

Akutdiagnostik Kinder für AllgemeinradiologInnen – nachts nicht allein im Krankenhaus

Acute care diagnostics in children for general radiologists – not alone in the hospital at night

Autoren

Meinrad Beer¹, Hans-Joachim Mentzel^{2,3}, Marc Steinborn⁴, Matthias Cornelius Schaal¹

Institute

- 1 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Ulm, Germany
- 2 Department of Radiology/Division of Paediatric Radiology, Jena University Hospital, Jena, Germany
- 3 President, German Society for Pediatric Radiology, Jena, Germany
- 4 Institute for Diagnostic and Interventional Radiology and Pediatric Radiology, Munich Municipal Hospital Group, München, Germany

Key words

children, injuries, imaging sequences, decision analysis

eingereicht 25.02.2022

akzeptiert 18.08.2022

online publiziert 19.10.2022

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2023; 195: 205–216

DOI 10.1055/a-1948-1380

ISSN 1438-9029

© 2022, Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Prof. Meinrad Beer

Abteilung für Diagnostische und Interventionelle Radiologie,
Universitätsklinikum Ulm, Albert-Einstein-Allee 23,
89081 Ulm, Germany

Tel.: +49/7 31/50 06 10 01

Fax: +49/7 31/50 06 10 02

meinrad.beer@uniklinik-ulm.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Die radiologische Versorgung während des Nacht- und Wochenenddienstes von Kindern und Jugendlichen ist herausfordernd. Dies gilt insbesondere dann, wenn ein dedizierter kinderradiologischer Vorder- oder Hintergrunddienst nicht verfügbar ist.

Methode Die vorliegende Übersicht soll anhand von 4 häufigen Fallkonstellationen – Bauchschmerzen, Atem-/Brustschmerzen, Kopfschmerzen und Gehverweigerung – die Herangehensweise, die relevantesten Diagnosen und deren

Differenzialdiagnosen vorstellen. Anhang von Merksätzen werden klinische Einordnung (z. B. Dynamik von Erkrankungen) und praktische Handlungsanweisungen (z. B. Notwendigkeit einer akuten Schnittbilddiagnostik) thematisiert.

Ergebnisse und Schlussfolgerung Für den Bauchbereich steht die Appendizitis an erster Stelle akuter Erkrankungen. Weitere wichtige Erkrankungen sind die Invagination und der Volvulus. Weit häufiger ist jedoch eine Gastroenteritis die Ursache der Bauchschmerzen. Diese bedarf im Regelfall keiner Bildgebung, in unklaren klinischen Situationen kann der Ultraschall angezeigt sein. Für den Brustbereich erfolgt bei den häufig vorkommenden pulmonalen Infekten in den wenigsten Fällen eine Bildgebung. Nur bei nicht konklusiven Fällen und bei Verdacht auf Komplikationen wie einem Pleuraempyem wird die Bildgebung durchgeführt. Wichtige thorakale Notfälle sind der (Spontan-) Pneumothorax und die Aspiration. Kopfschmerzen sind häufig. Nur im Einzelfall ist bei Verdacht auf akut entzündliche (Meningitis/Enzephalitis) oder vaskuläre Erkrankungen (z. B. bei Blutung aufgrund von Gefäßmalformationen) eine umgehende Bildgebung erforderlich. Die MRT ist hier primäre Bildgebungsmethode. Geheinschränkung/Gehverweigerung ist ein klassisches unspezifisches Zeichen insbesondere bei kleinen Kindern für akute Erkrankungen im muskuloskelettalen Bereich. Die klinische Untersuchung ist essenziell um das Untersuchungsfeld einzugrenzen. Neben der häufigen und symptomatisch zu behandelnden Coxitis fugax darf die seltene, aber mit gravierenden Folgen vergesellschaftete (septische) Arthritis/Osteomyelitis keinesfalls übersehen werden.

Kernaussagen:

- Die radiologische Versorgung von Kindern und Jugendlichen stellt insbesondere im Nacht- und Wochenenddienst eine Herausforderung dar.
- In der engen Zusammenarbeit mit den zuweisenden KollegInnen/Kliniken lässt sich aber selbst bei nicht klarer Symptomatik die passende Herangehensweise gut festlegen.
- Die Auswahl der optimalen Bildgebungsmethode basiert auf Orientierungshilfen und Leitlinien, aber auch dem Zustand des Kindes/Jugendlichen.
- Ein stilles oder wimmerndes Kind ist ein Alarmzeichen.

Zitierweise

- Beer M, Mentzel H, Steinborn M et al. Acute care diagnostics in children for general radiologists – not alone at night in the hospital. *Fortschr Röntgenstr* 2023; 195: 205–216

ABSTRACT

Background Radiologic care for children and adolescents during night and weekend shifts is challenging. This is especially true when a dedicated pediatric radiology front or background service is not available.

Methods The purpose of this review is to present the approach, the most relevant diagnoses, and their differential diagnoses based on four common example cases – abdominal pain, respiratory/chest pain, headache, and refusal to walk. Essentials such as clinical classification (e. g., disease dynamics) and practical instructions (e. g., necessity of acute cross-sectional imaging) are presented.

Results and Conclusion For the abdomen, appendicitis ranks first among acute diseases. Other important diseases

are intussusception and volvulus. Far more frequently, however, gastroenteritis is the cause of abdominal pain. Usually no imaging is required in this case. In unclear clinical situations, ultrasound may be indicated. In suspected pulmonary infections, chest imaging is limited to inconclusive cases and suspicion of complications such as pleural empyema. Major emergencies include (spontaneous) pneumothorax and aspiration. Headache is a common symptom. Immediate imaging is only necessary in cases of suspected acute inflammatory (meningitis/encephalitis) or vascular disease (e. g., hemorrhage due to vascular malformations). MRI is the primary imaging modality in these cases. Restricted walking/refusal to walk is a classic nonspecific sign, particularly of acute musculoskeletal disease, especially in younger children. Clinical examination is essential to narrow down the field of investigation. Besides the frequent and symptomatic coxitis fugax, the rare but serious (septic) arthritis/osteomyelitis must not be overlooked.

Die radiologische Bildgebung bei Kindern und Jugendlichen stellt eine Herausforderung dar, die umso größer ist, je jünger die Kinder sind. Dies betrifft in besonderem Maße die Versorgung im Nacht- und Wochenenddienst, bei der die Dienstärztin/der Dienstarzt oft auf sich allein gestellt ist, die klinischen Angaben vage sind und die Beschwerdesymptomatik durchaus diffus und verwirrend sein kann.

Gut beraten ist in dieser Lage, wer den engen Kontakt zur/zum zuweisenden Hausärztin/Hausarzt, PädiaterIn oder KinderchirurgIn sucht. Gemeinsam kann die korrekte Diagnose oft gestellt und die geeignete Behandlung ausgewählt werden. Eine gute klinische Zusammenarbeit stellt hierfür die Basis dar und sollte entsprechend geschätzt und gepflegt werden.

Der folgende Übersichtsartikel soll einige der wichtigsten Krankheitsbilder anhand klinischer Vignetten, gefolgt von systematischen Darstellungen der wesentlichen Aspekte in Diagnose, Differenzialdiagnose und weiteren klinischen Handlungsempfehlungen durch die Radiologie und Kinderradiologie darstellen.

Erlauben Sie uns zu Beginn noch 4 *Vorbemerkungen zur Ultraschalluntersuchung von Kindern*:

1. Schreiende Kinder stellen eine Herausforderung dar, sie sind fordernd, sie sind nervig. Das Gute daran ist, dass dann häufig keine vitale Bedrohung und oft keine schwerwiegenden Krankheitsbilder vorliegen. Je stiller ein Kind ist, umso gefährlicher ist die Situation.
2. Dem Schreien der Kinder liegt häufig eine Verunsicherung und ein Angstgefühl durch die Untersuchungssituation zugrunde. Ihnen, dem Kind und den Eltern hilft jegliche Art von Ablenkung, dies reicht vom Handy über Bücher bis hin zu Musik.
3. Im Kindergarten- und Grundschulalter werden Kinder oft „sperrig“. Gutes Zureden hilft nur teilweise. Strahlen Sie Ruhe und Souveränität aus (auch falls diese Ihnen gerade vielleicht noch fehlen sollte). Lassen Sie das Kind sitzen oder untersuchen Sie das

Kind auf dem Arm der Eltern. Am Ende ist einzig und allein entscheidend, dass Sie die korrekte Diagnose gestellt haben.

