
Aus dem König- Ludwig- Haus Klinik für Orthopädie der
Universität Würzburg

Direktor: Prof. Dr. med. Maximilian Rudert

Titel

Kniegelenknahe Osteotomie mit Plattenfixateur - Ergebnisse und prognostische
Faktoren

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Malte Ohlmeier

aus Hamburg

Würzburg, Juli 2018

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. Th. Barthel

Korreferent: Univ.-Prof. Dr. med. R. Meffert

Dekan: Prof. Dr. med. M. Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 31.07.2018

Der Promovend ist Arzt

Meinen Eltern gewidmet, die mir das Medizinstudium ermöglichten.

Inhalt

1.	Einleitung und Fragestellung.....	1
1.1.	Gonarthrose	2
1.1.1.	Ätiologie	2
1.1.2.	Epidemiologie.....	3
1.1.3.	Risikofaktoren	3
1.1.4.	Symptome	4
1.1.5.	Klassifikationen des Arthroseausmaßes.....	4
1.1.6.	Therapieoptionen.....	5
1.2.	Entwicklung der kniegelenknahen Osteotomien	7
1.2.1.	Historie	7
1.2.2.	Ziele	9
1.2.3.	Osteotomiearten und Implantate	9
1.3.	Ziel der Studie.....	11
2.	Material und Methoden.....	15
2.1.	Patientenkollektiv	15
2.2.	Art der Achsfehlstellung und knöchernen Deformität.....	16
2.3.	Art und Lokalisation der Osteotomien.....	17
2.3.1.	Femur	17
2.3.2.	Tibia	19
2.3.3.	Doppelosteotomie.....	21
2.3.4.	Definition der Operationsorte.....	22
2.4.	Verwendete Implantate	22
2.4.1.	Proximale Tibia	23
2.4.2.	Distaler Femur	24
2.5.	Die Osteotomie	25
2.5.1.	Ausmaß der Osteotomie	25
2.5.2.	Auffüllung des Osteotomiespaltes	25
2.5.3.	OP - Technik: medial aufklappende Tibiakopf-Osteotomie	26
2.6.	Prä- und Postoperative Analyse der Beinachse	30
2.7.	Knee and Osteoarthritis Outcome Score	33
2.8.	Statistische Auswertung.....	33
3.	Ergebnisse	34
3.1.	Bewertung des klinischen Ergebnisses.....	34

3.1.1. Arthroskopischer Knorpel- und Meniskusbefund	34
3.1.2. KOOS.....	35
3.1.3. Kennzahlen der Patienten in tabellarischer Form.....	37
3.2. Hypothesen	38
3.2.1. Auswertung der Planungsgenauigkeit mittels Mediacad Software.....	38
3.2.2. Erfolgskontrolle der „Fujisawa“ Zielkriterien.....	40
3.2.3. Einfluss des Knorpelschadens im betroffenen Kompartiment auf die postoperative Patientenzufriedenheit	42
3.2.4. Einfluss des Knorpelschadens im nicht- betroffenen Kompartiment auf die postoperative Patientenzufriedenheit.....	43
3.2.5. Einfluss der knöchernen Deformität auf die subjektive Patientenbewertung	44
3.2.6. Unterschiede von Frauen und Männern hinsichtlich der subjektiven Patientenbewertung	45
3.2.7. Einfluss des Patientenalters auf die Patientenzufriedenheit	46
3.2.8. Unterschiede der einzelnen Osteotomieorte auf die Patientenzufriedenheit	48
3.2.9. Einfluss der Meniskusbeschaffenheit auf die Patientenzufriedenheit	50
3.2.10. Einfluss des „Kellgren“ Röntgenbefundes auf die Patientenzufriedenheit	51
3.3. Komplikationen und Besonderheiten	53
4. Diskussion.....	54
4.1. KOOS.....	54
4.2. Follow-Up	55
4.3. Komplikationsrate	55
4.4. OW-HTO vs. CW-HTO	56
4.5. Osteotomiespaltfüllung und Rauchen	57
4.6. Osteotomie bei Übergewicht (BMI \geq 30 kg/m ²).....	58
4.7. Belastung postoperativ	58
4.8. Hypothesen	59
4.8.1. Zu H1	59
4.8.2. Zu H2	60
4.8.3. Zu H3	61
4.8.4. Zu H4	61
4.8.5. Zu H5	62
4.8.6. Zu H6	63
4.8.7. Zu H7	64
4.8.8. Zu H8	65

4.8.9. Zu H9	66
4.8.10. Zu H10	68
4.9. Kasuistik	70
4.9.1. Umstellungsosteotomie mit gleichzeitigem Knorpeldefekt.....	70
4.9.2. Umstellungsosteotomie mit gleichzeitiger Bandinstabilität	70
4.9.3. Doppelosteotomien	71
4.9.4. Prothesenimplantation nach Umstellungsosteotomie	72
4.10. Weiteres	73
4.10.1. Osteotomie vs. Schlitten	73
4.10.2. Sport nach Operation	73
4.10.3. Navigierte Umstellungsosteotomie	74
5. Zusammenfassung.....	76
6. Summary	77
7. Anhang	80
7.1. Abbildungsverzeichnis.....	80
7.2. Tabellenverzeichnis.....	81
7.3. Abkürzungsverzeichnis.....	82
7.4. KOOS.....	83
8. Literatur.....	89
8. Lebenslauf	99
9. Danksagung	100
10. Selbstständigkeitserklärung	101

1. Einleitung und Fragestellung

Die vorliegende Dissertation befasst sich mit dem Thema der kniegelenknahen Osteotomien (KNO), wobei der Fokus auf Patientenklimentel, Indikationsstellung, Planung, Ort der Osteotomie, verwendetem Implantat und klinischem Outcome liegt. Bei der KNO handelt es sich um eine Therapiemöglichkeit bei Achsdeformitäten des Beins. Sie hat das Ziel, diese zu korrigieren ggf. sogar überzukorrigieren. Falls eine Achskorrektur ausbleibt, kann diese zu einer Gonarthrose führen [15].

1.1. Gonarthrose

Arthrose ist eine degenerative Gelenkerkrankung, die vorwiegend bei einem Missverhältnis zwischen Beanspruchung und Belastbarkeit der einzelnen Gelenkanteile und -gewebe entsteht [31]. Sie ist die weltweit häufigste Gelenkerkrankung des erwachsenen Menschen [95, 110]. Laut Patienteninformation der Deutschen Ärztezeitung leiden allein in Deutschland über siebzehn Millionen Menschen an Arthrose, dabei ist bei jedem Vierten das Kniegelenk betroffen [1]. Die Wahrscheinlichkeit, an einer Arthrose zu erkranken, erhöht sich mit zunehmendem Alter. In der Altersgruppe der 70- bis 74-Jährigen liegt der Anteil der Personen, die an einer Gonarthrose erkranken, bei bis zu 40 Prozent [145].

1.1.1. Ätiologie

Gonarthrose, M 17 nach ICD-10 Klassifikation, bezeichnet den vorzeitigen Verschleiß der knorpeligen Flächen des Kniegelenkes [31]. Die knorpeligen Flächen umfassen dabei im Femoropatellargelenk die Patellarrückfläche mit Trochlea und im Femorotibialgelenk das mediale sowie laterale Gelenkkompartiment jeweils mit femoraler und tibialer Gelenkfläche [133]. Kennzeichnend sind degenerative Veränderungen an den Gelenken, die zur Zerstörung des Knorpels mit Gewebeverlust und Freilegung der Knochenoberfläche führen [87].

Man unterscheidet die primäre von der sekundären Gonarthrose. Während die primäre Gonarthrose auf natürlichen degenerativen Veränderungen im Kniegelenk beruht, resultiert die sekundäre Kniegelenkarthrose aus einer Instabilität, z.B. bei Bandverletzungen [130] Fehlstatik, z.B. Varus-/Valgusdeformität, genetischer Veranlagung, den Folgen eines Traumas, z.B. bei Frakturen im Bereich des Tibiaplateaus, oder einer Stoffwechselerkrankung, z.B. bei Gicht, Pseudogicht, Chondrocalzinose oder rheumatoider Arthritis [25].

Ebenso lässt sich eine Pagonarthrose von einer Arthrose abgrenzen, die nur einzelne Kompartimente betrifft, z.B. medial, lateral oder femoropatellar. Ursachen des einseitigen Kniegelenkverschleißes können in einer Mehrbelastung des Kompartiments, z.B. bei

Achsfehlstellungen oder Instabilität, oder in einer Minderbelastbarkeit liegen, welche beispielsweise durch Osteonekrosen, Knochenmarksödemen oder osteologischen Grunderkrankungen) bedingt sein kann. Auch kann eine Fehlbelastung durch eine präarthrotische Deformität, wie Gelenkflächeninkongruenz nach Osteonekrose (M. Ahlbäck), oder nach Osteochondrosis dissecans bzw. posttraumatische Gelenkstufe Ursache eines einseitigen Gelenkverschleißes sein.

1.1.2. Epidemiologie

In Deutschland leiden etwa 17 Millionen Menschen an einer Arthrose [1, 30]. Es ist weltweit die häufigste Gelenkerkrankung [4]. Im Jahr 2013 war die Gonarthrose die am häufigsten gestellte Diagnose in Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen in Deutschland [138]. Damit ist sie gleichzeitig der häufigste Behandlungsgrund in diesen Einrichtungen. In der Liste der häufigsten vollstationär behandelten Krankheiten in deutschen Krankenhäusern steht die Kniegelenksarthrose an 17. Stelle [138].

1.1.3. Risikofaktoren

Für die Entstehung einer Gonarthrose lassen sich Risikofaktoren eruieren. Die Gesamtheit dieser Faktoren ist derzeit nicht abschließend geklärt, weshalb hier nur die gängigsten Parameter genannt werden [12]: Adipositas [2], hohes Alter [64], prädisponierende Sportarten auf hohem Aktivitätsniveau [62] (z.B. Dauerlauf, Fußball, Basketball) oder Berufe (z.B. Landwirtschaft, Bergbau) [43], Bewegungsmangel, muskuläre Dysbalancen, Voroperationen sowie eine genetische Prädisposition [137, 142]. Auch eine Achsdeformität gilt als wesentlicher Risikofaktor zur Erkrankung an Arthrose. Dabei fördern sowohl Varus- als auch Valgusdeformitäten eine Gonarthrose. Bei simultanem Vorliegen einer Varusabweichung und bestehender Adipositas wird sogar eine Risikoerhöhung um das Doppelte beschrieben [22].

1.1.4. Symptome

Generell kann eine Gonarthrose symptomlos verlaufen. Nur etwa 15 Prozent der Patienten mit einer radiologisch gesicherten Gonarthrose klagen über Knieschmerzen. Dabei korrelieren die röntgenologischen Nachweise nicht mit der Symptomatik [55].

Klassischerweise äußert sie sich allerdings durch Belastungsschmerzen, Anlaufschmerzen, Morgensteifigkeit, Krepitationen oder Ruheschmerzen. Im fortgeschrittenen Stadium und im Rahmen von begleitenden entzündlichen Veränderungen (aktivierte Arthrose) kann es zu Verkürzungen von Muskeln und Sehnen, Bewegungseinschränkung, Schonhaltung, Gelenkerguss, Gelenkschwellungen, Kraftminderung und Instabilität des Gelenks kommen [150].

1.1.5. Klassifikationen des Arthroseausmaßes

Zur Einschätzung des Arthroseausmaßes gibt es verschiedene Klassifikationen, die klinisch, radiologisch und arthroskopisch erhoben werden können. Zur klinischen Objektivierbarkeit gibt es die Stadien der deutschen Arthrostiftung [6].

Tabelle 1: Klinische Stadien der Arthroseentwicklung [6]

Stadium	Manifestation
I	deutlicher Knorpelschaden, Verringerung des Gelenkspalts im Röntgenbild, Veränderungen am Knochen unter dem geschädigten Knorpel, Symptome können fehlen
II	Entzündungen im Gelenkbereich, Belastungs- und Anlaufschmerzen, tiefe Knorpelschäden bis zur Knorpelglatze, zeitweise Entzündungen (aktivierte Arthrose)
III	Knorpelflächen sind weitgehend zerstört, ganz erhebliche Entzündungen des Gelenks, Bildung von knöchernen Auswüchsen (Osteophyten), Muskelverkürzungen und -verhärtungen, erhebliche Bewegungseinschränkungen bis zur Einsteifung des Gelenks

Die radiologische Klassifikation einer Gonarthrose erfolgt nach den Kellgren und Lawrence Kriterien [68].

Tabelle 2: Radiologische Arthroseklassifikation nach Kellgren & Lawrence [68]

Grad	Radiologisches Korrelat
0	kein radiologischer Nachweis
I	ggf. Gelenkspaltverschmälerung und Osteophyten
II	ggf. Gelenkspaltverschmälerung, Osteophytennachweis
III	Gelenkspaltverschmälerung, multiple Osteophyten, Sklerosierung, ggf. knöcherne Deformitäten
IV	starke Gelenkspaltverschmälerung, große Osteophyten, ausgeprägte Sklerosierung mit knöcherner Deformität

Für die arthroskopische Einteilung des Schweregrades des Knorpelschadens hat sich die Klassifikation nach Outerbridge etabliert [105].

Tabelle 3: Arthroskopische Klassifikation der Knorpelschädigung nach Outerbridge [105]

Grad	Knorpelschaden
0	normal
I	geschwollener, weicher Knorpel
II	Knorpeldefekte <1,5cm Durchmesser, Fissuren reichen nicht bis auf den Knochen
III	Knorpeldefekte >1,5cm Durchmesser, Fissuren reichen bis auf den Knochen
IV	freiliegender Knochen

1.1.6. Therapieoptionen

Letztlich entscheidet der Patient durch seinen subjektiven Leidensdruck selbst, ob eine Arthrose behandlungswürdig ist. Die Gonarthrose betreffend lassen sich grundsätzlich konservative von operativen Verfahren abgrenzen.

Zur symptomorientierten Behandlung der Gonarthrose stehen vor allem die Schmerzreduktion sowie Steigerung der Beweglichkeit im Vordergrund. Mittels konservativer Behandlung gelingt dies vor allem durch Entlastung und Bewegung, hierbei vor allem gelenkschonende Sportarten wie z.B. Schwimmen oder Fahrradfahren. Unterstützend kann auf orale Analgetika, Antiphlogistika, intraartikulär applizierte Steroide und Knorpelaufbaupräparate (z.B. Hyaluronsäure) zurückgegriffen werden. Mit einer physikalischen Therapie lässt sich der Erfolg häufig steigern. Dabei kommen Krankengymnastik, Wärmeanwendungen, Kryotherapie, Hochlagerung, Lymphdrainage, Elektrotherapie und Ultraschall zum Einsatz. Zudem gibt es die Möglichkeit orthopädietechnischer Unterstützung durch z.B. Gehstützen oder -stöcke, Pufferabsätze, Schuhaußen- bzw. -innenranderrhöhungen oder Orthesen, z.B. bei Bandinstabilitäten [20].

Als operative Maßnahmen stehen dabei die Arthroskopie, die kniegelenknahe Osteotomie, der Gelenkersatz oder die Arthrodesse zur Auswahl. Arthroskopische Therapieansätze eignen sich dabei besonders bei Meniskuspathologien, im Rahmen derer es u.a. zu mechanischen Kniegelenksblockaden kommen kann. Eingriffe solcher Art, die lediglich zur Diagnostik mit ggf. Knorpelglättung, Lavage und Synovektomie durchgeführt werden, sind nicht mehr Bestandteil des Leistungskataloges der gesetzlichen Krankenversicherung.

Der endoprothetische Ersatz findet v.a. bei ausgeprägten, schweren uni- oder mehrkompartimentellen Gonarthrosen Anwendung. Die Patienten sind meist älter als 60 Jahre. Um unterschiedlichen Ausgangsbedingungen gerecht zu werden, unterscheidet man mindestens 3 Prothesentypen: unikondyläre Schlittenprothesen (z.B. bei medialer Gonarthrose), ungekoppelte bikondyläre Prothesen (bei Pangonarthrose mit stabilem Bandapparat) und achsgeführte Knieendoprothesen (z.B. bei schwerer Bandinstabilität). Eine Indikation zur Arthrodesse kann z.B. nach septischer Implantatentfernung und Zerstörung des Streckapparates oder bei operativ sonst nicht zu behebender Instabilität gegeben sein [103].

1.2. Entwicklung der kniegelenknahen Osteotomien

1.2.1. Historie

Die kniegelenknahe Osteotomie ist ein Behandlungsverfahren, welches u.a. das Ziel hat, durch eine Verlagerung der mechanischen Traglinie eine Druckentlastung des überbeanspruchten Kompartiments im Kniegelenk herbeizuführen. Suero et al. konnten den Effekt der Druckentlastung im Rahmen einer Kadaverstudie eindrücklich darstellen [140]. Zudem können Knieschmerzen reduziert und die Funktion verbessert werden [23]. Nicht zuletzt wird durch eine Umstellungsosteotomie die Implantation einer Kniegelenksprothese hinausgezögert [90].

Bereits 1854 beschrieb der deutsche Chirurg Bernhard Rudolf Konrad von Langenbeck die zuklappende Kniegelenkosteotomie [75]. Basierend auf seinen Arbeiten entwickelten Jackson, Wardle und Coventry die proximale Tibiaosteotomie weiter. Sie wandten diese Technik in hoher Fallzahl an, sodass sich die Osteotomie nach Coventry als Standardtherapie der medialen Gonarthrose etablierte [37, 129]. Dabei wurde nahezu ausschließlich eine lateral schließende Tibiakopfoosteotomie (CW-HTO) angewandt.



Abbildung 1: Lateral schließende Tibiakopfosteotomie mit Klammerfixation nach Coventry

Quelle: Duke Orthopaedics, Wheelless' Textbook of Orthopaedics

Dieses Verfahren erzielte > 60% sehr gute und gute Ergebnisse innerhalb von 10 Jahren [65]. Ein großer Nachteil der zuklappenden Technik war allerdings, dass dabei eine Fibulamobilisation vorgenommen werden musste. Dazu wurde entweder das proximale Fibulotibialgelenk gelöst oder eine Fibulaosteotomie durchgeführt. Hierdurch entstanden in über 10% der Fälle Nervus peroneus-Irritationen. Zudem kam es gehäuft zur Bildung von Pseudarthrosen, die teilweise mit Infektionen einhergingen. Sowohl die nervalen Läsionen als auch die Infektionen waren dabei besonders häufig (> 60%) mit der Verwendung von externen Fixateuren verbunden. Ein weiterer Problempunkt war die Notwendigkeit einer (5°) Überkorrektur der Beinachse, um einen postoperativen Korrekturverlust zu minimieren. Dennoch kam es in fast 20% der Fälle zu einem Verlust von 5° (oder mehr) innerhalb von 9 Jahren [65].

Als in den achtziger Jahren die Oberflächenersatzendoprothesen für das Kniegelenk aufkamen und sich bezüglich Operationstechnik, Prothesendesign und Fallzahlen rasant entwickelten, wurde die KNO fast vollständig vom Markt verdrängt. Nach einiger Zeit zeichneten sich jedoch Fehlschläge der implantierten Prothesen ab, die vor allem

Patienten mit hohem Aktivitätsanspruch und/oder extraartikulären Achsfehlstellungen betrafen [71].

Im letzten Jahrzehnt feierte die Umstellungsosteotomie daher eine Renaissance und erfreute sich zunehmender Beliebtheit [79]. Durch die Modifikation der Operationstechnik sowie die Einführung winkelstabiler Implantate erlangte dieses Verfahren wieder größere Aufmerksamkeit.

Während bis Anfang der 2000er Jahre zur Varisierung überwiegend die lateral schließende Tibiakopfosteotomie (CW-HTO) angewandt wurde, haben mittlerweile öffnende Operationstechniken am medialen Tibiakopf (OW-HTO) die schließende Technik weitgehend abgelöst [106]. Die intraoperativ erzielte Korrektur kann jetzt weichteilschonend, vor allem ohne Nervenläsion und Fibulamobilisation sowie ohne sekundären Korrekturverlust mittels winkelstabiler Plattenfixateure bis zur knöchernen Heilung fixiert werden [112]. Zudem lässt sich die Osteotomie nun stufenlos und präziser einstellen.

1.2.2. Ziele

Ziel einer Korrekturosteotomie ist vor allem die Verbesserung der klinischen Symptomatik durch eine Korrektur der Fehlstellung. Dadurch soll eine mechanische Entlastung im betroffenen Kompartiment erzielt sowie die Progredienz der Arthrose in diesem Kompartiment verlangsamt werden. Weiterführend soll die Entstehung einer Arthrose in den übrigen Kompartimenten verhindert werden.

1.2.3. Osteotomiearten und Implantate

Gemäß dem Grundsatz nach Paley muss eine Korrekturosteotomie am Ort der Deformität durchgeführt werden [107].

Die KNO umfasst daher prinzipiell 3 Variablen, aus denen sich die Vielfalt der Operationstechniken zusammensetzt, um eine Achsenkorrektur am Bein vorzunehmen. Diese sind: 1. Femur oder Tibia, 2. medial oder lateral und 3. öffnend oder schließend.

1.2.3.1. Osteotomiearten am Femur

Am Femur werden in der Mehrzahl Varisationsosteotomien durchgeführt. Diese dienen dazu, eine Valgusdeformität als Ursache einer lateralen monokompartimentellen Arthrose zu beseitigen, indem die mechanische Traglinie (Mikulicz-Linie) nach zentral verlagert wird.

Diese Osteotomie kann medial schließend oder lateral öffnend geplant werden.

Die medial schließende (closed-wedge) varisierende suprakondyläre Femurosteotomie ist die am Femur bevorzugte Technik, um eine Valgusdeformität zu korrigieren. Hierbei wird oberhalb der Kondylen ein medialbasiger Knochenkeil entnommen, wobei Keilbasishöhe sowie Sägeschnittverlauf den Korrekturwinkel ergeben. Dabei sollte die laterale Femurkortikalis intakt bleiben, da so eine höhere Stabilität erzielt wird und der sog. Zuggurtungseffekt zur Geltung kommt [79]. Anschließend kann die Osteotomie auf verschiedene Arten stabilisiert werden. Bei den hier verwendeten Plattenfixateuren handelt es sich durchgehend um den TomoFix® Plattenfixateur. Genauere Erläuterungen zum Plattenfixateur sowie zur Operation folgen unter „2.4.“ und „2.5.“.

Die lateral öffnende Osteotomie am Femur verläuft grundsätzlich analog, weshalb hier auf eine detaillierte Darstellung verzichtet wird.

1.2.3.2. Osteotomiearten an der Tibia

Umstellungstechniken am Tibiakopf können entweder lateral schließend (closed-wedge) unter Entnahme eines Knochenkeils oder medial öffnend erfolgen. Die closed-wedge Technik an der Tibia erfordert allerdings eine Lösung des proximalen Tibiofibulargelenks sowie eine Osteosynthese am lateralen Tibiakopf. Falls - in Abhängigkeit von dem Korrekturausmaß - die Mobilisation der Fibula im Tibiofibulargelenk nicht ausreicht, ist eine Durchtrennung dieses Knochens nötig. Resultierende mögliche Komplikation der closed-wedge Technik ist die Läsion des Nervus peroneus.

Die mediale valgusierende öffnende Umstellungsosteotomie der proximalen Tibia wurde bei diesem Patientenkollektiv am häufigsten angewandt. Argumente für diese Technik sind die Vermeidung von Schäden des Nervus peroneus, keine nötige Ablösung der Muskulatur sowie die Tatsache, dass lediglich ein Osteotomie-Schritt ohne Knochenkeilentnahme ausreichend ist. Zudem ist durch das langsame Aufspreizen des

Osteotomiespaltes eine sehr genaue intraoperative Achsenkorrektur möglich [60]. Auch hier folgen genauere Informationen zur Operation unter „2.4.“ und „2.5.“.

1.2.3.3. Implantate

Alle 110 Patienten haben eine TomoFix® Platte der Firma DePuySynthes erhalten.

Der TomoFix® Plattenfixateur ist eine überarbeitete Platte, die auf dem „Konzept der verriegelbaren Kompressionsplatte LCP (Locking Compression Plate)“ beruht. Durch ein Gewinde sowohl im Schraubenloch als auch im Schraubenkopf ermöglicht sie eine winkelstabile Verankerung. Dies wiederum gewährt eine sichere Fixation des Korrekturspaltes bei open-wedge Operationen, wodurch ein postoperativer Korrekturverlust minimiert werden soll.

Für den Fall der gebrochenen Gegenkortikalis soll durch die aufeinander folgende Besetzung der Schraubenlöcher ein Druck auf die Gegenkortikalis des Knochens und Zug auf die gleichseitige Kortikalis ausgeübt werden. Dies verspricht eine schnellere knöcherne Osteotomiespaltfüllung und höhere Stabilität der Gegenkortikalis [79].

Die verwendeten Implantate sind unter Ziffer 2.4. nach Art und Anwendungshäufigkeit im Kollektiv dargestellt.

1.3. Ziel der Studie

Die Wirksamkeit der KNO ist bei korrekter Indikationsstellung hinreichend belegt [66, 89, 106, 131]. Hinsichtlich des Patientenlientels können sich dabei allerdings breite Indikationsspektren auf tun. So können z.B. das Patientenalter, die Knorpelbeschaffenheit oder der Operationsort am Bein sehr variabel sein.

Ziel dieser Arbeit ist zum einen, die von August 2005 bis Dezember 2012 im König-Ludwig-Haus mittels Umstellungsosteotomie operierten Patienten hinsichtlich ihrer Zufriedenheit zu evaluieren. Zum anderen soll jenes Patientenlientel herausgearbeitet werden, welches am Meisten von dem Eingriff profitiert. Weiterführend soll eine Aussage zur Genauigkeit der präoperativen Osteotomieplanung mittels der MediCad® Software getroffen werden. Zu diesem Zweck wurden Hypothesen formuliert, welche den

Verzicht auf eine intraoperative Röntgenkontrolle der Beinachse, die Annahme einer Abhängigkeit der Resultate der Osteotomie vom Patientenalter, dem Geschlecht, den Knorpelverhältnisse in den einzelnen Kniegelenkskompartimenten, der Meniskusbeschaffenheit, dem Osteotomieort und dem Einfluss des Korrekturzielpunktes gemäß den Fujisawakriterien beinhalten und deren Gültigkeit in der Arbeit überprüft werden soll. So soll mit Hilfe der in diesem Kollektiv generierten Daten eine Hypothesenbezogene Auswertung erfolgen, sodass sich die jeweilige Hypothese annehmen oder ablehnen lässt. Die Daten sollen dabei zum einen aus den prä- und postoperativen Röntgenbildern und zum anderen aus den jeweiligen Patientenantworten des KOOS Fragebogens anonymisiert erhoben werden.

Folgende Hypothesen sollen bestätigt oder abgelehnt werden:

1. Bevor eine Beinachsenkorrektur durchgeführt werden darf, muss zuvor eine Planung der intraoperativ angestrebten Korrektur durchgeführt werden. Dazu dient die Software Mediacad®, die eine Osteotomiespaltgröße errechnet, um die gewünschte Beinachse zu erzielen. Intraoperativ wird dann auf eine röntgenologische Achsenkontrolle verzichtet. Die Hypothese lautet daher:
Die Planung mit dem Mediacad® System führt bei intraoperativer Umsetzung des geplanten Osteotomiespaltes ohne intraoperative röntgenologische Kontrolle der Beinachse zum gewünschten Korrekturergebnis.
2. Zur Beinachsenkorrektur gibt es unterschiedliche Kriterien. Derzeit werden die „Fujisawa“- Kriterien als „state-of-the-art“ gesehen. Diese besagen u.a., dass die angestrebte Beinachse zur Korrektur einer Varusgonarthrose das Tibiaplateau bei 60-70% der Breite (von medial gemessen) treffen sollte [47]. Die Hypothese lautet daher:
Die Korrektur der Beinachse bei Varusgonarthrose nach den „Fujisawa“-Kriterien führt zum besten Ergebnis bei der subjektiven Patientenbewertung.
3. Ein Knorpelschaden kann Gonalgien auslösen. Wenn nun ein zunehmender Knorpelschaden mit dadurch bedingt stärkeren Schmerzen mittels HTO entlastet wird, nehmen wir an, dass auch die Patientenzufriedenheit postoperativ höher ist. Die Hypothese lautet daher:

Die Ergebnisse der subjektiven Patientenbewertung korrelieren mit dem Ausmaß des Knorpeldefektes im betroffenen Kompartiment.

