

Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie

# Femurschaftfraktur im Kindes- und Jugendalter

Markus Dietzel

## Definition und Basisinformation

### Inzidenz

Die Inzidenz für Femurschaftfrakturen liegt bei 11–23/100.000 Kinder (<16.–18. Lebensjahr)/Jahr [1–3]. Die Femurschaftfraktur macht ca. 1 % aller Frakturen im Kindesalter aus [4, 5] und ca. 4 % aller Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter [6].

### Altersverteilung

Je nach zugrundeliegender Population (epidemiologische Daten, Krankenhausdaten) schwankt die Frakturhäufigkeit leicht in den Altersklassen, z.B.

– <1 Jahr: 6 %, 1–3 Jahre: 35 %, 4–6 Jahre: 20 %, 7–9 Jahre: 17 %, 10–12 Jahre: 12 %, 13–14 Jahre: 9 % [2].

– Altersverteilung zweigipflig bei Jungen (2–3 Jahre, 14–15 Jahre), homogen bei Mädchen [7].

Insgesamt treten ca. zwei Drittel aller Femurschaftfrakturen bei Jungen und ca. ein Drittel bei Mädchen auf [7, 8, 4]. Neben Alter und Geschlecht sind bei akzidenteller Ursache der Fraktur weitere soziodemografische Parameter zu vernachlässigen [8, 9].

### Ätiologie und Pathogenese

Bei Kindern unter 4 Jahren sind Stürze aus geringer (<1 m) und mittlerer Höhe (1–3 m) die häufigste Frakturursache, im Alter von 4 bis 12 Jahren sind dann zunehmend Sport- und Freizeitunfälle ursächlich, wohingegen bei 13 bis 18 Jahre alten Adoleszenten Sport- und Verkehrsunfälle als Frakturursache in den Vordergrund treten [2, 9]. Diese Hochrasanztraumata erklären die altersabhängige Zunahme schwerer Begleitverletzungen [9].

In jedem Alter können Femurschaftfrakturen auch als pathologische Fraktur auftreten (z.B. bei Osteogenesis imperfecta, Cerebralparese, bei neuromuskulären Erkrankungen, Knochenzysten, malignen Tumoren), sodass diese Ursache stets bedacht und die Behandlung an die Grunderkrankung angepasst werden sollte [10–12].

Misshandlung: Bei Kindern unter 1 Jahr liegt in 15–30 % der Fälle eine nichtakzidentelle Ursache der Fraktur vor, bei Kindern unter 3 Jahren noch in 5 % [2, 13, 14]. Dabei lässt der Frakturtyp (quer, schräg oder spiral) nicht auf die Ursache (akzidentell/nicht-akzidentell) schließen [15].

### Leitsymptome

– Schwellung, Deformierung und Schmerzhaftigkeit des betroffenen Oberschenkels.

– Im Säuglings- oder Kleinkindesalter zeigt sich häufig selbst bei dislozierten Frakturen nur eine Schonhaltung des betroffenen Beines.

## Diagnostik und Einteilung (Klassifikation)

### Diagnostik

**Röntgen** in 2 Ebenen mit Hüft- und Kniegelenk unter ausreichender Analgesie.

Bei klarer Operationsindikation kann präoperativ auf die 2. Ebene verzichtet und diese intraoperativ nachgeholt werden [16].

## **Klassifikation der Femurschaftfraktur im Kindes- und Jugendalter**

Klassifikation nach AO-PCCF (Pediatric comprehensive classification of long bone fractures) [17]:

32-D = Fraktur der Femurdiaphyse:

- 32-D/2 Grünholzfraktur der Femurdiaphyse
- 32-D/4.1 Querfraktur (<30°), einfach
- 32-D/4.2 Querfraktur (<30°), komplex (Mehrfragmentfraktur)
- 32-D/5.1 Schräg-/ Spiralfaktur (>30°), einfach
- 32-D/5.2 Schräg-/ Spiralfaktur (>30°), komplex  
(Mehrfragmentfraktur, z.B. mit Bieigungs- oder Drehkeil)

## **Therapie und Verlauf**

### **Beckenbeingips oder Overhead-Extension bis zum 3. Lebensjahr bzw. bis ca. 10–15 kg**

#### Anwendung:

Beckenbeingips/-cast: Für die Gipsanlage und die ggf. angestrebte Reposition ist eine Analgesie, ggf. auch Analgosedierung bzw. Narkose erforderlich [18].

