Aus der Klinik für Orthopädie und Sporttraumatologie
des Dreifaltigkeitskrankenhauses Köln-Braunsfeld
Chefarzt Orthopädie: Professor Dr. med. J. M. Schmidt

Ergebnisse der Meniskusnaht bei Primärrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Nina Sperlich aus Köln

Promoviert am 18. November 2009

Dekanin/Dekan: Universitätsprofessor Dr. J. Klosterkötter

1. Berichterstatterin/Berichterstatter: Professor Dr. med. J. M. Schmidt

2. Berichterstatterin/Berichterstatter: Universitätsprofessor Dr. med. P. Eysel

Erklärung:

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich keine Unterstützungsleistungen erhalten.

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und ist auch noch nicht veröffentlicht.

Köln, den 07.05.2009

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Daten wurden nach entsprechender Anleitung durch Prof. Dr. med. Schmidt-Wiethoff von mir selbst ermittelt. Die Krankengeschichten wurden von mir selbst ausgewertet. Die Nachuntersuchungen wurden gemeinsam mit Herrn Prof. Dr. med. R. Schmidt-Wiethoff und Herrn Dr. med. J. Dargel durchgeführt und gemeinsam mit mir ausgewertet.

Ich möchte mich an dieser Stelle bei meiner Familie und Freunden bedanken, die mir bei dieser Arbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden haben. Hervorheben möchte ich meine Eltern, die mich bei der ein oder anderen Schwierigkeit tatkräftig unterstützt haben.
Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. med. R. Schmidt-Wiethoff, der die Idee zu dieser Arbeit gab und die Umsetzung ermöglichte und Herrn Dr. med. J. Dargel, der mir eine große Hilfe bei der statistischen Auswertung war.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 7
1.1 Ätiologie der vorderen Kreuzbandruptur und von Meniskusrissen 7
1.2 Der Meniskus 10
1.2.1 Funktion und Biomechanik 10
1.2.2 Gefäßversorgung 13
1.3 Der Meniskusriss 13
1.3.1 Inzidenz 13
1.3.2 Symptome 14
1.3.3 Rissformen 14
1.3.4 Therapie 15
1.3.5 Prognose 20
1.4 Die Magnetresonanztomographie (MRT) 21
2 Fragestellung 23
3 Material und Methoden 24
3.1 Studiendesign 24
3.1.1 Probandencharakteristik 24
3.2 Aufbau der Nachuntersuchung 25
3.2.1 Anamnese 25
3.2.2 klinische Untersuchung 25
3.2.3 Tests und Scores 30
3.2.4 MRT-Diagnostik 32
3.3 Statistik 34
4 Ergebnis 35
4.1 Patienenkollektiv 35
4.1.1 Rücklaufquote 35
4.1.2 Alters- und Geschlechtsverteilung 35
4.1.3 Verletzungsursache 35
4.1.4 Seitenverteilung 36
4.1.5 Operations-Methode 37
4.1.6 Nahtmaterial 37
4.1.7 Intervall zwischen Unfall und OP 37
4.1.8 Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung 38
4.1.9 Vorschäden/ Voroperationen 39
4.1.10 Begleitverletzungen 40
4.1.11 Komplikationen 40
4.2 klinische Ergebnisse 41

4.2.1 Ergebnisse der Meniskustests 41
4.2.2 Ergebnisse des Bewegungsumfangs 41
4.2.3 Ergebnisse des KT-1000 42
4.3 Ergebnisse der Scores 45
4.3.1 IKDC-Evaluation 45
4.3.2 Ergebnisse des Lysholm-Scores 47
4.3.3 Ergebnisse des Tegner-Scores 48
4.3.4 Ergebnisse des KOOS Fragebogens 49
4.4 Ergebnisse der Kernspintomographie 51
4.5 Korrelation der klinischen Ergebnisse mit den Ergebnissen der MRT. 54
5 Diskussion 55
5.1 klinische Heilungsraten 55
5.2 Radiologische Veränderungen in der Kernspintomographie 60
5.3 Einfluss der VKB-Plastik auf die Heilungsrate 64
5.4 Einfluss des Rupturalters auf die Heilungsrate 66
5.5 Heilungsraten des Innen-bzw. Außenmeniskus in Bezug auf die Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation 67
5.6 Einfluss des Patientenalters auf die Heilungsrate 68
5.7 Schlussfolgerungen und klinische Relevanz 69
6 Zusammenfassung 69
7 Literaturverzeichnis 72
8 Anhang 82
8.1 Abbildungsverzeichnis 82
8.2 Tabellenverzeichnis 82
8.3 Klinische Evaluationsbögen 83

1 Einleitung

1.1 Ätiologie der vorderen Kreuzbandruptur und von Meniskusrissen

Das Kniegelenk gehört zu den meist beanspruchten Gelenken des menschlichen Körpers und ist daher durch Verletzungen und Überlastungsschäden besonders gefährdet. So nimmt die Ruptur des vorderen Kreuzbandes im Rahmen der Behandlung von Kniebandverletzungen einen großen Raum ein. Sie ist die häufigste Bandverletzung des Kniegelenks und tritt in 10% bis 28% der Fälle isoliert auf [6,32,43,51,93,96].

Das vordere Kreuzband gehört mit dem hinteren Kreuzband zu den Primärstabilisatoren des Kniegelenks in der Sagittalebene. Es ist für die Rückhaltekräfte verantwortlich, die die ventrale Subluxation der Tibia verhindern [76,101,103]. Diese Hauptfunktion erfüllt das vordere Kreuzband am wirksamsten in einer Beugestellung zwischen 20° und 30° [85]. Es verhind ert die Hyperextension. Das hintere Kreuzband steht im rechten Winkel zum vorderen Kreuzband und sichert ebenfalls den Zusammenhalt des gebeugten Knies. Bei der Außenrotation wickeln sich die beiden Bänder voneinander ab, bei Innenrotation wickeln sie sich auf [76,81]. Das vordere Kreuzband begrenzt somit als sekundärer Stabilisator die Verdrehung der Tibia nach innen und ihre Abduktion in voller Streckung [76].

Typische Verletzungsmechanismen stellen Rotationstraumata wie das Flexions-Valgus-Außenrotationstrauma und das Flexion-Varus-Innenrotationstrauma, aber auch das Hyperextensions- und das Hyperflexionstrauma dar [61,76]. Am meisten davon betroffen sind Sportler bei Kontaktsportarten wie Fußball, Handball oder Basketball, aber auch beim Skifahren besteht ein hohes Verletzungsrisiko.

Vor allem plötzliches Stoppen und Richtungswechsel beim Laufen oder aber das Aufkommen nach einem Sprung zählen zu den häufigsten Verletzungsmechanismen [53,92,97,111]. 70 % der vorderen Kreuzbandrupturen resultieren aus diesen Noncontact-Situationen beim Sport [52]. Neue Untersuchungen, die von der Zahl der umgesetzten Transplantate ausgehen, geben eine Auftretenswahrscheinlichkeit von ca. 0,5 bis 1 VKB-Ruptur bzw. VKB-Rekonstruktion pro 1000 Einwohner pro Jahr in den hochindustrialisierten Ländern wie USA und Mitteleuropa an [76]. Aufgrund der zunehmenden Bedeutung

des Freizeit- und Leistungssports ist die Inzidenz ansteigend [101]. Sie ist am höchsten in der Altersgruppe der 15- bis 25-Jährigen [52].
In den meisten Fällen handelt es sich jedoch um kombinierte Verletzungen des vorderen Kreuzbandes mit den Seitenbändern, den Menisken und/oder dem Knorpel [44]. In der Literatur wird die kombinierte Verletzung des vorderen Kreuzbandes mit einer Meniskusläsion zwischen 16 und 86 % angegeben [6,23,32,37,44,64,71,83,90,92,122,127,140].Es wird dabei angenommen, dass die Menisken zum größten Teil nicht während des Knietraumas geschädigt werden, sondern durch die fehlende stabilisierende Führung des vorderen Kreuzbandes sekundär entstehen [64,71,76,90]. Aus der vorderen Instabilität des Kniegelenks resultieren rezidivierende Subluxationen, bei der die Tibia vermehrt nach ventral translatiert. Folge dieser Subluxationen ist eine verschlechterte Kniefunktion mit sekundären Meniskusrupturen und erhöhten Knorpelscherkräften, die zu degenerativen Veränderungen der entsprechenden medialen bzw. lateralen Kniekompartimente und bis zur Arthrose führen können [6,23,39,43,44,51,64,70,71,74,83,93,97,99,120,126,148]. Hierzu wurde in diversen Studien das Intervall zwischen Unfall und Operation, d.h. der Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes, in Bezug auf Meniskusrisse untersucht. Je länger dieses Intervall war, desto eher wurden Meniskusrisse [22,23,25,37,44,62,64,69,71,74,83,90,92,93,98,120,127,129,130,140,143] und häufiger fortgeschrittene Degenerationen des Knorpels beobachtet [37,44,51,69,70,71,74,83,90,92,93,98,120,127,130,143]. Meniskusschäden bei Kreuzbandriss traten weniger häufig auf, wenn das Kreuzband innerhalb der ersten 4 bis 6 Wochen nach dem Trauma rekonstruiert wurde verglichen mit einer Operation erst nach mehr als 6 Monaten nach dem Trauma [71,74,98,130].
Daher sollten durch eine möglichst frühzeitige Kreuzbandersatzplastik Folgeschäden minimiert [1,43,51,64,69,70,71,76,90,93,99,148] und das Kniegelenk für die Aktivitäten des täglichen Lebens stabilisiert werden [76].

Ebenso werden Unterschiede in der Auftretenshäufigkeit zwischen medialen und lateralen Meniskusrissen diskutiert. Da der mediale Meniskus aufgrund seiner anatomischen Verhältnisse das geringste Bewegungsausmaß besitzt [60,61,64,71,130], sind Risse des Innenmeniskus in chronisch instabilen Knie-

gelenk häufig [5,60,71,74,90,91,99,140]. Die Inzidenz liegt zwischen 90 % und 98 % [60,142].

Der mediale Meniskus und vor allem sein Hinterhorn spielen besonders in instabilen Kniegelenken eine wichtige Rolle als sekundärer Stabilisator für die anteriore tibiale Translation [2,5,90,91,123,130,140].

Durch häufiges Auftreten instabiler Episoden mit der Zeit nimmt daher das Risiko einer Schädigung zu, da er durch die vermehrte anteriore tibiale Translation verstärkt belastet [91,99,122] und durch daraus resultierende größere Kräfte vermehrt beansprucht wird [5,71,90,91,98]. Daraus ergibt sich auch eine vermehrte Anzahl von Knorpelschäden im Bereich des medialen Femurkondylus [92,127]. Daher sollte vor allem der mediale Meniskus, wenn möglich repariert werden [72,83,122].

Die Inzidenz lateraler Meniskusschäden ändert sich mit der Zeit hingegen nicht [71,92] bzw. steigt nicht so stark an wie die medialer Meniskusschäden [127]. In verschiedenen Studien wurde beobachtet, dass akute Rupturen des vorderen Kreuzbandes häufiger von Außenmeniskusläsionen begleitet werden, während Läsionen des Innenmeniskus häufiger mit chronischen VKB-Rupturen einhergehen [27,71,37,44,46,130].

Auch andere Faktoren wie Geschlecht, Patientenalter [25,127,129] und Aktivitätslevel zum Unfallzeitpunkt können das Risiko für einen Meniskus- oder Knorpelschaden nach einer Kreuzbandruptur beeinflussen [52,53,127].

Aufgrund der oben geschilderten Schäden, durch die ein instabiles Kniegelenk gefährdet ist, ist heutzutage die Kreuzbandersatzplastik vor allem bei jungen, sportlich aktiven Menschen, funktioneller Instabilität im täglichen Leben und beim Vorliegen kombinierter Verletzungen des Kniegelenks indiziert [76,93] und als Therapie der Wahl bei instabilem Kniegelenk allgemein akzeptiert [17,49]. Zu den am häufigsten verwendeten autologen Transplantaten für den vorderen Kreuzbandersatz gehören das mittlere Drittel aus der Patellarsehne als Knochen-Sehnen-Knochen-Transplantat (BPTB) und die drei- bis vierfache Semitendinosussehne kombiniert mit oder ohne Grazilissehne (Hamstrings) [1,126,144].

Im Folgenden wird auf die Funktion und Fähigkeiten der Menisken näher eingegangen, um die Bedeutung des Meniskuserhalts darzustellen.

1.2 Der Meniskus

1.2.1 Funktion und Biomechanik

Der Meniskus ist für seine Funktionen im Kniegelenk mit hoher Viskoelastizität und entsprechender mechanischer Festigkeit ausgestattet. Eine der Hauptaufgaben ist die Kraftübertragung zwischen Femur und Tibia. Durch die keilförmige Struktur der Menisken wird die Inkongruenz zwischen den Gelenkflächen der Femurkondylen und des Tibiaplateaus ausgeglichen und somit die Kontaktfläche um etwa den Faktor 3 vergrößert [2,139]. Es konnte festgestellt werden, dass in Streckstellung mindestens 50 % und in 90° Beugung bis zu 85 % der übertragenen Kräfte von den Menisken aufgenommen werden [2,19].
Die Verbesserung der Kraftübertragung wird durch Vergrößerung der Fläche, auf der die Kraft übertragen wird, ermöglicht. Sie steigt an jedem Kondylus von weniger als 2 qcm ohne Menisken auf 6 qcm mit Menisken [139]. Der laterale Meniskus bedeckt prozentual eine größere Fläche des Tibiaplateaus als der mediale [19]. Daraus ergibt sich für das mediale Kompartiment eine Kraftübertragung von 40 – 50 %, für das laterale von 65 – 75 % [94]. Erfährt das Kniegelenk eine Belastung, wird die Kraft, die an der femoralen Meniskusoberfläche senkrecht auftrifft, wegen der Keilform der Menisken an der tibialen Oberfläche in eine Normal- und eine Tangentialkomponente zerlegt (Abb.1). An der tibialen Oberfläche nimmt der Druck von innen nach außen ab, wohingegen der zentrifugale Schub von zentral nach peripher ansteigt [78]. Durch die Ansätze der Vorder- und Hinterhörner an der Eminentia intercondylaris können die Menisken aber nur über ein bestimmtes Maß nach außen ausweichen bevor zirkuläre Zugspannungen im Meniskus auftreten. Diese werden über die zirkulären Kollagenfibrillen auf die Insertionszonen am Tibiaplateau übertragen, wodurch die Druckbeanspruchung des Tibiaplateaus reduziert wird [76].

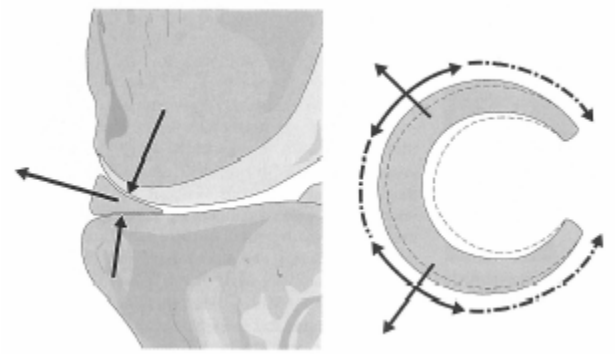


Abb. 1: Die Menisken als Lastüberträger.
Axiale Belastung wird in meniskale Ringspannung umgeformt. [75]

Der schützende Effekt der Menisken bei der Kraftübertragung zeigt sich an der Beschaffenheit des Knorpels an den Gelenkflächen. Schon ein Abfall der Kontaktfläche um 10 % z.B. durch eine Meniskusteilresektion bedeutet einen lokalen Druckanstieg um 65 %. Bei totaler Meniskektomie wird die Kontaktfläche um 75 % verringert und somit ein Anstieg des Druckes um 235 % verursacht [14]. Die Folge dieser Umstände ist die Entwicklung einer Arthrose [2,14,42].

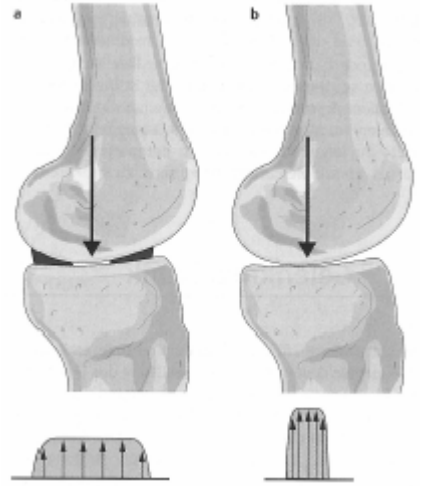


Abb. 2: Die Vergrößerung der Konformität der Gelenkflächen durch die Menisken
(a.) Der Spitzendruck ist nach Meniskektomie erhöht (b). [75]

Eine weitere wichtige Funktion nimmt der Meniskus als Stabilisator im Kniegelenk ein. Bei der endgradigen Streckung, Flexion und Rotationsbewegung wirken die Menisken als Bremsklotz, in dem sie sich wie Keile zwischen Femurkondylen und Tibiaplateau schieben [76,103]. Diese Funktion ist vor allem dann von Bedeutung, wenn eine begleitende Bandinstabilität vorliegt [2,99]. Eine forcierte Außenrotation wird unter anderem vom Innenmeniskus und eine forcierte Innenrotation vom Außenmeniskus begrenzt.

Die Menisken passen sich der Form der kontaktierenden Femurgelenkfläche an und verlagern sich bei allen Bewegungen auf dem Tibiaplateau (Abb.3). In Kniebeugung gleiten sie bei der Rollgleitbewegung des Femur nach dorsal. Der Außenmeniskus kann sich um etwa 10 mm verschieben, während die anatomische Fixation des Innenmeniskus nur 5 mm zulässt [48]. Das Hinterhorn des medialen Meniskus hat hierbei das geringste Bewegungsausmaß [135]. Bei Innenrotation schiebt sich der mediale Meniskus nach vorn und der laterale Meniskus nach hinten. Bei Außenrotation gleitet der mediale Meniskus nach hinten und der laterale Meniskus nach vorn [76,103].

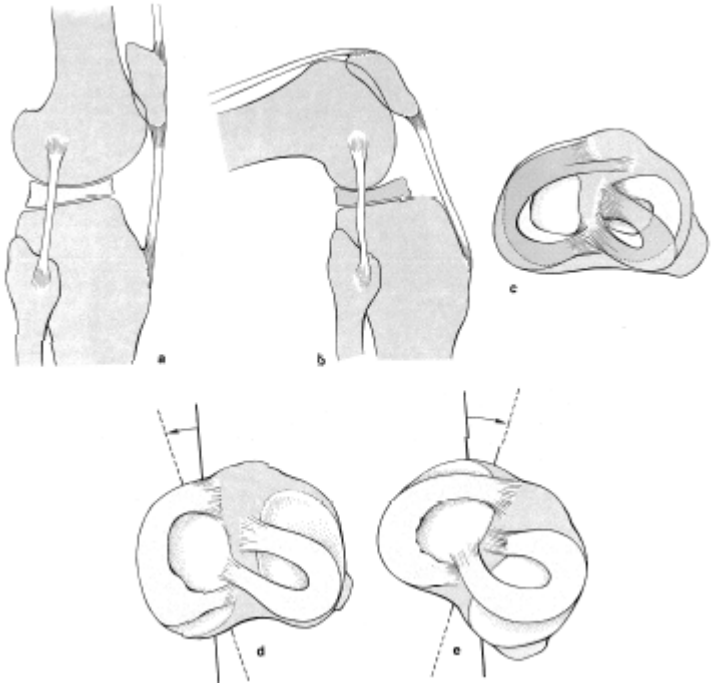


Abb. 3: Lageveränderungen der Menisken bei Bewegungen in einem rechten Knie gelenk.
a und b Ansicht von lateral, c, d und e Ansicht von oben.
a) In Streckstellung liegen die Menisken im vorderen Bereich der proximalen Ge lenkflächen des Schienbeins
b) In Beugestellung verlagern sie sich nach hinten; das Lig. collaterale fibulare ist relativ locker.
c) Verlagerung der Menisken auf dem Tibiaplateau; dunkel: Lage in Beugestellung, hell: Lage in Streckstellung
d) Verlagerung der Menisken bei Innenrotation. Der laterale Meniskus verschiebt sich nach hinten, der mediale nach vorn.
e) Verlagerung der Menisken in Außenrotation. Der mediale Meniskus verschiebt sich nach hinten, der laterale nach vorn.[103]

Außerdem spielen die Menisken eine entscheidende Rolle bei der Verteilung der Synovialflüssigkeit als Schmiermittel an den Gelenkflächen, die gleichzeitig auch für die Versorgung des Knorpels mit Nährstoffen verantwortlich ist.

1.2.2 Gefäßversorgung

Vaskulär sind nur 10-30% des basisnahen Meniskus versorgt [10]. Die Arterien nehmen ihren Ursprung aus der A.poplitea. Der Hauptteil des Meniskus ist avaskulär und wird durch Diffusion und mechanische Pumpvorgänge, die über die repetitive Meniskuskompression während Belastung auftreten, versorgt [45,61]. Aufgrund der Vaskularisierungsabnahme von peripher nach zentral werden die Menisken in drei Durchblutungszonen eingeteilt: die periphere kapselnahe „Rot-rote Zone“, die mittlere „Rot-weiße Zone“ und die innere avaskuläre „Weiß-weiße Zone“ (Abb.4) [76]. Weiter erwähnenswert ist, dass Hinter- und Vorderhörner beider Menisken besser durchblutet sind als die Pars intermedia.

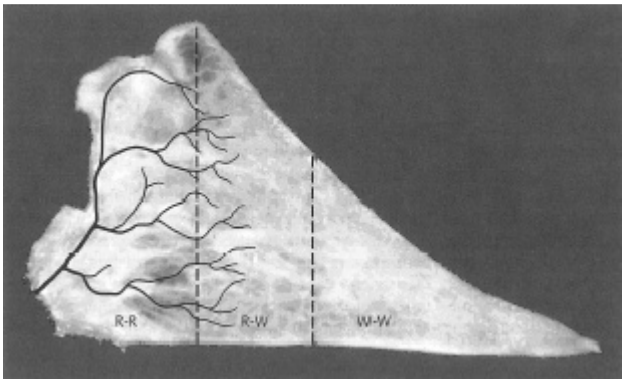


Abb. 4: Schematische Darstellung der Vaskularisierung der Menisken (radiäres Schnittbild).
Im Kapsel- oder basisnahen Drittel ist der Meniskus durchblutet, weiter zentral wird er durch Diffusion ernährt. Bei Längsrissen spricht man in Abhängigkeit der Lokalisation der Läsion von der rot-roten (R-R), rot-weißen (R-W) oder weiß- weißen (W-W) Zone. [76]

1.3 Der Meniskusriss

1.3.1 Inzidenz

Die Inzidenz von operationsbedürftigen Meniskusläsionen wurde auf 9 zu 10.000 Einwohnern pro Jahr bei Männern und 4,2 zu 10.000 Einwohnern pro Jahr bei Frauen (60 bis 70 pro 100.000 Einwohnern[95]) geschätzt. Am häufigsten traten die Schäden zwischen der 3. und 5. Lebensdekade auf [56].

1.3.2 Symptome

Meniskusrisse gehen mit einem typischen klinischen Beschwerdebild einher. So geben Patienten mit Meniskusläsionen punktförmige Schmerzen im Gelenkspalt an und können einen umschriebenen Schmerzpunkt definieren.
Bei länger bestehenden Meniskusläsionen oder bei eingeschlagenen Korbhenkelrissen kommt es häufig zu Einklemmungserscheinungen, einem fühl- und hörbaren Schnappen und rezidivierenden Gelenkergüssen [19,61,126].

1.3.3 Rissformen

Aufgrund der anatomischen Fixation des medialen Meniskus ist dieser bei traumatischen Kniegelenksverletzungen häufiger betroffen als der laterale Meniskus.
Nach der Form des Risses können folgende Rissarten unterschieden werden: Längs-, Horizontal-, Korbhenkel-, Lappen- und Radiärrisse (Abb.5) [132]. Diese können komplett oder inkomplett sein [61].

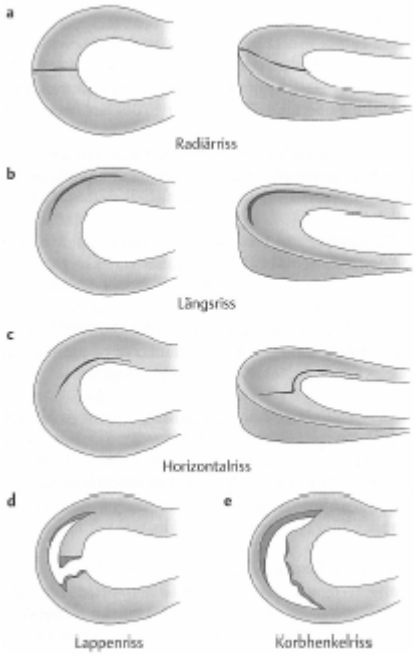


Abb.5: Klassifikation von Meniskusrissen
a) Radiärriss b) Längsriss c) Horizontalriss d) Lappenriss e) Korbhenkelriss [75]

Bei Betrachtung der Fasersysteme der Menisken wird deutlich, dass ein Längsriss im Vergleich zu einem Radiärriss einen weniger ungünstigen Einfluss auf die Meniskusfunktion hat. Beim Längsriss können die in Rissrichtung verlaufen-

den Fasern weiterhin die Belastung übertragen während beim Radiärriss die die Hauptbelastung tragenden Fasern zerstört werden [76].

