

Behandlung von Meniskus- und Sehnen-Verletzungen mit Tisseel Fibrin-Kleber und Orthokin-ACS-Injektionen unter MRT-Kontrolle – 8 Jahre Nachuntersuchung von 502 Patienten durch Interviews

Privatpraxis für Orthopädie im Rheinauhafen, Köln, Deutschland

Strümper RW*, Kennchen-Schlebusch U, Strümper E, Wiens C, Radermacher L, Akar E, Tseka-Westbeld A.

***Corresponding author:** Rudolf W Strümper, Privatpraxis Orthopädie im Rheinauhafen, Cologne, Germany.

Einführung – kritische Analyse der meniskusorientierten Arthroseprävention

Exposition gegenüber Kniegelenkserkrankungen und Endoprothesen

Kniegelenkserkrankungen gehören weltweit zu den häufigsten Ursachen für Mobilitätsverlust und Schmerzen im muskuloskelettalen System. Die zunehmende Inzidenz der Goarthrose spiegelt sich in der stetig steigenden Anzahl endoprothetischer Eingriffe wider. Laut den neuesten Daten des EPRD-Jahresberichts[1] 2024 wurden im Kalenderjahr 2023 in Deutschland 155.859 primäre Knieendoprothesen implantiert. Der Bericht weist außerdem darauf hin, dass Patienten mit Kniearthroplastik tendenziell jünger sind und einen höheren Body-Mass-Index aufweisen als diejenigen mit Hüftarthroplastik. Bei der Analyse der Überarbeitungen wurden insgesamt 15.931 Knieendoprothesen erfasst. Die häufigsten Gründe für Revisionen waren Lockerungen (21,6 %) und Infektionen (15,0 %). Diese Zahlen machen deutlich, dass Endoprothesen keine endgültige Lösung sind, aber oft zu einer Reihe weiterer Interventionen führen.

Die demografische Entwicklung und die hohe Revisionsrate verleihen gemeinsamen Erhaltungsstrategien große Bedeutung für die Gesundheitsökonomie. Das Ziel der modernen Orthopädie ist es daher, degenerative Gelenkveränderungen in einem frühen Stadium zu stabilisieren, bevor fortschreitende destruktive Prozesse zur Prothesenindikation führen.

Meniskusläsionen als Schlüsselfaktor bei der Entwicklung von Arthrose

Der Meniskus wirkt als Stoßdämpfer und Kraftverteiler im Knie. Unbehandelte oder unvollständig verheilte Risse verändern die Biomechanik, erhöhen die Druckbelastung lokal und initiieren degenerative Knorpelveränderungen. Die S2k-Richtlinie 033/006[2] "Meniskuserkrankungen" der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie (DGOU) weist darauf hin, dass komplexe Rissformen und Ausläufe des Meniskus ein Risikofaktor für die Entwicklung von Arthrose darstellen. Die Richtlinie betont, dass nach

einer Meniskusresektion ein deutlich stärkeres Fortschreiten der Arthrose auftritt als nach einer Meniskusnaht (88 % vs. 40 %), und fordert daher hauptsächlich eine Meniskusnaht.

Eine Metaanalyse von Poulsen[3] et al. 2019 untersuchte über eine Million Patienten mit Kreuzband-, Meniskus- oder Kombinationsverletzungen. Die Autoren fanden ein Odds Ratio von 6,3 (95 % KI 3,8–10,5) für die Entwicklung von Kniearthrose nach isolierter Meniskusverletzung und 6,4 (95 % KI 4,9–8,3) nach kombinierter Kreuzband- und Meniskusverletzung. Obwohl das Risiko deutlich erhöht ist, verweisen die Autoren auf die hohe Heterogenität ($I^2 > 90 \%$) und das Fehlen hochwertiger prospektiver Studien, weshalb diese Ergebnisse nur als Indikator zu betrachten sind. Das klinische Problem ist daher nicht nur die Schmerzbehandlung, sondern vor allem die Verhinderung von mit Arthrose assoziierten Spätwirkungen.

Richtlinien und Konsens zur Meniskusbehandlung

Aktuelle Richtlinien und Konsenspapiere betonen die Bedeutung der Meniskuserhaltung. Der ESSKA-Meniskus-Konsens von 2019[4] empfiehlt, bei reparierbaren Rissen so früh wie möglich eine Operation durchzuführen; Die Meniskusreparatur sollte als Erstlinientherapie betrachtet werden, da die langfristigen klinischen und radiologischen Ergebnisse nach einer partiellen Menisektomie schlechter sind. Der Konsens stellt klar, dass zahlreiche Risse, die einst als irreparabel galten, heute repariert werden sollten. Er stellt außerdem fest, dass es keine Belege dafür gibt, dass biologische Verbesserungsmethoden wie Nadelung oder plättchenreiches Plasma (PRP) die Heilung verbessern. Dies unterstreicht, dass biologische Augmentation von großem Interesse ist, aber bisher nicht ausreichend durch hochwertige Daten gestützt wurde.

Die DGOU-Richtlinie[5] betont, dass Meniskusrisse ein potenzielles Risiko für die Entwicklung von Arthrose darstellen und dass das Fortschreiten der Arthrose nach der Resektion signifikant stärker ist als nach der Meniskusnaht. Außerdem erhöht die Meniskusresektion die femorotibiale Last um mindestens 200%. Diese biomechanischen und klinischen Erkenntnisse unterstützen den Paradigmenwechsel hin zu rekonstruktiven Verfahren.

Biologische Augmentation – Beweis

Neben mechanischen Reparaturtechniken werden biologische Augmentationsstrategien wie PRP, mesenchymale Stammzellen oder Wachstumsfaktoren diskutiert, um die Heilung zu verbessern. Eine narrative Übersicht von Poggi[6] et al. 2022 stellt fest, dass Mechanostimulation und Fibrin-Gerinnung-Augmentationen zu den ersten eingesetzten Techniken gehörten, aber begrenzte und wenig überzeugende Ergebnisse lieferten. Frühere

systematische Übersichten zeigen, dass PRP-Augmentation das Risiko eines Meniskusrefixierungsversagens verringern kann, aber robuste randomisierte Vergleiche fehlen. Daten zur Anwendung von Fibrinkleber stammen hauptsächlich aus Tierversuchen und kleinen Fallserien; Kontrollierte klinische Studien existieren kaum. Die neueste Übersicht über biologische Augmentation (2025)[7] betont, dass Fibrin und andere Biomaterialien zwar theoretisch vorteilhaft sein können, die bestehenden Studien jedoch methodische Schwächen und variable Qualität aufweisen.

Das autologe konditionierte Serum (ACS) ist ein zellfreies Blutprodukt, das hohe Konzentrationen von Wachstumsfaktoren und Interleukin-1-Rezeptorantagonisten enthält. Intraartikuläre ACS-Injektionen werden bereits zur Behandlung von Gonarthrose eingesetzt; Randomisierte kontrollierte Studien[9] zeigten eine kurzfristige Schmerzreduktion, aber die evidenzbasierten Daten sind heterogen. Eine narrative Übersicht aus dem Jahr 2022[8] bewertet ACS als potenziell sichere Therapie für Gelenkerkrankungen, weist jedoch auf den Mangel an hochwertigen Studien am Menschen hin, insbesondere bei Weichteilverletzungen. Nur kleine Fallserien berichten von Verbesserungen bei meniskassozierten Schmerzen; Die Autoren betonen, dass weitere Untersuchungen aufgrund der geringen Anzahl von Fällen notwendig sind.

Minimalinvasive MRT-gesteuerte Refixierung mit Tisseel und ACS – Evidenz und kritische Bewertung

Vor dem Hintergrund dieses fehlenden Beweises wurde ein minimalinvasives, MRT-geführtes Refixierungsverfahren entwickelt, bei dem Meniskusränder mit dem zweiteiligen adhäsiven Tisseel angepasst und anschließend ACS angewendet wird. Der Fibrinkleber bildet ein temporäres Gerüst, während ACS als biologische Stimulation gedacht ist. Die bisher veröffentlichte 4-Jahres-Nachbeobachtungsanalyse[10] (n = 170) dokumentierte eine signifikante Verbesserung des Gesamt-WOMAC-Scores von $34,6 \pm 18,5$ auf $13,2 \pm 9,5$ Punkte sowie eine niedrige chirurgische Konversionsrate (8/170); Bei der überwiegenden Mehrheit der Patienten konnte eine Operation vermieden werden. Dies ist jedoch eine retrospektive Archivstudie ohne Kontrollgruppe und mit heterogener Patientenauswahl, sodass Aussagen zu Wirksamkeit und Sicherheit nur in begrenztem Umfang möglich sind. Die Autoren selbst fordern kontrollierte Studien zur Validierung. Eine narrative Überprüfung von ACS betont außerdem, dass die meisten Studien kleine Fallreihen sind und dass dringend weitere Untersuchungen notwendig sind.

Ziel des vorliegenden Werks

Angesichts der hohen Prävalenz von Kniegelenkserkrankungen, der zunehmenden Anzahl von Knieendoprothesen und der offensichtlichen Rolle des Meniskus bei der Entstehung von Arthrose besteht ein dringender Bedarf an biologisch orientierten, gelenkerhaltenden Therapien. Gleichzeitig machen die unzureichenden Belege zu biologischen Augmentierungsstrategien und die widersprüchliche Datensituation eine kritische Bewertung notwendig. Die vorliegende Studie soll daher die Ergebnisse der MRT-gesteuerten Meniskusrefixierung mit Tisseel und ACS langfristig testen und sie im Kontext

der aktuellen evidenzbasierten Literatur bewerten. Ziel ist es, die potenziellen Vorteile, Einschränkungen und klinischen Implikationen dieses Verfahrens zu erarbeiten und so zur differenzierten Anwendung regenerativer Therapiekonzepte in der Meniskusbehandlung beizutragen.

Materialien und Methoden

Studiendesign und ethische Genehmigung

Diese Studie war als retrospektive, einzentrigende Archivanalyse geplant. Patienten, die zwischen August 2016 und Mai 2023 in einer einzigen orthopädischen Praxis behandelt wurden, wurden anhand von Verfahrensprotokollen identifiziert. Sie wurden eingeladen, im Sommer 2024 an einem strukturierten Telefoninterview teilzunehmen. Da es keine Randomisierung, keine Blindierung und keine Kontrollgruppe gab, ist kausale Schlussfolgerung nicht möglich; Die beobachteten Verbesserungen könnten den natürlichen Verlauf der Läsionen oder Placeboeffekte widerspiegeln. Die Behandlungsprotokolle waren nicht für alle Patienten standardisiert, und die Nachsorgepläne hingen von der klinischen Verfügbarkeit ab. Diese Designentscheidungen verringern die interne Validität und erschweren es, Behandlungseffekte von Störfaktoren zu trennen. Die Studie wurde vom örtlichen Ethikausschuss genehmigt (Nr. 276/2021; U1111-1268-5097), und alle Teilnehmer gaben eine schriftliche informierte Zustimmung zur anonymisierten Nutzung ihrer Daten gemäß der Helsinki-Erklärung.

