wurden verglichen und in Prozent angegeben⁸⁴.

100-90% wurden als normal angesehen, 90-76% als fast normal, 75-50% als abnormal und eine Seitendifferenz von weniger als 50% schwer abnormal.

Flexion/Extension:

Der Bewegungsumfang des Knies ist: 140°-160° Beugung und 10° Streckung 10/0/140. Es wurde jeder Patient der Studie auf ein Extensions- oder Flexionsdefizit geprüft. Um die Extension zu prüfen wurde, beim liegenden Patienten, eine Hand unter die Kniekehle geschoben und der Patient musste aktiv strecken (siehe Abb. 8).

Die Beugung wurde mit einem Winkelmesser, wie auf dem Bild zu sehen, ausgemessen. Als Referenzwert bei beiden Methoden gilt der ROM des gegenseitigen Kniegelenks (siehe Abb. 8).

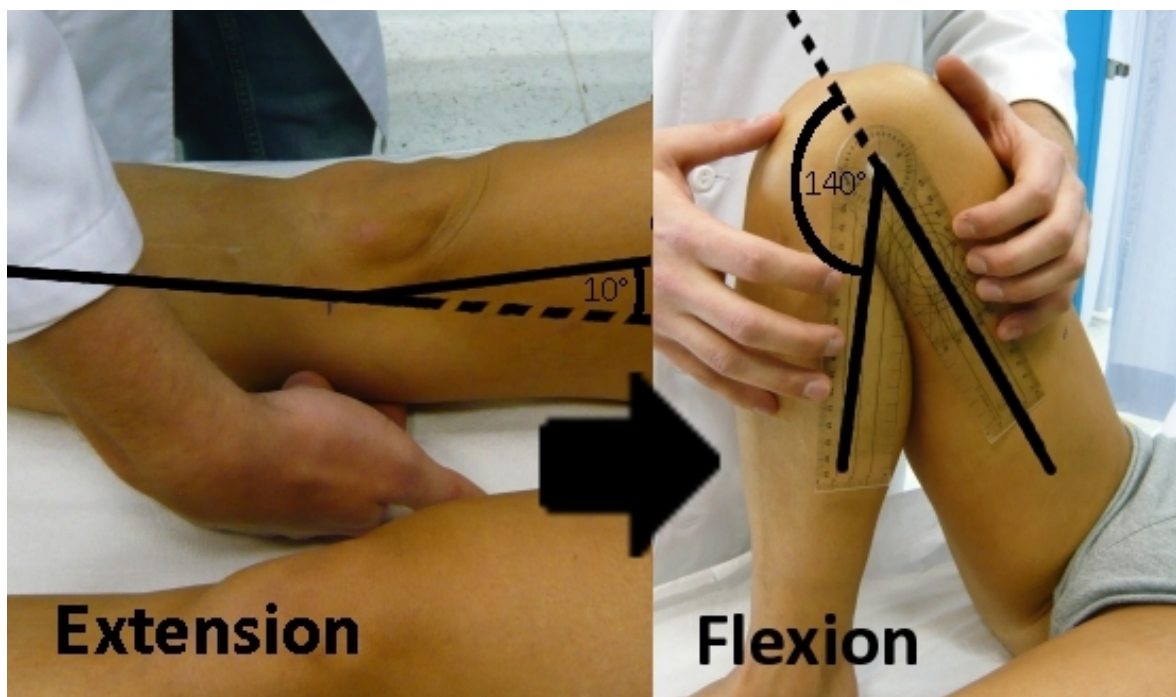


Abb. 8: Bewegungsumfang: Extension und Flexion im Kniegelenk

Gefühl im Narbenbereich:

Der sensible Ast des Nervus saphenus verläuft epifaszial und zieht bogenförmig unterhalb der Kniescheibe zur Haut der vorderen Knieregion¹. Eine relativ häufige Komplikation einer ACL Rekonstruktion ist eben diese Verletzung des N. saphenus bei der Entnahme der ST/G Sehnen und des Ramus infrapatellaris bei Entnahme der Patella-sehne¹⁶. Dieser Verletzungsmechanismus resultiert in eine Parästhesie der medialen Seite des proximalen Unterschenkels⁸⁵. Viele Studien berichten über Gefühlsstörun-

gen im Bereich des Ramus infrapatellaris nach einer ACL Rekonstruktion^{86,87}. Die Gefühlsstörungen wurden wie am, IKDC Formblatt beschrieben, in 4 Gruppen eingeteilt. Keine, leichte, mittlere und schwere Gefühlsstörungen. Diese Testreihe wurde in den IKDC integriert und nicht eigenständig ausgewertet.

Sport:

Die Patienten wurden nach ihrer sportlichen Aktivität, vor der Verletzung und zur Zeit der Nachuntersuchung, auf einer Skala von 0-10 befragt. Der Unterschied zwischen den beiden Werten wurde zur statistischen Auswertung herangezogen (siehe Abb. 9).

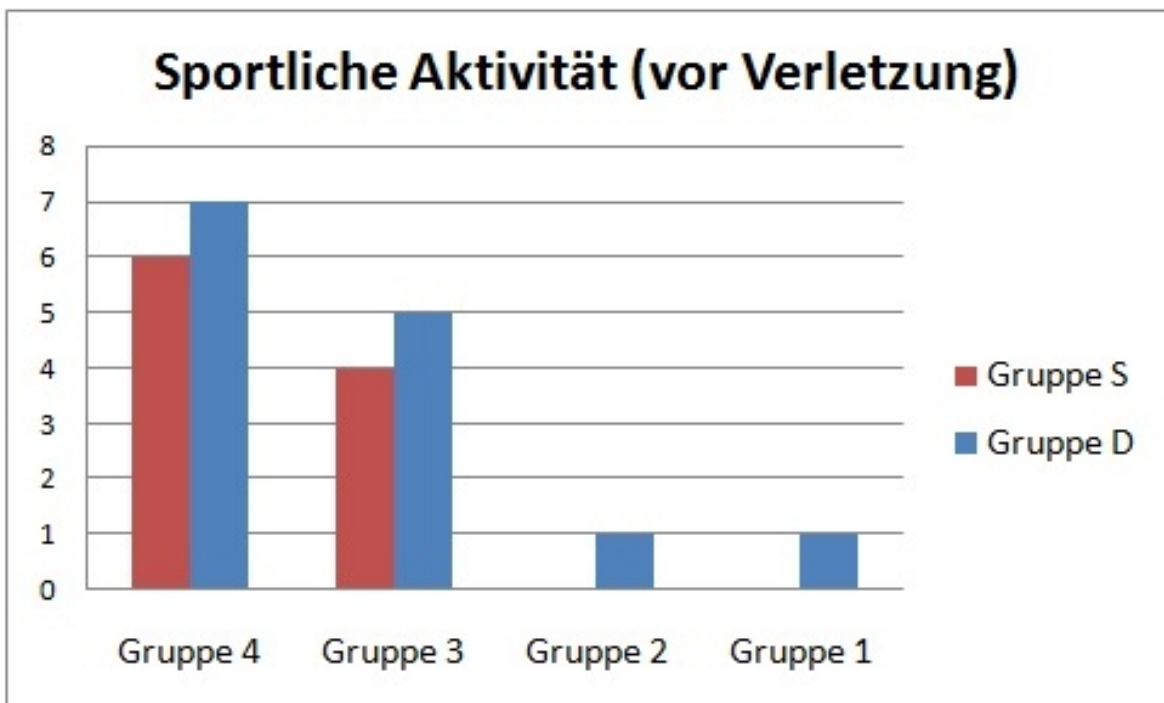


Abb. 9: Sportliche Aktivität vor der Verletzung

Die Gruppeneinteilung erfolgte aus dem subjektiven Wahrnehmen des Patienten. Es wurde wie auf dem IKDCS Formblatt erklärt vorgegangen. Sehr belastende Sportarten wie Fußball, Rugby oder Basketball sind mit Gruppe 4 betitelt. Schifahren, Tennis starke körperliche Anstrengung sind Gruppe 3. Mildere Aktivitäten, wie Joggen oder leichtere Anstrengung gehören in Gruppe 2. Spazieren gehen, Hausarbeit und ähnliche Anstrengungen in Gruppe 1. Gruppe 0 wäre mit keiner sportlichen Betätigung vereinbart.

6 Patienten in der Single Bundle Gruppe und 7 Patienten in der Double Bundle Gruppe waren vor der Verletzung in Gruppe 4. 4 bzw. 5 in der Gruppe 3. Jeweils 1 Patient, der Double Bundle Gruppe in den Gruppen 2 und 1.

Lachman Test:

Wie schon vorher in dieser Arbeit erwähnt ist der Lachman Test heute der Goldstandard in der klinischen Diagnostik der Kreuzbandruptur²³. Er wird in 25-30° Beugung durchgeführt, da hier das Kreuzband am wenigsten Spannung aufweist und der Muskeltonus am geringsten ist¹⁶(siehe Abb. 10). Außerdem sollte man immer auf der zu untersuchenden Seite des Knies stehen, da man sonst dazu neigt eine Innenrotation herbeizuführen. Diese Rotation hat die Folge, dass die Translation zwischen Tibia und Femur abnimmt. So können entweder falsch negative oder falsch positive Ergebnisse resultieren, je nachdem auf welcher Seite man beide Kniegelenke untersucht.

Untersuchungen haben gezeigt, dass die maximale Translation, zwischen neutral Stellung und maximaler Außenrotation stattfindet²⁴. Die Ergebnisse des Lachman Tests können in 4 verschiedene Grade eingeteilt werden (siehe Tabelle 7):

Grad	Kürzel	Ausmaß	Schublade in 25° (mm)
0		Keine	Bis 2mm
1	+	Leicht	2-5mm
2	++	Mittel	6-10mm
3	+++	Schwer	>10mm

Tabelle 7: Grade des Lachmantests)

Auch bei der Studie wurde der Lachman-Test als subjektive Hauptuntersuchungsmethode für die anteriore Instabilität verwendet. Der Test wurde wie oben beschrieben durchgeführt, damit untersuchungsabhängige Fehler minimiert werden. Bei keinem der operierten Patienten konnte ein Lachmanwert von +++ gefunden werden.

