

Patientenzufriedenheit und radiologische Ergebnisse nach
öffnender, kniegelenknaher Tibiaosteotomie mittels TomoFix® bei
Varusgonarthrose

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Anne Kathrin Jung
aus Heidelberg

Gießen 2017

Aus der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie
der Justus-Liebig-Universität Gießen
Leiter: Prof. Dr. med. Markus Rickert

Gutachter: Prof. Dr. med. M. Rickert

Gutachter: Prof. Dr. med. G. Szalay

Tag der Disputation: 30.03.2017

Meiner lieben Familie gewidmet.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 An der Orthopädischen Universitätsklinik Giessen angewandte operative Technik und Nachbehandlung	5
1.2 Indikationsstellung	9
1.3 Kontraindikationen	9
1.4 Korrekturziele	10
1.5 Ziele der Arbeit	10
2. Material und Methoden	11
2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv	11
2.2 Verwendete Röntgenbilder	11
2.3 Messparameter	12
<i>2.3.1 Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum (MAD)</i>	<i>12</i>
<i>2.3.2 Durchtrittspunkt der Tragachse (Prozentpunkt)</i>	<i>13</i>
<i>2.3.3 Tibialer slope</i>	<i>14</i>
<i>2.3.4 Anatomischer femorotibialer Winkel (aFTW)</i>	<i>14</i>
<i>2.3.5 Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW)</i>	<i>15</i>
<i>2.3.6 Mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)</i>	<i>16</i>
<i>2.3.7 Zustand der lateralen Kortikalis</i>	<i>17</i>
<i>2.3.8 Arthrosegrad</i>	<i>17</i>
2.4 Vorgehen bei der radiologischen Auswertung	18
<i>2.4.1 Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum</i>	<i>18</i>
<i>2.4.2 Durchtrittspunkt der Tragachse</i>	<i>20</i>
<i>2.4.3 Tibial slope</i>	<i>21</i>
<i>2.4.4 Anatomischer femorotibialer Winkel (aFTW)</i>	<i>22</i>
<i>2.4.5 Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW)</i>	<i>23</i>
<i>2.4.6 Mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)</i>	<i>24</i>

2.5 Verwendete Fragebögen	25
2.5.1 Western Ontario und McMaster Universities <i>Arthroseindex</i>	25
2.5.2 Knee injury and osteoarthritis outcome score	25
2.5.3 <i>Lysholm-Score</i>	26
2.5.4 <i>Erfassung der Zufriedenheit</i>	26
2.5.5 <i>Durchführung der Befragung</i>	26
2.6 Statistische Auswertung	27
2.6.1 <i>Deskriptive Statistik</i>	27
2.6.2 <i>Lineare und logistische Regression</i>	27
2.6.3 <i>T-Test</i>	28
2.6.4 <i>Kreuztabelle</i>	28
2.6.5 <i>Korrelationskoeffizient nach Pearson</i>	28
2.6.6 <i>Signifikanzniveau</i>	28
3. Ergebnisse	29
3.1 Fallbeispiel	29
3.2 Deskriptive Statistik	31
3.2.1 <i>Patientengut</i>	31
3.2.2 <i>Operationszeiten</i>	31
3.2.3 <i>Keilgrad und Keilmaterial</i>	31
3.2.4 <i>Arthroskopie</i>	32
3.2.5 <i>BMI</i>	32
3.2.6 <i>Komplikationen</i>	33
3.2.7 <i>Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum und Durchtrittspunkt der Tragachse</i>	33
3.2.8 <i>Tibial slope</i>	35
3.2.9 <i>Laterale Kortikalis</i>	36
3.2.10 <i>Arthrosegrad</i>	36
3.2.11 <i>Anatomisch femorotibialer Winkel (aFTW)</i>	37

3.2.12 <i>Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW) und mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)</i>	37
3.2.13 <i>WOMAC Arthroseindex</i>	38
3.2.14 <i>KOOS</i>	38
3.2.15 <i>Lysholm-Score</i>	39
3.2.16 <i>Erfassung der Zufriedenheit</i>	39
3.2.17 <i>Überlebensdauer der Umstellungsosteotomie</i>	40
3.3 Lineare Regression	40
3.3.1 <i>Modell 1</i>	41
3.3.2 <i>Modell 2</i>	41
3.3.3 <i>Weitere Modelle</i>	42
3.4 Logistische Regression	42
3.4.1 <i>Modell 1</i>	42
3.4.2 <i>Modell 2</i>	42
3.4.3 <i>Modell 3</i>	43
3.4.4 <i>Modell 4</i>	43
3.4.5 <i>Weitere Modelle</i>	44
3.5 T-Test	44
3.5.1 <i>Postoperativer Prozentpunkt und MAD</i>	44
3.5.2 <i>Laterale Kortikalis</i>	44
3.5.3 <i>Prozentpunkte</i>	44
3.6 Kreuztabelle	46
4. Diskussion	47
5. Zusammenfassung	63
6. Summary	64
7. Abkürzungsverzeichnis	65
8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	66

8.1	Abbildungsverzeichnis	66
8.2	Tabellenverzeichnis	70
9.	Literaturverzeichnis	71
10.	Anhang	80
10.1	Fragebogen Symptome	80
10.2	Fragebogen Steifigkeit	80
10.3	Fragebogen Schmerzen	81
10.4	Fragebogen Aktivitäten des täglichen Lebens	82
10.5	Fragebogen Sport und Freizeit	84
10.6	Fragebogen Beeinflussung der Lebensqualität	84
10.7	Lysholm	85
10.8	Erfassung der Zufriedenheit	86
11.	Erklärung zur Dissertation	88
12.	Danksagung	89
13.	Lebenslauf	90

1. Einleitung

In der Studie von Sprangers et al konnte gezeigt werden, dass Patienten mit Gonarthrose vergleichbare oder in einigen Bereichen größere Einbußen bezüglich ihrer Lebensqualität haben, als Patienten mit kardiovaskulären oder malignen Erkrankungen (95). Bei einer klinisch manifesten Gonarthrose kommt es zu einer ausgeprägten Beschwerdesymptomatik, geprägt durch belastungsabhängige Schmerzen und Funktionseinschränkungen (26). Die daraus resultierenden Einschränkungen im Alltag wirken sich daher auf die Lebensqualität der Betroffenen aus. Charakteristisch für die Arthrose ist die zunehmende Degeneration des Gelenkknorpels bis hin zum Verlust. In der Folge kommt es zu einer Sklerosierung des subchondralen Knochens und zur Ausbildung von Osteophyten (84). Gemäß der Framingham Studie weist heutzutage mehr als ein Drittel der über 60jährigen radiologische Zeichen einer Gonarthrose auf (30). Durch die steigende Lebenserwartung in unserer Gesellschaft wird daher die Bedeutung dieser Erkrankung weiter zunehmen. Dies schlägt sich auch in den dadurch bedingten Kosten zu Lasten der Krankenkassen nieder. Gemäß Statistischem Bundesamt verursachte die Diagnose Arthrose im Jahr 2008 Kosten in Höhe von 7,6 Milliarden Euro (97).

Bislang existiert keine kausale Therapie der Gonarthrose, weshalb bei der Behandlung dieser Patienten zunächst allgemeine Maßnahmen, wie zum Beispiel die Vermeidung einer möglichen kniegelenksschädigenden Noxe oder eine etwaige Gewichtsreduktion unternommen werden sollten (50). Für einen BMI > 30 kg/m² besteht eine signifikante „Dosis-Wirkungs-Beziehung“ zur Arthrose des Kniegelenks (39).

Als konservative Therapieansätze kommen außerdem physiotherapeutische Maßnahmen oder orthopädische Heil- und Hilfsmittel in Betracht. So wurde die Wirksamkeit der lateralen Schuhranderhöhung für Patienten mit Varusgonarthrose nachgewiesen (48). Im Rahmen der medikamentösen Therapie wirken nachweislich nichtsteroidale Antirheumatika, sowie Glukokortikoide, Opioide, SYSADOA („systematic slow acting drugs in osteoarthritis“) und Antizytokine (61, 100).

Da es sich bei der Gonarthrose um eine fortschreitende Erkrankung handelt, ist häufig im Verlauf eine operative Intervention notwendig. Hier kann zunächst zwischen gelenkerhaltenden und gelenkersetzenden Verfahren unterschieden werden.

Schätzungen zufolge werden jährlich weltweit mehr als 500.000 Knieprothesen mit steigender Tendenz implantiert. Dabei konnte die kontinuierliche Verbesserung von Prothesendesign und verwendeter Materialien sowie die Standardisierung der Operationstechnik die Standdauer der Prothesen weiter verbessern. So kann bei einer

derzeit implantierten Totalendoprothese am Kniegelenk zu 90% mit einer Standzeit von 15 Jahren gerechnet werden (2).

Bevor eine manifeste Arthrose vorliegt oder in ausgewählten Fällen bestehen als Alternative zum Gelenkersatz gelenkerhaltende Operationsmethoden. Im symptomatischen Bereich zählen hierzu Shaving und Débridement, bei den knochenstimulierenden Verfahren werden Anbohrung, Mikrofrakturierung und Abrasionsplastik angewandt und im Gebiet der Gelenkflächenrestitution sind die Verfahren der autologen Chondrozytentransplantation sowie der autologen osteochondralen Transplantation etabliert (63).

Für Patienten mit einer medialen Gonarthrose bei Varusdeformität steht zudem die gelenknahe Umstellung zur Verfügung.

Bei einem Genu varum handelt es sich um eine Fehlstellung der unteren Extremität, welche durch eine Abweichung der physiologischen Kniegelenkachse charakterisiert ist. Die Tragachse des Beins ist hierbei zum medialen Gelenkspalt hin verlagert (70).

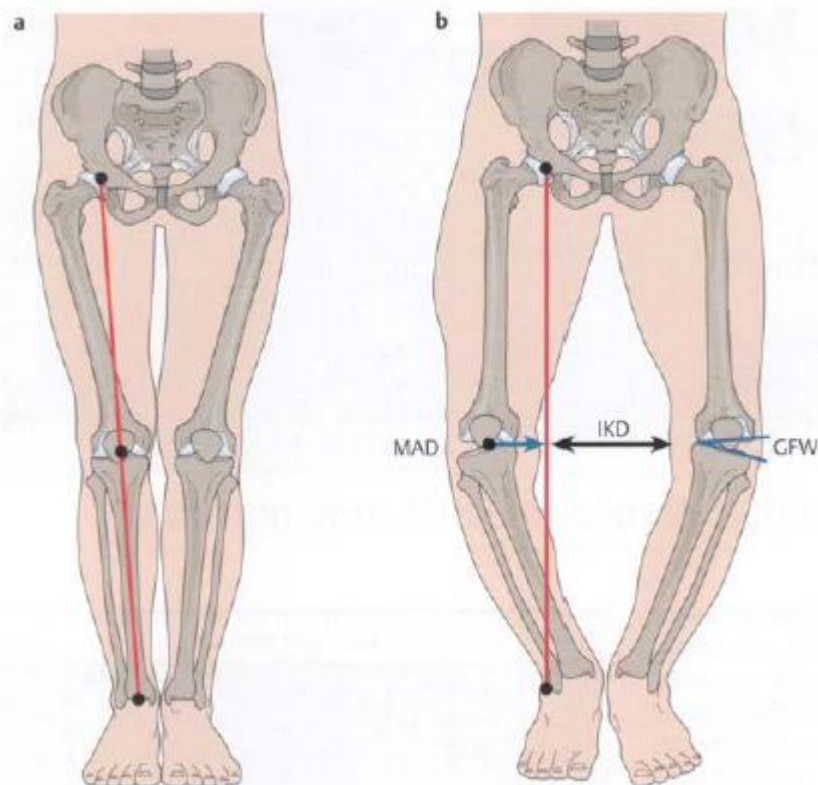


Abb. 1: a: Verlauf der mechanischen Tragachse (rot) bei physiologischen Achsverhältnissen. b: Die mechanische Tragachse (rot) ist beim Genu varum nach medial im Verhältnis zum Kniegelenkzentrum verschoben. Modifiziert nach (54).

Als mögliche Ursachen einer Achsabweichung im Erwachsenenalter findet sich vor allem eine posttraumatische Genese. Weitere ätiologische Faktoren sind destruktive Veränderungen der Gelenkfläche, Knorpelschäden nach Menishektomie und Knorpelabrieb bei Arthrose (35).

Durch die verschobene Tragachse führt eine Varusdeformität in der Regel zu einer vermehrten medialseitigen Belastung des Kniegelenks. Dem folgen unikompartimenteller Verschleiß, medialer Knorpel- und auch Knochensubstanzverlust. Dies verstärkt wiederum die Varusfehlstellung. Der mediale Substanzverlust und die daraus resultierende Verschmälerung des Gelenkspaltes führen zu einer Dehnung des lateralen Kollateralbandes. Diese seitliche Instabilität im Kniegelenk zieht wiederum eine Progredienz der Arthrose nach sich. Varusgonarthrose und Varusfehlstellung können somit als Stationen eines Circulus vitiosus gesehen werden, die sich gegenseitig verstärken (19, 23, 70).

Bereits in der Mitte des 19. Jahrhunderts kam die Idee auf, pathologische Beinachsen durch eine Osteotomie zu normalisieren. Zum damaligen Zeitpunkt bezogen sich die Überlegungen vor allem auf Deformitäten, welche durch Rachitis verursacht worden waren. Als einer der Ersten publizierte um 1850 Josef Anton Mayer aus Würzburg die Methode der Tibiakopfosteotomie. Er hatte diese bei 22 Patienten durchgeführt, wovon 19 Patienten die Prozedur überlebten und dadurch eine Verbesserung der Kniestellung erreicht werden konnte (85). 1875 gelang es Volkmann als Erstem eine deformierte Tibia unter aseptischen Bedingungen zu korrigieren, wodurch die Anzahl an Infektionen deutlich reduziert werden konnte (109). Um 1900 erlangte die Behandlung der Arthrosis deformans weiter an Bedeutung, da mit der Lebenserwartung auch deren Inzidenz angestiegen war. Hackenbroch erkannte den Zusammenhang zwischen gestörter Beinachse und Gonarthrose und prägte den Begriff der präarthrotischen Deformität (94). Es folgte die Veröffentlichung verschiedener Methoden, etwa die suprakondyläre Osteotomie nach Macewen oder die keilförmige Tibiaosteotomie mit Fibulafraktur nach Schede (37, 58). Die erste valgisierende Umstellungsosteotomie zur Therapie der Schmerzen bei Varusgonarthrose wurde 1934 von Julius Hass beschrieben (94).

Ab 1965 nahm Coventry bei einem größeren Patientenkollektiv mit 22 Patienten Tibiaosteotomien vor und konnte diese auch über einen langen Zeitraum verfolgen (18). So stellte er nach zehn Jahren bei 61 % der Patienten ein gutes Ergebnis fest und war damit maßgeblich daran beteiligt, die Methode als Behandlung der unikompartimentellen Gonarthrose populär zu machen (20).

Mit der Entwicklung der Kniegelenksendoprothese in den siebziger Jahren schien eine Lösung für die Gonarthrose gefunden zu sein und das Interesse an Osteotomien

flachte ab. Unter anderem durch die zunehmende Anzahl an Arthroskopien in den neunziger Jahren und die damit verbundene Aufdeckung von Früharthrosen bei jüngeren Patienten erlangte die Umstellungsosteotomie als gelenkerhaltene Alternative eine Renaissance (94).

Durch die Weiterentwicklung sowohl der Operationsmethoden als auch des Materials (Plattenfixateur, externe Fixateure, Knochenersatzmaterialien, etc.) stellt die Umstellungsosteotomie heute ein ergänzendes Verfahren zur Endoprothetik dar.

Die Korrektur einer Varusdeformität kann durch unterschiedliche Osteotomietechniken erzielt werden. Allen gemein ist die vorherige Planung von Winkel und Drehzentrum (CORA center of rotation of angulation) (35). Bei der Planung werden die aktuelle Belastungsachse, das Drehzentrum der Osteotomie und die geplante Osteotomiehöhe eingezeichnet. Durch Festlegung der gewünschten postoperativen Tragachse kann der zu öffnende Korrekturwinkel bestimmt werden (35).

Bei der kontinuierlichen Korrektur wird das Korrekturziel erst allmählich über einen Verlauf von mehreren Wochen erlangt. Die beim Erwachsenen durchgeführte Technik mittels Fixateur externe wurde von De Bastiani entwickelt (22). Die Höhe der Winkelhalbierenden der Deformität bestimmt das Drehzentrum des Fixateurs. Ab dem sechsten postoperativen Tag wird mit maximal einem Millimeter pro Tag die Korrektur durch Osteotomiedistraktion begonnen. Dieses als Hemikallotaxis bezeichnete minimalinvasive Verfahren bietet ein hohes Maß an Präzision, erfordert allerdings eine circa zweimonatige Fixateurtragezeit, um eine stabile Kallusbildung zu garantieren (66).

Für die akute Korrektur können die Osteotomietechniken in aufklappend, schließend, domförmig oder drehend mit Translation unterschieden werden (1, 19, 36, 42).

Bei der aufklappenden Methode (Open-wedge-Osteotomie) wird mit einem dünnen Sägeblatt die Osteotomie ausgeführt und anschließend unter Erhalt der lateralen Kortikalis aufgeklappt. In den Osteotomiespalt kann ein Kochenspan, Knochenerstzmaterialien oder ein randständiger Spacer eingefügt werden (82). Zur internen Osteosynthese werden Plattenfixateure, wahlweise auch winkelstabil, verwendet.

Bei der schließenden Methode (Close-wedge-Osteotomie) wird im Bereich des Tibiakopfes ein Knochenkeil entnommen, dessen Basis nach lateral weist (18). Gleichzeitig ist eine Fibulaosteotomie am Übergang vom mittleren zum distalen Drittel notwendig. Die Osteosynthese erfolgt mit Klammern oder Platten.

Bei der domförmigen Methode wird, meist durch multiple Bohrloch-Osteoklasie-Technik, ein bogenförmiger Schnitt vorgenommen, so dass anschließend um diese Achse gedreht werden kann (42). Dadurch kann ein Beinlängenunterschied vermieden

werden und es entsteht eine große Knochenkontaktfläche, welche für die Heilung günstig ist.

Die drehende Methode kommt bei Kombinationsfehlstellungen zur Anwendung. Wenn durch Angulation und Translation das Zentrum der Deformität außerhalb des Skelettabschnittes liegt, kann eine Korrektur durch Translationsosteotomie oder gegenläufige Angulationsosteotomie erfolgen (36).

Seit dem Jahr 2000 findet der winkelstabile interne Plattenfixateur TomoFix® (Fa. DePuy Synthes) Verwendung bei der öffnenden Tibiaosteotomie.



Abb. 2: Winkelstabiler Plattenfixateur TomoFix® mit 3 Gewindelöchern im T-Schenkel und 5 Kombilöchern im Plattenschaft (35).

Die drei proximalen Gewindelöcher im T-Schenkel werden mit Kopfverriegelungsschrauben besetzt. Durch den nach kaudal um vier Grad geneigten Verlauf der Schraubenlöcher wird eine Perforation der Tibiagelenkfläche vermieden. Mit Besetzung der fünf Kombilöcher im Plattenschaft kann zwischen Kompressions- und Verriegelungsosteosynthese gewählt werden (54).

Diese Arbeit wird sich mit der kniegelenksnahen Umstellungsosteotomie bei Varusgonarthrose unter Verwendung des TomoFix® weiter auseinandersetzen.

1.1 An der Orthopädischen Universitätsklinik Giessen angewandte operative Technik und Nachbehandlung

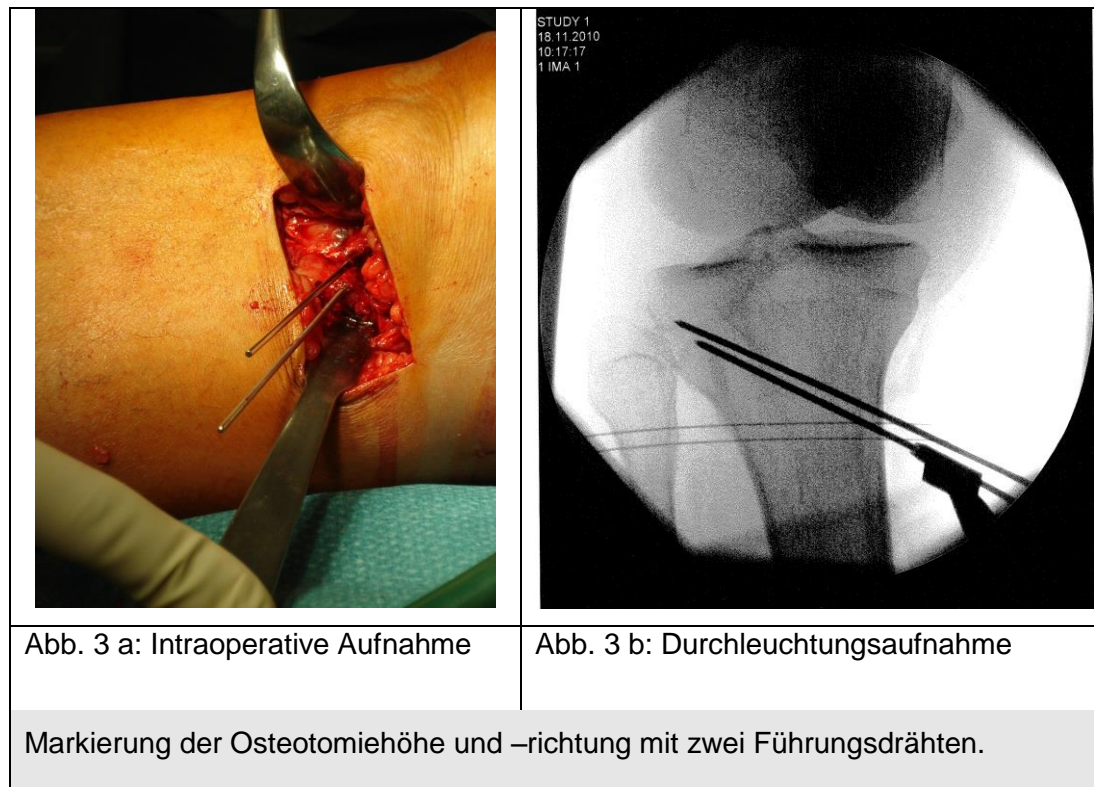
Der Eingriff kann sowohl in Intubationsnarkose als auch in Regionalanästhesie durchgeführt werden. In der Regel wird zunächst eine diagnostische Arthroskopie vorgenommen, um etwaige vorbestehende Meniskus- oder Knorpelschäden zu dokumentieren und behandeln zu können.

Es erfolgt die Lagerung des zu operierenden Beines im Beinhalter mit Anlegen einer Oberschenkelblutsperre sowie standardmäßige Hautdesinfektion und Abdeckung.

Der Hautschnitt verläuft medial schräg über dem inneren Gelenkspalt bis zur Tuberositas tibiae.

Es folgt die Mobilisation des medialen Seitenbandes am Tibiakopf, die partielle Mobilisation des Pes anserinus und Unterfahren des Ligamentum patellae.

Unter Bildwandlerkontrolle wird mit einem K-Draht die Osteotomiehöhe markiert (Abb. 3 a und b).



Anschließend wird die Osteotomie des Tibiakopfes von medial nach lateral ansteigend unter Aussägen der Tuberositas tibiae mit dem Ligamentum patellae durchgeführt, wodurch dieses geschont werden kann. Die Osteotomie wird bis zum gewünschten Gradmaß unter Verwendung von Flachmeißeln aufgeklappt und wahlweise ein Trikalziumphosphatkeil eingebracht. Die Indikation hierfür stellt der Operateur. Es folgt das Anlegen der TomoFix-Platte® (Abb. 7) an den Tibiakopf und das Einbringen der Schrauben (Abb. 4 a und b).



Abb. 4a: Intraoperative Aufnahme



Abb. 4b: Durchleuchtungsaufnahme

Einsetzen eines Arthrodesespreizers, Einschleiben des Plattenfixateurs und proximale Verriegelung.

