

# Übergangsfrakturen

■ Francisco F. Fernandez, Oliver Eberhardt

## Zusammenfassung

Treten Frakturen der distalen Tibia bei beginnendem Fugenschluss im Adoleszentenalter auf, spricht man von Übergangsfrakturen. Die Ossifikation beginnt von medial am Innenknöchel und setzt sich nach lateral fort, zuletzt verknöchert die anterolaterale Fugenregion. Aufgrund der asymmetrischen Mineralisation ist die biomechanische Stabilität der Fugenregion unterschiedlich. Dieses führt zu spezifischen Frakturgeometrien. Die einwirkenden Kräfte werden nicht durch die Fuge hindurchgeleitet, sondern durch den bereits ossifizierten Anteil zum Gelenk geführt. Der Verlauf des Mineralisationsvorgangs ist damit verantwortlich für das morphologische Erscheinungsbild der Fraktur und weniger der Unfallmechanismus. Unterschieden wird nach Anzahl der Frakturfragmente zwischen Twoplane- bzw. Triplane-I- und -II-Frakturen. Aufgrund des begonnenen Fugenschlusses ist mit relevanten Wachstumsstörungen nicht mehr zu rechnen. Übergangsfrakturen sind Gelenkfrakturen, daher sollte eine anatomische Gelenkrekonstruktion das Ziel sein, um posttraumatische Arthrosen zu verhindern.

## Transitional Fractures

Fractures of the distal tibia with beginning closure of the distal tibial physis in adolescents are called transitional fractures. Ossification is beginning from the medial part of the internal malleolus and proceeds laterally, last to ossify is the anterolateral physis. Because of the asymmetric mineralization biomechanical stability of the physis region is diverse, this leads to specific fracture geometries. Externally applied forces are not led through the physis, but are conducted to the joint through the already ossified part. The process of mineralization is therefore more responsible for the morphologic appearance of the fracture than the mechanism of injury. According to the number of fracture fragments it can be differentiated between two-plane- and tri-plane I- and -II-fractures. Due to the begun closing of the physis relevant growth disturbances are not to be expected. Transitional fractures are joint fractures, thus anatomical reconstruction of the joint should be the aim of therapy to avoid posttraumatic arthrosis.

Die Ossifikation an der distalen Tibia beginnt im ventrolateralen Bereich des Innenknöchels und schreitet nach dorso-lateral voran. Der anterolaterale Wachstumsfugenteil ist der am längsten mechanisch empfindliche Teil der Fuge. Während der Zeit des Wachstumsabschlusses verschiebt sich das Gleichgewicht zwischen Ossifikation und Proliferation zugunsten der Ossifikation. Die Ossifikation schreitet vom metaphysären Teil der Fuge ausgehend zunehmend auf die Epiphyse voran und führt damit zum Verschluss der Fuge mit Zunahme der mechanischen Festigkeit [1,3,4,7].

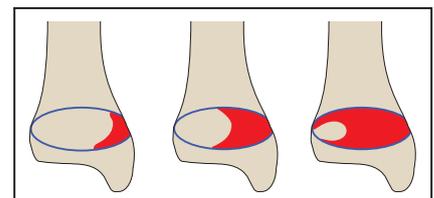
Die Frakturgeometrie ist weniger vom Unfallmechanismus, sondern vielmehr vom Reifezustand der Wachstumsfuge abhängig. Im Unterschied zu noch offenen Wachstumsfugen werden einwirkende Kräfte nicht durch die Fuge hindurchgeleitet, sondern durch den bereits verknöcherten Anteil zum Gelenk hin gelenkt. Dadurch entsteht eine epiphysäre Fraktur im Verlauf der Grenzzone des Mineralisationsvorgangs. Rapariz [5] fand in ca. 50% triplaner Frakturen fibuläre Begleitfrakturen sowie in 8,5% ipsilaterale Tibiaschaftfrakturen. Die Langzeitresultate der Übergangsfrakturen sind im Wesentlichen vom Repositionsergebnis und von der Entwicklung einer Früharthrose abhängig [1,3,5,6].

