

R. Kraus^{1,2}

Primär- und Verlaufsdiagnostik bei Frakturen im Wachstumsalter

Primary and follow-up diagnostics in growth age fractures

Zusammenfassung: Die klinische und bildgebende Diagnostik in der Kindertraumatologie dient dem Nachweis von Frakturen und anderen Verletzungen. Sie darf keine zusätzlichen Schmerzen bereiten. Der Strahlenschutz ist besonders zu berücksichtigen, dennoch ist das konventionelle Röntgenbild unverzichtbar. Der Ultraschall wird in Zukunft einen größeren Stellenwert erlangen. CT und MRT sind wenigen, bestimmten Fragestellungen vorbehalten. Die Verlaufs- und Kontrolldiagnostik sollte vorwiegend in der klinischen Befunderhebung und -dokumentation bestehen.

Schlüsselwörter: Frakturen, Wachstumsalter, Röntgen, Ultraschall

Zitierweise

Kraus R: Primär- und Verlaufsdiagnostik bei Frakturen im Wachstumsalter. OUP 2013; 12: 572–576, DOI 10.3238/oup.2013.0572–0576

Abstract: Clinical and imaging diagnostics in pediatric traumatology are dedicated to the detection of fractures and other injuries. They must not cause any additional pain. Radiation protection requires special consideration, however, the conventional radiograph still is essential. Ultrasound will gain more importance in the future. CT and MRI are reserved for a few specific issues. Follow-up diagnosis and controls should mainly consist of clinical investigation and its documentation.

Keywords: fractures, growth age, X-ray, ultrasound

Zitierweise

Kraus R: Primary and follow-up diagnostics in growth age fractures. OUP 2013; 12: 572–576, DOI 10.3238/oup.2013.0572–0576

Einleitung

Ziel der bildgebenden Diagnostik am Bewegungsapparat bei Kindern und Jugendlichen nach einem akuten Trauma ist primär der Ausschluss aktiv behandlungsbedürftiger Verletzungen [1]. Liegen solche nicht vor, so muss die vollständige Diagnostik einer Verletzung nicht im Rahmen der ersten Untersuchung und Behandlung erzwungen werden. Patient, Eltern und Arzt können sich vielmehr zunächst mit der Schmerzbehandlung zufriedengeben und die detailliertere Diagnostik, wenn dann überhaupt noch notwendig, im Verlauf durchführen. Grundsätzlich stehen sämtliche Verfahren der modernen bildgebenden Diagnostik auch bei Kindern und Jugendlichen zur Verfügung. Das Spektrum reicht vom konventionellen Röntgenbild und der Sonografie über CT und MRT bis hin zu seltenen In-

dikationen der Angiografie und Szintigrafie.

Grundsätzlich andere Anwendungsgebiete erschließen sich im Rahmen der Verlaufsdiagnostik und -dokumentation, sowie im Grenzgebiet zwischen Kindertraumatologie und Kinderorthopädie. Hier geht es dann nicht darum, eine knöchernen Verletzung und ihre Fehlstellung zu identifizieren und zu quantifizieren, sondern vielmehr darum, Krankheitsbilder und ihr Stadium zu erkennen, Traumafolgenzustände zu erfassen und korrigierende Eingriffe zu planen.

Akute Verletzungsdiagnostik

Die Vorstellung von Kindern und Jugendlichen nach einem Trauma des Bewegungsapparats zur Diagnostik und Behandlung erfolgt aus 2 wesentlichen Gründen. Der erste ist der Schmerz, des-

sen Behandlung immer im Vordergrund stehen muss, und der schon im Rahmen der Verletzungsdiagnostik berücksichtigt und gemildert werden muss [2]. Dies geschieht in aller Regel zuerst in Form einer Ruhigstellung, insbesondere bei Verletzungen der Extremitäten, gegebenenfalls unterstützt durch eine alters- und schmerzgerecht adaptierte Analgetikagabe. Der 2. Grund ist eine sichtbare Deformierung des Bewegungsapparats, sei es in Form einer Schwellung oder einer augenfälligen Fehlstellung.

