Universitätsklinikum Ulm

Klinikum für Orthopädie

Ärztl. Direktor: Prof. Dr. Heiko Reichel

„Die medial öffnende hohe Tibiaosteotomie bei Genu varum – eine prospektive Betrachtung“

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der
Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

vorgelegt von

Karolin Kiupel

geb. in Potsdam

September 2012

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. Roland Wetzel
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Benedikt Friemert

Tag der Promotion: 16.01.2014

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis III

1. Einleitung 1

1.1. Definition Genu varum 2

1.2. Therapieoptionen 4

1.2.1. Endoprothesen 5

1.2.2. Osteotomien 5

1.2.2.1. Operationstechniken 6

1.3. Ziele und Aufgaben 9

2 Material und Methoden 10

2.1 Aufbau der Studie 10

2.1.1. Art der Studie 10

2.1.2. Ein- und Ausschlusskriterien 10

2.2. Operationstechnik 11

2.2.1. Hohe Tibiakopfosteotomie 11

2.2.2. Metallentfernung 16

2.3. Datenerhebung 17

2.3.1. Eingangsuntersuchung 17

2.3.2. Folgeuntersuchung 17

2.3.3. Drop-out 19

2.4. Materialien 19

2.4.1. Knorpelstatus 19

2.4.2. Aktivitätslevel und subjektive Funktion 20

2.4.3. Klinische Scores 20

2.4.3.1. 2000 IKDC-Knie-Untersuchungsbogen 20

2.4.3.2. Tegner-Aktivitätsscore 22

2.4.3.3. Lysholm-Gillquist- Score 23

2.4.3.4. Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic-Center-Score 23

2.4.3.5. Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score 24

2.4.3.6. Radiologische Parameter 24

2.5. Statistische Methoden 26

2.6. Patientenkollektiv 28

2.7. OP-Daten 32

3. Ergebnisse 37

3.1. Aktivitätslevel und subjektive Funktion 37

3.2. Klinische Scores 40

3.2.1. 2000-IKDC-Knie-Untersuchungsbogen 40

3.2.2. Tegner-Aktivitätsscore 50

3.2.3. Lysholm-Gillquist-Score 52

3.2.4. Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic-Center-Score 53

3.2.5. Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score 54

3.3. Rang-of-motion (ROM) 56

3.4. Radiologische Parameter 58

3.5. Einflussfaktoren 66

3.6. Komplikationen 86

4. Diskussion 88

4.1. Patienten 88

4.2. Ergebnisse im internationalen Vergleich 88

4.2.1. Radiologische Parameter 93

4.2.2. Komplikationen 96

4.3. Einflussfaktoren 98

4.3.1. Stellenwert des tibiofemoralen Winkels und Korrekturwinkels 101

4.4. Diskussion von Indikation und Kontraindikation 104

4.5. Schlussfolgerung 108

5. Zusammenfassung 109

6. Literaturverzeichnis 111

Anhang 128

Abkürzungsverzeichnis

CPM	Continuous passive motion
CW	Closed Wedge
FU	Folgeuntersuchung
HSS	Hospital for Special Surgery Knee Score
HTO	Hohe Tibiaosteotomie
IKDC	International Knee Documentation Committee
Max	Maximum
Min	Minimum
MW	Mittelwert
n	Fallzahl
OATS	osteochondral autograft transfer system
OP	Operation
OW	Open Wedge
POST	postoperativ
PRÄ	präoperativ
ROM	Range of motion
SD	Standardabweichung
subj.	subjektiv
TKA	total knee arthroplasty
UKA	unikompartimentelle Kniearthroplastik
VKB	vorderes Kreuzband

1. Einleitung

Der menschliche Körper ist aus verschiedenen Organen und Gelenken aufgebaut, die in ihrer Zusammensetzung bestimmte Funktionen erfüllen sollen. Statik und Mobilität werden vor allem durch Strukturen des Muskel- und Skelettsystems gewährleistet. Viele der Knochen des Skeletts sind über echte Gelenke miteinander verbunden, um die Beweglichkeit der artikulierenden Knochen gegeneinander zu gewährleisten und damit bestimmte Funktionen und Bewegungen zu ermöglichen. Im Körper gibt es verschiedene Arten von Gelenken wie Scharnier-, Sattel- und Kugelgelenk.

Im Vordergrund der nachfolgenden Arbeit steht das Kniegelenk, das als zusammengesetztes Gelenk aus femorotibialem sowie femoropatellarem Gelenk Tibia und Patella mit dem Femur verbindet. Es folgt dem Aufbau eines Drehscharniergelenks, das Flexions- und Rotationsbewegungen ermöglichen soll.

Die anatomische Besonderheit des Articulatio genus liegt u.a. in der Inkongruenz der Gelenkflächen. Um diese auszugleichen, sind zusätzlich als strukturelle Besonderheit Menisci angelegt, die durch eine Vergrößerung der Kontaktflächen eine optimale Druckverteilung auf den tibialen Gelenkflächen ermöglichen [147].

Die funktionelle Besonderheit besteht vor allem in der Hauptbewegungsrichtung von Flexion und Extension in einer Roll- und Gleitbewegung der Gelenkanteile gegeneinander. Dies bedingt eine hohe Belastung der knorpeligen Strukturen. Bei Bewegung des Gelenkes unter Belastung von 5/6 des Körpergewichts [76] beim Einbeinstand (z.B. Gehen) ist dementsprechend eine gleichmäßige Belastung aller Gelenkanteile wünschenswert, um eine vorzeitige einseitige Überlastung und damit das Vorantreiben einer Arthrose zu vermeiden.

Bei vielen Individuen ist aber diese gleichmäßige Belastung durch eine Fehlstatik nicht gewährleistet, die einerseits durch Pathologien der Weichteilgewebe (Muskulatur, Bandapparat) und andererseits durch Deformitäten im Bereich von ossären Strukturen bedingt sein kann. Beim Kniegelenk handelt es sich dabei häufig um Fehlstellungen von Tibia und Femur, die in Achsfehlstellungen resultieren.

1.1. Definition Genu varum

Für die der Arbeit zugrundeliegende hohe Tibiaosteotomie als Therapieoption eines Genu varum, hier und später HTO genannt, ist von den möglichen Fehlstellungen insbesondere die Varusfehlstellung der Tibia bedeutend.

Pathologische Winkel und Achsfehlstellungen können entweder singulär in einer Ebene (Frontal-, Sagittal- oder Transversalebene) oder in mehreren Ebenen gleichzeitig auftreten. Die häufigsten Achsabweichungen lassen sich als Varus- oder Valgusfehlstellung in der Frontalebene feststellen [50].

Eine Fehlstellung der unteren Extremität mit Seitenabweichung der physiologischen Kniegelenksachse in Varusstellung wird in der Medizin als Genu varum bezeichnet. Es kommt zum klinischen Bild der O-Beinstellung, bei dem mit geschlossenen Beinen eine gleichzeitige Berührung von Innenknöchel und Innenseite der Knie nicht möglich ist.

Abbildung 1: Klinisches Bild des Genu varum bei männlichem Patient, der in den Jahren 2008-2010 in der Schön Klinik Harthausen für die Studie untersucht wurde.

Eine einheitliche Definition der Begriffe Genu varum und valgum existiert jedoch nicht.

Der physiologische Verlauf der mechanischen Achse kann durch die Mikulicz-Linie bestimmt werden, welche die Zentren von Hüft- und oberen Sprunggelenk verbindet und dabei physiologischerweise die Mitte des Kniegelenks schneidet. Mikulicz beobachtete 1880, dass bei den meisten Individuen diese Linie gerade in der Frontalebene verläuft. Er definierte ein Genu varum als den Zustand, bei dem das Zentrum des Kniegelenkes von der Direktionslinie, die Hüft- und Sprunggelenkzentrum verbindet, abweicht [45]. Zur Darstellung dieser Deviation ist neben der Angabe in Millimetern heutzutage auch die Wiedergabe als Prozentwert des Tibiaplateaus etabliert, bei der die mediale Kortikalis definitionsgemäß 0% und die laterale Kortikalis 100% entspricht. Werte kleiner 0% und größer 100% bei Verlauf der Traglinie außerhalb des Kniegelenkes sind möglich. Eine Darstellung der Position der Traglinie in Relation zum Tibiaplateau in Form von Prozentwerten liefert genauere Daten und wird daher häufiger zur Beurteilung der prä- und postoperativen Achsen verwendet [48].

Durch biomechanische Untersuchungen im 20. Jahrhundert konnte eine Mehrbelastung des medialen Kompartiments bei Abweichung der Mikulicz-Linie, fortan Traglinie des Beines genannt, im Sinne eines Genu varum nachgewiesen werden. Die Linie gibt den Verlauf der Belastung wieder und definiert die Hauptbelastungszone im Kniegelenk [45].

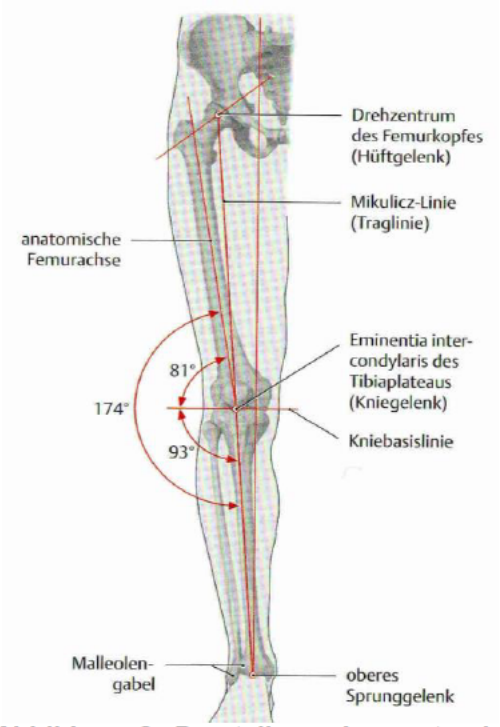

Abbildung 2: Darstellung der anatomischen Achse und der Mikulicz-Linie sowie des tibiofemoralen Winkels (174°) an der unteren Extremität; modifiziert nach [147]

Nach Oest [134] ist eine Streuung der mechanischen Längsachse des Beines von 1 cm um die Kniegelenksmitte als physiologisch zu bezeichnen. Eine Abweichung nach lateral definiert er als relative Valgusfehlstellung. Mediale Abweichungen spiegeln die Grundlage für ein Genu varum wieder.

Eine weitere Definition basiert auf dem Winkel, der von anatomischer Tibia- und Femurachse eingeschlossen wird. Im Normalfall beträgt dieser 174° [147]. Sowohl Cass [22] als auch Waugh [165] bestimmten für ihre Vergleichsgruppen einen mittleren Valgus von 5-9°. Bei Hsu et al. [71] betrug der durchschnittliche valgische Winkel 2,5-5,9°. Abweichungen von diesen Werten werden entsprechend der oben aufgeführten Kriterien interpretiert.

Auch der Winkel zwischen mechanischer Tibiaachse und mechanischer Femurachse kann zur Bestimmung von Fehlstellungen dienen. Während die Femurschaftachse aufgrund der medialen Lage des Femurkopfes nicht mit dem Verlauf der Traglinie übereinstimmt, fallen Tibiaschaftachse und Traglinie im Bereich des Unterschenkels zusammen. Es resultiert der nach außen offene Femorotibialwinkel zwischen mechanischer Femur- und Tibiaschaftachse, der in Studien, wie in Tabelle 1 ersichtlich, als leicht valgisch ermittelt wurde. Die mechanische Achse verläuft bei 180° durch die Kniegelenksmitte.

Tabelle 1: Darstellung des Mittelwerts des Femorotibialwinkels zwischen mechanischer Femur- und Tibiachse bestimmt in den Studien von Moreland, Hsu und Coventry

Autor	Femorotibialwinkel
Coventry [30]	178,4°
Hsu [71]	178,8 ± 2,2°
Moreland [119]	178 ± 2,0°

1.2. Therapieoptionen

Um eine weitere Progredienz des degenerativen Prozesses im betroffenen Kniegelenk zu verhindern oder zumindest zu verlangsamen, muss der verursachende Pathomechanismus behoben werden.

Sich entwickelnde Fehlstellungen im Kindesalter werden bei metabolischen Störungen wie Rachitis durch Substitution von Präparaten (Vitamin D) therapiert. Eine richtungsgebende Manipulation des Knochenwachstums mit valgisierenden Schienen bei vorliegender Achsabweichung in der Wachstumsphase wird aufgrund umstrittener Effekte kritisch diskutiert [171].

Zur konservativen Behandlung in allen Altersklassen dienen Schuherhöhungen, die über eine Anhebung der Fußaußenkante eine Entlastung des medialen Kompartiments bewirken und somit den Verschleißprozess verlangsamen sollen.

Operativ kann im Kindesalter eine Korrektur der Achsfehlstellung durch eine temporäre Epiphyseodese mit Klammern erzielt werden. Nach Abschluss der Wachstumsphase kann konservativ zwar durch zahlreiche physiotherapeutische Maßnahmen (z.B. Mobilisationsübungen, Kräftigung, Kryotherapie, Elektrotherapie) sowie die Gabe von Schmerzmedikation, Antiphlogistika und Chondroprotektiva ein operativer Eingriff hinausgezögert werden, eine endgültige Therapie des Genu varum im Sinne einer Wiederherstellung der physiologischen Achse ist jedoch nur operativ möglich.

Besonders bei jungen Patienten mit unikompartimenteller Gonarthrose stellt sich der Operateur der Herausforderung, die optimale Therapieoption anzubieten, vor allem in Hinsicht auf Langzeiterfolg und um ein mögliches Fortschreiten des degenerativen Prozesses zu verhindern [174]. Gerade deshalb wird die richtige Wahl der operativen Therapiemaßnahme für eine unikompartimentelle Arthrose des Kniegelenks kontrovers diskutiert [156]. Mögliche Optionen sind dabei Knorpel-Knochen-Transplantate, die Implantation einer bicondylären Totalendo-prothese oder eines unikondylären Schlittens und die Umstellungsosteotomie.

1.2.1. Endoprothesen

In Abhängigkeit vom Schweregrad kann bei jedem Patient ein Eingriff zum Einbau eines unikondylären Schlittens oder einer bicondylären Totalendoprothese mit Ersatz beider Gelenkflächen vorgenommen werden.

Es existieren verschiedene Modelle, mit denen auf interpersonelle Unterschiede bezüglich Bandstatus und Rotationsdeformitäten reagiert werden kann. Nachteil der Prothesen ist die begrenzte Überlebenszeit [44], da ein Lockerungsrisiko besteht [58]. 7% der Patienten haben klinische Zeichen einer Prothesenlockerung und 41% radiologische Zeichen [76]. Hohe Aktivität, wie oftmals von jungen Patienten auch postoperativ gewünscht, geht mit einer starken Belastung des Polyethylen-Inlays einher und begünstigt eine Lockerung der Prothese [163]. Unabhängig vom Modell bewirken Achsabweichungen, wenn intraoperativ nicht beachtet, durch mechanische Überbelastung frühzeitig einseitigen Abrieb und Verschleiß des Polyethylen- Inlays, die eine baldige Revision indizieren [162].

Aufgrund gestörter Propiozeption ist ein Instabilitätsgefühl [58] nach TKA zu erwarten, dass junge und sportliche Patienten in der aktiven Lebensgestaltung hindert, sodass eine HTO für diese Patienten die bessere Option darstellt [174].

Deshalb werden Endoprothesen eher bei älteren Patienten mit geringerem Aktivitätsniveau und fortgeschrittener Arthrose gegebenenfalls mit Zeichen der Degeneration im lateralen oder patellofemoralen Kompartiment implantiert [9].

1.2.2. Osteotomie

Das primäre Ziel der HTO ist über eine Umstellung der Tibia mit Korrektur der Gelenkfehlstellung die Kniefunktion zu verbessern, Schmerz- und Beschwerdefreiheit wiederherzustellen sowie protektiv einzugreifen, um ein Fortschreiten der Arthrose und die Implantation einer totalen Kniegelenksendoprothese zu vermeiden oder zumindest für einige Jahre hinauszuzögern [17, 62, 85, 127, 149, 152, 163].

Durch Entlastung des medialen Kompartiments soll eine Regeneration des Knorpels in diesem Areal induziert werden [48, 82, 85]. Als mögliche Erklärungen werden die Spannungsverminderung in den Weichteilgeweben [102], die Entlastung der venösen Stauung [64] sowie die Verlagerung der Mikulicz-Linie zu weniger stark belasteten Arealen genannt [60, 149].

1.2.2.1. Operationstechniken

Je nach Lokalisation der verursachenden Deformität sollte das Genu varum durch Osteotomien im distalen Femur oder der proximalen Tibia korrigiert werden [145]. Deformitäten im distalen Femurbereich bedingen in den meisten Fällen eine Fehlstellung im Valgussinne. Dagegen sind die dem Genu varum zugrundeliegenden Deformitäten oftmals in der proximalen Tibia lokalisiert.

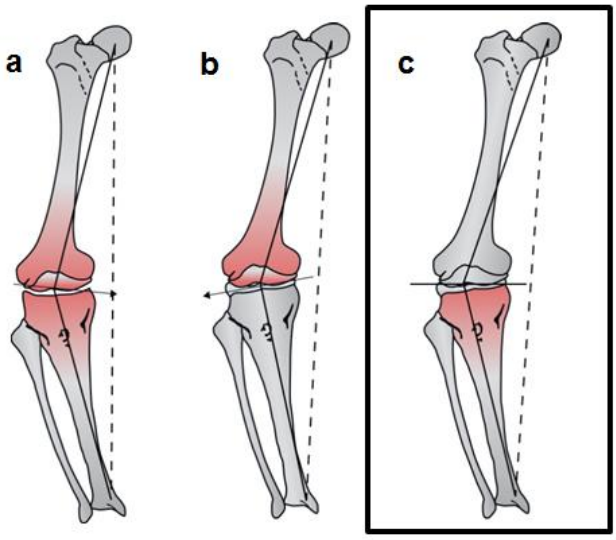

Abbildung 3: Darstellung der häufigsten Lokalisation von knöchernen Deformitäten im Bereich der unteren Extremität als Ursache für die Achsfehlstellung „Genu varum“. Die gestrichelte Linie gibt den Verlauf der Mikulicz-Linie wieder. Die durchgezogenen Linien zeigen den Verlauf der mechanischen Femur- und Tibiaachse. Die Deformität, hier als rot schattierter Bereich hervorgehoben, liegt im Bereich von Femur und Tibia (a), Femur (b) oder Tibia (c). Häufigste Lokalisation durch schwarze Umrandung gekennzeichnet; erstellt nach Daten aus Publikationen von Kohn et al. [93] sowie Lobenhoffer et al. [105]

Eine Einteilung der Osteotomien ist anhand mehrerer Kriterien möglich. Eine Gliederung lässt sich anhand der Osteotomiehöhe festlegen, welche sowohl distal [82] als auch proximal [29, 95] der Tuberositas tibiae liegen kann. Heutiger Standard ist eine Osteotomie proximal der Tuberositas tibiae [29, 34, 60].
Des Weiteren können die Osteotomien über die Operationstechnik unterschieden werden.

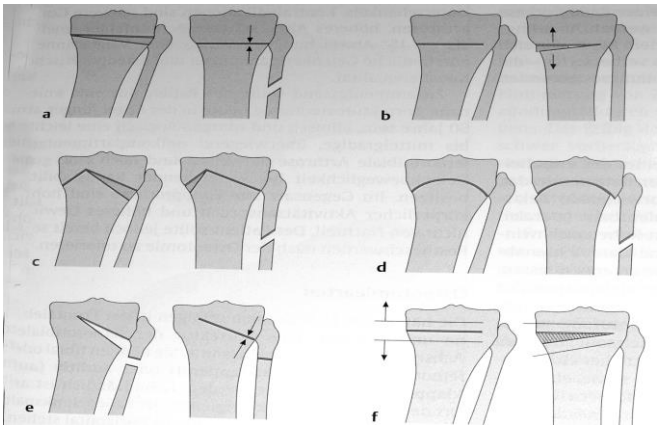

Abbildung 4: Operationstechniken bei valgisierender Tibiakopfumstellung: subtraktive Osteotomie (a), additive Osteotomie (b), penduläre Osteotomie (c), bogenförmige Osteotomie (d), elastische Osteotomie (e), Kallus-Distraktion (f) [92]

Eine subtraktive Osteotomie erfordert kein Knochenwachstum. Intraoperativ wird ein Knochenkeil entfernt und die entstandenen Fragmente zusammengeklappt. Die Technik ist mit einer zweiten Osteotomie im Bereich der Fibula assoziiert. Auf dieser Methodik beruht das lateral schließende Verfahren nach Coventry [26, 27, 31, 34].

Im Gegensatz dazu wird bei einer additiven Tibiakopfosteotomie ein Aufklappen mit Bildung eines Osteotomiespaltes durchgeführt, der im postoperativen Verlauf durch körpereigene neugebildete Knochensubstanz durchbaut wird. Bei dieser Technik kann auf eine Osteotomie der Fibula verzichtet werden. Die additive Tibiakopfosteotomie ist das Prinzip der von uns durchgeführten medial öffnenden HTO.

Die bogenförmige Osteotomie bietet eine sehr hohe Stabilität, jedoch ist auch bei dieser Technik eine zweite Osteotomie im Bereich der Fibula notwendig.

Prinzip der Kallus-Distraktion ist eine kontinuierliche Öffnung des Osteotomiespaltes, die eine stetige Durchbauung des Spaltes mit ossären Material ermöglicht. Oftmals wird diese Technik mit einem Fixateur externe stabilisiert. Diese Methode geht nur selten mit einem Korrekturverlust einher, zeigt dafür aber die höchste Infektionsgefahr.

Eine weitere Systematisierung kann anhand der Fixationsmethode vorgenommen werden. Viele Methoden zur Fixation wurden seit Einführung der Osteotomien in die operative Therapie von Genu vara beschrieben, mit dem Ziel eine adäquate Stabilität für die Osteosynthese zu gewährleisten [28, 41, 62, 66, 105, 139, 142].

Zu den gängigen Techniken gehören Klammern, Cerclage-Drähte, externe Fixateure, Platten und Schrauben [17, 28, 84, 110].
Optimalerweise ist die Methode präzise und assoziiert mit einem geringen Risiko für Infektion und Non-union, verhindert Korrekturverlust und ermöglicht eine frühe passive sowie aktive Mobilisierung und Belastung.

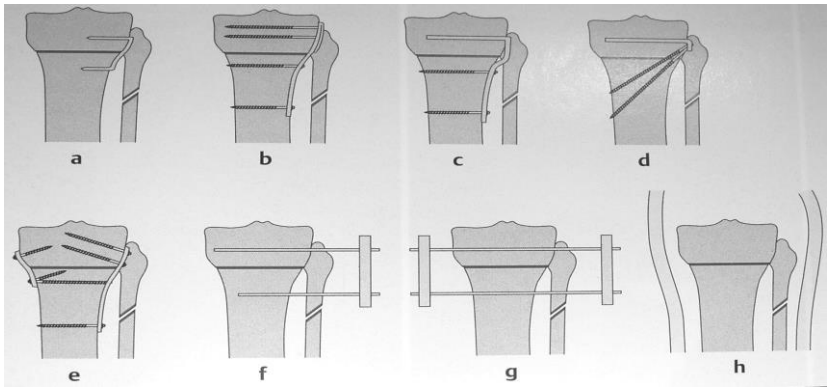

Abbildung 5: Fixierungsmethoden zur Stabilisierung der valgisierenden Umstellungsosteotomie: Klammer (a), L-Platte (b), Winkelplatte (c), Tension band (d), Doppelplatte (e), externer Fixateur (e/ f) und Gips (h) [92]

Standard bei lateral schließenden Osteotomien ist die Stabilisierung mit Klammern, die von Coventry [27, 32, 33, 34] und Jackson et al. [81, 83, 84] genutzt wurden.
Die alleinige Fixation der Osteotomie mit einem Gipsverband wie von Jackson erstmals beschrieben [81, 83, 84] wird nur noch selten angewandt, da Gipsverbände unhandlich sind und mit einem ständigen Risiko der wiederholten Manipulation der Valguskorrektur einhergehen. Sie sind daher mit einem Korrekturverlust assoziiert und verhindern eine frühzeitige aktive sowie passive Mobilisierung, die für eine Rehabilitation mit Erlangung der normalen Funktionalität von großer Bedeutung ist.
Die Stabilisierung bei medial öffnender Technik kann vielfältig vorgenommen werden. Nachdem Jackson [81, 83, 84] die Stabilisierung mit Gipsverbänden empfohlen hatte, führte er die Verwendung von externen Fixateuren ein, die von Devas [37] weiterentwickelt wurden. Externe Fixateure sind einfach zu installieren und ermöglichen eine präzise Achskorrektur durch stetige Kallusbildung bei der Hemikallotasis-Technik [110]. Die Versorgung mit einem Fixateur externe wird aufgrund geringen Tragekomforts und hohen Risikos für Infektionen insbesondere oberflächlicher Natur entlang der Pin-tracts seltener angewendet [107].

Heute werden zur Stabilisierung des Osteotomiespaltes winkelstabile Platten mit integriertem Spacer (Puddu Platte, Arthrex Platte) genutzt [47]. Diese sind technisch simpel und einfach einzubauen, haben aber biomechanische Nachteile und können die Ossifikation nicht stimulieren [6, 105, 107].

Daher wurde von vielen Autoren die Auffüllung des Osteotomiespaltes mit Zement [55, 65] oder Spongiosa aus dem Beckenkamm [9, 104, 107, 162] bevorzugt, um die ossäre Durchbauung zu induzieren und einem Korrekturverlust vorzubeugen.

Mittlerweile stellt die Spongiosaplastik nicht mehr einen festen Bestandteil des operativen Verfahrens bei medial öffnender Osteotomie dar [10, 104, 107, 153, 164]. Spahn [151] sieht eine Spongiosaplastik erst ab Korrekturwinkel von mehr als 12° indiziert. Lobenhoffer et al. [104] zeigten dagegen in ihrer Studie, dass auch bei Korrekturen von bis zu 13 mm Öffnung eine Auffüllung mit Spongiosa nicht notwendig ist. Ausnahmen sind laut Vasconcellos et al. [162] Risikopatienten, bei denen sie unabhängig von der Spaltweite eine Spongiosaplastik durchführen. Zu dieser Patientengruppe mit erhöhten Inzidenzen von Delayed- und Non-union gehören Raucher, Diabetes mellitus Patienten [161, 162] und Patienten mit schwierigem peripheren Gefäßstatus und Ernährungsstatus [162]. Weite Osteotomiespalte sehen sie für diese Patientenpopulation als relative Kontraindikation [162].

1.3. Ziele und Aufgaben

Das Ziel der Studie ist die Erhebung und Analyse der kurzfristigen Ergebnisse nach medial öffnender valgisierender Tibiakopfosteotomie bei Fixation durch eine winkelstabile Platte mit integriertem Spacer.

Die radiologischen sowie klinischen Ergebnisse, erfasst anhand ausgewählter Standardfragebögen, sollen mit den Resultaten internationaler Studien verglichen werden. Durch eine gezielte Analyse auf mögliche Einflussfaktoren sollen neue Ansätze für eine Optimierung der Indikationsstellung und präoperativen Planung gefunden werden. Über eine Auswertung der aufgetretenen Komplikationen sollten zudem neue Erkenntnisse zur Präzisierung von Operationstechnik und postoperativer Nachbetreuung gewonnen werden.

2. Material und Methoden

2.1. Aufbau der Studie

2.1.1. Art der Studie

Es handelt sich um eine prospektiv angelegte Längsschnittstudie zur Evaluierung der Ergebnisse nach medial öffnender valgisierender Tibiaosteotomie. In den Jahren 2007 bis 2009 wurden 50 Patienten an 51 Knien nach Indikationsstellung mit einer hohen Tibiaosteotomie versorgt. Die vorliegende Arbeit wertet den post-operativen Verlauf und das klinische Outcome nach einem Jahr aus. Die Ethik-kommission der Landesärztekammer Baden-Württemberg hat der Durchführung der Studie unter dem Aktenzeichen 2007-034 zugestimmt.

2.1.2. Ein- und Ausschlusskriterien

Die in der vorliegenden Studie vorgestellten Ergebnisse wurden bei Patienten der Schön Kliniken Harthausen erhoben. In Frage kamen Patienten, die die folgenden Ein- und Ausschlusskriterien erfüllen:

Einschlusskriterien

- Varusabweichung zwischen 0-20°
- isolierte mediale Gonarthrose ≥ Grad II
- angeborene Deformität oder Chondromalazie ≥ Grad II
- Alter ≥18 Jahre
- Patella/ Gleitlager möglichst ohne signifikante Arthrosezeichen
- stabiles Gelenk oder Ausgleich der Bandspannung während der Operation möglich
- intakter Außenmeniskus
- laterale Knorpelschäden ≤ Grad 2

Ausschlusskriterien

- klinisch relevante Knochenstoffwechselstörungen
- aktive Infektion
- Rheumatoide Arthritis
- Osteomyelitis an der Tibia
- keine Verfügbarkeit für Nachuntersuchungen
- stark ausgeprägte Streck- oder Beugedefizite

2.2. Operationstechnik

2.2.1. Hohe Tibiakopfosteotomie

Der Patient wird nach Einleitung der Vollnarkose durch die hausinterne Anästhesieabteilung in Rückenlage gelagert. Das entsprechende Bein wird in der elektrisch angetriebenen Beinhalterung fixiert und nach Gabe der single shot Infektionsprophylaxe mit einem Antibiotikum der zweiten Generation (Cefuroxim) eine Blutsperrmanschette am Oberschenkel mit Kompression von 400 mmHg angelegt.

Nach sterilem Abwaschen und Abdecken des Kniegelenkes erfolgt zunächst der arthroskopisch-diagnostische und -therapeutische Teil der Operation. Dazu werden ein anterolateraler und anteromedialer Arbeitszugang gesetzt. Eine erste Diagnostik des Kniegelenkes erfolgt mit dem eingeführten Arthroskop. Das Gelenk wird auf einen Erguss, freie Gelenkkörper und Osteophyten als Zeichen einer degenerativen Gelenkerkrankung hin beurteilt. Mögliche Entzündungszeichen der Synovia sind zu beachten. Menisci und Kreuzbänder werden auf Beschaffenheit und Qualität unter Sicht mit einem Tasthaken geprüft. Defekte des Bandapparates werden entsprechend der gültigen Leitlinien klassifiziert und nach Einfüllung von ausreichend Arthroskopiemedium in das Kniegelenk behoben. Vorhandene Osteophyten und freie Gelenkkörper werden entfernt. Verwachsungen und Schleimhautfalten werden durch den Shaver gelöst. Vorhandene Knorpelschäden werden lokalisiert, im Schema nach Outerbridge [136] eingestuft und mittels Videodokumentation festgehalten. Notwendige Begleitinterventionen wie Abrasionsplastik oder Mikrofrakturierung werden bei Bedarf durchgeführt, um das Knochenmark zu stimulieren. Dabei wird die subchondrale Blutversorgung freigelegt und eine Entzündungsreaktion induziert, sodass die reichlich vorhandenen subchondral gelegenen undifferenzierten Mesenchymzellen zur Differenzierung zu Chondro- und Fibroblasten angeregt werden und den gesetzten Defekt reparieren [38]. Mit dem Arthromesser wird zur Entlastung des medialen Gelenkkompartiments ein mediales Release vorgenommen. Nach Ablassen des Arthroskopiemediums wird mit der Umstellung des Kniegelenks fortgefahren.

Am anteromedialen Tibiaplateau wird ein ca. 5-6 cm langer Hautschnitt gesetzt und das darunterliegende Subkutangewebe unter ausführlicher Blutstillung präpariert. Es erfolgt die Darstellung der Landmarken bis zum Anserinus-Oberrand, Innenbandvorderrand und Patellarsehnenenansatz.

Abbildung 6: Intraoperative Aufnahme bei einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Hohen Tibiaosteotomie
Linker Bildabschnitt: Darstellung des operativen Zugangs mit den Landmarken Anserinusoberrand, Innenbandvorderrand sowie Patellarsehnenansatz
Rechter Bildabschnitt: Darstellung der Ansatzpunkte der Referenzmarker an Tibiavorderkante und Femurkondylus

Das Periost wird vom medialen Tibiakopf bis dorsal unter das Innenband abgeschoben. Für die Navigation werden die Rigid bodies zur Identifikation von distalem medialen Femurkondylus, Mitte des medialen Tibiaschaftes und Vorderrand des Tibiakopfes proximal des Patellarsehnenansatzes angebracht.

Abbildung 7: Intraoperative Aufnahmen bei einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Hohen Tibiaosteotomie.
linker Bildabschnitt: Darstellung der Position der K-Drähte im Bildwandler zur Kennzeichnung des Osteotomieverlaufes
rechter Bildabschnitt: Aufweitung der Osteotomie durch Einbringen von Meißeln, aufgenommen bei einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Osteotomie

Mittels Durchbewegung von Hüft-, Knie- und Sprunggelenk werden die Zentren der Gelenke bestimmt. Der Computer registriert die vorhandene Achsfehlstellung des Kniegelenkes mit der entsprechenden Gradzahl in Varusrichtung.
Nun werden unter Bildwandlerkontrolle K-Drähte ansteigend vom Oberrand des Pes anserinus bis zum Oberrand des Fibulaköpfchens gesetzt und entlang des

Slopes auf 80% des an dieser Stelle befindlichen Tibiakopfdurchmessers unter Schutz der dorsalen Gefäß- und Nervenstrukturen osteotomiert. Unter dem Patellarsehnenansatz wird durch die Tuberositas tibiae die waagerechte Osteotomie vorgenommen. Durch Einführen verschieden breiter Meißel wird die Osteotomie langsam bis zum Erreichen des von Fujisawa etablierten Bereichs von 30-40% des lateralen Tibiaplateaus aufgespreizt [48]. Gleichzeitig werden vorhandene Fehlstellungen in der frontotransversalen Ebene über Veränderung des tibialen Slopes korrigiert. Nach Erreichen der gewünschten Position der Belastungsachse, welche mit dem Orthopiloten (Navigationssystem Fa. Aesculap, Tuttlingen) kontrolliert wird, wird ein Spacer gewählt und eingepasst. Die winkelstabile Platte wird zunächst proximal mit 2 Spongiosaschrauben befestigt und schließlich distal mit 2 bicortical geführten Kortikalisschrauben fixiert.

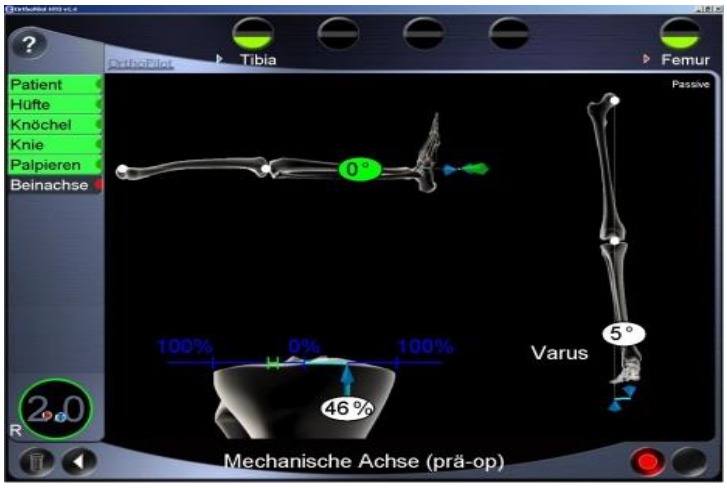

Abbildung 8: Darstellung der Daten durch das Navigationssystem vor geplanter Umstellungsosteotomie anhand einer intraoperativen Aufnahme, die bei einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten hohen Tibiaosteotomie gemacht wurde.
Oberer Bildabschnitt: Darstellung von präoperativer Extension und Flexion im Kniegelenk. Bei diesem Patienten liegt keine Hyperextension vor.
Unterer Bildabschnitt: Verlauf der mechanischen Achse durch die prozentuale Weite des Tibiaschaftplateaus: Die Achse schneidet das Plateau hier bei 46% der medialen Tibiafläche.
Rechter Bildabschnitt: Darstellung der präoperativen Achse, die vom System durch Ermittlung der Mikulicz-Linie bestimmt wurde. Bei diesem Patienten liegt präoperativ eine Varusfehlstellung von 5° vor.

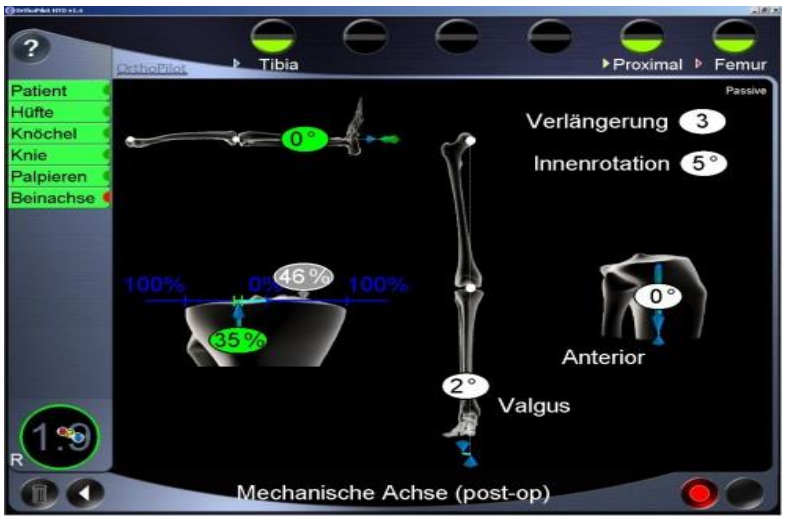

Abbildung 9: Darstellung der Daten durch das Navigationssystem nach erfolgter Umstellungsosteotomie anhand einer intraoperativen Aufnahme, die bei einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Hohen Tibiaosteotomie gemacht wurde.
Oberer Bildabschnitt: Darstellung von Extension und Flexion im Kniegelenk. Bei diesem Patienten liegt weder Hyperextension noch Streckdefizit vor.
Unterer Bildabschnitt: Verlauf der mechanischen Achse durch die prozentuale Weite des Tibiaschaftplateaus: Hier schneidet die Achse das Tibiaplateau bei 35% (grün hervorgehoben) der lateralen Tibiafläche. Grau dargestellt wird zum Vergleich der präoperative Ausgangswert.
Mittlerer Bildabschnitt: Darstellung der postoperativen Achse, die vom System durch Ermittlung der Mikulicz-Linie bestimmt wurde. Bei diesem Patienten liegt postoperativ ein physiologischer Valgus von 2° vor.
Rechter Bildabschnitt: Darstellung des tibialen Slopes. Für den Patienten wurde ein postoperativer Slope von 0° ermittelt.

Abschließend wird röntgenologisch die Position der Platte und das erzielte Operationsergebnis beurteilt. Eine klinische Untersuchung ergibt Aufschluss über die Beweglichkeit des Gelenkes. Nach ausgiebiger Spülung des Operationsgebietes wird der zuvor gelöste Periostlappen über den proximalen Plattenanteil genäht. Eine Redondrainage wird eingelegt und das Gewebe schichtweise mit Naht und Hautklammern oder Hautnähten bei vorhandenen Allergien verschlossen. Nach gründlicher Hautdesinfektion wird ein steriler Wundverband angelegt.

2.2.1.1. Nachbehandlung

Direkt postoperativ erfolgt die Lagerung des Knies in einer Mecronschiene. Nach Redondrainagenzug sowie radiologischer Kontrolle am zweiten postoperativen Tag wird der Patient mit einer angepassten valgisierenden Hartschalen-Kniegelenksorthese bei freigegebener Gelenkbeweglichkeit versorgt und

angewiesen, diese für insgesamt 4 Monate zu tragen, um einen möglichen Korrekturverlust zu vermeiden. Weiterhin erfolgt ab Drainagezug eine passive Mobilisation des Kniegelenkes mit einer CPM (Continuous passive motion)-Maschine, die 3x täglich in den ersten 6 Wochen postoperativ weitergeführt werden soll. Die Klammerentfernung beziehungsweise der Fadenzug sollte bei regelmäßiger Wundkontrolle und regelrechten Wundheilungsverhältnissen frühestens am 12. postoperativen Tag stattfinden.

In den ersten 3 Wochen nach Umstellung ist eine komplette Entlastung des operierten Kniegelenkes vorgesehen. Anschließend folgt eine stufenweise Steigerung der Belastung, die zunächst in der 4. bis 6. postoperativen Woche auf 15 kg Teilbelastung beschränkt wird und erst nach erneuter Röntgenkontrolle in der 6. postoperativen Woche schmerzadaptiert gesteigert werden sollte. Eine zeitverzögert stattfindende ambulant oder stationär durchgeführte Rehabilitation beginnend in der dritten bis vierten postoperativen Woche ist empfehlenswert. Bis zum Erreichen der Vollbelastung wird eine Thromboembolieprophylaxe unter regelmäßigen Blutbildkontrollen empfohlen. Weiterhin wird für 4 Monate zum Muskelerhalt und -aufbau ein Elektrostimulationsgerät verschrieben.

Abbildung 10: Röntgenbilder eines Studienteilnehmers, der zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert worden ist.

Linker Bildabschnitt: präoperatives Röntgenbild mit Varusfehlstellung und deutlicher medialer Gelenkspaltverschmälerung

Rechter Bildabschnitt: postoperatives Röntgenbild aufgenommen zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten: Sichtbar ist die winkelstabile Platte im Bereich der medialen Tibiakante mit im Osteotomiespalt einliegendem Spacer. Erkennbar ist die gute knöcherne Durchbauung des Spaltes, die Eröffnung des medialen Gelenkspaltes sowie die Korrektur der Achsfehlstellung.

2.2.2. Metallentfernung

Bei nachgewiesener Konsolidierung des Osteotomiespaltes im Röntgenbefund wird auf Wunsch des Patienten nach ausführlicher Aufklärung über Therapieoptionen, Risiken und Komplikationen die Indikation zur Metallentfernung und diagnostischer arthroskopischen Re-Evaluation des intraartikulären Befundes gestellt und durchgeführt.

Der Patient wird nach Einleitung der Vollnarkose in Rückenlage positioniert und eine Oberschenkelblutleere bei 400 mmHg angelegt. Das Knie wird in der elektrischen Beinhalterung gelagert, steril abgewaschen und abgedeckt.

Bei der Arthroskopie werden alle Gelenkkompartimente sowie der suprapatelläre Recessus auf Knorpelstatus und arthrofibrotische Veränderungen exploriert und die Befunde per Videoprint dokumentiert. Mittels Tasthaken wird Qualität und Beschaffenheit der Menisci und Ligamenta cruciata ermittelt.

Die Orte der Mikrofrakturierung, Abrasionsplastik und OATS werden auf Regeneratbildung mit Ersatzknorpel untersucht und eine regelrechte Artikulation der Kompartimente, insbesondere ein regelrechter Lauf der Patella im femoralen Gleitlager, überprüft. Es werden, falls indiziert, mittels Shaver überschießende chondrale Reste geglättet und Begleitmaßnahmen (Mikrofrakturierung, Abrasion) durchgeführt. Arthrofibrotische Veränderungen und Verwachsungen werden gelöst. Abschließend wird eine ausgiebige Lavage des Knies vorgenommen und die Zugänge verschlossen.

Zur Entfernung des Metalls wird mit einem ca. 5 cm langen Schnitt über der alten Operationsnarbe der Bereich der Tibiaosteotomie eröffnet. Unter sorgfältiger Blutstillung wird die Platte dargestellt und mitsamt des Platzhalters und der Schrauben in toto entfernt. Vorhandene Verwachsungen der Metallplatte mit dem Pes anserinus werden gelöst, bevor ein schichtweiser Wundverschluss erfolgt. Nach Hautdesinfektion wird das Knie steril verbunden.

2.2.2.1. Nachbehandlung

Initial wird für eine Woche das Kniegelenk mit maximal 15 kg Körpergewicht teilbelastet, um daraufhin die Belastung schmerzadaptiert zu steigern. Eine Thromboseprophylaxe bis zum Erreichen der vollen Belastungsfähigkeit und Mobilität wird empfohlen. Regelmäßige Wundkontrollen sowie klinisch und radiologische Nachuntersuchungen beim behandelnden Arzt sind vorgesehen.

2.3. Datenerhebung

2.3.1. Eingangsuntersuchung

Nachdem entsprechend anhand der durch klinische und bildgebende Diagnostik (Röntgen in 2 Ebenen) gewonnenen Befunde die Indikation zur Arthroskopie mit anschließender Umstellung des Beines gestellt worden war, erfolgte die Aufnahme der Patienten in das Studienprotokoll.

Zunächst erfolgte in einer ausführlichen Anamnese die Erfassung allgemeiner Daten wie beispielhaft genannt Alter, Gewicht, Größe und BMI. Zusätzlich machten die Teilnehmer der Studie Angaben zum bisherigen Krankheitsverlauf z. B. über Schmerzerlebnis, Art und Beginn der Schädigung (akut oder schleichend) sowie gegebenenfalls durchgeführte Voroperationen am Kniegelenk.

In einer klinischen Untersuchung wurden neben Gelenkfunktion, ROM, Instabilitäten und Belastbarkeit auch Patellaposition, mechanische Beinachse, Ergussbildung, Druckschmerz über dem Gelenkspalt und Krepitationen evaluiert.

Zudem erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Patienten die Bearbeitung der Standardfragebögen, mit denen eine präzise Verlaufskontrolle gewährleistet wird.

Vor Operation wurde der Patient ausführlich über OP-Technik, Risiken und Komplikationen sowie alternative Therapieoptionen aufgeklärt. Alle Studienteilnehmer gaben vor dem Eingriff ihre schriftliche Einwilligung.

2.3.2. Folgeuntersuchung

Postoperative Nachuntersuchungen wurden nach 2, 6 und 12 Monaten angesetzt. Der Patient wurde dazu gebeten, erneut in der Praxis vorstellig zu werden. Lediglich die Folgeuntersuchungen nach 6 Monaten konnten bei weiten Anreisewegen auch telefonisch durchgeführt werden.

Tabelle 2: Definition der für die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Studie angesetzten Nachuntersuchungszeitpunkte

Nachuntersuchung nach	Zeitspanne
2 Monaten	6-10 Wochen
6 Monaten	5-7 Monate
12 Monaten	11-14 Monate

Tabelle 3 kann entnommen werden, welche diagnostischen Maßnahmen zu den verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkten durchgeführt wurden.

Postoperativ wurde zusätzlich bei der klinischen Untersuchung des betroffenen Kniegelenks die Operationsnarbe genau inspiziert und palpiert und auf Sensibilitätsstörungen oder Entzündungszeichen wie Rötung, Schwellung und Überwärmung geprüft. Des Weiteren wurden möglicherweise aufgetretene Komplikationen wie Thromboembolien, Infektionen, Fibrosen und Frakturen erfasst. Bei radiologischer Kontrolle konnten ebenfalls Delayed- bzw. Non-union, Korrekturverluste, Pseudarthrosen und Implantatversagen frühzeitig festgestellt und einer entsprechenden Therapie zugeführt werden.

Tabelle 3: Darstellung der zu den Nachuntersuchungszeitpunkten durchgeführten Untersuchungen und Befragungen, die im Rahmen der zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen durchgeführten Studie angesetzt worden sind.

	Monate			Individueller Zeitpunkt
	2	6	12	
Körperliche Untersuchung	x	x	x	x
Komplikationen (Thromboembolie, Infektion, Fibrose, Fraktur, Korrekturverlust, Delayed-union, Implantatversagen)	x	x	x	x
Röntgen in 2 Ebenen (anterior-posterior und lateral)	x	x	x	
Einschätzung von Aktivitätsniveau und subjektiver Funktion		x	x	
Standardfragebögen			x	
Metallentfernung & Arthroskopie				x

In Tabelle 4 wird dargestellt, wann die erste sowie zweite Nachuntersuchung bei diesem Studienkollektiv frühestens und spätestens durchgeführt wurde. Weiterhin wurde ermittelt, nach wie vielen Monaten die Follow-ups durchschnittlich stattgefunden haben.