## Einleitung

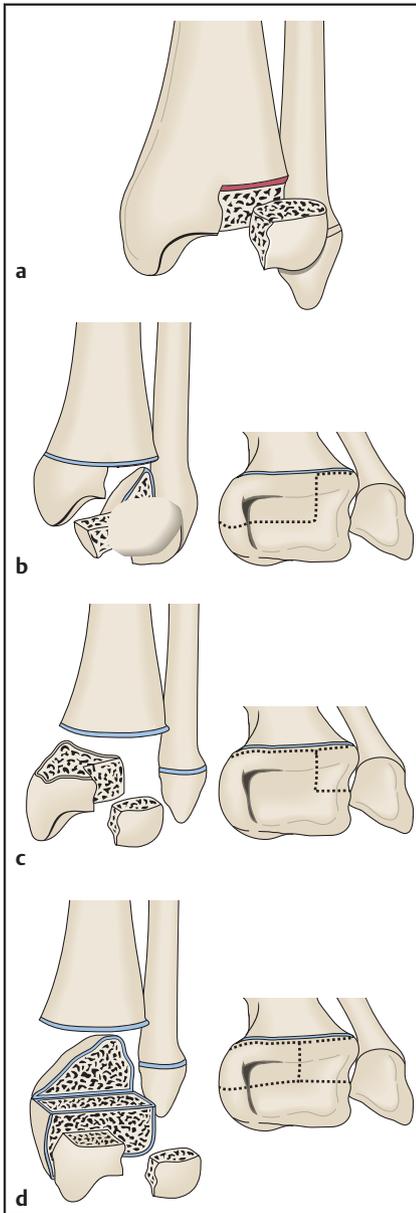
Knöcherner Verletzungen der distalen Tibia gehören zu den häufigsten Epiphysenverletzungen im Kindes- und Jugendalter. Es gilt zu unterscheiden, ob die Verletzung bei noch offenen Epiphysenfugen an der distalen Tibia bzw. bei bereits begonnenem Fugenschluss eintritt. Frakturen, die nach Beginn des Ver-

schlusses der Epiphysenfugen auftreten, werden Übergangsfrakturen genannt. Die Übergangsfrakturen treten bei Mädchen ab dem 10. und bei Jungen ab dem 12. Lebensjahr auf. Der Altersgipfel ist bei Mädchen und Jungen unterschiedlich und liegt zwischen dem 13. und 15. Lebensjahr [1,3,7].

Für das Entstehen der Übergangsfrakturen ist die asymmetrische Ossifikation der distalen Tibiawachstumsfuge verantwortlich (**Abb. 1**). Durch fortschreitende Mineralisation verändert sich die biomechanische Stabilität der Fugenregion.



**Abb. 1** Der Verschluss der Wachstumsfuge an der distalen Tibia verläuft asymmetrisch. Die Ossifikation beginnt von medial am Innenknöchel und setzt sich nach lateral fort, zuletzt verknöchert die anterolaterale Fugenregion.

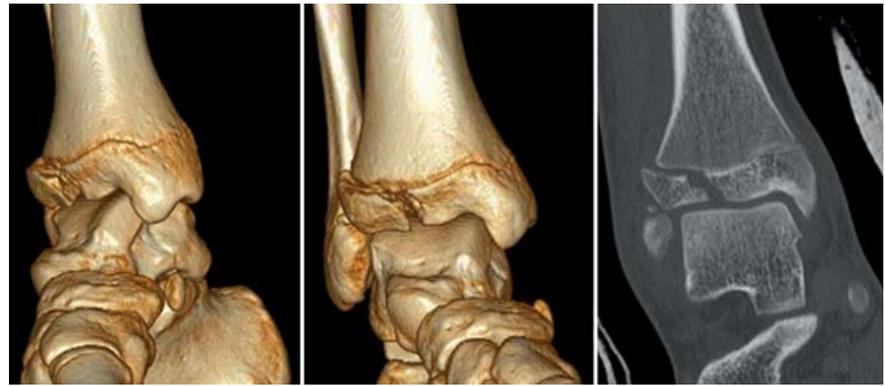


**Abb. 2a bis d** Klassifikation der Übergangsfrakturen. **a** Twoplane-Fraktur; **b** Triplane-two-Part-Fraktur; **c** Triplane-three-Part-Fraktur; **d** Triplane-four-Part-Fraktur.

Die asymmetrische Mineralisation der Wachstumsfuge beginnt von medial und setzt sich nach lateral fort, wobei der anterolaterale Fugenbereich zum Schluss verknöchert.