Klinische Primärdiagnostik

Zur klinischen Diagnostik gehört natürlich eine Anamneseerhebung, die sich – oft gestützt auf fremdanamnestic Angaben – zunächst nicht mit Details eines Verletzungshergangs wie z.B. des Distorsionsmechanismus des

¹ Asklepios Klinik Lich

² Li-La – Licht und Lachen für kranke Kinder e.V.



Abbildung 1 Röntgenbild nach Ellbogen-trauma bei einem 4-jährigen Jungen. Starke Schwellung und Deformierung der Ellbogen-region. Die ap-Aufnahme zeigt eindeutig eine schwer dislozierte Fraktur des Kondylus radialis humeri. Die Indikation zum weiteren operativen Vorgehen ist unzweifelhaft gegeben. Die – womöglich schmerzhafte – radiologische Darstellung in einer 2. Ebene ist nicht zwingend erforderlich.

Sprunggelenks aufhalten muss. Sie sollte sich vielmehr auf einige wenige Angaben wie Sturzhöhe, Unfallzeitpunkt und ggf. auch schon den Zeitpunkt der letzten Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme beschränken. Es sollte insbesondere im Falle offensichtlich dislozierter Verletzungen nie versäumt werden, die Begleitpersonen darauf aufmerksam zu machen, dass die verletzten Kinder in der anstehenden Wartezeit nicht durch die Gabe von süßen Getränken oder Schokoriegeln getröstet werden dürfen. Damit können Diskussionen über den Zeitpunkt schon zu diesem Zeitpunkt offensichtlich notwendiger Maßnahmen in Narkose vermieden werden.

Die eigentliche klinische Untersuchung beschränkt sich dann auf die Inspektion und die vorsichtige Palpation der verletzten Region, Letzteres nach Ankündigung dieser Maßnahme. Schmerzhafte Funktionsprüfungen oder gar das Auslösen sicherer Frakturzeichen wie der Krepitation oder pathologischen Beweglichkeit verbieten sich. Die Kontrolle der Peripherie in Hinblick auf Durchblutung und Nervenfunktion darf jedoch nicht vernachlässigt werden, genauso wie die Dokumentation der Ergebnisse [3, 4].



Abbildung 2 6-jähriges Mädchen. Schmerzen und leichte Schwellung am Unterschenkel nach Sturz. Das Röntgenbild im seitlichen Strahlengang gaukelt eine völlig unverschobene Fraktur vor. Erst die 2. Ebene zeigt das vollständige Dislokationsausmaß und ist damit nicht verzichtbar.

Bildgebende Primärdiagnostik

Das Arbeitspferd der Bildgebung in der Kindertraumatologie ist das **konventionelle Röntgenbild** der verletzten Körperregion in 2 Ebenen. Es dient der Darstellung von Frakturen und Gelenkluxationen. Bei klinisch offensichtlich dislozierten Verletzungen kann dabei im Einzelfall auf die 2. Ebene verzichtet werden, wenn das erste Röntgenbild zum einen die Verletzung eindeutig identifizieren lässt und zum Zweiten damit die Notwendigkeit einer weiteren Intervention in Narkose zweifelsfrei indiziert werden kann (Abb. 1). Keinesfalls verzichtet werden kann auf die 2. Ebene

der konventionellen Röntgendiagnostik, wenn das erste Röntgenbild keine oder eine nicht oder nur gering dislozierte Fraktur zeigt. Die 2. Ebene kann dann eine Fraktur oder einen höheren Dislokationsgrad erst zutage fördern [4] (Abb. 2).

Obsolet ist das Röntgen der Gegenseite im Rahmen der primären Verletzungsdiagnostik. Für die strikte Ablehnung des Gegenseite-Röntgens gibt es verschiedene, schwerwiegende Argumente, die leider auch heute noch oft mit fadenscheinigen Begründungen unterlaufen werden [1]. Letztendlich ist es immer die Unkenntnis der altersadaptierten normalen Röntgenanatomie, die

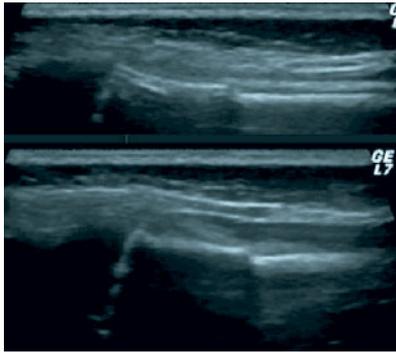


Abbildung 3 Sonografische Darstellung einer undiszierten distalen Radiusfraktur bei einem 4-jährigen Jungen. Die standardisierte Befunderhebung in mehreren Ebenen erlaubt den Ausschluss einer nicht tolerablen Achsabweichung.