Overhead-Extension für 2–3 Wochen stationär. Die Installation sollte unter Analgesie erfolgen; über die folgenden Tage kann diese bedarfsadaptiert reduziert bzw. ausgeschlichen werden. Als Zuggewicht dient zu Beginn 1/7–1/6 des Körpergewichts, mit einer Anpassung im Verlauf (s.u.).

#### Ergänzung:

– Ob in dieser Altersklasse ein Beckenbeingips/-cast oder die Overhead-Extension angewendet wird, ist von der lokalen Kompetenz und Infrastruktur abhängig (technisch anspruchsvolle und aufwändige Gipstechnik). Beide Verfahren basieren auf dem wachstumsbedingten Korrekturpotential des Femurs. Eine Kombination beider Verfahren wird in der Literatur erwähnt (1–2 Wochen Overhead-Extension, Ausbehandlung im Gips) [19]. Studien zeigen ein geringes Komplikationspotential beider Verfahren und eine gute Patienten-/Elternzufriedenheit bei der Overheadextension [20]; zur Ökonomie liegen Daten zugunsten des Beckenbeingipses im Vergleich zur operativen Therapie vor [21, 22]. Neben dem personellen und materiellen Aufwand sowie Bedarf an Sedierung/Narkose ist die stationäre Liegedauer entscheidend für die Kosten. Dafür finden sich in der internationalen Literatur örtliche Unterschiede [21].

– Bei älteren Kindern sind sowohl die Overhead-Extension als auch der Beckenbeingips/-cast nicht mehr die Therapie der Wahl [23].

– Zunehmend wird die elastisch-stabile intramedulläre Nagelung auch bei Kindern unterhalb des 3. Lebensjahres angewandt (s.u.). Aufgrund der fugennahen Implantateintritte am distalen Femur besteht die Gefahr der Stimulation oder Schädigung der Wachstumszone. Zudem kann der in den ersten Lebensjahren weitere Markraum eine bewegungsstabile Verspannung erschweren [24]. Bisher gibt es keine ausreichenden Daten zur Komplikationsrate im direkten Vergleich mit konservativen Verfahren.

#### Procedere/Mobilisierung:

Konsolidierung in 2–3 Wochen, anschließend selbstständige Mobilisierung.

#### Radiologische Kontrollen:

Tag 0 – optional Tag 4 (Stellungskontrolle, ggf. Therapiewechsel, Erhöhung des Extensionsgewichts, Abduktion bei Varusstellung) – altersabhängig nach 14 bis 21 Tagen (Konsolidierung; abhängen).

#### Komplikationen:

Overhead-Extension: Regelmäßige Kontrolle der Haut auf Blasenbildungen (nur unter elastischen Verbänden möglich, nicht unter dem Klebepflaster); Kontrolle der Durchblutung, Motorik und Sensibilität sind u.a. zum Ausschluss einer Parese des Nervus peroneus erforderlich.

Beckenbeingips/-cast: Auch bei sorgfältiger Pflege besteht die Möglichkeit der zunehmenden Dislokation sowie behandlungsbedürftiger Hautschädigungen [25]. Beidem kann durch korrekte Gipstechnik weitgehend vorgebeugt werden (z.B. genügende, aber nicht übermäßige Watterpolsterung, ausreichende Aussparung für die Windelpflege).

*Für die Behandlung bis zum 3. Lebensjahr sollen Beckenbeingips und Overhead-Extension weiterhin in Betracht gezogen werden. Bisher vorliegende Daten sprechen bei Einsatz der ESIN nicht für ein erhöhtes Komplikationspotential vor allem hinsichtlich möglicher Wachstumsstörungen. Der begrenzte funktionelle Vorteil des operativ versorgten Kleinkindes soll bedacht werden. Sozioökonomische Vorteile der Operation (niedrigere Kosten, kürzere Krankenhausverweildauer) sind zu evaluieren.*