Tabelle 4: Deskriptive Statistik zu den Nachuntersuchungszeitpunkten für das in der Studie eingeschlossenen Patientenkollektiv, das im Zeitraum von 2007 bis 2010 nachuntersucht wurde.

[Monate]	Min. Follow-up Zeit	Max. Follow-up Zeit	Mittlere Follow-up Zeit
1. Nachuntersuchung	4	10	6,2
2. Nachuntersuchung	9	20	13,8

2.3.3. Drop-out

49 Patienten konnten im Rahmen der Studie nachuntersucht werden, einer Wiederfindungsrate von 96,08% entsprechend. Die Daten von 2 Patienten konnten aus den folgenden Gründen nicht in der Auswertung beachtet werden:

Fall 1: Eine Patientin konnte weder telefonisch noch schriftlich erreicht werden und es konnten daher keine Daten an den Nachuntersuchungsterminen (Follow-up Untersuchung nach 2, 6 und 12 Monaten) erhoben werden. In Folge dessen wurde die Patientin in der Auswertung der Studie nicht berücksichtigt.

Fall 2: Bei einem weiteren Patienten wurde bereits im ersten postoperativen Jahr extern eine Totalendoprothese am osteotomierten Kniegelenk implantiert, sodass nach 12 Monaten keine Ergebnisse evaluiert werden konnten. Der Patient gab bei Nachsorgeuntersuchung nach 2 Monaten und 6 Monaten keinerlei Verbesserung in Aktivitätsniveau oder subjektiver Funktion an. Die Daten des Patienten gingen nicht in die statistische Auswertung ein.

2.4. Materialien

2.4.1. Knorpelstatus

Der operativen Korrektur der mechanischen Achse vorgestellt ist stets eine arthroskopische Bildgebung des Kniegelenks zur Beurteilung von Knorpel- und Meniskusstatus in medialem und lateralem femorotibialen Kompartiment als auch dem patellofemoralen Gelenk, um Diagnose und OP-Indikation zu sichern sowie auf gegebenenfalls vorliegende Kontraindikationen zu prüfen.

Knorpelveränderungen werden inspektorisch als auch palpatorisch mit Hilfe eines Tasthakens detektiert und die Befunde während der Operation mittels Videoprint und im Operationsbericht dokumentiert. Die Klassifikation nach Outerbridge [136] hat sich in Fachkreisen bewährt und ermöglicht die Einteilung von Oberflächenschädigungen am Gelenkknorpel in folgende Grade:

Tabelle 5: Outerbridge Klassifikation zur Einteilung von Knorpelschäden [136]

Grad	Bemerkung
0	Normalbefund, intakter Knorpel mit glatter weißer Oberfläche und guter Konsistenz
1	Erweichung der Oberfläche, aber glatt erhaltene Oberfläche ohne Fibrillation
2	Oberfläche aufgefasert mit Einrissen und deutlicher Fibrillation
3	tiefe Fissuren, Ulcus bzw. Krater mit instabilen oder unterminierten Rändern, subchondraler Knochen noch nicht erreicht
4	Vollschicht-Knorpelverlust bis auf den subchondralen Knochen

2.4.2. Aktivitätslevel und subjektive Funktion

Der Patient wurde bei Erstuntersuchung und in den postoperativen Nachsorge-untersuchungen gebeten, das jeweils aktuelle Aktivitätsniveau und die subjektive Funktion in ein Klassifikationssystem einzustufen (siehe Tabelle 6).

Tabelle 6: Klassifikation zur Einschätzung von Aktivitätsniveau und subj. Funktion

	Aktivitätsniveau	Subjektive Funktion
I	Hochleistungssport	Ich habe eine uneingeschränkte Gelenkfunktion
II	Leistungssport, Vereinssport	Ich habe eine nahezu uneingeschränkte Gelenkfunktion
III	Gelegenheitssport	Ich habe eine deutlich eingeschränkte Gelenkfunktion
IV	Kein Sport	Ich habe eine erheblich eingeschränkte Gelenkfunktion bereits unter täglicher Belastung.

2.4.3. Klinische Scores

Zur Beurteilung von Behandlungsverfahren stehen eine Vielzahl klinischer Scores mit unterschiedlicher Gewichtung von objektiven und subjektiven Kriterien zur Verfügung.

Die Grundlage zur Bewertung der subjektiven und objektiven klinischen Parameter in dieser Studie bildeten 5 verschiedene Scores: der 2000-IKDC-Knie-Untersuchungsbogen, der Tegner-Aktivitätsscore, der Lysholm-Gillquist-Score, der Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic-Center-Score sowie der Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score. Ergänzt wurden diese standardisierten Fragebögen durch die Abfrage von subjektiv eingeschätztem Aktivitätslevel und Funktionalität.

2.4.3.1. 2000-IKDC-Knie-Untersuchungsbogen

1990 wurde von amerikanischen und europäischen Kniechirurgen der European Society of Sports and Traumatology, Knee Surgery and Arthroscopy (ESSKA) der International Knee Documentation Committee Evaluationsbogen als internationaler Standardfragebogen vorgestellt, der gleichzeitig eine einheitliche Terminologie etablierte und einen international gültigen Vergleich postoperativer Ergebnisse nach Knieoperationen und Arthroskopien ermöglichte [63, 79, 80, 157].

In einem Dokumentationsteil werden Patientendaten wie Alter, Symptombeginn, betroffene Seite und Zustand der Gegenseite abgefragt. Bewegungsgrade (ROM) werden beidseits mit der Neutral-Null-Methode gemessen und dokumentiert, um einen späteren Vergleich mit der gesunden Seite zu ermöglichen. Als physiologisch gelten Bewegungsausmaße zwischen 120 und 150° Flexion

beziehungsweise bis zu 5 bis 10° Hyperextension.

Der objektive Teil des IKDC Bogens erhebt klinische Befunde wie Erguss, Beuge-/ Streckdefizit, Ligamentuntersuchung und Kompartmentbefunde sowie aktuelle Röntgenaufnahmen und einen Hüpffunktionstest (siehe Anhang).

Es erfolgt eine ausführliche körperliche Untersuchung des betroffenen Kniegelenks und der Gegenseite mit Bearbeitung der 7 Untersuchungsblöcke, von denen allerdings nur die Kategorien „Erguss“, „passives Bewegungsdefizit“ und „Ligamentuntersuchung“ in die abschließende Gesamtbeurteilung einfließen. Die Ergebnisse in den Kategorien „Kompartmentbefund“, „Transplantatentnahmemorbidität“, „Röntgenbefund“ und „Funktionstest: Hüpfen auf einem Bein“ werden ebenfalls ermittelt und dokumentiert.

Die Befundung der erzielten Untersuchungsergebnisse erfolgt in den drei zu bewertenden Blöcken qualitativ in vier Graden, wie in Tabelle 7 definiert.

Tabelle 7: Interpretationskriterien des IKDC Scores

Grad	Interpretation
A	normal
B	fast normal
C	abnormal
D	deutlich abnormal

Zur Beurteilung eines Kniegelenkerguss wird beim liegenden Patienten der Recessus suprapatellaris ausgestrichen und das Knie auf eine Flüssigkeitsansammlung palpiert, die sich als “tanzende Patella” durch federnden Widerstand darstellt. Die Einstufung erfolgt je nach Menge der angesammelten Flüssigkeit als normal (A: 0 cc), leicht (B: 25 cc), mäßig (C: 25-60 cc) oder deutlich (D: >60 cc) abnormal.

Die Untersuchungen zur Ermittlung von passivem Bewegungsdefizit und Ligamentstatus werden nach Anleitung durchgeführt (siehe Anhang) und die Ergebnisse den Graden zugeteilt. Als normal definiert wird ein Streckdefizit bis 3° und ein Beugedefizit bis maximal 5°.

Weiterhin erfolgt eine Beurteilung des Ligamentstatus mit verschiedenen Tests: Lachman-Test, (reverse) pivot shift Test, hintere Schublade, Außenrotationstests, Valgus- und Varusstress.

Bei mehreren Untersuchungen in einem Block definiert die schlechteste erreichte Beurteilung den Gruppengrad. Die Abschlussbeurteilung ergibt sich schließlich als der schlechteste erzielte Gruppengrad.
Im subjektiven Untersuchungsbogen trifft der Patient Aussagen über Schwellung, Instabilität und Blockierung des Kniegelenks. Außerdem skaliert der Studienteilnehmer das Schmerzerlebnis bezüglich Häufigkeit und Intensität des Schmerzereignisses. Sportliche Betätigung, Alltagsaktivitäten (z.B. Treppensteigen, Hockstellung und Springen) und subjektive aktuelle Funktionsfähigkeit werden evaluiert.
So wird eine Einschätzung der allgemeinen Funktion und Belastbarkeit des Knies in Alltag sowie Sport- und Freizeitleben möglich. Die numerische Auswertung erfolgt nach Anleitung des IKDC. Das Rohergebnis ist die Summe aus den Punktwerten der einzelnen Fragen.
Zur Umwandlung wird folgende Formel verwendet:

$$\text{IKDC-Ergebnis} = \frac{\text{Rohergebnis} - \text{Niedrigstmögliche Punktzahl}}{\text{Punktzahlbereich}} \times 100$$

Es ergibt sich ein Wert auf einer Skala von 0 bis 100, die die subjektive Funktionalität des Kniegelenkes quantifiziert. Dabei bedeutet eine höhere Punktzahl eine bessere Funktionsfähigkeit des untersuchten Knies.

2.4.3.2. Tegner-Aktivitätsscore

In dem von Tegner und Lysholm [157] entworfenen Standardfragebogen wird das Aktivitätsniveau anhand der Anamnese auf einer Skala von 0 bis 10 klassifiziert, wobei eine höhere Punktzahl auch eine höheres Aktivitätslevel bedeutet.
Beim Scoring werden dann sowohl berufliche Belastung als auch sportliche Aktivität in die Bewertung einbezogen. Ein Score von 0 bedeutet also eine Krankschreibung aufgrund von Knieproblemen und damit keinerlei sportliche Aktivität. Fünf Punkte erhält der Patient für schwere körperliche Arbeit und die Höchstpunktzahl 10 wird bei Bestreiten nationaler oder internationaler Turniere in Fußball oder Hallenballsportarten mit Gegnerkontakt erzielt.
Besonders geeignet ist der Tegner-Aktivitätsscore als Verlaufsparameter. Er ermöglicht insbesondere den Vergleich von prä- und postoperativem Aktivitätslevel.

Darüber hinaus sollte der Patient bei der Aufnahme in die Studie versuchen, Angaben über das Aktivitätslevel vor Symptombeginn zu treffen, um so einen bestmögliche Verlaufskontrolle dieses Parameters zu führen.
Die von uns verwendete deutsche Übersetzung nach Wülker [172] wird als Anhang beigefügt.

2.4.3.3. Lysholm-Gillquist-Score

Der Lysholm-Gillquist-Score dient zur Evaluation rein subjektiver Empfindungen des Patienten bezüglich Schmerz, Schwellung, Instabilität und Funktionalität des Kniegelenkes bei Gehvorgang (Hinken, Gehhilfe), Treppensteigen und Hocken und detektiert insbesondere Instabilitäten bei laxem Bandstatus.
In der Literatur dient der Score vor allem der Beurteilung der Funktion bei Gelenkinstabilitäten [97], doch im selben Jahr wurde auf eine hohe Sensitivität des Scores auch bei femoropatellarem Schmerzsyndrom und Meniskusschäden aufmerksam gemacht [13]. Er findet aber auch nach knorpelchirurgischen Eingriffen Anwendung. Die ursprüngliche Fassung von 1982 wurde den Patienten in deutscher Übersetzung als Fragebogen vorgelegt (siehe Anhang) [157].
Mittels Aufsummierung der Ergebnisse aus den unterschiedlich gewichteten Problembereichen ergibt sich eine Gesamtpunktzahl zwischen 0 und 100, die, wie in Tabelle 8 aufgeführt, interpretiert wird [108, 157]:

Tabelle 8: Interpretationskriterien des Lysholm-Gillquist-Scores [108]

Punktzahl	Interpretation
<=65	unzureichend
66-81	mäßig
82-92	mäßig bis gut
93-97	gut bis sehr gut
98-100	sehr gut

2.4.3.4. Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic-Center-Score

Der Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic Center-Score ist ein weiterer etablierter Standardfragebogen zur Evaluation von Funktionalität, Instabilität, Schmerz, Schwellung und Aktivitätsniveau.
Aus den unterschiedlich gewichteten Problembereichen wird der Gesamtscore aufsummiert und folgendermaßen interpretiert [14]:

Tabelle 9: Interpretationskriterien des Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic Center-Scores

Punktzahl	Interpretation
<=30	schlecht
30-54	mäßig
55-79	gut
>80	sehr gut

2.4.3.5. Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score

Ebenfalls zur Anwendung kommt der Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score nach Ranawat und Shine von 1973 [140].

Zur Berechnung des erzielten Gesamtscores werden die Punktzahlen der unterschiedlich gewichteten Kategorien (Schmerzen, Funktion, ROM, Muskelkraft, Beugedefizit, Instabilität) addiert. Abzüge werden gegebenenfalls für benötigte Gehhilfen, Streckdefizit und Abweichung der mechanischen Achse verteilt.

Das Endergebnis wird nach folgendem Schema interpretiert:

Tabelle 10: Interpretationskriterien des HSS-Scores

Punktzahl	Interpretation
<60	unzureichend
60-69	akzeptabel
70-84	gut
85-100	sehr gut

2.4.3.6. Radiologische Parameter

Zur radiologischen Kontrolle wurden präoperativ, direkt postoperativ und sofern möglich zur Nachuntersuchung nach 12 Monaten Röntgenaufnahmen des Kniegelenkes in anterior-posteriorem sowie lateralem Strahlengang angefertigt. Als Parameter wurden der tibiofemorale Winkel als Winkel zwischen anatomischer femoraler und tibialer Achse bestimmt, sowie der Tibiavarus, der die knöchern hervorgerufene Achsfehlstellung widerspiegelt.

Außerdem wurde das Verhältnis von medialer und lateraler Gelenkspaltweite, wie in Abbildung 11 verdeutlicht, bestimmt und nach folgender Formel berechnet:

Abbildung 11: Darstellung der Ermittlung der Gelenkspaltweite an einer bei einer weiblichen Patientin 2008 in der Schön Klinik Harthausen angefertigten Röntgenaufnahme. Rot markiert ist die mediale Gelenkspaltweite, blau markiert ist die laterale Gelenkspaltweite. Das Gelenkspaltverhältnis lässt sich mit der Formel mediale Gelenkspaltweite/ laterale Gelenkspaltweite bestimmen.

Weiterhin waren tibialer Slope und die Patellahöhe von Interesse. Durch die Änderung der frontalen Achse sind auch Veränderung in der sagittalen Achse mit Einfluss auf die Dorsalneigung der Tibia möglich. Darüber hinaus ist bekannt, dass die Patellahöhe durch den operativen Eingriff beeinflusst werden kann. Als radiologische Parameter wurden in dieser Arbeit zwei Indices analysiert. Grundlage für den Caton-Deschamps-Index und den Blackburn-Peel-Index sind laterale Aufnahmen des Kniegelenks in mind. 30° Flexion. Wie in Abbildung 12 dargestellt, wird für die beiden Indices die Gelenkfläche der Patella ins Verhältnis zum Abstand bis zur Tibiavorderkante (Caton-Deschamps-Index) bzw. bis zur Tangente über das Tibiaplateau (Blackburn-Peel-Index) gesetzt [18, 23]. Die Formeln zur Bestimmung der Indices sind in der Abbildungen 12 aufgeführt.
Für den Caton-Deschamps-Index gelten Werte zwischen 0,6 und 1,2 als normwertig [23]. Nach Blackburn-Peel liegt bei Werten zwischen 0,5 und 1,0 eine normale Patellaposition vor [18].

Tabelle 11: Definitionskriterien (Normwerte) der Patellastellungen anhand des Caton-Deschamps-Index und des Blackburn-Peel-Index [18, 23]

Index	Caton-Deschamps	Blackburn-Peel
Patella baja	<0,6	<0,5
Patella norma	0,6-1,2	0,5-1,0
Patella alta	>1,2	>1,0

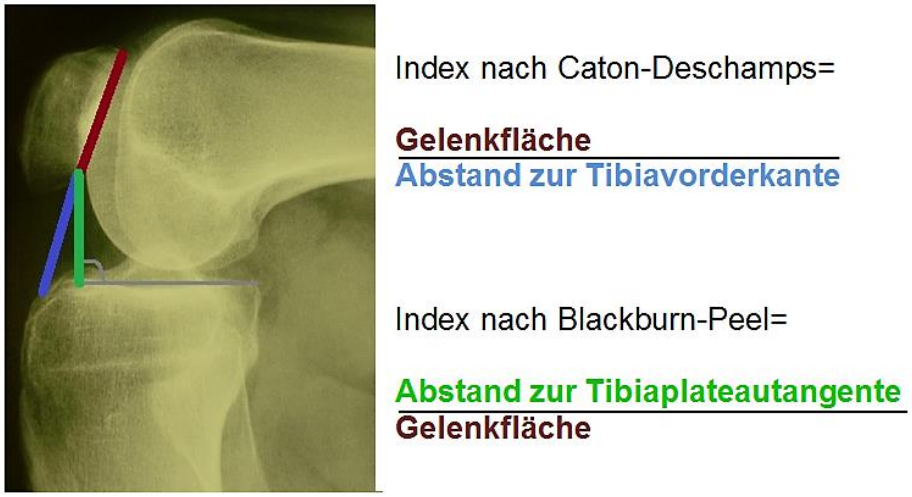

Abbildung 12: Darstellung der Bestimmung der Patella-Indices anhand einer 2008 in der Schön Klinik Harthausen angefertigten Röntgenaufnahme. Die rote Linie bezeichnet die Länge der Patellagelenkfläche. Die blaue Linie bestimmt den Abstand zwischen Patellaunterkante und Tibiavorderkante. Die grüne Linie gibt den Abstand zwischen Patellaunterkante und der Tangente an das Tibiaplateau (hier grau) und steht im rechten Winkel zu dieser Tangente. Es lassen sich mit diesen Werten der Caton-Deschamps-Index (Gelenkfläche/ Abstand zur Tibiavorderkante) sowie der Blackburn-Peel-Index (Abstand zur Tibiaplateautangente/ Gelenkfläche) bestimmen.

2.5. Statistische Methoden

Die Berechnungen sowie die statistische Auswertung des Datensatzes erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel (Microsoft 2004) und dem Statistik- und Analyseprogramm der Softwarefirma SPSS© 2004 (Inc. Chicago, USA).

Die Parameter Alter, Größe, Gewicht, BMI, ROM, Flexion und Streckdefizit sind stetig und metrisch. Zur Prüfung der Daten auf Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test genutzt. Beim Testverfahren wurde die Nullhypothese bei einem p-Wert kleiner 0,05 abgelehnt. Es zeigte sich für folgende metrische Parameter eine Normalverteilung: Alter, Größe, Gewicht, BMI, Flexion und Streckdefizit vor und nach Operation sowie ROM postoperativ. Für diese Parameter ist die Angabe von Mittelwerten und Standardabweichungen zulässig.

Die von uns erhobenen medizinischen Scores (Lysholm-Score, Tegner-Aktivitätsscore, HSS-Score, IKDC-Evaluation) erreichen nur Ordinalskalenniveau. Die ROM zum präoperativen Zeitpunkt hat Verhältnisskalenniveau, folgt aber nicht der Normalverteilung. Aus mathematischer Sicht dürfen für ordinalskalierte medizinische Scores und nicht normalverteilte Parameter keine Mittelwerte, sondern nur Mediane angegeben werden. In der Literatur wird jedoch häufig auch für medizinische Scores der Mittelwert angegeben. Daher wird im Folgenden

sowohl der Median als auch zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse anderer Arbeiten der Mittelwert dargestellt.

Bei den nicht-parametrischen ordinalskalierten Daten wurde auf statistisch signifikante Unterschiede zwischen den prä- und postoperativ ermittelten Ergebnissen mit dem nicht-parametrischen Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben geprüft.

Patienteneinschätzung von subjektiver Funktion und Aktivität wurden an mehr als 2 Zeitpunkten erfragt (präoperativ, nach 6 Monaten und nach 12 Monaten). Bei diesen beiden ordinalskalierten Parametern wurde der Friedman-Test für mehr als zwei verbundene Stichproben durchgeführt und bei signifikantem Gruppenunterschied ($p<0,05$) anschließend paarweise mit dem Mann-Whitney-U-Test geprüft, zwischen welchen Gruppen diese Unterschiede liegen. Aufgrund der α-Inflation wurde zur Neutralisation der Alphafehler-Kumulierung bei multiplen Paarvergleichen mit der Bonferroni-Methode das Signifikanzniveau α' adjustiert. Gleiches Testprozedere erfolgte für den Tegner-Aktivitätsscore, der zu 3 Zeitpunkten ermittelt wurde (präsymptomatisch, prä- und postoperativ).

Für die Testung der Einflussfaktoren wurden Dummy-Variablen, d.h. Gruppen gebildet, sodass nicht-parametrische Tests für ungebundene Stichproben zur Prüfung auf signifikante Unterschiede herangezogen werden konnten.

Bei unabhängigen Variablen, bei denen 2 Kategorien vorliegen (Geschlecht, tibiofemoraler Winkel, tibialer Slope, Blackburn-Peel-Index, Caton-Deschamps-Index, Korrekturwinkel, Korrekturverlust) war der Test der Wahl der Mann-Whitney-U-Test. Für die Faktoren Alter, BMI und Gelenkspaltweite wurden mehrere Gruppen gebildet, sodass zunächst mit dem Kruskal-Wallis-Test auf globale Signifikanzen getestet wurden. Bei einem p-Wert kleiner 0,5 wurden signifikant unterschiedliche Werte zwischen mindestens 2 der Gruppen angenommen. In diesem Fall erfolgte als post-hoc Methode eine weitere Prüfung mit dem Mann-Whitney-U-Test, bei dem aufgrund des multiplen Testens eine α-Adjustierung nach der Bonferroni-Methode erfolgte.

Bei den metrischen Variablen (Flexion, Streckdefizit und ROM präoperativ) wurde auf signifikante Veränderungen der Variablen bis zur Untersuchung ein Jahr nach der Operation mit dem t-Test für verbundene Stichproben getestet.

Abschließend wurde eine Korrelationsanalyse (Kendall-Tau) durchgeführt, um alle Zusammenhänge zu erfassen.

Als statistisch signifikant galten in der Studie Ergebnisse mit einem p-Wert kleiner 0,05. Ausnahme bildeten die p-Werte bei multiplem Testen, bei denen das globale α je nach Testanzahl auf ein lokales α korrigiert wurde.

2.6. Patientenkollektiv

2.6.1. Patientengeschlecht und –alter

Es erfolgte die statistische Auswertung der Daten von insgesamt 49 Patienten, von denen 23 weiblich (46,9%) und 26 männlich (53,01%) sind.

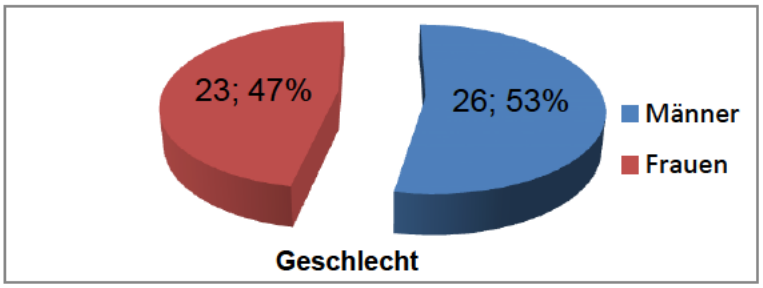

Abbildung 13: Verteilung bezüglich des Geschlechts im 49 Patienten umfassenden Kollektiv, das zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurde. In rot dargestellt wird der Anteil der Frauen, in blau dargestellt ist der Anteil der Männer am Patientenkollektiv.

Die Patienten waren zum OP-Zeitpunkt durchschnittlich 49,61 Jahre alt mit einer Altersverteilung von 24 bis 67 Lebensjahren (n= 49). Der Großteil der Patienten (17 von 49= 34,7%) war zwischen 50 und 54 Jahren alt.
Das Durchschnittsalter der Studienteilnehmerinnen betrug 52,33 Jahre (SD= 6,77 Jahre), wobei die jüngste Patientin zum Operationszeitpunkt 34 und die älteste Patientin 67 Jahre alt war. Die männlichen Patienten waren zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs durchschnittlich 47,27 Jahre (SD= 8,02 Jahre) alt. Die Altersrange lag zwischen 24 und 58 Jahren.

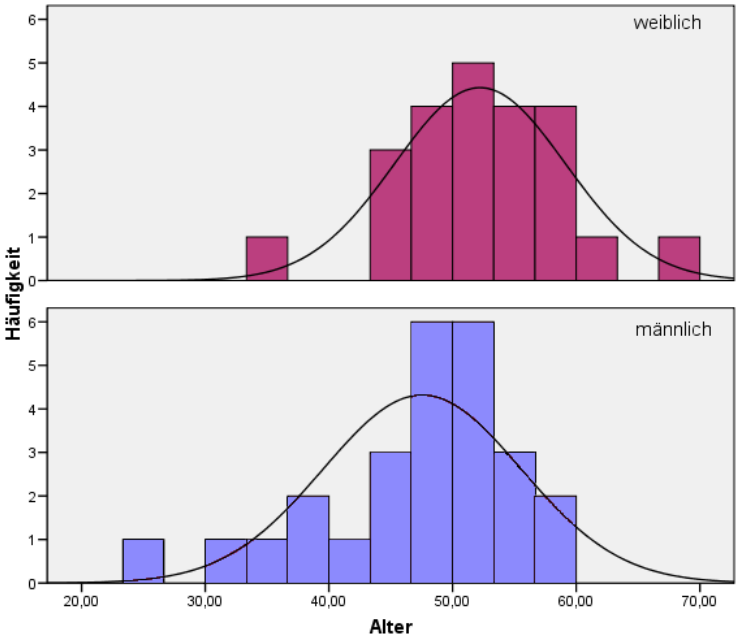

Abbildung 14: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „Alter zum Operationszeitpunkt, das präoperativ bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, bestimmt wurde, nach Geschlechtern getrennt (Frauen= rot, oberer Bildabschnitt, Männer= blau, unterer Bildabschnitt) dargestellt. Darüber gezeichnete Normalverteilung zur Verdeutlichung der leichten Schiefe im Histogramm.

2.6.2. Größe, BMI, Gewicht

Geschlechtsunabhängig erzielten die Patienten bei einer durchschnittlichen Größe von 171,86 cm (Min: 156 cm, Max: 194 cm, SD: 9,29 cm) und einem mittleren Gewicht von 84,98 kg (Min: 64 kg, Max: 144 kg, SD: 16,16 kg) im Mittel einen BMI-Wert von 28,80 kg/m² (Min: 19,13 kg/m²; Max: 41,18 kg/m²; SD: 5,05 kg/m²). Genaue Daten zur Aufschlüsselung nach Geschlecht ist in der Tabelle 12 dargestellt:

Tabelle 12: Deskriptive Statistik der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, präoperativ erhobenen Merkmale Größe, Gewicht und BMI in Abhängigkeit vom Geschlecht.

			MW	Min	Max	SD
Größe (n= 49)	weiblich	n= 23	164,96 cm	156 cm	180 cm	6,85 cm
	männlich	n= 26	178,35 cm	166 cm	194 cm	6,04 cm
Gewicht (n= 49)	weiblich	n= 23	78,28 kg	64 kg	100 kg	14,26 kg
	männlich	n= 26	91,42 kg	70 kg	144 kg	15,91 kg
BMI (n= 49)	weiblich	n= 23	28,68 kg/m²	20,7 kg/m²	38,9 kg/m²	5,7 kg/m²
	männlich	n= 26	28,22 kg/m²	19,1 kg/m²	41,2 kg/m²	4,5 kg/m²

Zum Operationszeitpunkt waren laut WHO-Klassifikation [85] 12 (24,49%) Patienten normalgewichtig und 21 (42,86%) Patienten übergewichtig.
Insgesamt zeigten 16 Patienten (32,65%) bei einem BMI von über 30 kg/m² (Durchschnitt 34,36 kg/m²) nach WHO-Definition eine Adipositas. Davon wurden 11 Patienten (22,45%) als Grad I und 5 Patienten (10,20%) als Grad II eingestugt [88]. Eine Adipositas Grad III lag bei keinem der Patienten vor.

2.6.3. Symptomatik

Ein schleichender Symptomeintritt zeigte sich bei 41 Patienten mit einem mittleren Symptombeginn 5,09 Jahren (Min: 0,5 Jahre; Max: 20 Jahre; SD: 5,32 Jahre) vor Operation. Bei den übrigen 8 Patienten (16%) stellte sich die Symptomatik durchschnittlich 2,69 Jahre vor der operativen Korrekturosteotomie akut ein (Min: 0 Jahre; Max: 13 Jahre; SD: 4,23 Jahre).

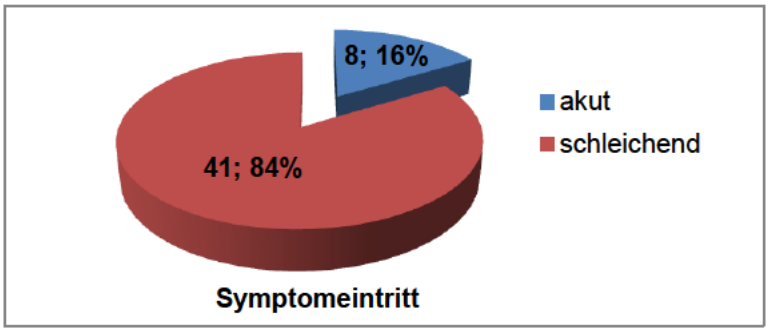

Abbildung 15: Angaben der 49 Studienteilnehmer, die vor der Umstellungsosteotomie in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen befragt wurden, zum Zeitpunkt des Symptomeintritts.

Bei 51% (25/49) wurde die HTO im ersten Jahr nach Eintritt der Symptomatik vorgenommen. 16,3% (8/49) stellten sich in der Klinik vor mit einer Beschwerdesymptomatik, deren Beginn anamnestisch länger als 10 Jahre zurücklag.
24 Patienten gaben den Hauptschmerz im rechten Bein an. Bei 23 Patienten schmerzte das linke Kniegelenk und bei einer Patientin beide Kniegelenke, bei der zunächst das rechte Kniegelenk und 4 Monate nach der ersten Operation auch das linke Kniegelenk umgestellt wurde. 19 der 49 Patienten (38,8%) wiesen auch im nicht operierten Bein Beeinträchtigungen auf.

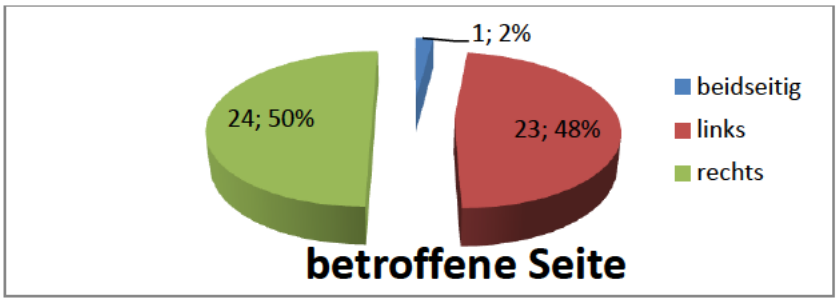

Abbildung 16: Darstellung der Operationsseite bei den 49 Studienteilnehmer, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, in Prozent sowie als Rohwert.

2.6.4. Voroperation & relevante Nebenbefunde

Bei 2 Patienten wurde im Vorfeld bereits eine Umstellung mit lateral schließender Technik vorgenommen, die in beiden Fällen nicht den gewünschten Erfolg brachte. Dies lag in einem Fall an einer intraoperativ aufgetretenen Unterkorrektur und im anderen Fall an einem postoperativ verzeichneten Korrekturverlust.

Bei 59,18% (29 Teilnehmer) hatten zuvor eine operative Resektion oder Teilresektion des Innenmeniskus durchführen lassen. 2 Patienten hatten in der Anamnese Operationen am lateralen Meniskus angegeben, die zur Refixation von Rissen dienten.

Bei 19 Patienten (38,78%) wurden in der Eigenanamnese operative Korrekturen am Knorpel angegeben. Bei 36,73% dieser Patienten (18 Teilnehmer) war im Vorfeld sowohl eine Operation am Innenmeniskus als auch am Knorpel durchgeführt worden.

Bei 19 Patienten zeigte sich eine Elongation des vorderen Kreuzbandes, die bei 17 dieser Patienten zur Symptomatik der Instabilität führt. 2 Patienten zeigten eine posteriore Instabilität bei Insuffizienz des hinteren Kreuzbandes. 12 Patienten erhielten die Indikation zur OP neben der medial beginnenden Gonarthrose auch aufgrund einer Chondromalazie. Nebenbefundlich hatte eine Patientin einen Morbus Ahlbäck im medialen Femurkondylus und ein Patient eine Psoriasis. Im Patientenkollektiv befanden sich 10 Raucher und 2 Diabetes mellitus Patienten, von denen einer zum Zeitpunkt der Operation insulinpflichtig war.

2.7. OP-Daten

2.7.1. Indikation

Die OP-Indikation wurde bei allen Patienten (100%) aufgrund einer medialen Gonarthrose gestellt. Bei allen Patienten war eine Varusfehlstellung des Beines erkennbar, die ursächlich für die degenerativen Veränderungen ist.

2.7.2. perioperative Daten

Anhand der Operationsprotokolle wurden Daten wie OP-Dauer, erfolgte Navigation, Korrektur der mechanischen Beinachse sowie Höhe des Spacers gewonnen und dokumentiert.

Der operative Eingriff dauert im Mittel 77,25 Minuten (Min: 50 min, Max: 150 min, SD: 14,93 min). Bei 41 der 49 (83,67%) Patienten wurde während der Operation das Navigationssystem Orthopilot der Firma Aesculap eingesetzt. Bei den anderen 8 Patienten erfolgte die Umstellung ohne Unterstützung durch Navigation.

Die Beinachse wurde mittels Navigation intraoperativ bestimmt und betrug im Mittel 4,40° Varus (Min: 0°, Max: 9°, SD: 2,33°). Die Studienteilnehmerinnen wiesen dabei durchschnittlich eine präoperative Varusdeformität von 3,58° (Min: 0°, Max: 8°, SD: 2,38°), die Studienteilnehmer von 5,00° (Min: 0°, Max: 9°, SD: 2,25°) auf. Die Achse wurde im Schnitt um 7,79° (Min: 4°, Max: 11°, SD: 1,71°) auf 3,4° Valgus (Min: 0°, Max: 7° SD: 1,51°) korrigiert.

Tabelle 13: Deskriptive Statistik des präoperativ bestimmten Varus der Beinachse, des postoperativen Winkels der Beinachse sowie des Korrekturwinkels für die 49 Studienteilnehmer, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, aufgeschlüsselt nach Geschlecht.

	Geschlecht	n	MW	Min	Max	SD
präoperativer Winkel	♀	23	3,68° Varus	0° Varus	8° Varus	2,34°
	♂	26	5,00° Varus	0° Varus	9° Varus	2,15°
postoperativer Winkel	♀	23	3,68° Valgus	1° Valgus	7° Valgus	1,46°
	♂	26	3,15° Valgus	0° Valgus	6° Valgus	1,54°
Korrekturwinkel	♀	23	7,36°	4°	11°	1,71°
	♂	26	8,15°	4°	11°	1,67 °

Bei allen Patienten wurde zur Stabilisierung des Osteotomiespaltes eine Platte mit Spacer verwendet, der durchschnittlich 8,51 mm (Min: 5 mm, Max: 12 mm, SD: 1,54 mm) groß war.

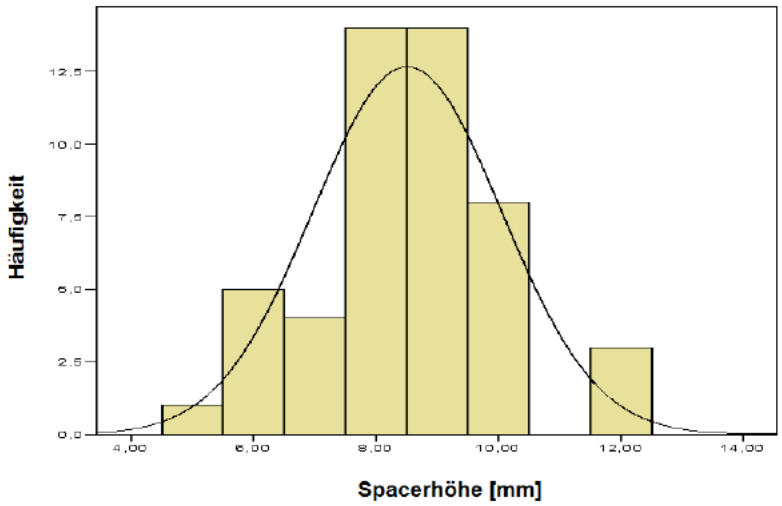

Abbildung 17: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „ intraoperativ verwendete Spacergröße“, die bei den 49 Studienteilnehmer in den Jahren 2007 bis 2010 intraoperativ gewählt wurden, mit darüber gezeichneter Normalverteilung.

2.7.3. Knorpelstatus

Bis auf einen sehr jungen Patienten von 24 Jahren hatten alle Studienteilnehmer destruktive Veränderungen des Knorpels in mindestens einem Kompartment des Kniegelenks.

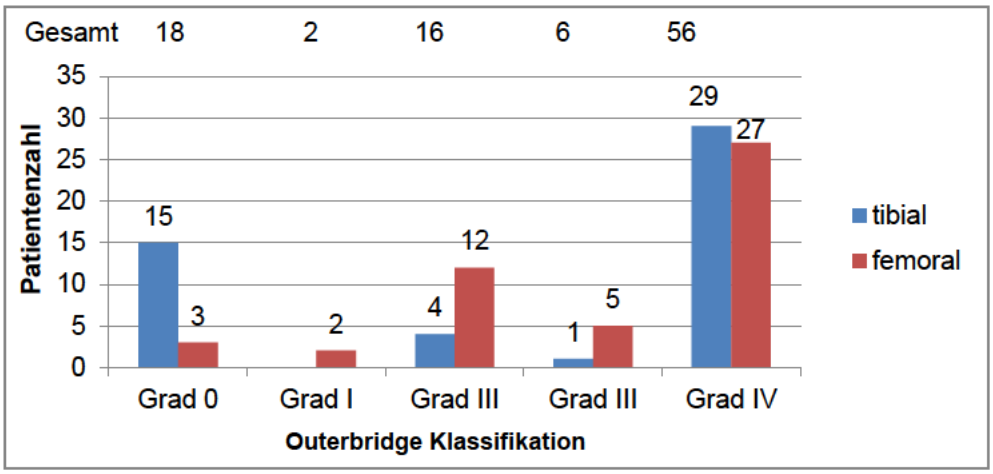

Abbildung 18: Quantitative Verteilung des nach der unter 2.4.1. beschriebenen Outerbridge-Klassifikation [136] eingeteilten Knorpelstatus auf tibialen sowie femoralen Anteil des medialen Kompartments im Kniegelenk bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen intraoperativ diagnostisch sowie therapeutisch arthroskopiert wurden.

Bei keinem Patienten wurden Knorpelschädigungen im lateralen Anteil des tibiofemoralen Gelenks gefunden, die eine absolute Kontraindikation für die HTO dargestellt hätten.

Bei fast allen Patienten (48 von 49 Patienten) waren degenerative Veränderungen des Knorpels im medialen Gelenkanteil erkennbar. Veränderungen im Bereich des Tibiaplateaus sowie der Femurkondylen waren bei 32 Studienteilnehmern sichtbar. Bei 26 Patienten handelte es sich um sogenannte Kissing lesions, bei denen in den Belastungszonen bei der Bewegung miteinander kommunizierende Areale Knorpelschäden aufweisen. Es handelte sich vor allem um ausgeprägtere Schädigungen von Grad III und IV.

Zwei Patienten hatten nur Schädigungen Grad IV auf dem Tibiaplateau während der femorale Knorpelbelag intakt geblieben ist. 14 Patienten wiesen gesunde Knorpelverhältnisse im Bereich der Tibia auf, hatten dafür aber Schädigungen des Knorpels im Bereich der Femurkondylen.

Bei 5 Patienten wurden solitär retropatellär Schäden ersichtlich und bei 13 Patienten Schäden im Bereich der Trochlea. 12 Patienten zeigten degenerative Veränderungen sowohl am retropatellären Knorpelüberzug als auch im Bereich der Trochlea femoris. Es handelte sich im Bereich der Patella bevorzugt um Grad I und Grad II Schäden. Nur eine Patientin zeigte einen Knorpelverlust mit Freilegung des subchondralen Knochens (Grad IV).

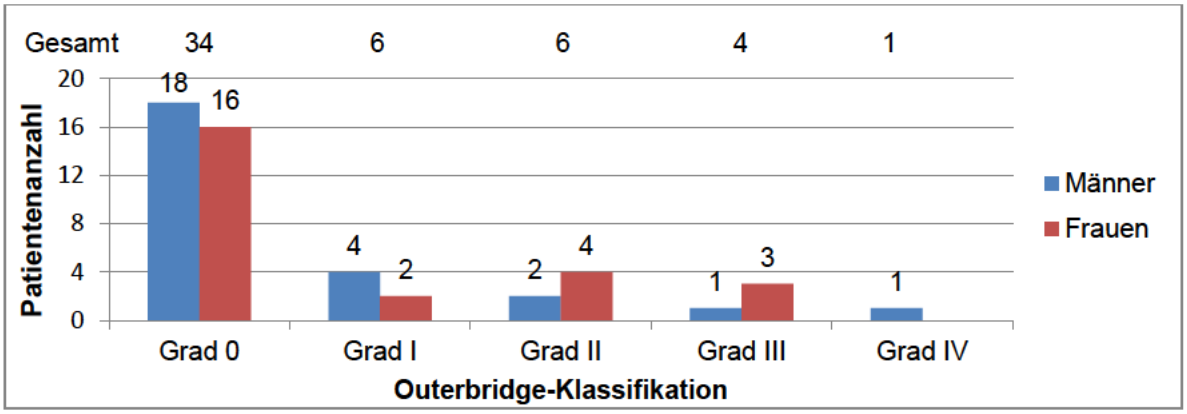

Abbildung 19: Quantitative Verteilung des nach der unter 2.4.1. beschriebenen Outerbridge-Klassifikation [136] eingeteilten Knorpelstatus der retropatellären Gelenkfläche im Kniegelenk bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen intraoperativ diagnostisch sowie therapeutisch arthroskopiert wurden.

Im Bereich der Trochlea waren, wenn Knorpeldestruktionen vorlagen, diese unterschiedlich stark ausgeprägt. Der Knorpelstatus war bei den Frauen oftmals schlechter und wurde nach Outerbridge als Grad III und IV klassifiziert, während bei den Männern oftmals nur erst- oder zweitgradige Knorpelschäden gefunden wurden.

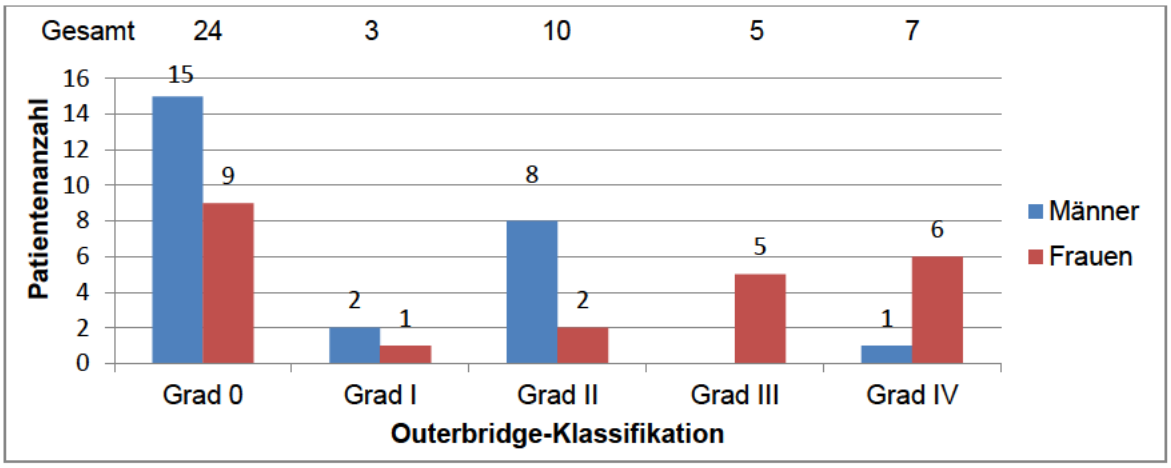

Abbildung 20: Quantitative Verteilung des nach der unter 2.4.1. beschriebenen Outerbridge-Klassifikation [136] eingeteilten Knorpelstatus im Bereich der Femurtrochlea bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen intraoperativ diagnostisch sowie therapeutisch arthroskopiert wurden.

Weiterhin wurde intraoperativ der Status der Menisci geprüft. Risse oder degenerative Veränderungen des Außenmeniskus waren in der Arthroskopie bei keinem Patienten festgestellt worden. Bei 29 Patienten wurde im Vorfeld eine Operation am medialen Meniskus vorgenommen. Degenerative Veränderungen und Risse im medialen Meniskus wurden bei der Arthroskopie in 39 Knien sichtbar.
Patienten, die sich nach akut auftretender Symptomatik in der Praxis vorstellten, wiesen fast keine schwerwiegenden Knorpeldegenerationen auf. Nur einer dieser acht Patienten musste an der Trochlea operiert werden.

2.7.4. Begleitinterventionen

In der diagnostizierenden Arthroskopie zeigten 29 Patienten (59,2%) außerhalb des medialen Gelenkspaltes keinerlei therapiebedürftige Knorpelschäden.
Bei 19 Patienten mussten operative Techniken zur Knorpelstimulation im Bereich der Trochlea durchgeführt werden. Bei 4 (8,16%) Patienten wurden im patellofemoralen Gelenk retropatellare Schäden operativ behandelt. Bei diesen 4 Patienten wurde zudem im Bereich der Trochlea femoris eine Begleitintervention zur Stimulation der Knorpelregeneration vorgenommen.
Angaben über durchgeführte begleitende Interventionen im Zusammenhang mit der HTO stammen aus den Operationsberichten. Eine mögliche Kombination der verschiedenen Eingriffe ist möglich und fand bei einigen der Patienten Anwendung. Bei 2 Patienten (4,08%) wurde eine OATS durchgeführt. Dabei

wurde ein Knochenzylinder aus einem weniger belasteten Areal entnommen und in die Belastungszonen transplantiert. Als Spenderareal diente bei einem Patienten die Trochlea und beim anderen Patienten der laterale Femurkondylus.

Ein mediales Release als Bestandteil der operativen Technik bei HTO wurde bei 47 Patienten (95,92%) vorgenommen. Des Weiteren wurden 43 Studienteilnehmer (87,76%) mit einer Mikrofrakturierung zur Anfrischung des Knorpels versorgt. Bei 32 (65,31%) Patienten wurde zudem eine Abrasion durchgeführt.

3. Ergebnisse

3.1. Aktivitätslevel und subjektive Funktion

3.1.1. Aktivitätslevel

Präoperativ war der überwiegende Anteil der Studienteilnehmer (36 von 49= 73,5%) nicht in der Lage einer sportlichen Aktivität nachzugehen, sodass sich ein medianer Aktivitätswert von IV (MW: 3,73) ergab.

Nach 6 Monaten lag der Medianwert weiterhin bei IV (MW 3,61), es konnten jedoch bereits 19 Patienten (38,8%) einem Gelegenheitssport nachgehen.

