

publiziert bei:	 AWMF online Das Portal der wissenschaftlichen Medizin		
-----------------	---	--	--

AWMF-Register Nr.	187 - 042	Klasse:	S2k
--------------------------	------------------	----------------	------------

Tibiakopffrakturen

S2k-Leitlinie

der

Deutschen Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. (DGOU)

Deutschen Kniegesellschaft e.V. (DKG)



Version: 1.0

Herausgebende

Federführende Autoren:

Dr. med. Markus T. Berninger (Hamburg)

Dr. med. Jan-Philipp Schüttrumpf (Magdeburg)

PD Dr. med. Matthias Krause (Hamburg)

Arbeitsgruppe:

„Komitee Frakturen“ der Deutschen Kniegesellschaft e.V. (DKG): PD Dr. med. Matthias Krause, Dr. med. Markus T. Berninger, Dr. med. Jan-Philipp Schüttrumpf, Dr. med. Kai Fehske, Dr. med. Lena Eggeling, Dr. med. Mirjam Neumann, Prof. Dr. med. Johannes Zellner, PD Dr. med. Clemens Kösters, Dr. med. Stefan Barzen, Prof. Dr. med. Kaywan Izadpanah, PD Dr. med. Elmar Herbst, PD Dr. med. Christoph Domnick, Prof. Dr. med. Michael J. Raschke, Prof. Dr. med. Karl-Heinz Frosch, Prof. Dr. med. Reinhard Hoffmann

Beteiligte Fachgesellschaften:

Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V. (DGU)

Gesellschaft für Arthroscopie und Gelenkchirurgie (AGA)

Fraktur-Komitee der Deutschen Kniegesellschaft e.V. (DKG)

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie e.V. (DGOOC)

Österreichische Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU)

Leitliniensekretariat:

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e. V. (DGOU)

Lena Marie Marter

Straße des 17. Juni 106-108, 10623 Berlin

leitlinien@dgou.de

Tel.: 030 – 3406036-00

Bitte wie folgt zitieren:

Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V. (DGOU): Tibiakopffrakturen.

Version 1.0 (29.10.2021). Verfügbar unter: *LINK ZUR SEITE DER LEITLINIE BEI DER AWMF, ZUGRIFF AM (DATUM)*

Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick

- Klassifikationen sollten auch den dreidimensional zu beurteilenden Frakturverlauf berücksichtigen. Daher sollte auch die axiale Ebene Einfluss auf die Klassifikation haben.
- Bei Nachweis oder Verdacht auf einen intraartikulären Frakturverlauf sollte eine Computertomografie des Kniegelenkes (als Goldstandard) mit multiplanaren Rekonstruktionen (wünschenswert 3D-Rekonstruktion des Tibiakopfes und Subtraktion des distalen Femurs) erfolgen
- Bei Tibiakopf(-luxations)frakturen wird bei Hochrasanztraumata und/oder bei klinischem Verdacht auf eine Gefäßverletzung wie distale Pulsminde rung, Minderung der Hautperfusion, ausgedehnte lokale Weichteilschädigung, Hinweis auf pulsierende Blutungen und periphere Sensibilitätsstörungen eine CT-Angiografie des Kniegelenkes empfohlen.
- Zum Ausschluss bzw. zur Beurteilung von intraartikulären Begleitverletzungen kann eine ergänzende MRT-Untersuchung des Kniegelenkes hilfreich sein. Diese sollte insbesondere bei tiefen Gelenkstufen, Randimpressionen, großen Gelenkspalten oder sonstigen Hinweisen auf das Vorliegen einer Luxationsfraktur durchgeführt werden
- Das Ziel der operativen Versorgung von Tibiakopffrakturen ist die anatomische Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche (Stufe ≤ 2 mm im Belastungsanteil), eine Wiederherstellung der prätraumatischen Beinachse und -länge, die Rekonstruktion des natürlichen tibialen posterioren Slopes sowie einer prätraumatischen Tibiakopfbreite und Gelenkkonturierung (konvex, konkav). Die Osteosynthese sollte ein übungsstabiles Kniegelenk herstellen und operationsassoziierten Komplikationen vermeiden.
- Die Nutzung einer Blutsperre ist mit einem erhöhten postoperativen Komplikationsrisiko assoziiert. Ihre Anwendung ist in der komplexen Fraktursituation nur eingeschränkt empfohlen und sollte bestenfalls nur in der initialen Präparations-Phase oder bei akuten Blutungskomplikationen sowie nur so kurz wie möglich eingesetzt werden
- Im Fall eines gespaltenen Kompartmentsyndroms sollte ein sekundärer Wundverschluss vor oder gleichzeitig mit endgültiger Osteosynthese erfolgen, da dies mit einem geringeren Infektionsrisiko assoziiert ist.

- Bei Frakturen mit Beteiligung der posterioren Segmente / Säule können dorsale Zugänge den Vorteil der direkten Gelenkflächeneinsicht, der direkten Repositionsmöglichkeit und der biomechanischen optimalen Fixation bieten.
- Erweiterte Zugänge (z.B. Osteotomie der femoralen Epikondylen oder des Fibulakopfes) können die direkte Visualisierung des Tibiaplateaus verbessern, um die anatomische Reposition zu kontrollieren.
- Luxierte Menisken sollten medial wie lateral reponiert und refixiert werden, um die artikuläre Belastung und Stabilität langfristig zu verbessern.
- Während eine evidenz-basierte Aussage zur Versorgungsstrategie ligamentärer Begleitverletzung aufgrund mangelnder Datenlage nicht erfolgen kann, empfiehlt sich nach erfolgter Gelenkflächenrekonstruktion konsentiert die primäre Versorgung kompletter Außenbandrupturen (laterale Instabilität in 20° Beugung) und Traktusrupturen (laterale Instabilität in 0° Streckung). Ebenso ist eine operative Stabilisierung hochgradig medialer Instabilitäten in Streckung und 20° Beugung (III°ig) und bei Stener-like Läsionen zu empfehlen. Eine Stabilitätstestung sollte intraoperativ nach erfolgter Osteosynthese erfolgen, um Pseudoinstabilitäten auszuschließen.
- In Bezug auf den optimalen Operationszeitpunkt wird zur Minimierung des postoperativen Infektionsrisikos bei weichteilkompromittierten Frakturen eine Versorgung nach Weichteilkonsolidierung empfohlen.

Inhalt

Herausgebende	1
Die wichtigsten Empfehlungen auf einen Blick.....	2
1. ALLGEMEINES	7
1.1 Hintergrund	7
1.2 Ätiologie	7
1.3 Lokalisation.....	7
1.4 Typische Begleitverletzungen/-erkrankungen	7
1.5 Klassifikation.....	8
1.5.1 Klassifikation der Fraktur	8
1.5.2 Klassifikation der Weichteilschäden	8
2. PRÄKLINISCHES MANAGEMENT.....	9
2.1 Analyse des Unfallhergangs	9
2.2 Notfallmaßnahmen und Transport	9
2.3 Dokumentation	10
3. ANAMNESE	10
3.1 Analyse des Verletzungsmechanismus	10
3.2 Gesetzliche Unfallversicherung.....	10
3.3 Vorerkrankungen und Verletzungen.....	11
3.4 Wichtige Begleitumstände	12
3.5 Symptome	12
4. DIAGNOSTIK	12
4.1 Notwendige Untersuchungen	12
4.1.1 Klinische Untersuchung (Inspektion und Palpation).....	12
4.1.2 Radiologische Untersuchung.....	13
4.1.2.1 Röntgen und CT.....	13
4.1.2.2 Angio-CT	13
4.1.2.3 MRT	14
4.2 Fakultative Diagnostik	14
4.3 Diagnostische Ausnahmen	14
4.4 Nicht erforderlich	14
4.5 Diagnostische Schwierigkeiten.....	14
4.6 Differenzialdiagnosen.....	14
5. KLINISCHE ERSTVERSORGUNG	15
5.1 Klinisches Management	15
5.2 Allgemeine Maßnahmen	15

5.3 Spezielle Maßnahmen	15
6. INDIKATION ZUR DEFINITIVEN THERAPIE	16
6.1 Nicht operative Therapie.....	16
6.2 Operative Therapie.....	16
6.3 Stationär oder ambulant	17
7. THERAPIE NICHT OPERATIV.....	17
7.1 Logistik.....	17
7.2 Begleitende Maßnahmen.....	17
7.3 Häufigste Verfahren	17
7.4 Alternative Verfahren.....	17
7.5 Seltene Verfahren	17
7.6 Zeitpunkt	18
7.7 Weitere Behandlung	18
7.8 Risiken und Komplikationen.....	18
8. THERAPIE OPERATIV.....	18
8.1 Logistik.....	18
8.2 Perioperative Maßnahmen	19
8.3 Häufigste Verfahren	19
8.3.1 Gering dislozierte unikondyläre Tibiakopffrakturen	20
8.3.2 Dislozierte Tibiakopffrakturen entsprechend der operativen Zugangsauswahl.....	20
8.3.3 Therapie weichteiliger Begleitpathologien	23
8.3.3.1 Meniskusverletzungen	23
8.3.3.2 Seitenbandverletzungen	23
8.3.3.3 Kreuzbandverletzungen	23
8.4 Alternative Verfahren.....	24
8.5 Seltene Verfahren	24
8.6 Intraoperative Bildgebung.....	24
8.7 Operationszeitpunkt.....	24
8.8 Postoperative Behandlung	25
8.9 Risiken und Frühkomplikationen.....	25
9. WEITERBEHANDLUNG	26
9.1 Rehabilitation	26
9.2 Kontrollen.....	26
9.3 Implantatentfernung.....	26
9.4 Spätkomplikationen	26
9.5 Mögliche Dauerfolgen	27

10.	KLINISCH-WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNIS-SCORES.....	27
11.	PROGNOSE.....	27
12.	PRÄVENTION VON FOLGESCHÄDEN	28
13.	SCHLÜSSELWÖRTER (DEUTSCH, ENGLISCH)	28
14.	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	29
15.	LITERATURVERZEICHNIS	30

1. ALLGEMEINES

1.1 Hintergrund

Frakturen des Tibiakopfes stellen mit einer Häufigkeit von etwa 1% aller Frakturen und einer Inzidenz von jährlich ca. 10,3/100.000 Patientinnen und Patienten zwar seltene, aber durchaus schwerwiegende Verletzungen des Kniegelenks dar [1]. Häufigkeitsgipfel zeigen sich vor allem bei jungen, männlichen Patienten im Rahmen von Hochrasanztraumata sowie bei älteren, weiblichen Patienten mit reduzierter Knochenqualität (ca. 30%) [1-3]. Frauen haben gegenüber Männern ein fast 7-fach erhöhtes Risiko eine Tibiakopffraktur aufgrund eines inadäquaten Traumas zu erleiden. In Abhängigkeit vom Verletzungsmuster limitieren assoziierte, kompromittierende Weichteilschäden (inkl. offener Frakturen in bis zu 3% der Fälle) die weiteren Behandlungsoptionen und konsekutiv das klinische Outcome [4].

