

**Aus der Klinik und Poliklinik für Unfall-, Hand-, Plastische und
Wiederherstellungschirurgie**

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

**Meniskus chirurgie: Eine Analyse zu aktuellen
Behandlungsstrategien, Risikofaktoren, diagnostischen
Verfahren und bisherigen ätiologischen Grundlagen**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Maximilian Michael Wetterich

aus Heidelberg

Würzburg, April 2022

Referent: Professor Dr. med. Rainer H. Meffert

Koreferent: apl. Prof. Dr. med. Peter Raab

Dekan: Prof. Dr. med. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 15.11.2022

Der Promovent ist Arzt

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Meniskus	2
1.1.1 Anatomie	2
1.1.2 Biomechanik	3
1.2 Meniskusruptur	5
1.2.1 Epidemiologie und Ätiologie	5
1.2.2 Klassifikation	5
1.2.3 Isolierte Meniskusläsionen und Begleitverletzungen	6
1.2.4 Risikofaktoren für Meniskusläsionen	7
1.2.5 Diagnostik	7
1.2.6 Therapie	8
1.3 Fragestellung	11
2 Material und Methoden	12
2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum	12
2.2 Studiendesign	12
2.2.1 Register	12
2.2.2 Fallselektion	12
2.3 Methodik	14
2.3.1 Datenerhebung	14
2.3.2 Ermittlung der Daten zu Reläsionen und Tegner Aktivitätsskala	15
2.3.3 Ermittlung und Korrelierung der MRT- und OP-Lokalisationen für Meniskusläsionen	15
2.3.4 Eigene Darstellungen	17
2.4 Definitionen	17
2.4.1 BMI-Gruppen	17
2.4.2 Altersgruppen	18
2.4.3 Adäquates Trauma	18
2.4.4 Tegner Aktivitätsskala	19
2.4.5 Nicht benachbarte Läsionen	19
2.5 Datenanalyse und Statistik	21

3 Ergebnisse	22
3.1 Studienpopulation	22
3.1.1 Patientencharakteristika	22
3.2 Gibt es isolierte traumatische Meniskusläsionen?	23
3.2.1 Deskriptive Statistik	23
3.3 Welchen Einfluss haben Patientenalter und Jahr der Therapie auf die Auswahl des OP-Verfahrens mittels Naht?	26
3.3.1 Deskriptive Statistik	26
3.3.2 Binäre Logistische Regressionsanalyse	27
3.4 Ereignen sich Reläsionen vermehrt im Zusammenhang mit BMI, Alter oder OP-Verfahren?	28
3.4.1 Deskriptive Statistik	28
3.4.2 Kaplan Meyer und Cox Regressionsanalysen	35
3.5 Wie gut stimmen die präoperativen Magnetresonanztomographien mit der intraoperativen Befundung überein?	39
3.5.1 Deskriptive Statistik	39
3.5.2 Diagnostik des Außenmeniskus	40
3.5.3 Diagnostik des Innenmeniskus	43
3.5.4 Gesonderte Fälle	46
4 Diskussion	48
4.1 Gibt es isolierte traumatische Meniskusläsionen?	48
4.2 Welchen Einfluss haben Patientenalter und Jahr der Therapie auf die Auswahl des OP-Verfahrens mittels Naht?	48
4.3 Ereignen sich Reläsionen vermehrt im Zusammenhang mit BMI, Alter oder OP-Verfahren?	49
4.4 Wie gut stimmen die präoperativen Magnetresonanztomographien mit der intraoperativen Befundung überein?	51
4.5 Stärken und Limitationen	53
4.6 Ausblick	55

5 Zusammenfassung	56
6 Literaturverzeichnis	57
Appendix	
I Abkürzungsverzeichnis	
II Abbildungsverzeichnis	
III Tabellenverzeichnis	
IV Danksagung	
V Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme	

1 Einleitung

Schmerzen im Bewegungsapparat sind häufig auf pathologisch veränderte Gelenke zurückzuführen. Sehr oft ist dabei das Kniegelenk betroffen. Bei über 25% der Erwachsenen in den USA führen diese Zustände zu einem Verlust der Mobilität, der Funktion und der Lebensqualität.[38] Dadurch entstehen Beeinträchtigungen im Alltag und vor allem auch im Berufsleben. In dieser Hinsicht ist der Unterschied zwischen degenerativen und akuten Zuständen zu beachten. Berufsgenossenschaften bewilligen Leistungen nur in dem Kontext einer akuten Gewalteinwirkung von außen, welche beim Ausüben einer beruflichen Tätigkeit resultiert. Risse die auf degenerative Zustände zurückzuführen sind, zählen demnach nicht dazu. [46]

In dieser Ausarbeitung rücken die Meniskopathien, explizit der Meniskusriss in den Fokus. Nicht nur in Deutschland herrscht die gängige Rechtsprechung, welche auch immer wieder von den Versicherungsträgern zitiert wird, dass eine isolierte Meniskusläsion (IML) nicht traumatisch entstanden sein kann, da die nötigen Kräfte dafür zwangsläufig weitere Verletzungen hervorrufen würden. Dies wird dann relevant, wenn sich das vermeintliche Trauma im Rahmen einer beruflich versicherten Tätigkeit ereignet hat. Geht man nun wie gehabt davon aus, dass es keine isolierten Meniskusläsionen gibt und die Vorschädigung/Degeneration des Meniskus die Entstehung des Schadens maßgeblich begünstigt haben, würde folglich auch kein Arbeitsunfall vorliegen und die Berufsgenossenschaften wären nicht zahlungspflichtig. Dieser Sachverhalt wird jedoch kontrovers diskutiert. Grundlegende Probleme mit der Beantwortung dieser Frage legt die Arbeit von Mazzotti et al. dar. Unter anderem wird auch dort die Tendenz zu einer generellen Verneinung der IML gesehen. Zum anderen werden mögliche Studiendesigns genannt, wie zum Beispiel prospektive Studien mit Patienten, welche ein Knie Trauma erlitten haben und dann hinsichtlich MRT-Befund, Arthroskopie-Befund und Unfallmechanismus beurteilt werden. [33] Hier versuchen wir uns einzubringen und dementsprechend eine Untersuchung nach oben genannten Kriterien durchzuführen. Für Patienten bedeutet das, dass diese immer wieder in Situationen geraten ob, wie und von wem Kosten bezüglich Therapien, Anschlussheilbehandlungen und Berufsausfall übernommen werde. Nicht selten enden diese Fragestellungen vor Gericht.

Mit dieser Arbeit versuchen wir zum einen die Existenz dieser IML traumatischer Genese zu zeigen, den wissenschaftlichen Diskurs zu ergänzen und die Diskussion

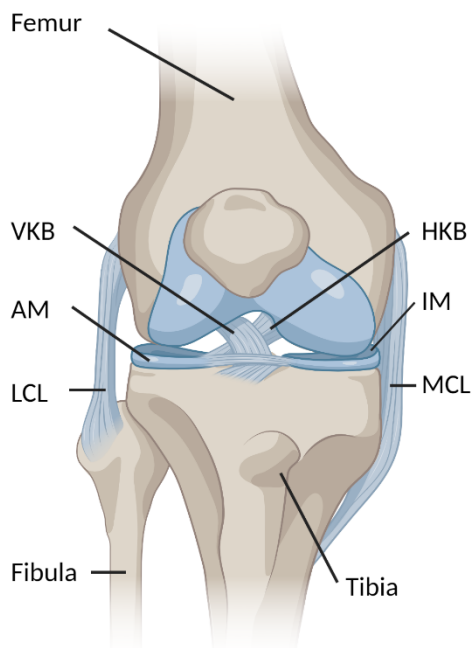
voranzubringen, zum anderen den aktuellen Stand der medizinischen Versorgung von Meniskuläsionen genauer zu betrachten und kritisch zu hinterfragen.

1.1 Meniskus

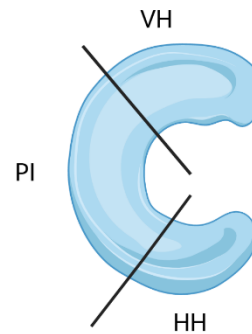
1.1.1 Anatomie

Zwischen Femurkondylen und dem Tibiaplateau befinden sich intraartikulär die beiden Menisken. Der medial gelegene Innenmeniskus (IM) und der lateral Außenmeniskus (AM). 60% der Gelenkfläche wird von beiden Menisken bedeckt. [32] Der IM und AM sind halbmondförmige Polster bestehend aus Faserknorpel. Dieser Knorpel ist mit der Geburt noch vollständig vaskularisiert und beginnt mit zunehmendem Alter zu devaskularisieren. Dadurch entsteht die sogenannte periphere vaskularisierte rot-rote Zone (RRZ), die rot-weiße Übergangszone (RWZ) und die zentrale avaskuläre weiß-weiße Zone (WWZ). Die unterschiedliche Blutversorgung beeinflusst direkt die Heilungs- und Reparaturmöglichkeiten der unterschiedlichen Zonen. Die WWZ ist dabei empfänglicher für irreparable, degenerative Schäden. [8, 37] Unterteilt werden AM und IM in jeweils drei Abschnitte. Das Vorderhorn (VH), die Pars Intermedia (PI) und das Hinterhorn (HH). Auf dem Tibiaplateau verankern anterior und posterior jeweils die meniscotibialen Bänder den zugehörigen Meniskus. (siehe Abb. 1) Der IM ist zudem direkt verbunden mit der Kniegelenkskapsel. Dabei wird der IM physiologischer Weise im Hinterhorn und der Pars Intermedia deutlich unbeweglicher im Vergleich zur korrespondierenden AM Aufhängung und damit anfälliger für traumatisch bedingte Läsionen. Bei hoher Belastung kann der AM aus dem Gelenkspalt ausweichen, der IM nicht. [15, 16]

a: Anatomische Übersicht des Kniegelenks



b: Abschnitte des Meniskus



c: Vaskularisationszonen

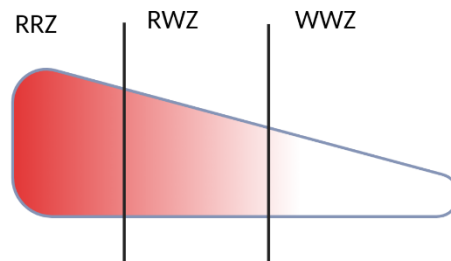


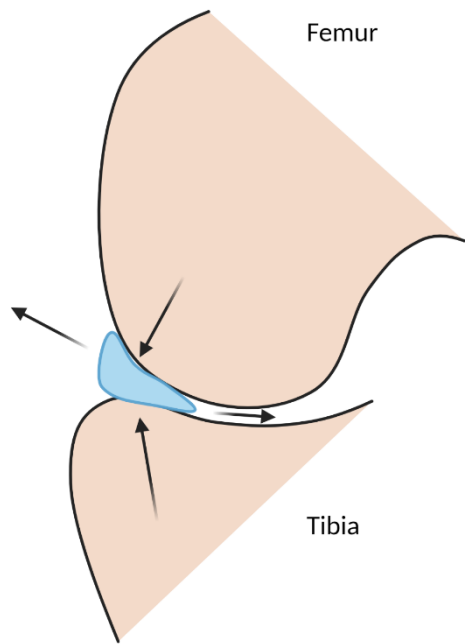
Abb. 1 a-c: Anatomie des Kniegelenks und der Menisken (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)
Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, HKB hinteres Kreuzband, IM Innenmeniskus, LCL laterales Kollateralband, MCL mediales Kollateralband, PI Pars Intermedia, RRZ Rot-Rote-Zone, RWZ Rot-Weiße-Zone, VH Vorderhorn, VKB vorderes Kreuzband, WWZ Weiß-Weiße-Zone

1.1.2 Biomechanik

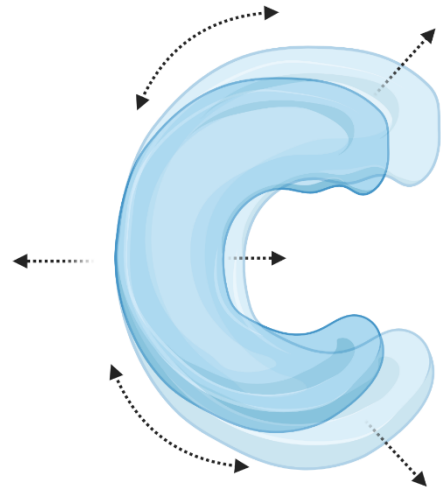
Der Meniskus spielt eine wichtige Rolle für die Funktion des Kniegelenks hinsichtlich der Übertragung, Absorption und Verteilung von auf das Gelenk wirkenden Kräften und der Stabilisierung der runden Femurkondylen auf dem flachen Tibiaplateau bei Rotation, Flexion und Extension. [26] Die Halbmondform translatiert dabei die vertikalen Kräfte in Scherkräfte, welche den Meniskus verformen (siehe Abb. 2) und so in Extension bis zu >50% der axial wirkenden Energie auf das Gelenk übertragen können. [32] Dies ist jedoch sehr variable und abhängig vom Grad der Flexion und Zustand des Gewebes. Beispielsweise in einem 90° flektierten Knie ist der Kraftübertrag schon um 85% größer als bei der Neutralstellung. [3] Diese Tatsachen spielen bei der Entstehung von Meniskusrupturen traumatischer Ätiologie eine entscheidende Rolle.

Scherkräfte und Verformung des Meniskus unter Belastung im flektiertem Kniegelenk

a: Scherkräfte



b: Verformung



→ wirkende Kräfte

.....→ Ausdehnung

Abb. 2 a+b: Scherkräfte im Kniegelenk und Verformung des Meniskus (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)

1.2 Meniskusruptur

1.2.1 Epidemiologie und Ätiologie

Akute Meniskusrupturen entstehen typischerweise durch Scherkräfte zwischen den Femurkondylen und dem Tibiaplateau. Bei jungen Patienten ist der Traumamechanismus, der zu solchen Scherkräften führt, vorwiegend ein Rotationstrauma unter Belastung bei leichter Flexion im Kniegelenk. [44] Bewegungsabläufe solcher Art sind mit Sport-, Arbeits- und Verkehrsunfällen verbunden. Im Gegensatz dazu stehen die degenerativ verursachten Meniskusrisse. Durch repetitive Bewegungsabläufe, knieende Arbeitspositionen, Trainingsmethoden oder Gelenkfehlstellungen nach Frakturen treten vermehrt Belastungen/Fehlbelastungen innerhalb des Gelenks auf, welche zu Mikrotraumen führen und so die Menisken wiederholt schädigen. Anhand von Rissformen lassen sich degenerative von traumatischen Ursachen in der Regel abgrenzen.[30, 35, 45]

Epidemiologisch zeigt sich ein Geschlechterverhältnis von 2,5-4:1 (♂:♀) und ein Inzidenzgipfel zwischen 20-29 Jahren für beide Geschlechter. [5, 32, 47, 48]

1.2.2 Klassifikation

Für die Einteilung und Klassifizierung der Meniskusruptur wird unterschieden zwischen:

1. Lokalisation: AM, IM
2. Tiefe: Partielle Ruptur, komplette Ruptur
3. Abschnitt des Meniskus: Vorderhorn, Pars Intermedia, Hinterhorn
4. Position in der Zirkumferenz: 1, 2, 3 (angelehnt an die Zonen RRZ, RWZ, WWZ)
5. Morphologie: Korbhenkelriss (KHR), Horizontalriss, Vertikalriss, Längsriss, Radiärriss, vertikaler Lappenriss, horizontaler Lappenriss und komplexer Riss
6. Histologisch: degenerativ, traumatisch, unbestimmt

[4, 17] (siehe Abb. 3)

Alle diese Faktoren fließen in die Entscheidung über das durchzuführende Therapiekonzept ein und geben Hinweise auf die ätiologische Entstehung des Risses: traumatisch vs. degenerativ. [44] Vertikale Lappenrisse, Radiärrisse und Korbhenkelrisse treten vermehrt bei traumatischer Genese auf. Degenerativ bedingte Risse sind durch eine überwiegend horizontale Komponente gekennzeichnet. [30, 35]

1.2.3 Isolierte Meniskuläsionen und Begleitverletzungen

Verletzungen, welche häufig zusammen mit Meniskustramata auftreten, sind Rupturen des vorderen Kreuzbandes, des hinteren Kreuzbandes, des medialen Kollateralbandes, des lateralen Kollateralbandes, Knorpelschäden und Knochenmarksödeme. [20, 23] Diese spielen eine wesentliche Rolle bei der Diagnose von isolierten Meniskuläsionen. Bei dieser speziellen Form dürfen oben genannten Begleitverletzungen nicht vorliegen.

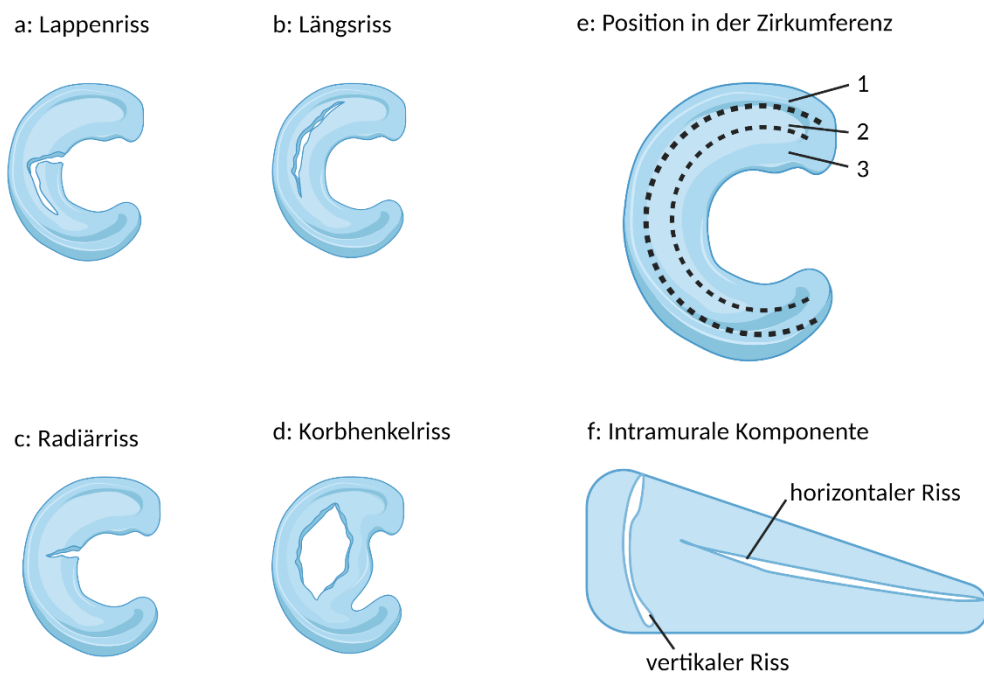


Abb. 3a-f: Charakteristika in der Klassifikation (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)

1.2.4 Risikofaktoren für Meniskuläsionen

Bekannte Risikofaktoren für degenerativ bedingte Meniskuläsionen sind Patientenalter von über 60 Jahren, männliches Geschlecht, Treppensteigen und jahrelange knieende Tätigkeiten. Berufsgruppen (beispielsweise Fliesenleger), welche diesen Risikofaktoren verstärkt ausgesetzt sind, werden Meniskuläsionen (auch degenerativ entstandene) als Berufskrankheit anerkannt. [11]

Akute Läsionen stehen im Zusammenhang mit Verkehrs-, Arbeits- und Sportunfällen (insbesondere Fußball). [45] Speziell für isolierte Meniskuläsionen lassen sich auch Anhaltspunkte für anatomische prädisponierende Faktoren beschreiben. Darunter fallen beispielsweise die Neigung des Tibiaplateaus, Breite der Femurkondylen und Straffheit der Kreuzbänder [31].

1.2.5 Diagnostik

Anamnestisch relevant für einen möglichen Kniebinnenschaden sind Fragen zu einem stattgehabten Trauma und dessen Mechanismus, eine Instabilität des Knies (Giving-way-Phänomen), eine Blockade in Flexion oder Extension und Schmerzlokalisierung. [10] Klinische Untersuchungsmethoden für die Menisken schwanken stark in Sensitivität und Spezifität, je nach Untersucher und Durchführung. Beispielsweise für den Test nach McMurray wird mit einer Sensitivität/Spezifität von 70.5% und 71.1% in einer Metanalyse von Hegedus et al 2007 [24] angegeben, dagegen respektive 55% und 77% in einer Metaanalyse von Meserve et al 2008 [34]. Klinische Untersuchungen führen somit in erster Linie zur Stellung einer Verdachtsdiagnose und somit zur Indikation zur Durchführung von weiterführender bildgebender Diagnostik.

