

S1 Leitlinie Trauma des muskuloskelettalen Systems im Kindes- und Jugendalter – Bildgebende Diagnostik

AWMF Reg.-Nr. 064-019

Letzte inhaltliche Überarbeitung: 26.02.2025

Revision geplant: 26.02.2030

Federführende Fachgesellschaft: Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie e.V. (GPR)

Weitere beteiligte Fachgesellschaft: Deutsche Röntgengesellschaft e.V. (DRG)

Autoren: Jörg Moritz ^{2,1}, Jürgen Frank Schäfer^{1,3}, Gabriele Hahn ^{4,1}, Thekla von Kalle ^{5,1}, Barbara Greiner ^{6,1}, Marc Steinborn ^{7,1}, Jürgen Weidemann ^{8,1} und Hans-Joachim Mentzel ^{9,1}

¹ Leitlinienkommission der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie

² Kinderradiologie, Klinik für Radiologie und Neuroradiologie, Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel, Haus C, Arnold-Heller Str. 3, 24105 Kiel

³ Bereich pädiatrische Radiologie, Abt. diagnostische und interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Tübingen, Hoppe-Seyler-Straße 3, 72076 Tübingen

⁴ Kinderradiologie, Universitäts-Kinderspital beider Basel (UKBB), Spitalstrasse 33 | CH-4031 Basel,

⁵ Kinderradiologie, Radiologisches Institut, Olgahospital, Klinikum Stuttgart, Kriegsbergstraße 62, 70174 Stuttgart

⁶ Institut für Röntgendiagnostik, Universitätsklinikum Regensburg, Franz-Josef-Strauß-Allee 11, 93053 Regensburg

⁷ Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie und Kinderradiologie, München Kliniken, Klinikum Schwabing, Kölner Platz 1, 80804 München

⁸ Kinderradiologie, Kinder- und Jugendkrankenhaus Auf der Bult, Janusz-Korczak-Allee 12, 30173 Hannover

⁹ Sektion Kinderradiologie, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsklinikum Jena, Am Klinikum 1, 07747 Jena

Konsensusfindung: Die repräsentativ zusammengesetzte Expertengruppe der Fachgesellschaften hat im informellen Konsens die vorliegende Leitlinie erarbeitet, die final von den Vorständen der beteiligten Fachgesellschaften verabschiedet wurde.

Präambel: Die Inzidenz für Verletzungen des muskuloskelettalen Systems (MSK) im Kindes- und Jugendalter ist hoch (jedes 3. Kind bis zum 16. Lebensjahr). Dabei können besondere, für Kinder und Jugendliche typische Verletzungsformen auftreten. Insbesondere unter dem Aspekt der Strahlenhygiene und des besonderen Schutzes, den Kinder vor unbehindertem/unbegründetem Einsatz von ionisierenden Strahlen benötigen, weicht das Vorgehen bei der bildgebenden Diagnostik nicht selten von dem im Erwachsenenalter etablierten Vorgehen ab. Da ein Mangel an spezialisierten Kinderradiologen besteht, werden verunfallte Kinder und Jugendliche mehrheitlich von Nicht-Kinderradiologen untersucht. Diese Leitlinie soll eine Orientierungshilfe für alle nicht auf Kinder spezialisierte Radiologen und Traumatologen sein, die verunfallte Neugeborene, Säuglinge, Kinder und Jugendliche untersuchen müssen. Sie entbindet den Fachkundigen nicht, im Einzelfall die rechtfertigende Indikation für eine Röntgenuntersuchung kritisch zu überprüfen. Bei Schädel-Hirn-Traumata und Verdacht auf Kindesmisshandlung wird auf die entsprechenden Leitlinien verwiesen.

