

**ABTEILUNG FÜR SPORTORTHOPÄDIE**  
**TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN**  
**KLINIKUM RECHTS DER ISAR**  
(VORSTAND: PROF. DR. ANDREAS B. IMHOFF)

# Klinische und radiologische Studie zum Heilungsverhalten des Meniskus

Dr. med. univ. Lukas Willinger

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin der Technischen Universität  
München zur Erlangung des akademischen Grades eines

## **Doktors der Medizin**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Prof. Dr. Jürgen Schlegel

Prüfende/-r der Dissertation: 1. Prof. Dr. Andreas B. Imhoff  
2. apl. Prof. Dr. Klaus Wörtler

Die Dissertation wurde am 15.03.2018 bei der Technischen Universität München eingereicht  
und durch die Fakultät für Medizin am 31.07.2018 angenommen.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. EINLEITUNG.....</b>	<b>6</b>
1.1. HISTORIE UND ENTWICKLUNG.....	6
1.2. EPIDEMIOLOGIE .....	6
1.3. ANATOMIE UND ZELLULÄRER AUFBAU .....	7
1.4. DIE FUNKTIONEN DES MENISKUS .....	9
1.5. HEILUNGSPOTENTIAL DES MENISKUS .....	10
1.6. THERAPIE VON MENISKUSVERLETZUNGEN .....	11
1.7. FRAGESTELLUNG UND HYPOTHESEN .....	13
<b>2. MATERIAL UND METHODEN.....</b>	<b>14</b>
2.1. PATIENTENKOLLEKTIV.....	14
2.2. KLINISCHE UNTERSUCHUNG UND SCORES.....	14
2.3. RADIOLOGISCHE UNTERSUCHUNG.....	15
2.4. OPERATIVE TECHNIK.....	16
2.5. NACHBEHANDLUNG.....	18
2.6. STATISTISCHE AUSWERTUNG.....	19
<b>3. RESULTATE .....</b>	<b>20</b>
3.1. KLINISCHE ERGEBNISSE .....	21
3.2. RADIOLOGISCHE ERGEBNISSE .....	24
3.3. KORRELATIONEN UND RISIKOFAKTORENANALYSE.....	26
<b>4. DISKUSSION.....</b>	<b>31</b>
4.1. KLINISCHES OUTCOME .....	31
4.2. RADIOLOGISCHES OUTCOME .....	32
4.3. RISIKOFAKTOREN .....	35
4.4. LIMITATIONEN .....	37
<b>5. SCHLUSSFOLGERUNG .....</b>	<b>38</b>
<b>6. LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>39</b>
<b>7. TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>45</b>
<b>8. ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>46</b>
<b>9. ANHANG .....</b>	<b>47</b>

## Abkürzungsverzeichnis

3T- MRT	3 Tesla Magnetresonanztomographie
ACL	Anterior Cruciate Ligament
AOL	Activity of Daily Life
BMI	Body Mass Index
CT	Computertomographie
FU	Follow Up
ICRS	International Cartilage Repair Society
IKDC	International Knee Documentation Committee
ISAKOS	International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine
i.v.	intravenös
K/L	Kellgren/Lawrence Klassifikation
KOOS	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
mmHG	Millimeter Quecksilbersäule
MRT	Magnetresonanztomographie
MRI	Magnetic Resonance Imaging
PDS	Polydioxanon
präOP	präoperativ
postOP	postoperativ
QoL	Quality of Life
RR	rote Zone
RW	rot-weiße Zone
TSE	Turbo Spin Echo
VAS	Visual Analogue Scale
VKB	vorderes Kreuzband
WW	weiße Zone

## Zusammenfassung

Ziel/Hypothese: Das Ziel dieser Studie war die prospektive Untersuchung der Signalalterationen nach akuter Meniskusnaht anhand spezifischer Magnetresonanztomographie (MRT)-Sequenzen. Die Hypothesen waren, dass 1) es unterschiedliche Heilungseigenschaften in Abhängigkeit der Risskonfiguration und –größe gibt und 2) die Risslokalisierung einen Einfluss auf die Heilungspotenz hat.

Material und Methoden: In diese Studie wurden Patienten mit traumatischen Meniskuläsionen und folgender arthroskopischer Meniskusnaht innerhalb von 6 Wochen eingeschlossen. Ausschlusskriterien waren ein Alter  $< 18$  oder  $> 45$  Jahren, degenerative Veränderungen  $> \text{ICRS III}$  und Patienten mit Multiligamentverletzungen. Die radiologischen Nachuntersuchungen fanden nach 2, 4, 6 und 12 Wochen sowie nach 6 Monaten mittels 3T-MRT statt. Die Auswertung basierte auf der ISAKOS Meniskusklassifikation. Postoperativ wurde die Meniskusheilung entsprechend der Henning Klassifikation in A) kontinuierlich, B) partiell kontinuierlich ( $>50\%$ ) und C) diskontinuierlich klassifiziert. Das klinische Ergebnis wurde anhand einer Untersuchung und validierten Outcome-Scores (IKDC, KOOS, Lysholm) nach 6 und 12 Wochen sowie nach 6 Monaten untersucht. Die Daten wurden mit SPSS Statistiksoftware Version 21 (IBM, New York, USA) analysiert und die Signifikanz bei  $p < 0.05$  gesetzt.

Resultate: Es konnten 30 Patienten (28m, 2w) mit insgesamt 35 Meniskusrissen (19 medial, 16 lateral) eingeschlossen werden. Die durchschnittliche Risslänge betrug  $19.2 \pm 11.0$  mm. 26 Risse waren in Zone 1 und 9 Risse in Zone 2 lokalisiert. In 16 Patienten (53%) wurde zusätzlich eine Ersatzbandplastik des vorderen Kreuzbands durchgeführt. Die klinischen Scores verbesserten sich zum finalen Untersuchungszeitpunkt wie folgt: IKDC Score (präOP:  $39.4 \pm 18.5$ , postOP:  $78.8 \pm 15.3$ ) KOOS (präOP:  $45.7 \pm 22.1$ , postOP:  $82.7 \pm 12.5$ ) und Lysholm Score (präOP:  $42.8 \pm 23.7$ , postOP:  $84.4 \pm 13.8$ ) ( $p < 0.01$ ). In der MRT Untersuchung zeigten sich 6 Wochen postoperativ 54.5% der Menisken als kontinuierlich, 33.3% als partiell kontinuierlich und 12.1% als diskontinuierlich. Nach 12 Wochen waren 60.6% kontinuierlich, 33.3% partiell kontinuierlich und 6.1% zeigten intraläsionale Flüssigkeit und wurden als diskontinuierlich gewertet. Zum finalen Untersuchungszeitpunkt wurden 64.7% der Menisken als kontinuierlich, 26.5% als partiell kontinuierlich und 8.8% als diskontinuierlich klassifiziert. Zwei Korbhenkelriss und ein Longitudinalriss waren nach 6 Monaten radiologisch nicht geheilt.

Schlussfolgerung: Das Ergebnis dieser Studie zeigt eine stetige Signalveränderung in der MRT Bildgebung innerhalb der Meniskusrisszone während der ersten Heilungsphase. Diese Strukturveränderung weist auf einen kontinuierlichen Heilungsprozess in den ersten sechs Monaten hin.

## Abstract

**Purpose/Hypotheses:** The purpose of the study was to prospectively investigate signal alterations in short-term follow-up after acute meniscus repair on specific magnetic resonance imaging (MRI) scan sequences. It was hypothesized that 1) there are different meniscus healing properties depending on lesion configuration and size, and 2) the tear zone has an influence on the healing properties of the meniscus.

**Material and Methods:** We enrolled patients (age 18-45 years) with traumatic meniscus lesion, subsequent arthroscopic meniscus repair within 6 weeks and available preoperative MRI. Exclusion criteria were age < 18 or >45 years, osteoarthritis > ICRS III and multiligamentous knee injuries. Radiological follow-up examinations were performed 2, 4, 6, 12 weeks and 6 months after operation using a 3T-MRI. Results evaluation was based on ISAKOS meniscus classification system. Meniscus healing were classified according to Henning's criteria in A) continuous, B) partially continuous (> 50%) and C) separated. Furthermore, clinical examination and outcome scores (IKDC, KOOS, Lysholm Score) were surveyed preoperatively and 6 and 12 weeks and 6 months after surgery. Data were analyzed using SPSS statistics software version 21 (IBM, New York, USA). Statistical significance was set at a p value of < 0.05.

**Results:** At final follow-up (FU), 30 patients (28m, 2w) with a total of 35 meniscus tears (19 medial, 16 lateral) met the inclusion criteria. The average tear length was  $19.2 \pm 11.0$  mm. 26 tears were located in the rim zone 1 and 9 tears were more medially in zone 2. In 16 (53%) patients an additional anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction was performed. Clinical scores improved significantly after surgery: IKDC Score (preOP:  $39.4 \pm 18.5$ , final FU:  $78.8 \pm 15.3$ ) KOOS (preOP:  $45.7 \pm 22.1$ , final FU:  $82.7 \pm 12.5$ ) and Lysholm Score (preOP:  $42.8 \pm 23.7$ , final FU:  $84.4 \pm 13.8$ ) ( $p < 0.01$ ). Regarding MRI examination at 6 weeks follow-up, 54.5% were rated as continuous, 33.3% as partially continuous and 12.1% as separated. At 12 weeks follow-up 60.6% were considered continuous, 33.3% partially continuous and 6.1% showed intrameniscal joint fluid in more than 50% of meniscus thickness and were consequently rated as not separated. At final FU 64.7% of the menisci were rated continuous, 26.5% as partially continuous and 8.8% as separated. Two bucket handle tears and one longitudinal tear were not healed after 6 months.

**Conclusion:** At final FU all investigated menisci showed signal alteration on MRI, in most instances considered as scar tissue without intrameniscal joint fluid. According to Henning's criteria 91.2% of the menisci were rated as continuous or partially continuous and clinical follow-up showed good short-term results after meniscus repair.

# 1. Einleitung

## 1.1. Historie und Entwicklung

Die Behandlung von Meniskusläsionen hat sich im Laufe der Zeit stark gewandelt. Anfang des 20. Jahrhunderts wurden die ersten Versuche unternommen, Meniskusläsionen durch eine operative Entfernung des Meniskusgewebes zu therapieren. Die fundamentale Funktion des Meniskus für das Knie wurde zu diesem Zeitpunkt noch nicht erkannt und führte folglich zu schweren und rasch fortschreitenden Degenerationen des Knorpels im Kniegelenk. Fairbanks et al. konnten als Erste die Auswirkungen einer kompletten Meniskektomie auf den Knorpel und das Kniegelenk beschreiben (Fairbank 1948).

Als Konsequenz der damaligen Erkenntnisse wurde versucht die operative Therapie zu verbessern. Anstatt einer totalen Meniskusresektion wurde begonnen eine Teilresektion durchzuführen, um somit möglichst viel funktionelles Gewebe zu erhalten. Dieser Therapieansatz führte ebenfalls nicht zum gewünschten Erfolg (McGinity et al. 1977, Gillquist and Oretorp 1982, Allen et al. 1984). In den 1980er Jahren konnten erste Ergebnisse zu meniskuserhaltenden Operationen publiziert werden, welche bessere klinische Langzeitresultate und weniger degenerative Veränderungen des Kniegelenks zeigten (Cassidy and Shaffer 1981, Wirth 1981, Hamberg et al. 1983, Scott et al. 1986). Es ist evident, dass meniskuserhaltende Therapien, im Vergleich zur Partialresektion, eine deutliche geringere Arthroseprogression im Langzeit-Follow-Up zeigen (Stein et al. 2010). Die Entwicklung minimalinvasiver Operationstechniken und der Arthroskopie hat bezüglich der Meniskustherapie einen deutlichen Fortschritt erbracht. Heutzutage gilt der Grundsatz so viel Meniskusgewebe als möglich zu erhalten und so wenig als notwendig zu entfernen, um die Funktion des Meniskus aufrecht zu erhalten. Dies geschieht mit arthroskopisch applizierten Nähten, welche dem verletzten Gewebe eine primäre Stabilität und Heilungschance geben.

## 1.2. Epidemiologie

Meniskusrisse zählen zu den häufigsten Verletzungen des Kniegelenkes. Neben der Teilresektion des Meniskus, welche nach wie vor bei ca. 61% der Fälle erforderlich ist, stehen in den letzten Jahrzehnten die meniskuserhaltenden Techniken im Vordergrund der operativen

Therapie (Baker et al. 1985). Männer sind häufiger von Meniskusverletzungen betroffen als Frauen (Steinbrück 1999). In einer Analyse von 10.117 Kniearthroskopien wurde gezeigt, dass man grundsätzlich zwei Risstypen des Meniskus differenzieren kann (Poehling et al. 1990). Radiärrisse oder basisnahe Läsionen innerhalb der 3mm des meniskosynovialen Überganges haben oftmals eine traumatische Genese. Diese betreffen häufig aktive Patienten zwischen dem 20.- und 29. Lebensjahr und treten häufig in Zusammenhang mit Kreuzbandverletzungen auf (Baker et al. 1985, Steinbrück 1987, Steinbrück 1999). Komplex-, Horizontal- oder Lappenrisse haben ein häufigeres Vorkommen bei älteren Patienten und sprechen für eine degenerative Ursache (Baker et al. 1985, Steinbrück 1987, Steinbrück 1999). Die Inzidenz von degenerativen Meniskusverletzungen steigt mit dem Alter an und beträgt über 50% bei Personen über 70 Jahren (Englund et al. 2008). Das Risiko der Arthroseentwicklung nimmt nach Meniskusteilresektion insbesondere im lateralen Kompartiment um ein Vielfaches zu (Higuchi et al. 2000, Englund 2008).

### **1.3. Anatomie und zellulärer Aufbau**

Das Kniegelenk besitzt je einen medialen und einen lateralen Meniskus, welcher am Tibiaplateau am Vorder- und Hinterhorn fest verankert ist. Durch seine Dreiecksform im Querschnitt, füllt er den Raum zwischen den artikulierenden Gelenkflächen des Femurs und der Tibia aus und erhöht dadurch die Gelenkkontaktfläche. Die Hauptstabilisatoren des Meniskus sind das tiefe mediale Kollateralband, welches fest mit dem medialen Meniskus verwachsen ist, das transverse Ligament, welches beide Vorderhörner miteinander verbindet, sowie die meniskofemorale Bänder, welche das Außenmeniskushinterhorn mit dem medialen Femurkondylus verbinden. Der mediale Meniskus überdeckt etwa 50%, der laterale Meniskus bis zu 70% der tibialen Gelenkfläche (Bloeker et al. 2011).

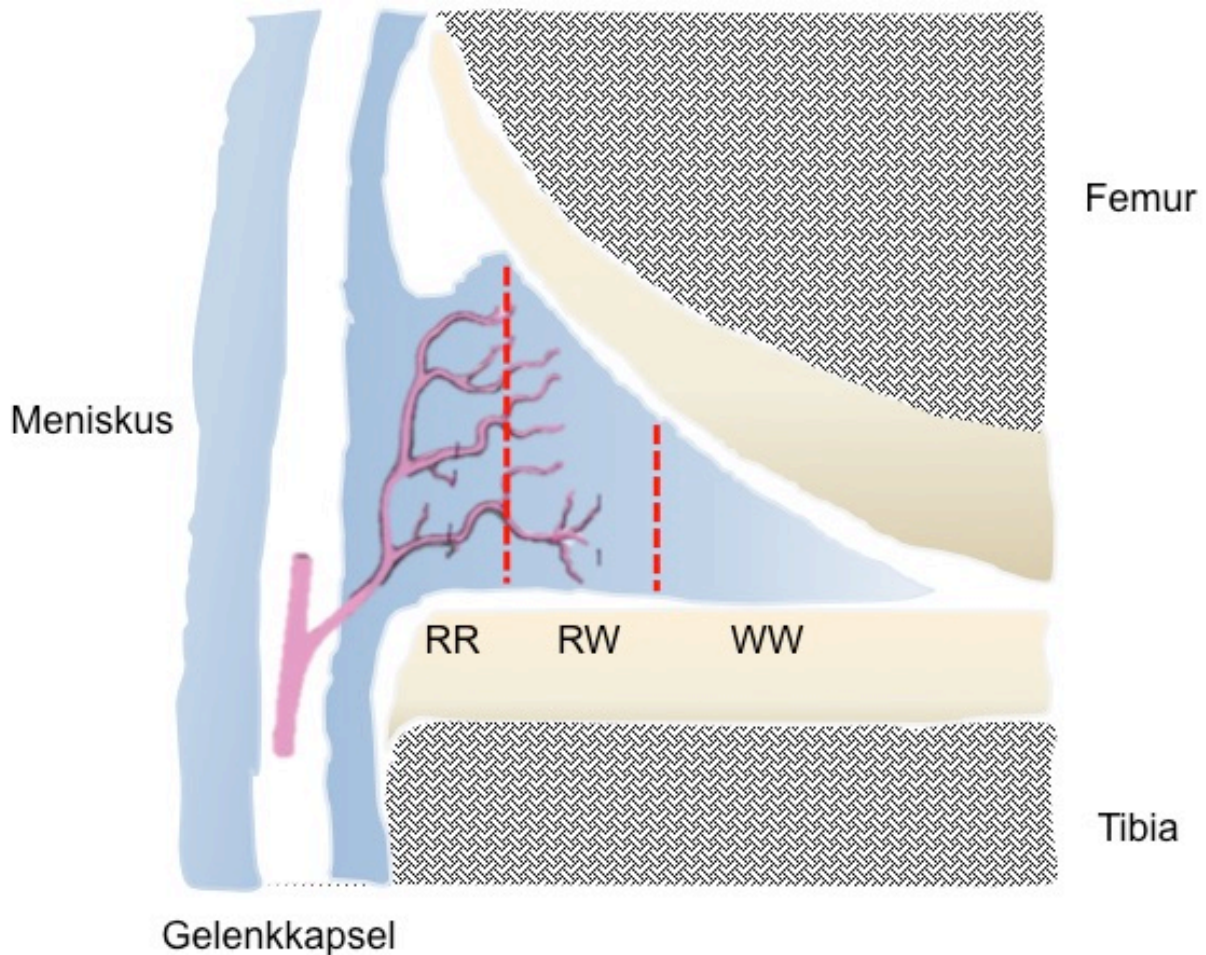
Makroskopisch ist der Meniskus eine C-förmige weiße Struktur, welche sich zwischen femoraler und tibialer Gelenkfläche einpasst. Die zelluläre Zusammensetzung des Meniskus besteht etwa aus 70% Wasser und 25% Kollagenfasern. Die restlichen 5% enthalten wasserbindende Moleküle wie Proteoglykan, Glykoproteine und Elastin (Fox et al. 2015). Der Aufbau des Meniskus ist mehrschichtig und bildet ein schichtweises Netzwerk, wobei jede Ebene einer speziellen Funktion dient. Die oberflächliche und artikulierende Schicht senkt die Reibung durch ein unkoordiniertes Netzwerk von Kollagenfasern mit einem hohen Anteil an Proteoglykanen. Die darunter verlaufenden zirkumferenten Kollagen Typ-I-Fasern helfen bei der Umwandlung der Druck in Zugkräfte und sind für die Meniskusfunktion essentiell. Diese

werden bei axialer Belastung einer hohen Ringspannung ausgesetzt und sind für die biomechanischen Eigenschaften des Meniskus hauptverantwortlich (Bullough et al. 1970, Petersen and Tillmann 1998, Bursac et al. 2009). Durch seinen keilförmigen Querschnitt, die zirkumferent verlaufenden Kollagenfasern und die knöcherne Anheftung an das Tibiaplateau kann der Meniskus Druck- in Zugkräfte umwandeln. Daher haben komplette Radiärrisse oder Verletzungen der Meniskuswurzel den biomechanischen Effekt einer vollständigen Meniskektomie (Allaire et al. 2008).