Unter anderem werden die folgenden Tests zur klinischen Beurteilung des Meniskus verwendet:

Steinmann-I: Das Knie wird 90° flektiert und mit einer plötzlichen passiven Bewegung nach außen/innen rotiert. Schmerzen am medialen/lateralen Gelenkspalt deuten auf einen Schaden am IM/AM. [21]

- Steinmann-II: Der Gelenkspalt wird zunächst in Extension palpirt und auf Schmerzpunkte untersucht. Bei passiver Flexion des betroffenen Knies kommt es zu einem von ventral nach dorsal wandernden Schmerz. Jeweils medial/lateral für IM/AM.[21]
- McMurray: Der Patient liegt auf dem Rücken. Das Knie wird in kompletter Flexion mit einer Hand stabilisiert, mit der anderen wird der Fuß außenrotiert/innenrotiert und dann in Extension gebracht um den IM/AM zu untersuchen. Ein Schnappen oder auslösbarer Schmerz werden als positiver Test gewertet.[13]
- Apley Grind Test: Patient liegt in Bauchlage. Das Knie ist um 90° flektiert. Außenrotation/Innenrotation des Fußes zur Prüfung des IM/AM. Rotation wird ohne axialen Druck durchgeführt, dann einmal mit Kompression und einmal mit Zug. Schmerzen bei Kompression und Rotation sind Hinweis auf Meniskuspathologie.[13]

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist ein wichtiger Pfeiler in der Diagnostik um Begleitverletzungen wie Bone Bruise und weitere Kniebinnenschäden, z.B. des Seitenbandapparates zu erkennen. Die Detektion von Läsionen des Seitenbandapparates in der MRT ist insofern bedeutsam, da diese intraoperativ bei einer Arthroskopie oftmals nicht oder nur sehr schwer sichtbar sind.

Als invasivste Diagnostik mit gleichzeitigem Potential zur Intervention fungiert die diagnostische Arthroskopie. Sie findet Anwendung bei radiologisch unauffälligen Bildern, aber eindeutiger klinischer Beschwerdesymptomatik und damit die Möglichkeit ein pathologisches Korrelat für die Beschwerden ausmachen oder ausschließen zu können.[22]

1.2.6 Therapie

Die Art der Therapie lässt sich in einen invasiven und einen konservativen Ansatz untergliedern.

Die invasive Therapieform bedient sich zwei unterschiedlichen Verfahren. Der Meniskusresektion und der Meniskusnaht. Ausschlaggebend für die Entscheidung, welches Verfahren angewandt wird, sind im Wesentlichen die oben genannten Charakteristika bei der Klassifikation, sowie Patientenalter und Leistungsanspruch. Letztendlich entscheidet der Operateur zumeist intraoperativ, wie der Meniskus versorgt wird. [2]

Für eine Naht kommen basisnahe Risse in Frage. Also in der Rot-Rote-Zone und teilweise auch in der Rot-Weiß-Zone, da durch die Blutversorgung eine suffiziente Heilung gewährleistet werden kann und Re-Rupturen theoretisch vermieden werden können. Morphologisch sind kleinere Risse (<2cm), vertikale und longitudinale Risse zu unterscheiden. Man bedient sich zahlreicher Techniken zur Nahtversorgung: All-inside Technik, Outside-in Technik und die Inside-out Technik.[36, 50, 54] (siehe Abb. 4) All-inside Techniken bestehen aus kompletten Nahtsysteme, welche in den letzten Jahren zu einer erleichterten Handhabung und Erlernung dieser Eingriffe geführt hat (Beispielsweise die All-inside Systeme Stryker Air® oder FastFix®). [7] Die Bezeichnung der Techniken bezieht sich auf den Verlauf der Naht und der jeweiligen Lage des Knotens. Outside-in ist dementsprechend ein Knoten außerhalb der Gelenkkapsel mit Nahtverlauf von extra- nach intra- und wieder extraartikulär. Für Inside-out bedeutet das einen Knoten intraartikulär mit dem Verlauf gegensätzlich zum Outside-in Verfahren. Die All-inside Prozeduren werden komplett intraartikulär durchgeführt.

Die Resektion war in der Vergangenheit die Methode der Wahl, da den Menisken fälschlicherweise keine relevante Funktion zugeschrieben wurde. In Frage kommen zentrale Risse (WWZ oder RWZ), längere Risse (>2cm), eingeklemmte KHR oder Horizontalrisse. Des Weiteren sind degenerative Risse eine Indikation, da sie im Vergleich zu akuten Rissformen schlechter heilen. Das Resektionsausmaß bewegt sich hierbei zwischen einer Teilresektion und einer kompletten Menisektomie. [27, 36] Die komplette Entfernung des Meniskus wird jedoch mittlerweile aus guten Gründen nicht mehr als Standardtherapie durchgeführt. Unter dem Stichwort „Save the Meniscus“ wird der Vorteil eines meniskuserhaltenden Therapiekonzeptes in Hinblick auf weitere Folgeschäden einer kompletten Entfernung dargelegt.[6, 9, 41]

Vorteile der Naht gegenüber der Resektion sind das Beibehalten physiologisch anatomischer Gegebenheiten. Beim Wegfall von Teilen des Meniskus oder sogar des ganzen Meniskus entsteht mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine Degeneration des Knorpels und als Folge eine sekundäre Osteochondrose im Kniegelenk.[42]

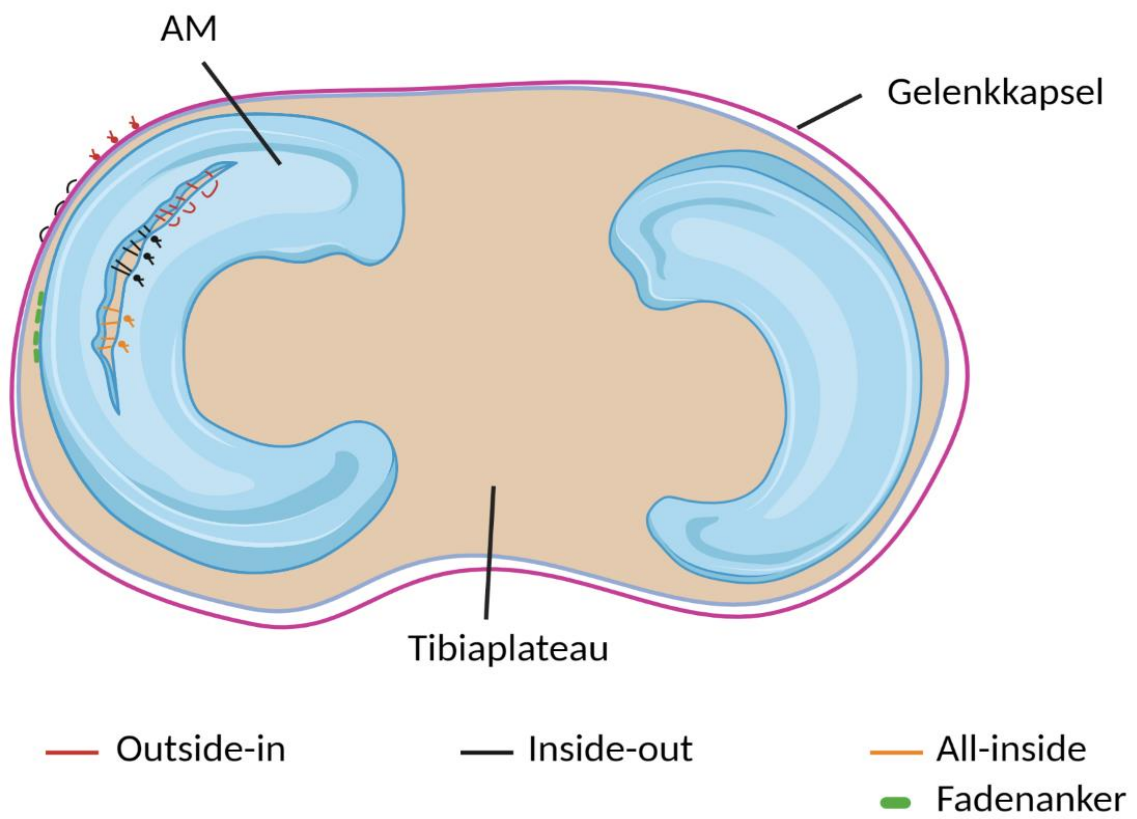


Abb. 4: Schematische Darstellung von Nahttechniken (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)

Abk.: AM Außenmeniskus

1.3 Fragestellung

Nachfolgende Fragestellungen sollen in diese Dissertation mittels wissenschaftlicher Untersuchungen und Analysen geklärt werden:

1. Gibt es isolierte traumatische Meniskusläsionen?
2. Welchen Einfluss haben Patientenalter und Jahr der Therapie auf die Auswahl des OP-Verfahrens mittels Naht?
3. Ereignen sich Reläsionen vermehrt im Zusammenhang mit BMI, Alter oder OP-Verfahren?
4. Wie gut stimmen die präoperativen Magnetresonanztomographien mit der intraoperativen Befundung überein?

2 Material und Methoden

2.1 Ethik- und Tierversuchsvotum

Es wurde ein positives Votum der Ethikkommission der Julius-Maximilian-Universität Würzburg eingeholt. Bearbeitungsnummer des Antrages: 20210310 03.

Es bestehen keine grundsätzlichen ethischen oder rechtliche Bedenken gegen die Auswertung der Patientendaten, falls diese ausschließlich in anonymisierter Form veröffentlicht werden.

2.2 Studiendesign

2.2.1 Register

Die Auswahl aller primär eingeschlossenen Fälle erfolgte über das Servicezentrum Medizin-Informatik des Universitätsklinikums Würzburg (SMI), welches eine retrospektive Datenabfrage der klinikeigenen Datenbank des SAP durchführte.

2.2.2 Fallselektion

Ein- und Ausschlusskriterien siehe Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien A und B.

Unter Anwendung der jeweiligen Ausschlusskriterien in Anamnese, Untersuchung, MRT, CT und OP-Bericht sind die jeweiligen Fallkollektive erstellt worden.

Das primäre Einschlusskriterium war das Vorliegen des Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) 5-812.X im Zeitraum vom 08.01.2009 bis zum 23.12.2019. Insgesamt kamen 864 Prozeduren in Frage.

Für die weitere Auswertung wurden die Patienten nach den Ausschlusskriterien A überprüft und selektiert. Dieses Fallkollektiv beinhaltet 361 Fälle.

Eine Subkollektiv wurde wiederum aus diesem 361 Fällen erstellt. Diesmal mit den Ausschlusskriterien B. Diese stellten die isolierten Meniskusläsionen dar mit 150 eingeschlossenen Prozeduren. (siehe Abb. 5)

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien A und B

Einschlusskriterien
Zeitraum 08.01.2009 bis einschließlich 23.12.2019
OPS 5-812
Ausschlusskriterien A
Polytrauma
Ruptur des vorderen Kreuzbandes
Ruptur des hinteren Kreuzbandes
Femurfraktur
Tibiafraktur
Fibulafraktur
Revisionseingriff
Ausschlusskriterien B
Ruptur des medialen Kollateralbandes
Ruptur des lateralen Kollateralbandes
Bone Bruise
Nicht erfolgtes MRT

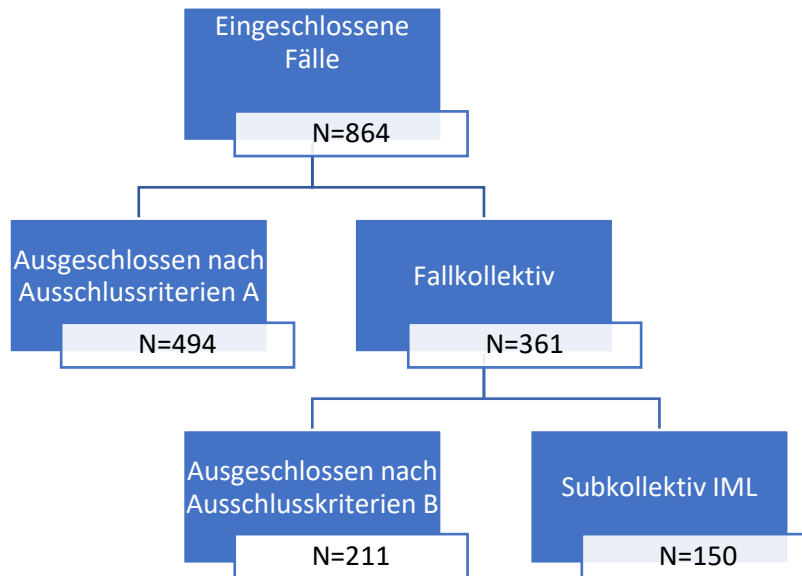


Abb. 5: Aufteilung der Fälle in Kollektive mit Fallzahlen
 Abk.: IML isolierte Meniskusläsionen, N Anzahl

2.3 Methodik

2.3.1 Datenerhebung

Mit Hilfe der vermerkten Fallnummer ließen sich im Kliniknetzwerk die Ambulanz-, Arztbriefe, Patienten spezifische Daten sowie Operationsberichte einsehen. Daraus wurden Unfallhergang, Klassifikationen der Läsionen, BMI, Alter, Operationszeitpunkt und etwaige Revisionen ersichtlich. Für die Diagnose eines Bone Bruise/ Knochenmarksödems oder jeglicher Bandrupturen wurde zusätzlich der radiologische Bericht eines MRT herangezogen. Dieses war entweder im Hause erfolgt oder extern erstellt worden. Externe MRT Befunde wurden einerseits im Ambulanzbrief oder aber im Soarian Health Archive (SHA) dokumentiert.

Zusätzlich erfolgte ein telefonisches Interview mit der Abfrage von Re-Läsionen, welche nicht am Universitätsklinikum Würzburg diagnostiziert oder revidiert wurden, und Einordnung der subjektiven maximalen Belastung in die Tegner Aktivitätsskala.

2.3.2 Ermittlung der Daten zu Reläsionen und Tegner Aktivitätsskala

Die Tegner Aktivitätsskala, siehe Tab. 4 [52] , wurde zur Evaluation der Aktivität und Lebensqualität nach dem Eingriff erhoben. Dabei sind nicht nur tatsächliche sportliche Betätigungen und Alltagsbelastungen erfasst worden, sondern auch rein hypothetisch vom Patienten als möglich erachtete Aktivitäten.

Alle Patienten aus dem Fallkollektiv, welche zum Operationszeitpunkt 50 Jahre oder jünger waren, sind über eine Telefonliste versucht worden zu erreichen. Dabei unternahmen wir zwei Versuche an unterschiedlichen Tagen ein Interview zu führen, falls die Nummer noch aktuell war. Gelang dies nicht, wurde wie bei den veralteten Nummern keine Aussage zu Re-Läsionen oder Tegner Aktivitätsskala eingetragen. Die Kontaktdaten stammten aus dem klinikeigenem Patientenorganizer. Insgesamt wurden von 199 in Frage kommenden Patienten 112 telefonisch erreicht, 45 standen für ein Gespräch nicht zur Verfügung und 42 Kontaktdaten waren nicht mehr auf dem aktuellen Stand. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 56,3%. Alle Patienten, welche zum Operationszeitpunkt älter als 50 Jahre waren, wurden demnach nicht mit in die statistische Auswertung mit einbezogen, außer eine Reläsion war bereits im SAP eingetragen und dokumentiert worden. Das trifft in sieben Fällen zu.

2.3.3 Ermittlung und Korrelierung der MRT- und OP-Lokalisationen für Meniskusläsionen

Die aus OP und MRT-Diagnostik hervorgehenden Lokalisationen der verschiedenen Läsionen wurden verglichen und miteinander korreliert. Da Fachtermini nicht immer gleich verwendet werden und teilweise auch mit unterschiedlich genauen Beschreibungen gearbeitet wurde, ist nach folgendem Modell (Abb. 6) erfasst worden, ob sich die Befundung von MRT und OP deckt oder nicht:

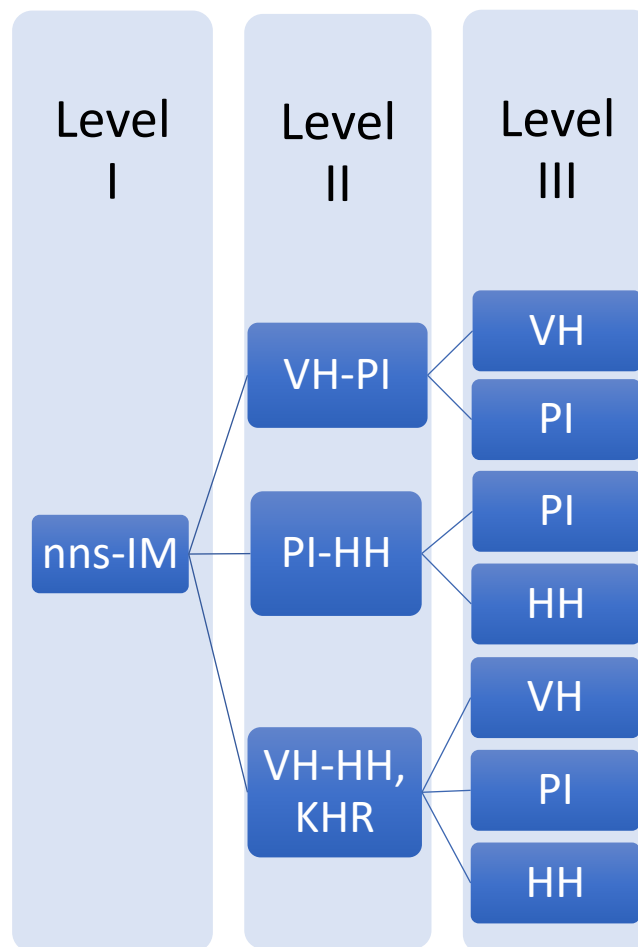


Abb. 6: Modell zur Korrelierung von Befundlokalisationen am Beispiel des Innenmeniskus (analog dazu der Außenmeniskus)

Abk.: HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, nns-IM nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn,

Beispiel: Wird im Befund des OP/MRT nur eine nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion (nns-IM) als Lokalisation angegeben und im korrespondierenden MRT/OP-Befund eine Bezeichnung aus Level II oder Level III verwendet, so wurde dies als Übereinstimmung gewertet. Wurde hingegen im OP/MRT von einem „PI-HH“ und einem korrespondierenden MRT/OP ein „VH“ berichtet, wurde dies als nicht übereinstimmend/korreliert gewertet.

2.3.4 Eigene Darstellungen

Selbst angefertigte Darstellungen wurden mittels BioRender auf biorender.com erstellt.

2.4 Definitionen

2.4.1 BMI-Gruppen

Die folgende Tabelle (Tab. 2) zeigt die Einteilung der metrischen Variable „BMI“ in eine ordinal skalierte Variable „BMI-Gruppen“, welche in den statistischen Verfahren in dieser Dissertation Anwendung fand.[51]

Tab. 2: BMI Unterteilung

BMI [kg/m ²]	Unterteilung
< 18,5	Untergewicht
18,5 – 24,9	Normalgewicht
25 – 29,9	Übergewicht
30 - 34,9	Adipositas Grad I
35 – 39,9	Adipositas Grad II
≥ 40	Adipositas Grad III
< 30	höchstens Normalgewicht
≥ 30	mindestens Übergewicht

Quelle: Modifiziert nach Weir, C.B. and A. Jan, BMI Classification Percentile And Cut Off Points, in StatPearls. 2021: Treasure Island (FL).

2.4.2 Altersgruppen

Ebenso wie die Unterteilung des BMI erfolgte die Unterteilung der metrischen Variable „Alter“ in eine ordinale Skalierung „Altersgruppen“. Definiert in nachfolgender Tabelle (Tab. 3).

Tab. 3: Einteilung in Altersgruppen

Alter in Jahre	Altersgruppe
11 – 20	1
21 – 30	2
31 – 40	3
41 – 50	4
51 – 60	5
61 – 70	6
71 – 80	7
81 – 90	8

2.4.3 Adäquates Trauma

Unter die Kategorie „adäquates Trauma“ fallen alle Verletzungsmechanismen, welche unter nicht alltäglichen Bedingungen stattfanden und/oder ein plötzliches auf den Körper von außen einwirkendem Ereignis waren (zum Beispiel bei Unfällen oder sportlicher Betätigung). Auch ausdrücklich vom Patienten erwähnte Distorsionen unter Belastung, wie zum Beispiel beim Treppensteigen und Lasten heben, wurden unter diese Kategorie gezählt. Ereignisse wie „plötzliche Schmerzen beim Spaziergehen“ oder „knieende Tätigkeit“ wurden nicht darunter gezählt.

2.4.4 Tegner Aktivitätsskala

In der folgenden Tabelle (Tab. 4) dargestellt die genaue Definition der Tegner Aktivitätsskala und jeweilige korrespondierende Punktzahl. [52]

2.4.5 Nicht benachbarte Läsionen

In der MRT- und OP-Befundung werden unterschiedlichste Läsionsorte teilweise mit räumlicher Abgrenzung zueinander und teilweise in direkter Nachbarschaft beschrieben (siehe 2.2.3 und Abb. 1). Läsionslokalisationen, welche kein Korrelat von MRT und intraoperativem Befund aufweisen und nicht angrenzend aneinander sind, wurden hier als „nicht benachbarte Läsionen“ bezeichnet. Als Beispiel wären die Lokalisationen IM PI und IM HH benachbart. Ebenso IM PI-HH in Bezug auf IM VH. Nach dieser Definition bleiben für nicht benachbarte Areale nur IM/AM VH in Bezug zu IM/AM HH in Frage. Gründe für diese Unterscheidung sind nicht immer von Person zu Person identische Einteilungen bei der Befundung, welche nach Augenmaß bestimmt werden. So können eventuell ein und derselbe Riss für den einen Betrachter am HH liegen und für den zweiten Betrachter eventuell schon in der PI.

