

Ralf Kraus

Bildgebung in der Kinder- und Jugendtraumatologie

Rationale und Praxis

Zusammenfassung:

Bildgebende Verfahren in der Traumatologie des Wachstumsalters müssen die besondere Strahlenempfindlichkeit der Gewebe von Kindern- und Jugendlichen beachten. Dies ist bei der Indikationsstellung zu bildgebender Diagnostik zu berücksichtigen. Diese beruht auf einer Arbeitsdiagnose, die aufgrund fundierter Kenntnisse der altersbezogenen Verletzungsbilder, der Anamnese und einer schonenden klinischen Befunderhebung gestellt wird. Die Fraktursonografie gewinnt zunehmend an Bedeutung und ist für einige Skelettabschnitte schon eingehend evaluiert. Das konventionelle Röntgenbild ist dennoch aus der Diagnostik von Frakturen und Luxationen im Wachstumsalter noch lange nicht wegzudenken. Schnittbildverfahren wie CT und MRT haben in diesem Bereich bei Weitem nicht die gleiche Bedeutung wie in der Erwachsenentraumatologie. Ihr Einsatz beschränkt sich im Wesentlichen auf gelenkbeteiligende Frakturen des Adoleszentenalters (CT), sowie auf intraartikuläre Verletzungen und Verletzungsfolgen (MRT). Besonderes Augenmerk muss auf die intraoperative Anwendung ionisierender Strahlung gerichtet werden, um Patientinnen und Patienten und Behandlungsteam zu schützen.

Schlüsselwörter:

Kindertraumatologie, Sonografie, Röntgen, Diagnostik, Indikation

Zitierweise:

Kraus R: Bildgebung in der Kinder- und Jugendtraumatologie. Rationale und Praxis
OUP 2026; 15: 08–12
DOI 10.53180/oup.2026.0008-0012

Einleitung

Die Grundlage jedweder bildgebender Diagnostik in der Kinder- und Jugendtraumatologie sind fundierte Vorkenntnisse der speziellen Verletzungsmuster und Frakturformen des jeweiligen Patientenalters. Diese sind stereotyp und vielmehr vom Reifezustand des Bewegungsapparates als vom Ablauf des Unfallereignisses und von einwirkenden Kräften abhängig [1]. So erwarten wir angesichts eines nach Sturz geschwollenen Ellenbogens beim Vierjährigen am ehesten eine Kondylus radialis humeri-Fraktur, beim Siebenjährigen eine Suprakondyläre Humerusfraktur und beim Zwölfjährigen am ehesten eine Ellenbogenluxation [2]. Die Übergänge der altersabhängigen Verletzungsmuster fließen. Wir können aber mit Sicher-

heit sagen, dass eine Vierjährige nach einem Distorsionstrauma des Sprunggelenkes ein anderes Verletzungsbild aufweisen wird als eine Vierzehnjährige.

Wenn wir also wissen, welche Frakturform wir zu erwarten haben, werden wir diese auch im Bildmaterial wiedererkennen. Die Verletzungsanamnese spielt demgegenüber eine eher untergeordnete Rolle, auch wenn sie natürlich nicht außer Acht gelassen werden darf. Zum einen sind gerade kleine Kinder meist nicht in der Lage den Unfallhergang ausreichend genau zu beschreiben. Darüber hinaus geschehen viele Unfallereignisse ohne das Beisein Erwachsener, die diese Beschreibung geben könnten. Und letztendlich spielt, wie oben angeführt, auch in den wenig-

ten Fällen das Unfallereignis eine relevante Rolle für die Ausprägung der Verletzung.

Eine adäquate klinische Untersuchung ist natürlich unbedingt von Nöten, muss aber so durchgeführt werden, dass sie dem verletzten Kind nicht noch zusätzlich Schmerzen und Angst verursacht. Sichere Frakturzeichen wie Krepitationen und abnorme Beweglichkeit werden also nicht ausgelöst [3]! Die Verletzungsregion selbst sollte nur einer Inspektion unterzogen und Schwellung, Rötung, Wunden oder Fehlstellungen registriert werden. Essenziell ist gerade bei Extremitätenverletzungen jedoch die Beurteilung der Peripherie. Hier ist die Durchblutungssituation mit Pulsstatus, Rekapillarisationszeit und Hauttemperatur zu untersuchen und zu

Imaging in pediatric and adolescent traumatology

Rationale and practice

Summary: Imaging techniques in the traumatology of the growth-age must take into account the particular radiation sensitivity of the tissues of children and adolescents. This must be respected when indicating diagnostic imaging. This is based on a working diagnosis, which is made on the basis of in-depth knowledge of age-related injury patterns, the anamnesis and a gentle clinical assessment.