Die Blutversorgung des Meniskus erfolgt aus der Gelenkkapsel und erreicht beim Erwachsenen ungefähr die peripheren 25% des Meniskus (siehe **Abbildung 1**). Für die Blutzufuhr ist ein aus den Aa. genicularis lateralis et. medialis gespeister perimeniskaler Kapillarplexus verantwortlich (Arnoczky and Warren 1982). Interessanterweise ist der Meniskus im Säuglings- und Kindesalter noch durchgehender mit Gefäßen versorgt, welche sich erst mit zunehmenden Alter zurückbilden (Fukazawa et al. 2009). Arnoczky und Warren haben den Meniskus entsprechend der Durchblutung in drei Teile eingeteilt (Arnoczky and Warren 1983):

- 1) rote Zone: Die periphere rote Zone ist gut durchblutet und bietet gute Voraussetzungen zur Meniskusheilung.
- 2) rot-weiße Zone: Das mittlere Drittel liegt im Grenzbereich der Durchblutung, weshalb die Heilungspotenz in dieser Zone vergleichsweise abnimmt.
- 3) weiße Zone: Das zentrale Drittel des Meniskus ist nicht an die Durchblutung angeschlossen und zeigt im Allgemeinen keine Heilungstendenz.



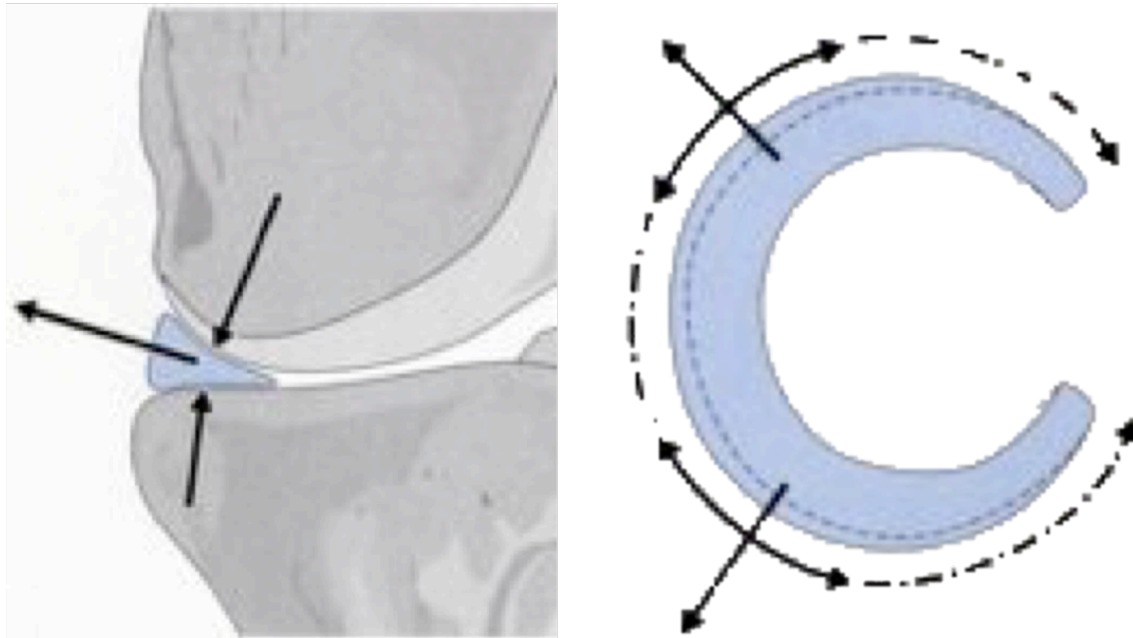


**Abbildung 1:** Vaskularisierung des humanen Meniskus aus dem perimeniskalen Plexus. *RR* rote Zone, *RW* rot-weiße Zone, *WW* weiße Zone

#### 1.4. Die Funktionen des Meniskus

Der Meniskus erfüllt im Kniegelenk unterschiedliche Funktionen, weshalb der Erhalt für das Funktionieren des Gelenks essentiell ist. Er fungiert als Gewebe mit viskoelastischen Eigenschaften, welches im Gegensatz zu Knorpelgewebe den Wasserausstrom frühzeitig stoppt, um die Formveränderung zu minimieren (Beaupre et al. 1986, Fithian et al. 1990).

Die Hauptaufgabe des Meniskus ist es, axiale Kompressionskräfte in Zugkräfte umzuwandeln und die Knorpeloberfläche vor Überlastung zu schützen. In gesunden Individuen nimmt der Meniskus etwa 40-60% des medialen und bis zu 70% des lateralen Drucks auf (Shrive et al. 1978). Diese Übertragung und Verteilung des Drucks basiert auf der Vergrößerung der Kontaktfläche der beiden Gelenkpartner (Kettelkamp and Jacobs 1972) (siehe **Abbildung 2**).



**Abbildung 2:** Umwandlung der Druckbelastung in Zugkräfte durch die Meniskusringspannung

Beide Menisken tragen durch die Erhöhung der Gelenkkongruenz ebenfalls zur Stabilität des Kniegelenks bei. Der mediale Meniskus hemmt aufgrund seiner Form und Verbindung mit dem medialen Kollateralband vor allem die anteriore tibiale Translation (Arno et al. 2013). Der laterale Meniskus spielt eine größere Rolle bei der Vermeidung der anterolateralen Rotationsinstabilität (Musahl et al. 2010).

Der Meniskus enthält zusätzlich verschiedene Mechanorezeptoren, Vater-Pacini-Körperchen zur Aufnahme von Vibrationsempfinden, Ruffini-Körperchen und Golgi-Apparate (Messner and Gao 1998). Dies lässt die Annahme zu, dass der Meniskus eine große Rolle hinsichtlich der Propriozeption spielt (Saygi et al. 2005).

## 1.5. Heilungspotential des Meniskus

Das Heilungspotential des Meniskus ist aufgrund seiner anatomischen vaskulären Voraussetzungen begrenzt. Die drei Phasen der Heilung (Entzündungsphase, Reparationsphase und Remodelingphase) sind von der lokalen Blutversorgung und der Einwanderung von Fibrin, Thrombozyten und Immunzellen abhängig (Arnoczky and Warren 1983). Das Fibrin schafft hierbei ein Netzwerk für den Heilungsprozess, wohingegen die Thrombozyten wichtige Signalmoleküle enthalten und einen mitogenen Stimulus für den Heilungsprozess initiieren (Knighton et al. 1982, Webber et al. 1985). Die Heilungspotenz des

Meniskus ist demnach stark von der Risslokalisation abhängig. Entsprechend der anatomischen Gegebenheiten sind beim Erwachsenen nur die kapselnahen 25% des Meniskus mit Blutgefäßen versorgt (Clark and Ogden 1983). In dieser kapselnahen, roten Zone ist die Heilungspotenz am höchsten und nimmt mit zentraler Risslokalisation ab (Arnoczky and Warren 1982). Studien konnten hier ein verbessertes klinisches Outcome hinsichtlich subjektiver Outcome Scores zeigen (Fillingham et al. 2017). Dennoch konnte eine Versagensrate zwischen 5 und 29% beobachtet werden (Albrecht-Olsen et al. 1999, Hoffelner et al. 2011, Tucciarone et al. 2012, Popescu et al. 2015, Fillingham et al. 2017). In einem systematischen Review konnten Barber-Westin et al. (Barber-Westin and Noyes 2014) zeigen, dass auch Risse in der rot-weißen Zone (Übergangsbereich zwischen der roten Zone und der avaskulären, zentralen, weißen Zone) ein Heilungspotential von 83% haben und somit eine Refixation erfolgen sollte.

## **1.6. Therapie von Meniskusverletzungen**

Es werden grundsätzlich drei verschiedene Meniskusnahttechniken in der Literatur beschrieben: Outside-in Nähte, Inside-out Nähte und All-inside-Techniken, welche hinsichtlich der Erfolgsraten als vergleichbar gelten und entsprechend der Risslokalisation (anterior, intermediär, posterior) angewandt werden. Die durchschnittliche Erfolgsrate der Meniskusnaht liegt bei ca. 60-80%, jedoch werden hier neben den komplett geheilten auch die partiell geheilten Meniskusnähte gezählt (Pujol et al. 2015). Wird im Rahmen der Meniskusnaht auch eine vordere Kreuzbandplastik durchgeführt, sinkt die Re-Operationsrate um 14% (Paxton et al. 2011). Häufig sind inkomplett verheilte Menisken - insbesondere im kurz- bis mittelfristigen Follow-up - beschwerdearm und zeigen keine klinische Konsequenz (Morgan et al. 1991, Pujol et al. 2015). Über die biomechanischen Eigenschaften eines nur inkomplett geheilten Meniskus und dessen Funktion gibt es in der Literatur jedoch keine evidenten Daten.

Zur Verbesserung der Heilungseigenschaften wurden mehrere intraoperative biologische Augmentationsverfahren beschrieben. In präklinischen Studien konnte gezeigt werden, dass die intrakondyläre Mikrofrakturierung zu einem Einwandern von Wachstumsfaktoren ins Gelenk führt (Freedman et al. 2003). In einer tierexperimentellen Studie konnte durch dieses Verfahren eine verbesserte Meniskusheilung beobachtet werden (Izuta et al. 2005). Eine weitere intraoperative Methode zur Verbesserung der Heilungspotenz ist das intraläsionale und parasynoviale Raspeln. Dieses Verfahren zeigt neben einer vermehrten Freisetzung von

## | Einleitung

Wachstumsfaktoren auch in einer klinischen Studie einen positiven Effekt auf die Meniskusheilung (Henning et al. 1987, Ritchie et al. 1998, Okuda et al. 1999, Izuta et al. 2005).

Hinsichtlich der Indikationsstellung zur Meniskusnaht müssen folglich mehrere anatomische, operations- und patientenspezifische Faktoren berücksichtigt werden: Risstyp und – lokalisation, Aktivitätsniveau des Patienten und die Compliance bei der Durchführung des restriktiven Nachbehandlungsschemas. Das Patientenalter spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle (Noyes and Barber-Westin 2000).

Bis dato gibt es keine Untersuchung zum Heilungsverhalten des Meniskus in der propagierten Heilungsphase von 6 Wochen postoperativ. Dieses Wissen könnte unser Verständnis der postoperativen Reparationsvorgänge im Meniskusgewebe verbessern und eine mögliche Früherkennung bei fehlender Heilung ermöglichen.

Im Rahmen dieser Studie soll die detaillierte MR-tomographische Darstellung von Veränderung im Meniskus nach meniskuserhaltender Therapie untersucht werden, um auf Heilungseigenschaften sowie positive und negative prädiktive Faktoren rückschließen zu können.

## 1.7. Fragestellung und Hypothesen

Ziel dieser Studie ist die MR- tomographische Darstellung der Strukturveränderungen nach Meniskusnaht mittels spezifischer Sequenzen. Der Fokus steht hierbei auf dem Strukturverhalten des Meniskus über die erste postoperative Periode, um Rückschlüsse auf das Heilungsverhalten und die Heilungsdauer ziehen zu können. Außerdem soll die Korrelation von klinischen Ergebnissen und MR-tomographischen Befunden und der Vergleich verschiedener Risskonfigurationen und Nahttechniken untersucht werden. Das Hauptaugenmerk der Nachuntersuchung liegt auf den ersten 6 postoperativen Wochen sowie nach Abschluss der Rehabilitationsphase nach 3 und 6 Monaten. Hierbei sollen zusätzlich Einflussfaktoren für eine fehlgeschlagene Meniskusheilung identifiziert werden.

Aufgrund fehlender Daten und Voruntersuchungen, wird diese Studie als explorative Pilotstudie dazu beitragen, erste Erkenntnisse über den frühen Heilungsverlauf nach arthroskopischer Meniskusnaht zu geben.

Folgende Fragestellungen wurden verfasst:

- 1) Welche Signalveränderungen zeigen sich in der ersten postoperativen Heilungsphase nach Meniskusnaht im MRT?

Hypothese: Anhand von spezifischen MRT Sequenzen ist es möglich, stetige Strukturveränderungen im Sinne einer Heilung nach Meniskusnaht darzustellen.

- 2) Hat die Konfiguration des Meniskusrisses einen Einfluss auf die MRT-Signalveränderungen im MRT?

Hypothese: Es zeigt sich ein Unterschied der Strukturveränderungen hinsichtlich der Konfiguration des Meniskusrisses (vertikal > horizontal > radiär).

- 3) Korrelieren die klinischen Ergebnisse mit dem MRT-Befund?

Hypothese: Es besteht eine positive Korrelation zwischen klinischen Ergebnissen und MRT Befund.

## **2. Material und Methoden**

In der vorliegenden prospektiven Forschungsarbeit wurde die Frühphase der Heilung der Menisken klinisch und radiologisch nachuntersucht. Die Studie wurden nach vorherigem positivem Votum der Ethikkommission der TU München (Ethiknummer: 518/15S) durchgeführt. Alle Patienten unterzeichneten eine Einverständniserklärung zur Teilnahme an dieser Untersuchung. Die Studie wurde gemäß der Deklaration von Helsinki und deren ethischen Grundsätzen für die medizinische Forschung durchgeführt.

### **2.1. Patientenkollektiv**

Es wurden Patienten im Alter zwischen 18 und 45 Jahren mit einem akuten Meniskusriss eingeschlossen. Zudem konnten Patienten mit kombinierter akuter Meniskus- und Kreuzbandverletzung an der Studie teilnehmen. Der Zeitraum zwischen der Meniskusverletzung und der operativen Versorgung durfte sechs Wochen nicht überschreiten. Alle Patienten wurden mittels arthroskopischer Meniskusnaht in der zur Rupturlokalisierung und -größe passenden Technik und Konfiguration (all-inside, inside-out, outside-in) versorgt. Für den Einschluss erforderlich waren außerdem das Vorliegen einer präoperativen Röntgenaufnahme und einer MRT-Untersuchung des Kniegelenkes zur Beurteilung der Knorpelverhältnisse und des Meniskusrisses.

Ausschlusskriterien waren ein Patientenalter unter 18 und über 45 Jahren und eine fehlende Einverständniserklärung. Auch Patienten mit degenerativen Meniskusverletzungen, Knorpelschäden bzw. fortgeschrittener Arthrose K/L Grad III und IV und Patienten mit Multiligamentverletzungen und Meniskuswurzelverletzungen wurden von der Studienteilnahme ausgeschlossen (Kellgren and Lawrence 1957).

### **2.2. Klinische Untersuchung und Scores**

Die Patienten wurden anhand einer ausführlichen orthopädischen Untersuchung und standardisierten und validierten Scores präoperativ, 6 und 12 Wochen sowie 6 Monate postoperativ klinisch nachuntersucht.

Im Rahmen der ausführlichen präoperativen Anamnese wurden nachfolgende demographische Variablen erhoben: Alter, Body Mass Index (BMI), Nikotinabusus und Vorerkrankungen.

Während der klinischen Untersuchung wurden das Auftreten von Weichteilschwellung und Kniegelenkserguss und das Bewegungsausmaß dokumentiert. Die Stabilität der Kollateral- und Kreuzbänder mittels zugehöriger klinischer Tests und die Integrität der Menisken mittels McMurray-Test wurden ebenfalls getestet (siehe Anhänge).

Die Schmerzen wurden anhand der visuellen Schmerzanalogen Skala (VAS) bewertet. Die erhobenen klinischen Scores waren der subjektive „International Knee Documentation Committee Score“ (IKDC 2000), „Knee Injury and Osteoarthritis Score“ (KOOS), Lysholm Score und Tegner Activity Score (siehe Anhänge). Der klinische Erfolg wurde nach den Kriterien von Barrett et al. klassifiziert und beinhaltet die Abwesenheit von: 1) Gelenkerguss, 2) Druckschmerz über dem betroffenen Gelenkspalt, 3) Kniegelenksblockaden sowie 4) ein negativer McMurray-Test (Barrett et al. 1998). Die Spezifität der Untersuchung lag in Voruntersuchungen beim Vorliegen zweier Kriterien bei 96% und bei drei Kriterien bei 100% (Miao et al. 2011).

### **2.3. Radiologische Untersuchung**

Die radiologische Nachuntersuchung wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Radiologie des Klinikums rechts der Isar, TU München durchgeführt.

