

Aus der
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie an der
Universität Tübingen

**Langfristige klinische Behandlungsergebnisse nach hoher
valgierender Tibiakopfumstellungsosteotomie
(HTO) – 12 - Jahres Follow-up der
prospektiven HTO - Studie**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von

Petzold, Daniel Andreas

2025

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professor Dr. C. C. Ihle

2. Berichterstatter: Professor Dr. A. Daigeler

Tag der Disputation: 15.12.2025

I. Inhaltsverzeichnis

I.	Inhaltsverzeichnis	III
II.	Abbildungsverzeichnis	VI
III.	Tabellenverzeichnis	IX
IV.	Abkürzungsverzeichnis	XI
1.	Einleitung	1
1.1.	Arthrose	1
1.1.1.	Prävalenz und sozioökonomische Bedeutung der Arthrose	1
1.1.2.	Ätiopathogenese der Gonarthrose	2
1.1.3.	Therapie der Gonarthrose – Konservativ und operativ	3
1.2.	Die Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie (HTO)	7
1.2.1.	Varusgonarthrose, Biomechanik und Lokalisation der Deformität	8
1.2.2.	HTO - Geeignete Patientencharakteristika	11
1.2.3.	Mediale Opening Wedge und Laterale Closing Wedge HTO	12
1.2.4.	Klinischer Langzeitverlauf, Konversionsrate und ihre Einflussfaktoren	19
1.2.5.	Messinstrumente zur Outcome Erfassung	21
1.2.6.	HTO - Subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität	23
1.3.	Fragestellung der Forschungsarbeit	24
1.3.1.	Hypothesen	24
2.	Material und Methoden	25
2.1.	Studiendesign	25
2.2.	Operative Therapie	26
2.3.	Patientenkollektiv, Ein- und Ausschlusskriterien	28
2.4.	Patientenakquise	29
2.5.	Ablauf der Nachuntersuchungen	30
2.6.	Messinstrumente: Validierte klinische Scores	30
2.6.1.	Erfassung der Patientenzufriedenheit	31
2.6.2.	SF-36	32

2.6.3.	Lysholm-Score _____	33
2.6.4.	Tegner Aktivitätsscore (TAS) _____	34
2.6.5.	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) _____	35
2.6.6.	International Knee Documentation Committee (IKDC) Score _____	36
2.6.7.	Oxford Knee Score (OKS) _____	37
2.7.	Statistik _____	38
3.	Ergebnisse _____	39
3.1.	Allgemeine Charakteristika des Studienkollektivs _____	39
3.2.	Patientenzufriedenheit _____	41
3.3.	Überlebensrate der HTO _____	44
3.3.1.	Analyse des Studienkollektivs „Endoprothese“ _____	47
3.3.2.	Identifizierung möglicher Risikofaktoren _____	49
3.4.	Klinisch funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse _____	52
3.5.	Kniespezifische klinische Scores _____	53
3.5.1.	Tegner Aktivitätsscore (TAS) _____	55
3.5.2.	Lysholm Score _____	56
3.5.3.	IKDC – Score _____	57
3.5.4.	Oxford Knee Score (OKS) _____	58
3.5.5.	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) _____	59
3.6.	SF-36 Fragebogen - Gesundheitsbezogene Lebensqualität _____	60
3.6.1.	SF 36 Subskalen: Mittelwertvergleich des Gesamtkollektivs zu vorherigen Follow-ups _____	61
3.6.2.	Summenscores des SF – 36 _____	70
3.6.3.	Mittelwerte des Gesamtkollektiv _____	70
3.6.4.	Vergleich der Mittelwerte des PCS und MCS mit der Normalbevölkerung ____	72
3.6.5.	Paarvergleich des jeweiligen Follow-ups zum 12-Jahres Follow-up _____	74
4.	Diskussion _____	75
4.1.	Zusammenfassung der Ergebnisse _____	75
4.2.	Überlebensrate der HTO und möglicher Einflussfaktoren _____	76
4.3.	Patientenzufriedenheit im Langzeitverlauf _____	80
4.4.	Ergebnisse der klinischen Scores _____	81
4.5.	Ergebnisse der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität ____	89

4.6.	Limitationen der Forschungsarbeit	93
5.	Zusammenfassung	95
6.	Literaturverzeichnis	97
7.	Erklärungen zum Eigenanteil	107
8.	Anhang – Verwendete Fragebögen	108

II. Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1:** Achsanalyse bei varischer Beinachse. AMA = Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Achse, FSA-mTA = Winkel zwischen der anatomischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, JLCA = Gelenklinienkonvergenzwinkel, MAD = mechanische Achsabweichung, mFA-mTA = Winkel zwischen der mechanischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, mL DFA = mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, mLDTA = lateraler distaler Tibiawinkel, mL PFA = mechanischer lateraler proximaler Femurwinkel, mMPTA = mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (Matziolis und Rohner, 2015) (Eigene Abbildung). _____ 10
- Abbildung 2:** Bestimmung des Korrekturwinkels „ α “ nach Dougdale et al. mittels Ganzbeinstandaufnahme. Fujisawa Punkt bei 62,5 % des Medio-lateralen Tibiaplateaus
A: Medial Opening Wedge HTO: Der errechnete Winkel α wird nach Osteotomie zwischen den Punkten a und b nach distal eröffnet. **B:** Lateral Closing Wedge Osteotomie. Ein Knochenkeil in Größe des Winkels α wird entfernt (Rossi et al., 2011). _____ 15
- Abbildung 3:** Präoperative Planung vor MOWHTO mit Bestimmung des Korrekturwinkels der Osteotomie ($6,25^\circ$) und der Größe des Osteotomiespaltes (8 mm). Im Rahmen der Osteotomie ist eine Vergrößerung des mMPTA auf $89,6^\circ$ zu erwarten, während der mL DFA unverändert verbleibt. AMA = Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Achse, FSA-mTA = Winkel zwischen der anatomischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, JLCA = Gelenklinienkonvergenzwinkel, MAD = mechanische Achsabweichung, mFA-mTA = Winkel zwischen der mechanischen Femur Achse und der mechanischen Tibiaachse, mL DFA = mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, mLDTA = lateraler distaler Tibiawinkel, mL PFA = mechanischer lateraler proximaler Femurwinkel, mMPTA = mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel _____ 16
- Abbildung 4:** Öffnung des Osteotomiespalts mittels mehrerer Osteome (Staubli et al., 2003) 27
- Abbildung 5:** Durchführung der biplanaren Osteotomie mittels oszillierender Säge (Staubli et al., 2003) _____ 27
- Abbildung 6:** Osteosynthese mittels Tomo-Fix Platte und Winkelstabiler Schrauben (Staubli et al., 2003) _____ 27
- Abbildung 7:** Patientenkollektiv, Gründe des Ausschlusses _____ 28
- Abbildung 8:** Algorithmus der Patientenakquise nach dem die Studienpatienten akquiriert bzw. ausgeschlossen wurden. _____ 29
- Abbildung 9:** Histogramm einer Visuellen Analogskala (VAS); Allgemeine Patientenzufriedenheit des gesamten Studienkollektivs von 0 = sehr unzufrieden bis 10 = sehr zufrieden. _____ 41
- Abbildung 10:** Kreisdiagramm; Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis aller Studienteilnehmer. _____ 41

Abbildung 11: Kreisdiagramm; Prozentuale Verteilung der Erfüllung der Erwartungen aller Studienpatienten	42
Abbildung 12 Kreisdiagramm; Prozentzahl des Studienkollektivs das erneut der Durchführung einer HTO zustimmen würde.	42
Abbildung 13: Kreisdiagramm: Erneute Durchführung der HTO bei Patienten mit Konversion zur Endoprothese im Beobachtungszeitraum.	43
Abbildung 14: Kreisdiagramm: Erfüllung der Erwartungen der HTO der Patienten, bei denen im Beobachtungszeitraum eine Endoprothese implantiert wurde.	43
Abbildung 15: Kaplan-Meier-Kurve hinsichtlich der Überlebensrate der HTO des untersuchten Gesamtkollektivs. Die X-Achse kennzeichnet den Beobachtungszeitraum in Monaten, die Y-Achse beschreibt den Prozentualen Anteil des Gesamtkollektivs, welches noch keine Konversion hinsichtlich einer Endoprothese hatte. Die Blaue Linie steht stellvertretend für das Gesamtkollektiv und nähert sich pro stattgefundenener Konversion der X-Achse an.	45
Abbildung 16: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Endoprothesenimplantationen mittels eines Histogramms. Der Zeitintervall eines jeden Balkens entspricht 24 Monaten (2 Jahre). Insgesamt sind n = 31 Endoprothesen implantiert worden.	46
Abbildung 17: Kaplan Meier Diagramm: Dargestellt werden die beiden Verläufe der Implantationen der Endoprothesen des Gesamtkollektivs aufgeteilt nach Männern (blaue Kurve) und Frauen (Rote Kurve). Der Log-Rank-Tests zeigt sich mit $p = 0,008$ hochsignifikant für den Unterschied zwischen beiden Geschlechtern.	48
Abbildung 18: Verlauf des Tegner Aktivitätsscores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils (Interquartilsabstand). Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.	55
Abbildung 19: Verlauf des Lysholm Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.	56
Abbildung 20: Verlauf des IKDC Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.	57
Abbildung 21: Verlauf des Oxford Knee Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.	58
Abbildung 22: Darstellung der verschiedenen Subskalen des KOOS-Fragebogens mittels Boxplot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte	

im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte. _____ 60

Abbildung 23: Verlauf der Mittelwerte der Subskalen der körperlichen Dimensionen zu den sechs verschiedenen Erfassungszeitpunkten. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung. _____ 64

Abbildung 24: Darstellung derjenigen Subskalen des SF-36 Fragebogens welche über die psychische Gesundheit Aufschluss geben. Dargestellt sind die Mittelwerte der Subskalen zu den sechs verschiedenen Erfassungszeitpunkten. V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden. ____ 65

Abbildung 25: Netzdiagramm: Darstellung der Differenzen der Acht Subskalen des SF-36 Fragebogens im Vergleich zur deutschen Normalbevölkerung. Es sind die drei Erfassungszeitpunkte präoperativ, 6 Jahre postoperativ sowie mindestens 12 Jahre postoperativ dargestellt. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden _____ 67

Abbildung 26: Gruppiertes Balkendiagramm: Summenscores PCS und MCS im Verlauf der sechs Erfassungszeitpunkte und im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS: Physical health component summary score (körperlicher Summenscore); MCS: Mental health component summary score (psychischer Summenscore) NB: Normalbevölkerung ____ 73

III. Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1:** Allgemeine Charakteristika des Studienkollektivs; BMI = Body Mass Index; mTFA = mechanical tibiofemoral Angle. Die präoperativen- sowie die Werte der mTFA 6 Jahre postoperativ, wurden aufgrund der Übereinstimmung des Studienkollektivs von Herbst et al. übernommen (Herbst et al., 2022). Zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit steht die Analyse der mTFA 12 Jahre postoperativ noch aus. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung _____ 40
- Tabelle 2:** Verschiedene Faktoren und ihre unterschiedlichen Ausprägungen hinsichtlich der zwei Gruppen „Endoprothese“ und „native HTO“ des untersuchten Studienkollektivs; Für ein signifikantes Ergebnis wurde $p = < 0,05$ definiert. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung. _____ 47
- Tabelle 3:** Unterschiede hinsichtlich des Geschlechtes bezüglich der prozentualen Verteilung in den beiden Gruppen sowie bezüglich der Konversions- und Überlebensrate. _____ 47
- Tabelle 4:** Risikofaktoridentifizierung hinsichtlich einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer Endoprothesenimplantation nach MOWHTO. Durchgeführt wurde eine binär logistische Regressionsanalyse. MCS = Mental Component Summary Score, BMI = Body-Mass-Index, mTFA = mechanical Tibio-Femoral-Angle, MOWHTO = Medial Opening Wedge High Tibial Osteotomy; PräOP = Präoperativ; TAS = Tegner Aktivitätsscore; OR = Odds-Ratio; KI = Konfidenzintervall _____ 51
- Tabelle 5** Mittelwerte der klinische Scores mit Standardabweichung des jeweiligen Gesamtkollektivs der verschiedenen Follow-ups im Vergleich. TAS = Tegner Aktivitätsscore, IKDC = International Knee Documentation Score, OKS = Oxford Knee Score, Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung _____ 53
- Tabelle 6** Differenzen der Mittelwerte zu den jeweiligen Follow-up-Untersuchungen im Paarvergleich zum aktuellen 12-Jahres Follow-up; * = Differenz auf dem Niveau von $p = < 0,05$ (2-seitig) signifikant; ** = Differenz auf dem Niveau von $p = < 0,01$ (2-seitig) signifikant. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung. TAS = Tegner Aktivitätsscore, IKDC = International Knee Documentation Score, OKS = Oxford Knee Score _____ 54
- Tabelle 7:** Mittelwerte \pm SD aller acht Subskalen des SF-36 Fragebogens zu allen Follow-up Zeitpunkten des untersuchten Gesamtkollektiv: PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden. _____ 62
- Tabelle 8** Differenzen der Mittelwerte \pm SD der einzelnen Subskalen des SF-36 Fragebogens beim jeweiligen Follow-up im Vergleich zur Normalbevölkerung im Paarvergleich. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche

Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden. Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant. _____ 69

Tabelle 9: Mittelwerte \pm SD des körperlichen und psychischen Summscores des SF-36 Fragebogens, des jeweiligen Gesamtkollektivs zu jedem der sechs Erfassungszeitpunkte. PCS: Physical health component summary score (körperlicher Summscore); MCS. Mental health component summary score (psychischer Summscore); NB = Normalbevölkerung _____ 71

Tabelle 10: Differenz der Mittelwerte \pm SD des jeweiligen Erfassungszeitpunkts im Vergleich zum Mittelwert \pm SD der Normalbevölkerung: PCS: Physical Health Component Summary Score (körperlicher Summscore); MCS. Mental Health Component Summary Score (Psychischer Summscore); NB: Normalbevölkerung Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant _____ 71

Tabelle 11: Differenz der Mittelwerte \pm SD des PCS und MCS zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt im Vergleich zum aktuellen 12 Jahres Follow-up. Durchgeführt wurde ein Paarvergleich des jeweiligen Kollektivs. PCS: Physical Health Component Summary Score (körperlicher Summscore); MCS. Mental Health Component Summary Score (psychischer Summscore) Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant. _____ 74

IV. Abkürzungsverzeichnis

ADL	=	Activities of Daily Living
BMI	=	Body Mass Index
BP	=	Körperliche Schmerzen
GH	=	Allgemeine Gesundheitswahrnehmung
HTO	=	Hohe Tibiale Osteotomie
IKDC	=	International Knee Documentation Committee
IL	=	Interleukin
JLCA	=	Joint Line Convergence Angle
KI	=	Konfidenzintervall
KOOS	=	Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score
K-TEP	=	Knie-Totalendoprothese
LCWHTO	=	Lateral Closing Wedge High Tibial Osteotomy
LDFA	=	Lateraler Distaler Femurwinkel
LPFA	=	Lateraler Proximaler Femurwinkel
LDTA	=	Lateraler Distaler Tibiawinkel
LHF	=	Laterale Hinge Fraktur
MCS	=	Mental Component Summary Score
MH	=	Psychisches Wohlbefinden
MOWHTO	=	Mediale Open Wedge High Tibial Osteotomy
MPTA	=	Medialer Proximaler Tibiawinkel
MW	=	Mittelwert
NRS	=	Numeric Rating Scale
OKA	=	Oxford Knee Score
OR	=	Odds - Ratio
PCS	=	Physical Component Summary Score
PF	=	Körperliche Funktionsfähigkeit (Physical Functioning)
PROM	=	Reported Outcome Measures
RE	=	Emotionale Rollenfunktion
RP	=	Körperliche Rollenfunktion
SD	=	Standard Deviation = Standardabweichung

SF	=	Soziale Funktionsfähigkeit
TAS	=	Tegner Aktivitätsscore
TFA	=	Tibio-femorale Winkel
TNF	=	Tumor Nekrose Faktor
UKA	=	Unikompartmenteller Kniegelenksersatz

1. Einleitung

1.1. Arthrose

Die Arthrose wird als degenerative Gelenkerkrankung definiert, welche das gesamte Gelenk, einschließlich des Knorpels, des Knochens, der Synovia sowie des gelenknahen Bindegewebes, betrifft. Grundsätzlich kann die Arthrose an jedem Gelenk auftreten, manifestiert sich jedoch vorwiegend an Gelenken, die einer hohen mechanischen Belastung ausgesetzt sind. Dazu zählen insbesondere die Schulter-, Finger-, Hüft- und Kniegelenke. Die Arthrose gilt nicht nur in Deutschland, sondern auch weltweit „als die häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen“ (Robert Koch Institut, 2013) (Neogi, 2013).

1.1.1. Prävalenz und sozioökonomische Bedeutung der Arthrose

In Deutschland lag die 12-Monats-Prävalenz der Arthrose im Rahmen einer im Jahr 2021 vom Robert-Koch-Institut durchgeführten repräsentativen Befragung über alle Altersgruppen hinweg bei 17,1 %. Innerhalb der Gruppe, der über 65-Jährigen berichteten 39,7 % der Frauen und 23,2 % der Männer, in den vergangenen zwölf Monaten an Arthrose gelitten zu haben. Des Weiteren konnte im Rahmen derselben Studie ebenfalls gezeigt werden, dass Personen aus der oberen Bildungsgruppe signifikant seltener an Arthrose erkrankten als Personen aus der mittleren und unteren Bildungsgruppe (Gutsche et al., 2021).

Die außerordentlich große sozioökonomische Bedeutung der Arthrose lässt sich zudem anhand der Inanspruchnahme des Gesundheitssystems durch an Arthrose erkrankte Patienten veranschaulichen. Diese gehören zu den häufigsten Nutzern ambulanter sowie stationärer Versorgungsangebote, wodurch bereits im Jahr 2008 direkte Kosten in Höhe von 7,8 Milliarden Euro anfielen. Des Weiteren wurden für arthrosebedingte Beschwerden indirekte Kosten generiert, welche aufgrund volkswirtschaftlicher Einbußen durch Invalidität, Frühberentung und Arbeitsunfähigkeit insgesamt bei über 10,7 Millionen Arbeitstagen lagen (Robert Koch Institut, 2013). In Anbetracht des

demografischen Wandels und der damit einhergehenden Zunahme der an Arthrose erkrankten Patienten stellt die Arthroseerkrankung eine bedeutsame Herausforderung für das Gesundheitswesen dar, auf die adäquate Lösungen entwickelt werden müssen.

1.1.2. Ätiopathogenese der Gonarthrose

Die Ätiologie der Gonarthrose kann sowohl primär idiopathisch als auch sekundär sein. In Bezug auf die sekundäre Gonarthrose sind insbesondere Achsdeviationen in der Frontalebene (Varus/Valgus) sowie Traumata mit begleitender Bandverletzung und konsekutiver Instabilität oder Knorpel- bzw. Meniskusschaden (posttraumatische Gonarthrose) von Relevanz (Best et al., 2022, Michael et al., 2010).

Hinsichtlich der Pathogenese der Arthrose wurde über einen langen Zeitraum ein klassisch degenerativer, auf mechanischer Abnutzung des Gelenkknorpels beruhender, Ansatz verfolgt. Dieser Ansatz charakterisierte den Arthroseprozess insbesondere als Imbalance zwischen Knorpelregeneration und Knorpelschädigung, welche durch biomechanische Veränderungen des Gelenks bedingt ist. Die Folge der Imbalance führt demzufolge zu einer verstärkten Ausschüttung gewebezerstörender Mediatoren wie Metalloproteinasen und zu einer gesteigerten Apoptose von Chondrozyten. Dadurch wird der Beginn eines Circulus Vitiosus, hinsichtlich der progredienten Knorpelschädigung in Gang gesetzt. Die im angloamerikanischen Raum gebräuchliche Verwendung des Begriffs „Osteoarthritis“, zur Beschreibung der Arthrose, lässt jedoch bereits vermuten, dass eine Pathogenese ausschließlich beruhend auf biomechanischer Überbelastung nicht ausreichend erscheint. Neuere Erkenntnisse stellen demzufolge zunehmend die Beteiligung aller Strukturen innerhalb des Gelenks in den Vordergrund. Insbesondere die Rolle der Synovia mit der Ausbildung einer Synovitis wird zunehmend diskutiert. Diese ist am ehesten als sekundäre Folge einer Irritation durch degenerative Knorpelzellen und katabol wirkende Mediatoren in der Gelenkhöhle anzusehen. Darüber hinaus verstärken synoviale Makrophagen durch die Sezernierung proinflammatorischer Cyto- und Chemokine den Prozess der Synovitis. Insbesondere den Mediatoren IL-1-Beta,

TNF-Alpha sowie IL-6 kommt diesbezügliche eine zentrale Rolle zu (Molnar et al., 2021). Obgleich die Beteiligung der synovialen Entzündung bei der Arthrose bislang nicht so stark im Fokus wie bei der rheumatoiden Arthritis steht, so ist eine Verstärkung der Imbalance zwischen Knorpelregeneration und Knorpelschädigung durchaus anzunehmen (Bijlsma et al., 2011).

1.1.3. Therapie der Gonarthrose – Konservativ und operativ

Die Therapie der Gonarthrose sollte in erster Linie konservativ und in fortgeschritteneren Stadien operativ erfolgen. Die konservative Therapie basiert auf einem multimodalen Ansatz, dessen Ziel die Verlangsamung der Progression der Arthrose, die Kontrolle der Symptome und die Erhaltung der Funktionalität des Gelenks ist. Die Multimodalität umfasst zum einen die Modifikation des Lebensstils hinsichtlich einer Reduktion des Körpergewichts sowie die Integration gelenkschonender Aktivitäten wie Radfahren oder Schwimmen. Des Weiteren kann eine medikamentöse Therapie mit nicht-steroidalen Antirheumatika (NSAR) indiziert sein, insbesondere bei einer aktivierten Arthrose mit Schmerzexazerbation und Gelenkerguss. Darüber hinaus stellt die physiotherapeutische Beübung zur Stabilisierung des Muskel-Bandapparates eine effektive Behandlungsmethode zur Linderung von Symptomen und zum Erhalt der Funktionalität dar (Hussain et al., 2016). Den Stellenwert der physiotherapeutischen Behandlung unterstreicht eine im Jahr 2020 im New England Journal of Medicine veröffentlichte amerikanische Studie. In dieser konnte gezeigt werden, dass Patienten, die über einen Zeitraum von einem Jahr eine physiotherapeutische Behandlung erhielten, weniger Schmerzen und funktionelle Einschränkungen aufwiesen als Patienten, die über denselben Zeitraum mit intraartikulären Glucocorticoid-Applikationen therapiert wurden (Deyle et al., 2020). Die operative Therapie der Gonarthrose umfasst sowohl gelenkerhaltende als auch gelenkeretzende Behandlungsoptionen. Zu den gelenkerhaltenden zählen die Umstellungsosteotomie, welche im nächsten Kapitel ausführlicher erörtert wird, sowie die arthroskopische Chirurgie. Im Rahmen der arthroskopischen Chirurgie kann beispielsweise eine Meniskektomie mit der Entfernung freier Gelenkkörper durchgeführt werden,

sofern mechanische Symptome wie Blockieren oder Einrasten vorliegen (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC), 2023). Bestehen diese Symptome nicht, rät die Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie davon ab eine alleinige Arthroskopie mit Lavage und/oder Debridement im Rahmen Therapie der Gonarthrose durchzuführen. Im Rahmen der Früharthrose, können arthroskopisch offene Knorpelersatzverfahren wie die Mikrofrakturierung, Pridie-Bohrung und autologe Knorpelzelltransplantation in Bezug auf fokale Defekte effektiv sein. Je höher der Grad der Schädigung ist, desto eher sollte von dieser Art der Therapie jedoch abgesehen werden (Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie (DGOOC), 2023) (Khatri et al., 2021).

Im Rahmen des Gelenkersatzes, kann zwischen dem unikompartimentellen/kondylären sowie dem bikondylären Oberflächenersatz jeweils mit oder ohne Ersatz der Retropatellarfläche unterschieden werden. Sollte sich die Arthrose aufgrund einer Achsdeviation im Sinne eines Genu varum oder valgum vornehmlich in einem der beiden Gelenkkompartimente (medial häufiger als lateral) manifestieren, stellt der unikompartimentelle Gelenkersatz, eine mögliche Therapieoption dar. Im Rahmen dessen erfolgt lediglich der Ersatz des stark von Arthrose betroffenen Gelenkteils durch eine Endoprothese, während die anderen Gelenkpartner unberührt bleiben. Der unikompartimentelle Gelenkersatz zeichnet sich insbesondere durch ein knochen- und ligamentsparendes Vorgehen, eine kürzere Operationsdauer sowie eine geringere Morbidität und eine schnellere Rehabilitation im Vergleich zur Knie-Totalendoprothese aus (Sun und Jia, 2012) (Pandit et al., 2017) (Albishi et al., 2024). Die zuvor angeführten Vorteile des unikompartimentellen Gelenkersatzes gehen mit dem Nachteil, der höheren Revisionsrate einher. Diese ist anhand der Daten des „National Joint Registry“ bei Männern zweimal und bei Frauen sogar 2,4-mal höher als bei einer Knie-Totalendoprothese (K-TEP). Die Gründe für eine Revision sind vornehmlich ein Progress der Arthrose im anderen Kompartiment, eine aseptische Lockerung oder Schmerzen (National Joint Registry, 2022). Die Revision des unikompartimentellen Gelenkersatzes erfolgt standardmäßig mittels Konversion zur Totalendoprothese. Allerdings besteht, im Rahmen eines Arthrose-

Progresses im lateralen Kompartiment die Möglichkeit eines zweiten, lateralen unikompartimentellen Gelenkersatzes. In diesem Fall wird von einem zweizeitigen bikompartimentellen unikondylären Gelenkersatz gesprochen (Pandit et al., 2017). Die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung legen nahe, dass die Auswahl der Patientinnen und Patienten für die Implantation eines Teilgelenkersatzes von entscheidender Bedeutung für die Funktionalität und das Überleben des Implantats ist. Die Kriterien des intakten Bandapparats, insbesondere des vorderen Kreuzbandes, der hochgradigen medialen Arthrose mit Knochenkontakt des Femurs und der Tibia, sowie einer korrigierbaren varischen Achsdeformität bei erhaltenem lateralen Gelenkspalt wurden bereits 1988 von Goodfellow und O'Connor beschrieben und haben sich bis heute weitgehend etabliert (Goodfellow und O'Connor, 1986) (Goodfellow et al., 1988). Die bikondyläre Oberflächenersatzprothese stellt die Endstrecke der operativen Behandlungsmöglichkeiten bei fortgeschrittener Gonarthrose dar. Nach der Hüft-Totalendoprothese stellt sie die zweithäufigste implantierte Endoprothese im menschlichen Körper dar und umfasst circa 90 % der implantierten Endoprothesen am Kniegelenk (National Joint Registry, 2022). Die Implantation der K-TEP erfolgt standardmäßig zementiert. Die nicht-zementierten Verfahren basieren auf der Beobachtung, dass eine der häufigsten Ursachen für eine Revision der K-TEP-Prothese die aseptische Lockerung ist. In diesem Kontext wird vor allem dem verwendeten Knochenzement eine bedeutende Rolle zugeschrieben (Sharkey et al., 2014). Insbesondere aufgrund seiner Anfälligkeit gegenüber anhaltenden, größeren Scherkräften sowie seiner möglicherweise osteolyse-stimulierenden Eigenschaft an der Zement-Knochen-Grenze kann der verwendete Knochenzement zur aseptischen Lockerung beitragen (Naudie et al., 2007) (Gandhi et al., 2009) (Stavrakis et al., 2022). Obgleich diese Thematik für ältere, geriatrische Patienten von geringerer Relevanz sein mag, muss sie insbesondere vor dem Hintergrund eines sich wandelnden Patientenkollektivs mit höheren Ansprüchen an ein langfristig zufriedenstellendes Behandlungsergebnis berücksichtigt werden (Sharkey et al., 2014). Dennoch konnte bislang keine Überlegenheit eines nicht zementierten Verfahrens gegenüber dem standardmäßig zementierten Verfahren gezeigt werden.

Demgegenüber wird ein erhöhtes Risiko für periprothetische Frakturen sowie für Protheseninfektionen im Rahmen des nicht zementierten Vorgehens beschrieben (Stavrakis et al., 2022). Ein Auszug aus dem finnischen Endoprothesenregister belegt darüber hinaus, dass die Revisionsraten von K-TEPs bei jüngeren Patienten höher sind als bei älteren. Die 5-Jahres-Überlebensrate der K-TEP liegt bei Patienten unter 55 Jahren bei 92 %, bei Patienten zwischen 56 und 65 Jahren bei 95 % und bei Patienten über 65 Jahren bei 97 % (Julin et al., 2010). Constantin et al. verweisen mit Bezug auf das australische Endoprothesenregister zudem darauf, dass das kumulierte Risiko für eine Revision einer K-TEP nach 20 Jahren bei Patienten unter 55 Jahren 16 % beträgt, wohingegen es bei Patienten über 75 Jahren lediglich 3 % beträgt (Constantin et al., 2024) (Smith et al., 2023). Diese Beobachtungen zeigen den Bedarf einer adäquaten Therapie von Arthrosepatienten unter 55 Jahren.

Bei einer ätiologischen Zuordnung der Arthrose zu einer Achsdeviation, kann dem Patienten als Alternative bzw. als frühzeitigere Therapie der monokompartimentellen Gonarthrose zu einem Gelenkersatz eine Umstellungsosteotomie mit Wiederherstellung einer normalen bis leicht überkorrigierten mechanischen Tragachse angeboten werden. Im folgenden Kapitel wird die hohe valgusierende Umstellungsosteotomie der Tibia bei medial betonter Gonarthrose detaillierter beschrieben.

1.2. Die Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie (HTO)

Osteotomien im Bereich des Kniegelenks wurden bereits in den 1960er Jahren in der Literatur vielfach beschrieben und stellten eine etablierte Behandlungsmethode zur Therapie der Varusgonarthrose dar. Allerdings verlor die Umstellungsosteotomie in den darauffolgenden Jahren mit der zunehmenden Verbreitung des künstlichen Kniegelenkersatzes an Attraktivität, da im Vergleich mit der Endoprothese die Osteotomie als anspruchsvolles Verfahren mit schlecht vorhersehbarem Outcome galt. Erst durch die Korrektur der varischen Achsabweichung in der Therapie von Bandverletzungen im Bereich der Sporttraumatologie gewann die Osteotomie in den 90er Jahren erneut an Popularität. Des Weiteren führten neue Erkenntnisse bezüglich des Zusammenhangs zwischen Achsabweichung und Arthrose-Entwicklung zu einer erneuten Intensivierung des Forschungsinteresses an dem Verfahren. Während zu Beginn der 2000er Jahre noch die lateral schließende HTO als Standardverfahren durchgeführt wurde, etablierten unter anderem Staubli et al. die Verbreitung der medial öffnenden HTO (Staubli et al., 2003). Infolgedessen konnten die Behandlungsergebnisse vor allem durch eine bessere Patientenselektion, einen größeren Erfahrungsschatz, sowie verbesserte Operationsmethoden und verbessertes osteosynthetisches Material (v.a. mittels winkelstabiler Platten wie der TomoFix-Platte) kontinuierlich verbessert werden (Brinkman et al., 2008).

1.2.1. Varusgonarthrose, Biomechanik und Lokalisation der Deformität

Die Kniegelenksarthrose kann sich grundsätzlich an allen drei Gelenkflächen des Kniegelenks manifestieren. Die drei Gelenkflächen setzen sich aus der *Articulatio tibiofemoralis medialis* und *lateralis*, sowie der *Articulatio patellofemoralis* zusammen. Dennoch kann eine Arthrosemanifestation in lediglich einem Kompartiment in bis zu 30 % der betroffenen Patienten nachgewiesen werden. In diesem Kontext zeigt sich die *Articulatio tibiofemoralis medialis* als die am häufigsten betroffene Gelenkfläche (Wise et al., 2012) (Cao et al., 2018). Zu den häufigsten Ursachen für die Entwicklung einer medialen Gonarthrose zählt eine ungleichmäßige Verteilung der Druckkräfte im Kniegelenk, die durch eine Achsabweichung in Form eines *Genu varum* bedingt ist. Die Ätiologie einer Achsabweichung kann vielfältig sein. Sie reichen von angeborenen oder primären Deformitäten bis hin zu einer iatrogenen oder sekundär erworbenen Achsabweichung im Sinne einer posttraumatischen Genese. Bezüglich posttraumatischer Achsabweichungen sind vor allem Frakturen der proximalen Tibia, Bandverletzungen und Verletzungen der Menisken mit konsekutiver Menishektomie oder chronischer Instabilität des Kniegelenks zu nennen. Insbesondere bei Athleten lässt sich eine Achsabweichung als Folge einer hohen asymmetrischen Krafteinwirkung entlang der Epiphysenfuge als häufigste Ursache einer Achsdeformität beobachten (Kanakamedala et al., 2022) (Colyn et al., 2016). Biomechanisch ist die Achsabweichung im Allgemeinen als horizontale Distanz zwischen dem Kniegelenkszentrum und der mechanischen Tragachse des Beines definiert. Die mechanische Tragachse wiederum ist definiert als die Verbindungslinie des Zentrums des Femurkopfes und des Tibio-talaren Gelenks. Diese sogenannte Mikulicz-Linie wird standardmäßig in frontaler Ebene einer Ganzbeinstandaufnahme im konventionellen Röntgen dargestellt (Paley et al., 1994). Des Weiteren erlaubt der Hüft-Knie-Winkel, welcher anhand der mechanischen Achse des Femurs und der Tibia ermittelt werden kann, eine Darstellung des Grads der valgischen oder varischen Abweichung. Ein Hüft-Knie-Winkel zwischen 0° und 3° indiziert eine Neutralstellung. Davon zu unterscheiden sind die anatomischen Achsen des Femurs und der Tibia welche den Tibio-femoralen Winkel widerspiegeln. Bei einem Tibio-femoralen Winkel zwischen 5°

und 7° Valgus kann von einer Neutralstellung ausgegangen werden (Kanakamedala et al., 2022). Aus biomechanischer Perspektive ist bereits eine Abweichung der mechanischen Achse von mehr als 3° ausreichend, um eine signifikante Erhöhung der Belastungsspitzen zu verursachen, was letztlich zu einer Knorpeldegeneration des überbelasteten Kompartiments führen kann (Willinger et al., 2020). Um eine präzise Charakterisierung der Achsabweichung zu ermöglichen, ist eine detaillierte Evaluation des Ursprungs der Deformität unerlässlich. Die Lokalisation des Ursprungs der Deformität kann sowohl auf Höhe des distalen Femurs als auch auf Höhe der proximalen Tibia erfolgen. Des Weiteren kann eine kombinierte femorale und tibiale Deformität auftreten. In einer Vielzahl von Fällen kann es, bedingt durch intraartikuläre Abnutzung oder laterale Bandinstabilität, ebenfalls zu einer Varusabweichung ohne Vorhandensein einer knöchernen Deformität kommen (Feucht et al., 2021). Der Laterale Distale Femurwinkel (LDFA) sowie der Mediale Proximale Tibiawinkel (MPTA) geben Aufschluss über die Stellung der jeweiligen Gelenkfläche in Bezug zum Zentrum des Femurkopfes (LDFA) respektive des Tibio-Talaren Gelenks (MPTA). In Neutralstellung beträgt der LDFA 86° bis 90° und der MPTA 85° bis 90° (vgl. Abbildung 1). Liegt ein LDFA über 90° zusammen mit einer normalen MPTA vor, spricht dies für eine femorale Deformität. Eine gemeinsame Abweichung von $MPTA < 85^\circ$ und $LDFA > 90^\circ$ indiziert demgegenüber eine tibiale und femorale Deformität. In diesen Fällen sollte, um das Verursachen einer schiefen Gelenkfläche bei der Durchführung der Osteotomie zu vermeiden, eine femorale closing-wedge DFO oder eine double-level Osteotomie durchgeführt werden. Dies ist vor allem hinsichtlich der gezeigten negativen Beeinflussung einer schiefen Gelenkfläche in Bezug auf das langfristige und funktionelle Ergebnisse nach HTO von Bedeutung (Schuster et al., 2018).

Die mediale Gonarthrose bei Genu Varum mit tibialer Deformität ist für gewöhnlich durch einen regelrechten LDFA und einen pathologischen MPTA ($< 85^\circ$) charakterisiert. In diesem Fall kann die Genese der Varusdeformität der proximalen Tibia zugeordnet werden, wodurch eine Hohe Tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) als mögliche Therapieoption herangezogen werden kann. Postoperativ sollte eine MPTA von 90° nicht überschritten werden,

um eine Überkorrektur zu vermeiden, welche ebenfalls mit einem schlechteren funktionellen Ergebnis assoziiert ist. (Feucht et al., 2021) (Murray et al., 2021)

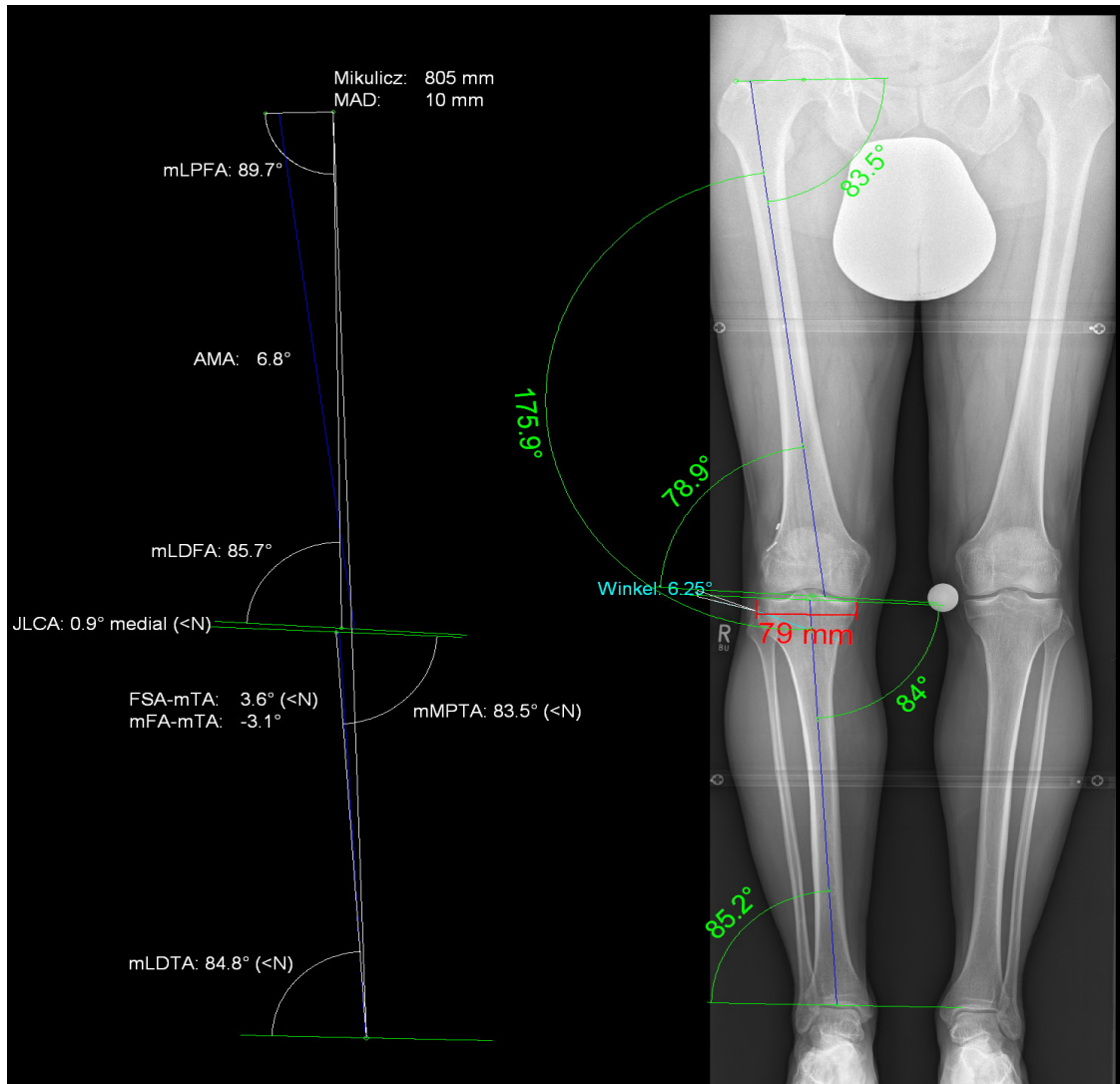


Abbildung 1: Achsanalyse bei varischer Beinachse. AMA = Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Achse, FSA-mTA = Winkel zwischen der anatomischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, JLCA = Gelenklinienkonvergenzwinkel, MAD = mechanische Achsabweichung, mFA-mTA = Winkel zwischen der mechanischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, mLDFA = mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, mLDTA = lateraler distaler Tibiawinkel, mLPFA = mechanischer lateraler proximaler Femurwinkel, mMPTA = mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (Matziolis und Rohner, 2015) (Eigene Abbildung).