### **Elastisch-stabile intramedulläre Nagelung (ESIN) ab dem 3. Lebensjahr bzw. ab ca. 10–15 kg**

#### Anwendung:

- Reposition im OP unter manuellem Zug oder bei größeren Kindern unter Zuhilfenahme eines Extensionstisches [26]. Bei Verwendung des Extensionstisches kann die Durchleuchtung erschwert sein.
- ESIN retrograd bei Frakturen im mittleren und proximalen Schaftdrittel, antegrad bei Frakturen im distalen Schaftdrittel [27].
- Bei der ESIN-Osteosynthese ist unbedingt auf eine adäquate Technik der Implantation zu achten (=2-ESIN-Osteosynthese), insbesondere der korrekte Nageldurchmesser in Relation zum Markraumdurchmesser [28], die symmetrische Platzierung und Vorbiegung der Nägel inkl. divergierender Ausrichtung der Nagelspitzen [29, 30] das Vermeiden des Kreuzens der Nägel auf Höhe des Frakturspaltes oder des Korkenzieher-Phänomens [31] sowie der Kortikalisperforation durch eine Nagelspitze [32]. Auch die unterschiedlichen Materialeigenschaften von Stahl- und Titannägeln sind im Hinblick auf die Stabilität zu beachten [33].
- Bei Instabilität der Fraktur (Spiral-/Schräg- oder Mehrfragmentfraktur) trotz einer 2-ESIN-Osteosynthese existieren aktuell zwei klinisch und biomechanisch evaluierte Modifikationen: zum einen können Verriegelungsschraubkappen aufgebracht werden, die die axiale Rigidität um den Faktor 6 erhöhen [34-36], zum anderen kann ein dritter Nagel eingebracht werden, der nachweislich die Rigidität erhöht [37]. Allerdings sind beide Modifikationen zur Stabilitätserhöhung nur sinnvoll, wenn diese auf einer optimalen 2-ESIN-Osteosynthese aufbauen [35, 37]. Vereinzelt bieten Firmen andere Verriegelungssysteme an.

#### Ergänzung:

- Zunehmend wird die elastisch-stabile intramedulläre Nagelung auch bei Kindern unterhalb des 3. Lebensjahres angewandt. Aufgrund der fugennahen Implantateintritte am distalen Femur besteht die Gefahr der Stimulation oder Schädigung der Wachstumszone. Zudem kann der in den ersten Lebensjahren weitere Markraum eine bewegungsstabile Verspannung erschweren [24]. Bisher gibt es keine ausreichenden Daten zur Komplikationsrate im direkten Vergleich mit konservativen Verfahren.

#### Procedere/Mobilisierung:

Als bewegungsstabile Osteosynthese sind isometrische Übungen ab dem 1. postoperativen Tag und die kontinuierliche passive Bewegung (CPM) möglich. Die Mobilisierung an Unterarmgehstützen sollte ab dem 2. bis 5. postoperativen Tag erfolgen. Bei Querfrakturen ist die Belastung frei/selbstbestimmt, bei Schrägfrakturen kann die Belastung über 4 Wochen aufgebaut werden. Kinder im Vorschulalter lassen sich allerdings häufig zunächst nur im Kinderrollstuhl mobilisieren.

#### Radiologische Kontrollen:

Tag 0 – adäquate intraoperative Durchleuchtungsbilder (oder 1. postoperativer Tag: lange Achse!) – Tag 28 – altersabhängig nach 3 bis 6 Monaten (und nur bei dann noch unvollständiger Durchbauung nochmals vor der geplanten Metallentfernung)

#### Komplikationen:

Bekannte Probleme im Verlauf sind die Irritation der Weichteile infolge zu langer Nagelenden mit Hämatom- oder Serombildung, Schmerzen, Infektionen, eine Beugehemmung im Kniegelenk bis zur Metallentfernung sowie persistierende Achsfehlstellungen wie z.B. die Valgusfehlstellung bei Perforation des medialen Nagels am Schenkelhals [38, 31, 39]. Bei Kindern und Jugendlichen mit einem Körpergewicht von mehr als 50 kg kann die Komplikationsrate der ESIN-Osteosynthese erhöht sein [40-42], weshalb hier die Anwendung eines lateralen Femurnagels erwogen werden soll (s.u.).

#### Metallentfernung:

Bei radiologisch vollständig remodellierter Knochenstruktur ab dem 4. bis 6. postoperativen Monat.

*Jenseits des 3. Lebensjahres soll eine Femurschaftfraktur operativ stabilisiert werden. Die ESIN ist die Methode der ersten Wahl. Auf die technisch einwandfreie Realisierung ist zu achten, damit die Komplikationsrate gering ist. Für komplexe Frakturen sollen Alternativen in Erwägung gezogen werden.*

#### **Lateraler Femurnagel (z.B. Adolescent lateral-entry femoral nail [ALFN]) ab ca. 50 kg Körpergewicht**

##### Anwendung:

Bei Kindern und Jugendlichen mit einem Körpergewicht von mehr als 50 kg kann die Komplikationsrate der ESIN-Osteosynthese erhöht sein [40-42]. Deshalb kann neben den oben genannten Modifikationen ein solider, von lateral eingebrachter Femurnagel (z.B. der Adolescent lateral-entry femoral nail) eingesetzt werden [43]. Um das Risiko einer avaskulären Femurkopfnekrose zu minimieren, ist der optimale Eintrittspunkt am lateralen Trochanter major zu beachten [44, 45]. Die für die Behandlung Erwachsener entwickelten rigiden intramedulläre Nagelsysteme sind bei noch offenen Fugen aufgrund nachgewiesener Beinlängendifferenzen durch Schädigung der Wachstumszone am Trochanter major und avaskulärer Nekrosen des Femurkopfes nicht zu empfehlen [44, 45].