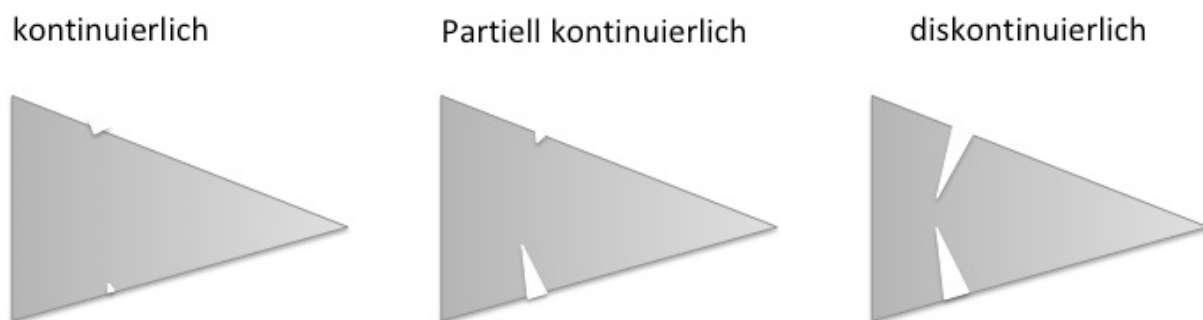
Im Rahmen der Standarddiagnostik erfolgte präoperativ eine Röntgenaufnahme des betroffenen Kniegelenks in zwei Ebenen (a.-p. und lateral), um eine Fraktur auszuschließen und degenerative Veränderungen zu beurteilen. Entsprechend wurden die Patienten gemäß den definierten Kriterien ein- bzw. ausgeschlossen.

MRT Untersuchungen wurden präoperativ sowie 2, 4, 6 und 12 Wochen sowie 6 Monate postoperativ durchgeführt. Diese erfolgten an einem 3-Tesla Gerät (Ingenia, Philips, Best, Niederlande) mit einer dedizierten 8-Kanal-Kniespule und einer Schichtdicke von 2.5mm. Die durchgeführten Sequenzen waren koronare und sagittale IM-w TSE-Sequenzen mit spektraler Fettsättigung nach Lokalisation der Meniskusnaht:

- koronare o. sagittale T2-w TSE-Sequenz mit spektraler Fettsättigung
- koronare o. sagittale T1-w TSE-Sequenz mit DRIVE-Puls

Die Auswertung der prä- und postoperativen radiologischen Untersuchungen wurde von zwei erfahrenen Orthopäden durchgeführt. Die Meniskusrisse wurden präoperativ mit Hilfe der ISAKOS Klassifikation beurteilt und die Risslokalisation, -konfiguration und Rissgröße definiert (Wadhwa et al. 2016). Die postoperative Beurteilung der Meniskusheilung erfolgte nach den Kriterien von Henning (siehe **Abbildung 3**) (Scott et al. 1986). Die Kriterien von Henning wurden erstmals 1986 definiert und gelten bis heute als Goldstandard für die postoperative Diagnose von Meniskusverletzungen. Darin wird semiquantitativ zwischen geheilten, partiell geheilten und nicht geheilten Menisken unterschieden. Der Meniskus wurde als diskontinuierlich klassifiziert, wenn ein flüssigkeitsäquivalentes MRT-Signal in der Rupturzone dargestellt werden konnte.

Zur übersichtlicheren statistischen Auswertung wurden bei der Berechnung der Korrelationen die nicht geheilten und nur partiell geheilten Menisken den komplett geheilten Menisken gegenübergestellt.



**Abbildung 3:** Schemazeichnung zur Darstellung der MRT Klassifikation der Meniskusbeurteilung nach den semiquantitativen Henning-Kriterien (Scott et al. 1986). Ein Flüssigkeitsäquivalentes Signal in  $> 50\%$  des Meniskusquerschnitts wird als diskontinuierlich bzw.  $< 50\%$  als partiell kontinuierlich klassifiziert.

## 2.4. Operative Technik

Alle Patienten wurden durch einen erfahrenen Kniegelenkchirurgen operiert. Die Operation erfolgte in Vollnarkose und in Rückenlagerung. Es wurde standardgemäß eine Blutsperre mit einem Druck von 280mmHg verwendet. Jeder Patient erhielt eine perioperative Antibiotikaphylaxe mit Cefuroxim 1,5g i.v.. Zu Beginn wurde eine diagnostische Arthroskopie über das anterolaterale Standardportal durchgeführt, um zunächst den



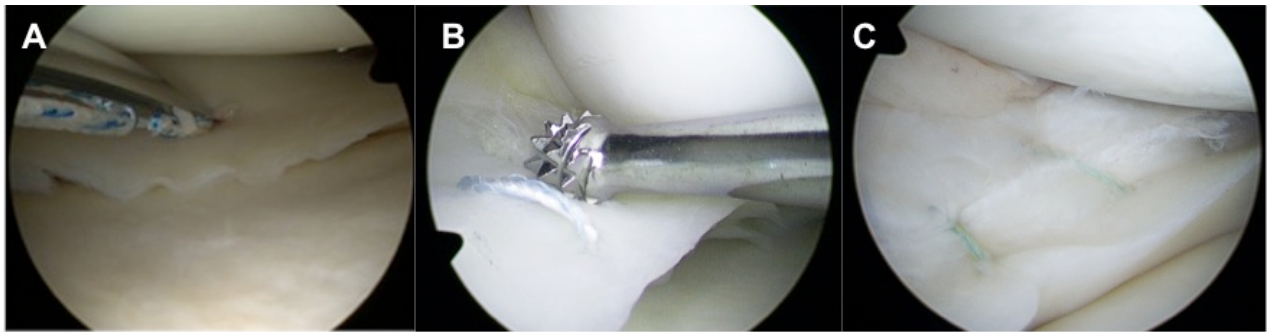
Meniskusriss und mögliche Begleitverletzungen zu dokumentieren. Anschließend wurden diese mittels Tasthaken über ein anteromediales Portal näher untersucht.

Je nach Rupturform des Meniskus erfolgte zunächst die Reposition oder Teilresektion kleiner Meniskusanteile in der weißen Zone. Anschließend wurde die Rupturzone des Meniskus mit einem Kugeldorn angefrischt. Bei einer isolierten Meniskusverletzung erfolgte die Mikrofrakturierung des subkortikalen Knochens der Notch mittels Ahle zur Freisetzung von hämatogenen Stammzellen aus dem subkortikalen Knochen. Hierdurch sollte eine verbesserte Heilung des Meniskus bezweckt werden.

Die Meniskusnaht wurde entsprechend der Lokalisation mit der empfohlenen Nahttechnik versorgt. Bei Verletzungen des Meniskushinterhorns wurde eine All-Inside-Naht (FastFix, Smith and Nephew Inc., Andover, MA, USA) durchgeführt. Hierbei wird mittels vorgefertigtem Applikator eine Naht in den rupturierten Meniskusteil eingebracht und mit einem Knotenschieber befestigt. Die Naht wird durch zwei Kippanker an der posterioren Kapsel verblockt und sorgt damit für die Stabilität. Bei Verletzungen der Intermediärzone wurde eine Inside-Out Naht durchgeführt. Hierfür wird ein Fiberwire-Faden (Arthrex Inc., Naples, Florida, USA) mit Applikationsnadeln durch eine Führungskanüle in die Rupturzone eingebracht und transkutan ausgeleitet. Die Verknotung erfolgt über der Kapsel durch einen etwa 3-4 cm großen offenen Zugang um Bereich der Ruptur. Bei Verletzungen des Meniskusvorderhorns wurde die Outside-In Technik angewandt. Für die Outside-In Naht wurde ebenfalls Fiberwire-Fäden verwendet, welche durch PDS-Fäden und Kanülen geschuttelt wurden. Die Verknotung erfolge analog zur Intermediär Zone über der Kapsel.

Bei größeren Rissen, z.B. Korbhenkel, wurden unterschiedliche Nahttechniken kombiniert. Die Nähte wurden im Abstand von ca. 5 Millimeter appliziert und die Stabilität der Naht in der Tasthakenprobe evaluiert (siehe **Abbildung 4**).

Bei Vorliegen einer begleitenden Kreuzbandruptur wurde eine vordere Kreuzbandplastik in standardisierter Technik mit anatomischer Bohrkanalanlage durchgeführt. Als Transplantat wurde die Semitendinosussehne verwendet und entsprechend der Länge als 3- bis 4-fach Transplantat armiert. Die femorale Fixation erfolgte via TightRope System extrakortikal (Arthrex Inc., Naples, Florida, USA) und tibial entsprechend der Tunnelgröße mittels Interferenzschraube (Hybrid- Fixation).



**Abbildung 4:** A) Zeigt die Applikation eine All-Inside Naht (Fast-Fix, Smith&Newphew, Andover, MA, USA) in das Innenmeniskushinterhorn. B) Intraläsionales und parasynoviales Raspeln mit dem Kugeldorn verbessert die Heilungseigenschaft des Meniskusgewebes. C) Abgeschlossene und stabile Naht eines Innenmeniskus-Längsriss mit Inside-Out-Nähten in der Pars Intermedia

## 2.5. Nachbehandlung

Postoperativ wurden die Patienten mit einem standardisierten Nachbehandlungsschema therapiert. Alle Patienten erhielten ab dem ersten postoperativen Tag 2-3 Mal wöchentlich und für mindestens 6 Wochen eine physiotherapeutische Beübung. Das genaue Rehabilitationsschema für Innen- und Außenmeniskusnaht bzw. VKB-Rekonstruktion ist in **Tabelle 1** ersichtlich.

**Tabelle 1:** Nachbehandlungsschema nach Innen- und Außenmeniskusnaht, sowie mit additiver Vorderer Kreuzband (VKB)-Rekonstruktion

	Innenmeniskusnaht	Außenmeniskusnaht	VKB Rekonstruktion
<b>Belastung</b>	1.-2. Woche: 20kg Teilbelastung in Streckstellung (0°)  3.-6. Woche: Vollbelastung in Streckstellung (0°)	1.-6. Woche: Entlastung ab 7. Woche: schmerzadaptierte Aufbelastung	siehe Innenmeniskus- und Außenmeniskuslimitierung
<b>Range of Motion</b>	1.-6. Woche: Flex/Ext. 90°-0°-0°	1.-6. Woche: Flex./Ext. 60°-0°-0°	siehe Innenmeniskus- und Außenmeniskuslimitierung
<b>Orthese</b>	Medi X-Lock Orthese für 6 Wochen	Medi M4 Orthese für 6 Wochen	Medi M4 Orthese für 3 Monate
<b>Physiotherapie</b>	Ab dem 1. Tag postoperativ	Ab dem 1. Tag postoperativ	Ab dem 1. Tag postoperativ

## **2.6. Statistische Auswertung**

Aufgrund fehlender Literatur zu diesem Thema, war eine vorherige Poweranalyse zur Fallzahlberechnung nicht möglich. Nach Berechnung der Normalverteilung mittels Kolmogorov – Smirnov – Test wurden für die jeweilige Auswertung parametrische oder nicht-parametrische Tests angewendet. Die Analyse der Hauptzielkriterien erfolgte primär deskriptiv. Für quantitative Zielgrößen wurden Mittelwerte, Standardabweichung (SD), das 95%-Konfidenzintervall sowie absolute Häufigkeiten erhoben. Qualitative Merkmale wie Signalveränderungen im MRT oder Scoreergebnisse wurden anhand von gepaarten Tests laufend bzw. zum Gruppenvergleich (Innenmeniskusnaht versus Außenmeniskusnaht) mittels ungepaarten Tests zu den jeweiligen Zeitpunkten ausgewertet. Zur Untersuchung der Korrelationen zwischen einer Heilung oder Versagen der Meniskusnaht mit Riss- und Nahtkonfiguration, Patientenalter, Rauchgewohnheiten oder Stoffwechselerkrankungen wurde der Pearson chi-quadrat – Test bzw. alternativ dazu – je nach Gruppengröße – der exakte Test nach Fisher verwendet. Für die Berechnung der Interrater- Reliabilität wurde die Intra-Klassen-Korrelation (ICC) verwendet. Die statistische Signifikanz wurde bei  $p < 0.05$  definiert.

### 3. Resultate

Es wurden insgesamt 32 Patienten in diese Studie eingeschlossen. Bei der finalen Nachuntersuchung sechs Monate postoperativ konnten 30 Patienten untersucht werden. Zwei Patienten beendeten nach dem ersten postoperativen MRT die weitere Teilnahme an der Studie und wurden somit als von der Studie ausgeschlossen.

In dieser Studie wurden 28 Männer und 2 Frauen mit einem durchschnittlichen Alter von  $28.0 \pm 7.7$  Jahren und einem BMI von  $24.8 \pm 3.0 \text{ kg/m}^2$  untersucht.

Die Meniskusverletzungen betrafen 10 rechte und 20 linke Kniegelenke. In 14 (46.7%) Fällen war der Innenmeniskus, in 11 (36.7%) Fällen der Außenmeniskus und in 5 (16.7%) Fällen beide Menisken rupturiert. Bei 16 (53.3%) Patienten wurde zusätzlich eine vordere Kreuzbandruptur operativ mittels Ersatzbandplastik versorgt. Die Dauer zwischen Trauma und operativer Versorgung lag bei durchschnittlich  $17.8 \pm 15.9$  Tagen.

Insgesamt konnten 35 Meniskusrisse nachuntersucht werden. Diese wurden präoperativ gemäß der ISAKOS Klassifikation eingeteilt (siehe Tabelle 2). Die durchschnittliche Risslänge betrug  $19.2 \pm 11.0$  mm.

**Tabelle 2:** Präoperative Beurteilung der Risskonfiguration anhand der ISAKOS Meniskusklassifikation im MRT (Wadhwa et al. 2016)

Kategorie	Variable	Wert
Meniskus	Medial	19 (54.3%)
	Lateral	16 (45.7%)
Zone	Zone 1 – rot	26 (74.3%)
	Zone 2 – rot/weiß	9 (25.7%)
	Zone 3 – weiß	0
Lokalisation	Anterior	1 (2.9%)
	Intermediär	14 (40.0%)
	Posterior	20 (57.1%)
Typ	Korbhenkelriss	14 (40.0%)
	Längsriss	9 (25.7%)
	Radiärriss	5 (14.3%)

Lappenriss	3 (8.6%)
Horizontalriss	4 (11.4%)
Total	35

### 3.1. Klinische Ergebnisse

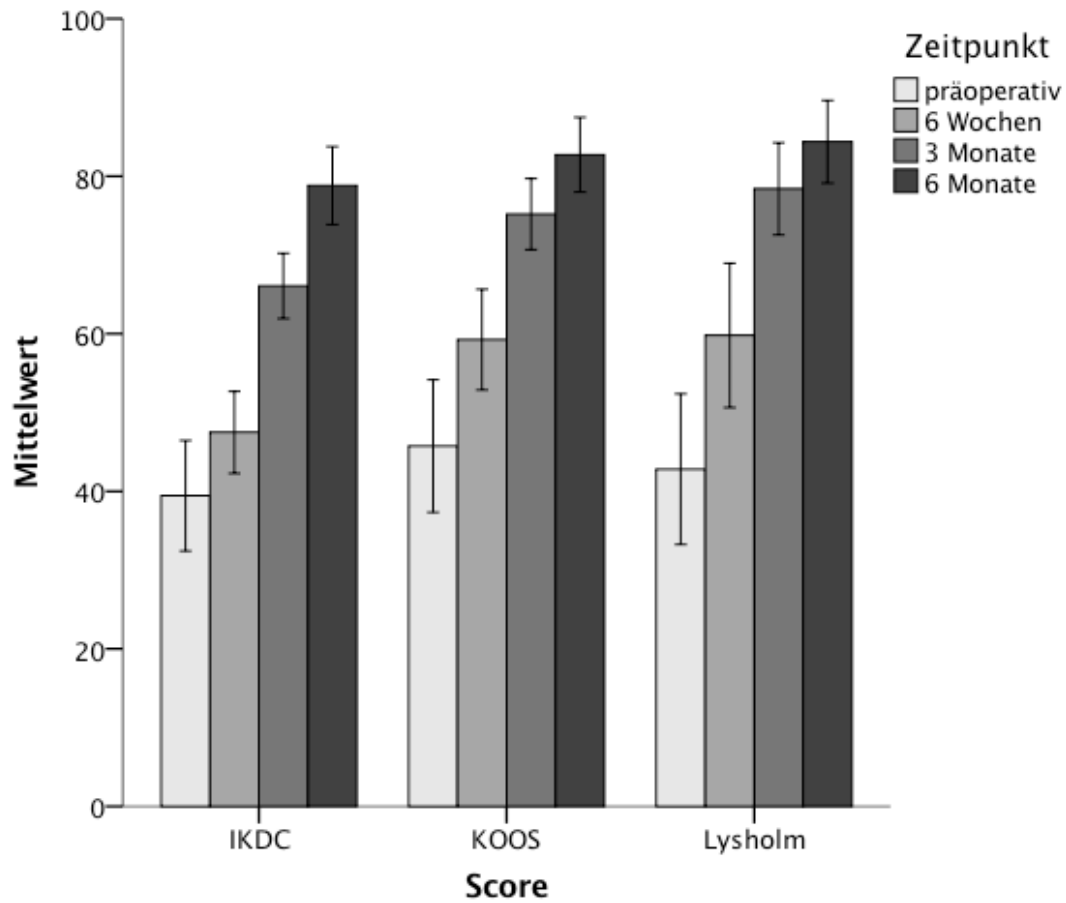
Die klinischen Scores zeigten einen signifikanten Anstieg von prä- zu postoperativen Messwerten zu allen Messzeitpunkten (siehe **Abbildung 5**).

Der subjektive IKDC Score verbesserte sich von präoperativ  $39.4 \pm 18.5$  auf  $47.5 \pm 12.6$  ( $p < 0.05$ ) nach 6 Wochen,  $66.1 \pm 11.1$  ( $p < 0.01$ ) nach 3 Monaten und auf  $78.8 \pm 15.3$  ( $p < 0.01$ ) Punkten nach 6 Monaten.