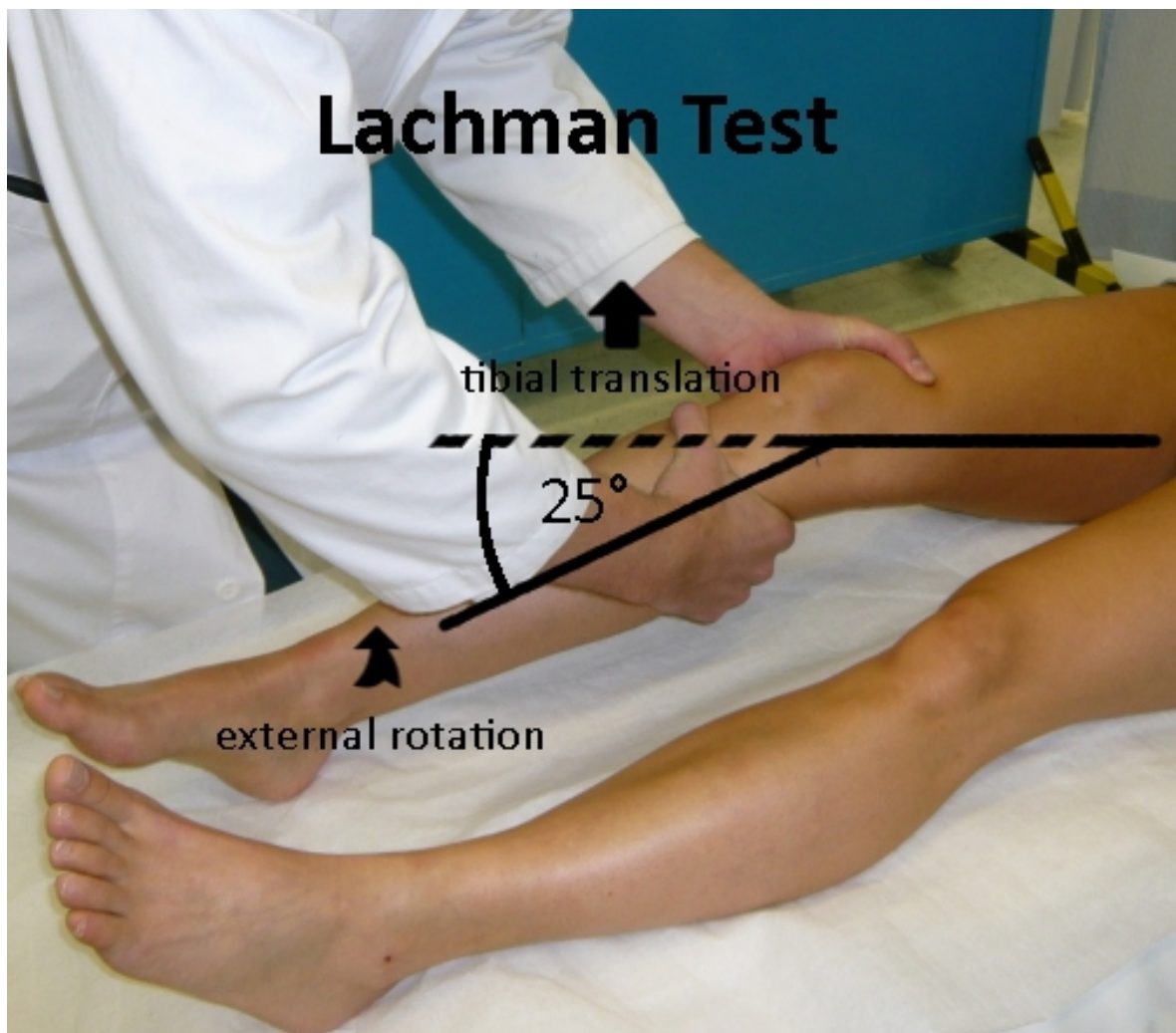


Abb. 10: Lachman Test, Im 25° Winkel wird die tibiale Translation herbeigeführt

Pivot-shift-Test:

Der Pivot-shift-Test misst, im Gegensatz zum Lachman Test, die Rotations Stabilität nach einer Kreuzbandverletzung⁸⁸. Unter der Voraussetzung, dass das vordere Kreuzband fehlt, subluxiert der laterale Schienbeinkopf, bei einer Innenrotation, Valgisierung und Streckstellung des Beines. Mit fortführender Beugung gelangt der Tractus iliotibialis dorsal der Extensions-Flexionsachse und bewirkt somit eine Reposition des lateralen Schienbeinkopfes. Als Pathologie kann man ein Gleiten oder Klacken hören und fühlen¹⁶. Schon 1972 wurde der Begriff „Pivot shift von MacIntosh eingeführt, der den heute noch gültigen Ablauf beschrieb⁸⁹. In den Jahren darauf haben viele Autoren versucht, den Pivot shift Test zu optimieren. Viele verschiedene Möglichkeiten sind heute bekannt, den Test an einem Patienten anzuwenden^{90,91,92,93,94,95,96,97,98,99,100,101}.

Warren et al. empfehlen im Dezember 2008 folgende vorgehensweise: Abduktion der Hüfte, damit der Tractus iliotibialis entspannt ist und sich die Tibia rotieren lässt, außerdem sollte man die proximale Tibia valgisieren, um den gleitenden oder klackenden Tibiakopf zu spüren/hören. Er empfiehlt von der Flexion in die Extension zu gehen. Das Klacken/Gleiten bemerkt man etwa in einer 10°-20° Flexion⁸⁸(siehe Abb. 11).

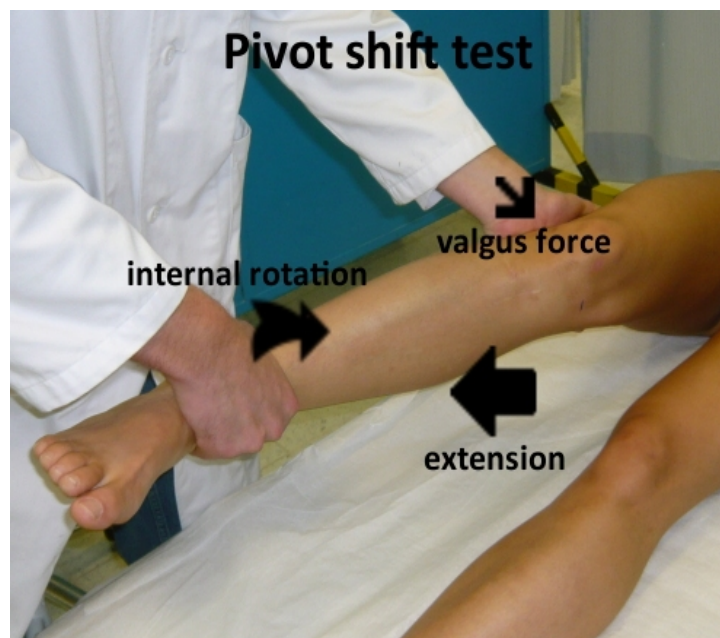


Abb. 11: Der Pivot shift Test: Valgus, Innenrotation und Flexion/Extension

KT-1000:

Es gibt verschieden Geräte um die Knielaxizität objektiv zu messen. Zu diesen gehört zum Beispiel der KT-1000 Arthrometer[®], der am häufigsten verwendete Arthrometer. Mit diesem lässt sich die Ventral- und Dorsaltranslation der Tibia gegenüber dem Femur in mm messen¹⁶ (siehe Abb. 12). Es wird in 3 Kraftstufen untersucht. Der erste Piepston gibt 67N an, der zweite 89N und die maximale vom Untersucher ausübbare Kraft. Der Translationsunterschied wird in Millimeter abgelesen. Ein Unterschied von mehr als 3mm wird als pathologisch angesehen. Als zweiter Wert wird der Compliance Index berechnet. Dieser Wert setzt sich aus der Differenz zwischen erstem Piepston (67N) und zweitem Piepston (89N) zusammen⁷⁷. Auch hier gilt eine Differenz von mehr als 3mm als pathologisch und spricht für eine Kreuzbandinsuffizienz¹⁰².



Abb. 12: KT-1000 Messung mit dem KT-1000 Arthrometer

Das Gerät wird mit Klettbindern am Unterschenkel befestigt. 2 Lagerungshilfen kontrollieren die Position des Beines. Durch einen Kraftarm kann man die ventrale Translation bei 67 Newton (1 Piepston) und 89 Newton (2. Piepston) und die maximale untersucherabhängige Translation messen. Außerdem lässt sich die Verschiebung der Tibia gegenüber des Femurs bei aktiver Streckung im Kniegelenk messen, wobei ein

Rückschluss auf die Co-Kontraktion der Beugemuskulatur gezogen werden kann (siehe Abb. 14).

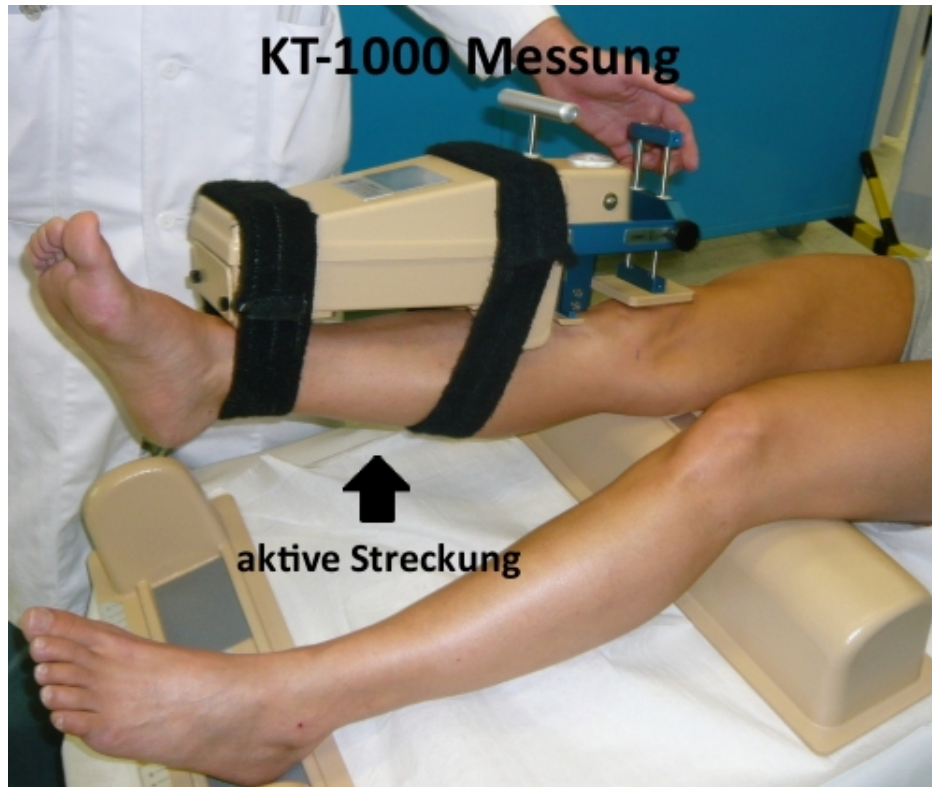


Abb. 14: Die aktive Streckung spiegelt die Co-Kontraktion der Beugemuskulatur wieder

Die Ergebnisse werden in einem 4er String ausgegeben. Zum Beispiel: 4/5/8/5

Die erste Zahl bedeutet 4mm Translation bei einer Kraft von 67N, die zweite Zahl bedeutet 5mm Translation bei 89N. Die 3te Zahl bedeutet die maximale Translation. Und die letzte Zahl bedeutet 5mm Translation bei aktiver Streckung des Beines. Wir haben den Compliance Index, die maximale Translation und den Unterschied der maximalen Translation zur Gegenseite gemessen und statistisch ausgewertet.

Bei einer Meta-Studie von Meredith et al⁴⁴. wurden 9 Studien zur Auswertung herangezogen. Bei all diesen Studien wurde der KT-1000 Wert mitbestimmt. Die Differenz der Mittelwerte wurde danach ausgewertet. Es fand sich ein statistisch signifikantes Ergebnis zu Gunsten der Double Bundle Methode. Dieses Ergebnis wurde aber von den Autoren als klinisch nicht signifikant eingestuft, weil die originale Beschreibung des KT-1000 Arthrometer einen Unterschied von 0,8mm mit einer Standardabweichung

chung von $\pm 0,7\text{mm}$ Seitenunterschied als normal bewertet¹⁰³. Außerdem bewertet das IKDC Formenblatt einen Seitenunterschied von 2mm als normal¹⁰⁴.

Operationsmethoden:

Alle Operationen wurden von Prof. Seibert und Doz. Boldin durchgeführt. Wobei Doz. Boldin alle Patienten in der Double Bundle Gruppe und 2 Patienten in der Single Bundle Gruppe operiert hat. Prof. Seibert hat alle bis auf 2 Patienten in der Single Bundle Gruppe operiert. Im folgenden werde ich die beiden Operationsmethoden vorstellen.

Double Bundle Operationsmethode:

Zuerst wird nach störungsfreier Narkose, Rückenlagerung, sterilem Waschen und Abdecken die Bandstabilität des Kniegelenks überprüft. Hierbei werden der Lachman, Pivot shift und die Seitenband Tests durchgeführt. Danach wird mit der Sehnenentnahme begonnen, dazu wird medial der Tuberositas tibiae ein Hautschnitt gemacht und die Fascia cruris über dem Pes anserinus inzidiert. Nun wird die Semitendinosus und Gracilis Sehne gesucht und in toto entnommen. Als nächster Schritt werden beide Sehnen als Doppelbündel mit ausreichender Länge und Stärke in Baseballstichtechnik präpariert. Die gedoppelte Semitendinosus Sehne wird danach zum Anteromedialen Bündel des vorderen Kreuzbandes und die gedoppelte Gracilis Sehne zum posterolateralen Bündel¹⁰⁵.

Anschließend wird eine Arthroskopie durchgeführt, eine anterolaterale Inzision für das Optikportal und eine anteromediale Inzision für das Instrumentenportal. Danach folgt die Inspektion, des medialen Kompartiment auf Meniskus- und Knorpelschäden, der Notch und der Kreuzbänder. Folgend wird ein Schwenk nach lateral gemacht, um den Meniskus und Knorpel einzusehen. Zuletzt wird der Retropatellaraum untersucht.

