

**Diplomarbeit**

**Ergebnisse nach Kreuzbandersatzplastik in  
Doppelbündeltechnik**

Eingereicht von Michael Weinberger

Zur Erlangung des akademischen Grades  
Doktor(in) der gesamten Heilkunde

**Dr. med. univ.**

An der medizinischen Universität Graz

Ausgearbeitet an der Abteilung für Unfallchirurgie

Unter der Anleitung von

**Dr. Paul Puchwein**

**PD Dr. Christian Boldin**

# Eidesstattliche Erklärung

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

**Graz am.....**

**Unterschrift**

## **Danksagung**

Hiermit möchte ich mich ganz besonders bei meinen Diplomarbeitsbetreuern Doz. Boldin und Ass. Dr. Puchwein bedanken, die mir immer mit sehr viel Geduld bei der Weiterführung dieser Arbeit geholfen haben. Vielen Dank.

Ebenfalls möchte ich mich beim radiologischen Team für die gute Zusammenarbeit bezüglich der Durchführung der MR- Untersuchungen bedanken.

Abschließend möchte ich noch meine Eltern und Geschwister erwähnen, die mich immer während meines gesamten Studiums unterstützt haben.

## **Widmung**

Ich möchte diese Gelegenheit nutzen und diese Arbeit meinem Vater widmen, der mich sehr intensiv während meines Studiums unterstützt hat, jedoch meinen Studienabschluss leider nicht mehr miterleben kann.

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Das vordere Kreuzband besteht aus einem anteromedialen, einem intermediären und einem posterolateralen Bündel. Um eine bessere Stabilität bezüglich Translation und Rotation zu erhalten, findet heute die vordere Kreuzband-(ACL-) Ersatzplastik in Doppelbündeltechnik, bei der der anteromediale und der posterolaterale Bandanteil rekonstruiert wird, gegenüber der Einbündeltechnik immer häufigere Anwendung.

**Ziel und Arbeitshypothese:** Ziel dieser Arbeit war es funktionelles Outcome, Stabilität und morphologische Verhältnisse bei Patienten, die eine Kreuzbandersatzplastik in Doppelbündel- Technik erhielten, zu untersuchen und unserer Ergebnisse mit Ergebnissen aus rezenten Studien zu vergleichen. Weiters sollte gezeigt werden, dass eine ACL-Ersatzplastik sich protektiv bezüglich einer Chondropathie im Kniegelenk auswirkt.

**Methoden:** In dieser retrospektiven klinischen monozentrischen Studie wurden unsere Resultate des subjektiven IKDC- Scores, KT 1000- Tests und der MR-Untersuchung bei 14 Patienten auf statistische Zusammenhänge untersucht und mit Daten aus bereits bestehender Literatur verglichen. Eingeschlossen wurden Patienten, die vor mehr als 24 Monaten eine ACL-Ersatzplastik an unserer Klinik in double-bundle-Technik erhielten. Signifikanzberechnungen wurden mittels Two- sample- student- T- test und Berechnungen an numerischen Datenreihen mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson durchgeführt.

**Ergebnisse:** Bei der Datenauswertung konnte ein mittlerer IKDC- Score von 89,97% ( $\pm 7,12$ ) und eine mittlere Seitendifferenz bei Maximalkraft von 1,57 Millimeter ( $\pm 1,45$ ) errechnet werden, wobei 10 Patienten akzeptable Unterschiede von höchstens zwei Millimeter zur gesunden Seite aufwiesen. Bei der Auswertung der MR-Bilder zeigte sich bei 7 Patienten eine Schädigung der Gelenksknorpel, wobei es lateral in 73% und medial in 64% zu keiner Verschlechterung der präoperativen Knorpelsituation kam. Weiters konnte ein statistisch signifikanter indirekt proportionaler Zusammenhang ( $p=0,0316$ ; Korrelationskoeffizient: 0,5958) zwischen Dicke des anteromedialen Bündels und der Seitendifferenz bei Maximalkraft gefunden werden.

**Diskussion und Zusammenfassung:** Zahlreiche Studien belegen signifikant bessere Ergebnisse im KT 1000- Test für die double-bundle-Technik. Unsere

Studienergebnisse unterschieden sich kaum von Ergebnissen in rezenten anderen Studien und bestätigen damit eine gute Qualität unserer double-bundle ACL-Plastiken. Der Zusammenhang zwischen Bündeldicke und Seitendifferenz bei Maximalkraft könnte als „Zeichen des Transplantat- Versagens“ gewertet werden. In unseren Ergebnissen zeigte sich in der Mehrzahl der Fälle eine stationäre Chondropathie - somit bestätigt sich die postulierte gelenkprotektive Wirkung durch ACL-Repair.

**Keywords:** ACL- Ruptur, double- bundle, single- bundle, KT 1000, subjektiver IKDC-Score

## Abstract

**Background:** The anterior cruciate ligament (ACL) consists of an anteromedial (AM), an intermediate and a posterolateral (PCL) ligament-bundle. Achieving more stability concerning translation and rotation of the knee, the ACL- Repair using the double-bundle-technique is becoming increasingly popular.

**Purpose and hypothesis:** Purpose of this study was to investigate functional outcome, morphological findings and stability of patients treated with double-bundle ACL-repair. The study results were compared with recent literature. Investigating the status of the cartilage we wanted to show the protective effect of ACL-repair concerning osteoarthritis.

**Methods:** In this retrospective monocentric clinical study, we examined 14 patients that were previously treated with ACL-DB-Repair more than 2 years ago using IKDC-score, the KT 1000 test and an MRI of the knee. Two-sample-student-t-test and Pearson correlation coefficient were used for statistical analysis. The results were compared to recent literature.

**Results:** We found a mean IKDC-score of 89,97% ( $\pm 7,12$ ) and a mean side to side difference at maximum force of 1,57 millimetre ( $\pm 1,45$ ). Ten patients had acceptable side to side differences of not more than two millimetres for Lachmann test at maximum force. In the MRI-checkups we detected a chondropathy in seven patients, but we found no deterioration of the cartilage in 73% (lateral compartment) and 64% (medial compartment). A statistically significant inverse relation ( $p=0,0316$ , correlation coefficient: 0,5958) between the thickness of the anteromedial bundle in MRI and the side to side difference at maximal force was found.

**Discussion and Conclusion:** A lot of studies are showing significant for double-bundle-ACL-repair in KT-1000 testing in comparison to single bundle techniques. Our results did not differ significantly from those found in recent literature and confirm a good quality of ACL-double-bundle-repair in our institution. The relation between the thickness of the anteromedial bundle and the side to side difference at maximal force could be seen as a "sign of transplant- failure". The lack of a deterioration of the cartilage in the majority of our patients might be explained by a protective effect of the ACL-Repair.

**Key- words:** ACL- rupture, double- bundle, single- bundle, KT 1000, subjective IKDC-  
score

# Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>3</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>5</b>
<b>Inhaltsverzeichnis</b> .....	<b>7</b>
<b>1. Einleitung</b>	
<b>1.1. Allgemeines über Gelenke</b> .....	<b>10</b>
<b>1.2. Anatomie des Kniegelenk</b> .....	<b>11</b>
1.2.1. knöcherner Bestandteile .....	13
1.2.2. Menisci.....	15
1.2.3. Bänder .....	16
1.2.4. Mechanik des Kniegelenks .....	18
<b>1.3. Verletzungen des vorderen Kreuzbandes</b> .....	<b>20</b>
1.3.1. Ätiopathogenese .....	20
1.3.2. Diagnostik.....	20
1.3.3. Bildgebung .....	21
1.3.4. Entstehung von Chondropathien nach Kreuzbandverletzungen .....	22
1.3.4.1. Definition .....	22
1.3.4.2. Gradeinteilung nach Outerbridge .....	22
<b>1.4. Therapiemöglichkeiten einer ACL- Ruptur</b> .....	<b>22</b>
1.4.1. konservative Therapie einer ACL- Ruptur .....	22
1.4.2. operative Therapie einer ACL- Ruptur .....	23
1.4.2.1. Allgemeine Beschreibung .....	23
1.4.2.2. Möglichkeiten einer ACL- Rekonstruktion .....	23
1.4.2.2.1. Kreuzbandersatzplastik in Einzelbündeltechnik.....	23
1.4.2.2.2. Kreuzbandersatzplastik in Doppelbündeltechnik.....	24
1.4.2.3. Operationszeitpunkt .....	24
1.4.2.4. Bedeutung der ligamentären Fixierung mittels Bioabsorbtionsschrauben .....	25

## **2. Patientenkollektiv und Methoden**

<b>2.1. Patientenkollektiv .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2. Methoden .....</b>	<b>29</b>
Patientenuntersuchungen .....	29
2.2.1.. Errechnen des IKDC- Scores mittels Fragebogens.....	29
2.2.2. Durchführung einer klinischen Untersuchung mit dem KT- 1000- Arthrometer .....	32
2.2.3. radiologische Untersuchung .....	33
Datenauswertung .....	37
Vergleiche der Ergebnisse mit bestehender Literatur.....	37

## **3. Ergebnisse**

<b>3.1. Lokalisation der Bandruptur .....</b>	<b>38</b>
<b>3.2. Ergebnisse nach IKDC- Score .....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. Ergebnisse nach KT- 1000- Test .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. radiologische Ergebnisse .....</b>	<b>41</b>
3.4.1. Anzahl intakter Transplantate .....	41
3.4.2. maximale Durchmesser der Transplantate.....	42
3.4.3. Abmessung der frontalen Winkel beider Transplantate.....	43
3.4.4. Beurteilung der Ausprägung von Chondropathien .....	44
3.4.5. Statistische Auffälligkeiten zwischen den Ergebnissen des KT 1000- Test und der MR- Untersuchung .....	46
<b>3.5. Zusammenhänge zwischen Alter, BMI, Aktivitätslevel     und den Testergebnissen .....</b>	<b>47</b>

## **4. Diskussion..... 48**

## **5. Conclusio..... 56**

## **6. Tabellenverzeichnis ..... 58**

<b>7. Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>59</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>60</b>

# 1. Einleitung

In den letzten Jahren ist es wie in vielen anderen Bereichen der Medizin auch in Bezug auf Ersatzplastiken der Kreuzbänder zur inflationären Entwicklung von verschiedenen Operationstechniken gekommen. Nicht nur die Art des Transplantates und dessen Fixierung, sondern auch die Anzahl der Transplantate ist Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Untersuchungen. Ziel dieser Diplomarbeit war es, Patienten, die vor mehr als 24 Monaten an der unfallchirurgischen Universitätsklinik der Medizinischen Universität Graz eine Kreuzbandersatzplastik in Doppel-Bündel-Technik erhielten, retrospektiv zu evaluieren. Besonderes Interesse galt nicht nur der objektivierbaren Stabilität, sondern auch der Patientenzufriedenheit und „Alltagstauglichkeit“ der implantierten Neo-Kreuzbänder. Unterstützt durch ein hochauflösendes MRT wollten wir zudem die Frage klären, ob der Kreuzbandersatz bei unseren Patienten eine knorpelprotektive Wirkung zeigte und die meist schon vorhandene Gonarthrose zumindest stationär war.

## 1.1. Allgemeines über Gelenke

Gelenke als eine „mechanische Funktionseinheit“ weisen folgende Strukturen auf:

- Knochen, die mit hyalinem- bzw. mit Faserknorpel überzogen sind,
- Gelenkspalt, der mit Synovialflüssigkeit gefüllt ist (bei manchen Gelenken befindet sich in diesem ein Discus oder ein Meniscus),
- Gelenkkapsel, bestehend aus der lamina synovialis und der fibrosa,
- Bänder.[1]

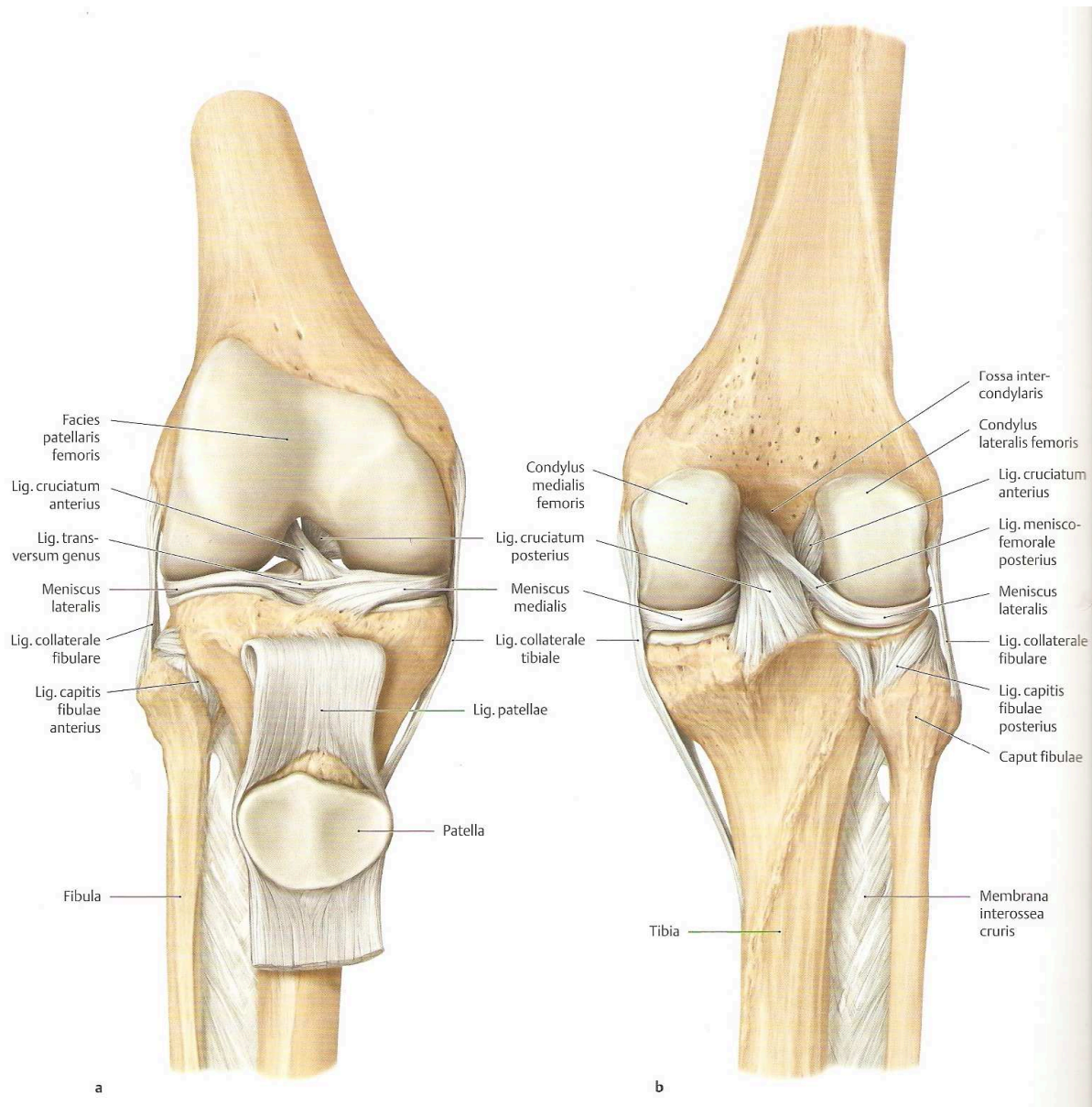
Diese Einheit, im Zusammenspiel der Muskeln und Sehnen, gilt als „Voraussetzung für einen exakten Bewegungsablauf“. [1]

Das Behandlungsziel bei Gelenksverletzungen ist eine „frühzeitige Wiederherstellung“ der Gelenksfunktion, „um Folgeschäden, wie z. B. Knorpelschäden, Meniskusläsionen, usw., zu verhindern“. [1]

## **1.2. Anatomie des Kniegelenks**

Das Kniegelenk (siehe Abb. 1) ist die artikulierende Schnittstelle zwischen Oberschenkel und Unterschenkel und wird anatomisch in eine Regio genus anterior und eine Regio genus posterior eingeteilt.

