

Diplomarbeit

**Tibiakopffrakturen: chirurgische Zugänge
und Versorgungsmöglichkeiten
– eine retrospektive Datenanalyse**

eingereicht von

Verena Petermeier

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde
(Dr.ⁱⁿ med. univ.)**

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

**Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie
am LKH-Univ. Klinikum Graz**

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Mag.phil. Dr.med.univ. Franz Josef Seibert

und

Dr.ⁱⁿ med.univ. Maria Anna Smolle

Graz, 24.10.2020

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 24.10.2020

Verena Petermeier eh

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mir bei der Durchführung und Niederschrift meiner Diplomarbeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden sind.

Der größte Dank gilt meinen beiden Betreuern Herrn Univ.-Prof. Franz Josef Seibert und Frau Dr.ⁱⁿ Maria Anna Smolle.

Dank Herrn Prof. Seibert konnte ich mein traumatologisches Interesse im Rahmen dieses Diplomarbeitsthemas vertiefen und mich laufend über motivierende Rückmeldungen seinerseits freuen. Ein großes Dankeschön auch dafür, dass er mir eine Teilnahme am Austrian Knee Symposium 2020 ermöglicht hat.

Mit Frau Dr.ⁱⁿ Smolle hatte ich eine unheimlich motivierte und immerzu freundliche Zweitbetreuerin, die meine erste Anlaufstelle bei Fragen und notwendigen Hilfestellungen war. Ich möchte mich hier nochmals für ihre rasche Erreichbarkeit und Hilfsbereitschaft von Beginn bis zur Fertigstellung meiner Diplomarbeit bedanken.

Besonderer Dank gebührt Frau MSc. Andrea Fink, die die Erstellung der PatientInnenliste aus dem openMEDOCS organisiert hat und ohne deren Hilfe keine retrospektive Datenanalyse möglich gewesen wäre.

Bedanken möchte ich mich auch bei Univ.-Prof. Dr.med.univ. Andreas Leithner, stellvertretend für die *Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH-Univ. Klinikum Graz*, da mir zu jeder Zeit ein Arbeitsplatz und EDV-Zugang für die Aufarbeitung und Analyse des retrospektiven Datenmaterials zur Verfügung gestellt wurde.

Zum Abschluss möchte ich mich von ganzem Herzen bei meiner Familie und meinen FreundInnen bedanken, die mich immer auf meinem Weg unterstützen und motivieren. Ein ganz besonderes Dankeschön gilt meinem Partner Lukas, der mir zu jedem Zeitpunkt Sicherheit gibt und immer an mich glaubt.

Zusammenfassung

Einleitung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird aufgezeigt, welche chirurgischen Zugangsmöglichkeiten und Versorgungsstrategien zur Behandlung von Tibiakopffrakturen zur Auswahl stehen und ob mit den vom *LKH-Univ. Klinikum Graz* gewählten Behandlungsmethoden im Zeitraum 2010-2019 eine anatomische Rekonstruktion des Tibiakopfes erreicht werden konnte. Weiters wird beurteilt, ob die durchgeführten chirurgischen Zugänge mit den in der Literatur beschriebenen Zugangsmöglichkeiten vergleichbar sind. Die Frage, ob posteriore Zugänge im Laufe der Zeit zugenommen haben, ist ebenfalls von großer Bedeutung, da sich in Folge die Durchführung einer sekundären K-TEP äußerst schwierig gestaltet.

Methoden

Für die retrospektive Datenanalyse wurden 301 PatientInnen, die zwischen 2010 und 2019 eine chirurgische Versorgung einer Tibiakopffraktur an der *Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH Graz* erhalten haben, analysiert. Nach Durchsichtung ambulanter Dekurse, Operationsberichte, postoperativer Verlaufsdokumentationen und Beurteilung von Röntgen- und CT-Bildern im openMEDOCS, konnten - nach Ausschluss von 45 PatientInnen - 256 PatientInnen in die statistische Auswertung eingeschlossen werden.

Ergebnisse

In 80% aller Fälle konnte mit der gewählten Behandlungsmethode eine anatomische Rekonstruktion des Tibiakopfes erreicht werden. 88% der vom *LKH Graz* gewählten Zugänge entsprechen den in der internationalen Literatur beschriebenen Zugangswegen. Im untersuchten Zeitraum 2010-2019 kam es zu einer Zunahme posteriorer Zugänge in der Tibiakopffraktur-Versorgung.

Diskussion

Es stellt sich die Frage, ob der Trend zu posterioren Zugängen positiv oder negativ ist. Das teils weichteilschonende Verfahren stellt einerseits einen großen Vorteil dar, hingegen ist eine Metallentfernung posterior eingebrachten Osteosynthesematerials bzw. eine Implantation einer sekundären K-TEP technisch schwieriger bis unmöglich. Dieser Aspekt ist aufgrund des hohen Risikos für eine posttraumatische Gonarthrose nach Tibiakopffrakturen zu bedenken.

Abstract

Introduction

This thesis shows, which surgical approaches and fixation methods for the treatment of tibial plateau fractures are available and points out whether the *LKH- Univ. Klinikum Graz* achieved an anatomical reconstruction of the tibial head by their selected treatment methods in 2010-2019. Furthermore, it will be assessed, if the chosen surgical approaches are comparable to the approaches described in the literature. It is also of great importance to know, if posterior approaches have increased over time, since it is extremely difficult to perform a secondary K-TEP afterwards.

Methods

Within the retrospective data analysis, 301 patients who received surgical treatment of a tibial plateau fracture at the *Department of Orthopaedics and Trauma of the LKH Graz* between 2010 and 2019 were analysed. After reviewing outpatient courses, operation reports, documentation of the postoperative follow-up and assessing X-ray and CT images in openMEDOCS, 45 patients were excluded and 256 patients could be included in the statistical evaluation.

Results

An anatomical reconstruction of the tibial head could be achieved in 80% of all cases with the chosen treatment method. 88% of the surgical approaches - chosen by the *LKH Graz* – were identical to those surgical approaches described in international literature. Over the evaluation period 2010-2019, there was an increase in posterior approaches in the treatment of tibial plateau fractures.

Discussion

It is questionable whether a trend towards posterior approaches is positive or negative. On one side the partially soft tissue-sparing technique is a great advantage, but on the other side the removal of posterior placed osteosynthesis devices or even the implantation of a secondary K-TEP at a later date is technically extremely difficult or even impossible. This aspect must be considered since there is a high risk of developing a posttraumatic osteoarthritis of the knee after fractures of the tibial plateau.

Inhaltsverzeichnis

Danksagungen	II
Zusammenfassung.....	III
Abstract	IV
Inhaltsverzeichnis.....	V
Glossar und Abkürzungen	IX
Abbildungsverzeichnis.....	XI
Tabellenverzeichnis.....	XIII
Einleitung.....	1
1.1 Anatomische Grundlagen.....	1
1.2 Tibiakopf	5
1.2.1 Dreisäulenmodell	5
1.2.2 Zehnsegmentklassifikation	6
1.2.3 Vier Säulen und Neun Segmente–Klassifikation.....	7
1.2.3.1 Verletzungsmuster der Säulen	8
1.2.4 Mechanismus der Frakturentstehung	9
1.2.4.1 Hyperextensionsfraktur	10
1.2.4.2 Hyperflexionsfraktur	10
1.2.4.3 Valgusstress und axiale Krafteinwirkung.....	11
1.2.4.4 Varusstress und axiale Krafteinwirkung	11
1.2.4.5 Axiale Krafteinwirkung.....	11
1.3 Klassifikation von Tibiakopffrakturen.....	12
1.3.1 AO–Klassifikation.....	12
1.3.2 Schatzker–Klassifikation.....	13
1.3.3 Duparc-Klassifikation	14
1.4 Präoperatives Management.....	15
1.5 Chirurgische Zugänge.....	17
1.5.1 Anterolateraler Zugang	18
1.5.1.1 Osteotomie des Tuberculum Gerdy	18
1.5.2 Posterolateraler Zugang	19
1.5.2.1 Modifizierter posterolateraler Zugang.....	20
1.5.3 Erweiterte laterale Zugänge.....	22
1.5.3.1 Osteotomie des Fibulakopfes.....	22
1.5.3.2 Digastric Fibular Head Osteotomy	23
	V

1.5.3.3	Osteotomie des Fibulahalses	23
1.5.3.4	Laterale femorale Epikondylusosteotomie	25
1.5.4	Anteromedialer Zugang	26
1.5.5	Erweiterter medialer Zugang	26
1.5.5.1	Mediale femorale Epikondylusosteotomie	26
1.5.6	Posteromedialer Zugang	27
1.5.7	Dorsale Zugänge	28
1.5.7.1	Klassischer dorsaler Zugang	29
1.5.7.2	Direkter dorsaler Zugang	29
1.5.7.3	Modifizierter direkter dorsaler Zugang	31
1.5.8	Minimalinvasive Zugänge	32
1.5.8.1	Arthroskopisch assistierter Zugang	32
1.6	Frakturversorgungsprinzipien	34
1.6.1	Konservative Versorgung	34
1.6.2	Chirurgische Versorgung	35
1.6.2.1	Operationsindikationen	35
1.6.2.2	Ziele operativer Versorgung	35
1.6.2.3	Geschlossene Reposition und perkutane Versorgung	36
1.6.2.4	Fixateur externe	36
1.6.2.5	Minimalinvasives Stabilisierungssystem LISS	38
1.6.2.6	ORIF: offene Reposition und osteosynthetische Versorgung	38
1.6.2.7	Knie–Totalendoprothese (K-TEP)	39
1.7	Auffüllen von Knochensubstanzdefekten	41
1.7.1	Biologischer Gewebeersatz	41
1.7.2	Synthetischer Gewebeersatz	43
1.7.3	Vergleich von biologischen und synthetischen Materialien	44
1.8	Begleitverletzungen	45
1.8.1	Meniskusläsionen	46
1.8.2	Bandrupturen	46
1.8.3	Knöcherner Ausrissfrakturen	47
1.8.3.1	Segond-Fraktur	48
1.8.4	Gefäß- und Nervenverletzungen	49
1.8.5	Weichteilmantel	49
1.8.6	Akutes Kompartmentsyndrom	49

1.9	Postoperatives Management	52
1.9.1	Bewegung aktiv und passiv	52
1.9.1.1	Continuous Passive Motion – Schiene	52
1.9.2	Entlastung, Teil- und Vollbelastung	52
1.9.3	Heilbehelfe und Hilfsmittel	53
1.10	Prognosefaktoren für postoperatives Outcome	53
1.10.1	Inkongruenz der Gelenkflächen	53
1.10.2	Kniegelenksfehlstellung: Varus und Valgus	54
1.10.3	Posteriore Neigung des Tibiaplateaus	54
1.10.4	Range of Motion	55
2	Material und Methoden.....	56
2.1	Retrospektive Datenanalyse eines Grazer Patientenkollektivs	56
3	Ergebnisse – Resultate	59
3.1	Geschlechterverteilung	59
3.2	Altersverteilung	59
3.3	Seite der betroffenen unteren Extremität	60
3.4	Art der Tibiakopffraktur.....	60
3.4.1	Lokalisation.....	60
3.4.2	Klassifikation.....	61
3.5	Trauma.....	64
3.6	Präoperatives Management.....	65
3.7	Operationsdatum.....	66
3.8	Chirurgischer Zugang.....	67
3.8.1	Minimalinvasive Zugänge	68
3.8.2	Offen-chirurgische Zugänge	69
3.8.3	Osteotomien	70
3.9	Vergleichbarkeit des Zugangs mit der Literatur.....	71
3.10	Versorgungsprinzip	72
3.11	Notwendigkeit einer Knochen transplantation/eines Knochenersatzmaterials	73
3.12	Anatomische Rekonstruktion	75
3.13	Komplikationen	75
3.14	Notwendigkeit von Re-Operation/Re-ORIF/KTEP sekundär.....	78
3.15	Begleitverletzungen.....	79

3.16	Postoperatives Management	82
3.17	Osteoporose/Osteopenie	84
3.18	Primäre/Sekundäre Gonarthrose	85
4	Diskussion.....	86
5	Literaturverzeichnis.....	XIV
6	Anhang.....	XIX
6.1	Fallberichte	XIX
6.1.1	Fall 129 – Minimalinvasiver Zugang	XIX
6.1.2	Fall 153 – Anteromedialer Zugang.....	XXI
6.1.3	Fall 181 – Anterolateraler Zugang	XXIII
6.1.4	Fall 118 – Posteriorer Zugang	XXV
6.1.5	Fall 75 – Primäre K-TEP	XXVII

Glossar und Abkürzungen

A.	Arteria, Arterie
ACL	Ligamentum cruciatum anterius, Vorderes Kreuzband
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
a.-p.	anterior-posterior
Art.	Articulatio, Gelenk
bzw.	beziehungsweise
CT	Computertomographie
CPM	Continuous Passive Motion, kontinuierliche passive Bewegung
d.h.	das heißt
dt.	deutsch
engl.	englisch
K-TEP	Knie-Totalendoprothese
LCL	Ligamentum collaterale laterale, laterales Seitenband
Lig.	Ligamentum, Band
Ligg.	Ligamenta, Bänder
LISS	Less invasive stabilization system, minimalinvasives Stabilisierungssystem
M.	Musculus, Muskel
MCL	Ligamentum collaterale mediale, mediales Seitenband
MIPO	minimalinvasive Plattenosteosynthese
N.	Nervus, Nerv
n	Variable, absolute Anzahl zutreffender Fälle
ORIF	Offene Reposition und interne Fixation
OP	Operation
PA	Posterior slope angle, posteriorer Neigungswinkel der Tibia

PCL	Ligamentum cruciatum posterius, Hinteres Kreuzband
Σ	Sigma, mathematisches Summenzeichen
TPA	Tibial plateau angle, Tibiaplateauwinkel
V.	Vena, Vene
Valgus	X-förmig, Gelenkachse nach medial geknickt
Varus	O-förmig, Gelenkachse nach lateral geknickt
z.B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Dreisäulenmodell.....	5
Abbildung 2: Zehnsegmentklassifikation und Zugangswege.....	6
Abbildung 3: Die vier Säulen und neun Segmente der gleichnamigen Klassifikation von Tibiakopffrakturen nach (7).....	7
Abbildung 4: Verletzungstypen der medialen und lateralen Säule nach (7)	8
Abbildung 5: Verletzungstypen aller vier Säulen nach (7)	9
Abbildung 6: Verletzungsmechanismen nach (7)	10
Abbildung 7: AO-Klassifikation der proximalen Tibia nach (8).....	13
Abbildung 8: Schatzker-Klassifikation nach (9)	14
Abbildung 9: Ausschlusskriterien der retrospektiven Datenanalyse	57
Abbildung 10: Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs.....	59
Abbildung 11: Altersverteilung des Patientenkollektivs	59
Abbildung 12: Seitenverteilung.....	60
Abbildung 13: Lokalisation der Tibiakopffraktur.....	60
Abbildung 14: Klassifikation medialer Tibiakopffrakturen	61
Abbildung 15: Klassifikation lateraler Tibiakopffrakturen	62
Abbildung 16: Klassifikation bikondylärer Tibiakopffrakturen.....	62
Abbildung 17: Übersicht über Teilfrakturen	63
Abbildung 18: Häufigkeiten der ursächlichen Traumen	64
Abbildung 19: Zusammensetzung der Verkehrsunfälle in absoluter Häufigkeit....	64
Abbildung 20: Zusammensetzung der Stürze in absoluter Häufigkeit	65
Abbildung 21: Präoperative Versorgungsprinzipien.....	65
Abbildung 22: Absolute Häufigkeit angewandter Schienenersatzmaterialien	66
Abbildung 23: Anzahl chirurgisch versorgter Tibiakopffrakturen pro Jahr	66
Abbildung 24: Entwicklung minimalinvasiver Zugänge über die Jahre	68
Abbildung 25: Entwicklung der drei Hauptzugangswege über die Jahre.....	69
Abbildung 26: Entwicklung posteriorer/dorsaler Zugänge über die Jahre	69
Abbildung 27: Häufigkeiten durchgeführter Osteotomien	70
Abbildung 28: Prozentuelle Vergleichbarkeit mit Literatur	71
Abbildung 29: Überblick über Versorgungsprinzipien zur Behandlung von Tibiakopffrakturen.....	72
Abbildung 30: Relative Häufigkeiten notwendiger Knochentransplantationen/Knochenersatzmaterialien	73

XI

Abbildung 31: Absolute Häufigkeiten notwendiger Knochentransplantationen/Knochenersatzmaterialien	74
Abbildung 32: Anatomische Rekonstruktion.....	75
Abbildung 33: Komplikationsrate.....	75
Abbildung 34: Notwendigkeit erneuter Operation in absoluter Häufigkeit.....	78
Abbildung 35: Begleitverletzungen - Teil 1	79
Abbildung 36: Begleitverletzungen - Teil 2	80
Abbildung 37: Begleitverletzungen - Teil 4	81
Abbildung 38: Postoperative Übungsstabilität	83
Abbildung 39: Relative Häufigkeit von Osteoporose/Osteopenie	84
Abbildung 40: Relative Häufigkeit primärer/sekundärer Gonarthrose.....	85
Abbildung 41: Präoperatives Röntgen - Fall 129.....	XIX
Abbildung 42: Präoperatives CT - Fall 129.....	XIX
Abbildung 43: Postoperatives Röntgen - Fall 129	XX
Abbildung 44: Verlaufsrontgen - Fall 129	XX
Abbildung 45: Präoperatives Röntgen - Fall 153.....	XXI
Abbildung 46: Präoperatives CT - Fall 153.....	XXI
Abbildung 47: Postoperatives Röntgen - Fall 153	XXII
Abbildung 48: Verlaufsrontgen - Fall 153	XXII
Abbildung 49: Präoperatives Röntgen - Fall 181.....	XXIII
Abbildung 50: Präoperatives CT - Fall 181.....	XXIII
Abbildung 51: Postoperatives Röntgen - Fall 181	XXIV
Abbildung 52: Verlaufsrontgen - Fall 181	XXIV
Abbildung 53: Präoperatives Röntgen - Fall 118.....	XXV
Abbildung 54: Präoperatives CT - Fall 118.....	XXV
Abbildung 55: Postoperatives Röntgen - Fall 118	XXVI
Abbildung 56: Verlaufsrontgen - Fall 118	XXVI
Abbildung 57: Präoperatives CT - Fall 75.....	XXVII
Abbildung 58: Präoperatives Röntgen - Fall 75.....	XXVII
Abbildung 59: Postoperatives Röntgen - Fall 75	XXVIII
Abbildung 60: Präoperatives Röntgen der periprothetischen Fraktur.....	XXIX
Abbildung 61: Postoperatives Röntgen der periprothetischen Fraktur	XXIX
Abbildung 62: Verlaufsrontgen - Fall 75	XXIX

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick über alle in Folge beschriebenen Zugangswege inklusive den adressierbaren Tibiakopffrakturen.....	17
Tabelle 2: Häufigkeiten von Bandverletzungen nach der Schatzker – Klassifikation nach (38).....	45
Tabelle 3: Kennzahlen der Altersverteilung.....	59
Tabelle 4: Überblick über alle gewählten chirurgischen Zugänge im Zeitraum 2010-2019	67
Tabelle 5: Überblick über nicht der Literatur zuordenbare Zugänge.....	71
Tabelle 6: Komplikation Kompartmentsyndrom - Diagnose und Therapie.....	76
Tabelle 7: Überblick über aufgetretene Komplikationen und ihre absoluten Häufigkeiten	77
Tabelle 8: Begleitverletzungen - Teil 3	80

Einleitung

1.1 Anatomische Grundlagen

In diesem Kapitel soll ein kurzer Überblick über die anatomischen Grundlagen des Kniegelenks gegeben werden. Besonders für Tibiakopffrakturen und etwaige Begleitverletzungen relevante Strukturen werden im Folgenden wiederholt.

Articulatio genus – Kniegelenk

Das größte Gelenk des menschlichen Körpers - ein Drehscharniergelenk - setzt sich aus zwei Teilgelenken zusammen, dem Art. femorotibialis (Femorotibialgelenk) und dem Art. femoropatellaris (Femoropatellargelenk). Erst genanntes Gelenk wird von Femur (Oberschenkelknochen) und Tibia (Schienbein) gebildet, zweit genanntes hingegen von Femur und Patella (Kniescheibe).

Als Gelenkkörper artikulieren beim Femorotibialgelenk die knorpelüberzogenen Femurkondylen (Condylus medialis und lateralis femoris) mit den Tibiakondylen (Condylus medialis und lateralis tibiae), deren Inkongruenz durch den Gelenkknorpel und bindegewebige Menisci (Menisken) ausgeglichen wird (siehe weiter unten).

Beim Femoropatellargelenk artikulieren die Facies articularis patellae und die Facies patellaris femoris miteinander.

Das Kniegelenk ist zu Flexions-/Extensions-, und in gebeugtem Zustand zu Rotationsbewegungen fähig.

Das Wadenbein (Fibula) ist nicht am Kniegelenk selbst beteiligt, sondern bildet mit dem Schienbein eine straffe Amphiarthrose (Art. tibiofibularis), die nur minimale Rüttelbewegungen zulässt. Über das Lig. capitis fibulae anterius und posterius ist das Wadenbeinköpfchen fest an der Schienbeinrückseite befestigt (1).

Tibiakopf

Das proximale Ende des Schienbeins – der Tibiakopf – wird gebildet von dem Condylus medialis und lateralis tibiae. Die Gelenkfläche (Facies articularis superior) ist knorpelig überzogen und teilt – getrennt durch eine zentrale knorpelfreie Zone - das Tibiaplateau in zwei Gelenkkompartimente, die mediale und laterale Säule.

Die knorpelfreie Zone wird gebildet von der Eminentia intercondylaris und der

jeweils ventral und dorsal davon liegenden Area intercondylaris anterior und posterior.

Dorsolateral des Condylus lateralis ist die tibiale Gelenkfläche (Facies articularis fibularis) des Art. tibiofibulare lokalisiert.

Das proximale Schienbeinende weist eine Reklination von bis zu 7 Grad auf. Dieser Winkel zwischen Tibiaplateau und der Horizontalen beschreibt das Abfallen des Tibiaplateaus von ventral nach dorsal hin (auch „tibial slope“ genannt, siehe **Kapitel 1.10.3**).

Weiters liegt auch eine Retropositio des Tibiakopfes vor, dies bedeutet, dass das proximale Schienbeinende dorsal der Längsachse des Röhrenknochens lokalisiert ist (1).

Kapsel-Band-Apparat

Die Gelenkkapsel wird durch zahlreiche kapselverstärkende Bänder und Ansatz-, Ursprungsehnen von Muskeln verstärkt und führt so zu einer hohen Stabilität im Kniegelenk (2).

Außenbänder

Die Patellasehne (Lig. patellae) geht aus der Quadrizepssehne des M. quadriceps femoris hervor und reicht vom unteren Patellapol bis zur Insertion an der Tuberositas tibiae.

Der vordere Kapsel-Band-Apparat wird unterstützt durch die Retinacula patellae medialis und lateralis, die größtenteils aus Fasern des M. vastus medialis/lateralis sowie des M. rectus femoris gebildet werden und seitlich der Patellasehne nach distal verlaufen. Die Retinacula betreffend gibt es jeweils longitudinale und transversale Faserzüge, die zur Positionierung der Kniescheibe beitragen.

Das breite mediale Seitenband – auch Lig. collaterale mediale/tibiale oder Innenband genannt – entspringt am Epicondylus medialis femoris und zieht nach distal ventral zur Facies medialis tibiae, wo es zirka 7 cm unter dem ipsilateralen Tibiaplateau ansetzt.

Das runde laterale Seitenband – auch Lig. collaterale laterale/fibulare oder Außenband genannt – beginnt am Epicondylus lateralis femoris und inseriert am Caput fibulae. Es ist ein wichtiger Vertreter der Stabilisatoren der posterolateralen Ecke. Hierzu zählen noch das Lig. popliteum obliquum und arcuatum, das Lig.

popliteofibulare, der Tractus iliotibialis und die Ansatzsehne des M. biceps femoris, ebenso wie der laterale Kopf des M. gastrocnemius. Sie sorgen für Stabilität gegenüber posteriorer Translation, Außenrotation und Varusstress (1, 2, 3).

Binnenbänder

Die Kreuzbänder (Ligg. cruciata) begrenzen aufgrund ihres Verlaufs Rotationsbewegungen und schützen das Kniegelenk zusätzlich vor anteriorer und posteriorer Translation.

Das vordere Kreuzband (Lig. cruciatum anterius) entspringt an der Area intercondylaris anterior tibiae und zieht nach proximal medial des Condylus lateralis femoris.

Rechtwinkelig dazu verläuft das hintere Kreuzband (Lig. cruciatum posterius) von der Area intercondylaris posterior tibiae nach proximal lateral des Condylus medialis femoris (1, 2).

Menisken

Wie bei der Anatomie des Kniegelenks bereits erwähnt wurde, sind Menisken faserknorpelige Gebilde, die eine Stoßdämpferfunktion im Kniegelenk übernehmen. Ein medialer halbmondförmiger und ein lateraler kreisförmiger Meniskus sind auf den Gelenkflächen des Tibiaplateaus lokalisiert und über ihr Vorder- und Hinterhorn jeweils an den Areae intercondylares anteriores und posteriores tibiae, sowie über das Lig. meniscotibiale beidseits fixiert. Der mediale Meniskus (Meniscus medialis/Innenmeniskus) ist zusätzlich stark mit dem medialen Seitenband verwachsen, hingegen steht der laterale Meniskus (Meniscus lateralis/Außenmeniskus) in keiner Verbindung zum lateralen Seitenband (2).

Muskeln

Im Folgenden werden nur jene Muskeln rund um das Kniegelenk erwähnt, die hinsichtlich der später beschriebenen chirurgischen Zugangswege für relevant erachtet werden.

Ventral des Kniegelenks verlaufen der M. quadriceps femoris mit seiner Ansatzsehne an der Tuberositas tibiae als auch der M. sartorius, der gemeinsam mit dem M. gracilis und M. semitendinosus den Pes anserinus superficialis

(gemeinsamer Ansatzpunkt der drei Sehnen) an der Vorderseite des Condylus medialis tibiae bildet.

Dorsal spielen vorrangig der M. popliteus und M. soleus an der Facies posterior tibiae, sowie der am Caput fibulae inserierende M. biceps femoris, als auch der M. gastrocnemius mit seinem Caput mediale und laterale eine Rolle bezüglich der Zugangswahl.

Der an der Facies lateralis tibiae entspringende M. tibialis anterior als auch der an der Facies lateralis fibulae verlaufende M. fibularis/peroneus longus sind für Zugänge zum lateralen Tibiakopf bzw. Osteotomien relevant.

Lateral ist weiters der Tractus iliotibialis von Bedeutung, dieser entspricht einer verstärkten Oberschenkelfaszie (Aponeurose) und inseriert am Tuberculum Gerdy, einem Knochenvorsprung am Condylus lateralis tibiae (2).

Leitungsbahnen

Im Bereich des Tibiakopfes findet man auf Höhe der femoralen Epikondylen die A./V. superior lateralis/medialis genus, sowie auf Höhe der tibialen Kondylen die A. inferior lateralis/medialis genus. Mittig in der Kniekehle verläuft die kaliberstarke A. poplitea gemeinsam mit der V. poplitea und dem N. tibialis als popliteales Gefäß-Nervenbündel von proximal nach distal. Am distalen Ende der Kniekehle (Fossa poplitea) tritt die V. saphena parva in die subkutane Schicht ein.

Dorsal an den M. biceps femoris anliegend schlingt sich der N. peroneus communis um den Fibulahals. Auf den Verlauf der Hautnerven (N. cutaneus surae lateralis und medialis) muss bei operativen Eingriffen geachtet werden (2, 1).

1.2 Tibiakopf

Die AO (Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen) –Klassifikation ist nur eines von vielen Modellen, um Frakturen von langen Röhrenknochen einteilen zu können. Die verschiedenen Klassifikationsmodelle stützen sich teilweise auf anatomische Grundlagen, den Frakturmechanismus oder die Versorgungsmöglichkeiten. Im deutschsprachigen Raum werden im Hinblick auf Tibiakopffrakturen vorrangig die AO–Klassifikation und international die Schatzker–Klassifikation angewandt.

In den folgenden Kapiteln werden gängige Modelle genauer erläutert (4).

1.2.1 Dreisäulenmodell

Ein präoperatives Röntgen des Kniegelenks in zwei Ebenen ist Standard, um sich einen Überblick über die vorliegende Fraktur machen zu können. Da sich diese Bildgebung jedoch auf die Darstellung extraartikulärer Frakturen fokussiert, wurde von Luo das Dreisäulenmodell entwickelt, um anhand axialer CT–Aufnahmen des Tibiakopfes den intraartikulären Frakturverlauf besser beurteilen zu können.

Dieses Modell teilt das Tibiaplateau in eine anterolaterale, anteromediale und posteriore Säule (**Abbildung 1**). Zu wissen, welche Säulen von der Fraktur betroffen sind, verbessert die präoperative Planung hinsichtlich Zugangswahl und Frakturversorgung (5, 6).

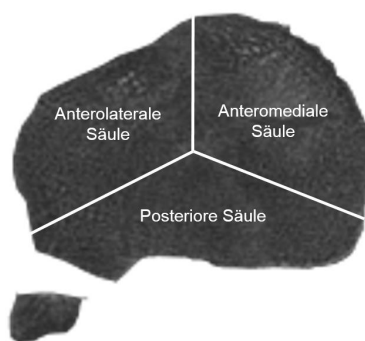


Abbildung 1: Dreisäulenmodell

1.2.2 Zehnsegmentklassifikation

Aktuell wird häufig die Zehnsegmentklassifikation zur präoperativen Planung verwendet, da diese eine Erweiterung des Dreisäulenmodells beschreibt und den jeweiligen chirurgischen Zugangsmöglichkeiten die Darstellbarkeit der dazugehörigen Segmente zuordnet.

Durch einen anteromedialen Zugang wird das anteromediomediale, anteromediozentrale und anterozentrale Segment dargestellt.

Erweitert man den medialen Zugang, so kommen zusätzlich das posteromediomediale und posteromediozentrale Segment zum Vorschein.

Über einen posterioren/posteromedialen Zugang erreicht man die posteromediomedial, posteromediozentral, posterozentral und posterolaterozentral gelegenen Segmente.

Mittels anterolateralem Zugang erhält man Einblick auf das anterolaterolaterale, anterolaterozentrale und posterolaterolaterale Segment.

Ein erweiterter lateraler Zugang ermöglicht zusätzlich zu eben genannten Segmenten die Beurteilung und Versorgung des posterolaterozentralen Segments.

Einen modifizierten posterolateralen Zugang wählt man, insofern die Fraktur im anterolaterolateralen, posterolaterolateralen und/oder posterolaterozentralen Segment lokalisiert ist (**Abbildung 2**) (5, 6).

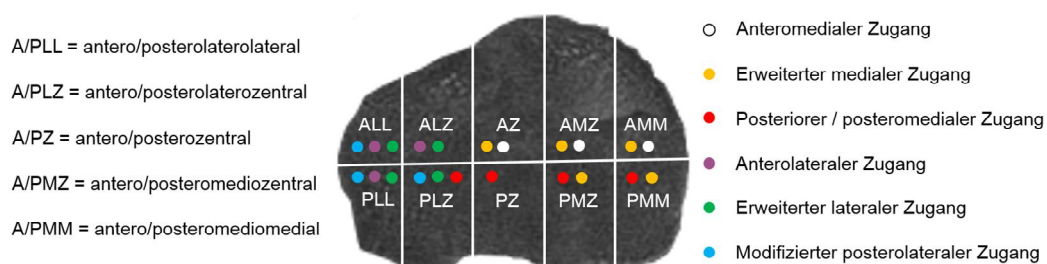


Abbildung 2: Zehnsegmentklassifikation und Zugangswege

1.2.3 Vier Säulen und Neun Segmente–Klassifikation

Bei dieser Einteilung bilden vier Säulen – gegliedert in neun Segmente – den Tibiakopf inklusive Fibulaköpfchen.

Die mediale Säule wird gebildet vom medialen knorpeltragenden Gelenkkompartiment und teilt sich in ein anteromediales Segment a und posteromediales Segment b auf.

An diese Säule schließt die intermediale Säule an, die sich aus 4 Segmenten zusammensetzt. Ganz ventral findet man das die Tuberositas tibiae tragende Segment c direkt distal an das Segment d angelagert, welches von der freien Fläche der Area intercondylaris anterior des Tibiaplateaus gebildet wird. Dorsal dazu ist das mediane Segment e, welches den tibialen Ansatz des vorderen Kreuzbandes trägt, lokalisiert. Den posterioren Abschluss dieser Säule bildet das posteromediane Segment f, auf dem das hintere Kreuzband inseriert.

Die laterale Säule wird wiederum aus dem knorpeltragenden lateralen Gelenkkompartiment gebildet und setzt sich aus einem anterolateralen Segment g und einem posterolateralen Segment h zusammen.

Das Fibulaköpfchen bildet als fibulares Segment die gleichnamige Säule und zusätzlich mit seiner vordersten Begrenzung die jeweilige Grenze zwischen den anterioren und posterioren Segmenten der medialen und lateralen Säule
(Abbildung 3) (7).

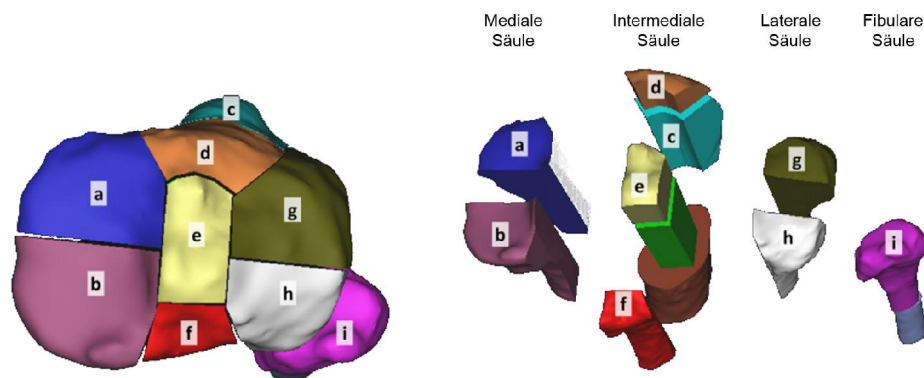


Abbildung 3: Die vier Säulen und neun Segmente der gleichnamigen Klassifikation von Tibiakopffrakturen nach (7)

1.2.3.1 Verletzungsmuster der Säulen

Die Variationsbreite an Verletzungsmustern ist je nach betroffener Säule oder betroffenem Segment unterschiedlich. Die mediale und laterale Säule weisen dieselben möglichen sechs Typen auf, die im Folgenden beschrieben werden (7).

Mediale und laterale Säule

Ein Abriss oder eine Impression der medialen oder lateralen Tibiakopfante entspricht einer Typ 1 Fraktur, eine Gelenkflächenimpression hingegen einer Typ 2 Fraktur. Ein Spaltbruch mit Frakturverlauf zur ipsilateralen Kortikalis mit oder ohne Impressionskomponente bedeutet Typ 3, ein Spaltbruch bis in die Diaphyse einstrahlend ist ein Typ 4. Falls ein Spaltbruch die kontralaterale Kortikalis erreicht, spricht man vom Typ 5 und ein Typ 6 bedeutet, dass ein Spaltbruch sowohl die ipsi-, als auch kontralaterale Kortikalis gleichzeitig erreicht (Kombination von Typ 3 oder 4 mit 6).

Eine Ruptur des medialen Seitenbandes und der knöchernen Seitenbandausriss medial femoral bilden die zwei erweiterten Typen EX1 und EX2 der medialen Säule (**Abbildung 4**) (7).