1.3.4 Therapie

Aus den eben dargestellten wichtigen Aufgaben des Meniskus für die normale Funktion des Kniegelenks ergibt sich die Bedeutung des Meniskuserhalts.
Kurze Risse im vaskularisierten Anteil des Meniskus können ohne operative Therapie ausheilen [145]. Die übrigen symptomatischen Meniskusläsionen bedürfen einer operativen Therapie, die heute arthroskopisch vorgenommen wird.
Die totale Meniskektomie wird heutzutage nur noch selten angewandt und sollte möglichst vermieden werden. Bereits Fairbank berichtete 1948 in einer klassischen Studie, dass 10 Jahre nach totaler medialer Meniskektomie bei 2/3 und nach subtotaler Meniskektomie bei der Hälfte der Patienten eine Arthrose im entsprechenden Kompartiment auftritt. Meniskektomie erhöht das Risiko eine Gonarthrose zu entwickeln um das 4fache verglichen mit einem nicht operierten Meniskus [1,51,109]. Daher sollte der Meniskus wann immer sinnvoll möglich refixiert werden, um das Meniskusgewebe zu erhalten und degenerative Folgeschäden zu vermeiden [19,25,33,42,47,58,66,91,112,137,149]. Als erster führte Thomas Annandale 1883 in Edinburgh eine offene Meniskusnaht durch und stufte sie 1884 als probate Behandlungsmethode verletzter Menisken ein [104]. Aber erst in den 1980er Jahren wurde die offene Meniskusnaht zur Routineoperation [33,147]. Die erste arthroskopische Meniskusnaht wurde von Ikeuchi im Jahre 1976 beschrieben.
Prinzipiell gilt heutzutage, dass jeder potenziell heilbare Meniskusriss refixiert werden sollte [124,133]. Reparabel sind ca. 10% aller Meniskusrisse [19,54]. Ist eine Resektion notwendig, so sollte nur so viel wie nötig reseziert werden [19].

1.3.4.1 Refixation des Meniskus

1.3.4.1.1 Indikation

Ziel der Meniskusrefixation ist die Schmerzbefreiung und der möglichst vollständige Funktionserhalt des Meniskus. Die Indikation zur Meniskusrefixation besteht, wenn folgende Kriterien erfüllt sind:
frische Entstehung
kompletter Längsriss
Instabilität des Meniskusfragments
Lokalisation im durchbluteten, kapselnahen Drittel
keine wesentliche sekundäre Degeneration des Meniskus
junge sportlich aktive Patienten [34] [40,76,133]
Radiärrisse und Horizontalrisse sind nur bedingt geeignet für eine Meniskusnaht, insbesondere wenn der Riss durch den zirkulären Faserring reicht oder die Meniskusfragmente erheblich zerstört sind [31,34]. Nicht geeignet für eine Meniskusrefixation sind degenerative Meniskusläsionen, dauerhaft deformierte und daher nicht mehr reponierbare Menisken, komplexe Korbhenkelläsionen, multiple Längsrisse und Lappenrisse. Bei diesen Läsionen reicht der Riss bis in die avaskuläre Zone und das Kollagenfasergerüst des Meniskus ist fast immer zerstört [31,34].

1.3.4.1.2 Nahttechniken

Um Meniskusrisse zu refixieren gibt es verschiedene Möglichkeiten, die sich bezüglich Durchführung, zeitlichem Aufwand, Material, preislich, Art der Komplikationen und Wiederausreißkraft stark unterscheiden können. Die Meniskusnaht kann in drei Varianten durchgeführt werden. Bei der „Outside-in-Naht“ werden die Fäden von außen mittels Kanülen durch den Meniskusriss eingebracht. Diese Nahttechnik ist wegen zahlreicher Vorteile die am meisten verbreitete Technik, die zudem in zahlreichen Meniskusarealen anwendbar ist [126]. Bei der „Inside-out-Technik“ werden über Nahtführungshülsen Kanülen von innen durch den Meniskusriss über eine vorher angelegte dorsomediale Hilfsinzision in ca. 20° Kniebeugung vorgeschoben. Somit lassen sich auch ver-

tikale oder horizontale U-Nähte anlegen, die dann extraartikulär über der Kapsel geknotet werden [19,61,76,126]. Bei der „All-inside-Technik“ wird von intraartikulär in den Meniskus eingestochen und das Meniskusgewebe auch intraartikulär wieder verlassen, sodass der Faden direkt an der Meniskusbasis geknotet werden kann. Diese Technik ist anspruchsvoll und erfordert ein aufwendiges Instrumentarium. Mithilfe von speziellen kurzbogigen Nadeln kann jedoch das Hinterhorn gut erreicht werden, sodass eine direkte Naht des Risses von dorsal möglich ist [19,61,76,126].

Durch die Einführung neuer Refixationstechniken seit Anfang der 90er Jahre mittels resorbierbarer Implantate konnte der zeitliche und technische Aufwand einer Meniskusrekonstruktion deutlich verringert werden. Diese Implantate haben verschiedene Formen wie Pfeile mit Widerhaken, Pfeile mit und ohne Kopf, Schrauben oder Klammern und werden ausschließlich intraartikulär angebracht [76,133]. Jedoch ist der Nutzen noch nicht ausreichend evaluiert, sodass die konventionelle Nahttechnik das Standardverfahren darstellt [19,133].

In dieser Studie erhielten alle Patienten die Meniskusrefixation in der „Outside-in-Technik“, die im Folgenden näher beschrieben wird.

1.3.4.1.2.1 Outside-in Technik

Nachdem zunächst mit dem Tasthaken die Ausdehnung des Meniskusrisses bestimmt ist, werden zwei mit Fäden armierte Kanülen von außen nach innen vorgeschoben, so dass sie sowohl die Meniskusbasis als auch das zentrale Meniskusfragment perforieren. Die ventrale Kanüle ist mit einem Faden versehen, der zu einer Schlinge geöffnet werden kann. Durch Vorschieben der Kanüle und vorsichtiges Zurückziehen wird die Schlaufe vergrößert.

Durch die dorsal positionierte Kanüle wird ein zweiter Faden vorgeschoben. Mit der Fasszange wird der aus der posterioren Kanüle vorgeschobene Faden gefasst und durch die Schlinge der ventralen Kanüle geführt. Durch Zurückziehen der Fadenschlinge wird das freie Ende des posterioren Fadens durch die Kapsel nach außen transportiert. Er erreicht wieder das Hautniveau im Bereich der Hautinzision für die Meniskusnaht, nachdem er das abgerissene Fragment und die Meniskusbasis passiert hat. Beide Fadenenden können extraartikulär auf der Kapsel geknotet werden (Abb.6) [19,61,76]. Je nach Risslänge werden 2 bis

4 Nähte geknüpft, laut internationaler Literatur sollte alle 3-5 mm eine Naht angebracht werden [129]. Als letztes wird mit dem Spiegel die Position der Knoten und der Naht kontrolliert sowie mit dem Tasthaken die Nahtstabilität [76,126].
Ein Anfrischen der Wundränder, das sogenannte Debridement, wird schon vor der Refixation vorgenommen, um so eine frische Blutungsquelle zu schaffen und einen Reparationsprozess einzuleiten [76]. Optional kann zusätzlich ein „Needling“ durchgeführt werden. Hierbei wird die Meniskusbasis mit einer perkutan eingestochenen Kanüle mehrmalig punktiert, um das Einsprießen neuer Gefäße von der Peripherie her und damit eine Rissheilung von der Basis her zu induzieren [10,76].

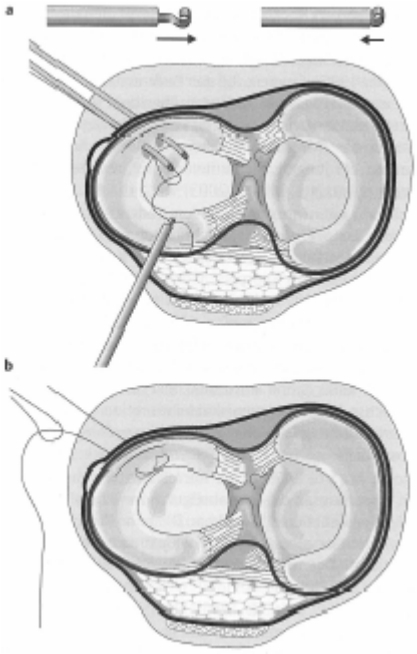


Abb.6: Meniskusnaht in Außen-Innen-Technik
a) Punktion mit gefüllten Kanülen b) Horizontale Matratzennaht. [75]

1.3.4.1.3 Nahttypen

Die Nahttypen unterscheiden sich durch die Nahtausrichtung (Horizontal- und Vertikalnähte) sowie durch die Art und Weise, in der sie das Meniskusgewebe umfassen (Ankerknoten oder U-Nähte) [121]. Sie variieren bezüglich ihrer Ausreißkraft [4,77,108,121]. Dabei ist die Kollagenfasertextur für die Stabilität der Meniskusnähte bedeutsam. Die zirkuläre Hauptverlaufsrichtung der Kollagenfibrillen ist ein Grund für die Beobachtung, dass die Primärstabilität vertikaler Meniskusnähte besser ist als die horizontaler Nähte [61,77,108]. Bei

einer vertikalen Naht werden mehr Faserbündel gefasst als bei einer horizontalen Naht [76].

1.3.4.1.4 Nahtmaterial

Die Frage des am besten geeigneten Nahtmaterials wird weiterhin kontrovers diskutiert. Es besteht sowohl Uneinigkeit, was die Stärke (2,0 oder 1USP) als auch was die Art des Nahtmaterials angeht (resorbierbar vs. nicht-resorbierbar) [13,15,91,142]. Bei den in dieser Studie durchgeführten Meniskusnähten erhielten alle Patienten resorbierbare PDS-Fäden (Polydioxanon) der Stärke 1.0.

1.3.4.1.5 Komplikationen

Nach Small (1986) lag die Komplikationsrate der Meniskusnähte bei 2,6 %. Die häufigste Komplikation nach einer arthroskopischen Innenmeniskusnaht ist die Läsion des N. saphenus [61]. Diese wurde in mehreren Studien eingehend untersucht und reicht in Einzelfällen bis zu 12,9 % [18,24,66,73,88,116,117,137].
Sie kann Parästhesien oder Schmerzen im Innervationsgebiet des Nervs an der Unterschenkelinnenseite hervorrufen. Bei einer Schädigung des Ramus infrapatellaris beschränkt sich die Parästhesie auf dessen Versorgungsbereich unterhalb der Kniescheibe. Der Nervenschaden ist meist innerhalb von einigen Monaten reversibel [76,121].
Desweiteren werden im Bereich der Meniskusnaht Zysten beschrieben [73].

1.3.4.2 Nachbehandlungsprotokoll

Im Anschluss an die Meniskusnaht wurde eine Genucast-Schiene für 6 Wochen getragen. In den ersten 2 Wochen durften die Patienten mit 5kg abrollen, in der 3. bis 6. Woche konnte mit 20 kg teilbelastet werden, dann erfolgte die sukzessive Vollbelastung. Desweiteren sollte frühstmöglich mit der Krankengymnastik angefangen werden mit erlaubter Flexion/Extension von 60-0-0° für 3 Wochen, 4. bis 6. Woche 90-0-0°, anschließend Freigabe.

1.3.5 Prognose

Die Heilungsrate nach Meniskusrefixation in Kombination mit vorderer Kreuzbandplastik in der Red-Red-Zone variiert in der Literatur zwischen 71 und 100 % [11,12,13,15,22,25,50,62,72,79,91,100,112,120,129,136,138,141].

Dabei hat die Naht akuter peripherer Risse bei jungen Patienten, bei denen gleichzeitig das vordere Kreuzband rekonstruiert wird, die beste Prognose [1,8,12,25,34,35,36,60,89,91,129,136]. Spekuliert wird über eine „biologische Heilungsförderung“ durch den mit der Bandplastik verbundenen Hämarthros und das Fibringerinnsel [12,13,15,16,25,59,91,112,136]. Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes kann auch eine Mehrdurchblutung der Meniskusbasis zur Folge haben, wodurch die Heilung der Meniskusrekonstruktion stimuliert werden kann [20]. Zur Beurteilung der Heilungstendenzen des Meniskus hinsichtlich einer zeitnahen Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur soll in dieser Studie das Intervall zwischen Unfall und Operation ermittelt und anschließend mit dem Ergebnis der Meniskusnaht verglichen werden.

In anderen Studien wurde beobachtet, dass die Rerupturrate bei instabilen Kniegelenken höher war als bei stabilen Kniegelenken [13,25,35,36,66,71,91,112,138]. Zur Beurteilung der Stabilität des Kniegelenkes soll daher in unserer Studie die Laxizität des vorderen Kreuzbandersatzes ermittelt und dann in Bezug zum Ergebnis der Meniskusnaht gesetzt werden.

Es werden in der Literatur außerdem Unterschiede in der Heilungsrate zwischen medialem und lateralem Meniskus kontrovers diskutiert. Einige Studien fanden bessere Heilungstendenzen beim medialen Meniskus [12], andere beim lateralen Meniskus [14,25,91,125]. Auch hierzu soll in unserer Studie eine Aussage getroffen werden können.

1.4 Die Magnetresonanztomographie (MRT)

Zur Beurteilung von Meniskusläsionen ist heutzutage die MRT als wichtiges nicht invasives Verfahren besonders gut geeignet. Die Sensitivität und Spezifität zur Detektion von Meniskusrissen liegt je nach Autor zwischen 78 und 100% [26,28,76,87,107,114].

Im Folgenden wird kurz auf physikalische Grundlagen eingegangen, um die Funktionsweise der MRT in ihren Grundzügen zu verstehen.

Im Kern eines jeden Atoms befinden sich - unter anderem - Protonen, kleine Teilchen mit einer positiven elektrischen Ladung. Ein Proton hat einen Spin – es rotiert – und damit bewegt sich auch seine elektrische Ladung. Eine sich bewegende elektrische Ladung ist ein elektrischer Strom, der von einem Magnetfeld begleitet wird. Wenn ein Patient dem Magnetfeld eines Magnetresonanztomographen ausgesetzt wird, richten sich die Protonen im externen Magnetfeld aus. Dies erfolgt entweder parallel oder antiparallel. Der Zustand, der weniger Energie benötigt, wird hierbei bevorzugt. Befindet sich der Patient nun in diesem Magneten wird eine Radiowelle eingestrahlt. Dieser kurze Wellenstoß wird als Hochfrequenzimpuls (HF-Impuls) bezeichnet und bewirkt eine Auslenkung der Protonen in eine andere Richtung. Die nach Abschalten des HF-Impulses und der erneuten parallelen Ausrichtung der Wasserstoffatome frei werdende Energie wird zur Bildgebung verwendet und in Graustufen umgewandelt. Je nach chemischer Bindung der Wasserstoffatome ist die Energieabgabe unterschiedlich, was durch unterschiedliche Graustufen kenntlich gemacht wird.

Wenn man mehr als einen HF-Impuls benutzt, spricht man von einer Sequenz. Da es unterschiedliche Impulse sowie auch unterschiedliche Zeitintervalle zwischen den Impulsen gibt, existieren verschiedenste Impulssequenzen. Die Zeit, nach der ein Impuls wiederholt wird, wird als TR, „time to repeat“ (Repetitionszeit), bezeichnet. Die Zeit, die es nach Abschalten des Impulses dauert, um ein Signal zu erhalten, wird als TE, „time to echo“ (Echozeit), bezeichnet. Aufgrund der komplexen Beschaffenheit dieser Vorgänge ist es wichtig, für eine bestimmte Untersuchung auch die richtige Impulssequenz auszuwählen [118].

Zu Beurteilung der Menisken und der aus Meniskusläsionen resultierenden oder assoziierten Veränderungen eignen sich sagittale und koronare Spin Echo Sequenzen. Diese bestehen aus einem 90°- und einem 180°- Impuls. Der gesunde Meniskus stellt sich in allen Untersuchungstechniken homogen mit niedrigem Signal dar, wobei dies durch das Fehlen mobiler Protonen bedingt ist. Degenerationen oder Einrisse führen zu einer Anreicherung der durch den Meniskus diffundierenden Synovialflüssigkeit, wodurch sich die Zahl freier Protonen lokal erhöht und die Signalintensität in diesen Regionen ansteigt [76]. Daher sind intrameniskale Signalintensitätsveränderungen neben einer abnormen Morphologie des Meniskus das wichtigste Kriterium zur Diagnostik von Meniskusrissen [28].

Vor allem eine lineare Signalintensitätserhöhung zu beiden Oberflächen des Meniskus gilt als das Zeichen mit der höchsten Spezifität (73%) und dem höchstem positiven Vorhersagewert (84%) für einen sicheren Meniskuseinriss [146]. Ebenso ist nach Untersuchungen in mehreren Studien ein in T2 gewichteten Bildern zu sehender Kniegelenkerguss, welcher sich bis in den Meniskusriss bzw. in die Meniskusnaht erstreckt, ein verlässliches Anzeichen eines erneuten Risses [38;80;84] sowie die Dislokation von Meniskusfragmenten [7,84,105,131].

Anhand der genannten Kriterien werden daher die Meniskusnähte des Patientenkollektivs der vorliegenden Studie beurteilt. Anschließend soll in Zusammenhang mit den übrigen Auswertungsparametern eine Aussage zur Heilungsrate von Meniskusrissen bei Primärrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes getroffen werden können. Bisher wurde in bestehenden Studien zur Beurteilung der Meniskusnaht hauptsächlich die klinische Untersuchung in Verbindung mit der Rearthroskopie genutzt [26,38,114]. Da jedoch mittels MRT aktuell keine neueren Erkenntnisse insbesondere im Hinblick auf die modernen verbesserten Techniken der Kreuzbandchirurgie bestehen, soll dieses wichtige wenig risikobehaftete und einfach durchführbare Verfahren die Grundlage dieser Studie bilden.

2 Fragestellung

Wesentliche Zielsetzung der vorliegenden Arbeit ist die Ermittlung der Heilungsrate der Meniskusnaht bei gleichzeitiger Primärrekonstruktion des vorderen Kreuzbandes. Diese wird in der Literatur zwischen 83 und 93 % angegeben [12,13,25,31,50,91,112,129].

Es werden subjektive, objektive und radiologische Parameter des Operationsergebnisses anhand standardisierter Nachuntersuchungen evaluiert.
Als Grundlage wird die Kernspintomographie als heutzutage wichtiges nicht invasives Verfahren herangezogen und in Zusammenhang zu den in den weiteren Tests ermittelten Ergebnissen gesetzt.

Es sollen folgende Hypothesen untersucht werden:

1. Die verbliebene Laxizität des Kniegelenks nach ersetztem vorderen Kreuzband hat einen Einfluss auf die Heilung des genähten Meniskus.
2. Das Intervall zwischen Unfall und Operation beeinflusst die Heilungsprognose der Meniskusnaht. Die zeitnahe Versorgung von vorderen Kreuzbandrupturen hat einen positiven Einfluss auf die Wiedererlangung der normalen Meniskusfunktion.
3. Es besteht ein Unterschied in der Heilungsrate zwischen medialem und lateralem Meniskus.
4. Das Patientenalter hat Einfluss auf die Heilungsprognose des genähten Meniskus.

Auf der Grundlage der ermittelten Erkenntnisse sollen Hinweise zur Praktikabilität und zur differenzierten Indikationsstellung der Refixation eines verletzten Kniegelenksmeniskus gegeben und mit den Angaben der Literatur diskutiert werden.

3 Material und Methoden

3.1 Studiendesign

3.1.1 Probandencharakteristik

Im Dreifaltigkeitskrankenhaus in Köln erhielten im Zeitraum vom 1.1.2000 bis 31.3.2005 insgesamt 436 Patienten einen vorderen Kreuzbandersatz. Bei 340 Patienten (78%) wurde zusätzlich ein Meniskusriss diagnostiziert. 40,6% wiesen einen isolierten Innenmeniskusriss, 17,9% einen isolierten Außenmeniskusriss und 41,5% eine Kombinationsschaden beider Menisken auf. Eine nahtfähige Meniskusläsion lag in 27,9% der Fälle vor. Diese 95 Patienten bildeten das Patientengut unserer Studie.

5 dieser Patienten erlitten in der Zwischenzeit eine Reruptur der VKB-Plastik und 4 Patienten Rezidivmeniskusrisse, sodass diese von unserer Studie ausgeschlossen wurden. Auch Vorschäden oder frühere Operationen am betroffenen Kniegelenk führten zum Ausschluss aus der Studie. 3 Patienten, die vor der ACL-Rekonstruktion bereits eine Naht ihres Kreuzbandes erhalten hatten, wurden eingeschlossen.

Somit wurden im März 2006 86 Patienten angeschrieben und zur Nachuntersuchung eingeladen. Diese fand von Mai bis August 2006 statt.

Von diesen 86 Patienten erschienen 36 zur Nachuntersuchung, 25 Männer und 11 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 31,9 Jahren. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum lag bei 3 Jahren und 5 Monaten, die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Unfall und OP bei 52,1 Wochen.

Den 50 nicht nachuntersuchten Patienten wurde der subjektive Erhebungsbogen, der den Lysholm sowie Tegner-Score beinhaltete, zugesandt. Dieser anonyme Fragebogen wurde nur von 3 Patienten vollständig ausgefüllt zurückgesandt, 10 weitere konnten telefonisch befragt werden. Die übrigen 37 Patienten waren unbekannt verzogen und nicht zu erreichen.

3.2 Aufbau der Nachuntersuchung

3.2.1 Anamnese

Aus den Krankenakten wurden Angaben zu Alter, Geschlecht und dem betroffenen Kniegelenk entnommen. Aus Unfall- und OP-Datum wurde die Zeitspanne zwischen Unfall und Operation errechnet und die Patienten in Gruppen eingeteilt. In Gruppe 1 wurden somit jene 12 Patienten eingeteilt, die innerhalb der ersten 6 Wochen nach dem Unfall operiert wurden. Gruppe 2 enthielt ebenfalls 12 Patienten, die zwischen 6 Wochen und 6 Monaten ein neues Kreuzband sowie die Meniskusnaht erhielten. In Gruppe 3 fielen 7 Patienten, die zwischen 6 Monaten bis 2 Jahren ihre Operation hatten. Gruppe 4 hatte 3 Patienten, die zwischen 2 und 5 Jahren nach dem Unfallereignis operiert wurden und in Gruppe 5 kamen 2 Patienten, die mit der Operation länger als 5 Jahre gewartet hatten.
Auch zur Ermittlung der Unfallursache wurden die Patientenakten herangezogen.
Die OP-Berichte gaben zusätzlich Aufschluss über die Operationstechnik, der Transplantatwahl, der Art und Lage des Meniskusrisses, der durchgeführten Meniskusnahttechnik, der Begleitverletzungen und der Nachbehandlung.

3.2.2 klinische Untersuchung

Der klinische Teil der Untersuchung beinhaltete die heutzutage gängigen Meniskustests. Dazu gehörten ein lokaler Druckschmerz im Gelenkspalt, der Steinmann-I-Test, der Böhler-Test, der Apley-Test und der McMurray-Test.
Ebenso wurde die Stabilität des vorderen Kreuzbandersatzes mittels Lachman-Test, vorderem Schubladen-Test und Pivot-shift-Test überprüft. Die genannten Tests werden im Nachfolgenden einzeln erläutert.

3.2.2.1 Steinmann-I-Test

Hierbei lag der Patient auf dem Rücken während der Untersucher mit der linken Hand das gebeugte Knie fixierte, mit der anderen den Unterschenkel umfasste und forcierte Rotationsbewegungen des Unterschenkels bei unterschiedlich stark gebeugtem Kniegelenk durchführte (Abb.7). Schmerzen im medialen Gelenkspalt bei Außenrotation deuteten auf einen Innenmeniskusschaden hin, Schmerzen im lateralen Gelenkspalt bei Innenrotation auf eine Außenmeniskuläsion [61]. Dieser Test weist eine Sensitivität von 60 %, eine Spezifität von 25 %, einen positiven Vorhersagewert von 72 % und einen negativen Vorhersagewert von 85 % auf [67].

Abb. 7: Steinmann I-Zeichen

3.2.2.2 Böhler-Test

Auch dieser Test wurde in Rückenlage des Patienten durchgeführt (Abb.8). Es sollte einmal eine Adduktion, der sogenannte Varusstress, durchgeführt und hierbei auf Schmerzen im medialen Gelenkspalt geachtet werden. Bei der Abduktion, dem Valgusstress, sollte auf Schmerzen im lateralen Gelenkspalt geachtet werden [61]. Dieser Test besitzt eine Sensitivität von 60 % und eine Spezifität von 31 %. Der positive Vorhersagewert beträgt 75 %, der negative 78 % [67].