1.2 Ätiologie

Empfehlung 1

Tibiakopffrakturen können eine Vielzahl an Verletzungsmustern (knöchern wie weichteilig) präsentieren und entstehen entweder durch direkte Gewalteinwirkung im Rahmen von Hochrasanztraumata oder durch indirekte Gewalteinwirkung als Kombination aus Valgus-/Varusstress mit Rotations- und axialer Stauchungskomponente. Aufgrund verminderter Knochenqualität im höheren Patientenalter gewinnen außerdem Verletzungen bei Niedrigrasanztraumata an Bedeutung [3, 5, 6].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

Aufgrund der komplexen und biomechanisch adaptierten Anatomie der proximalen Tibia sowie unterschiedlichsten Richtungen der Gewalteinwirkung zeigen Tibiakopffrakturen eine Vielfalt unterschiedlichster knöcherner sowie weichteiliger Verletzungsmuster.

1.3 Lokalisation

Unikondyläre Frakturen treten mit einem Anteil von ca. 60-64% gegenüber bikondylären oder extraartikulären Frakturen am häufigsten auf. Hiervon ist das laterale Tibiaplateau am häufigsten betroffen (unikondyläre Beteiligung bis zu 89%) [2].

1.4 Typische Begleitverletzungen/-erkrankungen

Die einwirkende Kraft zum Zeitpunkt der Verletzung beeinflusst neben der Gelenkflächendestruktion das Ausmaß der weichteiligen Begleitverletzungen erheblich. Zudem befinden sich in unmittelbarer Nähe zum Tibiakopf wichtige anatomische Strukturen (wie z.B. Gefäße, Nerven, Bandapparat und Muskeln), die als mögliche Begleitverletzungen in Betracht gezogen werden müssen.

- Inzidenz einer Verletzung des Gefäß-Nerven-Bündels je nach Frakturmorphologie 11-37% [7].
 - o CAVE: neben akutem Verschluss der Arteria poplitea auch an zweizeitigen Gefäßverschluss durch eine sekundäre Thrombosierung (z.B. als Folge einer Intimaläsion) denken.
- Isolierte Verletzung poplitealer Gefäße treten relativ selten auf (Prävalenz 1,04%) [8].
- Risiko der Verletzung des Nervus peroneus in 1-7% [7, 9], wobei bei Tibiakopffluxationsfrakturen die Inzidenz mit 16-40% weitaus höher liegt [6]

- Moore beschreibt im Typ 3 seiner Klassifikation eine 30%ige, im Typ 5 sogar eine 50%ige Wahrscheinlichkeit für neurovaskuläre Verletzungen [6]
- Ruptur des vorderen Kreuzbandes in bis zu 57% [10] der Fälle
- Ruptur des hinteren Kreuzbandes in bis zu 28% [10] der Fälle
- Verletzungen des Innen- (bis zu 32%) und Außenbandes (bis zu 29%) [10]
- Verletzungen des Außenmeniskus bei lateralen Impressions- oder Spaltfrakturen in bis zu 90%, Innenmeniskusverletzungen treten verhältnismäßig seltener (20-44%) auf [10, 11].

1.5 Klassifikation

1.5.1 Klassifikation der Fraktur

Empfehlung 2

Klassifikationen sollten den dreidimensional zu beurteilenden Frakturverlauf berücksichtigen. Daher sollte auch die axiale Ebene Einfluss auf die Klassifikation haben.

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- AO/OTA Klassifikation [12]
 - o Unterscheidung zwischen extra- (Typ 41-A), partiell intra- (Typ 41-B) und vollständig intraartikulärer Fraktur (Typ 41-C)
 - o Ergänzung um sog. „modifier“, um das individuelle Frakturmuster realitätsnah in Bezug auf genaue Frakturmorphologie, Dislokationsgrad, Begleitverletzung und dezidiertes Lokalisation zu charakterisieren
 - o Ergänzung um sog. „qualifier“, um lokalisationspezifische Fraktureigenschaften zu charakterisieren
- 10-Segment Klassifikation [2]
 - o Aufteilung des proximalen Tibiaplateaus (3 cm) in 10-Segmente, um den intraartikulären Frakturverlauf zu charakterisieren
- 3-Säulenmodell [13]
 - o Aufteilung des intraartikulären wie extraartikulären Tibiaplateaus in 3 Säulen (medial, lateral, posterior), um den intra- und extraartikulären Frakturverlauf zu charakterisieren

Empfehlung 3

Die aktuelle AO/OTA-Klassifikation erlaubt eine individuelle Charakterisierung einfacher und komplexer Frakturmuster des Tibiakopfes. Im Rahmen der Festlegung der OP-Strategie können die 10-Segment Klassifikation und das 3-Säulenmodell dazu dienen, die Zugangswahl sowie die Patientenlagerung zu planen. Die Moore-Klassifikation lässt darüber hinaus Rückschlüsse auf den Unfallmechanismus zu und kann dadurch wichtige Zusatzinformationen für die Therapieplanung liefern.

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

1.5.2 Klassifikation der Weichteilschäden

- Klassifikation offener Frakturen (nach Gustilo R.B. und Anderson J.T., 1976 / 1984) [14, 15]

- Grad I: Durchspießung des Haut- und Weichteilmantels von innen, wenig oder keine Kontamination, Wunde kleiner als 1 cm
 - Grad II: Hautläsion größer als 1 cm, die umgebenden Weichteile zeigen keine oder nur geringgradige Kontusion
 - Grad III A: Ausgedehnte Weichteilzerstörung, jedoch noch ausreichende Weichteildeckung des frakturierten Knochens
 - Grad III B: Ausgedehnter Weichteilverlust mit periostaler Ablösung und Knochenfreilegung. Üblicherweise hohes Maß an Kontamination
 - Grad III C: Offene Fraktur mit einem behandlungsbedürftigen arteriellen Gefäßschaden
- Klassifikation des die Fraktur begleitenden Weichteilschadens (nach Oestern H.J. und Tscherner H., 1982) [16]
- Grad 0: Kein Weichteilschaden
 - Grad I: Oberflächliche Schürfung oder Kontusion durch Fragmentdruck von Innen
 - Grad II: Tiefe, kontaminierte Schürfung; Lokale Haut- und Muskelkontusion; Drohendes Kompartmentsyndrom
 - Grad III: Ausgedehnte Hautkontusion mit Muskelzerstörung; subkutanes Décollement; manifestes Kompartmentsyndrom; Nerven- oder Gefäßverletzung

2. PRÄKLINISCHES MANAGEMENT

2.1 Analyse des Unfallhergangs

Die Analyse des Unfallhergangs hilft der/dem Behandelnden die einwirkende Kraft und die dadurch entstehende Verletzung besser zu verstehen. Hieraus können Rückschlüsse auf mögliche Begleitverletzungen gezogen werden. Beurteilt werden sollten hierbei vor allem:

- Kontakt- oder Nicht-Kontaktunfall
- Hochrasanz- oder niedrigenergetische Traumata
 - Bei einem Hochrasanztrauma sollte ein direkter Anprall (z.B. bei Verkehrsunfällen (*dash board*) von einer indirekten Krafteinleitung über den Unterschenkel (z.B. bei Stürzen aus großer Höhe oder Sportunfällen) unterschieden werden.

2.2 Notfallmaßnahmen und Transport

- Schienung des Beines
- Abdecken offener Wunden
- Vermeidung weiterer Belastung des Kniegelenkes
- Kühlung des Kniegelenkes unter Vermeidung lokaler Kälteschäden
- Bedarfsgerechte Analgesie
- Bei Luxationsstellung unter entsprechender Analgesie einmaliger Repositionsversuch durch Längszug am Fuß; kein gewaltsames Repositionsmanöver!
- Ausschluss weiterer Begleitverletzungen
- Zuweisung in ein Traumazentrum mit entsprechender chirurgischer Expertise insbesondere bei v.a. Gefäß- und/oder Nervenschäden (Gefäß- und Neurochirurgie)

2.3 Dokumentation

- Unfallzeit und -hergang
- Unfallablauf und Luxationsrichtung
- Erstmaßnahmen
- Periphere Durchblutung, Motorik, Sensibilität (repetitiv)
- Durchgeführte Erstmaßnahmen
- Erster Untersuchungsbefund:
 - o Hier sollte insbesondere das Augenmerk auf mögliche Fehlstellungen, das Vorhandensein von offenen Wunden und die periphere Durchblutung, Motorik und Sensibilität gelegt werden.
 - o Weitere Befunde sollten das Vorhandensein eines Gelenkergusses, Funktionsbeeinträchtigungen und Schmerzpunkte umfassen. Bei Verdacht auf eine Tibiakopffraktur sollte eine Bewegungs- oder Stabilitätsprüfung des Kniegelenkes unterbleiben.
- Beurteilung eines potentiellen Kompartmentsyndroms
- Funktionsbeeinträchtigung
- Schmerzpunkte
- Weichteilschäden (offene Fraktur)
- Unfall im Rahmen der gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV, AUVA, SUVA)

3. ANAMNESE

3.1 Analyse des Verletzungsmechanismus

- Kontakt- oder Nichtkontaktunfall
- Hochrasanz- oder Niederenergietrauma
- Verdrehtrauma
- Hyperextensionstrauma
- Axiale Krafteinwirkung (z.B. Sturz aus großer Höhe)

3.2 Gesetzliche Unfallversicherung

In Deutschland muss bei allen Arbeitsunfällen, bei Unfällen auf dem Weg von und zur Arbeit sowie bei Unfällen in Zusammenhang mit Studium, Schule und Kindergarten sowie allen anderen gesetzlich versicherten Tätigkeiten eine Unfallmeldung durch den Arbeitgeber erfolgen, wenn der Unfall eine Arbeitsunfähigkeit von mehr als 3 Kalendertagen oder den Tod zur Folge hat.