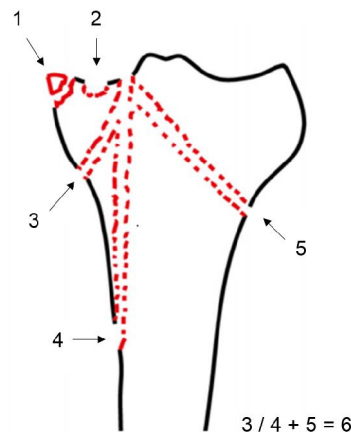


Abbildung 4: Verletzungstypen der medialen und lateralen Säule nach (7)

Intermediale Säule

Die Segmente c, e und f der intermedialen Säule betreffend, entspricht ein reiner Spaltbruch einem Typ 1, das Vorhandensein dissoziierter Fragmente einem Typ 2 und ein Trümmerbruch einem Typ 3.

Der erweiterte Typ EX1 entspricht in dieser Säule einer Ruptur der Patellasehne, des vorderen oder hinteren Kreuzbandes. Unter EX2 versteht man einen knöchernen Ausriss patellar oder femoral dieser drei Bänder.

Einzig für das Segment d in dieser Säule gibt es eigene Verletzungstypen. Typ 1 stellt eine Impressionsfraktur, Typ 2 einen Spaltbruch bis an die posteriore Kortikalis reichend ohne Dislokation und Typ 3 einen Spaltbruch bis an die posteriore Kortikalis mit ausgeprägter Dislokation dar (**Abbildung 5**) (7).

Fibulare Säule

Für die fibulare Säule zählt ein knöcherner Abriss der Fibulaspitze als Typ 1, eine Fibulakopffraktur als Typ 2, eine Fraktur der proximalen Fibuladiaphyse als Typ 3 und bei einer Dislokation des proximalen Tibiofibulargelenks spricht man vom Typ 4.

Auch hier gibt es zwei erweiterte Typen: eine laterale Seitenbandruptur wird als EX1 und ein knöcherner femoraler Ausriss des lateralen Seitenbandes wird als EX2 klassifiziert (**Abbildung 5**) (7).

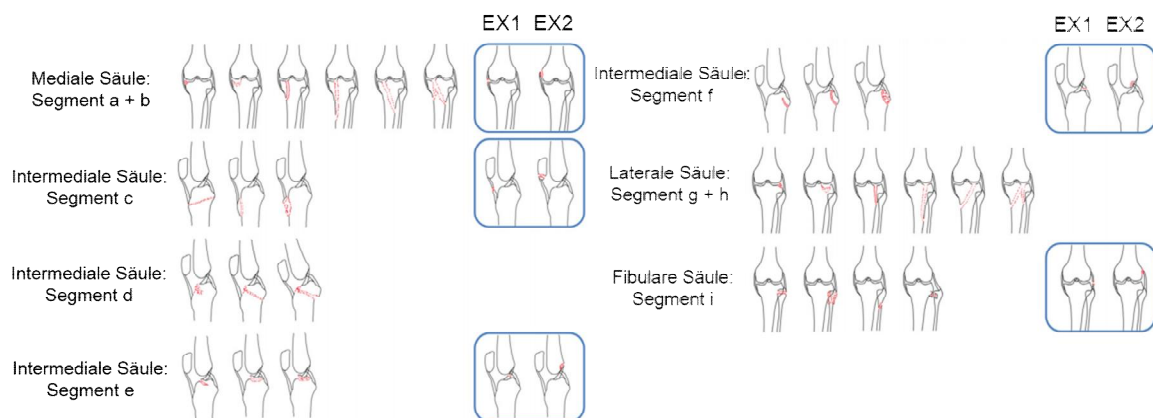


Abbildung 5: Verletzungstypen aller vier Säulen nach (7)

1.2.4 Mechanismus der Frakturentstehung

Die Frakturklassifikation unter Berücksichtigung der koronaren Ebene nach Schatzker lässt 3 Frakturmechanismen vermuten: Varus- oder Valgusstress in Kombination mit axialer Krafteinwirkung oder axiale Krafteinwirkung allein. Bei zusätzlicher Betrachtung der sagittalen Ebene spielt es hinsichtlich der Frakturklassifikation eine bedeutende Rolle, ob das Gelenk das Trauma in Hyperextensions-, Extensions-, Flexions- oder Hyperflexionsstellung erfährt. Biomechanisch betrachtet reichen 6000 bis 8000 Newton aus, um bei einem Stauchungstrauma das Tibiaplateau zu frakturieren. Dies entspricht dem acht- bis zehnfachen des Körpergewichts. Vergleichend dazu wirkt beim Gehen das

dreifache Körpergewicht auf den Tibiakopf. Befindet sich das Kniegelenk zum Zeitpunkt der Krafteinleitung in Flexionsstellung, so führen bereits 5000 Newton zur Fraktur (**Abbildung 6**) (7, 4).

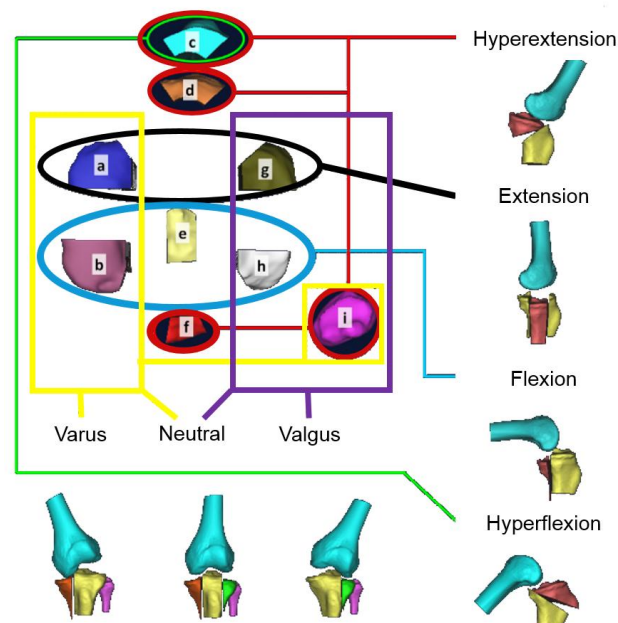


Abbildung 6: Verletzungsmechanismen nach (7)

1.2.4.1 Hyperextensionsfraktur

Eine Hyperextensionsfraktur zeichnet sich dadurch aus, dass sie – die vier Säulen und neun Segmente–Klassifikation betrachtend – vor allem in Segment c und d auftritt. Somit ist der Bereich des Tibiakopfes, der von der Tuberositas tibiae und dem Ansatz des vorderen Kreuzbandes eingegrenzt wird, besonders gefährdet. Charakteristisch sind auch eine Verminderung oder Aufhebung des posterioren Neigungswinkels des Tibiaplateaus, Frakturen des posteromedianen Segments f, sowie knöcherne fibulare Ausrissfrakturen des lateralen Seitenbandes und Bandläsionen des hinteren Kreuzbandes.

Die Frakturlinie beginnt anterosuperior und verläuft dann nach posteroinferior (7).

1.2.4.2 Hyperflexionsfraktur

Aus einer Hyperflexionsfraktur – hier wird eine Kniegelenksflexion über 90° angenommen - resultiert oftmals ein vergrößerter posteriorer Neigungswinkel des Tibiaplateaus. Häufig kommt es zu knöchernen Ausrissen oder auch kompletten Rupturen des vorderen Kreuzbandes, ebenso wie zu Frakturen der Tuberositas tibiae in Segment c.

Gegensätzlich zur Hyperextensionsfraktur ist hier der Beginn der Frakturlinie posterosuperior und das Ende derselben anteroinferior lokalisiert (7).

1.2.4.3 Valgusstress und axiale Krafteinwirkung

Die koronare Ebene betrachtend kann eine axiale Krafteinwirkung mit Hebelwirkung in valgus in Schatzker Frakturtypen I bis III resultieren. Hinsichtlich der vier Säulen und neun Segmente–Klassifikation kommt es bei oben genanntem Frakturmechanismus zur Affektion der lateralen Säule.

Kommt es zusätzlich zu einer Extensionskomponente, so betrifft die Hauptbelastung das Segment g im anterolateralen Bereich des Tibiakopfes. Im Gegensatz dazu kann es bei einer Flexionsstellung zur Fraktur des posterolateralen Tibiakopfes kommen, hierbei handelt es sich um das Segment h. Eine Begleitfraktur des Fibulakopfes ist bei dieser Konstellation des Frakturmechanismus ebenso möglich, somit wäre auch die Wadenbeinsäule - gleichzusetzen mit Segment i – involviert (4,7).

1.2.4.4 Varusstress und axiale Krafteinwirkung

Schatzker Typ IV Frakturen resultieren oftmals aus einem Biegungsbruch in varus. Wiederum im Hinblick auf die vier Säulen und neun Segment–Klassifikation ist hier die mediale Säule betroffen.

Aus diesem Frakturmechanismus gehen sowohl Impressionsfrakturen des medialen Gelenkkompartiments als auch Spaltbrüche, die bis in die Meta- bzw. Diaphyse reichen können, hervor.

Aufgrund der Varusstellung kann es additiv zum knöchernen Ausriss des lateralen Seitenbandes kommen, somit ist bei diesem Mechanismus auch eine Involvierung der Wadenbeinsäule möglich (4,7).

1.2.4.5 Axiale Krafteinwirkung

Ist ein Stauchungstrauma allein die Ursache einer Fraktur, so kommt es hierbei oft zur gleichzeitigen Verletzung der medialen und lateralen Säule. Somit können alle in den zwei vorhergehenden Unterkapiteln 1.2.4.3 und 1.2.4.4 beschriebenen Frakturmöglichkeiten in den unterschiedlichsten Kombinationen zusammen auftreten. Laut der Schatzker-Klassifikation sind diese Frakturen als Typ V und VI einzustufen (7).

1.3 Klassifikation von Tibiakopffrakturen

1.3.1 AO-Klassifikation

Die AO-Klassifikation teilt jedem Knochen und dem betroffenen Segment eine Zahl zu, somit bezeichnet die Zahl 41 das proximale Ende der Tibia.

Zur genaueren Einteilung werden Buchstaben verwendet. Typ A beschreibt extraartikuläre, Typ B teilweise intraartikuläre und Typ C vollständig intraartikuläre Frakturen.

Jeder Frakturtyp wird - wiederum numerisch kodiert - in drei Gruppen unterteilt, die eine genauere Beschreibung der Fraktur ermöglichen.

Die Gruppenbezeichnungen sind in **Abbildung 7** übersichtlich dargestellt (8).

Extraartikuläre Frakturen

Unter die Subgruppen von 41A1 fallen knöcherne Ausrissfrakturen mit Beteiligung der Kapsel, der Patellasehne an der Tuberositas tibiae, sowie der Kreuzbänder tibialseitig.

Die Subgruppen von 41A2 beschreiben den Verlauf der einfach extraartikulären Fraktur genauer: Spiral-, Schräg- oder Querfraktur.

Die Gruppe 41A3 lässt sich unterteilen in intakte, fragmentierte Keilfrakturen und extraartikuläre Trümmerfrakturen (8).

Teilweise intraartikuläre Frakturen

Die teilweise intraartikulären Frakturen betrachtend, können Spaltfrakturen (41B1) und Spaltimpressionsfrakturen (41B3) das laterale oder mediale Plateau oder zusätzlich die Eminentia intercondylaris betreffen. Die Unterscheidung, ob eine Impressionsfraktur am lateralen oder medialen Plateau auftritt, bildet die Subgruppen von 41B2 (8).

Vollständig intraartikuläre Frakturen

Bezug nehmend auf vollständig intraartikuläre Frakturen kann man bei der Gruppe 41C1 differenzieren, ob hier eine Fraktur der Eminentia intercondylaris vorliegt oder nicht.

Die Subgruppen von 41C2 decken sowohl intakte und fragmentierte metaphysäre Keilfrakturen, als auch Trümmerfrakturen der Metaphyse ab.

Die Gruppe der intraartikulären Trümmerfrakturen (41C3) unterscheidet wiederum,

ob diese Trümmerzone am lateralen oder medialen Plateau oder beidseits lokalisiert ist.

Auf die Darstellung der jeweiligen Subgruppen wurde in nachfolgender **Abbildung 7** aus Übersichtsgründen verzichtet (8).

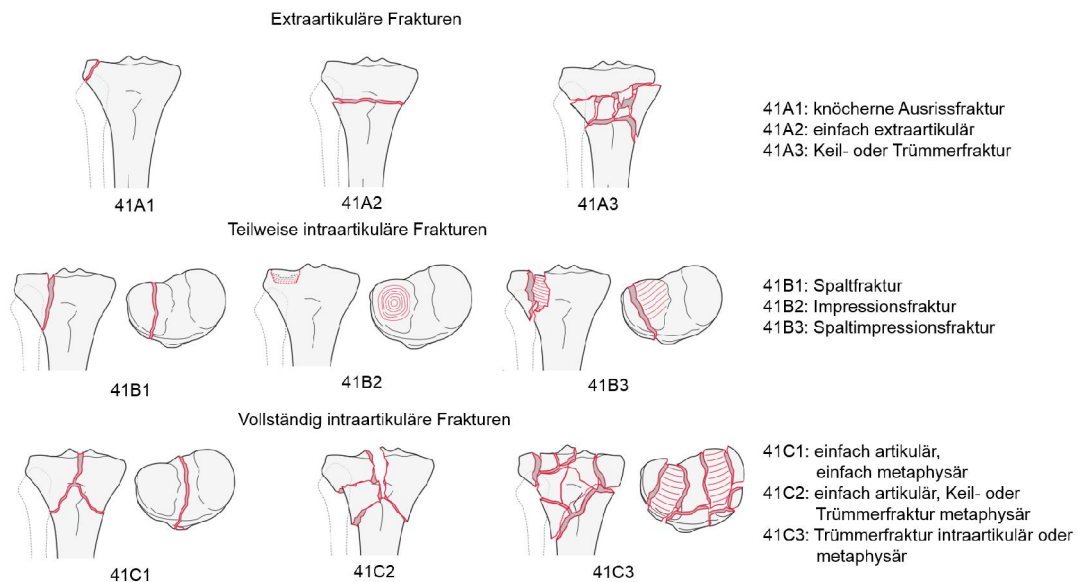


Abbildung 7: AO-Klassifikation der proximalen Tibia nach (8)

1.3.2 Schatzker–Klassifikation

Die Schatzker–Klassifikation stellt neben der AO–Klassifikation eine weitverbreitete Methode zur Beurteilung eines Frakturverlaufes im Bereich des Tibiakopfes dar.

Die beiden eben genannten Klassifikationsschemata erlauben eine rein zweidimensionale Betrachtung und sind somit nicht ausreichend für die präoperative Planung. Hierfür muss die Kenntnis der Frakturmorphologie in allen drei Ebenen gegeben sein, deshalb ist neben einem Röntgen in zwei Ebenen auch eine CT des Knies präoperativ verpflichtend durchzuführen, um die koronare, sagittale und axiale Ebene beurteilen zu können.

Schatzker beschreibt sechs Typen von Tibiakopffrakturen, die mit steigender Nummerierung in ihrem Schweregrad zunehmen (**Abbildung 8**).

Die ersten drei Typen beziehen sich alle auf das laterale Tibiaplateau, wobei Schatzker I eine reine Spaltfraktur, Schatzker II eine kombinierte Spalt-Impressionsfraktur und Schatzker III eine reine Impressionsfraktur klassifizieren. Bei der reinen Impressionsfraktur beurteilt man zusätzlich, ob es sich um eine laterale oder zentrale Impression handelt.

Schatzker IV bezeichnet eine Fraktur des medialen Plateaus, gleich ob es sich hier um eine Spalt- oder Impressionsfraktur handelt.

Liegen Keilfrakturen sowohl des medialen, als auch des lateralen Plateaus simultan vor, so handelt es sich um eine Schatzker V Fraktur.

Ein Schatzker VI Frakturtyp ist definiert als eine Querfraktur, die Metaphyse und Diaphyse vollständig voneinander trennt, zusätzlich dazu kann jede Art einer intraartikulären Fraktur vorliegen.

Typ I bis IV bezeichnet man somit als unikondyläre, Typ V und VI als bikondyläre Tibiakopffrakturen.

Aus dem vorliegenden Frakturtyp lässt sich sowohl ein Rückschluss auf die Knochensituation als auch auf das zugrundeliegende Trauma ziehen.

Spaltfrakturen junger Patienten sind auf deren dichte Spongiosa, die nicht zur Impression neigt, zurückzuführen. Impressionsfrakturen dagegen treten häufig bei älteren Patienten mit reduzierter Knochenstruktur auf. Hochenergietraumata resultieren vor allem in den Frakturtypen IV bis VI. Das mediale Plateau frakturiert aufgrund seiner ausgeprägteren Trabekelstruktur im Vergleich zur Gegenseite erst bei höherer Krafteinwirkung. Komplikationen der drei schwerwiegenden Frakturtypen IV bis VI stellen vorrangig begleitende Sub- oder Dislokation des Kniegelenks, neurovaskuläre Verletzungen und eine ausgeprägte Affektion des Weichteilmantels dar (5, 6, 9).

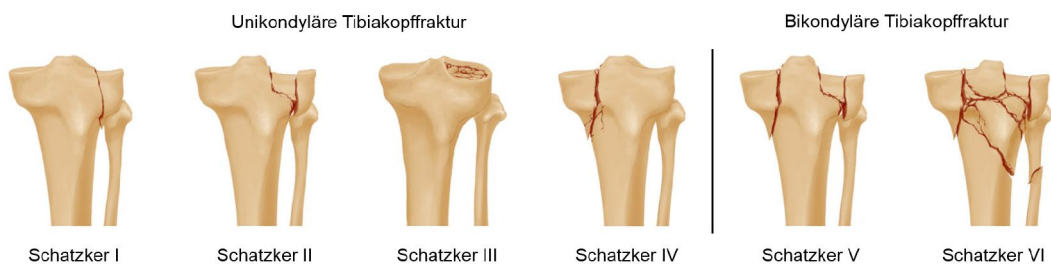


Abbildung 8: Schatzker-Klassifikation nach (9)

1.3.3 Duparc-Klassifikation

Es sind viele weitere Klassifikationen vorhanden, die eine einheitliche Frakturreinteilung und das Vergleichen von Verletzungsmustern erschweren.

Nun soll nur noch ein Überblick über die Duparc-Klassifikation gegeben werden, diese unterscheidet fünf Klassen. Zum Teil entsprechen die Frakturmorphologien

den Einteilungen der AO– oder Schatzker-Klassifikation, diese werden jedoch um zwei völlig neuartige Klassen erweitert.

Unikondylär mediale oder laterale Frakturen bilden die ersten beiden Klassen nach Duparc und entsprechen den teilweise intraartikulären Frakturen (41B) der AO-Klassifikation bzw. den Schatzkertypen I bis IV.

Die dritte Klasse umfasst bikondyläre Frakturen und deckt sich mit den vollständig intraartikulären Frakturen (41C) der AO–Klassifikation und den Schatzker-Typen V und VI.

Die vierte Klasse beschreibt mit den spinokondylären Frakturen einen ganz neuen Verletzungstyp. Die Frakturlinie verläuft bei einer medialen spinokondylären Fraktur von proximal lateral der Eminentia intercondylaris bis distal medial subkondylär und bei einer lateralen spinokondylären Fraktur von proximal medial der Eminentia intercondylaris bis distal lateral subkondylär. Man unterscheidet drei Grade, wobei bei Grad 1 keine Dislokation der Fragmente vorliegt. Eine Medial- bzw. Lateralverschiebung des distalen Frakturfragments (Dislocatio ad latus) resultiert jedoch in einer Dislokation bei Grad 2. Kommt es zusätzlich zum Absinken eines Femurkondyls vor das dazugehörige Tibiaplateau, so spricht man vom Grad 3.

Abschließend beschreibt Duparc noch eine fünfte Klasse, die der posteromedialen Frakturen. Diese treten entweder isoliert oder in Kombination mit lateralen unikondylären, komplexen bikondylären oder spinokondylären Frakturen auf. Die zwei letztgenannten Klassen ermöglichen eine Einteilung ganz neuer Verletzungsmuster, für die eine eindeutige Zuordnung in der AO- bzw. Schatzker–Klassifikation nicht gegeben ist. Dennoch wird die Duparc–Klassifikation viel seltener angewandt (10).

1.4 Präoperatives Management

Einen der wesentlichsten Aspekte des Therapieerfolgs stellt das präoperative Assessment dar. Die Kenntnis über den zugrundeliegenden Frakturmechanismus, das Wissen über ein ursächliches Hoch- oder Niedrigenergietrauma und die Knochenqualität der betroffenen Patientin/des betroffenen Patienten sind wichtige Punkte, aus denen Rückschlüsse auf den Schweregrad der Verletzung gezogen werden können.

Tibiakopffrakturen junger PatientInnen sind aufgrund der guten Knochenstruktur

vorrangig das Resultat von Hochrasanztraumen, hingegen reicht bei alten PatientInnen oftmals das Einwirken niedriger Energien aus, um den bereits osteopenen bzw. osteoporotischen Knochen zu schädigen.

Eine präoperative physikalische Untersuchung ist essenziell zur Beurteilung eventuell vorliegender Begleitverletzungen neurovaskulärer Natur und um ein Kompartmentsyndrom ausschließen zu können.

Läsionen des Bandapparats oder der Menisken können aufgrund einer frakturbedingten ausgeprägten Schwellung oftmals nicht eindeutig festgestellt werden. Gewissheit bringt hier eine zusätzliche Magnetresonanzuntersuchung bzw. auch der Lokalbefund bei arthroskopisch-assistierter oder offen-chirurgischer Versorgung.

Die Zeit bis zur Operation wird bei simplen Frakturen mittels Ruhigstellung im Oberschenkelspaltgips und bei komplizierten Frakturen und gefährdetem Weichteilmantel mittels Anlage eines äußeren temporären Festhalters (d.h. Fixateur externe) überbrückt.

Einen bedeutenden Einfluss auf die Planung der operativen Versorgung hat der Zustand des frakturumgebenden Weichteilmantels. Ist dieser intakt, so kann eine zeitnahe primäre Frakturversorgung erfolgen. Liegt jedoch eine ausgeprägte Verletzung desgleichen vor, so muss ein stufenweises Vorgehen geplant werden. Vorrübergehende Stabilisierung mittels Fixateur externe bis zur Optimierung der Weichteilsituation, um sekundär eine definitive Frakturversorgung vornehmen zu können, ist in diesem Fall State of the Art.

Damit eine bestmögliche Behandlung gewährleistet werden kann, muss von jeder Tibiakopffraktur präoperativ eine nativradiologische Bildgebung in den zwei Ebenen anterior-posterior und seitlich und zusätzlich eine Computertomographie durchgeführt werden. Diese bildgebenden Modalitäten dienen dazu, sich einen Überblick über Frakturverlauf und Lokalisation, Anzahl an Fragmenten und Ausmaß der Gelenkflächenimpression zu verschaffen.

Nach Beurteilung aller Achsen kann der Zugangsweg und die Versorgung geplant werden, die individuell auf die Frakturmorphologie zugeschnitten sind. Die Implantatwahl wird hierbei genauso in die Entscheidung miteinbezogen wie die Notwendigkeit von Knochentransplantaten bzw. -ersatzmaterialien.

Diese Entscheidungen basieren auf der dreidimensionalen Darstellung der CT-Untersuchung, da die Einteilung anhand der zweidimensionalen

Klassifikationsschemata eine sehr hohe Inter- und Intraobserver-Variabilität aufweisen und keine vollständige Frakturbeschreibung ermöglichen (11).

1.5 Chirurgische Zugänge

Zugangsweg	Adressierbare Frakturen	
Anterolateraler Zugang	Isolierte laterale unikondyläre Fraktur	Bikondyläre Fraktur mit anterolateraler Komponente
Osteotomie des Tuberculum Gerdy	Posterolateral isoliert/kombiniert	Schatzker I-III, V, VI
Posterolateraler Zugang	Posterolateral isoliert/kombiniert	
Modifizierter posterolateraler Zugang	Isolierte laterale unikondyläre Fraktur	Posterolateral isoliert/kombiniert
Osteotomie des Fibulakopfes	Isolierte laterale unikondyläre Fraktur	Posterolateral isoliert/kombiniert
Digastric Fibular Head Osteotomy	Posterolateral isoliert/kombiniert	
Osteotomie des Fibulahalses	Posterolateral isoliert/kombiniert	Schatzker II
laterale femorale Epikondylusosteotomie	Isolierte laterale unikondyläre Fraktur	Bikondyläre Fraktur
	Zentrale Komponente	Multifragmentiertes disloziertes Plateau
Anteromedialer Zugang	Anteromediomediale, anteromediozentrale, anterozentrale Komponente	
mediale femorale Epikondylusosteotomie	Zentrale Komponente	Mediale Fraktur in den ventralen 70%
posteromedialer Zugang	Posteromediale Abscherfraktur	
Dorsale Zugänge	Bikondyläre Fraktur	Fraktur der posterioren Säule
	Posteromediale Abscherfraktur	Posterozentrale Komponente
	Knöchernen Abrissfraktur des vorderen/hinteren Kreuzbandes	Posteromediale Tibiakopfluxionsfraktur
Direkter dorsaler Zugang	Posteromediale Tibiakopfluxionsfraktur	
Modifizierter direkter dorsaler Zugang	Anteromediale Komponente	Fraktur der posterioren Säule
	Posteromediale Tibiakopfluxionsfraktur	
Arthroskopisch assistiert	Knöchernen Abrissfraktur des vorderen/hinteren Kreuzbandes	Spalt-(41B1), Impressionsfraktur (41B2) ohne/mit Dislokation
	osteocondrale Fragmente	

Tabelle 1: Überblick über alle in Folge beschriebenen Zugangswege inklusive den adressierbaren Tibiakopffrakturen

1.5.1 Anterolateraler Zugang

In überwiegender Anzahl der Fälle liegt eine Fraktur der lateralen Gelenkfläche vor, da diese aufgrund anatomischer Gegebenheiten leichter frakturiert als die mediale Seite.

Der anterolaterale Zugang wird bei isolierten lateral unikondylären als auch kombinierten Frakturen häufig angewandt. Mit der hier beschriebenen Zugangsmethode kann jedoch nur das anterolaterale Drittel der Gelenkfläche eingesehen werden. Somit können posterolaterale Frakturen – vor allem im posterolaterozentralen Segment – über diesen Zugang nicht ausreichend adressiert werden, da die posterolateralen Stabilisatoren keine ausreichende Gelenkeinsicht ermöglichen.

Aufgrund des anatomischen Verlaufs des N. peroneus, der sich um den Fibulakopf schlingt, sollen Inzisionen in diesem Bereich (d.h. dorsal-distal am lateralen Kniegelenk) vermieden werden, um keine Nervenschädigung zu riskieren.

Das Skalpell wird proximal des Epicondylus lateralis femoris angesetzt. Es erfolgt ein gerader Hautschnitt nach distal hinter das Tuberculum Gerdy. Je nach Lokalisation der Fraktur kann es notwendig sein, diesen Schnitt weiter anterolaterozentral oder anterolaterolateral durchzuführen. In weiterer Folge wird die Subkutis gespalten und die Faszie des M. tibialis anterior dargestellt. Nun wird der Tractus iliotibialis aufgesucht und bis zum Tuberculum Gerdy längsinzidiert. Anschließend erfolgt eine subperiostale Lösung des Tractus ventral bis zur Tuberositas tibiae und dorsal bis zum Fibulakopf, wobei hier bereits Vorsicht geboten ist aufgrund des Nahebezugs des N. peroneus. Mit einem horizontalen Schnitt unter dem lateralen Meniskus wird das Kniegelenk eröffnet. Damit eine Verplattung der Tibia erfolgen kann, muss ein entsprechendes Lager freipräpariert werden, dies erfolgt nach Inzision der Faszie des M. tibialis anterior.

Eine Reinsertion des Ansatzes des Tractus iliotibialis erfolgt erst nach vollendeter Frakturversorgung bei liegender Verplattung (5, 12, 13).

1.5.1.1 Osteotomie des Tuberculum Gerdy

Im Gegensatz zum standardisierten anterolateralen Zugang wird hier die Insertion des Tractus iliotibialis am Tuberculum Gerdy belassen und man osteotomiert das Tuberculum als Ganzes. Die Vorteile des Belassens der Insertionsstelle führt man auf die zugrundeliegende Funktion bezüglich Kniegelenkstabilität zurück.

Der Tractus iliotibialis stabilisiert als anterolaterales Band das Gelenk und wirkt medialen Subluxationen der Patella entgegen. Durch seine nach posterior gerichtete Zugkraft verhindert er eine Translation der Tibia nach anterior und unterstützt dadurch das vordere Kreuzband in seiner Funktion.

Liegt eine Frakturkomponente im posterolateralen Segment vor – dies kann alle Schatzker Typen betreffen, ausgenommen Typ IV - so ist dieser Zugangsweg indiziert.

Der Hautschnitt verläuft exakt gleich wie beim anterolateralen Zugang. Das Knie befindet sich in einer Flexionsstellung von 40°, nach Aufsuchen des Tuberculum Gerdy und inserierenden Tractus iliotibialis wird eine Längsinzision des Tractus - die vier cm oberhalb des Gelenkspaltes beginnt und auf Höhe desselben endet - durchgeführt. Nun wird der Schnitt horizontal entlang der Gelenklinie nach ventral fortgeführt, wodurch sich die vordere Hälfte des Tractus nach proximal wegheben lässt und man unterhalb des Innenmeniskus eine Arthrotomie durchführen kann. Die Inzision wird - sich an der lateralen Begrenzung der Patellasehne orientierend - nach distal bis unter den Ansatz des Tractus fortgesetzt. Nun wird der M. tibialis anterior entlang seines Ursprungs an der Tibiavorderseite bis zum proximalen Tibiofibulargelenk inzidiert, danach kann das Tuberculum Gerdy Fragment osteotomiert werden. Durch die Außenrotation des Fragments ist eine bessere Einsicht auf die Gelenkfläche gegeben und die Versorgung posterolateraler Frakturen wird einfacher.

Nach Adressierung von Meniskusverletzungen und Versorgung der Tibiakopffraktur wird das Tuberculum Gerdy-Fragment wieder anatomisch eingepasst. Eine Fixierung des osteotomierten Bereichs erfolgt durch eine laterale Verriegelungsplatte, die über dem Tuberculum Gerdy und der Insertion des Tractus iliotibialis liegend verschraubt wird (13).

1.5.2 Posterolateraler Zugang

Die Indikation für diesen Zugang stellen vorrangig isolierte posterolateral gelegene Frakturen dar, da zwar der anterolaterale Quadrant eingesehen, jedoch keine ausreichende Fixierung desselben erreicht werden kann.

Das Risiko bei diesem Zugangsweg die A. tibialis anterior, A. inferior lateralis genu oder den N. peroneus communis bzw. dessen Ast N. cutaneus surae lateralis zu verletzen, limitiert die Anwendbarkeit dieser Methode.

Eine Gefäßverletzung eben genannter Arterien soll vermieden werden, um keine mit schlechterer Frakturheilung assoziierte Devaskularisation der Defektzone zu riskieren.

Zur Verhinderung von Sensibilitätsstörungen und motorischen Ausfällen – wie zum Beispiel durch eine temporäre Peroneuslähmung – soll auf eine Schonung der angeführten peripheren Nerven geachtet werden.

Dieser Zugang setzt eine Seiten- oder Bauchlage der Patientin/des Patienten voraus. Dem Verlauf des M. biceps femoris folgend wird ein Hautschnitt über dem Fibulaköpfchen durchgeführt. Das weitere Vorgehen ist nun zweigeteilt.

Dem anterolateralen Zugang entsprechend wird jetzt ventral des Fibulakopfes der Tibiakopf freipräpariert. Dorsal des Fibulakopfes wird der N. peroneus communis aufgesucht. Nach Durchtrennung der Subkutis und der Fascia poplitea wird der M. gastrocnemius mit seinem Caput laterale identifiziert, genauso wie der M. soleus. Eine bessere Einsicht auf die posterolaterale Gelenkfläche wird erreicht, indem der Ursprung des lateralen Kopfes des M. gastrocnemius partiell inzidiert und der Muskelbauch gemeinsam mit dem M. popliteus nach medial weggehalten wird. Besonderes Augenmerk soll bei dem weichteilschonenden Vorgehen auf den M. popliteus gelegt werden, da dessen Sehne eine essenzielle Rolle in der passiven Stabilisation posterolateral übernimmt. Der an der Facies posterior tibiae entspringende M. soleus wird ebenfalls inzidiert, um das Anbringen einer dorsalen Abstützplatte überhaupt erst zu ermöglichen. Unter Schonung des N. peroneus communis wird eben dieser zusammen mit dem M. biceps femoris nach lateral retrahiert. Nun kann eine Gelenkeröffnung unterhalb des Außenmeniskus erfolgen und eine Reposition und Retention der Tibiakopffraktur durchgeführt werden (5, 12).

1.5.2.1 Modifizierter posterolateraler Zugang

Diese Zugangsmöglichkeit weist im Vergleich zum eben beschriebenen posterolateralen Zugang ein deutlich geringeres Weichteiltrauma auf, da hier eine Schonung der posterolateralen Gelenkkapsel, des Lig. popliteum obliquum und arcuatum, des lateralen Seitenbandes, der Sehne des M. popliteus und des lateralen Gastrocnemiuskopfes vorgenommen wird.

Im Rahmen der lateralen Arthrotomie müssen lediglich die zarte laterale Gelenkkapsel und das Lig. meniscotibiale – unter Belassen eines zwei Millimeter

langen tibialen Stumpfes - inzidiert werden, deren Refixation sich einfach und komplikationslos gestaltet.

Dieser Zugang ist indiziert bei isolierten posterolateralen Tibiakopffrakturen oder einem zur Gänze frakturierten lateralen Tibiaplateau mit posterolateraler Komponente.

Vorteilhaft ist das weichteilschonende Vorgehen und die Möglichkeit einer dorsalen Verplattung, um das Risiko einer dorsokaudalen Fragmentdislokation zu minimieren. Zusätzlich besteht die Option einer Zugangserweiterung mittels Osteotomie des Tuberculum Gerdy oder einer Fibulaosteotomie, um gegebenenfalls die gesamte laterale Gelenkfläche visualisieren zu können.

Technische Schwierigkeiten bei der Durchführung und Plattenanlage aufgrund der begrenzten Darstellbarkeit des posterolateralen Tibiakopfes limitieren die Anwendung dieses Zugangs. Die einsehbare Tibiafläche wird nach kranial durch den M. popliteus und nach medial durch die vom lateralen Gastrocnemiuskopf geschützte A. und V. poplitea begrenzt. Die Begrenzung nach kaudal erfolgt sowohl durch den M. soleus, als auch den N. peroneus und nach lateral durch das Fibulaköpfchen inklusive darauf inserierendem lateralen Seitenband und M. biceps femoris, an dessen dorsalem Rand der N. peroneus communis verläuft.

Die Lagerung der Patientin/des Patienten erfolgt seitlich mit leicht flektiertem und variiertem Kniegelenk.

Es wird drei cm oberhalb des Gelenkspalts mit einem posterolateralen Längsschnitt begonnen, der entlang des M. biceps femoris, über das Fibulaköpfchen verlaufend, distal der Tibialängsachse folgend durchgeführt wird und eine Länge von 12-15 cm misst. Ein zu dorsal angesetzter Schnitt, der die Kniebeugefalte kreuzt, soll im Hinblick auf Narbenkontrakturen vermieden werden. Nach Fasziensinzision und Anschlingung des N. peroneus communis wird ventral des Fibulaköpfchens der Tractus iliotibialis an dessen Hinterrand inzidiert, von dorsal unterminiert und im Bedarfsfall an seinem Ansatz am Tuberculum Gerdy partiell gelöst. Über eine horizontale Arthrotomie der Gelenkkapsel und des Lig. meniscotibiale kann die laterale Gelenkfläche inklusive des posterolateralen Segments beurteilt und später auch eine Repositionskontrolle erfolgen.

Für die Darstellung der posterolateralen Tibiafläche wird nun zwischen dem lateralen Gastrocnemiuskopf und dem M. soleus eine stumpfe Präparation in die Tiefe durchgeführt. Neben der Retraktion des N. peroneus communis nach ventral

wird unter Schonung der nun visualisierten A. und V. poplitea der M. popliteus nach mediokraniel gehalten. Der an der Facies posterior fibulae entspringende Anteil des M. soleus wird durchtrennt und rund zwei bis drei Zentimeter distalwärts vom Periost abgehoben. Um keine Denervierung des M. soleus zu riskieren, wird die Präparation genau dort beendet, wo der N. peroneus communis in den eben genannten Muskel eintritt.