4. Eignen Sie sich ein einheitliches Vorgehen bei der sonografischen Abdomen-Untersuchung an, nach Möglichkeit sollte immer der ganze Bauch untersucht werden. Gerade bei kleinen Kindern ist ein Beginn der Untersuchung auf Höhe der Harnblase sinnvoll, nach der häufig einsetzenden Spontanmiktions ist das kleine Becken nicht mehr suffizient beurteilbar. Der schmerzhafteste Teil der Untersuchung sollte erst gegen Ende der Untersuchung erfolgen.

Merke

Ein bei der Untersuchung stilles oder wimmerndes Kind ist ein Alarmzeichen.

Vignette 1: Bauchschmerzen

Bauchschmerzen bei Kindern sind ein sehr häufiges Symptom und führen oft zum Arztbesuch [1]. Kommt ein Kind mit akuten Bauchschmerzen in die Notaufnahme, liegen meist banale Magen-Darm-Infektionen zugrunde. Anhand des Alters des Kindes kann die Ursache der Bauchschmerzen unter Berücksichtigung häufiger Ursachen (► **Tab. 1**, nach [2]) bereits etwas eingegrenzt werden. Die primäre und meist auch alleinig notwendige bildgebende Untersuchung bei Bauchschmerzen ist der Ultraschall. Ein Kind mit einer klinisch eindeutigen Gastroenteritis sollte nicht im Ultraschallzimmer landen. Bei Unsicherheit und unklarer klinischer Symptomatik dient der Ultraschall vor allem dazu, akut behandlungsbedürftige Erkrankungen oder Komplikationen wie eine ileokolische Invagination auszuschließen. Denken Sie immer daran, dass auch eine Pneumonie zu starken Bauchschmerzen führen kann [3] (sog. Pneumoniebauch). Daher muss bei unklaren Bauchschmerzen sonografisch auch immer nach Pleuraerguss

► **Tab. 1** Häufige Ursachen für akute Bauchschmerzen im Kindes- und Jugendalter in den verschiedenen Altersklassen.

Neugeborene und Säuglinge	2- bis 5-jährige	6- bis 11-jährige	Jugendliche
<ul style="list-style-type: none"> ▪ „Säuglingskoliken“ ▪ Gastroenteritis ▪ Obstipation ▪ Harnwegsinfektion ▪ Invagination ▪ Volvulus ▪ Inkarzerierte Hernie ▪ Morbus Hirschsprung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gastroenteritis ▪ Obstipation ▪ Harnwegsinfektion ▪ Invagination ▪ Appendizitis ▪ Pneumonie ▪ Volvulus ▪ Purpura Henoch-Schönlein ▪ Mesenteriale Lymphadenitis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gastroenteritis ▪ Appendizitis ▪ Obstipation ▪ Funktionelle Bauchschmerzen ▪ Harnwegsinfektion ▪ Pneumonie ▪ Purpura Henoch-Schönlein ▪ Mesenteriale Lymphadenitis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Appendizitis ▪ Gastroenteritis ▪ Obstipation ▪ Dysmenorrhoe ▪ Ovarial-/Hodentorsion ▪ Ektope Schwangerschaft

oder Zeichen einer basalen Pneumonie gesucht werden, die sich bei Kindern initial auch nur durch Fieber und Bauchschmerzen äußern kann [4].

Merke

Pneumonien im Kindes- und Jugendalter können sich durch Bauchschmerzen äußern und sollten als Differenzialdiagnose bedacht werden.

Konzentrieren Sie sich bei der Abklärung der Bauchschmerzen auf die wesentlichen Punkte und schließen Sie die Top 3 akuter Differenzialdiagnosen aus. Diese sind in absteigender Reihenfolge die Appendizitis, die Invagination sowie der Volvulus.

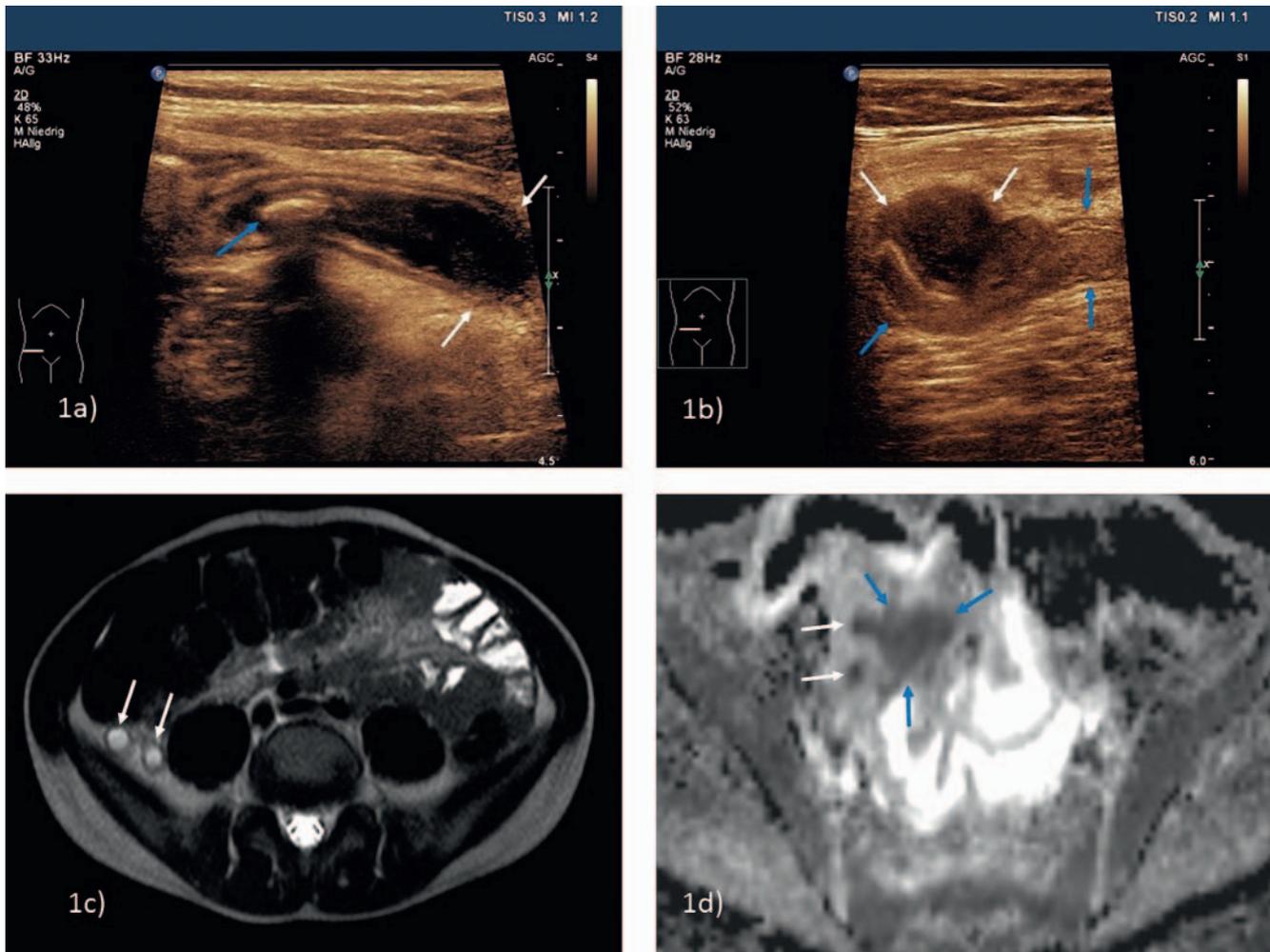
Die akute Appendizitis hat bei Kindern und Jugendlichen eine relativ hohe Inzidenz und Prävalenz mit einem Altersgipfel von 10–19 Jahren [5]. Der Ultraschall spielt eine wichtige Rolle in Diagnose und Differenzialdiagnose [6]. Die klassischen sonografischen Zeichen für eine Appendizitis sind eine Vergrößerung des Querdurchmessers über 6 Millimeter, eine echoarme Verdickung der unscharfen Wand, echogene Umgebungsreaktion sowie umgebende freie Flüssigkeit. Das Vorhandensein eines Appendikolithen ist kein sicheres Zeichen einer signifikanten Appendizitis. Zusätzlich sollte die dosierte Sonopalpation genutzt werden, um den Ort der größten Schmerzen einzugrenzen und dort gezielt die Untersuchung zu optimieren (► **Abb. 1a**) [7]. Die Spitze der Appendix sollte nach Möglichkeit immer dargestellt werden, um eine mögliche Entzündung oder Perforation im Spitzenbereich (auch bei retrocökaler Lage oder Umschlag nach kranial bis unter die Leber) nicht zu übersehen. Zudem zeigt die zusätzliche Farbkodierte Duplexsonografie (FKDS) eine vermehrte Vaskularisation. Im Falle einer perforierten Appendizitis kann die Appendix selbst wieder relativ schlank erscheinen, es zeigt sich jedoch der perityphlitische Abszess als echoarme Formation (► **Abb. 1b**) [8]. Da die perforierte Appendizitis bei Kleinkindern häufig mit einem paralytischen Ileus einhergeht, kann diese klinisch eine Gastroenteritis vortäuschen.