Patientenpopulation und Berechtigung

Einschlusskriterien

Die Patienten waren berechtigt, wenn sie Erwachsene mit MRT-bestätigter struktureller Pathologie in einem der folgenden Gewebe waren: Kniemeniskus, Supraspinatus-Sehne, Plantarfaszie, mediales oder laterales Kollateralband des Ellbogens, skapholunäres Band oder Acetabular-Labrum. Die Kandidaten mussten Schmerzen, funktionelle Beeinträchtigungen und lokalen Erguss erfahren und eine dokumentierte chirurgische Empfehlung vorlegen, die sie zugunsten einer gewebeerhaltenden Alternative ablehnten. Geeignete Patienten wurden mit einer Kombination aus Fibrin-Kleber-Refixierung und anschließenden autologen konditionierten Seruminjektionen (ACS) behandelt.

Ausschlusskriterien

Patienten wurden ausgeschlossen, wenn sie keine MRT-Nachweise für strukturelle Pathologie hatten, systemische entzündliche Erkrankungen, aktive Infektionen oder

Gerinnungsstörungen hatten, die eine Nadelintervention kontraindizierten, oder wenn sie eine telefonische Nachsorge ablehnten. Auch Fälle mit unvollständiger Dokumentation wurden ausgeschlossen. Beidseitige Behandlungen wurden als separate Fälle analysiert.

Kohortengröße und potenzielle Verzerrungen

Während des Studienzeitraums erfüllten 502 Patienten die Dokumentationsanforderungen und wurden in die Datenbank aufgenommen. Für die Umfrage 2024 wurden nur diejenigen kontaktiert, deren Eingriff mindestens ein Jahr zuvor durchgeführt worden war. Dieser Ansatz führt zu einer Selektionsverzerrung, da Patienten, die durch Nachbeobachtung verloren oder sehr früh nach der Behandlung interviewt wurden, ausgeschlossen wurden. Darüber hinaus umfasste die Kohorte eine breite Palette von Gelenken und Pathologien; Heterogenität dieser Größenordnung schließt eine sinnvolle Untergruppenanalyse aus und schränkt die Generalisierbarkeit der Ergebnisse ein. Patienten, die eine Operation ablehnten, aber diese Intervention in Anspruch nahmen, könnten andere Erwartungen und Schwere der Krankheit haben als die Allgemeinbevölkerung, was subjektive Ergebnisse möglicherweise verzerrt.

Intervention und biologische Begründung

Fibrin-Kleber-Refixierung

Der mechanische Bestandteil des Verfahrens umfasste die MRT-gesteuerte Injektion eines zweiteiligen Fibrindichtmittels in die Läsion. Fibrinversiegelungen wie Tisseel bestehen aus einer Lösung aus Fibrinogen (und Stabilisatoren wie Aprotinin) sowie einer separaten Lösung mit Thrombin und Kalzium. Wenn sie an der Nadelspitze gemischt werden, bilden die Komponenten ein Fibringerinnsel, das innerhalb von Minuten Gewebe haftet. Systematische Übersichten zu Fibrinklebstoff[10] bei Meniskalreparatur haben verbesserte Heilungsraten berichtet, stellen aber auch fest, dass die verfügbaren Evidenzen begrenzt und heterogen sind. Der ESSKA-Meniskus-Konsens von 2016[4] kam zu dem Schluss, dass die biologische Augmentation, einschließlich Fibrinadhäsiven, noch nicht nachweislich die klinischen Ergebnisse nach Meniskenreparatur verbessert und als experimentell betrachtet werden sollte.

Autologes konditioniertes Serum (ACS)

Die biologische Komponente bestand aus einer Reihe von ACS-Injektionen. Venöses Blut wurde in spezielle Spritzen mit medizinischen Glasperlen abgezogen. Das Blut wurde etwa sechs Stunden bei 37 °C inkubiert, während dieser Zeit werden Monozyten und Thrombozyten stimuliert, um entzündungshemmende und regenerative Mediatoren freizusetzen, darunter Interleukin-1-Rezeptorantagonist (IL-1Ra), Interleukin-10, Interleukin-4, plättchenabgeleiteter Wachstumsfaktor (PDGF), vaskulär-endothelialer Wachstumsfaktor (VEGF), insulinähnlicher Wachstumsfaktor (IGF), transformierender Wachstumsfaktor- β (TGF- β), Fibroblastenwachstumsfaktor (FGF), Lipidmediatoren und

Exosomen. Nach der Zentrifugation wurde das zellfreie Serum gesammelt und intraartikulär injiziert; Vier Injektionen in wöchentlichen Abständen bildeten das Standardprotokoll. Im Gegensatz zu plättchenreichem Plasma (PRP) enthält ACS nur wenige Blutplättchen und wird ohne exogene Aktivatoren hergestellt. Die Belege für ACS bleiben jedoch spärlich[8]: Narrative Übersichten zeigen, dass nur kleine Fallserien und unkontrollierte Studien vorliegen und es an hochwertigen randomisierten Studien mangelt. Daher entspricht die biologische Plausibilität von ACS nicht einer nachgewiesenen klinischen Wirksamkeit, und seine Anwendung bei muskuloskelettalen Läsionen sollte als experimentell betrachtet werden.

Kombinierter mechanobiologischer Ansatz

Die Begründung für die Kombination von Fibrinkleber mit ACS war es, sowohl eine mechanische Stabilisierung der Läsion als auch ein lokales Milieu mit reicher an entzündungshemmenden und regenerativen Mediatoren zu bieten. Obwohl dieses Konzept theoretisch attraktiv ist, bedeutet der Mangel an robusten klinischen Evidenzen für beide Komponenten, dass die Kombination mit Vorsicht interpretiert werden muss. Frühere Beobachtungsstudien[9] ähnlicher Interventionen berichteten von vielversprechenden Verbesserungen, unterlagen jedoch erheblichen Verzerrungen, was den Bedarf an kontrollierten Studien unterstreicht.

MRT-geführtes Verfahren

Alle Interventionen wurden unter Echtzeit-MRT-Anleitung mit einem offenen Magnetsystem und interventionellen Zugangsspulen durchgeführt. Die MRT ermöglicht eine hochauflösende Visualisierung von Weichteilen und Nadelbahnen ohne ionisierende Strahlung. Es wird angenommen, dass die Bildführung die Genauigkeit intraartikulärer Injektionen im Vergleich zu blinden Ansätzen verbessert. Jüngste systematische Übersichtsarbeiten haben jedoch ergeben[11], dass bildgeführte Injektionen zwar eine bessere Platzierung erreichen, die klinischen Vorteile gegenüber bahnbrechenden geführten Injektionen jedoch gering sind und die Kostenwirksamkeit ungewiss ist. Daher muss der Mehrwert der MRT-Leitlinien in diesem Zusammenhang noch feststehen.

Nach steriler Vorbereitung und lokaler Betäubung wurde eine MRT-kompatible Nadel (22 G, 50-100 mm) unter multiplanarer Bildgebung in die Läsion eingeführt. Die korrekte Platzierung wurde durch die Injektion von 0,5–1,0 ml gadoliniumbasiertem Kontrastmittel bestätigt. Das Fibrin-Versiegelungsmittel wurde dann injiziert, während der Patient im Rücken neu positioniert wurde. Eine passive Bewegung des Gelenks (z. B. 0–60° Kniebeugung) wurde durchgeführt, um den Klebstoff zu verteilen und unerwünschte Haftung zu minimieren. Die Patienten durften unmittelbar nach dem Eingriff volle Belastung tragen und sollten bis zur sechswöchigen Nachsorgeuntersuchung auf anstrengende Aktivitäten verzichten.

Nachbeobachtung und Ergebnisbewertung

Die klinische Dokumentation umfasste Alter, Geschlecht, Standort und Klassifikation der Läsion, Kellgren–Lawrence-Bewertung für Kniefälle, frühere Operationen und Lateralität. Folgeuntersuchungen im MRT wurden typischerweise sechs Wochen nach der Intervention durchgeführt, um die Integrität der Reparatur zu beurteilen, obwohl der Klebstoff selbst nicht MRT-sichtbar ist. Die Telefonumfrage 2024 umfasste fünf einfache Fragen zu Restsymptomen, zusätzlicher Operation, Bereitschaft, den Eingriff zu wiederholen, wahrgenommener Symptomveränderung und Empfehlungen an andere. Diese Elemente sind keine validierten Ergebnismaße; Sie bieten nur eine grobe Einschätzung der Patientenzufriedenheit und können von Rückruf- und Interviewer-Bias ausgesetzt sein. Standardisierte Instrumente wie das WOMAC wurden vor und 6 Wochen nach dem Eingriff gesammelt, aber nicht in diese Studie aufgenommen, was die Vergleichbarkeit mit anderen Studien einschränkt. Darüber hinaus können patientenberichtete Ergebnisse durch Erwartungen und das Fehlen von Blindierung beeinflusst werden.

Statistische Analyse

Angesichts des retrospektiven Designs und der Heterogenität der Kohorte waren die Analysen rein beschreibend. Häufigkeiten, Prozentsätze, Mittelwerte und Standardabweichungen wurden mit Tabellenkalkulationssoftware berechnet. Effektgrößen (Cohens d) wurden angegeben, um das Ausmaß der Veränderung zu veranschaulichen. Es wurde keine Berechnung der Stichprobengröße durchgeführt, und es wurden keine inferenziellen Statistiken (z. B. Hypothesentests oder Konfidenzintervalle) angewandt. Daher sollten die Ergebnisse als explorative Beobachtungen und nicht als eindeutige Beweise für die Wirksamkeit interpretiert werden.

Kritische Bewertung

Dieser Methodenabschnitt hebt mehrere Quellen potenzieller Verzerrung hervor. Die Studie basiert auf der Selbstselektion der Patienten (Personen, die eine Operation abgelehnt und eine alternative Intervention in Anspruch genommen haben), hat keine Kontrollgruppe und verwendet nicht-standardisierte Endmaße, die retrospektiv telefonisch bewertet werden. Die Kombination aus Fibrin-Kleber-Refixierung und ACS ist biologisch plausibel, bleibt aber experimentell. Bestehende Konsenserklärungen warnen davor, dass die biologische Erweiterung der Meniskusreparatur keine klaren Vorteile gezeigt hat, und narrative Übersichten weisen auf den Mangel an hochwertigen Studien zur Bewertung von ACS hin. Frühere Fallserien berichteten von günstigen Ergebnissen, wurden jedoch durch retrospektives Design und unkontrollierte Störungen begrenzt. Daher sollte die vorliegende Studie als vorläufige und zukünftige prospektive, randomisierte kontrollierte Studien interpretiert werden, um festzustellen, ob die Intervention im Vergleich zur Standardversorgung bessere klinische oder strukturelle Ergebnisse bietet.