Dazu werden im ersten Schritt die drei proximalen Löcher besetzt und eine passagere bikortikale Zugschraube zur Erzeugung einer lateralen Kompression eingebracht. Diese wird nach dem Besetzen der restlichen Löcher (Abb. 5) durch eine winkelstabile bikortikale Schraube ersetzt.



Wenn in der anschließenden Bildwandlerkontrolle die wunschgemäÙe Korrektur und der regelrechte Implantatsitz festgestellt werden (Abb. 6 a und b), folgen Öffnung der Blutleere, Blutstillung, Einbringen einer Redondrainage und schichtweiser Wundverschluss.

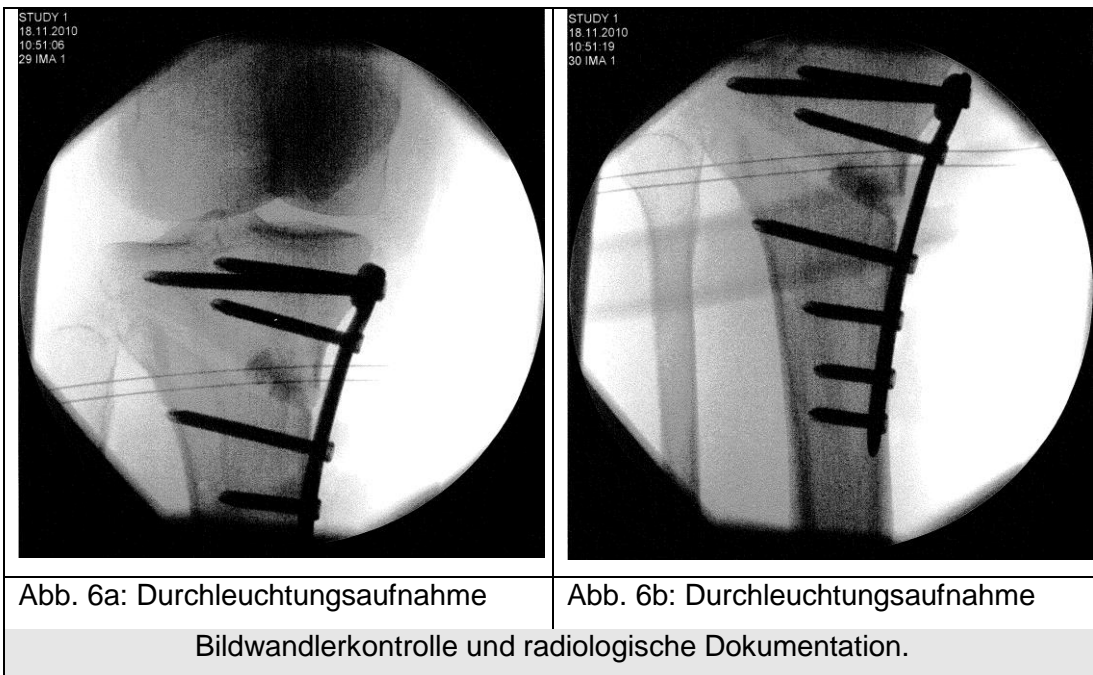




Abb. 7: Schemazeichnung der Lage des Plattenfixateurs in der proximalen Tibia (1).

In der Nachbehandlung erfolgt die schrittweise Mobilisation und krankengymnastische Übungsbehandlung für insgesamt sechs Wochen bei Teilbelastung und Beugung bis 90°. In Abhängigkeit der knöchernen Konsolidierung erfolgt der Übergang zur Vollbelastung. Bis zum Erreichen der Vollbelastung wird eine Thromboseprophylaxe mit niedermolekularem Heparin durchgeführt.

1.2 Indikationsstellung

Die Indikation zur valgusierenden öffnenden Umstellungsosteotomie der proximalen Tibia besteht bei unikompartimenteller medialer Gonarthrose mit Varusdeformität der unteren Extremität bei Patienten mit körperlichem Aktivitätsanspruch (45). Das Alter der Patienten sollte unter 60-65 Jahre liegen, der Bewegungsumfang sollte für Streckung/Beugung mindestens 0/10/120° betragen. Weiterhin sollten stabile Bandverhältnisse und keine patellofemorale Symptomatik vorliegen (11). Begleitend können Knorpel- oder Meniskuseingriffe durchgeführt werden.

1.3 Kontraindikationen

Als absolute Kontraindikationen werden unzureichende Weichteilverhältnisse sowie systemische oder lokale Infektionen gesehen (35). Bei den relativen Kontraindikationen müssen mit dem Patienten Vor- und Nachteile abgewogen und eine individuelle Entscheidung getroffen werden. Hierzu zählen starkes Übergewicht, eine Arthrose im lateralen Gelenkbereich oder ein Verlust des Außenmeniskus. Bei dritt- bis

viertgradigen Knorpelschäden nach Outerbridge ist von einem verkürzten postoperativen Behandlungserfolg auszugehen und es sollte alternativ ein prothetischer Ersatz diskutiert werden. Insbesondere für junge Patienten stellt jedoch in diesem Fall eine Umstellungsosteotomie eine Alternative zur Schlittenprothese dar. Streckdefizite können in die Planung mit einbezogen werden, sollten allerdings nicht mehr als 10° betragen (76). Nikotinabusus stellt wie bei allen Osteotomieverfahren eine relative Kontraindikation dar, da es zu einer Verzögerung der Kallusbildung kommen kann.

1.4 Korrekturziele

Es hat sich gezeigt, dass für den Behandlungserfolg eine Überkorrektur in den valgischen Bereich hinein aus zwei Gründen günstig ist. Zum einen kann auf diese Weise der geschädigte mediale Gelenkanteil wirksam entlastet werden, zum anderen konnte in Langzeitstudien demonstriert werden, dass es im postoperativen Verlauf von circa zehn bis 15 Jahren zu einer allmählichen Revarisierung der Beinachse kommt (17). Das Ausmaß der Korrektur wird in der Literatur kontrovers diskutiert (106).

Die Vorschläge für die Dimension der Überkorrektur reichen von zwei bis 16 Grad valgisch, bis hin zur Auffassung, dass zwischen Überkorrektur und Behandlungserfolg kein Zusammenhang bestünde (9). Eine Überkorrektur wird jedoch von der Mehrheit der Autoren gefordert (27, 32, 43, 73, 96, 104).

1.5 Ziele der Arbeit

Folgende Hypothesen waren für die Konzeption dieser Arbeit maßgeblich:

- Das präoperativ definierte Korrekturziel wird erreicht.
- Die Patienten sind in der Nachbefragung mit diesem Eingriff zufrieden.
- Ein zufriedenstellendes radiologisches Ergebnis korreliert mit einem guten Ergebnis aus Sicht des Patienten.
- Es existieren verschiedene Faktoren, wie z. B. Alter, BMI oder Arthrosegrad, die einen Einfluss auf das Operationsergebnis und der Frage, ob sich ein Patient dieser Operation noch einmal unterziehen würde, haben.

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der in der Orthopädie der Universitätsklinik Giessen durchgeführten valgisierenden proximalen Tibiaosteotomie mit dem Plattenfixateur TomoFix® vorgestellt werden.

2. Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Patientenkollektiv

Die hier vorliegende Arbeit untersucht retrospektiv die Therapieergebnisse nach einer kniegelenksnahen öffnende Tibiaosteotomie unter Verwendung eines winkelstabilen Plattenfixateurs bei medialer Gonarthrose an der Klinik und Poliklinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie des Universitätsklinikums Gießen.

Zu Beginn stand zunächst die Sammlung der Fälle anhand des digital vorhandenen Operationsplans.

Dabei wurden nur Patienten in diese Arbeit mit aufgenommen, deren Versorgung mit dem Plattenfixateur TomoFix® erfolgt war.

Im Zeitraum September 2004 bis Februar 2009 wurden bei 74 Patienten 80 Knie mit einer kniegelenksnahen öffnenden Tibiaosteotomie versorgt. Es handelte sich dabei in 40 Fällen um das rechte und in 40 Fällen um das linke Knie. Von den behandelten Patienten waren 53 männlich und 21 weiblich. Fünf männliche und eine weibliche Patientin wurden an beiden Knien operiert.

Zum Operationszeitpunkt betrug das Alter der Patienten im Mittel 48,1 Jahre. Der jüngste Patient war 20 Jahre alt und der älteste Patient 65 Jahre.

2.2 Verwendete Röntgenbilder

Zur Auswertung der radiologischen Befunde wurden jeweils sechs Röntgenbilder pro Patient vermessen.

Es handelte sich hierbei um die präoperativ angefertigte Ganzbeinaufnahme im Stand und die Kniegelenkaufnahme in zwei Ebenen. Von den routinemäßig im postoperativen Verlauf angefertigten Aufnahmen wurden ebenfalls die Ganzbeinaufnahme im Stand sowie die Aufnahmen des Kniegelenks in zwei Ebenen verwendet.

Tabelle 1: Für die Auswertung wurden die jeweils prä- und postoperativ angefertigten a.p.-Ganzbeinaufnahme im Stand sowie das Kniegelenk a.p. und seitlich verwendet. Zur Verfügung standen folgende Anzahl Röntgenbilder.

Röntgenbilder	Anzahl	Prozent
a.p.-Ganzbeinaufnahme im Stand präoperativ	77	96,25 %
Kniegelenk im a.p.-Strahlengang präoperativ	80	100 %
Kniegelenk im seitlichen Strahlengang präoperativ	71	88,75 %
a.p.-Ganzbeinaufnahme im Stand postoperativ	61	76,25 %
Kniegelenk im a.p.-Strahlengang postoperativ	79	98,75%
Kniegelenk im seitlichen Strahlengang postoperativ	80	100 %

Zur Auswertung der digitalen Röntgenbilder wurde das Programm DICOM Viewer der Firma MEDOS verwendet.

2.3 Messparameter

2.3.1 Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum (MAD)

Als Mikulicz-Linie bzw. mechanische Tragachse wird die Verbindungslinie zwischen Hüftkopfzentrum und Zentrum des oberen Sprunggelenks bezeichnet (Abb. 8). Als Zentrum des oberen Sprunggelenks wurde der Mittelpunkt der größten Ausdehnung des proximalen Talus festgelegt (80).

In der Vergangenheit wurde der Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen den Kreuzbandhöckern als Zentrum des Kniegelenks definiert (15). Wir verwendeten eine speziell auf das arthrotische Kniegelenk angepasste Definition, bei der sich der Mittelpunkt durch die Tangenten an Tibiakopf und Femurkondylen ermitteln lässt (80). Die Abweichung der Tragachse vom Kniegelenkzentrum wird auch als mechanische Achsabweichung (MAD) bezeichnet.

Der Abstand wurde in Millimeter angegeben und sowohl auf der präoperativ wie auch auf der postoperativ angefertigten Ganzbeinaufnahme im Stand vermessen.

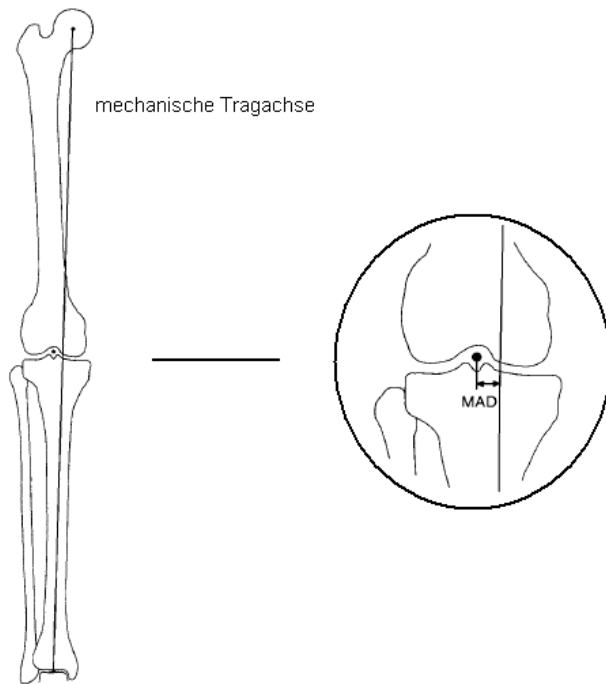


Abb. 8: Die mechanische Tragachse verläuft vom Hüftkopfzentrum zum Sprunggelenkzentrum. Als mechanische Achsabweichung (MAD) wird deren Abstand zum Kniegelenkzentrum bezeichnet. Modifiziert nach 78.

2.3.2 Durchtrittspunkt der Tragachse (Prozentpunkt)

Der Punkt, an dem die mechanische Tragachse durch das Tibiaplateau verläuft, kann in Prozent zur Tibiaplateaubreite angegeben werden (44). Null Prozent entsprechen hierbei der medialen Kortikalis und 100 Prozent der lateralen Kortikalis (Abb. 9).

Es wurden die prä- und postoperativen Durchtrittspunkte in Prozent bestimmt.

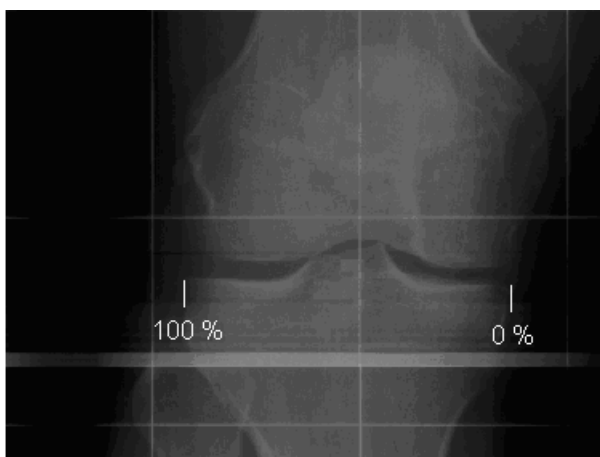


Abb. 9: Für den Durchtrittspunkt der mechanischen Tragachse im Verhältnis zur Tibiaplateaubreite wird auf der a.p.-Aufnahme des Kniegelenks die mediale Kortikalis als 0% und die laterale Kortikalis als 100% definiert.

Zur Beurteilung der Korrektur wurde die Einteilung von Niemeyer et al. verwendet:
Eine Überkorrektur lag vor, wenn die Position der Mikulicz-Linie in Relation zur Tibiaplateauweite postoperativ mehr als 70 % betrug. Eine Unterkorrektur lag vor, wenn die Position der Mikulicz-Linie in Relation zur Tibiaplateauweite postoperativ weniger als 50 % betrug (68).

2.3.3 Tibialer slope

Das Tibiaplateau ist physiologischerweise um ca. 10° an der dorsalen Seite nach kaudal geneigt (80). Zunächst wurde der anatomische proximale posteriore Tibiawinkel (aPPTW, Normwert 77-84°) zwischen der mechanischen Achse in der Sagittalebene und der Tangente an das mediale Tibiaplateau bestimmt (78).

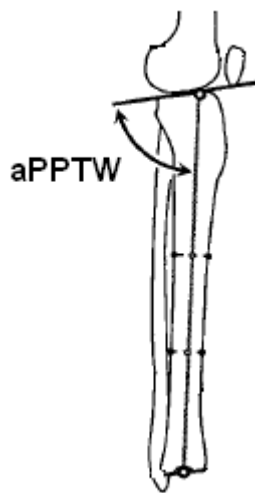


Abb. 10: Der anatomische proximale posteriore Tibiawinkel befindet sich zwischen der Tangente an das mediale Tibiaplateau und der mechanischen Achse in der Sagittalebene. Modifiziert nach 78.

Die mechanische Achse in der Sagittalebene verläuft durch die Mittelpunkte der Schaftdurchmesser (75). Um den „tibial slope“ zu erhalten wurde der aPPTW von 90° subtrahiert.

Wir überprüften auf den Kniegelenkaufnahmen im seitlichen Strahlengang, ob die Osteotomie eine Auswirkung auf den tibialen slope hatte.

2.3.4 Anatomischer femorotibialer Winkel (aFTW)

Der anatomische femorotibiale Winkel ist nach lateral geöffnet und definiert als Winkel zwischen den anatomischen Schaftachsen von Femur und Tibia. Physiologischerweise beträgt er zwischen 173° und 175° (35).

Die anatomische Achse entspricht sowohl an Femur als auch an Tibia der Verbindungslinie an der Mitte der Dritteldurchmesser (78).

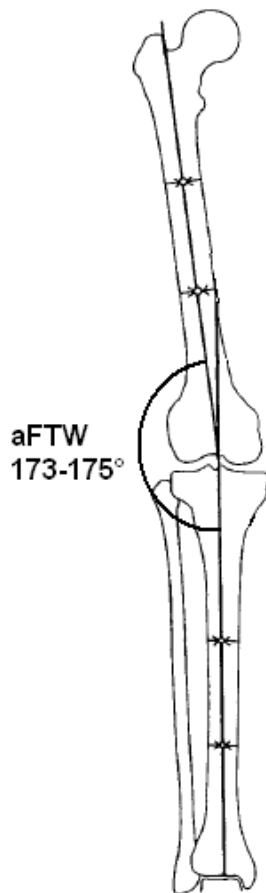


Abb. 11: Der anatomische femorotibiale Winkel (aFTW) zwischen den Schaftachsen von Tibia und Femur. Modifiziert nach 78.

2.3.5 Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW)

Der Winkel zwischen Tibiaplateaulinie und der mechanischen Achse der Tibia wird als mMPTW bezeichnet (Abb.12). Die mechanische Achse der Tibia verläuft parallel zur anatomischen Achse, um wenige Millimeter nach medial versetzt (35).

Der mMPTW wird mit einem Normwert von $87,5^\circ \pm 2,5^\circ$ angegeben.

Liegt ein mMPTW kleiner als dieser Normwert vor, ist von einer tibialen Knochenfehlstellung als Ursache für die mediale mechanische Achsabweichung auszugehen (78).

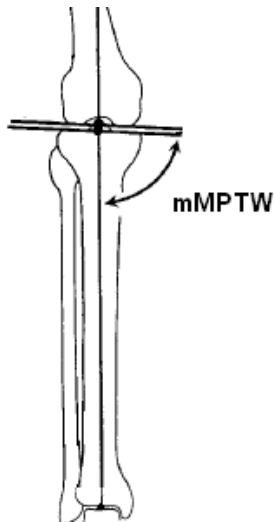


Abb. 12: Der mechanische mediale proximale Tibiawinkel (mMPTW) liegt zwischen der Tibiaplateaulinie und der mechanischen Achse der Tibia. Modifiziert nach 78.

2.3.6 Mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)

Die mechanische Achse des Femur verläuft vom Hüftkopfbereich zum Kniegelenkzentrum (80).

Zwischen der Kniebasislinie und der mechanischen Achse des Femur befindet sich mit $87,5^\circ \pm 2,5^\circ$ der mLDFW. Ein mLDFW größer als dieser Normwert bedeutet eine femorale Deformität als Ursache für die Verschiebung der Mikulicz-Linie nach medial (78).

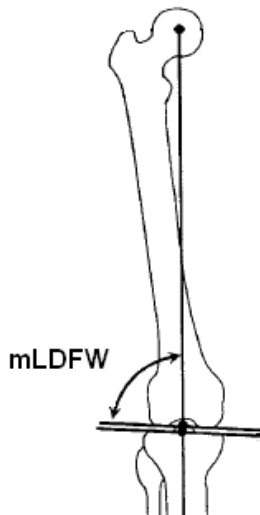


Abb. 13: Der mechanische laterale distale Femurwinkel (mLDFW) befindet sich zwischen der Kniebasislinie und der mechanischen Achse des Femur. Modifiziert nach 78.

2.3.7 Zustand der lateralen Kortikalis

Auf der postoperativ angefertigten a.p.-Aufnahme des Kniegelenks wurde beurteilt, ob die laterale Kortikalis beim Aufdehnen des Osteotomiespalt es intakt geblieben oder frakturiert ist.

2.3.8 Arthrosegrad

Kellgren und Lawrence entwickelten Mitte des vorigen Jahrhunderts eine Skala zur Erfassung und Beurteilung der Osteoarthrose. Ziel dieser Einteilung war es, Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit zu erlangen.

Als Parameter hierfür werden arthrosetypische Merkmale wie subchondrale Sklerosierung, Gelenkspaltverschmälerung oder Osteophytenbildung verwendet.

Die Einteilung erfolgt in fünf Stadien. Das Stadium 0 bedeutet keine arthrotischen Veränderungen, Stadium 4 entspricht einer schweren Arthrose (47).



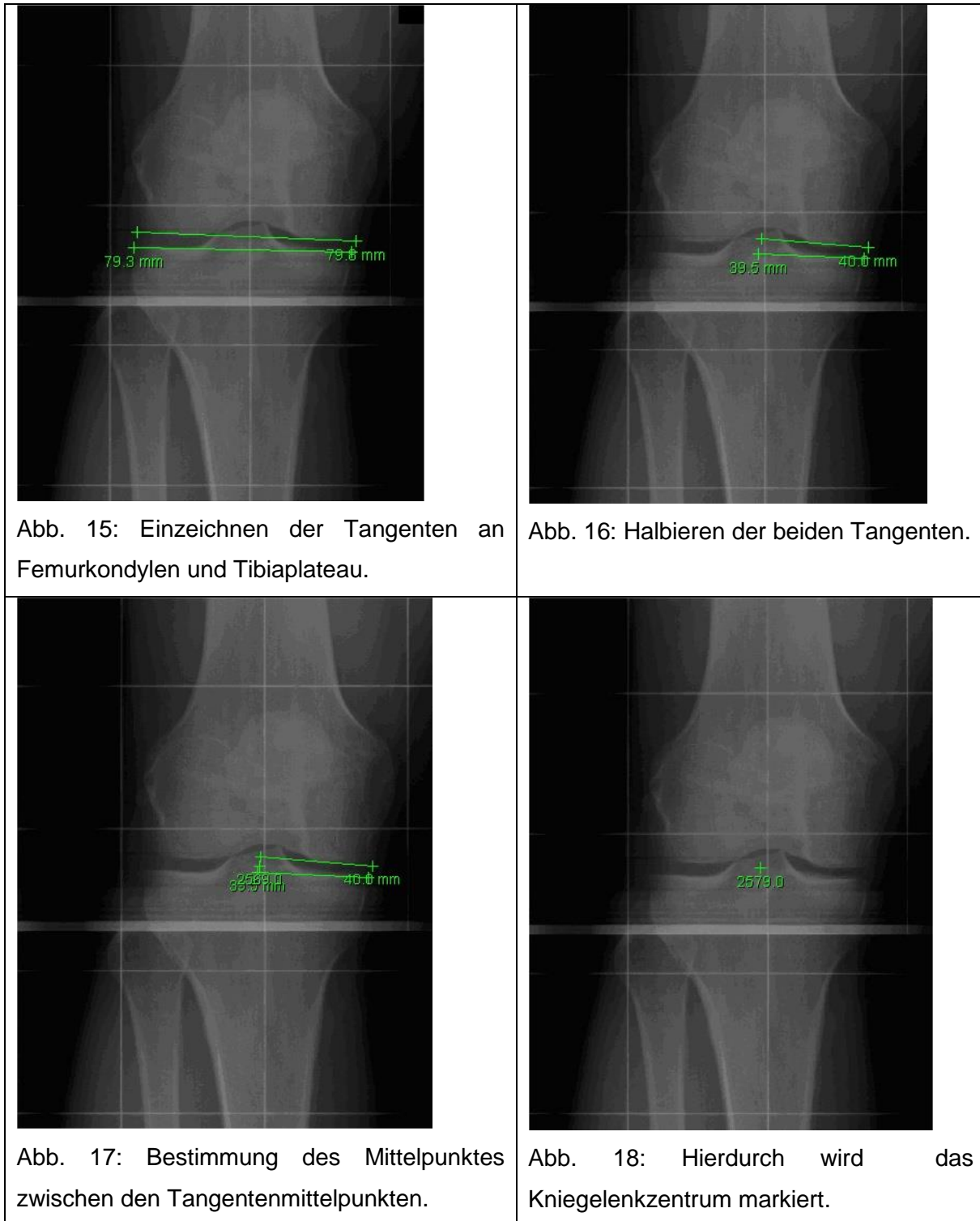
Abb. 14: Der Arthrosegrad des Kniegelenks wird nach Kellgren und Lawrence in vier Stadien eingeteilt. Bild a zeigt Stadium 1 mit geringer subchondraler Sklerosierung. Bei Bild b mit Stadium 2 findet sich eine Gelenkspaltverschmälerung. Im Stadium 3 bei Bild c kommt es zur Ausbildung von Osteophyten sowie zu einer Unregelmäßigkeit der Gelenkfläche. Bild d zeigt ein Stadium 4, bei welchem es zur vollständigen Destruktion kommt.