### Klassifikation

Übergangsfrakturen weisen eine stereotype Frakturgeometrie auf. Sie lassen sich in Twoplane- und Triplane-Frakturen unterteilen (**Abb. 2**).



**Abb. 3** Frakturverlauf einer Twoplane-Fraktur: Der Frakturverlauf verläuft schräg, innerhalb der Epiphyse, das Fragment bricht nach ventrolateral aus. CT-Untersuchung eines 13-jährigen Mädchens.

### Die Twoplane-Fraktur

Die Twoplane-Fraktur liegt rein epiphysär vor, sie besteht aus 2 Ebenen. Eine Frakturebene verläuft durch den nicht mineralisierten Teil der Wachstumsfuge und die 2. Ebene verläuft in die Epiphyse an der Grenze des verknöcherten Teils (**Abb. 3**).

Die Größe des Twoplane-Fragments ist davon abhängig, wie weit die Verknöcherung vorangeschritten ist. Hat die Verknöcherung nur im medialen Bereich der Wachstumsfuge, d. h. im Bereich des Innenknöchels, stattgefunden, so ist das epiphysäre Fragment sehr groß und kann bis zum Innenknöchel reichen. Ist die Verknöcherung bis auf den zuletzt zu mineralisierenden anterolateralen Teil der Wachstumsfuge vorangeschritten, so entsteht eine besondere Frakturform: der knöcherne Ausriss der vorderen Syndesmose, die juvenile Tilleaux-Fraktur. Die juvenile Tilleaux-Fraktur ist in seltenen Fällen mit einer ipsilateralen Tibiaschaftfraktur vergesellschaftet (**Abb. 4**), wird dann häufig nicht primär erkannt.

Twoplane-Frakturen treten im Vergleich zu Triplane-Frakturen bei älteren Kindern auf, häufig sind die Wachstumsfugen bereits weitgehend verschlossen [1,7].

### Triplane-Fraktur (**Abb. 2**)

Bei den Triplane-Frakturen kommt zu den 2 Ebenen der Twoplane-Frakturen durch einen metaphysären Keil noch eine 3. Frakturebene hinzu. Hierbei handelt es sich dann um Triplane-two-Part-Frakturen (**Abb. 5**).



**Abb. 4** 15-jähriger Junge mit mittels ESIN versorgter Tibiaschaftspiralfaktur mit primär nicht erkannter Twoplane-Fraktur der distalen Tibia.

Bei den Triplane-three-Part-Frakturen verläuft die Frakturlinie des metaphysären Keils durch die Epiphysenfuge über die Epiphyse in das Gelenk. Bei der Triplane-four-Part-Fraktur kommt es zu einer Dreifragmentbildung in der Epiphyse (**Abb. 6**).

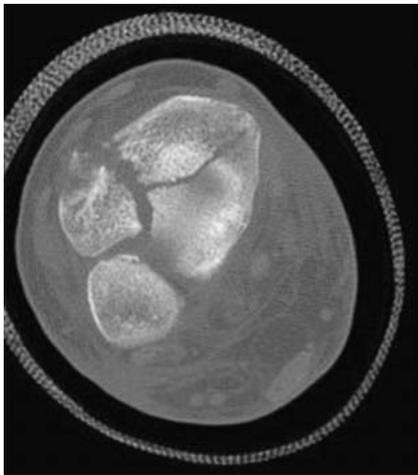
Übergangsfrakturen haben stereotype Frakturgeometrien.

### Wachstumsstörungen

Für eine relevante Wachstumsstörung bedarf es noch eines signifikanten Wachstums an der distalen Tibia. Dieses ist jedoch ab dem 13. Lebensjahr kaum noch bedeutend. Damit sind Wachstumsstörungen nicht zu erwarten [1,4,7]. Unfallbedingte oder iatrogene Schäd-



**Abb. 5a und b** 14-jähriges Mädchen mit Triplane-two-Part-Fraktur: Ventrolaterale epiphysäre Fraktur und dorsale metaphysäre Fraktur.



**Abb. 6** 15-jähriger Junge mit einer Triplane-four-Part-Fraktur: Ventrolaterale epiphysäre Fraktur und dorsale epi-metaphysäre Fraktur.

den an der Epiphysenfuge sind nicht zu erwarten. Das fehlende Wachstumspotenzial bedeutet jedoch auch, dass verbliebene Fehlstellungen sich nicht mehr spontan korrigieren können.