Tab. 4: Tegner Aktivitätsskala

Tegner Aktivitätsskala	
10	Wettkampfsport: Fußball, Ski alpin – auf internationalem oder nationalem Niveau
9	Wettkampfsport: Fußball, Ski alpin – auf regionalem Niveau, Eishockey, Unihockey, Kampfsport, Kunstturnen
8	Wettkampfsport: Squash, Badminton, Leichtathletik (Sprungdisziplinen), Snowboard
7	Wettkampfsport: Tennis, Leichtathletik (Lauf- und Wurfdisziplinen), Geräteturnen, Handball, Basketball, Orientierungslauf, Crosslauf Freizeitsport: Fußball, Eishockey, Ski alpin
6	Freizeitsport: Joggen (mindestens 5 Mal pro Woche), Tennis, Badminton, Squash, Handball, Basketball, Volleyball, Orientierungslauf, Crosslauf, Snowboard, Aerobic (high impact)
5	Wettkampfsport: Radsport, Langlauf, Eiskunstlauf Freizeitsport: Turnen, Gymnastik, Inline-Skating, Klettern/Bergsteigen, Skitouren/Schneeschuhenlaufen, Joggen (auf unebenem Untergrund, mindestens 2 Mal pro Woche) Arbeit: schwere körperliche Arbeit (z.B. Bauarbeit, Waldarbeit)
4	Freizeitsport: Radfahren, Langlauf, Tanzen, Aerobic (low impact), Bergwandern (abwärts), Joggen (auf ebenem Grund, mindestens 2 Mal pro Woche) Arbeit: mittelschwere körperliche Arbeit (z.B. schwere Hausarbeit)
3	Wettkampf-/Freizeitsport: Schwimmen, Wandern, Walking, Kegeln/Bowling Arbeit: leichte körperliche Arbeit Gehen: querfeldein möglich
2	Arbeit: vorwiegend sitzende Tätigkeit Gehen: auf unebenem Boden möglich
1	Arbeit: sitzende Tätigkeit Gehen: nur auf ebenem Boden möglich
0	Arbeit: wegen Knieproblemen arbeitsunfähig oder berentet Gehen: nur eingeschränkt möglich

Quelle: Modifiziert nach Wirth, B., et al, *Sportverletz Sportschaden*, 2013. 27(1): p. 21-7

2.5 Datenanalyse und Statistik

Es erfolgte eine epidemiologische Beratung am Lehrstuhl für Klinische Epidemiologie und Biometrie der Universität Würzburg bezüglich Fragestellungen, Datensatz und zielführenden statistischen Prozeduren und Analysen.

Die Datenanalysen erfolgten mit dem Statistikprogramm IBM® SPSS® Statistics Version 26.0.0.1. Als statistisch signifikant wurden alle p-Werte $<0,05$ bewertet. Alle Tests wurden zweiseitig durchgeführt.

Die Güte der Analysen wurde mit dem Omnibus-Test der Modellkoeffizienten ($p < 0,05$), Nagelkerkes R-Quadrat und Hosmer-Lemeshow-Test ($p > 0,05$) evaluiert.

Alle deskriptiven Daten wurden mittels Komogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk Test auf Normalverteilung geprüft. Dementsprechend wurden normalverteilte Daten mit einem Mittelwert und Standardabweichung angegeben, nicht-normalverteilte mit einem Median und 25./75. Perzentile. Statistische Signifikanz der Unterschiede der Mittelwerte zwischen Subkollektiven wurde anhand von Welch-T-Test und für Mediane mit dem Mann-Whitney-U-Test aufgezeigt oder widerlegt. Säulendiagramme, Histogramme und Box-Plots wurden zur graphischen Darstellung von Häufigkeiten verwendet.

Der Einfluss des Zeitpunktes der Operation und des Patientenalters auf die eingesetzte Operationstechnik wurde mit einer binär logistischen Regressionsanalyse untersucht. Ermittelt wurden hierbei die Signifikanz, Odds Ratio (OR) und das 95% Konfidenzintervall (95% CI).

Die statistische Untersuchung von Reläsionen unter dem Einfluss von BMI, Technik und Alter zum Zeitpunkt des telefonischen Interviews wurden graphisch mit Kaplan-Meier-Kurven dargestellt. Ebenso wurde der log Rank (Mantel-Cox) mitbestimmt, um einen signifikanten Unterschied zwischen den einzelnen Faktoren zu zeigen. Zu jedem in der Kaplan Meyer Analyse untersuchtem Faktor wurde zusätzlich eine Cox-Regressionsanalyse eingesetzt um eine Hazard Ratio (HR) mit Signifikanz und 95% CI zu erhalten.

Alle statistischen Analysen und Berechnungen wurden von dem Promovent Maximilian Michael Wetterich selbst durchgeführt.

3 Ergebnisse

3.1 Studienpopulation

3.1.1 Patientencharakteristika

Der erste eingeschlossene Fall wurde am 08.01.2009 am Universitätsklinikum in Würzburg arthroskopisch operiert, der letzte eingeschlossene Fall am 23.12.2019. Damit konnten nach oben definiertem Einschlusskriterium A (Tab. 1) 361 Patienten in die Studie aufgenommen werden. Das mediane Alter betrug 49 Jahre. Männliche Patienten waren mit 60,4% vertreten. Der BMI pendelte sich bei einem Median von 25,9 kg/m² ein. Der Score auf der Tegner Aktivitätsskala betrug im Schnitt 7,67. Es wurden insgesamt 48-mal die Nahttechnik angewendet (13,3%), 307-mal reseziert (85%) und in 6 Fällen sowohl reseziert als auch eine Naht durchgeführt (1,7%). Ein dokumentiertes adäquates Trauma war in 192 Fällen vorzuweisen (53,2%), kein adäquates Trauma in 22 Fällen (6,1%) und 147-mal lag keine gesicherte Dokumentation vor (40,7%). Reläsionen haben sich bei 35 Patienten ereignet (9,7%), keine Reläsion für 89 Patienten (24,7%) und 237 (65,7%) mit unbekanntem Status.

Das Fallkollektiv wurde weiter unterteilt in eine nach Einschlusskriterium B (Tab. 1) definierten Subkollektiv der IML. Dieses bestand aus 150 Patienten (41,6% des Fallkollektivs). Die jeweiligen Charakteristika der unterschiedlichen Studienkollektive wurden in Tab. 5: Patientencharakteristika festgehalten. Die Patienten der Fälle mit einer IML waren im Median jünger als Patienten ohne IML (39 versus 52 ($p < 0,001$)). Signifikant verschieden zwischen diesen beiden Gruppen waren ebenso der BMI (25,1 versus 26,6 ($p=0,004$)), die Anzahl der Reläsionen (9 versus 26 ($p=0,003$)) und Operationstechnik (Naht: 29 versus 19, Resektion: 117 versus 190, Beides: 4 versus 2, ($p=0,023$)). Geschlecht, Trauma und Punkte nach Tegner Aktivitätsskala zeigten keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 5: Patientencharakteristika

Mindestens ordinal skalierte Variablen als Mittelwert mit Standardabweichung oder Median mit 25./75. Perzentile, nominal skalierte Variablen mit Anzahl und Prozentwert

Abk.: BMI Body-Mass-Index, IML isolierte Meniskusläsionen, nicht-IML nicht isolierte Meniskusläsionen

Charakteristika	Alle n=361	IML n=150	Nicht-IML n=211	p	n
Alter, Jahre	49 [33; 59]	39 [28; 54]	52 [42; 63]	< 0,001	361
BMI, [kg/m ²]	25,9 [23,4; 29,7]	25,1 [22,6; 28,5]	26,6 [24,1; 30,3]	0,004	338
Männlich, n (%)	218 (60,4)	87 (58)	131 (62,1)	0,435	361
Reläsion				0,003	124
Ja, n (%)	35 (9,7)	9 (6)	26 (12,3)		
Nein, n (%)	89 (24,7)	53 (35,3)	36 (17,1)		
Trauma				0,155	214
Ja, n (%)	192 (53,2)	84 (56)	108 (51,2)		
Nein, n (%)	22 (6,1)	11 (7,3)	11 (5,2)		
Technik				0,023	361
Naht, n (%)	48 (13,3)	29 (19,3)	19 (9)		
Resektion, n (%)	307 (85)	117 (78,0)	190 (90)		
Beides, n (%)	6 (1,7)	4 (2,7)	2 (0,9)		
Tegner Aktivitätsskala, Punkte	7,67±2,72	8,08±2,45	7,18±2,95	0,114	110

3.2 Gibt es isolierte traumatische Meniskusläsionen?

3.2.1 Deskriptive Statistik

Zwischen der Einteilung in IML und nicht-IML zeigen sich unterschiedliche Häufigkeitsverteilung abhängig von der Altersgruppe. Während bei den IML absolut gesehen ein Maximum um 21-30 Jahren besteht mit einem Anteil bis zu 60% in dieser Altersgruppe, erkennt man für nicht-IML ein Maximum um 61-70 Jahre und einem Anteil bis 77,78% und maximal 78,26% für 71-80-Jährige. (Abb. 7, Abb. 8)

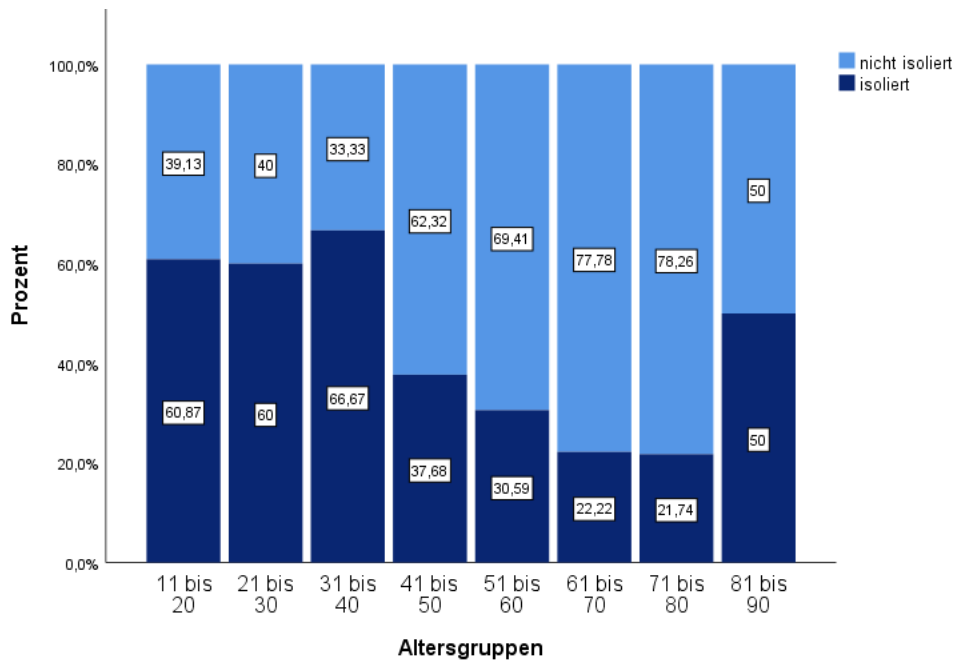


Abb. 7: Prozent der isolierten Meniskusläsionen abhängig von Altersgruppen unterteilt in „isolierte Meniskusläsionen“ versus „nicht isolierte Meniskusläsionen“

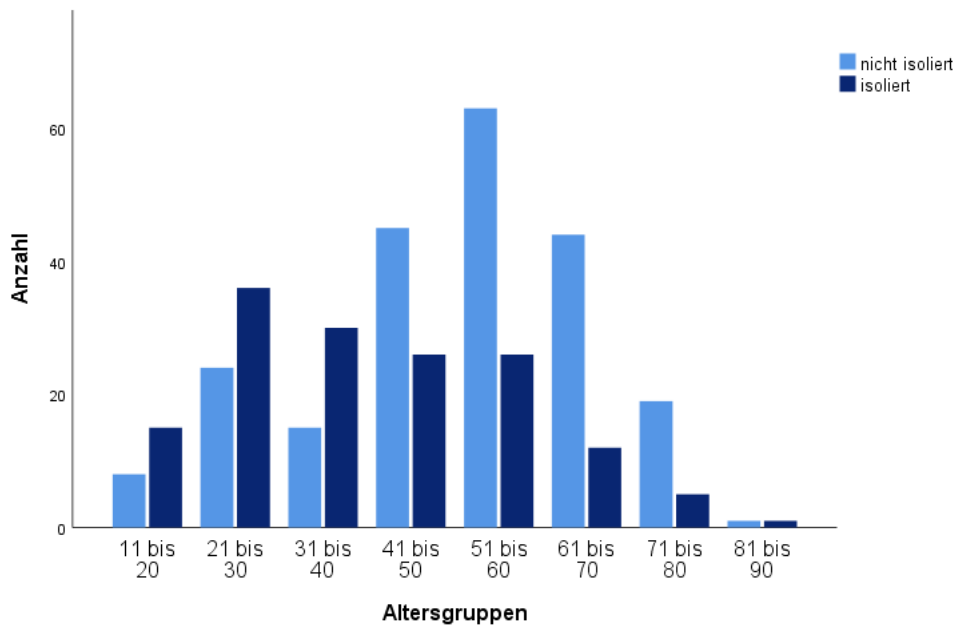


Abb. 8: Absolute Anzahl der isolierten Meniskusläsionen in Abhängigkeit von Altersgruppen aufgeteilt in „isolierte Meniskusläsionen“ versus „nicht isolierte Meniskusläsionen“

Ähnliches Bild ergibt sich für die aufgezeichneten Unfallhergänge. Auch hier ist ein absolutes Maximum für Trauma bedingte Läsionen bei den 21-30-Jährigen zu verzeichnen mit einem Anteil von 78,3% aller Läsionen in dieser Altersgruppe. Über alle

Patientenalter ist das Trauma der führende Mechanismus. Jedoch mit einer mit dem Alter zunehmend größer werdenden Anzahl an nicht traumatisch bedingten Pathologien, welche um die 61-70-Jährigen gipfelt mit einem Altersgruppen internen Anteil von 14,8% bei insgesamt 54 Fällen. (Abb. 9, Tab. 6)

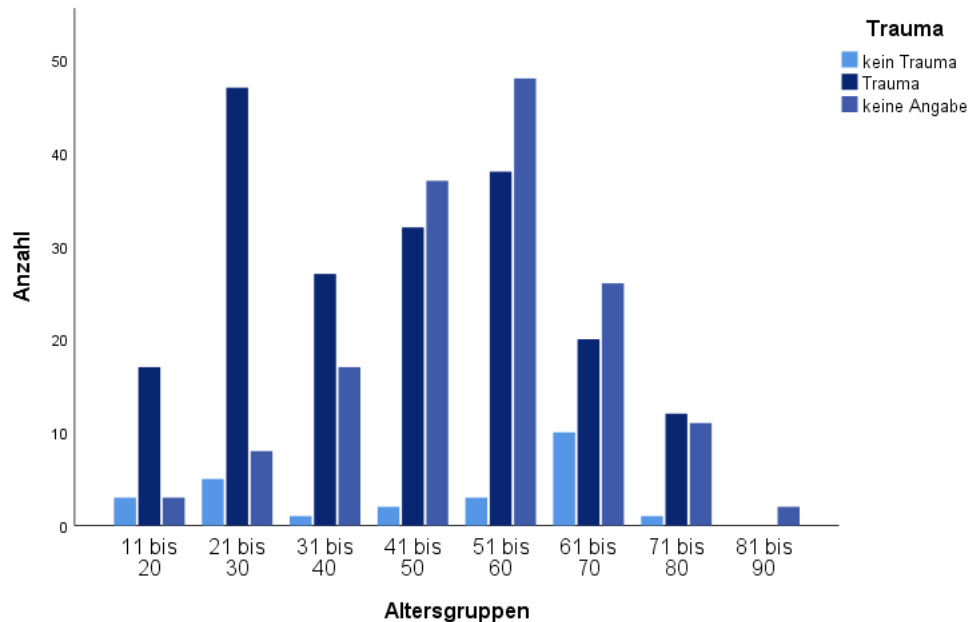


Abb. 9: Absolute Anzahl der erfassten Traumata in Abhängigkeit der Altersgruppen aufgeteilt in „kein Trauma“ versus „Trauma“ versus „keine Angabe“

Tab. 6: Absolute und prozentuale Werte der erfassten Unfallhergänge für die verschiedenen Altersgruppen

	Altersgruppen, Jahre								n
	11 – 20	21 – 30	31 – 40	41 – 50	51 – 60	61 – 70	71 – 80	81 - 90	
Kein Trauma, (%)	4 (17,4)	5 (8,3)	0 (0)	1 (1,4)	3 (3,4)	8 (14,3)	1 (4,2)	0 (0)	22
Trauma, (%)	16 (69,6)	47 (78,3)	28 (62,2)	32 (46,4)	36 (42,4)	21 (38,9)	12 (52,2)	0 (0)	192
Unbekannt, (%)	3 (13)	8 (13,3)	17 (37,8)	36 (52,2)	46 (54,1)	25 (46,3)	10 (43,5)	2 (100)	147
n	23	60	45	69	85	54	23	2	361

3.3 Welchen Einfluss haben Patientenalter und Jahr der Therapie auf die Auswahl des OP-Verfahrens mittels Naht?

3.3.1 Deskriptive Statistik

Vom Beginn des Beobachtungszeitraumes 2009 bis einschließlich 2019 zeigt sich eine Tendenz der prozentualen Zunahme an durchgeführten Eingriffen mit Nahttechnik (Abb. 10). Minimal 0,0% im Jahre 2009 und maximal 25,53% 2019. Betrachtet man die Verfahrenstechnik in Bezug auf die Altersgruppen zeigt sich für Resektionen ein Maximum bei den 51-60-Jährigen und sukzessiv abnehmenden Werten zu den jeweils benachbarten Altersgruppen. Im Vergleich dazu verschiebt sich das Verteilungmaximum bei der Naht zu den 21-30-Jährigen mit ähnlich zur Resektion abnehmenden Werten je höher/kleiner die Altersgruppe wird. (Abb. 11)

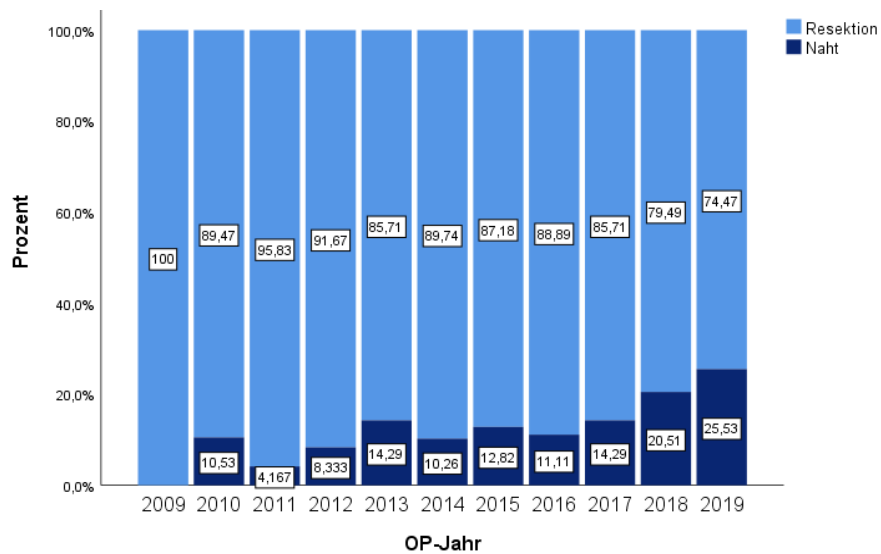


Abb. 10: Prozent der Operationen in jährlichen Abständen aufgeteilt in Naht und Resektion

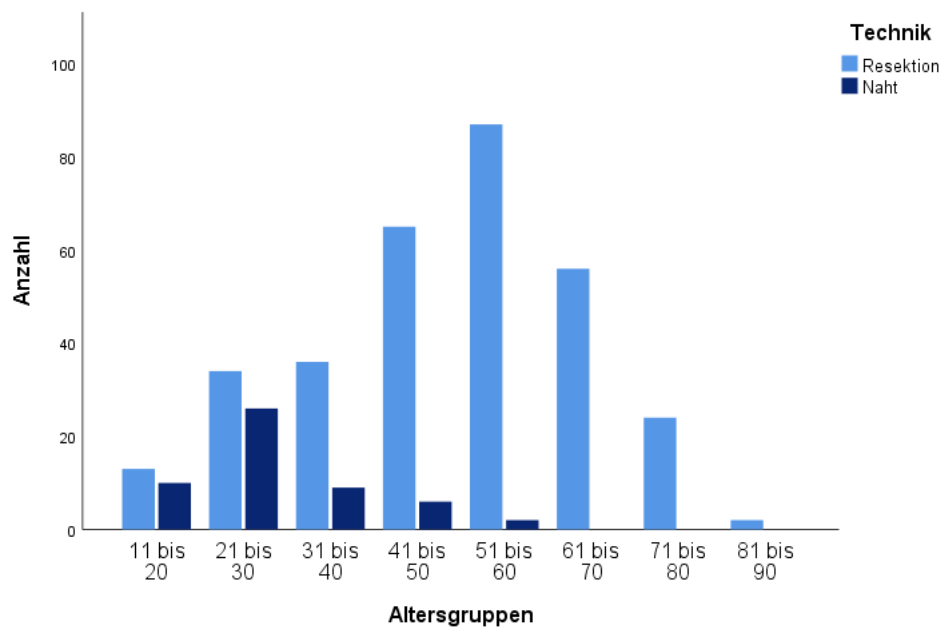


Abb. 11: Absolute Anzahl der jährlichen Operationen in den jeweiligen Altersgruppen (siehe Definition) unterteilt in Resektion und Naht

3.3.2 Binäre Logistische Regressionsanalyse

Eine binär logistische Regressionsanalyse wurde verwendet, um den jeweiligen Einfluss von OP-Jahr und Patientenalter auf das angewandte Verfahren „Naht“ aufzuzeigen. Beide Variablen haben einen signifikanten Einfluss (Patientenalter $p < 0,001$; OP-Jahr $p = 0,003$) und 95% CI außerhalb des Wertes „1“ (Patientenalter 0,868 – 0,923 95% CI; OP-Jahr 1,074 – 1,403 95% CI). Es ergibt sich eine OR von 0,895 mit negativem Regressionskoeffizient respektive einer OR von 1,227 mit positivem Regressionskoeffizient für das Patientenalter beziehungsweise das OP-Jahr. Somit verringert sich die relative Wahrscheinlichkeit eine Nahttechnik anzuwenden um 10,5% pro 1 Jahr höherem Patientenalter. Dementsprechend erhöht sich die relative Wahrscheinlichkeit für eine Meniskusnaht um 22,7% pro 1 Jahr späterer Durchführung der Operation. (Tab. 7) Somit haben Operationsjahr und Patientenalter beide einen signifikanten Einfluss auf die Wahl der Operationstechnik. Den größeren Anteil dabei hat das Operationsjahr.