Gleich wie beim posterolateralen Zugang soll auch bei der modifizierten Methode auf eine Schonung der A. und V. geniculares inferiores geachtet werden, um einer Devaskularisation des Frakturareals entgegenzuwirken.

Eine individuell an die Anatomie des Tibiakopfes angebogene dorsale Abstützplatte soll - zur Verhinderung von Gefäßeinklemmungen - unterhalb des M. soleus unter Knochenkontakt positioniert werden.

Ob eine anatomische Reposition der Gelenkfläche erreicht wurde, kann über die laterale Arthrotomie nach Kranialretraktion des Außenmeniskus beurteilt werden. Nach zufriedenstellender Osteosynthese wird sowohl das Lig. meniscotibiale mit einer Naht und der M. soleus an der Gelenkkapsel refixiert.

Aufgrund erhöhtem Risiko für Peroneusläsionen wird von einer Metallentfernung nach Konsolidierung der Frakturspalten Abstand genommen (14).

1.5.3 Erweiterte laterale Zugänge

1.5.3.1 Osteotomie des Fibulakopfes

Um das laterale Gelenkkompartiment vollständig einsehen zu können, reicht weder ein anterolateraler oder posterolateraler Zugang, noch die Kombination von beiden aus. Hierfür gibt es die Möglichkeit einer Fibulakopfosteotomie oder einer lateralen femoralen Epikondylusosteotomie, die in **Kapitel 1.5.3.4** näher beschrieben wird.

Die Osteotomie des Fibulakopfes ist im Vergleich technisch fordernder und hinsichtlich der Nähe zum N. peroneus communis riskanter. Komplikationen wie unzureichende Stabilität des proximalen Tibiofibulargelenks, sekundärer Repositionsverlust oder Wanderung von Osteosynthesematerial können bei der Fibulakopfosteotomie auftreten.

Begonnen wird mit einem Hautschnitt entlang des M. biceps femoris bis distal unter das Fibulaköpfchen, anschließend wird die Insertion des Tractus iliotibialis am Tuberculum Gerdy aufgesucht und inzidiert. Nun muss das Lig. capitis fibulae

anterius des proximalen Tibiofibulargelenks aufgrund des N. peroneus communis, der sich direkt unterhalb um den Fibulahals schlingt, vorsichtig durchtrennt werden. Der fibulare Ansatz des lateralen Seitenbandes wird dargestellt und medialseitig davon – um in Folge eine Bandinstabilität zu vermeiden - kann die Osteotomie des Fibulakopfes durchgeführt werden. Die mediale Hälfte des Caput fibulae kann nun entfernt und posterolaterale Frakturfragmente leichter versorgt werden (5, 12).

1.5.3.2 Digastric Fibular Head Osteotomy

Für eine bessere Beurteilbarkeit und leichtere Versorgung posterolateral lokalisierter Frakturkomponenten kann alternativ dieser Spezialzugang herangezogen werden.

Vorteilhaft bei diesem Vorgehen ist, dass der Bandapparat rund um das proximale Tibiofibulargelenk intakt bleibt. Potenzielle Risiken dieses Zugangs stellen die Gefahr von Peroneusläsionen und durch verzögerte Frakturheilung bedingte Defizite in der Stabilitätsfunktion der posterolateralen Ecke dar.

Es wird mit einem S-förmigen anterolateralen Zugang begonnen und die darunterliegende Subkutis und Faszie longitudinal - mittig zwischen Tuberculum Gerdy und Fibulakopf - inzidiert. Als nächster Schritt wird das laterale Seitenband und das Lig. capitis fibulae anterius aufgesucht und unter Schonung des N. peroneus communis dazwischen osteotomiert. Bei flektiertem Knie kann nun das posterolaterale Segment versorgt werden, auch wenn es Limitationen hinsichtlich der Anbringung posterior gelegener Fixationsmaterialien gibt.

Eine Refixierung des Fibulakopfes erfolgt mittels Verschraubung, die horizontal eingebracht wird, von lateral nach medial durch die Art. tibiofibularis proximalis verläuft und das Gelenk stabilisiert (12).

1.5.3.3 Osteotomie des Fibulahalses

Im Falle einer Fraktur des lateralen Tibiaplateaus mit einer posterolateralen Komponente kann eine chirurgische Versorgung über eine Osteotomie des Fibulahalses erfolgen.

Indikationen sind Schatzker Typ II Frakturen und posterolaterale Frakturkomponenten - die mit einer Dislokation und Impression über 12 mm einhergehen. Weitere Indikationen stellen auch Frakturen dar, die bis an das proximale Tibiofibulargelenk heranreichen und sich in jenem keilförmigen Bereich

befinden, der von der Vorder- und Hinterkante der Fibula und dem Kniegelenksmittelpunkt begrenzt wird. Darüber hinaus kann nach Augmentation einer posterolateralen Impressionsfraktur die Notwendigkeit einer speziellen Osteosynthesetechnik, wie zum Beispiel eine Ringplatte, gegeben sein, die nicht über einen standardmäßigen anterolateralen oder posterolateralen Zugang eingebracht und fixiert werden kann.

Bei diesem Zugang liegt die Patientin/der Patient in Seitenlage auf dem Operationstisch und es wird ein rund 20 cm langer, vertikaler, über den Fibulakopf laufender Hautschnitt gesetzt. Nach Inzision der Subkutis und des Tractus iliotibialis wird der N. peroneus communis aufgesucht und schonend aus dem Operationsfeld gehalten.

Um einen Zugang zum anterolateralen Tibiaplateau zu bekommen wird der am Condylus lateralis tibiae entspringende M. tibialis anterior an seinem Ursprung inzidiert. Anschließend muss der M. peroneus longus vom Kopf bis unter den Hals des Wadenbeins abgehoben werden. Unter Rücksicht auf das laterale Seitenband und den M. biceps femoris wird das Wadenbein auf Höhe des Fibulahalses osteotomiert. Der losgelöste Fibulakopf lässt sich nun nach oben mobilisieren und erleichtert somit den Zugang zum gesamten lateralen Tibiaplateau. Nach einer horizontalen Arthrotomie unterhalb des Außenmeniskus können nun Meniskusläsionen und die Tibiakopffraktur direkt visualisiert und versorgt werden. Die Refixierung des Wadenbeinkopfes an die Diaphyse erfolgt mit Kirschnerdrähten. Da das proximale Tibiofibulargelenk nur minimale Gleitbewegungen zulässt, kann der Fibulakopf über eine quer eingebrachte Schraube an den Tibiakopf refixiert werden. Die Vorteile dieser Verschraubung liegen in einer zusätzlichen Fixierungsfunktion des posterolateralen Areals, der erleichterten Heilung des Lig. capitis fibulae anterior und posterior und in einer erhöhten Gelenkstabilität (15).

Zur Vermeidung von Nervenschädigungen soll auf eine achtsame Präparation und ständige Schonung des N. peroneus communis während des Eingriffs geachtet werden.

Um Komplikationen durch eine Instabilität des proximalen Tibiofibulargelenks zu verhindern, werden die Gelenkkapsel und die Ligg. capitis fibulae genäht und lange Schrauben zur Fixierung des osteotomierten Fibulakopfes an den Condylus lateralis verwendet (15).

1.5.3.4 Laterale femorale Epikondylusosteotomie

Diese Form des erweiterten lateralen Zugangs findet vor allem bei lateralgelegenen unikondylären als auch bikondylären Frakturen, die eine Frakturkomponente in den zentralen Segmenten aufweisen, ihre Anwendung. Eine weitere Indikation stellt eine Gelenkstufe > 2 mm im lateralen Tibiaplateau oder das Vorliegen eines multifragmentierten dislozierten Tibiaplateaus dar.

Besteht zusätzlich zur Tibiakopffraktur eine Fraktur des ipsilateralen Femurkondyls, ist das laterale Seitenband oder eine Struktur der posterolateralen Ecke rupturiert, so ist die laterale femorale Epikondylusosteotomie kontraindiziert. Vorteile dieses Zugangs sind die Darstellbarkeit der kompletten lateralen Gelenkfläche, die Beurteilbarkeit des Repositionsergebnisses anhand direkter Visualisierung, wodurch das folgenschwere Übersehen einer intraartikulären Stufenbildung verhindert werden kann. Der laterale Bandapparat bleibt intakt und der Osteotomiewürfel kann einfach mittels Schraubenosteosynthese refixiert werden.

Einen Nachteil stellt die unveränderte Fixierungstechnik von Osteosynthesematerial dar. Weiters kann es zur Heilungsverzögerung bzw. zum Versagen der Refixierung kommen - resultierend in einer posterolateralen Rotationsinstabilität.

Der Hautschnitt kann je nach Präferenz der Chirurgin/des Chirurgen entweder gleich wie beim posterolateralen Zugang durchgeführt werden oder mittels vertikaler beziehungsweise S-förmiger Schnittführung anterolateral erfolgen. Nun wird der M. biceps femoris und N. peroneus aufgesucht und geschont. Nach Freipräparation des femoralen Ansatzes des lateralen Seitenbandes kann genau dieser rechteckig mit oder ohne Vorbohren und unter Zuhilfenahme einer sagittalen Säge oder eines Osteotoms osteotomiert werden. Eine Mobilisation dieses Knochenblocks führt zu einer Vergrößerung des Gelenkspalts um fünf bis sieben Millimeter. Es besteht die Möglichkeit, den femoralen Ursprung des M. popliteus zusammen mit dem des Kollateralbandes zu osteotomieren, um eine bessere Darstellung der zentralen Segmente zu erreichen. Die Indikation dazu stellen nur Frakturverläufe von sehr hoher Komplexität dar. Das Tibiaplateau kann am besten beurteilt werden, wenn ein Varusstress auf das Kniegelenk ausgeübt wird.

Nach erfolgter Frakturversorgung wird das osteotomierte Fragment wieder anatomisch eingepasst und mit kanülierten Zugschrauben refixiert (6, 5, 12).

1.5.4 Anteromedialer Zugang

Über einen anteromedialen Zugangsweg kann laut Zehnsegmentklassifikation das anteromedio mediale, anteromediozentrale und anterozentrale Segment versorgt werden.

Da das laterale Plateau aufgrund anatomischer Gegebenheiten leichter frakturiert als das robustere mediale, treten nur selten Frakturen auf, die ausschließlich anteromedial lokalisiert sind. Oft liegen diese kombiniert mit einer posteromedialen oder sogar bikondylären Frakturkomponente vor.

Ein anteromedialer Zugang muss häufig mit einem weiteren Zugang kombiniert werden, um eine - alle Frakturausläufer umfassende - Reposition und Retention der Tibiakopffraktur sicherstellen zu können.

Anteromedial parapatellar wird ein longitudinaler Hautschnitt durchgeführt. Danach wird die Subkutis durchtrennt und die Aponeurose des M. vastus medialis gespalten. In Folge werden die am Condylus medialis tibiae inserierenden Sehnen des M. sartorius, semitendinosus und gracilis gemeinsam mit dem medialen Seitenband nach dorsal retrahiert, um den Zugang zum medialen Tibiakopf zu erleichtern. Die freiliegende Gelenkkapsel wird längs inzidiert und über eine quere Arthrotomie durch das Lig. meniscotibiale anterius das vordere Drittel der medialen Gelenkfläche dargestellt.

Die limitierte Visualisierbarkeit der dorsalen Gelenkflächenanteile ist auf die starke Verwachsung des medialen Seitenbandes mit der Gelenkkapsel und dem Innenmeniskus, als auch auf die vorderen, oberflächlich verlaufenden Seitenbandanteile zurückzuführen (5, 16).

1.5.5 Erweiterter medialer Zugang

1.5.5.1 Mediale femorale Epikondylusosteotomie

Ist die Darstellung der Gelenkfläche über einen gewöhnlichen anteromedialen Zugang nicht ausreichend oder die Einsichtnahme in zentral gelegene Segmente nicht gegeben, so kann eine mediale femorale Epikondylusosteotomie durchgeführt werden.

Es ist jedoch nicht möglich mit dieser weichteilschonenden Zugangserweiterung die dorsalen 30 Prozent des medialen Plateaus zu visualisieren.

Voraussetzung für eine mediale Epikondylusosteotomie ist das Vorliegen eines anteromedialen Zugangs oder die Durchführung einer gelenkübergreifenden Längsinzision der Haut über dem medialen Tibiaplateau. Für zweitgenannten Fall werden in Folge die Subkutis und das Retinaculum patellae mediale direkt über dem Innenband gespalten, dessen femoraler Bandansatz anschließend freipräpariert und für eine Osteotomie vorbereitet wird.

Nun kann die mediale Epikondylusosteotomie durchgeführt werden, indem ein - den femoralen Kollateralbandansatz tragender - Knochenwürfel gewonnen wird. Nach Retraktion desselben wird unterhalb des Innenmeniskus arthrotomiert und unter Ausübung eines Valgusstressses auf das Kniegelenk kann die mediale Gelenkfläche bestmöglich beurteilt werden.

Der osteotomierte Knochenwürfel wird nach erfolgter Frakturversorgung wieder anatomisch eingepasst und mit zwei kanülierten Schrauben refixiert.

Eine Gelenkinstabilität aufgrund verzögerter Knochenheilung, Repositionsverlust oder Materialwanderung ist eine mögliche Komplikation der medialen femoralen Epikondylusosteotomie (5, 6).

1.5.6 Posteromedialer Zugang

Ein posteromedialer Zugang kann über verschiedene Schnittführungen erfolgen, welche nachfolgend beschrieben werden.

Die Indikation für folgenden beschriebenen Zugang bilden vor allem isolierte posteromediale Abscherfrakturen, da sich mit dieser Technik auch distale Frakturausläufer gut darstellen und mittels posteromedialer Abstützplatte versorgen lassen (5).

Schnittführung 1

Bei abgewinkeltem Knie wird der Hautschnitt entlang der Hinterkante des medialen Seitenbandes gesetzt, während sich die Patientin/der Patient in Rückenlage befindet. Danach wird unter Retraktion der Sehnen - die den Pes anserinus superficialis bilden - zum Tibiakopf in die Tiefe präpariert.

Schnittführung 2

Liegt jedoch eine Multifragmentierung der Gelenkfläche oder ein großes posterolaterozentrales Fragment vor, so wird die Patientin/der Patient in Bauchlage am Operationstisch gelagert. Wenn ein muskelschonender Zugang gewählt wird, ist ein verkehrter L-förmiger Schnitt notwendig. Dazu wird das

Skalpell mittig oberhalb der Kniebeugefalte angesetzt und ein Hautschnitt parallel dazu medialwärts durchgeführt, am medialen Ende der Beugefalte wird das Skalpell um 90 Grad gedreht und die Inzision nach distal fortgesetzt.

Schnittführung 3

Alternativ kann ein reiner Längsschnitt medial der Beugefalte angewandt werden, dies limitiert jedoch die Einsicht in die posterozentralen Segmente.

Nach Durchtrennung der Subkutis werden der M. semimembranosus und mediale Gastrocnemiuskopf stumpf gelöst. Letztgenannter Muskel wird nach lateral weggehalten, danach können der M. soleus an seinem Ursprung und der M. popliteus an seinem Ansatz auf der Facies posterior tibiae inzidiert werden, damit eine Adressierung der posteromedialen, posteromediozentralen, posterozentralen und posterolaterozentralen Segmente ermöglicht werden kann. Wenn dies noch nicht ausreicht, um zur dorsomedialen Gelenkkapsel zu gelangen, muss zusätzlich die Ansatzsehne des medialen Gastrocnemiuskopfes am Epicondylus medialis femoris partiell inzidiert werden.

Die Eröffnung der posteromedialen Kapsel erfolgt unter Schonung des hinteren Kreuzbandes und der Ansatzsehne des M. semimembranosus (16, 5, 17).

1.5.7 Dorsale Zugänge

Dorsale Zugänge erlauben nur die Versorgung posterior gelegener Frakturen, somit ist die Hauptindikation eine Fragmentation im posterozentralen Segment, wie bei einer nach der AO-Klassifikation 41A1-Fraktur des hinteren Kreuzbandes. Weiters kann eine posteromediale Tibiakopfluxationsfraktur, sowie ein posteromediales Fragment bei bikondylärer Tibiakopffraktur über einen posterioren Zugang behandelt werden.

Besteht eine kritische Weichteilsituation oder ist eine Lagerung der Patientin/des Patienten in Bauchlage nicht möglich, so liegen Kontraindikationen für den dorsalen Zugang vor und es muss ein alternatives Therapieverfahren geplant werden.

Ein Nachteil dieses Zugangs ist, dass anterior lokalisierte Frakturkomponenten nicht über diese Methode allein versorgt werden können, sondern dafür zusätzliche Zugangswege notwendig sind. Weiters besteht ein hohes Gefahrenpotential im Hinblick auf Gefäß- und Nervenbahnen, die den Zugangsweg kreuzen. Eine Metallentfernung nach erfolgter dorsaler

Osteosynthese gestaltet sich als äußerst schwierig bis unmöglich.

Dorsale Zugänge lassen sich anhand ihrer Schnittführung in klassisch und direkt einteilen (16, 12, 18).

1.5.7.1 Klassischer dorsaler Zugang

Begonnen wird mit einer S-förmigen Inzision der Haut, die proximal lateral direkt unter der Beugefalte der Kniekehle ihren Anfang hat, dann schräg nach medial fortgeführt wird und über dem medialen Gastrocnemiuskopf nach distal ausläuft.

Anschließend wird die Subkutis und die Fascia poplitea unter Schonung der V. saphena parva und des N. cutaneus suralis medialis durchtrennt.

Nun lässt sich in der Fossa poplitea das neurovaskuläre Bündel – bestehend aus A. und V. poplitea sowie N. tibialis – darstellen.

Um eine Adressierung des posterolateralen Plateaus zu ermöglichen, wird eine Inzision zwischen den Gastrocnemiusköpfen nach distal durchgeführt. In Folge wird der mediale Gastrocnemiuskopf gemeinsam mit dem N. tibialis nach medial und der laterale Gastrocnemiuskopf inklusive der A. und V. poplitea, als auch dem N. peroneus communis nach lateral retrahiert.

Der an der lateralseitigen Facies posterior tibiae entspringende Anteil des M. soleus wird inzidiert, um eine Versorgung des posterolateralen Plateaus nach horizontaler Arthrotomie zu ermöglichen (12, 16).

1.5.7.2 Direkter dorsaler Zugang

Ein klassisches Frakturmuster, das einen direkten dorsalen Zugang notwendig macht, ist die posteromediale Tibiakopfluxationsfraktur – auch „medial split fracture“ genannt. Kennzeichnend ist ein isoliertes Frakturfragment, welches durch eine Abscherung der gesamten posteromedialen Gelenkflächenhälfte entsteht.

Anhand nativradiologischer Bildgebung lässt sich der klassische Frakturverlauf folgendermaßen beschreiben: in der anterior-posterioren Aufnahme stellt sich medial der Eminentia intercondylaris eine der Längsachse der Tibia folgende Frakturlinie dar, die auf Höhe der Metaphyse mit einer horizontalen Frakturlinie fusioniert. Hingegen in der seitlichen Aufnahme zeigt sich eine Spaltbildung, die in der Mitte des medialen Tibiaplateaus beginnt und unter Bildung eines nach dorsal offenen Winkels von 45° bis posterior subkondylär verläuft.

Der direkte dorsale Zugang weist einige Vorteile auf, wie das weichteilschonende Vorgehen durch fehlende Inzision des M. gastrocnemius und

M. semimembranosus. Die erleichterte Reposition von posteromedialen Tibiakopfluxationsfrakturen bei Bauchlage der Patientin/des Patienten und eine mögliche Versorgung eben dieses Frakturtyps ohne Gelenkeröffnung sind ebenfalls von Vorteil. Weiters wird auch das Risiko dorsokaudal dislozierender Frakturfragmente durch streng dorsales Anbringen posteromedialer Abstützplatten minimiert.

Verglichen mit dem klassischen dorsalen Zugang ist der direkte technisch leichter durchzuführen, minimalinvasiver und schützt durch mediale Retraktion des gleichseitigen Gastrocnemiuskopfes den poplitealen Gefäß- und Nervenstrang. Eine für diesen Zugang notwendige Bauchlagerung ist bei manchen PatientInnen aus medizinischen oder sonstigen Gründen nicht möglich und bedingt so die Suche nach alternativen, auch in Rücken- oder Seitenlage durchführbaren Zugängen.

Als erster Schritt wird mit einem sechs bis acht Zentimeter langen, auf Höhe des Gelenkspalts beginnenden vertikalen Schnitt die Haut über dem medialen Gastrocnemiuskopf inzidiert. Nach Spaltung der Subkutis, der Faszie und einer stumpfen Präparation des medialen Gastrocnemiuskopfes wird eine Retraktion desselben nach lateral durchgeführt.

Zur vollständigen Darstellung des posteromedialen Tibiakopfes muss nun der Ansatz des M. popliteus an der Facies posterior tibiae subperiostal nach lateral abgetragen und der M. semimembranosus nach kraniomedial retrahiert werden. Sobald der distale Frakturausläufer und die Gelenkkapsel visualisiert wurden, kann unter Kniegelenksexension und simultanem Längszug eine Reposition des posteromedialen Frakturfragments erfolgen.

Ist das intraoperativ mit dem Bildwandler kontrollierte Repositionsergebnis zufriedenstellend, so folgt eine Fixierung mit posteromedial eingebrachten Kortikaliszugschrauben. Die Fragmentadaptation soll hier mit einer senkrecht zum Frakturspalt verlaufenden ersten Schraube und zwei weiteren weitgehend subchondral liegenden Schrauben erfolgen, um eine höchstmögliche biomechanische Stabilität zu erzielen.

Bei vorliegender „medial split fracture“ wirkt man einer dorsokaudalen Dislokation entgegen, indem eine der Anatomie des posteromedialen Tibiakopfes angebogene Platte dorsal platziert und verschraubt wird. Um das Luxationsrisiko so gering wie möglich zu halten, soll eine Mindestplattenlänge gewählt werden, die

das Einbringen von zwei bis drei Schrauben distal des Frakturausläufers ermöglicht.

Soll mit einem direkten dorsalen Zugang der posterolaterale Tibiakopf dargestellt werden, so wird nach stumpfer Präparation der laterale Gastrocnemiuskopf und M. plantaris nach medial retrahiert. Dies erfolgt unter Schonung des N. peroneus communis, N. cutaneus suralis medialis und N. cutaneus suralis lateralis.

Für die Visualisierung des distalen Frakturausläufers muss medialseitig der Ansatz des M. popliteus an der Facies posterior tibiae subperiostal unterminiert werden (19, 16).

1.5.7.3 Modifizierter direkter dorsaler Zugang

Über diesen Zugangsweg ist eine Versorgung von Tibiakopffrakturen der posterioren Säule und teilweise auch von Frakturkomponenten der anteromedialen Säule möglich.

Trotz der Nähe zu oberflächlich und tief verlaufenden Gefäß- und Nervenbahnen in der Kniekehlenregion werden genau diese sensiblen Strukturen beim modifizierten direkten dorsalen Zugang geschont.

Von Nachteil ist die notwendige Bauchlagerung der Patientin/des Patienten, da im Falle eines unzureichenden Repositionsergebnisses auf einen alternativen Zugangsweg umgestiegen werden muss und dadurch eine Umlagerung erforderlich sein kann.

Begonnen wird in der Mittellinie des Kniegelenks mit einem Längsschnitt, der direkt unter der Beugefalte der Kniekehle anfängt und etwa zehn Zentimeter nach distal reicht. Falls es notwendig ist, den Hautschnitt proximal über die Beugefalte hinweg zu erweitern, so muss dies bogenförmig erfolgen, um keine Extensionsdefizite durch narbige Kontrakturen zu riskieren.

Nach Dissektion der Subkutis stellen sich die oberflächlich verlaufende V. saphena parva und der N. cutaneus suralis lateralis und medialis dar, die schonend zur lateralen Seite hin weggehalten werden.

Folglich wird die, die beiden Gastrocnemiusköpfe verbindende Furche inzidiert und der mediale und laterale Gastrocnemiuskopf auf die jeweils ipsilaterale Seite retrahiert. Nun kommen die in der Tiefe der Kniekehle verlaufenden A. und V. poplitea und der N. tibialis zur Darstellung und werden ebenfalls nach lateral gehalten.

Bevor der M. popliteus inzidiert werden kann, muss aufgrund deren Verlauf die A. inferior medialis genu ligiert werden.

Durch die Abhebung des M. popliteus von der Facies posterior tibiae wird das posteriore Plateau visualisiert und eine Reposition, gefolgt von einer Retention kann durchgeführt werden (18).

1.5.8 Minimalinvasive Zugänge

1.5.8.1 Arthroskopisch assistierter Zugang

Indikationen

Arthroskopisch können nur ausgewählte Frakturtypen versorgt werden. Hierzu zählen knöcherne Ausrissfrakturen des vorderen oder hinteren Kreuzbandes (41A1), Spalt- (41B1) oder Impressionsfrakturen (41B2), jeweils ohne oder mit minimaler Dislokation. Weiters kann das Vorhandensein osteochondraler Fragmente eine Refixation oder Entfernung derselben notwendig machen. Simultan zur Tibiakopffraktur vorliegende Läsionen des Kapsel-Band-Apparats des Kniegelenks können über einen arthroskopischen Zugang einfach versorgt werden.

Um präoperativ einen Überblick über das Ausmaß der Gelenkdestruktion zu erlangen, kann nach stattgehabtem Trauma eine diagnostische Arthroskopie durchgeführt werden.

Nach erfolgter arthroskopischer Frakturversorgung kann direkt das Repositionsergebnis beurteilt und etwaige Gelenkstufen identifiziert werden (16, 5, 20, 21).

Kontraindikationen

Oft kann über einen arthroskopisch assistierten Zugang nur ein mangelhaftes Repositionsergebnis bei komplex frakturierten Brüchen vom Typ 41B3 oder C nach der AO-Klassifikation erreicht werden. Aus diesem Grund stellen eben angeführte Frakturtypen Kontraindikationen für den minimalinvasiven Zugang dar und sollen offen-chirurgisch adressiert werden. Trümmerfrakturen des Tibiakopfes erfordern oftmals eine rigide Verplattung, die minimalinvasiv nicht durchgeführt werden kann. Ebenfalls kontraindiziert ist dieses Verfahren bei Verletzungen der Kniegelenkkapsel, um einem Kompartmentsyndrom durch Einsickern der arthroskopisch eingebrachten Flüssigkeit entgegenzuwirken.

Vorbestehende arthrotische Kniegelenksveränderungen der Patientin/des Patienten sind auch eine Indikation zur Wahl eines offen-chirurgischen Zugangs (16, 5).

Vorteile

Das minimalinvasive Verfahren, über kleine Hautschnitte und unter Weichteilschonung in die Tiefe zum Tibiakopf zu gelangen sind positive Aspekte dieser Methode. Die einfache Beurteilbarkeit des Frakturausmaßes und – verlaufs, als auch von Begleitverletzungen der Menisken, Kreuz- und Seitenbänder und die Möglichkeit der direkten Versorgung dieser Verletzungen stellen weitere Vorteile dar.

Zusätzlich ist zur Adressierung posterolateraler Frakturfragmente keine Fibulakopfosteotomie oder laterale femorale Epikondylusosteotomie notwendig, insofern die Möglichkeit posteromedial und -lateral platzierter additionaler Portale besteht.

Auch über einen rein arthroskopisch assistierten Zugang kann eine anatomische Reposition nach Aufstößelung des imprimierten Areal und Defektzonenauffüllung mit autologem Knochentransplantat oder über Ballontibioplastie eingebrachten Kalziumphosphat-Knochenzement erfolgen.

Eine Fixierung der Frakturfragmente mittels Verschraubung ist ebenso möglich wie die Durchführung einer anterolateraler Verplattung.

Mithilfe einer fluoroskopischen und arthroskopischen Kontrolle des Repositionsergebnisses kann persistierenden Gelenkstufen entgegengewirkt werden.

Durch die Wahl des minimalinvasiven Verfahrens wird das Risiko für mögliche Wund- oder Weichteilinfektionen deutlich minimiert, als auch die Gefahr der Entwicklung einer postoperativen Osteomyelitis ist reduziert. Von Vorteil für die Patientin/den Patienten sind vor allem auch die kürzere Dauer des postoperativen Krankenhausaufenthaltes als auch der Rehabilitation (20, 16, 5, 21).

Nachteile

Von großem Nachteil ist, dass die Anwendbarkeit des arthroskopisch assistierten Zugangs auf einfache und gering dislozierte Frakturen beschränkt ist.

Zurückzuführen ist dies vor allem auf die Gefahr einer iatrogenen Entwicklung

eines Kompartmentsyndroms bei Frakturen der Schatzkertypen IV bis VI. Wichtige Faktoren sind diesbezüglich bis in die Tibiadiaphyse ausstrahlende Frakturverläufe und Kapselrupturen. Die über das Arthroskop in das Kniegelenk eingebrachte Flüssigkeit kann sekundär in den Weichteilmantel des Unterschenkels absinken und ein Kompartmentsyndrom bedingen, welches eine extremitätengefährdende Komplikation darstellt. Weiters ist für die Durchführung dieses Verfahrens ein spezielles chirurgisches Instrumentarium von Nöten und die Behandlungsqualität Operateur-abhängig.

Die perkutane Frakturversorgung kann nur über Verschraubung oder Anbringen einer anterolateral gelegenen Platte erfolgen, aufwändigere Fixierung komplexer Frakturtypen ist nicht möglich. Nachteilig sind weiters die längere Operationsdauer und die höheren Kosten eines minimalinvasiven Eingriffs im Vergleich zu einem offen-chirurgischen (20, 21, 16).

Portale

Die Zugänge einer Kniegelenksarthroskopie bilden ein anteromediales und anterolaterales Portal. Zusätzlich kann die Anlage eines dritten anterior superolateral gelegenen Portals die Minimierung des Kniegelenkinnendrucks bei laufender Spülung und das Ausräumen eines Frakturhämatoms erleichtern. Zur Adressierung des posterolateralen Tibiakopfes sind ergänzend zu den anterioren Zugängen ein posteromediales und posterolaterales Portal notwendig. Bei Anlage des posteromedialen Portals muss das dorsale Septum gespalten werden und um neurovaskuläre Verletzungen zu umgehen, soll die Präparation dorsal des hinteren Kreuzbandes erfolgen. Über das posterolaterale Portal gelangt man nach Inzision popliteomeniskaler Fasern und Retraktion der Ansatzsehne des M. popliteus zur posterolateralen Tibiafläche (16, 21, 20).

1.6 Frakturversorgungsprinzipien

1.6.1 Konservative Versorgung

Indikationen für einen konservativen Therapieansatz stellen undislozierte oder nur minimal verschobene Frakturen sowie Fissuren des Tibiakopfes dar.

Kontraindikationen für chirurgische Versorgungsprinzipien wie eine schlechte OP-Tauglichkeit der Patientin/des Patienten, ein reduzierter Allgemeinzustand, ausgeprägter Weichteilschaden oder eine mangelhafte Durchblutungssituation der

unteren Extremität können eine konservative Therapie auch bei dislozierten Frakturen notwendig machen.

Neben Maßnahmen zum Rückgang der lokalen Schwellung spielen ein adäquates Schmerzmanagement und das frühe Beüben des Gelenks eine wichtige Rolle. Um das Risiko einer Kniegelenks-Einsteifung zu minimieren, wird eine frühzeitige Mobilisation stabiler Tibiakopffrakturen angestrebt. Flexion und Extension werden entweder passiv mit einer CPM (Continuous Passive Motion)-Schiene oder durch aktives Ansteuern der kniegelenknahen Muskulatur geübt.

In den ersten 6 Wochen nach dem Frakturzeitpunkt soll die betroffene untere Extremität gänzlich entlastet werden, nach diesem Zeitraum kann je nach Konsolidierungsstatus im Röntgen eine zunehmende Teilbelastung erfolgen. (16)

1.6.2 Chirurgische Versorgung

1.6.2.1 Operationsindikationen

Eine operative Versorgung ist indiziert, wenn eine intraartikuläre Gelenkstufe > 2 mm vorliegt oder es zu einer Absenkung der Gelenkfläche $> 5^\circ$ gekommen ist. Eine Tibiakopfverbreiterung > 5 mm oder eine Achsabweichung $> 5^\circ$ in der koronaren oder sagittalen Ebene erfordern ebenfalls eine chirurgische Versorgung. Weitere Indikationen stellen Frakturen des medialen Plateaus, ein Frakturverlauf bis in die Tibiadiaphyse oder begleitende Fibulafrakturen im Sinne einer Unterschenkelfraktur dar. Begleitverletzungen des Bandapparats des Kniegelenks – insofern keine konservative Therapie möglich ist – als auch ein drohendes Kompartmentsyndrom und das Vorliegen offener Frakturen sind absolute Operationsindikationen (5).

1.6.2.2 Ziele operativer Versorgung

Die chirurgische Versorgung von Tibiakopffrakturen hat als übergeordnetes Ziel die anatomische Rekonstruktion der Gelenkfläche und das Verhindern von persistierenden intraartikulären Gelenkstufen. Dies erfolgt mit der Absicht einem vermehrten Knorpelverschleiß und folglich einer posttraumatischen Gonarthrose-Bildung entgegenzuwirken und eine reibungslose Gelenkfunktion gewährleisten zu können. Ein weiteres Ziel ist es, die Beinachse der Patientin/des Patienten unter Berücksichtigung der physiologischen Varus- bzw. Valgusstellung weitestgehend wiederherzustellen.

Vor allem sind es intraartikuläre Mehrfragmentfrakturen, die zur Tibiakopfverbreiterung führen können und genau diese sollte mit einer korrekten Adaptation der Frakturfragmente wieder auf ein Normalmaß korrigiert werden. Vorliegende intraartikuläre Begleitverletzungen – Läsionen von Menisken, Kreuz- und Seitenbändern – können bei arthroskopischer, aber auch offen-chirurgischer Frakturversorgung direkt mitbehandelt werden. Eine zeitnahe Adressierung hat zum Ziel die Kniegelenkstabilität ehestmöglich wiederherzustellen. Aufgrund des traumatischen Unfallmechanismus kommt es oftmals zu ausgeprägten Begleitverletzungen des kniegelenknahen Weichteilmantels. Die Versorgung desselben muss ebenso ein Behandlungsziel darstellen, da eine gute Weichteilsituation die Grundbedingung für eine komplikationslose Wund- und Frakturheilung ist (5).

1.6.2.3 Geschlossene Reposition und perkutane Versorgung

Falls kein offen-chirurgischer Zugang zur Frakturversorgung notwendig ist, besteht die Möglichkeit, die frakturbedingte Fehlstellung geschlossen zu reponieren. Die geschlossene Reposition wird durch Drücken und Ziehen von Außen durchgeführt. Falls die Frakturmorphologie eine perkutane Versorgung erlaubt, werden - anschließend an die erfolgte Reposition - Schrauben über kleine Stichinzisionen in den Tibiakopf zur Frakturstabilisierung eingebracht.

1.6.2.4 Fixateur externe

Ein das Kniegelenk übergreifender Fixateur externe kann als stabilisierendes Verfahren ausgewählt werden, um bei einem ausgeprägten Schaden des Weichteilmantels die Zeit bis zur internen Osteosynthese zu überbrücken. Eine inadäquate Weichteilsituation würde zu einer Hypoxie, venösen Stauung und somit einer ungünstigen Ausgangslage für eine gute Wundheilung führen. Die proximalen Schanz-Schrauben liegen im Femurschaft, die distalen Schanz-Schrauben im Tibiaschaft und ermöglichen somit eine Wiederherstellung der Länge, Achse und Rotation der jeweiligen unteren Extremität. Je kürzer die Anlage eines Fixateur externes notwendig ist, desto besser, da keine Gelenkbeweglichkeit möglich ist und man einer Einsteifung des Kniegelenks entgegenwirken muss (16, 11).