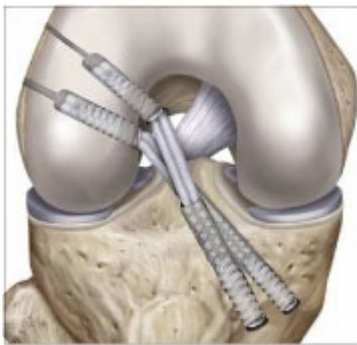


Abb. 1: Schematische Darstellung der anatomischen Doppelbündeltechnik



Abb. 2: Getrennte Präparation der Hamstringsehnenbündel



Abb. 3: Punktion für das zusätzliche dorsomediale Portal



Abb. 4: Arthroskopische Kontrolle der zusätzlichen Portalanlage

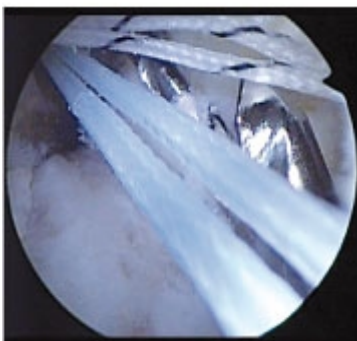


Abb. 5: Eingezogene Shuttlefäden, Zieldrähte tibial

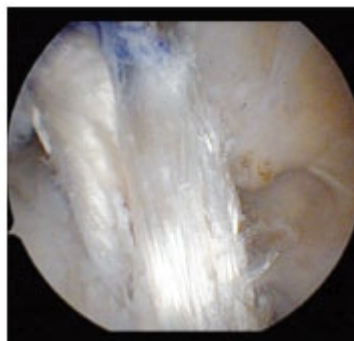


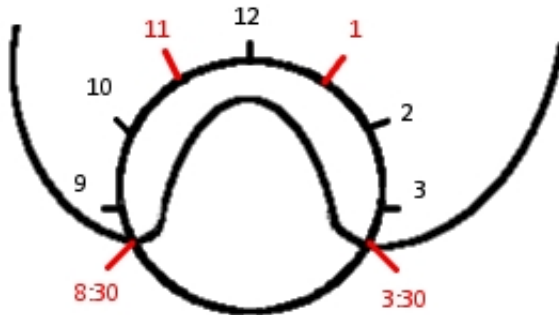
Abb. 6: AM/PL eingezogen und fixiert

Abb. 15: Erklärung der Double Bundle Kreuzbandrekonstruktions Technik

Bohrkanals ein zweites Arthroskopieportal benötigt. Ist das alles geschehen wird ein Führungsinstrument mit einem 4-5mm Abstand, je nach Bundledicke, eingehängt. Daraus resultiert eine Position von 8:30 (rechts) und 3:30 links¹⁰⁵ (siehe Abb. 16). Nachdem ein Bankart Stift gesetzt wurde, überbohrt man diesen in der Stärke des Transplantats bis zu einer Tiefe von 15mm. Wir markieren den Bohrkanal mit einem Stärke 2 Fibre Wires® Faden. Die Bohrkanäle werden nocheinmal inspiziert und gereinigt. Danach ausgiebige Spülung, Lavagierung des Gelenks und Notchen der beiden

Anschließend wird mit der Präparation des Eintrittspunktes am lateralen Femurkondyl begonnen und es wird mittels Chondropick der Punkt bei 11:00 Uhr (rechts) 13:00 (links) Uhr markiert. Bei einem 120° flektiertem Knie wird nun der Bankartstift in der gewünschten Stärke ventral der Over-the-Top Position eingebracht¹⁰⁵. Bis zu einer Tiefe von 30mm wird jetzt in der Transplantat Stärke überbohrt, wobei dorsalseitig eine Kante stehen bleiben soll. Danach wird ein Fiber Wire®-Faden als Shuttlefaden mit der Stärke 2 durch gefädelt und mit einer Klemme fixiert. Danach wird zur Präparation des posterolateralen

Bohrkanäle, wodurch das spätere Einführen der Schrauben über einen flexiblen Draht leichter gelingt.



Tibial wird zuerst mit dem posterolateralem Kanal begonnen. Die Präparation wird mittels Zielgerät in 55° gemacht und in 45° Neigung zum Tibiaplateau ein Zieldraht knapp vor das hintere Kreuzband gelegt¹⁰⁵. Der AM Draht wird in gleicher Weise ventral des PL Drahtes gelegt.

Abb. 16: Schematische Darstellung der Positionierung der Bohrkanäle

Danach werden die Spickdrähte in gewünschter Stärke überbohrt, die Fiberwire®-Fäden ausgefädelt und das Kniegelenk lavagiert.

Anschließend wird das posterolaterale Bündel mittels Fiber Wire®-Shuttlefaden eingezogen und femoral mittels bioresorbierbarer Schraube fixiert. Dann wird in selber Weise das AM Bündel eingezogen und fixiert, ebenfalls mittels bioresorbierbarer Schraube. Die Fixation des tibialen AM Bündels wird in 45° Beuge- und Aussenrotationsstellung und manueller Anspannung auch mit einer bioresorbierbaren Schraube vorgenommen. Das Posterolaterale Bündel wird jedoch in 15° Beugstellung und Innenrotation mit einer Biointerferenz Schraube fixiert.

Schlussendlich wird noch ein Mal alles kontrolliert, speziell ob kein Transplantat Impingement besteht. Danach wird ausgiebig gespült, lavagiert, das Redon-Train eingelegt, die Wunde schichtweise verschlossen, die Hautnähte gesetzt und ein steriler Verband angelegt.

Single Bundle Operationsmethode:

Zuerst wird in störungsfreier Narkose, Rückenlagerung, sterilem Waschen und Abdecken die Bandstabilität des Kniegelenks überprüft. Sind Lachman und Pivot-shift positiv wird mit der Sehnenentnahme begonnen. Dazu erfolgt ein Hautschnitt und die Fascia cruris wird über dem Pes anserinus inzidiert. Die Sehnen des Semitendinosus und Gracilis werden gesucht und in toto entnommen. Danach werden die Sehnen als 4-fach Bündel mit ausreichender Länge (über 10cm) und Stärke (7-8cm) in Baseballstichtechnik präpariert und vernäht.

Anschließend wird eine Arthroskopie durchgeführt, anterolaterale Inzision für das Optikportal und anteromediale Inzision für das Instrumentenportal. Inspektion des Kniegelenks entsprechend eines endoskopischen Rundgangs. Zuerst das mediale Kompartiment, folgend die Inspektion der Notch auf Kreuzband/Kreuzbandstumpf. Anschließend Schwenk nach lateral um den Meniskus und Knorpel einzusehen. Zuletzt wird der Retropatellarraum untersucht.

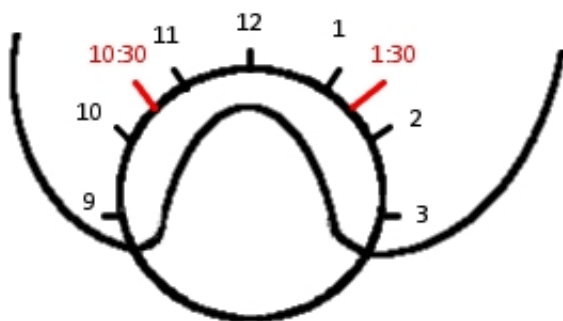


Abb. 17: Schematische Darstellung der Positionierung der Bohrkanäle

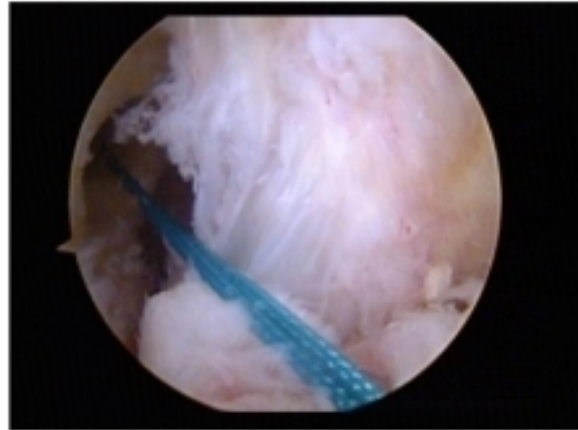
1. Anschließend Beginn mit der Präparation des ACL-Ursprung im Footprintbereich am lateralen Femurkondyl
2. Setzen eines Bankartstiftes bei 10:30 (rechts) und 1:30 (links)
3. Danach überbohren mit der gewünschten Stärke und ausziehen des Shuttlefadens
4. Distal mittels 55° Zielgerät markieren des Eintrittspunktes knapp vor dem hinteren Kreuzband.
5. Überbohren mit dem Tibiaboher,

wie proximal ausfädeln des Ethipondfadens und einziehen des Transplantates. Zu Überprüfen ist nun ob ein Impingement in Streckstellung gegeben ist.

Die Fixation des Transplantates wird proximal und distal (maximale Anspannung des Transplantates, nach einigen Bewegungszyklen zum Konditionieren des Transplantates) mit einer bioresorbierbaren Schraube vorgenommen. Schlussendlich wird die Transplantatlage überprüft, der Lachman Test ausgeführt, die Wunde schichtweise verschlossen, die Hautnähte gesetzt und ein steriler Verband angelegt.



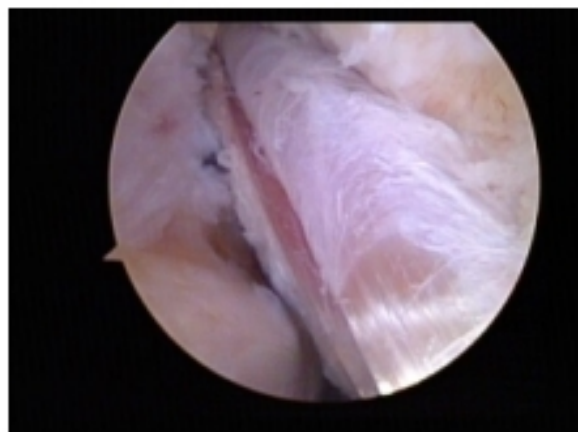
a) Präparation der Hamstring Sehnen



b) eingezogener Shuttlefaden



c) ACL großteils eingezogen und flexibler Draht zum Einführen der Schraube in den Bohrkanaal eingelegt



d) ACL eingezogen und fixiert

Abb. 18: Erklärung der Single Bundle Kreuzbandrekonstruktions Technik

Statistische Auswertung (Resultate)

Oberschenkel Differenz:

Die Oberschenkel-Differenz, die 15 und 20cm vom medialen Gelenkspalt entfernt gemessen wird, zeigt wie erwartet keine signifikante Differenz in den beiden Gruppen ($p > 0,05$). In der Single Bundle Gruppe gab es eine Seitendifferenz bei der 15cm Messung von 1cm (0,9cm Standardabweichung). In der Double Bundle Gruppe eine Seitendifferenz von 1,4 (Standardabweichung 1,3cm). Das entspricht einem leicht besseren Ergebnis, weil es in der Gruppe D zwei Ausreißer (siehe Abb. 19) nach oben gab.