Die obere Grenze des Gelenks liegt etwas oberhalb der Basis der Patella, die untere Grenze liegt im Bereich der Tuberositas tibiae. [3]



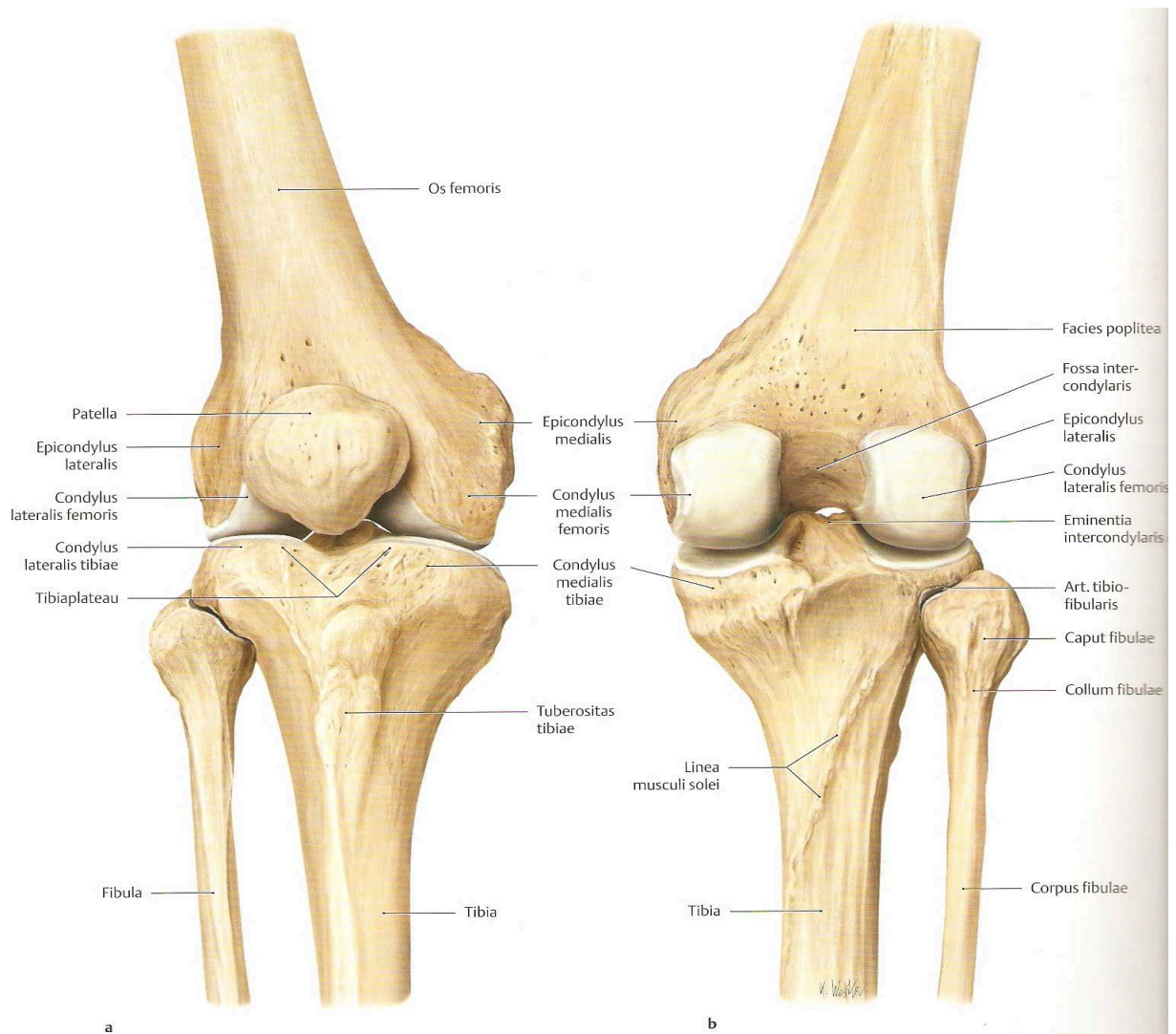
**Abb. 1.:** Übersicht eines rechten Kniegelenks mit Bändern  
**a)** von ventral (Patella und Ligamentum patellae aufgeklappt)  
**b)** von dorsal

# Articulatio genus

## 1.2.1. knöcherne Bestandteile

Das Kniegelenk ist ein zusammengesetztes Gelenk und wird gebildet aus 3 Knochen:

- distaler Femur
- proximale Tibia (Caput tibiae)
- Patella. [2] (siehe Abb. 2)



**Abb. 2.:** Knochen eines rechten Kniegelenks

**a)** von ventral

**b)** von dorsal

Am distalen Femur befinden sich 2 konvex gekrümmte Rollen, Condylus medialis und lateralis, zwischen welchen sich die Fossa intercondylaris nach hinten erstreckt. Nach vorne laufen die Condylen zusammen, und bilden die Gleitfläche für die Kniescheibe, die Facies patellaris. Proximal dieser Rollen befindet sich der mediale und laterale Epicondyl, an denen die Seitenbänder und der M. Popliteus ansetzen. [11]

Das Caput tibiae besitzt ebenfalls einen Condylus medialis und lateralis, welche jedoch eine konkave Krümmung besitzen. Dazwischen befindet sich die Eminentia intercondylaris, mit einem Tuberculum intercondylare mediale und einem Tuberculum intercondylare laterale.

Davor und dahinter liegt die Area intercondylaris anterior und posterior. [11]

Die Kniescheibe (Patella) ist ein eher flacher Knochen mit einer proximal gelegenen Basis und einem distal gerichtetem Apex, deren überknorpelte Rückfläche (Facies articularis patellae) an der Facies patellaris femoris gleitet. [11]

Anhand dieser Knochen wird die Articulatio Genus in 2 Gelenke eingeteilt: [3]

- 1) Articulatio femorotibialis
- 2) Articulatio femoropatellaris

Die Articulationsflächen der Articulatio femorotibialis werden einerseits von den bikonvexen Femurcondylen, andererseits von der konkaven Facies articularis superior tibiae gebildet, welche untereinander eine deutliche Inkongruenz aufweisen.

Ausgeglichen wird diese durch die Menisci, welche keilförmig im Gelenk liegen.

Die Articulationsflächen der Articulatio femoropatellaris werden gebildet von der Facies articularis patellaris ossis femoris und von der facies articularis patellae. [3]

## 1.2.2. Menisci

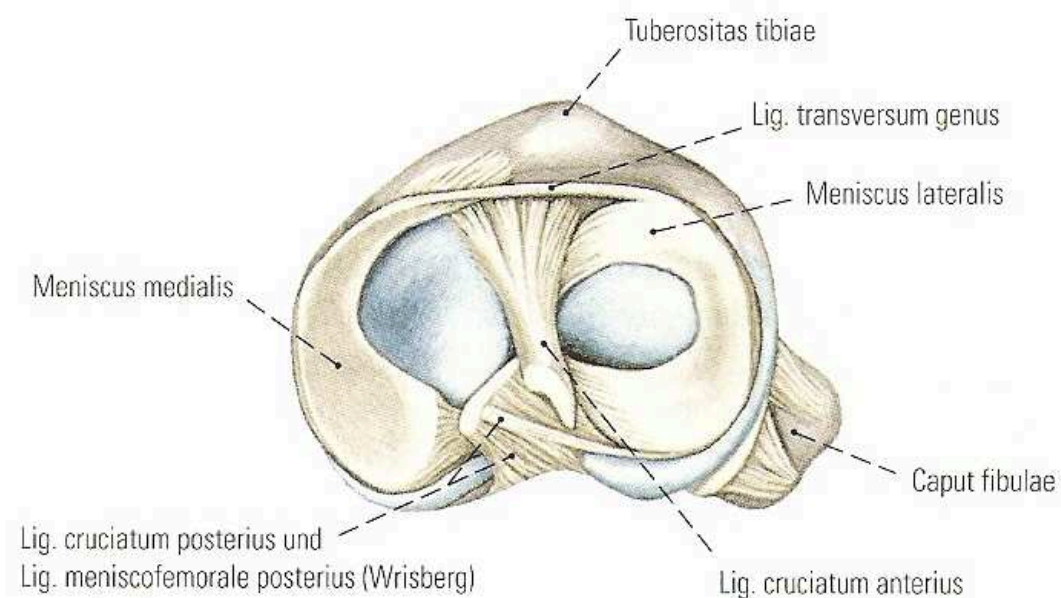
Die aus Faserknorpel bestehenden Menisci, jeweils mit einem Vorder- und einem Hinterhorn, sind keilförmig zwischen Femur und Tibia eingelagert und gleiten auf dem Tibiakopf (siehe Abbildung 3).

### 1. Meniscus medialis:

Dieser besitzt die Form einer Sichel, dessen Vorderhorn im Bereich der Area intercondylaris anterior und dessen Hinterhorn im Bereich der Area intercondylaris posterior befestigt ist.

### 2. Meniscus lateralis:

Dieser ist im Regelfall von zirkulärer Gestalt und setzt sowohl mit seinem Vorderhorn als auch mit seinem Hinterhorn nahe bei einander im Bereich der Eminentia intercondylaris tibiae an. [2,3,4]



**Abb.3.:** Sicht auf die proximale Tibia eines rechten Kniegelenks von oben. Dargestellt sind beide Menisci und Kreuzbänder.

Die Vorderhörner beider Menisci können variabel durch ein Ligamentum transversum genus verbunden sein. Die lateralen Anteile sind an ihrer Basis bis zum Recessus subpopliteus, ein Schleimbeutel, der zwischen Lamina synovialis und Ursprungssehne des Musculus popliteus gelegen ist, mit der Gelenkkapsel verbunden. Die hinteren Anteile ragen in die Gelenkhöhle hinein. [2,3,4]

### **Blutversorgung und Innervation der Menisci**

Die Blutversorgung erfolgt unter anderem über Blutgefäße aus der Arteria media genus (ein Ast aus der A. poplitea) bis in das mittlere Drittel der Menisci.

Der zentrale Anteil der Menisci besitzt keinerlei Blutgefäße und wird vorwiegend durch die Synovialflüssigkeit, welche aus der Lamina synovialis der Gelenkkapsel gebildet wird, ernährt.

Die Innervation erfolgt ausschließlich über sensible Nervenfasern, die im Bindegewebe der Menisci lokalisiert sind. [2,3]

### **Funktion der Menisci**

Die Menisci dienen zum Ausgleich der Inkongruenzen zwischen Femurcondylen und Tibiaplateau. Außerdem setzen sie den Gelenkflächendruck herab, indem sie die Druckübertragungsflächen vergrößern. [2]

## **1.2.3. Bänder**

Im Kniegelenk gibt es zahlreiche Bänder, die das Gelenk stabilisieren und damit ein sicheres und stabiles Stehen und Gehen ermöglichen.

Dazu gehören [2]:

- Ligamentum collaterale tibiae:  
Dieses Band entspringt am Epicondylus medialis femoris und setzt an der Facies medialis tibiae an. Es dient der Stabilisierung des medialen Kniegelenks
- Ligamentum collaterale fibulare:  
Es entspringt vom Epicondylus lateralis femoris und setzt am Caput fibulae an. Es stabilisiert das laterale Kniegelenk.

- Ligamentum popliteum arcuatum:  
Verstärkt die Hinterwand der Kapsel
- Retinaculum patellae longitudinale et transversale:  
Zentrierung und Führung der Patella, Verstärkung der Kapsel
- Ligamenta cruciata:  
Die Kreuzbänder werden unterteilt in ein vorderes (Ligamentum cruciatum anterius) und in ein hinteres Kreuzband (Ligamentum cruciatum posterius):

➤ Ligamentum cruciatum anterius (ACL):

Das vordere Kreuzband entspringt an der Area intercondylaris anterior tibiae und setzt an der hinteren Innenfläche des Condylus lateralis femoris an.

Es ist in sich verdreht und besteht aus 3 Bündel: anteromediales  
intermediäres und  
posterolaterales Bündel.

➤ Ligamentum cruciatum posterius (PCL):

Es entspringt an der Area intercondylaris posterior tibiae und zieht an die Innenfläche des medialen Femurcondyls.

Es besteht aus 2 Bündel: anterolaterales und  
posteromediales Bündel.

Beide Bänder werden von der Gelenkskapsel eingeschlossen, sind aber dennoch extraartikulär gelegen. [2]

## **Funktion**

Die Kreuzbänder dienen der Stabilisierung und Sicherung des Kniegelenks, besonders bei der Beugung. Vor allem das vordere Kreuzband verhindert hierbei, dass die Femurcondylen nach hinten aus der Pfanne gleiten können.

Bei der Rotation des Unterschenkels nach innen werden die beiden Kreuzbänder umeinander gewickelt.

Ober- und Unterschenkelknochen können bei intakten Bändern nur in geringem Umfang sagittal gegeneinander verschoben werden, erst Zerreißungen der Bänder

ermöglichen sogenannte Schubladenbewegungen in deutlichem Umfang (mehr als drei bis vier Millimeter): die vordere Schublade bei Ruptur des vorderen Kreuzbandes, die hintere Schublade bei Ruptur des hinteren Kreuzbandes. [2,12,13, 20]

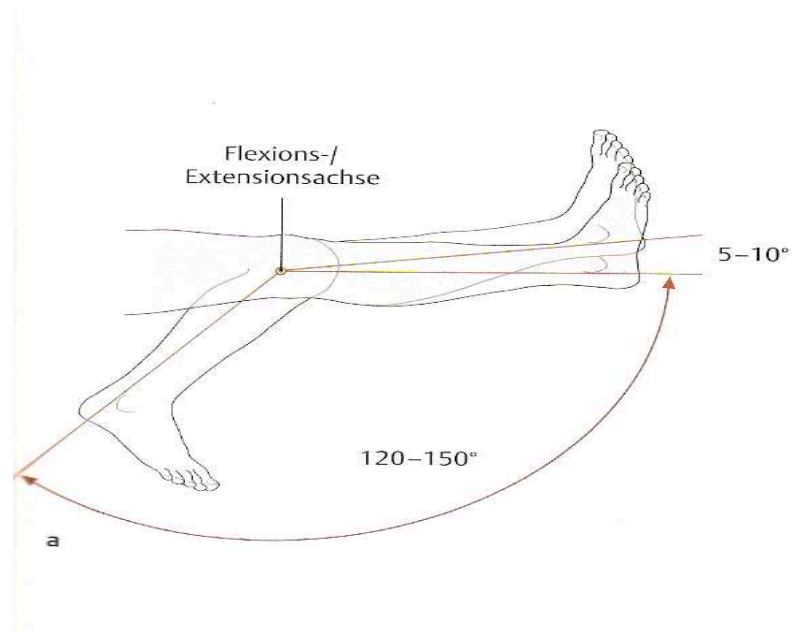
## **1.2.4. Mechanik des Kniegelenks**

### **Bewegungsmöglichkeiten**

Da man beim Knie von einem Scharniergelenk spricht, ist eine Bewegung im Sinne einer Flexion und Extension um eine Transversalachse möglich (siehe Abb.4.):

Aktiv kann bis zu einem Winkel von ca. 120° gebeugt werden (aufgrund der Weichteilhemmung), passiv kann ein Winkel bis zu 160° erreicht werden.