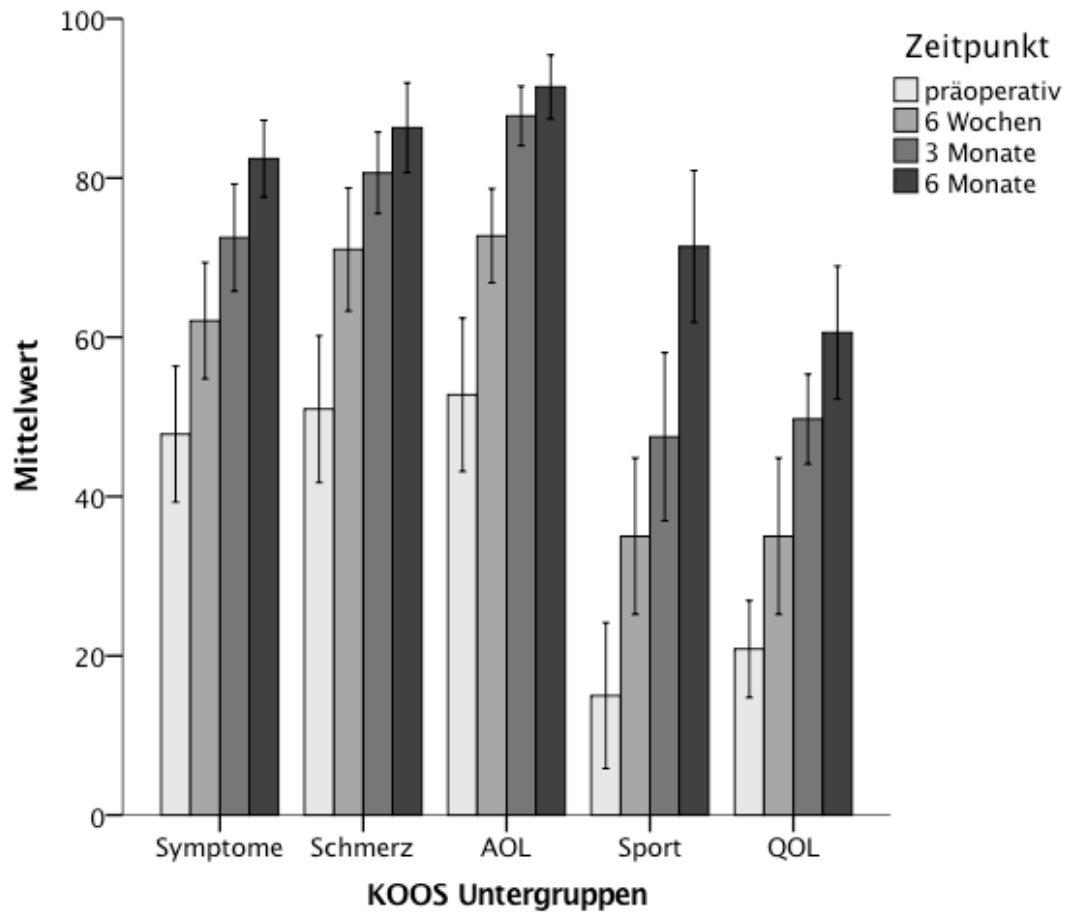
Im KOOS zeigte sich eine Steigerung von präoperativ  $45.7 \pm 22.1$  auf  $59.3 \pm 15.8$  ( $p < 0.01$ ) nach 6 Wochen, auf  $75.2 \pm 12.1$  ( $p < 0.01$ ) nach 3 Monaten und auf  $82.7 \pm 12.5$  ( $p < 0.01$ ) Punkten nach 6 Monaten. Die KOOS Subgruppenanalyse zeigte signifikante Verbesserungen in allen Untergruppen von prä- zu postoperativen Messzeitpunkten ( $p < 0.01$ ) (siehe **Abbildung 6**). Die Untergruppen Sport und Quality of Life zeigen aufgrund der restriktiven Nachbehandlung einen verzögerten Anstieg.

Verglichen mit den präoperativen Werten im Lysholm Score von  $42.8 \pm 23.7$  wies dieser eine signifikante Verbesserung auf  $59.8 \pm 22.2$  ( $p < 0.01$ ) nach 6 Wochen, auf  $78.4 \pm 15.4$  ( $p < 0.01$ ) nach 3 Monaten und auf  $84.4 \pm 13.8$  ( $p < 0.01$ ) Punkten nach 6 Monaten auf.

Die VAS Schmerzskala konnte von präoperativ  $4.2 \pm 2.4$  nach 6 Wochen auf  $1.6 \pm 2.1$  ( $p < 0.01$ ), nach 3 Monaten auf  $1.4 \pm 1.8$  ( $p < 0.01$ ) und nach 6 Monaten auf  $0.8 \pm 1.0$  ( $p < 0.01$ ) gesenkt werden.



**Abbildung 5:** Die klinischen Scores zeigen einen signifikanten Anstieg der postoperativen im Vergleich zu den präoperativen Werten. Die Scores zeigen des Weiteren einen deutlichen Anstieg im Rahmen des Heilungsverlaufs bis 6 Monate postoperativ. IKDC *International Knee Documentation Committee Score*; KOOS *Knee Outcome and Osteoarthritis Score*.



**Abbildung 6:** Alle KOOS Untergruppen zeigten signifikant verbesserte postoperative Werte zu jedem Messzeitpunkt ( $p < 0.01$ ). AOL *Aktivitäten des täglichen Lebens*; QOL *Quality of Life*, KOOS *Knee Outcome and Osteoarthritis Score*.

Die postoperativen Scores bei Patienten mit zusätzlicher VKB Rekonstruktion waren im gesamten Untersuchungszeitraum geringer als bei Patienten mit alleiniger Meniskusnaht (siehe **Tabelle 3**). Eine statistische Signifikanz konnte bei allen Scores 3 Monate postoperativ gezeigt werden ( $p < 0.05$ ). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied in den Scores zwischen Patienten mit einer Ruptur des medialen oder lateralen Meniskus (alle n.s.).

**Tabelle 3:** Vergleich der klinischen Scores (IKDC; KOOS; Lysholm) bei Patienten mit intaktem vorderem Kreuzband (VKB) und bei Patienten nach VKB-Rekonstruktion. Es zeigen sich ein signifikant besserer klinischer Score und eine raschere Erholung bei Patienten mit isolierter Meniskusverletzung im Vergleich zu Patienten mit zusätzlicher VKB Rekonstruktion.

		6 Wochen	3 Monate	6 Monate
IKDC	VKB Rekonstruktion	45.3 ± 10.1	62.1 ± 11.4	76.2 ± 13.6
	VKB intakt	50.8 ± 15.6	70.6 ± 9.0	82.0 ± 11.9
	p-Wert	p = 0.34	p < 0.05	p = 0.24
KOOS	VKB Rekonstruktion	54.6 ± 16.8	71.0 ± 13.6	79.1 ± 14.4
	VKB intakt	65.6 ± 12.3	80.0 ± 8.1	87.1 ± 8.2
	p-Wert	p = 0.78	p < 0.05	p = 0.73
Lysholm	VKB Rekonstruktion	48.4 ± 23.0	71.6 ± 17.4	81.3 ± 14.6
	VKB intakt	74.4 ± 9.0	85.7 ± 8.4	88.1 ± 12.2
	p-Wert	p < 0.05	p < 0.05	p = 0.18

### 3.2. Radiologische Ergebnisse

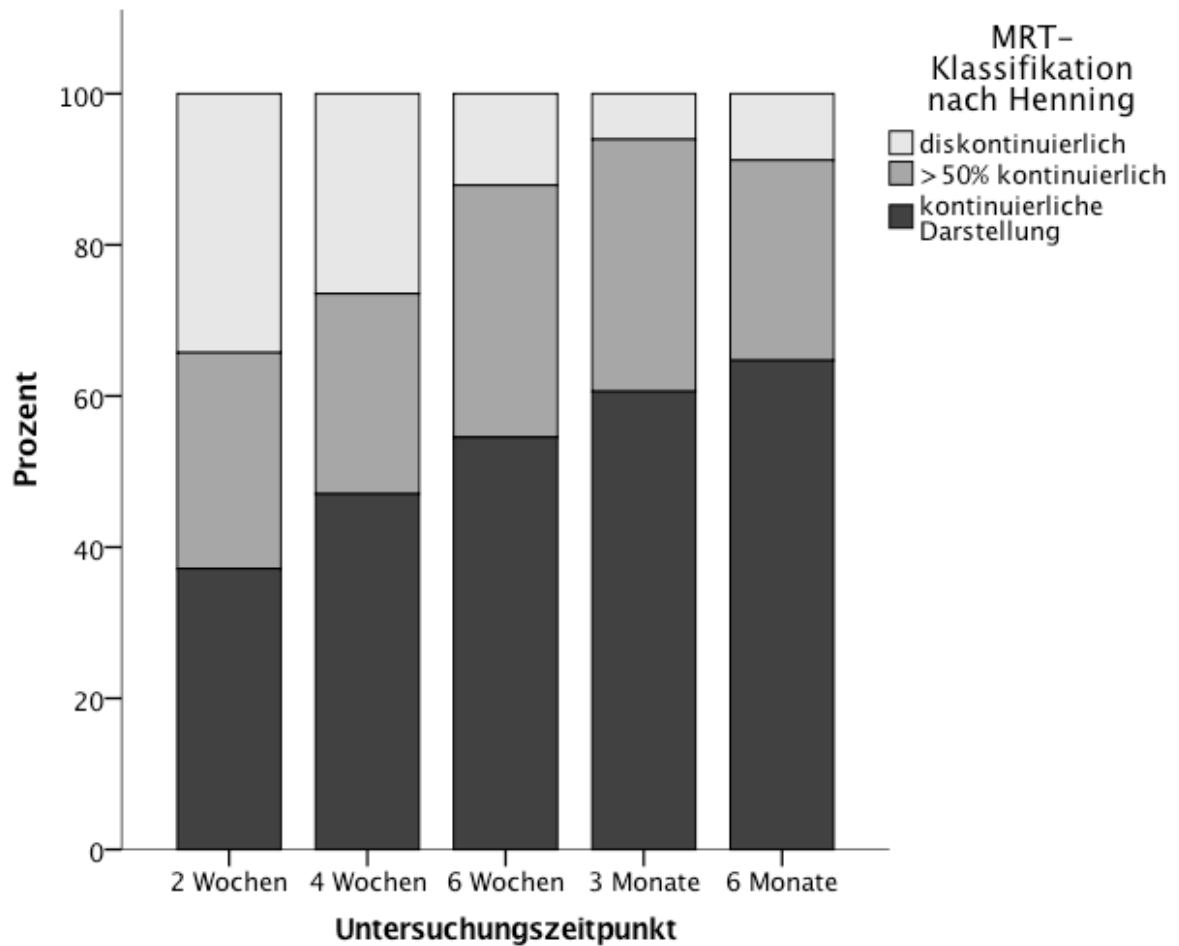
Die Auswertung der postoperativen MRT Aufnahmen konnte eine sichtbare Signalveränderung des Meniskus im Bereich der Ruptur im Sinne einer wiederhergestellten Kontinuität des Meniskus zeigen (siehe **Abbildung 7** und **Tabelle 4**).

Es konnte ein konstanter Heilungsverlauf bis 3 Monate postoperativ nachgewiesen werden. 3 Patienten wurden nach 6 Monaten als diskontinuierlich klassifiziert. Der ICC zwischen den beiden Ratern betrug 0.93 (95% KI, 0.86 - 0.96).

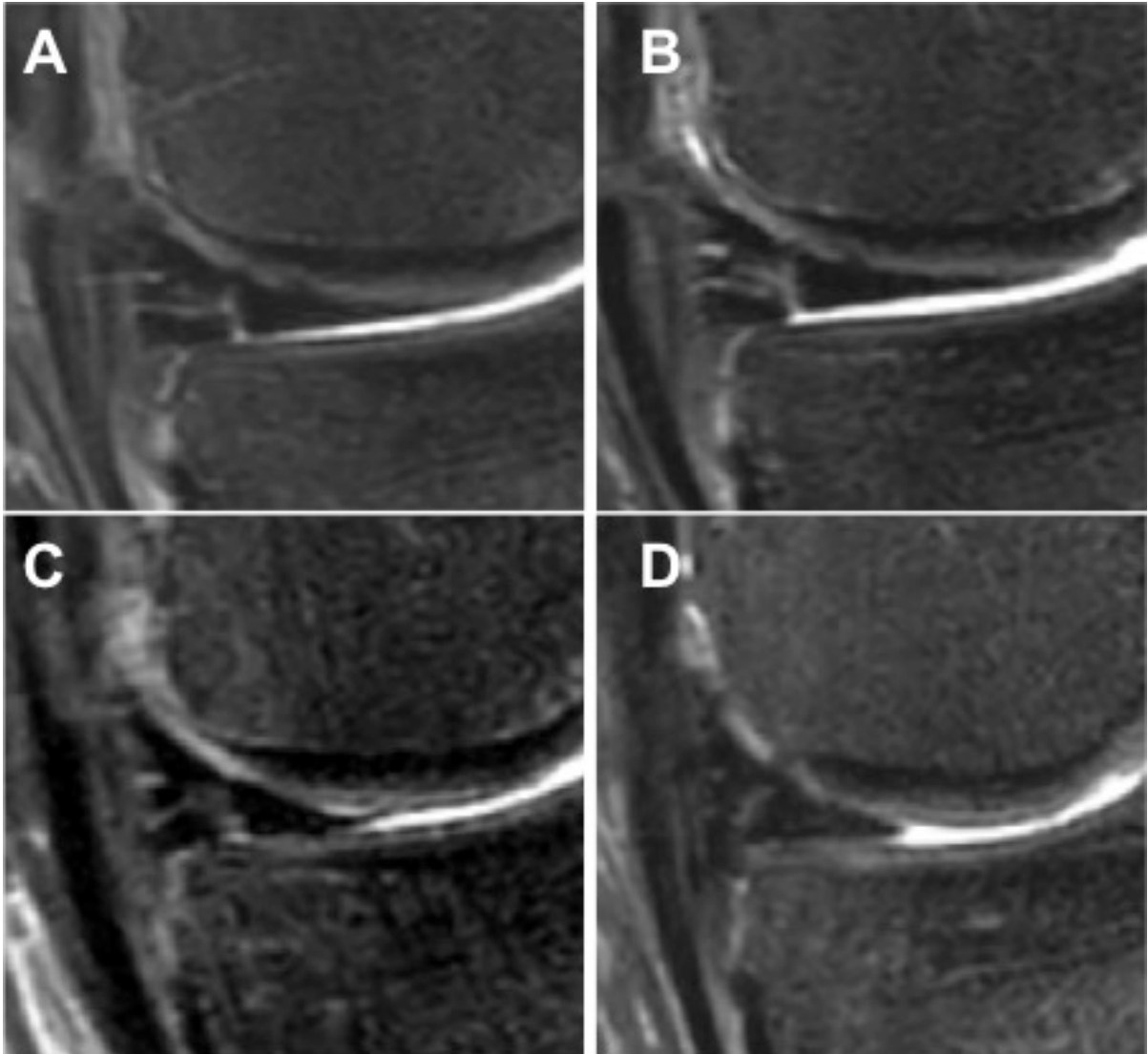
**Tabelle 4:** Ergebnis der postoperativen MRT-Meniskusdarstellung anhand der Henning Kriterien (Scott et al. 1986) zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten. Es zeigt sich eine stetige Strukturveränderung in Richtung kontinuierlich dargestellter Menisken über den gesamten Untersuchungszeitraum.

Henning-Kriterien	2 Wochen	4 Wochen	6 Wochen	3 Monate	6 Monate
kontinuierlich	37.1%	47.1%	54.5%	60.6%	64.7%
> 50% kontinuierlich	28.6%	26.5%	33.3%	33.3%	26.5%
diskontinuierlich	34.3%	26.5%	12.1%	6.1%	8.8%





**Abbildung 7:** Klassifikation der Menisken gemäß der Henning-Kriterien (Scott et al. 1986) in der postoperativen Heilungsphase nach 2, 4 und 6 Wochen sowie nach 3 und 6 Monaten.



**Abbildung 8:** Postoperative MRT Untersuchung eines Patienten mit Innenmeniskus-Längsriss in der rot-weißen Zone. A) Es zeigt sich eine Flüssigkeitsansammlung in  $> 50\%$  des Meniskusquerschnitts nach 2 Wochen postoperativ (nicht geheilt). B) Nach 4 Wochen postoperativ kommt es zur Bildung eines fibrovaskulären Narbengewebes in über  $50\%$  des Meniskusquerschnitts mit noch verbleibendem Flüssigkeitseintritt am unteren Rand. C) 6 Wochen postoperativ sieht man nach wie vor ein Flüssigkeitssignal am unteren Rand des Meniskus (partiell kontinuierlich). D) Nach 12 Wochen postoperativ gilt dieser Meniskus als kontinuierlich geheilt ohne Flüssigkeitssignal in der Risszone.

