



3 Punkte sammeln auf...

springermedizin.de/ eAkademie

Teilnahmemöglichkeiten

Diese Fortbildungseinheit steht Ihnen als e.CME und e.Tutorial in der Springer Medizin e.Akademie zur Verfügung.

- e.CME: kostenfreie Teilnahme im Rahmen des jeweiligen Zeitschriftenabonnements
- e.Tutorial: Teilnahme im Rahmen des e.Med-Abonnements

Zertifizierung

Diese Fortbildungseinheit ist mit 3 CME-Punkten zertifiziert von der Landesärztekammer Hessen und der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung und damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Hinweis für Leser aus Österreich

Gemäß dem Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) der Österreichischen Ärztekammer werden die in der e.Akademie erworbenen CME-Punkte hierfür 1:1 als fachspezifische Fortbildung anerkannt.

Kontakt und weitere Informationen

Springer-Verlag GmbH
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
E-Mail: kundenservice@springermedizin.de

CME Zertifizierte Fortbildung

Mark Born

Radiologische Klinik – FE Kinderradiologie, Universität Bonn, Bonn, Deutschland

Frakturen im Kindesalter

Zusammenfassung

Kindliche Frakturen unterscheiden sich von den im Erwachsenenalter auftretenden knöchernen Traumafolgen. Ursachen sind unterschiedliche biomechanische Eigenschaften des wachsenden Knochens einerseits, aber auch altersspezifische Unfallmechanismen und Traumaexpositionen. Dies trifft speziell auf die körperliche Kindesmisshandlung zu, bei der der noch sehr unreife Knochen Kräfteinwirkungen ausgesetzt ist, die zu relativ typischen Verletzungsmustern führen können. In diesem Beitrag werden die für das Kindesalter typischen Frakturen vorgestellt und insbesondere die für eine Misshandlung typischen Verletzungen aufgezeigt.

Schlüsselwörter

Wunden und Verletzungen · Knochen · Trauma · Kindesmisshandlung · Nichtakzidentelles Trauma bei Kindern

Ein deutlicher Gipfel des Frakturrisikos findet sich im Alter von 11 bis 14 Jahren

Die auftretenden Verletzungsmuster hängen von der Stärke der einwirkenden Kräfte ab

Der im Wachstum begriffene Knochen eines Kindes ist elastischer als der eines Erwachsenen

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags

- können Sie die für das Kindesalter typischen Frakturtypen beschreiben.
- kennen Sie typische physiologische Strukturen des wachsenden Skeletts, die eine Fraktur vortäuschen können.
- wissen Sie, welche Frakturen auf eine Kindesmisshandlung hinweisen können.
- sind Sie in der Lage, verschiedene Ursachen für das Auftreten einer subperiostalen Knochenneubildung bei Säuglingen zu benennen.

Einleitung

Frakturen treten im Kindes- und Jugendalter häufig auf, bei Jungen öfter als bei Mädchen. Das Risiko, von der Geburt bis zum Alter von 16 Jahren eine Fraktur zu erleiden, beträgt 27 % für Mädchen und 42 % für Jungen. Es findet sich ein deutlicher Gipfel bei 11 bis 14 Jahren [1, 2]. Mit etwa 65 % aller Frakturen am häufigsten betroffen ist die **obere Extremität**, und hier insbesondere der Radius (25–43 % aller Fälle, [2]). Nur 1–3 % der Frakturen bei Kindern betreffen die Wirbelsäule [3]. Selten sind auch Frakturen der Carpalia, die praktisch erst bei Jugendlichen auftreten.

Lokalisation, Art und Morphologie von Frakturen und Verletzungen am kindlichen Skelett unterscheiden sich deutlich von den bei Erwachsenen auftretenden knöchernen Traumafolgen. Dies hat verschiedene Gründe. Zum einen ändert sich im Verlauf der Entwicklung die Zusammensetzung des Skeletts [4]. Zum anderen bestehen Unterschiede in Form und Größe der Knochen. Beides beeinflusst deren **biomechanische Eigenschaften**. Nicht zuletzt hängen die auftretenden Verletzungsmuster von der Art der Traumata und der Stärke der einwirkenden Kräfte ab, denen ein Mensch ausgesetzt ist. Diese ändern sich mit zunehmender Mobilität eines Kindes vom Säuglings- über das Kleinkind- bis zum Jugendalter in typischer Weise. Besondere Verletzungsmuster entstehen im Rahmen von Kindesmisshandlungen im Säuglingsalter, bei denen Kräfte auf den sehr unreifen Knochen einwirken, denen er sonst nicht ausgesetzt ist. Dies führt zu relativ charakteristischen Traumafolgen, sog. nichtakzidentellen knöchernen Verletzungen.

Dieser Beitrag gibt einen Überblick über die bei Kindern typischerweise auftretenden Frakturen und ihre Einteilung und zeigt den Zusammenhang zwischen Traumamechanismus und Verletzungsmuster auf. Er geht nicht auf Frakturen ein, die bei Erwachsenen und Kindern in ähnlicher Form vorkommen. Nicht behandelt werden daher z. B. Ermüdungsfrakturen (Stressfrakturen) oder pathologische Frakturen bei vorgeschädigtem Knochen.

Aufgrund der forensischen Bedeutung der Kindesmisshandlung wird ein Schwerpunkt auf die Erkennung misshandlungsbedingter Frakturen gelegt.