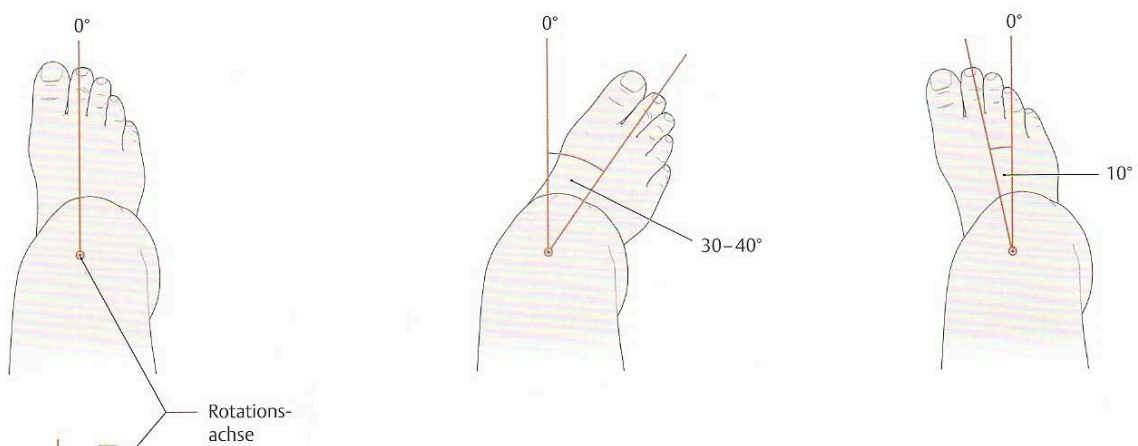
Eine Streckung ist nur bis ca. 5- 10° möglich, wobei es hier auch, aufgrund des gestreckten vorderen Kreuzbandes und der Form der Gelenkkörper, zur sogenannten Schlussrotation, einer Außenrotation der Tibia, von bis zu 10° kommt. [2,4]



**Abb.4.:** Flexion und Extension des Kniegelenks um eine transversale Achse

Neben der Flexion und der Extension besteht auch die Möglichkeit einer Innen- und Außenrotation um eine Longitudinalachse (siehe Abb.5.), welche nur bei Beugung des Unterschenkels möglich sind, da nur in dieser Stellung alle Bänder entspannt sind.

Innenrotation: ca. 10°, Außenrotation: ca. 40° [2,4]



**Abb.5.:** Innen- und Außenrotation des Kniegelenks um eine Longitudinalachse

## **1.3. Verletzungen des vorderen Kreuzbandes**

### **1.3.1. Ätiopathogenese**

Ursachen für eine Ruptur des vorderen Kreuzbandes sind meist Beschleunigungen oder Rotationen im Kniegelenk, meist bei am Boden fixierten Fuß.

Häufig werden diese Verletzungen bei Fußballern oder Skifahrern beobachtet.

Nicht selten können dabei auch das mediale Seitenband und der Innenmeniscus verletzt sein. [5]

### **1.3.2. Diagnostik**

Anamnestisch verspürt der Patient zum Zeitpunkt des Unfalls Schmerzen im betroffenen Kniegelenk, seine Gehfähigkeit wird dadurch zunehmend eingeschränkt.

Aufgrund der guten Durchblutung des Ligaments entwickelt sich bei einer kompletten Ruptur rasch eine Einblutung in das Gelenk, was man als Hämarthros bezeichnet.

Das Knie wird zunehmend geschwollen.

Bei nicht operativ therapierter Verletzung kann sich nach Wochen bzw. Monaten (wenn das Gelenk wieder voll belastet wird) eine Instabilität entwickeln, die vom Patienten als „Umknickereignis“ („giving way“ Attacke) beschrieben wird und häufig im Dunkeln oder auf unebenem Boden auftritt, da in diesem Fall die Instabilität von der Muskulatur erschwert kompensiert werden kann.

### **Klinische Funktionstests zur Überprüfung der ACL-Stabilität**

#### ***Schubladenzeichen***

Bei der Prüfung des vorderen Schubladenzeichens wird der Patient liegend mit 90° flektiertem Kniegelenk untersucht, wobei sich der Tibiakopf unter den Femurkondylen, ähnlich einer „Schublade“, nach vorne verschieben lässt. Eine vermehrte Verschiebung gegenüber dem Seitenvergleich wird als „vordere Schublade“ bezeichnet und je nach Instabilität von 1+(<5mm), 2+(<10mm) und 3+(>10mm) klassifiziert. [5, 31]

### ***Lachmantest***

Eine Überprüfung des Schubladenzeichens in 10-20° gebeugtem Kniegelenk bezeichnet man als „Lachmann- Test“.[5] Neben dem Instabilitätsgrad (1+ bis 3+) wird zusätzlich die Qualität des Bandanschlages (z.B.fest) beurteilt.[31]

### ***Pivot-Shift-Test***

Beim Pivot- Shift- Test wird das Kniegelenk zunächst in Streckung durch Valgusstress und Innenrotation subluxiert. Bei der anschließenden Beugung um ca. 30° erfolgt das Zurückschnappen der Tibia in ihre normale Position bei sich änderndem Drehpunkt (Pivot). [5]

Bei einer akuten Verletzung ist das Schubladenzeichen meist negativ, das Lachmann-Zeichen meistens positiv.

Bei chronischen Schäden sind meist beide positiv. [5]

### **1.3.3. Bildgebung**

Röntgenaufnahmen in 2 Ebenen werden nur zum Ausschluss ossärer Läsionen, wie z. B. einem knöchernem Bandausriss, durchgeführt, über den ligamentären Zustand geben sie jedoch keine Aufschlüsse. [5]

Mit der Kernspintomographie, in der die Kreuzbänder sehr gut sichtbar sind, lässt sich eine Kreuzbandruptur meist sicher diagnostizieren. [16] Typische Hinweise im MRT für eine komplette Bandruptur sind neben der Kontinuitätsunterbrechung des ACL auch ein typischer bogenförmiger Verlauf des PCL sowie unserer Erfahrung nach meist auch eine „Pivotmarke“ im Sinne eines Knochenmarksödems am hinteren Tibiaplateau als Zeichen der kurzfristigen „Subluxations“-Stellung während des Traumas.

### **1.3.4. Einteilung von Chondropathien**

#### **1.3.4.1. Definition**

Unter Chondropathie versteht man eine degenerative Erkrankung eines Knorpels, meist verursacht durch mechanische Schädigung. [19]

#### **1.3.4.2. Gradeinteilung der Chondropathie nach Outerbridge**

Danach wird eine Chondropathie in 4 Grade unterteilt [18,29]:

- 1. Grad:** Knorpelerweichung
- 2. Grad:** Knorpelauffaserung
- 3. Grad:** Knorpelläsion bis 50% der Knorpeldicke
- 4. Grad:** Knorpelulcus mit Heranreichen bis an Knorpelgrundlamellen

### **1.4. Therapiemöglichkeiten einer ACL- Ruptur**

Bei einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes werden grundsätzlich zwei Therapiemöglichkeiten unterschieden:

- 1) konservative Therapie
- 2) operative Therapie [16]

#### **1.4.1. konservative Therapie einer ACL- Ruptur**

Die konservative Therapie beinhaltet vor allem das Ausüben einer regelmäßigen Krankengymnastik, mit dem Ziel, die Beinmuskulatur zu stärken, damit diese die Aufgabe des gerissenen Kreuzbandes übernehmen kann.

Additiv kann der Patient mit passiven physikalischen Maßnahmen wie Elektro- oder Ultraschalltherapie, Kryotherapie, Iontophorese und Massagen behandelt werden [16]. Medikamentös kann der Patient vorzugsweise mit antiphlogistischen Analgetika behandelt werden um rasches Abschwellen und Schmerzreduktion zu erreichen.

In gewissen Fällen kann es aber auch zu einer Bildung einer stabilen Narbe kommen, was als „Wittek- Heilung“ bezeichnet wird. [27]

## **1.4.2. Operative Versorgung einer ACL- Ruptur**

Eine vordere Kreuzbandruptur wird vor allem bei körperlich aktiven Patienten rekonstruiert. [5]

### **1.4.2.1. Allgemeine Beschreibung**

Die Rekonstruktion ist ein arthroskopischer Eingriff, bei dem meist autologe (körpereigene) Transplantate verwendet werden, wie z. B. die Semitendinosussehne, Gracilissehne oder das mittlere Drittel der Patellasehne.

Homologe (menschliche, aber körperfremde) Transplantate sind heute selten und dann meist bei Revisionseingriffen in Verwendung, artifizielle Bänder (z. B. LARS-Band) werden sehr kontrovers diskutiert.

Das „Neoligament“ wird über anatomisch ausgerichtete Bohrkanäle in Femur und Tibia eingebracht, in diesen Knochen verankert und mit Schrauben, Dübeln oder Nähten fixiert.

Besonders wichtig bei diesem Eingriff ist, dass sich die Länge des Bandes während der Beugung und Streckung nicht verändert, damit es zu keiner Bandinsuffizienz kommt.

Mögliche Begleitverletzungen der Menisci werden meist in der gleichen Sitzung erhaltend oder resektiv mitversorgt. [5]

### **1.4.2.2. Möglichkeiten einer ACL- Rekonstruktion**

#### **1.4.2.2.1. Kreuzbandersatzplastik in Einbündeltechnik (single bundle):**

Bei dieser Methode werden die Semitendinosussehne bzw. die Gracilissehne durch einen ca. zwei bis drei Zentimeter langen Schnitt medial von der Tuberositas tibiae entnommen und im Regelfall vierfach gefaltet, sodass aus der ca. 30 cm langen Sehne ein ca. sieben cm langes Band entsteht (semitendinosus only). Es können aber auch beiden Sehnen gemeinsam für die Rekostruktion verwendet werden können. [6,7]

Anschließend werden mit einem Bohrer jeweils 1 Knochenkanal in Femur und Tibia eingepohrt. Dabei müssen diese so angelegt werden, dass das neue Band in anatomisch exakter Position zum Liegen kommt. [5]

Durch diese Kanäle wird das Transplantat gezogen und mittels Schrauben fixiert, wobei meistens für den Oberschenkel „Endobuttons“ oder Interferenzschrauben und für den Unterschenkel nur Interferenzschrauben verwendet werden. [6,7]

#### **1.4.2.2. Kreuzbandersatzplastik in Doppelbündeltechnik (double bundle)**

Wie bereits im Kapitel „Anatomie des Kniegelenks“ erwähnt, besteht das vordere Kreuzband aus einem anteromedialen, einem intermediären und einem posterolateralen Anteil. [2]

Anhand von mehreren biomechanischen Studien wurde diese Operationsmethode zur Wiederherstellung des vorderen Kreuzbandes eingeführt, um eine bessere Stabilität im Kniegelenk zu erhalten, besonders in Hinsicht auf die Rotation. [10]

Dabei wird, im Gegensatz zum Einbündelverfahren, bei dem nur der anteromediale Bandanteil transplantiert wird, sowohl der anteromediale (für Stabilität in der Translation) als auch der posterolaterale (für Stabilität in der Rotation) Faserzug rekonstruiert.

Hierfür werden ebenfalls die Sehnen des Musculus semitendinosus und die des Musculus gracilis verwendet und gedoppelt.

An Femur und Tibia werden mittels Bohrer jeweils zwei Kanäle eingebohrt, bei denen auch hier auf eine exakte anatomische Lage in Bezug auf das neue Band zu achten ist, um keine Insuffizienz oder Impingement zu erhalten.

Durch die Kanäle werden die einzelnen Komponenten eingezogen, exakt platziert und mittels Schrauben fixiert, wofür auch hier meist Endobuttons und Bioabsorbtionsschrauben verwendet werden. [7]

#### **1.4.2.3. Operationszeitpunkt**

Grundsätzlich sollte eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes „bei reizlosem, schmerzfreiem, und frei beweglichem Knie“ durchgeführt werden, da andernfalls das Risiko einer postoperativen Arthrofibrose (Versteifung des Kniegelenks) deutlich erhöht wäre.

Somit ist der ideale Zeitpunkt derartiger Operationen entweder 24 bis maximal 48 Stunden nach Ruptur oder aber frühestens ca. 4 bis 8 Wochen nach dem Trauma gegeben. [6]

#### **1.4.2.4. Bedeutung der ligamentären Fixierung mittels Bioabsorbtionsschrauben**

Da früher, bei der Verwendung von metallischen Interferenzschrauben, häufig Reizungen des Transplantates, Probleme während einer möglichen Revision, oder Artefakte bei MRT- Untersuchungen aufgetreten sind, werden heute standardmäßig bioresorbierbare Interferenzschrauben bei der Transplantation von Kreuzbändern verwendet. [9]

Es gibt zahlreiche Schrauben, die aus den unterschiedlichsten Materialien zusammengesetzt sind und unterschiedliche Vor- und Nachteile besitzen:

Polylactid- Schrauben, zum Beispiel, werden nur teilweise resorbiert (30- 35%), in 16% der Fälle können Osteolysen und in 5- 10 % können sterile Cysten beobachtet werden. [9]

Frosch et al. veröffentlichte 2009 eine Studie über eine neue Schraube, die bioresorbierbare MilagroTM- Interferenzschraube (siehe Abb. 6.), die ihren Vorgängern in puncto Nebenwirkungen überlegen sein soll:

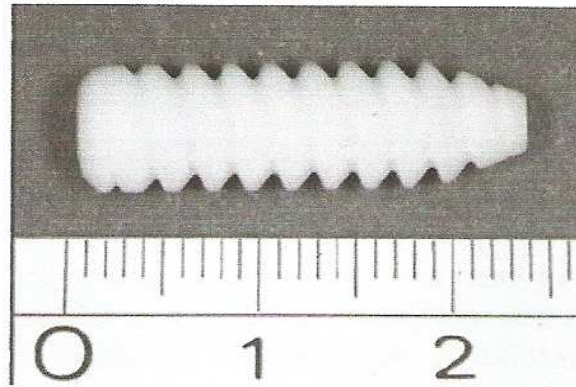
Dabei wurden 12 randomisiert ausgewählte Patienten (aus einem Gesamtkollektiv von 38), die im Rahmen ihrer ACL- Rekonstruktion diese Schraube implantiert bekommen hatten, im 3., 6, und 12. Monat post OP mittels MRT untersucht.

Ergebnis dieser Studie:

Während der gesamten Untersuchung konnten keine Ödeme oder Zeichen einer Entzündung im Bereich der Knochenkanäle, in denen die Schrauben platziert wurden, gefunden werden. Nach 6 Monaten begannen sich die Schrauben aufzulösen, und nach 12 Monaten konnten nur mehr Überreste davon entdeckt werden.

Während der Resorption findet bereits ein Knocheneinwuchs in den Kanal statt.

Darüber hinaus gilt diese Schraube als sehr gut verträglich. [9]



**Abb. 6.:** bioresorbierbare Milagro™- Interferenzschraube

## **2. Patientenkollektiv und Methoden**

### **2.1. Patientenkollektiv**

Untersucht wurden Patienten und Patientinnen, deren Kreuzbandoperation mittels „double- bundle- Technik“ bereits mehr als 2 Jahren zurück lag.

Für die Studie kamen 36 Patienten und Patientinnen in Frage, die zwischen 2007 und 2009 an der Abteilung für Unfallchirurgie des LKH Graz erfolgreich am vorderen Kreuzband operiert wurden.

Diese 36 Patienten wurden telefonisch kontaktiert, und zu einer Nachuntersuchung an das LKH- Graz, Abteilung für Unfallchirurgie eingeladen.