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
OS Differenz 15cm	1±0,9	1,4±1,3	0,447
OS Differenz 20cm	1,2 ±0,7	1,4 ±1,5	0,903

Tabelle 8: Statistische Auswertung der OS Differenz in beiden Gruppen

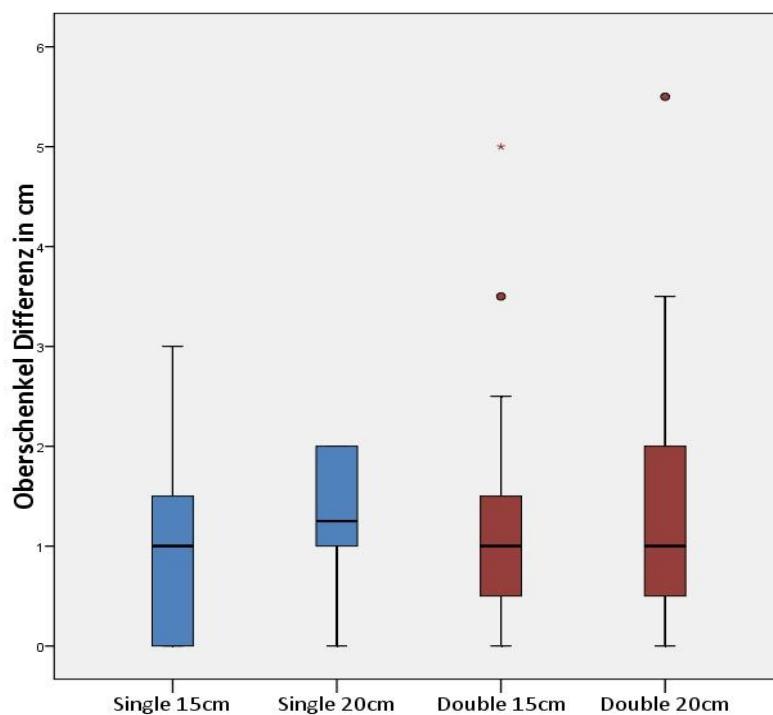


Abb. 19: Boxplot Auswertung der Oberschenkeldifferenz in beiden Gruppen

Wie im oberen Boxplot zu sehen ist (siehe Abb. 19), gab es in der Double Bundle Gruppe jeweils einen Ausreißer mit 5 bzw. 5,5cm und 3,5cm. Dadurch ist aber das Ergebnis insgesamt nicht signifikant schlechter.

Range of Motion:

Bei der Range of Motion gab es, wie beim Oberschenkelumfang keinen signifikanten ($p > 0,05$) Unterschied (siehe Abb. 20). Die Flexion und Extension ist in der Single Bundle Gruppe ein klein wenig, aber nicht signifikant, besser. Die Extension ist wiederum in der Double Bundle Gruppe unerheblich besser.

Wie im unteren Bild zu sehen ist, hatten 7 Patienten in der Single Bundle Gruppe und 10 Patienten in der Double Bundle Gruppe eine Flexions Einschränkung von 0-9°. 3 Patienten jeweils eine Einschränkung von 10-20°. Und nur 1 Patient in der Double Bundle Gruppe eine Einschränkung von mehr als 20° (siehe Tabelle 9).

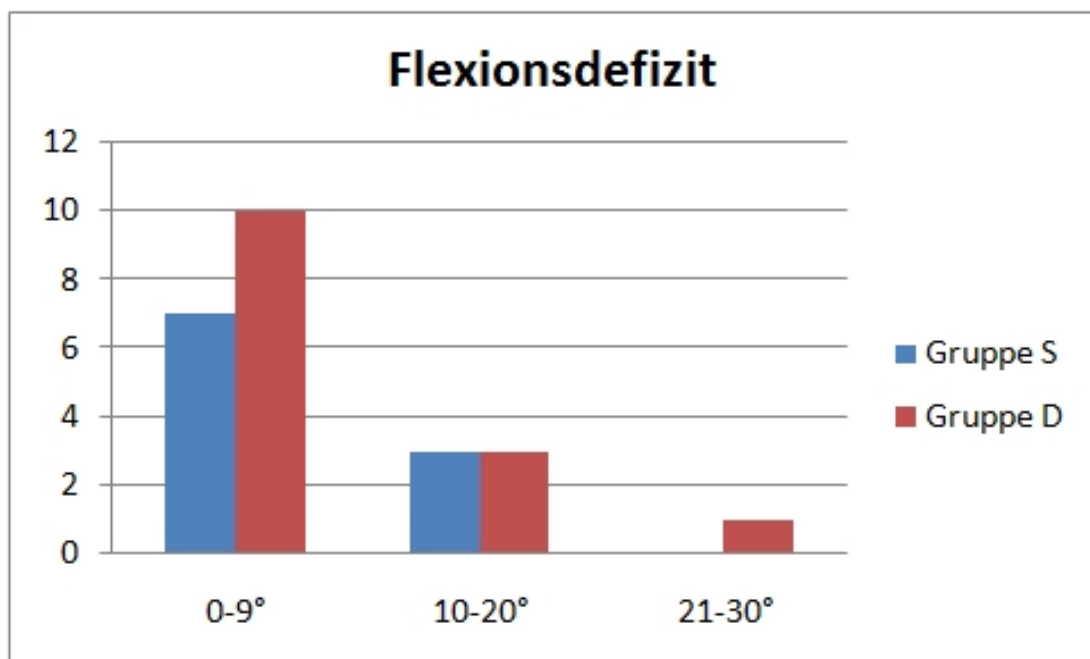


Abb. 20: Darstellung des Flexionsdefizits bei beiden Gruppen in Grad

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
Flexion	4,5 ±6,9	5,7 ±8,1	0,695
Extension	0,4 ±1,2	0,0 ± 0,0	0,245

Tabelle 9: Statistische Auswertung des ROM Defizits

Sportdefizit:

Die sportlichen Aktivitäten der einzelnen Patienten wurde durch die Differenz zwischen dem Aktivitätsindex vor der Verletzung (siehe oben) und nach der Operation berechnet. Auch bei diesem Ergebnis gab es keinen signifikanten Unterschied. Die Single Bundle Gruppe hatte eine durchschnittliche Differenz von $1,2 \pm 1,0$ Punkten. In der Double Bundle Gruppe ergab sich eine Differenz von $1,3 \pm 1,4$ Punkten.

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
Sport	$1,2 \pm 1,0$	$1,3 \pm 1,4$	0,82

Tabelle 10:Auswertung der sportlichen Aktivität vor der Verletzung und nach der Operation

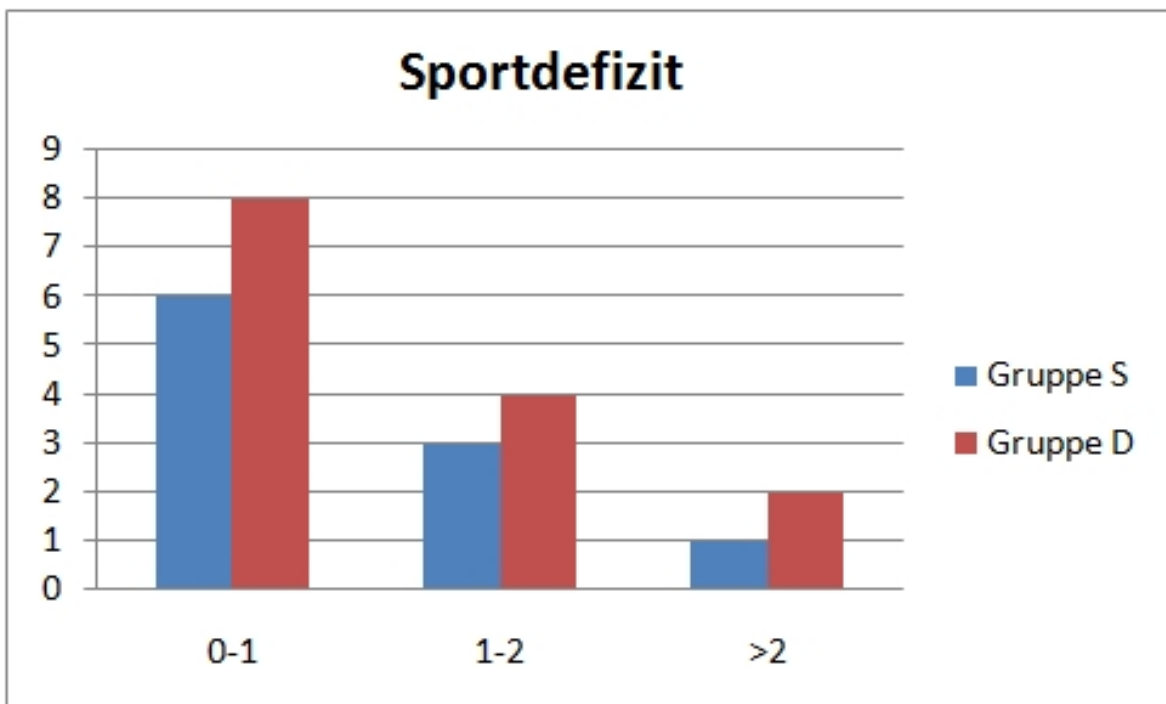


Abb. 21: Darstellung der Aktivitätsdifferenz zwischen der Wertung vor der Verletzung und nach der Kreuzbandrekonstruktion

6 Patienten in der Single Bundle Gruppe und 8 Patienten in der Double Bundle Gruppe hatten in der Sportskala, wie oben besprochen, ein Defizit von 0-1 Zähler. 3 bzw. 4 Patienten hatten eine Differenz von 1-2 Punkten. Und 1 bzw. 2 Patienten einen Sportunterschied vor der Verletzung und nach der Operation von über 2 Punkten (siehe Tabelle 10 und Abb. 21).

Gefühlsstörung:

Die Gefühlsstörung im Ramus infrapatellaris Bereich wurde wie folgt eingeteilt: 0 Punkte für fehlende, 1 Punkt für leichte, 2 Punkte für moderate und 3 Punkte für schwere Gefühlsstörungen. Da die meisten Patienten eine gewisse Gefühlsstörung im Ramus infrapatellaris Bereich angaben, gab es so gut wie kein normales Ergebnis beim IKDC Score, da dieser eine leichte Gefühlsstörung nur mehr als „annähernd normal“ bewertet. Auch hier gab es keine Signifikanz ($p > 0,05$) (siehe Tabelle 11).

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
Gefühl	0,6 ± 0,7	0,9 ± 0,7	0,376

Tabelle 11: Auswertung der Gefühlsstörung im Ramus infrapatellaris Bereich)

Funktionalität:

Der „one leg hop“ Test wurde, wie am IKDC Formblatt beschrieben, durchgeführt. Der Patient wurde dazu angehalten mit dem nicht operierten Bein soweit wie möglich zu springen. Start und Landung erfolgte nur mit diesem Bein, dann dasselbe mit dem operierten Bein. Jeweils 3 Versuche, die Differenz der gemittelten Werte wurden in Prozent ausgegeben. Hatte ein Patient gleiche Sprungkraft mit beiden Beinen wurde dies mit 100% ausgegeben.

Beide Gruppen hatten sehr gute Ergebnisse. Die Single Bundle Gruppe gegenüber der Double Bundle leicht, aber nicht signifikant ($p = 0,216$), bessere Resultate (siehe Tabelle 12).

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
One leg hop Test	98,8 ± 3,2	95,4 ± 9,3	0,216

Tabelle 12: Auswertung der funktionellen Tests

Die Fragebögen wurden wie oben beschrieben ausgewertet. Hierbei ist zu beachten, dass der IKDC jene Patienten, die beim OAK Score als normal gewertet werden, als annähernd normal (nearly normal) wertet. Dies liegt daran, dass der IKDC nicht nach

Prozenten, sondern nach Gruppen ausgewertet wird. Ist man in einer Gruppe nur annähernd normal, ist das Gesamtergebnis auch annähernd normal. Das ist auch der Fall, wenn der Patient leichte Gefühlsstörungen empfindet oder einen Lachman Test von 3-5 mm (+) hat. Der OAK Score wertet zum Beispiel die Gefühlsstörungen nicht und der Patient erhält für einen Lachman 3-5mm (+) 2 Abzugspunkte. So kommt auch der durchschnittlich sehr gute Wert bei den Gruppen zustande.

Um die statistische Auswertung einfacher zu gestalten wurde den Gruppen des IKDCs Wertigkeiten zugewiesen. Die Gruppe A (normal) erhielt die Wertigkeit 1. Die Gruppe B (nearly normal) 2, die Gruppe C (abnormal) 3 und die Gruppe D (serverly abnormal) die Wertigkeit 4.

Alles in allem gab es, wie in der Tabelle unterhalb zu sehen ist keinen nennenswerten Unterschied ($p > 0,05$) in den verschiedenen Scores (IKDC, HSS, Lysholm, OAK) (siehe Tabelle 13 und Abb. 22).