In Abbildung 1 ist eine präoperative Achsanalyse eines teilnehmenden Studienpatienten dargestellt. In dieser ist eine varische Beinachse mit mechanischer Achsabweichung von 10 mm (MAD) zu erkennen. Die Lokalisation der Deformität ist bei einem reduzierten mMPPTA ($83,5^\circ$) und einer niedrignormalen mL DFA ($85,7^\circ$) der proximalen Tibia zuzuordnen. Aufgrund dessen erfolgte die weitere Planung der MOWHTO, welche in Abbildung 3 dargestellt ist.

1.2.2. HTO - Geeignete Patientencharakteristika

In Bezug auf die Therapie der unikompartimentellen Varusgonarthrose stehen eine Vielzahl von Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, diejenigen Patienten zu identifizieren, die von der jeweiligen Therapieoption am ehesten profitieren können. Für die hohe tibiale Umstellungsosteotomie (HTO) wurden im Jahr 2004 von der „International Society of Arthroscopy, Knee Surgery and Orthopaedic Sports Medicine (IAKOS) vorteilhafte Kriterien definiert. Sie charakterisierten den idealen Patienten für eine HTO als zwischen 40 und 60 Jahren, mit isolierter medialer Gonarthrose, gut erhaltener Bewegungsausmaße des Kniegelenks (ROM), ohne begleitende Bandinstabilität und als Nichtraucher mit einem BMI < 30 (Brinkman et al., 2008). Diese Kriterien haben sich bis heute etabliert und werden nach wie vor als vorteilhaft beschrieben (Murray et al., 2021) (Rossi et al., 2011). Allerdings sollte das Fehlen eines dieser Faktoren nicht als strenge Kontraindikation für eine HTO angesehen werden. Dies lässt sich insbesondere am Beispiel des BMI veranschaulichen. Beispielsweise berichten Akizuki et al. oder Howells et al. von einer verkürzten Überlebensdauer der HTO bei Patienten mit einem erhöhten BMI (Akizuki et al., 2008) (Howells et al., 2014), wohingegen andere Autoren diesbezüglich keinen Zusammenhang beschrieben (van Wulfften Palthe et al., 2018). Darüber hinaus berichteten Herbst et al. 2020, dass übergewichtige Patienten nach HTO zwar im Vergleich zu normalgewichtigen Patienten schlechtere postoperative Ergebnisse erreichen, jedoch bezüglich der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der klinischen

Ergebnisse in selbem Maß von einer HTO profitieren können wie normalgewichtige Patienten. Deshalb sollte auch bei übergewichtigen Patienten mit einem BMI > 30 Kg/m² die Möglichkeit einer HTO, nach einer ausführlichen Patientenaufklärung bezüglich des klinischen Verlaufs, in Erwägung gezogen werden (Herbst et al., 2022). Ebenso geht ein höheres Alter > 60 Jahre nicht zwingend mit einem schlechteren Ergebnis einher, sondern stellt vor allem zur mittelfristigen Schmerzkontrolle in Bezug auf Alltagsaktivitäten sowie unter anderem für die Rückkehr zu sportlicher Aktivität eine beachtenswerte Option dar. Insbesondere für noch sehr aktive Patienten über 60 Jahre, mit höherem funktionellem Anspruch, kann deshalb eine HTO vorteilhaft sein (Nakamura et al., 2020) (Ruangsomboon et al., 2017). Als strenge Kontraindikationen sind demgegenüber eine ausgeprägte laterale, bi- oder trikompartimentelle Knorpeldegeneration, entzündliche Arthritiden sowie eine ausgeprägte Bewegungseinschränkung mit Extensionsdefizit > 15° oder Flexionsausmaß < 90° zu nennen (Koh et al., 2019) (Kanakamedala et al., 2022).

1.2.3. Mediale Opening Wedge und Laterale Closing Wedge HTO

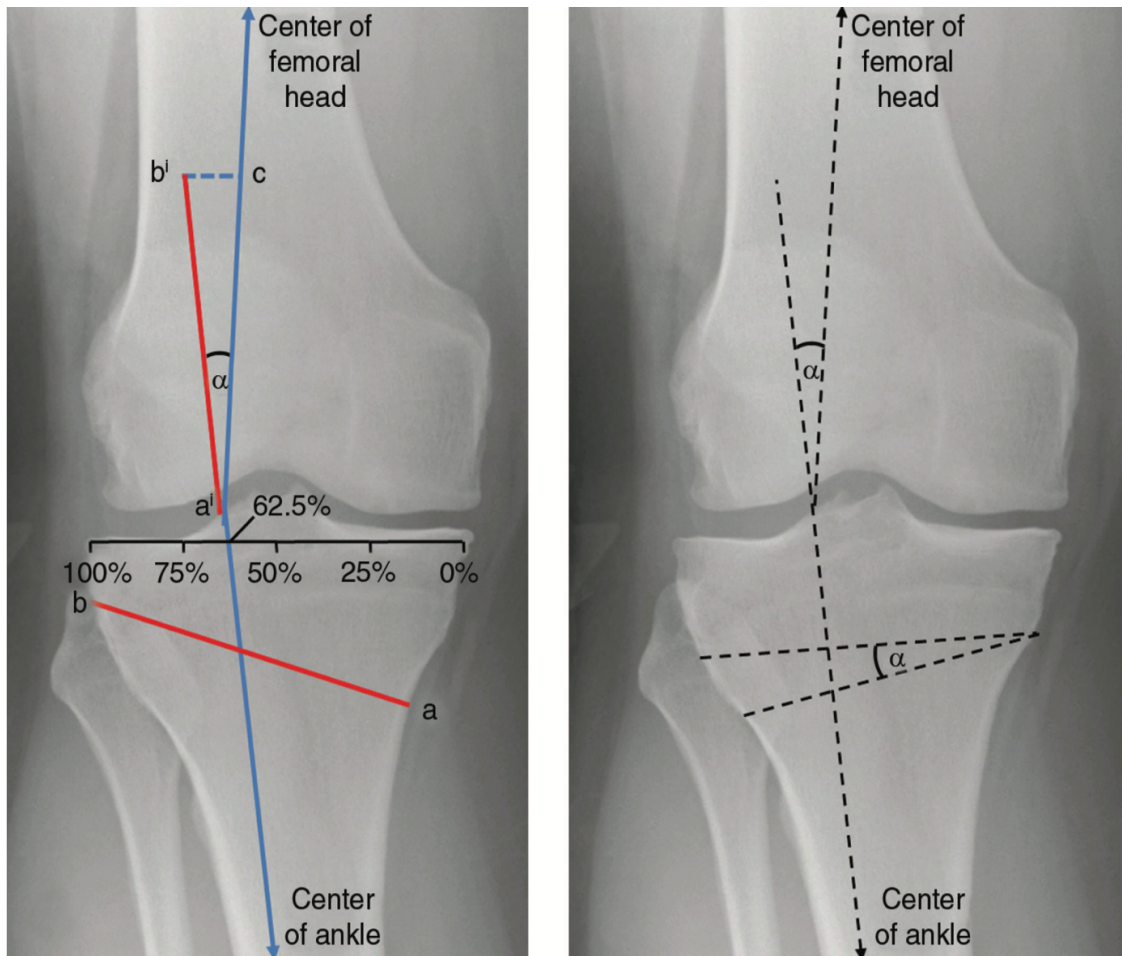
Die Durchführung der valgusierenden Hohen Tibialen Umstellungsosteotomie kann sowohl von einem lateralen Zugang als auch von einem medialen Zugang erfolgen. In Bezug auf die valgusierende HTO bei Varusgonarthrose, wird mittels des lateralen Zugangs ein keilförmiges Knochenstück entfernt und die Tibia „zugeklappt“ (Lateral Closing Wedge HTO / LCWHTO). Bei Verwendung des medialen Zugangs wird nach der Osteotomie, die Tibia „aufgeklappt“ (Opening Wedge HTO / MOWHTO). Zur Ermittlung der korrekten Größe des Osteotomiespaltens stehen mehrere Methoden zur Verfügung. Eine mögliche Methode zur Ermittlung des benötigten Osteotomiespaltens ist die nach Dougdale et al., welche ebenfalls in Abbildung 2 dargestellt ist (Dougdale et al., 1992). In einem ersten Schritt erfolgt die Ermittlung des gewünschten Korrekturpunktes entlang des medio-lateralen Tibiaplateaus. In der Literatur findet sich eine Vielzahl an Beschreibungen von Korrekturpunkten. Einer davon ist der sogenannte Fujisawa-Punkt, der bei 62,5 % der medio-lateralen Tibiaplateaulänge liegt und sich damit zumeist unmittelbar lateral des

Tuberculum Intercondylare laterale der Tibia befindet (Fujisawa et al., 1979). In einem zweiten Schritt erfolgt die Konstruktion einer Verbindung des Fujisawa-Punkts mit dem Zentrum des Femurkopfes sowie dem Zentrum des Tibio-Talaren-Gelenks unter Zuhilfenahme zweier Linien. Der Winkel α der daraufhin zwischen den beiden Verbindungslinien entsteht, korrespondiert mit dem Grad der gewünschten Korrektur (Kanakamedala et al., 2022). Die Verwendung des Fujisawa Punktes als Korrekturpunkt entspricht einer erzielten Korrektur der mechanischen Achse von $2,4^\circ$ Valgus und wurde mit einem besseren Outcome assoziiert. Demgegenüber wurden sowohl eine Unterkorrektur $< 50\%$ als auch eine Überkorrektur $> 70\%$ des medio-lateralen Tibiaplateaus mit einem schlechteren Outcome in Verbindung gebracht. (Koh et al., 2019) (El-Azab et al., 2011). Da bei der Durchführung der HTO nicht nur die knöchernen Strukturen einer Korrektur unterliegen, sondern insbesondere auch der Bandapparat in seiner Struktur verändert wird, steht die Wahl des Korrekturpunkts ebenfalls in engem Zusammenhang mit der Laxizität des lateralen Bandapparates. Heutzutage wird eine gerade Beinachse mit physiologischen Gelenkwinkeln angestrebt und eine Überkorrektur nur sehr zurückhaltend angestrebt. Präoperativ kann eine abweichende Joint-Line-Convergence-Angle (JLCA), welche die beiden Gelenkflächen der proximalen Tibia und des distalen Femurs in Bezug zueinander setzt, auf eine chronische Bandinstabilität oder einen ausgeprägten Gelenkverschleiß hinweisen. Dies ist von Bedeutung, da eine erhöhte Laxizität mit einer Überkorrektur der errechneten Achse einhergehen kann und außerdem mit einem schlechteren Outcome nach HTO assoziiert ist. In der Folge kann im Rahmen der LCWHTO ein mit dem Korrekturwinkel α korrespondierendes Knochenfragment entfernt werden. Hierzu wird eine erste proximale und horizontale Osteotomie ca. 2 – 2,5 cm distal der Gelenklinie durchgeführt. Daraufhin wird im Anschluss eine zweite distale Osteotomie durchgeführt, welche in Kombination den Winkel α ergeben. Wird eine MOWHTO durchgeführt orientiert sich der Korrekturwinkel α an der geplanten Osteotomielinie, welche 4 cm distal der medialen Gelenklinie beginnt und bis zum lateralen Fibulaköpfchen reicht. Nach der Osteotomie wird bei der MOWHTO dann der Osteotomiespalt graduell mittels mehrerer Meißel auf den gewünschten

Öffnungswinkel α oder die geplante Öffnungshöhe (Wedge-Height) eröffnet (Rossi et al., 2011).

Sowohl die MOWHTO als auch die LCWHTO lateralisieren die mechanische Achse der unteren Extremität und sorgen dadurch gleichermaßen für eine Entlastung im medialen Gelenkkompartiment. Ursprünglich galt die LCWHTO als Standard bei der Durchführung einer HTO, wurde jedoch seit Beginn der 2000er Jahre zunehmend von der MOWHTO verdrängt. Diesbezüglich stellt sich die Frage durch welche Stärken und Schwächen die unterschiedlichen Herangehensweisen charakterisiert sind. Zuallererst muss festgestellt werden, dass es in der Literatur zum aktuellen Zeitpunkt keine eindeutige Evidenz gibt, die eine allgemeine Überlegenheit des einen oder des anderen Verfahrens nachweist. Beispielsweise führte Han et al. bezüglich der Konversion zu einer Totalendoprothese des Kniegelenks, 2016 einen systematischen Review mit Vergleich der MOWHTO und LCWHTO durch. In diesem konnte kein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich des klinischen und radiologischen Outcomes inklusive der Revisionsraten gezeigt werden. Dennoch wiesen Sie darauf hin, dass es bezüglich einer möglichen Konversion zu einer Endoprothese nach LCWHTO mehr chirurgisch - operationstechnische Faktoren zu bedenken gibt als nach MOWHTO (Han et al., 2016).

Nach erfolgter Achsanalyse mit Nachweis einer Deformität im Bereich der proximalen Tibia (siehe Abbildung 1) ist in Abbildung 3 die konkrete Planung der medialen öffnenden tibialen Umstellungsosteotomie dargestellt. Um den zu geringen mMPTA im Rahmen der Umstellungsosteotomie ausgleichen zu können, benötigt es eine Korrektur um $6,25^\circ$. Dies lässt sich durch das Herstellen eines Osteotomiespaltes von 8 mm erreichen. Dadurch lässt sich ein adäquater Anstieg des mMPTA auf $89,6^\circ$ verzeichnen. Der zu erwartende MAD von -11 mm ist Ausdruck der Lateralisation der mechanischen Tragachse. Darüber hinaus ist aufgrund des öffnenden Verfahrens eine Beinlängenzunahme um 5 mm zu erwarten.



A

B

Abbildung 2: Bestimmung des Korrekturwinkels „ α “ nach Dougdale et al. mittels Ganzbeinstandaufnahme. Fujisawa Punkt bei 62,5 % des Medio-lateralen Tibiaplateaus **A:** Medial Opening Wedge HTO: Der errechnete Winkel α wird nach Osteotomie zwischen den Punkten a und b nach distal eröffnet. **B:** Lateral Closing Wedge Osteotomie. Ein Knochenkeil in Größe des Winkels α wird entfernt (Rossi et al., 2011).

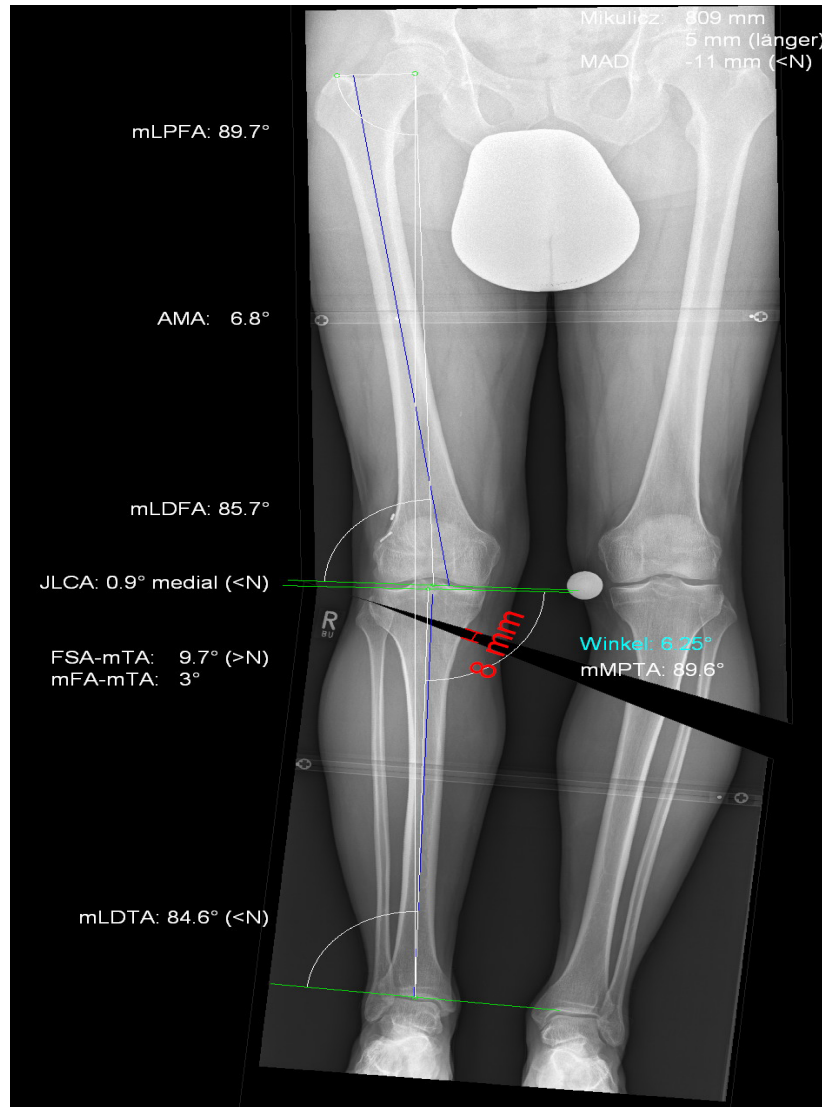


Abbildung 3: Präoperative Planung vor MOWHTO mit Bestimmung des Korrekturwinkels der Osteotomie ($6,25^\circ$) und der Größe des Osteotomiespaltes (8 mm). Im Rahmen der Osteotomie ist eine Vergrößerung des mMPTA auf $89,6^\circ$ zu erwarten, während der mL DFA unverändert verbleibt. AMA = Winkel zwischen anatomischer und mechanischer Achse, FSA-mTA = Winkel zwischen der anatomischen Femurachse und der mechanischen Tibiaachse, JLCA = Gelenklinienkonvergenzwinkel, MAD = mechanische Achsabweichung, mFA-mTA = Winkel zwischen der mechanischen Femur Achse und der mechanischen Tibiaachse, mL DFA = mechanischer lateraler distaler Femurwinkel, mLDTA = lateraler distaler Tibiawinkel, mLPFA = mechanischer lateraler proximaler Femurwinkel, mMPTA = mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel

In einem, im Jahr 2014 veröffentlichtem, Cochrane-Review wurden mögliche Unterschiede hinsichtlich klinischer (Operationsdauer, Visuelle Analogskala, maximale Flexion, Hospital for Special Surgery Score) und radiologischer (Patellahöhe, Hüft-Knie-Winkel, Femorotibiale Achse, Beinlängendifferenz) Faktoren sowie hinsichtlich Komplikationen untersucht. Diesbezüglich konnte bei der MOWHTO eine signifikant kürzere Operationsdauer sowie eine Zunahme der Beinlänge, eine reduzierte Patellarhöhe und eine höhere Genauigkeit in Bezug auf die Korrektur gezeigt werden. Für die meisten klinischen Outcome Scores konnte kein Unterschied nachgewiesen werden, jedoch wurde die niedrige Evidenz der zu Verfügung stehenden klinischen Studien bemängelt (Brouwer et al., 2014).

Ein Vorteil, der gerne von Befürwortern der LCWHTO-Technik häufig hervorgehoben wird, ist die höhere initiale Stabilität und bessere Knochenheilung, die durch den direkten Knochenkontakt im Rahmen der LCWHTO erzielt wird. Dennoch konnten Luites et al. in Ihren Untersuchungen hinsichtlich der postoperativen Stabilität zwischen LCWHTO und MOWHTO mit winkelstabiler Osteosynthese mittels TomoFix-Platte keinen Unterschied nachweisen. Sie stellten fest, dass beide Verfahren zu einer signifikanten Reduktion von Schmerzen und einer verbesserten Beweglichkeit des Gelenks führten. Allerdings bemerkten Sie eine, wenn auch nicht klinisch signifikante, Unterkorrektur im Rahmen der LCWHTO und empfehlen deshalb die MOWHTO mittels TomoFix Plattenosteosynthese. Hinsichtlich der Komplikationen, können sowohl neurovaskuläre Komplikationen, Implantatversagen, Blutungen mit Kompartmentsyndrom sowie Frakturen auftreten, jeweils mit verfahrenstypischen Schwerpunkten (Luites et al., 2009).

Die Irritation des N. Peroneus ist eine typische und gefürchtete Komplikation der LCWHTO, die sich aufgrund des lateralen Zugangs sowie einer häufig nötigen Osteotomie der proximalen Fibula und der dadurch gegebenen Nähe zum anatomischen Verlauf des Nervs ergibt. Duivenvoorden et al. berichteten 2014, dass bis zu 4 % der Patienten ihrer Untersuchung eine vorübergehende sensible Lähmung des N. Peroneus Communis erlitten und diese damit die häufigste Komplikation darstelle (Duivenvoorden et al., 2014).

Als charakteristisch für die MOWHTO gilt insbesondere das Risiko einer verzögerten oder ausbleibenden Knochenheilung (Nonunion). Das Auftreten dieser Komplikation wird in der Literatur mit einer Häufigkeit von 0,7 % bis 4,4 % bei den Patienten beschrieben. Als wesentliche Einflussfaktoren gelten dabei der Nikotinabusus sowie die Größe des Osteotomiespalts (Spahn, 2004). Wird in den seltenen Fällen der Nonunion für das Auffüllen des Osteotomiespalts ein autologes Spongiosa-Transplantat verwendet, so besteht ebenfalls die Gefahr für prolongierte Schmerzen im Bereich der Entnahmestelle, welche sich zumeist an der Crista Iliaca befindet (Duivenvoorden et al., 2014). Des Weiteren stellt das Auftreten einer lateralen Hinge-Fraktur eine der häufigsten Komplikationen der MOWHTO dar, wobei in der aktuellen Literatur eine Häufigkeit von 14–19 % angegeben wird (Han et al., 2019). Die laterale Hinge-Fraktur definiert eine Kortikalisunterbrechung der lateralen Tibia und kann nach Takeuchi in Grad I, II und III unterteilt werden (Takeuchi et al., 2012). Die unterschiedlichen Grade korrelieren jeweils mit der Lokalisation der Frakturlinie in Bezug zum Tibiofibulargelenk. Sie ist relevant, da die knöcherne Heilung nach MOWHTO in direktem Zusammenhang mit der LHF und der jeweiligen Grade zu stehen scheint (Schröter et al., 2014). Als unabhängiger Risikofaktor für das Auftreten einer lateralen Hinge Fraktur (LHF) gilt bekanntermaßen die Größe des Osteotomiespalts. Für jeden Millimeter, der sich der Osteotomiespalt vergrößert, steigt nach Lee et al. die Odds Ratio für das Auftreten einer Hinge Fraktur um 1,565 (Lee et al., 2018). Um dieser relevanten Komplikation entgegenzuwirken und das Auftreten einer LHF zu reduzieren hat Koh et al. den Einsatz eines schützenden Kirschnerdrahtes über dem lateralen Hinge-Punkt untersucht. Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Einsatz eines schützenden Kirschnerdrahtes die Häufigkeit einer LHF im Rahmen einer MOWHTO reduzieren kann (Koh et al., 2023).

Bezüglich der Überlebensrate in Bezug auf eine Konversion zu einer Endoprothese gibt es keine eindeutige Evidenz bezüglich der Überlegenheit einer der beiden Operationstechniken, wie beispielsweise Schallberger et al. zeigen konnten (Schallberger et al., 2011).

1.2.4. Klinischer Langzeitverlauf, Konversionsrate und ihre Einflussfaktoren

Das übergeordnete Ziel der HTO besteht zum einen in dem Erreichen einer Symptomkontrolle und zum anderen in der Wiederherstellung der Funktionalität und der Alltagskompetenz des Patienten. Zusätzlich stellt das Verzögern der Notwendigkeit einer endoprothetischen Versorgung ein weiteres essenzielles Ziel der HTO dar. In der Vergangenheit stand nur eine unzureichende Anzahl an Studien mit adäquatem Follow-Up Zeitraum zur Verfügung, um die langfristige Konversionsrate hinsichtlich einer Endoprothese beurteilen zu können. Diese Problematik wurde auch in einer im Jahr 2014 durchgeführten Cochrane-Analyse aufgegriffen, welche 21 Studien mit 1.065 Patienten analysierte. Aufgrund eines durchschnittlichen Follow-ups von lediglich 1,8 Jahren über alle Studien hinweg konnte jedoch keine Aussage über das Verzögern einer Endoprothesenimplantation getroffen werden (Brouwer et al., 2014). Seitdem veröffentlichten verschiedene Autoren in prospektiven und retrospektiven Studien Ergebnisse von Langzeitverläufen mit einem Follow-up von mindestens zehn Jahren.

Schuster et al. berichteten 2018 in ihrer prospektiven Studie von 71 Fällen nach durchgeführter Knorpelregeneration (Abrasion + Mikrofrakturierung), MOWHTO und Fixation mittels winkelstabiler TomoFix Platte eine Überlebensrate der HTO von 96,1 % nach 5 Jahren und von 81,7 % nach 10 Jahren ($\pm 1,2$ Jahre). Außerdem zeigten Sie einen signifikant verbesserten subjektiven IKDC-Score (International Knee Documentation Committee) welcher von präoperativen 44 ± 11 Punkten auf 70 ± 13 Punkte nach 1 Jahr, 66 ± 15 Punkte nach 3 Jahren, 66 ± 15 Punkten nach 5 Jahren und auf 65 ± 17 Punkte am finalen Follow-Up anstieg. Des Weiteren konnte eine Korrelation zwischen einem IKDC-Wert von unter 40 und einer geringeren Überlebensrate der HTO nachgewiesen werden (Schuster et al., 2018).

Außerdem publizierten Constantin et al. die Resultate ihrer aktuellen Studie, welche 95 Patienten nach LCWHTO und einem Follow-Up Zeitraum von 20 Jahren umfasste. Sie berichten von einer Überlebensrate der HTO von 88 % nach 5 Jahren, 77 % nach 10 Jahren und 44 % nach 20 Jahren. Darüber hinaus

konnte einen Zusammenhang zwischen einem höheren Alter (> 55 Jahre), einem höheren BMI (>30 kg/m²) und einer früheren Konversion zu einer Endoprothese gezeigt werden. Des Weiteren konnte bei den 32 Patienten, bei denen keine Konversion zu einer K-TEP erfolgte, eine signifikante Verbesserung des durchschnittlichen KOOS-Wertes (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) über den Follow-up-Zeitraum beobachtet werden, welcher von 91 auf 100 anstieg. Ebenso wurde ein Anstieg des KOOS-ADL-Wertes (Activity of Daily Living) von 97 auf 100 verzeichnet (Constantin et al., 2024).

Im Jahr 2022 untersuchten Bode et al. im Rahmen eines 10-Jahres-Follow-ups 125 Patienten, von denen 90 mittels einer MOWHTO und 35 mittels einer MOWHTO und autologen Chondrozytenimplantation therapiert wurden. Sie zeigten innerhalb ihres Studienkollektivs eine HTO-Überlebensrate von 87,2 % nach 10 Jahren mit einer durchschnittlichen Konversion zu einer Endoprothese nach 7,2 Jahren. Als Risikofaktoren für ein frühes Versagen der HTO konnten Sie ein höheres Alter, einen erhöhten BMI >35 und das weibliche Geschlecht identifizieren. Der Risikofaktor des weiblichen Geschlechts hinsichtlich der HTO wird darüber hinaus auch von Ahrend et al beschrieben (Ahrend et al., 2024). Klinisch-funktionell berichteten Bode et al. ebenfalls über einen anhaltenden Anstieg der Lysholm und IKDC-Werte nach 10 Jahren im Vergleich zum 5 Jahres Follow-Up und zu präoperativ. Hinsichtlich des Tegner Scores berichteten Sie eine deutliche Abnahme des Scores beim 10 Jahres Follow Up (Bode et al., 2022).

Weitere prospektive Studien bestätigen diese Ergebnisse und berichten von HTO-Überlebensraten zwischen 62,6 % und 92,7 % im Rahmen eines Beobachtungszeitraums von 8,5 bis 12 Jahren (Ahrend et al., 2024) (Howells et al., 2014) (Minzlaff et al., 2013) (Rosso et al., 2022). Mit die höchsten Überlebensraten einer HTO wurden im Jahr 2008 von Akizuki et al. in einer asiatischen Studienpopulation mit 94 Patienten berichtet. Sie zeigten eine HTO-Überlebensrate von 99,3 % nach 5 Jahren, 97,6 % nach 10 Jahren und 90,4 % nach 15 Jahren (Akizuki et al., 2008). Aufgrund der zunehmenden Zahl an Studien mit längeren Beobachtungszeiträumen konnten zuletzt vermehrt Metaanalysen durchgeführt werden. Im Rahmen eines systematischen Reviews

verglichen Ollivier et al. im Jahr 2021 7087 durchgeführten HTOs hinsichtlich ihres Langzeitergebnisses innerhalb 30 klinischer Studien. Innerhalb dieser Analyse konnten HTO-Überlebensraten nach 5 Jahren, 10 Jahren, 15 Jahren und 20 Jahren von 86 – 100 %, 64- 97,6 %, 44-93 % und 46 – 85,1 % berichtet werden (Ollivier et al., 2021). Eine weitere im Jahr 2024 von Dal Fabbro et al. durchgeführte Metaanalyse mit 1296 Fällen in 18 Studien zeigte eine durchschnittliche HTO - Überlebensrate von 74,6 % (60 % – 98,1 %) nach 10 Jahren. Ebenfalls zeigte sich ein klinisch-funktionell gutes Ergebnis hinsichtlich der Patient Reported Outcome Measures (PROMs), welche sich bis 10 Jahre nach der Operation stabil zeigten (Dal Fabbro et al., 2024). Die Zunahme an Langzeitstudien zur HTO in den vergangenen Jahren belegt zum einen die Relevanz des Verfahrens und zum anderen den nach wie vor hohen Bedarf an besserer Evidenz hinsichtlich des zu erwartenden Ergebnisses. Die teilweise signifikante Varianz des langfristigen klinischen Outcomes zwischen den einzelnen Studien verdeutlicht darüber hinaus, dass hinsichtlich der Prädispositionsfaktoren für ein gutes oder schlechtes Outcome noch weiterer Forschungsbedarf besteht.

1.2.5. Messinstrumente zur Outcome Erfassung

Die Relevanz einer Erkrankung wurde über einen langen Zeitraum maßgeblich anhand ihrer Mortalität bestimmt. Jedoch muss dieser Ansatz angesichts einer zunehmend alternden Bevölkerungsstruktur, in der vor allem chronische Erkrankungen, wie die Gonarthrose, zunehmend eine Rolle spielen, einer kritischen Hinterfragung unterzogen werden. Schließlich ist der medizinische Fortschritt, der mit einer Reduktion der Mortalität einhergeht, letztlich für den Anstieg der Morbidität in der Gesellschaft mitverantwortlich. Diese Feststellung lässt sich auch auf das therapeutische Vorgehen in Bezug auf die HTO übertragen. Durch die HTO soll die Morbiditätslast des Patienten bestmöglich reduziert werden. Allerdings ist eine vollständige Heilung aufgrund des chronisch progredienten Verlaufs der Gonarthrose durch die HTO nicht möglich. Deshalb kommt, im Rahmen der Beurteilung des Erfolgs der HTO, Messinstrumenten zur Erfassung der Morbiditätslast sowohl prä- als auch postoperativ eine besondere

Bedeutung zu. Um die Morbidität der Patienten besser objektivieren zu können, wird seit den 1990er Jahren vermehrt den sogenannten PROMs (Patient Reported Outcome Measures) Aufmerksamkeit geschenkt. Hierbei handelt es sich um Messinstrumente, welche die subjektiven, vom Patienten berichteten Erfahrungen hinsichtlich seiner Erkrankung erfassen (Roos, 2024). Aufgrund dessen steht mittlerweile eine Vielzahl an validierten klinischen Messinstrumenten zur Verfügung, welche die subjektive Patienteneinschätzung erheben, um den Erfolg oder Misserfolg einer Therapie wie der HTO evaluieren zu können. Es existieren zahlreiche Scores unterschiedlicher Fachgesellschaften, die speziell für einzelne Erkrankungen oder Gelenke validiert worden sind. Dazu zählen beispielsweise der IKDC, OKS, Lysholm- oder der Tegner-Aktivitätsscore. Der Oxford Knee Score (OKS) wurde beispielsweise ursprünglich für die postoperative Evaluation einer Totalendoprothese des Kniegelenks entwickelt (Murray et al., 2007). Allerdings erwiesen sich die unterschiedlichen Scores in der klinischen Praxis im Langzeitverlauf und bei mehrmaliger Erhebung für eine Vielzahl unterschiedlicher Erkrankungen als erfolgreich (Collins et al., 2011).

Für die ganzheitliche Evaluation hinsichtlich der Morbidität, eines Patienten ist einer auf einen spezifischen Körperbereich fokussierter Score jedoch nicht ausreichend. Aufgrund dessen wird der Erfassung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität zur ganzheitlichen Evaluation des Patienten vermehrt Aufmerksamkeit in der klinischen Praxis geschenkt. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität wird durch das RKI als „ein umfassendes Konzept, das von einem ganzheitlichen Verständnis von Gesundheit ausgeht“ beschrieben und als „multidimensionales Konstrukt, welches körperliche, emotionale, mentale, soziale und verhaltensbezogene Komponenten des Wohlbefindens und der Funktionsfähigkeit aus der subjektiven Sicht der betroffenen“ charakterisiert (Ellert und Kurth, 2013).

Die gesundheitsbezogene Lebensqualität einer gesamten Bevölkerung oder eines einzelnen Patienten, kann mittels Fragebögen erhoben werden. Hierfür eignet sich in besonderem Maße der SF-36 Fragebogen. Mittels des SF-36 Fragebogens, können die erhobenen Rohdaten der jeweiligen Patienten, nach

vorgegebener Transformation, in normative Datensätze umgewandelt werden. Dies erlaubt einen alters- und geschlechtsadaptierten Vergleich eines Individuums mit einem adäquatem Vergleichsindividuum aus der Normalbevölkerung.

1.2.6. HTO - Subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität

Neben den bereits erwähnten Einflussfaktoren, die sich auf die Konversionsrate auswirken, ist die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität eine weitere Variable, welche für den Patienten von großer Bedeutung ist und darüber hinaus den postoperativen Verlauf beeinflussen kann. Zur Erfassung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität empfiehlt sich die Anwendung des SF-36-Fragebogens. Ihle et al. untersuchten diesbezüglich ein Studienkollektiv von 96 Patienten sowohl präoperativ als auch 6, 12 und 18 Monate postoperativ. Sie berichteten, dass eine statistisch signifikante Verbesserung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität sowie des körperlichen Wohlbefindens erzielt werden konnte. Darüber hinaus brachten sie ein präoperativ reduziertes psychisches Wohlbefinden in Zusammenhang mit einem reduzierten postoperativen klinischen Ergebnis (Ihle et al., 2016). Ebenfalls definierten Herbst et al. niedrige präoperative Werte der SF36-Subskalen „physical functioning“ und „bodily pain“ als Risikofaktoren bezüglich der Konversion zu einer Endoprothese (Herbst et al., 2020). Darüber hinaus berichten Saier et al. 2017 in ihrem Studienkollektiv eine signifikante Verbesserung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität 24 Monate nach HTO und beschreiben zudem ein signifikant schlechteres Ergebnis in ihrer Subgruppe der Studienpatienten mit psychischer Vorerkrankung (Saier et al., 2017). Den beiden Studien von Herbst et al. und Ihle et al. wird im Rahmen dieses Forschungsvorhabens besondere Aufmerksamkeit geschenkt, da ihnen dasselbe Studienkollektiv von Patienten zugrunde liegt. Dies ermöglicht eine adäquate Aussage zur gesundheitsbezogenen Lebensqualität von Patienten nach HTO im Langzeitverlauf.

1.3. Fragestellung der Forschungsarbeit

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit soll das langfristige (> 12 Jahre) klinische Behandlungsergebnis nach operativ erfolgter medialer opening wedge HTO untersucht werden. Als primäres Outcome wird die Konversionsrate (Implantation einer Endoprothese) definiert. Sekundäre Outcome-Parameter umfassen zum einen die patientenbezogene Lebensqualität welche mittels des SF-36 Fragebogens untersucht werden soll. Zum anderen soll das klinisch funktionelle Ergebnis der Patienten mittels etablierter Scores erfasst werden.

1.3.1. Hypothesen

- A) Nach hoher valgusierender Tibiakopfumstellungsosteotomie konnte langfristig für die Mehrzahl der Patienten die Implantation einer Knieprothese verhindert oder mindestens relevant verzögert werden.
- B) Durch die hohe valgusierende Tibiakopfumstellungsosteotomie kann eine deutliche Verbesserung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität und der klinischen Situation (SF-36 + etablierte klinische Scores) auch nach mindesten 12 Jahren postoperativ erreicht werden.

2. Material und Methoden

2.1. Studiendesign

Die vorliegende Studie wurde als langfristige klinische Follow-up Studie konzipiert, welche auf den Forschungsvorhaben von Prof. Dr.med. S. Schröter, PD Dr.med. C. Ihle, PD Dr.med. M. Ahrend sowie Dr.med. univ. M. Herbst aufbaut. In diesen Vorgängerstudien, wurden 120 Patienten mit Varusgonarthrose zwischen 2008 und 2011 prospektiv erfasst und nach präoperativer klinisch-radiologischer Evaluation mittels medialer open wedge HTO therapiert. Anschließend erfolgte sowohl eine postoperative Evaluation der gesundheitsbezogenen Lebensqualität als auch eine Evaluation der kniespezifischen Funktion mittels validierter klinischer Scores. Die postoperativen klinisch-radiologischen Kontrollen, wurden nach sechs Monaten, zwölf Monaten, 18 Monaten sowie nach 6 Jahren im Rahmen einer Nachuntersuchung durchgeführt (Ihle et al., 2016) (Schröter et al., 2017) (Herbst et al., 2020). Im Rahmen dieser Forschungsarbeit erfolgt nun eine weitere klinische Nachuntersuchung, desselben Studienkollektivs (n = 120 Patienten) welches prospektiv eingeschlossen wurde, mindestens zwölf Jahre nach valgusierender medialer open wedge HTO.