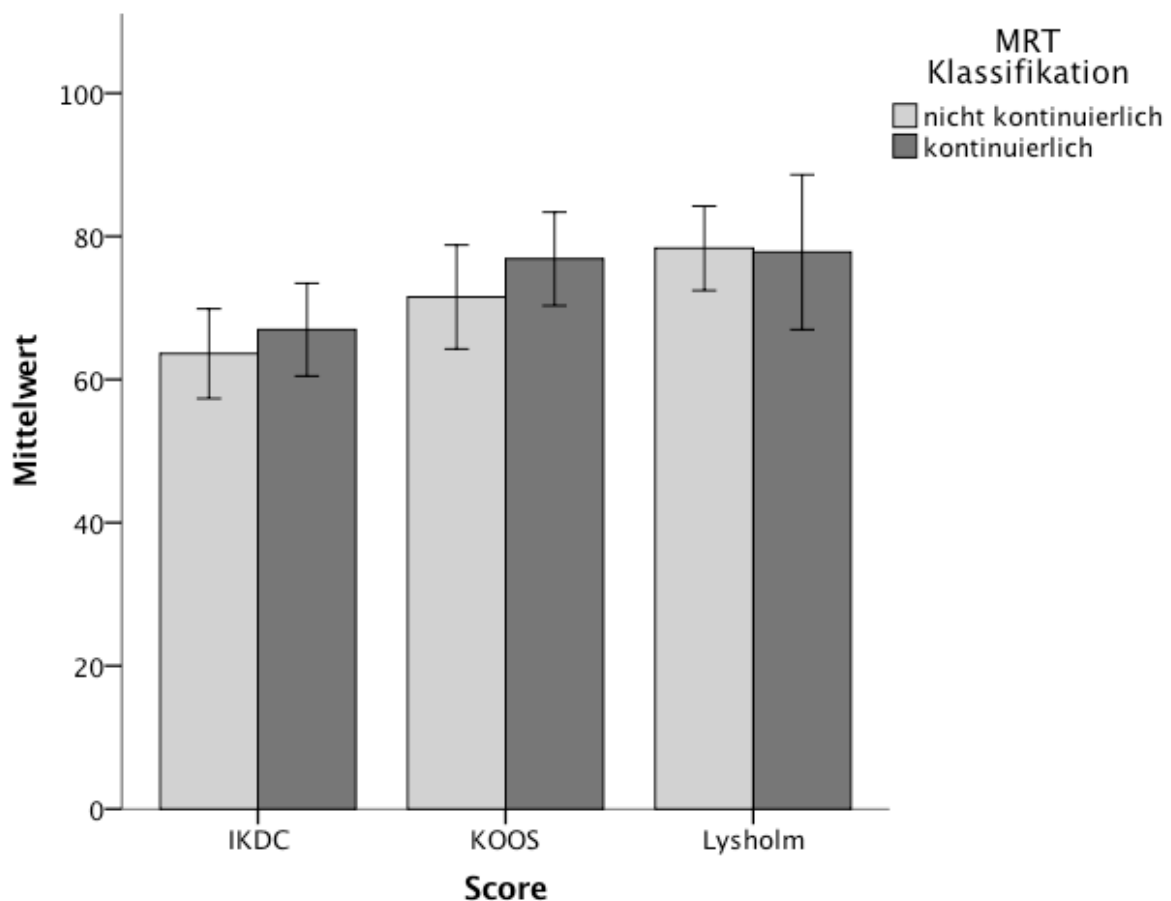
### 3.3. Korrelationen und Risikofaktorenanalyse

Der IKDC-, KOOS- und Lysholm Score zeigten keine signifikanten Unterschiede oder Zusammenhänge hinsichtlich der demographischen Variablen Geschlecht und Alter. Der BMI

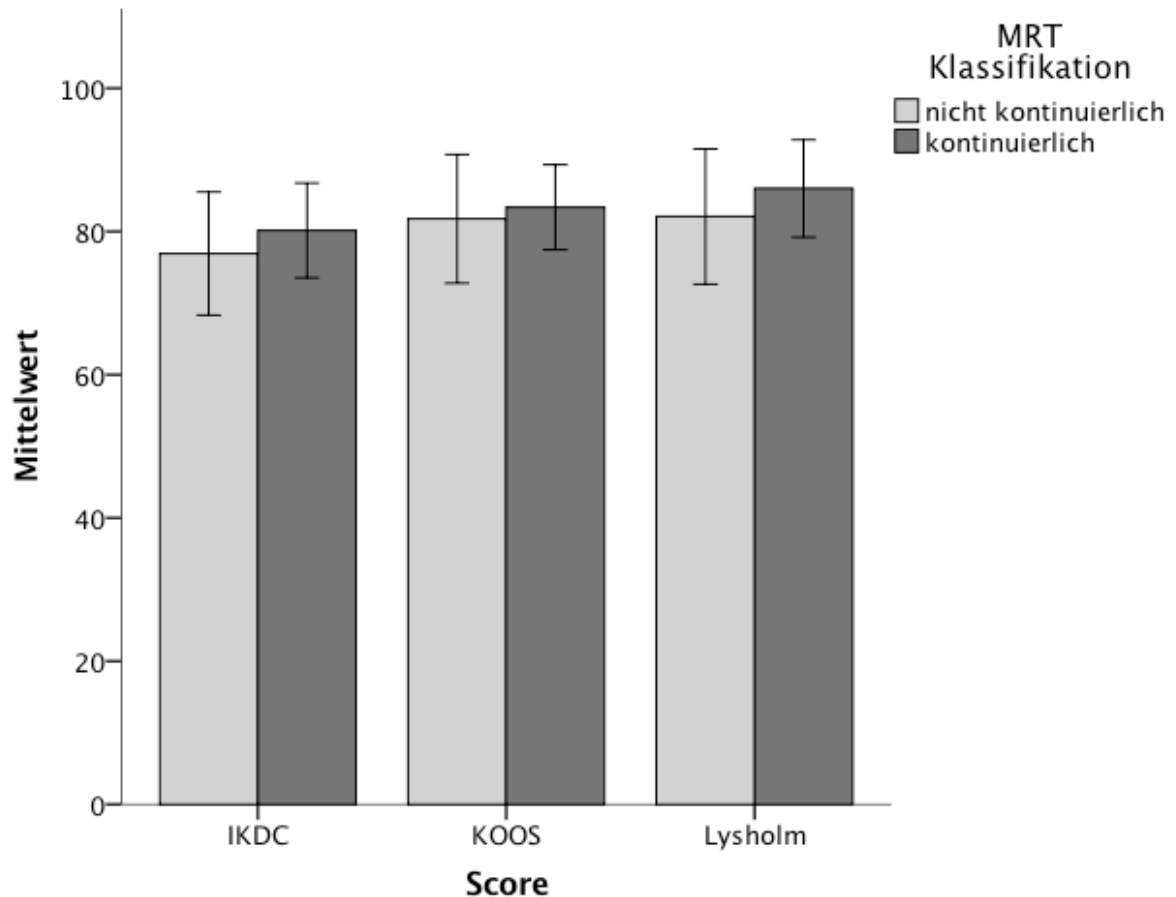
korrelierte negativ moderat mit dem Lysholm Score (PCC = -0.564,  $p < 0.01$ ), jedoch nur schwach mit dem IKDC und KOOS Score. Tabakkonsum zeigte zu keinem Zeitpunkt eine Auswirkung auf das Ergebnis des klinischen Outcomes.

### Klinik und MRT Resultate

Nach Analyse und Korrelation der Klassifikation nach Henning mit den klinischen Score-Ergebnissen konnte in dieser Studie ein Trend höherer postoperativer klinischer Scorewerte bei Patienten mit vollständig kontinuierlich dargestellten Menisken gezeigt werden. Patienten mit partieller oder diskontinuierlicher MRT-Darstellung zeigten zu jedem Untersuchungszeitpunkt geringere Scores ohne jedoch statistische Signifikanz zu erreichen (siehe **Abbildung 9** und **Abbildung 10**).



**Abbildung 9:** Unterschied der nach 3 Monaten postoperativ erhobenen Scores bei Patienten mit vollständig in continuitatem dargestellten Menisken und bei Patienten mit partiell oder nicht signalhomogenen Risszonen (IKDC  $p = 0.43$ ; KOOS  $p = 0.24$ ; Lysholm  $p = 0.93$ ). IKDC *International Knee Documentation Committee Score*; KOOS *Knee Outcome and Osteoarthritis Score*.



**Abbildung 10:** Unterschied der nach 6 Monaten postoperativ erhobenen Scores bei Patienten mit vollständig in continuitatem dargestellten Menisken und bei Patienten mit partiell oder nicht signalhomogenen Risszonen (IKDC  $p = 0.52$ ; KOOS  $p = 0.74$ ; Lysholm  $p = 0.46$ ). IKDC *International Knee Documentation Committee Score*; KOOS *Knee Outcome and Osteoarthritis Score*.

### Demographischen Variablen und MRT Resultate

Es besteht kein signifikanter Unterschied im Alter zwischen den Patienten mit nicht oder nur partiell geheilter Menisken verglichen mit Patienten mit komplett geheilten Menisken nach 3 ( $28.8 \pm 7.4$  vs.  $28.5 \pm 8.0$ ,  $p = 0.92$ ) bzw. 6 Monaten ( $25.2 \pm 6.5$  vs.  $30.5 \pm 7.8$ ;  $p = 0.06$ ). Der BMI hatte ebenfalls keinen Einfluss auf die MRT Signalveränderungen der Menisken nach 3 ( $25.5 \pm 3.7$  vs.  $24.2 \pm 2.3$ ;  $p = 0.26$ ) und 6 Monaten ( $24.9 \pm 3.3$  vs.  $24.7 \pm 2.9$ ;  $p = 0.87$ ). Es gab

keinen Zusammenhang zwischen der Meniskusheilung und dem Geschlecht, dem Raucherstatus oder des betroffenen Meniskus (medial vs. lateral).

### Meniskusrisseigenschaften und MRT Resultate

Es besteht kein statistischer Zusammenhang zwischen den MRT-Signalveränderungen und der Zone (rot, rot-weiß, weiß), in welcher der Riss vorlag ( $p=0.72$ ). Des Weiteren zeigte sich kein statistischer Zusammenhang zwischen dem Risstyp und der Risslänge mit den Ergebnissen der MRT Auswertung (siehe **Tabelle 5**).

**Tabelle 5:** Darstellung der Meniskuskontinuität gemäß der Henning-Klassifikation in Abhängigkeit des Risstyps

	Vollständige Kontinuität	Partielle Kontinuität	Diskontinuität	Total
Längsriss	5	3	1	9
Korbhenkelriss	9	2	2	13
Radiärriss	3	2	0	5
Horizontalriss	3	1	0	4
Lappenriss	2	1	0	3
Fehlend				1 (2.9%)
<b>Total</b>	<b>22 (62.9%)</b>	<b>9 (25.7%)</b>	<b>3 (8.5%)</b>	<b>35</b>

### OP Prozeduren und MRT Resultate

Es zeigt sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen den MRT-Signalveränderungen und der Anzahl der verwendeten Nähte ( $p=0.11$ ) oder einer gleichzeitig durchgeführten Kreuzbandrekonstruktion ( $p= 0.31$ ).

### Rückkehr zum Sport

Hinsichtlich der Rückkehr zum Aktivitätslevel zeigte sich eine ständige Verbesserung in der postoperativen Heilungsphase. Das Aktivitätslevel nach Tegner zeigte nach 6 Wochen einen Median von 2 (range, 0-5), nach 3 Monaten einen Median von 4 (range, 2-6) und zum finalen Untersuchungszeitpunkt ebenfalls einen Median von 4 (range, 3-9).

### **Komplikationen/Revisionen**

Bis zum finalen Untersuchungszeitraum 6 Monate postoperativ traten bei keinem der Patienten Komplikationen oder die Notwendigkeit einer Revisionsoperation auf.

## 4. Diskussion

Die wichtigste Erkenntnis dieser Studie ist, dass eine Signalveränderung in der MRT Bildgebung innerhalb der Meniskusrisszone während der ersten Heilungsphase auftritt und diese auf einen kontinuierlichen Heilungsprozess hinweist. Sechs Wochen postoperativ zeigen 87.9% bereits einen im Querschnitt über 50% kontinuierlich geheilten Meniskus. Dieser Heilungsprozess ist unabhängig von der Nahttechnik und der Risslokalisation. Das klinische Ergebnis gemessen anhand validierter Scores ist unabhängig vom MRT Befund.

Bereits Anfang der 1980er Jahre wurden die ersten Studien und Nachuntersuchungen meniskuserhaltender Operationen publiziert. Die vormals verwendete offene Technik wurde rasch durch minimal-invasive Techniken ersetzt und Scott et al. veröffentlichten die ersten Ergebnisse klinischer und radiologischer Nachuntersuchung einer großen Patientenkohorte nach Meniskusnaht (Scott et al. 1986). Schon damals galt die limitierte Heilungspotenz des Meniskus aufgrund der schlechten Durchblutungssituation als größtes Problem des Therapieerfolgs. Nichtsdestotrotz konnte in der CT-Arthrographie bei einem mittleren Follow-Up von 100 Monaten gezeigt werden, dass 61% der Risse vollständig und 17% partiell geheilt waren (Scott et al. 1986). 92% der Patienten wurden als klinisch erfolgreich diagnostiziert und 80% konnte in ihren Sport zurückkehren. Auch hier zeigte sich eine Diskrepanz zwischen den klinischen Ergebnissen und der anatomischen Heilung. In aktuellen Studien werden Menisken durch eine klinische, radiologische oder arthroskopische Untersuchung beurteilt. Deshalb muss in Folge darauf geachtet werden, dass die Ergebnisse in Abhängigkeit von der Untersuchungsmethodik interpretiert werden, da sich die Resultate hinsichtlich der Heilungsrate zwischen den verschiedenen Untersuchungsmodalitäten unterscheiden.

### 4.1. Klinisches Outcome

Die Mehrzahl der aktuellen Studien beschränkt sich auf das klinische Outcome nach Meniskusoperationen (Barber-Westin and Noyes 2014, Fillingham et al. 2017). Zusammengefasst konnten die Autoren über eine mittlere klinische Heilungsrate von 83-89% in Abhängigkeit der Risslokalisation berichten (Barrett et al. 1998, Barber-Westin and Noyes 2014, Fillingham et al. 2017). Eine Extension des Risses in die avaskuläre Zone erhöhte die klinische Fehlerrate bei jungen Patienten nach arthroskopischer Meniskusnaht nicht (Noyes

and Barber-Westin 2002). Inside-Out und All-Inside Technik zeigten ähnliche Heilungsraten von 81% beziehungsweise 86% bei jedoch längerer Follow-Up Zeit in der Inside-Out Kohorte (Kalliakmanis et al. 2008, Grant et al. 2012, Barber-Westin and Noyes 2014, Fillingham et al. 2017). In Langzeituntersuchungen mit bis zu 10 Jahren Follow-Up zeigten sich ebenfalls gute klinische Ergebnisse mit exzellenten klinischen Scores und geringer Komplikationsrate (Johnson et al. 1999, Pujol et al. 2015, Steadman et al. 2015). Es konnte gezeigt werden, dass Patienten über 40 Jahre ebenfalls gute klinische Resultate nach einer Meniskusnaht erzielen und diese Therapieform auch in diesem Patientenkollektiv erfolgsversprechend ist (Barrett et al. 1998, Steadman et al. 2015). Junge Athleten konnten nach einer Meniskusnaht zu einem hohen Prozentsatz wieder zu ihrem prätraumatischen Aktivitätslevel zurückkehren (Vanderhave et al. 2011). Die klinischen Ergebnisse unserer Studie sind analog zu früheren Resultaten und zeigen sehr gute bis exzellente Scorewerte im Kurzzeit-Follow-Up. Alle erhobenen Scores zeigen eine kontinuierliche Verbesserung vom präoperativen Zeitpunkt bis zum finalen Untersuchungszeitpunkt 6 Monate postoperativ. Es konnte kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen der geheilten und nicht geheilten Kohorte hinsichtlich der klinischen Scores festgestellt werden, wenngleich ein positiver Trend bei den Patienten mit vollständig geheilten Menisken erkennbar war. Dieses Resultat stand im Einklang mit Pujol et al. (Pujol et al. 2015). Im Gegensatz dazu zeigte Miao et al. Ergebnisse, welche über signifikante höhere klinische Scores (IKDC, KOOS, Lysholm) bei Patienten mit vollständig geheilten Menisken 2 Jahre postoperativ berichteten (Miao et al. 2011).

## **4.2. Radiologisches Outcome**

Zur Beurteilung der strukturellen Heilung wird am häufigsten eine MRT Untersuchung durchgeführt. Die Verwendung von MRT Bildgebung zur Beurteilung von Meniskusheilung ist in der aktuellen Literatur jedoch umstritten. Fakt ist, dass eine MRT Untersuchung zur Beurteilung einer primären Meniskusläsion hoch sensitiv und spezifisch ist (Phelan et al. 2016). Zur Erkennung einer Meniskus-Ruptur zeigte die Durchführung einer nativen MRT eine geringere Sensitivität und Spezifität im Vergleich zu primären Verletzungen und zur Durchführung einer MR-Arthrographie mit Hilfe von Kontrastmittel (Farley et al. 1991, White et al. 2002). Nichtsdestotrotz liegt die Sensitivität und Spezifität nach Beurteilung in verschiedenen Sequenzen zwischen 80-90% (White et al. 2002, Miao et al. 2011). Der Grund für die geringere Sensitivität ist, dass auch stabil verheilte Menisken ein im Vergleich zu gesundem Meniskusgewebe hyperintenses Signal im MRT zeigen. Dieses Signal spiegelt in



der frühen Phase fibrovaskuläres Granulationsgewebe und später fibrocartilaginäres Narbengewebe wieder, welches bereits in der Heilungsphase auftritt und auch noch 10 Jahre nach Operation radiologisch sichtbar ist (Muellner et al. 1999, White et al. 2002, Hoffelner et al. 2011). Deshalb kann es für Beurteilung vor allem in der frühen Phase häufig schwierig sein, zwischen stabiler Narbe und Flüssigkeit zu unterscheiden. Der wichtigste Grund für die Verwendung einer nativen MRT-Bildgebung die fehlende Strahlenbelastung und der Verzicht auf Kontrastmittel bei dennoch ausreichender Genauigkeit.