Ergebnisse und kritische Interpretation

Hier sind einige Beispiele für MRT-Aufnahmen eines medialen Meniskusrupturs vor (Abb. 1) und 6 Wochen nach der Refixierung (Abb. 2) mit der oben beschriebenen Technik:

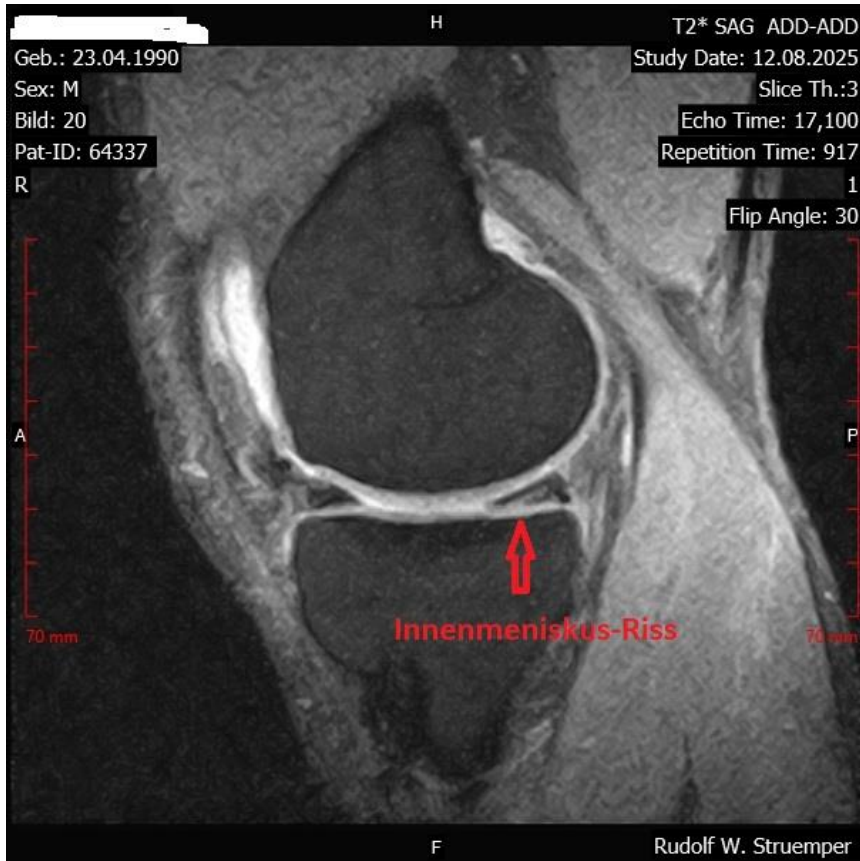


Abb. 1



Abb. 2

Kohortenmerkmale und Nachbeobachtung

Insgesamt wurden 502 Patienten, die zwischen 2016 und 2023 eine MRT-geführte Fibrin-Kleber-Refixierung in Kombination mit autologen konditionierten Seruminjektionen (ACS) erhielten, in die retrospektive Analyse eingeschlossen. Alle Teilnehmer hatten MRT-bestätigte Läsionen am Meniskus, Sehne oder Band und lehnten eine empfohlene Operation zugunsten dieses minimalinvasiven Ansatzes ab. Die Nachverfolgung erfolgte im Sommer 2024 durch strukturierte Telefoninterviews für Fälle, deren Intervention mindestens 12 Monate zurückreichte. Folglich reichte der Beobachtungszeitraum von 1 bis 8 Jahren. Telefonische Nachbeobachtung führt zu einem Erinnerungsfehler, und Patientenberichte können standardisierte klinische Ergebnisse oder objektive Bildgebung nicht ersetzen. Darüber hinaus waren Personen, die einer Fernnachverfolgung zustimmten, möglicherweise zufriedener als diejenigen, die bei der Nachverfolgung verloren gingen, was die positiven Reaktionen erhöhte.

Patientenberichtete Endpunkte

Interview – Fragen

1. Haben Sie noch Beschwerden im behandelten Gelenk? 1.1 ☐ Nein

Wenn ja, wie stark: 1,2 ☐ Leicht, 1,3 ☐ Mittel, 1,4 ☐ Schwer?

2. Haben Sie sich in der Zwischenzeit einer Operation am behandelten Gelenk unterzogen?

2.1 ☐ Nr. 2.2 ☐ Ja

3. Würden Sie die Behandlung noch einmal durchführen lassen? 3.1 ☐ Nr. 3.2 ☐ Ja

4. Würden Sie sagen, dass Sie sich im behandelten Gelenk nach dem Eingriff besser fühlen als zuvor?

4.1 ☐ Ja 4.2 ☐ Nein, Beschwerden entsprechen 4.3. ☐ Nein, die Beschwerden sind schlimmer

5. Würden Sie die Behandlungsmethode anderen Patienten empfehlen? 5.1 ☐ Ja 5.2 ☐ Nein

Die insgesamt 502 Behandlungen wurden dann von 2016 bis 2023 in jährliche Gruppen aufgeteilt und im Jahresverlauf verglichen.

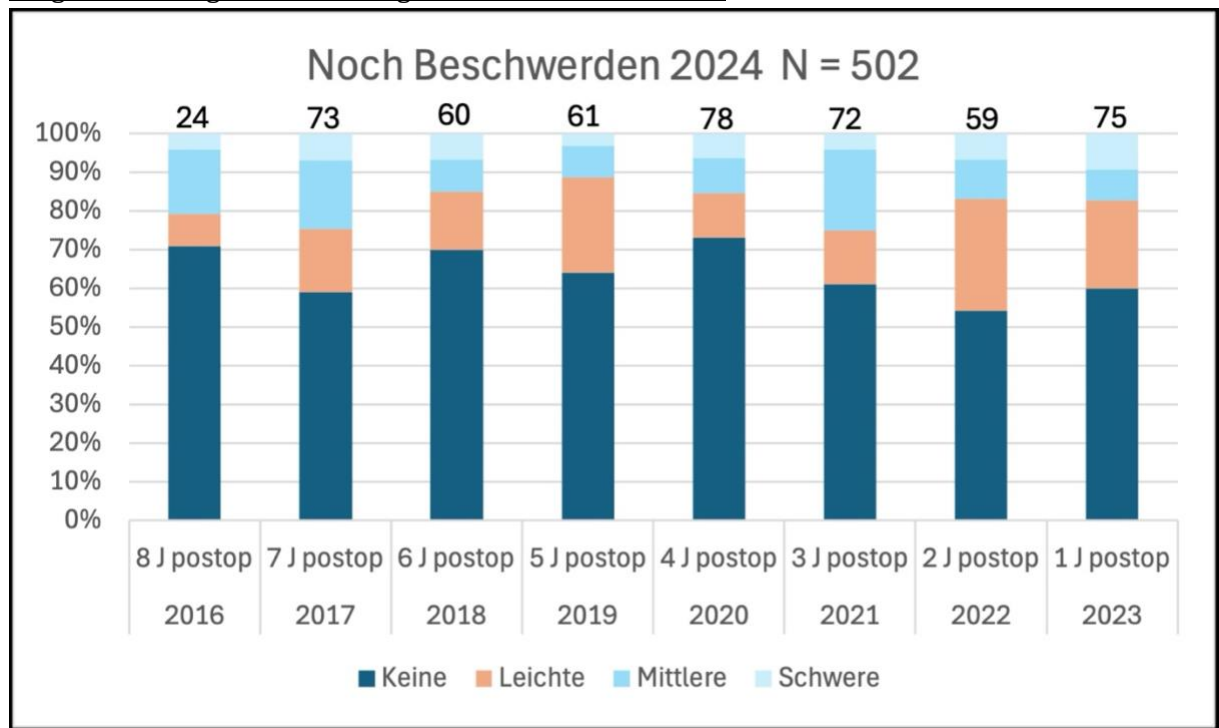
Restsymptome

Von den 502 Fällen berichteten 319 Patienten (63,5 %) von keinem Restsymptom, 91 (18,1 %) von milden Symptomen, 61 (12,1 %) von moderaten und 31 (6,2 %) von schweren Symptomen. Daher berichteten 81,7 % der Befragten bis zu acht Jahre nach dem Eingriff von keinerlei oder nur milden Beschwerden. Da keine validierten Ergebnismaße (z. B. WOMAC oder KOOS) verwendet wurden und die Ergebnisse telefonisch selbst berichtet wurden, sollten diese Zahlen mit Vorsicht interpretiert werden. Die Patientenzufriedenheit kann von Erwartungen oder von Erleichterung darüber beeinflusst werden, dass eine Operation vermieden wurde. Es gibt keine bildgebenden Belege dafür, dass das behandelte Gewebe geheilt ist oder dass die Intervention eine degenerative Progression verhindert hat.

Tabelle 1: Antworten auf Frage 1

		Beschwerden Angaben im Interview 2024 N = 502							
keine	Anzahl	17	43	42	39	57	44	32	45
	%	70,83	58,90	70,00	63,93	73,08	61,11	54,24	60,00
leichte	Anzahl	2	12	9	15	9	10	17	17
	%	8,33	16,44	15,00	24,59	11,54	13,89	28,81	22,67
mittel	Anzahl	4	13	5	5	7	15	6	6
	%	16,67	17,81	8,33	8,20	8,97	20,83	10,17	8,00
schwere	Anzahl	1	5	4	2	5	3	4	7
	%	4,17	6,85	6,67	3,28	6,41	4,17	6,78	9,33
Anzahl Behandlungen ges.		24	73	60	61	78	72	59	75
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		8 J postop	7 J postop	6 J postop	5 J postop	4 J postop	3 J postop	2 J postop	1 J postop

Diagramm 1 zeigt die Abbildungen in Tabelle 1 als Grafik.



Inzwischen operiert am behandelten Gelenk?

In der zweiten Interviewfrage wurden die Patienten gefragt, ob in der Zwischenzeit eine Operation im behandelten Gelenk durchgeführt worden sei. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 und Grafik 2 dargestellt.