Es existieren keine evidenzbasierten Daten für Toleranzgrenzen von Stufen und Spalten im Gelenkbereich, bei Gelenkfrakturen gelten die Behandlungsprinzipien der Erwachsenentraumatologie. Es gibt jedoch Hinweise in Langzeitstudien, dass unvollständig reponierte Frakturen zu einer Steigerung der Arthroserate führen können [1, 3, 5]. Da es sich um Gelenkfrakturen handelt, ist es deshalb empfehlenswert, Stufen im Gelenk zu meiden, um eine Erhöhung der Arthroserate zu verhindern.

Nach Übergangsfrakturen sind keine relevanten Wachstumsstörungen zu erwarten.



**Abb. 7a bis e** Dislozierte Twoplane-Fraktur eines 13-jährigen Mädchens. In der koronaren und horizontalen CT-Schnittführung deutlich disloziertes epiphysäres Fragment. Freie Funktion und Beschwerdefreiheit 6 Monate nach perkutaner Schraubenfixation.

### Diagnostik

Standardmäßig sollten a.-p.- und seitliche Aufnahmen des oberen Sprunggelenks durchgeführt werden. Ist eine genauere Beurteilung nicht möglich, so empfiehlt es sich, 45°-Schrägaufnahmen durchzuführen. Besteht noch Unsicherheit über die genaue Frakturgeometrie, insbesondere über das Dislokationsmaß und damit über die Festlegung der Therapie, ist eine weitere Schnittbildgebung mit NMR oder CT sinnvoll.

### Behandlungsziel

Das Behandlungsziel der Übergangsfrakturen ist eine stufenlose distale tibiale Gelenkfläche. Ziel ist das Wiederherstellen

von kongruenten Gelenkflächen und nicht die Verhinderung von Wachstumsstörungen.

### Therapie

#### Konservative Behandlung

Für undislozierte Übergangsfrakturen (Gelenkstufe <2 mm, Distraction im Gelenkflächenbereich <2–4 mm) [1,7] kann die konservative Therapie im Unterschenkelgips für 4 Wochen und 2 Wochen im Unterschenkelgehgips behandelt werden. Die Werte zwischen 2 und 4 mm sind empirisch und ziehen sich in der Literatur durch. Der primäre Gips muss gespalten angelegt und erst mit Abnahme der Schwellung geschlos-



**Abb. 8a bis f** Dislozierte Triplane-two-Part-Fraktur eines 14-jährigen Jungen: Ventrolaterale epiphysäre Fraktur und dorsale metaphysäre Fraktur. Im konventionellen Röntgenbild und in der horizontalen CT-Schnittführung disloziertes epiphysäres Fragment mit Gelenkstufe. Die Reposition der epiphysären Fraktur gelingt häufig geschlossen. Stabilisierung mittels kanülierter Schraubenosteosynthese.



**Abb. 9a bis f** Dislozierte Triplane-four-Part-Fraktur eines 16-jährigen Jungen: Ventrolaterale epiphysäre Fraktur und dorsale epimetaphysäre Fraktur. Im konventionellen Röntgenbild und der koronaren und horizontalen CT-Schnittführung deutlich disloziertes epiphysäres Fragment. Freie Funktion und Beschwerdefreiheit 5 Monate nach perkutaner Schraubenfixation.

sen werden. Nach 10–14 Tagen empfiehlt sich eine gipsfreie radiologische Kontrolle der Fraktur. Mit der Anlage des Unterschenkelgipses muss über eine Thromboseprophylaxe nachgedacht werden.

#### Operative Behandlung

Dislozierte Übergangsfrauren (Gelenkstufe > 2 mm, Distraction im Gelenkflächenbereich > 2–4 mm) sollten operativ versorgt werden, hierzu hat sich eine Schraubenosteosynthese bewährt. Ziel sollte sein, Gelenkfrakturen wieder anatomisch zu rekonstruieren.