Abbildung 4 Fotografische Dokumentation des Bewegungsumfanges nach konservativer Behandlung einer suprakondylären Oberarmfraktur Typ II. Oben 6 Wochen nach Gipsabnahme, unten 12 Wochen nach Gipsabnahme.

den Untersucher das gegenseitige Röntgen notwendig erscheinen lässt.

- Die Röntgenuntersuchung einer unverletzten Körperregion ist unter Gesichtspunkten des Strahlenschutzes äußerst fragwürdig. Eine rechtfertigende Indikation ist hier nicht zu stellen.
- Das Röntgen der unverletzten Gegenseite garantiert keinesfalls, dass die Pathologie auf der verletzten Seite korrekt diagnostiziert wird.
- Es ist zu spät und unangemessen, sich erst angesichts des verletzten Kindes oder Jugendlichen über die normale Anatomie zu informieren. Dieses Kenntnis gehört zum unabdingbaren Rüstzeug des kindertraumatologisch Tätigen [5].

Der Kindertraumatologe darf sich darüber im Klaren sein, dass ein akuter Behandlungsbedarf nicht vorliegt, wenn er Schwierigkeiten mit der Beurteilung einer akuten Fraktur hat, deren Typ und Dislokationsausmaß er nicht eindeutig identifizieren kann.

In diesem Falle ist es absolut angemessen, der Schmerzbehandlung in Form der Ruhigstellung Vorrang zu geben, die gleichzeitig auch die adäquate Therapie für die vermutete oder tatsächlich vorhandene Fraktur darstellt. Die weitere Klärung kann dann im Intervall durch einen Methodenwechsel erfolgen. Dieser kann schon in der Hinzuziehung eines kindertraumatologisch erfahreneren Kollegen bestehen, dem die vorhandenen Röntgenbilder zur schlussendlichen Diagnosestellung und

Therapieplanung vielleicht ausreichen. Außerdem kann gezielt ein anderes bildgebendes Verfahren zur Anwendung kommen, je nach Fragestellung der Ultraschall, eine Computertomografie oder eine Kernspintomografie. Nur in speziellen Einzelfällen, so z.B. der primär undiszierten Kondylus-Radialis-Fraktur des distalen Humerus, ist eine kurzfristige röntgenologische Kontrolluntersuchung nach 4–5 Tagen zum Ausschluss einer sekundären Dislokation indiziert.

Die **Ultraschalluntersuchung** des Bewegungsapparates nimmt zweifelsfrei rapide an Bedeutung für die kindertraumatologische Diagnostik zu (Abb. 3). Die Wertigkeit für die Identifikation einer Fraktur ist inzwischen für etliche Körperregionen an Hand signifikanter Studienergebnisse belegt [6, 7]. Für bestimmte Konstellationen bei undiszierten Frakturen ergibt sich sogar eine Überlegenheit der Sonografie gegenüber dem konventionellen Röntgen [8]. Defizite gibt es noch bei der Bestimmung von Dislokationsgraden und -winkeln [9], deren Vermessung jedoch ständig weiter entwickelt wird [10]. Perfekt dagegen erscheint der Ultraschall schon jetzt in vielen Fällen zur Verlaufsbeobachtung mit der Fragestellung der Kallusformation und Konsolidierung geeignet.

CT und MRT finden in der Kinder- und Jugendtraumatologie im Wesentlichen postprimär ihre Anwendung. Eine Kernspintomografie in der Diagnostik der akuten Verletzungsfolgen führt bei einem Teil der Patienten zu einer Ände-

rung der Frakturklassifikation, zur Detektion zusätzlicher Frakturen [11, 12], insbesondere des sog. Bone bruise (Knochenödem) als Ausdruck einer Knochenstauchung und zur Darstellung der Verletzung ligamentärer Strukturen [13, 14]. Diese Zusatzuntersuchungen führen aber weder zu einer Änderung des Therapieregimes [15], noch lassen sie Rückschluss auf die Prognose einer Verletzung bezüglich zu erwartender Wachstumsstörungen oder Funktionseinschränkungen zu [16].