- In Österreich muss diese Meldung in jedem Fall erfolgen.
- Diese Patientinnen und Patienten sollten schnellstmöglich eine/n Durchgangsärztin/arzt aufsuchen, die/der entscheidet, ob ein BG-liches Heilverfahren eingeleitet wird.
- Bei Unfallfolgen und Folgeerkrankungen gilt das BG-liche Heilverfahren und Folgebehandlungen sollten in einer von der DGUV zugelassenen Einrichtung erfolgen.
- Nach dem Verletzungsartenverzeichnis der DGUV (Überarbeitete Version 2.0, Stand 1. Juli 2018) sind Verletzungen wie folgt zu einzuteilen:
- 7.1 VAV: Kreuzbandverletzungen und knöcherne Ausrisse der Interkondylenhöcker bei Kindern

- 7.1 SAV: Alle Kreuzbandverletzungen und knöchernen Ausrisse der Interkondylenhöcker bei Kindern mit Gefäß-, Nervenverletzung und/oder hochgradiger Weichteilschädigung
- 7.10 SAV: Verletzungen des hinteren Kreuzbandes, Kniegelenk-Verrenkungen mit Rupturen von mehreren Bandstrukturen oder knöchernen Begleitverletzungen
- 7.11 VAV: Brüche des körpernahen Unterschenkels mit Gelenkbeteiligung bei gegebener oder abzuklärender Operationswürdigkeit
- 7.12 SAV: Brüche des körpernahen Unterschenkels mit Gelenkbeteiligung bei
 - o Typ B3 und C der AO/OTA-Klassifikation
 - o Gefäßverletzung
 - o Nervenverletzung
 - o hochgradiger Weichteilschädigung
- 10.1-4 SAV: Mehrfachverletzungen mit schwerer Ausprägung; besondere Verletzungskonstellationen bei Kindern
- 11.1-5 SAV: Komplikationen, Revisionseingriffe, Folgezustände und Unfallfolgen

In der Regel heilen nur einfache, unverschobene Tibiakopffrakturen mit stufenloser Gelenkflächenrekonstruktion und fehlenden Begleitverletzungen folgenlos aus. Im Allgemeinen muss nach Tibiakopffrakturen mit Dauerschäden wie z.B. Bewegungseinschränkungen, Muskelminderungen, Gelenkinkongruenzen, Bandinstabilitäten, Achsabweichungen und neurovaskulären Begleitverletzungen gerechnet werden. Durch die Einschränkung der Einsatzfähigkeit und die Belastungsminderung kann hieraus eine Minderung der Erwerbsfähigkeit (MdE) von 10-20 % (gesetzliche Unfallversicherung), eine Invalidität von 1//7-2//7 Beiwert (private Unfallversicherung) und ein Grad der Behinderung (GdB) von 10-30 % (IX. Sozialgesetzbuch zur Rehabilitation und Teilhabe behinderter Menschen) resultieren [17].

Bei komplexen Trümmer- bzw. Luxationsfrakturen kann die Gewährung von Leistungen aus der gesetzlichen Rentenversicherung oder der privaten Berufsunfähigkeitsversicherung gegeben sein. Dies gilt durch die häufig bestehende erhebliche posttraumatische Belastungsminderung v.a. bei Versicherten in handwerklichen oder überwiegend stehenden Berufen [17].

3.3 Vorerkrankungen und Verletzungen

- Voroperationen (v.a. Meniskus, Kreuzbänder, Seitenbänder, Knorpel)
- Ausübung kniegefährdender Sportarten (z.B. Fußball, Handball etc.)
- Frühere Kniegelenkverletzungen
- Gonarthrose
- Intraartikulärer Erguss, Instabilitätsgefühl, Immobilisierung
- Lokale Hautaffektionen
- Neurogene Erkrankungen
- Vorerkrankungen aus dem rheumatologischen Formenkreis
- Durchblutungsstörungen (z.B. pAVK)
- Vorangegangene Thrombosen und Embolien
- Vorausgegangene gefäßchirurgische Eingriffe
- Allergien

3.4 Wichtige Begleitumstände

- neurogene Verletzungen / Affektionen (insbesondere N. peroneus)
- Durchblutungsstörungen (CAVE: ein tastbarer peripherer Fußpuls schließt eine popliteale, arterielle Intima-Läsion nicht aus [18, 19])
- Offene vs. geschlossene Verletzung
- Adipositas
- Vorbestehende Beinachsendiformitäten
- Einnahme gerinnungshemmender Medikation
- Spontanreposition / Fremdreposition
- Reposition mit oder ohne Narkose (vor und nach Reposition Kontrolle der Durchblutung, Motorik und Sensibilität)
- Neurologische Symptome
- Weitere Verletzungen (z.B. Polytrauma), auch des betroffenen Beines
- Gefäßerkrankungen
- Intraartikuläre Punktionen / Injektionen
- Voroperationen
- Vorerkrankungen
- Alter
- Weichteilverletzungen
- Thrombose / Embolie
- Beruf, soziales Umfeld
- Kniegelenkgefährdende Sportarten
- Alkohol-/ Drogenkonsum

3.5 Symptome

- Schmerzhaftige Bewegungseinschränkung
- Schwellung
- Hämatom
- Gelenkerguss
- Belastungsunfähigkeit
- Klinische Frakturzeichen (unsichere vs. sichere)
- Instabilität
- Fehlstellung des Gelenkes
- sensibler und/oder motorischer Ausfall insbesondere im Gebiet des N. peroneus
- Periphere arterielle Durchblutungsstörung mit fehlendem Puls am Fußrücken und hinter dem Innenknöchel
- Analgetika-resistente Schmerzen (an ein begleitendes Kompartment-Syndrom denken)

4. DIAGNOSTIK

4.1 Notwendige Untersuchungen

4.1.1 Klinische Untersuchung (Inspektion und Palpation)

- Einschätzung und Klassifizierung eines möglichen Weichteilschadens (Einteilung nach Tschernse/Gustilo; CAVE: bei geschlossenen Frakturen liegt häufig ein ausgedehntes Decollement vor!)
- Kontusionsmarken
- Weichteilschwellung
- Ergussbildung

- Palpation der Seitenbandansätze (Schmerzpunkte, evtl. Defekte im Bandverlauf)
- Klinische Untersuchung bei V.a. ligamentäre Verletzung nur in Narkose; beim wachen Patienten sollte sie unterbleiben (Eine Stabilitätsprüfung des Bandapparates bei vorliegender Tibiakopffraktur ist in aller Regel schmerz- und schwellungsbedingt nur eingeschränkt möglich)
 - o CAVE: Beachtung medialer und lateraler Fragmentimpressionen und möglicher Pseudoinstabilität!
- Repetitive Prüfung der peripheren Durchblutung, Motorik und Sensibilität
- Faszienspannung (Kompartmentsyndrom)
- Untersuchung der angrenzenden Gelenke

4.1.2 Radiologische Untersuchung

Zur weiteren Beurteilung einer knöchernen Verletzung bedarf es dann in der Regel einer radiologischen Diagnostik.

4.1.2.1 Röntgen und CT

Empfehlung 4

Bei Verdacht auf eine knöcherne Verletzung des Tibiakopfes besteht in der Akut-Phase die Indikation zur radiologischen Diagnostik mittels Röntgen des Kniegelenkes in 2 Ebenen. Bei Nachweis oder Verdacht auf einen intraartikulären Frakturverlauf sollte eine Computertomografie des Kniegelenkes (als Goldstandard) mit multiplanaren Rekonstruktionen (wünschenswert 3D-Rekonstruktion der proximalen Tibia und Subtraktion des distalen Femurs) erfolgen [20].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- Röntgen des Kniegelenkes in 2 Ebenen: Beurteilung der relativen Konvexität des lateralen bzw. relativen Konkavität des medialen Tibiaplateaus
- Computertomografie des Kniegelenkes: sensitivstes Verfahren zur Darstellung der knöchernen Verletzung, inklusive der knöchernen Bandausrisse (z.B. knöcherner tibialseitiger VKB-Ausriss) und zur Beurteilung des Ausmaßes der Dislokation bzw. Impression der Fragmente am Kniegelenk [21]. Häufig zeigt sich erst im CT das gesamte Ausmaß der Verletzung, so dass auch bei im konventionellen Röntgen nur gering disloziert erscheinender Fraktur in der Regel eine ergänzende CT-Diagnostik empfehlenswert ist.

4.1.2.2 Angio-CT

Empfehlung 5

Während es bei Knieluxationen regelhaft zu Gefäß-Dehnungen mit einer Intimaläsion kommen kann, wird bei Tibiakopf(-luxations)frakturen bei Hochrasanztraumata und/oder bei klinischem Verdacht auf eine Gefäßverletzung wie distale Pulsminderung, Minderung der Hautperfusion, ausgedehnte lokale Weichteilschädigung, Hinweis auf pulsierende Blutungen und periphere Sensibilitätsstörungen eine CT-Angiografie des Kniegelenkes empfohlen.

Konsensstärke: 86%; Konsens

4.1.2.3 MRT

Empfehlung 6

Zum Ausschluss bzw. Beurteilung von intraartikulären Begleitverletzungen kann eine ergänzende MRT-Untersuchung des Kniegelenkes hilfreich sein. Diese sollte insbesondere bei tiefen Gelenkstufen, Randimpressionen, großen Gelenkspalten oder sonstigen Hinweisen auf das Vorliegen einer Luxationsfraktur durchgeführt werden [10, 22, 23].

Konsensstärke: 86%; Konsens

Da insbesondere bei bikondylären Tibiakopffrakturen begleitende Ligament- (43-80%) und Meniskusverletzungen (bis zu 22% [24]) häufig sind, kann die ergänzende Durchführung eines MRTs hilfreich sein [25].