Tab. 7: Ergebnisse der binär logistischen Regression
 Abk.: CI Konfidenzintervall, OR Odds Ratio

Variable	Regressionskoeffizient	Odds Ratio	95% CI für OR	p-Wert
Patientenalter, Jahre	-0,111	0,895	0,868 – 0,923	<0,001
OP-Jahr, Jahr	0,205	1,227	1,074 – 1,403	0,003

3.4 Ereignen sich Reläsionen vermehrt im Zusammenhang mit BMI, Alter oder OP-Verfahren?

3.4.1 Deskriptive Statistik

Betrachtet man die Verteilung des BMI lässt sich ein Maximum um 24 kg/m² bis 26 kg/m² aufzeigen. (Abb. 12: Verteilung des BMI und Normalverteilungskurve) Die Daten sind nicht normalverteilt nach Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk Test (p<0,001 und p<0,001). Unterteilt man den BMI in Gruppen (siehe Definitionen) und trägt diese in ein Populationsdiagramm ein mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion“ zeichnet sich ein ähnliches Bild ab. Ein Maximum für beide Teiler um die BMI Gruppen „Übergewicht“ und „Normalgewicht“. (Abb. 13)

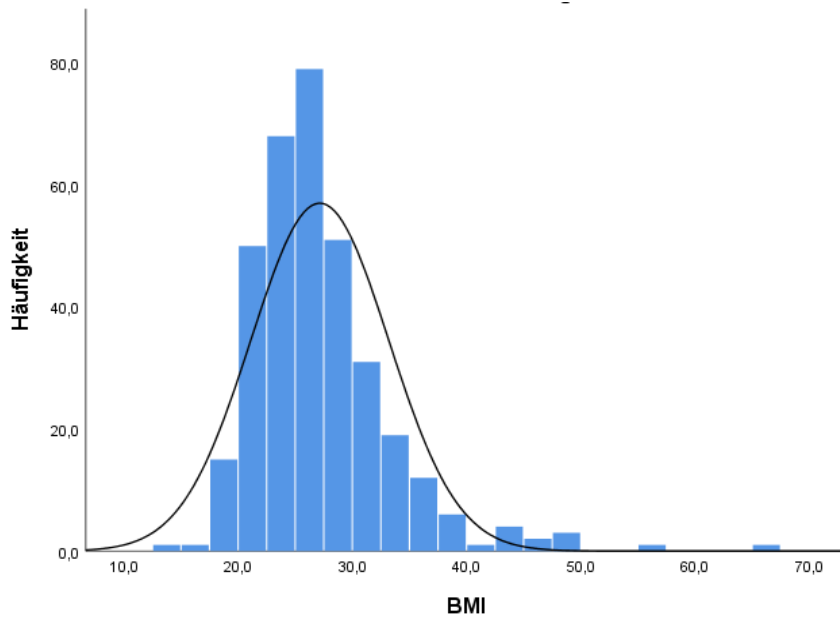


Abb. 12: Verteilung des BMI und Normalverteilungskurve
 Abk.: BMI Body-Mass-Index

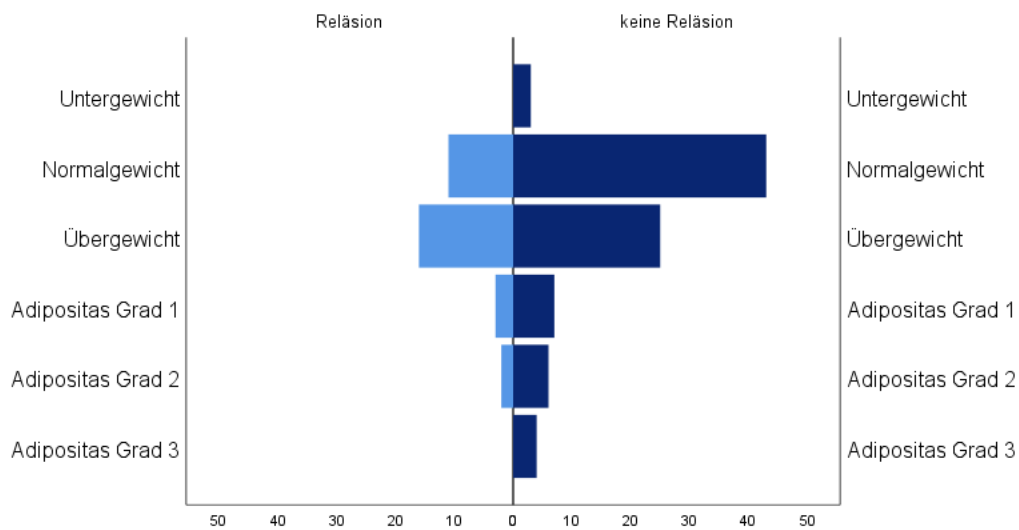


Abb. 13: Verteilung über die BMI Gruppen (siehe Definition) mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion“

Die Aufteilung des Fallkollektivs in Altersgruppen (siehe Definition) weist ein Maximum um 51 bis 60 Jahre auf. (Abb. 14) Graphisch und analytisch zeigt sich, dass die Daten nicht normalverteilt sind. (Kolmogorov-Smirnov und Shapiro-Wilk Test jeweils $p < 0,001$)

Im Populationsdiagramm mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion (Abb. 15) zeichnet sich eine Häufung in den Altersgruppen von 21-60 Jahren ab.

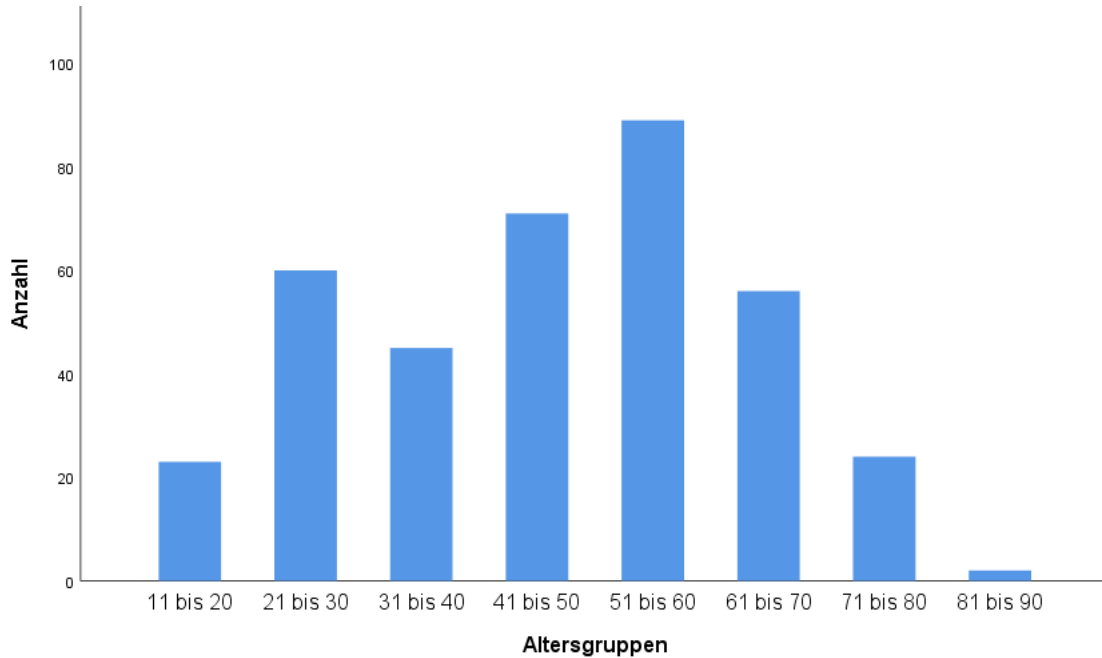


Abb. 14: Verteilung über die Altersgruppen (siehe Definition)

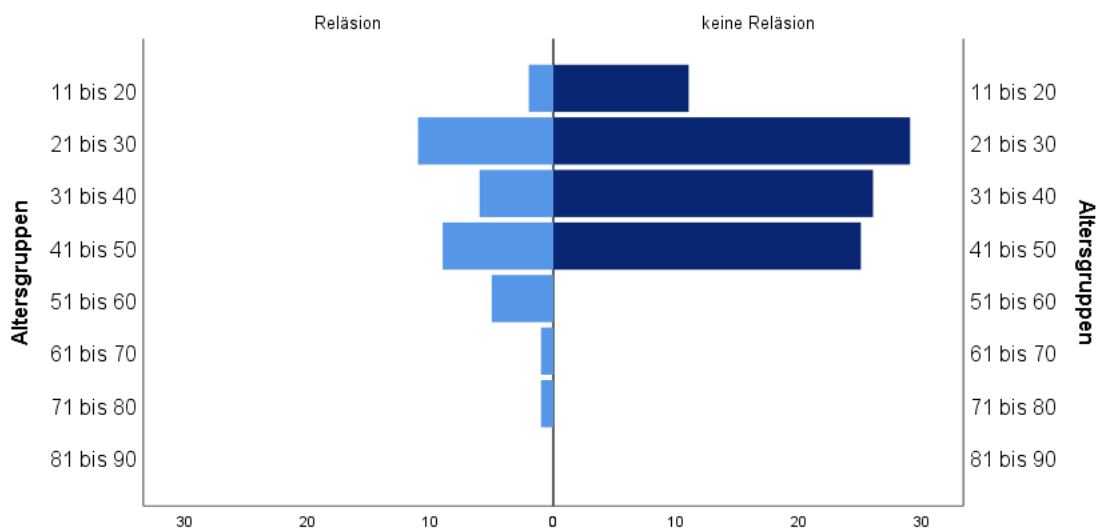


Abb. 15: Verteilung über die Altersgruppen (siehe Definition) mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion“

Die Technik „Resektion“ zeigt eine deutliche Diskrepanz zwischen „keine Reläsion“ und „Reläsion“. Im Kontrast dazu ist die Anzahl an „Reläsion“ und „keine Reläsion“ annähernd gleich für die Technik „Naht“ (Abb. 16). Bei insgesamt 48 Nähten sind 15 erneut rupturiert (31,3%) im Vergleich zu 307 Resektionen mit 19 (6,2%) erneuten Läsionen. (Tab. 8)

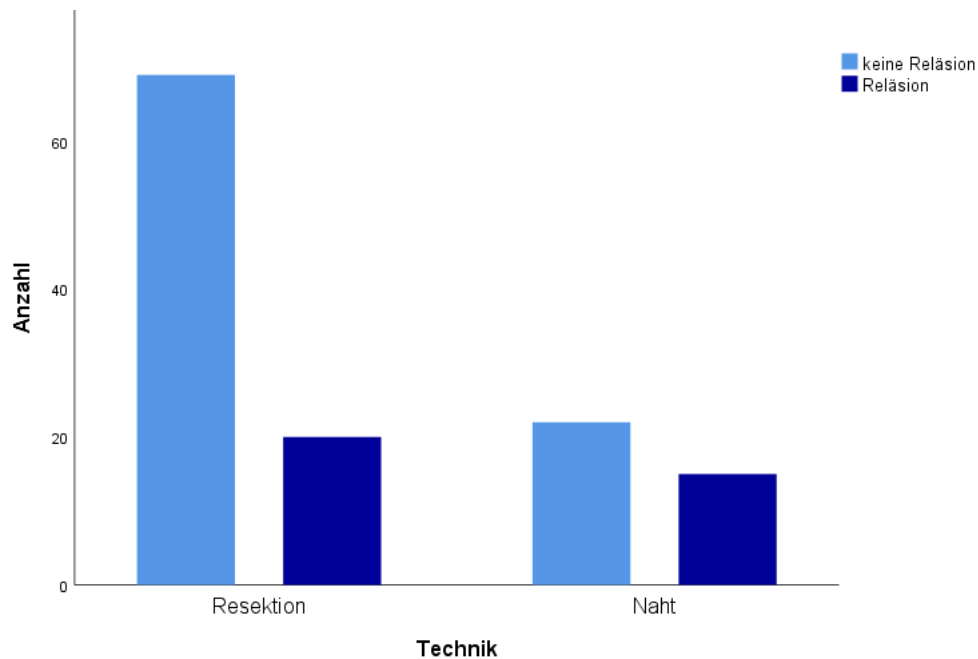


Abb. 16: Verteilung von Resektion und Naht getrennt in „Reläsion“ und „keine Reläsion“

Tab. 8: Absolute und prozentuale Reläsionsraten in jeweiliger angewandter Technik

	Reläsion	Keine Reläsion	Unbekannt	n
Naht, (%)	15 (31,3)	19 (39,6)	14 (29,2)	48
Resektion, (%)	19 (6,2)	67 (21,8)	221 (72)	307
n	34	86	235	355

Die unterschiedlichen verwendeten Nahttechniken sind in Tab. 9 aufgeführt. Mit angegeben sind die zugehörigen Anzahlen an Reläsionen bezogen auf das jeweilige Nahtverfahren. 32% sind dabei mit einem Kombinationsverfahren aus StrykerAir und

Outside-in behandelt worden. Gefolgt mit jeweils 20% für reine All-inside Nahtsystemen von den Modellen FastFix® und StrykerAir®. Vergleicht man jetzt die Anzahl der Reläsionen untereinander fällt auf, dass die Kombinationsverfahren öfter Versagen (StrykerAir® + Outside-in: 43,8% Reläsionen versus 25% intakt) oder mindestens genauso oft versagen wie intakt bleiben (FastFix® + Outside-in: 33,3% Reläsionen beziehungsweise intakt). Die reinen All-inside von Stryker® und FastFix® versagen dagegen beide jeweils nur in 2 (20%) Fällen und bleiben in 6 (60%) respektive 7 (70%) unversehrt. (Abb. 17)

Bei der zeitlichen Einordnung über den betrachteten Zeitintervall von 2010-2019 liegt in den früheren Jahren von 2010-2016 anzahlmäßig das System von FastFix® vor dem von Stryker®. Erst ab 2017 löst Stryker® die vorher angewandten Techniken ab. (Abb. 20)

Bei allen interviewten Patienten, welche eine Naht erhalten haben, liegt die Punktzahl der Tegner-Aktivitätsskala stets über 4 Punkten. Mit einem Maximum von 66,7% bei 10 Punkten. (Abb. 19) Bei der Resektion sind alle möglichen Punktzahlen vertreten. Ebenfalls mit dem Maximum bei 10 Punkten und 44,7% aller Resektionen. (Abb. 18)

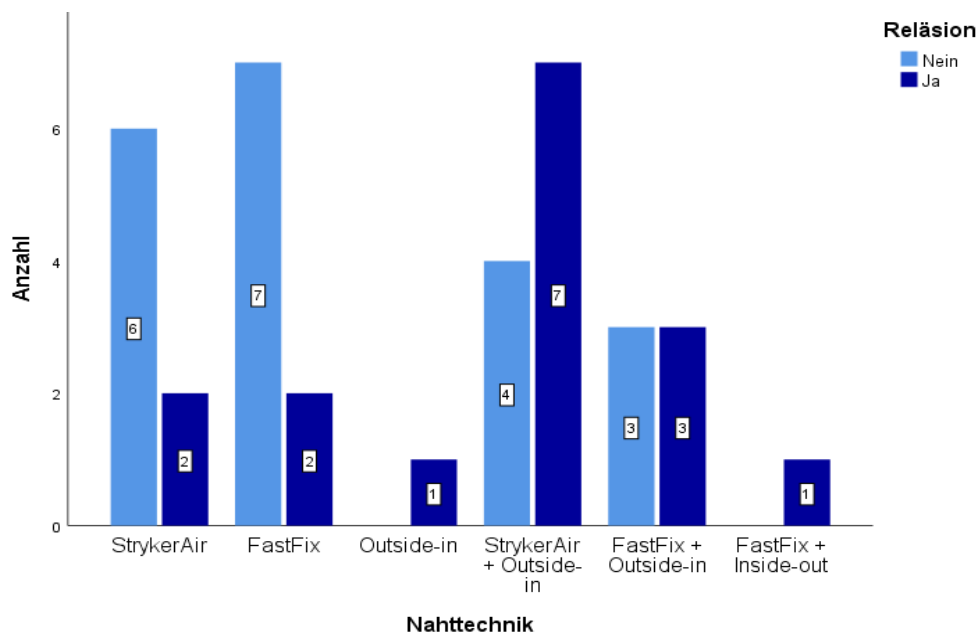


Abb. 17: Gruppieretes Balkendiagramm mit der Anzahl der jeweiligen Nahttechniken gruppiert in stattgefundenen Reläsion

Tab. 9: Nahttechnik mit zugehörigen Reläsionen

Nahttechnik							
Reläsion	StrykerAir	FastFix	Outside-in	StrykerAir + Outside-in	FastFix + Outside-in	FastFix + Inside-out	Gesamt
Ja, innerhalb der Nahttechnik (%)	2 (20)	2 (20)	1 (50)	7 (43,8)	3 (33,3)	1 (33)	16
Nein, innerhalb der Nahttechnik (%)	6 (60)	7 (70)	0 (0)	4 (25)	3 (33,3)	0 (0)	20
Unbekannt, innerhalb der Nahttechnik (%)	2 (20)	1 (10)	1 (50)	5 (31,3)	3 (33,3)	2 (66,7)	14
Gesamt, aller Nähte (%)	10 (20)	10 (20)	2 (4)	16 (32)	9 (18)	3 (6)	50