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
IKDC	2,1 ± 3,1	2,3 ± 4,7	0,131
HSS Score	95,5 ± 1,7	95,3 ± 3,2	0,892
Lysholm Score	98,4 ± 2,1	97,3 ± 4,2	0,481
OAK	96,3 ± 2,1	93,7 ± 4,9	0,472

Tabelle 13: Auswertung der einzelnen Scores

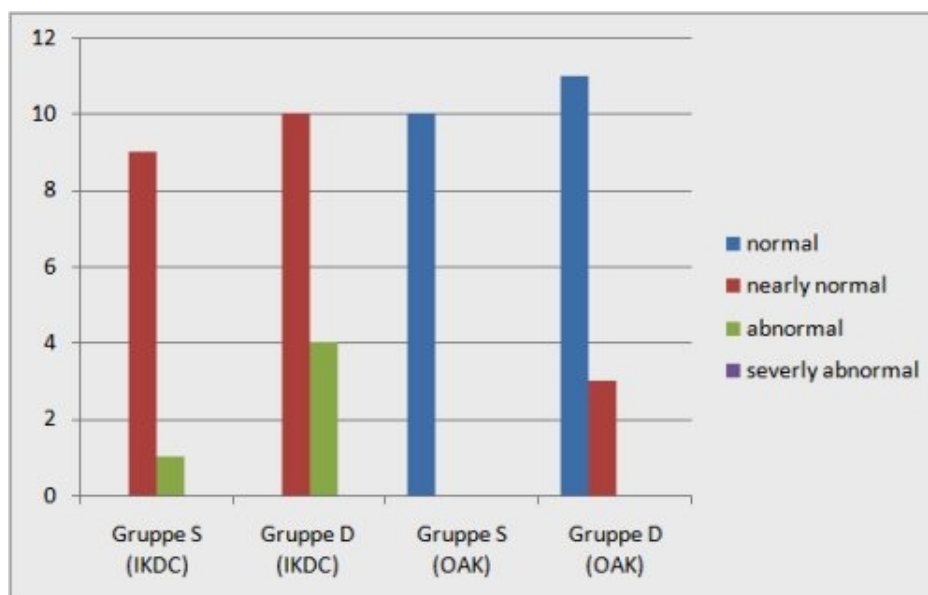


Abb. 22: Statistische Auswertung des IKDC und OAK Score

9 Patienten in der Single Bundle Gruppe hatten ein annähernd normales Ergebnis beim IKDC Score und 1 Patient ein abnormales. In der Double Bundle Gruppe hatten 10 Patienten ein annähernd normales bzw. 4 Patienten ein abnormales Resultat bei der Auswertung.

Alle Patienten in der Single Bundle Gruppe hatten ein normales Ergebniss beim OAK Formenblatt. 11 ein normales und 3 ein annähernd normales in der Double Bundle Gruppe.

Der HSS,- bzw. Lyholm Score fiel, wie die beiden anderen Test, erwartungsgemäß sehr gut aus. Auch hier gab es keine statistische Signifikanz.

KT-1000 Test:

Wie oben beschrieben, ist die KT-1000 Arthrometrie eine objektive Messung der translatorischen Verschieblichkeit zwischen Femur und Tibia Diese beschreibt eine mögliche ACL Insuffizienz. Das IKDC Formenblatt wertet 2mm Seitendifferenz als normal¹⁰⁴. Die folgende Tabelle vergleicht die Mittelwerte der einzelnen KT-1000 Ergebnisse. Hierbei ist eine kleine Tendenz hin zur Double Bundle Gruppe zu erkennen (siehe Tabelle 14).

	67 Newton	89 Newton	Maximale Kraft	Aktive Streckung
Gruppe S	4,9 ± 1,9	6,0 ± 2,1	7,9 ± 1,2	5,9 ± 1,1
Gruppe D	4,8 ± 1,4	6,0 ± 1,6	6,9 ± 1,6	5,3 ± 1,7
Signifikanz	0,698	1,000	0,078	0,426

Tabelle 14: Auswertung der verschiedenen KT-1000 Werte

Wir haben 3 Werte gemessen. Erstens den Compliance Index, der sich aus der Differenz der Messwerte bei den ersten beiden Piepstönen zusammensetzt und zweitens die maximale Differenz. Das ist die Seitendifferenz zwischen gesunder und kranker Seite. Und drittens den Millimeter Wert bei maximaler Translation.

Bei allen 3 Messwerten gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied. Außerdem wurde bei beiden Gruppen durchschnittlich eine normale Seitendifferenz von <2mm festgestellt (siehe Tabelle 14).

	Gruppe S	Gruppe D	Signifikanz
KT-1000 (CI)	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,4	0,936
KT-1000 (max diff.)	1,9 ± 1,3	1,5 ± 1,2	0,674
KT-1000 (max)	7,2 ± 1,9	7,2 ± 1,8	0,985

Tabelle 15:Auswertung der verschiedenen KT-1000 Werte

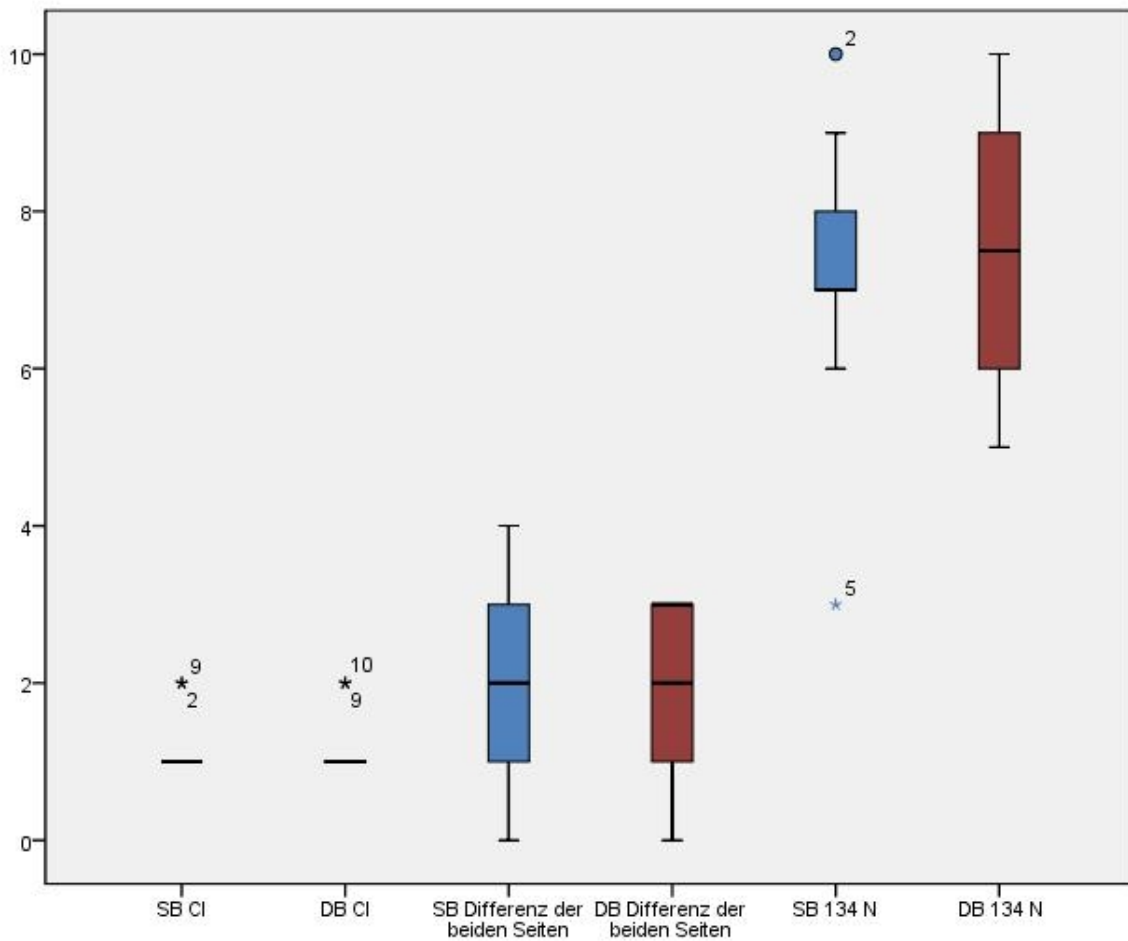


Abb. 23: Statistische Auswertung der KT-1000 Messwerte: 1. Compliance Index, 2. Differenz zwischen den beiden Beinen, 3. Maximale Verschiebung

Wie man in der Graphik schön sehen kann, gibt es keinen statistisch signifikanten Unterschied bei den verschiedenen KT-1000 Messungen (siehe Abb. 23).

In beiden Gruppen hatte kein Patient einen größeren Compliance Index als 2mm. 71% aller Patienten hatten im Maximaltest eine Seitendifferenz von 2mm oder darunter.

KONKLUSIO

Diese Studie vergleicht 2 Kreuzbandersatz Operationstechniken. 2 Gruppen wurden von den beiden Operateuren Prof. Seibert und Doz. Boldin randomisiert entweder nach der Single Bundle oder der Double Bundle Methode operiert. Bei beiden Arten wurde ein Autograft (Semitendinosus, Gracilis) verwendet.

In Form von Nachuntersuchungen wurden die Patienten in Hinsicht auf eine anteriore Instabilität, Rotationsstabilität und verschiedenen Kniescores und Fragebögen untersucht. Wie schon weiter oben besprochen, gibt es in der gängigen Literatur keine eindeutige Meinung ob nun die eine oder die andere Methode besser sei.

In unserer Arbeit fand sich kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Operationsmethoden. Auch bei der Metastudie von Meredith et al⁴⁴. wurde die Nullhypothese „Es gibt keinen Unterschied zwischen Single Bundle und Double Bundle Operationsmethode“ bestätigt.

Außerdem gibt es genügend Studien, die belegen, dass es keine klinische Signifikanz zwischen den beiden Methoden gibt.

Obwohl wir eine leichte Tendenz in Hinsicht auf die tibiale Translation hin zur Double Bundle Rekonstruktion fanden, war dieses Ergebnis nicht signifikant. Auch beim Pivot-shift Test konnte kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden werden. Bei keinem der 24 untersuchten Patienten wurde ein positiver Pivot-shift Test gefunden.

Der Pivot shift Test ist im Hinblick auf die Reproduzierbarkeit und Aussagekraft nicht besonders bedeutend, weil er zu subjektiv ist³³. Yagi et al.⁴⁸ fanden mithilfe eines dreidimensionalen Sensors heraus, dass die Double Bundle Rekonstruktion bessere Ergebnisse als die Single Bundle Methode liefert.

Keine Unterschiede fanden wir beim IKDC, Lysholm OAK und HSS Score. Diese Ergebnisse gehen einher mit vielen anderen Studien^{42,106}.

Auch bei den anderen Tests wie Range of Motion, Oberschenkelmuskulatur und one leg hop wurden keine signifikanten Unterschiede in den beiden Gruppen gemessen.

Nur 29% in der Double Bundle Gruppe wurden beim IKDC Test als „abnormal“ eingestuft. 71% hingegen als „nearly normal“. Bei der Single Bundle Gruppe wurden gar 90% der Patienten als „nearly normal“ und nur 10% als „abnormal“ bewertet. Teilweise waren die Ergebnisse wegen der Gefühlsstörung im Ramus infrapatellaris Bereich etwas verschleiert. Da mehrere Patienten sehr gute KT-1000, Lachman und Pivot shift Tests hatten aber trotzdem nur als „nearly normal“ oder „abnormal“ eingestuft werden konnten. Meiner Meinung nach sollte, wie bei anderen Tests die Bewertung nicht nach den vorhandenen Gefühlsstörungen sondern nach den einschränkenden Gefühlsstörungen bewertet werden. Eine, dem Patienten gleichgültige, Gefühlsstörung sollte nicht mit einem +/++ Lachman gleichgesetzt werden.

Auch bei der KT-1000 Messung gab es für beide Gruppen ein sehr zufriedenstellendes Resultat. Nur 29% in der Double Bundle Gruppe hatte eine Seitendifferenz von mehr als 2mm, davon kein einziger Patient mehr als 3mm. Gleich wie in der Double Bundle Gruppe hatten nur 30% der Patienten in der Single Bundle Gruppe eine Seitendifferenz von 2mm, davon nur 10% über 3mm.

Der Pivot shift Test war bei beiden Gruppen zu 100% negativ.