Hybridfixateur

Für den Fall, dass eine Tibiakopffraktur einen Fixateur externe als definitive Versorgungsstrategie bis zur Frakturausheilung erfordert, so gibt es die Möglichkeit eines Hybridfixateurs. Dieser überbrückt nicht das Kniegelenk und ermöglicht somit einen gewissen Bewegungsumfang desselben. Die Gefahr einer Gelenk-Einsteifung ist somit im Vergleich zum Fixateur externe reduziert. Beim Hybridfixateur werden proximal dünne Drähte in den Tibiakopf und distal Schanz-Schrauben in den Tibiaschaft eingebracht. Die proximalen Drähte müssen 15 mm unter dem Gelenkspalt eingebracht werden, da es bei Infektionen an den Drahteintrittsstellen ansonsten in Folge leichter zu Gelenksinfektionen kommen kann.

Von Vorteil sind die kurze Operationsdauer und Aufenthaltsdauer im Krankenhaus, sowie der minimale intraoperative Blutverlust, als auch die bei gut erhaltenem Weichteilmantel leichtere Implantation potenziell notwendiger Knie-Totalendoprothesen, verglichen mit der Situation nach ORIF (16, 22).

Ilizarov Ringfixateur

Der Ilizarov Ringfixateur stabilisiert die Fraktur in allen drei Ebenen und kann auch eine Kompression bzw. Distraction der Fragmente bewirken. Es ist eine ebenfalls nicht das Gelenk überbrückende Versorgungsalternative bei den Schatzker Frakturtypen IV, V und VI mit ausgedehntem Weichteilschaden und kann weiters auch als Therapiemöglichkeit bei Pseudoarthrosen angewandt werden.

Die Fixierung erfolgt im Falle von Tibiakopffrakturen mittels Drähten oder Pins proximal am Tibiakopf und distal am unteren Schienbeinende. Eine Anlage der proximalen Pins im Femurschaft kann bei Vorliegen einer Subluxation, verletzungsbedingten Bandinstabilitäten und frakturierten Femurkondylen erforderlich sein. Bei gelenküberbrückender Anlage kann durch Gelenkdiastase einer Arthrofibrose (Gelenkeinsteifung) vorgebeugt werden. Auch bei dieser Fixierungsmöglichkeit bestehen die Risiken einer Pininfektion, konsekutiven septischen Arthritis und Varusfehlstellung.

Nach 4-8 Wochen kann je nach Konsolidierungsstatus mit einer Teilbelastung und erst nach 12 Wochen mit einer Vollbelastung begonnen werden. Erst nach 12-16 Wochen erlaubt die Frakturstabilität eine Abnahme des Fixateurs (23, 24).

1.6.2.5 Minimalinvasives Stabilisierungssystem LISS

Der Anatomie des Tibiakopfes angepasste Platten und die winkelstabil eingebrachten Schrauben des minimalinvasiven Stabilisierungssystems LISS gehen mit einem geringen Weichteiltrauma und einer Aufrechterhaltung der Gefäßversorgung des Knochens einher.

Ist nur eine minimale Reposition der Frakturfragmente notwendig, so kann über einen kleinen anterolateralen Zugang die vorgeformte Platte unter dem M. tibialis anterior eingebracht werden. Die kleine Auflagefläche der Platte auf dem Periost der Tibia und die ebenfalls zufriedenstellende Anwendbarkeit bei osteoporotischem Knochen sind nur wenige Vorteile dieses Versorgungssystems. Die - über den bereits genannten proximalen und einen weiteren distalen Zugang - perkutan eingebrachten winkelstabilen Verriegelungsschrauben schützen vor Lockerung derselben und Repositionsverlust (25, 16).

1.6.2.6 ORIF: offene Reposition und osteosynthetische Versorgung

Die Wahl einer offenen Reposition und osteosynthetischen Versorgung (ORIF) als Fixierungsmethode kann entweder primär getroffen werden oder im Rahmen eines Staged Protocols erfolgen. In diesem Fall folgt eine ORIF sekundär nach einer primären Anlage eines Fixateur externes, sobald die Weichteilsituation eine definitive Frakturversorgung erlaubt.

Ein individuell zur Frakturmorphologie passender offen-chirurgischer Zugang (siehe **Kapitel 1.5**) wird durchgeführt und in Folge können die Fragmente der Tibiakopffraktur unter direkter Visualisierung reponiert werden.

Zur Hebung eventueller Impressionszonen kann die Anwendung etwaiger Knochenersatzmaterialien/-transplantate (siehe **Kapitel 1.7**) notwendig sein, um das Ziel einer anatomischen Rekonstruktion der Gelenkfläche erreichen zu können.

Für die operative Retention stehen die Schrauben- und Plattenosteosynthese zur Auswahl (16).

Schraubenosteosynthese

Die Schraubenosteosynthese kann gut zur Frakturspaltkompression eingesetzt werden, hierfür wird die Schraube senkrecht zum Bruchspalt eingebracht.

Eine unter einer reponierten Impressionszone von lateral eingebrachte Schraube

kann zur Abstützung dieser Fraktur dienen, ebenso wie eine direkt darunter in a.-p. Richtung verlaufende Schraube.

Durch das Verwenden von Unterlagscheiben kann die Schraubenkopf-Auflagefläche maximiert und auf diese Weise bei osteoporotischem Knochen ein Einschneiden desselben verhindert werden (16).

Plattenosteosynthese

Reicht eine Schraubenosteosynthese nicht zur Frakturstabilisierung aus, so steht die Plattenosteosynthese zur Versorgung komplexerer Tibiakopffrakturen zur Verfügung. Zur Verplattung des Tibiakopfes stehen anatomisch vorgeformte Implantate, die über winkelstabile Schrauben fixiert werden können zur Auswahl. Diese können über den jeweils passenden chirurgischen Zugang eingebracht und unter Berücksichtigung der Achsausrichtung positioniert werden (16).

1.6.2.7 Knie–Totalendoprothese (K-TEP)

Primäre K–TEP

Die Indikation zur primären Implantation einer K-TEP als Therapiemöglichkeit einer Tibiakopffraktur wird nur in sehr seltenen Fällen gestellt. Hierfür müssen folgende Gegebenheiten zutreffen: es besteht eine Osteoporose und primäre Kniegelenksarthrose, für die Patientin/den Patienten ist nur eine Vollbelastung der unteren Extremität möglich, es liegt eine Multimorbidität vor, es ist kein befriedigendes Rekonstruktionsergebnis bei einem komplexen Trümmerbruch der Gelenkfläche zu erwarten.

Folgende Kontraindikationen verwehren eine Versorgung mittels primärer K-TEP: ein Kniegelenksinfekt, ausgeprägte Läsionen des Weichteilmantels, ein irreparabel geschädigter Streckapparat, ein metaphysärer Trümmerbruch inklusive Substanzverlust, ein junges PatientInnenalter sowie eine mangelhafte Therapieadhärenz/Compliance der Patientin/des Patienten.

Das Versorgungsprinzip einer primären K-TEP weist die großen Vorteile der frühzeitigen Mobilisation und Möglichkeit zur sofortigen Vollbelastung auf. Es ist keine Notwendigkeit für eine stufenweise Entlastung oder Teilbelastung gegeben. Diese Umstände tragen dazu bei, die Autonomie der Patientin/des Patienten zu wahren.

Als Komplikationen treten im Rahmen einer primären K-TEP vorrangig tiefe

Beinvenenthrombosen, Gelenksinfektionen, Implantatlockerungen und periprothetische Frakturen auf.

Das Outcome einer primären K-TEP zur Versorgung einer Tibiakopffraktur ist - verglichen mit einer sekundären Implantation nach Versagen der vorangegangenen ORIF - deutlich besser, zurückzuführen auf geringere Revisionsraten, eine frühere Möglichkeit zur Vollbelastung der unteren Extremität und ein zufriedenstellendes funktionelles Ergebnis.

Die Implantation einer K-TEP bei primärer/abnützungsbedingter Arthrose ist - verglichen mit eben beschriebenen zwei Implantationsgründen - die komplikationsloseste aller drei Formen.

Je nach Frakturmorphologie und begleitenden Läsionen des Bandapparats können ungekoppelte, teilgekoppelte oder gekoppelte Prothesen eingesetzt werden. Weiters wird vor allem bei schlechter Knochenqualität auf ein zementiertes Verfahren zurückgegriffen (26, 16, 27, 28).

Sekundäre K-TEP

45% aller PatientInnen mit kniegelenknahen Frakturen entwickeln posttraumatisch arthrotische Veränderungen des Kniegelenks. Die Ausbildung einer sekundären Gonarthrose wird getriggert durch Abweichungen der Gelenkachse von der Norm und konsekutiven Fehlstellungen des Kniegelenks. Ebenso resultiert eine inkongruente Gelenkfläche in einer erhöhten Druckbelastung, die der Gelenkknorpel erfährt.

Die Indikation für das Implantieren einer K-TEP als sekundäres Versorgungsprinzip wird gestellt, insofern die primäre Osteosynthese der Tibiakopffraktur versagt hat oder es in Folge der primären Versorgung (meist ORIF) zur Entwicklung einer posttraumatischen Kniegelenksarthrose gekommen ist. Die Lebensqualität stark beeinträchtigende Symptome wie Schmerzen in Ruhe und bei Belastung, sowie massive Bandinstabilität oder ein funktionelles Defizit können hier wegweisend zur Indikationsstellung für eine sekundäre K-TEP sein. Eine sekundäre Implantation ist verglichen mit einer primären Implantation technisch schwieriger aufgrund manipulierter anatomischer Gegebenheiten, lokaler Vernarbung, möglicher Fehlstellungen im Gelenk, eventuell existierender Pseudoarthrosen und bereits liegender Osteosynthesematerialien.

Wie bereits weiter oben erwähnt, ist nach einer sekundären KTEP das Risiko für

Komplikationen größer als bei einer elektiven KTEP zur Behandlung primärer Gonarthrosen, als auch bei einer primären KTEP als Therapie der Wahl zur Versorgung einer Tibiakopffraktur. In 20% aller sekundär implantierten K-TEP müssen Revisionsoperationen erfolgen (26, 28).

1.7 Auffüllen von Knochensubstanzdefekten

Bestehende Gelenkstufen können durch Unterfütterung der imprimierten Gelenkfläche korrigiert werden. Einer Nachsinterung von Impressionszonen wirkt man durch Auffüllung mit mechanisch belastbaren Knochenersatzmaterialien entgegen.

Die bei gegebener Indikationsstellung zur Frakturversorgung verwendeten Knochenersatzmaterialien oder –transplantate führen zu einer signifikanten Verbesserung des funktionellen Outcomes.

Bei der Wahl des Knochentransplantats bzw. -ersatzmaterials müssen aus Sicherheitsgründen einige Punkte beachtet werden. Dazu zählt das Risiko einer Infektion oder immunologischen Abstoßungsreaktion, als auch die Potenz zur Unterstützung der Knochenheilung. Die Gefahr einer sekundären Nachsinterung der Gelenkfläche, das postoperative Belastbarkeitsprotokoll der unteren Extremität und letztendlich auch die Kostenfrage aus wirtschaftlichen Aspekten werden in die Entscheidung miteinbezogen (16, 29, 30).

1.7.1 Biologischer Gewebeersatz

Autologes Transplantat aus dem Beckenkamm oder der kontralateralen Tibia

Sind Spender und Empfänger eines Transplantats identisch, so spricht man von einem Autograft.

Den Goldstandard zur Knochendefektauffüllung bilden nach wie vor die autologe Spongiosaplastik und die Einbringung kortikospongiöser Späne. Dies ist zurückzuführen auf die zugrundeliegende Osteogenese (Osteoblasten werden für die Knochenneubildung stimuliert und aktiviert), Osteoinduktivität (Stimulation zur Knochenneubildung) und Osteokonduktivität (Anhaften von Bindegewebszellen an die Matrix wird ermöglicht) des autologen Gewebes.

Die Nachteile dieses Verfahrens bilden die chirurgische Entnahme der Eigenspongiosa und eine daraus resultierende längere Operationsdauer im Vergleich zur Verwendung synthetischer Ersatzmaterialien. Häufig treten

Schmerzen im Bereich der Entnahmestelle - insbesondere jener am Beckenkamm - auf, die bis zu einem Jahr postoperativ persistieren können.

Die Entnahmestelle am Beckenkamm ist etwa zwei Zentimeter hinter der Spina iliaca anterior superior lokalisiert. Hingegen die Entnahme eines kortikospongiösen Transplantats aus der kontralateralen proximalen Tibia erfolgt anterolateral knapp unterhalb des Tuberculum Gerdy. Ein ausreichend distales Vorgehen wird angestrebt, um keine Verletzung der Gelenkfläche zu riskieren. Diese Methode weist keine negativen Konsequenzen im Hinblick auf eine zukünftig notwendige Implantation einer Knie-Totalendoprothese auf.

Die Gewebeentnahme aus der Tibia weist im Vergleich zur Spongiosagewinnung aus dem Beckenkamm viele Vorteile auf. Dazu zählen der erleichterte chirurgische Zugang zur Entnahmestelle, die optimale Transplantatquantität und -qualität, die sofortige postoperative Vollbelastbarkeit und die geringeren Schmerzen.

Mögliche Komplikationen einer Spongiosaentnahme - unabhängig von der Lokalisation - sind Hämatome, Infektionen, knöcherne Frakturen und Verletzungen neurovaskulärer Strukturen. Besonders am Beckenkamm kann es auch zur Ausbildung von Narbenhernien oder langwierigen starken Schmerzen postoperativ kommen. Im Rahmen der Gewebegewinnung aus der Tibia kann eine zu proximale Präparation in einer Beschädigung der Gelenkfläche resultieren und in Folge zu Gangstörungen führen (30, 16, 31, 32).

Allograft

Als Allograft bezeichnet man ein Transplantat, das nicht vom Empfänger selbst, sondern einem genetisch individuellen Spender derselben Spezies (in diesem Falle eines anderen Menschen) gewonnen wird.

Osteochondrale Allografts stellen die Möglichkeit dar, kleinere Defekte der Knorpel-Knochen-Grenze der Gelenkfläche zu reparieren. Sie erlauben eine Transplantation von Spenderchondrozyten ohne Notwendigkeit einer Immunsuppression. Empfängereigene Chondrozyten ersetzen mit der Zeit die transplantierten Knorpelzellen und sind dazu befähigt, eine intakte Knorpelsituation wiederherzustellen. Bei einem Therapieerfolg kann die notwendige Indikationsstellung zur Implantation einer Totalendoprothese hinauszögert werden.

Ebenso können auch aus dem Tibiaschaft gewonnene Allografts zur Reposition imprimierter Tibiaplateaufrakturen der posterioren Säule herangezogen werden (33, 34).

Xenograft - Demineralisierte Knochenmatrix

Die gegebene Osteoinduktivität und Osteokonduktivität des Xenografts, einer demineralisierten Knochenmatrix, unterstützt die Knochenheilung. Aufgrund der mangelhaften biomechanischen Belastbarkeit ist eine Verpackung eben dieses Materials in einem Titankäfig notwendig. Erst dieser Schritt ermöglicht die Anwendung im belastungsreichen Tibiakopf, um der axialen Krafteinleitung standhalten zu können.

Die demineralisierte Knochenmatrix der Rinderspezies erlaubt das Einwachsen undifferenzierter Mesenchymzellen, die zu Osteoblasten differenzieren und eine Knochenneubildung induzieren (35).

1.7.2 Synthetischer Gewebeersatz

Kalziumphosphat-Knochenzement

Die Anwendung von Kalziumphosphat als Methode der Wahl zur Defektzonenauffüllung findet immer häufiger Zuspruch unter ChirurgInnen. Dies ist auf die elementaren Vorteile dieses synthetischen Knochenersatzmaterials zurückzuführen. Der leicht injizierbare, form- und resorbierbare Knochenzement weist eine hohe mechanische Belastungsstabilität, Biokompatibilität und -aktivität auf.

Nachteilig sind die mangelhafte Durchblutungssituation, ein möglicher gestörter Einbau in die Knochenstruktur, die Infektionsgefahr, als auch eine eventuell unzureichende Steifigkeit des Materials (16, 35).

Kalziumsulfat-Knochenzement

Das höchste Risiko für ein sekundäres Einsinken der Gelenkfläche und eine Stufenbildung über 2 mm ist bei der Anwendung von Kalziumsulfat als Knochenersatzmaterial gegeben. Aus diesem Grund ist Kalziumsulfat den Allografts, der demineralisierten Knochenmatrix und dem Kalziumphosphatzement unterlegen. Folglich stellt das Kalziumsulfat zwar eine synthetische Alternative,

aber nicht die Therapie erster Wahl dar. Die Vorteile von Kalziumsulfat werden im folgenden **Kapitel 1.7.3** kurz dargestellt (30).

1.7.3 Vergleich von biologischen und synthetischen Materialien

Anhand einer Metaanalyse aus dem Jahr 2008 konnte eine signifikante Schmerzminimierung der PatientInnen nach Auffüllung von imprimierten Defektzonen mittels Kalziumphosphats festgestellt werden. Es wurde jedoch nicht überprüft, ob dies auch durch die Verwendung von autologer Spongiosa zu Stande gekommen wäre. In Folge wurde in einer prospektiven Studie ein Vergleich zwischen biologischen und synthetischen Materialien aufgestellt. Bei der Anwendung von Kalziumphosphat als injizierbaren Knochenzement konnte eine signifikante Reduktion von Einsinterungen des Tibiaplateaus nachgewiesen werden.

In einem Review der Cochrane Library aus dem Jahre 2015 wurde aufgezeigt, dass PatientInnen nach Erhalt synthetischen Knochenzements häufiger eine volle Extensions- und Flexionsfähigkeit im Kniegelenk erreichten, als jene nach autologer Spongiosaplastik.

Signifikante Vorteile von Kalziumphosphat gegenüber Autografts, Allografts oder Kalziumsulfat im Hinblick auf die Steifigkeit des Materials und geringeren Repositionsverlust unter Einwirkung von 1000 Newton wurden bestätigt.

Bei der Verwendung von Kalziumsulfat als Knochenersatzmaterial kann eine signifikante Minimierung des intraoperativen Blutverlusts und Schmerzempfindens am ersten postoperativen Tag verzeichnet werden, verglichen mit einer autologen Spongiosatransplantation (16, 31, 30, 11, 36).

1.8 Begleitverletzungen

99% aller Tibiakopffrakturen weisen Verletzungen der kniegelenknahen Weichteile auf, in 71% liegt eine Läsion mindestens eines Ligaments und in 53% eine multi-ligamentäre Verletzung vor (37, 38).

Häufigkeit je nach Klassifikation

Die AO-Klassifikation betrachtend, kann hinsichtlich der Häufigkeitsverteilung eine Signifikanz festgestellt werden. 80% aller 41C-Frakturen, aber nur 54% aller 41B-Frakturen gehen mit Begleitverletzungen des Bandapparats einher.

Wirft man einen Blick auf die Schatzker-Klassifikation, so können auch hier signifikante Unterschiede zwischen den Klassen dargelegt werden, wie in **Tabelle 2** angeführt. Allgemein ist das Risiko für das Vorliegen affektierter Bandstrukturen bei den hochenergetisch verursachten Frakturtypen Schatzker IV bis VI (78%) signifikant höher als bei den Schatzkertypen I bis III (46%), die primär aus einem niedrigerenergetischen Trauma resultieren.

Die Empfehlung für eine präoperative MRT-Untersuchung bei den schwerwiegenden Frakturtypen Schatzker IV bis VI lässt sich mit der von Holt et al. aufgestellten Erkenntnis bekräftigen. Diese besagt, dass die zusätzliche Bildgebung zur Beurteilung der Weichteile sowohl in 48% der Fälle in einer Aggravation der Frakturklassifikation resultiert, als auch in 19% das Einschlagen eines anderen Therapieansatzes notwendig macht.

Die Häufigkeit von lateralen Seitenbandverletzungen vergleichend, lässt sich ein signifikant geringstes Risiko (18%) bei dem Vorliegen einer Schatzker II-Fraktur erkennen. Bei diesem Frakturtyp treten hingegen doppelt so häufig Läsionen des medialen Seitenbandes (36%) auf.

Weiters kommt es bei Schatzker IV-Typen zu den meisten Knieluxationen (46%) und diese Frakturklasse stellt auch das signifikant größte Risiko für BegleitleSIONen des medialen Meniskus dar (38, 39).

Tabelle 2: Häufigkeiten von Bandverletzungen nach der Schatzker – Klassifikation nach (38)

Schatzker I	46%	Schatzker IV	69%
Schatzker II	45%	Schatzker V	85%
Schatzker III	keine Angabe	Schatzker VI	79%

Behandlung

Gute Resultate können durch das Anwenden eines Stufenplans bei der Versorgung erzielt werden. Mehrere Tage bis Wochen nach der primären chirurgischen Adressierung der Tibiakopffraktur wird eine Behandlung der Bandläsionen durchgeführt. Ein funktionell verbessertes Ergebnis lässt sich hier vor allem bei sportlich-aktiven Menschen durch eine Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes, Behandlung multidirektionaler Instabilitäten aufgrund multipler Bandläsionen und der Adressierung des hinteren Kreuzbandes erzielen (38).

1.8.1 Meniskuläsionen

Meniskuläsionen sind bei rund 49% aller Tibiakopffrakturen nachweisbar und treten lateralseitig häufiger auf als medial.

Die Ursache traumatischer Meniskuläsionen liegt vorrangig in einer axialen Krafteinwirkung, die häufig in einer Impressions- oder Spaltfraktur des Tibiakopfes resultiert.

Verletzte Menisken können mittels Naht oder Teilresektion sowohl bei einem zur Versorgung der Tibiakopffraktur gewählten arthroskopischen, als auch offenen-chirurgischen Zugang adressiert werden (38, 4, 21, 16).

1.8.2 Bandrupturen

Ligamentäre Rupturen sind oftmals auf eine Rotationskomponente im Frakturmechanismus zurückzuführen. Ein vorderer Kreuzbandriss kann des Weiteren durch eine Hyperflexion und ein hinterer Kreuzbandriss durch eine Hyperextension bedingt sein (4).

Häufigkeiten

Ein frakturiertes posterolaterales Tibiaplateau geht in 80% mit einer Läsion des vorderen Kreuzbandes und in 48% mit einer Läsion des lateralen Meniskus einher. Die meisten Läsionen des hinteren Kreuzbandes (54%), von Strukturen der posterolateralen Ecke (62%) und simultanen Rupturen des vorderen und hinteren Kreuzbandes (46%) treten bei Frakturen des robusten medialen Tibiaplateaus auf. Eine Verletzung des kräftigen hinteren Kreuzbandes liegt in 60% der Fälle zusammen mit versehrten Strukturen der posterolateralen Ecke vor und indiziert zur Wiederherstellung der Kniegelenkstabilität eine chirurgische Versorgung (37, 38, 40).

Behandlung

Verletzungen der Kollateralbänder werden meistens primär konservativ behandelt und erst bei therapieresistenter Laxität des Bandapparats sekundär chirurgisch versorgt.

Bei notwendiger chirurgischer Rekonstruktion von rupturierten lateralen Seitenbändern oder einer umfangreichen Ruptur dorsaler stabiler Kapselbänder erfolgt diese nach ausreichendem Rückgang der posttraumatischen Schwellung. Aufgrund der Eingriffsinvasivität wird Abstand von einer primären Kreuzbandrekonstruktion genommen. Jedoch bei rezidivierenden Giving way – Attacken und persistierender Kniegelenkinstabilität wird eine Kreuzbandplastik einige Zeit nach der Frakturversorgung empfohlen (21, 16).

1.8.3 Knöcherne Ausrissfrakturen

Begleitend zur Tibiakopffraktur liegen je nach Verletzungsmechanismus spezifische Binnenverletzungen des Kniegelenks vor, wie die im Folgenden beschriebenen Ausrissfrakturen. Diese betreffen den knöchernen Ansatz von vorderem und hinterem Kreuzband, medialem und lateralem Seitenband oder den Kapselbändern (16).

Verletzungsmechanismus

Der Ursprung einer Affektion der Kreuzbänder liegt häufig in einer Rotationskomponente im Rahmen des Traumas.

Eine Läsion des hinteren Kreuzbandes und lateralen Seitenbandes kann auch auf eine Hyperextensionsstellung zum Frakturzeitpunkt zurückzuführen sein. Eine Verletzung des vorderen Kreuzbandes und der Patellasehne lässt sich in vielen Fällen aus einer Hyperflexionsstellung ableiten.

Ein knöcherner Ausriss des medialen Seitenbandes wird oftmals durch eine Valguskomponente im Verletzungsmechanismus veranlasst. Hingegen resultiert ein Biegungsbruch in varus häufig in einem knöchernen Ausriss des lateralen Seitenbandes.

Ein Fünftel aller bikondylären Tibiakopffrakturen resultiert aufgrund einer oder mehrerer metaphysärer Frakturausläufer wiederum in einer Fraktur des Tuberculum tibiae und irritiert in Folge die Funktion der darauf inserierenden Patellasehne (4, 41).

Behandlung

Mittels Verschraubung des Tuberculum-tragenden Fragments oder zusätzlicher Plattenanlage kann eine Verletzung des Extensionsapparats des Kniegelenks adäquat behandelt werden.

Über eine Refixierung von Eminentia intercondylaris-Fragmenten, die bereits im Rahmen der primären arthroskopischen Tibiakopffrakturversorgung durchgeführt werden kann, wird rasch eine deutliche Verbesserung der Kniegelenkstabilität erzielt (41, 21, 16).

1.8.3.1 Segond-Fraktur

Eine knöcherne Ausrissfraktur des lateralen Tibiaplateaus, die sich auf einem anterior-posterioren Röntgenbild klein und elliptisch darstellt und als laterales Kapselzeichen bezeichnet wird, definiert eine Segond-Fraktur (auch Segond-Fragment genannt).

Sie geht mit einer Ruptur der lateralen Gelenkkapsel, des Tractus iliotibialis oder des vorderen schräg verlaufenden Anteils des Außenbandes einher.

Die Kombination aus einer Innenrotation, vorderen Subluxation im Kniegelenk und gleichzeitigem Einwirken eines Varusstresses charakterisiert den Verletzungsmechanismus einer Segond-Fraktur.

Eine solche Fraktur kommt häufig zusammen mit einer Ruptur des vorderen Kreuzbandes (in 75-100% der Fälle), aber nie mit einem knöchernen Ausriss des vorderen Kreuzbandes vor. Meniskusläsionen sind in rund 42-67% aller Segond-Frakturen nachzuweisen.

Eine Segond-Fraktur bei existierender Tibiakopffraktur ist nur in 20% mit einem rupturierten vorderen Kreuzband, jedoch in 50% mit einer Avulsionsfraktur desselben assoziiert. Sie zeigt somit signifikante Veränderungen in der Läsionsverteilung auf, verglichen mit oben beschriebenen isolierten Frakturen. Ebenso signifikant ist die Reduktion von Meniskusläsionen auf rund 25%.

Jede 32. Tibiakopffraktur wird von einer Segond-Fraktur begleitet und macht damit eine Begleitverletzung des tibialen Ansatzes des vorderen Kreuzbandes sehr wahrscheinlich.

Eine Refixierung des knöchernen Ausrisses der Eminentia intercondylaris ist chirurgisch möglich ohne Notwendigkeit einer vollständigen Kreuzbandplastik (42).

1.8.4 Gefäß- und Nervenverletzungen

Vor allem bei Luxationsfrakturen – hier verlässt der Gelenkkopf die Gelenkpfanne und simultan kommt es zu einer gelenknahen Fraktur – besteht ein großes Risiko für Läsionen von Gefäßen und Nerven. Schwerwiegende Komplikationen können aus einer Verletzung des poplitealen Gefäß-/ Nervenstranges (A./V. poplitea und N. tibialis) resultieren. Ein Durchblutungsstopp der unteren Extremität, eine massive Hämatom-Ausbildung mit konsekutiver Gefahr eines akuten Kompartmentsyndroms, als auch Lähmungen aller an Supination und Flexion des Unterschenkels beteiligten Muskeln können die Folge sein.

1.8.5 Weichteilmantel

Wie bereits in **Kapitel 1.8** erwähnt, geht ein hoher Prozentsatz aller Tibiakopffrakturen mit Begleitverletzungen der Weichteile einher. Schwellungen des kniegelenknahen Weichteilmantels können so beispielsweise auf Band-, oder Kapselrupturen zurückgeführt werden und im schlechtesten Fall in einem akuten Kompartmentsyndrom resultieren (siehe **Kapitel 1.8.6**). In Anbetracht zu Grunde liegender Traumen (vorwiegend Verkehrsunfälle und Stürze – siehe **Kapitel 3.5**) ist oft mit Verletzungen der Haut und der Muskulatur rund um den Tibiakopf zu rechnen. Je nach Ausmaß der Impaktierung ist ein erhöhtes Infektionsrisiko gegeben und erfordert, erst eine definitive Frakturversorgung anzudenken, wenn eine – für die Wundheilung erforderliche - adäquate Weichteilsituation wiederhergestellt werden konnte.

1.8.6 Akutes Kompartmentsyndrom

Ein akutes Kompartmentsyndrom wird definiert als die klinische Diagnose eines Extremität-gefährdenden Zustands. Dieser ist zurückzuführen auf eine Zunahme des Innendrucks eines osteofibrösen Kompartments, der den Druck des zufließenden Kapillarsystems übersteigt (43).

Behandlungsprotokoll

Nur eine rasche Diagnose und sofortige therapeutische Fasziotomie aller betroffenen Kompartments kann die irreversible Nekrose von Muskel- und Nervengewebe verhindern.

Das Therapieprotokoll sieht eine temporäre Frakturversorgung mit einem Fixateur

externe als Bridging-Methode bis zur Möglichkeit der Durchführung einer definitiven Versorgung vor.

Der Outcome wird positiv beeinflusst durch die Anwendung eines Vakuum-assistierten Verschlusssystems (VAC). Dieses minimiert die Zahl tiefer nosokomialer Wundinfektionen signifikant durch Reduktion der Anzahl notwendiger - potenziell kontaminierender – Verbandwechsel. Weiters ermöglicht es einen rascheren Wundverschluss der Inzisionen der Faszienspaltung.

Bei dauerhaft mangelhaftem Weichteilmantel kann die Notwendigkeit eines Fixateur externes als endgültige Versorgungsmethode gegeben sein, mit dem Nachteil möglicher Pin-Infektionen und konsekutiver Ausbildung einer Osteomyelitis.

Die definitive Frakturversorgung des Tibiakopfes kann je nach Belieben der Chirurgin/des Chirurgen bereits vor Verschluss des fasziotomierten Weichteilmantels, während dem Heilungsprozess oder nach vollständig abgeheilter Weichteilsituation erfolgen. Die unterschiedlichen Zeitpunkte der Invention betrachtend, bestehen keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Infektionsrisikos (43, 44).

Assoziierte Prädiktoren

Mit der Entwicklung eines akuten Kompartmentsyndroms assoziiert sind ein junges PatientInnenkollektiv und ein dem Frakturmechanismus zugrundeliegendes Hochenergetrauma. Weitere Prädiktoren sind Schatzker VI–Frakturen oder Trümmerbrüche des Tibiaplateaus und den Tibiaschaft betreffende Frakturausläufer bzw. -komponenten. Mit zunehmender Frakturlänge lassen sich Rückschlüsse auf eine hohe Energieeinwirkung ziehen und vermehrt ausgiebige Läsionen der Weichteile nachweisen. Das Vorliegen ausgedehnter blutender Frakturflächen resultiert in einem Anstieg des Kompartiment-Innendrucks. Eine begleitende Fibulafraktur und posttraumatische Verbreiterung des Tibiaplateaus stellen weitere mit einem Kompartmentsyndrom assoziierte Prädiktoren dar.

Das Risiko zur Übersteigerung des kritischen Werts des Kompartiment-Innendrucks von 30 mmHg nimmt mit Vorliegen mehrerer Prädiktoren stetig zu.

Die Wahrscheinlichkeit zur Ausbildung eines akuten Kompartmentsyndroms bei Zutreffen von drei Faktoren beträgt 20% bzw. 27% bei vier vorliegenden Prädiktoren (43, 16).

Signifikante Assoziationen

Signifikante Zusammenhänge zwischen der Entwicklung eines Kompartmentsyndroms und folgenden zugrundeliegenden Gegebenheiten konnten nachgewiesen werden. PatientInnen jüngerer Alters – und vor allem männlichen Geschlechts - weisen eine größere Muskelmasse im dementsprechend ausgeprägteren posterioren Kompartiment des Unterschenkels auf. Sie verfügen folglich über eine geringere Kompensationsmöglichkeit im Falle einer zunehmenden Kompartmentschwellung, resultierend in einem Anstieg des Innendrucks.

Weiters sind ursächliche hochenergetische Traumen und das Vorliegen von bikondylären Tibiakopffrakturen wie Schatzker VI oder 41C1 bzw. 41C3 Frakturen nach der AO-Klassifikation prädestiniert zur Entwicklung eines akuten Kompartmentsyndroms. Rund 14% aller bikondylären Tibiakopffrakturen führen in Folge zu einem manifesten Kompartmentsyndrom (43, 44, 41).

Risiken

Eine signifikant erhöhte Kontaminations- und Infektionsgefahr bei alleinigem Vorliegen eines Kompartmentsyndroms konnte nicht nachgewiesen werden. Ein erhöhtes Risiko ist vor allem auf generelle Risikofaktoren wie Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie oder Adipositas zurückzuführen.

Auch die Gefahr einer fehlenden Frakturheilung steht in keinem signifikanten Zusammenhang mit einem Kompartmentsyndrom (44).

1.9 Postoperatives Management

1.9.1 Bewegung aktiv und passiv

Zur Prophylaxe von Komplikationen – die die Lebensqualität stark beeinträchtigen können - wie Gelenksteifigkeit, Abbau von Muskulatur und Knochensubstanz, periartikulären Verklebungen und Schrumpfung der Gelenkkapsel soll ehestmöglich nach der operativen Frakturversorgung mit der Mobilisation des Gelenks begonnen werden. Eine passive Beübung des Kniegelenks soll bereits ab dem ersten postoperativen Tag erfolgen. Hierfür kann eine CPM-Schiene (siehe **Kapitel 1.9.1.1**) eingesetzt werden. Weiters wird auch ehestmöglich mit einer schrittweisen aktiven Beübung des Kniegelenks begonnen. Hierbei steuert die Patientin/der Patient aktiv jene Muskeln an, die an der Streckung oder Beugung des Gelenks beteiligt sind. Das Ziel der frühzeitigen Mobilisation des Kniegelenks ist das Wiedererlangen einer vollständigen Extension und Flexion.

Ist es durch zu späte Mobilisation bereits zur Ausbildung einer Arthrofibrose (Einsteifung des Gelenks) gekommen, so stehen bei Defiziten im

Bewegungsumfang nur eingeschränkt Therapieoptionen zur Verfügung.

Konsequente Physiotherapie, eine Gelenkmobilisation unter Narkose oder eine chirurgische Arthrolyse, die entweder minimalinvasiv oder invasiv durchgeführt werden kann, stellen Behandlungsmöglichkeiten dar (45, 46, 16).

1.9.1.1 Continuous Passive Motion – Schiene

Eine Continuous Passive Motion (CPM)-Schiene wird postoperativ eingesetzt, um eine frühzeitige Beübung des operierten Kniegelenks zu ermöglichen. Stufenweise wird der Bewegungsumfang der passiven Durchbewegung erhöht, maximal jedoch bis zur Schmerzgrenze der Patientin/des Patienten (47).

1.9.2 Entlastung, Teil- und Vollbelastung

Das postoperative Belastungsprotokoll beginnt sehr häufig mit einer 4-6 Wochen andauernden Entlastungsphase. Darauf folgt eine gleich lange stufenweise Phase der Teilbelastung. Hier muss individuell entschieden werden, zu welchem Zeitpunkt mit wie vielen Kilogramm belastet werden darf.

