Unterschenkelschaftfrakturen

Operativ versus konservativ

Am wachsenden Skelett sind knöchernen Verletzungen am Unterschenkel vom Alter der Kinder und Jugendlichen abhängig. Die Häufigkeit der verschiedenen Verletzungen, der Unfallmechanismus, die Frakturgeometrie und die Lokalisation der Frakturen sind vom Alter des Kindes zum Zeitpunkt der Verletzung maßgeblich beeinflusst. Lange Zeit war die Versorgung der Schaftfrakturen eine Domäne der konservativen Therapie. Mit Zunahme der sehr guten Erfahrungen mit der elastischen stabilen intramedullären Nagelung (ESIN), insbesondere bei Unterarm- und Oberschenkel-schaftfrakturen, hat sich die Indikation auch auf den Unterschenkelschaft ausgedehnt. Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der konservativen vs. operativen Versorgung der Schaftfrakturen am Unterschenkel.

Ursachen, Häufigkeit und Unfallmechanismus

Die Inzidenz der Unterschenkel-/Tibiafrakturen beträgt 71 auf 100.000 Kinder und Jugendliche pro Jahr [6]. Die isolierte Tibiaschaftfraktur ist mit einem Verhältnis von 7:3 deutlich häufiger als die komplette Unterschenkelschaftfraktur. In ca. 80–90 % liegen die Frakturen im mittleren oder distalen Drittel (**Abb. 1**).

Der Altersgipfel liegt um das 8. bis 9. Lebensjahr. Während beim Kleinkind noch die isolierte Tibiaschaftfraktur überwiegt, kommt es mit zunehmendem Alter häufiger zu einer Unterschenkel-fraktur. Jungen sind doppelt so häufig betroffen wie Mädchen. Die Unfallursache ist bei Kleinkindern häufig nicht bekannt. Im Kleinkindesalter besteht eine geringere Widerstandsfähigkeit des

Knochens gegenüber Rotationskräften, banale Stürze führen zu sog. Toddler-Frakturen, isolierte Tibiafrakturen. Die Kinder fallen mit einem Schonhinken auf, ein Trauma ist meist nicht bekannt. Beim älteren Kindergartenkind und Schulkind treten dann Verletzungen beim Sport und bei Freizeitaktivitäten auf. Je älter die Kinder bzw. Jugendlichen sind, desto häufiger treten durch die Teilnahme am Straßenverkehr Verkehrsunfälle als Ursache auf.

Wachstumsverhalten

Im Unterschied zu Femur, Oberarm und Unterarm erfolgt das Längenwachstum der Tibia symmetrischer an beiden Wachstumsfugen. Das Längenwachstum der Tibia stammt zu ca. 60 % aus der proximalen und zu 40 % aus der distalen Tibiaepiphysenfuge. Allerdings besteht ein deutlicher Unterschied hinsichtlich des Endes des Längenwachstums, distal kommt es bedeutend früher zum Verschluss der Wachstumsfugen als proximal, was sich auch auf potenzielle Wachstumsstörungen auswirkt.

Die Entwicklung der Torsionswinkel am Unterschenkel scheint mit 11 bis 14 Jahren in Abhängigkeit vom Geschlecht weitgehend abgeschlossen zu sein. Bedeutende physiologische Außenrotationen treten ab diesem Alter nicht mehr auf.

Korrekturgrenzen

Um eine Therapieentscheidung treffen zu können, müssen unter anderem die Korrekturgrenzen am Unterschenkel bekannt sein. Korrekturgrenzen werden in der Literatur für sehr unterschiedliche

Alter angegeben, eine gemeinsame Aussage ist jedoch, dass sie sehr enge Grenzen aufweisen (**Tab. 1**). In allen Ebenen besteht eine sehr geringe spontane Korrekturfähigkeit [1, 2].

Therapieziel

Das Therapieziel muss eine achsengerechte Ausheilung mit voller Beweglichkeit im Knie und im Sprunggelenk sein. Dabei sollten möglichst folgende Kriterien berücksichtigt werden:

- eine primäre definitive Versorgung,
- möglichst keine Verfahrenswechsel,
- keine mehrfachen Repositionsmanöver,
- keine Übertherapie/Untertherapie,
- keine unnötigen röntgenologischen Mehrbelastungen,
- keine posttraumatischen Fehlstellungen.