Grünholzfraktur

Der im Wachstum begriffene Knochen eines Kindes ist elastischer als der eines Erwachsenen [5]. Er kann daher durch Verformung mehr Energie aufnehmen ohne zu brechen [4, 5]. Aus diesem Grund kommt es bei Kindern und Jugendlichen häufig zu **inkompletten Brüchen**, bei denen die Kontinui-

Fractures in childhood

Abstract

Fractures in children differ from those seen in adults. This is due to different biomechanical properties of growing bones and to different traumatic mechanisms to which children are exposed. Especially in child abuse the traumatic forces applied to immature bones can lead to typical patterns of skeletal trauma. These patterns of accidental and non-accidental skeletal trauma in children are discussed in this article.

Keywords

Wounds and injuries · Bones · Trauma · Child abuse · Non-accidental trauma in children



Abb. 1 ▲ Verschiedene Frakturtypen (Pfeile) des Kindesalters. **a** Grünholzfraktur, **b** Biegungsfraktur anteroposterior, **d** Wulstfraktur seitlich mit kortikaler Impression, **e** Spiralfaktur

tät des Knochens nicht oder nur teilweise unterbrochen ist und das Periost in der Regel zumindest auf einer Seite intakt bleibt.

Bei einer Krafteinwirkung auf die Röhrenknochen mit einer lateral einwirkenden Komponente resultiert zunächst eine **Verbiegung** des Knochens, und bei ausreichend starker Kraft eine Fraktur der Dia- oder Metaphyse. Bei Kindern bricht häufig nur die konvexe Seite des gebogenen Knochens, während die Kontinuität der Kortikalis an der Konkavseite erhalten bleibt. Dieser Frakturtyp wird als Grünholzfraktur bezeichnet (■ **Abb. 1a**). Nach Kraus sind etwa ein Drittel der Frakturen langer Röhrenknochen im Kindesalter Grünholzfrakturen [6]. Eine Sonderform der Grünholzfraktur ist die Biegungsfraktur.

Biegungsfraktur

Kommt es bei einer Krafteinwirkung, wie oben beschrieben, lediglich zu einer Verbiegung des Knochens und nicht zu einer erkennbaren Fraktur, bleibt diese nach Beendigung der Krafteinwirkung bei Kindern bisweilen bestehen. Man spricht dann von einer Biegungsfraktur, „**bowing fracture**“ (■ **Abb. 1b**). Diese betrifft in der großen Mehrzahl der Fälle den Unterarm. Hierbei ist zu beachten, dass bei einem Knochen mit gebogener Form auch eine in Knochenlängsachse einwirkende Kraft eine quer zur Längsachse wirkende Komponente aufweist und so zu einer Verbiegung führen kann.

Wulstfraktur

Wirkt eine stoßartige Kraft überwiegend in Längsachse eines Röhrenknochens, kommt es infolge der **Stauchung** des weichen Knochens bei Kindern zu einer sog. Wulstfraktur. Dies ist ein sehr häufiger Frakturtyp; er tritt typischerweise im Bereich der Metaphyse des distalen Radius und der distalen Ulna nach einem Sturz auf die Hand bei ausgestrecktem Arm auf (■ **Abb. 1c**). Da die Kraft in der Regel jedoch nicht exakt in Richtung der Längsachse auf den Knochen einwirkt, wenn der Arm beim Sturz auf den Boden eine Schrägstellung aufweist, kommt es häufig gleichzeitig zu einer leichten einseitigen Kortikalisimpression (■ **Abb. 1d**).

Etwa ein Drittel der Frakturen langer Röhrenknochen sind Grünholzfrakturen

Die Biegungsfraktur betrifft in der großen Mehrzahl der Fälle den Unterarm

Häufig kommt es gleichzeitig zu einer leichten einseitigen Kortikalisimpression

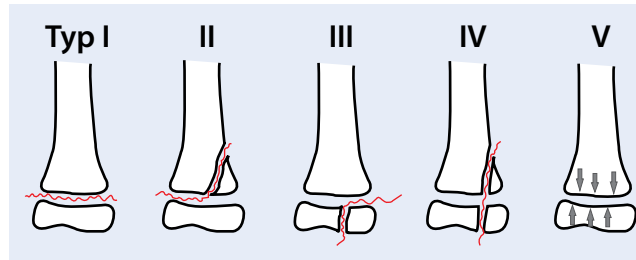


Abb. 2 ◀ Klassifikation der Frakturen mit Beteiligung der Epiphysenfuge nach Salter und Harris

„Toddler’s fracture“ (Spiralfraktur der Tibia)

Eine Besonderheit bei Kleinkindern, speziell im „Laufalter“, jedoch auch darüber hinaus, ist eine feine Spiralfraktur der Tibia, bei der die Kontinuität des Knochens erhalten bleibt (▣ **Abb. 1e**). Durch die noch fehlende feinmotorische Geschicklichkeit von Kleinkindern, die gerade das Laufen erlernen („toddler“), können bei dem Versuch, das Gleichgewicht zu halten, **Drehbewegungen** des Körpers bei belastetem Bein ausgeführt werden, ohne dass der Fuß angehoben wird. Durch so bedingte Stürze mit verdrehtem Bein können feine Spiralfrakturen der Tibia entstehen, die den Eltern dadurch auffallen, dass das Kind das Bein schont und es nicht mehr belastet.

Auf einer Röntgenaufnahme ist eine solche Spiralfraktur häufig zunächst kaum oder gar nicht erkennbar und demarkiert sich erst auf einer möglicherweise angefertigten Folgeaufnahme einige Tage später, wenn reaktive Veränderungen auftreten. Solche feine Spiralfrakturen der Tibia ohne Begleitverletzungen treten bei **geringer Krafteinwirkung** auf; sie sind häufig traumaassoziiert und daher primär nicht verdächtig auf eine Misshandlung.