Es wurde der Arthrosegrad im medialen und lateralen Gelenkkompartiment anhand der präoperativ angefertigten frontalen Kniegelenksaufnahme bestimmt. Die Beurteilung des retropatellaren Arthrostadiums erfolgte mittels der präoperativen Kniegelenksaufnahme im seitlichen Strahlengang.

2.4 Vorgehen bei der radiologischen Auswertung

Zur Bestimmung der in Abschnitt 2.3 beschriebenen Messparameter wurden die im Folgenden mit exemplarischen Röntgenbildern dargestellten Schritte durchgeführt.

2.4.1 Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum



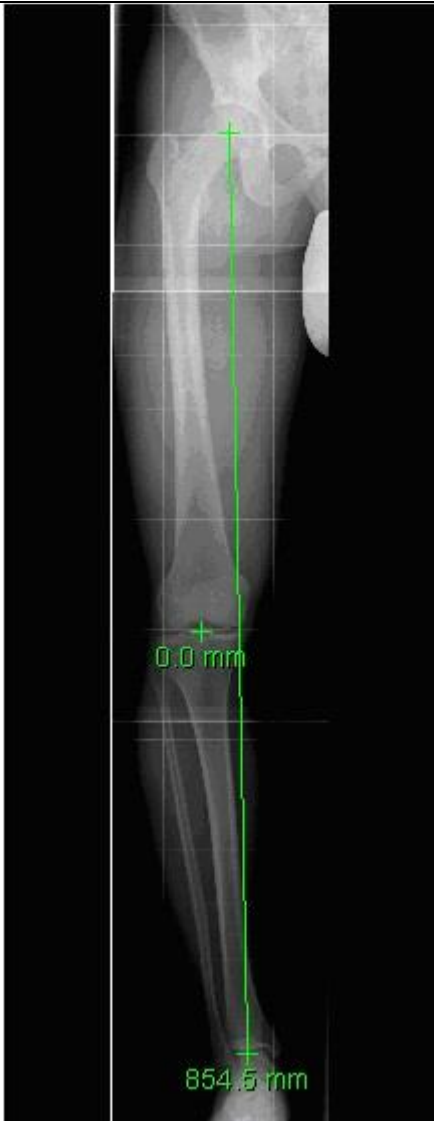


Abb. 19: Einzeichnen der Mikulicz-Linie.

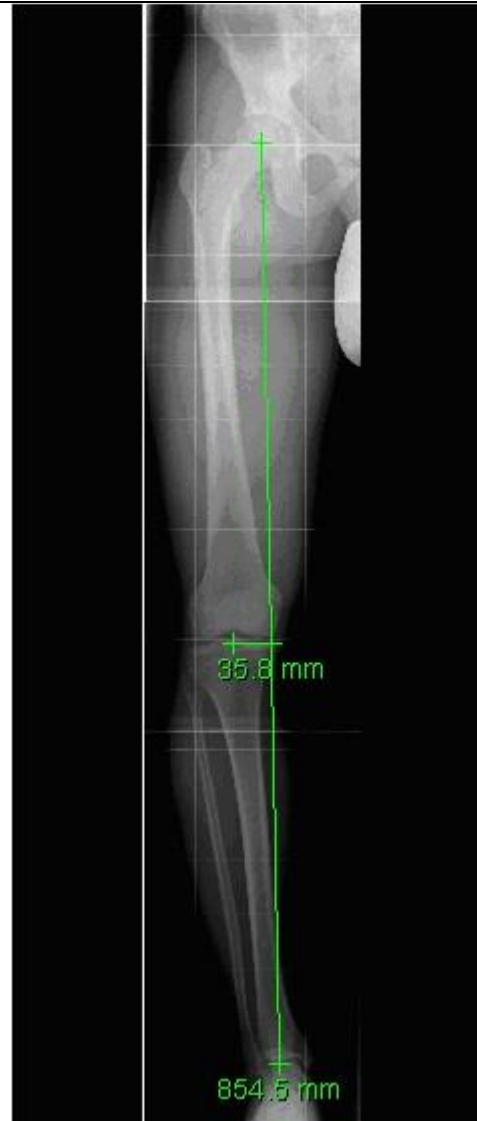


Abb. 20: Ermittlung des Abstandes zwischen Kniegelenkzentrum und Mikulicz-Linie in Millimeter.

2.4.2 Durchtrittspunkt der Tragachse



Abb. 21: Ausmessen der Tibiplateaubreite.



Abb. 22: Bestimmung des Abstandes zwischen medialer Tibiplateaukante und Mikulicz-Linie.

Um den Durchtrittspunkt der Tragachse in Prozent (Prozentpunkt) zu erhalten wurde der Abstand zwischen medialer Tibiplateaukante und Mikulicz-Linie ins Verhältnis gesetzt zur Tibiplateaubreite.

2.4.3 Tibial slope



Abb. 23: Einzeichnen der Tibiaschaftachse.



Abb. 24: Einzeichnen der Tangente an das mediale Tibiaplateau.

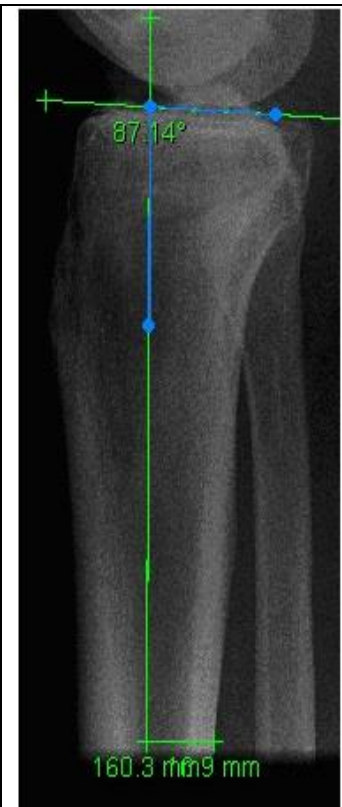


Abb. 25: Ausmessen des Winkels zwischen der Tibiaschaftachse und der Tangenten zum Tibiaplateau.

Da der „Tibial slope“ der dorsalen Neigung des Tibiaplateaus nach kaudal entspricht, wurde der gemessene Winkel (aPPTW) von 90° subtrahiert.

2.4.4 Anatomischer femorotibialer Winkel (aFTW)



Abb. 26: Einzeichnen der anatomischen Achsen von Femur und Tibia.

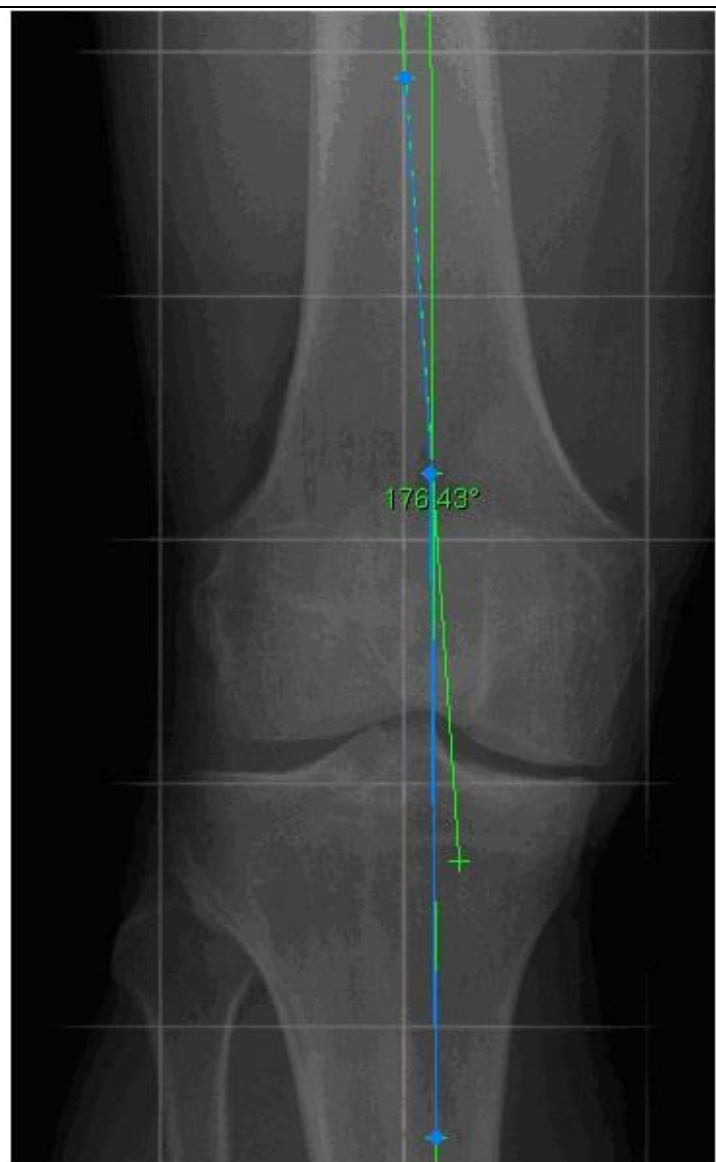


Abb. 27: Ausmessen des lateralen Winkels zwischen diesen beiden Achsen.

2.4.5 Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW)



Abb. 28: Einzeichnen der anatomischen Achse der Tibia und der Tibiplateaulinie.



Abb. 29: Vermessung des Winkels medial dieser beiden Linien.

2.4.6 Mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)

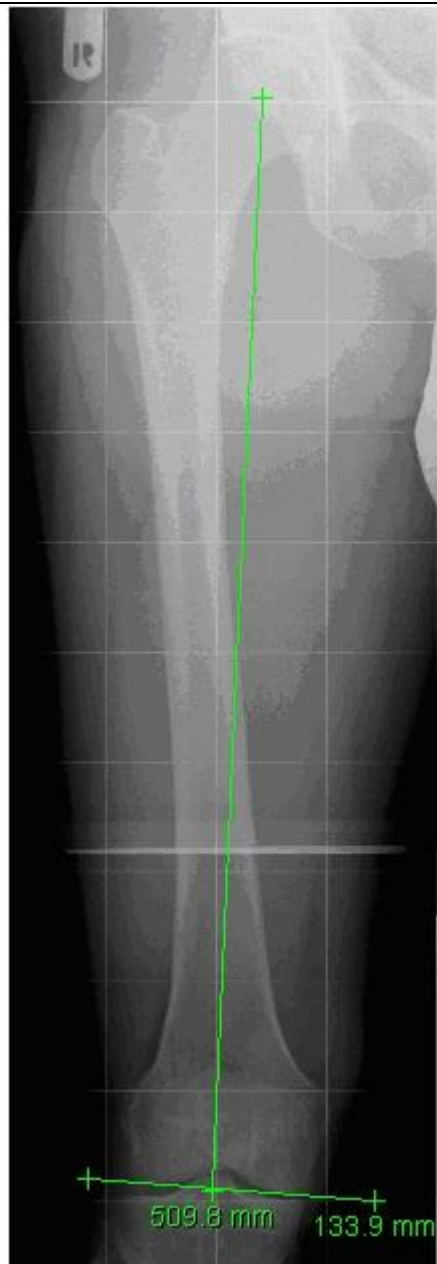


Abb. 30: Einzeichnen der mechanischen Femurachse und der Kniebasislinie.



Abb. 31: Bestimmung des Winkels lateral zwischen diesen Geraden.

2.5 Verwendete Fragebögen

2.5.1 Western Ontario und McMaster Universities *Arthroseindex*

Der Western Ontario und McMaster Universities (WOMAC) Arthroseindex ist ein weit verbreiteter Fragebogen zur Erfassung spezifischer Krankheitsauswirkungen der Gon- oder Coxarthrose aus der Sicht des Patienten, der für Therapiestudien empfohlen wird. Er wurde von Nicholas Bellamy an der Universität Western Ontario entwickelt und 1988 erstmals veröffentlicht (10).

Die hier verwendete deutsche Version weist eine hohe Validität und Test-Retest-Reliabilität auf (102). Der Test kann mit einer visuellen Analogskala oder einer Likert-Skala durchgeführt werden.

Der Fragebogen besteht aus drei Teilen mit insgesamt 24 Fragen. Es werden hierbei die für Gonarthrosepatienten typische Schmerz- und Steifigkeitssymptomatik sowie Funktionseinschränkungen im Alltag erfasst.

Teil A erfasst das Problem der Kniesteifigkeit morgens direkt nach dem Aufstehen und im Verlauf des Tages nach Ruhepausen.

In Teil B gibt der Patient Auskunft über Schmerzen im betroffenen Kniegelenk beim Gehen auf ebenem Boden, beim Treppensteigen, beim Liegen im Bett, beim Sitzen und Liegen sowie beim aufrechten Stehen.

In Teil C werden mit 17 Items die Schwierigkeiten des Patienten im Alltag z.B. beim Einkaufen oder bei der Hausarbeit erfragt.

Wir verwendeten zur Beantwortung eine fünfstufige Likert-Skala von „nie“ bis „immer“, „keine“ bis „sehr starke“ und „keine“ bis „sehr große“ beantwortet, wobei null Prozent maximale Probleme und 100 Prozent keine Probleme bedeuten.

2.5.2 Knee injury and osteoarthritis outcome score

Der knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) wurde 1998 an der Orthopädischen Klinik der Universität Lund in Schweden entwickelt. Er basiert auf dem Fragebogen des WOMAC-Scores und umfasst zusätzlich die Bereiche „Symptomatik“, „Schwierigkeiten beim Sport und in der Freizeit“ sowie die „Beeinflussung der Lebensqualität“ (88).

Hinreichende Validität, Reliabilität und Sensitivität wurden sowohl für die schwedische als auch für die deutsche Version belegt (49, 87).

In Teil I werden mit fünf Fragen Symptome wie Schwellung oder Blockierung erfasst sowie die Kniesteifigkeit entsprechend Teil A des WOMAC-Scores.

Teil II befasst sich mit neun Fragen zur Angabe von Schmerzen, hierbei wurde der WOMAC-Teil B um vier Fragen erweitert.

Teil III zu Schwierigkeiten im Alltag entspricht Teil C des WOMAC-Scores.

In Teil IV gibt der Patient Auskunft über Schwierigkeiten beim in die Hocke gehen, Hüpfen, Rennen, Umdrehen auf dem betroffenen Knie und Hinknien.

Teil V erfasst die Beeinflussung der Lebensqualität durch das betroffene Knie mit vier Fragen.

Die Fragen werden mit einer Skala beantwortet, wobei null Prozent „maximale Probleme“ und 100 Prozent „keine Probleme“ bedeuten.

2.5.3 Lysholm-Score

Dieser Score wurde ursprünglich für Patienten mit vorderer Kreuzbandverletzung aus der Larson Knieskala entwickelt, ist aber auch für die Beurteilung nach Umstellungsosteotomien geeignet (57, 62).

In der modifizierten Fassung werden vom Patienten die Bereiche „Hinken“, „Benutzung von Gehhilfen“, „Knieschwellung“, „Instabilität“, „Schmerzen“, „Blockierungssymptomatik“, „Treppensteigen“ und „in die Hocke gehen“ beurteilt (103). Es werden zwischen drei und sechs Antwortalternativen vorgegeben und es können maximal 100 Punkten erreicht werden.

2.5.4 Erfassung der Zufriedenheit

Durch uns wurde ein Fragebogen zur Erfassung der Patientenzufriedenheit mit dem operativen Eingriff entwickelt. Die Patienten wurden gebeten, folgende vier Fragen auf einer sechs-stufigen Likert-Skala von „1“ (=sehr zufrieden) bis „6“ (=sehr unzufrieden) zu beantworten.

Hat sich die allgemeine Beweglichkeit durch die Operation verbessert?

Konnten Sie durch den Eingriff die Schmerzmitteleinnahme senken?

Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit dem Eingriff?

Abschließend wurden die Patienten gefragt, ob sie die Operation noch einmal durchführen lassen würden.

2.5.5 Durchführung der Befragung

Die Nachbefragung erfolgte telefonisch zwischen 17 und 68 Monate nach der Umstellungsosteotomie. Im Durchschnitt wurden die Patienten 40 Monate postoperativ nachbefragt.

Es konnte 64 Patienten nachbefragt werden, was einer Nachbefragungsquote von 80 Prozent entspricht. 16 Patienten konnten aus unterschiedlichen Gründen (mangelnde Deutschkenntnisse, Umzug ins Ausland u.a.) nicht teilnehmen, hierunter auch ein Patient, der an beiden Knien operiert wurde.

Bei den Fragen des WOMAC Arthroseindex, KOOS und Lysholm-Score beantworteten die Patienten jede Frage zweifach. Sie wurden zunächst gebeten, sich an den Zeitraum kurz vor der Operation zu erinnern und die Frage für die damalige Situation zu bewerten. Anschließend erfolgte die Beurteilung für die momentane Situation. Dadurch war es bedingt möglich sowohl präoperative als auch postoperative Punktzahlen zu erhalten.

2.6 Statistische Auswertung

Für die Erfassung der individuellen Patientendaten wurde das Programm SPSS (Version 15.0, SPSS Inc., Chicago, USA) für Windows verwendet. In dieser Tabelle waren alle zu erhebenden Kategorien in einer entsprechenden Spalte angelegt und ermöglichten eine genaue Zuordnung zu jedem einzelnen Patienten.

2.6.1 Deskriptive Statistik

Für die deskriptive Statistik wurde bei normal- oder ordinalskalierten Merkmalen eine Häufigkeitsanalyse durchgeführt. Bei metrischen Merkmalen konnten die Kennzahlen (Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung) bestimmt werden.

2.6.2 Lineare und logistische Regression

Im Mittelpunkt der Auswertung stand die Detektion von Einflussvariablen auf das subjektive Patientenergebnis der Umstellungsosteotomie.

Ziel der Linearen Regression ist es, einen Zusammenhang zwischen einer abhängigen und mehreren erklärenden Variablen aufzuzeigen. Dabei soll die Fragestellung geklärt werden, inwieweit man anhand der Werte aus den erklärenden Variablen auf den Wert der abhängigen Variable schließen kann. Das Ergebnis der Regressionsanalyse ist dann eine Gleichung, die eine Gerade beschreibt:

$$Y = a + b * X$$

Y = abhängige Variable

X = erklärende Variable

a = Achsenabschnitt

b = Steigung der Geraden bzw. Regressionskoeffizient

Nachdem die Werte für a und b mit Hilfe statistischer Methoden geschätzt wurden, können Werte für die Zielvariable Y durch Werte der Einflussvariablen X vorhergesagt werden.

Voraussetzung für diese Regression ist die Normalverteilung der Residuen, welche geprüft werden muss. Für die Prüfung auf Normalverteilung wurden der Shapiro-Wilk-Test und der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet.

Für bivariate Zielvariablen wurde die logistische Regression verwendet.

2.6.3 T-Test

Der t-Test für unabhängige Stichproben wurde verwendet, um die Frage zu beantworten, ob eine Variable in zwei verschiedenen Fallgruppen den gleichen Mittelwert hat.

Um die Gleichheit der Varianzen der Testvariablen in den Fallgruppen zu untersuchen, wurde der Levene-Test eingesetzt.

Für die Fragestellung ob zwei Variablen in der Grundgesamtheit den gleichen Mittelwert haben wurde auf den t-Test für gepaarte Stichproben zurückgegriffen.

Voraussetzung für den t-Test ist jeweils die Normalverteilung der Prüfvariablen in beiden Gruppen. Dies wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test und dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft.

2.6.4 Kreuztabelle

Um die gemeinsame Häufigkeitsverteilung zweier Variablen, welche kategorial sind, zu analysieren, wurde die Kreuztabelle verwendet.

2.6.5 Korrelationskoeffizient nach Pearson

Der Korrelationskoeffizient nach Pearson ist ein Maß zur Darstellung eines linearen Zusammenhangs. Ein Wert von +1 zeigt eine perfekte positive Korrelation, ein Wert von -1 eine perfekte negative Korrelation an. Um von der Stichprobenbeobachtung auf die Grundgesamtheit schließen zu können, wird ein Signifikanztest durchgeführt.

2.6.6 Signifikanzniveau

Nach Formulierung der Nullhypothese wurde für alle durchgeführten statistischen Tests als Signifikanzniveau eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 5\%$ und $\alpha = 1\%$ festgelegt.

Somit können p-Werte von $p \leq 0,05$ als statistisch signifikante Testresultate interpretiert werden. P-Werte von $p \leq 0,01$ können als hochsignifikant eingestuft werden.

3. Ergebnisse

3.1 Fallbeispiel

Anhand der Röntgenbilder einer zum Operationszeitpunkt 38jährigen Patientin sollen im Folgenden schematisch die einzelnen Schritte der Vermessung dargestellt werden. Bei dieser Patientin wurde 2005 eine Kreuzbandersatzplastik bei vorderer Kreuzbandruptur sowie eine Mikrofrakturierung bei partiellem Knorpelschaden an der medialen Femurkondyle durchgeführt. In der klinischen Untersuchung präoperativ lag ein vorderes Schubladenphänomen vor. Zudem findet sich eine medial betonte Gonarthrose mit subchondraler Sklerosierung.




 <p>830.4 mm</p>	 <p>72.3 mm</p>
<p>Abb. 32: Verlauf der Mikulicz-Linie verläuft präoperativ.</p>	 <p>3.9 mm</p> <p>Abb. 33: Der Prozentpunkt präoperativ liegt bei 5 %.</p>



Abb. 34: Verlauf der Mikulicz-Linie postoperativ.



Abb. 35: Der Prozentpunkt postoperativ liegt bei 59%.

3.2 Deskriptive Statistik

3.2.1 Patientengut

Im Zeitraum von September 2004 bis Februar 2009 wurden 80 Knie bei 74 Patienten mit einer kniegelenksnahen öffnenden Tibiaosteotomie mit TomoFix® versorgt.

Es handelte sich um 40 rechte und 40 linke Knie.

Von den behandelten Patienten waren 53 männlich und 21 weiblich.

Fünf männliche und eine weibliche Patientin wurden an beiden Knie operiert.

Zum Operationszeitpunkt betrug das Alter der Patienten im Mittel 48,07 Jahre. Der jüngste Patient war 20 Jahre alt und der älteste Patient 65 Jahre.

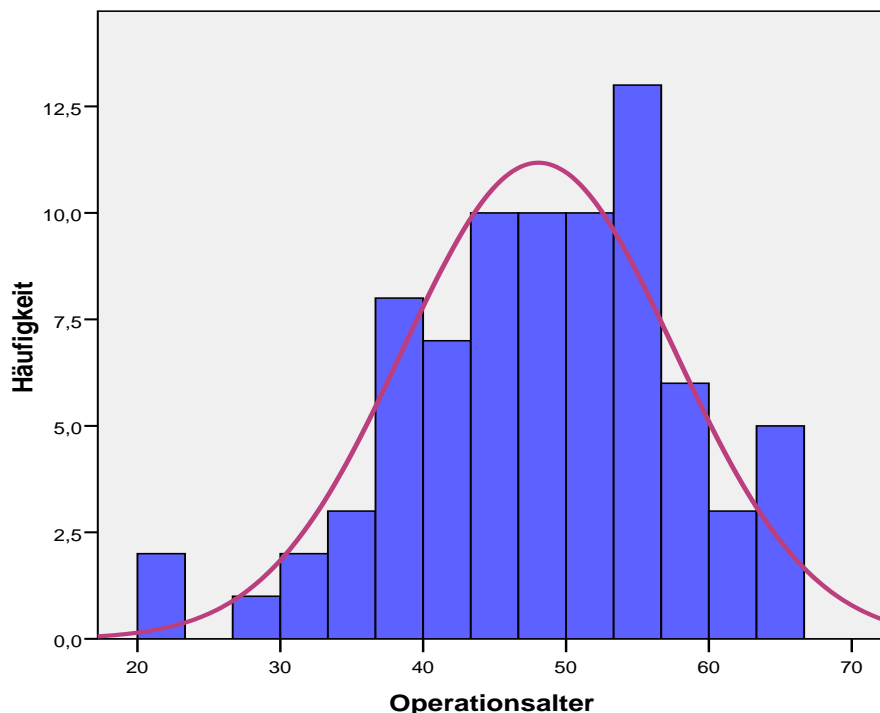


Abb. 36: Hier dargestellt ist die Häufigkeitsverteilung des Operationsalters mit einem Mittel von 48,07 Jahren.