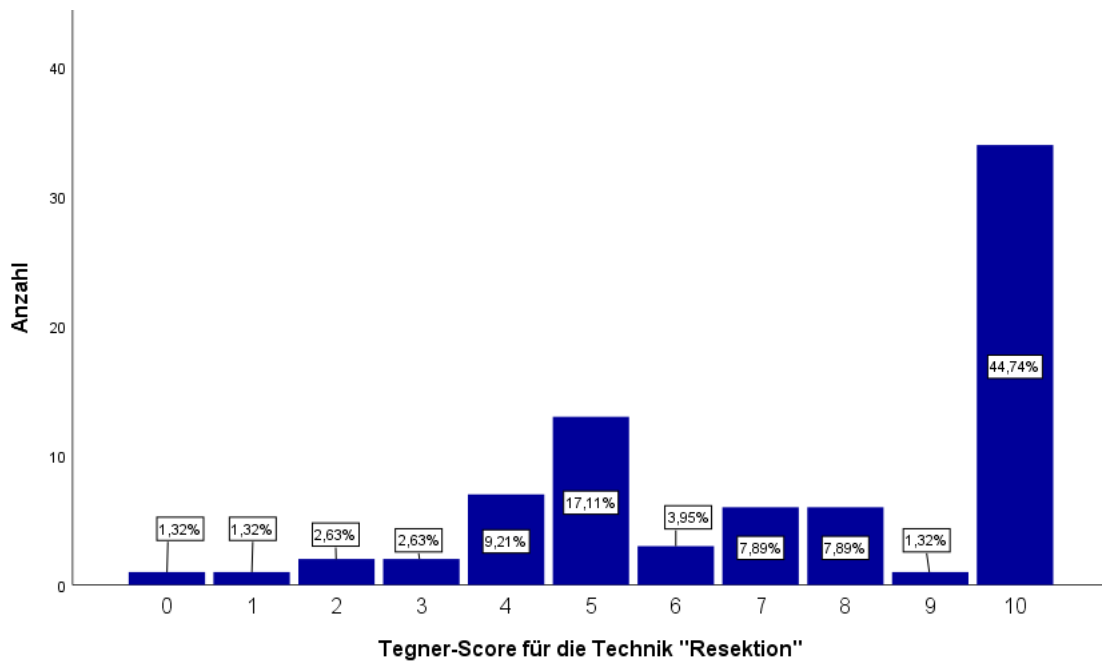


Abb. 18: Tegner-Score für Resektionen

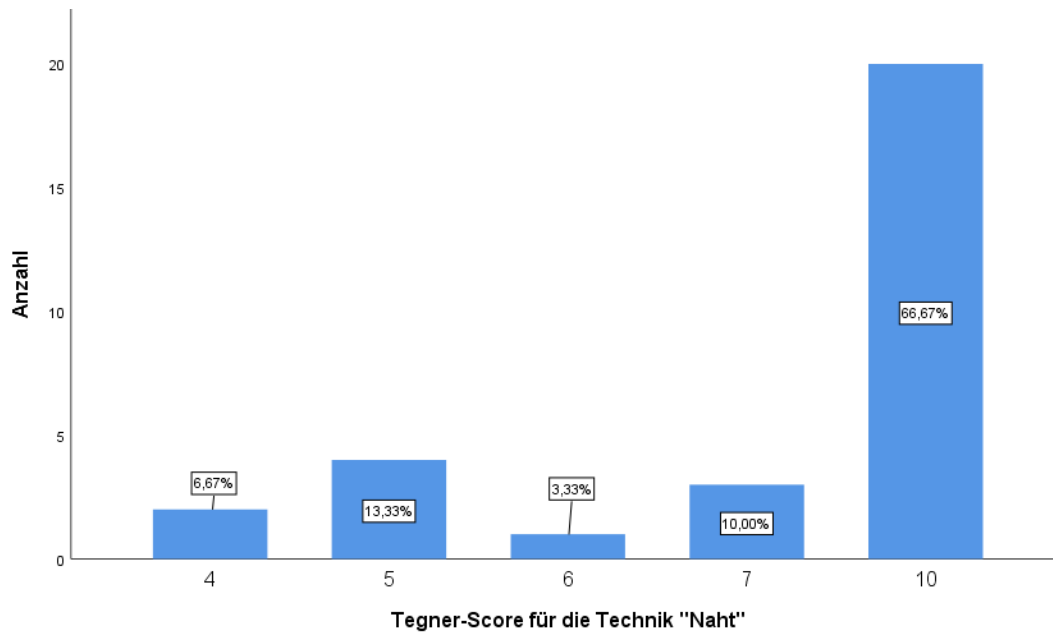


Abb. 19: Tegner-Score für Nähte

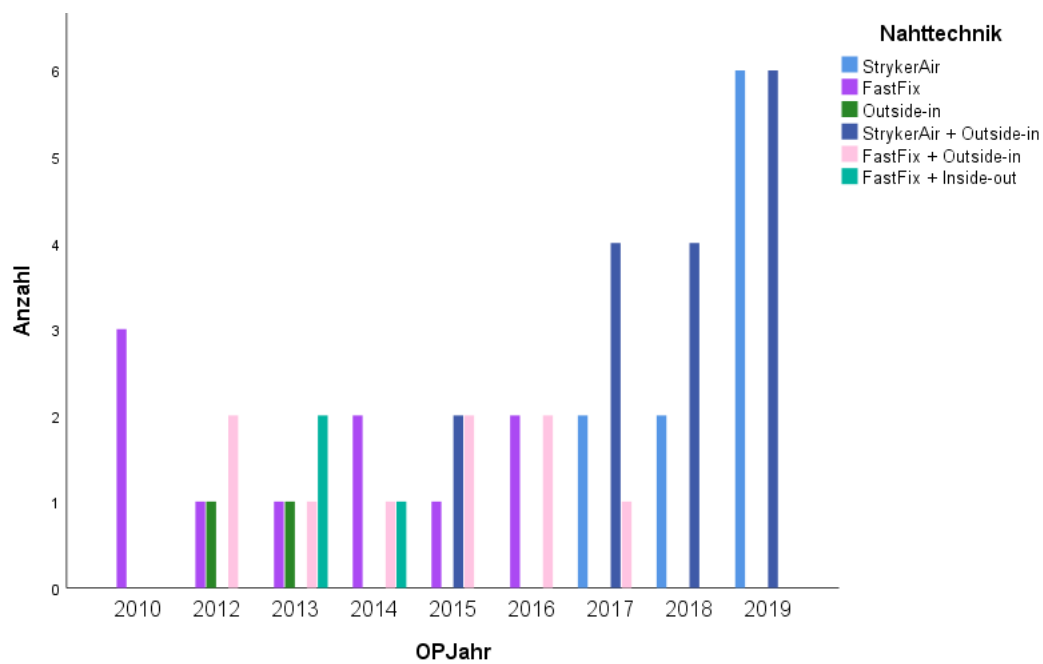


Abb. 20: Anzahl der jeweiligen Nahttechnik mit zugehörigem OP-Jahr

3.4.2 Kaplan Meyer und Cox Regressionsanalysen

Um den jeweiligen Einfluss von Alter, BMI und OP-Technik auf das Eintreten einer Reläsion zu ermitteln beziehungsweise ob überhaupt ein solcher Einfluss existiert, wurden Kaplan Meyer Analysen und zugehörige Überlebenskurven errechnet. Für die Hazard Ratio's wurden Cox Regressionen angewandt.

Die Kaplan Meyer Überlebenskurven zeigen keinen signifikanten Unterschied für das Eintreten einer Reläsion (log Rank = 0,135) zwischen den beiden BMI Gruppen „höchstens Normalgewicht“ und „mindestens Übergewicht“. (Abb. 21)

Ebenso verhält es sich bei den Kaplan Meyer Kurven für die unterschiedlichen Altersgruppen (siehe Definitionen). Mit einem „log Rank“ von 0,804 ist auch hier kein signifikanter Unterschied für sich ereignende Reläsionen zu erkennen. (Abb. 22)

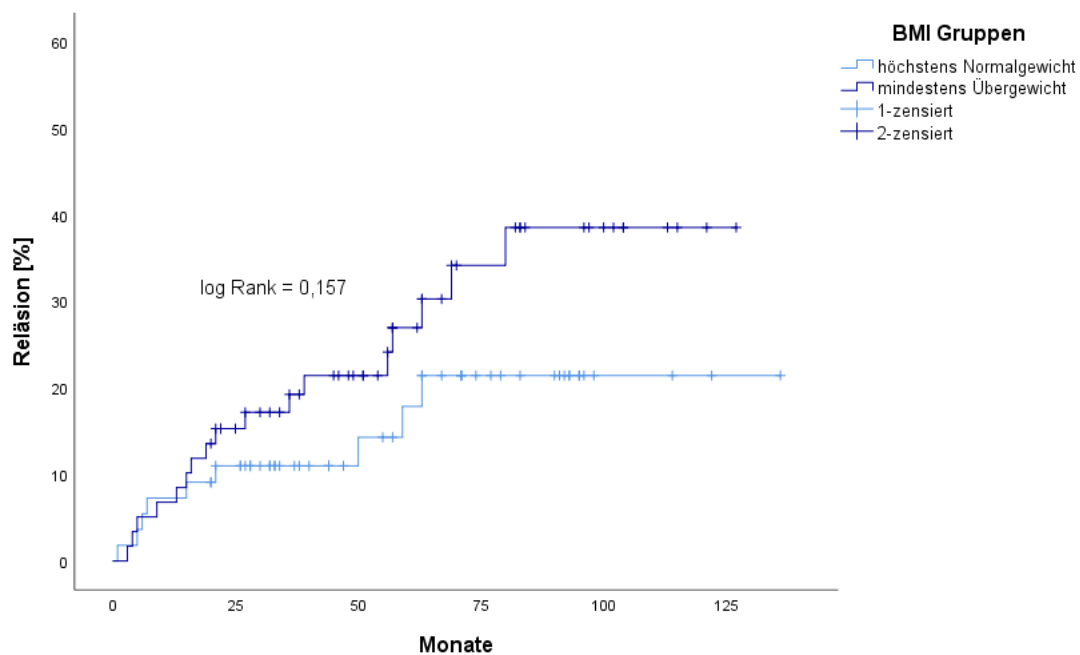


Abb. 21: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während des gesamten Beobachtungszeitraums unterteilt in „höchstens Normalgewicht“ versus „mindestens Übergewicht“

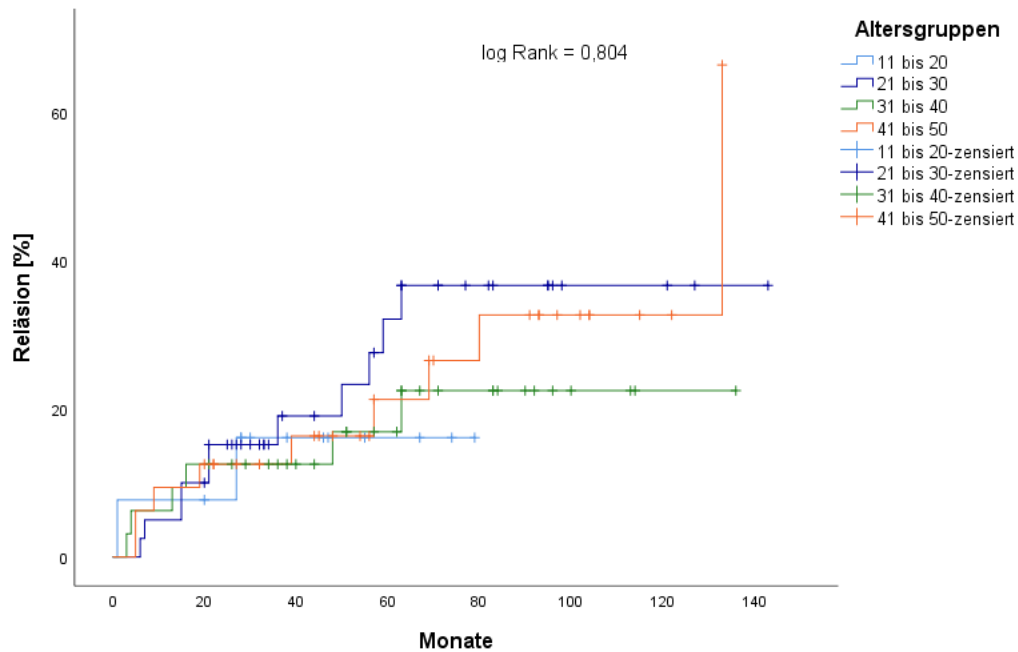


Abb. 22: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während des gesamten Beobachtungszeitraums unterteilt in Altersgruppen (siehe Definitionen)

Für die Aufteilung der Reläsionen über die angewandte OP-Technik zeigt sich für unterschiedliche Beobachtungszeiträume eine Signifikanz zwischen Nähten und Resektionen. Die Beobachtungszeiträume erstrecken sich über maximal 5 Jahre nach Operation (Abb. 23) und maximal 10 Jahre nach Operation (Abb. 24). Für das maximale 5 Jahres Follow-Up liegt der „log Rank“ bei 0,019 respektive für das maximale 10 Jahres Follow-Up bei $<0,001$.

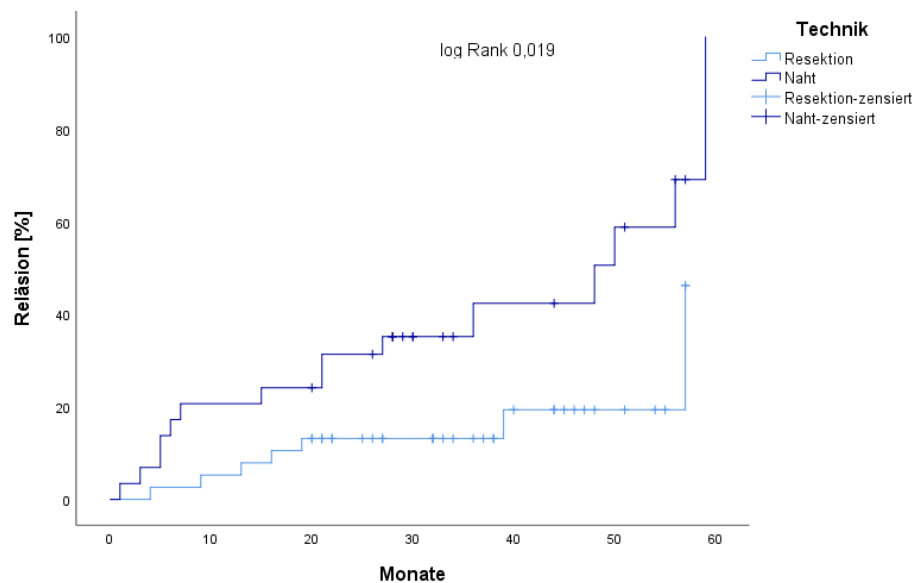


Abb. 23: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während 5 Jahren aufgeteilt in die OP-Technik „Resektion“ versus „Naht“

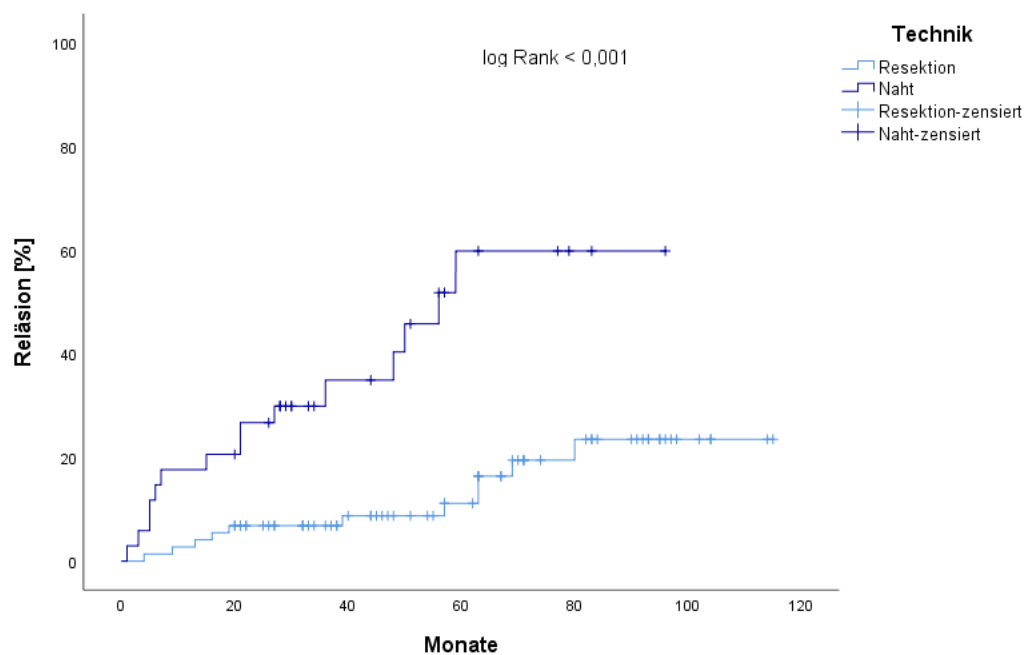


Abb. 24: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen Kurven während 10 Jahren aufgeteilt in die OP-Technik „Resektion“ versus „Naht“

Komplementierend dazu wurden Cox Regressionen durchgeführt für den gesamten Beobachtungszeitraum (Tab. 10), 5 Jahre (Tab. 11) und 10 Jahre (Tab. 12). Für alle Zeiträume zeigt sich kein signifikanter Einfluss von Alter und BMI auf Reläsionsraten

(Gesamter Zeitraum: $p=0,187$; respektive $p=0,522$; 5 Jahre: $p=0,287$ respektive $p=0,597$; 10 Jahre: $p=0,203$ respektive $0,556$). Die OP-Technik hat demgegenüber einen signifikanten Einfluss auf das Auftreten von Reläsionen (Gesamter Zeitraum: $p<0,001$; 5 Jahre: $p=0,009$; 10 Jahre: $p<0,001$) und alle 95% CI größer „1“. Die Hazard Ratio für den gesamten Zeitraum beträgt 7,174; HR für 5 Jahre 4,394; HR für 10 Jahre 6,695.

Tab. 10: Cox Regressionsanalyse für gesamten Beobachtungszeitraum für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik

Abk.: CI Konfidenzintervall, HR Hazard Ratio

Variable	Hazard Ratio	95% CI für HR	p
Alter, Jahre	1,034	0,984 – 1,087	0,187
BMI, kg/m ²	1,022	0,956 – 1,092	0,522
Technik, Naht versus Resektion	7,174	2,749 – 18,723	<0,001

Tab. 11: Cox Regressionsanalyse im Beobachtungszeitraum von 5 Jahren für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik

Abk.: CI Konfidenzintervall, HR Hazard Ratio

Variable	Hazard Ratio	95% CI für HR	p
Alter, Jahre	1,031	0,974 – 1,091	0,287
BMI, kg/m ²	1,023	0,940 – 1,114	0,597
Technik, Naht versus Resektion	4,394	1,446 – 13,358	0,009

Tab. 12: Cox Regressionsanalyse im Beobachtungszeitraum von 10 Jahren für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik

Abk.: CI Konfidenzintervall, HR Hazard Ratio

Variable	Hazard Ratio	95% CI für HR	p
Alter, Jahre	1,033	0,983 – 1,086	0,203
BMI, kg/m ²	1,020	0,955 – 1,090	0,556
Technik, Naht versus Resektion	6,695	2,561 – 17,504	<0,001

3.5 Wie gut stimmen die präoperativen Magnetresonanztomographien mit der intraoperativen Befundung überein?

3.5.1 Deskriptive Statistik

In den Befunden des MRT beziehungsweise der Arthroskopie wurden 984 Läsionslokalisationen angegeben. Davon stammen 382 (39%) aus dem MRT und 440 (44,7%) aus der Arthroskopie. Aus der jeweils korrespondierenden Diagnostik fand sich in der Arthroskopie bei 71 (18,6%) Befunden respektive im MRT bei 91 (20,7%) Befunden kein Korrelat. In 32 Fällen fand kein MRT statt oder wurde nicht archiviert/dokumentiert. (Tab. 13) Somit ergibt sich eine Sensitivität von 77,9% für die hier untersuchten MRT-Befunde im Vergleich mit dem Arthroskopiebefund. (Tab. 14)

Tab. 13: Übersicht über alle Befunde und Korrelationen aufgeteilt in das jeweilige diagnostische Verfahren
Abk.: ArthroB. Arthroskopiebefunde, MRT Magnetresonanztomographie

Alle Befunde	Befunde aus dem MRT, (% aller Befunde)	Befunde aus der Arthroskopie, (% aller Befunde)	Kein Korrelat in der Arthroskopie, (% der MRT Befunde)	Kein Korrelat im MRT, (% der ArthroB.)	Kein MRT erhalten
984	382 (39)	440 (44,7)	71 (18,6)	91 (20,7)	34

Tab. 14: Vier Felder Tafel zu Außen- und Innenmeniskusläsionen
Abk.: MRT Magnetresonanztomographie

	Positiver MRT Befund	Negativer MRT Befund	Gesamt
Nachgewiesene Meniskusläsion	311	91	402
Keine nachgewiesene Meniskusläsion	71	unbekannt	unbekannt
Gesamt	382	unbekannt	unbekannt

3.5.2 Diagnostik des Außenmeniskus

Der häufigste im OP festgestellte Riss war 36-mal unter der Ortsangabe „nns-AM“ zu finden ohne weitere Spezifizierung. Unter den expliziteren Beschreibungen war die größte Anzahl im AM HH mit 34. Im MRT hingegen war das AM VH mit 21 Läsionen am stärksten vertreten. (Abb. 25) Die meisten nicht nachvollziehbaren Lokalisationen im OP sind im MRT mit „blande“ beschrieben worden, also keine bildmorphologisch feststellbare Pathologie. In Zahlen waren das 13 Stück und waren zu 100% nicht kongruent mit der Arthroskopie (Abb. 26). Befunde, die in der Operation beschrieben wurden, aber nicht im MRT, waren mit 22 Stück unter „nns-AM“ am stärksten vertreten (61,1% aller aus dem OP stammenden nicht näher spezifizierten „AM“ Befunde). Den zweitgrößten Teil machten die AM HH mit 16 aus (47,1% aller AM HH OP-Befunde). (Tab. 15) Die größte Anzahl an MRT Befunden im AM kommt aus dem VH mit 21 Stück. Gleichzeitig sind dieselben auch mit 8 Läsionen (38,1% aller AM VH aus dem MRT) die am häufigsten in der Arthroskopie nicht zu evaluierenden AM Pathologien. (Tab. 16)