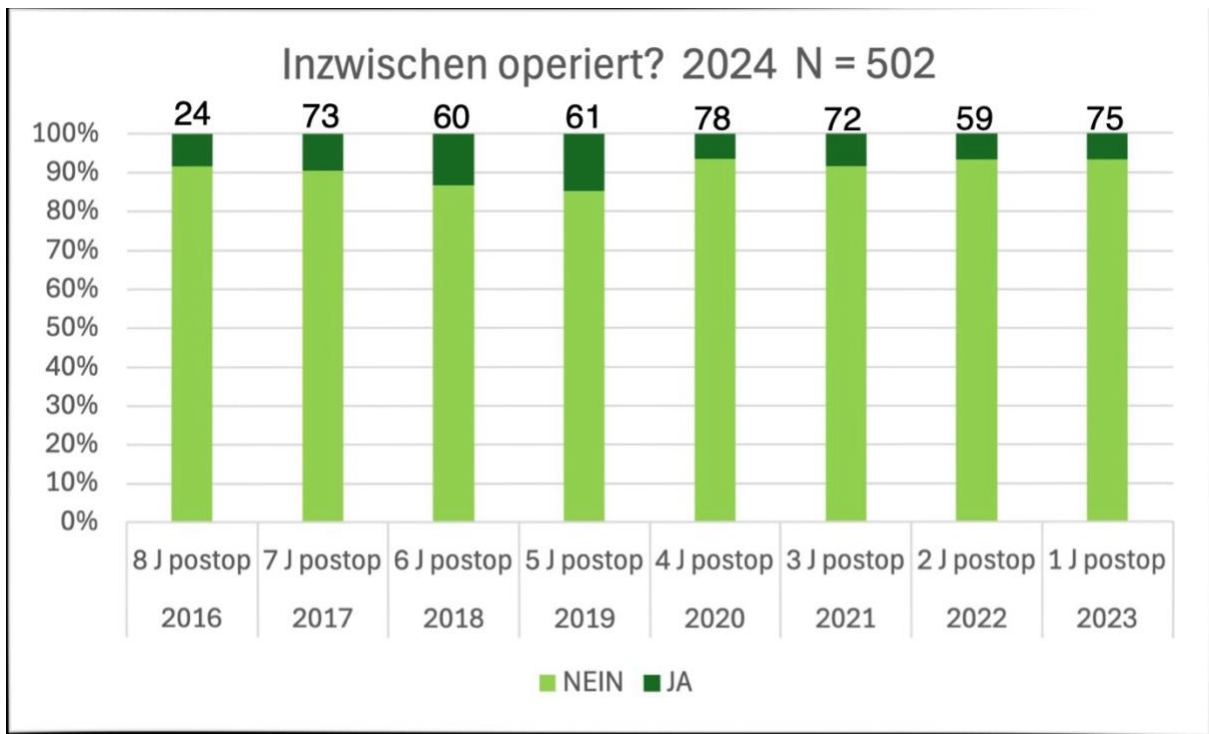
In der überwiegenden Mehrheit = 455 oder 90,1 % der Behandlungen war bisher keine weitere chirurgische Behandlung erforderlich. Selbst wenn ich diese Frage beantworte, bleibt der relativ kleine Schwankungsbereich über die Jahre konstant, die Unterschiede zwischen den Jahren sind statistisch nicht signifikant.

Tabelle 2 Antworten auf Frage 2.

Inzwischen operiert? Interview 2024 N = 502									
NEIN	Anzahl	22	66	52	52	73	66	55	69
	%	91,67	90,41	86,67	85,25	93,59	91,67	93,22	92,00
JA	Anzahl	2	7	8	9	5	6	4	5
	%	8,33	9,59	13,33	14,75	6,41	8,33	6,78	6,67
Anzahl Behandlungen ges.		24	73	60	61	78	72	59	75
		2016 8 J postop	2017 7 J postop	2018 6 J postop	2019 5 J postop	2020 4 J postop	2021 3 J postop	2022 2 J postop	2023 1 J postop

Nur 47 Fälle (9,9 %) unterzogen sich während der Nachsorgezeit einer weiteren Operation am behandelten Gelenk. Während eine Reoperationsrate unter 10 % ermutigend erscheint, muss sie im Kontext der Patientenauswahl betrachtet werden. Alle eingeschlossenen Patienten hatten ursprünglich eine Operation abgelehnt; Ihre Zurückhaltung, sich invasiven Eingriffen zu unterziehen, könnte unabhängig von den Symptomen bestehen geblieben sein. Darüber hinaus erlaubt das retrospektive Design nicht festzustellen, ob das Vermeiden einer Operation auf echte strukturelle Heilung oder auf die Präferenz des Patienten zurückzuführen war. Frühere Fallserien ähnlicher Interventionen berichteten von hohen Raten der Operationsvermeidung, waren jedoch durch fehlende Kontrollgruppen und retrospektives Design begrenzt.

Diagramm 2 zur Tabelle 2 Frage 2



Bereitschaft, das Verfahren zu wiederholen, und subjektive Verbesserung

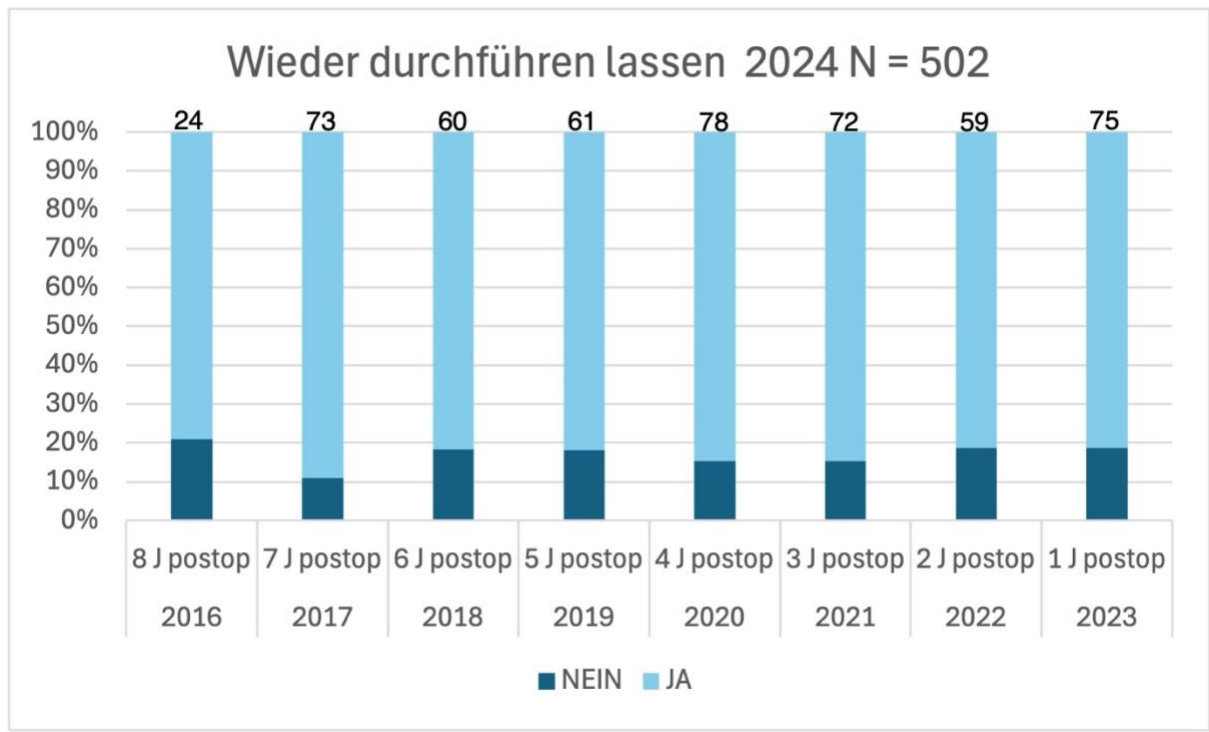
Als sie gefragt wurden, ob sie sich erneut für dieselbe Behandlung entscheiden würden, antworteten 83,5 % der Befragten mit Ja. Ungefähr 86 % berichteten von einer Verbesserung ihrer Symptome im Vergleich zum Zustand vor der Intervention, während 11 % keine Veränderung und 3 % eine Verschlechterung berichteten. Obwohl diese hohen Zufriedenheitsraten auf einen wahrgenommenen Nutzen hindeuten, müssen sie im Kontext einer nicht-verblindeten Selbsteinschätzung interpretiert werden. Ohne Kontrollgruppe oder Blindierung können Placeboeffekte und Patientenerwartungen einen erheblichen Einfluss auf wahrgenommene Ergebnisse haben. Narrative Überprüfungen zu ACS zeigen, dass die meisten veröffentlichten Berichte kleine, unkontrollierte Fallreihen mit von Natur aus hohem Risiko für Verzerrung sind.

Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 oder im Diagramm in Tabelle 3 dargestellt.

Antwort auf Frage 3

Behandlung wieder durchführen lassen? Interview 2024 N = 502									
NEIN	Anzahl	5	8	11	11	12	11	11	14
	%	20,83	10,96	18,33	18,03	15,38	15,28	18,64	18,67
JA	Anzahl	19	65	49	50	66	61	48	61
	%	79,17	89,04	81,67	81,97	84,62	84,72	81,36	81,33
Anzahl Behandlungen ges.		24	73	60	61	78	72	59	75
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		8 J postop	7 J postop	6 J postop	5 J postop	4 J postop	3 J postop	2 J postop	1 J postop

Diagramm für Frage 3



Dieses Diagramm zeigt auch, dass die Ergebnisse über die Jahre konstant geblieben sind. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren sind statistisch nicht signifikant, daher wird die Frage, ob sie diese Behandlung erneut durchführen lassen würden, im Durchschnitt von mehr als 83,5 % aller Patienten mit Ja beantwortet.