Fracture sonography is becoming increasingly important and has already been extensively evaluated for some skeletal sections. Nevertheless, the conventional X-ray image is still an indispensable part of the diagnosis of fractures and dislocations in growth-age. Cross-sectional imaging procedures such as CT and MRI in this field are not as important in this area as they are in adult traumatology by far. Their use is essentially limited to joint-involving fractures of adolescence (CT), as well as intra-articular injuries and injury aftermaths (MRI).

Particular attention must be paid to the intraoperative use of ionizing radiation to protect patients and treatment teams.

Keywords: Pediatric traumatology, sonography, X-rays, diagnosis, indication

Citation: Kraus R: Imaging in pediatric and adolescent traumatology. Rationale and practice
OUP 2026; 15: 08–12. DOI 10.53180/oup.2026.0008-0012

dokumentieren. Außerdem sollte wenn möglich ein orientierender neurologischer Status erhoben werden, ersteres um ggf. vorliegende Gefäßverletzungen, letzteres um Nervenverletzungen nicht zu übersehen.

Aus Vorkenntnissen, Anamnese und klinischem Befund kann die Kindertraumatologin bzw. der Kindertraumatologe dann eine Arbeitsdiagnose erstellen und im nächsten Schritt überlegen, welche der zur Verfügung stehenden bildgebenden Untersuchungen am besten und kindgerechtesten geeignet ist, die Arbeitsdiagnose zu bestätigen oder zu widerlegen.

Dabei ist selbstverständlich zu berücksichtigen, dass der Einsatz ionisierender Strahlung im Rahmen der Röntgen- und CT-Diagnostik auf ein Mindestmaß zu beschränken ist [4, 5]. Es ist zu berücksichtigen, dass deren schädigende Wirkung sich am wachsenden Organismus weit mehr manifestieren kann als beim Erwachsenen. Röntgen- und CT-Untersuchungen müssen daher nach dem ALARA-Prinzip (As Low As Reasonable Achievable) gehandhabt werden [4, 6, 7]. Die Nutzung technischer Hilfsmittel auf dem neuesten Stand wie Filter, Blenden, computergestützte Bildbearbeitung etc. zur Reduktion der Strahlenexposition ist dabei vorauszusetzen.

Fraktursonografie

Die Fraktursonografie wird in Zukunft einen zunehmend wichtigen Stellenwert in der Primär- und Verlaufsdagnostik bei Frakturen im Wachstumsalter einnehmen. Sie ist frei von jeder Strahlenbelastung und damit bedenkenlos wiederholbar. Auch im Falle einer frischen Verletzung wird sie von den jungen Patientinnen und Patienten meist gut toleriert. Die Kühlung durch das Ultraschallgel und die Zuwendung durch die untersuchende Ärztin bzw. den untersuchenden Arzt wird als angenehm empfunden. Eine strukturelle Untersuchung mit festgelegten Schnittebenen ist notwendig [8, 9]. Sie erfordert dennoch durch Geübte nur wenig Zeit. Der Zeitaufwand durch ärztliches Personal wird dennoch noch oft als Gegenargument angeführt.

Sehr gut untersucht und standardisiert ist die primäre Frakturdiagnostik für den distalen Unterarm (Abb. 1) und den proximalen Oberarm [8, 10–13]. Mit der Fraktursonografie gelingt in manchen Fällen sogar der Nachweis kleiner Wulstfrakturen, die dem Röntgenbild entgehen können [14]. Am proximalen Oberarm wird beschrieben, dass eine frakturbedingte Achsabweichung in den Standardebenen exakter vermessen werden kann als in vielen Röntgenuntersuchungen.