Frakturen mit Beteiligung der Epiphysenfuge

Eine Frakturform, die nur bei Kindern zu finden ist, stellt die Gruppe der Frakturen dar, die die noch nicht knöchern durchbaute Epiphysenfuge betrifft. Diese Frakturen können mit oder ohne Beteiligung der benachbarten Epi- oder Metaphyse einhergehen. Sie werden in **5 Haupttypen** nach Salter und Harris (Typen I–V) oder nach Aitken (Typen 0–IV) eingeteilt. Salter-Harris-II-Frakturen sind mit großem Abstand am häufigsten, während Salter-Harris-V-Frakturen in der Praxis kaum eine Rolle spielen [7, 8]. Verletzungen mit Beteiligung der Epiphysenfugen können für (häufig passage-re) **Wachstumsstörungen** verantwortlich sein. Eine Übersicht über die Einteilung dieser Frakturen nach Salter und Harris gibt ▣ **Abb. 2**.

Geburtsbedingte Frakturen

Zwar handelt es sich bei geburtsbedingten Frakturen nicht um einen bestimmten Frakturtyp, jedoch zählen auch diese Verletzungen zu den typischen Frakturen im Kindesalter. Insbesondere bei der Beurteilung einer möglichen Misshandlung müssen diese Frakturformen Berücksichtigung finden, da sie ebenfalls durch Misshandlung hervorgerufen werden können. Die häufigsten geburtsbedingten Frakturen betreffen die Clavicula, gefolgt von Femur und Humerus und Schädel. Auch bei Entbindung durch Sectio werden Frakturen beobachtet. Bilo et al. [9] geben in einer Übersicht über größere Studien an insgesamt mehr als 200.000 Geburten eine Inzidenz geburtsbedingter Frakturen von deutlich unter 1 % an. Häufig verlaufen diese Frakturen zunächst okkult und fallen bisweilen erst nach Wochen, aufgrund des dann tastbaren **Kallus**, auf z. B. Claviculafrakturen. Bei einer Fraktur, die nach dem 11. Lebensstag noch keine Periostreaktion zeigt, muss an eine Misshandlung gedacht werden, da die Möglichkeit besteht, dass sie nicht durch die Geburt, sondern erst später entstanden ist [9].

Fehlinterpretationen auf pädiatrischen Röntgenaufnahmen

Epi- und Apophysenkerne sowie insbesondere akzessorische **Knochenkerne** bereiten dem Unerfahrenen häufig Probleme und können für Ausrissfrakturen gehalten werden. Ein typisches Beispiel ist die Apophyse lateral an der Basis des Os metatarsale V (▣ **Abb. 3a**). Auch die Kalkaneusapophyse

Bei der feinen Spiralfraktur der Tibia bleibt die Kontinuität des Knochens erhalten

Die Fraktur demarkiert sich häufig erst auf einer möglicherweise einige Tage später angefertigten Folgeaufnahme

Salter-Harris-Typ II ist mit großem Abstand am häufigsten

Die häufigsten geburtsbedingten Frakturen betreffen die Clavicula

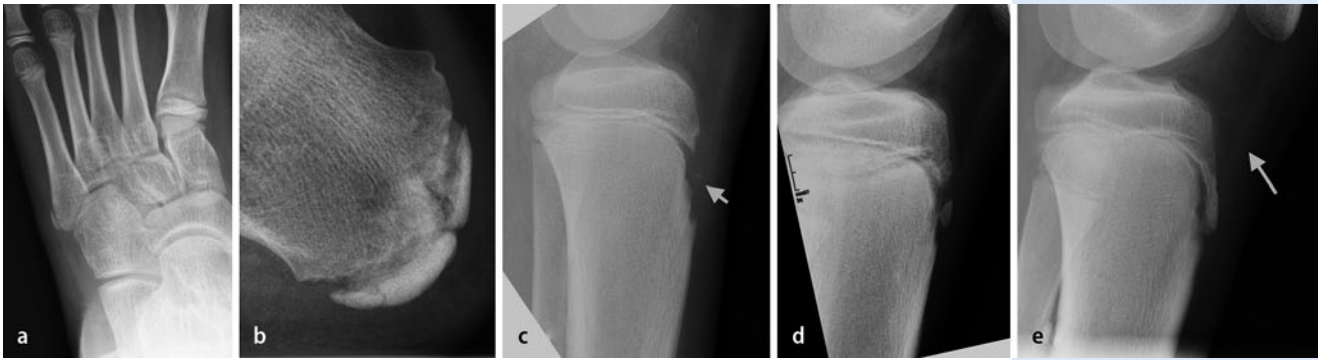


Abb. 3 ▲ Apophysen, die eine Fraktur vortäuschen können. **a** Typischer Apophysenkern lateral an der Basis des Os metatarsale V, wird häufig als abgesprengtes Knochenfragment fehlgedeutet; **b** die Kalkaneusapophyse ist meist sehr dicht und besteht häufig aus mehreren Knochenkernen, was eine Fraktur vortäuschen kann; **c** die Tuberositas tibiae ist bis zum Auftritt des Apophysenkerns (*Pfeil*) meist irregulär begrenzt; **d** der Apophysenkern erweckt häufig den Eindruck eines Knochenfragments; **e** nach Verschmelzung des Apophysenkerns mit der Tibiaepiphyse entsteht häufig der Eindruck eines Abrisses der Apophyse von der Tuberositas durch den Zug der Patellasehne (*Pfeil*)

und die Tuberositas tibiae täuschen häufig Frakturen vor (■ **Abb. 3b–e**). Hier sollten im Zweifelsfall die einschlägigen Atlanten der Normvarianten hinzugezogen werden. Das **symmetrische Auftreten** eines Knochenkerns auf der Gegenseite kann hilfreich sein, wenn einer Röntgenaufnahme der gegenseitigen Extremität vorliegt (z. B. Skelettstatus bei Misshandlungsverdacht). Allein zum Seitenvergleich sollte aus Strahlenschutzgründen jedoch keine zusätzliche Röntgenaufnahme durchgeführt werden. In der Regel reicht eine Beurteilung durch einen erfahrenen Kinderradiologen oder Kinderunfallchirurgen.