3.2.2 Operationszeiten

Die mittlere Schnittnahtzeit betrug 1,52 Stunden. Das Minimum lag bei 0,87 Stunden, das Maximum bei 2,70 Stunden.

Die Blutleerezeit betrug im Durchschnitt 1,65 Stunden. Das Minimum lag bei 0,80 Stunden, das Maximum bei 2,42 Stunden.

3.2.3 Keilgrad und Keilmaterial

In 53 Fällen wurde ein Keil mit 10° verwendet, in 12 Fällen mit 13° und in jeweils einem Fall ein Keil mit 8°, 14°, 15° und 20°.

Bei 11 Fällen war im Operationsbericht der Keilgrad nicht angegeben.

Zum Füllen des Osteotomiespalt wurde bei 72 Patienten ein chronOS® Knochenkeil aus β -Trikalziumphosphat der Firma Synthes verwendet. Bei drei Patienten wurde der Spalt mit einem allogenen Knochenspan gefüllt. Bei zwei Patienten war im Operationsbericht kein Keilmaterial angegeben, bei drei Patienten war der Osteotomiespalt nicht aufgefüllt worden.

3.2.4 Arthroskopie

In der unmittelbar vor der Umstellungsosteotomie durchgeführten Arthroskopie zeigte sich bei 66 (82,5%) Patienten ein Meniskusschaden, bei 62 (77,5%) Patienten war hierbei der Innenmeniskus betroffen, bei neun Patienten zusätzlich dazu der Außenmeniskus.

Bei 49 (61,25%) Patienten wurde eine Mikrofrakturierung, bei 21 (26,25%) Patienten ein Shaving und bei 22 (27,5%) Patienten eine Abrasionsarthroplastik vorgenommen.

Die Mikrofrakturierung wurde in 41 (51,25%) Fällen am medialen Femurkondylus, in 28 (35%) Fällen an der medialen Tibiaoberfläche und in 12 (15%) Fällen an der Trochlea durchgeführt. Das laterale Kompartiment und die Patellarrückfläche waren nur in Einzelfällen behandelt worden. Eine ähnliche Verteilung zeigte sich auch bei der Abrasionsarthroplastik mit 16 Durchführungen am medialen Femurkondylus, 14 an der medialen Tibiaoberfläche und vier an der Trochlea.

3.2.5 BMI

Der Body-Mass-Index konnte bei 64 Patienten zwischen 20,8 kg/m² und 36 kg/m² bestimmt werden. Im Mittel lag er bei 27,82 kg/m².

Damit waren 10 (15,6%) Patienten normalgewichtig, 40 (62,5%) Patienten übergewichtig und 14 (21,9%) Patienten adipös, wenn folgende Normwerte angesetzt werden: Untergewicht 15 – 18,9 kg/m², Normalgewicht 19 - 24,9 kg/m², Übergewicht 25-29,9 kg/m² und Adipositas 30 - 39,9 kg/m².

Damit waren 84,4% der Patienten nicht normalgewichtig.

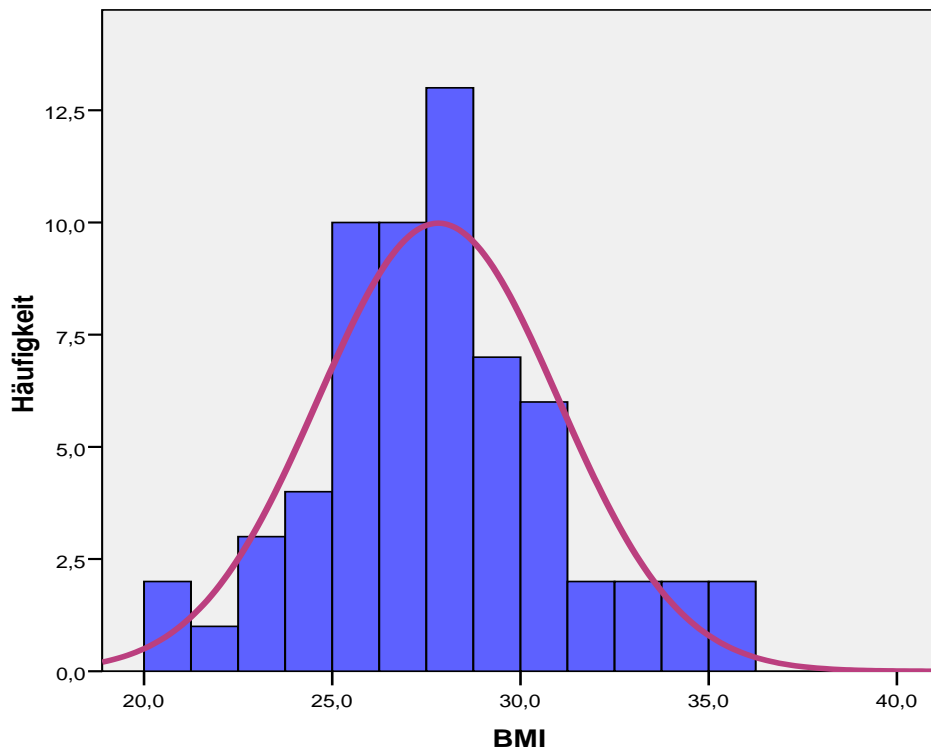


Abb. 37: Diese Abbildung zeigt die Häufigkeitsverteilung der BMI-Werte mit einem Mittel von 27,82 kg/m².

3.2.6 Komplikationen

Bei zwei Patienten kam es im postoperativen Verlauf zu einer tiefen Beinvenenthrombose, ein Patient entwickelte ein postoperatives Lymphödem.

In zwei Fällen musste eine Hämatompunktion erfolgen. Ein lokaler Wundinfekt trat in einem Fall auf. Bei einem Patient kam es zu einer Pseudarthrose, welche debridiert und mit einer autologen Spongiosaplastik aus einem trikortikalen Beckenkammspan versorgt wurde.

3.2.7 Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum und Durchtrittspunkt der Tragachse

Die Mikulicz-Linie verlief präoperativ durchschnittlich 29,86 Millimeter medial des Kniegelenkzentrums. Das Minimum betrug 6 Millimeter, das Maximum 66,7 Millimeter.

Durch die Operation konnte die Mikulicz-Linie im Durchschnitt um 32,91 Millimeter nach lateral verschoben werden. Sie verlief im Mittel 3,01 Millimeter lateral des Kniegelenkzentrums mit einem Minimum von 29,8 Millimeter lateral und einem Maximum von 33,5 Millimeter medial des Kniegelenkzentrums.

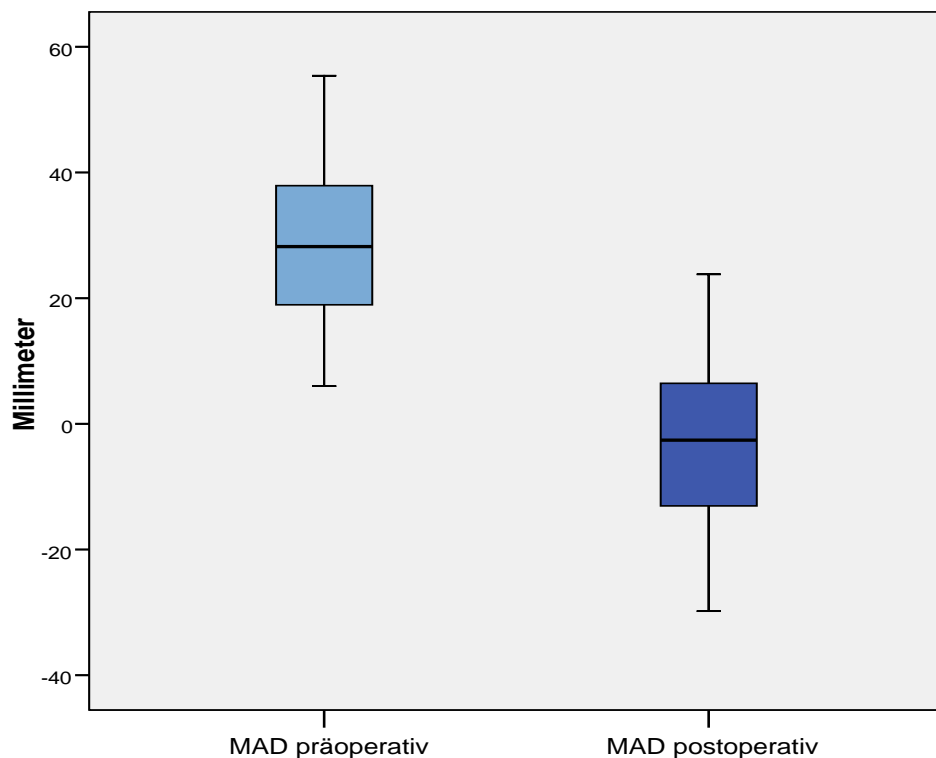


Abb. 38: Dieser Boxplot zeigt den Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum prä- und postoperativ. Durch die Operation wurde die Mikulicz-Linie im Durchschnitt um 32,91 Millimeter nach lateral verschoben.

Der präoperative Durchtrittspunkt der Tragachse lag im Durchschnitt bei 13,55 Prozent. Das Minimum betrug -24,83 Prozent, das Maximum 41,79 Prozent.

Durch die Umstellungsosteotomie konnte diese Achse im Mittel auf den 54,31 Prozentpunkt verschoben werden. Hierbei lag das Minimum bei 20,6 Prozent, das Maximum bei 92,21 Prozent.

Die Differenz zwischen dem präoperativen und postoperativen Prozentpunkt lag bei durchschnittlich 39,65 Prozentpunkten, das Minimum bei 17,29, das Maximum bei 66,75.

Für den Vergleich zwischen dem prä- und postoperativen Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum lässt sich ein Korrelationskoeffizient von 0,635 berechnen. Damit ergibt sich ein hochsignifikanter Unterschied ($p < 0,0005$) zwischen den prä- und postoperativen Werten.

Gleiches gilt für die Testung der Korrelation zwischen dem prä- und postoperativen Durchtrittspunkt der Tragachse. Hier beträgt der Korrelationskoeffizient 0,677 und es liegt ebenfalls ein hochsignifikanter Unterschied ($p < 0,0005$) vor.

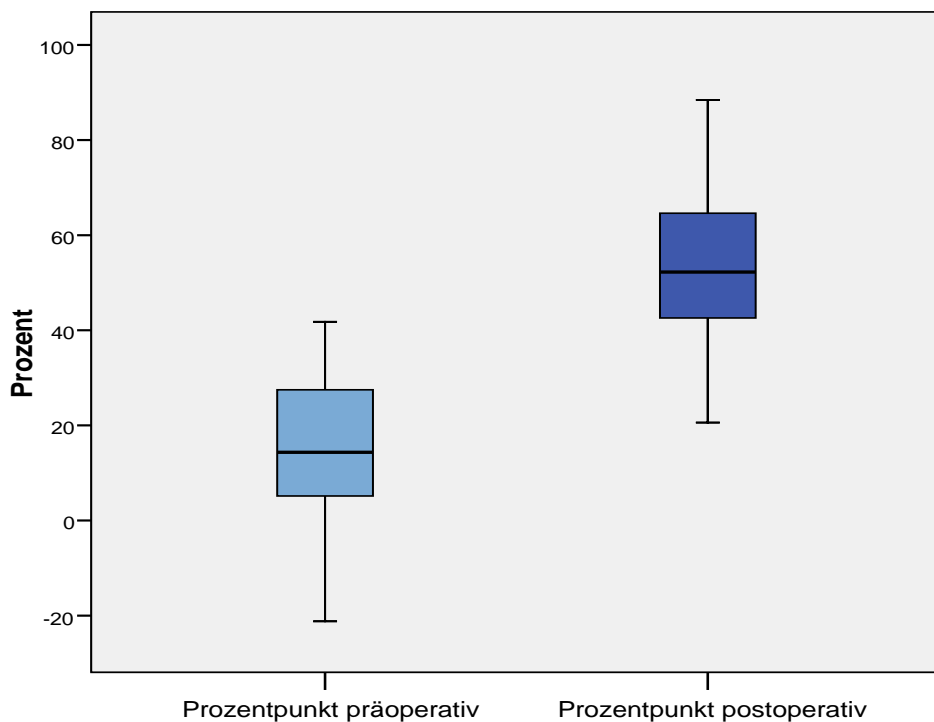


Abb. 39: Der Durchtrittspunkt der Tragachse lag präoperativ im Mittel bei 13,55% und wurde postoperativ im Durchschnitt auf den 54,31 Prozentpunkt verschoben.

Nach der Einteilung von Niemeyer et al. wurden in diesem Patientenkollektiv 25 (31,3%) Patienten unterkorrigiert, zehn (12,5%) Patienten überkorrigiert (68).

Bei 26 (32,5%) Patienten konnte eine gute Korrektur erreicht werden.

Die Differenz zwischen prä- und postoperativem Prozentpunkt lag in der Gruppe der unterkorrigierten Patienten bei 34,92 Prozentpunkten, in der Gruppe mit guter Korrektur bei 40,51 Prozentpunkten und in der Gruppe der überkorrigierten Patienten bei 49,19 Prozentpunkten.

3.2.8 Tibial slope

Der „Tibial slope“ hatte präoperativ einen Mittelwert von 9,34° mit einem Minimum von 1° und einem Maximum von 16,5°.

Postoperativ lag der Mittelwert bei 8,94°, das Minimum bei -1,4° und das Maximum bei 22,2°. In der Differenz zwischen prä- und postoperativem „Tibial slope“ kann eine Verringerung um 0,24° beobachtet werden.

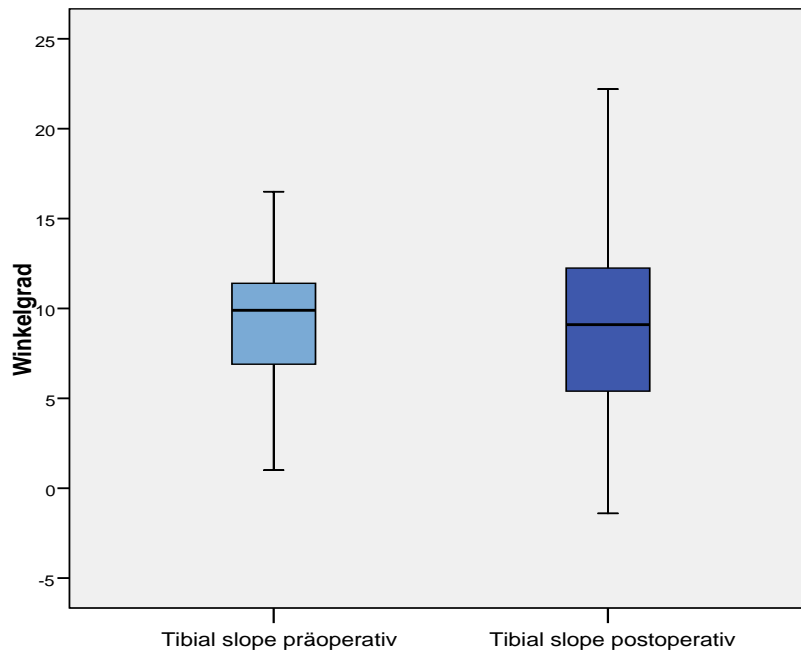


Abb. 40: Der „Tibial slope“ hat prä- und postoperativ eine Differenz von 0,24°.

3.2.9 Laterale Kortikalis

In sieben Fällen konnte anhand der postoperativen Röntgenbilder eine Fraktur der lateralen Kortikalis festgestellt werden.

3.2.10 Arthrosegrad

Im medialen Kompartiment konnte folgende Verteilung der Arthrosegrade festgestellt werden:

- Grad 1: 18 (22,5%) Patienten
- Grad 2: 47 (58,8%) Patienten
- Grad 3: 15 (18,8%) Patienten

Für das laterale Kompartiment sah die Verteilung wie folgt aus:

- Grad 0: 31 (38,8%) Patienten
- Grad 1: 47 (58,8%) Patienten
- Grad 2: 1 (1,3%) Patient
- Grad 3: 1 (1,3%) Patient

Retropatellar konnten folgende Arthrosegrade festgestellt werden:

- Grad 0: 45 (61,6%) Patienten
- Grad 1: 22 (27,5%) Patienten
- Grad 2: 6 (7,5%) Patienten

3.2.11 Anatomisch femorotibialer Winkel (aFTW)

Der aFTW betrug präoperativ im Mittel $180,19^\circ$, der kleinste Winkel maß $173,5^\circ$, der größte $188,87^\circ$.

Dieser Winkel war im postoperativen Bild auf durchschnittlich $170,33^\circ$ verkleinert worden. Hier lag der kleinste Wert bei $160,76^\circ$, der größte bei $180,0^\circ$.

Im Durchschnitt konnte der aFTW durch die Umstellungsosteotomie um $9,7^\circ$ verkleinert werden.

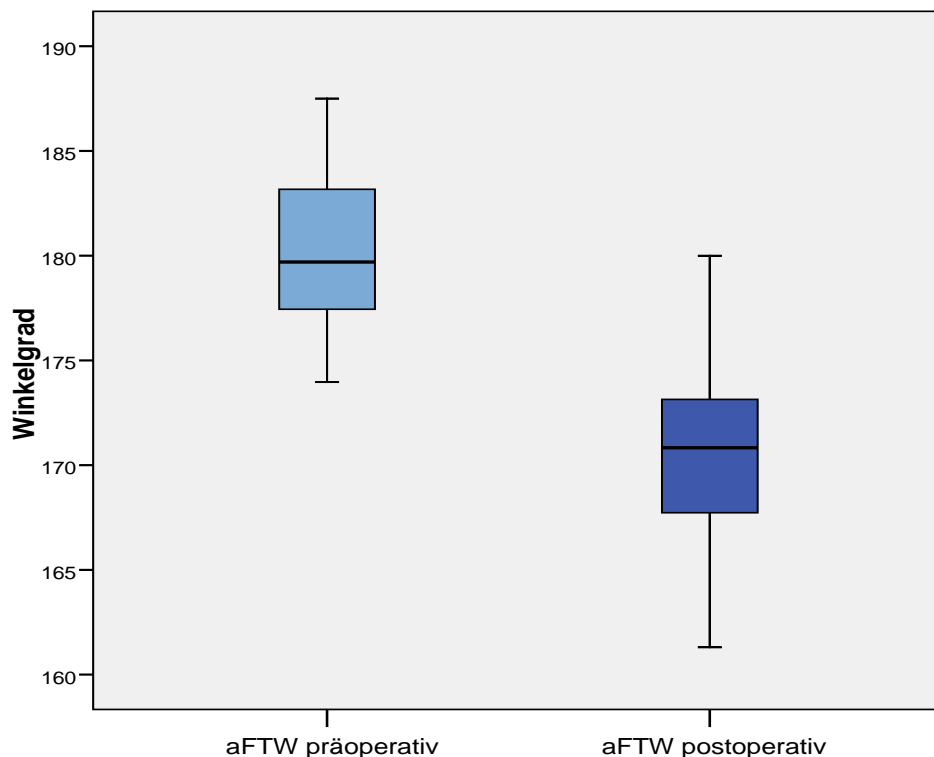


Abb. 41: Der aFTW wurde von präoperativ durchschnittlich $180,19^\circ$ auf postoperativ $170,33^\circ$ verkleinert.

3.2.12 Mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel (mMPTW) und mechanischer lateraler distaler Femurwinkel (mLDFW)

Der mMPTW betrug im Mittel $86,62^\circ$. Der kleinste gemessene Wert lag bei $79,4^\circ$, der größte Wert bei $93,4^\circ$. Für den mLDFW konnten Werte von $83,3^\circ$ bis $98,5^\circ$ bestimmt werden, der Durchschnitt lag bei $90,10^\circ$. Anhand der jeweils bestimmten Werte für mMPTW und mLDFW konnten den Patienten folgende Deformitäten zugeordnet werden:

Bei 32 (40%) Patienten konnte keine Deformität ermittelt werden.

Sieben (8,8%) Patienten wiesen eine Deformität der Tibia auf.

Bei 31 (38,8%) Patienten wurde eine Deformität des Femur festgestellt und bei sieben (8,8%) Patienten lag eine Deformität sowohl der Tibia als auch des Femurs vor.

3.2.13 WOMAC Arthroseindex

Tabelle 2: Übersicht über die Ergebnisse des WOMAC Arthroseindex prä- und postoperativ.

	Minimum in %	Maximum in %	Mittel in %
Teil A präop.	0,0	100,0	59,4
Teil A postop.	0,0	100,0	75,2
Teil B präop.	0,0	100,0	51,9
Teil B postop.	0,0	100,0	78,4
Teil C präop.	2,9	100,0	53,4
Teil C postop.	0,0	100,0	76,7

3.2.14 KOOS

Tabelle 3: Übersicht über die Ergebnisse des KOOS nach Teilen, prä- und postoperativ.

	Minimum in %	Maximum in %	Mittel in %
Teil I präop.	21,4	100,0	61,4
Teil I postop.	32,1	100,0	79,1
Teil II präop.	5,6	100,0	46,5
Teil II postop.	0,0	100,0	74,7
Teil III präop.	2,9	100,0	53,4
Teil III postop.	0,0	100,0	76,7
Teil IV präop.	0,0	95,0	23,0
Teil IV postop.	0,0	100,0	46,1
Teil V präop.	0,0	75,0	26,8
Teil V postop.	0,0	100,0	51,5

Durch die Umstellungsosteotomie konnten durchschnittlich folgende Verbesserungen in den einzelnen Teilen erreicht werden: Teil I plus 17,7%, Teil II plus 18,2%, Teil III plus 23,3%, Teil IV plus 23,1% und in Teil V plus 24,7%.

3.2.15 Lysholm-Score

Tabelle 4: Beim Lysholm-Score wurde von präoperativ 40,9 Punkte eine Verbesserung auf 65,6 Punkte postoperativ erreicht. Im Durchschnitt wurden nach der Operation 24,8 Punkte mehr vergeben.

	Minimum	Maximum	Mittel
Präoperativ	7	84	40,9
Postoperativ	15	100	65,6

3.2.16 Erfassung der Zufriedenheit

Die Frage A „Hat sich die allgemeine Beweglichkeit durch die Operation verbessert?“ wurde durchschnittlich mit der Note 3,1 bewertet.

Im Mittel wurde die Senkung der Schmerzmitteleinnahme durch die Operation (Frage B) mit der Note 2,7 beurteilt. 16 Patienten gaben an, sowohl vor als auch nach der Operation, das unmittelbare postoperative Intervall ausgenommen, keine Schmerzmittel eingenommen zu haben.

Die Zufriedenheit mit dem Eingriff (Frage C) wurde im Durchschnitt mit 2,5 benotet.