Schlüsselempfehlungen

1. Röntgenaufnahmen in 2 senkrecht aufeinander stehenden Standardebenen mit Abbildung der angrenzenden Gelenke sollen als Basisdiagnostik angefertigt werden.
2. Bei klinisch sichtbarer Deformierung und OP-Indikation sollte die 2. Ebene nicht erzwungen werden.
3. Die Magnetresonanztomografie sollte bei Diskrepanz zwischen Klinik und Basisdiagnostik und bei komplexen Knorpel-, Weichteil- bzw. Gelenkverletzungen eingesetzt werden.
4. Die Computertomografie, ggf. alternativ die Magnetresonanztomografie, sollte unter Einsatz alters- und gewichtsadaptierter Protokolle bei komplexen Extremitäten-, Becken- und Wirbelsäulenverletzungen und ggf. präoperativ eingesetzt werden, wenn ossifizierte Skelettabschnitte beteiligt sind.
5. Die Sonografie kann in der Frakturdiagnostik und zur Verlaufsbeurteilung eingesetzt werden. (Siehe S2e Leitlinie Fraktursonographie, AWMF-Registernummer 085 003)
6. Die Sonografie kann bei komplizierten Weichteilverletzungen, die mittels Bildgebung abgeklärt werden müssen, durch den Kundigen primär eingesetzt werden.

Frakturen

- Röntgenübersichtsaufnahmen
 - Als Basisdiagnostik sollen Röntgenaufnahmen in 2 senkrecht aufeinander stehenden Standardebenen angefertigt werden
 - Bei klinisch sichtbarer Deformierung und gegebener Op-Indikation kann gegebenenfalls auf die zweite Ebene verzichtet werden.
 - Röntgenaufnahmen der Gegenseite sind obsolet!
 - Das Babygramm ist obsolet!
 - In Abhängigkeit von der Lokalisation der vermuteten Fraktur sollen Röntgenaufnahmen unter Einbeziehung des benachbarten Gelenks/der benachbarten Gelenke angefertigt werden.

- Bei initial unauffälligem Röntgenbild und persistierender Klinik soll ein Kontrollröntgen nach 7 – 14 Tagen durchgeführt werden (1 – 4). Auf den Aufnahmen können die durch eine Fraktur hervorgerufenen periostalen Reaktionen nachgewiesen werden. Alternativ kann eine MRT-Untersuchung die frische Fraktur bzw. das begleitende Knochenmarködem zeigen. Daher ist aus klinischer Sicht zu entscheiden, ob eine aktuelle Diagnosestellung eine therapeutische Konsequenz hätte.
- Bei dislokationsgefährdeten Frakturen (Condylus radialis Fraktur, suprakondyläre Humerusfraktur Typ IIa) soll nach 4 Tagen eine Röntgenkontrolle durchgeführt werden, um eine zunehmende Dislokation mit konsekutiven therapeutischen Konsequenzen sicher erkennen zu können (1).
- Bei Verdacht auf eine Schädelfraktur sollen keine Röntgenaufnahmen angefertigt werden (siehe Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma), außer es besteht der Verdacht auf eine Kindesmisshandlung (siehe Leitlinie Kindesmisshandlung).
- Sonografie (siehe Leitlinie Fraktursonografie)
 - Die Sonografie ist ein additives diagnostisches Verfahren in der Frakturdiagnostik.
 - Bei erfahrenen Untersuchern besitzt die Sonografie eine hohe Sensitivität und Spezifität (5 - 8).
 - Die Fraktursonografie kann die Röntgendiagnostik nicht komplett ersetzen (9), aber bei definierten Indikationen ergänzen und überflüssige Röntgenaufnahmen vermeiden.
 - Die Sonografie kann v.a. bei unklarer Lokalisation und Klinik hilfreich sein.
 - Begleitverletzungen wie subperiostales Hämatom, Periostzerreißung (10), Quetschungen, Hämatome und Gefäßverletzungen können erfasst werden.
 - Bei Patientinnen und Patienten mit Schädel-Hirn-Trauma ohne klinische Symptome, die entsprechend der Leitlinie Schädel-Hirn-Trauma eine CT – bzw. MRT-Untersuchung indizieren, und bei denen die Frage nach einer Schädelkalottenfraktur durch Bildgebung abgeklärt werden muss, soll eine Schädelkalottenfraktur mit der Sonografie diagnostiziert werden. Im Zweifelsfall wird bei klinischer Konsequenz (bei V.a. Impressionsfraktur, Schädelbasisfraktur und offener Schädelverletzung) die cCT bevorzugt. Bei Verdacht auf eine Kindesmisshandlung sollen entsprechend der Leitlinie Kindwohlgefährdung Röntgenaufnahmen zur Diagnose einer Schädelfraktur angefertigt werden.
 - Die Sonografie ist bei Rippen-, Sternum- und Claviculafrakturen (11 - 14) sowie Knorpelverletzungen der Epiphysen (15) den Standard-Röntgenaufnahmen überlegen.
 - Ist zur Diagnostik einer Claviculafraktur Bildgebung notwendig, sollte sie bei entsprechender Expertise sonografisch diagnostiziert werden.
 - Die Sonografie soll bei entsprechender Expertise und Akzeptanz als Standarddiagnostik bei dem Verdacht auf eine distale Unterarmfraktur im Wachstumsalter bis 12 Jahre angewendet werden, bei geplanter operativer Therapie oder erforderlicher Reposition soll zusätzlich eine Röntgenkontrolle erfolgen. Bei konservativer Therapie ist keine Röntgenkontrolle notwendig (16).
 - Subkapitale Humerusfrakturen können bei entsprechender Expertise und Akzeptanz sonografisch sicher ausgeschlossen werden (16). Die Sonografie sollte zur Messung der Achsabweichung eingesetzt werden, die sich scheinbar genauer als im Röntgenbild bestimmen lässt (17, 18). Wird eine subcapitale Humerusfraktur sonografisch