4. Bei einer HTO ist nicht nur das betroffene Kniekompartiment für das Gelingen der Operation maßgeblich. Da durch eine Umstellungsosteotomie am Knie das nicht-betroffene Kompartiment stärker belastet wird, möchten wir wissen, inwieweit der Operationserfolg vom Knorpelschaden in diesem Gelenkanteil abhängig ist. Die Hypothese lautet daher:

Die Ergebnisse der subjektiven Patientenbewertung sind unabhängig vom Ausmaß des Knorpeldefektes im nicht-betroffenen Kniekompartiment.

5. Nicht nur ein Knorpelschaden, sondern auch eine knöcherne Deformität kann Kniegelenkschmerzen auslösen. Ob der Grad an Deformität mit den Schmerzen korreliert, möchten wir dabei herausarbeiten. Die knöcherne Deformität wird dabei mittels *aMPTA* (*anatomischem, medialem, proximalem Tibiawinkel*) gemessen. Die Hypothese lautet daher:

Die Verbesserung der subjektiven Patientenzufriedenheit nach der OP ist umso höher, je grösser die vor der OP bestehende knöcherne Deformität ist.

6. Gibt es einen Geschlechterunterschied bezüglich der postoperativen Patientenzufriedenheit nach HTO? Die Hypothese lautet daher:

Die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit sind bei Männern und Frauen gleich.

7. Gibt es einen Altersunterschied bezüglich der postoperativen Patientenzufriedenheit nach HTO? Die Hypothese lautet daher:

Die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit sind vom Alter der Patienten unabhängig.

8. Eine HTO kann man an verschiedenen Positionen des Ober- und Unterschenkels durchführen: so lässt sich eine Umstellungsosteotomie sowohl von medial als auch von lateral durchführen und in auf- bzw. zuklappend unterteilen. Insgesamt sind dadurch 8 Positionen denkbar, wovon im Kollektiv abgesehen von Tibia lateral schließend alle Lokalisationen durchgeführt wurden. Gibt es zwischen diesen Positionen nun Unterschiede hinsichtlich der postoperativen Patientenzufriedenheit? Die Hypothese lautet daher:

Die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit sind unabhängig vom Ort der Korrektur und der daraus resultierenden Art der Korrektur.

-
9. Der Meniskus trägt einen wesentlichen Anteil zur Druckverteilung im Kniegelenk bei und dessen Beschaffenheit hat großen Einfluss auf die Entstehung einer Gonarthrose. Wenn im Rahmen einer HTO die Belastungsverhältnisse im Kniegelenk nun umverteilt werden, möchten wir wissen, welchen Stellenwert dabei die Beschaffenheit des Meniskus einnimmt. Die Hypothese lautet daher:
Die Osteotomie führt bei Patienten mit bereits entferntem Meniskus zu einer geringeren postoperativen Zufriedenheit.
10. Eine HTO bedarf einer strengen Indikationsstellung. Maßgeblich ist dabei u.a. das Ausmaß der Gonarthrose, da gelenkerhaltende Therapieoptionen mit zunehmendem Arthrosegrad nur bedingt erfolgreich sind und alternativ ein endoprothetischer Gelenkersatz erwogen werden muss. Wir möchten daher wissen, inwiefern die postoperative Patientenzufriedenheit vom präoperativen Arthrosegrad abhängt. Die Hypothese lautet daher:
Die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit korrelieren mit dem präoperativen „Kellgren“ Röntgen Befund.

2. Material und Methoden

Die vorliegende Studie wurde nach Einholen einer Unbedenklichkeitsbescheinigung der Ethikkommission Würzburg durchgeführt.

2.1. Patientenkollektiv

Seit dem Jahr 2006 wird in der Orthopädischen Klinik König-Ludwig-Haus für die Osteosynthese bei kniegelenknahen Umstellungsosteotomien der Plattenfixateur „TomoFix®“ in seinen verschiedenen Varianten verwendet. Bis Dezember 2012 wurden daher alle Patienten rekrutiert, die diese Operation erhalten haben. Dabei wurden 122 Patienten erhoben, von denen es 110 in die finale Datenanalyse geschafft haben. Ausschlusskriterien waren dabei wie folgt definiert:

1. Fehlende/unzureichende präoperative Planung
2. Nicht-Erscheinen zur postoperativen Wiedervorstellung in der Ambulanz
3. Keine Korrespondenz nach Versenden des Fragebogens
4. Versterben des Patienten

Alle Patienten hatten Kniebeschwerden und eine Achsdeformität, die mittels einer Röntgen-Ganzbeinaufnahme im Stand verifiziert wurde. Bei bestehender extraartikulärer Deformität, einem Arthrose-Grad Kellgren < 4 im betroffenen Kompartiment, einem Patientenalter < 60 Jahre und Betonung der Schmerzen auf das betroffene Kniegelenkkompartiment waren die spezifischen Voraussetzungen zur KNO gegeben. Bei allen Patienten wurde vor der Umstellungsosteotomie im gleichen Eingriff zunächst eine Arthroskopie durchgeführt. Diese hatte das Ziel, sowohl die Knorpelbeschaffenheit der einzelnen Kniegelenkkompartimente zu ermitteln als auch die Indikation zur KNO zu überprüfen und etwaige Begleitbefunde wie z.B. Meniskusläsionen oder Knorpelschäden zu therapieren.

Das Patientenalter lag in diesem Kollektiv im Durchschnitt bei 38,9 Jahren, der jüngste Patient war 14 Jahre und der älteste Patient 58 Jahre alt. Der Body-Maß-Index lag durchschnittlich bei 26,8 kg/m², wobei der geringste BMI 17,0 kg/m² und der höchste

BMI 40,2 kg/m² betrug. Von den 110 Patienten waren 39 Frauen und 71 Männern, 22 waren Raucher mit einem täglichen Zigarettenkonsum ≥ 10 Zigaretten.

2.2. Art der Achsfehlstellung und knöchernen Deformität

76 Patienten hatten eine Varus- und 34 Patienten eine Valgusdeformität. Die Verteilung der die jeweilige Varus- und Valgusdeformität begründenden knöchernen Deformität ist aufgeschlüsselt nach Lokalisation am distalen Femur und proximaler Tibia in Abbildung (Abb.) 2 dargestellt. Am Femur finden sich demnach 27,3% aller Achsabweichungen der unteren Extremität. Diese sind auf 7,3% Varus- und 20% Valgusdeformität aufgeteilt. An der Tibia bestehen 72,7% der Deformitäten im Kollektiv. Diese verteilen sich auf 61,7% Varus- und 11% Valgusdeformitäten. Die im Kollektiv enthaltenen 8 Doppelosteotomien haben zwar zwei Osteotomien erhalten, werden hier aber gemäß ihrer Deformität als ein Fall gewertet, sodass die Anzahl der Patienten auch der Anzahl der Deformitäten entspricht. Die Anzahl der Osteotomien liegt im Kollektiv demnach aber bei 114.

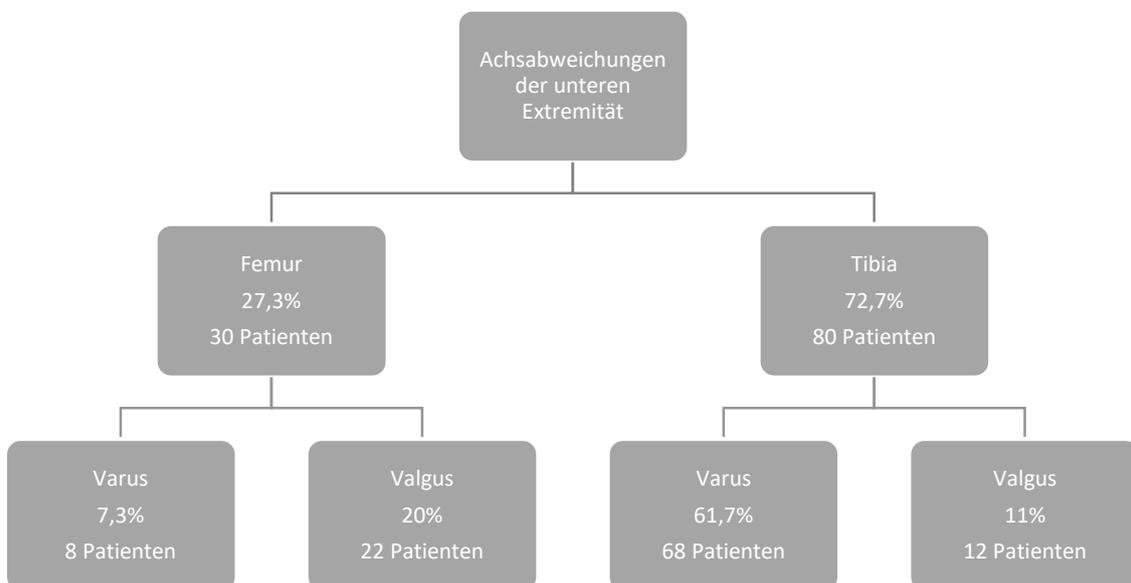


Abbildung 2: Häufigkeit und Verteilung der Deformität von distalem Femur und proximaler Tibia im Gesamtkollektiv (n=110)

2.3. Art und Lokalisation der Osteotomien

2.3.1. Femur

Die unter Ziffer 1.2.3.1. beschriebenen Therapieoptionen am Femur werden in Abb. 3 aufgezeigt. Die postoperativen Röntgenbilder der verschiedenen Osteotomiearten am Femur sind in Abb. 4 dargestellt.

Die am Femur auftretenden Deformitäten wurden auf folgende Weise therapiert: Die 7,3% Varusdeformitäten wurden zu 5,5% mit einer lateral schließenden- und zu 1,8% mit einer medial öffnenden Osteotomie versorgt.

Die 20% Valgusdeformitäten des Femur wurden zu 10% mit einer lateral öffnenden und zu 10% mit einer medial schließenden Osteotomie versorgt.

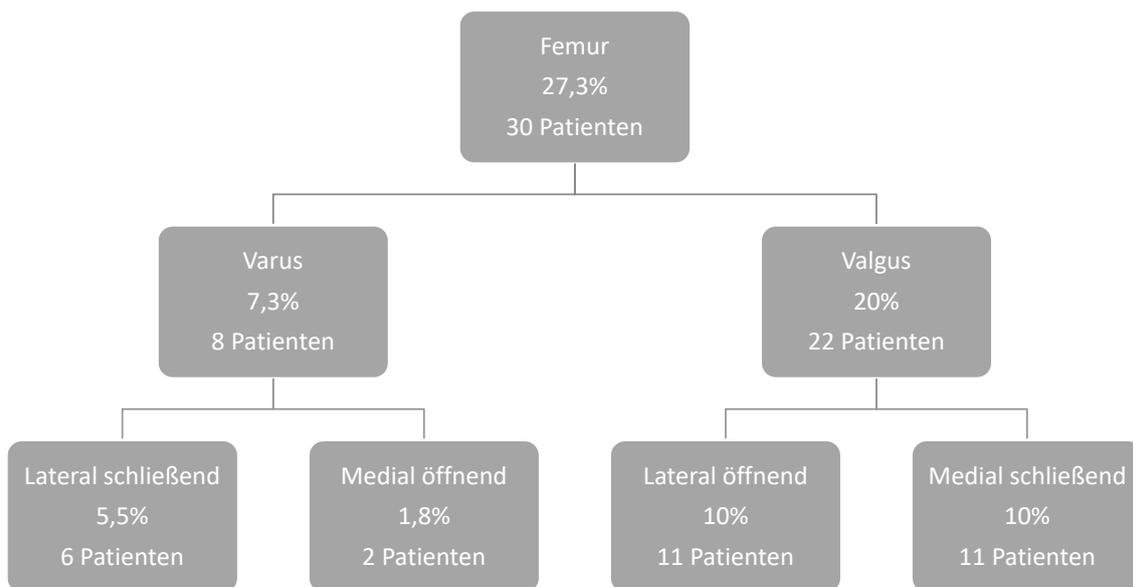


Abbildung 3: Osteotomiemöglichkeiten am Femur und Anwendungshäufigkeit im Gesamtkollektiv (n=110)



Femur lateral schließend



Femur medial öffnend



Femur lateral öffnend



Femur medial schließend

Abbildung 4 Beispiele der Osteotomiearten am distalen Femur

2.3.2. Tibia

Die unter Ziffer 1.2.3.2. beschriebenen Therapieoptionen an der Tibia werden in Abb. 5 aufgezeigt. Die postoperativen Röntgenbilder der verschiedenen Osteotomiearten an der Tibia sind in Abb. 6 dargestellt.

Die an der Tibia auftretenden Deformitäten wurden auf folgende Weise therapiert: Die 61,8% Varusdeformitäten wurden ausschließlich mittels medial öffnender Osteotomie versorgt.

Die 10,9% Valgusdeformitäten der Tibia wurden die 11 Patienten mit einer lateral öffnenden und bei einem Patienten mit einer medial schließenden Osteotomie versorgt.

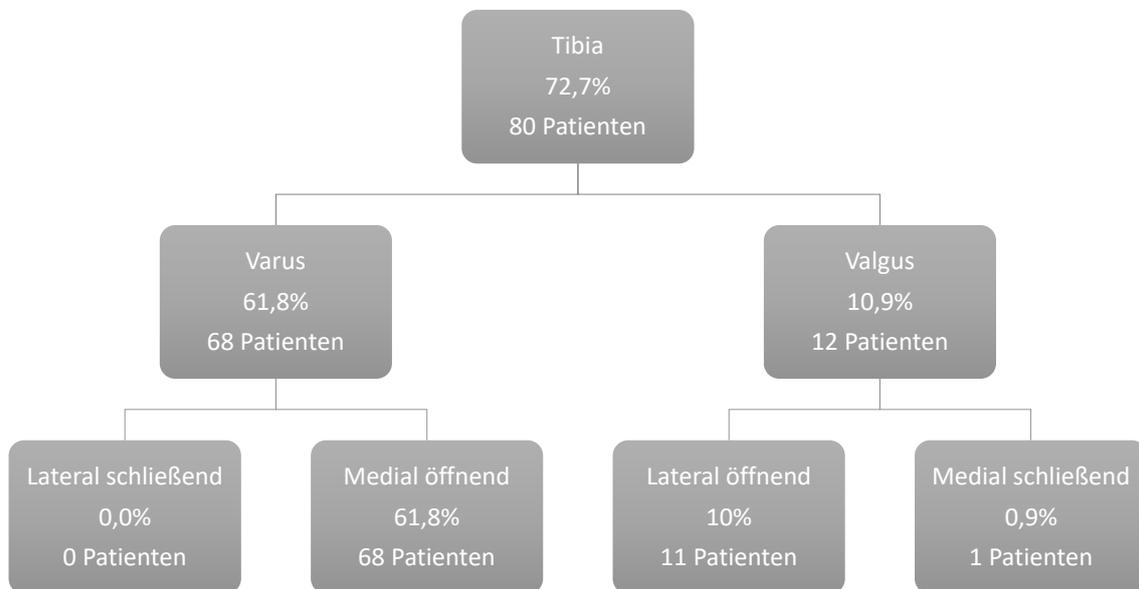


Abbildung 5: Osteotomiemöglichkeiten an der Tibia und Anwendungshäufigkeit im Kollektiv (n=110)

Im Kollektiv nicht durchgeführt



Tibia lateral schließend

Tibia medial öffnend



Tibia lateral öffnend

Tibia medial schließend

Abbildung 6: Beispiele der Osteotomiearten an der proximalen Tibia

2.3.3. Doppelosteotomie

Bei 8 Patienten des Kollektivs (7,3%) wurde gleichzeitig eine Korrektur am distalen Femur sowie an der proximalen Tibia durchgeführt, s. Abb. 7. Die Indikation zur Doppelosteotomie bestand zum Beispiel, wenn die knöcherne Deformität sehr ausgeprägt und sowohl am Tibikopf als auch am distalen Femur lokalisiert war.



Abbildung 7: Postoperatives Röntgenbild nach Doppelosteotomie

2.3.4. Definition der Operationsorte

Um die Unterschiede der einzelnen Osteotomiearten herauszuarbeiten und im Rahmen der formulierten Hypothesen auswerten und besser darstellen zu können, wurden diese durch Zahlen definiert:

Operationsort 1:	Tibia medial aufklappend
Operationsort 2:	Tibia lateral aufklappend
Operationsort 3:	Tibia medial zuklappend
Operationsort 5:	Femur medial aufklappend
Operationsort 6:	Femur lateral aufklappend
Operationsort 7:	Femur medial zuklappend
Operationsort 8:	Femur lateral zuklappend

2.4. Verwendete Implantate

In den Abbildungen 8 und 9 werden die verschiedenen Arten von TomoFix® Platten, die Indikationen und die Häufigkeit der Anwendung im Patientenkollektiv (n=110) aufgeschlüsselt. Die Darstellung der Implantatbilder erfolgt mit Genehmigung der Firma DePuySynthes.

2.4.1. Proximale Tibia

TomoFix Mediale

Proximale Tibiakopfplatte

440.834S

Indikation:

- Tibia medial aufklappend (n=68/110)
- Tibia medial zuklappend (n=1/110)



© Fa. DePuySynthes (Produktkatalog)

TomoFix Laterale

Proximale Tibiakopfplatte

440.843S

Indikation:

- Tibia lateral aufklappend (n=11/110)
- Tibia lateral zuklappend (n=0/110)



© Fa. DePuySynthes (Produktkatalog)

Abbildung 8: Implantate für Tibiakopfosteotomie - Indikation und Häufigkeit der Anwendung

2.4.2. Distaler Femur

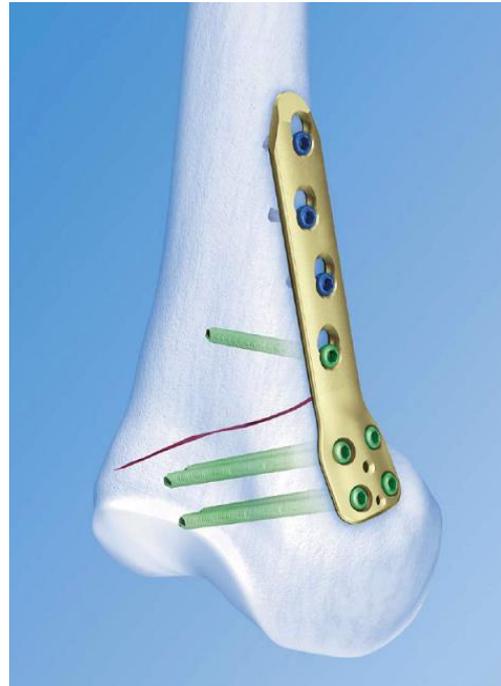
Tomofix Mediale Distale

Femurplatte

440.885S

Indikation:

- Femur medial aufklappend (n=2/110)
- Femur medial zuklappend (n=11/110)



© Fa. DePuySynthes (Produktkatalog)

Tomofix Laterale Distale

Femurplatte

440.864S

Indikation:

- Femur lateral aufklappend (n=11/110)
- Femur lateral zuklappend (n=6/110)



© Fa. DePuySynthes (Produktkatalog)

Abbildung 9: Implantate für distale Femurosteotomie - Indikation und Häufigkeit der Anwendung

2.5. Die Osteotomie

2.5.1. Ausmaß der Osteotomie

Durchschnittlich wurde die Osteotomie bei den im König-Ludwig-Haus operierten Patienten um 8,8 mm auf- oder zugeklappt. Die minimale Osteotomiespaltgröße betrug dabei 5 mm und die maximale -spaltgröße 15 mm. Die Darstellung der Osteotomiespaltgrößen in Abhängigkeit der Häufigkeitsverteilung findet sich in Abbildung 10.

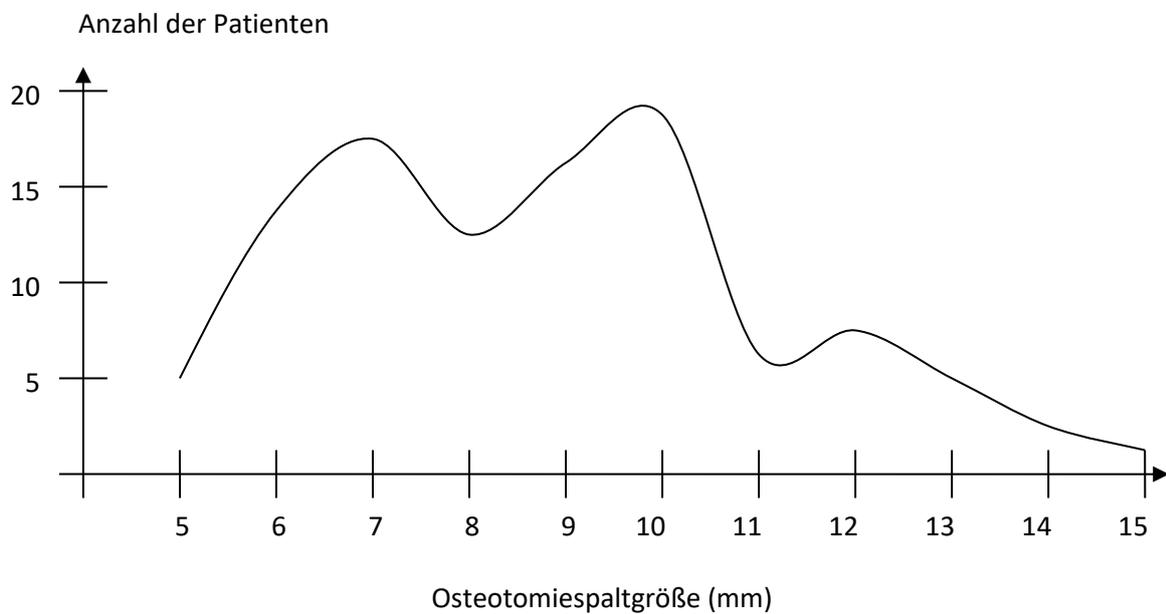


Abbildung 10: Grafische Darstellung der Osteotomiespaltgrößen sowohl auf- als auch zuklappender Osteotomien mit Häufigkeitsangabe im Patientenkollektiv (n=110)

2.5.2. Auffüllung des Osteotomiespaltes

Der Osteotomiespalt wurde - abhängig von der Spaltgröße - gemäß Abbildung 11 versorgt.

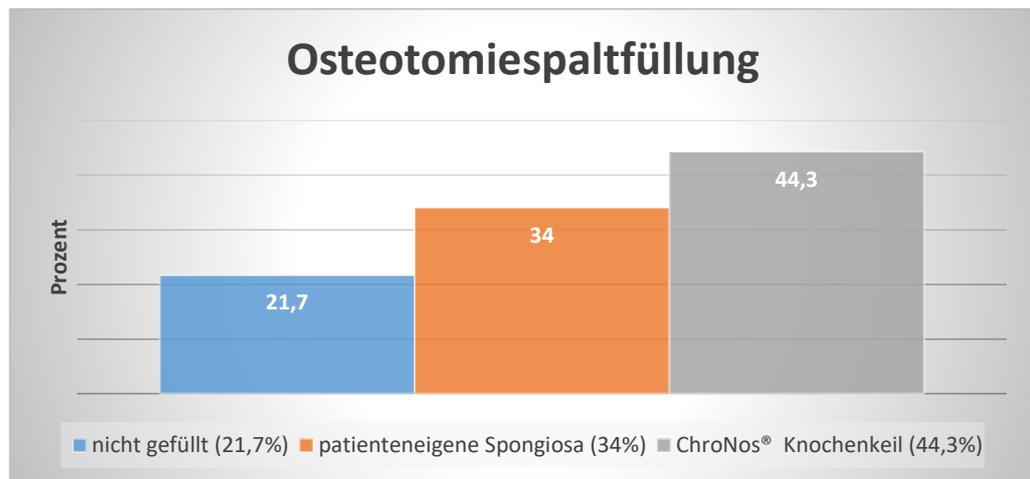


Abbildung 11: Art und Häufigkeit der Osteotomiespaltfüllung, n=92 Patienten, die eine aufklappende Osteotomie erhalten haben

2.5.3. OP - Technik: medial aufklappende Tibiakopf-Osteotomie

Hier erfolgt die exemplarische Darstellung einer Osteotomie anhand der in dieser Arbeit am häufigsten durchgeführten Osteotomie, der medial aufklappenden Osteotomie am Tibiakopf, bei Varusfehlstellung in Folge varischer knöcherner Deformität des Tibiakopfes. Zu Beginn erfolgt immer eine Untersuchung des Kniegelenkes in Narkose zur Überprüfung der Beweglichkeit und Stabilität des Kniegelenkes. Danach wird in Oberschenkelblutsperre mit 350 mmHg jeder Patient zunächst einer diagnostischen Arthroskopie unterzogen. Dabei werden folgende Kniebinnenstrukturen begutachtet: Rezessus suprapatellaris, Patellarückfläche, Trochlea, Außenmeniskus, Innenmeniskus, Knorpelbeschaffenheit aller Kniekompartimente sowie die Kreuzbänder. Anschließend beginnt die Osteotomie mit einem Hautschnitt medial über dem Tibiakopf. Der mediale Rand des Ligamentum Patellae wird dargestellt, welches bis zur Tuberositas Tibiae verfolgt wird. Der Pes anserinus wird aufgesucht, mobilisiert und die vordere Begrenzung des unter dem Pes anserinus liegenden Innenbandes dargestellt.

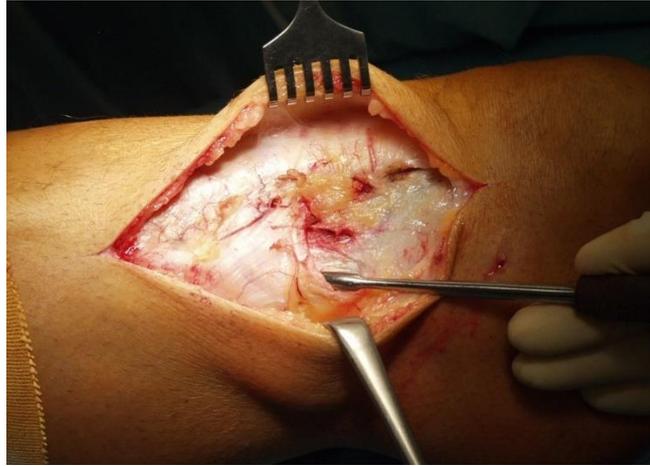


Abbildung 12: Darstellen des Pes anserinus sowie des Innenbandes

Mit Hilfe eines Raspatoriums wird das mediale Kollateralband von der Tibia abgehoben und die distal inserierenden Fasern durchtrennt, um ein ausreichendes mediales Release zu erzielen.

Um die posteriore Tibiakante wird ein stumpfer Hohmannhebel eingesetzt. Nun kann der mediale Tibiakopf dargestellt werden, an dem die geplante Stufenosteotomie durch den Elektrokauter markiert werden kann. Mit zwei eingebrachten, parallel verlaufenden 2 mm Kirschnerdrähten wird die Lage der Osteotomie röntgenologisch kontrolliert. Die Stufenosteotomie beginnt zunächst mit dem von medial nach lateral aufsteigenden Schnitt entlang der Kirschnerdrähte und wird anschließend mit dem horizontalen Hintersägen der Tuberositas Tibiae vervollständigt. Durch Einbringen von Osteotomiemeißeln und später eines Osteotomiespreizers kann der Osteotomiespalt schrittweise aufgeklappt werden.