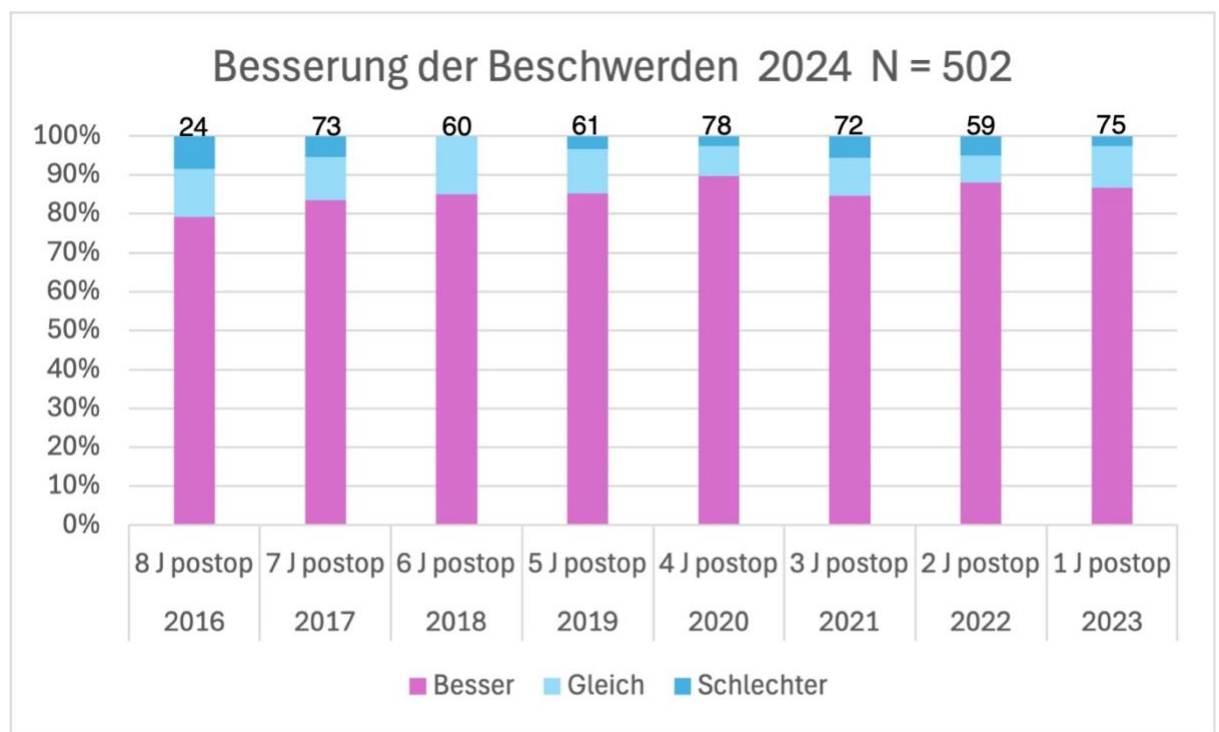
Abschließend wurden die Patienten gefragt, ob sich die Symptome nach der Behandlung verbessert hätten. Die Patienten konnten aus drei Möglichkeiten wählen: 1.: Die Symptome

haben sich verbessert, 2.: Die Beschwerden sind gleich geblieben, 3.: Die Beschwerden haben zugenommen. Das Ergebnis dieser Umfrage ist in Tabelle 4 und in Diagramm 4 dargestellt.

Antwort auf Frage 4

Besserung der Beschwerden Interview 2024 N = 502									
Besser	Anzahl	19	61	51	52	70	61	52	65
	%	79,17	83,56	85,00	85,25	89,74	84,72	88,14	86,67
Gleich	Anzahl	3	8	9	7	6	7	4	8
	%	12,50	10,96	15,00	11,48	7,69	9,72	6,78	10,67
Schlechter	Anzahl	2	4	0	2	2	4	3	2
	%	8,33	5,48	0,00	3,28	2,56	5,56	5,08	2,67
Anzahl Behandlungen ges.		24	73	60	61	78	72	59	75
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		8 J postop	7 J postop	6 J postop	5 J postop	4 J postop	3 J postop	2 J postop	1 J postop

Diagramm für Frage 4



Dieses Diagramm zeigt außerdem, dass sich die Symptome bei insgesamt weit über 85,9 % aller Patienten verbessert haben und dass die Verbesserung über die Jahre bis zum achten Jahr nach dem Eingriff konstant geblieben ist. Auch hier waren die Unterschiede zwischen den Jahren nicht signifikant.

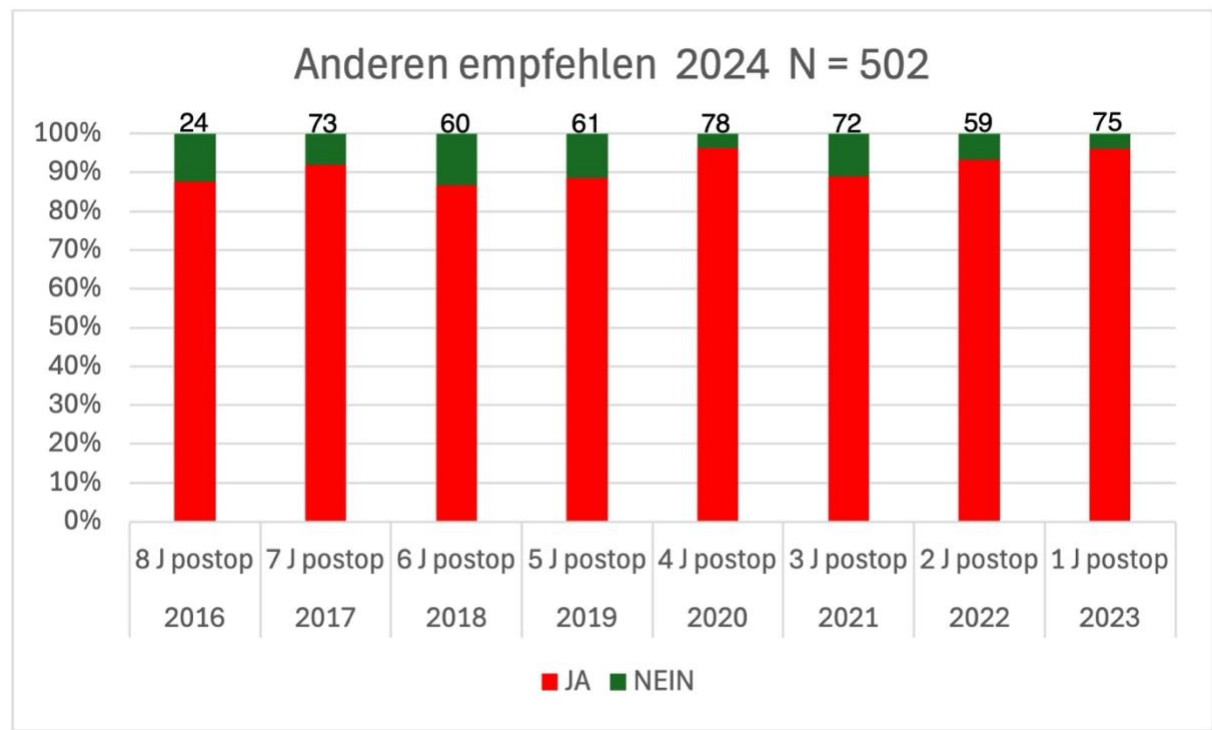
Empfehlung für andere

Der Anteil der Patienten, die die kombinierte Fibrin-Klebstoff- und ACS-Behandlung anderen empfehlen würden, lag bei 91,6 %. Die Empfehlungsraten blieben über alle Nachbeobachtungszeiten hinweg stabil. Solche Zahlen spiegeln subjektive Zufriedenheit statt objektive Wirksamkeit wider und sollten mit Vorsicht interpretiert werden. Das Fehlen systematischer Nachuntersuchungen oder validierter funktioneller Werte verhindert die Feststellung, ob der Eingriff eine dauerhafte strukturelle Reparatur oder lediglich eine vorübergehende Linderung der Symptome bietet. Die Antworten auf diese Frage sind in Tabelle 5 und Diagramm 5 dargestellt.

Antwort auf Frage 5

		Methode anderen Patienten empfehlen? Interview 2024. N = 502							
JA	Anzahl	21	67	52	54	75	64	55	72
	%	87,50	91,78	86,67	88,52	96,15	88,89	93,22	96,00
NEIN	Anzahl	3	6	8	7	3	8	4	3
	%	12,50	8,22	13,33	11,48	3,85	11,11	6,78	4,00
Anzahl Behandlungen ges.		24	73	60	61	78	72	59	75
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		8 J postop	7 J postop	6 J postop	5 J postop	4 J postop	3 J postop	2 J postop	1 J postop

Diagramm für Frage 5



Die Tabelle zeigt, dass im Durchschnitt 91,6 % der Patienten diese Behandlungsmethode anderen Patienten aufgrund ihrer Erfahrung empfehlen würden. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren sind statistisch nicht signifikant.

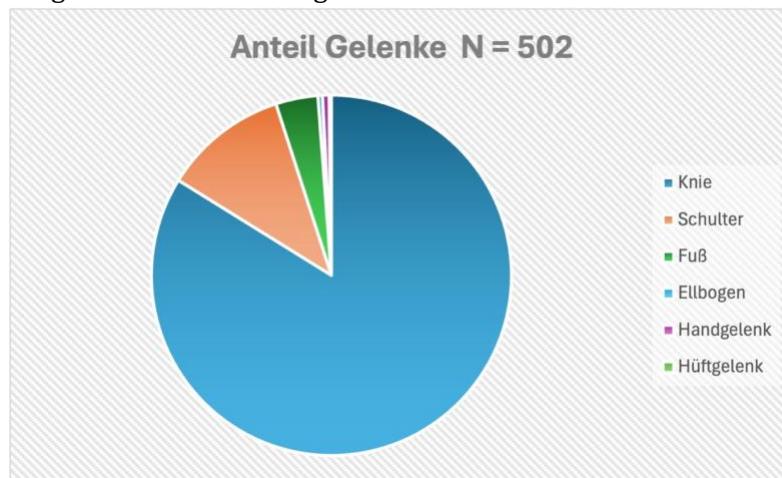
Verteilung behandelter Gelenke

Die meisten behandelten Gelenke sind Kniegelenke, insbesondere Meniskusrisse (83,9 %). Die zweithäufigste Behandlung der Schultergelenke waren Läsionen der Supraspinatus-Sehne (11,2 %), gefolgt von Läsionen am Fuß, meist partielle Rupturen der Plantarfaszie, und einigen partiellen Läsionen der Achillessehne (3,8 %). Schließlich 2 Läsionen der Sehnenansätze am Ellbogengelenk (0,4 %) sowie 3 Läsionen des skapholunären Bandes am Handgelenk (0,6 %) und eine Labrumläsion am Hüftgelenk (0,2 %). Diese Verteilung spiegelt die höhere Prävalenz degenerativer Meniskusrisse im mittleren Alter wider, beschränkt jedoch die Extrapolation der Ergebnisse auf sehnens- oder labrumläsionen, die unterrepräsentiert waren. Die Heterogenität behandelter Gewebe und Pathologien schließt eine sinnvolle Untergruppenanalyse aus und erschwert die Interpretation.