Merke

Eine unauffällige Darstellung von Teilen der Appendix schließt eine Appendizitis nicht aus. Nur wenn Sie die gesamte Strecke sicher darstellen können, ist eine Appendizitis tatsächlich ausgeschlossen.

Bei nicht ausreichenden Ultraschallbedingungen (reduzierte Compliance, Adipositas oder retrocökale Lage der Appendix) und entsprechendem klinischem Verdacht kann in Einzelfällen eine Schnittbilddiagnostik erforderlich sein. Diese sollte bei Kindern und Jugendlichen bevorzugt mittels MRT erfolgen, wobei eine native Untersuchung ausreichend ist [9]. Es genügt meist die Kombination aus einer T2-gewichteten Bildgebung mit der diffusionsgewichteten Bildgebung. Achten Sie hierbei auf ausreichend gute Bildqualität der T2-Sequenzen, sehen Sie sich die ADC-Bilder exakt durch (► **Abb. 1c, d**).

Bei Säuglingen und Kleinkindern ist die akute Appendizitis als Ursache für akute Bauchschmerzen deutlich seltener. Eine der häufigsten Ursachen für ein akutes Abdomen in der Altersgruppe unter 2 Jahren stellt die ileokolische Invagination dar [10]. Ursächlich ist die Einstülpung des terminalen Ileums in das Coekum/Colon mit der möglichen Folge einer Darmischämie. Klinisch äußert sie sich durch wiederkehrende Schreiattecken und Erbrechen, bei längerem Bestehen durch blutig-schleimigen Stuhl. Die Diagnose wird sonografisch gestellt; hierbei findet sich die klassische Kokarde im rechten Mittel- oder Unterbauch. Bei einer langstreckigen Invagination kann das Invaginat auch im Oberbauch oder evtl. im linken Hemiabdomen zum Liegen kommen und im Längsschnitt andeutungsweise wie eine Niere imponieren („pseudo kidney sign“). Innerhalb der Kokarde sind oft Lymphknoten sichtbar. Sie müssen nicht befürchten, das Invaginat durch Darmgasüberlagerung zu übersehen; an der Stelle der Invagination findet sich keine Luft und die Kokarde hat klassischerweise einen Durchmesser von mindestens 2 cm (► **Abb. 2a**). Die deutlich kleinere und in der Regel asymptomatische Dünndarm-Dünndarm-Invagination (deutlich kleinerer Durchmesser und weniger gut erkennbar, keine enthaltenen Lymphknoten, häufig kurzstreckig und nicht im rechten Unter- bis Mittelbauch) kann sonografisch in der Regel einfach von der klinisch bedeutsamen ileokolischen Invagination unterschieden werden [11]. Entscheidend ist es im Nacht- und Wochenenddienst, unter Berücksichtigung der klinischen Anamnese (Dauer der vorliegenden Schmerzen) Komplikationen auszuschließen, um eine Entscheidung bezüglich konservativer Behandlung (hydrostatische Desinvagination unter Ultraschallkontrolle (► **Abb. 2b**) oder ggfs. unter Durchleuchtung) zu treffen [12]. Zeichen einer Darmwandnekrose (fehlende Vaskularisation im FKDS-Bild) oder Peritonitis (umgebende freie Flüssigkeit)



► **Abb. 1 1a)** 11-jährige Patientin mit Verdacht auf Appendizitis. Sonografisch deutliche Verdickung der Appendix insbesondere der Spitze (weiße Pfeile), echogene Umgebungsreaktion. Zusätzlich Fäkalith (blauer Pfeil) mit dorsalem Schallschatten. Histologie: phlegmonöse Appendizitis. **1b)** 13-jähriger Patient mit Schmerzen im rechten Unterbauch seit mehreren Tagen. Nach einem kurzen beschwerdefreien Intervall nun wieder deutliche Schmerzzunahme und Fieber. Sonografisch perforierte Appendizitis mit kleinem echoarmem perityphlitischem Abszess (weiße Pfeile) auf Höhe der Spitze; die Appendix selbst nach Perforation nur wenig verdickt (blaue Pfeile). **1c)** 8-jähriger Patient mit klinischem Verdacht auf Appendizitis. Sonografisch Appendix vermiformis nicht darstellbar. Im T2-gewichteten Bild verdickte und flüssigkeitsgefüllte Appendix (weiße Pfeile) in retrozökaler Lage. Histologie: ulzerophlegmonöse Appendizitis. **1d)** 15-jähriger Patient mit Gastroenteritis-Zeichen. Nun akute Verschlechterung mit akutem Abdomen, sonografisch Ileus-Zeichen. MR-tomografisch in der Diffusionswichtung/ADC-Map leicht verdickte Appendix vermiformis (weiße Pfeile) im Becken mit perityphlitischem Abszess (blaue Pfeile).

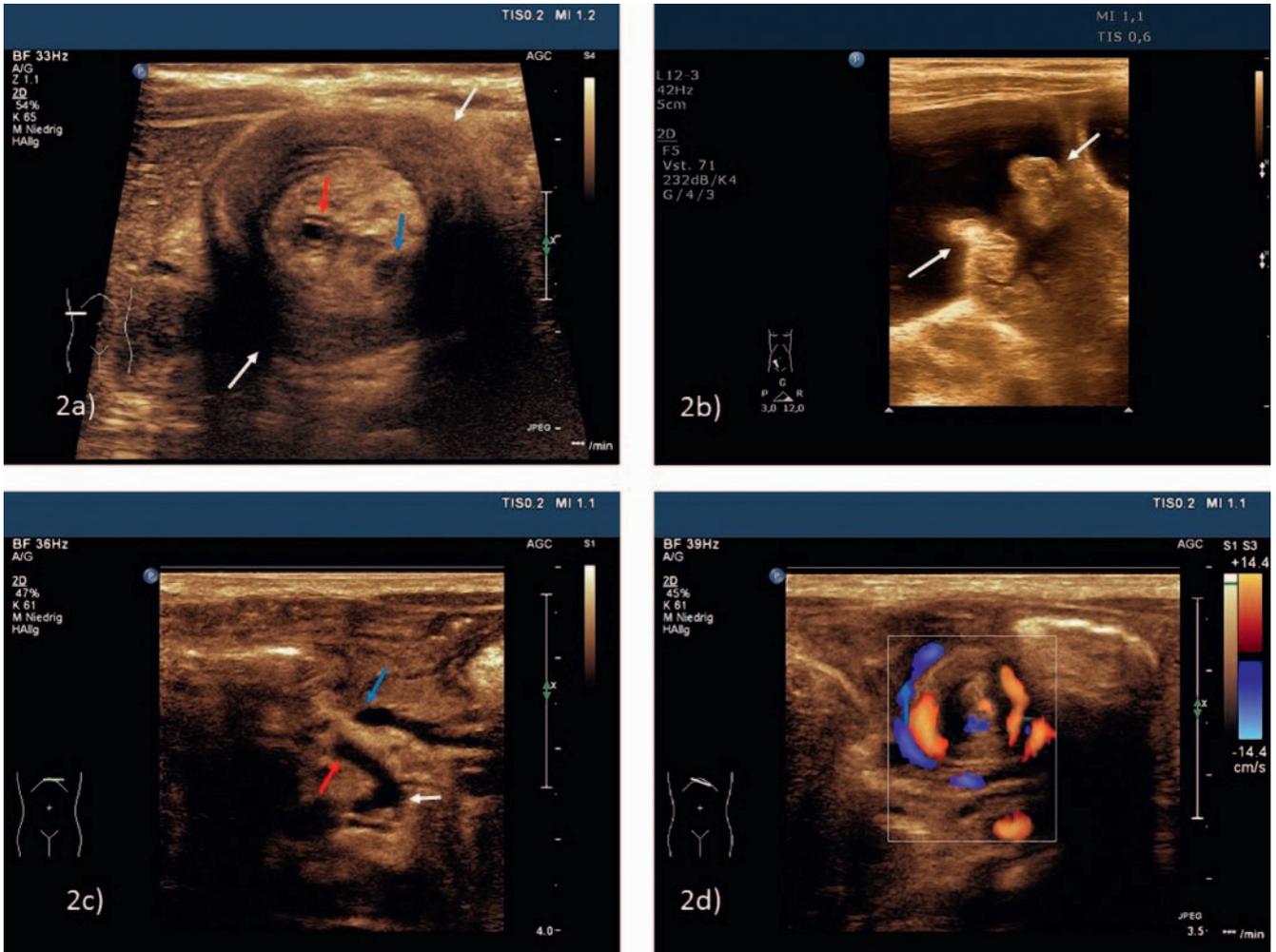
keit) sowie klinische Zeichen eines Schocks erfordern ein operatives Vorgehen.