Nach 9-12 Wochen kann – abhängig vom Schweregrad der Fraktur - mit der Wiederaufnahme einer Vollbelastung der unteren Extremität begonnen werden, da nach 3 Monaten mit einer knöchernen Konsolidierung des Tibiakopfes zu rechnen

ist. Für die Freigabe zur Vollbelastung muss auf jeden Fall der radiologisch nachweisbare Konsolidierungsstatus der Fraktur berücksichtigt werden. Die Vorteile einer ehestmöglichen Belastbarkeit liegen in einer Wahrung der Autonomie der Patientin/des Patienten, einer rascheren Reintegration in das Arbeitsleben und einem besseren funktionellen Outcome (siehe **Kapitel 1.10.4**). Bei zu früher Belastung des rekonstruierten Tibiakopfes kann es jedoch zu Repositionsverlust, konsekutiver Varus- oder Valgusfehlstellung und einer verzögerten Frakturheilung kommen (45, 46).

1.9.3 Heilbehelfe und Hilfsmittel

In der Literatur ist eine mögliche Verschreibung von Orthesen für die ersten 3-6 postoperativen Wochen beschrieben.

Orthesen sind Hilfsmittel aus dem Fachbereich der Orthopädie, die entlastend auf knöcherne Strukturen und umgebende Weichteile wirken und eine Ruhigstellung des Gelenks ermöglichen.

Im Hinblick auf das Risiko einer Einsteifung des Kniegelenks kann auch auf das Anlegen einer Orthese gänzlich verzichtet werden. Sollten allerdings ligamentäre Begleitstrukturen wie Kreuzbänder oder Seitenbänder im Rahmen des Traumas mit verletzt worden sein, kann zum Beispiel eine Kniegelenksorthese mit limitierter Beugung zum Einsatz kommen.

Für die Zeit der Entlastung und Teilbelastung ist die Verwendung von Unterarmstützkrücken, als auch zum Teil Rollstühlen notwendig (45, 16).

1.10 Prognosefaktoren für postoperatives Outcome

1.10.1 Inkongruenz der Gelenkflächen

Bleibt postoperativ eine Gelenkstufe $\geq 2\text{mm}$ bestehen, so liegt kein anatomisches Repositionsergebnis vor.

Als Repositionsverlust wird der Umstand bezeichnet, wenn es im Laufe der Zeit zu einer Zunahme der Impression über 2 mm kommt, die zum Zeitpunkt des ersten postoperativen Röntgens noch nicht vorliegend war.

Intraartikuläre Unregelmäßigkeiten bilden gemeinsam mit einer postoperativen Fehlstellung im Kniegelenk (siehe **Kapitel 1.10.2**) Hauptrisikofaktoren für die Entwicklung einer posttraumatischen Gonarthrose, die für die Patientin/den Patienten eine starke Schmerzbelastung und Einschränkungen im Sport, als auch Arbeitsleben bedeuten kann (48, 49).

1.10.2 Kniegelenksfehlstellung: Varus und Valgus

Der Tibiaplateauwinkel (TPA) beschreibt einen Winkel, der sich zwischen der mechanischen Achse des Tibiaschaftes und einer Horizontalen, die in der Frontalebene von lateral nach medial auf dem Tibiaplateau verläuft, ergibt. Nimmt der Tibiaplateauwinkel einen Wert ≥ 90 Grad oder ≤ 80 Grad ein, so liegt eine Achsabweichung im Kniegelenk im Sinne einer Varus- oder Valgusfehlstellung vor.

Wird im Rahmen der Verlaufskontrolle eine Änderung des Tibiaplateauwinkels über 5 Grad – im Vergleich zur ersten postoperativ angefertigten Röntgenaufnahme – nachgewiesen, so ist dies meist auf ein Einsintern der jeweiligen tibialen Gelenkfläche zurückzuführen.

Findet das Einsintern des Plateaus noch vor der knöchernen Konsolidierung der Fraktur statt, so kann eine sofortige Korrektur angedacht werden, insofern die Bruchfragmente, Knochenqualität, das primäre Repositionsergebnis, die Stabilität des Bandapparats und der Zustand des Weichteilmantels ein erfolgreiches Ergebnis nach Revisionsoperation erwarten lassen.

Nach erfolgter knöcherner Konsolidierung kann therapeutisch nur eine Umstellungsosteotomie zur Wiederherstellung einer anatomischen Gelenkachse durchgeführt werden (46, 48, 16).

1.10.3 Posteriore Neigung des Tibiaplateaus

Der posteriore Neigungswinkel der Tibia (PA, auch engl. „tibial slope“) wird zwischen der mechanischen Achse des Tibiaschaftes und einer Linie, die in der sagittalen Ebene von anterior nach posterior auf der Gelenkfläche des Tibiaplateaus verläuft, gebildet.

Liegt nach der Reposition ein posteriorer Neigungswinkel ≥ 15 Grad oder ≤ -5 Grad vor, so konnte keine anatomische Rekonstruktion des Tibiakopfes erreicht werden.

Ein erhöhter posteriorer Neigungswinkel der Tibia geht mit einem Spannungsverlust der Seitenbänder des Kniegelenks einher und kann ein Instabilitätsgefühl im Kniegelenk bewirken. Die ROM (engl. „Range of Motion“, dt. Bewegungsumfang; siehe **Kapitel 1.10.4**) erscheint größer, da bei einer Flexionsbewegung eine Translation der Femurkondylen auf dem Tibiaplateau nach posterior erfolgt (46, 48, 50).

1.10.4 Range of Motion

Der Referenzwert für die ROM eines unverletzten Menschen liegt bei 0-140°.

Die postoperative ROM kann durch das Vorliegen eines Flexions- oder Extensionsdefizits stark eingeschränkt sein. Je höher der Schweregrad der Fraktur, desto eher ist postoperativ mit einer eingeschränkten ROM bzw. einem Flexionsdefizit zu rechnen (49, 45).

Funktionelles Outcome

Das funktionelle Outcome ergibt sich aus der ROM, der Gelenkstabilität, wie auch der Schmerzbelastung der Patientin/des Patienten und korreliert negativ mit dem Alter zum Frakturzeitpunkt.

Gravierende – das funktionelle Ergebnis beeinflussende - Unterschiede im Bewegungsumfang zwischen PatientInnen mit und ohne posttraumatischer Gonarthrose konnten nachgewiesen werden.

Auch das Körpergewicht spielt eine wesentliche Rolle für das funktionelle Outcome. Je höher der BMI, desto stärker ausgeprägt sind die degenerativen Architekturstörungen des subchondralen Knochens in der Tibiaepiphyse und desto eingeschränkter sind die Reparaturmechanismen nach einer Fraktur (49).

2 Material und Methoden

2.1 Retrospektive Datenanalyse eines Grazer Patientenkollektivs

Das Patientenkollektiv der retrospektiven Datenanalyse umfasst alle PatientInnen, die im Zeitraum 2010 bis 2019 an der *Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH-Univ. Klinikum Graz*, einer chirurgischen Versorgung aufgrund einer Tibiakopffraktur unterzogen wurden.

Für den Zeitraum 01.01.2010-31.12.2019 wurde eine Liste mit 301 Patienten aus openMEDOCS (Krankenhausinformationssystem der KAGes) generiert, deren Fälle in Folge sorgfältig aufgearbeitet wurden. Hierfür wurden ambulante Dekurse, Operationsberichte und postoperative Verlaufsdokumentationen ausgewertet. Darüber hinaus wurden radiologische Befunde und die dazugehörige Bildgebung (Röntgen und Computertomographie) beurteilt.

Folgende Variablen waren Teil der Datenanalyse:

- Geschlecht
- Alter
- Seite der betroffenen Extremität
- Art der Tibiakopffraktur
- Zugrundeliegendes Trauma
- Präoperatives Management
- Operationsdatum
- Chirurgischer Zugang
- Vergleichbarkeit des Zugangs mit der Literatur
- Versorgungsprinzip
- Notwendigkeit einer Knochentransplantation/eines Knochenersatzmaterials
- Anatomische Rekonstruktion
- Komplikationen
- Notwendigkeit von Re-Operation/Re-ORIF/KTEP sekundär
- Begleitverletzungen
- Postoperatives Management
- Osteoporose/Osteopenie
- Primäre/sekundäre Gonarthrose

Die Ergebnisse eben genannter Punkte werden in **Kapitel 3** genau ausgeführt.

Ein- und Ausschlusskriterien

PatientInnen mit einem Mindestalter von 18 Jahren und einer traumatischen Tibiakopffraktur im Zeitraum 2010-2019 wurden in die retrospektive Datenanalyse eingeschlossen, insofern kein expliziter Ausschlussgrund vorlag.

Abbildung 9 erlaubt einen Überblick über jene Ausschlusskriterien, die dazu führten, dass 45 der 301 PatientInnen nicht beurteilt werden konnten.

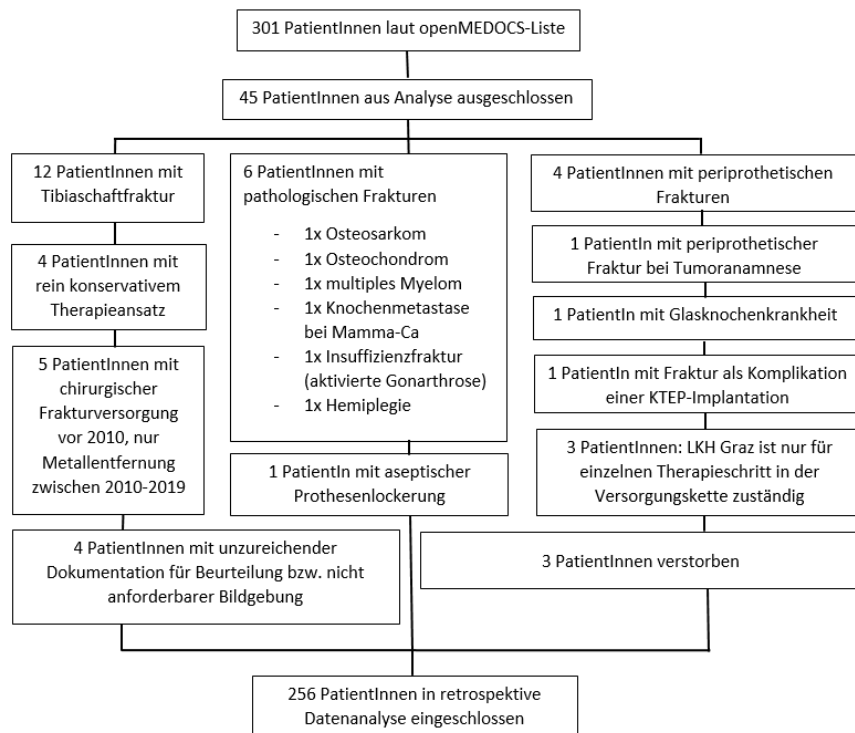


Abbildung 9: Ausschlusskriterien der retrospektiven Datenanalyse

Zwölf PatientInnen wurden ausgeschlossen, weil sie keine Fraktur des Tibiakopfes, sondern des Tibiaschaftes hatten.

Bei sechs PatientInnen handelte es sich nicht um traumatische, sondern um pathologische Frakturen. Die Gründe der pathologischen Frakturen waren Osteosarkom (n=1), Osteochondrom (n=1), multiples Myelom (n=1), Knochenmetastasen bei Mamma-Karzinom (n=1), eine Insuffizienzfraktur bei aktivierter Gonarthrose und Knochenödem (n=1), sowie eine bekannte Hemiplegie mit ausgeprägter osteoporotischer Knochenstruktur (n=1).

Bei einer Patientin traf das Ausschlusskriterium der osteogenesis imperfecta (auch als „Glasknochenkrankheit“ bekannt) zu.

Aufgrund der schlechten Vergleichbarkeit hinsichtlich der

Versorgungsmöglichkeiten wurden vier PatientInnen mit periprothetischen Frakturen bei liegender Knie-Totalendoprothese oder liegendem Hemischlitten nicht in die Analyse miteingeschlossen.

Auf einen Patienten traf sowohl die periprothetische Fraktur als auch eine positive Tumoranamnese zu. Eine weitere Patientin wurde aufgrund einer Fraktur, die als Komplikation einer KTEP – Implantation aufgetreten war, ausgeschlossen.

Drei PatientInnen verstarben vor der definitiven Frakturversorgung, eine Beurteilung des Therapieergebnisses war somit in diesen Fällen nicht möglich.

Zwei der drei PatientInnen verstarben infolge eines Polytraumas bzw. Herz-Kreislaufstillstandes, bei dem/der Dritten wurde fünf Tage nach dem Trauma der Hirntod diagnostiziert.

In vier Fällen wurde ein rein konservatives Therapieschema eingeschlagen, somit war auch hier das Outcome nach chirurgischer Versorgung nicht beurteilbar.

Fünf PatientInnen aus dem Datenkollektiv erhielten im angegebenen Zeitraum nur eine Metallentfernung des Osteosynthesematerials einer Tibiakopffraktur, die jeweils vor dem Jahr 2010 chirurgisch rekonstruiert wurde.

Eine aseptische Prothesenlockerung, die initial als Tibiakopffraktur fehlinterpretiert wurde, konnte ebenfalls nicht in die Analyse aufgenommen werden.

In drei Fällen fand am *LKH Univ.-Klinikum* keine definitive Frakturversorgung mit postoperativer Verlaufsdokumentation statt, das *LKH Univ.-Klinikum* war hier nur ein Zwischenstopp in der Versorgungskette.

Wegen unzureichender Dokumentation oder nicht anforderbarer Bildgebung konnten weitere vier PatientInnen nicht beurteilt werden.

Somit wurden letztendlich 256 der 301 PatientInnen in die Analyse eingeschlossen und für die Auswertung herangezogen. Alle in **Kapitel 3** beschriebenen Ergebnisse beziehen sich auf die 256 beurteilten Fälle.

3 Ergebnisse – Resultate

3.1 Geschlechterverteilung

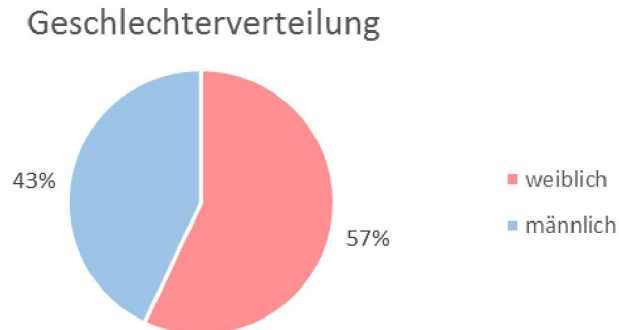


Abbildung 10: Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs

Das untersuchte Patientenkollektiv setzt sich aus 145 Frauen (57%) und 111 Männern (43%) zusammen (**Abbildung 10**).

3.2 Altersverteilung

Alter des Patientenkollektivs		
Minimum	Mittelwert	Maximum
18	51	85

Tabelle 3: Kennzahlen der Altersverteilung

Die 256 PatientInnen der retrospektiven Studie waren alle zwischen 18 und 85 Jahre alt (**Tabelle 3**). Personen im Alter zwischen 40 und 59 Jahren waren am häufigsten von Tibiakopffrakturen betroffen (**Abbildung 11**).

Laut dem arithmetischen Mittel ist das Durchschnittsalter einer Patientin/eines Patienten zum Frakturzeitpunkt 51 Jahre (**Tabelle 3**).

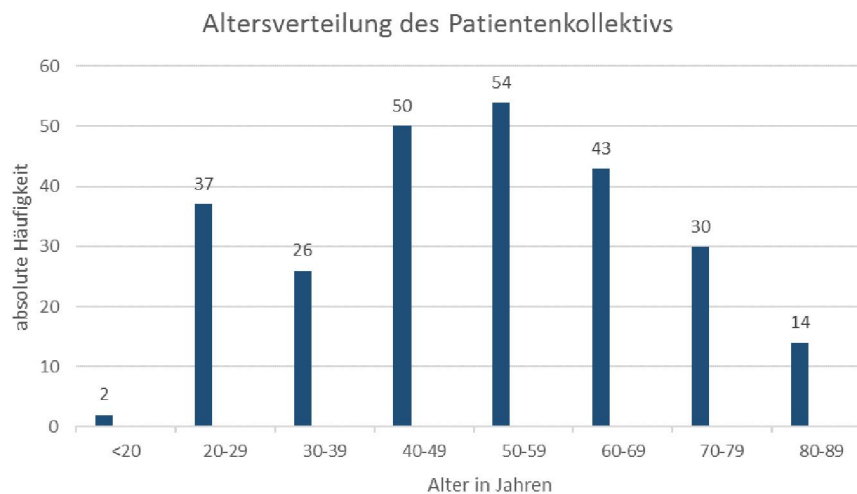


Abbildung 11: Altersverteilung des Patientenkollektivs

3.3 Seite der betroffenen unteren Extremität

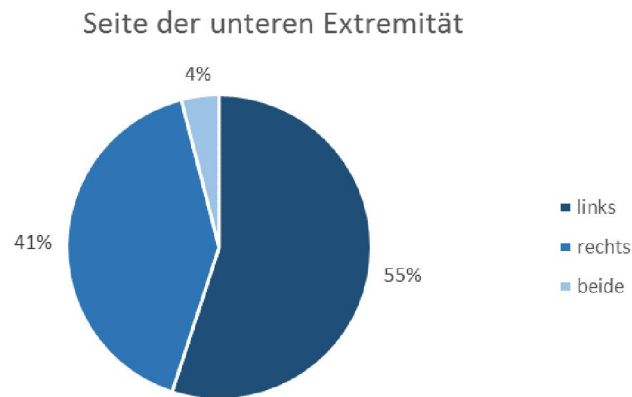


Abbildung 12: Seitenverteilung

140 PatientInnen (55%) wiesen eine Tibiakopffraktur der linken unteren Extremität auf. Bei 105 PatientInnen (41%) war die Tibiakopffraktur an der rechten unteren Extremität lokalisiert. Die übrigen 11 PatientInnen (4%) hatten eine gleichzeitige Fraktur des linken und rechten Tibiakopfes, somit waren beide unteren Extremitäten betroffen (**Abbildung 12**).

3.4 Art der Tibiakopffraktur

3.4.1 Lokalisation

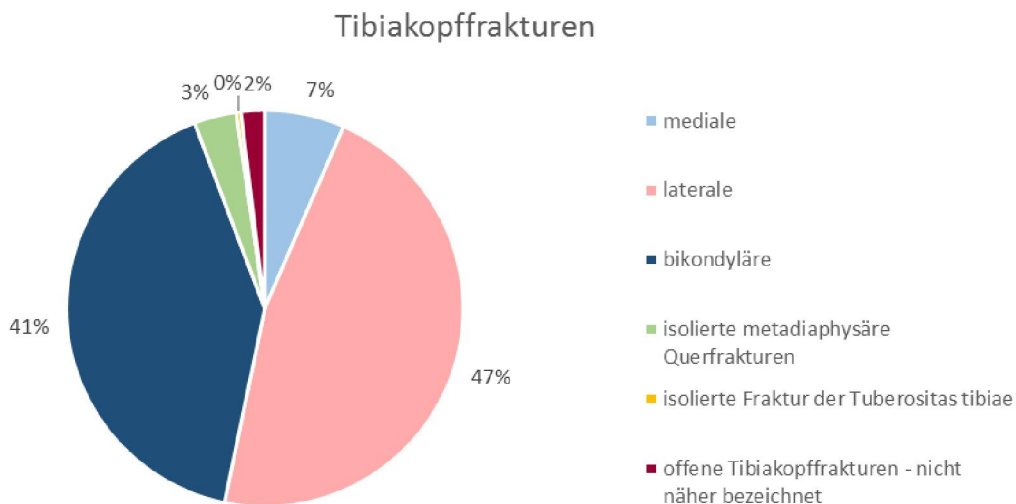


Abbildung 13: Lokalisation der Tibiakopffraktur

Der Überblick über die Gesamtheit aller Tibiakopffrakturen zeigt deutlich, dass isolierte Frakturen des medialen Plateaus sehr selten auftraten (7%). Im Gegensatz dazu war fast die Hälfte aller Frakturen im lateralen Gelenkkompartiment lokalisiert (47%). 41% bildeten die bikondylären

Tibiakopffrakturen mit gleichzeitiger Involvierung der medialen und lateralen Säule.

In 3% lagen extraartikuläre Tibiakopffrakturen - im Sinne von metadiaphysären Querfrakturen - vor. In einem einzigen Fall kam es zu einer isolierten Abrissfraktur der Tuberositas tibiae.

In 5 Fällen (2%) waren offene Tibiakopffrakturen dokumentiert, eine genauere Klassifikation war aufgrund teilweise fehlender Bildgebung bzw. klinischen Beschreibung nicht möglich. Hierbei handelte es sich fast zur Gänze um jene Frakturen, welche in einer hohen Unterschenkelamputation, Kniegelenks-Exartikulation oder tiefen Oberschenkelamputation endeten (**Abbildung 13**).

3.4.2 Klassifikation

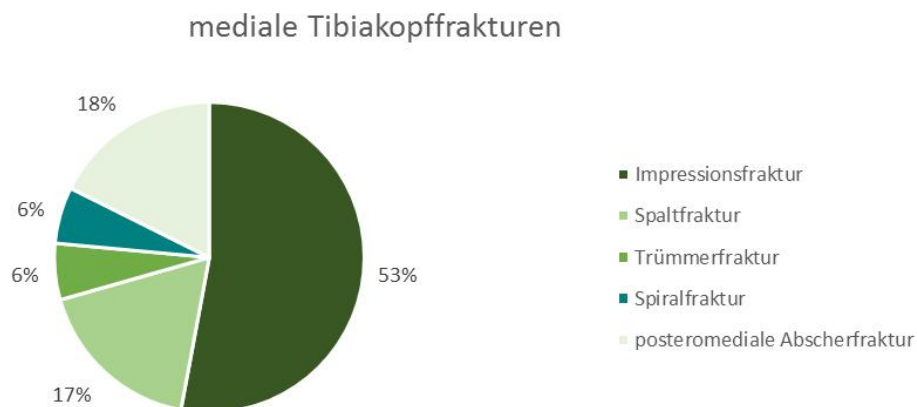


Abbildung 14: Klassifikation medialer Tibiakopffrakturen

Impressionsfrakturen bildeten mit einem relativen Anteil von 53% knapp mehr als die Hälfte aller medialer Tibiakopffrakturen. Posteromediale Abscherfrakturen machten mit 18% den zweithäufigsten Frakturtyp des medialen Plateaus aus, dicht gefolgt von reinen Spaltfrakturen (17%). In jeweils 6% der Fälle lagen Trümmerfrakturen oder Spiralfrakturen des medialen Tibiakopfes vor (**Abbildung 14**).

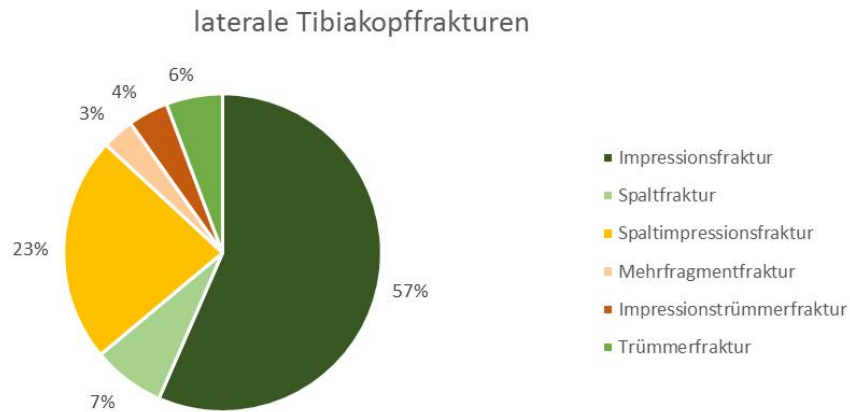


Abbildung 15: Klassifikation lateraler Tibiakopffrakturen

Auch am lateralen Tibiaplateau kamen Impressionsfrakturen anteilmäßig am häufigsten vor (57%). Kombinierte Frakturen mit einer Spaltbruch- und Impressionskomponente bildeten mit 23% die zweithäufigste Frakturvariante des lateralen Tibiakopfes. Reine Spaltfrakturen kamen in nur 7% der Fälle vor, lateral lokalisierte Trümmerfrakturen in 6%. 4% wurden als Impressionstrümmerfrakturen eingestuft, 3% der lateralen Tibiakopffrakturen wiesen eine Mehrfragmentfraktur ohne Impressionskomponente auf (**Abbildung 15**).

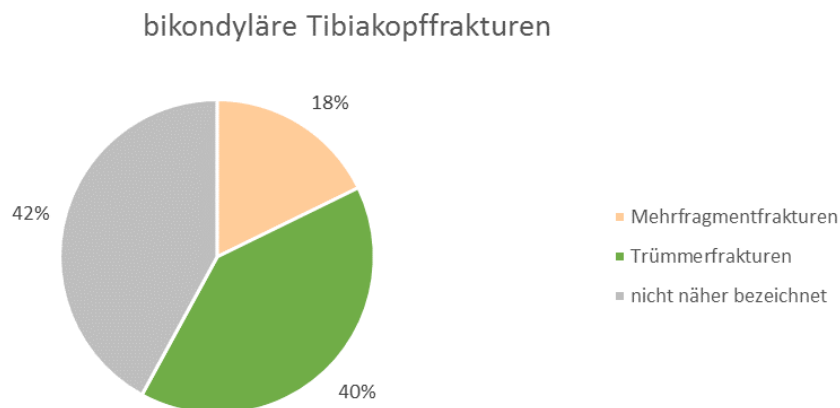


Abbildung 16: Klassifikation bikondylärer Tibiakopffrakturen

Die vorliegenden bikondylären Tibiakopffrakturen entsprachen in 40% Trümmerfrakturen, 18% waren Mehrfragmentfrakturen. Die restlichen 42% der bikondylären Frakturen erlaubten keine genauere Klassifikation (**Abbildung 16**).

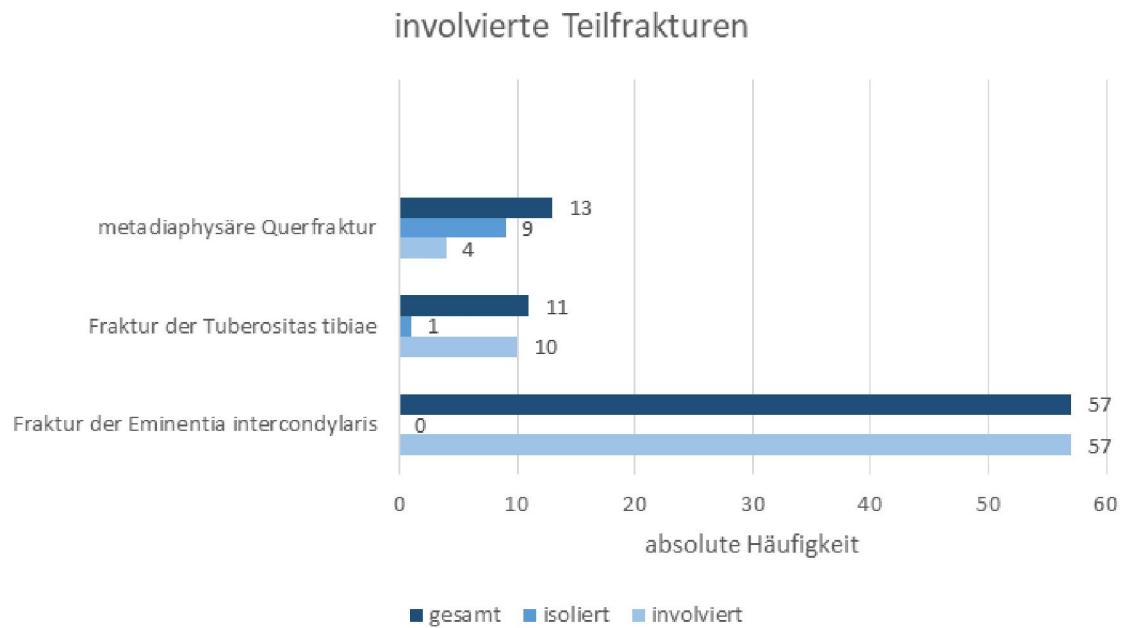


Abbildung 17: Übersicht über Teilfrakturen

Vier PatientInnen wiesen eine isolierte metadiaphysäre Querfraktur auf, in 9 Fällen war ein solcher Frakturtyp kombiniert mit einer weiteren Bruchkomponente vorliegend.

Eine isolierte Fraktur der Tuberositas tibiae trat im untersuchten Patientenkollektiv lediglich einmal auf, eine Tuberositas-Fraktur konnte als Teilfraktur hingegen bei 10 PatientInnen nachgewiesen werden. In 57 Fällen war eine begleitende Fraktur der Eminentia intercondylaris ausdrücklich beschrieben (**Abbildung 17**).

3.5 Trauma

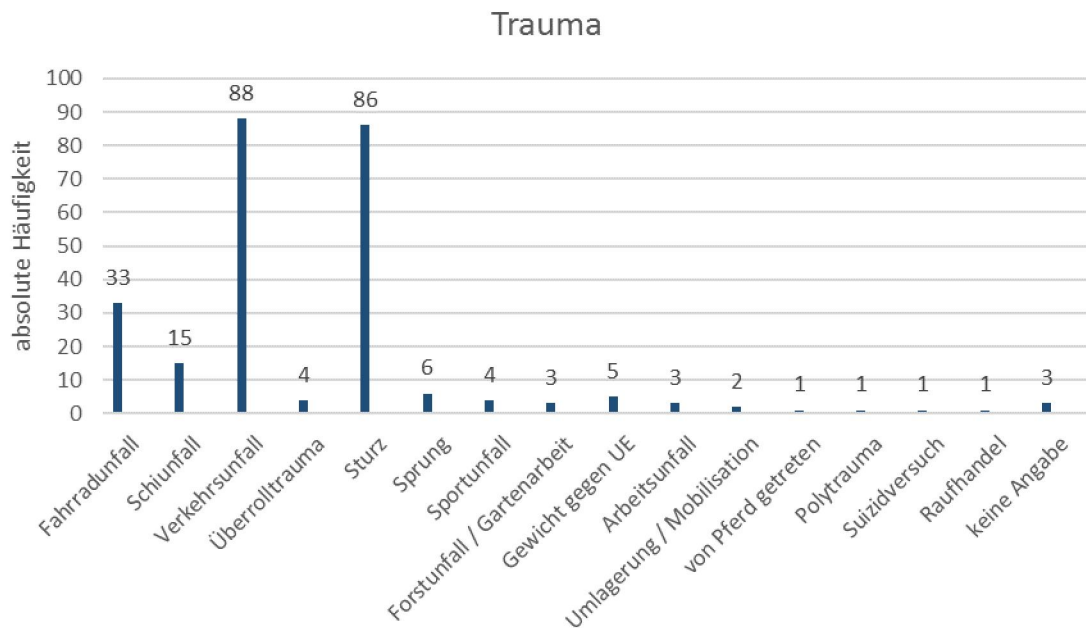


Abbildung 18: Häufigkeiten der ursächlichen Traumen

Viele unterschiedliche Traumen haben zu den Tibiakopffrakturen des Patientenkollektivs geführt (**Abbildung 18**). Die häufigsten Ursachen waren mit 34% Verkehrsunfälle (n=88), hier allen voran Unfälle mit dem Motorrad (n=24) oder Fußgänger, die von Fahrzeugen angefahren wurden (n=23) (**Abbildung 19**).

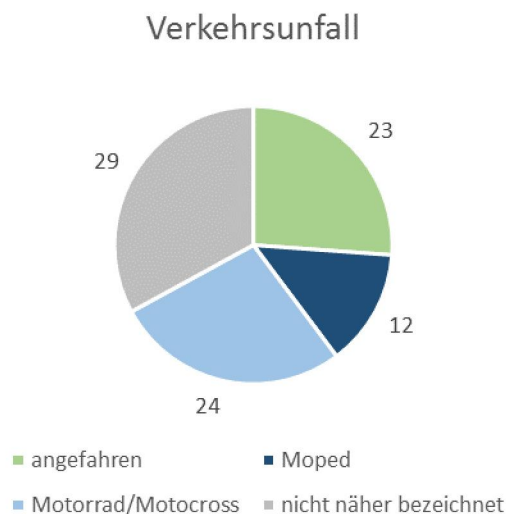


Abbildung 19: Zusammensetzung der Verkehrsunfälle in absoluter Häufigkeit

Stürze waren in 86 Fällen (34%) die Ursachen für die Tibiakopffrakturen. Die betroffenen PatientInnen sind hierbei vor allem aus individueller Höhe in die Tiefe gestürzt oder im Alltag gestolpert beziehungsweise gestürzt (**Abbildung 20**).

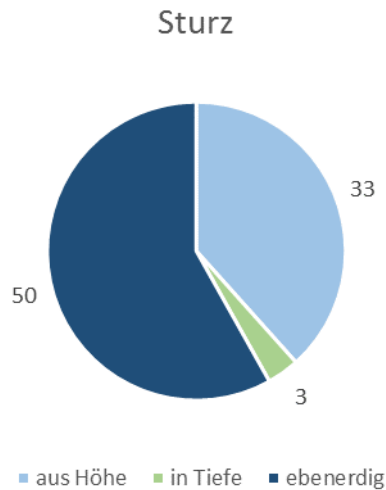


Abbildung 20: Zusammensetzung der Stürze in absoluter Häufigkeit

Weiters zählen Fahrradunfälle (n=33) mit 13% und Schiunfälle (n=15) mit einem Anteil von 6% zu den vier häufigsten, den Frakturen zugrundeliegenden, Traumen.

3.6 Präoperatives Management

Bei dem Großteil der PatientInnen wurde präoperativ ein Oberschenkelspaltgips (n=109) zur Frakturstabilisierung und Ruhigstellung der unteren Extremität bis zur definitiven chirurgischen Versorgung angelegt (**Abbildung 21**).

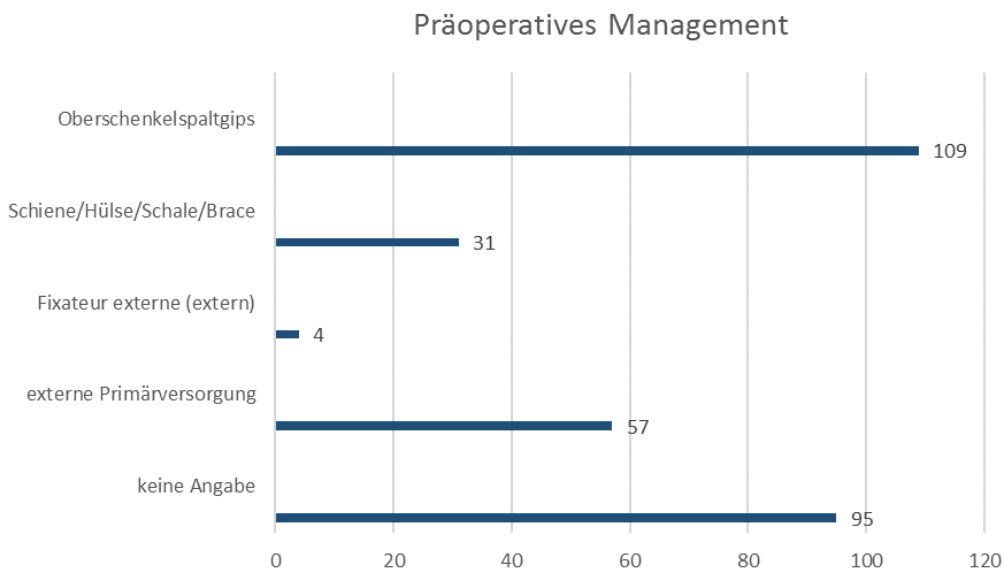


Abbildung 21: Präoperative Versorgungsprinzipien

Alternativ wurden auch verschiedenste Formen von Ober- oder Unterschenkelschienen und -hülsen (n=31) verwendet (**Abbildung 22**).