Am proximalen Oberarm muss bei sonografischem Frakturnachweis allerdings immer ein Röntgenbild in einer Ebene ergänzt werden, wegen der in dieser Lokalisation häufigen Knochenzysten, die sich der Ultraschalluntersuchung natürlich entziehen. Am Ellenbogengelenk mit seiner Vielfalt an wiederkehrenden Verletzungsmustern kann der Ultraschall keinen sicheren Beitrag zur Diagnose leisten [15]. Er dient jedoch dazu, einen Gelenkerguss auszuschließen [16]. Hier kann schon jetzt empfohlen werden, bei fehlender klinischer Fehlstellung und bei sonografisch fehlendem Gelenkerguss zunächst auf eine Röntgenaufnahme zu verzichten, da eine relevante knöcherne Verletzung unwahrscheinlich ist. Erst wenn die Schmerz-

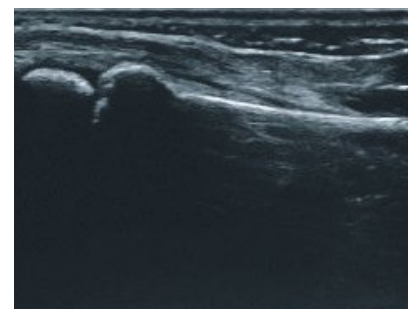


Abbildung 1 5-jähriges Mädchen; distale Radius-Stauchungsfraktur in der Fraktursonografie; dorsaler Längsschnitt

Abbildungen 1; 3–5; Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH

symptomatik über einige Tage trotz adäquater Ruhigstellung und Schmerztherapie bestehen bleibt, kann dann eine Röntgenuntersuchung nachgeschoben werden.

An der unteren Extremität ist die Standardisierung der Ultraschalldiagnostik noch nicht so weit fortgeschritten. Der Ultraschall kann als Screening bei nicht genau lokalisierbaren Schmerzen zum Beispiel bei einer Toddlers fracture eingesetzt werden und kann natürlich an den großen Gelenken einen erkrankungs- oder verletzungsbedingten Gelenkerguss nachweisen. Die Darstellung von metaphysären Wulstfrakturen, vor allem des distalen Ober- und Unterschenkels bei kleinen Kindern gelingt natürlich genauso wie an der oberen Extremität.

Bei allem Fortschritt in der Ultraschalldiagnostik in der Kindertraumatologie ist die Methode jedoch noch lange nicht so weit, dass die Sonografie geeignet wäre, jede Fraktur im Wachstumsalter sicher zu diagnostizieren, wie eine Stellungnahme des BGA aus dem Jahr 2024 Glauben machen könnte. Sie leistet jedoch einen wertvollen Beitrag bei korrekter Indikationsstellung und Anwendung.

Röntgen

Das konventionelle Röntgenbild ist noch immer das Arbeitspferd der kindertraumatologischen Diagnostik und darf nicht aus strahlenhygienischen Gründen verbannt werden. Es dient in erster Linie dem Nachweis einer knöchernen Verletzung (Fraktur) oder einer Luxation. Im Falle von Extremitätenverletzungen ist dabei die verletzte Region in den meisten Fällen in 2 möglichst senkrecht aufeinander Ebenen darzustellen. Ideale Bilder in einer streng seitlichen und einer streng anteroposterioren Ebene gelingen dabei gerade bei kleinen Kindern oft nicht. Die wie oben beschrieben, immer stereotypen Verletzungen sind bei entsprechenden Vorkenntnissen dennoch fast immer identifizierbar [1, 17].

Wann darf man auf eine zweite Ebene verzichten?

Zeigt bei klinischem Fraktur- oder Luxationsverdacht das erste Röntgenbild eine eindeutige Verletzung, die einer Reposition oder gar Operation bedarf,



Abbildung 2 3-jähriger Junge; während das seitliche Röntgenbild keine Fraktur erkennen lässt (a), tritt diese in einer zweiten Ebene deutlich zu Tage (b)

Abbildung 2: aus [2] © Thieme Verlag

kann auf eine zweite Ebene verzichtet werden. Eine schmerzhafte Umlagerung der verletzten Körperregion für ein zweites Röntgenbild kann unterbleiben. Weitere Aufnahmen können, sofern tatsächlich benötigt, im Rahmen der Behandlung in Analgosedierung oder Narkose durchgeführt werden. Der Verzicht auf die zweite Ebene setzt voraus, dass die Kindertraumatologin bzw. der Kindertraumatologe das erste Bild beurteilt und die notwendigen Schlussfolgerungen ziehen kann.

Wann darf man nicht auf eine zweite Ebene verzichten?