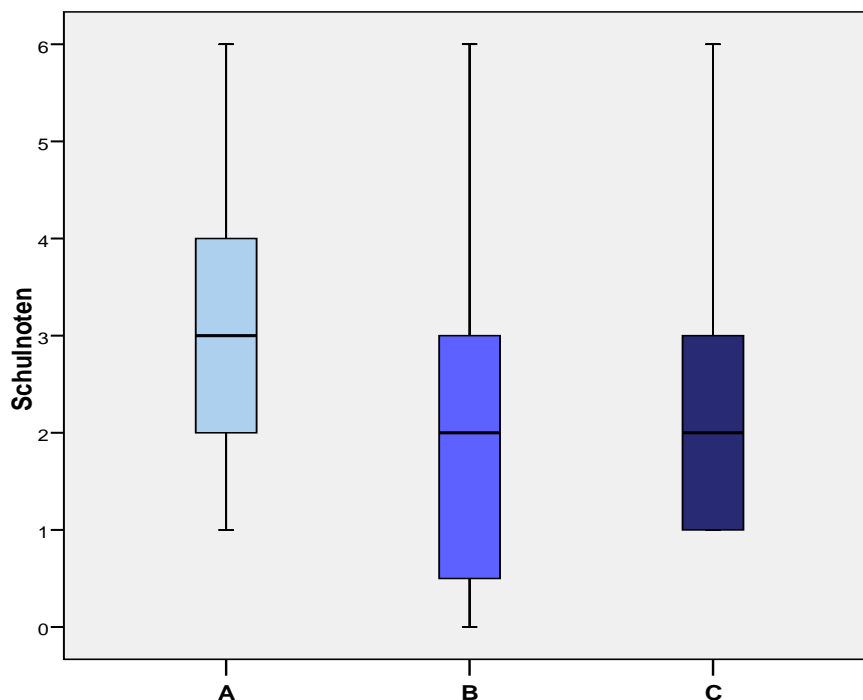


Abb. 42: Die Frage A zur Beweglichkeit wurde im Durchschnitt mit der Note 3,1 bewertet, die Frage B zur Schmerzmitteleinnahme wurde im Mittel mit der Note 2,7 beurteilt und für die Frage C zur Zufriedenheit wurde durchschnittlich die Note 2,5 vergeben. Bei jeder Frage wurde sowohl die beste Note 1 als auch die schlechteste Note 6 vergeben.

47 (58,8%) Patienten würden sich noch einmal operieren lassen, wohin gegen 17 (21,3%) Patienten sich diesem Eingriff nicht noch einmal unterziehen würden.

3.2.17 Überlebensdauer der Umstellungsosteotomie

Insgesamt drei Patienten erhielten innerhalb unseres Nachuntersuchungszeitraums die Implantation einer Totalendoprothese am zuvor umgestellten Kniegelenk.

Bei zwei Patienten erfolgte dies 19 Monate nach der Umstellungsoperation bei dem dritten Patient 28 Monaten nach der Osteotomie.

3.3 Lineare Regression

3.3.1 Modell 1

Als mögliche Einflussvariablen (unabhängige Variablen) wurden folgende Parameter für dieses Modell einer lineare Regressionsanalyse ausgewählt: Postoperativer Prozentpunkt, postoperativer aFTW, BMI und Differenz zwischen postoperativem und präoperativem „Tibial slope“.

Der postoperative Wert des KOOS zum Bereich Symptome bildete die abhängige Variable.

Hierbei kann sowohl der Einfluss des postoperativen Prozentpunktes als auch der Einfluss des postoperativen aFTW als hochsignifikant gewertet werden.

Je größer Prozentwert und postoperativer aFTW ausfallen, desto höher ist der postoperative KOOS-Wert für den Symptombereich bei diesem Konstrukt.

BMI und die Differenz zwischen postoperativem und präoperativem tibial slope zeigten keinen signifikanten Einfluss in diesem Modell.

Tabelle 5: Modell 1 der linearen Regression zeigt einen hochsignifikanten Einfluss des postoperativen Prozentpunktes und aFTW auf das Resultat des KOOS im Bereich Symptome

	B	Standardfehler	Beta	Signifikanz
Prozentpunkt postop.	1,17	0,31	1,06	0,000
aFTW postop.	4,64	1,08	1,14	0,000
BMI	-0,43	0,74	-0,08	0,57
Tibial slope Differenz	0,44	0,60	0,09	0,46

3.3.2 Modell 2

Operationsalter, Keilgrad, Differenz zwischen postoperativem und präoperativem „Tibial slope“, postoperativer aFTW, postoperativer Prozentpunkt, BMI und Arthrosegrad dienten in diesem Modell als unabhängige Variablen.

Als abhängige Variable wurde die Differenz zwischen präoperativen und postoperativen Werten des KOOS aus dem Bereich Symptome verwendet.

Es konnte ein Einfluss der Variablen Keilgrad, postoperativer Prozentpunkt, postoperativer aFTW, BMI und des medialen Arthrosegrades auf die Differenz zwischen prä- und postoperativem Wert für Teil I des KOOS festgestellt werden.

Der Stellenwert der Parameter Keilgrad, postoperativer aFTW, BMI und medialem Arthrosegrad ist hierbei als signifikant, der Einfluss des postoperativen Prozentpunktes als hochsignifikant einzuordnen.

Je größer medialer Arthrosegrad, postoperativer Prozentpunkt und aFTW ausfallen, desto höher ist der Differenzwert des KOOS zum Bereich Symptome.

Je kleiner Keilgrad und BMI, desto größer war die Verbesserung des KOOS zum Bereich Symptome.

Die Variablen Operationsalter, Differenz zwischen postoperativem und präoperativem „Tibial slope“, lateraler und retropatellarer Arthrosegrad zeigten keinen signifikanten Einfluss.

Tabelle 6: Modell 2 der linearen Regression beschreibt einen hochsignifikanten Einfluss des postoperativen Prozentpunktes und einen signifikanten Einfluss des Keilgrads, postoperativen aFTW, BMI und Arthrosegrad auf die KOOS-Resultate zum Bereich Symptome.

	B	Standardfehler	Beta	Signifikanz
Keilgrad	-4,06	1,66	-0,39	0,02
Prozentpunkt postop.	1,84	0,50	1,44	0,001
aFTW postop.	3,32	1,44	0,71	0,03
BMI	-2,98	1,18	-0,48	0,02
Arthrosegrad medial	12,69	6,00	0,41	0,04
Operationsalter	0,17	0,29	0,08	0,56
Tibial slope Differenz	1,35	0,78	0,25	0,09
Arthrosegrad lateral	9,11	5,46	0,26	0,10
Arthrosegrad retropat.	0,37	4,38	0,01	0,93

3.3.3 Weitere Modelle

In Bezug auf postoperative Werte und Differenzwerte des KOOS (Teil II bis V), Werte des Lysholm-Scores und Werte der Fragen nach Beweglichkeit, Schmerzmitteleinnahme und Zufriedenheit mit der Operation als abhängige Variablen verwendeten, konnten keine signifikanten Einflussvariablen detektiert werden.

3.4 Logistische Regression

Für die logistische Regression wurden unabhängige Variablen ausgewählt, für die ein Einfluss auf die Frage, ob sich ein Patient nochmals operieren lassen würde, zu vermuten war.

3.4.1 Modell 1

Hierbei wurden folgende Einflussvariablen überprüft: Operationsalter, Deformität, postoperativer aFTW, Differenz zwischen postoperativem und präoperativem „Tibial slope“, postoperativer Prozentpunkt, laterale Kortikalis, BMI und Arthrosegrad.

Es konnte kein signifikanter Einfluss dieser Variablen auf die Frage einer erneuten Operation festgestellt werden.

3.4.2 Modell 2

In einer weiteren Berechnung wurden die unabhängigen Variablen „Beweglichkeit“, „Schmerzmitteleinnahme“ und „Zufriedenheit mit der Operation“ ausgewählt.

Dabei zeigte sich in diesem Modell, dass sowohl Beweglichkeit, als auch Zufriedenheit einen signifikanten Einfluss darauf ausüben, ob der Patient sich noch einmal operieren lassen würde. Je besser die Veränderung der Beweglichkeit durch die Operation und die Zufriedenheit mit der Operation benotet wurden, umso eher würden die Patienten diese erneut vornehmen lassen.

Die Einnahme von Schmerzmitteln zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Frage nach einer nochmaligen Operation.

Tabelle 7: Mit Modell 2 der logistischen Regression konnte ein signifikanter Einfluss der Beweglichkeit und Zufriedenheit auf die Frage nach einer erneuten Operation aufgezeigt werden.

Modell	B	Standardfehler	Signifikanz
Beweglichkeit	-0,64	0,32	0,05
Schmerzmittel	-0,04	0,23	0,87
Zufriedenheit	-0,93	0,42	0,03

3.4.3 Modell 3

Es wurden hierfür als mögliche Einflussvariablen die Differenzen zwischen präoperativen und postoperativen Werten des KOOS (Teil I bis V) und Lysholm-Scores verwendet.

Bei diesem Modell zeigte sich, dass der Differenzwert aus dem Bereich Schmerz einen hochsignifikanten, der Differenzwert aus dem Bereich Aktivität einen signifikanten Einfluss auf die Frage nach einer erneuten Operation hat.

Eine Verbesserung der Schmerzen und der Aktivität geht demnach damit einher, dass sich ein Patient eher wieder der gleichen Operation unterziehen würde.

Die Differenzwerte aus den Bereichen Symptome, Sport und Freizeit, Lebensqualität und des Lysholm-Scores führten zu keinem signifikanten Zusammenhang mit der Frage nach einer nochmaligen Operation.

Tabelle 8: Im Modell 3 der logistischen Regression zeigt sich, dass der Differenzwert aus dem Bereich Schmerz einen hochsignifikanten, der Differenzwert aus dem Bereich Aktivität einen signifikanten Einfluss auf die Frage nach einer erneuten Operation hat.

Modell	B	Standardfehler	Signifikanz
Differenz KOOS I	0,04	0,04	0,25
Differenz KOOS II	0,12	0,04	0,005
Differenz KOOS III	0,09	0,04	0,03
Differenz KOOS VI	-0,02	0,03	0,49
Differenz KOOS V	0,05	0,04	0,24
Differenz Lysholm	-0,02	0,03	0,52

3.4.4 Modell 4

Für dieses Konstrukt wurden als unabhängige Variablen die postoperativen KOOS-Werte der Bereiche Symptome und Schmerz, sowie der postoperative Prozentpunkt eingesetzt. Es stellte sich heraus, dass die postoperativen Symptomwerte und der postoperative Prozentpunkte einen Einfluss auf die Überlegung nach einer erneuten Operation haben. So würden sich Patienten mit einem höheren Wert im postoperativen Symptomfragebogenteil und mit einem höheren postoperativen Prozentpunkt eher nochmals operieren lassen. Diese Korrelation ist in diesem Modell als signifikant zu werten.

Der postoperative Schmerzwert ergab keinen signifikanten Einfluss auf die Frage nach einer nochmaligen Operation.

Tabelle 9: Mit Modell 4 der logistischen Regression wird beschrieben, dass die postoperativen Symptomwerte und der postoperative Prozentpunkte einen signifikanten Einfluss auf die Überlegung nach einer erneuten Operation haben.

Modell	B	Standardfehler	Signifikanz
KOOS I postop.	0,08	0,04	0,03
KOOS II postop.	0,01	0,03	0,73
Prozentpunkt postop.	0,07	0,04	0,05

3.4.5 Weitere Modelle

Bei weiteren Modellen wurden als mögliche Einflussvariablen die übrigen postoperativen KOOS-Werte getestet, welche allerdings keinen signifikanten Einfluss auf die Frage nach einer erneuten Operation ergaben.

3.5 T-Test

3.5.1 Postoperativer Prozentpunkt und MAD

Mittels T-Test für gepaarte Stichproben konnte eine hochsignifikante Korrelation zwischen den postoperativ gemessenen Werten des Abstandes der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum und dem postoperative erhobenen Prozentpunkt gezeigt werden.

Tabelle 10: Der T-Test bei gepaarten Stichproben zeigt eine hochsignifikante Korrelation zwischen MAD und Prozentpunkt postoperativ.

MAD postop. – Prozentpunkt postop.	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	Signifikanz (2-seitig)
	3,46	(-64,24; -50,41)	0,000

3.5.2 Laterale Kortikalis

Der T-Test für unabhängige Stichproben ergab, dass eine nicht intakte laterale Kortikalis sich nicht signifikant auf die postoperativen Werte des KOOS auswirkt.

3.5.3 Prozentpunkte

Mit dem T-Test für unabhängige Stichproben sollte überprüft werden, ob prä- oder postoperativer Prozentpunkt mit der Entscheidung über eine erneute Operation korrelieren.

Es zeigte sich, dass eine signifikante Korrelation zwischen postoperativem Prozentpunkt und der Frage nach einer erneuten Operation besteht.

Tabelle 11: Im T-Test bei unabhängigen Stichproben findet sich eine signifikante Korrelation zwischen postoperativem Prozentpunkt und der Frage nach einer erneuten Operation.

Varianzen sind gleich	Standardfehler	95% Konfidenzintervall	Signifikanz (2-seitig)
Prozentpunkt präop.	5,02	(-13,39; 6,71)	0,51
Prozentpunkt postop.	4,59	(-18,88; -0,44)	0,04

Im Boxplot (Abb. 21) zeigt sich, dass Patienten, die die Frage nach einer erneuten Operation mit ja beantworteten, einen höheren postoperativen Prozentpunkt haben.

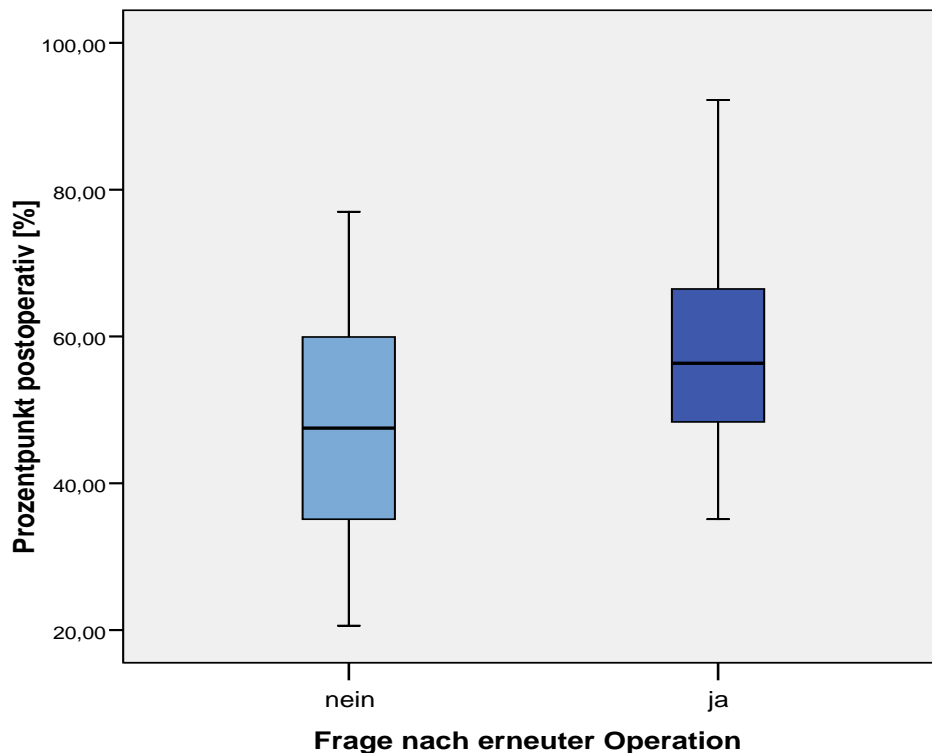


Abb. 43: Dieser Boxplot zeigt des Vergleich des postoperativen Prozentpunktes anhand der Frage, ob die Patienten sich nochmals dieser Operation unterziehen würden. Patienten, die die Frage nach einer erneuten Operation mit ja beantworten haben einen größeren postoperativen Prozentpunkt als diese die nein antworten.

3.6 Kreuztabelle

Um die Häufigkeitsverteilung zweier kategorialer Variablen zu bestimmen kann eine Kreuztabelle verwendet werden. In diesem Fall wurde dies mit den Variablen Meniskusschaden und der Frage, ob sich die Patienten diesem Eingriff noch einmal unterziehen würden, durchgeführt.

Es zeigte sich, dass Patienten mit Meniskusschaden sich eher nochmals operieren lassen würden, als solche ohne Meniskusschaden.

Tabelle 12: Diese Kreuztabelle für Meniskusschaden und Frage nach erneuter Operation zeigt, dass Patienten mit Meniskusschaden sich eher nochmals operieren lassen würden, als solche ohne Meniskusschaden.

Kreuztabelle				Frage Operation	
				nein	ja
Meniskusschaden	Nein	% innerhalb von	Meniskusschaden	42,9%	57,1%
	Ja	% innerhalb von	Meniskusschaden	23,2%	76,8%

4. Diskussion

Für den Vergleich unserer Daten in Bezug auf das Patientengut fanden folgende 15 Studien Verwendung. Bei allen Arbeiten wurde ebenfalls das open-wedge-Verfahren angewandt.

Tabelle 13: Auflistung der Vergleichsstudien mit Publikationsjahr und Anzahl eingeschlossener Patienten.

Autor	Publikationsjahr	Anzahl der Fälle
Floerkemeier et al. (31)	2013	533
Spahn et al. (93)	2012	135
Staubli et al. (98)	2003	92
Niemeyer et al. (68)	2008	88
Schröter et al. (89)	2012	76
Miller et al. (62)	2007	61
El-Azab et al. (29)	2011	56
Staubli et al. (99)	2010	53
Brosset et al. (14)	2011	51
Zaki et al. (110)	2009	50
Pongsoipetch et al. (83)	2009	45
Valkering et al. (107)	2009	40
Shim et al. (91)	2011	39
Kohn et al. (51)	2012	26
Demeo et al. (24)	2010	20

Für unsere Arbeit wurden 80 Fälle über einem Zeitraum von fünf Jahren eingeschlossen. Vergleicht man unsere Fallzahl mit ähnlichen Arbeiten aus den letzten Jahren, so liegt diese im oberen Drittel. Die mit Abstand umfangreichste Arbeit wurde von Floerkemeier et al veröffentlicht (31). Dabei handelt es sich um eine multizentrische Studie mit der Beteiligung von drei europäischen Kliniken. Dies erklärt das Zustandekommen der hohen Fallzahl von 533 Patienten. Wie bei allen retrospektiven Untersuchungen konnte auch bei dieser nur ein Teil der Patienten, in diesem Fall 72 Prozent, zum Zeitpunkt des Follow-up erreicht werden. Im Vergleich dazu ist unsere Nachbefragungsquote von 80 Prozent sehr zufriedenstellend.

Es wurde jeweils die Hälfte der Osteotomien am rechten und am linken Knie vorgenommen, bei sechs Patienten wurden beide Knie operiert. Dies zeigt eine homogene Seitenverteilung des Patientengutes.

In Bezug auf die Stichprobe zeigte sich bei der Geschlechterverteilung eine deutlich höhere Anzahl an männlichen Patienten mit einem Anteil von 72,5 Prozent. Der Anteil männlicher Patienten ist bei allen Vergleichsstudien ebenfalls höher und liegt im Durchschnitt bei 69 Prozent. Diese Verteilung steht ganz im Gegensatz zu der Arbeit von Olivera et al., bei welcher das weibliche Geschlecht als einer der Risikofaktoren für die Entwicklung von Arthrose detektiert werden konnte (74).

Eine Erklärung für diesen Unterschied könnte die Altersverteilung zum Zeitpunkt der Operation liefern. So stellte Peyron fest, dass unter dem 45. Lebensjahr mehr Männer und über dem 55. Lebensjahr mehr Frauen von einer Gonarthrose betroffen sind (81). In unserem Kollektiv lag der Altersdurchschnitt bei 48,1 Jahren, bei den Vergleichsstudien im Durchschnitt bei 47,7 Jahren. Es ergibt sich somit eine sehr ähnliche Altersverteilung. Einzig bei der Untersuchung von Shim et al. lag der Altersdurchschnitt mit 26 Jahren außergewöhnlich niedrig (91). Ein Grund hierfür könnte sein, dass Patienten mit vorhergehenden Knieoperationen von der Studie ausgeschlossen wurden. Damit wurden Patienten mit länger andauernder Krankengeschichte außen vor gelassen und vermutlich der Schwerpunkt auf die präventive Korrektur der präarthrotischen Deformität gelegt. Ein präventiver Ansatz kann insofern als sinnvoll erachtet werden, als dass nach einer Untersuchung von Jordan et al. bereits bei der Hälfte der Bevölkerung zwischen dem 30. und 50. Lebensjahr Arthrosezeichen am Kniegelenk nachweisbar sind (46).

Bei der Arbeit von Reising et al. wurde die computerunterstützte Navigation mit der klassischen öffnenden Umstellungsosteotomie verglichen (86). Dabei zeigte sich im Hinblick auf die Operationsdauer in beiden Gruppen eine mittlere Schnittnahtzeit von 141 Minuten. Dies ist im Vergleich mit unserer durchschnittlichen Schnittnahtzeit von 91 Minuten deutlich länger.

Niemeyer et al. hatten durchschnittliche Operationszeiten von 128 Minuten (68). Diese Zeit beinhaltet wie auch bei vielen unserer Eingriffe jeweils neben der eigentlichen Umstellungsosteotomie zusätzlich auch eine Arthroskopie des betreffenden Kniegelenkes.

Es gilt somit zu bedenken, dass es schwierig ist, vergleichbare Zeiten zu erlangen. Je nachdem welche zusätzlichen Eingriffe am Meniskus oder Verfahren zur Knorpelregeneration vorgenommen wurden, hat dies eine Auswirkung auf die Gesamtdauer. Dadurch erklärt sich auch die große Spanne der Zeiten in unserer Arbeit von 52 Minuten bis 162 Minuten.

Zur Auffüllung des Osteotomiespalt es wird auch von anderen Autoren vielfach ein β -Trikalziumphosphat-Keil verwendet (13, 107). In 69 Fällen fand dieser auch in unserem Patientenkollektiv Verwendung mit einem durchschnittlichen Ausmaß von $10,8^\circ$ (8° - 20°).

Bei Valkering et al. kamen Keile aus β -Trikalziumphosphat von im Durchschnitt $8,6^\circ$ (6° - 13°) zum Einsatz (107). Ozalay et al setzten hingegen solche Keile erst ab einer Osteotomiespaltweite von zehn Millimetern ein (77).

Andere Autoren vertrauen auf den Vorteil allogenen Materials und benutzen einen Knochenspan aus dem Beckenkamm, um hierdurch eine sichere Durchbauung des Osteotomiespalt es zu erreichen (7, 24, 91). Bei drei Patienten unseres Kollektivs wurde ein ebensolcher verwendet. Zu Bedenken gilt jedoch, dass hierfür ein zweiter, wenn auch kleinerer, Eingriff im Beckenbereich notwendig ist.

Immer mehr Arbeiten der letzten Jahre propagieren, dass auch ohne Defektfüllung vergleichbare Ergebnisse erreicht werden können (29, 99, 110). Bei drei unserer Patienten wurde der Osteotomiespalt nicht aufgefüllt.

Die Schwierigkeit bei synthetischen Knochenersatzmaterialien besteht darin, ein Material zu verwenden, welches sowohl Stabilität, als auch ein großes Porenvolumen bietet, um eine gute Osteointegration zu ermöglichen.

Die Untersuchung von Brosset et al. wies nach, dass bei 96 Prozent der Patienten nach einer valgisierenden öffnenden Tibiaosteotomie ohne Verwendung von Füllmaterial bereits vor Vollendung des ersten postoperativen Jahres eine Auffüllung des Osteotomiespalt es zu $4/5$ erfolgt war (14). Gemäß der Empfehlung von Aryee et al. ist durch die Entwicklung von winkelstabilen Platten eine Auffüllung des Osteotomiespalt es, Risikopatienten ausgenommen, nicht notwendig (8). Im radiologischen Vergleich konnte zudem gezeigt werden, dass nach zwölf Monaten in der Gruppe ohne Auffüllung eine vollständige Durchbauung verzeichnet werden konnte, wohingegen in der Gruppe mit Verwendung von Hydroxylapatit-Keilen diese nach zwölf Monaten noch deutlich abgegrenzt werden konnten.

Auch die histologische Arbeit von Liebendörfer und Tröster stellte fest, dass von 25 Proben lediglich zehn eine überwiegende knöcherne Integration des Hydroxylapatits aufwiesen, in fünf Fällen hatte sogar ausschließlich ein bindegewebiger Umbau stattgefunden (53). Auch wir müssen für unsere Eingriffe die Verwendung von künstlichem Keilmaterial in Frage stellen.

Einen neuartigen Ansatz präsentieren Seagrave et al. in ihrem Fallbericht (90). Der zuvor aus dem Bereich der Marknägel bei Frakturen langer Röhrenknochen bekannt gewesene Reamer Irrigator Aspirator (RIA) wurde in drei Fällen bei Umstellungsosteotomien mit großem Korrektorausmaß angewendet. Durch

Verwendung des biologisch aktiven Bohrmehls erreichte sie innerhalb von drei bis zwölf Monate postoperativ sehr gute Resultate mit klinisch bestätigtem Durchbau.