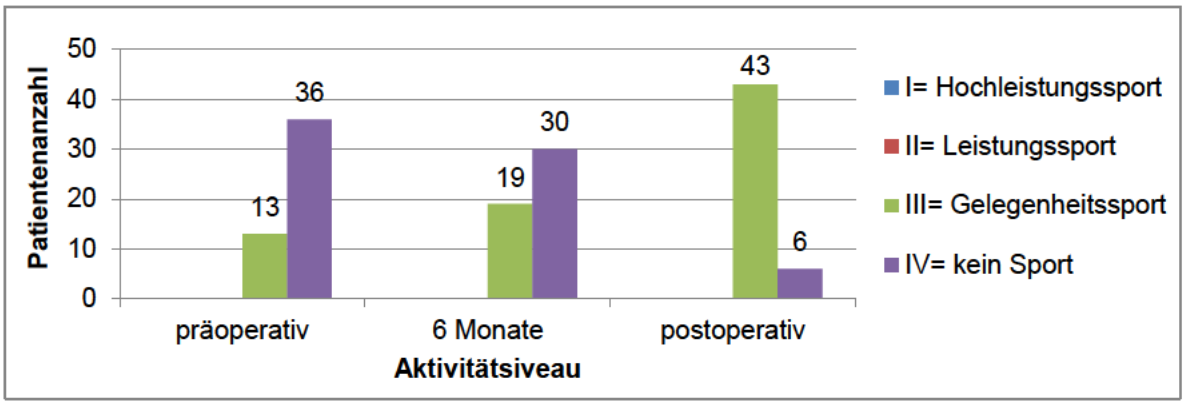

Abbildung 21: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.2. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters Aktivitätsniveau, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ, 6 Monate und 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

Nach weiteren 6 Monaten stieg der mediane Aktivitätswert auf III (MW: 3,12), nachdem 87,76% der Patienten (43/ 49) Freizeitsport nachgehen konnten. Zu den 6 inaktiven Patienten gehörten u.a. ein Patient mit ausgeprägtem Instabilitätsgefühl bei VKB-Insuffizienz und eine Patientin mit Pseudarthrose.

Keiner der Patienten verschlechterte im Verlauf der Nachsorge das Aktivitätsniveau im Vergleich zum präoperativen Level. Das Anfangsniveau hielten 19 Patienten (38%), von denen 13 (68%) bereits vor der Operation in der Lage waren einem Gelegenheitssport nachzugehen

Tabelle 14: Deskriptive Statistik des nach den in Punkt 2.4.2. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters Aktivitätsniveau, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ, 6 Monate und 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

	N	Median	Min	Max	MW
Aktivitätslevel präoperativ	49	4	3,00	4,00	3,73
Aktivitätslevel nach 6 Monaten	49	4	3,00	4,00	3,61
Aktivitätslevel nach 12 Monaten	49	3	3,00	4,00	3,12

Der statistische Test nach Friedman ergab bei einem p-Wert <0,05 einen signifikanten Unterschied zwischen mindestens 2 der 3 Stichproben. Deswegen wurde als post-hoc Testmethode der Whitney-Mann-U-Test mit einem Signifikanzniveau von 0,017 paarweise durchgeführt, bei dem zwischen prä- und postoperativen Aktivitätsniveau ein signifikanter Unterschied (p<0,017) nachgewiesen werden konnte. Während zwischen Aktivitätsniveau präoperativ und nach 6 Monaten die Signifikanztestung negativ ausfiel (p>0,017), lieferte der Test eine signifikante Divergenz zwischen Aktivitätsniveau nach 6 und 12 Monaten (p<0,017).

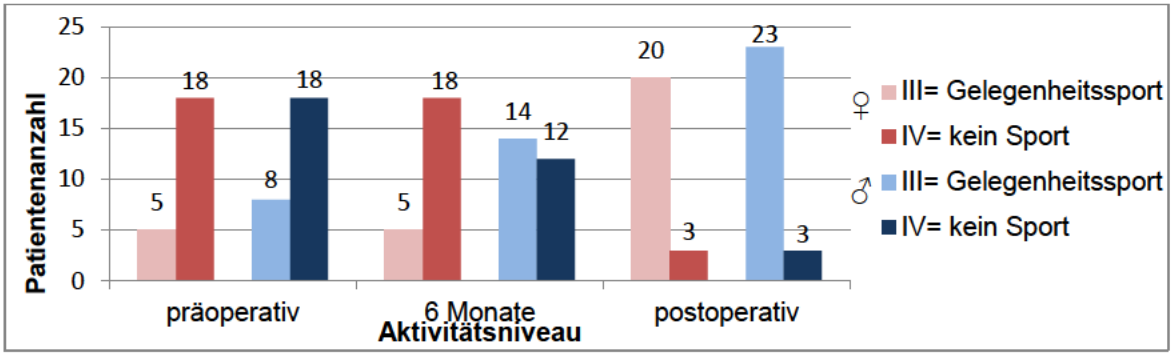

Abbildung 22: Nach Geschlecht getrennte quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.2. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters Aktivitätsniveau, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ, 6 Monate sowie 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

Wie in der Abbildung 22 ersichtlich, waren sowohl bei den Frauen (86,7%) als auch bei den Männern (88,5%) postoperativ mehr Teilnehmer sportlich aktiv als präoperativ. Bei einem Medianwert von IV (MW: 3,78) bei den Frauen und III (MW: 3,46) bei den Männern nach 6 Monaten wurde mit dem Whitney-Mann-U-Test für unabhängige Stichproben ein signifikanter Unterschied (p<0,05) nachgewiesen, der sich nach 12 Monaten jedoch nicht mehr zeigte (p>0,05).

Alle Studienteilnehmer zeigten unabhängig von Alter und BMI präoperativ ein niedriges Aktivitätsniveau (Median: IV), das postoperativ in allen Gewichts- und Altersklassen signifikant verbessert wurde (Median: III). Zur Nachuntersuchung nach einem Jahr konnten in allen Gewichtsgruppen mindestens 80% der Patienten einem Freizeitsport nachgehen. In den Altersklassen gab es jeweils maximal 1 oder 2 Patienten (ca. 11% der Patienten), die ein Jahr nach der OP nicht in der Lage waren Sport auszuüben. Der Kruskal-Wallis-Test als statistisches Prüfverfahren für Unterschiede bezüglich der Alters-/ BMI- Gruppe fiel negativ aus ($p>0,05$).

3.1.2. Subjektive Funktion

Der präoperativ eingeschätzte subjektive Funktion betrug im Median 4 (MW: 3,59), nach 6 Monaten 3 (MW: 2,71) und nach 12 Monaten 2 (MW: 1,91).

Tabelle 15: Deskriptive Statistik des nach den in Punkt 2.4.2. genannten Klassifikations-kriterien eingeteilten Parameters subjektive Funktion, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ, 6 Monate und 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

	N	Median	Min	Max	MW
subj. Funktion präoperativ	49	4	3,00	4,00	3,59
subj. Funktion nach 6 Monaten	49	3	2,00	4,00	2,71
subj. Funktion nach 12 Monaten	49	2	1,00	3,00	1,92

73,5% (37 von 49) der Patienten hatten vor OP eine starke Beeinträchtigung der Funktion mit Auswirkungen auf das alltägliche Leben (Stufe IV). Nach der OP hatten 77,5% (38 von 49) keine oder nur minimale Einschränkungen der Funktion angegeben (Stufe I). Keiner der Studienteilnehmer schätzte die Funktionalität postoperativ schlechter ein als vor OP. 7 Patienten (14,29%) empfanden die Funktionalität unverändert stark eingeschränkt, von denen 3 dennoch ihr Aktivitätsniveau steigerten. Bei zwei der Patienten ohne Besserung von Aktivität und subjektiver Funktion waren diese durch VKB-Pathologien eingeschränkt. Alle 7 Patienten erzielten bei fast normalen bis normalen Einstufungen im objektiven Anteil auch im subjektiven IKDC-Score mittelmäßige Punktzahlen, konnten diesen Punktwert im Vergleich zum präoperativen Ergebnis dennoch steigern.

Das zunächst durchgeführte statistische Prüfverfahren nach Friedman für

verbundene Stichproben deutete bei einem p-Wert <0,05 auf einen signifikanten Unterschied zwischen mindestens 2 der 3 Stichproben hin, sodass im Anschluss zum Einzelgruppenvergleich mit dem Whitney-Mann-U-Test bei einem Signifikanzniveau von 0,017 geprüft wurde. Bei p-Werten kleiner 0,017 wurde zwischen allen Paarungen ein signifikanter Unterschied detektiert. Demnach konnte die subjektive Funktion sowohl zwischen präoperativem Zeitpunkt und Follow-up nach 6 Monaten und nochmal zwischen Follow-up nach 6 Monaten und 12 Monaten gesteigert werden. Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Divergenzen in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter und BMI.

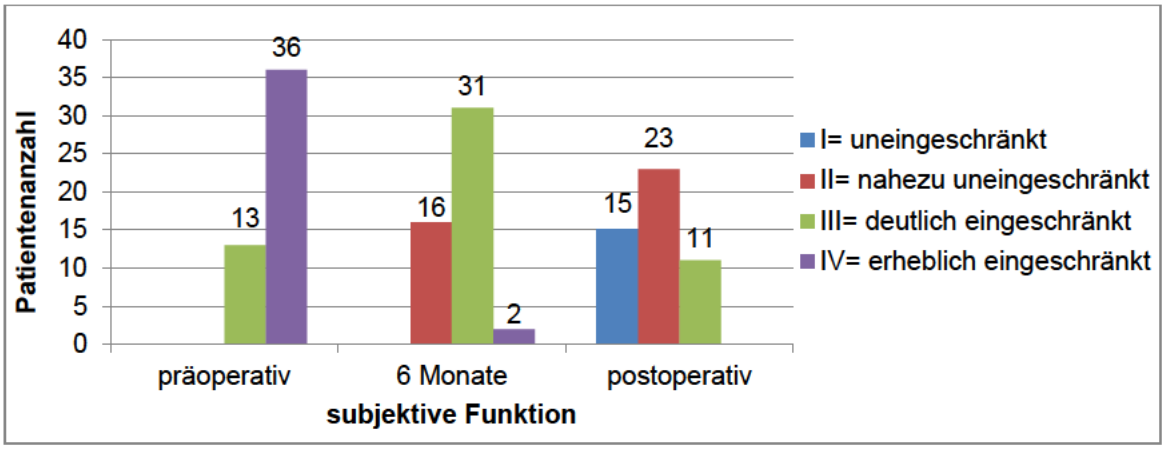

Abbildung 23: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.2. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters subjektive Funktion, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ, 6 Monate sowie 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

3.2. Klinische Scores

3.2.1. 2000-IKDC-Knie-Untersuchungsbogen

3.2.1.1. Objektiver IKDC-Score

In die klinische Abschlussbeurteilung nach dem Formblatt des IKDC-2000 gehen nur die Befunde der Kriterien „Gelenkerguss“, „passives Bewegungsdefizit“ und „Ligamentuntersuchung“ ein. Die Befunde der Kategorien „Kompartmentbefunde“, „Röntgenbefunde“, „Transplantatentnahmemorbidität“ und des „Funktionstest: Hüpfen auf einem Bein“ wurden in der Abschlussbewertung nicht beachtet, auch wenn die Patienten insbesondere in der zuletzt genannten Kategorie nach einem Jahr häufig noch als abnormal eingestuft wurden.

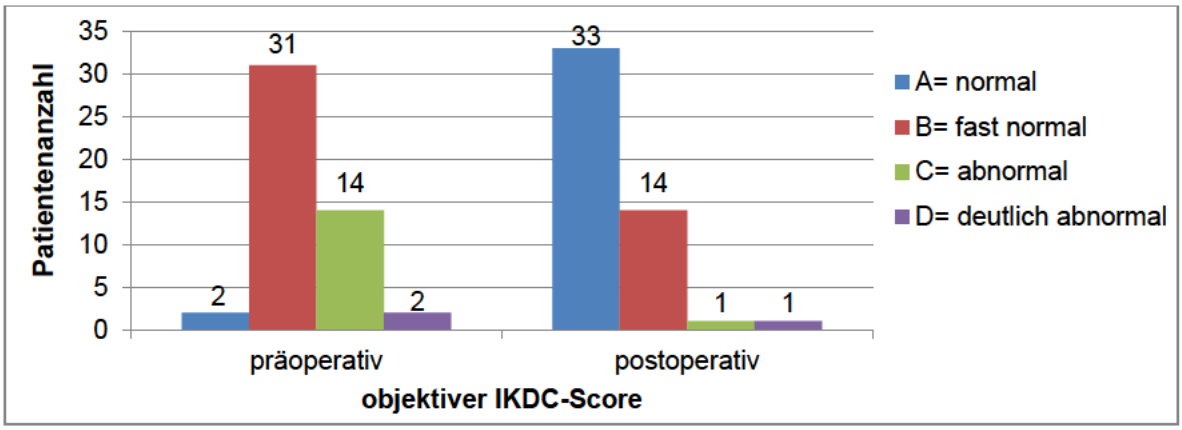

Abbildung 24: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.3.1. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters „objektiver IKDC-Score“, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ evaluiert wurde.

Insgesamt ist festzuhalten, dass sich eine signifikante Verbesserung des Abschlussgruppengrades ($p<0,05$) ergab, wie in der Abbildung 24 ersichtlich. 67,3% (33/49) der Knie zeigten nach einem Jahr einen normalen Gelenkzustand. 25 (51,02%) Patienten hatten den Gesamtscore um einen Gruppengrad verbessern können. Weitere 11 Studienteilnehmer (22,4%) wurden postoperativ 2 Gruppengrade besser klassifiziert. Nur 1 Patient (2%) wurde im objektiven Anteil des Fragebogens um einen Gruppengrad von normal auf fast normal runtergewertet, basierend auf einer VKB-Insuffizienz.

Bei der geschlechtsabhängigen Betrachtung der Untersuchungsergebnisse erhalten beide Gruppen postoperativ einen höheren Gruppengrad als vor der Umstellungsosteotomie. In der Auswertung erhobener Gruppengrade der Alters- und BMI-Abhängigkeit zeigte sich eine gleichmäßige Verteilung der Abschlussgruppengrade ($p>0,05$).

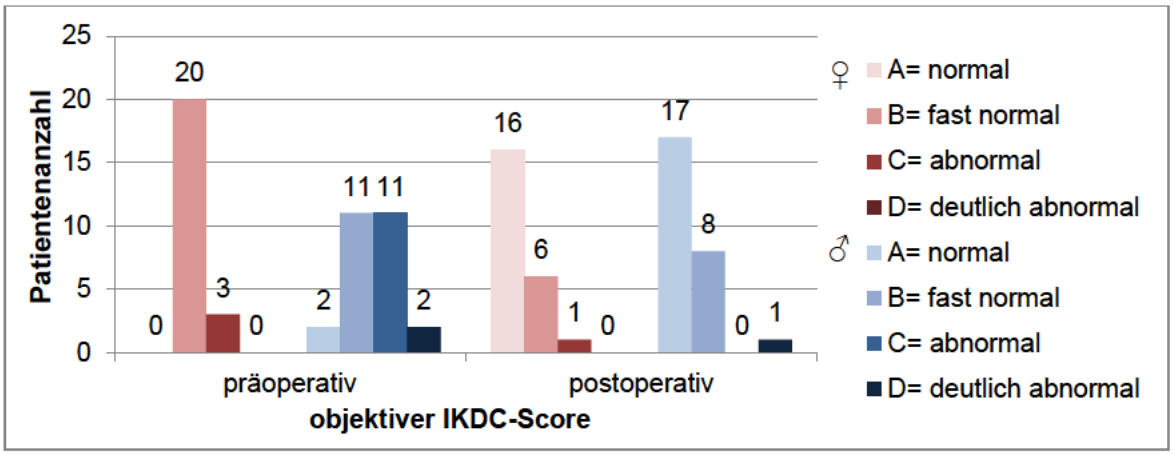

Abbildung 25: Nach Geschlechtern getrennte qualitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.3.1. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters „objektiver IKDC-Score", der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern, präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.2.1.1.1. Unterkategorie Erguss

Präoperativ war bei 95,92% (47/49) der Patienten ein Kniegelenkserguss nachweisbar, der bei 37 Patienten (75,51%) als fast normal mit weniger als 25 ml, 9 Knien (18,37%) als abnormal mit weniger mehr als 25 ml aber weniger als 60 ml und einem Knie (2%) als deutlich abnormal mit mehr als 60 ml eingestuft wurde.

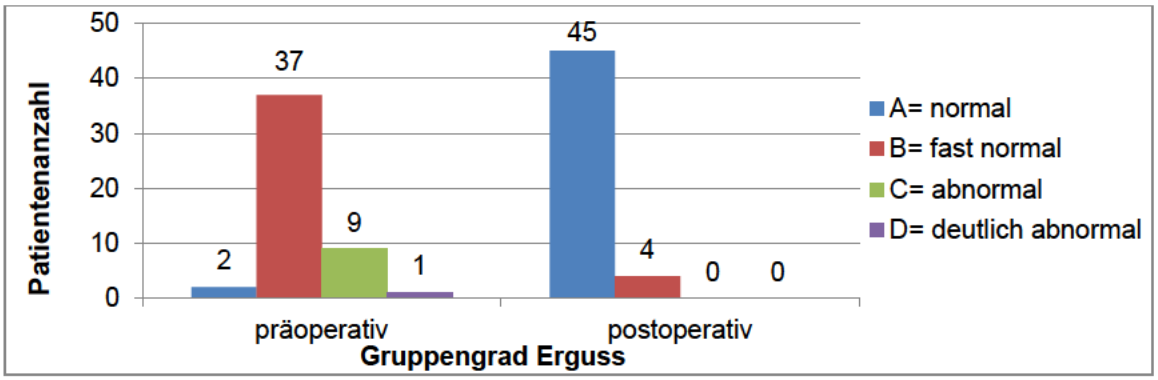

Abbildung 26: Darstellung des Parameters „Gruppengrad Erguss", der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

Nach einem Jahr ließ sich bei 44 Patienten (89,9%) keine Flüssigkeitsansammlung im Gelenk und bei 5 Patienten (10,2%) weniger als 25 cc Flüssigkeit palpieren. Größere Flüssigkeitsansammlungen konnten in keinem Gelenk ertastet werden.

36 Patienten (73,5%) erzielten in der Kategorie postoperativ einen besseren Gruppengrad. Bei 6 Patienten (12,2%) konnte der Gruppengrad nicht verbessert werden. 2 dieser Patienten hatten bereits präoperativ keine Ergusszeichen und 4 Patienten hatten prä- und postoperativ eine geringe Flüssigkeitsansammlung von weniger als 25 ml im Kniegelenk.

Bei statistischer Prüfung konnte ein signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativen Gruppengrad nachgewiesen werden ($p<0,05$). Eine Abhängigkeit der erreichten Werte in der Kategorie „Erguss“ von Geschlecht, Alter oder BMI war nicht zu belegen.

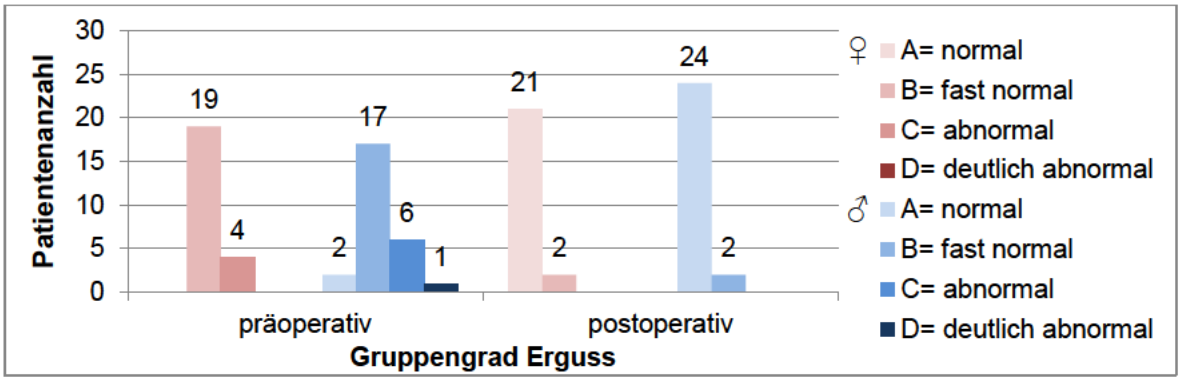

Abbildung 27: Nach Geschlecht getrennte (Frauen rot, Männer blau) quantitative Darstellung des Parameters „Gruppengrad Erguss“, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.2.1.1.2. Unterkategorie: Passives Beugedefizit

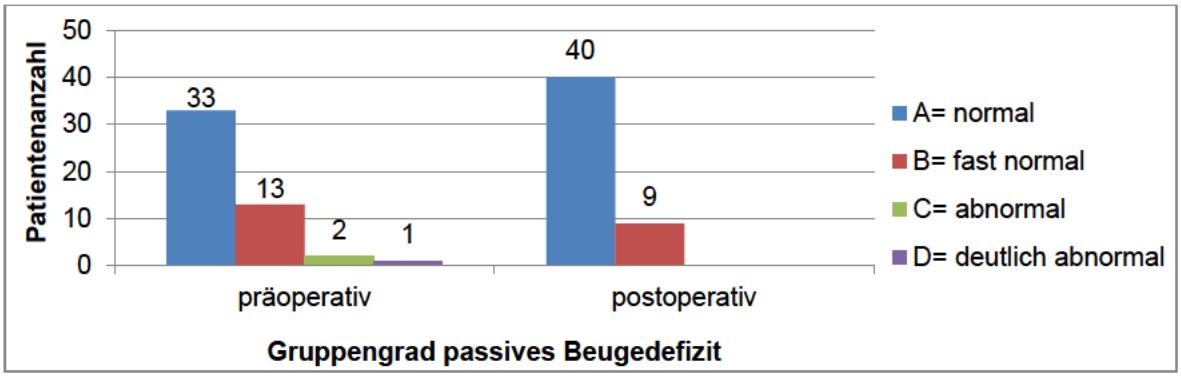

Abbildung 28: Quantitative Darstellung des Parameters „Gruppengrad passives Beugedefizit“, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

Vor der Umstellungsosteotomie wurden bei 33 (67,3%) Patienten entsprechend der IKDC-Klassifikationskriterien normale Streck- und Beugedefizite ermittelt

(siehe 2.4.3.1.). 13 Patienten (26,5%) zeigten entweder ein Streckdefizit von 3-5° oder ein Beugedefizit von 6-15° und galten damit als fast normal. 2 Knie (4,08%) zeigten bei einem Streckdefizit von 6-10° oder einem Beugedefizit von 16-25° abnormale Resultate. Ein Knie (2,04%) wurde bei einem Streckdefizit von mehr als 10° bzw. einem Beugedefizit von mehr als 25° als deutlich abnormal bewertet. Postoperativ wurden 40 (81,6%) Teilnehmer als physiologisch und 9 (18,4%) Teilnehmer als fast normal eingestuft. Bei 4 Patienten (8,2%) ergab sich im 1-Jahres-Follow-up eine Verschlechterung des Gruppengrades in der Kategorie „passives Bewegungsdefizit“. Davon wurde bei 3 Patienten eine schlechtere Beugekapazität im Vergleich zur gesunden Seite gemessen. 1 Patient entwickelte ein Streckdefizit von 3°. Diese Patienten stammen aus verschiedenen Alters- und BMI-Klassen, eine Abhängigkeit des Gruppengrads von den Faktoren Alter und BMI war nicht nachweisbar ($p>0,05$).

Das statistische Testverfahren ergab dagegen einen signifikanten Unterschied zwischen Männern und Frauen in der Kategorie „passives Bewegungsdefizit“ zum präoperativen Zeitpunkt ($p<0,05$). Bei Vergleich der Verteilung (siehe Abbildung 29) wird ersichtlich, dass Frauen häufiger einen besseren Gruppengrad erreichen konnten. Anders ausgedrückt wurde vor OP bei Männern öfter ein Beuge- oder Streckdefizit gemessen.

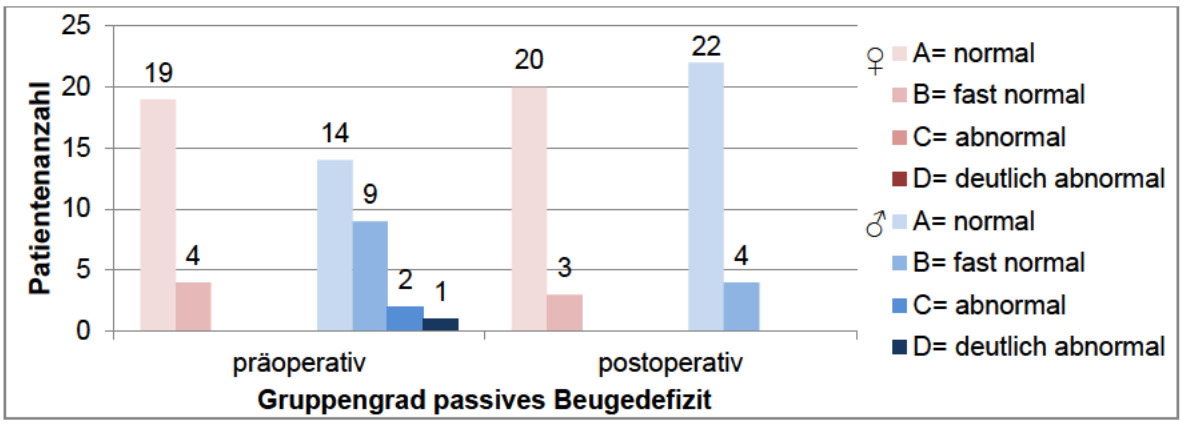

Abbildung 29: Nach Geschlecht getrennte (Frauen rot, Männer blau) quantitative Darstellung des Parameters „Gruppengrad passives Beugedefizit“, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.2.1.1.3. Unterkategorie: Ligamentuntersuchung

Insgesamt konnten zwischen präoperativem und postoperativem Resultat signifikante Unterschiede festgestellt werden ($p<0,05$).

Bei den Ligamentuntersuchungen wurden vor der HTO 32 Knie (65,3%) als normal, 9 (18,4%) als fast normal, 7 (14,3%) als abnormal und 1 Knie (2%) als deutlich abnormal eingestuft.

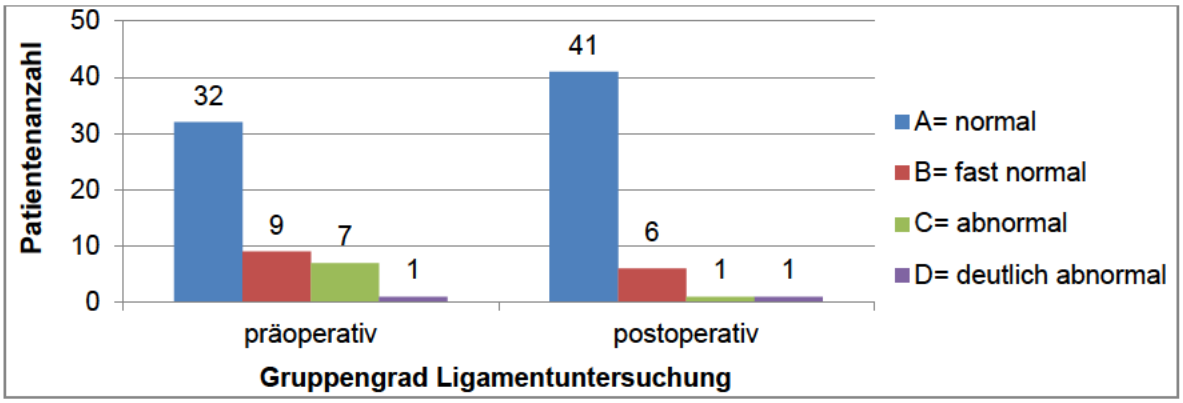

Abbildung 30: Quantitative Darstellung des Parameters „Gruppengrad Ligamentuntersuchung", der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern, präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

Bei 41 Knien (83,7%) traten postoperativ keine Auffälligkeit bei den Untersuchungen zur Prüfung der Bandstabilität auf. 6 Knie (12,2%) zeigten fast normale Untersuchungsergebnisse. Jeweils 1 Knie (je 2%) wies ein abnormales und ein deutlich abnormales Testergebnis auf. Eine Verschlechterung des Gruppengrades um eine Stufe auf „fast normal" wurde bei einem Patienten (2%) beobachtet, der aufgrund einer Insuffizienz des vorderen Kreuzbands ein ausgeprägtes Instabilitätsgefühl beschrieb und beim 1-Jahres-Follow-up bei den Ligamentuntersuchungen positiv getestet wurde. 35 Knie (71,43%) wurden nach einem Jahr unverändert eingestuft, von denen auch zum präoperativen Zeitpunkt 31 keinen abnormalen Ligamentstatus aufgewiesen hatten.

Bezüglich des Geschlechts zeigten sich, wie in Abbildung 31 ersichtlich, keine unterschiedliche Verteilungen für Männer und Frauen ($p>0,05$). Auch bei diesem Kriterium wurde keine Abhängigkeit von Alter oder BMI nachgewiesen ($p>0,05$).

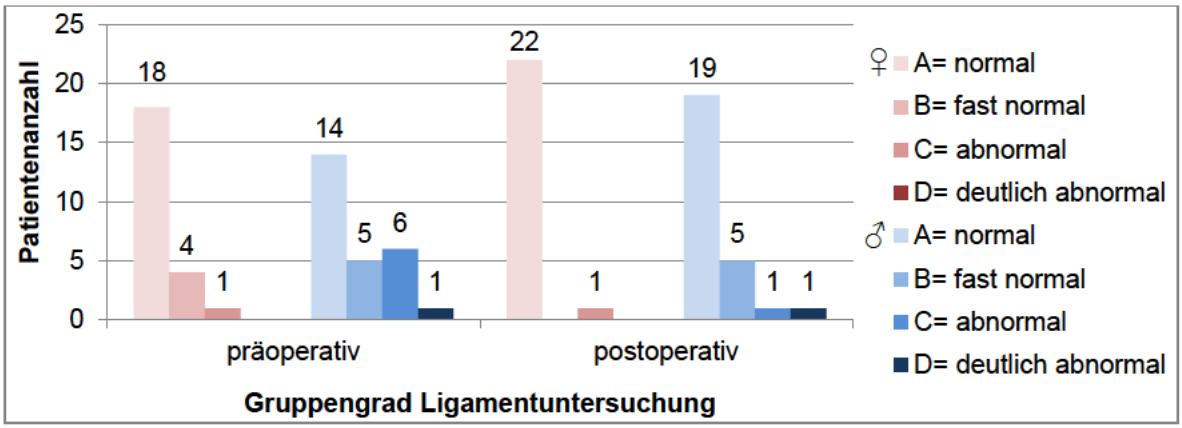

Abbildung 31: Nach Geschlecht getrennte (Frauen rot, Männer blau) quantitative Darstellung des Parameters „Gruppengrad Ligamentuntersuchung“, der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.2.1.2. Subjektiver IKDC-Score

Der Medianwert des IKDC-Bogens lag präoperativ bei 32,18 (MW: 34,29) und postoperativ bei 78,16 (MW: 74,36). Mit dem Wilcoxon-Rangsummentest für 2 abhängige Stichproben konnte eine signifikante Verbesserung des subjektiven IKDC-Wertes belegt werden ($p<0,05$).

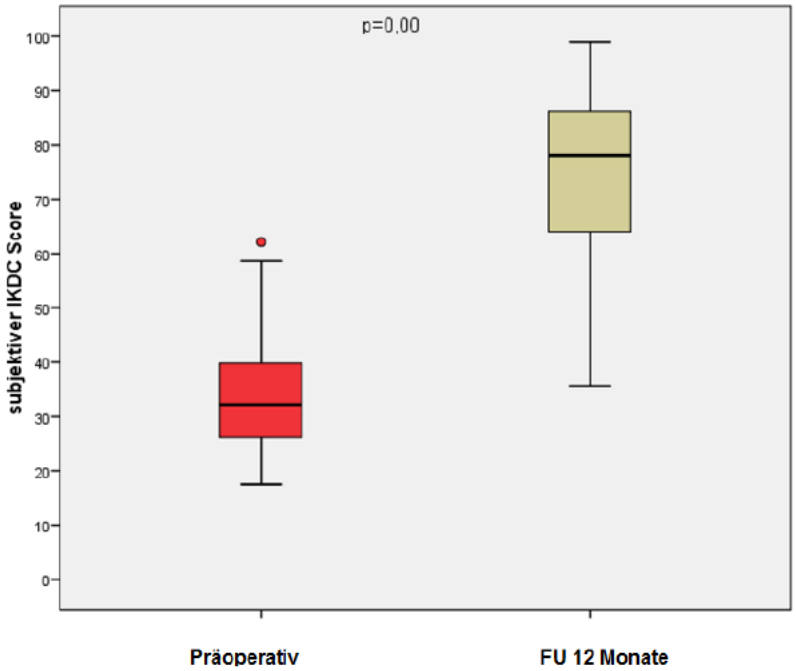

Abbildung 32: Box-plot Diagramm zur Darstellung des subjektiven IKDC-Scores, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% ($p\leq0,05$). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt.

3.2.1.2.1. Unterpunkt Funktionsfähigkeit

Im subj. IKDC-Fragebogen wird vom Patienten die Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes zum präsymptomatischen und aktuellen Zeitpunkt auf einer Skala von 1 bis 10 eingeschätzt, bei der 10 der maximalen Funktionsfähigkeit entspricht. Vor Verletzung wurde die Funktionsfähigkeit im Median bei 10 (MW: 9,80) eingestuft. Zum präoperativen Zeitpunkt lag der Wert bei 3 (MW: 3,84). Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr wurde die Funktionsfähigkeit bei einem Median von 8 (MW: 7,92) signifikant besser als vor OP beurteilt, auch wenn die Funktionalität wie vor Symptombeginn nicht wiederhergestellt werden konnte ($p<0,05$).

Tabelle 16: Deskriptive Statistik des Parameters „Funktionsfähigkeit", der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ für den präsymptomatischen und aktuellen Zeitpunkt sowie 12 Monate postoperativ eingeschätzt wurde.

	n	Median	Min	Max	MW
präsymptomatisch	49	10	6	10	9,80
präoperativ	49	3	1	8	3,84
postoperativ	49	8	4	10	7,92

2 (4,08%) Patienten schätzten die Funktionsfähigkeit nach einem Jahr schlechter ein als präoperativ, von denen ein Patient eine Insuffizienz im hinteren Kreuzband aufwies. Bei p kleiner 0,05 wurde im Friedman-Test ein maßgeblicher Unterschied zwischen mind. 2 der 3 Stichproben belegt, die im post-hoc Verfahren für alle Paarungen eine signifikante Divergenz (adjustiertes $p <0,017$).

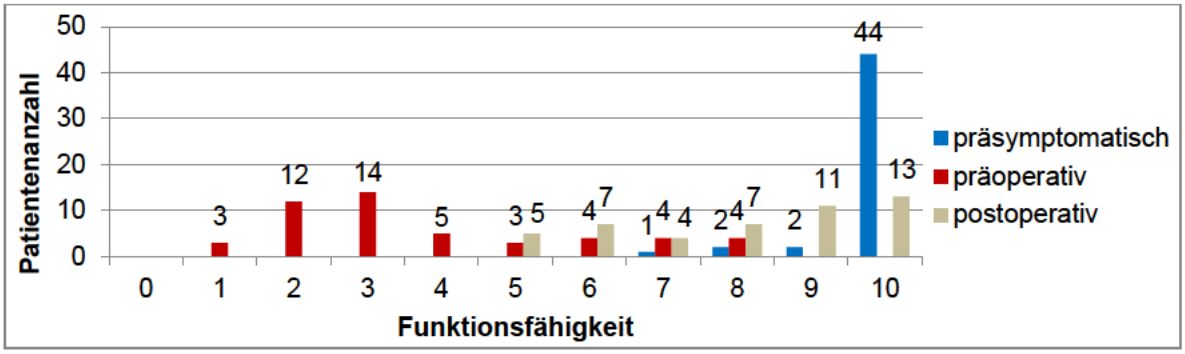

Abbildung 33: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „Funktionsfähigkeit", das von den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen untersuchten Studienteilnehmern präoperativ für den präsymptomatischen und aktuellen Zeitpunkt sowie 12 Monate postoperativ eingeschätzt wurde, im Verlauf. Dabei ist 10 die maximale Funktionsfähigkeit.

3.2.1.2.2. Unterpunkt Schmerzhäufigkeit

Als Unterpunkt des IKDC-Fragebogens wurde vom Patienten die Schmerzhäufigkeit auf einer Skala von 0 (kein Schmerz) bis 10 (ständiger Schmerz) eingestuft.
Vor Umstellung wurde ein Median von 8 (MW: 8,08; Min: 3; Max: 10) ermittelt, der nach einem Jahr postoperativ auf 2 (MW: 2,63; Min: 0; Max: 9) gesunken war. Bei einem p kleiner 0,05 wurde mit dem Wilcoxon-Test eine signifikante Divergenz belegt, sodass geschlussfolgert werden kann, dass die Häufigkeit des Schmerzerlebnis nach Operation abgenommen hat.

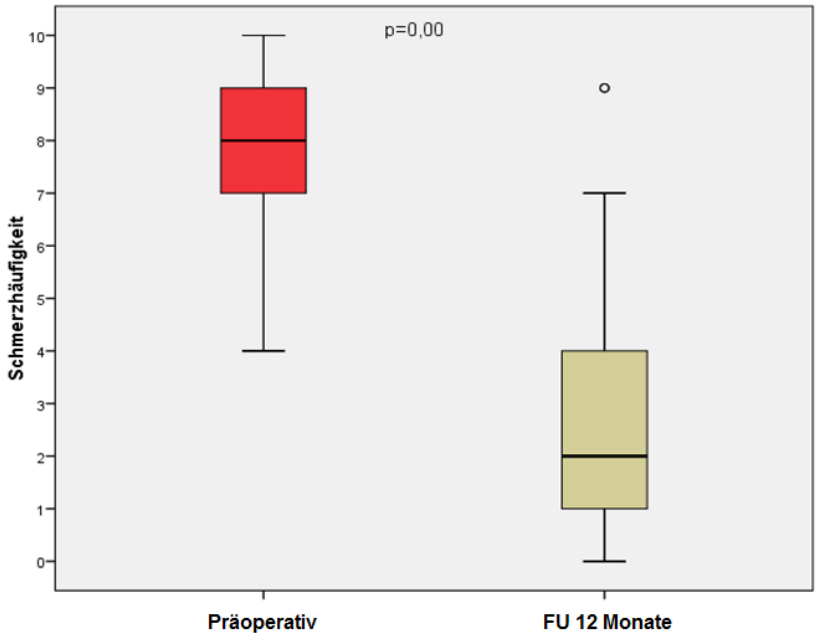

Abbildung 34: Box-plot Diagramm zur Darstellung der Schmerzhäufigkeit, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt.

Vor Operation gaben insgesamt 36 (73,47%) Patienten bezüglich der Häufigkeit einen Wert zwischen 8 und 10 an. Nur 2 (4,08%) Teilnehmer wählten einen Wert kleiner 5. Postoperativ gaben nur 2 Patienten (4,08%) einen Wert über 8 an. Ein Wert unter 5 wurde von 39 (79,59%) Patienten genannt. 1 Patient (2,04%), der im postoperativen Verlauf eine Pseudarthrose hatte, hatte häufiger Schmerzen als vor der Operation und skalierte die Häufigkeit einen Skalenwert höher ein.

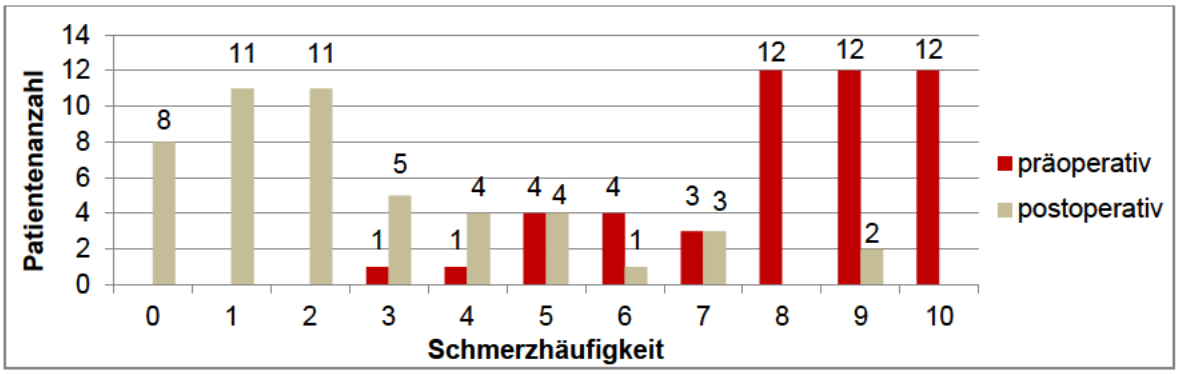

Abbildung 35: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „Schmerzhäufigkeit", das von den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen untersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ eingeschätzt wurde, im Verlauf. Dabei gilt: Je höher der Punktwert, desto häufiger das Schmerzereignis.

3.2.1.2.3. Unterpunkt Schmerzintensität

Die Patienten bewerteten im IKDC-Fragebogen die Schmerzintensität auf einer Skala von 0 bis 10, wobei 0 keine und 10 unerträgliche Schmerzen verschlüsseln.

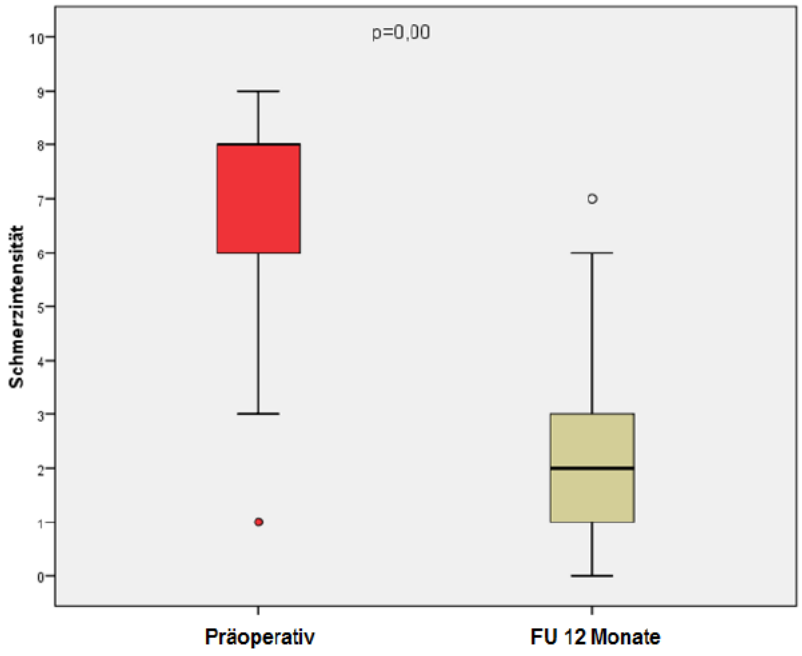

Abbildung 36: Box-plot Diagramm zur Darstellung der Schmerzintensität, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt.

Die Schmerzintensität wurde von den Patienten im Vorfeld der Operation im Median bei 8 (MW: 7,02; Min: 1; Max: 9) eingestuft. Nach der HTO lag der

Medianwert bei 2 (MW: 2,18; Min: 0; Max: 7). Im Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben wurde bei einem p-Wert von 0,00 eine relevante Veränderung der Schmerzintensität belegt. Im Allgemeinen konnte die Intensität des Schmerzereignisses nach einem Jahr im Median um 5 (MW: 4,84) Skalenstufen gesenkt werden.

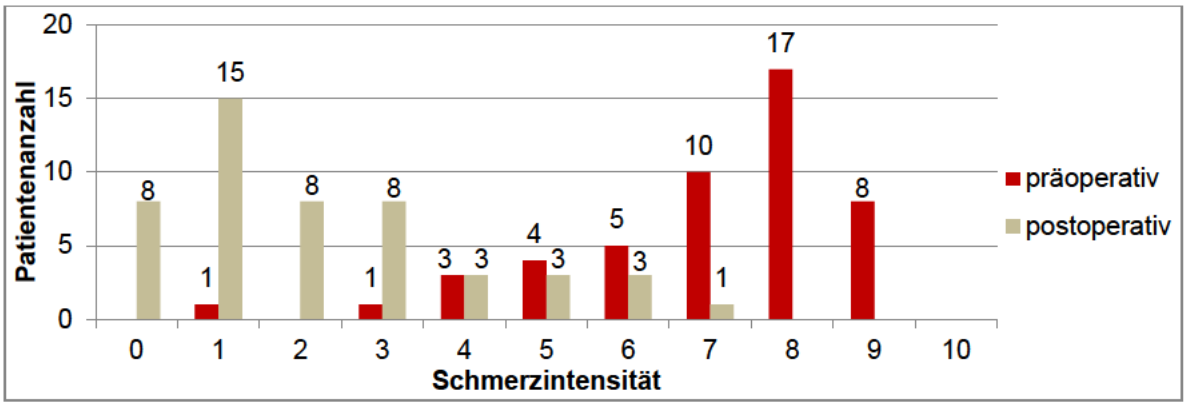

Abbildung 37: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „Schmerzintensität", das von den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen untersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ eingeschätzt wurde, im Verlauf. Dabei gilt: Je höher der Punktwert, desto intensiver das Schmerzereignis.

Ein Wert über 8 gaben präoperativ 25 (51,00%) Patienten an. Nur 5 (10,20%) Patienten wählten einen Skalenwert kleiner 5. Nach der Umstellung ordnete keiner der Patienten die Schmerzintensität höher 8 ein. Dagegen bezifferten 42 (85,71%) Patienten die Intensität postoperativ kleiner 5. 8 (16,33%) Patienten hatten gar keine Schmerzen. Die Patienten mit der Pseudarthrose schätzte die Schmerzintensität als unverändert ein und ein weiterer Patient empfand die Intensität als stärker (je 2,04%).

3.2.2. Tegner-Aktivitätsscore

Die Patienten wurden gebeten das Aktivitätsniveau im Tegner-Fragebogen (siehe Anhang) zu 3 Zeitpunkten zu bewerten - vor Eintritt der Symptomatik, vor OP und 1 Jahr nach OP.

Für den durchschnittlich ermittelten präsymptomatischen Tegner-Aktivitätsscore ergab sich im Median ein Wert von 5 (MW: 5,53; Min: 3; Max: 9). Dieser Punktwert verschlüsselt schwere körperliche Arbeit (Bau, Waldarbeit), Radfahren, Langlauf und Rudern als Turniersport oder Jogging auf unebenen Boden 2-mal die Woche.

Vor OP betrug der Median 2 (MW: 2,37; Min: 0; Max: 4). Dieser Wert entspricht der Ausübung überwiegend stehender, körperlicher Arbeit oder dem Gehen auf unebenem Boden. 12 Monate nach der Operation konnten die Studienteilnehmer im Median einen Aktivitätsscore von 4 (MW: 4,08; Min: 1; Max: 7) erzielen. Dieser Score bedeutet mittelschwere körperliche Arbeit oder Freizeitsport wie Radfahren, Langlauf oder Joggen auf ebenem Boden 2-mal wöchentlich.

Mit dem Friedman-Test für mehr als 2 abhängige Stichproben konnte ein signifikanter Unterschied zwischen mindestens 2 der 3 Stichproben nachgewiesen werden ($p<0,05$). Als post-hoc Test wurde der Wilcoxon-Test für abhängige Stichproben gewählt und mit adjustiertem α von 0,017 ausgewertet. Dabei ergab sich bei einem p von 0,000 ein signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativ ermittelten Wert. Zudem kann bei einem p-Wert kleiner 0,017 von einer signifikanten Differenz zwischen präsymptomatisch und präoperativem Tegner-Aktivitätsscore ausgegangen werden. Auch zwischen präsymptomatischem und postoperativem Aktivitätsscore konnte bei einem p-Wert kleiner 0,017 ein signifikanter Unterschied belegt werden.