Das positive Votum der Ethikkommission wurde am 08.04.2022 unter der Projekt-Nummer **095/2022BO2** für die Follow-up-Studie erteilt. Alle Patienten erteilten, nach Aufklärung über die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Studie, ihr schriftliches Einverständnis.

2.2. Operative Therapie

Nach der klinisch - radiologischen Indikationsstellung, ging der Operation stets eine landmarkenbasierte Operations- und Korrekturplanung voraus. Die Planung des durch den Operateur festgelegten Korrekturausmaßes erfolgte mit der Planungssoftware mediCAD (Hectec, Landshut, Deutschland). Typischerweise wurde eine Zielkorrektur von $1,0^{\circ}$ - $3,0^{\circ}$ Valgus bei Vorliegen einer moderaten Arthrose angestrebt. Zur Überprüfung der Indikationsstellung erfolgte unmittelbar vor jeder Operation eine diagnostische Kniegelenksarthroskopie, um das Ausmaß des Arthrosegrades zu verifizieren. Bezüglich der Korrektur selbst wurde das vorliegende Studienkollektiv randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt. In der einen Gruppe wurde die MOWHTO mittels eines infrarotbasierten Navigationsinstruments durchgeführt (OrthoPilot, Aesculap, Braun, Tuttlingen, Deutschland), wohingegen in der anderen Gruppe die Umstellung auf Grundlage der präoperativ ermittelten Keilhöhe durchgeführt wurde. Da im Rahmen der Auswertung der bisherigen Studienergebnisse nach 1,5 Jahren und 6 Jahren kein relevanter Unterschied hinsichtlich der Präzision der erreichten mechanischen Beinachse (mTFA) zwischen beiden Operationstechniken gezeigt werden konnte, wird im Rahmen dieser Studie keine Unterscheidung hinsichtlich der beiden Gruppen vorgenommen (Schroter et al., 2016). Zur osteosynthetischen Versorgung wurde bei allen Patienten des vorliegenden Studienkollektivs die winkelstabile TomoFix Platte (DePuy Synthes, Solothurn, Schweiz) verwendet. Zu Beginn der Studie wurden darüber hinaus neun Patienten mittels einer alternativen Plattenosteosynthese (PositionHTO, Aesculap, Braun, Tuttlingen, Deutschland) versorgt. Aufgrund einer gehäuften Komplikationsrate wurde dieser Studienarm jedoch nach neun Patienten abgebrochen (Schroter et al., 2011). Aufgrund dessen finden diese Patienten keine Berücksichtigung in der vorliegenden Studie.

Grundsätzlich erfolgte die Durchführung der MOWHTO in Anlehnung an die von Lobenhoffer und Agneskircher sowie von Staubli et al. beschriebene Vorgehensweise (Lobenhoffer und Agneskirchner, 2003) (Staubli et al., 2003). Diese Vorgehensweise kennzeichnet sich durch eine im ersten Schritt durchgeführte schräge biplanare Osteotomie unter Erhaltung von mindestens

10 mm des lateralen Kortex. Der intakte laterale Knochenanteil dient als Haltepunkt bei der im nächsten Schritt durchgeführten Öffnung der Osteotomie. Dafür werden mehrere Meißel nacheinander in den Osteotomiespalt eingebracht, um eine langsame, kontinuierliche Öffnung der Osteotomie gewährleisten zu können. Im darauffolgenden Schritt kann bei einem möglicherweise präoperativ vorliegenden Extensionsdefizit eine Anpassung der Ausrichtung des Tibiaplateaus erfolgen, um eine postoperative vollständige Extension herstellen zu können. Liegt kein präoperatives Extensionsdefizit vor, bleibt die Ausrichtung des Tibiaplateaus unverändert.

Im abschließenden Schritt erfolgt die Osteosynthese mittels der extra für die MOWHTO entwickelten TomoFix-Platte. Die Fixierung der TomoFix-Platte erfolgt unter anderem mittels winkelstabiler Schrauben, um ein hohes Maß an Stabilität der etablierten Osteosynthese zu gewährleisten. (Lobenhoffer und Agneskirchner, 2003)

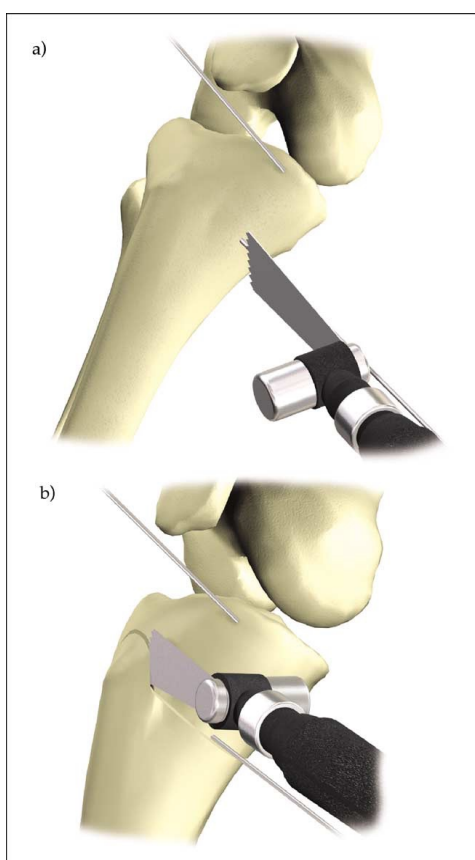


Abbildung 5: Durchführung der biplanaren Osteotomie mittels oszillierender Säge (Staubli et al., 2003).

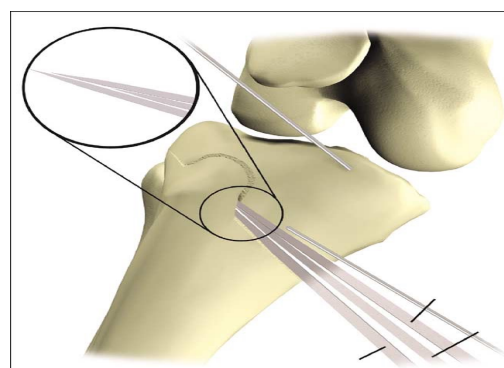


Abbildung 4: Öffnung des Osteotomiespalts mittels mehrerer Osteome (Staubli et al., 2003).

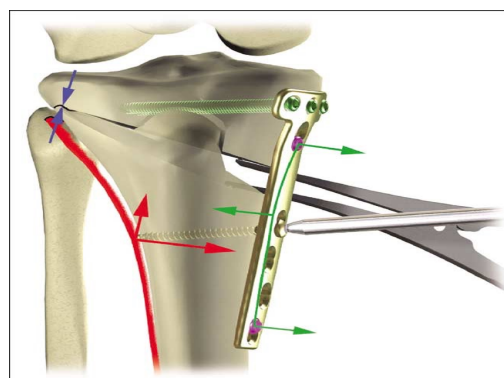


Abbildung 6: Osteosynthese mittels Tomo-Fix Platte und Winkelstabiler Schrauben (Staubli et al., 2003).

2.3. Patientenkollektiv, Ein- und Ausschlusskriterien

Das Patientenkollektiv setzt sich aus 120 Patienten zusammen, welche sich im Zeitraum zwischen Dezember 2008 und Dezember 2011 einer valgusierenden medialen open wedge HTO an der BG Unfallklinik Tübingen unterzogen und im Rahmen dessen prospektiv erfasst wurden. Eingeschlossen wurden demzufolge alle Patienten, welche sich mindestens 12 Jahre postoperativ dazu bereitklärten an dieser erneuten Follow-Up Untersuchung teilzunehmen und nach Aufklärung ihr schriftliches Einverständnis dafür erteilten. Wie in Abbildung 7 dargestellt, konnten n = 95 Studienpatienten erfolgreich in die Studie eingeschlossen werden. Ausgeschlossen wurden lediglich diejenigen Patienten, die entweder ihr Einverständnis verwehrt oder die anhand des Algorithmus in Abbildung 8 nicht kontaktiert werden konnten.

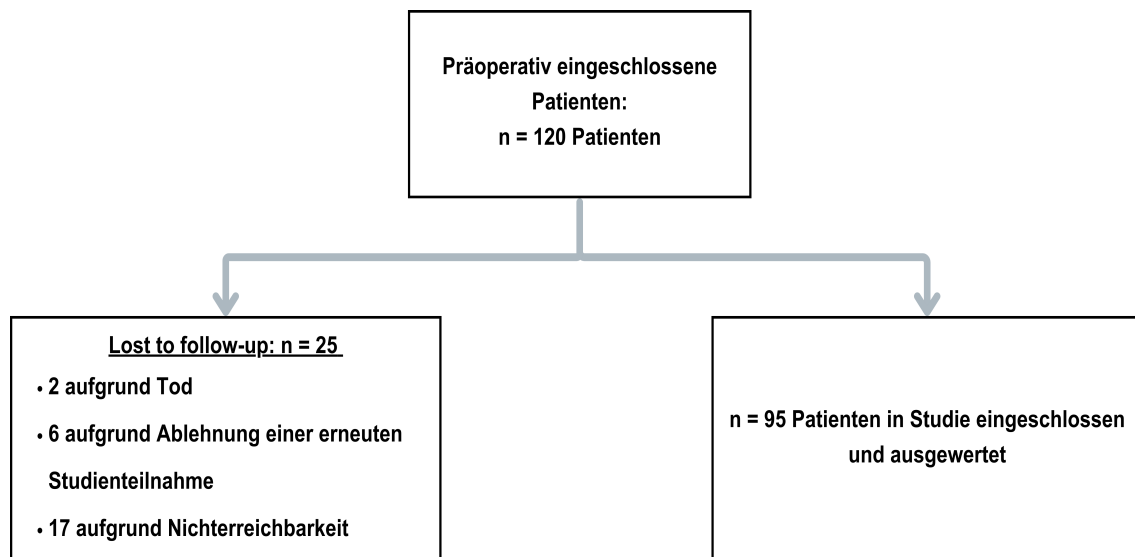


Abbildung 7: Patientenkollektiv, Gründe des Ausschlusses

2.4. Patientenakquise

Die Patientenakquise erfolgte nach dem in Abbildung 8 dargestelltem Algorithmus.

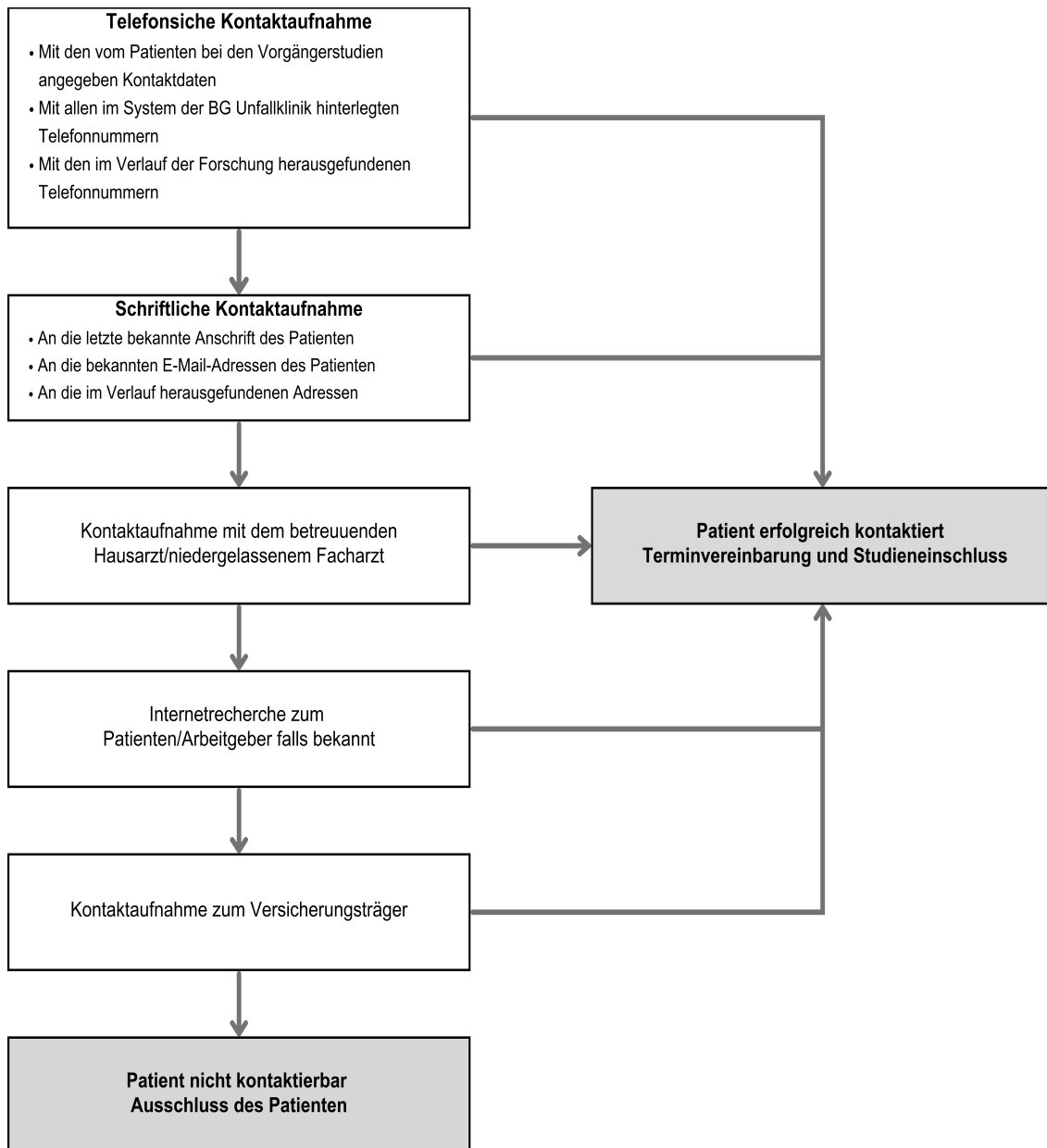


Abbildung 8: Algorithmus der Patientenakquise nach dem die Studienpatienten akquiriert bzw. ausgeschlossen wurden.

2.5. Ablauf der Nachuntersuchungen

Nach erfolgreicher Kontaktaufnahme, wurde ein Termin für die Nachuntersuchung vereinbart. Die klinisch-radiologische Nachuntersuchung erfolgte im Zeitraum von Mai 2022 bis Juni 2024 in den Räumlichkeiten der BG Unfallklinik Tübingen. Nach Aufklärung und Erteilung des schriftlichen Einverständnisses der Patienten, erfolgte die Bearbeitung des standardisierten Fragebogens seitens der Patienten. Bei Unklarheiten wurde das Ausfüllen der Fragebögen durch den Untersuchenden unterstützt. Nach Abschluss der Bearbeitung des Fragebogens erfolgte die klinische Untersuchung. In dieser lag der Schwerpunkt der Untersuchung auf der Evaluation der Bewegungsausmaße des Kniegelenks, der Beurteilung der Bandstabilität in frontaler und sagittaler Ebene sowie der Testung möglicher Meniskuszeichen.

2.6. Messinstrumente: Validierte klinische Scores

In den 1990er Jahren hat sich in der gesamten Medizin, jedoch vor allem in der Orthopädie ein Verständnis etabliert, wonach der Erfolg einer Behandlung nunmehr weniger anhand von objektiven Befunden wie klinischen Biomarkern oder der Mortalität einer Erkrankung bestimmt wurde, sondern zunehmend der Patient, dessen Sichtweise und sein Empfinden in den Mittelpunkt gerückt wurde (Laucis et al., 2015). Dies lässt sich auch daran erkennen, dass viele der Messinstrumente (Fragebögen) um die subjektiven, vom Patienten berichteten Ereignisse (Patient Reported Outcome Measures/PROMS) festhalten zu können, erstmals im Bereich der 1990er Jahre publiziert wurden (Collins et al., 2011).

Bei der Beurteilung aber vor allem auch hinsichtlich der operativen Therapie der Arthrose (Implantation einer Endoprothese, Umstellungsosteotomie) werden radiologische Aspekte mit in Betracht gezogen, der Schwerpunkt der Beurteilung liegt aber auf der klinischen Präsentation und auf den vom Patienten berichteten Symptomen. Demzufolge macht es Sinn den Behandlungserfolg einer Maßnahme wie der medialen open wedge HTO auch in diesem Fall anhand der von den Patienten berichteten Faktoren zu messen. Zu diesen Faktoren gehören kniespezifische Variablen wie Instabilität, Krepitation, Schwellung oder Schmerz,

aber auch die Beurteilung der generellen Lebensqualität hinsichtlich des physischen und psychischen Wohlbefindens beeinträchtigen.

Demzufolge werden im folgenden Abschnitt die Fragebögen genauer dargestellt, die im Rahmen des Forschungsvorhabens verwendet wurden.

2.6.1. Erfassung der Patientenzufriedenheit

Vor der Erhebung der verschiedenen klinischen Scores erfolgt die Erfassung der Patientenzufriedenheit in Bezug auf die MOWHTO 12 Jahre postoperativ.

Hierzu wurden innerhalb des Case Report Forms vier standardisierte Fragen im Sinne einer Numeric Rating Scale (NRS) etabliert.

Die erste Frage zielt auf die Erfassung der allgemeinen Patientenzufriedenheit ab und kann von 0 = sehr unzufrieden bis 10 = sehr zufrieden beantwortet werden.

Die zweite Frage erfasst die Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis der Umstellungsosteotomie und reicht von 0 = schrecklich, über 1 = unzufrieden, 2 = ausreichend zufrieden, 3 zufrieden bis 4 = erfreut.

Die dritte Frage soll sowohl die Erwartungshaltung erfassen als auch inwieweit die Erwartungen an die MOWHTO erfüllt wurden. In Bezug auf diese Frage reichen die Antwortmöglichkeiten von 0 = in keiner Art und Weise erfüllt, über 1 = wenig erfüllt, 2 = teilweise erfüllt und 3 = erfüllt, bis 4 = Erwartungen wurden übertroffen.

Die vierte und letzte Frage bezüglich der Patientenzufriedenheit erfasst ob, wenn nötig, sich die Patienten der OP nochmal unterziehen würden. Die dichotome Antwortmöglichkeiten umfassten „Ja“ oder „Nein“.

2.6.2. SF-36

Der SF-36 (Short-Form-36) ist einer der am häufigsten verwendeten Messinstrumente zur Beurteilung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität. Die Validität, Reliabilität und Veränderungssensitivität des Fragebogens wurden in mehreren Studien nachgewiesen. Darüber hinaus ist er mittlerweile in über 20 verschiedene Sprachen übersetzt, weshalb er eine gute internationale Vergleichbarkeit zeigt (Ellert und Kurth, 2013) (Gandek et al., 1998, Wagner et al., 1988). Der SF-36 ermöglicht durch die Beantwortung von 36 Fragen, sowohl die Beurteilung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Gesamten als auch deren Subskalen im Detail (Laucis et al., 2015). Er wurde 1992 von Ware Jr. und Sherbourne veröffentlicht, indem sie Acht von 40 Subskalen der gesundheitsbezogenen Lebensqualität auswählten, nachdem diese zuvor im Rahmen einer vierjährigen Studie, der Medical-Outcome-Study (MOS), untersucht wurden (Ware Jr und Sherbourne, 1992). Diese acht Subskalen sind definiert als körperliche Funktionsfähigkeit (PF), körperliche Schmerzen (BP), körperliche Rollenfunktion (RP), allgemeine Gesundheitswahrnehmung (GH), Vitalität (V), soziale Funktionsfähigkeit (SF) emotionale Rollenfunktion (RE) und psychisches Wohlbefinden (MH). Diese Teilbereiche des SF-36 können als individuelle Scores analysiert werden oder im Rahmen des „Physical Component Summary Scores (PCS) und des Mental Component Summary Scores (MCS) aggregiert werden. Der PCS steht exemplarisch für den Zustand der körperlichen Gesundheit und basiert auf den Subskalen PF, RP, BP und GH. Der MCS dahingegen spiegelt die psychische Gesundheit wider und beinhaltet die Subskalen V, SF, RE und MH (Bullinger und Kirchberger, 1998). Der Vorteil der Summenscores liegt in kleineren Konfidenzintervallen und geringeren Boden- und Deckeneffekten. Darüber hinaus wird die Menge der Analysen von acht auf zwei reduziert, wodurch der Verlust an statistischer Power durch mehrfaches Testen verringert wird (Laucis et al., 2015). Dennoch weisen Ware und Kosinski in ihrer Ursprünglichen Anleitung darauf hin, dass die gebildeten Summenscores (PCS / MCS) stets mit den jeweiligen Subskalen verglichen werden sollten, bevor Schlussfolgerungen gezogen werden (Ware Jr und Kosinski, 2001).

Der SF-36 Fragebogen eignet sich darüber hinaus nicht nur zum Vergleich von Patienten untereinander, sondern vor allem auch um den Zustand der Patienten in Verhältnis mit der Normalbevölkerung zu setzen. Hierfür werden die Rohwerte der einzelnen Subskalen einer Z-Transformation unterzogen und nach Berücksichtigung alters- und geschlechtsspezifischer Koeffizienten in eine normbasierte Variante transformiert (Ware Jr, 2000). Die für Deutschland als repräsentativ geltenden Normdaten, wurden im Rahmen der Ergebnisse der Studie zur Gesundheit Erwachsener in Deutschland erhoben. Mit diesen ist ein Vergleich sowie die Einordnung der Ergebnisse hinsichtlich des Abschneidens im Vergleich zur deutschen Normstichprobe möglich (Ellert und Kurth, 2013).

2.6.3. Lysholm-Score

Der Lysholm-Score wurde 1982 von Jack Lysholm und Jan Gillquist entworfen und ursprünglich für die Evaluation der Bandinstabilität des Kniegelenks aus subjektiver Patientenperspektive konzipiert (Lysholm und Gillquist, 1982). Eine Punktzahl zwischen 0 und 100 wird anhand 8 verschiedener Kategorien vergeben. Diese Kategorien sind: Hinken, Hilfsmittel, Kniebeugen, Blockieren, Schmerz, Treppensteigen, Instabilität, Schwellung. Eine Punktzahl zwischen 95 und 100 wird als exzellent bewertet, eine Punktzahl zwischen 84 und 94 als gut, eine Punktzahl zwischen 65 und 83 als befriedigend und eine Punktzahl kleiner 65 als mangelhaft (Lysholm und Gillquist, 1982). Der Lysholm-Score überzeugt sowohl durch seine einfache patientenseitige Anwendung als auch durch seine Kürze und damit einhergehender schnellen Durchführung. Darüber hinaus wurde der Lysholm-Score im Verlauf nicht nur für die Evaluation der Bandinstabilität, sondern unter anderem auch für die Beurteilung von Meniskusschäden, Knorpelschäden und Patellaluxationen validiert (Briggs et al., 2006, Kocher et al., 2004). Der Lysholm-Score wird klassischerweise als Vergleichswert vor und nach einer Operation bestimmt, um eine Funktionsveränderung des Gelenks nach einem Eingriff zu beschreiben. Darüber hinaus haben Briggs et al. 2006 im Rahmen einer Querschnittstudie mit 488 Patienten Normwerte für den Lysholm-Score an gesunden Patienten ohne Knieverletzung in der Vorgeschichte bestimmt. Diese erreichten einen Durchschnittswert von 94 Punkten wobei 66 %

der Werte als Exzellente, 25 % als gut, 9 % als befriedigend und <1 % als mangelhaft klassifiziert wurden. Diese Werte können als Vergleichswerte in Bezug auf eine gesunde Population herangezogen, jedoch sollten mögliche Altersunterschiede und Unterschiede hinsichtlich des Aktivitätsniveaus mitberücksichtigt werden (Briggs et al., 2009).

2.6.4. Tegner Aktivitätsscore (TAS)

Der Tegner Aktivitätsscore wurde als Ergänzung zum Lysholm Score 1985 von Tegner und Lysholm zusammen publiziert (Tegner und Lysholm, 1985). Der Tegner Aktivitätsscore ist ein Score, der die alltags- und sportartspezifische Funktion eines Individuums untersucht. Der Score ordnet jedem Wert zwischen 0 und 10 bestimmte Aktivitäten zu, wobei der Patient denjenigen Wert erreicht, dessen Aktivität er ausführen kann. Ein Wert von 10 ist definiert als die Teilnahme an Wettkampfsport im Bereich Fußball oder Ski-Alpin auf nationalem oder internationalem Niveau. Werden Fußball oder Ski-Alpin als Freizeitsport betrieben, wird noch ein Punktwert von 7 vergeben. Ist eine Arbeitsunfähigkeit oder Berentung aufgrund von Knieproblemen oder das normale Gehen nur eingeschränkt möglich, wird ein Punktwert von 0 vergeben (Tegner und Lysholm, 1985). Da vor allem Sportarten mit großer Belastung des Bandapparates (Insbesondere des vorderen Kreuz- und Innenbandes) genannt werden ist hierfür die Aussagekraft des Scores mit am größten. Briggs et al. untersuchten den Tegner Aktivitätsscore an gesunden Individuen und konnten einen Durchschnittswert von 5,7 (Respektive 6,0 für Männer und 5,4 für Frauen) feststellen (Briggs et al., 2009).

2.6.5. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Der KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score) ist ein Messinstrument, um Beschwerden am Kniegelenk sowie die Relevanz der Beschwerden hinsichtlich des Alltags, der Lebensqualität und des Sports genauer zu evaluieren. Er basiert auf den fünf Subskalen, Schmerzen, andere Symptome, Steifigkeit, Beeinflussung der Lebensqualität, Aktivitäten des täglichen Lebens sowie Sport und Freizeit. Jede einzelne Subskala ist für eine individuelle Auswertung validiert, wodurch der Untersucher die Möglichkeit bekommt, die für den jeweiligen Patienten am relevanteste Subskala genauer zu evaluieren. Jeder Subskala werden Werte von 0 bis 100 zugeordnet. 87,5-100 Punkte spiegelt dabei keine Beschwerden, 62,5-87,5 Punkte milde Beschwerden, 37,5-62,5 Punkte moderate Beschwerden, 12,5-37,5 Punkte starke Beschwerden und 0-12,5 Punkte extreme Beschwerden wider (Roos, 2024).

Der KOOS wurde im Rahmen des 12-Jahres Follow-up am untersuchten Studienkollektiv zum ersten Mal erhoben. Aufgrund dessen wird kein Vergleich der erhobenen Werte mit anderen Werten innerhalb des Studienkollektivs möglich sein. Dennoch ermöglicht der KOOS, durch seinen vielseitigen Aufbau, den Vergleich der einzelnen Subskalen mit anderen Studien welche KOOS-Werte im Langzeitverlauf nach HTO berichten.

2.6.6. International Knee Documentation Committee (IKDC) Score

Der IKDC Score ist ein weit verbreitetes, von einem Komitee internationaler Experten des Kniegelenks geschaffenes, Messinstrument. Der IKDC Score ist wenig krankheitsspezifisch, sondern ein eher kniespezifischer Score zur Evaluation von Symptomen, Funktionsfähigkeit und sportlicher Aktivität. Er zeigt eine gute Validität und Reliabilität sowohl für Erkrankungen ligamentärer Genese als auch für patellofemorale Erkrankungen, Knorpelerkrankungen und Meniskuserkrankungen (Irrgang et al., 2001). Der Score beinhaltet 3 Bereiche: 1. Symptome wie Schmerzen, Schwellung, Instabilität mit insgesamt 7 Punkten, 2. Sport und Alltagsaktivitäten mit insgesamt 10 Punkten und 3. Aktuelles Funktionsniveau des Kniegelenks mit insgesamt 1 Punkt. Die Antwortmöglichkeiten des Scores variieren innerhalb der Bereiche stark und reichen von einfach „Ja“ oder „Nein“ Antworten bis hin zur Differenzierung 11 verschiedener Antwortmöglichkeiten (Collins et al., 2011).

Die Auswertung erfolgt anhand der Summierung der einzelnen Items (jede Antwortmöglichkeit besitzt ihren eigenen Scorewert) zu einem Gesamtscore mit der Formel:

$$(Summe\ der\ Items) / (maximal\ möglicher\ Scorewert) \times 100 = IKDC\text{-}Score$$

Der höchste zu erreichende Wert von 100 steht stellvertretend für keinerlei Einschränkungen der täglichen Aktivitäten oder sportlichen Belastung in Abwesenheit von Schmerzen (Collins et al., 2011).

2.6.7. Oxford Knee Score (OKS)

Der Oxford Knee Score (OKS) wurde erstmal 1998 von Dawson et al. für die Verlaufskontrolle von Patienten, welche mittels Implantation einer Totalendoprothese des Kniegelenks therapiert wurden, publiziert (Dawson et al., 1998). Seitdem ist der OKS eines der am häufigsten eingesetzten Messinstrumente zur Evaluation des Kniegelenks und wird vielfach, unter anderem in den Bereichen der Pharmakotherapie, der Rehabilitation oder nach Osteotomie verwendet (Murray et al., 2007). Der OKS beinhaltet zwölf Fragen bezüglich verschiedener Alltagsaktivitäten mit jeweils 5 Antwortmöglichkeiten (0 – 4). Er ist aufgrund dessen an jedem Ort schnell und einfach patientenseitig durchführbar. Das initiale Scoring wurde im Verlauf seit der Veröffentlichung angepasst, sodass in der aktuellen Version im besten Fall 48 Punkte erreicht werden können, sofern keinerlei Beschwerden des Patienten vorliegen. Im schlechtesten Fall werden 0 Punkte erreicht. Dieses hatte den Hintergrund, dass für gewöhnlich in orthopädischen Scoringsystemen eine hohe Punktzahl ein gutes funktionelles Ergebnis widerspiegelt und eine niedrige Punktzahl stellvertretend für ausgeprägte Symptome steht. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurde die aktuelle, überarbeitete Version verwendet.

Über den Gesamtscore des OKS hinaus, können für die detailliertere Beurteilung der Faktoren Schmerz und Funktion, noch weitere Subskalen des OKS berechnet werden. Für die OKS Subskala Schmerz, werden die Fragen 1, 4, 5, 6, 8, 9 und 10 von 0 bis 4 bewertet, für die Subskala Funktion dahingegen die Fragen 2, 3, 7, 11, und 12. Anschließend wird der errechnete Wert (raw-score) in folgende Formel eingesetzt: (Harris et al., 2013)

$$\begin{aligned} & (100/\text{max. possibl. domain score (Anzahl der berücksichtigten Fragen} \times 4)) \times \\ & \text{raw score} \\ & = \text{OKS subscale score} \end{aligned}$$

In Bezug auf die Gesamtpunktzahl ist eine Kategorisierung der Gesamtpunktzahl in vier Gruppen möglich. Diese wertet eine Punktzahl > 41 als „exzellentes“ Ergebnis und eine Punktzahl zwischen 34 und 41 als gutes Ergebnis. Ein

befriedigendes Ergebnis wird mit einer Punktzahl von 27 bis 31 beschrieben und ein schlechtes Ergebnis wird als eine Punktzahl < 27 definiert (Kennedy et al., 2020).

2.7. Statistik

Die statistische Auswertung sowie die Erstellung aller Tabellen und Abbildungen, wurde mit SPSS® Version 29.0.1.1 (IBM® Armonk, New York, Vereinigte Staaten) und Microsoft Excel Version 16.86 (Microsoft, Washington, Vereinigte Staaten) für MAC™ OS (Cupertino, Kalifornien, Vereinigte Staaten) durchgeführt. Mittelwertvergleiche wurden je nach Abhängigkeit der Stichproben mittels gepaartem oder ungepaartem t-test durchgeführt. Auf der Basis des zentralen Grenzwertsatzes, wurde bei Stichproben größer $n = 30$ eine Normalverteilung angenommen. Den T-tests ging ein Levene-Test auf Varianzgleichheit voraus. Im Rahmen der Bestimmung von Risikofaktoren, im Sinne einer Ursache-Wirkungs-Beziehung, wurde aufgrund der dichotom nominalen Ausprägung der abhängigen Variable stets eine binäre logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Diese wurde zur Maximierung der Aussagekraft als multivariate logistische Regression durchgeführt, um Confounder Effekte zu minimieren. Zuvor wurde durch einen Chi-Quadrat und Hosmer-Lemeshow-Test das Modell auf Signifikanz überprüft.

Über alle statistischen Tests hinweg wurde ein Alpha Niveau von 0,05 angenommen und somit mindestens eine zweiseitige Ausprägung von $p \leq 0,05$ als Signifikanzniveau definiert.

3. Ergebnisse

3.1. Allgemeine Charakteristika des Studienkollektivs

Im Rahmen der Nachuntersuchungen, konnten insgesamt $n = 95$ Patienten erneut in die Studie eingeschlossen werden. Das Studienkollektiv ist durch folgende allgemeine Charakteristika gekennzeichnet.

Tabelle 1 zeigt die Veränderungen der allgemeinen Charakteristika des Studienkollektivs von präoperativ über die 6-Jahres-Follow-up-Periode bis zum aktuellen 12-Jahres-Follow-up.

Tabelle 1: Allgemeine Charakteristika des Studienkollektivs; BMI = Body Mass Index; mTFA = mechanical tibiofemoral Angle. Die präoperativen- sowie die Werte der mTFA 6 Jahre postoperativ, wurden aufgrund der Übereinstimmung des Studienkollektivs von Herbst et al. übernommen (Herbst et al., 2022). Zum Zeitpunkt der Verfassung dieser Arbeit steht die Analyse der mTFA 12 Jahre postoperativ noch aus. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung

<i>Charakteristika</i>	<i>Präoperativ</i>	<i>6 J - Follow-up</i>	<i>12 J - Follow-up</i>
Eingeschlossene Patienten	120	104	95
Alter (Jahren)	46,9 \pm 7,6	54,1 \pm 7,3	60,0 \pm 7,5 (Min: 33 / Max: 76)
Geschlecht	M = 85 (71 %) W = 35 (29 %)	M = 72 (69 %) W = 32 (31 %)	M = 67 (70,5 %) W = 28 (29,5 %)
BMI (kg/m ²)	29,1 \pm 5,0	29,0 \pm 5,0	30,2 \pm 7,2 (Min: 18,8 / Max: 63,1)
mTFA (operative Korrektur)	-4,9 \pm 2,2° Varus	+0,4 \pm 2,6° Valgus (6,9 \pm 3,2°)	
mMPTA	85,92° \pm 2,6° (Min: 80,30°; Max: 95,30°)	91,52° \pm 2,7° (Min: 84,6°; Max: 97,6°)	
Grad medialer Gonarthrose	1° = 2 (2,0 %) 2° = 7 (6,9 %) 3° = 45 (44,1 %) 4° = 48 (47,1%)		
Posttraumatische Gonarthrose	Ja = 5 (4,1%) Nein = 98 (95,1%)		
Beobachtungszeitraum (Monaten)	0	81,2 \pm 11,3	154,9 \pm 9,7

3.2. Patientenzufriedenheit

Allgemeine Patientenzufriedenheit:

Der Median der allgemeine Patientenzufriedenheit lag bei 8,00 (arithmetischer Mittelwert 7,6).

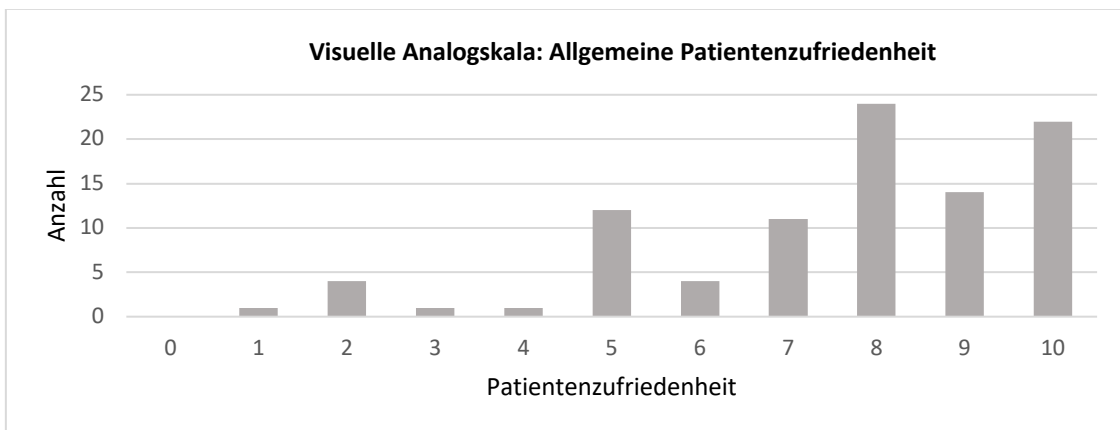


Abbildung 9: Histogramm einer Visuellen Analogskala (VAS); Allgemeine Patientenzufriedenheit des gesamten Studienkollektivs von 0 = sehr unzufrieden bis 10 = sehr zufrieden.

Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis:

Bezüglich der Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis gaben 35,1 % der Studienpatienten an 12 Jahre nach MOWHT mit dem Gesamtergebnis „erfreut“ zu sein. Zusammen mit den 52,1 % der Studienpatienten, die die zweitbeste Antwortmöglichkeit „zufrieden“ wählten, sind in Summe 87,2 % der Studienpatienten mit dem 12 Jahres Ergebnis „zufrieden“ oder „erfreut“. Lediglich 7,5 % gaben an „ausreichend zufrieden“ zu sein und 5,3 % waren mit dem Ergebnis unzufrieden.

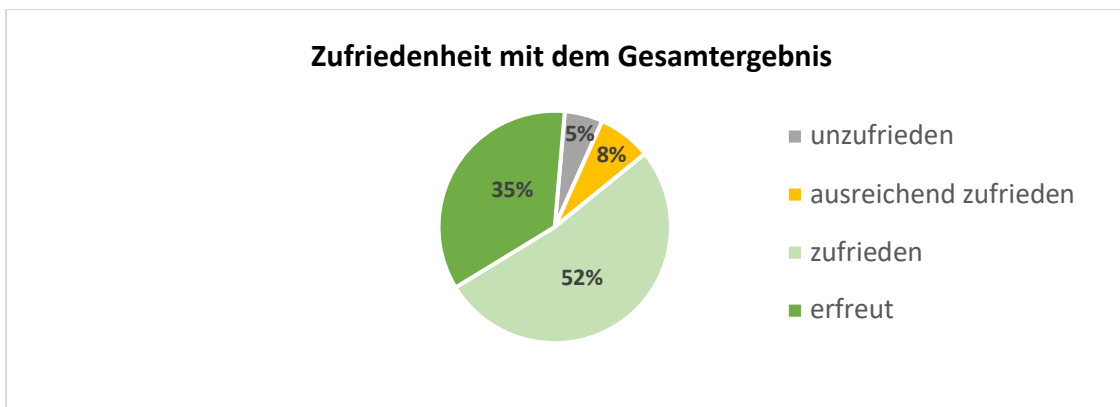


Abbildung 10: Kreisdiagramm; Zufriedenheit mit dem Gesamtergebnis aller Studienteilnehmer.

Erfüllung der Erwartungen:

80,9 % der Studienpatienten gaben an, dass Ihre Erwartungen bezüglich der MOWHTO „erfüllt“ (60 %) oder „übertroffen“ (21 %) wurden. Dahingegen gaben 19 % der befragten an, dass ihre Erwartungen an die MOWHTO lediglich „teilweise erfüllt“ (14 %) oder „wenig erfüllt“ (5 %) wurden.

