

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. DR. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

EINFLUSS DER BEGLEITENDEN KNORPELTHERAPIE AUF DAS OUTCOME NACH
KNIEGELENKNAHER UMSTELLUNGSOSTEOTOMIE

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin der
Universität Regensburg

vorgelegt von Felix Hochholzer

2021

AUS DER ABTEILUNG
FÜR UNFALLCHIRURGIE
PROF. DR. DR. VOLKER ALT
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

EINFLUSS DER BEGLEITENDEN KNORPELTHERAPIE AUF DAS OUTCOME NACH
KNIEGELENKNAHER UMSTELLUNGSOSTEOTOMIE

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin der
Universität Regensburg

vorgelegt von Felix Hochholzer

2021

Dekan: Prof. Dr. med. Dirk Hellwig

1. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Peter Angele

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Ernst-Michael Jung

Tag der mündlichen Prüfung: 07.06.2022

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Grundlagen zur Gonarthrose	6
1.1.1	Definition und Epidemiologie	6
1.1.2	Pathogenese	7
1.2	Therapien der Gonarthrose	7
1.2.1	Konservative Therapien	7
1.2.2	Operative Therapien	9
1.3	Achsfehlstellungen der unteren Extremität	9
1.4	Kniegelenksnahe Umstellungsosteotomie	10
1.5	Indikationsstellung	11
1.6	Begleitende Knorpeltherapie	12
1.6.1	Knorpel-Débridement	13
1.6.2	Abrasionsarthroplastik	13
1.6.3	Mikrofrakturierung	14
1.6.4	Matrixassoziierte Autologe Chondrozyten Transplantation	15
1.7	Ziel der vorliegenden Arbeit	16
2	Patienten und Methodik	17
2.1	Patientenrekrutierung	17
2.2	Operationsverfahren	17
2.2.1	Präoperative Planung	17
2.2.2	Lagerung	19
2.2.3	Operationstechnik der HTO	19
2.2.4	Postoperative Nachbehandlung	20
2.3	Funktionelle Bewertung	20
2.3.1	IKDC-Score	21
2.3.2	Lysholm-Gillquist-Score	21
2.3.3	Tegner-Aktivitäts-Score	21
2.3.4	Cincinnati-Score	21
2.4	Chondromalazie	22
2.5	Radiologische Auswertung	22

2.5.1	Mechanischer lateraler distaler Femur-Winkel und mechanischer medialer proximaler Tibia-Winkel	22
2.5.2	Tibialer Slope	23
2.6	Statistische Auswertung	25
3	<u>Ergebnisse</u>	<u>26</u>
3.1	Demographische Daten	26
3.2	Daten zur Operation	26
3.3	Operationsanamnesen	27
3.4	Komplikationen	27
3.5	Klinische und funktionelle Auswertung	28
3.5.1	Auswertung des IKDC-Scores	28
3.5.2	Auswertung des Tegner-Scores	29
3.5.3	Auswertung des Lysholm-Gillquist-Scores	30
3.5.4	Auswertung des Cincinnati-Scores	31
3.5.5	Visuelle Analogskala (VAS)	32
3.5.6	Zufriedenheit der Patienten mit dem OP-Ergebnis	32
3.5.7	Rückkehr zur Arbeit	33
3.5.8	Sportliche Aktivität	33
3.6	Arthroskopische Ergebnisse und Chondromalazie	34
3.7	Radiologische Auswertung	36
3.8	Korrelation der klinischen Fragebögen mit BMI, Alter, Geschlecht und präoperativen MLDFW/MMPTW Winkeln	36
3.9	Auswertung in Bezug auf die Knorpelbehandlung	37
4	<u>Diskussion</u>	<u>41</u>
4.1	IKDC-Score	41
4.2	Lysholm-Score und Cincinnati-Score	41
4.3	Tegner-Score	42
4.4	Komplikationen	43
4.5	Radiologische Auswertung	43
4.6	Arthroskopische Beurteilung der Chondromalazie	44
4.7	Zusammenhänge der einzelnen Parameter	44
4.8	Klinische Ergebnisse in Bezug auf die Knorpelbehandlung	45

4.9	Stärken und Limitationen der Arbeit	46
4.10	Effekt der HTO und der begleitenden Knorpelbehandlung	47
4.11	Fazit	47
5	<u>Zusammenfassung</u>	48
6	<u>Literaturverzeichnis</u>	50
7	<u>Anhang</u>	62
7.1	Abbildungsverzeichnis	62
7.2	Tabellenverzeichnis	63
7.3	Abkürzungsverzeichnis	64
7.4	Fragebögen	65
7.4.1	IKDC-Score	65
7.4.2	Lysholm-Score	67
7.4.3	Tegner-Score	68
7.4.4	Cincinnati-Score	69
7.4.5	Fragebogen Back to Sports	71
7.5	Danksagung	73

1 Einleitung

Die Umstellungsosteotomie stellt eine zentrale Behandlungsmöglichkeit der unikompartimentellen medialen oder lateralen Gonarthrose bei bestehendem Genu varum bzw. Genu valgum dar. Neben der Endoprothetik ist die Umstellungsosteotomie vor allem bei jüngeren Patienten eine wichtige Therapieoption. Ziel der Umstellungsosteotomie ist hierbei vor allem eine Entlastung des betroffenen Gelenkkompartiments. Dadurch soll auf der einen Seite die Lebensqualität des Patienten durch eine Linderung der Symptomatik erreicht werden. Andererseits soll die Progression der Arthrose in dem betroffenen Kompartiment durch die mechanische Entlastung gemindert werden (1–3).

1.1 Grundlagen zur Gonarthrose

1.1.1 Definition und Epidemiologie

Die Gonarthrose ist eine degenerative Erkrankung des Kniegelenks, die durch eine progressive Degeneration des Gelenkknorpels charakterisiert wird. Sie wird durch strukturelle und funktionelle Veränderungen der anliegenden Strukturen, wie dem Bandapparat und dem subchondralen Knochen, gekennzeichnet (4).

Die Gonarthrose weist einen langsamen progredienten Verlauf mit entzündlichen Episoden auf. Die Symptomatik der Gonarthrose kann Schmerzen im Gelenkbereich, Schwellung, Überwärmung und verminderte Beweglichkeit des Gelenkes umfassen. Oftmals sind die Schmerzen in der Früh oder nach langem Sitzen stärker (sog. „Anlaufschmerzen“) und bessern sich bei Bewegung (5,6).

Arthrose gilt als die häufigste Gelenkerkrankung weltweit. Das Kniegelenk stellt eine der häufigsten Lokalisationen dar. (7,8).

Die Prävalenz der Gonarthrose steigt mit zunehmendem Lebensalter signifikant an. Die Erfassung der Prävalenz und Inzidenz der Gonarthrose variiert je nach Definition der Gonarthrose (z.B. klinisch, symptomatisch, radiologisch) (7).

Eine Metaanalyse von europäischen, amerikanischen und asiatischen Studien zur Prävalenz der radiologisch gesicherten Gonarthrose geht von einer Prävalenz von 10,6% bei der männlichen bzw. 13,4% bei der weiblichen Bevölkerung im Alter 50 bis 59 Jahre aus. Im Alter zwischen 60 bis 69 Jahren lag die Prävalenz bei 21,4% bzw. 30,4% und im Alter zwischen 70 bis 79 Jahren bei 38,3 bzw. 50,4% der männlichen bzw. weiblichen Bevölkerung (9).

In Deutschland zeigten in der Gruppe der 50 bis 54 Jahre alten Patienten 15-16% eine radiologisch gesicherte Gonarthrose. Unter den 70 bis 74 jährigen Patienten waren es bereits 36-40% (8).

1.1.2 Pathogenese

Die Pathogenese der Gonarthrose ist multifaktoriell, wobei zwischen beeinflussbaren und nicht beeinflussbaren Faktoren unterschieden werden kann. Zu den wichtigen nicht beeinflussbaren Faktoren zählen Alter, Geschlecht, genetische Prädisposition und angeborene Gelenkdeformitäten (10–14).

Ein wichtiger beeinflussbarer Faktor ist die Adipositas. Zum einen führt ein Übergewicht zu einer erhöhten Belastung, zum anderen ist damit auch häufig eine geringere körperliche Aktivität der Patienten verbunden. Diese kann zu muskulären Schwächen und Instabilitäten führen, die sich wiederum negativ auf den Krankheitsverlauf der Arthrose auswirken kann (15–18). Nach Murphy et al. (2008) liegt das Risiko, im Verlauf des Lebens an symptomatischer Gonarthrose zu erkranken, bei 44,7% (in der US-amerikanischen Bevölkerung) (19). Dieses Risiko ist deutlich erhöht bei Patienten mit Adipositas (60,5%) im Vergleich zu Patienten mit Normalgewicht (30,2%) bzw. Übergewicht (46,9%).

Traumata im Kniegelenksbereich können ebenfalls zu einem erhöhten Risiko für eine Entwicklung einer Gonarthrose führen. Beispielsweise kann ein Riss des vorderen Kreuzbandes zu Instabilität im Kniegelenk führen, die eine erhöhte Belastung des Gelenkknorpels bedeuten kann. Ebenso führen auch Meniskusläsionen und eventuelle therapeutische Entfernungen zu einer erhöhten Belastung des Knorpels (20,21). So war das Risiko bei Patienten mit früheren Knieverletzungen laut einer Studie von Murphy et al. (2008) bei 56,8% im Vergleich zu Patienten ohne frühere Knieverletzungen (42,3%) (19). Fehlbelastungen infolge von Gelenkdysplasien und Achsfehlstellungen wirken sich ebenfalls negativ auf das Krankheitsbild aus (12,20,22,23).

1.2 Therapien der Gonarthrose

Ziel der Therapie ist vor allem eine Reduktion der Schmerzsymptomatik und Verminderung der Bewegungseinschränkung. Dadurch soll eine Verbesserung der Lebensqualität sowie eine Verlangsamung der Krankheitsprogression erreicht werden.

1.2.1 Konservative Therapien

a) Physiotherapie und physikalische Therapie

Die Physiotherapie kann durch gezielte Übungen die Muskulatur kräftigen und führt zur Stabilisierung des Gelenkes. Dies kann sowohl zur Besserung der Schmerzsymptomatik als auch der Bewegungseinschränkung beitragen (24). Durch Wärmetherapien kann die Muskulatur aktiviert werden. Kältetherapien können helfen, akute Schmerzen und Schwellungen zu reduzieren. Da jedoch die aktive Teilnahme des Patienten an der Physiotherapie und die eigenständige Weiterführung der Übungen auch zu Hause essenziell für das Outcome ist, ist der Therapieerfolg individuell sehr unterschiedlich und abhängig vom Patienten. (24,25)

b) Nichtpharmakologische Therapien

Wichtigster Ansatzpunkt der Nichtpharmakologischen Therapie ist die Lebensstiländerung. Gewichtsreduktion hilft, die Symptomatik zu reduzieren und verlangsamt auch den Krankheitsverlauf (5,17). Im Vergleich zu Patienten mit unverändertem Gewicht zeigt sich bei Patienten, die ihr Gewicht um 5-10% reduzieren konnten, eine signifikant geringere Knorpeldegeneration und Progression der Arthrose in der MRT-Bildgebung (26). Dabei zeigt sich ein direkter Zusammenhang zwischen der erreichten Gewichtsreduktion und der Symptomverbesserung (27). Sportliche Aktivität hilft sowohl bei der Schmerzreduktion als auch bei der Erhaltung der Funktionalität und damit Steigerung der Lebensqualität. Die Kräftigung der Muskulatur hilft bei der Stabilisierung des Gelenkes. Die Beweglichkeit kann durch Dehnungsübungen verbessert werden.

c) Pharmakologische Therapie

Oral sind nichtsteroidale Antiphlogistika sehr erfolgreich bei der Behandlung der Gonarthrose und deshalb auch die am meisten verwendeten Medikamente. Die stärkste Wirkung haben sie während aktivierter entzündlicher Phasen und können das Gelenk in einen reizärmeren Zustand führen. Bei längerfristiger Verwendung von nichtsteroidalen Antiphlogistika ist jedoch deren Nebenwirkungsprofil nicht zu unterschätzen. Reine Analgetika sind nur bei einer nicht entzündlichen Arthrose indiziert (28).

Eine intraartikuläre „Viskosupplementation“ mithilfe von Hyaluronsäure ist eine weitere Therapieoption. Hyaluronsäuren ähneln dem Hauptbestandteil des Gelenkknorpels. Sie fungiert als Gleitmittel und Schockdämpfer, um die biomechanische Funktion des Gelenkknorpels zu unterstützen, und zeigt im Tiermodell eine chondroprotektive Wirkung (29–31). Da die Injektion keinen Effekt auf die Reduktion von Osteophyten oder Knorpel/Meniskusregenerierung hat, ist sie nicht empfehlenswert für starke Arthrose bzw. Arthrose im Endstadium (6,29). Bei beginnender bzw. leichter Arthrose kann sie jedoch zu einer zeitlich begrenzten Schmerzlinderung und Funktionsverbesserung führen (29,32,33)

Intraartikuläre Corticosteroid-Injektionen werden schon lange zur Schmerzreduktion und Funktionalitätsverbesserung appliziert, vor allem bei akuten Reizzuständen und Ergüssen (28). Ihre langfristige Wirkung ist jedoch noch nicht abschließend geklärt (6,34).

Platelet-rich plasma (PRP) gilt als relativ neue und vielversprechende Therapiemöglichkeit. Durch Zentrifugation wird aus venösem Eigenblut ein mit Plättchenzellen angereichertes Blutplasma gewonnen. Durch plättchenstimulierende Wirkstoffe, meist Calciumchlorid, werden die Blutplättchen zur Produktion von Thrombin und gewebestimulierenden Faktoren angeregt (35). Das PRP kann nach intraartikulärer Injektion zu einer Proliferation von mesenchymalen Zellen

führen und Regenerationsmechanismen der Knorpelmatrix aktivieren (36,37). Bisherige Studien deuten auf eine Verbesserung, sowohl im Hinblick auf Schmerzsymptomatik als auch Funktionalität, hin (6,35,37,38).

1.2.2 Operative Therapien

Nach Ausschöpfung aller konservativen Therapiemöglichkeiten und bei ausgeprägter Reduktion der Lebensqualität muss eine operative Therapie in Erwägung gezogen werden.

Zu den gelenkerhaltenden operativen Therapien zählen unter anderem das Knorpel-Débridement, die Abrasionsarthroplastik, die Matrixassoziierte Autologe Chondrozyten Transplantation (MACT) und die Mikrofrakturierung (siehe 1.6.4).

Bei einer Achsfehlstellung und gleichzeitiger streng einseitiger Gonarthrose kann eine Umstellungsosteotomie durchgeführt werden. Diese kann die Fehlstellung korrigieren, das betroffene Kompartiment entlasten und die Symptomatik so deutlich verbessern. Zeitgleich zur Osteotomie kann die beschädigte Gelenkfläche durch zum Beispiel Knorpel-Débridement, Abrasionsarthroplastik, Mikrofrakturierung und MACT behandelt werden, um den Therapieerfolg weiter zu steigern.

Bei streng einseitigen Arthrosen kann eine unikompartimentelle Endoprothese zum Einsatz kommen, wenn Therapiealternativen wie Knorpeltherapien und/oder eine Umstellungsosteotomie nicht indiziert sind (28). Bei bikompartimentellen Arthrosen ist häufig eine Totalendoprothese (TEP) indiziert.

1.3 Achsfehlstellungen der unteren Extremität

Die häufigsten Achsenabweichungen in der unteren Extremität sind in der Frontalebene (sog. Varus-/Valgusdeformität). Physiologisch liegt der femorotibiale Winkel bei $173 - 175^\circ$ (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**) (22). Kennzeichen einer Varusdeformität bzw. eines Genu varum sind unter anderem ein anatomischer femorotibialer Winkel $> 173 - 175^\circ$ und eine vergrößerte interkondyläre Distanz. Eine vergrößerte intermalleoläre Distanz ist dagegen hinweisend für ein Genu valgum, so wie auch ein anatomischer femorotibialer Winkel $< 173 - 175^\circ$. Ursachen hierfür können sowohl angeboren als auch konstitutionell bedingt sein (22).

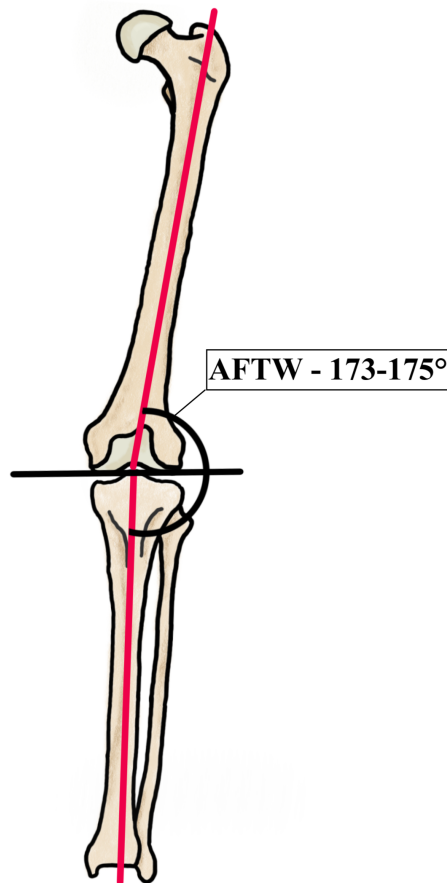


Abbildung 1: Darstellung des anatomischen femoro-tibialen Winkels, gebildet durch die Mittelschaftlinien von Femur und Tibia. Physiologischerweise liegt dieser bei 173-175° nach lateral geöffnet. Quelle: Modifiziert nach Lobenhoffer et al., (Thieme 2006) (39).

1.4 Kniegelenksnahe Umstellungsosteotomie

Bei einer bestehenden Achsfehlstellung ist die mechanische Belastung nicht gleichmäßig auf die gesamte Kniegelenksfläche verteilt. So kommt es bei einem Genu varum zu einer vermehrten Belastung des medialen Kompartiments und bei einem Genu valgum zu einer vermehrten Belastung des lateralen Kompartiments (40,41). Eine solche mechanische Dysbalance kann in gewissen Ausmaßen durch die Kniebinnenstrukturen kompensiert werden. Dekompensiert dieses System, kommt es zur Entwicklung einer Gonarthrose. Ziel der Umstellungsosteotomie ist demnach die Korrektur der Achsdeviation, was zu einer Entlastung des betroffenen Kompartiments führt (42,43). Dabei kommt es zur Mehrbelastung des anderen Kompartiments. Aus diesem Grund ist bei fortgeschrittenem Schaden der anderen Seite keine hohe tibiale Osteotomie (HTO) durchführbar.

Bei der Behandlung der beschriebenen Achsabweichungen kommen verschiedene Operationsmethoden zum Einsatz. Ein häufig eingesetztes und gut etabliertes Verfahren zur Behandlung des Genu varum und der damit verbundenen medialen Gonarthrose ist die HTO. Hierbei muss zwischen der Closed-Wedge HTO und der Open-Wedge HTO unterschieden werden (44).

Bei der zuklappenden Closed-Wedge HTO wird eine zweifache Osteotomie durchgeführt, wodurch ein Knochenkeil entsteht der anschließend reseziert wird. Die Osteotomieflächen werden im Anschluss mithilfe einer Plattenosteosynthese adaptiert. Vorteile der Closed-Wedge HTO sind eine schnelle Knochenadaption, eine frühe Rehabilitation und ein geringes Risiko des Korrekturverlustes. Nachteile sind eine meist notwendige fibulare Osteotomie oder Arthrololyse des Tibiofibulargelenks, ein erhöhtes Risiko einer Verletzung des Nervus fibularis und eine mögliche Verkürzung des operierten Beines (45).

Bei der aufklappenden Open-Wedge Technik wird eine Osteotomie mit Erhaltung einer Kortikalisbrücke durchgeführt. Anschließend wird der Osteotomiespalt langsam geöffnet und mithilfe einer winkelstabilen Platte stabilisiert (46). Vorteile einer Open-Wedge HTO sind ein geringeres Risiko einer neurovaskulären Komplikation und eine Vermeidung der fibularen Osteotomie sowie einer möglichen Beinverkürzung. Hingegen kann es bei der Open-Wedge Technik im Vergleich häufiger zu einem Korrekturverlust kommen und die Zeit bis zur vollen Belastbarkeit ist aufgrund der geringeren Knochenadaption länger (45).

Tabelle 1

Vergleich der Vor- und Nachteile der OP-Techniken Open-Wedge und Closed-Wedge HTO.

OP-Technik	Open-Wedge HTO	Closed-Wedge HTO
Vorteile	Keine Gefahr einer Beinverkürzung, geringeres Risiko einer Nervenverletzung	Schnelle Knochenadaption, geringer Korrekturverlust
Nachteile/Risiken	Höhere Gefahr eines Korrekturverlustes, geringere anfängliche Knochenadaption	Oftmals fibulare Osteotomie, möglicherweise Verkürzung des Beins, Gefahr einer Verletzung des N. Fibularis

1.5 Indikationsstellung

Eine strenge Indikationsstellung ist bei der Umstellungsosteotomie entscheidend für ein gutes postoperatives Ergebnis. Die wichtigsten Indikationen sind eine unikompartimentelle mediale bzw. laterale Gonarthrose. Weitere Indikationen sind ein Patientenalter unter 65 bis 70 Jahren und ein hoher körperlicher Aktivitätsanspruch der Patienten. Kontraindikationen sind

bikompartimentelle Arthrose und dritt- bis viertgradige Knorpelschäden im lateralen Kompartiment bei valgusisierender proximaler Tibiakopfoosteotomie bzw. im medialen Kompartiment bei varisierender distaler Femuroosteotomie. Auch ein Außenmeniskusverlust bei valgusisierender bzw. ein Innenmeniskusverlust bei varisierender Umstellungsosteotomie sind Kontraindikationen, sowie auch ein Streckdefizit von über 10° und systemische oder lokale Entzündungen (43). Hinsichtlich des Übergewichtes beschreiben Floerkemeier et al. (2014) keine klare Kontraindikation bei moderatem Übergewicht (BMI < 30), jedoch habe das funktionelle Outcome bei Patienten mit einem BMI > 30 eine negative Tendenz (47).

1.6 Begleitende Knorpeltherapie

Während des Eingriffs können begleitend rekonstruktive Eingriffe mittels einer Arthroskopie im betroffenen Kniegelenkkompartiment bzw. am geschädigten Gelenkknorpel erfolgen. Zu den untersuchten rekonstruktiven Eingriffen zählen: Knorpel-Débridement, Abrasionsarthroplastik, Mikrofrakturierung und matrixassoziierte-autologe-Chondrozyten-Transplantation (MACT). Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die verschiedenen Behandlungsmöglichkeiten, deren Anwendungsbereich und eventuelle Vor- und Nachteile.

Tabelle 2

Vergleich der Verschiedenen Knorpelbehandlungsverfahren und Ihrer Vor- und Nachteile.

Knorpelbehandlung	Débridement	Abrasionsarthroplastik	Mikrofrakturierung	MACT
Anwendungsbereich	Unabhängig der Läsionsgröße, v.a. indiziert bei Verdacht auf instabile Knorpelanteile	Läsionen <4 cm ² Flächiger Defekt	Läsionen <2-4 cm ² Fokaler Defekt	Läsionen > 2,5-4 cm ² Fokaler Defekt
Vorteile	Einzeitiger Eingriff	Einzeitiger Eingriff	Einzeitiger Eingriff, schnelle Symptomverbesserung	Wiederherstellung des hyalinen Knorpels
Nachteile	Rein symptomatisch, keine Induktion der Knorpelregeneration	Entstehung faserknorpeligen Ersatzgewebes	Entstehung faserknorpeligen Ersatzgewebes	zweizeitiger Eingriff, sehr kostspieliges Verfahren

1.6.1 Knorpel-Débridement

Beim Débridement werden über einen arthroskopischen Zugriff freie Knorpelfragmente, instabile Knorpelanteile und Gelenkkörper entfernt und die Knorpeloberfläche geglättet (siehe Abbildung 2). Knorpel-Débridement stellt eine symptomatische Therapieoption dar. Durch die Entfernung von freien Gelenkkörpern und instabilen Knorpelanteilen können Beschwerden der Patienten reduziert werden. Eine Regeneration des Gelenkknorpels wird jedoch nicht induziert (48,49).