Somit möchte ich feststellen, dass im Kurzzeitnachuntersuchungsergebnis (>1 Jahr) mit den herkömmlichen Nachuntersuchungsmethoden kein Unterschied zwischen den einzelnen Methoden (Single- versus Double Bundle Technik) nachgewiesen werden kann. Da bis jetzt keine Langzeitergebnisse in der Literatur vorliegen, ist auf Grund des zumindest theoretisch- anatomischen Vorteiles die weitere Entwicklung sehr kritisch zu beobachten, insbesondere da die Kosten für die DB Technik doch um einiges höher sind und eine eventuell nötige Revision nach DB-Technik doch als aufwändiger bewertet wird.

EINSCHRÄNKUNGEN

In unserer Studie gab es einige Einschränkungen. Als erstes sei die relativ geringe Patientenzahl erwähnt. Mit nur 34 Teilnehmer ist die statistische Auswertung relativ eingeschränkt. Zweitens waren die Gruppen nicht ausgewogen. 14 Patienten waren in der Double Bundle Gruppe und nur 10 Patienten in der Single Bundle Gruppe sind zur Untersuchung erschienen.

ANHANG

THE IKDC KNEE LIGAMENT STANDARD EVALUATION FORM * [1]

Name: _____ first name: _____ DOB: ____/____/____ med. rec. #: _____
 Examiner: _____ date of examination: ____/____/____ date of injury/ies: ____/____/____ ; ____/____/____ date of surgeries: ____/____/____ ; ____/____/____
 Cause of injury : ADL * [2] traff. non-pivoting non-contact sports pivoting non-contact sp. contact sp. work
 Time inj. to surg. : _____ (months) acute (0-2 weeks) subacute (2-8 weeks) chronic (>8 weeks)
 Knee involved : r. l. opposite knee: norm. injured exam. under anesthes.: yes no
 Postop. diagnosis : _____
 Surgical proced. : _____
 Status menisci : norm. med. lat. 1/3 removed: med. lat. 2/3 removed: med. lat. compl. rem. med. lat.
 Morphotype : lax normal tight varus valgus
 Activ. level * [3] : preinjury: I II III IV pretreatment: I II III IV
 present: I II III IV Eventual change knee-related: yes no

GROUPS (PROBLEM AREA)	QUALIFICATION WITHIN GROUPS * [4]				GROUP QUALIF.			
	A: normal	B: nearly norm.	C: abnormal	D: sev. abnorm.	A	B	C	D * [4]
1. PATIENT SUBJECTIVE ASSESSMENT								
How does your knee function?	<input type="checkbox"/> normally	<input type="checkbox"/> nearly norm.	<input type="checkbox"/> abnormally	<input type="checkbox"/> sev. abnorm.				
On a scale of 0 to 3 how does your knee affect your activity level?	<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3				
2. SYMPTOMS (absence of significant symptoms, at highest activity level known by patient) * [5]								
No pain at activity level * [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No swelling at activity level * [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No partial giving way at activity level * [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
No complete giving way at activity level * [3]	<input type="checkbox"/> I	<input type="checkbox"/> II	<input type="checkbox"/> III	<input type="checkbox"/> IV or worse				
3. RANGE OF MOTION: Flex./ext.: documented side: ____/____ opposite side: ____/____ * [6]								
Lack of extension (from zero anatomic)	<input type="checkbox"/> <3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> >10°				
Δ * [7] lack of flexion	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> >25°				
4. LIGAMENT EXAMINATION * [8]								
Δ * [7] Lachman (In 25° flex.) * [9]	<input type="checkbox"/> -1 to 2mm	<input type="checkbox"/> -1 to 3mm (10)	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm or 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> or <-3mm >10mm				
idem (alternative measurement, optional)	<input type="checkbox"/> -1 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3-6 I-1 to 3mm	<input type="checkbox"/> 6-10 / <-3mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Endpoint: <input type="checkbox"/> firm <input type="checkbox"/> soft								
Δ * [7] total a.p. transl. in 70° flex. * [9]	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
idem (alternative measurement, optional)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ * [7] post. sag in 70° flex.	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ * [7] med. joint opening (valgus rotation)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Δ * [7] lat. joint opening (varus rotation)	<input type="checkbox"/> 0 to 2mm	<input type="checkbox"/> 3 to 5mm	<input type="checkbox"/> 6 to 10mm	<input type="checkbox"/> >10mm				
Pivot shift * [11]	<input type="checkbox"/> neg.	<input type="checkbox"/> + (glide)	<input type="checkbox"/> ++ (clunk)	<input type="checkbox"/> +++ (gross)				
Δ * [7] reversed pivot shift	<input type="checkbox"/> equal(neg.)	<input type="checkbox"/> slight	<input type="checkbox"/> marked	<input type="checkbox"/> gross				
5. COMPARTMENTAL FINDINGS * [12]								
Δ * [7] Crepitus patellofemoral	<input type="checkbox"/> none/equal	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
Δ * [7] Crepitus medial compartment	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
Δ * [7] Crepitus lateral compartment	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> painful	<input type="checkbox"/> severe				
6. HARVEST SITE PATHOLOGY * [13]								
Tenderness, irritation, numbness	<input type="checkbox"/> none	<input type="checkbox"/> slight	<input type="checkbox"/> moderate	<input type="checkbox"/> severe				
7. X-RAY FINDINGS (DEGENERATIVE JOINT DISEASE) * [14]								
Patellofemoral cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
Medial compartment cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
Lateral compartment cartilage space	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> > 4mm	<input type="checkbox"/> 2-4mm	<input type="checkbox"/> < 2mm				
8. FUNCTIONAL TEST * [15]								
Δ One leg hop (percent of opposite side)	<input type="checkbox"/> 90-100%	<input type="checkbox"/> 76-90%	<input type="checkbox"/> 50-75%	<input type="checkbox"/> <50%				
FINAL EVALUATION					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 24: IKDC Knee Ligament Standard Evaluation Form

2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

Your Full Name _____

Today's Date: ____/____/____
Day Month Year

Date of Injury: ____/____/____
Day Month Year

SYMPTOMS*:

*Grade symptoms at the highest activity level at which you think you could function without significant symptoms, even if you are not actually performing activities at this level.

1. What is the highest level of activity that you can perform without significant knee pain?

- 4 Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3 Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2 Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1 Light activities like walking, housework or yard work
- 0 Unable to perform any of the above activities due to knee pain

2. During the past 4 weeks, or since your injury, how often have you had pain?

- | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| Never | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Constant |

3. If you have pain, how severe is it?

- | | | | | | | | | | | | | |
|---------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| No pain | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Worst pain imaginable |

4. During the past 4 weeks, or since your injury, how stiff or swollen was your knee?

- 4 Not at all
- 3 Mildly
- 2 Moderately
- 1 Very
- 0 Extremely

5. What is the highest level of activity you can perform without significant swelling in your knee?

- 4 Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3 Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2 Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1 Light activities like walking, housework, or yard work
- 0 Unable to perform any of the above activities due to knee swelling

6. During the past 4 weeks, or since your injury, did your knee lock or catch?

- 0 Yes
- 1 No

7. What is the highest level of activity you can perform without significant giving way in your knee?

- 4 Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3 Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2 Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1 Light activities like walking, housework or yard work
- 0 Unable to perform any of the above activities due to giving way of the knee

Abb. 25: IKDC Subjective Knee Evaluation Form, Seite 1

Page 2 – 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

SPORTS ACTIVITIES:

8. What is the highest level of activity you can participate in on a regular basis?

- 4 Very strenuous activities like jumping or pivoting as in basketball or soccer
- 3 Strenuous activities like heavy physical work, skiing or tennis
- 2 Moderate activities like moderate physical work, running or jogging
- 1 Light activities like walking, housework or yard work
- 0 Unable to perform any of the above activities due to knee

9. How does your knee affect your ability to:

		Not difficult at all	Minimally difficult	Moderately Difficult	Extremely difficult	Unable to do
a.	Go up stairs	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
b.	Go down stairs	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
c.	Kneel on the front of your knee	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
d.	Squat	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
e.	Sit with your knee bent	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
f.	Rise from a chair	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
g.	Run straight ahead	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
h.	Jump and land on your involved leg	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>
i.	Stop and start quickly	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	0 <input type="checkbox"/>

FUNCTION:

10. How would you rate the function of your knee on a scale of 0 to 10 with 10 being normal, excellent function and 0 being the inability to perform any of your usual daily activities which may include sports?

FUNCTION PRIOR TO YOUR KNEE INJURY:

Couldn't perform daily activities 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 No limitation in daily activities

CURRENT FUNCTION OF YOUR KNEE:

Cannot perform daily activities 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 No limitation in daily activities

Abb. 26: IKDC Subjective Knee Evaluation Form, Seite 2

MODIFIZIERTES HSS-SCORE

SCHMERZEN:			PUNKTE
	Aktivität:	Keine Schmerzen beim Gehen	15
		Milde Schmerzen	10
		Mittlere Schmerzen	5
		Starke Schmerzen	0
	Ruhe:	Kein Schmerz	20
		Milder Schmerz	15
		Mittlerer Schmerz	5
		Starker Schmerz	0
FUNKTION:			
	Stufen:	Stufensteigen ohne Probleme	5
		Stufensteigen mit Hilfe (Stock)	2
		Unmöglich	0
	Erheben aus Sessel:	Ohne Hilfe	5
		Mit Hilfe (Aufstützen)	2
		Unmöglich	0
	Gehen:	Unbegrenzt	15
		Gehen 500 – 1000m	10
		Gehen 100 – 500 m	8
		Gehen weniger als 100m	4
		Gehunfähig	0
	Muskulatur:	Sehr gut	10
		Gut (aktives Beinheben gegen Widerstand möglich)	8
		Mittel (aktives Beinheben ohne Widerstand möglich)	4
		Schlecht (aktives Beinheben unmöglich)	0
	Instabilität:	Keine	12
		Mild (max. 1+ fester Anschlag)	8
		Mittel (>als 1+, mäß. Anschlag)	5
		Stark (kein Anschlag)	0
	Bewegungsumfang:	1 Punkt pro 8°	Max. 18
ABZUGSPUNKTE:			
	Gehhilfe:	2 Krücken	-3
		1 Stock	-2
	Extensionsdefizit:	5 Grad	-5
		10 Grad	-5
		> als 15°	-10

Abb. 27: modifizierter HSS Score

LYSHOLM KNIE SCORE

(maximal 100 Punkte)

		PUNKTE
HINKEN	Keines	5
	Leicht und/oder zeitweise	3
	Stark und/oder dauernd	0
GEHHILFE	Keine	5
	Stock oder Krücke	2
	Belastung unmöglich	0
BLOCKIERUNG	Keine und kein Schnappphänomen	15
	Schnappphänomen, keine Blockierung	10
	Blockierung gelegentlich	6
	Blockierung häufig	2
	Blockiertes Knie bei Untersuchung	0
INSTABILITÄT	Kein Givingway	25
	Selten während Sport oder starker Belastung	20
	Häufig während Sport oder starker Belastung (od. Teilnahme unmöglich)	15
	Gelegentlich bei normaler Belastung	10
	Häufig bei normaler Belastung	5
Bei jedem Schritt	0	
SCHMERZEN	Keine	25
	Unregelmäßig und leicht während starker Belastung	20
	Stark während starker Belastung	15
	Stark bei oder nach Gehen über 2km	10
	Stark bei oder nach Gehen unter 2km	5
	Dauernd	0
SCHWELLUNG	Keine	10
	Bei Starker Belastung	6
	Bei normaler Belastung	2
	Dauernd	0
STUFENSTEIGEN	Keine Probleme	10
	Leicht beeinträchtigt	6
	Nur 1 Stufe nach der anderen	2
	Unmöglich	0
HOCKE	Keine Probleme	5
	Leicht beeinträchtigt	4
	Nicht unter 90 Grad	2
	Unmöglich	0