Postoperativ traten bei sieben Patienten Komplikationen auf. Dies entspricht einer Komplikationsrate von 8,75 Prozent. In Tabelle 14 sind die in der Literatur angegebenen Komplikationsraten aufgelistet. Dabei zeigt sich ein Unterschied von bis zu 35,2 Prozent.

Tabelle 14: Auflistung der Komplikationsraten bei neun anderen Arbeiten.

Autor	Komplikationsrate
Sterett et al. (101)	39,5%
Miller et al. (63)	36,9%
Pongsoipetch et al. (83)	22,2%
Brosset et al. (14)	19,6%
Gall et al. (34)	15%
Valkering et al. (107)	10%
Niemeyer et al. (69)	8,6%
Floerkemeier et al. (31)	7%
Staubli et al. (98)	4,3%

Diese Diskrepanz ist in erster Linie durch die abweichende Definition des Begriffes Komplikation zu erklären. So wurden bei der Arbeit von Miller et al., welche die zweithöchste Komplikationsrate aufweist, zum Beispiel auch Korrekturverlust und Irritationen durch das Osteosynthesematerial mit aufgenommen (63). Eine noch höhere Rate an Komplikationen zeigt sich nur bei Sterett et al., wobei es sich dabei ausschließlich um Infektionen, bedingt durch den Fixateur externe, handelt (101).

Bei den allgemeinen Komplikationen dominieren Wundinfektionen (Tabelle 15). Auch hier ist die hohe Rate bei Sterett et al. durch die Verwendung des Fixateur externe mitbegründet (101).

Tabelle 15: Übersicht über die Wundinfektionsrate anderer Autoren.

Autor	Wundinfektionsrate
Sterett et al. (101)	40%
Valkering et al. (107)	10%
Pongsoipetch et al. (83)	7%
Floerkemeier et al. (31)	6%
Gall et al. (34)	4%
Staubli et al. (98)	1%

Bei den operationstechnischen Komplikationen finden sich bei Miller et al. mit 8,7 Prozent auffällig viele Frakturen der lateralen Kortikalis, welche in den anderen Arbeiten lediglich vereinzelt auftreten (63). Mit ursächlich für das Auftreten von Brüchen der lateralen Kortikalis sind das Ausmaß der Aufdehnung sowie dessen Geschwindigkeit (108). Die Rate an verzögerter Kallusbildung lag homogen bei drei bis vier Prozent. Bei uns kam es in einem Fall zu einer Pseudarthrose. Es handelte sich hierbei um einen Patienten mit starkem Nikotinabusus. Dies veranlasste Aryee et al. zu der Empfehlung, bei Hochrisikopatienten mit Adipositas, Nikotinabusus und Aufklappung um mehr als zehn Grad die Verwendung eines allogenen Beckenspanes zu empfehlen (8).

In einigen Arbeiten, zum Beispiel bei Brosset et al., wurde eine Einteilung der Komplikationen in minor und major versucht (14). Da jedoch auch diese Unterscheidung nicht definiert ist, ist ein Vergleich der Komplikationsraten grundsätzlich als eher schwierig anzusehen.

Eine weitere Möglichkeit, postoperative Komplikationen einzuteilen, ist die Klassifikation nach Clavien-Dindo (25). Hierbei richtet sich die Einteilung nach der Art von Konsequenz, welche die jeweilige Komplikation nach sich zieht, so dass von einer größeren Objektivität auszugehen ist. Betrachtet man die Arbeiten aus Tabelle 14 nach dieser Einteilung, so traten überwiegend Komplikationen Grad II auf, mit einer durchschnittlichen Raten von elf Prozent, wobei auch hier wieder die Arbeit von Sterett et al. mit 40 Prozent am deutlichsten vom Durchschnitt abweicht (101). Erfreulich festzustellen ist, dass Komplikationen Grad III mit notwendiger chirurgischer Intervention lediglich vereinzelt auftraten.

Betrachtet man die Resultate der Fragebogenerhebung, so erzielten unsere Patienten nach der Operation in allen drei Teilbereichen des WOMAC Fragebogens einen besseren Wert. Es gelang eine durchschnittliche Verbesserung um 21 Prozent.

Besonders erfreulich ist, dass in dem Abschnitt zum Thema Schmerz mit 26,5 Prozent die deutlichste Veränderung stattfinden konnte. Dieser Fragebogen gilt als zuverlässiges Messinstrument für Symptome und physische Funktionseinschränkungen (102). In der Studie von Chan et al. konnte zudem gezeigt werden, dass die Resultate des WOMAC mit den radiologischen Ergebnissen bezüglich Lokalisation der Arthrose korrelieren (16). In der Arbeit von Sterett et al. konnte eine durchschnittliche Verbesserung von 29 Prozent erlangt werden, welche damit über unseren Ergebnissen liegt (101).

In einer Arbeit von Spahn et al. wurden die Punktezahlen des KOOS-Fragebogen in Anlehnung an die Auswertung anderer Arthrose-Fragebögen in vier Kategorien von schlecht bis exzellent eingeteilt (92). Wenn wir nun diese Einteilung für unsere Resultate der Teile eins bis drei, welche die Bereiche „Symptome“, „Schmerzen“ und „Alltag“ umfassen, anwenden, so konnte diesbezüglich ein gutes Resultat erreicht werden. In den Bereichen „Freizeit und Lebensqualität“ ergab sich nach dieser Klassifizierung jedoch nur ein schlechtes Ergebnis. Die Studie von Brinkman et al. erzielte in den Bereichen „Freizeit und Lebensqualität“ ebenfalls schlechte Ergebnisse und zusätzlich eine geringere Verbesserung gegenüber den präoperativen Werten, so dass wir vergleichsweise bessere Resultate erlangen konnten (13).

Es sollte hierbei zudem bedacht werden, dass zwar die Lebensqualität zu einem schlechten Resultat kommt, sich allerdings auch durch die Operation um 25 Prozent verbessert. Damit konnte für diesen Bereich die größte Verbesserung erreicht werden. Zu diesem Resultat kamen auch McNamara et al. (60). In ihrer Studie wurde mittels öffnender kniegelenksnaher Umstellungsosteotomie eine signifikante Verbesserung der Lebensqualität erreicht. Darüber hinaus war das Ausmaß der Verbesserung vergleichbar mit dem nach Implantation einer Hemi- oder Total-Knieprothese.

Der Lysholm Bewertungsbogen findet auch in diversen vergleichbaren Arbeiten Verwendung. Das Ausmaß der Verbesserung des Ergebnisses durch die Operation schwankt hierbei von 23 bis 37.5 Punkten (55, 101). In unserer Arbeit wurden im Durchschnitt zum Zeitpunkt des Follow-up 25 Punkte mehr vergeben, wobei es bei fünf Patienten zu einer Verschlechterung des Ergebnisses kam.

Bei einem Follow-up von mindestens zwei Jahren, kamen Miller et al. bei ihrem Kollektiv ebenfalls zu einer signifikanten Verbesserung um 25 Punkte (62). Sie konnten zusätzlich zeigen, dass die Differenz bei Frauen signifikant größer ausfällt, als bei Männern.

Demeo et al. führten zwei postoperative Befragungen mittels des Lysholm-Scores durch (24). Zwei Jahre postoperativ wurden im Durchschnitt 35 Punkte mehr vergeben. Bei einer erneuten Befragung acht Jahre nach der Operation fiel der Wert immer noch

durchschnittlich 29 Punkte höher als präoperativ, aber es zeigte sich damit ein Rückgang der Punktezahl.

Die Aussagefähigkeit unserer Ergebnisse ist demnach durch die unterschiedlichen Nachbefragungszeitpunkte und die Beantwortung zur präoperativen Situation aus der Erinnerung, welche eine retrospektive Arbeit mit sich bringt, eingeschränkt.

Unsere Patienten vergaben für ihre Zufriedenheit mit dem Eingriff durchschnittlich die Schulnote 2,5. Bei Miller et al. wurde die Zufriedenheit mit einer Skala von eins bis zehn bewertet und der Durchschnitt lag bei 7,6 (62). Versucht man nun beide Skalen miteinander zu vergleichen, so liegen beide Werte in einem ähnlichen Bereich.

Betrachtet man die Anzahl derer, die sich noch einmal operieren lassen würden, so liegt diese in unserer Studie bei 59 Prozent. In der Arbeit von Kohn et al. würden sich 68 Prozent der Patienten erneut operieren lassen, bei Bonasia et al. sogar 78 Prozent (12, 51).

Diese Zahlen zeigen, dass zukünftig eine noch genauere Auswahl des Patientengutes, welche für eine solche Operation geeignet sind, erfolgen sollte. Ziel sollte neben der Patientenzufriedenheit eine möglichst lange Überlebensdauer sein. Die Implantation einer Totalendoprothese nur 19 Monate nach der Umstellungsosteotomie, wie bei zwei unserer Patienten, ist als ein eher unbefriedigendes Resultat einzuordnen. Bei einem dritten Patienten erfolgte dies 28 Monate postoperativ. Daraus ergibt sich eine Überlebensquote von 95 Prozent nach 2,3 Jahren. Der Beobachtungszeitraum ist jedoch für die Erstellung einer Kaplan-Meier-Kurve nicht ausreichend lang.

Im Vergleich liegen die Überlebensquoten nach fünf Jahren bei 84 Prozent, 95 Prozent oder sogar bei 98 Prozent (34, 91, 101).

Die häufig als Faustregel angegebene Überlebensdauer von Insall et al. bis zur Implantation einer Prothese liegt bei zehn Jahren (45).

Anhand des finnischen National Hospital Discharge Register (NHDR), in welchem 3195 kniegelenksnahe Umstellungsosteotomien eingetragen sind, konnte eine nationale Studie 5-Jahres-Überlebenszeiten von 89 Prozent und 10-Jahres-Überlebenszeiten von 73 Prozent aufzeigen (71).

Naudie et al. konnten ihre Patienten über 20 Jahre nachverfolgen und hatten Überlebensraten von 73 Prozent nach fünf Jahren, 51 Prozent nach zehn Jahren, 39 Prozent nach 15 Jahren und 30 Prozent nach 20 Jahren (67). In der gleichen Untersuchung fiel jedoch auch auf, dass bei Patienten, die gewissen Kriterien entsprachen, die Überlebensraten deutlich höher ausfielen. Daraus resultiert erneut, wie wichtig für den Erfolg einer Umstellungsosteotomie die Patientenselektion ist. Zu diesen Kriterien zählte unter anderem auch das Patientenalter.

In unserem Fall waren beide Patienten, die bereits nach 19 Monaten eine Totalendoprothese erhielten, zum Zeitpunkt der Umstellungsoperation über 60 Jahre alt. Die Frage, ob das Patientenalter einen Einfluss auf die Erfolgsdauer der Osteotomie hat wird in der Literatur kontrovers diskutiert.

Bereits 1988 zeigte sich bei Mattews et al, dass in der Gruppe der 60jährigen der Operationserfolg deutlich schneller nachließ als in der Gruppe mit 40jährigen (59).

Auch weitere Autoren empfehlen Umstellungsosteotomien nur für Patienten unter 60 Jahren (11, 44). Trieb et al. konnte diese Empfehlung mit eindeutigen Zahlen bestätigen (105). In ihrem Untersuchungskollektiv differierten die Überlebensraten zwischen Patienten älter und jünger als 65 Jahre um 20 Prozent.

Als eine der wenigen Arbeiten, die das Alter als keinen Einflussfaktor identifizieren konnte, findet man jene von Kohn et al. und Gall et al. (34, 51).

Der mechanische mediale proximale Tibiawinkel (mMPTW) zeigte in der Untersuchung von Gall et al. keinen signifikanten Einfluss auf die Überlebenszeit einer Umstellungsosteotomie, so dass die klinische Bedeutung als eher untergeordnet anzusehen ist (34).

Im Gegensatz dazu ist das Korrekturausmaß ein viel diskutierter Faktor mit fraglichem Einfluss auf Outcome und Überlebenszeit der Umstellungsosteotomie.

Zur Überprüfung unserer Hypothese, dass das präoperativ definierte Korrekturergebnis erzielt wurde, hat die mechanische Tragachse einen hohen Stellenwert.

Anhand der postoperativ angefertigten Röntgenaufnahmen lässt sich zunächst das Ausmaß der Verlagerung dieser Achse bestimmen. In unserem Fall konnte die Mikulicz-Linie durch die Operation um durchschnittlich 33 Millimeter nach lateral verschoben werden.

Ein sehr ähnliches Ergebnis erzielte auch El-Azab et al. mit einer Verlagerung der mechanischen Tragachse um durchschnittlich 34 Millimeter nach lateral (29).

Der Durchtrittspunkt dieser Tragachse im Verhältnis zur Tibiaplateaubreite lag präoperativ bei durchschnittlich 14 Prozent. Postoperativ konnte ein Prozentpunkt von 54 erreicht werden. Daraus ergibt sich eine Differenz von 40 Prozentpunkten.

In Tabelle 16 sind prä- und postoperative Prozentpunkte sowie deren Differenz anderer Arbeiten aufgelistet.

Tabelle 16: Vergleich der Prozentpunkte mit prä- und postoperativem Wert sowie deren Differenz.

Autor	Präoperativ	Postoperativ	Differenz
Shim et al. (91)	15%	51%	36%
Arthur et al. (7)	27%	58%	31%
El-Azab et al. (29)	27%	57%	30%
Schröter et al. (89)	23%	47%	24%

Da von der Mehrheit der Autoren eine Korrektur in den valgischen Bereich gefordert wird, kann dies als ein Korrekturziel festgelegt werden. Als Grundlage dient die Studie von Fujisawa et al. aus dem Jahr 1979 (32). Anhand der Beurteilung der Knorpelverhältnisse vor und nach HTO konnten die besten Ergebnisse erzielt werden, wenn die mechanische Tragachse postoperativ 30 bis 40 Prozent lateral in Relation zur Kniegelenksmitte verläuft. Dieser Zielbereich wurde in den folgenden Jahren durch verschiedene Autoren modifiziert (27, 64). Noyes et al. legte schließlich fest, dass die Traglinie im Optimalfall durch den Prozentpunkt 62 verläuft (72). In Anlehnung daran greifen wir für eine wertende Einteilung auf die Definition von Niemeyer et al. zurück (69). Diese Klassifizierung richtet sich nach dem Durchtrittspunkt der mechanischen Tragachse am Tibiaplateau. Bei einer Position zwischen 50 und 70 Prozent in Relation zur Tibiaplateauweite wird dies als gute Korrektur eingestuft, bei weniger als 50 Prozent als Unter- und bei mehr als 70 Prozent als Überkorrektur.

Demnach lag bei uns zu 31,3 Prozent eine Unterkorrektur, zu 12,5 Prozent eine Überkorrektur und zu 32,5 Prozent eine gute Korrektur vor.

Dies bedeutet allerdings auch, dass bei 43,8 Prozent der Patienten nicht das gewünschte Korrekturausmaß erreicht wurde.

Bei Brosset et al. lag der Anteil an unterkorrigierten Patienten sogar bei 82 Prozent, weshalb sie die Empfehlung gaben, bei der Planung generell zwei Grad mehr einzukalkulieren (14). Auch bei Schröter et al. konnte in 73 Prozent der Fälle das Planungsziel nicht erreicht werden und damit geht der vergleichsweise niedrigste postoperative Prozentpunkt einher (Tabelle 16) (89).

Im Gegensatz dazu gelang Niemeyer et al. bei 90 Prozent der Patient eine gute Korrektur (68). Nur bei drei Patienten kam es zu einer Überkorrektur und zu keiner Unterkorrektur. Bei Arthur et al. konnte bei allen 21 Patienten eine gute Korrektur erreicht werden zusammen mit dem im Vergleich größten postoperativen Prozentpunkt von 58 (7).

Betrachtet man die Differenz zwischen prä- und postoperativem Prozentpunkt bezogen auf diese drei Gruppen, so zeigt sich auch hier, dass in der Gruppe unterkorrigierter Patienten mit 35 Prozentpunkten die Korrekturdifferenz kleiner war als im Vergleich der Gruppe überkorrigierter Patienten, bei welchen die durchschnittliche Differenz 49 Prozentpunkte betrug.

Der hohe Anteil an Über- bzw. Unterkorrekturen in unserer Arbeit ist sicherlich nicht zufriedenstellend, insbesondere, da in Modell 1 der linearen Regression gezeigt werden konnte, dass mit größer werdendem Prozentpunkt die postoperative Punktezahl im KOOS zum Bereich Symptome ansteigt und somit vor allem bei Unterkorrektur mit einem schlechteren Resultat bezüglich Symptome gerechnet werden muss. Trotz umstrittener Diskussion zum Korrekturausmaß in der Literatur, kommen Valenti et al. zu einem ähnlichen Ergebnis (106). In ihrer Publikation hatten Patienten mit guter Korrektur oder moderater Überkorrektur die besten Ergebnisse hinsichtlich Schmerzen.

Auch in Modell 2 der Regressionsanalyse konnte nochmals der hochsignifikante Einfluss des postoperativen Prozentpunktes auf den Symptomkomplex gezeigt werden. Spahn et al. stellten ebenfalls in ihrer Studie eine signifikante Korrelation zwischen dem Ausmaß der Valgisierung und dem klinischen Resultat fest (93). Zu einem ebensolchen Ergebnis kamen El-Azab et al. (29). Sie verzeichneten ein signifikant schlechteres klinisches Outcome bei Unterkorrektur im Vergleich zu guter Korrektur oder Überkorrektur. Auch andere Studien kommen zu dem Fazit, dass Unterkorrektur mit schlechteren klinischen Resultaten einhergeht, erklärt dadurch, dass die Unterkorrektur in einer erneuten Varusdeformität und der damit assoziierten Symptompersistenz mündet (11, 43, 73, 79).

Dies wirkt sich für den Patienten schließlich auch auf die Überlegung aus, ob sie sich diesem Eingriff nochmals unterziehen würden. So zeigte ein t-Test, dass zwischen postoperativem Prozentpunkt und der Frage nach einer nochmaligen Operation eine signifikante Korrelation besteht. Ein ebensolches Resultat hatte zudem auch Modell 4 der logistischen Regression erbracht. Diese erneute Bestätigung verdeutlicht nochmals die Bedeutsamkeit des Korrekturausmaßes als Faktor für die Patientenzufriedenheit, da nur ein zufriedener Patient die Unannehmlichkeiten einer Operation erneut auf sich nehmen würde. Als eine wichtige Voraussetzung hierfür muss somit die sorgfältige präoperative Planung gelten.

Wir konnten mit Hilfe eines t-Testes eine hochsignifikante Korrelation zwischen dem Abstandes der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkszentrum und dem Prozentpunkt aufzeigen, welche jeweils postoperativ gemessen wurden. Aufgrund dieses

Zusammenhanges ist es möglich, beide Messmethoden für die präoperative Planung zu verwenden.

Der anatomisch femorotibialer Winkel dient der Beurteilung der Beinachse. Physiologischerweise liegt er bei fünf bis sieben Grad valgus, also 173° bis 175° . Bei unserem Patientengut lag präoperativ mit im Durchschnitt 180° eine deutlich varische Beinachse vor. Der empfohlene postoperative Korrekturwinkel beträgt 170° bis 172° bei Coventry und 165° bis 174° bei Koshino et al. (20, 52).

Mit durchschnittlich 170° postoperativ konnte bei unseren Patienten diese Empfehlung erfüllt werden. In anderen Arbeiten wurde bei einem postoperativen Wert von 178° dieses Ziel nicht erreicht (14, 83).

Die klinische Relevanz des postoperativen aFTW zeigt sich in der Arbeit von Choi et al. (17). Darin konnte ein Zusammenhang mit der Patientenzufriedenheit hergestellt werden. Demnach steigt die Zufriedenheit, je kleiner der postoperative aFTW ist.

Dass in unserem Modell 1 der linearen Regression die KOOS-Punktzahl mit der Größe des aFTW anstieg, steht somit im Widerspruch dazu.

Im Rahmen eines neuartigen Ansatzes konnte mittels SPECT gezeigt werden, dass eine Kausalität zwischen Beinachse und Belastungsverlauf des Kniegelenkes besteht (65). Damit könnte zukünftig eine biologische Erfolgskontrolle nach Umstellungsosteotomien durchgeführt werden wodurch sich möglicherweise neue Erkenntnisse zu Operationsplanung und Korrekturausmaß ergeben.

In der Literatur wurde gezeigt, dass Übergewicht als Risikofaktor bei der Entstehung einer Gonarthrose mitbeteiligt ist (33, 40). Bei einem BMI zwischen 30 und 35 kg/m^2 liegt bei Männern ein vierfach, bei Frauen sogar ein fast fünffach erhöhtes Arthroserisiko vor (38). Bei Brosset et al. waren 88 Prozent des Patientenkollektives nicht normalgewichtig (14). In unserem Nachuntersuchungskollektiv waren 84,4 Prozent nicht normalgewichtig. 62,5 Prozent mussten als übergewichtig, 21,9 Prozent sogar als adipös eingestuft werden. Diese Gewichtsverteilung erscheint als Operationsvoraussetzung ungünstig, da als bedeutender Einflussfaktor auf das postoperative Resultat in dieser Studie der BMI ermittelt werden konnte. Auch in andere Studien wurde festgestellt, dass bei normalgewichtigen Patienten bessere postoperative Resultate erzielt werden konnten (29, 92).

Bereits 1993 fand Coventry et al. heraus, dass sich die Überlebensraten von Patienten mit und ohne Übergewicht signifikant unterscheiden (21). Die Differenz betrug 40 Prozent.

Gemäß Amendola und Bonasia existiert jedoch eine kontroverse Diskussion über den Zusammenhang zwischen BMI und schlechteren postoperativen Ergebnissen (5).

Dennoch wird inzwischen in der Leitlinie für kniegelenknahe Beinachsfehlstellungen der Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie und des Berufsverbandes für Orthopädie (Stand 2009) ebenfalls Übergewicht als Risikofaktor für ein schlechtes Ergebnis geführt. Auch Bonasia et al. konnten einen BMI > 30 kg/m² als negativen prognostischen Faktor eruieren (12).

Eine Erklärung für die Auswirkungen von Übergewicht könnte der unmittelbar postoperative Zeitraum liefern. Zur Vermeidung von Dislokationen, Korrekturverlust und Pseudarthrose erfolgt die postoperative Mobilisation schrittweise und zunächst nur unter Teilbelastung mit Unterarmgehstützen. Es muss jedoch in Frage gestellt werden, ob ein Patient mit starkem Übergewicht dazu in der Lage ist.

Der „Tibial slope“ hat sich in unserem Kollektiv nicht signifikant um durchschnittlich 0,24° verringert. Bestätigung finden unsere Ergebnisse in den Untersuchungen von Shim et al, Brosset et al. und Niemeyer et al. (14, 68, 91).

Dies steht im Gegensatz zu den Ergebnissen von El-Azab et al. (28). In deren Arbeit zeigte sich, dass sich bei Osteotomien mit dem close-wedge-Verfahren der „Tibial slope“ verkleinert und bei Osteotomien mit dem open-wedge-Verfahren vergrößert. Staubli et al. und Arthur et al. konnten ebenfalls bei open-wedge Osteotomien eine Vergrößerung des „Tibial slope“ feststellen (7, 98).

Diese Veränderung ist als eher ungünstig anzusehen, da bei einer Zunahme des „Tibial slopes“ auch die Abscherkräfte, welche das vordere Kreuzband (VKB) dehnen, zunehmen und damit das Risiko einer VKB-Ruptur steigt (6).

Ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Beinachsenkorrektur und dem Ausmaß der „Tibial slope“-Veränderung konnte durch Lustig et al. nicht gezeigt werden (56).

Da sich in unserem Kollektiv die Werte für den „Tibial slope“ durch die Operation nicht signifikant verändert haben, ist es auch naheliegend, dass der „Tibial slope“ in der Regressionsanalyse keinen Einfluss auf die postoperative Symptombeurteilung hatte.