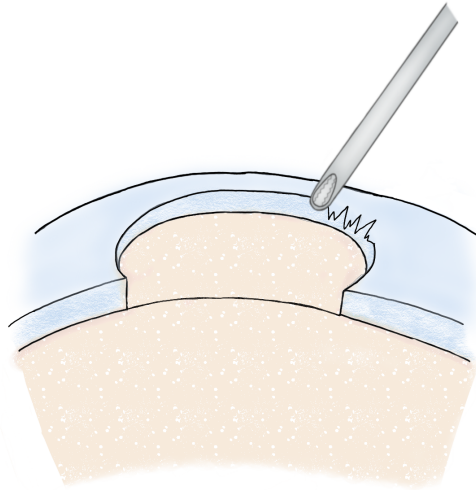


Abbildung 2: Prinzip des Débridements. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).

1.6.2 Abrasionsarthroplastik

Das Ziel der Abrasionsarthroplastik ist eine Rekrutierung von pluripotenten Knochenmarkstammzellen, welche sich in Chondrozyten umwandeln können. Damit sich diese pluripotenten Stammzellen an der Defektlokalisierung ansiedeln können, muss der subchondrale Knochen mit beispielsweise einem Shaver abgetragen werden, um bis zur Vaskularisationszone durchzustoßen (siehe Abbildung 3). Durch die daraufhin folgende Blutung wird die Bildung eines Fibrinpflöpfes hervorgerufen, in welchem pluripotente Knochenmarkstammzellen und Wachstumsfaktoren enthalten sind. Diese Stammzellen differenzieren sich nach 4-6 Monaten und beginnen extrazelluläre Matrix zu produzieren. Hierbei entsteht meist ein faserknorpeliges Ersatzgewebe, welches sich biomechanisch vom ursprünglichen hyalinen Gelenkknorpel unterscheidet (49,51). Die Abrasionsarthroplastik eignet sich zur Behandlung von Defekten kleiner als 4 cm². Bei größeren Defekten zeigen sich häufig schlechtere Behandlungsergebnisse (52).

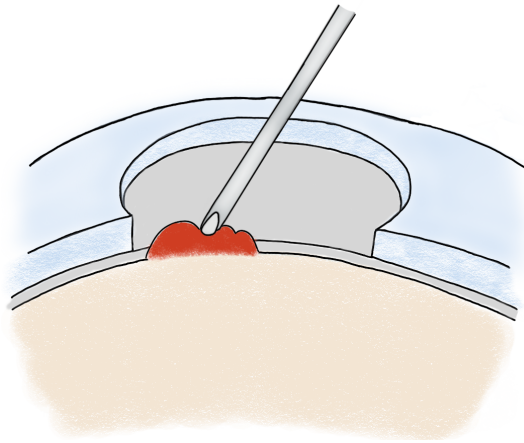


Abbildung 3: Prinzip der Abrasionsarthroplastik. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).

1.6.3 Mikrofrakturierung

Auch bei der Mikrofrakturierung ist das Ziel die Bildung eines Fibrinclots. Der subchondrale Bereich wird hier jedoch nicht mit einem Shaver abgetragen, sondern es werden sogenannte „Picks“ im Abstand von 3-4mm mit einer Tiefe von ca. 4mm eingeschlagen (siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Anders als beim Anbohren, entsteht durch das Einschlagen keine Hitzeentwicklung. So können Hitzenekrosen vermieden werden (49). Für den Erfolg der Mikrofrakturierung ist die Entfernung der instabilen Knorpelanteile und Schaffung eines stabilen Randsaums ein essenzieller Bestandteil. Wie bei der Abrasionsarthroplastik entsteht hier ebenfalls ein faserknorpeliges Ersatzgewebe (48,49,53–55). Die Mikrofrakturierung ist besonders geeignet zur Behandlung von kleineren Läsionen. Bei Läsionen über 2-4 cm zeigt sich ein geringerer therapeutischer Effekt (51,56–58). Vorteilhaft bei der Mikrofrakturierung ist der vergleichsweise geringe operative Aufwand und eine schnelle Symptomverbesserung, insbesondere in den ersten 2 Jahren nach der Behandlung (50,59). Nachteilhaft ist jedoch, dass bei der Mikrofrakturierung kein hyaliner Knorpel entsteht, sondern faserknorpeliges Ersatzgewebe (60). Dieses reagiert nicht sehr stabil auf Druckbelastungen. So kommt es oftmals zu einer früheren Verschlechterung der Ergebnisse als im Vergleich mit anderen Verfahren, beispielsweise MACT (60–63).

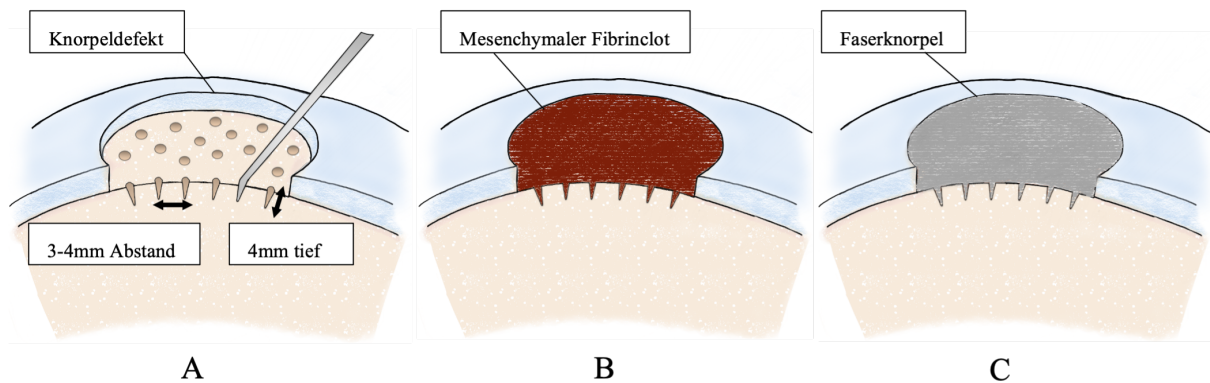


Abbildung 4: Prinzip der Mikrofrakturierung. A: Einschlagen der Picks mit einer Tiefe von 4mm und einem Abstand von 3-4mm zueinander. B: Einblutung und Bildung eines mesenchymalen Fibrinclots. C: Bildung eines Faserknorpeligen Ersatzgewebes. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).

1.6.4 Matrixassoziierte Autologe Chondrozyten Transplantation

Bei der MACT werden arthroskopisch Knorpelzellen vom Bereich der interkondylären Notch entnommen unter Laborbedingungen kultiviert und vervielfältigt. Nach Implantation und Adhärenz in den Defektbereich (siehe Abbildung 5) beginnen die transplantierten Chondrozyten mit der Produktion von extrazellulärer Matrix. Die so gewonnenen Chondrozyten werden auf eine Trägermatrix aufgetragen, wodurch die Chondrozyten einfacher transplantiert und fixiert werden können (64). Dadurch wird auch die Ansiedelung im Defektbereich deutlich verbessert und Verfahren wie eine Periostlappen Entnahme können vermieden werden. Der Vorteil der Chondrozyten-Transplantation ist vor allem die Entstehung eines hyalinen Gelenkknorpels mit höherer biomechanischer Belastbarkeit als der Faserknorpel, welcher bei Abrasionsarthroplastik und Mikrofrakturierung entsteht (59,65–67). Im Gegensatz zur Mikrofrakturierung können bei der MACT auch größere Defekte als 4cm² behandelt werden (56,68–70). Der Nachteil besteht allerdings darin, dass dieses Verfahren zweizeitig stattfindet. Zusätzlich ist diese Therapieoption aufgrund der benötigten Materialien und der Notwendigkeit eines hoch spezialisierten Labors deutlich kostspieliger als andere Verfahren. Unter Umständen kommt es außerdem zu einer starken Hypertrophie des transplantierten Gewebes, was eine Revision notwendig machen kann (56).

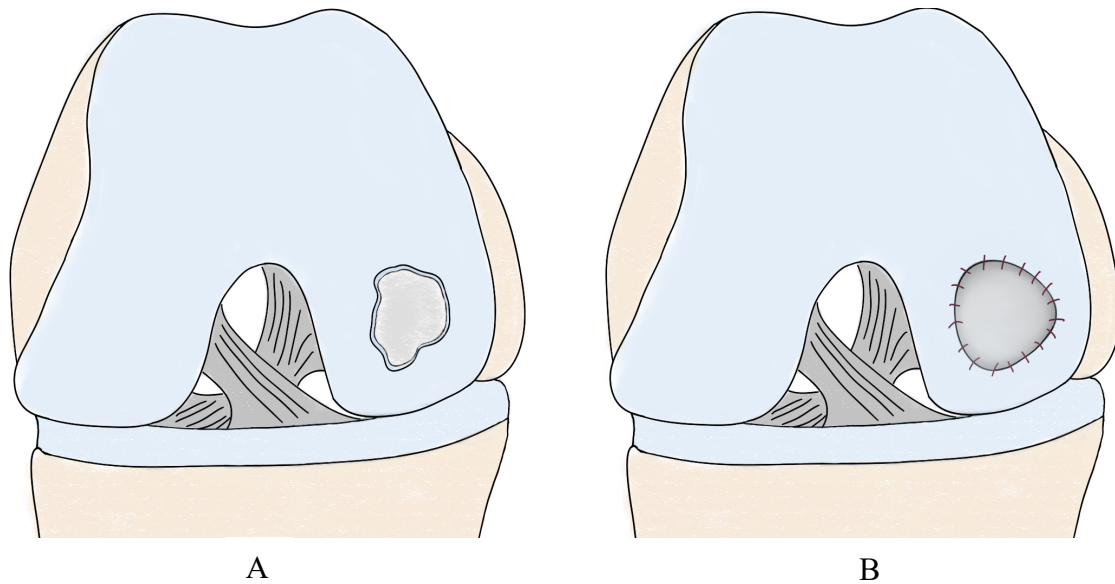


Abbildung 5: Prinzip des MACT. A: Schematische Darstellung eines Knorpeldefektes. B: Zustand nach MACT. Quelle: Modifiziert nach Di Martino et al., (2021) (71).

1.7 Ziel der vorliegenden Arbeit

Mit der vorliegenden Studie soll nun untersucht werden, ob der begleitende rekonstruktive Eingriff am Gelenkknorpel zu einer Verbesserung des OP-Outcomes und der Lebensqualität der Patienten führt. Die Hypothese lautet demnach:

Die MACT zur Therapie der fokalen Knorpelschäden während einer Umstellungsosteotomie wird zu einem besseren Outcome bezüglich Funktion und Lebensqualität als die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik führen. Die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik werden zu einem besseren Outcome als das Débridement führen. Die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik werden vergleichbare Ergebnisse erzielen.

2 Patienten und Methodik

2.1 Patientenrekrutierung

Für die Studie wurde die Zustimmung der Ethik Kommission der Universität Regensburg eingeholt. Bei dem vorliegenden Vorhaben handelt es sich um eine retrospektive klinische Studie. Die in die Studie eingeschlossenen Patienten unterzogen sich im Zeitraum zwischen 2008 und 2014 entweder einer valgusierenden proximalen Tibiakopfoosteotomie oder einer varisierenden distalen Femurosteotomie. Zeitgleich wurde eine begleitende Knorpeltherapie (Débridement, Abrasionsarthroplastik, Mikrofrakturierung, MACT) durchgeführt.

Die Ein- und Ausschluss Kriterien waren folgendermaßen definiert:

Einschlusskriterien:

- Proximale tibiale Umstellungsosteotomie mit zeitgleicher Knorpeltherapie
- Alter \geq 18 Jahre
- Ausreichendes Lese- und Verständnisvermögen

Ausschlusskriterien:

- Ablehnung der Studienteilnahme
- Alter $<$ 18 Jahre
- Patienten mit Sprach- oder Verständnisproblemen bzw. psychischen Störungen

Patienten- bzw. operationsspezifische Daten wie Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht, Begleitoperationen etc. wurden aus den Akten der Patienten erfasst. Ebenso wurden die bei der arthroskopischen Untersuchung erfassten Knorpelbefunde dokumentiert. Die Knochendurchbauung wurde mithilfe von Röntgen und ggf. Computertomographie beurteilt.

2.2 Operationsverfahren

2.2.1 Präoperative Planung

Um ein gutes operatives Ergebnis zu erreichen, ist eine genaue Planung der Korrekturwinkel essenziell. Die Planung erfolgte mit Hilfe von Ganzbeinstandaufnahmen (siehe Abbildung 6).

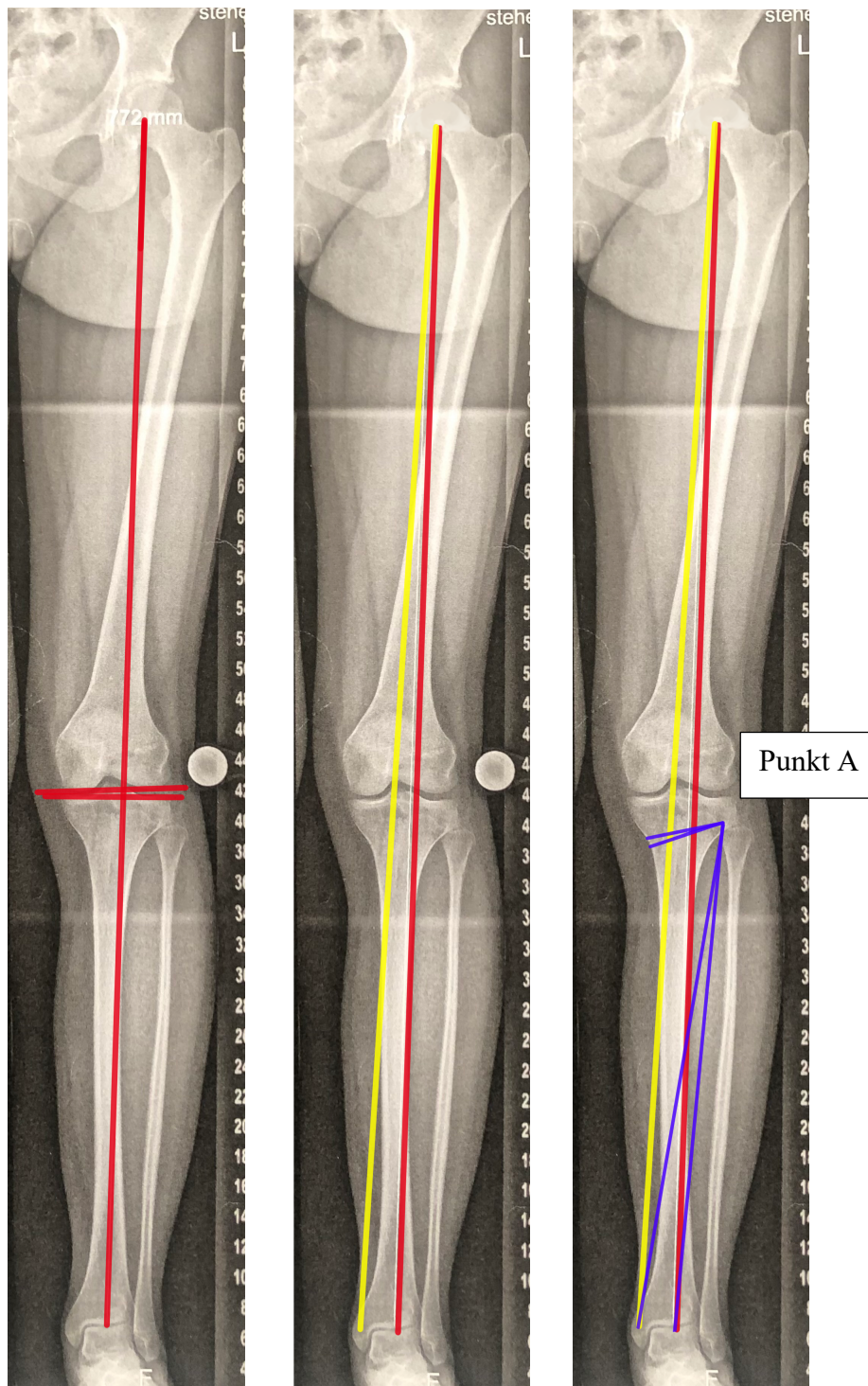


Abbildung 6: Planung einer tibial öffnenden Umstellungsosteotomie anhand von Ganzbeinstandaufnahmen. Quelle: Modifiziert. Bilder mit freundlicher Genehmigung durch das Sportopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.

Zuerst wurde die Mikulicz-Linie (Verbindung zwischen Hüftkopffzentrum und Sprunggelenkzentrum, rote Linie) auf der Ganzbeinstandaufnahme eingezeichnet. Als nächstes wurden die Kniebasislinien eingezeichnet und der mechanische laterale distale Femur-Winkel (MLDFW)

sowie der mechanische mediale proximale Tibia-Winkel (MMPTW) ermittelt. Zur genauen Ermittlung des MLDFW sowie MMPTW siehe auch Kapitel 2.5. Radiologische Auswertung. Anhand dieser Winkel konnte ermittelt werden, ob die Achsabweichung femoral oder tibial bedingt war. Als nächstes wurde die geplante postoperative mechanische Achse mit einer mäßigen Überkorrektur eingezeichnet (gelbe Linie). Das spätere Drehzentrum der HTO liegt am proximalen Pol des Tibio-Fibular-Gelenkes und wurde als Punkt A definiert. Zur Bestimmung des Osteotomie-Winkels wurde nun eine Linie (blaue Linien) zwischen dem Punkt A und dem Endpunkt der präoperativen Mikulicz-Linie sowie dem Endpunkt der geplanten postoperativen mechanischen Achse gezogen. Der Winkel zwischen diesen beiden Linien im Punkt A ist der erforderliche Korrekturwinkel. Dieser Korrekturwinkel wurde nun auf die Osteotomie übertragen und die geplante Höhe der öffnenden Korrektur abgemessen (72).

2.2.2 Lagerung

Die HTO wurde in Rückenlage mit Intubationsnarkose oder rückenmarksnaher Regionalanästhesie durchgeführt. Die Lagerung erfolgte so, dass sowohl eine Streckung als auch eine 90° Beugung des Knies möglich war. Die sterile Abdeckung wurde so gewählt, dass eine Beurteilung der Beinachse und eine eventuelle Spongiosa Entnahme aus dem Beckenkamm jederzeit möglich war.

2.2.3 Operationstechnik der HTO

Vor der eigentlichen Umstellungsosteotomie erfolgte eine Arthroskopie zur Beurteilung des Gelenkknorpels. Nur bei unikompartimenteller Chondromalazie war eine OP-Indikation gegeben. Im Zuge der Arthroskopie erfolgte je nach Indikation ein Kombinationseingriff zur Knorpelbehandlung.

Der Hautschnitt wurde in 90° Flexion durchgeführt. Als anatomische Landmarken dienten der mediale Gelenkspalt, das mediale Seitenband, der Pes anserinus und die Tuberositas Tibiae. Der ca. 6 cm lange Schnitt erfolgte oberhalb des Pes anserinus schräg nach dorsokranial bis zum posteromedialen Anteil des Tibiakopfes. Nach Durchtrennung der Subkutis wurde der Pes anserinus präpariert und das Innenband sowie der mediale Rand der Patellarsehne wurden dargestellt. Nun wurde das Innenband nahe des tibialen Ansatzes subperiostal mithilfe eines Raspatoriums abgeschoben (sog. Release). Durch dieses Release wird eine mediale Druckentlastung erzielt.

Als Führungshilfe und zur Festlegung der Osteotomierichtung wurden nun zwei Kirschner-Drähte am Tibiakopf in Richtung des oberen Drittels des proximalen Tibio-Fibulargelenks bis zur Gegenkortikalis eingebracht. Die horizontale Osteotomie erfolgte dann mit einer oszillierenden Säge direkt unterhalb der Führungsdrähte unter steter Spülung bis zur lateralen

Kortikalis, sodass eine laterale Knochenbrücke von 10mm bestehen blieb. Dies wurde durch Abmessung der Kirschner-Drähte, des Sägeblattes und auch radiologisch kontrolliert. Danach folgte die ventrale nach kranial ansteigende Osteotomie, welche einen Winkel von 100° zum horizontalen Schnitt hatte, dorsal der Tuberositas Tibiae verlief und die Gegenkortikalis komplett durchtrennte.

Nach Erreichen der Osteotomietiefe wurden Flachmeißel in den Osteotomiespalt eingeführt. Dies geschah schrittweise und dauerte mehrere Minuten an, um so eine Fraktur der lateralen Knochenbrücke zu vermeiden. Sobald der vorher geplante Osteotomiewinkel erreicht war, wurde ein Arthrodesenspreizer in den Spalt eingeführt und die Flachmeißel wurden entfernt. Nach radiologischer Kontrolle der Beinachse und des Kniegelenkspaltes in Streckung wurde der Plattenfixateur angebracht und die entsprechenden Plattenlöcher proximal und distal besetzt. Hierfür wurden entweder eine winkelstabile Tomofix-Platte (Synthes, USA) oder eine PEEKPower-HTO-Platte (Arthrex, USA) verwendet. Anschließend wurde die korrekte Lage des Implantats und der Schrauben radiologisch kontrolliert.

Nach Einlegen einer Redon-Drainage wurde Faszie, Subkutis und Haut verschlossen, die Wunde mit einem sterilen Verband versorgt und das Bein bis zum Oberschenkel gewickelt.

2.2.4 Postoperative Nachbehandlung

Bereits am ersten postoperativen Tag wurde, schmerzadaptiert, mit passiver Beübung sowie mit physiotherapeutischen Übungen begonnen, um Kontrakturen und Atrophien vorzubeugen. In der ersten postoperativen Woche wurde die Flexion im Kniegelenk auf 0° begrenzt, die Mobilisation war mithilfe von Unterarmstützen und ca. 15 kg Teilbelastung des operierten Beines möglich. Nach 10 Tagen konnte bei adäquater Wundheilung das Nahtmaterial entfernt werden. Nach der sechsten postoperativen Woche und nach einer Röntgenkontrolle durften die Patienten wieder zur Vollbelastung übergehen. Das Osteosynthesematerial konnte nach radiologischer Kontrolle nach einem Jahr entfernt werden.

2.3 Funktionelle Bewertung

Zu den Zeitpunkten der Erstvorstellung (präoperativ), sechs Wochen postoperativ, sechs Monate postoperativ, 12 Monate postoperativ sowie in jährlichen Abständen und/oder zum letzten Nachuntersuchungszeitpunkt wurden standardisierte Fragebögen erhoben. Enthaltene Scores waren: Lysholm-Gillquist-Score, Tegner-Score, IKDC-Score, Cincinnati-Sports medicine and Orthopedic Center-Score (siehe Anhang).

Falls die aktuelle Bewertung aus zugesandten Bögen nicht möglich war, wurde gegebenenfalls ein Telefoninterview mit den Patienten durchgeführt.

2.3.1 IKDC-Score

Der durch das International Knee Documentation Committee (IKDC) entwickelte „2000 IKDC Subjektiver Knie Untersuchungsbogen“ gilt als anerkannter Fragebogen zur Erfassung der subjektiven Symptomatik und Funktionalität durch den Patienten (73,74). Der Fragebogen zeichnet sich außerdem durch hohe innere Kohärenz und gute Retest-Reliabilität aus (75). Der 2000 IKDC Subjektiver Knie Untersuchungsbogen besteht aus 18 Fragen zu Symptomen, Aktivitätsniveau, Beeinträchtigungen und Funktionalität, jeder Antwortmöglichkeit ist eine feste Punktzahl zugeordnet. Zur Berechnung des Ergebnisses wurde von der erreichten Punktzahl die minimale Punktzahl (18 Punkte) subtrahiert, durch den Punktzahlbereich (87 Punkte) dividiert und mit 100 multipliziert. So entstand ein Prozentrang. Bei keinerlei Symptomatik und Beeinträchtigung konnten 100% erreicht werden, bei maximaler Beeinträchtigung und Symptomatik ergaben sich 0%.

2.3.2 Lysholm-Gillquist-Score

Der Lysholm-Gillquist Knee-Score beinhaltet acht Fragen zur Beurteilung von Patienten mit Erkrankungen des Kniegelenks. Der Fragebogen fragt Patienten nach Hinken, Belastung, Blockierung, Instabilität, Schmerzen, Schwellung, Treppensteigen und Hocken, jeder Antwort ist eine definierte Punktzahl zugeordnet.