Besonderheiten

Tibiaschaftfrakturen beim Kleinkind (Toddler-Frakturen) haben häufig kein offensichtliches Trauma, sie machen sich mit einem Schonhinken bemerkbar. Radiologisch ist häufig eine Fraktur nicht nachweisbar. In nicht seltenen Fällen wird erst sekundär durch eine periostale Reaktion der radiologische Nachweis geführt.

Isolierte Tibiaschaftfrakturen neigen in bis zu 40 % aufgrund der muskulären Zugrichtung und der intakten Fibula zu einer sekundären Varusfehlstellung. Rotations- und Rekurvationsfehlstellungen können sich zusätzlich sekundär mit entwickeln. Bei der Unterschenkelschaftfraktur kommt es aufgrund der fehlenden Fibulastabilität durch den anterolateralen

Abb. 1 ▲ Frakturhäufigkeit in Abhängigkeit von der Lokalisation

Muskelzug zu einer Valgusfehlstellung, jedoch können sich auch andere Fehlstellungen entwickeln.

Weichteilschaden

In ca. 95 % aller Schaftfrakturen handelt es sich um geschlossene Verletzungen.

In nur ca. 5–8 % treten offene Verletzungen auf. Die Häufigkeit eines Weichteilschadens steigt dabei proportional zum Alter.

Bei allen offenen Verletzungen ist – unabhängig vom Osteosyntheseverfahren – ein sorgfältiges Wunddébridement durchzuführen. Das Periost sollte, wenn möglich, geschont werden. Im Unterschied zum Erwachsenen können größere, saubere Knochenfragmente belassen werden. Eine intravenöse antibiotische Therapie sollte durchgeführt werden.

Klassifikationen

Das Verletzungsmuster der Schaftfrakturen ändert sich mit dem Alter. Dennoch handelt es sich in über 80 % um Schräg- oder Spiralfrakturen. Quer- und Grünholzfrakturen kommen dabei deutlich seltener vor. Während beim Kleinkind die undislozierte Torsions-/Spiralfraktur überwiegt, treten ab dem 6. Lebensjahr zunehmend isolierte Querfrakturen oder diese in Kombination auf. Im adoleszen-

Tab. 1 Altersabhängige Korrekturgrenzen der Achsenabweichung [9]

	<8 Jahre	>8 Jahre
Valgus	5°	5°
Varus	10°	5°
Antekurvatur	10°	5°
Rekurvation	5°	0°
Verkürzung	10 mm	5 mm
Rotation	5°	5°

ten Alter treten verstärkt Schräg- und Spiralfrakturen im distalen Drittel des Unterschenkelkells auf. In den überwiegenden Fällen handelt es sich um geschlossene Frakturen.

Unterschenkelchaftfrakturen bei Kindern und Jugendlichen können auch nach Arbeitsgemeinschaft OsteosynthesepCCF („pediatric comprehensive classification of long bone fractures“) eingeteilt werden [7].

Bei einer Unterschenkelchaftfraktur bezieht sich die Kodierung des kinderspezifischen Codes und des Schweregrades stets auf den schwerer verletzten Schaft von Tibia oder Fibula. Handelt es sich um eine isolierte Tibia- oder Fibula-schaftfraktur, wird nach der 2. Stelle ein „f“ (Fibula) oder „t“ (Tibia) eingefügt:

- 42-D Fraktur der Unterschenkeldiaphyse,
- 42-D/2 Grünholzfraktur der Unterschenkeldiaphyse,
- 42-D/4.1 Querfraktur (<30°), einfach,
- 42-D/4.2 Querfraktur (<30°), komplex (Mehrfragmentfraktur),
- 42-D/5.1 Schräg-/Spiralfraktur (>30°), einfach,
- 42-D/5.2 Schräg-/Spiralmehrfragmentfraktur (>30°), komplex (mit Biegskeil).