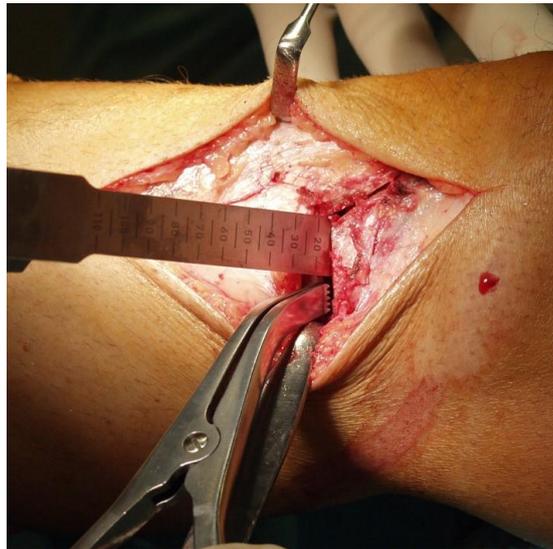


Abbildung 13: sukzessives Aufklappen der Osteotomie mittels Spreizer

Ist ein Auffüllen des Gelenkspalts vorgesehen, wird nun Knochenersatzmaterial oder autologer Knochen in den Osteomiespalt eingebracht. Dorsal wird ein Kollagenfließ eingelegt. Anschließend wird die TomoFix-Platte angelegt, welche proximal mittels Kirschnerdrähten fixiert wird. Es erfolgt eine röntgenologische Kontrolle, die den regelrechten Sitz der Platte bestätigt. Die proximalen Schraubenlöcher werden vorgebohrt und die proximalen Verriegelungsschrauben nach Längenbestimmung eingedreht.

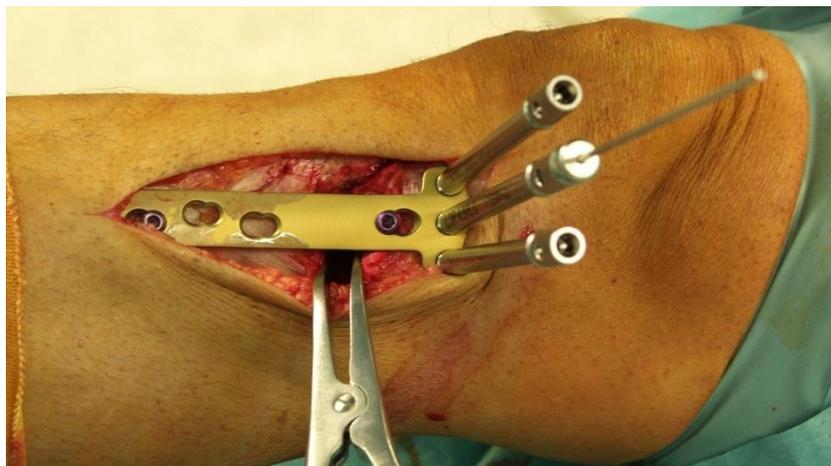


Abbildung 14: winkelstabiles Vorbohren der proximalen Verriegelungsschrauben

Auch die distalen Plattenlöcher werden vorgebohrt und die Schrauben winkelstabil eingedreht. Die 3 proximalen Schrauben werden bikortikal verankert, die distale Schraube monokortikal. Die abschließende Röntgenkontrolle dokumentiert das Osteotomieergebnis und die Lage von Schrauben und Platte. Die laterale Kortikalis sollte möglichst erhalten sein. Die Schrauben werden mit dem Drehmomentschlüssel nachgezogen.



Abbildung 15: korrekter Sitz des TomoFix® Plattenfixateurs

Nun kann die Blutsperre geöffnet werden, es erfolgt die Spülung der Operationswunde, Blutstillung mit dem Elektrokauter sowie die Einlage einer Redondrainage. Es erfolgen der schichtweise Wundverschluss und eine intrakutan fortlaufende Hautnaht. Ein steriler Verband mit elastokompressiver Wickelung deckt die Wunde ab.

2.6. Prä- und Postoperative Analyse der Beinachse

Von allen 110 Patienten wurden die prä- und postoperativ im Stand angefertigten Röntgen Ganzbeinaufnahmen analysiert. Präoperativ wurden diese Röntgenaufnahmen zur Planung und postoperativ zur Kontrolle des erzielten Ergebnisses verwendet. Zusammen mit der Osteotomieplanung ergaben sich so pro Parameter und Patient drei Werte:

Wert (A) *präoperativ*, Wert (A) *geplant* und Wert (A) *postoperativ*.

Folgende Winkel (W) und Linien (L) wurden anhand der Ganzbeinröntgenaufnahme gemessen:

- Mikulicz L: bezeichnet die mechanische Beinachse, gemessen vom Hüftkopfbereich zur Mitte der Talusrolle; physiologischer Verlauf (± 2 mm) medial des Kniegelenkzentrums
- aLDF W: anatomischer, lateraler, distaler Femurwinkel, physiologisch $81^\circ \pm 2^\circ$ [79], Winkel zwischen anatomischer Femurachse und der Tangente an die Femurkondylen
- mLDF W: mechanischer, lateraler, distaler Femurwinkel, physiologisch 88° (85° - 90°), Winkel zwischen mechanischer Femurachse und Tangente an die Femurkondylen [79]
- JLC W: Gelenklinien-Konvergenzwinkel, joint line convergence angle, Winkel zwischen Tangente an die Femurkondylen und an das Tibiaplateau
- m/aMPT W: anatomischer \cong mechanischer, medialer, proximaler Tibiawinkel, physiologisch 87° (85° - 90°), Winkel zwischen anatomischer/mechanischer Tibiaachse und der Tangente an das Tibiaplateau
- Kniebreite: Kniegelenkbreite gemessen in mm, notwendig, um den Schnittpunkt mit der Mikulicz Linie zu bestimmen; der Schnittpunkt wird in Prozent der Tibiabreite gemessen von medial nach lateral angegeben

Abbildung 16 stellt die o.g. Winkel grafisch dar:

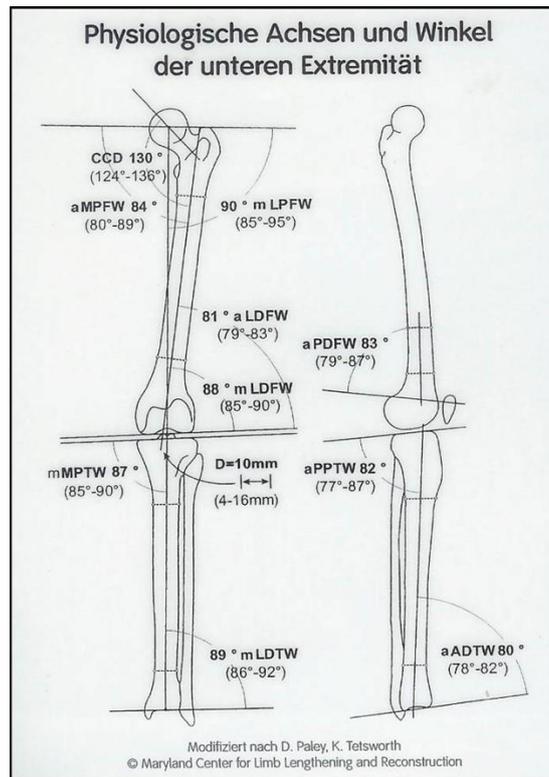


Abbildung 16: Physiologische Winkel & Achsen der unteren Extremität, © Maryland Center for Limb Lengthening and Reconstruction, Quelle: Paley Beschreibung der Winkel [107]

Die präoperative Planung der Osteotomien wurde mittels der Mediacad® Software (Version 3.0, Hectec, Deutschland) durchgeführt. Diese ermöglicht anhand einer Ganzbeinröntgenaufnahme die Operation im Vorfeld zu planen.

Folgende Schritte mussten dabei vollzogen werden:

1. Größenskalierung anhand einer 30 mm Messkugel
2. Bestimmen des Hüftkopfmittelpunktes
3. Von dort aus eine Horizontale zum Trochanter major verlegen
4. Einzeichnen der Tangenten an Femurkondylen und Tibiaplateau
5. Einzeichnen der Tangente an die Talusgelenkfläche
6. Bestimmen der Femur- und Tibiaschaftachse
7. Automatisches Einzeichnen der Mikulicz Linie durch die Mediacad® Software
8. Simulieren und Festlegen der Osteotomie und des Ausmaßes der Korrektur
9. Höhe des Osteotomiepaltes bzw. des zu entnehmenden Keils bestimmen

In Abbildung 17 soll ein Vergleich zwischen präoperativem Befund und der in Mediacad vorgenommenen Operationsplanung gegeben werden. Die dabei geänderte mechanische Belastungsachse (Mikulicz-Linie) ist zur Verdeutlichung rot markiert.

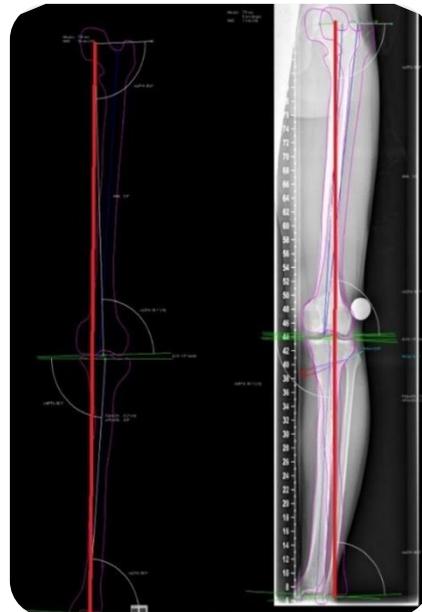


Abbildung 17: links: präoperative Bemaßung; rechts: Planbemaßung; rot: Mikulicz Linie

Abbildung 18 zeigt die postoperative Überprüfung der zuvor in Mediacad vorgenommenen Operationsplanung. Die geänderte mechanische Belastungsachse (Mikulicz-Linie) ist zur Verdeutlichung rot markiert.



Abbildung 18: postoperative Bemaßung; rot: Mikulicz Linie

2.7. Knee and Osteoarthritis Outcome Score

Zur Evaluation des subjektiven Outcomes erhielt jeder Patient den KOOS-Fragebogen (Knee and Osteoarthritis Outcome Score), German Version LK 1.01., der bei verschiedenen Kniepathologien wie Bandverletzungen, nach reparativen Knorpelmaßnahmen oder nach endoprothetischem Ersatz, Umstellungsosteotomie, verwendet werden kann (s. 7.4.). Der Score besitzt 5 Subskalen: Symptome, Schmerz, alltägliche Aktivitäten, sportliche Aktivitäten und Lebensqualität.

Die Patienten wurden in einer retrospektiven Erhebung sowohl zu ihrem präoperativen als auch zum postoperativen Befinden befragt. Die Frage zum postoperativen Befund wurde dabei mit dem „Befinden der letzten Woche“ formuliert (s. 7.4.). Die Patientenevaluation beläuft sich auf einen Zeitraum von 9 bis 98 Monate postoperativ. Die durchschnittliche follow-up Zeitspanne beträgt 41,2; STABW. \pm 26,3 Monate. Eine weitere Erklärung zum follow-up findet sich unter Ziffer 4.2.

2.8. Statistische Auswertung

Die deskriptive Statistik wird in Form von Häufigkeitsangaben mit absoluten und relativen Zahlen, Durchschnitts sowie der Standardabweichung und dem Wertebereich präsentiert. Das Signifikanzlevel wurde auf $\alpha = 0.05$ gesetzt. Alle Daten wurden mit einer statistischen Analysesoftware ermittelt (IBM SPSS Statistics Version 24, Armonk, NY, USA). Die Begründung der einzelnen Tests ist in der Auswertung der Hypothesen dargestellt.

Zur Analyse der unter 1.3 formulierten Hypothesen wurde den 122 Patienten dieser Studie der unter 2.7. Knee and Osteoarthritis Outcome Score“ (KOOS) zugesandt. Nach Anwendung der unter 2.1. Patientenkollektivgenannten Ausschlusskriterien wurden 110 Patienten in die finale Datenanalyse erhoben. Gemäß der KOOS-Auswertungskriterien (s. 3.1.2. KOOS) mussten dabei mindestens 50% der Fragen beantwortet sein. Zur Beantwortung der einzelnen Hypothesen war nicht immer der gesamte Fragebogen notwendig. Die Patientenantworten wurden daraufhin in tabellarischer Form anonymisiert erfasst und hypothesenbezogen unter 3.2. Hypothesen

3. Ergebnisse

3.1. Bewertung des klinischen Ergebnisses

3.1.1. Arthroskopischer Knorpel- und Meniskusbefund

In selbiger Sitzung der Umstellungsosteotomie wurde bei allen Patienten eine Arthroskopie durchgeführt, um die Indikation zu überprüfen, das Ausmaß des Knorpelschadens zu bestimmen und mögliche Begleitschäden therapieren zu können. Dabei wurden folgende Knieinnenstrukturen begutachtet:

1. Patella (Knorpelschaden I bis IV*)
2. Trochlea (Knorpelschaden I bis IV)
3. Mediale Kondyle (Knorpelschaden I bis IV)
4. Mediale Tibia (Knorpelschaden I bis IV)
5. Laterale Kondyle (Knorpelschaden I bis IV)
6. Laterale Tibia (Knorpelschaden I bis IV)
7. Meniskus (intakt vs. gerissen vs. reseziert)

* Klassifikation nach Outerbridge (s. Tabelle 3).

Die Tabellen 4 bis 6 veranschaulichen den bei der Arthroskopie bestimmten Schaden der einzelnen Kniestrukturen:

Tabelle 4: Knorpelschaden der einzelnen Kniegelenkanteile (n=110)

	Knorpelschaden	Minimal	Maximal
Patella	1,23	0	3
Trochlea	0,96	0	4
Mediale Kondyle	2,10	0	4
Mediale Tibia	1,90	0	4
Laterale Kondyle	0,82	0	4
Laterale Tibia	0,90	0	4

Tabelle 5: Meniskusverhältnisse im betroffenen Kompartiment im Patientenkollektiv (n=110)

	Nicht gerissen	gerissen	reseziert
Meniskus	37,0%	33,7%	29,3%

Aus der Summe der Knorpelschäden der einzelnen Kompartimente wurde die Arthrosesumme (Σ von 0 bis 24 Punkte, Tab. 6) für jeden Patienten bestimmt. Außerdem wurde jeweils eine Arthrosesumme des betroffenen und des nicht betroffenen Kompartiments errechnet (jeweils von 0 bis 8 Punkte). Entsprechend gibt die Arthrosesumme Kellgren den Durchschnitt des radiologischen Arthrosegrades im betroffenen Kniegelenk wieder. Auch minimal und maximal Werte sind angegeben.

Tabelle 6: Summe der Arthrose im Kollektiv (n=110)

	Durchschnitt	Minimal	Maximal
Σ Arthrose gesamtes Knie	7,9	0	17
Σ Arthrose betroffenes Komp.	4,7	0	8
Σ Arthrose nicht betr. Komp.	0,9	0	4
Σ Arthrose Kellgren	2,3	1	4

3.1.2. KOOS

Die Auswertung des KOOS Fragebogens erfolgt durch eine Punktevergabe für jedes Item. Geringe Symptome bzw. Einschränkungen werden mit 4, starke Symptome bzw. Einschränkungen mit 0 Punkten bewertet. Das Maximalergebnis beträgt somit 168 Punkte. Diese werden daraufhin in einen prozentualen Wert 0-100 % umgewandelt. Für die Berechnung des Gesamtscores müssen mindestens 50 % der Fragen beantwortet werden. 110 Patienten nahmen an dem oben dargestellten KOOS Fragebogen teil, um die bei ihnen durchgeführte Umstellungsosteotomie zu bewerten. 22 Patienten füllten den Fragebogen vollständig aus, 88 Patienten unvollständig, aber mit mindestens 50% der Fragen. Unter den 88 unvollständig ausgefüllten Fragebögen fand sich aber in 81 Fällen die Beantwortung der Abschlussfrage W1 „Wie schätzen Sie abschließend insgesamt den Erfolg der durchgeführten Operation ein?“, s.u.

Die durch die Operation erzielte durchschnittliche Veränderung der Patienten soll für die jeweiligen Subskalen im folgenden horizontalen Balkendiagramm dargestellt werden. Für folgende Kategorien wurde jeweils eine präoperative und eine postoperative Beurteilung ermittelt: Symptome (S), Schmerz (P), Aktivitäten des täglichen Lebens (A), Sport und Freizeit (SP) sowie Lebensqualität (Q). Der verwendete Fragebogen findet sich unter 7.4 angehängt.

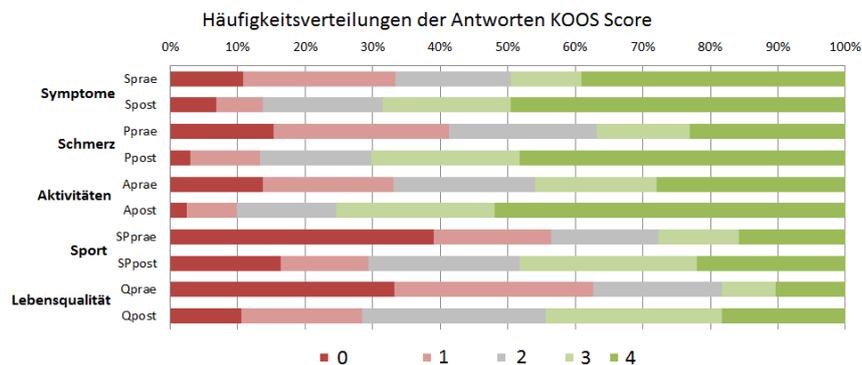


Abbildung 19: KOOS prä- und postoperativ, Ergebnis in Subskalen (%) (n=110)

Symptome: Durchschnittliche Verbesserung von $17,10 \pm 0,41$ Punkte auf $20,82 \pm 0,31$ Punkte. Bei 28 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 13,3 Prozentpunkte (von 61,1% auf 74,4%).

Schmerz: Durchschnittliche Verbesserung von $18,28 \pm 0,50$ Punkte auf $27,18 \pm 0,31$ Punkte. Bei 36 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 24,7 Prozentpunkte (von 50,8% auf 75,5%).

Alltägliche Aktivität: Durchschnittliche Verbesserung von $36,30 \pm 0,26$ Punkte auf $53,60 \pm 0,18$ Punkte. Bei 68 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 25,4 Prozentpunkte (von 53,4% auf 78,8%).

Sportliche Aktivität: Durchschnittliche Verbesserung von $7,40 \pm 0,14$ Punkte auf $11,23 \pm 0,24$ Punkte. Bei 20 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 19,1 Prozentpunkte (von 37,0% auf 56,1%).

Lebensqualität: Durchschnittliche Verbesserung von $5,31 \pm 0,45$ Punkte auf $8,95 \pm 0,12$ Punkte. Bei 16 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 22,7 Prozentpunkte (von 33,2% auf 55,9%).

Gesamtscore: Durchschnittliche Verbesserung von $86,71 \pm 0,49$ Punkte auf $121,73 \pm 0,42$ Punkte. Bei 168 erreichbaren Punkten ist dies eine Verbesserung um 20,9 Prozentpunkte (von 51,6% auf 72,5%).

Abschließend wurden die Patienten im Rahmen des Evaluationsbogens aufgefordert, den Erfolg der Operation zu bewerten (W1, ebenfalls von 0 $\hat{=}$ sehr schlecht bis 4 $\hat{=}$ sehr gut). Dabei ließ sich ein Durchschnitt von $2,92 \pm 1,06$ (73%) erarbeiten. Das Ergebnis findet sich in Abbildung 20 dargestellt.

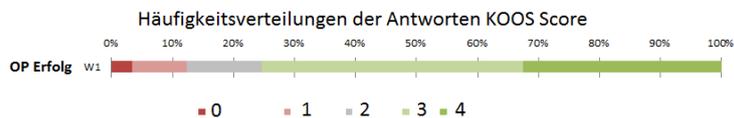


Abbildung 20: subjektive Beurteilung des Operationserfolges (n=110)

3.1.3. Kennzahlen der Patienten in tabellarischer Form

Darstellung der für die Beurteilung der einzelnen Hypothesen herangezogenen Patientenkollektive.

Gruppe	Anzahl Patienten	Verwendung in Auswertung
1) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 1
2) Varusfehlstellung	76	Hypothese 2
3) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 3
4) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 4
5) HTO	68	Hypothese 5
6) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 6
7) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 7
8) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 8
9) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 9
10) Gesamtkollektiv	110	Hypothese 10

3.2. Hypothesen

3.2.1. Auswertung der Planungsgenauigkeit mittels Mediacad Software

Hypothese 1 nimmt an, dass mit Hilfe einer präoperativen Planung der Umstellungsosteotomie mittels Mediacad® System der gewünschte Korrekturgrad erzielt wird. Im Rahmen der Operation selbst wird dabei auf eine röntgenologische Kontrolle der Achse verzichtet. Beim Vergleich der präoperativen Planung mit dem postoperativen Ergebnis gilt eine Abweichung von +/- 4 Prozentpunkte der Tibiabreite noch als Zielbereich. Gemessen wird dabei der Schnittpunkt der Miculicz-Linie mit dem Tibiaplateau, jeweils von medial- nach lateralseitig. Die Hypothese muss angenommen werden, sobald der gewünschte Korrekturgrad in $\geq 90\%$ im Kollektiv erzielt wird. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 1 herangezogen.

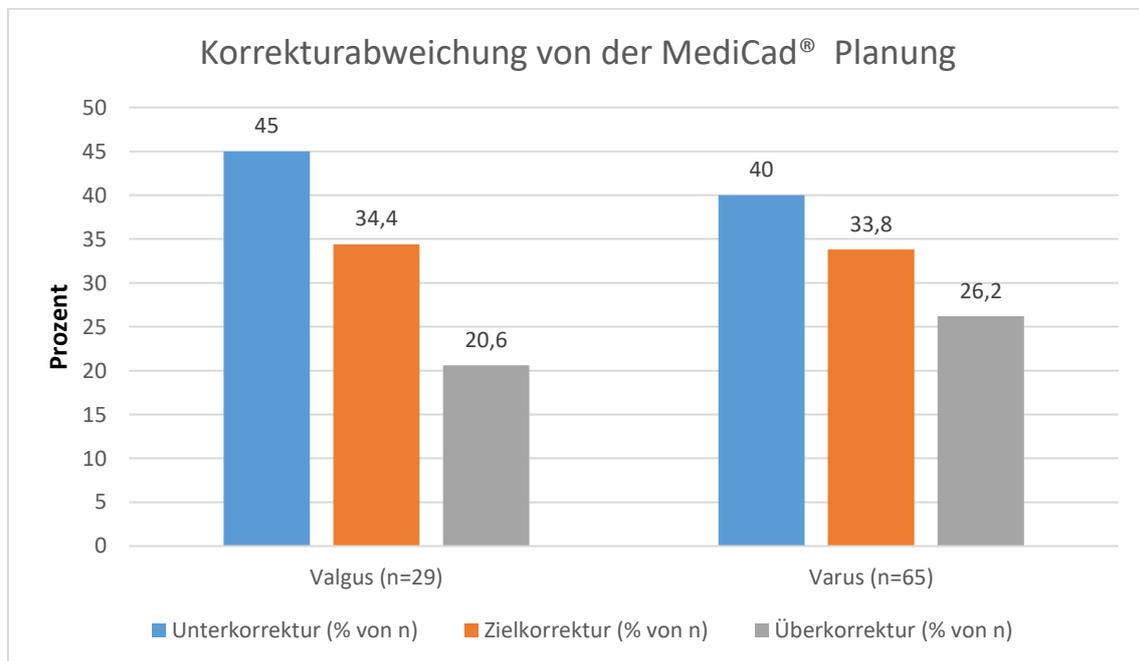


Abbildung 21: Häufigkeit der Korrekturabweichungen, n=94

In die hier gezeigte Auswertung liefen 94 Patienten ein. Die reduzierte Patientenzahl lässt sich dadurch erklären, dass bei 16 Patienten des Kollektivs die präoperative Planung

im Kliniksystem nicht auffindbar war. Die Aussagen bezüglich Über- oder Unterkorrektur wurden in Bezug auf die geplante Osteotomie getroffen. Die Daten sind normalverteilt.

Bei Patienten mit einer valgischen Beinachsendiformität wurde in 34,4% der Fälle der präoperativ geplante Korrekturgrad erzielt.

Bei Patienten mit einer varischer Beinachsendiformität wurde in 33,8% der Fälle der präoperativ geplante Korrekturgrad erzielt.

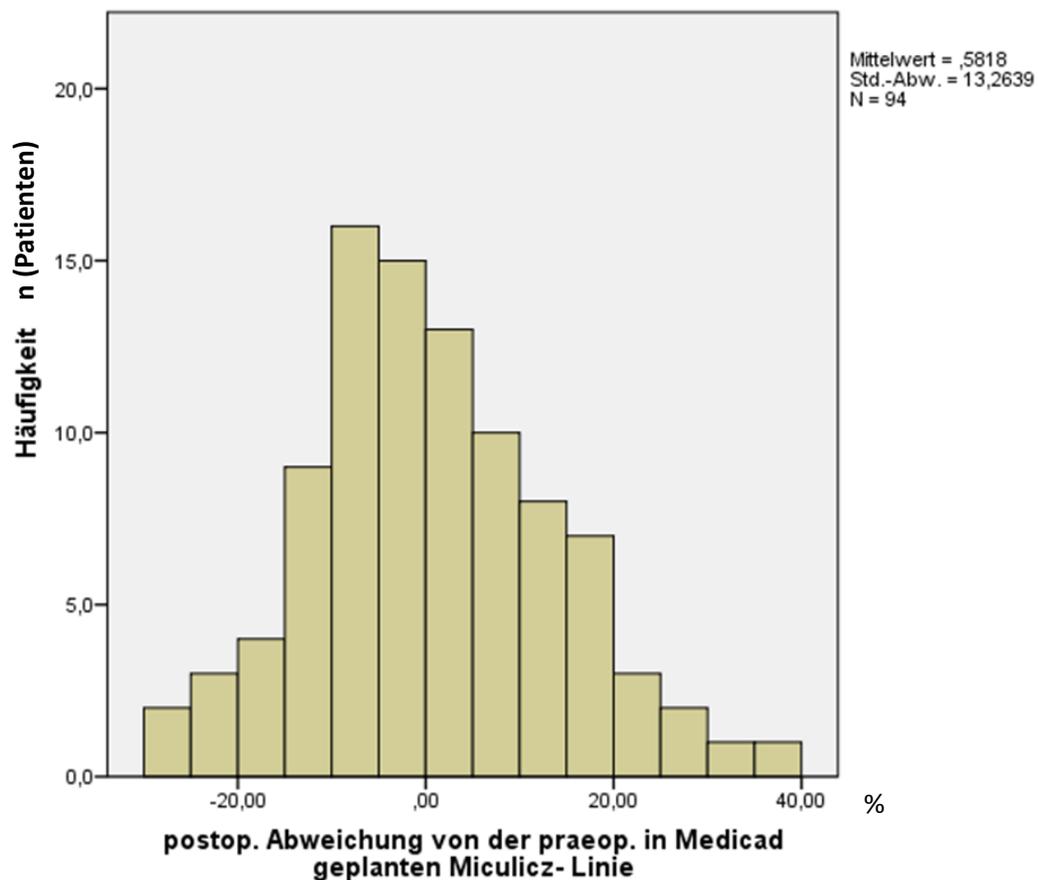


Abbildung 22: Verteilung der Korrekturergebnisse in Relation zum geplanten Wert (n=94)

3.2.2. Erfolgskontrolle der „Fujisawa“ Zielkriterien

Hypothese 2 nimmt an, dass die Korrektur der Beinachse bei Varusgonarthrose nach den „Fujisawa“-Kriterien zum besten Ergebnis bei der subjektiven Patientenbewertung führt. Die „Fujisawa“-Kriterien beinhalten u.a. für die Miculicz-Linie und deren Schnittpunkt mit dem Tibiaplateau ein Intervall von 57-67% der von medial nach lateral gemessenen Breite des Tibiaplateaus. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 2 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 2 gibt es zwei Voraussetzungen:

1. Die subjektive Patientenbewertung der Operation wurde anhand des Durchschnitts aller im Fragebogen beinhalteten Fragen ermittelt. Dabei wurden die präoperativen Werte von den Postoperativen subtrahiert.
2. Aus den 76 Patienten mit Varusgonarthrose wurden 2 Gruppen gebildet: A) Fujisawa getroffen (Intervall: 57-67%), mit n=21 Patienten vs. B) Fujisawa nicht getroffen, mit n=55 Patienten.