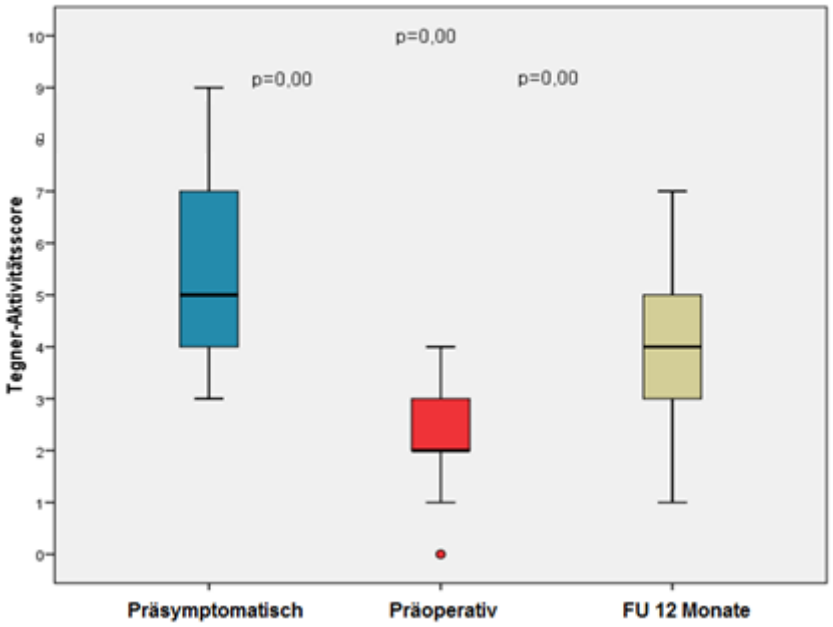

Abbildung 38: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Tegner-Aktivitätsscores, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ für den präsymptomatischen und aktuellen Zustand sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen allen erhobenen Zeitpunkten nachgewiesen werden.

3.2.3. Lysholm-Gillquist-Score

Der Median des Lysholm-Gillquist-Score wurde für den präoperativen Zeitpunkt mit 46 (MW: 48,47; Min: 10; Max: 90) und für den postoperativen Zeitpunkt mit 92 (MW: 84,72; Min: 15; Max: 100) Punkten bestimmt. Der Scorewert konnte deutlich verbessert werden ($p<0,05$).

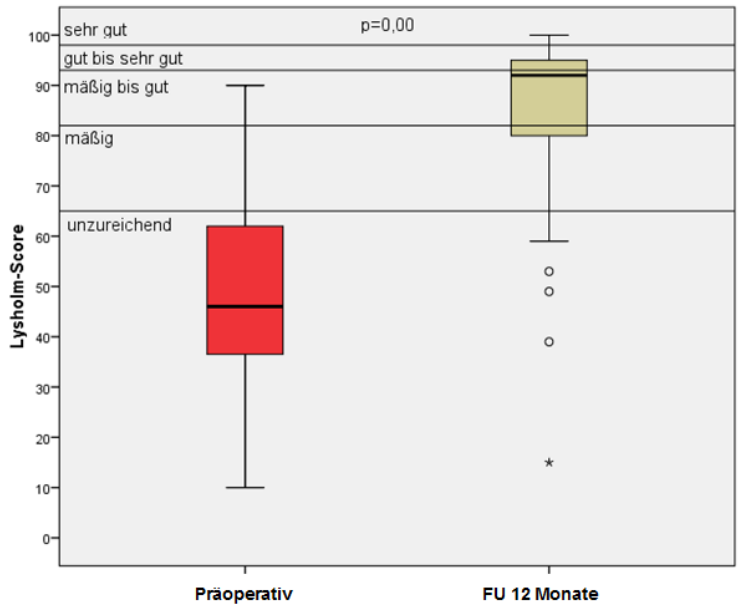

Abbildung 39: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Lysholm-Gillquist-Scores, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt. Als querverlaufende Linien wurden die Grenzwerte gekennzeichnet, die laut offiziellen Kriterien zur Interpretation des Punktwertes herangezogen werden. Das entsprechende Prädikat ist im linken Bildbereich aufgeführt.

Während vor der Operation keines der Knie ein gutes oder sehr gutes Resultat erzielte, waren es nach der Operation 44,9% (22/49). Es wiesen aber auch nach der Operation 14 (28,6%) Patienten ein unzureichendes Ergebnis auf, von denen 6 (12,2%) auch vor der Operation zu dieser Kategorie zählten. Eine Verschlechterung des Scores wurde bei drei Patienten beobachtet, zu denen auch die Studienteilnehmerin mit der Pseudarthrose zählte. Bei den anderen 40 Patienten (81,6%) war eine Verbesserung der Kategorie zu beobachten, teilweise sogar von unzureichend auf sehr gut um 4 Stufen (8/49=16,3%).

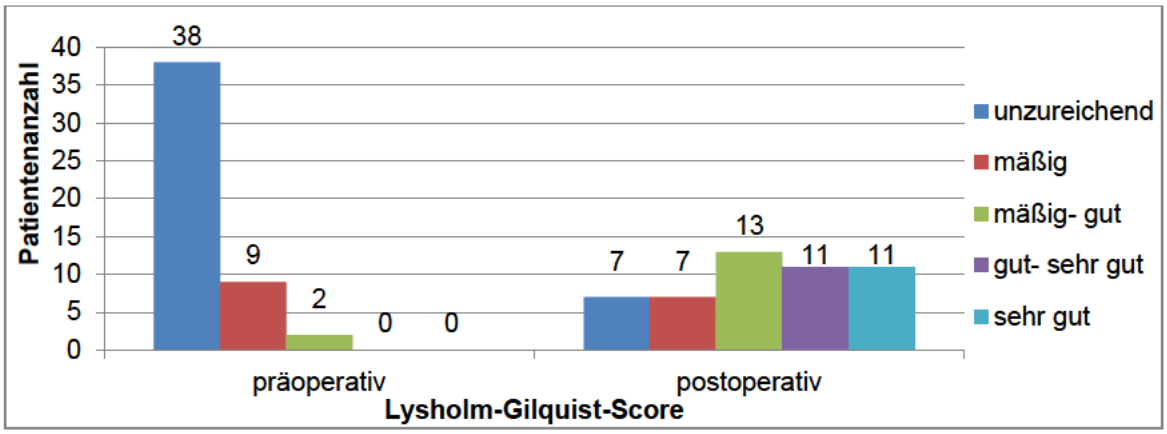

Abbildung 40: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.3.3. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters „Lysholm-Gillquist-Score", der bei den 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern, präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.2.4. Cincinnati-Sportsmedicine and Orthopedic-Center-Score

Der Median des Cincinnati-Scores lag präoperativ bei 42 (MW: 40,69; Min: 16; Max: 72) und postoperativ bei 77 (MW: 73,63; Min: 16; Max: 100). Mit dem Wilcoxon-Rangsummen-Test für gepaarte Stichproben wurde dieser Unterschied als statistisch signifikant bestimmt ($p<0,05$). Vor der Operation wurden für 44 (89,79%) Patienten Scores berechnet, die als mäßiges oder schlechtes Ergebnis zu interpretieren sind. Nur 5 Patienten (10,21%) wurden als gut bezeichnet. Ein Jahr nach Operation hatten 42 (85,71%) Patienten ein als gutes bis sehr gutes interpretiertes Resultat und nur 7 (14,29%) ein mäßiges oder schlechtes Ergebnis.

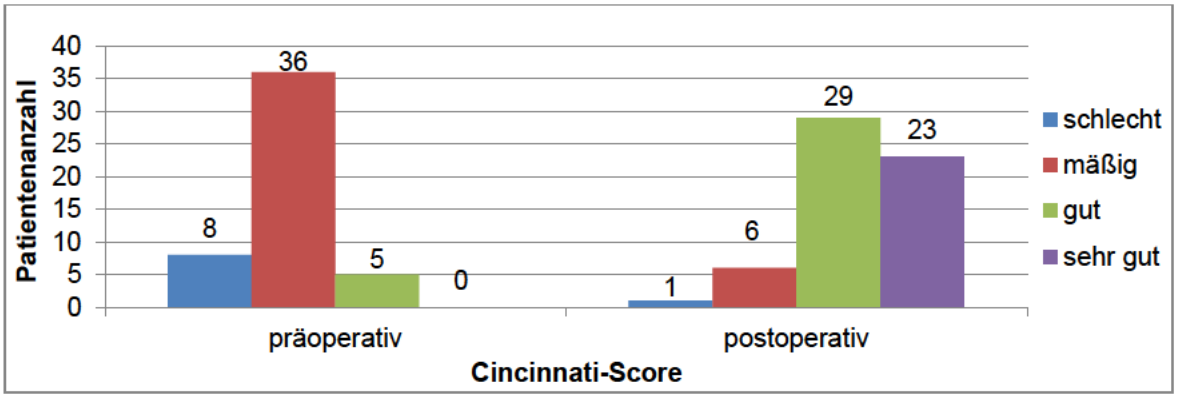

Abbildung 41: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.3.4. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters „Cincinnati-Score", der für die 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

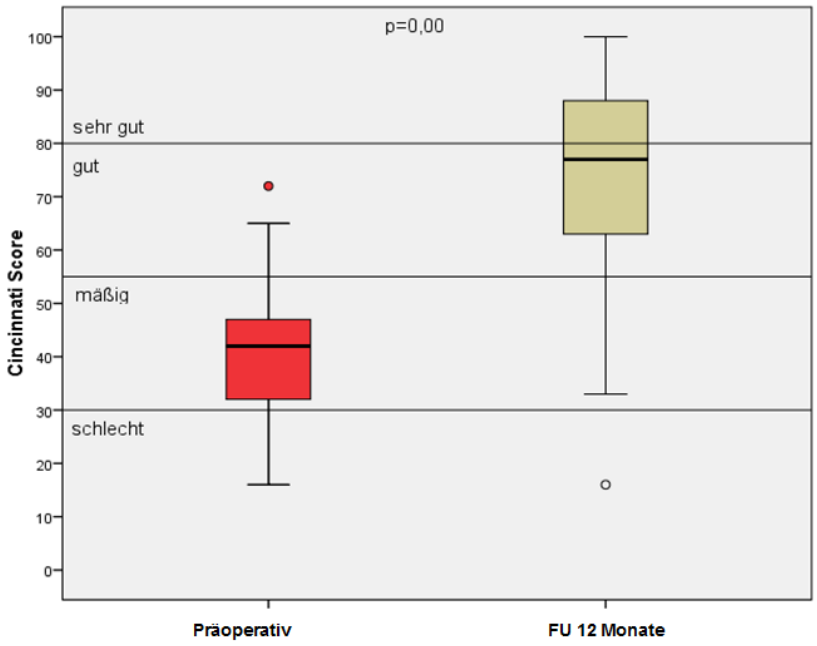

Abbildung 42: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Cincinnati-Scores, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt. Als querverlaufende Linien wurden die Grenzwerte gekennzeichnet, die laut offiziellen Kriterien zur Interpretation des Punktwertes herangezogen werden. Das entsprechende Prädikat ist im linken Bildbereich aufgeführt.

Bei nur einem Teilnehmer des Kollektivs (2%) kam es zu einem schlechteren Ergebnis als vor der Operation basierend auf einer Pseudarthrose als Komplikation im postoperativen Verlauf. Bei 9 Patienten konnte bei einem gestiegenem Realwert keine Besserung der Klasse festgestellt werden.

3.2.5 Hospital-for-Special-Surgery-Knee-Score

Präoperativ lag der Median bei 78 (MW: 75,86; Min: 51; Max: 98) Punkten und wurde auf 94,50 (MW: 91,31; Min: 56; Max: 100) postoperativ verbessert. Ein p-Wert <0,05 im Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben belegt die statistische Signifikanz dieses Unterschieds (p<0,05). Bereits vor OP waren nur 18,36% (9/49) der Patienten den beiden schlechteren Kategorien zugeordnet worden. Ein gutes bis sehr gutes Resultat erhielten 40 Patienten (82,6%). Bei postoperativer Untersuchung konnten dann alle Knie als gut oder sehr gut klassifiziert werden. Bei 3 Patienten (6,12%) verschlechterte sich die Kategorie trotz nur unwesentlicher Verschlechterung des Scores um maximal 4 Punkte, da diese an den

Grenzen der Kategorieneinteilung lagen. 11 (22,45%) Patienten hielten das präoperativ erreichte Prädikat, von denen 7 den absoluten Punktwert steigerten, ohne eine Veränderung der Einstufung zu bedingen.

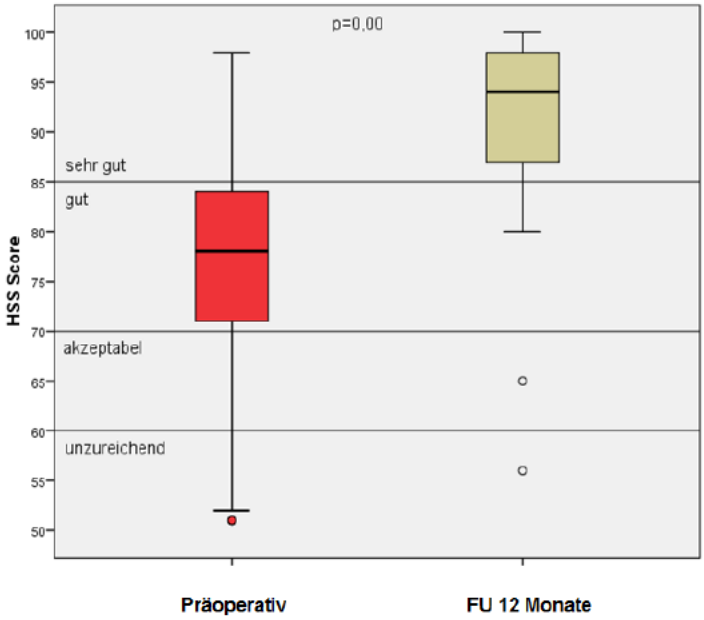

Abbildung 43: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Hospital-Surgery-Knee-Scores, der bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ sowie 12 Monate nach Operation erhoben wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt. Als querverlaufende Linien wurden die Grenzwerte gekennzeichnet, die laut offiziellen Kriterien zur Interpretation des Punktwertes herangezogen werden. Das entsprechende Prädikat ist im linken Bildbereich aufgeführt.

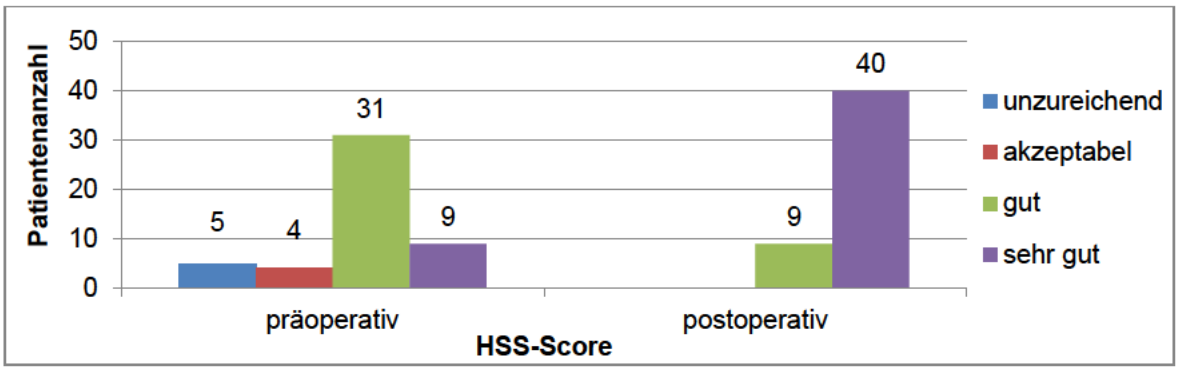

Abbildung 44: Quantitative Darstellung des nach den in Punkt 2.4.3.5. genannten Klassifikationskriterien eingeteilten Parameters „HSS-Score“, der für die 49 zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operierten und nachuntersuchten Studienteilnehmern präoperativ sowie 12 Monate postoperativ ermittelt wurde.

3.3. Range-of-motion (ROM)

Die ROM lag sowohl zum präoperativen mit einem Mittelwert von 124,94° ± 11,06° (Min: 95°; Max: 140°) als auch zum postoperativen Zeitpunkt mit einem Mittelwert von 127,41° ± 7,33° (Min: 115°; Max: 140°) auf ähnlichem Niveau (p>0,05). Es darf geschlussfolgert werden, dass es nach OP nicht zu einer signifikanten Verschlechterung oder Verbesserung der ROM kommt.

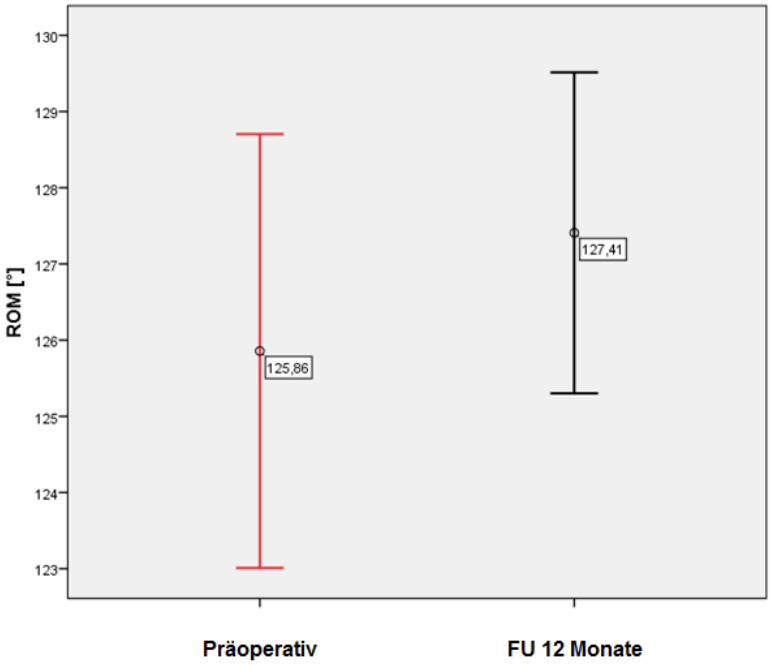

Abbildung 45: Darstellung des Parameters „präoperative ROM“, der bei den 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 bei der präoperativen klinischen Untersuchung sowie der klinischen Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten bestimmt wurde, als Fehlerbalken.

3.3.1. Flexion

Die Flexion war bei einem Mittelwert von 127,14° ± 8,90° (Min: 100°; Max: 140°) präoperativ und 127,41° ± 7,33° (Min: 110°; Max: 145°) postoperativ ungefähr gleich. Bei einem p-Wert deutlich größer 0,05 im t-Test für verbundene Stichproben wurde die Nullhypothese angenommen, sodass bewiesen ist, dass zwischen prä- und postoperativ maximal möglicher Flexion kein Unterschied besteht.

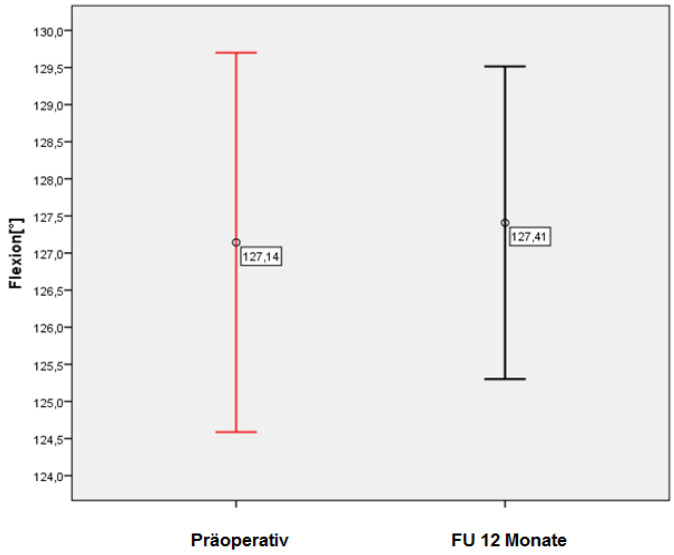

Abbildung 46: Darstellung des Parameters „präoperative Flexion“, der für die 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 bei der präoperativen klinischen Untersuchung sowie der klinischen Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten bestimmt wurde, als Fehlerbalken.

3.3.2. Streckdefizit

Während das Streckdefizit präoperativ im Mittel bei 1,59° ± 3,09° (Min: 0°; Max: 15°) lag, war diese ein Jahr nach Operation bei 0,55° ± 1,66° (Min: 0°; Max: 5°). Im T-Test für verbundene Stichproben war der Unterschied bei einem p-Wert >0,05 nicht signifikant.

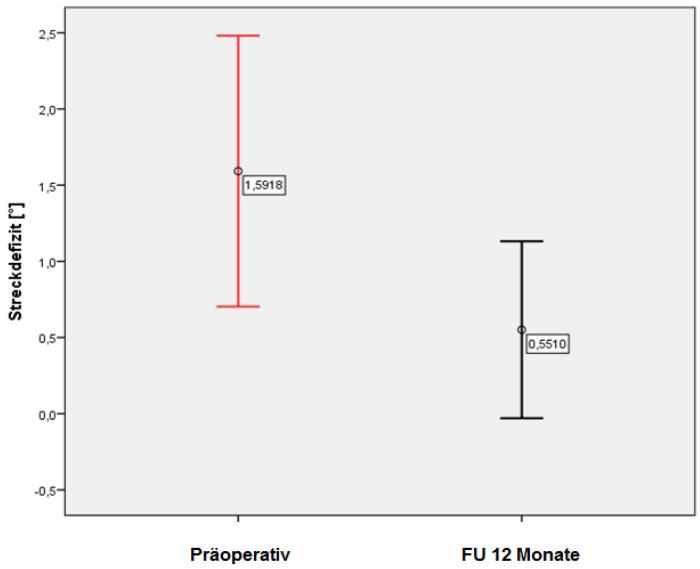

Abbildung 47: Darstellung des Parameters „präoperatives Streckdefizit“, der für die 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 bei der präoperativen klinischen Untersuchung sowie der klinischen Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten bestimmt wurde, als Fehlerbalken.

3.4. Radiologische Parameter

Insgesamt konnten von 147 geplanten Röntgenaufnahmen 80% (117) in die Auswertung einbezogen werden. Bei 43 (87%) der Patienten konnten präoperative Bilder ausgewertet werden. Die direkt postoperativ entstandenen Röntgenbilder lagen von 37 (75,5%) Patienten vor. Von 67,4% (33/49) standen die Aufnahmen der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten zur Verfügung.

3.4.1. Tibiofemoraler Winkel

Vor der Operation wurde im Mittel ein anatomischer tibiofemoraler Winkel von 179,5 ± 2,39° (n= 43; Min: 175°, Max: 185°) ausgemessen, der mit dem klinischen Bild eines Genu varum einhergeht. Der Winkel konnte durch die Operation signifikant auf im Schnitt 174,5 ± 1,49° (n= 37; Min: 171°, Max: 177°) gesenkt werden (p=0,00). Physiologischerweise liegt im achsgerechten Kniegelenk ein leicht valgischer Winkel zwischen 173 und 175° vor, der bei einem Korrekturwinkel von durchschnittlich 5,00 ± 2,19° (n= 33; Min: 1°; Max: 10°) eingestellt werden konnte. Bei der Nachuntersuchung nach einem Jahr wurde im Mittel ein anatomischer tibiofemoraler Winkel von 175,4 ± 2,26° (n= 33; Min: 172°, Max: 185°) ermittelt.

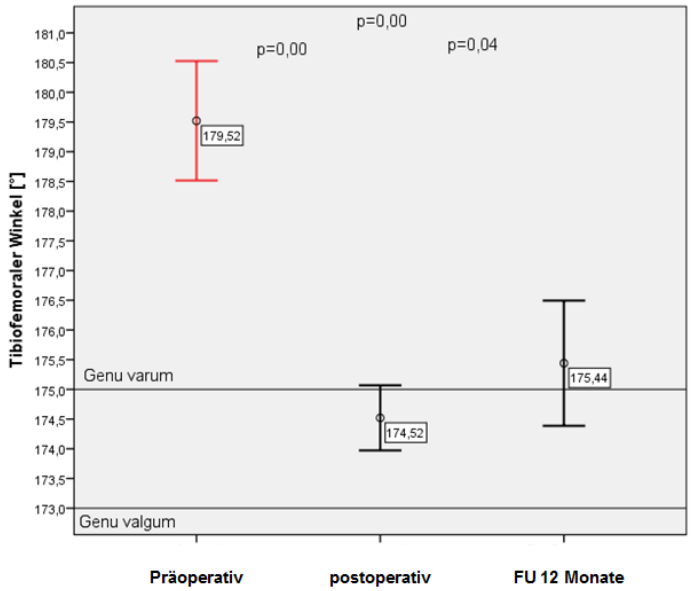

Abbildung 48: Darstellung des Parameters „präoperativer tibiofemoraler Winkel“, der für die 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 anhand präoperativ, unmittelbar postoperativ und zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten angefertigten Röntgenaufnahmen ausgemessen wurde, als Fehlerbalken. Als Querlinien wurden die Grenzwerte für die Klassifikationen als Achsfehlstellung gekennzeichnet. Als statistisches Signifikanzniveau wurde 5% (p=0,05) angesetzt. Bei p-Werten <0,05 konnten statistisch signifikante Veränderungen zwischen allen Zeitpunkten belegt werden.

Bei einem p-Wert von 0,04 ist von einem signifikanten Korrekturverlust auszugehen. Dennoch konnte im statistischen Testverfahren bewiesen werden, dass der Winkel zwischen anatomischer femoraler und tibialer Achse signifikant gesenkt wurde. (p=0,00).

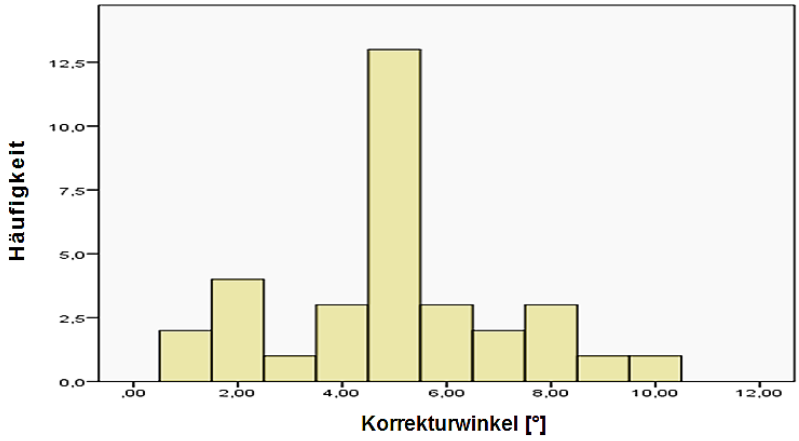

Abbildung 49: Quantitative Verteilung (Histogramm) des Merkmals „Korrekturwinkel“, der sich anhand bei den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, präoperativ und zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten angefertigten Röntgenbildern bestimmt wurde.

Im Schnitt belief sich der Korrekturverlust im ersten postoperativen Jahr auf 0,92 ± 2,12° (n= 25; Min: 0°, Max: 10°). Bei 17 der 25 (68%) radiologisch nachuntersuchten Patienten war innerhalb der ersten 12 Monate kein Korrekturverlust zu verzeichnen. Bei 32% der Patienten (8 von 25) stellte sich bis zur Nachuntersuchung im Schnitt ein Korrekturverlust von 2,87 ± 2,99° (Min: 1; Max: 10°) ein.

3.4.2. Tibiavarus

Der Tibiavarus als Maß für die knöchern verursachte Achsenfehlstellung lag präoperativ bei 4,93 ± 2,32° (n= 43; Min: 1,00°; Max: 11°). Die statistisch signifikante Umstellung (p=0,00) erfolgte um durchschnittlich 5,48 ± 2,41° (n= 33; Min: 1°, Max: 10°) auf einen postoperativ valgischen Winkel von im Schnitt -0,73 ± 1,63° (n= 37; Min: -5°, Max: 2°), der sich im ersten postoperativen Jahr um 1,2 ± 2,7° (n= 25; Min: -10°, Max: 3°) auf einen varischen Winkel von 0,72 ± 3,11° (n= 33; Min: -5°, Max: 10°) signifikant verschlechterte (p=0,036). Bei einer durchschnittlichen Korrektur des Tibiaachsenwinkels um 4,45 ± 2,26° (Min: -5; Max: 11°) konnte, insgesamt gesehen, durch die HTO eine signifikante Veränderung des Winkels erzielt werden (p=0,00).

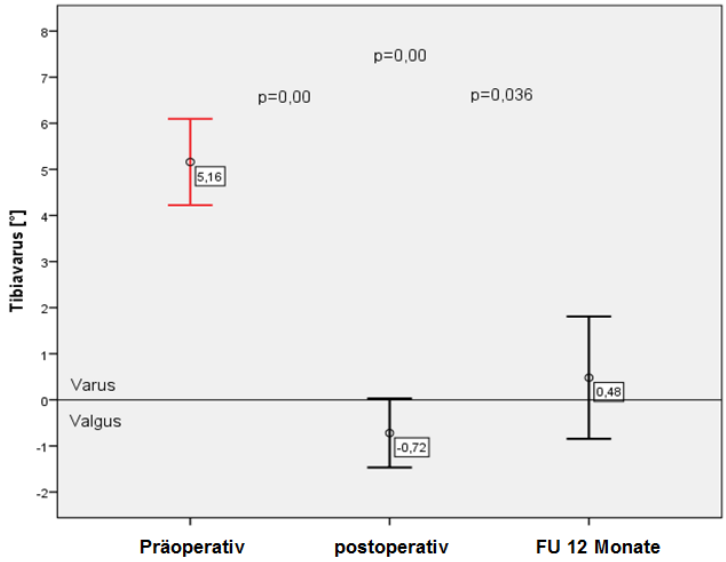

Abbildung 50: Darstellung des Parameters „Tibiavarus“, der für die 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 anhand präoperativ, unmittelbar postoperativ und zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten angefertigten Röntgenaufnahmen ausgemessen wurde, als Fehlerbalken. Als Querlinien wurde der Grenzwert für die Klassifikationen als Varus bzw. Valgus gekennzeichnet. Als statistisches Signifikanzniveau wurde 5% (p=0,05) angesetzt. Bei p-Werten <0,05 konnten statistisch signifikante Veränderungen zwischen allen Zeitpunkten belegt werden.

3.4.3. Gelenkspaltweite

Bestimmt wurde das Verhältnis der Weite des medialen Gelenksspaltes zur Weite des lateralen Gelenkspaltes. Bei einem Median von 0,5 (n= 43; MW: 0,52 ± 0,2; Min: 0; Max: 1) war der mediale Gelenkspalt präoperativ nur halb so groß wie der laterale Gelenkspalt. Durch die Operation konnte der mediale Gelenkspalt signifikant geöffnet werden (p=0,00). Die direkt postoperative Weite des medialen Gelenkspalts betrug im Median 67% (n= 37; MW: 0,70 ± 0,22; Min: 0; Max: 1) der Weite des lateralen Gelenkspaltes. Bei 6 der 33 (18%) Patienten war in den ersten postoperativen Aufnahmen erkennbar, dass sich das Verhältnis der Gelenkspaltweiten verschlechtert hatte und der mediale Gelenkspalt in Relation zur lateralen Gelenkspaltweite enger geworden war. 2 dieser Patienten konnten im weiteren Verlauf nicht radiologisch nachkontrolliert werden. Bei 3 Patienten wurde das präoperative Verhältnis im Verlaufe des ersten Jahres wiederhergestellt und bei 2 Patienten konnte der Gelenkspalt im Vergleich zum lateralen Gelenkspalt über den ganzen Zeitraum betrachtet geöffnet werden.

Im Schnitt konnte bis zur Nachuntersuchung nach einem Jahr eine weitere Konsolidierung der Gelenkspaltweite erreicht werden. Ein signifikanter Unterschied

zwischen direkt postoperativem Röntgenbild und dem bei der Nachuntersuchung erstellten Bild konnte jedoch nicht detektiert werden. Das Gelenkspaltverhältnis betrug nach einem Jahr im Median 80% (n= 33; MW: 0,80 ± 0,18; Min: 0,44; Max: 1,17).

Insgesamt konnte eine signifikante Verbesserung der Gelenkspaltweite zwischen präoperativem Ergebnis und Ergebnis der Nachuntersuchung bewiesen werden (p=0,00). Dabei blieb das Verhältnis bei 6 der 33 (18,18%) radiologisch nachuntersuchten Patienten unbeeinflusst, bei 2 Patienten (6,06%) kam es bis zu Nachuntersuchung zu einer Verschmälerung des medialen Gelenkspaltes. Bei 25 Patienten (75,75%) konnte das Verhältnis der Gelenkspaltweiten verbessert werden.

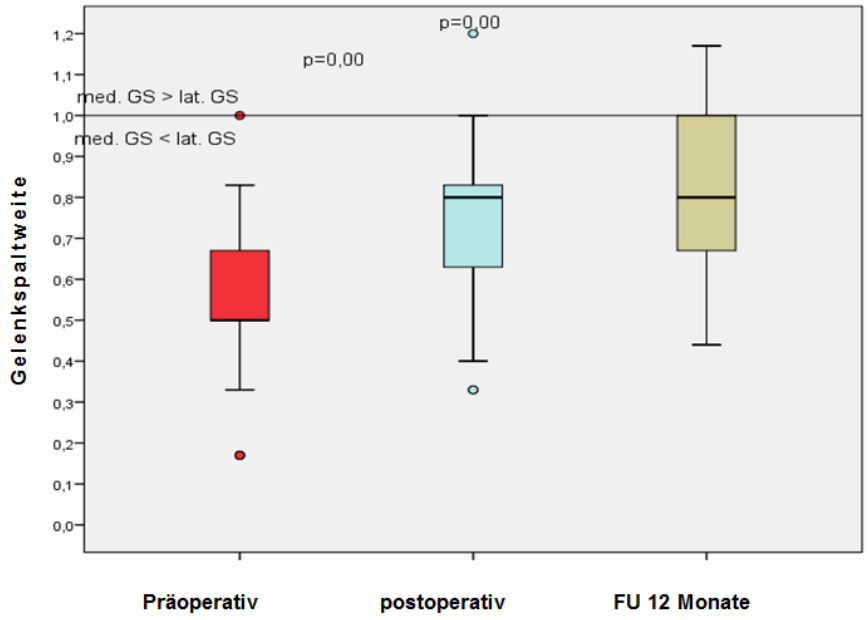

Abbildung 51: Box-plot Diagramm zur Darstellung der relativen Gelenkspaltweite, die bei den 33 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und radiologisch nachuntersucht wurden, präoperativ, unmittelbar postoperativ sowie 12 Monate nach Operation ausgemessen wurde. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,00 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und postoperativen Ergebnis belegt. Weiterhin bestand ein sifnifikanter Unterschied zwischen der medianen Gelenkspaltweite, die präoperativ, und jener, die 12 Monate nach Operation ermittelt wurde (p=0,00). Zwischen dem unmittelbar postoperativen Wert und dem Ergebnis nach 12 Monaten konnte jedoch kein signifikanter Unterschied belegt werden. Als querverlaufende Linie wurde der Grenzwert (1,0) gekennzeichnet, bei dem medialer und lateraler Gelenkspalt (GS) gleich weit sind. Bei Werten größer dem Grenzwert (>1,0) ist der mediale, bei Werten kleiner dem Grenzwert (<1,0) der laterale Gelenkspalt (GS) weiter.

3.4.4. Slope

Für den präoperativen Untersuchungszeitpunkt ergab sich bei der Bestimmung der dorsalen Neigung des Tibiaplateaus ein Mittelwert von 4,98 ± 2,78° (n= 43; Min: 1,0°; Max: 18,0°). In der postoperativen Röntgenkontrolle wurde eine leichte Erhöhung des tibialen Slopes um 0,75° auf 5,72 ± 3,16° (n= 37; Min: 2,0°; Max: 20,0°) festgestellt, die jedoch nicht signifikant war (p>0,05). In 19 der 33 (57,57%) Röntgenbildern war eine Steigerung des tibialen Slopes messbar, bei 3 (9,09%) Patienten blieb der Slope unverändert und bei 11 (33,33%) Patienten wurde der Slope gesenkt. Bis zur Röntgenkontrolle nach einem Jahr zeigte sich, dass sich der tibiale Slope bei einem mittleren Wert von 6,30 ± 3,03° (n= 33; Min: 2,0°; Max: 20,0°) weiter gesteigert hat. Mit dem T-Test für verbundene Stichproben konnte ein signifikanter Unterschied zwischen präoperativem Mittelwert und Mittelwert der Folgeuntersuchung nachgewiesen werden (p=0,014).

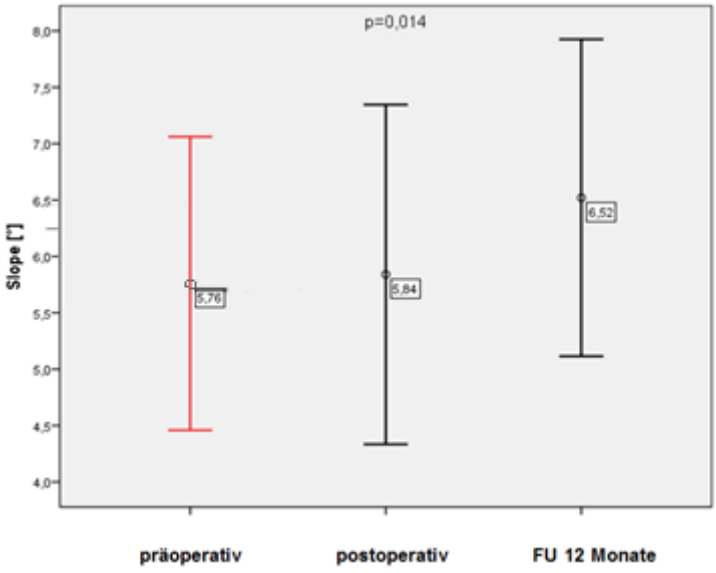

Abbildung 52: Darstellung des Parameters „tibialer Slope“, der für die 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 anhand präoperativ, unmittelbar postoperativ und zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten angefertigten Röntgenaufnahmen ausgemessen wurde, als Fehlerbalken. Als statistisches Signifikanzniveau wurde 5% (p=0,05) angesetzt. Bei einem p-Wert von 0,014 konnte zwischen präoperativem Slope und dem tibialen Slope bei der radiologischen Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten ein statistisch signifikanter Unterschied belegt werden.

3.4.5. Patellahöhe

Die Beurteilung der Patellahöhe erfolgt anhand der Indices nach Caton-Deschamps und Blackburn-Peel.

3.4.5.1. Caton-Deschamps-Index

Der Index nach Caton-Deschamps betrug präoperativ im Median 1,00 (n= 43; MW: 1,02 ± 0,86; Min: 0,82; Max: 1,21). Nach Definitionskriterien liegt dieser Wert im Normbereich. Lediglich 1 der 43 (2%) Patienten hatte nach Caton eine Patella alta, nach Blackburn Peel jedoch eine normale Patellahöhe. Bei den anderen 43 Patienten (98%) war der Caton-Index präoperativ normwertig. Zum postoperativen Zeitpunkt wurde im Median ein Index von 1,09 (n= 36, MW: 1,06 ± 0,14; Min: 0,75; Max: 1,37) erreicht, sodass tendenziell eine Veränderung der Patellahöhe im Sinne einer Patella alta vorliegt. Im statistischen Testverfahren wurde der Unterschied als nicht signifikant bewertet ($p>0,05$). Bei 2 Patienten (5,7%) war definitionsgemäß eine hochstehende Patella im Röntgenbild ausgemessen worden, die jedoch im Blackburn-Peel-Index unauffällig waren. Bei den anderen 33 Patienten (94,3%) war die Patellahöhe normwertig. Bei 14 Patienten (43,75%) stand die Patella im postoperativen Röntgenbild tiefer als präoperativ, bei einem Patienten (3,13%) war die Höhe unverändert und bei 17 Patienten (53,13%) stand die Patella im seitlichen Röntgenbild höher als vor der Umstellung. Beim Vergleich mit den Ergebnissen der Folgeuntersuchung nach einem Jahr konnte bei einem p-Wert von 0,049 ein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden. Der Caton-Deschamps-Index bei der Nachuntersuchung lag im Median bei 1,1 (n= 33; MW: 1,10 ± 0,12; Min: 0,89; Max: 1,41). Für 4 der 33 Patienten (12,12%) wurde ein Index bestimmt, der auf eine hochstehende Patella hinweist. Bei keinem dieser 4 Patienten lieferte der Blackburn-Peel-Index einen Hinweis auf eine hochstehende Patella. Insgesamt zeigte sich bei 5 Patienten (15,63%) nach einem Jahr eine tiefer stehende Patella als in der präoperativen Vergleichsaufnahme. Bei 2 Patienten (6,25%) blieb die Patellahöhe unverändert und bei 25 Patienten (78,13%) erschien die Patella in ihrer Position angehoben.

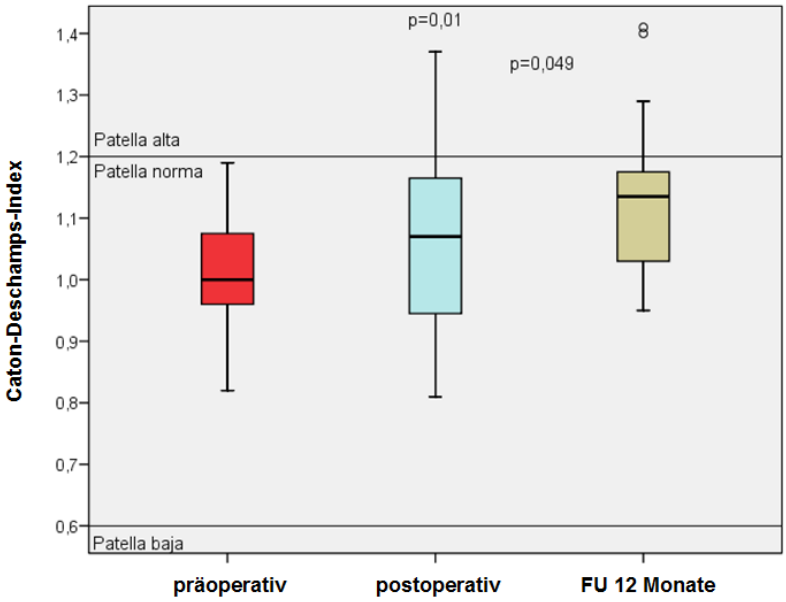

Abbildung 53: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Caton-Deschamps-Index im Verlauf, die bei den 33 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und radiologisch nachuntersucht wurden, präoperativ, unmittelbar postoperativ sowie 12 Monate nach Operation ausgemessen wurde. Zur Verdeutlichung wurden als querlaufende Linien die Grenzwerte gekennzeichnet, die von Caton-Deschamps als Interpretationskriterien für die Patellahöhe festgelegt wurden. Das entsprechende Prädikat wurde im linken Bildbereich aufgeführt. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,001 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und dem nach 12 Monaten erhobenen Ergebnis belegt.

3.4.5.2. Blackburn-Peel

Präoperativ wurde im Median ein Blackburn-Peel-Index von 0,87 (n= 44; MW: 0,87 ± 0,11; Min: 0,63; Max: 1,13) ermittelt, der definitionsgemäß für eine normwertige Patellahöhe spricht. Bei 2 Patienten (4%) deutet der Index auf einen Patellahochstand hin, wobei diese einen normwertigen Caton-Deschamps-Index hatten. 96% (41/43) der Patienten hatten im präoperativen Röntgenbild bei Bewertung nach Blackburn-Peel eine regelrechte Patellastellung.

In den direkt postoperativ erstellten Röntgenaufnahmen konnte keine signifikante Veränderung des Blackburn-Peel-Index ermittelt werden (p>0,05). Im Median lag der Index postoperativ bei 0,83 (n= 36; MW: 0,85 ± 0,11; Min: 0,67; Max: 1,17) und damit geringfügig niedriger, jedoch weiterhin im Normbereich. Bei einem (3%) Patienten, für den vor Operation eine grenzwertig hohe, aber normale Patellahöhe bestimmt worden war, deutete der Blackburn-Peel-Index auf einen Hochstand der Patella hin. Der Caton-Index lieferte jedoch keine Hinweise auf eine abnorme

Patellaposition. Die Patienten mit präoperativer Patella alta hatten direkt nach OP normale Blackburn-Peel-Indices. Bei 13 der 32 Patienten (40,36%) wurden niedrigere und bei 18 Patienten (56,25%) größere Indices berechnet als in den präoperativen Vergleichsaufnahmen. Bei 1 Patienten (3,13%) blieb die Patellahöhe unverändert. Bei einem p-Wert kleiner 0,05 hat sich der Blackburn-Peel-Index bis zur Nachuntersuchung nach einem Jahr signifikant verändert. Im Median betrug der Index 0,77 (n= 33; MW: 0,77 ± 0,13; Min: 0,52; Max: 1,00). Die Patellahöhe war bei keinem der Patienten außerhalb der Normwerte. Über ein Jahr betrachtet, ist bei 24 der 33 Patienten (72,72%) die Patellahöhe gesenkt und bei 9 Patienten (27,27%) erhöht worden.

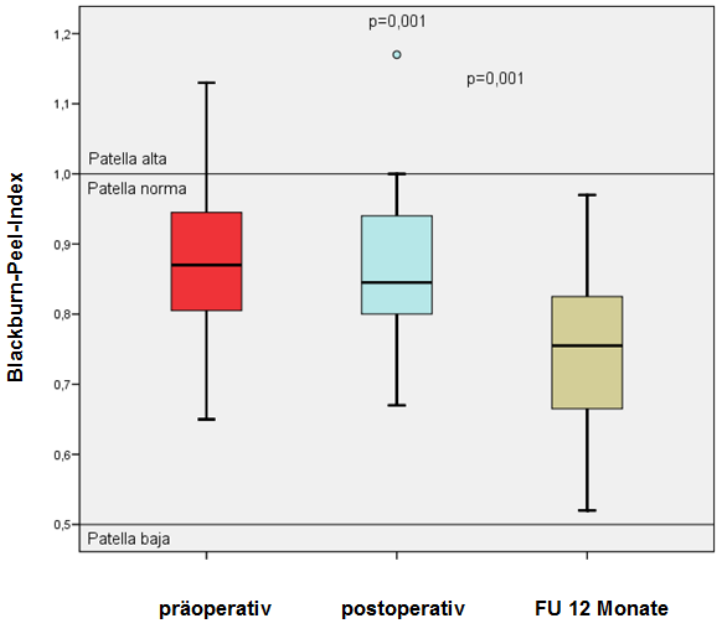

Abbildung 54: Box-plot Diagramm zur Darstellung des Blackburn-Peel-Index im Verlauf, die bei den 33 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und radiologisch nachuntersucht wurden, präoperativ, unmittelbar postoperativ sowie 12 Monate nach Operation ausgemessen wurde. Zur Verdeutlichung wurden als querlaufende Linien die Grenzwerte gekennzeichnet, die von Blackburn-Peel als Interpretationskriterien für die Patellahöhe festgelegt wurden. Das entsprechende Prädikat wurde im linken Bildbereich aufgeführt. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,001 wurde eine statistische Signifikanz zwischen präoperativen und dem nach 12 Monaten erhobenen Ergebnis sowie zwischen postoperativen und dem Ergebnis der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten belegt.

Insgesamt lässt sich anhand der Indices nach Caton-Deschamps und Blackburn-Peel kein klarer Zusammenhang zwischen Operation und Patellahöhe ableiten.

3.5 Einflussfaktoren

Im Mittelpunkt der statistischen Datenauswertung stand die Detektion von Einflussfaktoren auf die klinischen Scoring-Systeme als Zielvariablen: subjektiver Anteil des IKDC-Fragebogen, Tegner-Aktivitätsscore, Lysholm-Gillquist-Score, Cincinnati-Score sowie HSS-Score.

Als mögliche Einflussfaktoren wurden von uns Alter, BMI, Geschlecht sowie die vor und ein Jahr nach OP ermittelten radiologischen Messwerte tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, Slope, Gelenkspaltweite sowie die Patella-Indices nach Caton-Deschamps und Blackburn-Peel angegeben. Die in Tabelle 17 ersichtlichen Gruppen wurden gebildet und mittels nichtparametrischer Testverfahren auf signifikante Unterschiede getestet. In den Tabellen 17 und 18 sind die Medianwerte der Klinischen Scores in Abhängigkeit von den geprüften Einflussvariablen aufgeführt.