##### Procedere/Mobilisierung:

Ab dem 1. postoperativen Tag sind isometrische Übungen sowie die Mobilisierung an Unterarmgehstützen möglich. Dabei ist ein rascher schmerzadaptierter Belastungsaufbau möglich.

##### Radiologische Kontrollen:

Tag 0 – adäquate intraoperative Durchleuchtungsbilder (oder 1. postoperativer Tag) – Tag 28 – altersabhängig nach 3 bis 6 Monaten (und nur bei dann noch unvollständiger Durchbauung nochmals vor der geplanten Metallentfernung)

##### Komplikationen:

Das Risiko der avaskulären Nekrose des Femurkopfes ist aufgrund der niedrigen Inzidenz dieser schwerwiegenden Komplikation noch nicht hinreichend geklärt [44]. Weitere mögliche Probleme sind die Valgusstellung distaler Frakturtypen, zudem werden (bei bisher insgesamt geringen Fallzahlen) vereinzelt Pseudarthrosen erwähnt [45, 46].

##### Metallentfernung:

Bei radiologisch vollständig remodellierter Knochenstruktur nach ca. 6 Monaten.

*Bei Patienten mit einem Körpergewicht >50 kg sollen wegen der Stabilität alternative Verfahren bedacht werden. Hier steht der laterale Femurnagel in spezieller Version für Adoleszente zur Verfügung.*

### **Fixateur externe**

#### Anwendung:

Indikationen bei Trümmerfrakturen, III° offenen Frakturen, im Rahmen eines Polytraumas oder wenn mit der ESIN-Osteosynthese und den möglichen Modifikationen keine ausreichende Stabilität zu erzielen ist [47].

#### Procedere/Mobilisierung:

Als belastungsstabile Osteosynthese sind isometrische Übungen ab dem 1. postoperativen Tag und die Mobilisierung an Unterarmgehstützen ab dem 2. bis 5. postoperativen Tag mit Vollbelastung erlaubt. Eine Dynamisierung des Fixateurs kann erfolgen, kontrollierte Studien über den Nutzen der Dynamisierung liegen jedoch nicht vor.

#### Radiologische Kontrollen:

Tag 0 – adäquate intraoperative Durchleuchtungsbilder (oder 1. postoperativer Tag) – Tag 28 und vor der geplanten Metallentfernung Weitere radiologische Kontrollen sind bei allen Behandlungsverfahren nur bei Komplikationen, Wachstumsstörungen oder erneutem Trauma notwendig.

#### Komplikationen:

Pin-tract-Infektion aufgrund unzureichender Weichteilinzision oder nicht ausreichend sorgfältiger Pinpflege [48]. Die Gefahr der relevanten Achsabweichungen ist gegeben [49]. Bei fehlender Dynamisierung des Fixateurs tritt v. a. bei Querfrakturen eine verzögerte Heilung auf [50].

#### Metallentfernung:

Bei ausreichender Kallusüberbrückung ab dem 2. postoperativen Monat.

*Bei Mehrfragmentfrakturen und höhergradigen Weichteilverletzungen soll der Einsatz eines Fixateur externe in Betracht gezogen werden.*

**Andere Osteosynthesen** wie die submuskulär durchgeschobene Plattenosteosynthese [51, 52], die klassische Plattenosteosynthese oder Kombinationen der oben genannten Verfahren sind im deutschsprachigen Raum aufgrund ihrer Invasivität sowie der kurz- und langfristigen Komplikationen Sonderfällen vorbehalten [47, 53, 54].

### **Nachuntersuchung**

Die regelmäßige Nachuntersuchung ist zum Erkennen von Wachstumsstörungen erforderlich. Diese sollte in halbjährlichen Abständen bis 2 Jahre nach der Metallentfernung erfolgen. Bei im Verlauf aufgetretener Beinlängendifferenz sollten die Nachuntersuchungen jährlich bis zum Wachstumsabschluss erfolgen. Dabei ist eine Ganzbeinstandaufnahme aufgrund der Strahlenbelastung nicht als Routineuntersuchung im Verlauf anzuwenden, sondern muss konkreten Indikationen vorbehalten bleiben [55, 56].