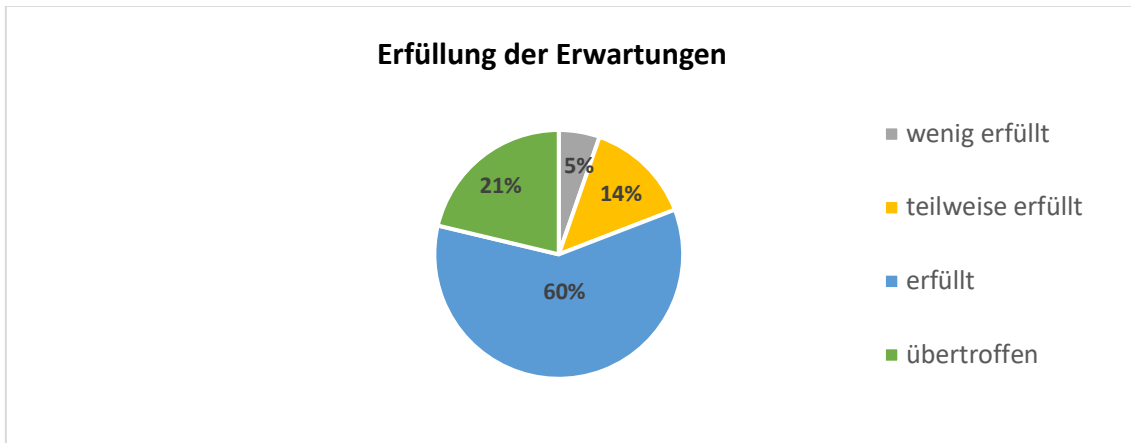


Abbildung 11: Kreisdiagramm; Prozentuale Verteilung der Erfüllung der Erwartungen aller Studienpatienten

Erneute Durchführung der MOWHTO:

In der Gesamtbetrachtung gaben 90,4 % der Patienten an sich, sofern notwendig, erneut einer MOWHTO zu unterziehen. 9,6 % der Befragten gaben an sich nicht erneut mittels MOWHTO therapieren lassen zu wollen. Für das Kollektiv, das nach wie vor keine Endoprothese implantiert bekommen hat, liegt der Anteil der Patienten, die sich nochmals einer HTO unterziehen würden, sogar bei 96,8 %.

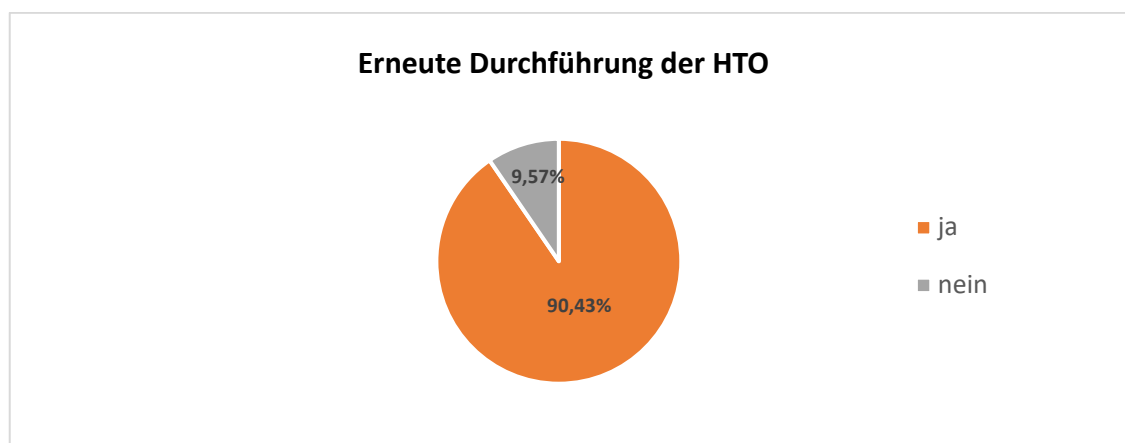


Abbildung 12 Kreisdiagramm; Prozentzahl des Studienkollektivs das erneut der Durchführung einer HTO zustimmen würde.

Kollektiv „Endoprothese“:

Die Auswertung der Antworten derjenigen Studienpatienten, die während des Beobachtungszeitraums eine Endoprothese implantiert bekommen haben, zeigt, dass 78 % der Patienten angaben, dass ihre Erwartungen an die MOWHTO "erfüllt" oder "übertroffen" wurden (Abbildung 14). Darüber hinaus würden sich ebenfalls 77 % dieser Patienten erneut einer HTO unterziehen.

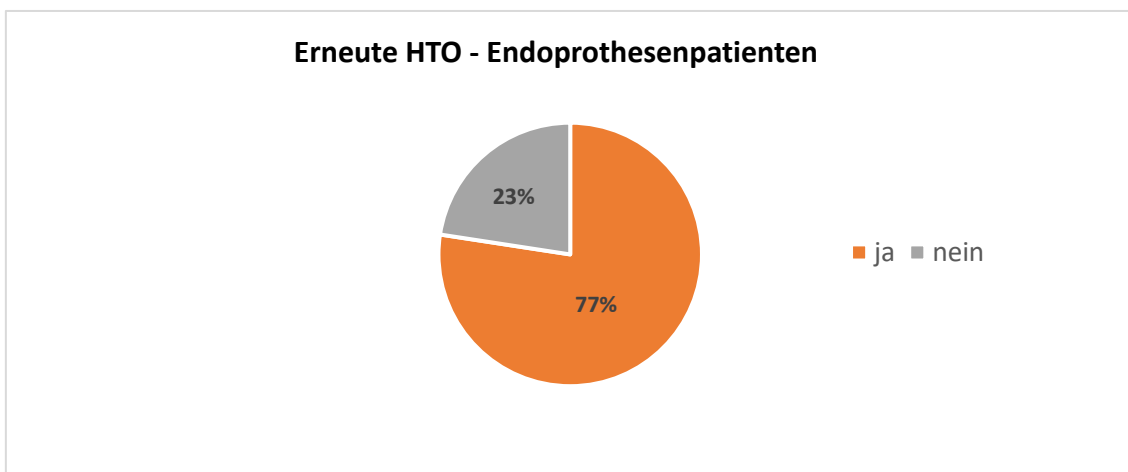


Abbildung 13: Kreisdiagramm: Erneute Durchführung der HTO bei Patienten mit Konversion zur Endoprothese im Beobachtungszeitraum.

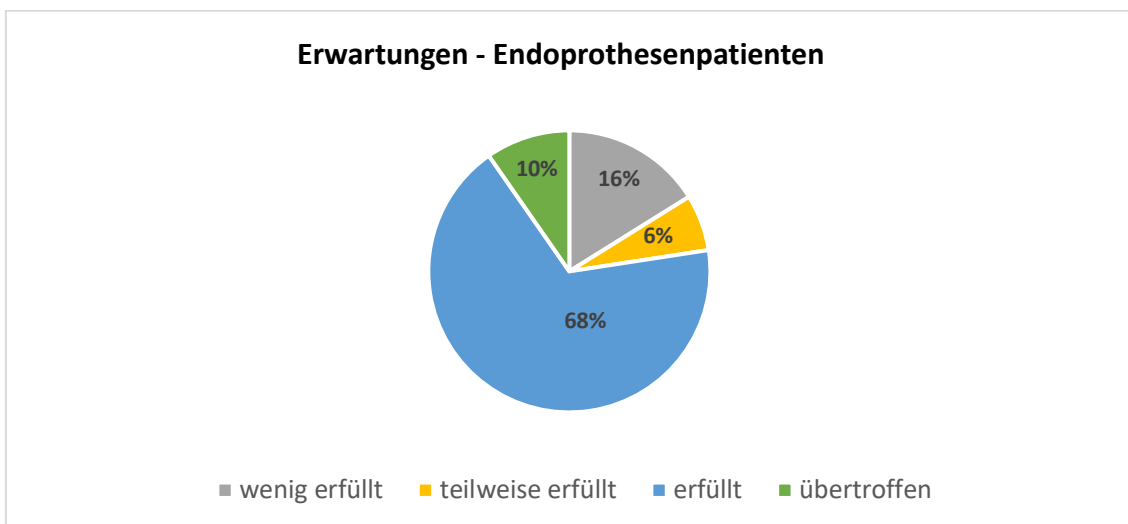


Abbildung 14: Kreisdiagramm: Erfüllung der Erwartungen der HTO der Patienten, bei denen im Beobachtungszeitraum eine Endoprothese implantiert wurde.

3.3. Überlebensrate der HTO

Die Beurteilung des langfristigen Outcomes der HTO basiert auf der Analyse verschiedener Messgrößen, wobei die Überlebens- und Konversionsrate der HTO in Bezug zu einer Endoprothese von besonderer Relevanz sind. Die Konversionsrate gibt Aufschluss über die Anzahl derjenigen Studienpatienten, die innerhalb eines definierten Zeitraums ein künstliches Kniegelenk implantiert bekommen haben. Demgegenüber definiert die Überlebensrate denjenigen Anteil, bei dem keine Konversion zu einer Endoprothese stattgefunden hat. In der aktuellen Follow-up-Studie wurde eine Überlebensrate der HTO von 67,4 % für das zugrundeliegende Studienkollektiv (n = 95) beim letzten Follow-up ermittelt. Die mittlere Nachbeobachtungszeit des Gesamtkollektivs betrug 12,9 Jahre.

Abbildung 15 zeigt ein Kaplan-Meier-Diagramm, welches die Überlebensrate der MOWHTO in Bezug auf das Gesamtkollektiv darstellt. Es ist ersichtlich, dass nach einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren (60 Monate), bei 90 % der Patienten des Gesamtkollektivs noch keine Konversion zu einer Endoprothese erfolgte. Nach 10 Jahren (120 Monate) sind es noch knapp 75 % und nach 12 Jahren (142 Monate) sind es 70 % des Studienkollektivs, die nach wie vor kein künstliches Kniegelenk implantiert bekommen haben. In Konsequenz lässt sich eine Konversionsrate von 36,6 % nach 12,9 Jahren ableiten.

Ebenfalls sind Informationen hinsichtlich des zeitlichen Verlaufs der Konversionen (n = 31) während des Beobachtungszeitraums ablesbar.

Die früheste Konversion erfolgte nach 17,7 Monaten und die späteste nach 155,8 Monaten. Im Mittel erfolgte die Implantation der Endoprothesen, bei den nachuntersuchten Patienten, nach 87,6 Monaten SD $\pm 7,2$. Der Median der Konversionsrate liegt bei 85,9 Monaten SD $\pm 7,1$. Es ist zu erkennen, dass die Konversionen nach Monat 17, bis auf zwei kurze Plateauphasen bei 50 und 100 Monaten mit einer konstanten Rate durchgeführt werden.

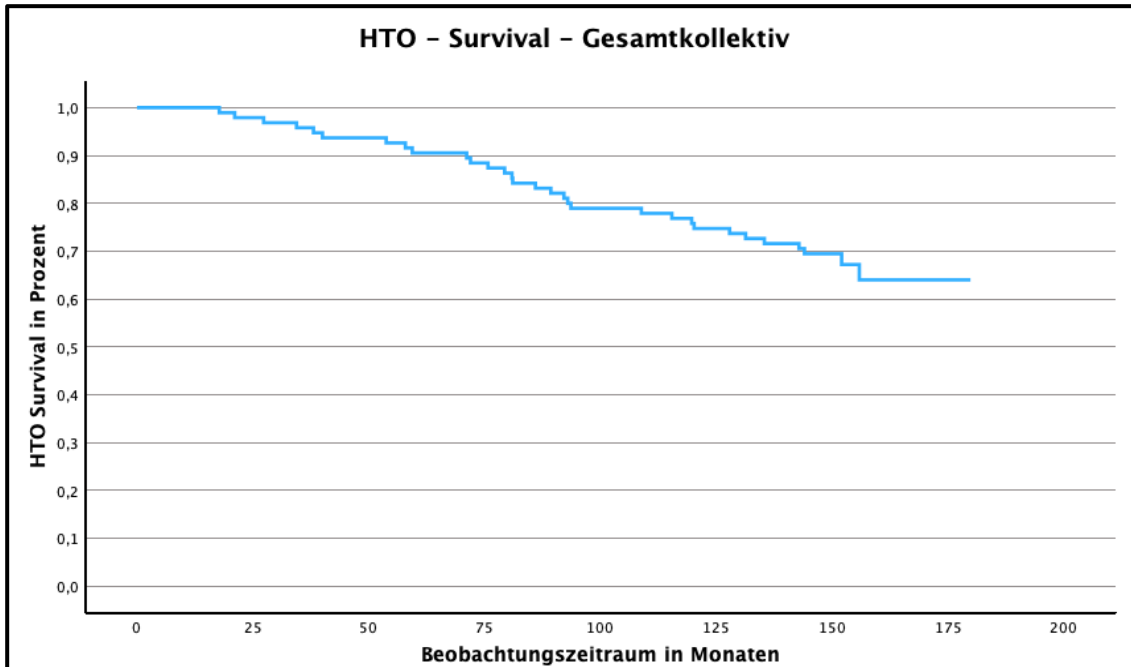


Abbildung 15: Kaplan-Meier-Kurve hinsichtlich der Überlebensrate der HTO des untersuchten Gesamtkollektivs. Die x-Achse kennzeichnet den Beobachtungszeitraum in Monaten, die y-Achse beschreibt den Prozentualen Anteil des Gesamtkollektivs, welches noch keine Konversion hinsichtlich einer Endoprothese hatte. Die blaue Linie steht stellvertretend für das Gesamtkollektiv und nähert sich pro stattgefunderer Konversion der x-Achse an.

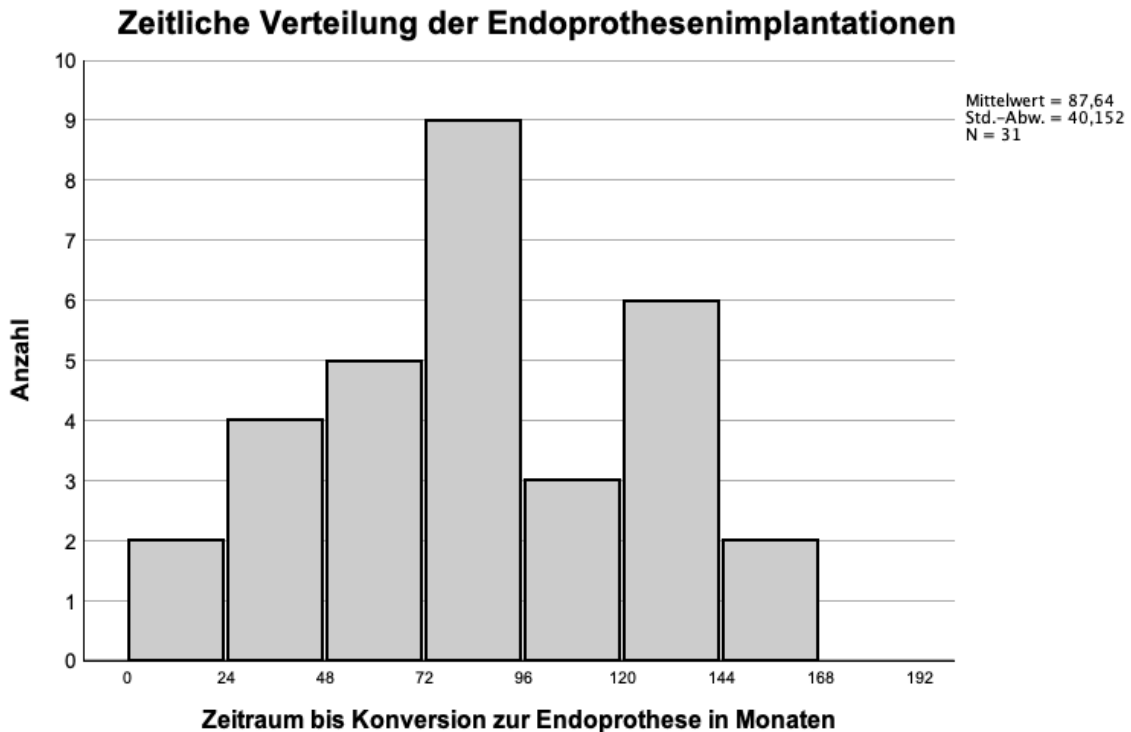


Abbildung 16: Darstellung des zeitlichen Verlaufs der Endoprothesenimplantationen mittels eines Histogramms. Der Zeitintervall eines jeden Balkens entspricht 24 Monaten (2 Jahre). Insgesamt sind $n = 31$ Endoprothesen implantiert worden.

Die in Abbildung 16 dargestellten Intervalle zeigen die jeweilige Anzahl der Konversionen zu einer Endoprothese, die bei den untersuchten Studienpatienten stattgefunden haben. Die Abbildung verdeutlicht, dass im Zeitraum zwischen 72 und 96 Monaten die höchste Anzahl an Konversionen ($n = 8$) zu verzeichnen war. Des Weiteren lässt sich erkennen, dass bis zum Maximum der Konversionen nach 96 Monaten eine Zunahme der zweijährlichen Konversionen mit einer konsekutiven Abnahme der Konversionen nach dem 96. postoperativen Monat zu beobachten ist.

3.3.1. Analyse des Studienkollektivs „Endoprothese“

Im Folgenden wird das Kollektiv von n = 31 Studienpatienten, bei denen im Beobachtungszeitraum eine Konversion zur Endoprothese durchgeführt wurde, dem Kollektiv aus n = 64 Studienpatienten gegenübergestellt, bei denen keine Konversion stattgefunden hat. Letzteres wird im Folgenden als "native HTO" bezeichnet. In Anschluss werden Risikofaktoren im Sinne eines kausalen Zusammenhangs mittels einer binär logistischen Regressionsanalyse dargestellt.

Die in Tabelle 2 gegenübergestellten Faktoren Alter, BMI und Nikotinkonsum (Anzahl an Pack-Years) sind zwischen den beiden Subgruppen ähnlich und unterscheiden sich nicht signifikant (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: Verschiedene Faktoren und ihre unterschiedlichen Ausprägungen hinsichtlich der zwei Gruppen „Endoprothese“ und „native HTO“ des untersuchten Studienkollektivs; Für ein signifikantes Ergebnis wurde $p = < 0,05$ definiert. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung.

<i>Variable</i>	<i>Endoprothese</i>	<i>Native HTO</i>	<i>Differenz</i>	<i>p - Wert</i>
Alter	61,86 \pm 6,81	59,14 \pm 7,82	2,72 \pm 1,65	p = 0,10
BMI (kg/m ²)	30,66 \pm 6,54	30,00 \pm 7,63	0,66 \pm 1,60	p = 0,68
PY (Pack/Year)	14,10 \pm 20,16	9,90 \pm 16,80	4,20 \pm 4,10	p = 0,31

Tabelle 3: Unterschiede hinsichtlich des Geschlechtes bezüglich der prozentualen Verteilung in den beiden Gruppen sowie bezüglich der Konversions- und Überlebensrate.

<i>Geschlecht</i>	<i>Endoprothese</i>	<i>Native HTO</i>	<i>Konversionsrate</i>	<i>HTO-Survival</i>
Männlich (n = 67)	16 / 67	51 / 67	23,8 %	76,1 %
Weiblich (n = 28)	15 / 28	13 / 28	53,5 %	46,4 %
Insgesamt	n = 31/95	n = 64/95	32,4 %	67,6 %

In Bezug auf das Geschlecht lässt sich anhand von Tabelle 3 ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen feststellen. In der Gruppe "Endoprothese" beträgt der Anteil weiblicher Studienpatientinnen 48,4 %, während in der Gruppe "native HTO" lediglich 20,3 % der Studienpatienten weiblich sind. Bei den 28 nachuntersuchten weiblichen Studienpatientinnen erfolgte bei $n = 15$ (53,5 %) eine Konversion zu einem künstlichen Kniegelenk. Bei den männlichen Studienpatienten wurde dies lediglich bei $n = 16$ (23,8 %) beobachtet.

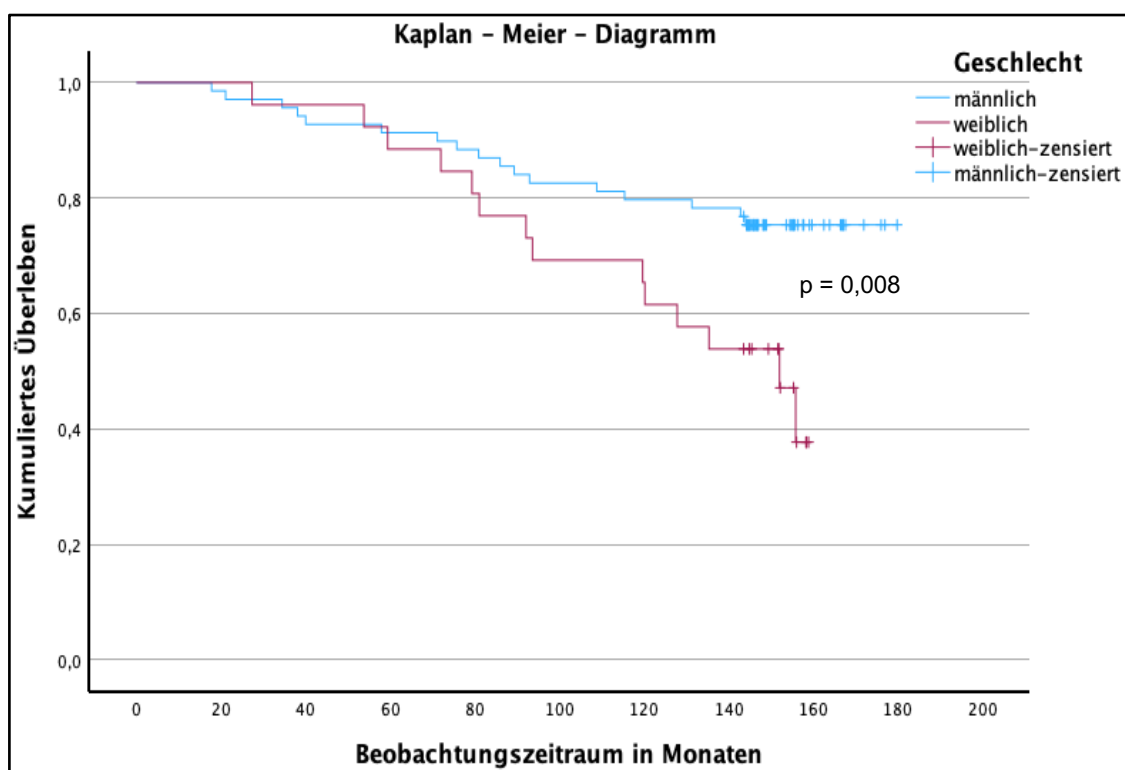


Abbildung 17: Kaplan Meier Diagramm: Dargestellt werden die beiden Verläufe der Implantationen der Endoprothesen des Gesamtkollektivs aufgeteilt nach Männern (blaue Kurve) und Frauen (Rote Kurve). Der Log-Rank-Tests zeigt sich mit $p = 0,008$ hochsignifikant für den Unterschied zwischen beiden Geschlechtern.

Abbildung 17 stellt mittels eines Kaplan-Meier-Diagramms die Divergenz der Endoprothesenimplantation in Abhängig des Geschlechts dar. Während in den ersten fünf Jahren beide Kurven einen ähnlichen Verlauf nehmen, manifestiert sich im Langzeitverlauf eine zunehmende Divergenz. Nach 5 Jahren zeigt sich ein HTO Survival von 91 Prozent bei den männlichen und 89 Prozent bei den weiblichen Studienteilnehmer. Nach 10 Jahren liegen diese Werte jedoch bei 80 % in Bezug auf die männlichen Teilnehmer und bei lediglich 60% in Bezug auf die weiblichen Teilnehmer. Nach 12 Jahren ist ein HTO Survival von 76% (männlich) und 53 % (weiblich) zu konstatieren.

Während der Median in der Kurve des männlichen Geschlechts nicht erreicht wird, wird beim weiblichen Geschlecht der Median nach 152,02 Monaten erreicht. Dies steht exemplarisch für eine Konversionsrate von 50 % für das weibliche Geschlecht. Der Log-Rank-Tests (Mantel-Cox) zeigte einen hochsignifikant ($p = 0,008$) Unterschied zwischen beiden Geschlechtern.

3.3.2. Identifizierung möglicher Risikofaktoren

Mittels einer binär logistischen Regressionsanalyse erfolgt in diesem Kapitel die Identifizierung möglicher Risikofaktoren für den Übergang der MOWHTO zu einer Endoprothese.

Die Ergebnisse der binär logistischen Regressionsanalyse hinsichtlich verschiedenen Variablen sind in Tabelle 4 dargestellt. Um die verschiedenen Einflussfaktoren und insbesondere ihre gegenseitigen Interaktionen adäquat darstellen zu können wurden exemplarisch drei Modell erstellt. Das erste Modell beinhaltet die klinischen Einflussfaktoren Geschlecht, Alter, Gewicht (BMI) und den Raucherstatus. Im zweiten Modell sind die erhobenen klinischen Scores abgebildet. Der Oxford Knee Score wurde in diesem Modell nicht berücksichtigt, da dieser präoperativ von einer signifikant geringeren Patientenzahl beantwortet wurde als die anderen erhobenen klinischen Scores. Im dritten Modell wurden die präoperativen radiologischen Parameter mTFA (Abweichung der Mikuliz-Linie), mMPTA und der Grad der Arthrose anhand der Kellgren-Lawrence Klassifikation berücksichtigt.

Bei Betrachtung des ersten Modells ist zu erkennen, dass das weibliche Geschlecht einen signifikanten ($p = 0,009$) Risikofaktor für den Übergang der HTO in eine Endoprothese darstellt. Mittels dieses Modells ist von einer 3,5-fachen erhöhten Chance einer Konversion bei weiblichen Patienten auszugehen. Die anderen Parameter des ersten Modells zeigen keinen signifikanten Einfluss. Aufgrund des signifikanten Einflusses des Faktors weibliches Geschlecht, wurde diese Variable ebenso in die Modelle zwei und drei integriert. Innerhalb dieser Modelle zeigt das weibliche Geschlecht mit $p = 0,035$ in Modell zwei und $p = 0,028$ in Modell drei ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die Konversion der HTO zu einer Endoprothese. Dies spricht für ein hohes Maß an Robustheit der Variable weibliches Geschlecht. Die darüber hinaus in Modell zwei untersuchten klinischen Scores zeigen, innerhalb des gewählten Modells, keinen signifikanten Einfluss. Der Lysholm Score ist mit $p = 0,07$ (OR 0,972) der Score der im betrachteten Modell einer Signifikanz am nächsten kommt. Die in Modell drei untersuchten radiologischen Einflussfaktoren weisen ebenso wie die klinischen Score Werte keinen statistisch signifikanten Einfluss auf das Risiko einer Konversion nach HTO auf.

Demzufolge bleibt festzuhalten, dass von den untersuchten Einflussfaktoren lediglich der Variable weibliches Geschlecht ein statistisch signifikanter Einfluss auf das Risiko einer Konversion nach HTO nachgewiesen werden konnte. Dieser Einfluss zeigte sich auch in Betrachtung unterschiedlicher Modelle als robust hinsichtlich der Interaktion mit anderen Einflussfaktoren.

Tabelle 4: Risikofaktoridentifizierung hinsichtlich einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer Endoprothesenimplantation nach MOWHTO. Durchgeführt wurde eine binär logistische Regressionsanalyse. MCS = Mental Component Summary Score, BMI = Body-Mass-Index, mTFA = mechanical Tibio-Femoral-Angle, MOWHTO = Medial Opening Wedge High Tibial Osteotomy; PräOP = Präoperativ; TAS = Tegner Aktivitätsscore; OR = Odds-Ratio; KI = Konfidenzintervall

Einflussfaktoren	<u>Modell 1</u>			<u>Modell 2</u>			<u>Modell 3</u>		
	OR	95% KI	p - Wert	OR	95% KI	p - Wert	OR	95% KI	p - Wert
Weibliches Geschlecht	3,515	1,365 - 9,053	0,009	3,181	1,087 - 9,308	0,035	2,902	1,158 - 13,055	0,028
Alter - PräOP	0,034	0,966 - 1,107	0,334						
BMI - PräOP	0,032	0,943 - 1,132	0,490						
Raucherstatus „Ja“	0,759	0,370 - 1,557	0,452						
TAS - PräOP				0,875	0,474 - 1,615	0,670			
Lysholm Score PräOP				0,972	0,943 - 1,002	0,070			
SF-36 PCS - PräOP				0,971	0,926 - 1,019	0,230			
SF-36 MCS - PräOP				0,996	0,958 - 1,035	0,825			
mTFA - PräOP							1,007	0,942 - 1,076	0,841
mMPTA - PräOP							0,993	0,770 - 1,281	0,957
Arthrosegrad - PräOP							1,750	0,775 - 3,952	0,178
Konstante	0,043		0,150	6,464		0,074	0,066		0,814

3.4. Klinisch funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse

Die in den Kapiteln 3.4. *klinisch funktionelle Nachuntersuchungsergebnisse*, 3.5. *Kniespezifische klinische Scores* und 3.6. *Gesundheitsbezogenen Lebensqualität* dargestellten Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf diejenigen Studienteilnehmer, die zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung noch keine Konversion zu einer Endoprothese hatten (n = 64). Diese Aufteilung des Studienkollektivs ist erforderlich, da der Schwerpunkt dieses Teils der Forschungsarbeit auf der Auswertung der Scores im Hinblick auf das langfristige Outcome der MOWHTO liegt. Im Rahmen der Nachuntersuchung wurde eine körperliche Untersuchung durchgeführt, welche unter anderem die Untersuchung der Bewegungsausmaße der Extremität beinhaltete, an der die HTO durchgeführt worden war. In Bezug auf die Patientenanzahl von n = 58 lässt sich ein gemittelter Bewegungsumfang von 125,8° bei einer mittleren Extension/Flexion von 0–1,9°–127,6° feststellen. In der präoperativen Untersuchung wies das gesamte Studienkollektiv von n = 120 einen gemittelten Bewegungsradius von Ext/Flex = 0-0-130° auf. Sechs Jahre nach der HTO zeigten n = 94 Patienten ein Bewegungsausmaß von Ext/Flex 0-2-128°

3.5. Kniespezifische klinische Scores

Die verschiedenen klinischen Scores, welche im Rahmen aller prä- und postoperativen Follow-up-Untersuchungen erhoben wurden, sind in Tabelle 5 mit ihren jeweiligen Punktwerten dargestellt. Im Vergleich zu den präoperativ erhobenen Werten lässt sich festhalten, dass im Durchschnitt auch zwölf Jahre nach erfolgter medialer Open-Wedge-HTO die Scores höhere Werte als präoperativ aufwiesen. Darüber hinaus ist auch eine Verbesserung aller mittlerer Scorewerte, mit Ausnahme des Lysholm-Scores, im Vergleich zum 6-Jahres-Follow-up zu erkennen.

Tabelle 5 Mittelwerte der klinische Scores mit Standardabweichung des jeweiligen Gesamtkollektivs der verschiedenen Follow-ups im Vergleich. TAS = Tegner Aktivitätsscore, IKDC = International Knee Documentation Score, OKS = Oxford Knee Score, Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung

<i>Scores</i>	<i>Präoperativ</i>	<i>6 Monate</i>	<i>12 Monate</i>	<i>18 Monate</i>	<i>6 Jahre</i>	<i>12 Jahre</i>
TAS	2,78 \pm 1,07	3,29 \pm 1,13	3,35 \pm 0,94	3,51 \pm 1,05	3,65 \pm 1,28	4,35 \pm 1,48
Lysholm - Score	54,38 \pm 20,31	76,59 \pm 18,58	82,16 \pm 18,94	81,99 \pm 20,14	82,99 \pm 17,01	82,62 \pm 18,34
IKDC - Score	47,24 \pm 16,64	61,63 \pm 17,49	67,55 \pm 18,61	69,30 \pm 20,30	64,84 \pm 19,67	72,49 \pm 18,08
OKS	28,38 \pm 9,83	34,22 \pm 9,49	36,31 \pm 10,26	37,98 \pm 10,84	39,03 \pm 9,49	40,29 \pm 8,16

Die nachfolgende Tabelle 6 präsentiert die Differenz der Punktwerte der einzelnen Scores zwischen den jeweiligen Follow-up-Zeitpunkten und dem aktuellen 12-Jahres-Follow-up im Paarvergleich. Im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert ist bei allen Scores eine signifikante Verbesserung des Punktwerts im Paarvergleich festzustellen. Der Vergleich der Tegner-Aktivitätsscores zeigt eine signifikante Verbesserung von $1,27 \pm 1,64$ Punkten im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert 12 Jahre postoperativ. Der Vergleich der Lysholm-Scores ergibt eine Verbesserung von $22,11 \pm 21,86$ Punkten, der OKS eine Verbesserung von $6,00 \pm 9,51$ Punkten. Im Vergleich zum 6-Jahres-Follow-up zeigt der IKDC-Score eine Verbesserung von $1,92 \pm 15,59$. In Bezug auf den Oxford Knee Score sowie den Lysholm Score und den IKDC-Score ist keine signifikante Verbesserung oder Verschlechterung der Scores in Bezug auf die letzten Nachuntersuchungen festzustellen. Dies spricht für eine klinisch kompensierte Situation auch bei voranschreitender Beobachtungsdauer.

Tabelle 6 Differenzen der Mittelwerte zu den jeweiligen Follow-up-Untersuchungen im Paarvergleich zum aktuellen 12-Jahres Follow-up; * = Differenz auf dem Niveau von $p = <0,05$ (2-seitig) signifikant; ** = Differenz auf dem Niveau von $p = < 0,01$ (2-seitig) signifikant. Alle Werte sind Mittelwerte \pm Standardabweichung. TAS = Tegner Aktivitätsscore, IKDC = International Knee Documentation Score, OKS = Oxford Knee Score

Scores	PräOP – 12 J	6 M – 12 J	12 M – 12 J	18 M – 12 J	6 J – 12 J
TAS	$+1,27 \pm 1,64^{**}$	$+0,85 \pm 1,52^{**}$	$+0,80 \pm 1,52^{**}$	$+0,57 \pm 1,32^{**}$	$+0,39 \pm 1,51^*$
Lysholm	$+22,11 \pm 21,86^{**}$	$+2,05 \pm 20,84$	$-6,08 \pm 20,92^*$	$-5,87 \pm 18,45^*$	$-3,32 \pm 17,80$
IKDC	$+21,59 \pm 18,10^{**}$	$7,41 \pm 17,80^{**}$	$-1,00 \pm 18,82$	$-5,72 \pm 18,08^*$	$+1,92 \pm 15,59$
OKS	$+6,00 \pm 9,51^{**}$	$+3,5 \pm 8,56^*$	$-0,84 \pm 8,22$	$-2,24 \pm 9,00$	$-1,25 \pm 9,10$

3.5.1. Tegner Aktivitätsscore (TAS)

Abbildung 18 zeigt die Veränderung des Tegner Aktivitätsscores im zeitlichen Verlauf, von präoperativ bis hin zum 12-Jahres Follow-up. Im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert, ist eine initiale Verbesserung des Scores direkt 6 Monate postoperativ zu erkennen, mit einem weiteren, geringeren Anstieg bis zum Follow-up 6 Jahre postoperativ. In Bezug auf das aktuelle Follow-up kann festgehalten werden, dass 12 Jahre postoperativ der bislang beste mediane Scorewert im untersuchten Kollektiv erreicht werden kann (Median = 4,0).

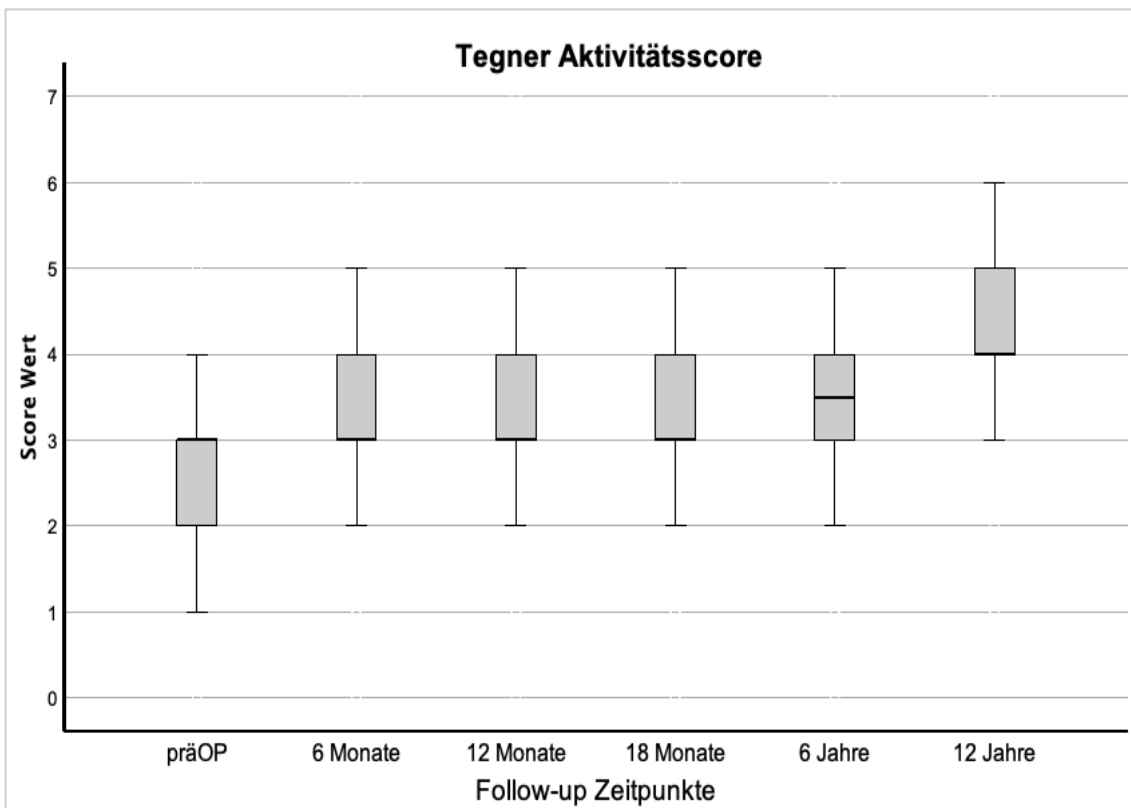


Abbildung 18: Verlauf des Tegner Aktivitätsscores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils (Interquartilsabstand). Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.

3.5.2. Lysholm Score

Abbildung 19 präsentiert die Veränderung des Lysholm Scores über den gesamten Follow-up-Zeitraum. Zu Beginn des Beobachtungszeitraums ist ein deutlicher Anstieg des medianen Scores zu verzeichnen, welcher für eine Symptomverbesserung steht. Bei den jeweiligen Nachuntersuchungen nach 12 Monaten, 18 Monaten und nach 6 Jahren, sind Scorewerte auf einem konstant hohen Niveau jeweils knapp unterhalb von 90 Punkten zu erheben gewesen. Im Vergleich zum 6-Jahres-Follow-up zeigt sich beim aktuellen Follow-up ein konstant hoher medianer Score-Wert von 89,00 in Bezug auf das untersuchte Kollektiv. Eine signifikante Verbesserung zum präoperativen Zustand ist mindestens 12 Jahre nach einer öffnenden valgusierenden HTO nachweisbar.