Eine viel seltenere, aber hochrelevante Differenzialdiagnose des akuten Abdomens vor allem im Neugeborenen- und frühen Kleinkindesalter stellt der Volvulus dar. Hierbei handelt es sich um ein Verdrehen des Gefäß- und Mesenterialstiels mit mehreren Darmabschnitten. Zugrunde liegt in der Regel eine Rotationsstörung des Gastrointestinaltraktes, welche per se nicht symptomatisch ist, aber zu einem Volvulus führen kann. Das häufigste Manifestationsalter ist das Neugeborenen- und Säuglingsalter, der Volvulus kann aber auch im Kleinkindes- bis Schulalter auftreten [13]. Auch hier gelingt die Diagnosestellung in der Regel sonografisch, hierbei achten Sie auf die Stellung der A. zur V. mesenterica superior im Oberbauchquerschnitt. Steht die Vene nicht bei „11 Uhr“ in Relation zur Arterie, besteht der dringende Verdacht auf eine Rotationsstörung

(► **Abb. 2c)** [14]. Verfolgen Sie diese Gefäße dann nach kaudal, findet sich im Falle eines Volvulus das typische „Whirlpool-Sign“ mit Verdrehung der Vene um die Arterie. Hierbei ist die Verwendung der FKDS hilfreich (► **Abb. 2 d)**.

Auch die Ovarialtorsion des Mädchens (bevorzugt im Jugendalter) muss als Differenzialdiagnose eines akuten Abdomens bedacht werden [15], sonografisch sollte darum immer das innere Genitale mitbeurteilt werden, möglichst bei gefüllter Harnblase.

Die Ingestion eines Fremdkörpers ist besonders im Kleinkindesalter häufig. Zur Beurteilung, ob ein röntgendichter Fremdkörper verschluckt wurde, wie viele Fremdkörper verschluckt wurden und wo sich diese befinden, muss der gesamte Ösophagus und Magen-Darm-Trakt dargestellt werden. Hierfür wird in der Regel eine Röntgenaufnahme durchgeführt, die auf Höhe der Mandibula/des Gaumens beginnt und bis zur Symphyse reicht; bei klei-



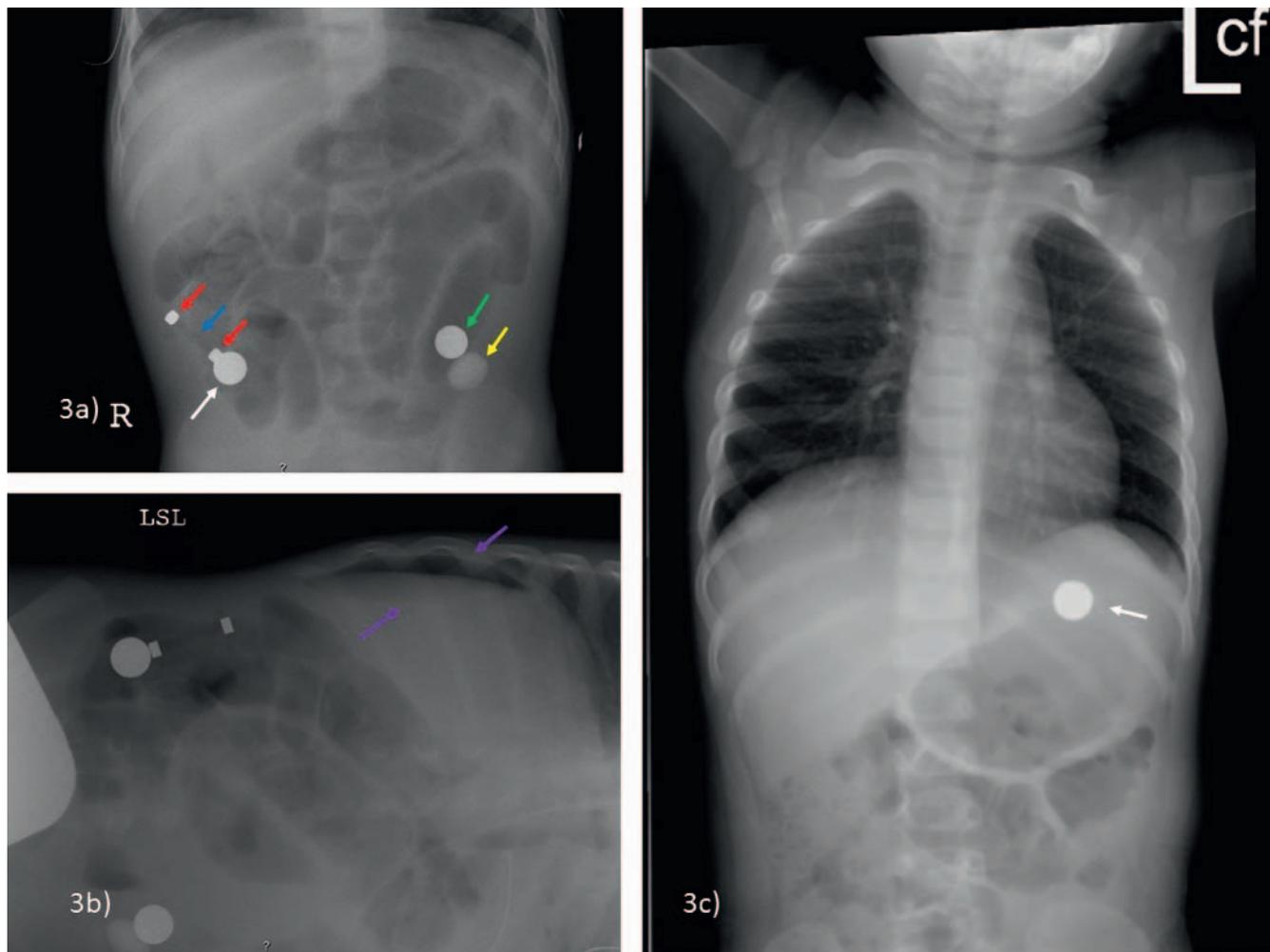
► **Abb. 2 2a)** 3-jährige Patientin mit rezidivierenden Schreiatacken und klinischem Verdacht auf Invagination. Sonografisch klassisches Bild einer längerstreckigen ileocökalen Invagination (weiße Pfeile) am Leberunterrand. Innerhalb des Invaginat es neben echoreichem mesenterialem Fettgewebe zusätzlich kleine Lymphknoten (blauer Pfeil) und die flüssigkeitsgefüllte Appendix vermiformis (roter Pfeil). **2b)** Sonografisch gestützte erfolgreiche hydrostatische Desinvagination: Das Invaginat hat sich bereits gelöst, die rektal applizierte Flüssigkeit passiert die geschwollene Ileocökalklappe (weiße Pfeile). **2c)** 2 Monate alter Säugling mit rezidivierendem Erbrechen und abwehrgespanntem Abdomen, zunehmende Verschlechterung des AZ. Sonografisch auffällige Mesenterialgefäße: Die A. mesenterica superior (roter Pfeil) verläuft nach dem Abgang aus der abdominalen Aorta (weißer Pfeil) nach rechts; die Vena mesenterica superior/der Pfortaderkonfluenz (blauer Pfeil) steht in Relation zur Arterie nicht bei 11 Uhr. V. a. Rotationsstörung des Darmes. **2d)** Selbes Kind wie in 2c); wenn die Gefäßachse nach kaudal verfolgt wird, zeigt sich die Verdrehung des Mesenterialstieles um die Arterie, „whirlpool-sign“, die Darstellung im Farbduplexbild ist hilfreich. Intraoperativ Bestätigung des Volvulus auf dem Boden einer Nonrotation.

