

Aus dem Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Tibiakopffrakturen – Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung mit
winkelstabilen Platten – Fixateuren**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Felix Michael Landmann

aus Berlin

Datum der Promotion: 01. März 2019

Vorwort

Teilergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden veröffentlicht in:

Märdian S, Landmann F, Wichlas F, Haas NP, Schaser KD, Schwabe P. Outcome of angular stable locking plate fixation of tibial plateau fractures Midterm results in 101 patients. *Indian J Orthop* 2015;49(6):620-629.

Die Aufgaben des Autors der vorliegenden Arbeit lagen in der Erhebung der Primärdaten und der statistischen Auswertung und Interpretation sowie der Mitarbeit bei Erstellung der oben genannten Veröffentlichung.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Epidemiologie und Ätiologie	1
1.2 Anatomie	2
1.2.1 Artikulierende Knochen	2
1.2.2 Menisken	4
1.2.3 Bandapparat des Kniegelenks	4
1.2.4 Muskulatur	5
1.2.5 Neurovaskuläre Strukturen	5
1.3 Biomechanik	5
1.4 Klassifikation von Tibiakopffrakturen	8
1.4.1 Klassifikation nach Schatzker	8
1.4.2 AO-Klassifikation	9
1.5 Diagnostik	11
1.5.1 Klinische Diagnostik	11
1.5.2 Apparative Diagnostik	12
1.6 Begleitverletzungen	12
1.6.1 Ligamentäre Begleitverletzungen	13
1.6.2 Neurovaskuläre Begleitverletzungen	13
1.6.3 Therapie von Begleitverletzungen	14
1.7 Klassifikation des Weichteilschadens	16
1.8 Posttraumatische Arthrose	17
1.9 Therapie der Tibiakopffrakturen	18
1.9.1 Konservative Therapie	18
1.9.2 Operative Therapie	18
1.9.3 Osteosynthetische Rekonstruktion	19
1.9.4 Nachteile von winkelstabilen Platten	20
1.10 Operative Zugänge	20
1.11 Defektaugmentation	21
1.12 Fragestellung	22
2. Methodik	24

2.1 Patienten –, fraktur – und therapiespezifische Daten	24
2.2 Klinische Verlaufsdaten	24
2.3 Radiologische Verlaufsdaten	25
2.4 Fragebögen	26
2.4.1 Knee Society Score	26
2.4.2 Tegner Aktivitätsskala	27
2.4.3 VAS – Skala für Schmerz	27
2.4.4 Kniescore nach Lysholm und Gillquist	28
2.4.5 WOMAC – Arthroseindex	28
2.5 Studiengruppen	28
2.6 Statistische Auswertung	29
3. Ergebnisse	30
3.1 Epidemiologische Daten	30
3.2 Chirurgische Daten	32
3.2.1 Traumamechanismus	32
3.2.2 Primäre Therapie und Weichteilschäden	32
3.2.3 Chirurgischer Zugang	33
3.2.4 Defektaugmentation	34
3.3 Radiologische Ergebnisse	35
3.3.1 Posttraumatische Arthrose	35
3.3.2 Postoperativer Korrekturverlust	36
3.4 Funktionelle Ergebnisse	37
3.5 Auswertung der Fragebögen	38
3.5.1 Knee Society Score	38
3.5.2 Tegner Aktivitätsskala	40
3.5.3 VAS-Skala	40
3.5.4 Kniescore nach Lysholm und Gillquist	40
3.5.5 WOMAC-Score	40
3.6 Postoperative Komplikationen	41
4. Diskussion	42
5. Anhang	55
5.1 Untersuchungsbogen	55

5.2 Fragebögen	56
6. Literaturverzeichnis	62
7. Eidesstattliche Versicherung	76
8. Publikationsliste mit Anteilserklärung	77
9. Tabellarischer Lebenslauf	78
10. Publikationsliste	79
11. Danksagung	80

I. Abstract (deutsch)

Einführung

Tibiakopffrakturen sind schwere Verletzungen, die oftmals mit einem nicht zufriedenstellenden funktionellen Ergebnis und erhöhten Raten an posttraumatischer Arthrose assoziiert sind. Das Ziel dieser Arbeit ist eine systematische Untersuchung der klinischen, radiologischen und funktionellen Parameter nach winkelstabiler Stabilisierung von AO – Typ B – und Typ C – Tibiakopffrakturen, um so mögliche frakturspezifische Unterschiede sowie prädiktive Faktoren zu identifizieren.

Methoden

Die Studie wurde an 101 Patienten (46 Männer, 55 Frauen) durchgeführt. Erfasst wurden klinische (ROM) sowie radiologische (Arthrosescore, Korrekturverlust) Verlaufsdaten und Scores zur Erfassung der subjektiven Patientenzufriedenheit und Lebensqualität (WOMAC, Lysholm, Tegner) sowie der postoperativen Funktion des Kniegelenks (KSS, VAS).

Ergebnisse

Es gab signifikant mehr Typ B – als Typ C – Verletzungen (62,4 % vs. 37,4 %, $p < 0,001$) in einem Nachuntersuchungszeitraum von $57,3 \pm 30,4$ Monaten. Die Frakturschwere sowie der Grad des Weichteilschadens und das Ausmaß des Korrekturverlustes korrelierte signifikant mit dem Arthrosescore ($p < 0,001$). Insgesamt zeigten Typ B – Verletzungen ein signifikant besseres funktionelles Outcome als Typ C – Verletzungen. Hinsichtlich der subjektiven Patientenzufriedenheit zeigte sich in allen erhobenen Scores eindeutig, dass Typ C – Verletzungen mit einer größeren Einschränkung der Lebensqualität einhergingen.

Diskussion

Diese Studie zeigt, dass Typ C – Frakturen in allen funktionellen Parametern zu schlechteren Ergebnissen führen als Typ B – Frakturen. Darüber hinaus legen die Ergebnisse dieser Studie nahe, dass die Frakturschwere, der Grad des Weichteilschadens und die exakte anatomischen Reposition entscheidende Faktoren sind, die das funktionelle Outcome nach Tibiakopffraktur bestimmen.

II. Abstract (english)

Introduction

Tibial head fractures are severe injuries, frequently connected to a non satisfying functional outcome and an increased rate of post – traumatic osteoarthritis. In this thesis a systematic review of clinical, radiological and functional parameters following stable angle osteosynthesis of AO – type B – and C – tibial head fractures was performed in order to identify potential fracture – specific differences and predictive factors for the postoperative outcome.

Methods

101 participants (55 female, 46 male) were enrolled in the study. We collected clinical (ROM) and radiological (Osteoarthritis and loss of reduction) parameters as well as data on the post – operative performance of the knee (KSS, VAS) and the subjective quality of life (WOMAC, Lysholm, Tegner).

Results

Type B – fractures were significantly more prevalent in the analyzed cohort than type – C fractures (62,4 % vs. 37,4 %, $p < 0,001$) with a mean follow – up of $57,3 \pm 30,4$ months. Fracture severity, the degree of soft – tissue trauma as well as the loss of reduction correlated significantly with osteoarthritis ($p < 0,001$). Overall, type B – fractures had a significantly better outcome than type C – fractures. Concerning the assessed quality of life, all scores demonstrated that type C – fractures lead to a greater impairment in patient satisfaction and everyday performance.

Discussion

This study demonstrates that type C – fractures are more often linked to a poor post – operative outcome than type B – fractures regarding all parameters included into the analysis. Moreover, the obtained results are suggesting, that fracture severity, degree of soft – tissue trauma and the exact anatomic restoration are determining factors of the functional outcome after tibial head fractures.

1. Einleitung

Tibiakopffrakturen sind seltene, jedoch meist schwere Verletzungen des gelenktragenden Anteils der proximalen Tibia. Aufgrund der komplexen Anatomie und des engen Zusammenspiels zwischen knöchernen und umgebenden ligamentären Strukturen stellt die Therapie dieser Verletzungen bis heute eine Herausforderung an den behandelnden Arzt dar. Obgleich eine Vielzahl an fortschrittlichen Implantaten verfügbar sowie dezidierte Strategien zur operativen Versorgung von Tibiakopffrakturen etabliert sind, ist das funktionelle Ergebnis dieser Patienten bis heute zum Teil nicht zufriedenstellend und die Rate an posttraumatischen Arthrosen noch immer deutlich erhöht.

1.1 Epidemiologie und Ätiologie

In großen epidemiologischen Studien werden Frakturen des Tibiaplateaus mit einer Inzidenz von ca. 1 % aller Frakturen des menschlichen Körpers angegeben ^{1,2}. Das Durchschnittsalter der von diesen Verletzungen betroffenen Patienten liegt laut der aktuellen Studienlage bei 49,8 Jahren ³. Bezüglich der Verteilung der verschiedenen Frakturtypen basierend auf der Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen [AO] ⁴ fand eine Studie aus dem Jahre 2007 eine Verteilung von 24 % Typ – B1, 11 % Typ – B2, 34 % Typ – B3, sowie 12 % Typ – C1, 8 % Typ – C2 und 11 % Typ – C3 -Verletzungen, wobei die Autoren extraartikuläre Frakturen (Typ – A) nicht in ihre Analyse einschlossen ². Aus biomechanischer Sicht ist die Tibiakopffraktur in der Regel die Folge von Valgus – oder Varusstress in Kombination mit axial einwirkenden Kräften ¹. Durch die physiologisch leicht valgische Beinachse und das mit ca. 3° leicht nach medial abfallende Tibiaplateau ist das laterale Gelenkkompartiment durch die einwirkenden Kräfte für Verletzungen prädisponiert und häufiger frakturiert als das mediale ⁵. Ätiologisch steht bei jungen Patienten das Hochrasanztrauma im Vordergrund ¹, welches vor allem zu mehrfragmentären und/oder Luxationsfrakturen und damit in der Summe zu komplexen Frakturmustern führt ³. Typische Beispiele dafür sind indirekte Gewalteinwirkungen zum Beispiel im Rahmen von Verkehrsunfällen oder bei Freizeitaktivitäten ^{2,6–8}. Dabei kommt es meist zu einer Impression des lateralen Plateaus in Kombination mit einer Verletzung des

medialen Seitenbandes. Im höheren Alter ist das Niedrigenergietrauma als Hauptursache zu nennen, welches z. B. durch einfache Stürze aus dem Stand oder Gang gekennzeichnet ist ^{3,9}. Es konnten bisher verschiedene Risikofaktoren, wie die Verminderung der Sehkraft, der groben Muskelkraft sowie der Koordinationsfähigkeit, identifiziert werden, welche die Sturzneigung dieses Patientenkollektivs signifikant beeinflussen ¹⁰. Typische geriatrische Grunderkrankungen, wie Osteoporose oder degenerative Gelenkerkrankungen (z. B. Gonarthrose) mit den entsprechenden Einschränkungen der Gelenkbeweglichkeit spielen eine weitere wichtige Rolle bei der Frakturentstehung ^{10,11}. Somit kommt es in dieser Patientengruppe aufgrund der im Alter schlechteren Knochenqualität häufiger zu Plateaufrakturen, die mit ausgeprägten metaphysären Substanzdefekten einhergehen ¹¹. Luxationsfrakturen oder Frakturen mit ligamentären Begleitverletzungen werden bei fortgeschrittenem Patientenalter nur selten gesehen ¹⁰.

1.2 Anatomie

1.2.1 Artikulierende Knochen

Das Kniegelenk (*Articulatio genus*, s. Abb. 1) besteht aus zwei Untereinheiten – dem *Articulatio femorotibialis* sowie dem *Articulatio femoropatellaris*. Aufgrund des nachfolgend beschriebenen komplexen anatomischen Aufbaus des Kniegelenks können bei allen Frakturen neben den knöchernen auch die umgebenden Weichteilstrukturen verletzt sein, was das klinisch funktionelle Ergebnis des Patienten beeinflussen kann.

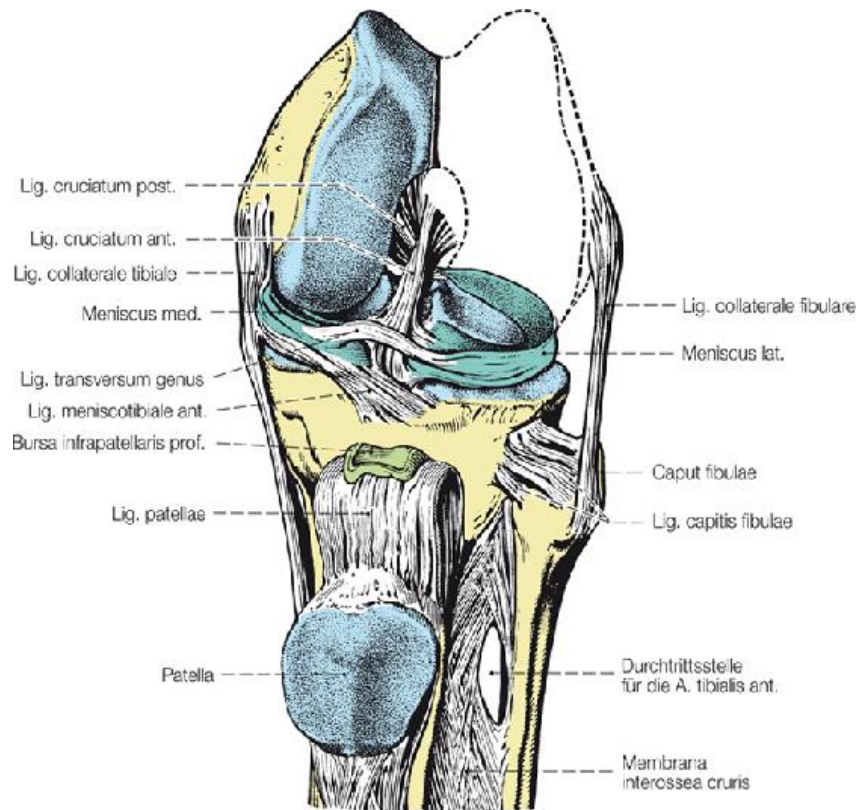


Abb. 1: Linkes Kniegelenk von ventral mit Retuschierung des lateralen Femurkondylus ¹².

Der Tibiakopf zählt zum Articulatio femorotibialis und stellt den distalen Teil des Gelenks dar. Er setzt sich aus den Condylis medialis et lateralis zusammen, denen die Facies articularis superior in Form des Tibiplateaus aufliegt ¹². Der Bereich zwischen den Tibiakondylen (Area intercondylaris) wird durch die zentral gelegene Eminentia intercondylaris und die davon links und rechts gelegenen Tubercula intercondylare mediale et laterale dominiert ¹². Zudem unterteilt die Eminentia intercondylaris die Area intercondylaris zugleich in eine Area intercondylaris posterior et anterior (s. Abb. 2).

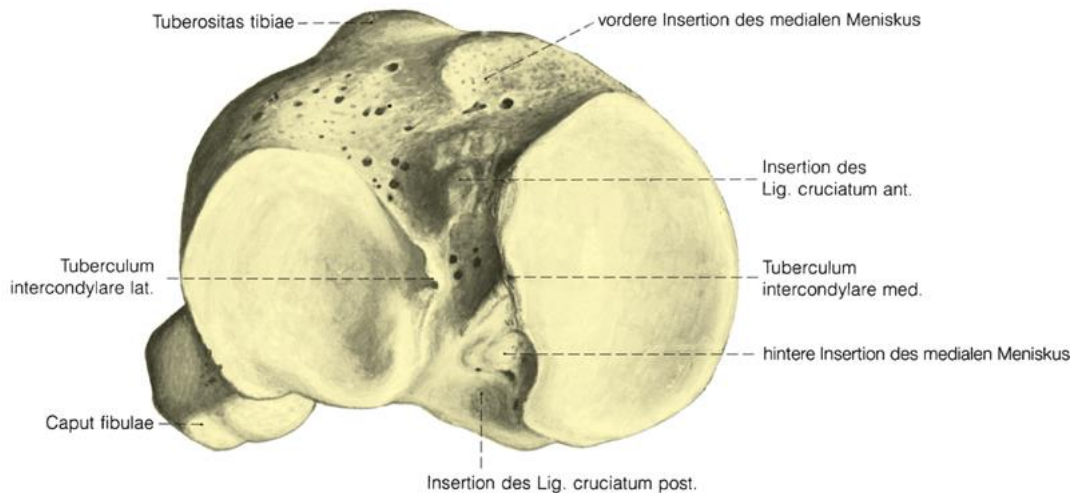


Abb. 2: Anatomie des Tibiaplateaus von proximal ¹².

1.2.2 Menisken

Die Menisken sind durch einen komplexen Aufhängungsapparat innerhalb des Gelenks in ihrer Position fixiert. Der laterale Meniskus ist kreisförmig und setzt mit dem Vorder – und Hinterhorn direkt am Tuberculum intercondylare laterale an. Der sichelförmige mediale Meniskus ist über das Lig. meniscotibiale anterius mit der Area intercondylaris anterior sowie mit dem Lig. meniscotibiale posterius am Tuberculum intercondylare medialis verbunden ¹². Zusätzlich besteht eine Verbindung zum medialen Seitenband. Durch das Lig. transversum genus kommunizieren der mediale und laterale Meniskus an der ventralen Seite des Tibiaplateaus miteinander ¹².

1.2.3 Bandapparat des Kniegelenks

Die Stabilität des Gelenks dominieren vier Bänder – zwei Kreuz – und zwei Seitenbänder.

Das vordere Kreuzband hat seinen Ursprung an der medialen Fläche des lateralen Femurkondylus und setzt an der Area intercondylaris anterior an ¹². Das hintere Kreuzband zieht von der Innenseite des medialen Femurkondylus zur Area intercondylaris posterior.

Das flächige Lig. collaterale tibiale entspringt am Epicondylus medialis femoris und setzt flächig bis zu 10 cm distal der Gelenkfläche am dorsomedialen Tibiakopf an. Auf Höhe des Gelenkspaltes ist es fest mit dem Außenrand des Innenmeniskus und der

Gelenkkapsel verwachsen. Das Lig. collaterale fibulare entspringt am Epicondylus lateralis femoris und setzt am Caput fibulae an.

1.2.4 Muskulatur

Die Extensorenloge des Oberschenkels besteht aus dem M. sartorius und dem M. quadriceps femoris. Die gemeinsame Quadricepssehne setzt an der Patella an und nutzt diese u. a. als Hypomochleon. Der Ansatz des M. sartorius liegt zusammen mit dem des M. gracilis und M. semitendinosus am medialen Tibiakondylus und bildet den Pes anserinus superficialis. 90 % der Flexionsleistung entfällt auf die dorsal gelegenen Mm. biceps femoris, semitendinosus und semimembranosus. Wobei ersterer am Caput fibulae und letzterer als Pes anserinus profundus am dorsomedialen Tibiakondylus ansetzt.

1.2.5 Neurovaskuläre Strukturen

Durch die Fossa poplitea verlaufen die neurovaskulären Hauptstrukturen vom Oberschenkel kommend in den Unterschenkel. Dort verlaufen der N. fibularis communis, der N. tibialis und die A./V. poplitea. Der N. fibularis communis tritt nach Passage der Fossa poplitea in die Fibularisloge ein und zieht von dort weiter nach distal.

1.3 Biomechanik

Die Traglinie der unteren Extremität (sog. Mikulicz – Linie) wird durch den Verlauf vom Hüftkopfmittelpunkt bis zur Mitte des oberen Sprunggelenks bestimmt. Im Idealfall verläuft sie durch die Mitte des Kniegelenkes. Ein Abweichen der Mikulicz – Linie von der Kniegelenksmitte nach lateral wird als Genus valgus und nach medial als Genus varus bezeichnet. Im Falle einer solchen Abweichung kommt es entsprechend zu einer mechanischen Mehrbelastung für das jeweilige Kompartiment.

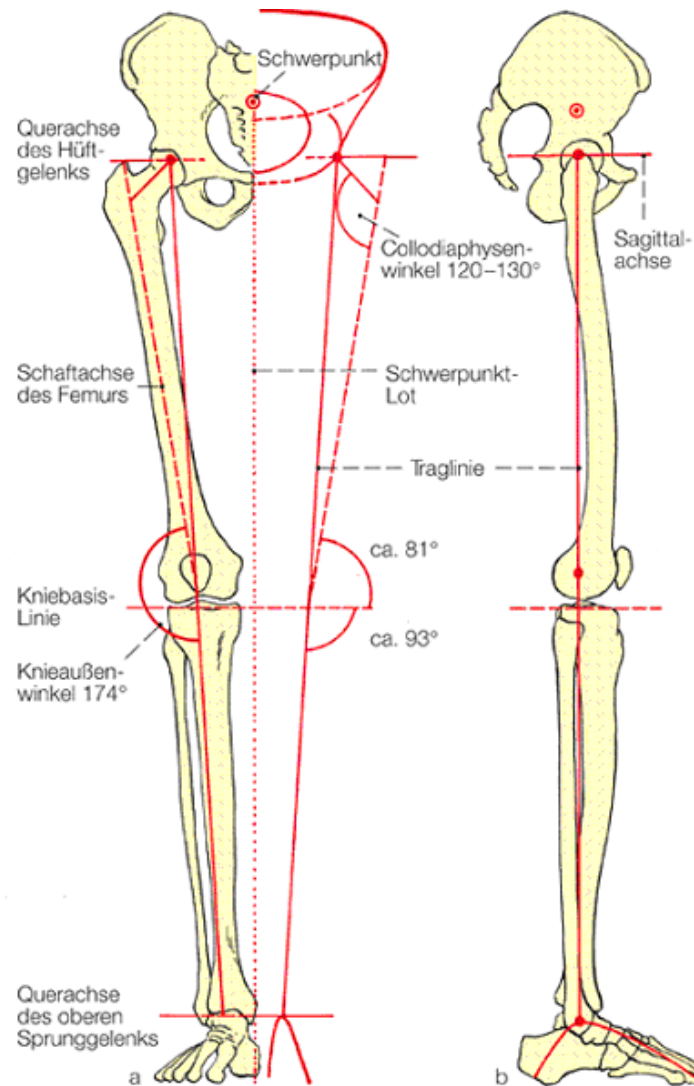


Abb. 3: Tragachse der unteren Extremität. Hier wird die exponierte Stellung des Kniegelenks in der Biomechanik des Beines deutlich veranschaulicht. Abweichung dieser Achse resultieren in einer Mehr – und Fehlbelastung der beteiligten Gelenke ¹².