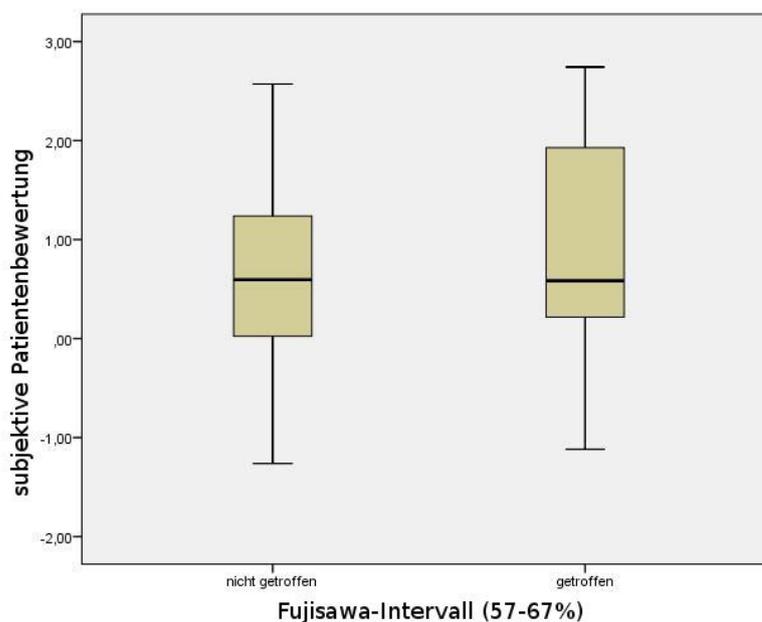


Abbildung 23: subjektive Patientenbewertung (Differenz aus post- und präoperativen Werten) in den Gruppen „Fujisawa getroffen“ (n=21) und „Fujisawa nicht getroffen“ (n=55)

In der Gruppe „Fujisawa getroffen“ ergab sich eine Verbesserung der subjektiven Patientenbewertung um $0,96 \pm 1,22$ Punkte.

In der Gruppe „Fujisawa nicht getroffen“ ergab sich eine Verbesserung der subjektiven Patientenbewertung um $0,67 \pm 0,88$ Punkte.

Da die Daten normal verteilt sind (s. Boxplot, Abb. 22) wurde ein T-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, um die beiden Gruppen zu vergleichen. Dabei ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p= 0,388$) in der Veränderung der subjektiven Patientenbewertung.

3.2.3. Einfluss des Knorpelschadens im betroffenen Kompartiment auf die postoperative Patientenzufriedenheit

Hypothese 3 nimmt an, dass die Ergebnisse der postoperativen Patientenzufriedenheit mit dem Ausmaß des Knorpelschadens im betroffenen Kompartiment korrelieren. Das Ausmaß des Knorpelschadens wurde dabei intraoperativ über eine Kniegelenksspiegelung gemäß der Outerbridge Klassifikation beurteilt (s. Tab. 3, S.5). Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 3 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 3 wurde eine Pearson-Korrelation mit Signifikanztest der postoperativen Patientenzufriedenheit und dem Knorpelschaden im betroffenen Kompartiment durchgeführt. Der Knorpelschaden wurde anhand der Summe der arthroskopisch festgestellten Arthrosewerte der einzelnen Gelenkabschnitte im betroffenen Kompartiment erfasst. Zur Beurteilung der postoperativen Zufriedenheit wurde der Durchschnittswert der letzten im Fragebogen enthaltenen Frage „Wie würden Sie insgesamt den Erfolg der Operation beurteilen“ gewertet.

Es ergab sich ein Pearson-Korrelationskoeffizient von $-0,407$, der Signifikanztest war hochsignifikant ($p < 0,001$) bei 81 getesteten Patienten. Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

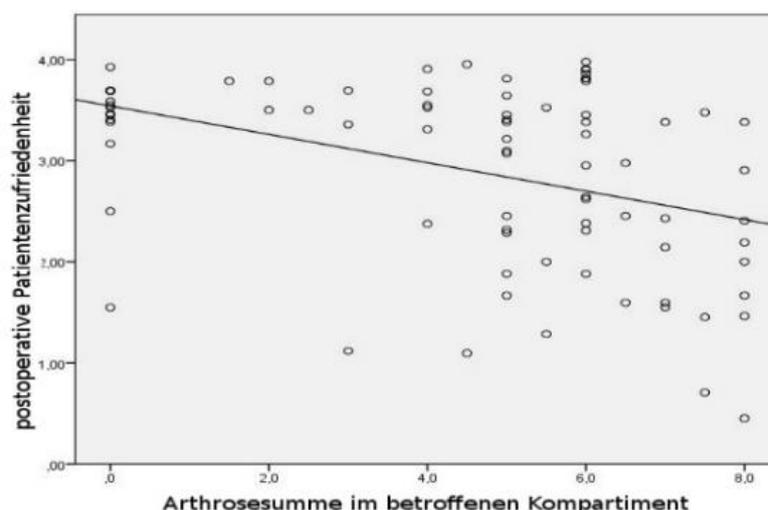


Abbildung 24: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit des Knorpelschadens, betroffenes Kniegelenkkompartiment (n=81)

3.2.4. Einfluss des Knorpelschadens im nicht- betroffenen Kompartiment auf die postoperative Patientenzufriedenheit

Hypothese 4 nimmt an, dass die Ergebnisse der postoperativen Patientenzufriedenheit unabhängig sind vom Ausmaß des Knorpelschadens im nicht- betroffenen Kniegelenk Kompartiment. Das Ausmaß des Knorpelschadens wurde dabei intraoperativ über eine Kniegelenksspiegelung gemäß der Outerbridge Klassifikation beurteilt (s. Tab. 3, S.5). Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 4 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 4 wurde eine Pearson-Korrelation mit Signifikanztest der postoperativen Patientenzufriedenheit und dem Knorpeldefekt im nicht-betroffenen Kompartiment durchgeführt. Der Knorpelschaden wurde anhand der Summe der arthroskopisch festgestellten Arthrosewerte der einzelnen Gelenkabschnitte im nicht-betroffenen Kompartiment erfasst. Zur Beurteilung der postoperativen Zufriedenheit wurde der Durchschnittswert der letzten im Fragebogen enthaltenen Frage „Wie würden Sie insgesamt den Erfolg der Operation beurteilen“ gewertet.

Es ergab sich ein Pearson-Korrelationskoeffizient von -0,333, der Signifikanztest war signifikant ($p= 0,002$) bei 81 getesteten Patienten. Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

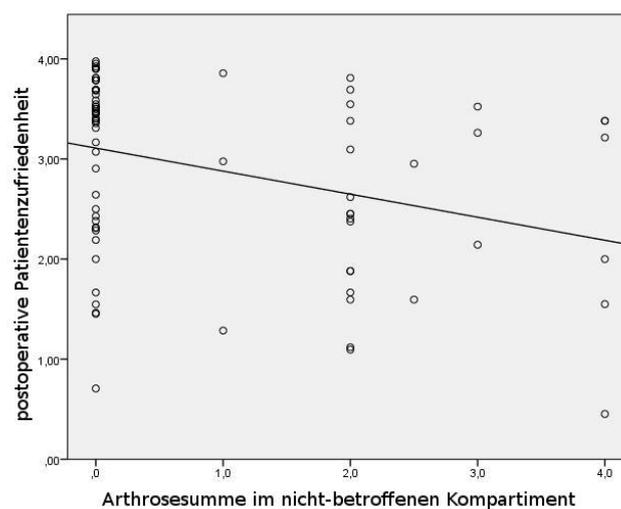


Abbildung 25: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit des Knorpelschadens, nicht betroffenes Kniegelenkkompartiment (n=81)

3.2.5. Einfluss der knöchernen Deformität auf die subjektive Patientenbewertung

Hypothese 5 nimmt an, dass die Verbesserung der subjektiven Patientenbewertung nach der OP umso höher ist, je grösser die vor der OP bestehende knöchernen Deformität ist. Die knöchernen Deformität wurde dabei anhand des aMPTA Winkels gemessen (s. Abb. 12 S. 25). Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 5 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 5 wurde eine Pearson-Korrelation mit Signifikanztest der knöchernen Deformität sowie der Differenz aus der Patientenzufriedenheit durchgeführt. Die knöchernen Deformität wurde anhand der aMPTA Winkels gemessen. Die subjektive Patientenbewertung der Operation wurde mittels Durchschnitt aller im Fragebogen beinhalteten Fragen ermittelt. Dabei wurden die präoperativen Werte von den Postoperativen subtrahiert.

Es ergab sich ein Pearson- Korrelationskoeffizient von $-0,058$, der Signifikanztest war nicht signifikant ($p= 0,296$) bei 68 getesteten Patienten.

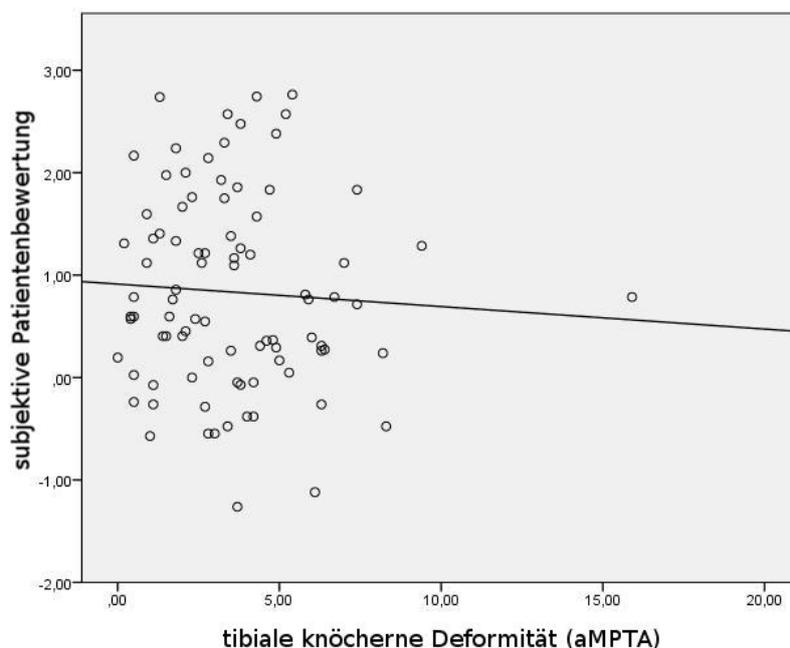


Abbildung 26: Subjektive Patientenbewertung in Abhängigkeit der präoperativen knöchernen Deformität (n=68)

3.2.6. Unterschiede von Frauen und Männern hinsichtlich der subjektiven Patientenbewertung

Hypothese 6 nimmt an, dass die Ergebnisse der subjektiven Patientenbewertung bei Männern und Frauen gleich sind. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 6 herangezogen.

Zur Beantwortung dieser Hypothese wurden zwei Gruppen gebildet: A) Männer vs. B) Frauen. Daraufhin wurde ein T-Tests für unabhängige Stichproben mit der Differenz der Patientenzufriedenheit durchgeführt.

In der Gruppe „Frauen“ ergab sich dabei Verbesserung der subjektiven Patientenzufriedenheit um $0,69 \pm 0,73$ Punkte bei 35 befragten Frauen.

In der Gruppe „Männer“ ergab sich dabei Verbesserung der subjektiven Patientenzufriedenheit um $0,90 \pm 1,03$ Punkte bei 75 befragten Männern.

Es konnte kein signifikanter Unterschied dargestellt werden ($p=0,286$).

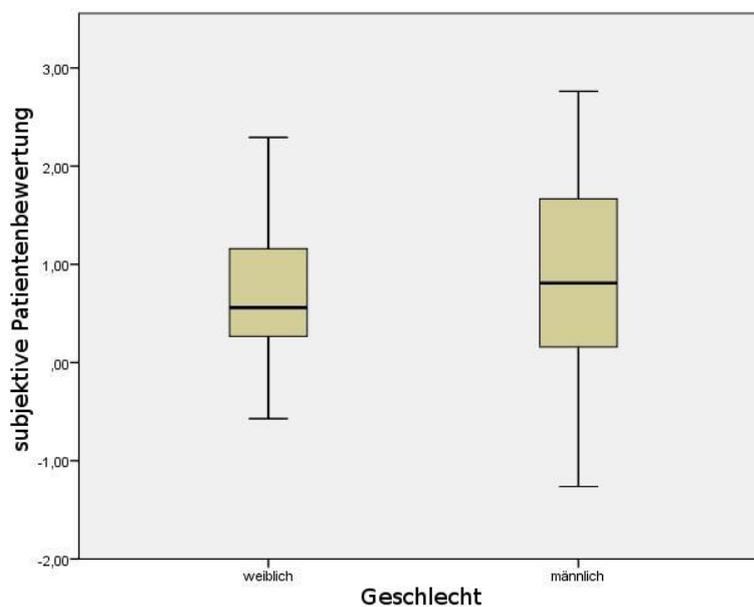


Abbildung 27: Subjektive Patientenbewertung bei Frauen (n=35) & Männern (n=75)

3.2.7. Einfluss des Patientenalters auf die Patientenzufriedenheit

Hypothese 7 nimmt an, dass die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit vom Alter der Patienten unabhängig sind. Zur Auswertung wurden die unter 3.1.3. genannte Gruppe 7 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 7 wurde eine Pearson-Korrelation mit Signifikanztest der postoperativen Patientenzufriedenheit und dem Alter der Patienten durchgeführt.

Es ergab sich ein Pearson-Korrelationskoeffizient von $-0,318$, der Signifikanztest war signifikant ($p=0,002$). Es wurden 81 Patienten getestet. Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

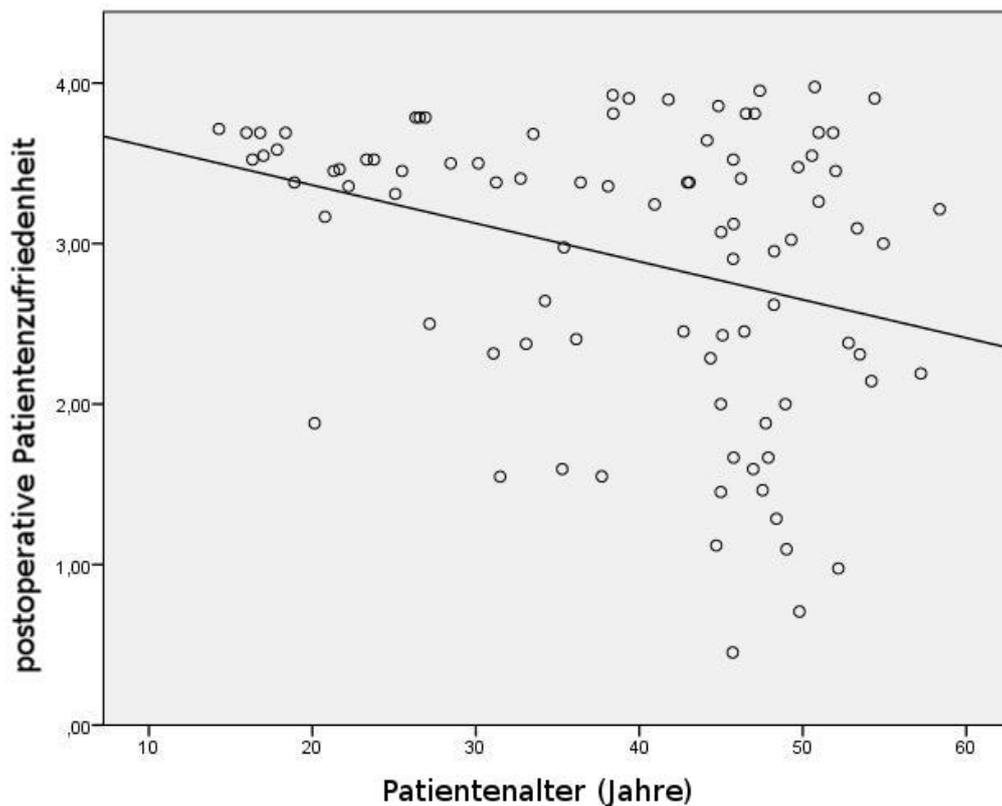


Abbildung 28: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Patientenalter (n=81)

Weiterführend wurde eine einfaktorielle ANOVA durchgeführt, um diejenige Altersgruppe zu bestimmen, welche die höchste postoperative Zufriedenheit aufweist. Dazu wurden anhand des Medians und des 1. und 3. Quartils 4 annähernd gleichgroße Gruppen gebildet, die verglichen wurden. Die Altersgruppen gingen von 1) 14-28,9 Jahre (20 Patienten), 2) 29-44,2 Jahre (21 Patienten), 3) 44,3-48,24 Jahre (20 Patienten) und 4) 48,25-59 Jahre (20 Patienten).

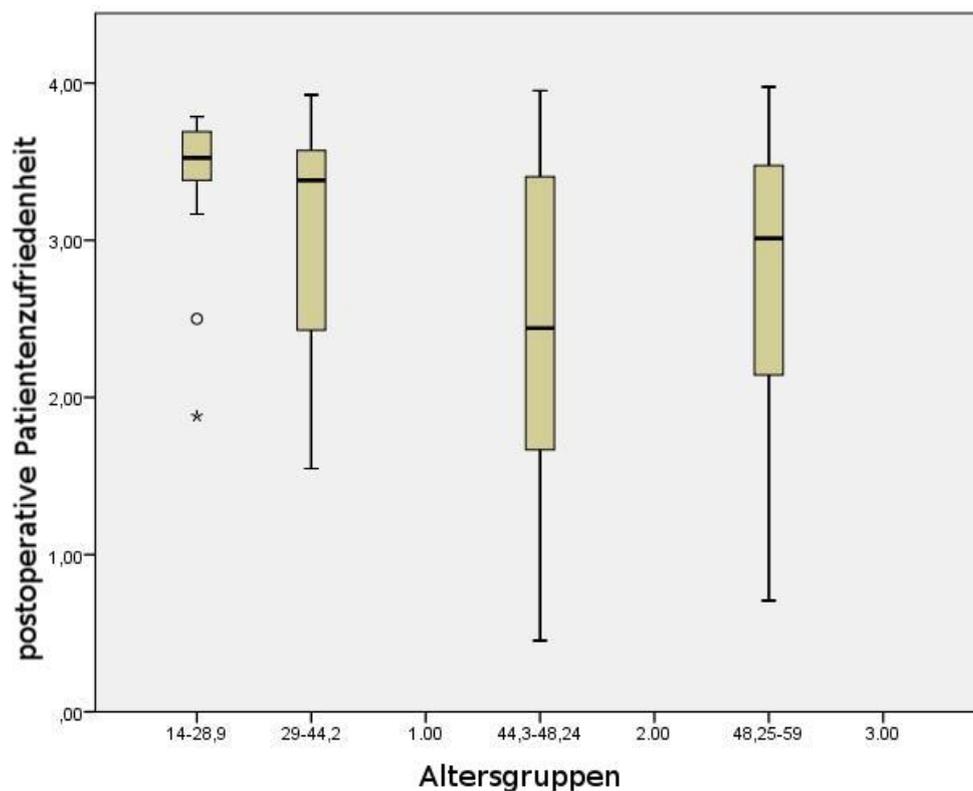


Abbildung 29: In der Stichprobe erzielte Gruppe 1 die höchsten Zufriedenheitswerte. Gruppe 1 mit n=20 , Gruppe 2 mit n=21 , Gruppe 3 mit n=20 und Gruppe 4 mit n=20

Da der p-Wert bei $p=0,002$ liegt, muss die Nullhypothese (alle Gruppen sind gleich zufrieden) verworfen werden und die Gegenhypothese (die Gruppen sind unterschiedlich zufrieden) angenommen werden. Ein Tukey-Test zeigte, dass Gruppe 1 signifikant zufriedener ist, als Gruppe 3 ($p=0,002$), aber nicht signifikant zufriedener als Gruppen 2 ($p=0,125$) und 4 ($p=0,818$).

3.2.8. Unterschiede der einzelnen Osteotomieorte auf die Patientenzufriedenheit

Hypothese 8 nimmt an, dass die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit vom Ort der Korrektur und der daraus resultierenden Art der Korrektur unabhängig sind. Die möglichen Umstellungsosteotomien sind in Abb. 3 (S. 15) und Abb. 5 (S. 17) dargestellt. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 8 herangezogen.

Hypothese 8 wurde in zwei Unterfragen gegliedert:

Oberschenkel vs. Unterschenkel: Es wurden zwei Gruppen gebildet: A) Osteotomielokalisation am Femur vs. B) – an der Tibia und anhand der postoperativen Patientenzufriedenheit verglichen (s. 2.3.4.). Im T-Test für unabhängige Stichproben zeigte sich dabei kein signifikanter Unterschied ($p=0,246$). In der Gruppe „Oberschenkel“ lag der Mittelwert der postoperativen Patientenzufriedenheit bei $2,82 \pm 0,93$ Punkten ($N=19$). In der Gruppe „Unterschenkel“ lag der Mittelwert der postoperativen Patientenzufriedenheit bei $3,09 \pm 0,86$ Punkten ($N=62$). Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

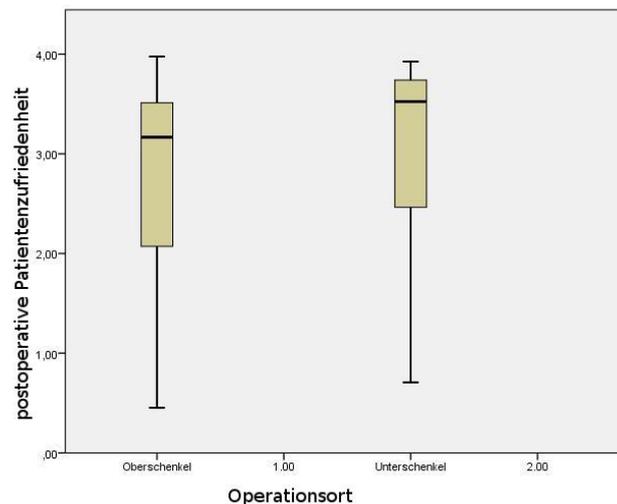


Abbildung 30: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Operationsort am Ober- (n=19) u. Unterschenkel (n=62)

Daraufhin wurden die Unterschiede der einzelnen Osteotomiemöglichkeiten der Valgusgonarthrose herausgearbeitet. Für die Varusgonarthrose war diese Untersuchung

nicht von Nöten, da in diesem Fall fast ausschließlich die tibial medial aufklappende Osteotomie gewählt wurde.

1. Valgusgonarthrose-Osteotomien: Lokalisationsorte 2 (Tibia lateral aufklappend), 6 (Femur lateral aufklappend) u. 7 (Femur medial zuklappend) sind Operationsoptionen bei Valgusgonarthrose. Um diese miteinander zu vergleichen, wurde eine einfaktorische ANOVA durchgeführt. Dabei zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($p=0,056$). In der Gruppe „Tibia lateral aufklappend“ lag der Mittelwert der postoperativen Patientenzufriedenheit bei $2,76 \pm 0,96$ Punkten ($N=10$). In der Gruppe „Femur lateral aufklappend“ lag der Mittelwert der postoperativen Patientenzufriedenheit bei $2,23 \pm 1,35$ Punkten ($N=4$). In der Gruppe „Femur medial zuklappend“ lag der Mittelwert der postoperativen Patientenzufriedenheit bei $3,42 \pm 0,51$ Punkten ($N=11$).

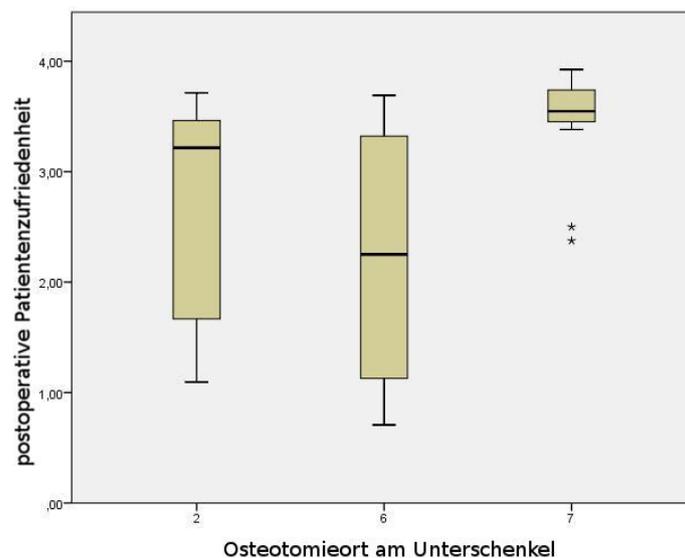


Abbildung 31: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Operationsort am Unterschenkel bei Valgusgonarthrose, Gruppe 2 n=10, Gruppe 6 n=4 und Gruppe 7 n=11

3.2.9. Einfluss der Meniskusbeschaffenheit auf die Patientenzufriedenheit

Hypothese 9 nimmt an, dass die Korrekturosteotomie bei Patienten mit bereits entferntem Meniskus zu einer geringeren postoperativen Zufriedenheit führt. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 9 herangezogen.

Zur Beantwortung dieser Hypothese wurden zwei Gruppen gebildet: A) Meniskus voroperiert (gerissen/[teil-]reseziert) vs. B) Meniskus intakt. Anschließend wurde ein T-Test für unabhängige Stichproben und der postoperativen Patientenzufriedenheit durchgeführt.

In der Gruppe A ergab sich eine postoperative Patientenzufriedenheit von $2,74 \pm 0,90$ Punkten, bei 55 befragten Patienten (gerissen: 30 Patienten; entfernt: 25 Patienten).

In der Gruppe B ergab sich dabei eine postoperative Patientenzufriedenheit von $3,11 \pm 0,91$ Punkten, bei 26 befragten Patienten. Es konnte kein signifikanter Unterschied dargestellt werden ($p=0,086$). Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

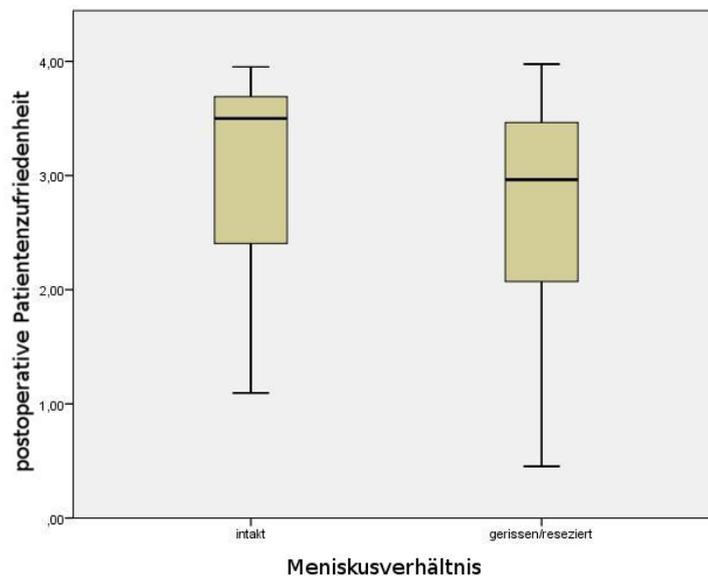


Abbildung 32: Postoperative Patientenzufriedenheit bei intakten (n=26) & nicht-intakten (n=55) Meniskusverhältnissen.

3.2.10. Einfluss des „Kellgren“ Röntgenbefundes auf die Patientenzufriedenheit

Hypothese 10 nimmt an, dass die Ergebnisse der Patientenzufriedenheit mit dem präoperativem „Kellgren“ Röntgenbefund korrelieren. Die „Kellgren“ Stadien sind in Tab. 2, S. 5 dargestellt. Zur Auswertung wurde die unter 3.1.3. genannte Gruppe 10 herangezogen.

Zur Beantwortung der Hypothese 10 wurde eine Spearman-Korrelation mit Signifikanztest der postoperativen Patientenzufriedenheit und dem Kellgren Röntgenbefund der Patienten durchgeführt. Es wurden 81 Patienten untersucht. Dabei ergab sich ein signifikanter positiver Zusammenhang ($p=0,003$, $\rho=0,315$). Die reduzierte Anzahl an final ausgewerteten Patienten zu dieser Frage lässt sich dadurch erklären, dass nicht alle Fragebögen vollständig auswertbar waren.