3.5.1. Präoperative Scores

Tabelle 17: Tabellarische Darstellung der Medianwerte der präoperativen Parameter „subj. IKDC-Score“, „Schmerzhäufigkeit“, „Schmerzintensität“, „Funktionalität“, „Tegner-Aktivitätsscore“, „Lysholm-Gillquist-Score“, „Cincinnati-Score“ und „HSS-Score“, die bei den 49 Studienteilnehmern, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, anhand standardisierter Fragebögen und der klinischen Aufnahmeuntersuchung ermittelt wurden, in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, BMI sowie den radiologischen Parametern tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, tibialer Slope, Gelenkspaltweite, Indices nach Caton-Deschamps und Blackburn-Peel. Als Signifikanzniveau wurde 5% (p=0,05) angelegt. Statistische Signifikanz wird als rot und fett gedruckter Zahlenwert mit angehängtem * gekennzeichnet.

			PRÄOPERATIV							
			subj. IKDC-Score	Schmerz-häufigkeit	Schmerz-intensität	Funktionalität	Tegner-Score	Lysholm-Score	Cincinnati-Score	HSS-Score
		n								
	Geschlecht									
PRÄ	♀	23	30,6	9,0	7,5	4,5	2,0	43,5	42,5	76,5
PRÄ	♂	26	33,9	8,0	8,0	4,0	2,0	49,0	40,0	78,0
PRÄ	Gesamt	49	32,2	8,0	8,0	4,0	2,0	46,0	42,0	78,0
	Alter									
PRÄ	≤44	9	33,9	8,0	8,0	7,0	2,0	30,0	32,0	73,0
PRÄ	45-49	11	28,2	8,0	7,0	4,0	3,0	46,0	44,0	78,0
PRÄ	50-54	17	29,1	9,0	8,0	4,0	2,0	47,0	42,0	78,0
PRÄ	55-59	9	37,9	8,0	8,0	4,5	2,0	45,0	41,0	77,0
PRÄ	Gesamt	49	32,2	8,0	8,0	4,0	2,0	46,0	42,0	78,0

			PRÄOPERATIV							
			subj. IKDC-Score	Schmerz-häufigkeit	Schmerz-intensität	Funktionalität	Tegner-Score	Lysholm-Score	Cincinnati-Score	HSS-Score
		n								
	BMI [kg/m²]									
PRÄ	≤25	12	34,9	9,0	7,0	4,5	2,0	58,0	43,0	78,0
PRÄ	25-30	21	33,9	8,0	8,0	4,0	2,0	43,0	40,0	76,0
PRÄ	30-35	11	33,0	9,0	7,0	4,0	2,0	47,0	39,0	78,0
PRÄ	≥35	5	25,2	9,0	7,0	4,0	2,0	46,0	42,0	84,0
PRÄ	Gesamt	49	32,2	8,0	8,0	4,0	2,0	46,0	42,0	78,0
	T biofem. Winkel									
PRÄ	≤177°	13	31,1	9,0	8,0	4,0	2,0	44,0	43,0	80,0
PRÄ	≥178°	30	34,2	8,0	7,0	4,5	2,0	44,5	41,0	75,0
PRÄ	Gesamt	43	33,3	8,0	8,0	4,0	2,0	44,0	42,0	76,0
	T biavarus									
PRÄ	≤4°	20	31,6	9,0	7,5	4,0	3,0	43,5	44,0	80,5
PRÄ	≥5°	23	34,5	8,0	8,0	4,0	2,0	46,0	37,0	73,0
PRÄ	Gesamt	43	33,3	8,0	8,0	4,0	2,0	44,0	42,0	76,0
	GS-Weite									
PRÄ	≤0,59	28	32,1	9,0	7,5	4,0	2,0	41,0	38,0	75,0
PRÄ	0,6-0,79	12	34,5	8,0	7,0	5,5	3,0	52,5	46,0	82,0
PRÄ	≥0,80	3	34,5	8,0	9,0	7,0	2,0	46,0	42,0	71,0
PRÄ	Gesamt	43	33,3	8,0	8,0	4,0	2,0	44,0	42,0	76,0
	T bialer Slope									
PRÄ	≤5°	27	33,3	9,0	8,0	4,0	**3,0***	43,0	42,0	78,0
PRÄ	≥6°	15	34,5	8,0	7,0	5,0	**2,0***	46,0	37,0	74,0
PRÄ	Gesamt	43	33,7	8,5	7,5	4,0	2,0	43,5	42,0	76,0
	Caton Index									
PRÄ	≤1,00	24	34,5	8,0	7,5	4,0	2,0	43,0	40,0	77,0
PRÄ	>1,00	19	31,1	9,0	8,0	5,0	2,0	46,0	42,0	76,0
PRÄ	Gesamt	43	33,3	8,0	8,0	4,0	2,0	44,0	42,0	76,0
	Blackburn-Index									
PRÄ	≤0,79	8	34,6	9,0	7,0	5,0	2,5	40,5	47,0	78,5
PRÄ	≥0,80	35	33,0	8,0	8,0	4,0	2,0	46,0	40,0	76,0
PRÄ	Gesamt	43	33,3	8,0	8,0	4,0	2,0	44,0	42,0	76,0

In den nicht parametrischen Testverfahren konnte für die meisten der oben aufgeführten Parameter keine signifikante Divergenz nachgewiesen werden.

Nur für die Zielvariable präoperativer Tegner-Aktivitätsscore wurde der tibiale Slope als statistisch signifikante unabhängige Variable bestimmt (p=0,031). Bei geringerem Slope war ein höherer Tegner-Score angegeben worden.

Der Median für einen Slope kleiner 5° lag bei 3,0. Bei einem Slope größer 6° war der Tegner-Score im Median bei 2,0.

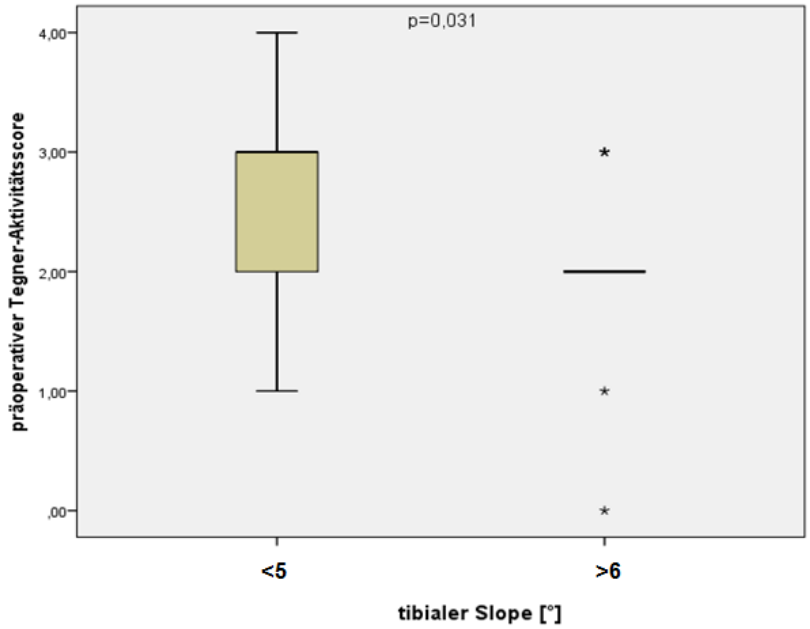

Abbildung 55: Box-plot Diagramm zur Darstellung des präoperativen Tegner-Aktivitätsscores in Abhängigkeit vom präoperativen tibialen Slope. Beide Parameter wurden bei 33 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen anhand von standardisierten Fragebögen bzw. eines präoperativ aufgenommenen Röntgenbilds ermittelt. Für die statistische Untersuchung wurden 2 Gruppen anhand des ermittelten tibialen Slopes gebildet: Slope >6° und Slope ≤5°. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,031 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen.

3.5.2. Postoperative Scores

Tabelle 18: Tabellarische Darstellung der Medianwerte der postoperativen Parameter „subj. IKDC-Score“, „Schmerzhäufigkeit“, „Schmerzintensität“, „Funktionalität“, „Tegner-Aktivitätsscore“, „Lysholm-Gillquist-Score“, „Cincinnati-Score“ und „HSS-Score“, die bei den 49 Studienteilnehmern, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, anhand standardisierter Fragebögen und der klinischen Folgeuntersuchung nach 12 Monaten ermittelt wurden, in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, BMI sowie den präoperativen und postoperativen radiologischen Parametern tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, tibialer Slope, Gelenkspaltweite, Caton-Deschamps-Index und Blackburn-Peel-Index. Bei einem angelegten Signifikanzniveau von 5% (p=0,05) wurde eine statistische Signifikanz als rot und fett gedruckter Zahlenwert mit angehängtem Sternchen (*) gekennzeichnet.

			POSTOPERATIV							
			subj. IKDC-Score	Schmerz-häufigkeit	Schmerz-intensität	Funktionatät	Tegner-Aktivitätsscore	Lysholm-Gillquist-Score	Cincinnati-Score	HSS-Score
		n								
	Geschlecht									
	♀	23	**69,5***	**3,0***	2,0	**8,5***	**4,0***	88,0	74,0	92,5
	♂	26	**82,8***	**1,0***	1,0	**10,0***	**4,0***	93,0	83,0	96,0
	Gesamt	49	78,0	2,0	2,0	9,0	4,0	92,0	77,0	94,0
	Alter									
	≤44	9	83,0	1,0	1,0	10,0	5,0	95,0	88,0	96,0
	45-49	11	78,0	2,0	2,0	8,0	4,0	88,0	84,0	92,0
	50-54	17	77,0	2,0	2,0	10,0	4,0	92,0	75,0	90,0
	>55	9	73,6	2,0	2,0	9,0	4,0	92,0	70,0	94,5
	Gesamt	49	78,0	2,0	2,0	9,0	4,0	92,0	77,0	94,0
	BMI [kg/m²]									
	≤25	12	79,5	2,5	2,5	10,0	4,0	92,0	71,0	95,0
	25-30	21	82,0	1,0	1,0	9,0	4,0	93,0	83,0	92,0
	30-35	11	77,0	2,0	2,0	10,0	3,0	90,0	80,0	95,0
	≥35	5	70,1	4,0	2,0	8,0	4,0	88,0	78,0	90,0
	Gesamt	49	78,0	2,0	2,0	9,0	4,0	92,0	77,0	94,0
	T biofem. Winkel									
PRÄ	≤177°	13	82,0	2,0	1,0	10,0	4,0	93,5	83,0	96,0
PRÄ	≥178°	30	79,3	2,0	1,5	10,0	4,0	92,0	77,5	95,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	T biavarus									
PRÄ	≤4°	20	81,2	2,0	1,0	10,0	4,0	92,5	83,0	96,0
PRÄ	≥5°	23	77,0	2,0	2,0	9,0	4,0	93,0	78,0	93,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	GS-Weite									
PRÄ	≤0,59	28	79,3	2,0	1,0	9,0	4,0	92,5	81,5	94,5
PRÄ	0,6-0,79	12	82,4	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	83,0	97,0
PRÄ	≥0,80	3	65,5	4,0	4,0	9,0	3,0	63,0	54,0	91,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	T bialer Slope									
PRÄ	≤5°	27	77,0	2,0	2,0	9,0	4,0	92,0	75,0	92,0
PRÄ	≥6°	15	85,1	1,0	1,0	10,0	4,0	95,5	83,0	96,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	92,5	80,0	95,5
	Caton-Deschamps Index									
PRÄ	≤1,00	24	81,2	2,0	1,5	10,0	4,0	92,5	76,0	95,5
PRÄ	>1,00	19	78,2	2,0	1,0	9,0	4,0	93,0	83,0	96,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	Blackburn-Peel Index									
PRÄ	≤0,79	8	80,1	1,5	1,0	9,0	4,0	93,0	83,0	96,0
PRÄ	≥0,80	35	80,5	2,0	2,0	10,0	4,0	92,5	80,0	95,0
PRÄ	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0

			POSTOPERATIV							
			subj. IKDC-Score	Schmerz-häufigkeit	Schmerz-intensität	Funktionatät	Tegner-Aktivitätsscore	Lysholm-Gillquist-Score	Cincinnati-Score	HSS-Score
		n								
	T biofem. Winkel									
POST	≤177°	13	79,3	2,0	1,5	9,5	4,0	93,0	81,5	96,0
POST	≥178°	30	82,0	2,0	1,0	10,0	4,0	93,5	77,0	95,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	T biavarus									
POST	≤4°	20	82,5	1,5	1,0	10,0	4,0	93,0	87,5	96,5
POST	≥5°	23	77,0	2,0	2,0	9,0	4,0	93,0	77,0	95,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	GS-Weite									
POST	≤0,59	28	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	92,0	77,0	95,0
POST	0,6-0,79	12	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	92,0	88,0	97,0
POST	≥0,80	3	82,8	2,0	2,0	10,0	4,0	93,0	78,0	93,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	T bialer Slope									
POST	≤5°	27	82,4	2,0	2,0	10,0	4,0	93,0	76,0	96,5
POST	≥6°	15	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	83,0	95,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	Caton Index									
POST	≤1,00	24	77,0	2,0	2,0	10,0	4,0	92,0	69,0	95,0
POST	>1,00	19	82,5	1,5	1,0	10,0	4,0	93,0	84,0	96,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	Blackburn-Index									
POST	≤0,79	8	83,9	1,0	1,0	10,0	**4,0***	94,0	85,0	96,0
POST	≥0,80	35	78,7	2,0	2,0	9,5	**3,5***	92,0	72,5	94,0
POST	Gesamt	43	80,5	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	80,0	96,0
	Korrekturwinkel									
	≤4°	10	79,3	2,0	1,0	9,5	4,0	93,0	70,5	97,5
	≥5°	23	82,0	1,0	1,0	10,0	5,0	92,0	84,0	94,0
	Gesamt	33	82,0	2,0	1,0	10,0	4,0	92,5	83,0	96,0
	Korrekturverlust									
	≤0°	17	82,8	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	85,0	96,0
	≥0°	8	82,9	1,5	1,5	10,0	4,0	95,0	80,0	98,5
	Gesamt	25	82,8	2,0	1,0	10,0	4,0	93,0	83,0	96,0

Für die postoperativ erhobenen Scoringpunktwerte konnte das Geschlecht mehrfach als statistisch signifikante unabhängige Variable detektiert werden. Insbesondere im subjektiven IKDC-Fragebogen zeigten sich unterschiedliche Verteilungen. In der Subkategorie Kniefunktionalität bewerteten Frauen das

operierte Knie im Median mit 8,5 (n= 24; Min: 2; Max: 11). Bei Männern lag der Median bei 10 (n= 25; Min: 6; Max: 11). Dieser Unterschied war bei einem p-Wert von 0,017 relevant.

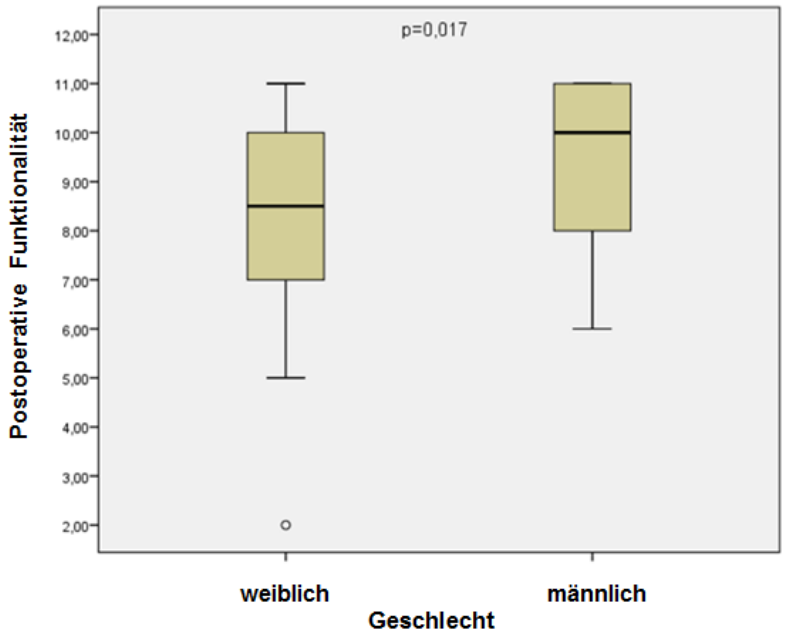

Abbildung 56: Box-plot Diagramm zur Darstellung der postoperativen Kniefunktionalität in Abhängigkeit vom Geschlecht. Als Unterpunkt des subjektiven IKDC Scores wurde von den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, zur Nachuntersuchung nach einem Jahr die postoperative Kniefunktionalität eingeschätzt. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,017 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen.

Darüber hinaus gaben Frauen an, dass sie bei einem Median von 3 (n= 24; Min: 0; Max: 9) öfter Schmerzen empfinden als Männer mit einem Median von 1 (n= 25; Min: 0; Max: 9). Bei einem p-Wert von 0,021 ergibt sich ein statistisch signifikanter Unterschied bezüglich der Schmerzhäufigkeit. Männer erlebten seltener ein Schmerzereignis. Bei der Schmerzintensität ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

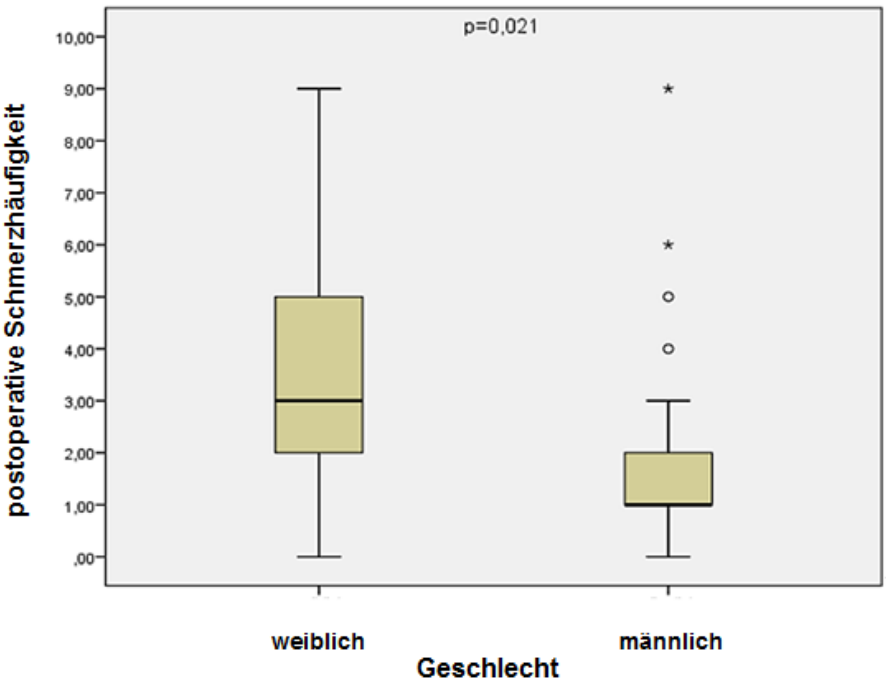

Abbildung 57: Box-plot Diagramm zur Darstellung der postoperativen Schmerzhäufigkeit in Abhängigkeit vom Geschlecht. Als Unterpunkt des subjektiven IKDC Scores wurde von den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, zur Nachuntersuchung nach einem Jahr die postoperative Schmerzhäufigkeit eingeschätzt. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,021 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen.

In der Gesamtauswertung des IKDC-Scores erhielten Frauen bei einem p-Wert von 0,023, mit den bereits vorgestellten Ergebnissen konform gehend, einen signifikant geringeren Punktwert (n= 24; Median: 69,5; Min: 35,6; Max: 95,4) als Männer (n= 25; Median: 82,8; Min: 39,1; Max: 99).

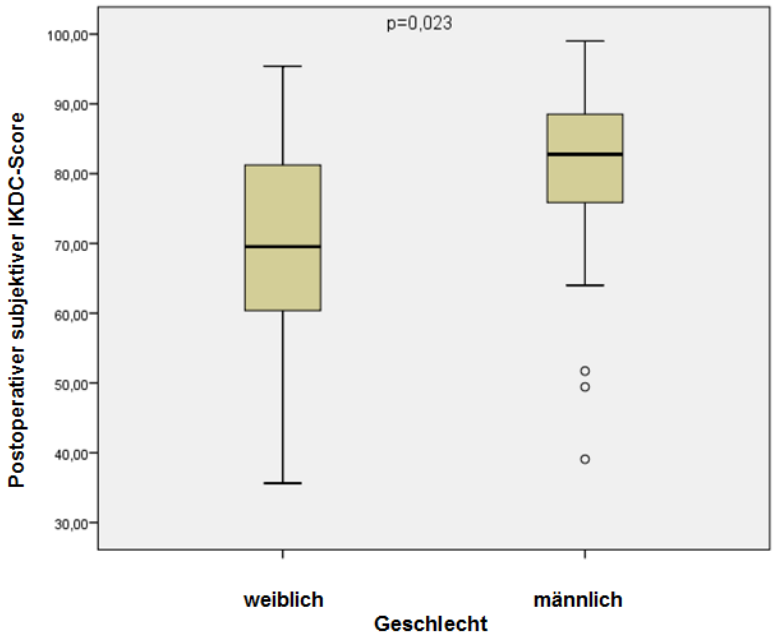

Abbildung 58: Box-plot Diagramm zur Darstellung der postoperativen subjektiven IKDC-Scores in Abhängigkeit vom Geschlecht. Der subjektive IKDC-Score wurde anhand der Angaben über verschiedene Unterpunkte von den 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert und nachuntersucht wurden, zur Nachuntersuchung nach einem Jahr wie in Punkt 2.5 beschrieben berechnet. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,023 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen.

Weiterhin war im Tegner-Aktivitätsscore trotz gleichem Median von 4,0 im Mann-Whitney-U-Test ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern nachgewiesen worden (p=0,018).

Tabelle 19: Deskriptive Statistik des postoperativen Tegner-Aktivitätsscores, der bei den 49 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 in der Folgeuntersuchung nach 12 Monaten via standardisiertem Fragebogen erhoben wurde, in Abhängigkeit vom Geschlecht.

		N	Median	Min	Max
Geschlecht	♀	23	4,00	1,00	7,00
	♂	26	4,00	3,00	7,00
Gesamt		49	4,00	1,00	7,00

Zusätzlich zeigte sich in dem nicht parametrischen Mann-Whitney-U-Test, dass der Tegner-Score vom Blackburn-Peel-Index abhängig ist (p=0,032). Bei einem Index kleiner als 0,80 erreichten die Studienteilnehmer ein höheres Aktivitäts-niveau, das im Median bei 4 (n= 8, Min: 3, Max: 7) lag, als Patienten mit einem

Index größer 0,80 (n= 35; Min: 2; Max: 5), die die Aktivität bei 3,5 einstuften. Für die übrigen Variablen ergaben sich keine statistisch signifikanten Differenzen.

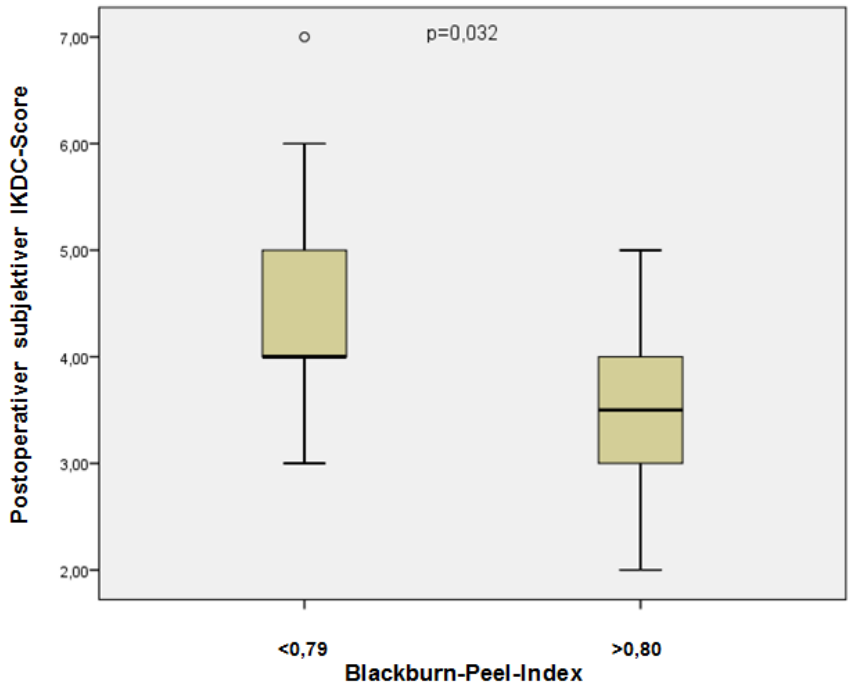

Abbildung 59: Box-plot Diagramm zur Darstellung des postoperativen Tegner-Aktivitätsscores in Abhängigkeit vom postoperativen Blackburn-Peel-Index. Beide Parameter wurden bei 33 Studienteilnehmern zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen anhand von standardisierten Fragebögen bzw. eines zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten aufgenommenen Röntgenbilds ermittelt. Für die statistische Untersuchung wurden 2 Gruppen anhand des ermittelten Blackburn-Peel-Index gebildet: Index >0,80 und Index <0,79. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,032 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen nachgewiesen.

3.5.3. Beweglichkeit

Ebenfalls getestet wurde der Einfluss auf die Kniebeweglichkeit, erhoben als ROM, Flexion und ein ggf. vorhandenes Streckdefizit. In Tabelle 20 ist für die metrische normalverteilte präoperative ROM der Mittelwert mit Standardabweichung aufgeführt. Für die übrigen metrischen Variablen wurde mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test die Normalverteilung widerlegt, sodass zur Analyse der Gruppendifferenzen nicht-parametrische Tests durchgeführt wurden.

Tabelle 20: Tabellarische Darstellung der Mittelwerte der präoperativen und postoperativen ROM sowie der Medianwerte der prä- und postoperativen Parameter „Flexion“ und „Streckdefizit“, die bei den 49 Studienteilnehmern, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, in einer klinischen Untersuchung am Aufnahmetag und zur Nachuntersuchung nach 12 Monaten bestimmt wurden, in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, BMI sowie den präoperativen radiologischen Parametern tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, tibialer Slope, Gelenkspaltweite, Caton-Deschamps-Index und Blackburn-Peel-Index. Bei einem angelegten Signifikanzniveau von 5% (p=0,05) wurde eine statistische Signifikanz als rot und fett gedruckter Zahlenwert mit angehängtem Sternchen (*) gekennzeichnet.

			PRÄOPERATIV			POSTOPERATIV		
			ROM	Flexion	Streck-defizit	ROM	Flexion	Streck-defizit
		n						
	Geschlecht							
	♀	23	126,9 ± 10,6	130,00	0,00	**127,00***	130,00	0,00
	♂	26	124,8 ± 9,3	130,00	0,00	**130,00***	130,00	0,00
	Gesamt	49	125,9 ± 9,9	130,00	0,00	**130,00***	130,00	0,00
	Alter							
	≤44	9	128,9 ± 9,3	130,00	0,00	**130,00***	130,00	0,00
	45-49	11	121,8 ± 11,5	120,00	0,00	**120,00***	120,00	0,00
	50-54	17	126,5 ± 7,7	130,00	0,00	**130,00***	130,00	0,00
	55-59	12	126,4 ± 11,7	130,00	0,00	**130,00***	130,00	0,00
	Gesamt	49	125,9 ± 9,9	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	BMI [kg/m²]							
	≤25	12	**135,8 ± 7,6***	**140,00***	0,00	130,00	130,00	0,00
	25-30	21	**124,6 ± 7,1***	**130,00***	0,00	130,00	130,00	0,00
	30-35	11	**121,8 ± 10,3***	**130,00***	0,00	130,00	130,00	0,00
	≥35	5	**116 ± 5,5***	**120,00***	0,00	120,00	120,00	0,00
	Gesamt	49	125,9 ± 9,9	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	Tibiofem. Winkel							
PRÄ	≤177°	13	126,3 ± 8,4	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	≥178°	30	124 ± 10,4	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,8	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	Tibiavarus							
PRÄ	≤4°	20	125,1 ± 12,1	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	≥5°	23	124,3 ± 7,4	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,8	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	GS-Weite							
PRÄ	≤0,59	28	124 ± 10,4	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	0,6-0,8	12	125,4 ± 6,2	130,00	0,00	127,00	130,00	0,00
PRÄ	≥0,80	3	128,3 ± 17,6	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,8	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	Tibialer Slope							
PRÄ	≤5°	27	125,8 ± 9,0	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	≥6°	15	122,7 ± 11,5	120,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,9	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00

			PRÄOPERATIV			POSTOPERATIV		
			ROM	Flexion	Streck-defizit	ROM	Flexion	Streck-defizit
		n						
	Caton Index							
PRÄ	≤1,00	24	124 ± 10,7	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	>1,00	19	125,6 ± 8,6	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,8	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
	Blackburn-Index							
PRÄ	≤0,79	8	124 ± 6,5	130,00	1,50	130,00	130,00	0,00
PRÄ	≥0,80	35	124,9 ± 10,5	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00
PRÄ	Gesamt	43	124,7 ± 9,8	130,00	0,00	130,00	130,00	0,00

Tabelle 21: Tabellarische Darstellung des Mittelwertes der postoperativen ROM sowie der Medianwerte der postoperativen Parameter „Flexion“ und „Streckdefizit“, die bei den 49 Studienteilnehmern, die in den Jahren 2007 bis 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, in einer klinischen Untersuchung am Tag der Nachuntersuchung nach 12 Monaten bestimmt wurden, in Abhängigkeit von Geschlecht, Alter, BMI sowie den post-operativen radiologischen Parametern tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, tibialer Slope, Gelenkspaltweite, Caton-Deschamps-Index und Blackburn-Peel-Index. Bei einem angelegten Signifikanzniveau von 5% (p=0,05) wurde eine statistische Signifikanz als rot und fett gedruckter Zahlenwert mit angehängtem Sternchen gekennzeichnet.

			POSTOPERATIV		
			ROM	Flexion	Streckdefizit
		n			
	Tibiofem. Winkel				
POST	≤177°	13	130,00	130,00	0,00
POST	≥178°	30	130,00	130,00	0,00
POST	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00
	Tibiavarus				
POST	≤4°	20	130,00	130,00	0,00
POST	≥5°	23	127,00	130,00	0,00
POST	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00
	GS-Weite				
POST	≤0,59	28	120,00	120,00	0,00
POST	0,6-0,8	12	130,00	130,00	0,00
POST	≥0,80	3	130,00	130,00	0,00
POST	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00
	Tibialer Slope				
POST	≤5°	27	127,00	130,00	0,00
POST	≥6°	15	130,00	130,00	0,00
POST	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00
	Caton-Index				
POST	≤1,00	24	127,00	130,00	0,00
POST	>1,00	19	130,00	130,00	0,00
POST	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00

			POSTOPERATIV		
			ROM	Flexion	Streckdefizit
		n			
	Blackburn-Index				
POST	≤0,79	8	130,00	130,00	0,00
	≥0,80	35	122,50	125,00	0,00
	Gesamt	43	130,00	130,00	0,00
	Korrekturwinkel				
	≤4°	10	130,00	130,00	0,00
	≥5°	23	130,00	130,00	0,00
	Gesamt	33	130,00	130,00	0,00
	Korrekturverlust				
	≤0°	17	130,00	130,00	0,00

3.5.3.1. Präoperative ROM

Wie in Tabelle 21 ersichtlich, wurde ein hochsignifikanter Einfluss des Bodymass-Index auf die präoperative ROM festgestellt (p=0,000). Bei zwei normalverteilten metrischen Variablen war das statistische Verfahren der Wahl eine Regressionsanalyse.

Für die abhängige Variable (ROM) und die unabhängige Variable (BMI) ergibt sich eine negative Korrelation von -0,602 (p=0,000). Bei höherem BMI des Patienten fällt die präoperative ROM niedriger aus. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 60 dargestellt und durch die Regressionsgrade grafisch hervorgehoben.

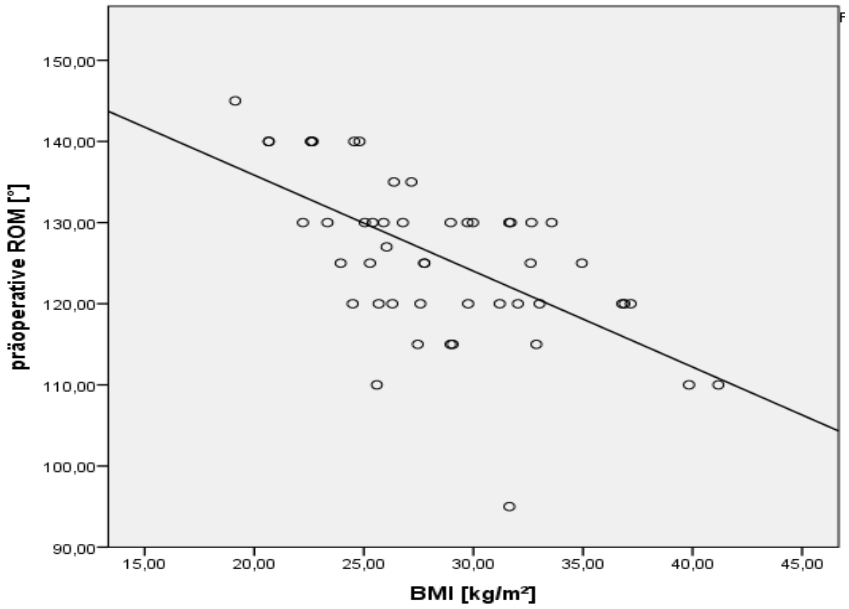

Abbildung 60: grafische Darstellung der Regressionsanalyse für den Parameter „präoperative ROM“ in Abhängigkeit vom präoperativen BMI. Zur Verdeutlichung des negativen Zusammenhanges wurde eine Regressionsgrade zwischen die Streupunkte gelegt.

Als mathematische Formel lässt sich diese Beziehung folgendermaßen ausdrücken:

Präoperative ROM= 159,49-1,18*BMI

Dies bedeutet, dass durch Anhebung des BMI um einen Punkt die präoperative ROM um 1,18 Punkte sinkt.

Die ANOVA Prüfung belegt, dass bei einem p=0,000 die unabhängige Variable BMI die abhängige Variable signifikant vorhersagen können. Das angegebene R^2 zeigt, dass 36,3% der Varianz der präoperativen ROM durch den BMI erklärt werden können. Anders ausgedrückt wird unter Kenntnis des Prädiktors BMI der Vorhersagefehler der präoperativen ROM um 36,3% reduziert.

3.5.3.2. Präoperative Flexion

Im nicht-parametrischen Kruskall-Wallis-Test konnte bei einem p-Wert von 0,000 ein signifikanter Unterschied zwischen mindestens 2 der 4 BMI-Gruppen belegt werden. Als post-hoc Testverfahren wurde der Mann-Whitney-U-Test für 2 unabhängige Variablen mit einem adjustierten α nach Bonferroni durchgeführt.

In diesen Tests zeigte sich, dass normalgewichtige Patienten mit einem BMI <25 kg/m² im Vergleich zu den anderen Gruppen bei p-Werten <0,05 eine signifikant unterschiedliche präoperative Flexion hatten. Der Median der normal-gewichtigen Gruppe mit BMI kleiner 25 kg/m² lag bei 140° (n= 12, Min: 120°, Max: 140°) gegenüber einem Median von 130° in der BMI-Klasse 25-30 kg/m² (n= 21; Min: 110°; Max: 130°), 130° in der BMI-Gruppe 30-35 kg/m² (n= 11, Min: 120°, Max: 130°) und 120° in der Gruppe mit BMI größer 35 kg/m² (n= 5, Min: 110°, Max: 120°).

Weiterhin konnte bei einem p-Wert von 0,005 ein Unterschied zwischen der Gruppe 25-30 kg/m² und der Gruppe mit BMI größer 35 kg/m² belegt werden. Bei adipösen Patienten ist vor der Operation eine schlechtere Beugefähigkeit als bei den leicht übergewichtigen Patienten ermittelt worden. Betrachtet man die Medianwerte, in der Abbildung 61, so wird ersichtlich, dass bei einem geringeren BMI der Median der präoperativen Flexion höher ausfällt als bei den Gruppen mit höherem BMI.

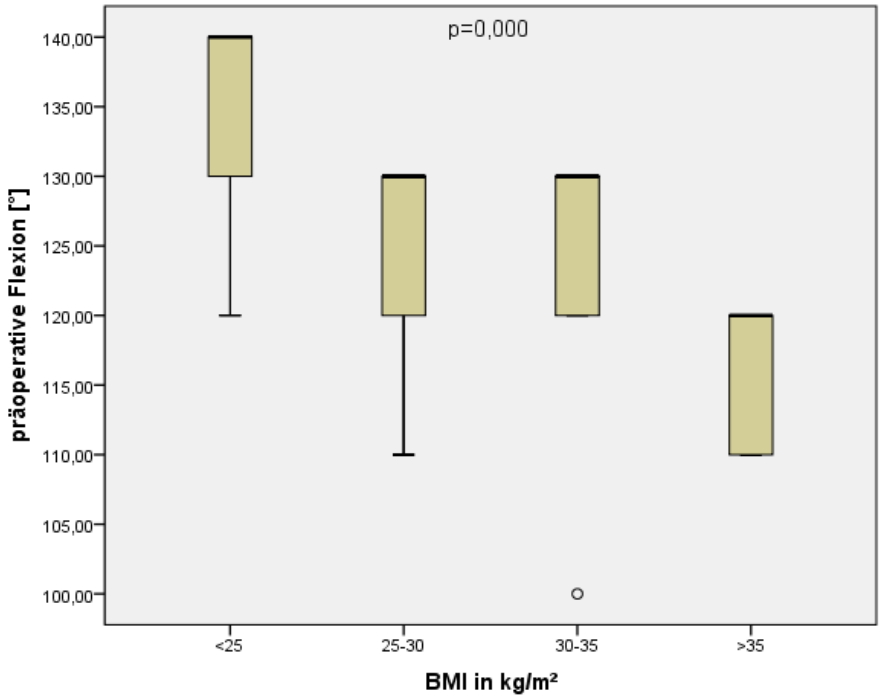

Abbildung 61: Box-plot Diagramm zur Darstellung der präoperativen Flexion in Abhängigkeit vom BMI. Die präoperative Flexion wurde bei 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, in der präoperativen klinischen Untersuchung ermittelt. Für die statistische Untersuchung wurden 4 Gruppen anhand des berechneten BMIs gebildet: BMI <25 kg/m², BMI zwischen 25 und 30 kg/m², BMI zwischen 30 und 35 kg/m² und BMI >35 kg/m². Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,005 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der normalgewichtigen Gruppe mit einem BMI kleiner 25 kg/m² und der stark adipösen Gruppe mit einem BMI größer 35 kg/m² festgestellt.

3.5.3.3. Postoperative ROM

Für die postoperative ROM wurde als statistisches Testverfahren ein nicht-parametrisches Testverfahren gewählt, da, geprüft durch den Kolmogorov-Smirnov-Test, keine Normalverteilung vorliegt. Bei einem p-Wert kleiner 0,05 lag bezüglich des Bewegungsumfangs ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern vor, der in der nachfolgenden Abbildung 62 dargestellt ist. Anhand der Mediane kann geschlussfolgert werden, dass Männer mit einer postoperativen ROM von 130° (n= 25, Min: 115°, Max: 145°) eine bessere Beweglichkeit des operierten Kniegelenks haben als Frauen mit einer ROM von 127,50° (n= 24; Min: 110°; Max: 145°).

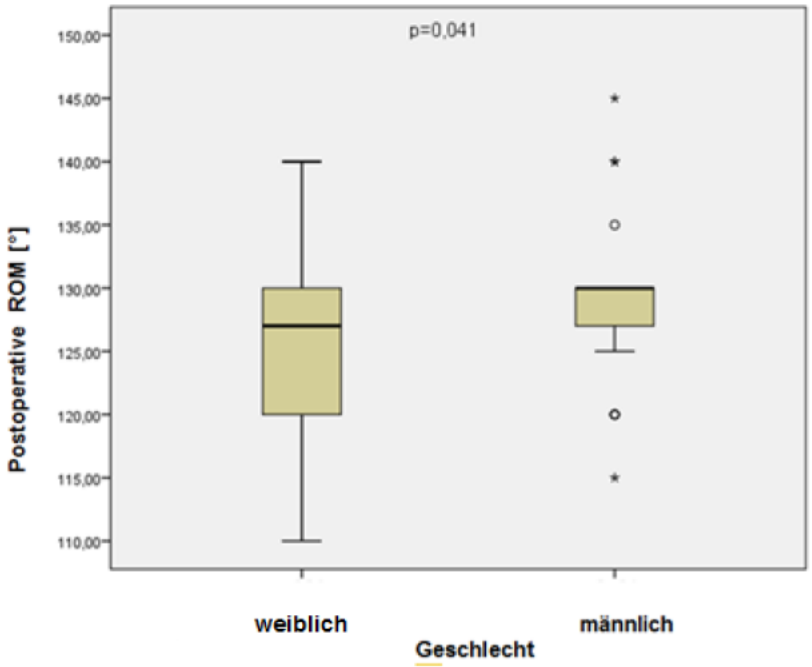

Abbildung 62: Box-plot Diagramm zur Darstellung der postoperativen ROM in Abhängigkeit vom Geschlecht. Bei 49 Patienten, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, wurde bei der klinischen Nachuntersuchung 12 Monate post-operativ die ROM ermittelt. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,041 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen. Bei einem höheren Median war die ROM bei Männern postoperativ besser.

Wie in Abbildung 63 dargelegt, liegen in den verschiedenen Altersgruppen unterschiedlich hohe Medianwerte vor, deren Divergenz im Kruskall-Wallis-Test als statistisch signifikant ausfiel (p=0,034).

Im post-hoc Testverfahren war der p-Wert bei folgenden Einzelgruppenvergleichen kleiner 0,05: < 44 Jahre und 45-49 Jahre (p=0,016) sowie 45-49 Jahre und 50-54 Jahre (p=0,009). Studienteilnehmer, die zum Operationszeitpunkt zwischen 45 und 49 Jahren alt waren, hatten postoperativ mit einer ROM von im Median 120° (n= 11, Min: 110°; Max: 130°) eine signifikant schlechtere Beweglichkeit als Patienten der anderen Gruppen, für die ein Median von 130° bestimmt wurde. In höherem Alter (>55 Jahre) lag der Median zwar höher als bei den 45-49- Jährigen, aber dieser Gruppe waren auch Patienten angehörig, die eine schlechtere ROM hatten, sodass sich keine signifikante Divergenz zwischen diesen beiden Gruppen ergab.

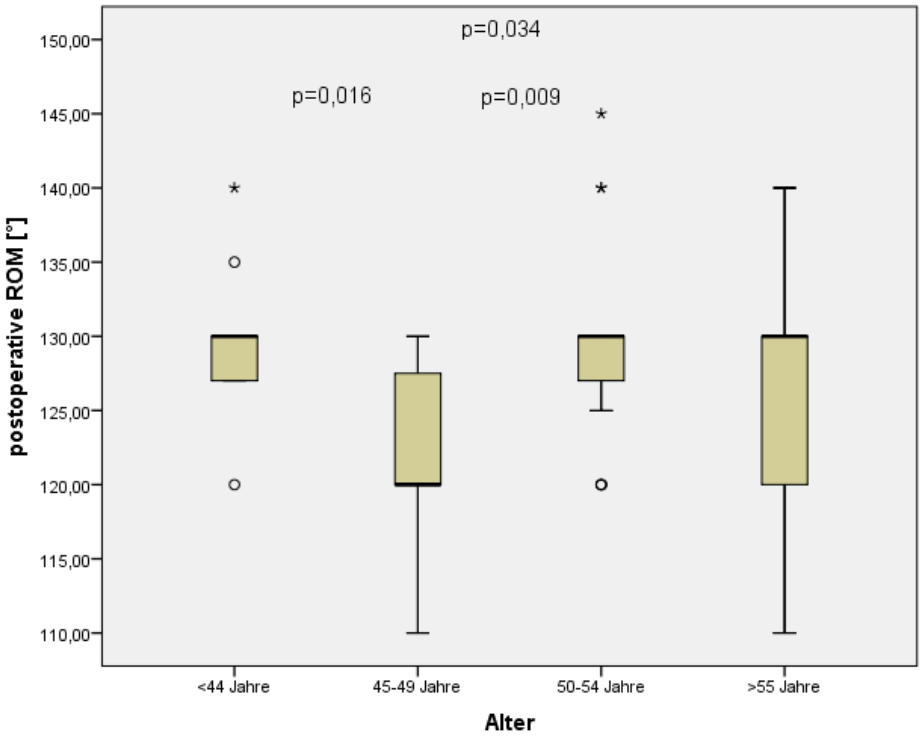

Abbildung 63: Box-plot Diagramm zur Darstellung der postoperativen ROM in Abhängigkeit vom Alter. Die postoperative ROM wurde bei 49 Studienteilnehmern, die zwischen 2007 und 2010 in der Schön Klinik Harthausen operiert wurden, in der postoperativen klinischen Nachuntersuchung 12 Monate postoperativ ermittelt. Für die statistische Untersuchung wurden 4 Gruppen anhand des Alters zum Operationszeitpunktes gebildet: jünger als 44 Jahre, zwischen 45 und 49 Jahren, zwischen 50 und 54 Jahren, älter als 55 Jahre. Das angelegte Signifikanzniveau liegt bei 5% (p≤0,05). Bei einem p-Wert von 0,034 wurde ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den unter 44-Jährigen und den über 55-Jährigen ermittelt. Weiterhin ergab sich bei einem p-Wert von 0,016 statistische Signifikanz zwischen unter 44-Jährigen und der Gruppe mit einem Alter zwischen 45 und 49 Jahren sowie zwischen der Altersgruppe 45 bis 49 Jahre und 50 bis 54 Jahre.

3.5.4. Korrelationsanalysen

3.5.4.1. Klinische Scores

Abschließend wurde versucht weitere Zusammenhänge zwischen den Variablen mittels der Korrelationsanalyse nach Kendall Tau für ordinal skalierten Daten zu finden.

In den Abbildungen 64 und 65 werden die Korrelationen der klinischen Scores als Streumatrix dargestellt. Die positiven Korrelationen, als Gerade dargestellt, sind statistisch hochsignifikant (p<0,001). Dementsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Patienten mit hohem Punktwert in einem Scoring-System auch in den anderen Scores hohe Punktwerte erzielen sowohl präoperativ als auch zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten.