ren Kindern kann dies mit einer einzigen Aufnahme abgebildet werden, bei größeren Kindern können 2 Aufnahmen erforderlich sein. Gefährlich für den Darm sind dabei weniger spitze Gegenstände wie z. B. Nadeln, sondern vor allem Magnete und Knopfzellen [16]. Im Falle einer Ingestion von mindestens 2 Magneten kann es zur Adhärenz von benachbarten Darmschlingen oder zum Einklemmen von Darmschleimhaut kommen mit der Folge einer Druck-Nekrose und Perforation (► **Abb. 3a, b**). Durch den Stromfluss an einer verschluckten Knopfzelle kann es zu Nekrosen der Schleimhäute kommen, was relativ rasch zu einer Perforation führen kann (► **Abb. 3c**). Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Batterie im Ösophagus stecken bleibt [17], in diesem Fall ist eine sofortige ösophagoskopische Bergung erforderlich. Im Falle einer Lokalisation der Knopfzelle im Magen besteht bei

asymptomatischem Kind keine Notfallindikation, die Knopfzelle sollte aber innerhalb von 24–48 h geborgen werden [18]. Vorab erfolgt nochmals eine röntgenologische Kontrolle, um eine zwischenzeitliche Passage durch den Pylorus auszuschließen; bei postpylorischer Lage wird dann die Ausscheidung via naturalis abgewartet.

Vignette 2: Atembeschwerden und Brustschmerzen

Pulmonale Infekte sind häufig. In den wenigsten Fällen erfolgt eine Bildgebung mittels Röntgen-Thorax wie wir es bei Erwachsenen kennen. Die klinische Untersuchung sowie die laborchemi-

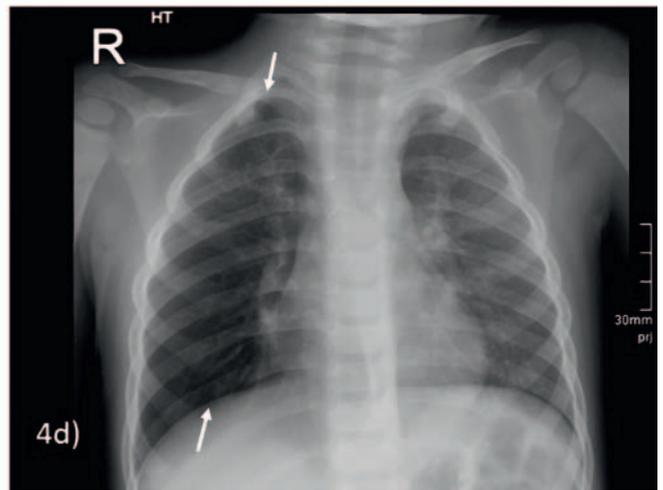
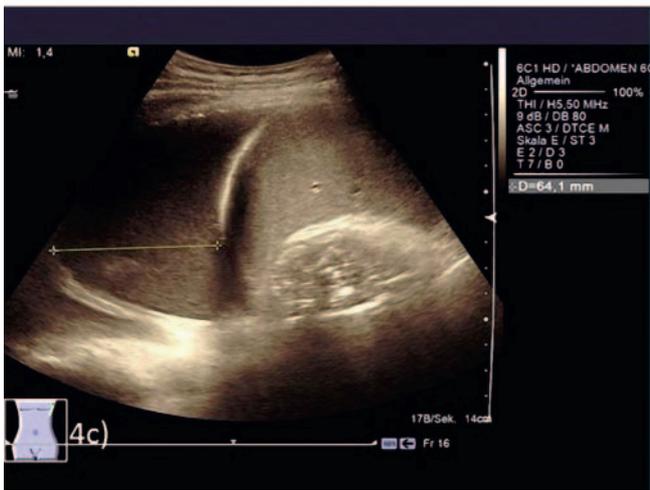
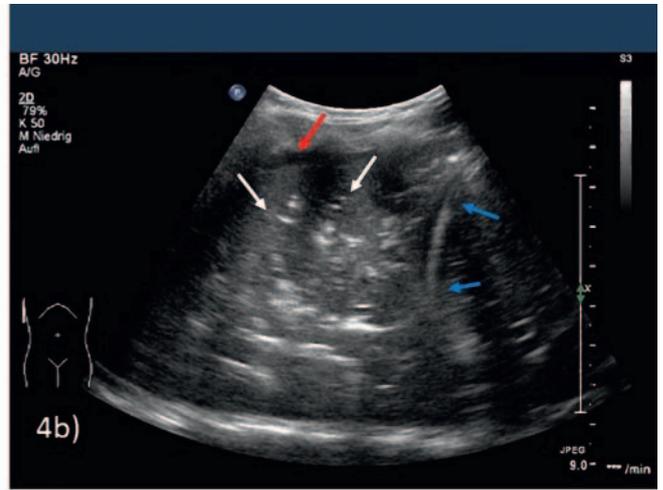
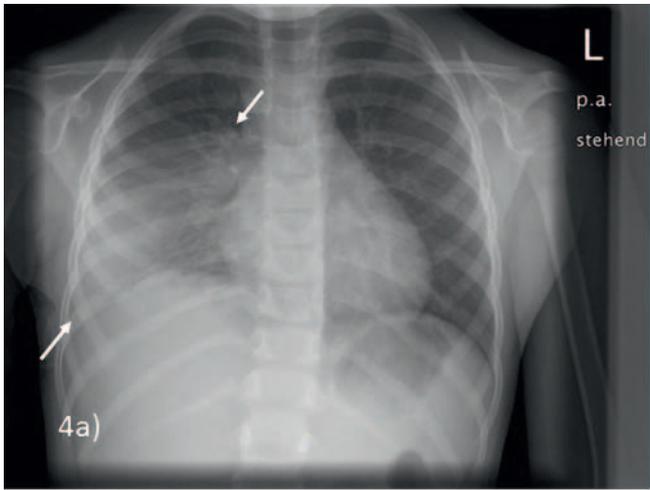


► **Abb. 3 3a), 3b)** 1,5 Jahre alter Säugling mit akutem Abdomen; zunächst Erbrechen, dann zunehmende Dehydratation, AZ-Verschlechterung und Peritonismus. Keine Fremdkörper-Ingestion erinnerlich. Sonografisch Ileuszeichen und freie Flüssigkeit (Bild nicht gezeigt). In der Abdomen-Übersichtsaufnahme distendierte Darmschlingen und mehrere röntgendichte Fremdkörper, in Links-Seitenlage freie abdominelle Luft (violette Pfeile). In der Laparotomie Nachweis einer Perforation im präterminalen Ileum, Bergung einer rundlichen Metallkugel (weißer Pfeil) mit adhärenthem stabförmigem Magneten: zwischen den beiden magnetischen Anteilen (rote Pfeile) strahlentransparente Verbindung aus Kunststoff (blauer Pfeil); zusätzlich Bergung einer weiteren Metallkugel (grüner Pfeil) und einer Glasmurmeln (gelber Pfeil) aus dem Sigma. **3c)** 2 Jahre altes Kind, durch die Eltern wird eine unbeobachtete Ingestion einer Knopf-Batterie vermutet. In der Röntgen-Fremdkörpersuche (Höhe Mandibula bis Beckenkämme) Nachweis des rundlichen röntgendichten Fremdkörpers in Projektion auf den Magen. Die Knopf-Batterie hat den Pylorus noch nicht passiert, im Falle eines asymptotischen Kindes sollte eine Entfernung des Fremdkörpers innerhalb von 24–48 h erfolgen, bei symptomatischem Kind sofort.