Das Femorotibialgelenk ist ein Drehscharniergelenk, das eine Extensions – /Flexionsbewegung in der Transversalebene und Rotationsbewegungen in der Longitudinalachse erlaubt. Der Bewegungsumfang (Range of Motion [ROM]) um die Transversalachse beträgt beim Gesunden idealerweise (Extension/Flexion) $0^\circ - 10^\circ / 0^\circ / 140^\circ$. Die Streckung erfolgt zwischen $0^\circ - 10^\circ$, wobei die Bewegung meistens in Neutralnullposition verharrt. Passiv kann eine Extension bis zu 10° möglich sein. Eine über die 10° hinausgehende Extension wird als Genu recurvatum bezeichnet. Die Flexion von 140° ist nur beim gleichzeitig gebeugten Hüftgelenk möglich. Dies wird

durch die bei Beugung des Hüftgelenks einhergehende Dehnung der ischiokrualen Muskulatur möglich. Idealerweise kann beim gestreckten Hüftgelenk eine aktive Kniegelenksflexion bis zu 125° und eine passive bis zu 160° erfolgen. Eine tiefere Beugung wird durch den Weichteilmantel des Oberschenkels limitiert. Bei Flexion im Kniegelenk kommt es zu einer kombinierten Abroll – Drehbewegung, d. h. bis zu einer Flexion von 25° aus der Streckung heraus „rollen“ die Femurkondylen nach dorsal ab. Dabei nutzen sie fast die gesamte Fläche des Tibiaplateaus (s. Abb. 4). Die Menisken folgen dieser Bewegung. Bei Flexion über 25° hinaus bewegen sich die Femurkondylen nur noch auf einem Punkt mit geringen Abrollbewegungen, wobei bei maximaler Flexion die Femurkondylen auf dem letzten Drittel des Tibiaplateaus gelegen sind.

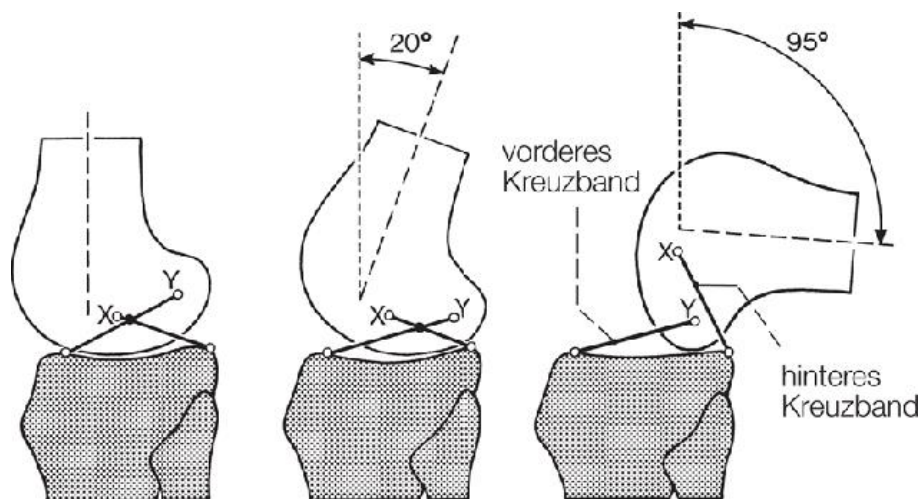


Abb. 4: Schematische Darstellung der Kreuzbänder und Kondylen bei Beugung ¹².

Zu jedem Zeitpunkt während des Bewegungsablaufes sind die beiden Kreuzbänder in verschiedenen Anteilen angespannt und gewährleisten so die Stabilität des Gelenkes in jeder Stellung im Raum. Bei maximaler Flexion ist das vordere Kreuzband am meisten gespannt und legt sich dabei in den Sulcus intercondylaris. Im Gegensatz dazu ist in Extension das hintere Kreuzband maximal gespannt. Rotationsbewegungen des Unterschenkels gegen den Oberschenkel sind nur bei gebeugtem Kniegelenk möglich, da nur hier die Kollateralbänder sowie die dorsalen Kapselstrukturen entspannt sind. Aufgrund des entspannten Tonus der Seitenbänder in Beugestellung werden geringgrade Adduktions – und Abduktionsbewegungen ermöglicht.

Darüberhinausgehende Abduktions – oder Adduktionsbewegung sind unter physiologischen Gesichtspunkten zu vernachlässigen, weil diese durch die starken Kollateralbänder verhindert werden. Bei Innenrotation winden sich die Kreuzbänder schraubenartig umeinander. Dadurch ist die maximale Innenrotation auf ca. 10° limitiert. Im Gegensatz dazu kommen die Kreuzbänder bei Außenrotation in eine annähernd parallele Lage, was eine Außenrotation von bis zu 30° zulässt. Physiologisch ist eine Außenrotation als sog. Schlussrotation in der Endphase der Extension. Diese Schlussrotation von 5° – 10° wird durch den Zug des während der Extension unter Spannung stehenden Kreuzbandes und durch Unterschiede in der Gestalt der beiden Femurkondylen erzwungen.

1.4 Klassifikation von Tibiakopffrakturen

Klassifikationen von Frakturen haben grundsätzlich mehrere Funktionen. Zum einen soll aus ihnen ein Behandlungsalgorithmus ableitbar und damit dem behandelnden Unfallchirurgen eine Hilfestellung bei der Therapiefindung sein. Zum anderen dienen Klassifikationen der Vereinheitlichung und der Schaffung einer Vergleichbarkeit von Patienten für wissenschaftliche oder andere Fragestellungen. Weiterhin sorgen Klassifikationen für eine Form der Qualitätssicherung der Diagnose und der daraus entstehenden therapeutischen Kaskade.

In der internationalen Literatur sind verschiedene Klassifikationssysteme für Tibiakopffrakturen publiziert worden ^{7,13}, aus denen sich im klinischen Alltag nur wenige durchgesetzt haben. Die beiden im klinischen Alltag gebräuchlichsten Klassifikationen werden im Folgenden kurz dargestellt. Anzumerken bleibt, dass sich bis heute keine der publizierten Klassifikationssysteme als allgemeingültig durchsetzen konnte.

1.4.1 Klassifikation nach Schatzker

Die 1979 von Schatzker ¹⁴ publizierte Klassifikation der Tibiakopffrakturen wird vor allem im angloamerikanischen Raum angewandt. Grundlage dieses Systems bildet die Frakturmorphologie. Dabei werden von Schatzker sechs verschiedene Frakturtypen unterschieden (s. Abb. 5). Die Typen I – III beschreiben dabei die einfachen Frakturtypen. Als Typ I Frakturen werden laterale Spaltbrüche bezeichnet, Typ II

Frakturen repräsentieren eine Kombination aus lateralem Spaltbruch und knöcherner Impression der Gelenkfläche. Die Typ III Fraktur ist gekennzeichnet durch eine isolierte laterale Gelenkflächenimpression. Die Typen IV – VI charakterisieren komplexe Frakturen. Frakturen vom Typ IV werden weiter in zwei Subtypen (Typ A – Spaltfraktur und Typ B – Impressionsfraktur) mit Bezug auf das mediale Kompartiment unterklassifiziert. Zusätzlich kann hierbei die Eminentia intercondylaris kompromittiert sein. Typ V stellt eine reine bikondyläre Pathologie dar. Frakturen vom Typ VI sind durch eine Dissoziation der Dia – von der Metaphyse charakterisiert.

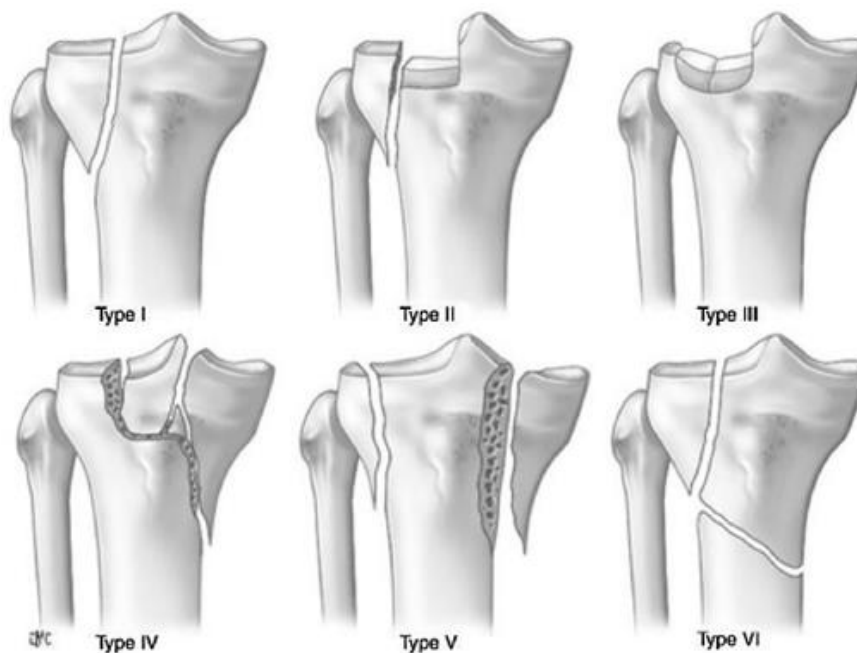


Abb. 5: Klassifikation nach Schatzker ¹⁵.

1.4.2 AO-Klassifikation

International stellt die Klassifikation der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) ⁴ eine der im klinischen Alltag gebräuchlichsten Klassifikationen dar ^{16,17}. Dieses von Müller *et al.* aus dem Jahre 1991 stammende System umfasst in seiner ursprünglichen Form alle langen Röhrenknochen. Mittlerweile sind ebenso die stammnahen Wirbelsäulen – und Beckenverletzungen, die Hand – und Fußknochen sowie der komplexe Aufbau des Mittelgesichtsschädels in das System integriert ⁴. Es handelt sich um ein an der Frakturmorphologie orientiertes, alphanumerisches Klassifikationssystem, welches sowohl metaphysäre, diaphysäre als auch

Gelenkfrakturen unterscheidet. Die erste Ziffer benennt die Lokalisation im Skelett (1 = Humerus, 2 = Unterarm, 3 = Femur, 4 = Tibia, etc.), die zweite Ziffer die frakturierte Region des Knochens (1 = proximale Epi-/Metaphyse, 2 = Diaphyse, 3 = distale Epi-/Metaphyse). Daran schließt sich ein Buchstabencode (A – C) an. Mit zunehmender Schwere der Verletzung steigt die Rangfolge im Buchstabencode (bei proximalen/distalen Gelenkfrakturen: A = extraartikuläre Fraktur, B = partiell intraartikuläre Fraktur, C = vollständig intraartikuläre Fraktur). Weiterhin folgen nun noch zwei Ziffern, welche die Frakturmorphologie detaillierter beschreiben. Insgesamt lassen sich so allein an der proximalen Tibia 27 verschiedene Frakturtypen unterscheiden (s. Abb. 6).

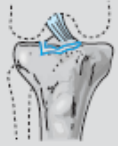



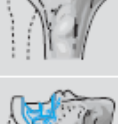

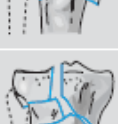
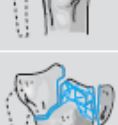

A-Frakturen Ausrissfrakturen der Eminentia Extraartikuläre Frakturen	A1	Ausrissfraktur der Eminentia	
	A2	extraartikuläre einfache Fraktur	
	A3	extraartikuläre Fraktur mit komplexer metaphysärer Frakturzone	
B-Frakturen Partielle Gelenkfrakturen	B1	einfacher Spaltbruch	
	B2	Impressionsfraktur	
	B3	Spalt-Impressions-Bruch	
C-Frakturen Vollständige Gelenkfrakturen	C1	einfache artikuläre, komplexe extraartikuläre Fraktur	
	C2	einfache artikuläre, komplexe extraartikuläre Fraktur	
	C3	komplexe artikuläre Fraktur	

Abb. 6: AO – Klassifikation der Tibiakopffrakturen (ohne Darstellung von Subtypen) ¹⁸.

1.5 Diagnostik

1.5.1 Klinische Diagnostik

Wichtige Informationen über Unfallhergang und Traumamechanismus werden im Anamnesegespräch mit dem Patienten erhoben. Bei der klinischen Untersuchung ist nach klassischen Frakturzeichen (Fehlstellung, Schwellung, Hämatomverfärbung, Schonhaltung, Funktionsausfall) zu suchen und eine Funktionsprüfung durchzuführen,

bei der auf Krepitationen und Instabilitäten zu achten ist. Zwingend erforderlich ist die Untersuchung der Durchblutung, Motorik und Sensibilität distal der Fraktur sowie der Ausschluss eines Kompartmentsyndroms der betroffenen Extremität. Selbstverständlich ist neben den offensichtlichen klinischen Symptomen nach weiteren Verletzungen zu fahnden.

1.5.2 Apparative Diagnostik

1.5.2.1 Konventionelle Radiographie

Zur Standarddiagnostik gehört das konventionelle Röntgenbild im anterior – posterior und seitlichen Strahlengang. Es ist darauf zu achten, dass die Aufnahmen in streng orthogonal zueinander liegenden Ebenen erfolgen und alle Gelenkabschnitte sowie im Falle eines Frakturachweises die knöcherne Verletzung vollständig abgebildet ist.

1.5.2.2 Computertomographie (CT)

Die Computertomographie ist heute der Goldstandard in der Diagnostik von Tibiakopffrakturen und für die exakte Analyse der Fraktur sowie die präoperative Planung notwendig. Ein weiterer Vorteil, der vor allem bei Luxationsfrakturen zum Tragen kommt, ist die Möglichkeit der begleitenden Kontrastmittelgabe, um gleichzeitig eine suffiziente Gefäßdarstellung zu ermöglichen. Eine Einschränkung der CT liegt in der unzureichenden Beurteilbarkeit der umgebenden Weichteilstrukturen. Hierfür können Magnetresonanztomographien (MRT) durchgeführt werden. Die MRT stellt bis heute bei der Diagnostik von Tibiakopffrakturen keine Standarduntersuchung dar. Vorbehalten ist sie speziellen Indikationen oder Fragestellungen (z. B. Beurteilung von ligamentären Begleitverletzungen).

1.6 Begleitverletzungen

Durch die komplexe Anatomie des Kniegelenks und dessen unmittelbarer Nähe zu den neurovaskulären Leitstrukturen des Unterschenkels und Fußes kann neben den knöchernen Schäden auch eine Vielzahl von Begleitverletzungen vorliegen, die Einfluss auf die Therapie nehmen.

1.6.1 Ligamentäre Begleitverletzungen

Für die Stabilität des Kniegelenks sind unter anderem, wie bereits oben beschrieben, die Seiten – und Kreuzbänder verantwortlich. Eine signifikante Verletzung dieser Strukturen kann sich daher enorm auf die posttraumatische Funktion des Gelenkes auswirken. Vor allem Luxationsfrakturen mit ihrem spezifischen Traumamechanismus sind prädisponiert, ligamentäre Verletzungen nach sich zu ziehen. Dabei finden sich Verletzungen der Seitenbänder am häufigsten gefolgt von Läsionen des vorderen Kreuzbandes ¹⁹.

Generell gilt, dass die operative Versorgung von Frakturen und ligamentären Verletzungen so früh wie möglich erfolgen sollte ²⁰. Dabei gibt das Ausmaß der Verletzung die Reihenfolge der primären und weiterführenden chirurgischen Therapie vor.

1.6.2 Neurovaskuläre Begleitverletzungen

Neurovaskuläre Begleitverletzungen treten vor allem in der Verletzungskombination, die durch das „Komplextrauma des Kniegelenks“ beschrieben wird, auf ²⁰. Gerade die komplette Kniegelenksluxation geht mit einer hohen Inzidenz an Nerven – (14 – 35 %) ²¹ und Gefäßverletzungen (16 – 32 %) ^{22–24} einher. Aus der Arbeit von Moore *et al.* geht hervor, dass die Rate an neurovaskulären Schäden bei Schatzker Typ II – und IV – Frakturen bei 12 % – 13 %, bei Typ III – Frakturen ca. 30 % und bei Typ – V – Frakturen sogar bis zu 50 % betragen kann ^{25,26}.

Die anatomische Lage der vulnerablen neurovaskulären Strukturen (A. und V. poplitea, N. tibialis) in der Fossa poplitea und des Nervus peroneus communis, der sich um das Fibulaköpfchen schwingt, begünstigen Läsionen, die zu erheblichen Funktionsausfällen führen können. Nervenverletzungen bedingen immer ein charakteristisches peripheres Ausfallsmuster, welches in der Regel die Bestimmung der Läsionshöhe zulässt. Dabei sind vorübergehende Schädigungen (z. B. durch Traktion oder direkten Druck) von bleibenden Schäden (z. B. Kontinuitätsdurchtrennung) zu unterscheiden. Erste gehen oft mit einer vollständigen Remission im Verlauf einher. Die Durchtrennung von peripheren Nerven ist selbst im Falle einer erfolgreichen operativen Rekonstruktion meist mit dauerhaften Einschränkungen vergesellschaftet ²⁷.

1.6.3 Therapie von Begleitverletzungen

1.6.3.1 Kollateralbänder

Entscheidend bei der Therapie der Seitenbänder ist, dass man eruiert, ob eine intraligamentäre Verletzung oder ein ossärer Ausriss vorliegt. Bei intraligamentären Verletzungen steht die konservative Therapie im Vordergrund¹⁸. Gerade bei medialen Seitenbandverletzungen konnte unter stufenweiser frühfunktionaler Belastung ein Vorteil gegenüber der operativen Therapie gezeigt werden^{28,29}. Wichtig in der Nachbehandlung ist, die Isometrie der Bänder so wenig wie möglich zu beeinträchtigen. Jegliche chirurgische Manipulation am Ligament kann eine postoperative Bewegungsbeeinträchtigung nach sich ziehen³⁰. Eine Ausnahme in der Therapie des medialen Seitenbandes stellt der distale Ausriss mit gleichzeitiger Luxation unter den medialen Meniskus dar. Hierbei muss dieser reponiert und das Innenband refixiert werden. Eine absolute Operationsindikation besteht zudem bei knöchernen Ausrissen³⁰.

1.6.3.2 Kreuzbänder

Im Gegensatz zu den Seitenbändern liegen die Kreuzbänder – und dort vor allem das vordere – in keiner nennenswerten Gewebeauskleidung, was im Falle eines Traumas dazu führt, dass keine adäquate Schienung des Ligaments stattfindet. Eine kontrollierte Selbstheilung ist unter diesen Umständen nicht möglich. Ein konservatives Vorgehen ist dadurch nur bei älteren, immobilen Patienten indiziert. Ossäre Ausrisse mit Dislokation von der tibialen Basis sollten frühzeitig reponiert und fixiert werden. Auf komplexe Rekonstruktionen (Semitendinosus – / Patellasehnenplastik) sollte in der Erstversorgung verzichtet werden. Seit der Arbeit von Shelbourne *et al.* ist die früh elektive Versorgung stark in den Hintergrund gerückt, weil diese mit einer höheren Inzidenz für postoperative Bewegungseinschränkungen vergesellschaftet ist³¹. In der aktuellen Literatur wird eine zweizeitige, der knöchernen Rekonstruktion nachgeschaltete Versorgung der Kreuzbandpathologien favorisiert¹⁸.

1.6.3.3 Menisken

Repositionsmanöver stehen bei moderaten Beschwerden ohne Gelenkproblematik im Vordergrund. Meniskusverletzungen, die eindeutig auf ein Trauma zurückzuführen sind, sollten operativ versorgt werden³⁰. Dabei richtet sich die Art der chirurgischen Versorgung nach den übrigen Begleitverletzungen, dem Ausmaß der Meniskusverletzung, Patientenalter und – aktivitätslevel sowie dem funktionellen Anspruch. Das therapeutische Fenster reicht von partieller/subtotaler Meniskektomie bis hin zur Meniskusnaht, was in der Regel arthroskopisch erfolgt³⁰.

1.6.3.4 Neurovaskuläre Begleitverletzungen

Gefäßverletzungen im Rahmen eines schweren Kniegelenkstraumas stellen einen chirurgischen Notfall dar und verlangen nach einer zeitnahen und aussagekräftigen Diagnostik (z. B. CT Angiographie) und einer dementsprechend ausgerichteten sofortigen operativen Intervention mit Rekonstruktion des verletzten Gefäßes (Direktnaht vs. Interponat/Prothese, je nach vorliegender Pathologie). Green *et al.* definieren die warme Ischämietoleranz der unteren Extremität mit 6 – 8 Stunden nach Trauma und konstatieren, dass eine Überschreitung dieser Zeitspanne mit einer drastisch erhöhten Amputationsrate (86 % vs. 20 %) einhergeht²³.

1.6.3.5 Diagnostik und Therapie des Kompartmentsyndroms

Das Kompartmentsyndrom ist eine gravierende Komplikation, welche vor allem bei Frakturen im Bereich des Unterschenkels auftreten kann, jedoch auch bei proximalen Tibiafrakturen vorkommt. Die Inzidenz bei Tibiakopffrakturen wird in der gängigen Literatur mit bis zu 10,3 %^{32,33} angegeben. Das drohende Kompartmentsyndrom zeigt sich meist durch eine ausgedehnte Schwellung des betroffenen Areals, ohne dass sensomotorisch ein Defizit vorliegt oder die Weichteile bereits Zeichen der Überdehnung (z. B. Spannungsblasen der Haut) aufweisen³⁴. Der medikamentös nicht beherrschbare Schmerz, die massive Weichteilspannung sowie der passive Dehnungsschmerz der Muskulatur sind klassische Zeichen des manifesten Kompartmentsyndroms^{32,33}. Liegt eine periphere Minderperfusion oder ein neurologisches Defizit vor, muss von einem bereits abgelaufenen bzw. sehr späten Stadium des manifesten Kompartmentsyndroms ausgegangen werden. Zur

Differenzierung und Verlaufskontrolle solch kritischer Zustände oder bei Patienten, bei welchen die klinischen Symptome durch die Gesamtsituation maskiert sind (z. B. Beatmungspatienten), kann die Messung des Gewebedrucks hilfreich sein ^{34,35}. Dennoch ist und bleibt die Diagnose des akuten Kompartmentsyndroms eine klinische, auf deren Basis die Indikation zur chirurgischen Intervention gestellt wird.