Indiziert ist dagegen die Magnetresonanztomografie immer dann, wenn weniger eine knöchernen Verletzung als ein Gelenkbinnenraumtrauma als führende Verletzung vermutet wird. Beispiele hierfür sind die Verletzungen der Menisken und des Kreuzbandapparats am Kniegelenk, die Folgen einer der seltenen Schulterluxationen im Kindes- und Adoleszentenalter oder die traumatische Osteochondrosis dissecans.

Verlaufsdagnostik und Kontrollen

Während die Diagnosefindung in der Notfallsituation und postprimär vorwiegend bildgebend erfolgt – wenn Anamnese und klinisches Bild für das Vorliegen einer knöchernen Verletzung sprechen – werden Kontroll- und Verlaufsuntersuchungen im Wesentlichen klinisch im Rahmen der körperlichen Untersuchung durchgeführt [4]. Einen Überblick dazu gibt Tabelle 1.

Indikation	Klinisch	Radiologisch
Therapiephase		
Unfall	x	xxx
Nach Reposition/Redression	(x)	xxx
Konsolidation	xx (keine Funktionskontrolle)	(x) obligat nur in besonderen Fällen
Wachstumsphase		
Funktionskontrolle	xxx (Dokumentation fotografisch)	nur bei ausbleibender Funktion
Wachstumskontrolle	xxx (Dokumentation fotografisch)	nur bei klinischem Anhalt für Wachstumsstörung

Tabelle 1 Schwerpunkte der klinischen und bildgebenden Diagnostik nach knöchernen Verletzungen im Wachstumsalter.

Die erste Kontrollindikation im Verlauf einer Frakturbehandlung ist die Konsolidierung der Fraktur. Die Konsolidierungskontrolle wird nach 4–6 Wochen durchgeführt und stellt in vielen Fällen gleichzeitig das Ende der Gipsruhigstellung dar, bzw. fällt mit der Planung der zeitnahen Metallentfernung zusammen.

Soll nach konservativer Frakturbehandlung die Konsolidierung einer Fraktur überprüft werden, so kann dies in der überwiegenden Zahl der Fälle klinisch geschehen. Nach Gipsabnahme wird dabei der Frakturkallus vorsichtig palpirt, nachdem zuvor das Einverständnis des Patienten eingeholt wurde. Lässt sich hier keine Druckschmerzhaftigkeit auslösen, darf von einer ausreichenden Konsolidierung ausgegangen werden. Eine röntgenologische Darstellung ist dann nicht notwendig. Zweifelnde Begleitpersonen können gut mit einer Ultraschalldarstellung der Kalluswolke beruhigt werden [2]. Im Falle einer operativen Versorgung und der unmittelbar nach der Konsolidierung geplanten Metallentfernung darf jedoch nicht auf die radiologische Dokumentation des aktuellen Befunds verzichtet werden, da nach Metallimplantation eine Heilungsverzögerung nicht selbstverständlich ausgeschlossen werden kann [17]. Weitere, seltenere Indikationen zur radiologischen Kontrolle der Konsolidierung gibt es bei den wenigen bekannten komplikationsträchtigen Frakturen im Wachstumsalter. Exemplarisch seien hier die konservativ behandelte Kon-

dylus-Radialis-Fraktur mit der Gefahr der sekundären Dislokation und Pseudarthrosenbildung und der metaphysäre Biegungsbruch der proximalen Tibia mit der Gefahr des progredienten, posttraumatischen Genu valgum genannt. In der überwiegenden Mehrzahl der kindertraumatischen Frakturen insbesondere an Hand, Fuß, proximalem Oberarm und distalem Unterarm kann aber auf ein Konsolidierungsröntgenbild verzichtet werden.