Insgesamt reicht der Score von 0-100 Punkten, wobei 0 Punkte maximale Beeinträchtigung und 100 keinerlei Beeinträchtigung bedeuten (76). Der geringe Umfang des Fragebogens macht eine schnelle und einfache Beantwortung möglich, wobei dennoch eine akzeptable Retest-Reliabilität erreicht wird (77).

2.3.3 Tegner-Aktivitäts-Score

Der Tegner-Aktivitäts-Score zielt darauf ab die höchste Aktivitätsstufe sowohl am Arbeitsplatz als auch im Freizeit-/Turniersport von Patienten zu erfassen und zu verfolgen. Zu diesem Zweck ist der Tegner-Aktivitäts-Score ein anerkannter und viel verwendeter Fragebogen (78). Der Score wurde von den Patienten selbst ausgefüllt und reicht von 0 bis 10 Punkten. Hierbei bedeuten 0 Punkte eine Krankschreibung aufgrund der Knieprobleme und 10 Punkte eine Teilnahme an nationalen und internationalen Turnieren in einer Kontaktsportart.

2.3.4 Cincinnati-Score

Der Cincinnati-Score besteht aus acht Fragen, welche wiederum aufgeteilt sind in die Kategorien Schmerzen, Schwellung, Instabilität, Funktion und Aktivitätsniveau. Die Antwortmöglichkeiten sind unterschiedlich gewichtet. Bei stärkster Beeinträchtigung und Symptomatik wurden mindestens sechs Punkte und bei keinerlei Beeinträchtigung maximal 100 Punkte vergeben.

Der Cincinnati-Score gilt als besonders geeignet um Veränderungen der Symptomatik über einen längeren Zeitraum zu verfolgen (79).

2.4 Chondromalazie

Der Grad der Chondromalazie wurde im Zuge der Arthroskopie vor der eigentlichen HTO nach den Kriterien der „International Cartilage Repair Society (ICRS)“ eingeteilt (80). Bei den Patienten, welche im Rahmen der Metallentfernung eine weitere Arthroskopie erhielten, wurde der Grad der Chondromalazie ein weiteres Mal dokumentiert.

2.5 Radiologische Auswertung

2.5.1 Mechanischer lateraler distaler Femur-Winkel und mechanischer medialer proximaler Tibia-Winkel

Mithilfe von prä- und postoperativen Ganzbeinröntgenaufnahmen wurde der MLDFW gemessen (siehe Abbildung 7). Hierzu wurde eine Linie zwischen dem Hüftkopfbereich und dem Kniegelenkszentrum gezogen und als Linie A definiert. Zudem wurde die Tangente der Femurkondylen als Linie B gezeichnet. Am Schnittpunkt dieser beiden Linien wurde auf der kranialen, lateralen Seite der MLDF-Winkel gemessen.

Eine dritte Linie, Linie C, wurde entlang des Tibiaplateaus gezogen. Zwischen Kniegelenkszentrum und Sprunggelenkszentrum wurde eine Linie D gezogen. Am Schnittpunkt von Linie C und D wurde auf der medialen, kaudalen Seite der MMPTW gemessen (22,81).

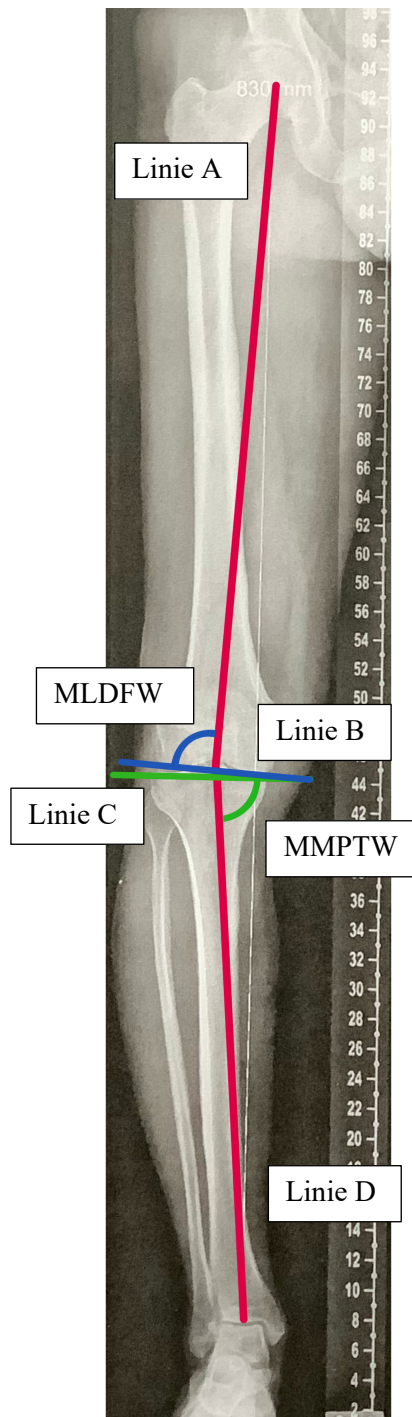


Abbildung 7: Messung des MLDFW und MMPTW. Quelle: Modifiziert. Bild mit freundlicher Genehmigung durch das Sporthopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.

2.5.2 Tibialer Slope

Die Messung des posterioren tibialen Slopes erfolgte mittels graphischer Winkelmessung anhand der Röntgenbilder. Um die proximale anatomische Tibia-Achse zu ermitteln, wurde der antero-posteriore Durchmesser einmal unterhalb der Tuberositas Tibiae gemessen und einmal

15 cm unterhalb der Gelenkfläche (siehe Abbildung 8). Beide Durchmesser wurden halbiert und die beiden so ermittelten Mittelpunkte durch eine Gerade verbunden. Daraufhin wurde eine Linie zwischen dem höchsten Punkt des medialen Plateaus und dem höchsten Punkt des posterioren medialen Plateaus gezogen. Die Messung des Winkels zwischen der Orthogonalen der proximalen anatomischen Tibia-Achse und des Tibiaplateaus ergab den posterioren tibialen Slope. (82–85)

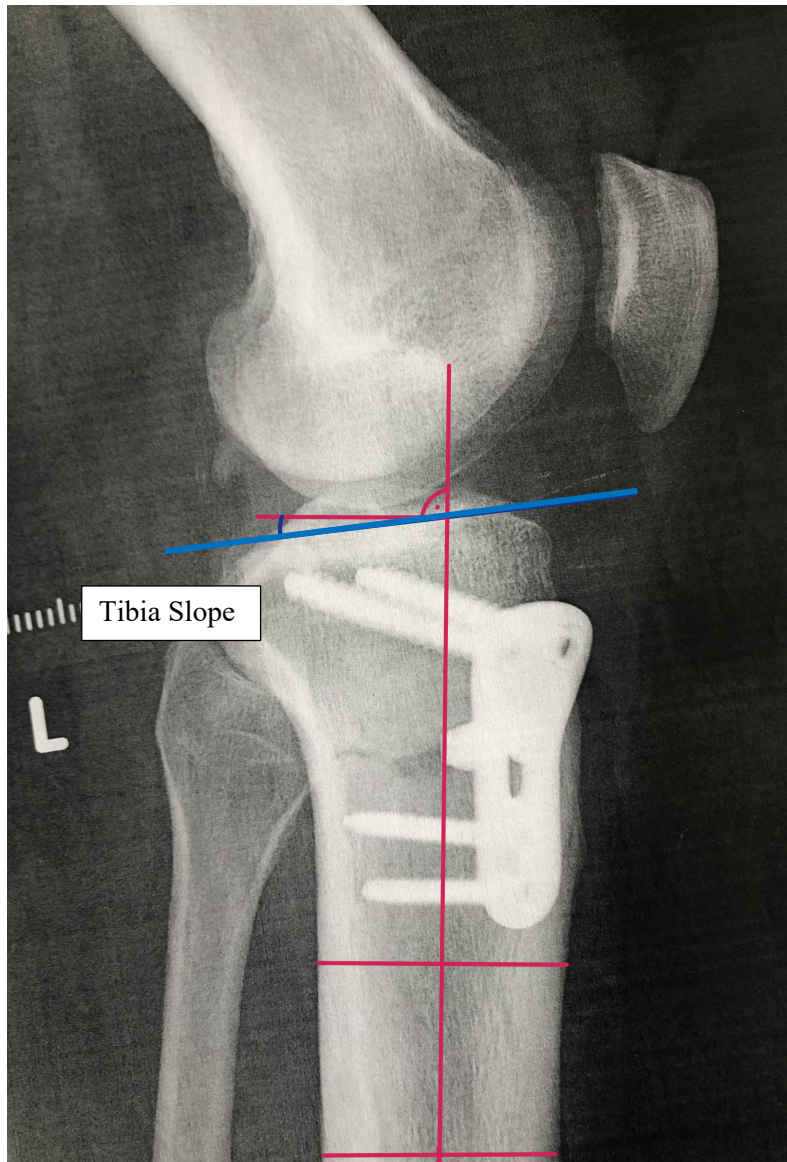


Abbildung 8: Messung des Tibia Slopes. Quelle: Modifiziert. Bild mit freundlicher Genehmigung durch das Sporthopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.

2.6 Statistische Auswertung

Die Daten wurden mit der Software Excel (Version 16.35, Microsoft, USA) verwaltet und statistisch mit der Software SPSS Version 25 (IBM Corp., USA) ausgewertet.

Mittelwert und Standardabweichung wurden für die Darstellung der deskriptiven Ergebnisse verwendet. P-Werte ≤ 0.05 wurden als statistisch signifikant, $p \leq 0.01$ als hoch signifikant und $p < 0.001$ als höchst signifikant angesehen.

Zusammenhänge und Einflussfaktoren wurden mit der Methode der Rangkorrelationsanalyse nach Kendall (Kendall-Tau-b-Korrelationskoeffizient) untersucht. Korrelationskoeffizienten $< 0,3$ wurden als gering, $0,3 - 0,5$ als mittelmäßig und $> 0,5$ als hoch bewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Demographische Daten

Insgesamt wurden 128 Patienten in die Studie eingeschlossen. Bei drei dieser Patienten wurden beide Knie operiert, somit wurden 131 Knie untersucht. Von den Patienten waren 99 (77%) männlich, 29 (23%) weiblich. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt der OP lag bei 45 Jahren (20-65 Jahre). Der mittlere BMI lag bei $27,6 \text{ kg/m}^2$ ($16,2\text{-}39,0 \text{ kg/m}^2$). Nach WHO Definition lagen 0,8% der Patienten im untergewichtigen Bereich ($<18,5 \text{ kg/m}^2$), 22,4% im normalgewichtigen Bereich ($\geq 18,5$ bis $<25 \text{ kg/m}^2$) 52,8% im prä-adipösen Bereich (≥ 25 bis $<30 \text{ kg/m}^2$) und 24,0% im adipösen Bereich ($\geq 30 \text{ kg/m}^2$) (siehe Abbildung 9). Somit lagen 96 (75%) Patienten über dem von der WHO empfohlenen BMI (86).

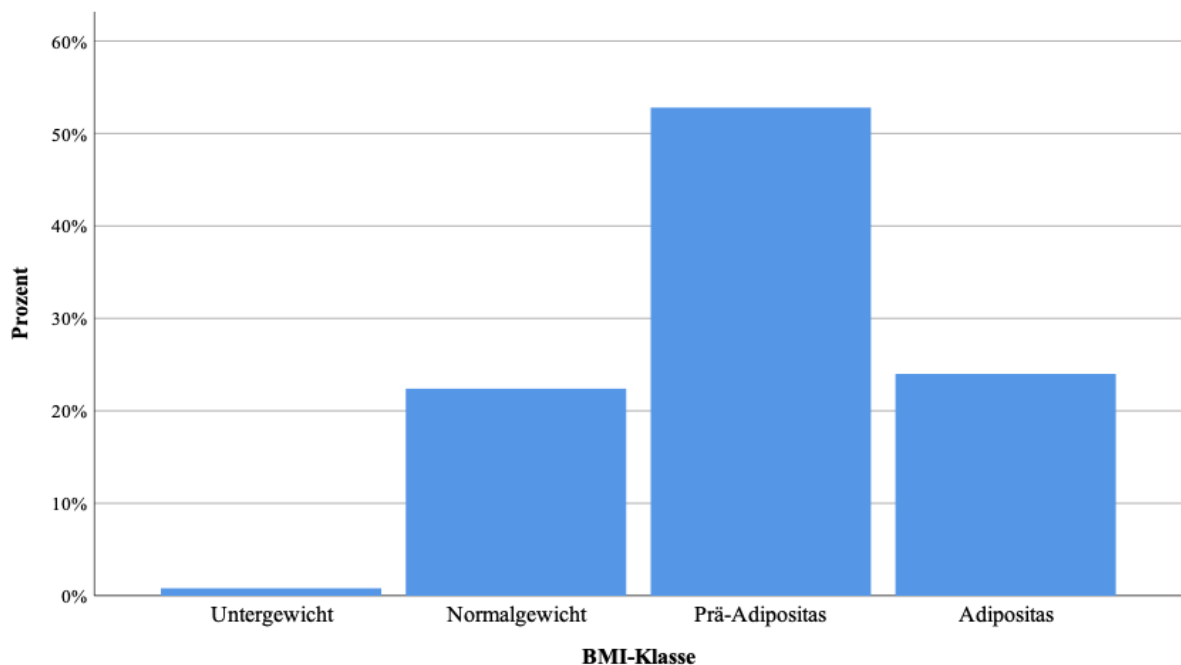


Abbildung 9: Verteilung der BMI-Klassen (nach WHO Definition) unter den Patienten.

3.2 Daten zur Operation

Das Seitenverhältnis der Gonarthrose war mit 73 rechten Kniegelenken zu 58 linken Kniegelenken bei 44% zu 56%.

Die geplante Achskorrektur lag im Mittel bei $6,3^\circ \pm 1,5^\circ$. Das Maximum der Korrektur lag bei $13,0^\circ$, minimal wurden $4,0^\circ$ geplant.

Bei 112 der 131 (ca. 85%) Kniegelenke wurde das eingebrachte Osteosynthesematerial wieder entfernt. Im Mittel fand die Materialentfernung nach $14,2 \pm 6,9$ Monaten statt.

Der primäre Knorpeldefekt lag bei 63 (48%) Kniegelenken am medialen Femur, bei vier (3%) Gelenken an der medialen Tibia, bei 64 (49%) Gelenken an medialer Tibia und medialem Femur.

Bei den Patienten der MACT-Gruppe wurde darüber hinaus die Größe des Knorpeldefekts gemessen, dieser war durchschnittlich $4,9 \text{ cm}^2 (\pm 2,3 \text{ cm}^2)$ groß.

3.3 Operationsanamnesen

Von den insgesamt 131 operierten Kniegelenken waren bei 100 (76%) anamnestisch Voroperationen bekannt (siehe Abbildung 10). Im Einzelnen war bei 53 Kniegelenken (40,5%) eine mediale und bei 5 (3,8%) eine laterale Meniskusteilresektion als Voroperation bekannt. Acht Patienten (6,1%) hatten ein Débridement erhalten und jeweils ein (0,8%) Patient eine vordere Kreuzbandplastik, eine Außenbandplastik oder einen Meniskusersatz. Bei 31 (23,7%) Kniegelenken wurde ein Kombinationseingriff aus Meniskusteilresektion und Kreuzbandplastik oder Débridement durchgeführt.

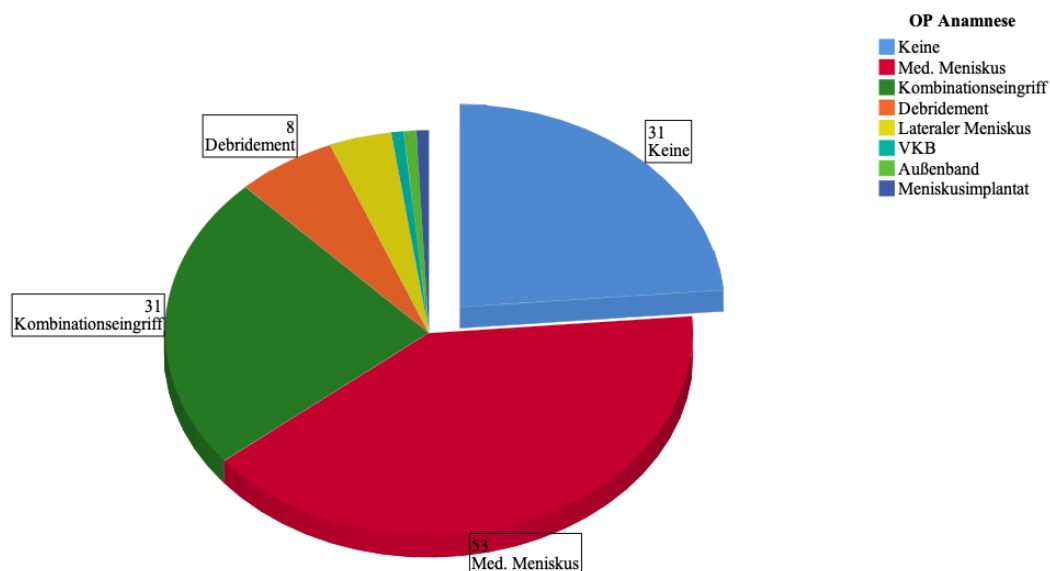


Abbildung 10: Verteilung der Voroperationen.

3.4 Komplikationen

Bei sieben der insgesamt 131 untersuchten Operationen (5%) kam es zu einer postoperativen Komplikation. Bei sechs Patienten verzögerte sich die Konsolidierung des Osteotomiespalt, sodass in einem sekundären Eingriff der Osteotomiespalt mit Spongiosa gefüllt wurde. Bei einem Patienten kam es zusätzlich zu der fehlenden Konsolidierung ebenso zu einem Korrekturverlust der Beinachse. Daraufhin wurde die Achse erneut korrigiert und der Osteotomiespalt

mit einem Beckenkammspan aufgefüllt. Diese Komplikationen ereigneten sich im Mittel 12 Monate nach der Umstellungsosteotomie (6-20 Monate).

Bei fünf Patienten kam es nach durchschnittlich sieben Jahren (6-9 Jahre) zur Implantation einer Totalendoprothese.

3.5 Klinische und funktionelle Auswertung

3.5.1 Auswertung des IKDC-Scores

Präoperativ wurde der IKDC-Score bei 131 Patienten ermittelt. Nach sechs Monaten konnten 86 Fragebögen vollständig ausgewertet werden, nach einem Jahr noch 71 und nach 2 Jahren 60 Fragebögen. Insgesamt wurden 501 IKDC-Fragebögen ausgewertet. Der mittlere Nachuntersuchungszeitraum lag bei 2,2 Jahren.

Tabelle 3

Anzahl der ausgewerteten IKDC-Scores.

	N
IKDC-Score Präoperativ	131
IKDC-Score nach 3 Monaten	62
IKDC-Score nach 6 Monaten	86
IKDC-Score nach 1 Jahr	71
IKDC-Score nach 2 Jahren	60
IKDC-Score nach 3 Jahren	42
IKDC-Score nach 4 Jahren	31
IKDC-Score nach 5 Jahren	18

Der IKDC-Score stieg im zeitlichen Verlauf im Mittel statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ $43,3 \pm 16,0$ auf $55,7 \pm 14,5$ nach drei Monaten und nach sechs Monaten auf $61,0 \pm 15,4$ an (siehe Abbildung 11). Nach einem Jahr betrug der IKDC im Mittel $68,1 \pm 15,8$ und nach zwei Jahren $71,9 \pm 18,5$.

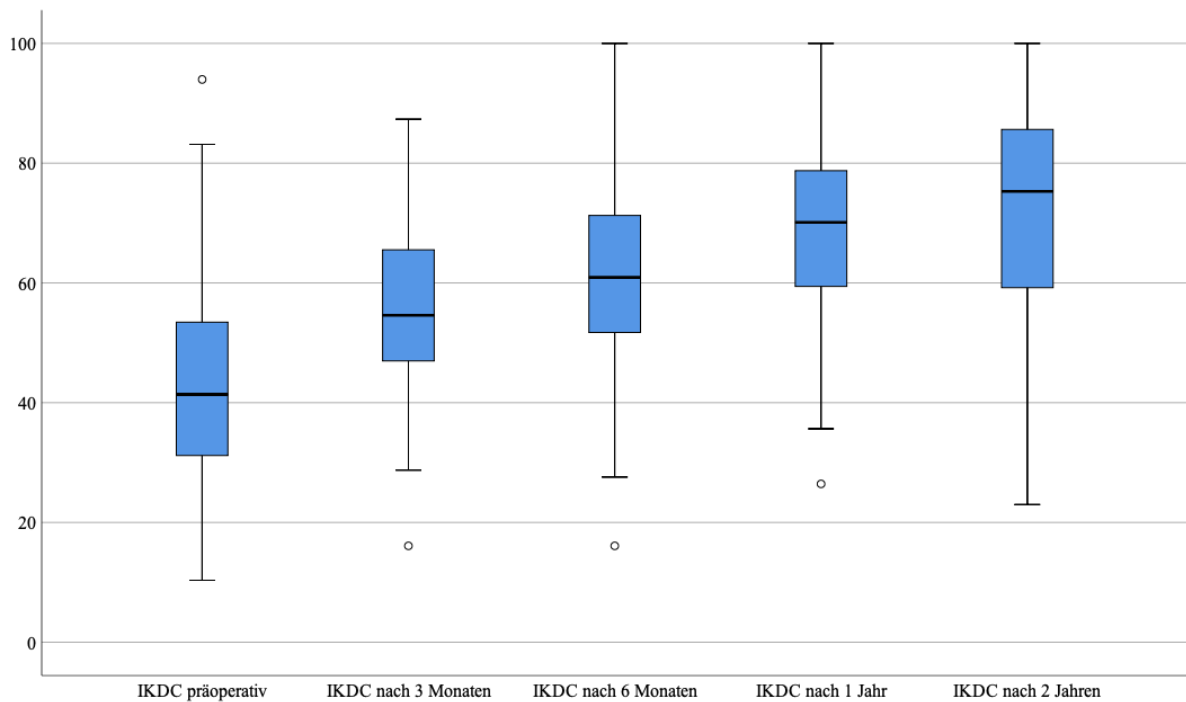


Abbildung 11: Entwicklung des IKDC-Scores im zeitlichen Verlauf.

3.5.2 Auswertung des Tegner-Scores

Insgesamt konnten 387 Tegner-Score Fragebögen vollständig ausgewertet werden (siehe Abbildung 12). Präoperativ lag der Median bei 4 von 10 Punkten des Tegner-Scores, nach drei Monaten sank der Median auf drei Punkte, nach sechs Monaten lag der Median bei vier Punkten. Im gesamten weiteren fünfjährigen Verlauf blieb der Median des Tegner-Scores bei 4 von 10 Punkten. Maximal wurde von zwei Patienten ein Tegner-Score von neun erreicht. Ein Jahr postoperativ erreichten zwei Patienten das maximale Ergebnis 10. Das Minimum lag präoperativ bei 0 Punkten, welches neun Patienten erreichten. Nach einem Jahr wurde dieses Ergebnis nur noch von drei Patienten erreicht.