Misshandlungsbedingte Frakturen

In der Rechtsmedizin haben solche Frakturen besondere Bedeutung, die im Rahmen einer Kindesmisshandlung vorkommen. Diese **nichtakzidentellen Frakturen** („inflicted“ oder „nonaccidental trauma“) zu erkennen und nach Möglichkeit von unfallbedingten Frakturen zu differenzieren, ist entscheidend, um einerseits ein betroffenes Kind oder seine Geschwister vor weiterer Gewaltanwendung zu schützen, die in schweren Fällen tödlich oder in einer lebenslangen Behinderung (z. B. Schütteltrauma) enden kann. Andererseits darf nicht der unbegründete Verdacht einer Kindesmisshandlung dazu führen, dass ein Kind einer Familie entzogen oder dass die Familie durch einen solchen geäußerten Verdacht gesellschaftlich stigmatisiert wird.

Entscheidend bei der Einschätzung der möglichen Ursache einer Fraktur, für die kein adäquater Unfall angegeben werden kann, ist das Alter eines Kindes. Bei Säuglingen und Kleinkindern, die noch nicht laufen können, ist ein nichtbeobachteter Unfall als Ursache einer Fraktur sehr unwahrscheinlich, da Kinder in diesem Alter, aufgrund der noch fehlenden eigenen Mobilität, kaum Unfallrisiken ausgesetzt sind. So treten nur 2 % der unfallbedingten Frakturen des Kindesalters in einem Alter unter 18 Monaten auf, jedoch finden sich in dieser Altersgruppe 80 % der misshandlungsbedingten Frakturen [10, 11]. 85 % der unfallbedingten Frakturen treten im Kindesalter mit einem Alter von mehr als 5 Jahren auf [11].

Das hat zur Folge, dass eine Fraktur im ersten Lebensjahr in bis zu 25 % der Fälle auf eine Misshandlung zurückzuführen ist [12]. Mit der durch das Laufen zunehmenden Mobilität des Kindes steigt das **Unfallrisiko**; der Prozentsatz misshandlungsbedingter Frakturen nimmt deutlich ab [13].

Zwar gibt es Frakturen, die typischer, und solche, die weniger spezifisch für eine Misshandlung sind und daher eher auf einen Unfall hinweisen (■ **Tab. 1**), jedoch kann bei keiner einzelnen Fraktur eine Misshandlung ausgeschlossen werden, denn jede Fraktur, auch wenn sie typisch für einen Unfall ist, kann auch durch Misshandlung hervorgerufen werden [13]. Verdächtig ist das Auftreten **multipler Frakturen**, insbesondere, wenn sich diese in verschiedenen Heilungsphasen befindet. Dies stellt einen Hinweis auf mehrzeitige/repetitive Verletzungen dar. Weiterhin verdächtig sind eine verzögerte ärztliche Vorstellung des Kindes sowie Begleitverletzungen, z. B. der Haut, aber auch innerer Organe oder des Nervensystems [13].

Im Zweifelsfall sollten die einschlägigen Atlanten der Normvarianten hinzugezogen werden

Entscheidend bei der Einschätzung einer möglichen Ursache einer Fraktur ist das Alter eines Kindes

Eine Fraktur im ersten Lebensjahr ist in bis zu 25 % der Fälle auf eine Misshandlung zurückzuführen

Jede Frakturform kann durch Misshandlung hervorgerufen werden

Bestimmte Medikamente können metaphysäre Frakturen vortäuschen

Typischer Entstehungsmechanismus von Rippenfrakturen ist das feste Umgreifen des Thorax eines Säuglings beim Schütteln des Kindes

Tab. 1 Spezifität verschiedener Frakturen unklarer Ursache bei Säuglingen und Kleinkindern für Misshandlung. (Nach Kleinman [14])

Hohe Spezifität
Metaphysäre Frakturen beim Säugling („classic metaphyseal lesions“)
Rippenfrakturen (insbesondere posteromedial)
Skapula- und Sternumfrakturen ^a
Processus spinosus ^a
Mittlere Spezifität
Multiple, insbesondere beidseitige Frakturen
Unterschiedlich alte Frakturen
Epiphysenlösungen
Wirbelkörperfrakturen
Frakturen der Finger
Komplexe Schädelfrakturen
Geringe Spezifität (häufig, aber wenig spezifisch)
Subperiostale Knochenneubildungen
Schaftfrakturen der langen Röhrenknochen
Clavicula
Einfache Schädelfrakturen

^aSelten.