nachgewiesen, soll ein Röntgenbild in mindestens einer Ebene zum Ausschluss einer pathologischen Fraktur angefertigt werden.

- Lässt sich bei entsprechender Expertise eine Fraktur sonografisch sicher ausschließen, kann auf eine weiterführende Röntgendiagnostik zunächst verzichtet werden.
- MRT/CT
 - Ist anhand von Röntgenaufnahmen keine ausreichende Beurteilung möglich, sollte in Abhängigkeit von der Klinik und Lokalisation (z.B. Becken/Wirbelsäule) sowie vom Ausmaß der Verletzung (z.B. komplexe Frakturen, Übergangsfrakturen) bzw. zur Therapieplanung ergänzend eine Schnittbild-Untersuchung angeschlossen werden. Aus Strahlenschutzgründen ist bei gleicher Aussagekraft der MRT der Vorzug zu geben.
 - Die MRT ist das Verfahren der Wahl bei eindeutiger klinischer Symptomatik ohne sicheren Frakturachweis im Röntgenbild (19, 20)
 - Die MRT ist das Verfahren der Wahl zur Diagnostik von Knorpel- und begleitenden Weichteilverletzungen (Nerven, Gefäße) (21 – 23)
 - Die CT sollte nur bei speziellen Fragestellungen zur Diagnostik und Therapieplanung bei Beteiligung ossifizierter Skelettabschnitte eingesetzt werden (z.B. Übergangsfrakturen, komplexe Becken-, Wirbelsäulen-, Ellenbogen- und Handfrakturen), wenn es sich um lebensbedrohliche Zustände handelt oder wenn das MRT nicht ausreichend diagnostisch ist.