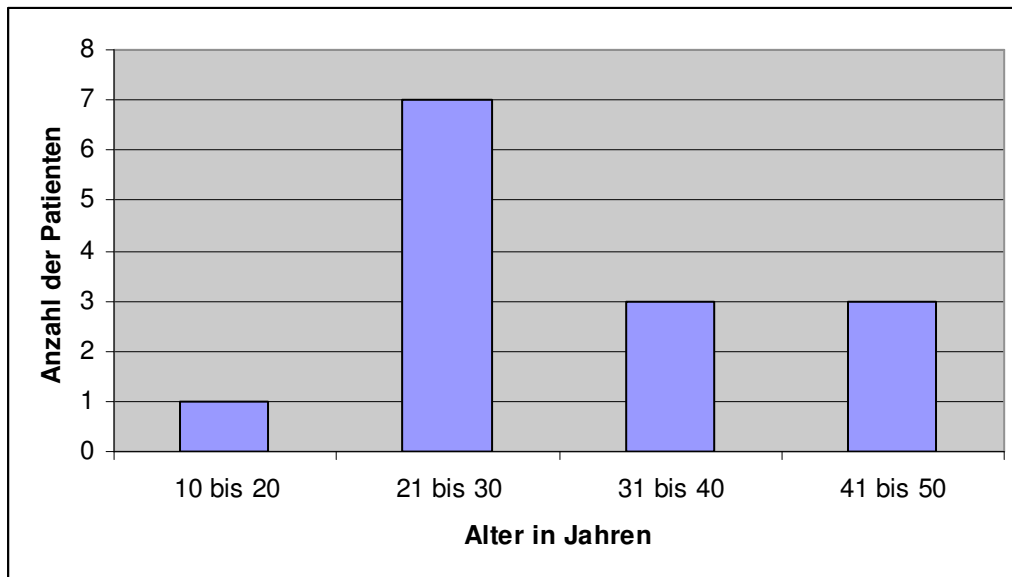
Davon nahmen 14 Patienten und Patientinnen (38,9%) an der Studie teil.

Darunter befanden sich 12 Männer (86%) und 2 Frauen (14%).

22 Patienten (61,1%) zeigten entweder an der Teilnahme kein Interesse, oder konnten telefonisch nicht mehr erreicht werden.

### ➤ **Altersverteilung der Studienteilnehmer:**

Das mittlere Lebensalter der Patienten betrug 31,6 Jahre (Standardabweichung  $\pm 8,32$ ), wobei der jüngste Patient 19 und der älteste 47 Jahre alt war. (siehe Abb. 7.)



**Abb. 7.:** Altersverteilung der Studienteilnehmer

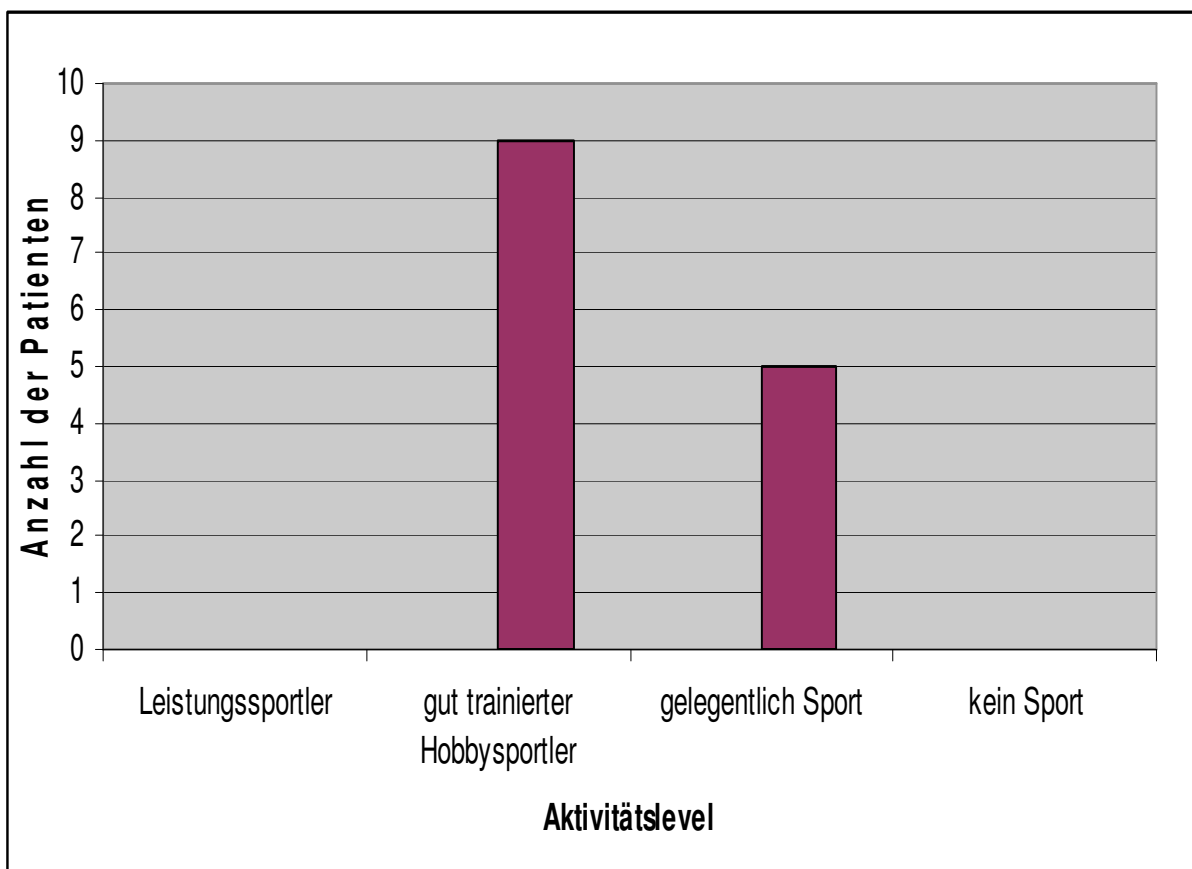
### ➤ **Verteilung des BMI:**

Der durchschnittliche Body Mass Index der Patienten betrug 25,9 (Standardabweichung  $\pm 3,19$ ), wobei der niedrigste Wert bei 21,7 und der höchste bei 33,95 lag.

### ➤ **Aktivitätslevel:**

Die Patienten wurden während der Untersuchung nach ihrer derzeitigen sportlichen Aktivität befragt, wobei jeder Studienteilnehmer einen der folgenden Punkte angeben konnte (siehe Abb. 8.):

- Leistungssportler
- Gut trainierter Hobbysportler
- Gelegentlich Sport
- Kein Sport



**Abb. 8.:** Anzahl der Patienten in Abhängigkeit des Aktivitätslevels

## **2.2. Methoden**

Nach dem Einreichen bei der Ethikkommission (Kennzahl: 21-117, Ex 09/10) und positivem Votum erfolgte die erste Untersuchung im November 2010.

Die Untersuchung der Patienten erfolgte in 3 Teilen:

- 1) Errechnen des IKDC- Scores mittels Fragebogen
- 2) Durchführung einer klinischen Untersuchung mit dem KT- 1000 Arthrometer
- 3) Radiologische Untersuchung.

### **Patientenuntersuchungen**

#### **2.2.1. Errechnen des IKDC- Scores mittels Fragebogen**

Zuerst wurde mit den Patienten ein Fragebogen (siehe Abb.9. und 10.) zur Ermittlung des sogenannten IKDC- Scores ausgefüllt.

Dieser Bogen beinhaltet 10 Fragen bezüglich sportlicher Aktivität, sportlicher Leistungsfähigkeit, Probleme mit dem operierten Kniegelenk (Schmerzen, Schwellungen, Kniegelenksblockaden) und die Gelenksfunktion im alltäglichen Leben.

Maximal kann bei diesem Test eine Punkteanzahl von 97 Punkten erreicht werden.

Der Patient vergibt dabei, pro Frage, subjektiv zwischen 0 und 4, bzw. 0 und 10 Punkten.

Anschließend werden diese addiert, durch 97 dividiert und mit dem Faktor 100 multipliziert.

Daraus ergibt sich ein prozentueller Wert- der IKDC- Score.

## Fragebogen zur Auswertung des IKDC- Scores

### 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM

#### 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            Constant

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

10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0  
No pain           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. 9.:** 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM page 1/2

**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:

- a. Go up stairs 4  3  2  1  0
- b. Go down stairs 4  3  2  1  0
- c. Kneel on the front of your knee 4  3  2  1  0
- d. Squat 4  3  2  1  0
- e. Sit with your knee bent 4  3  2  1  0
- f. Rise from a chair 4  3  2  1  0
- g. Run straight ahead 4  3  2  1  0
- h. Jump and land on your involved leg 4  3  2  1  0
- i. Stop and start quickly 4  3  2  1  0

- 4 Not difficult at all**
- 3 Minimally difficult**
- 2 Moderately difficult**
- 1 Extremely difficult**
- 0 Unable to do**

**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:**

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

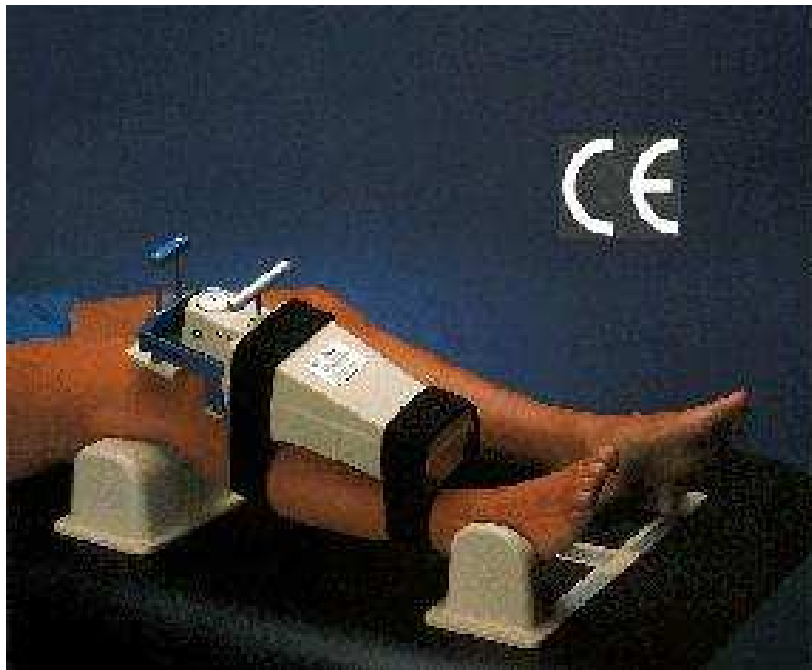
**CURRENT FUNCTION OF YOUR KNEE**

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

**Abb. 10.:** 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM page 2/2

## 2.2.2. Durchführung einer klinischen Untersuchung mit dem KT-1000 Arthrometer

Das KT 1000- Arthrometer (siehe Abb.7.) wurde entwickelt um eine objektive Messung der Translationsbewegung der Tibia gegen den Femur durchführen zu können, indem der Prüfer eine bestimmte Zugkraft auf den Unterschenkel des Patienten ausübt. Die Messung erfolgt dabei in einem um ca. 20- 30° flektiertem Kniegelenk. [14,15]



**Abb. 11.:** KT 1000- Arthrometer fixiert auf einem rechten Unterschenkel.

### Prinzip der Durchführung einer Messung:

Das Arthrometer wird in richtiger Position am Unterschenkel aufgelegt, und daran mit zwei Klettbändern festgeschnallt.

Mit der einen Hand wird die Patella fixiert, mit der anderen wird am Arthrometer gezogen bis der erste „Piepton“ zu hören ist. Dies entspricht einem Kraftaufwand von 67 N.

Nach weiterem Ziehen erscheint ein zweiter Ton, der bei einer Kraft von 89 N zu hören ist. Ein dritter Ton erscheint bei Anwendung einer Maximalkraft von 134 N. [14, 24, 25]

Dabei kann der Untersucher beim jeweiligen Piepton die Translationsbewegung nach vorne auf einer Anzeige in Millimeter ablesen und notieren.

Die daraus resultierenden Werte werden anschließend mit der Gegenseite verglichen.

[14]

Ab einem Wert von drei Millimeter in der Seitendifferenz gilt dieser als pathologisch.

[17], das heißt, „eine postoperative Seitendifferenz von bis zu zwei Millimetern“ wird als „normal“ gewertet [21].

### **Ein Beispiel: 3/4/5/4**

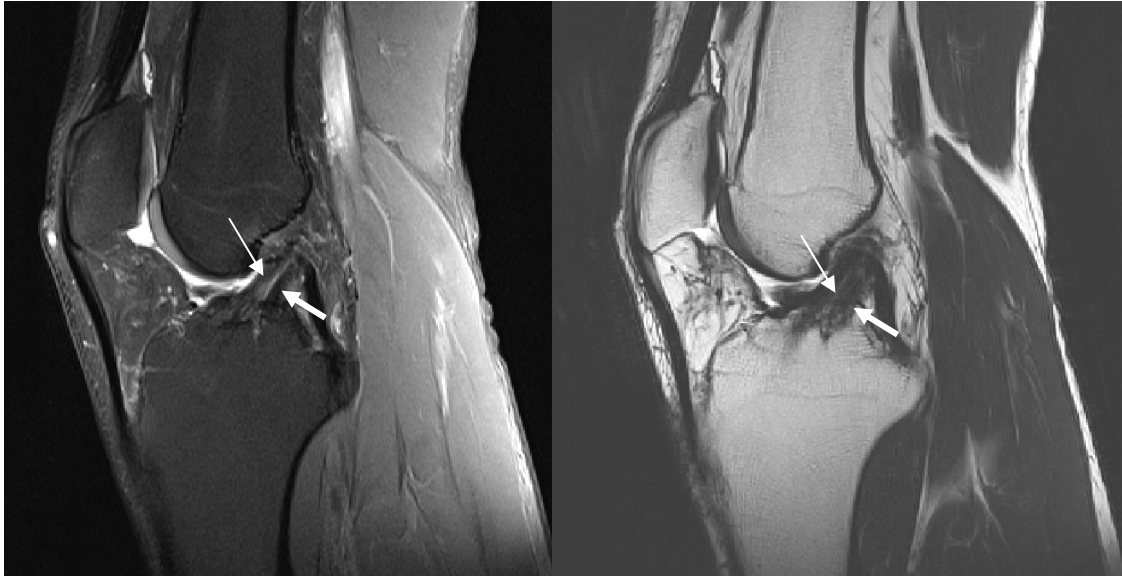
Dies würde bedeuten: drei Millimeter bei einer Kraft von 67 N, vier Millimeter bei einer Kraft von 89 N und fünf Millimeter bei Maximalkraft (=maximal mögliche Translationsbewegung des Kniegelenks).

Die vierte Zahl (in diesem Fall vier Millimeter) ergibt sich aus der aktiven Streckung im Knie.