4.2 Fakultative Diagnostik

- *Ankle Brachial Index*: in Zusammenschau mit der körperlichen Untersuchung zur Beurteilung des Extremitätendurchblutung geeignet [26, 27]

4.3 Diagnostische Ausnahmen

- Sonographie: spielt v.a. im Rahmen der Diagnostik kindlicher und gering dislozierter Avulsions- oder kindlicher Apophysenverletzungen eine Rolle [28]

4.4 Nicht erforderlich

- Prüfung des Bewegungsumfangs und der Bandstabilität beim wachen Patienten
- Diagnostische Kniegelenkpunktion
-

4.5 Diagnostische Schwierigkeiten

- Verknennung der Verletzungsschwere ohne vollständige radiologische Diagnostik
- Abgrenzung von isolierter vorderer oder hinterer Kreuzbandverletzung ohne Luxationsereignis
- Erkennen von Begleitverletzungen
- Erkennen der angiologischen Intimaläsion
- Erkennen eines sekundären Gefäßverschlusses aufgrund einer Intimaläsion bei primär vorhandenem Puls [18, 19]
- Differenzierung von partiellen und vollständigen Bandrupturen
- Interpretation des MRT bei frakturbedingtem Hämarthros, ligamentären Einblutungen und Knochenmarködemen (falsch positive und falsch negative Befunde)
- Übersehen okkulten Frakturen bei isolierter nativer Röntgenbilddiagnostik

4.6 Differenzialdiagnosen

- distale Femurfraktur
- Patellafraktur
- isolierte vordere oder hintere Kreuzbandruptur ohne knöchernen Beteiligung
- Innen- oder Außenbandruptur
- Multiligamentverletzung, insbesondere Knieluxation
- Patellaluxation
- Osteochondrale Flakefrakturen

5. KLINISCHE ERSTVERSORGUNG

5.1 Klinisches Management

- Erneute Evaluation des Unfallereignisses und des Erstbefundes
- Beurteilung der Verletzung im Gesamtkontext (Polytrauma; CAVE: Kettenverletzung)
- Überprüfung der achsgerechten Extremitätenstellung
- Erfassung von Gefäß-Nerven-Verletzungen und Kompartmentsyndrom
- Re-Evaluation präklinisch erfolgter Maßnahmen (Analgesie, Reposition, etc.)
- Durchführung der bildgebenden Diagnostik
- Klassifizierung der Verletzung

5.2 Allgemeine Maßnahmen

- Ruhigstellung des verletzten Beines in einer Lagerungsschiene
- Adäquate Analgesie
- Hochlagerung
- Steriles Abdecken von offenen Wunden (wenn zeitlich möglich: Fotodokumentation)
- Abschwellende Maßnahmen
- Lokale, milde Kühlung
- Dekubitusprophylaxe bei gefährdeten Patienten
- Thromboseprophylaxe (allgemeine und medikamentöse Empfehlungen gemäß der interdisziplinären S3-Leitlinie)
- Aufklärung über Verletzungsentität und -prognose

5.3 Spezielle Maßnahmen

- Regelmäßige Kontrolle des Pulsstatus
- Interdisziplinäre Behandlung (Hinzuziehung von Gefäßchirurgie, Neurochirurgie) bei Gefäß- oder Nervenschäden
- Engmaschige Reevaluation zum Ausschluss eines sich manifestierenden Kompartmentsyndroms
- Bei komplexer, instabiler Fraktursituation Indikation zur Anlage eines kniegelenkübergreifenden Fixateur externe
- Sofortiger Beginn einer intravenösen Antibiotikagabe bei offenen Frakturen
- Sofortige Operationsvorbereitung bei offenen Verletzungen

Empfehlung 7

Es besteht die primäre Indikation zur Anlage eines kniegelenkübergreifenden Fixateur externe vor einer definitiven, operativen Versorgung bei Vorliegen von:

- Kompartmentsyndrom
- Gefäßläsionen und -rekonstruktion (mit prophylaktischer Fasziotomie nach Revaskularisation)
- Peripherer Nervenläsion
- Offener Fraktur [29]
- Schweren Weichteilschäden
- Polytrauma (ISS>16) mit begleitend schwerer Tibiakopffraktur im Rahmen des „damage control“ Konzepts [30, 31]
- Grob dislozierter und verkürzter Tibiakopffraktur (insbesondere zur Fragmentdistraktion) [31-33]

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

6. INDIKATION ZUR DEFINITIVEN THERAPIE

Empfehlung 8

Das Ziel der operativen Versorgung von Tibiakopffrakturen ist die anatomische Rekonstruktion der tibialen Gelenkfläche (Stufe ≤ 2 mm im Belastungsanteil), eine Wiederherstellung der prätraumatischen Beinachse und -länge, die Rekonstruktion des natürlichen tibialen posterioren Slopes sowie einer prätraumatischen Tibiakopfbreite und Gelenkkonturierung (konvex, konkav). Die Osteosynthese sollte ein übungsstabiles Kniegelenk herstellen und operationsassoziierten Komplikationen vermeiden [34-36].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

6.1 Nicht operative Therapie

- Die konservative Therapie ist grundsätzlich möglich bei
 - o stabilen, nicht-dislozierten Tibiakopffrakturen ohne höhergradige Weichteilkompromittierung
 - o bei Vorliegen von OP-Kontraindikationen mit einem sehr hohen allgemeinen OP-Risiko
 - o bei Bettlägerigkeit bzw. Lähmungszuständen des betroffenen Beines und die konservative Therapie eine schmerzfreie Übungsstabilität und Pflegebarkeit erlaubt
- Vorraussetzung: hohe Compliance des Patienten und Möglichkeit der konsequenten Teilbelastung der betroffenen Extremität
- Engmaschige klinische Kontrollen sowie regelmäßige Röntgenkontrollen zur frühzeitigen Erkennung sekundärer Dislokationen
- Ruhigstellung des betroffenen Kniegelenkes temporär in einer Oberschenkelgipsschiene (bis zum Abschwellen der Weichteile), dann jedoch frühzeitig in einer Hartrahmen-Orthese.
- Teilbelastung für mindestens 6 Wochen
- Bei sekundärer Dislokation besteht die Indikation zur Operation

6.2 Operative Therapie

- Notfallindikation
 - o Arterielle Gefäßverletzung
 - o Geschlossen nicht reponible Luxationsfraktur
 - o Drohendes oder manifestes Kompartmentsyndrom
 - o Offene Weichteilverletzung
 - o Neurogene Verletzung bei Kompromittierung durch Hämatom und/oder knöcherne Fragmente
- Alle dislozierten Tibiakopffrakturen mit Stufenbildung $>2,5$ mm im lasttragenden Anteil der tibialen Gelenkfläche oder Absenkung $>5^\circ$ [34-36]
- Instabile Fraktur
- Verbreiterung des Tibiakopfes >5 mm
- Koronare oder sagittale Achsabweichung $>5^\circ$
- Assoziierte ipsilaterale Diaphysen- oder Fibulafraktur
- Geschlossene Frakturen mit relevantem Weichteilschaden
- Pathologische Frakturen
- operationspflichtige ligamentäre Begleitverletzungen

6.3 Stationär oder ambulant

- Im Rahmen der operativen Versorgung primär stationäre Behandlung erforderlich, auch wenn OP erst nach wenigen Tagen erfolgen wird, zur engmaschigen Überwachung der Schwellung (Kompartimentüberwachung) und des Gefäß-/Nervenstatus. Bei einfachen, unikondylären Frakturen ohne wesentliche Weichteilschäden und ohne wesentliche Dislokation kann der Patient bis zur definitiven Versorgung ambulant geführt werden. Bei konservativer Versorgung ist in der Regel eine ambulante Behandlung möglich.

7. THERAPIE NICHT OPERATIV

7.1 Logistik

- Räumliche, organisatorische, materielle und personelle Voraussetzung für nicht-operative Frakturbehandlung
- Materialien zur Schienenbehandlung
- Möglichkeiten der Kompartimentüberwachung
- Möglichkeiten zur regelmäßigen Überprüfung des Gefäß-/Nervenstatus, insbesondere bei klinisch nicht adäquat zu beurteilenden Patienten
- Operations- und Anästhesiebereitschaft

7.2 Begleitende Maßnahmen

- Aufklärung über mögliche (operative) Alternativverfahren
- Analgesie
- Abschwellende Maßnahmen, Kryotherapie, Hochlagern
- Thromboseprophylaxe gemäß der interdisziplinären S3-Leitlinie VTE-Prophylaxe der AWMF
- Zuhilfenahme von Gehhilfen unter Teilbelastung der betroffenen Extremität
- Beginn mit physiotherapeutischen Maßnahmen

7.3 Häufigste Verfahren

- Früh-funktionelle, physiotherapeutische Therapie mit
 - o passiver Mobilisierung auf der Bewegungsschiene (CPM) nach Abklingen von Schwellung und Schmerz
 - o aktiver Mobilisierung nach Maßgaben der Beschwerden; Ziel sollte hierbei eine zeitnahe volle Streckung des Kniegelenkes und Beugung bis mindestens 90° sein
- Begleitende Stabilisierung mit einer stützenden Bewegungsorthese
- Isometrisches Training der Beinmuskulatur
- Teilbelastung der betroffenen Extremität (abhängig vom Frakturtyp)

7.4 Alternative Verfahren

- Entlastungspunktion bei ausgeprägtem intraartikulärem Erguss

7.5 Seltene Verfahren

- Entfällt

7.6 Zeitpunkt

- Unmittelbar nach Diagnosestellung

7.7 Weitere Behandlung

- Teilbelastung des betroffenen Beines mit max. 15 kg Belastung (je nach Fraktur und Konstitution des Patienten) für mindestens 6 Wochen; sukzessive Aufbelastung erst nach radiologisch gesicherter, knöcherner Konsolidierung
- Begleitende Physiotherapie, isometrisches Muskeltraining, Koordinationstraining
- Fortsetzung der medikamentösen Thromboseprophylaxe gemäß der interdisziplinären S3-Leitlinie
- Regelmäßige Röntgenkontrollen zum Ausschluss einer sekundären Dislokation im frühzeitigen Verlauf

7.8 Risiken und Komplikationen

- Kompartmentsyndrom mit entsprechenden Spätfolgen
- Sekundäre Dislokation der Fraktur
- Pseudarthrose
- Posttraumatische Arthrose
- Beinachsendeformität
- Thrombose/Embolie
- Chronisches Regionales Schmerz Syndrom (CRPS)
- Druckschäden durch Gips- und Schienenbehandlung
- Peroneusläsion
- Muskelatrophie
- Dekubitus durch verlängerte Bettlägerigkeit
- Bewegungseinschränkung im Kniegelenk (z.B. Streckdefizit mit chronischen retropatellaren Schmerzen, Beugedefizit) und auch den angrenzenden Gelenken
- Persistierende Kniegelenksinstabilität
- Posttraumatische Belastungsunfähigkeit

8. THERAPIE OPERATIV

8.1 Logistik

- Räumliche, organisatorische und personelle Voraussetzungen für die operative Frakturbehandlung
- Vollständige Arthroskopieausstattung
- Vollständige OP-Instrumentarien mit verschiedenen Implantat-Optionen zur Versorgung von komplexen Tibiakopffrakturen in Bauch-, Seit- oder Rückenlage
- Instrumentarium für offene und arthroskopische Kreuzbandchirurgie sowie für Meniskus- und osteochondrale Refixation
- Vorhandensein von Titanimplantaten bei Metallallergie
- Bildverstärker mit intraoperativer Durchleuchtungsmöglichkeit (C-Bogen)
- Möglichkeit der Versorgung von Weichteil-, Gefäß- und Nervenverletzungen, ggf. interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Gefäßchirurgie bei Gefäßverletzungen
- Kenntnisse über primäre oder sekundäre mikrochirurgische Versorgung von Nervenverletzungen, ggf. interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Fachabteilung mit Kenntnissen und Erfahrung in mikrochirurgischer Nervenrekonstruktion.