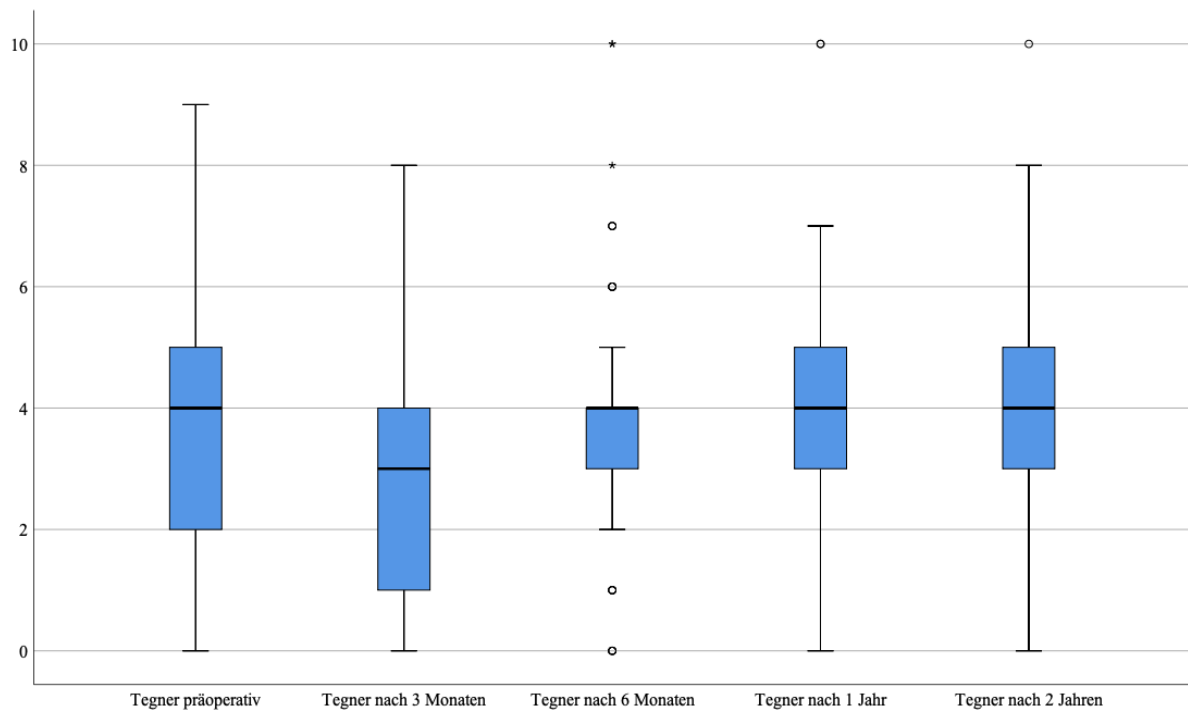


Abbildung 12: Tegner-Score im zeitlichen Verlauf.

3.5.3 Auswertung des Lysholm-Gillquist-Scores

Insgesamt konnten 446 Lysholm-Gillquist-Score Fragebögen vollständig ausgewertet werden (siehe Abbildung 13). Nach drei Monaten stieg der Lysholm-Score im Mittel statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$) von präoperativ $54,9 \pm 21,4$ auf $64,1 \pm 20,5$ an. Nach sechs Monaten statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$) auf $70,6 \pm 19,3$. Nach zwei Jahren betrug der Lysholm-Score im Mittel $77,8 \pm 18,7$.

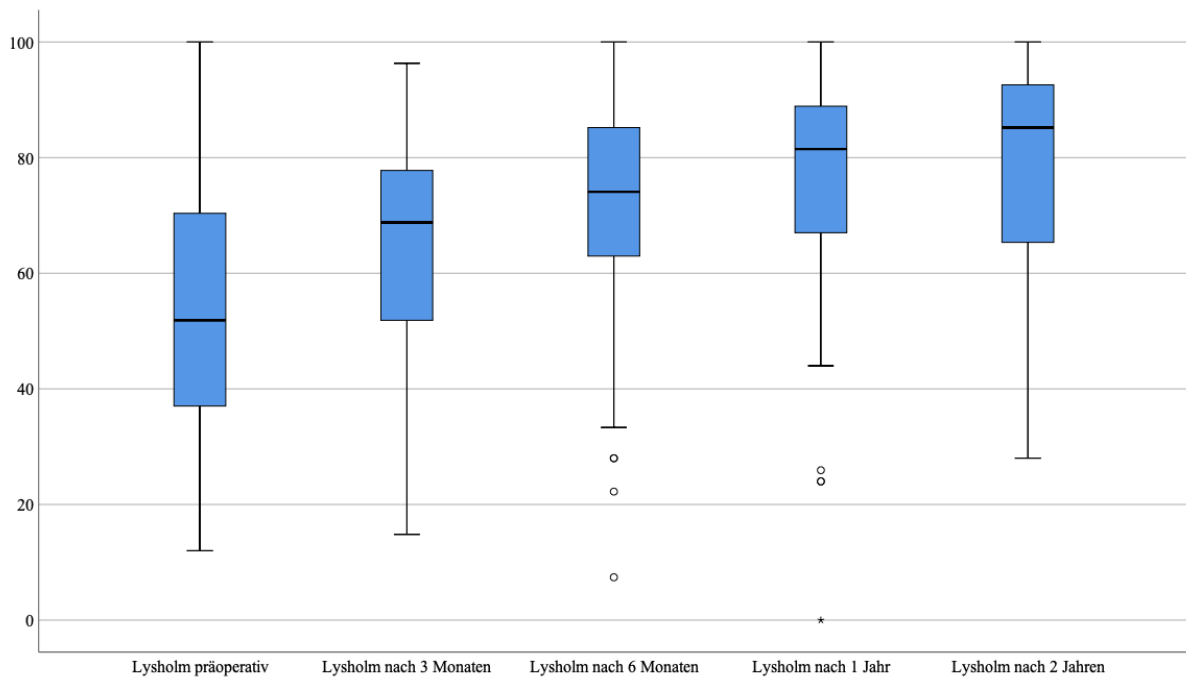


Abbildung 13: Lysholm-Score im zeitlichen Verlauf.

3.5.4 Auswertung des Cincinnati-Scores

Insgesamt konnten 433 Cincinnati-Score Fragebögen vollständig ausgewertet werden (siehe Abbildung 14). Im zeitlichen Verlauf stieg der Cincinnati-Score im Mittel höchst signifikant ($p < 0,001$) von präoperativ $43,1 \pm 20,4$ auf $53,2 \pm 18,5$ nach drei Monaten an, nach sechs Monaten auf $60,1 \pm 19,2$. Nach zwei Jahren betrug der Cincinnati-Score im Mittel $71,4 \pm 19,1$.

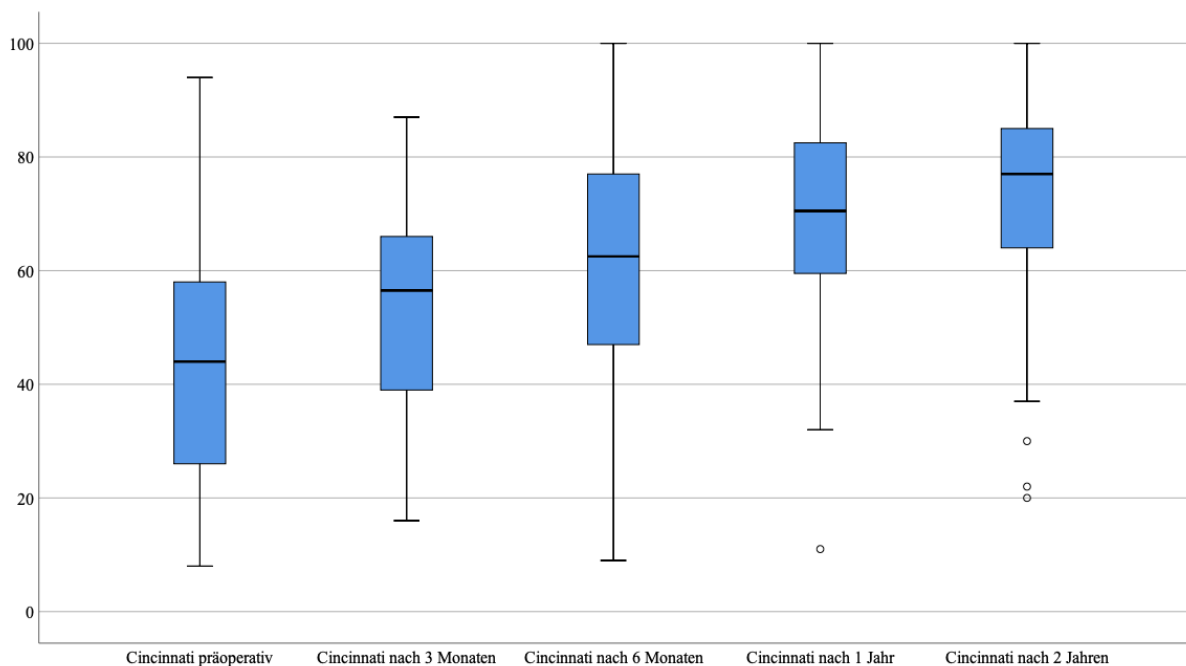


Abbildung 14: Cincinnati-Score im zeitlichen Verlauf.

3.5.5 Visuelle Analogskala (VAS)

Die Patienten wurden mithilfe der Visuellen Analogskala (VAS) gebeten, ihren Knieschmerz auf einer Skala von 0-10 (0 keinerlei Schmerzen, 10 größtmöglicher Schmerz) einzuordnen (siehe Abbildung 15). Vor der OP lag der Median der Antworten der Patienten bei 7, im ersten postoperativen Jahr bei 3, nach zwei Jahren bei 2.

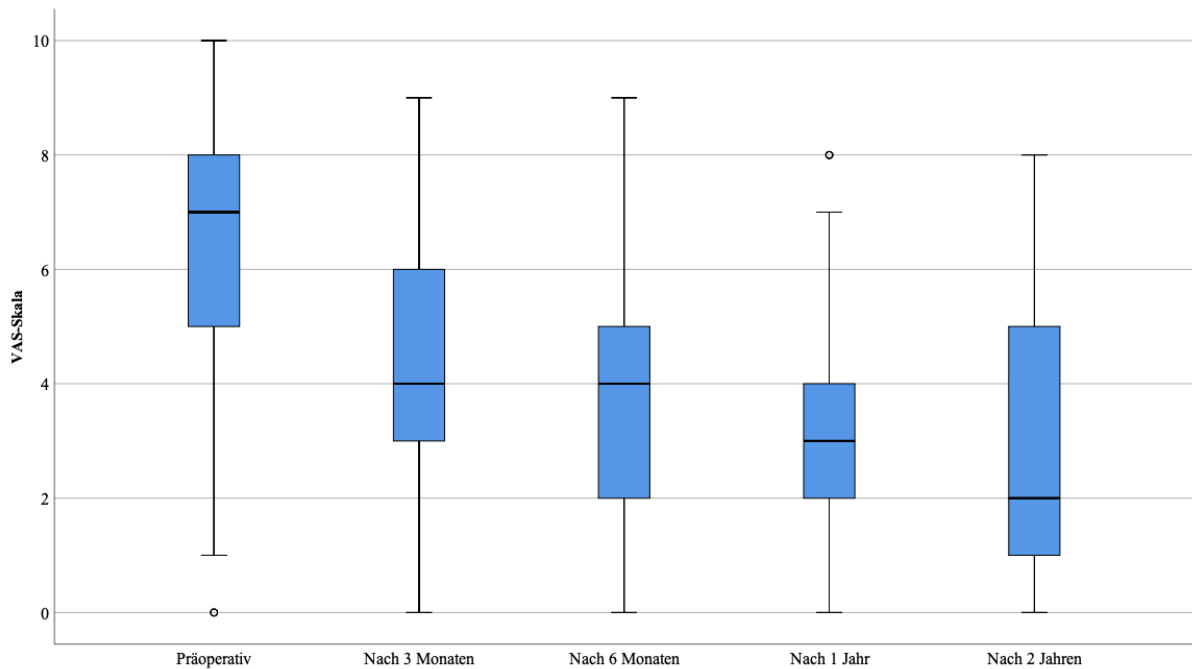


Abbildung 15: VAS vor OP und bis zu 4 Jahre nach OP (VAS: Minimum 0 - kein Schmerz, Maximum 10 - Maximaler Schmerz).

3.5.6 Zufriedenheit der Patienten mit dem OP-Ergebnis

Die Patienten wurden im Zuge des Follow-Ups bezüglich ihrer Zufriedenheit mit dem OP-Ergebnis befragt. Die Skala reichte von 1 (sehr unzufrieden) bis 5 (sehr zufrieden).

Tabelle 4*Patientenzufriedenheit mit dem OP-Ergebnis.*

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	sehr unzufrieden	1	,7
	unzufrieden	5	3,8
	ausreichend zufrieden	17	12,9
	zufrieden	28	21,4
	sehr zufrieden	39	29,8
Fehlend		41	31,3
Gesamt		131	100,0

Des Weiteren würden sich laut Fragebogen 78 (ca. 60%) der Patienten dem Eingriff erneut unterziehen, neun der Patienten (ca. 7%) verneinten dies.

3.5.7 Rückkehr zur Arbeit

Von den Patienten gaben 81 (ca. 62%) an, wie viele Monate nach der Operation ihre Arbeit wieder vollständig aufgenommen werden konnte. Im Mittel dauerte es ca. 4,2 Monate (minimal 0 Monate, maximal 24 Monate).

Sieben der Patienten waren arbeitslos, 32 Patienten gingen einer sitzenden Tätigkeit nach, 21 einer meist stehenden Tätigkeit. Wiederum 21 Patienten gingen einem Beruf nach, welcher mit schwerer körperlicher Arbeit verbunden ist.

Es konnte jedoch keine signifikante Korrelation ($p=0,121$, $r=0,143$) zwischen der Art der Tätigkeit und der Zeit bis zur vollständigen Wiedereingliederung in den Beruf festgestellt werden.

3.5.8 Sportliche Aktivität

64 der Patienten (ca. 49%) machten eine Angabe zu ihrer sportlichen Hauptaktivität vor der Operation. Die Sportarten wurden eingeteilt in „No-Impact-Sport“, also Sportarten mit keiner oder geringer (Knie-)Gelenksbelastung (z.B.: Fahrradfahren, Schwimmen, Yoga, Pilates) und „Impact-Sport“ mit höherer Gelenkbelastung wie zum Beispiel Joggen, Fußball, Skifahren und Tennis.

23 der Patienten gaben einen „No-Impact-Sport“ an, während 41 der Patienten einen „Impact-Sport“ angaben. Auch wurden die Patienten zu dem Niveau befragt, auf dem sie die jeweilige Sportart vor der Operation betrieben hätten. 48 der Patienten betrieben ihren Sport auf Freizeitniveau, sieben Patienten nahmen an Club Turnieren teil, vier an regionalen Turnieren, vier an nationalen Turnieren und ein Patient an internationalen Turnieren.

18 Patienten nahmen ihren Sport nach der OP nicht mehr auf. Die restlichen Patienten nahmen ihren Sport im Schnitt nach 7,8 Monaten (minimal ein Monat, maximal 24 Monate) wieder auf. 34 der Patienten berichteten, dass sie nach der Operation ihren Sport nicht mehr, oder auf niedrigerem Niveau ausüben konnten, 22 Patienten konnten ihr Niveau halten und acht Patienten konnten nach der Operation ihre Sportart auf höherem Niveau betreiben.

3.6 Arthroskopische Ergebnisse und Chondromalazie

Vor der Umstellungsosteotomie wurde eine Arthroskopie zur Einschätzung der Chondromalazie und zur arthroskopischen Knorpelbehandlung durchgeführt.

Bei 54 Patienten wurde im Zuge der Metallentfernung eine weitere Arthroskopie durchgeführt. Diese fand durchschnittlich 14 Monate (± 8 Monate) nach der Umstellungsosteotomie statt. Somit konnte der Grad der Chondromalazie im medialen (siehe Abbildung 16 und Abbildung 17) und lateralen (siehe Abbildung 18 und Abbildung 19) Kompartiment vor und nach HTO erfasst werden. Ebenso wurden etwaige Regenerate (insbesondere bei Metallentfernung) nach einer Knorpelbehandlung erfasst. Der Median des Chondromalaziegrades lag präoperativ im medialen Kompartiment bei einer Chondromalazie Grad 4, postoperativ lag der Median bei Grad 3. Die Veränderung der Chondromalazie war signifikant ($p < 0,05$). Bei 17 Patienten (31%) konnte ein Knorpelregenerat festgestellt werden. Im lateralen Kompartiment lag der Median sowohl prä- als auch postoperativ bei Grad 2.

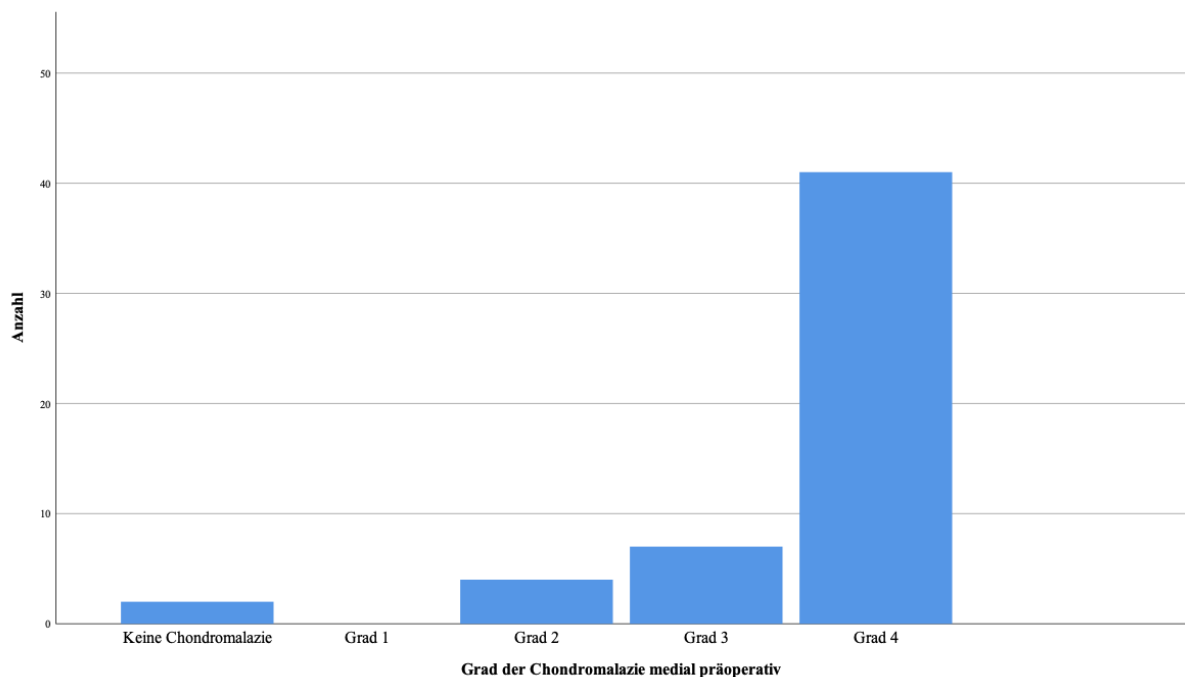


Abbildung 16: Grad der Chondromalazie im medialen Kniekompartiment vor Umstellungsosteotomie.

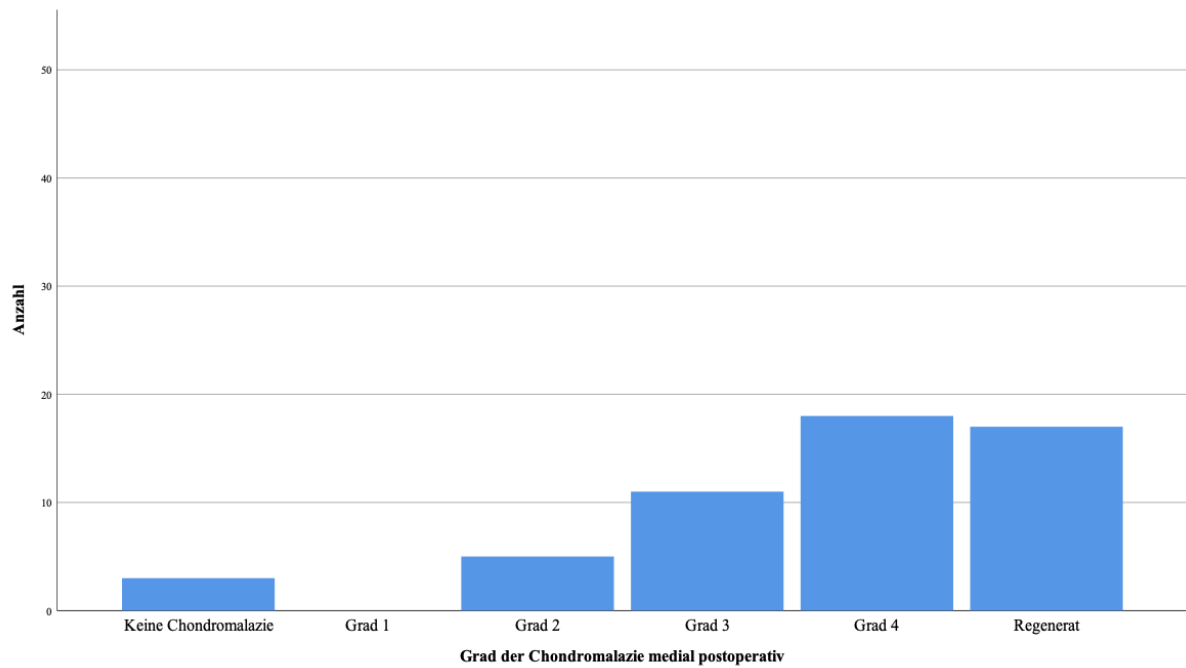


Abbildung 17: Grad der Chondromalazie im medialen Kniekompartiment durchschnittlich 14 Monate nach Umstellungsosteotomie.

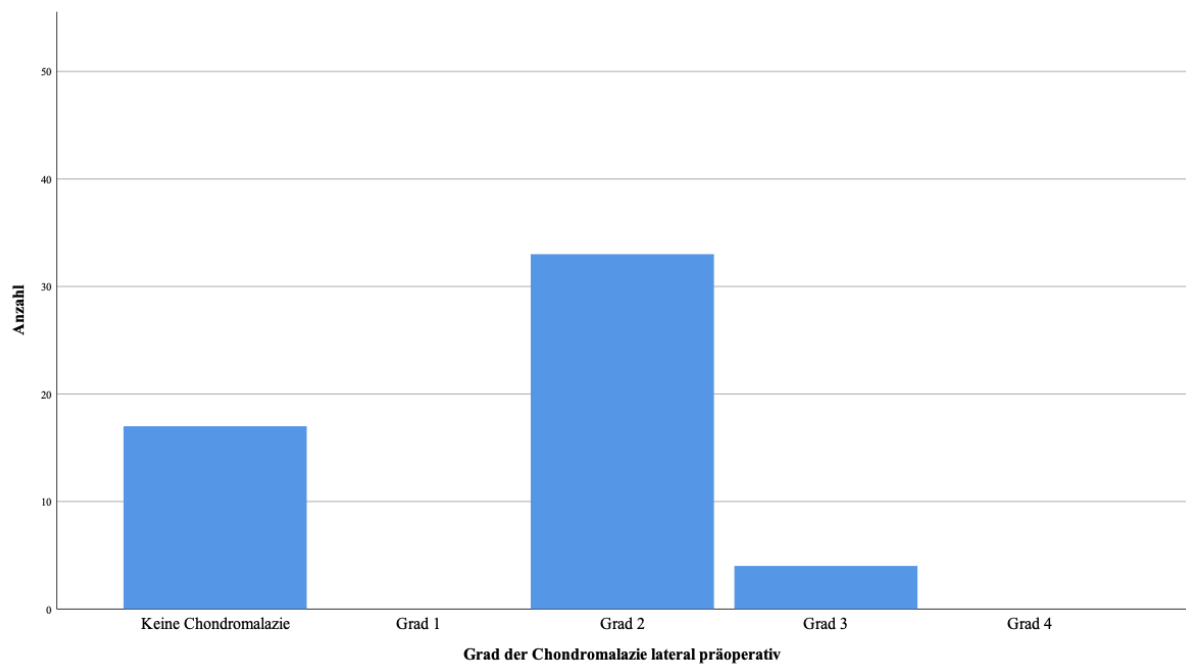


Abbildung 18: Grad der Chondromalazie im lateralen Kniekompartiment vor Umstellungsosteotomie.