### **2.2.3. Radiologische Untersuchung**

Im dritten Teil der Untersuchungen, der in Zusammenarbeit mit dem radiologischen Institut des LKH Graz durchgeführt wurde, wurden den Patienten MR- Termine zugeteilt, und mittels des MAGNETON Verio 3T der Firma Siemens am operierten Kniegelenk auf folgendes untersucht:

- Beurteilung der intakten Implantate durch einen radiologischen Facharzt
- Beurteilung der Ausprägung einer Chondropathie durch einen radiologischen Facharzt. Die diagnostizierten Knorpelschäden wurden mit dem intraoperativen Befund verglichen und bezüglich Progredienz mit JA oder NEIN beurteilt.
- Abmessung des maximalen Durchmessers der Ligament- Implantate gemessen im seitlichen T2\_TSE\_PARASAG- Bild in Gelenksmitte 90° auf Bandverlauf und dem Vergleich mit der intraoperativen Transplantatdicke für das anteromediale und das posterolaterale Bündel.
- Abmessung des frontalen Winkels in ap im PD\_FS\_COR- Bild Winkel auf knöchernen Femurkondylenverbindungsline (siehe Abbildung 12a-f)



**Abb. 12 a.:** Bild zeigt AM (weißer Pfeil) und PL-Bündel (dicker Pfeil). Li PD\_FS\_PARASAG, re T2\_TSE\_PARASAG

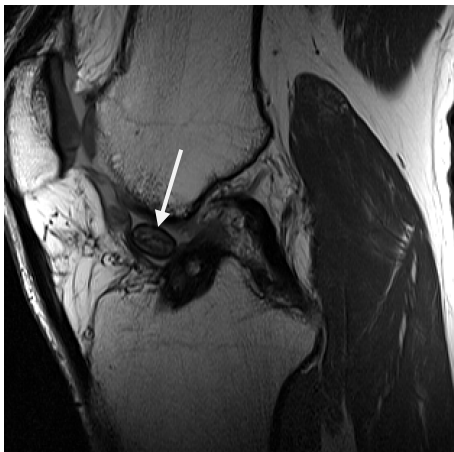


**Abb. 12 b.:** Bild zeigt AM-Bündel (Pfeil) und DM-Messung in Gelenkmitte (Gelbe Linie). T2\_TSE\_PARASAG



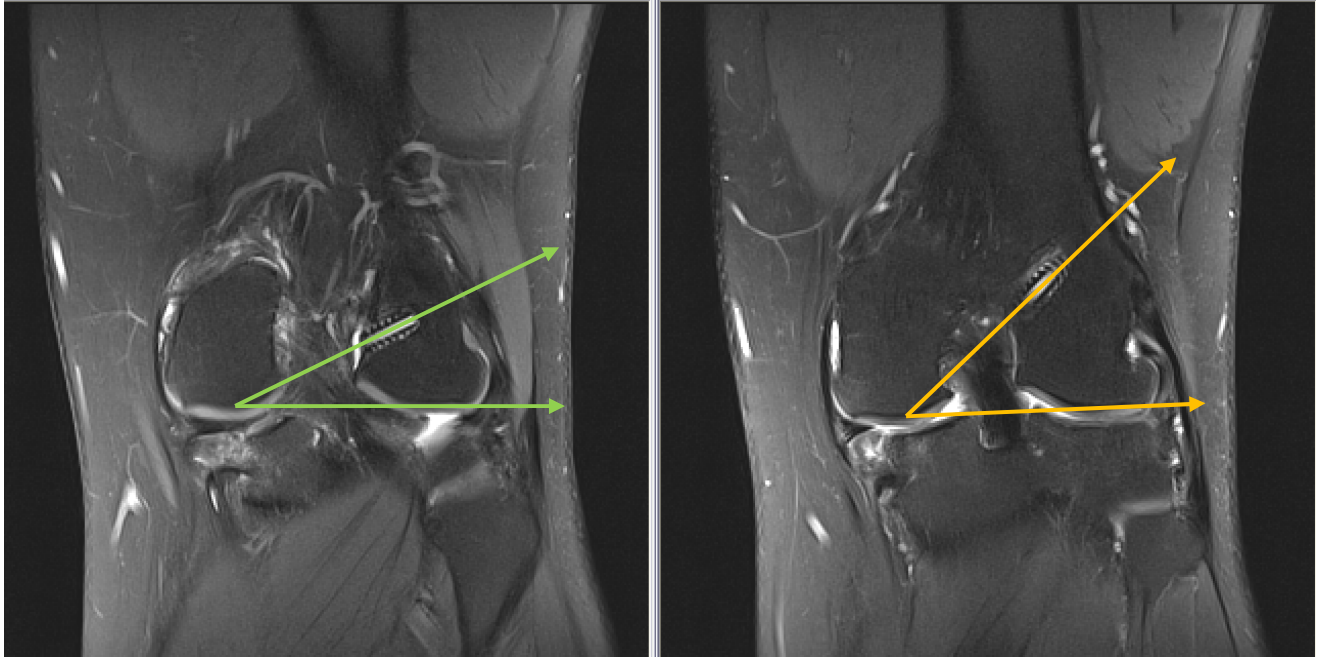


**Abb. 12 c.:** Bild zeigt beide Interferenzschrauben im Femurkondyl (AM: weißer Pfeil; PL: dicker Pfeil). PD\_FS\_COR

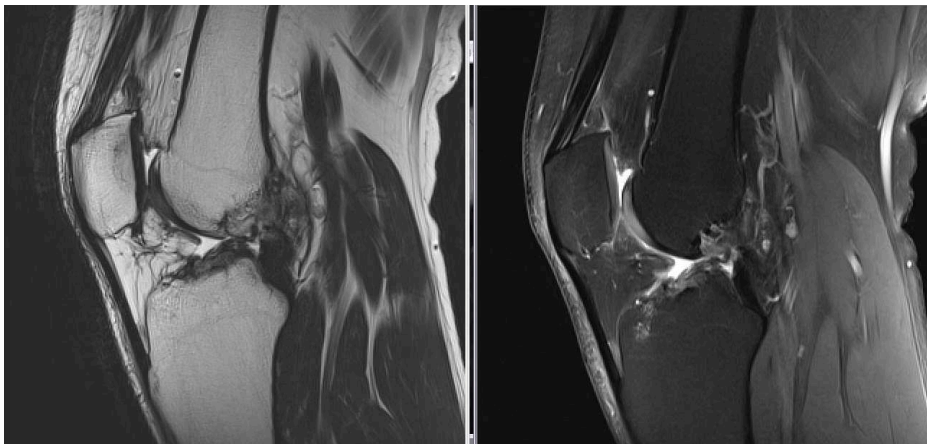


**Abb. 12 d.:** Bild zeigt Cyclops (Pfeil) hinter Hoffa'schem Fettkörper. PD+T2\_TSE\_PARASAG





**Abb. 12 e.:** Bild zeigt Winkelmessung im frontalen Schnitt, li PL-Bündel-Interferenzschraube, re AM-Bündel Interferenzschraube, PD\_FS\_COR



**Abb. 12 f.:** Bild zeigt Ruptur beider Kreuzbandersatzbänder, li T2\_TSE\_PARASAG, re PD\_FS\_PARASAG

## **Datenauswertung**

Ausgewertet wurden normalverteilte kategorische Untersuchungsdaten mittels Two-sample-student t-Tests und numerische Datenreihen mit dem Korrelationskoeffizienten nach Pearson wobei ein Signifikanzniveau von 0,95 angenommen wurde und ein p- Wert  $< 0,05$  als signifikant gewertet wurde.

Die Datenerfassung erfolgte mittels Excel- Tabelle und dem Freeware- Plug- In XLStatistics.

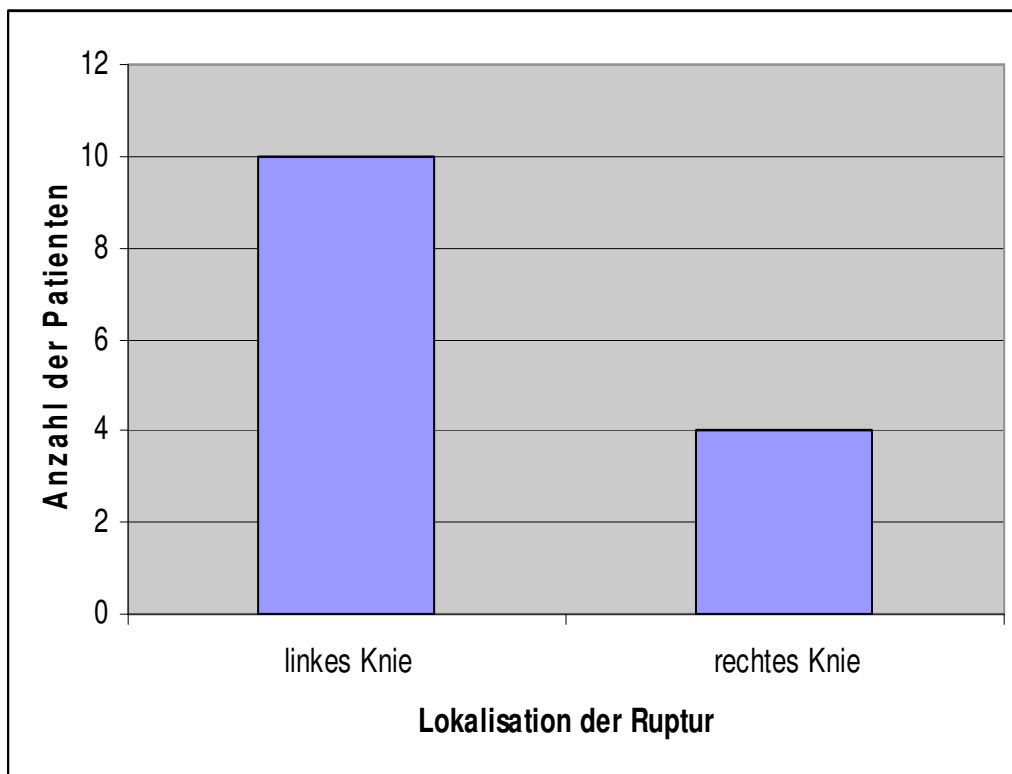
## **Vergleiche der Ergebnisse untereinander und mit Vergleichswerten aus bestehender Literatur**

Nach der Datenauswertung wurde zunächst nach möglichen statistischen Zusammenhängen der einzelnen errechneten Studiendaten untereinander gesucht. Anschließend wurden unsere Ergebnisse mit vergleichbaren Daten aus der Literatur diskutiert.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1. Lokalisation der Bandruptur

Die Datenauswertung von 14 Patienten ergab, dass bei 4 Patienten (29%) das rechte Kniegelenk und bei 10 Patienten (71%) das linke Kniegelenk von einer vorderen Kreuzbandruptur betroffen war. (siehe Abbildung 13)



**Abb. 13.:** Anzahl der Patienten in Abhängigkeit der Rupturlokalisierung

### 3.2. Ergebnisse nach IKDC- Score

Die Errechnung des IKDC- Scores (International knee dokumentation comitee- Score) wurde, wie bereits beschrieben, anhand des 2000 IKDC SUBJECTIVE KNEE EVALUATION FORM- Blattes (siehe Seite 26 und 27) durchgeführt:

Bei der Auswertung des IKDC-Scores der 14 Patienten ergab sich ein mittlerer Wert von 89,97% (Standardabweichung von  $\pm 7,12\%$ ) (siehe Tabelle 1), wobei der niedrigste Wert bei 79,40% und der höchste bei 97,90% lag.

Untersuchung	n	Score
IKDC	14	89,97% ( $\pm 7,12\%$ )

**Tabelle 1:** Auswertung des IKDC- Scores

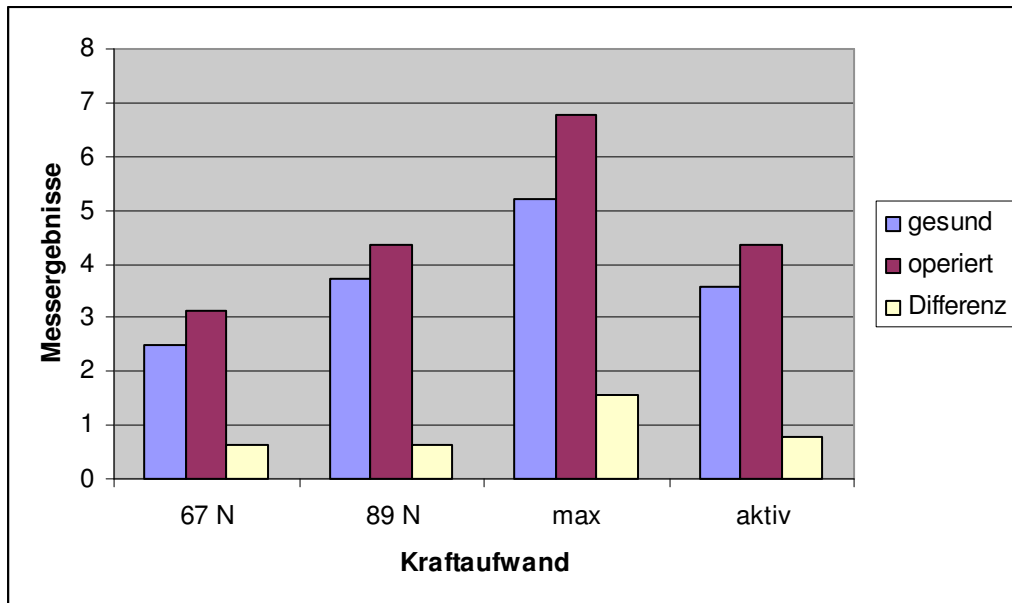
### 3.3. Ergebnisse nach KT- 1000- Test

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Mittelwerte der einzelnen Untersuchungsergebnisse in Millimeter. (siehe Tabelle 2)

	67 N (15Ibs)	89 N (20Ibs)	Max. Kraft	aktiv
<b>Gesund:</b>	2,50 ( $\pm 0,65$ )	3,71 ( $\pm 0,83$ )	5,21 ( $\pm 1,25$ )	3,57 ( $\pm 1,42$ )
<b>Operiert:</b>	3,14 ( $\pm 0,95$ )	4,36 ( $\pm 1,34$ )	6,79 ( $\pm 1,53$ )	4,36 ( $\pm 1,45$ )
<b>Differenz:</b>	0,64 ( $\pm 1,45$ )	0,64 ( $\pm 1,45$ )	1,57 ( $\pm 1,45$ )	0,79 ( $\pm 1,45$ )

**Tabelle 2:** Auswertung der Ergebnisse mit dem KT- 1000- Arthrometer; angegeben sind die einzelnen Mittelwerte in Millimeter

In Abbildung 14 sind die durchschnittlichen Messergebnisse in Abhängigkeit des für die Messung erforderlichen Kraftaufwandes graphisch dargestellt.

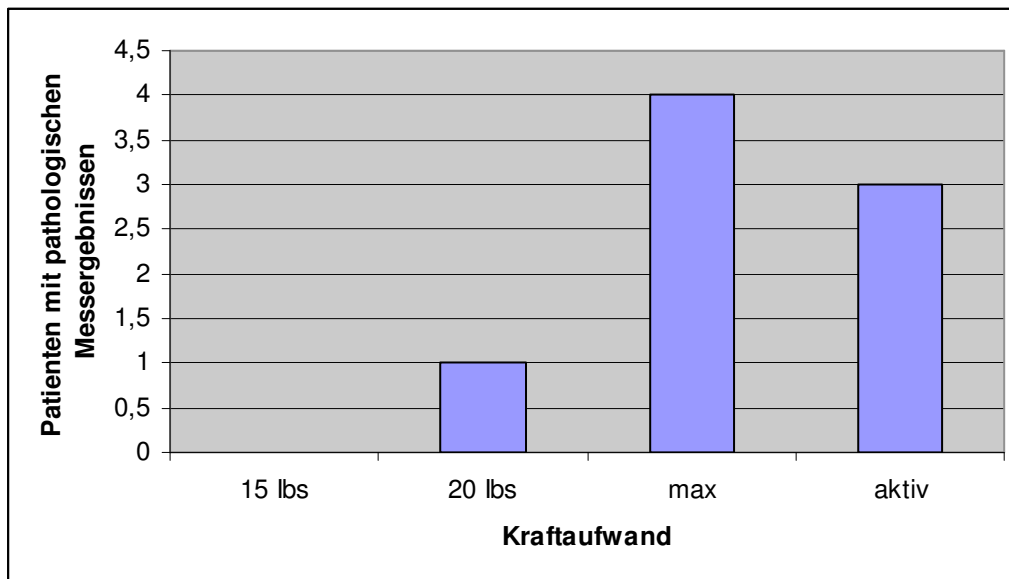


**Abb. 14.:** durchschnittliche Messergebnisse in Abhängigkeit des Kraftaufwandes (Ergebnisse in Millimeter angegeben)

Neun Patienten (64%) wiesen in allen vier Untersuchungsergebnissen eine nicht pathologische Seitendifferenz von unter drei Millimeter auf.