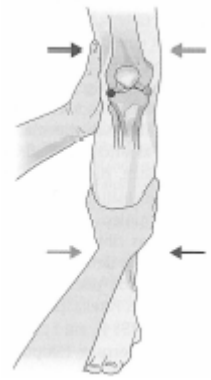


Abb. 8: Böhler-Zeichen

3.2.2.3 Apley-Test

Bei dieser Untersuchung lag der Patient auf dem Bauch mit 90° Beugung des betroffenen Kniegelenks (Abb.9). Es sollten unter axialem Druck und gleichzeitiger Drehung Schmerzen im Kniegelenk entweder lateral oder medial provoziert werden [61].Der Test hat eine Sensitivität von 69 %, eine Spezifität von 31 %, einen positiven und negativen Vorhersagewert von je 73 % [67].

Abb. 9: Apley-Zeichen

3.2.2.4 McMurray-Test

Bei diesem Test lag der Patient auf dem Rücken, Kniegelenk und Hüftgelenk wurden stark gebeugt. Aus dieser maximalen Beugung wurde nun das Kniegelenk unter Außen- bzw. Innenrotation allmählich gestreckt (Abb.10) [61]. Hierbei sollten ebenfalls Schmerzäußerungen des Patienten unter genauer Lokalisationsangabe eruiert werden. Auch auf ein Schnappen, welches auf eine Einklemmung des Meniskus hinweist, sollte geachtet werden. Dieser Test hat mit

73 % die höchste Sensitivität, d.h. bei positivem Test ist eine Meniskusläsion sehr wahrscheinlich.
Die Spezifität beträgt 13 %, der positive Vorhersagewert 71 %, der negative Vorhersagewert 88 % [67].

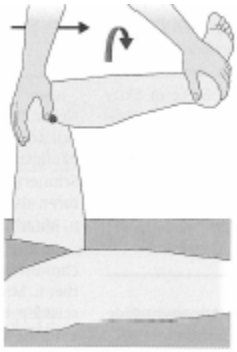


Abb. 10: **McMurray-Zeichen** [75]

3.2.2.5 Stabilitätsprüfung des vorderen Kreuzbandes

In dem untersuchten Kollektiv wurde die Bandstabilität des vorderen Kreuzbandersatzes mittels Lachman-Test, dem Schubladentest und dem Pivot-shift-Test überprüft. Alle Tests wurden sowohl am operierten als auch am gesunden Kniegelenk durchgeführt, um einen Eindruck über die physiologische Bandstabilität zu erhalten.
Für den Lachman-Test wurden die Patienten gebeten, sich auf den Rücken zu legen. Eine Hand des Untersuchers umfasste den Tibiakopf, die andere das distale Femur. Nun wurde versucht, in 20° Beugestellung des Kniegelenkes den Tibiakopf nach ventral zu verschieben (Abb.11a). Hierbei musste besonders auf das Ausmaß der Verschiebung geachtet werden und darauf, ob ein ruckartiger Stopp, ein sog. „harter Anschlag“, bestand. Dieser entsteht durch ein sich bei der Ventralverschiebung der Tibia plötzlich anspannendes vorderes Kreuzband.
Beim vorderen Schubladentest befanden sich die Patienten ebenfalls in Rückenlage. Der Untersucher setzte sich vorsichtig auf den Vorfuß des zu untersuchenden Beines und versuchte diesmal in 90° Beugestellung des Kniegelenkes den Tibiakopf nach ventral zu verschieben (Abb.11b). Die Beurteilung erfolgte wie beim Lachman-Test.

Beim Pivot-shift-Test wurde das Kniegelenk unter Valgus- und Innenrotationsstress aus der Streckung in die Beugung geführt (Abb.11c). Hierbei sollte während der Bewegung auf eine Subluxation des lateralen Tibiakopfes nach vorne geachtet werden [61].

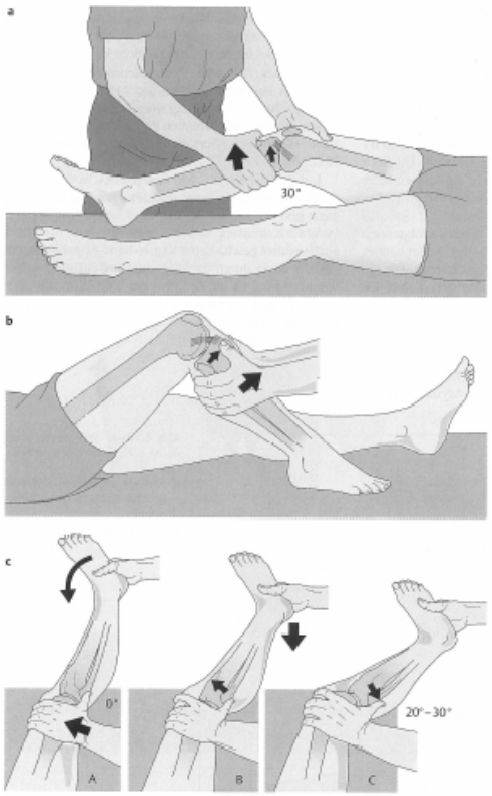


Abb. 11: **Prüfung der anterioren, anteromedialen und anterolateralen Instabilität**
a) Lachman-Test b) vorderes Schubladenzeichen in 90° Stellung des Kniegelenkes c) Pivot-Shift-Test [75]

3.2.2.5.1 KT-1000-Arthrometer

Zur genauen Erfassung der ventralen und dorsalen Translation der Tibia gegen den Femur bei Verletzungen des vorderen und/ oder des hinteren Kreuzbandes entwickelten der Orthopäde Dale M. Daniel in Zusammenarbeit mit der Firma Medmetric 1982 das erste KT-1000 Knee Ligament Arthrometer
[29].Es dient zur Objektivierung des Lachman-Tests.
Bei der Untersuchung wird das Testgerät auf die Tibiavorderseite aufgesetzt und mit Klettverschlüssen am Unterschenkel fixiert. Es gibt zwei Kontaktstücke, eines setzt auf der Patella auf und das andere auf der Tuberositas tibiae. Es muss darauf geachtet werden, dass das Kniegelenk in einer leicht gebeugten Position gehalten wird, damit die Patella exakt im femoralen Gleitlager liegt.

Außerdem sollte der Patient möglichst entspannt liegen. Mit einer Hand stabilisiert der Untersucher nun den Patellasensor, mit der anderen Hand zieht er am Handgriff. So wird zwischen den beiden Kontaktstücken die relative Bewegung in mm ermittelt (Abb.12) [29].

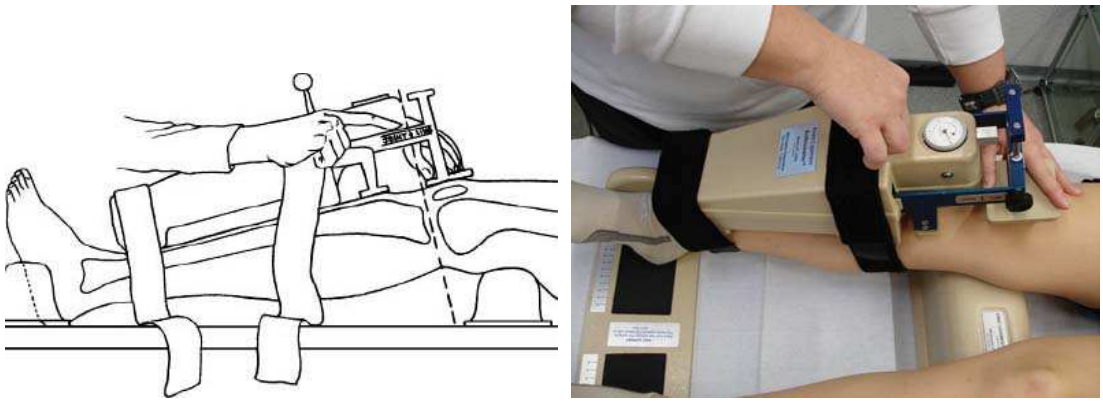


Abb. 12: Das KT-1000 Arthrometer
(aus MEDmetric® Corporation, 1994)

In dieser Studie erfolgte die Bestimmung der passiven vorderen Tibiatranslation in drei aufeinander folgenden Messungen bei Kraftapplikation von 67N (15lb), 89N (20lb) und maximal manuellem Zug bei 25° Flexion des Kniegelenks. Die Testserie wurde dreimal wiederholt und anschließend der Mittelwert errechnet.
Das nicht operierte Kniegelenk wurde ebenfalls mittels des KT-1000 untersucht, um einen Stabilitätsvergleich zwischen operiertem und nicht operiertem Kniegelenk durchführen zu können.
In Anlehnung an Daniel wurde eine Seitendifferenz von > 3 mm mit dem KT-1000-Arthrometer als vordere Instabilität gewertet [29].

3.2.3 Tests und Scores

3.2.3.1.1 IKDC

Das „International Knee Documentation Committee“ entwickelte 1987 ein einheitliches Standartevaluationsblatt zur Beurteilung von Verletzungen der Kniegelenkbänder. Es beinhaltet einen Dokumentations-, einen Qualifikations- und einen Evaluationsteil. Es werden 4 Problemkreise evaluiert: subjektive Beurtei-

lung, Symptome, Bewegungsumfang und Untersuchung des Bandapparats. Jeder dieser Problembereiche wird mittels der Graduierung „normal“, „fast normal“, „abnormal“ und „stark abnormal“ ausgewertet.
Die schlechteste Bewertung innerhalb einer Gruppe ergibt die Gruppenqualifikation, die schlechteste Bewertung der Gruppenqualifikation ergibt die Gesamtauswertung.
Zusätzlich werden noch 4 weitere Bereiche dokumentiert: kompartimentelle Befunde, Symptome an der Entnahmestelle, Röntgenuntersuchung und funktionelle Testung [57]. vgl. Anhang

3.2.3.1.2 Lysholm-Score

Der Score nach Lysholm und Gillquist ist ein klinischer Score, der seine Anwendung bei Nachuntersuchungen von Knieinstabilitäten findet. Die Aussagekraft beruht zu 95 % auf subjektiven und zu 5 % auf objektiven Daten.
Die Höchstpunktzahl beträgt 100 und wird nach folgenden Kriterien vergeben: Hinken (5 Punkte), Gehilfe (5 Punkte), „Verriegeln“ (15 Punkte), Instabilität (25 Punkte), Schmerz (25 Punkte), Schwellung (10 Punkte), Treppensteigen (10 Punkte) und Hocken (5 Punkte).
Dieser Score wurde in unserer Studie für 3 verschiedene Zeitpunkte angewandt: vor der Verletzung, vor der Operation und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung [82]. vgl. Anhang

3.2.3.1.3 Tegner-Aktivitätsscore

Der Tegner-Score ermittelt das Aktivitätsniveau sowie die Sportfähigkeit der Patienten. Es werden 11 Abstufungen, die von einer Arbeitsunfähigkeit aufgrund von Knieproblemen bis hin zu Fußball in nationaler/internationaler Elite gehen, mit einem Aktivitätslevel von 0 bis 10 unterschieden. Dies wurde ebenfalls zu 3 Zeitpunkten erfragt (vor der Verletzung, vor der Operation und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung) [128]. vgl. Anhang

3.2.3.1.4 KOOS-Kniefragebogen

Der „Knee injury and osteoarthritis outcome Score“ ist ein subjektiver Fragebogen, der nach Knieverletzungen Aussagen zum subjektiven Empfinden der Patienten und Hinweise zum Vorliegen einer Arthrose geben kann.
Er ist in 5 Teile untergliedert: Symptome, Schmerzen, Aktivitäten des täglichen Lebens, Sport/Freizeit und Lebensqualität. Als Antwortmöglichkeiten stehen „niemals“, „selten“, „manchmal“, „oft“, „immer“ zur Auswahl, denen dann Punkte von 0 (niemals) bis 4 (immer) zugeordnet werden.
Jeder der 5 Teile wird einzeln ausgewertet, es kann jeweils eine Höchstpunktzahl von 100 erreicht werden [110]. vgl. Anhang

3.2.4 MRT-Diagnostik

3.2.4.1 technische Daten

Bei dem Kernspingerät handelt es sich um den E-Scan XQ von Esaote, ein offenes und digitales Spezialsystem für den peripheren Bewegungsapparat.
Es arbeitet mit einem offenen, C-förmigen Permanent-Magneten, der eine Feldstärke von 0,2 Tesla besitzt und von drei Seiten zugänglich ist [Esaote].

3.2.4.2 Spule und Protokolle

Zur Untersuchung des Kniegelenks im Kernspintomographen wurde die Spule 2 verwendet. Diese hat eine Innenabmessung von 16*18,3*14,3 cm (Breite*Tiefe*Höhe) [Esaote].
Für unsere Studie wurde mit erfahrenen Radiologen sowie einer erfahrenen Röntgen-MTA ein spezielles Protokoll angelegt, um der Fragestellung nach der Meniskusnaht gerecht zu werden. Es enthielt folgende Sequenzen:

1. Spin Echo T1 koronar in 3,5mm Schichtdicke; TR (time to repeat) 960ms, TE (time to echo) 26ms, FOV (field of view) 200*200mm, Matrix: 288*200, Serien 3, Schichten 18, Echos 1

2. Turbo Spin Echo T2 koronar in 3,5mm Schichtdicke; TR 2800ms, TE 80ms, FOV 200*200mm, Matrix 224*184, Serien 4, Schichten 18, Echos 1

3. Spin Echo T1 sagittal in 3,5mm Schichtdicke; TR 1170ms, TE 26ms, FOV 200*200mm, Matrix 288*200, Serien 5, Schichten 22, Echos 1

4. Turbo Spin Echo T2 sagittal in 4mm Schichtdicke; TR 2960ms, TE 80ms, FOV 190*190mm, Matrix 224*184, Serien 6, Schichten 20, Echos 1

5. VKB Turbo Spin Echo T2 sagittal in 3,0mm Schichtdicke; TR 2800ms, TE 80ms, FOV 200*200mm, Matrix 192*160, Serien 7, Schichten 9, Echos 1

6. GE T3Dt1 sagittal in 1,0mm Schichtdicke, TR 38ms, TE 16ms, FOV 200*150*130mm, Matrix 192*144*72, Serien 8, Schichten 104, Echos 1

Als Bezugsbilder wurden Transversale gewählt mit einer TR von 340ms, TE 18ms, FOV 170*170mm, Matrix 192*128, Serien 2, Schichten 9, Echos 1

3.2.4.3 Auswertungsparameter

Im MRT sollten sowohl die Kreuzbandplastik als auch die Meniskusnaht beurteilt werden. In Anlehnung an die in der Literatur geläufigen Parameter übernahmen wir die für unsere Studie wichtigen Kriterien zur Beurteilung eines rekonstruierten vorderen Kreuzbandes [63,106]. Es wurde zunächst nach der Signalintensität in sagittalen T1- und T2-gewichteten Bildern mit „signalreich“, „intermediär“ und „signalarm“ bewertet. Desweiteren wurde die Randkontur mit „glatt“ oder „unregelmäßig“ beschrieben sowie die Verlaufsform als „elongiert“ oder „angespannt“. Ebenso wurde nach Flüssigkeit im femoralen oder tibialen Bohrkanal sowie einem Gelenkerguss geschaut. Hieraus erfolgte die Einteilung der Kreuzbänder in Kategorien. Kategorie A enthielt die Kreuzbänder, die als signalarm, glatt begrenzt und angespannt eingestuft wurden, Kategorie B solche, die als signalarm/intermediär, unregelmäßig begrenzt und angespannt galten und Kategorie C solche, die signalreich, unregelmäßig begrenzt und elongiert waren.

Zur Beurteilung der Meniskusnaht wurden die von Crues et al. aufgestellten Kriterien in abgewandelter Form herangezogen [28]. Wir beurteilten ebenfalls die Signalintensitätserhöhung in sagittalen und koronaren T1- und T2- gewichteten Bildern. Diese wurde noch differenziert in „punktförmig, unregelmäßig“, „linear intrameniskal“, „linear zur Oberfläche“, „linear zur Unterfläche“ sowie „linear zur Basis“. Außerdem haben wir die Signalintensität zwischen T1 und T2 verglichen und in „gleich“, „höher“, „niedriger“ eingeteilt. Konturunterbrechungen bzw. Dehiszenzen des Meniskus wurden beschrieben nach der Lokalisation. Zu den Formveränderungen des Meniskus gehörten „unregelmäßige Randkontur“, „Abflachung“ und „Fragmentation“. Auf Fragmentverschiebungen, Meniskuszysten und Flüssigkeitsübertritt in die Mensikusnaht wurde ebenfalls geachtet. Auch hierbei teilten wir die gefundenen Ergebnisse in Kategorien ein. Als Kategorie A wurden die Menisken eingestuft, die als signalarm in allen Sequenzen, ohne Formveränderungen und mit einer regelmäßigen Randkontur beschrieben werden konnten. Die Menisken in Kategorie B wiesen inhomogenes Signalverhalten, eine Abflachung und eine unregelmäßige Randkontur auf, in Kategorie C lineares inhomogenes Signalverhalten, Formveränderungen oder sogar ein Meniskusganglion.
Zum Schluss haben wir versucht anhand der Operationsbilder zu verifizieren, ob die gefundenen Signalveränderungen im Meniskus mit der ursprünglichen Rissform und Lokalisation übereinstimmten.

3.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Softwareprogramm SPSS Version 10 für Windows. Angewandt wurden dabei Verfahren der deskriptiven und analytischen Statistik.
Mittels der einfaktoriellen ANOVA Varianzanalyse wurden die Werte des KT-1000 der verletzten mit der unverletzten Seite verglichen. Zum Vergleich der Ergebnisse sowohl des Lysholm-Scores als auch des Tegner-Scores jeweils zwischen den drei verschiedenen Zeitpunkten wurde der gepaarte T-Test für abhängige Variablen benutzt bei einem Signifikanzniveau von $p=0,05$.

4 Ergebnis

4.1 Patienenkollektiv

4.1.1 Rücklaufquote

Von den 86 zur Nachuntersuchung eingeladenen Patienten erschienen 36 (42%). Den übrigen 50 Patienten wurde ein Fragebogen zugesandt, um eine subjektive Einschätzung des Operationsergebnisses zu erhalten. Hiervon sandten nur 3 Patienten den Fragebogen anonym und vollständig ausgefüllt zurück, 10 Patienten konnten telefonisch erreicht und befragt werden. Die übrigen 37 Patienten (43%) beantworteten den Fragebogen nicht und waren auch telefonisch nicht zu erreichen. Somit konnten vom Gesamtkollektiv 57% erfasst werden.

4.1.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Bei den Patienten handelte es sich um 25 Männer (69,4%) und 11 Frauen (30,6%), die im Durchschnitt 31,9 Jahre alt waren. Der jüngste Patient war 19, der Älteste 49 Jahre alt.

4.1.3 Verletzungsursache

Bei Betrachtung der die Knieverletzungen auslösenden Ursachen fiel auf, dass mit 83,3% der größte Teil der Kreuzband und Meniskusläsionen durch Distorsions-Traumata beim Sport bedingt waren. 50 % davon kamen beim Fußballspielen zustande, 10 % beim Handball, 13,3 % beim Volleyball, 10 % beim Skifahren und je 3,3 % beim Judo, Fahrradfahren, Ballett, Hockey und Inline-Hockey. Der übrige Teil der Patienten erlitt bei Freizeitbeschäftigungen oder bei Verkehrsunfällen ein Knietrauma (Abb.13).

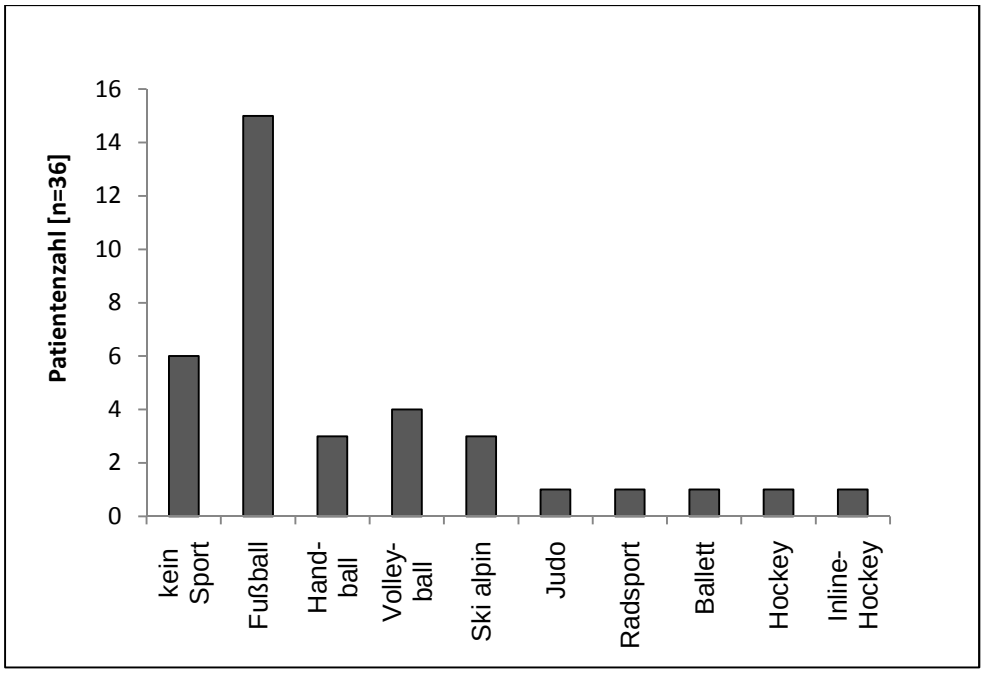


Abb. 13: Verletzungsursachen

4.1.4 Seitenverteilung

21mal (58,3 %) war das rechte Knie betroffen, 15mal (41,7 %) das Linke.

Bei den Meniskusrissen war 33mal der Innenmeniskus (91,7%) betroffen, wobei 26mal (78,8%) das Hinterhorn, 6mal (18,2%) das Hinterhorn und der intermediäre Teil und einmal (3%) nur der intermediäre Teil des Meniskus genäht wurden.

Der Außenmeniskus war insgesamt 14mal (38,9%) betroffen. Davon befanden sich 12 (85,7%) Risse im Hinterhornbereich, ein Riss (7,1%) im intermediären Teil und ein Riss (7,1%) war sowohl im Hinterhorn als auch im intermediären Teil lokalisiert. Die 3 Außenmeniskusrisse, die genäht wurden, befanden sich 2mal im Hinterhorn und 1mal im intermediären Teil. Die 6 Teilresektionen wurden 5mal im Hinterhorn und 1mal im intermediären Teil durchgeführt, 5mal Glätten ebenfalls im Hinterhornbereich.

Nur 1 Patient hatte einen solitären Außenmeniskusriss, bei den übrigen 13 Patienten (36,1%) traten die Risse an beiden Menisken auf, bei 23 Patienten (63,9%) fanden sich nur Innenmeniskusrisse. Kein Patient erhielt gleichzeitig eine Innen- und Außenmeniskusnaht.

4.1.5 Operations-Methode

Für den vorderen Kreuzbandersatz wurde bei 6 Patienten die Semitendinosus-Sehne und bei 30 Patienten das mittlere Patellarsehnendrittel als Transplantat verwendet.
Bei den Meniskusnähten handelte es sich um 33 Innenmeniskusnähte (91,7%), wovon 28 Vertikal-/Längsrisse (84,8%) und 5 Korbhenkelrisse (15,2%) versorgt wurden. Die 3 Außenmeniskusrisse (8,3%), die genäht wurden, waren Vertikal-/Längsrisse. 3 Korbhenkel-, 2 Radiär- und 1 Lappenrisse am Außenmeniskus konnten nicht genäht werden und wurden teilreseziert.

4.1.6 Nahtmaterial

Als Nahtmaterial wurden immer PDS-Fäden (Polydioxanon) der Stärke 1 verwendet. In 18 Fällen (49%) wurden 2 Ankerknoten, in 4 Fällen (11%) 3 Ankerknoten und in 2 Fällen (6%) 4 Ankerknoten gelegt. U-Nähte wurden bei insgesamt 5 Patienten geknüpft, bei 3 Patienten (8%) 1 U-Naht und bei 2 Patienten (6%) je 2 U-Nähte.
5 Patienten (14%) erhielten Meniskusnähte, die jeweils aus 2 Ankerknoten und einer U-Naht bestanden, 2 Patienten (6%) je einen Ankerknoten und eine U-Naht.

4.1.7 Intervall zwischen Unfall und OP

Aus Unfall- und OP-Datum wurde die Zeitspanne zwischen Unfall und Operation errechnet und die Patienten entsprechend in 5 Gruppen eingeteilt. Der Durchschnitt lag bei 52,1 Wochen.