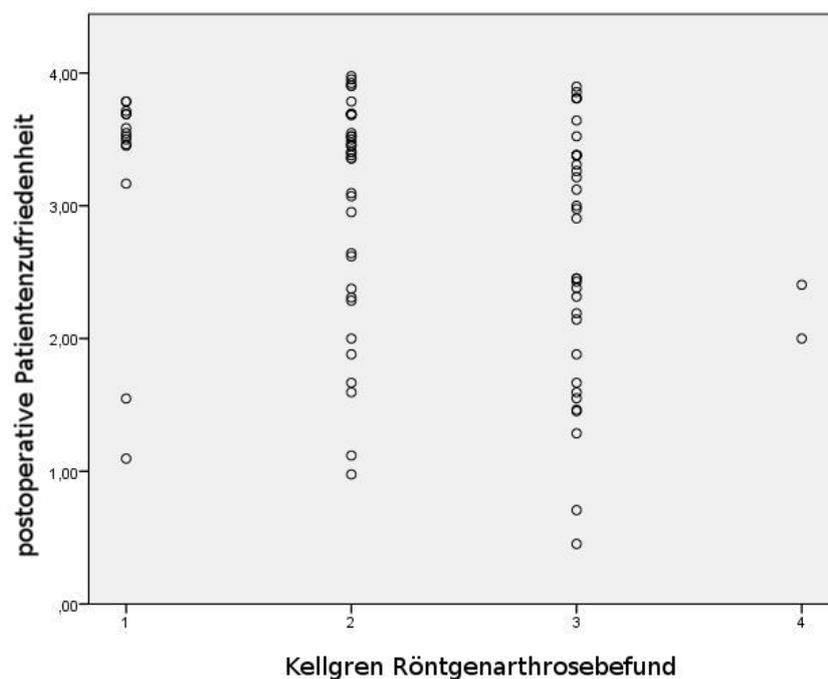


Abbildung 33: Postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit des Kellgren-Röntgenarthrosebefundes (n=81)

Aus diesem Ergebnis stellte sich die Frage, ob Patienten mit fortgeschrittener radiologischer Arthrose im gleichen Ausmaß von einer Umstellungsosteotomie profitieren, wie Patienten mit geringer Befundausprägung. Daher wurde der Patientenbenefit bestimmt, welches die Differenz aus post- und präoperativen Zufriedenheitswerten darstellt. Es wurden 3 Patientengruppen hinsichtlich der Kellgren-Punktzahl verglichen: 1) 1 Kellgren-Punkt, 2) 2 Kellgren-Punkte und 3) 3 Kellgren-Punkte. Mit Hilfe einer einfaktoriellen ANOVA lässt sich sagen, dass es Unterschiede in den Gruppen gibt ($p=0,014$). Ein Tukey-Test zeigte, dass Gruppe 1 den signifikant geringsten Benefit hatte ($p=0,015$ zur Gruppe 2, $p=0,023$ zur Gruppe 3). Gruppen 2 und 3 unterscheiden sich nicht signifikant ($p=0,98$).

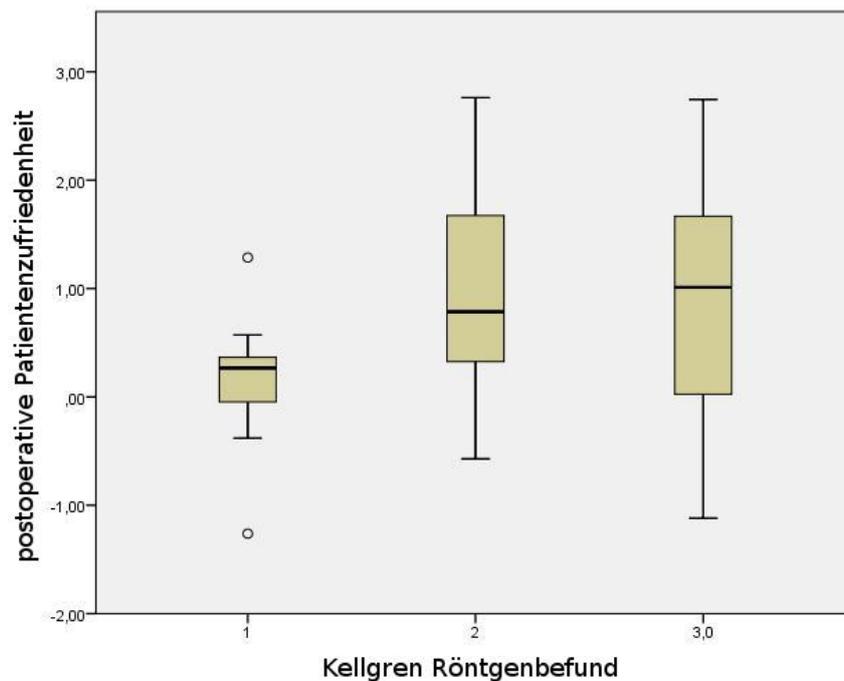


Abbildung 34: Gruppe 1 (n=15) mit signifikant geringerem Benefit als Gruppen 2 (n=32) & 3 (n=34)

3.3. Komplikationen und Besonderheiten

Alle Patienten wurden postoperativ im König-Ludwig-Haus bis zur Entfernung des Osteosynthesematerials regelmäßig ambulant gesehen. Insgesamt kam es bei den 110 behandelten Patienten in vier Fällen zu Komplikationen. Erhoben wurden: postoperative Entzündungen, Thrombosen, verzögerte Knochenheilung und Sonstiges (Bruch der Gegenkortikalis, Revisionseingriffe und internistische Ereignisse). Die Komplikationen wurden über die stationäre und ambulante Krankenakte des König-Ludwig-Hauses ermittelt. Insgesamt lässt sich damit eine Komplikationsrate von 3,5% festhalten.

Bei zwei Patienten infizierte sich das Wundgebiet während des stationären Aufenthaltes, was folgenlos antibiotisch atherapiert wurde. In zwei anderen Fällen kam es zur verzögerten Osteotomiespaltfüllung. Dabei handelt es sich in einem der beiden Fälle um eine Doppelosteotomie bei Nikotinkonsum von 15 Zigaretten pro Tag. Durch eine verlängerte postoperative Teilbelastungsphase kam es auch in diesen beiden Fällen im Verlauf zu einer vollständigen knöchernen Konsolidierung.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden ebenfalls Patienten mit besonderen Osteotomiebedingungen operiert. Dazu gehören Fälle, welche eine Traumaanamnese, Voroperationen oder Knochengrunderkrankungen aufwiesen. Es folgt eine tabellarische Auflistung in Tabelle 7:

Tabelle 7: Besonderheiten der Osteotomiebedingungen im Patientenkollektiv

Besonderheit	Häufigkeit/ Art der Besonderheit
Zustand nach Kreuzbandplastik	sieben
Zustand nach Fraktur im Operationsgebiet	Sechs, davon drei Mal Tibiakopffraktur
Dysplasien	Zwei Mal Trochleadysplasie, Rotationsfehlstellung der Tibia
Gleichzeitige Begleitoperationen	Kreuzbandplastik, Tuberositasversatz, Versatz der distalen Tibia gegenüber dem Tibiakopf, drei Mal Chondrozytentransplantation
Knöcherne Grunderkrankungen	Zwei Mal Zustand nach Osteochondrosis dissecans, Morbus Ahlbäck

4. Diskussion

4.1. KOOS

Der zur Evaluation der Patientenzufriedenheit herangezogene KOOS Fragebogen ist ein standardisiertes Mittel, um mit Hilfe von 6 Untergruppen einen guten Eindruck des Operationserfolges aus Patientensicht zu erhalten [69]. Als Weiterführung des KOOS Fragebogens versucht diese Arbeit einen prä- und postoperativen Vergleich zu ziehen, indem jede Frage auf die Situation vor- und nach der Operation bezogen wird. Hieraus lässt sich nicht nur ein status-quo ermitteln, sondern eine Dynamik ableiten.

Zum individuellen Operationserfolg vergaben die 110 befragten Patienten durchschnittlich 2,92 Punkte ($\pm 1,06$ Punkte bei max. 4 Punkten). Der Gesamtscore lag durchschnittlich bei 121,73 Punkten ($\pm 0,42$ Punkte bei max. 168 Punkten), was einer guten bis sehr guten Bewertung entspricht. Im Vergleich ist dieses Ergebnis gut. Schallberger et al. erzielten in einer Analyse von 54 Patienten, die eine Tibiakopfoosteotomie sowohl in auf- als auch in zuklappende Weise erhielten, durchschnittlich 71 Punkte auf einer Skala von 9-100 Punkten [123]. Spahn et al. erreichten in ihrer Arbeit mit 84 Patienten, bei denen eine HTO durchgeführt wurde, durchschnittlich 120,3 Punkte bei maximal 168 erreichbaren Punkten [135]. In einer prospektiven Analyse mit 21 Fällen konnten Morin et al. eine Punkteverbesserung von durchschnittlich 41 auf 91 erzielen auf einer Skala bis 100 Punkte [99].

In der vorliegenden Studie verbesserten sich die Patienten im Fragebogen in allen sechs Kategorien (Symptome, Schmerz, alltägliche Aktivität, sportliche Aktivität, Lebensqualität und Gesamtscore) deutlich. In der Gruppe „alltägliche Aktivität“ verbesserten sich die Patienten am meisten, nämlich durchschnittlich um 25,4 Prozentpunkte. In der Kategorie „Schmerz“ erhöhte sich die Patientenbewertung um 24,7 Prozentpunkte. Gerade dieses Ergebnis ist hinsichtlich der hohen Subjektivität [61, 7, 153] überraschend positiv und besitzt einen hohen Stellenwert, wenn es um die Indikationsstellung zur Operation sowie den präoperativen Leidensdruck des Patienten geht.

Eine besondere Stellung zur Fragebogenanalyse nehmen die breite follow-up Spanne und die Heterogenität des Patientenalters im Kollektiv ein. Diese Aspekte werden ausführlich unter 4.2. und 4.8.7. diskutiert.

4.2. Follow-Up

Seit 2006 werden Umstellungsosteotomien im König-Ludwig-Haus durchgeführt. Bis Ende 2012 wurden 110 Patienten für diese Arbeit rekrutiert und die Fragebögen am 8. Februar 2013 verschickt. Daraus ergibt sich ein follow-up von maximal 89,76 Monaten bis minimal 1,92 Monaten. Durchschnittlich resultiert ein Wert von $41,2 \pm 26,3$ Monaten. Bei einem derart breiten Intervall ist der Durchschnittswert wenig aussagekräftig[19]. Hierzu lässt sich anmerken, dass der große zeitliche Abstand zu den ersten Patienten Spielraum lässt für eine unterschiedliche Einschätzung des Eingriffs gegenüber Patienten, die später operiert wurden. Dieser Aspekt stellt einen Schwachpunkt des retrospektiv - klinischen Studiendesigns dar. Eine zeitlich kongruente Einschätzung des Kollektivs hätte ggf. andere Resultate ergeben.

4.3. Komplikationsrate

Die Komplikationsrate von 3,5% stellt mit 2 Wundinfektionen und 2 verzögerten Knochenheilungen ein gutes Ergebnis dar. Vor allem hinsichtlich der langen klinischen Durchführung dieser Arbeit über 7 Jahre kann dies als erfolgreich gewertet werden. Auch im Vergleich mit Auswertungen anderer Häuser lässt sich dieses Fazit treffen. Hier werden Komplikationsraten von 10% bis 45% angegeben [67, 97,100, 149].

Um generell eine geringe Komplikationsrate zu erzielen, sind eine gute Implantatkenntnis und eine sorgfältige präoperative Planung zur Vermeidung von Über- bzw. Unterkorrekturen maßgeblich. Nach korrekter Platzierung des TomoFix-Plattenfixateurs am Tibiaschaft sind die spezifische Verriegelungstechnik mit richtigem Besetzen der winkelstabilen Schrauben und die Verlaufsrichtung der Kopfverriegelungsschrauben essentiell zum Gelingen des Eingriffs. Weitere Fehlerquellen können durch eine sensible Sägetechnik vermieden werden: so kann durch zu hohen Druck oder Hitze beim Sägen

eine Schädigung der Knochenfläche entstehen, welche wiederum die Knochenheilung verzögern kann. Fener birgt ein forsches Sägen bei einer HTO die Gefahr, die posteriore Tibiakortikalis zu durchtrennen, woraus eine Weichteilschädigung mit Verletzung der Poplitealgefäße resultieren kann. Bei Operationen ohne Blutsperre würde dies durch eine starke Blutung unmittelbar auffallen, sodass durch Zugangserweiterung unverzüglich interveniert werden könnte. Sofern eine Blutsperre verwendet wird, kann sich diese Blutung jedoch erst verzögert darstellen und sich z.B. durch ein ausgedehntes postoperatives Hämatom bis hin zum Kompartmentsyndrom demarkieren.

Weitere Operationsort-spezifische Komplikationen bergen die suprakondylären varisierenden Femurosteotomien. Neben der guten Implantatkenntnis mit präziser winkelstabiler Verriegelung liegt auch hier ein besonderes Augenmerk auf der präoperativen Planung mit strenger intraoperativer Beinachsenkontrolle, da Über- oder Unterkorrekturen in einer Patellainstabilität mit lateraler Subluxation resultieren können. Hinsichtlich eines potenziellen Weichteilschadens kann eine akzidentelle Durchtrennung der posterioren Femurkortikalis die Verletzung der Femoralgefäße bzw. des N. ischiadicus ergeben.

Natürlich gelten für die kniegelenknahen Osteotomien aber auch die generellen OP-Risiken, wie eine postoperative Weichteilschwellung mit Lymphödem oder tiefe Beinvenenthrombosen, die mittels Thrombembolieprophylaxe und manueller Lymphdrainage adressiert werden sollten.

4.4. OW-HTO vs. CW-HTO

Im Patientenkollektiv wurde zum überwiegenden Anteil (83,9%) eine öffnende Osteotomie durchgeführt. Auch wenn für die schließende Osteotomie speziell am distalen Femur mittlerweile gute Ergebnisse durch minimalinvasives Vorgehen erzielt werden können [35, 42] sind die öffnenden Verfahren v.a. an der Tibia derzeit häufiger angewandt und erzielen gute Resultate [72, 33]. Dennoch ist es so, dass Arbeiten, die schließende und öffnende Verfahren miteinander vergleichen, häufig eine Gleichwertigkeit beider Operationstechniken aufzeigen [134]. Auch in Bezug auf die Korrekturgenauigkeit lassen sich Arbeiten finden, die auf gleiche Genauigkeit kommen

[48]. Dass die OW-HTO das derzeit am häufigsten angewandte Verfahren für Umstellungsosteotomien darstellt, liegt mutmaßlich auch daran, dass Varusfehlstellungen wesentlich häufiger vorkommen, als Valgusdeformitäten [45].

4.5. Osteotomiespaltfüllung und Rauchen

Der bei OW-Osteotomien entstandene Spalt wurde entweder offen belassen, mit autologer Spongiosa oder mittels ChroNos® Keil versorgt (s. Abbildung 11: Art und Häufigkeit der Osteotomiespaltfüllung). Ein Osteotomiespalt <7mm wurde dabei offen belassen, von 7-10mm wurde ein ChroNos® Keil verwendet und bei Spaltgrößen >10mm erfolgte eine autologe Spaltauffüllung durch Entnahme eines Kortiko-spongiösen Beckenkamm-Spans.

Derzeit gibt es weder eine standardisierte Empfehlung wie der Osteotomiespalt gefüllt werden soll, noch ab welcher Größe eine Füllung notwendig ist. Unter den verschiedenen Implantaten wurde in dieser Arbeit überwiegend (44,3%) der ChroNos® Keil verwendet. Auf diese Art wurden gute Knochenheilungen erzielt, was auch anderweitig beschrieben wird [121].

In einem aktuellen Review von Slevin et al. wird allerdings postuliert, dass weder eine synthetische, noch eine autologe oder allogene Füllung des Osteotomiespalt einen Vorteil gegenüber einer Nicht-Auffüllung des Spaltes ergeben [132]. Darunter zeigen synthetische Materialien tendenziell schlechtere Ergebnisse als autologe oder allogene Spongiosaplastiken. Im Fall, dass eine Spaltfüllung notwendig wird, wie z.B. bei erweiterten Osteotomiespaltgrößen, sollte dabei auf künstliche Knochenersatzstoffe verzichtet werden.

Des Weiteren finden sich im Klientel unter 110 Patienten 22 Menschen mit einem Nikotinkonsum > 10 Zigaretten/Tag. Dabei kam es in 2 Fällen zu einer verzögerten Knochenheilung, wovon ein Patient täglich 15 Zigaretten raucht, welcher gleichzeitig eine Doppelosteotomie erhielt. Es wird beschrieben, dass häufig ein Bruch der Gegenkortikalis [93] immer jedoch „Rauchen“ ein Risikofaktor für eine verzögerte Knochenheilung ist [127, 143].

4.6. Osteotomie bei Übergewicht (BMI \geq 30 kg/m²)

Übergewicht ist nach dem Body-Maß-Index (BMI) ab einem Wert \geq 25 kg/m² gegeben. Der BMI ist nicht für jeden Menschen gleichermaßen geeignet, den Körperbau widerzuspiegeln, hat sich aber im Laufe der Zeit in Deutschland als vergleichendes Maß etabliert. In Bezug auf Umstellungsosteotomien wird Übergewicht als ein möglicher Einflussfaktor für ein Gelingen der Operation diskutiert. In dieser Studie liegt der durchschnittliche Wert bei 26,8 kg/m², wobei 20 Patienten einen BMI \geq 30 kg/m² aufweisen. Unter diesen 20 Patienten kam es zu keiner Zeit zu einer der o.g. Komplikationen. Daraus lässt sich folgern, dass Übergewicht keinen negativen Einfluss auf den Verlauf der Operation hat. Unter den Publikationen zu diesem Thema lassen sich Arbeiten finden, die dies anders erachten und starke Adipositas als Kontraindikation ansehen [49]. Auch gibt es Meinungen, dass das Gewicht des Patienten in die Überlegungen der Materialwahl einzubeziehen sei [81].

4.7. Belastung postoperativ

Die Belastung des operierten Beins ist ein maßgeblicher Faktor für den Erfolg einer Umstellungsosteotomie. Speziell in Bezug auf den Korrekturverlust ist es ein sehr umstrittenes Thema [58, 57, 125, 147]. Auch die Art der Osteotomiespaltfüllung kann einen Einfluss auf die postoperative Belastbarkeit haben [78]. Während es früher durch verfrühte Vollbelastung, materialbedingt oder mangelnde Compliance des Patienten zum Einsinken des Osteotomiespaltes kam, soll durch die heutigen winkelstabilen Implantate genau diese Komplikation verringert werden. Dazu zählt v.a. die hier eingebrachte TomoFix® Platte.

Im Rahmen des postoperativen stationären Aufenthaltes fand bereits ab dem 1. oder 2. Tag eine Teilbelastung von 20 kg statt. Dies wurde physiotherapeutisch assistiert. 6 Wochen lang fand keine Vollbelastung des operierten Beins statt. Um eine Aussage zum Korrekturverlust im Verlauf machen zu können, müsste man eine Ganzbeinstandaufnahme in zeitlich festgelegten Abständen (z.B. nach 2, 4 und 6 Wochen) im Kollektiv durchführen. Da es sich dabei um eine Strahlenbelastung handelt,

ist dies rein aus akademischen Gründen schwer zu rechtfertigen. Deshalb lässt sich nur sagen, dass die postoperative Röntgenkontrolle keinen Korrekturverlust aufweist.

4.8. Hypothesen

4.8.1. Zu H1

Da der präoperativ geplante Schnittpunkt der Miculicz-Linie mit dem Tibiaplateau nur in 34,4% (Valgus deformität) bzw. 33,8% (Varusdeformität) der Patientin im Kollektiv mit dem postoperativ gemessenen Schnittpunkt einhergeht, muss Hypothese 1 abgelehnt werden.

Aus dem Ergebnis der Hypothese 1 kann man ableiten, dass die Planung für die hier gesetzten Kriterien verbesserungswürdig ist. Im Mittel treffen die Planungen dennoch den postoperativen Korrekturgrad, wobei eine große individuelle Streuung festzustellen ist [19]. Tendenziell neigt die Planung zur Überkorrektur.

Dass die MediCad® Software für eine präoperative Osteotomieplanung geeignet ist, konnte bereits anderweitig nachgewiesen werden. Im Vergleich zweier Planungsprogramme (PreOPlan® und MediCad®) konnte eine hohe Korrelation in Bezug auf geometrische Maßeinheiten an den Extremitäten nachgewiesen werden [126].

Ein Grund für die hohe Streuungsbreite könnte im bewussten Verzicht auf intraoperative Röntgenkontrolle zwecks Minimierung der Strahlenexposition des Patienten liegen.

Alternativ wäre der Einsatz einer computerassistierten Navigation während der Operation als Kontrollinstrument zu diskutieren. Zu diesem Verfahren konnten andernorts bereits positive Resultate erzielt werden [50, 111, 26].

Die dargestellte Tendenz zur Überkorrektur ist insofern positiv zu werten, als dass eine Unterkorrektur einen negativen prädiktiven Parameter darstellt [36].

Da die Unterschiede zwischen den Gruppen „Fujisawa getroffen“ und „Fujisawa nicht getroffen“ nicht signifikant sind, muss Hypothese 2 abgelehnt werden. Die Korrektur gemäß den „Fujisawa“-Kriterien führt demnach nicht zum besten Ergebnis bei der subjektiven Patientenbewertung.

Fujisawa et al. führten 1979 eine retrospektive klinische Studie durch, in welcher sie 54 Knie nach einer Umstellungsosteotomie in CW-Technik nach einem follow-up von 4 Monaten bis 6 Jahren arthroskopisch untersuchten, um die intraartikulären Knorpelverhältnisse im Kniegelenk postoperativ zu ermitteln [47]. Aus dem Vergleich zu präoperativ gewonnenen Arthroskopie-Daten derselben Patienten, folgerten sie den idealen Schnittpunkt der Miculicz-Linie mit dem Tibiaplateau. Dazu unterteilen sie das Tibiaplateau in 4 Segmente. Die besten Ergebnisse wurden bei einem Schnittpunkt im Bereich von 30% lateral des Tibiaplateau-Mittelpunktes erzielt. Dugdale et al. führten diese Arbeit weiter und legten einen idealen Schnittpunkt von 62% (gemessen von der medialen Kortikalis) der Tibiaplateau-Breite fest [32]. Kritikpunkte an der von Fujisawa durchgeführten Untersuchung sind zum einen, dass es ein relativ kleines Patientenkollektiv von n=54 ist, welches zudem nur mittels schließender Operationstechnik versorgt wurde. Zum anderen gibt es keine klinische Evaluation aus Patientensicht, die z.B. das Schmerzniveau oder die alltägliche Belastungsfähigkeit erfasst. Letztlich fehlt eine Kontrollgruppe als Vergleich.

Da sich in den zwei hier untersuchten Gruppen „Fujisawa getroffen“ und „Fujisawa nicht getroffen“ kein signifikanter Unterschied zeigte, kann gesagt werden, dass die Korrekturkriterien nach Fujisawa in dieser Arbeit als nicht relevant erachtet werden müssen. Der hier festgelegte Bereich für „Fujisawa getroffen“ ist mit 57-67% relativ weit gefasst. Dies entspricht aber der ursprünglichen Arbeit von Fujisawa et al., in der das Tibiaplateau in 4 Abschnitte gegliedert wurde. Dadurch lassen sich diese Ergebnisse gut vergleichen. Durch die Kontrollgruppe „Fujisawa nicht getroffen“, in der n=55 Patienten sind, ist es möglich, ein vergleichendes Urteil abzugeben.

Als besonderer Umstand der vorliegenden Arbeit muss berücksichtigt werden, dass die Gruppen unterschiedlich groß sind (getroffen: 21 Patienten, nicht getroffen: 55 Patienten).

4.8.3. Zu H3

Da eine hoch signifikante negative Korrelation zwischen postoperativer Patientenzufriedenheit und Arthrosegrad im betroffenen Kompartiment besteht, muss Hypothese 3 angenommen werden. Je höher der Arthrosegrad im betroffenen Kompartiment ist, desto schlechter fällt die postoperative Patientenbewertung aus.

Aufgrund der schmerzverursachenden Eigenschaft von Knorpelschäden, kann man eine Korrelation zwischen Arthrosegrad und Schmerzausprägung vermuten. Bei Achsdeformitäten des Beins kommt es häufig zur Überbeanspruchung eines Kniegelenkkompartiments: bei Varusgonarthrose gehäuft zu Knorpeldegeneration im medialen Gelenkteil und bei Valgusgonarthrose vermehrt im lateralen Gelenkanteil. Arthroskopisches Korrelat ist die Knorpelbeschaffenheit nach Outerbridge (s. Tabelle 3: Arthroskopische Klassifikation der Knorpelschädigung nach Outerbridge [107])

Eine Umstellungsosteotomie hat u.a. das Ziel, die Druckverhältnisse im Kniegelenk dahingehend zu ändern, dass das betroffene Kompartiment entlastet wird. Dass dies auch erreicht wird, zeigt die Arbeit von Agneskirchner et al. [79, 101] in Form einer postoperativen Verbesserung des Knorpels gemäß Outerbridge-Klassifikation anlässlich einer second-look Arthroskopie.

Die vorliegende Arbeit zeigt also, dass die individuelle Patientenbewertung vom Knorpeldefekt im betroffenen Kompartiment abhängt und bei der Indikationsstellung beachtet werden sollte.

4.8.4. Zu H4

Da eine signifikante negative Korrelation zwischen postoperativer Patientenzufriedenheit und Arthrosesumme im nicht-betroffenen Kompartiment besteht, muss Hypothese 4

abgelehnt werden. Die postoperative Patientenzufriedenheit ist abhängig vom Ausmaß des Arthrosegrades im nicht-betroffenen Kompartiment.

Entsprechend der Erwartung muss diese Hypothese abgelehnt werden. Auch die Arthrose im nicht betroffenen Kompartiment des Kniegelenks hat einen Einfluss auf die Patientenzufriedenheit.

Bei der Umstellungsosteotomie kommt es zu Änderungen der Druckverhältnisse im Gelenk: dabei soll das betroffene Kompartiment ent- und das nicht betroffene Kompartiment belastet werden. Auf Grund dessen gilt als Operationskriterium für eine Umstellungsosteotomie, dass der Knorpeldefekt im nicht betroffenen Gelenkabschnitt nicht größer als Stadium 2 nach Outerbridge sein sollte. Es ist daher plausibel, dass mit steigendem Knorpeldefekt im nicht betroffenen Kompartiment die Patientenzufriedenheit sinkt. Dieser Gelenkteil postoperativ nachweislich vermehrt belastet wird.

Diese Hypothese belegt, dass eine Limitierung des Knorpeldefektes im nicht betroffenen Kompartiment als Operationsindikation sinnvoll ist.

4.8.5. Zu H5

Da keine signifikante Korrelation besteht, muss Hypothese 5 abgelehnt werden. Die Verbesserung der subjektiven Patientenbewertung ist unabhängig vom Ausmaß der knöchernen Deformität.

Eine Achsendeformität soll bekanntlich am Ort des Entstehens korrigiert werden. Ein Maß für die tibiale Deformität ist der mediale proximale Tibiawinkel. Am Unterschenkel entspricht der mechanische auch dem anatomischen Winkel, da hier mechanische und anatomische Belastungslinie physiologischerweise übereinstimmen (s. Abb. 16: Physiologische Winkel & Achsen der unteren Extremität). Im Patientenkollektiv wurde zum Großteil die Technik der hohen Tibiaosteotomie (HTO) angewandt, da vorwiegend hier die Ursache der Deformität lag. Im Rahmen dieses Eingriffs lässt sich u.a. der MPT Winkel verändern, um die Kniegelenkskongruenz zu optimieren und damit den Gelenklinienkongruenzwinkel (JLCA: joint line congruence angle) zu verkleinern. Die vorliegende Arbeit konnte dabei aber keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der

Patientenbewertung und dem Grad der knöchernen Deformität feststellen. Daraus lässt sich ableiten, dass die knöcherne Deformität in der klinischen Symptomatik (Schmerzen, alltägliche und sportliche Belastung, etc.) eine untergeordnete Rolle spielt. Dieses Erkenntnis konnte bereits anderweitig bestätigt werden [38]. Man sollte eine fortgeschrittene knöcherne Deformität dennoch unter Berücksichtigung der übrigen Indikationskriterien korrigieren, da sie das Gelenkzusammenspiel verbessert und damit vermutlich das Risiko für eine konsekutive Gonarthrose senkt. Arbeiten zur Korrelation zwischen JLCA bzw MPTA und Gonarthrose sind allerdings noch ausstehend.