Abb. 28: Lysholm Knie Score

O A K-SCORE

Orthopädische Arbeitsgruppe Knie der Schweizer Gesellschaft für Orthopädie

ANAMNESE			ALLGEMEINE UNTERSUCHUNG		
Schmerzen	Keine	5	Druckdolenz	Keine	5
	Selten	3		Gering	3
	Häufig	2		Mäßig	1
	Ständig	0		Stark	0
Schwellung/Erguss	Kein	5	Erguss/Schwellung	Kein	5
	Selten	3		Gering	3
	Rezidivierend	2		Mäßig	1
	Ständig	0		Massiv	0
Giving-way (echtes)	Kein	5	OS-Umfangsdifferenz (15cm proximal)	Keine	5
	Selten	2		2cm	3
	Regelmäßig	0		> 2cm	1
Arbeit	Voll	5	Extensionsdefizit (passiv)	Null	5
	Teilweise	3		5°	3
	Wechsel	1		10°	1
	Unfähig	0		> 10°	0
Sport	Voll	5	Flexion (passiv)	Frei	5
	Beschränkt	3		> 120°	3
	Stark beschränkt	1		> 90°	1
	Unfähig	0		< 90°	0

STABILITÄT					
Nach vorne (Schublade)	0	5	Nach hinten (Schublade)	10	5
	-	4		-	4
	--	2		--	2
	---	0		---	0
Extensionsnahe Schublade	0	5	Medial (in 30° Flexion)	0	5
	-	4		-	4
	--	2		--	2
	---	0		---	0
Lateral in 30°-Flexion	0	5	PivotShift	Kein	5
	-	4		Fraglich	3
	--	2		Positiv	0
	---	0			
Reversed PivotShift	Kein	5			
	Positiv	2			

FUNKTIONELLE TESTS					
Einbeinsprung seitlich	Frei	5	Einbein-Kneibeuge-Übung	Frei	5
	Mit Mühe	3		Mit Mühe	3
	Nicht möglich	1		Nicht möglich	1
Ganzkauern/Entengang	Frei	5			
	Mit Mühe	3			
	Nicht möglich	1			

AUSWERTUNG		
	Kategorien	Total
SEHR GUT	0—Punkte fehlend: kein Parameter 0 Punkte	> 90 Punkte und sehr gut in jeder Kategorie
GUT	5-9 Punkte fehlend: kein Parameter 0 Punkte	81-90 Punkte oder gut in einer einzelnen Kategorie
MÄßIG	10-14 Punkte fehlend oder einzelner Parameter 0 Punkte	71-80 Punkte oder mäßig in einer einzelnen Kategorie
SCHLECHT	15 oder mehr Punkte fehlend	< 70 Punkte oder schlecht in einer Kategorie

Abb. 29: O-A-K Score, Orthopädische Arbeitsgruppe Knie

LITERATURVERZEICHNIS

- 1 Kahle W, Leonhardt H, Platzer W. Taschenatlas der Anatomie Bewegungsapparat. Stuttgart: Georg Thieme; 1975
- 2 Anderhuber F, Bade H, Bechmann I, Beck T, Brehmer A, Fanghänel J, Fanghänel J, et al, Waldeyer Anatomie des Menschen. Berlin: J. Fanghänel; 2003
- 3 Rosenberg TD, Franklin JL, Baldwin GN, Nelson KA. Extensor mechanism function after patellar tendon graft harvest for anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 1992 Sep-Oct;20(5):519-525; discussion 525-526
- 4 Warren LF, Marshall JL. The supporting structures and layers on the medial side of the knee: an anatomical analysis. *J Bone Joint Surg Am* 1979 Jan;61(1):56-62.
- 5 Hughston JC, Andrews JR, Cross MJ, et al. Classification of knee ligament instabilities. Part II. The lateral compartment. *J Bone Joint Surg Am* 1976 Mar;58:173-179.
- 6 Abbott LC, Saunders JB, Dec M, Bost FC, Anderson CE. Injuries to the Ligaments of the Knee Joint. *J. Bone and Joint Surg* 1944 Jul;26: 503-521.
- 7 Takahashi M, Doi M, Abe M, Suzuki D, Nagano A. Anatomical study of the femoral and tibial insertions of the anteromedial and posterolateral bundles of human anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 2006 May;34(5):787-792.
- 8 Baek GH, Carlin GJ, Vogrin TM, Woo SL, Harner CD. Quantitative analysis of collagen fibrils of human cruciate and meniscofemoral ligaments. *Clin Orthop Relat Res* 1998 Dez;(357):205-211.
- 9 Ito M, Murase K, Tanaka S, Takahei T, Nakamura, N (2005) Clinical and anatomical study about double bundles in the anterior cruciate ligament. Proceedings of the 5th Biennial ISAKOS Congress; 2005 Apr; Hollywood, Florida: Eposter #156

- 10 Steckel H, Starman JS, Baums MH, Klinger HM, Schultz W, Fu FH. Anatomy of the anterior cruciate ligament double bundle structure: a macroscopic evaluation. *Scand J Med Sci Sports* 2007 Aug;17(4):387-392.
- 11 Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, Debski RE. Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J. Orthop. Res.* 2004 Jan;22(1):85-89.
- 12 Kurosawa H, Yamakoshi K, Yasuda K, Sasaki T. Simultaneous measurement of changes in length of the cruciate ligaments during knee motion. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1991 Apr;(265):233-240.
- 13 Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, Fu FH. In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res* 1997 Mar;15(2):285-293.
- 14 Mae T, Shino K, Matsumoto N, Nakata K, Nakamura N, Iwahashi T. Force sharing between two grafts in the anatomical two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2006 Jun;14(6):505-509.
- 15 O.C. Brantigan and A.T. Voshell, Ligaments of the knee joint: The relationship of the ligament of Humphry to the ligament of Wrisberg, *J Bone Joint Surg* 25 (1945), pp. 66-67.
- 16 Mutschler W, Haas N. *Praxis der Unfallchirurgie. Klare Behandlungskonzepte zur Bewältigung aller Situationen (Gebundene Ausgabe)*. Stuttgart: Thieme; 2007.
- 17 Warren RF, Marshall JL. Injuries of the anterior cruciate and medial collateral ligaments of the knee. A retrospective analysis of clinical records--part I. *Clin Orthop Relat Res* 1978 Okt;(136):191-197.
- 18 Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *J*

- Sci Med Sport [Internet] 2008 Okt 1;[zitiert 2009 Mai 28] Available from:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18835221>
- 19 Shimokochi Y, Shultz SJ. Mechanisms of noncontact anterior cruciate ligament injury. *J Athl Train* 2008 Jul-Aug;43(4):396-408.
- 20 J.G. Garrick and R.K. Requa, ACL injuries in men and women—how common are they?. In: Griffin, Editor, *Prevention of noncontact ACL injuries*, American Academy of Orthopedic Surgeons, Rosemont, IL 2001.
- 21 Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology* 1988 Mar;166(3):861-864.
- 22 Marshall JL, Wang JB, Furman W, Girgis FG, Warren R. The anterior drawer sign: what is it? *J Sports Med* 1975 Jul-Aug;3(4):152-8.
- 23 Torg JS, Conrad W, Kalen V. Clinical diagnosis of anterior cruciate ligament instability in the athlete. *Am J Sports Med* 1976 Mar-Apr;4(2):84-93.
- 24 Frank C. Accurate interpretation of the Lachman test. *Clin Orthop Relat Res* 1986 Dez;(213):163-6.
- 25 1.Barrack RL, Bruckner JD, Kneisl J, Inman WS, Alexander AH. The outcome of non-operatively treated complete tears of the anterior cruciate ligament in active young adults. *Clin Orthop Relat Res* 1990 Okt;(259):192-9.
- 26 Norwood LA, Cross MJ. Anterior cruciate ligament: functional anatomy of its bundles in rotatory instabilities. *Am J Sports Med* 1979 Feb;7(1):23-26.
- 27 Norwood LA, Cross MJ. The intercondylar shelf and the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med* 1977 Aug;5(4):171-176.

- 28 Carr AJ. Evidence-based orthopaedic surgery: what type of research will best improve clinical practice? *J Bone Joint Surg Br* 2005 Dez;87(12):1593-1594.
- 29 Woo SL, Kanamori A, Zeminski J, Yagi M, Papageorgiou C, Fu FH. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstrings and patellar tendon . A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *J Bone Joint Surg Am* 2002 Jun;84-A(6):907-914.
- 30 Muneta T, Koga H, Mochizuki T, Ju Y, Hara K, Nimura A, u. a. A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy* 2007 Jun;23(6):618-628.
- 31 Järvelä T, Moisala A, Sihvonen R, Järvelä S, Kannus P, Järvinen M. Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation: prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med* 2008 Feb;36(2):290-297.
- 32 Markolf KL, Park S, Jackson SR, McAllister DR. Anterior-posterior and rotatory stability of single and double-bundle anterior cruciate ligament reconstructions. *J Bone Joint Surg Am* 2009 Jan;91(1):107-118.
- 33 Kim S, Chang J, Kim T, Jo S, Oh K. Anterior cruciate ligament reconstruction with use of a single or double-bundle technique in patients with generalized ligamentous laxity. *J Bone Joint Surg Am* 2009 Feb;91(2):257-262.
- 34 Ishibashi Y, Tsuda E, Fukuda A, Tsukada H, Toh S. Stability evaluation of single-bundle and double-bundle reconstruction during navigated ACL reconstruction. *Sports Med Arthrosc* 2008 Jun;16(2):77-83.
- 35 Sasaki SU, Mota e Albuquerque RFD, Pereira CAM, Gouveia GS, Vilela JCR, Alcarás FDL. An in vitro biomechanical comparison of anterior cruciate ligament recon-

- struction: single bundle versus anatomical double bundle techniques. *Clinics* 2008 Feb;63(1):71-76.
- 36 Seon JK, Park SJ, Lee KB, Yoon TR, Seo HY, Song EK. Stability comparison of anterior cruciate ligament between double- and single-bundle reconstructions. *Int Orthop* 2009 Apr;33(2):425-429.
- 37 Belisle AL, Bicos J, Geaney L, Andersen MH, Obopilwe E, Rincon L, u. a. Strain pattern comparison of double- and single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction techniques with the native anterior cruciate ligament. *Arthroscopy* 2007 Nov;23(11):1210-1217.
- 38 Siebold R, Dehler C, Ellert T. Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy* 2008 Feb;24(2):137-145.
- 39 Adachi N, Ochi M, Uchio Y, Iwasa J, Kuriwaka M, Ito Y. Reconstruction of the anterior cruciate ligament. Single- versus double-bundle multistranded hamstring tendons. *J Bone Joint Surg Br* 2004 May;86(4):515-520.
- 40 Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y, Yagi T. Prospective clinical comparisons of anatomic double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedures in 328 consecutive patients. *Am J Sports Med* 2008 Sep;36(9):1675-1687.
- 41 Albuquerque RFME, Sasaki SU, Amatuzzi MM, Angelini FJ. Anterior cruciate ligament reconstruction with double bundle versus single bundle: experimental study. *Clinics* 2007 Jun;62(3):335-344.
- 42 Kim S, Jo S, Kumar P, Oh K. Comparison of single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon-bone autografts. *Arthroscopy* 2009 Jan;25(1):70-77.