1.7 Klassifikation des Weichteilschadens

Der spärlich ausgeprägte Weichteilmantel im Bereich des Kniegelenkes und der proximalen Tibia stellt eine Prädisposition für offene Frakturen dar ^{3,36}. Neben der hohen Infektionsgefahr bedingt dies eine gesteigerte Inzidenz von Pseudarthrosen und posttraumatischen Bewegungseinschränkungen ^{26,37}. Außerdem hat das Maß der Weichteilschädigung einen direkten Einfluss auf das chirurgische Vorgehen (z. B. Timing der Operation, Wahl des Osteosyntheseverfahrens, Wahl des chirurgischen Zuganges). Daher ist die korrekte Einschätzung des begleitenden Weichteilschadens ebenso wichtig wie eine korrekte Klassifikation der knöchernen Verletzung. Bis heute haben sich zwei Klassifikationen international durchsetzen können (offene Frakturen: Gustilo und Anderson ^{38,39} (s. Tab. 1); geschlossene Frakturen: Tscherne und Oestern ⁴⁰ (s. Tab. 2).

Typ	
I	Offene Fraktur mit einer Wunde kleiner als 1cm, geringe Kontamination (Durchspießung von innen)
II	Laceration größer als 1cm, ohne ausgedehnten Weichteilschaden, Lappenbildung oder Avulsionen
IIIA	Extensiver Weichteilverlust, Knochen ist noch von Periost und vitaler Muskulatur umgeben, leichte Kontamination
IIIB	Extensiver Weichteilverlust, Periostablösung, starke Kontamination
IIIC	Fraktur mit rekonstruktionspflichtiger Arterienverletzung

Tab. 1: Klassifikation der offenen Frakturen nach Gustilo und Anderson ^{38,39}.

Typ	
C0	Keine oder nur unbedeutende Weichteilverletzung, einfache Bruchform, indirekter Verletzungsmechanismus
C1	Oberflächliche Schürfung oder Kontusion durch Fragmentdruck von innen, einfache bis mittlere Bruchform
C2	Tiefe kontaminierte Schürfung sowie lokalisierte Haut – oder Muskelkontusion aufgrund eines entsprechenden Tangentialtraumas, drohendes Kompartmentsyndrom, mittelschwere bis schwere Bruchform
C3	Ausgedehnte Hautkontusion, Hautquetschung oder Zerstörung der Muskulatur, subkutanes Decollement, dekompensiertes Kompartmentsyndrom, Hauptgefäßverletzung, schwere Bruchform oder Knochenzertrümmerung

Tab. 2: Klassifikation der geschlossenen Frakturen nach Tscherne und Oestern ⁴⁰.

1.8 Posttraumatische Arthrose

Die posttraumatische Arthrose ist eine klinisch bedeutsame Spätfolge von Tibiakopffrakturen. Angaben zur Inzidenz posttraumatischer Arthrosen schwanken zwischen 21 – 64 % ^{41–43}. Neben dem reinen Auftreten der posttraumatischen Arthrose konnten begünstigende Risikofaktoren identifiziert werden. So konnte Gerich *et al.* zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der Frakturmorphologie, der durchgeführten operativen Therapie, der Dauer der Ruhigstellung und dem Alter des Patienten besteht ⁹. Andere Autoren konnten den Alterszusammenhang jedoch nicht herstellen ^{41,42}. Rasmussen *et al.* sehen vor allem in der posttraumatischen Achsfehlstellung eine primäre Ursache für die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose ⁴¹. Er zeigte mit seinen Daten, dass die Inzidenz bei Patienten ohne Achsfehlstellung bei 13 %, mit Valgusfehlstellung 31 % und mit Varusfehlstellung sogar 79 % betrug. Honkonen *et al.* stellen den Zustand der Menisken in den Fokus ⁴². In ihrer Arbeit stieg die Rate an posttraumatischen Arthrosen, wenn eine Meniskektomie notwendig war. Oft mündet die posttraumatische Arthrose in der Notwendigkeit des endoprothetischen Gelenkersatzes. Dabei handelt es sich meist um junge Patienten mit einem entsprechend funktionell hohen Anspruch und

Aktivitätslevel, was weitere Eingriffe in der Folge (Wechseloperationen) wahrscheinlich macht ⁴⁴.

1.9 Therapie der Tibiakopfrakturen

Das Ziel der Therapie jeglicher Gelenkfrakturen ist die anatomische stufen – und spaltfreie Reposition der Fraktur, eine stabile Fixierung, Wiederherstellung der Gelenkstabilität und suffiziente Schmerztherapie, um eine frühe Mobilisation und Rehabilitation zu ermöglichen. Um diese Ziele zu erreichen, stehen grundsätzlich zwei Therapieansätze zur Verfügung.

1.9.1 Konservative Therapie

Bis in die 1960iger Jahre galt die konservative Therapie als Standard ⁴⁵. Die Techniken der Ruhigstellung und Retention in Gipsverbänden wurde dabei ebenso angewandt wie die Extensionsbehandlung ^{18,46}. Diese Therapieform führte nicht selten zur Gebrauchsunfähigkeit des Gelenkes durch sekundäre Dislokationen, Achsfehlstellungen mit Beinlängendifferenzen (bis zu 2 cm) und posttraumatisch degenerativen Veränderungen ⁴⁷. In den nachfolgenden Jahrzehnten setzte sich mehr und mehr die operative Therapie durch ^{14,48,49}. Diese Wende basierte vor allem auf der Einführung neuer operativer Methoden und Implantate ^{50,51}. Heute ist die konservative Therapie den unverschobenen, stabilen Frakturen vorbehalten sowie bei Patienten, bei welchen Kontraindikationen zur operativen Therapie bestehen (z. B. reduzierter Allgemeinzustand, limitierende Nebenerkrankungen, Patientenwille) ⁵². Vor allem die postoperative Compliance wird in unserer alternden Gesellschaft immer entscheidender in der Wahl der geeigneten Therapieform ¹⁰.

1.9.2 Operative Therapie

Durch die stetige Entwicklung und Modernisierung operativer Verfahren sowie die Einführung neuer Implantate wurde die Indikation zur operativen Therapie von Tibiakopffrakturen ständig erweitert. Galten früher die Kriterien nach Honkonen *et al.* (Varus > 5°, Valgus < 5°, Gelenkstufen < 3 mm, Plateauverbreiterung < 5 mm), so postulierten Lobenhoffer *et al.*, dass eine operative Reposition schon bei einer Gelenkstufe von 2 mm erfolgen sollte, sofern sich die Frakturzone nicht außerhalb der

Belastungszone (unter den Menisken oder im Bereich der Eminetia) befindet, in der keine axiale Lastübertragung erfolgt^{42,53}. Während Gelenkstufen, die der Dicke der Knorpelschicht entsprechen, sich selbst remodellieren, stellen größere Stufen einen Risikofaktor für die Entwicklung einer posttraumatischen Arthrose dar⁵⁴.

Nach den Kriterien der AO sollten Typ B – und Typ C – Frakturen sowie alle Luxationsfrakturen operativ stabilisiert werden^{4,16,55}. Dies sollte innerhalb von 5 bis 10 Tagen nach Trauma erfolgen, sodass der Weichteilmantel anschwellen kann. Bei gravierenden Achsenfehlstellungen, grob dislozierten Frakturfragmenten, hochgradig geschlossenen und allen offenen Weichteilschäden sowie neurovaskulären Begleitverletzungen muss die sofortige chirurgische Stabilisierung diskutiert werden, um sekundäre Schäden am Weichteilmantel zu vermeiden. Dies kann mittels einer primären Osteosynthese oder durch temporäre Retention im Fixateur externe geschehen.

1.9.3 Osteosynthetische Rekonstruktion

Das Stabilisierungsprinzip aller konventionellen Plattensysteme besteht in der Erzeugung von Druck durch die Platte auf den Knochen durch das Anziehen der Schrauben (sog. Reibschluss)^{56,57}. Dies geht mit einer Kompromittierung der Periostdurchblutung unterhalb der Platte einher, was die Knochenheilung nachteilig beeinflusst^{58,59}. Die Notwendigkeit ausgedehnter operativer Zugänge führt durch zusätzliche Denudierung von Knochenfragmenten zu entsprechend hohen Komplikationsraten (Infektionen, Knochenheilungsstörungen, sekundäre Dislokationen)⁵¹.

Carl Hansmann entwickelte im Jahre 1886 das Prinzip der Winkelstabilität⁶⁰. Dabei handelt es sich um eine stabile Fixierung der Schraube im Plattenloch, was ein Anpressen der Platte an den Knochen überflüssig macht. Die Druckbelastungen treten hier an der Schrauben – Knochen – Grenze auf, was eine bessere Verteilung der Kräfte entlang des Implantats ermöglicht^{56,57}. Seit Einführung wurden sowohl das Prinzip der Winkelstabilität als auch die verfügbaren Implantate weiterentwickelt. Die heutige moderne biologische Osteosynthese ist gekennzeichnet durch eine weichteilschonende Operationstechnik, Reduktion des Repositionsanspruches auf

das funktionell Notwendige und Verwendung neuer Verankerungsprinzipien und Implantate, welche die periostale Durchblutung und damit die Vitalität des Knochens erhalten. Dennoch bleibt der Grundsatz der anatomischen Reposition und stabilen Versorgung der gelenktragenden Anteile davon unberührt. Durch die Einführung winkelstabiler Plattensysteme, konnte die Rate an postoperativen mechanischen Komplikationen sowie Infektionen drastisch gesenkt werden. Weiterhin konnten winkelstabile Systeme ihre überlegene Stabilität insbesondere in osteoporotischen Knochen unter Beweis stellen ⁶¹. Die nutritive Funktion des knochenumgebenden Weichteilmantels ist von größter Bedeutung und kann durch den operativen Zugangsweg signifikant geschädigt werden. Daher verwundert es nicht, dass mehrere Autoren auf die notwendige Limitierung von operativen Zugängen vor allem im Bereich des Kniegelenkes hinweisen ^{17,62}.

1.9.4 Nachteile von winkelstabilen Platten

Neben Zug – wirken auch Biege – und Scherkräfte auf die Osteosynthese ein. Überschreiten diese die Festigkeit des Knochens, kann es zum Ausbrechen der Schrauben („cut out“) kommen. Jedoch ist dies kein alleiniges Problem der winkelstabilen Systeme, sondern betrifft alle Osteosynthesetechniken gleichermaßen. Durch die feste Verankerung der Schraubenköpfe im Gewindeloch kann es zudem zum Phänomen der „Kaltverschweißung“ kommen. Dabei handelt es sich um eine auf atomarer Ebene stattfindende Verbindung zwischen in sich schlüssigen, glatten Metalloberflächen. Es entsteht ein echter Materialschluss, der dem tatsächlichen „Verschweißen“ ähnelt, sodass dies die Implantatentfernung erschweren kann ^{63,64}.

1.10 Operative Zugänge

Grundsätzlich richtet sich die Wahl der operativen Zugänge nach dem zugrundeliegenden Frakturmuster. Es wurden eine Vielzahl von operativen Zugängen zur Versorgung von Tibiakopffrakturen publiziert ⁶⁵⁻⁶⁸. Durch die komplexe Anatomie ist eine Visualisierung des frakturierten Tibiakopfes nur indirekt möglich und erfordert nicht selten kombinierte Verfahren. Grundsätzlich ist jedoch stets darauf zu achten, dass diese soweit wie möglich weichteilschonend erfolgen ⁶².

Für laterale Pathologien haben sich der anterolaterale Standardzugang, der posterolaterale Zugang nach Lobenhoffer (mit Fibulaosteotomie) sowie der posterolaterale Zugang nach Frosch (ohne Fibulaosteotomie) etabliert⁶⁵⁻⁶⁷. Mit dem anterolateralen Standardzugang lassen sich dabei vor allem die Frakturen des anterolateralen sowie des streng lateralen Plateaus kontrolliert reponieren und stabilisieren. Jedoch konnte gezeigt werden, dass sich mindestens 7 % aller Tibiakopfrakturen im posterolateralen Segment befinden⁶⁹. Um diese zu adressieren publizierten die Arbeitsgruppen um Lobenhoffer und Frosch spezielle posterolaterale Zugänge, durch welche dieser Teilaspekt des Tibiakopfes gut exponiert und stabilisiert werden kann. Ein Nachteil des posterolateralen Zugangs ist die unmittelbare Nähe zum N. peroneus, welcher hier besonders dem Risiko der iatrogenen Schädigung ausgesetzt ist⁶⁵⁻⁶⁷.

Für mediale Frakturpathologien haben sich der anteromediale sowie der posteromediale Zugang durchgesetzt⁶⁵. Dabei wird beim anteromedialen Zugang das Ablösen des oberflächlichen Anteils des Pes anserinus notwendig, was bei posteromedialen Zugang entfällt.

Schließlich wurde von Trickey *et al.* 1968 ein direkter dorsaler Zugang zum Tibiakopf publiziert, welcher bis heute in verschiedenen Varianten angewendet wird^{68,70,71}. Dieser ermöglicht die Stabilisierung vor allem von knöchernen Ausrissen des hinteren Kreuzbandes sowie von streng dorsal gelegenen Pathologien. Eine weitere Variante, welche deutlich weichteilschonender ist, wurde von Galla und Lobenhoffer *et al.* beschrieben⁷². Im Vergleich zum Zugang nach Trickey müssen keine ligamentären Strukturen abgelöst und die Gelenkkapsel nicht eröffnet werden. Für alle dorsalen Zugänge gilt, dass die Nerven – Gefäßstraße identifiziert und geschützt werden muss um iatrogene Verletzungen zu vermeiden.

1.11 Defektaugmentation

Bei Impressionsfrakturen des Tibiakopfes kommt es oft zu ausgedehnten metaphysären Substanzdefekten, welche einer Augmentation bedürfen. Hierfür stehen verschiedene Techniken und Materialien zur Verfügung. Grundsätzlich

unterscheiden sich diese hinsichtlich ihrer mechanischen Stabilität und Biokompatibilität⁷³⁻⁷⁵.

Als Standard gilt die autologe Spongiosaplastik⁷⁵, die meist aus dem Beckenkamm gewonnen wird. Im Gegensatz zu den anderen Knochenersatzmitteln bietet die autologe Spongiosa größte biologische Verträglichkeit und beste osteoinduktive Eigenschaften^{75,76,77} mit dem geringsten Risiko von Transplantationszwischenfällen⁷⁶. Jedoch bietet die autologe Spongiosa nur eine begrenzte Stabilität, was zu einem sekundären Korrekturverlust führen kann^{73,75}. Außerdem muss das Risiko des Zweiteingriffes sowie der Hebmorbidität an der Entnahmestelle berücksichtigt werden^{78,79}. Alternativ kann allogene Spongiosa verwendet werden. Das Fehlen vitaler Zellen im Spenderknochen minimiert jedoch im Vergleich zu autogener Spongiosa dessen osteogene Eigenschaften⁸⁰.

Neben Knochentransplantaten existiert eine große Auswahl an anorganischen Materialien (z. B. Hydroxylapatit, Monocalciumphosphat, Tricalciumphosphat, biphasische Keramiken) zur Augmentation von Defekten, die in der vorliegenden Studie nicht zur Anwendung kamen und daher an dieser Stelle nicht weiter erörtert werden.

1.12 Fragestellung

In der aktuellen Literatur finden sich viele Studien, welche die klinischen Ergebnisse nach operativer Versorgung von Tibiakopffrakturen vorstellen^{2,81-89}. Ein großes Manko dieser Vielfalt an Daten ist jedoch, dass die jeweiligen zur Anwendung gekommenen Implantate nicht einheitlich oder aber verschiedene Operationstechniken verglichen wurden. Relevante Studien mit einem ausreichend großen Kollektiv, in welchen klinische sowie radiologische Ergebnisse nach operativer Stabilisierung von Tibiakopffrakturen mittels winkelstabiler Plattensysteme dargestellt werden, fehlen bisher.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, die klinischen, radiologischen und funktionellen Ergebnisse nach operativer Stabilisierung von Tibiakopffrakturen mittels winkelstabiler

Plattenfixateursysteme zu untersuchen. Die folgenden Fragen sollten dabei insbesondere beleuchtet werden:

- Gibt es frakturspezifische Unterschiede in den funktionellen Ergebnissen nach operativer Stabilisierung von Typ B – und Typ C – Tibiakopffrakturen?
- Lassen sich prädiktive Faktoren identifizieren, welche Rückschlüsse auf das zu erwartende Ergebnis zulassen?

2. Methodik

Im Rahmen einer retrospektiven Analyse wurden alle Tibiakopffrakturen erfasst, welche im Zeitraum zwischen 1999 und 2011 mit einer winkelstabilen Plattenosteosynthese im Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité – Universitätsmedizin Berlin stabilisiert wurden. Patienten im Wachstumsalter (mit offenen Epiphysenfugen) sowie pathologische Frakturen (z. B. auf dem Boden von Malignomen oder bei fehlender Unfallanamnese) wurden aufgrund abweichender Therapieschemata ausgeschlossen. Eingeschlossen wurden alle Patienten, für die ein vollständiger Datensatz mit den im Folgenden definierten Variablen erhoben werden konnte. Ein positives Ethikvotum der hiesigen Ethikkommission lag vor (EA2/077/13 vom 22.05.2013).

2.1 Patienten –, fraktur – und therapiespezifische Daten

Aus den Patientenakten wurden epidemiologische Daten (Alter, Geschlecht) erfasst. Die verletzungsspezifischen Details umfassten die Frakturklassifikation (nach AO), den initialen Weichteilschaden (geschlossene Frakturen nach Tscherny und Oestern⁴⁰, offene Frakturen nach Gustilo und Anderson^{38,39}), den Traumamechanismus, sowie ggf. die Notwendigkeit einer primären kniegelenksüberbrückenden Transfixation mittels Fixateur externe und/oder die primäre Dermatofasziotomie aufgrund eines akuten Kompartmentsyndroms. Die erfassten chirurgischen Details umfassten den gewählten operativen Zugang, sowie die Art der gewählten Defektaugmentation. Des Weiteren dokumentierten wir die postoperativen Komplikationen.

2.2 Klinische Verlaufsdaten

Im Rahmen der klinischen Standardnachsorge in der unfallchirurgischen Poliklinik des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie wurden die Patienten nebst einer kurzen Zusammenfassung der bisherigen Anamnese klinisch untersucht. Die Untersuchung des Kniegelenkes umfasste dabei die Erfassung der aktiven und passiven ROM nach der Neutral – Null – Methode. Zudem wurden klinische Zeichen des vorzeitigen Gelenkverschleißes (als Hinweis auf eine posttraumatische Arthrose) dokumentiert. Außerdem erfolgte eine Stabilitätsprüfung des gesamten Bandapparates

(mediale/laterale Aufklappbarkeit in 0° und 30° Flexion, vorderer/hinterer Schublidentest, Lachmann, Pivot – Shift – Test) sowie die dezidierte Dokumentation ggf. vorliegender Instabilitäten. Weiterhin wurden die Patienten im Rahmen der letzten geplanten sowie in allen ungeplanten Verlaufskonsultationen gebeten, einen Fragebogen auszufüllen, welcher die folgenden Teilaspekte umfasste:

- Knee Society Score (KSS)
- Kniescore nach Lysholm und Gillquist
- Tegner Aktivitätsskala
- visuelle Analogskala für Schmerz (VAS) (unter Belastung und in Ruhe)
- Western Ontario McMasters Universities Arthroseindex (WOMAC)

2.3 Radiologische Verlaufsdaten

Die radiologische Nachsorge umfasste nach einem standardisierten klinischen Nachbehandlungsprotokoll Verlaufskontrollen nach 3, 6 und 12 Wochen sowie 6 und 12 Monate postoperativ. Zusätzliche radiologische Verlaufskontrollen können z. B. bei verzögerten Frakturheilungen und/oder neu aufgetretenen Beschwerden indiziert sein. Die Indikation zu weiteren radiologischen Verlaufskontrollen wurde zum Zeitpunkt der Patientenvorstellung durch den untersuchenden Arzt gestellt. Die radiologische Nachuntersuchung umfasste dabei konventionelle Aufnahmen in zwei orthogonal zueinanderstehenden Ebenen mit dem Zentralstrahl über der Gelenkebene, wobei immer das komplette Implantat abgebildet wurde. Im Rahmen der sich anschließenden Auswertung wurden die direkt postoperativen Stellungskontrollen mit den aktuellsten zur Verfügung stehenden radiologischen Verlaufskontrolle verglichen. Dabei wurden sekundäre Dislokationen (Absenkung des rekonstruierten Tibiaplateaus) quantitativ sowie die artikuläre Kongruenz (Vorliegen einer artikulären Stufe) dokumentiert. Die Messungen erfolgten dabei mithilfe digitalen Messinstrumentes des Centricity Enterprise 3.0 Systems (GE Healthcare, Solingen, Deutschland) in Millimetern. Zur Kategorisierung wurden sekundäre Repositionsverluste von > 2 mm als signifikante Repositionsverluste definiert. Weiterhin wurden die aktuellsten radiologischen Aufnahmen im Hinblick auf das Vorliegen einer posttraumatischen Arthrose analysiert

und nach den von Kellgren und Lawrence 1957 beschriebenen Kriterien (s. Tab 3) eingeteilt ⁹⁰.

I	Initiale Gonarthrose mit angedeuteter Ausziehung der Eminentia intercondylaris und den gelenkseitigen Patellapolen
II	Mäßige Gonarthrose mit Ausziehungen auch an den Tibiakonsolen, mäßiger Verschmälerung des Gelenkspalts und beginnender Abflachung der Femurkondylen, mäßige subchondrale Sklerosierung
III	Mittelgradige Gonarthrose mit häufiger Verschmälerung des Gelenkspalts, deutlicher Entrundung der Femurkondylen, osteophytäre Randwulstbildung an den Tibiakonsolen, der Eminentia intercondylaris, den Innenkanten der Femurkondylen und den gelenkseitigen Patellapolen, ausgeprägte subchondrale Sklerosierung
IV	Ausgeprägte Gonarthrose, Gelenkdestruktion mit ausgeprägter Verschmälerung bis Aufhebung des Gelenkspalts und unruhiger Randkontur, zystische Veränderung an Tibiakopf, Femurkondylen und Patella, Subluxationsstellung des Femurs gegenüber Tibia

Tab. 3: Arthrosescore nach Kellgren und Lawrence ⁹⁰.