Verteilung behandelter Gelenke

Gelenke N = 502		
	Anzahl	%
Knie	421	83,9
Schulter	56	11,2
Fuß	19	3,8
Ellbogen	2	0,4
Handgelenk	3	0,6
Hüftgelenk	1	0,2

Diagramm der Verteilung behandelter Gelenke



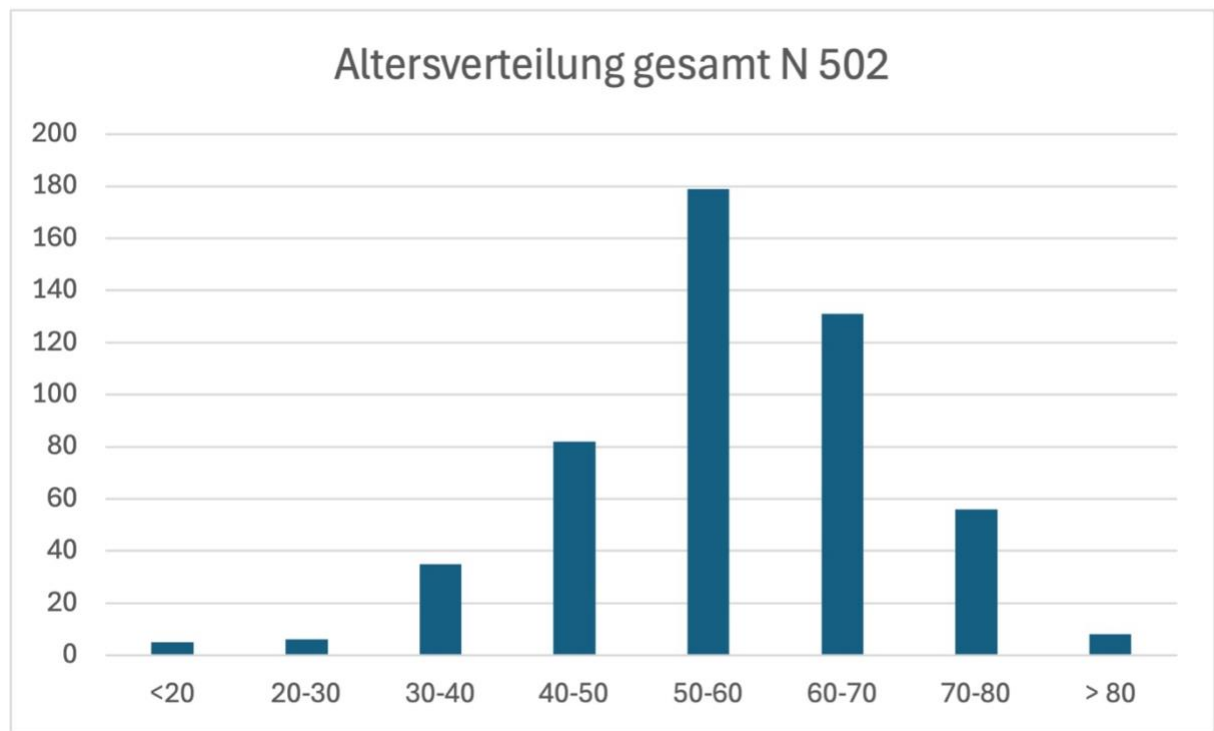
Demografisches Profil

Das mittlere Alter der Kohorte betrug 55 Jahre (Bereich 14–84 Jahre), wobei die größte Gruppe im Alter von 50–60 Jahren entsprach, was der Spitzenhäufigkeit degenerativer Meniskusläsionen entsprach. Männer machten 62,4 % der Fälle aus, Frauen 37,6 %. Diese demografischen Daten stimmen mit epidemiologischen Daten zur Knie degeneration überein, repräsentieren aber möglicherweise nicht jüngere Sportgruppen oder Personen mit hochenergetischen traumatischen Rissen. Die Auswahl von Patienten, die eine Operation abgelehnt haben, kann das demografische Profil weiter verzerren.

Alters- Verteilung

	Altersverteilung gesamt N = 502							
Alter	<20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	> 80
Anzahl	5	6	35	82	179	131	56	8
%	1,0	1,2	7,0	16,3	35,7	26,1	11,2	1,6

Altersverteilung Diagramm

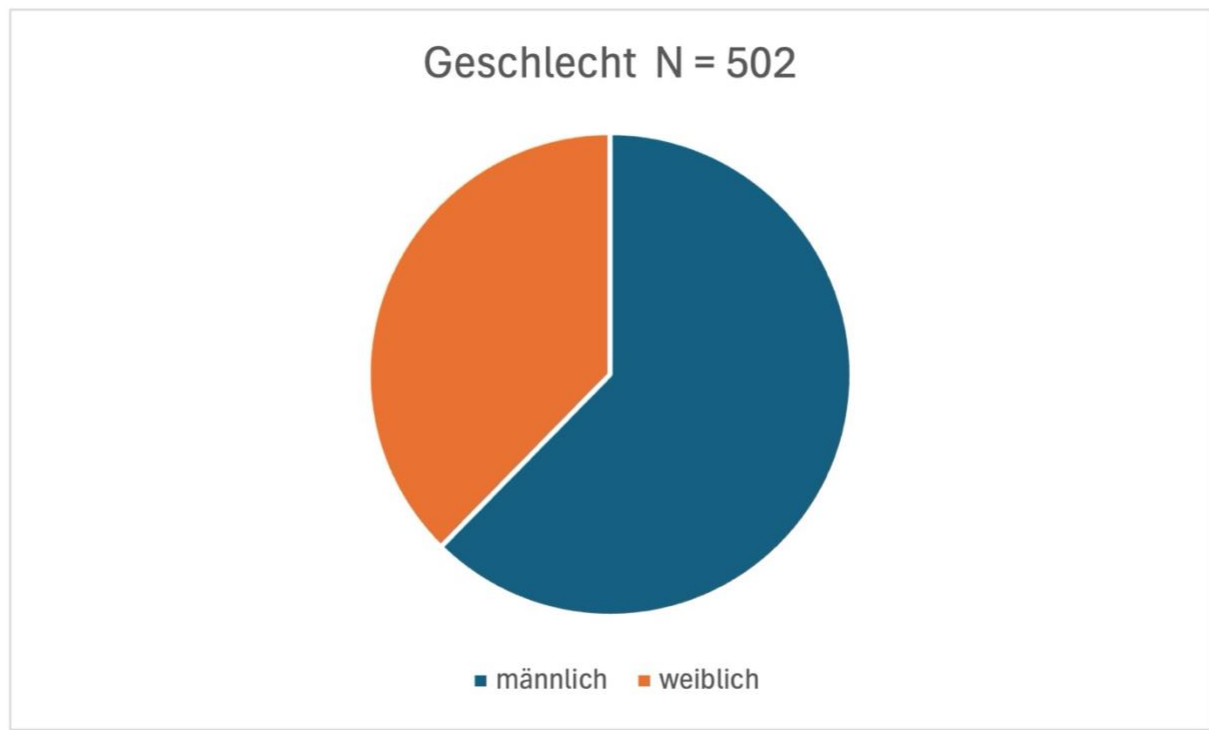


Die überwiegende Mehrheit der behandelten Patienten, etwa zwei Drittel (62,4 %) waren Männer und nur etwa ein Drittel (37,6 %) Frauen.

Geschlechter-Verteilung

Geschlechter - Verteilung N = 502			
	Anzahl	%	
männlich	313	62,4	
weiblich	189	37,6	

Geschlechter-Verteilung Diagramm



Statistische Analyse und Robustheit

Die Daten wurden beschreibend analysiert. Mittelwerte, Standardabweichungen und Anteile wurden berechnet, und Effektgrößen wurden gegebenenfalls berechnet. Ein bayesianischer explorativer Ansatz wurde verwendet, um zu bewerten, ob die Ergebnisse je nach Behandlungsjahr variieren; Es wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt. Das Fehlen einer Kontrollgruppe und die Heterogenität der Läsionen bedeuten jedoch, dass statistische Vergleiche kaum Einblick in die Wirksamkeit liefern. Bayessche Analysen sind sensibel gegenüber vorherigen Annahmen und überwinden möglicherweise nicht die grundlegenden Einschränkungen nicht-randomisierter retrospektiver Daten.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse und warnende Interpretation

Interpretation und Bedarf an hochwertigen Beweisen

Die retrospektiven Daten deuten darauf hin, dass die meisten Patienten, die sich dem kombinierten Fibrin-Klebstoff- und ACS-Verfahren unterzogen haben, von anhaltender Symptomlinderung berichten und die Behandlung empfehlen würden. Die methodischen Einschränkungen – darunter das Fehlen einer Kontrollgruppe, die Abhängigkeit von nicht validierten Telefonumfragen, die Heterogenität der Indikationen und das Potenzial für Selektions- und Erinnerungsverzerrungen – schließen jedoch endgültige Schlüsse über die Wirksamkeit aus. Bestehende Konsenserklärungen warnen, dass die biologische Augmentation der Meniskusreparatur keine klaren Vorteile gegenüber der Standardreparatur gezeigt hat, und narrative Übersichten betonen die Seltenheit hochwertiger Studien zur Bewertung von ACS. Frühere Beobachtungsfallserien berichteten ähnlich günstige Ergebnisse, heben jedoch den Bedarf an prospektiven, randomisierten kontrollierten Studien hervor. Solange solche Daten nicht verfügbar sind, sollten die vorliegenden Ergebnisse eher als hypothesengenerierend als praxisverändernd interpretiert werden.

Diskussion

Zusammenfassung der wichtigsten Erkenntnisse

Die vorliegende Studie zeigt, dass minimalinvasive, MRT-gesteuerte Meniskalrefixierung mit Tisseel-Fibrinkleber in Kombination mit autologem konditioniertem Serum (ACS) stabile klinische Ergebnisse über einen Nachbeobachtungszeitraum von bis zu acht Jahren erzielen kann. Im Jahr 2024 berichteten 81,7 % der Patienten von keinem oder nur milden Restsymptomen, und 90,1 % benötigten keine anschließende chirurgische Intervention, was eine erhebliche funktionelle Nachhaltigkeit belegt. Hohe Empfehlungsraten (91,6 %) und die Bereitschaft, das Verfahren zu wiederholen (> 83 %), zeigen eine ausgeprägte Patientenzufriedenheit und dienen als indirekte Stellvertreter für den klinischen Erfolg.

Kontextualisierung innerhalb aktueller Belege

Der Paradigmawechsel in der Meniskus Chirurgie

Meniskusläsionen wurden traditionell chirurgisch mittels arthroskopischer partieller Resektion oder Nahtreparatur behandelt. Mehrere randomisierte kontrollierte Studien haben jedoch gezeigt, dass degenerative Meniskusrisse bei mittelalten Patienten keinen signifikanten Nutzen durch arthroskopische Interventionen im Vergleich zu konservativen oder gewebeerhaltenden Ansätzen bringen. So fanden Katz et al. keine Überlegenheit der arthroskopischen partiellen Menissektomie gegenüber der Physiotherapie (1), und Sihvonen et al. zeigten in einer Schein-Chirurgie-Studie, dass eine partielle Menissektomie keinen zusätzlichen Nutzen gegenüber einer Placebo-Operation bot (2). Vor diesem Hintergrund gewinnen biologische, gewebeerhaltende Strategien an Bedeutung.