Der größte Anteil an pathologischen Werten (ab drei Millimeter in der Seitendifferenz) wurde mit 80% (4 Patienten, bei n= 5) bei Ausübung der maximalen Kraft gefunden. (siehe Abbildung 15.)

Bei zehn Patienten (71 %) wurden normale Werte von höchstens zwei Millimeter in der Seitendifferenz bei Maximalkraft gemessen.

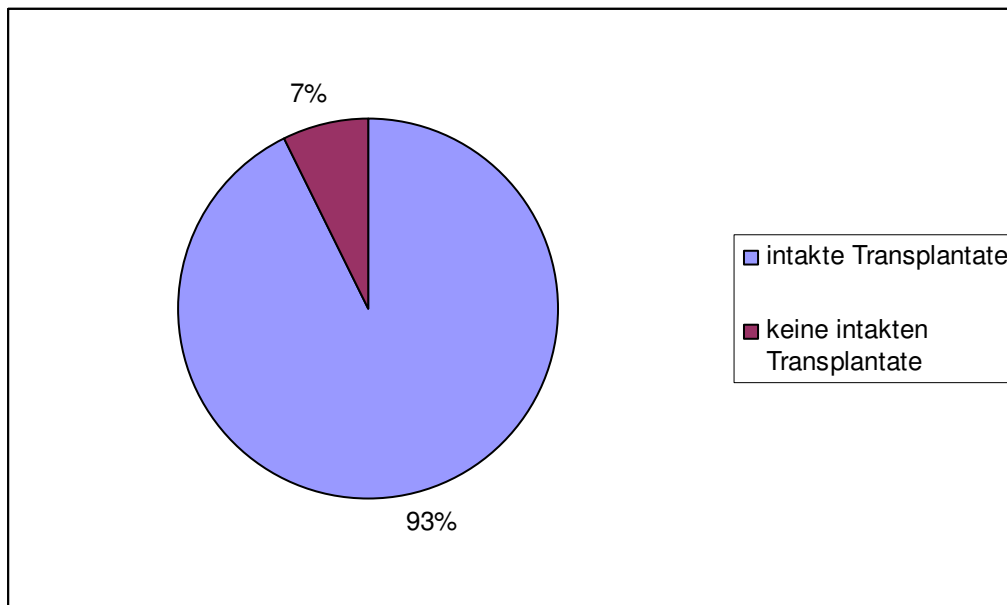


**Abb. 15.:** Anzahl der Patienten mit pathologischen Messergebnissen (ab 3 Millimeter Differenz) in Abhängigkeit des Kraftaufwandes mittels KT 1000- Arthrometer

## 3.4. radiologische Ergebnisse

### 3.4.1. Anzahl intakter Transplantate

Bei 13 von 14 Patienten (93%) wurden zwei intakte Transplantate festgestellt, nur bei einem Patienten (7%) konnte, bei der Untersuchung, kein intaktes Ligament diagnostiziert werden (siehe Abbildung 16).



**Abb. 16.:** Häufigkeit intakter Transplantate (n=14)

### 3.4.2. maximale Durchmesser der Transplantate

Da bei allen 14 Patienten das Kreuzbandtransplantat aus zwei Bündeln (anteromediales und posterolaterales Bündel) besteht, wurden beide Anteile radiologisch vermessen.

Die Datenauswertung der Durchmesser der anteromedialen Bündel ergab bei 13 Patienten (93%) einen mittleren Wert von 5,23 Millimetern ( $\pm 1,45$ ), in einem Bereich zwischen vier und acht Millimeter Durchmesser. Verglichen mit den intraoperativ gemessenen Durchmessern wurde in unserer Messung für das anteromediale Bündel ein im Mittel um 1,54 Millimeter ( $\pm 1,45$ ) geringerer Wert errechnet, wobei der geringste Wert bei -1,5 und der höchste Wert bei + drei Millimetern lag.

Bei den posterolateralen Bündeln wurde ein mittlerer Wert von 3,31 Millimetern ( $\pm 1,45$ ), in einem Bereich zwischen zwei und fünf Millimeter, errechnet. Hier konnte für das posterolaterale Bündel, verglichen mit den intraoperativ gemessenen Durchmessern, ein um zwei Millimeter ( $\pm 1,45$ ) geringerer Wert ermittelt werden, wobei der geringste Wert bei 0,5 und der höchste Wert bei drei Millimetern lag.

Bei einem Patienten zeigte sich postoperativ bei der MR- Untersuchung ein deutlich dickeres anteromediales Bündel (Differenz: -1,5 Millimeter) verglichen mit dem

intraoperativ gemessenen Wert. Ebenfalls zeigten sich bei diesem Patienten ein subjektiver IKDC- Score von 79,40% und ein maximal KT 1000- Ergebnis von + acht Millimetern.

Bei einem Patienten (7%) konnte, aufgrund nicht- intakter Kreuzbandanteile (siehe Kapitel „Anzahl intakter Transplantate“), kein Ergebnis erzielt werden.

Tabelle 3 veranschaulicht die Messungsergebnisse:

<b>Bündel</b>	<b>anteromedial</b>	<b>posterolateral</b>
<b>Durchmesser intraoperativ</b>	6,77 ( $\pm 1,45$ )	5,36 ( $\pm 1,45$ )
<b>Durchmesser postoperativ</b>	5,23 ( $\pm 1,45$ )	3,31 ( $\pm 1,45$ )
<b>Differenz</b>	1,54 ( $\pm 1,45$ )	2,0 ( $\pm 1,45$ )

**Tab. 3.:** Auswertung der Durchmesser der einzelnen Bündel; angegeben sind die Mittelwerte in Millimeter

### **3.4.3. Abmessung der frontalen Winkel beider Transplantate**

Bei allen 14 Patienten wurde ebenso, im Rahmen dieser Untersuchung, der frontale Winkel sowohl des anteromedialen, als auch des posterolateralen Bündels radiologisch vermessen.

Dabei ergab sich für das anteromediale Bündel ein mittlerer Wert von 53,79° (Standardabweichung 1,45), in einem Bereich zwischen 43° und 61°.

Für das posterolaterale Bündel konnte ein mittlerer Wert von 31,71° (Standardabweichung 1,45), in einem Bereich zwischen 19° und 43° errechnet werden.

Tabelle 4 veranschaulicht die Mittelwerte der Winkelabmessungen beider Bündel:

Bündel	anteromedial	posterolateral
Winkel	53,79 ( $\pm 1,45$ )	31,71 ( $\pm 1,45$ )

**Tab. 4.:** Abmessungen der frontalen Winkel beider Bündel; angegeben sind die Mittelwerte in Grad (°)

### 3.4.4. Beurteilung der Ausprägung von Chondropathien

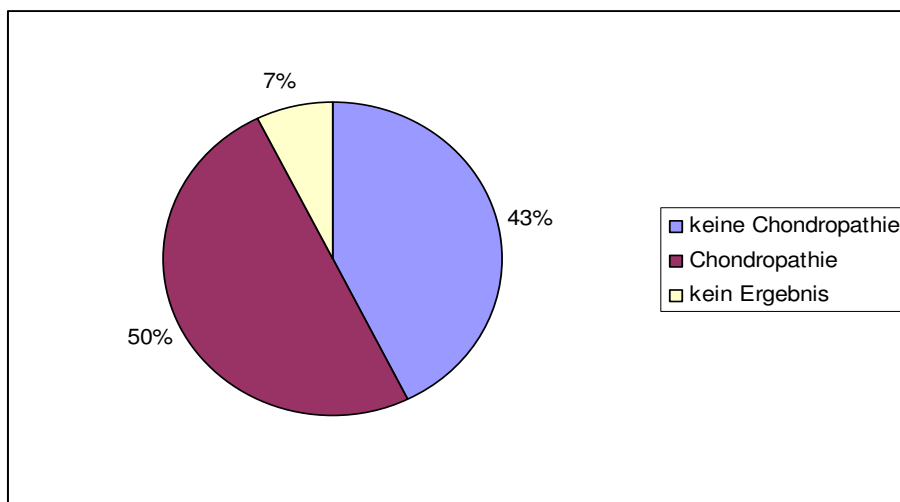
#### Datenauswertung

Von den 14 Patienten konnte bei sechs Patienten (43%) keine Chondropathie im MR-Bild nachgewiesen werden.

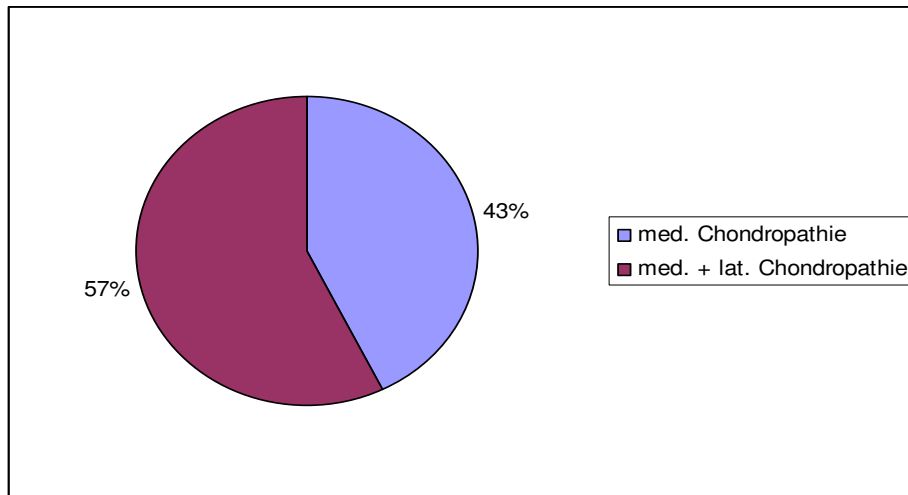
Bei sieben Patienten (50%) zeigte sich eine Chondropathia medialis, von denen bei vier Patienten (57%) zusätzlich eine Chondropathia lateralis diagnostiziert werden konnte (siehe Abbildung 18).

Keiner der Patienten wies eine isolierte Chondropathia lateralis auf.

Bei einem Patienten (7%) zeigte sich kein Ergebnis (siehe Abbildung 17).



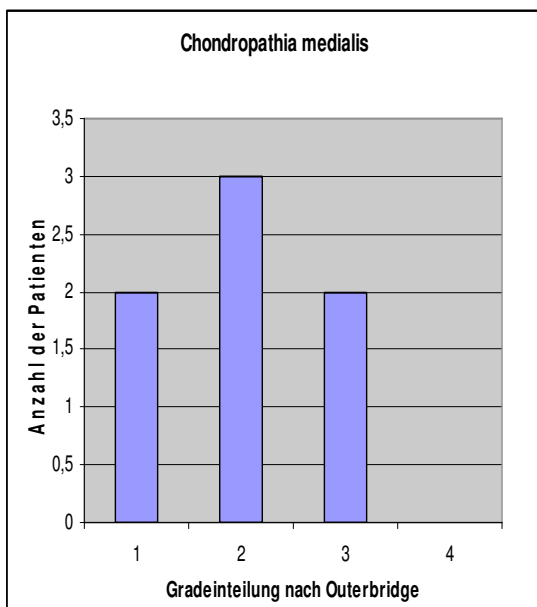
**Abb. 17.:** Häufigkeit einer Chondropathie (n=14)



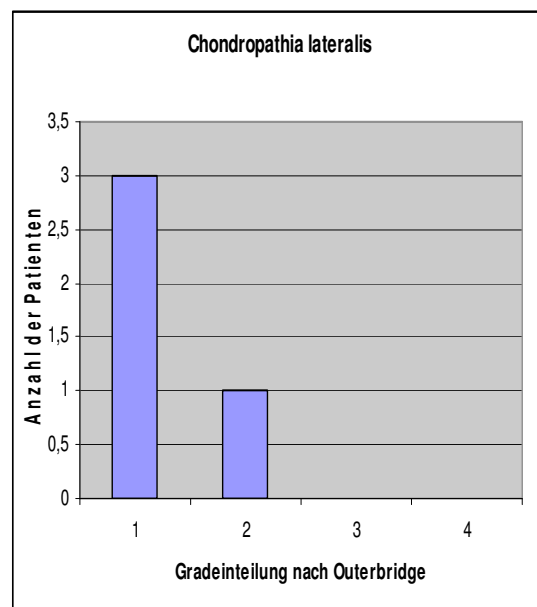
**Abb. 18.:** prozentuelle Aufteilung zwischen isolierter medialen und kombinierter medialen und lateralen Chondropathie (n=7)

Wie bereits beschrieben, wird die Chondropathie nach Outerbridge in 4 Grade unterteilt [18].

Abbildung 19a und b. stellen die Patientenzahl in Abhängigkeit der einzelnen Grade graphisch dar.



**a)**



**b)**

**Abb. 19.:** Anzahl der Patienten in Abhängigkeit der Gradeinteilung nach Outerbridge (n=7);

a) Chondropathia medialis; b) Chondropathia lateralis

Bei 11 von 14 Patienten (73%) kam es, verglichen mit den intraoperativen Befunden, lateral zu keiner Verschlechterung einer Chondropathie, medial zeigte sich bei neun von 14 Patienten (64%) keine Befundprogression.

### 3.4.5. Statistische Auffälligkeiten zwischen den Ergebnissen des KT 1000- Test und der MR- Untersuchung

Im Rahmen der statistischen Auswertungen wurden die Ergebnisse beider Untersuchungen miteinander verglichen:

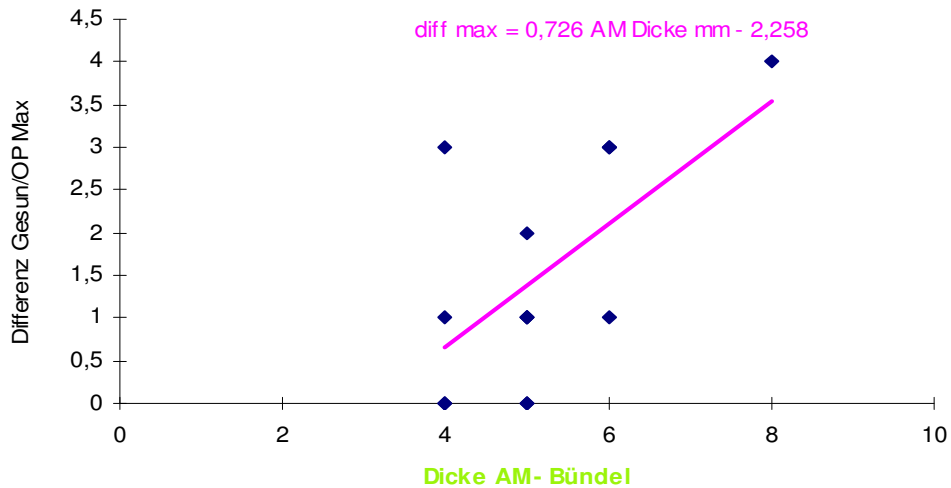
Dabei wurden eine statistisch signifikante Korrelation zwischen der Dicke des anteromedialen Bündels und der Stabilität bei Maximal- KT 1000 in der Seitendifferenz herausgefunden:

Es stellte sich dabei heraus, dass, je dicker sich das anteromediale Bündel im MRT zeigt, desto instabiler ist das Kniegelenk bei Maximalkraft (= größere Seitendifferenz zwischen gesundem und operiertem Kniegelenk) (siehe Abb. 20.).