Das entspricht einer Sensitivität von 49,5% für Außenmeniskusläsionen. (Tab. 17)

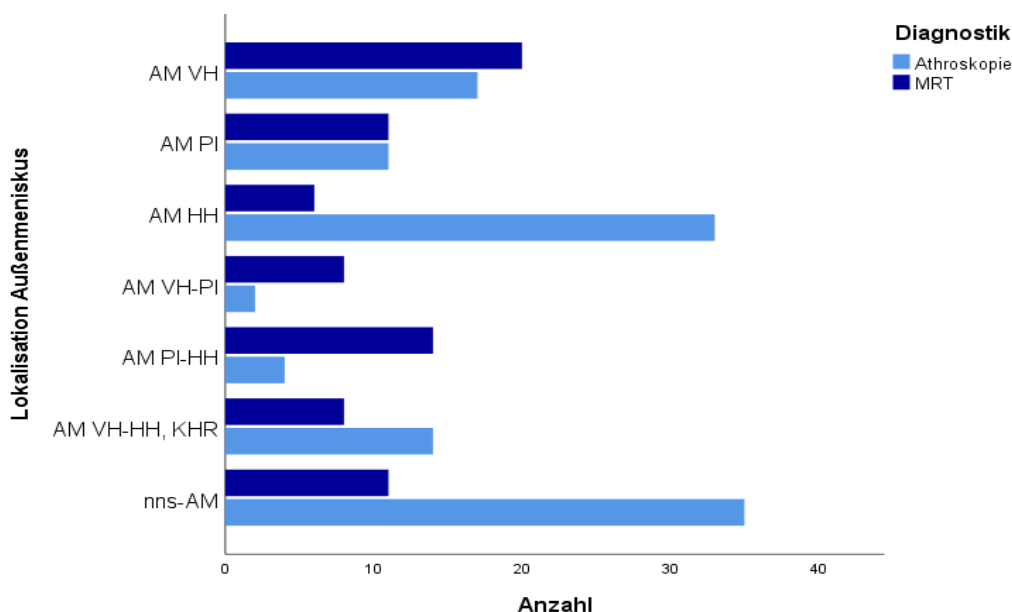


Abb. 25: Balkendiagramm mit der Anzahl der diagnostizierten Läsionen des Außenmeniskus aufgeteilt in MRT und Arthroskopiebefunde
 Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

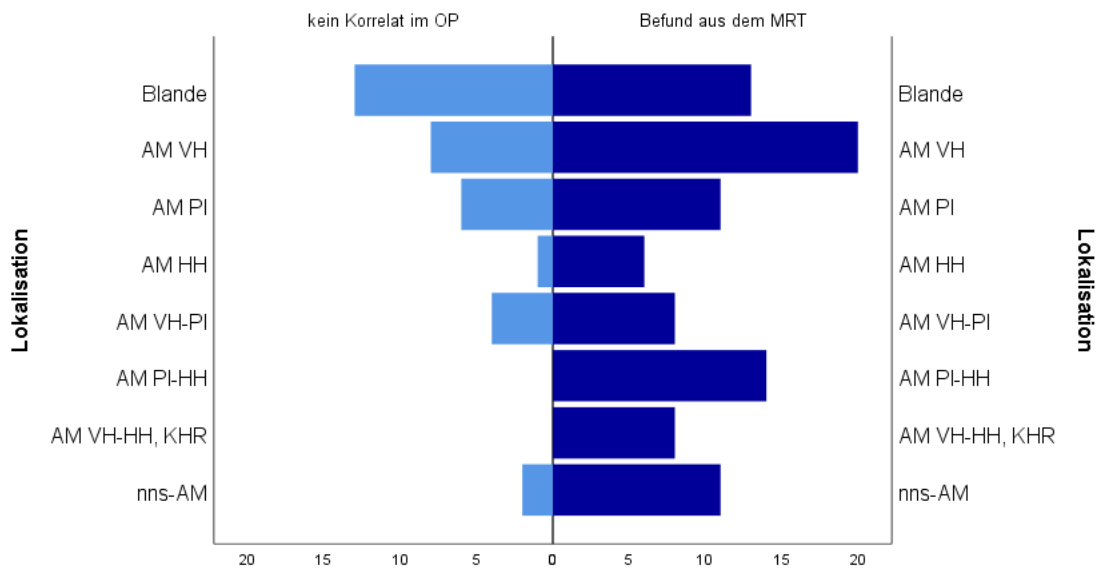


Abb. 26: Populationsdiagramm der Außenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im OP“ und „Befund aus dem MRT“

Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

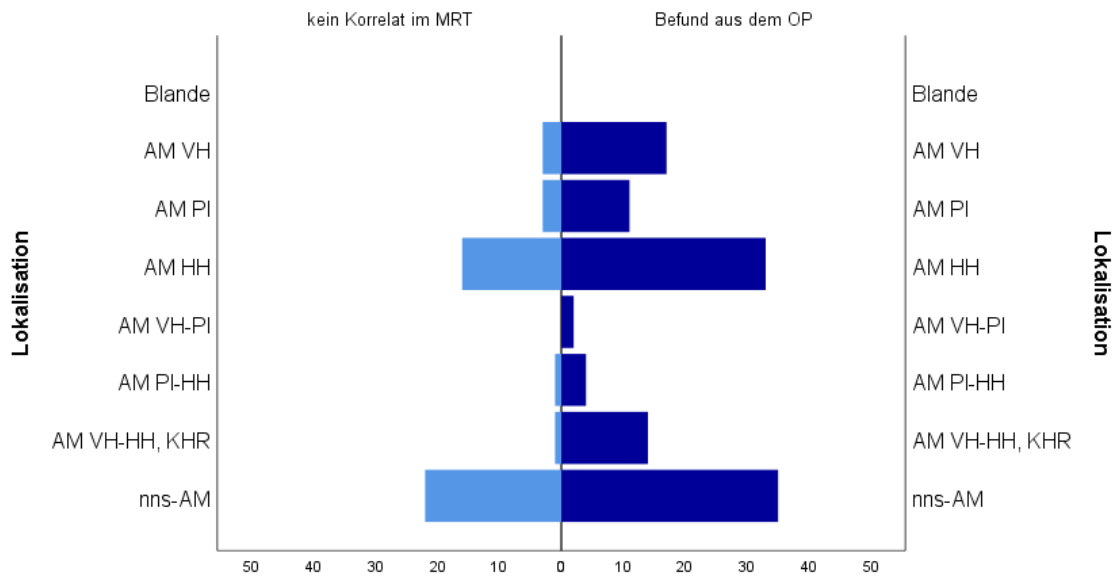


Abb. 27: Populationsdiagramm der Außenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im MRT“ und „Befund aus dem OP“

Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

Tab. 15: Außenmeniskusläsionen diagnostiziert im OP und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden MRT Befundung

Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

	Blande	AM VH	AM PI	AM HH	AM VH-PI	AM PI-HH	AM VH-HH, KHR	nns-AM
Arthroskopiebefunde	0	17	12	34	2	4	15	36
Kein Korrelat im MRT, (% der Arthroskopiebefunde)	0 (0)	3 (17,6)	4 (33,3)	16 (47,1)	0 (0)	1 (25)	1 (6,6)	22 (61,1)

Tab. 16: Außenmeniskusläsionen diagnostiziert im MRT und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden OP-Befundung

Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-AM nicht näher spezifizierte Außenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

	Blande	AM VH	AM PI	AM HH	AM VH-PI	AM PI-HH	AM VH-HH, KHR	nns-AM
MRT-Befunde	13	21	11	6	8	14	8	12
Kein Korrelat in Arthroskopie, (% der MRT-Befunde)	13 (100)	8 (38,1)	6 (54,5)	1 (16,7)	4 (50)	0 (0)	0 (0)	2 (16,7)

Tab. 17: Vier Felder Tafel für Außenmeniskusläsionen

Abk.: AM Außenmeniskus, MRT Magnetresonanztomographie

	Positiver MRT Befund	Negativer MRT Befund	Gesamt
Nachgewiesene AM-Läsion	46	47	93
Keine nachgewiesene AM-Läsion	34	unbekannt	unbekannt
Gesamt	80	unbekannt	unbekannt

3.5.3 Diagnostik des Innenmeniskus

Der Innenmeniskus war mit Abstand am stärksten in beiden Diagnostika im Hinterhorn betroffen (Abb. 28). In der Arthroskopie 215-mal (48,9% aller OP-Befunde) und 150 HH Läsionen im MRT (39,3% aller MRT-Befunde).

Die häufigsten im MRT nicht diagnostizierten Lokalisationen waren absolut gesehen das IM VH mit 18 beziehungsweise IM HH mit 14. Jedoch machen die 14 IM HH nur 6,2% aller in der OP gefundenen IM HH Läsionen aus. Im Gegensatz dazu sind die radiologisch nicht erkannten 11 IM PI bei 91,7% gefolgt von den 18 IM VH mit 66,7%. (Tab. 18, Abb. 29, Abb. 30)

Im OP nicht nachvollziehbar waren 17 IM HH Risse und 13 IM PI Läsionen. Prozentual betrachtet sind das 50% der IM PI und 11,3% der IM HH, welche arthroskopisch nicht auffindbar waren. (Tab. 19: Innenmeniskusläsionen diagnostiziert im MRT und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden OP-Befundung. (Tab. 19)

Dies ergibt eine Sensitivität von 84,4% für die Innenmeniskusläsionen. (Tab. 20)

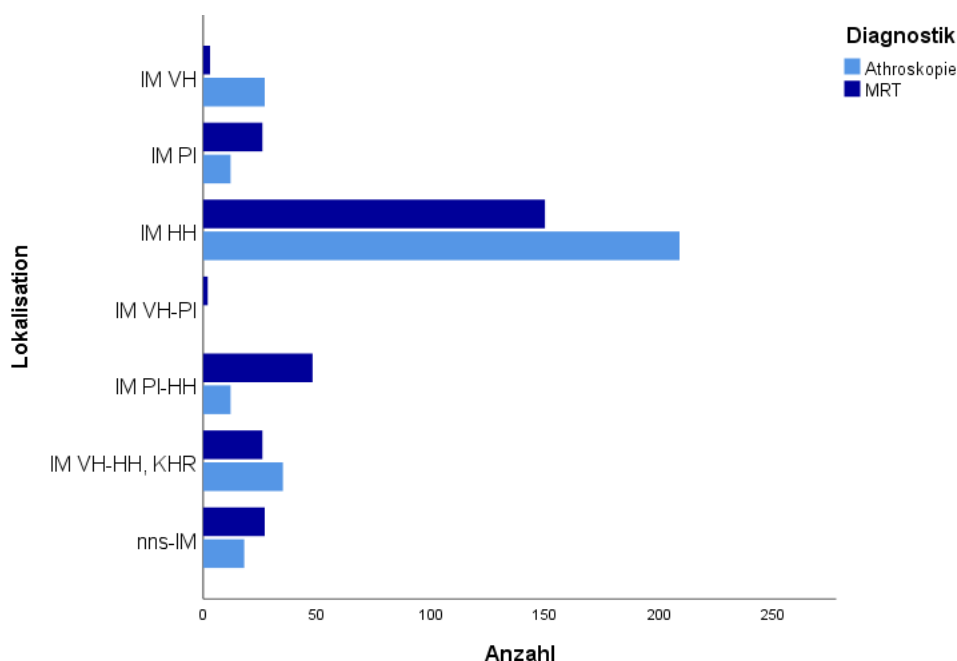


Abb. 28: Balkendiagramm mit der Anzahl der diagnostizierten Läsionen des Innenmeniskus aufgeteilt in MRT und Arthroskopiebefunde

Abk.: IM Innenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-IM nicht näher spezifizierter Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

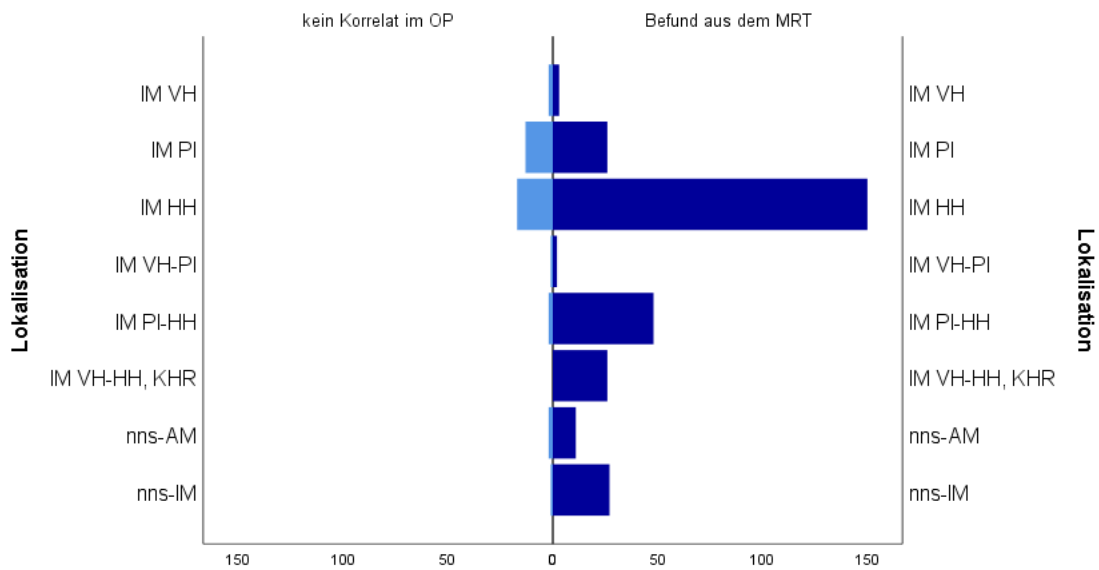


Abb. 29: Populationsdiagramm der Innenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im OP“ und „Befund aus dem MRT“

Abk.: IM Innenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-IM nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

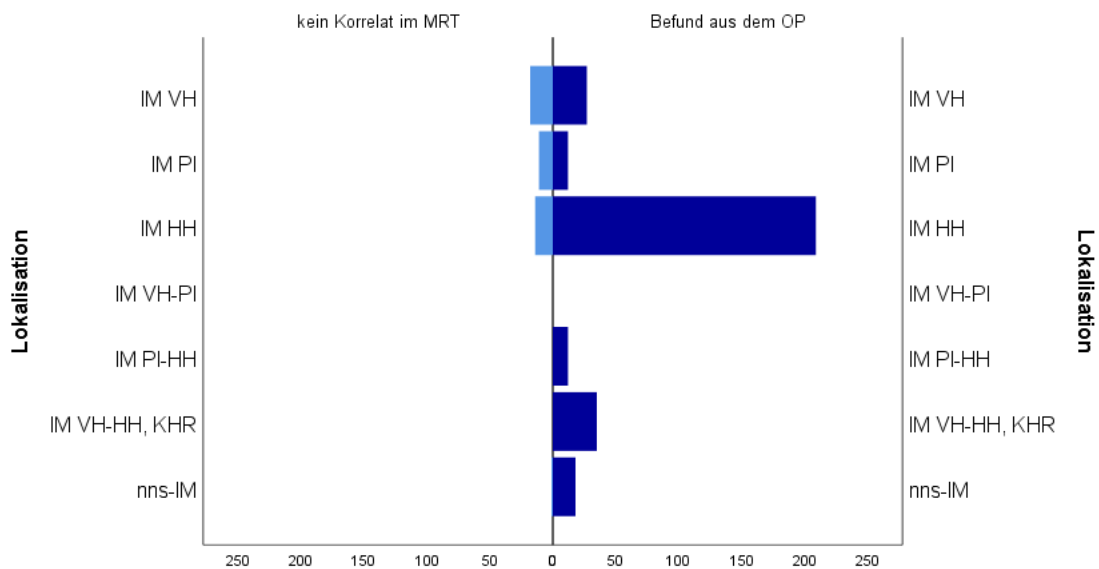


Abb. 30: Populationsdiagramm der Innenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im MRT“ und „Befund aus dem OP“

Abk.: IM Innenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-IM nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

Tab. 18: Innenmeniskusläsionen diagnostiziert im OP und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden MRT Befundung

Abk.: IM Innenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-IM nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

	IM VH	IM PI	IM HH	IM VH-PI	IM PI-HH	IM KHR	VH-HH, nns-IM
Arthroskopiebefunde	27	12	215	0	12	35	19
Kein Korrelat im MRT, (% der Arthroskopiebefunde)	18 (66,7)	11 (91,7)	14 (6,2)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5,3)

Tab. 19: Innenmeniskusläsionen diagnostiziert im MRT und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden OP-Befundung

Abk.: IM Innenmeniskus, HH Hinterhorn, KHR Korbhenkelriss, MRT Magnetresonanztomographie, nns-IM nicht näher spezifizierte Innenmeniskusläsion, PI Pars Intermedia, VH Vorderhorn

	IM VH	IM PI	IM HH	IM VH-PI	IM PI-HH	IM KHR	VH-HH, nns-IM
MRT-Befunde	3	26	150	2	48	26	27
Kein Korrelat in Arthroskopie, (% der MRT-Befunde)	2 (66,7)	13 (50)	17 (11,3)	2 (100)	2 (4,2)	0 (0)	1 (3,7)

Tab. 20: Vier Felder Tafel für Innenmeniskusläsionen

Abk.: IM Innenmeniskus, MRT Magnetresonanztomographie

	Positiver MRT Befund	Negativer MRT Befund	Gesamt
Nachgewiesene IM-Läsion	238	44	282
Keine nachgewiesene IM-Läsion	37	unbekannt	unbekannt
Gesamt	275	unbekannt	unbekannt

3.5.4 Gesonderte Fälle

Gesondert stehen die MRT's, welche keine Pathologien in beiden Menisken erkannten. Insgesamt war dies 13-mal der Fall. Am öftesten wurden 5 IM VH Rupturen nicht erkannt (38,5% aller „blande“ MRT-Befunde). 4 im IM HH, 2 mit dem OP-Befund nns-AM und jeweils 1 Befund im AM HH und AM VH-HH, KHR. (Tab. 21)

Tab. 21: OP-Befunde mit dem korrespondierenden MRT Befund „blande“
Abk.: AM Außenmeniskus, HH Hinterhorn, IM Innenmeniskus, MRT Magnetresonanztomographie, VH Vorderhorn

Arthroskopiebefund mit vorherigem MRT Befund „blande“						
	AM HH	AM VH- HH, KHR	IM VH	IM HH	nns-AM	n
Anzahl, (%)	1 (7,6)	1 (7,6)	5 (38,5)	4 (30,8)	2 (15,4)	13

Die nachfolgende Statistik (Tab. 22) bezieht sich auf alle Meniskusrupturen mit dem Kontext einer im MRT gesicherten Läsion und gleichzeitig nicht diagnostizierten Läsion des jeweils ipsilateralen Gegenmeniskus. Dabei wurden 29 AM Pathologien nicht diagnostiziert, wenn der ipsilaterale IM eine radiologische Schädigung aufwies. Umgekehrt wurden 6 IM nicht identifiziert bei nachweisbarer Schädigung des ipsilateralen AM. Von all diesen speziellen nicht erkannten Läsionen sind das insgesamt 82,9% im AM und 17,1% im IM.

Tab. 22: OP-Befund an Menisken, welche zuvor in der MRT der entsprechenden Seite (lateral/medial) als „blande“ eingestuft worden sind, aber die Gegenseite in beiden Diagnostika nachgewiesene Läsionen aufwies
Abk.: AM Außenmeniskus, IM Innenmeniskus, MRT Magnetresonanztomographie

Nicht diagnostizierte Läsion für IM/AM im MRT			
	AM	IM	n
Anzahl, (%)	29 (82,9)	6 (17,1)	36
Prozent aller MRT Befunde, (%)	7,5	1,6	9,4

Die Dritte gesondert betrachtete Gruppe bilden die „nicht benachbarten Läsionen“ (siehe Definition). Dabei sind 4 Lokalisationen in den Außenmenisken im MRT nicht mit dem OP-Befund zu vereinbaren und auch nicht örtlich in unmittelbarer Nähe. Für den

Innenmeniskus beläuft sich die Zahl auf 9. Das macht 1% aller verzeichneten Fälle des Außenmeniskus aus und 2,4% des Innenmeniskus. (Tab. 23)

Tab. 23: Anzahl der nicht benachbarten (siehe Definition) im MRT und OP unterschiedlich befundenen Läsionen

Abk.: AM Außenmeniskus, IM Innenmeniskus, MRT Magnetresonanztomographie

Keine Korrelation nicht benachbarter Läsionen im OP und MRT			
	AM	IM	n
Anzahl, (%)	4 (30,8)	9 (69,2)	13
Prozent aller MRT Befunde, (%)	1	2,4	3,4

4 Diskussion

4.1 Gibt es isolierte traumatische Meniskuläsionen?

Die Frage nach der Existenz der isolierten traumatischen Meniskuläsion können wir definitiv mit einem Ja beantworten. Von allen bei uns operierten Menisken, welche unter unsere Einschlusskriterien passen, sind 41,6% als isolierte Meniskuläsionen einzuordnen (siehe 1.2.3 Isolierte Meniskuläsionen und Begleitverletzungen).