Begründung für die Meniskenerhaltung

Unbehandelte Meniskusläsionen fördern die Entwicklung der Arthrose. Eine systematische Übersichtsarbeit zeigte, dass das Risiko für Kniearthrose nach einer Knieverletzung um das Vier- bis Sechsfache erhöht ist (3). Die S2k-Leitlinie zu Meniskuserkrankungen betont, dass das Fortschreiten der Arthritis nach der Menissektomie im Vergleich zur Meniskenreparatur deutlich stärker ist (88 % gegenüber 40 %) (4). Der ESSKA Meniscus Consensus 2019 empfiehlt als primäres therapeutisches Ziel die Reparatur zur Erhaltung von Gelenkflächen und Meniskengewebe (5). Daher sprechen aktuelle Belege für Meniskuserhaltung statt für Resektion, insbesondere wenn gleichzeitig Chondralschäden vorliegen.

Strategien zur biologischen Erweiterung

Wachstumsfaktorbasierte Ansätze – darunter plättchenreiches Plasma (PRP) und autologes konditioniertes Serum (ACS) – zeigen experimentelle Stimulation der Fibroblastenproliferation, Angiogenese und Matrixsynthese (6,7). Das ESSKA Instructional

Course Lecture Book listet Stammzellen, Thrombozytenpräparate, rekombinante Wachstumsfaktoren und ACS als anwendbare biologische Wirkstoffe, die mit Matrizen, Chirurgie oder Fibrinkleber kombiniert werden können (8). Die in dieser Arbeit untersuchte Refixierungsmethode behandelt genau diesen biologischen Reparaturmechanismus.

Wirkmechanismus

Fibrinkleber als biologisches Gerüst

Tisseel-Fibrinkleber ahmt die Endstufe der natürlichen Gerinnung nach. Dieser zweiteilige Klebstoff erzeugt physiologische Gewebeadhäsion und beteiligt sich direkt an Heilungsprozessen. Es wird seit mehr als 20 Jahren erfolgreich in der Chirurgie eingesetzt. Mehrere systematische Übersichtsarbeit belegen seinen Einsatz bei der Meniskusreparatur; Kraus et al. (13–15), Ghezzi et al. (16) und Scholz et al. (17) berichteten von verbesserten Heilungsergebnissen, wenn Fibrinkleber die Meniskalreparatur unterstützt. Wie Röddecker und Nagelschmidt feststellten, ist eine Fibrinmatrix eine zentrale Voraussetzung für das reparative Zellwachstum (12).

Autologes konditioniertes Serum (ACS)

ACS enthält erhöhte Konzentrationen von Wachstumsfaktoren und den Interleukin-1-Rezeptorantagonisten (IL-1Ra). Im Gegensatz zu PRP wird ACS ausschließlich durch Inkubation und Zentrifugation ohne Zusatzstoffe hergestellt, um allergische Reaktionen zu vermeiden. Die S2k-Gonarthrose-Richtlinie erkennt an, dass modifizierte Blutprodukte, einschließlich ACS, für die Behandlung von Kniearthrose empfohlen werden (19). Zu den in ACS identifizierten Komponenten gehören Wachstumsfaktoren, Zytokine, Lipidmediatoren, extrazelluläre Vesikel und Elemente, die oxidativen Stress lindern. ACS wurde für Gelenk- und Weichteilinjektionen (20–25), Schmerzlinderung (26–31), Stammzellaktivierung (32,33) und Förderung der intraartikulären Homöostase (26,34–37) eingesetzt. Ein hypothetischer Mechanismus umfasst anabole Effekte, die die Heilung unterstützen, den oxidativen Stress reduzieren und die Immunzell-Signalübertragung modulieren – insbesondere eine Makrophage-M1- → M2-Verschiebung (37).

Verfahrensvorteile der MRT-gesteuerten Mikrotherapie

Technische Überlegungen

Der minimalinvasive Eingriff wird ambulant unter MRT-Anleitung mit lokaler Betäubung durchgeführt. Das behandelte Knie ist sofort belastbar und funktionsfähig, im Gegensatz zur arthroskopischen oder offenen chirurgischen Refixierung. Zu den wichtigsten Vorteilen gehören:

Keine Wunde, die längere Pflege erfordert

Keine Vollnarkose

Keine prophylaktische Thrombosebehandlung

Keine Entwässerung

Keine Kosten für Krankenhausaufenthalt oder Rehabilitation

Arthroskopische Reparatur mit Fibrinkleber ist technisch unmöglich, da eine kontinuierliche Verbindungsbewässerung während der Arthroskopie den Klebstoff abwaschen würde. Frühere Gasinsufflationstechniken wurden aufgrund tödlicher Komplikationen durch die Gasembolie aufgegeben.

Notwendigkeit der Bildführung

Die millimetergenaue Abgabe von Fibrinkleber in geschlossene Fugenräume erfordert eine visuelle Kontrolle. Unkontrolliertes Klebstoffauftragen kann zu Haftungen an unbeabsichtigten Stellen oder lebensbedrohlichen Folgen führen, wenn Klebstoffpartikel in den Blutkreislauf gelangen. Die MRT-Führung bietet eine dreidimensionale Visualisierung der Nadel und der Weichteile ohne Strahlenexposition und bietet eine überlegene Genauigkeit im Vergleich zu CT oder Ultraschall (45–47). Studien, die bildgeführte versus blinde Injektionen vergleichen, zeigen durchweg eine höhere Platzierungsgenauigkeit mit der Bildführung (47). Ultraschall ist für tiefe intraartikuläre Injektionen ungeeignet, da er nicht hinter Knochen- oder Knorpelflächen bilden kann und die Sterilität beeinträchtigen würde. CT-geführte Injektionen bergen eine erhebliche Strahlenbelastung und ein potenzielles langfristiges Risiko.

Langlebigkeit klinischer Ergebnisse

Die Stabilität der Ergebnisse über bis zu acht Jahre hinweg ist bemerkenswert. Während viele biologische Therapien kurzfristige Vorteile dokumentieren, fehlen langfristige Daten oft. Die durchgehend niedrige Reoperationsrate ($< 10\%$) deutet darauf hin, dass dieses Verfahren strukturelle Stabilität und nicht nur eine vorübergehende Linderung der Symptome erreicht. Langzeituntersuchungen nach einer arthroskopischen Menisektomie zeigen ein erhöhtes Risiko für Arthrose. Ein gewebeerhaltender Ansatz – sofern die biomechanische Integrität wiederhergestellt wird – kann daher langfristige Schutzwirkungen bieten. Eine vierjährige WOMAC-Bewertung, die 2021 veröffentlicht wurde, dokumentierte eine anhaltende Wirksamkeit; Die vorliegende Studie erweitert diese Ergebnisse auf sechs und acht Jahre.

Patientenauswahl

Die Studienkohorte bestand aus Patienten mit bildgebend bestätigten Läsionen und einer bestehenden chirurgischen Indikation, die dennoch eine operative Behandlung ablehnten. Diese Gruppe repräsentiert behandlungswillige Patienten mit struktureller Pathologie, aber einer starken Präferenz für gelenkerhaltende Alternativen. Die Dominanz der Kniegelenke (83,9 %) spiegelt die epidemiologische Dominanz der Meniskalläsionen wider, und die Altersverteilung (50–60 Jahre) entspricht dem Höhepunkt degenerativer Meniskalläsionen.

Einschränkungen

Trotz positiver Ergebnisse schränken mehrere methodische Einschränkungen die Interpretation ein:

Retrospektives Design begrenzt die kausale Inferenz.

Das Fehlen einer Kontrollgruppe schließt einen direkten Vergleich mit Standardbehandlungen aus.

Subjektive Endpunkte, die sich auf patientenberichtete Ergebnisse ohne standardisierte Werte (z. B. KOOS, WOMAC) in der Langzeitnachbeobachtung stützen.

Keine bildgebende Nachbeobachtung, was eine objektive Überprüfung der strukturellen Heilung verhindert.

Mögliche Erinnerungsverzerrung, angesichts des Interviewformats.

Eine randomisierte kontrollierte Studie mit standardisierten klinischen Ergebnissen und MRT-Nachbeobachtung ist erforderlich, um die strukturelle Heilung objektiv zu überprüfen. Außerdem kann das MRT den Fibrinklebstoff nicht direkt visualisieren; Narbengewebe nach der Fibrinbehandlung ähnelt einem Meniskenrisssignal, was eine intraartikuläre Kontrastmittelgabe zur Differenzierung erforderlich macht.

Klinische Auswirkungen

Diese Daten deuten darauf hin, dass eine minimalinvasive, MRT-geführte Refixierung bei ausgewählten Patienten eine wirksame Alternative zur Operation darstellt. Bei degenerativen Meniskusläsionen kann sie als Zwischenschritt zwischen konservativer Therapie und arthroskopischer Intervention dienen. Angesichts der zunehmenden Kritik an unnötiger Arthroskopie bei degenerativen Knien gewinnt ein biologisch regenerativer Ansatz sowohl gesundheitswirtschaftliche als auch gewebeerhaltende Relevanz. Wie Ossendorff et al. bezüglich intraartikulärer Antizytokintherapien feststellten, sollte das zukünftige therapeutische Potenzial als hoch eingestuft werden.

Fazit

Die minimalinvasive Meniskusrefixierung mit Tisseel-Fibrinkleber in Kombination mit autologen, konditionierten Seruminjektionen zeigt stabile klinische Ergebnisse mit hoher Patientenzufriedenheit und niedrigen Reoperationsraten über bis zu acht Jahre. Ob beobachtete Effekte aus tatsächlicher struktureller Regeneration resultieren, erfordert prospektive, kontrollierte Studien mit objektiv verifizierbaren Parametern. Dennoch erfüllt das Verfahren die Kriterien für medizinische Notwendigkeit: Es entspricht der Krankheit, wird von der Fachgemeinschaft als vielversprechend angesehen, stellt einen anerkannten innovativen Ansatz dar und zeigt Wirksamkeit bei der Förderung der Heilung, der Linderung von Symptomen und der Vermeidung von Verschlechterung.