Gemäß Han et al. hilft eine intakte laterale Kortikalis, um einen etwaigen Korrekturverlust sowie ein schlechtes Resultat zu vermeiden (41). Zum Bruch der gegenüberliegenden Kortikalis kommt es zwar bei der open-wedge Technik seltener als bei dem close-wedge Verfahren, trat in unserem Kollektiv dennoch bei sieben Patienten auf (108). Etwaige negative Auswirkungen konnten in den Resultaten der Fragebogenauswertung bei uns nicht wiedergespiegelt werden. So war in der logistischen Regression durch eine Fraktur der lateralen Kortikalis weder eine

Auswirkung auf die Punktzahlen von KOOS, Lysholm und WOMAC noch auf die Frage nach einer erneuten Operation festzustellen.

Sowohl der t-Test als auch die Berechnung mittels logistischer Regression ergab in unserer Studie, dass die Verbesserung der Symptomatik, erhoben durch postoperative Punktzahlen aus dem KOOS-Fragebogen, nicht davon abhingen, ob die laterale Kortikalis intakt war. Ob es in unseren Fällen zu einer erneuten Varusfehlstellung aufgrund von Korrekturverlust gekommen ist, lässt sich durch den retrospektiven Charakter unserer Studie und die hierfür unzureichende Anzahl postoperativer Ganzbeinaufnahmen im Stand nicht sagen. In einer prospektiven Studie wurde bei zehn Frakturen der lateralen Kortikalis kein sekundärer Korrekturverlust beobachtet, unabhängig davon, ob die Fraktur mittels Schraubenosteosynthese versorgt wurde oder ohne Intervention blieb (12).

Mit ihrer Kadaver-Studie konnten Han et al. Kriterien festlegen, die zu einer Reduktion von Kortikalisbrüchen führen (41). In ihrer Versuchsgruppe zielte die Osteotomieebene auf einen Bereich zwischen Fibulaspitze und Fibulakopfmitte und endete zehn Millimeter vor der Kortikalis. Zusätzlich verlief die Osteotomie drei Zentimeter distal der Gelenklinie. Bei einer Aufdehnung von bis zu 20 Millimetern kam es in keinem Fall zum Bruch. In einer Vergleichsgruppe frakturierte in dreiviertel der Fälle die laterale Kortikalis. Die Umsetzung von dieser Kadaver- auf eine klinische Studie bleibt noch abzuwarten.

Der Arthrosegrad im medialen Kompartiment konnte von Gall et al. als Prädiktor für die Überlebenszeit detektiert werden (34). Liegt ein Grad null, eins oder zwei vor, so ist die Überlebenszeit nach zehn Jahren 100 Prozent und verkürzt sich bei Grad drei oder vier auf nur mehr 61,5 Prozent.

Im medialen Kompartiment wiesen bei uns die meisten Patienten einen Arthrosegrad zwei auf. Grad drei lag in unserem Kollektiv nur bei 15 Patienten vor, so dass bei der überwiegenden Mehrheit diesbezüglich von einer hohen Überlebenszeit nach zehn Jahren auszugehen ist.

Vergleicht man die radiologisch beschriebenen Arthrosegrade mit der Lokalisation der Mikrofrakturierungen, so findet sich hier eine Übereinstimmung. 62 Patienten wiesen im medialen Kompartiment einen Arthrosegrad zwei oder drei auf und in diesem Bereich wurde auch der überwiegende Anteil der Mikrofrakturierungen durchgeführt. Im Gegensatz dazu lag im lateralen Kompartiment nur bei zwei Patienten Arthrosegrad zwei oder drei vor und es wurde hier auch nur eine Mikrofrakturierung an der lateralen Tibiaoberfläche und zwei am lateralen Femurkondylus durchgeführt. Dies gibt uns

einen Hinweis darauf, dass radiologischer Befund und die Indikation des Operateurs für eine Mikrofrakturierung gemäß arthroskopischem Bild übereinzustimmen scheinen. In unserer Studie konnte gezeigt werden, dass je größer der präoperative Arthroseggrad im medialen Gelenkspalt desto größer die Verbesserung der Symptome. Damit eröffnet sich in gewisser Hinsicht eine Art Zwickmühle. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass man Patienten mit Arthroseggrad drei oder vier mittels dieser Operation hinsichtlich der Symptome eine deutliche Linderung verschaffen kann. Auf der anderen Seite sinkt die Überlebenszeit mit ansteigendem präoperativen, medialen Arthroseggrad.

Es ist also auf Grund dieser Ergebnisse davon auszugehen, dass es sich bei der Symptomverbesserung lediglich um einen eher kurzfristigen Effekt handelt. Welchen Anteil daran die in vielen Fällen zusätzlich durchgeführte Mikrofrakturierung hat, bleibt offen.

Der Arthroseggrad im lateralen und retropatellaren Kompartiment ergab keinen signifikanten Einfluss auf den postoperativen Symptomwert. Gall et al. konnten auch keine Bedeutung des lateralen Arthroseggrades für die Überlebenszeit ausmachen (34). Die Frage danach, ob sich ein Patient erneut für diese Operation entscheiden würde gibt einen guten Anhalt, welche Parameter entscheidend für das postoperative Outcome sind. Verschiedene Modelle in der logistischen Regressionsanalyse ergaben relevante Einflussfaktoren.

So konnten wir zeigen, dass auf die Entscheidung bezüglich einer nochmaligen Operation sowohl die postoperative Beweglichkeit als auch die Zufriedenheit einen signifikanten Einfluss ausüben.

In Hinblick auf die Beweglichkeit liegt demnach ein Schwerpunkt in der postoperativen Rehabilitation. Nur mit konsequenter Krankengymnastik lässt sich eine eingeschränkte Beweglichkeit des operierten Knies verhindern und das Bewegungsausmaß erweitern. Ziel muss hierbei mindestens der präoperative Bewegungsumfang sein.

Es muss grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass Schmerz den Patienten prägt und sowohl auf Operationsbereitschaft als auch auf die Erfolgsbeurteilung Einfluss nimmt. Dass die Einnahme von Schmerzmitteln keinen signifikanten Einfluss auf die Operationsentscheidung nimmt, ist hingegen eher verwunderlich. Auch Floerkemeier et al. konnten in ihrer Arbeit feststellen, dass sich keine Einnahme von Schmerzmitteln als positiver Prädiktor für das Ergebnis des Oxford Knee Scores werten lässt (31).

Eine mögliche Erklärung für diese gegensätzlichen Ergebnisse könnte der hohe Anteil an Patienten liefern, welche weder vor noch nach der Operation, das unmittelbar postoperative Intervall ausgenommen, Schmerzmittel einnahmen.

Als hochsignifikanten Einfluss konnte in unserer Arbeit „Schmerz“ und als signifikanten Einfluss „Aktivität“ auf die Entscheidung über eine nochmalige Operation ermittelt werden.

Die Tatsache, dass gerade diese beiden Fragebogenbereiche auf die Operationsentscheidung einwirken, lässt sich mit der Abhängigkeit der beiden Gebiete voneinander erklären. So ist naturgemäß eine Steigerung der Aktivität nur unter Schmerzfreiheit möglich.

Der Patient profitiert also aufgrund geringerer Schmerzen bei der Verrichtung seiner Alltagsarbeiten und damit ergibt sich ein eindeutiger Gewinn durch die Operation, welcher ihn dazu bewegen würde, diese erneut durchführen zu lassen.

In den Bereichen „Sport und Freizeit“ sowie „Lebensqualität“ ließ sich in dieser Studie keine ausreichende Verbesserung durch die Umstellungsosteotomie erreichen, als dass daraus ein Zusammenhang zur nochmaligen Operationsfrage hergestellt werden könnte.

Regelhaft wird in gleicher Sitzung vor der eigentlichen Umstellungsoperation eine Arthroskopie des Knies durchgeführt. Hierbei zeigte sich bei 82,5 Prozent der Patienten ein Meniskusschaden mit regelhaft betroffenem Innenmeniskus.

Durch die Häufigkeitsdarstellung mittels Kreuztabelle ließ sich ein Zusammenhang zwischen Meniskusschaden und Entscheidung über eine erneute Operation herstellen. Demnach würden sich Patienten mit arthroskopisch festgestelltem Meniskusschaden eher nochmals operieren lassen als Patienten ohne Meniskusschaden.

Naudie et al. konnte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Überlebenszeit und einer vorherigen partiellen oder totalen Meniskektomie herstellen (67). Sie ermittelten jedoch das präoperativ durchgeführte arthroskopische Débridement als Risikofaktor für ein frühes Versagen der Osteotomie.

Im Gegensatz dazu kamen andere Studien zu dem Schluss, dass eine Arthroskopie mit gleichzeitiger Durchführung von Knorpelregenerationsmaßnahmen unmittelbar vor der Umstellungsoperation zu besseren klinischen Ergebnissen führt (4, 101).

Eine Erklärung für die größere Bereitschaft von Patienten mit Meniskusschaden eine solche Operation erneut durchführen zu lassen könnten die Ergebnisse von Spahn et al. liefern (93). Demnach kommt es alleine durch die Veränderung der irregulären Druckverhältnisse zu einer Verbesserung der Knorpelqualität. Davon könnten besonders Meniskusgeschädigte profitieren.

Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass eine Arthroskopie unmittelbar vor der Osteotomie sinnvollerweise durchgeführt werden sollte. Zum einen können Schäden am Meniskus behandelt werden, zum anderen kann bei etwaigen Knorpeldefekten eine entsprechende Regenerationsmaßnahme erfolgen.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass im Sinne des Patienten eine genaue Auswahl getroffen werden sollte, für wen eine solche Operation erfolgversprechend sein könnte und für welche Patienten eher eine andere Lösung in Erwägung gezogen werden muss.

Bei der abwägenden Entscheidung sollten gemäß unseren Ergebnissen vor allem die Faktoren Patientenalter, Arthrosegrad im medialen Kompartiment und BMI Berücksichtigung finden.

Durch den retrospektiven Charakter unserer Studie ergaben sich verschiedene Einschränkungen. So konnten nur so viele Patienten mit aufgenommen werden, wie bis zum Zeitpunkt der Datenerhebung operiert worden waren. Es erfolgte keine standardisierte Nachuntersuchung, so dass die postoperativen Röntgenaufnahmen nach unterschiedlichen Intervallen aufgenommen worden waren. Gleiches gilt für die Fragebogenerhebung, welche nach verschiedenen postoperativen Zeiträumen durchgeführt wurde. Hinzu kommt, dass präoperativ keine einheitlichen klinischen Untersuchungen dokumentiert worden waren, so dass bei einer etwaigen klinischen Nachuntersuchung im Rahmen dieser Studie keine Vergleichswerte zur Verfügung gestanden hätten. Aus diesem Grund konnte der in der Literatur vielfach aufgeführte Knee Society Score nicht zur Anwendung kommen.

In der Zukunft könnte die Verwendung von computergestützten Navigationssystemen bei kniegelenksnahen Korrekturosteotomien dem Operateur dabei behilflich sein, seine Planung exakt in die Praxis umzusetzen (3). Da wir in dieser Arbeit zeigen konnten, dass die Zufriedenheit des Patienten vor allem auch von einem präzisen Ergebnis abhängt, sollte auf diese Weise eine Verbesserung der klinischen Ergebnisse erreicht werden können.

5. Zusammenfassung

Die öffnende, kniegelenksnahe Umstellungsosteotomie ist ein etabliertes Verfahren bei der Behandlung der Varusgonarthrose. Um die Ergebnisse weiter zu verbessern, war es das Ziel dieser Arbeit, Einflussfaktoren zu ermitteln, welche eine Auswirkung auf die Patientenzufriedenheit darstellen.

Hierfür wurden 80 Fälle retrospektiv untersucht. Die radiologische Befundung beinhaltete unter anderem die mechanische Tragachse, den anatomischen femorotibialen Winkel (aFTW), den tibial slope und den Arthrosegrad nach der Einteilung von Kellgren und Lawrence. Der Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) und die Frage nach einer erneuten Operation wurden als Messgrößen für die Resultate genutzt. Lineare und logistische Regressionsanalysen wurden durchgeführt, um den Einfluss von Patientenfaktoren und radiologischen Parametern auf die Ergebnisse des Fragebogens zu beurteilen.

Die durchschnittliche postoperative Tragachse verlief durch den 54,3%-Punkt (Minimum 20,6%, Maximum 92,2%) in Bezug auf die Tibiaplateaubreite. Im KOOS konnte bei allen Teilbereichen eine postoperative Verbesserung um durchschnittlich 23,4 Punkte erzielt werden. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Einfluss von Korrekturausmaß, Body Mass Index (BMI) und Arthrosegrad im medialen Kompartiment auf die Patientenzufriedenheit. Patienten mit präoperativ bestehenden Meniskusverletzungen würden sich eher wieder diesem Eingriff unterziehen.

Demnach können die Ergebnisse nach HTO durch eine sinnvolle Patientenauswahl verbessert werden. Anhand der Studienresultate können wir das Korrekturausmaß der Tragachse und den BMI zu den Auswahlkriterien hinzufügen. Bei Patienten mit höhergradiger Arthrose müssen Vor- und Nachteile abgewogen werden. Wir konnten zudem einen Vorteil für Patienten mit präoperativ bestehenden Meniskusläsionen nachweisen.

6. Summary

Open-wedge high tibial osteotomy (HTO) is an established method treating osteoarthritis of the knee. To improve the results, this thesis aims to identify factors that predict the patient satisfaction.

A total of 80 cases were retrospectively studied. Radiological analysis contained inter alia weight-bearing line, anatomical femorotibial angle (aFTA), tibial slope and degree of osteoarthritis according to the classification by Kellgren and Lawrence. The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) and repetition of surgery were outcome measures. Linear and logistic regressions were performed to evaluate the influence of patient demographics and radiological variables related to the results of our questionnaire.

The average postoperative weight-bearing point passed through the 54,3% (range 20,6 %-92,2 %) point of the tibia. The KOOS increased in all subscales after intervention with a mean of 23,4 points. We found a statistical significant influence of correction magnitude, body mass index (BMI) and degree of osteoarthritis in the medial compartment on patient satisfaction. Patients with preoperative existing injury to the meniscus would rather undergo the HTO again.

Results of a HTO can be improved by careful patient selection. With the help of our study we can add correction magnitude of the weight-bearing line and BMI to the selection criteria. In patients with higher degree of osteoarthritis pros and cons need to be weighed. We were also able to carve out a benefit for patients with preoperative existing injury of the meniscus.

7. Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
aFTW	anatomischer femorotibialer Winkel
a.p.	anterior-posterior
aPPTW	anatomischer proximaler posteriorer Tibiawinkel
BMI	Body-Mass-Index
CORA	center of rotation of angulation
HTO	high tibial osteotomy
KOOS	knee injurie and osteoarthritis outcome score
MAD	mechanische Achsabweichung
mLDFW	mechanischer lateraler distaler Femurwinkel
mMPTW	mechanischer medialer proximaler Tibiawinkel
NHDR	National Hospital Discharge Register
RIA	Reamer Irrigator Aspirator
SPECT	single photon emission computer tomographie
SYSADOA	systematic slow acting drugs in osteoarthritis
VKB	vorderes Kreuzband
WOMAC	Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index

8. Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

8.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1a	Physiologische Achsverhältnisse	2
Abbildung 1b	Genu varum	2
Abbildung 2	TomoFix Plattenfixateur	5
Abbildung 3a	intraoperative Aufnahme, Markierung der Osteotomiehöhe und –richtung mit zwei Führungsdrähten (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	6
Abbildung 3b	Durchleuchtungsaufnahme, Markierung der Osteotomiehöhe und –richtung mit zwei Führungsdrähten (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	6
Abbildung 4a	intraoperative Aufnahme, Einsetzen eines Arthrodesespreizers, Einschieben des Plattenfixateurs und proximale Verriegelung (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	7
Abbildung 4b	Durchleuchtungsaufnahme, Einsetzen eines Arthrodesespreizers, Einschieben des Plattenfixateurs und proximale Verriegelung (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	7
Abbildung 5	Besetzen der übrigen Plattenlöcher (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	8
Abbildung 6a	Durchleuchtungsaufnahme, Bildwandlerkontrolle und radiologische Dokumentation (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	8
Abbildung 6b	Durchleuchtungsaufnahme, Bildwandlerkontrolle und radiologische Dokumentation (OP Orthopädie Uniklinikum Giessen)	8
Abbildung 7	Schemazeichnung der Lage des Plattenfixateurs in der proximalen Tibia	9

Abbildung 8	Die mechanische Tragachse und die mechanische Achsabweichung (MAD)	13
Abbildung 9	a.p.-Aufnahme des Kniegelenks. Mediale Kortikalis 0 %, laterale Kortikalis 100 %	13
Abbildung 10	Der anatomische proximale posteriore Tibiawinkel	14
Abbildung 11	Der anatomische femorotibiale Winkel (aFTW)	15
Abbildung 12	Der mechanische mediale proximale Tibiawinkel (mMPTW)	16
Abbildung 13	Der mechanische laterale distale Femurwinkel (mLDFW)	16
Abbildung 14	Stadium 1 bis 4 nach Kellgren und Lawrence	17
Abbildung 15	Einzeichnen der Tangenten an Femurkondylen und Tibiaplateau	18
Abbildung 16	Halbieren der beiden Tangenten	18
Abbildung 17	Bestimmung des Mittelpunktes zwischen den Tangentenmittelpunkten	18
Abbildung 18	Somit erhält man das Kniegelenkzentrum	18
Abbildung 19	Einzeichnen der Mikulicz-Linie	19
Abbildung 20	Ermittlung des Abstandes zwischen Kniegelenkzentrum und Mikulicz-Linie in Millimeter	19
Abbildung 21	Ausmessen der Tibiaplateaubreite	20
Abbildung 22	Bestimmung des Abstandes zwischen medialer Tibiaplateaukante und Mikulicz-Linie	20
Abbildung 23	Einzeichnen der Tibiaschaftachse	21

Abbildung 24	Einzeichnen der Tangente an das mediale Tibiaplateau	21
Abbildung 25	Ausmessen des Winkels zwischen der Tibiaschaftachse und der Tangenten zum Tibiaplateau	21
Abbildung 26	Einzeichnen der anatomischen Achsen von Femur und Tibia	22
Abbildung 27	Ausmessen des lateralen Winkels zwischen diesen beiden Achsen	22
Abbildung 28	Einzeichnen der anatomischen Achse der Tibia und der Tibiaplateaulinie	23
Abbildung 29	Vermessung des Winkels medial dieser beiden Linien	23
Abbildung 30	Einzeichnen der mechanischen Femurachse und der Kniebasislinie	24
Abbildung 31	Bestimmung des Winkels lateral zwischen diesen Geraden	24
Abbildung 32	Verlauf der Mikulicz-Linie präoperativ	29
Abbildung 33	Der Prozentpunkt präoperativ liegt bei 5 %	29
Abbildung 34	Verlauf der Mikulicz-Linie postoperativ	30
Abbildung 35	Der Prozentpunkt postoperativ liegt bei 59%	30
Abbildung 36	Häufigkeitsverteilung des Operationsalters	31
Abbildung 37	Häufigkeitsverteilung der BMI-Werte	33
Abbildung 38	Abstand der Mikulicz-Linie vom Kniegelenkzentrum prä- und postoperativ	34
Abbildung 39	Durchtrittspunkt der Tragachse prä- und postoperativ in Prozent	35
Abbildung 40	Tibial slope prä- und postoperativ in Winkelgrad	36

Abbildung 41	aFTW prä- und postoperativ in Winkelgrad	37
Abbildung 42	Benotung der Fragen A, B und C	39
Abbildung 43	Vergleich des postoperativen Prozentpunktes anhand der Frage, ob die Patienten sich nochmals dieser Operation unterziehen würden	45

8.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Für die Auswertung zur Verfügung stehende Röntgenbilder	12
Tabelle 2	Ergebnisse des WOMAC Arthroseindex nach Teilen, prä- und postoperativ	38
Tabelle 3	Ergebnisse des KOOS nach Teilen, prä- und postoperativ	38
Tabelle 4	Ergebnisse des Lysholm-Scores prä- und postoperativ	39
Tabelle 5	Modell 1 der linearen Regression	40
Tabelle 6	Modell 2 der linearen Regression	41
Tabelle 7	Modell 2 der logistischen Regression	42
Tabelle 8	Modell 3 der logistischen Regression	43
Tabelle 9	Modell 4 der logistischen Regression	44
Tabelle 10	Test bei gepaarten Stichproben	44
Tabelle 11	Test bei unabhängigen Stichproben	45
Tabelle 12	Kreuztabelle für Meniskusschaden und Frage nach erneuter Operation	46
Tabelle 13	Vergleichsstudien	47
Tabelle 14	Komplikationsraten	50
Tabelle 15	Wundinfektionsrate	51
Tabelle 16	Prozentpunkte	55

9. Literaturverzeichnis

- 1 Agneskirchner JD, De Simoni C, Staubli AE, Lobenhoffer P (2004a) Open-wedge-Osteotomie: Konzept und erste Erfahrungen. *Arthroskopie* 17: 246–255
- 2 Agneskirchner JD, Lobenhoffer P (2004b) Endoprothetik des Kniegelenks. *Unfallchirurg* 107: 219-231
- 3 Akamatsu Y, Mitsugi N, Mochida Y, Taki N et al. (2012) Navigated opening wedge high tibial osteotomy improves intraoperative correction angle compared with conventional method. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 20: 586-593
- 4 Akuzuki S, Yasukawa Y, Takizawa T (1997) Does arthroscopic arthroplasty promote cartilage regeneration in osteoarthritic knees with eburnation? A prospective study of high tibial osteotomy with abrasion arthroplasty versus high tibial osteotomy alone. *Arthroscopy* 13(1): 9.17
- 5 Amendola A, Bonasia DE (2010) Results of high tibial osteotomy: review of literature. *Int Orthop* 34: 155-160
- 6 Amis AA (2013) Biomechanics of high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol* 21(1): 197-205
- 7 Arthur A, La Prade RF, Agel J (2007) Proximal tibial opening wedge osteotomy as the initial treatment for chronic posterolateral corner deficiency in the varus knee: a prospective clinical study. *Am J Sports Med* 35: 1844-1850
- 8 Aryee S, Imhoff AB, Rose T, Tischer T (2008) Do we need synthetic osteotomy augmentation materials for opening-wedge high tibial osteotomy. *Biomaterials* 29: 3497-3502
- 9 Bhan S, Dave PK (1992) High valgus tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. *Int Orthop* 16(1): 13-17
- 10 Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J et al. (1988) Validation study for WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 15(12): 1833-1840
- 11 Berman AT, Bosacco SJ, Kirshner S, Avolio A (1991) Factors influencing long-term results in high tibial osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 272: 192-198

- 12 Bonasia DE, Dettoni F, Sito G, Blonna D et al. (2014) Medial opening wedge high tibial osteotomy for medial compartment overload / arthritis in the varus knee: prognostic factors. *Am J Sports Med* 42(3): 690-698
- 13 Brinkman JM, Luites JWH, Wymenga AB, Heerwarden van RJ (2010) Early full weight bearing is safe in open-wedge high tibial osteotomy. *Acta Orthopædica* 81(2): 193-198
- 14 Brosset T, Pasquier G, Migaud H, Gougeon F (2011) Opening wedge high tibial osteotomy performed without filling the defect with locking plate fixation (TomoFix) and early full weight-bearing: prospective evaluation of bone union, precision and maintenance of correction in 51 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 97(7): 705-711
- 15 Brown GA, Amendola A (2000) Radiographic evaluation and preoperative planning for high tibial osteotomies. *Oper Tech Sports Med* 8: 2-14
- 16 Chan KKW, Sit RWS, Wu RWK, Ngai AHY (2014) Clinical, radiological and ultrasonographic findings related to knee pain in osteoarthritis. *PLoS One* 9(3): e92901
- 17 Choi HR, Hasegawa Y, Kondo S, Shimizu T et al. (2001) High tibial osteotomy for varus gonarthrosis: a 10- to 24-year follow-up study. *J Orthop Sci* 6: 493-497
- 18 Coventry MB (1965) Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee: a preliminary report. *J Bone Joint Surg Am* 47: 984-990
- 19 Coventry MB (1973) Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis: indications, operative technique, and results. *J Bone Joint Surg Am* 55: 23-48
- 20 Coventry (1984) Upper tibial osteotomy. *Clin Orthop* 182: 46-52
- 21 Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL (1993) Proximal tibial osteotomy. A clinical long-term study of eighty-seven cases. *J Bone Joint Surg Am* 75: 196-201
- 22 De Bastiani G, Aldegheri R, Brivio LR (1984) The treatment of fractures with a dynamic axial fixator. *J Bone Joint Surg* 66-B(4): 538-545
- 23 Debrunner AM (2002) *Orthopädie, Orthopädische Chirurgie*. Verlag Hans Huber Bern.
- 24 Demeo PJ, Johnson EM, Chiang PP, Flamm AM et al. (2010) Midterm Follow-up of opening-wedge high tibial osteotomy. *Am J Sports Med* 38(10): 2077-2084