2.4 Fragebögen

Zur Erfassung der subjektiven Patientenzufriedenheit, der Lebensqualität sowie der postoperativen Funktion des Kniegelenkes wurden die oben genannten Scores erhoben, welche im Weiteren hier detailliert vorgestellt werden.

2.4.1 Knee Society Score

Der Knee Society Score (KSS) wurde 1989 von Insall in englischer Sprache publiziert und dient zum einen der Analyse des Funktionszustandes des Kniegelenkes, erhebt jedoch auch die im Gelenk auftretenden Schmerzen ⁹¹. Der KSS wird weltweit für die Bewertung von Kniegelenksbeschwerden erhoben ⁹²⁻⁹⁴ und ist in mehreren Sprachen verfügbar und validiert ⁹⁵. Grundsätzlich unterteilt sich der KSS in einen allgemeinen Knee – Score und einen Funktions – Score. Beim Knee – Score wird ein maximaler Punktwert von 100 vergeben. Bestimmt werden dabei die subjektive

Schmerzeinschätzung des Patienten und der Bewegungsumfang des Gelenks. Punktabzüge gibt es bei Vorliegen von Beuge – und Streckdefiziten (gestaffelt maximal 50 Punkte). Der Funktions – Score erfasst eine subjektive Einschätzung der Laufstrecke und der körperlichen Leistung beim Treppensteigen. Punktabzüge von maximal 20 Punkten werden durch die Nutzung von Gehhilfen geltend gemacht. Aus dem Mittelwert der beiden Einzelerhebungen errechnet sich der KSS – Gesamtscore. Ein KSS – Gesamtscore von < 60 wird als „schlecht“, 60 – 70 als „ausreichend“, 71 – 85 als „gut“ und 86 – 100 als „exzellent“ gewertet (s. Anhang).

2.4.2 Tegner Aktivitätsskala

Generell sollte der Erfolg von Rehabilitationsmaßnahmen nach Knieinstabilitäten nicht nur auf Ebene der Kniefunktion und – struktur (welche durch den Lysholm – Score erfasst werden) sondern auch auf Ebene der Lebensaktivität und – partizipation bewertet werden ^{96,97}. Für Letzteres eignet sich die Tegner Aktivitätsskala, die 1985 von Tegner und Lysholm konzipiert wurde ⁹⁸. Dabei wird die Aktivität des Patienten mit Punktwerten zwischen 0 und 10 kategorisiert. 10 Punkte stehen hierbei für Wettkampfsport auf höchstem nationalem oder internationalem Niveau und 0 Punkte für die Arbeitsunfähigkeit aufgrund von Knieproblemen (s. Anhang). Zusammen mit dem Lysholm – Score bildet die Tegner Aktivitätsskala den Goldstandard in der Bewertung von Knieinstabilitäten ⁹⁹. Die Gütekriterien der deutschen Version des Scores sind mit der englischen Version kompatibel und hinsichtlich der Validität und Reliabilität vergleichbar ⁹⁷.

2.4.3 VAS – Skala für Schmerz

Die visuelle Analogskala ist eine einfache und weit verbreitete Methode zur Messung des subjektiven Schmerzempfindens. Dabei muss der Patient auf einer Skala von 0 bis 10 angeben, wie groß er sein subjektives Schmerzempfinden einschätzt. 0 steht dabei für „überhaupt keine Schmerzen“ und 10 für die „stärksten vorstellbaren Schmerzen“ (s. Anhang). Während der Nachuntersuchung wurden die Patienten gebeten, einen Wert für Ruhebedingungen sowie einen unter Belastung anzugeben.

2.4.4 Kniescore nach Lysholm und Gillquist

Dieser Fragebogen wurde 1982 von Lysholm und Gillquist publiziert ¹⁰⁰ und dient der Evaluierung von Knieinstabilitäten. Als Bewertungskriterien dienen dabei Hinken, Blockierung, Instabilität, Schmerz und Schwellung. Der Originalscore ist in englischer Sprache und besteht aus acht Fragen, wobei maximal 100 Punkte erreicht werden können. Ursprünglich zur Anwendung durch den Untersucher konzipiert, konnte jedoch gezeigt werden, dass auch im Rahmen der Selbstevaluation durch den Patienten valide und konsistent Ergebnisse resultieren ¹⁰¹. Weiterhin wurde die deutsche Übersetzung hinsichtlich ihrer Validität evaluiert ¹⁰² (s. Anhang).

2.4.5 WOMAC – Arthroseindex

Der Western Ontario McMasters Universities Arthroseindex ¹⁰³ wurde zur Validierung von arthrosespezifischen Krankheitsauswirkungen auf das Knie – und das Hüftgelenk 1988 konzipiert und 1996 ins Deutsche übersetzt ¹⁰⁴. Die Reliabilität und Validität dieser Übersetzung wurde erfolgreich geprüft ¹⁰⁴. Der Fragebogen ist in drei subjektive Kategorien aufgeteilt und umfasst Schmerzen, Steifigkeit und Fragen zur körperlichen Aktivität. Bei den Fragen zum Schmerz gibt der Patient Auskunft über Schmerzen beim Gehen auf ebenem Boden, beim Liegen im Bett, beim Treppensteigen, beim Sitzen oder Liegen sowie beim aufrechten Stehen. Die Fragen hinsichtlich der Steifigkeit beziehen sich auf den Zeitpunkt direkt nach dem Erwachen morgens sowie des späteren Tagesverlaufes. Die Fragen zur körperlichen Aktivität erfassen die Schwierigkeiten mit alltäglichen Tätigkeiten wie z. B. Aufstehen aus sitzender Position oder Socken an –/ausziehen. Die Beantwortung der Fragen erfolgt auf einer Skala von 0 bis 10, wobei 0 keinerlei und 10 maximale Einschränkung bedeutet. In jeder Subkategorie (Schmerz/Steifigkeit/Alltag) sind maximal 100 Punkte erreichbar (s. Anhang).

2.5 Studiengruppen

Das Patientenkollektiv wurde anhand der vorliegenden Frakturklassifikation in zwei Gruppen (Typ B – Verletzungen, Typ C – Verletzungen) unterteilt. Die Analyse erfolgte

hinsichtlich von Gruppenunterschieden mit dem Fokus auf die Fragestellungen der Studie.

2.6 Statistische Auswertung

Alle Daten wurden mit SPSS® Statistics Release 20.0 (IBM Corporation, 1 New Orchard Road, Armonk, New York 10504 – 1722, USA) archiviert und ausgewertet. Die Annahme der Normalverteilung wurde durch den Kolmogorov – Smirnov Test überprüft. Für nicht parametrische Daten wurde der Mann – Whitney U – Test sowie für metrische Daten der student´s t – Test durchgeführt. Einfache Stichprobenanalysen wurden mit Hilfe des Tests auf Binominalverteilung durchgeführt. Für Korrelationsanalysen wurde der Pearson´s Korrelationskoeffizient berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $p < 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

Im Studienzeitraum wurden im Centrum für Muskuloskeletale Chirurgie insgesamt 176 Patienten mit einer intraartikulären Tibiakopffraktur mittels winkelstabiler Plattenosteosynthesen operativ versorgt. 15 Patienten starben während des Nachuntersuchungszeitraumes, 23 waren aufgrund von nicht mit der Fraktur assoziierten gesundheitlichen Problemen nicht in der Lage, eine Nachuntersuchung durchführen zu lassen und 37 entzogen sich der Nachbehandlung in unserem Haus. Damit konnten Daten von insgesamt 57,4 % der im Nachuntersuchungszeitraum operierten Patienten gesammelt werden. Es verblieben 101 Patienten, welche in die statistische Analyse eingeschlossen wurden.

3.1 Epidemiologische Daten

Das vorliegende Studienkollektiv bestand aus 46 Männern und 55 Frauen mit einem Durchschnittsalter von 51 Jahren [22 – 77]. Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum war $57,3 \pm 30,4$ Monate [19 – 154]. Es fanden sich signifikant mehr Typ B – Verletzungen als Typ C – Verletzungen (62,4 % vs. 37,6 %, $p < 0,001$) (s. Tab. 4).

Frakturtyp	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Gesamt
N	6	10	47	8	3	27	101

Tab. 4: Detaillierte Klassifikation der Frakturtypen.

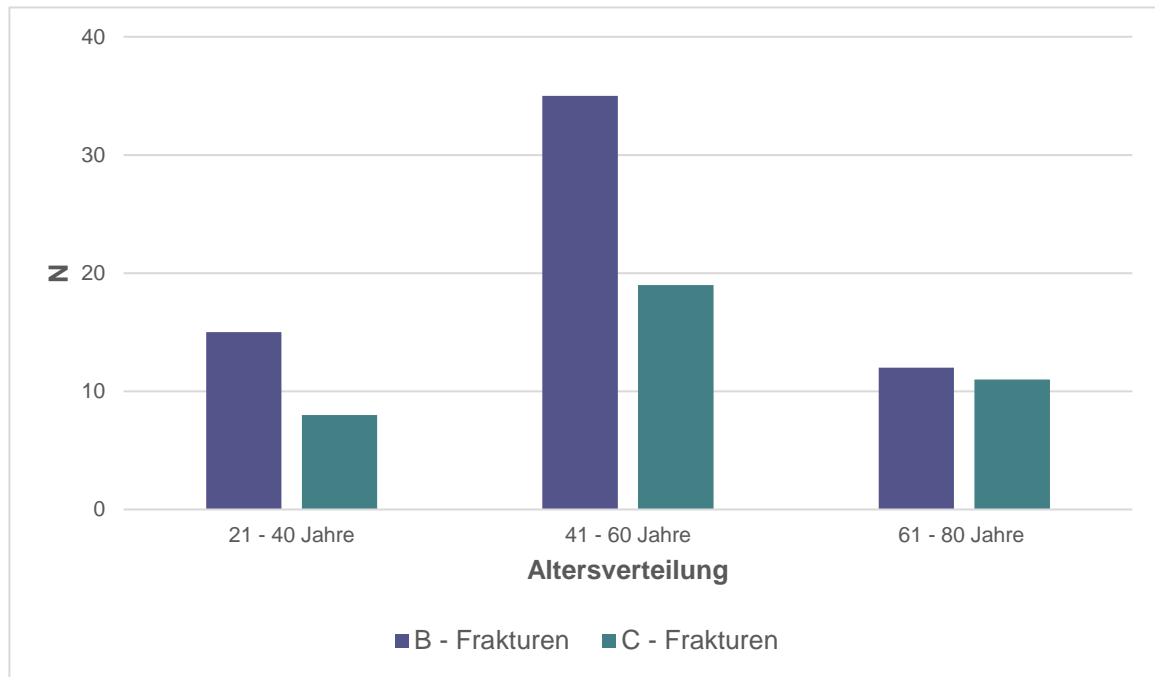


Abb. 7: Altersverteilung des Kollektivs.

In der altersgruppierten Darstellung der Frakturverteilung (s. Abb. 7) zeigt sich, dass die mittlere Altersgruppe am häufigsten von Frakturen des Tibiakopfes betroffen ist.

3.2 Chirurgische Daten

3.2.1 Traumamechanismus

Als häufigste Unfallursache im vorliegendem Patientenkollektiv konnte der Verkehrsunfall identifiziert werden, wobei der Motorradunfall die häufigste Entität war, gefolgt von verunfallten Fußgängern (s. Tab. 5).

Traumamechanismus		Anzahl
Verkehrsunfall	Motorradfahrer	23
	PKW/LKW	7
	Fahrradfahrer	3
	Fußgänger	13
Sportunfall	Ski	13
	Sportunfall	5
Sturz	Sturz	35
	Suizidsturz	2

Tab. 5: Einteilung nach Unfallmechanismus.

3.2.2 Primäre Therapie und Weichteilschäden

Frakturtyp	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Gesamt
N	1/6	0/10	3/47	3/8	0/3	21/27	28/101
In %	1	0	3	3	0	21	28

Tab. 6: Notwendigkeit einer temporären Ruhigstellung im Fixateur externe.

In 28 Fällen wurde die Indikation zur primären geschlossenen Reposition und Anlage eines Fixateur externe gestellt. Dabei wurden signifikant mehr Typ C – Verletzungen ($p < 0,001$) (s. Tab. 6) im Vergleich zu Typ B – Verletzungen primär fixiert. Ein ähnliches Bild zeigt sich für die Verteilung von manifesten Kompartmentsyndromen ($n = 7, 6,9 \%$). Auch hier waren die Patienten mit Typ C – Verletzungen signifikant häufiger betroffen ($p < 0,001$) (s. Tab. 7).

Frakturtyp	B1	B2	B3	C1	C2	C3	Gesamt
N	1/6	0/10	0/47	1/8	0/3	5/27	7/101
In %	1	0	0	1	0	5	7

Tab. 7: Aufschlüsselung des Frakturtyps anhand der Durchführung einer Dermatofasziotomie.

Innerhalb unseres Patientenkollektives dokumentieren wir nur in $n = 3$ (3%) Fällen eine offene Fraktur (s. Abb. 8). Die übrigen Frakturen wiesen geschlossene Weichteilschäden unterschiedlichen Ausmaßes auf (s. Abb. 8).

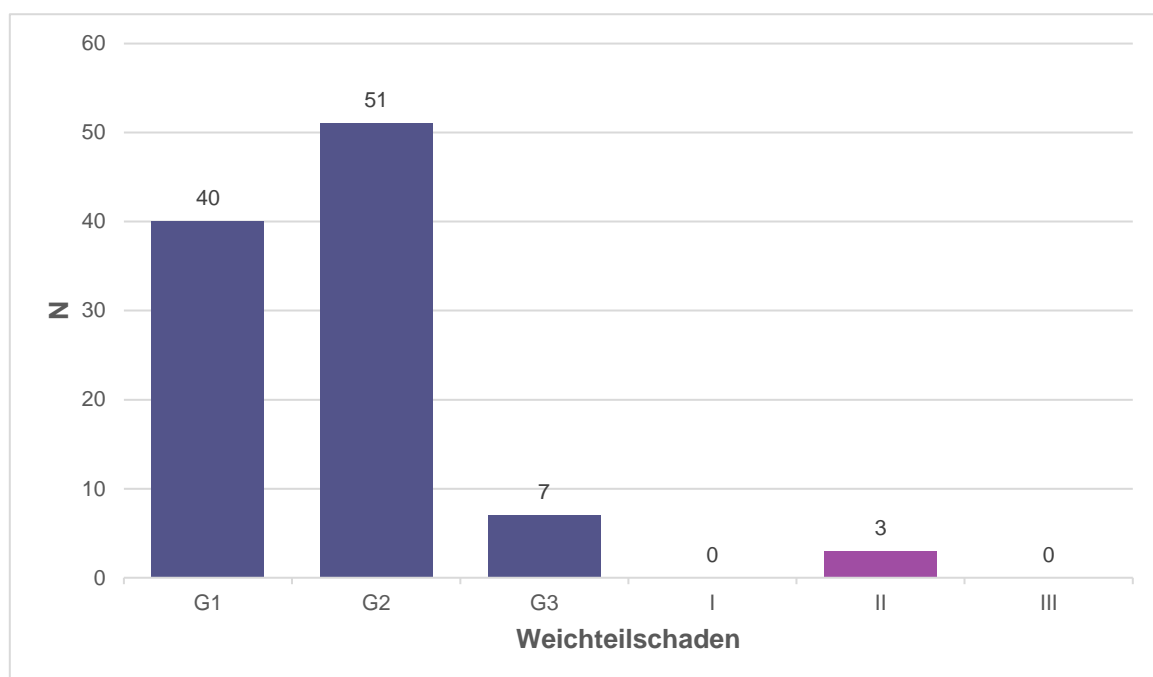


Abb. 8: Geschlossener Weichteilschaden (G1 – G3) und offener Weichteilschaden (I – III).

3.2.3 Chirurgischer Zugang

Die Analyse der chirurgischen Zugangswege zeigte, dass in 80,2 % ($n = 81$) der Fälle der anterolaterale Zugang verwandt wurde. Damit war dies der am häufigste genutzte operative Zugangsweg. (s. Tab. 8).

Zugang	anterior - lateral (%)	medial (%)	posterior - lateral (%)	posterior - medial (%)	medial - lateral (%)	dorsal (%)
B1	5 (83,3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (16,7)	0 (0)
B2	10 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
B3	41 (87,2)	0 (0)	6 (12,8)	0 (0)	0 (0)	0 (1,7)
C1	6 (75)	1 (12,5)	0 (0)	0 (0)	1 (12,5)	0 (9,1)
C2	3 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)
C3	16 (59,3)	1 (3,7)	1 (3,7)	1 (3,7)	0 (0)	8 (29,6)

Tab. 8: Aufschlüsselung nach Art des chirurgischen Zugangs anhand des Frakturtyps.

3.2.4 Defektaugmentation

In 68,3 % (n = 69) der Fälle musste intraoperativ ein knöcherner Defekt augmentiert werden. In den meisten Fällen (59,4 %) wurden die Defekte mit allogener Spongiosa aufgefüllt (s. Abb. 9).

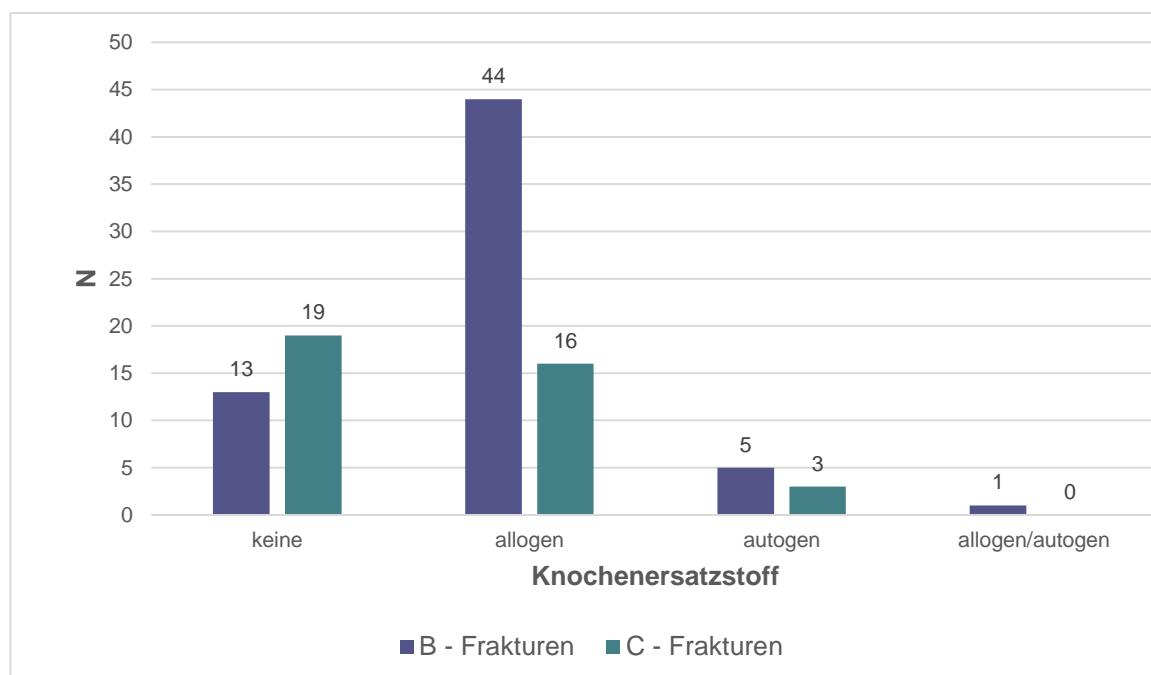


Abb. 9: Aufteilung Knochenersatzstoffe anhand Frakturklasse.

In der Detailanalyse konnte kein signifikanter Einfluss der Art der Defektrekonstruktion auf die funktionellen oder radiologischen Ergebnisse der Nachuntersuchung festgestellt werden.

3.3 Radiologische Ergebnisse

3.3.1 Posttraumatische Arthrose

Das untersuchte Patientenkollektiv zeigte einen mittleren Arthrosescore von $1,33 \pm 1,32$ (nach Kellgren und Lawrence), wobei 62,4 % ($n = 63$) der Patienten überhaupt keine radiologischen Zeichen der Arthrose oder aber einen Kellgren/Lawrence Score von maximal eins aufwiesen. In der Analyse der Studiengruppen zeigte sich ein signifikant höherer Arthroseindex ($p < 0,001$) bei Typ C – Verletzungen im Vergleich zu den Typ B – Verletzungen ($2,21 \pm 1,36$ versus $0,79 \pm 0,97$). Dabei korreliert der Grad der resultierenden Arthrose mit der Frakturschwere anhand der Frakturklassifikation ($r = 0,485$, $p < 0,001$, s. Abb. 10).