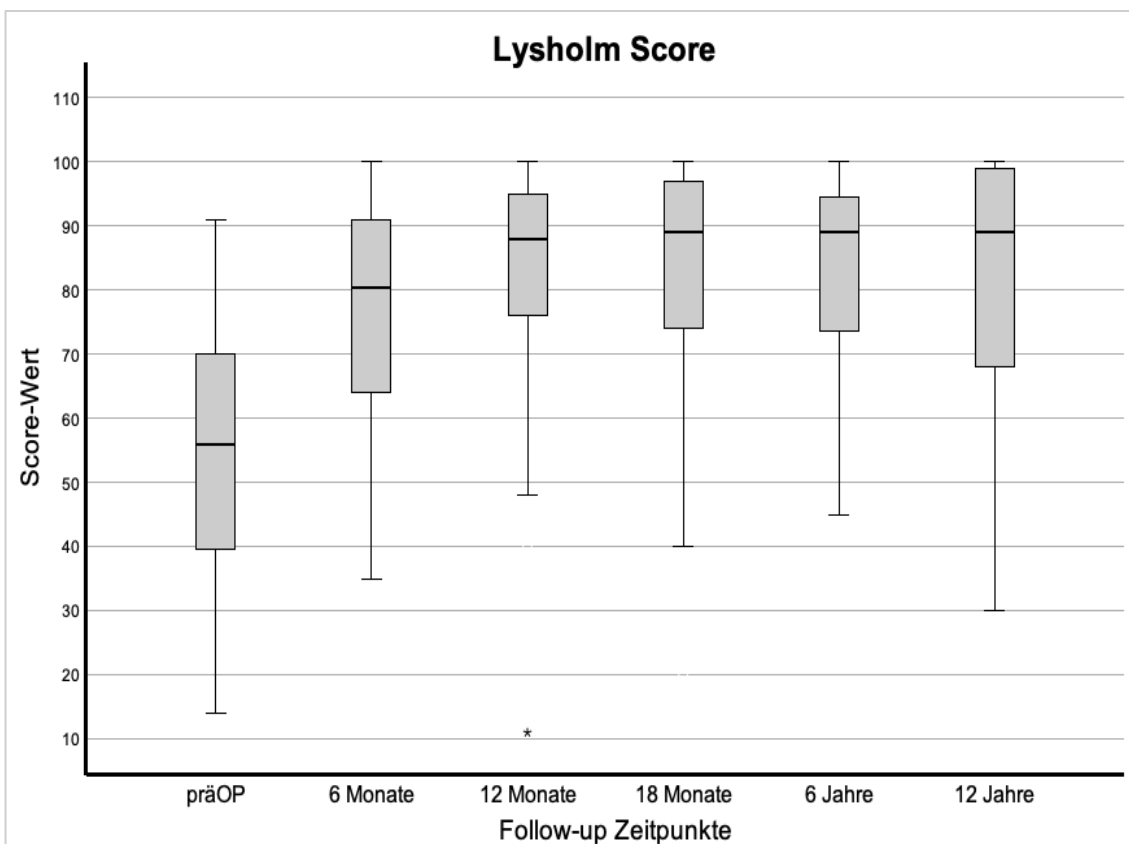


Abbildung 19: Verlauf des Lysholm Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.

3.5.3. IKDC – Score

Abbildung 20 zeigt den Verlauf des IKDC-Scores zu den jeweiligen Erfassungszeitpunkten. Präoperativ ist ein deutlich reduzierter medianer Punktwert von lediglich 45 Punkten zu erkennen, welcher sich bis 6 Monate postoperativ deutlich auf 63 Punkte steigert. Nach einer weiteren Steigerung bis 12 Monate postoperativ erreicht der Median 18 Monate postoperativ mit 73 Punkten seinen bis dato höchsten Scorewert. Nach einem leichten Rückgang zum Follow-up nach sechs Jahren ist ein erneuter Anstieg zum aktuellen Follow-up nach zwölf Jahren zu verzeichnen. Im Rahmen dessen wird 12 Jahre postoperativ der bisher höchste mediane Punktwert von 75 Punkten erreicht. Diesbezüglich kann eine deutliche, anhaltende Verbesserung des etablierten klinischen IKDC-Scores mindestens 12 Jahre nach MOWHTO festgehalten werden.

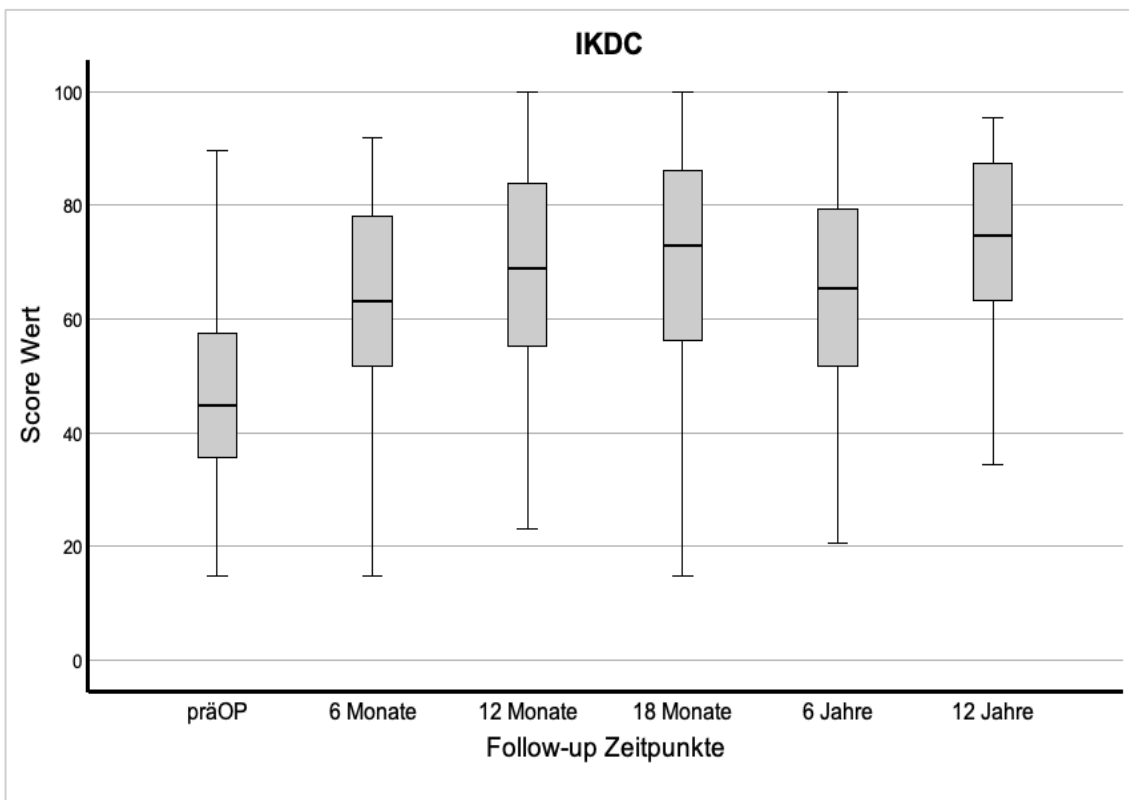


Abbildung 20: Verlauf des IKDC Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.

3.5.4. Oxford Knee Score (OKS)

Der in Abbildung 21 dargestellte Graph präsentiert den Verlauf des medianen Punktwerts des jeweiligen Gesamtkollektivs des Oxford Knee Scores zu jedem Follow-up-Zeitpunkt des Beobachtungszeitraums. Zu Beginn ist eine signifikante Verbesserung des medianen Punktwerts um 11 Punkte (26P-37P) direkt sechs Monate postoperativ zu erkennen. Außerdem ist ein weiterer Anstieg des medianen Punktwerts zu den Follow-ups nach zwölf (39P) und achtzehn Monaten (41P) sowie nach sechs Jahren postoperativ zu beobachten (42P). Seit dem sechsjährigen Follow-up ist ein konstant hoher medianer Punktwerts von 42 Punkten im Rahmen des zwölfjährigen Follow-up zu verzeichnen.

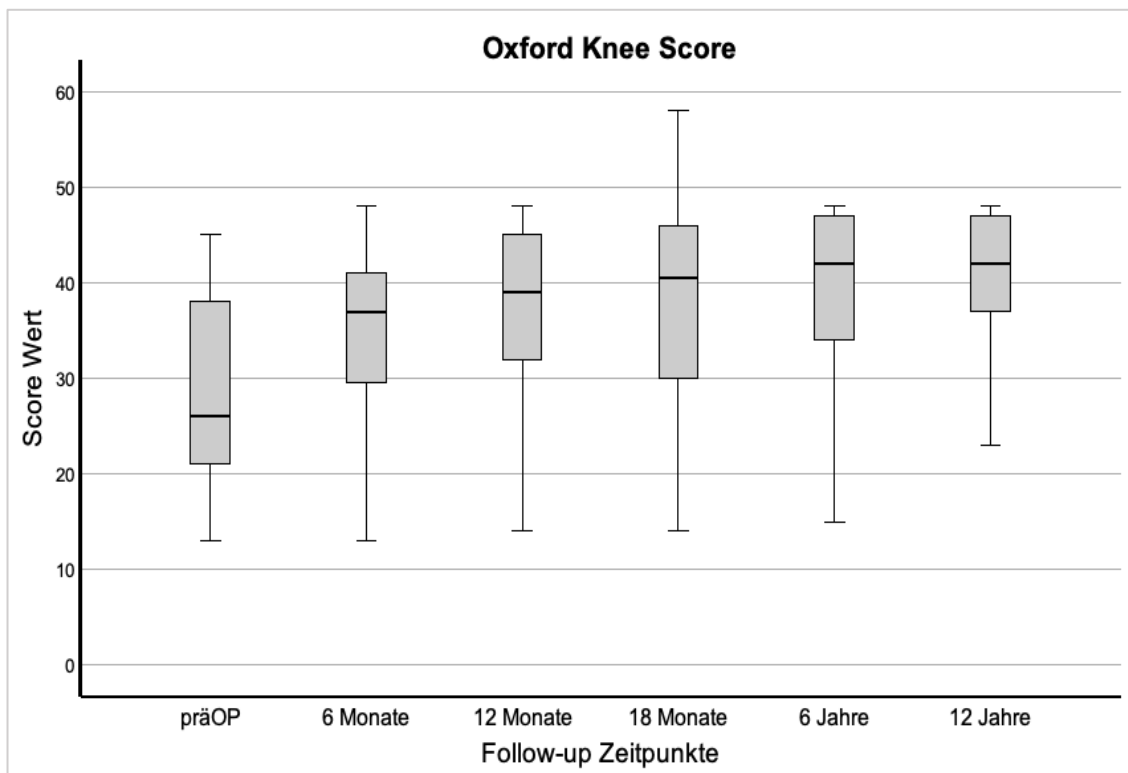


Abbildung 21: Verlauf des Oxford Knee Scores zu den jeweiligen Follow-up Zeitpunkten dargestellt mittels Box Plot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.

3.5.5. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS)

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse der Analyse des KOOS-Fragebogens des untersuchten Studienkollektivs 12 Jahre nach erfolgter MOWHTO dargestellt. Da der KOOS-Fragebogen im Rahmen der aktuellen Nachuntersuchung zum ersten Mal Teil der Datenerhebung war, stehen keine Vergleichsdaten desselben Studienkollektivs zur Verfügung. Die Punktzahl der jeweiligen Subskala kann einen Wert zwischen 0 und 100 annehmen, wobei der Wert 0 den schlechtesten und der Wert 100 den besten Zustand widerspiegelt. Die jeweiligen Scorewerte des Studienkollektivs, sortiert nach Subskala, sind in Abbildung 22 dargestellt. Die größte Einschränkung des Studienkollektivs ist hinsichtlich der für die Lebensqualität stehenden Subskala zuzuordnen. Hier erreicht das Studienkollektiv lediglich eine mediane Punktzahl von 62,5 Punkten wohingegen in der Subskala „Alltagsaktivitäten“ eine mediane Punktzahl von 95 Punkten erreicht wird. Die beiden übrigen Subskalen erreichen vergleichbare mediane Punktwerte von 82 Punkten für die Subskala "Symptome", respektive 83 Punkte für die Subskala "Schmerz". Die Punktwerte der einzelnen Subskalen lassen den Schluss zu, dass trotz moderater Symptome und Schmerzen die Alltagsaktivität des Studienkollektivs lediglich geringfügig eingeschränkt ist, es jedoch dennoch zu einer signifikanten Einschränkung der Lebensqualität gekommen ist.

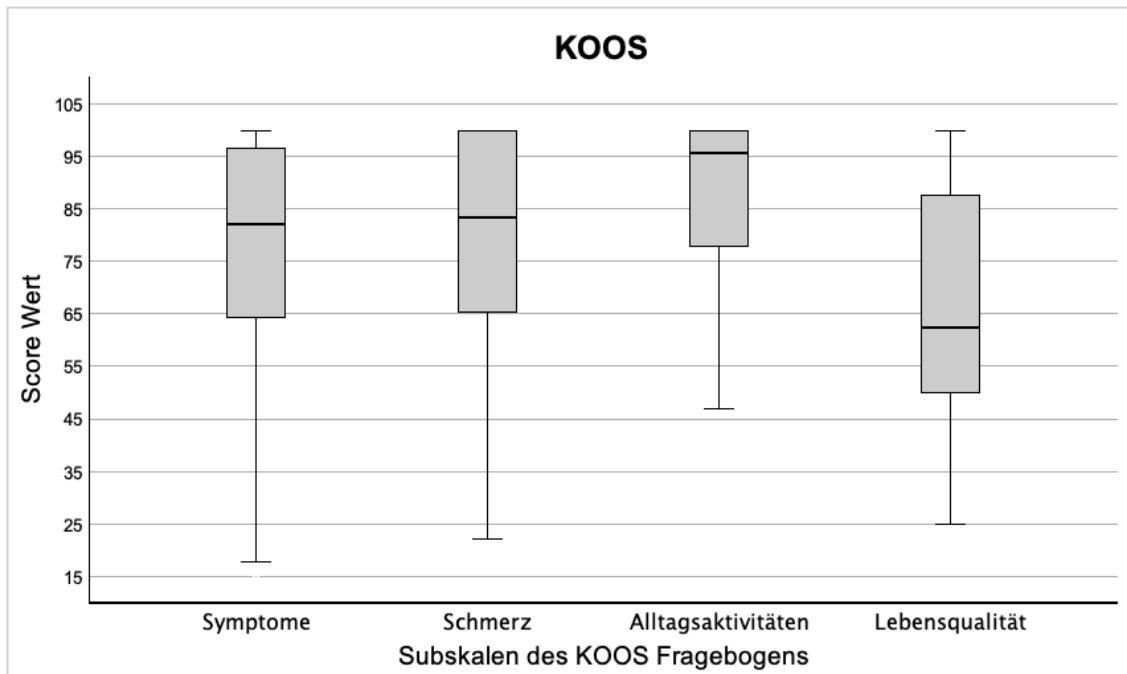


Abbildung 22: Darstellung der verschiedenen Subskalen des KOOS-Fragebogens mittels Boxplot. Die grau hinterlegten Boxen kennzeichnen jeweils die Verteilung der Scorewerte im Bereich des ersten und dritten Quartils. Die horizontale Querlinie kennzeichnet den Median aller Werte.

3.6. SF-36 Fragebogen - Gesundheitsbezogene Lebensqualität

Im Folgenden erfolgt eine Darstellung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität des untersuchten Studienkollektivs anhand der Ergebnisse der Auswertung des SF-36-Fragebogens. Im Rahmen der Auswertung wurden alle Werte in normbasierte Werte transformiert, wodurch eine bessere Vergleichbarkeit der Werte mit der deutschen Normstichprobe unter Berücksichtigung von Alter und Geschlecht möglich ist. Ein Wert, der den Wert der deutschen Normstichprobe übersteigt, lässt im Vergleich zur deutschen Normstichprobe auf einen besseren, ein niedrigerer Wert auf einen schlechteren Zustand in der jeweiligen Kategorie schließen. Wie bereits im Kapitel der klinischen Scores beziehen sich alle Auswertungen lediglich auf das Kollektiv der Studienpatienten, bei dem noch keine Konversion zu einer Endoprothese stattgefunden hat.

3.6.1. SF 36 Subskalen: Mittelwertvergleich des Gesamtkollektivs zu vorherigen Follow-ups

Tabelle 7 stellt die Mittelwerte und ihre zugehörige Standardabweichung der einzelnen Subskalen des SF-36 Fragebogens zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt dar. Als Vergleich dient der Wert der deutschen Normstichprobe (NB) welcher bei 50 ± 10 liegt. Es ist zu erkennen, dass zwölf Jahre postoperativ der Mittelwert über alle Subskalen hinweg, im Vergleich zu den anderen Erfassungszeitpunkten, den bisher höchsten Wert aufweist. In den Skalen der körperlichen Rollenfunktion (RP), körperlichen Schmerzen (BP) emotionalen Rollenfunktion (RE), psychischen Wohlbefindens (MH) sowie der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (GH) wird ein Wert von über 50 ± 10 erreicht, was eine Verbesserung gegenüber dem Wert der deutschen Normstichprobe darstellt. Präoperativ lagen beim untersuchten Kollektiv vor allem Einschränkungen hinsichtlich der körperlichen Funktionsfähigkeit (PF), der körperlichen Rollenfunktion (RP), der emotionalen Rollenfunktion (RE) und der körperlichen Schmerzen (BP) vor. Demgegenüber zeigten die Subskalen der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung (GH), der Vitalität (V), des psychischen Wohlbefindens und der sozialen Funktionsfähigkeit bereits präoperativ nicht so stark erniedrigte Werte.

Tabelle 7: Mittelwerte \pm SD aller acht Subskalen des SF-36 Fragebogens zu allen Follow-up Zeitpunkten des untersuchten Gesamtkollektiv: PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden.

<i>Subskala</i>	<i>Präoperativ</i>	<i>6 Monate</i>	<i>12 Monate</i>	<i>18 Monate</i>	<i>6 Jahre</i>	<i>12 Jahre</i>
PF	26,48 \pm 18,68	35,36 \pm 18,20	40,90 \pm 17,07	43,54 \pm 15,08	42,07 \pm 14,22	48,55 \pm 10,62
RP	33,35 \pm 15,92	41,15 \pm 15,36	44,35 \pm 14,82	45,64 \pm 14,52	46,31 \pm 12,56	50,86 \pm 9,09
BP	38,26 \pm 8,38	45,96 \pm 9,68	49,29 \pm 10,25	49,97 \pm 19,94	48,52 \pm 10,72	50,45 \pm 8,29
GH	46,67 \pm 11,68	51,23 \pm 11,14	52,01 \pm 11,47	50,98 \pm 13,76	49,25 \pm 13,53	53,51 \pm 10,42
V	44,01 \pm 11,43	48,17 \pm 11,05	49,37 \pm 11,42	50,08 \pm 11,91	48,03 \pm 12,00	49,84 \pm 10,09
SF	42,90 \pm 13,89	47,12 \pm 11,59	47,34 \pm 12,72	47,12 \pm 12,53	45,31 \pm 14,06	49,96 \pm 9,99
RE	38,76 \pm 18,45	44,04 \pm 16,05	46,97 \pm 13,41	47,50 \pm 13,78	47,77 \pm 13,16	50,07 \pm 10,94
MH	45,41 \pm 13,28	48,86 \pm 11,70	49,92 \pm 11,57	49,96 \pm 11,95	49,69 \pm 12,95	53,02 \pm 9,86

Die Abbildung 23 präsentiert den Verlauf der Subskalen PF, RP, BP und GH, welche allesamt die körperliche Funktion beschreiben. Des Weiteren ist bei einem Wert von 50 die Referenzlinie für den Wert der Normalbevölkerung dargestellt. Hinsichtlich der körperlichen Subskalen lässt sich eine signifikante Varianz der Mittelwerte zwischen den einzelnen Subskalen beobachten. Während beispielsweise die Subskala körperliche Funktionsfähigkeit (PF) stark reduziert ist, ist die Subskala allgemeine Gesundheitswahrnehmung bereits präoperativ lediglich leicht reduziert und bereits 6 Monate postoperativ oberhalb der Normalbevölkerung. Die ebenfalls präoperativ stark reduzierten Subskalen des körperlichen Schmerzes und der körperlichen Rollenfunktion zeigen innerhalb des ersten Jahres eine deutliche Verbesserung, wobei die Subskala BP sogar nach 18 Monaten den Wert der Normalbevölkerung erreicht. Während alle Subskalen bis auf die der körperlichen Rollenfunktion zwischen dem 18-Monate- und dem 6-Jahres-Follow-up einen leichten Rückgang aufweisen, ist bei allen vier Subskalen im Beobachtungszeitraum zwischen sechs Jahren und zwölf Jahren postoperativ wieder ein Anstieg zu verzeichnen. Mit Ausnahme der Subskala "körperliche Funktionsfähigkeit" liegen alle Werte beim aktuellen Follow-up über dem Referenzwert der Normalbevölkerung. Im Rahmen des 12 Jahre postoperativ durchgeführten Follow-up wurde für alle Subskalen für die körperliche Funktion ein bisher nicht erreichter Maximalwert ermittelt.

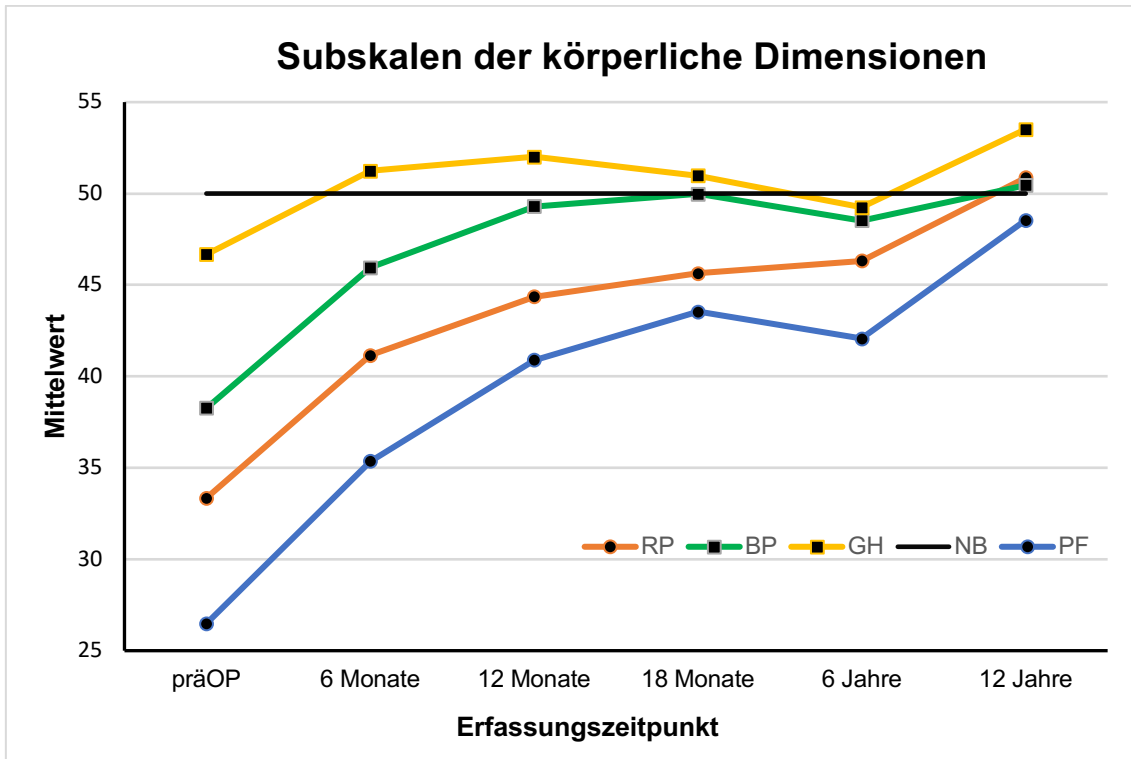


Abbildung 23: Verlauf der Mittelwerte der Subskalen der körperlichen Dimensionen zu den sechs verschiedenen Erfassungszeitpunkten. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung.

Im Gegensatz zu Abbildung 23 zeigt Abbildung 24 die Subskalen Vitalität (V), soziale Funktionsfähigkeit (SF), emotionale Rollenfunktion (RE) und psychisches Wohlbefinden (MH), welche stellvertretend für die psychische Gesundheit stehen. Bei einem Mittelwert von 50 ist als horizontale Linie der Referenzwert der Normalbevölkerung dargestellt, um eine einfache Gegenüberstellung der einzelnen Subskalen zu ermöglichen. Im Vergleich zu Abbildung 23 weisen die Subskalen der psychischen Gesundheit eine deutlich geringere Varianz auf als die Subskalen der körperlichen Gesundheit. Hinsichtlich des psychischen Wohlbefindens sowie der Vitalität lassen sich 18 Monate postoperativ Werte konstatieren, die mit denen der Normalbevölkerung vergleichbar sind. Während die emotionale Rollenfunktion präoperativ am stärksten von dem Wert der Normalbevölkerung abwich, zeigt sie im Verlauf zunächst einen starken und daraufhin einen langsameren, aber kontinuierlichen Anstieg bis zum Erreichen des Werts der Normalbevölkerung im Rahmen des 12-Jahres-Follow-ups. Dies

trifft auch, nach einer geringen Reduktion der Werte sechs Jahre postoperativ, für die Subskalen Vitalität und soziale Funktionsfähigkeit zu.

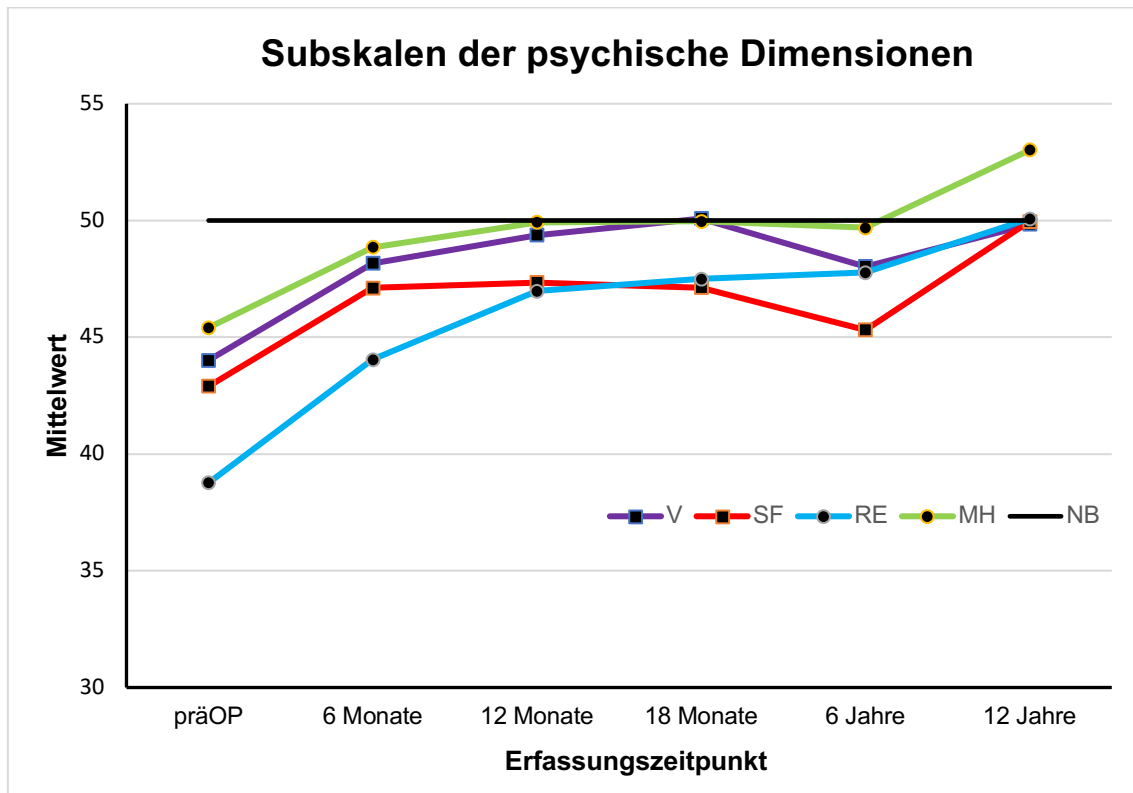


Abbildung 24: Darstellung derjenigen Subskalen des SF-36 Fragebogens welche über die psychische Gesundheit Aufschluss geben. Dargestellt sind die Mittelwerte der Subskalen zu den sechs verschiedenen Erfassungszeitpunkten. V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden.

Ein Vergleich der Abbildungen 23 und 24 zeigt, dass die körperlichen Subskalen präoperativ deutlich niedrigere Werte aufweisen als die psychischen Subskalen. Ein gemeinsames Merkmal aller Subskalen ist ein signifikanter Anstieg der Mittelwerte unmittelbar postoperativ, gefolgt von einem Plateau oder einem leichten Rückgang bis zu einem Zeitraum von sechs Jahren postoperativ. Im Rahmen des aktuellen 12-Jahres-Follow-ups ist ein erneuter Anstieg über alle Subskalen hinweg zu verzeichnen. Lediglich die Subskala körperliche Funktionsfähigkeit weicht im Vergleich zur Normalbevölkerung nach unten ab.

Die nachfolgende Abbildung 25 präsentiert die Differenz der normbasierten Werte aller acht Subskalen des SF-36-Fragebogens zu den drei Erfassungszeitpunkten präoperativ, sechs Jahre postoperativ und zwölf Jahre postoperativ.

Die blaue Linie veranschaulicht die präoperativen Werte und verdeutlicht eindrucksvoll die signifikante Einschränkung der körperlichen Funktionsfähigkeit. Die orangene Linie veranschaulicht den Funktionszustand sechs Jahre postoperativ. Ihr durchgehender Verlauf innerhalb der schwarzen Referenzlinie verdeutlicht eine Reduktion der Werte im Vergleich zur Normalbevölkerung, die sich über alle Subskalen hinweg manifestiert. Die grüne Linie stellt den aktuellen, zwölf Jahre postoperativen Zustand des Studienkollektivs dar und zeigt die Werte im Vergleich zur Normalbevölkerung. Insbesondere in den Subskalen MH und GH können die Werte der Normalbevölkerung sogar übertroffen werden, wohingegen in allen anderen Subskalen ein annähernd gleicher normbasierter Wert erzielt wird.

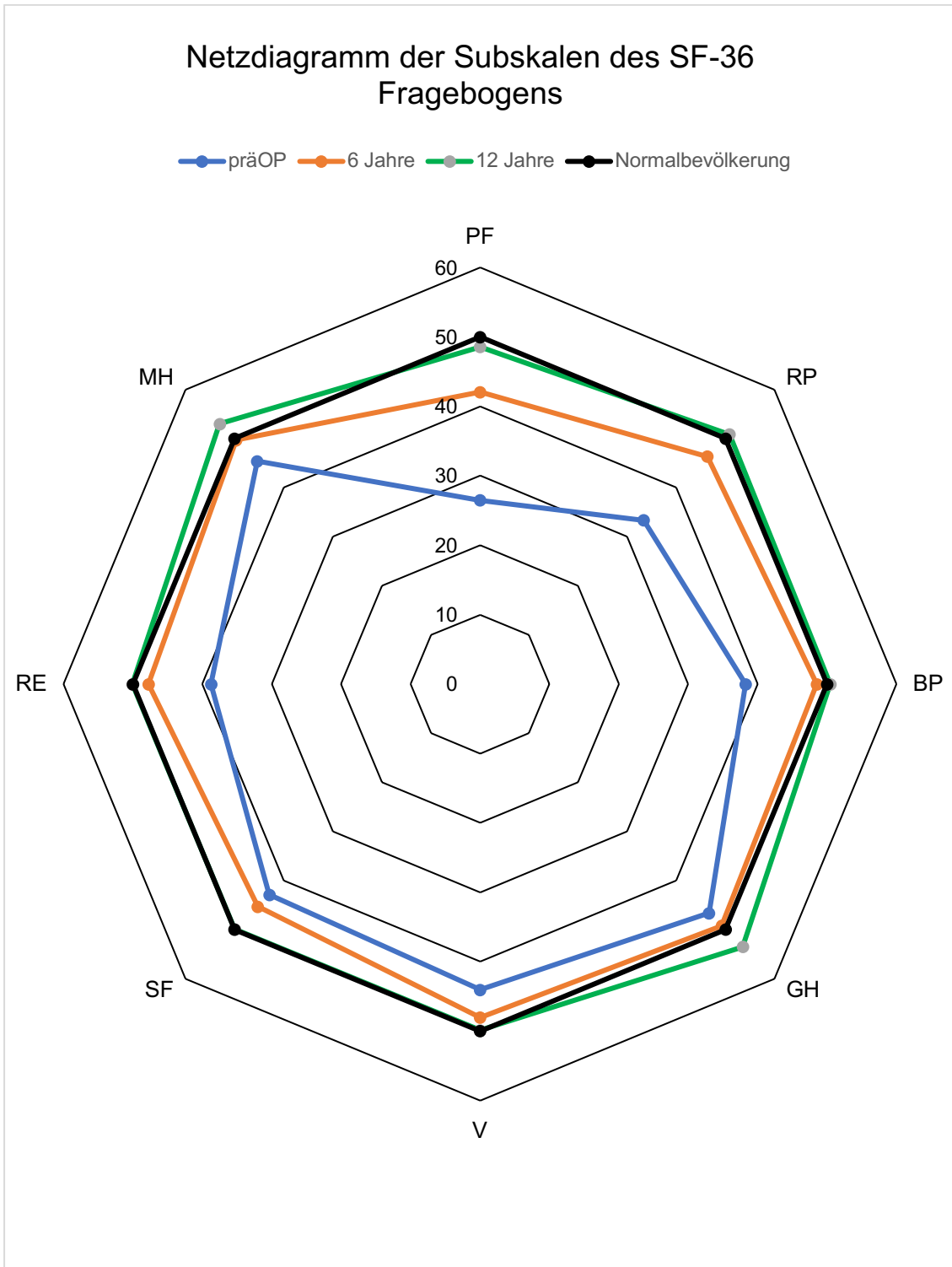


Abbildung 25: Netzdiagramm: Darstellung der Differenzen der Acht Subskalen des SF-36 Fragebogens im Vergleich zur deutschen Normalbevölkerung. Es sind die drei Erfassungszeitpunkte präoperativ, 6 Jahre postoperativ sowie mindestens 12 Jahre postoperativ dargestellt. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden

Die Differenzen der einzelnen Subskalen zu jedem Erfassungszeitpunkt sind in Tabelle 8 dargestellt. Diese wurden mittels Paarvergleich mit der deutschen Normstichprobe verglichen. Es zeigt sich, dass präoperativ eine signifikante Reduktion der Scorewerte über alle acht Subskalen hinweg vorlag, die mit $p < 0,01$ als hochsignifikant einzustufen ist. Sechs Monate nach der Operation ist hinsichtlich der Subskalen "Allgemeine Gesundheitswahrnehmung (GH)", "Vitalität (V)" und "Psychisches Wohlbefinden (MH)" keine signifikante Differenz mehr nachweisbar. In der Folge ist über den Zeitraum zwischen 12 und 18 Monaten bis zum 6-Jahres-Follow-up lediglich eine signifikante Verminderung der Subskalen "Körperliche Funktionsfähigkeit" (PF), "Körperliche Rollenfunktion" (RP) und "Soziale Funktionsfähigkeit" nachweisbar. Alle übrigen Subskalen zeigen keine signifikanten Abweichungen. Erstmalig konnte im Rahmen des aktuellen 12-Jahres-Follow-up keine einzige signifikante Verminderung der Scorewerte in einer Subskala nachgewiesen werden. Demgegenüber weisen die Werte der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und des psychischen Wohlbefindens signifikante Abweichungen nach oben auf, sodass ein Zustand erreicht wird, der besser ist als der der deutschen Normstichprobe. Alle übrigen Skalenwerte keine signifikante Abweichung nach oben oder unten auf und befinden sich auf demselben Niveau wie der der deutschen Normstichprobe.

Tabelle 8 Differenzen der Mittelwerte \pm SD der einzelnen Subskalen des SF-36 Fragebogens beim jeweiligen Follow-up im Vergleich zur Normalbevölkerung im Paarvergleich. PF: Körperliche Funktionsfähigkeit, RP: Körperliche Rollenfunktion, BP: Körperliche Schmerzen, GH: Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, V: Vitalität, SF: Soziale Funktionsfähigkeit, RE: Emotionale Rollenfunktion, MH: Psychisches Wohlbefinden. Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant.

<i>Subskala</i>	<i>NB - PräOP</i>	<i>NB – 6 Monate</i>	<i>NB – 12 Monate</i>	<i>NB – 18 Monate</i>	<i>NB – 6 Jahre</i>	<i>NB – 12 Jahre</i>
PF	-23,52 \pm 18,68**	-14,64 \pm 18,20**	-9,10 \pm 17,05**	-6,46 \pm 15,08**	-7,93 \pm 14,22**	-1,45 \pm 10,62
RP	-16,65 \pm 15,92**	-8,85 \pm 15,36**	-5,65 \pm 14,82**	-4,36 \pm 14,52**	-3,68 \pm 12,56**	+0,86 \pm 9,09
BP	-11,74 \pm 8,38**	-4,04 \pm 9,68**	-0,71 \pm 10,25	-0,03 \pm 10,94	-1,48 \pm 13,53	+0,45 \pm 8,29
GH	-3,33 \pm 11,68**	+1,23 \pm 11,14	+2,01 \pm 11,47	+0,98 \pm 13,76	+0,75 \pm 13,53	+3,52 \pm 10,42**
V	-5,99 \pm 11,43**	-1,83 \pm 11,05	-0,63 \pm 11,42	+0,08 \pm 11,91	-1,97 \pm 12,00	-0,15 \pm 10,09
SF	-7,10 \pm 13,89**	-2,88 \pm 11,59**	-2,66 \pm 12,72*	-2,88 \pm 12,52*	-4,69 \pm 14,06*	-0,03 \pm 9,99
RE	-11,24 \pm 18,45**	-5,96 \pm 16,05**	-3,03 \pm 13,41	-2,50 \pm 13,78	-2,23 \pm 13,16	+0,07 \pm 10,94
MH	-4,59 \pm 13,28**	-1,14 \pm 11,71	-0,08 \pm 11,57	+0,04 \pm 11,95	-0,31 \pm 12,95	+3,02 \pm 9,86*

3.6.2. Summenscores des SF – 36

Für den SF-36 bestehen zwei verschiedene Summenscores. Zum einen der **Physical Health Component Summary Score (PCS)** der vor allem die körperliche Gesundheit beschreibt und zum anderen der **Mental Health Component Summary Score (MCS)** der stellvertretend für die psychische Gesundheit steht. Beide Summenscores werden aus den normbasierten Werten der Subskalen des SF-36 nach unterschiedlicher Gewichtung gebildet und vereinfachen die ebenfalls normbasierte Interpretation hinsichtlich der beiden Ausprägungen.

3.6.3. Mittelwerte des Gesamtkollektiv

In Tabelle 9 sind die Mittelwerte \pm SD des jeweiligen Studienkollektivs der sechs Erfassungszeitpunkte dargestellt. Hinsichtlich des präoperativen Zeitpunkts ist eine signifikante Einschränkung des PCS zu verzeichnen, während der MCS eine vergleichsweise weniger starke Reduktion des Scorewerts aufweist. Bereits sechs Monate postoperativ erreicht der MCS nahezu das Niveau der Normalbevölkerung und bleibt dort bis zum 6 Jahres Follow-up. Der PCS steigt ebenfalls deutlich über das 6-, 12- und 18 Monate Follow-up an mit einem kleinen Abfall im Rahmen des 6 Jahres Follow-up. Beim aktuellen Follow-up mindestens 12 Jahre postoperativ ist eine Normalisierung des PCS und MCS auf dem Niveau der deutschen Normalbevölkerung zu erkennen.