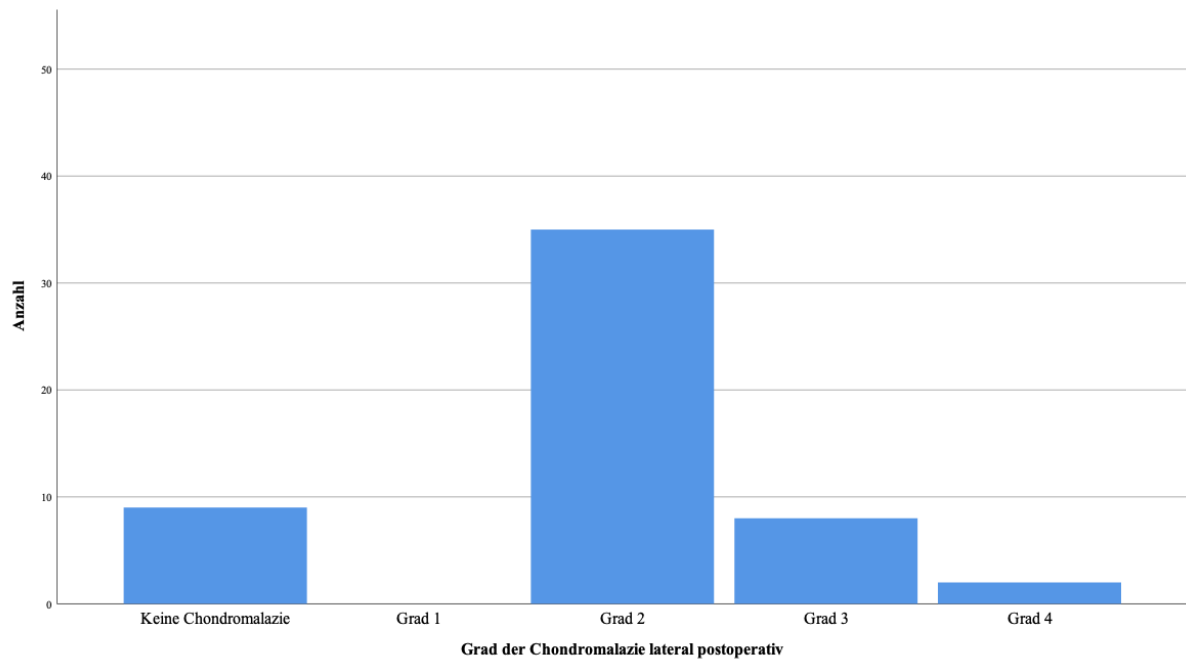


Abbildung 19: Grad der Chondromalazie im lateralen Kniekompartiment durchschnittlich 14 Monate nach Umstellungsosteotomie.

3.7 Radiologische Auswertung

Eine radiologische Auswertung der präoperativen Beinachse war bei 120 (92%) der untersuchten Kniegelenke möglich. Der präoperative tibiale Slope konnte bei 61 Patienten (47%) erfasst werden. Postoperativ war die Auswertung der Beinachse bei 126 (96%) der untersuchten Kniegelenke möglich, bei 113 (ca. 86%) konnte ebenfalls der tibiale Slope gemessen werden.

Der präoperative MLDF-Winkel lag im Mittel bei $87,52^\circ \pm 2,20^\circ$, der präoperative MMPT-Winkel bei $90,24^\circ \pm 2,09^\circ$. Postoperativ lag der MLDF-Winkel im Mittel bei $89,37^\circ \pm 2,10^\circ$, der MMPT-Winkel bei $91,76^\circ \pm 2,20^\circ$. Diese Veränderungen der Winkel sind statistisch höchst signifikant ($p < 0,001$). Der tibiale Slope lag präoperativ im Mittel bei $8,79^\circ \pm 3,86$ und postoperativ bei $10,42^\circ \pm 3,98^\circ$. Die Veränderung ist statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$).

3.8 Korrelation der klinischen Fragebögen mit BMI, Alter, Geschlecht und präoperativen MLDFW/MMPTW Winkeln

Die Ergebnisse des präoperativen IKDC-Scores korrelierten signifikant invers ($r = -0,227$, $p < 0,05$) mit dem BMI der Patienten. Je höher der BMI des Patienten war, desto niedriger war das präoperative Ergebnis des IDKC. Ebenfalls signifikant invers korrelierte das Ergebnis des präoperativen Cincinnati-Score mit dem BMI der Patienten ($r = -0,279$, $p < 0,003$). Zwischen präoperativem Tegner-Score und BMI, sowie Lysholm-Score und BMI zeigten sich keine

signifikanten Korrelationen. Postoperativ konnte kein signifikanter Zusammenhang mehr zwischen dem BMI und den Ergebnissen der Fragebögen festgestellt werden.

Das Alter und das Geschlecht der Patienten standen in keinem signifikanten Zusammenhang mit den prä- bzw. postoperativen klinischen Fragebögen. Auch konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen den präoperativ vermessenen MLDFW/MMPTW Winkeln und den verschiedenen prä- bzw. postoperativen Scores festgestellt werden.

3.9 Auswertung in Bezug auf die Knorpelbehandlung

Die Verteilung der verschiedenen Knorpelbehandlungsmöglichkeiten verhielt sich folgendermaßen: Bei 21 (16%) der Kniegelenke wurde ein Débridement zusätzlich zur Umstellungsosteotomie durchgeführt, bei 30 (22,9%) Kniegelenken eine Abrasionsarthroplastik, bei 63 (48,1%) Kniegelenken eine Mikrofrakturierung und bei 17 (13%) Kniegelenken eine MACT (siehe Abbildung 20).

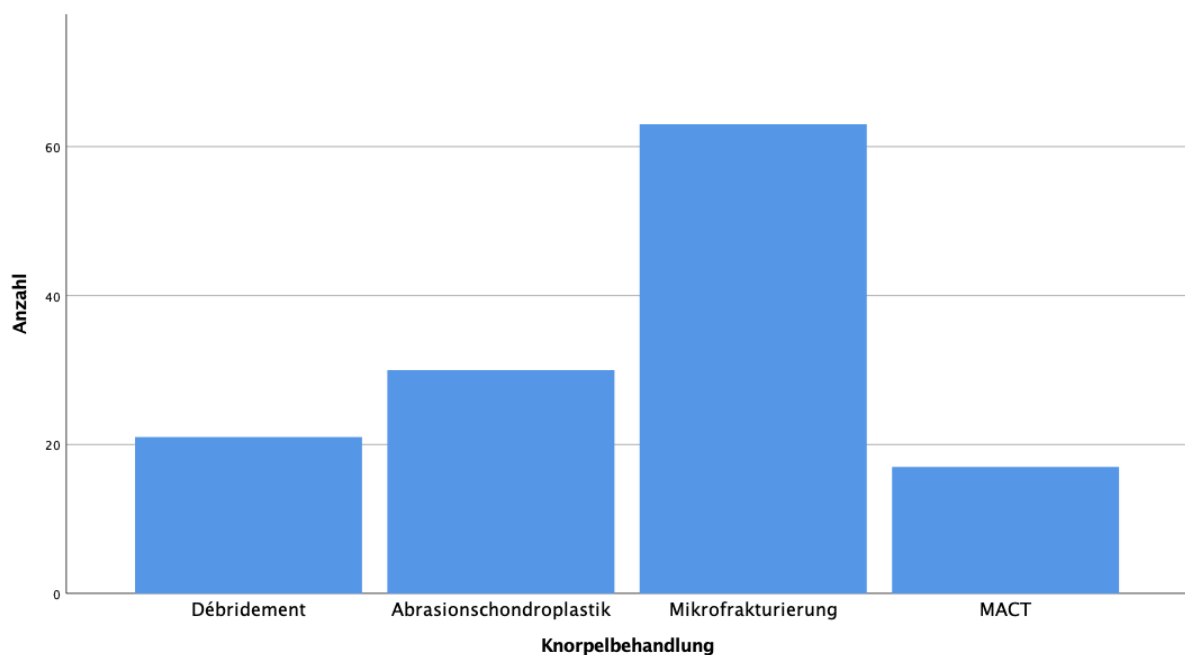


Abbildung 20: Absolute Verteilung der verschiedenen zusätzlichen Knorpelbehandlungen.

In Bezug auf den Korrekturwinkel der Beinachse konnte kein signifikanter Unterschied ($p=0,055$) zwischen den Gruppen festgestellt werden.

Der Altersdurchschnitt der débridierten Patienten lag bei 46,4 ($\pm 10,2$) Jahren. Die Patienten, bei denen eine Mikrofrakturierung durchgeführt wurde, waren im Durchschnitt 46,6 ($\pm 7,6$) Jahre alt. Der Altersdurchschnitt der Patienten mit Abrasionsarthroplastik betrug 48,3 ($\pm 6,0$) Jahre. Die Patienten mit MACT waren im Mittel 35 ($\pm 7,6$) Jahre alt (siehe Abbildung 21).

Zwischen den Gruppen Débridement, Abrasionsarthroplastik und Mikrofrakturierung lag kein signifikanter Altersunterschied. Die Patienten, die eine MACT erhielten, waren jedoch höchst signifikant ($p < 0,001$) jünger als die Patienten der anderen drei Gruppen.

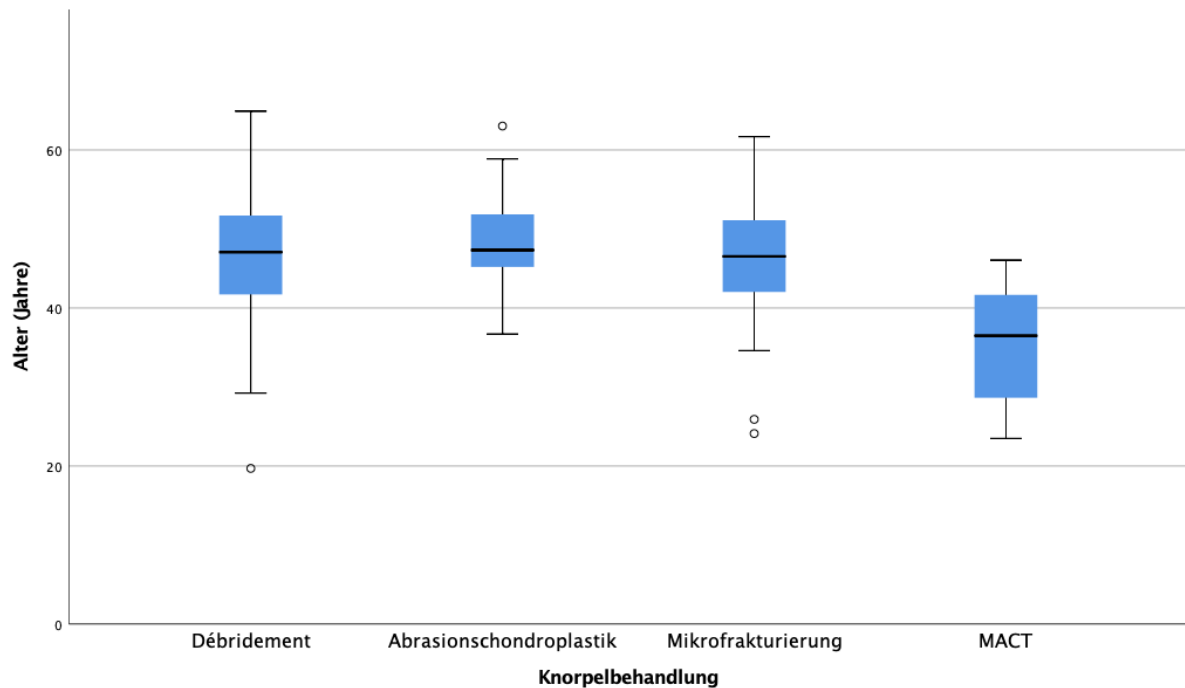


Abbildung 21: Alter der Patienten abhängig von der Knorpelbehandlung.

Die Gruppe der Patienten, welche mit MACT behandelt wurden, hatte einen signifikant ($p < 0,5$) niedrigeren BMI als die anderen drei Gruppen (siehe Abbildung 22). Abgesehen davon gab es keine Unterschiede im Hinblick auf den BMI zwischen den Gruppen.

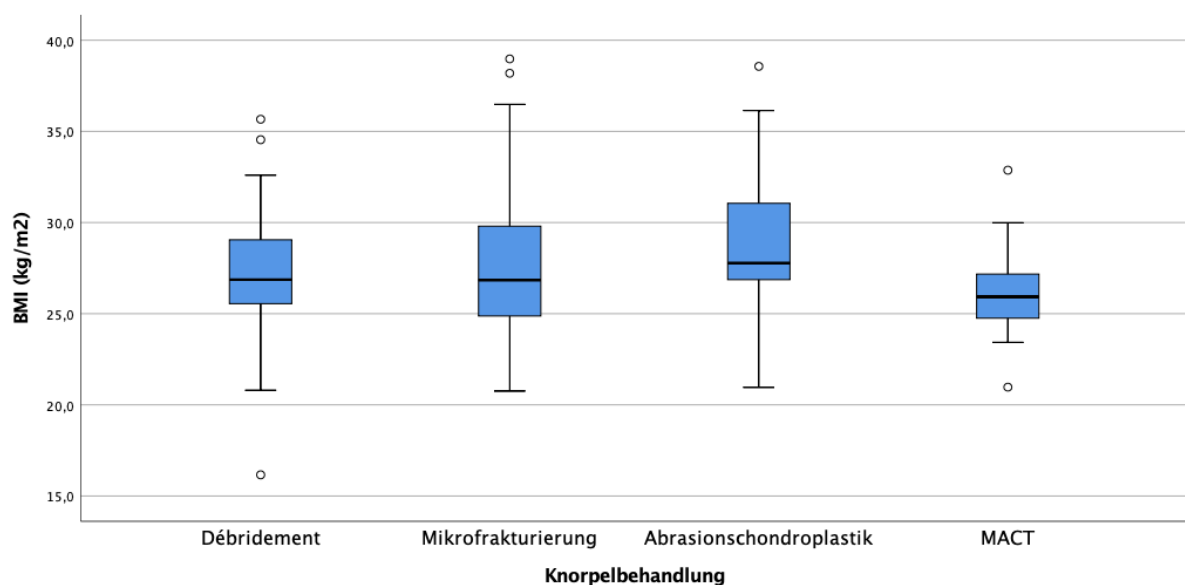


Abbildung 22: BMI der Patienten abhängig von der Knorpelbehandlung.

Präoperativ unterschied sich das Ergebnis des IKDC-Scores zwischen den Gruppen signifikant. Die Patienten, welche in der MACT-Gruppe (Mittelwert IKDC $51,2 \pm 19,2$) waren, hatten ein signifikant höheres präoperatives Ergebnis ($p < 0,05$) als die Patienten in der Abrasionsarthroplastik- (Mittelwert IKDC $37,8 \pm 13,9$) und der Débridement-Gruppe (Mittelwert IKDC $38,2 \pm 15,6$). Im Vergleich zur Abrasionsarthroplastik-Gruppe schnitt die Gruppe der Patienten mit Mikrofrakturierung (Mittelwert IKDC $45,4 \pm 15,0$) ebenfalls signifikant ($p < 0,05$) besser im IKDC-Gesamtscore ab.

Tabelle 5

Durchschnittlicher IKDC-Gesamtscore abhängig von der Knorpelbehandlung.

		N	Mittelwert	Std.-Abweichung
IKDC-Score präoperativ	Débridement	21	38,173	15,5509
	Mikrofrakturierung	63	45,443	15,0152
	Abrasionsarthroplastik	30	37,759	13,8725
	MACT	17	51,245	19,2227
IKDC-Score nach 3 Monaten	Débridement	14	51,60	16,700
	Mikrofrakturierung	24	60,11	10,108
	Abrasionsarthroplastik	14	51,56	18,050
	MACT	10	56,83	13,638
IKDC-Score nach 6 Monaten	Débridement	13	57,259	12,4954
	Mikrofrakturierung	41	63,003	16,8703
	Abrasionsarthroplastik	20	60,420	15,6666
	MACT	12	58,930	12,4893
IKDC-Score nach 1 Jahr	Débridement	11	62,283	13,8669
	Mikrofrakturierung	37	71,870	15,6419
	Abrasionsarthroplastik	13	66,568	19,8394
	MACT	10	62,552	9,8707
IKDC-Score nach 2 Jahren	Débridement	10	68,107	23,5953
	Mikrofrakturierung	31	72,996	18,4009
	Abrasionsarthroplastik	12	71,360	19,5584
	MACT	7	73,235	9,5181

Nach einem Jahr hatte die Mikrofrakturierungsgruppe ein signifikant ($p < 0,05$) höheres Ergebnis im IKDC (Mittelwert IKDC $71,9 \pm 15,6$) als die MACT ($62,5 \pm 9,9$) bzw. die Débridement-Gruppe (Mittelwert IKDC $62,3 \pm 13,9$) (siehe Abbildung 23). Ansonsten gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen im ersten präoperativen Jahr, sowie auch in den späteren Nachuntersuchungszeitpunkten.

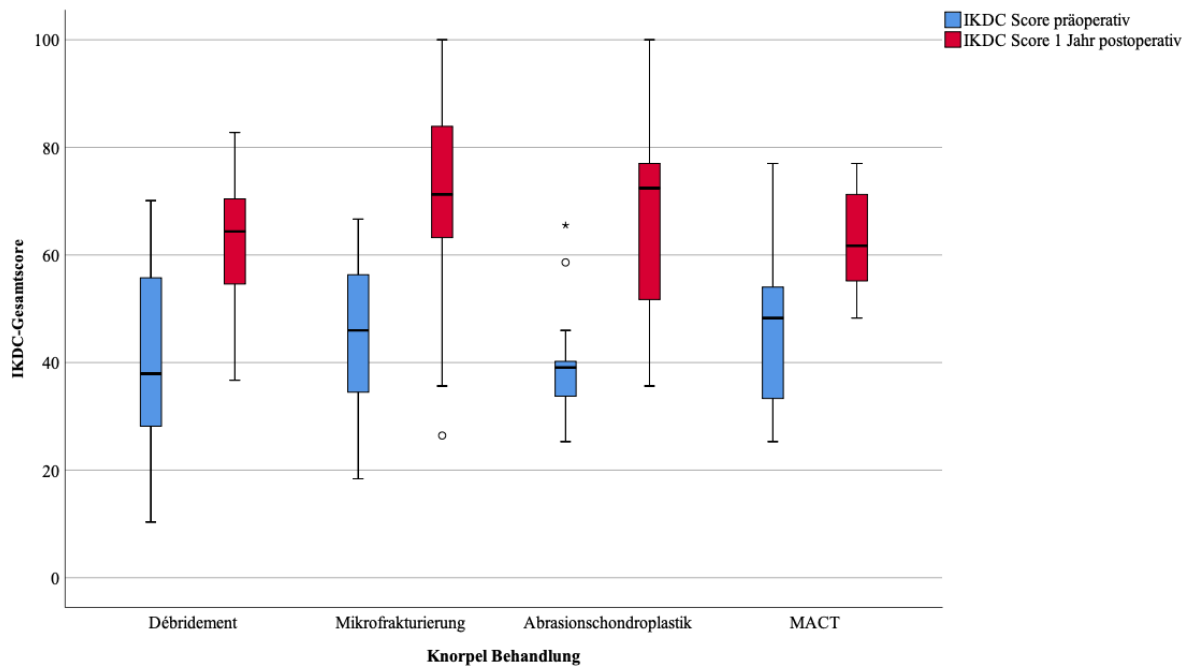


Abbildung 23: Veränderung des IKDC-Scores nach 1 Jahr in Abhängigkeit der Knorpelbehandlung.

Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant im präoperativen Ergebnis des Lysholm-Scores. Auch postoperativ gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Beim Cincinnati-Score und beim Tegner-Score konnten ebenfalls keine signifikanten prä- oder postoperativen Unterschiede festgestellt werden.

4 Diskussion

In der vorliegenden klinischen Studie wurde das Outcome einer HTO mit zusätzlicher begleitender Knorpeltherapie untersucht. Hierzu wurden die Patienten gebeten, vor der Operation und in regelmäßigen Abständen nach der Operation standardisierte Fragebögen (IKDC-Score, Lysholm-Score, Tegner-Score und Cincinnati-Score) zu Symptomatik, Funktion und eventuellen Einschränkungen auszufüllen. Des Weiteren wurden prä- und postoperative Röntgenaufnahmen vermessen und operative Befunde ausgewertet.

Die Zusammensetzung des Patientenkollektivs kann, bis auf die Geschlechterverteilung, als homogen angesehen werden. Die Altersverteilung stimmt mit der Verteilung in vergleichbaren Studien überein (87–89), ebenso die hohe Anzahl an prä-adipösen und adipösen Patienten (88,90,91).

4.1 IKDC-Score

Der IKDC-Score stieg, im Vergleich zum präoperativen Wert, im Zeitraum von zwei Jahren signifikant an. Bereits beim ersten postoperativen Follow-Up nach drei Monaten wurden signifikant höhere Ergebnisse erzielt. Die Verbesserung des Ergebnisses betraf alle vom IKDC-Score abgefragten Unterkategorien wie Funktion, Schmerz und Aktivität. Dieser schnelle und über mindestens zwei Jahre anhaltende Effekt konnte auch in vielen weiteren Studien gezeigt werden. So zeigten Niemeyer et al. (2010) einen signifikanten Anstieg nach sechs, 12, 24 und 36 Monaten (92). In der Studie von Schröter et al. (2011) ließen sich diese Ergebnisse replizieren und auch in Nachuntersuchungen über einen Zeitraum von mindestens fünf Jahren wie bei Bode et al. (2015) blieben die Ergebnisse der Patienten signifikant höher als präoperativ (87,93). Die berichteten Schmerzen im Bereich des Kniegelenks nahmen nach erfolgter Operation signifikant ab und die Patienten gaben bereits nach drei Monaten deutlich geringere Schmerzen auf der VAS-Skala an. Ebenso blieben die Schmerzen im Verlauf auf einem deutlich niedrigeren Niveau als präoperativ. Dies deckt sich mit vergleichbaren Studien, so konnten auch Hernigou et al. (2010) und Gaasbeek et al. (2010) eine signifikante Schmerzreduktion zeigen (91,94).

4.2 Lysholm-Score und Cincinnati-Score

Ähnlich zu den Ergebnissen des IKDC-Scores verhielten sich die Ergebnisse des Lysholm-Scores und des Cincinnati-Scores. Hier konnten eine deutliche Symptomverbesserung und Schmerzreduktion festgestellt werden. Der Lysholm-Score stieg bei allen Patienten im Verlauf der zwei Jahre signifikant an und auch beim Cincinnati-Score konnte eine deutliche Verbesserung der Symptome, der Funktion und der Schmerzen im postoperativen Verlauf im Vergleich

zum präoperativen Zustand gezeigt werden. Dies konnte auch in zahlreichen anderen Studien gezeigt werden. LaPrade et al. (2012) erfassten den Cincinnati-Score über mindestens 1 Jahr. DeMeo et al. (2010), Niemeyer et al. (2010) und Schröter et al. (2011), verwendeten den Lysholm-Score und verfolgten diesen über zwei bzw. drei Jahre (90,92,93,95). Bode et al. (2015) konnten auch fünf Jahre nach HTO einen signifikant höheren Lysholm-Score bei den untersuchten Patienten beobachten (87).

4.3 Tegner-Score

Der Tegner-Score erfasst die körperliche Aktivität der Patienten. Die meisten Patienten gaben präoperativ einen Wert von 4 an, was mittelschwerer körperlicher Arbeit (Berufe wie zum Beispiel LKW-Fahrer oder Reinigungspersonal) bzw. Freizeitsport wie Radfahren oder Langlaufen zweimal wöchentlich entspricht. Sportlich sehr aktiv, entsprechend einem Tegner-Score von 7-10, was Turniersport bis hin zu internationalen Turnieren entspricht, waren präoperativ nur 11 Patienten (8%). Die Spannweite der Ergebnisse lag präoperativ bei 0 (Krankenschreibung aufgrund von Knieproblemen) bis 9 (Nationale/Internationale Turniere ohne Gegnerkontakt). Drei Monate postoperativ lag der Wert bei den meisten Patienten niedriger als präoperativ. Dies kann durch die verringerte Mobilität und das eingeschränkte Aktivitätsniveau unmittelbar postoperativ erklärt werden. Nach sechs Monaten erreichte der Tegner-Score bei den meisten Patienten wieder präoperative Werte. Ein deutlicher Anstieg des Aktivitätsniveaus im zweijährigen postoperativen Verlauf konnte jedoch bei den wenigsten Patienten beobachtet werden. Im Mittel gaben die Patienten das gleiche Aktivitätsniveau wie präoperativ an. Die Spannweite der Ergebnisse reichte zwei Jahre postoperativ von 0 bis 10 (Nationale/Internationale Turniere mit Gegnerkontakt). Schröter et al. (2011) beschreiben eine signifikante Veränderung des Tegner-Scores von einem präoperativen Wert von 2,6 auf 3,7 nach einem Jahr (93). Sterett et al. (2010) beschreiben einen signifikant erhöhten Tegner-Score von 2,8 präoperativ auf 3,8 nach drei Jahren (96). Cavallo et al. (2018) beschreiben eine signifikante Veränderung des Tegner-Scores von 1,2 auf 2,1 nach drei Jahren (97). Altersdurchschnitt und mittlerer BMI war bei allen Studien vergleichbar mit der vorliegenden Studie. Die Veränderung des Tegner-Scores war im Unterschied zu unserer Studie signifikant. Allerdings gaben auch dort die meisten Patienten ein postoperatives Aktivitätsniveau von 4 oder weniger an. Patienten, bei denen eine Indikation zur HTO gestellt wird, sind in unserer, wie auch in anderen Studien im Schnitt zwischen 40 und 50 Jahre alt und haben meist einen BMI im prä-adipösen Bereich. Des Weiteren gaben nur die wenigsten Patienten ein hohes präoperatives Aktivitätsniveau an. Somit lässt sich unter Umständen auch erklären, weswegen nur wenige Patienten eine deutliche Verbesserung des sportlichen Niveaus erreichten. Es ist anzunehmen, dass nicht nur die Einschränkung durch das

Kniegelenk, sondern vielmehr auch die allgemeine Konstitution und Alter einen Einfluss auf den generell niedrigen Tegner-Score prä- und postoperativ hatten.