Immer muss bei Misshandlungsverdacht nach **Erkrankungen** gesucht werden, die zu einer erhöhten Frakturneigung führen oder ähnliche radiologische Bilder hervorrufen können wie eine Misshandlung. Dies gilt insbesondere bei subperiostalen Blutungen und metaphysären Veränderungen. Hierzu gehören neben den verschiedenen Formen einer Osteogenesis imperfecta, Geburtstrauma und verminderter Mineralisation nach Frühgeburtlichkeit, Rachitis, insbesondere im Heilungsstadium, Kupfermangel, Menkes-Syndrom, Skorbut, Syphilis u. a. [14]. Auch Normvarianten und bestimmte Medikamente können metaphysäre Frakturen vortäuschen [14]. Zu bedenken ist jedoch immer, dass es Fälle gibt, in denen Misshandlung und eine der oben genannten Erkrankungen gemeinsam vorliegen.

Zwischen Säuglingen und Kleinkindern bestehen deutliche Unterschiede in den zu beobachtenden misshandlungsbedingten Verletzungen, denn sowohl die Art der Misshandlung als auch die Reaktion des Skeletts auf Gewalteinwirkung ändern sich im ersten Lebensjahr [14].

Die häufigsten misshandlungsbedingten Frakturen bei Säuglingen betreffen:

- Rippen,
- Metaphysen der langen Röhrenknochen und
- Schädel.

Fast immer lässt sich im Verlauf eine subperiostale Knochenneubildung erkennen. Bei Kleinkindern mit misshandlungsbedingten Frakturen überwiegen Frakturen der langen Röhrenknochen [14].

Im Folgenden wird daher auf Rippenfrakturen, metaphysäre Frakturen des Säuglings und subperiostale Knochenneubildung eingegangen.

Rippenfrakturen

Rippenfrakturen bei Säuglingen und Kleinkindern erreichen einen positiven Vorhersagewert für das Vorliegen einer Kindesmisshandlung von 70–90% [11]. Demgegenüber treten beispielsweise **Schädelfrakturen** deutlich häufiger infolge eines Unfalls auf, sodass das Vorliegen einer Schädelfraktur nur in einem Drittel der Fälle auf eine Misshandlung zurückzuführen ist [11].

Typischer Entstehungsmechanismus misshandlungsbedingter Rippenfrakturen ist das feste Umgreifen des Thorax eines Säuglings beim Schütteln des Kindes. Besonders häufig treten hierbei Frakturen posteromedial in Nachbarschaft der Wirbelsäule auf, da bei der Kompression des Thorax die **Querfortsätze** der Wirbelkörper als Druckpunkt auf den Rippenhals wirken. Jedoch kommen Rippenfrakturen häufig auch an anderen Stellen vor. Da Rippenfrakturen in der Regel nur wenige Symptome verursachen, wird ihre Häufigkeit vermutlich unterschätzt. Sie sind initial oft nicht zu erken-



Abb. 4 ▲ Metaphysäre Fraktur („classic metaphyseal lesions“, Pfeile) bei einem Säugling

nen, sodass bei Verdacht auf Rippenfrakturen **Röntgenfolgeaufnahmen** sinnvoll sind (Kallusbildung). In bis zu etwa 10 % dieser Fälle sind bei primär unauffälliger Thoraxröntgenaufnahme auf der Folgeaufnahme Rippenfrakturen nachweisbar [15].

Rippenfrakturen können in seltenen Fällen auch als Geburtstrauma auftreten oder infolge von **Osteopenie** bei Frühgeburtlichkeit. Auch infolge einer Physiotherapie oder nach kardiopulmonaler Reanimation sind sie beschrieben [9, 11, 13, 16], wenngleich sie nach einer kardiopulmonalen Reanimation bei Kindern ungleich seltener vorkommen als bei Erwachsenen.

Metaphysäre Frakturen des Säuglings („classic metaphyseal lesions“)

Bei Neugeborenen ist der Knorpel-Knochen-Übergang in der Metaphyse die schwächste Stelle des Röhrenknochen, sodass bei Krafteinwirkungen auf die Enden der Röhrenknochen in den ersten Lebensmonaten Frakturen des Knorpels, der sich im Stadium der beginnenden Mineralisierung befindet, innerhalb der Metaphyse auftreten. Sie verlaufen etwa parallel zur Epiphysenfuge im bereits mineralisierten Knochen dicht unter der Oberfläche, weichen zum Rand hin jedoch gering

in Richtung Diaphyse (Schaft) ab. Das **Periost** weist beim Säugling auf Höhe der Metaphyse bereits eine relativ feste Verankerung mit dem Röhrenknochen auf, und die Metaphyse ist daher im Randbereich gefestigt und vor Frakturen geschützt [14] (■ **Abb. 4**). Je nach Projektion auf dem Röntgenbild kann der Bildeindruck einer **korbhenkelartigen Fraktur** entlang der Metaphyse oder einer metaphysären Eckfraktur entstehen, wenn wegen der Kippung des Röntgenstrahls die Frakturlinie nur im Randbereich zu sehen ist. Es handelt sich hierbei jedoch nicht, wie häufig angenommen wird, um eine knöchernen Ausrissfraktur aus dem Rand der Metaphyse, wie sie an knöchernen Sehnenansätzen durch Zug an der inserierenden Sehne auftritt.

Solche metaphysären Frakturen sind oft nur schwer zu erkennen, insbesondere wenn der Röntgenstrahl am Bildrand schräg auf die Metaphyse trifft, weil ein großes Bildformat gewählt wurde mit dem Ziel, eine gesamte Extremität vollständig auf einem einzelnen Bild zu erfassen. Daher werden solche Frakturen radiologisch unterdiagnostiziert, wie Vergleichsstudien mit postmortalen histologischen Untersuchungen ergeben haben [11]. Sie heilen rasch – in der Regel ohne Kallusbildung – und sind auf einer Röntgenaufnahme nach 4 bis 8 Wochen nicht mehr nachweisbar [17]. Metaphysäre Frakturen können auftreten, wenn **Traktions-/Torsionskräfte** auf die Enden der langen Röhrenknochen einwirken, wie sie bei heftigem Ziehen oder Drehen an einer Extremität entstehen [14]. Sie sind sehr spezifisch für eine Misshandlung, da sich Säuglinge aus eigener Kraft solche Frakturen nicht zuziehen können, z. B. durch Anschlagen mit der Extremität gegen eine Kante beim Strampeln oder Bewegungen der Arme. Metaphysäre Frakturen können jedoch auch als Geburtstrauma auftreten [13].