8.2 Perioperative Maßnahmen

- Ausführliche chirurgische Aufklärung über die geplante OP, die Risiken und Komplikationen, Alternativverfahren, das zu erwartende Ergebnis sowie die postoperative Nachbehandlung
- Antibiotikaphylaxe
- Thromboseprophylaxe (siehe zum Risiko, allgemeine und medikamentöse Maßnahmen aktuelle interdisziplinäre Leitlinie Thromboseprophylaxe der AWMF)
- Fakultative intra-operative topische oder systemische Anwendung von Tranexamsäure zur Reduktion eines perioperativen Blutverlustes oder Wundheilungsstörungen [37]
- supportive Nutzung einer endoskopischen Optik ohne erhöhten intraartikulären Wasserdruck über den offenen chirurgischen Zugang (Frakturoskopie) auch bei komplexen Tibiakopffrakturen zur intraoperativen Darstellung der Gelenkfläche [38, 39]

Empfehlung 9

Die Nutzung einer Blutsperre ist mit einem erhöhten postoperativen Komplikationsrisiko assoziiert. Ihre Anwendung ist in der komplexen Fraktursituation nicht empfohlen und sollte allenfalls in der initialen Präparations-Phase oder bei akuten Blutungskomplikationen so kurz wie möglich eingesetzt werden [40, 41].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- Bei Anwendung einer Blutsperre muss die Einhaltung der zeitlichen Limitierung von 2h und einer ausreichenden Polsterung des Oberschenkels zur Prophylaxe potenzieller Nervenaffektionen beachtet werden.

8.3 Häufigste Verfahren

- Bis zur finalen Versorgung achsgerechte und weichteilschonende Lagerung (Fixateur externe, weiche Orthese (je nach Weichteil- und Schwellungszustand) oder Hartraahmen-Orthese oder dorsale Oberschenkelgipsschiene)
- Thromboseprophylaxe (siehe zum Risiko, allgemeine und medikamentöse Maßnahmen aktuelle interdisziplinäre Leitlinie Thromboseprophylaxe der AWMF)
- gelenkübergreifender Fixateur externe
 - o Verfahrenswechsel auf interne Osteosynthese bei entsprechender Weichteilkonsolidierung und nach sekundärem Wundverschluss frühzeitig empfohlen [42-44].

Empfehlung 10

Im Fall eines gespaltenen Kompartmentsyndroms sollte ein sekundärer Wundverschluss vor oder gleichzeitig mit endgültiger Osteosynthese erfolgen, da dies mit einem geringeren Infektionsrisiko assoziiert ist [42-44].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- „Frakturoskopie“ hat einen Stellenwert im Rahmen der komplexen Frakturversorgung bei Nutzung eines niedrigen Wasserdrucks und Anwendung über den offenen chirurgischen Zugang [39, 45]
- Ring- oder Hybridfixateur als definitives Verfahren: gegenüber der offenen Reposition und internen Plattenosteosynthese mit einem höheren postoperativen

Infektionsrisiko, einer erhöhten Pseudarthroserate und einer stärkeren Bewegungseinschränkung assoziiert [46]

- Offene Reposition und interne Fixation mittels Platten- und Schraubenosteosynthese: etablierter Standard in der Therapie intra- und extraartikulärer, dislozierter Tibiakopffrakturen
- Knochenersatzmaterialien:
 - Häufigstes Verfahren zur Auffüllung subchondraler Knochendefekte, insbesondere bei ausgeprägten Impressionsfrakturen ist die autologe Beckenkammspongiosa, jedoch mit einem assoziierten Risiko von Entnahmemorbidität, Hämatombildung, Infektion und Nervenverletzung [47, 48]
 - Im Vergleich dazu besitzen synthetische Knochenersatzmaterialien einen vergleichbaren Stellenwert unter Berücksichtigung einer durchschnittlichen Rate an sekundärem Repositionsverlust (>2mm) bei Kalziumsulfat (11,1%); Allograft, demineralisierte Knochenmatrix, Xenograft (8,6%); Hydroxylapatit (5,4%); Kalziumphosphat (3,7%) [41, 47].

8.3.1 Gering dislozierte unikondyläre Tibiakopffrakturen

Empfehlung 11

Die arthroskopisch assistierte Frakturversorgung ist bei gering dislozierten, unikondylären Frakturen etabliert und im Vergleich zur herkömmlichen operativen Versorgung mittels offener Reposition und interner Plattenosteosynthese mit einem besseren klinischen Outcome und einer geringeren perioperativen Komplikationsrate bei vergleichbarer Repositionsqualität assoziiert [49, 50].

Konsensstärke: 93%; Konsens

- In der Regel einzeitiges Verfahren
- Intraoperative Kontrolle der Gelenkstellung fluoroskopisch als auch arthroskopisch möglich
- Minimalinvasive Schraubenfixation in gekreuzt kanülierter Technik (Jail-Technik) der isolierten unidirektionalen Schraubenosteosynthese überlegen [51]

8.3.2 Dislozierte Tibiakopffrakturen entsprechend der operativen Zugangsauswahl [52]

- anterolateraler Standardzugang
 - indiziert bei anterolateralen Tibiakopfimpansions- und Impressions-/Spaltfrakturen und im Rahmen der Versorgung bikondylärer Frakturen unter Nutzung zusätzlicher Zugangswege
 - ermöglicht einen Einblick von ca. 1/3 der tibialen Gelenkfläche [53]
 - ermöglicht weichteilschonende Platten- und Schraubenosteosynthese
- posterolateraler Zugang
 - insbesondere indiziert bei relevanter posterolateraler Impansionen, da laterales Tibiaplateau häufig mehrfragmentär frakturiert ist [2, 38, 39]
 - ermöglicht den Gelenkflächeneinblick der dorsolateralen 20% der Gelenkfläche [53]
 - Abstützung über isolierte Schrauben- oder kombinierte wie isolierte posterolaterale Plattenosteosynthese möglich

- CAVE: Neurolyse N. peroneus bei variablem proximalem Verlauf und distaler intramuskulärer Aufzweigung
- medialer / anteromedialer Zugang
 - indiziert bei Frakturen der antero- und posteromedialen Segmente / Säule
 - ermöglicht den Gelenkflächeneinblick der (antero-)medialen 20% [53]
 - über retrograde Schraubenfixation für Therapie posteromedialer Abscherfrakturen geeignet, aber der direkten posteromedialen Abstützung biomechanisch unterlegen [55]
 - CAVE: extrakortikale Reposition häufig ausreichend bei meist nur bifragmentär frakturierter medialer Säule [38]
- posteromedialer Zugang
 - indiziert bei posteromedialen Frakturen, knöchernen hinteren Kreuzbandrissen, Impressionen des postero-latero-zentralen Segments [2, 39, 52, 53, 56]
 - ermöglicht den Gelenkflächeneinblick der posteromedialen 15% [53]
 - posteromediale Abstützung durch winkel- oder nicht-winkelstabile Plattenosteosynthese der sagittalen und retrograden Schraubenosteosynthese überlegen [55]

Empfehlung 12

Bei bikondylären, multifragmentären Tibiakopffrakturen kann die Umlagerung des Patienten aus der Bauchlage in eine Seit- oder Rückenlage notwendig werden, um den individuellen Frakturverlauf dreidimensional zu adressieren. Alternativ können mit einer primären Seitenlagerung (z.B. in „floppy“ 45°) und Kippungen des OP-Tisches posteriore und anteriore Fragmente erfolgreich meist auch ohne Umlagerung des Patienten adressiert werden.

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

Empfehlung 13

Bei Frakturen mit Beteiligung der posterioren Segmente / Säule können dorsale Zugänge den Vorteil der direkten Gelenkflächeneinsicht, direkten Repositionsmöglichkeit und biomechanischen optimalen Fixation bieten [57].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- Osteotomien
 - Femorale Epikondylus-, Tuberkulum-Gerdi- und Techniken der Fibulaosteotomie ermöglichen eine verbesserte Gelenkflächeneinsicht vor und vor allem nach anatomischer Gelenkflächenreposition [52, 53, 56, 58,59]
 - In der Regel als Erweiterung etablierter Standardzugänge
 - ermöglichen in der Regel keine verbesserte Positionierung des stabilisierenden Osteosynthesematerials

Empfehlung 14

Erweiterte Zugänge (z.B. Osteotomie der femoralen Epikondylen oder des Fibulakopfes) können die direkte Visualisierung des Tibiaplateaus verbessern, um die anatomische Reposition zu kontrollieren [56, 60, 61].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- Primäre Endoprothetik

Empfehlung 15

Die primäre endoprothetische Versorgung von Tibiakopffrakturen ist im Vergleich zur herkömmlichen Endoprothetik mit höheren Komplikations- und Revisionsraten assoziiert [62-64]. Sie hat jedoch ihren Stellenwert vor allem bei [64]:

- älteren Patienten mit osteoporotischer Knochenmasse und erhöhtem Risiko einer Osteosynthese-assoziierten sekundären Dislokation
- älteren Patienten mit osteoporotischer Knochenmasse mit bereits prätraumatisch bestehender symptomatischer Gonarthrose
- pathologischen Frakturen des distalen Femurs oder der proximalen Tibia

Die Versorgung sollte nur in Einrichtungen mit entsprechender personeller und logistischer Infrastruktur durchgeführt werden.

Konsensstärke: 93%; Konsens

- Revisionsrate zwischen 9,5-11,5% [62, 63], Komplikationsraten bis zu 42% [64]
- Bei komplex und vollständig destrukturierter Tibiakopffraktur mit metaphysärer Trümmerzone ist eine Konsolidierung der Metaphyse (z.B. im Ringfixateur) eine Option, da dies Einfluss auf die Auswahl des Prothesenmodells haben kann.

8.3.3 Therapie weichteiliger Begleitpathologien

8.3.3.1 Meniskusverletzungen

Empfehlung 16

Luxierte Menisken sollten medial wie lateral refixiert werden, um die artikuläre Belastung und Stabilität langfristig zu verbessern.