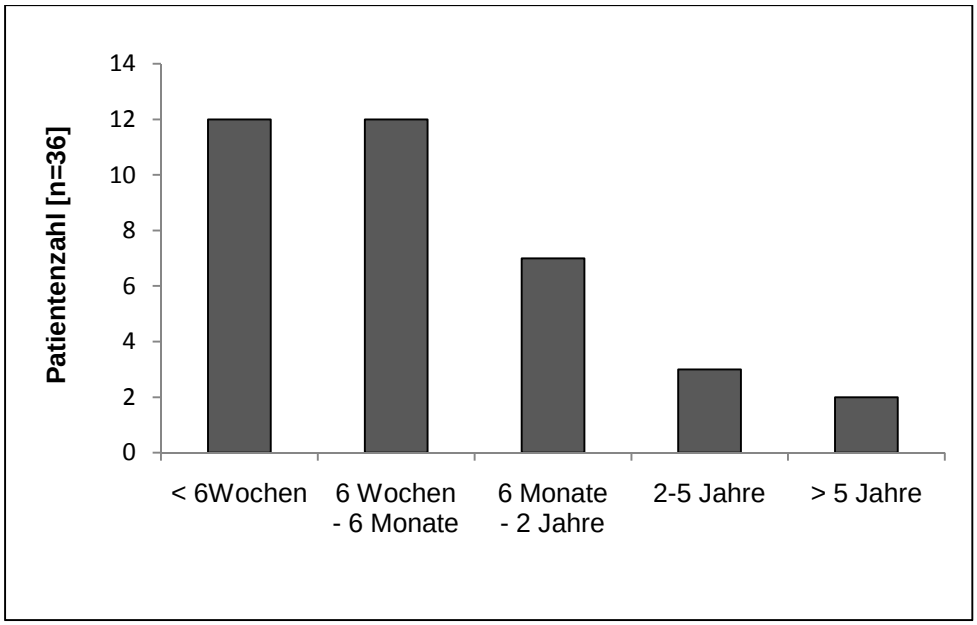


Abb. 14: Intervall zwischen Unfall und Operation

Abbildung 14 stellt die Einteilung in die 5 Gruppen graphisch dar. In Gruppe 1 wurden somit jene 12 Patienten (33,3%) zugeordnet, die innerhalb der ersten 6 Wochen nach dem Unfall operiert wurden. Gruppe 2 enthielt ebenfalls 12 Patienten (33,3%), die zwischen 6 Wochen und 6 Monaten ein neues Kreuzband sowie die Meniskusnaht erhielten. In Gruppe 3 fielen 7 Patienten (19,4%), die zwischen 6 Monaten bis 2 Jahren ihre Operation hatten. Zu Gruppe 4 wurden 3 Patienten (8,3%) zugewiesen, die zwischen 2 und 5 Jahren nach dem Unfallereignis operiert wurden und in Gruppe 5 kamen 2 Patienten (5,6%), bei denen das Unfallereignis länger als 5 Jahre zurücklag. Insgesamt fand eine operative Versorgung der vorderen Kreuzbandruptur sowie des Meniskusrisses bei 33,3% der Patienten in der Primärphase innerhalb von 6 Wochen statt, bei den übrigen 66,6% in der Postprimär- bzw. Sekundärphase.

4.1.8 Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung

Der durchschnittliche Zeitraum zwischen Operation und Nachuntersuchung betrug 41,4±18,2 Monate; das entspricht 3 Jahren und 5 Monaten. Hierbei lag das geringste Intervall bei 14 Monaten, das Größte bei 6,4 Jahren.

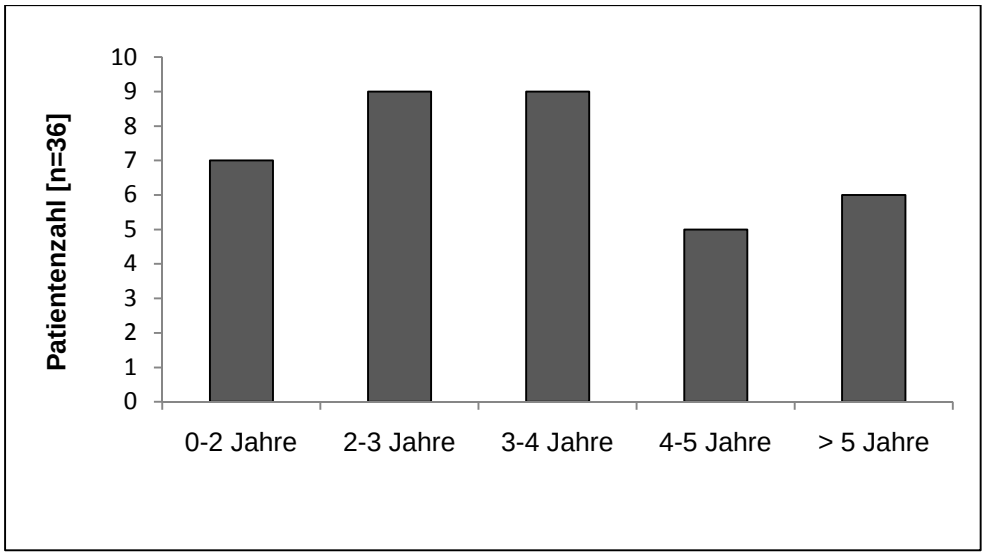


Abb. 15: **Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung**

Abbildung 15 stellt die Einteilung in die 5 Gruppen graphisch dar. In Gruppe 1 wurden 7 Patienten (19,4%) eingeteilt, die innerhalb der ersten 2 Jahre nach der Operation zur Nachuntersuchung kamen. Gruppe 2 enthielt 9 Patienten (25%), die zwischen 2 und 3 Jahren nach ihrer Kreuzbandoperation an der Nachuntersuchung teilnahmen. Die 9 Patienten (25%) der dritten Gruppe erschienen in einem Zeitraum von 3 bis 4 Jahren zur Kontrolluntersuchung, 5 Patienten (13,9%) der Gruppe 4 innerhalb 4 bis 5 Jahren nach der Operation. Bei 6 Patienten (16,7%) lag die Operation zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bereits über 5 Jahre zurück.

4.1.9 Vorschäden/ Voroperationen

Insgesamt lag 6 Patienten (16,7%) bereits eine vordere Kreuzbandruptur am betroffenen Kniegelenk vor, die aber nicht durch einen Kreuzbandersatzplastik rekonstruiert wurde. Bei 3 Patienten wurde eine Kreuzbandnaht durchgeführt, bei den anderen 3 Patienten eine Resektion der Kreuzbandstümpfe. Durch ein erneutes Trauma wurde dann die vordere Kreuzbandrekonstruktion notwendig.

4.1.10 Begleitverletzungen

Zu den intraoperativ dokumentierten Begleitverletzungen zählten vor allem Knorpel und Innenbandschäden. 24 Patienten (66,7%) hatten bereits einen Knorpelschaden am betroffenen Kniegelenk, 1 Patient hatte einen Innenbandschaden.
Bei 12 Patienten (33,3%) war gleichzeitig sowohl der Innen- als auch der Außenmeniskus lädiert. Hierbei konnte der Innenmeniskus jeweils genäht werden während der Außenmeniskus 6mal reseziert und 5mal geglättet wurde. In einem Fall wurde der Außenmeniskusriss belassen.
Zudem wurde bei 15 Patienten (41,7%) während der Operation eine Plica mediopatellaris diagnostiziert, welche anschließend entfernt wurde.
Am gegenseitigen Kniegelenk hatten 4 Patienten (11,1%) zusätzlich eine ACL-Rekonstruktion, ein Patient eine Meniskusnaht, ein Patient eine Meniskusteilresektion und ein weiterer Patient sowohl eine VKB-Plastik als auch eine Meniskusnaht.

4.1.11 Komplikationen

Zu den Komplikationen, die in unserer Studie festgestellt wurden, gehörten in 3 Fällen (8,3%) eine Meniskuszyste im Bereich der gelegten Meniskusnaht. Bei einem Patienten trat unmittelbar nach der Operation und der durchgeführten Meniskusnaht ein Fadenhygrom auf.
Zusätzlich berichteten alle Patienten über Gefühlsstörungen im Bereich der patellaren oder tibialen Entnahmestelle.

4.2 klinische Ergebnisse

4.2.1 Ergebnisse der Meniskustests

Die klinischen Meniskustests waren in allen Fällen negativ. Bei zwei nachuntersuchten Patienten fand sich ein Druckschmerz über dem medialen bzw. lateralen Gelenkspalt, ohne dass ein weiteres klinisches Korrelat einer Meniskusläsion vorhanden war.

4.2.2 Ergebnisse des Bewegungsumfangs

Das Flexionsausmaß der operierten Seite betrug im Durchschnitt 134±7,3 Grad und das der Gegenseite 136±5 Grad. Die Extensionfähigkeit lag im Mittel bei 1,7±3 Grad am operierten und bei 4,6±3,5 Grad am nicht-operierten Kniegelenk.
Gemäß der Graduierung von Hefti et al. wiesen insgesamt 30 Patienten (83,3%) eine „normale“ Beugefähigkeit im postoperativen Seitenvergleich auf. 5 Patienten (13,9%) hatten ein Beugedefizit von 6 bis 15°, 1 Patient von 16 bis 25°. Diese wurden als „fast normal“ bzw. „abnormal“ eingestuft.
Die postoperative Streckfähigkeit konnte bei 31 Patienten (86,1%) als „normal“ eingestuft werden während 5 Patienten (13,9%) ein Streckdefizit von 3-5° aufwiesen. Als „stark abnormal“ wurde kein Ergebnis eingestuft.

4.2.3 Ergebnisse des KT-1000

Zur Objektivierung der bei der manuellen Stabilitätsbeurteilung gewonnenen Resultate erfolgte die instrumentelle Messung mittels KT-1000 Arthrometer. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der instrumentierten Laxizitätsmessung und in Tabelle 2 die der Seit-zu-Seit-Differenzen zwischen operierter und nicht operierter Seite zusammengefasst.

Tabelle 1: Instrumentelle Laxizitätsmessung mit dem KT-1000 Arthrometer.
Kraftapplikation 67N, 89N und MMT (maximaler manueller Test).
Darstellung von Mittelwert, Standardabweichung, maximalem und minimalem Messwert.

KT-1000 in 30°Flexion					
	n	min. [mm]	max. [mm]	MW [mm]	SD [mm]
KT-1000 15lb (67N) (verletzte Seite)	36	2	6	3,3	0,99
KT-1000 15lb (67N) (unverletzte Seite)	36	1,5	5	3,1	0,82
KT-1000 20lb (89N) (verletzte Seite)	36	3	8	4,9	1,14
KT-1000 20lb (89N) (unverletzte Seite)	36	2	7	4,5	1,03
KT-1000 MMT (verletzte Seite)	36	4	10	6,8	1,38
KT-1000 MMT (unverletzte Seite)	36	4	9	6,1	1,2

Die bei 67 N (15lb) Kraftapplikation ermittelte anteriore Tibiaverschieblichkeit lag bezüglich der operierten Seite bei 3,3±0,99 mm und bezüglich der unverletzten Gegenseite bei 3,1±0,85 mm. Bei 89 N (20lb) betrug die Tibiaverschieblichkeit auf der verletzten Seite im Mittel 4,9±1,14 mm, auf der Gegenseite 4,5±1,03 mm. Die bei maximal manueller Testung ermittelte Verschieblichkeit betrug 6,8±1,38 mm auf der operierten Seite gegenüber 6,1±1,2 mm auf der nicht operierten Seite. Es zeigte sich nur in der letzten Testserie mit maximal manueller Kraftapplikation eine signifikant höhere Laxizität des operierten gegenüber des nicht operierten Kniegelenks. In Abbildung 16 sind die Mittelwerte bei den verschiedenen Kraftapplikationen zwischen verletzter und unverletzter Seite nochmals graphisch dargestellt.

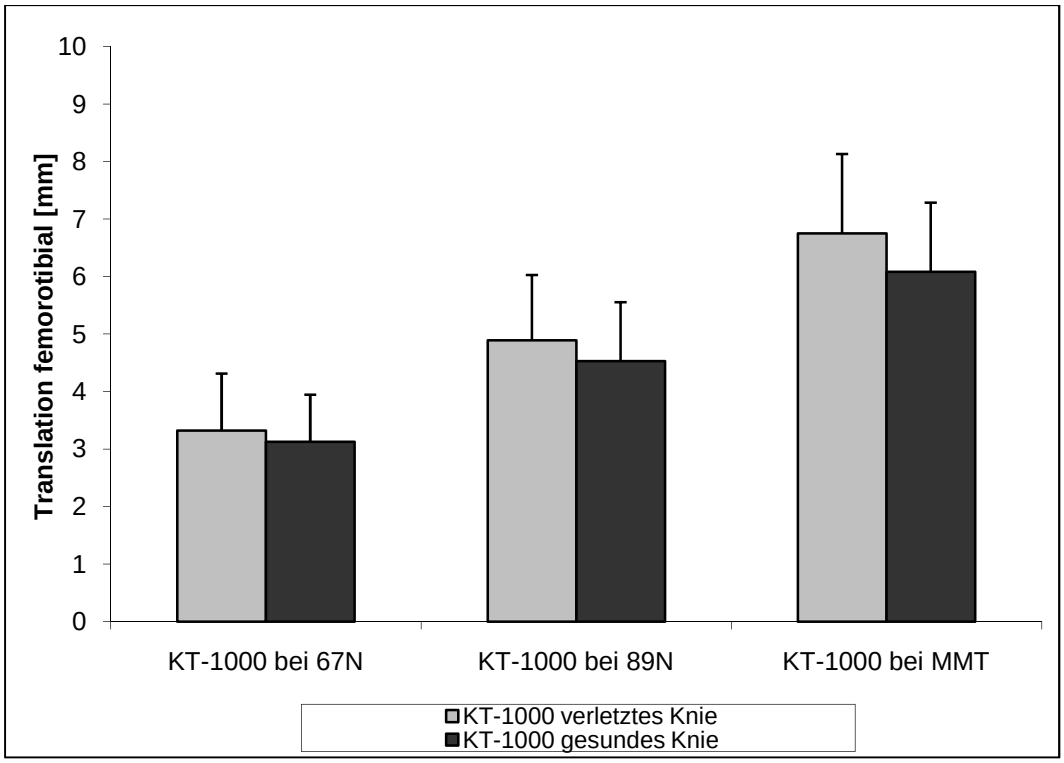


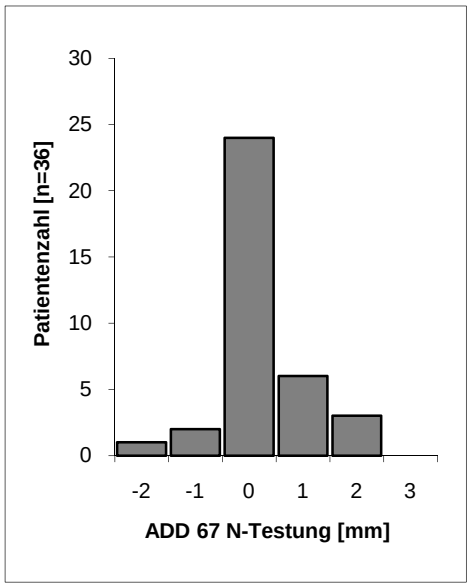
Abb. 16: KT-1000 Seitenvergleich

Die Messwertdifferenzen (ADD= anterior draw side-to-side difference) zwischen betroffener und nicht betroffener Seite rangierten bei 67 N-Kraftapplikation zwischen –2 und 2 mm (0,22±0,8 mm), bei 89 N zwischen –2 und 3 mm (0,36±1,02 mm) und bei maximal manueller Testung zwischen –2 und 3 mm (0,66±1,12 mm) (vgl. Tabelle 2).

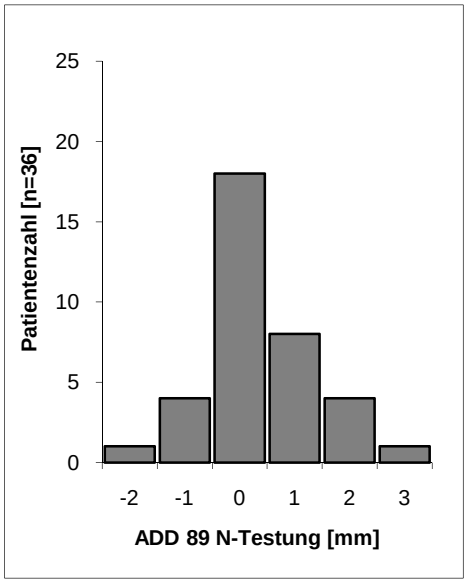
Tabelle 2: KT-1000 Messung.
Seit-zu-Seit Differenz der Tibiaverschieblichkeit zwischen verletzter und unverletzter Seite.

ADD (anterior draw side-to-side difference)					
	n	min. [mm]	max. [mm]	MW [mm]	SD [mm]
ADD 15lb (67N) (verletzt/unverletzt)	36	-2	2	0,22	0,8
ADD 20lb (89N) (verletzt/unverletzt)	36	-2	3	0,36	1,02
ADD MMT (verletzt/unverletzt)	36	-2	3	0,66	1,12

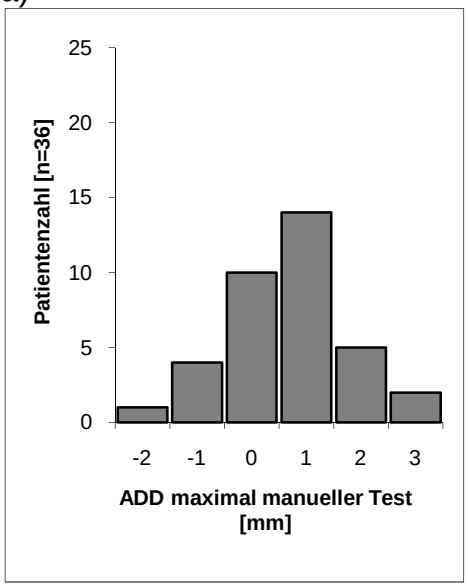
Abbildung 17 gibt die Häufigkeitsverteilung der Messwertdifferenzen für 67 N und 89 N Kraftapplikation sowie für die maximale manuelle Testung wieder.



a)



b)



c)

Abb. 17: **Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk.**
a) 67 N- b) 89 N- c) maximal manueller Testung

Die Häufigkeitsverteilungen zeigen, dass sich die Messwertdifferenzen mit zunehmender Kraftapplikation verändern. Zu diesen Messwertdifferenzen sind in der Literatur zur Beurteilung der vorderen Kreuzbandersatzplastik unter Verwendung instrumenteller Messungen die 3 mm- bzw. 5 mm-Grenze zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk geläufig. [Hefti93,Daniel85] Hierzu werden die 89 N- bzw. maximal manuelle Testung genutzt. In unserer Studie zeigte die 89 N-Testung bei 35 Patienten (97,2%) ein normales (<3 mm) und bei nur einem Patienten ein fast normales (3-5 mm) Resultat. Bei der maximal

manuellen Testung ergaben sich bei 34 Patienten (94,4%) ein normales und bei 2 Patienten (5,6%) ein fast normales Ergebnis. Als abnormal (6-10 mm) oder stark abnormal (>10 mm) wurde kein Kreuzband eingestuft.
Somit konnte im gesamten nachuntersuchten Patientenkollektiv eine physiologische Seitendifferenz der Tibiaverschieblichkeit, die nicht größer als 3 mm war, festgestellt und dadurch der postoperativ erreichte Stabilitätsgewinn mittels apparativer Messverfahren belegt werden.

4.3 Ergebnisse der Scores

4.3.1 IKDC-Evaluation

Bei der IKDC-Gesamtevaluation zeigten sich 8 (22,2%) normale Ergebnisse, 17 (47,2%) fast normale, 8 (22,2%) abnormale und 3 (8,3%) stark abnormale Resultate (Abb. 18).

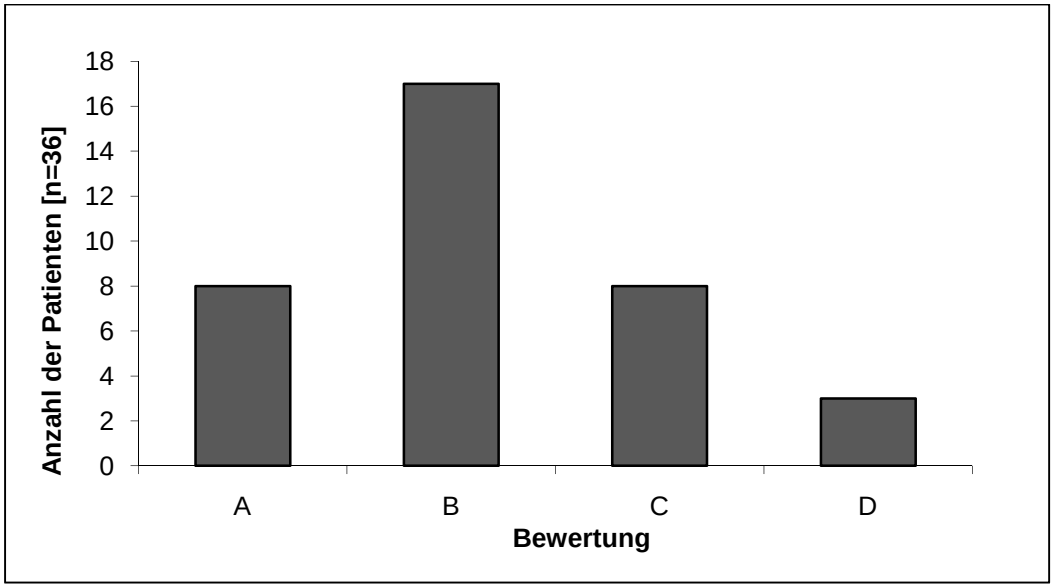


Abb. 18: **postoperative IKDC-Gesamtevaluation.**
Graduierung der Ergebnisse von A (normal), B (fast normal), C (abnormal), D (stark abnormal)

Nachfolgend wurden nun die vier Kategorien des IKDC-Scores differenziert betrachtet (Tabelle 3).

Tabelle 3: postoperative IKDC-Evaluation

Bewertung	A: normal		B: fast normal		C: abnormal		D: stark abnormal	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Gesamtergebnis	8	22,2	17	47,2	8	22,2	3	8,3
subjektive Beurteilung	9	25	19	52,8	8	22,2	0	0
Symptome	15	41,7	12	33,3	6	16,7	3	8,3
Beweglichkeit	27	75	8	22,2	1	2,8	0	0
Bandapparat	28	77,8	8	22,2	0	0	0	0

In der ersten Kategorie subjektive Beurteilung gab es 9 (25%) normale, 19 (52,8%) fast normale und 8 (22,2%) abnormale Bewertungen. In der Kategorie Symptome war der Anteil der stark abnormalen Ergebnisse mit 3 (8,3%) ausschlaggebend für das schlechte Gesamtresultat. In dieser Gruppe gab es außerdem 15 (41,7%) normale, 12 (33,3%) fast normale und 6 (16,7%) abnormale Resultate. Kategorie 3 Beweglichkeit ergab mit 27 (75%) normalen, 8 (22,2%) fast normalen und 1 abnormalen Befund gute Ergebnisse. Der Bandapparat bzw. die Stabilität, die in Kategorie 4 untersucht wurde, ergab 28 (77,8%) normale und 8 (22,2%) fast normale Kniegelenke. Die geschilderten Zusammenhänge sind in Abb. 19 nochmals graphisch dargestellt.

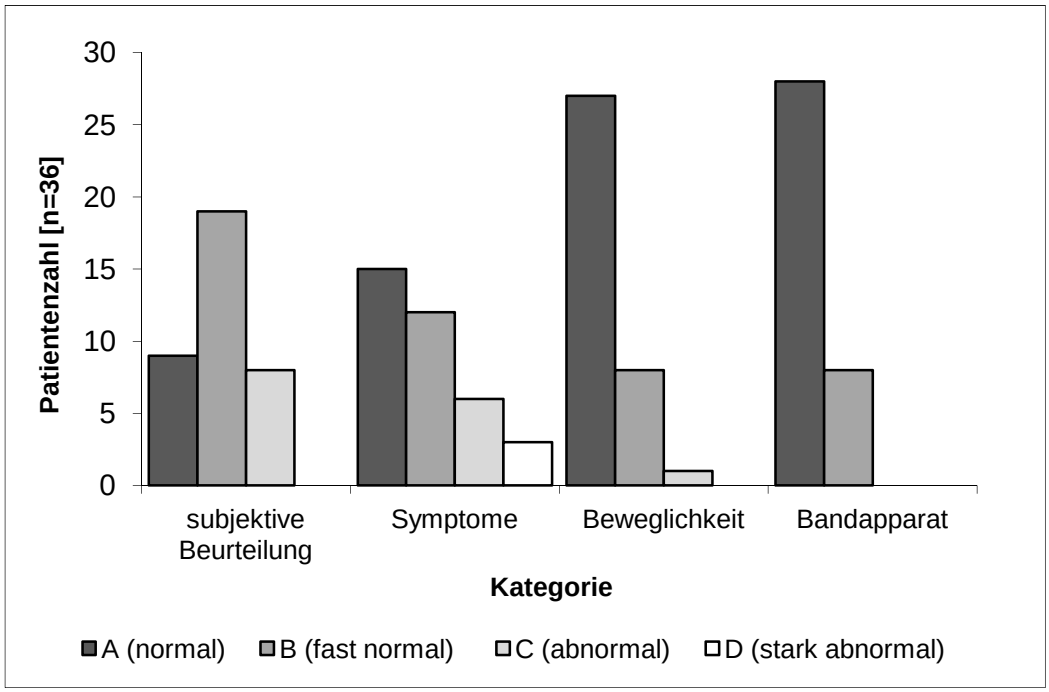


Abb. 19: IKDC – Kategorienbewertung

4.3.2 Ergebnisse des Lysholm-Scores

Der Lysholm-Score wurde zu 3 Zeitpunkten „vor der Verletzung“, „vor der Operation“ und „jetzt“ bei insgesamt 49 Patienten abgefragt. Der Durchschnittswert vor der Verletzung betrug 97,9±8,69 von 100 Punkten, vor der Operation 46±30,06 Punkte und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung 84,8± 13,53 Punkte. Die präoperative Lysholm-Evaluation wurde bei allen Patienten durchgeführt, auch bei denen, die innerhalb der ersten 6 Wochen nach ihrem Trauma operiert wurden.