Subperiostale Knochenneubildung

Zwar handelt es sich bei der subperiostalen Knochenneubildung nicht um eine Fraktur, sondern in der Regel um eine Frakturfolge. Der Befund ist jedoch sehr häufig bei Frakturen im Säuglingsalter zu finden und kann bei Misshandlungsverdacht entscheidende Hinweise geben. Da eine subperiostale Knochenneubildung jedoch auch zu differenzialdiagnostischen Schwierigkeiten führen kann und nicht immer Folge einer Fraktur ist, soll sie ebenfalls hier behandelt werden.

Eine subperiostale Knochenneubildung ist auf Röntgenaufnahmen von körperlich misshandelten Kindern häufig zu finden. Sie entsteht infolge einer traumabedingten subperiostalen Blutung. Bei Säuglingen ist das Periost diaphysär aufgrund der noch geringen Zahl von Sharpey-Fasern weniger fest mit der Knochenoberfläche verbunden als beim einjährigen Kleinkind, bei älteren Kindern

Bei Neugeborenen ist der Knorpel-Knochen-Übergang in der Metaphyse die schwächste Stelle des Röhrenknochens

Metaphysäre Frakturen werden radiologisch unterdiagnostiziert

Die subperiostale Knochenneubildung ist auf Röntgenaufnahmen von körperlich misshandelten Kindern häufig zu finden

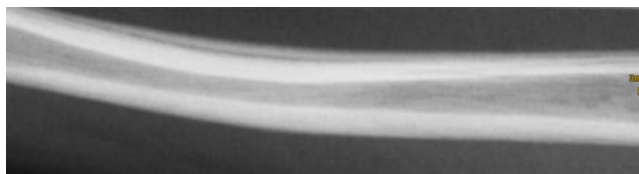


Abb. 5 ◀ Posttraumatische Periostabhebung mit subperiostaler Knochenneubildung

oder beim Erwachsenen, sodass sich das Periost bei einer Blutung entlang der Diaphyse leicht löst und unterblutet wird. Hierdurch wird die osteogene Schicht des Periosts von der Knochenoberfläche getrennt, und es kommt im Laufe der Organisation der Blutung zu einer von der Knochenhaut her beginnenden Verknöcherung. Diese ist auf einer Röntgenaufnahme als vom Knochen getrennte linienartige Struktur gut zu sehen (**Abb. 5**). Die Knochenhaut selbst ist so dünn, dass sie vor Einsetzen der Knochenneubildung auf einem Röntgenbild nicht zu erkennen ist. Eine solche subperiostale Knochenneubildung ist in der Regel ein Hinweis auf eine Fraktur. Sie sollte bei Röntgenaufnahmen, die aufgrund eines Misshandlungsverdachts angefertigt werden, Anlass geben, die entsprechende Stelle in einer 2. Ebene zu röntgen, wenn auf der ersten Aufnahme keine Fraktur erkennbar ist. Die subperiostale Knochenneubildung ist jedoch kein Beweis für eine Fraktur. Auch das feste Umgreifen der Extremität eines Säuglings kann in Verbindung mit Zug oder Drehbewegungen zu subperiostalen Blutungen mit Abhebung des Periosts und nachfolgender subperiostalen Knochenneubildung führen [14]. Ebenso kann durch indirekte Krafteinwirkung ein solcher Befund entstehen. Nach Kleinman können bei einem am Thorax umgriffenen und geschüttelten Säugling die starken beschleunigenden und dezelerierenden Kräfte, die hierdurch auf die umherschlenkernden Extremitäten einwirken, zu dem gleichen Bild einer subperiostalen Knochenneubildung führen [14].

Die subperiostale Knochenneubildung ist ein bei misshandelten Säuglingen zwar häufig zu erhebender Befund. Sie ist jedoch unspezifisch und kann als Traumafolge durch verschiedene Krafteinwirkungen, so z. B. auch als Geburtstrauma bei schwieriger Entbindung, beobachtet werden [14]. Des Weiteren tritt sie im Rahmen infektiöser und metabolischer Erkrankungen auf und ist darüber hinaus auch als physiologischer Befund bei Säuglingen v. a. am Femur, häufig in symmetrischer Ausprägung, zu beobachten [14].