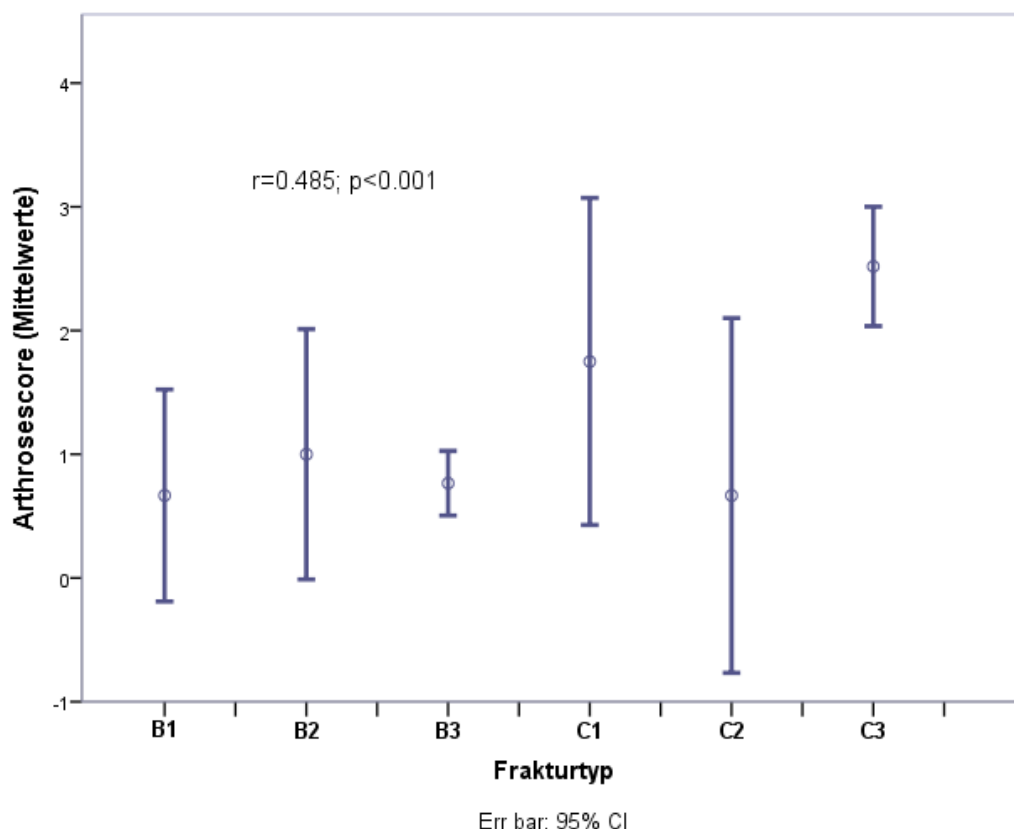


Abb. 10: Korrelation zwischen Arthrosescore und Frakturtyp. Mit zunehmender Frakturschwere zeigt sich ein Anstieg des Arthrosescores.

Bei der Auswertung des Zusammenhangs zwischen Weichteilschaden und dem Arthroseindex zeigte sich ebenfalls eine signifikante positive Korrelation ($r = 0,322$, $p = 0,001$, s. Abb. 11). Zwei Patienten der Studiengruppe (1,9 %) erhielten aufgrund einer posttraumatischen Arthrose im Verlauf einen endoprothetischen Gelenkersatz.

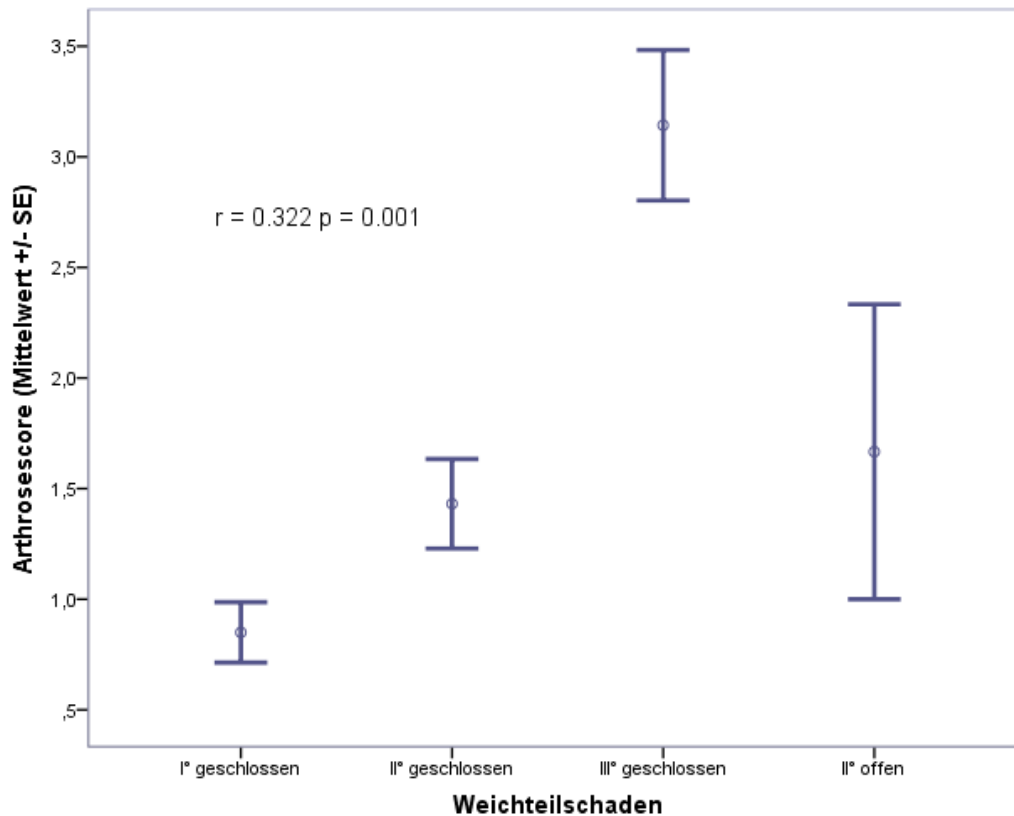


Abb. 11: Korrelation zwischen Arthroscore und Weichteilschaden.

In der Ursachenanalyse für das Entstehen einer posttraumatischen Arthrose wurde der Zusammenhang zwischen postoperativen Varus –/Valgusfeststellungen sowie dem Arthroseindex getestet. Hierbei zeigten sich signifikant erhöhte Arthroseindices bei Vorliegen einer Valgusfehlstellung ($2,82 \pm 1,24$ versus $1,02 \pm 1,12$; $p < 0,001$). Im Gegensatz dazu zeigte die postoperative Varus – Deformität keine signifikanten Unterschiede ($1,9 \pm 1,45$ versus $1,26 \pm 1,3$; $p = 0,211$).

3.3.2 Postoperativer Korrekturverlust

Ein sekundärer Korrekturverlust von 2 mm oder mehr wurde in 21,8 % ($n = 22$) der Fälle gefunden. Korrekturverluste von weniger als 2 mm waren in 11,9 % ($n = 12$) der

Fälle nachweisbar. 66,3 % (n = 67) wiesen keine sekundären Korrekturverluste in den aktuellsten radiologischen Aufnahmen auf. Die Gruppenanalyse ergab, dass Typ B – Verletzungen einen signifikant geringeren Korrekturverlust als Typ C – Verletzungen aufwiesen ($0,43 \pm 0,79$ versus $1,10 \pm 1,28$, $p < 0,001$). Weiterhin zeigte sich eine signifikante Korrelation zwischen Korrekturverlust und Arthroseindex ($r = 0,643$, $p < 0,001$, s. Abb. 12).

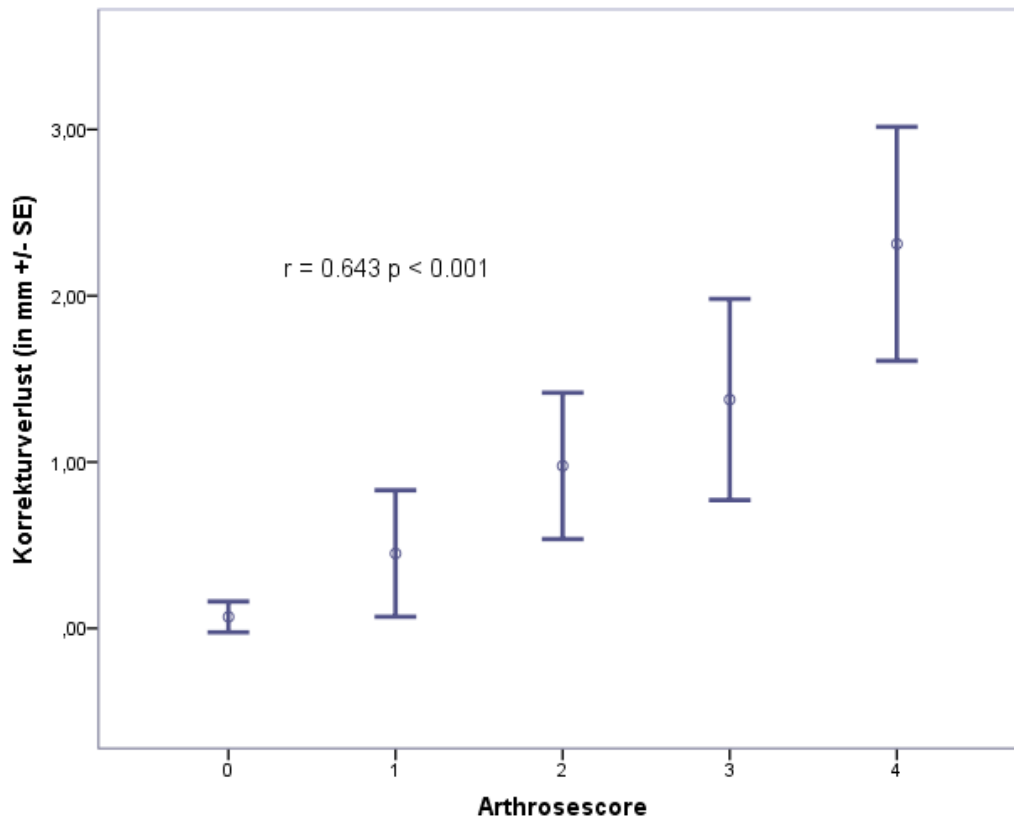


Abb. 12: Korrelation zwischen Korrekturverlust und Arthroscore.

3.4 Funktionelle Ergebnisse

Die Analyse des Bewegungsumfanges nach Neutral – Null – Methode ergab, dass Typ B – Verletzungen signifikant besser bezüglich des aktiven ($124^\circ \pm 17^\circ$ versus $116^\circ \pm 15^\circ$; $p = 0,014$) als auch passiven ($126^\circ \pm 18^\circ$ versus $118^\circ \pm 14^\circ$; $p = 0,017$) Bewegungsumfanges abschnitten (s. Abb. 13).

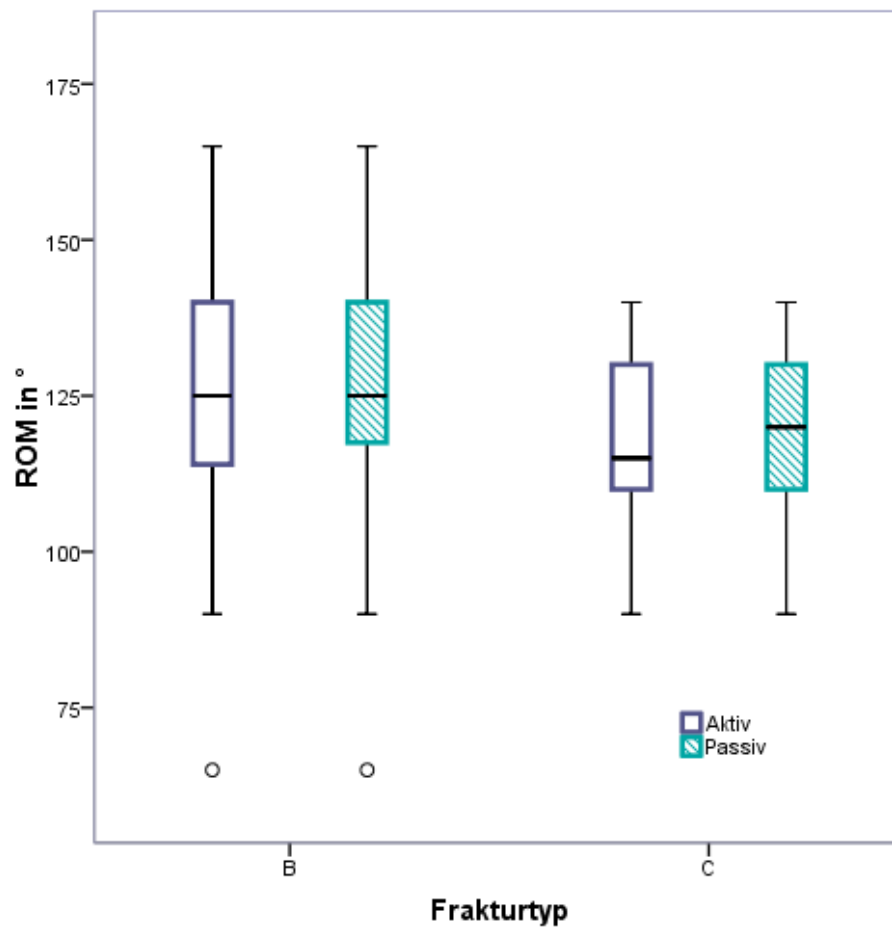


Abb. 13: Korrelation zwischen ROM und dem Frakturtyp.

3.5 Auswertung der Fragebögen

3.5.1 Knee Society Score

Insgesamt betrug der Gesamt KSS – Score des Patientenkollektivs $80,56 \pm 17,06$ [35,5 – 103]. Die Einzelauswertung des KSS – Fragebogens ergab ein signifikant besseres Ergebnis des Gesamt – KSS bei Typ B – Verletzungen ($84,08 \pm 15,58$ versus $74,74 \pm 18$; $p = 0,01$, s. Abb. 14) im Vergleich zu Typ C – Verletzungen.

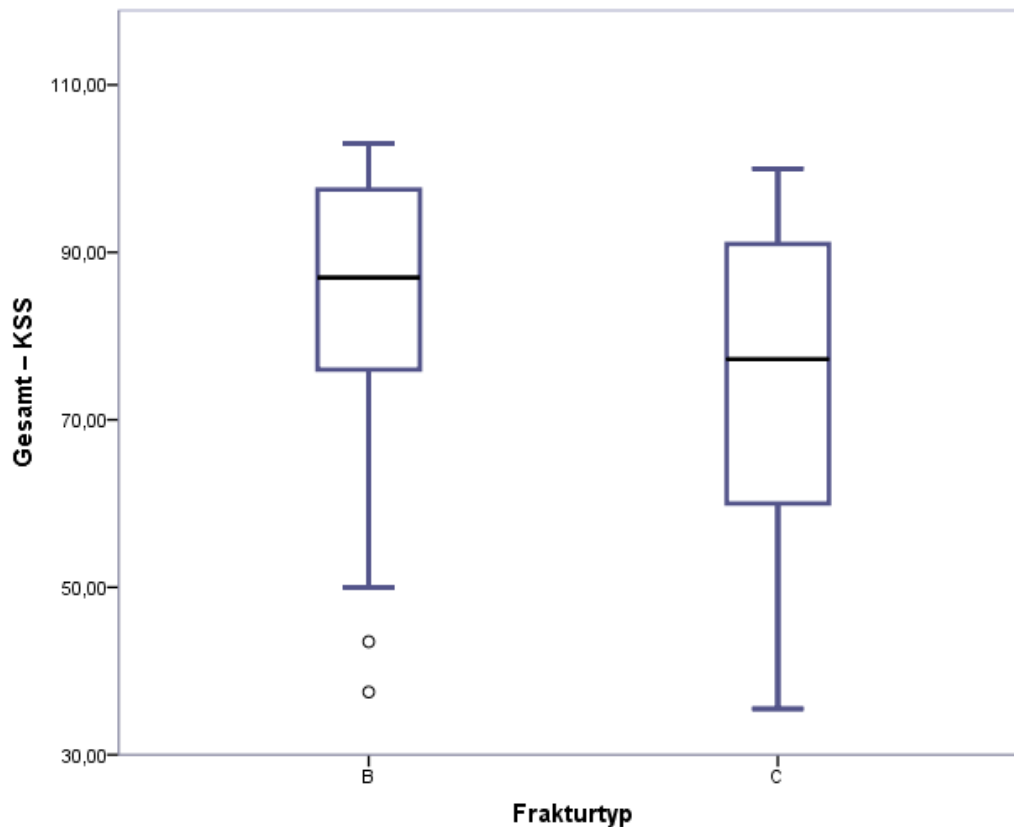


Abb. 14: Korrelation zwischen Gesamt – KSS und dem Frakturtyp.

Die Detailanalyse der Einzelkategorien des Knee Society Score zeigten das gleiche Bild (s. Tab. 9).

KSS – Subkategorie	B – Frakturen	C – Frakturen	p – Wert
KSS – Knie	83,87 ± 16,29	75 ± 21,27	p = 0,031
KSS – Funktion	84,29 ± 17,64	74,47 ± 21,24	p = 0,019

Tab. 9: Detaillierte Aufstellung des Knee Society Score nach Studiengruppe.

Nach den Definitionskriterien des KSS ergab sich ein exzellentes Ergebnis in 42,6 %, ein gutes in 30,7 %, ein mittelmäßiges in 8,9 % und ein schlechtes in 16,8 % der untersuchten Patientenfälle.

3.5.2 Tegner Aktivitätsskala

Die Analyse der Tegner Aktivitätsskala zeigte in der Gruppe der Typ B – Verletzungen einen mittleren Score von $3,65 \pm 2,27$. Damit lag dieser etwas höher als bei den Typ C – Verletzungen mit $3,24 \pm 1,76$. Die statistische Auswertung ergab jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen. Weiterhin konnte keine Korrelation zwischen den Scorewerten und der Frakturschwere nachgewiesen werden ($p = 0,318$).

3.5.3 VAS-Skala

Die Einzelauswertung der Ergebnisse des VAS ergab für die Population einen mittleren Schmerzwert von $1,52 \pm 1,59$ in Ruhe und $2,78 \pm 2,23$ unter Anstrengung. In der Gruppe der Typ B – Verletzungen wurde ein mittlerer Wert von $1,27 \pm 1,54$ erreicht. Damit lag der Wert unterhalb der Typ C – Verletzungen mit $1,95 \pm 1,59$. Dieser Unterschied zwischen den Frakturgruppen war statistisch signifikant ($p = 0,0039$).

3.5.4 Kniescore nach Lysholm und Gillquist

Aus der Analyse unserer Daten ergab sich für die Typ B – Verletzungen ein Wert von 75 ± 23 hinsichtlich des Vorliegens einer Knieinstabilität. Dieser lag oberhalb der Ergebnisse der Typ C – Verletzungen mit 60 ± 25 . Die weitere statistische Auswertung ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Frakturgruppen ($p = 0,004$).

3.5.5 WOMAC-Score

Typ B – Verletzungen erzielten in der Auswertung der Daten einen Gesamt – WOMAC – Score von $34,7$ hinsichtlich arthrosespezifischer Knieprobleme. Dieser war niedriger als bei den Typen C – Verletzungen mit $54,3$. Die Verteilung der einzelnen WOMAC-Score der Subkategorien ist in Tab. 10 dargestellt. Die statistische Analyse ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, obwohl die Typ B – Verletzungen in allen Subkategorien bessere Ergebnisse erzielten.

Kategorie	B – Frakturen	C – Frakturen
Schmerz	9,5 ± 15,3	10,7 ± 11,2
Steifigkeit	13,3 ± 18,5	19,8 ± 17,7
tägliche Aktivität	11,9 ± 17,3	23,8 ± 21,9

Tab. 10: Aufschlüsselung WOMAC – Score nach Subgruppen.

3.6 Postoperative Komplikationen

Die Gesamtkomplikationsrate im vorliegenden Patientenkollektiv lag bei 15,8 %. Bei acht Patienten (7,9 %) kam es im postoperativen Verlauf zu einer tiefen Beinvenenthrombose, welche jedoch abgesehen von der medikamentösen Antikoagulation nach Leitlinie keiner weiteren Therapie bedurfte. Sechs Patienten (5 %) entwickelten eine postoperative Infektion, welche durch eine resistenzgerechte antibiotische Therapie in Kombination mit chirurgischen Wunddébridements erfolgreich behandelt werden konnte. Bei keinem Patienten mussten Implantate in Folge von persistierenden Wund – oder Gelenksinfektionen entfernt werden. An mechanischen Komplikationen wurde bei zwei Patienten (2 %) eine sekundäre retrograde Migration von Schrauben aus der winkelstabilen Verankerung dokumentiert, welche aufgrund von lokalen Irritationen ersetzt oder entfernt werden mussten. Die statische Analyse der Komplikationen ergab eine signifikant höhere Infektionsrate bei den komplexeren Typ-C-Verletzungen ($p = 0,027$).

4. Diskussion

In den 1970iger und 1980iger Jahren lag der Fokus der wissenschaftlichen Evaluation von intraartikulären Tibiakopffrakturen im Vergleich zwischen konservativen und operativen Behandlungspfaden. Die rasante Entwicklung der Implantattechnologie, verbesserte chirurgische und anästhesiologische Techniken sowie Fortschritte bezüglich der postoperativen Nachbehandlung (Physiotherapie, Rehabilitation) führten dazu, dass die Indikation zur operativen Therapie von Tibiakopffrakturen zunehmend weiter gestellt wurde. Dies initiierte gleichermaßen einen Wandel des wissenschaftlichen Fokus. Inzwischen konzentriert sich die Betrachtung vor allem auf die Bewertung von verschiedenen Osteosynthese – und Knochensubstitutionsmaterialien^{2,86-88}. Dennoch sind klinische Studien, die sich mit dem Langzeit – Outcome von Tibiakopffrakturen beschäftigen, eher rar^{2,105}. Bislang gibt es keine veröffentlichte Arbeit, die die klinischen, funktionellen sowie radiologischen Ergebnisse nach operativer Behandlung von intraartikulären Tibiakopffrakturen mit winkelstabiler Plattenosteosynthese systematisch evaluiert und mögliche Prädiktoren für das zu erwartende Outcome identifiziert. Diese Lücke soll durch diese Arbeit nun geschlossen werden. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei in der Beleuchtung der Fragen, ob frakturspezifische Unterschiede in den funktionellen Ergebnissen nach operativer Stabilisierung von B – und C – Tibiakopffrakturen nachweisbar sind, und ob sich prädiktive Faktoren identifizieren lassen, die Rückschlüsse auf das zu erwartende Ergebnis zulassen.

In dieser Arbeit liegt bei 62,4 % der Fälle eine Typ B – Verletzung und bei 37,6 % eine komplexe Typ C – Verletzung vor. Die Arbeitsgruppe von Rademakers *et al.* konnte in ihrer Arbeit aus dem Jahre 2007 eine ähnliche Verteilung aufzeigen². Das mittlere Alter der von Tibiakopffrakturen betroffenen untersuchten Patienten dieser Studie liegt bei 51 Jahren [22 – 77], was sich ebenfalls mit den Ergebnissen der Arbeit von Rademakers *et al.* (Ø 55 Jahre) und anderen Arbeiten deckt⁷. Jedoch zeigt die Literatur hier auch deutliche Unterschiede. So publizierte Cole *et al.* 2004 die Ergebnisse einer prospektiven Untersuchung mit einem mittleren Patientenalter von 62 Jahren⁸⁶. Gemeinsam ist den Studien, dass Tibiakopffrakturen vor allem Personen

in einem Altersbereich betreffen, die von hoher privater sowie beruflicher Aktivität gekennzeichnet ist. Dies stellt die moderne Unfallchirurgie und Orthopädie vor die Herausforderung, dieses Patientenkollektiv durch eine suffiziente Therapie möglichst schnell in das soziale Umfeld jedoch vor allem auch das Berufsleben zurückzuführen und etwaige gesundheitliche Einschränkungen für den Patienten zu minimieren.