Isolierte Tibiafraktur

Bei den isolierten Tibiaschaftfrakturen handelt es sich in über 90 % um spiral- bzw. schrägförmig verlaufende Frakturen. Dabei gilt es zu unterscheiden zwischen:

- unverschobenen Tibiaschaftfrakturen innerhalb der altersabhängigen tolerablen Korrekturgrenzen (■ Tab. 1),
- Tibiaschaftfrakturen mit Fehlstellungen außerhalb der tolerablen Korrekturgrenzen.

Bei unverschobenen Tibiaschaftfrakturen innerhalb der erwähnten Korrekturgrenzen (■ Tab. 1) wird ein anmodellierter Oberschenkelgips angelegt (■ Abb. 2). Die Anmodellierung des Gipses in Valgusrichtung soll einen Abrutsch in eine sekundäre Varusfehlstellung verhindern. Der primäre Oberschenkelgips muss immer gespalten sein. Nach 7 bis 10 Tagen muss eine Kontrolle durchgeführt werden. Ist es zu einem sekundären Abrutsch gekommen, kann ein erneuter anmodellierter Oberschenkelgips in Analgosedierung angelegt werden. Alternativ kann eine Gipskeilung durchgeführt werden. Hierzu wird der Oberschenkelgips an der konkaven Seite der Fehlstellung quer auf einer Zirkumferenz von ca. 90 % durchtrennt und an den freien Rändern gespreizt. Treten nach der Keilung Schmerzen auf, sollte der Gips abgenommen werden. Die Gipskeilung ist bei der konservativen Versorgung ein Bestandteil des Behandlungskonzeptes wie auch der Gipswechsel.

Bei Kindern ab dem 10. Lebensjahr kann bei einem grenzwertigen sekundären Korrekturverlust mit den Eltern über einen Verfahrenswechsel gesprochen werden. Bis zur 3. Woche können sich die sekundären Fehlstellungen entwickeln.

Die Indikation zur operativen Behandlung von Tibiaschaftfrakturen besteht bei Fehlstellung außerhalb der engen Korrekturgrenzen immer unter Berücksichtigung der altersbezogenen Toleranzgrenzen. Der begleitende Weichteilschaden kann eine konservative Therapie verhindern – insbesondere bei offenem Weichteilschaden. Bei Hochrasanztraumata ist – besonders in der Pubertät – aufgrund einer relativen Muskelhypertrophie am Ende des Wachstumsalters mit einem Kompartmentsyndrom in bis zu ca. 10 % zu

rechnen [3]. Auch muss bei einer isolierten, jedoch verkürzten Tibiafraktur – je nach Alter – mit einem hohen Risiko einer sekundären Varusfehlstellung gerechnet werden.

Tibiaschaftfrakturen haben eine längere Heilungsdauer als Schräg- oder Spiralfrakturen mit einer höheren Rate zur Refraktur. Eine relative Indikation zur operativen Stabilisierung kann darin bestehen, eine zügigere Vollbelastung und Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten zu ermöglichen (■ Abb. 3).

Die ESIN stellt die weitverbreitetste Osteosynthese dar. Sie kann bei bis zu II° offenen Tibiafrakturen eingesetzt werden.

Für III° offene Tibiafrakturen stellt der Fixateur externe die geeignete Osteosynthese dar.

Unterschenkelfraktur

Bei der Unterschenkelfraktur kommt es durch die Kombination der Tibia- und der Fibulaschaftfraktur zu einer erhöhten Instabilität der Fraktur, sekundäre Valgusfehlstellungen sind die häufigsten sekundären Fehlstellungen.

Die Therapieentscheidung hängt von der initialen Einschätzung der Stabilität ab. Kriterien zur Abschätzung der Stabilität sind:

- Fraktur der beiden Knochen in gleicher Höhe,
- Dislokation der Tibia um Schaftbreite,
- primäre Verkürzung der Tibia,
- Mehrfachfragmentierung der Tibia,
- lange Schrägfrakturen der Tibia.

Ein weiteres bestimmendes Kriterium für die Entscheidungsfindung stellt der Weichteilschaden dar.