## Literatur

1. Hedstrom EM, Svensson O, Bergstrom U, Michno P. Epidemiology of fractures in children and adolescents. *Acta Orthop*. 2010;81(1):148-53. doi:10.3109/17453671003628780.
2. Heideken J, Svensson T, Blomqvist P, Haglund-Akerlind Y, Janarv PM. Incidence and trends in femur shaft fractures in Swedish children between 1987 and 2005. *Journal of pediatric orthopedics*. 2011;31(5):512-9. doi:10.1097/BPO.0b013e31821f9027.
3. Naranje SM, Erali RA, Warner WC, Jr., Sawyer JR, Kelly DM. Epidemiology of Pediatric Fractures Presenting to Emergency Departments in the United States. *Journal of pediatric orthopedics*. 2016;36(4):e45-8. doi:10.1097/BPO.0000000000000595.
4. Schalamon J, Dampf S, Singer G, Ainoedhofer H, Petnehazy T, Hoellwarth ME et al. Evaluation of fractures in children and adolescents in a Level I Trauma Center in Austria. *J Trauma*. 2011;71(2):E19-25. doi:10.1097/TA.0b013e3181f8a903.
5. Mayranpaa MK, Makitie O, Kallio PE. Decreasing incidence and changing pattern of childhood fractures: A population-based study. *J Bone Miner Res*. 2010;25(12):2752-9. doi:10.1002/jbmr.155.
6. Kamphaus A, Rapp M, Wessel L, Massalme E, Kaiser M. Epidemiologie von Frakturen der langen Röhrenknochen im Kindesalter - Prospektive Erfassung unter Berücksichtigung der LiLa-Klassifikation. *päd*. 2014;20:17-27.
7. Engstrom Z, Wolf O, Hailer YD. Epidemiology of pediatric femur fractures in children: the Swedish Fracture Register. *BMC Musculoskelet Disord*. 2020;21(1):796. doi:10.1186/s12891-020-03796-z.
8. von Heideken J, Svensson T, Iversen M, Blomqvist P, Haglund-Akerlind Y, Janarv PM. Sociodemographic factors influence the risk for femur shaft fractures in children: a Swedish case-control study, 1997-2005. *Acta Paediatr*. 2013;102(4):431-7. doi:10.1111/apa.12150.
9. Rewers A, Hedegaard H, Lezotte D, Meng K, Battan FK, Emery K et al. Childhood femur fractures, associated injuries, and sociodemographic risk factors: a population-based study. *Pediatrics*. 2005;115(5):e543-52. doi:10.1542/peds.2004-1064.
10. AWMF-Leitlinie Knochenzysten. Registernummer 006-029. Stand: 31.03.2019. 2019.
11. Leet AI, Shirley ED, Barker C, Launay F, Sponseller PD. Treatment of femur fractures in children with cerebral palsy. *Journal of children's orthopaedics*. 2009;3(4):253-8. doi:10.1007/s11832-009-0191-8.
12. Rossig C, Juergens H, Schrappe M, Moericke A, Henze G, von Stackelberg A et al. Effective childhood cancer treatment: the impact of large scale clinical trials in Germany and Austria. *Pediatr Blood Cancer*. 2013;60(10):1574-81. doi:10.1002/pbc.24598.
13. Leventhal JM, Martin KD, Asnes AG. Incidence of fractures attributable to abuse in young hospitalized children: results from analysis of a United States database. *Pediatrics*. 2008;122(3):599-604. doi:10.1542/peds.2007-1959.
14. Maguire S, Cowley L, Mann M, Kemp A. What does the recent literature add to the identification and investigation of fractures in child abuse: An overview of review updates 2005-2013. *Evidence-Based Child Health A Cochrane Review Journal*. 2013;8. doi:10.1002/ebch.1941.
15. Kemp A, Dunstan F, Harrison S, Morris S, Mann M, Rolfe K et al. Patterns of Skeletal Fractures in Child Abuse: Systematic Review. *BMJ (Clinical research ed)*. 2008;337:a1518. doi:10.1136/bmj.a1518.
16. Dresing K, Fernandez F, Strohm P, Schmittenebecher P, Kraus R, Sektion Kindertraumatologie der Deutschen Gesellschaft für U. [X-ray diagnostics of fractures in childhood and adolescence-Consensus report of the scientific working group of the pediatric traumatology section of the German Society for Trauma Surgery (DGU)]. *Der Unfallchirurg*. 2021;124(5):427-30. doi:10.1007/s00113-021-00994-9.
17. Slongo TF, Audige L, Group AOPC. Fracture and dislocation classification compendium for children: the AO pediatric comprehensive classification of long bone fractures (PCCF). *J Orthop Trauma*. 2007;21(10 Suppl):S135-60. doi:10.1097/00005131-200711101-00020.
18. Sargent MC. Single-Leg Spica Cast Application for Treatment of Pediatric Femoral Fracture. *JBJS Essent Surg Tech*. 2017;7(3):e26. doi:10.2106/JBJS.ST.15.00070.
19. Lee YH, Lim KB, Gao GX, Mahadev A, Lam KS, Tan SB et al. Traction and spica casting for closed femoral shaft fractures in children. *J Orthop Surg (Hong Kong)*. 2007;15(1):37-40. doi:10.1177/230949900701500109.