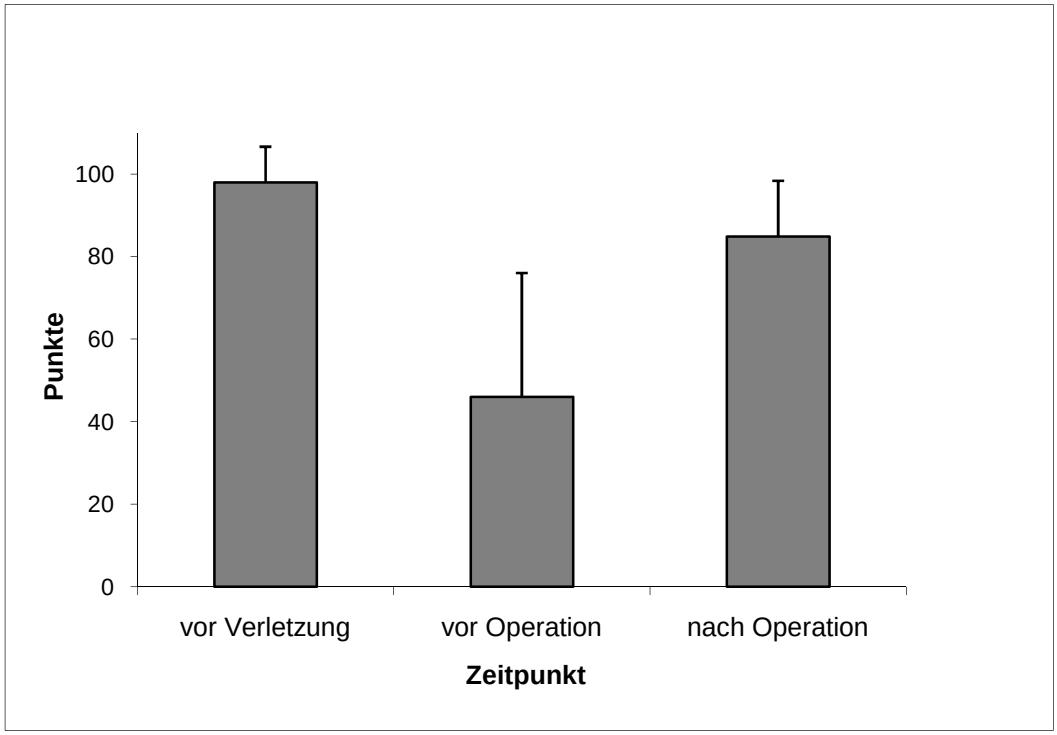


Abb. 20: Lysholm Score

Auffällig ist, dass zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zu vor der Verletzung der Durchschnittspunktwert signifikant niedriger war.
Betrachtet man die postoperativen Ergebnisse des Lysholm-Scores und bezieht die Resultate der Patienten mit ein, die telefonisch zum Lysholm-Score befragt wurden, so erreichten 20 Patienten (40,8%) mit einer Punktzahl von 95 bis 100 Punkten ein sehr gutes Ergebnis, 12 Patienten (24,5%) mit einer Punktzahl von 80 bis 94 Punkten ein gutes Ergebnis und 17 Patienten (34,7%) mit einer Punktzahl von 50 bis 79 Punkten ein befriedigendes Ergebnis. Kein Patient erhielt ein schlechtes Ergebnis.

4.3.3 Ergebnisse des Tegner-Scores

Den Tegner-Score evaluierten ebenso wie den Lysholm-Score 49 Patienten. Es gaben alle Patienten vor der Verletzung ihr höchstes Aktivitätsniveau an, im Durchschnitt lag dies bei 7,1±1,39 Punkten von 10 möglichen Punkten. Dies entspricht einer Aktivität, die Leistungssport Tennis, Leichtathletik, Motocross, Handball und Basketball oder dem Freizeitsport wie Fußball, Eishockey, Squash, Leichtathletik, Crosslauf beinhaltet.

Vor der Operation, d.h. mit dem gerissenen vorderen Kreuzband, lag das Aktivitätsniveau mit im Durchschnitt 2,3±2,13 Punkten am niedrigsten. Hierbei muss beachtet werden, dass alle Patienten zu diesem Zeitpunkt befragt wurden, auch wenn das Intervall zwischen Unfall und Operation kleiner als 6 Wochen war. Für die Patienten war nur leichte körperliche Arbeit und Gehen auf unebenem Grund, aber nicht im Wald möglich.

Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung bzw. der Befragung lag der Durchschnittswert des Tegner-Scores bei 5,5±1,56 Punkten. Hier konnten schwere körperliche Arbeit bzw. Joggen auf unebenem Grund mehr als zweimal pro Woche oder als Leistungssport Fahrradfahren und Langlauf durchgeführt werden.

Die postoperative Gesamtaktivität war somit im Vergleich zur Situation vor dem Unfall signifikant um 1,6 Punkte verringert.

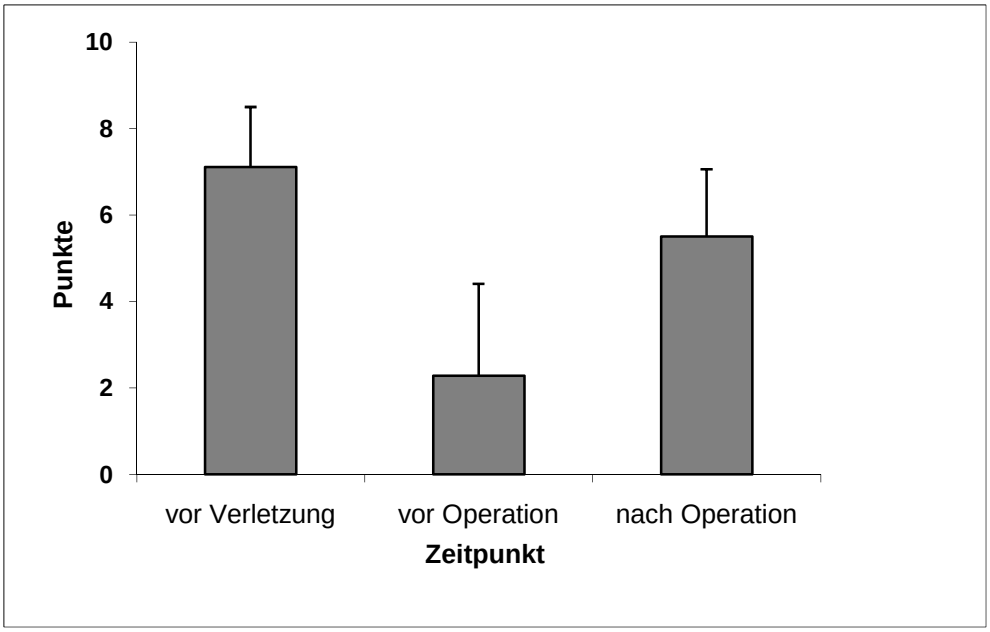


Abb. 21: Tegner Score

4.3.4 Ergebnisse des KOOS Fragebogens

In der Kategorie Symptome lag zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung die durchschnittlich erreichte Punktzahl bei 80,9±13,43 von 100 zu erreichenden Punkten. Bei der Frage nach Schmerzen war der Durchschnittswert 85,9±14,22 Punkte, im Bereich der Aktivitäten des täglichen Lebens 92,9±11,21 Punkte, bei der Frage nach Sport und Freizeit bei 75,8±22,88 Punkte und bei der Beurteilung der Lebensqualität bei 64,6±23,85 Punkten.

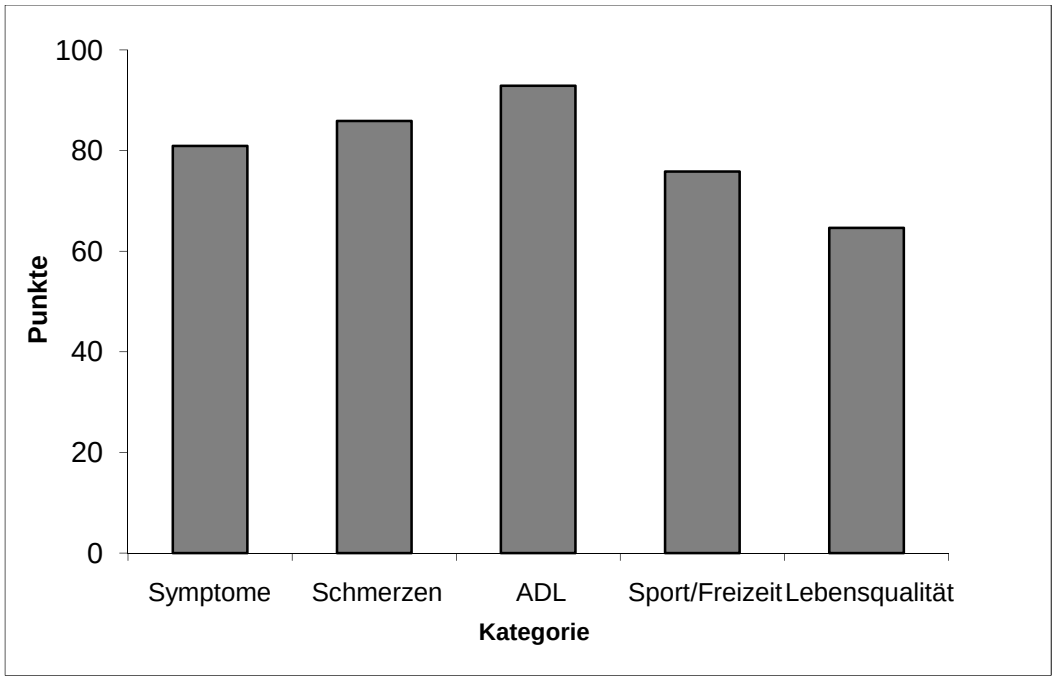


Abb. 22: KOOS-Evaluation

An diesem Bewertungssystem fällt auf, dass im Bereich der Lebensqualität im Durchschnitt die geringsten Werte erreicht wurden. Hierbei erreichte ein Patient (2,8%) den niedrigsten Wert mit 12,5 von 100 Punkten. Außerdem lagen in dieser Kategorie 12 Patienten (33,3%) zwischen 30 und 50 Punkten, 8 (22,2%) zwischen 50 bis 70 Punkten, 13 (36,1%) zwischen 70 bis über 90 Punkten und 2 Patienten (5,6%) erreichten 100 Punkte.

In der Kategorie Sport/Freizeit, welche im Durchschnitt das zweit schlechteste Resultat lieferte, lag der höchste erreichte Punktwert bei 100, der niedrigste bei 0 Punkten. 5 Patienten (13,9%) erreichten zwischen 40 und 50 Punkte, 4 (11,1%) zwischen 50 und 70 Punkte, 11 (30,6%) zwischen 70 und 90 Punkte, 12 Patienten (33,3%) lagen zwischen 90 und <100 Punkte und 3 Patienten (8,3%) erreichten die volle Punktzahl.

Der Bereich Symptome lag mit seinem Durchschnittswert an dritter Stelle. Hier war der geringste erreicht Wert 57,1, der höchste 100 Punkte. 9 Patienten (25%) hatten einen Punktwert zwischen 70 und 90, 14 Patienten (38,9%) zwischen 70 und 90, 10 (27,8%) zwischen 90 und <100 und 3 Patienten (8,3%) genau 100 Punkte.

In der Kategorie Schmerzen lag der niedrigste Wert bei 47,2 Punkten, der höchste wieder bei 100. 4 Patienten (11,1%) erreichten zwischen 50 und 70 Punkte, 14 (38,9%) zwischen 70 und 90 Punkte, 9 (25%) zwischen 90 und <100 Punkte und 7 (19,4%) die volle Punktzahl 100.

Als bestes schnitt die Kategorie „Aktivitäten des täglichen Lebens“ ab. Hier lag der niedrigste Punktwert bei 51,5 Punkten, der höchste auch bei 100. 7 Patienten (19,4%) erreichten 70 bis 90 Punkte, 16 Patienten (44,4%) 90 bis <100 Punkte und 12 Patienten (33,3%) 100 Punkte.

4.4 Ergebnisse der Kernspintomographie

Anhand der Kernspintomographie teilten wir die bildmorphologischen Befunde der Menisken in 3 Kategorien ein (Abb23).

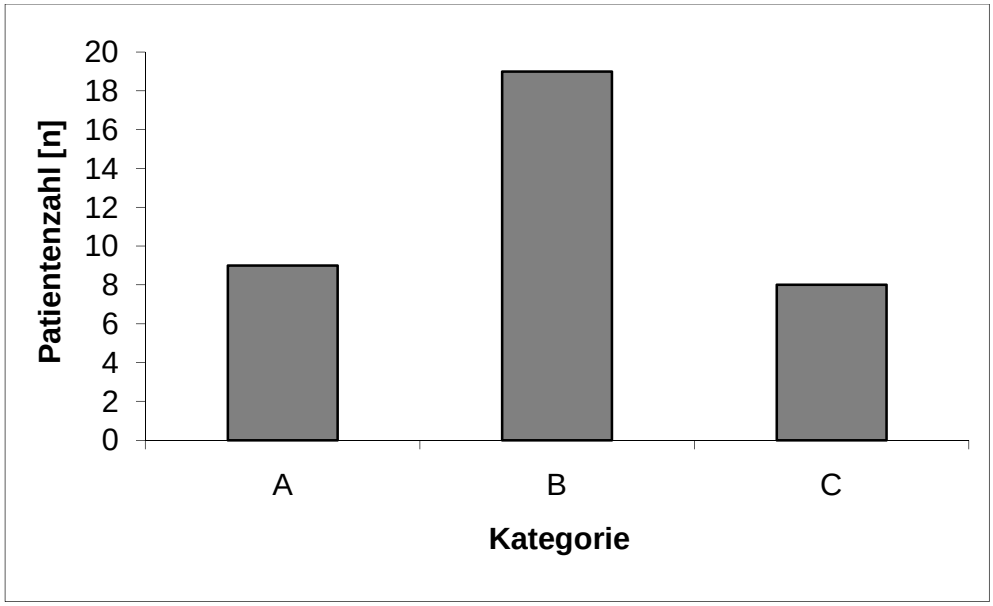


Abb. 23: MRT-Auswertung der Menisken.

Bei 9 Patienten (25%), die der ersten Kategorie (A) zugeteilt wurden, wurde der Meniskus als signalarm in allen Sequenzen, ohne Formveränderungen und mit einer regelmäßigen Randkontur beschrieben. Dies entspricht einem geheilten Meniskus(Abb.24). Bei 19 Patienten (52,8%) wurden inhomogenes Signalverhalten, eine Abflachung und eine unregelmäßige Randkontur festgestellt. Sie in Kategorie B eingeteilt. 8 Patienten (22,2%) wurden der Kategorie C zugeordnet, da diese sowohl lineares inhomogenes Signalverhalten, Formveränderungen wie Fragmentation, Konturunterbrechung oder sogar ein Meniskusganglion aufwiesen. Ein Meniskusganglion bzw. eine Meniskuszyste wurde bei 3 Patienten (8,3%) beobachtet (Abb.25).

Abb. 24: Meniskus Kategorie A

Abb. 25: Meniskusganglion

Im nachfolgenden Abschnitt werden die Ergebnisse der Kernspintomographie im Hinblick auf die Beurteilung der vorderen Kreuzbandplastik dargestellt und erläutert. Auch hierbei wurde eine Einteilung in drei Kategorien gewählt (Abb.26).

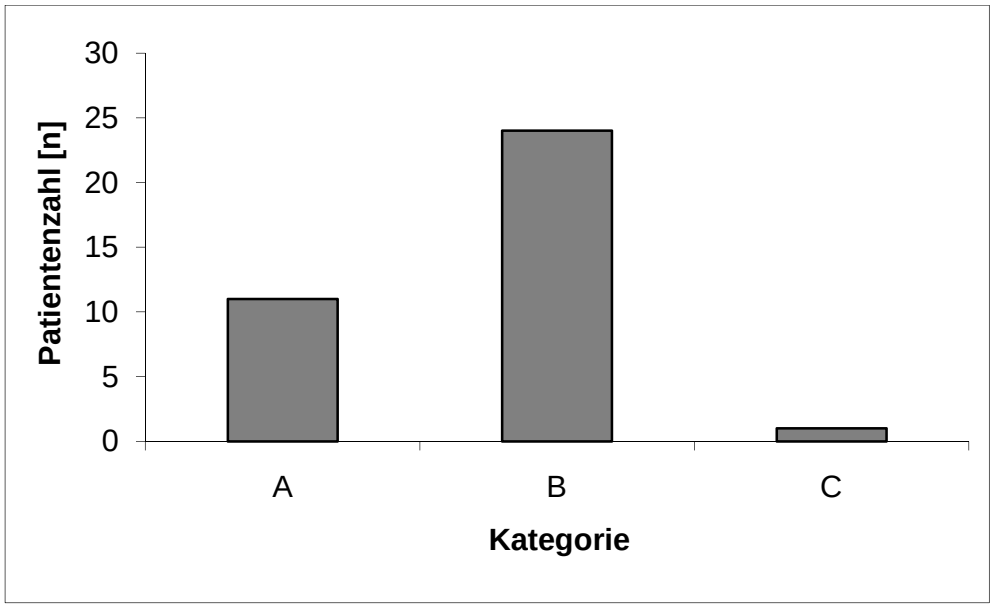


Abb. 26: MRT-Auswertung des VKB.

Ein Kreuzband erhielt hier die Wertung signalarm in allen Sequenzen, glatte Randkontur, angespannte Verlaufsform und keinen Gelenkerguss und wurde als Kategorie A bezeichnet. Dieses Kriterium erreichten 11 Patienten (30,6%).
24 Patienten (66,7%) wurden der Kategorie B zugeteilt. In dieser Kategorie wurde das vordere Kreuzband mit intermediärem Signalverhalten bzw. signalarm, einer unregelmäßigen Kontur und einer angespannten Verlaufsform charakterisiert. Unter den 24 Patienten waren 2 Patienten, bei denen das Kreuzband als intermediär/signalarm, glatt begrenzt, aber elongiert war. 5 weitere Befunde des rekonstruierten vorderen Kreuzbandes, die als unregelmäßig begrenzt und elongiert beschrieben wurden, aber signalarmes Verhalten zeigten, wurden ebenfalls der Kategorie B zugeordnet. 2 weitere Fälle wiesen eine glatte Begrenzung und angespannte Verlaufsform auf, aber intermediäres Signalverhalten. Sie wurden auch der Kategorie B zugeteilt.
1 Patient kam in die dritte Kategorie C, in der die Kriterien signalreich, unregelmäßige Randkontur und elongierte Verlaufsform zutrafen. Dies wurde als schlechtestes Resultat eingestuft.
Es erschienen in den T2-gewichteten Bildern 17 Kreuzbänder als signalarm, 18 als intermediär und 1 als signalreich. Die Randkontur wurde 15 mal als glatt bewertet und 21 mal als unregelmäßig. Die Verlaufsform des vorderen Kreuzbandes wurde bei 7 Patienten als elongiert und bei 29 Patienten als angespannt beschrieben. Zudem konnte bei 19 Patienten ein Gelenkerguss nachgewiesen

werden, sowie bei 11 Patienten Flüssigkeit im femoralen Bohrkanal, bei 3 Patienten im tibialen Bohrkanal.

Abb. 27: Kreuzband Kategorie A

4.5 Korrelation der klinischen Ergebnisse mit den Ergebnissen der MRT

Um die verschiedenen Scores und Evaluationsblätter sinnvoll vergleichen zu können, gingen wir von den Befunden der Kernspintomographien aus. Wir legten jeweils die MRT-Auswertung der Menisken bzw. der Kreuzbänder zugrunde und führten Mehrfachvergleiche durch. Diese wurden zwischen einer der drei Kategorien der Meniskusbeurteilung und der Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk bei 67 N, 89 N und 133 N, den erreichten Punkten im Lysholm und Tegner Score und den fünf Untergruppen des KOOS-Evaluationsbogens. durchgeführt. Hierbei wurde in keinem Fall ein signifikantes Resultat erreicht.

Auch anhand der zugrunde liegenden Einteilung der rekonstruierten Kreuzbänder im MRT wurden Mehrfachvergleiche vorgenommen. Diese wurden ebenfalls zwischen einer der drei Kategorien der Kreuzbandbewertung und der Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk bei 67 N, 89 N und 133 N, den erreichten Punkten im Lysholm und Tegner Score und den fünf Untergruppen des KOOS-Evaluationsbogens durchgeführt. Auch hierbei ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kategorien.

5 Diskussion

5.1 klinische Heilungsraten

Zur Festlegung der Beurteilungskriterien für die Heilung des genähten Meniskus existieren drei Möglichkeiten. Die erste ist die Beurteilung nach klinischen Kriterien wie den Meniskuszeichen, einem Kniegelenkserguss, der subjektiven Symptomatik und der Kniegelenksfunktion(IKDC, Lysholm). Als zweites ist eine Beurteilung mittels MRT möglich und als drittes eine Beurteilung nach anatomischen Gesichtspunkten, d.h. mittels Arthroskopie [115]. Diese wurde jedoch in dieser Studie nicht durchgeführt.
Eine Möglichkeit den Erfolg der Meniskusnaht klinisch zu beurteilen besteht in der Anwendung der vier Kriterien von Barrett. Demnach kann ein Meniskus als geheilt angesehen werden, wenn der Patient keine Schwellung bzw. Erguss zeigt, keine Blockierung im Kniegelenk angibt, einen negativen McMurray-Test sowie keinen Druckschmerz im Gelenkspalt aufweist. Sobald eines dieser Kriterien positiv ist, wird der Meniskus nicht mehr als vollständig geheilt angesehen [15,55]. Wendet man allein diese Kriterien in unserer Studie an, so läge die Heilungsrate bei nur 52,8%. Bei 47,2% müsste klinisch von einer nicht vollständigen Heilung ausgegangen werden.

Eine Erguss- bzw. Schwellneigung oder eine Blockierung im betroffenen Kniegelenk gaben insgesamt 17 Patienten (47,2%) im Lysholm-Score an. 3 Patienten (17,6%) berichteten von einer isolierten Schwellneigung, 2 bei starker und ein Patient bei normaler Belastung. 5 Patienten (29,4%) klagten über ein angedeutetes (4 Pat.) oder gelegentliches Verriegeln (1Pat.) des Kniegelenks und 9 Patienten (52,9%) führten beide Symptome an. Darunter waren 7 Patienten, die ebenfalls nur bei starker Beanspruchung des Kniegelenks eine Schwellung bemerkten, 2 Patienten taten dies bei normaler Kniebelastung. Ein Blockieren des Kniegelenks trat zusätzlich zur Schwellneigung bei 5 Patienten angedeutet und bei 4 Patienten gelegentlich auf. Diese Resultate müssen kritisch betrachtet werden, denn alle unsere nachuntersuchten Patienten erhielten neben der Meniskusnaht auch einen Kreuzbandersatz, der ebenfalls zur aufgeführten Symptomatik beiträgt und diese miterklären kann.