- 25 Dindo D, Demartines N, Clavien PA (2004) Classification of surgical complications. *Annals of Surgery* 240(2): 205-213
- 26 Duchow J, Kohn D (2003) Die Behandlung der Beginnenden Gonarthrose im mittleren Lebensalter. *Orthopäde* 32: 920-930
- 27 Dugdale TW, Noyes FR, Styer D (1992) Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. *Clin Orthop* 274: 248-264
- 28 El-Azab H, Glabgly P, Paul J, Imhoff AB et al. (2010) Patellar height and posterior tibial slope after open- and closed wedge high tibial osteotomy: a radiological study on 100 patients. *Am J Sports Med* 38(2): 323-329
- 29 El-Azab HM, Morgenstern M, Ahrens P, Schuster T et al. (2011) Limb alignment after open-wedge high tibial osteotomy and its effect on the clinical outcome. *Orthopedics* 34(10): e622-e628
- 30 Felson DT, Naimark A, Anderson J, Kazis L et al. (1987) The prevalence of knee osteoarthritis in the elderly. The Framingham Osteoarthritis Study. *Arthritis Rheum* 30(8): 914-918
- 31 Floerkemeier S, Staubli AE, Schröter S, Goldhahn S et al. (2013) Outcome after high tibial open-wedge osteotomy: a retrospective evaluation of 533 patients. *KSSTA* 21: 170-180
- 32 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: 585-608
- 33 Gelber AC, Hochberg MC, Mead LA, Wang NY et al. (1999) Body Mass Index in young men and the risk of subsequent knee and hip osteoarthritis. *Am J Med* 107: 542-548
- 34 Gall N, Fickert S, Puhl W, Günther KP et al. (2005) Prädiktoren der Tibiakopfumstellung in der Therapie der Varusgonarthrose. *Z Orthop* 143: 551-555
- 35 Galla M, Lobenhoffer P (2007) Die valgusierende proximale öffnende Tibiaosteotomie mit Plattenfixateur. *Arthroskopie* 20:291-300
- 36 Gladbach B, Pfeil J, Heijens E (1999) Deformitätenkorrektur des Beins. Definition, Quantifizierung, Korrektur der Translationsfehlstellung und Durchführung von Translationsvorgaben. *Orthopäde* 28: 1023-1033
- 37 Graff H (1903) Max Schede. Ein Nekrolog. *Langenbeck's Archives of Surgery* 68: 1-9
- 38 Groß AF, Fickert S, Günther KP (2005) Übergewicht und Arthrose. *Orthopäde* 34: 638-644

- 39 Grotle M, Hagen KB, Natrig B, Dahl FA et al. (2008) Obesity and osteoarthritis in knee, hip and / or hand: An epidemiological study in the general population with 10 years follow-up. *BMC Musculoskeletal Disord.* 9: 132
- 40 Günther KP, Puhl W, Brenner H, Stürmer T (2002) Clinical epidemiology of hip and knee joint arthroses. *Z Rheumatol* 61(3): 244-249
- 41 Han SB, Lee DH, Shetty GM, Chae DJ et al. (2013) A “safe zone” in medial open-wedge high tibial osteotomy to prevent lateral cortex fracture. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1): 90-95
- 42 Hankemeier S, Paley D, Pape HC, Zeichen J et al. (2004) Die kniegelenknahe Focal-dome Osteotomie. *Orthopäde* 33: 170-177
- 43 Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutallier D (1987) Proximal tibial osteotomy for osteoarthritis with varus deformity. A ten to thirteen-year follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 69: 332-354
- 44 Hofmann S, Pietsch M (2007) Biomechanische Grundlagen und Indikationen bei der kniegelenknahen Osteotomie. *Arthroscopie* 20: 270-276
- 45 Insall JN, Joseph DM, Msika C (1984) High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. *J Bone Joint Surg Am* 66:1040-1048
- 46 Jordan JM, Helmick CG, Renner JB, Luta G et al. (2007) Prevalence of knee symptoms and radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in African Americans and Caucasians: the Johnston County Osteoarthritis project. *J Rheumatol* 34(1): 172-180
- 47 Kellgren JH, Lawrence JS (1957) Radiological Assessment of Osteo-Arthrosis. *Ann Rheum Dis* 16: 494-502
- 48 Kerrigan DC, Lelas JL, Goggins J, Merriman GJ et al. (2002) Effectiveness of a lateral-wedge insole on knee varus torque in patients with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil* 83: 889-893
- 49 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* 141: 277-282
- 50 Kohn D (2000) *Das Knie.* Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- 51 Kohn L, Sauerschnig M, Iskansar S, Lorenz S (2013) Age does not influence the clinical outcome after high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1): 146-151

- 52 Koshino T, Morii T, Wada J, Saito H (1989) High tibial osteotomy with fixation by a blade plate for medial compartment osteoarthritis of the knee. *Orthop Clin North Am* 20: 227-243
- 53 Liebendörfer A, Tröster S (1997) Hydroxylapatitkeramik im klinischen Einsatz. *Unfallchirurgie* 23: 60-68
- 54 Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Galla M (2007) Kniegelenknahe Osteotomien. Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- 55 Luites JWH, Brinkman JM, Wymenga AB, Heerwaarden van RJ (2009) Fixation stability of opening- versus closing-wedge high tibial osteotomy. *J Bone Joint Surg* 91-B: 1459-1465
- 56 Lustig S, Scholes CJ, Costa AJ, Coolican MJ et al. (2013) Different changes in slope between the medial and lateral tibial plateau after open-wedge high tibial osteotomy. *KSSTA* 21: 32-38
- 57 Lysholm J, Gillquist J (1982) Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 10: 150-154
- 58 Macewen W (1879) Antiseptic osteotomy in genu valgum and anterior tibial curves: with a few remarks on the pathology of knock-knee. *Br Med J* 2: 607-609
- 59 Matthews LS, Goldstein SA, Malvitz TA, Katz BP et al. (1988) Proximal tibial osteotomy. Factors that influence the duration of satisfactory function. *Clin Orthop Relat Res* 229: 193-200
- 60 McNamara IR, Birmingham TB, Marsh JD, Chesworth BM et al. (2014) A preference-based single-item measure of quality of life following medial opening wedge high tibial osteotomy: large improvements similar to arthroplasty. *Knee* 21(2): 456-461
- 61 Michall JWP, Schlüter-Brust KU, Eysel P (2010) Epidemiologie, Ätiologie, Diagnostik und Therapie der Gonarthrose. *Dtsch Arztebl Int* 107(9): 152-162
- 62 Miller BS, Joseph TA, Barry EM, Rich VJ et al. (2007) Patient satisfaction after medial opening high tibial osteotomy and microfracture. *J Knee Surg* 20: 129-133
- 63 Miller BS, Downie B, McDonough EB, Wojtys EM (2009) Complications after medial opening wedge high tibial osteotomy. *Arthroscopy* 25(6): 639-646
- 64 Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP (1989) Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. *Clin Orthop Relat Res* 246: 250-259

- 65 Mucha A, Dordevic M, Testa EA, Rasch H et al. (2013) Assessment of the loading history of patients after high tibial osteotomy using SPECT/CT – a new diagnostic tool and algorithm. *J Orthop Surg Res* 8: 46
- 66 Müller C, Majewski M, Weining G, Friedrich NF (2004) Distrahierende mediale Tibiakopfvalgisationsosteotomie mittels Fixateur externe. *Arthroskopie* 17: 256-261
- 67 Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ (1999) Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. *Clin Orthop Relat Res* 367: 18-27
- 68 Niemeyer P, Koestler W, Kaehny C, Kreuz PC (2008) Two-year results of open-wedge high tibial osteotomy with fixation by medial plate fixator for medial compartment arthritis with varus malalignment of the knee. *Arthroscopy* 24: 796-804
- 69 Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, Heyden von J et al. (2010) Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthrosis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. *Arthroscopy* 26(12): 1607-1616
- 70 Niethard FU, Pfeil J (2005) *Orthopädie*. Hippokrates Verlag, Stuttgart.
- 71 Niinimäki TT, Eskelinen A, Mann BS, Junnila M et al. (2012) Survivorship of high tibial osteotomy in the treatment of osteoarthritis of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 94(11): 1517-1521
- 72 Noyes FR, Barber SD, Simon R (1993) High tibial osteotomy and ligament reconstruction in varus angulated, anterior cruciate ligament-deficient knees. *Am J Sports Med* 21(1): 2-12
- 73 Odenbring S, Egund N, Hagstedt B, Larsson J et al. (1991) Ten-year results of tibial osteotomy for medial gonarthrosis. The influence of overcorrection. *Arch Orthop Trauma Surg* 110(2): 103-108
- 74 Oliviera SA, Felson DT; Reed JI, Civillo PA et al. (1995) Incidence of symptomatic hand, hip and knee osteoarthritis among patients in a health maintenance organization. *Arthritis Rheum* 38(8): 1134-1141
- 75 Oswald MH, Jakob RP, Schneider E, Hoogewoud HM (1993) Radiological analysis of normal axial alignment of femur and tibia in view of total knee arthroplasty. *J Arthroplasty* 8: 413-426
- 76 Outerbridge RE (1961) The etiology of chondromalacia patellae. *J Bone Joint Surg Br* 43-B(4): 752-757

- 77 Ozalay M, Ozkoc G, Circi E, Akpınar S et al. (2008) The correlation of correction magnitude and tibial slope changes following open wedge high tibial osteotomy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 16: 948-951
- 78 Paley D, Pfeil J (2000) Prinzipien der kniegelenksnahen Deformitätenkorrektur. *Orthopäde* 29: 18-38
- 79 Pape D, Adam F, Rupp S, Seil R et al. (2004) Stabilität, Knochenheilung und Korrekturverlust nach valgusierender Tibiakopfumstellung. Eine Röntgenstereometrieanalyse. *Orthopäde* 33: 208-217
- 80 Pape D, Lorbach O, Steimer O (2007) Analyse der Deformität und präoperative Planung einer knienahen Osteotomie. *Arthroskopie* 20: 277-290
- 81 Peyron JG (1986) Osteoarthritis. The epidemiologic viewpoint. *Clin Orthop Relat Res* 213: 13-19
- 82 Pfeil J, Hasch E (2005) Umstellungsosteotomien am Kniegelenk. *Z Orthop* 143: R43-R65
- 83 Pongsoipeth B, Tantikul C (2009) Open-wedge high tibial osteotomy in varus knee osteoarthritis: a 5-year prospective cohort study. *J Med Assoc Thai* 92(6): 109-114
- 84 Pullig O, Pfander D, Swoboda B (2001) Molekulare Grundlagen der Arthroseinduktion und –progression. *Orthopäde* 30: 825-833
- 85 Rauschmann MA, Eberhardt C, Patzel U, Thomann KD (2003) Das rachitische X-Bein im Kindesalter. *Orthopäde* 32: 101-109
- 86 Reising K, Strohm PC, Hauschild O, Schmal H et al. (2013) Computer assisted navigation for intraoperative assessment of lower limb alignment in the high tibial osteotomy can avoid outliers compared with the conventional technique. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 21(1): 181-188
- 87 Roos EM, Roos HP, Ekdahl C, Lohmander LS (1998) Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) – validation of a Swedish version. *Scand J Med Sci Sports* 8: 439-448
- 88 Roos EM, Roos HP, Lohmander LS, Ekdahl C et al. (1998) Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS) – Development of a self-administered outcome measure. *J Orthop Sports Phys Ther* 78(2): 88-96
- 89 Schröter S, Günzel J, Freude T, Ateschrang A et al. (2012) Planungsgenauigkeit bei Open Wedge HTO. *Z Orthop Unfall* 150(4): 368-373

- 90 Seargrave RA, Sojka J, Goodyear A, Munns SW (2014) Utilizing reamer irrigator aspirator (RIA) autograft for opening wedge high tibial osteotomy: A new surgical technique and report of three cases. *Int J Surg Case Rep* 5: 37-42
- 91 Shim JS, Lee SH, Jung HJ, Lee HI (2011) High tibial open wedge osteotomy below the tibial tubercle: clinical and radiographic results. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 11: 1453-1459
- 92 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 and Cartilage* 14: 190-195
- 93 Spahn G, Klinger HM, Harth P, Hofmann GO (2012) Knorpelregeneration nach valgusierender Tibiakopfosteotomie. Ergebnisse einer arthroskopischen Studie. *Z Orthop Unfall* 150: 272-279
- 94 Spahn G, Wittig R (2002) Belastungsstabile Osteosynthese der opening-wedge-Osteotomie des Tibiakopfes – Prälaminares Bericht und Literaturübersicht. *Akt Traumatol* 32: 137-142
- 95 Sprangers MA, Regt de EB, Andries F, Agt van HM et al. (2000) Which chronic conditions are associated with better or poorer quality of life? *J Clin Epidemiol* 53(9): 895-907
- 96 Sprenger TR, Doerzbacher JF (2003) Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. *J Bone Joint Surg Am* 85(3): 469-474
- 97 Statistisches Bundesamt Wiesbaden (2010) Tabellen zur Krankheitskostenrechnung des Rechensystems für die Jahre 2002, 2004, 2006 und 2008. Fachserie 12, Reihe 7.2
- 98 Staubli AE, De Simoni C, Bast R, Lobenhoffer P (2003) TomoFix: a new LCP-concept for open-wedge osteotomy of the medial proximal tibia – early results in 92 cases. *Injury* 34(2): B55-B62
- 99 Staubli AE, Jacob HAC (2010) Evolution of open-wedge high-tibial osteotomy: experience with a special angular stable device for internal fixation without interposition material. *Int Orthop* 34: 167-172
- 100 Steinmeyer J (2001) Medikamentöse Therapie der Arthrose. *Orthopäde* 30: 856-865
- 101 Sterett WI, Steadman JR (2004) Chondral resurfacing and high tibial osteotomy in the varus knee. *Am J Sports Med* 32(5): 1243-1249

- 102 Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA et al. (1996) Evaluation einer deutschen Version des WOMAC (Western Ontario und McMaster Universities) Arthroseindex. *Z Rheumatol* 55(1): 40-49
- 103 Tegner Y, Lysholm J (1985) Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 198: 43-49
- 104 Tjörnstrand B, Egund N, Hagstedt B, Lindstrand A (1981) Tibial osteotomy in medial gonarthrosis. The importance of over-correction of varus deformity. *Arch Orthop Traumatol Surg* 99: 83-89
- 105 Trieb K, Grohs J, Hanslik-Schnabel B, Stulnig T et al. (2006) Age predicts outcome of high-tibial osteotomy. *KSSTA* 14(2): 149-152
- 106 Valenti JR, Calvo R, Lopez R, Canadell J (1990) Long term evaluation of high tibial valgus osteotomy. *Int Orthop* 14(4): 347-349
- 107 Valkering KP, Bekerom van den MPJ, Kappelhoff FM, Albers GHR (2009) Complications after TomoFix medial opening wedge high tibial osteotomy. *J Knee Surg* 22: 218-225
- 108 Van Raaij TM, Brouwer RW, Vlieger de R, Reijman M et al. (2008) Opposite cortical fracture in high tibial osteotomy: lateral closing compared to the medial opening wedge technique. *Acta Orthop* 79(4): 508-514
- 109 Volkmann R (1875) Osteotomy for the knee joint deformity. *Berl Klin Wochenschr* 12: 794-799
- 110 Zaki SH, Rae PJ (2009) High tibial valgus osteotomy using the TomoFix plate – Medium-term results in young patients. *Acta Orthop Belg* 75: 360-367

10. Anhang

10.1 Fragebogen Symptome

Haben Sie Schwellungen in Ihrem Knie?

vor OP niemals / selten / manchmal / oft / immer
nach OP niemals / selten / manchmal / oft / immer

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

vor OP niemals / selten / manchmal / oft / immer
nach OP niemals / selten / manchmal / oft / immer

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

vor OP niemals / selten / manchmal / oft / immer
nach OP niemals / selten / manchmal / oft / immer

Können Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

vor OP immer / oft / manchmal / selten / nie
nach OP immer / oft / manchmal / selten / nie

Können Sie Ihr Knie beugen?

vor OP immer / oft / manchmal / selten / nie
nach OP immer / oft / manchmal / selten / nie

10.2 Fragebogen Steifigkeit

Wie stark ist Ihre Steifigkeit morgens direkt nach dem Aufwachen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark
nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie stark ist Ihre KniestEIFigkeit nachdem sie saßen, lagen oder sich ausruhten im Verlauf des Tages?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark
nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

10.3 Fragebogen Schmerzen

Wie oft tut Ihnen das Knie weh?

vor OP niemals / monatlich / wöchentlich / täglich / immer

nach OP niemals / monatlich / wöchentlich / täglich / immer

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie sich im Knie drehen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie Ihr Knie ganz ausstrecken?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie Ihr Knie ganz beugen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie wenn Sie auf ebenem Boden gehen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie Treppen herauf oder heruntergehen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie nachts im Bett liegen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie sitzen oder liegen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

Wie starke Schmerzen haben Sie, wenn Sie aufrecht stehen?

vor OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

nach OP keine / schwach / mäßig / stark / sehr stark

10.4 Fragebogen Aktivitäten des täglichen Lebens

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Treppen heruntersteigen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Treppen heraufsteigen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Aufstehen vom Sitzen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Stehen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim sich zum Boden bücken?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Gehen auf ebenem Boden?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Einsteigen ins Auto / Aussteigen aus dem Auto?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Einkaufen gehen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Socken / Strümpfe anziehen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Aufstehen vom Bett?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Socken / Strümpfe ausziehen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Liegen im Bett?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Steigen in die Badewanne / aus der Badewanne?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim Sitzen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten beim sich auf die Toilette setzen / Aufstehen von der Toilette?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten bei anstrengenden Hausarbeiten?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Wie groß sind Ihre Schwierigkeiten bei leichten Hausarbeiten?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

10.5 Fragebogen Sport und Freizeit

Hatten Sie Schwierigkeiten beim in die Hocke gehen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Hatten Sie Schwierigkeiten beim Rennen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Hatten Sie Schwierigkeiten beim Hüpfen?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Hatten Sie Schwierigkeiten beim Umdrehen auf Ihrem kranken Knie?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

Hatten Sie Schwierigkeiten beim Hinknien?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

10.6 Fragebogen Beeinflussung der Lebensqualität

Wie oft spüren Sie Ihr erkranktes Knie?

vor OP nie / monatlich / wöchentlich / täglich / immer

nach OP nie / monatlich / wöchentlich / täglich / immer

Haben Sie Ihre Lebensweise verändert, um eventuell Ihrem Knie schadende Tätigkeiten zu vermeiden?

vor OP nicht / wenig / etwas / stark / vollständig

nach OP nicht / wenig / etwas / stark / vollständig

Wie sehr macht es Ihnen zu schaffen, dass Ihr Knie nicht stabil ist?

vor OP gar nicht / wenig / einiges / schlimm / sehr schlimm

nach OP gar nicht / wenig / einiges / schlimm / sehr schlimm

Wie würden Sie insgesamt die Schwierigkeiten vor OP bewerten, die Sie durch das Knie haben?

vor OP keine / wenig / einige / große / sehr große

nach OP keine / wenig / einige / große / sehr große

10.7 Lysholm

Hinken

vor OP kein leicht/gelegentlich stark/immer

nach OP kein leicht/gelegentlich stark/immer

Gehhilfen

vor OP keine Stock/Krücke Belastung nicht möglich

nach OP keine Stock/Krücke Belastung nicht möglich

Knieschwellung

vor OP nie / nach körperlicher Anstrengung / nach normaler Betätigung /
immer

nach OP nie / nach körperlicher Anstrengung / nach normaler Betätigung /
immer

Instabilität

vor OP nie / selten beim Sport / oft beim Sport / selten im Alltag / oft im
Alltag / bei jedem Schritt

nach OP nie / selten beim Sport / oft beim Sport / selten im Alltag / oft im
Alltag / bei jedem Schritt

Schmerzen

vor OP nie / ab und zu leicht / nach körperlicher Anstrengung / nach Laufen > 2km / nach Laufen <2km / Dauerschmerz

nach OP nie / ab und zu leicht / nach körperlicher Anstrengung / nach Laufen > 2km / nach Laufen <2km / Dauerschmerz

Blockierung

vor OP nie / Einklemmung, aber keine Blockierung / gelegentlich Blockierung / häufig Blockierung / blockiertes Gelenk

nach OP nie / Einklemmung, aber keine Blockierung / gelegentlich Blockierung / häufig Blockierung / blockiertes Gelenk

Treppensteigen

vor OP ohne Probleme / etwas eingeschränkt / nur Stufe für Stufe / unmöglich

nach OP ohne Probleme / etwas eingeschränkt / nur Stufe für Stufe / unmöglich

In die Hocke gehen

vor OP ohne Probleme / etwas eingeschränkt / nur zur Hälfte / unmöglich

nach OP ohne Probleme / etwas eingeschränkt / nur zur Hälfte / unmöglich

10.8 Erfassung der Zufriedenheit

Hat sich die allgemeine Beweglichkeit durch die Operation verbessert?

Note 1 erheblich

Note 6 nicht

Konnten sie die Schmerzmitteleinnahme durch den Eingriff senken?

Note 1 erheblich

Note 6 nicht

Wie zufrieden sind Sie insgesamt mit dem Eingriff?

Note 1 sehr

Note 6 gar nicht

Würden Sie die Operation noch einmal durchführen lassen?

Ja

Nein

11. Erklärung zur Dissertation

„Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig und ohne unzulässige Hilfe oder Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten sowie ethische, datenschutzrechtliche und tierschutzrechtliche Grundsätze befolgt. Ich versichere, dass Dritte von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen, oder habe diese nachstehend spezifiziert. Die vorgelegte Arbeit wurde weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde zum Zweck einer Promotion oder eines anderen Prüfungsverfahrens vorgelegt. Alles aus anderen Quellen und von anderen Personen übernommene Material, das in der Arbeit verwendet wurde oder auf das direkt Bezug genommen wird, wurde als solches kenntlich gemacht. Insbesondere wurden alle Personen genannt, die direkt und indirekt an der Entstehung der vorliegenden Arbeit beteiligt waren. Mit der Überprüfung meiner Arbeit durch eine Plagiatserkennungssoftware bzw. ein internetbasiertes Softwareprogramm erkläre ich mich einverstanden.“

Ort, Datum

Unterschrift

12. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich ganz herzlich bei all denen bedanken, die mich auf dem Weg durch mein Studium begleitet und mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen, mich unterstützt und gefördert haben.

- Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. M. Rickert für die Überlassung dieses interessanten Studienthemas sowie die gute Betreuung.
- Herrn Dr. med. D. Stolz danke ich für die Unterstützung bei der Konzeption der Studie und Korrekturarbeit.
- Einen weiteren Dank richte ich an alle MTRAs der Klinik für Orthopädie der Universitätsklinik Gießen für die Hilfestellung bei der Zusammenstellung aller Röntgenbilder.
- Zudem möchte ich mich bei den Patienten bedanken, ohne die eine Nachbefragung nicht möglich gewesen wäre.
- Ein abschließender und besonders herzlicher Dank gilt meinen Freunden und meiner Familie für die immer währende Unterstützung, den Rückhalt und die stetige, liebevolle Motivation.

13. Lebenslauf

Der Lebenslauf wurde aus der Veröffentlichung entfernt.