Tabelle 5 veranschaulicht die statistischen Ergebnisse:

Seitendifferenz (max)	Dicke AM- Bündel	Signifikanz	Korrelationskoeffizient
1,57 (±1,45)	5,23 (±1,45)	0,0316	0,5958

**Tabelle 5:** Korrelation zwischen Dicke des AM- Bündels und der Stabilität bei Maximal- KT 1000 in der Seitendifferenz.



**Abb. 20.:** graphische Darstellung der Abhängigkeit zwischen Dicke des AM-Bündels und der Differenz gesund/ operiert bei Maximalkraft.

### 3.5. Zusammenhänge zwischen Alter, BMI, Aktivitätslevel und den Testergebnissen

Das Patientenalter, der Body Mass Index und das angegebene Aktivitätslevel hatten in unserer statistischen Auswertung keinen signifikanten Einfluss auf das funktionelle Outcome oder den IKDC-Score.

## 4. Diskussion

Laut Hofbauer et al. oder Boncristiani et al. haben Verletzungen des vorderen Kreuzbandes in letzter Zeit stark zugenommen, weshalb dessen Rekonstruktion eine der häufigsten orthopädischen Operationen darstellt. [21,30]

Ungefähr sieben Prozent aller traumatischen Schädigungen und über 30 Prozent aller Distorsionen werden am Kniegelenk diagnostiziert, wobei das vordere Kreuzband etwa fünf- bis zehnmal häufiger betroffen ist, als das hintere. [28]

Als Ursache gelten meist Beschleunigungen oder Rotationen, wobei der Fuß am Boden fixiert ist. Vor allem bei sportlich aktiven Personen (Fußballer, Skifahrer)

können diese Verletzungen besonders häufig beobachtet werden. [5]

In der Kernspintomographie lassen sich Kreuzbandrupturen besonders gut diagnostizieren, da sich mit dieser Methode die Kreuzbänder sehr gut darstellen lassen. [16]

In den letzten Jahren hat sich, aufgrund zahlreich bestehender Studien, in denen beide Techniken miteinander verglichen wurden, die Kreuzbandoperation in Doppelbündeltechnik durchaus bewährt.

### **Vergleich Single bundle- und double bundle- Technik in der Literatur**

Aglietti et al., zum Beispiel, vergleicht in einer 2010 veröffentlichten Studie beide Operationsmethoden anhand von 70 Patienten, die in einem Zeitraum von 2 Jahren untersucht wurden.

Dabei ergaben sich, weder im KOOS (knee injury and osteoarthritis outcome- score) noch im subjektiven IKDC- Score, statistisch signifikante Unterschiede.

Die Daten des KT- 1000- Arthrometers zeigten hingegen durchaus signifikante Unterschiede in der Seitendifferenz bei Maximalkraft (2,3 Millimeter in der DB- gegen 1,3 Millimeter in der SB- Gruppe). [25]

Keine Signifikanz erbrachte die Auswertung nicht-pathologischer Seitendifferenzen bei Maximalkraft von höchstens 2 Millimeter (66% in der SB- Gruppe gegen 83% in der DB- Gruppe).[25]

Bei Gobbi et al., veröffentlicht 2011, konnte, bei einem Patientenkollektiv von 60 Patienten, welche über 3 Jahre untersucht wurden, im IKDC- Score ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen gefunden werden. (89,4%  $\pm$ 1,47 in SB gegen 88,0%  $\pm$ 2,20 in DB).[23]

Auch der objektive IKDC-, Tenger-, Marx-, Noyes- und der Lyschholm- Score erbrachte bei Gobbi et al. keine statistisch signifikanten Differenzen. [23]

Bei Branch et al. (2010) zeigte sich, bei einer Anzahl von 64 Patienten, in beiden Gruppen kein Unterschied im IKDC- Score.[22]

Signifikante Unterschiede zeigten sich hingegen in der Seitendifferenz des KT 1000- Arthrometers (2,2 Millimeter in der SB- Gruppe gegen 1,1 Millimeter in der DB- Gruppe). [22]

Siebold et al. fand in einer Studie, veröffentlicht 2011, eine signifikant bessere Seitendifferenz im KT 1000- Arthrometer für die Doppelbündelgruppe. (1,1  $\pm$ 1,0 gegen 2,2  $\pm$ 1,4). Hier konnte ein signifikant höherer IKDC- Score für die Doppelbündelgruppe errechnet werden (80,3%  $\pm$ 15,1 in SB gegen 87,7%  $\pm$ 9,8 in DB). Weitere Scores (CKS, KOOS) erbrachten keine statistischen Differenzen. [24]

In einer von Ibrahim et al. 2009 veröffentlichten Studie wurden 200 Patienten mit einer vorderen Kreuzbandläsion einer von 4 Gruppen zugeteilt.

In Gruppe A (n=50) erfolgte die Rekonstruktion in Doppelbündel- Technik; Gruppe B (n=48) wurde in Einbündel- Technik mit Verwendung von Endobuttons behandelt. In Gruppe C wurde eine Einbündel- Technik mit Verwendung von Pins durchgeführt und in Gruppe D wurden bei der Einbündel- Technik Bioabsorbtionsschrauben verwendet. Alle 4 Gruppen wurden in einer Zeit von 25 bis 38 Monaten post OP untersucht.

Folgende Untersuchungen wurden durchgeführt, und unter den einzelnen Gruppen verglichen: Pivot-shift Test, KT 1000- Test, Lachmann- Test, vorderer Schubladentest und der IKDC- Score (international knee dokumentation comitee- Score) (siehe Tabelle 6). Beim Pivot-shift Test zeigten sich im Doppelbündel- Kollektiv signifikant bessere Ergebnisse ( $p=0,002$ ), als in der Gruppe mit der Einbündeltechnik.

Der KT- 1000 Test ergab in der Doppelbündel- Gruppe einen mittleren Unterschied von 1,4 mm zwischen operiertem und gesundem Knie, in der Vergleichsgruppe betrug er 2,4 mm.[7]

Im Lachmann Test und im Schubladentest zeigten sich bei Ibrahim et al. ebenfalls bessere Ergebnisse für die Doppelbündelgruppe.[7]

Nur im IKDC- Score konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nachgewiesen werden ( $p < 0,001$ ). [7]

<b>Test</b>	<b>Gruppe A (n=50)</b>	<b>Gruppe B (n=48)</b>	<b>Gruppe C (n=52)</b>	<b>Gruppe D (n=50)</b>
Pivot- shift negativ	48	20	24	21
Lachmann negativ	45	31	38	37
Schubladen- Test Negativ	45	32	35	32
KT 1000 (0- 2 mm)	47	32	38	38
IKDC normal	32	23	28	27

**Tabelle 6:** Vergleich postoperativer Untersuchungsergebnisse von 200 Patienten nach einer mittleren Untersuchungsdauer von 29 Monaten. (Werte sind aus Studie übernommen)

2009 veröffentlichte Hofbauer et al. eine Studie, in der die Stabilität der Translation und der Rotation im Kniegelenk nach Computer- navigierter Single- und Double- bundle Rekonstruktion miteinander verglichen wurde.

(Diese computerunterstützte Operationsmethode wurde einst zur Unterstützung des Auffindens der korrekten Lage der Knochenkanäle entwickelt, da man der Meinung war, dass lediglich eine anatomisch präzise Positionierung des Transplantates, und nicht die Anzahl der Bündel, für eine optimale Stabilität ausreichend sei.)

Es wurden 55 Patienten, von denen 27 mit computerunterstützter Einbündeltechnik und 28 mit computerunterstützter Doppelbündeltechnik operiert wurden, über einen Zeitraum von 24 Monaten beobachtet.

In beiden Gruppen konnte nach der Operation eine ungefähr gleichmäßige Verminderung der Verschiebbarkeit nach vorne erreicht werden (-6,8mm in SB-

Gruppe, -7,3mm in DB- Gruppe). Im KT- 1000 Test zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied in beiden Gruppen (0,12 Standardabweichung  $\pm 1,5$  in SB, 0,11 Standardabweichung  $\pm 1,4$  in DB).

Eine signifikant größere Reduktion, in Bezug auf die Rotation, konnte in der Doppelbündel- Gruppe erzielt werden (-7,1° in SB, -15,6° in DB).

Auch im IKDC und im Pivot- Shift ergaben sich bessere Resultate in der Doppelbündel- Gruppe. [10] (siehe Tabelle 7)

<b>Test</b>	<b>Single- bundle (n=27)</b>	<b>Double- bundle (n=28)</b>
Rotation° Veränderung nach Operation	-7,1 ( $\pm 0,8$ )	-15,6 ( $\pm 1,7$ )
KT 1000- Test	0,12 ( $\pm 1,5$ )	0,11 ( $\pm 1,4$ )
Translation (mm) Veränderung nach Operation	-6,8 ( $\pm 2,1$ )	- 7,3 ( $\pm 1,8$ )
IKDC	91 ( $\pm 11,3$ )	95 ( $\pm 4,8$ )
Pivot- shift negativ	19	25

**Tabelle 7:** Untersuchungsergebnisse aus der Studie Hofbauer et al. 2009. (Werte aus Studie übernommen)

Bei Sadoghi et al., veröffentlicht 2010, konnten jedoch, bei 41 Patienten in der Einbündel- Gruppe und 51 Patienten in der Doppelbündel- Gruppe, welche über einen Zeitraum von mindestens 2 Jahren untersucht wurden, weder in den Scores (WOMAC, Tegner- Score, subjektiver und objektiver IKDC- Score), noch in der Seitendifferenz des KT 1000- Arthrometers statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt werden. [26] (siehe Tabelle 8)

	<b>SB (n=41)</b>	<b>DB (n=51)</b>	<b>Signifikanz (p)</b>
<b>Tegner (postoperativ)</b>	5,32	5,53	p > 0,5
<b>IKDC subjektiv</b>	69%	79%	p > 0,1
<b>WOMAC</b>	96,2	97,7	p > 0,1
<b>Objektiver IKDC</b>			p > 0,05
<b>KT 1000</b>	1,38 mm	1,16 mm	p > 0,5

**Tabelle 8:** Untersuchungsergebnisse aus der Studie Sadhogi et al. (Werte aus Studie übernommen)

Dennoch scheint, aufgrund der deutlich besseren Ergebnisse des KT 1000-Arthrometers in mehreren Studien, die Kreuzbandtransplantation in Doppelbündeltechnik gegenüber der Transplantation in Einzelbündeltechnik sehr wohl überlegen zu sein, da es, statistisch gesehen, zu einer größeren Reduktion der Translationsbewegungen, und damit zu einer höheren Stabilität nach vorne kommt.

Bezüglich der Auswertungen der einzelnen Scores scheint es aber, wie ersichtlich, doch unterschiedliche Meinungen zu geben. Sowohl bei Aglietti et al. als auch bei Gobbi et al., Branch et al., Ibrahim et al. und bei Sadoghi et aql. [25, 23, 22, 7, 26] konnten, im Gegensatz zur Studie von Siebold et al. [24], keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen gefunden werden.

Ein möglicher Grund könnte darin liegen, dass es sich hierbei meist um Auswertungen subjektiver Angaben seitens der Patienten handelt.

### **Vergleich der Ergebnisse unserer Studie mit der Literatur:**

In unserer Studie wurde, bei einer Teilnehmeranzahl von 14 Patienten, ein mittlerer IKDC- Score von 89,97% (Standardabweichung  $\pm$  7,12) errechnet.

Aus rezenten Studien konnte ein mittlerer Wert von 85,8% errechnet werden, wobei der niedrigste Wert bei 79,0% [26] und der höchste bei 95,0% [10] lag.

Mittels KT 1000- Arthrometer konnten wir, in der Seitendifferenz, einen mittleren Wert von 1,57 Millimeter (Standardabweichung  $\pm 1,45$ ) bei Maximalkraft errechnen, wobei der geringste Unterschied bei 0 Millimeter (bei 3 Patienten) und der größte bei 4 Millimeter (bei 1 Patienten) lag.

Tabelle 9 veranschaulicht einen Vergleich der einzelnen Ergebnisse aus der Studie mit Resultaten aus bestehender Literatur:

<b>Autoren</b>	<b>Erscheinungsjahr</b>	<b>Patienten</b>	<b>IKDC- Score</b>	<b>KT 1000</b>
Gobbi et al. [23]	2011	30	88,0%	-
Siebold et al. [24]	2010	26	87,7%	1,1 mm
Branch et al. [22]	2010	32	82,2%	1,1 mm
Aglietti et al. [25]	2010	35	83,0%	1,3 mm
Sadoghi et al. [26]	2010	51	79,0%	1,16 mm
Ibrahim et al. [7]	2009	50	-	1,4 mm
Hofbauer et al. [10]	2009	28	95,0%	0,11 mm
Durchschnittswert			85,8%	1,165 mm
Eigene Ergebnisse		14	89,97%	1,57 mm

**Tabelle 9:** Ergebnisse der Mittelwerte der einzelnen subjektiven IKDC- Scores und der KT 1000- Ergebnisse der Seitendifferenzen bei Maximalkraft von Patienten mit Kreuzbandersatzplastik in Doppelbündeltechnik

Man kann deutlich sehen, dass der IKDC- Score dieser Studie mit 89,97% sich nicht wesentlich von den Ergebnissen aus der in Tabelle 9 angeführten Literatur unterscheidet.

Ebenso ist aus der Tabelle ersichtlich, dass sich der durchschnittliche Maximalwert der Seitendifferenz des KT 1000- Arthrometers von 1,57 Millimeter aus unserer Studie, von den einzelnen Ergebnissen in der Literatur nicht wesentlich unterscheidet.

Vergleicht man die einzelnen KT 1000- Ergebnisse in Tabelle 9 mit dem Ergebnis von Hofbauer et al.[10], so lässt sich ein deutlicher Unterschied feststellen.

Der Grund dafür könnte, aufgrund einer Kreuzbandrekonstruktion aller Patienten mittels computer- navigierter Doppelbündeltechnik, in einer dadurch anatomisch präziser angelegten Positionierung des Transplantates liegen.

Auch in der Single- bundle- Gruppe konnte, durch die Computerunterstützung, mit 0,12 Millimeter in der Seitendifferenz ein besseres Ergebnis erzielt werden, als in der Vergleichsliteratur.

Hier stellt sich allerdings die Frage, ob die Anzahl der Bündel, oder eine anatomisch exakte Transplantatpositionierung für ein besseres Outcome wichtiger seien.

Auch in der Auswertung nicht- pathologischer Seitendifferenzen bei Maximalkraft von höchstens 2 Millimeter lagen die Ergebnisse unserer Studie im Bereich der Vergleichsdaten von Aglietti et al. [25]. (siehe Tabelle 10):

<b>Autor</b>	<b>Erscheinungsjahr</b>	<b>Patienten</b>	<b>Seitendifferenz 0-2mm</b>
Aglietti et al. [25]	2010	29/ 35	83%
Eigene Ergebnisse	-	10/ 14	71%

**Tabelle 10:** Ergebnisse nicht- pathologischer Seitendifferenzen von höchstens 2 Millimetern.

Bei fünf Patienten ergaben sich im KT 1000- Test pathologische Werte ab drei Millimeter in der Seitendifferenz, was möglicherweise zu einem rascheren Fortschreiten der Chondropathie führen könnte. Trotz eines relativ instabileren Kniegelenkes im Bezug auf das ACL lag bei vier dieser fünf Patienten der IKDC-Wert im Durchschnitt des Gesamtkollektivs (89,7%, 87,6%, 95,9% und 97,9%). Beim fünften Patienten lag der Wert deutlich (79,4%) unter dem Mittelwert von 89,97%, somit lag bei letzterem auch ein klinisch fassbar schlechteres Ergebnis vor.

In der MR- Untersuchung wurden die Daten der 14 Patienten anhand des MAGNETON Verio 3T Gerätes der Firma Siemens in parasagittaler Ebene erfasst, und statistisch ausgewertet.