Weichteilverletzungen

- Sehnen-, Muskel-, Bandverletzungen
 - Verfahren der ersten Wahl sollte bei entsprechender Expertise die Sonografie sein (24, 25).
 - Zur erweiterten Diagnostik soll die MRT eingesetzt werden (24). Die MRT kann bei entsprechender Lokalisation Bildgebung der ersten Wahl sein.
- Gelenkbinnenschaden
 - Als Methode der Wahl soll bei Verdacht auf einen Gelenkbinnenschaden die MRT eingesetzt werden (48 – 51)
- Nervenverletzungen
 - Initiales bildgebendes Verfahren zur Abklärung von Nervenverletzungen sollte bei entsprechender Expertise die Sonografie sein (26-30).
 - Die weiterführende Diagnostik sollte mit der MRT durchgeführt werden (21-35)
- Gefäßverletzungen
 - Als Methode der ersten Wahl und Screening-Verfahren soll bei Verdacht auf Gefäßverletzungen die farbkodierte Duplexsonografie durch den Kundigen eingesetzt werden (36-42).
 - Durch Applikation von Ultraschall-Kontrastmittel (CEUS – Contrast enhanced ultrasound; Off label use) können im Ultraschall aktive Blutungen nachgewiesen werden (43,45).
 - Ist die sonographische Diagnostik nicht ausreichend genau, kann zur weiterführenden Diagnostik eine MR-Angiografie angefertigt werden (44).
 - Eine CT-Angiografie soll nur in zeitkritischen Fällen oder speziellen Fällen durchgeführt werden, in denen kleine Gefäße beurteilt werden müssen, die

unterhalb der Auflösung des MRTs liegen oder im Ultraschall nicht übersichtlich genug dargestellt werden können.(36,45,46,47).

- Eine digitale Subtraktionsangiografie sollte nur bei zusätzlich geplanter Intervention durchgeführt werden.

1. Von Laer L, Kraus R, Linhart WE (2013) Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. Thieme Verlag, Stuttgart, New York 6. Auflage.
2. O'Dell MC, Jaramillo D, Bancroft L, Varich L, Logsdon G, Servaes S (2016) Imaging of sports-related injuries of the lower extremity in pediatric patients. RadioGraphics 36: 1807 – 1827
3. Alison M, Azoulay R, Tilea B, Sekkal A, Presdo A, Sebag G (2009) Imaging strategies in paediatric musculoskeletal trauma. Pediatr Radiol 39 (Suppl 3) S414 – S421
4. Powell-Doherty RD, Raynor NE, Goodenow DA, Jacobs DG, Stallion A (2017) Examining the role of follow-up surveys in non-accidental trauma. Am J Surg 213: 606 – 610
5. Rabiner JE, Khine H, Avner JR, Friedmann LM, Tsung JW (2013) Accuracy of point-of-care ultrasonography for diagnosis of elbow fractures in children. Ann Emerg Med 61: 9 – 17
6. Eckert K, Ackermann O, Janssen N, Schweiger B, Radeloff E, Liedgens P (2014) Accuracy of the sonographic fat pad sign for primary screening of pediatric elbow fracture: a preliminary study. J Med Ultrasonics DOI 10.1007/s10396-014-0525-0
7. Moritz JD, Berthold LD, Soenksen SF, Alzen GF (2008) Ultrasound in diagnosis of fractures in children: unnecessary harassment or useful addition to x-ray? Ultraschall in Med 29: 267 – 274
8. Moritz JD, Hoffmann B, Meuser S, Sehr D, Caliebe A, Heller M (2010) Ist die Sonographie der Röntgendiagnostik in der pädiatrischen Frakturdiagnostik gleichwertig? Fortschr Röntgenstr 182: 706-714
9. Tougas C, Brimmo O (2022) Common and consequential fractures that should not be missed in children. Pediatr Ann 51: e357 – e363
10. Mayr JM, Grechning W, Höllwarth ME (2004) Musculoskeletal ultrasound in pediatric trauma. Eur J Trauma 30: 150-160
11. Blab E, Geissler W, Rokitansky A (1999) Sonographic management of infantile clavicular fractures. Pediatr Surg Int 15: 251-254
12. Engin G, Yekeler E, Guloglu R et al. (2000) US versus conventional radiography in the diagnosis of sternal fractures. Acta Radiol 41: 296-299
13. Kayser R, Mahlfeld K, Heyde C et al. (2003) Ultrasonographic imaging of fractures of the clavicle in newborn infants. J Bone Joint Surg Br 85: 115-116
14. Kara M, Dikmen E, Erdal HH et al. (2003) Disclosure of unnoticed rib fractures with the use of ultrasonography in minor blunt chest trauma. Eur J Cardiothorac Surg 24: 608-613
15. Grechning W, Clement HG, Schatz B, Tesch NP (2002) Ultrasound diagnosis in trauma: elbow and hand. Orthopäde 31: 271-277