Die subperiostale Knochenneubildung kann nicht nur als Traumafolge entstehen

Fazit für die Praxis

- Lokalisation, Art und Morphologie von Frakturen und Verletzungen am kindlichen Skelett unterscheiden sich deutlich von den bei Erwachsenen auftretenden knöchernen Traumafolgen.
- Die Verletzungsmuster hängen von der Art der Traumata und der Stärke der einwirkenden Kräfte ab, denen ein Mensch ausgesetzt ist, und diese ändern sich mit zunehmender Mobilität eines Kindes vom Säuglings- über das Kleinkind- bis zum Jugendalter in typischer Weise.
- Besondere Verletzungsmuster entstehen im Rahmen von Kindesmisshandlungen im Säuglingsalter, bei denen Kräfte auf den sehr unreifen Knochen einwirken, denen er sonst nicht ausgesetzt ist. Dies führt zu relativ charakteristischen Traumafolgen, den nichtakzidentellen knöchernen Verletzungen.
- Entscheidend bei der Einschätzung einer möglichen Ursache einer Fraktur, für die kein adäquater Unfall angegeben werden kann, sind das Alter und der Mobilitätsgrad eines Kindes.
- Jede Fraktur, auch wenn sie typisch für einen Unfall ist, kann ebenfalls durch Misshandlung hervorgerufen werden. Die häufigsten misshandlungsbedingten Frakturen bei Säuglingen betreffen Rippen, Metaphysen der langen Röhrenknochen und den Schädel; fast immer lässt sich im Verlauf eine subperiostale Knochenneubildung erkennen. Bei Kleinkindern mit misshandlungsbedingten Frakturen überwiegen Frakturen der langen Röhrenknochen.

Korrespondenzadresse

Dr. M. Born
 Radiologische Klinik – FE Kinderradiologie
 Universität Bonn, Adenauerallee 119, 53113 Bonn
 Mark.Born@ukb.uni-bonn.de

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. M. Born gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine Studien an Menschen oder Tieren.

Literatur

- Landin LA (1997) Epidemiology of children's fractures. *J Pediatr Orthop B* 6(2):79–83
- Clark EM (2014) The epidemiology of fractures in otherwise healthy children. *Curr Osteoporos* 12(3):272–278
- Sayama C, Chen T, Trost G, Jea A (2014) A review of pediatric lumbar spine trauma. *Neurosurg Focus* 37(1):E6
- Mabrey JD, Fitch RD (1989) Plastic deformation in pediatric fractures: mechanism and treatment. *J Pediatr Orthop* 9(3):310–314
- Currey JD, Butler G (1975) The mechanical properties of bone tissue in children. *J Bone Joint Surg Am* 57(6):810–814
- Kraus R, Schneidmüller D, Röder C (2005) Häufigkeit von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter. *Dtsch Arztebl* 102(12):A838–A842
- Kawamoto K, Kim WC, Tsuchida Y et al (2006) Incidence of physal injuries in Japanese children. *J Pediatr Orthop B* 15(2):126–130
- Von Laer L (1986) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Thieme, Stuttgart
- Bilo RAC, Robben SGF, van Rijn RR (2010) Forensic aspects of paediatric fractures. Springer, Berlin
- Herrmann B, Dettmeyer R, Banaschak S, Thyen U (2010) Kindesmisshandlung. Springer, Berlin
- Kemp AM, Dunstan F, Harrison S et al (2008) Patterns of skeletal fractures in child abuse: a systematic review. *BMJ* 337:a1518
- Leventhal JM, Martin KD, Asnes AG (2008) Incidence of fractures attributable to abuse in young hospitalized children: results from analysis of a United States database. *Pediatrics* 122(3):599–604
- Flaherty EG, Perez-Rossello JM, Levine MA et al (2014) Evaluating children with fractures for physical abuse. *Pediatrics* 133(2):e477–489
- Kleinman P (1998) Diagnostic imaging of child abuse. Mosby, St. Louis
- Bennet BL, Chua MS, Care M et al (2011) Retrospective review to determine the utility of follow-up skeletal surveys in child abuse evaluations when the initial skeletal survey is normal. *BMC Res Notes* 4:354
- Matshes EW, Lew EO (2010) Two-handed cardio-pulmonary resuscitation can cause rib fractures in infants. *Am J Forensic Med Pathol* 31(4):303–307
- Kleinmann PK (2008) Problems in the diagnosis of metaphyseal fractures. *Pediatr Radiol* 38:388–394

CME-Fragebogen

Bitte beachten Sie:

- Teilnahme nur online unter: springermedizin.de/eAkademie
- Die Frage-Antwort-Kombinationen werden online individuell zusammengestellt.
- Es ist immer nur eine Antwort möglich.

? Welche der folgenden Frakturen ist *nicht* typisch für das Kindesalter?

- Eine Fraktur des Os naviculare
- Eine Wulstfraktur des distalen Radius
- Eine Biegungsfraktur des Unterarms
- Eine Grünholzfraktur der Tibia
- Eine metaphysäre Fraktur vom Typ Salter Harris II

? Bei einem Sportunfall hat ein 12-jähriger Junge eine Fraktur vom Typ Aitken I erlitten. Welcher Knochen ist bei diesem Frakturtyp betroffen?

- Der Schädelknochen
- Ein Wirbelkörper
- Ein Röhrenknochen
- Eine Rippe
- Ein Handwurzelknochen

? Welcher/welche Knochen ist/sind bei Kindern und Jugendlichen am häufigsten von Frakturen betroffen?

- Der Humerus
- Der Radius
- Die Tibia
- Die Phalangen der Finger
- Die Rippen

? Ein 13-jähriges Mädchen ist mit der kleinen Zehe heftig gegen einen Treppenabsatz gestoßen. Die Zehe ist geschwollen und schmerzt. Auf der daraufhin angefertigten Röntgenaufnahme stellen sich die Phalangen der Zehe unauffällig dar. Neben der Basis des Os metacarpale V, die auf der Aufnahme am Bildrand gerade noch miterfasst ist, erkennt man jedoch eine kleine längliche Knochenstruktur (Abb. 6). Hier bestehen allerdings keine Schmerzen. Worum handelt es sich am ehesten?