sche Diagnostik sind meist ausreichend. Bei nicht konklusiven Fällen oder dem Verdacht auf eine (komplizierte) Pneumonie wird die Bildgebung herangezogen. Der Ultraschall stellt bei peripheren Befunden eine sehr gute Ergänzung oder Alternative zur Röntgenuntersuchung dar [19] ► **Abb. 4a, b**). Entscheidend im Nacht- und Wochenenddienst ist es, Komplikationen eines pulmonalen Infektes wie z. B. ein Pleuraempyem zu diagnostizieren. Auch hier bietet der Ultraschall eine sehr gute Möglichkeit, da Sie anhand der Echogenität nicht echofreie oder gekammerte Empyeme mit hoher Sicherheit vom echofreien Erguss unterscheiden können ► **Abb. 4c**). Gegebenenfalls ist zum Festlegen des weiteren therapeutischen Prozederes (z. B. Drainagenanlage) ein anderes Schnittbildverfahren nötig [20]. Bei schlechtem klinischem Zustand des Kindes ist eine kindgerechte dosisangepasste CT-Untersuchung anzustreben. Hierbei werden in der Regel Low-dose-

Protokolle verwendet, die Geräte-Hersteller stellen zudem verschiedene (gewichts- und/oder altersadaptierte) Kinderprotokolle zur Verfügung. Um eine größtmögliche Dosisreduktion zu erreichen (vergleiche Dosis-Referenzwerte des Bundesamts für Strahlenschutz [21]) sollte der Einsatz iterativer Bildrekonstruktionsverfahren verwendet werden [22]. Weitere Informationen sind auch auf verschiedenen Internet-Portalen (z. B. [23]) verfügbar. Alternativ kann je nach klinischem Setting und Ausstattung auch eine MRT erfolgen.

Eine zweite wichtige Differenzialdiagnose stellt der Pneumothorax dar. Spontanpneumothoraces können bei asthenischen Jugendlichen auftreten. Standard der Bildgebung ist unverändert der Röntgen-Thorax. Analog zu aktuellen Empfehlungen bei Erwachsenen [24] ist auch für Kinder und Jugendliche die Untersuchung in Inspiration der Untersuchung in Expiration vorzuziehen:



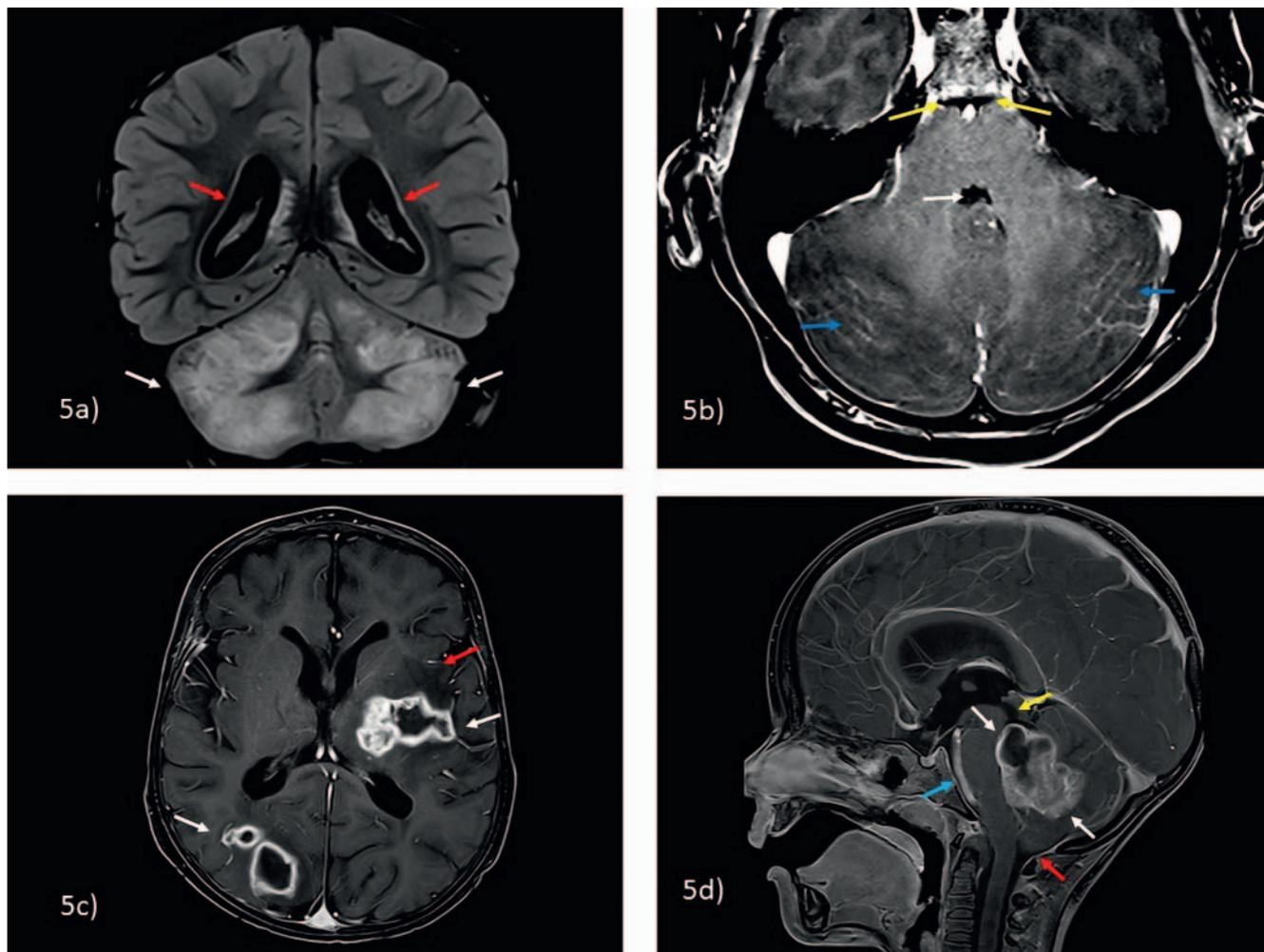
► **Abb. 4 4a)** 6-jährige Patientin mit Husten und Fieber seit mehreren Tagen, nun Verschlechterung des Allgemeinzustandes. Im Röntgen-Thorax Verschattung rechtes Unter- und Mittelfeld wie bei einer Lobärpneumonie (rechter Unterlappen). **4b)** Selbes Kind wie in 4a). Sonografisch ausge-dehntes konsolidiertes Infiltrat im rechten Lungenunterlappen mit multiplen Bronchoaerogrammen (weiße Pfeile) kranial der rechten Zwerchfell-kuppe (blaue Pfeile). Nur minimaler Begleiterguss (roter Pfeil). **4c)** 10-jähriger Patient mit bestätigter Pneumonie links, klinische Verschlechterung. Sonografisch großer Pleuraerguss links mit multiplen Binnenechos wie bei einem beginnenden Pleuraempyem, Bestätigung in der anschließend erfolgten Thoraxdrainagenanlage. **4d)** 4-jähriger Junge, anamnestisch und klinisch Verdacht auf Aspiration einer Erdnuss. Im Röntgen-Thorax bereits in der Inspirationsaufnahme erkennbare Überblähung der rechten Lunge (weiße Pfeile) unter Betonung des Unterfeldes wie bei einem Ventil-mechanismus. Anschließend bronchoskopische Bergung der Erdnuss aus dem rechten Unterlappenbronchus.

Die In- und Expirationsaufnahmen scheinen sich bezüglich der Detektion eines Pneumothorax nicht signifikant voneinander zu unterscheiden, allerdings scheint bei einem basalen Pneumothorax in der Inspirationsaufnahme die pleuropulmonale Dehiszenz etwas weiter projiziert zu sein [25]. Im Falle eines Spannungspneumothorax mit Mediastinalshift ist unmittelbares Handeln erforderlich.