1. Die Anamnese und die klinische Untersuchung haben den Verdacht auf eine Fraktur oder Luxation ergeben. Daraus ergibt sich die Indikation zur Röntgenuntersuchung. Ergibt ein erstes Röntgenbild keinen Anhalt für die vermutete Verletzung, muss zwingend eine zweite Ebene angefertigt werden, weil es durchaus möglich ist, dass die erste Projektion die Fraktur nicht zeigt und diese erst in der zweiten Ebene zu Tage tritt. Hier besteht bei Verzicht die Gefahr, eine Fraktur zu übersehen und nicht der adäquaten Behandlung zuzuführen (Abb. 2).
2. Die erste Ebene einer Röntgenuntersuchung hat eine eindeutige Fraktur ergeben, das relevante Ausmaß der Dislokation ist jedoch nur

in oder gemeinsam mit der zweiten Ebene zu beurteilen. Verzichtet man jetzt auf ein zweites Röntgenbild, läuft man Gefahr, eine unzureichende oder falsche Therapie zu indizieren (Abb. 3).

3. Es kann auf einem ersten Röntgenbild eine eindeutige Verletzung identifiziert und auch deren Dislokationsgrad ausreichend abgeschätzt werden. Die kindsspezifischen Vorkenntnisse der bzw. des Untersuchenden lassen sie/ihn jedoch wissen, dass wesentliche Begleitverletzungen vorliegen können, ohne deren Nachweis ebenfalls die falsche Therapie in die Wege geleitet werden würde. Dies kommt u.a. bei Ulnaschaftfrakturen vor, bei denen die begleitende Radiuskopfluxation (Monteggia-Verletzung) nur auf einer Bildebene zu erkennen ist.

Röntgenbilder der Gegenseite

Als der Autor seine chirurgische Ausbildung Anfang der neunziger Jahre des vorigen Jahrhunderts begann, war es durchaus gang und gäbe bei einer vermuteten Extremitätenfraktur im Wachstumsalter die unverletzte Gegenseite selbstverständlich mit zu röntgen. Hintergrund war wohl, den aktuellen Entwicklungsstand zum Vergleich heranziehen zu können. Diese Vorgehensweise muss aus heutiger Sicht sowohl aus medizin-ethischer Sicht als auch aus strahlenhygie-

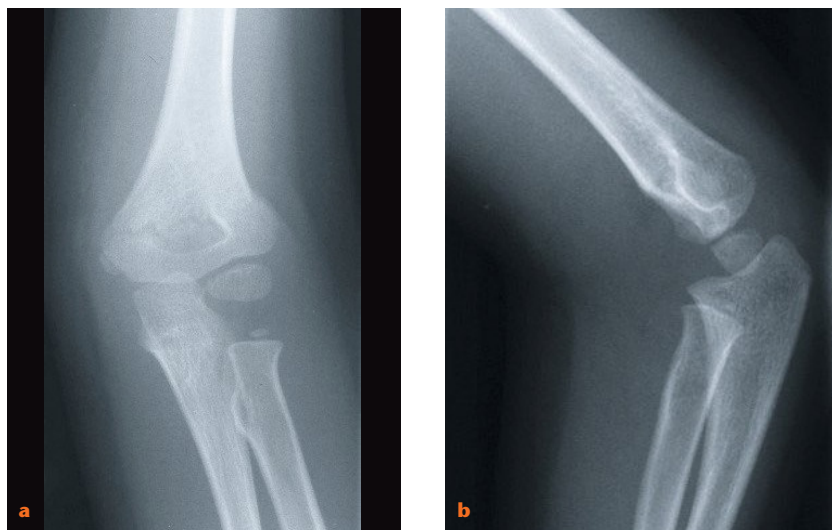


Abbildung 3 6-jähriger Junge; im ap-Röntgenbild ist eindeutig die Diagnose einer supracondylären Humerusfraktur zu stellen (a). Erst das seitliche Bild enthüllt jedoch das Ausmaß der Antekurvationsfehlstellung, das für den Therapieentscheid unerlässlich ist (b).

nischen Gründen als obsolet bezeichnet werden.

- Auf der unverletzten Gegenseite wird keine Pathologie gesucht. Damit kann keine rechtfertigende Indikation gestellt werden.
- Angesichts des akut verletzten Kindes ist es zu spät, sich über die altersentsprechend normale Anatomie informieren zu wollen. Kenntnisse der Röntgenanatomie gehören zu den unabdingbaren Voraussetzungen für die Behandlung verletzter Kinder.
- Das Röntgen der Gegenseite bietet noch nicht einmal eine Garantie, die Pathologie auf der verletzten Seite zu erkennen wie viele Fallbeispiele z.B. bei Monteggia-Verletzungen belegen.