Vergleicht man die klinischen mit den radiologischen Ergebnissen, so kann man festhalten, dass generell eine höhere Versagensrate im MRT als in der klinischen Untersuchung detektiert wird (Horibe et al. 1996, Albrecht-Olsen et al. 1999, Hoffelner et al. 2011, Popescu et al. 2015, Fillingham et al. 2017). Bis dato gibt es nur eine beschränkte Anzahl an radiologischen Nachuntersuchungen nach Meniskusnaht (Pujol et al. 2008, Tachibana et al. 2010, Hoffelner et al. 2011, Miao et al. 2011, Noyes et al. 2011, Tucciarone et al. 2012, Espejo-Reina et al. 2014, Popescu et al. 2015). Die radiologische Heilungsrate liegt in Abhängigkeit von der verwendeten Nahttechnik, der Risskonfiguration und der Follow-Up Periode zwischen 60 und 90% (Pujol et al. 2008, Hoffelner et al. 2011, Miao et al. 2011, Noyes et al. 2011, Tucciarone et al. 2012, Espejo-Reina et al. 2014, Popescu et al. 2015). Pujol et al. zeigten in einer CT-Arthrographie 6 Monate postoperativ, dass 58% vollständig, 24% partiell und 18% nicht geheilt waren (Pujol et al. 2008). Die Arbeitsgruppe zeigte außerdem eine Heilung der gesamten Risslänge im Mittel von  $73.9 \pm 37\%$  und eine Reduktion der Meniskusweite um 10-15% durch die eingebrachten Nähte (Pujol et al. 2008). Hoffelner et al. zeigten eine höhere Rerupturrate von 29% im MRT im Mittellangzeit-Follow-Up nach All-Inside Versorgung (Hoffelner et al. 2011). Es konnte jedoch kein Unterschied hinsichtlich des Lysholm und Tegner Scores zwischen den beiden Gruppen gefunden werden (Hoffelner et al. 2011). Eine andere Studie berichtete über die operative Nahtversorgung von chronischen Korbhakenrissen nach einem Follow-Up von mindestens 24 Monaten (Espejo-Reina et al. 2014). Die klinische Heilungsrate lag bei 83% und die anatomische Fehlerrate im MRT bei 29% (Espejo-Reina et al. 2014). Studien mit Langzeit-Follow-Up von über 10 Jahren zeigte eine geringe Erfolgsrate von 62% nach Meniskusnaht (Noyes et al. 2011, Steadman et al. 2015). 21% der Patienten benötigten in der Nachuntersuchungsperiode von über 10 Jahren eine sekundäre partielle Meniskektomie aufgrund verbliebener Restbeschwerden (Noyes et al. 2011).

In einer weiteren Studie konnte kein Unterschied in der Heilungsrate in der roten und rot-weißen Zone beziehungsweise des medialen und lateralen Meniskus nachgewiesen werden. Die Heilung im MRT lag bei 83.1% und war in der T2-gewichteten Sequenz am sensitivsten zu den Ergebnissen der Arthroskopie (Miao et al. 2011). Eine Arbeitsgruppe um Choi publizierte zwei Arbeiten, in welchen sich die Meniskusheilung hinsichtlich der verwendeten Nahtechnik (all-inside, inside-out) nicht unterschieden (Choi et al. 2009, Choi et al. 2014). Alle Patienten dieser Studie erhielten außerdem eine VKB-Rekonstruktion und zeigten eine vollständige Heilung um die 70% (Choi et al. 2009, Choi et al. 2014). Tucciarone et al. zeigten nach Naht von isolierten Meniskusrissen eine radiologische Heilung von 90% nach 2 Jahren (Tucciarone et al. 2012). Die nicht verheilten Menisken zeigten eine klinische Symptomatik, weshalb eine sekundäre Teilresektion durchgeführt werden musste. Interessanterweise zeigte sich in dieser Studie auch eine raschere Verbesserung der klinischen Scores in Patienten mit zusätzlicher VKB-Rekonstruktion im Vergleich zu isolierter Meniskusklaision nach 6 Monaten (Tucciarone et al. 2012). Diese Daten konnten wir in unserem Patientenkollektiv nicht bestätigen, da die Patienten mit zusätzlicher VKB-Rekonstruktion eine deutlich längere Heilungsphase und Rekonvaleszenz aufwiesen. Die klinischen Scores waren 6 Monate nach isolierter Meniskusversorgung höher als nach VKB-Rekonstruktion (siehe **Tabelle 3**).

Diese Studie zeigte eine ähnliche radiologische Fehlerrate bei der Meniskusheilung wie in Vorstudien beschrieben (Pujol et al. 2008, Hoffelner et al. 2011, Choi et al. 2014). Zusätzlich konnte diese Studie eine kontinuierliche Zunahme der Anzahl der als geheilt zu beurteilten Menisken über die Zeit zeigen. Einen Überblick über radiologische Nachuntersuchungen sind in **Tabelle 6** dargestellt.

**Tabelle 6:** Tabellarische Darstellung der Studienergebnisse nach Meniskusnaht zur Beurteilung fehlgeschlagener Heilung mittels Radiologie. (MRT *Magnetresonanztomographie*, CT *Computertomographie*, ASK *Arthroskopie*, RR *rote Zone*, RW *rot-weiße Zone*; AI *All-Inside*, IO *Inside-Out*, N *Anzahl*, n.a. *nicht angegeben*).

Quelle:	Untersuchungsmodalität	N	FU	Risszone	Nahttechnik	Fehlerrate
Pujol et al. (2008)	CT Arthrographie	53	6	RR/RW	AI, IO	18%
Choi et al. (2009)	MRT	48	36	RR/RW	AI, IO	0%
Hoffelner et al. (2011)	MRT	27	54	n.a.	AI	29%
Miao et al. (2011)	MRT, ASK	89	25	RR/RW	AI, IO, Anker	17%

Noyes et al. (2011)	MRT	33	192	RR/RW	IO	38%
Tucciarone et al. (2012)	MRT	20	24	RR/RW	AI	10%
Espejo-Reina et al. (2014)	MRT	24	48	RR/RW	IO	29%
Choi et al. (2014)	MRT	60	48	RR/RW	AI, IO	15%
Popescu et al. (2015)	MRA	28	19	n.a.	AI	11%
Aktuelle Studie	MRT	35	6	RR/RW	AI/IO	9%

Aufgrund der Diskrepanz zwischen den klinischen und radiologischen Ergebnissen haben einige Autoren den Heilungsprozess auch per Second-Look Arthroskopie untersucht (Horibe et al. 1996, Rubman et al. 1998, Noyes and Barber-Westin 2002, Feng et al. 2008, Tachibana et al. 2010, Miao et al. 2011). Auf Grund ethischer Aspekte ist jedoch ein erneuter operativer Eingriff zu Studienzwecken in Deutschland nicht möglich. Einzig bei persistierenden klinischen Symptomen wäre eine neuerliche Arthroskopie vertretbar.

Die Studien fanden eine geringe Heilungsrate in der Arthroskopie als in der vergleichenden klinischen Untersuchung (Rubman et al. 1998, Noyes and Barber-Westin 2002). Zwei Studien aus derselben Arbeitsgruppe berichteten über hohe Fehlerraten in der Re-Arthroskopie von bis zu 38% partiell geheilten und 36% nicht geheilten Menisken (Rubman et al. 1998, Noyes and Barber-Westin 2002). Die Autoren beschrieben eine höhere Fehlerrate nach chronischen Rupturen, längerem Follow-Up und persistenten klinischen Symptomen. Horibe et al. beschrieben eine ausbleibende Heilung bei 16% der Patienten fünf Monate nach initialem Repair (Horibe et al. 1996). Die Autoren zeigten eine bessere Heilung des Innenmeniskus gegenüber dem Außenmeniskus sowie die Unabhängigkeit der Heilung von Patientenalter und Zeit zwischen Trauma und operativer Versorgung (Horibe et al. 1996). Tachibana et al. führten Re-Arthroskopien bei 20 Patienten mit isolierter Meniskusnaht durch und fanden 2 Patienten (10%) mit nicht geheilten Menisken, was eine Teilresektion notwendig machte (Tachibana et al. 2010). Es hat sich gezeigt, dass die Ergebnisse der invasiven Re-Arthroskopie mit denen der MRT Bildgebung vergleichbar waren (Miao et al. 2011).

### 4.3. Risikofaktoren

Ein weiteres Ziel dieser Studie war es, negative Einflussfaktoren auf die Meniskusheilung zu identifizieren. Wir konnten in unserem Patientenkollektiv keine statistische Signifikanz hinsichtlich der erhobenen, demographischen Risikofaktoren feststellen. Dies steht im

Einklang mit der aktuellen Studienlage, die ebenfalls keinen Zusammenhang demographischer Variablen wie Alter und Geschlecht mit der Meniskusheilung belegt. (Scott et al. 1986, Horibe et al. 1996, Kalliakmanis et al. 2008, Miao et al. 2011, Noyes et al. 2011, Barber-Westin and Noyes 2014). Das klinische Outcome korrelierte moderat mit einem geringeren BMI, nicht jedoch mit dem Alter oder dem Geschlecht.

Bezüglich meniskusspezifischer Faktoren zeigten sich in unserer Studie vergleichbare Ergebnisse in der roten und rot-weißen Zone wie in Vorstudien (Grant et al. 2012, Nepple et al. 2012, Barber-Westin and Noyes 2014, Fillingham et al. 2017). Obwohl die Heilung mit zunehmender Entfernung zur Kapselaufhängung abnimmt, konnten auch in der rot-weißen Zone gute Ergebnisse festgestellt werden (Scott et al. 1986, Barber-Westin and Noyes 2014). Der mediale und laterale Meniskus zeigten ebenfalls eine vergleichbare Heilungspotenz in unserer Studie und in Vorstudien (Scott et al. 1986, Miao et al. 2011, Nepple et al. 2012).

Einige Studien untersuchten die Heilung in Abhängigkeit von der verwendeten Nahttechnik. Bis dato zeigte sich kein Unterschied in der klinischen als auch in der radiologischen Heilung zwischen All-Inside und Inside-Out Technik (Kalliakmanis et al. 2008, Grant et al. 2012, Choi et al. 2014, Fillingham et al. 2017). Unsere Studie konnte diese Erkenntnisse stützen.

In der Literatur gibt es Hinweise, dass eine gleichzeitige VKB-Rekonstruktion die Meniskusheilung positiv beeinflusst, was sich in unserem Patientenkollektiv jedoch nicht bestätigte. In der aktuellen Literatur bleiben die Daten hinsichtlich dieser Frage weiter kontrovers, wobei die Mehrzahl der Studien im Einklang mit unseren Ergebnissen keine Verbesserung der Meniskusheilung bei gleichzeitiger VKB Rekonstruktion beschreibt (Rubman et al. 1998, Tachibana et al. 2010, Vanderhave et al. 2011, Majeed et al. 2015, Moatshe et al. 2017).

Ein weiteres Ziel dieser Studie war, die Heilung verschiedener Risstypen im radiologischen Verlauf darzustellen. Es zeigte sich, dass aufgrund der geringen Anzahl der einzelnen Gruppen keine statistische Signifikanz in Abhängigkeit von der Rissmorphologie bestand. Ra und Kollegen konnten zeigen, dass auch Radiärrisse mit einer Naht erfolgreich behandelt werden können und fanden eine radiologische Heilungsrate von 91% nach 11 Monaten (Ra et al. 2013). In Bezug auf Korbhenkelrisse zeigte diese Studie, dass diese einer Heilung zugänglich waren. Dennoch zeigte diese Rupturform die höchste Fehlerrate im Vergleich zu anderen Risstypen- wenngleich nicht statistisch signifikant. Diese Theorie wurde ebenfalls von Miao und Kollegen bestätigt, welche eine schlechtere Heilungspotenz von

Korbhenkelrissen im Gegensatz zu Longitudinalrissen feststellten (Miao et al. 2011). Dahingegen zeigten Feng et al. eine Heilungsrate von 90% bei Korbhenkelrissen in der diagnostischen Arthroskopie 2 Jahre postoperativ (Feng et al. 2008). Bezüglich der klinischen Scores zeigte sich, dass Patienten nach Nähten von Korbhenkelrissen eine gute klinische Rehabilitation erreichen (Espejo-Reina et al. 2014, Moatshe et al. 2017).

#### **4.4. Limitationen**

Es handelt sich um eine kleine Patientenkohorte ohne vergleichende Kontrollgruppe. Es wurden verschiedene Risskonfigurationen und Risslokalisationen eingeschlossen und untersucht, welche ungleiche Heilungseigenschaften aufweisen. Zusätzlich wurden verschiedene Nahttechniken (All-Inside, Inside-Out, Outside-In) verwendet, welche biomechanisch eine unterschiedliche Primärstabilität aufweisen. In 53% der Fälle war zusätzlich eine VKB Rekonstruktion notwendig, was vermutlich die Heilung der Menisken beeinflusst. Im Gegenzug war aufgrund dessen eine Subgruppenanalyse der Patienten mit und ohne VKB Rekonstruktion möglich. Die Beurteilung der MRT Signalveränderungen basierte auf den semiquantitativen Henning Kriterien, welche nur eine Beurteilung der Heilung im Querschnitt des Meniskus zulassen (Scott et al. 1986). Eine Beurteilung der Heilung in der gesamten Risszone war somit nicht möglich. Auf die Gabe von Kontrastmittel oder auf die Durchführung einer vergleichenden Second-Look Arthroskopie als aktueller Gold-Standard wurde aus ethischen Gründen verzichtet. Die Anzahl der Patienten mit fehlgeschlagener Heilung war zu gering, um eine Risikofaktorenanalyse durchzuführen. Deshalb wurden zur Berechnung verschiedener Zusammenhänge die nicht geheilten Menisken mit den nur partiell geheilten Menisken in eine gemeinsame Gruppe der nicht kontinuierlichen Darstellung klassifiziert.

Die Stärken der Studie waren das prospektive Studiendesign mit konsekutivem Einschluss der Patienten nach deutlich begrenzten Einschlusskriterien. Alle Studienpatienten wurden mittels desselben hochauflösenden 3T-MRT untersucht, welches aktuell die beste Bildqualität bietet. Bei allen Patienten wurde eine präoperative MRT Untersuchung durchgeführt, was eine eindeutige Diagnose und Rissklassifikation ermöglichte. Die Meniskus-Signalveränderungen wurden durch zwei erfahrene Orthopäden nach einem standardisierten und etablierten Bewertungssystem beurteilt. Die klinische Untersuchung erfolgte ebenfalls durch einen erfahrenen Sportorthopäden nach einem standardisierten Schema.

## **5. Schlussfolgerung**

Das Ergebnis dieser Studie zeigt eine stetige Signalveränderung in der MRT Bildgebung innerhalb der Meniskusrisszone während der ersten Heilungsphase. Diese Strukturveränderung weist auf einen kontinuierlichen Heilungsprozess in den ersten sechs Monaten hin. Die Anzahl der im Querschnitt über 50% kontinuierlich geheilten Menisken liegt nach 6 Wochen bei 87.9%, nach 3 Monaten bei 93.9% bzw. nach 6 Monaten 91.2%. Dieses Ergebnis ist unabhängig von demographischen Variablen, Risskonfiguration und Risslokalisation sowie von operationsspezifischen Techniken. Es zeigt sich eine kontinuierliche Verbesserung der klinischen Scores mit sehr guten bis exzellenten Ergebnissen bei der finalen Untersuchung. Das klinische Ergebnis gemessen anhand validierter Scores ist nicht signifikant abhängig vom MRT Befund.

## 6. Literaturverzeichnis

Albrecht-Olsen, P., G. Kristensen, P. Burgaard, U. Joergensen and C. Toerholm (1999). "The arrow versus horizontal suture in arthroscopic meniscus repair. A prospective randomized study with arthroscopic evaluation." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **7**(5): 268-273.

Allaire, R., M. Muriuki, L. Gilbertson and C. D. Harner (2008). "Biomechanical consequences of a tear of the posterior root of the medial meniscus. Similar to total meniscectomy." J Bone Joint Surg Am **90**(9): 1922-1931.

Allen, P. R., R. A. Denham and A. V. Swan (1984). "Late degenerative changes after meniscectomy. Factors affecting the knee after operation." J Bone Joint Surg Br **66**(5): 666-671.

Arno, S., S. Hadley, K. A. Campbell, C. P. Bell, M. Hall, L. S. Beltran, M. P. Recht, O. H. Sherman and P. S. Walker (2013). "The effect of arthroscopic partial medial meniscectomy on tibiofemoral stability." Am J Sports Med **41**(1): 73-79.

Arnoczky, S. P. and R. F. Warren (1982). "Microvasculature of the human meniscus." Am J Sports Med **10**(2): 90-95.

Arnoczky, S. P. and R. F. Warren (1983). "The microvasculature of the meniscus and its response to injury. An experimental study in the dog." Am J Sports Med **11**(3): 131-141.

Baker, B. E., A. C. Peckham, F. Puppato and J. C. Sanborn (1985). "Review of meniscal injury and associated sports." Am J Sports Med **13**(1): 1-4.

Barber-Westin, S. D. and F. R. Noyes (2014). "Clinical healing rates of meniscus repairs of tears in the central-third (red-white) zone." Arthroscopy **30**(1): 134-146.

Barrett, G. R., M. H. Field, S. H. Treacy and C. G. Ruff (1998). "Clinical results of meniscus repair in patients 40 years and older." Arthroscopy **14**(8): 824-829.

Beaupre, A., R. Choukroun, R. Guidouin, R. Garneau, H. Gerardin and A. Cardou (1986). "Knee menisci. Correlation between microstructure and biomechanics." Clin Orthop Relat Res(208): 72-75.

Bloeker, K., M. Englund, W. Wirth, M. Hudelmaier, R. Burgkart, R. B. Frobell and F. Eckstein (2011). "Revision 1 size and position of the healthy meniscus, and its correlation with sex, height, weight, and bone area- a cross-sectional study." BMC Musculoskelet Disord **12**: 248.

Bullough, P. G., L. Munuera, J. Murphy and A. M. Weinstein (1970). "The strength of the menisci of the knee as it relates to their fine structure." J Bone Joint Surg Br **52**(3): 564-567.

Bursac, P., S. Arnoczky and A. York (2009). "Dynamic compressive behavior of human meniscus correlates with its extra-cellular matrix composition." Biorheology **46**(3): 227-237.

Cassidy, R. E. and A. J. Shaffer (1981). "Repair of peripheral meniscus tears. A preliminary report." Am J Sports Med **9**(4): 209-214.

Choi, N. H., B. Y. Kim, B. H. Hwang Bo and B. N. Victoroff (2014). "Suture versus FasT-Fix all-inside meniscus repair at time of anterior cruciate ligament reconstruction." Arthroscopy **30**(10): 1280-1286.

Choi, N. H., T. H. Kim and B. N. Victoroff (2009). "Comparison of arthroscopic medial meniscal suture repair techniques: inside-out versus all-inside repair." Am J Sports Med **37**(11): 2144-2150.

Clark, C. R. and J. A. Ogden (1983). "Development of the menisci of the human knee joint. Morphological changes and their potential role in childhood meniscal injury." J Bone Joint Surg Am **65**(4): 538-547.

Englund, M. (2008). "The role of the meniscus in osteoarthritis genesis." Rheum Dis Clin North Am **34**(3): 573-579.