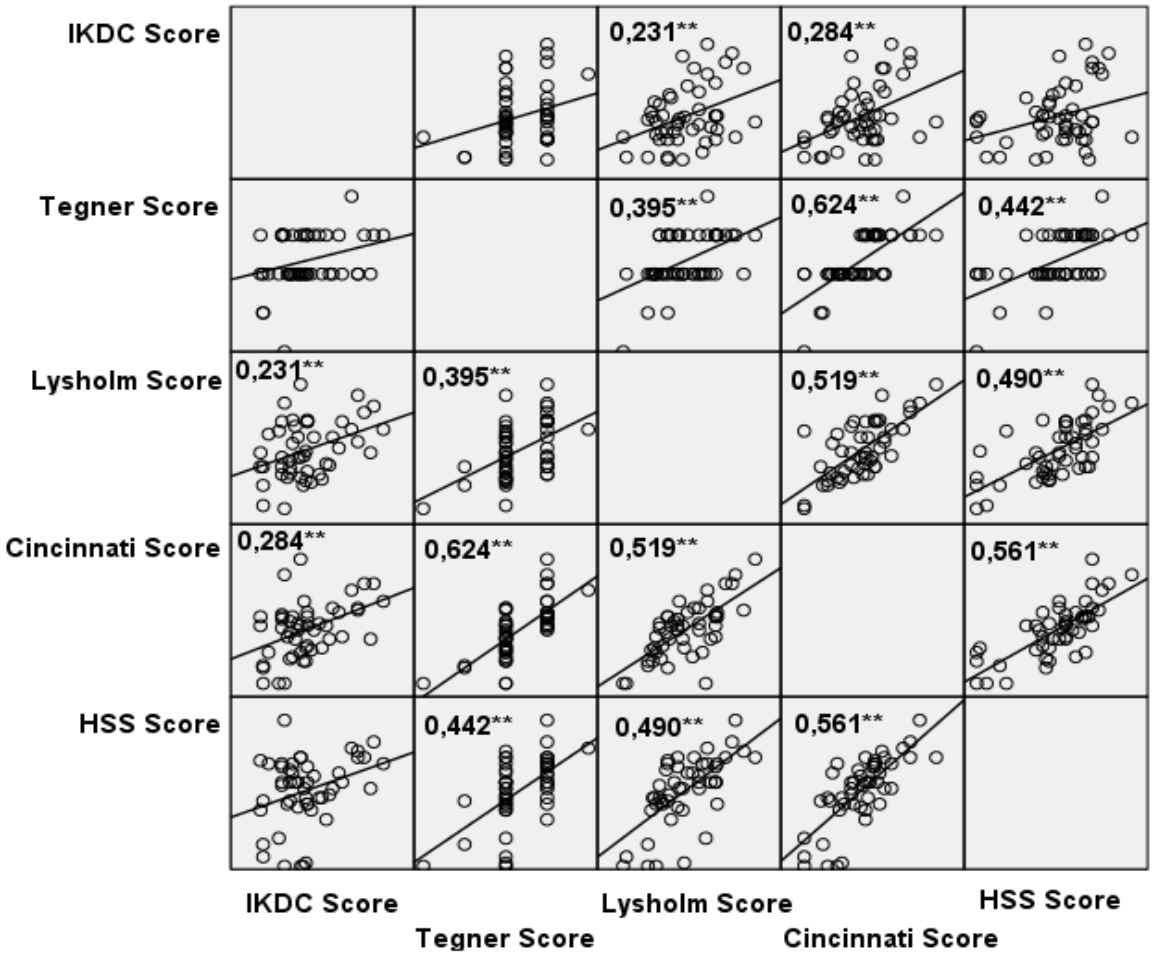

Abbildung 64: Darstellung der Korrelationen unter den präoperativen Parametern „subj. IKDC-Score“, „Tegner-Aktivitätsscore“, Lysholm-Gillquist-Score“, „Cincinnati-Score“ und „HSS-Score“, die bei den 49 Studienteilnehmern in der Schön Klinik Harthausen zwischen 2007 und 2010 präoperativ und zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten anhand standardisierter Fragebögen erhoben wurden. Zur Verdeutlichung des Korrelationszusammenhangs wurde durch die Streupunkte einer Interpolationslinie gelegt. Das Signifikanzniveau wurde mit 5% (p=0,05) angelegt. Bei statistisch signifikanter Korrelation wurde der entsprechende Korrelationsindex fett gedruckt an die Gerade gesetzt und bei p-Werten <0,05 mit einem Sternchen bzw. bei p-Werten <0,01 mit 2 Sternchen hervorgehoben. Wie ersichtlich, gab es zwischen den verschiedenen präoperativen Fragebögen-Ergebnissen hochsignifikante positive Korrelation.

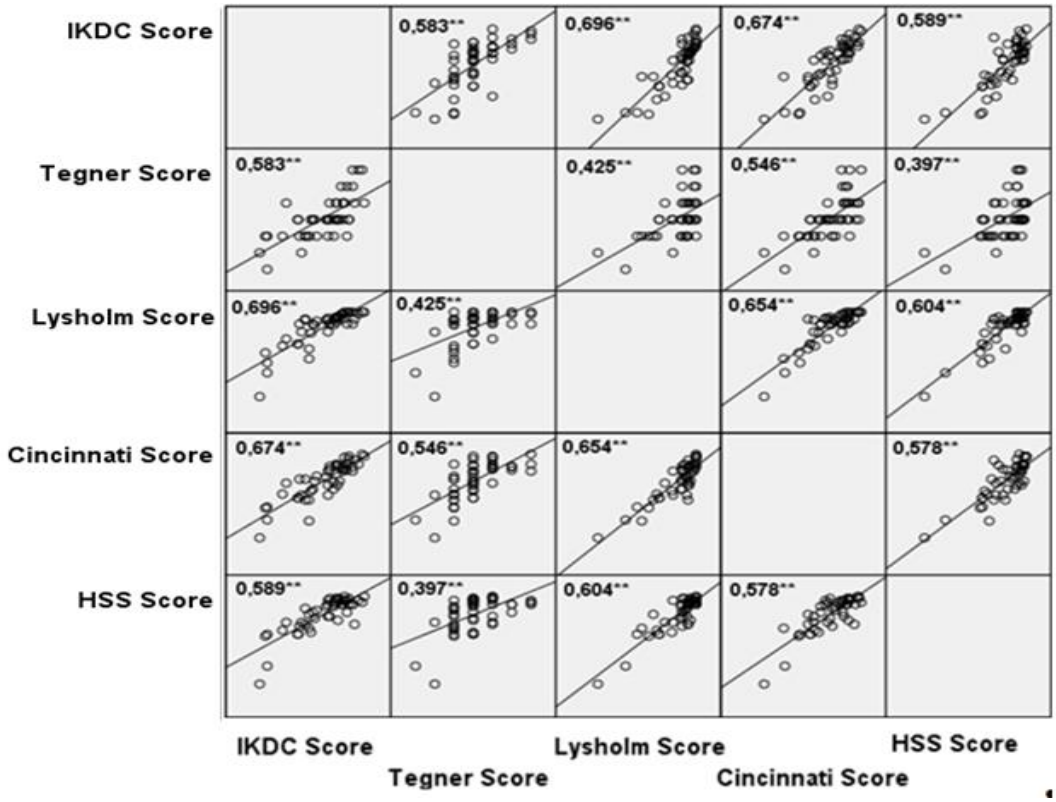

Abbildung 65: Darstellung der Korrelationen unter den postoperativen Parametern „subj. IKDC-Score“, „Tegner-Aktivitätsscore“; Lysholm-Gillquist-Score“, „Cincinnati-Score“ und „HSS-Score“, die bei den 49 Studienteilnehmern in der Schön Klinik Harthausen zwischen 2007 und 2010 präoperativ und zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten anhand standardisierter Fragebögen erhoben wurden. Zur Verdeutlichung des Korrelationszusammenhangs wurde durch die Streupunkte einer Interpolationslinie gelegt. Das Signifikanzniveau wurde mit 5% (p=0,05) angelegt. Bei statistisch signifikanter Korrelation wurde der entsprechende Korrelationsindex fett gedruckt an die Gerade gesetzt und bei p-Werten <0,05 mit einem Sternchen bzw. bei p-Werten <0,01 mit 2 Sternchen hervorgehoben. Wie ersichtlich, ergaben sich für alle postoperativen Fragebögen-Ergebnisse hochsignifikante positive Korrelationen.

3.5.4.2. Schmerzcharakteristika mit Kniefunktionalität

In der Analyse, grafisch in Abbildung 66 dargestellt, zeigt sich, dass Schmerzhäufigkeit und -intensität hochsignifikant miteinander korrelieren. Patienten mit häufigem Schmerzaufkommen beklagen einen stärkeren Schmerz. Diese Erkenntnis kann für den prä- und postoperativen Zeitpunkt geschlossen werden, postoperativ ist dieser Zusammenhang jedoch deutlicher ausgeprägt. Für beide Untersuchungszeitpunkte gilt eine negative Korrelation der Schmerzhäufigkeit mit der Kniefunktionalität, d.h. je häufiger der Patient Schmerz empfindet, desto geringer stuft er die Funktionalität des Knies ein. Die Intensität hat nur für den post-operativen Erhebungszeitpunkt eine statistisch signifikante negative Inter-

aktion mit der Kniefunktionalität. Weiterhin kann man anhand der Korrelationsanalyse nachvollziehen, dass kein Zusammenhang zwischen prä- und postoperativen Schmerzerlebnis sowie Funktionalität besteht. Häufiges und intensives Schmerzerlebnis vor Operation muss nicht mit gleichem Schmerzcharakter nach Operation einhergehen. Andererseits sind präoperativ mild ausgeprägte Schmerzereignisse nicht prädisponierend für geringe Quantität und Qualität des Schmerzes nach Operation. Auch für die Funktionalität konnte kein Zusammenhang nachgewiesen werden. Dementsprechend verteilen sich postoperative Funktion, Schmerzhäufigkeit und Schmerzintensität unabhängig von den präoperativ erhobenen Einstufungen.

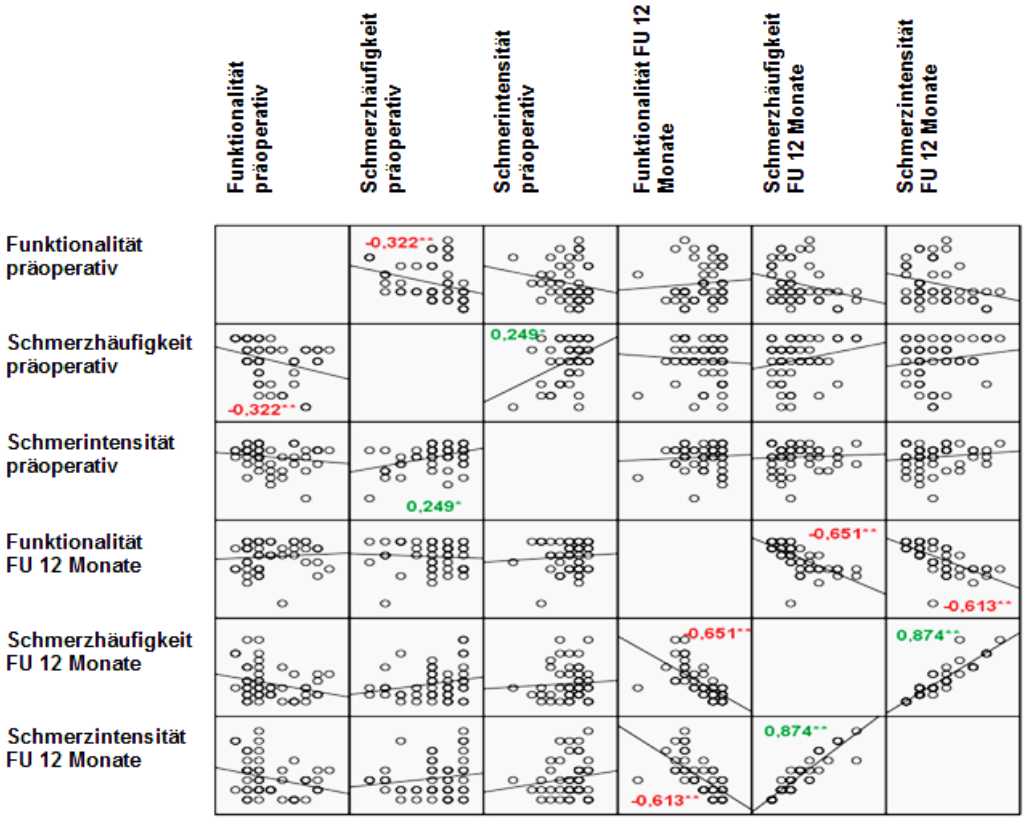

Abbildung 66: Darstellung der Korrelationen unter den prä- und postoperativen Parametern „Funktionalität“, „Schmerzhäufigkeit“ und „Schmerzintensität“, die bei den 49 Studienteilnehmern in der Schön Klinik Harthausen zwischen 2007 und 2010 präoperativ und zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten als Unterpunkt des IKDC-Fragebogens erhoben wurden. Zur Verdeutlichung der Korrelationszusammenhänge wurde durch die Streupunkte einer Interpolationslinie gelegt. Das Signifikanzniveau wurde mit 5% (p=0,05) angelegt. Bei statistisch signifikanter Korrelation wurde der entsprechende Korrelations-index fett gedruckt an die Gerade gesetzt und bei p-Werten <0,05 mit einem Sternchen bzw. bei p-Werten <0,01 mit 2 Sternchen hervorgehoben. Positive Zusammenhänge sind durch grüne Schriftfarbe, negative Zusammenhänge durch rote Schriftfarbe gekennzeichnet.

3.5.4.3. Schmerzcharakteristikum & Kniefunktionalität mit den Scores

Weiterhin war von Interesse, ob und in welchem Ausmaß ein Zusammenhang zwischen Schmerzerlebnis und den Ergebnissen in den Scores besteht. Interaktionen sind für den prä- und postoperativen Zeitpunkt, wie in den Streudiagrammen (Abbildung 67) grafisch dargestellt, nachzuweisen. In der Abbildung wurden die Punktewolken generiert und eine Interpolationslinie eingefügt. Der Korrelationskoeffizient nach Kendall-Tau wurde, sofern signifikant, bei negativem Zusammenhang in Rot und bei positiver Interaktion in Grün neben der entsprechenden Gerade hinterlegt. Für Korrelationskoeffizienten mit einem Sternchen gilt das Signifikanzniveau 0,05 und bei zwei Sternchen 0,01.

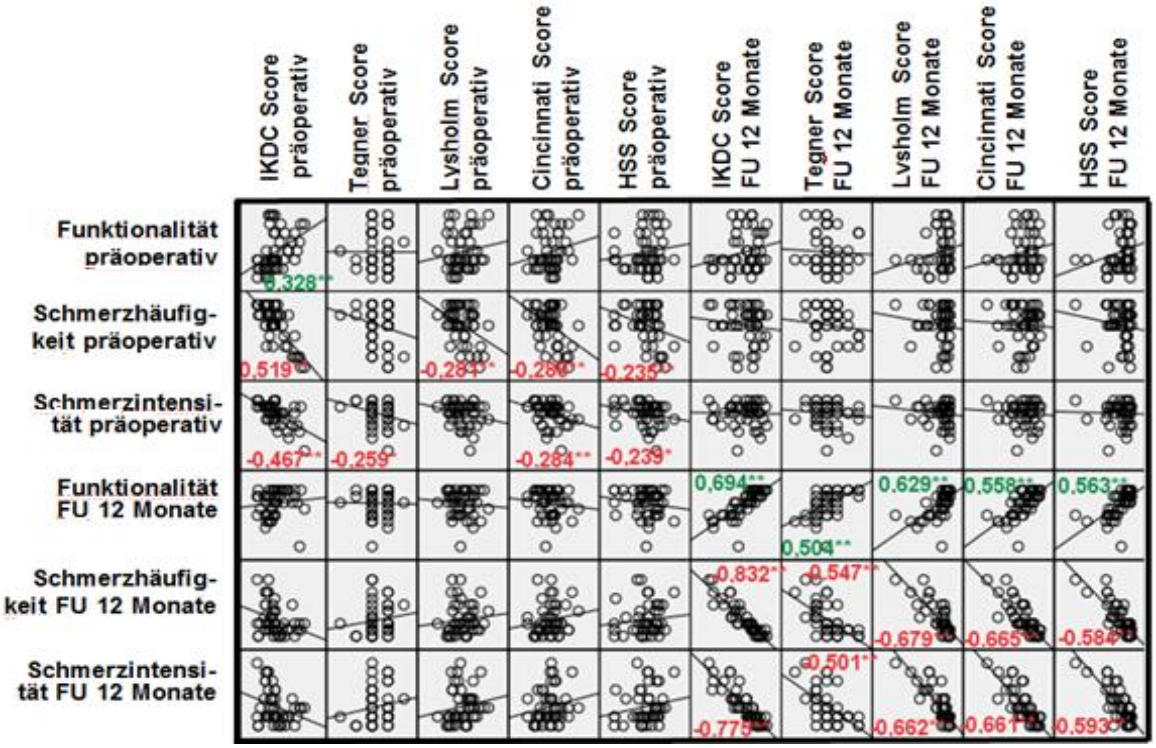

Abbildung 67: Darstellung der Korrelationen unter den prä- und postoperativen Parametern „Funktionalität“, „Schmerzhäufigkeit“, „Schmerzintensität“, „subj. IKDC-Score“, „Tegner-Aktivitätsscore“, „Lysholm-Gillquist-Score“, „Cincinnati-Score“ und „HSS-Score“, die bei den 49 Studienteilnehmern in der Schön Klinik Harthausen zwischen 2007 und 2010 präoperativ und zur Folgeuntersuchung (FU) nach 12 Monaten anhand standardisierter Fragebögen erhoben wurden. Zur Verdeutlichung der Korrelationszusammenhänge wurde durch die Streupunkte eine Interpolationslinie gelegt. Das Signifikanzniveau wurde mit 5% (p=0,05) angelegt. Bei statistisch signifikanter Korrelation wurde der entsprechende Korrelationsindex fett gedruckt an die Gerade gesetzt und bei p-Werten <0,05 mit einem Sternchen bzw. bei p-Werten <0,01 mit 2 Sternchen hervorgehoben. Positive Zusammenhänge sind durch grüne Schriftfarbe, negative Zusammenhänge durch rote Schriftfarbe gekennzeichnet.

Die präoperative Funktionalität, die als Teil des IKDC-Bogens abgefragt wurde, spielt für die Höhe der übrigen präoperativen Scores keine signifikante Rolle.
Grundlegend ist festzuhalten, dass sowohl für die Schmerzhäufigkeit als auch für die Schmerzintensität hochsignifikante Korrelationen zu beiden Zeitpunkten bestehen ($p<0,01$). Je häufiger der Patient ein Schmerzerlebnis wahrnimmt, desto niedriger sind die Punktwerte in den Scores. Auch für die Schmerzintensität lässt sich dieser Zusammenhang postulieren. Lediglich das präoperative Aktivitäts-niveau, im Tegner-Aktivitätsscore verschlüsselt, verteilt sich unabhängig von der Schmerzhäufigkeit, ist dafür aber niedriger, wenn die Schmerzintensität zunimmt. Für den Lysholm-Gillquist-Score besteht dagegen ein signifikanter Zusammen-hang mit der Schmerzhäufigkeit, nicht aber mit der Schmerzintensität.
Deutlicher ausgefallen sind die Korrelationen für die Folgeuntersuchung nach 12 Monaten. Für alle Scores gilt, dass je höher die Funktionalität eingeschätzt wird, desto höher fallen auch die Scoring-Werte aus. Auch dieser Zusammenhang zwischen Schmerzcharakter und klinischem Score, in den Streudiagrammen anhand der Interpolationsgerade nachvollziehbar dargestellt, ist postoperativ stärker ausgeprägt.
Die Korrelationen zwischen Häufigkeit und Intensität des Schmerzereignisses präoperativ und dem Ergebnis der klinischen Scoring-Systeme bei der Nachunter-suchung waren nicht signifikant, sodass deduktiv geschlossen werden kann, dass die Qualität und Quantität des Schmerzes vor Operationen nicht richtungsgebend für das Operationsergebnis sein muss. Sowohl Patienten mit starkem Schmerzer-lebnis als auch solche Patienten, bei denen das Schmerz-erleben bisher gering-gradig ausgeprägt war, können postoperativ hohe klinische Scores erhalten.
Gleiche Beobachtung lässt sich auch für die präoperative Funktionalität treffen. Auch hier verteilen sich die Punktwerte in den Scoring-Systemen unabhängig von der präoperativ vorhandenen Funktionalität des operierten Kniegelenks.

3.6. Komplikationen

Im Studienkollektiv kam es im ersten postoperativen Jahr zu insgesamt 8 Kompli-kationen bei 5 Patienten (10,2%), die sich wie folgt aufschlüsseln.
Eine Patientin (1/49= 2,04%) entwickelte innerhalb der ersten 2 Monate postoperativ während der ambulanten Rehabilitation eine Thrombose im Unterschenkel der betroffenen Seite, zeigte aber im weiteren Verlauf keine

Symptomatik einer Embolie. Im weiteren Heilungsprozess erzielte die Patientin in allen verwendeten Scoringsystemen gute bis sehr gute Ergebnisse und äußerte subjektiv Zufriedenheit mit dem Operationsergebnis.

Bei einer weiteren Patientin (1/49= 2,04%) wurde nach 6 Monaten bei der planmäßigen Röntgenkontrolle eine Pseudarthrose diagnostiziert. Die Patientin wurde daraufhin revidiert und erneut operativ versorgt. Aufgrund dessen wurden für diese Patientin bei Auswertung der Standardfragebögen mäßige bis schlechte Abschlussbeurteilungen ermittelt. Subjektiv gab die Patientin eine verbesserte Gelenkfunktion an.

Anhand der Röntgenbilder wurde bei 4 Patienten (8,2 %) ein deutlicher Korrekturverlust festgestellt, der mit einem schlechteren klinischen Ergebnis einherging.

Bei einer Patientin (2,04%) wurde im 1 Jahres-Follow-up eine Arthrofibrose diagnostiziert, die aufgrund der hohen Zufriedenheit und gebesserten Funktionalität des Kniegelenkes als nicht therapiebedürftig eingestuft wurde.

Bei einem Patienten (2,04%) wurde bei Metallentfernung ein Bruch der proximalen Kortikalisschraube festgestellt. Die Patienten mit diesen Komplikationen erreichten nahezu durchgehend gute bis sehr gute Score-Werte in den verschiedenen Scoringsystemen.

4. Diskussion

4.1. Patienten

Eine treatment per protocol Behandlung erfolgte bei 49 der 51 Patienten (96,1%), die ursprünglich in die Studie eingeschlossen wurden. Eine klinische Nachuntersuchung fand bei 100% der Patienten statt. Die Anfertigung von Röntgenbildern wurde für 3 Zeitpunkte (präoperativ, unmittelbar postoperativ sowie nach 12 Monaten) angesetzt. Bei 147 geplanten Aufnahmen konnten 117 (79,6%) Röntgenbilder für die statistische Auswertung der radiologischen Parameter herangezogen werden. Bei 2 Drop-out Fällen, von denen einer zur Knieendoprothese konvertiert worden ist und einem lost-to-follow-up Fall, konnten wir insgesamt ein zufriedenstellendes Follow-Up verzeichnen.

Die Homogenität des Patientenkollektivs war bezüglich operierter Seite und Geschlecht gegeben. Bezüglich des Alters konnte eine Normalverteilung bestätigt werden. Bei einer Variation zwischen minimal 24 und maximal 67 Jahren waren die meisten der Teilnehmer zum Operationszeitpunkt zwischen 45 und 60 Jahren alt. Auch bezüglich der BMI-Klassen herrschte eine gleichmäßige Verteilung. 32% (16/49) der Patienten waren laut Definitionskriterien der WHO als adipös zu bezeichnen. Der präoperative Knorpelstatus war bei 44 der 49 Patienten (89,8%) lediglich im medialen Kompartment heruntergesetzt. Bei 5 Patienten (10,2%) waren Knorpelschäden retropatellar in der Arthroskopie sichtbar. Einen akuten Symptomeintritt wurde von 8 Patienten (16,32%) beschrieben.

4.2. Ergebnisse im internationalen Vergleich

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, die kurzfristigen postoperativen Ergebnisse anhand mehrerer Scoring-Systeme zu erheben und in den internationalen Vergleich zu setzen.

Bereits frühere Studien haben gezeigt, dass mit einer HTO zufriedenstellende Ergebnisse erreichbar sind, diese jedoch mit der Zeit schlechter werden [27, 28, 73, 76]. Ein direkter Vergleich der verschiedenen Studien ist aufgrund unterschiedlichen Studienaufbaus und Operationstechnik problematisch. Durch die stetige Weiterentwicklung des Operationsprinzips seit Erstbeschreibung stehen dem Operateur diverse Optionen für Osteotomieart und –stabilisierung zur Verfügung. Zudem wird von jedem Autor ein individuelles Rehabilitationsprogramm präferiert.

Die von uns durchgeführte Studie umfasste mit 49 Patienten ein geringfügig

größeres Patientenkollektiv als die in der Literatur veröffentlichten Studien. Bezüglich der Geschlechter- und Altersverteilung sind die publizierten Arbeiten jedoch vergleichbar.

Betrachtet man die Ergebnisse der klinischen Scores, so wird deutlich, dass es innerhalb des ersten postoperativen Jahres zu einer deutlichen Verbesserung in allen abgefragten Klassifikationen kam. Der Aktivitätslevel, erhoben zur Nachuntersuchung nach 6 und 12 Monaten, wurde signifikant gesteigert, auch wenn das präsymptomatische Niveau nicht mehr erreicht werden konnte, wie man anhand des Tegner Scores ableiten kann. Wir bestimmten im Median vor Einsetzen der Symptomatik ein Niveau von 5, präoperativ von 2 und postoperativ von 4. Unsere Ergebnisse spiegeln die aktuelle Datenlage anderer Publikationen wieder. Gleiche Beobachtungen konnte Nagel [124] in seiner retrospektiv angelegten Studie machen, in der er feststellte, dass das präoperative Aktivitäts-niveau insgesamt gehalten werden konnte, nachdem direkt postoperativ auch dem strengen Nachbehandlungsschema geschuldet der Aktivitätslevel zunächst abfiel. Hoell et al. [68] evaluierten den Verlauf des Tegner-Aktivitätsscore bei OW- und CW-HTO und registrierten bei beiden Gruppen eine signifikante Verbesserung des Scores. Vor Operation war der Mittelwert in beiden Gruppen bei 3. Nach 22 Monaten wurde nach OW-HTO mit einem Median von 4,3 ein leicht höherer Score erzielt als nach CW-HTO (Median: 3,9). Bei einem geringeren Ausgangsniveau stellten wir eine ähnlich gute Steigerung des Aktivitätlevels wie Klinger et al. [95] fest, in deren Studie der Median von 3 (Min: 2, Max: 6) auf 5 (Min: 4, Max: 7) stieg. Lediglich Magyar et al. [110] verzeichneten bei Hemikallotasis eine deutlichere Steigerung des Aktivitätniveaus auf postoperativ 10, hatten aber in ihrer Studie bei einem präoperativem medianen Tegner-Score von 6 ein insgesamt sportlich aktiveres Patientenkollektiv betrachtet. Diese Unterschiede in den Ergebnissen können auch auf unterschiedliche Nachuntersuchungszeiträume zurückzuführen sein. Wie unsere Ergebnisse zeigen, können nur wenige Monate entscheidend auf das maximal mögliche Aktivitätsniveau Einfluss nehmen.

Als weitere Variable wurde der Lysholm-Gillquist-Score gewählt, der als Fragebogen bei Bandinstabilitäten häufig Anwendung findet. Niedrige Punktwerte können somit durch Knieinstabilitäten bei einem laxen Bandapparat bedingt sein, auch wenn weitere Faktoren maßgeblich Einfluss nehmen. Wir konnten für unser Patientenkollektiv eine signifikante Verbesserung des Lysholm-Gillquist-Scores von 46 auf postoperativ 92 Punkte nachweisen. 35 Knie (70%) hatten ein gutes

oder sehr gutes Ergebnis, aber auch 14 (28,6%) Patienten lediglich ein schlechtes oder mäßiges Resultat. Die vorliegende Arbeit zeigt postoperativ bessere Medianwerte als andere zum Vergleich herangezogene Studien. Dieses betrifft insbesondere Studien über die OW-HTO ohne Spongiosaplastik wie bei Zhang et al. [174], deren ermittelter Score im Schnitt präoperativ bei 42,5 und postoperativ bei 77,5 Punkten lag. Bei Kolb et al. [94] lag der Lysholm-Gillquist-Score postoperativ bei 83 Punkten. In Publikationen über OW-Osteotomien mit obligater Spongiosaplastik fiel der Lysholm-Gillquist-Score bei einem im Vergleich zur hier dargelegten Studie höheren Ausgangspunktwert postoperativ niedriger aus, sodass die Score-Verbesserung weniger deutlich war als in der vorliegenden Studie. So stieg der Score in der Studie von Orsel et al. [135] von 54 auf 82 Punkte, bei DeMeo et al. [36] bei gleichem Ausgangswert auf 89 Punkte. Bei Ozkaya et al. [137] lag der Score präoperativ bei 61 und postoperativ bei 86 Punkten. Auch in den Hemikallotasis-Studien fiel der Anstieg des Lysholm-Gillquist-Scores geringer aus als in der vorgestellten Arbeit. Bei Klinger et al. [91] stieg der Punktwert von 55 auf 89 Punkte. Magyar et al. [109] beschrieb einen Anstieg von 56 auf 91 Punkte nach Hemikallotasis-Technik. In gleicher Studie wurden von Magyar et al. für die CW-Technik präoperativ einen Punktwert von 56 und für postoperativ einen Wert von 86 Punkten. Bei Hoell et al. [68] zeigten sich für die CW-Technik bei einem Score von 42 präoperativ und 63 Punkten postoperativ deutlich niedrigere Werte. Aufgrund dieser Ergebnisse und des höheren Komplikationsrisikos sind diese Operationstechniken kritisch zu bewerten.

Der HSS-Score, der insbesondere nach Totalendoprothetiken als qualitätssichernde Maßnahme Anwendung findet, verbesserte sich bei unserem Studienkollektiv von präoperativ im Median 78 Punkten auf 94,50 nach einem Jahr. Damit steigerte sich der Score um durchschnittlich 17 Punkte. Bei der Nachuntersuchung wurden 41 Knie (83,7%) als sehr gut und 8 Knie (16%) als gut eingestuft. Es gab keine mäßigen oder schlechten Resultate. Die von uns aufgeführten Ergebnisse sind mit denen anderer Studien, unabhängig von zugrundeliegender Technik, vergleichbar. Nach OW-Osteotomie mit Plattenstabilisierung stieg der HSS-Score bei El Assal [42] von präoperativ 73 und postoperativ 94,5 Punkte. Esenkaya et al. [44] publizierten einen Anstieg von 58 auf 89 Punkte. In der Studie von Kolb et al. [94], die das gleiche Studiendesign aufweist, wurde postoperativ ein Score von 86 Punkten erreicht, jedoch wurden nur ca. 80% der Knie als sehr gut oder gut klassifiziert. In den Studienergebnissen von DeMeo et al. [36], welche die OW-Technik

mit einer Spongiosaplastik ergänzten, stieg der Score von 75,9 auf 92,7 Punkte. Magyar et al. [109] wählte ein Studiendesign, das den Vergleich zwischen Hemikallotasis-Technik und CW-HTO ermöglichte. Bei CW-HTO stieg der HSS-Score von 67 auf 89 Punkte. Nach Hemikallotasis-Technik wurde ein Anstieg des HSS-Scores von 69 auf 94 Punkte beschrieben. Auch in anderen Studien mit Hemikallotasis-Technik wurde postoperativ ein ähnlich hoher Score erzielt. Bei Klinger et al. [91] stieg der Score von 69 auf 92 Punkte. Gerdhem et al. [52] beschrieb einen Anstieg des HSS-Scores von 73 auf 84 Punkte. Bei Baums et al. [11] lag der HSS-Score präoperativ bei 67 und post-operativ bei 82 Punkten. In den Studien von Gerdhem et al. [52] sowie Baums et al. [11] wird jedoch ersichtlich, dass prozentual gesehen weniger Knie ein sehr gutes Endergebnis aufweisen als in der von uns dargestellten Studie. Bei Gerdhem et al. [52] wurden nach Klassifikationskriterien des HSS-Scores nur 50% der Knie als sehr gut sowie 36% als gut eingestuft. In der Studie von Baums et al. [11] erhielten 70,5% der Knie das Prädikat sehr gut oder gut.

Iorio et al. [78] zeigten bei der Veröffentlichung der kurzfristigen Ergebnisse nach navigierter OW-HTO eine Verbesserung des Cincinnati-Scores von 46.5 ± 7.2 auf 84.6 ± 8. Die von uns ermittelten Medianwerte lagen zu beiden Untersuchungszeitpunkten etwas geringer mit präoperativ 42 und postoperativ 77 Punkten.

Einen Eindruck über die subjektive Einschätzung des Ergebnisses liefert der Unterpunkt “Kniefunktionalität” im IKDC-Fragebogen, der wie der Tegner Score zu 3 Zeitpunkten evaluiert wurde, sowie das Endergebnis des subjektiven IKDC Scores, das nicht nur die Fähigkeit bestimmte Alltagstätigkeiten (z.b. Hocken, Anlaufen, Hinknien) auszuführen, sondern auch als einziger Bogen subjektive Schmerzwahrnehmung und Symptomatik wie Schwellung und Instabilität in die Auswertung einbezieht. Unser präoperativ ermittelter IKDC-Score lag bei 32,18 Punkten. Durchschnittlich 13 Monate nach Operation betrug dieser dann 78,16 Punkte. Die Patienten geben subjektiv eine signifikante Verbesserung der Kniebeschaffenheit an. Bei genauerer Aufschlüsselung der Unterpunkte, wie im Ergebnisteil grafisch gezeigt, wurde deutlich, dass Schmerzhäufigkeit- und Schmerzintensität nach OP niedriger eingeschätzt wurden, wie auch Esenkaya et al. [44] beobachteten, sowie die Kniefunktionalität stark verbessert erschien, auch wenn, ähnlich wie beim Aktivitätsniveau, das präsymptomatische Ergebnis nicht wiederhergestellt werden konnte. Dennoch fühlten sich der Großteil der Patienten in

ihrem Alltag durch die Restsymptomatik nicht eingeschränkt. Niemeyer et al. [129] betrachteten bei ihrer Studie ebenfalls den Verlauf des subjektiven IKDC-Scores und fanden eine signifikante Steigerung von 47.25 ± 18.71 Punkten vor Operation auf 72.72 ± 17.15 Punkte 36 Monate nach Operation. Aufgrund des unterschiedlich angelegten Nachuntersuchungszeitpunkts (1 Jahr in der vorliegenden Arbeit gegen 3 Jahre bei Niemeyer) sind unsere Ergebnisse nur bedingt vergleichbar. Bei einem niedrigen Ausgangswert war die Verbesserung im IKDC-Score in der vorliegenden Arbeit deutlicher als bei Niemeyer. Es bleibt für einen direkten Vergleich mit Niemeyers Studie abzuwarten, wie sich der IKDC-Score im weiteren postoperativen Verlauf entwickelt.

Als weiterer Messparameter wurde die ROM erhoben, die Aufschluss über Kniebeweglichkeit und –funktionalität liefert. Die ROM ist von besonderer Bedeutung, da sie nicht nur in mehreren Fragebögen abgefragt wird, sondern weitere Unterpunkte dieser Bögen wie z.B. die Durchführung bestimmter Alltagsaktivitäten (z.B. Hocken, Hinknien) maßgeblich beeinflusst. Ohne den entsprechenden Bewegungsumfang sind solche Aktivitäten nicht möglich, sodass der Score folgerichtig niedriger ausfällt. Die durchschnittliche ROM betrug in dieser Studie vor Operation 124,9° und nach OP 127,4°. In unserer Arbeit konnten wir keine signifikanten Unterschiede zwischen der prä- und postoperativ möglichen ROM feststellen. Dieses Ergebnis wurde in Publikationen anderer Autoren unabhängig von angewandter Operationstechnik, bestätigt. Esenkaya et al. [44] beschrieb nach OW Osteotomie keine Verschlechterung der ROM bei Verbesserung der Schmerzhäufigkeit und Schmerzintensität. In der Studie von Ozkaya et al. [136], in der nach öffnender Osteotomie obligat eine Spongiosaplastik durchgeführt wurde, sank die ROM postoperativ minimal von 128° auf 127°. Hoell et al. [118] wählten einen vergleichenden Studienaufbau zwischen OW- und CW-Technik. Die ROM stieg bei OW-HTO von 127° auf 129° nach Operation und bei CW-HTO von 124° auf 127°, sodass kein signifikanter Unterschied belegt werden konnte.

Insgesamt lässt sich postulieren, dass zwischen subjektiver Einschätzung des Patienten, wiedergegeben in Form des IKDC-Scores, und den objektiven klinischen Scores ein positiver Zusammenhang besteht. Eine objektive Verbesserung der Kniefunktionalität und –beschaffenheit erzielt eine ähnlich gerichtete subjektive Empfindung beim Patienten. Im internationalen Vergleich sind die Ergebnisse zufriedenstellend. Durchgängig konnten gleich gute oder gar bessere Ergebnisse erreicht werden, die jedoch aufgrund der unterschiedlichen

Nachuntersuchungzeiträume nur bedingt vergleichbar sind, sodass ein erneuter Vergleich im weiteren Verlauf neue Erkenntnisse liefern kann und sollte.

4.2.1. Radiologische Parameter

Der präoperative deutlich varische Winkel der anatomischen Achse von 179,2° wurde bei einem durchschnittlichen Korrekturwinkel von 5° auf postoperativ 174,5° in den Normbereich gesenkt. Somit konnte eine zufriedenstellende Korrektur erreicht werden. Innerhalb des ersten postoperativen Jahres verschlechterte sich der Winkel leicht auf 175,4°, einem Korrekturverlust von -0,92° entsprechend. Weiterhin wurde der Tibiavarus bestimmt, der den knöchern bedingten Anteil der Varusfehlstellung wiedergibt. Bei hochsignifikanten Korrelationen zwischen tibiofemoralem Winkel und Tibiavarus zeigt sich, dass der größere Anteil der Fehlstellung auf knöcherner Basis beruht. Der Tibiavarus wurde von präoperativ 4,9° um 5,5° auf einen Valgus von -0,72° direkt postoperativ umgestellt. Angaben über den Tibiavarus sind in den bisherigen Publikationen wenig veröffentlicht worden, sodass ein internationaler Vergleich nicht möglich ist. Bis zur Nachuntersuchung nach einem Jahr wurde in der Tibia ein leicht varischer Winkel von 0,7° wiederhergestellt. Mögliche Grundlage ist eine nicht komplette Durchbauung des Osteotomiespaltes, sodass eine leichte Komprimierung des Spaltes insbesondere bei Belastung des Beines zu einem Korrekturverlust geführt haben kann.

Von Interesse war ebenfalls die Weite des medialen Gelenkspaltes im Vergleich zur Weite des lateralen Gelenkspaltes. Als Zeichen der Gonarthrose zählt die Gelenkspaltverschmälerung, die präoperativ bei einem Wert von 50% im medialen Gelenkspalt dominiert. Durch die Umstellung wird der mediale Spalt im Vergleich zum lateralen Anteil geöffnet. In unseren Daten war das Verhältnis postoperativ bei 70%. Bis zur Nachuntersuchung konnte diese Weite konsolidiert werden, sodass der mediale Gelenkspalt ca. 79% der Weite des lateralen Spaltes erreichte. Mögliche Grundlage dieser Beobachtung könnte einerseits eine Verschmälerung des lateralen Spaltes sein, sodass der mediale Gelenkspalt im Verhältnis weiter geöffnet scheint. Insbesondere bei Überkorrekturen sind derartige Veränderungen denkbar, da durch die Verschiebung der Hauptbelastungszone in das laterale Kompartiment eine arthrotische Deformierung mit Gelenkspaltverengung als radiologischem Zeichen begünstigt wird, wie auch Hernigou et al. [66] bereits feststellten. Eine andere mögliche Begründung für die weitere Verbesserung der Gelenkspaltweite kann eine effektive Verbreiterung des medialen

Spaltes durch Resorbierung von aufgetriebenem Knorpel sein, insbesondere da die Belastung aus dem medialen Gelenkbereich verlagert wird und der zuvor stark belastete Knorpel geschont wird.

Da es bei Änderungen in der sagittalen Achse gleichzeitig systemimmanent durch die Operationstechnik auch zu Veränderungen in der frontalen Achse kommen kann, beobachteten wir ebenfalls die Veränderungen des tibialen Slopes im Verlauf. Obwohl eine Korrektur der sagittalen Neigung bei bestimmten Patienten gewünscht ist, ist verfahrensimmanent bei jeder Umstellung mit einer inadäquaten Veränderung des tibialen Slopes zu rechnen [12, 47, 65, 66, 104, 105, 113, 126, 149, 151]. Während die dorsale Neigung des Tibiaplateaus vor Operation im Schnitt bei 4,9° lag, wurde diese bis zur Kontrolle am 2. postoperativen Tag auf 5,7° erhöht. Dieser Trend setzte sich bis zur Nachuntersuchung mit Bildgebung nach 12 Monaten fort, sodass ein Slope von durchschnittlich 6,3° gemessen wurde. Bei Normwerten zwischen 0 und 8° in der Literatur liegen alle gemessenen Durchschnittswerte der Studie im physiologischen Bereich. Dennoch ist in den Daten eine Tendenz zur Zunahme des Slopes zu erkennen, die bereits von vielen Autoren beobachtet worden ist [35, 53, 113]. Vasconcellos et al. [162] gaben als Ursache an, dass der Osteotomiespalt verfahrensbedingt anterior mehr geöffnet wird als posterior. In einer Studie stellte Noyes fest, dass ein derartiger Fehler von 1 mm in der Osteotomiespalte den tibialen Slope um ca. 2° verändert [131]. Der tibiale Slope wurde in der vorliegenden Arbeit durchschnittlich um 1,4° erhöht und wurde damit im internationalen Vergleich eher geringfügig verändert. In der Literatur publizierte Werte lagen durchschnittlich zwischen 3 und 5° [127]. Marti et al. [113] publizierte einen Mittelwert von 4,2°. Auch Giffin et al. [53] ermittelten in ihrer Kadaverstudie eine Erhöhung um durchschnittlich 4°, die er jedoch als nur eingeschränkt relevant bewertete, da durch die geringen Veränderungen des tibialen Slopes von 4° die Kräfte in den Kreuzbändern nur unwesentlich beeinflusst werden. Da wir jedoch in unserer Studie bei 3 Patienten signifikante Pathologien der Bänderstabilität feststellten, sollte eine genaue Kontrolle und präzise Operationstechnik eingehalten werden. Es empfiehlt sich, basierend auf den publizierten Erkenntnissen, intraoperativ den Verlauf der Osteotomie parallel zum tibialen Slope anzustreben und explizit darauf zu achten, den Osteotomiespalt anterior kleiner als posterior zu öffnen. Von besonderem Nutzen könnte sich in diesem Zusammenhang auch der Einsatz von Navigationssystemen erweisen, die parallel Veränderungen des tibialen Slopes registrieren können, sodass bereits

intraoperativ reagiert werden kann. Für die Prüfung dieser Hypothese ist jedoch ein Studiendesign notwendig, das die Ergebnisse zwischen einem navigierten und einem nicht navigierten Kollektiv betrachtet.

Aufgrund vieler Publikationen, in denen die Veränderung der Patellahöhe als kritisch zu bewerten ist, wurde die Patellahöhe in dieser Arbeit anhand von zwei gängigen Indices ausgewertet. Beim Index nach Caton-Deschamps waren zu allen Untersuchungszeitpunkten im Median Normwerte ermittelt worden. Präoperativ betrug der Index 1,00, postoperativ 1,09 und nach 12 Monaten 1,1. Insgesamt deutet die Tendenz auf eine Änderung der Patellahöhe im Sinne einer Patella alta. Nach Grelsamer [57] ist der Caton-Deschamps-Index für eine Beurteilung der Patellahöhe nach Tibiaosteotomien jedoch weniger geeignet, da er durch Veränderungen der Gelenklinie stark beeinflusst wird. Bei der von uns beschriebenen Operationstechnik, bei der die Osteotomiehöhe oberhalb der Tuberositas tibiae angelegt ist, ist systemimmanent durch Anhebung der Gelenklinie eher von einer Tendenz zum Patellatiefstand auszugehen.

Eine Tendenz im Sinne einer Patella baja war im Blackburn-Peel-Index erkennbar, auch wenn bei durchgehend normwertigen Medianwerten der untere Grenzwert nicht unterschritten wurde. Während der präoperativ bestimmte Index bei 0,86 lag, wurde er durch die HTO auf 0,83 gesenkt und fiel bis zur radiologischen Nachkontrolle nach einem Jahr auf 0,77. Da die beiden Patella-Indices auf unterschiedliche Tendenzen hinweisen, sind die angegebenen Werte kritisch zu beurteilen. Mögliche Ursachen dafür können einerseits Ablesefehler sein, andererseits war die Reproduzierbarkeit der Röntgenbilder (z.B. Symmetrie, korrekte Flexionsstellung) nicht immer gegeben, sodass durch die Aufnahmetechnik Messfehler implementiert werden. Im Allgemeinen gilt der Blackburn-Peel-Index als weniger störanfällig als der Caton-Deschamps-Index, sodass als zentrale Tendenz bezüglich der Patellahöhe eher von einer Entwicklung im Sinne eines Patellatiefstandes auszugehen ist. Dieses könnte jedoch sowohl auf Veränderungen der anatomischen Strukturen als auch auf Adhäsionsprozesse zurückzuführen sein. Daher ist eine frühe Mobilisation im postoperativen Procedere von großer Bedeutung, damit ein Patellatiefstand verhindert werden kann, der in der Literatur bereits mehrfach beschrieben wurde [28, 49, 66, 84, 142, 149, 168]. Literaturangaben variieren zwischen 7,6- 8,8% [148, 168], sodass die vorliegende Arbeit bei 0% tiefstehenden Patellae ein sehr gutes Ergebnis hat. Wright et al. [168] sehen die Absenkung der Patella begründet im Anheben der tibiofemoralen Gelenklinie,

sodass die Patella im Verhältnis zur Gelenklinie tiefer steht. Besonders häufig und ausgeprägt wird der Patellatiefstand bei Anlegen der Osteotomie proximal der Tuberositas tibiae beobachtet [20, 25, 87] sowie bei Stabilisierung durch einen Gipsverband mit Immobilisation im frühen postoperativen Verlauf [148], wie er heutzutage nicht mehr üblich ist. Durch die Verwendung der neuen stabilen internen Fixationsmethoden [114, 115], wie sie mit der winkelstabilen Platte auch bei unserer Studie genutzt wurde, konnte die Inzidenz der Patella baja deutlich gesenkt werden. Grundlage hierfür ist die Durchführung offensiver postoperativer Mobilisationsmaßnahmen im frühen postoperativen Verlauf, welche die Ausbildung von Adhäsionen und Vernarbungen präventiv vorbeugen [17, 168]. Da beide von uns erhobene Indices im postoperativen Verlauf keine signifikante Änderung der Patellalage zeigen, können Änderungen der Patellahöhe durch Ausbildung von Narbengewebe weitestgehend ausgeschlossen werden. Dieses kann als Indikator für ein suffizientes postoperatives Rehabilitationsprogramm angesehen werden. Weiterhin von Vorteil ist die Etablierung von Navigationssystemen, die eine inadäquate Änderung von Patellahöhe, aber auch von Rotationsmomenten der Tibia sowie des tibialen Slopes direkt registrieren. Eine weitere Präzisierung der Software und Standardisierung in der Anwendung der Navigationssysteme ist empfehlenswert, da bei vorliegender Patella baja, verursacht durch eine Fehlstellung im patellofemoralen Gelenkkompartiment, gehäuft ein vorderer Knieschmerz angegeben wird [113], der die subjektive Patientenzufriedenheit als auch die Ergebnisse der klinischen Scores signifikant heruntersetzt.

4.2.2. Komplikationen

Mit Komplikationen bei 10,2% der Patienten weist die Studie im internationalen Vergleich eine relativ niedrige Komplikationsrate auf, die in der Literatur je nach Quelle zwischen 2 und bis zu 51% angegeben wird. [105, 125, 128, 151].