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

- Kein relevanter Einfluss von Partialrupturen in Hinblick auf das kurzfristige klinische Outcome – Daten zum Langzeit-follow-up fehlen [65, 66]

8.3.3.2 Seitenbandverletzungen

Empfehlung 17

Eine evidenz-basierte Aussage zur Versorgungsstrategie ligamentärer Begleitverletzung bei Tibiakopfluxationsfrakturen ist zurzeit nicht möglich [66]. Grundsätzlich sollten aber komplette Außenbandrupturen (echte laterale Instabilität in 20° Beugung) und Traktusrupturen (echte laterale Instabilität in 0° Streckung) primär versorgt werden. Ebenso ist eine operative Stabilisierung hochgradig medialer Instabilitäten in Streckung und 20° Beugung (III°ig) und bei Stener-like Läsionen zu empfehlen. Eine Stabilitätstestung sollte intraoperativ nach erfolgter Osteosynthese erfolgen, um Pseudoinstabilitäten auszuschließen.

Konsensstärke: 93%; Konsens

Empfehlung 18

Hochgradige (III°) Innenbandinstabilitäten sollten einzeitig mittels direkter Bandnaht, Refixation und ggf. additiver Augmentation stabilisiert werden.

Konsensstärke: 93%; Konsens

Empfehlung 19

Hochgradige (III°) Außenbandinstabilitäten sollten einzeitig mittels primärer Naht (mit zusätzlicher Augmentation) und/oder Bandplastik (mit z.B. Gracilis-Sehne) stabilisiert werden.

Konsensstärke: 93%; Konsens

8.3.3.3 Kreuzbandverletzungen

Empfehlung 20

Knöcherner VKB/HKB-Ausriss können im Fragmentverbund durch gute Reposition und Kompression indirekt stabilisiert werden. Eine persistierende Fragmentinstabilität im Rahmen der intraoperativen Durchleuchtungskontrolle sollte jedoch eine direkte Fixierung indizieren. Intraligamentäre VKB-Rupturen können in Abhängigkeit des Rupturmusters konservativ verbleiben oder primär genäht werden. Intraligamentäre HKB-Rupturen können primär genäht oder mit entsprechender Nachbehandlung konservativ behandelt werden. Die Stabilität von Bandnähten kann durch Fadenaugmentationen (Ligament Bracing) mit hochreißfestem Fadenmaterial erhöht werden [67]. Eine primäre Bandplastik wird nicht regelhaft empfohlen.

Konsensstärke: 86%; Konsens

Empfehlung 21

Eine Rekonstruktion einer begleitenden vorderen und / oder hinteren Kreuzbandruptur kann bei persistierender Instabilität im Intervall nach knöcherner Konsolidierung und freier Beweglichkeit des Kniegelenks mittels Bandersatz erfolgen.

Konsensstärke: 93%; Konsens

8.4 Alternative Verfahren

- Ausbehandlung im Fixateur externe
- Nutzung des gelenkübergreifenden femoralen Distraktors zur intraoperativen Optimierung der Fragmentdarstellung
- Frakturoskopie
- Intraoperatives 3D CT/Fluoroskopie
- Nanoskopie

8.5 Seltene Verfahren

- Amputation
- Arthrodesese
- Sekundäre Korrekturosteotomie und additive osteosynthetische Versorgung nach fehlerverheilten Tibiakopffrakturen
- Einsatz von allogenen Gelenkanteilen aus einer Gewebebank (z.B. Transplantation eines kompletten lateralen Tibiaplateaus (mit oder ohne anhaftendem Meniskus) [67])

8.6 Intraoperative Bildgebung

- Bildwandler
- 3D Bildwandler
- 3D CT
- Frakturoskopie

Empfehlung 22

Die intraoperative Repositionskontrolle ist für das klinische Outcome entscheidend. Die Kontrolle erfolgt mit dem Bildwandler. Bei komplexen Frakturen ist die intraoperative Anwendung eines 3D-Bildwandlers, eine Frakturoskopie oder eine 3D CT hilfreich, aber nicht Standard [39, 69-71].

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

8.7 Operationszeitpunkt

Empfehlung 23

In Bezug auf den optimalen Operationszeitpunkt ist zur Minimierung des postoperativen Infektionsrisikos bei weichteilkompromittierten Frakturen eine Versorgung erst nach Weichteilkonsolidierung empfohlen [32, 72]. Diese tritt in der Regel zwischen dem 5.-8. posttraumatischen Tag ein.

Konsensstärke: 93%; Konsens

- Die Schwierigkeit der Frakturversorgung erhöht sich aufgrund der Organisation des Hämatoms jedoch deutlich je länger das Trauma zurück liegt.
- Notfall
 - bei Gefäßverschluss
 - bei Kompartmentsyndrom
 - bei Gefäßverletzung
 - grober Gelenkfehlstellung
 - bei Weichteilkompromittierung oder offener Fraktur [32, 72]

8.8 Postoperative Behandlung

- Röntgen in 2 Ebenen (Dokumentation von Gelenkstellung, Materiallage)
- Lagerung in kniegelenkübergreifender Hartrahmenorthese
- Kryotherapie
- Muskelstimulation
- Mobilisation an UA-Gehstützen mit Teilbelastung der verletzten Seite
- Stadiengerechte Beübung des Kniegelenkes
- Koordinationsübungen
- Muskeltraining

8.9 Risiken und Frühkomplikationen

- Kompartmentsyndrom
- Nervenverletzung / Sensibilitätsstörung
- Nachblutung
- Gelenkinfekt
- Thrombose
- Embolie
- Arthrofibrose
- Verbleibende / zunehmende Instabilität
- Sekundärer Repositionsverlust
- Posttraumatische Gonarthrose
- Ergussbildung
- Kniescheibenschmerzen
- Knochen-/ Weichteildystrophie
- Fremdkörperreaktion
- Heterotope Ossifikationen
- Knochenentkalkung
- Behinderung beim Knien
- Gestörte Rehabilitation bei ungenügender Mitarbeit des/der Patient/in
- Gestörte Rehabilitation bei Übertherapie (Patient/in, Therapeut/in)
- CRPS
- Unfallbedingter Knorpelschaden
- Hautnekrosen
- Metallallergie
- Erneuter Sturz (lokale Koordinationsstörung)

9. WEITERBEHANDLUNG

9.1 Rehabilitation

- Physiotherapie
- Manuelle Lymphdrainage
- Abgestuftes Krafttraining
- Propriozeptives Training
- Koordinationsübungen
- CPM (passive Bewegungsschiene)

Empfehlung 24

Nach operativer, aber auch bei konservativer, Therapie einer Tibiakopffraktur folgt in der Regel eine Phase der Teilbelastung zur Protektion des Operationsergebnisses mit gleichzeitiger assistiv-geführter Bewegung (z.B. CPM, Physiotherapie).

Konsensstärke: 93%; Konsens

9.2 Kontrollen

Klinische und begleitend radiologische (bis zur Frakturkonsolidierung) Kontrollen zur Überprüfung des Heilverlaufes mit besonderem Hinblick auf die Beweglichkeit, Belastbarkeit und Stabilität des Kniegelenkes.

Bei gestörtem Verlauf: Abklärung durch bildgebende Verfahren (z.B. CT), Punktion (fakultativ oder bei V.a. Infekt), arthroskopisch-gestützte Frühmobilisation, evtl. Revisionsoperation mit begleitender Korrekturosteotomie

Empfehlung 25

Eine durch das Frakturausmaß und etwaige Begleitverletzungen bestimmte und durch den Operateur festgelegte Rehabilitationsphase sollte sich an die stationäre Behandlungsphase anschließen. Diese setzt eine hohe Compliance des Patienten und auch des behandelnden, interprofessionellen Teams voraus.

Konsensstärke: 100%; starker Konsens

9.3 Implantatentfernung

Eine Metallentfernung am Tibiakopf muss individuell entschieden werden. Sie ist nicht obligat (s.a. DGU-Leitlinie 012-004 Implantatentfernung).

- Drohende Perforation bei Implantatbruch, -lockerung
- Chronische Reizungen infolge des Implantats
- Störendes Auftragen des Implantats
- Implantat bezogene Schmerzen bei Bewegung oder beim Knien

9.4 Spätkomplikationen

- Verzögerte Frakturheilung
- Spätinfekt
- Pseudarthrose
- Chronische Synovitis
- Chronische Bursitis (selten, je nach Weichteilschaden und/oder OP-Zugang)
- Arthrose

- Arthrofibrose
- Mensikiale Einklemmung
- Persistierender Sensibilitätsausfall im Operationsgebiet
- CRPS
- Dislokation oder Bruch belassener Implantate

9.5 Mögliche Dauerfolgen

- Eingeschränkte Beweglichkeit / Funktionsbehinderung
- Änderung der physiologischen Kniegelenksbeweglichkeit („Schnappen“ oder „Springen“ über verbliebene Gelenkstufen, veränderte Roll-Gleit-Bewegung)
- Uni- oder bikompartimentelle Arthrose
- Pangenarthrose
- Kraftminderung
- Chronische (belastungsabhängige) Schmerzen
- Dauerschmerzen
- Persistierender Sensibilitätsausfall im Operationsgebiet
- Probleme beim Knien

10. KLINISCH-WISSENSCHAFTLICHE ERGEBNIS-SCORES

- IKDC-Score
- Lysholm-Score [73]
- Rasmussen-Score [74]
- Tegner Activity Index [75]
- SF36 [76]
- Cincinnati Knee Rating System (CKRS) [77]

11. PROGNOSE

Die Prognose ist abhängig von der Frakturform, der erreichten Reposition, den individuellen Patientenfaktoren, den Begleitverletzungen und -erkrankungen, der Therapie, der Weiterbehandlung und der Mitarbeit des Patienten.

In den Berichtsjahren 2010 bis 2019 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) wurden 22.010 meldepflichtige Arbeits- und Wegeunfälle aufgrund einer Schienbeinkopffraktur verzeichnet. Das sind 0,21% aller meldepflichtigen Arbeits- und Wegeunfälle in diesem Zeitraum (22.010 von 10.726.314). Neue Unfallrenten resultieren dabei in 5.015 Fällen und wurden durch Begutachtungen festgelegt. Dies sind 22,79% aller Schienbeinkopffrakturen (5.015 von 22.010). Der Anteil in Bezug auf alle neuen Unfallrenten zwischen 2010 und 2019 liegt bei 2,61% (5.015 von 192.226).

Eine Tibiakopffraktur, sei diese konservativ oder operativ therapiert, führt somit in fast einem Viertel der Fälle zu einer derartig schweren Veränderung der Integrität und Funktionsfähigkeit des Kniegelenkes, dass invalidisierende Unfallfolgen mit einem Anspruch auf eine Unfallrente resultieren.