Eine dritte wichtige Differenzialdiagnose bei thorakaler Symptomatik stellt die Fremdkörperaspiration dar. Betroffen sind überwiegend Kleinkinder [26], häufige Gegenstände sind Apfel- und Möhrenstückchen oder auch Nussteile, die aspiriert werden und zu möglicher Obstruktion des Tracheobronchial-Systems führen (► **Abb. 4 d**). Die klinische Symptomatik kann sehr variabel sein. Die Bildgebung ist nur ein Mosaik in der Sicherstellung der Diagnose und zur Planung für die Bronchoskopie [27] sinnvoll. Erstrebenswert ist die Lungenbildgebung in Expiration, um ein Air

Trapping nachzuweisen. Durchaus sinnvoll ist es, dynamische gepulste Niedrigdosis-Durchleuchtungsaufnahmen der Atembewegung anzufertigen; dabei können Aufnahmen in Rechts- und Linksseitenlage hilfreich sein [28], in der Regel sind Aufnahmen mit 3 Pulsen/Sekunde ausreichend. Hinweis auf chronische Aspirationsfolge können rezidivierende, am selben Ort auftretende Pneumonien oder Atelektasen sein.

Merke
Bei der Fremdkörperaspiration dient das Röntgen in der Regel nicht dem direkten Nachweis des Fremdkörpers (aspirierte Nahrungsmittel sind nicht röntgendicht!), sondern dem indirekten Nachweis eines durch den Fremdkörper verursachten Ventilmechanismus.



► **Abb. 5** **5a)** 5-jähriges Kind mit starken Kopfschmerzen, mehrfaches Erbrechen, kein Meningismus. Koronare FLAIR, deutliche Auftreibung und Signalanhebung der Kleinhirnhemisphären (weiße Pfeile). Zusätzlich Liquoraufstau mit transependymaler Liquordiapedese (rote Pfeile). **5b)** Selbes Kind wie in **5a)**. Fs T1-GRE nach KM, diffuses infratentorielles leptomenigeales Enhancement (blaue Pfeile), Einengung des 4. Ventrikels (weißer Pfeil) und der präpontinen Cisterne (gelbe Pfeile). Nachweis von Mykoplasmen-Antikörpern, unter Behandlung u. a. mit Clarithromycin rasche Besserung. **5c)** 3-jähriger Junge mit onkologischer Grunderkrankung. Fieber in Aplasie, nun Schwäche des rechten Armes, zunehmende Schläfrigkeit. Fs T1-GRE nach KM. Multiple eingeschmolzene und ringförmig anreichernde bihemisphärische Herde (weiße Pfeile), zudem Perifokalödem (roter Pfeil). Biopsische Sicherung, mikrobiologisch Aspergillus. **5d)** 4-jähriger Junge, progrediente Gangunsicherheit, Kopfschmerzsymptomatik, jetzt Nüchtern-Erbrechen. Fs T1-GRE nach KM, große polylobulierte teils schrankengestörte und teils zystische Raumforderung im 4. Ventrikel (weiße Pfeile), konsekutiver Tiefstand der Kleinhirntonsillen (roter Pfeil), Verlagerung des Hirnstammes (blauer Pfeil) und Aufstau (gelber Pfeil). Resektion, Histologie: anaplastisches Medulloblastom.

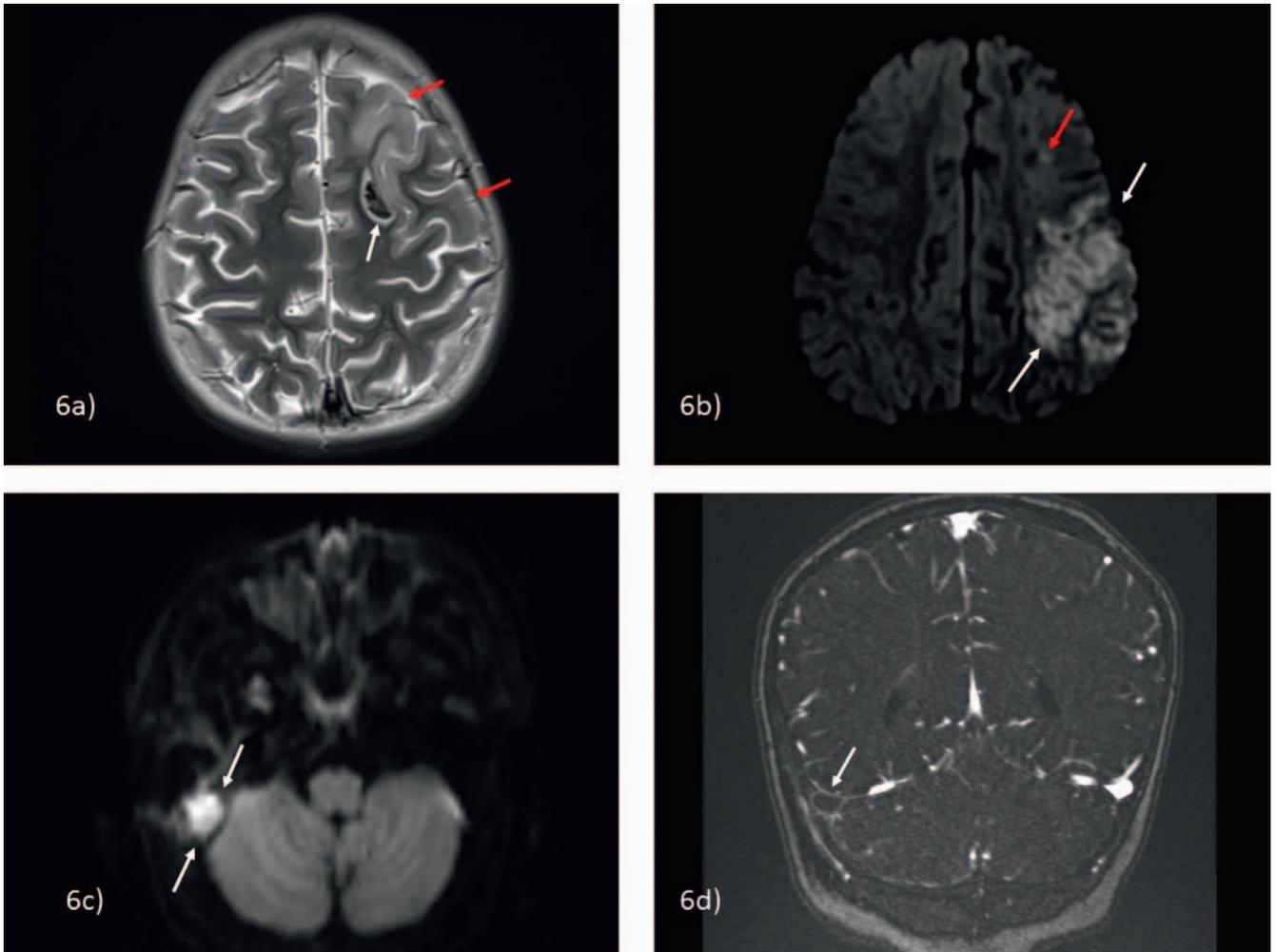
Vignette 3: Kopfschmerzen

Kopfschmerzen bei Kindern und bei Jugendlichen sind häufig. Dies kann aus unterschiedlichen Belastungs- und Überlastungssituationen resultieren, auch Migräne kann eine Ursache dafür sein. In seltenen Fällen können sich jedoch relevante Erkrankungen durch Kopfschmerzen manifestieren, diese gilt es zu detektieren. Zur Einschätzung, ob eine notfallmäßige Bildgebung am Wochenende oder nachts erforderlich ist, sollte nach Möglichkeit eine neuropädiatrische Mitbeurteilung angestrebt werden. Häufig findet sich jedoch im notfallmäßig durchgeführten Schädel-MRT bei Kindern und Jugendlichen keine Akutpathologie [29].

Eine häufige Fragestellung im Dienst ist die Bildgebung vor eventueller Durchführung einer Lumbalpunktion zum Ausschluss einer Meningitis/Enzephalitis (um vorab einen erhöhten intrakra-

niellen Druck auszuschließen). Dies erfolgt bei uns zunächst mittels nicht kontrastmittelverstärkter MRT (T2- und T1-gewichtete Sequenzen, FLAIR = Fluid-attenuated inversion recovery und Diffusionswichtung; bei kleinen und eventuell unruhigen Kindern sind auch schnelle T2-Sequenzen als „Suchsequenzen“ oder die Kurzprotokolle der verschiedenen Hersteller geeignet). Sollten sich im nativen MRT Auffälligkeiten ergeben, sollte abgewogen werden, ob zusätzliche Sequenzen nach Kontrastmittelgabe sinnvoll sind [30]. Bereits aus diesem Grund ist eine Sichtung der nativen Bilder selbstverständlich, bevor der Patient das Gerät verlässt (► **Abb. 5a–c**).