Als klinische Meniskustests führten wir den Steinmann-I-, Böhler-, Apley- und McMurray-Test durch, welche in allen Fällen negative Resultate ergaben. Somit gab es klinisch keinen Anhalt für Meniskusläsionen im nachuntersuchten Patientenkollektiv. Bei der Interpretation dieser Ergebnisse muss jedoch beachtet werden, dass die Meniskustests alleine nicht sehr aussagefähig, da sie oft nur eine geringe Sensitivität und Spezifität aufweisen. Die vier in dieser Studie angewandten Meniskustests sind alle durch eine hohe Sensitivität, aber eine geringe Spezifität gekennzeichnet. (Steinmann I: Sensitivität 60%, Spezifität 25%; Böhler: Sensitivität 60%, Spezifität 31%; Apley: Sensitivität 69%, Spezifität 31%; McMurray: Sensitivität 73%, Spezifität 13%) [67]. Das bedeutet, dass mithilfe dieser Tests zwar eine relativ hohe Anzahl der Patienten mit Kniegelenkserkrankungen erfasst werden kann, jedoch ist aufgrund der niedrigen Spezifität die Abgrenzung einer Meniskusverletzung von anderweitigen Kniebeschwerden nur bedingt möglich. Häufig täuschen andere intraartikuläre Befunde eine Meniskussymptomatik vor. Demzufolge werden klinisch zu häufig Meniskusverletzungen angenommen [67]. Dies kann durch unsere Studie nicht belegt werden, da im untersuchten Patientenkollektiv alle Meniskustests negativ ausfielen, sodass aus klinischer Sicht keine Meniskusverletzungen angenommen wurden. Im Umkehrschluss können bei unseren Patienten auch andere intraartikuläre Befunde, die eine Meniskussymptomatik vortäuschen, ausgeschlossen werden. Allerdings beweist dieser negative Ausfall aller beschriebenen Meniskustests keineswegs, dass eine Verletzung der Menisken ausgeschlossen ist. Es kann erst aus der Kombination von Anamnese, klinischen Befunden sowie speziellen Meniskuszeichen eine korrekte Diagnose gestellt und der Verdacht auf eine bestimmte Läsion ausgesprochen werden [67].

Als weitere klinische diagnostische Maßnahme wurde versucht, einen Druckschmerz im Gelenkspalt auszulösen. Bei 2 Patienten (5,6%) war dieser auszulösen, bei den übrigen 94,4 % fiel der Test negativ aus. Der Druckschmerz im Gelenkspalt zeigte in der Studie von Jerosch einen besonderen diagnostischen Wert. Hierbei fand sich mittels Arthroskopie in 96% der Fälle bei Innen- oder Außenmeniskusläsion ein entsprechender über dem medialen oder lateralen Gelenkspalt lokalisierter Druckpunkt [67]. Überträgt man dieses Ergebnis auf unsere Studie, so bedeutet dies, dass bei den 2 Patienten, bei denen ein Druckschmerz über dem Gelenkspalt ausgelöst werden konnte, eine Meniskus-

läsion als sehr wahrscheinlich anzusehen ist. Diese 2 Patienten gehörten zusätzlich zur Gruppe derer, die auch ein Blockieren sowie eine Schwellneigung des betroffenen Kniegelenks angaben, was den Verdacht auf einen nicht geheilten Meniskus weiter erhärtet.
Andere Studien fanden heraus, dass die Menisken der Patienten, die eine Meniskusnaht erhielten und keine Symptomatik aufweisen, als geheilt oder zumindest teilweise geheilt angesehen werden können [3,55,91]. In diesen Studien wurde bewiesen, dass die klinische Untersuchung fehlgeschlagenen Nähte, welche nach der klinischen Untersuchung in der Arthroskopie bestätigt werden konnten, gut prognostiziert. Ahn et al. nutzten die gleichen klinischen Kriterien hinsichtlich der Heilung des genähten Meniskus wie wir in dieser Studie. Die Autoren fanden heraus, dass alle asymptomatischen Patienten in der Second-look Arthroskopie einen geheilten Meniskus aufwiesen [3]. Dies bedeutet, dass bei 19 Patienten unserer Studie, die keine Symptomatik aufwiesen, die Meniskusnaht als stabil und der Meniskus als geheilt angesehen werden kann. Bei den übrigen 17 Patienten, bei denen positive Ergebnisse hinsichtlich Blockieren, Ergussbildung und Druckschmerz im Gelenkspalt gefunden wurden, ist die Aussage bezüglich der Heilung des Meniskus schwierig. Keiner der genannten Patienten wies positive Resultate in allen Bereichen auf, nur bei 2 Patienten waren sowohl eine Schwellneigung, ein Blockieren und ein Druckschmerz im betroffenen Gelenkspalt vorhanden. Die klinischen Meniskustests wie der McMurray-Test waren in allen Fällen negativ. Es kann trotzdem nicht ausgeschlossen werden, dass die Menisken v.a. der 2 Patienten, die drei von vier Kriterien erfüllten, nicht vollständig geheilt sind.

Zur Bestimmung der Kniegelenkfunktion wurde der IKDC-Score genutzt, der sich weltweit als Standard-Auswertungssystem zur Evaluation von Kniebandläsionen durchgesetzt hat [57]. In der Gesamtevaluation war die Kniegelenkfunktion bei 22,2% der Patienten normal, bei 47,2 % fast normal, bei 22,2% abnormal und bei 8,3% stark abnormal. Bei Betrachtung der einzelnen Kategorien des IKDC-Scores gab es in der Kategorie „subjektive Beurteilung“ 25% normale, 52,8% fast normale und 22,2% abnormale Bewertungen. In der Kategorie „Symptome“ war der Anteil der stark abnormalen Ergebnisse mit 8,3% ausschlaggebend für das schlechte Gesamtresultat. In dieser Gruppe gab es au-

ßerdem 41,7% normale, 33,3% fast normale und 16,7% abnormale Resultate. Kategorie 3 „Beweglichkeit“ ergab mit 75% normalen, 22,2% fast normalen und 2,8% abnormalem Befunden gute Ergebnisse. Der Bandapparat bzw. die Stabilität, die in Kategorie 4 untersucht wurde, ergab 77,8% normale und 22,2% fast normale Kniegelenke. Bei der Betrachtung der Ergebnisse dieses Scores muss berücksichtigt werden, dass die subjektive Einschätzung des einzelnen Patienten das Gesamtergebnis stark beeinflusst. Alle Kategorien tragen zu gleichen Teilen zum Gesamtergebnis bei, welches dadurch nicht überwiegend von der postoperativ erreichten Beweglichkeit und Kniestabilität abhängig ist, sondern ebenso auch von den Symptomen und der subjektiven Beurteilung des Patienten. [57] Dies zeigt sich auch anhand unserer ermittelten Ergebnisse. So war in der Kategorie „Symptome“ der Anteil der stark abnormalen Ergebnisse mit 8,3% ausschlaggebend für das schlechte Gesamtresultat, obwohl die Stabilität der Kniegelenke als normal oder fast normal eingestuft wurde. Dennoch liegt in der differenzierten Betrachtung der einzelnen Kategorien der große Vorteil des IKDC-Scores gegenüber anderen Bewertungssystemen [57].

Zur weiteren subjektiven Einschätzung der Kniegelenkfunktion wurde der Lysholm-Score herangezogen und zu den drei Zeitpunkten „vor der Verletzung“, „vor der Operation“ und „zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung“ erfragt. Hierbei war zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Verletzung der Durchschnittspunktwert signifikant niedriger. Dies bedeutet, dass die Patienten die Funktion ihres Kniegelenkes durch die Bewertung der Parameter Hinken, Nutzen einer Gehilfe, „Verriegeln“, Instabilität, Schmerz, Schwellung, Treppensteigen und Hocken nach ihrer Operation mit Kreuzbandersatz und Meniskusnaht deutlich schlechter einschätzten als vor ihrer Verletzung. Bei diesem Score muss jedoch beachtet werden, dass seine Aussagekraft zu 95 % auf subjektiven und nur zu 5 % auf objektiven Daten beruht [82].

Auffällig bei unserem Patientenkollektiv war, dass 3 Patienten zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nur unter 60 Punkte erreichten, alle übrigen lagen zwischen 71 und 100 Punkten. Diese 3 Patienten gaben eine Blockieren und Schwellneigung des betroffenen Kniegelenks an und kamen auch in der IKDC-Gesamtevaluation mit einem stark abnormalen Ergebnis in die schlechteste Gruppe. Dieses Resultat kann ebenfalls durch die Symptome und die subjektive Beurteilung erklärt werden.

Der Tegner-Score ermittelt das Aktivitätsniveau sowie die Sportfähigkeit der Patienten und wurde auch zu den drei Zeitpunkten „vor der Verletzung“, „vor der Operation“ und „zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung“ erfragt. Alle Patienten gaben für den Zeitraum vor der Verletzung ihr höchstes Aktivitätsniveau an. Darunter fielen im Leistungssportbereich die Sportarten Tennis, Leichtathletik, Motocross, Handball und Basketball sowie im Freizeitsportbereich Fußball, Eishockey, Squash, Leichtathletik und Crosslauf. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung war die postoperative Gesamtaktivität im Vergleich zur Situation vor dem Unfall signifikant verringert. Hier konnten schwere körperliche Arbeit bzw. Joggen auf unebenem Grund mehr als zweimal pro Woche oder als Leistungssport Fahrradfahren und Langlauf durchgeführt werden.
Auch in diesem Ergebnis spiegelt sich der subjektive und psychische Einfluss des Patienten auf die Bewertung des Kniegelenks wieder. Viele Patienten trauen sich nach der Operation nicht mehr zu, ihr ursprüngliches Sportlevel wieder aufzunehmen, weil sie Angst vor einem erneuten Trauma haben oder sich ihr Kniegelenk anders anfühlt. Außerdem muss beachtet werden, dass hinsichtlich des Durchschnittsalters des Patientenkollektivs von 31,9 Jahren davon ausgegangen werden kann, dass auch beruflich bedingt weniger Zeit für intensiven Sport bleibt und sich somit der sportliche Anspruch ändert. Zudem spielen die Kniegelenksverhältnisse wie Arthrosegrad und nicht nur der Meniskuszustand bei dieser Bewertung eine große Rolle.

Der „Knee injury and osteoarthritis outcome Score“ ist ein Fragebogen, der nach Knieverletzungen Aussagen zum subjektiven Empfinden der Patienten und Hinweise zum Vorliegen einer Arthrose geben kann. Die Patienten beurteilen die 5 Kategorien Symptome, Schmerzen, Aktivitäten des täglichen Lebens, Sport/Freizeit und Lebensqualität. Dieser Kniefragebogen wurde in unserer Studie nur zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung beantwortet und gibt somit Auskunft über die Situation nach der Operation. Hierbei fällt auf, dass im Bereich der Lebensqualität im Durchschnitt die geringsten Werte erreicht wurden. Danach folgten in aufsteigender Reihenfolge die Bereiche Sport/Freizeit, Symptome, Schmerzen und Aktivitäten des täglichen Lebens. Dies bedeutet, dass die Patienten am wenigsten im täglichen Leben durch ihr operiertes Kniegelenk beeinflusst werden, aber trotzdem an einem Verlust von Lebensqualität leiden,

weil sie ihre Sport- und Freizeitaktivitäten durch ihr operiertes Kniegelenk beeinträchtigt sehen. In hochindustrialisierten Ländern gilt heutzutage die postoperative Sportfähigkeit als wichtiger subjektiver Parameter für die Lebensqualität.
Der KOOS-Fragebogen ist ebenfalls stark durch das subjektive Empfinden der Patienten geprägt und weist dadurch eine hohe Korrelation zum Lysholm-Score auf [110]. Dies kann auch unsere Studie belegen. Vergleicht man die Ergebnisse des Lysholm-Scores zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung mit denen des KOOS Fragebogens, so erhält man übereinstimmende Resultate. Dies gilt jedoch nur für den Zeitpunkt der Nachuntersuchung, da der KOOS-Fragebogen im Gegensatz zum Lysholm-Score nur zu diesem einen Zeitpunkt abgefragt wurde.

5.2 Radiologische Veränderungen in der Kernspintomographie

Anhand der kernspintomographischen Resultate ließen sich die genähten Meniskusrisse auf Grundlage der in der Literatur geläufigen Beurteilungskriterien in unterschiedliche Kategorien einteilen. Hierzu übernahmen wir die für unsere Studie wichtigen Parameter von Crues et al [28],so dass drei verschiedene Kategorien entstanden. Kategorie A entsprach einem geheilten Meniskus, welcher als signalarm in allen Sequenzen, ohne Formveränderungen und mit einer regelmäßigen Randkontur beschrieben wurde. Diese Kriterien erfüllten
25 % der Patienten. Kategorie B erreichten 52,2 %; diese Menisken wiesen ein inhomogenes Signalverhalten, eine Abflachung und eine unregelmäßige Randkontur auf. Hier konnte nicht sicher ein Riss ausgeschlossen, aber auch keine vollständige Heilung erkannt werden. Die Kriterien der Kategorie C entsprachen einem Meniskus, welcher ein lineares inhomogenes Signalverhalten, Formveränderungen oder sogar ein Meniskusganglion aufwies. Hier waren 22,2 % der Patienten anzusiedeln.
Die Schwierigkeiten der Beurteilung und Einteilung der Meniskusnaht mittels MRT sind bekannt und werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Die Sensitivität und Spezifität der MRT zum Nachweis von Meniskusrissen liegt je nach Autor zwischen 78 und 100% [26,28,76,87,107,114], jedoch beziehen sich diese Angaben nur auf die Primärdiagnostik von Meniskusrissen und nicht auf die

Beurteilung des Meniskus nach durchgeführter Naht. Als Kriterien zur Diagnostik eines Meniskusrisses gelten Signalintensitätserhöhungen sowie eine abnormale Morphologie des Meniskus [28]. Die Treffsicherheit der MRT in der Detektion von Meniskuseinrissen nach Meniskusnaht wird im Vergleich zur Primärdiagnose als niedriger beschrieben [7,21,28,30,38,41,86]. Postoperative Signalintensitätsänderungen im Meniskus sind häufig und können Meniskusrisse vortäuschen, aber auch verdecken [7,38,41,86]. Diverse Studien belegen, dass ein erhöhtes Signal im Bereich der Meniskusnaht sowohl in T1 als auch T2 gewichteten Sequenzen noch Jahre nach der durchgeführten Meniskusnaht persistieren kann [21], obwohl die Patienten klinisch keine Symptome einer erneuten Meniskusruptur aufweisen [38,41,131]. Auch unsere Studie kann dies belegen. Es wurde eine Signalintensitätserhöhung bei 74,4% der Meniskusnähte gefunden, obwohl klinisch keine Meniskussymptomatik auftrat. Daher sollte das Auftreten dieser Signalintensitätserhöhung kritisch betrachtet und nicht zwangsläufig als Reruptur bei diesen Patienten interpretiert werden [38].

In einer Studie von Arnoczky et al., in der Meniskusrisse an Hunden erst chirurgisch provoziert und dann mittels MRT der Heilungsprozess überprüft wurde, hatten alle ein erhöhtes Signal in den MRT-Bildern. Sowohl das Narbengewebe als auch der später entstehende Faserknorpel sind histologisch von normalem nativen Meniskusgewebe zu unterscheiden [134]. Wahrscheinlich befinden sich in diesem Bereich mehr mobile Protonen, die dann das erhöhte T1 Signal erklären könnten [9]. Weiterhin muss bei der Beurteilung der Signalintensitätsänderung beachtet werden, dass für die Meniskusnaht zwar bioresorbierbares Material verwendet wird, jedoch keine sichere Aussage darüber getroffen werden kann, nach welchem Zeitraum es sich komplett aufgelöst hat. Noch vorhandenes Nahtmaterial könnte auch zu einer Signalintensitätserhöhung beitragen.

White et al. verglichen die Ergebnisse von konventioneller MRT, indirekter MR-Arthrographie und direkter MR-Arthrographie miteinander, um den postoperativen Meniskus zu beurteilen. Sie fanden für die konventionelle MRT eine Sensitivität von 86%,eine Spezifität von 67%, einen positiven Vorhersagewert von 83%, einen negativen Vorhersagewert von 71% und eine Genauigkeit von 80%. Zwischen den drei Methoden wurden keine signifikanten Unterschiede in der diagnostischen Genauigkeit hinsichtlich des Erkennens von Rerupturen gefunden [146].

Die Studie von van Trommel et al. belegt sogar, dass das MRT ohne Kontrastmittel genauso exakt wie die Arthrographie ist, um einen genähten Meniskus einzuschätzen und seine Heilung zu beurteilen [134]. Daher wurde in unserer Studie die konventionelle MRT ohne Kontrastmittel durchgeführt. Sie ist mit wesentlich geringerem Aufwand und Kosten verbunden und stellt neben der klinischen Begutachtung eine wenig risikobehaftete, nicht-invasive und einfach durchführbare diagnostische Technik dar.

In der Studie von Farley et al. wurde die Meniskusnaht ebenfalls sowohl durch Arthrographie als auch durch MRT beurteilt und die Resultate miteinander verglichen. Es stellte sich heraus, dass eine lineare unregelmäßige Signalintensitätserhöhung zu beiden Oberflächen des Meniskus in der T2 gewichteten Aufnahme am ehesten mit einem in der Arthrographie detektierten Meniskusriss korreliert [21,38,41,80,84,105]. Es wurde eine Sensitivität von 60% und eine Spezifität von 92% festgestellt [41]. Auch Applegate fand mit einer Sensitivität von 69% ähnliche Ergebnisse [7]. In der Studie von White et al. war die lineare Signalintensitätserhöhung zu beiden Oberflächen des Meniskus das Zeichen mit der höchsten Spezifität (73%) und dem höchstem positiven Vorhersagewert (84%) für eine Reruptur des Meniskus [146]. In unserer Studie wies keiner der genähten Menisken dieses Merkmal auf. Allenfalls wurden lineare Signalintensitätserhöhungen zu einer der beiden Oberflächen bei 16,7% und zur Basis bei 13,9% der Meniskusnähte gefunden.

Als weiteres sicheres Kriterium für einen erneuten Meniskusriss wurde in mehreren Studien die Dislokation von Meniskusfragmenten beschrieben [7,84,105,131]. Dies war in unserer Studie bei keinem genähten Meniskus der Fall.

Ebenso ist nach Untersuchungen in mehreren Studien ein in T2 gewichteten Bildern zu sehender Kniegelenkerguss, welcher sich bis in den Meniskusriss bzw. in die Meniskusnaht erstreckt, ein verlässliches Anzeichen eines erneuten Risses [38,80,84]. In der Studie von Applegate et al. wurde eine Spezifität und ein positiver Vorhersagewert von 90% bestimmt, aber nur eine Sensitivität von 41%, um durch diesen Flüssigkeitsübertritt einen wiederkehrenden Meniskusriss zu diagnostizieren [7]. Auch dieses Merkmal war bei keinem unserer genähten Menisken vorhanden.

Dafür fiel bei drei Patienten ein Meniskusganglion auf, welches in mehr als 85% der Fälle in Zusammenhang mit einer Läsion des an die Zyste angrenzenden Meniskus gebracht wird [61,76]. Hier konnte jedoch kernspintomographisch kein weiterer Anhalt für einen erneuten Riss gefunden werden. Auch klinisch waren diese Patienten unauffällig, sodass die Menisken als geheilt gesehen wurden.

Als Fazit der kernspintomographischen Untersuchung unserer Patienten lässt sich schließen, dass bei den beurteilten Meniskusnähten anhand der Bildmorphologie eine Reruptur als sehr unwahrscheinlich anzusehen ist, da keines der oben aufgeführten Kriterien erfüllt wurde. Bei keinem Patienten konnte eine Fragmentverschiebung, eine lineare Signalintensitätserhöhung zu beiden Oberflächen oder einen in die Meniskusnaht ziehenden Flüssigkeitsansammlung nachgewiesen werden.

Erwähnenswert bei der Einschätzung der kernspintomographischen Befunde ist, dass die Beurteilung der Meniskusnaht im MRT sehr stark von den Erfahrungen des befundenen Arztes als auch von der Qualität der Bilder abhängt. Da unsere MRT-Bilder von einem Kernspintomographen mit einer Feldstärke von 0,2 Tesla stammen, sei nicht ausgeschlossen, dass mit einer höheren Feldstärke eine bessere Qualität erzielt werden und dadurch genauere Aussagen zur Meniskusnaht gemacht werden könnten. Eine weitere Schwierigkeit bei der Beurteilung der Meniskusnaht mittels MRT besteht darin, zu verifizieren, ob die gefundenen Signalveränderungen im Meniskus mit der ursprünglichen Rissform und Lokalisation der Meniskusnaht übereinstimmten. Da keine kernspintomographischen Voraufnahmen existierten, konnten hierzu nur die Operationsbilder herangezogen werden.

Bei der Gesamtbetrachtung aller ermittelten Ergebnisse, also der Kombination von Anamnese, Ergebnissen der Evaluationsbögen, den klinischen Befunden und den MRT-Befunden, fallen zwei Patienten auf, bei denen alle Resultate übereinstimmen. Sie wiesen einen deutlichen Druckschmerz im Gelenkspalt auf, gaben eine Schwellneigung und Blockieren des betroffenen Kniegelenks an, hatten im IKDC-Score ein stark abnormales Ergebnis, im Lysholm-, Tegner- und KOOS-Score eine geringe Punktzahl und im MRT eine lineare Signalintensitätserhöhung zu einer Oberfläche. Bei ihnen ist ein erneuter Meniskusriss an-

zunehmen, sodass die Rerupturrate der Meniskusnaht im nachuntersuchten Patientenkollektiv mit 5,6%, die Heilungsrate mit 94,4% angegeben werden kann.

5.3 Einfluss der VKB-Plastik auf die Heilungsrate

In der Literatur wird berichtet, dass die Heilungsrate der Meniskusnaht bei gleichzeitig durchgeführter vorderer Kreuzbandplastik eine bessere Prognose hat als die isolierte Meniskusnaht. Sie wird in der Literatur zwischen 71 und 100% angegeben [11,12,13,15,22,25,50,62,72,79,91,100,112,120,129,136,138,141]. Spekuliert wird über eine „biologische Heilungsförderung“ durch den mit der Bandplastik verbundenen Hämarthros und das Fibringerinnsel [12,13,15,16,25,59,91,112,136]. Die Verletzung des vorderen Kreuzbandes kann auch eine Mehrdurchblutung der Meniskusbasis zur Folge haben, wodurch die Heilung der Meniskusrekonstruktion stimuliert wird [20].
Zudem spielt die Stabilität des Kreuzbandes eine große Rolle bei den Heilungstendenzen eines Meniskusrisses. Die Rerupturrate eines genähten Meniskusrisses wurde in diversen Studien untersucht und bei instabilen Kniegelenken höher als bei stabilen Kniegelenken angegeben [13,25,35,36,66,71,91,112,125,138]. Daher wurde in unserer Studie neben der Meniskussymptomatik die Stabilität der Kreuzbandersatzplastik überprüft. Zur instrumentellen Messung der anterioren Tibiaverschieblichkeit wurde das KT-1000 Arthrometer genutzt und die Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht operiertem Kniegelenk bestimmt. Als physiologisch gelten zur Beurteilung der vorderen Kreuzbandersatzplastik die 3 mm- bzw. 5 mm-Grenze zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk [29,57]. Dazu werden die 89 N- bzw. maximal manuelle Testung genutzt. Letztere hat sich in vielen Studien als bester diagnostischer Test zur Ermittlung einer VKB-Ruptur erwiesen [102]. In unserer Studie zeigte die 89 N-Testung bei 97,2% ein normales (<3 mm) und bei nur 2,8% der Patienten ein fast normales (3-5 mm) Resultat. Bei der maximal manuellen Testung ergaben sich bei 94,4% ein normales und bei 5,6% der

Patienten ein fast normales Ergebnis. Als abnormal (6-10 mm) oder stark abnormal (>10 mm) wurde kein Kreuzband eingestuft. Somit konnte im gesamten nachuntersuchten Patientenkollektiv eine physiologische Seitendifferenz der Tibiaverschieblichkeit, die nicht größer als 5 mm war, festgestellt und dadurch der postoperativ erreichte Stabilitätsgewinn mittels apparativer Messverfahren belegt werden. Dieses Ergebnis korreliert mit Ergebnissen einer Studie, in der ebenfalls keine signifikanten Laxizitätsunterschiede zwischen verletzter und unverletzter Seite unabhängig vom Status des Meniskus gefunden werden konnten [149].

Bei dem Testverfahren mittels KT-1000 muss darauf hingewiesen werden, dass es verschiedene Parameter gibt, die die ermittelten Werte beeinflussen können. So spielt die Muskelanspannung des Patienten eine große Rolle und ebenso die Erfahrung des Untersuchers.

Die mittels KT-1000 attestierte Stabilität der Kreuzbandersatzplastik ist gut mit den in den klinischen Scores ermittelten Ergebnissen und denen der Kernspintomographie zu vereinbaren. Denn bei den Mehrfachvergleichen der drei MRT-Gruppen der Kreuzbänder zu den Messwertdifferenzen im KT-1000, den erreichten Punkten im Lysholm- und Tegner-Score sowie dem KOOS-Evaluationsbogen wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. D.h. die Ergebnisse der apparativen Verfahren wie KT-1000 und Kernspintomographie stimmen sowohl untereinander als auch mit den subjektiven Einschätzungen und Angaben der Patienten überein. Die vordere Kreuzbandersatzplastik kann bei allen Patienten als stabil und wenig lax attestiert werden.