- 43 Moisala A, Järvelä T, Paakkala A, Paakkala T, Kannus P, Järvinen M. Comparison of the bioabsorbable and metal screw fixation after ACL reconstruction with a hamstring autograft in MRI and clinical outcome: a prospective randomized study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008 Dez;16(12):1080-1086.
- 44 Meredith RB, Vance KJ, Appleby D, Lubowitz JH. Outcome of single-bundle versus double-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament: a meta-analysis. *Am J Sports Med* 2008 Jul;36(7):1414-1421.
- 45 Aglietti P, Giron F, Cuomo P, Losco M, Mondanelli N. Single-and double-incision double-bundle ACL reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 2007 Jan;454:108-113.
- 46 Asagumo H, Kimura M, Kobayashi Y, Taki M, Takagishi K. Anatomic reconstruction of the anterior cruciate ligament using double-bundle hamstring tendons: surgical techniques, clinical outcomes, and complications. *Arthroscopy* 2007 Jun;23(6):602-609.
- 47 Järvelä T. Double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a prospective, randomized clinical study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2007 May;15(5):500-507.
- 48 Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S, Kurosaka M. Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res* 2007 Jan;454:100-107.
- 49 Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y, Tohyama H. Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: comparisons among 3 different procedures. *Arthroscopy* 2006 Mar;22(3):240-251.
- 50 Muneta T, Sekiya I, Yagishita K, Ogiuchi T, Yamamoto H, Shinomiya K. Two-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament using semitendinosus tendon with

- endobuttons: operative technique and preliminary results. *Arthroscopy* 1999 Sep;15(6):618-624.
- 51 Kubo T, Hara K, Suginoshita T, Shimizu C, Tsujihara T, Honda H, u. a. Anterior cruciate ligament reconstruction using the double bundle method. *J Orthop Surg (Hong Kong)* 2000 Dez;8(2):59-63.
- 52 Yagi M, Kuroda R, Hoshino Y et al (2006) Prospective-randomized comparison of single antero-medial, single posterolateral and anatomic ACL reconstruction. 12th ESSKA 2000 Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #32
- 53 Giron F, Aglietti P, Mondanelli N, Cuomo P (2006) Single versus double bundle techniques in ACL reconstruction using a DSTG graft. Preliminary results. Proceedings of the 5th Biennial ISAKOS Congress; 2005 Apr; Hollywood, Florida: Oral Presentation #56
- 54 Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Miyama T, Shiozaki Y, u. a. Single- versus bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endoButton femoral fixation: A prospective study. *Arthroscopy* 2001 Okt;17(8):801-807.
- 55 Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F et al (2006) Prospective randomized study of single plus lateral plasty versus double bundle ACL technique at minimum 3 years follow-up. Proceedings of the 12th ESSKA 2000 Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #37
- 56 Toritsuka Y, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Hamada M, Nakata K, u. a. Second-look arthroscopy of anterior cruciate ligament grafts with multistranded hamstring tendons. *Arthroscopy* 2004 Mar;20(3):287-293.
- 57 Giron F, Aglietti P, Cuomo P, Losco M, Mondanelli N (2006) Double-bundle ACL reconstruction: Single versus double incision. Proceedings of the 12th ESSKA 2000

- Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #43
- 58 Siebold R, Dehler C (2006) ACL reconstruction with hamstrings: prospective randomized comparison of “double-bundle” to “single-bundle” technique. Proceedings of the 12th ESSKA 2000 Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #45
- 59 Otsubo H, Nakamura N, Nakata K et al (2006) Arthroscopic evaluation of anatomic two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft. Proceedings of the 12th ESSKA 2000 Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #33
- 60 Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Kitamura N, Tanabe Y, Tohyama H, u. a. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy* 2004 Dez;20(10):1015-1025.
- 61 Ishibashi Y, Tsuda E, Tazawa K, Sato H, Toh S. Intraoperative evaluation of the anatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with the OrthoPilot navigation system. *Orthopedics* 2005 Okt;28(10 Suppl):s1277-1282.
- 62 Zhao J, Peng X, He Y, Wang J. Two-bundle anterior cruciate ligament reconstruction with eight-stranded hamstring tendons: four-tunnel technique. *Knee* 2006 Jan;13(1):36-41.
- 63 Hamada M, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Miyama T, Shiozaki Y, u. a. Single- versus bi-socket anterior cruciate ligament reconstruction using autogenous multiple-stranded hamstring tendons with endoButton femoral fixation: A prospective study. *Arthroscopy* 2001 Okt;17(8):801-807.
- 64 Toritsuka Y, Shino K, Horibe S, Mitsuoka T, Hamada M, Nakata K, u. a. Second-look arthroscopy of anterior cruciate ligament grafts with multistranded hamstring ten-

- dons. *Arthroscopy* 2004 Mar;20(3):287-293.
- 65 Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Kitamura N, Tanabe Y, Tohyama H, u. a. Anatomic reconstruction of the anteromedial and posterolateral bundles of the anterior cruciate ligament using hamstring tendon grafts. *Arthroscopy* 2004 Dez;20(10):1015-1025.
- 66 Marcacci M, Zaffagnini S, Iacono F et al (2006) Prospective randomized study of single plus lateral plasty versus double bundle ACL technique at minimum 3 years follow-up. Proceedings of the 12th ESSKA 2000 Congress; 2006 May; Innsbruck, Austria:Oral Presentation #37
- 67 Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T, Schmitt H. Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008 Mar;16(3):232-238.
- 68 Brophy RH, Wright RW, Matava MJ. Cost analysis of converting from single-bundle to double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2009 Apr;37(4):683-687.
- 69 Lohmander LS, Ostenberg A, Englund M, Roos H. High prevalence of knee osteoarthritis, pain, and functional limitations in female soccer players twelve years after anterior cruciate ligament injury. *Arthritis Rheum* 2004 Okt;50(10):3145-3152.
- 70 Barrett GR, Noojin FK, Hartzog CW, Nash CR. Reconstruction of the anterior cruciate ligament in females: A comparison of hamstring versus patellar tendon autograft. *Arthroscopy* 2002 Jan;18(1):46-54.
- 71 Feller JA, Webster KE. A randomized comparison of patellar tendon and hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2003 Aug;31(4):564-573.

- 72 Freedman KB, D'Amato MJ, Nedeff DD, Kaz A, Bach BR. Arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction: a metaanalysis comparing patellar tendon and hamstring tendon autografts. *Am J Sports Med* 2003 Feb;31(1):2-11.
- 73 Spindler KP, Kuhn JE, Freedman KB, Matthews CE, Dittus RS, Harrell FE. Anterior cruciate ligament reconstruction autograft choice: bone-tendon-bone versus hamstring: does it really matter? A systematic review. *Am J Sports Med* 2004 Dez;32(8):1986-1995.
- 74 Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, Irrgang JJ. Primary anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a preliminary 2-year prospective study. *Am J Sports Med* 2008 Jul;36(7):1263-1274.
- 75 Jahrbuch der Gesundheitsstatistik 2007. 2008 Dez [zitiert 2009 Jun 3]; Available from:
URL:http://www.statistik.at/web_de/dynamic/services/publikationen/4/publdetail?id=4&listid=4&detail=495
- 76 Anderson AF, Irrgang JJ, Kocher MS, Mann BJ, Harrast JJ. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: normative data. *Am J Sports Med* 2006 Jan;34(1):128-35.
- 77 Wirth VCJ, Zichner L. Orthopädie und orthopädische Chirurgie Knie. Stuttgart: Dieter Kohn; 2005.
- 78 Müller W, Biedert R, Hefti F, Jakob RP, Munzinger U, Stäubli HU. OAK knee evaluation. A new way to assess knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1988 Jul; (232):37-50.
- 79 Marshall JL, Fetto JF, Botero PM. Knee ligament injuries: a standardized evaluation method. *Clin Orthop Relat Res* 1977 Mar-Apr;(123):115-29.
- 80 Seto JL, Orofino AS, Morrissey MC, Medeiros JM, Mason WJ. Assessment of quadri-

- ceps/hamstring strength, knee ligament stability, functional and sports activity levels five years after anterior cruciate ligament reconstruction. 1988 Mar-Apr; *Am J Sports Med* 16(2):170-80.
- 81 Järvelä T, Kannus P, Latvala K, Järvinen M. Simple measurements in assessing muscle performance after an ACL reconstruction. *Int J Sports Med*. 2002 Apr;23(3):196-201.
- 82 Muneta T, Koga H, Mochizuki T, Ju Y, Hara K, Nimura A, u. a. A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy* 2007 Jun;23(6):618-28.
- 83 Gudas R, Smailys A, Vostrugina K, Tamosiūnas R, Simonaitis D, Kalesinskas RJ. [A prospective comparison of double- and single-bundle anterior cruciate ligament reconstructions]. *Medicina (Kaunas)* 2008;44(2):110-8.
- 84 Hefti F, Drobny T, Hackenbusch W, Kipfer WC, Holzach P, Jakob RP, et al. Evaluation of knee ligament injuries: the OAK and IKDC forms In: Jakob RP, Staubli H-U (eds). *The Knee and the Cruciate Ligament*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1990, p. 134-139
- 85 Romanes GJ. *Cunninghams textbook of anatomy*, 11th edn. Oxford Medical, London; 1972.
- 86 Mochida H, Kikuchi S. Injury to infrapatellar branch of saphenous nerve in arthroscopic knee surgery. *Clin Orthop Relat Res* 1995 Nov;(320):88-94.
- 87 Spicer DD, Blagg SE, Unwin AJ, Allum RL. Anterior knee symptoms after four-strand hamstring tendon anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2000;8(5):286-9.
- 88 Lane CG, Warren R, Pearle AD. The pivot shift. *J Am Acad Orthop Surg* 2008

- Dez;16(12):679-88.
- 89 Galway RD, Beaupre A, MacIntosh DL. Pivot shift: A clinical sign of symptomatic anterior cruciate ligament insufficiency. *J Bone Joint Surg Br* 1972 May;54-B:763-4.
- 90 Slocum DB, Larson RL. Rotatory instability of the knee. Its pathogenesis and a clinical test to demonstrate its presence. *J Bone Joint Surg Am* 1968 Mar;50(2):211-25.
- 91 Galway HR, MacIntosh DL. The lateral pivot shift: a symptom and sign of anterior cruciate ligament insufficiency. *Clin Orthop Relat Res* 1980 Mar-Apr;(147):45-50.
- 92 Losee RE, Johnson TR, Southwick WO. Anterior subluxation of the lateral tibial plateau. A diagnostic test and operative repair. *J Bone Joint Surg Am* 1978 Dez;60(8):1015-30.
- 93 Fetto JF, Marshall JL. Injury to the anterior cruciate ligament producing the pivot-shift sign. *J Bone Joint Surg Am* 1979 Jul;61(5):710-4.
- 94 Tamea CD, Henning CE. Pathomechanics of the pivot shift maneuver. An instant center analysis. *Am J Sports Med* 1981 Jan-Feb;9(1):31-7.
- 95 Losee RE. Concepts of the pivot shift. *Clin Orthop Relat Res* 1983 Jan-Feb;(172):45-51.
- 96 Jakob RP, Stäubli HU, Deland JT. Grading the pivot shift. Objective tests with implications for treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1987 Mar;69(2):294-9.
- 97 Bach BR, Warren RF, Wickiewicz TL. The pivot shift phenomenon: results and description of a modified clinical test for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med* 1988 Nov-Dez;16(6):571-6.
- 98 Matsumoto H. Mechanism of the pivot shift. *J Bone Joint Surg Br* 1990

Sep;72(5):816-21.

- 99 1.Noyes FR, Grood ES, Cummings JF, Wroble RR. An analysis of the pivot shift phenomenon. The knee motions and subluxations induced by different examiners. Am J Sports Med 1991 Mar-Apr;19(2):148-55.
- 100 Bull AMJ, Earnshaw PH, Smith A, Katchburian MV, Hassan ANA, Amis AA. Intraoperative measurement of knee kinematics in reconstruction of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Br 2002 Sep;84(7):1075-81.
- 101 Kubo S, Muratsu H, Yoshiya S, Mizuno K, Kurosaka M. Reliability and usefulness of a new in vivo measurement system of the pivot shift. Clin Orthop Relat Res 2007 Jan;454:4-8.
- 102 Daniel DM, Malcom LL, Losse G, Stone ML, Sachs R, Burks R. Instrumented measurement of anterior laxity of the knee. J Bone Joint Surg Am 1985 Juni;67(5):720-6.
- 103 Daniel DM, Stone ML, Sachs R, Malcom L. Instrumented measurement of anterior knee laxity in patients with acute anterior cruciate ligament disruption. Am J Sports Med 1985 Dez;13(6):401-407.
- 104 Anderson A, Bergfeld J, Boland A, Staubli H, Hefti F, Hoher J, et al. 2000-Revised Subjective Scoring. [zitiert 2009 Mai 7]. Available from:
URL:http://www.sportsmed.org/tabs/research/downloads/IKDC_2000-Revised_Subjective_Scoring.pdf
- 105 Fellingner M, Leithgöb O, Schatz B, Boldin C, Hartwagner W. Doppelbündeltechnik: anatomische Rekonstruktion des VKB. [zitiert 2009 Apr 5]. Available from:
URL:<http://www.universimed.com/stage/networkcenter.php?nw=4&cat=&table=article&view=article&id=12848>
- 106 Arneja S, Froese W, MacDonald P. Augmentation of femoral fixation in hamstring

anterior cruciate ligament reconstruction with a bioabsorbable bead: a prospective single-blind randomized clinical trial. Am J Sports Med 2004 Feb;32(1):159-163