Berücksichtigt dabei wurden Anzahl der intakten Implantate, Dicke und frontaler Winkel der einzelnen Bündel und die Ausbildung einer möglichen Chondropathie.

Bei 13 Patienten konnten jeweils 2 intakte Transplantate vorgefunden werden, ein Patient zeigte jedoch bei der Untersuchung, trotz sehr gutem IKDC- Score von 87,6% und einer maximalen Seitendifferenz von zwei Millimetern, keine intakten Neoligamenta.

7 der 14 Patienten wiesen, zur Zeit der MR- Untersuchung, eine Chondropathie zwischen 1. und 3. Grades auf, wobei nur bei 2 Patienten eine Chondropathie 3. Grades diagnostiziert wurde. Jedoch auch hier zeigten die betroffenen Patienten sehr gute Ergebnisse im IKDC- Score zwischen 79,4% und 95,9%.

Aus diesen Überlegungen kann geschlossen werden, dass ein gutes Ergebnis des subjektiven IKDC- Scores nicht unbedingt mit dem Vorhandensein intakter Kreuzbandtransplantate, oder dem Bestehen geschädigter Gelenksknorpel in Zusammenhang stehen muss.

Beim Vergleich der einzelnen Ergebnisse dieser Studie (Alter, BMI, Geschlecht, IKDC- Scores, KT 1000- Ergebnisse, radiologische Ergebnisse) untereinander, konnten keine statistischen Zusammenhänge herausgefunden werden.

Da jedoch nur 2 weibliche Patienten an der Studie teilnahmen ist eine statistische Auswertung nach Geschlecht kaum aussagekräftig.

Der einzig bestehende Zusammenhang, welcher gefunden wurde, war die Korrelation zwischen der Stabilität bei Maximal- KT 1000 in der Seitendifferenz und der Dicke des anteromedialen Bündels mit einem Correlations- Koeffizienten von 0,5958 und einem p- Wert von 0,0316.

Aus der Abbildung 17, siehe Seite 39, geht hervor, dass, je dicker das anteromediale Bündel ist, desto instabiler könnte das Kniegelenk bei Maximalkraft werden.

Die Dicke des Bündels könnte somit als „Zeichen des Transplantat- Versagens“ herangezogen werden. Erklärt werden könnte dies durch eine zunehmende Auffaserung eines defekten Transplantates.

Eine hohe Differenz zwischen intraoperativ und postoperativ gemessenem Durchmesser und eine Abnahme der Bündeldicke im postoperativen MR- Befund, könnte, in dieser Studie, als Zeichen höherer Stabilität gesehen werden.

Aufgrund der niedrigen Anzahl an Studienteilnehmern ist es aber nur beschränkt möglich diese Postulation zu untermauern.

Wie bereits erwähnt, zeigte sich bei den meisten Patienten eine stationäre Chondropathie, was als protektive Wirkung einer ACL- Plastik gesehen werden kann, da bei diesen Patienten keine weiteren Schäden aufgetreten sind.

Bei Patienten mit geringer Zunahme einer Chondropathie im postoperativen MRT konnten in erster Linie auch meniscale Begleitschäden diagnostiziert werden.

## **5. Conclusio**

In den letzten Jahren haben Kreuzbandverletzungen stark zugenommen und werden meist, bei körperlich aktiven Patienten, operativ versorgt [5, 21].

In zahlreichen Studien werden die Ergebnisse der möglichen Operationsmethoden (Einbündel- Technik und Doppelbündel- Technik) miteinander verglichen.

Dabei lässt sich in den meisten Publikationen ein statistisch signifikanter Unterschied in der Seitendifferenz bei Maximalkraft für die Doppelbündel- Gruppe herausfinden.

In den subjektiven Scores hingegen zeigten mehrere Arbeiten keine großen Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Somit scheinen objektive Tests (zum Beispiel der KT 1000- Test) besser geeignet zu sein, statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen zu suchen, als subjektive Tests.

In dieser Studie wurden die Ergebnisse der Patienten, welche eine Kreuzbandersatzplastik in Doppelbündel- Technik erhielten, mit den Resultaten aus bereits bestehender Literatur verglichen.

Sowohl in den Untersuchungen mittels KT 1000- Arthrometer, als auch im IKDC- Score ergaben sich ähnliche Mittelwerte verglichen mit den Daten aus den herangezogenen Studien. Somit bestätigt die Studie eine gute Qualität der Kreuzbandersatzplastik an unserer Abteilung.

Weiters scheint ein hoher IKDC- Score nicht in Zusammenhang zu stehen mit dem Vorhandensein intakter Transplantate, oder dem Bestehen einer Chondropathie.

Ein Patient erwies sich, trotz nicht vorhandener intakter Transplantate bei der MR- Untersuchung, als beschwerdefrei (IKDC- Score von 87,6%).

Bei sieben Patienten, welche ebenfalls ein hohes IKDC- Ergebnis aufwiesen und damit subjektiv keine größeren Beschwerden angaben, wurde eine Schädigung des Gelenkknorpels zwischen 1. und 3. Grades festgestellt.

Bei 64% der Patienten kam es, verglichen mit intraoperativen Befunden, medial und bei 79% lateral zu keiner Progredienz einer Chondropathie, welches als gelenkprotektiv gesehen werden könnte.

Hierbei sei noch angeführt, dass in, den für diese Studie angefertigten, seitlichen T2\_TSE\_PARASAG- Bildern in Gelenksmitte 90° auf Bandverlauf sich die einzelnen Anteile der Kreuzbänder und die Beschaffenheit der Gelenkknorpel sehr schön darstellen und untersuchen ließen.

Ebenso ergibt sich aus dieser Studie ein möglicher Zusammenhang zwischen Dicke des im MRT dargestellten anteromedialen Bündels und der Seitendifferenz bei Maximalkraft, der besagt, dass, je dicker das Bündel, desto instabiler ist das Kniegelenk bei Maximalkraft.

Dieses Resultat ist jedoch, aufgrund der sehr niedrigen Anzahl an Studienteilnehmern, nur eingeschränkt aussagekräftig.

## 6. TABELLENVERZEICHNIS

- Tabelle 6:** Ibrahim S. A. R., Hamido F., Al Misfer A. K., Mahgoob A., Ghafar S., Alhran H.. Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring double bundle graft compared with single bundle procedures.  
J Bone Joint Surg [Br]. 2009 June 10; 91-B: 1310-15
- Tabelle 7:** Hofbauer M., Valentin P., Kdolsky R., Ostermann R. C., Graf A., Figl M., Aldrian S. . Rotational and translational laxity after computer-navigated single- and double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Springer Verlag 2009 Nov 28.
- Tabelle 8:** Sadoghi P., Müller P. E., Jansson V., van Griensven M., Kröpfel A., Fischmeister M. F.. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a clinical comparison of bone-patellar tendon-bone single bundle versus semitendinosus and gracilis double bundle technique. Springer- Verlag 2010.

## 7. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

**Abbildung 1:** Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K..  
Prometheus; LernAtlas der Anatomie; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.  
2. Auflage. Stuttgart- New- York: Georg Thieme- Verlag. S. 438

**Abbildung 2:** Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K..  
Prometheus; LernAtlas der Anatomie; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.  
2. Auflage. Stuttgart- New- York: Georg Thieme- Verlag. S. 434

**Abbildung 3:** Fanghäusel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. . Waldeyer: Anatomie  
des Menschen. 17. Auflage. Berlin- New York; Walter de Gruyter; 2003. S. 1123

**Abbildung 4:** Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K..  
Prometheus; LernAtlas der Anatomie; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.  
2. Auflage. Stuttgart- New- York: Georg Thieme- Verlag. S. 443

**Abbildung 5:** Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K..  
Prometheus; LernAtlas der Anatomie; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem.  
2. Auflage. Stuttgart- New- York: Georg Thieme- Verlag. S. 443

**Abbildung 6:** Frosch K.-H., Sawallich T., Schütze G., Losch A., Walde T., Balcarek P.  
et al. . Magnetic resonanc imaging analysis of the bioabsorbable Milagro™  
interference screw for graft fixation in anterior cruciate ligament fixation. Stat Traum  
Limb Recon (2009); 4: 73- 79

**Abbildung 11:** MEDmetric Corporation. Available at:

<http://www.medmetric.com/kt1.htm>.

Accessed May, 17<sup>th</sup> 2011

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Tscheließnigg KH., Uranüs S., Pierer G.. Lehrbuch der allgemeinen und speziellen Chirurgie. 3. Auflage. Wien- München- Bern: Wilhelm Maudrich-Verlag; 2005. S. 343.
- [2] Fanghäusel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R. . Waldeyer: Anatomie des Menschen. 17. Auflage. Berlin- New York; Walter de Gruyter; 2003. S. 1116-27.
- [3] Leonhardt H., Tillmann B., Töndury G., Zilles K.. Rauber/ Kopsch, Anatomie des Menschen, Lehrbuch und Atlas, Band I Bewegungsapparat. Stuttgart- New York; Georg Thieme Verlag; 1987. S 546- 70.
- [4] Sezierkurs I Gelenke, Skriptum Nr.205, Servicebetrieb ÖH- Uni Graz GmbH, 2. Auflage, Graz, im Mai 2000, S 125
- [5] Nikolaus Wülker, T. Kluba, St. Rehart, P. Reize, B. Roetmann, M. Rudert; Taschenbuch Orthopädie und Unfallchirurgie; Thieme- Verlag
- [6] Vord. Kreuzbandeinriss, was tun ?? . available at: [www.4ortho.de/vkb.htm](http://www.4ortho.de/vkb.htm)  
Accessed May 14<sup>th</sup>, 2011.
- [7] Ibrahim S. A. R., Hamido F., Al Misfer A. K., Mahgoob A., Ghafar S. A., Alhran H.. Anterior cruciate ligament reconstruction using autologous hamstring double bundle graft compared with single bundle procedures. J Bone Joint Surg [Br]. 2009 June 10; 91-B: 1310-15
- [8] Aglietti P., Giron F., Losco M., Cuomo P., Ciardullo A., Mondanelli N.. Comparison between single- and double bundle anterior ligament Reconstruction: a prospective, randomized, single- blinded clinical trial. Am J Sports Med. 2010 Feb 1; 38

- [9] Frosch K.-H., Sawallich T., Schütze G., Losch A., Walde T., Balcarek P. et al. . Magnetic resonanc imaging analysis of the bioabsorbable Milagro™ interference screw for graft fixation in anterior cruciate ligament fixation. *Stat Traum Limb Recon* (2009); 4: 73- 79
- [10] Hofbauer M., Valentin P., Kdolsky R., Ostermann R. C., Graf A., Figl M., Aldrian S. . Rotational and translational laxity after computer- navigated single- and double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Springer Verlag 2009 Nov 28.
- [11] Fanghäusel J., Pera F., Anderhuber F., Nitsch R.. Waldeyer: Anatomie des Menschen. 17. Auflage. Berlin- New York; Walter de Gruyter;2003. S. 1100- 03.
- [12] Drenckhahn D. , Christ B., Dermietzel R., Duncker H.- R., Eckstein F., Fahimi H. D., et al. . Anatomie: Makroskopische Anatomie, Histologie, Embryologie, Zellbiologie; Band 1. 16. Auflage. München- Jena: Urban & Fischer; 2003. S368- 69.
- [13] Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K.. Prometheus; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem; Lernatlas der Anatomie. 2. Auflage. Stuttgart- New York: Georg Thieme Verlag. S. 243
- [14] „Femorale und tibiale Transplantatfixation der vorderen Kreuzbandplastik mit der neuartigen bioresorbierbaren Interferenzschraube Milagro“. Available at: [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=1010591312&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=1010591312](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=1010591312&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=1010591312). Accessed at May 17th 2011
- [15] MEDmetric Corporation. Available at: <http://www.medmetric.com/kt1.htm> Accessed May 17<sup>th</sup> 2011

- [16] Vorderer Kreuzbandriss. Available at <http://www.dr-gumpert.de/html/kreuzbandriss.html#c7916>. accessed May 31st 2011
- [17] Frühe Kniefunktion und Kniestabilität bei Patienten mit vorderer Kreuzbandplastik im statistischen Vergleich zum Spontanverlauf. Available at <http://archiv.ub.uniheidelberg.de/volltextserver/volltexte/2002/3003/pdf/diss02-101.pdf> accessed Jun 15<sup>th</sup> 2011
- [18] Chirurgische Therapie von Knorpelläsionen beim Sportler. Available at [www.unfallchirurgen.at/download/agenda/21\\_passler.pdf](http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/21_passler.pdf) Accessed Jun 15<sup>th</sup> 2011
- [19] Roche Lexikon: Medizin. 5. Auflage. München- Jena: Hoffmann- La Roche AG und Urban & Fischer; 2003
- [20] Schünke M., Schulte E., Schumacher U., Voll M., Wesker K.. Prometheus; Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem; Lernatlas der Anatomie. 2. Auflage. Stuttgart- New York: Georg Thieme Verlag. S. 242
- [21] Hofbauer M., Valentin P., Kdolsky R., Ostermann R. C., Graf A., Figl M., Aldrian S. . Rotational and translational laxity after computer- navigated single- and double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction. Springer Verlag 2009 Nov 28.
- [22] Branch T. P., Siebold R., Freedberg H. I., Jacobs C. A. . Double- bundle ACL reconstruction demonstrated superior clinical stability to single- bundle reconstruction: a matched- pairs analysis of instrumented tests of tibial anterior translation and internal rotation laxity. Springer Verlag 2010

- [23] Gobbi A. MD, Mahajan V. MD, Karnatzikos G. MD, Nakamura N. MD, PhD. Single- versus Double- bundle ACLnReconstruction: Is there Any Difference in Stability and Function at 3- year Followup?. The Association of Bone and Joint Surgeons 2011.
- [24] Siebold R., Branch T. P., Freedberg H. I., Jacobs C. A.. A matched pairs comparison of single- versus double- bundle anterior cruciate ligament reconstructions, clinical results and manual laxity testing. Springer Verlag 2011
- [25] Aglietti P., Giron F., Losco M., Cuomo P., Ciardullo A., Mondanelli N.. Comparison between single- and double bundle anterior ligament Reconstruction: a prospective, randomized, single- blinded clinical trial. Am J Sports Med. 2010 Feb 1; 38
- [26] Sadoghi P., Müller P. E., Jansson V., van Griensven M., Kröpfl A., Fischmeister M. F.. Reconstruction of the anterior cruciate ligament: a clinical comparison of bone-patellar tendon-bone single bundle versus semitendinosus and gracilis double bundle technique. Springer- Verlag 2010.
- [27] Rehabilitation des Kniegelenks nach Kreuzband- Operation. Available at <http://www.ot-forum.de/OT/split1997/ot1997.445-451.pdf> accessed, Jul 26<sup>th</sup> 2011
- [28] Kreuzbandriss. Available at <http://mitglied.multimania.de/kreuzbandriss/kreuzbandriss.htm> accessed, Jul 27<sup>th</sup> 2011
- [29] Chirurgische Therapie von Knorpelschäden beim Sportler. Available at [http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/21\\_passler.pdf](http://www.unfallchirurgen.at/download/agenda/21_passler.pdf) accessed, Jul 27<sup>th</sup> 2011

- [30] Boncristiani AM, Tjoumakaries FP., Starman JS., Ferretti M., Fu FH..  
Anatomic double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction.  
(2006); 22, S. 1000- 6.
- [31] Schabus R, Bosina E. Das Knie. Der Ratgeber für das verletzte Knie:  
Diagnostik - Therapie - Rehabilitation bei Verletzungen des Kniegelenks,  
Springer, Wien, Aufl. 1, 24. September 2007, ISBN 978-3211296868 S.  
13-14.