16. Eckert K, Ackermann O (2015) Sonographische Frakturdiagnostik. Radiologe 55: 992-999
17. Ackermann O, Sesia S, Berberich T et al (2010) [Sonographic diagnostics of proximal humerus fractures in juveniles]. Unfallchirurg 113: 839 – 842
18. Ackermann O, Eckert K, Rüländer C, Enfres S, von Schulze-Pellengahr C (2013) [Ultrasound-based treatment of proximal humerus fractures in children]. Z Orthop Unfall 151: 48 - 51
19. Stiris MG, Lilleas FG (1997) MR findings in cases of suspected impacted fractures of the femoral neck. Acta radiol 38: 863-868
20. Gufler H, Schulze CG, Wagner S, Baumbach L (2013) MRI for occult physeal fracture detection in children and adolescents. Acta Radiol 54: 467-472
21. Jaramillo D, Shapiro F (1998) Musculoskeletal trauma in children. Magn Reson Imaging Clin N Am 6: 521-536
22. Ecklund K (2002) Magnetic resonance imaging of pediatric musculoskeletal trauma. Top Magn Reson Imaging 13: 203-207
23. Snachez TR, Jadhav SP, Swischuk LE (2009) MR imaging of pediatric trauma. Magn Reson Imaging Clin N Am 17: 439-450
24. Piccolo CL, Galluzzo M, Ianniello S et al. (2017) Pediatric musculoskeletal injuries: role of ultrasound and magnetic resonance imaging. Musculoskelet Surg 101 (suppl 1): S85-S102
25. Pai DR, Thapa M (2013) Musculoskeletal ultrasound of the upper extremity in children. Pediatr Radiol 43 Suppl1: S48-S54
26. Somashekar DK, Di Pietro MA, Joseph JR (2016) Utility of ultrasound in noninvasive workup of neonatal brachial plexus palsy. Pediatr Radiol 46: 695-702
27. Lee J, Bidwell T, Metcalfe R (2013) Ultrasound in pediatric peripheral nerve injuries: can this affect our surgical decision making? A preliminary report. J Pediatr Orthop 33: 152-158
28. Padua L, Di Pasquale A, Liotta G et al. (2013) Ultrasound as a useful tool in the diagnosis and management of traumatic nerve lesions. Clin Neurophysiol 124: 1237-1243
29. Hollister AM, Simoncini A, Sciuk A, Jordan J (2012) High frequency ultrasound evaluation of traumatic peripheral nerve injuries. Neurol Res 34: 98-103
30. Karabay N, Toros T, Ademoglu Y, Ada S (2010) Ultrasonographic evaluation of the iatrogenic peripheral nerve injuries in upper extremity. Eur J Radiol 73: 234-240
31. Gunes A, Bulut E, Uzumcugil A, Oquz KK (2018) Brachial plexus ultrasound and MRI in children with brachial plexus birth injury. AJNR 39: 1745-1750
32. Aqqarwal A, Srivastava DN, Jana M et al. (2017) Comparison of different sequences of magnetic resonance imaging and ultrasonography with nerve conduction studies in peripheral neuropathies. World Neurosurg 108: 185-200
33. Mitchell CH, Brushart TM, Ahlawat S et al. (2014) MRI of sports-related peripheral nerve injuries. AJR 203: 1075-1084
34. Cortes C, Ramos Y, Restrepo R et al. (2013) Practical magnetic resonance imaging evaluation of peripheral nerves in children: magnetic resonance neurography. Radiol Clin North Am 51: 673-688