Schiene/Hülse/Schale/Brace

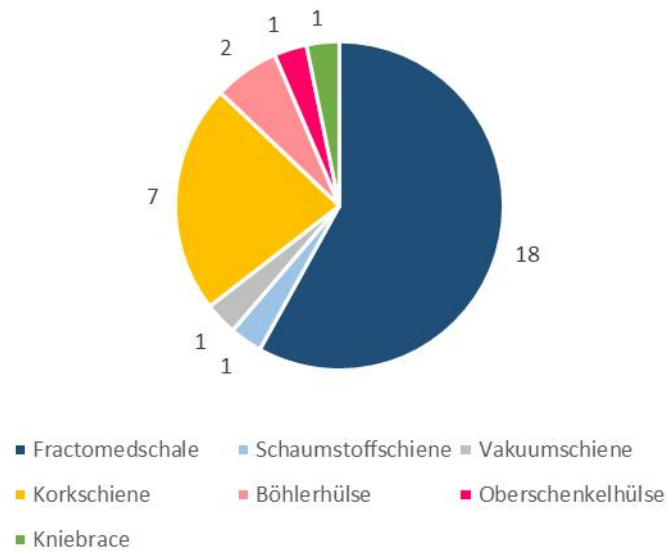


Abbildung 22: Absolute Häufigkeit angewandter Schienensversorgung

Vier PatientInnen wurden mit extern angelegtem Fixateur externe ins *LKH-Univ. Klinikum Graz* zur definitiven Frakturversorgung überstellt. Weiters fand bei 57 PatientInnen die Erstversorgung in einem auswärtigen Krankenhaus statt, sie wurden in Folge an das *LKH-Univ. Klinikum Graz* für die weiterführende Behandlung überwiesen. Viele dieser PatientInnen erhielten auch bereits im primärversorgenden Haus den Oberschenkelspaltgips angelegt (**Abbildung 21**).

3.7 Operationsdatum

1. Operation der Frakturversorgung

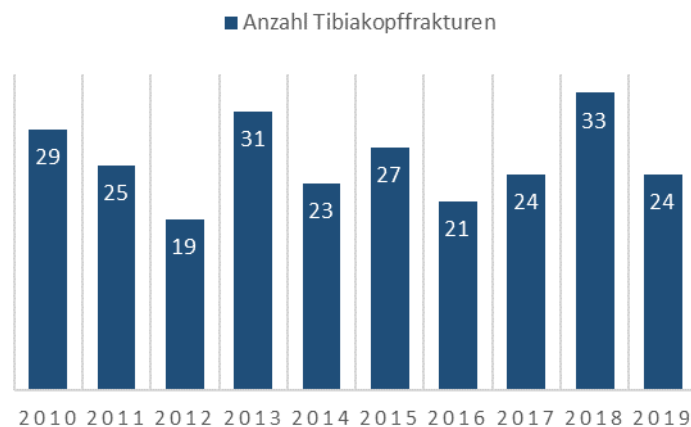


Abbildung 23: Anzahl chirurgisch versorgter Tibiakopffrakturen pro Jahr

Im angegebenen Zeitraum wurden jährlich zwischen 19 und 33 PatientInnen mit Tibiakopffrakturen chirurgisch erstversorgt. Der Mittelwert für den Zeitraum 2010 bis 2019 beläuft sich auf rund 26 PatientInnen mit Tibiakopffrakturen pro Jahr (**Abbildung 23**).

3.8 Chirurgischer Zugang

Zugänge	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Σ
Arthroskopisch assistiert	6	-	7	7	5	-	1	4	5	-	35
LISS/MIPO	1	4	1	-	1	4	-	1	2	-	14
perkutan	3	-	1	2	4	3	-	2	2	4	21
anterolateral	13	16	10	13	8	18	15	12	21	13	139
anteromedial	4	5	5	6	3	5	6	6	4	8	52
Dorsal/posterior gesamt	-	4	3	3	4	5	7	9	5	-	40
posteromedial	-	1	2	1	2	2	4	7	3	-	22
posterolateral	-	1	1	-	2	2	3	2	-	-	11
Dorsal / posterior	-	-	-	1	-	1	-	-	2	-	4
Direkt dorsal / posterior	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Klassisch dorsal / posterior	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
Osteotomie Fibula	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	3
Osteotom. Tub. Gerdy	3	3	-	-	-	-	-	-	1	-	7
Osteotom. Tub. tibiae	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
Osteotomie lat. Tibia	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Lateral	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3
Anterior / median / zentral	4	2	1	5	2	1	-	-	1	-	16
Lat. Erweit. Fasziotomie	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
Über Wunde / Narbe	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2
Nicht beurteilbar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1

Tabelle 4: Überblick über alle gewählten chirurgischen Zugänge im Zeitraum 2010-2019

Tabelle 4 erlaubt einen Überblick über alle durchgeführten chirurgischen Zugänge des Untersuchungszeitraums. In Folge werden die minimalinvasiven, offenchirurgischen Zugänge und verschiedene Osteotomie-Techniken genauer beleuchtet.

3.8.1 Minimalinvasive Zugänge

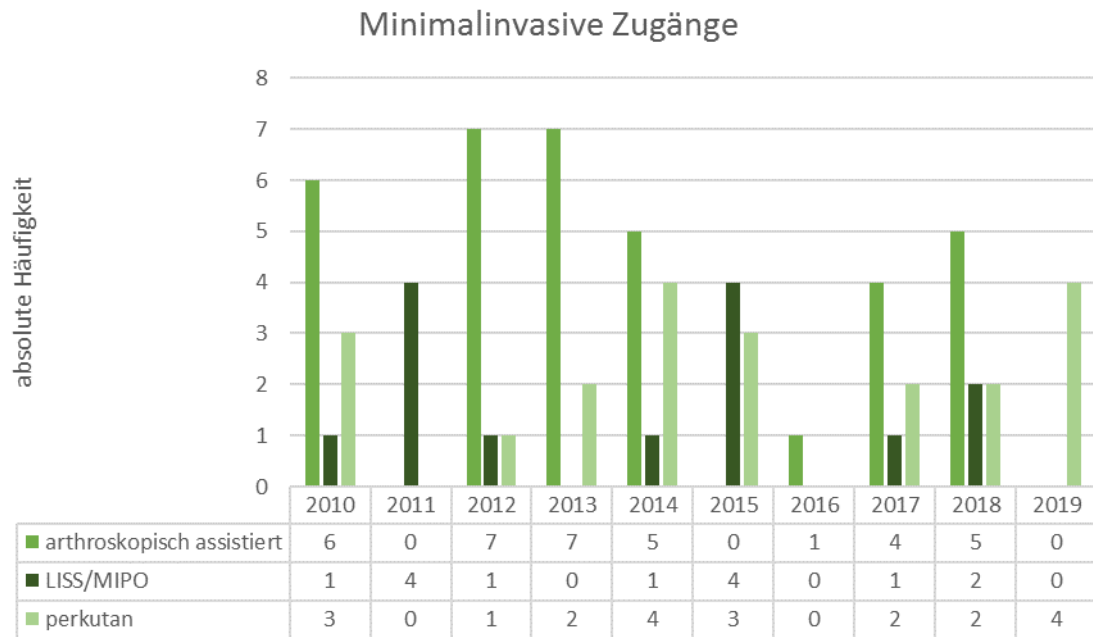


Abbildung 24: Entwicklung minimalinvasiver Zugänge über die Jahre

Bezüglich der Anzahl minimalinvasiver Versorgungstechniken gab es keinen Trend hinsichtlich einer deutlichen Zunahme oder Abnahme von minimalinvasiv versorgten Frakturen im Zeitraum 2010-2019 (**Abbildung 24**).

3.8.2 Offen-chirurgische Zugänge

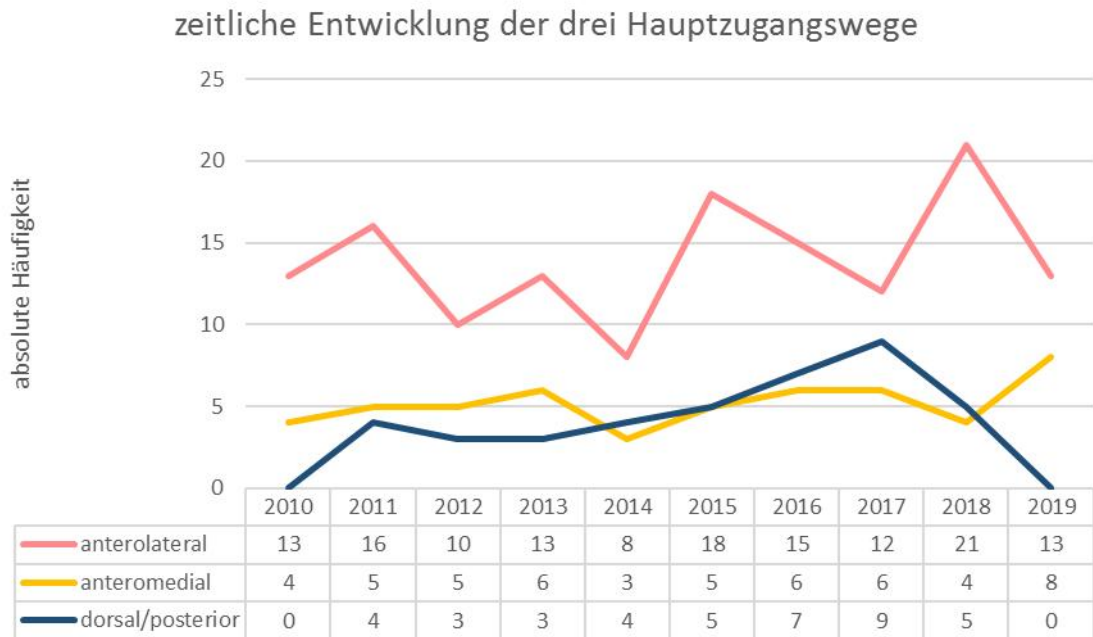


Abbildung 25: Entwicklung der drei Hauptzugangswege über die Jahre

Anterolaterale Zugänge blieben über den untersuchten Zeitraum unbestritten die am häufigsten angewandten Zugangswege. Die Anzahl anteromedialer Zugänge blieb relativ konstant, hingegen kam es im Laufe der Zeit zu einer Zunahme dorsaler/posteriorer Zugänge in der Tibiakopfversorgung (**Abbildung 25**).

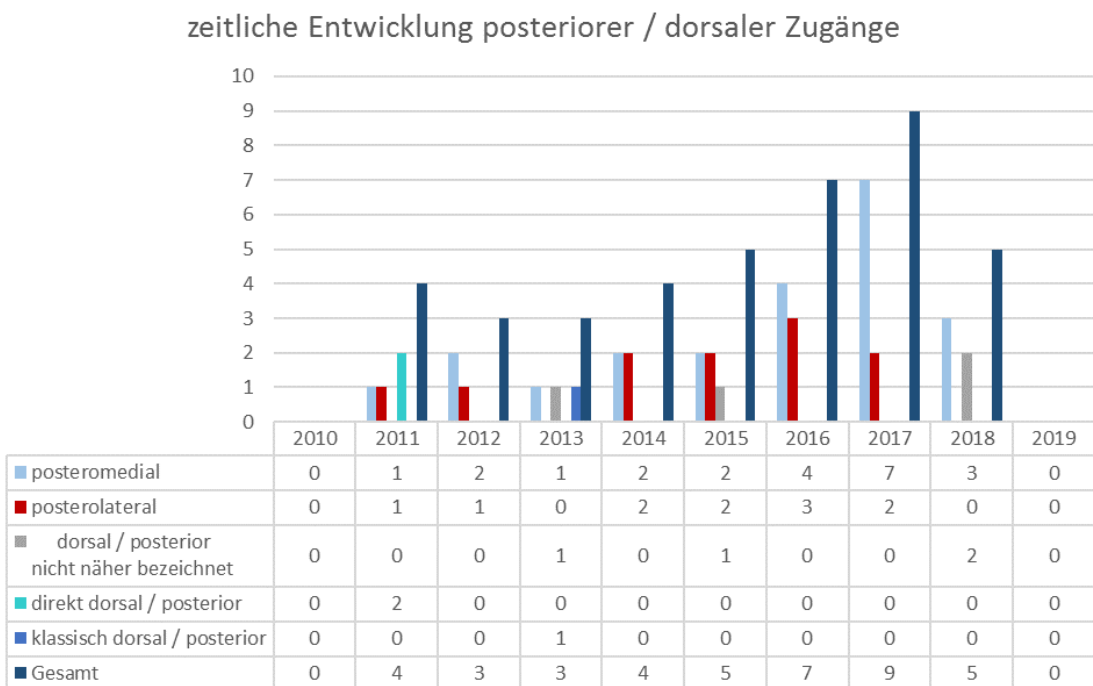


Abbildung 26: Entwicklung posteriorer/dorsaler Zugänge über die Jahre

Mit dem Fortschreiten der Jahre kam es zu einer Zunahme durchgeführter posteriorer Zugänge. Die Aufspaltung in die unterschiedlichen posterioren/dorsalen Zugänge lässt erkennen, dass vor allem der posteromediale Zugangsweg deutlich häufiger angewandt wurde (**Abbildung 26**).

3.8.3 Osteotomien

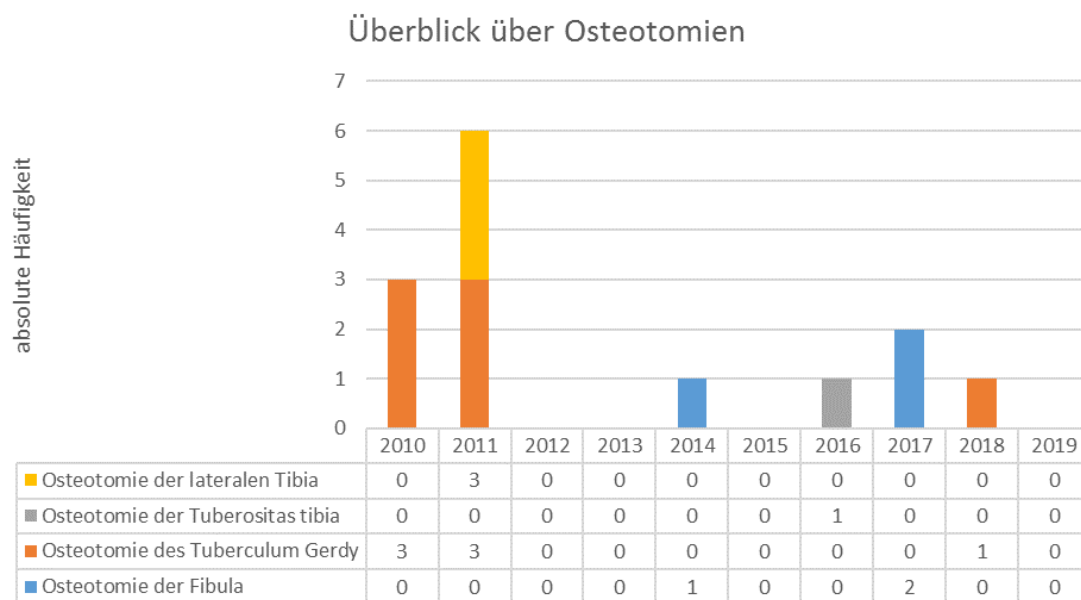


Abbildung 27: Häufigkeiten durchgeführter Osteotomien

Allgemein waren Osteotomien nur sehr selten nötig, um den Zugangsweg zu erweitern bzw. eine bessere Rekonstruktion der Fraktur zu ermöglichen.

Die Osteotomie des Tuberculum Gerdy war mit 7-facher Ausführung die häufigste Variante, gefolgt von jeweils drei Fibulaosteotomien und Osteotomien der lateralen Tibia. Nur in einem Fall wurde eine Osteotomie der Tuberositas tibiae durchgeführt (**Abbildung 27**).

3.9 Vergleichbarkeit des Zugangs mit der Literatur

Zugang mit Literatur vergleichbar

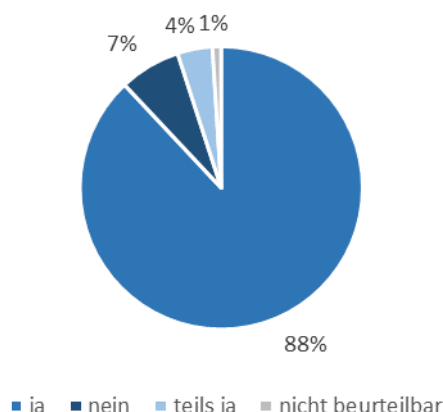


Abbildung 28: Prozentuelle Vergleichbarkeit mit Literatur

88% der angewandten Zugangswege entsprachen den bewährten chirurgischen Zugängen, die in der internationalen Literatur beschrieben sind (5, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21). 7% der gewählten Zugänge wiesen im Hinblick auf die Hautschnittführung oder den Zugang an sich Unterschiede zu den publizierten Zugangsmöglichkeiten auf. Die Entscheidung für die Notwendigkeit individueller Zugänge musste aufgrund des Lokalbefundes und der fallspezifischen Frakturmorphologie getroffen werden. 4% der Zugänge stimmten zum Teil mit den gängigen bekannten Methoden überein, 1% der Zugänge konnten aufgrund unzureichender Dokumentation nicht beurteilt werden (**Abbildung 28**).

Nicht der Literatur zuordenbare Zugänge											
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Gesamt
Lateral	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	3
Anterior / median / zentral	4	2	1	5	2	1	-	-	1	-	16
Laterale Erweiterung der Fasziotomie	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	3
Über Wunde / Narbe	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	2
Nicht beurteilbar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1

Tabelle 5: Überblick über nicht der Literatur zuordenbare Zugänge

Die Unterschiede zu den in der Literatur beschriebenen Zugangswegen ergaben sich beispielsweise durch den Zugang über eine alte Narbe, eine

Débridementwunde oder eine Erweiterung der Fasziotomie, die zur Entlastung eines Kompartmentsyndroms dringend notwendig war. Weiters wurde auch der Hautschnitt individuell positioniert aufgrund einer alten Narbensituation oder um eine simultane Versorgung des lateralen Femurkondyls ermöglichen zu können. In einem Fall wurde bei einem posteromedialen Zugang das mediale Seitenband längs gespalten, um den Tibiakopf adressieren zu können, in einem anderen Fall wurde eine Miniarthrotomie durchgeführt.

Der Hautschnitt für den anterolateralen Zugang wurde einmal bis nach medial fortgeführt, um eine Pseudoarthrose behandeln zu können oder die Haut wurde s-förmig zur Beugeseite hin abschwendend inzidiert.

In mehreren Fällen wurde ein medianer Zugang dokumentiert.

Additiv wurde noch ein anteriorer Zugang zur Tuberositas tibiae und ein extensiv lateraler Zugang angeführt, dieser wurde jedoch nicht näher beschrieben (**Tabelle 5**).

3.10 Versorgungsprinzip

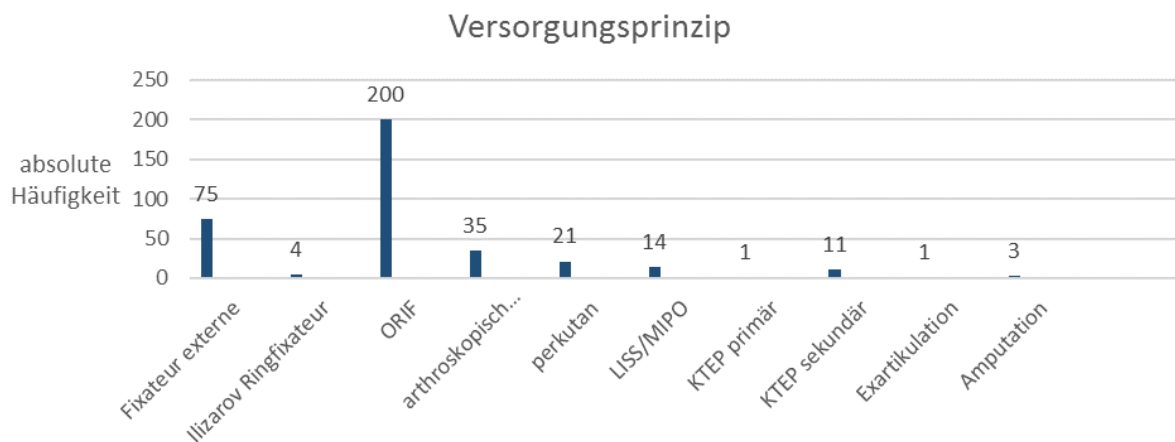


Abbildung 29: Überblick über Versorgungsprinzipien zur Behandlung von Tibiakopffrakturen

Zur Behandlung der Tibiakopffrakturen des Patientenkollektivs war 75 Mal die Anlage eines Fixateur externes notwendig, entweder als erster Behandlungsschritt eines stufenweisen Therapieplans oder als definitive Versorgungsmöglichkeit.

In vier Fällen war die Fixierung des Unterschenkels in einem Ilizarov Ringfixateur notwendig.

Für eine optimale Frakturstabilisierung wurde am häufigsten die offene Reposition und interne Fixation (ORIF) ausgewählt, diese war in 200 Fällen die Therapie der

Wahl.

Die Tibiakopffrakturen von 70 PatientInnen wurden mit einem minimalinvasiven Verfahren adressiert. Davon wurden 35 arthroskopisch assistiert, 21 perkutan versorgt und in 14 Fällen wurde entweder ein Less invasive stabilization system (LISS) verwendet oder eine minimalinvasive Plattenosteosynthese (MIPO) durchgeführt.

Eine Knie-Totalendoprothese wurde in einem Fall primär zur Frakturversorgung implantiert. Bei elf PatientInnen war eine KTEP sekundär indiziert aufgrund einer ausgeprägten posttraumatischen Gonarthrose, Achsabweichung im Kniegelenk, bestehenden intraartikulären Unregelmäßigkeiten oder therapieresistenten Schmerzen.

In vier Fällen war eine Erhaltung des Unterschenkels aufgrund des Verletzungsausmaßes nicht möglich, in Folge musste drei PatientInnen auf Höhe des Oberschenkels die betroffene untere Extremität amputiert werden, in einem Fall war eine Exartikulation im Kniegelenk notwendig (**Abbildung 29**).

3.11 Notwendigkeit einer Knochentransplantation/eines Knochenersatzmaterials

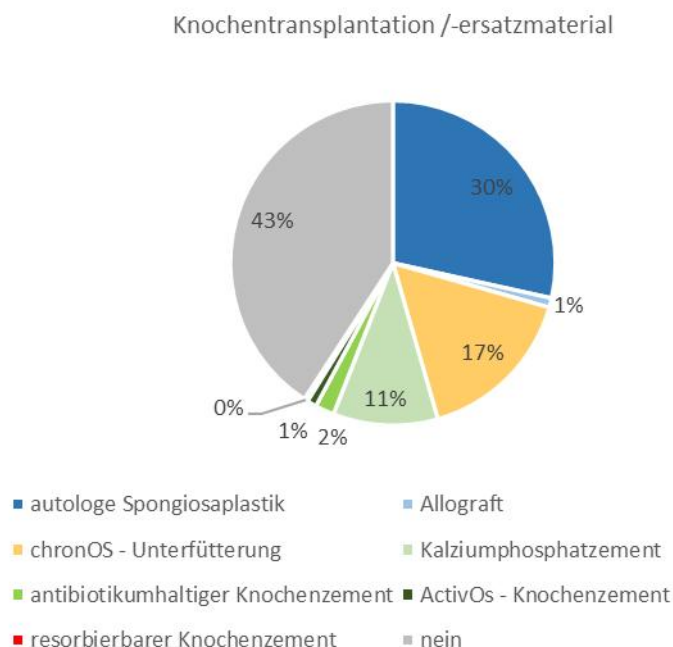


Abbildung 30: Relative Häufigkeiten notwendiger Knochentransplantationen/Knochenersatzmaterialien

57% aller Tibiakopffrakturen erforderten eine Anhebung eines imprimierten Areals der Gelenkfläche mit einem Knochentransplantat oder einem alternativen Knochenersatzmaterial. In 30% der Fälle wurde eine autologe Spongiosaplastik

durchgeführt, um den Defekt zu unterfüttern. Mit einem Anteil von 17% wurden chronOS als zweithäufigste Methode zur Behebung der Impressionszone verwendet, gefolgt von dem minimalinvasiv über einen Ballon einzubringenden Kalziumphosphat-Zement (11%). In 43% der Tibiakopffrakturen war keine Knochentransplantation oder die Verwendung von synthetischen Ersatzmaterialien notwendig (**Abbildung 30** und **Abbildung 31**).

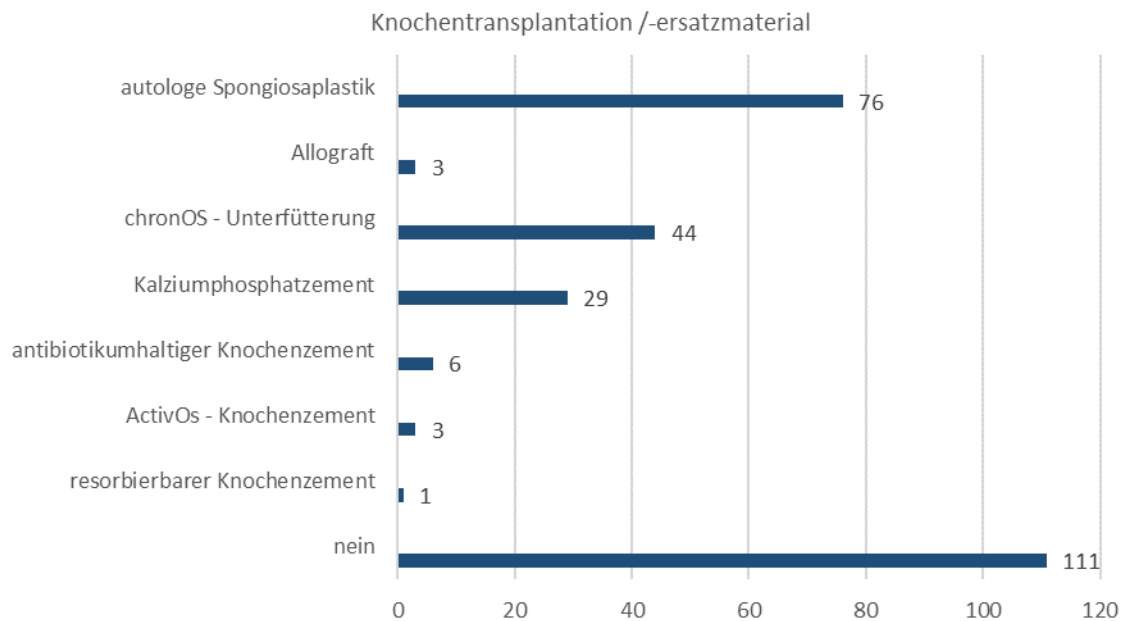


Abbildung 31: Absolute Häufigkeiten notwendiger Knochentransplantationen/Knochenersatzmaterialien

3.12 Anatomische Rekonstruktion

Die in Folge angegebenen Zahlen zur Beurteilung der anatomischen Rekonstruktion beziehen sich auf eine Gesamtheit von 267, da in elf Fällen beidseitige Tibiakopffrakturen vorliegend waren und die Rekonstruktionsergebnisse für jede untere Extremität einzeln angeführt und beurteilt wurden.

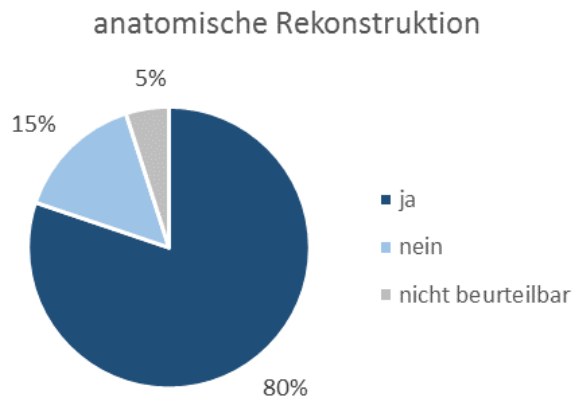


Abbildung 32: Anatomische Rekonstruktion

In absoluten Zahlen konnten 215 Tibiakopffrakturen (80%) anatomisch rekonstruiert werden, 39 Tibiakopffrakturen (15%) hingegen nicht. In 13 Fällen (5%) konnte nach Durchsichtung der OP-Berichte, Verlaufsdokumentation und Befundung der postoperativen Bildgebung keine eindeutige Beurteilung des Rekonstruktionsergebnisses erfolgen (**Abbildung 32**).

3.13 Komplikationen

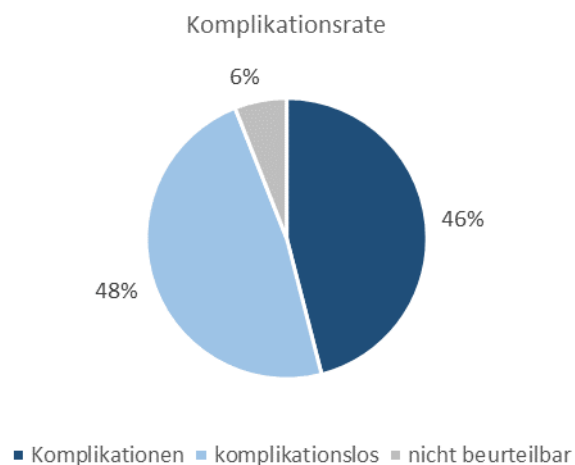


Abbildung 33: Komplikationsrate

Bei 48% der chirurgisch versorgten Tibiakopffrakturen traten in Folge keine Komplikationen auf. In 46% der Fälle konnte kein komplikationsloser

Verlauf dokumentiert werden, oft aufgetretene Komplikationen sollen im Folgenden kurz angeführt werden (**Abbildung 33**).

Die in absoluten Zahlen häufigsten Komplikationen waren lang persistierende Schmerzen im Bereich des Tibiakopfes (n=51) (**Tabelle 7**).

Die Verdachtsdiagnose Kompartmentsyndrom war 23 Mal dokumentiert. In Folge konnte bei 22 PatientInnen ein manifestes Kompartmentsyndrom diagnostiziert werden, in 21 Fällen resultierend in einer notfallmäßigen Fasziotomie der Unterschenkellogen, um eine Erhaltung der unteren Extremität ermöglichen zu können. Die Fasziotomie wurde vorwiegend im Rahmen der ersten Operation durchgeführt, in der auch jeweils ein Fixateur externe angelegt wurde (n=13). Alternativ wurden die Kompartments in einer zweiten Operation bei bereits liegendem Fixateur externe und noch vor der definitiven Versorgung mittels ORIF gespalten (n=7). In einem anderen Fall fand die Faszienpaltung in einer separaten Operation zwischen Fixateur externe Anlage und Oberschenkel-Amputation statt (n=1).

Dem zweiten Fall mit Oberschenkel-Amputation ging aufgrund des ausgeprägten Weichteilschadens und der Blasenbildung keine Fasziotomie mehr voraus.

Bei einem/r weiteren Patienten/Patientin wurde im Rahmen der ORIF ein Kompartmentsyndrom aufgrund der Lokalsituation der Extensorenloge (auch bekannt als anteriores Kompartiment) vermutet, da sich der M. tibialis anterior teilweise nekrotisch bzw. lehmfarben präsentierte. Aufgrund der negativen Muskelbiopsie und fehlenden Spannung wurde letztendlich kein manifestes Kompartmentsyndrom diagnostiziert und in Folge auch keine Fasziotomie durchgeführt (**Tabelle 6**).

Diagnose und therapeutische Ansätze	Fälle (n)
Verdachtsdiagnose Kompartmentsyndrom	23
manifestes Kompartmentsyndrom	22
Verdachtsdiagnose hat sich nicht bestätigt	1
Kompartmentspaltung/Fasziotomie gesamt	21
• davon in 1. OP mit Fixateur externe-Anlage durchgeführt	13
• davon in 2. OP nach Fixateur externe-Anlage und vor ORIF durchgeführt	7
• davon in 2. OP nach Fixateur externe-Anlage und vor Oberschenkel-Amputation durchgeführt	1
Oberschenkel-Amputation	2
• einer Fasziotomie nachfolgend	1
• ohne vorangegangener Fasziotomie	1

Tabelle 6: Komplikation Kompartmentsyndrom - Diagnose und Therapie

Das Auftreten einer ausgeprägten posttraumatischen Arthrose des Kniegelenks wurde 13 Mal dokumentiert.

Zum Einsintern der tibialen Gelenkfläche kam es im lateralen Kompartiment dreimal so häufig wie im medialen (12 versus 4).

Weiters konnte auch bei 12 PatientInnen eine Abweichung der Gelenkachse nach medial festgestellt werden, dies entspricht einer Valgusfehlstellung im Kniegelenk.

Bei 13 PatientInnen kam es aufgrund eines Flexionsdefizits zu einer deutlichen Einschränkung der subjektiven Lebensqualität (**Tabelle 7**).

Komplikationen				
Komplikationsart	Fistel	Abszess	Osteomyelitis	Nekrose
Fälle (n)	5	2	3	2
Komplikationsart	Wundheilungsstörung	Wundinfektion	Gelenkinfektion	Pseudoarthrose
Fälle (n)	2	4	2	5
Komplikationsart	Schmerzen	Posttraumatische Gonarthrose	Arthrofibrose	Kompartmentsyndrom
Fälle (n)	51	13	1	23
Komplikationsart	CRPS	Par-/Hypästhesien	Plattenertragsmangel	Mangelnde Therapieadhärenz/ Patientencompliance
Fälle (n)	1	2	1	1
Komplikationsart	Einsinterung medial/lateral	Valgusfehlstellung	Erhöhte tibiale Reklination	Verbreitertes Tibiaplateau
Fälle (n)	4/12	12	1	1
Komplikationsart	Extensionsdefizit	Flexionsdefizit	Intraartikuläre Stufe	Inkongruente Gelenkfläche
Fälle (n)	3	13	3	2
Komplikationsart	Intraartikuläre Schraubenlage	Dislokation/Schraubenlockerung	Beinlängendifferenz	Instabilitätsgefühl
Fälle (n)	1	4	1	2
Komplikationsart	Laterale Aufklappbarkeit	Giving-Way-Attacken	Muskelabbau	
Fälle (n)	1	3	2	

Tabelle 7: Überblick über aufgetretene Komplikationen und ihre absoluten Häufigkeiten

3.14 Notwendigkeit von Re-Operation/Re-ORIF/KTEP sekundär

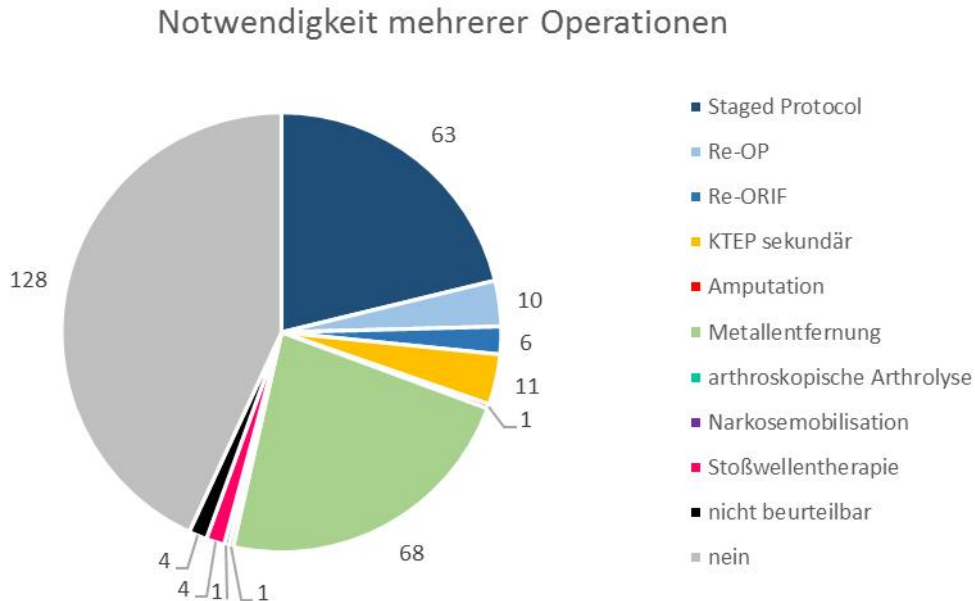


Abbildung 34: Notwendigkeit erneuter Operation in absoluter Häufigkeit

Dreiundsechzig PatientInnen wurden gemäß des Staged Protocols behandelt: in einer ersten Operation wurde jeweils die Tibiakopffraktur mittels Fixateur externe stabilisiert, sobald die Weichteilverhältnisse oder der Gesundheitszustand des Patienten/der Patientin eine definitive Versorgung zuließen, konnte diese – meist im Rahmen einer ORIF – in einer weiteren Operation erfolgen.