Es kann nur davor gewarnt werden, gleichzeitig neben der dann fälligen klinischen Konsolidierungskontrolle unmittelbar nach Gipsabnahme eine erste Funktionsprüfung durchzuführen. Die erste Bewegung eines zumal verletzten Gelenks nach 3- oder 4-wöchiger Gipsruhigstellung verursacht Schmerzen. Dieser Schmerz deutet jedoch keinesfalls auf eine unzureichende Frakturheilung oder gar ein persistierendes intraartikuläres Problem hin, sondern ist vielmehr normaler Ausdruck der lang andauernden Ruhigstellung. Äußert das Kind aber erst einmal Schmerzen oder weint gar, ist eine Differenzierung nicht mehr durchführbar und vor allem die Begleitpersonen sind völlig verunsichert und verlangen nach weiterer Diagnostik. Eine erste Funktionskontrolle eines Gelenks sollte nicht vor Ablauf von 2–3 Wochen nach der Gipsabnahme durchgeführt werden.

Zu diesem Zeitpunkt ist es dann sehr wichtig zu formulieren, welcher Bewegungsumfang beispielsweise eines Ellbogengelenkes denn erwartet werden darf, um einer Enttäuschung bei z.B.

noch nicht vollständiger Streckung oder Beugung vorzubeugen. Wenn der Fortschritt der Bewegungsfähigkeit bildgebend dokumentiert werden soll, so ist eine systematische fotografische Dokumentation zu empfehlen [4] (Abb. 4). Eine Röntgenkontrolle aufgrund eines ausbleibenden Bewegungsumfangs nach Gelenkverletzung und Ruhigstellung ist erst dann indiziert, wenn im zeitlichen Verlauf nicht das zu erwartende Bewegungsausmaß erreicht wird. Analoge Überlegungen gelten natürlich auch für die Belastungsaufnahme und -steigerung an der unteren Extremität.

Im Rahmen einer längerfristigen Wachstumskontrolle sind verschiedene Fragestellungen zu beantworten. Indiziert sind Wachstumskontrollen im Falle verbliebener Fehlstellungen und Deformierungen (Achsabweichungen, Verkürzungen) zum Zeitpunkt der knöchernen Konsolidierung. Dann sollten Wachstumskontrollen bis zum erwarteten, wachstumsassoziierten Ausgleich der sichtbaren Deformierung durchgeführt werden. Ebenfalls indiziert sind Wachstumskontrollen im Falle von Verletzungen, in deren Folge eine signifikante Wachstumsstörung, insbesondere in Form eines vorzeitigen partiellen oder vollständigen Wachstumsfugenverschlusses mit hinreichender Wahrscheinlichkeit vorkommen kann. Dazu zählen vor allem, aber nicht nur, unmittelbare Verletzungen der Wachstumsfuge selbst. Die Wachstumskontrollen sollten dann an der oberen Extremität bis zu 2 Jahren, an der unteren Extremität sogar noch da-

rüber hinaus regelmäßig durchgeführt werden. Die Befunderhebung erfolgt dann selbstverständlich primär klinisch. Erst wenn die klinische Untersuchung Anhalt für eine sekundär aufgetretene Abweichung gibt (z.B. Ausbildung einer Klumphand nach distaler Radiusfraktur, Varisierung des Sprunggelenks nach Innenknöchelfraktur oder Beinlängendifferenz nach distaler Femurfraktur), ist eine radiologische Darstellung der problematischen Körperregion gerechtfertigt.

Für die Kontrollindikationen der sogenannten Wachstumsphase gilt: Funktion und Wachstum sollen und können nicht im Röntgenbild dargestellt werden!

Schlussfolgerungen

Mehr als in jeder anderen Altersgruppe ist es bei Kindern und Jugendlichen not-

wendig, diagnostische Maßnahmen zielgerichtet und mit strenger Indikation einzusetzen. Es muss vermieden werden, dass diagnostische Maßnahmen zusätzliche, vermeidbare Schmerzen verursachen. Bei klinischem Frakturverdacht ist das konventionelle Röntgenbild das Arbeitspferd der bildgebenden Diagnostik. Adäquate technische Voraussetzungen müssen den bestmöglichen Strahlenschutz gewährleisten. Die Sonografie wird in Zukunft einen guten Teil der röntgenologischen Diagnostik ersetzen können. Dazu werden derzeit in etlichen Studien die wissenschaftlichen Grundlagen geschaffen. Die Schnittbilddiagnostik in Form des CT und des MRT sollte wenigen bestimmten Fragestellungen vorbehalten bleiben. Sie ersetzt nicht die subtile und fundierte Kenntnis altersspezifischer Verletzungsmuster, die der Kindertraumatolo-

ge vorhalten muss. Die Verlaufsbeobachtung nach einer Fraktur im Wachstumsalter basiert vor allem auf der klinischen Untersuchung und deren Dokumentation. 