Auch der andere Mehrfachvergleich zwischen einer der drei Kategorien der Meniskusbeurteilung im MRT und den Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk bei 67 N, 89 N und 133 N, den erreichten Punkten im Lysholm und Tegner Score und den fünf Untergruppen des KOOS-Evaluationsbogens brachte keine signifikanten Unterschiede hervor. Auch hier zeigt sich, dass die subjektiven Angaben des einzelnen Patienten mit den objektiv ermittelten Daten übereinstimmen.

Insgesamt kann davon ausgegangen werden, dass nach einer erfolgreichen Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes die Heilungschancen der Meniskusnaht mit einer Heilungsrate von 94,4% gut sind. Ob die Heilungsrate besser ist als bei laxem oder instabilem VKB, kann durch diese Studie nicht beurteilt wer-

den, da allen Patienten ein stabiles vorderes Kreuzband attestiert wurde und dadurch keine Vergleiche angestellt werden konnten. Ebenso kann keine Aussage dazu gemacht werden, ob die Meniskusnaht in Kombination mit VKB-Ersatz eine bessere Heilungsrate aufweist als die isolierte Meniskusnaht, da eine entsprechende Vergleichsgruppe fehlt.

5.4 Einfluss des Rupturalters auf die Heilungsrate

Aus Unfall- und OP-Datum wurde die Zeitspanne zwischen Unfall und Operation errechnet und die Patienten in Gruppen eingeteilt. Der Durchschnitt lag bei 52,1 Wochen. Fasst man die Patienten zusammen, die innerhalb von 6 Wochen nach der Verletzung eine Meniskusnaht erhielten, so fallen 33,3% in diese primäre Versorgung. Die Postprimär- bzw. Sekundärversorgung umfasst die übrigen Patienten, die frühestens nach 7 Wochen operiert wurden. Dies war bei 66,6% der Fall. Vergleicht man diese zwei Gruppen miteinander bezüglich der Heilungsrate des genähten Meniskus, so erhält man keine signifikanten Unterschiede. Es fällt aber auf, dass die zwei Patienten, bei denen ein erneuter Meniskusriss wahrscheinlich ist, ihre Operation mit vorderem Kreuzbandersatz und Meniskusnaht in der Sekundärphase erhielten. Somit kann von einer besseren Heilungstendenz der Meniskusnaht bei einer Rekonstruktion in der Primärphase ausgegangen werden.

Diese Ergebnisse sind mit denen der Literatur gut zu vereinbaren. Hier sind anstelle von primärer und sekundärer Versorgung auch die Begriffe akute und chronische Versorgung geläufig [36]. Diese Studien berichten von besseren Refixationsergebnissen akuter Meniskusläsionen [25,60,129,136]. So erreichte De Haven in seiner Arbeit bei den akuten Meniskusrissen einen Heilerfolg von 86%, bei den chronischen nur 67% [36]. Cannon und Vittori fanden eine Heilungsrate von 88% bei den akuten und von 79% bei den chronischen Meniskusrissen [25].

5.5 Heilungsraten des Innen-bzw. Außenmeniskus in Bezug auf die Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation

In dem unserer Studie zugrundeliegenden Patientenkollektiv traten Innenmeniskusrisse etwa 1,5mal häufiger auf als Außenmeniskusrisse. Eine Ursache hierfür liegt in der Anatomie beider Menisken. Der Innenmeniskus ist fest mit den tiefen Fasern des Innenbandes verbunden und daher in seiner Ausweichmöglichkeit auf dem Tibiaplateau und seinem Bewegungssausmaß bei Druck- und Scherkräften gegenüber dem Außenmeniskus eingeschränkt [60,64,71,130].

Der mediale Meniskus und vor allem sein Hinterhorn spielen eine wichtige Rolle als sekundärer Stabilisator für die anteriore tibiale Translation. Diese Aufgabe ist besonders bei instabilen Kniegelenken von besonderer Bedeutung [2,5,90,91,123,130,140]. Mit der Zeit nimmt durch häufiges Auftreten instabiler Episoden das Risiko einer Schädigung zu, da der Innenmeniskus durch die vermehrte anteriore tibiale Translation verstärkt belastet [64,91,99,122] und durch daraus resultierende größere Kräfte vermehrt beansprucht wird [5;71;90;91;98]. Daher sind vor allem in chronisch instabilen Kniegelenken Risse des Innenmeniskus häufig [5,60,71,74,90,91,99,140]. Die Inzidenz liegt zwischen 90 % und 98 % [60,142]. In unserem Patientenkollektiv konnte ebenfalls eine mit dem Zeitintervall bis zur operativen Kreuzbandersatzplastik zunehmende Inzidenz instabilitätsassoziierter Schäden des Innenmeniskus beobachtet werden. So ließen sich mit 82,5% in der Gruppe der Patienten, deren Kreuzband nach 2 Jahren operativ versorgt wurde, signifikant häufiger Risse des medialen Meniskus nachweisen [119].

Aus dem vermehrten Vorkommen von Innenmeniskusläsionen bei instabilen Kniegelenken ergibt sich auch eine vermehrte Anzahl von Knorpelschäden im Bereich des medialen Femurkondylus [5,14,92,127]. Auch dies konnte in unserem Gesamtkollektiv beobachtet werden. So zeigten instabilitätsbedingte Knorpelschäden insbesondere im mediofemoralen Kompartiment in Analogie zum Meniskusschaden eine mit zunehmendem Zeitintervall steigende Inzidenz [119]. Daher sollte der mediale Meniskus, wenn möglich repariert werden [72,83,122].

Im nachuntersuchten Patientenkollektiv wurden Außenmeniskusrisse bei insgesamt 3 Patienten (8,3%) genäht. Diese Operation erfolgte bei zwei Patienten in der primären Versorgung innerhalb von 6 Wochen nach der Verletzung, bei einem Patienten in der Sekundärphase. 33 (91,7%) der 36 nachuntersuchten Patienten wiesen einen Innenmeniskusriss auf. Hiervon erhielten 10 Patienten (30,3%) die Innenmeniskusnaht innerhalb der Primärversorgung und 23 Patienten (69,7%) während der sekundären Versorgung, d.h. nach mehr als 6 Wochen nach dem Unfallereignis. Die zwei fehlgeschlagenen Nähte waren am Innenmeniskushinterhorn lokalisiert und wurden innerhalb der Sekundärphase genäht. Dies bedeutet eine Rerupturrate von 6,1% für den Innenmeniskus bei Durchführung der Naht in der Sekundärphase nach mehr als 6 Wochen nach dem Unfallereignis. Eine geringere Rerupturrate des Außenmeniskus im Vergleich zum Innenmeniskus berichtet Ishimura, ebenso Johnson [65,68]. Auch Rubman bestätigt eine bessere Heilung des Außenmeniskus [113]. Zusammenfassend kann in Bezug auf die Literatur eine höhere Rerupturrate des Innenmeniskus angenommen werden. Allerdings muss beachtet werden, dass in dieser Studie drei Außenmeniskusnähte 33 Innenmeniskusnähten gegenüberstehen. Dies macht einen Vergleich schwierig.

5.6 Einfluss des Patientenalters auf die Heilungsrate

In unserer Studie war die Altersstruktur der Patienten zu gleich verteilt als dass Schlüsse über ein unterschiedliches Heilungsverhalten der Menisken daraus gezogen werden könnten. Der jüngste Patient war 19, der Älteste 49 Jahre alt, der Durchschnitt lag bei 31,9 Jahren. Es gab 15 Patienten, die unter 30 Jahre alt waren, 19 Patienten waren zwischen 30 und 45 Jahre alt und nur 2 Patienten über 45 Jahre alt. Es bestanden jedoch zwischen allen drei Altersgruppen keine signifikanten Unterschiede in den ermittelten Ergebnissen. Von den klinisch auffälligen Patienten fiel einer in die Altersklasse bis 30 Jahre und einer in die Altersklasse von 30 bis 45 Jahre. In der Literatur wird ebenso von vergleichbaren Ergebnissen ohne größere Unterschiede der Altersgruppen berichtet [11,13,68].

5.7 Schlussfolgerungen und klinische Relevanz

Insgesamt kann die Heilungschance des genähten Meniskus mit 94,4% bei gleichzeitig rekonstruiertem VKB als gut eingeschätzt werden.
Aufgrund der vorliegenden Ergebnisse ist das Überschreiten eines Zeitintervalls zwischen Verletzung und Operation von mehr als 2 Jahren hinsichtlich des Ausmaßes konsekutiver Schäden kritisch zu werten [119]. Somit ist eine möglichst frühe und zeitnahe Versorgung der VKB-Ruptur zu bevorzugen, um die Auftretenswahrscheinlichkeit von Folgeschäden gering zu halten.
Insgesamt gibt es viele verschiedene Einflussfaktoren auf die Meniskusnaht wie Alter des Patienten, Stabilität der Kreuzbandersatzplastik, Beteiligung des medialen oder lateralen Meniskus, Nahttechnik, Intervall zwischen Unfall und Operation, Risstyp, Lokalisation und Länge des Risses [115].
Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die strukturelle Wiederherstellung der Menisken zu einer Wiederherstellung der Meniskusphysiologie und dadurch zu einer Wiedererlangung einer normalen Meniskusfunktion führt.

6 Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt die retrospektiven Ergebnisse der arthroskopischen Meniskusnaht in Kombination mit einem vorderen Kreuzbandersatz am Dreifaltigkeitskrankenhaus in Köln von Januar 2000 bis März 2005. Das Patientengut umfasste 86 Patienten, von denen 36 Patienten nach einem durchschnittlichen Zeitraum von 3 Jahren und 5 Monaten nach der Operation anhand standardisierter Untersuchungsprotokolle und etablierter Evaluationssysteme klinisch und radiologisch nachuntersucht werden konnten.

Die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Unfall und OP lag bei 52,1 Wochen. Bei den Meniskusnähten handelte es sich um 33 Innenmeniskusnähte (91,7%), wovon 28 Vertikal-/Längsrisse (84,8%) und 5 Korbhenkelrisse (15,2%) versorgt wurden. Die 3 Außenmeniskusrisse (8,3%), die genäht wurden, waren Vertikal-/Längsrisse. Alle Nähte wurden mittels bioresorbierbarer PDS-Fäden der Stärke 1.0 in Outside-in-Technik gelegt. Die Kreuzbandersatzplastik wurde unter Ver-

wendung autologer Transplantate aus dem mittleren Drittel der Patellarsehne oder der Semitendinosussehne durchgeführt.

Die klinische und anamnestische Gesamterfolgsrate lag im untersuchten Patientengut insgesamt bei 94,4%. Bei der klinischen Untersuchung konnte bei keinem Patienten ein positiver Meniskustest ausgelöst werden. Ebenso konnte allen Patienten mittels instrumenteller Verfahren (KT-1000) eine stabile vordere Kreuzbandersatzplastik attestiert werden. Die Ergebnisse der Kernspintomographie ließen ebenfalls auf gute Resultate der Meniskusnähte schließen.

Bestätigt wird diese Erfolgsrate durch den von 65,3% der Patienten erreichten guten bis sehr guten Lysholm-Score. Die Patienten hatten durchschnittlich einen Tegner-Score von 5,5 Punkten, der für eine gute Funktion des operierten Kniegelenks spricht. Im IKDC-Score gaben 69,4% eine normale bis fast normale Kniefunktion an. Auch erreichten alle Patienten gute Resultate in den einzelnen Kategorien des KOOS-Fragebogens. Im Vergleich zur Situation vor dem Unfall war jedoch die postoperative Gesamtaktivität (Tegner-Score) signifikant verringert. Ebenso ergaben sich signifikante Unterschiede in der subjektiven Beurteilung der Kniegelenksfunktion (Lysholm-Score) vor und nach der Operation.

Bei der Betrachtung der Zeitspanne zwischen Unfall und Operation ließ sich eine bessere Heilung bei akut versorgten Meniskusrissen feststellen. Die Grenze zwischen akut und chronisch setzten wir bei 6 Wochen fest. Die akuten Risse heilten in 100% während bei den im chronischen Stadium versorgten Rissen eine Heilung von 91,7% auftrat.

Mehrfachvergleiche, die zwischen einer der drei Kategorien der Meniskusbeurteilung im MRT bzw. der Beurteilung der VKB-Ersatzplastik im MRT und den Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk bei 67 N, 89 N und 133 N, den erreichten Punkten im Lysholm und Tegner Score und den fünf Untergruppen des KOOS-Evaluationsbogens durchgeführt wurden, brachten keine signifikanten Unterschiede hervor.

Untersuchte Daten und Vergleiche waren weiterhin das Alter des Patienten und die Seite des Meniskus (medial/lateral). Die statistische Auswertung ließ hinsichtlich dieser Parameter jedoch wegen der Vielzahl der verschiedenen Aus-

gangsbedingungen keine signifikanten Unterschiede und Abhängigkeiten herausarbeiten.

Die Erfolgsrate und die funktionellen Ergebnisse der Meniskusnaht sprechen eindeutig dafür, den Meniskus wenn immer es möglich ist, zu erhalten und die Meniskusnaht der Meniskusteilresektion vorzuziehen. Die strukturelle Wiederherstellung der Menisken führt zu einer Wiederherstellung der Meniskusphysiologie und hat die Heilung und eine normale Meniskusfunktion zum Ziel.

7 Literaturverzeichnis

1. Aglietti P, Zaccherotti G, De Biase P, Taddei I: A comparison between medial meniscus repair, partial meniscectomy, and normal meniscus in anterior cruciate ligament reconstructed knees.
Clin Orthop 1994;307:165-173

2. Ahmed AM, Burke DL: In vitro measurement of static pressure distribution in synovial joints. Part I: Tibial surface of the knee.
J Biomech Eng 1983;105:216-225

3. Ahn JH, Wang JH, Yoo JC: Arthroscopic all-inside suture repair of medial meniscus lesion in anterior cruciate ligament-deficient knees: results of second-look arthroscopies in 39 cases.
Arthroscopy 2004; 20:936-945

4. Albrecht-Olsen PM, Lind T, Kristensen G, Falkenberg B: Failure strength of a new meniscus arrow repair technique: biomechanical comparison with horizontal suture.
Arthroscopy 1997;13:183-187

5. Allen CR, Wong EK, Livesay GA, Sakane M, Fu FH, Woo SLY: Importance of the medial meniscus in the anterior cruciate ligament-deficient knee.
J Orthop Res 2000;18:109-115

6. Anderson C, Odensten M, Good L: Surgical and non-surgial treatment of acute rupture of the anterior cruciate ligament – a randomized study with a long term follow-up period.
J Bone Joint Surg 1989;71A:965-974

7. Applegate GR, Flannigan BD, Tolin BS, Fox JM, Del Pizzo W: MR dignosis of recurrent tears in the knee: value of intraarticular contrast material.
Am J Roentgenol 1993;161:821-825

8. Arnoczky SP, Bullough PG: Healing of menisci and knee ligaments.
In: Insall (ed) Surgery of the knee.
Churchill-Livingstone, London, 1993;21-42

9. Arnoczky SP; Cooper TG; Stadelmaier DM: Magnetic resonance signals in healing menisci: An experimental study in dogs.
Arthroscopy 1994;10:552-557

10. Arnoczky SP, Warren RF: The microvasculature of the meniscus and its response to injury.
Am J Sports Med 1983;11:131-141

11. Asahina S, Muneta T, Hoshino A, Niga S, Yamamoto H: Intermediate-term results of meniscal repair in anterior cruciate ligament reconstructed knees.
Am J Sports Med 1998;26:688-691

12. Asahina S, Muneta T, Yamamoto H: Arthroscopic meniscal repair in conjunction with anterior cruciate ligament reconstruction: factors affecting the heeling rate.
Arthroscopy 1996;12: 541-545

13. Barber FA, Click SD: Meniscus repair rehabilitation with concurrent anterior cruciate reconstruction.
Arthroscopy 1997;13: 433-437

14. Baratz ME, Fu FH, Menato R: Meniscal tears: The effect of meniscectomy and of repair on intraarticular contact areas and stress in the human knee.
Am J Sports Med 1986;14:270-275

15. Barrett GR, Field MH, Treacy SH, Ruff CG: Clinical results of meniscus repair in patients 40 years and older.
Arthroscopy 1998;14:824-829

16. Belzer JP, Cannon WD: Meniscus tears: treatment in the stable and unstable knee.
J Am Acad Orthop Surg 1993;1:41-47

17. Benedetto KP: Der “Gold-Standard” beim Kreuzbandersatz.
Chirurg 1995;66:1061-1070

18. Benedetto KP: Die Bedeutung und Indikation der Meniskusnaht.
Chirurg 1989;60:760-764

19. Bosch U: Stadiengerechte Therapie durch Meniskusresektion, -naht und –ersatz.
Zentralbl Chir 2005;130:314-320

20. Bray RC, Leonhard CA, Salo PT, Doschak MR, Zernicke RF: Prolonged meniscal hyperaemia following anterior cruciate ligament injury.
Trans Orth Res Soc 2000;46:785

21. Bronstein R, Kirk P, Hurley J: The usefullness of MRI in evaluating menisci after meniscus repair.
Orthopedics 1992;15:149-152

22. Buseck MS, Noyes FR: Arthroscopic evaluation of meniscal repairs after anterior cruciate ligament reconstruction and immediate motion.
Am J Sports Med 1991;19:489-494

23. Caborn DNM, Johnson BM: The natural history of the anterior cruciate ligament.deficient knee.
Clinics in Sports Medicine 1993;12:625-636

24. Cameron H: Tips of the trade 20. A simple method of meniscal suture.
Orthop Rev 1990;19:103-104

25. Cannon WD, Vittori JM: The incidence of healing in arthroscopic meniscal repairs in anterior cruciate ligament reconstructed knees versus stable knees.
Am J Sports Med 1992;20:176-181

26. Chang CY, Wu HTH, Huang TF, Ma HL, Hung SC: Imaging evaluation of meniscal injury of the knee joint : a comparative MR imaging and arthroscopic study.
Journal of Clinical Imaging 2004;28:372-376

27. Cipolla M, Scala A, Gianni E, Puddu G: Different patterns of meniscal tears in acute anterior cruciate ligament (ACL) ruptures and in chronic ACL-deficient knees.Classification, staging and timing of treatment.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 1995;3:130-134

28. Crues JV, Mink J, Levy TL, Lotysch M, Stoller DW: Meniscal tears of the knee: accuracy of MRI.
Radiology 1987;164:445-448

29. Daniel DM, Sacks R, Stone ML, Malcolm L: Instrumented measurement of anterior laxity in patients with acute ACL disruptions.
Am J Sports Med 1985;13:401-407

30. Davis KW, Tuite MJ: MR Imaging of the postoperative meniscus of the knee.
Seminars in musculoskeletal radiology 2002;6:35-45

31. De Haven KE: Long term results of meniscus repair.
Sports Med 1999;7:48-50

32. De Haven KE: Diagnosis of acute injuries with hemarthrosis.
Am J Sports Med 1980;8:9-14

33. De Haven KE: Peripheral meniscus repair-an alternative to meniscectomy.
J Bone Joint Surg 1981;63B:463

34. De Haven KE, Arnoczky SP: Meniscal repair.Part I: Basic science, indications for repair and open repair.
J Bone Joint Surg Am 1994;6:140-152

35. De Haven KE, Black KP, Griffiths HJ: Open meniscus repair technique and two to nine year results.
Am J Sports Med 1989;17:788-795

36. De Haven KE, Lohrer WA, Lovelock JE: Long term results of open meniscal repair.
Am J Sports Med 1995;23:524-530

37. De Roeck NJ, Lang-Stevenson A: Meniscal tears sustained awaiting anterior cruciate ligament reconstruction.
Injury 2003;34:343-345

38. Deutsch AL, Mink JH, Fox JM, Arnoczky SP, Rothman BJ, Stoller DW, Cannon WD: Peripheral meniscal tears: MR findings after conservative treatment or arthroscopic repair.
Radiology 1990;176:485-488

39. Drongowski RA, Coran AG, Wojtys EM: Predictive value of meniscal and chondral injuries in conservatively treated anterior cruciate ligament injuries.
Arthroscopy 1994;10(1):97-102

40. Ewerbeck V, Wentzensen A, Holz F, Krämer KL, Pfeil J, Sabo D: Standardverfahren in der operativen Orthopädie und Unfallchirurgie.
Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York 2007

41. Farley TE, Howell SM, Love KF, Wolfe RD, Neumann CH: Meniscal tears: MR and arthrographic findings after arthroscopic repair.
Radiology 1991;180: 517-522

42. Fairbank TJ: Knee changes after meniscectomy.
J Bone Joint Surg Br 1948;30:664

43. Feagin JA, Curl WW: Isolated tear of the anterior cruciate ligament: a 5-year follow-up study.
Am J Sports Med 1976;4:95-100

44. Finsterbush A, Frankl U, Matan Y, Mann G: Secondary damage to the knee after isolated injury of the anterior cruciate ligament.
Am J Sports Med 1990;18:475-479

45. Fithian DC, Kelly MA, Mow VC: Material properties and structure-function relationships in the menisci.
Clin Orthop 1990;19-31

46. Fitzgibbons RE, Shelbourne KD: “Aggressive” nontreatment of lateral meniscal tears seen during anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med 1995;23:156-160

47. Forster MC, Aster AS: Arthroscopic meniscal repair.
Surg J R Coll Surg Edinb Irel 2003;1:6;323-327

48. Fu FH, Thompson WO: Motion of the meniscus during knee flexion.
In: Mow VC, Arnoczky DW, Jackson DW: Knee meniscus: Basic and clinical foundations. Raven Press, New York 1992:75-89

49. Giffin JR; Harner CD: Failed anterior cruciate ligament surgery.
Am J Knee Surg 2001;14:185-192

50. Gill SS, Diduch DR: Outcomes after meniscal repair using meniscus arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction.
Arthroscopy 2002;18:569-577

51. Gillquist J, Messner K: Anterior cruciate ligament reconstruction and the long term incidence of gonarthrosis.
Sports Med 1999;27(3):143-156

52. Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM: Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and preventing strategies.
J Am Acad Orthop Surg 2000;8:141-150

53. Griffin LY; Albohm MJ; Arendt EA; Bahr R; Beynnon BD; Demaio M; Dick RW; Engebretsen L; Garrett WE Jr; Hannafin JA; Hewett TE; Huston LJ; Ireland ML; Johnson RJ; Lephart S; Mandelbaum BR; Mann BJ; Marks PH; Marshall SW; Myklebust G; Noyes FR; Powers C; Shields C Jr; Shultz SJ; Silvers H; Slauterbeck J; Taylor DC; Teitz CC; Wojtys EM; Yu B: Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: a review of the Hunt Valley II meeting, January 2005.
Am J Sports Med 2006;9:1512-1532

54. Hackenbruch W, Baumgartner R, Müller W, Mendelin R: Meniskusrefixation.
Der Unfallchirurg 1987;90:73-78

55. Hantes ME, Zachos VC, Varitimidis SE, Dailiana ZH, Karachalios T, Malizos KN: Arthroscopic meniscal repair: a comparative study between three different surgical techniques.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006;14:1232-1237

56. Hede A, Jensen DB, Blyme P, Sonne-Holm S: Epidemiology of meniscal lesions in the knee. 1215 open operations in Copenhagen 1982-84.
Acta Orthop Scand 1990;61:435-437

57. Hefti F, Müller W: Heutiger Stand der Evaluation von Kniebandläsionen. Das neue IKDC-Knie-Evaluationsblatt.
Orthopädie 1993;22:351-362

58. Henning CE: Arthroscopic repair of meniscus tears.
Orthopedics 1983;6:1130-1132

59. Henning CE, Lynch MA, Clark JR: Vascularity for healing of meniscus repairs.
Arthroscopy 1987;3:13-18

60. Henning CE, Lynch MA, Yearout KM, Vequist SW, Stallbaumer RJ, Decker KA: Arthroscopic meniscal repair using an exogenous fibrin clot.
Clin Orthop 1990;252:64-72

61. Hipp EG, Plötz W, Thiemel G: Erkrankungen und Verletzungen des Meniskus. Orthopädie und Traumatologie.
Georg Thieme Verlag, 2003,pp 691-707

62. Horibe S, Shino K, Nakata K, Maeda A, Nakamura N, Matsumoto N: Second-look arthroscopy after meniscal repair. Review of 132 menisci repaired by an arthroscopic inside-out technique.
J Bone Joint Surg Br 1995;77:245-249

63. Horton LK, Jacobson JA, Lin J, Hayes CW : MR Imaging of anterior cruciate ligament reconstruction graft.
AJR 2000;175: 1091-1097

64. Irvine GB, Glasgow MMS: The natural history of the meniscus in anterior cruciate insufficiency.
J Bone Joint Surg Br 1992;74-B:403-405

65. Ishimura M, Ohgushi H, Habata T, Tamai S, Fujisawa Y: Arthroscopic meniscal repair using fibrin glue. Part II: Clinical applications.
Arthroscopy 1997;13:558-563