Als typische Komplikationen der OW-Osteotomie werden im Allgemeinen die verzögerte oder ausbleibende Knochenheilung [47, 65, 66, 77, 101, 105, 125, 126, 149, 151, 155, 161, 164, 171] und der Korrekturverlust [6, 12, 24, 35, 47, 65, 66, 77, 105, 126, 142, 151] beschrieben. Bei einer Delayed-union kann es auf Höhe der Osteotomie zur Ausbildung einer Pseudarthrose [6, 12, 27, 49, 101, 121, 173] kommen, die bei CW-HTO zusätzlich im Bereich der Fibulaosteotomie auftreten kann [115]. Zu den intraoperativ auftretenden Komplikationen zählen die intraartikuläre Platzierung der Schrauben [128], Frakturen der lateralen Kortikalis mit

resultierender Instabilität der Osteotomie [105, 125, 128, 155] und die intraartikulären Frakturen des Tibiaplateaus [2, 16, 41, 44, 52, 66, 83, 110, 116, 127, 128, 139, 149, 151, 152]. Im frühen postoperativen Verlauf werden insbesondere Infektionen gefürchtet [16, 17, 26, 47, 52, 65, 66, 77, 101, 105, 110, 125, 126, 127, 142, 149, 151, 152, 155, 171], die besonders häufig bei Stabilisierung durch einen externen Fixateur auftreten [167]. Insbesondere orthopädische Operationen gehen mit einem hohen Risiko für Thromboembolien [2, 16, 44, 47, 65, 66, 77, 95, 101, 105, 125, 126, 127, 142, 149, 151, 152, 171] einher. Schwerwiegende Lungenarterienembolien wurden aber nur selten registriert [44, 77]. Weiterhin muss wie bei jeder Operation die Gefahr einer Blutung und verzögerten Wundheilung [47, 65, 66, 105, 106, 126, 151] beachtet werden. Durch übermäßige Belastung kann es insbesondere bei Adipositas im postoperativen Verlauf zu Versagen oder Bruch von Schrauben und Metallplatte kommen [12, 151, 155]. Es besteht zudem das Risiko, neurovaskuläre Strukturen zu schädigen [49, 50, 51, 101, 171]. Dieses betrifft vor allem den Nervus peroneus, der bei lateral schließendem Operationsansatz durch die nötige Fibulaosteotomie in Gefahr gerät [27, 32, 33, 34, 47, 51, 65, 66, 81, 83, 84, 105, 125, 126, 151]. Neben der direkten Verletzung tritt eine Beeinträchtigung des Nervs gehäuft bei Kompartmentsyndromen auf, die insbesondere bei CW-HTO durch Ablösung der Extensorenmuskulatur vorkommt [15, 27, 41, 47, 50, 51, 77, 83, 84, 110, 121, 139, 142, 149].

Bei keinem unserer Patienten stellten wir eine Schädigung von Nerven- oder Gefäßstrukturen fest. Auch Fehlplatzierungen von Schrauben oder Frakturen waren bei keinem Patienten aufgetreten. In unserem Patientenkollektiv befanden sich als Risikopatienten 11 Raucher und 2 Diabetiker. Nur eine stark adipöse Patientin (2%) entwickelte eine Delayed-union mit Ausbildung einer Pseudarthrose (2%), obwohl in der Eigenanamnese keine Risikofaktoren bekannt waren. Auch die Versorgung mit einer Spongiosaplastik in einer Revisionsoperation nach 6 Monaten konnte die ossäre Durchbauung nicht stimulieren. Bei einem anderem übergewichtigen Patienten (2%) kam es zum Bruch der proximalen Kortikalisschraube. Bei Metallentfernung konnten alle Anteile des Implantats entfernt werden. Das Implantatversagen hatte keinen weiteren Einfluss auf den Heilungsprozess und es kam nicht zum Korrekturverlust. Aufgrund der Einhaltung der vorgeschriebenen Hygienemaßnahmen wurde bei keinem unserer Patienten im postoperativen Verlauf eine Infektion festgestellt. Eine Patientin entwickelte während ihrer ambulanten Rehabilitationsmaßnahme eine Thrombose im Unterschenkel der operierten

Seite. Diese Komplikation hatte jedoch keinen Einfluss auf das klinische Ergebnis und die angewandten Scoringsysteme.

4.3. Einflussfaktoren

In den Regressionsanalysen wurde der Einfluss folgender Parameter auf das klinische Ergebnis statistisch geprüft: Alter, Body-Mass-Index, Geschlecht, tibiofemoraler Winkel prä- und postoperativ, Tibiavarus prä- und postoperativ, Gelenkspaltweite prä- und postoperativ, tibialer Slope prä- und postoperativ, Patellahöhe prä- und postoperativ sowie Korrekturwinkel und Korrekturverlust. Als Risikofaktoren werden in der Literatur eine starke Achsabweichung von mehr als 10°, Ligametinstabilitäten, der Grad der arthrotischen Veränderung vor OP, ein BMI größer 10% des Idealgewichts und ein Alter von mehr als 50 Jahren zum Operationszeitpunkt angegeben [127, 142, 153]. Bei der separaten Auswertung der Punktwerte für Männer und Frauen waren in mehreren Kategorien signifikante Unterschiede zu beobachten. Während der präoperative Gesamtgruppengrad des IKDC-Fragebogens keine geschlechterspezifische Verteilung zeigte, wurden in der Subkategorie „passives Bewegungsdefizit“ weniger Männer normal eingestuft (14/26= 53%) als Frauen (19/23= 82%). Ein Jahr nach Operation war eine derartige Verteilung nicht mehr zu beobachten. Männer hatten mit 130° eine signifikant bessere ROM als Frauen mit 127,5°. Im subjektiven Teil des IKDC-Fragebogens beurteilten männliche Patienten bei einem durchschnittlichen Wert von 82,75 ihr Ergebnis signifikant besser als die Frauen mit 69,54 Punkten. Beim Unterpunkt „Kniefunktionalität“ stuften Männer das operierte Knie im Median bei 10 ein, Frauen dagegen bei 8,5. Weiterhin wurde in einer Frage dieses Bogens die Schmerzhäufigkeit evaluiert. Auch hier gaben Männer bessere Werte an, hatten also seltener ein Schmerzerlebnis, das sich in der Schmerzintensität aber nicht von den Angaben der Frauen unterschied. Auch die Beurteilung der Aktivität lieferte bei Männern und Frauen ein unterschiedliches Ergebnis. Bei gleichem Aktivitätsniveau nach 12 Monaten konnte der Großteil der Männer im Gegensatz zu den Frauen bereits nach 6 Monaten Gelegenheitssport ausüben. Diese Ergebnisse widersprechen den publizierten Resultaten von Nagel et al. [124], die für Frauen und Patienten mit geringer Aktivität die besten subjektiven Werte berichteten. Auch von Miller et al. [117] hatten weibliche Studienteilnehmer signifikant bessere Kurzzeitergebnisse als die männlichen Patienten. Nach Aglietti et al. [2] haben Männer nicht nur bessere Kurzzeit- sondern auch bessere Langzeitergebnisse als Frauen, was auf-

grund des in der vorliegenden Arbeit angelegten kurzen Nachuntersuchungszeitraums nicht zu beurteilen ist.

In Bezug auf das Alter konnten wir keinem der von uns geprüften Bewertungssysteme eine eindeutige Altersabhängigkeit zuordnen. Bei der ROM ergab sich für die Altersgruppe 45-49 Jahre ein signifikanter Unterschied gegenüber den anderen Altersklassen. Eine allgemeine Tendenz lässt sich jedoch aus den vorliegenden Daten nicht schließen. Patienten jeden Alters konnten ein Jahr nach Operation gleich hohe Punktwerte in den verschiedenen Scoring-Ergebnissen erzielen. In einigen Studien wurde berichtet, dass kein Zusammenhang zwischen Alter des Patienten und Punktwert in den evaluierten Scoring-Systemen vorliegt [28, 70, 126, 173]. Bei anderen Quellen wurde beobachtet, dass, bewertet anhand der Fragebogenergebnisse, junge Patienten mehr von einer Umstellungsosteotomie profitieren können [15, 77, 127]. Dieses zeige sich insbesondere in den Langzeitstudien, die eine Überlebensanalyse im Studiendesign enthielten [15, 70, 77, 127]. Walcott et al. [170] vertreten die Meinung, dass bisher in keiner Studie ein Zusammenhang zwischen Outcome und Patientenalter belegt werden konnte. Auch Coventry [27, 33] war der Meinung, dass durch eine HTO unabhängig vom Alter zum Operationszeitpunkt die Kniefunktion verbessert und eine Knorpelregeneration ermöglicht wird. Auch von Hoell et al. [68] konnten in ihren 2 Jahres Ergebnissen Alter und BMI nicht als Risikofaktoren bestätigt werden, da unabhängig von diesen Faktoren postoperativ ein gutes oder sehr gutes Resultat möglich war. Laut Lobenhoffer [107] hat das Alter auch bei den mittelfristigen Untersuchungen keinen Einfluss auf die postoperativen Resultate. Bonnin et al. [19] meinten, dass sich das Alter des Patienten erst in den Überlebensanalysen nach 10 Jahren als Risikofaktor bemerkbar macht. Die publizierten Überlebensraten divergieren je nach gewählter Quelle und Nachuntersuchungszeitpunkt. In allen Studien steigt mit Fortschritt der Zeit die Versagerquote. Während in vielen Publikationen für die 5-Jahres-Nachuntersuchungen Überlebensraten von 85% oder mehr beschrieben werden [28, 47, 59, 65, 66, 77, 96, 152, 167, 173], variieren die Raten bei den Nachuntersuchungen nach 10 Jahren stark. So wird wurden besonders hohe Überlebensraten nur von Azuki et al. [5] mit 97,6% sowie Flecher et al. [47] mit 92,8% angegeben. Von vielen Autoren wurden Überlebensraten zwischen 60 und 70% veröffentlicht [1, 28, 77, 152, 163, 167, 173]. Hohe Versagerquoten wurden bereits nach 10 Jahren von Hernigou et al. [66] mit 55%, Matthews et al. [116] mit 28% sowie Naudie et al. [126] beschrieben. Ein weiteres Sinken der Überlebens-

raten lässt sich auch im weiteren Verlauf beobachten. So haben nach 20 Jahren bei Naudie et al. [126] nur 30% der Knie überlebt. Gstöttner et al. [59] geben eine 20-Jahres-Überlebensrate von 54,1% an, nachdem nach 10 Jahren in dieser Studie noch 79,9% der Osteotomien überlebt hatten. Wiederum wird von Flecher et al. [47] mit 85,1% eine hohe Überlebensrate publiziert. Es existieren nur wenige Studien, bei denen ein besonders junges Patientenkollektiv untersucht wurde. Eine Arbeit wurde von Slocum und Larson [150] veröffentlicht, bei der 51 Patienten unter 50 Jahren nachbetreut wurden. Nach 10 Jahren hatten noch 70% ein gutes Resultat. Bei Oldenbring et al. [132] zeigten dagegen 100% der Studienteilnehmer, die zum Operationszeitpunkt jünger als 50 waren, nach 10 Jahren noch gute oder sehr gute Ergebnisse. Holden et al. [70] geben für ihre Patienten, die bei der Operation alle jünger als 50 Jahre alt waren, nach 10 Jahren eine Überlebensrate von 94% an. Holden sieht jedoch keine Korrelation zwischen Patientenalter und klinischem Resultat. Flecher et al. [47] publizierten Überlebensraten für das gesamte Studienkollektiv von 92,8% nach 10 Jahren und 85,1% nach 20 Jahren. Dabei findet sich hier ein signifikanter Zusammenhang zwischen Lebensalter und Versagerquote. Gleichen Einfluss beschrieben Trieb et al. [159]. Bei unter 65-Jährigen hatten 90% nach 10 Jahren keine TKA, bei den über 65 Jährigen nur 70%. In der älteren Gruppe wurden 33,3% nach durchschnittlich 4,6 Jahren und in der jüngeren Gruppe nur 19,4% nach 9,1 Jahren mit einer Prothese versorgt. Das Risiko für Fehlschläge war bei den Älteren 1,5-mal höher und stieg pro Lebensjahr zum OP-Zeitpunkt um 7,6%. Ähnliche Daten veröffentlichten auch Gstöttner et al. [59], die einen signifikanten Einfluss des Alters auf die Überlebensrate belegten. Pro Jahr Lebensalter wiesen 5% mehr ein Versagen der Operationstechnik auf. Auch in der Studie von Bonnin et al. [19] zeigte sich eine derartige Abhängigkeit der Ergebnisse vom Alter. Das mittlere Alter der Patienten mit gutem Ergebnis betrug 54 Jahre. Bei schlechten Ergebnissen hatten die Patienten ein mittleres Alter von 61 Jahren. Demnach hatten Patienten bei einem Lebensalter <50 bei OP signifikant bessere Überlebensraten.

In der Literatur wird oftmals über eine negative Wirkung des erhöhten BMIs auf das Endergebnis nach HTO berichtet. Der Einfluss ist aber von geringerem Ausmaß als bei Totalendoprothesen [15, 28, 34, 77]. In der vorliegenden Studie galt nur für die präoperativ bestimmte ROM sowie Flexion eine Abhängigkeit vom BMI. Bei Zunahme des BMI um eine Einheit nahm die ROM um 1,18° ab. Zum postoperativen Zeitpunkt war ein solcher Zusammenhang nicht mehr nachzuweisen. Der

Medianwert der maximal möglichen Flexion war in der Adipositasgruppe mit 120° signifikant geringer als in der normalgewichtigen Gruppe mit 140°. Dieses Ergebnis kann möglicherweise auf eine Weichteilhemmung der Beugung im Kniegelenk zurückgeführt werden. In keinem der ausgewerteten Scoringsysteme waren die Ergebnisse vom BMI abhängig. Nach Matthews et al. [116] halten eine zufriedenstellende Funktion bei Übergewicht, höherem Alter, Über- und Unterkorrektur kürzer an. Bonnin et al. [19] veröffentlichten Zahlen, die einen Einfluss des BMIs auf die Langzeitergebnisse ihrer Patienten belegten. Nach 11 Jahren hatten 56% der Normalgewichtigen ein gutes Ergebnis. Bei einem BMI von 30% über dem Idealgewicht hatten zum gleichen Nachuntersuchungszeitpunkt nur 20% ein gutes Ergebnis. Ähnliches beobachtete auch Coventry [28], der feststellte, dass das relative Körpergewicht und der Korrekturwinkel mit der Überlebensdauer assoziiert ist. Bei einem Gewicht kleiner als das 1,32-fache des Idealgewichts oder einem postoperativen Valguswinkel von >8° betrug die Überlebensrate nach 5 Jahren 90%. Bei einem Gewicht mehr als das 1,32-fache oder Valguswinkel von weniger als 8° nach einem Jahr sank die Überlebensrate auf 38% nach 5 Jahren und 19% nach 10 Jahren. Aglietti et al. [2] sowie Sprenger et al. [152] vertreten dagegen die Meinung, dass ein BMI größer 30 kg/m² präoperativ mit einem höheren Arthrosegrad assoziiert ist, aber keinen Einfluss auf Endergebnisse hat. Naudi et al. [127] fand als einziger gehäuft schlechte Ergebnisse bei Patienten mit BMI <25 kg/m². Als Begründung gab er die erhöhten Ansprüche der sportlichen Patienten an, die zu einer Überlastung des Kniegelenks führen können.

4.3.1. Stellenwert des tibiofemoralen Winkels und Korrekturwinkels

In unserer Studie haben wir den anatomischen tibiofemoralen Winkel präoperativ, direkt postoperativ sowie zur Folgeuntersuchung nach einem Jahr bestimmt. Vor der Operation betrug der Winkel im Schnitt 179,52°, direkt postoperativ 174,5° und nach einem Jahr 175,4°. Daraus ergibt sich ein durchschnittlicher Korrekturwinkel von 5,0° und Korrekturverlust von 0,92°. Unsere Ergebnisse deuten an, dass der tibiofemorale Winkel keinen statistisch signifikanten Unterschied bei der Verteilung der Scores verursacht. Es lässt sich anhand unserer Daten keine tendenzielle Empfehlung bezüglich des Korrekturwinkels geben, da in den Gruppen ähnlich dimensionierte Medianwerte vorliegen. Darüber hinaus ist eine verallgemeinernde Aussage aufgrund der geringen Fallzahlen und dem fehlenden statistischen Signifikanzen bei den Einzelgruppenvergleichen nicht zulässig.

Der optimale postoperative tibiofemorale Winkel wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Als Richtwerte für den postoperativen anatomischen tibiofemoralen Winkel findet man in der Literatur Angaben zwischen 170-173°, gleichbedeutend mit einem Valgus von 7-10° [1, 2, 15, 26, 22, 28, 32, 34, 43, 65, 77, 90, 95, 96, 111, 126, 142, 144, 152, 173]. Für diese Winkel wurden von den Autoren die besten klinischen Ergebnisse beobachtet. Andere Autoren raten zu einer Umstellung bis auf 3-6° Valgus [10, 88, 122]. Kettelkamp [88] begründete diesen Winkel mit seinen Untersuchungen zur Verteilung der Belastung. Bei 4° Valgus verläuft 50% des Gewichts durch das mediale Kompartiment, bei 6° Valgus dagegen nur noch 40%, sodass das Kompartiment entlastet werden kann. Für den mechanischen tibiofemoralen Winkel sollte ein leicht valgischer Winkel zwischen 2-7° anvisiert werden. Hernigou [66] ermittelte bei dieser Methode besonders gute klinische Ergebnisse bei einem Valguswinkel von 3-6°. Bei geringeren Werten stellte sich ein Korrekturverlust ein mit der Gefahr einer Revarisierung [65, 133]. Zudem verläuft im varischen Knie 70% des Gewichts durch das mediale Kompartiment, wenn die mechanische Achse durch das Kniegelenkszentrum verläuft [88], sodass bei Unterkorrektur mit einem Fortschreiten der Arthrose zu rechnen ist. Von vielen Autoren wird die Unterkorrektur mit einem frühen Korrekturverlust als Grund für die nachlassenden Ergebnisse nach Umstellungsosteotomie genannt [2, 24, 34, 86, 111, 126, 152, 173]. In Coventrys [28] Langzeitanalysen hatten Patienten mit einem Valguswinkel >8° eine Überlebensrate von 90% nach 5 Jahren. Betrug der Valguswinkel postoperativ weniger als 8°, war die Überlebensrate mit 38% nach 5 Jahren bzw. 19% nach 10 Jahren signifikant schlechter. Von anderen Autoren wird das natürliche Fortschreiten der Arthrose als maßgeblicher Faktor für das Nachlassen der Scores und die sinkenden Überlebensraten angeführt [17, 24, 65, 77, 142], was aufgrund des kurzen Nachuntersuchungszeitraums anhand unserer Daten nicht beurteilt werden kann.

Nach Hernigou [66] führt eine Überkorrektur jedoch auch zu einer Überlastung des lateralen Kompartiments mit fortschreitenden arthrotischen Veränderungen in diesem Kompartiment des Gelenks, sodass sowohl Unter- als auch Überkorrektur explizit vermieden werden sollten. Majima [111] widerlegte jedoch in seiner Studie diese Aussage. Bei Aglietti [2], der eine Überkorrektur von 5° empfiehlt, zeigte sich dieser Effekt erst in den Langzeitergebnissen. Bei Choi et al. [24] war die anfangs bedeutsame Überkorrektur dagegen bei Auswertung der Langzeitergebnisse nicht relevant. Mehrere Autoren empfehlen eine leichte Überkorrektur des femorotibia-

len Winkels von mindestens 3-8° [1, 2, 27, 84, 88, 90, 123, 132, 173], da andernfalls nicht die gewünschten klinischen Ergebnisse erzielt werden konnten. Myrnerts [123] beschrieb signifikant bessere Resultate für überkorrigierte Knie im Vergleich zu normalkorrigierten Knien und planten daher eine Überkorrektur von 5°. Sprenger et al. [151] limitierte die maximal mögliche Umstellung auf 16° Valgus. Asik et al. [9] bestätigten diese Beobachtung und limitierten den Korrekturwinkel auf maximal 20°, da die klinischen Ergebnisse bei größeren Werten nicht zufriedenstellend ausfallen. Auch von Windsor et al. [169] wurde von zu großen Überkorrekturen abgeraten, da bei einer später notwendigen Endoprothesenimplantation mit technischen Schwierigkeiten zu rechnen ist. Überkorrekturen wurden, auch dank Nutzung der Navigationssoftware, bei keinem unserer Patienten vorgenommen, sodass sich anhand der von uns erhobenen Daten keine Aussagen bezüglich des Einflusses treffen lassen.

In den letzten Jahren hat sich, aufgrund der vielfältigen Publikationen bezüglich des Korrekturwinkels, eine neue Technik durchgesetzt, bei welcher der postoperative Verlauf der Traglinie auf dem Tibiaplateau geplant wird. Diese Technik ist auch Basis des von uns genutzten Navigationssystems. Fujisawa et al. [48] zeigten in ihrer Studie bei Betrachtung der Knorpelverhältnisse von 54 Knien, dass eine Verbesserung der Knorpelverhältnisse mit Regeneration des geschädigten Knorpels im medialen Kompartiment bei einem postoperativen Verlauf der Traglinie im Bereich von etwa 30-40% des lateralen Tibiaplateaus erreicht werden kann. Miniaci et al. [118] bestätigten dieses und raten zu einer Korrektur der Achse, bei der die Traglinie im Bereich zwischen 60 und 70% der Gesamtbreite des Tibiaplateaus verläuft. Dugdale et al. [40] fassten mit 50-75% der Tibiabreite ein weiter gefasstes Zielgebiet, empfahlen aber für optimale postoperative Ergebnisse einen Verlauf der Mikulicz-Linie zwischen 62 und 66% des Tibiaplateaus. Als optimalen Durchzugspunkt der Traglinie durch das Kniegelenk definierten Noyes et al. [130] schließlich die 62%-Koordinate. In der vorliegenden Arbeit wurde diese Koordinate als Zielwert vom Navigationssystem geplant. Aufgrund dieser Ergebnisse sollte eine sorgfältige Planung [3] und eine präzise intraoperative Umsetzung verfolgt werden [67, 98, 120], da sowohl bei Unter- als auch Überkorrektur ein schlechteres klinisches und radiologisches Ergebnis zu erwarten ist [12, 41, 67, 68, 120].

4.4. Diskussion von Indikation und Kontraindikation

Gewöhnlich wird die Gonarthrose als Krankheit des alten Menschens verstanden, die als Pangonarthrose alle Kompartments betrifft. Oftmals sind aber auch jüngere Menschen oder nur einzelne Kompartimente des Gelenkes betroffen. Bei 1/3 der Patienten ist ausschließlich ein Kompartiment betroffen, wobei es sich bei ca. 2/3 dieser Fälle um das patellofemorale Gelenk, bei knapp 1/3 um das mediale Kompartiment und bei nur 3% um das laterale Gelenkkompartiment handelt [88]

Die valgisierende Osteotomie der proximalen Tibia ist als lang erprobtes Verfahren zur Therapie der unikompartimentellen degenerativen Arthrose bei Genu varum indiziert [27, 146], um die Progression der Degeneration zu verlangsamen [6, 121] Eine Tibiaosteotomie ist insbesondere für leichte degenerative Prozesse Grad 1-3 nach Outerbridge [136], die primär im medialen Anteil des tibiofemoralen Gelenks auftreten, geeignet [4, 9, 12, 28, 29, 33, 46, 50, 62, 77, 86, 116, 149, 173]. Bei schwerwiegenden Arthrosen von Grad 4 sind andere Therapien zu bevorzugen [50, 141]. Auch Markolf et al. [112] vertreten die Meinung, dass eine HTO bei Knien mit Kissing lesions von größeren Arealen (15x15 mm) kontraindiziert ist. Patienten mit degenerativen Zeichen in mehreren Kompartimenten gelten nicht als Idealkandidaten für eine Umstellung an der Tibia [156] und können eher von einer TKA oder UKA profitieren. Besonders bei Angabe von Schmerzen über dem lateralen Gelenkspalt [104] sollte in präoperativer Bildgebung (MRT, Röntgen) sowie Arthroskopie auf Knorpelschäden im lateralen Kompartment geachtet werden [107, 149]. Absolut kontraindiziert ist eine HTO bei Meniskektomie im lateralen Gelenkanteil, da diese eine arthrotische Veränderung der Knochen- und Knorpelstrukturen bedingt [50, 107, 149]. Durch die Verlagerung der Belastungsachse in das laterale Kompartment wird die Progredienz der Arthrose beschleunigt. Coventry [33] beschrieb in seinen Studien für Patienten, bei denen beide Kompartimente vom degenerativen Prozess betroffen waren, schlechtere Operationsergebnisse. Gibt der Patient als Symptom vorderen Knieschmerz an, ist eine Abklärung des retropatellären Knorpelstatus anzusetzen. Der Idealpatient zeigt keine patellofemoralen Symptome [141, 144], da Veränderungen der Patellahöhe im Sinne einer Patella infera die auf den Knorpel wirkenden Kräfte verstärken und eine Retropatellararthrose begünstigen [158]. Aus diesem Grund führen Asik et al. [9] und Berman et al. [15] bei vorliegender patellofemoraler Symptomatik keine HTO durch. Rand et al. [141] stellen das Gelenk erst ab

Arthrose Grad 4 nicht um. Eine diagnostizierte rheumatoide Arthritis gilt als absolute Kontraindikation [89, 107, 149, 171], weil die Arthritis als trikompartimentelle Erkrankung definiert ist.

Für junge und aktive Patienten ist die HTO ein etabliertes Verfahren [2, 12, 28, 56, 66, 89, 127, 143, 149, 152, 156, 163, 166, 171]**,** insbesondere wenn das hohe Aktivitätslevel postoperativ gehalten und beruflich oder sportlich anspruchsvollen Tätigkeiten nachgegangen werden möchte [124]. Für eine aktive Lebensgestaltung ist postoperativ die ROM sowie Propiozeption von hoher Bedeutung [174], die nach Prothesenimplantation eingeschränkt oder aufgehoben sind [163]. Eine Altersgrenze wird je nach Operateur bei 50-60 [15] oder 65-70 Jahren gesetzt. [9, 21, 104, 138, 161]. Für Lobenhoffer [107] ist der ideale Patient jünger als 65 und die ideale Patientin jünger als 55 Jahre.

Von anderen Autoren wird dem Patienten die HTO als operative Therapieoption basierend auf dem chronologischen Alter nicht verwehrt [114, 160]. In Japan werden seit vielen Jahren erfolgreich Osteotomien bei wesentlich älteren Patienten mit guten klinischen Ergebnissen durchgeführt [107]. Für Hofmann et al. [69] kann in Ausnahmefällen älteren Patienten die Umstellung als Option vorgestellt werden, wenn diese eine sehr aktive und sportintensive Lebensgestaltung pflegen, mit einer guten Compliance gerechnet wird und im lateralem sowie retropatellarem Kompartment ein gut erhaltener Knorpelstatus vorliegt. Genauso kann dem jüngeren Patienten bei niedriger Aktivität und Tendenz zur fortschreitenden Arthrose eine UKA oder TKA angeboten werden. Problematisch zu bewerten sind jedoch die begrenzten Überlebensraten der Prothesen, sodass mit mehreren Revisionen im Krankheitsverlauf zu rechnen ist. Anhand unserer Daten lässt sich, wie oben dargelegt, keine Abhängigkeit der kurzfristigen klinischen Ergebnisse vom Patientenalter schlussfolgern. Wie die Ergebnisse zeigen, sind auch Patienten über 60 Jahren bei guten Resultaten subjektiv zufrieden. Daher sehen wir von einer absoluten Altersgrenze ab und ziehen andere Faktoren wie Aktivität und Arthrosestadium in den Entscheidungsprozess mit ein.

Einige Quellen sehen die Kniestabilität als entscheidenden Faktor für die postoperativen Ergebnisse an [9, 15, 61, 89, 144, 149]. Diese Ansicht wurde in den letzten Jahren zunehmend abgelöst, da die HTO einen wichtigen Stellenwert bei der Behandlung von Knieinstabilitäten eingenommen hat [104, 143, 171]. Es kann sowohl eine posterolaterale Instabilität als auch eine anteromediale Instabilität wie bei häufig auftretender VKB-Insuffizienz therapiert werden [3, 74,

103, 104, 107, 141, 161]. Mediolaterale Instabilitäten können bei einer HTO nicht korrigiert werden und gefährden das operative Ergebnis, sodass bei derartigen Instabilitäten von einer Umstellungsosteotomie abzusehen ist [141]. Biomechanischer Hintergrund ist die bei Achsumstellungen in der frontalen Ebene systemimmanent auftretende Erhöhung des tibialen Slopes [67], welche durch Erhöhung der Spannung im hinteren Kreuzband vorteilhaft bei HKB-Insuffizienz [53, 54] ist und die hintere Schublade verringert [107]. Dadurch kann eine deutliche Stabilität im Kniegelenk generiert werden [3, 7, 9, 102]. Auch für Patienten mit Insuffizienz oder Ruptur und damit funktionellem Fehlen des vorderen Kreuzbandes kann während der Korrektur der Varusdeformität durch Senkung des tibialen Slopes das Kniegelenk auch ohne Durchführung einer Kreuzbandplastik das Knie stabilisiert werden [120], indem die Spannung im VKB erhöht wird [7, 107, 120, 171]. Diese Korrektur der Achsfehlstellung ist bei Implantation einer UKA nicht möglich [120, 171]. Anhand unserer Daten ist zu empfehlen, bei der Indikationsstellung für Patienten mit Insuffizienzen der Kreuzbänder streng vorzugehen, da das klinische Ergebnis nicht zufriedenstellend war. Insbesondere der Lysholm-Score, der speziell Knieinstabilitäten abfragt, fiel bei diesen Patienten niedriger auf. Bezüglich HKB Insuffizienzen können wir keine Aussage treffen, da diese lediglich bei einem unserer Patienten vorlag.

Als relative Kontraindikation wird von vielen Autoren ein erhöhtes Körpergewicht mit erhöhten BMI-Werten angegeben [28, 50, 104, 116, 158, 161, 171, 173]. Aufgrund der Mehrbeanspruchung des Knorpels in den Belastungszonen, sowie der Gefahr von Mal- oder Non-union gelten adipöse Patienten als Risikopatienten. Technisch möglich sind sowohl die valgisierende Tibiaosteotomie unter Verwendung stabiler Platten als auch die Implantation eines unikondylären Schlittens [107]. Für Wolcott [171] ist ein erhöhtes Körpergewicht dennoch eine absolute Kontraindikation. Tigani et al. [158] sowie Lobenhoffer et al. [104] klassifizierten ein Körpergewicht von mehr als 90 kg als relative Kontraindikation [158]. Für Rand et al. [141] gelten BMI Werte von mehr als 40 kg/m² als absolute Kontraindikation, da Patienten mit derart ausgeprägter Adipositas Grad III schlechtere klinische Ergebnisse in den follow-up Untersuchungen aufweisen [141]. Anhand unserer Daten lassen sich diese Beobachtungen bei hohen BMI-Werten nicht bestätigen. Wiesen adipöse Patienten vor OP eine schlechtere ROM auf, war diese postoperativ vergleichbar mit den Ergebnissen der Normalgewichtigen. Eine stark adipöse Patientin entwickelte eine Pseudarthrose. Insgesamt konnten wir jedoch keine

gehäufte Inzidenz an Komplikationen in den höheren Gewichtsklassen beobachten. Daher ist die HTO auch bei Adipositas als Alternative in Betracht zu ziehen, vor allem da über die klinischen Scores zufriedenstellende Ergebnisse erfasst wurden. Im Zusammenhang mit Pseudarthrosen wird in der Literatur weiterhin Nikotinabusus als Risikofaktor genannt [50, 107, 112]. Für den Großteil der Operateure ist Rauchen daher eine relative Kontraindikation [104, 107, 141, 161]. Bei diesen Patienten wird die Durchführung einer CW-Technik [149] oder einer Spongiosaplastik [161, 162], mit dem Ziel, die ossäre Durchbauung des Spaltes zu induzieren, bevorzugt. In unserem Patientenkollektiv waren mehrere Raucher, die teils mehr als 1 Schachtel Zigaretten am Tag konsumieren. Keiner dieser Patienten erzielte auffällig niedrige Scores oder beschrieb Komplikationen im postoperativen Verlauf. Des Weiteren wird von vielen Autoren eine bestimmte präoperative ROM vorausgesetzt [28, 82, 116, 127, 141, 156, 173]. Während Kettelkamp et al. [89] eine ROM von minimal 70° voraussetzen, geben andere Quellen eine gut erhaltene ROM von mindestens 90° Flexion als Bedingung an [7, 15, 26, 77, 114, 142, 160]. Streckdefizite von bis zu 10° können toleriert werden, wenn sie in der Planung beachtet und intraoperativ korrigiert werden [12, 50, 104, 107]. Die meisten Operateure limitieren für die OP-Indikation das präoperativ ermittelte Extensionsdefizit auf maximal 15-20°, um entsprechend gute Ergebnisse zu erzielen [7, 26, 77, 107, 114, 138, 141, 142, 149, 156, 160]. Berman et al. [15] sowie Asik et al. [9] sehen als Basis für einen Erfolg der Therapie eine komplette Streckfähigkeit des Beines. Hart et al. [61] wiesen weiterhin einen Zusammenhang zwischen schlechteren klinischen Ergebnissen und einer stark ausgeprägten Varusdeformität von mehr als 10° nach, den auch Sherman et al. [149] sowie Insall et al. [75] feststellen konnten. Achsfehlstellungen von 15° gelten als relative Kontraindikation [28, 116, 138, 173]. Patel et al. [138] nannten außerdem osteoporotische Veränderungen als Risikofaktor. Kettelkamp [89] sieht eine Osteonekrose mit signifikanten Einbruch oder freien Gelenkkörpern als Kontraindikation an. Neben einer hohen Schmerztoleranz muss eine gute Compliance des Patienten gesichert sein, die über den gesamten Nachbehandlungszeitraum auf gleichmäßig hohem Niveau gehalten werden muss [9, 156]. Bei drohender Noncompliance des Patienten, insbesondere bezüglich der weitgreifenden Einschränkungen in der Nachbehandlung, ist ein signifikant schlechteres Ergebnis zu erwarten und von einer Therapie durch Umstellungsosteotomie Abstand zu nehmen. Für diese Patienten ist die Implantation einer Totalendoprothese besser geeignet, da klinische Besserung

bereits nach einem halben Jahr feststellbar ist und die Rehabilitation weniger anspruchsvoll und zeitintensiv ist [58].

Zusammenfassend ist der optimale Patient für eine Behandlung mit einer HTO ein junger aktiver Patient (<60 Jahre) mit symptomatischem Genu varum [31, 48, 66, 105, 116, 152] oder isolierter medialer Arthrose [24, 29, 62, 68, 77, 96, 124, 132, 174]. Gleichzeitig kann auf Knieinstabilitäten positiv eingewirkt werden.

4.5. Schlussfolgerung

Bei dem Großteil unserer Patienten konnte durch die valgisierende Tibiakopfumstellung bereits im ersten postoperativen Jahr eine deutliche klinische Verbesserung sowohl der subjektiven und objektiven Parameter erreicht werden. Auch die Auswertung der radiologischen Parameter ergab zufriedenstellende Ergebnisse. Es lassen sich anhand der von uns erhobenen Daten keine ausschlaggebenden Risikofaktoren (Alter, Geschlecht, BMI, radiologische Parameter) finden, die eine Modifikation der Indikationsstellung bedingen. Vielmehr sollte eine Entscheidung für eine Operationstechnik (UKA; CW-HTO, OW-HTO) auf den patientenspezifischen Daten basieren. Die in der Arbeit dargelegten Scores und radiologischen Parameter belegen, dass bei genauer Planung und präziser Durchführung der HTO gute Ergebnisse im ersten postoperativen Jahr erreicht werden können, auch wenn trotz signifikanter Reduktion der Schmerzen mit Restbeschwerden gerechnet werden muss. Eine weiterführende Nachbetreuung des Studienkollektivs über die nächsten Jahre und die regelmäßige Erhebung der klinischen und radiologischen Langzeitergebnisse sowie Überlebensraten wird Aussagen über den dauerhaften Erfolg der Behandlungstechnik, Vergleiche mit den Resultaten anderer Operationstechniken und internationaler Studien sowie die Detektion weiterer Risikofaktoren ermöglichen. Es bleibt daher abzuwarten, ob das Operationsverfahren in der hier dargestellten Form als Alternative zu Totalendoprothesen insbesondere für junge aktive Patienten mit geringgradigen Knorpelschäden geeignet ist, um eine Prothesenimplantation hinauszuzögern und gleichzeitig ein hohes Aktivitätsniveau erhalten zu können.

5. Zusammenfassung

In der prospektiv angelegten Studie wurden die klinischen und radiologischen Ergebnisse der in der Schön Klinik Harthausen zwischen 2007 und 2009 durchgeführten valgisierenden Tibiakopfumstellungsosteotomien dargelegt. Die medial öffnende Osteotomie wurde durch Fixation mit einer winkelstabilen Platte stabilisiert, um eine frühfunktionelle Nachbehandlung zu ermöglichen. Die klinischen Daten von 96% der Patienten (49/ 51) sowie 80% der geplanten Röntgenaufnahmen (117/ 147) konnten in die Auswertung einbezogen werden. Ziel der Arbeit war die Evaulation der Operationsergebnisse, der internationale Vergleich der erhobenen Daten sowie die Analyse von Einflussfaktoren, um neue Erkenntnisse für die Indikationsstellung zu ziehen.

Im ersten postoperativen Jahr war eine deutliche objektive sowie subjektive klinische Verbesserung festzustellen, die das Niveau internationaler Publikationen erreichte oder übertraf. Der Hospital-for-Special-Surgery-Score stieg von präoperativ 78 Punkten, die als gut eingestuft werden, auf 94,5 Punkte bis zur Folgeuntersuchung nach 12 Monaten, einem sehr guten Ergebnis entsprechend. Auch im Lysholm-Gilquist-Score stieg der mediane Score von „unzureichenden“ 42 auf „gute“ 92 Punkte. Im Cincinnati-Score war der Median präoperativ mit 42 als mäßig zu klassifizieren, postoperativ bei medianen 77 Punkten als gut. Im International Knee Documentation Commitee 2000 Fragenbogen erhielten im objektiven Teil postoperativ 33 Knie das Prädikat „normal“ und 12 Knie das Prädikat „fast normal“, während es präoperativ nur 2 bzw. 31 waren. Der subjektive IKDC-Score stieg von 32 Punkten präoperativ auf 78 Punkte postoperativ. Schmerzhäufigkeit und -intensität nahmen signifikant ab, während die Kniefunktionalität sich bei gleichbleibend guter Stabilität sowie Range of motion deutlich verbesserte. Nachdem 6 Monate postoperativ beim Aktivitätslevel zunächst Einschränkungen gegenüber dem präoperativem Standard akzeptiert werden mussten, konnte das Patientenkollektiv das Aktivitätsniveau bis zur Folgeuntersuchung nach einem Jahr deutlich steigern. Wie im Tegner-Aktivitätsscore nachgewiesen, konnte trotz Anstieg des Scores von präoperativ 2 auf 4 Punkte nach einem Jahr das präsymptomatische Aktivitätsniveau von 5 nicht wiederhergestellt werden. Auch die radiologischen Parameter zeigten einen positiven Verlauf. Der tibiofemorale Winkel veränderte sich von 179,52° präoperativ um durchschnittlich 5° auf 174,5° direkt postoperativ. Bei einem Winkel von 175,4° ein Jahr nach der Operation verzeichneten wir einen

nur minimalen Korrekturverlust von 0,92°. Der Tibiavarus als Kennzeichen für die knöchern verursachte Achsfehlstellung konnte um 5,5° korrigiert werden und wies im ersten postoperativen Jahr nur minimale Verluste von 1,4° auf. Der mediale Gelenkspalt wurde in Relation zum lateralen Gelenkspalt von 50% präoperativ auf 67% unmittelbar postoperativ eröffnet, wobei sich eine weitere deutliche Konsolidierung auf 80% im Verlauf möglicherweise durch Knorpelresorption zeigte. Der tibiale Slope wurde durch die Operation leicht erhöht und nahm im postoperativen Verlauf weiter zu evtl. basierend auf Einsinterungsprozessen. Die Patellahöhe wurde anhand der Indices nach Caton-Deschamps sowie Blackburn-Peel überprüft. Beide Indices wiesen nur geringe Veränderungen, jedoch unterschiedliche Tendenzen im Gesamtverlauf auf, sodass die Beurteilung kritisch zu betrachten ist. Die in der Literatur häufig beschriebene Komplikation der Patella baja trat jedoch in beiden Indices nicht auf, insbesondere weil durch die frühe Mobilisation Adhäsionsprozessen vorbeugt werden konnte. Bei der Analyse der Komplikationen zeigte sich mit 11% eine niedrigere Rate als in anderen Studien. Bis auf ein Materialversagen, ein lokales Thromboseereignis und eine Pseudarthrose, begünstigt durch Adipositas III°, verzeichneten wir keine schweren Komplikationen.

Für die getesteten Einflussfaktoren Alter, tibiofemoraler Winkel, Tibiavarus, Gelenkspaltweite, tibialer Slope, Korrekturwinkel, -verlust sowie die Patellahöhen-Indices konnte keine statistische Signifikanz belegt werden. Als Einflussfaktoren wurden das Geschlecht sowie der Body Mass Index identifiziert. Im subjektiven IKDC-Score erzielten die Männer mit 82,8 Punkten höhere Werte als Frauen mit 69,5. Zudem konnten männliche Patienten früher im postoperativen Verlauf eine sportliche Aktivität wiederaufnehmen und hatten postoperativ mit 130° gegenüber 127,5° bei den Frauen eine bessere ROM. Insgesamt schätzten Männer die Kniefunktionalität deutlich besser ein. Für den BMI ergab sich nur für die maximal mögliche Beweglichkeit ein negativ gerichteter linearer Zusammenhang. Bei Zunahme des BMI um eine Einheit verschlechterte sich die max. Beugefähigkeit um 1,4°.

Insgesamt gesehen lassen sich anhand der erhobenen Daten keine ausschlaggebenden Risikofaktoren finden, die eine Modifikation der Indikationsstellung bedingen. Vielmehr sollte die Entscheidung für eine bestimmte Therapie stets entsprechend der patientenspezifischen Ausgangslage individuell getroffen werden. Für eine Beurteilung des langfristigen Erfolgs der medial öffnenden hohenTibiaosteotomie sollte eine weitergehende intensive Patientenbetreuung mit regelmäßiger radiologischer sowie klinischer Verlaufskontrolle durchgeführt werden.