20. Wagner F, Schutz V, Hubertus J. Patients under 4 years old treated with overhead extension for isolated femoral fractures - lessons learned concerning parents' satisfaction. *Klin Padiatr.* 2019;231(4):199-205. doi:10.1055/a-0892-4365.
21. Hedin H, Borgquist L, Larsson S. A cost analysis of three methods of treating femoral shaft fractures in children: a comparison of traction in hospital, traction in hospital/home and external fixation. *Acta Orthop Scand.* 2004;75(3):241-8. doi:10.1080/00016470410001141.
22. Lewis RB, Hariri O, Elliott ME, Jo CH, Ramo BA. Financial Analysis of Closed Femur Fractures in 3- to 6-Year-Olds Treated With Immediate Spica Casting Versus Intramedullary Fixation. *Journal of pediatric orthopedics.* 2019;39(2):e114-e9. doi:10.1097/BPO.0000000000001253.
23. Madhuri V, Dutt V, Gahukamble AD, Tharyan P. Interventions for treating femoral shaft fractures in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev.* 2014(7):CD009076. doi:10.1002/14651858.CD009076.pub2.
24. Strohm PC, Schmittebecher PP. [Femoral shaft fractures in children under 3 years old. Current treatment standard]. *Der Unfallchirurg.* 2015;118(1):48-52. doi:10.1007/s00113-014-2639-7.
25. DiFazio R, Vessey J, Zurakowski D, Hresko MT, Matheney T. Incidence of skin complications and associated charges in children treated with hip spica casts for femur fractures. *Journal of pediatric orthopedics.* 2011;31(1):17-22. doi:10.1097/BPO.0b013e3182032075.
26. Canavese F, Alberghina F, Cravino M, Paonessa M, Dimeglio A, Andreacchio A. Intraoperative Issues and Clinical and Radiographic Outcomes of Femur Fractures Treated With Flexible Nails: A Comparison of Cases Utilizing Skeletal Traction and a Traction Table to Cases Using Manual Traction Only. *Journal of pediatric orthopedics.* 2020;40(8):e676-e82. doi:10.1097/BPO.0000000000001538.
27. van Cruchten S, Warmerdam EC, Kempink DRJ, de Ridder VA. Treatment of closed femoral shaft fractures in children aged 2-10 years: a systematic review and meta-analysis. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society.* 2021. doi:10.1007/s00068-021-01752-7.
28. Lascombes P, Huber H, Fay R, Popkov D, Haumont T, Journeau P. Flexible intramedullary nailing in children: nail to medullary canal diameters optimal ratio. *Journal of pediatric orthopedics.* 2013;33(4):403-8. doi:10.1097/BPO.0b013e318285c54d.
29. Kaiser MM, Zachert G, Wendlandt R, Eggert R, Stratmann C, Gros N et al. Increasing stability by pre-bending the nails in elastic stable intramedullary nailing: a biomechanical analysis of a synthetic femoral spiral fracture model. *The Journal of bone and joint surgery British volume.* 2012;94(5):713-8. doi:10.1302/0301-620X.94B5.28247.
30. Wilkins DSS. *Elastic Stable Intramedullary Nailing (ESIN) in Children (eBook) | AO Manual of Fracture Management.* Thieme. 2006.
31. Slongo TF. Complications and failures of the ESIN technique. *Injury.* 2005;36 Suppl 1:A78-85. doi:10.1016/j.injury.2004.12.017.
32. Schmittebecher PP. [Complications and errors in use of intramedullary nailing in shaft fractures in childhood]. *Kongressbd Dtsch Ges Chir Kongr.* 2001;118:435-7.
33. Kaiser MM, Wessel LM, Zachert G, Stratmann C, Eggert R, Gros N et al. Biomechanical analysis of a synthetic femur spiral fracture model: Influence of different materials on the stiffness in flexible intramedullary nailing. *Clinical biomechanics.* 2011;26(6):592-7. doi:10.1016/j.clinbiomech.2011.01.012.
34. Rapp M, Gros N, Zachert G, Schulze-Hessing M, Stratmann C, Wendlandt R et al. Improving stability of elastic stable intramedullary nailing in a transverse midshaft femur fracture model: biomechanical analysis of using end caps or a third nail. *Journal of orthopaedic surgery and research.* 2015;10:96. doi:10.1186/s13018-015-0239-z.
35. Slongo T, Audige L, Hunter JB, Berger SM. Clinical evaluation of end caps in elastic stable intramedullary nailing of femoral and tibial shaft fractures in children. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society.* 2011;37(3):305. doi:10.1007/s00068-011-0091-8.
36. Volpon JB, Perina MM, Okubo R, Maranhão DA. Biomechanical performance of flexible intramedullary nails with end caps tested in distal segmental defects of pediatric femur models. *Journal of pediatric orthopedics.* 2012;32(5):461-6. doi:10.1097/BPO.0b013e318259fe31.