66. Janusek A, Beer T, Pelinka H, Hertz H: Langzeitergebnisse nach Meniskusrefixation.
Arthroskopie 1998;11:94-97

67. Jerosch J, Riemer S: Wie gut sind klinische Untersuchungsverfahren zur Diagnostik von Meniskusläsionen?
Sportvel Sportschad 2004;18:59-67

68. Johnson JM, Lucas GL, Dusek JK, Henning CE: Isolated arthroscopic meniscal repair: a long-term outcome study.
Am J Sports Med 1999;27:1

69. Jomha NM, Borton DC, Clingeleffer AJ, Pinczewski LA: Long term osteoarthritic changes in anterior cruciate ligament reconstructed knees.
Clin Orthop 1999;358:188-193

70. Kannus P; Järvinen M: Conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament.
J Bone Joint Surg 1987;69-A:1007-1012

71. Keene GCR, Bickerstaff D, Rae PJ, Paterson RS: The natural history of meniscal tears in anterior cruciate ligament insufficiency.
Am J Sports Med 1993;21:672-679

72. Kim HJ, Rodeo SA: Approach to meniscal tears in anterior cruciate ligament reconstruction.
Orthop Clin N Am 2003;34:139-147

73. Kimura M, Hagiwara A, Hasegawa A: Cyst of the medial meniscus after arthroscopic meniscal repair.
Am J Sports Med 1993;21:755-757

74. Kohn D: Arthroscopy in acute injury of anterior cruciate-deficient knees: fresh and old intraarticular lesions.
Arthrosc 1986;2:98-102

75. Kohn D: Das Knie.
Georg Thieme Verlag 2000

76. Kohn D: Orthopädie und orthopädische Chirurgie – Knie.
Georg Thieme Verlag 2005

77. Kohn D, Siebert W: Meniscus suture techniques: a comparative biomechanical cadaver study.
Arthroscopy 1989;5:324-327

78. Kummer B:Biomechanik des Meniskus.
Der Orthopäde 1994;2:90-92

79. Lee GP, Diduch DR: Deteriorating outcomes after meniscal repair using the meniscus arrow in knees undergoing concurrent anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med 2005;33:1138-1141

80. Lim PS, Schweitzer ME, Bhatia M, Guiliano V, Kaneriya PP, Senyk RM, Oliveri M, Johnson W, Amster B, Parker L: Repeat tear of postoperative meniscus: potential MR imaging signs.
Radiology 1999;210:183-188

81. Lippert H: Kniegelenk.
In: Lehrbuch Anatomie, Aufl. 4, Urban & Schwarzenberg München, S. 704-709 (1996)

82. Lysholm J, Gillquist J: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale.
Am J Sports Med 1982;10:150-153

83. Maffulli N, Binfield PM, King JB: Articular cartilage lesions in symptomatic anterior cruciate ligament-deficient knee.
Arthroscopy 2003;19(7):685-690

84. Magee T, Shapiro M, Rodriguez J, Williams D: MR arthrography of postoperative knee: for which patients is it useful?
Radiology 2003;229:159-163

85. Markolf KL, Mensch JS, Amstutz HC: Stiffness and laxity of the knee-the contribution of the supporting structures.
J Bone Joint Surg Am 1976;58:583-593

86. McCauley TR: MR imaging evaluation of the postoperative knee.
Radiology 2005;234:53-61

87. Mezgarzadeh M, Moyer R, Leder DS, Revesz G, Russoniello A,Bonakdarpour A, Tehranzadeh J, Guttmann D: MR imaging of the knee: expanded classification and pitfalls to interpretation of meniscal tears.
Radiographics 1993;13:489-500

88. Miller DB: Arthroscopic meniscus repair.
Am J Sports Med 1988;16:315-320

89. Miller MD, Howard RF, Plancher KD: Meniskusteilresektion und Meniskusnaht. In: Operationsatlas. Sportorthopäde-Sporttraumatologie, Urban & Fischer 2004

90. Millett PJ, Willis AA, Warren RF: Associated injuries in pediatric and adolescent anterior cruciate ligament tears: does a delay in treatment increase the risk of meniscal tear?
Arthroscopy 2002;18(9):955-959

91. Morgan CD, Wojtys EM, Casscells CD, Casscells SW: Arthroscopic meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy.
Am J Sports Med 1991;19:632-637

92. Murrell GA, Maddali S, Horovitz L, Oakley SP, Warren RF: The effects of time cours after anterior cruciate ligament injury in correlation with meniscal and cartilage loss.
Am J Sports Med 2001;29:9-14

93. Neusel E, Maibaum S, Rompe G: Five-year results of conservatively treated tears of the anterior cruciate ligament.
Arch Orthop Trauma Surg 1996;115:332-336

94. Newman AP, Daniels AU, Burks RT: Principles and decision making in meniscal surgery. Arthrosc 1993;9:1-9

95. Nielsen AB, Yde J: Epidemiology of acute knee injuries: a prospective hospital investigation.
J Trauma 1991;31:1644-1648

96. Noyes FR, Basset RW, Grood ES: Arthroscopy in acute traumatic hemarthrosis of the knee. Incidence of anterior cruciate ligament tears and other injuries.
J Bone Joint Surg Am 1982;6:687-695

97. Noyes FR, Mooar PA, Matthews DS: The symptomatic anterior cruciate-deficient knee.
J Bone Joint Surg 1983;65A:154-174

98. O'Connor DP, Laughlin MS, Woods GW: Factors related do additional knee injuries after anterior cruciate ligament injury.
Arthrsocopy 2005;21:431-438

99. Papageoriou CD, Gil JE, Kanamori AK, Fenwick JA, Woo SL-Y, Fu FH: The biomechanical interdependence between the anterior cruciate ligament replacement graft and the medial meniscus.
Am J Sports Med 2001;29:226-231

100. Perdue PS, Hummer CD, Colosimo AJ, Heidt RS, Dormer SG: Meniscal repair: outcomes and clinical follow-up.
Arthroscopy 1996;12:694-698

101. Petersen W, Tillmann B: Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 2002;31:710-718

102. Rangger C, Daniel DM, Stone ML, Kaufmann K: Diagnosis of an ACL disruption with KT-1000 arthrometer measurements.
Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy 1993;1:60-66

103. Rauber A, Kopsch F: Anatomie des Menschen.
In: Tillmann B, Töndury G (Hrsg)
Band I Bewegungsapparat, Georg Thieme Verlag, Stuttgart New York 1998

104. Rauschmann MA, Deb R, Thomann KD, Zichner L: Die Geschichte der Meniskuschirurgie.
Orthopäde 2000;29:1044-1054

105. Recht MP, Kramer J: MR imaging of the postoperative knee: a pictorial essay.
Radiographics 2002;22:765-774

106. Recht MP, Parker RD, Irizarry JM: Second time around.Evaluating the postoperative anterior cruciate ligament.
MRI clinics of North America 2000;8:285-297

107. Reicher MA, Hartzmann S, Duckwiler GR, Bassett LW, Anderson LJ, Gold RH: Meniscal injuries: detection using MR Imaging.
Radiology 1986; 159:753-757

108. Rimmer MG, Nawana NS, Keene GC, Pearcy MJ: Failure strength of different meniscal suturing techniques.
Arthroscopy 1995;11:146-150

109. Rockborn P, Messner K: Long-term results of meniscus repair and meniscectomy: a 13-year functional and radiographic follow-up study.
Knee surg, Sports traumatol, Arthrosc 2000;8:2-9

110. Roos EM; Roos HP, Ekdahl C, Lohmander LS: Knee injury and Osteoarthritis outcome score (KOOS) – validation of a Swedish version.
Scand J Med Sci Sports 1998;8:439-448

111. Rose T, Imhoff AB: Verletzungen beim Fußball.
Deutsche Ärzteblatt 2006;103 (23):A-1611/B-1376/C-1328

112. Rosenberg TD, Scott SM, Coward DB, Dunbar WH, Ewing W, Johnson CL, Paulos LE: Arthroscopic meniscal repair evaluated with repeat arthroscopy.
Arthrsocopy 1986;2:14-20

113. Rubman MH, Noyes FR, Barber-Westin SD: Arthroscopic repair of meniscal tears that extend into the avascular zone.
Am J Sports Med 1998;26:87-95

114. Runkel M, Kreitner KF, Regentrop HJ, Kersjes W: Treffsicherheit der Magnetresonanz-tomographie zum Nachweis von Meniskusrissen.
Unfallchirurg 2000;103:1079-1085

115. Rupp S, Seil R, Kohn D: Ergebnise nach Meniskusnaht.
Arthroskopie 2001;14:267-275

116. Ryu RK, Dunbar WH: Arthroscopic meniscus repair with two-year follow-up: a clinical review.
Arthroscopy 1988;4:168-173

117. Salisbury RB, Nottage WM: A simple methode of meniscus repair.
Arthroscopy 1989;5:346-347

118. Schild HH: MRI - made easy.
ScheringAktiengesellschaft 1990

119. Schmidt-Wiethoff R, Dargel J, Röll F, Schneider T: Begleitschäden bei vorderer Knieinstabilität in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt.
Orthopädische Praxis 2006;7:401-405

120. Schmitz MA, Rouse LM, De Haven KE: The management of meniscal tears in the ACL-deficient knee.
Clin Sports Med 1996;15:573-593

121. Seil R, Kohn D: Meniskusrekonstruktion.
Unfallchirurg 2001;104:274-287

122. Smith JP, Barrett GR: Medial and lateral meniscal tear patterns in anterior cruciate ligament deficient knees.
Am J Sports Med 2001;29:415-419

123. Sommerlath K: The importance of the meniscus in unstable knees. A comparative study.
Am J Sports Med 1989;17:773-777

124. Sommerlath K, Gillquist J: Knee function after meniscus repair and total meniscectomy – a 7-year follow-up study.
Arthroscopy 1987;3:166-169

125. Sommerlath K, Gillquist J: The long term course of various meniscal treatments in anterior curciate ligament deficient knees.
Clin Orthop 1992;283:207-214

126. Strobel M: Arthroskopische Chirugie.
Springer Verlag Berlin Heidelberg 1998

127. Tandogan RN, Taser Ö, Kayaalp A, Taskiran E, Pinar H, Alparslan B, Alturfan A: Analysis of meniscal lesions accompanying anterior cruciate ligament tears: relationship with age, time from injury, and level of sport.
Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2004;12:262-270

128. Tegner Y, Lysholm J: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries.
Clin Orthop and Rel Res 1985;198:43-49

129. Tenuta JJ, Arciero RA: Arthroscopic evaluation of meniscal repairs: factors that effect healing.
Am J Sports Med 1994;22:797-802

130. Thompson WO, Fu FH: The meniscus in the cruciate deficient knee.
Clin Sports Med 1993;12:771-796

131. Trattning S, Rand T, Czerny C, Stocker R, Breitenseher M, Kainberger F, Imhof H: Magnetic resonance imaging of the postoperative knee.
Topics in MRI 1999;10:221-236

132. Trillat A: Lésions traumatiques du menisque interne du genou. Classement anatomique et diagnostique clinique.
Rev Chir Orthop 1962;48:551-560

133. Turman KA, Diduch DR: Meniscal repair: indications and techniques.
J Knee Surg 2008;21:154-162

134. van Trommel MF, Potter HG, Ernberg MD, Simonian PT, Wickiewicz TL: The use of noncontrast magnetic resonance imaging in evaluating meniscal repair: comparison with conventional arthrography.
Arthroscopy 1998;14:2-8

135. Vedi V, Williams A, Tennant SJ, Spouse E, Hunt DM, Gedroyc WM: Meniscal movement. An in vitro study using dynamic MRI.
J Bone Joint Surg Br 1999;81:37-41

136. Venkatachalam S, Godsiff SP, Harding ML: Review of the clinical results of arthroscopic meniscal repair.
The Knee 2001;8:129-133

137. Villiger A, Mayer M: Mittelfristige Resultate nach arthroskopischer Meniskusnaht.
Swiss Surg 1997;3:149-153

138. Vinayaga P, Amalourde A, Tay YG, Chan KY: Outcome of meniscus surgery at university Malaya medical centre.
Med J Malaysia 2001; 56 Suppl D:18-23

139. Walker PS, Erkman M: The role of the menisci in force transmission across the knee.
Clin Orthop Rel Res 1975;109:184-192

140. Warren R, Levy IM. Meniscal lesions associated with anterior cruciate ligament injury.
Clin Orthop 1983;172:32-37

141. Warren RF: Arthroscopic meniscus repair.
Arthroscopy 1985;1:170-172

142. Warren RF, Marshall JL: Injuries of the anterior cruciate and medial collateral ligaments of the knee: A long-term follow-up of 86 cases.
Part II. Clin Orthop 1978;136:198-211

143. Wasilewski SA, Covall DJ, Cohen S: Effect of surgical timing on recovery and associated injuries after anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med 1993;21:338-342

144. Weiler A, Scheffler S, Höher J: Transplantatauswahl für den primären Ersatz des vorderen Kreuzbandes.
Orthopäde 2002;31:731-740

145. Weiss CB, Lundberg M, Hamberg P: Non-operative treatment of meniscal tear.
J Bone Joint Surg 1989;71A:811

146. White LM, Schweitzer ME, Weishaupt D, Kramer J, Davis A, Marks PH: Diagnosis of recurrent meniscal tears: prospective evaluation of conventional MR imaging, indirect MR arthrography, and direct arthrography.
Radiology 2002; 222:421-429

147. Wirth C: Meniscus repair.
Clin Orthop 1981;157:153-160

148. Wittenberg RH, Oxfort HU, Plafki C: A comparison of conservative and delayed surgical treatment of anterior cruciate ligament ruptures.
Int Orthop 1998;22:145-148

149. Wu WH, Hackett T, Richmond J: Effects of meniscal and articular surface status on knee stability, function, and symptoms after anterior cruciate ligament reconstruction.
Am J Sports Med 2002;30:845-850

8 Anhang

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Menisken als Lastüberträger. 11
Abb. 2: Die Vergrößerung der Konformität der Gelenkflächen durch die Menisken 11
Abb. 3: Lageveränderungen der Menisken bei Bewegungen in einem rechten Kniegelenk. 12
Abb. 4: Schematische Darstellung der Vaskularisierung der Menisken 13
Abb. 5: Klassifikation von Meniskusrissen 14
Abb. 6: Meniskusnaht in Außen-Innen-Technik 18
Abb. 7: Steinmann I-Zeichen 26
Abb. 8: Böhler-Zeichen 27
Abb. 9: Apley-Zeichen 27
Abb. 10: McMurray-Zeichen 28
Abb. 11: Prüfung der anterioren, anteromedialen und anterolateralen Instabilität 29
Abb. 12: Das KT-1000 Arthrometer 30
Abb. 13: Verletzungsursachen 36
Abb. 14: Intervall zwischen Unfall und Operation 38
Abb. 15: Intervall zwischen Operation und Nachuntersuchung 39
Abb. 16: KT-1000 Seitenvergleich 43
Abb. 17: Messwertdifferenzen zwischen operiertem und nicht-operiertem Kniegelenk. 44
Abb. 18: postoperative IKDC-Gesamtevaluation. 45
Abb. 19: IKDC – Kategorienbewertung 46
Abb. 20: Lysholm Score 47
Abb. 21: Tegner Score 48
Abb. 22: KOOS-Evaluation 49
Abb. 23: MRT-Auswertung der Menisken. 51
Abb. 24: Meniskus Kategorie A 52
Abb. 25: Meniskusganglion 52
Abb. 26: MRT-Auswertung des VKB. 53
Abb. 27: Kreuzband Kategorie A 54

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Instrumentelle Laxizitätsmessung mit dem KT-1000 Arthrometer 42
Tabelle 2: KT-1000 Messung. 43
Tabelle 3: postoperative IKDC-Evaluation 46

8.3 Klinische Evaluationsbögen

8.3.1 IKDC/Nachuntersuchungsbogen

Gruppen (Problembereiche)	Bewertung innerhalb Gruppen A normal	B fast n.	C abn.	D stark abn.	Gruppenqualif. A B C D
1.Subjektive Beurteilung durch Pat. Wie funktioniert ihr Knie? Wie beeinflusst ihr Knie ihre Aktivität auf einer Skala von 0 bis 3?	□ □0	□ □1	□ □2	□ □3	□ □ □ □
2.Symptome keine Schmerzen bei Aktivitätsniveau keine Schwellung bei Aktivitätsniveau kein teilw. Giving way bei Akt.niveau kein kompl. Giving way bei Akt.niveau	□I □I □I □I	□II □II □II □II	□III □III □III □III	□IV □IV □IV □IV	
3. Bewegungsumfang Flex/Ext: betroffene Seite Streckausfall Flexionsausfall	Gegenseite □<3° □3-5° □6-10° □>10° □0-5° □6-15° □16-25° □>25°				□ □ □ □
4. Untersuchung Bandapparat Lachmann Anschlag □fest □weich totale a.p.Translation in 70°Flex hint. Durchhang in 70°Flex med. Gelenköffnung lat. Gelenköffnung Pivot Shift reversed Pivot Shift	3b.5 od. 6-10mm □-1bis 2 □-1b-3 □od.<-3 □>10mm □0-2 □3-5 □6-10 □>10mm □0-2 □3-5 □6-10 □>10mm □0-2 □3-5 □6-10 □>10mm □0-2 □3-5 □6-10 □>10mm □neg. □+ □++ □+++ □neg. □gering □markant □massiv □pos.				□ □ □ □
Gesamtauswertung					□ □ □ □

	Meniskustests			
	medial		lateral	
Böhler	neg.	pos.	neg.	pos.
Steinmann 1	neg.	pos.	neg.	pos.
Apley	neg.	pos.	neg.	pos.
Mc Murray	neg.	pos.	neg.	pos.
Druckschmerz Gelenkspalt	neg.	pos.	neg.	pos.

8.3.2 Lysholm-Score

Lysholm-Score (0-100 Punkte)

Hinken (5 Punkte)		
	Nie	5
	Gering oder periodisch	3
	Schwer und ständig	0
Gehhilfe (5 Punkte)		
	Nie	5
	Stock oder Krücke	2
	Belastung unmöglich	0
„Verriegeln“ (15 Punkte)		
	Kein Verriegeln oder Blockieren	15
	Blockieren, aber kein Verriegeln	10
	Gelegentliches Verriegeln	6
	Häufiges Verriegeln	2
	Verriegeln während der Untersuchung	0
Instabilität (25 Punkte)		
	Nie giving way	25
	Selten bei Sport oder starker Belastung	20
	Häufig bei Sport oder starker Belastung	15
	Gelegentlich bei täglichen Aktivitäten	10
	Oft bei täglichen Aktivitäten	5
	Bei jedem Schritt	0
Schmerz (25 Punkte)		
	Nie	25
	Unregelmäßig oder gering bei starker Belastung	20
	Deutlich bei starker Belastung	15
	Deutlich während oder nach Gehen von mehr als 2 km	10
	Deutlich währedn oder nach Gehen von weniger als 2 km	5
	Ständig	0
Schwellung (10 Punkte)		
	Nie	10
	Bei starker Belastung	6
	Bei normaler Belastung	2
	Ständig	0
Treppensteigen (10 Punkte)		
	Ohne Einschränkung	10
	Mit geringer Einschränkung	6
	Nur eine Stufe auf einmal	2
	Unmöglich	0
Hocken (5 Punkte)		
	Ohne Einschränkung	5
	Mit geringer Einschränkung	4
	Maximal 90°	2
	Unmöglich	0

8.3.3 Tegner-Score

Tegner-Score

Krankschreibung oder Frühberentung aufgrund von Knieproblemen	0
Sitzende Tätigkeit Gehen nur auf ebenem Grund möglich	1
Leicht körperliche Arbeit Gehen auf unebenem Grund, aber nicht im Wald möglich	2
Leichte körperliche Arbeit (Krankenpflege) Schwimmen Gehen im Wald möglich	3
Mittelschwere Arbeit (Fernfahrer, schwere Hausarbeit) Fsp.: Fahrradfahren, Langlauf, Joggen auf ebenem Grund <2x/Woche	4
Schwere körperlicher Arbeit (Bau, Forstwirtschaft) Lsp.: Fahrradfahren, Langlauf Fsp.: Joggen auf unebenem Grund >2x/Woche	5
Fsp.: Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Ski alpin, Joggen >5x/Woche	6
Lsp.: Tennis, Leichtathletik, Motocross, Handball, Basketball Fsp.: Fußball, Bandy, Eishockey, Squash, Leichtathletik, Crosslauf	7
Lsp.: Bandy, Squash, Badminton, Leichtathletik, Ski alpin	8
Lsp.: Fußball (untere Liga), Eishockey, Ringen, Turnen	9
Lsp.: Fußball-nationale und internationale Elite	10

Fsp.= Freizeitsport
Lsp.= Leistungssport

8.3.4 KOOS Kniefragebogen

Symptome

Diese Fragen beziehen sich auf Beschwerden von Seiten Ihres Kniegelenkes in der vergangenen Woche.

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

Niemals	selten	manchmal	oft	immer
□	□	□	□	□

S2. Fühlen Sie manchmal ein Mahlen, hören Sie manchmal ein Klicken oder irgendein Geräusch, wenn Sie Ihr Knie bewegen?

Niemals	selten	manchmal	oft	immer
□	□	□	□	□

S3. Bleibt Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert es, wenn Sie es bewegen?

Niemals	selten	manchmal	oft	immer
□	□	□	□	□

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

Niemals	selten	manchmal	oft	immer
□	□	□	□	□

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

Niemals	selten	manchmal	oft	immer
□	□	□	□	□

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der letzten Woche. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

S6. Wie stark ist Ihre Kniesteifigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

S7. Wie stark ist Ihre Kniesteifigkeit nachdem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im Verlauf des Tages?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

Schmerzen

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

Niemals	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
□	□	□	□	□

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen in der vergangenen Woche als Sie z.B.

P2. Sich im Knie drehten?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P3. Ihr Knie ganz ausstreckten?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P4. Ihr Knie ganz beugten?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P5. Auf ebenem Boden gingen?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P6. Treppen herauf oder heruntergingen?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P7. Nachts im Bett lagen?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P8. Saßen oder lagen, z.B. auf der Couch?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

P9. Aufrecht standen?

Keine	schwach	mäßig	stark	sehr stark
□	□	□	□	□

Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbstständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie letzte Woche als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A2. Treppen heraufstiegen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A3. Vom Sitzen aufstande?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A4. Standen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A5. Sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A6. Auf ebenen Boden gingen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A7. Ins Auto ein- oder ausstiegen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A8. Einkaufen gingen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A9. Strümpfe/Socken anzogen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A10. Vom Bett aufstanden?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□
A11. Strümpfe oder Socken auszogen?				
Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A12. Im Bett lagen und sich drehten, ohne das Knie dabei zu beugen?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A13. In oder aus der Badewanne kamen?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A14. Saßen?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A15. Sich auf die Toilette setzten oder aufstanden?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A16. Schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben,…)

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

A17. Leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen,…)

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

Sport und Freizeit

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Belastbarkeit im Rahmen eher sportlicher Aktivitäten. Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten letzte Woche als Sie z.B.:

SP1. In die Hocke gingen?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

SP2. Rannten?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

SP3. Hüpften?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

SP4. Sich auf Ihrem kranken Knie umdrehten?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

SP5. Sich hinknieten?

Keine	wenig	einige	große	sehr große
□	□	□	□	□

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

Nie	monatlich	wöchentlich	täglich	immer
□	□	□	□	□

Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

Nicht	wenig	etwas	stark	vollständig
□	□	□	□	□

Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, dass Ihr Knie nicht stabil ist?

Gar nicht	wenig	einiges	schlimm	sehr schlimm
□	□	□	□	□

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten, die Sie durch das Knie haben?

Keine	wenig	etwas	große	sehr große
□	□	□	□	□

8.3.5 MRT-Auswertungsparameter

Meniskus

Signalintensitätserhöhung T1

□Keine □punktförmig/unregelmäßig □linear intrameniskal
□linear zur Oberfläche □linear zur Unterfläche □linear zur Basis

Signalintensitätserhöhung T2

□Keine □punktförmig/unregelmäßig □linear intrameniskal
□linear zur Oberfläche □linear zur Unterfläche □linear zur Basis

Signal T2 zu T1 □gleich □höher □niedriger

Konturunterbrechung/Dehiszenz □zur Oberfläche □zur Unterfläche
□zur Ober-/Unterfläche

Formveränderungen □unregelmäßige Randkontur
□Abflachung
□Fragmentation

Fragmentverschiebung □ja □nein

Meniskuszyste □ja □nein

Flüssigkeitsübertritt in die Naht □ja □nein

Kreuzband

Signal T1 □reich □intermediär □arm

Signal T2 □reich □intermediär □arm

Randkontur T2 □glatt □unregelmäßig

Verlaufsform □wellig □angespannt

Flüssigkeit im femoralen Bohrkanal □ja □nein

Flüssigkeit im tibialen Bohrkanal □ja □nein

Gelenkerguss □ja □nein

Mein Lebenslauf wird aus Gründen des Datenschutzes in der elektronischen Fassung meiner Arbeit nicht veröffentlicht.