Auch die Analyse der Unfallursachen des vorliegenden Patientenkollektivs lässt sich gut in den Kontext der aktuellen Literatur einfügen. Verkehrsunfälle waren in der vorliegenden Arbeit die häufigste Ursache, gefolgt von Stürzen. Cotton und Berg waren 1929 die Ersten, die die Hauptursache für die Tibiakopffraktur im Straßenverkehr fanden und sie daher als „bumper –“ oder „fender – fracture“ bezeichneten ¹⁰⁶. Auch in der Arbeit von Rademakers *et al.* stellten Unfälle im Straßenverkehr die größte Gruppe dar, gefolgt von Unfällen im Haushalt und Sportunfällen ². Ein dezidierter Vergleich und Auswertung der Inzidenz bei Stürzen gestaltet sich schwierig, da die Definition des „Sturzes“ in den publizierten Arbeiten nicht einheitlich ist.

Obwohl der Tibiakopf wegen des dünnen Hautmantels für offene Verletzungen prädisponiert scheint, ist die Rate an offenen Verletzungen mit insgesamt drei zweitgradig offenen Frakturen (3 %) in dieser Studie vergleichsweise gering. Aktuelle Arbeiten berichten über Raten an offenen Frakturen zwischen 13 % und 27 % ^{83,85,88}. Eine mögliche Ursache für diese Diskrepanz kann in Zusammensetzung des Patientenkollektivs und in regionalen Unterschieden (Hochgebirge, Flachland) gesehen werden. Eine weitere mögliche Erklärung hierfür stellen verbesserte Sicherheitstechniken in Fahrzeugen dar, welche die Rate an schwersten Weichteilverletzungen reduziert.

Allen intraartikulären knöchernen Verletzungen gemein ist das Risiko der posttraumatischen Arthrose, die für den Patienten mit negativen und dauerhaften Konsequenzen assoziiert ist. Nicht zuletzt deswegen fokussieren sich die Therapieansätze auf die Wiederherstellung der artikulären Kongruenz. Die vorliegenden Ergebnisse der Studie fanden keine oder geringe Zeichen der Arthrose bei 62,4 % der Patienten, wobei der mittlere Arthrosescore $1,33 \pm 1,32$ nach Kellgren

und Lawrence betrug. Die Gruppe um Honkonen *et al.* bemühten sich 1995 als Erste um eine gezielte Untersuchung der sekundären Arthrose nach Tibiakopffrakturen ⁴². Gleichzeitig versuchten sie, prädiktive Faktoren für das Auftreten der posttraumatischen Arthrose zu identifizieren. Dazu schlossen sie 131 Patienten nach operativer oder konservativer Therapie in ihre Untersuchung ein. Über das gesamte Studienkollektiv zeigten 44 % der Patienten Zeichen der sekundären Arthrose. Unterschiede zwischen den einzelnen Therapiegruppen (operativ gegen konservativ) waren statistisch nicht auffällig, obwohl die Autoren betonen, dass die moderaten bis schweren posttraumatischen Arthrosen signifikant häufiger in der operativ therapierten Gruppe auftraten ⁴². Die Autoren gehen in ihrer Arbeit nicht näher darauf ein und verweisen auch nicht auf die Differentialindikation, die zur operativen versus konservativen Therapie führten. Die Arbeit einer anderen Arbeitsgruppe aus dem Jahre 2007 zeigte bei 69 % aller eingeschlossenen Patienten keine und in 21 % milde Zeichen sekundär degenerativer Veränderungen ². Es gilt zu beachten, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse aufgrund der Anwendung verschiedener Klassifikationssysteme erschwert ist (Ahlbäck – Klassifikation bei Rademakers *et al.* versus Kellgreen und Lawrence in dieser Arbeit). Auch unterschiedliche Nachuntersuchungszeiträume erschweren einen direkten Vergleich verschiedener Arbeiten und deren Interpretation.

Weiterführend konnte in der Auswertung der vorliegenden Ergebnisse eine Korrelation zwischen der Komplexität der Fraktur (anhand der vorliegenden Frakturklassifikation) und dem Ausmaß der posttraumatischen Arthrose (anhand des letzten verfügbaren Röntgenbildes) aufgezeigt werden. Typ C – Verletzungen zeigten einen signifikant höheren Arthroseindex im Vergleich zu Typ B – Verletzungen ($2,21 \pm 1,36$ versus $0,79 \pm 0,97$, $p < 0,001$). Damit stehen die Resultate dieser Arbeit in Einklang mit den Ergebnissen von Manidakis *et al.* aus dem Jahre 2010, welche eine Gesamtinzidenz an posttraumatischen Arthrosen von 26,4 % publizierten und zeigen konnten, dass die Schwere der Fraktur mit einem höheren Risiko der posttraumatischen Arthrose vergesellschaftet war ¹⁰⁷.

Nach unserem Wissen konnte in dieser Arbeit erstmals der statistische Zusammenhang zwischen dem Grad des initialen Weichteilschadens und der Entstehung einer posttraumatischen Arthrose nachgewiesen werden. Je höher der Grad des initialen Weichteilschadens im vorliegenden Patientengut war, desto schlechter war der Arthrosescore. Auf die Bedeutung des Weichteilschadens als möglichen Prädiktor für das postoperative Ergebnis ist in vielen Arbeiten hingewiesen worden, aber statistisch nie belegt worden^{88,108}. Eine mögliche Erklärung für diesen Zusammenhang könnte die Schädigung der periostalen Durchblutung des Knochens im Bereich der proximalen Tibia sein. Womöglich kann der bereits gering ausgeprägte Weichteilmantel dieser anatomischen Region Verletzungen nur eingeschränkt – bezogen auf die Versorgung des darunterliegenden Knochens – kompensieren. Ferner stellt natürlich auch das erhöhte Risiko einer postoperativen Infektion sowie deren Folgen (multiple Revisionseingriffe, längere Phasen der Ruhigstellung, etc.) einen Einflussfaktor dar. Es darf allerdings nicht unerwähnt bleiben, dass die geringe Fallzahl und die relativ niedrige Rate an offenen Frakturen eine abschließende Bewertung dieses Zusammenhangs nur eingeschränkt zulassen. Dennoch sollte in künftigen prospektiven Untersuchungen dieser Punkt näher beleuchtet werden.

Ein weiterer Faktor, welcher das Ergebnis nach Frakturstabilisierungen beeinflusst, ist die Qualität der initialen Reposition sowie die suffiziente Retention der erreichten Reposition. Die Studiendaten zeigen bei 33,6 % (n = 34) der Patienten einen sekundären Korrekturverlust, wobei bei 21,8 % (n = 22) der Patienten ein Korrekturverlust > 2 mm und 11,9 % (n = 12) < 2 mm nachweisbar war. Bei der Betrachtung des absoluten Korrekturverlustes war der Wert bei den Typ C – Verletzungen mit 1,10 mm ± 1,28 mm signifikant schlechter als bei den Typ B – Verletzungen (0,43 mm ± 0,79 mm). Darüber hinaus korreliert die Verletzungsschwere signifikant mit dem sekundären Korrekturverlust und der Entstehung einer posttraumatischen Arthrose. In Summe hebt dieser Zusammenhang die herausragende Bedeutung der Repositionsqualität der Gelenkfläche für den Patienten hervor. In der internationalen Literatur herrscht größtenteils Konsens, dass die anatomische Reposition und stabile Fixierung Ziel der operativen Bemühung ist.

So erklärten Schatzker *et al.* bereits 1979 die Doppelplattenosteosynthese zum Goldstandard bei bikondylären Frakturen¹⁴. Allerdings wurde mit der Einführung von winkelstabilen Plattensystemen zunehmend auch die unilaterale Stabilisierung propagiert. Hauptmotivation für dieses adaptierte Vorgehen war der geringere Weichteilschaden bei gleichzeitig höherer Stabilität im Vergleich zu konventionellen Plattenosteosynthesen¹⁰⁹. Stannard *et al.* und Boldin *et al.* beschäftigten sich jeweils mit der unilateralen Versorgung von Tibiakopffrakturen durch das sogenannte L.I.S.S.-Plattensystem (*less invasive stabilisation system*, Synthes, Umkirch, Deutschland)^{87,88}. Die Gruppe um Stannard *et al.* publizierte dabei retrospektive Ergebnisse von 33 komplexen Schatzker V – VI Frakturen nach einem medianen Follow up von 21 Monaten [12 – 38]. In diesem Studienkollektiv zeigte sich ein mittlerer Korrekturverlust von 0,8 mm⁸⁸. Vergleichbare Daten präsentierten Boldin *et al.* 2006 nach einem Follow up von 3 Jahren. Sie beschrieben bei 16 Patienten mit Typ C – Verletzungen einen mittleren Korrekturverlust von 0,7 mm⁸⁷. Im Gegensatz dazu gibt es andere Autoren, welche weiterhin die Doppelplattenosteosynthese bei bikondylären Frakturen favorisieren. So publizierten die Arbeitsgruppen um Jiang *et al.* und Lee *et al.* Untersuchungen, in denen unterschiedliche osteosynthetische Konstrukte miteinander verglichen wurden (Jiang *et al.*: konventionelle mediolaterale Doppelplattenosteosynthese versus winkelstabile monolaterale Plattenosteosynthese; Lee *et al.*: monolaterale winkelstabile Plattenosteosynthese versus konventionelle Plattenosteosynthese versus kombinierte Osteosynthese)^{82,83}. In der Studie von Lee *et al.* mit 45 Patienten mit Schatzker V – VI Frakturen und einem Follow up von 18 Monaten wurde ein sekundärer Korrekturverlust > 2 mm in 13,3 % (n = 6) der Fälle dokumentiert. Hervorzuheben ist diese Arbeit vor allem dadurch, da bisher nur hier das funktionelle sowie radiologische Outcome nach monolateraler winkelstabiler, konventioneller und kombinierter Osteosynthese beleuchtet wurde. Die Autoren bestätigten dabei die Ergebnisse vorangegangener biomechanischer Studien¹¹⁰, die keinen statistischen Unterschied zwischen den drei beschriebenen Osteosynthesetechniken hinsichtlich der knöchernen Konsolidierung und der Stabilität finden konnten. Die Bedeutung eines korrespondierenden Weichteilschadens für das postoperative Outcome wird von den Autoren nahegelegt, jedoch nicht weitergehend untersucht⁸². Die Autoren um Jiang *et al.* fassten die monolaterale winkelstabile

Versorgung bei bikondylären Tibiakopffrakturen eher als Alternative zur konventionellen Doppelplattenosteosynthese auf ⁸³. In ihrer Arbeit wurden bei 84 Patienten mit Typ – C1 bis C3 Frakturen und einem Follow up von 24 Monaten in drei Fällen (3,5 %) ein Korrekturverlust > 2 mm detektiert. Vergleichbare zufriedenstellende Ergebnisse hinsichtlich der Konsolidierung nach Doppelplattenosteosynthese bei bikondylären Frakturen präsentierten auch anderen Autoren ^{84,85}. Im Vergleich mit der internationalen Literatur sind die Ergebnisse der erzielten Reposition in der hier vorliegenden Studie als nicht zufriedenstellend anzusehen, obwohl die Zusammensetzung der verschiedenen Patientenkohorten miteinander vergleichbar ist (Typ C – Verletzungen mit 38 Fällen (37,6 %) und vor allem an Typ C3 – Verletzungen mit 27 Fällen (26,7 %)). Eine mögliche Erklärung für die vorliegenden Abweichungen könnte zum einen in den unterschiedlichen verglichenen Follow up – Zeiträumen liegen. Kurze Nachuntersuchungszeiträume von 12 bis 36 Monaten in den vorgestellten Arbeiten stehen einem Follow up von $57,3 \pm 30,4$ Monate in unserer Studie gegenüber. Des Weiteren könnten Behandlungsteams mit unterschiedlichen Erfahrungsstufen an der Behandlung der Tibiakopffrakturen beteiligt gewesen sein. Zusammenfassend kann jedoch postuliert werden, dass die entscheidenden Prädiktoren für die posttraumatische Arthrose zum einen die Frakturschwere – und hier insbesondere das Ausmaß des intraartikulären Schadens – und zum anderen die Qualität der intraoperativen Reposition sind.

Für den Patienten steht neben dem Ausbleiben einer posttraumatischen Arthrose vor allem die klinische Funktion und Alltagstauglichkeit des Gelenkes im Vordergrund. Insgesamt wurde in der vorliegenden Arbeit bei den Typ C – Verletzungen ein signifikant schlechterer Bewegungsumfang sowohl aktiv ($124^\circ \pm 17^\circ$ versus $116^\circ \pm 15^\circ$; $p = 0,014$) als auch passiv ($126^\circ \pm 18^\circ$ versus $118^\circ \pm 14^\circ$; $p = 0,017$) festgestellt. Im Gegensatz dazu konnte Rademakers *et al.* in seiner Untersuchung keine Korrelation zwischen der Verletzungsschwere und dem Bewegungsumfang zeigen ². Nach monolateraler Versorgung von bikondylären Frakturen erhoben die Arbeitsgruppen um Boldin *et al.* und Stannard *et al.* mittlere Bewegungsumfänge von $117 - 127^\circ$ ^{87,88}. Bei näherer Betrachtung ist erwähnenswert, dass in Stannard *et al.* Arbeit nach ligamentärer Verletzung ein besserer mittlerer Flexionsumfang von 132° vorlag. Die

Autoren erklärten dies zum einen durch eine frühere operative Versorgung des ligamentären Schadens (< 4 Wochen) sowie die minimalinvasive Operationsweise und zum anderen durch eine aggressivere postoperative physiotherapeutische Behandlung als bei Patienten nach isolierter osteosynthetischer Frakturversorgung⁸⁸. Nach Doppelplattenosteosynthese von bikondylären Tibiakopffrakturen berichteten Prasad *et al.* von einem mittleren Flexionsumfang von 128°⁸⁴. In dieser Arbeit wurden 40 Patienten mit einem Nachuntersuchungszeitraum von 4 Jahren eingeschlossen. Yao *et al.* präsentierte 2014 in einer Kohorte von 69 Patienten mit bikondylären Frakturen und Doppelplattenosteosynthese einen mittleren Flexionsumfang von 115°⁸¹. Insgesamt ordnen sich die Resultate unserer Arbeit in den Kontext der Literatur ein.

Um die Patientenzufriedenheit sowie die Alltagseinschränkungen oder Alltagstauglichkeit eines verletzten Gelenkes zu eruieren, bieten Fragebögen die Möglichkeit, den Zustand des Patienten möglichst objektiv zu betrachten. Aus der Analyse der Fragebögen – Scores der hier vorliegenden Arbeit ergab sich eine klare Tendenz: Typ – C Verletzungen führen im Vergleich zu den Typ-B – Verletzungen zu einem schlechteren klinischen Outcome.

Insgesamt wurde in der Studie in 73,3 % der Fälle ein exzellentes bis gutes Ergebnis im Knee Society Score (KSS) erreicht. Die Typ C – Verletzungen erzielten hierbei ein signifikant schlechteres Resultat ($84,08 \pm 15,58$ versus $74,74 \pm 18$; $p = 0,01$). Diese Ergebnisse sind gut mit denen von Manidakis *et al.* vergleichbar, welche in ihrer Studie ($n = 125$) in 68,8 % gute Ergebnisse im KSS zeigen konnten¹⁰⁷. Deutlich schlechtere Ergebnisse zeigt eine Arbeit aus dem Jahre 1990, bei welcher nur in 54 % der eingeschlossenen Fälle ($n = 48$) ein gutes bis exzellentes Ergebnis erreicht werden konnte¹¹¹. Es muss dabei jedoch beachtet werden, dass die Autoren einen individualisierten KSS eingesetzt haben. Auch die Autoren um Koval *et al.* verwendeten 1992 eine abgewandelte Form des KSS zur Bewertung von 20 Tibiakopffrakturen nach operativer Versorgung und publizierten 90 % gute bis exzellente Ergebnisse¹¹².

Die Auswertung der erhobenen Tegner Aktivitätsskala zeigte keine statistische Korrelation zur Frakturschwere. Dies steht im Gegensatz zu Loibl *et al.*, welcher eine

Korrelation zwischen der Tegner Aktivitätsskala und den Frakturen vom Typ – B3 und Typ – C3 zeigen konnte, welche beide mit einem schlechteren klinischen Outcome einhergingen. Für die Autoren war somit die Frakturklassifikation der entscheidende Prädiktor für das postoperative Outcome ¹¹³. Insgesamt untersuchten sie die sportliche Aktivität an 103 Patienten nach operativer Versorgung intraartikulärer Tibiakopffrakturen. Der dabei gemessene postoperative mediane Wert des Tegner Aktivitätslevels betrug 4 [0 – 8] ¹¹³. Briggs *et al.* formulierten 2009 Referenzwerte für die Tegner Aktivitätsskala und den Lysholm – Score anhand gesunder Patienten ohne jegliche Anamnese für eine Knieoperation oder –verletzung ¹¹⁴. Dies ermöglicht einen Vergleich mit verletzten oder operativ versorgten Patienten. Dabei beschrieben die Autoren einen durchschnittlichen Wert der Tegner Aktivitätsskala in der Normalbevölkerung von 5,7 ¹¹⁴. Im Vergleich zu diesem „Normwert“ zeigen unsere Daten bei Typ B – Frakturen einen im Mittel um 2,05 Punkte und bei Typ C – Frakturen einen im Mittel um 2,46 Punkte geringeren Scorewert. Präoperative Werte der vorliegenden Kohorte zum Vergleich wurden nicht erhoben. Dennoch ist dieser Vergleich interessant, da die Tibiakopffraktur und hier insbesondere die komplexen Typ C – Verletzungen mit einer im Vergleich zur „Normalbevölkerung“ deutlichen Funktionseinschränkung einhergeht.

Um die alltägliche Belastbarkeit des Kniegelenkes zu evaluieren, wurde die visuelle Analogskala für Schmerz unter Belastung und Ruhe analysiert. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind vielversprechend, da sie eine relativ geringe Schmerzhaftigkeit des Gelenkes aufzeigten (VAS – Ruhe: $1,52 \pm 1,59$; VAS – Belastung: $2,78 \pm 2,23$). In der weiteren Analyse konnte eine signifikante Korrelation zwischen der Frakturschwere und dem Ruheschmerz aufgezeigt werden. Auch Loibl *et al.* detektierten diesbezüglich eine positive Korrelation, obwohl hier insgesamt ein geringerer medianer Schmerzscore (1 [0 – 8]) erhoben wurde ¹¹³. Jedoch unterschieden die Autoren nicht zwischen der ruhenden und belasteten Situation. Auch Kraus *et al.* zeigten eine mittlere VAS von $2,6 \pm 2,4$ [0 – 9] bei 89 eingeschlossenen Patienten ¹¹⁵. Insgesamt passen die Resultate der vorliegenden Arbeit damit gut in den Kontext der vorhandenen Literatur.

Die eingeschlossenen Patienten bewerteten den Lysholm – Score mit im Mittel 75 ± 23 bei den Typ B – Verletzungen und 60 ± 25 bei den Typ C – Verletzungen. Graduiert bedeutet dies ein mittelmäßiges Ergebnis für die Typ B – Verletzungen und ein schlechtes für die Typ C – Verletzungen. Im Gegensatz dazu erzielten Stannard *et al.* einen durchschnittlichen Lysholm – Score von 90, welches einem befriedigenden Ergebnis entsprach ⁸⁸. Die Gruppe um Kraus *et al.* präsentierte einen mittleren Lysholm – Score von 76,6, währenddessen die Arbeitsgruppe um Loibl *et al.* bei einem vergleichbaren Kollektiv einen Score von 94,5 [37 – 100] erzielte ^{113,115}. Die Resultate unserer Arbeit lassen sich mit Hilfe der Arbeit von Biggs *et al.* besser einordnen. Hierbei wurden neben der Tegner Aktivitätsskala auch der Lysholm – Score in der Normalbevölkerung getestet. Nach dieser Arbeit beträgt der Lysholm – Wert innerhalb der Normalbevölkerung 94 ¹¹⁴. Bei der Betrachtung der Werte weist das hier untersuchte Patientenkollektiv 19 (für Typ B – Frakturen) bzw. 34 (für Typ C – Frakturen) weniger Punkte als die gesunde Normalbevölkerung auf. Somit besteht anhand der Tegner Aktivitätsskala als auch beim Lysholm – Score ein erheblicher Einschnitt in der Funktion des Knies nach intraartikulärer Tibiakopffraktur. Jedoch zeigen die o. g. Arbeiten sehr heterogene Ergebnisse. Dies unterstreicht einmal mehr die Schwierigkeit der Vergleichbarkeit einzelner Kohorten, sowie die offensichtlich vorhandenen zusätzlichen bisher nicht erfassten Einflussfaktoren, welche die Ergebnisse der einzelnen untersuchten Parameter beeinflussen.

Die Auswertung des WOMAC – Score fügte sich gut in das Bild der bisherigen Ergebnisse und zeigte im Mittel ein schlechteres Outcome der Typ C – Verletzungen als bei den B – Verletzungen (Typ C – Verletzung: 54,3; Typ B – Verletzung: 34,7). Lee *et al.* publizierten einen Gesamt – WOMAC – Score von 34,6, wobei hier hauptsächlich bikondyläre Frakturen eingeschlossen wurden ⁸². Im Gegensatz dazu berichtete 2014 die Gruppe um Ahearn *et al.* in ihrem Kollektiv aus 36 Patienten mit operativer Versorgung bikondylärer Tibiakopffrakturen im einjährigen follow – up von einem mittleren WOMAC – Score von 70 ¹⁰⁸. Damit liegen die Ergebnisse der vorliegenden Studie zwischen denen in der Literatur genannten.