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass keine Interessenkonflikte im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors bestehen.

Korrespondenzadresse

PD Dr. med. Ralf Kraus
Klinik für Unfallchirurgie,
Orthopädie, Wirbelsäulen- und
Kindertraumatologie
Asklepios Klinik Lich
Goethestraße 4
35423 Lich
kindertraumatologie.lich@asklepios.com

Literatur

1. Kraus R, Berthold LD, v Laer L. Effiziente Bildgebung von Ellenbogenverletzungen bei Kindern und Jugendlichen. *Klin Pädiatr.* 2007; 219: 282–289
2. v. Laer L, Kraus R. Die konservative Behandlung von Frakturen der langen Röhrenknochen im Wachstumsalter. *Unfallchirurg.* 2007; 109: 811–823
3. Kraus R, Wessel L. The treatment of upper limb fractures in children and adolescents. *Deutsches Ärzteblatt International.* 2010; 107: 903–910
4. v. Laer L, Kraus R, Linhart W. Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter. 6. Auflage, Stuttgart: Thieme Verlag, 2012
5. Iyer RS, Thapa MM, Khanna PC, Chew FS. Pediatric bone imaging: imaging elbow trauma in children – a review of acute and chronic injuries. *Am J Roentgenol.* 2012; 198: 1053–1068
6. Barata I, Spencer R, Suppiah A, Raio C, Ward MF, Sama A. Emergency ultrasound in the detection of pediatric long-bone fractures. *Pediatr Emerg Care.* 2012; 28: 1154–1157
7. Sinha TP, Sanjeev Bhoi S, Kumar S, Ramchandani R, Goswami A, Kurrey L, Galwankar S. Diagnostic accuracy of bedside emergency ultrasound screening for fractures in pediatric trauma patients. *J Emerg Trauma Shock.* 2011; 4: 443–445
8. Ackermann O, Sesia S, Berberich T et al. Sonographic diagnostics of proximal humerus fractures in juveniles. *Unfallchirurg.* 2010; 113: 839–842
9. Ackermann O, Levine M, Eckert K, Rüdiger C, Stanjek M, von Schulze Pellegahr C. Uncertainty in the radiological evaluation of deformity in proximal humerus fractures. *Z Orthop Unfall.* 2013 ; 151: 74–79
10. Eckert K, Ackermann O, Schweiger B, Radeloff E, Liedgens P. Sonographic diagnosis of metaphyseal forearm fractures in children: a safe and applicable alternative to standard x-rays. *Pediatr Emerg Care.* 2012; 28: 851–854
11. Pudas T, Hurme T, Mattila K, Svedström E. Magnetic resonance imaging in pediatric elbow fractures. *Acta Radiol.* 2005; 46: 636–644
12. Skaggs DL, Mirzayan R. The posterior fat pad sign in association with occult fracture of the elbow in children. *J Bone Joint Surg Am.* 1999; 81: 1429–1433
13. Anderson SG, Otsuka NY, Steinbach LSMR. Imaging of Pediatric Elbow Trauma. *Semin Musculoskelet Radiol.* 1998; 2: 185–198
14. Major NC, Crawford ST. Elbow effusions in Trauma in Adults and Children: Is there an occult fracture? *Am J Roentgenol.* 2002; 178: 413–418
15. Schneidmüller D, Maier M, Mack M, Straub R, Marzi I. Therapeutische Relevanz der Magnetresonanztomographie bei Gelenkverletzungen im Kindesalter. *Unfallchirurg.* 2005; 108: 537–543
16. Griffith JE, Roebuck DJ, Cheng JC, Chan YL, Rainer TH, Ng BK, Metreveli C. Acute Elbow Trauma in Children: Spectrum of Injury revealed by MR Imaging not apparent on Radiographs. *Am J Roentgenol.* 2001; 176: 53–60
17. Worel AM, Slongo T. Behandlungsprinzipien. In: Marzi I (Hrsg): *Kindertraumatologie.* 2. Auflage, Heidelberg: Springer, 2010: 49–74