4.8.6. Zu H6

Da kein signifikanter Unterschied besteht, muss Hypothese 6 angenommen werden. Die Ergebnisse bei Frauen und Männern sind gleich.

Die Antworten der Patienten bestätigen, dass sich Männer und Frauen hinsichtlich der Operationszufriedenheit nicht signifikant unterscheiden. Auch wenn die Gruppen nicht gleich groß waren (35 Frauen und 75 Männer), lässt sich anhand dieser Auswertung eine klare Aussage treffen. In dieser Arbeit gibt es keine geschlechtsspezifische Unterscheidung bezüglich der Indikationsstellung oder der Operationstechnik. Aus diesem Grund ist es zu erwarten gewesen, dass Frauen und Männer gleichermaßen von dem Operationseingriff profitieren würden.

Es lassen sich allerdings Arbeiten mit teils kontroversen Ergebnissen finden, in denen Frauen gegenüber Männern stärker von einer HTO profitieren [96]. Hier lassen sich aber häufig Gründe für beschriebene Unterschiede in teilweise abweichenden Behandlungsverfahren finden. In o.g. Studie wurden z.B. die Patienten auf verschiedene Weise operiert (Plattenfixateur vs. Fixateur externe), wodurch keine gleichen Voraussetzungen geschaffen wurden.

Da eine signifikante negative Korrelation zwischen postoperativer Patientenzufriedenheit und Patientenalter besteht, muss Hypothese 7 abgelehnt werden. Zudem ermöglicht diese Hypothese die Aussage, dass die jüngste Gruppe gegenüber Altersgruppe 3 signifikant zufriedener ist.

Die Auswertung der Hypothese 7 zeigt, dass unterschiedliche Zufriedenheitswerte bezüglich des Patientenalters nach einer Umstellungsosteotomie vorliegen. Gegenüber Vergleichsarbeiten, die keine Differenz herausarbeiten konnten [71] lässt sich im Kollektiv eine signifikant höhere Zufriedenheit der Gruppe 1 (14-28,9 Jahre) gegenüber der Gruppe 3 (44,3-48,24 Jahre) feststellen.

Eine mögliche Ursache, weshalb jüngere Patienten mit der gleichen Operation zufriedener sind als Ältere, lässt sich durch das Schmerzempfinden vermuten: Schmerzen haben einen hohen Einfluss auf unser subjektives Empfinden, wenn es um das Urteilsvermögen geht. Jüngere Patienten haben präoperativ häufig ein geringeres Schmerzniveau als Ältere, da bei Ersteren eine Umstellungsosteotomie gewisser Weise prophylaktisch durchgeführt wird, um Folgeerscheinungen wie Gonarthrose abzuwenden. Bei diesen Patienten fehlen die klassischen Arthrosesymptome wie Ruhe- oder Belastungsschmerzen. Daher ist es gut vorstellbar, dass sie auch postoperativ schneller wieder zu einem geringeren Schmerzniveau zurückkehren, als Patienten mit langjährigen Arthroseschmerzen.

Eine weitere Begründung dafür, dass jüngere Patienten höhere postoperative Zufriedenheitswerte erzielen, liegt möglicherweise in geringeren präoperativen Arthrosegraden. Da u.a. genau diese Überlegung Anlass dazu war, Hypothese 10 weiter zu analysieren, kann dieser Gedanke mit dem Wissen des Ergebnisses aus beiden Hypothesen diskutiert werden: zwar haben jüngere Patienten mutmaßlich geringere Knorpelschäden und damit postoperativ höhere Zufriedenheitswerte. Das höchste Operationsbenefit (Differenz aus post- und präoperativen Zufriedenheitswerten) liegt jedoch in jener Patientengruppe, die 2.- bis 3.-gradige Knorpeldefekte ausweist und damit mutmaßlich im mittleren Abschnitt des Patientenalters im Kollektiv liegt.

Da die Patienten in dieser Arbeit aber gemäß den Operationsindikationen selektiert wurden, findet sich im Kollektiv kein Patient über 59 Jahre. Eine Aussage, ob auch Menschen über 60 Jahre von einer Umstellungsosteotomie profitieren würden – ggf. als Alternative zur Schlittenprothese –, lässt sich anhand dieser Arbeit daher nicht treffen.

4.8.8. Zu H8

Da sich in der einfaktoriellen ANOVA kein signifikanter Unterschied der Gruppen ergibt, muss Hypothese 8 angenommen werden. Die Ergebnisse sind vom Ort der Osteotomie unabhängig.

Kniegelenknahe Umstellungsosteotomien umfassen Eingriffe am Femur und an der Tibia. Diese können sowohl öffnend als auch schließend sowie von medial oder von lateral vorgenommen werden. Dadurch ergeben sich 8 mögliche Operationsorte. Die Eingriffe am Oberschenkel wurden mit den Zahlen 1-4 und die Operationsorte am Unterschenkel mit 5-8 definiert (s. 2.3.4. Definition der Operationsorte). Alle Patienten wurden mit dem TomoFix® Plattenfixateur versorgt. Zwischen Ober- und Unterschenkel konnten hinsichtlich der Patientenzufriedenheit keine Unterschiede festgestellt werden.

Der zweite Teil der Frage behandelt konkret den Fall der Valgusgonarthrose. Für dieses Krankheitsbild eignen sich die oben definierten Operationsverfahren 2 (Tibia lateral aufklappen), 6 (Femur lateral aufklappend) und 7 (Femur medial zuklappend). Auch wenn die Zufriedenheit für Operationsort 7 höher war als in den anderen beiden Gruppen, ergab sich kein signifikanter Unterschied. In den letzten Jahren hat sich diese Art der Femurosteotomie bei Valgusdeformität in gewisser Weise als bevorzugt angewandtes Verfahren etabliert [83, 21, 44]. Dabei erzielt im Speziellen eine biplanare Osteotomie positive Operationsergebnisse [11, 108]. Diese umfasst neben der Korrektur des Femurs in der Frontalebene mittels horizontaler Spaltschließung auch eine Korrektur der Sagittalebene mittels vertikaler Knocheninzision. Hierdurch soll die Keilgröße reduziert und die Knochenkontaktoberfläche vergrößert werden, woraus eine höhere Stabilität der Osteotomie erzielt werden soll und eine schnellere Knochenheilung versprochen wird [108].

Generell werden die Femurosteotomien im Vergleich zur HTO seltener angewandt und weniger standardisiert, da eine Valgusdeformität seltener auftritt als eine Varusdeformität [119]. Auch daher besteht auf diesem Gebiet erhöhter Forschungsbedarf. So werden u.a. Alternativverfahren diskutiert, wie z.B. der Vergleich zwischen innerer Schienung mit Plattenfixateur und äußerer Schienung mit Gipsverband [86]. In der hier zitierten Arbeit konnte allerdings eine erhöhte Komplikationsrate im Rahmen der Versorgung mittels Gipsverband festgestellt werden. Auch verschiedene Plattenfixateure werden erprobt [120]. Abhängig von der Art des Plattenfixateur, gibt es Untersuchungen, die bei der distalen Femurosteotomie eine Überkorrektur von 5° empfehlen, um einen postoperativen Korrekturverlust und die damit verbundene Drucksteigerung im betroffenen Kompartiment zu vermeiden [114]. Analog zur Tibiaosteotomie bestehen auch am Femur Versuche der computerassistierten Operation, die gute Ergebnisse erzielen [122]. Ein alternatives Verfahren am Femur stellt die spaltlose „V“ Osteotomie dar, bei welcher eine V-förmige Osteotomie in Frontalebene am distalen Femur vorgenommen wird. Auch hier werden gute Ergebnisse beschrieben [52]. Als vorteilhaft wird dabei eine fehlende postoperative Beinlängendifferenz angeführt.

4.8.9. Zu H9

Da kein signifikanter Unterschied besteht, muss Hypothese 9 abgelehnt werden. Die Ergebnisse von Patienten mit entferntem Meniskus unterscheiden sich nicht signifikant von denen bei Patienten mit intaktem Meniskus.

Die Menisken spielen als intraartikulär liegende halbmondförmige Scheiben zwischen Femur und Tibia eine zentrale Rolle bei der Druck- und Kraftbelastung innerhalb dieses Gelenks [41]. Vor allem durch die Flexibilität des Außenmeniskus wird die Kontaktfläche zwischen Femur und Tibia erhöht. Zudem wird vermutet, dass die Menisken eine Rolle bei der Verteilung der Kniegelenksflüssigkeit spielen [31, 91].

Heute ist allgemein anerkannt, dass ein Schaden oder eine operative (Teil-)Entfernung der zu 90% aus Kollagen bestehenden Scheiben ein erhöhtes Arthroserisiko birgt [39]. Bei jungen Menschen kommt es häufig durch prädisponierende Sportarten wie Kontaktsportarten (Handball, Fußball, Rugby), Ballsportarten (Basketball, Volleyball)

oder Rückschlagspielen (Tennis, Squash, Badminton) zu Rissen im Meniskus. Vom Pathomechanismus her handelt es sich dabei meist um eine schnelle Rotationsbewegung von Femur und Tibia um die Längsachse des Kniegelenks, wie es auch beim Diskus- oder Speerwurf vorkommt. Häufig tritt ein Meniskusriss aber auch bei schneller Flexion-Extension um die Querachse des Kniegelenks auf, was z.B. beim alpinen Skifahren oder beim Paartanz auftreten kann. Im Alter beruht ein Meniskusriss eher auf degenerativen Prozessen. Auch berufliche Belastung bei knieenden Tätigkeiten (z.B. Pflasterer, Fliesenleger, etc.) kann Meniskusschäden provozieren.

Je nach Art (Längsriss [Korbhenkelriss], Radialriss, randständig, zentral oder Horizontalriss) und Alter des Risses (akut traumatisch oder chronisch degenerativ) gibt es die reflexierende und resezierende Behandlungsoption: frische basisnahe Meniskusrisse bieten sich an, auf verschiedene Weise (z.B. inside-out vs. all-inside) genäht zu werden [17, 82, 27]. Idealerweise liegen diese in der sog. „red zone“, welche gut durchblutet ist und entsprechend gute Heilungschancen aufweist [74, 45]. Ältere degenerative, basisferne Rupturen in der sog. „white zone“ neigen auf Grund mangelnder Vaskularisierung zu einer schlechten Heilung, weshalb hier eine operative Resektion oder eine konservative Therapie im Vordergrund steht [98, 94, 152].

In der hier vorliegenden Arbeit wurde das Patientenkollektiv hinsichtlich des Meniskusstatus in zwei Gruppen gegliedert (A: gerissen/reseziert mit 55 Patienten und B: intakt mit 26 Patienten). Dabei zeigte sich in Bezug auf die Patientenzufriedenheit kein signifikanter Unterschied.

Dies kann zum einen dadurch erklärt werden, dass im Rahmen der präoperativen Arthroskopie die Knorpel- und Meniskusverhältnisse ausgebessert wurden: Knorpelunebenheiten wurden geglättet und Meniskusrisse reseziert. Zum anderen lässt dieses Ergebnis vermuten, dass ein Meniskusriss im Rahmen einer Umstellungsosteotomie keinen wesentlichen Einfluss auf die klinische Beschwerdesymptomatik des Patienten hat. Dies wird auch in second-look Arbeiten bestätigt [101].

Ein weiterer Aspekt ist, ob die Menisken – insbesondere der Außenmeniskus – nach HTO durch die erhöhte Druckbelastung auf das laterale Kompartiment vermehrt zu Rissen neigt. Studien konnten diese Frage verneinen [84, 85].

Da eine signifikante positive Korrelation besteht, muss Hypothese 10 angenommen werden. Je höher der Kellgren-Grad ist, desto schlechter fällt die Zufriedenheit aus. Weiterführend sagt das Ergebnis der Hypothese 10 aus, dass der Benefit bei Patienten mit Kellgren Grad 2 und 3 signifikant höher liegt, als der von Patienten mit einem Arthrosegrad Kellgren 1. Somit profitieren Patienten mit fortgeschrittener Kniegelenksarthrose gegenüber denen mit nur erstgradiger Arthrose mehr von einer Umstellungsosteotomie.

Der Kellgren Röntgenbefund ist ein Maß für den Arthrosegrad in einem Gelenk (s. Tabelle 2: Radiologische Arthroseklassifikation nach Kellgren & Lawrence [68][70]). Symptome der Arthrose sind u.a. Ruhe- und Belastungsschmerzen, sodass die Vermutung nahe liegt, dass mit steigendem Kellgrengrad die postoperative Zufriedenheit eines Patienten abnimmt.

Die hier vorliegende Arbeit kann diesen Verdacht bestätigen: je höher der Kellgrengrad desto unzufriedener ist der Patient postoperativ. Auch van Raaij et al. kamen zu dem Ergebnis, dass Patienten mit geringem Arthrosegrad zufriedener sind [144]. Die Konsequenz daraus ist, dass Patienten mit fortgeschrittener Arthrose einer Umstellungsosteotomie nicht unterzogen werden sollten. Für diese würde sich eher ein endoprothetisches Verfahren anbieten.

Dass der Kellgrengrad mit der postoperativen Patientenzufriedenheit korreliert, lässt sich auch mittels Ergebnisse bei anderen etablierten Therapien der Orthopädie finden: so z.B. die Patientenzufriedenheit nach künstlicher Hüftgelenksimplantation. Hier ist es so, dass mit steigendem Arthrosegrad die postoperative Zufriedenheit steigt [124].

Daraus ergibt sich die Frage, ob Patienten mit unterschiedlichem Kellgrengrad gleichermaßen stark von der Umstellungsosteotomie profitieren. Die Überlegung dazu ist, dass je größer der Knorpelschaden ist, auch das Potenzial zur Knorpelregeneration umso höher sein könnte. Dazu wird hier der Begriff des „Patientenbenefit“ eingeführt.

Hierzu zeigt sich, dass Gruppe 1 (Patienten mit Kellgrengrad 1) den geringsten Benefit hat.

Es ist wenig überraschend, dass Patienten mit geringem Arthrosegrad (Gruppe 1) weniger von der Operation profitieren, da sie bereits hohe Ausgangszufriedenheitswerte haben. Die ideale Zielgruppe für eine Beinachsenkorrektur ist also der Patient mit mittelgradiger Arthroseausprägung.

4.9. Kasuistik

4.9.1. Umstellungsosteotomie mit gleichzeitigem Knorpeldefekt

Bei 3 Fällen des Kollektivs lag neben einer Achsdeformität auch ein umschriebener Knorpeldefekt vor. Daher wurde bei diesen 3 Patienten begleitend zur Versorgung der Achsdeformität gleichzeitig eine Chondrozytentransplantation durchgeführt. Im König-Ludwig-Haus handelte es sich dabei um eine sog. CaReS®-Matrix, welche ein autologes Zell-Matrix-assoziiertes Transplantationsverfahren (MACI) ist. Praktisch wurden dabei Knorpelzellen bereits im Labor oder unmittelbar vor Transplantation im Operationssaal auf eine Kollagen-Trägersubstanz aufgebracht [14, 109, 139].

In Bezug auf die hier vorliegenden Fälle von Achsdeformitäten und umschriebenem Knorpeldefekt wird derzeit postuliert, dass der therapeutische Langzeiterfolg erst durch Korrektur der Achsdeformität und dem gleichzeitigen Beheben des Knorpeldefektes erzielt wird [73]. Einige Studien zeigen, dass eine knorpelregenerative Maßnahme positive Effekte erzielt [16, 128], sodass dieses Vorgehen derzeit empfohlen wird [102].

4.9.2. Umstellungsosteotomie mit gleichzeitiger Bandinstabilität

Bandinstabilitäten am Kniegelenk betreffen vorwiegend die Kreuzbänder. Dabei ist das vordere Kreuzband (ACL) bis zu 10 Mal häufiger betroffen als das hintere (PCL). Als klassisches Sporttrauma kommt es meist durch eine Rotationsbewegung im Oberschenkel bei fixiertem Unterschenkel zur maximalen Beanspruchungen des Bandapparates. Vor allem beim alpinen Skifahren wie auch beim Fußballspielen entstehen Kreuzbanddehnungen und -risse. Da sowohl die chronische Insuffizienz des vorderen sowie des hinteren Kreuzbandes (PCL) langfristig zur medialen Gonarthrose führt [80], sollten bestehende Instabilitäten behandelt werden [63]. Dies kann – je nach Rahmenbedingungen – prinzipiell konservativ oder operativ geschehen.

Bei einer Achsdeformität mit gleichzeitiger ACL-Ruptur sollte eine Bandrekonstruktion vorgenommen werden, da die Stabilität verbessert, eine mediale Kniegelenksarthrose verzögert und eine vorzeitige Rückkehr zum Sport erlaubt wird [59, 77, 141, 5].

In dieser Studie wurde in einem Fall begleitend zur Versorgung der Achsdeformität eine ACL-Rekonstruktion mittels Semitendinosusplastik durchgeführt. Dabei wird z.B. der M. Semitendinosus entnommen, dessen Sehne als vierfach-Transplantat an ursprünglicher Stelle des ACL auf verschiedene Weise fixiert.

Ein alternatives Vorgehen ist, zuerst die Umstellungsosteotomie vorzunehmen und ggf. in einer zweiten Sitzung, bei persistierender Instabilität, die Kreuzbandrekonstruktion durchzuführen. Lattermann et al. bevorzugen dieses Vorgehen mit dem Argument, dass ein kombinierter Eingriff von Umstellung und Bandrekonstruktion mit höherer Komplikationsrate einhergehe [76].

Bei PCL-Rupturen würde man dagegen eine Erhöhung des tibialen Slope in der Umstellungsosteotomie erörtern, um eine ggf. bestehende hintere Schublade zu vermindern [51]. Der tibiale Slope beschreibt die Neigung des Tibiaplateaus in der Sagittalebene nach posterior. Zeitgleich oder anschließend wäre auch hier der plastische Bandersatz möglich.

4.9.3. Doppelosteotomien

Bei starken Achsdeformitäten, die sowohl das distale Femur als auch die proximale Tibia betreffen, reicht eine einfache Osteotomie nicht aus. In diesen Fällen muss eine zwei-Etagen-Korrektur erfolgen, um die Deformität adäquat zu beheben [8]. Dabei stellt dieser Eingriff allerdings immer noch eine eher selten durchgeführte Operation dar, zu welcher es weniger Standards und Erfahrungen gibt, als z.B. zur HTO oder DFO.

Zu dieser Arbeit wurden bei 8 Patienten eine Doppelosteotomie durchgeführt (s. „2.3.3.“). Abgesehen von einem Fall mit verzögerter Knochenheilung wurden dabei zeitgerechte knöcherne Konsolidierungen erzielt. Bezüglich der subjektiven Patientenzufriedenheit ergab sich ein Durchschnittswert von 47,5% ($1,9 \pm 1,4$ Punkten auf einer Skala von 0-4 Punkten) für die Abschlussfrage W1, was mit „neutral“ gemäß der Skala gewertet werden kann. Im Vergleich zum Kollektivdurchschnitt der Studie mit 73% ($2,92 \pm 1,06$ Punkten) ist dieses Ergebnis schlechter.

Erklärungen für die geringere Zufriedenheit könnten in einer größeren knöchernen Veränderung und die damit einhergehende erhöhte Umstellung, einer längeren Operationszeit oder dem Problem einer 2-Etagen Operation mit größerem Trauma liegen. Verlässliche Vergleichsdaten zur Doppelosteotomie sind aktuell noch ausstehend.

4.9.4. Prothesenimplantation nach Umstellungsosteotomie

Eine Umstellungsosteotomie ist ein operativer Eingriff, der Patienten mit arthrotischen Veränderungen des Kniegelenks eine Option bietet, die finale Therapie der Totalendoprothese hinauszuzögern und zunächst ohne dauerhaften Fremdkörper im Kniegelenk auszukommen. Idealerweise ermöglicht dieser Eingriff dem Patienten seinen Lebensstil in der Art fortzuführen, wie er es präoperativ getan hat, ggf. sogar besser. Die Umstellungsosteotomie ist allerdings keine permanente Option für Gonarthrose. Es ist häufig beschrieben, dass es zur konsekutiven Totalprothesenimplantation (TKA: total knee arthroplasty) kommt [70]. Dies ist der schicksalhafte Arthroseverlauf, der bereits präoperativ mit dem Patienten besprochen werden sollte.

Im Kollektiv kam es während des follow-up in einem Fall 2 Jahre nach HTO zur TKA.

Im Fall der Indikation für eine TKA wird diskutiert, ob eine vorangegangene Umstellungsosteotomie einen Einfluss auf die Prothesenimplantation hat. In der Literatur lassen sich beide Aussagen finden: auf der einen Seite sei eine Umstellungsosteotomie kein Einflussfaktor für eine TKA [3, 9, 34, 92, 104, 115], selbst nicht im genauen Hinblick auf die verschiedenen Operationstechniken der Umstellung [13, 113]. Auf der anderen Seite verschlechtere eine Umstellungsosteotomie das Outcome der Patienten bei TKA oder erhöhe das Risiko für Revisionseingriffe [10, 118].

4.10. Weiteres

4.10.1. Osteotomie vs. Schlitten

Ein dauerhaft diskutiertes Thema stellt der Vergleich zwischen der Therapie einer Umstellungsosteotomie gegenüber der Versorgung mittels unikondylären Gelenksprothese (Schlittenprothese) dar. Die Schlittenprothese ist ein Gelenksteilersatz, der als etabliertes Implantat für Monokompartmentarthrose gilt [146]. Hierbei besteht der femorale Prothesenteil aus einer Metalllegierung. Der tibiale Teil umfasst dagegen drei verschiedenen Varianten: reine Polyethylenkomponenten (PE), fixierte PE-Komponenten mit Metallbasis oder analoge Varianten mit mobiler PE-Komponente. Voraussetzung aller Implantate ist ein vollständig erhaltener Bandapparat des Kniegelenks [24]. Im Rahmen der Operation wird dabei standardmäßig der jeweilige Meniskus (Innen- oder Außenmeniskus) reseziert.

Zu Beginn des 21. Jahrhunderts zeigte sich eine klare Dominanz der Schlittenprothese gegenüber den Umstellungsosteotomien [24]. Mit Hilfe der heute verfügbaren winkelstabilen Implantate scheint dieser Unterschied aufgehoben, was sich anhand großer Metaanalysen sowohl bezüglich von Kurzzeit-[151] als auch Langzeitresultaten abzeichnet [46]. Voraussetzung ist allerdings eine klinisch streng gestellte Indikation, in die nicht zuletzt auch die patientenbezogenen Erwartungen involviert werden müssen [29, 90].

Generell lässt sich sagen, dass junge Patienten mit starker Achsabweichung eher von einer Umstellungsosteotomie profitieren. Ältere Patienten mit Monokompartmentarthrose profitieren dagegen stärker von einer unikondylären Schlittenprothese, da diese u.a. mit einer kürzeren Regenerationszeit verbunden ist [88, 136].

4.10.2. Sport nach Operation

Kniegelenksnahe Osteotomien sind Eingriffe, die vor allem für junge aktive Menschen geeignet sind. Als Operationsverfahren ohne dauerhaften Implantateinsatz im Kniegelenk verspricht diese Technik eine frühestmögliche Rückkehr zur sportlichen Aktivität und

körperlichen Belastung z.B. im Rahmen bestimmter Berufe. In der Literaturrecherche finden sich dazu einschlägige Arbeiten: als Minimalziel wird im Rahmen von Studien stets die Rückkehr auf das Ausgangsniveau der körperlichen Belastung bei sportlichen oder beruflichen Tätigkeiten ermöglicht [18, 40]. Einige Autoren gehen weiter und referieren Ergebnisse, bei denen Leistungssportler nach HTO ihren Aktivitätsgrad steigern und ihre Karriere verlängern können [148]. Eine weitere Überlegung stellt ein präoperatives Krafttraining des M. quadriceps femoris sowie der ischiocruralen Muskulatur dar. Dadurch soll postoperativ früher ein hohes Sportlevel ermöglicht werden

Im Rahmen dieser Arbeit können die o.g. Ergebnisse unterstützt werden. In der Kategorie „sportliche Aktivität“ des KOOS Fragebogens widmen sich die Fragen Sp1-Sp5 explizit dieser Problematik. Hier kam es im prä- und postoperativen Vergleich durchschnittlich zu einer Verbesserung von 37% ($7,40 \pm 0,14$ Punkte) auf 56,2% ($11,23 \pm 0,24$ Punkte) (bei max. 20 Punkten). Auch wenn dieser Fragebogen nicht auf individuelle Sportarten eingeht, lässt sich hier ein klarer Positivtrend erkennen. Um diese Aussage näher einordnen zu können und konkrete patientenbezogene Veränderungen abzuleiten, sind hier weitere Untersuchungen vonnöten.

4.10.3. Navigierte Umstellungsosteotomie

In der hier vorliegenden Studie wurden alle Umstellungsosteotomien anhand einer präoperativen Ganzbeinröntgenaufnahme geplant. Während der Operation wurde auf eine weitere radiologische Ganzbeinkontrolle verzichtet. Zur Orientierung half viel mehr die zuvor geplante Größe des Osteotomiespaltes, welche intraoperativ streng kontrolliert wurde (s. Ziffer 2.9.1.).

Der Einsatz der intraoperativen Röntgenkontrolle wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Es entsteht dabei der Eindruck, dass die guten Ergebnisse bei Navigation überwiegen [50, 53, 54, 56, 117]. Die vorliegenden Ergebnisse beziehen sich dabei vorzugsweise auf die Operationsmethode der medial aufklappende Tibiakopfoosteotomie.

Gebhard et al. konnten in einem Kollektiv von 51 Patienten zeigen, dass nur 7 Patienten außerhalb eines Achsabweichungsintervalls von $\pm 3^\circ$ lagen [50]. In weniger eindeutig positiven Studien konnte zumindest die Aussage getroffen werden, dass eine navigierte

Osteotomie die Genauigkeit verbessern kann und hinsichtlich des Outcomes die Ausreißer reduziert [116]. Auch Hankemeier et al. kamen zu dem Entschluss, dass eine intraoperative Navigation die Genauigkeit verbessern kann, wozu allerdings noch die klinische Relevanz zu eruieren ist [54]. Bezüglich der klinischen Relevanz und der postoperativen Patientenzufriedenheit konnten Ribeiro et al. postulieren, dass in einem Patientenkollektiv mit navigierter Umstellungsosteotomie die Punktzahl bei 91.94 ± 11.61 im Lysholm Score lag. Gegenüber einer Kontrollgruppe ohne Navigation ergaben sich in selbiger Studie dagegen 87.60 ± 11.12 Punkte [117]. Ebenfalls konnte in der zuvor genannten Studie eine bessere Kontrolle über den tibialen slope erzielt werden.

Zuletzt bestätigte eine amerikanische Arbeitsgruppe um Chang et al. den Vorteil einer navigierten Umstellungsosteotomie für aufklappende HTO [26]. In ihrer Arbeit an 107 Patienten gaben sie an, das Korrekturziel in der Navigationsgruppe in 75,8% gegenüber 66,2% in der Kontrollgruppe zu treffen.

Weiterführend werden gute Operationsergebnisse bei navigierter Umstellungsosteotomie mit gleichzeitiger Kreuzbandplastik beschrieben: Demange et al. führten eine Studie mit 8 Patienten durch, im Rahmen welcher eine vordere Kreuzbandplastik mit gleichzeitiger HTO erfolgreich vorgenommen wurde [28].

5. Zusammenfassung

Mit Hilfe der vorliegenden Arbeit wurde eine retrospektive, standardisierte Auswertung der Operationstechnik von kniegelenknahen Osteotomien im König-Ludwig-Haus erreicht. Seit 2006 wird dieser Eingriff erfolgreich durchgeführt, was durch sehr gute Patientenzufriedenheitswerte belegt wird.

Im hier vorliegenden Kollektiv von 110 Patienten liegt der Altersdurchschnitt bei 38,9 Jahren, das follow-up bei $41,2 \pm 26,3$ Monaten und der BMI bei $26,8 \text{ kg/m}^2$.