Interessant ist, dass die Autoren die zentrale Bedeutung der intraoperativen Reposition – im Gegensatz zu Barei *et al.* und Yao *et al.* ^{81,85} – für das postoperative Ergebnis in Frage stellen, da keine signifikante Korrelation zwischen Korrekturverlust und WOMAC

– Score hergestellt werden kann. Sie postulieren, dass das Outcome neben der exakten Reposition auch von anderen Parametern (Weichteilschaden, ligamentäre Verletzung) abhängt – was aber in deren Studie nicht weiter untersucht wurde¹⁰⁸. Auch die Canadian Orthopaedic Trauma Society bewertete die in ihrer 2006 veröffentlichten prospektiven Multizenterstudie mit 83 Patienten ihre Daten dahingehend, dass das Outcome nach bikondylärer Tibiakopffraktur von verschiedenen zusätzlichen Einflussfaktoren abseits der exakten Reposition abhängig ist¹¹⁶. Auch wir sind basierend auf unseren Ergebnissen der Meinung, dass die exakte Reposition einen der Hauptpfeiler für das postoperative Ergebnis darstellt, dass es jedoch eine Fülle weiterer – z. T. auch nicht chirurgisch beeinflussbarer – Faktoren gibt, die das Outcome maßgeblich beeinflussen. Daher glauben wir, dass es große multizentrisch angelegte Untersuchungen braucht, die umfangreich Einflussfaktoren bei einer ausreichend großen Kohorte untersucht, um diejenigen Faktoren zu identifizieren, welche positiv beeinflusst werden können, um die bisherige Versorgungsqualität weiter zu verbessern.

Die Analyse der in der Kohorte aufgetretenen Komplikationen ergab eine Gesamtkomplikationsrate von 15,8 %. Dabei erlitten acht (7,9 %) Patienten eine tiefe Beinvenenthrombose. Im Vergleich dazu zeigten Barei *et al.* bei einem Fünftel der 83 untersuchten Patienten eine tiefe Beinvenenthrombose⁸⁵. Die Autoren schränkten jedoch ein, dass bei einem Großteil der betroffenen Patienten ein positiver Befund im routinemäßig durchgeführten Ultraschall – Screening bei fehlenden klinischen Zeichen einer tiefen Beinvenenthrombosen vorlag. In unserer Klinik wird auf ein Routine – Screening verzichtet, sodass klinisch stumme Beinvenenthrombosen nicht sicher erfasst sind.

In der vorliegenden Studie erlitten sechs (5,9 %) Patienten eine postoperative Wundinfektion. In der Literatur wird die Rate an Wundheilungsstörungen nach Doppelplattenosteosynthese mit einer großen Streubreite von 8,4 bis 87,5 % angegeben^{85,117}. Ruffolo *et al.* präsentierte 2015 eine Komplikationsrate von 27,9 % mit 23,6 % tiefer Wundheilungsstörungen und 10 % fehlender Konsolidierung¹¹⁸. Patienten mit offenen Frakturen hatten dabei signifikant höhere Raten an Wundheilungsstörungen. In Bezug auf die Wundheilungsstörungen konnten Jiang *et*

al. und Lee *et al.* keinen statistischen Unterschied zwischen den einzelnen Osteosyntheseverfahren herstellen^{82,83}. In ihren Studien lag die Rate an Wundheilungsstörungen zwischen 4,7 % – 9,1 %, was somit vergleichbar mit den Resultaten unserer Arbeit ist.

Der Vergleich der hier vorgestellten Ergebnisse mit dem Kontext der vorhandenen Literatur erweist sich in vielen Punkten als schwierig. Viele der vor allem im angloamerikanischen Raum durchgeführten Untersuchungen verwenden unterschiedliche Klassifikationssysteme (z. B. nach Schatzker) und Therapiekonzepte im Vergleich zum europäischen Raum, in welchem die osteosynthetische Versorgung und die Frakturlehre stark durch die Einflüsse der Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) geprägt ist. Und obwohl in unserer Arbeit die eingesetzten Fragebögen weit gefächert waren und viele Parameter erfasst haben (Bewegungsausmaß, Instabilität, Lysholm – Score, WOMAC – Score, VAS – Skala, usw.), decken sie dennoch immer nur Teilaspekte ab und sind bei individueller Anwendung nicht in der Lage, die Folgen einer Knieverletzung für den Patienten in Bezug auf die Funktion, die resultierende Lebensqualität oder die Sport – und Erwerbsfähigkeit vollumfänglich zu erfassen.

In keiner vorangegangenen Studie wurde das funktionelle Outcome zwischen Typ B – und Typ C – Frakturen nach explizit winkelstabiler Stabilisierung miteinander verglichen. Diese Lücke sollte durch diese Arbeit geschlossen werden. Dabei ist deutlich geworden, dass Typ C – Frakturen in allen funktionellen Parametern (ROM, Fragebögen) zu schlechteren Ergebnissen führen als Typ B – Frakturen. Dies stellt den behandelnden Chirurgen vor die Herausforderung, bestehende Behandlungsalgorithmen zu optimieren, um vor allem die Prognose von komplexen bikondylären Frakturen zu verbessern.

Bei der Betrachtung von prädiktiven Faktoren herrscht aktuell kein einheitlicher Konsens, ob das funktionale Ergebnis vom Schweregrad der Fraktur abhängt⁸¹. Einige Autoren postulieren, das funktionelle Outcome sei unabhängig von der Frakturklassifikation¹¹⁹. Dies steht im Gegensatz zur Kernaussage anderer Autoren,

welche die Schwere der Frakturklassifikation als einen der entscheidenden Prädiktoren für die postoperative Funktion ansehen ^{81,113}. Durch diese Arbeit konnte unterstrichen werden, dass die Frakturschwere – anhand der AO Klassifikation – für das funktionelle Outcome von herausragender Bedeutung ist. Ferner konnte gezeigt werden, dass neben der Frakturschwere auch der Grad des vorliegenden Weichteilschadens, welcher maßgeblich die operative Taktik beeinflusst, für das funktionelle Outcome entscheidend sind. Bisher ist auf die Bedeutung des Weichteilschadens als möglichen Prädiktor für das postoperative Ergebnis in vielen Arbeiten nur hingewiesen worden ^{88,108}. Es gelang in dieser Arbeit zum ersten Mal, diesen Zusammenhang auch statistisch nachzuweisen.

Neben der Bedeutung der Frakturklassifikation als unabhängiger Prädiktor unterliegt auch die Qualität der intraoperativen Reposition kontroversen Diskussionen. Einige Autoren bewerten das Repositionsergebnis als untergeordnet ^{108,116}, wobei die exakte anatomische Reposition ebenfalls als Schlüssel zu einem guten Outcome angesehen wird ^{81,85}. Die Ergebnisse dieser Arbeit legen ebenso nahe, dass die exakte anatomische Reposition in der Therapie von Tibiakopffrakturen von entscheidender Bedeutung ist, um sekundäre Korrekturverluste durch Stufenbildungen oder artikuläre Inkongruenzen zu vermeiden oder zu minimieren.

Die vorliegende Arbeit unterliegt einer Reihe von Limitationen. Bedingt durch das retrospektive Studiendesign ist die Wahl der Untersuchungskohorte limitiert und durch den Nachuntersuchungszeitraum das Follow up der Patienten nur eingeschränkt möglich. Eine der wesentlichen Fragen nach intraartikulären Frakturen ist diejenige nach der Rate an posttraumatischen Arthrosen, welche bei einem Nachuntersuchungszeitraum von weniger als 10 Jahren nur eingeschränkt beantwortet werden kann. Der Fokus bei der Formulierung der Einschlusskriterien lag bei winkelstabilen Stabilisierungsverfahren von mono – oder bikondylären Tibiakopffrakturen, da das Wissen um die Ergebnisse dieser Plattensysteme limitiert ist. Diese werden in der modernen Traumatologie noch nicht lange flächendeckend eingesetzt, sodass dies ein weiterer Faktor ist, welcher zum Ausschluss diverser Patienten geführt hat. Ferner sind Vergleiche mit Studien, die solche Verletzungen

jedoch unabhängig von den eingesetzten Implantaten nachuntersucht haben, nur eingeschränkt möglich, was die Interpretation der Daten erschwert. Ein weiterer Punkt, der die Vergleichbarkeit erschwert, ist die zwischen den Studien variierende Zusammensetzung der Patientenkollektive bezüglich der epidemiologischen Daten. Eine weitere wesentliche Limitation ist die Tatsache, dass verschiedene Operateure mit unterschiedlichen Erfahrungsstufen an der Versorgung der eingeschlossenen Patienten beteiligt waren.

Trotz all dieser Limitationen zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit eindrücklich, dass die operative Versorgung von Tibiakopffrakturen mit winkelstabilen Plattensystemen eine suffiziente Methode darstellt, die bei einer akzeptablen Komplikationsrate zu zufriedenstellenden Ergebnissen dieser schweren Verletzung führt. Es konnte gezeigt werden, dass vor allem bei den Typ C – Verletzungen die Bemühungen weiter intensiviert werden müssen, um die erreichte Versorgungsqualität noch zu verbessern.

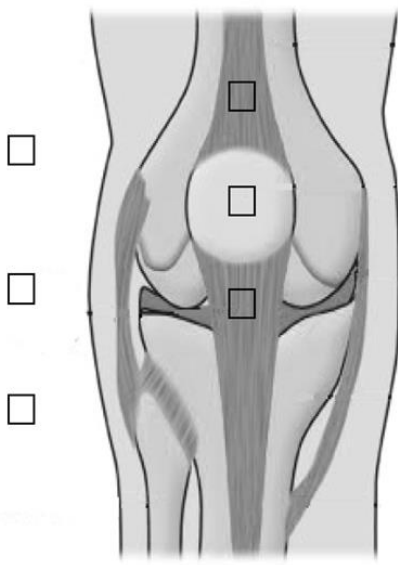
5. Anhang

5.1 Untersuchungsbogen

ID: Datum:

Fraktur: L R Klassifikation: AO-41-

Patientenkleber



- | | nein | ja | |
|---|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1. Erguss | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 2. Krepitation | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 3. Medial Aufklappbar | <input type="checkbox"/> I | <input type="checkbox"/> II | <input type="checkbox"/> III |
| <input type="checkbox"/> 4. Lateral Aufklappbar | <input type="checkbox"/> I | <input type="checkbox"/> II | <input type="checkbox"/> III |
| <input type="checkbox"/> 5. Vordere Schublade | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 6. Hintere Schublade | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 7. Meniskuszeichen medial | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 8. Meniskuszeichen lateral | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 9. Zohlen-Zeichen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> 10. Druckschmerz dorsal | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | |

ROM	Links	Rechts
Flex/Ex aktiv		
Flex/Ex passiv		
Iro/Aro		

Anamnese mit Datum

- Trauma:
- Zugang:
- Implantate:
- Kompartmentspaltung:
- Revision:
- Infekt:
- Lockerung:
- Thrombose:
- Physiotherapiedauer:
- Hilfsmittel:
- AU-Dauer:
- Reha:
- Arthroskopie:
- TEP:
- I.E:

Rx Datum:	nein	ja
Valgusfehlstellung		
Varusfehlstellung		
Korrekturverlust		
Stufenbildung		
Arthrose	I°	II°
	III°	IV°

Unfall-Rx: post-OP Rx:

Notizen:

5.2 Fragebögen



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.	Geb. Datum	operierte Seite	NU-Datum	Visite
		<input type="radio"/> links <input type="radio"/> rechts		<input type="radio"/> prä-op <input type="radio"/> 6 Monate post-op

Fragebogen

Ausfüllhinweis: Diese Fragenszusammenstellung bezieht sich auf Ihre Wahrnehmung Ihres Wohlbefindens und den Möglichkeiten, Ihren alltäglichen Gewohnheiten nachzugehen. Beantworten Sie bitte jede Frage durch Markieren einer Antwort. Sollten Sie bei der Beantwortung unsicher sein, versuchen Sie so gut Sie können Ihre Antwort in das vorliegende Schema einzuordnen.

Lysholm – Kniescore

- | | rechts | links |
|--------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Hinken oder humpeln Sie? | | |
| a) nie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) wenig oder nur zeitweise | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) schwer und ständig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Benötigen Sie eine Gehilfe? | | |
| a) nein | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) Stock oder Krücke | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) gehunfähig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Treppensteigen? | | |
| a) problemlos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) etwas erschwert | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) langsam, Stufe um Stufe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) unmöglich | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. In die Hocke gehen? | | |
| a) problemlos | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) etwas erschwert | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) schwer möglich (nicht >90°) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) unmöglich | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.

- | | rechts | links |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 5. Unsicherheitsgefühl im Kniegelenk? | | |
| a) nie | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) selten beim Sport oder schweren Anstrengungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) häufig beim Sport oder schweren Anstrengungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) gelegentlich bei Alltagsarbeiten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) oft bei Alltagsarbeiten | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f) bei jeder Bewegung bzw. jedem Schritt | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Schmerzen? | | |
| a) keine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) ab und zu ein wenig bei schwerer Anstrengung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) Auftreten bei Knieunsicherheit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) Auftreten bei schweren Anstrengungen | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) Auftreten während oder nach einem Spaziergang
von mehr als 2km Länge | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| f) Auftreten während oder nach einem Spaziergang
von weniger als 2km Länge | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| g) Ständig und stark | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Schwellung des Kniegelenkes | | |
| a) keine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) bei Knieunsicherheit | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) bei schwerer Anstrengung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| d) bei leichter Anstrengung | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| e) ständig | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8. Muskelschwäche des/der Beine | | |
| a) keine | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| b) gering (Oberschenkelumfang 1-2cm verringert) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| c) ausgeprägt (Oberschenkelumfang mehr als
2cm verringert) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.

VAS und Tegener Aktivitätsskala

Bitte markieren Sie in der folgenden Skala die Stärke Ihrer Schmerzen in Ruhe (z. B. in der Nacht) und bei Belastung (z. B. beim Treppensteigen). Die **Null** entspricht dabei **absoluter Schmerzfreiheit** und die **Zehn** **absolut unerträglichem Schmerz**.

Ruhe	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Belastung	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Bitte markieren Sie das **derzeit für Sie höchst mögliche** Aktivitätsmaß:

- 0 Arbeitsunfähigkeit oder Berentung aufgrund von Knieproblemen
- 1 sitzende Berufstätigkeit (z. B. Sekretärin)
Spazierengehen auf ebener Strecke möglich
- 2 körperlich leichte Arbeit (z.B. Verkäuferin/Lehrerin)
Spazierengehen auf unebener Strecke möglich
- 3 körperlich mittel schwere Arbeit (z.B. Krankenpflegerin/Koch)
Leistungs- oder Freizeitsport: Schwimmen, Wandern (ca. 5 km)
- 4 körperlich schwere Arbeit (z.B. Putzfrau, Maler, Hausfrau mit großem Haushalt)
Freizeitsport: Radfahren, Skilanglauf, Joggen 2 x pro Woche auf ebener Strecke
- 5 körperliche Schwerstarbeit (z.B. Bergbau, Straßenbau, Waldarbeiten)
Freizeitsport: Joggen 2 x pro Woche auf unebener Strecke
- 6 Freizeitsport: Tennis, Badminton, Handball, Basketball, Skiabfahrt, Joggen häufiger als 2 x pro Woche
- 7 Leistungssport: Tennis, Leichtathletik (Laufen) Motorkross, Handball, Basketball
Freizeitsport: Fußball, Hockey, Squash, Leichtathletik (Weitsprung)
- 8 Leistungssport: Hockey, Squash, Leichtathletik (Weitsprung), Skiabfahrt
- 9 Leistungssport: Fußball (niedrige Klasse), Eishockey, Ringen, Geräteturnen
- 10 Leistungssport: Fußball (national/international)



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.

--	--	--	--

WOMAC

Schmerzen

Denken Sie an die Schmerzen, die Sie während der letzten 48 Stunden in Ihrem betroffenen Knie hatten.

Wie stark sind Ihre Schmerzen...

	keine Schmerzen	wenig Schmerzen	mittlere Schmerzen	starke Schmerzen	extreme Schmerzen
beim Gehen auf ebenem Boden?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beim Treppensteigen (hinauf oder hinunter)?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
während Sie nachts im Bett lagen, d.h. Schmerzen, die Ihren Schlaf beeinträchtigen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beim Sitzen oder Liegen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
beim aufrechten Stehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Steifigkeit

Denken Sie an die Steifigkeit (nicht Schmerzen), die Sie während der letzten 48 Stunden in Ihrem betroffenen Knie hatten! Gelenksteifigkeit macht sich normalerweise als Verringerung der Beweglichkeit der Gelenke bemerkbar.

Wie stark ist Ihre Gelenksteifigkeit...

	keine Steifigkeit	wenig Steifigkeit	mittlere Steifigkeit	starke Steifigkeit	extreme Steifigkeit
nach dem ersten Aufwachen am Morgen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
später am Tag, nachdem Sie für eine Weile gesessen, gelegen oder sich ausgeruht hatten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.

--	--	--	--

Schwierigkeiten beim Verrichten von Alltagstätigkeiten

Denken Sie an die Schwierigkeiten, die Sie während der letzten 48 Stunden bei der Verrichtung folgender körperlicher Alltagstätigkeiten in Ihrem betroffenen Knie hatten! Gemeint ist damit die Fähigkeit, sich frei zu bewegen und sich zu versorgen.

Welche Schwierigkeiten hatten Sie...

	keine Schwierigkeiten	wenig Schwierigkeiten	mittlere Schwierigkeiten	starke Schwierigkeiten	extreme Schwierigkeiten
Treppen herabzusteigen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Treppen hinaufzusteigen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aus dem Sitzen aufzustehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
zu stehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sich herunterzubeugen, um etwas aufzuheben?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
auf ebenem Boden zu gehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
in das Auto oder in den Bus einzusteigen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Einkaufen zu gehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Socken oder Strumpfhosen anzuziehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
aus dem Bett zu steigen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Socken oder Strumpfhosen auszuziehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
im Bett zu liegen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
in die Badewanne zu steigen, sich darin hinzusetzen oder aus der Badewanne zu kommen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lange zu sitzen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
sich auf die Toilette zu setzen oder davon aufzustehen?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
schwere Haushaltstätigkeiten zu verrichten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
leichte Haushaltstätigkeiten zu verrichten?	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



CharitéCentrum 9 für Unfall-
und Wiederherstellungschirurgie
Klinik für Orthopädie
Direktor: Prof. Dr. med. N. Haas

Pat. Nr.

--	--

KSS

1. Wie viel Schmerzen haben Sie beim Gehen?
 keine geringe mäßige schwere
2. Wie viel Schmerzen haben Sie beim Treppen Auf- und Abgehen?
 keine geringe mäßige schwere
3. Wie viel Schmerzen haben Sie in Ruhe?
 keine geringe mäßige schwere
4. Wie weit können Sie gehen?
 unbegrenzt >500m 250-500m <250m
 im Haus gar nicht
5. Wie gehen Sie die Treppe hinauf?
 normal (ein Schritt nach dem Anderen)
 ich nutze ein Geländer zum Balancieren
 ich nutze ein Geländer zum Raufziehen
 ich kann keine Treppe hinaufgehen
6. Wie gehen Sie die Treppe hinab?
 normal (ein Schritt nach dem Anderen)
 ich nutze ein Geländer zum Balancieren
 ich nutze ein Geländer zum Raufziehen
 ich kann keine Treppe hinabgehen
7. Wie stehen Sie vom Stuhl auf?
 normal (ohne Hilfe)
 ich nutze eine Armlehne zum Balancieren
 ich nutze eine Armlehne zum Abstoßen
 ich kann nicht ohne fremde Hilfe vom Stuhl aufstehen

6. Literaturverzeichnis

1. Gill TJ, Moezzi DM, Oates KM, Sterett WI. Arthroscopic reduction and internal fixation of tibial plateau fractures in skiing. *Clin Orthop Relat Res* 2001;(383):243–249.
2. Rademakers MV, Kerkhoffs GM, Sierevelt IN, Raaymakers EL, Marti RK. Operative treatment of 109 tibial plateau fractures: five- to 27-year follow-up results. *J Orthop Trauma* 2007;21(1):5–10.
3. Court-Brown CM, McBirnie J. The epidemiology of tibial fractures. *J Bone Joint Surg Br* 1995;77(3):417–421.
4. Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenberger H. The comprehensive Classification of Fractures of Long Bones. In: Müller ME, ed. *Manual of internal fixation*, 3. Auflage ed. Berlin/Heidelberg/New York/Tokio: Springer-Verlag, 1991:148-191.
5. McConkey JP, Meeuwisse W. Tibial plateau fractures in alpine skiing. *Am J Sports Med* 1988;16(2):159–164.
6. Burri C, Bartzke G, Coldewey J, Muggler E. Fractures of the tibial plateau. *Clin Orthop Relat Res* 1979;(138):84–93.
7. Lansinger O, Bergman B, Körner L, Andersson GB. Tibial condylar fractures. A twenty-year follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 1986;68(1):13–19.
8. Haasper C, Otte D, Knobloch K, Probst C, Board TN, Krettek C, Richter M. Knee injuries in restrained car drivers in German road traffic accidents. *J Trauma* 2008;65(1):136–141.

9. Gerich T, Blauth M, Witte F, Krettek C. [Osteosynthesis of fractures of the head of the tibia in advanced age. A matched-pair analysis]. *Unfallchirurg* 2001;104(1):50–56.
10. Kösters C, Schliemann B, Raschke MJ. [Tibial head fractures in the elderly]. *Unfallchirurg* 2011;114(3):251-260.
11. Petersen W, Zantop T, Raschke M. [Fracture of the tibial head]. *Unfallchirurg* 2006;109(3):219-232.
12. Drenckhahn D, Eckstein F. Untere Extremität. In: Drenckhahn D, ed. *Benninghoff Anatomie Band 1*, 17. Auflage ed. München/Jena: Urban & Fischer Verlag, 2008:342-381.
13. Zhu Y, Yang G, Luo CF, Smith WR, Hu CF, Gao H, Zhong B, Zeng BF. Computed tomography-based Three-Column Classification in tibial plateau fractures: introduction of its utility and assessment of its reproducibility. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;73(3):731–737.
14. Schatzker J, McBroom R, Bruce D. The tibial plateau fracture. The Toronto experience 1968--1975. *Clin Orthop Related Res* 1979;(138):94–104.
15. Gicquel T, Najihi N, Vendeuvre T, Teyssedou S, Gayet LE, Hutten D. Tibial plateau fractures: reproducibility of three classifications (Schatzker, AO, Duparc) and a revised Duparc classification. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(7):805–816.
16. Walton NP, Harish S, Roberts C, Blundell C. AO or Schatzker? How reliable is classification of tibial plateau fractures? *Arch Orthop Trauma Surg* 2003;123(8):396–398.