Bei zehn PatientInnen war eine erneute Operation zur Nachjustierung der Frakturfixierung notwendig.

In sechs Fällen musste die erste offene Reposition und interne Fixierung aufgrund unbefriedigender Ergebnisse ein weiteres Mal durchgeführt werden.

Elf PatientInnen waren sekundär auf die Implantation einer Knie-Totalendoprothese angewiesen.

In einem Fall musste in Folge eines Kompartmentsyndroms eine Amputation auf Höhe des Oberschenkels erfolgen, da eine Erhaltung der betroffenen unteren Extremität nicht mehr möglich war.

Eine Metallentfernung des zur Frakturstabilisierung eingebrachten Osteosynthesematerials wurde in 68 Fällen durchgeführt. Gründe hierfür waren vor allem persistierende Schmerzen über dem Plattenlager, subkutan tastbare Schrauben oder der Wunsch der Patientin/des Patienten zur Metallentfernung. Zur Behandlung postoperativer Bewegungseinschränkungen wurde jeweils in

einem Fall eine arthroskopische Arthrolyse und Narkosemobilisation des Kniegelenks durchgeführt.

Vier PatientInnen mit einer Pseudoarthrose im Bereich des Tibiakopfes kamen noch einmal zur Stoßwellentherapie.

In vier Fällen war die Notwendigkeit weiterer Operationen nicht beurteilbar, 128 PatientInnen waren nach der ersten Operation zur chirurgischen Versorgung der Fraktur optimal versorgt und benötigten keine weiteren Eingriffe mehr (**Abbildung 34**).

3.15 Begleitverletzungen

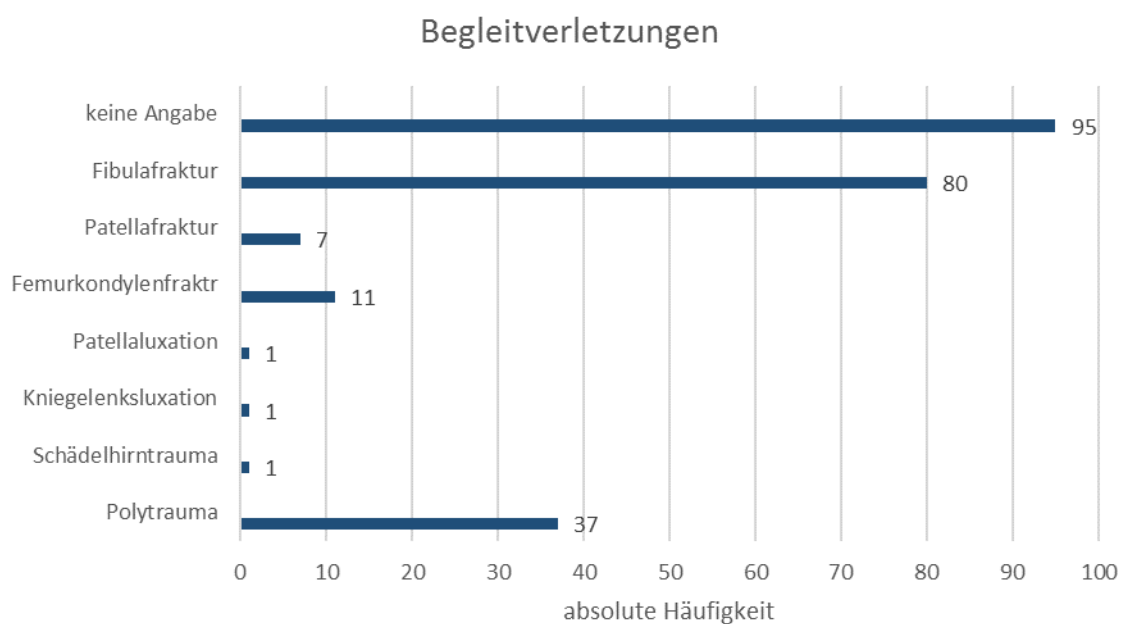


Abbildung 35: Begleitverletzungen - Teil 1

Begonnen wird mit den Läsionen knöcherner Strukturen, die begleitend zu den Tibiakopffrakturen des Patientenkollektivs vorlagen. Als häufigste knöcherne Begleitverletzung kam eine Fibulafraktur in 80 Fällen vor. Frakturen der Femurkondylen wurden elf Mal und Patellafrakturen sieben Mal dokumentiert. Eine Patella- oder Kniegelenksluxation wurde jeweils einmal gezählt. Eine explizit als Schädelhirntrauma bezeichnete Begleitverletzung war nur einmal angeführt. 37 Tibiakopffrakturen traten bei polytraumatisierten PatientInnen auf. In 95 Fällen waren keine Angaben über jegliche vorliegende Begleitverletzungen zu finden (**Abbildung 35**).

Im Folgenden werden die Begleitverletzungen des Kapsel-Band-Apparats und der Menisken in ihren absoluten Häufigkeiten angeführt.

Verletzungen der Retinacula patellae waren sehr selten, das laterale Retinaculum war dreimal und das mediale zweimal verletzt.

Von den 33 Seitenbandverletzungen waren 19 lateral und 12 medial lokalisiert, in 2 Fällen fehlte die Seitenangabe. Sowohl das mediale als auch das laterale Seitenband betreffend, traten knöcherner Ausrisse häufiger auf als Totalrupturen (MCL: 7 versus 4, LCL: 10 versus 7).

Die Kreuzbandverletzungen betrachtend, betrafen 23 der 38 Verletzungen das vordere und nur 14 das hintere Kreuzband. In einem Fall fehlte die Dokumentation, welches Band betroffen war. Auch bei den Kreuzbandläsionen lagen viel häufiger knöcherner Ausrissfrakturen als Bandrupturen vor (ACL: 17 versus 6, PCL: 10 versus 4).

Hinsichtlich den Meniskus-Verletzungen war der laterale Meniskus fast doppelt so häufig von Läsionen betroffen als der mediale (15 versus 8) (**Abbildung 36** und **Tabelle 8**).

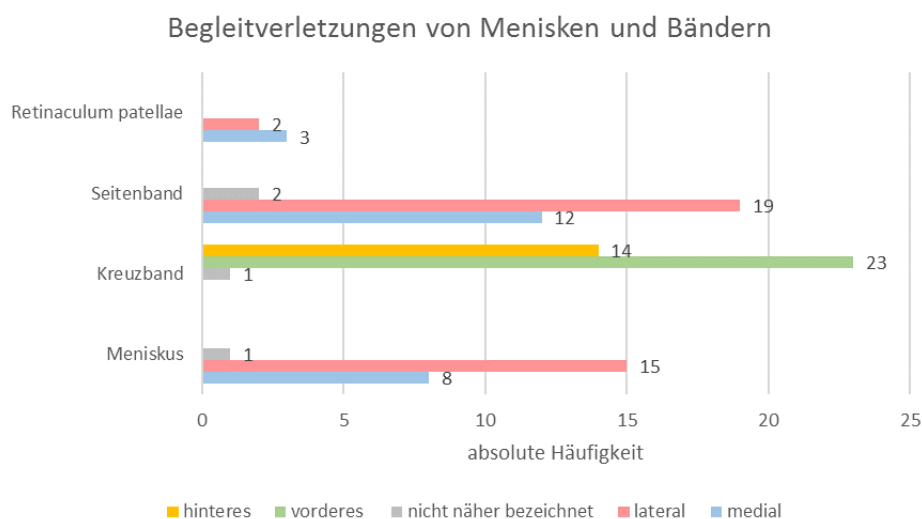


Abbildung 36: Begleitverletzungen - Teil 2

		Ruptur	knöcherner Ausriss	nicht näher bezeichnet
Seitenband	medial	4	7	1
	lateral	7	10	2
Kreuzband	vorderes	6	17	1
	hinteres	4	10	

Tabelle 8: Begleitverletzungen - Teil 3

Weitere Verletzungen des Kapsel-Band-Apparats und des Weichteilmantels werden in **Abbildung 37** dargestellt.

In 23 Fällen der untersuchten Tibiakopffrakturen wurde die Verdachtsdiagnose Kompartmentsyndrom gestellt, in 22 Fällen kam es in Folge zu einer Entwicklung eines manifesten Kompartmentsyndroms der betroffenen unteren Extremität (siehe **Kapitel 3.13**).

In einem Fall war das Vorliegen einer Décollement-Verletzung nach Überrolltrauma dokumentiert.

Aufgrund einer Schädigung des N. peroneus, kam es in 5 Fällen in Folge zu einer Parese dieses peripheren Nervens.

Jeweils einmal lag eine ausgeprägte Zerstörung des M. vastus und des Streckapparats des Kniegelenks vor.

Die fünf dokumentierten Patellasehnen-Verletzungen setzten sich aus knöchernen Ausrissen (n=3), einer Ruptur (n=1) sowie Abscherfraktur (n=1) der Patellasehne zusammen.

Eine Ruptur des Kapsel-Band-Apparats wurde dreimal gezählt.

Acht PatientInnen wiesen bei Aufnahme eine ausgeprägte Instabilität im Kniegelenk auf. Eine laterale und posteriore Instabilität lag jeweils dreimal vor, eine mediale und anteriore Instabilität hingegen jeweils nur einmal.

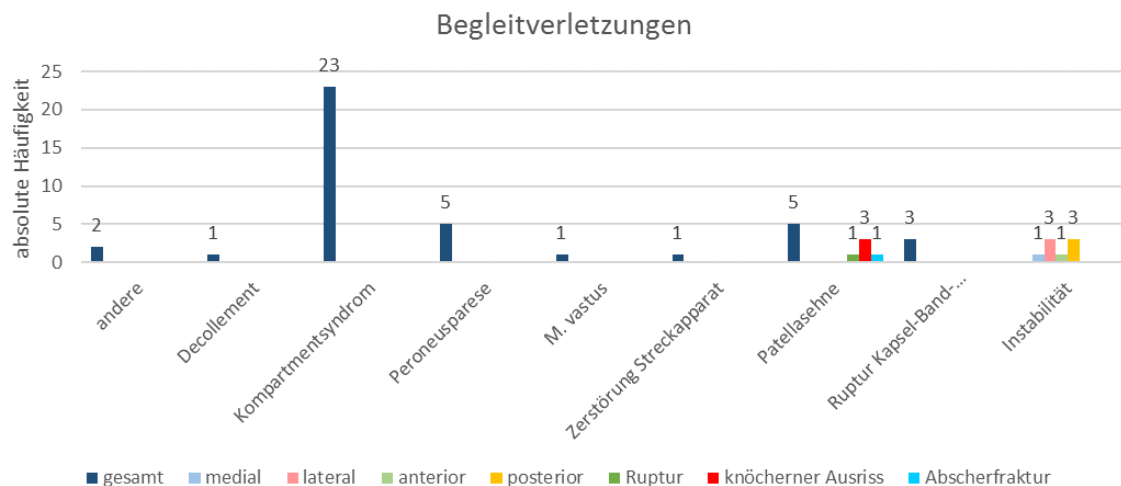


Abbildung 37: Begleitverletzungen - Teil 4

3.16 Postoperatives Management

Allgemeines

Das postoperative Management des analysierten Patientenkollektivs deckte viele verschiedene Aspekte des Rehabilitationsprozesses ab. Es umfasste unter anderem ein Belastbarkeits- und Entlastungsprotokoll, die Anlage von Heilbehelfen zur besseren Stabilisierung der frischen Frakturversorgung und eine frühe Mobilisation des Patienten bzw. Bewegungstherapie für das betroffene Kniegelenk.

Ruhigstellung

Postoperativ war die Anlage eines Oberschenkelspaltgipses oder einer jener Schienen bzw. Hülsen, die auch im Rahmen des präoperativen Managements verwendet wurden, bis zur vollständigen Wundheilung oder Naht-/Klammerentfernung ein standardisiertes Vorgehen.

In einzelnen Fällen war auch die Anlage eines Fixateur externes bei bereits liegendem Osteosynthesematerial notwendig, um die Kniegelenkstabilität zu erhöhen.

Belastbarkeits- und Entlastungsprotokoll

Die Dauer der Entlastung variierte individuell nach Frakturtyp und war abhängig von dem radiologischen Verlauf des Konsolidierungsprozesses. Aus diesen Gründen gab es Unterschiede zwischen den verordneten Entlastungsdauern des Patientenkollektivs, welche in 44% der Fälle (n=112) dokumentiert waren. Die übrigen 56% (n=144) enthielten zwar Angaben zur Teilbelastung oder einem erlaubten Abrollen aber nicht zur Entlastung per se.

Eine Entlastung bis zur gesicherten Wundheilung war einmal dokumentiert, in sieben Fällen wurde eine Entlastung bis zur knöchernen Konsolidierung verordnet. Weiters waren 6-wöchige (n=8), 6 bis 8-wöchige (n=5), 8-wöchige (n=21), 8 bis 10-wöchige (n=3), 10-wöchige (n=3), 10 bis 12-wöchige (n=7), 8 bis 12-wöchige (n=20) oder sogar 12-wöchige (n=37) Entlastungsphasen notwendig. Großteils war somit eine Entlastung für mindestens 8-12 Wochen indiziert.

Das Belastungsprotokoll sah je nach Patientin/Patient unterschiedlich aus: begonnen wurde mit einem Gewicht zwischen 10 und 25 kg, in den meisten Fällen

war in den ersten 8-12 Wochen nur eine Teilbelastung mit 15 kg erlaubt. Die Intervariabilität war hier teils auch auf den radiologischen Konsolidierungsstatus zurückzuführen.

Die Vollbelastung wurde stufenweise erreicht oder bis zur Schmerzgrenze erlaubt.

Mobilität und Bewegungstherapie

Hinsichtlich des erlaubten Bewegungsumfanges gab es unterschiedliche Therapieansätze. In einigen Fällen war es notwendig, in den ersten postoperativen Wochen das Knie in Streckstellung ruhigzustellen, in anderen Fällen konnte gleich mit 30 oder 60 Grad Flexion begonnen werden. Eine postoperative rasche Mobilisation des Kniegelenks ist jedoch wichtig, um einem Einsteifen des Gelenks und Muskelabbau entgegen zu wirken. Eine stufenweise Erhöhung von 0 auf 30, 60 und 90 Grad in jeweils mehrwöchigen Abständen war ein gängiges Therapieschema. Auffällig oft (n=54) wurde eine Orthese in der Einstellung 0/0/60 für 6 Wochen verschrieben. Eine Durchbewegung des Kniegelenks in einer Continuous Passive Motion-Schiene (CPM) ist ebenfalls ein angesehenes Therapieverfahren.

Übungsstabilität

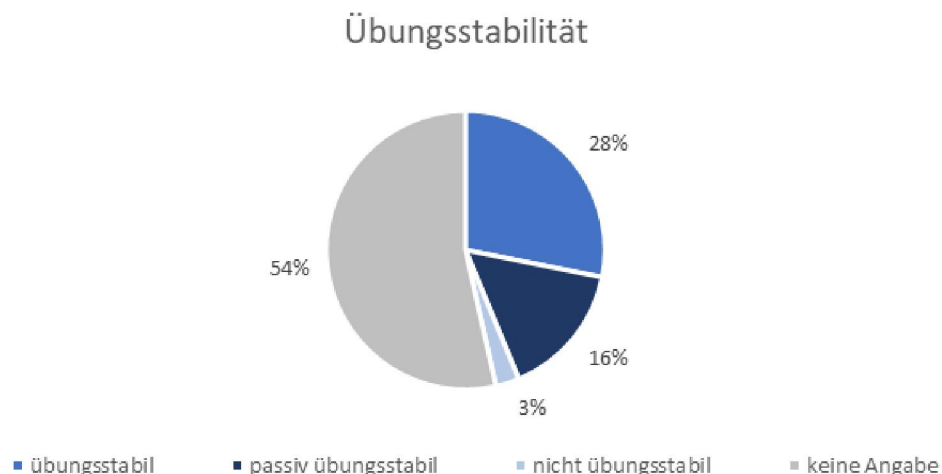


Abbildung 38: Postoperative Übungsstabilität

In 46% der Fälle (n=119) wurde im Operationsbericht angegeben, ob die Fraktur aktiv/passiv übungstabil versorgt werden konnte. In 54% der Fälle (n=137) waren hingegen keine Angaben zur Übungsstabilität in den Operationsberichten vorhanden.

72 Tibiakopffrakturen (28%) wurden übungsstabil versorgt. Unterschieden wurde zwischen sofort postoperativer (n=56) Übungsstabilität und jener, die erst nach erfolgter Wundheilung bzw. Klammer-/Nahtentfernung (n=9) oder ab der dritten postoperativen Woche (n=1) gegeben ist. Sechs Frakturen wurden als vorsichtig übungsstabil eingeordnet.

40 Tibiakopffrakturen (16%) waren nach der Versorgung passiv übungsstabil. 17 Frakturen konnten sofort postoperativ, 12 Frakturen nach abgeschlossener Wundheilung bzw. Klammer-/Nahtentfernung und einige erst ab der 3. (n=8), 4. (n=2) oder 8. (n=1) postoperativen Woche passiv beübt werden. In 3% der Fälle (n=7) war im Operationsbericht dokumentiert, dass keine Übungsstabilität vorlag (**Abbildung 38**).

Heilbehelfe

Zur Unterstützung der Mobilität der PatientInnen konnten je nach Möglichkeit Unterarmstützkrücken oder ein Rollstuhl herangezogen werden.

Physikalische Therapie

Im Rahmen der postoperativen Rehabilitation spielten vor allem auch die Physiotherapie und etwaige weitere physikalische Maßnahmen eine bedeutende Rolle, ebenso wie Reha-Aufenthalte.

3.17 Osteoporose/Osteopenie

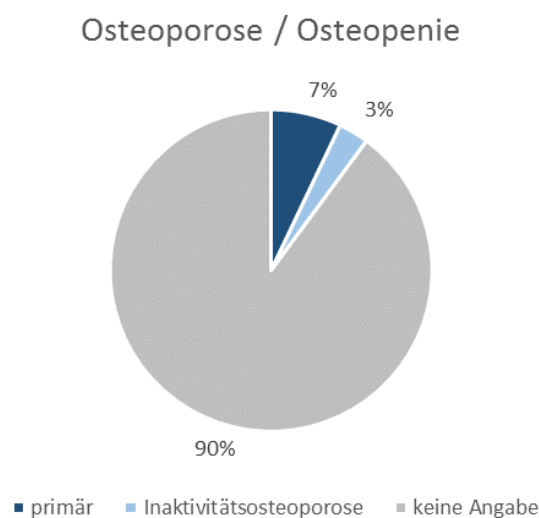


Abbildung 39: Relative Häufigkeit von Osteoporose/Osteopenie

Um einen Überblick über die Knochenqualität des Patientenkollektivs zu bekommen, wurde nach einer diagnostizierten Osteoporose und dem Entwickeln einer postoperativen Inaktivitätsosteoporose gesucht.

Ein aussagekräftiges Ergebnis konnte hier nicht erzielt werden, da bei rund 90% der PatientInnen keine Dokumentation über das Vorhandensein oder die Abwesenheit einer Osteopenie/Osteoporose vorhanden war.

Bei 19 PatientInnen (7%) war eine osteopene oder osteoporotische Knochenqualität primär bekannt.

In 3% der Fälle (n=7) wurde eine Inaktivitätsosteoporose angegeben. In einem der sieben Fälle ist die osteoporotische Knochenqualität auf eine bekannte Paraparese (n=1) zurückzuführen (**Abbildung 39**).

3.18 Primäre/Sekundäre Gonarthrose

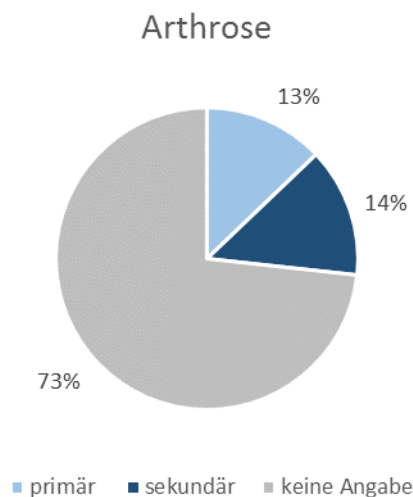


Abbildung 40: Relative Häufigkeit primärer/sekundärer Gonarthrose

13% der PatientInnen wiesen bereits vor der Tibiakopffraktur arthrotische Veränderungen des Kniegelenks auf (primäre Arthrose). In 14% der Fälle war das Auftreten einer posttraumatischen Gonarthrose (sekundäre Arthrose) dokumentiert. Da in 73% der PatientInnen keine Angabe über das Vorhandensein einer primären oder sekundären Arthrose vorgelegen ist, kann kein Trend hinsichtlich des Risikos einer posttraumatischen Gonarthrose dargestellt werden (**Abbildung 40**).

4 Diskussion

Interpretation der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden retrospektiven Datenanalyse sind für Frauen und Männer gleichermaßen relevant, da es keine geschlechtsspezifischen Versorgungsstrategien oder Therapieziele für die Behandlung von Tibiakopffrakturen gibt. Die PatientInnen waren zu 57% weiblich und 43% männlich, daher ist das Patientenkollektiv in Bezug auf die Geschlechterverteilung nicht exakt ausgeglichen.

Das primäre Therapieziel einer anatomischen Rekonstruktion des Tibiakopfes ist maßgeblich bedeutend für das funktionelle Outcome, die Wiederaufnahme von Sportaktivitäten und die Reintegration ins Arbeitsleben (49). Durch eine anatomische Rekonstruktion soll eine physiologische Beinachse beibehalten und die Gelenkfläche vor persistierenden intraartikulären Stufen geschützt werden, die in Folge zu einer verstärkten Knorpeldegeneration führen und so die Kniegelenksfunktion negativ beeinflussen würden (5).

Eine anatomische Rekonstruktion konnte in 80% der Fälle erreicht werden, in 15% aufgrund der Komplexität der Fraktur hingegen nicht und in 5% konnte aufgrund fehlender Dokumentation des Repositionsergebnisses oder unzureichender Beurteilbarkeit der postoperativen Bildgebung keine eindeutige Aussage getroffen werden.

Da 60% aller Tibiakopffrakturen eine Impressionskomponente aufwiesen, stellt das Wissen über belastungsstabile biologische und synthetische Knochentransplantate oder -ersatzmaterialien zur Defektauffüllung einen wichtigen Punkt in der Frakturversorgung dar. Mit einem Anteil von 30% wurde als meist angewandtes Prinzip eine autologe Spongiosaplastik durchgeführt, die jedoch postoperativ oftmals mit lang persistierenden Schmerzen an der Entnahmestelle einhergeht. Synthetische Alternativmaterialien, die hinsichtlich dieser Komplikation vorteilhafter sind, wurden hingegen viel seltener verwendet (beispielsweise Kalziumphosphat-Knochenzement in 11%).

Die untersuchten Tibiakopffrakturen wiesen Impressionsfrakturen des medialen Plateaus (53%), Impressionsfrakturen des lateralen Plateaus (57%) und zusätzlich dazu lateralseitig sowohl kombinierte Spalt-Impressionsfrakturen (23%), als auch Impressionstrümmerfrakturen (4%) auf. Der daraus hervorgehende größere Anteil

an Impressionskomponenten, der im lateralen Gelenkkompartiment lokalisiert war, könnte die Begründung dafür sein, dass es postoperativ lateral (n=12) dreimal so häufig zum Einsintern des Tibiaplateaus gekommen ist als medial (n=4).

Zusätzlich könnte dieses Phänomen auch durch die medial stärker ausgeprägte Trabekelstruktur des subchondralen Knochens erklärt werden.

Aufgrund des hohen Risikos für begleitende Läsionen des Weichteilmantels oder Kapsel-Band-Apparats war oftmals die Befolgung eines Staged Protocols (Fixateur externe im ersten Behandlungsschritt und ORIF im zweiten) oder ein zweizeitiges Verfahren zur Wiederherstellung der Kniegelenkstabilität notwendig. 50% der PatientInnen waren durch eine einzige Operation optimal versorgt, in den anderen 50% der Fälle war ein stufenweises Behandlungsschema, eine Re-Operation, Metallentfernung oder sogar sekundäre K-TEP notwendig, um eine bestmögliche Versorgung gewährleisten zu können.

Als häufigste knöcherne Begleitverletzungen kamen Fibulafrakturen in 80 Fällen vor, die sich vermutlich durch den Nahebezug zum Tibiakopf erklären lassen.

Immerhin ist die Fibula zum Zeitpunkt des Traumas über das Tibiofibulargelenk unmittelbar der einwirkenden Kraft ausgesetzt. Weiters spielt bei Affektionen der fibularen Säule eine am Frakturmechanismus oftmals beteiligte Valguskomponente eine bedeutende Rolle (7).

Die Analyse ligamentärer Begleitverletzungen führte zu dem eindeutigen Ergebnis, dass mehr knöcherne Ausrissfrakturen als Totalrupturen von Seiten- (MCL: 7 versus 4, LCL: 10 versus 7) oder Kreuzbändern (ACL: 17 versus 6, PCL: 10 versus 4) mit den Tibiakopffrakturen einhergingen. Die Häufung knöcherner Ausrissfrakturen des vorderen Kreuzbandes im Vergleich zu Totalrupturen desselben ist bereits von den Segond-Frakturen bekannt (42).

Die retrospektive Datenanalyse ergab weiters, dass Läsionen des lateralen Meniskus (n=15) beinahe doppelt so oft auftraten als mediale Meniskusläsionen (n=8). Diese Ergebnisse sind mit dem von Stannard et al. beschriebenen Verhältnis lateraler zu medialer Meniskusläsionen (13:7) bei 41B-Frakturen vergleichbar (38). Die Begründung für die Häufung lateraler Meniskusläsionen liegt in der Frakturlokalisierung. Die aufgearbeiteten Fälle der retrospektiven Analyse ergaben nur in 7% isolierte mediale, aber in 47% isolierte laterale Tibiakopffrakturen. Zusätzlich lagen in 41% bikondyläre Tibiakopffrakturen vor, die mit einer simultanen Beteiligung des medialen und lateralen Plateaus

einhergingen. Diese Zahlen lassen auf die in vielen Fällen ursächliche Valgus-Komponente im Frakturmechanismus – additiv zur axialen Krafteinwirkung - und in Folge Schädigung des lateralen Gelenkkompartiments rückschließen.

In rund 48% aller Tibiakopffrakturen gestaltete sich der Verlauf komplikationslos, 46% der PatientInnen klagten über postoperative Komplikationen wie persistierende Schmerzen, ein Einsintern des Tibiaplateaus und konsekutiver Fehlstellung im Kniegelenk, posttraumatische Gonarthrose oder ein Flexionsdefizit.

Schlussfolgerungen und Diskussion

Die Wahl des chirurgischen Zugangs und der optimalen Versorgungsstrategie ist von vielen Faktoren - vorrangig von der Lokalisation der Fraktur, dem Ausmaß des Defekts, dem Frakturtyp - abhängig, ebenso spielen das PatientInnenalter, die Qualität des Knochens und etwaige Begleitverletzungen bzw. Läsionen des Weichteilmantels eine entscheidende Rolle.

Bei jungen PatientInnen und einfachen Tibiakopffrakturen wird eine Rekonstruktion des Tibiaplateaus angestrebt. Hingegen kann es bei manifester Osteoporose, ausgeprägten primär arthrotischen Veränderungen der Gelenkfläche und massiven Trümmerzonen notwendig sein, als primären Behandlungsschritt eine K-TEP zu implantieren.

Schwierig gestaltet sich die Klassifikation von Tibiakopffrakturen, da viele verschiedene Klassifikationen publiziert wurden und jede seine Vor- und Nachteile mit sich bringt. In der Literatur ist man sich jedoch einig darüber, dass eine Beurteilung aller drei Ebenen (koronare, sagittale und axiale Ebene) des frakturierten Gelenks notwendig ist, um einen umfassenden Überblick über das Ausmaß der Destruktion und alle Frakturausläufer zu bekommen, am besten gelingt dies mit einer CT-Bildgebung des Kniegelenks (11).

99% aller Tibiakopffrakturen gehen mit Weichteilverletzungen einher, die Wahrscheinlichkeit für ligamentäre Verletzungen korreliert jeweils mit dem Schweregrad der Fraktur (37, 38). Stannard et al. beschrieb, dass nach der AO-Klassifikation 54% aller 41B-Frakturen und 80% aller 41C-Frakturen mit Läsionen der Weichteile einhergehen (38). Betrachtet man die Schatzker-Klassifikation, so ist derselbe Trend zu erkennen, da von den Schatzker-Typen I-III 46%, jedoch von den Schatzker-Typen IV-VI 78% von Weichteilverletzungen begleitet werden (38).

Holt et al. empfiehlt bei schweren Tibiakopffrakturen (Schatzker-Typen IV bis VI) eine präoperative MRT-Untersuchung durchzuführen, da eine solche Bildgebung zur Beurteilung der Weichteile in 48% eine Hochstufung des Fraktur-Schweregrads zur Folge hat, als auch in 19% zu einer Änderung des Therapieansatzes führt (39). Im Rahmen der retrospektiven Datenanalyse war zu erkennen, dass an *Universitätsklinik für Orthopädie und Traumatologie des LKH- Univ. Klinikum Graz* eine präoperative MRT des Kniegelenks keinen Fixpunkt des präoperativen Managements darstellt, dies wäre jedoch aufgrund der beeindruckenden Ergebnisse mit Sicherheit eine Bereicherung für die Präzision der präoperativen Diagnostik und Operationsplanung.

Die Ergebnisse der retrospektiven Datenanalyse zeigen, dass 88% der gewählten Zugänge im Untersuchungszeitraum den in der Literatur beschriebenen Vorgangsweisen entsprachen (5, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 21). Dieser Umstand lässt rückschließen, dass die Tibiakopffrakturen dem neuesten Stand der Forschung entsprechend behandelt wurden. 4% der gewählten Zugänge waren nur zum Teil mit der Literatur vergleichbar, in 7% wurden nicht vergleichbare Zugänge gewählt, zurückzuführen auf die Notwendigkeit, den Zugangsweg auf lokale Gegebenheiten und die individuelle Frakturmorphologie anzupassen. Dass keine Zunahme minimalinvasiver Zugänge im untersuchten Zeitraum zu verzeichnen war, kann eventuell dadurch erklärt werden, dass keinesfalls aus kosmetischen Gründen über eine optimale Frakturversorgung hinweggesehen werden darf und somit im Zweifel ein offen-chirurgisches Verfahren zu bevorzugen ist (11). Der geringe Anteil minimalinvasiv versorgter Frakturen (n=70) lässt sich weiters dadurch begründen, dass minimalinvasive Verfahren auf einfache und gering dislozierte Frakturen beschränkt sind und komplexere Frakturen nicht auf diese Weise adäquat versorgt werden können (50, 5). Somit lässt sich gut nachvollziehen, weshalb in 200 Fällen eine ORIF – das mit Abstand häufigste Versorgungsprinzip - als Therapie der Wahl indiziert war.

Eindeutig war das Ergebnis, dass über den gesamten Untersuchungszeitraum der anterolaterale Zugang die am häufigsten angewandte Zugangsvariante war. Die Begründung hierfür könnten die isoliert am lateralen Tibiaplateau (47%) lokalisierten Tibiakopffrakturen des Patientenkollektivs sein, die allein oder in Kombination über einen anterolateralen Zugang adressiert werden können.

Zwischen 2010 und 2019 kam es im Laufe der Jahre zur Zunahme posteriorer Zugänge, hier allen voran des posteromedialen Zugangs. Die Tatsache, dass sich eine Metallentfernung posterior eingebrachten Osteosynthesematerials als sehr schwierig erweist, wenn nicht sogar unmöglich ist, begrenzt in Folge die Möglichkeiten zur Implantation einer sekundären K-TEP (18). Krause et al. beschrieb, dass 44% aller komplexer Frakturen des Tibiakopfes posttraumatisch arthrotische Veränderungen aufweisen, diese Erkenntnis deckt sich mit den von Aurich publizierten Ergebnissen (45%) (6, 26). Im Hinblick auf das hohe Risiko für die Entwicklung einer posttraumatischen Gonarthrose und einer verhältnismäßig komplikationsreicheren Implantation einer sekundären K-TEP stellt sich die Frage, ob der Trend zu posterioren Zugängen als positiv oder negativ einzuordnen ist.

Kritik und Grenzen der Arbeit

Die Aussagekraft dieser Arbeit bezieht sich rein auf die Zugangswege und Versorgungsmöglichkeiten, die zur Therapie traumatisch verursachter Tibiakopffrakturen zur Auswahl stehen. Über eine Anwendbarkeit eben dieser bei pathologischen Tibiakopffrakturen kann hier keine Empfehlung ausgesprochen werden.

Im Rahmen der retrospektiven Datenanalyse konnten keine bzw. begrenzt aussagekräftige/n Ergebnisse erzielt werden, die das Risiko einer posttraumatischen Gonarthrose-Entwicklung adäquat beschreiben könnten, da in 73% keine Angabe dazu vorlag. Ähnlich verhält es sich mit der Aussagekraft über das Vorliegen einer primären Osteoporose bzw. Entwicklung einer Inaktivitätsosteoporose, da diesbezüglich in 90% keine Dokumentation vorhanden war. Eine etwaige Häufung postoperativer Inaktivitätsosteoporosen hätte ansonsten die Frage aufgeworfen, ob postoperativ zu lange Immobilisationsphasen und folglich ein reduzierter Aktivitätslevel oder eine eingeschränkte Autonomie der Patientin/des Patienten zu erwarten sind. Diese Umstände wären im Hinblick auf die Möglichkeit eines primären Gelenkersatzes von großer Bedeutung, da nach einer Implantation einer K-TEP meistens keine Ent- bzw. Teilbelastung und somit auch keine Immobilisation notwendig ist (27). Die angeführten Aspekte könnten einen gewaltigen Unterschied für multimorbide PatientInnen machen, die Gefahr laufen, eine postoperative Inaktivitätsosteoporose zu entwickeln. Da eine sekundäre K-TEP

komplikationsreicher als eine primäre Implantation ist, stellt sich die Frage, ob unter diesen Umständen eine Ausweitung der Indikationsstellungen für eine primäre K-TEP sinnvoll wären.

Die Klassifikation von Tibiakopffrakturen anhand radiologischer Bildgebung weist eine hohe Interobserver-Variabilität auf und ist daher auch vom Ausbildungsstand des Befunders abhängig (11). In dieser retrospektiven Datenanalyse wurde die Klassifizierung der Tibiakopffrakturen nach Evaluierung von Dekursen, Befunden und Röntgen- sowie CT-Bildern von einer Medizinstudentin durchgeführt. Ob das Therapieziel der anatomischen Rekonstruktion erreicht werden konnte, als auch die Vergleichbarkeit der vom *LKH-Univ. Klinikum Graz* gewählten Zugänge mit den in der Literatur beschriebenen Zugangswegen wurden von einer Medizinstudentin bewertet. Die Beurteilung erfolgte anhand von Operationsberichten, Verlaufsdocumentationen, postoperativen und im Follow-Up angefertigten Röntgenbildern.

Parallelen zur Literatur

Die untersuchten PatientInnen waren zwischen 18 und 85 Jahre alt und repräsentieren so gut ein erwachsenes Patientenkollektiv. Das Durchschnittsalter von 51 Jahren zum Frakturzeitpunkt, als auch die Altersspannweite ist vergleichbar mit den in der Literatur angegebenen Werten (Altersspanne 15-89 Jahre, Durchschnittsalter 50,3 Jahre) (30). Die Erkenntnis der retrospektiven Datenanalyse, dass vorrangig PatientInnen zwischen 40-59 Jahren von Tibiakopffrakturen betroffen waren, stimmte mit den publizierten Ergebnissen, dass in dieser Altersklasse die häufigsten Frakturen des Tibiakopfes auftreten, ebenfalls überein (49).