Das Röntgen der Gegenseite in der Akuttraumatologie im Kindes- und Jugendalter hat zu unterbleiben [1, 3, 18]. Für die/den traumatologisch noch Unerfahrenen stehen zum Beispiel Web-basierte Datenbanken zur Verfügung, die serienweise Normalbefunde zum Vergleich beinhalten. Bei tatsächlich unklaren Befunden in der Akutdiagnostik muss ggf. auf eine andere bildgebende Modalität ausgewichen werden.

CT

Die Computertomografie hat in der Frakturdiagnostik bei Kindern einen untergeordneten Stellenwert. Anders ist das bei Gelenk beteiligten Frak-

turen in der Adoleszenz. Obwohl auch hier noch stereotype Verletzungsmuster vorherrschen, die auch auf einfachen Röntgenbildern eindeutig erkannt werden können, werden die Verletzungsausprägungen individueller und ähnlicher den impact-abhängigen Frakturformen der Erwachsenen. An der unteren Extremität gilt dies für die seltenen epiphysären Frakturen des distalen Femur und der proximalen Tibia, vor allem aber die Übergangsfrakturen der distalen Tibia, die im Einzelfall einer dreidimensionalen Bildgebung bedürfen können [19, 20]. Zudem zeigt gerade im letzten Fall die Computertomografie manchmal einen Dislokationsgrad, der größer ist als in den entsprechenden Röntgenbildern. An der oberen Extremität sind es vor allem die koronaren Abscherfrakturen des distalen Humerus, deren Ausmaß in konventionellen Röntgenbildern meist nicht abgeschätzt werden kann (Abb. 4).

Eine spezielle Indikation für die Computertomografie besteht weiterhin für die Schockraumdiagnostik schwerstverletzter Kinder und Jugendlicher, die jedoch individueller als bei Erwachsenen und unter besonderer Berücksichtigung aller anderen Modalitäten der Diagnostik gestellt werden muss [22–24].

Voraussetzung für den Einsatz der Computertomografie im Wachstumsalter ist die Anwendung adaptierter Protokolle zur Minimierung der Strah-

lenbelastung. Für den Einsatz der Computertomografie im Falle der typischen Verletzungen im Kindesalter bis hin zu den präpubertären Wachstumsfugenlösungen sehen wir keine Indikation.

MRT

Die Kernspintomografie spielt in der akuten Diagnostik von Verletzungen im Kindes- und Jugendalter eine untergeordnete Rolle, wenn es um die Frakturdarstellung geht. Sie hat ihren Stellenwert, wenn es nach konventionell radiologischem Ausschluss einer Fraktur darum geht, eine intraartikuläre Verletzung darzustellen. Dies betrifft natürlich am häufigsten das Kniegelenk. Hier ist die Kernspintomografie in der Lage, das Verletzungsausmaß nach einer Patellaluxation, aber auch Knorpel-, Meniskus- und Bandläsionen nach Distorsionstraumata zu zeigen (Abb. 5).

Weiterhin ist, wenn im Verlauf nach einem Verletzungsereignis Beschwerden verbleiben, die Kernspintomografie das Mittel der Wahl zur Darstellung von posttraumatischen Knochenödemen oder den typischen Befunden einer Algodystrophie. Diese manifestiert sich bei Jugendlichen im Gegensatz zu Erwachsenen häufiger am Fuß als an der Hand. Typisch sind Signalanhebungen in der STIR-Sequenz der Fußwurzelknochen [25, 26]. Auch zur Darstellung knöcherner Fugenbrücken bei posttraumatischen, hemmenden Wachstumsstörungen ist die Kernspintomografie hervorragend geeignet.

DVT

Die digitale Volumentomografie wird derzeit aggressiv und inflationär beworben und die vermeintlich geringe Strahlenbelastung in den Vordergrund gestellt [27]. Im Bereich der Kinder- und Jugendtraumatologie wird sie sogar zur Verlaufsbeobachtung und -dokumentation angepriesen. Eine solche muss aber in erster Linie durch eine klinische Fragestellung gerechtfertigt sein, sei die Strahlenbelastung auch noch so niedrig. Auch die DVT kann spezifische Vorkenntnisse der stereotypen Verletzungen des Wachstumsalters und deren natürlichen Verlauf nicht ersetzen. Die tatsächliche Strahlenbelastung wird der-

zeit im Detail untersucht. Dann wird auch diese bildgebende Untersuchungsmethode unter bestimmten Voraussetzungen und bei speziellen Fragestellungen sicher ihren Teil zur kindert traumatologischen Diagnostik beitragen können.