Im klinischen Überblick und bei Betrachtung der verschiedenen Fragebögen zeigt sich sowohl in der hier vorliegenden Studie als auch in vielen weiteren Untersuchungen, dass eine Mehrheit der Patienten von der Umstellungsosteotomie profitiert hat. Bereits nach drei Monaten, als auch im weiteren Verlauf, gaben die Patienten signifikant weniger Schmerzen an. Symptome wie Schwellung und eingeschränkte Beweglichkeit ließen nach und die Funktionalität stieg an.

4.4 Komplikationen

Insgesamt zeigte sich die HTO als sicherer Eingriff mit einer geringen postoperativen Komplikationsrate. Die erfasste Komplikationsrate, wie auch die Art der Komplikationen, wird in ähnlichem Ausmaß in der Literatur berichtet. So beschreiben auch Niemeyer et al. (2010) Komplikationen wie verzögerte Knochenheilung mit sekundärer Spongiosaplastik und Hämatombildung mit nachfolgender Hämatomausräumung (92). Auch LaPrade et al. (2012), DeMeo et al. (2010) und El-Azab et al. (2010) berichten von vergleichbaren Komplikationsraten und verzögerter Knochenheilung, Hämatombildung und vereinzelt Infektionen (90,95,98).

4.5 Radiologische Auswertung

Zwischen den prä- und postoperativen Aufnahmen konnte eine signifikante Erhöhung bei allen gemessenen Winkeln (MLDFW, MMPTW und Tibia-Slope) festgestellt werden. Die Erhöhung des Tibia-Slopes wurde ebenfalls in Studien von LaPrade et al. (2012) sowie El-Azab et al. (2010) und Weiteren beobachtet (90,98,99). Diese Vergrößerung entsteht vor allem bei Patienten, die mit Open-Wedge-Technik operiert werden, wie die Patienten in unserem Studienkollektiv. Bei Verwendung der Closed-Wedge-Technik wäre vermehrt eine Verminderung des Tibia-Slopes zu erwarten, wie Kyung-Wook et al. (2016) oder auch Harris et al. (2013) in ihren Meta-Analysen beschreiben. Dies sollte, beispielsweise bei Patienten mit insuffizientem vorderen bzw. hinteren Kreuzband, bei der Wahl der Operationsmethode berücksichtigt werden (100,101). Andererseits beschreiben Giffin et al. (2004) sowie Black et al. (2018) in ihren biomechanischen Studien, dass erst Winkelveränderungen über 5 Grad deutliche Effekte auf das vordere bzw. hintere Kreuzband haben. In den meisten Studien, wie auch unserer Studie, lag die durchschnittliche Veränderung des Tibia-Slopes bei ca. 2° (100,102,103).

Die von uns gemessenen mechanischen Tibia- und Femur-Winkel unterscheiden sich sowohl prä- als auch postoperativ von den gemessenen Winkeln aus anderen Publikationen. Im Vergleich weicht vor allem der präoperative MMPTW beispielsweise bei Schröter et al. (2019) oder Kanto et al. (2020) stärker vom physiologischen Winkel von $87^\circ \pm 3^\circ$ ab (22,104,105). Auch die Veränderung der Winkel in der postoperativen Messung sind in der Literatur deutlich

größer beschrieben (zwischen 5° bei Schröter et al. (2019) und 12° bei Ji et al. (2019)) als die von uns gemessene Veränderung von 1,5° (104,106,107). Jedoch zeigen die Winkel in der Literatur ebenfalls eine starke Varianz zwischen den Autoren. Die von uns verwendete radiologische Messmethode deckt sich mit der Methode der oben genannten Autoren. Gründe für die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der Autoren und unseren Ergebnissen können, trotz gleicher Messmethode, in der Messung selbst liegen. Diese wurde meist, wie auch bei uns, von einem einzelnen Untersucher durchgeführt und beinhaltet somit eine mögliche Fehlerquelle. Ebenso kann die Indikationsstellung Einfluss auf die gemessenen Winkel nehmen. So wurden in der Publikation von Schröter et al. (2019) ausschließlich Patienten mit schwerer Varus-Fehlstellung untersucht, während in unserer Studie auch Patienten mit leichter Fehlstellung inkludiert wurden (104). Des Weiteren beeinflusst auch das Maß der vorgenommenen Korrektur die postoperativ gemessenen Winkel.

4.6 Arthroskopische Beurteilung der Chondromalazie

Bei der Beurteilung des Knorpels während der präoperativen Arthroskopie fiel bei einem Großteil der Patienten eine Chondromalazie Grad III oder IV im medialen Kompartiment auf. Im lateralen Kompartiment lag bei den meisten Patienten eine Chondromalazie Grad II vor. Postoperativ wurde im medialen Kompartiment bei ca. einem Drittel der untersuchten Patienten ein Knorpelregenerat festgestellt. Ebenso wurde bei weniger Patienten ein viertgradiger Knorpelschaden erfasst, während die Zahl der drittgradigen Knorpelschäden stieg. Konträr dazu verhielt es sich im lateralen Kompartiment, hier verringerte sich die Zahl der Patienten, bei welchen keine oder eine geringe Chondromalazie bestand, während dritt- und viertgradige Befunde häufiger vorlagen. Auch in der Literatur wird die durch die lateralisierte Beinachse hervorgerufene Entlastung des medialen und vermehrte Belastung des lateralen Kompartiments vielfach diskutiert (3,96,108,109). So haben beispielsweise Spahn et al. (2012) oder Jung et al. (2014) 1,5 bzw. zwei Jahre nach HTO die Knorpeloberfläche beurteilt und beschreiben ebenfalls eine Regeneration der Chondromalazie im medialen Kompartiment (110,111). Ähnlich zu unserer Studie stellten Duivenoorden et al. (2014) und Niemeyer et al. (2010) zwar ebenfalls fest, dass die Chondromalazie im lateralen Kompartiment nach HTO progredient verlief, jedoch überwogen auch die Vorteile der medialen Entlastung und die Patienten erzielten gute bis sehr gute Ergebnisse in den klinischen Fragebögen (92,112).

4.7 Zusammenhänge der einzelnen Parameter

Patienten mit höherem BMI hatten präoperativ niedrigere Ergebnisse in den IKDC und Cincinnati-Fragebögen. Auch Floerkemeier et al. (2014) und Ackerman et al. (2012) beschrieben einen starken Zusammenhang zwischen Übergewicht und symptomatischer Gonarthrose

(47,113). Postoperativ gab es keinen signifikanten Zusammenhang mehr zwischen dem Übergewicht der Patienten und der Symptomatik bzw. Funktionalität des operierten Kniegelenkes. Alter und Geschlecht hatten keine Auswirkung auf die Ergebnisse der Fragebögen, weder prä- noch postoperativ.

4.8 Klinische Ergebnisse in Bezug auf die Knorpelbehandlung

Um den Effekt der jeweiligen Knorpelbehandlung zusätzlich zur HTO zu untersuchen und einen etwaigen Unterschied zwischen den Behandlungsmethoden zu erkennen wurden die Ergebnisse der Patienten, abhängig von der erhaltenen Behandlung, separat analysiert. Die Hypothese dieser Arbeit war: Die MACT zur Therapie der fokalen Knorpelschäden während einer Umstellungsosteotomie wird zu einem besseren Outcome bezüglich Funktion und Lebensqualität als die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik führen. Die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik werden zu einem besseren Outcome als das Débridement führen. Die Mikrofrakturierung und die Abrasionsarthroplastik werden vergleichbare Ergebnisse erzielen. Präoperativ konnten signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen festgestellt werden. So erzielten die Patienten der MACT-Gruppe höhere Ergebnisse im IKDC-Score als die Patienten der anderen Gruppen. Patienten, welche eine Mikrofrakturierung erhielten, schnitten im IKDC-Score besser ab als die Patienten in der Abrasionsarthroplastik-Gruppe. Ein Jahr postoperativ erreichten Patienten der Mikrofrakturierungsgruppe signifikant höhere Ergebnisse im IKDC-Score als Patienten der MACT- oder Débridement-Gruppe. An späteren Nachuntersuchungszeitpunkten konnten keine signifikanten Unterschiede der klinischen Fragebögen mehr zwischen den Gruppen festgestellt werden. Insgesamt konnten keine belastbaren Ergebnisse gefunden werden, die ein Überwiegen einer bestimmten Begleittherapie zeigen. Die oben genannte Hypothese konnte in dieser Arbeit also nicht bestätigt werden. Jedoch müssen auch einige Limitationen und Einschränkungen beachtet werden. So war die Anzahl der Patienten zwischen den Gruppen nicht gleich. Deutlich mehr Patienten erhielten eine Mikrofrakturierung als eine der anderen Therapien. Ebenso gab es auch Unterschiede in Bezug auf Alter, BMI und Geschlecht zwischen den Gruppen. Die Patienten der MACT-Gruppe waren signifikant jünger, hatten einen signifikant niedrigeren BMI und waren ausschließlich männlich. Es muss auch beachtet werden, dass die Gruppenzuteilung nicht zufällig erfolgte, sondern dass die Patienten, die jeweils vom behandelnden Arzt empfohlene und in Einklang mit dem Patienten gewählte Therapie, erhielten. Auch aufgrund der unterschiedlichen Defektmorphologien musste eine individuelle Therapieentscheidung getroffen werden, sodass eine zufällige Einteilung der Therapiegruppen nicht möglich war. Somit war die Therapie an den jeweiligen Patienten, dessen Alter, körperliche Verfassung, sportlichen Anspruch, Defektmorphologie und Symptomatik

angepasst. Dies trägt zur ungleichen Verteilung zwischen den Gruppen bei. Es existieren mehrere Publikationen, welche eine Knorpeltherapie zusätzlich zur HTO analysieren oder untersuchen, ob es einen klaren Vorteil der zusätzlichen Therapie im Vergleich zur alleinigen HTO gibt. So werteten Harris et al. (2013) 69 Studien mit insgesamt 4557 Patienten aus. Nach fünf Jahren wurden signifikant weniger Patienten mit zeitgleicher Knorpeltherapie mit einem Kniegelenksoberflächenersatz versorgt als Patienten, welche nur eine HTO erhielten. Zu späteren Nachuntersuchungszeitpunkten konnte dies jedoch nicht mehr bestätigt werden. Auch wurden die verschiedenen Knorpeltherapien nicht untereinander verglichen (101). Schuster et al. (2015) beschrieben gute bis sehr gute Knorpelregeneration bei Patienten, welche mit Mikrofrakturierung oder Abrasionsarthroplastik versorgt wurden, weisen jedoch auch darauf hin, dass keine Kontrollgruppe mit alleiniger HTO vorlag (114). Akizuki et al. (1997) verglichen Patienten mit HTO mit Abrasionsarthroplastik und isolierter HTO. Bei beiden Gruppen bildete sich faserknorpeliges Ersatzgewebe im Defektbereich und es konnte kein signifikanter Unterschied der Zufriedenheit und Symptomatik zwischen den Gruppen festgestellt werden (115). Ferruzzi et al. (2014) verglichen isolierte HTO mit HTO mit Mikrofrakturierung und HTO mit autologer Chondrozyten-Implantation. Nach 11 Jahren wiesen alle drei Gruppen gute bis sehr gute Ergebnisse auf, im Vergleich schnitt die Gruppe mit zusätzlicher Mikrofrakturierung jedoch am schlechtesten ab (116). Dies kann unter Umständen durch den langen Nachuntersuchungszeitraum erklärt werden. Auch andere Autoren beschreiben eine deutliche Symptomverbesserung nach Mikrofrakturierung, welche jedoch nach einigen Jahren regredient ist (50,59,61,117).

4.9 Stärken und Limitationen der Arbeit

Bezüglich des Anliegens dieser Studie, den Einfluss verschiedener Knorpelbehandlungen auf das Ergebnis der HTO zu untersuchen, liegen Limitationen vor. So fand keine zufällige Zuordnung der Knorpeltherapien zu den Patienten statt, sodass eine Verzerrung der Ergebnisse vorliegen kann. Auch gab es keine Kontrollgruppe, welche beispielsweise eine isolierte HTO erhielt. Dadurch lässt sich der Einfluss der Knorpelbehandlung unabhängig von der HTO nicht sicher untersuchen. Bei kritischer Betrachtung der Studie muss auch der kurze Nachuntersuchungszeitraum von durchschnittlich 2,2 Jahren berücksichtigt werden. Dadurch sind Aussagen zur langfristigen Symptomverbesserung durch HTO und spätem Therapieversagen, also Notwendigkeit einer Knieprothese, nicht möglich. Kritisch anzumerken ist auch, dass nicht alle Patienten zu allen Nachuntersuchungszeitpunkten verfügbar waren, sodass auch hier eine Selektionsverzerrung vorliegen kann.

Eine Stärke der Studie im Vergleich zu anderen Studien ist das relativ große Patientenkollektiv (118,119). Auch ist die große Anzahl der Patienten, welche zweizeitig arthroskopisch

untersucht werden konnten, positiv hervorzuheben. Hierdurch konnten Erkenntnisse über die Knorpelregeneration nach HTO gewonnen werden. In zukünftigen Studien wäre eine magnetresonanztomographische Untersuchung prä- und postoperativ mit Sicherheit eine weitere aufschlussreiche Möglichkeit, um objektiv den Knorpelschaden präoperativ und die Knorpelregeneration postoperativ beurteilen zu können.

4.10 Effekt der HTO und der begleitenden Knorpelbehandlung

Insgesamt konnte ein positiver Effekt der HTO und auch der begleitenden Knorpelbehandlung gezeigt werden. Vor allem die Aussicht für die Patienten, nach erfolgter Behandlung ihre Sportart wieder ausführen zu können und eventuelle Verzögerung einer TEP macht die HTO zu einer attraktiven Therapieoption für jüngere Patienten und Patienten mit sportlichem Anspruch (120–124). Hierbei ist jedoch auch eine klare Kommunikation zwischen Operateur und Patient essenziell. Eine Studie von Grünwald et al. (2019) zeigte eine sehr hohe präoperative Erwartungshaltung der Patienten in Bezug auf Schmerzen, Lebensqualität und Funktionalität. Eine unrealistische Erwartungshaltung beeinflusst die Zufriedenheit der Patienten stark und sollte somit ein wichtiger Teil von Beratung und Aufklärung der Patienten sein (125). Auch der Zeitrahmen der Verzögerung einer TEP sollte klar mit den Patienten besprochen werden, um realistische Erwartungen zu fördern. Als Überleben (engl. survivorship) wird definiert, wenn ein Patient zum jeweiligen Nachuntersuchungszeitpunkt noch nicht mit einer Knieendoprothese versorgt wurde. So war in einer Meta-Analyse von Harris et al. (2013) das Überleben der HTO nach fünf Jahren bei 92,4%, nach 10 Jahren bei 84,5% nach 15 Jahren bei 77,3% und 20 Jahre nach HTO bei 72,3% (101). Auch viele andere Autoren berichten von ähnlichen Überlebensraten. Sie stimmen darin überein, dass durch die HTO die Symptomatik und Funktion bei Patienten verbessert werden kann. So wird die Notwendigkeit einer Knieendoprothese verzögert (119,126–128). Sollte die Symptomatik wieder voranschreiten, gibt es aktuell keine klare Studienlage dazu, dass eine vorherige HTO das Ergebnis der Knie-TEP verschlechtern würde (126,129–131). Auch wenn sich, wie beispielsweise van Raaij et al. (2007) beschrieben, die Implantation technisch aufwendiger gestalten kann, ist das klinische Ergebnis vergleichbar mit Patienten ohne vorangegangener HTO (129).

4.11 Fazit

Insgesamt stellt die HTO zusammen mit einer begleitenden Knorpeltherapie eine vielversprechende und sichere Behandlungsoption bei entsprechender Indikation dar. Durch die Möglichkeit von Kombinationseingriffen können Achsabweichungen, Instabilitäten, Knorpelschäden und Bandläsionen berücksichtigt und adressiert werden. Auf diese Weise kann eine optimale und umfassende Behandlung für die Patienten erreicht werden (3,59).

5 Zusammenfassung

Achsfehlstellungen der unteren Extremität erhöhen sowohl die Inzidenz als auch die Progredienz der Gonarthrose. Aufgrund von Einschränkungen und möglichen Langzeitfolgen von Knie-Totalendoprothesen sind Therapiealternativen vor allem bei jüngeren aktiven Patienten von großer Bedeutung. Hierbei hat die HTO mit eventuell begleitender Knorpeltherapie eine zentrale Bedeutung. Gegenstand dieser Arbeit war es, die Ergebnisse der HTO zu evaluieren. Insbesondere sollte der Einfluss der Knorpelbehandlungen auf die Ergebnisse untersucht werden, um gegebenenfalls herauszufinden, ob eine Behandlungsmöglichkeit zu besseren oder schlechteren Ergebnissen führt als die anderen.

Im Rahmen einer klinischen Retrospektivstudie wurden 131 Patienten aufgenommen, welche im Zeitraum zwischen 2008 und 2014 mit einer HTO und zusätzlicher Knorpelbehandlung versorgt wurden. Zur Fixierung wurde eine winkelstabile Tomofix-Platte (Synthes, USA) oder eine PEEKPower-HTO-Platte (Arthrex, USA) verwendet. Patienten wurden mithilfe der Fragebögen IKDC-Score, Cincinnati-Score, Lysholm-Score und Tegner-Score zu Symptomen, Funktion, Schmerzen und sportlicher Aktivität befragt. Die Befragung fand präoperativ, nach drei bzw. sechs Monaten und ein sowie 2 Jahre postoperativ statt. Ebenso wurden präoperativ und postoperativ seitliche Kniegelenksaufnahmen und a.p.-Ganzbeinaufnahmen angefertigt. Einige Patienten erhielten im postoperativen Verlauf eine zweite Arthroskopie. Diese Befunde wurden dann mit der präoperativen Arthroskopie verglichen.

Die klinischen Scores zur Symptom- und Funktionserfassung verbesserten sich allesamt signifikant innerhalb des Nachuntersuchungszeitraums. Präoperativ zeigte die Arthroskopie bei den meisten Patienten eine Chondromalazie Grad 4, postoperativ wurde öfter eine Chondromalazie Grad 3 oder eine Regeneratbildung festgestellt. Die Korrelationsanalysen ergaben, dass sich die Ergebnisse der präoperativen Fragebögen invers zum BMI verhielten. Postoperativ konnte kein solcher Zusammenhang mehr gefunden werden. Es fanden sich außerdem keine Zusammenhänge zwischen den Ergebnissen der Fragebögen und der gemessenen Knie-Winkel. Alter und Geschlecht beeinflussten die Ergebnisse nicht signifikant. Die Patientengruppe, welche eine Mikrofrakturierung erhalten hat, hatte nach einem Jahr im Vergleich zur Débridement- und zur MACT-Gruppe signifikant bessere Werte im IKDC-Score. Ansonsten unterschieden sich die Ergebnisse der einzelnen Gruppen nicht.

Die Ergebnisse dieser Studie und Daten aus der Literatur zeigen, dass bei korrekter Indikationsstellung und Planung die HTO eine sichere und etablierte Möglichkeit darstellt, symptomatische unikompartimentelle Gonarthrosen mit Achsdeviationen zu behandeln.

Insbesondere stellt die HTO eine gute Option für Patienten dar, welche aufgrund Ihres Alters und/oder sportlichen Anspruchs noch keine Knie-TEP in Betracht ziehen wollen.

6 Literaturverzeichnis

1. Niemeyer P, Stöhr A, Köhne M, Hochrein A. Valgisierende Tibiakopfoosteotomie in öffnender Technik. *Oper Orthop Traumatol*. 2017 Aug;29(4):294–305.
2. Amendola A, Bonasia DE. Results of high tibial osteotomy: review of the literature. *Int Orthop*. 2010 Feb;34(2):155–60.
3. Bonasia DE, Governale G, Spolaore S, Rossi R, Amendola A. High tibial osteotomy. *Curr Rev Musculoskelet Med*. 2014 Dec 1;7(4):292–301.
4. Roos EM, Arden NK. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2016 Feb;12(2):92–101.
5. Glyn-Jones S, Palmer AJR, Agricola R, Price AJ, Vincent TL, Weinans H, et al. Osteoarthritis. *The Lancet*. 2015 Jul;386(9991):376–87.
6. Lespasio M. Knee Osteoarthritis: A Primer. *Perm J* [Internet]. 2017 [cited 2019 Mar 17]; Available from: <http://www.thepermanentejournal.org/issues/2017/6496-knee-osteoarthritis.html>
7. Rabenberg M. Arthrose. Berlin: Robert Koch-Inst; 2013. 36 p. (Gesundheitsberichterstattung des Bundes).
8. Stöve J, Bock F, Böhle E, Dau W, Flechtenmacher J, Graichen H, et al. S2k-Leitlinie Gonarthrose. AWMF. 2018 Jan;Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie e.V. (DGOOC):78.
9. Spahn G, Schiele R, Hofmann G, Schiltenswolf M, Grifka J, Vaitl T, et al. Die Prävalenz der radiologischen Gonarthrose in Bezug zu Lebensalter, Geschlecht, Jahrgangskohorte und ethnischer Zugehörigkeit. Eine Metaanalyse. *Z Für Orthop Unfallchirurgie*. 2011 Jan 17;149(02):145–52.
10. Yucesoy B, Charles LE, Baker B, Burchfiel CM. Occupational and genetic risk factors for osteoarthritis: A review. *Work*. 2015;50(2):261–73.
11. Mobasheri A, Batt M. An update on the pathophysiology of osteoarthritis. *Ann Phys Rehabil Med*. 2016 Dec;59(5–6):333–9.
12. Baker-LePain JC, Lane NE. Relationship between joint shape and the development of osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 2010 Sep;22(5):538–43.
13. Faber S, Zinser W, Angele P, Spahn G, Lör I, Zellner J, et al. Does Gender Influence Outcome in Cartilage Repair Surgery? An Analysis of 4,968 Consecutive Patients from the German Cartilage Registry (Knorpel Register DGOU). *CARTILAGE*. 2020 Jun 1;194760352092313.

14. Pan F, Khan H, Ding C, Winzenberg T, Martel-Pelletier J, Pelletier J-P, et al. Familial effects on structural changes relevant to knee osteoarthritis: a prospective cohort study. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015 Apr;23(4):559–64.
15. Silverwood V, Blagojevic-Bucknall M, Jinks C, Jordan JL, Protheroe J, Jordan KP. Current evidence on risk factors for knee osteoarthritis in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015 Apr;23(4):507–15.
16. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010 Jan;18(1):24–33.
17. Wluka AE, Lombard CB, Cicuttini FM. Tackling obesity in knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*. 2013 Apr;9(4):225–35.
18. Øiestad BE, Juhl CB, Eitzen I, Thorlund JB. Knee extensor muscle weakness is a risk factor for development of knee osteoarthritis. A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2015 Feb;23(2):171–7.
19. Murphy L, Schwartz TA, Helmick CG, Renner JB, Tudor G, Koch G, et al. Lifetime risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*. 2008 Sep 15;59(9):1207–13.
20. Agneskirchner JD, Burkart A, Imhoff AB. [Axis deviation, cartilage damage and cruciate ligament rupture--concomitant interventions in replacement of the anterior cruciate ligament]. *Unfallchirurg*. 2002 Mar;105(3):237–45.
21. Lie MM, Risberg MA, Storheim K, Engebretsen L, Øiestad BE. What's the rate of knee osteoarthritis 10 years after anterior cruciate ligament injury? An updated systematic review. *Br J Sports Med*. 2019 Sep;53(18):1162–7.
22. Galla M, Lobenhoffer P. Achsenfehlstellungen - Knie. *Orthop Unfallchirurgie Up2date*. 2007 Jan;2(1):21–40.
23. Sharma L, Song J, Dunlop D, Felson D, Lewis CE, Segal N, et al. Varus and valgus alignment and incident and progressive knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*. 2010 Nov;69(11):1940–5.
24. Abbott JH, Robertson MC, Chapple C, Pinto D, Wright AA, Leon de la Barra S, et al. Manual therapy, exercise therapy, or both, in addition to usual care, for osteoarthritis of the hip or knee: a randomized controlled trial. 1: clinical effectiveness. *Osteoarthritis Cartilage*. 2013 Apr;21(4):525–34.
25. Skou ST, Roos EM. Physical therapy for patients with knee and hip osteoarthritis: supervised, active treatment is current best practice. *Clin Exp Rheumatol*. 2019 Oct;37 Suppl 120(5):112–7.