35. Birchansky S, Altman N (2000) Imaging the brachial plexus and peripheral nerves in infants and children. *Semin Pediatr Neurol* 7: 15-25
36. Jaiparia J, Sagar S, Singhal M et al. (2014) Paediatric extremity vascular injuries – experience from a large urban trauma centre in India. *Injury* 45: 176-182
37. Benedetti Valentini M, Farsetti P, Martinello O et al. (2013) The value of ultrasonic diagnosis in the management of vascular complications of supracondylar fractures of the humerus in children. *Bone Joint J* 95: 694-698
38. Mollberg NM, Wise SR, Banipal S et al. (2013) Color-flow duplex screening for upper extremity proximity injuries: a low yield strategy for therapeutic intervention. *Ann Vasc Surg* 27: 594-598
39. Kirkwood ML, Chamseddin KH, Hanson B et al. (2018) Continued ultrasound surveillance required after hand ischemia associated with trauma in children. *Ann Vasc Surg* 51: 119-123
40. Salvati S, Settembrini AM, Bissacco D et al. (2017) Vascular injury due to humerus fracture in pediatric age: When the treatment is mandatory. *Ann Vasc Surg* 44: 420.e11-420.e15
41. Jones SD, Fischer J, Kwan C et al. (2016) Traumatic femoral artery thrombosis diagnosed by point-of-care ultrasonography in the pediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care* 32: 885-887
42. Bergqvist D, Karacagil S, Westman B (1998) Paediatric arterial trauma. *Eur J Surg* 164: 723-731
43. Miele V, Piccolo CL, Galluzzo M et al (2016) Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in blunt abdominal trauma. *Br J Radiol* 89(1061):20150823
44. Menichini G, Sessa B, Trinci M et al. (2015) Accuracy of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in the identification and characterization of traumatic solid organ lesions in children: a retrospective comparison with baseline US and CE-MDCT. *Radiol Med* 120: 989-1001
45. Tolhurst SR, Vanderhave KL, Caird MS et al. (2013) Cervical arterial injury after blunt trauma in children: characterization and advanced imaging. *J Pediatr Orthop* 33: 37-42
46. Babar S, Amin MU, Kamal A, Rana A (2016) The role of 320 Slice CT angiography in predicting vascular trauma. *J Coll Physicians Surg Pak* 26: 23-26
47. Fishman EK, Horton KM, Johnson PT (2008) Multidetector CT and three-dimensional CT angiography for suspected vascular trauma of the extremities. *Radiographics* 28: 653-665
48. Würfel A, Hofmann-von-Kap-herr SH, Engel V, Linke F (1995) Diagnostic possibilities and treatment approaches for fracture of the intercondylar eminence in the growth period. *Unfallchirurgie* 21: 124-129
49. Andrich JT (1996) Meniscal injuries in children and adolescents: Diagnosis and management. *J Am Acad Orthop Surg* 4: 231-237
50. Soler R, Lopez-Fernandez F, Rodriguez E, Marini M (2002) Hemophilic arthropathy. A scoring system for magnetic resonance imaging. *Eur Radiol* 12: 836-843
51. Kreitner KF, Romanehsen B, Krummenauer F et al. (2006) Fast magnetic resonance imaging of the knee using a parallel acquisition technique (mSENSE): a prospective performance evaluation. *Eur Radiol* 16: 1659-1666

Versionsnummer:	2.0
Erstveröffentlichung:	06/2019
Letzte inhaltliche Überarbeitung:	02/2025
Nächste Überprüfung geplant:	02/2030

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