17. Raschke M, Zantop T, Petersen W. [Fracture of the tibial head]. *Chirurg* 2007;78(12):1157-1169.
18. Galla M, Lobenhoffer P. [Fractures of the head of the tibia]. *Z. Orthop Unfall* 2008;146(6):803–824.
19. Bennett WF, Browner B. Tibial plateau fractures: a study of associated soft tissue injuries. *J Orthop Trauma* 1994;8(3):183–188.
20. Krettek C, Schandelmaier P, Lobenhoffer P, Tscherne H. [Complex trauma of the knee joint. Diagnosis--management--therapeutic principles]. *Unfallchirurg* 1996;99(9):616–627.
21. Reckling FW, Peltier LF. Acute knee dislocations and their complications. *J Trauma* 1969;9(3):181–191.
22. Frassica FJ, Sim FH, Staeheli JW, Pairolo PC. Dislocation of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1991;(263):200–205.
23. Green NE, Allen BL. Vascular injuries associated with dislocation of the knee. *J Bone Joint Surg Am* 1977;59(2):236–239.
24. Kendall RW, Taylor DC, Salvian AJ, O'Brien PJ. The role of arteriography in assessing vascular injuries associated with dislocations of the knee. *J Trauma* 1993;35(6):875–878.
25. Moore TM. Fracture--dislocation of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1981;(156):128–140.
26. Moore TM, Patzakis MJ, Harvey JP. Tibial plateau fractures: definition, demographics, treatment rationale, and long-term results of closed traction management or operative reduction. *J Orthop Trauma* 1987;1(2):97–119.

27. Isaacs J. Treatment of peripheral nerve injuries: current concepts. *J Hand Surg Am* 2010;35(3):491-497.,
28. Gomez MA, Woo S, Amiel D, Harwood F, Kitabayashi L, Matyas JR. The effects of increased tension on healing medical collateral ligaments. *Am J Sports Med* 1991;19(4):347–354.
29. Woo SL, Gomez MA, Sites TJ, Newton PO, Orlando CA, Akeson WH. The biomechanical and morphological changes in the medial collateral ligament of the rabbit after immobilization and remobilization. *J Bone Joint Surg Am* 1987;69(8):1200–1211.
30. Angele P, Weigel B. Knie und Unterschenkel. In: Weigel B, Nerlich M, ed. *Praxisbuch Unfallchirurgie Band 1*, 1. Auflage ed. Berlin/Heidelberg/New York: Springer-Verlag, 2005:594-683.
31. Shelbourne KD, Carr DR. Combined anterior and posterior cruciate and medial collateral ligament injury: nonsurgical and delayed surgical treatment. *Instr Course Lect* 2003;52:413–418.
32. Park S, Ahn J, Gee AO, Kuntz AF, Esterhai JL. Compartment syndrome in tibial fractures. *J Orthop Trauma* 2009;23(7):514–518.
33. Pitta GB, Dos Santos TF, Dos Santos FT, da Costa Filho EM. Compartment syndrome after tibial plateau fracture. *Rev Bras Ortop* 2014;49(1),86–88.
34. Mubarak SJ, Hargens AR, Owen CA, Garetto LP, Akeson WH. The wick catheter technique for measurement of intramuscular pressure. A new research and clinical tool. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58(7),1016–1020.

35. Willy C, Gerngross H, Sterk J. Measurement of intracompartmental pressure with use of a new electronic transducer-tipped catheter system. *J Bone Joint Surg Am* 1999;81(2),158–168.
36. Hansen M, Mehler D, Voltmer W, Rommens PM. [The extraarticular proximal tibial fractures]. *Unfallchirurg* 2002;105(10),858–872.
37. Subasi M, Kapukaya A, Arslan H, Ozkul E, Cebesoy O. Outcome of open comminuted tibial plateau fractures treated using an external fixator. *J Orthop Sci* 2007;12(4):347–353.
38. Gustilo RB, Anderson JT. Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976;58(4):453–458.
39. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN. Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984;24(8):742–746.
40. Tscherne H, Oestern HJ. [A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl)]. *Unfallheilkunde* 1982;85(3):111–115.
41. Rasmussen PS. [Gonarthrosis following fractures of the tibia head]. *Z Orthop. Ihre Grenzgeb* 1973;111(4):509–512.
42. Honkonen SE. Degenerative arthritis after tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 1995;9(4):273–277.
43. Zatti G, Bini A, Surace MF, Cherubino P. The surgical treatment of fractures of the proximal end of the tibia: a review of cases as related to prognostic factors. *Chir. Organi Mov* 2000;85(4):371–380.

44. Papagelopoulos PJ, Partsinevelos AA, Themistocleous GS, Mavrogenis AF, Korres DS, Soucacos PN. Complications after tibia plateau fracture surgery. *Injury* 2006;37(6):475–484.
45. Apley AG. Fractures of the lateral tibial condyle treated by skeletal traction and early mobilisation; a review of sixty cases with special reference to the long-term results. *J Bone Joint Surg Br* 1956;38–B(3):699–708.
46. Jahna H, Vlasich E, Zifko B. [Late results of primary, severely displaced tibial-head fractures (conservative treatment and minimal osteosynthesis)]. *Hefte Unfallheilkd* 1975;(126):299–310.
47. Friedl W, Ruf W, Krebs H. [Study of the correlation between early and late changes in the roentgenologic and functional status following conservative and surgical treatment of the head of the tibia]. *Unfallchirurgie* 1987;13(4):192–206.
48. Holz U, Welte G, Märklin HM, Weller S. [Results following the operative treatment of fractures of the tibial head]. *Unfallchirurg* 1985;88(12):519–527.
49. Blokker CP, Rorabeck CH, Bourne RB. Tibial plateau fractures. An analysis of the results of treatment in 60 patients. *Clin Orthop Relat Res* 1984;(182):193–199.
50. Tscherne H, Lobenhoffer P. Tibial plateau fractures. Management and expected results. *Clin Orthop Relat Res* 1993;(292):87–100.
51. Rehn J. [Operative treatment of the head of the tibia (author's transl)]. *Zentralbl Chir* 1977;102(15):905–911.
52. Kotter A, Rüter A. [Fractures of the tibial plateau]. *Unfallchirurg* 1997;100(9):742–749.
53. Lobenhoffer P, Galla M. Tibiakopffrakturen. In: Kohn D, ed. *Knie*, 1. Auflage ed. Stuttgart/New York: Georg Thieme Verlag, 2005:448-460.

54. Bai B, Kummer FJ, Sala DA, Koval KJ, Wolinsky PR. Effect of articular step-off and meniscectomy on joint alignment and contact pressures for fractures of the lateral tibial plateau. *J Orthop Trauma* 2001;15(2):101–106.
55. Wiedemann M. [Dislocation fracture of the head of the tibia. II. Therapeutic procedure]. *Unfallchirurgie* 1995;21(4):188–197.
56. Gardner MJ, Helfet DL, Lorich DG. Has locked plating completely replaced conventional plating? *Am J Orthop (Belle Mead NJ)* 2004;33(9):439–446.
57. Strauss EJ, Schwarzkopf R, Kummer F, Egol KA. The current status of locked plating: the good, the bad, and the ugly. *J Orthop Trauma* 2008;22(7):479–486.
58. Lüthi U, Rahn BA, Perren SM. [Area of contact between osteosynthesis plate and bone in internal fixation (author's transl)]. *Aktuelle Traumatol* 1980;10(3):131–136.
59. Perren SM, Cordey J, Rahn BA, Gautier E, Schneider E. Early temporary porosis of bone induced by internal fixation implants. A reaction to necrosis, not to stress protection? *Clin Orthop Relat Res* 1988;(232):139–151.
60. Hansmann C. Eine neue Methode der Fixierung der Fragmente bei complicierten Frakturen. *Verh Dtsch Ges Chir* 1886;158.
61. Claes L. Das Prinzip der winkelstabilen Platte - eine kritische Bewertung. *Orthop Unfallchirurgie up2date* 2011;6(01):3–15.
62. Lobenhoffer P, Krettek C, Tscherner H. [Complex knee joint trauma]. *Orthopade* 1997;26(12):1037–1045.
63. Kumar G, Dunlop C. Case report: A technique to remove a jammed locking screw from a locking plate. *Clin Orthop Relat Res* 2011;469(2):613–616.

64. Suzuki T, Smith WR, Stahel PF, Morgan SJ, Baron AJ, Hak DJ. Technical problems and complications in the removal of the less invasive stabilization system. *J Orthop Trauma* 2010;24(06):369–373.
65. Lobenhoffer P, Gerich T, Bertram T, Lattermann C, Pohlemann T, Tscherne H. [Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures]. *Unfallchirurg* 1997;100(12):957–967.
66. Frosch KH, Balcarek P, Walde T, Stürmer KM. A new posterolateral approach without fibula osteotomy for the treatment of tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2010;24(8):515–520.
67. Frosch KH, Balcarek P, Walde T, Stürmer KM. [A modified posterolateral approach for the treatment of tibial plateau fractures]. *Oper Orthop Traumatol* 2010;22(1),107–119.
68. Trickey EL. Rupture of the posterior cruciate ligament of the knee. *J Bone Joint Surg Br* 1968;50(2):334–341.
69. Tao J, Hang DH, Wang QG, Gao W, Zhu LB, Wu XF, Gao KD. The posterolateral shearing tibial plateau fracture: treatment and results via a modified posterolateral approach. *Knee* 2008;15(6):473–479.
70. Carlson DA. Bicondylar fracture of the posterior aspect of the tibial plateau. A case report and a modified operative approach. *J Bone Joint Surg Am* 1998;80(7):1049–1052.
71. De Boeck H, Opdecam P. Posteromedial tibial plateau fractures. Operative treatment by posterior approach. *Clin Orthop Relat Res* 1995;(320):125–128.
72. Galla M, Riemer C, Lobenhoffer P. [Direct posterior approach for the treatment of posteromedial tibial head fractures]. *Oper Orthop Traumatol* 2009;21(1):51–64.

73. Engel T, Lill H, Korner J, Verheyden P, Josten C. [Tibial plateau fracture--biodegradable bonecement-augmentation]. *Unfallchirurg* 2003;106(2):97–101.
74. Claes L, Hoellen I, Ignatius A. [Resorbable bone cements]. *Orthopade* 1997;26(5):459–462.
75. Rueger JM. [Bone substitution materials. Current status and prospects]. *Orthopade* 1998;27(2):72–79.
76. Nandi SK, Roy S, Mukherjee P, Kundu B, De DK, Basu D. Orthopaedic applications of bone graft & graft substitutes: a review. *Indian J Med Res* 2010;132:15–30.
77. Samartzis D, Shen FH, Goldberg EJ, An HS. Is autograft the gold standard in achieving radiographic fusion in one-level anterior cervical discectomy and fusion with rigid anterior plate fixation? *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(15):1756–1761.
78. Trenholm A, Landry S, McLaughlin K, Deluzio KJ, Leighton J, Trask K, Leighton RK. Comparative fixation of tibial plateau fractures using alpha-BSM, a calcium phosphate cement, versus cancellous bone graft. *J Orthop Trauma* 2005;19(10):698–702.
79. Garcia P, Franz D, Raschke M. [Bone substitutes - basic principles and clinical applications]. *Z Orthop Unfall* 2014;152(2):152–160.
80. Habibovic P, de Groot K. Osteoinductive biomaterials--properties and relevance in bone repair. *J Tissue Eng Regen Med* 2007;1(1):25–32.
81. Yao Y, Lv H, Zan J, Li J, Zhu N, Jing J. Functional outcomes of bicondylar tibial plateau fractures treated with dual buttress plates and risk factors: a case series. *Injury* 2014;45(12):1980–1984.

82. Lee MH, Hsu CJ, Lin KC, Renn JH. Comparison of outcome of unilateral locking plate and dual plating in the treatment of bicondylar tibial plateau fractures. *J Orthop Surg Res* 2014;9:62.
83. Jiang R, Luo CF, Wang MC, Yang TY, Zeng BF. A comparative study of Less Invasive Stabilization System (LISS) fixation and two-incision double plating for the treatment of bicondylar tibial plateau fractures. *Knee* 2008;15(2):139–143.
84. Prasad GT, Kumar TS, Kumar RK, Murthy GK, Sundaram N. Functional outcome of Schatzker type V and VI tibial plateau fractures treated with dual plates. *Indian J Orthop* 2013;47(2):188–194.
85. Barei DP, Nork SE, Mills WJ, Henley MB, Benirschke SK. Complications associated with internal fixation of high-energy bicondylar tibial plateau fractures utilizing a two-incision technique. *J Orthop Trauma* 2004;18(10):649–657.
86. Cole PA, Zlowodzki M, Kregor PJ. Treatment of proximal tibia fractures using the less invasive stabilization system: surgical experience and early clinical results in 77 fractures. *J Orthop Trauma* 2004;18(8):528–535.
87. Boldin C, Fankhauser F, Hofer HP, Szyszkowitz R. Three-year results of proximal tibia fractures treated with the LISS. *Clin Orthop Relat Res* 2006;445:222–229.
88. Stannard JP, Wilson TC, Volgas DA, Alonso JE. The less invasive stabilization system in the treatment of complex fractures of the tibial plateau: short-term results. *J Orthop Trauma* 2004;18(8):552–558.
89. Ricci WM, Rudzki JR, Borrelli J Jr. Treatment of complex proximal tibia fractures with the less invasive skeletal stabilization system. *J Orthop Trauma* 2004;18(8):521–527.

90. Kellgren JH, Lawrence JS. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Ann Rheum Dis* 1957;16(4):494–502.
91. Insall JN, Dorr LD, Scott RD, Scott WN. Rationale of the Knee Society clinical rating system. *Clin Orthop Relat Res* 1989;(248):13–14.
92. Van Der Straeten C, Witvrouw E, Willems T, Bellemans J, Victor J. Translation and validation of the Dutch new Knee Society Scoring System ©. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471(11):3565–3571.
93. Silva AL, Demange MK, Gobbi RG, da Silva TF, Pécora JR, Croci AT. Translation and Validation of the Knee Society Score - KSS for Brazilian Portuguese. *Acta Ortop Bras* 2012;20(1):25–30.
94. Ares O, Castellet E, Maculé F, León V, Montañez E, Freire A, Hinarejos P, Montserrat F, Amillo JR. Translation and validation of 'The Knee Society Clinical Rating System' into Spanish. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2013;21(11):2618–2624.
95. Dowsey MM, Choong PF. The utility of outcome measures in total knee replacement surgery. *Int J Rheumatol* 2013;2013(1): 506518.
96. Lysholm J, Tegner Y. Knee injury rating scales. *Acta Orthop* 2007;78(4):445–453.
97. Wirth B, Meier N, Koch PP, Swanenburg J. [Development and evaluation of a German version of the Tegner activity scale for measuring outcome after anterior cruciate ligament injury]. *Sportverletz Sportschaden* 2013;27(1):21–27.
98. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1985;(198):43–49.

99. Johnson DS, Smith RB. Outcome measurement in the ACL deficient knee-- what's the score? *Knee* 2001;8(1):51–57.
100. Lysholm J, Gillquist J. Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982;10(3):150–154.
101. Briggs KK, Lysholm J, Tegner Y, Rodkey WG, Kocher MS, Steadman JR. The reliability, validity, and responsiveness of the Lysholm score and Tegner activity scale for anterior cruciate ligament injuries of the knee: 25 years later. *Am J Sports Med* 2009;37(5):890–897.
102. Wirth B, Liffert F, de Bruin ED. [Development and evaluation of a German version of the Lysholm score for measuring outcome after anterior cruciate ligament injuries]. *Sportverletz Sportschaden* 2011;25(1):37–43.
103. Bellamy N, Buchanan WW, Goldsmith CH, Campbell J, Stitt LW. Validation study of WOMAC: a health status instrument for measuring clinically important patient relevant outcomes to antirheumatic drug therapy in patients with osteoarthritis of the hip or knee. *J Rheumatol* 1988;15(12):1833–1840.
104. Stucki G, Meier D, Stucki S, Michel BA, Tyndall AG, Dick W, Theiler R. [Evaluation of a German version of WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities) Arthrosis Index]. *Z Rheumatol* 1996;55(1):40–49 (1996).
105. Weigel DP, Marsh JL. High-energy fractures of the tibial plateau. Knee function after longer follow-up. *J Bone Joint Surg Am* 2002;84–A(9):1541–1551 (2002).
106. Cotton FJ, Berg R. ‘Fender Fractures’ of the Tibia at the Knee. *N Engl J Med* 1929;201:989-995.

107. Manidakis N, Dosani A, Dimitriou R, Stengel D, Matthews S, Giannoudis P. Tibial plateau fractures: functional outcome and incidence of osteoarthritis in 125 cases. *Int Orthop* 2010;34(4):565–570.
108. Ahearn N, Oppy A, Halliday R, Rowett-Harris J, Morris SA, Chesser TJ, Livingstone JA. The outcome following fixation of bicondylar tibial plateau fractures. *Bone Joint J* 2014;96–B(7):956–962.
109. Greiwe RM, Archdeacon MT. Locking plate technology: current concepts. *J Knee Surg* 2007;20(1):50–55.
110. Zhang W, Luo CF, Putnis S, Sun H, Zeng ZM, Zeng BF. Biomechanical analysis of four different fixations for the posterolateral shearing tibial plateau fracture. *Knee* 2012;19(2):94–98.
111. Jensen DB, Rude C, Duus B, Bjerg-Nielsen A. Tibial plateau fractures. A comparison of conservative and surgical treatment. *J Bone Joint Surg Br* 1990;72(1):49–52.
112. Koval KJ, Sanders R, Borrelli J, Helfet D, DiPasquale T, Mast JW. Indirect reduction and percutaneous screw fixation of displaced tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 1992;6(3):340–346.
113. Loibl M, Bäumlein M, Massen F, Gueorguiev B, Glaab R, Perren T, Rillmann P, Ryf C, Naal FD. Sports activity after surgical treatment of intra-articular tibial plateau fractures in skiers. *Am J Sports Med* 2013;41(6):1340–1347.
114. Briggs KK, Steadman JR, Hay CJ, Hines SL. Lysholm score and Tegner activity level in individuals with normal knees. *Am J Sports Med* 2009;37(5):898–901.

115. Kraus TM, Martetschläger F, Müller D, Braun KF, Ahrens P, Siebenlist S, Stöckle U, Sandmann GH. Return to sports activity after tibial plateau fractures: 89 cases with minimum 24-month follow-up. *Am J Sports Med* 2012;40(12):2845–2852.
116. Canadian Orthopaedic Trauma Society. Open reduction and internal fixation compared with circular fixator application for bicondylar tibial plateau fractures. Results of a multicenter, prospective, randomized clinical trial. *J Bone Joint Surg Am* 2006;88(12):2613–2623.
117. Young MJ, Barrack RL. Complications of internal fixation of tibial plateau fractures. *Orthop Rev* 1994;23(2):149–154.
118. Ruffolo MR, Gettys FK, Montijo HE, Seymour RB, Karunakar MA. Complications of high-energy bicondylar tibial plateau fractures treated with dual plating through 2 incisions. *J Orthop Trauma* 2015;29(2):85–90.
119. Stevens DG, Beharry R, McKee MD, Waddell JP, Schemitsch EH. The long-term functional outcome of operatively treated tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2001;15(5):312–320.

7. Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Felix Michael Landmann, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Tibiakopffrakturen – Behandlungsergebnisse nach operativer Versorgung mit winkelstabilen Platten – Fixateuren“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem Betreuer, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s.o) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

8. Publikationsliste mit Anteilserklärung

Felix Michael Landmann hatte folgenden Anteil an der folgenden Publikation:

Märdian S, Landmann F, Wichlas F, Haas NP, Schaser KD, Schwabe P. Outcome of angular stable locking plate fixation of tibial plateau fractures Midterm results in 101 patients. *Indian J Orthop* 2015;49(6):620-629.

Die Aufgaben des Autors der vorliegenden Arbeit lagen in der Erhebung der Primärdaten und der statistischen Auswertung und Interpretation, sowie der Mitarbeit bei Erstellung der oben genannten Veröffentlichung.

Unterschrift, Datum und Stempel des betreuenden Hochschullehrers/der betreuenden Hochschullehrerin

Unterschrift des Doktoranden/der Doktorandin

9. Tabellarischer Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

10. Publikationsliste

1. Märdian S, Landmann F, Wichlas F, Haas NP, Schaser KD, Schwabe P. Outcome of angular stable locking plate fixation of tibial plateau fractures Midterm results in 101 patients. *Indian J Orthop* 2015;49(6):620-629.

11. Danksagung

Zuerst gebührt mein Dank meinem Mentor und Betreuer, Herrn Priv. – Doz. Dr. med. Sven Märdian. Zum einen für die Möglichkeit, als Doktorrand an der Studie über Tibiakopffrakturen mitwirken zu dürfen. Zum anderen gilt ihm mein besonderer Dank für die anhaltende, zeitaufwendige Unterstützung, Motivation und engagierte Betreuung bei der Erstellung dieser Arbeit.

Bei Herrn Dr. med. Martin Hufeland bedanke ich mich für die vielen angenehmen Stunden bei der Betreuung der Patienten.

Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen an dieser Studie beteiligten Patienten sowie bei dem ärztlichen und pflegerischen Personal des Centrums für Muskuloskeletale Chirurgie der Charité – Universitätsmedizin Berlin.

Besonders bedanken möchte ich mich bei meinen Freunden, Herrn Dominik Vent, Frau Dr. med. Daniela Berg und vor allem Frau Dr. med. Julia Mälzer, ohne deren stetiges Korrekturlesen, konstruktive Kritik und motivierenden Beistand ich diese Arbeit niemals zu Ende hätte führen können.

Mein persönlicher Dank gilt meinen Eltern, Frau Gabriela Landmann und Herrn Michael Landmann, die niemals etwas unversucht ließen, um mir meinen Lebensweg zu ermöglichen. Ihnen ist diese Arbeit gewidmet.