26. Gersing AS, Schwaiger BJ, Nevitt MC, Joseph GB, Chanchek N, Guimaraes JB, et al. Is Weight Loss Associated with Less Progression of Changes in Knee Articular Cartilage among Obese and Overweight Patients as Assessed with MR Imaging over 48 Months? Data from the Osteoarthritis Initiative. *Radiology*. 2017 Aug;284(2):508–20.
27. Atukorala I, Makovey J, Lawler L, Messier SP, Bennell K, Hunter DJ. Is There a Dose-Response Relationship Between Weight Loss and Symptom Improvement in Persons With Knee Osteoarthritis?: Weight Loss and Symptomatic Knee OA Improvement. *Arthritis Care Res*. 2016 Aug;68(8):1106–14.
28. Duchow J, Kohn D. Die Behandlung der beginnenden Gonarthrose im mittleren Lebensalter. *Orthop □ de*. 2003 Oct 1;32(10):920–30.
29. Strauss EJ, Hart JA, Miller MD, Altman RD, Rosen JE. Hyaluronic Acid Viscosupplementation and Osteoarthritis: Current Uses and Future Directions. *Am J Sports Med*. 2009 Aug;37(8):1636–44.
30. Echigo R, Mochizuki M, Nishimura R, Sasaki N. Suppressive effect of hyaluronan on chondrocyte apoptosis in experimentally induced acute osteoarthritis in dogs. *J Vet Med Sci*. 2006 Aug;68(8):899–902.
31. Díaz-Gallego L, Prieto JG, Coronel P, Gamazo LE, Gimeno M, Alvarez AI. Apoptosis and nitric oxide in an experimental model of osteoarthritis in rabbit after hyaluronic acid treatment. *J Orthop Res Off Publ Orthop Res Soc*. 2005 Nov;23(6):1370–6.
32. Evaniew N, Simunovic N, Karlsson J. Cochrane in CORR ®: Viscosupplementation for the Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Clin Orthop Relat Res*. 2014 Jul;472(7):2028–34.
33. Hunter DJ. Viscosupplementation for Osteoarthritis of the Knee. Jarcho JA, editor. *N Engl J Med*. 2015 Mar 12;372(11):1040–7.
34. Jüni P, Hari R, Rutjes AW, Fischer R, Silleta MG, Reichenbach S, et al. Intra-articular corticosteroid for knee osteoarthritis. Cochrane Musculoskeletal Group, editor. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2015 Oct 22 [cited 2019 Mar 19]; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD005328.pub3>
35. Knop E, Paula LE de, Fuller R. Platelet-rich plasma for osteoarthritis treatment. *Rev Bras Reumatol Engl Ed*. 2016 Mar;56(2):152–64.
36. Huang Q, Wang Y, Wu T, Jiang S, Hu Y, Pei G. Preliminary separation of the growth factors in platelet-rich plasma: effects on the proliferation of human marrow-derived mesenchymal stem cells. *Chin Med J (Engl)*. 2009 Jan 5;122(1):83–7.
37. Riboh JC, Saltzman BM, Yanke AB, Fortier L, Cole BJ. Effect of Leukocyte Concentration on the Efficacy of Platelet-Rich Plasma in the Treatment of Knee Osteoarthritis. *Am J Sports*

Med. 2016 Mar;44(3):792–800.

38. Laudy ABM, Bakker EWP, Rekers M, Moen MH. Efficacy of platelet-rich plasma injections in osteoarthritis of the knee: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med*. 2015 May;49(10):657–72.

39. Lobenhoffer P, editor. *Knienähe Osteotomien: Indikation, Planung, Operationstechniken mit Plattenfixaturen*. 2., vollst. überarb. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2014. 290 p.

40. Sharma L, Chmiel JS, Almagor O, Felson D, Guermazi A, Roemer F, et al. The role of varus and valgus alignment in the initial development of knee cartilage damage by MRI: the MOST study. *Ann Rheum Dis*. 2013 Feb 1;72(2):235.

41. Felson DT, Niu J, Gross KD, Englund M, Sharma L, Cooke TDV, et al. Valgus malalignment is a risk factor for lateral knee osteoarthritis incidence and progression: Findings from the multicenter osteoarthritis study and the osteoarthritis initiative. *Arthritis Rheum*. 2013 Feb;65(2):355–62.

42. Josten C, Tiemann A, Stichert B. Umstellungsosteotomien bei unikondylärer Gonarthrose. *Trauma Berufskrankh*. 2003 Mar 1;5(0):s206–10.

43. Lobenhoffer P, Agneskirchner J, Zoch W. Die öffnende valgusierende Osteotomie der proximalen Tibia mit Fixation durch einen medialen Plattenfixateur. *Orthopäde*. 2004 Feb 1;33(2):153–60.

44. Faber S, Zellner J, Angele P, Spahn G, Lör I, Zinser W, et al. Decision making for concomitant high tibial osteotomy (HTO) in cartilage repair patients based on a nationwide cohort study of 4968 patients. *Arch Orthop Trauma Surg* [Internet]. 2020 May 23 [cited 2020 May 26]; Available from: <http://link.springer.com/10.1007/s00402-020-03476-6>

45. Lee DC, Byun SJ. High Tibial Osteotomy. *Knee Surg Relat Res*. 2012 Jun;24(2):61–9.

46. Schaz TA. *Das klinische und radiologische Outcome nach valgusierender öffnender Tibiakopfosteotomie im 2-Jahres-Follow-up*. [Regensburg]: Universität Regensburg; 2014.

47. Floerkemeier S, Staubli AE, Schroeter S, Goldhahn S, Lobenhoffer P. Does obesity and nicotine abuse influence the outcome and complication rate after open-wedge high tibial osteotomy? A retrospective evaluation of five hundred and thirty three patients. *Int Orthop*. 2014 Jan;38(1):55–60.

48. Aae TF, Randsborg P-H, Breen AB, Visnes H, Vindfeld S, Sivertsen EA, et al. Norwegian Cartilage Project - a study protocol for a double-blinded randomized controlled trial comparing arthroscopic microfracture with arthroscopic debridement in focal cartilage defects in the knee. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2016 Dec [cited 2018 Jan 13];17(1). Available from: <http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12891-016-1156-y>

49. Burkart AC, Schoettle PB, Imhoff AB. Operative Therapiemöglichkeiten des Knorpelschadens. *Unfallchirurg*. 2001 Sep 1;104(9):798–807.
50. Mithoefer K, McAdams T, Williams RJ, Kreuz PC, Mandelbaum BR. Clinical Efficacy of the Microfracture Technique for Articular Cartilage Repair in the Knee: An Evidence-Based Systematic Analysis. *Am J Sports Med*. 2009 Oct;37(10):2053–63.
51. Bekkers JEJ, Inklaar M, Saris DBF. Treatment Selection in Articular Cartilage Lesions of the Knee: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. 2009 Nov;37(1_suppl):148–55.
52. Sansone V, de Girolamo L, Pascale W, Melato M, Pascale V. Long-Term Results of Abrasion Arthroplasty for Full-Thickness Cartilage Lesions of the Medial Femoral Condyle. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2015 Mar;31(3):396–403.
53. Ulstein S, Årøen A, Røtterud JH, Løken S, Engebretsen L, Heir S. Microfracture technique versus osteochondral autologous transplantation mosaicplasty in patients with articular chondral lesions of the knee: a prospective randomized trial with long-term follow-up. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014 Jun;22(6):1207–15.
54. Lee JJ, Lee SJ, Lee TJ, Yoon TH, Choi CH. Results of Microfracture in the Osteoarthritic Knee with Focal Full-Thickness Articular Cartilage Defects and Concomitant Medial Meniscal Tears. *Knee Surg Relat Res*. 2013 Jun 30;25(2):71–6.
55. Erggelet C, Vavken P. Microfracture for the treatment of cartilage defects in the knee joint – A golden standard? *J Clin Orthop Trauma*. 2016 Jul;7(3):145–52.
56. Richter DL, Schenck RC, Wascher DC, Treme G. Knee Articular Cartilage Repair and Restoration Techniques: A Review of the Literature. *Sports Health Multidiscip Approach*. 2016 Mar;8(2):153–60.
57. Theodoropoulos J, Dwyer T, Whelan D, Marks P, Hurtig M, Sharma P. Microfracture for knee chondral defects: a survey of surgical practice among Canadian orthopedic surgeons. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2012 Dec;20(12):2430–7.
58. Na Y, Shi Y, Liu W, Jia Y, Kong L, Zhang T, et al. Is implantation of autologous chondrocytes superior to microfracture for articular-cartilage defects of the knee? A systematic review of 5-year follow-up data. *Int J Surg*. 2019 Aug;68:56–62.
59. Angele P, Niemeier P, Steinwachs M, Filardo G, Gomoll AH, Kon E, et al. Chondral and osteochondral operative treatment in early osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 Jun;24(6):1743–52.
60. Saris DBF, Vanlauwe J, Victor J, Haspl M, Bohnsack M, Fortems Y, et al. Characterized Chondrocyte Implantation Results in Better Structural Repair when Treating Symptomatic Cartilage Defects of the Knee in a Randomized Controlled Trial versus Microfracture. *Am J Sports*

Med. 2008 Feb;36(2):235–46.

61. Solheim E, Hegna J, Inderhaug E. Long-Term Survival after Microfracture and Mosaicplasty for Knee Articular Cartilage Repair: A Comparative Study Between Two Treatments Cohorts. *CARTILAGE*. 2020 Jan;11(1):71–6.

62. Vasiliadis HS, Wasiak J. Autologous chondrocyte implantation for full thickness articular cartilage defects of the knee. Cochrane Bone, Joint and Muscle Trauma Group, editor. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2010 Oct 6 [cited 2020 May 15]; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD003323.pub3>

63. Kon E, Filardo G, Berruto M, Benazzo F, Zanon G, Della Villa S, et al. Articular Cartilage Treatment in High-Level Male Soccer Players: A Prospective Comparative Study of Arthroscopic Second-Generation Autologous Chondrocyte Implantation Versus Microfracture. *Am J Sports Med*. 2011 Dec;39(12):2549–57.

64. Zellner J, Grechenig S, Pfeifer CG, Krutsch W, Koch M, Welsch G, et al. Clinical and Radiological Regeneration of Large and Deep Osteochondral Defects of the Knee by Bone Augmentation Combined With Matrix-Guided Autologous Chondrocyte Transplantation. *Am J Sports Med*. 2017 Nov;45(13):3069–80.

65. Anders S, Schaumburger J, Schubert T, Grifka J, Behrens P. Matrixassoziierte autogene Chondrozytentransplantation (MACT): Minimalinvasive Technik am Kniegelenk. *Oper Orthop Traumatol*. 2008 Aug;20(3):208–19.

66. Bartlett W. Autologous chondrocyte implantation versus matrix-induced autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects of the knee: A PROSPECTIVE, RANDOMISED STUDY. *J Bone Jt Surg - Br Vol*. 2005 May 1;87-B(5):640–5.

67. Vavken P, Samartzis D. Effectiveness of autologous chondrocyte implantation in cartilage repair of the knee: a systematic review of controlled trials. *Osteoarthritis Cartilage*. 2010 Jun;18(6):857–63.

68. Bartlett W. Autologous chondrocyte implantation versus matrix-induced autologous chondrocyte implantation for osteochondral defects of the knee: A PROSPECTIVE, RANDOMISED STUDY. *J Bone Jt Surg - Br Vol*. 2005 May 1;87-B(5):640–5.

69. Niemeyer P, Andereya S, Angele P, Ateschrang A, Aurich M, Baumann M, et al. Stellenwert der autologen Chondrozytentransplantation (ACT) in der Behandlung von Knorpelschäden des Kniegelenks - Empfehlungen der AG Klinische Geweberegeneration der DGOU. *Z Für Orthop Unfallchirurgie*. 2013 Feb 19;151(01):38–47.

70. Niemeyer P, Schweigler K, Grotejohann B, Maurer J, Angele P, Aurich M, et al. Das KnorpelRegister DGOU zur Erfassung von Behandlungsergebnissen nach Knorpeloperationen:

Erfahrungen nach 6 Monaten und erste epidemiologische Daten. *Z Für Orthop Unfallchirurgie*. 2015 Feb 27;153(01):67–74.

71. Di Martino A, Silva S, Andriolo L, Merli G, Reale D, Zaffagnini S, et al. Osteochondral autograft transplantation versus autologous bone-cartilage paste grafting for the treatment of knee osteochondritis dissecans. *Int Orthop*. 2021 Feb;45(2):453–61.

72. Rixen D, Schoepp C, Tingart M, Akoto R, editors. *Kniechirurgie*. 1. Auflage. München: Elsevier; 2017. 443 p.

73. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, et al. Development and Validation of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form <sup/>. *Am J Sports Med*. 2001 Sep;29(5):600–13.

74. Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Neyret P, Richmond JC, et al. Responsiveness of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. *Am J Sports Med*. 2006 Oct;34(10):1567–73.

75. Grevnerts HT, Terwee CB, Kvist J. The measurement properties of the IKDC-subjective knee form. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2015 Dec;23(12):3698–706.

76. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med*. 1982 May;10(3):150–4.

77. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. The Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Score and Tegner Activity Scale for Anterior Cruciate Ligament Injuries of the Knee: 25 Years Later. *Am J Sports Med*. 2009 May;37(5):890–7.

78. Swanenburg J, Koch P, Meier N, Wirth B. Function and activity in patients with knee arthroplasty: validity and reliability of a German version of the Lysholm Score and the Tegner Activity Scale. *Swiss Med Wkly [Internet]*. 2014 Jun 12 [cited 2020 Oct 2]; Available from: <http://doi.emh.ch/smw.2014.13976>

79. Risberg MA, Holm I, Steen H, Beynon BD. Sensitivity to changes over time for the IKDC form, the Lysholm score, and the Cincinnati knee score. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 1999 May 26;7(3):152–9.

80. Brittberg M, Aglietti A, Gambardella R. ICRS cartilage injury evaluation package [Internet]. [cited 2020 Dec 10]. Available from: <http://cartilage.org/society/publications/icrs-score/?highlighted=evaluation>

81. Paley D, Herzenberg JE, Tetsworth K, McKie J, Bhave A. Deformity planning for frontal and sagittal plane corrective osteotomies. *Orthop Clin North Am*. 1994 Jul;25(3):425–65.

82. Westermann RW, DeBerardino T, Amendola A. Minimizing Alteration of Posterior Tibial

Slope During Opening Wedge High Tibial Osteotomy: a Protocol with Experimental Validation in Paired Cadaveric Knees. *Iowa Orthop J.* 2014;34:16–23.

83. Jung KA, Kim SJ, Lee SC, Song MB, Yoon KH. ‘Fine-tuned’ correction of tibial slope with a temporary external fixator in opening wedge high-tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2008 Mar;16(3):305–10.

84. Gunes T, Sen C, Erdem M. Tibial slope and high tibial osteotomy using the circular external fixator. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2007 Feb 5;15(2):192–8.

85. Çullu E, Aydoğdu S, Alparslan B, Sur H. Tibial slope changes following dome-type high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2005 Jan;13(1):38–43.

86. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organ Tech Rep Ser.* 2000;894:i–xii, 1–253.

87. Bode G, von Heyden J, Pestka J, Schmal H, Salzmann G, Südkamp N, et al. Prospective 5-year survival rate data following open-wedge valgus high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015 Jul;23(7):1949–55.

88. Zorzi AR, da Silva HGPV, Muszkat C, Marques LC, Cliquet Jr A, de Miranda JB. Opening-Wedge High Tibial Osteotomy With and Without Bone Graft: OPENING-WEDGE HIGH TIBIAL OSTEOTOMY WITH AND WITHOUT BONE GRAFT. *Artif Organs.* 2011 Mar;35(3):301–7.

89. Spahn G. Complications in high tibial (medial opening wedge) osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2004 Dec;124(10):649–53.

90. LaPrade RF, Spiridonov SI, Nystrom LM, Jansson KS. Prospective Outcomes of Young and Middle-Aged Adults With Medial Compartment Osteoarthritis Treated With a Proximal Tibial Opening Wedge Osteotomy. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2012 Mar;28(3):354–64.

91. Gaasbeek RDA, Nicolaas L, Rijnberg WJ, van Loon CJM, van Kampen A. Correction accuracy and collateral laxity in open versus closed wedge high tibial osteotomy. A one-year randomised controlled study. *Int Orthop.* 2010 Feb;34(2):201–7.

92. Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, von Heyden J, Südkamp NP, Köstler W. Open-Wedge Osteotomy Using an Internal Plate Fixator in Patients With Medial-Compartment Gonarthrosis and Varus Malalignment: 3-Year Results With Regard to Preoperative Arthroscopic and Radiographic Findings. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2010 Dec;26(12):1607–16.

93. Schröter S, Gonser CE, Konstantinidis L, Helwig P, Albrecht D. High Complication Rate After Biplanar Open Wedge High Tibial Osteotomy Stabilized With a New Spacer Plate (Position HTO Plate) Without Bone Substitute. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2011 May;27(5):644–52.

94. Hernigou P, Roussignol X, Flouzat-Lachaniette CH, Filippini P, Guissou I, Poignard A. Opening wedge tibial osteotomy for large varus deformity with CeraverTM resorbable beta tricalcium phosphate wedges. *Int Orthop*. 2010 Feb;34(2):191–9.
95. DeMeo PJ, Johnson EM, Chiang PP, Flamm AM, Miller MC. Midterm Follow-up of Opening-Wedge High Tibial Osteotomy. *Am J Sports Med*. 2010 Oct;38(10):2077–84.
96. Sterett WI, Steadman JR, Huang MJ, Matheny LM, Briggs KK. Chondral Resurfacing and High Tibial Osteotomy in the Varus Knee: Survivorship Analysis. *Am J Sports Med*. 2010 Jul;38(7):1420–4.
97. Cavallo M, Sayyed-Hosseini S-H, Parma A, Buda R, Mosca M, Giannini S. Combination of High Tibial Osteotomy and Autologous Bone Marrow Derived Cell Implantation in Early Osteoarthritis of Knee: A Preliminary Study. . *NUMBER*. 2018;6(2):7.
98. El-Azab H, Glabgly P, Paul J, Imhoff AB, Hinterwimmer S. Patellar Height and Posterior Tibial Slope after Open- and Closed-Wedge High Tibial Osteotomy: A Radiological Study on 100 Patients. *Am J Sports Med*. 2010 Feb;38(2):323–9.
99. Rodner CM, Adams DJ, Diaz-Doran V, Tate JP, Santangelo SA, Mazzocca AD, et al. Medial Opening Wedge Tibial Osteotomy and the Sagittal Plane: The Effect of Increasing Tibial Slope on Tibiofemoral Contact Pressure. *Am J Sports Med*. 2006 Sep;34(9):1431–41.
100. Kyung-Wook N, Kim H-J, Ahn H-S, Lee D-H. Change in Posterior Tibial Slope After Open-Wedge and Closed-Wedge High Tibial Osteotomy: A Meta-analysis. *Am J Sports Med*. 2016 Nov;44(11):3006–13.
101. Harris JD, McNeilan R, Siston RA, Flanigan DC. Survival and clinical outcome of isolated high tibial osteotomy and combined biological knee reconstruction. *The Knee*. 2013 Jun;20(3):154–61.
102. Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T, Woo SL-Y, Harner CD. Effects of Increasing Tibial Slope on the Biomechanics of the Knee. *Am J Sports Med*. 2004 Mar;32(2):376–82.
103. Black MS, d'Entremont AG, McCormack RG, Hansen G, Carr D, Wilson DR. The effect of wedge and tibial slope angles on knee contact pressure and kinematics following medial opening-wedge high tibial osteotomy. *Clin Biomech*. 2018 Jan;51:17–25.
104. Schröter S, Nakayama H, Yoshiya S, Stöckle U, Ateschrang A, Gruhn J. Development of the double level osteotomy in severe varus osteoarthritis showed good outcome by preventing oblique joint line. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2019 Apr;139(4):519–27.
105. Kanto R, Nakayama H, Iseki T, Onishi S, Ukon R, Kanto M, et al. Return to sports rate after opening wedge high tibial osteotomy in athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* [Internet]. 2020 Apr 4 [cited 2020 Dec 23]; Available from:

<http://link.springer.com/10.1007/s00167-020-05967-w>

106. Ji W, Luo C, Zhan Y, Xie X, He Q, Zhang B. A residual intra-articular varus after medial opening wedge high tibial osteotomy (HTO) for varus osteoarthritis of the knee. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2019 Jun;139(6):743–50.
107. Bockmann B, Nebelung W, Boese CK, Schulte TL, Venjakob AJ. Planning Results for High Tibial Osteotomies in Degenerative Varus Osteoarthritis Using Standing and Supine Whole Leg Radiographs. *Orthop Surg [Internet].* 2020 Nov 30 [cited 2020 Dec 23]; Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/os.12833>
108. Koshino T, Wada S, Ara Y, Saito T. Regeneration of degenerated articular cartilage after high tibial valgus osteotomy for medial compartmental osteoarthritis of the knee. *The Knee.* 2003 Sep;10(3):229–36.
109. Kanamiya T, Naito M, Hara M, Yoshimura I. The influences of biomechanical factors on cartilage regeneration after high tibial osteotomy for knees with medial compartment osteoarthritis. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2002 Sep;18(7):725–9.
110. Spahn G, Klinger H, Harth P, Hofmann G. Knorpelregeneration nach valgusierender Tibiakopfosteotomie. Ergebnisse einer arthroskopischen Studie. *Z Für Orthop Unfallchirurgie.* 2012 Jun;150(03):272–9.
111. Jung W-H, Takeuchi R, Chun C-W, Lee J-S, Ha J-H, Kim J-H, et al. Second-Look Arthroscopic Assessment of Cartilage Regeneration After Medial Opening-Wedge High Tibial Osteotomy. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2014 Jan;30(1):72–9.
112. Duivenvoorden T, Brouwer RW, Baan A, Bos PK, Reijman M, Bierma-Zeinstra SMA, et al. Comparison of Closing-Wedge and Opening-Wedge High Tibial Osteotomy for Medial Compartment Osteoarthritis of the Knee: A Randomized Controlled Trial with a Six-Year Follow-up. *J Bone Jt Surg.* 2014 Sep;96(17):1425–32.
113. Ackerman IN, Osborne RH. Obesity and increased burden of hip and knee joint disease in Australia: Results from a national survey. *BMC Musculoskelet Disord [Internet].* 2012 Dec [cited 2020 Dec 9];13(1). Available from: <http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-13-254>
114. Schuster P, Schulz M, Mayer P, Schlumberger M, Immendoerfer M, Richter J. Open-Wedge High Tibial Osteotomy and Combined Abrasion/Microfracture in Severe Medial Osteoarthritis and Varus Malalignment: 5-Year Results and Arthroscopic Findings After 2 Years. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg.* 2015 Jul;31(7):1279–88.
115. Akizuki S, Yasukawa Y, Takizawa T. Does arthroscopic abrasion arthroplasty promote cartilage regeneration in osteoarthritic knees with eburnation? A prospective study of high tibial

osteotomy with abrasion arthroplasty versus high tibial osteotomy alone. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 1997 Feb;13(1):9–17.

116. Ferruzzi A, Buda R, Cavallo M, Timoncini A, Natali S, Giannini S. Cartilage repair procedures associated with high tibial osteotomy in varus knees: Clinical results at 11 years' follow-up. *The Knee*. 2014 Mar;21(2):445–50.