Konservative Therapie

Alle unverschobenen Frakturen können konservativ im Oberschenkelgips behandelt werden. Tibiaquerfrakturen, die aufeinander stehen, haben eine hohe Stabilität. Wird eine Fraktur als stabil angesehen, so wird unter Kontrolle – insbesondere der Rotation – ein Oberschenkelgips angelegt. Dabei gilt es auch hier, auf die Korrekturgrenzen zu achten (■ Tab. 1).

Trauma Berufskrankh 2016 · [Suppl 4]: 18:S398–S403 DOI 10.1007/s10039-016-0152-7
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

F. F. Fernandez

Unterschenkschaftfrakturen. Operativ versus konservativ

Zusammenfassung

Frakturgeometrie, Häufigkeit, Unfallmechanismus und Weichteilschaden bei isolierten Tibiaschaft- und Unterschenkschaftfrakturen am wachsenden Skelett sind im Wesentlichen altersabhängig. Lange Zeit war die Versorgung der Schaftfrakturen eine Domäne der konservativen Therapie. Mit der Entwicklung der ESIN (elastische stabile intramedulläre Nagelung) steht nun eine minimalinvasive Technik zur Verfügung, die in vielen Situationen als Alternative eingesetzt werden kann. Am Unterschenkel müssen enge, altersabhängige Korrekturgrenzen bei der Versorgung berücksichtigt werden. Isolierte Tibiaschaftfrakturen haben ein hohes Risiko zur sekundären Varusfehlstellung. Unterschenkschaftfrakturen neigen zur

Valgusfehlstellung. Alle nicht dislozierten Frakturen können konservativ im Oberschenkelgips behandelt werden. Instabile Frakturen sollten in Narkose reponiert werden. Besteht nach der Reposition ein Hinweis auf eine Instabilität mit einem erhöhten Risiko zur sekundären Dislokation, so ist ab dem 10. Lebensjahr eine ESIN-Versorgung im Sinne einer primären definitiven Versorgung anzustreben. Das Ausmaß der Weichteilverletzung hat einen wichtigen Einfluss auf die Therapieentscheidung.

Schlüsselwörter

Kinder · Elastische stabile intramedulläre Nagelung · Weichteilverletzung · Therapie · Minimalinvasive Technik

Lower leg shaft fractures. Operative versus conservative

Abstract

Fracture geometry, frequency, the accident mechanism and soft tissue damage in isolated tibial shaft fractures and fractures of the lower leg of the growing skeleton are essentially age-dependent. For a long time the treatment of shaft fractures was the domain of conservative therapy. With the development of elastic stable intramedullary nailing (ESIN) a minimally invasive technique is now available, which can be employed as an alternative in many situations. For the lower leg strict age-dependent correction limitations must be taken into consideration for treatment. Isolated tibial shaft fractures have a high risk of a secondary varus malposition. Fractures of the lower leg have a tendency towards a valgus malposition.

All fractures which are not dislocated can be conservatively treated with an above knee plaster cast. Unstable fractures should be repositioned with the patient under general anesthesia. If there is evidence of instability after repositioning with an increased risk of secondary dislocation, treatment with ESIN in the sense of a primary definitive treatment should be strived for in children over 9 years old. The extent of soft tissue damage has a decisive influence on the decision for treatment.

Keywords

Children · Elastic stable intramedullary nailing · Soft tissue injuries · Therapy · Minimally invasive surgical procedures

Divergierende Meinungen gibt es bei primär instabilen Frakturen.

Es gilt, die instabile Fraktur in eine stabile Faktur zu überführen. Bestehende Seit-zu-Seit-Verschiebungen der Tibia sollten um über 50 % Schaftbreite reponiert werden und in allen Ebenen innerhalb der Fehlstellungstoleranzwerte bleiben (■ Abb. 4).

Gelingt es, diese Kriterien zu erfüllen, kann eine solche Fraktur dann im anmodellierten Oberschenkelgips versorgt werden.

Alternativ besteht die Meinung, dass eine instabile Fraktur in Narkose reponiert werden sollte, dabei sollte eine primäre definitive Versorgung angestrebt werden.