Englund, M., A. Guermazi, D. Gale, D. J. Hunter, P. Aliabadi, M. Clancy and D. T. Felson (2008). "Incidental meniscal findings on knee MRI in middle-aged and elderly persons." N Engl J Med **359**(11): 1108-1115.

Espejo-Reina, A., J. M. Serrano-Fernandez, B. Martin-Castilla, F. J. Estades-Rubio, K. K. Briggs and A. Espejo-Baena (2014). "Outcomes after repair of chronic bucket-handle tears of medial meniscus." Arthroscopy **30**(4): 492-496.

Fairbank, T. J. (1948). "Knee joint changes after meniscectomy." J Bone Joint Surg Br **30B**(4): 664-670.

Farley, T. E., S. M. Howell, K. F. Love, R. D. Wolfe and C. H. Neumann (1991). "Meniscal tears: MR and arthrographic findings after arthroscopic repair." Radiology **180**(2): 517-522.

Feng, H., L. Hong, X. S. Geng, H. Zhang, X. S. Wang and X. Y. Jiang (2008). "Second-look arthroscopic evaluation of bucket-handle meniscus tear repairs with anterior cruciate ligament reconstruction: 67 consecutive cases." Arthroscopy **24**(12): 1358-1366.

Fillingham, Y. A., J. C. Riboh, B. J. Erickson, B. R. Bach, Jr. and A. B. Yanke (2017). "Inside-Out Versus All-Inside Repair of Isolated Meniscal Tears: An Updated Systematic Review." Am J Sports Med **45**(1): 234-242.

Fithian, D. C., M. A. Kelly and V. C. Mow (1990). "Material properties and structure-function relationships in the menisci." Clin Orthop Relat Res(252): 19-31.

Fox, A. J., F. Wanivenhaus, A. J. Burge, R. F. Warren and S. A. Rodeo (2015). "The human meniscus: a review of anatomy, function, injury, and advances in treatment." Clin Anat **28**(2): 269-287.

Freedman, K. B., S. J. Nho and B. J. Cole (2003). "Marrow stimulating technique to augment meniscus repair." Arthroscopy **19**(7): 794-798.

Fukazawa, I., T. Hatta, Y. Uchio and H. Otani (2009). "Development of the meniscus of the knee joint in human fetuses." Congenit Anom (Kyoto) **49**(1): 27-32.

Gillquist, J. and N. Oretorp (1982). "Arthroscopic partial meniscectomy. Technique and long-term results." Clin Orthop Relat Res(167): 29-33.



Grant, J. A., J. Wilde, B. S. Miller and A. Bedi (2012). "Comparison of inside-out and all-inside techniques for the repair of isolated meniscal tears: a systematic review." Am J Sports Med **40**(2): 459-468.

Hamberg, P., J. Gillquist and J. Lysholm (1983). "Suture of new and old peripheral meniscus tears." J Bone Joint Surg Am **65**(2): 193-197.

Henning, C. E., M. A. Lynch and J. R. Clark (1987). "Vascularity for healing of meniscus repairs." Arthroscopy **3**(1): 13-18.

Higuchi, H., M. Kimura, K. Shirakura, M. Terauchi and K. Takagishi (2000). "Factors affecting long-term results after arthroscopic partial meniscectomy." Clin Orthop Relat Res(377): 161-168.

Hoffelner, T., H. Resch, R. Forstner, M. Michael, B. Minnich and M. Tauber (2011). "Arthroscopic all-inside meniscal repair--Does the meniscus heal? A clinical and radiological follow-up examination to verify meniscal healing using a 3-T MRI." Skeletal Radiol **40**(2): 181-187.

Horibe, S., K. Shino, A. Maeda, N. Nakamura, N. Matsumoto and T. Ochi (1996). "Results of isolated meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy." Arthroscopy **12**(2): 150-155.

Izuta, Y., M. Ochi, N. Adachi, M. Deie, T. Yamasaki and R. Shinomiya (2005). "Meniscal repair using bone marrow-derived mesenchymal stem cells: experimental study using green fluorescent protein transgenic rats." Knee **12**(3): 217-223.

Johnson, M. J., G. L. Lucas, J. K. Dusek and C. E. Henning (1999). "Isolated arthroscopic meniscal repair: a long-term outcome study (more than 10 years)." Am J Sports Med **27**(1): 44-49.

Kalliakmanis, A., S. Zourntos, D. Bousgas and P. Nikolaou (2008). "Comparison of arthroscopic meniscal repair results using 3 different meniscal repair devices in anterior cruciate ligament reconstruction patients." Arthroscopy **24**(7): 810-816.

Kellgren, J. H. and J. S. Lawrence (1957). "Radiological assessment of rheumatoid arthritis." Ann Rheum Dis **16**(4): 485-493.

Kettelkamp, D. B. and A. W. Jacobs (1972). "Tibiofemoral contact area--determination and implications." J Bone Joint Surg Am **54**(2): 349-356.

Knighton, D. R., T. K. Hunt, K. K. Thakral and W. H. Goodson, 3rd (1982). "Role of platelets and fibrin in the healing sequence: an in vivo study of angiogenesis and collagen synthesis." Ann Surg **196**(4): 379-388.

Majeed, H., S. Karuppiyah, K. V. Sigamoney, G. Geutjens and R. G. Straw (2015). "All-inside meniscal repair surgery: factors affecting the outcome." J Orthop Traumatol **16**(3): 245-249.

McGinity, J. B., L. F. Geuss and R. A. Marvin (1977). "Partial or total meniscectomy: a comparative analysis." J Bone Joint Surg Am **59**(6): 763-766.

Messner, K. and J. Gao (1998). "The menisci of the knee joint. Anatomical and functional characteristics, and a rationale for clinical treatment." J Anat **193 ( Pt 2)**: 161-178.

- Miao, Y., J. K. Yu, Y. F. Ao, Z. Z. Zheng, X. Gong and K. K. Leung (2011). "Diagnostic values of 3 methods for evaluating meniscal healing status after meniscal repair: comparison among second-look arthroscopy, clinical assessment, and magnetic resonance imaging." Am J Sports Med **39**(4): 735-742.
- Moatshe, G., M. E. Cinque, J. A. Godin, A. R. Vap, J. Chahla and R. F. LaPrade (2017). "Comparable Outcomes After Bucket-Handle Meniscal Repair and Vertical Meniscal Repair Can Be Achieved at a Minimum 2 Years' Follow-up." Am J Sports Med **45**(13): 3104-3110.
- Morgan, C. D., E. M. Wojtys, C. D. Casscells and S. W. Casscells (1991). "Arthroscopic meniscal repair evaluated by second-look arthroscopy." Am J Sports Med **19**(6): 632-637; discussion 637-638.
- Muellner, T., A. Egkher, A. Nikolic, M. Funovics and V. Metz (1999). "Open meniscal repair: clinical and magnetic resonance imaging findings after twelve years." Am J Sports Med **27**(1): 16-20.
- Musahl, V., M. Citak, P. F. O'Loughlin, D. Choi, A. Bedi and A. D. Pearle (2010). "The effect of medial versus lateral meniscectomy on the stability of the anterior cruciate ligament-deficient knee." Am J Sports Med **38**(8): 1591-1597.
- Nepple, J. J., W. R. Dunn and R. W. Wright (2012). "Meniscal repair outcomes at greater than five years: a systematic literature review and meta-analysis." J Bone Joint Surg Am **94**(24): 2222-2227.
- Noyes, F. R. and S. D. Barber-Westin (2000). "Arthroscopic repair of meniscus tears extending into the avascular zone with or without anterior cruciate ligament reconstruction in patients 40 years of age and older." Arthroscopy **16**(8): 822-829.
- Noyes, F. R. and S. D. Barber-Westin (2002). "Arthroscopic repair of meniscal tears extending into the avascular zone in patients younger than twenty years of age." Am J Sports Med **30**(4): 589-600.
- Noyes, F. R., R. C. Chen, S. D. Barber-Westin and H. G. Potter (2011). "Greater than 10-year results of red-white longitudinal meniscal repairs in patients 20 years of age or younger." Am J Sports Med **39**(5): 1008-1017.
- Okuda, K., M. Ochi, N. Shu and Y. Uchio (1999). "Meniscal rasping for repair of meniscal tear in the avascular zone." Arthroscopy **15**(3): 281-286.
- Paxton, E. S., M. V. Stock and R. H. Brophy (2011). "Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes." Arthroscopy **27**(9): 1275-1288.
- Petersen, W. and B. Tillmann (1998). "Collagenous fibril texture of the human knee joint menisci." Anat Embryol (Berl) **197**(4): 317-324.
- Phelan, N., P. Rowland, R. Galvin and J. M. O'Byrne (2016). "A systematic review and meta-analysis of the diagnostic accuracy of MRI for suspected ACL and meniscal tears of the knee." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **24**(5): 1525-1539.
- Poehling, G. G., D. S. Ruch and S. J. Chabon (1990). "The landscape of meniscal injuries." Clin Sports Med **9**(3): 539-549.

Popescu, D., S. Sastre, A. I. Garcia, X. Tomas, D. Reategui and M. Caballero (2015). "MR-arthrography assessment after repair of chronic meniscal tears." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **23**(1): 171-177.

Pujol, N., L. Panarella, T. A. Selmi, P. Neyret, D. Fithian and P. Beaufils (2008). "Meniscal healing after meniscal repair: a CT arthrography assessment." Am J Sports Med **36**(8): 1489-1495.

Pujol, N., N. Tardy, P. Boisrenoult and P. Beaufils (2015). "Long-term outcomes of all-inside meniscal repair." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **23**(1): 219-224.

Ra, H. J., J. K. Ha, S. H. Jang, D. W. Lee and J. G. Kim (2013). "Arthroscopic inside-out repair of complete radial tears of the meniscus with a fibrin clot." Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc **21**(9): 2126-2130.

Ritchie, J. R., M. D. Miller, R. T. Bents and D. K. Smith (1998). "Meniscal repair in the goat model. The use of healing adjuncts on central tears and the role of magnetic resonance arthrography in repair evaluation." Am J Sports Med **26**(2): 278-284.

Rubman, M. H., F. R. Noyes and S. D. Barber-Westin (1998). "Arthroscopic repair of meniscal tears that extend into the avascular zone. A review of 198 single and complex tears." Am J Sports Med **26**(1): 87-95.

Saygi, B., Y. Yildirim, N. Berker, D. Ofluoglu, E. Karadag-Saygi and M. Karahan (2005). "Evaluation of the neurosensory function of the medial meniscus in humans." Arthroscopy **21**(12): 1468-1472.

Scott, G. A., B. L. Jolly and C. E. Henning (1986). "Combined posterior incision and arthroscopic intra-articular repair of the meniscus. An examination of factors affecting healing." J Bone Joint Surg Am **68**(6): 847-861.

Shrive, N. G., J. J. O'Connor and J. W. Goodfellow (1978). "Load-bearing in the knee joint." Clin Orthop Relat Res(131): 279-287.

Steadman, J. R., L. M. Matheny, S. B. Singleton, N. S. Johnson, W. G. Rodkey, B. Crespo and K. K. Briggs (2015). "Meniscus suture repair: minimum 10-year outcomes in patients younger than 40 years compared with patients 40 and older." Am J Sports Med **43**(9): 2222-2227.

Stein, T., A. P. Mehling, F. Welsch, R. von Eisenhart-Rothe and A. Jager (2010). "Long-term outcome after arthroscopic meniscal repair versus arthroscopic partial meniscectomy for traumatic meniscal tears." Am J Sports Med **38**(8): 1542-1548.

Steinbruck, K. (1987). "[Epidemiology of sports injuries. A 15 year analysis of sports orthopedic ambulatory care]." Sportverletz Sportschaden **1**(1): 2-12.

Steinbruck, K. (1999). "[Epidemiology of sports injuries--25-year-analysis of sports orthopedic-traumatologic ambulatory care]." Sportverletz Sportschaden **13**(2): 38-52.

Tachibana, Y., K. Sakaguchi, T. Goto, H. Oda, K. Yamazaki and S. Iida (2010). "Repair integrity evaluated by second-look arthroscopy after arthroscopic meniscal repair with the FasT-Fix during anterior cruciate ligament reconstruction." Am J Sports Med **38**(5): 965-971.

Tucciarone, A., L. Godente, R. Fabbrini, L. Garro, F. Salate Santone and C. Chillemi (2012). "Meniscal tear repaired with Fast-Fix sutures: clinical results in stable versus ACL-deficient knees." Arch Orthop Trauma Surg **132**(3): 349-356.

Vanderhave, K. L., J. E. Moravek, J. K. Sekiya and E. M. Wojtys (2011). "Meniscus tears in the young athlete: results of arthroscopic repair." J Pediatr Orthop **31**(5): 496-500.

Wadhwa, V., H. Omar, K. Coyner, M. Khazzam, W. Robertson and A. Chhabra (2016). "ISAKOS classification of meniscal tears-illustration on 2D and 3D isotropic spin echo MR imaging." Eur J Radiol **85**(1): 15-24.

Webber, R. J., M. G. Harris and A. J. Hough, Jr. (1985). "Cell culture of rabbit meniscal fibrochondrocytes: proliferative and synthetic response to growth factors and ascorbate." J Orthop Res **3**(1): 36-42.

White, L. M., M. E. Schweitzer, D. Weishaupt, J. Kramer, A. Davis and P. H. Marks (2002). "Diagnosis of recurrent meniscal tears: prospective evaluation of conventional MR imaging, indirect MR arthrography, and direct MR arthrography." Radiology **222**(2): 421-429.

Wirth, C. R. (1981). "Meniscus repair." Clin Orthop Relat Res(157): 153-160.

## 7. Tabellenverzeichnis

<b>TABELLE 1:</b> NACHBEHANDLUNGSSCHEMA NACH INNEN- UND AUßENMENISKUSNAHT, SOWIE MIT ADDITIVER VORDERER KREUZBAND (VKB)-REKONSTRUKTION .....	18
<b>TABELLE 2:</b> PRÄOPERATIVE BEURTEILUNG DER RISSKONFIGURATION ANHAND DER ISAKOS MENISKUSKLASSIFIKATION IM MRT (WADHWA ET AL. 2016) .....	20
<b>TABELLE 3:</b> VERGLEICH DER KLINISCHEN SCORES (IKDC; KOOS; LYSHOLM) BEI PATIENTEN MIT INTAKTEM VORDEREM KREUZBAND (VKB) UND BEI PATIENTEN NACH VKB-REKONSTRUKTION. ES ZEIGEN SICH EIN SIGNIFIKANT BESSERER KLINISCHER SCORE UND EINE RASCHERE ERHOLUNG BEI PATIENTEN MIT ISOLIERTER MENISKUSVERLETZUNG IM VERGLEICH ZU PATIENTEN MIT ZUSÄTZLICHER VKB REKONSTRUKTION.....	24
<b>TABELLE 4:</b> ERGEBNIS DER POSTOPERATIVEN MRT-MENISKUSDARSTELLUNG ANHAND DER HENNING KRITERIEN (SCOTT ET AL. 1986) ZU DEN JEWEILIGEN UNTERSUCHUNGSZEITPUNKTEN. ES ZEIGT SICH EINE STETIGE STRUKTURVERÄNDERUNG IN RICHTUNG KONTINUIERLICH DARGESTELLTER MENISKEN ÜBER DEN GESAMTEN UNTERSUCHUNGSZEITRAUM. ....	24
<b>TABELLE 5:</b> DARSTELLUNG DER MENISKUSKONTINUITÄT GEMÄß DER HENNING-KLASSIFIKATION IN ABHÄNGIGKEIT DES RISSTYPS .....	29
<b>TABELLE 6:</b> TABELLARISCHE DARSTELLUNG DER STUDIENERGEBNISSE NACH MENISKUSNAHT ZUR BEURTEILUNG FEHLGESCHLAGENER HEILUNG MITTELS RADIOLOGIE. (MRT <i>MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE</i> , CT <i>COMPUTERTOMOGRAPHIE</i> , ASK <i>ARTHROSKOPIE</i> , RR <i>ROTE ZONE</i> , RW <i>ROT-WEIßE ZONE</i> ; AI <i>ALL-INSIDE</i> , IO <i>INSIDE-OUT</i> , N.A. <i>NICHT ANGEGEBEN</i> ) .....	34