37. Kaiser MM, Stratmann C, Zachert G, Schulze-Hessing M, Gros N, Eggert R et al. Modification of elastic stable intramedullary nailing with a 3rd nail in a femoral spiral fracture model - results of biomechanical testing and a prospective clinical study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2014;15:3. doi:10.1186/1471-2474-15-3.
38. Metaizeau JP. Stable elastic intramedullary nailing for fractures of the femur in children. *The Journal of bone and joint surgery British volume.* 2004;86(7):954-7. doi:10.1302/0301-620x.86b7.15620.
39. Lieber J, Dietzel M, Scherer S, Schafer JF, Kirschner HJ, Fuchs J. Implant removal associated complications after ESIN osteosynthesis in pediatric fractures. *European journal of trauma and emergency surgery : official publication of the European Trauma Society.* 2021. doi:10.1007/s00068-021-01763-4.
40. Lazar-Antman MA, Leet AI. Effects of obesity on pediatric fracture care and management. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2012;94(9):855-61. doi:10.2106/JBJS.J.01839.
41. Moroz LA, Launay F, Kocher MS, Newton PO, Frick SL, Sponseller PD et al. Titanium elastic nailing of fractures of the femur in children. Predictors of complications and poor outcome. *The Journal of bone and joint surgery British volume.* 2006;88(10):1361-6. doi:10.1302/0301-620X.88B10.17517.
42. Weiss JM, Choi P, Ghatan C, Skaggs DL, Kay RM. Complications with flexible nailing of femur fractures more than double with child obesity and weight >50 kg. *Journal of children's orthopaedics.* 2009;3(1):53-8. doi:10.1007/s11832-008-0149-2.
43. Reynolds RA, Legakis JE, Thomas R, Slongo TF, Hunter JB, Clavert JM. Intramedullary nails for pediatric diaphyseal femur fractures in older, heavier children: early results. *Journal of children's orthopaedics.* 2012;6(3):181-8. doi:10.1007/s11832-012-0404-4.
44. Angadi DS, Shepherd DE, Vadivelu R, Barrett T. Rigid intramedullary nail fixation of femoral fractures in adolescents: what evidence is available? *J Orthop Traumatol.* 2014;15(3):147-53. doi:10.1007/s10195-013-0270-y.
45. MacNeil JA, Francis A, El-Hawary R. A systematic review of rigid, locked, intramedullary nail insertion sites and avascular necrosis of the femoral head in the skeletally immature. *Journal of pediatric orthopedics.* 2011;31(4):377-80. doi:10.1097/BPO.0b013e3182172613.
46. Rapp M, Kraus R, Illing P, Sommerfeldt DW, Kaiser MM. [Treatment of femoral shaft fractures in children and adolescents  $\geq$ 50 kg : A retrospective multicenter trial]. *Der Unfallchirurg.* 2018;121(1):47-57. doi:10.1007/s00113-017-0313-6.
47. Sink EL, Gralla J, Repine M. Complications of pediatric femur fractures treated with titanium elastic nails: a comparison of fracture types. *Journal of pediatric orthopedics.* 2005;25(5):577-80. doi:10.1097/01.bpo.0000164872.44195.4f.
48. Wright JG, Wang EE, Owen JL, Stephens D, Graham HK, Hanlon M et al. Treatments for paediatric femoral fractures: a randomised trial. *Lancet.* 2005;365(9465):1153-8. doi:10.1016/S0140-6736(05)71878-X.
49. Barlas K, Beg H. Flexible intramedullary nailing versus external fixation of paediatric femoral fractures. *Acta Orthop Belg.* 2006;72(2):159-63.
50. Domb BG, Sponseller PD, Ain M, Miller NH. Comparison of dynamic versus static external fixation for pediatric femur fractures. *Journal of pediatric orthopedics.* 2002;22(4):428-30.
51. Abdelgawad AA, Sieg RN, Laughlin MD, Shunia J, Kanlic EM. Submuscular bridge plating for complex pediatric femur fractures is reliable. *Clin Orthop Relat Res.* 2013;471(9):2797-807. doi:10.1007/s11999-013-2931-9.
52. Porter SE, Booker GR, Parsell DE, Weber MD, Russell GV, Woodall J, Jr. et al. Biomechanical analysis comparing titanium elastic nails with locked plating in two simulated pediatric femur fracture models. *Journal of pediatric orthopedics.* 2012;32(6):587-93. doi:10.1097/BPO.0b013e31824b7500.
53. Heyworth BE, Hedequist DJ, Nasreddine AY, Stamoulis C, Hresko MT, Yen YM. Distal femoral valgus deformity following plate fixation of pediatric femoral shaft fractures. *The Journal of bone and joint surgery American volume.* 2013;95(6):526-33. doi:10.2106/JBJS.K.01190.
54. Allen JD, Murr K, Albitar F, Jacobs C, Moghadamian ES, Muchow R. Titanium Elastic Nailing has Superior Value to Plate Fixation of Midshaft Femur Fractures in Children 5 to 11 Years. *Journal of pediatric orthopedics.* 2018;38(3):e111-e7. doi:10.1097/BPO.0000000000001129.