Tabelle 9: Mittelwerte \pm SD des körperlichen und psychischen Summenscores des SF-36 Fragebogens, des jeweiligen Gesamtkollektivs zu jedem der sechs Erfassungszeitpunkte. PCS: Physical health component summary score (körperlicher Summenscore); MCS. Mental health component summary score (psychischer Summenscore); NB = Normalbevölkerung

<i>Summenscore</i>	<i>Präoperativ</i>	<i>6 Monate</i>	<i>12 Monate</i>	<i>18 Monate</i>	<i>6 Jahre</i>	<i>12 Jahre</i>
PCS	31,38 \pm 14,04	40,66 \pm 14,45	45,09 \pm 14,94	46,72 \pm 14,31	45,43 \pm 13,75	50,42 \pm 10,53
MCS	46,11 \pm 14,38	49,39 \pm 12,71	49,81 \pm 11,82	49,56 \pm 12,41	49,03 \pm 13,02	51,46 \pm 10,46
NB	50 \pm 10	50 \pm 10	50 \pm 10	50 \pm 10	50 \pm 10	50 \pm 10

Tabelle 10: Differenz der Mittelwerte \pm SD des jeweiligen Erfassungszeitpunkts im Vergleich zum Mittelwert \pm SD der Normalbevölkerung: PCS: Physical Health Component Summary Score (körperlicher Summenscore); MCS. Mental Health Component Summary Score (Psychischer Summenscore); NB: Normalbevölkerung Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant

<i>Summenscore</i>	<i>NB - PräOP</i>	<i>NB - 6 Monate</i>	<i>NB - 12 Monate</i>	<i>NB - 18 Monate</i>	<i>NB - 6 Jahre</i>	<i>NB - 12 Jahre</i>
PCS	-18,62 \pm 14,04**	-9,34 \pm 14,46**	-4,91 \pm 14,94**	-3,28 \pm 14,31*	-4,57 \pm 13,75**	+0,43 \pm 10,53
MCS	-3,89 \pm 14,38**	-0,61 \pm 12,72	-0,189 \pm 11,82	-0,45 \pm 12,41	-0,96 \pm 13,02	+1,46 \pm 10,46

3.6.4. Vergleich der Mittelwerte des PCS und MCS mit der Normalbevölkerung

Tabelle 10 vergleicht die Mittelwerte \pm SD des PCS und MCS aus Tabelle 9 zu jedem Erfassungszeitpunkt mit den Mittelwerten der deutschen Normstichprobe. Auf diese Weise lässt sich eine mögliche Differenz sowie die Signifikanz der Abweichung ermitteln. Im präoperativen Zustand lässt sich eine hochsignifikante Abweichung des PCS und MCS nachweisen ($p = < 0,01$), wobei die Abweichung des PCS um ein Vielfaches größer ist als die des MCS. Hinsichtlich des MCS ist seit dem Follow-up sechs Monate postoperativ keine signifikante Abweichung von der deutschen Normstichprobe mehr festzustellen. Zum Zeitpunkt des 12-Jahres-Follow-ups zeigt der Wert im Vergleich sogar eine leichte Überlegenheit von 1,46 Punkten. Diese erreicht jedoch aufgrund ihrer zu geringen Ausprägung lediglich ein Signifikanzniveau von $p = 0,27$ und liegt damit deutlich oberhalb des vorgegebenen Signifikanzniveaus von $p = 0,05$. Der PCS zeigt bis zu einem Beobachtungszeitraum von sechs Jahren postoperativ eine hochsignifikante ($p = < 0,01$) Verringerung, welche jedoch deutlich geringer ausfällt als die präoperative Differenz. Im Rahmen des 12-Jahres-Follow-up ist auch hinsichtlich des PCS kein signifikanter Unterschied des PCS im Vergleich zur Normalbevölkerung mehr nachweisbar.

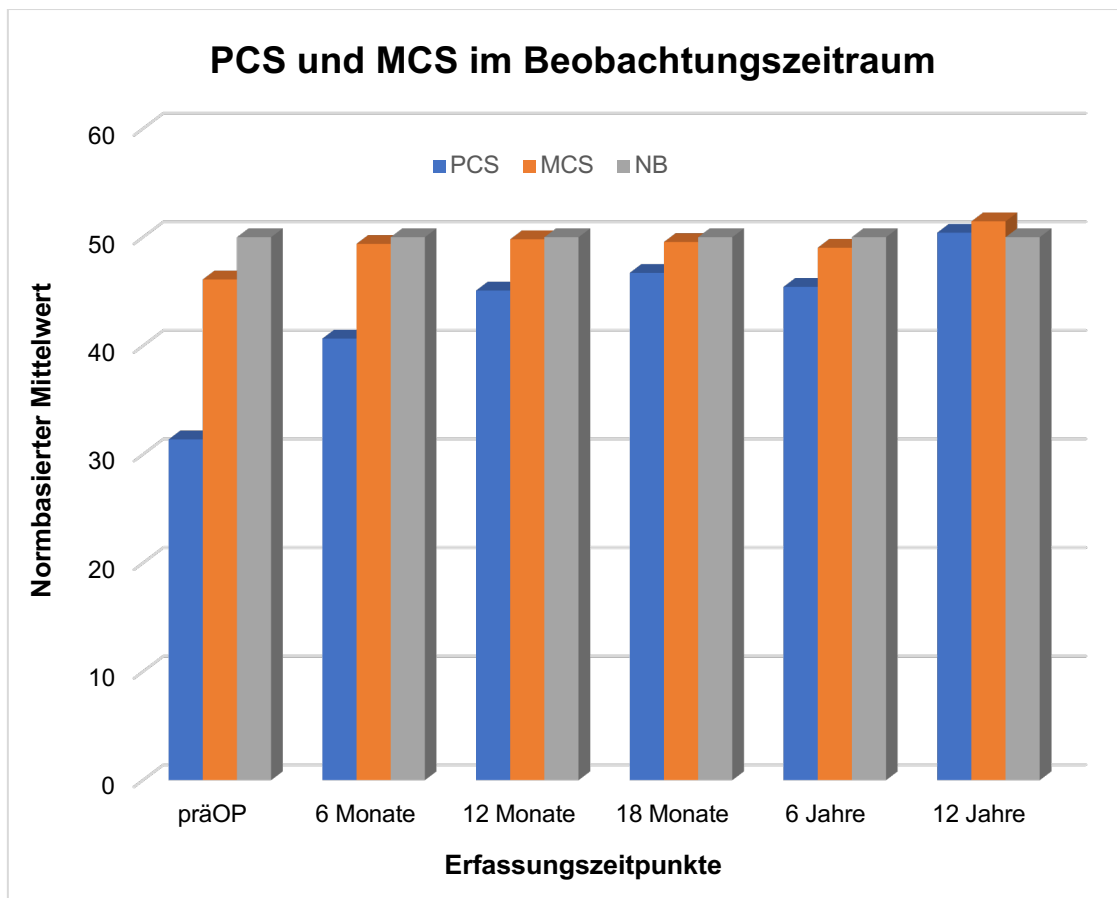


Abbildung 26: Gruppieretes Balkendiagramm: Summenscores PCS und MCS im Verlauf der sechs Erfassungszeitpunkte und im Vergleich zur Normalbevölkerung. PCS: Physical health component summary score (körperlicher Summenscore); MCS: Mental health component summary score (psychischer Summenscore) NB: Normalbevölkerung

Abbildung 26 stellt die Ausprägung des PCS und MCS im Vergleich zur Normalbevölkerung zu allen sechs Erfassungszeitpunkten dar. Es lässt sich deutlich erkennen, dass der blaue Balken, welcher stellvertretend für den mittleren Punktwert des PCS zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt steht, den gesamten Beobachtungszeitraum von > 12 Jahren benötigt, um auf das Niveau der Normalbevölkerung zu gelangen. Der orangene Balken des MCS hingegen befindet sich seit dem sechs Monate postoperativen Follow-up auf einer Höhe mit dem Balken der Normalbevölkerung und verbleibt dort über den gesamten Beobachtungszeitraum. Allerdings ist ebenso deutlich zu erkennen, dass der MCS im Vergleich zum PCS bereits präoperativ eine deutlich geringere Differenz zum Wert der Normalbevölkerung aufweist.

3.6.5. Paarvergleich des jeweiligen Follow-ups zum 12-Jahres Follow-up

Die Ergebnisse des PCS und MCS im Paarvergleich der einzelnen Studienkollektive zu je zwei Erfassungszeitpunkten sind in Tabelle 11 dargestellt. Ein Vergleich des präoperativen Studienkollektivs mit demjenigen 12 Jahre postoperativ zeigt eine signifikante Verbesserung des PCS-Scores von $+14,79 \pm 12,67$ Punkten ($p = 0,01$). Dies lässt auf eine signifikante und nachhaltige Verbesserung der physischen Aspekte des untersuchten Studienkollektivs schließen, die auch 12 Jahre postoperativ nachweisbar ist. Des Weiteren lässt sich eine signifikante Verbesserung des Zustandes hinsichtlich des PCS 12 Jahre postoperativ im Vergleich zu sechs Monaten postoperativ feststellen. Diese ist mit $+7,97 \pm 14,26$ ebenfalls hochsignifikant mit $p = 0,01$. Bezüglich des Vergleichs zum 12-Monate-, 18-Monate- und 6-Jahre-Follow-up ist kein signifikanter Unterschied zum Zustand 12 Jahre postoperativ zu erkennen. Diese Ergebnisse legen nahe, dass der Zustand, der ein Jahr postoperativ erreicht wurde, auch über einen langen Zeitraum bis zu zwölf Jahren postoperativ klinisch stabil bleibt. Bezüglich des MCS zeigen sich keine signifikanten Unterschiede im Vergleich des Zustands zwölf Jahre postoperativ zu den vorherigen Erfassungszeitpunkten.

Tabelle 11: Differenz der Mittelwerte \pm SD des PCS und MCS zum jeweiligen Erfassungszeitpunkt im Vergleich zum aktuellen 12 Jahres Follow-up. Durchgeführt wurde ein Paarvergleich des jeweiligen Kollektivs. PCS: Physical Health Component Summary Score (körperlicher Summenscore); MCS: Mental Health Component Summary Score (psychischer Summenscore) Signifikanzkennzeichnung: *Wert ist zum Niveau $p = 0,05$ signifikant; **Wert ist zum Niveau $p = 0,01$ signifikant.

<i>Summenscore</i>	<i>PräOP – 12 J</i>	<i>6 M – 12 J</i>	<i>12 M – 12 J</i>	<i>18 M – 12 J</i>	<i>6 J – 12 J</i>
PCS	$+14,79 \pm 12,67^{**}$	$+7,97 \pm 14,26^{**}$	$+1,27 \pm 14,89$	$-1,45 \pm 10,52$	$+1,17 \pm 12,44$
MCS	$+2,90 \pm 12,53$	$\pm 0,00 \pm 10,69$	$-1,67 \pm 9,73$	$-1,35 \pm 9,51$	$+1,80 \pm 12,05$

4. Diskussion

Die vorliegende Forschungsarbeit erfasste 95 Patienten (von initial $n = 120$ Patienten) 12 Jahre nach erfolgter medialer Open-Wedge-HTO-Operation. Die primäre Fragestellung bezog sich auf die Überlebensrate der HTO in Bezug auf eine nachfolgende Endoprothesenimplantation am operierten Gelenk. Des Weiteren wurde eine Untersuchung der klinischen Funktionsergebnisse hinsichtlich des Verlaufs etablierter klinischer Scores im Langzeitverlauf vorgenommen.

Im Folgenden werden zunächst die Ergebnisse der Forschungsarbeit aus Kapitel 3 zusammengefasst. In der Folge werden die Ergebnisse in Bezug auf die bereits publizierte wissenschaftliche Literatur diskutiert und somit im wissenschaftlichen Kontext eingeordnet.

4.1. Zusammenfassung der Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte eine Follow-up-Quote von 79 % ($n = 95$) innerhalb des prospektiv erfassten Studienkollektivs erreicht werden. Die Analyse ergab eine Überlebensrate der hohen tibialen Umstellungsosteotomie (HTO) von 67,4 %, während bei 32,6 % der Patienten im weiteren Verlauf eine Konversion zu einer Endoprothese erforderlich war. Die Konversionen erfolgten im Mittel nach 87,6 Monaten (7,3 Jahre). Der mittlere Nachbeobachtungszeitraum betrug 12,9 Jahre. Die Variable „weibliches Geschlecht“ konnte mit einem Odds-Ratio von 3,5 ($p = 0,009$ KI:1,36-9,05) als Risikofaktor für die Konversion der MOWHTO hin zu einer Endoprothese identifiziert werden. Die übrigen untersuchten Parameter (klinische und radiologische Scores) ergaben keinen statistisch signifikanten Einfluss. In Bezug auf den langfristigen klinischen Verlauf nach MOWHTO konnte im Rahmen der Analyse verschiedener etablierter klinischer Scores eine signifikante, anhaltende Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Zustand in allen klinischen Scores gezeigt werden. Des Weiteren wurden für den Tegner-Aktivitäts-Score, den IKDC-Score sowie den Oxford Knee Score die bislang höchsten Scores über die sechs Erfassungszeitpunkte ermittelt. Diesbezüglich lässt sich festhalten, dass

es auch im Langzeitverlauf, mehr als 12 Jahre nach erfolgter Medialer Open Wedge HTO, zu einer anhaltenden Verbesserung des klinischen Zustands kommen kann. Dieser kann sich auch nach mehr als sechs Jahren postoperativ noch signifikant verbessern. Dies lässt sich exemplarisch anhand der signifikanten Verbesserung des Tegner Aktivitätsscores zwischen dem 6- und dem 12 Jahres Follow-up zeigen.

Die Analyse des SF-36-Fragebogens belegt eine persistente Verbesserung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Langzeitverlauf. Sowohl die einzelnen Subskalen als auch die beiden Summenscores für die körperliche (PCS) und psychische (MCS) Verfassung zeigten anhaltend signifikante Verbesserungen im Vergleich zum präoperativen Zustand. Darüber hinaus zeigte sich 12 Jahre postoperativ erstmalig keine signifikante negative Abweichung der einzelnen Subskalen oder der Summenscores des SF-36 im Vergleich zur Normalbevölkerung. Im Gegenteil, konnte in zwei Subskalen (Allgemeine Gesundheitswahrnehmung, Psychisches Wohlbefinden) sogar eine Überlegenheit im Vergleich zur Normalbevölkerung nachgewiesen werden.

4.2. Überlebensrate der HTO und möglicher Einflussfaktoren

Die Konversion der HTO zu einer Endoprothese ist als kritischer Endpunkt bei der Beurteilung des Behandlungsergebnisses zu betrachten. Im Vergleich zu subjektiven Parametern wie Schmerzen oder der Einschätzung der Funktionalität des Kniegelenks lässt sich diese Variable gut objektivieren. Die Implantation der Endoprothesen ($n = 31$) erfolgte, bei den 32,6 % des untersuchten Studienkollektivs, bei denen eine Konversion im Beobachtungszeitraum stattfand, im Mittel 87,6 Monate (7,3 Jahren) nach Medialer Open Wedge HTO. In Bezug auf die zu erwartende Zeitspanne zwischen der HTO und der Konversion zur Endoprothese standen bis vor einigen Jahren noch signifikant weniger Langzeitergebnisse mit ausreichend großen Studienkollektiven zur Verfügung, um valide Vorhersagen zur Überlebensdauer der HTO treffen zu können. In den vergangenen Jahren wurden vermehrt retrospektive als auch prospektive Studien veröffentlicht, welche sich mit dieser Fragestellung auseinandersetzten.

Die in der vorliegenden Forschungsarbeit präsentierte Überlebensrate von 67,4 % nach einer mittleren Nachbeobachtungszeit von 155 Monaten (12,9 Jahre) bestätigt die Ergebnisse, die in anderer aktueller wissenschaftlicher Literatur veröffentlicht wurden. In einer vergleichbaren Studie von Constantin et al. wurde in einem Studienkollektiv von $n = 95$ eine 10-Jahres-Überlebensrate von 77 % und eine 15-Jahres-Überlebensrate von 63 % berichtet. Die Ergebnisse der Studie sind mit denjenigen des vorliegenden Studienkollektivs vergleichbar. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass das Kollektiv von Constantin et al. mittels einer lateralen Closing-wedge-HTO-Therapie behandelt wurde (Constantin et al., 2024). In einer weiteren Publikation berichten van Wulfften et al. 2018 über ähnliche Ergebnisse. In ihrer retrospektiven Studie berichten die Autoren über eine 10-Jahres-Überlebensrate von 75 % sowie eine 12-Jahres-Überlebensrate von 60 %. Des Weiteren wird von einer durchgängig stabilen Konversionsrate über den gesamten Beobachtungszeitraum berichtet, ohne signifikante Zunahme oder Abnahme der Geschwindigkeit (van Wulfften Palthe et al., 2018). Diese Beobachtung einer konstanten Konversionsrate lässt sich auch in dem von uns untersuchten Studienkollektiv nachweisen. Eine leicht höhere Überlebensrate als die des vorliegenden Studienkollektivs konnte von Darees et al. in ihrem 48 Patienten großen Studienkollektiv nachgewiesen werden. Die 10-Jahres-Überlebensrate wird mit 88 % angegeben. Es sei jedoch angemerkt, dass das Kollektiv eine deutlich geringere Größe und eine beträchtliche Varianz des Alters (37–72 Jahre) aufweist (Darees et al., 2018).

Schuster et al. berichten für ihr Studienkollektiv 10 Jahre postoperativ eine Überlebensrate von 81,7 %. Das von den Autoren untersuchte Studienkollektiv wies präoperativ eine mTFA von $9,6 \pm 3,0^\circ$ Varus auf, welches postoperativ, nach Osteotomie, eine minimale Überkorrektur von $0,6 \pm 2,7^\circ$ Valgus zeigte. Im Rahmen der MOWHTO wurde die präoperative MPTA von $84,9^\circ \pm 2,3^\circ$ auf $93,2 \pm 2,5^\circ$ verändert. Im vorliegenden Studienkollektiv wurde eine präoperative MPTA von $86,0 \pm 2,4^\circ$ und eine mTFA von $4,9^\circ \pm 2,2^\circ$ Varus beschrieben, welche postoperativ auf $92,4 \pm 2,7^\circ$ (MPTA) und $0,4 \pm 2,5^\circ$ Valgus verändert wurde (Schröter et al., 2017). Somit liegt die postoperative MPTA unterhalb der von Schuster et al. beschriebenen Überkorrektur der MPTA von $> 95^\circ$. Eine MPTA $>$

95° wurde mit schlechteren funktionellen Ergebnissen assoziiert. Dennoch liegt der MPTA von 92,4° im untersuchten Studienkollektiv oberhalb des von Feucht et al., für eine anatomische Korrektur, beschriebenen Wertes von 90° oder weniger (Feucht et al., 2021). Um dem Problem überkorrigierter Winkelverhältnisse mit konsekutiver nicht anatomischer Fehlstellung zwischen den Gelenkflächen entgegenzuwirken, wurde zuletzt verstärkt ein deformitätenbezogener Korrekturansatz verfolgt. Die Relevanz dieses Vorgehens wird unter anderem durch die Arbeit von Feucht et al. untermauert. In ihrer Untersuchung stellten sie fest, dass bei einer angestrebten anatomischen Korrektur (MPTA < 90°, LDFA > 85°) lediglich 12 % der Patienten mittels HTO therapiert werden können. Für die übrigen 88 % ist eine double-level Osteotomie erforderlich. Daher wird empfohlen, vor einer MOWHTO eine Bestimmung der MTFAs sowie der MPTA und LDFA durchzuführen. In der Folge ist anhand der jeweiligen Werte zu bestimmen, ob die geplante Korrektur mittels isolierter HTO zu erreichen ist oder ob zur besseren anatomischen Korrektur eine doppeltebenen-Osteotomie durchgeführt werden muss (Feucht et al., 2021).

Darüber hinaus besteht innerhalb der wissenschaftlichen Literatur Konsens darüber, dass die Zielsetzung der HTO nicht die definitive Kuration der Erkrankung beinhaltet. Das primäre Ziel der HTO besteht in einer zügigen Symptomverbesserung für den Patienten, wobei darüber hinaus die Notwendigkeit einer Endoprothese verzögert werden soll. In diesem Zusammenhang ist die Zeitspanne, innerhalb derer von einem vorzeitigen Übergang der HTO in eine Endoprothese gesprochen werden kann, noch nicht abschließend definiert und bedarf weiterer Diskussion. In jedem Fall müssen der persönliche Erwartungshorizont des Patienten sowie die mit ihm einhergehenden Komorbiditäten berücksichtigt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden die relevanten Einflussfaktoren auf die Überlebensrate mittels einer binär logistischen Regressionsanalyse analysiert. Hierbei konnten insbesondere das weibliche Geschlecht als signifikanter Faktor identifiziert werden. Diese Beobachtung wird auch in der Literatur bestätigt. Beispielhaft konnte in mehreren Studien ein Zusammenhang zwischen weiblichem Geschlecht sowie einem BMI > 35 kg/m² und einer kürzeren

Überlebensdauer nachgewiesen werden. In der vorliegenden Studie konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen weiblichem Geschlecht und Überlebenszeit festgestellt werden, während bezüglich des BMI keine Signifikanz nachgewiesen werden konnte. Die höhere Konversionsrate weiblicher Patienten wird unter anderem von van Wulfften et al. sowie Ahrend et al. in ihren jeweils 2018 und 2024 veröffentlichten Studien belegt. Van Wulfften berichtet von einer Überlebensrate von 61 % und 46 % im weiblichen Kollektiv, während das männliche Kollektiv eine Überlebensrate von 72 % und 61 % nach 10 und 15 Jahren postoperativ aufweist. Diese Ergebnisse sind allerdings unter Berücksichtigung einer signifikanten Heterogenität bezüglich der im Studienkollektiv angewendeten Operationsmethoden (Chevron-Osteotomie, Open Wedge HTO, Dome-Osteotomie) zu interpretieren (van Wulfften Palthe et al., 2018).

In ihrer multizentrischen Studie berichten Ahrend et al. von einer 5- und 10-Jahres-Überlebensrate von 85,9 % respektive 62,2 % bei weiblichen Studienpatienten. Im männlichen Kollektiv konnte nach 5 und 10 Jahren eine Überlebensrate von 93,4 % und 77,7 % beobachtet werden ($p = 0,001$) (Ahrend et al., 2024). In der vorliegenden Untersuchung konnte bei den 28 nachuntersuchten weiblichen Studienpatientinnen eine Überlebensrate von 46,4 % nach 12 Jahren nachgewiesen werden. Demgegenüber zeigt das männliche Studienkollektiv ($n = 67$) eine Überlebensrate von 76,1 % ($p = 0,008$).

4.3. Patientenzufriedenheit im Langzeitverlauf

Die erreichte Patientenzufriedenheit kann mindestens zwölf Jahre nach MOWHTO grundsätzlich als überaus positiv interpretiert werden. Die allgemeine Patientenzufriedenheit von 8/10 nach NRS sowie die Zufriedenheit/Erfreutheit mit dem Gesamtergebnis von 87,2 % lassen auf ein sehr zufriedenes Studienkollektiv schließen. Dies lässt sich zudem anhand der Tatsache belegen, dass sich über 90 % des untersuchten Kollektivs erneut mittels MOWHTO therapieren lassen würden. In Bezug auf die beobachtete Konversionsrate der HTO hinsichtlich einer Endoprothese bei n = 31 Patienten nach einer mittleren Zeitdauer von 7,3 Jahren ist die Analyse der Zufriedenheit dieses Kollektivs von besonderem Interesse. In Bezug auf die Erfüllung der Erwartungen an die MOWHTO lässt sich festhalten, dass 77,4 % der Patienten angaben, ihre Erwartungen seien "erfüllt" oder "übertroffen" worden. Des Weiteren gaben 77,4 % dieser Patienten an, sich einer erneuten HTO zu unterziehen. Dass über $\frac{3}{4}$ der Patienten, die im Beobachtungszeitraum eine Endoprothese implantiert bekommen haben, sich trotzdem erneut einer HTO unterziehen würden, spricht für den Erfolg, der mittels dieser Therapieform erreicht werden kann. Darüber hinaus wird die Wichtigkeit der Patientenaufklärung bezüglich der zu erwartenden Resultate der HTO deutlich. Diese Erkenntnis regt vor allem die Diskussion über die Zeitdauer bis zur Endoprothese die eine HTO überleben sollte, um als erfolgreich zu gelten, an. Denn wie am vorliegenden Studienkollektiv gezeigt wurde, können hohe patientenseitige Zufriedenheitswerte im Rahmen einer mittleren Konversionszeit von 7,3 Jahren erzielt werden.

4.4. Ergebnisse der klinischen Scores

Die Anwendung etablierter klinischer Scores wie des Lysholm-Scores, des Oxford Knee Score, des Tegner Aktivitätsscores sowie des IKDC-Scores ermöglicht eine valide Beurteilung der klinisch-funktionellen Situation der Studienpatienten im Langzeitverlauf. Der Vergleich der klinischen Scores innerhalb des Studienkollektivs, erlaubt sowohl die Beurteilung des individuellen Verlaufs, sowie die Gegenüberstellung einer etwaigen Verbesserung oder Verschlechterung in Bezug zu den präoperativen Ausgangswerten. Darüber hinaus wird dadurch ein Vergleich der Scorewerte des untersuchten Studienkollektivs, mit den von anderen Autoren berichteten Scorewerten vergleichbarer Kollektive, als auch mit den Scorewerten der Normalbevölkerung möglich. Die mittels der genannten Fragebögen erhobenen Daten legen eine signifikante und nachhaltige Verbesserung der klinisch-funktionellen Parameter nahe, die auch zwölf Jahre nach der Operation nachweisbar ist. Während eine unmittelbare postoperative klinische Verbesserung zu erwarten war, ließ sich der klinische Verlauf über einen Zeitraum von mehr als zehn Jahren präoperativ nicht adäquat prognostizieren. Daher kann festgehalten werden, dass eine kontinuierliche Verbesserung der klinisch-funktionellen Situation für die Mehrheit der Patienten möglich ist. Die Ergebnisse legen zudem nahe, dass eine Verbesserung sowohl unmittelbar- als auch mehrere Jahre postoperativ möglich ist. Allerdings gilt es bei der Dateninterpretation zu beachten, dass Patienten mit schlechteren funktionellen Ergebnissen mit größerer Wahrscheinlichkeit sich während des Beobachtungszeitraums einer Implantation einer Endoprothese unterziehen mussten und somit im Langzeitverlauf nichtmehr in der Beurteilung des klinisch-funktionellen Ergebnisses berücksichtigt werden.

Tegner-Aktivitäts-Score (TAS):

Im Vergleich der verschiedenen erfassten Scores und deren Verlauf ist festzustellen, dass der Tegner-Aktivitätsscore nach 12 Jahren, verglichen mit dem präoperativen Ausgangswert, mit 56,5 % die größte prozentuale Verbesserung aufweist. Der Median Scorewert von 4,0 beschreibt ein

Aktivitätsniveau, das sowohl Freizeitsport (Radfahren, Skilanglauf, Bergwandern) als auch mittelschwere körperliche Arbeit beinhaltet.

Dieses Resultat ist im Vergleich zu einer Normalbevölkerung ohne kniespezifische Erkrankung beachtenswert. In diesem Kontext publizierten Briggs et al. (2009) eine Studie, in der insgesamt 488 nicht an einer Knieerkrankung leidende Individuen (50 % männlich, 50 % weiblich) untersucht wurden. Dabei wurde ein mittlerer Tegner-Aktivitätsscore von 5,7 bei einem mittleren Alter der Studienpopulation von 41 Jahren beschrieben. Eine weitere Unterteilung des Gesamtkollektivs in Altersklassen zeigt, dass sowohl die Altersklassen 46 bis 60 Jahre als auch die Altersklasse > 60 Jahre einen mittleren TAS von 4,6 Punkten aufweisen (Briggs et al., 2009). Somit lässt sich im Vergleich feststellen, dass das vorliegende Studienkollektiv 12 Jahre nach HTO und mit einem durchschnittlichen Alter von 59,1 Jahren, einen mit 4,35 lediglich minimal schlechteren TAS erreicht als ein nicht am Knie erkranktes Studienkollektiv mit vergleichbarem Alter. Darüber hinaus schneidet das vorliegende Kollektiv auch im Vergleich mit anderen Studienkollektiven nach HTO sehr gut ab. Diesbezüglich berichten beispielsweise van Wulfften et al. in ihrem Kollektiv, nach 12 Jahren lediglich einen TAS von 3,0 Punkten (van Wulfften Palthe et al., 2018).

Lysholm-Score:

Dasselbe Studienkollektiv ohne kniespezifische Erkrankung welches von Briggs et al. bezüglich des TAS untersucht wurde, wurde auch hinsichtlich des Lysholm Scores analysiert. Diesbezüglich wurde in der Normpopulation von einem durchschnittlichem Lysholm Score, welcher keine altersspezifischen Veränderungen zeigte, von 94 Punkten berichtet.

In dem vorliegenden Studienkollektiv zeigte der Lysholm Score eine Steigerung im 12-jährigen Beobachtungszeitraum von 51,93 %. In Bezug auf den präoperativen Punktwert von $54,38 \pm 20,31$ zeigt sich nach einem Beobachtungszeitraum von 12 Jahren eine signifikante Steigerung auf $82,62 \pm 18,34$. Insofern erreicht der Lysholm-Score im Gegensatz zum Tegner Aktivitätsscore nicht ganz den Wert des nicht erkrankten Vergleichskollektivs und

liegt um 11,83 Punkte niedriger. In Bezug auf die Klassifikation des Lysholm-Scores in "exzellent", "gut", "befriedigend" und "mangelhaft" lässt sich das vorliegende Studienkollektiv dem obersten Bereich der befriedigenden Punktwerte (65–83) zuordnen. Die Kategorie "gut" (84–95) wird lediglich um 1,38 Punkte verpasst. Dennoch lässt sich eine signifikante Verbesserung der präoperativen, im Sinne des Lysholm-Scores als mangelhaft eingestuft Situation feststellen. Die prozentuale Steigerung von 51,93 % im Vergleich zum präoperativen Wert ist darüber hinaus signifikant größer als die, die in anderen Studienkollektiven nach HTO beobachtet wird. In einer Studie von Schröter et al. wurde nach zehn Jahren eine Steigerung von 48,27 % von 43,5 Punkten präoperativ auf 64,5 Punkte postoperativ beobachtet (Schröter et al., 2023). Die Ergebnisse von Bode et al. hingegen sind sehr ähnlich. In ihrem Studienkollektiv konnte eine signifikante Verbesserung des Lysholm-Scores von $43,37 \pm 20,09$ auf > 80 Punkte nach 10 Jahren postoperativ beobachtet werden (Bode et al., 2022). Die Ergebnisse von van Wulfften Palthe et al. sind von Interesse, da sie einen nahezu identischen Follow-up-Zeitraum aufweisen wie das vorliegende Studienkollektiv (12,9 Jahre). Nach einer mittleren Follow-up-Zeit von 13 Jahren beschreiben van Wulfften Palthe et al. (2018) einen mittleren Lysholm-Score von $75,5 \pm 18,4$ (van Wulfften Palthe et al., 2018).

International Knee Documentation Committee Score (IKDC):

In Bezug auf den subjektiven IKDC-Score konnte im untersuchten Studienkollektiv eine signifikante Verbesserung von $47,24 \pm 15,64$ Punkten präoperativ, über $64,86 \pm 19,67$ Punkte nach sechs Jahren, auf bis zu $72,49 \pm 18,08$ Punkten nach zwölf Jahren beobachtet werden. Dies entspricht einer Steigerung um 53,45 % nach zwölf Jahren. Dieses Ergebnis kann mit der von Anderson et al. im Jahr 2006 durchgeführte Querschnittsstudie verglichen werden. Die Studie präsentiert auf Basis von über 5.000 eingeschlossenen Knieen normierte Vergleichsdaten, welche darüber hinaus nach Alters- und Geschlechtsgruppen differenziert wurden. Sie berichten von einem durchschnittlichen IKDC – Wert aller eingeschlossenen Patienten von 82 ± 22 Punkten. Eine Analyse der relevanten Altersgruppe von 51 bis 65 Jahren zeigt

jedoch, dass die durchschnittlichen IKDC-Werte für Frauen bei 70,9 und für Männer bei 77,4 liegen. Die geschlechtergetrennten IKDC-Werten des vorliegenden Studienkollektiv belaufen sich auf $65,90 \pm 16,06$ für die weiblichen Studienpatientinnen (durchschnittliches Alter = $62,55 \pm 5,65$ Jahre) und $74,46 \pm 18,20$ für die männlichen Studienpatienten (durchschnittliches Alter = $58,26 \pm 8,10$ Jahre). Ein Vergleich der vorliegenden Ergebnisse mit den normativen Daten zeigt, dass beide Gruppen im Vergleich dazu etwas schlechter abschneiden. Dabei zeigt das weibliche Kollektiv eine etwas größeren Differenz ($m = -2,45$ Punkte; $w = -5,0$ Punkte). Es sei jedoch darauf hingewiesen, dass im normativen Vergleichskollektiv zwar 28 % eine aktuelle Erkrankung am Kniegelenk angaben, jedoch lediglich 9 % der eingeschlossenen Patienten eine vorausgegangene Knieoperation berichteten (89 % davon vor mehr als einem Jahr) (Anderson et al., 2006). Demgegenüber sind im vorliegenden Studienkollektiv gemäß Definition 100 % der Studienpatienten am Knie voroperiert und an einer chronisch degenerativen Erkrankung erkrankt. In Anbetracht dessen sind die erreichten Scorewerte als überaus positiv zu interpretieren und beschreiben einen vergleichbaren Zustand zu einer repräsentativen normativen Querschnittsstichprobe in Bezug auf den IKDC-Score. Im Vergleich der IKDC-Werte mit anderen Studienkollektiven nach HTO zeigen sich vor allem Übereinstimmungen mit den mittelfristigen Ergebnissen von Schuster et al. Diese geben einen 5-Jahres-IKDC-Wert von 66 ± 16 nach einem präoperativen Ausgangswert von 44 ± 11 an. In Bezug auf das Langzeitergebnis zeigt das vorliegende Studienkollektiv im Vergleich ein überlegenes Ergebnis von $72,49 \pm 18,08$ zu den 65 ± 17 Punkten nach 10 Jahren im Kollektiv von Schuster et al. (Schuster et al., 2018). Anhand der Daten lässt sich erkennen, dass der IKDC im Kollektiv von Schuster et al. im Beobachtungszeitraum zwischen fünf und zehn Jahren keiner Verbesserung unterlag. Demgegenüber steht das untersuchte Studienkollektiv, bei dem im Follow-up-Zeitraum zwischen sechs und zwölf Jahren eine Verbesserung von $64,86 \pm 19,67$ auf $72,49 \pm 18,08$ erfolgte. Ein vergleichbares Langzeitergebnis präsentieren Schallberger et al. in ihrem Kollektiv von 54 Patienten, wobei ein medianer IKDC von 71 (IQR 49–82) bei einer durchschnittlichen Follow-up-Zeit von 16 Jahren beobachtet wurde.

Innerhalb des Kollektivs wurden sowohl öffnende als auch schließende HTOs durchgeführt, jedoch konnte innerhalb des Kollektivs von den Autoren keine signifikante Differenz beider Verfahren nachgewiesen werden (Schallberger et al., 2011).

Oxford Knee Score (OKS):

Ein weiterer untersuchter Score ist der Oxford Knee Score (OKS). In Bezug auf diesen war im untersuchten Studienkollektiv eine Steigerung von 41,96 % des präoperativen Ausgangswerts auf $40,29 \pm 8,16$ Punkte nach 12 Jahren zu verzeichnen. Diese Resultate sind in der OKS-Klassifikation als "gut" zu interpretieren und liegen lediglich einen Punkt unterhalb eines exzellenten Ergebnisses von > 41 Punkten. In anderen Langzeitstudien nach HTO werden vergleichbare Ergebnisse berichtet. Im Rahmen eines 20-Jahre-Follow-ups berichten Constantin et al. einen Oxford Knee Score von 40 ± 7 in dem von ihnen untersuchten Studienkollektiv. Verglichen mit dem Score von $40,29 \pm 8,16$ des vorliegenden Studienkollektivs stellt dies, angesichts einer um sieben Jahre längeren Follow-up-Zeit, ein beachtliches Ergebnis dar (Constantin et al., 2024). In Bezug auf den postoperativen Anstieg des OKS-Werts innerhalb der ersten Jahre liefern sowohl Hoorntje et al. als auch Floerkemeier et al. Vergleichsdaten bis zu einem Zeitpunkt von 43 Monaten postoperativ. Hoorntje et al. beschreiben einen Anstieg von $26,6 \pm 8,0$ präoperativ auf $44,0$ nach 24 Monaten in ihrem Studienkollektiv von $n = 84$ (Hoorntje et al., 2023). Floerkemeier et al. berichten 43,2 Monate postoperativ von einem Wert von $39,2 \pm 7,9$ (Floerkemeier et al., 2013). Diesbezüglich konnten im vorliegenden Studienkollektiv vergleichbare Werte erfasst werden. Diese steigerten sich von $28,38 \pm 9,83$ präoperativ auf $37,98 \pm 10,84$ nach 18 Monaten.

Da der OKS unter anderem für die Evaluation der endoprothetischen Versorgung das Standardmessinstrument ist, bietet sich auch diesbezüglich ein Vergleich an. Die klinisch-funktionellen Langzeitergebnisse des unikondylären Oberflächenersatzes wurden beispielsweise von Kennedy et al. im Rahmen eines 7-Jahres Follow-up von 325 Knien an 300 Patienten publiziert. Sie berichten nach einem präoperativem OKS von $24,5 \pm 9$ von einem Anstieg auf

einen durchschnittlichem OKS von 40 ± 9 sieben Jahre postoperativ (Kennedy et al., 2020). Eine weitere Studie von Weston-Simons et al., die jedoch einen deutlich kürzeren Beobachtungszeitraum aufweist, berichtet ebenfalls einen OKS-Wert von 40 (Weston-Simons et al., 2014). Dieses Resultat entspricht nahezu dem des vorliegenden Studienkollektivs nach zwölf Jahren ($40,29$) mit einem vergleichbar großen Anstieg vom präoperativen Niveau. In Anbetracht der genannten Literatur lässt sich festhalten, dass das vorliegende Studienkollektiv trotz eines zumeist längeren Beobachtungszeitraums, in Bezug auf den OKS, vergleichbare Ergebnisse liefert wie andere Studienkollektive nach HTO oder nach unikompartimentellen Gelenkersatz.

Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS):

Im Rahmen des 12-Jahres-Follow-ups konnten für das vorliegende Studienkollektiv KOOS-Punktwerte von $78,15 \pm 21,72$ für die Subskala Symptome, $78,52 \pm 22,08$ für die Subskala Schmerz, $86,74 \pm 18,23$ für die Subskala Alltagsaktivitäten sowie $66,96 \pm 23,10$ für die Subskala Lebensqualität erfasst werden. Da der KOOS im Rahmen des 12-Jahres-Follow-up erstmals im untersuchten Studienkollektiv bestimmt wurde, liegen keine präoperativen Vergleichsdaten desselben Kollektivs vor, sodass ein prä- zu postoperativer Zustandsvergleich nicht durchgeführt werden kann. Dennoch ist ein Vergleich der erhobenen Werte mit denen der Normalbevölkerung möglich. In diesem Kontext führten Paradowski et al. (2006) eine repräsentative Populationsanalyse eines schwedischen Kollektivs von 539 zufällig ausgewählten Personen durch. Ziel war die Erfassung alters- und geschlechtsadaptierter Referenzdaten bezüglich Knieschmerzen, Funktionalität sowie Lebensqualität. Zur Datenerfassung nutzen Sie den Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), wodurch ein Vergleich der beiden Kollektive möglich ist. In der für den Vergleich der beiden Kollektive relevanten Altersgruppe von 55 bis 74 Jahren berichten Paradowski et al. für die Subskalen Symptome, Schmerz, Alltagsaktivitäten und Lebensqualität Referenzwerte für ein männliches Kollektiv von $88,4 \pm 17,3$, $87,7 \pm 17,4$, $86,3 \pm 18,8$ und $78,9 \pm 25,04$ (Paradowski et al., 2006). Im Vergleich zeigt sich, dass das vorliegende männliche Studienkollektiv mit einem Durchschnittsalter von

58,2 Jahren mit Ausnahme der Subskala "Alltagsaktivitäten" (+2,4 Punkte) durchweg schlechtere Ergebnisse aufweist als das Referenzkollektiv. In der Kategorie "Symptome" besteht eine Differenz von 8,4 Punkten zum Wert des Referenzkollektivs, während in der Kategorie "Schmerz" 8,0 Punkte und in der Kategorie "Lebensqualität" 9,3 Punkte fehlen.

Für ein weibliches Referenzkollektiv derselben Altersgruppe wurden für dieselben Subskalen Werte von $77,1 \pm 24,8$ (Symptome), $78,6 \pm 25,5$ (Schmerz), $77,4 \pm 26,2$ (Alltagsaktivitäten) und $68,6 \pm 31,4$ (Lebensqualität) berichtet. Wie beim männlichen Kollektiv zeigt sich auch beim weiblichen Kollektiv eine bessere Performance hinsichtlich der Lebensqualität im Vergleich zum Referenzkollektiv (+1,4 Punkte). In den Kategorien Schmerz, Symptome und Lebensqualität sind jedoch unterlegene Werte festzustellen, wobei die Differenz in der Kategorie Lebensqualität mit -11,87 Punkten am deutlichsten ausfällt. Obgleich die absoluten Punktwerte eine Unterlegenheit erkennen lassen, ist festzuhalten, dass zwölf Jahre nach einer valgusierenden Open-Wedge-HTO das untersuchte Studienkollektiv in Bezug auf Symptome und Schmerzen lediglich maximal zehn Prozent schlechter abschneidet als ein Referenzkollektiv der Durchschnittsbevölkerung ohne kniespezifische Erkrankungen. Des Weiteren lässt sich eine leichte Überlegenheit in Bezug auf die Ausführung von Alltagsaktivitäten nachweisen. In Bezug auf die Lebensqualität muss jedoch auch festgestellt werden, dass das weibliche Kollektiv 12 Jahre nach HTO eine größere Einschränkung der Lebensqualität hinnehmen muss als das männliche. Während das männliche Kollektiv nahezu 90 % der Punkte der Normalbevölkerung erreicht, liegt der Wert beim weiblichen Kollektiv bei knapp über 80 %. In Anschluss an den Vergleich des vorliegenden Studienkollektivs mit der Normalbevölkerung stellt sich die Frage, wie das untersuchte Kollektiv im Vergleich zu anderen Studienkollektiven nach HTO abschneidet. In Bezug auf die Ergebnisse von Constantin et al. (2024) ist festzustellen, dass diese mit den vorliegenden Daten in den Kategorien Schmerz und Alltagsaktivitäten vergleichbar, jedoch in Bezug auf die Lebensqualität (8 Punkte) und Symptome (7 Punkte) unterlegen sind (Constantin et al., 2024). Ekeland et al. berichten 8,3 Jahre nach HTO von überlegenen Werten in allen Kategorien (Ekeland et al.,

2017). Ein möglicher Einflussfaktor, der diese Differenz erklären könnte, ist das unterschiedliche Alter der beiden Studienkollektive. Das von Ekeland et al. untersuchte Kollektiv war beim letzten Follow-up im Durchschnitt 47 Jahre alt, während das vorliegende Studienkollektiv ein Alter von 59,14 Jahren aufwies. Im Vergleich zu den Ergebnissen von Duivenvoorden et al. im Rahmen eines 7,3 Jahres Follow-up, zeigt das vorliegende Studienkollektiv signifikant bessere Werte in sämtlichen Subskalen des KOOS (Duivenvoorden et al., 2014). Interessant, ist darüber hinaus die Entwicklung der Scorewerte die von Constantin et al. im Beobachtungszeitraum von 10 bis 20 Jahren berichtet werden. Diese steigen im Rahmen des 20-Jahre Follow-ups im Vergleich zum 10 Jahres Follow-up in allen Kategorien signifikant an. Eine mögliche Erklärung für diesen Verlauf könnte darin liegen, dass nach der Konversion zur Endoprothese von n = 54 Patienten lediglich ein verbleibendes kleines Kollektiv von n = 33 Patienten zur Verfügung stand, welches 20 Jahre postoperativ im Hinblick auf den KOOS untersucht wurde. Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass schwer symptomatische Patienten aufgrund der Konversion zur Endoprothese über einen derart langen Nachbeobachtungszeitraum nicht mehr erfasst werden und folglich ein Anstieg der Score-Werte zu vermuten ist. Ob dies auch im vorliegenden Studienkollektiv zu beobachten ist, wäre in einer weiteren Follow-up Studie des vorliegenden Studienkollektivs zu untersuchen.

4.5. Ergebnisse der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität

Die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität kann mittels des SF-36 Fragebogens erfasst und anschließend geschlechts- und altersbasiert mittels acht definierter Subskalen und zweier daraus gebildeter Summenscores für die psychische- (MCS) und körperliche (PCS) Gesundheit analysiert werden. Degenerative Gelenkserkrankungen, wie beispielsweise die Gonarthrose, kennzeichnen sich im fortgeschrittenen Stadium typischerweise durch eine signifikante Reduktion der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit einem ausgeprägten Leidensdruck der Patienten (Yan et al., 2022). Dieser Leidensdruck der Patienten führt bei ärztlichem Personal konsekutiv dazu, medizinische Therapiemaßnahmen konservativer und anschließend operativer Art zu indizieren, um die Patienten bezüglich des Leidensdrucks entlasten zu können. Die HTO stellt insbesondere bei der medialen Varusgonarthrose eines dieser eingesetzten operativen Verfahren dar. Die Effektivität der HTO bezüglich der kurzfristigen Verbesserung der Lebensqualität wurde bereits innerhalb mehrerer Studien untersucht und belegt. Unter anderem wurde am vorliegenden Studienkollektiv von Ihle et al. eine signifikante Verbesserung des PCS bis 18 Monate postoperativ nachgewiesen. Darüber hinaus beschreiben Ihle et al. einen Zusammenhang der präoperativen psychischen Verfassung und des postoperativen Ergebnisses (Ihle et al., 2016). Bastard et al. konnten eine signifikante Verbesserung des MCS und PCS bis zu 1,3 Jahre nach HTO nachweisen (Bastard et al., 2017). Mittelfristige Ergebnisse desselben Studienkollektivs wurden von Herbst et al. sechs Jahre postoperativ berichtet. In Bezug auf die mittelfristigen Ergebnisse konnte eine signifikante Verbesserung der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert festgestellt werden. Dennoch zeigt sich im Vergleich zur Normalbevölkerung eine signifikante Einschränkung hinsichtlich des PCS (Herbst et al., 2020). Obgleich in jüngerer Vergangenheit eine Vielzahl von Autoren Langzeitdaten zu Studienkollektiven nach HTO berichtet hat, enthalten die meisten Studien lediglich Ergebnisse bezüglich kniespezifischer

klinischer Scores, ohne eine detaillierte Analyse der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität vorzunehmen. Daher verdienen die Ergebnisse dieses Studienkollektivs besondere Beachtung, da sie prospektive Daten zur subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität im Mittel 12,9 Jahre nach MOWHTO liefern. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung konnte für das untersuchte Studienkollektiv nachgewiesen werden, dass die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität im Vergleich zur Normalbevölkerung auch im Langzeitverlauf, mindestens 12 Jahre nach MOWHTO, nicht signifikant eingeschränkt ist. Bei der detaillierten Analyse der acht einzelnen Subskalen konnten mehrere Veränderungen im Vergleich zum 6 Jahres Follow-up festgestellt werden. Zum einen zeigte sich die im Rahmen der 6-Jahres-Ergebnisse von Herbst et al. noch signifikant reduzierte Subskala „körperliche Funktionsfähigkeit“, absolut gesehen mit $-1,45 \pm 10,62$ zwar nach wie vor reduziert, allerdings ergab die Analyse diesbezüglich keine statistische Signifikanz (Herbst et al., 2020). In derselben Weise verhielten sich die Subskalen „körperliche Rollenfunktion“, „soziale Rollenfunktion“ und der „körperliche Summenscore (PCS)“. Alle drei waren beim Follow-up durch Herbst et al. signifikant reduziert und wiesen beim aktuellen Follow-up keine signifikante Reduktion im Vergleich zur Normalbevölkerung auf. Erstmals konnte im Rahmen des 12-Jahres-Follow-up eine signifikante Verbesserung des Zustandes im Vergleich zur Normalbevölkerung für die beiden Subskalen „allgemeine Gesundheitswahrnehmung (GH)“ und „psychisches Wohlbefinden (MH)“ nachgewiesen werden. Im Rahmen des 6-Jahres-Follow-up wichen diese beiden Subskalen nicht signifikant von der Normalbevölkerung ab. Die Verbesserung der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und des psychischen Wohlbefindens, erscheint zusammen mit der Verbesserung der Subskalen der körperlichen- und sozialen Rollenfunktion als plausibel, da zu vermuten ist, dass eine verbesserte körperliche und soziale Rollenfunktion mit einer Verbesserung der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und auch des psychischen Wohlbefindens einhergeht. Diese Befunde bekräftigen die von Herbst et al. aufgestellte These, dass nach einer initialen postoperativen Verbesserung eine Plateauphase erreicht wird (Herbst et al., 2020). Aufgrund der aktuellen Ergebnisse kann

angenommen werden, dass diese Plateauphase im Durchschnitt bis mindestens zwölf Jahre postoperativ anhält.

Ein niedriger Summenscore des SF-36 für die psychische Gesundheit (MCS) beziehungsweise das Vorliegen psychopathologischer Befunde wurde bereits in mehreren Studien mit einem schlechteren postoperativen Verlauf in Zusammenhang gebracht (Ihle et al., 2016) (Saier et al., 2017). Präoperativ konnte für das gesamte Studienkollektiv ein reduzierter MCS im Vergleich zur Normalbevölkerung festgestellt werden. Diese Abweichung des MCS ($-3,89 \pm 14,38$) war im Vergleich zur Differenz des PCS deutlich geringer. Im Rahmen des 12-Jahres-Follow-ups konnte beim untersuchten Studienkollektiv keine signifikante Differenz des MCS im Vergleich zur Normalbevölkerung mehr nachgewiesen werden. Des Weiteren ist von Interesse, dass sich mittels eines Paarvergleichs kein signifikanter Unterschied des präoperativen MCS und des MCS 12 Jahre postoperativ darstellen lässt. In Bezug auf den Paarvergleich ist zu berücksichtigen, dass in die Analyse lediglich diejenigen Patienten einbezogen wurden, bei denen keine Konversion hinsichtlich einer Endoprothese erfolgte. Für die 12 Jahre postoperativ im Paarvergleich untersuchten Patienten liegt der präoperative MCS im Durchschnitt bei $49,13 \pm 12,24$ und somit lediglich 0,87 Punkte unterhalb dem der Normalbevölkerung. In Bezug auf die dargestellten Ergebnisse lässt sich festhalten, dass das Kollektiv, bei dem zwölf Jahre nach MOWHTO keine Konversion hinsichtlich einer Endoprothese stattfand, einen mit der Normalbevölkerung vergleichbaren MCS präoperativ aufwies.

Ihle et al. berichteten 2023 in Ihrer Untersuchung hinsichtlich der gesundheitsbezogenen Lebensqualität in Bezug auf die Therapie mittels double-level Osteotomie (DLO) ähnliche Ergebnisse. In ihrem untersuchten Studienkollektiv von 24 Patienten welche mittels DLO aufgrund Varusgonarthrose behandelt wurden zeigte sich präoperativ der PCS stark erniedrigt. Der MCS jedoch zeigte weder prä- noch postoperativ eine signifikante Differenz in Bezug zur Normalbevölkerung (Ihle et al., 2023). Dies steht im Einklang mit den hier dargestellten Ergebnissen, dass eine körperliche Funktionseinschränkung nicht unbedingt mit einer Verschlechterung der

mentalen Gesundheit einhergehen muss. Andererseits kann nichtsdestotrotz eine Verbesserung der körperlichen Funktionsfähigkeit mit einer Verbesserung einzelner Aspekte der mentalen Gesundheit einhergehen, wie man an den 12-Jahres Ergebnissen und den gezeigten Verbesserungen hinsichtlich der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung und des psychischen Wohlbefindens HTO erkennen kann. Im Gegensatz dazu zeigt sich der präoperative MCS des Kollektivs, das im Beobachtungszeitraum von 12,9 Jahren eine Endoprothese implantiert bekommen hat lediglich bei $44,45 \pm 15,60$ und somit niedriger als der des Kollektivs ohne Konversion zur Endoprothese. Diese absoluten Zahlen stützen, die von Ihle et al. und Saier et al. berichteten Ergebnisse eines niedrigen MCS als Einflussfaktor für einen schlechteren postoperativen Verlauf. Da die Mittelwertdifferenz beider Gruppen jedoch lediglich $p = 0,117$ als Signifikanz zeigt, ist kein signifikanter Unterschied zu berichten. In diesem Zusammenhang sind weitere Langzeitstudien erforderlich, um die möglichen Zusammenhänge besser evaluieren zu können.

4.6. Limitationen der Forschungsarbeit

In Bezug auf die vorliegende Forschungsarbeit sind folgende Limitationen zu berücksichtigen. Zum einen fehlt zum Vergleich des Verlaufs nach MOWHTO ein Kontrollgruppe ohne oder mit lediglich konservativer Therapie. Dies würde eine genauere Aussage zur Verzögerung der Notwendigkeit einer Implantation einer Knieprothese nach MOWHTO ermöglichen. Zum anderen konnte von den präoperativ erfassten Patienten (n = 120) lediglich ein Teil der Patienten (n = 95) im Rahmen eines weiteren Follow-up Untersuchung erfasst werden. Dies birgt die Gefahr eines Selektionsbias, da lediglich 79,2 % der Patienten in die Follow-up-Untersuchung einbezogen werden konnten. In Bezug auf die Überlebensrate der HTO für das Gesamtkollektiv (n = 120) besteht die Möglichkeit, dass dieser Selektionsbias zu einer falsch niedrigen Überlebensrate führt. In der Regel weisen diejenigen Patienten, die unter starken Symptomen leiden oder sich im Follow-up-Zeitraum einer Implantation einer Endoprothese unterzogen haben, einen engeren Arzt-Patienten-Kontakt und somit aktuellere Kontaktdaten auf als diejenigen Patienten, die keinerlei Symptome aufweisen und deshalb auch keinen Anlass für eine ärztliche Vorstellung haben. Zudem stellten sich Patienten mit Endoprothesenimplantation häufig zur Operation in unserer Klinik vor, so dass Kontaktinformationsdetails von diesen Patienten aktuell waren. Dies impliziert eine höhere Wahrscheinlichkeit, die Studienpatienten zwölf Jahre nach der initialen Operation kontaktieren zu können. Ebenso konnte im Rahmen der Kontaktierung der Studienpatienten festgestellt werden, dass diejenigen Patienten mit einem sehr guten Behandlungsergebnis und ohne relevante Einschränkungen deutlich zurückhaltender bezüglich einer Terminvereinbarung waren, als diejenigen Patienten, die unter einem gewissen Leidensdruck litten. Ein positives Bias könnte aufgrund der longitudinalen Erfassung klinischer Score Werte erfolgen. Dies birgt Restriktionen, um ein funktionelles Ergebnis zu beurteilen, da diejenigen Patienten, welche starke Beschwerden und für gewöhnlich damit einhergehend niedrige Scorewerte aufweisen, durch den Übergang zur Endoprothese nicht mehr innerhalb der klinischen Scorewerte erfasst werden. In der Konsequenz können bezogen auf das Gesamtkollektiv falsch hohe Scorewerte im Langzeitverlauf entstehen. Außerdem wurden im

untersuchten Studienkollektiv sowohl Patienten mit primärer als auch mit sekundär posttraumatischer Gonarthrose eingeschlossen. Auch wenn die überwiegende Mehrzahl des Studienkollektivs eine primäre Gonarthrose aufwies, ist eine Beeinflussung des Ergebnisses durch die Heterogenität des Studienkollektivs nicht ausgeschlossen.

Darüber hinaus wurde das präoperativ erfasste Studienkollektiv unmittelbar postoperativ im Rahmen einer Studie randomisiert in zwei Gruppen mit unterschiedlichem Nachbehandlungsschema aufgeteilt (Schröter et al., 2017). Die eine Gruppe wurde gemäß einem konventionellen Nachbehandlungsschema, welches eine Teilbelastung des Beines für einen Zeitraum von sechs Wochen mit einem Gewicht von 20 Kilogramm vorsieht, therapiert. Die andere Gruppe wurde für lediglich elf Tage mit einer Teilbelastung von maximal 20 Kilogramm und unmittelbar anschließend im Sinne einer schmerzadaptierten Vollbelastung nachbehandelt. Für die Gruppe die eine frühfunktionelle Nachbehandlung erhielt, konnte im Rahmen dieser Studie eine signifikant schnellere Verbesserung der klinischen Score-Werte sowie des SF-36 nachgewiesen werden (Schröter et al., 2017). Da im Rahmen des 18 Monate Follow-up keine signifikante Differenz beider Gruppen bestand, ist eine Auswirkung auf das langfristige Ergebnis unwahrscheinlich jedoch nicht ausgeschlossen.

Schlussendlich wurde im Rahmen der vorliegenden Studie auf die Auswertung und die Analyse der ebenfalls durchgeführten Erfassung des Arthrosegrades mittels konventioneller Röntgendiagnostik bei symptomatischen Patienten verzichtet. Diese Vorgehensweise wurde gewählt, um eine Verzerrung der Ergebnisse durch die Auswertung der Röntgenbilder durch unterschiedliche Untersucher zu vermeiden.

5. Zusammenfassung

Im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit konnte das langfristige klinische Outcome eines prospektiv eingeschlossenen Studienkollektivs mindestens 12 Jahre nach medialer öffnender valgusierender Tibiakopfumstellungsosteotomie (MOWHTO) untersucht werden.

Im Rahmen der Nachuntersuchungen konnten $n = 95$ Studienpatienten der ursprünglich 120 prospektiv erfassten Patienten erneut in die Untersuchung eingeschlossen werden. Dadurch konnte eine 12-Jahres-Follow-up-Quote von 79,2 % erzielt werden.

Das Studienkollektiv wies einen mittleren Altersdurchschnitt von $60,0 \pm 7,5$ Jahren sowie einen mittleren BMI von $30,5 \pm 7,2$ kg/m² auf. Das nachuntersuchte Kollektiv umfasste $n = 67$ (70,5 %) männliche und $n = 28$ (29,5 %) weibliche Studienpatienten. Der mittlere Beobachtungszeitraum betrug $154,9 \pm 9,7$ Monate (12,9 Jahre). Die Überlebensrate der HTO nach 12,9 Jahren betrug für das nachuntersuchte Studienkollektiv 67,4 %. Folglich lässt sich eine Konversionsrate von 36,6 % nach 12,9 Jahren ableiten. Im Beobachtungszeitraum konvertierten $n = 31$ Studienpatienten zu einer Endoprothese.

Nach einem Beobachtungszeitraum von 5 Jahren (60 Monate) zeigte sich eine Überlebensrate von 90 % der Patienten des Gesamtkollektivs. Nach 10 Jahren (120 Monate) fiel diese auf 75 % und nach 12 Jahren (142 Monate) waren es 70 % des Studienkollektivs, die nach wie vor kein künstliches Kniegelenk implantiert bekommen hatten.

Die mittlere Zeitdauer bis zur Implantation einer Endoprothese betrug 87,6 Monaten (7,3 Jahre). Mittels binär logistischer Regressionsanalyse konnten das weibliche Geschlecht (OR = 3,5) als konsistenter Risikofaktor für eine Konversion zu einer Endoprothese identifiziert werden.

In Bezug auf die zu jedem Erfassungszeitpunkt (präoperativ, 6 Monate, 12 Monate, 18 Monate, 6 Jahre und 12 Jahre postoperativ) erhobenen klinischen Scores (IKDC, Lysholm, TAS, OKS) konnte nachgewiesen werden, dass es im Langzeitverlauf, mindestens 12 Jahre nach MOWHTO, zu einer anhaltenden signifikanten Verbesserung aller klinischen Scorewerte im Vergleich zum

präoperativen Ausgangszustand bei den Patienten ohne Prothesen- Konversion kam. Darüber hinaus konnte im Rahmen der Studie gezeigt werden, dass sich die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität des Studienkollektivs 12 Jahre nach MOWHTO signifikant im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert verbessert hat und diese positive Entwicklung auch im Langzeitverlauf anhält. Darüber hinaus wurde nicht nur ein Vergleich mit dem präoperativem Ausgangsstatus, sondern auch ein Vergleich mit der Normalbevölkerung durchgeführt. Innerhalb dieses Vergleichs konnte dargelegt werden, dass sich die subjektive gesundheitsbezogene Lebensqualität, sowohl in ihren einzelnen Teilbereichen als auch in ihrer körperlichen und psychischen Gesamtausprägung nicht signifikant von den Werten der Normalbevölkerung unterscheidet. In einzelnen Teilbereichen der subjektiven gesundheitsbezogenen Lebensqualität konnten der Normalbevölkerung überlegene Werte gezeigt werden. Ebenfalls konnte im Rahmen dieser Follow-up Untersuchung mindestens 12 Jahre nach MOWHTO ein hohes Maß an Patientenzufriedenheit nachgewiesen werden. In Bezug auf das Gesamtergebnis äußerten sich 87,2 % der nachuntersuchten Patienten als „zufrieden“ oder „erfreut“. Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass sich über 90 % der befragten erneut einer HTO unterziehen würden. Vom Kollektiv der Patienten, die im Beobachtungszeitraum mittels einer Endoprothese therapiert wurden, waren es nichtsdestotrotz 77,4 % der Patienten, die sich erneut einer HTO unterziehen würden.

Die Resultate demonstrieren, dass die MOWHTO ein valides Verfahren zur Behandlung der Varusgonarthrose darstellt, welches bei der Mehrzahl der Patienten auch im Langzeitverlauf die Implantation einer Endoprothese verhindert. Darüber hinaus kann durch dieses Vorgehen eine anhaltend hohe Patientenzufriedenheit gewährleistet und darüber hinaus eine dauerhafte, klinische Verbesserung im Vergleich zum präoperativen Ausgangsstatus erreicht werden.

6. Literaturverzeichnis

Ahrend, M. D., Petzold, D., Schuster, P., Herbst, M., Ihle, C., Mayer, P. & Schroter, S. 2024. Higher Conversion Rate to Knee Arthroplasty in Female Patients Following Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*

Akizuki, S., Shibakawa, A., Takizawa, T., Yamazaki, I. & Horiuchi, H. 2008. The Long-Term Outcome of High Tibial Osteotomy: A Ten- to 20-Year Follow-Up. *J Bone Joint Surg Br*, 90, 592-6.

Albishi, W., Abudujain, N. M., Aldahri, M. & Alzeer, M. 2024. Unicompartamental Knee Replacement: Controversies and Technical Considerations. *Arthroplasty*, 6, 21.

Anderson, A. F., Irrgang, J. J., Kocher, M. S., Mann, B. J., Harrast, J. J. & International Knee Documentation, C. 2006. The International Knee Documentation Committee Subjective Knee Evaluation Form: Normative Data. *Am J Sports Med*, 34, 128-35.

Bastard, C., Mirouse, G., Potage, D., Silbert, H., Roubineau, F., Hernigou, P. & Flouzat-Lachaniette, C. H. 2017. Return to Sports and Quality of Life after High Tibial Osteotomy in Patients under 60 Years of Age. *Orthop Traumatol Surg Res*, 103, 1189-1191.

Best, M. J., Amin, R. M., Raad, M., Kreulen, R. T., Musharbash, F., Valaik, D. & Wilckens, J. H. 2022. Total Knee Arthroplasty after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *J Knee Surg*, 35, 844-848.

Bijlsma, J. W., Berenbaum, F. & Lafeber, F. P. 2011. Osteoarthritis: An Update with Relevance for Clinical Practice. *Lancet*, 377, 2115-26.

Bode, L., Eberbach, H., Brenner, A. S., Kloos, F., Niemeyer, P., Schmal, H., Suedkamp, N. P. & Bode, G. 2022. 10-Year Survival Rates after High Tibial Osteotomy Using Angular Stable Internal Plate Fixation: Case Series with Subgroup Analysis of Outcomes after Combined Autologous Chondrocyte Implantation and High Tibial Osteotomy. *Orthop J Sports Med*, 10, 23259671221078003.

Briggs, K. K., Kocher, M. S., Rodkey, W. H. & Steadman, J. R. 2006. Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Knee Score and Tegner Activity Scale for Patients with Meniscal Injury of the Knee. *J Bone Joint Surg Am*, 88, 698-705.

Briggs, K. K., Steadman, J. R., Hay, C. J. & Hines, S. L. 2009. Lysholm Score and Tegner Activity Level in Individuals with Normal Knees. *Am J Sports Med*, 37, 898-901.

- Brinkman, J. M., Lobenhoffer, P., Agneskirchner, J. D., Staubli, A. E., Wymenga, A. B. & Van Heerwaarden, R. J. 2008. Osteotomies around the Knee: Patient Selection, Stability of Fixation and Bone Healing in High Tibial Osteotomies. *J Bone Joint Surg Br*, 90, 1548-57.
- Brouwer, R. W., Huizinga, M. R., Duivenvoorden, T., Van Raaij, T. M., Verhagen, A. P., Bierma-Zeinstra, S. M. & Verhaar, J. A. 2014. Osteotomy for Treating Knee Osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2014, CD004019.
- Bullinger, M. & Kirchberger, I. 1998. *Sf-36 Fragebogen Zum Gesundheitszustand Handanweisung*. , Göttingen, Hogrefe-Verlag GmbH & Co. KG.
- Cao, Z., Mai, X., Wang, J., Feng, E. & Huang, Y. 2018. Unicompartmental Knee Arthroplasty Vs High Tibial Osteotomy for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Arthroplasty*, 33, 952-959.
- Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Crossley, K. M. & Roos, E. M. 2011. Measures of Knee Function: International Knee Documentation Committee (Ikdc) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (Koos), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (Koos-Ps), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (Kos-Adl), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (Oks), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (Womac), Activity Rating Scale (Ars), and Tegner Activity Score (Tas). *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 63 Suppl 11, S208-28.
- Colyn, W., Agricola, R., Arnout, N., Verhaar, J. A. & Bellemans, J. 2016. How Does Lower Leg Alignment Differ between Soccer Players, Other Athletes, and Non-Athletic Controls? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24, 3619-3626.
- Constantin, H., Salmon, L. J., Russell, V., Sundaraj, K., Roe, J. P. & Pinczewski, L. A. 2024. 20-Year Outcomes of High Tibial Osteotomy: Determinants of Survival and Functional Outcome. *Am J Sports Med*, 52, 344-351.
- Dal Fabbro, G., Grassi, A., Agostinone, P., Lucidi, G. A., Fajury, R., Ravindra, A. & Zaffagnini, S. 2024. High Survivorship Rate and Good Clinical Outcomes after High Tibial Osteotomy in Patients with Radiological Advanced Medial Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *Arch Orthop Trauma Surg*.
- Darees, M., Putman, S., Brosset, T., Roumazielle, T., Pasquier, G. & Migaud, H. 2018. Opening-Wedge High Tibial Osteotomy Performed with Locking Plate Fixation (Tomofix) and Early Weight-Bearing but without Filling the Defect. A Concise Follow-up Note of 48 Cases at 10 Years' Follow-Up. *Orthop Traumatol Surg Res*, 104, 477-480.
- Dawson, J., Fitzpatrick, R., Murray, D. & Carr, A. 1998. Questionnaire on the Perceptions of Patients About Total Knee Replacement. . *J Bone Joint Surg Br*, 80, 63-69.

Deutsche Gesellschaft Für Orthopädie Und Orthopädische Chirurgie (Dgoc) 2023. S2k-Leitlinie: Gonarthrose. *AWMF-Leitlinie*.

Deyle, G. D., Allen, C. S., Allison, S. C., Gill, N. W., Hando, B. R., Petersen, E. J., Dusenberry, D. I. & Rhon, D. I. 2020. Physical Therapy Versus Glucocorticoid Injection for Osteoarthritis of the Knee. *N Engl J Med*, 382, 1420-1429.

Dugdale, T. W., Noyes, F. R. & Styer, D. 1992. Preoperative Planning for High Tibia1 Osteotomy. The Effect of Lateral Tibiofemoral Separation and Tibiofemoral Length. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 274, 248-264.

Duivenvoorden, T., Brouwer, R. W., Baan, A., Bos, P. K., Reijman, M., Bierma-Zeinstra, S. M. & Verhaar, J. A. 2014. 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 Joint Surg Am*, 96, 1425-32.

Ekeland, A., Nerhus, T. K., Dimmen, S., Thornes, E. & Heir, S. 2017. Good Functional Results Following High Tibial Opening-Wedge Osteotomy of Knees with Medial Osteoarthritis: A Prospective Study with a Mean of 8.3years of Follow-Up. *Knee*, 24, 380-389.

El-Azab, H. M., Morgenstern, M., Ahrens, P., Schuster, T., Imhoff, A. B. & Lorenz, S. G. F. 2011. Limb Alignment after Open-Wedge High Tibial Osteotomy and Its Effect on the Clinical Outcome. *Orthopedics*, 34 (10), 622-628.

Ellert, U. & Kurth, B. M. 2013. Health Related Quality of Life in Adults in Germany: Results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (Dogs1). *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 56, 643-9.

Feucht, M. J., Winkler, P. W., Mehl, J., Bode, G., Forkel, P., Imhoff, A. B. & Lutz, P. M. 2021. Isolated High Tibial Osteotomy Is Appropriate in Less Than Two-Thirds of Varus Knees If Excessive Overcorrection of the Medial Proximal Tibial Angle Should Be Avoided. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 29, 3299-3309.

Floerkemeier, S., Staubli, A. E., Schroeter, S., Goldhahn, S. & Lobenhoffer, P. 2013. Outcome after High Tibial Open-Wedge Osteotomy: A Retrospective Evaluation of 533 Patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 21, 170-80.

Fujisawa, Y., Masuhara, K. & Shiomi, S. 1979. The Effect of High Tibial Osteotomy on Osteoarthritis of the Knee. An Arthroscopic Study of 54 Knee Joints. *Orthopedic Clinics of North America*, 10, 585-608.

Gandek, B., Ware Jr, J. E., Aaronson, N., Alonso, J., Apolone, G., Bjorner, J., Brazier, H., Bullinger, M., Fukuhara, S., Kaasa, S., Lepage, A. & Sullivan, M. 1998. Tests of Data Quality, Scaling Assumptions, and Reliability of the Sf-36 in Eleven Countries: Results from the Iqola Project. International Quality of Life Assessment. *J Clin Epidemiol*, 51, 1149-1158.

Gandhi, R., Tsvetkov, D., Davey, J. R. & Mahomed, N. N. 2009. Survival and Clinical Function of Cemented and Uncemented Prostheses in Total Knee Replacement: A Meta-Analysis. *J Bone Joint Surg Br*, 91, 889-95.

Goodfellow, J. W., Kershaw, C. J., Benson, M. K. & O'connor, J. J. 1988. The Oxford Knee for Unicompartmental Osteoarthritis. The First 103 Cases. *Journal of Bone & Joint Surgery*, 70, 692-702.

Goodfellow, J. W. & O'connor, J. 1986. Clinical Results of the Oxford Knee. Surface Arthroplasty of the Tibiofemoral Joint with a Meniscal Bearing Prosthesis. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 205, 21-42.

Gutsche, J., Dr. Birte Hintzpeter, D. F. P., Dr. Martina Rabenberg, D. a. R., Dr. Livia Ryl, & Dr. Anke-Christine Saß, S. S., Dr. Thomas Ziese 2021. Gesundheitliche Lage Von Erwachsenen in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*, 6(3), 3-27.

Han, J. H., Yang, J. H., Bhandare, N. N., Suh, D. W., Lee, J. S., Chang, Y. S., Yeom, J. W. & Nha, K. W. 2016. Total Knee Arthroplasty after Failed High Tibial Osteotomy: A Systematic Review of Open Versus Closed Wedge Osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24, 2567-77.

Han, S. B., Choi, J. H., Mahajan, A. & Shin, Y. S. 2019. Incidence and Predictors of Lateral Hinge Fractures Following Medial Opening-Wedge High Tibial Osteotomy Using Locking Plate System: Better Performance of Computed Tomography Scans. *J Arthroplasty*, 34, 846-851.

Harris, K., Dawson, J., Doll, H., Field, R. E., Murray, D. W., Fitzpatrick, R., Jenkinson, C., Price, A. J. & Beard, D. J. 2013. Can Pain and Function Be Distinguished in the Oxford Knee Score in a Meaningful Way? An Exploratory and Confirmatory Factor Analysis. *Qual Life Res*, 22, 2561-8.

Herbst, M., Ahrend, M. D., Grunwald, L., Fischer, C., Schroter, S. & Ihle, C. 2022. Overweight Patients Benefit from High Tibial Osteotomy to the Same Extent as Patients with Normal Weights but Show Inferior Mid-Term Results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 30, 907-917.

Herbst, M., Kuwashima, U., Ahrend, M.-D., Gueorguiev, B. G., Schröter, S. & Ihle, C. 2020. Health-Related Quality of Life – an Underestimated Factor to Evaluate the Treatment Success after Open Wedge Hto Surgery: Prospective 6-Years Follow-Up. *Z Orthop Unfall*, 159 (3), 288-297.

Hoorntje, A., Pronk, Y., Brinkman, J. M., Van Geenen, R. C. I. & Van Heerwaarden, R. J. 2023. High Tibial Osteotomy Versus Unicompartmental Knee Arthroplasty for Kellgren-Lawrence Grade 3-4 Knee Osteoarthritis in Younger Patients: Comparable Improvements in Patient-Reported Outcomes, Adjusted for Osteoarthritis Grade and Sex. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 31, 4861-4870.

- Howells, N. R., Salmon, L., Waller, A., Scanelli, J. & Pinczewski, L. A. 2014. The Outcome at Ten Years of Lateral Closing-Wedge High Tibial Osteotomy: Determinants of Survival and Functional Outcome. *Bone Joint J*, 96-B, 1491-7.
- Hussain, S. M., Neilly, D. W., Baliga, S., Patil, S. & Meek, R. 2016. Knee Osteoarthritis: A Review of Management Options. *Scott Med J*, 61, 7-16.
- Ihle, C., Ateschrang, A., Grunwald, L., Stockle, U., Saier, T. & Schroter, S. 2016. Health-Related Quality of Life and Clinical Outcomes Following Medial Open Wedge High Tibial Osteotomy: A Prospective Study. *BMC Musculoskelet Disord*, 17, 215.
- Ihle, C., Dorn, J., Ateschrang, A., Baumgartner, H., Herbst, M., Dobele, S., Histing, T., Schroter, S. & Ahrend, M. D. 2023. Work Intensity and Quality of Life Can Be Restored Following Double-Level Osteotomy in Varus Knee Osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 31, 1546-1555.
- Irrgang, J., Anderson, A., Boland, A., Cd., H., Kurosaka, M., Neyret, P., Richmond, J. & Shelborne, K. 2001. Development and Validation of the International Knee Documentation Committee Subjective Knee Form. *Am J Sports Med.*, 29.
- Julin, J., Jamsen, E., Puolakka, T., Konttinen, Y. T. & Moilanen, T. 2010. Younger Age Increases the Risk of Early Prosthesis Failure Following Primary Total Knee Replacement for Osteoarthritis. A Follow-up Study of 32,019 Total Knee Replacements in the Finnish Arthroplasty Register. *Acta Orthop*, 81, 413-9.
- Kanakamedala, A. C., Hurley, E. T., Manjunath, A. K., Jazrawi, L. M., Alaia, M. J. & Strauss, E. J. 2022. High Tibial Osteotomies for the Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *JBJS Rev*, 10.
- Kennedy, J. A., Mohammad, H. R., Yang, I., Mellon, S. J., Dodd, C. a. F., Pandit, H. G. & Murray, D. W. 2020. Oxford Domed Lateral Unicompartmental Knee Arthroplasty. *Bone Joint J*, 102-B, 1033-1040.
- Khatri, C., Dickenson, E., Ahmed, I., Bretherton, C., Ranaboldo, T., Shaw, C., Quarcoopome, J., Plastow, R., Downham, C., Rasidovic, D., Plant, C. & Barlow, T. 2021. Arthroscopy in Knee Osteoarthritis (Ark-Oa): A Multicentre Study Assessing Compliance to National Guidelines. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 31, 1443-1449.
- Kocher, M. S., Steadman, J. R., Briggs, K. K., Sterrett, W. I. & Hawkins, R. 2004. Reliability, Validity, and Responsiveness of the Lysholm Knee Scale for Various Chondral Disorders of the Knee. *J Bone Joint Surg Am*, 86.
- Koh, D. T. S., Soong, J., Yeo, W., Tan, M. W. P., Teo, S. J., Wilson, A. & Lee, K. H. 2023. Large Versus Small Opening Wedge High Tibial Osteotomies Performed with a Protective Wire over the Lateral Hinge: Incidence of Lateral Hinge Fracture and Early Clinical Outcomes. *Am J Sports Med*, 51, 672-677.