12. PRÄVENTION VON FOLGESCHÄDEN

- Stufenlose Wiederherstellung der Gelenkflächen
- Übungsstabile Osteosynthese
- Qualifizierte, funktionelle Nachbehandlung
- Mitarbeit des/der Patienten/in
- Disziplinierte Einschränkung von Bewegungsausmaß und Belastung durch den/die Patienten/in während der Phase der Knochenbruchheilung
- Frühzeitige Erkennung und Therapie von drohenden oder manifesten Komplikationen
- Frühzeitige sekundäre Revision bei Repositionsverlust zur Vermeidung der Früharthrose
- Vermeidung kniebelastender Arbeiten und Sportarten nach unfallbedingtem Knorpelschaden
- Frühzeitige und konsequente Therapie von Begleitverletzungen
- Individuell ausgelegte physikalische und medikamentöse Thromboseprophylaxe

13. SCHLÜSSELWÖRTER (DEUTSCH, ENGLISCH)

Tibiakopffraktur, Kniegelenk, proximale Tibia, operative Therapie, nicht-operative Therapie, Röntgen, MRT, Kernspintomografie, CT, 3D CT, Frakturoskopie, Arthroskopie, Antibiotika, Thrombose, IKDC-Score, Tegner-Score, Lysholm-Score, Rasmussen-Score, CRPS, Arthrofibrose, Gefäßverletzung, Nervenverletzung, Kompartmentsyndrom

Tibial plateau fracture, proximal tibia, operative treatment, non-operative treatment, radiography, magnetic resonance imaging, CT, 3D CT, arthroscopy, fracturoscopy, antibiotics, thromboembolism, IKDC-score, Tegner scale, Lysholm score, Rasmussen score, CRPS, arthrofibrosis, instability, vascular injuries, nerval injury, compartment syndrome

14. ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abkürzung	Bedeutung
3D	dreidimensional
AGA	Gesellschaft für Arthroskopie und Gelenkchirurgie
AO	Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen
AUVA	Allgemeine Unfallversicherungsanstalt
AWMF	Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V.
BG	berufsgenossenschaftlich
bzw.	beziehungsweise
CKRS	Cincinnati Knee Rating System
CPM	continuous passive motion
CRPS	Chronisches Regionales Schmerz Syndrom
CT	Computertomographie
DGOOC	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie e.V.
DGOU	Deutsche Gesellschaft für Orthopädie und Unfallchirurgie e.V.
DGU	Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie e.V.
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e. V.
DKG	Fraktur-Komitee der Deutschen Kniegesellschaft e.V.
etc.	et cetera; und die übrigen Dinge
GdB	Grad der Behinderung
ggf.	gegebenenfalls
HKB	hinteres Kreuzband
IKDC	International Knee Documentation Committee
kg	Kilogramm
max.	maximal
MdE	Minderung der Erwerbsfähigkeit
mm	Millimeter
MRT	Magnetresonanztomographie
N.	Nervus
ÖGU	Österreichische Gesellschaft für Unfallchirurgie (ÖGU)
OP	Operation
OTA	Orthopaedic Trauma Association
pAVK	peripheren arteriellen Verschlusskrankheit
s.a.	siehe auch
SAV	Schwerstverletzungsartenverfahren
SF	Shortform
sog.	sogenannte
SUVA	Schweizerische Unfallversicherungsanstalt
UA	Unterarm
V.a.	Verdacht auf
v.a.	vor allem
VAV	Verletzungsartenverfahren
VKB	Vorderes Kreuzband

vs.	versus; im Gegensatz zu
z.B.	zum Beispiel

15. LITERATURVERZEICHNIS

1. Elsoe R, Larsen P, Nielsen NP, Swenne J, Rasmussen S, Ostgaard SE: Population-Based Epidemiology of Tibial Plateau Fractures. *Orthopedics* 2015, 38(9):e780-786.
2. Krause M, Preiss A, Muller G, Madert J, Fehske K, Neumann MV, Domnick C, Raschke M, Sudkamp N, Frosch KH: Intra-articular tibial plateau fracture characteristics according to the "Ten segment classification". *Injury* 2016, 47(11):2551-2557.
3. Krause M, Alm L, Berninger M, Domnick C, Fehske K, Frosch KH, Herbst E, Korthaus A, Raschke M, Hoffmann R et al: Bone metabolism is a key factor for clinical outcome of tibial plateau fractures. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2020, 46(6):1227-1237.
4. Henkelmann R, Frosch KH, Glaab R, Lill H, Schoepp C, Seybold D, Josten C, Hepp P, Committee TotAGASfA, Joint S: Infection following fractures of the proximal tibia - a systematic review of incidence and outcome. *BMC Musculoskelet Disord* 2017, 18(1):481.
5. Bobrich E, Haupt C, Grass R, Zwipp R: Tibiakopffraktur und Luxationsfraktur. *Trauma Berufskrankh* 2009, 11 [Suppl 2]:154–159.
6. Moore TM: Fracture--dislocation of the knee. *Clin Orthop Relat Res* 1981(156):128-140.
7. Lobenhoffer P, Krettek C, Tscherne H: Complex knee trauma. *Orthopade* 1997, 26(12):1037-1045.
8. Coleman JJ, Tavoozi S, Zarzaur BL, Brewer BL, Rozycki GS, Feliciano DV: Arterial Injuries Associated with Blunt Fractures in the Lower Extremity. *Am Surg* 2016, 82(9):820-824.
9. Mthethwa J, Chikate A: A review of the management of tibial plateau fractures. *Musculoskelet Surg* 2018, 102(2):119-127.
10. Gardner MJ, Yacoubian S, Geller D, Suk M, Mintz D, Potter H, Helfet DL, Lorich DG: 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.
11. Kolb JP, Regier M, Vettorazzi E, Stiel N, Petersen JP, Behzadi C, Rueger JM, Spiro AS: Prediction of Meniscal and Ligamentous Injuries in Lateral Tibial Plateau Fractures Based on Measurements of Lateral Plateau Widening on Multidetector Computed Tomography Scans. *Biomed Res Int* 2018, 2018:5353820.
12. Meinberg EG, Agel J, Roberts CS, Karam MD, Kellam JF: Fracture and Dislocation Classification Compendium-2018. *J Orthop Trauma* 2018, 32 Suppl 1:S1-S170.
13. Luo CF, Sun H, Zhang B, Zeng BF: Three-column fixation for complex tibial plateau fractures. *J Orthop Trauma* 2010, 24(11):683-692.
14. Gustilo RB, Anderson JT: Prevention of infection in the treatment of one thousand and twenty-five open fractures of long bones: retrospective and prospective analyses. *J Bone Joint Surg Am* 1976, 58(4):453-458.
15. Gustilo RB, Mendoza RM, Williams DN: Problems in the management of type III (severe) open fractures: a new classification of type III open fractures. *J Trauma* 1984, 24(8):742-746.
16. Tscherne H, Oestern HJ: [A new classification of soft-tissue damage in open and closed fractures (author's transl)]. *Unfallheilkunde* 1982, 85(3):111-115.

17. Thomann KD; Grosser V; Schröter F, Orthopädisch-unfallchirurgische Begutachtung – Handbuch der klinischen Begutachtung. Urban & Fischer Verlag/Elsevier GmbH 2019, 3. Auflage.
18. Howells NR, Brunton LR, Robinson J, Porteus AJ, Eldridge JD, Murray JR: Acute knee dislocation: an evidence based approach to the management of the multiligament injured knee. *Injury* 2011, 42(11):1198-1204.
19. Barnes CJ, Pietrobon R, Higgins LD: Does the pulse examination in patients with traumatic knee dislocation predict a surgical arterial injury? A meta-analysis. *J Trauma* 2002, 53(6):1109-1114.
20. Millar SC, Arnold JB, Thewlis D, Fraysse F, Solomon LB: A systematic literature review of tibial plateau fractures: What classifications are used and how reliable and useful are they? *Injury* 2018, 49(3):473-490.
21. Xu Y, Li Q, Su P, Shen T, Zhu Y: MDCT and MRI for the diagnosis of complex fractures of the tibial plateau: A case control study. *Exp Ther Med* 2014, 7(1):199-203.
22. Liu XD, Wang HB, Zhang TC, Wan Y, Zhang CZ: Comparison between computed tomography and magnetic resonance imaging in clinical diagnosis and treatment of tibial platform fractures. *World J Clin Cases* 2020, 8(18):4067-4074.
23. Yan B, Sun J, Yin W: The prevalence of soft tissue injuries in operative Schatzker type IV tibial plateau fractures. *Arch Orthop Trauma Surg* 2020.
24. Stahl D, Serrano-Riera R, Collin K, Griffing R, Defenbaugh B, Sagi HC: Operatively Treated Meniscal Tears Associated With Tibial Plateau Fractures: A Report on 661 Patients. *J Orthop Trauma* 2015, 29(7):322-324.
25. Lee AK, Cooper SA, Collinge C: Bicondylar Tibial Plateau Fractures: A Critical Analysis Review. *JBSJ Rev* 2018, 6(2):e4.
26. deSouza IS, Benabbas R, McKee S, Zangbar B, Jain A, Paladino L, Boudourakis L, Sinert R: Accuracy of Physical Examination, Ankle-Brachial Index, and Ultrasonography in the Diagnosis of Arterial Injury in Patients With Penetrating Extremity Trauma: A Systematic Review and Meta-analysis. *Acad Emerg Med* 2017, 24(8):994-1017.
27. Weinberg DS, Scarcella NR, Napora JK, Vallier HA: Can Vascular Injury be Appropriately Assessed With Physical Examination After Knee Dislocation? *Clin Orthop Relat Res* 2016, 474(6):1453-1458.
28. Acuna J, Situ-LaCasse E, Jamplis RP, Amini R, Adhikari S: Point-of-care Ultrasound Evaluation of Tibial Avulsion Fractures. *Cureus* 2018, 10(5):e2677.
29. King JJ, 3rd, Cerynik DL, Blair JA, Harding SP, Tom JA: Surgical outcomes after traumatic open knee dislocation. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009, 17(9):1027-1032.
30. Pape HC, Tornetta P, 3rd, Tarkin I, Tzioupis C, Sabeson V, Olson SA: Timing of fracture fixation in multitrauma patients: the role of early total care and damage control surgery. *J Am Acad Orthop Surg* 2009, 17(9):541-549.
31. Bertrand ML, Andres-Cano P, Pascual-Lopez FJ: Periarticular Fractures of the Knee in Polytrauma Patients. *Open Orthop J* 2015, 9:332-346.
32. Giordano V, do Amaral NP, Koch HA, RP EA, de Souza FS, Dos Santos Neto JF: Outcome evaluation of staged treatment for bicondylar tibial plateau fractures. *Injury* 2017, 48 Suppl 4:S34-S40.
33. Metcalfe D, Hickson CJ, McKee L, Griffin XL: External versus internal fixation for bicondylar tibial plateau fractures: systematic review and meta-analysis. *J Orthop Traumatol* 2015, 16(4):275-285.