Abb. 6 ▲

- Um ein abgesprengtes Knochenfragment infolge des Stoßes
- Um eine alte, in Abheilung befindliche Fraktur
- Um einen Ermüdungsbruch
- Um eine Ausrissfraktur
- Um eine Apophyse

? Bei einem 4-Monate alten Mädchen, das seit 2 Wochen hustet, wird eine Röntgenaufnahme der Lungen angefertigt. Hierauf findet sich ein zentrales/perihiläres beidseitiges Infiltrat. Zusätzlich ist eine Fraktur der 7. und 8. Rippe links ventrolateral erkennbar. Die Eltern erklären, das Kind sei in der vergangenen Woche vom Wickeltisch gestürzt. Wie schätzen Sie die Wahrscheinlichkeit einer Kindesmisshandlung ein?

- Niedrig, aufgrund der Hustenanamnese, kann es sich um ein „Hustenfraktur“ handeln.
- Niedrig, da ein plausibles Trauma vorangegangen ist, das die Fraktur erklären kann.
- Mittel, da misshandlungsbedingte Rippenfrakturen zumeist paravertebral (dorsomedial) und nicht ventrolateral auftreten.
- Mittel, da die Eltern von sich aus den Kinderarzt aufgesucht haben.
- Hoch, denn Rippenfrakturen bei einem Säugling haben einen Vorhersagewert für das Vorliegen einer Kindesmisshandlung von 70–90%



Für Zeitschriftenabonnenten ist die Teilnahme am e.CME kostenfrei

? Bei einem Neugeborenen besteht der Verdacht auf Kindeswohlgefährdung. Der Kinderarzt stellt eine Claviculafraktur fest. Hierbei kann es sich jedoch auch um ein Geburtstrauma handeln. Falls sich das Kind die Claviculafraktur durch den Geburtsvorgang zugezogen haben sollte, sollte spätestens ab welchem Alter bei dem Säugling auf dem Röntgenbild eine beginnende Kallusbildung zu sehen sein?

- Spätestens im Alter von 2 bis 3 Tagen
- Spätestens im Alter von einer Woche
- Spätestens im Alter von 10 bis 12 Tagen
- Spätestens im Alter von 3 Wochen
- Spätestens im Alter von 4 Wochen

? Auf einer Hüftübersichtsaufnahme eines 3 Monate alten Säuglings, die mit der Frage nach einer Hüftdysplasie angefertigt wurde, findet sich entlang des Femurs parallel zur Knochenoberfläche eine dünne helle Linie, die dem Periost mit subperiostaler Knochenneubildung entspricht. Wie gehen Sie vor?

- Der Befund kann physiologisch sein, sodass Sie bei fehlenden Verdachtsmomenten für eine Misshandlung nichts unternehmen müssen.
- Auch wenn es sich um einen Zufallsbefund handelt, lassen Sie den Femur ergänzend in einer zweiten Ebene röntgen.
- Unabhängig von der Ihnen geschilderten Anamnese erheben Sie den Verdacht auf Kindesmisshandlung.
- Wenn keine Fraktur vorliegt, können Sie körperliche Gewalt als Ursache ausschließen.
- Metabolische Erkrankungen können Sie als mögliche Ursache für diesen Befund ausschließen.

? Welche Antwort zur Häufigkeit unfallbedingter und misshandlungsbedingter Frakturen trifft zu?

- Es treten 85% der unfallbedingten Frakturen nach dem 5. Lebensjahr auf.
- Es treten 10% der unfallbedingten Frakturen im 1. Lebensjahr auf.
- Es sind 50% der Frakturen im 1. Lebensjahr durch eine Misshandlung bedingt.
- Es treten 30% der misshandlungsbedingten Frakturen in den ersten 18 Lebensmonaten auf.
- Mit dem Erlernen des Laufens nimmt die Häufigkeit unfallbedingter Frakturen ab.

? Um welchen Frakturtyp handelt es sich auf dieser Aufnahme (Abb. 7)?



Abb. 7 ▲

- Spiralbruch
- Metaphysäre Fraktur (CML)
- Grünholzfraktur
- Wulstfraktur
- Biegungsfraktur

? Ein von der Mutter röchelnd im Kinderbett aufgefundener 4 Monate alter bewusstloser Säugling wird vom Notarzt intubiert und mit dem Rettungswagen in die Klinik gebracht. Die Mutter gibt an, 2 h zuvor sei ihr das Kind beim Wickeln vom Wickeltisch gefallen, habe sich jedoch anschließend völlig normal verhalten. Auf den angefertigten Röntgenbildern sind eine vermutlich frische Schädelfraktur und eine weitgehend abgeheilte ventrolaterale Fraktur der linksseitigen 4. Rippe erkennbar. Am linken Femur ist eine subperiostale Knochenneubildung zu sehen. Wie gehen Sie weiter vor?

- Eine Kindesmisshandlung ist unwahrscheinlich, da die Rippenfraktur alt ist.
- Durch eine Wiederholung der Röntgenaufnahme sind bei pulmonal beschwerdefreiem Kind keine weiterführenden Erkenntnisse zu erwarten.
- Aufgrund der Schädelfraktur ist von einer Kindesmisshandlung auszugehen.
- Der linke Femur sollte er in einer 2. Ebene gezielt geröntgt werden.
- Die subperiostale Knochenneubildung ist als Misshandlungsfolge zu sehen.

Diese zertifizierte Fortbildung ist 12 Monate auf springermedizin.de/eAkademie verfügbar.

Dort erfahren Sie auch den genauen Teilnahmechluss. Nach Ablauf des Zertifizierungszeitraums können Sie diese Fortbildung und den Fragebogen weitere 24 Monate nutzen.