Wie in der Literatur bereits beschrieben, war im untersuchten Patientenkollektiv die linke Extremität (55%) häufiger von einer Tibiakopffraktur betroffen als die rechte (41%) und erst recht häufiger als simultane Frakturen beider unteren Extremitäten (4%) (22, 49). In der herangezogenen Literatur waren jedoch keine Begründungen angeführt, weshalb der linke Tibiakopf häufiger als der rechte frakturiert. Auch im Rahmen der durchgeführten retrospektiven Datenanalyse konnte kein Grund für die Unausgewogenheit in der Seitenverteilung erhoben werden. Eventuell handelt es sich hier um zufällige Übereinstimmungen in der Seitenverteilung der verglichenen Untersuchungskollektive. Spannend ist auf

jeden Fall, ob es für die Tendenz linksseitiger Tibiakopffrakturen nachvollziehbare Gründe gibt – hierfür sind neue Studien notwendig, die diese Hypothese untersuchen.

Auf die robusteren anatomischen Gegebenheiten – genauer gesagt die medial belastungsstabilere Trabekelstruktur des Knochens – ist zurückzuführen, dass unikondyläre Frakturen des medialen Plateaus (7%) bedeutend seltener auftraten als am lateralen Plateau (47%) (9). In 88% aller Tibiakopffrakturen der retrospektiven Datenanalyse war eine Involvierung des lateralen Plateaus vorliegend (isolierte laterale Fraktur (47%) oder bikondyläre Fraktur mit beteiligtem lateralen Gelenkkompartiment (41%)). Die aus der retrospektiven Datenanalyse gewonnene relative Häufigkeit von 88% stimmte mit den von Hissnauer et al. publizierten Erkenntnissen (89%) über den relativen Anteil lateraler Frakturkomponenten überein (51). Auch der Anteil bikondylärer Tibiakopffrakturen (41%) des analysierten Datenkollektivs entsprach in etwa den erwarteten 36%, die Chang et al. beschrieben hatten (48). Vergleichbar mit den in der Literatur beschriebenen Beobachtungen war die Tatsache, dass Tibiakopffrakturen sowohl auf Hochenergietraumen (beispielsweise Verkehrsunfälle), als auch Niedrigenergietraumen (beispielsweise Stürze) zurückzuführen waren (11). Das postoperative Protokoll der Entlastung, Teilbelastung und je nach Konsolidierungsstatus stufenweisen Vollbelastung des Patientenkollektivs entsprach den internationalen Standards des postoperativen Managements. Hierfür waren vorrangig der radiologisch beurteilbare Fortschritt der knöchernen Konsolidierung, der Schweregrad der Fraktur, die Knochenqualität und Muskelkraft der Patientin/des Patienten ausschlaggebend. Für die Entscheidung musste auch berücksichtigt werden, ob die Patientin/der Patient überhaupt zur Teilbelastung befähigt oder nur eine Entlastung bzw. Vollbelastung möglich ist. Weiters kann eine lange Entlastungsdauer und Immobilität einer/s multimorbiden Patientin/Patienten eine Einschränkung der Autonomie bedeuten, als auch in einer Sarkopenie (auch bekannt als Verlust der Muskelmasse und – kraft) oder Pflegebedürftigkeit resultieren (45, 46). Aufgrund all dieser Variablen, die in die Entscheidung miteinbezogen werden müssen, variierte die Entlastungsdauer des untersuchten Datenkollektivs zwischen 6 (n=8), 6-8 (n=5), 8 (n=21), 8-10 (n=3), 10 (n=3), 10-12 (n=7), 8-12 (n=20) oder 12 Wochen (n=37).

Einen bedeutenden Stellenwert in der Rehabilitation hat die postoperativ

frühzeitige Durchbewegung des Kniegelenks. Ob passiv mit CPM-Schiene oder durch aktive Beübung des Gelenks, Ziel ist immer die Verhinderung einer Einsteifung des frisch operierten Kniegelenks und das Wiedererlangen des maximalen Bewegungsumfanges (45, 46, 16).

5 Literaturverzeichnis

1. Platzer W. Taschenatlas Anatomie: Band 1 Bewegungsapparat. 11. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 1975.
2. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Prometheus Lernatlas der Anatomie: Allgemeine Anatomie und Bewegungssystem. 4. Aufl. Stuttgart: Georg Thieme, 2005.
3. Preiss A, Heitmann M, Hoetzel J, Frosch K-H. Hinteres Kreuzband und posterolaterale Ecke. *OP-Journal* 2013;29(3):221-7.
4. von Rüden C, Samsami S, Pätzold R, Augat P. Proximale Tibiafrakturen: Klassifikationen und biomechanische Grundlagen – ein Update. *Trauma Berufskrankh* 2018. doi:10.1007/s10039-018-0400-0
5. Krause M, Müller G, Frosch K-H. Chirurgische Zugänge bei Tibiakopffrakturen. *Unfallchirurg* 2018;121(7):569-82.
6. Krause M, Müller G, Frosch K-H. Erweiterter medialer und erweiterter lateraler Zugang bei Tibiakopffrakturen. *Oper Orthop Traumatol* 2019;31(2):127-42.
7. Yao X, Xu Y, Yuan J, Lv B, Fu X, Wang L et al. Classification of tibia plateau fracture according to the “four-column and nine-segment“. *Injury* 2018;49(12):2275-83.
8. Meinberg E, Agel J, Roberts C, et al. Fracture and dislocation classification compendium – 2018. *J Orthop Trauma* 2018;32(Suppl.1). Verfügbar unter: https://www.aofoundation.org/Documents/mueller_ao_class.pdf. Schatzker – Klassifikation
9. Kfuri M, Schatzker J. Revisiting the Schatzker classification of tibial plateau fractures. *Injury* 2018;49(12):2252-63.
10. Gicquel T, Najihi N, Vendeuvre T, Teyssedou S, Gayet L-E, Hutten D. Tibial plateau fractures: reproducibility of three classifications (Schatzker, AO, Duparc) and a revised Duparc classification. *Orthop Traumatol Surg Res* 2013;99(7):805-16.
11. Yoon RS, Liporace FA, Egol KA. Definitive fixation of tibial plateau fractures. *Orthop Clin North Am* 2015;46(3):363-75. doi: 10.1016/j.ocl.2015.02.005.
12. Garner MR, Warner SJ, Lorch DG. Surgical approaches to posterolateral tibial plateau fractures. *J Knee Surg* 2016;29(1):12-20. doi: 10.1055/s-0035-1564731.

13. Johnson EE, Timon S, Osuji C. Surgical technique: Tscherne-Johnson extensile approach for tibial plateau fractures. *Clin Orthop Relat Res* 2013;471(9):2760-7.
14. Frosch K-H, Balcarek P, Walde T, Stürmer KM. Ein modifizierter posterolateraler Zugang für die operative Versorgung von Tibiakopffrakturen. *Oper Orthop Traumatol* 2010;22(1):107-19.
15. Shen Q-J, Zhang J-I, Xing G-S, Liu Z-Y, Li E-Q, Zhao B-C et al. Surgical treatment of lateral tibial plateau fractures involving the posterolateral column. *Orthop Surg* 2019;11(6):1029-38.
16. Rixen D, Schoepp C, Tingart M. *Kniechirurgie*. Amsterdam: Elsevier, 2016: 150-1.
17. Cho J-W, Kim J, Cho W-T, Kim J-K, Samal P, Gujjar PH et al. Approaches and fixation of the posterolateral fracture fragment in tibial plateau fractures: a review with an emphasis on rim plating via modified anterolateral approach. *Int Orthop*. 2017;41(9):1887-97.
18. Yin Z, Yang W, Gu Y, Gu Q, Xu C, Yang L et al. A modified direct posterior midline approach for the treatment of posterior column tibial plateau fractures. *J Knee Surg* 2019. doi: 10.1055/s-0039-1683927
19. Galla M, Riemer C, Lobenhoffer P. Die Osteosynthese posteromedialer Tibiakopffrakturen über einen direkten dorsalen Zugang. *Oper Orthop Traumatol* 2009;21(1):51-64.
20. Ackermann C, Frings J, Alm L, Frosch K-H. Arthroscopic controlled closed reduction and percutaneous fixation of posterolateral tibia plateau impression fractures. *Arthrosc Tech* 2019;8(8):e867-74.
21. Chase R, Usmani K, Shahi A, Graf K, Mashru R. Arthroscopic-assisted reduction of tibial plateau fractures. *Orthop Clin North Am* 2019;50(3):305-14. doi: 10.1016/j.ocl.2019.03.011.
22. Gross J-B, Gavanier B, Belleville R, Coudane H, Mainard D. Advantages of external hybrid fixators for treating Schatzker V-VI tibial plateau fractures: a retrospective study of 40 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2017;103(6):965-70.
23. Bove F, Sala F, Capitani P, Thabet AM, Scita V, Spagnolo R. Treatment of fractures of the tibial plateau (Schatzker VI) with external fixators versus plate osteosynthesis. *Injury* 2018;49(Suppl.3):S12-8.

24. Kulkarni GS, Kulkarni MG, Kulkarni SG, Kulkarni RM, Kulkarni VS, Shah AN. Surgical treatment of tibial plateau fractures. *Orthop Traumatol* 2001;9:263-72.
25. Synthes GmbH. LISS PLT: Das minimal invasive Stabilisationssystem für proximale Tibiafrakturen. Verfügbar unter: http://synthes.vo.llnwd.net/o16/LLNWMB8/INT%20Mobile/Synthes%20International/Product%20Support%20Material/legacy_Synthes_PDF/016.000.203.pdf
26. Aurich M. Korrekturen durch Gelenkersatz. *Trauma Berufskrankh* 2016;18(Suppl. 5):430-33.
27. Tapper V, Toom A, Pesola M, Pamilo K, Paloneva J. Knee joint replacement as primary treatment for proximal tibial fractures: analysis of clinical results of twenty-two patients with mean follow-up of nineteen months. *Int Orthop* 2020;44:85-93.
28. Parratte S, Ollivier M, Argenson JN. Primary total knee arthroplasty for acute fracture around the knee. *Orthop Traumatol Surg Res* 2018;104:S71-80.
29. Polat B, Gürpınar T, Polat AE, Öztürkmen Y. Factors influencing the functional outcomes of tibia plateau fractures after surgical fixation. *Niger J Clin Pract* 2019;22(12):1715-21.
30. Goff T, Kanakaris NK, Giannoudis PV. Use of bone graft substitutes in the management of tibial plateau fractures. *Injury* 2013;44(Suppl.1):S86-94.
31. McNamara IR, Smith TO, Shepherd KL, Clark AB, Nielsen DM, Donell S et al. Surgical fixation methods for tibial plateau fractures. *Cochrane Database Syst Rev* 2015;9. Art.No.: CD009679. doi: 10.1002/14651858.CD009679.pub2.
32. Mohammed R, Metikala S, Bhogadi P. Comparative study of autograft harvested from contra lateral proximal tibia versus the iliac crest for operative management of depressed tibial plateau fractures. *Acta Orthop Belg* 2017;83(2):276-83.
33. Krettek C, Clausen J, Omar M, Noack S, Neunaber C. Two-stage late reconstruction with a fresh large osteochondral shell allograft transplantation (FLOCSAT) for a large osteochondral defect in a non-union after a lateral tibia plateau fracture 2-year follow up. *Injury* 2017; 48(7):1309-18.
34. Sassoon AA, Torchia ME, Cross WW, Cass JR, Sems SA. Fibular shaft allograft support of posterior joint depression in tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2014;28(7):e169-75.

35. Li J, Li Z, Wang M, Zhang H, Liang Y, Zhang W. Fixation augmentation using titanium cage packing with xenograft in the treatment of tibial plateau fractures. *Injury* 2019. doi: 10.1016/j.injury.2019.10.025
36. Hofmann A, Gorbulev S, Guehring T, Schulz AP, Schupfner R, Raschke M et al. Autologous iliac bone graft compared with biphasic hydroxyapatite and calcium sulfate cement for the treatment of bone defects in tibial plateau fractures: a prospective, randomized, open-label, multicenter study. *J Bone Joint Surg Am* 2019. doi: 10.2106/JBJS.19.00680
37. Wang Y, Cao F, Liu M, Wang J, Jia S. Incidence of soft-tissue injuries in patients with posterolateral tibial plateau fractures: a retrospective review from 2009 to 2014. *J Knee Surg* 2016;29(6):451-7.
38. Stannard JP, Lopez R, Volgas D. Soft tissue injury of the knee after tibial plateau fractures. *J Knee Surg* 2010, 23(4):187-92.
39. Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, Suk M, Mintz D, Potter H et al. The incidence of soft tissue injury in operative tibial plateau fractures: a magnetic resonance imaging analysis of 103 patients. *J Orthop Trauma* 2005;19(2):79-84.
40. White EA, Patel DB, Matcuk GR, Forrester DM, Lundquist RB, Hatch GF 3rd et al. Cruciate ligament avulsion fractures: anatomy, biomechanics, injury patterns, and approach to management. *Emerg Radiol* 2013;20(5):429-40.
41. Maroto MD, Scolaro JA, Henley MB, Dunbar RP. Management and incidence of tibial tubercle fractures in bicondylar fractures of the tibial plateau. *Bone Joint J* 2013;95-B(12):1697-702.
42. Peltola EK, Mustonen AO, Lindahl J, Koskinen SK. Second fracture combined with tibial plateau fracture. *AJR Am J Roentgenol* 2011;197(6):W1101-4.
43. Marchand LS, Working ZM, Rane AA, Elliot IS, Gilbertson E, Rothberg DL et al. Compartment syndrome in tibial plateau fractures: do previously established predictors have external validity? *J Orthop Trauma* 2019. doi: 10.1097/BOT.0000000000001703.
44. Thabet AM, Simson JE, Gerzina C, Dabash S, Adler A, Abdelgawad AA. The impact of acute compartment syndrome on the outcome of tibia plateau fracture. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 2018;28(1):85-93.
45. Arnold JB, Tu CG, Phan TM, Rickman M, Varghese VD, Thewils D et al. Characteristics of postoperative weight bearing and management protocols for

- tibial plateau fractures: findings from a scoping review. *Injury* 2017;48(12):2634-42.
46. Lin W, Su Y, Lin C, Guo W, Wu J, Wang Y et al. The application of a three-column internal fixation system with anatomical locking plates on comminuted fractures of the tibial plateau. *Int Orthop* 2016;40(7):1509-14.
47. Yu B, Han K, Zhan C, Zhang C, Ma H, Su J. Fibular head osteotomy: a new approach for the treatment of lateral or posterolateral tibial plateau fractures. *Knee* 2010;17(5):313-8.
48. Chang H, Zhu Y, Zheng Z, Chen W, Zhao S, Zhang Y et al. Meta-analysis shows that highly comminuted bicondylar tibial plateau fractures treated by single lateral locking plate give similar outcomes as dual plate fixation. *Int Orthop* 2016;40(10):2129-41.
49. Biz C, Maso G, Gambato M, Belluzzi E, Pozzuoli A, Favero M et al. Challenging surgical treatment of displaced articular tibial plateau fractures: do early knee radiographic features have a predictive value of the mid-term clinical functional outcomes?. *Orthop Surg* 2019(6);11:1149-62.
50. Kang K-T, Kwon SK, Son J, Kwon O-R, Lee J-S, Koh Y-G. The increase in posterior tibial slope provides a positive biomechanical effect in posterior-stabilized total knee arthroplasty. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2018;26(10):3188-95.
51. Hissnauer T-N, Krause M, Frings J, Frosch K-H. Chirurgische Zugänge zum Tibiakopf. *Op-journal* 2019;35(2):107-16. doi: 10.1055/a-0785-1655

6 Anhang

6.1 Fallberichte

Im Folgenden werden fünf ausgewählte Fallberichte des analysierten Patientenkollektivs angeführt, die unterschiedliche Tibiakopffrakturen abdecken. Anhand deren sollen verschiedene Zugangswege und Versorgungsstrategien mithilfe von Röntgen- und CT-Bildern nachvollziehbar und verständlich gemacht werden.

6.1.1 Fall 129 – Minimalinvasiver Zugang

Der hier vorgestellte Fall einer 42-jährigen Patientin soll zeigen, dass Tibiakopffrakturen vereinzelt auch mit einem minimalinvasiven Verfahren adäquat behandelt werden können. Im Rahmen eines Verkehrsunfalls mit dem Moped kam es zu einer lateralen Impressionsfraktur des linken Tibiakopfes, die mit einer mäßigen Verbreiterung des lateralen Tibiaplateaus einherging (**Abbildung 41** und **Abbildung 42**).



Abbildung 41: Präoperatives Röntgen - Fall 129

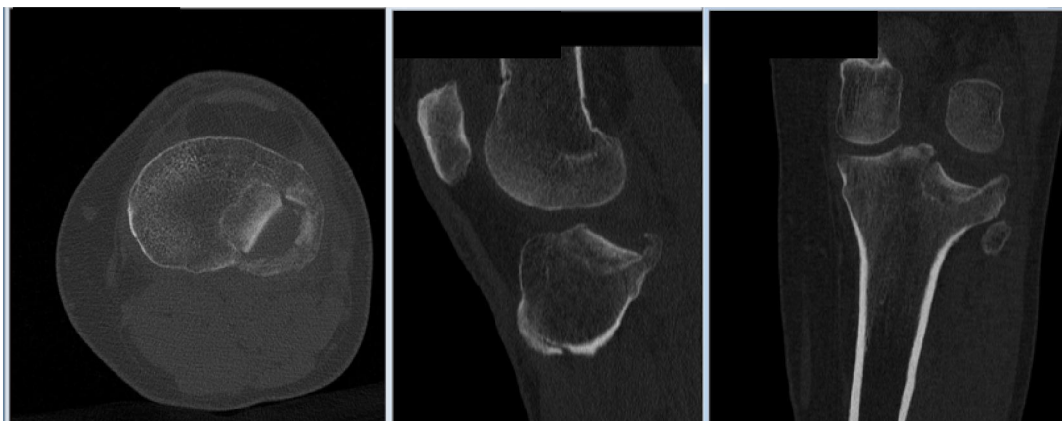


Abbildung 42: Präoperatives CT - Fall 129

Sieben Tage nach dem Trauma fand eine minimalinvasive Versorgung der Tibiakopffraktur statt. Hierzu wurde zuerst eine arthroskopisch assistierte Tibioplastie durchgeführt (über einen Ballonkatheter wurde Kalziumphosphat-Knochenzement eingebracht), um die Impressionskomponente zu unterfüttern und so eine anatomische Gelenkfläche wiederherstellen zu können. Danach wurde die Fraktur zusätzlich von lateral mit zwei Spongiosaschrauben perkutan verschraubt (**Abbildung 43**).

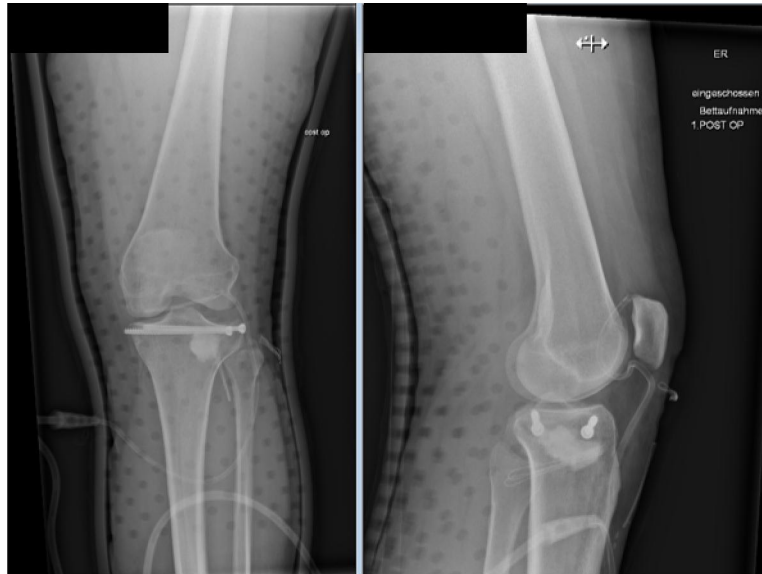


Abbildung 43: Postoperatives Röntgen - Fall 129

Der postoperative Verlauf gestaltete sich komplikationslos. Das Verlaufsröntgen zeigt eine gute Schraubenlage und keine intraartikuläre Stufe (**Abbildung 44**).



Abbildung 44: Verlaufsröntgen - Fall 129

6.1.2 Fall 153 – Anteromedialer Zugang

Dieser Fall zeigt eine mediale Impressionsfraktur, zu der es am linken Tibiakopf in Folge eines Sturzes gekommen ist. Die Impression des trabekelstarken medialen Plateaus lässt sich hier auf das hohe Alter (82 Jahre) der Patientin zurückführen (**Abbildung 45** und **Abbildung 46**).



Abbildung 45: Präoperatives Röntgen - Fall 153

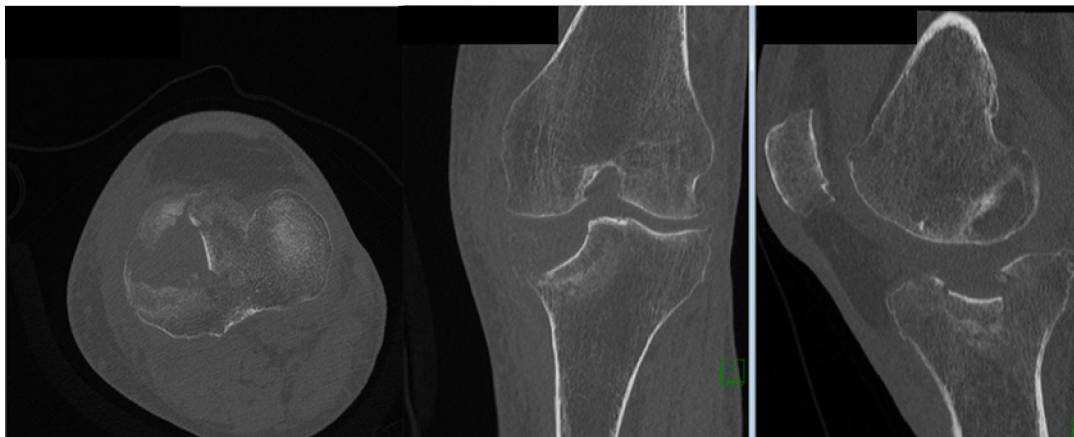


Abbildung 46: Präoperatives CT - Fall 153

Elf Tage nach dem Trauma wird die Fraktur über einen anteromedialen Zugang mittels ORIF versorgt. Die Defektzone der Impressionsfraktur wird mittels autologer Spongiosaplastik behoben und anschließend wird medial und dorsomedial am Tibiakopf eine Plattenosteosynthese zur Retention der Frakturfragmente durchgeführt (**Abbildung 47**).



Abbildung 47: Postoperatives Röntgen - Fall 153

Am Verlaufsrontgen lässt sich eine stabile Implantatlage erkennen, weiters sind keine Lockerungszeichen vorhanden, die Fraktur ist knöchern konsolidiert (**Abbildung 48**). Auch in diesem Fall konnte ein komplikationsloser Verlauf verzeichnet werden.



Abbildung 48: Verlaufsrontgen - Fall 153

6.1.3 Fall 181 – Anterolateraler Zugang

Anhand folgender Bildgebung soll eine laterale Impressionsspaltfraktur des linken Tibiakopfes eines 32-jährigen Patienten gezeigt werden, die auf einen Verkehrsunfall zurückzuführen ist und ebenfalls mit einer Verbreiterung des lateralen Tibiakondyls einhergeht (**Abbildung 49** und **Abbildung 50**).



Abbildung 49: Präoperatives Röntgen - Fall 181



Abbildung 50: Präoperatives CT - Fall 181

Ein anterolateraler Zugang ermöglichte das Beheben der Impression am lateralen Tibiaplateau mit einer autologen Spongiosaplastik, danach wurde zur Retention des reponierten lateralen Tibiakondyls eine Plattenosteosynthese desselben durchgeführt (**Abbildung 51**).



Abbildung 51: Postoperatives Röntgen - Fall 181

In Folge der ORIF traten keine Komplikationen am Tibiakopf auf, auch das Verlaufsrontgen ist frei von Lockerungszeichen und weist keine Redislokation von etwaigen Retentionsmaterialien auf (**Abbildung 52**).

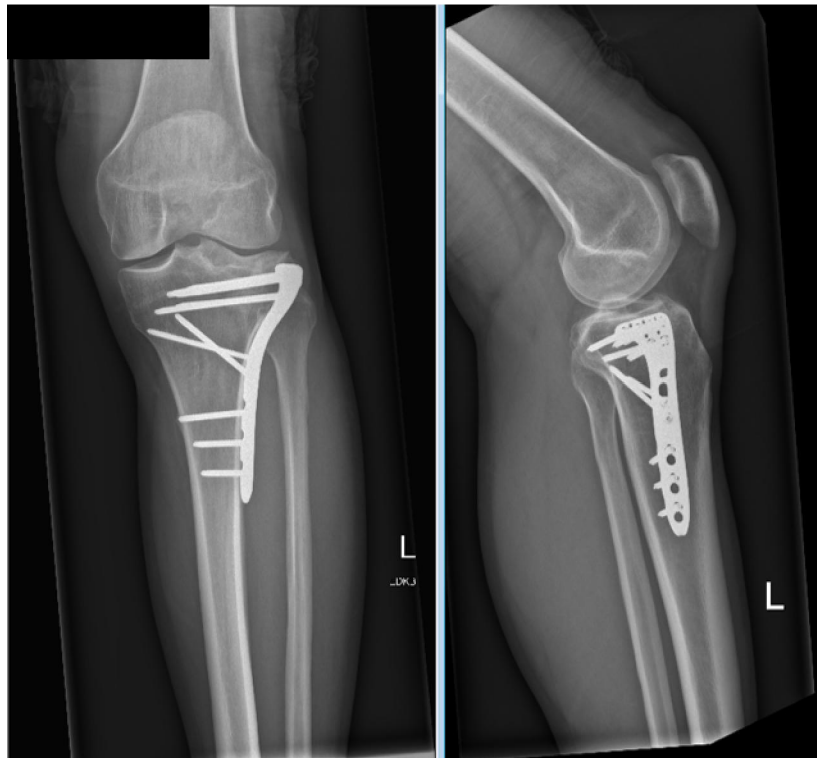


Abbildung 52: Verlaufsrontgen - Fall 181

6.1.4 Fall 118 – Posteriorer Zugang

Fall 118 zeigt eine bikondyläre Tibiakopffraktur der linken unteren Extremität mit dorsal disloziertem Fragment. Ein Sturz der 47-jährigen Patientin war das ursächliche Trauma, das zur Fraktur des medialen, als auch lateralen Tibiaplateaus geführt hat (**Abbildung 53** und **Abbildung 54**).



Abbildung 53: Präoperatives Röntgen - Fall 118

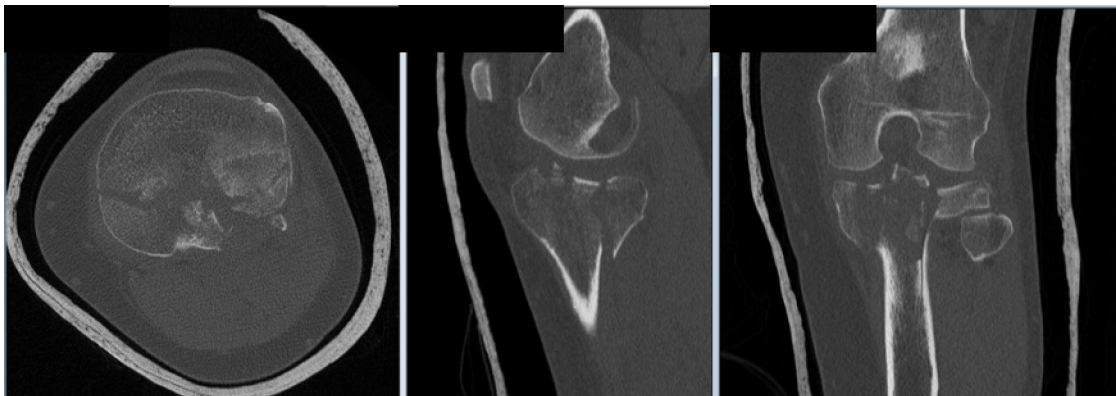


Abbildung 54: Präoperatives CT - Fall 118

Für die chirurgische Versorgung wurde ein posteriorer Zugang zum Tibiakopf gewählt, über diesen erfolgte eine Schraubenosteosynthese und Doppelplattenosteosynthese der bikondylären Tibiakopffraktur. Imprimierte Zonen der Gelenkfläche wurden mit ChronOS als Knochenersatzmaterial unterfüttert (**Abbildung 55**).

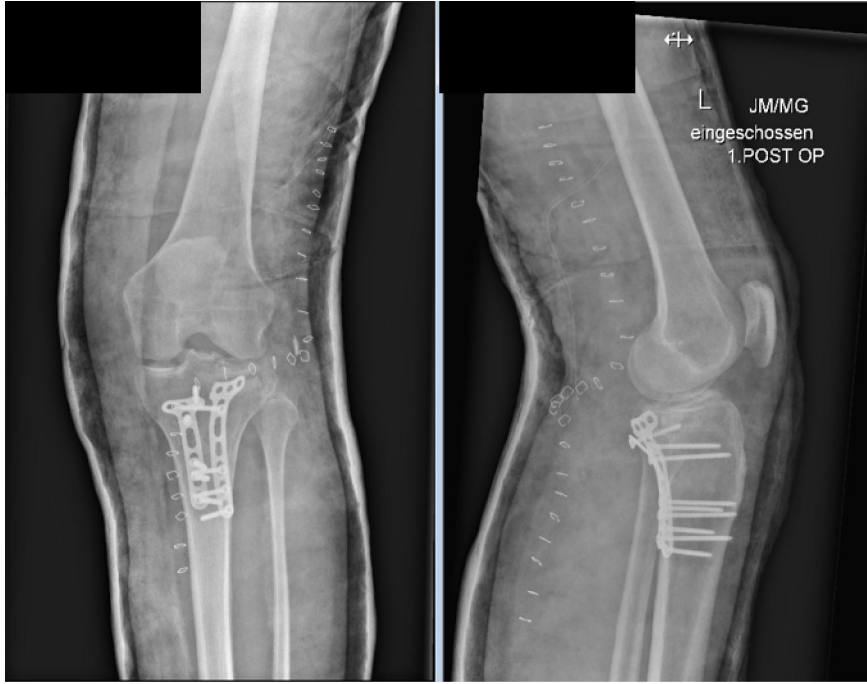


Abbildung 55: Postoperatives Röntgen - Fall 118

Der postoperativen Verlaufsdokumentation konnte entnommen werden, dass ein Jahr postoperativ Schmerzen über dem anteromedialen Tibiakopf bestanden, die Patientin von Giving-Way-Attacks berichtete, als auch ein bamstiges Gefühl am linken Unterschenkel verspürte. Im Verlaufsröntgen zeigt sich eine medial betonte posttraumatische diskrete Gonarthrose (**Abbildung 56**).

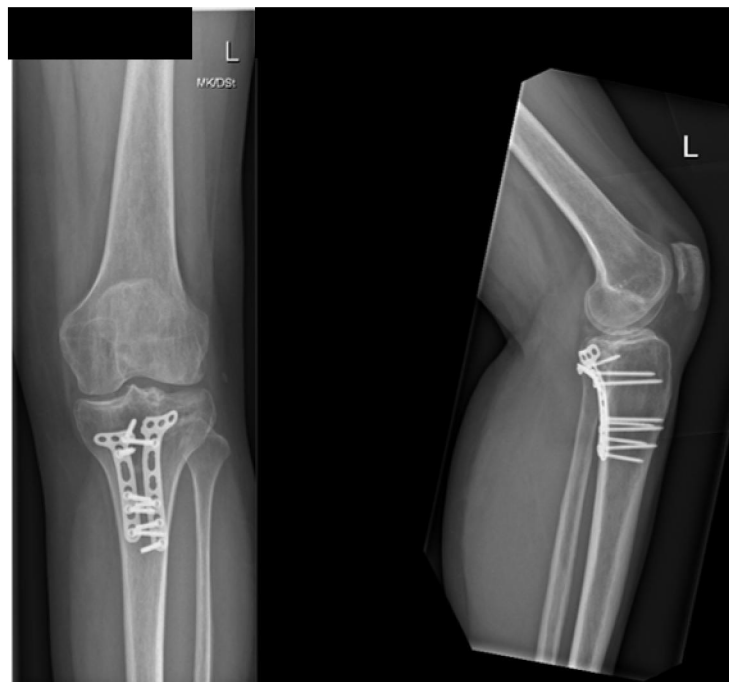


Abbildung 56: Verlaufsröntgen - Fall 118

6.1.5 Fall 75 – Primäre K-TEP

Als fünfter und letzter Fall soll die Versorgung einer bikondylären Tibiakopf-Trümmerfraktur mit ausgeprägter Stufenbildung und Dislokation der Fragmente anhand prä- und postoperativer Röntgen- und CT-Bilder vorgestellt werden. Im Rahmen eines Sturzes kam es bei einer 63-jährigen Patientin zur Fraktur am linken Tibiakopf, die von einer Läsion des Lig. patellae und einem knöchernen Ausriss des lateralen Seitenbandes begleitet wurde (**Abbildung 57** und **Abbildung 58**).



Abbildung 58: Präoperatives Röntgen - Fall 75



Abbildung 57: Präoperatives CT - Fall 75

Aufgrund der massiven Trümmerzonen des Tibiakopfes und der vorbestehenden primären Gonarthrose entschied man sich für das primäre Implantieren einer K-TEP als Versorgungsmethode der Wahl, da ein anatomischer Rekonstruktionsversuch des Tibiakopfes mit geringer Wahrscheinlichkeit erfolgreich gewesen wäre. Zwei Wochen nach dem Frakturdatum wurde in einem zementierten Verfahren eine K-TEP mit langem Tibiastem implantiert und Defektzonen mittels autologer Spongiosaplastik gehoben. Postoperativ waren

kongruente Gelenkverhältnisse vorliegend. Im Rahmen der Operation wurde auch der laterale Bandapparat rekonstruiert und das Lig. patellae refixiert – dies erklärt die periprothetischen Zugschrauben und Cerclagen am postoperativen Röntgenbild (**Abbildung 59**).



Abbildung 59: Postoperatives Röntgen - Fall 75

Neun Monate nach der Prothesenversorgung wurde eine partielle Metallentfernung durchgeführt, um die Spongiosaschrauben und Cerclagen zu entfernen, die zur Versorgung der ligamentären Begleitverletzungen eingebracht worden sind. Die Patientin klagte nach der K-TEP Implantation über rezidivierende Knieschmerzen und Hämatome im und um das Kniegelenk. Weiters zog sich die Patientin vier Jahre nach der Tibiakopffraktur bei einem erneuten Sturzereignis eine periprothetische Unterschenkelfraktur (Fraktur von Tibia und Fibula) zu. Diese war am distalen Tibiaschaft unterhalb des implantierten Tibiastems lokalisiert und wurde in Folge mittels Plattenosteosynthese versorgt (**Abbildung 60** und **Abbildung 61**).



Abbildung 60:
Präoperatives Röntgen der
periprothetischen Fraktur



Abbildung 61:
Postoperatives Röntgen der
periprothetischen Fraktur

Am Verlaufsrontgen des Kniegelenks sind keine Lockerungszeichen der K-TEP zu finden, lediglich eine Retropatellararthrose und die Verplattung des Tibiaschaftes sind zu erkennen (**Abbildung 62**).

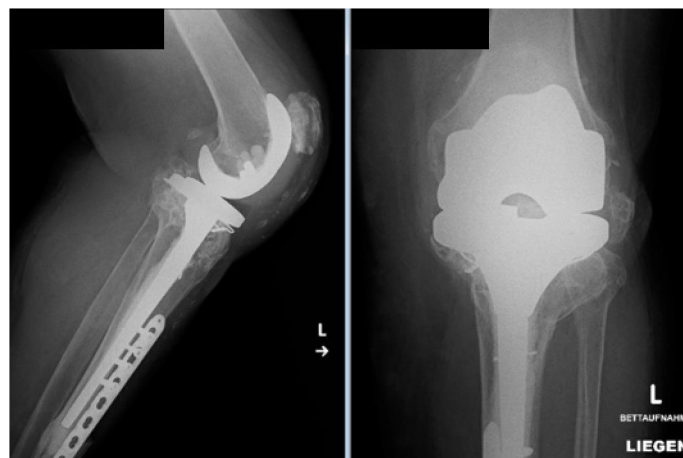


Abbildung 62: Verlaufsrontgen - Fall 75