Intra- und postoperative Bildgebung, Metallentfernung

Intraoperative Bildgebung

Auch die intraoperative Anwendung der Röntgendiagnostik muss dem ALARA-Prinzip folgen. Hier sind technische Voraussetzungen zu erfüllen, wie Filter, Blenden und gepulste Durchleuchtung. Moderne Durchleuchtungseinheiten haben dementsprechende „Kinderprogramme“. Außerdem sind Patientinnen und Patienten und Personal durch Bleimatten, Schürzen und ähnliche Hilfsmittel zu schützen. Das Durchleuchten auf der Strahlenquelle („auf dem Topf“) ist unbedingt zu unterlassen [26]. Dennoch ist klar, dass intramedulläre Techniken wie die häufig angewandte ESIN-Technik einen erhöhten Strahlungsbedarf mit sich bringen [29]. Dies sollte jedoch nicht als Argument für nicht kindgerechte offene Repositionen und Osteosynthesetechniken angeführt werden. Auch in diesem Zusammenhang gibt es Ansätze, die Sonografie intraoperativ anzuwenden und so ionisierende Strahlung einzusparen [30, 31]. Entscheidende Operationsschritte wie Repositionsergebnis oder Platzierung von Osteosynthesematerial müssen dennoch intraoperativ dokumentiert werden. Die Operation darf nicht beendet werden, bevor anhand der intraoperativen Darstellung sichergestellt ist, dass das erwünschte Therapieziel erreicht ist.

Da die meisten klinischen Bildokumentationssysteme mittlerweile eine verlustfreie Archivierung intraoperativer Bilder erlauben, ist es in den meisten Fällen nicht mehr notwendig, ein zusätzliches postoperatives Röntgenbild z.B. am Folgetag der Operation anzufertigen. Ausnahmen können per ESIN stabilisierte Schaftfrakturen langer Röhrenknochen sein, da es am Bildwandler nicht möglich ist, den gesamten Knochenverlauf



Abbildung 4 16-jähriges Mädchen; koronare Abscherfraktur des distalen Oberarms, Dübeler 3A. Für die genaue Klassifikation und OP-Planung ist ein CT unerlässlich [21].

und damit die Knochenachse vollständig zu beurteilen.

Verlaufskontrollen

Zur Dokumentation des knöchernen Heilverlaufs werden vielerlei Röntgenkontrollen indiziert. Dazu ist es jedoch unbedingt notwendig, dass aus den Befunden auch Konsequenzen für den weiteren Behandlungsverlauf gezogen werden können. Ist dies nicht der Fall, sollten solche Kontrollen unterlassen werden [32].

Metallentfernung

Röntgenkontrollen in Zusammenhang mit der Entfernung von Osteosynthesematerial können nicht vermieden werden. Es ist auf jeden Fall zu überprüfen, ob vor der Metallentfernung eine knöcherne Heilung in adäquater Art und Weise eingetreten ist. Nur dann sollte das Osteosynthesematerial auch entfernt werden. Ist dies nicht der Fall, muss der Eingriff gegebenenfalls aufgeschoben werden. Andererseits halten wir eine Röntgendokumentation nach erfolgter Metallentfernung, gleich ob intra- oder postoperativ für nicht indiziert. Ausnahmen können Fälle sein, in denen wesentlich Teile des Materials belassen wurden, oder die Entfernung zum Beispiel nach dem Freilegen eines knö-



Abbildung 5 11-jähriger Junge mit Ruptur des vorderen Kreuzbandes

chern überbauten Implantates besonders aufwendig war.

Interessenkonflikte:

Keine angegeben.

Der Beitrag beruht auf einem Vortrag aus dem Zertifikatscurriculum „Kinder- und Jugendtraumatologie“ der Akademie der Unfallchirurgie (AUC), München.

Das Literaturverzeichnis zu diesem Beitrag finden Sie auf:
www.online-oup.de.



Foto: Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH

Korrespondenzadresse
 PD Dr. Ralf Kraus
 Sektion Kindertraumatologie
 Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie
 Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH
 Standort Gießen
 Rudolf-Buchheim-Str. 7
 35392 Gießen
ralf.kraus@chiru.med.uni-giessen.de