Diejenigen Patienten, die nach unseren Ergebnissen am meisten von einer Umstellungsosteotomie mit dem TomoFix®-Plattenfixateur profitieren, sind 14-28,9 Jahre alt, haben einen möglichst geringen Knorpeldefekt im betroffenen und nicht-betroffenen Kompartiment sowie einen 2. bis 3.-gradigen Arthrosegrad nach Kellgren. Meniskusdefekte beeinflussen die Zufriedenheit nicht, genauso wenig wie der Grad der knöchernen Deformität (aMPTA) und das Geschlecht.

Bei Varusfehlstellungen stellt sich die aufklappende Tibiaosteotomie von mediallyseitig als etabliertes und sicheres Verfahren dar. Diese Technik fand bei 61,8% aller hier erfassten Patienten Anwendung. Für Valgusgonarthrosen zeichnet sich bei zuklappenden Femurosteotomien von mediallyseitig eine Tendenz zu höheren Patientenzufriedenheitswerten ab.

Abschließend lässt sich festhalten, dass das Thema der kniegelenknahen Osteotomien derzeit sehr aktuell ist und viel diskutiert wird. Durch neue Implantate und verschiedene Zugangsarten ist heute eine Möglichkeit vorhanden, eine standardisierte und minimalinvasive Therapie für Achsdeformitäten anzubieten. Gerade die HTO ist ein Verfahren, das – nicht zuletzt durch die hohe Prävalenz der Varusgonarthrose – vermehrt Anwendung findet und in standardisierter OP-Technik objektiv nachweisbar gute Ergebnisse erzielt.

Forschungsbedarf besteht dagegen bei den übrigen Eingriffen um das Kniegelenk: führend sind hier die DFO und Doppelosteotomien zu nennen. Nicht zuletzt wegen des geringeren Vorkommens von Valgus-Deformitäten sind auf diesem Gebiet weitere Publikationen über Erfahrungen und Operationsergebnisse ausstehend.

6. Summary

M. Ohlmeier: „Osteotomies around the knee joint with plate fixation: results and prognostic factors“

Background

Osteotomies around the knee joint like the high tibial osteotomy (HTO) or the distal femoral osteotomy (DFO) are established surgical treatments for malalignment of the human leg [66, 89, 106, 131]. The purpose of this operation is – among others – to reduce the pressure of the stressed compartment by shifting the mechanical jointline.

Since 2006 patients of the König-Ludwig-Haus in Wuerzburg have been treated with the new TomoFix® plate fixation system. To get an as precise indication as possible for this surgery, 110 patienten who underwent an osteotomy with the TomoFix® plate have been recruited.

Objective

Purposes of this study are first, to evaluate the level of satisfaction of the 110 patients regarding the osteotomy itself and the success of the performed operation in general. Second, the study aims at laying out the usefulness and profits to the clients discussed with the surgery. Therefore, hypotheses have been stated in order to clarify advantages as well as disadvantages on specific requirements which are necessary for the procedure. Further purpose is to underline in how far the benefit of osteotomies around the knee joint differs from that of competitive surgeries.

Methods

Preoperatively, the patient collective underwent an X-ray of the leg in order to plan the angle of correction. Before the surgery each patient underwent an arthroscopy for observation of the cartilage and ligament conditions. Afterwards the osteotomy was performed.

In the following, the different surgery techniques and their quantities are presented:

Tibia medial opening (TMO, 61.8%), tibia lateral opening (TLO, 10%), tibia medial closing (TMC, 0.9%), tibia lateral closing (TLC, 0%), femur medial opening (FMO, 1.8%), femur lateral opening (FLO, 10%), femur medial closing (FMC, 10%) and femur lateral closing (FLC, 5.5%). Furthermore, in the collective of 110 patients we had 8 double osteotomies that are split up in the two types of surgeries and are listed up in the analysis ahead.

Postoperatively, each patient received a modified KOOS questionnaire. In addition to the evaluation of postoperative satisfaction, this version of the KOOS questionnaire also allows for a comparison between the pre- and postoperative situation.

The patients were advised to wear a 6 weeks partial weight-bearing of 20kg after surgery. As part of the 6-week-examination a clinical survey took place. The surgical success was measured by a postoperative X-ray of the leg. Both X-rays – the pre- as well as the postoperative one – were analyzed with the MediCad® software.

Patient collective: mean age is 38.9 years (minimum 14 years, maximum 58 years), mean BMI 26.8 kg/m (minimum 17.0 kg/m², maximum 40.2 kg/m²), 22 smokers with a daily consume ≥ 10 . The mean follow-up was 41.2 ± 26.3 months.

Among the 110 patients, there were 34 valgus- and 76 varus malalignments.

Results

The KOOS questionnaire shows an improvement in each of the 6 categories. Mean improvement from 86.71 ± 0.49 points (preoperatively) to 121.73 ± 0.42 points (postoperatively).

Hypotheses:

- H1) No satisfying accuracy of correction planned with MediCad® software.
- H2) Corrections according to the Fujisawa point do not lead to the best outcome.
- H3) Correlation between outcome and cartilage damage in stressed compartment.
- H4) Correlation between outcome and cartilage damage in non-stressed compartment.
- H5) No correlation between outcome and degree of deformity (aMPTA).
- H6) Equal outcome between men and women.
- H7) Best outcome for ages from 14 to 28.9 years.
- H8) No significant difference in outcome between the techniques of surgery.

H9) No influence of different meniscus state on outcome.

H10) Correlation between outcome and osteoarthritis (Kellgren degree).

Conclusions

Outstanding results in patient satisfaction and surgery success. Extrapolating from these results, the ideal patient for an osteotomy with the TomoFix® plate fixation system has the following requirements: age from 14-28.9 years, as small cartilage damage as possible on the stressed and on the non-stressed compartment. The osteoarthritis grade according to the Kellgren scale should be as low as possible.

Resection of the meniscus does not influence the outcome as well as the grade of bone deformity (aMPTA) and patient's gender.

In case of a varus-malalignment the OW-HTO with medial approach is a well established and safe operation, 61.8% of 110 patients were treated successfully this way. In case of valgus-malalignment, the CW-DFO with medial approach shows a tendency to give a better outcome.

Furthermore, the TomoFix® plate fixation system also leads to good results concerning complex malalignments with simultaneous injuries, e.g. ACL-deficiency or cartilage damage. In the context of special cases, there also were patients with altered anatomical requirements. Despite of alleged worse bone quality, there were no complications in these cases.

Concludingly, osteotomies around the knee joint for sure are a currently frequently discussed topic. New material and modified surgical techniques have lead the way to a standardized and minimal-invasive treatment for malalignments of the human leg. In the future the need of research especially concerns the DFO and double osteotomies. Not at least because of the lower prevalence of valgus-malalignments, more publications about experiences and also results of surgeries are necessary.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Lateral schließende Tibiakopfosteotomie mit Klammerfixation nach Coventry	8
Abbildung 2: Häufigkeit und Verteilung der Deformität von dist. Femur und prox. Tibia	16
Abbildung 3: Osteotomiemöglichkeiten am Femur & Anwendungshäufigkeit	17
Abbildung 4 Beispiele der Osteotomiearten am diestalen Femur	18
Abbildung 5: Osteotomiemöglichkeiten an der Tibia & Anwendungshäufigkeit.....	19
Abbildung 6: Beispiele der Osteotomiearten an der proximalen Tibia	20
Abbildung 7: postoperatives Röntgenbild nach Doppelosteotomie.....	21
Abbildung 8: Implantate für Tibiakopfosteotomie - Indikation und Häufigkeit der Anwendung	23
Abbildung 9: Implantate für dist. Femurosteotomie - Indikation & Häufigkeit der Anwendung	24
Abbildung 10: Grafische Darstellung der Osteotomiespaltgrößen	25
Abbildung 11: Art und Häufigkeit der Osteotomiespaltfüllung,	26
Abbildung 12: Darstellen des Pes anserinus sowie des Innenbandes	27
Abbildung 13: sukzessives Aufklappen der Osteotomie mittels Spreizer	28
Abbildung 14: winkelstabiles Vorbohren der proximalen Verriegelungsschrauben	28
Abbildung 15: korrekter Sitz des TomoFix® Plattenfixateurs.....	29
Abbildung 16: physiologische Winkel & Achsen der unteren Extremität	31
Abbildung 17: links: präoperative Bemaßung; rechts: Planbemaßung; rot: Mikulicz Linie	32
Abbildung 18: postoperative Bemaßung; rot: Mikulicz Linie	32
Abbildung 19: KOOS prä- und postoperativ	36
Abbildung 20: subjektive Beurteilung des Operationserfolges.....	37
Abbildung 21: Häufigkeit der Korrekturabweichungen	38
Abbildung 22: Verteilung der Korrekturergebnisse in Relation zum geplanten Wert	39
Abbildung 23: subjektive Patientenbewertung	40
Abbildung 24: postop. Patientenzufriedenheit bei Knorpelschadens, betroffenes Kniegelenkkompartiment.....	42
Abbildung 25: postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit des Knorpelschadens, nicht betroffenes Kniegelenkkompartiment.....	43
Abbildung 26: subjektive Patientenbewertung bei präop. knöchernen Deformität	44
Abbildung 27: subjektive Patientenbewertung bei Frauen & Männern	45
Abbildung 28: postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Patientenalter	46
Abbildung 29: In der Stichprobe erzielte Gruppe 1 die höchsten Zufriedenheitswerte.....	47
Abbildung 30: postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Operationsort am Ober- & Unterschenkel	48
Abbildung 31: postoperative Patientenzufriedenheit in Abhängigkeit vom Operationsort am Unterschenkel bei Valgusgonarthrose, Gruppe 2 n=10, Gruppe 6 n=4 und Gruppe 7 n=11.....	49
Abbildung 32: postop. Patientenzufriedenheit bei verschiedenen Meniskusverhältnissen.	50
Abbildung 33: postop. Patientenzufriedenheit mit Röntgenarthrosebefundes	51
Abbildung 34: Gruppe 1 mit signifikant geringerem Benefit als Gruppen 2 & 3	52

Die Nutzung der in dieser Promotionsschrift verwendeten Abbildungen erfolgt nach Genehmigung durch die jeweiligen Urheber.

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klinische Stadien der Arthroseentwicklung.....	4
Tabelle 2: Radiologische Arthroseklassifikation nach Kellgren & Lawrence.....	5
Tabelle 3: Arthroskopische Klassifikation der Knorpelschädigung nach Outerbridge	5
Tabelle 4: Knorpelschaden der einzelnen Kniegelenkanteile	34
Tabelle 5: Meniskusverhältnisse im betroffenen Kompartiment im Patientenkollektiv	35
Tabelle 6: Summe der Arthrose im Kollektiv	35
Tabelle 7: Besonderheiten der Osteotomiebedingungen im Patientenkollektiv.....	53

Alle nicht gesondert beschrifteten Grafiken, Tabellen und Diagramme sind vom Autor erstellt worden. Röntgenbilder sowie intraoperativ erstellte Fotos wurden dem Dokumentationspool des König-Ludwig-Hauses entnommen.

7.3. Abkürzungsverzeichnis

KNO:	kniegelenknahe Osteotomie
HTO:	high tibial osteotomy, hohe Tibiaosteotomie
DFO:	distale Femurosteotomie
OW-HTO:	open-wedge high tibial osteotomy
CW-HTO:	closed-wedge high tibial osteotomy
Lig.:	Ligamentum
Ligg.:	Ligamenta
Abb.:	Abbildung
ACL.:	vorderes Kreuzband, anterior crucial ligament
PCL.:	hinteres Kreuzband, posterior crucial ligament
Bzgl.:	bezüglich
Bzw.:	beziehungsweise
Ca.:	circa
z.B.:	zum Beispiel
ggf.:	gegebenenfalls
max.:	maximal
etc.:	et cetera
s.g.:	so genannt/e/es
o.g.:	oben genannt/e/es
u.a.:	unter anderem
W.:	Winkel
L.:	Linie
M.:	Musculus
STABW.:	Standardabweichung

Nachuntersuchungsbogen Knie

Seite | 1

Datum: ____/____/____

Name _____ Vorname _____ Geb. Datum ____/____/____

ANLEITUNG:

Dieser Ankreuzbogen befragt Sie, welchen Eindruck Sie von Ihrem Knie vor der Operation hatten und welchen sie jetzt 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 Zeile 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 bzw. vor der Operation**.

S1. Haben/Hatten Sie Schwellungen an Ihrem Knie?

Vor der OP	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				
Vergangene Woche	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				

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

Vor der OP	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				
Vergangene Woche	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				

S3. Bleibt/Blieb Ihr Knie manchmal hängen, oder blockiert/e es, wenn Sie es bewegen/bewegten?

Vor der OP	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				
Vergangene Woche	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				

S4. Können/Konnten Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

Vor der OP	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				
Vergangene Woche	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				

S5. Können/Konnten Sie Ihr Knie ganz beugen?

Vor der OP	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				
Vergangene Woche	Niemals	selten	manchmal	oft	immer
	<input type="checkbox"/>				

Steifigkeit

Die nachfolgenden Fragen betreffen die Steifigkeit Ihres Kniegelenkes **vor der Operation** und **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 vor der Operation und innerhalb der letzten Woche erfahren haben.

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

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

S7. Wie stark ist/war Ihre KniestEIFigkeit nachdem Sie saßen, lagen oder sich ausruhten im Verlauf des Tages?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

Schmerz**P1. Wie oft tut/tat Ihnen Ihr Knie weh?**

Vor der OP	Niemals <input type="checkbox"/>	monatlich <input type="checkbox"/>	wöchentlich <input type="checkbox"/>	täglich <input type="checkbox"/>	immer <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	Niemals <input type="checkbox"/>	monatlich <input type="checkbox"/>	wöchentlich <input type="checkbox"/>	täglich <input type="checkbox"/>	immer <input type="checkbox"/>

Wie ausgeprägt waren Ihre Schmerzen vor der Operation und in der vergangenen Woche als Sie sich z.B.

P2. im Knie drehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P3. Ihr Knie ganz ausstrecken?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P4. Ihr Knie ganz beugen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P5. auf ebenem Boden gehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P6. Treppen herauf oder herunter gehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P7. nachts im Bett liegen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

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

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

P9. aufrecht standen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	schwach <input type="checkbox"/>	mäßig <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	sehr stark <input type="checkbox"/>

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 und vor der Operation erfahren haben.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie **vor der Operation** und **letzte Woche** als Sie z.B.:

A1. Treppen herunterstiegen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A2. Treppen heraufstiegen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A3. vom Sitzen aufstanden?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A4. standen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A5. sich bückten, um z.B. etwas vom Boden aufzuheben?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A6. auf ebenem Boden gingen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A7. ins Auto ein- oder ausstiegen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A8. einkaufen gingen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A9. Strümpfe/Socken anziehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A10. vom Bett aufstehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A11. Socken/Strümpfe ausziehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A12. im Bett liegen und sich drehen ohne das Knie dabei zu beugen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A13. in oder aus der Badewanne kommen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A14. saßen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A15. sich auf die Toilette setzen oder aufstehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A16. schwere Hausarbeit verrichteten (schrubben, Garten umgraben, ...)?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

A17. leichte Hausarbeit verrichteten (Staub wischen, kochen, ...)?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

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 bzw. vor der Operation** erfahren haben.

Hatten Sie Schwierigkeiten während der **letzten Woche und vor der Operation** als Sie z.B.:

SP1. in die Hocke gingen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

SP2. rannten?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

SP3. hüpfen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

SP4. sich auf Ihrem kranken Knie umdrehen?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

SP5. sich hinknieten?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenige <input type="checkbox"/>	einige <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie

Q1. Wie oft spüren/spürten Sie Ihr erkranktes Knie?

Vor der OP	Nie <input type="checkbox"/>	monatlich <input type="checkbox"/>	wöchentlich <input type="checkbox"/>	täglich <input type="checkbox"/>	immer <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	Nie <input type="checkbox"/>	monatlich <input type="checkbox"/>	wöchentlich <input type="checkbox"/>	täglich <input type="checkbox"/>	immer <input type="checkbox"/>

Q2. Haben/hatten Sie Ihre Lebensweise geändert, um eventuell Ihrem Kniegelenk schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

Vor der OP	Nicht <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	vollständig <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	Nicht <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	stark <input type="checkbox"/>	vollständig <input type="checkbox"/>

Q3. Wie sehr macht/machte es Ihnen zu schaffen, dass Ihr Knie nicht stabil ist?

Vor der OP	gar nicht <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einiges <input type="checkbox"/>	schlimm <input type="checkbox"/>	sehr schlimm <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	gar nicht <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	einiges <input type="checkbox"/>	schlimm <input type="checkbox"/>	sehr schlimm <input type="checkbox"/>

Q4. Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten bewerten, die Sie durch das Knie haben?

Vor der OP	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>
Vergangene Woche	keine <input type="checkbox"/>	wenig <input type="checkbox"/>	etwas <input type="checkbox"/>	große <input type="checkbox"/>	sehr große <input type="checkbox"/>

W1. Wie schätzen Sie abschließend insgesamt den Erfolg der durchgeführten Operation ein?

sehr schlecht <input type="checkbox"/>	schlecht <input type="checkbox"/>	neutral <input type="checkbox"/>	gut <input type="checkbox"/>	sehr gut <input type="checkbox"/>
---	--------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

8. Literatur

1. (2010) Gonarthrose, *Ärztezeitung*.
<http://www.aerztezeitung.de/extras/patienteninfo/pdf/laien/gonarthrose-10.pdf>.
Zugegriffen: 07. Mai 2015
2. AF G, KP G (2015) gms | Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie 70. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie 92. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und 47. Tagung des Berufsverbandes der Fachärzte für Orthopädie | Übergewicht und Arthrose: Eine Metaanalyse publizierter Studien.
<http://www.egms.de/static/de/meetings/dgu2006/06dgu1005.shtml>. Zugegriffen: 12. Juni 2015
3. Amendola L, Fosco M, Cenni E, Tigani D (2010) Knee joint arthroplasty after tibial osteotomy. *Int Orthop* 34(2):289–295. doi:10.1007/s00264-009-0894-y
4. Arden N, Nevitt MC (2006) Osteoarthritis: epidemiology. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 20(1):3–25. doi:10.1016/j.berh.2005.09.007
5. Ardern CL, Sonesson S, Forssblad M, Kvist J (2016) Comparison of patient-reported outcomes among those who chose ACL reconstruction or non-surgical treatment. *Scand J Med Sci Sports*. doi:10.1111/sms.12707
6. Arthrose. http://www.deutsche-arthrose-stiftung.de/cgi-php/rel00a.prod/joomla/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=75&661c4ae0fa09dd8770b156d80b212a8e=1557376d6fa6154771526c730350c3c8#Definition. Zugegriffen: 23. August 2015
7. Azad SC, Zieglgansberger W (2003) What do we know about the state of chronic pain? *Schmerz* 17(6):441–444. doi:10.1007/s00482-003-0257-3
8. Babis GC, An K-N, Chao, Edmund Y S, Rand JA, Sim FH (2002) Double level osteotomy of the knee: a method to retain joint-line obliquity. Clinical results. *J Bone Joint Surg Am* 84-A(8):1380–1388
9. Badawy M, Fenstad AM, Indrekvam K, Havelin LI, Furnes O (2015) The risk of revision in total knee arthroplasty is not affected by previous high tibial osteotomy. *Acta Orthop*:1–6. doi:10.3109/17453674.2015.1060402
10. Bae DK, Song SJ, Yoon KH (2010) Total knee arthroplasty following closed wedge high tibial osteotomy. *Int Orthop* 34(2):283–287. doi:10.1007/s00264-009-0749-6
11. Bagherifard A, Jabalameli M, Hadi HA, Rahbar M, Mokhtari T, Yahyazadeh H, Abbaszadeh M, Jahansouz A (2015) The results of biplanar distal femoral osteotomy; a case series study. *Arch Bone Jt Surg* 3(1):35–38
12. Bastick AN, Runhaar J, Belo JN, Bierma-Zeinstra, Sita M A (2015) Prognostic factors for progression of clinical osteoarthritis of the knee: a systematic review of observational studies. *Arthritis Res Ther* 17(1):152. doi:10.1186/s13075-015-0670-x
13. Bastos Filho R, Magnussen RA, Duthon V, Demey G, Servien E, Granjeiro JM, Neyret P (2013) Total knee arthroplasty after high tibial osteotomy: a comparison of opening and closing wedge osteotomy. *Int Orthop* 37(3):427–431. doi:10.1007/s00264-012-1765-5
14. Behrens P, Bitter T, Kurz B, Russlies M (2006) Matrix-associated autologous chondrocyte transplantation/implantation (MACT/MACI)--5-year follow-up. *Knee* 13(3):194–202. doi:10.1016/j.knee.2006.02.012

-
15. Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP (2010) Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthr. Cartil.* 18(1):24–33. doi:10.1016/j.joca.2009.08.010
 16. Bode G, Schmal H, Pestka JM, Ogon P, Sudkamp NP, Niemeyer P (2013) A non-randomized controlled clinical trial on autologous chondrocyte implantation (ACI) in cartilage defects of the medial femoral condyle with or without high tibial osteotomy in patients with varus deformity of less than 5 degrees. *Arch Orthop Trauma Surg* 133(1):43–49. doi:10.1007/s00402-012-1637-x
 17. Bogunovic L, Kruse LM, Haas AK, Huston LJ, Wright RW (2014) Outcome of All-Inside Second-Generation Meniscal Repair: Minimum Five-Year Follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 96(15):1303–1307. doi:10.2106/JBJS.M.00266
 18. Bonnin MP, Laurent J-R, Zadegan F, Badet R, Pooler Archbold, H A, Servien E (2013) Can patients really participate in sport after high tibial osteotomy? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):64–73. doi:10.1007/s00167-011-1461-9
 19. Bortz J, Schuster C (2010) *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*, 7. Aufl. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin
 20. Breusch SJ, Abel R *Klinikleitfaden Orthopädie Unfallchirurgie*, 7. Aufl
 21. Brinkman J-M, Freiling D, Lobenhoffer P, Staubli AE, van Heerwaarden, R J (2014) Supracondylar femur osteotomies around the knee: patient selection, planning, operative techniques, stability of fixation, and bone healing. *Orthopade* 43 Suppl 1:10. doi:10.1007/s00132-014-3007-6
 22. Brouwer GM, van Tol AW, Bergink AP, Belo JN, Bernsen RMD, Reijman M, Pols HAP, Bierma-Zeinstra SMA (2007) Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum* 56(4):1204–1211. doi:10.1002/art.22515
 23. Brouwer RW, Huizinga MR, Duivenvoorden T, van Raaij, Tom M, Verhagen AP, Bierma-Zeinstra, Sita M A, Verhaar, Jan A N (2014) Osteotomy for treating knee osteoarthritis. *Cochrane Database Syst Rev* 12:CD004019. doi:10.1002/14651858.CD004019.pub4
 24. Buckup K (2013) *Die unikondyläre Schlittenprothese Pro & Contra*. Steinkopff
 25. Bühling KJ, Lepenies J, Witt K (2004) *Intensivkurs: Allgemeine und spezielle Pathologie: mit 90 Tabellen*. Elsevier, Urban und Fischer
 26. Chang J, Scallon G, Beckert M, Zavala J, Bollier M, Wolf B, Albright J (2017) Comparing the accuracy of high tibial osteotomies between computer navigation and conventional methods. *Comput Assist Surg (Abingdon)* 22(1):1–8. doi:10.1080/24699322.2016.1271909
 27. Choi N-H, Kim T-H, Victoroff BN (2009) Comparison of arthroscopic medial meniscal suture repair techniques: inside-out versus all-inside repair. *Am J Sports Med* 37(11):2144–2150. doi:10.1177/0363546509339010
 28. Demange MK, Camanho GL, Pécora JR, Gobbi RG, Tirico LEP, Albuquerque, Roberto Freire da Mota e (2011) Simultaneous anterior cruciate ligament reconstruction and computer-assisted open-wedge high tibial osteotomy. A report of eight cases. *Knee* 18(6):387–391. doi:10.1016/j.knee.2010.11.004
 29. Dettoni F, Bonasia DE, Castoldi F, Bruzzone M, Blonna D, Rossi R (2010) High tibial osteotomy versus unicompartmental knee arthroplasty for medial compartment arthrosis of the knee: a review of the literature. *Iowa Orthop J* 30:131–140
 30. Deutsche Arthrose-Hilfe e.V. (2017) *Wie häufig ist Arthrose?* <http://www.arthrose.de/arthrose/haeufigkeit.html>. Zugegriffen: 07. Januar 2017
-

-
31. Dornblüth O, Pschyrembel W (2004) Pschyrembel Klinisches Wörterbuch. [... enthält ... 330 Tabellen], 260. Aufl. de Gruyter, Berlin [u.a.]
 32. Dugdale TW, Noyes FR, Styer D (1992) Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. *Clin Orthop Relat Res* (274):248–264
 33. Duivenvoorden T, van Diggele P, Reijman M, Bos PK, van Egmond J, Bierma-Zeinstra, S M A, Verhaar, J A N (2015) Adverse events and survival after closing- and opening-wedge high tibial osteotomy: a comparative study of 412 patients. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-015-3644-2
 34. Efe T, Heyse TJ, Boese C, Timmesfeld N, Fuchs-Winkelmann S, Schmitt J, Theisen C, Schofer MD (2010) TKA following high tibial osteotomy versus primary TKA--a matched pair analysis. *BMC Musculoskelet Disord* 11:207. doi:10.1186/1471-2474-11-207
 35. El Ghazaly, Sherif Ahmed, El-Moatasem E-HM (2015) Femoral supracondylar focal dome osteotomy with plate fixation for acute correction of frontal plane knee deformity. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 10(1):41–47. doi:10.1007/s11751-015-0218-2
 36. El-Azab HM, Morgenstern M, Ahrens P, Schuster T, Imhoff AB, Lorenz, Stephan G F (2011) Limb alignment after open-wedge high tibial osteotomy and its effect on the clinical outcome. *Orthopedics* 34(10):8. doi:10.3928/01477447-20110826-02
 37. Esenkaya I, Unay K, Akan K (2012) Proximal tibial osteotomies for the medial compartment arthrosis of the knee: a historical journey. *Strategies Trauma Limb Reconstr* 7(1):13–21. doi:10.1007/s11751-012-0131-x
 38. Evcik D, Kuru I, Maralcan G, Evcik E (2006) Relationship between the mechanical and anatomic axis and orientation angles of the knee joint and functional capacity of patients with osteoarthritis. *Acta Orthop Traumatol Turc* 40(1):38–43
 39. FAIRBANK TJ (1948) Knee joint changes after meniscectomy. *J Bone Joint Surg Br* 30B(4):664–670
 40. Faschingbauer M, Nelitz M, Urlaub S, Reichel H, Dornacher D (2015) Return to work and sporting activities after high tibial osteotomy. *Int Orthop.* doi:10.1007/s00264-015-2701-2
 41. Fehrmann P, Mockenhaupt J (1991) Theoretical and experimental analysis of the significance of the intact and damaged meniscus for static stress on the knee joint. *Unfallchirurgie* 17(4):187–193
 42. Forkel P, Achtnich A, Metzlaß S, Zantop T, Petersen W (2014) Midterm results following medial closed wedge distal femoral osteotomy stabilized with a locking internal fixation device. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-014-2953-1
 43. Franklin J, Ingvarsson T, Englund M, Lohmander S (2010) Association between occupation and knee and hip replacement due to osteoarthritis: a case-control study. *Arthritis Res Ther* 12(3):R102. doi:10.1186/ar3033
 44. Freiling D, van Heerwaarden R, Staubli A, Lobenhoffer P (2010) Die varisierende Closed-Wedge-Osteotomie am distalen Femur zur Behandlung der unikompartimentalen lateralen Arthrose am Kniegelenk. *Oper Orthop Traumatol* 22(3):317–334. doi:10.1007/s00064-010-9006-9
 45. Fritschy D (2011) Saving the meniscus. *Rev Med Suisse* 7(304):1540–1543
 46. Fu D, Li G, Chen K, Zhao Y, Hua Y, Cai Z (2013) Comparison of high tibial osteotomy and unicompartmental knee arthroplasty in the treatment of unicompartmental osteoarthritis: a meta-analysis. *J Arthroplasty* 28(5):759–765. doi:10.1016/j.arth.2013.02.010
-