Indikationen zur operativen Versorgung sind:

- alle offenen Unterschenkelfrakturen,
- alle geschlossenen instabilen Frakturen,
- alle nicht reponierbaren und retinierbaren Frakturen unter Berücksichtigung des altersbezogenen Potenzials,

Abb. 2 ▲ a Tibiaschaftspiralfaktur bei 7-jährigen Mädchen mit geringer Varusfehlstellung innerhalb der Toleranzgrenzen, b Versorgung im Oberschenkelgips

Abb. 3 ◀ a 10-jähriger Junge nach Sturz beim Motocrossfahren. Tibiaschaftsquerfraktur mit II° geschlossenem Weichteilschaden. b Eltern- und Patientenwunsch zur operativen Stabilisierung (elastische stabile intramedulläre Nageleiste (ESIN), um zügig wieder am Sport teilnehmen zu können

- Kettenverletzungen des Beines („floating knee“),
- begleitende neurovaskuläre Verletzungen,
- Polytraumata.

Operative Alternativen

Zur operativen Versorgung von Unterschenkel- und Tibiafrakturen kommen ESIN, Fixateur externe und Plattenosteosynthesen zum Einsatz.

Die mit Abstand am meisten angewandte Osteosynthese ist die ESIN. Sie hat ein breites Spektrum und kann minimalinvasiv eingebracht werden. In Abhängigkeit von der Frakturgeometrie ist sie übungsstabil bzw. belastungsstabil. Indikationen für die ESIN sind [5, 8]:

- instabile Frakturen, die nicht zu reponieren und/oder zu retinieren sind, sowie ausgeprägte primäre oder sekundäre Achsdeviationen als Alternative zur Gipskeilung oder zum Gipswechsel,

- lange Spiral-, Schräg- oder Querfrakturen,
- erst- und zweitgradig offene Frakturen,
- Frakturen mit Kompartmentsyndrom des Unterschenkels.

Probleme mit der ESIN treten im Wesentlichen durch eine nicht adäquate Indikationsstellung auf. Problematische Indikationen wären Frakturen in der metadiaphysären Zone oder Mehrfragment-

Abb. 4 ▲ a 4-jähriges Mädchen mit geschlossener Unterschenkelfraktur nach Sturz von der Schaukel. b Reposition in Narkose und Anlage eines gespaltenen Oberschenkelgipses. c Nach 7 Tagen unveränderte Stellung im Rahmen der Toleranzwerte. Fortführung der konservativen Therapie. d Ein Jahr nach Trauma freie Funktion mit vollständiger Remodellierung und einer Beinlängendifferenz von 0,5 mm (links > rechts)

Abb. 5 ▲ a 10-jähriges Mädchen mit III° offener Unterschenkelfraktur mit erheblichem Weichteil- und knöchernem Defekt. b Nach primärer Versorgung mit unilateralem Fixateur externe und Vakuumversiegelung wurde eine Ausbehandlung im Ilizarov-Ringfixateur durchgeführt

frakturen der Tibia sowie Frakturen mit einem Substanzdefekt.

Eine weitere Grenzindikation können schwergewichtige Jugendliche sein.

Die Indikation für den Fixateur externe sind zweit- und drittgradig offene Unterschenkelchaftfrakturen, Trümmerfrakturen oder Frakturen mit einem Substanzdefekt ([4]; ▣ Abb. 5).

Die Plattenosteosynthese kommt beim Kind deutlich seltener zum Einsatz,

erlebt jedoch mit der eingeschobenen Platte eine leichte Renaissance.

Operative Stabilisierungen von Unterschenkelfrakturen ohne wesentlichen Gewinn an Stabilität sollten auch beim Kind unterlassen werden (▣ Abb. 6).