6. Literaturverzeichnis

1. **Aglietti P, Rinonapoli E, Stringa G, Taviani A:** Tibial osteotomy for the varus osteoarthritis knee. Clin Orthop Relat Res 176: 239-251 (1983)

2. **Aglietti P, Buzzi R, Vena LM**: High tibial valgus osteotomy for medial gonarthrosis: a 10- to 21-year study. J Knee Surg 16: 21-26 (2003)

3. **Agneskirchner JD, Hurschler C, Stukenborg-Colsman C**: Effect of high tibial flexion osteotomy on cartilage pressure and joint kinematics: a biomechanical study in human cadaveric knees. Arch Orthop Trauma Surg 124: 575-584 (2004)

4. **Agneskirchner JD, Freiling D, Hurschler C, Lobenhoffer P**: Primary stability of four different implants for opening wedge high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14: 291-300 (2006)

5. **Akizuki S, Shibakawa A, Takizawa T, Yamazaki I, Horiuchi H**: The long-term outcome of high tibial osteotomy: a ten- to 20-year follow-up. J Bone Joint Surg Br 90: 592-596 (2008)

6. **Aldinger G**: Mittelfristige Ergebnisse der kniegelenksnahen Osteotomie in der Behandlung der Gonarthrose. Z Orthop 119: 516-520 (1981)

7. **Amendola A, Panarella L**: High tibial osteotomy for the treatment of unicom-partimental arthritis of the knee. Orthop Clin North Am 36: 497-504 (2005)

8. **Amendola A, Bonasia DE:** Results of HTO in medial OA of the knee. In: Bonnin M, Amendola A, Bellemans J, MacDonald SJ, Menetrey J (Hrsg) The Knee joint- Surgical techniques and strategies, Springer, Paris, S. 633-642 (2012)

9. **Asik M, Sen C, Kilic B, Goksan SB, Taser OF:** High tibial osteotomy with Puddu plate for the treatment of varus gonarthrosis. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14: 948-954 (2006)

10. **Aydogdu S, Yercan H, Saylam C, Sur H**: Peroneal nerve dysfunction after high tibial osteotomy: an anatomical cadaver study. Acta Ortho Belg 62: 152-160 (1996)

11. **Baums MH, Esenwein SA, Klinger HM**: Die aufklappende Tibiakopfosteotomie mittels kontinuierlicher Kallusdistraktion als alternatives Verfahren in der Behandlung der Varusgonarthrose. Der Unfallchirurg 108: 43-48 (2005)

12. **Benedetto KP**: Proximale Tibiaostotomie mit der Spacerplatte. Arthroskopie 20: 301-307 (2007)

13. **Bengtsson J, Möllborg J, Werner S:** A study for testing the sensitivity and reliability of the Lysholm knee scoring scale. Knee Surg, Sports Traumatol, Arthroscopy 4: 27-31 (1996)

14. **Bentley G, Biant LC, Carrington RW, Akmal M, Goldberg A, Williams AM, Skinner JA, Pringle J**: A prospective, randomised comparison of autologous chondrocyte implantation versus mosaicplasty for osteochondral defects in the knee. J Bone Joint Surg Br 85: 223-30 (2003)

15. **Berman AT, Bosacco SJ, Kirshner S, Avolio A Jr**: Factors influencing long-term results in high tibial osteotomy. Clin Orthop 272: 192-198 (1991)

16. **Bettin D, Karbowski A, Schwering L, Matthias HH:** Time-dependent clinical and roentgenographical results of Coventry high tibial valgisation osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg 117: 53-57 (1998)

17. **Billings A, Scott DF, Camargo MP, Hofmann AA:** High tibial osteotomy with a callibrated osteotomy guide: rigid internal fixation and early motion. Long-term follow-up. J Bone Joint Surg Am 82: 70-79 (2000)

18. **Blackburn JS, Peel TE:** A new method of measuring patellar height. J Bone Joint Surg Br 2: 241-242 (1977)

19. **Bonnin M, Chambat P**: Current status of valgus angle, tibial head closing wedge osteotomy in medial gonarthrosis. Orthopäde 33: 135-142 (2004)

20. **Brouwer RW, Bierma-Zeinstra SM, van Koeveringe AJ, Verhaar JA**: Patellar height and the inclination of the tibial plateau after high tibial osteotomy. The open versus the closed-wedge technique. J Bone Joint Surg Br 87: 1227-1232 (2005)

21. **Carr A, Keyes G, Miller R, O' Connor J, Goodfellow J**: Medial unicompartimental arthroplasty: A survival study of the Oxford meniscal knee. Clin Orthop 295: 205-213 (1993)

22. **Cass JR**: Preoperative planning for high tibial osteotomy. Instr Course Lect 36: 179-83 (1983)

23. **Caton JH, Dejour D**: Tibial tubercle osteotomy in patello-femoral instability and in patellar height abnormality. Int Orthop 34: 305-309 (2010)

24. **Choi HR, Hasegawa Y, Kondo S, Shimizu T, Ida K, Iwata H**: High tibial osteotomy for varus gonarthrosis: a 10- to 24-year follow-up study. J Orthop Sci 6: 493-497 (2001)

25. **Closkey RF, Windsor RE**: Alternations in the patella after a high tibial or distal femoral osteotomy. Clin Orthop 389: 51-56 (2001)

26. **Coventry MB:** Osteotomy of the upper portion of the tibia for degenerative arthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am 47: 984-990 (1965)

27. **Coventry MB:** Osteotomy about the knee for degenerative and rheumatoid arthritis: indications, operative technique and results. J Bone Joint Surg Am 55: 23-47 (1973)

28. **Coventry MB:** Upper tibial osteotomy for gonarthrosis: the evolution of the operation in the last 18 years and long-term resulsts. Orthop Clin North Am 10: 191-210 (1979)

29. **Coventry MB, Bowman PW**: Long-term results of upper tibial osteotomy for degenerative arthritis of the knee. Acta Orthop Belg 48: 139-156 (1982)

30. **Coventry MB**: Upper tibial osteotomy. Clin Orthop Relat Res 182: 46-52 (1984)

31. **Coventry MB:** Upper tibial osteotomy for osteoarthritis. J Bone Joint Surg Am 67: 1136-1140 (1985)

32. **Coventry MB:** Proximal tibial varus osteotomy for osteoarthritis of the lateral compartment of the knee. J Bone Joint Surg Am 69: 32-38 (1987)

33. **Coventry MB:** Proximal tibial osteotomy. Orthop Rev 17: 456-458 (1988)

34. **Coventry MB, Ilstrup DM, Wallrichs SL:** Proximal tibial osteotomy: A critical long-term study of eighty-seven cases. J Bone Joint Surg Am 75: 196-201 (1993)

35. **Cullu E, Aydogdu S, Alparslan B, Sur H:** Tibial slope changes following dome-type high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 25: 1-6 (2004)

36. **DeMeo PJ, Johnson EM, Chiang PP, Flamm AM, Miller MC:** Midterm follow-up of opening-wedge high tibial osteotomy. Am J Sports Med 38: 2077-2084 (2010)

37. **Devas MB**: High tibial osteotomy for arthritis of the knee. J Bone Joint Surg Br 51: 95-9 (1969)

38. **Dienst M, Pedersen V:** Lehrbuch und Atlas Hüftarthroskopie: Diagnostik-Technik- Indikationen. Elsevier, Urban & Fischer, München, S. 189-200 (2009)

39. **Dowd GSE, Somayaji HS, Uthukuri M:** High tibial osteotomy for medial compartment osteoarthritis. The Knee 13: 87-92 (2006)

40. **Dugdale TW, Noyes FR, Styer D:** Preoperative planning for high tibial osteotomy. The effect of lateral tibiofemoral separation and tibiofemoral length. Clin Orthop 274: 248-264 (1992)

41. **Dutkowsky JP**: Miscellaneous nontraumatic disorders. In: Crenshaw AH (Hrsg) Campbell's operative orthopaedics, 8. Aufl, Mosby St. Louis, S. 2005-2057 (1992)

42. **El-Assal MA, Khalifa YE, Abdel-Hamid MM, Said HG, Bakr HMA**: Opening-wedge high tibial osteotomy without bone graft. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 18: 961-966 (2010)

43. **Engel GM, Staheli LT:** The Natural History of Torsion and other Factors Influencing Gait in Childhood. Clin Orthop 99: 12-17 (1974)

44. **Esenkaya I, Elmali N:** Proximal tibia medial open-wedge osteotomy using plates with wedges: early results in 58 cases. Knee Surg Sport Traumated Arthrose 14: 955-961 (2006)

45. **Fick R**: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke: Spezielle Gelenk- und Muskelmechanik, Band 3. Fischer, Jena, S. 521-530 (1911)

46. **Flecher X, Parratte S, Aubaniac JM, Argenson JN:** A 12–28-year followup study of closing wedge high tibial osteotomy. Clin Orthop Relat Res 452: 91-96 (2006)

47. **Franco V, Cerullo G, Cipolla M, Gianni E, Puddu G**: Open wedge high tibial osteotomy. Tech Knee Surg 1: 43-53 (2002)

48. **Fujisawa Y, Masuhara K, Shiomi S:** 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 (1979)

49. **Gaasbeek RDA, Nicolaas L, Rijnberg WJ, van Loon CJM, van Kampen A**: Correction accuracy and collateral laxity in open versus closed wedge high tibial osteotomy. A one-year randomised controlled study. International Orthopaedics 34: 201-207 (2010)

50. **Galla M, Lobenhoffer P**: Die valgisierende proximale öffnende Tibiaosteotomie mit Plattenfixateur. Arthroskopie 20: 291-300 (2007)

51. **Georgoulis AD, Makris CA, Papageorgiou CD, Moebius UG, Xenakis T, Soucacos PN:** Nerve and vessel injuries during high tibial ostetomy combined with distal fibular osteotomy: a clinically relevant anatomic study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 7: 15-19 (1999)

52. **Gerdhem P, Abdon P, Odenbring S**: Hemicallotasis for medial gonarthrosis: a short-term follow-up of 21 patients. Arch Orthop Trauma Surg 122: 134-138 (2002)

53. **Giffin JR, Vogrin TM, Zantop T:** Effects of increasing tibial slope on the biomechanics of the knee. Am J Sports Med 32: 376-382 (2004)

54. **Giffin JR, Kathryne J, Stabile:** Importance of tibial slope for stability of the posterior cruciate ligament-deficient knee. Am J Sports Med 35: 1443-1449 (2007)

55. **Goutallier D, Julieron A, Hernigou P**: La cale de ciment remplaçant les greffons iliaques dans les osteotomies tibiales d'addition interne. Rev Chir Orthop 78: 138-144 (1992)

56. **Grelsamer RP:** Unicompartimental osteoarthrosis of the knee. J Bone Joint Surg Am 77: 278-292 (1995)

57. **Grelsamer RP:** Patella baja after total knee arthroplasty: is it really patella baja? J Arthroplasty 17: 66-69 (2002)

58. **Gross AE**: Surgery For The Arthritic Knee. Can Fam Physician 31: 563-569 (1985)

59. **Gstöttner M, Pedross F, Liebensteiner M, Bach C:** Longterm outcome after high tibial osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg 128: 111-115 (2008)

60. **Harris WR, Kostuik JP:** High tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Am 52: 330-336 (1970)

61. **Hart R, Štipčák V, Kučera B, Filan P, deCordeiro J:** Präzise computergestützte Beinachsenkorrektur mit öffnender valgisierender Tibiakopfosteotomie. Orthopäde 36: 577-581 (2007)

62. **Hassenpflug J, Haugwitz A von, Hahne HJ:** Long-term results of tibial head osteotomy. Z Orthop Ihre Grenzgeb 136: 154-161 (1998)

63. **Hefti F, Muller W**: Current state of evaluation of knee ligament lesions. The new IKDC knee evaluation form. Orthopäde 22: 351-362 (1993)

64. **Helal B**: The pain in primary osteoarthritis of the knee: its causes and treatment by osteotomy. Postgrad Med J 41: 172-181 (1965)

65. **Hernigou P, Medevielle D, Debeyre J, Goutalliert D:** Proximal tibial osteotomy with the varus deformity: a ten to thirteen year follow-up study. J Bone Joint Surg Am 69: 332-354 (1987)

66. **Hernigou P, Roussignol X, Flouzat-Lanchaniette CH, Filippini P, Guissou I, Poignard A**: Opening wedge tibial osteotomy for large varus deformity with Ceraver TM resorbable beta tricalcium phosphate wedges. International Orthopaedics (SICOT) 34: 191-199 (2010)

67. **Hinterwimmer S, Rauch A, Kohn L, Imhoff AB:** Hohe tibiale Osteotomie bei anteromedialer oder posterolateraler Knieinstabilität, Arthroskopie 23: 14-22 (2010)

68. **Hoell S, Suttmoeller J, Stoll V, Fuchs S, Gosheger G:** The high tibial osteotomy, open versus closed wedge, a comparison of methods in 108 patients. Arch Orthop Trauma Surg 125: 638-643 (2005)

69. **Hofmann S, Lobenhoffer P, Staubli A, van Heerwaarden R:** Osteotomien am Kniegelenk bei Monokompartmentarthrose. Orthopäde 38: 755-770 (2009)

70. **Holden DL, James SL, Larson RL, Slocum DB:** Proximal tibial osteotomy in patients who are fifty years old or less. J Bone Joint Surg Am 70: 977-982 (1988)

71. **Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, Chao EY:** Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. Clin Orthop 255: 215-227 (1990)

72. **Huang HT, Su JY, Wang GJ:** The early results of high-flex total knee arthroplasty: a minimum of 2 years of follow-up. J Arhtroplasty 20: 674-679 (2005)

73. **Hüter-Becker A, Dölken M:** Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre. 1. Auflage. Thieme, Stuttgart, S. 51-54 (2004)

74. **Imhoff AB, Linke RD, Agneskirchner J:** Korrekturosteotomie bei Primary-Varus-, Double-Varus- und Triple-Varus-Knieinstabilitat mit Kreuzbandersatz. Orthopäde 33: 201-207 (2004)

75. **Insall JN, Shoji H, Mayer V:** High tibial osteotomy. J Bone Joint Surg 56: 1397-1405 (1974)

76. **Insall JN, Hood RW, Flawn LB, Sullivan DJ:** The total condylar knee prosthesis in conarthrosis. J Bone Joint Surg 65: 619-627 (1983)

77. **Insall JN, Joseph DM, Msika C:** High tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A long-term follow-up study. J Bone Joint Surg Am 64: 1040-1048 (1984)

78. **Iorio R, Vadalà A, Giannetti S, Pagnottelli M, Di Sette P, Conteduca F, Ferretti A**: Computer-assisted high tibial osteotomy: preliminary results. Orthopedics 33: 82-86 (2010)

79. **Irrgang JJ, Ho H, Harner CD, Fu FH:** Use of the International Knee Documentation Committee guidelines to assess outcome following anterior cruciate ligament reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 6: 107-114 (1998)

80. **Irrgang JJ, Anderson AF, Boland AL, Harner CD, Kurosaka M, Neyret P, Richmond JC, Shelborne KD:** Development and validation of the international knee documentation committee subjective knee form. Am J Sports Med 29: 600-613 (2001)

81. **Jackson JP:** Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. In proceedings for the Sheffield regional orthopaedic club. J Bone Joint Surg Br 40: 826-837 (1958)

82. **Jackson JP, Waugh W:** Tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg Br 43: 746-751 (1961)

83. **Jackson JP, Waugh W, Green JP**: High tibial osteotomy for osteoarthritis of the knee. J Bone Joint Surg 51: 88-94 (1969)

84. **Jackson JP, Waugh W**: The technique and complications of upper tibial osteotomy. A review of 226 operations. J Bone Joint Surg 56: 236-245 (1974)

85. **Kanamiya T, Naito M, Hara M, Yoshimura I**: The influences of biomechanical factors on cartilage regeneration after high tibial osteotomy for knees with medial compartment osteoarthritis: clinical and arthroscopic observations. Arthroscopy 18: 725-729 (2002)

86. **Keene JS, Monson DK, Roberts JM, Dyrebry JR**: Evaluation of patients for high tibial osteotomy. Clin Orthop 243: 157-165 (1987)

87. **Kesmezacar H, Erginer R, Ogut T, Seyahi A, Babacan M, Tenekecioglu Y:** Evaluation of patellar height and measurement methods after valgus high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 13: 539-544 (2005)

88. **Kettelkamp DB, Chao EY**: A method for quantitative analysis of medial and lateral compression forces at the knee during standing. Clin Orthop 83: 202-213 (1972)

89. **Kettelkamp DB, Wenger DR, Chao EY, Thompson C**: Results of proximal tibial osteotomy. The effects of tibiofemoral angle, stance-phase flexion-extension, and medial-plateau force. J Bone Joint Surg Am 58: 952-960 (1976)

90. **Kettelkamp DB:** Update on proximal tibial osteotomy. Iowa Orthop J 5: 26 (1985) (article)

91. **Klinger HM, Lorenz F, Härer T**: Open wedge tibial osteotomy by hemicallotasis for medial compartment osteoarthritis. Arch Orthop Trauma Surg 121: 245-247 (2001)

92. **Kohn D**: Das Knie. Thieme, Stuttgart, S. 238-240 (2000)

93. **Kohn D, Pohlemann T**: Operationsatlas für die orthopädisch- unfallchirurgische Weiterbildung. Springer, Berlin Heidelberg New York, S. 120-128 (2010)

94. **Kolb W, Guhlmann H, Windisch C, Koller H, Grützner P, Kolb K**: Opening-wedge high tibial osteotomy with a locked low-profile plate: surgical technique. J Bone Joint Surg Am 92: 197-207 (2010)

95. **Koshino T, Tsuchiya K**: The effect of high tibial osteotomy on osteoarthritis of the knee. Int Orthop 3: 37-45 (1979)

96. **Koshino T, Mori T, Wada J, Saito H, Ozawa N, Noyori K**: High tibial osteotomy with fixation by a blade plate for medial compartment osteoarthritis of the knee. Orthop Clin North Am 20: 227-243 (1989)

97. **Krämer KL, Maichl FP, Stock M:** Scores, Bewertungschemata und Klassifikationen in der Orthopädie und Traumatologie. Thieme, Stuttgart New York, S. 170-174 (1996)

98. **Krettek C, Miclau T, Grün O:** Intraoperative control of axes, rotation and length in femoral and tibial fractures. Technical note. Injury 29: 29-39 (1998)

99. **Langenbeck B:** Die subkutane Osteotomie. Deutsche Klinik 6: 327-330 (1854)

100. **Ledingham J, Regan M, Jones A:** Radiographic patterns and associations of osteoarthritis of the knee in patients referred to hospital. Ann Rheum Dis 52: 520-526 (1993)

101. **Leutloff D, Tobian F, Perka C**: High tibial osteotomy for valgus and varus deformities of the knee. International Orthopaedics (SICOT) 25: 93-96 (2001)

102. **Lloyd-Roberts GC:** Role of capsular changes in osteoarthritis of the hip joint. J Bone Joint Surg Br 35: 627-642 (1953)

103. **Lobenhoffer P**: Chronische Instabilitäten nach hinterer Kreuzbandverletzung: Taktik,Technik und Ergebnisse. Unfallchirurg 102: 824-838 (1999)

104. **Lobenhoffer P, De Simoni C, Staubli AE**: Open-wedge high-tibial osteotomy with rigid plate fixation. Tech Knee Surg 1: 93-105 (2002)

105. **Lobenhoffer P, Agneskircher JD:** Improvements in surgical technique of valgus high tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 11: 132-138 (2003)

106. **Lobenhoffer P, Agneskirchner JD, Galla M**: Kniegelenknahe Osteotomien - Indikation, Planung und Operationstechnik mit Plattenfixateuren. Thieme, Stuttgart New York, S. 51-118 (2007)

107. **Lobenhoffer P**: Die öffnende Tibiakopfosteotomie zur Behandlung der monokompartimentalen Gonarthrose. Arthroskopie 22: 223-231 (2009)

108. **Lysholm J, Gillquist J:** Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. Am J Sports Med 10: 150-154 (1982)

109. **Magyar G, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A:** Open wedge tibial osteotomy by callus distraction in gonarthrosis. Operative technique and early results in 36 patients. Acta Orthop Scand 69: 147-151 (1998)

110. **Magyar G, Ahl TL, Vibe P, Toksvig-Larsen S, Lindstrand A**: Open-wedge technique for osteoarthritis of the knee: A randomized study of 50 operations. J Bone Joint Surg Br 67: 444-448 (1999)

111. **Majima T, Yasuda K, Katsuragi R, Kaneda K**: Progression of joint arthrosis 10 to 15 years after high tibial osteotomy. Clin Orthop Relat Res 381: 177-184 (2000)

112. **Markolf KL, Bargar WL, Shoemaker SC, Amstutz HC**: The role of joint load in knee stability. J Bone Joint Surg 63: 570-585 (1981)

113. **Marti CB, Gautier E, Wachtl SW, Jacob RP**: Accuracy of frontal and sagittal plane correction in open-wedge high tibial osteotomy. Arthroscopy 20: 366-372 (2004)

114. **Marti RK, Verhagen RA, Kerkhoffs GM, Moojen TM**: Proximal tibial varus osteotomy: indications, technique, and five to twenty-one year results. J Bone Joint Surg Am 83: 164-170 (2001)

115. **Matsuda S, Miura H, Nagamine R, Urabe K, Ikenoue T, Okazaki K, Iwamoto Y**: Posterior slope in the normal and varus knee. Am J Knee Surg 12: 165-168 (1999)

116. **Matthews LS, Goldstein SA, Malvitz TA, Katz BP, Kaufer H**: Proximal tibial osteotomy. Factors that influence the duration of satisfactory function. Clin Orthop Relat Res 229: 193-200 (1988)

117. **Miller BS, Joseph TA, Barry EM, Rich VJ, Sterett WI**: Patient satisfaction after medial opening high tibial osteotomy and microfracture. J Knee Surg 20: 129-133 (2007)

118. **Miniaci A, Ballmer FT, Ballmer PM, Jakob RP**: Proximal tibial osteotomy. A new fixation device. Clin Orthop 246: 250-259 (1989)

119. **Moreland JR, Bassett LW, Hanker GJ**: Radiographic analysis of the axial alignment of the lower extremity. J Bone Joint Surg Am 69: 745-749 (1987)

120. **Mueller PE, Pietschmann MF:** Unikompartimentelle Kniearthrosplastik vs. Umstellungsosteotomie bei medialer Gonarthrose. Arthroskopie 22: 199-204 (2009)

121. **Mueller RT, Meißner U**: Die Tibiakopf-Additionsosteotomie mit der Gelenktoilette. Indikation- Technik-Ergebnisse. Z Orthop 127: 308-314 (1989)

122. **Myrnerts R:** Failure of the correction of varus deformity obtained by high tibial osteotomy. Acta Orthop Scand 51: 569-573 (1980a)

123. **Myrnerts R**: High tibial osteotomy with overcorrection of varus malalignment in medial gonarthrosis. Acta Orthop Scand 51: 557-560 (1980b)

124. **Nagel A, Insall JN, Scuderi GR**: Proximal tibial osteotomy. A subjective outcome study. J Bone Joint Surg Am 78: 1353-1358 (1996)

125. **Nakamura E, Mizuta H, Kudo S, Takagi K, Sakamato K:** Open-wedge osteotomy of the proximal tibia with hemicallotasis. J Bone Joint Surg Br 83: 1111-1115 (2001)

126. **Naudie D, Bourne RB, Rorabeck CH, Bourne TJ**: The Install Award. Survivorship of the high tibial valgus osteotomy. A 10- to 22-year follow-up study. Clin Orthop Relat Res 367: 18-27 (1999)

127. **Naudie D, Amendola A, Fowler PJ**: Opening wedge high tibial osteotomy for symptomatic hyperextension-varus thrust. Am J Sports Med 32: 60-70 (2004)

128. **Nelissen EM, van Langelaan EJ, Nelissen RGHH**: Stability of medial opening wedge high tibial osteotomy: a failure analysis. Int Orthop (SICOT) 34: 217-223 (2010)

129. **Niemeyer P, Schmal H, Hauschild O, von Heyden J, Südkamp NP, Köstler W**: Open-wedge osteotomy using an internal plate fixator in patients with medial-compartment gonarthritis and varus malalignment: 3-year results with regard to preoperative arthroscopic and radiographic findings. Arthroscopy 26: 1607-1616 (2010)

130. **Noyes FR, Stabler CL:** A system for grading articular cartilage lesions at arthroscopy. Am J Sports Med 17: 505-513 (1989)

131. **Noyes FR, Goebel S, West J:** Opening wedge tibial osteotomy: the 3-triangle method to correct axial alignment and tibial slope. Am J Sports Med 33: 378-387 (2005)

132. **Odenbring S, Tjornstran B, Egund N, Hagstedt B, Hovelius C, Lindstrand A, Luxhoj T, Svanstrom A**: Function after tibial osteotomy for medial gonarthrosis below aged 50 years. Acta Orthop Scan 60: 527-531 (1989)

133. **Odenbring S, Egund N, Hagstedt B, Larsson J, Lindstrand A, Toksvig-Larsen S**: Ten-year results of tibial osteotomy for medial gonarthrosis. The influence of overcorrection. Arch Orthop Trauma Surg 110: 103-108 (1991)

134. **Odenbring S, Berggren AM, Peil L**: Roentgenographic assessment of the hip-knee-ankle axis in medial gonarthrosis: A study of reproducibility. Clin Orthop 289: 195-196 (1993)

135. **Orsel S, Altun M, Bekmezci T, Tonbul M, Yalaman O**: Early results of medial opening wedge osteotomy in varus gonarthrosis. Acta Orthop Traumatol Turc 40: 193-198 (2006)

136. **Outerbridge RE:** The ethiology of chondromalacia patellae. J Bone Joint Surg 43: 752-777 (1961)

137. **Ozkaya U, Kabukcuoglu Y, Parmaksizoglu AS, Yaniocak S, Ozkazanli G:** Changes in patellar height and tibia inclination angle following open-wedge high tibial osteotomy. Acta Orthop Traumatol Turc 42: 265-271 (2008)

138. **Patel DV, Ferris BD, Aichroth PM**: Radiological study of alignment after total knee replacement. Int Orthop 15: 209-210 (1991)

139. **Phillips MJ, Krachow KA:** High tibial osteotomy and distal femoral osteotomy for valgus or varus deformity around the knee. AAOS instructional course lectures 47: 429-436 (1998)

140. **Ranawat CS, Shine JJ:** Duo-condylar total knee arthroplasty. Clin Orthop 94: 185-195 (1973)

141. **Rand JA, Neyret P**: ISAKOS meeting on managment of osteoarthritis of the knee prior to total knee arthroplasty. ISAKOS congress. (2005)

142. **Rinonapoli E, Manicini GB, Corvaglia A, Musiello S**: Tibial osteotomy for varus gonarthrosis. A 10- to 21-year followup study. Clin Orthop 353: 185-193 (1998)

143. **Roscher E, Martinek V, Imhoff AB:** Anterior cruciate ligament-plasty and high valgus tibial osteotomy as a combined procedure in anterior instability and varus deviation. Zentralbl Chir 123: 1019-1026 (1998)

144. **Rudan JF, Simurda MA**: High tibial osteotomy. A prospective clinical and roentgenographic review. Clin Orthop Relat Res 255: 251-256 (1990)

145. **Sabharwal S, Zhao C**: Assessment of lower limb malignment: supine fluoroscopy compared with a standing full-length radiograph. J Bone Joint Surg Am 90: 43-51 (2008)

146. **Schipplein OD, Andriacchi TP**: Interaction between active and passive knee stabilizers during level walking. J Orth Res 9: 113-119 (1991)

147. **Schünke M, Schulte E, Schumacher U**: Prometheus- Allgemeine Anatomie und Bewegungsapparat. 2. Auflage. Thieme, Stuttgart, S. 404 (2007)

148. **Scuderi GR, Windsor RE, Insall JN**: Observations on patellar height after proximal tibial osteotomy. J Bone Joint Surg Am 71: 245-248 (1989)

149. **Sherman C, Cabanela ME**: Closing wedge osteotomy of the tibia and the femur in the treatment of gonarthrosis. International Orthopaedics (SICOT) 34: 173-184 (2010)

150. **Slocum B, Larson RL, James SL, Grenier R:** High tibial osteotomy. Clin Orthop 104: 239-243 (1974)

151. **Spahn G**: Complications in high tibial (medial opening wedge) osteotomy. Arch Orthop Trauma Surg 30: 1-6 (2004)

152. **Sprenger TR, Doerzbacher JF**: Tibial osteotomy for the treatment of varus gonarthrosis. Survival and failure analysis to twenty-two years. J Bone Joint Surg Am 85: 469-474 (2003)

153. **Staubli AE, De Simoni C, Babst R, Lobenhoffer P:** Tomofix a new LCP-concept for open wedge osteotomy of the medial proximal tibia- early results in 92 cases. Injury 34: 55-62 (2003)

154. **Sterett WI, Steadman JR**: Chondral resurfacing and high tibial osteotomy in the varus knee. Am J Sports Med 32: 1243-1249 (2004)

155. **Takeuchi R, Aratake M, Bito H, Saito I, Kumagai K, Hayashi R, Sasaki Y, Akamatsu Y, Ishikawa H, Amakado E, Aota Y, Saito T**: Clinical results and radiographical evaluation of opening wedge high tibial osteotomy for spontaneous osteonecrosis of the knee. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 17: 361-368 (2009)

156. **Takeuchi R, Umemoto Y, Aratake M, Bito H, Saito I, Kumagai K, Sasaki Y, Akamatsu Y, Ishikawa H, Koshino T, Saito T:** A mid term comparison of open wedge high tibial osteotomy vs unicompartmental knee arthroplasty for medial compartment osteoarthritis of the knee. Journal of Orthopaedic Surgery and Research 5: 65 (2010) (article)

157. **Tegner Y, Lysholm J:** Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. Clin Orthop 198: 43-49 (1985)

158. **Tigani D, Ferrari D, Trentani P, Barbanti-Brodano G, Trentani F**: Patellar height after high tibial osteotomy. Int Orthop 24: 331-334 (2001)

159. **Trieb K, Grohs J, Hanslik-Schnabel B, Stulnig T, Panotopoulos J, Wanivenhaus A**: Age predicts outcome of high-tibial osteotomy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 14: 149-152 (2006)

160. **Trousdale RT:** Osteotomy: patient selection, preoperative planning and results. In: Callaghan JJ, Rosenberg AG, Rubash HE (Hrsg) The adult knee. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, S. 985-990 (2002)

161. **Tunggal JAW, Higgins GA, Waddell JP**: Complications of closing wedge high tibial osteotomy. Int Orthop 34: 255-261 (2010)

163. **Vasconcellos DA, Giffin JR, Amendola A**: Avoiding and Managing Complications in Osteotomies of the Knee. In: Meislin RJ, Halbrecht J (Hrsg) Complications in Knee and Shoulder Surgery: Management and Treatment Options for the Sports Medicine Orthopedist, Springer, London, S. 115-132 (2009)

164. **Virolainen P, Hannu TA:** High tibial osteotomy for the treatment of osteoarthritis of the knee: a review of the literature and a meta-analysis of follow-up studies. Arch Orthop Trauma Surg 124: 258-261 (2004)

165. **Warden SJ:** Delayed- and Non-union following opening wedge high tibial osteotomy: surgeons' results from 182 completed cases. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 13: 34-37 (2005)

166. **Waugh W:** Tibial osteotomy in the management of osteoarthritis of the knee. Clin Orthop 210: 55-61 (1968)

167. **W-Dahl A, Robertsson O, Lidgren L:** Surgery for knee osteoarthritis in younger patients: A Swedish Register Study. Acta Orthopaedics 81: 161-164 (2005)

168. **Weale AE, Lee AS, MacEachern AG:** High tibial osteotomy using a dynamic axial external fixator. Clin Orthop Relat Res 382: 154-167 (2001)

169. **Westrich GH, Peters LE, Haas SB, Buly RL, Windsor RE:** Patella height after high tibial osteotomy with internal fixation and early motion. Clin Orthop 354: 169-174 (1998)

170. **Windsor RE, Insall JN, Vince KG:** Technical considerations of total knee arthroplasty after proximal tibial osteotomy. J Bone Joint Surg Am 70: 547-555 (1988)

171. **Wolcott M**: Osteotomies around the knee for the young athlete with osteoarthritis. Clin Sports Med 24: 153-161 (2005)

172. **Wolcott M, Traub S, Efird C**: High tibial osteotomies in the young active patient. International Orthopaedics (SICOT) 34: 161-166 (2010)

173. **Wuelker N, Kohn D, Siebert WE, Wirth CJ:** Die Bedeutung des Aktivitäts-Scores bei der Bewertung von Kniebandrekonstruktionen. Sportverl Sportschad 5: 130-134 (1991)

174. **Yasuda K, Majima T, Tsuchida T, Kaneda K:** A ten- to 15 year follow-up observation of high tibial osteotomy in medial compartment osteoarthrosis. Clin Orthop 282: 186-195 (1992)

175. **Zhang H, Zhang J, LV C, Leng P, Wang Y, Wang X, Wang C:** Modified biplanar open-wedge high tibial osteotomy with rigid locking plate to treat varus knee. J Zhejiang Univ Sci B 10: 689-695 (2009)

Anhang

3 Position HTO **B|BRAUN**

2000 IKDC SUBJEKTIVER KNIE–UNTERSUCHUNGSBOGEN

Zentrum–Nr	Pat.–Nr	Bogen vom Patienten auszufüllen	Untersuchungsdatum	Arzt
|__|__|__|	|__|__|__|		|Tag__|Mon__|Jahr__|	_____

SYMPTOME

1. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliche Schmerzen im Knie ausüben können?

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

2. Wie oft hatten Sie in den vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (Nie) und geht mit zunehmender Häufigkeit der Schmerzen bis zu 10 (ständig Schmerzen).

Nie	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	ständig Schmerzen
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

3. Wie stark sind Ihre Schmerzen?

Kreuzen Sie eines der Kästchen in der nachstehenden Skala an. Die Skala beginnt mit 0 (keine Schmerzen) und geht mit zunehmender Stärke der Schmerzen bis zu 10 (unerträgliche Schmerzen).

Keine Schmerzen	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	unerträgliche Schmerzen
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	

4. Wie steif oder geschwollen war Ihr Knie während der vergangenen 4 Wochen oder seit dem Auftreten Ihrer Verletzung?

- ☐ überhaupt nicht
- ☐ etwas
- ☐ ziemlich
- ☐ sehr
- ☐ extrem

5. Was ist die höchste Aktivitätsstufe, die Sie ohne erhebliches Anschwellen des Knies ausüben können?

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

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

☐ Ja ☐ Nein

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

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

Seite 2 –>

5 Position HTO

B BRAUN

2000 IKDC KNIE-UNTERSUCHUNGSBOGEN

	Zentrum-Nr |__|__|__|	Pat.-Nr |__|__|__|		Untersuchungsdatum |Tag__|Mon__|Jahr__|	Arzt _____
	Allgemeine Laxizität:		☐ verminderte Laxizität	☐ normal	☐ erhöhte Laxizität
	Beinachse:		☐ eindeutig Varus	☐ normal	☐ eindeutig Valgus
	Patellastellung:		☐ baja	☐ normal	☐ alta
	Subluxation/ Dislokation der Patella:		☐ zentriert ☐ subluxierbar	☐ subluxiert ☐ dislozier	
	Bewegungsausmaß (Streckung/Beugung):		Betroffene Seite:	passiv ____/____/____	aktiv ____/____/____
			Gegenseite:	passiv ____/____/____	aktiv ____/____/____

	SIEBEN GRUPPEN	VIER GRADE				GRUPPENGRAD*			
		Normal	**Fast normal**	**Abnormal**	**Deutlich abnormal**	**A**	**B**	**C**	**D**
SCORING	**1. Erguss**	☐ kein	☐ leicht	☐ mäßig	☐ deutlich	☐	☐	☐	☐
	2. Passives Bewegungsdefizit								
	Δ**Streckdefizit	☐ < 3°	☐ 3-5°	☐ 6-10°	☐ > 10°				
	ΔBeugedefizit	☐ 0-5°	☐ 6-15°	☐ 16-25°	☐ > 25°	☐	☐	☐	☐
	3. Ligamentuntersuchung (manuell, instrumentell, Röntgen)								
	ΔLachman Test (25° Beugung , 134 N)	☐ (-1)-2mm	☐ 3-5mm (1+) ☐ <(-1)-(-3)	☐ 6-10mm (2+) ☐ <(-3) steif	☐ >10mm (3+)				
	ΔLachman Test (25° Beugung, manuell, max.)	☐ (-1)-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	Vorderer Endpunkt:	☐ fest		☐ unsicher					
	ΔGesamt AP-Translation (25°)	☐ 0-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	ΔGesamt AP-Translation (70°)	☐ 0-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	ΔHintere Schublade (70°)	☐ 0-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	ΔValgusstress	☐ 0-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	ΔVarusstress	☐ 0-2mm	☐ 3-5mm	☐ 6-10mm	☐ >10mm				
	ΔAußenrotationstest (30°)	☐ < 5°	☐ 6-10°	☐ 11-19°	☐ >20°				
	ΔAußenrotationstest (90°)	☐ < 5°	☐ 6-10°	☐ 11-19°	☐ >20°				
	ΔPivot shift	☐ gleich	☐ +(Gleiten)	☐ ++(dumpf)	☐ +++(laut)				
	ΔReverse pivot shift	☐ gleich	☐ Gleiten	☐ stark	☐ ausgeprägt	☐	☐	☐	☐
	4. Kompartmentbefunde	Krepitation		Krepitation mit					
	ΔKrepitation anterior (PF)	☐ keine	☐ mäßige	☐ leichtem Schmerz	☐ > leichtem Schmerz				
	ΔKrepitation mediales Kompartiment	☐ keine	☐ mäßige	☐ leichtem Schmerz	☐ > leichtem Schmerz				
	ΔKrepitation laterales Kompartiment	☐ keine	☐ mäßige	☐ leichtem Schmerz	☐ > leichtem Schmerz				
	5. Transplantat-entnahmemorbidität	☐ keine	☐ geringe	☐ mäßige	☐ deutliche				
	6. Röntgenbefund:								
	Medialer Gelenkspalt	☐ kein	☐ gering	☐ mäßig	☐ deutlich				
	Lateraler Gelenkspalt	☐ kein	☐ gering	☐ mäßig	☐ deutlich				
	Femoropatellar-Gelenk	☐ kein	☐ gering	☐ mäßig	☐ deutlich				
	Vorderer Gelenkspalt (sagittal)	☐ kein	☐ gering	☐ mäßig	☐ deutlich				
	Hinterer Gelenkspalt (sagittal)	☐ kein	☐ gering	☐ mäßig	☐ deutlich				
	7. Funktionstest: Hüpfen auf einem Bein (in % der gegenüberliegenden Seite)								
		☐ ≥ 90%	☐ 89-76%	☐ 75-50%	☐ < 50%				
	**** Abschlussbeurteilung**					☐	☐	☐	☐

* Gruppengrad: Der Gruppengrad richtet sich nach dem niedrigsten Grad innerhalb einer Gruppe.

** Δ: Der Unterschied zwischen dem betroffenen Knie und dem normalen Knie, bzw. dem, was als normal angesehen wird.

*** Abschlussbeurteilung: Bei akuten und subakuten Patienten richtet sich die Abschlussbeurteilung nach dem schlechteren Gruppengrad. Bei chronischen Patienten wird die prä- und postoperative Beurteilung verglichen. Bei einer Abschlussbeurteilung werden nur die ersten drei Gruppen beurteilt, jedoch werden alle Gruppen dokumentiert.

2000 IKDC KNIE-UNTERSUCHUNGSBOGEN

Anleitung für das Formblatt zur Untersuchung des Knies

Das Formblatt zur Untersuchung des Knies enthält Punkte, die in eine von sieben Messdomänen fallen. Dabei werden jedoch nur die ersten drei Domänen bewertet. Die sieben Domänen werden mit Hilfe des Formblattes zur Untersuchung des Knies beurteilt.

Erguss

Ein Erguss wird durch vorsichtige Palpation des Knies beurteilt. Eine Flüssigkeitswelle (weniger als 25 cc) gilt als leicht, leicht palpierbare Flüssigkeit als mäßig (25 bis 60 cc) und ein angespanntes Knie zusätzlich zum Erguss (mehr als 60 cc) gilt als deutlich.

Passives Bewegungsdefizit

Der passive Bewegungsspielraum wird mit einem Winkelmesser gemessen und auf dem Formblatt für die betroffene Seite und die gegenüberliegende oder normale Seite festgehalten. Die Werte für Nullpunkt/ Überstreckung/ Beugung sind aufzuzeichnen (z.B. 10 Grad Überstreckung, 150 Grad Beugung = 10/0/150; 10 Grad Beugung zu 150 Grad Beugung = 0/10/150). Die Streckung wird mit der des normalen Knies verglichen.

Ligamentuntersuchung

Der Lachman-Test, die gesamte anteroposteriore Translation bei 70 Grad und der mediale und laterale Gelenkspalt können manuell, instrumentell oder mittels Röntgenaufnahme unter Belastung beurteilt werden. Dabei sollte nur ein Test beurteilt werden, vorzugsweise eine „gemessene Verschiebung". Bei der instrumentellen Untersuchung beider Knie wird eine Standardkraft von 134 N (30 lb-force) angelegt. Die Zahlenwerte für die Seitenunterschiede werden abgerundet und das entsprechende Kästchen wird angekreuzt.
Der Endpunkt wird mit dem Lachman-Test beurteilt. Der Endpunkt beeinflusst die Einstufung, wenn die Laxizität des betroffenen Knies vorne 3 bis 5 mm größer ist als die des normalen Knies. In diesem Fall führt ein weicher Endpunkt zu einem abnormen Grad anstelle eines nahezu normalen Grads.
Der hintere Durchhang bei 70 Grad wird durch einen Vergleich des Profils des betroffenen Knies mit dem des normalen Knie und durch Palpieren der medialen femorotibialen Kante geschätzt. Dieser Befund kann durch die Beobachtung bestätigt werden, dass die Kontraktion des quadrizeps die Tibia nach vorne zieht.
Für die Außenrotationstests liegt der Patient mit auf 30 und 70 Grad gebeugten Knien auf dem Bauch. An beide Füße wird eine einheitliche äußere Drehkraft angelegt, und das Ausmaß der Außenrotation wird aufgezeichnet.
Pivot Shift and Reverse Pivot Shift werden mit dem Patienten in Rückenlage, einer Hüftabduktion von 10 bis 20 Grad und mit Tibia in Neutralrotation unter Verwendung der Technik nach Losee, Noyes oder Jakob durchgeführt. Die im Vergleich zum normalen Knie größte Subluxation wird festgehalten.

Kompartmentbefund

Patellofemorale Krepitation wird durch Streckung gegen geringen Widerstand hervorgerufen. Die mediale und laterale Kompartmentkrepitation wird durch Strecken des Knies aus einer gebeugten Stellung mit Belastung in Varusrichtung und folgender Belastung in Valgusrichtung (d.h. McMurray-Test) hervorgerufen. Die Einstufung erfolgt nach Intensität und Schmerz.

Transplantatentnahmemorbidität:

Auf Empfindlichkeit, Reizung oder Gefühllosigkeit an der Entnahmestelle des autologen Transplantats achten.

Röntgenbefund

Die Verschmälerung des medialen und lateralen Gelenkspalts wird durch ein bilaterales PA-Röntgenbild mit Gewichtsbelastung auf beiden Beinen und einem Beugungswinkel von 35 bis 45 Grad (Tunnelaufnahme) beurteilt. Die patellofemorale Verschmälerung wird durch eine Merchant-Aufnahme bei 45 Grad dokumentiert. Ein geringer Grad bezeichnet minimale Veränderungen (d.h. kleine Osteophyten, leichte Sklerose oder Abflachung der Femurkondyle) und nur schwach erkennbare Verschmälerung des Gelenkspalts. Bei einem mittleren Grad liegen diese Veränderungen möglicherweise vor sowie eine Verschmälerung des Gelenkspalts (z.B. ein Gelenkspalt von 2-4 mm oder eine Verschmälerung des Gelenkspalts von bis zu 50 %). Zu den ausgeprägten Veränderungen zählen ein Gelenkspalt von weniger als 2 mm oder eine Verschmälerung des Gelenkspalts von mehr als 50 %.

Funktionstest

Der Patient wird aufgefordert, auf der betroffenen und auf der normalen Seite jeweils einmal auf einem Bein so weit wie möglich zu springen. Für jedes Bein werden drei Versuche festgehalten und die Ergebnisse werden gemittelt. Dann wird das Verhältnis von betroffenem zu normalem Knie berechnet.

6

Position HTO

B BRAUN

TEGNER-AKTIVITÄTSSCORE

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr		Untersuchungsdatum	Arzt
	_____	_____		Tag___ Mon___ Jahr____	_____

Bitte das Ergebnis unten eintragen

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

Ergebnis: ___

7 Position HTO **B BRAUN**

LYSHOLM-GILLQUIST-SCORE

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr		Untersuchungsdatum	Arzt
	__|__|__|	__|__|__|		Tag__|Mon__|Jahr___|	_____
SCORING	**Hinken**		☐ kein Hinken ☐ gelegentlich oder leicht ☐ schwer und ständig		
	Gehhilfen		☐ keine ☐ Stock oder Stütze ☐ keine Belastung möglich		
	Oberschenkelatrophie		☐ keine Atrophie ☐ 1-2 cm Atrophie ☐ mehr als 2 cm		
	Instabilität		☐ keine Instabilität ☐ selten bei Sport oder schwerer Anstrengung ☐ häufig bei Sport oder schwerer Anstrengung (oder Teilnahme unmöglich) ☐ gelegentlich bei alltäglicher Belastung ☐ häufig bei alltäglicher Belastung ☐ bei jedem Schritt		
	Schmerzen		☐ keine ☐ gelegentlich und leicht bei schwerer Anstrengung ☐ stark bei Subluxation ☐ stark bei starker Anstrengung ☐ stark bei oder nach 2km Gehen ☐ stark bei oder nach weniger als 2 km Gehen ☐ ständig		
	Schwellung		☐ keine ☐ bei Subluxation ☐ bei schwerer Anstrengung ☐ bei normaler Anstrengung ☐ ständig		
	Treppensteigen		☐ problemlos ☐ leicht behindert ☐ nur einzelne Stufen ☐ unmöglich		
	Hocken		☐ problemlos ☐ leicht behindert ☐ nicht über 90° ☐ unmöglich		

8 Position HTO **B BRAUN**

CINCINNATI-SPORTSMEDICINE AND ORTHOPEDIC CENTER-SCORE

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr		Untersuchungsdatum	Arzt
	____	____		Tag___ Mon___ Jahr____	_____

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

Seite 2 ->

8 Position HTO **B|BRAUN**

CINCINNATI-SPORTSMEDICINE AND ORTHOPEDIC CENTER-SCORE

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr		Untersuchungsdatum	Arzt
	____	____		Tag___ Mon___ Jahr____	_____

FUNKTION

Laufen/ Joggen

- ☐ Normal, keine Einschränkungen
- ☐ Leichte/ milde Probleme: Laufen mit halber Geschwindigkeit
- ☐ Mäßige Probleme, nur 2 km möglich
- ☐ Schwere Probleme, nur 1-2 Häuserblocks möglich
- ☐ Schwere Probleme, nur ein Paar Schritte

Sprung- und Kontaktsportarten

- ☐ Normal, keine Einschränkungen
- ☐ Leichte/ milde Probleme: vereinzelt Einschränkungen, Leistungssport OK
- ☐ Mäßige Probleme; Aufgabe von Leistungssport, Freizeitsport OK
- ☐ Schwere Probleme; Aufgabe sämtlicher Sportarten
- ☐ Schwere Probleme; nur leichte Freizeitaktivitäten möglich (Golf, Schwimmen)

AKTIVITÄTSNIVEAU (GENERELL)

- ☐ Keine Einschränkungen, normales Knie, 100% Funktion, gelegentlich Beschwerden beim Leistungssport bzw. schwerer Arbeit
- ☐ Ausüben von Sport und schwerer Arbeit möglich, aber auf einem niedrigeren Level unter Berücksichtigung von Einschränkungen bei schwerer Tätigkeit
- ☐ Freizeitsport möglich mit geringen Symptomen, anstrengendere Sportarten verursachen Beschwerden. Einschränkungen bei mäßiger körperlicher Arbeit
- ☐ Kein Sport oder Freizeitaktivitäten möglich. Gehen mit geringen Beschwerden möglich, Einschränkungen bei leichter Arbeit (Büro)
- ☐ Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen mäßige Beschwerden, regelmäßige Einschränkungen
- ☐ Gehen und Aktivitäten des täglichen Lebens verursachen schwere Beschwerden, ständige Symptome

9

Position HTO

HSS-SCORE

B BRAUN

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr		Untersuchungsdatum	Arzt
	_____	_____		Tag___ Mon___ Jahr____	_____

SCORING

Schmerzen

1. Schmerzen beim Gehen

☐ Keine ☐ Leichte ☐ Mäßige ☐ Starke

2. Schmerzen in Ruhe

☐ Keine ☐ Leichte ☐ Mäßige ☐ Starke

Funktion

3. Gehen und Stehen

☐ Gehen und Stehen unbegrenzt

☐ Gehstrecke 5-10 Blocks, Stehen für eine Weile möglich (<1/2 h)

☐ Gehstrecke 1-5 Blocks, Stehen bis 1/2 h möglich

☐ Gehstrecke kürzer als 1 Block

☐ Gehen unmöglich

4. Treppensteigen

☐ Möglich ☐ Nur mit Hilfe ☐ Unmöglich

5. Auto aus-/ einsteigen

☐ Möglich ☐ Nur mit Hilfe ☐ Unmöglich

6. Bewegungsumfang (RoM)

____°

7. Muskelkraft

☐ Gut: Quadrizeps unüberwindbar

☐ Gut: Quadrizeps überwindbar

☐ Mäßig: aktives Bewegen durch RoM möglich

☐ Schlecht: aktives Bewegen durch RoM nicht möglich

8. Beugedefizit

☐ Kein Defizit ☐ 1-5° ☐ 5-10° ☐ >10°

9. Instabilität

☐ Keine ☐ 0-5° ☐ 6-15° ☐ >15°

10. Gehhilfe

☐ Keine Gehhilfe ☐ Ein Gehstock ☐ Eine Unterarmgehstütze ☐ Zwei Unterarmgehstützen

11. Streckdefizit

☐ kein ☐ 5° ☐ 10° ☐ 15° oder mehr

12. Abweichung der Mechanischen Achse

___° ☐ Varus ☐ Valgus

10 Position HTO

FOLLOW-UP

B|BRAUN

FOLLOW UP

Zentrum-Nr	Pat.-Nr	Monate postOP	Untersuchungsdatum	Arzt
____	____	☐ 2 ☐ 6 ☐ 12	Tag___ Mon___ Jahr____	_____

Komplikationen seit der letzten Untersuchung:

☐ keine ☐ Arthro-fibrose ☐ Thrombo-se/ Embolie ☐ Infektion ☐ Hämatom ☐ Fraktur ☐ andere

Kommentar: _____

Aktivitätsniveau aktuell nach Therapie (nur 6 und 12 Monate post-OP auszufüllen)

I: Hochleistungssport ☐ ja ☐ nein

II: Leistungssport, Vereinssport ☐ ja ☐ nein

III: Gelegenheitssport ☐ ja ☐ nein

IV: Kein Sport ☐ ja ☐ nein

Subjektive Funktion (nur 6 und 12 Monate post-OP auszufüllen)

I: Ich habe eine uneingeschränkte Gelenkfunktion

II: Ich habe eine nahezu uneingeschränkte Gelenkfunktion

III: Ich habe eine deutlich eingeschränkte Gelenkfunktion

IV: Ich habe eine erheblich eingeschränkte Gelenkfunktion bereits unter täglicher Belastung

aktuell nach Therapie ☐ I ☐ II ☐ III ☐ IV

Röntgen-Aufnahme

☐ keine ☐ Ganzbein ☐ 2 Ebenen ☐ andere

Auffälligkeiten in der radiologischen Untersuchung vom: Tag___ Mon___ Jahr____

☐ keine ☐ delayed union ☐ non-union ☐ Korrekturverlust ☐ Implantatversagen ☐ andere

Kommentar: _____

Auffälligkeiten in der Ganzbeinaufnahme vom: Tag___ Mon___ Jahr____

Abweichung der Kniegelenkmitte von der Mikulicz-Linie vorhanden?

☐ nein ☐ ja, Länge: ___ mm Richtung: ☐ varus ☐ valgus

Kommentar: _____

Seite 2 ->

10 Position HTO

FOLLOW-UP

B|BRAUN

	Zentrum-Nr	Pat.-Nr	Monate postOP	Untersuchungsdatum	Arzt
	____	____	☐ 2 ☐ 6 ☐ 12	Tag___ Mon___ Jahr____	_____

FOLLOW UP

Komplikationen seit der letzten Untersuchung:

☐ keine ☐ in beigelegtem UE-Bogen ausführlich erläutert

Status des Patienten:

☐ Normale Fortsetzung der Studie ☐ Planmäßiges Ende ☐ Abbruch ☐ Lost-to-Follow-Up

Kommentar: _____

Danksagung

Herrn Prof. Dr. Roland Wetzel und Privatdozent Dr. Vladimir Martinek danke ich für die Überlassung des Themas, für die fachliche Betreuung und für die freundliche, kompetente Unterstützung.

Besonders herzlich möchte ich meiner Familie danken, die mich immer zu motivieren wusste und mir während der gesamten Zeit zur Seite stand. Ohne euren Rückhalt wäre diese Arbeit nicht denkbar gewesen. Meinem Vater, Karsten Kiupel, danke ich für die Vermittlung der Begeisterung für die Orthopädie, die vielen Diskussionsabende und wertvollen Ratschläge und das Korrekturlesen meiner Arbeit. Meiner Mutter, Katarina Kiupel, danke ich für die aufmunternden Gespräche, die fortwährende Unterstützung und insbesondere für die Beratung bei der statistischen Analyse der Daten. Besonderer Dank gilt meiner Schwester, Tina Kiupel, für die Bereitstellung des technischen Equipments und das finale Korrekturlesen. Danken möchte ich auch Frau Anika Bombik für die tatkräftige Unterstützung bei der Umsetzung der grafischen Gestaltung. Auch Frau Christine Bruder danke ich für ihre stets motivierenden Worte.