55. Schneidmueller D, Kraft C, Buhren V, von Laer L. [Growth behavior after femoral shaft fractures: feasibility of patient therapy targets]. Der Unfallchirurg. 2014;117(12):1099-104. doi:10.1007/s00113-014-2634-z.
56. Schmittenebecher PP. [Diaphyseal and metaphyseal femoral fractures in childhood]. Chirurg. 2021;92(5):485-96. doi:10.1007/s00104-020-01342-0.

## Verfahren zur Konsensfindung

Erstellung im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. Ziel war die Abstimmung der Leitlinie zur Diagnostik und Therapie der Femurschaftfraktur beim Kind mittels Delphi-Konferenzen. Die Mitglieder der Lenkungsgruppe Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie (siehe Vorwort) fungierten als Expertengruppe.

Autor: Markus Dietzel

Expertengruppe: Schmittenebecher, Krickeberg, Fitze, Lieber, Wessel, Göbel, Leutner

Interessen und Umgang mit Interessenkonflikten: Die Interessenerklärungen wurden mit dem AWMF Formblatt erhoben und auf thematische Relevanz und auf geringe (Berater/ Gutachter; Vorträge/ Schulungen), moderate (Advisory Board, Forschungsvorhaben) und hohe (Eigentümerinteressen, Patente) Interessenkonflikte von Herrn Leutner bewertet. Die Erklärung von Herrn Dr. Leutner wurde von Herrn Prof. Schmittenebecher bewertet. Es gab keine Interessenkonflikte, die eine Konsequenz erforderlich macht.

**Erstellungsdatum:** 17.04.2023 durch Beschlussfassung des Vorstandes der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie

**Nächste Überprüfung geplant:** 31.12.2027



## Verfahren zur Konsensfindung

Erstellung im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. Ziel war die Abstimmung der Leitlinie zum Management dieser häufigen Schaftfraktur im Kindesalter mittels Delphi-Konferenzen. Die Mitglieder der Lenkungsgruppe Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie fungierten als Expertengruppe.

Autor: Markus Dietzel

Supervision: Justus Lieber (Tübingen), Peter P. Schmittenebecher (Karlsruhe)

Erstellungsdatum (Abschluss):

Mai 2023

Aktuelle Überprüfung/Beschluss Vorstand DGKCH:

Nächste Überprüfung geplant:

**Versionsnummer:**

**6.0**

**Erstveröffentlichung:**

03-1999

**Überarbeitung von:**

04-2023

**Nächste Überprüfung geplant:**

12-2027

Die AWMF erfasst und publiziert die Leitlinien der Fachgesellschaften mit größtmöglicher Sorgfalt - dennoch kann die AWMF für die Richtigkeit des Inhalts keine Verantwortung übernehmen. **Insbesondere bei Dosierungsangaben sind stets die Angaben der Hersteller zu beachten!**

**Autorisiert für elektronische Publikation: AWMF online**