#### Twoplane-Frakturen (Abb. 7a–e)

Die Reposition des epiphysären Fragments (Tilleaux-Fragments) gelingt häufig geschlossen durch den Führungsdraht unter Bildwandlerkontrolle. Dieser wird anschließend überbohrt und mit einer kanülierten Zugschraube besetzt. Bei erheblich verdrehten Tilleaux-Fragmenten kann es sinnvoll sein, einen zusätzlichen Kirschner-Draht zur Unterstützung im Sinne einer „Joystick-Technik“ zum Einsatz zu bringen. In seltenen Fällen kann eine zufriedenstellende Reposition nicht erreicht werden, dann sollte eine offene Reposition durchgeführt werden. Sollte eine offene Reposition erforderlich sein, kann über den anterior-lateralen Zugang die Gelenkfläche eingesehen werden. Bei höhergradiger Dislokation kann manchmal eine offene Reposition durch Interposition von Weichteilen, z.B. Periost, notwendig werden. Von guten Resultaten wird bei Extraktion des Periosts berichtet. Inwieweit ein Belassen des interponierten Periosts tatsächlich zu einem Problem führt, ist jedoch noch nicht abschließend geklärt.

#### Triplane-Fraktur

Auch die komplexere Triplane-Fraktur lässt sich meist geschlossen reponieren. Hier werden verschiedene Techniken angegeben.

#### Technik 1

Im 1. Schritt wird das größere metaphysäre Fragment (dorsale Volkmann-Komponente) mittels einer über eine ventrale Stichinzision unter Bildwandlerkontrolle nach dorsal verlaufenden Schraubenosteosynthese stabilisiert (Abb. 8a–f).

Im Fall einer daraus resultierenden unzureichenden Reposition kann über eine kleine Inzision hinter dem Innenknöchel das hintere Volkmann-Dreieck mit einem Einzinker reponiert werden. Die zusätzliche Verschraubung des dorsalen epiphysären Fragments (Triplane-II-Frakture) ist meist nicht nötig. Anschließend wird das ventrolaterale epiphysäre Fragment entsprechend einer Twoplane-Frakture reponiert und verschraubt (**Abb. 9a–f**).

#### Technik 2

Technik 2 ist die von uns favorisierte Umsetzung, da Sie das primäre Ziel der stufenlosen Gelenkreposition unseres Erachtens am besten erfüllt. Im 1. Schritt wird das Gelenk rekonstruiert. Das ventrolaterale epiphysäre Fragment wird reponiert und verschraubt, dies gelingt

meist geschlossen. Der dadurch entstandene Knochenblock wird dann über eine ventrale Stichinzision unter Bildwandlerkontrolle mit einer nach dorsal verlaufenden Schraubenosteosynthese mit dem proximalen Tibiafragment stabilisiert.

#### Literatur

- <sup>1</sup> *Cummings RJ*. Distal tibial and fibular Fractures. In: *Beatty JH, Kasser JR*, eds. *Rockwood and Wilkins. Fractures in Children*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2006: 1077–1128
- <sup>2</sup> *Dias LS, Giegerich CR*. Fractures of the distal tibia epiphysis in adolescence. *J Bone Joint Surg Am* 1983; 65: 438–443
- <sup>3</sup> *Karrholm J*. The triplane fracture: four years of follow-up of 21 cases and review of the literature. *J Pediatr Orthop B* 1997; 6: 91–102
- <sup>4</sup> *von Laer L*. Classification, diagnosis, and treatment of transitional fractures of the distal part of the tibia. *J Bone Joint Surg Am* 1985; 67: 687–698

- <sup>5</sup> *Rapariz JM, Ocete G, González-Herranz P et al*. Distal tibial triplane fractures: long-term follow-up. *J Pediatr Orthop* 1996; 16: 113–118
- <sup>6</sup> *Spiegel PG, Mast JW, Cooperman DR et al*. Triplane fractures of the distal tibial epiphysis. *Clin Orthop* 1984; 188: 74–89
- <sup>7</sup> *Weinberg AM, Kutschera C, Kutscha-Lissberg F et al*. Unterschenkel. In: *Weinberg AM, Tscherne H*, Hrsg. *Unfallchirurgie im Kindesalter*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2006: 775–798

**PD Dr. Francisco F. Fernandez**  
 Ärztlicher Leiter der Kinder- und  
 Jugendtraumatologie  
**Dr. Oliver Eberhardt**  
 Oberarzt

Olgahospital/Klinikum Stuttgart  
 Kriegsbergstraße 62  
 70174 Stuttgart

f.fernandez@freenet.de