Diese Läsionen zeigen sich in unserer Untersuchung mit größtem prozentualen Anteil in den jüngeren Altersgruppen der unter 40-Jährigen. Diese variieren von ca. 60 bis zu 67 Prozent aller versorgten Meniskuläsionen. In höheren Altersgruppen nehmen der absolute und prozentuale Anteil stetig ab. Auch überwiegt bei weitem der zu Grunde liegende Mechanismus eines traumatischen Geschehens. Die meisten Traumata lassen sich auch hier bei den jüngeren Patienten (≤ 40 Jahre) finden zwischen ca. 62% und 78% der versorgten Verletzungen. Sicherlich nicht zufällig bedingt bei der größeren Risikobereitschaft in Sachen Freizeitgestaltung, Sportgewohnheiten und auch Aktivität jüngerer Generationen. Allerdings können hier mit größerer Wahrscheinlichkeit altersbedingte degenerative Vorschädigungen und chronische Prozesse ausgeschlossen werden als bei den Gruppen mit höherem Lebensalter.

4.2 Welchen Einfluss haben Patientenalter und Jahr der Therapie auf die Auswahl des OP-Verfahrens mittels Naht?

Betrachtet man die am Uniklinikum Würzburg durchgeführten Meniskusoperationen in Bezug auf Jahr der Prozedur und angewandte Verfahrenstechnik, so sieht man einen deutlichen kontinuierlichen Anstieg der Versorgung durch eine Naht. Allerdings lässt sich dieser zu einem Großteil wiederum auf die jüngeren Patienten projizieren. Mit Hilfe statistischer Verfahren ließ sich unter Berücksichtigung der beiden Variablen Alter und OP-Jahr für beide ein signifikanter Einfluss nachweisen. Die leicht größere Rolle spielte dabei aber das OP-Jahr. Mit einer 22,7% höheren Chance eine Meniskusnaht zu bekommen pro 1 Jahr späterem OP-Jahr. Zu der gleichen Beobachtung kamen Abrams et al. [1]. In einer retrospektiven Studie, mit den Daten einer privaten Versicherungsgesellschaft von 2005-2011 in den USA, konnte man den Wechsel von

einem immer größer werdenden Anteil von Nahtverfahren im Vergleich zu Resektionen feststellen.

Entgegengesetzt dazu macht sich der Einfluss des Patientenalters mit einem negativen Regressionskoeffizienten bemerkbar. Dort verringert sich die Chance ein Nahtverfahren angewandt zu bekommen um 10,5% pro höheres Lebensjahr.

Der immer größer werdende Einfluss der Naht in der modernen Meniskus Chirurgie lässt sich mit einer größeren Auswahl an Nahtverfahren und Systemen erklären, welche oftmals schneller und zuverlässiger anzuwenden sind als frühere Vorgehensweisen. Auch der Austausch unter Unfallchirurgen und Orthopäden über den Einsatz und Vorgehensweise mit solchen Systemen und Techniken trägt zu einer weiteren Etablierung der Naht als Therapie bei. Im Hinblick auf das jedoch bevorzugt jüngere Patientenalter lässt sich der doch oftmals hohe Anspruch an die Funktionalität der Patienten an die Menisken begründen. So versucht man in den letzten Jahren den physiologischen Zustand möglichst wieder herzustellen, was der Idee einer Resektion widerspricht und eher für eine Naht spricht, Stichwort „Save the Meniscus“. [6, 9, 41]

4.3 Ereignen sich Reläsionen vermehrt im Zusammenhang mit BMI, Alter oder OP-Verfahren?

Betrachtet man die Anzahl an Reläsionen für die beiden Therapieverfahren Naht und Resektion, so zeichnet sich, relativ gesehen, eine deutlich höhere Rate an Rezidiven ab in der Gruppe der Patienten, welche mit einer Naht versorgt wurden. In Prozenten sind das 31,3% gegenüber 6,2% bei Patienten mit Resektion. Wie bereits angesprochen sind überwiegend jüngere Patienten mit einer Naht versorgt worden, welche weiterhin einen hohen funktionellen Anspruch haben und den reparierten Meniskus in gleichem Ausmaß belasten wollen wie vor dem Trauma. Gleiches beschreiben Hupperich et al. [25] für ein Nahtversagen bei jungen, sportlich aktiven Patienten. Anzumerken ist jedoch, dass diese Studie explizit für Korbhenkelrisse durchgeführt wurde.

Mit dem Ziel der primären Wiederherstellung von nahezu physiologischen Gelenkzuständen bei jüngeren Patienten neigt der Operateur, auch bei grenzwertiger Indikation, daher eher zur Naht. Dies trägt zu einer möglichen Erklärung die

Reläsionsraten von Naht gegenüber Resektion bei. Weiterhin neigen Nähte eher zum Versagen als Meniskusresektion, weil je nach Ausmaß des Resektates wenig vom Meniskus erhalten bleibt um erneut zu rupturieren.

Bei von den Patienten subjektiv vergebenen Punktzahlen im Rahmen der Tegner-Aktivitätsskala zeigt sich trotz der höheren Reläsionsrate bei Nähten eine prozentuale höhere Zufriedenheit mit dem Endergebnis. Im Vergleich zu Resektionen um über 20%. Ebenso kommen Xu et al. in einer Metaanalyse zu dem Ergebnis, dass sich Nahtverfahren mit einem höheren Score auf der Tegner-Aktivitätsskala auszeichnen, aber einer höheren Reläsionsrate haben als Resektionen.[53] Ähnliches berichten A. Fuchs et al. in einer Untersuchung zur Patientenzufriedenheit und Funktionalität des Gelenks nach einer Revision bei zuvor durchgeführter Meniskusreparatur. Patienten waren trotz einer erneuten Intervention subjektiv hochzufrieden mit dem Ergebnis.[19]

Wenn man die Nahtverfahren genauer betrachtet, so zeigt sich eine Ablösung des ab 2010 bis 2016 dominanten Nahtsystem FastFix® zugunsten der Systeme von Stryker®. Falls beide Systeme isoliert angewendet wurden, waren die Reläsionsraten jeweils bei 20%. Erst bei der Kombination von einem der Systeme mit einer konventionellen Outside-In Technik ereigneten sich deutlich mehr Reläsionen (bis zu 43% der so versorgten Fälle). In der Regel waren bei einer Kombination von einem Nahtsystem und einer konventionellen Outside-In Naht die Bedingungen schwieriger und eine nicht eindeutige oder nur grenzwertige Indikation für eine alleinige Versorgung mit einem All-Inside Verfahren gegeben. Dies wurde, wie oben schon erwähnt, nur noch durch eine eventuelle vollständige Funktionswiederherstellung gerechtfertigt, was sich auch in der Verteilung der Reläsionen auf die verschiedenen Kombinationen widerspiegelt. Damit ist durch einen komplizierteren Sachverhalt durch die Rissmorphologie und Lokalisation schon von vorneherein ein höheres Risiko auf das Versagen des angewandten Verfahrens gegeben.

In den Überlebensanalysen bezogen auf das Ereignis einer Reläsion zeigt sich kein Einfluss von BMI oder Alter. Weder in den Kaplan Meyer Überlebenskurven noch in den Cox-Regressionsanalysen. In beiden Verfahren war jedoch die Verfahrenstechnik in Bezug auf Resektion oder Naht immer signifikant für Reläsionen in der Nahtgruppe. Dies war der Fall in über den gesamten Beobachtungszeitraum, dem 5-Jahreszeitraum und 10-Jahreszeitraum.

Zusammenfassend: Reläsionen ereignen sich nicht häufiger in mindestens übergewichtigen Patientenpopulationen oder unterschiedlichen Altersgruppen. Der

einzigste in unserer Studie messbare Effekt kam von der angewandten Verfahrenstechnik, der Naht. Diese erhöhte die Gefahr einer Reläsion signifikant im Vergleich zu einer Resektion.

In einer Studie von Paxton et al. [39], welche den Vergleich von einer Nahtversorgung zu einer Resektion beschreibt in Bezug auf die Reläsionsraten, werden ähnliche Ergebnisse berichtet. Je nach Follow-Up Zeitraum (lang vs. kurz) ergibt sich eine Rate von 1,4% respektive 3,9%. Die Nahtversorgung hingegen 16,5% respektive 20,7%. Dies deckt sich mit unseren ebenfalls steigenden 5- und 10-Jahres Follow-Up Hazardratios von 4,4 respektive 6,7 für das Ereignen einer Reläsion bei OP-Verfahren mittels Naht gegenüber einer Resektion.

In Bezug auf den Risikofaktor BMI für ein Therapieversagen ist sich die Literatur uneinig, ob ein Zusammenhang besteht zwischen BMI und Reläsionen. Als Beispiel dafür Laurendon et al. [29], welche von einem erhöhten Risiko ab einem BMI von $>25 \text{ kg/m}^2$ sprechen. Kopf et al. [28] hingegen konnten kein signifikant höheres Risiko ermitteln von normalgewichtigen zu übergewichtigen Patienten. Laurendon et al. haben dabei 87 Patienten im Follow-Up gehabt. Sommerfeldt et al. hingegen 305 Patienten. In unserem Fall zeigen die Daten ebenfalls keinen signifikanten Einfluss von BMI auf das Therapieversagen. Allerdings sind auch nicht alle Patienten und somit alle möglichen Reläsionen durch das telefonische Interview erreicht worden.

Das Alter betreffend ordnet sich unser Ergebnis in die gängige Literatur ein. Rothermel et al. berichten in einer systematischen Überprüfung von 1141 behandelten Menisken von keinem Unterschied für das Ergebnis einer Meniskusnaht in Bezug auf Patienten über oder unter spezifischen Altersgrenzen. [43] Poland et al. schließen sich dem an.[40]

4.4 Wie gut stimmen die präoperativen Magnetresonanztomographien mit der intraoperativen Befundung überein?

Die Befundung im MRT im Vergleich zur intraoperativen Befundung zeigen deutliche Diskrepanzen am Außenmeniskus und dort besonders an der Lokalisation des Hinterhorns. Arthroskopisch nicht nachvollziehbare Befunde waren vor allem die als initial unauffällig eingestuften MRT's. Von diesen Patienten ließen sich bei 100% später

Läsionen in der OP nachweisen. Weitere arthroskopisch nicht nachvollziehbaren Befunde waren häufig im Außenmeniskus Vorderhorn. Intraoperativ nicht darstellbare Risse, falsch Positive, kamen überwiegend aus der Pars Intermedia.

Mit annähernd 100% Genauigkeit wurden die Rupturen erkannt, welche sich über den kompletten Meniskus erstreckten (inklusive Korbhenkelrisse), sowohl am Außenmeniskus als auch am Innenmeniskus. Lediglich ein Korbhenkelriss wurde am Außenmeniskus übersehen. Die große Treffergenauigkeit bei Rissen vom Vorderhorn bis zum Hinterhorn lässt sich durch die Größe des Defekts nachvollziehen. Kleinere Läsionen in nur einzelnen Abschnitten sind schwerer radiologisch zu detektieren, zumal die Menisken nur in 1-2 Bildern transversal zu beurteilen sind. Auch in der koronalen/sagittalen Ebene sind Risse kleiner Morphologie, limitiert durch Schichtdicke, eventuell nicht nachweisbar.

In den gesonderten Fällen der initial MR-tomographisch unauffälligen Befunde ist die intraoperativ identifizierte Risslokalisierung öfter am Innenmeniskus als am Außenmeniskus.

Übersehene Außenmeniskuspathologien gingen in 29 Fällen (7,5%) aller MRT Befunde mit einer gleichzeitigen diagnostizierten Ruptur am Innenmeniskus einher. Möglicherweise liegt hier durch die absolut gesehen häufigeren Pathologien im Innenmeniskus ein gewisser Tunnelblick vor. Die Ursache der Beschwerden wurden erkannt, auch statistisch am wahrscheinlichsten, und die Befundung weniger sorgfältig weiter durchgeführt.

Insgesamt zeichnet sich eine deutlich höhere Sensitivität für Innenmeniskusrupturen als für Außenmeniskusrupturen ab. Zu gleichem Ergebnis kamen auch Bouju et al. [12] Allerdings besteht hier das Patientenkollektiv aus Kindern. Für Erwachsene führten Bruno et al. [14] eine mit unserer vergleichbaren Studie durch mit jedoch einer deutlich kleineren Patientenzahl von 109. Auch hier war die Sensitivität für den Innen- größer als für den Außenmeniskus. Allerdings mit deutlich höheren Sensitivitäten von 98,5% innen beziehungsweise 90,5% außen. Andere Autoren beschreiben ebenso eine Abnahme der Sensitivität von Innen- zu Außenmeniskus. [18, 49]

Eine mögliche Erklärung hierfür ist das von uns gewählte retrospektive Studiendesign. Dies erlaubte keine Absprache zwischen Radiologen und Operateuren zu einer einheitlichen Läsionsbeschreibung. In der Studie von Brun et al. war dies durch graphische Karten, auf welchen der Läsionsort vermerkt wurde, gegeben.

Bei den gesonderten Fällen zeigen sich insbesondere auch für nicht-benachbarte Läsionen dementsprechend auch keine höhere Anzahl derselben. Möglicherweise basieren einige der nicht korrelierbaren MRT-Befunde, welche in direkter örtlicher Nähe in den radiologischen beziehungsweise arthroskopischen Befunden zueinander sind, auf subjektiven Feinheiten in der jeweiligen Wahrnehmung/Beurteilung der Lokalisation. Dies würde bedeuten, dass einige dieser falsch-negativen/positiven Lokalisationen in Realität ein und dieselbe sind und demnach lediglich unterschiedlich zugeordnet wurden. Dies könnte die niedrigen Sensitivitäten im Vergleich zu den anderen hier genannten Untersuchungen erklären.

4.5 Stärken und Limitationen

Stärken dieser Studie sind die große Fallzahl an Meniskuspathologien, welche sich unter den entsprechenden Einschlusskriterien finden ließen. Dadurch konnte man ligamentäre und ossäre Begleitverletzungen herausfiltern und so den isolierten Einfluss von Meniskusschäden untersuchen. Auch der große Beobachtungszeitraum von 2009-2019 und damit gut visualisierbare Wechsel im Trend der Versorgung von Meniskusläsionen ist definitiv als positiv einzustufen. Von 2009-2014 besteht damit eine gewisse Vorlaufzeit, in der Nahtversorgung noch stagniert und dann gut erkennbar zunimmt. So sind beide Zeiträume in dieser Studie vorhanden (prä-Nahtsysteme und Etablierung der Nahtsysteme). Auch die enge örtliche und innerklinische Nähe der radiologischen Abteilung ermöglichte in einem Großteil der Fälle eine zeitnahe MRT-Untersuchung und Beurteilung, so dass eventuelle Begleitverletzungen auch miterfasst werden können.

Limitationen bestehen im Design der Studie. Durch den retrospektiven Charakter konnten keine Prozess-/Studienabläufe mit der Radiologie oder den Patienten vereinbart werden.

Im Hinblick auf die Existenz isolierter Meniskusläsionen bleibt noch das Manko eines möglichen Versäumens von Begleitverletzungen durch die MRT Diagnostik in Bezug auf den zeitlichen Abstand. Hier hätte man einen zeitlichen Rahmen von Diagnostik und Trauma wählen müssen, um eine größere Sicherheit in der Detektion von relevanten Begleitverletzungen zu erzielen. Ebenso kann man die zeitlichen Abstände zwischen

MRT und Arthroskopie betrachten: Kam eventuell in der Zwischenzeit ein weiteres Trauma und damit eine Verletzung hinzu?

Es wäre förderlich gewesen eine einheitliche Terminologie in der Befundung zu benutzen um unspezifische Ausdrücke wie: „... eine Läsion im Außenmeniskus...“ als einzige Lokalisationsangabe zu verhindern. Auch eine graphische Darstellung der Befunde im/aus MRT/Arthroskopie auf einer einheitlichen Graphik wäre wünschenswert gewesen. Hier gibt es bereits eine Software zur Dokumentation, die dies ermöglichen könnte. So könnte man eventuelle Läsionen, welche zwischen oder nah an der Grenze zweier Meniskusbereiche lagen, eindeutig zuordnen und so auch bei unterschiedlicher terminologischer Beschreibung als ein und dieselbe Ruptur erkennen.

Auch das telefonische Interview stellte sich als Schwachstelle heraus. Die Änderung der Telefonnummer, sowie generelle Erreichbarkeit variierten stark je nach Zeitpunkt der Operation und Alter der Patienten. Wären feste Nachuntersuchungstermine mit den Patienten vereinbart worden, hätte man die Anzahl an jetzt fehlenden Kontaktdaten und Informationen zu Reläsionen und Tegner Aktivitätsskala sicherlich verringern können. Weiterhin hätte man zusätzlich zu der benutzten Aktivitätsskala noch eine klinische Untersuchung und Funktionstests anschließen können. Das hätte die Objektivierung des Outcomes ermöglicht. So bleibt nur die subjektive und oftmals auch nur hypothetische Einschätzung der Patienten als einzige Beurteilung übrig. Zusätzlich zum Informationsgewinn wären einheitliche Abstände in der Nachuntersuchung/Interview zur besseren Vergleichbarkeit der Informationen untereinander von Vorteil gewesen.

Die telefonischen Interviews wurden auch nur bis zu einem Alter von 50 Jahren durchgeführt. Die Begründung hinter dieser Entscheidung liegt darin, dass wir so viele sportlich aktive Patienten wie möglich eingeschlossen haben wollten und aber gleichzeitig so effizient wie möglich arbeiten wollten. Es bestand der Verdacht keines informativen Mehrgewinns bei der telefonischen Erfragung von Reläsionen und Tegner-Score in älteren Patientengruppen bei einer gleichzeitig höheren altersbedingten Rate an Begleiterkrankungen und degenerativem Verschleiß. Nichts destotrotz fehlen diese Daten in den Analysen. Somit ist die Korrelation zu Reläsion und Alter ab fünfzig Jahren nicht möglich.

4.6 Ausblick

Die Frage über die Existenz beziehungsweise Nichtexistenz von isolierten traumatischen Meniskusläsionen wird mit dieser Arbeit nicht abschließend beantwortet werden können, aber sicherlich ein Ergebnis mit richtungsweisenden Tendenzen. Zwar sind diese klar bei uns erkennbar und insbesondere bei jüngeren Patienten vertreten, jedoch müssten Studien in anderen Zentren durchgeführt werden, um eine ausreichende Informationslage zu gewinnen um als Basis für gutachterliche Stellungnahmen in Betracht zu kommen.

Die Wahl des Therapieverfahrens unterliegt einem immer noch andauernden Wandel. So müssen auch in Zukunft die weitere Etablierung der Nahtverfahren betrachtet werden, auch und besonders wegen der höheren Reläsionsraten.

Bei der einzelnen Betrachtung der Reläsionen unter verschiedenen Einflussfaktoren wie BMI, Alter und Operationstechnik besteht weiterhin mehr Bedarf an Studien, welche diese genau untersuchen. Die bisherige Meinung in Publikationen deckt sich mit der unseren. Jedoch wäre es für zukünftige Arbeiten aufschlussreich nicht nur den BMI als Merkmal zu benutzen, sondern diesen in direktem Zusammenhang mit körperlicher Aktivität zu setzen. Ebenso mit dem Einflussfaktors des Alters, welcher ebenso wie der BMI für das Auftreten einer erstmaligen Ruptur ein Risikofaktor zu sein scheint.

Das MRT als diagnostischer Goldstandard wird auch weiterhin die Norm bleiben. Jedoch sollte man insbesondere nochmal genauer untersuchen unter welchen Umständen und Konstellationen Läsionen übersehen werden oder komplett falsch lokalisiert werden. In dieser Arbeit wurde das Thema nur oberflächlich aufgegriffen, da unsere Daten primär nicht mit diesem Ziel selektiert wurden. Deshalb fehlen auch die richtig-negativen Befunde. Das erfordert eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit und Koordination zwischen Chirurgie und Radiologie. Auch könnte man unsere Daten im Nachgang noch einmal durch einen Radiologen bewerten lassen, ob dieser nach Kenntnis des intraoperativen Befundes, die präoperativ angefertigten Bildern retrospektiv anders beurteilen würde.

5 Zusammenfassung

Die Menisken sind ein vitaler Bestandteil für die Stabilität und Mobilität des Kniegelenks. Verletzungen des Meniskus weisen eine hohe Prävalenz in der Bevölkerung auf. Schätzungsweise sind bis zu 25% der Erwachsenen in den USA betroffen. Auch in Deutschland wird die Meniskusruptur mittlerweile als Berufskrankheit anerkannt.