- Koh, I. J., Kim, M. S., Sohn, S., Song, K. Y., Choi, N. Y., Jung, H. & In, Y. 2019. Predictive Factors for Satisfaction after Contemporary Unicompartmental Knee Arthroplasty and High Tibial Osteotomy in Isolated Medial Femorotibial Osteoarthritis. *Orthop Traumatol Surg Res*, 105, 77-83.
- Laucis, N. C., Hays, R. D. & Bhattacharyya, T. 2015. Scoring the Sf-36 in Orthopaedics: A Brief Guide. *J Bone Joint Surg Am*, 97, 1628-34.
- Lee, S. S., Celik, H. & Lee, D. H. 2018. Predictive Factors for and Detection of Lateral Hinge Fractures Following Open Wedge High Tibial Osteotomy: Plain Radiography Versus Computed Tomography. *Arthroscopy*, 34, 3073-3079.
- Lobenhoffer, P. & Agneskirchner, J. D. 2003. Improvements in Surgical Technique of Valgus High Tibial Osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 11, 132-8.
- Luites, J. W., Brinkman, J. M., Wymenga, A. B. & Van Heerwaarden, R. J. 2009. Fixation Stability of Opening- Versus Closing-Wedge High Tibial Osteotomy: A Randomised Clinical Trial Using Radiostereometry. *J Bone Joint Surg Br*, 91, 1459-65.
- Lysholm, J. & Gillquist, J. 1982. Evaluation of Knee Ligament Surgery Results with Special Emphasis on Use of a Scoring Scale. *American Journal of Sports Medicine*, 10, 150-154.
- Matziolis, G. & Rohner, E. 2015. Arthritis of the Medial Knee Joint Compartment. *Z Orthop Unfall*, 153, 553-64; quiz 565-6.
- Michael, J. W., Schluter-Brust, K. U. & Eysel, P. 2010. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Dtsch Arztebl Int*, 107, 152-62.
- Minzlaff, P., Feucht, M. J., Saier, T., Schuster, T., Braun, S., Imhoff, A. B. & Hinterwimmer, S. 2013. Osteochondral Autologous Transfer Combined with Valgus High Tibial Osteotomy: Long-Term Results and Survivorship Analysis. *Am J Sports Med*, 41, 2325-32.
- Molnar, V., Maticic, V., Kodvanj, I., Bjelica, R., Jelec, Z., Hudetz, D., Rod, E., Cukelj, F., Vrdoljak, T., Vidovic, D., Staresinic, M., Sabalic, S., Dobricic, B., Petrovic, T., Anticevic, D., Boric, I., Kosir, R., Zmrzljak, U. P. & Primorac, D. 2021. Cytokines and Chemokines Involved in Osteoarthritis Pathogenesis. *Int J Mol Sci*, 22.
- Murray, D. W., Fitzpatrick, R., Rogers, K., Pandit, H., Beard, D. J., Carr, A. J. & Dawson, J. 2007. The Use of the Oxford Hip and Knee Scores. *J Bone Joint Surg Br*, 89, 1010-4.
- Murray, R., Winkler, P. W., Shaikh, H. S. & Musahl, V. 2021. High Tibial Osteotomy for Varus Deformity of the Knee. *J Am Acad Orthop Surg Glob Res Rev*, 5.

Nakamura, R., Takahashi, M., Shimakawa, T., Kuroda, K., Katsuki, Y. & Okano, A. 2020. High Tibial Osteotomy Solely for the Purpose of Return to Lifelong Sporting Activities among Elderly Patients: A Case Series Study. *Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol*, 19, 17-21.

National Joint Registry 2022. 19th Annual Report

Naudie, D. D. R., Ammeen, D. J., Engh, G. A. & Rorabeck, C. H. 2007. Wear and Osteolysis around Total Knee Arthroplasty. *Journal of the Academy of Orthopaedic Surgeons*, 15(1), 53-64.

Neogi, T. 2013. The Epidemiology and Impact of Pain in Osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 21, 1145-53.

Ollivier, B., Berger, P., Depuydt, C. & Vandenneucker, H. 2021. Good Long-Term Survival and Patient-Reported Outcomes after High Tibial Osteotomy for Medial Compartment Osteoarthritis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 29, 3569-3584.

Paley, D., Herzenberg, J. E., Tetsworth, K., Mckie, J. & Bhave, A. 1994. Deformity Planning for Frontal and Sagittal Plane Corrective Osteotomies. *Orthopedic Clinics of North America*, 25 (3), 425-65.

Pandit, H., Mancuso, F., Jenkins, C., Jackson, W. F. M., Price, A. J., Dodd, C. a. F. & Murray, D. W. 2017. Lateral Unicompartmental Knee Replacement for the Treatment of Arthritis Progression after Medial Unicompartmental Replacement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25, 669-674.

Paradowski, P. T., Bergman, S., Sunden-Lundius, A., Lohmander, L. S. & Roos, E. M. 2006. Knee Complaints Vary with Age and Gender in the Adult Population. Population-Based Reference Data for the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (Koos). *BMC Musculoskelet Disord*, 7, 38.

Robert Koch Institut 2013. Arthrose. Gesundheitsbericht Des Bundes. *Gesundheitsberichterstattung des Bundes*, Heft 54.

Roos, E. M. 2024. 30 Years with the Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (Koos). *Osteoarthritis Cartilage*, 32, 421-429.

Rossi, R., Bonasia, D. E. & Amendola, A. 2011. The Role of High Tibial Osteotomy in the Varus Knee. *J Am Acad Orthop Surg*, 19, 590-599.

Rosso, F., Rossi, R., Cantivalli, A., Pilone, C. & Bonasia, D. E. 2022. Joint Line Obliquity Does Not Affect the Outcomes of Opening Wedge High Tibial Osteotomy at an Average 10-Year Follow-Up. *Am J Sports Med*, 50, 461-470.

Ruangsomboon, P., Chareancholvanich, K., Harnroongroj, T. & Pornrattanamaneeuwong, C. 2017. Survivorship of Medial Opening Wedge High Tibial Osteotomy in the Elderly: Two to Ten Years of Follow Up. *Int Orthop*, 41, 2045-2052.

Saier, T., Minzlaff, P., Feucht, M. J., Lammle, L., Burghoff, M., Ihle, C., Imhoff, A. B. & Hinterwimmer, S. 2017. Health-Related Quality of Life after Open-Wedge High Tibial Osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25, 934-942.

Schallberger, A., Jacobi, M., Wahl, P., Maestretti, G. & Jakob, R. P. 2011. 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*, 19, 122-7.

Schröter, S., Ateschrang, A., Ihle, C., Stockle, U., Konstantinidis, L. & Dobeles, S. 2014. Lateral Hinge Fractures in Open Wedge High Tibial Osteotomy. *Orthopäde*, 43, 1000-7.

Schröter, S., Ateschrang, A., Lowe, W., Nakayama, H., Stockle, U. & Ihle, C. 2017. Early Full Weight-Bearing Versus 6-Week Partial Weight-Bearing after Open Wedge High Tibial Osteotomy Leads to Earlier Improvement of the Clinical Results: A Prospective, Randomised Evaluation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 25, 325-332.

Schroter, S., Gonser, C. E., Konstantinidis, L., Helwig, P. & Albrecht, D. 2011. High Complication Rate after Biplanar Open Wedge High Tibial Osteotomy Stabilized with a New Spacer Plate (Position Hto Plate) without Bone Substitute. *Arthroscopy*, 27, 644-52.

Schroter, S., Ihle, C., Elson, D. W., Dobeles, S., Stockle, U. & Ateschrang, A. 2016. Surgical Accuracy in High Tibial Osteotomy: Coronal Equivalence of Computer Navigation and Gap Measurement. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 24, 3410-3417.

Schroter, S., Klink, J., Ihle, C., Gueorguiev, B. G., Herbst, M., Maiotti, M., Histing, T. & Ahrend, M. D. 2023. Long-Term Outcomes after Medial Open Wedge High Tibial Osteotomy - a Retrospective Study of 69 Patients. *Z Orthop Unfall*.

Schuster, P., Gesslein, M., Schlumberger, M., Mayer, P., Mayr, R., Oremek, D., Frank, S., Schulz-Jahrsdorfer, M. & Richter, J. 2018. Ten-Year Results of Medial Open-Wedge High Tibial Osteotomy and Chondral Resurfacing in Severe Medial Osteoarthritis and Varus Malalignment. *Am J Sports Med*, 46, 1362-1370.

Sharkey, P. F., Lichstein, P. M., Shen, C., Tokarski, A. T. & Parvizi, J. 2014. Why Are Total Knee Arthroplasties Failing Today--Has Anything Changed after 10 Years? *J Arthroplasty*, 29, 1774-8.

Smith, P. N., Gill, D. R. J., Mcauliffe, M. J., Mcdougall, C., Stoney, J. D., Vertullo, C. J., Wall, C. J., Corfield, S., Page, R., Cuthbert, A. R., Du, P., Harries, D., Holder, C., Lorimer, M. F., Cashman, K. & Lewis, P. L. 2023. Hip, Knee & Shoulder Arthroplasty: 2023 Annual Report. *Australian Orthopaedic Association National Joint Replacement Registry*.

- Spahn, G. 2004. Complications in High Tibial (Medial Opening Wedge) Osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg*, 124, 649-53.
- Staubli, A. E., De Simoni, C., Babst, R. & Lobenhoffer, P. 2003. Tomofix: A New Lcp-Concept for Open Wedge Osteotomy of the Medial Proximal Tibia--Early Results in 92 Cases. *Injury*, 34 Suppl 2, B55-62.
- Stavrakis, A., Arshi, A., Chiou, D., Hsiue, P., Horneff, J. G., 3rd & Photopoulos, C. 2022. Cemented Versus Noncemented Total Knee Arthroplasty Outcomes. *J Am Acad Orthop Surg*, 30, 273-280.
- Sun, P. F. & Jia, Y. H. 2012. Mobile Bearing Uka Compared to Fixed Bearing Tka: A Randomized Prospective Study. *Knee*, 19, 103-6.
- Takeuchi, R., Ishikawa, H., Kumagai, K., Yamaguchi, Y., Chiba, N., Akamatsu, Y. & Saito, T. 2012. Fractures around the Lateral Cortical Hinge after a Medial Opening-Wedge High Tibial Osteotomy: A New Classification of Lateral Hinge Fracture. *Arthroscopy*, 28, 85-94.
- Tegner, Y. & Lysholm, J. 1985. Rating Systems in the Evaluation of Knee Ligament Injuries. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 198, 43-49.
- Van Wulfften Palthe, A. F. Y., Clement, N. D., Temmerman, O. P. P. & Burger, B. J. 2018. Survival and Functional Outcome of High Tibial Osteotomy for Medial Knee Osteoarthritis: A 10-20-Year Cohort Study. *Eur J Orthop Surg Traumatol*, 28, 1381-1389.
- Wagner, A., Gandek, B., Aaronson, N., Acquadro, C., Alonso, J., Apolone, G., Bullinger, M., Bjorner, J., Fukuhara, S., Kaasa, S., Leplege, A., Sullivan, M., Wood-Dauphinee, S. & Ware Jr, J. E. 1988. Cross-Cultural Comparisons of the Content of Sf-36 Translations across 10 Countries- Results from the Iqola Project. *J Clin Epidemiol*, 51.
- Ware Jr, J. E. 2000. Sf-36 Health Survey Update. *Spine J*, 25, 3130-3139.
- Ware Jr, J. E. & Kosinski, M. 2001. Interpreting Sf-36 Summary Health Measures: A Response. *Qual Life Res*, 10 (5), 405-413.
- Ware Jr, J. E. & Sherbourne, C. D. 1992. The Mos 36-Item Short-Form Health Survey (Sf-36). I. Conceptual Framework and Item Selection. *Med Care*, 30 (6), 473-483.
- Weston-Simons, J. S., Pandit, H., Kendrick, B. J., Jenkins, C., Barker, K., Dodd, C. A. & Murray, D. W. 2014. The Mid-Term Outcomes of the Oxford Domed Lateral Unicompartmental Knee Replacement. *Bone Joint J*, 96-B, 59-64.
- Willinger, L., Lang, J. J., Von Deimling, C., Diermeier, T., Petersen, W., Imhoff, A. B., Burgkart, R. & Achtnich, A. 2020. Varus Alignment Increases Medial Meniscus Extrusion and Peak Contact Pressure: A Biomechanical Study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 28, 1092-1098.

Wise, B. L., Niu, J., Yang, M., Lane, N. E., Harvey, W., Felson, D. T., Hietpas, J., Nevitt, M., Sharma, L., Torner, J., Lewis, C. E., Zhang, Y. & Multicenter Osteoarthritis, G. 2012. Patterns of Compartment Involvement in Tibiofemoral Osteoarthritis in Men and Women and in Whites and African Americans. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 64, 847-52.

Yan, H., Guo, J., Zhou, W., Dong, C. & Liu, J. 2022. Health-Related Quality of Life in Osteoarthritis Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychology, Health & Medicine*, 27, 1859-1874.

7. Erklärungen zum Eigenanteil

Das Forschungsvorhaben wurde vom Autor dieser Arbeit unter der Betreuung von PD. Dr. med. Marc-Daniel Ahrend, Dr. med. univ. Moritz Herbst und Prof. Dr.med. Christoph Ihle durchgeführt.

Der präoperative Einschluss des Studienkollektivs geht auf die Forschungsgruppe von Prof. Dr. med. Steffen Schröter zurück. Die am selben Studienkollektiv zu früheren Erfassungszeitpunkten durchgeführten Follow-up Untersuchungen wurden von PD. Dr. med. Christoph Ihle und Dr. med. univ. Moritz Herbst durchgeführt.

Auf Basis der bereits vorliegenden Patientenliste, welche im Rahmen der vorherigen Erfassungszeitpunkte erstellt wurde, erfolgte die eigenständige Kontaktaufnahme gemäß Abbildung 8 sowie die Terminvereinbarung mit den jeweiligen Studienpatienten in den Räumlichkeiten der BG Unfallklinik Tübingen. Sofern eine Nachuntersuchung nicht möglich war, wurde der Erfassungsbogen eigenständig postalisch an den jeweiligen Studienpatienten versendet. Die Nachuntersuchungen wurden unter der Aufsicht von PD Dr. med. Marc-Daniel Ahrend und Dr. med. univ. Moritz Herbst vom Autor selbst durchgeführt. Des Weiteren wurde die Übertragung der analogen Fragebögen in ein digitales Statistikprogramm (SPSS) eigenhändig durchgeführt.

Die Vergleichsdaten der vorherigen Erfassungszeitpunkte von präoperativ bis zum 6-Jahres-Follow-up wurden von Dr. med. univ. Moritz Herbst bereitgestellt, vom Autor überprüft und in Teilen aufgearbeitet.

Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig unter der Beratung und Betreuung von PD Dr. med. Marc-Daniel Ahrend und Dr. med. univ. Moritz Herbst.

Die Erstellung dieses Manuskripts erfolgte nach einer ausführlichen eigenständigen Literaturrecherche und unter ausschließlicher Verwendung der von mir angegebenen Quellen.

8. Anhang – Verwendete Fragebögen

Langzeitergebnisse nach hoher valgusierender Tibiakopfumstellungsosteotomie – 12-Jahres Follow-up der prospektiven HTO-Studie

Patienteninformationen

Geschlecht	<input type="radio"/> männlich	<input type="radio"/> weiblich	
Geburtsdatum	[tt.mm.jjjj]		
Körpergröße	[cm]		
Körpergewicht	[kg]		
Beruf			
Rauchen Sie?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	<input type="radio"/> Früher
Wie viele Zigaretten rauchen bzw. haben am Tag geraucht?	[Stück]		
Seit wie vielen Jahren? Bzw. Wie viele Jahre haben Sie geraucht?	[Jahre]		
Hatten sie vor der Doppelumstellungsosteotomie bereits einmal eine Operation am besagten Bein?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	
Wenn ja, welche Operationen wurden durchgeführt?			
Haben Sie einen Diabetes mellitus?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	
Haben Sie eine rheumatische Erkrankung?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	
Wenn ja, welche?			
Haben Sie eine Autoimmunerkrankung?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein	
Wenn ja, welche?			

Wurde eine Metallentfernung durchgeführt?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
Wann wurde die Metallentfernung durchgeführt?	[tt.mm.jjjj]	
Wurde eine Knieprothese implantiert?	<input type="radio"/> Ja	<input type="radio"/> Nein
Wann wurde die Knieprothese implantiert durchgeführt?	[tt.mm.jjjj]	

- Weitere Operationen, die an der unteren Extremität nach initialer HTO durchgeführt wurde (z.B. Prothese auf der Gegenseite, weitere Umstellungsosteotomie etc. – Bitte OP Datum angeben):

Ipsilaterale Seite:

Kontralaterale Seite:

Visuelle Analogskale (VAS) – Patienten Zufriedenheit

Allgemeine Patientenzufriedenheit:

Sehr unzufrieden 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sehr zufrieden

Wie zufrieden sind Sie mit dem Gesamtergebnis Ihrer Umstellungsosteotomie?				
Erfreut	Zufrieden	Ausreichend zufrieden	Unzufrieden	schrecklich
4	3	2	1	0
Inwieweit wurden Ihre Erwartungen an die OP erfüllt?				
Erwartungen wurden übertroffen	Erwartungen wurden erfüllt	Erwartungen wurden teilweise erfüllt	Erwartungen wurden wenig erfüllt	In keiner Art und Weise
4	3	2	1	0
Würden Sie sich der OP, wenn nötig, noch einmal unterziehen?				
<input type="radio"/> Ja			<input type="radio"/> Nein	

SF – 36 Health Survey

1	Wie würden Sie Ihren Gesundheitszustand beschreiben?	Ausgezeichnet	Sehr gut	Gut	weniger gut	schlecht
		1	2	3	4	5
2	Im Vergleich zum vergangenen Jahr, wie würden Sie Ihren derzeitigen Gesundheitszustand beschreiben?	Derzeit viel besser	Derzeit etwas besser	Etwa wie vor einem Jahr	Derzeit etwas schlechter	Derzeit viel schlechter
		1	2	3	4	5
Im Folgenden sind einige Tätigkeiten beschrieben, die Sie vielleicht an einem normalen Tag ausüben.						
3	Sind Sie durch Ihren derzeitigen Gesundheitszustand bei diesen Tätigkeiten eingeschränkt? Wenn ja, wie stark?	Ja, stark eingeschränkt	Ja, etwas eingeschränkt	Nein, überhaupt nicht eingeschränkt		
3a	anstrengende Tätigkeiten z.B. schnell laufen, schwere Gegenstände heben, anstrengenden Sport treiben	1	2	3		
3b	mittelschwere Tätigkeiten, z.B. einen Tisch verschieben, staubsaugen, kegeln, Golf spielen	1	2	3		
3c	Einkaufstaschen heben oder tragen	1	2	3		
3d	mehrere Treppenabsätze steigen	1	2	3		
3e	einen Treppenabsatz steigen	1	2	3		
3f	sich beugen, knien, bücken	1	2	3		
3g	mehr als 1 Kilometer zu Fuß gehen	1	2	3		
3h	mehrere Straßenkreuzungen weit zu Fuß gehen	1	2	3		
3i	eine Straßenkreuzung weit zu Fuß gehen	1	2	3		
3j	sich baden oder anziehen	1	2	3		
4	Hatten Sie in den vergangenen vier Wochen aufgrund Ihrer körperlichen Gesundheit irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause?	Ja		Nein		
4a	Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1		2		
4b	Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1		2		
4c	Ich konnte nur bestimmte Dinge tun	1		2		
4d	Ich hatte Schwierigkeiten bei der Ausführung	1		2		
5	Hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen aufgrund seelischer Probleme irgendwelche Schwierigkeiten bei der Arbeit oder anderen alltäglichen Tätigkeiten im Beruf bzw. zu Hause (z.B. weil Sie sich niedergeschlagen oder ängstlich fühlten)?	Ja		Nein		
5a	Ich konnte nicht so lange wie üblich tätig sein	1		2		
5b	Ich habe weniger geschafft als ich wollte	1		2		
5c	Ich konnte meine Tätigkeiten nicht so sorgfältig wie üblich durchführen	1		2		
6	Wie sehr haben ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu Familienangehörigen, Freunden, Nachbarn oder zum Bekanntenkreis beeinträchtigt?	Überhaupt nicht	Etwas	Mäßig	Ziemlich	Sehr
		1	2	3	4	5

7	Wie stark waren Ihre Schmerzen in den vergangenen 4 Wochen?	Keine Schmerzen	Sehr leichte Schmerzen	Leichte Schmerzen	Mäßige Schmerzen	Starke Schmerzen	sehr starke Schmerzen
		1	2	3	4	5	6
8	Inwieweit haben die Schmerzen Sie in den vergangenen 4 Wochen bei der Ausübung Ihrer Alltagsaktivitäten zu Hause und im Beruf behindert?	Überhaupt nicht	Ein Bisschen	Mäßig	Ziemlich	sehr	
		1	2	3	4	5	
In diesen Fragen geht es darum, wie Sie sich fühlen und wie es Ihnen in den vergangenen 4 Wochen gegangen ist. (Bitte kreuzen Sie in jeder Zeile die Zahl an, die Ihrem Befinden am ehesten entspricht).							
9	Wie oft waren Sie in den letzten 4 Wochen...	Immer	Meistens	Ziemlich oft	Manchmal	Selten	Nie
9a	...voller Schwung?	1	2	3	4	5	6
9b	...sehr nervös?	1	2	3	4	5	6
9c	...so niedergeschlagen, dass Sie nichts aufheuern konnte?	1	2	3	4	5	6
9d	...ruhig und gelassen?	1	2	3	4	5	6
9e	...voller Energie?	1	2	3	4	5	6
9f	...entmutigt und traurig?	1	2	3	4	5	6
9g	...erschöpft?	1	2	3	4	5	6
9h	...glücklich?	1	2	3	4	5	6
9i	...müde?	1	2	3	4	5	6
10	Wie häufig haben Ihre körperliche Gesundheit oder seelischen Probleme in den vergangenen 4 Wochen Ihre Kontakte zu anderen Menschen (Besuche der Freunden, Verwandten usw.) beeinträchtigt?	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie	
		1	2	3	4	5	
11	Inwieweit trifft jede der folgenden Aussagen auf Sie zu?	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie	
11a	Ich scheine etwas leichter als andere krank zu werden	1	2	3	4	5	
11b	Ich bin genauso gesund wie alle anderen, die ich kenne	1	2	3	4	5	
11c	Ich erwarte, dass meine Gesundheit nachlässt	1	2	3	4	5	
11d	Ich erfreue mich ausgezeichneter Gesundheit	1	2	3	4	5	

Tegner Score postoperativ

TAS – Tegner activity scale – Validierte deutsche Version (Wirth 2013)

Mit den nachfolgenden Fragen möchten wir untersuchen, wie gut Ihre Alltags- und sportartspezifische Funktion ist. Bitte lesen Sie die nachfolgende Aufstellung durch. Beurteilen Sie ihren Aktivitätsstatus und kreuzen Sie die betreffende Spalte an.

Aktivitätsgrad	Tätigkeit	Wertung
Wettkampfsport – auf nationalen und internationalem Niveau	• Fußball, Ski alpin (auf nationalem oder internationalem Niveau)	10
Wettkampfsport	• Eishockey, Ringen, Turnen, Fußball, Ski alpin (auf regionalem Niveau)	9
Wettkampfsport	• Snowboard, Badminton, Squash, Leichtathletik (Sprungdisziplinen)	8
Wettkampfsport	• Tennis, Leichtathletik, (Lauf- und Wurfdisziplinen), Geräteturnen, Handball, Basketball, Orientierungslauf, Crosslauf	7
Freizeitsport	• Eishockey, Fußball, Ski alpin	
Freizeitsport	• Badminton, Tennis, Squash, Basketball, Handball, Volleyball, Orientierungslauf, Crosslauf, Snowboard, Aerobic (high impact), Joggen (mindestens 5x die Woche)	6
Wettkampfsport	• Radfahren, Skilanglauf, Eiskunstlauf	5
Freizeitsport	• Turnen, Gymnastik, In-line-skating, Klettern, Bergsteigen, Skitouren, Schneeschuhlaufen, Joggen auf unebenem Boden (mindestens 2x die Woche)	
Arbeit	• Schwere körperliche Arbeit (Bauarbeit, Waldarbeit)	
Freizeitsport	• Skilanglauf, Radfahren, Tanzen, Aerobic (low impact), , Bergwandern (abwärts), Joggen auf ebenem Boden (mind. 2x die Woche)	4
Arbeit	• Mittelschwere körperliche Arbeit (schwere Hausarbeit)	
Wettkampf- und Freizeitsport	• Schwimmen, Wandern, Walking, Kegeln, Bowling	3
Arbeit	• Leichte körperliche Arbeit	
Gehen	• Querfeldein ist möglich	
Arbeit	• Vorwiegend sitzende Tätigkeit	2
Gehen	• Auf unebenem Boden möglich	
Arbeit	• Sitzende Tätigkeit	1
Gehen	• Nur auf ebenem Boden möglich	
Arbeit	• Arbeitsunfähig oder berentet aufgrund von Knieproblemen	0
Gehen	• Nur eingeschränkt möglich	

5

Lysholm Score postoperativ

1. Hinken

- Kein
- Leicht oder gelegentlich
- Stark und konstant

2. Hilfsmittel

- Keine
- Stock oder Unterarmgehstütze
- Belastung nicht möglich

3. Treppensteigen

- Keine Probleme
- Leicht eingeschränkt
- Stufe für Stufe
- Unmöglich

4. Kniebeugen (in die Hocke gehen)

- Keine Probleme
- Leicht eingeschränkt
- Nicht mehr als 90°
- Unmöglich

5. Instabilität

- Niemals „giving way“ (einknicken)
- Selten während des Sports oder anderer starker Anstrengung
- Regelmäßig während des Sports oder anderer starker Anstrengung (oder Teilnahme unmöglich)
- Gelegentlich bei Alltagsaktivitäten
- Oft bei Alltagsaktivitäten
- Bei jedem Schritt

6. Blockieren

- Kein Blockieren und kein Gefühl des Einklemmens
- Gefühl des Einklemmens aber kein Blockieren
- Gelegentliches Blockieren
- Regelmäßiges Blockieren
- Blockiertes Gelenk bei der Untersuchung

7. Schmerzen

- Keine
- Nicht immer und leicht während starker Anstrengung
- Deutlich während starker Anstrengung
- Deutlich während oder nach mehr als 2 km Gehen
- Deutlich während oder nach weniger als 2 km Gehen
- Konstant

8. Schwellung

- Keine
- Bei starker Anstrengung
- Bei gewöhnlicher Anstrengung
- Konstant

6

IKDC - Subjektiver Knieevaluationsscore

SYMPTOME*:

* Wählen Sie zur Beurteilung der Symptome die höchste Aktivitätsstufe, die Sie Ihrer Meinung nach ohne erhebliche Symptome ausüben könnten, selbst wenn Sie auf dieser Stufe keine Aktivitäten ausüben.

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?
- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
 - Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 - Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 - Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 - Ich kann auf Grund meiner Schmerzen im Knie keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen?
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).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Nie	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ständig Schmerzen

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).

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Keine Schmerzen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Unerträgliche Schmerzen

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen?
- Überhaupt nicht
 - Etwas
 - Ziemlich
 - Sehr
 - Extrem

5. Was ist das höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?
- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
 - Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 - Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 - Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 - Ich kann auf Grund eines geschwollenen Knies keine der oben genannten Aktivitäten ausführen.

7

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

ja
 nein

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

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

Sportliche Betätigung

8. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, an der Sie regelmäßig teilnehmen können?
- Sehr anstrengende Aktivitäten wie Springen oder Drehbewegungen bei einseitiger Fußbelastung (Basketball oder Fußball)
 - Anstrengende Aktivitäten wie schwere körperliche Arbeit, Skilaufen oder Tennis
 - Mäßig anstrengende Aktivitäten wie mäßige körperliche Arbeit, Laufen oder Joggen
 - Leichte Aktivitäten wie Gehen, Haus- oder Gartenarbeit
 - Ich kann auf Grund 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
Treppensteigen					
Treppe hinuntergehen					
Auf dem vorderen Knie knien					
Hockstellung					
Normal sitzen					
Vom Stuhl aufstehen					
Geradeaus laufen					
Hochspringen und auf dem betroffenen Bein landen					
Beim Gehen (bzw. Laufen, wenn Sie Sportler/in sind) schnell anhalten und starten					

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

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Kann keine täglichen Aktivitäten ausführen	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Keine Einschränkung der täglichen Aktivitäten

8

IKDC - Objektiver Knieevaluationscore

Allgemeine Laxität:	<input type="checkbox"/> verminderte Laxität	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> erhöhte Laxität		
Beinachse	<input type="checkbox"/> eindeutig Varus	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> eindeutig Valgus		
Patellastellung	<input type="checkbox"/> baja	<input type="checkbox"/> normal	<input type="checkbox"/> alta		
Subluxation / Dislokation der Patella:	<input type="checkbox"/> zentriert	<input type="checkbox"/> subluxierbar	<input type="checkbox"/> subluxiert <input type="checkbox"/> disloziert		
Bewegungsausmaß (Streckung/Beugung)	Betroffene Seite: Passiv / / / Aktiv / / /				
	Gegenseite: Passiv / / / Aktiv / / /				
	Extension (-60 - 30), Neutral (-20 - 20), Flexion (-30 - 150); Passiv: mit Hilfe des Untersuchers				
<i>Unterschied des betroffenen Knies im Vergleich zum Normalzustand oder dem, was als Normalzustand angenommen wird. Gruppengrad: Der Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe.</i>					
Sieben Gruppen	Vier Grade				Gruppengrad
	normal	fast normal	abnormal	deutlich abnormal	
Erguss (Gruppe 1)	kein	leicht	mäßig	deutlich	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Passives Bewegungsdefizit (Gruppe 2)					<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Δ Streckdefizit	<input type="checkbox"/> < 3°	<input type="checkbox"/> 3-5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> >10°	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Δ Beugdefizit	<input type="checkbox"/> 0-5°	<input type="checkbox"/> 6-15°	<input type="checkbox"/> 16-25°	<input type="checkbox"/> > 25°	
Ligamentuntersuchung (manuell, instrumentell; Gruppe 3)					
Δ Lachmann Test (25° Beugung, 134N)	<input type="checkbox"/> (-1) -2 mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm (1+)	<input type="checkbox"/> 6-10 mm (2+)	<input type="checkbox"/> > 10 mm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Δ Lachmann Test (25° Beugung, max.)	<input type="checkbox"/> (-1) - 2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Vorderer Endpunkt	<input type="checkbox"/> fest		<input type="checkbox"/> unsicher		
Δ Gesamt AP-Translation (25°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Δ Gesamt AP-Translation (70°)	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Δ Hintere Schublade	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Δ Valgusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Δ Varusstress	<input type="checkbox"/> 0-2mm	<input type="checkbox"/> 3-5 mm	<input type="checkbox"/> 6-10 mm	<input type="checkbox"/> > 10 mm	
Δ Außenrotationstest (30°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> > 20°	
Δ Außenrotationstest (90°)	<input type="checkbox"/> < 5°	<input type="checkbox"/> 6-10°	<input type="checkbox"/> 11-19°	<input type="checkbox"/> > 20°	
Δ Pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> + (Gleiten)	<input type="checkbox"/> ++ (dumpf)	<input type="checkbox"/> +++ (laut)	
Δ Reverse pivot shift	<input type="checkbox"/> gleich	<input type="checkbox"/> Gleiten	<input type="checkbox"/> stark	<input type="checkbox"/> ausgeprägt	
Kompartimentbefunde (Gruppe 4)	Krepitation		Krepitation mit		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Δ Krepitation anterior (PF)	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> >leichtem Schmerz	

9

Δ Krepitation mediales Kompartiment	<input type="checkbox"/> Keine	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> >leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Δ Krepitation laterales Kompartiment	<input type="checkbox"/> Keine	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> leichtem Schmerz	<input type="checkbox"/> >leichtem Schmerz	
Röntgenbefunde (Gruppe 6)					
Medialer Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> geringe	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutliche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Lateraler Gelenkspalt	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> geringe	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutliche	
Femoropatellar-Gelenk	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> geringe	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutliche	
Vorderer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> geringe	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutliche	
Hinterer Gelenkspalt (sagittal)	<input type="checkbox"/> keine	<input type="checkbox"/> geringe	<input type="checkbox"/> mäßig	<input type="checkbox"/> deutliche	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Funktionstest (Gruppe 7)					
Hüpfen auf einem Bein (in % der gegenüberliegenden Seite)	<input type="checkbox"/> ≥ 90%	<input type="checkbox"/> 89-76%	<input type="checkbox"/> 75-50%	<input type="checkbox"/> < 50%	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Arbeitsfähigkeit

Anzahl Tage von Operation bis 100% Arbeitsfähigkeit: Tage

Bemerkungen (optional): _____

10

„KOOS“ KNIEFRAGEBOGEN

Datum: ____/____/____ Geburtsdatum: ____/____/____

Patienten Nr.: _____

ANLEITUNG: Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie haben. Die dadurch gewonnene Information wird uns helfen zu überwachen, wie es Ihnen mit Ihrem Knie geht und wie gut Sie in der Lage sind, Ihre üblichen Aktivitäten zu verrichten. Beantworten Sie bitte jede Frage durch ankreuzen des zugehörigen Kästchens. Bitte nur ein Kästchen pro Frage ankreuzen. Wenn Sie sich unsicher sind, wie Sie die Frage beantworten sollen, wählen Sie die Antwort aus, die Ihnen am zutreffendsten erscheint.

Symptome

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

S1. Haben Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

niemals selten manchmal oft immer

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

niemals selten manchmal oft immer

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

niemals selten manchmal oft immer

S4. Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

immer oft manchmal selten nie

S5. Können Sie Ihr Knie ganz beugen?

immer oft manchmal selten nie

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes während der **letzten Woche**. Unter Steifigkeit versteht man ein Gefühl der Einschränkung oder Verlangsamung der Fähigkeit Ihr Kniegelenk zu bewegen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

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

keine schwach mäßig stark sehr stark

S7. Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nach dem Sie saßen, lagen, oder sich ausruhten im **Verlauf des Tages**?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Schmerzen

P1. Wie oft tut Ihnen Ihr Knie weh?

niemals monatlich wöchentlich täglich immer

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

P2. sich im Knie drehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P4. Ihr Knie ganz beugen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P5. auf ebenem Boden gehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P6. Treppen herauf oder heruntergehen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

P7. nachts im Bett liegen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

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

keine schwach mäßig stark sehr stark

P9. aufrecht standen?

keine schwach mäßig stark sehr stark

Aktivitäten des täglichen Lebens

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich auf Ihre körperliche Leistungsfähigkeit. Hierunter verstehen wir Ihre Fähigkeit sich selbständig zu bewegen bzw. sich selbst zu versorgen.

Für jede der nachfolgenden Aktivitäten sollen Sie das Ausmaß der Schwierigkeiten angeben, welche Sie durch Ihr Kniegelenk innerhalb der **letzten Woche** erfahren haben.

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

A1. Treppen herunterstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A2. Treppen heraufstiegen?

keine wenig einige große sehr große

A3. vom Sitzen aufstehen?

keine wenig einige große sehr große

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

- A4. standen?
keine wenig einige große sehr große
- A5. sich bückten um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?
keine wenig einige große sehr große
- A6. auf ebenen Boden gingen?
keine wenig einige große sehr große
- A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?
keine wenig einige große sehr große
- A8. einkaufen gingen?
keine wenig einige große sehr große
- A9. Strümpfe/Socken anziehen?
keine wenig einige große sehr große
- A10. vom Bett aufstehen?
keine wenig einige große sehr große
- A11. Strümpfe/Socken ausziehen?
keine wenig einige große sehr große
- A12. im Bett liegen und sich drehen, ohne das Knie dabei zu beugen?
keine wenig einige große sehr große
- A13. in oder aus der Badewanne kamen?
keine wenig einige große sehr große
- A14. saßen?
keine wenig einige große sehr große
- A15. sich auf die Toilette setzen oder aufstehen?
keine wenig einige große sehr große
- A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?
keine wenig einige große sehr große
- A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?
keine wenig einige große sehr große

Sport und Freizeit

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

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

- SP1. in die Hocke gingen?
keine wenig einige große sehr große
- SP2. rannten?
keine wenig einige große sehr große
- SP3. hüpfen?
keine wenig einige große sehr große
- SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?
keine wenig einige große sehr große
- SP5. sich hinknieten?
keine wenig einige große sehr große

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

- Q1. Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?
nie monatlich wöchentlich täglich immer
- Q2. Haben Sie Ihre Lebensweise verändert um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?
nicht wenig etwas stark vollständig
- Q3. Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, daß Ihr Knie nicht stabil ist?
gar nicht wenig einiges schlimm sehr schlimm
- Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten die Sie durch das Knie haben?
keine wenig etwas große sehr große

Vielen Dank für die Beantwortung aller Fragen dieses Fragebogens

Oxford Knie Score

Bitte beantworten Sie die folgenden 12 Fragen, indem Sie für jede Antwort den zutreffen- den Zahlenwert ankreuzen. Wählen Sie nur eine Antwort pro Frage.
ALLE FRAGEN BEZIEHEN SICH AUF DEN ZEITRAUM DER LETZTEN 4 WOCHEN!

1. Wie würden Sie die Schmerzen beschreiben, die Sie üblicherweise in Ihrem Knie hatten?				
Keine Schmerzen	Sehr geringe Schmerzen	Geringe Schmerzen	Mäßige Schmerzen	Starke Schmerzen
4	3	2	1	0
2. Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten sich selbst zu waschen bzw. sich abzutrocknen?				
Keine Schwierigkeiten	Sehr geringen Schwierigkeiten	Mäßigen Schwierigkeiten	Extremen Schwierigkeiten	Unmöglich zu tun
4	3	2	1	0
3. Hatten Sie wegen Ihrem Knie Schwierigkeiten beim Ein- bzw. Aussteigen aus einem Auto oder bei der Nutzung öffentlicher Verkehrsmittel?				
Keine Schwierigkeiten	Sehr geringen Schwierigkeiten	Mäßigen Schwierigkeiten	Extremen Schwierigkeiten	Unmöglich zu tun
4	3	2	1	0
4. Wie lange konnten Sie (mit oder ohne Stock) gehen, bevor Sie starke Schmerzen in Ihrem Knie bekamen?				
Über 30 Minuten	16 bis 30 Minuten	5 bis 15 Minuten	Nur zu Hause	Gar nicht
4	3	2	1	0
5. Wie schmerzhaft war es für Sie nach einer Mahlzeit wieder vom Tisch aufzustehen?				
Gar nicht schmerzhaft	Ein wenig schmerzhaft	Mäßig schmerzhaft	Sehr schmerzhaft	Unerträglich
4	3	2	1	0
6. Mussten Sie wegen der Kniebeschwerden hinken?				
Nie / selten	Manchmal / nur die ersten Meter	Oft / nicht nur die ersten Meter	Die meiste Zeit	Immer
4	3	2	1	0
7. Konnten Sie sich hinknien und danach wieder aufstehen?				
Ja, Ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
4	3	2	1	0
8. Wurden Sie durch die Schmerzen im Knie in Ihrer Nachtruhe gestört?				
Nein, nie	In eine oder zwei Nächten	Einige Male	In den meisten Nächten	Jede Nacht
4	3	2	1	0
9. Wie sehr haben Sie die Schmerzen im Knie bei Ihrer alltäglichen Arbeit beeinträchtigt?				
Gar nicht	Ein wenig	Mäßig	Erheblich	Vollständig
4	3	2	1	0
10. Hatten Sie das Gefühl, dass Ihr Knie plötzlich „nachgeben“ oder Sie nicht mehr tragen kann?				
Selten / Nie	Manchmal / nur in den ersten Metern	Oft / nicht nur in den ersten Metern	Die meiste Zeit	Immer
4	3	2	1	0

17

11. Konnten Sie die Haushaltseinkäufe selbst erledigen?				
Ja, Ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
4	3	2	1	0
12. Konnten Sie einen Treppenabsatz hinunter gehen?				
Ja, Ohne Probleme	Mit geringen Schwierigkeiten	Mit mäßigen Schwierigkeiten	Mit extremen Schwierigkeiten	Nein, unmöglich
4	3	2	1	0

Antwortpunkte 0 bis 4

0 = höchster Schweregrad der Einschränkung
4 = keine bzw. geringgradigste Einschränkung

Gesamtpunktzahl 0 bis 48

0 = höchster Schweregrad der Einschränkung
48 = keine bzw. geringgradigste Einschränkung

Gesamtpunktzahl: (Summe 1 bis 12 - 60):

18