Literatur

- [1] EPRD Jahresbericht 2024. Endoprothesenregister Deutschland (EPRD). Jahresbericht 2024: Klinische Ergebnisse 2023. Berlin: EPRD; 2024.
- [2] Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). S2k-Leitlinie 033/006: Meniskuserkrankungen. 2015.
- [3] DGOÜ. S2k-Leitlinie Gonarthrose (Living Guideline). Version 4.0. 24.01.2024.
- [4] Poulsen E, Goncalves GH, Bricca A, Roos EM, Thorlund JB, Juhl CB. Knee osteoarthritis risk is increased 4–6 fold after knee injury: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med.* 2019;53(23):1454–1463.
- [5] Beaufils P, Becker R, Kopf S, Englund M, Verdonk R, Ollivier M, et al. Surgical management of degenerative meniscus lesions: the 2016 ESSKA meniscus consensus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017;25(2):335-46.
- [6] Poggi A, Reale D, Boffa A, Andriolo L, Di Martino A, Filardo G. Meniscus treatment: biological augmentation strategies: a narrative review. *Ann Joint.* 2022;7:25.
- [7] Super JT, LaPrade RF, Robinson J, Parker DA, DePhillipo N, Moatshe G, et al. Biologic augmentation of meniscus repair: a scoping review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2025;33(12):4176–4188.
- [8] Yang KG, Raijmakers NJ, van Arkel ER, Caron JJ, Rijk PC, Willems WJ, et al. Autologous interleukin-1 receptor antagonist improves function and symptoms in osteoarthritis when compared to placebo in a prospective randomised controlled trial. *Osteoarthritis Cartilage.* 2008;16(4):498-505.
- [9] Raeissadat SA, Rayegani SM, Jafarian N, Heidari M. Autologous conditioned serum applications in the treatment of musculoskeletal diseases: a narrative review. *Future Sci OA.* 2022;8(2):FSO776.
- [10] Strümper RW, Reinecke J, Rechmeier JW, Schilling R, Wehling P. A combination of Tisseel fibrin glue and Orthokine ACS improves knee meniscus injury treatment and helps avoid surgery: 4-year follow-up archive study. *Sports Inj Med.* 2021;5:172.
- [11] Kraus TM, Martetschläger F, Gassner C, Oechel N, Lorenz S, Krutsch W, et al. Fibrin glue in meniscal repair: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2010;18(3):327-34.

- [12] Katz JN, Brophy RH, Chaisson CE, de Chaves L, Cole BJ, Dahm DL, et al. Surgery versus physical therapy for a meniscal tear and osteoarthritis. *N Engl J Med*. 2013;368(18):1675-84.
- [13] Sihvonen R, Paavola M, Malmivaara A, Itälä A, Joukainen A, Nurmi H, et al. Arthroscopic partial meniscectomy versus sham surgery for a degenerative meniscal tear. *N Engl J Med*. 2013;369(26):2515-24.
- [14] Kraus TM, Martetschläger F, Müller D, Braun KF, Ahrens P, Siebenlist S, et al. Return to sports activity after tibial plateau fractures: 89 cases with minimum 24-month follow-up. *Am J Sports Med*. 2012;40(12):2845-52.
- [15] Kraus V, Schmit N, Weigl T. Fibrin glue in meniscal repair: a systematic review. *Am J Sports Med*. 2014;42(3):687-94.
- [16] Ghezzi C, Colombo N, Manzotti A. Use of fibrin glue in meniscal repair: a review of current evidence. *J Orthop Surg Res*. 2017;12(1):76.
- [17] Scholz T, Pöppe M, Petersen W. Fibrin glue in meniscal repair: a systematic review and meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2018;46(9):2234-43.
- [18] Röddecke K, Nagelschmidt M. Histological and biomechanical studies on stimulation of meniscal healing in rabbits using fibrin glue. In: Gebhardt C, editor. *Fibrinklebung in der Allgemein- und Unfallchirurgie, Orthopädie, Kinder- und Thoraxchirurgie*. Berlin: Springer; 1992. p. 159-65.
- [19] Vitali M, Naim Rodriguez N, Pedretti A, Drossinos A, Dubini DA, Frascini G. Autologous conditioned serum: clinical and functional results using a novel disease modifying agent for the management of knee osteoarthritis. *J Drug Assess*. 2020;9(1):43-51.
- [20] Wehling J. Medikamentöse Therapieoptionen bei Arthrose. *Orthopädische Unfallchirurgische Nachrichten*. 2024;1:22-8.
- [21] Wehling P, Moser C, Frisbie D, McIlwraith CW, Kawcak CE, Krauspe R, et al. Autologous conditioned serum in the treatment of orthopedic diseases: the Orthokine therapy. *BioDrugs*. 2007;21(5):323-32.
- [22] Shirokova K, Noskov S, Shirokova L, Kosygina K. Intra-articular injections of a whole blood-clot secretome, autologous conditioned serum, have superior clinical and biochemical efficacy over platelet-rich plasma and induce rejuvenation-associated changes of joint metabolism. *Rejuvenation Res*. 2020;23(5):416-24.
- [23] Richards MM, Maxwell JS, Weng L, Angelos MG, Golzarian J. Intra-articular treatment of knee osteoarthritis: from anti-inflammatories to products of regenerative medicine. *Phys Sportsmed*. 2016;44(2):101-8.

- [24] Hashemi M, Jalili P, Mohajerani SA, Shamohammadi Z, Poorhoseini R, Naderi-Nabi B. Comparison of the effect of intra-articular injection of autologous (Orthokine) interleukin-1 (IL-1Ra) receptor antagonist and hyaluronic acid in pain control of knee osteoarthritis. *Nov Biomed*. 2019;7(4):210-7.
- [25] Samitier G, Alentorn-Geli E, Torrents A, Pujol N, Verdonk R, Seil R. Biological therapies in orthopedics and sports medicine. In: Hirschmann MT, Kon E, Samuelsson K, Denti M, Dejour D, editors. *ESSKA Instructional Course Lecture Book*. Berlin: Springer; 2020. p. 409–424.
- [26] Baltzer AW, Moser C, Jansen SA, Krauspe R. Autologous conditioned serum (Orthokine) is an effective treatment for knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2009;17(2):152-60.
- [27] Becker C, Heidersdorf S, Drewlo S, de Rodriguez SZ, Krämer J, Willburger RE. Efficacy of epidural perineural injections with autologous conditioned serum for lumbar radicular compression: an investigator-initiated, prospective, double-blind, reference-controlled study. *Spine*. 2007;32(17):1803-8.
- [28] Buchheit T. Platelet-rich plasma and autologous conditioned serum: non-cellular biologic therapies for neuroimmune modulation and the treatment of arthritis pain. In: *Neuroimmune Interactions in Pain*. Cham: Springer; 2023. p. 287-303.
- [29] Buchheit T, Ganesh S, Engel C, Park E, Shnayder I, Zhou J, et al. Intrathecal administration of conditioned serum from different species resolves chemotherapy-induced neuropathic pain in mice via secretory exosomes. *Brain Behav Immun*. 2023;111:298-311.
- [30] Evans CH, Chevalier X, Bhardwaj N. Autologous conditioned serum. *Phys Med Rehabil Clin N Am*. 2016;27(4):893-908.
- [31] Frizziero A, Giannotti E, Oliva F, Masiero S, Maffulli N. Autologous conditioned serum for the treatment of osteoarthritis and other possible applications in musculoskeletal disorders. *Br Med Bull*. 2013;105:169-84.
- [32] Fernandez-Antoran D, Piedrafita G, Murai K, Ong SH, Herber A, Fernandez-Ruiz I, et al. Outcompeting p53-mutant cells in the normal oesophagus by redox manipulation. *Cell Stem Cell*. 2019;25(3):329-41.
- [33] Blázquez R, Sánchez-Margallo FM, Álvarez V, Matilla E, Hernández N, Marinaro F, et al. Conditioned serum enhances the chondrogenic and immunomodulatory behavior of mesenchymal stem cells. *Front Pharmacol*. 2019;10:699.
- [34] Godek P, Balcerzak A, Przeklasa-Muszynska A, Dobrogowski J. Comparison of analgesic efficacy between epidural and perineural administration of autologous conditioned serum in the conservative treatment of low back pain due to lumbar degenerative disc disease: a randomised, open-label, controlled clinical trial. *Brain Sci*. 2023;13(5):749.

- [35] Ossendorff R, Thimm D, Wirtz DC, Schildberg FA. Methods of conservative intra-articular treatment for osteoarthritis of the hip and knee. *Dtsch Arztebl Int.* 2023;120(35-36):575-81.
- [36] Leone R, Baldini M, Parente C, Cenni E. Pain control and functional improvement in patients treated by autologous conditioned serum after failure of platelet-rich plasma treatments in knee osteoarthritis. *Transfus Med.* 2021;31(6):448-54.
- [37] Pishgahi A, Abolhasan R, Shakouri SK, Khavinia M, Ghojzadeh M, Babaloo H. Effect of dextrose prolotherapy, platelet-rich plasma and autologous conditioned serum on knee osteoarthritis: a randomised clinical trial. *Iran J Allergy Asthma Immunol.* 2020;19(3):243-52.
- [38] Fox BA, Stephens MM. Treatment of knee osteoarthritis with Orthokine-derived autologous conditioned serum. *Expert Rev Clin Immunol.* 2010;6(3):335-45.
- [39] Kim J, Lee SH, Park JH. Guidance modality for intra-articular knee injections in degenerative knee disease: a meta-analysis. *Knee.* 2023;30(2):235-45.
- [40] Jørgensen MK, Kjeldsen HS, Christensen ME, Brok JS, Nielsen AB, Blond L. Image-guided versus blind intra-articular knee injection: a systematic review with meta-analysis. *J Clin Ultrasound.* 2021;49(7):635-49.
- [41] Lee HJ, Kim Y, Hong SH, Lee JW, Chae HD, Yeom J. Comparison of clinical effectiveness between ultrasound-guided injection and blind injection in shoulder joint. *J Korean Med Sci.* 2023;38(15):e115.
- [42] van der Velde K, Poot L, de Kruijf M, Raupach P, de Vries N, van den Bekerom MP, et al. Ultrasound-guided versus landmark-guided intra-articular knee injections: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2022;12(4):e054786.
- [43] Patel P, Engstrom BI, Kim CY. Image-guided versus palpation-guided intra-articular knee injections: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2021;51(3):151-9.
- [44] Englund M, Roos EM, Lohmander LS. Impact of type of meniscal tear on radiographic and symptomatic knee osteoarthritis: a sixteen-year follow-up of meniscectomy with matched controls. *Arthritis Rheum.* 2003;48(8):2178-87.
- [45] Stoller DW. *Stoller's Orthopaedics and Sports Medicine: The Knee.* Philadelphia: Wolters Kluwer; 2017.
- [46] Wehling P, Moser C, Merk H. How does surgery compare with advanced intra-articular therapies in knee osteoarthritis: current thoughts. *Ther Adv Musculoskelet Dis.* 2016;8(4):149-56.

[47] Tisseel

The fibrin adhesive system (Tisseel; Baxter Deutschland GmbH, Germany) is composed of solutions A and B. Solution A is made up of purified fibrinogen and aprotinin. Solution B includes thrombin and CaCl. It is applied via a double syringe and the 2 components only mix right at the tip of the cannula.