Die Studie ist als retrospektive Registerstudie designt. Alle Patienten wurden im Zeitraum vom 08.01.2009 bis zum 23.12.2019 am Universitätsklinikum in Würzburg operiert. Insgesamt schlossen wir 361 Patienten ein.

Unter Ausschluss von Begleitverletzungen und Knochenmarksödemen konnten 41,6% der eingeschlossenen Fälle als isolierte Meniskusläsionen eingestuft werden, insbesondere bei jüngeren Patienten (<40 Jahre) ließ sich zudem ein adäquates Trauma nachweisen.

Mögliche Risikofaktoren wurden auf deren Einfluss für eine Reläsion untersucht. Dabei stellte sich unter den Variablen BMI, Alter und OP-Technik lediglich letztere als ein signifikanter Faktor heraus (logRank von 0,019 5-Jahre-Follow-up; logRank von <0,001 10-Jahre-Follow-up).

Die Diagnostik mittels MRT als Goldstandard und die Überprüfung derer Befunde in der Arthroskopie wiesen einen deutlichen Abfall der Sensitivität vom Innen- zum Außenmeniskus auf. Interessanter sind die Fälle, in denen eine Läsion übersehen wurde, falls auf dem anderen Meniskus eine Läsion festgestellt wurde.

Zusammenfassend zeigt unsere Studie eindeutig, dass es isolierte Meniskusläsionen gibt. Auch Nahtverfahren, welche sich gerade weiterhin im Aufschwung befinden, müssten weiter auf die höheren Reläsionsraten untersucht und beobachtet werden. BMI als Risikofaktor für ein Therapieversagen bleibt weiterhin zu diskutieren auch mit Einbezug von sportlicher und körperlicher Aktivität. MRT als Goldstandard der nichtinvasiven Diagnostik wird unverändert bleiben. Jedoch sollte ein Fokus darauf geworfen werden, wann und unter welchen Umständen Läsionen übersehen werden. Dies erfordert weitere speziell dafür ausgerichtete Ausarbeitungen.

6 Literaturverzeichnis

1. Abrams, G.D., et al., *Trends in meniscus repair and meniscectomy in the United States, 2005-2011*. Am J Sports Med, 2013. **41**(10): p. 2333-9.
2. Achtnich, A., et al., *Indikation und Technik der Meniskusrefixation*. Arthroskopie, 2010. **24**(1): p. 22-29.
3. Ahmed, A.M. and D.L. Burke, *In-vitro measurement of static pressure distribution in synovial joints--Part I: Tibial surface of the knee*. J Biomech Eng, 1983. **105**(3): p. 216-25.
4. Anderson, A.F., et al., *Interobserver reliability of the International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine (ISAKOS) classification of meniscal tears*. Am J Sports Med, 2011. **39**(5): p. 926-32.
5. Baker, B.E., et al., *Review of meniscal injury and associated sports*. Am J Sports Med, 1985. **13**(1): p. 1-4.
6. Bansal, S., et al., *Meniscal repair: The current state and recent advances in augmentation*. J Orthop Res, 2021. **39**(7): p. 1368-1382.
7. Barber, F.A., et al., *The Biomechanical Performance of the Latest All-Inside Meniscal Repair Devices*. Arthroscopy, 2020. **36**(12): p. 3001-3007.
8. Beaufils, P., et al., *The knee meniscus: management of traumatic tears and degenerative lesions*. EFORT Open Rev, 2017. **2**(5): p. 195-203.
9. Beaufils, P. and N. Pujol, *Management of traumatic meniscal tear and degenerative meniscal lesions. Save the meniscus*. Orthop Traumatol Surg Res, 2017. **103**(8S): p. S237-S244.
10. Bhatia, S., et al., *Meniscal root tears: significance, diagnosis, and treatment*. Am J Sports Med, 2014. **42**(12): p. 3016-30.
11. BMA, *Merkblatt für die ärztliche Untersuchung zur BK Nr. 2102: Meniskusschäden nach mehrjährigen andauernden oder häufig wiederkehrenden, die Kniegelenke überdurchschnittlich belastenden Tätigkeiten*. BArbBl. 2/1990: p. 135.
12. Bouju, Y., et al., *The concordance of MRI and arthroscopy in traumatic meniscal lesions in children*. Orthop Traumatol Surg Res, 2011. **97**(7): p. 712-8.
13. Bronstein, R.D. and J.C. Schaffer, *Physical Examination of the Knee: Meniscus, Cartilage, and Patellofemoral Conditions*. J Am Acad Orthop Surg, 2017. **25**(5): p. 365-374.
14. Bruno, F., et al., *Comparative evaluation of meniscal pathology: MRI vs arthroscopy*. J Biol Regul Homeost Agents, 2019. **33**(2 Suppl. 1): p. 9-14 XIX Congresso Nazionale S I C O O P Societa' Italiana Chirurghi Ortopedici Dell'ospedalita' Privata Accreditata.
15. Chahla, J., et al., *Meniscal Ramp Lesions: Anatomy, Incidence, Diagnosis, and Treatment*. Orthop J Sports Med, 2016. **4**(7): p. 2325967116657815.
16. Chen, S., et al., *Meniscus, articular cartilage and nucleus pulposus: a comparative review of cartilage-like tissues in anatomy, development and function*. Cell Tissue Res, 2017. **370**(1): p. 53-70.
17. Cooper, D.E., S.P. Arnoczky, and R.F. Warren, *Arthroscopic meniscal repair*. Clin Sports Med, 1990. **9**(3): p. 589-607.
18. Crawford, R., et al., *Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review*. Br Med Bull, 2007. **84**: p. 5-23.
19. Fuchs, A., et al., *Isolated revision meniscal repair - failure rates, clinical outcome, and patient satisfaction*. BMC Musculoskelet Disord, 2018. **19**(1): p. 446.
20. Glaser, C., et al., *[Meniscus and ligament injuries]*. Radiologe, 2006. **46**(1): p. 26-35.

21. Gobbo Rda, R., et al., *Physical Examinations for Diagnosing Meniscal Injuries: Correlation with Surgical Findings*. Rev Bras Ortop, 2011. **46**(6): p. 726-9.
22. Greif, D.N., et al., *MRI appearance of the different meniscal ramp lesion types, with clinical and arthroscopic correlation*. Skeletal Radiol, 2020. **49**(5): p. 677-689.
23. Hagino, T., et al., *Meniscal tears associated with anterior cruciate ligament injury*. Arch Orthop Trauma Surg, 2015. **135**(12): p. 1701-6.
24. Hegedus, E.J., et al., *Physical examination tests for assessing a torn meniscus in the knee: a systematic review with meta-analysis*. J Orthop Sports Phys Ther, 2007. **37**(9): p. 541-50.
25. Hupperich, A., et al., *What are the factors to affect outcome and healing of meniscus bucket handle tears?* Arch Orthop Trauma Surg, 2018. **138**(10): p. 1365-1373.
26. Jacob, G., et al., *The Meniscus Tear: A Review of Stem Cell Therapies*. Cells, 2019. **9**(1).
27. Jeong, H.J., S.H. Lee, and C.S. Ko, *Meniscectomy*. Knee Surg Relat Res, 2012. **24**(3): p. 129-36.
28. Kopf, S., et al., *Management of traumatic meniscus tears: the 2019 ESSKA meniscus consensus*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2020. **28**(4): p. 1177-1194.
29. Laurendon, L., et al., *Prognostic factors for all-inside meniscal repair. A 87-case series*. Orthop Traumatol Surg Res, 2017. **103**(7): p. 1017-1020.
30. Lecouvet, F., et al., *Magnetic resonance imaging (MRI) of the knee: Identification of difficult-to-diagnose meniscal lesions*. Diagn Interv Imaging, 2018. **99**(2): p. 55-64.
31. Li, W., et al., *Anatomic characteristics of the knee influence the risk of suffering an isolated meniscal injury and the risk factors differ between women and men*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2021.
32. Makris, E.A., P. Hadidi, and K.A. Athanasiou, *The knee meniscus: structure-function, pathophysiology, current repair techniques, and prospects for regeneration*. Biomaterials, 2011. **32**(30): p. 7411-31.
33. Mazzotti, I., *Gibt es den isolierten traumatischen Meniskusriss?*, in *Münsteraner Sachverständigengespräche: Beurteilung und Begutachtung von Gelenkschäden*. 2001, Steinkopff: Heidelberg. p. 64-75.
34. Meserve, B.B., J.A. Cleland, and T.R. Boucher, *A meta-analysis examining clinical test utilities for assessing meniscal injury*. Clin Rehabil, 2008. **22**(2): p. 143-61.
35. Metcalf, M.H. and G.R. Barrett, *Prospective evaluation of 1485 meniscal tear patterns in patients with stable knees*. Am J Sports Med, 2004. **32**(3): p. 675-80.
36. Mezhov, V., et al., *Meniscal pathology - the evidence for treatment*. Arthritis Res Ther, 2014. **16**(2): p. 206.
37. Murphy, C.A., et al., *The Meniscus in Normal and Osteoarthritic Tissues: Facing the Structure Property Challenges and Current Treatment Trends*. Annu Rev Biomed Eng, 2019. **21**: p. 495-521.
38. Nguyen, U.S., et al., *Increasing prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis: survey and cohort data*. Ann Intern Med, 2011. **155**(11): p. 725-32.
39. Paxton, E.S., M.V. Stock, and R.H. Brophy, *Meniscal repair versus partial meniscectomy: a systematic review comparing reoperation rates and clinical outcomes*. Arthroscopy, 2011. **27**(9): p. 1275-88.
40. Poland, S., et al., *Age of 40 Years or Older Does Not Affect Meniscal Repair Failure Risk at 5 Years*. Arthroscopy, 2019. **35**(5): p. 1527-1532.
41. Razi, M. and S.M.J. Mortazavi, *Save the Meniscus, A good Strategy to Preserve the Knee*. Arch Bone Jt Surg, 2020. **8**(1): p. 1-4.
42. Rocha de Faria, J.L., et al., *Continuous Meniscal Suture Technique of the Knee*. Arthrosc Tech, 2020. **9**(6): p. e791-e796.

43. Rothermel, S.D., D. Smuin, and A. Dhawan, *Are Outcomes After Meniscal Repair Age Dependent? A Systematic Review*. *Arthroscopy*, 2018. **34**(3): p. 979-987.
44. Shiraev, T., S.E. Anderson, and N. Hope, *Meniscal tear - presentation, diagnosis and management*. *Aust Fam Physician*, 2012. **41**(4): p. 182-7.
45. Snoeker, B.A., et al., *Risk factors for meniscal tears: a systematic review including meta-analysis*. *J Orthop Sports Phys Ther*, 2013. **43**(6): p. 352-67.
46. Sozialgesetzbuch, S.B., *Gesetzliche Unfallversicherung § 8 Arbeitsunfall*. 7. August 1996.
47. Steinbruck, K., *[Epidemiology of sports injuries--25-year-analysis of sports orthopedic-traumatologic ambulatory care]*. *Sportverletz Sportschaden*, 1999. **13**(2): p. 38-52.
48. Steinbruck, K., *[Epidemiology of sports injuries. A 15 year analysis of sports orthopedic ambulatory care]*. *Sportverletz Sportschaden*, 1987. **1**(1): p. 2-12.
49. Subhas, N., et al., *Accuracy of MRI in the diagnosis of meniscal tears in older patients*. *AJR Am J Roentgenol*, 2012. **198**(6): p. W575-80.
50. Wang, Z., et al., *An arthroscopic repair technique for meniscal tear using a needle and suture: outside-in transfer all-inside repair*. *BMC Musculoskelet Disord*, 2019. **20**(1): p. 614.
51. Weir, C.B. and A. Jan, *BMI Classification Percentile And Cut Off Points*, in *StatPearls*. 2021: Treasure Island (FL).
52. Wirth, B., et al., *[Development and evaluation of a German version of the Tegner activity scale for measuring outcome after anterior cruciate ligament injury]*. *Sportverletz Sportschaden*, 2013. **27**(1): p. 21-7.
53. Xu, C. and J. Zhao, *A meta-analysis comparing meniscal repair with meniscectomy in the treatment of meniscal tears: the more meniscus, the better outcome?* *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 2015. **23**(1): p. 164-70.
54. Yoon, K.H. and K.H. Park, *Meniscal repair*. *Knee Surg Relat Res*, 2014. **26**(2): p. 68-76.

Appendix

I Abkürzungsverzeichnis

95% CI	95% Konfidenzintervall
AM	Außenmeniskus
BMI	Body-Mass-Index
HH	Hinterhorn
HR	Hazard Ratio
IM	Innenmeniskus
IML	isolierte Meniskusläsion
KHR	Korbhenkelriss
MRT	Magnetresonanztomographie
Nicht-IML	nicht isolierte Meniskusläsionen
nns-IM	nicht näher spezifizierter Innenmeniskusläsion
nns-AM	nicht näher spezifizierter Außenmeniskusläsion
OR	Odds Ratio
PI	Pars Intermedia
RRZ	rot-rote Zone
RWZ	rot-weiße Zone
VH	Vorderhorn
WWZ	weiß-weiße Zone

II Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 a-c: Anatomie des Kniegelenks und der Menisken (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)	3
Abb. 2 a+b: Scherkräfte im Kniegelenk und Verformung des Meniskus (eigene Darstellung erstellt mit BioRender).....	4
Abb. 3a-f: Charakteristika in der Klassifikation (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)	6
Abb. 4: Schematische Darstellung von Nahttechniken (eigene Darstellung erstellt mit BioRender)	10
Abb. 5: Aufteilung der Fälle in Kollektive mit Fallzahlen	14
Abb. 6: Modell zur Korrelierung von Befundlokalisationen am Beispiel des Innenmeniskus (analog dazu der Außenmeniskus).....	16
Abb. 7: Prozent der isolierten Meniskusläsionen abhängig von Altersgruppen unterteilt in „isolierte Meniskusläsionen“ versus „nicht isolierte Meniskusläsionen“	24
Abb. 8: Absolute Anzahl der isolierten Meniskusläsionen in Abhängigkeit von Altersgruppen aufgeteilt in „isolierte Meniskusläsionen“ versus „nicht isolierte Meniskusläsionen“	24
Abb. 9: Absolute Anzahl der erfassten Traumata in Abhängigkeit der Altersgruppen aufgeteilt in „kein Trauma“ versus „Trauma“ versus „keine Angabe“	25
Abb. 10: Prozent der Operationen in jährlichen Abständen aufgeteilt in Naht und Resektion.....	26
Abb. 11: Absolute Anzahl der jährlichen Operationen in den jeweiligen Altersgruppen (siehe Definition) unterteilt in Resektion und Naht.....	27
Abb. 12: Verteilung des BMI und Normalverteilungskurve	29
Abb. 13: Verteilung über die BMI Gruppen (siehe Definition) mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion“	29
Abb. 14: Verteilung über die Altersgruppen (siehe Definition)	30
Abb. 15: Verteilung über die Altersgruppen (siehe Definition) mit dem Teiler „Reläsion“ versus „keine Reläsion“	30
Abb. 16: Verteilung von Resektion und Naht getrennt in „Reläsion“ und „keine Reläsion“	31
Abb. 17: Gruppiertes Balkendiagramm mit der Anzahl der jeweiligen Nahttechniken gruppiert in stattgefundenen Reläsion.....	32

Abb. 18: Tegner-Score für Resektionen	33
Abb. 19: Tegner-Score für Nähte	34
Abb. 20: Anzahl der jeweiligen Nahttechnik mit zugehörigem OP-Jahr	34
Abb. 21: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während des gesamten Beobachtungszeitraums unterteilt in „höchstens Normalgewicht“ versus „mindestens Übergewicht“	35
Abb. 22: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während des gesamten Beobachtungszeitraums unterteilt in Altersgruppen (siehe Definitionen)	36
Abb. 23: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen während 5 Jahren aufgeteilt in die OP-Technik „Resektion“ versus „Naht“	37
Abb. 24: Kaplan Meyer Kurven für Reläsionen Kurven während 10 Jahren aufgeteilt in die OP-Technik „Resektion“ versus „Naht“	37
Abb. 25: Balkendiagramm mit der Anzahl der diagnostizierten Läsionen des Außenmeniskus aufgeteilt in MRT und Arthroskopiebefunde	40
Abb. 26: Populationsdiagramm der Außenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im OP“ und „Befund aus dem MRT“	41
Abb. 27: Populationsdiagramm der Außenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im MRT“ und „Befund aus dem OP“	41
Abb. 28: Balkendiagramm mit der Anzahl der diagnostizierten Läsionen des Innenmeniskus aufgeteilt in MRT und Arthroskopiebefunde.....	43
Abb. 29: Populationsdiagramm der Innenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im OP“ und „Befund aus dem MRT“	44
Abb. 30: Populationsdiagramm der Innenmeniskusläsionen mit dem Trenner „kein Korrelat im MRT“ und „Befund aus dem OP“	44

III Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien A und B	13
Tab. 2: BMI Unterteilung	17
Tab. 3: Einteilung in Altersgruppen	18
Tab. 4: Tegner Aktivitätsskala	20
Tab. 5: Patientencharakteristika.....	23

Tab. 6: Absolute und prozentuale Werte der erfassten Unfallhergänge für die verschiedenen Altersgruppen	25
Tab. 7: Ergebnisse der binär logistischen Regression.....	28
Tab. 8: Absolute und prozentuale Reläsionsraten in jeweiliger angewandter Technik.	31
Tab. 9: Nahttechnik mit zugehörigen Reläsionen	33
Tab. 10: Cox Regressionsanalyse für gesamten Beobachtungszeitraum für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik.....	38
Tab. 11: Cox Regressionsanalyse im Beobachtungszeitraum von 5 Jahren für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik.....	38
Tab. 12: Cox Regressionsanalyse im Beobachtungszeitraum von 10 Jahren für das Ereignis Reläsion adjustiert für Alter, BMI und Technik.....	38
Tab. 13: Übersicht über alle Befunde und Korrelationen aufgeteilt in das jeweilige diagnostische Verfahren	39
Tab. 14: Vier Felder Tafel zu Außen- und Innenmeniskusläsionen	39
Tab. 15: Außenmeniskusläsionen diagnostiziert im OP und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden MRT Befundung	42
Tab. 16: Außenmeniskusläsionen diagnostiziert im MRT und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden OP-Befundung.....	42
Tab. 17: Vier Felder Tafel für Außenmeniskusläsionen.....	42
Tab. 18: Innenmeniskusläsionen diagnostiziert im OP und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden MRT Befundung	45
Tab. 19: Innenmeniskusläsionen diagnostiziert im MRT und Läsionen ohne Korrelat in der korrespondierenden OP-Befundung.....	45
Tab. 20: Vier Felder Tafel für Innenmeniskusläsionen	45
Tab. 21: OP-Befunde mit dem korrespondierenden MRT Befund „blande“	46
Tab. 22: OP-Befund an Menisken, welche zuvor in der MRT der entsprechenden Seite (lateral/medial) als „blande“ eingestuft worden sind, aber die Gegenseite in beiden Diagnostika nachgewiesene Läsionen aufwies	46
Tab. 23: Anzahl der nicht benachbarten (siehe Definition) im MRT und OP unterschiedlich befundeten Läsionen.....	47

IV Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich während und bei der Anfertigung meiner Inauguraldissertation unterstützt haben.

In erster Linie gilt meine Dankbarkeit meinen klinischen und wissenschaftlichen Betreuern:

Prof. Dr. Rainer H. Meffert für die Überlassung des Themas und Erlaubnis für die Anfertigung der Arbeit in seiner klinischen Fachabteilung sowie für das Teilen seiner Erfahrungen und Einschätzungen zu oben erörterten Themen.

Meinen direkten Ansprechpartnern PD Dr. Kai Fehske und Dr. Benedikt Schmitz, welche egal zu welcher Zeit und Wochentag immer erreichbar waren und mir geholfen haben, wo sie konnten. Ohne deren Beistand und kompetente Beratung sowie Anleitung diese Arbeit so nicht entstanden wäre.

Weiterhin gilt mein Dank den Institutionen der Universität Würzburg, insbesondere der Stelle für statistische Beratung und dem Promotionsbüro für einen reibungslosen Ablauf und zügige Bearbeitung meiner Anliegen.

Besonderer Dank gilt meiner Lebensgefährtin Constanze Jung für ihre Unterstützung und Hilfe bei Fragen statistischer und förmlicher Natur beim Anfertigen dieser Arbeit, aber auch die sicherlich hin und wieder geopfertem Nerven.

Auch Steffen Müller gebührt eine ausdrückliche Erwähnung für das regelmäßige Einstreuen von kreativen Pausen und Aktivitäten.

Zu guter Letzt einen großen Dank an meine Familie, welche mir die Möglichkeit für ein Studium in Würzburg erst eröffnet und ermöglicht hat und mich immer bedingungslos unterstützt hat bei Problemen jedweder Art.

V Eigene Veröffentlichungen und Kongressteilnahme

Angenommener Vortrag am 37. Jahreskongress der GOTS vom 19.-20.5.22

Ausstehend:

Eingereichter Vortrag für den deutschen Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie
2022

Eingereichter Vortrag für den 39. AGA Kongress

Paper in Arbeit