## 8. Abbildungsverzeichnis

<b>ABBILDUNG 1:</b> VASKULARISIERUNG DES HUMANEN MENISKUS AUS DEM PERIMENISKALEN PLEXUS. <i>RR</i> ROTE ZONE, <i>RW</i> ROT-WEIßE ZONE, <i>WW</i> WEIßE ZONE .....	9
<b>ABBILDUNG 2:</b> UMWANDLUNG DER DRUCKBELASTUNG IN ZUGKRÄFTE DURCH DIE MENISKUSRINGSPANNUNG .....	10
<b>ABBILDUNG 3:</b> SCHEMAZEICHNUNG ZUR DARSTELLUNG DER MRT KLASSIFIKATION DER MENISKUSBEURTEILUNG NACH DEN SEMIQUANTITATIVEN HENNING-KRITERIEN (SCOTT ET AL. 1986). EIN FLÜSSIGKEITÄQUIVALENTES SIGNAL IN > 50% DES MENISKUSQUERSCHNITTS WIRD ALS DISKONTINUIERLICH BZW. < 50% ALS PARTIELL KONTINUIERLICH KLASSIFIZIERT. ....	16
<b>ABBILDUNG 4:</b> A) ZEIGT DIE APPLIKATION EINE ALL-INSIDE NAHT (FAST-FIX, SMITH&NEWPHEW, ANDOVER, MA, USA) IN DAS INNENMENISKUSHINTERHORN. B) INTRALÄSIONALES UND PARASYNOVIALES RASPELN MIT DEM KUGELDORN VERBESSERT DIE HEILUNGSEIGENSCHAFT DES MENISKUSGEWEBES. C) ABGESCHLOSSENE UND STABILE NAHT EINES INNENMENISKUS-LÄNGSRISS MIT INSIDE-OUT-NÄHTEN IN DER PARS INTERMEDIA .....	18
<b>ABBILDUNG 5:</b> DIE KLINISCHEN SCORES ZEIGEN EINEN SIGNIFIKANTEN ANSTIEG DER POSTOPERATIVEN IM VERGLEICH ZU DEN PRÄOPERATIVEN WERTEN. DIE SCORES ZEIGEN DES WEITEREN EINEN DEUTLICHEN ANSTIEG IM RAHMEN DES HEILUNGSVERLAUFS BIS 6 MONATE POSTOPERATIV. IKDC <i>INTERNATIONAL KNEE DOCUMENTATION COMMITTEE SCORE</i> ; KOOS <i>KNEE OUTCOME AND OSTEOARTHRITIS SCORE</i> . ....	22
<b>ABBILDUNG 6:</b> ALLE KOOS UNTERGRUPPEN ZEIGTEN SIGNIFIKANT VERBESSERTE POSTOPERATIVE WERTE ZU JEDEM MESSZEITPUNKT ( $p < 0.01$ ). AOL <i>AKTIVITÄTEN DES TÄGLICHEN LEBENS</i> ; QOL <i>QUALITY OF LIFE</i> , KOOS <i>KNEE OUTCOME AND OSTEOARTHRITIS SCORE</i> . ....	23
<b>ABBILDUNG 7:</b> KLASSIFIKATION DER MENISKEN GEMÄß DER HENNING-KRITERIEN (SCOTT ET AL. 1986) IN DER POSTOPERATIVEN HEILUNGSPHASE NACH 2, 4 UND 6 WOCHEN SOWIE NACH 3 UND 6 MONATEN. ....	25
<b>ABBILDUNG 8:</b> POSTOPERATIVE MRT UNTERSUCHUNG EINES PATIENTEN MIT INNENMENISKUS-LÄNGSRISS IN DER ROT-WEIßEN ZONE. A) ES ZEIGT SICH EINE FLÜSSIGKEITSANSAMMLUNG IN > 50% DES MENISKUSQUERSCHNITTS NACH 2 WOCHEN POSTOPERATIV (NICHT GEHEILT). B) NACH 4 WOCHEN POSTOPERATIV KOMMT ES ZUR BILDUNG EINES FIBROVASKULÄREN NARBENGEBES IN ÜBER 50% DES MENISKUSQUERSCHNITTS MIT NOCH VERBLEIBENDEM FLÜSSIGKEITSEINTRITT AM UNTEREN RAND. C) 6 WOCHEN POSTOPERATIV SIEHT MAN NACH WIE VOR EIN FLÜSSIGKEITSSIGNAL AM UNTEREN RAND DES MENISKUS (PARTIELL KONTINUIERLICH). D) NACH 12 WOCHEN POSTOPERATIV GILT DIESER MENISKUS ALS KONTINUIERLICH GEHEILT OHNE FLÜSSIGKEITSSIGNAL IN DER RISSZONE. ....	26
<b>ABBILDUNG 9:</b> UNTERSCHIED DER NACH 3 MONATEN POSTOPERATIV ERHOBENEN SCORES BEI PATIENTEN MIT VOLLSTÄNDIG IN CONTINUITATEM DARGESTELLTEN MENISKEN UND BEI PATIENTEN MIT PARTIELL ODER NICHT SIGNALHOMOGENEN RISSZONEN (IKDC $p = 0.43$ ; KOOS $p = 0.24$ ; LYSHOLM $p = 0.93$ ). IKDC <i>INTERNATIONAL KNEE DOCUMENTATION COMMITTEE SCORE</i> ; KOOS <i>KNEE OUTCOME AND OSTEOARTHRITIS SCORE</i> . ....	28
<b>ABBILDUNG 10:</b> UNTERSCHIED DER NACH 6 MONATEN POSTOPERATIV ERHOBENEN SCORES BEI PATIENTEN MIT VOLLSTÄNDIG IN CONTINUITATEM DARGESTELLTEN MENISKEN UND BEI PATIENTEN MIT PARTIELL ODER NICHT SIGNALHOMOGENEN RISSZONEN (IKDC $p = 0.52$ ; KOOS $p = 0.74$ ; LYSHOLM $p = 0.46$ ). IKDC <i>INTERNATIONAL KNEE DOCUMENTATION COMMITTEE SCORE</i> ; KOOS <i>KNEE OUTCOME AND OSTEOARTHRITIS SCORE</i> . ....	28

## 9. Anhang

### Meniskusnaht - Untersuchungsbogen

Datum der Untersuchung:

BMI: \_\_\_\_\_ kg/cm<sup>2</sup>

Unfalltag:

Rauchen: ja / nein packyrs:

Unfallmechanismus:

Alkohol: \_\_\_\_\_

OP Datum:

Grunderkrankung/Medikamente:

Schulabschluss:

Berufsabschluss:

Derzeitige berufliche Tätigkeit:

Grad der körperlichen Beanspruchung während beruflicher Tätigkeit:

1. **Hohe Intensität:**

Heben und Tragen von Lasten größer 15 kg, Treppensteigen unter Belastung, Schaufeln, Graben, Tätigkeiten am Bau.

2. **Mittlere Intensität:**

Heben und Tragen von Lasten 10 - 15 kg

3. **Geringe Intensität:**

Sitzenden Tätigkeit, gehende oder stehende Tätigkeit, Handhabung Gegenstände mit leichtem Gewicht.

Wiederaufnahme der Arbeit:

Datum:

Aufnahme der präoperativ durchgeführten Arbeit :

Ja  Nein

Wiedereingliederung mit schrittweisem Stundenaufbau:

Ja  Nein

Datum der Wiederaufnahme der vollschichtigen Arbeit:

Schmerzmittelbedarf während der Arbeit:

Ja  welches, wie oft? \_\_\_\_\_

Nein

Schmerzmitteleinnahme generell:

Ja  welches, wie oft? \_\_\_\_\_ Nein

**Schmerzen:**

VAS-(Visuelle Analogskala) aufgrund der Beschwerden im betroffenen Gelenk

**Schmerzen präoperativ:** 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

**Schmerzen postoperativ:**

Nach 6 Wochen: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

Nach 3 Monaten: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

Nach 6 Monaten: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10

**Aktivität/Sport pro Woche:** 0-1  2-3  4-5  6-7

Sportart:

\_\_\_\_\_ -

Dauer der jeweiligen Sport-/Trainingseinheiten: \_\_\_\_\_ min.

Sportlevel: Freizeit/Breitensport  Profisport

**Wiederaufnahme sportlicher Tätigkeit:**

Datum:

Erreichen der sportlichen Belastbarkeit auf dem Level vor Symptombeginn:

Datum:

**Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis:**

Zufrieden  bedingt zufrieden  nicht zufrieden

**Klinische Untersuchung:**

Inspektion: Schwellung  Rötung  Überwärmung  i.a. Erguss

Beinachse Varus / Valgus

Palpation: Druckschmerz med. Gelenkspalt  lat. Gelenkspalt

med. FC  lat. FC  med. TP  lat. TP

**ROM:** Flexion/Extension: \_\_\_\_\_ Gelenkblockade

Meniskus:

Steinmann I pos./neg. Steinmann II pos./neg. McMurray Test pos./neg.

Apley-Grind pos./neg. Thessaly pos./neg. Payr pos./neg.



| Anhang

MCL:            0°: stabil / instabil    30°: stabil / instabil

LCL:            0°: stabil / instabil    30°: stabil / instabil

VKB:    Lachmann pos./neg            Pivot Shift    pos./neg    Vordere Schublade    pos./neg

HKB:    posterior Sag-sign    pos./neg                            hintere Schublade    pos./neg

Patellofemoral:

Krepitationen    pos./neg.            Zohlen-Zeichen    pos./neg.            Apprehension    pos./neg.

## **LYSHOLM- Kniescore**

Bitte kreisen Sie den entsprechenden Punktwert ein.

(für den Zeitpunkt, der die größten Schmerzen/ Beschwerden vor der OP beschreibt)

---

	Punkte
<b>1. Hinken oder humpeln Sie ?</b>	
a) nie	5
b) wenig oder nur zeitweise	3
c) schwer und ständig	0
<b>2. Benötigen Sie eine Gehilfe?</b>	
a) nein	5
b) Stock oder Krücke	3
c) gehunfähig	0
<b>3. Treppensteigen?</b>	
a) problemlos	10
b) etwas erschwert	6
c) langsam, Stufe um Stufe	2
d) unmöglich	0
<b>4. In die Hocke gehen?</b>	
a) problemlos	5
b) etwas erschwert	4
c) schwer möglich (nicht über 90°)	2
d) unmöglich	0
<b>5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk?</b>	
a) nie	30
b) selten beim Sport oder schweren Anstrengungen	25
c) häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen	20
d) gelegentlich bei Alltagsarbeiten	10
e) oft bei Alltagsarbeiten	5
f) bei jeder Bewegung bzw. jedem Schritt	0
<b>6. Schmerzen?</b>	
a) keine	30
b) ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung	25
c) Auftreten bei Knieunsicherheit	20
d) Auftreten bei schweren Anstrengungen	15
e) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von mehr als 2 km Länge	10
f) Auftreten während oder nach einem Spaziergang von weniger als 2 km Länge	5
g) ständig und stark	0
<b>7. Schwellung des Kniegelenkes ?</b>	
a) keine	10
b) bei Knieunsicherheit	7
c) bei schwerer Anstrengung	5
d) bei leichter Anstrengung	2
e) ständig	0
<b>8. Muskelschwäche des/ der Beine(s) ?</b>	
a) keine	5
b) gering (Oberschenkelumfang 1-2 cm verringert)	3
c) ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als 2 cm verringert)	0

## Tegner Aktivitäts-Index

Bitte kreuzen Sie in der untenstehenden Liste die *höchste* Stufe an, in die Sie sich **vor OP** einordnen können.

- 10. Wettkampfsport**   
Fussball, nationale und internationale Elite
- 9. Wettkampfsport**   
Fussball, niedrigere Ligen  
Eishockey  
Ringen oder Kampfsport  
Gymnastik
- 8. Wettkampfsport**   
Squash oder Badminton  
Leichtathletik (Sprungdisziplinen)  
Alpin Ski
- 7. Wettkampfsport**   
Tennis  
Leichtathletik (Laufdisziplinen)  
Motorcross  
Handball  
Basketball
- Freizeitsport**   
Fussball  
Eishockey  
Squash  
Leichtathletik (Sprungdisziplinen)
- 6. Freizeitsport**   
Tennis  
Badminton  
Leichtathletik (Laufdisziplinen)  
Motorcross  
Handball  
Basketball  
Alpin Ski  
Jogging (mindestens 5 Mal pro Woche)
- 5. Arbeit/Beruf**   
Schwere körperliche Arbeit (z. B. Bauarbeiten, Waldarbeiten, usw.)
- Wettkampfsport**   
Velo oder Mountainbike  
Langlauf
- Freizeitsport**   
Jogging auf unebenem Untergrund (mindestens 2 Mal pro Woche)
- 4. Arbeit/Beruf**   
Mässig schwere körperliche Arbeit (z. B. Chauffeur, schwere Hausarbeiten, Lagerarbeit, usw.)
- Freizeitsport**   
Rad oder Mountainbike  
Langlauf  
Jogging auf ebenem Untergrund (mindestens 2 Mal pro Woche)

- 3. Arbeit/Beruf** 
  - Leichte körperliche Arbeit (z. B. Gastronomie, Pflegeberufe, usw.)
  - Wettkampf- oder Freizeitsport** 
    - Schwimmen
    - Waldspaziergänge (auf unebenem Untergrund) möglich**
- 2. Arbeit/Beruf** 
  - Leichte Arbeit (wechselnd Sitzen, Stehen, Laufen und Treppensteigen)
  - Gehen auf unebenem Untergrund möglich, aber keine Waldspaziergänge**
- 1. Arbeit/Beruf** 
  - Sitzende Tätigkeit (z. B. Büro, Callcenter, usw.)
  - Gehen auf ebenem Untergrund möglich**
- 0. Krankschreibung oder IV-Rente wegen Kniebeschwerden**



**6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein gesperrtes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt?**

Ja                      Nein

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

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

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

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

**9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?**

- |  | überhaupt nicht<br>schwierig | minimal<br>schwierig | ziemlich<br>schwierig | extrem<br>schwierig | unmöglich |
|--|------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------|
| a. Treppensteigen                                      |                              |                      |                       |                     |           |
| b. Treppe hinuntergehen                                |                              |                      |                       |                     |           |
| c. Auf dem vorderen Knie knien                         |                              |                      |                       |                     |           |
| d. Hockstellung  |                              |                      |                       |                     |           |
| e. Normal sitzen                                       |                              |                      |                       |                     |           |
| f. Vom Stuhl aufstehen                                 |                              |                      |                       |                     |           |
| g. Geradeaus laufen                                    |                              |                      |                       |                     |           |
| h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen    |                              |                      |                       |                     |           |
| i. Beim Gehen bzw. Laufen schnell anhalten und starten |                              |                      |                       |                     |           |

**10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?**

FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNIEVERLETZUNG:  
0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES:  
0    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10

## „KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_ Geburtsdatum: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Patienten Nr: \_\_\_\_\_

**ANLEITUNG:** Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten.

Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

### 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?

immer                      oft                      manchmal                      selten                      nie  
                                                                                       

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer                      oft                      manchmal                      selten                      nie  
                                                                                       

### 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 nach dem 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 drehen?

- keine                      schwach                      mäßig                      stark                      sehr stark

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

- keine                      schwach                      mäßig                      stark                      sehr stark

P4. Ihr Knie ganz beugen?

- keine                      schwach                      mäßig                      stark                      sehr stark

P5. auf ebenem Boden gehen?

- keine                      schwach                      mäßig                      stark                      sehr stark

P6. Treppen herauf oder heruntergehen?

- keine                      schwach                      mäßig                      stark                      sehr stark

P7. nachts im Bett liegen?

- 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 selbständig 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 hinaufstiegen?

- keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große

A3. vom Sitzen aufstanden?

- keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große



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

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/Socken auszogen?

keine                      wenig                      einige                      große                      sehr große  
                                                                                       

A12. im Bett lagen und sich drehen, 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. hüpfen?

keine            wenig            einige            große            sehr große  
                                               

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

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  
                                               

**Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens**

**A. INSTRUCTION SHEET**

1. Tear depth: The partial tear extends through either the superior or inferior surface of the meniscus. A horizontal tear may also be a partial tear. The complete tear extends through both the superior and inferior surfaces of the meniscus.
2. Rim width:
  - a. In the zone classification, tears may involve more than one zone. The tears should be graded based on how far the tear extends into the meniscus. For example, a complete radial tear that extends through zones 3, 2, and 1 should be graded as a zone 1 tear.
    - Zone 1 tears have a rim width of <3 mm.
    - Zone 2 tears have a rim width of 3 to <5 mm.
    - Zone 3 tears have a rim width of ≥5 mm.
3. Radial location: The committee is evaluating the reliability of 2 different methods of documenting tear locations. The results of this study will determine which method is chosen.  
Please grade location of the tear with 2 formats:
  - a. Indicate whether the tear is posterior, mid body, or anterior in location. Tears should be graded according to all the zones in which they are located. For example, a complete bucket-handle medial meniscus tear would be in the posterior, mid body, and anterior zones.
  - b. The posterior-anterior classification is demonstrated on the diagram. Indicate whether the tear is anterior, posterior, or both. A radial tear in the middle lateral meniscus from anterior to posterior should be marked as radial tear mid body.
4. A tear of the lateral meniscus that extends partially or completely in front of the popliteal hiatus should be graded as central to the popliteal hiatus.
5. Tear pattern: The tear should be graded according to the patterns that are demonstrated in the drawing. Tears should be graded on the predominant tear pattern. Complex tears include 2 or more tear patterns. **A tear in the lateral meniscus that extends partially or completely in front of the popliteal hiatus should be graded as central to the popliteal hiatus.**
6. Quality of the tissue: Degenerative characteristics include cavitations, multiple tear patterns, softened meniscal tissue, fibrillation, or other degenerative changes.
7. Length of tear: This should be measured from the arthroscopic ruler in millimeters. The length of a radial tear is the distance the tear extends into the meniscus.
8. Please indicate the amount of meniscal tissue that has been excised by drawing on the diagram and cross-hatching the part of the meniscus that was removed.
9. Indicate the percentage of meniscus (surface area) that was excised.

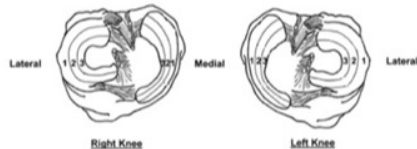
**B. QUESTIONNAIRE**

**1. Tear Depth:**

- Partial  
 Complete

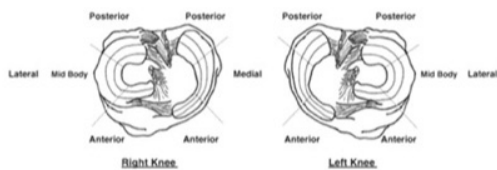
**2. Location (refer to diagram for description)**

Rim Width (circumferential location):  Zone 1  Zone 2  Zone 3

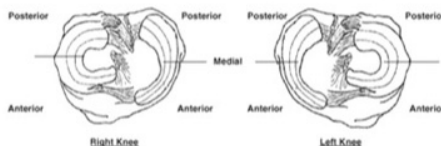


**3. Radial Location**

a. Posterior-Mid body-Anterior Location:  Posterior  Mid body  Anterior



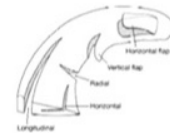
b. Posterior-Anterior Location:  Posterior  Anterior  Radial tear mid body



4. Central to the popliteal hiatus?  Yes  No

**5. Tear Pattern (refer to diagram for description)**

- Longitudinal-vertical: extension is a bucket handle tear  
 Horizontal  
 Radial  
 Vertical flap  
 Horizontal flap  
 Complex



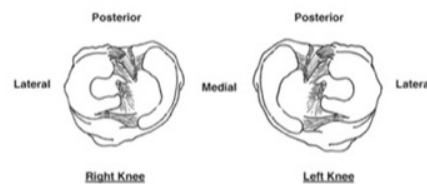
**6. Quality of Tissue:**

- Nondegenerative  
 Degenerative  
 Undetermined

**7. Length of Tear:**

mm

8. Indicate the amount of meniscus that was excised by drawing on the diagram and crosshatching the part that was removed.



9. What percentage of the medial meniscus was excised?

%