Nachuntersuchung

In halbjährlichen Abständen bis 2 Jahren nach dem Trauma sollte zum Erkennen von Wachstumsstörungen ist eine re-

gelmäßige Nachsorge durchgeführt werden. Eine Beinlängendifferenz manifestiert sich in den ersten 24 Monaten nach dem Trauma. Ist eine Beinlängendifferenz eingetreten, werden die Nachuntersuchungen jährlich bis zum Wachstumsabschluss fortgesetzt. Sollte sich eine therapiebedürftige Beinlängendifferenz einstellen, so kann durch die Nachsorge rechtzeitig die Indikation zu einer Epiphyseodese gestellt werden.

Abb. 6 ◀ 6-jähriger Junge mit gering dislozierter Tibiaspiralfaktur. Perkutane Cerclagenosteosynthese und Oberschenkelgipsversorgung

Fazit für die Praxis

- Unverschobene Tibiaschaftfrakturen innerhalb der tolerablen Korrekturgrenzen bis um das 10. Lebensjahr stellen eher eine Indikation für eine konservative Versorgung dar, alternativ kann eine ESIN durchgeführt werden.
- Tibiaschaftfrakturen mit Fehlstellungen außerhalb der tolerablen Korrekturgrenzen bis zum 10. Lebensjahr können sowohl konservativ als auch operativ behandelt werden, alternativ ESIN. Ab dem 10. Lebensjahr ist der operativen Stabilisierung der Vorzug zu geben.
- Unverschobene/stabile Unterschenkelfrakturen innerhalb der tolerablen Korrekturgrenzen bis um das 10. Lebensjahr stellen eher eine Indikation für eine konservative Versorgung dar, alternativ ESIN. Bei einem Alter über dem 10. Lebensjahr sollte der ESIN der Vorzug gegeben werden.
- Bei Unterschenkelfrakturen mit Fehlstellungen außerhalb der tolerablen Korrekturgrenzen und Instabilität sollte der operativen Stabilisierung mit ESIN der Vorzug gegeben werden.

Korrespondenzadresse

Priv.-Doz. Dr. F. F. Fernandez

Orthopädisch-traumatologische Klinik,
Olgahospital
Kriegsbergstr. 62, 70174 Stuttgart, Deutschland
f.fernandez@klinikum-stuttgart.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. F.F. Fernandez gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.
The supplement containing this article is not sponsored by industry.

Dieser Beitrag beinhaltet keine vom Autor durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

1. Strack A, Rapp M, Illing P (2015) AWMF-Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. Tibia- und Unterschenkelfraktur im Kindesalter AWMF-Register Nr.0006/131. http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/006-131_S1_Tibiafraktur_Unterschenkelchaftfraktur_Kindesalter_2015-02.pdf.
2. Dwyer AJ, John B, Krishen M, Hora R (2007) Remodeling of tibial fractures in children younger than 12 years. *Orthopedics* 30:393–396
3. Flynn JM, Bashyal RK, Yeger-McKeever M, Garner MR, Launay F, Sponseller PD (2011) Acute traumatic compartment syndrome of the leg in children: Diagnosis and outcome. *J Bone Joint Surg Am* 93:937–941
4. Glass G, Pearse M, Nanchahal J (2009) The orthopedic management of Gustilo grade IIIB fractures of the tibia in children: A systematic review of the literature. *injury. Int J Care Inj* 40:876–879
5. Gordon JE, Gregush RV, Schoenecker PL, Dobbs MB, Luhmann SJ (2007) Complications after titanium elastic nailing of pediatric tibial fractures. *J Pediatr Orthop* 27:570–576

6. Mäyränpää MK, Mäkitie O, Kallio PE (2010) Decreasing incidence and changing pattern of childhood fractures: A population-based study. *J Bone Miner Res* 25:2752–2759
7. Slong T, Audigé L, AO Pediatric Classification Group (2007) Fracture and dislocation classification compendium for children. The AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). *J Orthop Trauma* 21:135–S160
8. Swindells MG, Rajan RA (2010) Elastic intramedullary nailing in unstable fractures of the paediatric tibial diaphysis: A systematic review. *J Child Orthop* 4:45–51
9. Heinrich SD, Mooney JF (2006) Fractures of the Tibia and Fibula. In: Rockwood and Wilkin's. *Beaty JH, Kasser JR (Hrsg) Fractures in children*, 6. Aufl. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, S 1033–1067