-
47. 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. *Orthop Clin North Am* 10(3):585–608
 48. Gaasbeek, Robert D A, Nicolaas L, Rijnberg WJ, van Loon, Corne J M, van Kampen A (2010) Correction accuracy and collateral laxity in open versus closed wedge high tibial osteotomy. A one-year randomised controlled study. *Int Orthop* 34(2):201–207. doi:10.1007/s00264-009-0861-7
 49. Galla M, Lobenhoffer P (2004) Die öffnende valgusierende Umstellungsosteomie der proximalen Tibia mit dem TomoFix-Plattenfixateur. *Oper Orthop Traumatol* 16(4):397–417. doi:10.1007/s00064-004-1116-9
 50. Gebhard F, Krettek C, Hufner T, Grützner PA, Stöckle U, Imhoff AB, Lorenz S, Ljungqvist J, Keppler P (2011) Reliability of computer-assisted surgery as an intraoperative ruler in navigated high tibial osteotomy. *Arch Orthop Trauma Surg* 131(3):297–302. doi:10.1007/s00402-010-1145-9
 51. Giffin JR, Stabile KJ, Zantop T, Vogrin TM, Woo SL-Y, Harner CD (2007) Importance of tibial slope for stability of the posterior cruciate ligament deficient knee. *Am J Sports Med* 35(9):1443–1449. doi:10.1177/0363546507304665
 52. Gupta V, Kamra G, Singh D, Pandey K, Arora S (2014) Wedgeless 'V' shaped distal femoral osteotomy with internal fixation for genu valgum in adolescents and young adults. *Acta Orthop Belg* 80(2):234–240
 53. Han SB, Lee DH (2016) Correlations between Navigation and Radiographic Measures of Alignment. *J Knee Surg*. doi:10.1055/s-0036-1571429
 54. Hankemeier S, Hufner T, Wang G, Kendoff D, Zeichen J, Zheng G, Krettek C (2006) Navigated open-wedge high tibial osteotomy: advantages and disadvantages compared to the conventional technique in a cadaver study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14(10):917–921. doi:10.1007/s00167-006-0035-8
 55. Hannan MT, Felson DT, Pincus T (2000) Analysis of the discordance between radiographic changes and knee pain in osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol* 27(6):1513–1517
 56. Heijens E, Kornherr P, Meister C (2009) The role of navigation in high tibial osteotomy: a study of 50 patients. *Orthopedics* 32(10 Suppl):40–43. doi:10.3928/01477447-20090915-58
 57. Hernigou P, Queinnec S, Picard L, Guissou I, Naanaa T, Duffiet P, Julian D, Archer V (2013) Safety of a novel high tibial osteotomy locked plate fixation for immediate full weight-bearing: a case-control study. *Int Orthop* 37(12):2377–2384. doi:10.1007/s00264-013-2066-3
 58. Hernigou P, Flouzat Lachaniette C, Delambre J, Guissou I, Dahmani O, Ibrahim Ouali M, Poignard A (2015) Full weight bearing and dynamisation with Limmed(R) locked plate fixation accelerates bone regeneration in the volume of opening wedge high tibial osteotomy. *Int Orthop* 39(7):1295–1300. doi:10.1007/s00264-014-2633-2
 59. Hinterwimmer S, Mehl J (2014) Combination of ACL-replacement and high tibial osteotomy. *Oper Orthop Traumatol* 26(1):43–55. doi:10.1007/s00064-013-0269-9
 60. Hofmann S, Lobenhoffer P, Staubli A, van Heerwaarden R (2009) Osteotomien am Kniegelenk bei Monokompartmentarthrose. *Orthopade* 38(8):755. doi:10.1007/s00132-009-1458-y
 61. Horlemann J, Zieglgänsberger W (2009) Schmerzverarbeitung, Schmerzgedächtnis und Schlafqualität. *Dtsch. Med. Wochenschr.* 134 Suppl 4:31. doi:10.1055/s-0029-1222588
-

-
62. Hunter DJ, Eckstein F (2009) Exercise and osteoarthritis. *J. Anat.* 214(2):197–207. doi:10.1111/j.1469-7580.2008.01013.x
 63. Imhoff AB, Linke RD, Agneskirchner J (2004) Korrekturosteotomie bei Primary-Varus-, Double-Varus- und Triple-Varus-Knieinstabilität mit Kreuzbandersatz. *Orthopade* 33(2):201–207. doi:10.1007/s00132-003-0619-7
 64. Iqbal MN, Haidri FR, Motiani B, Mannan A (2011) Frequency of factors associated with knee osteoarthritis. *J Pak Med Assoc* 61(8):786–789
 65. J.P. Jackson and W. Waugh (1974) The technique and complications of upper tibial osteotomy. http://www.boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/12032/field_highwire_article_pdf/0/236.full-text.pdf Zugegriffen: 03. November 2015
 66. J.P. Jackson, W. Waugh, J.P. Green, Harlow Wood (1969) High tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. http://www.boneandjoint.org.uk/highwire/filestream/11353/field_highwire_article_pdf/0/88.full-text.pdf Zugegriffen: 12. Januar 2016
 67. Kahlenberg CA, Nwachukwu BU, Hamid KS, Steinhaus ME, Williams RJ3 (2016) Analysis of Outcomes for High Tibial Osteotomies Performed With Cartilage Restoration Techniques. *Arthroscopy*. doi:10.1016/j.arthro.2016.08.010
 68. Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16(4):494–502
 69. Kessler S, Lang S, Puhl W, Stöve J (2003) Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score--ein Funktionsfragebogen zur Outcome-Messung in der Knieendoprothetik. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 141(3):277–282. doi:10.1055/s-2003-40083
 70. Khoshbin A, Sheth U, Ogilvie-Harris D, Mahomed N, Jenkinson R, Gandhi R, Wasserstein D (2017) The effect of patient, provider and surgical factors on survivorship of high tibial osteotomy to total knee arthroplasty: a population-based study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 25(3):887–894. doi:10.1007/s00167-015-3849-4
 71. Kohn L, Sauerschnig M, Iskansar S, Lorenz S, Meidinger G, Imhoff AB, Hinterwimmer S (2013) Age does not influence the clinical outcome after high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):146–151. doi:10.1007/s00167-012-2016-4
 72. Kongcharoensombat W (2014) Clinical outcome of medial opening wedge osteotomy with T-locking plate. Two years follow-up. *Malays Orthop J* 8(1):50–55. doi:10.5704/MOJ.1403.019
 73. König U, Widmer H, Friederich NF (2004) Stellenwert der Tibiavalgisationsosteotomie in der Knorpelchirurgie. *Arthroscopie* 17(4):234–238. doi:10.1007/s00142-004-0268-9
 74. Kurzweil PR, Lynch NM, Coleman S, Kearney B (2014) Repair of horizontal meniscus tears: a systematic review. *Arthroscopy* 30(11):1513–1519. doi:10.1016/j.arthro.2014.05.038
 75. Langenbeck B. (1854) Die subkutane Osteotomie, 6. Aufl. Deutsche Kinik
 76. Lattermann C, Jakob RP (1996) High tibial osteotomy alone or combined with ligament reconstruction in anterior cruciate ligament-deficient knees. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 4(1):32–38
 77. Li Y, Zhang H, Zhang J, Li X, Song G, Feng H (2015) Clinical outcome of simultaneous high tibial osteotomy and anterior cruciate ligament reconstruction for medial compartment osteoarthritis in young patients with anterior cruciate ligament-deficient knees: a systematic review. *Arthroscopy* 31(3):507–519. doi:10.1016/j.arthro.2014.07.026
-

-
78. Lind-Hansen TB, Lind MC, Nielsen PT, Laursen MB (2016) Open-Wedge High Tibial Osteotomy: RCT 2 Years RSA Follow-Up. *J Knee Surg* 29(8):664–672. doi:10.1055/s-0036-1571802
 79. Lobenhoffer P (2014) Kniegelenknahe Osteotomien. Indikation - Planung - Operationstechniken mit Plattenfixateuren, 2. Aufl. Thieme, Stuttgart [u.a.]
 80. Lohmander LS, Englund PM, Dahl LL, Roos EM (2007) The long-term consequence of anterior cruciate ligament and meniscus injuries: osteoarthritis. *Am J Sports Med* 35(10):1756–1769. doi:10.1177/0363546507307396
 81. Luo C-A, Hua S-Y, Lin S-C, Chen C-M, Tseng C-S (2013) Stress and stability comparison between different systems for high tibial osteotomies. *BMC Musculoskelet Disord* 14:110. doi:10.1186/1471-2474-14-110
 82. M Buckland D, Sadoghi P, Wimmer MD, Vavken P, Pagenstert GI, Valderrabano V, Rosso C (2015) Meta-analysis on biomechanical properties of meniscus repairs: are devices better than sutures? *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23(1):83–89. doi:10.1007/s00167-014-2966-9
 83. Maak TG (2015) CORR Insights((R)): Lateral Opening-wedge Distal Femoral Osteotomy: Pain Relief, Functional Improvement, and Survivorship at 5 Years. *Clin Orthop Relat Res* 473(6):2016–2018. doi:10.1007/s11999-015-4159-3
 84. Madry H, Ziegler R, Orth P, Goebel L, Ong MF, Kohn D, Cucchiari M, Pape D (2013) Effect of open wedge high tibial osteotomy on the lateral compartment in sheep. Part I: Analysis of the lateral meniscus. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):39–48. doi:10.1007/s00167-012-2176-2
 85. Madry H, Ziegler R, Pape D, Cucchiari M (2014) Structural changes in the lateral tibiofemoral compartment after high tibial osteotomy. *Orthopade* 43(11):958–965. doi:10.1007/s00132-014-3024-5
 86. Makhmalbaf H, Moradi A, Ganji S (2014) Distal femoral osteotomy in genu valgum: internal fixation with blade plate versus casting. *Arch Bone Jt Surg* 2(4):246–249
 87. Martina Rabenberg (2013) Arthrosc. http://edoc.rki.de/documents/rki_fv/reu9tQIZR22VI/PDF/29EzlgbSU9wwE.pdf. Zugegriffen: 12. April 2017
 88. Martinek V (2009) Hohe Tibiakopfumstellungsosteotomie vs. unikondyläre Schlittenprothese. *Arthroscopie* 22(3):193–198. doi:10.1007/s00142-008-0483-x
 89. Matthias Wagner (2011) Postoperatives Outcome nach hoher tibialer öffnender Umstellungsosteotomie. http://www.diss.fu-berlin.de/diss/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDISS_derivate_000000010974/Dr._Arbeit_endx_e_version.pdf. Zugegriffen: 14. Juni 2015
 90. McNamara I, Birmingham TB, Fowler PJ, Giffin JR (2013) High tibial osteotomy: evolution of research and clinical applications--a Canadian experience. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):23–31. doi:10.1007/s00167-012-2218-9
 91. McNulty AL, Guilak F (2015) Mechanobiology of the meniscus. *J Biomech* 48(8):1469–1478. doi:10.1016/j.jbiomech.2015.02.008
 92. Meding JB, Wing JT, Ritter MA (2011) Does high tibial osteotomy affect the success or survival of a total knee replacement? *Clin Orthop Relat Res* 469(7):1991–1994. doi:10.1007/s11999-011-1810-5
 93. Meidinger G, Imhoff AB, Paul J, Kirchoff C, Sauerschnig M, Hinterwimmer S (2011) May smokers and overweight patients be treated with a medial open-wedge HTO? Risk factors
-

-
- for non-union. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19(3):333–339. doi:10.1007/s00167-010-1335-6
94. Mezhov V, Teichtahl AJ, Strasser R, Wluka AE, Cicuttini FM (2014) Meniscal pathology - the evidence for treatment. *Arthritis Res Ther* 16(2):206. doi:10.1186/ar4515
95. Michael JW-P, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010) The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* 107(9):152–162. doi:10.3238/arztebl.2010.0152
96. Miller BS, Joseph TA, Barry EM, Rich VJ, Sterett WI (2007) Patient satisfaction after medial opening high tibial osteotomy and microfracture. *J Knee Surg* 20(2):129–133
97. Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM (2009) Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy* 25(6):639–646. doi:10.1016/j.arthro.2008.12.020
98. Mordecai SC, Al-Hadithy N, Ware HE, Gupte CM (2014) Treatment of meniscal tears: An evidence based approach. *World J Orthop* 5(3):233–241. doi:10.5312/wjo.v5.i3.233
99. Morin V, Pailhe R, Duval BR, Mader R, Cognault J, Rouchy R-C, Saragaglia D (2017) Gait analysis following medial opening-wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. doi:10.1007/s00167-017-4421-1
100. Nelissen EM, van Langelaan EJ, Nelissen RGHH (2010) Stability of medial opening wedge high tibial osteotomy: a failure analysis. *Int Orthop* 34(2):217–223. doi:10.1007/s00264-009-0723-3
101. Nha K-W, Lee YS, Hwang D-H, Kwon JH, Chae DJ, Park YJ, Kim JI (2013) Second-look arthroscopic findings after open-wedge high tibia osteotomy focusing on the posterior root tears of the medial meniscus. *Arthroscopy* 29(2):226–231. doi:10.1016/j.arthro.2012.08.027
102. Niemeyer P, Andereya S, Angele P et al (2013) Autologous chondrocyte implantation (ACI) for cartilage defects of the knee: a guideline by the working group "Tissue Regeneration" of the German Society of Orthopaedic Surgery and Traumatology (DGOU). *Z Orthop Unfall* 151(1):38–47. doi:10.1055/s-0032-1328207
103. Niethard FU, Pfeil J, Biberthaler P (2014) *Duale Reihe Orthopädie und Unfallchirurgie, 7. Aufl. DUALE REIHE* Herausgegeben von Alexander Bob und Konstantin Bob. Thieme, Stuttgart
104. Orban H, Mares E, Dragusanu M, Stan G (2011) Total knee arthroplasty following high tibial osteotomy - a radiological evaluation. *Maedica (Buchar)* 6(1):23–27
105. OUTERBRIDGE RE (1961) The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 43-B:752–757
106. P. Niemeyer¹, G. Bode¹, M.J. Feucht¹, N.P. Südkamp¹ (OUP 2013) Valgisation osteotomie of the proximal tibia for joint preservation in unicomartimental knee arthritis. *Deutscher Ärzte-Verlag*:1–7
107. Paley D (2002) *Principles of Deformity Correction*. Springer
108. Pape D, van Heerwaarden R, Haag M, Seil R, Madry H (2014) Osteotomy techniques close to the knee. Effect on wedge volume and bony contact surface. *Orthopade* 43(11):966–975. doi:10.1007/s00132-014-3029-0
109. Perka C, Schultz O, Sittinger M, Zippel H (2000) Chondrocyte transplantation in PGLA/polydioxanone fleece. *Orthopade* 29(2):112–119
110. Petersson IF, Jacobsson, Lennart T H (2002) Osteoarthritis of the peripheral joints. *Best Pract Res Clin Rheumatol* 16(5):741–760
-

-
111. Picardo NE, Khan W, Johnstone D (2012) Computer-Assisted Navigation in High Tibial Osteotomy: A Systematic Review of the Literature. *Open Orthop J* 6:305–312. doi:10.2174/1874325001206010305
 112. Pornrattanamaneewong C, Harnroongroj T, Chareancholvanich K (2012) Loss of correction after medial opening wedge high tibial osteotomy: a comparison of locking plates without bone grafts and non-locking compression plates with bone grafts. *J Med Assoc Thai* 95 Suppl 9:8
 113. Preston S, Howard J, Naudie D, Somerville L, McAuley J (2014) Total knee arthroplasty after high tibial osteotomy: no differences between medial and lateral osteotomy approaches. *Clin Orthop Relat Res* 472(1):105–110. doi:10.1007/s11999-013-3040-5
 114. Quirno M, Campbell KA, Singh B, Hasan S, Jazrawi L, Kummer F, Strauss EJ (2015) Distal femoral varus osteotomy for unloading valgus knee malalignment: a biomechanical analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* doi:10.1007/s00167-015-3602-z
 115. Ramappa M, Anand S, Jennings A (2013) Total knee replacement following high tibial osteotomy versus total knee replacement without high tibial osteotomy: a systematic review and meta analysis. *Arch Orthop Trauma Surg* 133(11):1587–1593. doi:10.1007/s00402-013-1838-y
 116. Reising K, Strohm PC, Hauschild O, Schmal H, Khattab M, Sudkamp NP, Niemeyer P (2013) Computer-assisted navigation for the intraoperative assessment of lower limb alignment in high tibial osteotomy can avoid outliers compared with the conventional technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):181–188. doi:10.1007/s00167-012-2088-1
 117. Ribeiro CH, Severino NR, Moraes de Barros Fucs PM (2014) Opening wedge high tibial osteotomy: navigation system compared to the conventional technique in a controlled clinical study. *Int Orthop* 38(8):1627–1631. doi:10.1007/s00264-014-2341-y
 118. Robertsson O, W-Dahl A (2015) The risk of revision after TKA is affected by previous HTO or UKA. *Clin Orthop Relat Res* 473(1):90–93. doi:10.1007/s11999-014-3712-9
 119. Rosso F, Margheritini F (2014) Distal femoral osteotomy. *Curr Rev Musculoskelet Med* 7(4):302–311. doi:10.1007/s12178-014-9233-z
 120. Rutz E, Thomas S, Slongo T, Brunner R (2015) Osteotomy of the distal femur. Surgical technique using the LCP Pediatric Condylar Plate 90 degrees. *Oper Orthop Traumatol.* doi:10.1007/s00064-015-0401-0
 121. Saito T, Kumagai K, Akamatsu Y, Kobayashi H, Kusayama Y (2014) Five- to ten-year outcome following medial opening-wedge high tibial osteotomy with rigid plate fixation in combination with an artificial bone substitute. *Bone Joint J* 96-B(3):339–344. doi:10.1302/0301-620X.96B3.32525
 122. Saragaglia D, Chedal-Bornu B (2014) Computer-assisted osteotomy for valgus knees: medium-term results of 29 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 100(5):527–530. doi:10.1016/j.otsr.2014.04.002
 123. Schallberger A, Jacobi M, Wahl P, Maestretti G, Jakob RP (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(1):122–127. doi:10.1007/s00167-010-1256-4
 124. Schnurr C, Jarrous M, Eysel P, König D (2013) Geringer Arthrosegrad prädisponiert für Patientenunzufriedenheit nach Implantation einer Knieprothese. *Deutscher Kongress für Orthopädie und Unfallchirurgie.*
-

-
- <http://www.egms.de/static/de/meetings/dkou2013/13dkou159.shtml>. Zugegriffen: 19. Juni 2017
125. Schroter S, Ateschrang A, Lowe W, Nakayama H, Stockle U, Ihle C (2015) 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.* doi:10.1007/s00167-015-3592-x
126. Schröter S, Ihle C, Mueller J, Lobenhoffer P, Stöckle U, van Heerwaarden R (2013) Digital planning of high tibial osteotomy. Interrater reliability by using two different software. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):189–196. doi:10.1007/s00167-012-2114-3
127. Schröter S, Freude T, Kopp MM, Konstantinidis L, Döbele S, Stöckle U, van Heerwaarden R (2015) Smoking and unstable hinge fractures cause delayed gap filling irrespective of early weight bearing after open wedge osteotomy. *Arthroscopy* 31(2):254–265. doi:10.1016/j.arthro.2014.08.028
128. Schuster P, Schulz M, Mayer P, Schlumberger M, Immendoerfer M, Richter J (2015) Open-Wedge High Tibial Osteotomy and Combined Abrasion/Microfracture in Severe Medial Osteoarthritis and Varus Malalignment: 5-Year Results and Arthroscopic Findings After 2 Years. *Arthroscopy.* doi:10.1016/j.arthro.2015.02.010
129. Sherman C, Cabanela ME (2010) Closing wedge osteotomy of the tibia and the femur in the treatment of gonarthrosis. *Int Orthop* 34(2):173–184. doi:10.1007/s00264-009-0883-1
130. Simon D, Mascarenhas R, Saltzman BM, Rollins M, Bach, Bernard R Jr, MacDonald P (2015) The Relationship between Anterior Cruciate Ligament Injury and Osteoarthritis of the Knee. *Adv Orthop* 2015:928301. doi:10.1155/2015/928301
131. Simonian PT, Cole BJ, Bach BR (2006) *Sports Injuries of the Knee: Surgical Approaches.* Thieme
132. Slevin O, Ayeni OR, Hinterwimmer S, Tischer T, Feucht MJ, Hirschmann MT (2016) The role of bone void fillers in medial opening wedge high tibial osteotomy: a systematic review. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 24(11):3584–3598. doi:10.1007/s00167-016-4297-5
133. Sobotta J, Paulsen F, Waschke J (2010) *Atlas der Anatomie des Menschen, 23. Aufl.* Urban und Fischer, München
134. Song I-H, Song E-K, Seo H-Y, Lee K-B, Yim J-H, Seon J-K (2012) Patellofemoral alignment and anterior knee pain after closing- and opening-wedge valgus high tibial osteotomy. *Arthroscopy* 28(8):1087–1093. doi:10.1016/j.arthro.2012.02.002
135. Spahn G, Kirschbaum S, Kahl E (2006) Factors that influence high tibial osteotomy results in patients with medial gonarthrosis: a score to predict the results. *Osteoarthritis Cartilage* 14(2):190–195. doi:10.1016/j.joca.2005.08.013
136. Spahn G, Hofmann GO, von Engelhardt, Lars Victor, Li M, Neubauer H, Klinger HM (2013) The impact of a high tibial valgus osteotomy and unicondylar medial arthroplasty on the treatment for knee osteoarthritis: a meta-analysis. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1):96–112. doi:10.1007/s00167-011-1751-2
137. Spector TD, Cicuttini F, Baker J, Loughlin J, Hart D (1996) Genetic influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ* 312(7036):940–943
138. Statistisches Bundesamt (2013) Hüft- oder Kniegelenksarthrosen sind häufigster Behandlungsgrund in der Reha. https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2013/01/PD13_03_0_231.html. Zugegriffen: 10. Juni 2017
-

-
139. Steinwachs M (2009) New technique for cell-seeded collagen-matrix-supported autologous chondrocyte transplantation. *Arthroscopy* 25(2):208–211. doi:10.1016/j.arthro.2008.10.009
140. Suero EM, Sabbagh Y, Westphal R, Hawi N, Citak M, Wahl FM, Krettek C, Liodakis E (2015) Effect of medial opening wedge high tibial osteotomy on intraarticular knee and ankle contact pressures. *J. Orthop. Res.* 33(4):598–604. doi:10.1002/jor.22793
141. Trojani C, Elhor H, Carles M, Boileau P (2014) Anterior cruciate ligament reconstruction combined with valgus high tibial osteotomy allows return to sports. *Orthop Traumatol Surg Res* 100(2):209–212. doi:10.1016/j.otsr.2013.11.012
142. Valdes AM, Spector TD (2010) The genetic epidemiology of osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol* 22(2):139–143. doi:10.1097/BOR.0b013e3283367a6e
143. van Houten, Albert H, Heesterbeek, Petra J C, van Heerwaarden, Ronald J, van Tienen, Tony G, Wymenga AB (2014) Medial open wedge high tibial osteotomy: can delayed or nonunion be predicted? *Clin Orthop Relat Res* 472(4):1217–1223. doi:10.1007/s11999-013-3383-y
144. van Raaij T, Reijman M, Brouwer RW, Jakma TS, Verhaar JN (2008) Survival of closing-wedge high tibial osteotomy: good outcome in men with low-grade osteoarthritis after 10–16 years. *Acta Orthop* 79(2):230–234. doi:10.1080/17453670710015021
145. van Saase, J L, van Romunde, L K, Cats A, Vandenbroucke JP, Valkenburg HA (1989) Epidemiology of osteoarthritis: Zoetermeer survey. Comparison of radiological osteoarthritis in a Dutch population with that in 10 other populations. *Ann Rheum Dis* 48(4):271–280
146. Vasso M, Del Regno C, Perisano C, D'Amelio A, Corona K, Schiavone Panni A (2015) Unicompartmental knee arthroplasty is effective: ten year results. *Int Orthop*. doi:10.1007/s00264-015-2809-4
147. Wang JH, Shin JM, Kim HH, Kang S-H, Lee BH (2017) Discrepancy of alignment in different weight bearing conditions before and after high tibial osteotomy. *Int Orthop* 41(1):85–92. doi:10.1007/s00264-016-3279-z
148. Warme BA, Aalderink K, Amendola A (2011) Is there a role for high tibial osteotomies in the athlete? *Sports Health* 3(1):59–69. doi:10.1177/1941738109358380
149. Waterman BR, Hoffmann JD, Laughlin MD, Burks R, Pallis MP, Tokish JM, Belmont PJ, JR (2015) Success of High Tibial Osteotomy in the United States Military. *Orthop J Sports Med* 3(3):2325967115574670. doi:10.1177/2325967115574670
150. Wirth, Carl Joachim et al. (2007) *Praxis der Orthopädie und Unfallchirurgie*. Thieme Verlag
151. Yim J-H, Song E-K, Seo H-Y, Kim M-S, Seon J-K (2013) Comparison of high tibial osteotomy and unicompartmental knee arthroplasty at a minimum follow-up of 3 years. *J Arthroplasty* 28(2):243–247. doi:10.1016/j.arth.2012.06.011
152. Yoon KH, Park KH (2014) Meniscal repair. *Knee Surg Relat Res* 26(2):68–76. doi:10.5792/ksrr.2014.26.2.68
153. Zieglgansberger W (2002) Pain perception: a dynamic process... *Anaesthesist* 51(5):349–350
-

8. Lebenslauf

Malte Ohlmeier

*15.08.1988 in Dorsten

Seit 04/2018	Assistenzarzt für Orthopädie & Unfallchirurgie, Helios Endo-Klinik, Hamburg
11/2015-03/2018	Assistenzarzt für Orthopädie & Unfallchirurgie, BG Universitätsklinikum Bergmannsheil, Bochum
05/2015	Mündlicher Teil des zweiten Staatsexamens Humanmedizin, Approbation
2014-2015	Praktisches Jahr
04/2014	Schriftlicher Teil des zweiten Staatsexamens Humanmedizin
03/2011	Erstes Staatsexamen Humanmedizin (Physikum)
04/2009	Beginn Studium der Humanmedizin, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg
07/2008-03/2009	Zivildienstleistender als Rettungssanitäter, Feuerwehr Ahlen
06/2008	Allgemeine Fachhochschulreife (Abitur)
1999-2008	Albertus-Magnus Gymnasium, Beckum
1995–1999	Martingrundschole, Beckum

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz besonders bei jenen Personen bedanken, mit deren Hilfe ich diese Arbeit durchführen und schreiben konnte.

Mein Doktorvater **Herr PD Dr. med. Th. Barthel** aus dem König-Ludwig-Haus in Würzburg hat es stets möglich gemacht, mir neben dem klinischen Alltag die Zeit zu widmen, um Fragen zu klären und Tipps bezüglich Forschung und praktischer Umsetzung zu erteilen. Hervorzuheben ist dabei, dass er dies ohne einen mir zugeteilten Betreuer umsetzte, was sicherlich einen Mehraufwand darstellte.

Für tolle Hilfe bei der statistischen Auswertung möchte ich **Frau Dr. rer. nat. Sabine Karl** von der studentischen Statistikberatung in Würzburg nennen. Bemerkenswert ist, dass sie sich auch nach Auslaufen der lehrstuhlbezogenen Anstellung als wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Mathematik stets Zeit nahm und sich der hier verwendeten Auswertung widmete.

Benjamin Buchwitz verhalf mir mit seiner Expertise bezüglich der grafischen Darstellung zu einer optisch gelungenen Formatierung. Er gab mir wegweisende Hilfestellungen für ein einheitliches Erscheinungsbild dieser Arbeit.

Dr. med. vet. Lars Nethe stand mir als Kollege und Freund mit praktischen Ratschlägen und persönlichen Erfahrungen regelmäßig zur Seite.

Meiner **Familie** möchte ich für die Geduld und Unterstützung besonders während der Verschriftlichung meiner Dissertation danken.

Allen Mitwirkenden sei hier mein **besonderer Dank** ausgesprochen!

10. Selbstständigkeitserklärung

Hiermit bestätige ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Ich versichere, dass ich ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen habe.

Würzburg, den 2018

Malte Ohlmeier