34. Parkkinen M, Lindahl J, Makinen TJ, Koskinen SK, Mustonen A, Madanat R: Predictors of osteoarthritis following operative treatment of medial tibial plateau fractures. *Injury* 2018, 49(2):370-375.
35. Parkkinen M, Madanat R, Mustonen A, Koskinen SK, Paavola M, Lindahl J: Factors predicting the development of early osteoarthritis following lateral tibial plateau fractures: mid-term clinical and radiographic outcomes of 73 operatively treated patients. *Scand J Surg* 2014, 103(4):256-262.
36. Singleton N, Sahakian V, Muir D: Outcome After Tibial Plateau Fracture: How Important Is Restoration of Articular Congruity? *J Orthop Trauma* 2017, 31(3):158-163.
37. Wang Z, Lu Y, Wang Q, Song L, Ma T, Ren C, Li Z, Yang J, Zhang K, Zhang B: Comparison of the effectiveness and safety of intravenous and topical regimens of tranexamic acid in complex tibial plateau fracture: a retrospective study. *BMC Musculoskelet Disord* 2020, 21(1):739.
38. Egli S, Hartel MJ, Kohl S, Haupt U, Exadaktylos AK, Roder C: Unstable bicondylar tibial plateau fractures: a clinical investigation. *J Orthop Trauma* 2008, 22(10):673-679.
39. Krause M, Preiss A, Meenen NM, Madert J, Frosch KH: "Fracturoscopy" is Superior to Fluoroscopy in the Articular Reconstruction of Complex Tibial Plateau Fractures-An Arthroscopy Assisted Fracture Reduction Technique. *J Orthop Trauma* 2016, 30(8):437-444.
40. Feldman V, Biadsi A, Slavin O, Kish B, Tauber I, Nyska M, Brin YS: Pulmonary Embolism After Application of a Sterile Elastic Exsanguination Tourniquet. *Orthopedics* 2015, 38(12):e1160-1163.
41. Raschke MJ, Kittl C, Domnick C: Partial proximal tibia fractures. *EFORT Open Rev* 2017, 2(5):241-249.
42. Dubina AG, Paryavi E, Manson TT, Allmon C, O'Toole RV: Surgical site infection in tibial plateau fractures with ipsilateral compartment syndrome. *Injury* 2017, 48(2):495-500.
43. Zura RD, Adams SB, Jr., Jeray KJ, Obremskey WT, Stinnett SS, Olson SA: Timing of definitive fixation of severe tibial plateau fractures with compartment syndrome does not have an effect on the rate of infection. *J Trauma* 2010, 69(6):1523-1526.
44. Ruffolo MR, Gettys FK, Montijo HE, Seymour RB, Karunakar MA: Complications of high-energy bicondylar tibial plateau fractures treated with dual plating through 2 incisions. *J Orthop Trauma* 2015, 29(2):85-90.
45. Henkelmann R, Krause M, Alm L, Glaab R, Mende M, Ull C, Braun PJ, Katthagen C, Gensior TJ, Frosch KH et al: Effect of fracturoscopy on the incidence of surgical site infections post tibial plateau fracture surgery. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2020.
46. Li Z, Wang P, Li L, Li C, Lu H, Ou C: Comparison between open reduction with internal fixation to circular external fixation for tibial plateau fractures: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2020, 15(9):e0232911.
47. 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.
48. Dimitriou R, Mataliotakis GI, Angoules AG, Kanakaris NK, Giannoudis PV: Complications following autologous bone graft harvesting from the iliac crest and using the RIA: a systematic review. *Injury* 2011, 42 Suppl 2:S3-15.
49. Wang Y, Wang J, Tang J, Zhou F, Yang L, Wu J: Arthroscopy Assisted Reduction Percutaneous Internal Fixation versus Open Reduction Internal Fixation for Low Energy Tibia Plateau Fractures. *Sci Rep* 2018, 8(1):14068.

50. Verona M, Marongiu G, Cardoni G, Piras N, Frigau L, Capone A: Arthroscopically assisted reduction and internal fixation (ARIF) versus open reduction and internal fixation (ORIF) for lateral tibial plateau fractures: a comparative retrospective study. *J Orthop Surg Res* 2019, 14(1):155.
51. Weimann A, Heinkele T, Herbort M, Schliemann B, Petersen W, Raschke MJ: Minimally invasive reconstruction of lateral tibial plateau fractures using the jail technique: a biomechanical study. *BMC Musculoskelet Disord* 2013, 14:120.
52. Krause M, Muller G, Frosch KH: [Surgical approaches to tibial plateau fractures]. *Unfallchirurg* 2018.
53. Krause M, Kruger S, Muller G, Puschel K, Frosch KH: How can the articular surface of the tibial plateau be best exposed? A comparison of specific surgical approaches. *Arch Orthop Trauma Surg* 2019.
54. Kfuri M, Schatzker J: Revisiting the Schatzker classification of tibial plateau fractures. *Injury* 2018, 49(12):2252-2263.
55. Dehoust J, Munch M, Seide K, Barth T, Frosch KH: Biomechanical aspects of the posteromedial split in bicondylar tibial plateau fractures-a finite-element investigation. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2020, 46(6):1257-1266.
56. Krause M, Muller G, Frosch KH: [Extended medial and extended lateral approach for tibial plateau fractures]. *Oper Orthop Traumatol* 2019, 31(2):127-142.
57. Frosch KH, Korthaus A, Thiesen D, Frings J, Krause M: The concept of direct approach to lateral tibial plateau fractures and stepwise extension as needed. *Eur J Trauma Emerg Surg* 2020, 46(6):1211-1219.
58. Krause MPDDm, Frings JDm, Frosch KHPDm: The lateral femoral epicondyle osteotomy - an extended surgical approach for comminuted tibial plateau fractures. *Injury* 2020.
59. Krause M, Frings J, Isik H, Frosch KH: Comparison of extended lateral approaches to the tibial plateau: The articular exposure of lateral epicondyle osteotomy with and without popliteus tendon vs. fibula osteotomy. *Injury* 2020, 51(8):1874-1878.
60. Bowers AL, Huffman GR: Lateral femoral epicondylar osteotomy: an extensile posterolateral knee approach. *Clin Orthop Relat Res* 2008, 466(7):1671-1677.
61. Lobenhoffer P, Gerich T, Bertram T, Lattermann C, Pohlemann T, Tscheme H: [Particular posteromedial and posterolateral approaches for the treatment of tibial head fractures]. *Unfallchirurg* 1997, 100(12):957-967.
62. Boureau F, Benad K, Putman S, Dereudre G, Kern G, Chantelot C: Does primary total knee arthroplasty for acute knee joint fracture maintain autonomy in the elderly? A retrospective study of 21 cases. *Orthop Traumatol Surg Res* 2015, 101(8):947-951.
63. Parratte S, Bonnevalle P, Pietu G, Saragaglia D, Cherrier B, Lafosse JM: Primary total knee arthroplasty in the management of epiphyseal fracture around the knee. *Orthop Traumatol Surg Res* 2011, 97(6 Suppl):S87-94.
64. Tampere T, Ollivier M, Jacquet C, Fabre-Aubrespy M, Parratte S: Knee arthroplasty for acute fractures around the knee. *EFORT Open Rev* 2020, 5(10):713-723.
65. Elsoe R, Motahar I, Mahdi F, Larsen P: Presence of magnetic resonance imaging verified soft tissue injuries did not significantly affect the patient-reported outcome 12 months following a lateral tibial plateau fracture: A 12-month prospective cohort study of 56 patients. *Knee* 2020, 27(2):420-427.
66. Warner SJ, Garner MR, Schottel PC, Fabricant PD, Thacher RR, Loftus ML, Helfet DL, Lorich DG: The Effect of Soft Tissue Injuries on Clinical Outcomes After Tibial Plateau Fracture Fixation. *J Orthop Trauma* 2018, 32(3):141-147.

67. Heitmann M, Dratzidis A, Jagodzinski M, Wohlmuth P, Hurschler C, Puschel K, Giannakos A, Preiss A, Frosch KH: [Ligament bracing--augmented cruciate ligament sutures: biomechanical studies of a new treatment concept]. *Unfallchirurg* 2014, 117(7):650-657.].
68. Gracitelli GC, Tirico LE, McCauley JC, Pulido PA, Bugbee WD: Fresh Osteochondral Allograft Transplantation for Fractures of the Knee. *Cartilage* 2017, 8(2):155-161.
69. Kotsianos D, Rock C, Wirth S, Linsenmaier U, Brandl R, Fischer T, Euler E, Mutschler W, Pfeifer KJ, Reiser M: [Detection of tibial condylar fractures using 3D imaging with a mobile image amplifier (Siemens ISO-C-3D): Comparison with plain films and spiral CT]. *Rofo* 2002, 174(1):82-87.
70. von Recum J, Wendl K, Vock B, Grutzner PA, Franke J: [Intraoperative 3D C-arm imaging. State of the art]. *Unfallchirurg* 2012, 115(3):196-201.
71. Beisemann N, Keil H, Swartman B, Schnetzke M, Franke J, Grutzner PA, Vetter SY: Intraoperative 3D imaging leads to substantial revision rate in management of tibial plateau fractures in 559 cases. *J Orthop Surg Res* 2019, 14(1):236.
72. Xu YQ, Li Q, Shen TG, Su PH, Zhu YZ: An efficacy analysis of surgical timing and procedures for high-energy complex tibial plateau fractures. *Orthop Surg* 2013, 5(3):188-195.
73. Lysholm J, Gillquist J: Evaluation of knee ligament surgery results with special emphasis on use of a scoring scale. *Am J Sports Med* 1982, 10(3):150-154.
74. Rasmussen PS: Tibial condylar fractures. Impairment of knee joint stability as an indication for surgical treatment. *J Bone Joint Surg Am* 1973, 55(7):1331-1350.
75. Tegner Y, Lysholm J: Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1985(198):43-49.
76. Bullinger M: [Assessment of health related quality of life with the SF-36 Health Survey]. *Rehabilitation (Stuttg)* 1996, 35(3):XXVII-XXVII; quiz XXVII-XXIX.
77. Noyes FR, Barber SD, Mooar LA: A rationale for assessing sports activity levels and limitations in knee disorders. *Clin Orthop Relat Res* 1989(246):238-249.
78. Referat Statistik: Berichtsjahre 2010-2019, Meldepflichtige Arbeits- und Wegeunfälle, neue Arbeits- und Wegeunfallrenten, Schienbeinkopffrakturen. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV) 2020.