117. Bae DK, Song SJ, Yoon KH, Heo DB, Kim TJ. Survival Analysis of Microfracture in the Osteoarthritic Knee—Minimum 10-Year Follow-up. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg*. 2013 Feb;29(2):244–50.

118. Schröter S, Mueller J, van Heerwaarden R, Lobenhoffer P, Stöckle U, Albrecht D. Return to work and clinical outcome after open wedge HTO. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013 Jan;21(1):213–9.

119. Brouwer RW, Huizinga MR, Duivenvoorden T, van Raaij TM, Verhagen AP, Bierma-Zeinstra SM, et al. Osteotomy for treating knee osteoarthritis. Cochrane Musculoskeletal Group, editor. *Cochrane Database Syst Rev* [Internet]. 2014 Dec 13 [cited 2019 Mar 19]; Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/14651858.CD004019.pub4>

120. Warme BA, Aalderink K, Amendola A. Is There a Role for High Tibial Osteotomies in the Athlete? *Sports Health Multidiscip Approach*. 2011 Jan;3(1):59–69.

121. Scordino LE, DeBerardino TM. Surgical Treatment of Osteoarthritis in the Middle-aged Athlete: New Horizons in High Tibial Osteotomies. *Sports Med Arthrosc Rev*. 2013 Mar;21(1):47–51.

122. Minzlaff P, Feucht MJ, Saier T, Cotic M, Plath JE, Imhoff AB, et al. Can young and active patients participate in sports after osteochondral autologous transfer combined with valgus high tibial osteotomy? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016 May;24(5):1594–600.

123. Faschingbauer M, Nelitz M, Urlaub S, Reichel H, Dornacher D. Return to work and sporting activities after high tibial osteotomy. *Int Orthop*. 2015 Aug;39(8):1527–34.

124. Bonnin MP, Laurent J-R, Zadegan F, Badet R, Pooler Archbold HA, Servien E. Can patients really participate in sport after high tibial osteotomy? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013 Jan;21(1):64–73.

125. Grünwald L, Angele P, Schröter S, Dickschas J, Harrer J, Hinterwimmer S, et al. Patients' expectations of osteotomies around the knee are high regarding activities of daily living. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2019 Sep;27(9):3022–31.

126. Spahn G, Hofmann GO, von Engelhardt LV, Li M, Neubauer H, Klinger HM. The impact of a high tibial valgus osteotomy and unicondylar medial arthroplasty on the treatment for knee osteoarthritis: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2013 Jan;21(1):96–112.

127. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP. High tibial valgus osteotomy in unicompartmental medial osteoarthritis of the knee: a retrospective follow-up study over 13–21 years. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2011 Jan;19(1):122–7.
128. Gstöttner M, Pedross F, Michael L, Christian B. Long-term outcome after high tibial osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2007 Oct 30;128(1):111–5.
129. van Raaij TM, Bakker W, Reijman M, Verhaar JA. The effect of high tibial osteotomy on the results of total knee arthroplasty: a matched case control study. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2007 Dec [cited 2020 Dec 27];8(1). Available from: <http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-8-74>
130. Karabatsos B, Mahomed NN, Maistrelli GL. Functional outcome of total knee arthroplasty after high tibial osteotomy. *Can J Surg.* 2001 Nov 17;4.
131. Kazakos KJ, Chatzipapas C, Verettas D, Galanis V, Xarchas KC, Psillakis I. Mid-term results of total knee arthroplasty after high tibial osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg.* 2008 Feb;128(2):167–73.
132. IKDC Forms [Internet]. [cited 2021 Sep 30]. Available from: https://www.sports-med.org/aossmimis/Members/Research/IKDC_Forms.aspx?WebsiteKey=4bcab047-256c-48fa-9eac-3641a0eb87c7
133. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop.* 1985 Sep;(198):43–9.
134. Noyes FR, Barber SD, Mooar LA. A rationale for assessing sports activity levels and limitations in knee disorders. *Clin Orthop.* 1989 Sep;(246):238–49.

7 Anhang

7.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung des anatomischen femoro-tibialen Winkels, gebildet durch die Mittelschaftlinien von Femur und Tibia. Physiologischerweise liegt dieser bei 173-175° nach lateral geöffnet. Quelle: Modifiziert nach Lobenhoffer et al., (Thieme 2006)(39).	10
Abbildung 2: Prinzip des Débridements. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).	13
Abbildung 3: Prinzip der Abrasionsarthroplastik. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).	14
Abbildung 4: Prinzip der Mikrofrakturierung. A: Einschlagen der Picks mit einer Tiefe von 4mm und einem Abstand von 3-4mm zueinander. B: Einblutung und Bildung eines mesenchymalen Fibrinclots. C: Bildung eines Faserknorpeligen Ersatzgewebes. Quelle: Modifiziert nach Mithoefer et al., (2009) (50).	15
Abbildung 5: Prinzip des MACT. A: Schematische Darstellung eines Knorpeldefektes. B: Zustand nach MACT. Quelle: Modifiziert nach Di Martino et al., (2021) (71).	16
Abbildung 6: Planung einer tibial öffnenden Umstellungsosteotomie anhand von Ganzbeinstandaufnahmen. Quelle: Modifiziert. Bilder mit freundlicher Genehmigung durch das Sporthopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.	18
Abbildung 7: Messung des MLDFW und MMPTW. Quelle: Modifiziert. Bild mit freundlicher Genehmigung durch das Sporthopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.	23
Abbildung 8: Messung des Tibia Slopes. Quelle: Modifiziert. Bild mit freundlicher Genehmigung durch das Sporthopaedicum Regensburg zur Verfügung gestellt.	24
Abbildung 9: Verteilung der BMI-Klassen (nach WHO Definition) unter den Patienten.	26
Abbildung 10: Verteilung der Voroperationen.	27
Abbildung 11: Entwicklung des IKDC-Scores im zeitlichen Verlauf.	29
Abbildung 12: Tegner-Score im zeitlichen Verlauf.	30
Abbildung 13: Lysholm-Score im zeitlichen Verlauf.	31
Abbildung 14: Cincinnati-Score im zeitlichen Verlauf.	31
Abbildung 15: VAS vor OP und bis zu 4 Jahre nach OP (VAS: Minimum 0 - kein Schmerz, Maximum 10 - Maximaler Schmerz).	32
Abbildung 16: Grad der Chondromalazie im medialen Kniekompartiment vor Umstellungsosteotomie.	34

Abbildung 17: Grad der Chondromalazie im medialen Kniekompartiment durchschnittlich 14 Monate nach Umstellungsosteotomie.	35
Abbildung 18: Grad der Chondromalazie im lateralen Kniekompartiment vor Umstellungsosteotomie.....	35
Abbildung 19: Grad der Chondromalazie im lateralen Kniekompartiment durchschnittlich 14 Monate nach Umstellungsosteotomie.	36
Abbildung 20: Absolute Verteilung der verschiedenen zusätzlichen Knorpelbehandlungen.	37
Abbildung 21: Alter der Patienten abhängig von der Knorpelbehandlung.....	38
Abbildung 22: BMI der Patienten abhängig von der Knorpelbehandlung.	38
Abbildung 23: Veränderung des IKDC-Scores nach 1 Jahr in Abhängigkeit der Knorpelbehandlung.....	40
Abbildung 24: 2000 IKDC Subjektiver Knie-Untersuchungsbogen. Quelle: Modifiziert nach dem IKDC Untersuchungsbogen der American Orthopaedic Society for Sports Medicine (132).....	66
Abbildung 25: Lysholm-Gillquist-Score adaptiert nach Lysholm J. und Gillquist J., (1982) (76).	67
Abbildung 26: Tegner-Score modifiziert nach Tegner Y. und Lysholm J., (1985) (133).....	68
Abbildung 27: Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic Center-Score. Modifiziert nach Noyes et al., (1989) (134).	70

7.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.....	11
Tabelle 2.....	12
Tabelle 3.....	28
Tabelle 4.....	33
Tabelle 5.....	39

7.3 Abkürzungsverzeichnis

a.p.	<i>anterior-posterior</i>
BMI	<i>Body Mass Index</i>
et al.	<i>(lateinisch: et alii) und andere</i>
HSS	<i>Hospital for Special Surgery</i>
HTO	<i>hohe tibiale Osteotomie</i>
ICRS	<i>International Cartilage Repair Society</i>
IKDC	<i>International Knee Documentation Committee</i>
MACT	<i>Matrixassoziierte Autologe Chondrozyten Transplantation</i>
MLDFW	<i>mechanischer lateraler distaler Femur-Winkel</i>
MMPTW	<i>mechanischer medialer proximaler Tibia-Winkel</i>
MRT	<i>Magnetresonanztomographie</i>
N. (lateinisch Nervus) Nerv	
OP	<i>Operation</i>
PRP	<i>Platelet rich plasma</i>
TEP	<i>Totalendoprothese</i>
VAS	<i>Visuelle Analogskala</i>
WHO	<i>World Health Organisation</i>

7.4 Fragebögen

7.4.1 IKDC-Score

2000 IKDC SUBJEKTIVER KNIE-UNTERSUCHUNGSBOGEN

Name	Geburtstag	Bogen vom Patienten auszufüllen	Untersuchungsdatum	Arzt
	_ _ _ _		Tag_ _ Mon_ _ Jahr_ _ _	
SYMPTOME	1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können? <input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.			
	2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen? Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen). Nie 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 ständig Schmerzen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
	3. Wie stark sind Ihre Schmerzen? Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen). Keine Schmerzen 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 unerträgliche Schmerzen <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
	4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung? <input type="checkbox"/> überhaupt nicht <input type="checkbox"/> etwas <input type="checkbox"/> ziemlich <input type="checkbox"/> sehr <input type="checkbox"/> extrem			
	5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können? <input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.			
	6. Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung ein blockiertes Knie oder ist Ihr Knie aus- und wieder eingeschnappt? <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein			
	7. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche durch Knieschwäche verursachte Gangunsicherheit einhalten können? <input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund der Knieschwäche keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.			

2000 IKDC SUBJEKTIVER KNIE-UNTERSUCHUNGSBOGEN

Name	Geburtstag _ _ _ _	Bogen vom Patienten auszufüllen	Untersuchungsdatum Tag__ Mon__ Jahr__	Arzt _____
-------------	-------------------------------	------------------------------------	---	----------------------

SPORTLICHE AKTIVITÄT	8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?												
	<input type="checkbox"/> Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball) <input type="checkbox"/> Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis <input type="checkbox"/> Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen <input type="checkbox"/> Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit <input type="checkbox"/> Ich kann aufgrund meines Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.												
	9. Wie schwierig sind aufgrund Ihres Knies die folgenden Aktivitäten für Sie?	überhaupt nicht schwierig	minimal schwierig	ziemlich schwierig	extrem schwierig	unmöglich							
	a. Treppensteigen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	b. Treppe hinuntergehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	c. Hinknien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	d. Hockstellung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	e. Normal sitzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	f. Vom Stuhl aufstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	g. Geradeaus laufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	h. Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	i. Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
	10. Wie würden Sie die Funktionsfähigkeit Ihres Knies auf einer Skala von 0 bis 10 beurteilen, wobei 10 eine normale und ausgezeichnete Funktionsfähigkeit bezeichnet und 0 die Unfähigkeit, irgendeine Ihrer normalen täglichen Aktivitäten, darunter möglicherweise auch Sport, auszuführen?												
FUNKTION	FUNKTIONSFÄHIGKEIT VOR DER KNIEVERLETZUNG												
	Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
	DERZEITIGE FUNKTIONSFÄHIGKEIT IHRES KNIES												
	Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Abbildung 24: 2000 IKDC Subjektiver Knie-Untersuchungsbogen. Quelle: Modifiziert nach dem IKDC Untersuchungsbogen der American Orthopaedic Society for Sports Medicine

7.4.2 Lysholm-Score

		LYSHOLM-GILLQUIST-SCORE	
Name		Geburtsdag	Untersuchungsdatum
		_ _ _ _	_ _ _ _
SCORING	Hinken	<input type="checkbox"/> kein Hinken <input type="checkbox"/> gelegentlich oder leicht <input type="checkbox"/> schwer und ständig	
	Gehhilfen	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> Stock oder Stütze <input type="checkbox"/> keine Belastung möglich	
	Oberschenkelatrophie	<input type="checkbox"/> keine Atrophie <input type="checkbox"/> 1-2 cm Atrophie <input type="checkbox"/> mehr als 2 cm	
	Instabilität	<input type="checkbox"/> keine Instabilität <input type="checkbox"/> selten bei Sport oder schwerer Anstrengung <input type="checkbox"/> häufig bei Sport oder schwerer Anstrengung (oder Teilnahme unmöglich) <input type="checkbox"/> gelegentlich bei alltäglicher Belastung <input type="checkbox"/> häufig bei alltäglicher Belastung <input type="checkbox"/> bei jedem Schritt	
	Schmerzen	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung <input type="checkbox"/> stark bei Subluxation <input type="checkbox"/> stark bei starker Anstrengung <input type="checkbox"/> stark bei oder nach 2km Gehen <input type="checkbox"/> stark bei oder nach weniger als 2 km Gehen <input type="checkbox"/> ständig	
	Schwellung	<input type="checkbox"/> keine <input type="checkbox"/> bei Subluxation <input type="checkbox"/> bei schwerer Anstrengung <input type="checkbox"/> bei normaler Anstrengung <input type="checkbox"/> ständig	
	Treppensteigen	<input type="checkbox"/> problemlos <input type="checkbox"/> leicht behindert <input type="checkbox"/> nur einzelne Stufen <input type="checkbox"/> unmöglich	
	Hocken	<input type="checkbox"/> problemlos <input type="checkbox"/> leicht behindert <input type="checkbox"/> nicht über 90° <input type="checkbox"/> unmöglich	

Abbildung 25: Lysholm-Gillquist-Score adaptiert nach Lysholm J. und Gillquist J., (1982)

(76).

7.4.3 Tegner-Score

TEGNER-AKTIVITÄTSSCORE

Name		Geburtstag Tag__ Mon__ Jahr__ __	Untersuchungsdatum Tag__ Mon__ Jahr__	Arzt _____
Bitte das Ergebnis unten eintragen				
SCORING	Nationale oder internationale Turniere	Fußball, Hallenballsport mit Gegnerkontakt (Handball, Basketball)		10
	Nationale oder internationale Turniere	Abfahrtslauf, Hallenballsport ohne Gegnerkontakt (Squash, Badminton, Eishockey)		9
	Regionale Turniere	Fußball, Hallenballsport mit Gegnerkontakt		
	Turniersport	Hallen-Ballsport ohne Gegnerkontakt, Eishockey, Abfahrtslauf		8
	Turniersport	Tennis, Turnen, Ringen, Leichtathletik		7
	Freizeitsport	Fußball, Hallen-Ballsport, Querfeldeinlauf, Abfahrtslauf		7
	Freizeitsport	Tennis, Leichtathletik, Turnen, Jogging mindestens 5 mal wöchentlich		6
	Arbeit	schwere körperliche Arbeit (Bau, Waldarbeit)		5
	Turniersport	Radfahren, Langlauf, Rudern		
	Freizeitsport	Jogging auf unebenem Boden 2 mal die Woche		
	Arbeit	mittelschwere körperliche Arbeit (LKW-Fahrer, Bodenreinigung)		4
	Freizeitsport:	Radfahren, Langlauf, Joggen auf ebenem Boden 2 mal wöchentlich		
	Arbeit	leichte körperliche Arbeit (Verkäufer)		3
	Turnier- und Freizeitsport	Schwimmen		
	Gehen	auf unebenem Gelände, Waldspaziergänge		
Arbeit	überwiegend stehende, körperliche Arbeit		2	
Gehen	auf unebenem Boden			
Arbeit	sitzende Tätigkeit		1	
Gehen	auf ebenem Boden			
Arbeit	krank geschrieben auf Grund von Knieproblemen		0	
Ergebnis:				___

Abbildung 26: Tegner-Score modifiziert nach Tegner Y. und Lysholm J., (1985) (133).

7.4.4 Cincinnati-Score

CINCINNATI-SPORTSMEDICINE AND ORTHOPEDIC CENTER-SCORE

Name	Geburtstag	Untersuchungsdatum	Arzt			
	_ _ _	Tag_ Mon_ Jahr_				
SCHMERZEN	<input type="checkbox"/> Keine Schmerzen, normales Knie, 100-% Funktion <input type="checkbox"/> Gelegentlich Beschwerden beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit <input type="checkbox"/> Gelegentlich Beschwerden beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, häufig bei anstrengenden Tätigkeiten, Joggen, Leistungssport <input type="checkbox"/> Schmerzen beim Freizeitsport, mäßiger Arbeit, gelegentlich beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit <input type="checkbox"/> Schmerzen bei allen Aktivitäten sogar beim Gehen, Schmerzlinderung in Ruhe. Unfähigkeit zur sportlichen Betätigung <input type="checkbox"/> Ständig Schmerzen, beim Stehen, Gehen und bei Nacht, keine Schmerzlinderung in Ruhe					
	SCHWELLUNG/ GELENKERGUSS	<input type="checkbox"/> Keine Schwellung/ Gelenkerguss, normales Knie, 100% Funktion <input type="checkbox"/> Gelegentliche Schwellung/ Gelenkerguss beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit <input type="checkbox"/> Gelegentliche Schwellung/ Gelenkerguss beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, häufig bei anstrengenden Tätigkeiten, Joggen, Leistungssport <input type="checkbox"/> Schwellung/ Gelenkerguss beim Freizeitsport, mäßiger Arbeit, gelegentlich (ca. 3mal/ Jahr) beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit <input type="checkbox"/> Auftreten von Schwellung/ Gelenkerguss beim Gehen und leichter Arbeit, Abschwellen in Ruhe <input type="checkbox"/> Ständig schwere Probleme				
		INSTABILITÄT/ GIVING WAY	<input type="checkbox"/> Keine Instabilität, normales Knie, 100% Funktion <input type="checkbox"/> Gelegentliche Instabilität beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit, Teilnahme an allen Sportarten unter Berücksichtigung von Einschränkungen möglich <input type="checkbox"/> Gelegentliche Instabilität beim Freizeitsport bzw. mäßiger Arbeit, Möglichkeit zur Kompensation, plötzliches Stoppen oder Umdrehen nicht möglich <input type="checkbox"/> Instabilität mit Einschränkungen beim Freizeitsport bzw. mäßigen Arbeit, gelegentlich (ca. 3 mal/Jahr) beim Gehen, Stehen oder leichter Arbeit <input type="checkbox"/> Instabilität bei allen Aktivitäten und bei leichter Arbeit mindestens 1mal/ Monat <input type="checkbox"/> Ständige Instabilität beim einfachen Gehen, Umkehren oder Drehen beim Gehen ohne Instabilitätsgefühl unmöglich			
			FUNKTION	Gehen <input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen <input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme <input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, Gehen auf ebener Strecke zw. 500 und 1000 Meter OK <input type="checkbox"/> Schwere Probleme, Gehen nur 2-3 Häuserblocks möglich <input type="checkbox"/> Schwere Probleme, Gehstöcke erforderlich		
				Treppensteigen <input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen <input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme <input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, nur 10-15 Stufen möglich <input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur mit Treppengeländer oder Unterstützung möglich <input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur 1-5 Stufen möglich		

CINCINNATI-SPORTSMEDICINE AND ORTHOPEDIC CENTER-SCORE

Name	Geburtstag _ _ _ _	Untersuchungsdatum Tag_ _ Mon_ _ Jahr_ _	Arzt
------	------------------------	--	------

FUNKTION	<p>Laufen/ Joggen</p> <p><input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen</p> <p><input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme: Laufen mit halber Geschwindigkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Mäßige Probleme, nur 2 km möglich</p> <p><input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur 1-2 Häuserblocks möglich</p> <p><input type="checkbox"/> Schwere Probleme, nur ein Paar Schritte</p>
FUNKTION	<p>Sprung- und Kontaktsportarten</p> <p><input type="checkbox"/> Normal, keine Einschränkungen</p> <p><input type="checkbox"/> Leichte/ milde Probleme: vereinzelt Einschränkungen, Leistungssport OK</p> <p><input type="checkbox"/> Mäßige Probleme; Aufgabe von Leistungssport, Freizeitsport OK</p> <p><input type="checkbox"/> Schwere Probleme; Aufgabe sämtlicher Sportarten</p> <p><input type="checkbox"/> Schwere Probleme; nur leichte Freizeitaktivitäten möglich (Golf, Schwimmen)</p>
AKTIVITÄTSNIVEAU (GENERELL)	<p><input type="checkbox"/> Keine Einschränkungen, normales Knie, 100% Funktion, gelegentlich Beschwerden beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Ausüben von Sport und schwerer Arbeit möglich, aber auf einem niedrigeren Level unter Berücksichtigung von Einschränkungen bei schwerer Tätigkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Freizeitsport möglich mit geringen Symptomen, anstrengendere Sportarten verursachen Beschwerden. Einschränkungen bei mäßiger körperlicher Arbeit</p> <p><input type="checkbox"/> Kein Sport oder Freizeitaktivitäten möglich. Gehen mit geringen Beschwerden möglich, Einschränkungen bei leichter Arbeit (Büro)</p> <p><input type="checkbox"/> Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen mäßige Beschwerden, regelmäßige Einschränkungen</p> <p><input type="checkbox"/> Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen schwere Beschwerden, ständige Symptome</p>

Abbildung 27: Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic Center-Score. Modifiziert nach Noyes et al., (1989) (134).

7.4.5 Fragebogen Back to Sports

Allgemeine Angaben

Größe:

Gewicht:

Rauchen Sie? Ja, ca. Zigaretten am Tag Nein

Begleiterkrankungen:

Medikamente:

Ist seit der Umstellungsosteotomie und ggf. der Plattenentfernung eine weitere Operation (z.B.: Einbau einer Knieprothese) am betroffenen Knie erfolgt? Wenn ja, welche?

Wie zufrieden sind Sie mit dem Gesamtergebnis ihrer Umstellungsoperation?

- Sehr zufrieden
- Zufrieden
- Ausreichend zufrieden
- Unzufrieden
- Sehr unzufrieden

Würden Sie sich der Operation noch einmal unterziehen?

- Ja
- Nein

Wie würden Sie den Gesamtzustand Ihres Knies in Prozent bewerten (ein gesundes Knie hat 100%)?

Wie stark sind Ihre Schmerzen in Ruhe, auf einer Skala von 0 (keine Schmerzen) bis 10 (stärkste vorstellbare Schmerzen)?

Wie stark sind Ihre Schmerzen bei Bewegung, auf einer Skala von 0 (keine Schmerzen) bis 10 (stärkste vorstellbare Schmerzen)?

Haben Sie vor der Umstellungsoperation eine bestimmte Sportart betrieben? Falls ja, welche und auf welchem Niveau (Freizeitsport, Regionale/Nationale Turniere etc.)?

Sportart _____

Niveau _____

Wie lange hat es gedauert bis Sie nach der Umstellungsoperation diese Sportart wiederaufnehmen konnten?

Zeit in Monaten: _____

Auf welchem Niveau konnten Sie nach der Umstellungsoperation ihre Sportart im Vergleich zu vor der Operation betreiben?

- Höheres Niveau
- Gleiches Niveau
- Niedrigeres Niveau

Was arbeiten Sie?

Wie lange hat es nach der Operation gedauert, bis Sie wieder voll arbeitsfähig waren?

Haben Sie nun nach der Operation Einschränkungen bei der Arbeit (z.B: kein langes Stehen/Sitzen möglich)?

7.5 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich gerne bei all denjenigen bedanken, ohne die die Anfertigung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Ganz besonders bedanke ich mich bei meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. med. Peter Angele, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit unter seiner Leitung durchzuführen.

Besonderen Dank auch an alle Mitarbeiter und Mitarbeiterinnen des Sporthopaedicums Regensburg für die gute Arbeitsatmosphäre und stete Hilfsbereitschaft beim Versenden der Fragebögen und Kontaktieren der Patientinnen und Patienten.

Ich danke auch allen Patientinnen und Patienten, deren Bereitschaft, an dieser Studie teilzunehmen und die vielen Fragebögen auszufüllen, diese Arbeit erst möglich gemacht hat. Ich wünsche Ihnen alles Gute für die Zukunft.

Für die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens möchte ich mich bei allen Freunden und Verwandten herzlich bedanken.