Eine zweite wichtige Differenzialdiagnose sind akute vaskuläre Erkrankungen oder intrakranielle Blutungen; der Schlaganfall im Kindes- und Jugendalter ist zwar selten, aber mit einer Inzidenz



► **Abb. 6 6a)** 6-jährige Patientin mit onkologischer Grunderkrankung. Akut einsetzende Schwäche der rechten Körperhälfte gefolgt von fokalen Krampfanfällen. Transversale T2 Turbo-Spin-Echo-Sequenz, akute intrazerebrale Blutung links hochfrontal (weißer Pfeil) auf dem Boden einer Thrombose des Sinus sagittalis superior (nicht gezeigt); zusätzliche ödematöse Auftreibung des angrenzenden Kortexbandes (rote Pfeile). **6b)** 2,5-jähriger Junge mit bekannter Sichelzellerkrankung. Seit dem Vortag Hemiparese rechts. Transversale Diffusionswichtung (b-Wert 1000), akuter Territorialinfarkt im Stromgebiet der linken Arteria cerebri media (weiße Pfeile), zusätzliche Grenzoneninfarkte (roter Pfeil). **6c)** 10-jährige Patientin mit Mastoiditis rechts, nach Mastoidektomie (in externer Klinik) anhaltende starke Kopfschmerzen. Transversale Diffusions-Wichtung (b-Wert 1000), fokale Diffusionsstörung in der rechten hinteren Schädelgrube (weiße Pfeile) im Sinne eines epiduralen Abszesses. **6d)** Selbe Patientin wie in 6c). Koronare Kontrastverstärkte Sinus-Angiografie, vorgeschaltet vor den Epidural-Abszess fehlende Kontrastierung des rechten Sinus transversus (weißer Pfeil) wie bei einer Sinusthrombose.

von etwa 5 auf 100 000 Kinder [31] nicht so selten wie früher häufig gedacht. Circa die Hälfte der Schlaganfälle im Kindes- und Jugendalter werden durch Blutungen verursacht [32], z. B. auf dem Boden einer vorbestehenden Gefäßmalformation (AV-Malformation, cavernöse Malformation) [31] oder einer Sinusthrombose (► **Abb. 6a**). Anders als im Erwachsenenalter stehen die ischämischen Infarkte nicht im Vordergrund, hiervon jedoch besonders betroffen sind Neugeborene und PatientInnen mit z. B. vaskulären Erkrankungen oder Sichelzellerkrankung (► **Abb. 6b**). Daneben finden sich mit einer Inzidenz von ca. 0,4–0,7 auf 100 000 Kinder Sinus-Thrombosen [33], häufig auf dem Boden einer primären HNO-Infektion (► **Abb. 6c, d**).

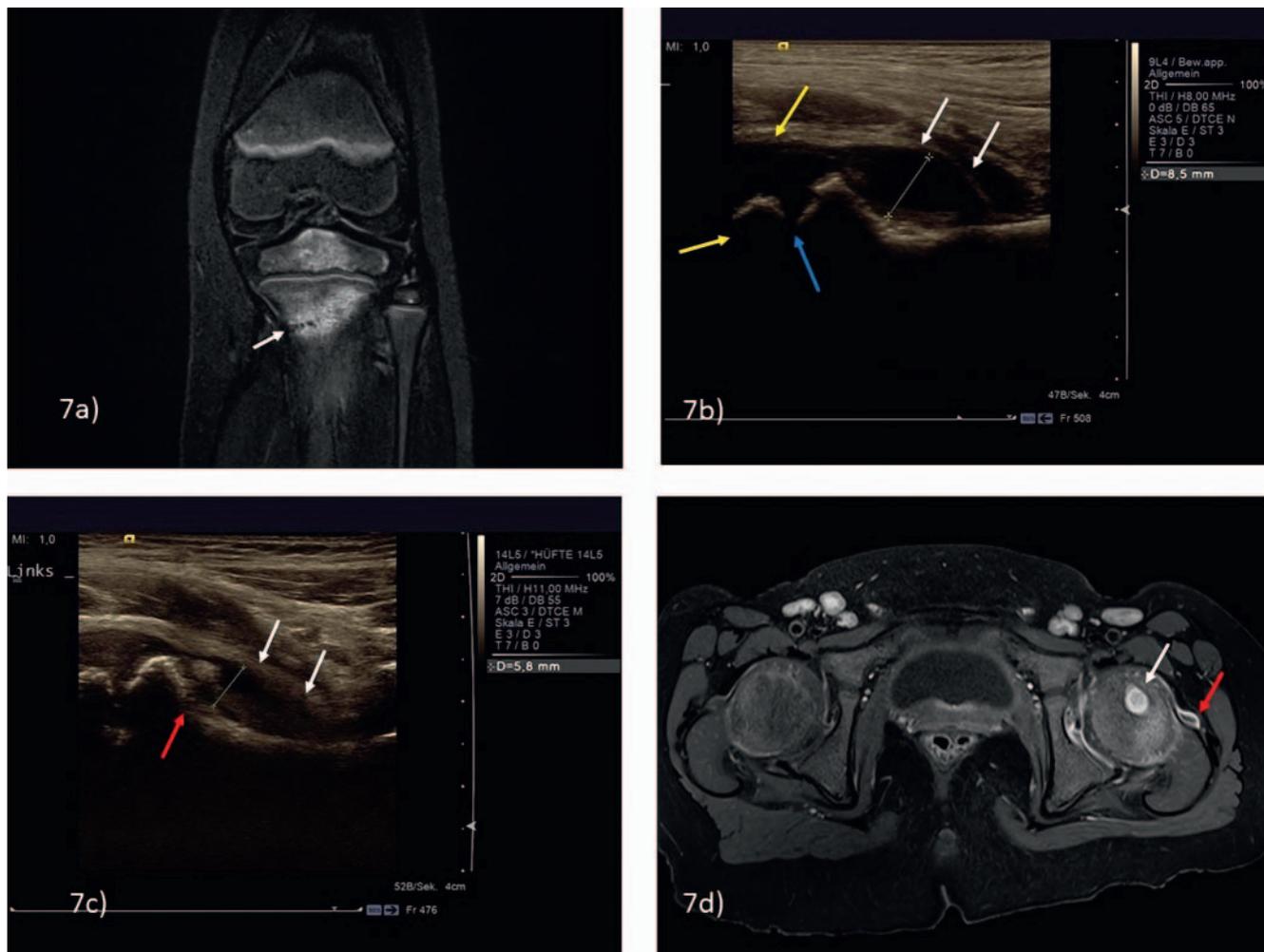
Eine sehr seltene Differenzialdiagnose für Kopfschmerzen im Nacht- und Wochenenddienst stellt die primäre Detektion bislang unbekannter primärer Hirntumoren [34] (► **Abb. 5c**) oder (im Kin-

des- und Jugendalter extrem selten) die Detektion intrakranieller Metastasen dar.

Bei Kindern und Jugendlichen mit Shunt-versorgtem Hydrozephalus wird bei Kopfschmerzen/bei der Frage nach Shunt-Dysfunktion oder Überdrainage auch im Dienst eine MR-Bildgebung erforderlich sein, hierbei sind kurze T2-Sequenzen ausreichend [35].

Merke

Bei klinischem Hinweis auf eine intrakranielle vaskuläre Problematik (bei Neugeborenen und Säuglingen oft Krampfanfälle, die aber in diesem Alter schwer zu erkennen sein können, bei älteren Kindern fokale Neurologie oder starke Kopfschmerzen) ist die zeitnahe MRT mit Diffusions-Wichtung und Angio-Sequenzen (native Time-of-Flight-Sequenzen sowie im Zweifelsfall



► **Abb. 7 7a)** 4-jähriges Mädchen mit starken Schmerzen linkes Knie nach Trampolinspringen. Röntgenbild nicht eindeutig (nicht gezeigt), Aufnahme einer TIRM-Sequenz. Knochenmarködem proximale linke Tibia mit erkennbarer nicht dislozierter Frakturlinie der Metaphyse. Konservative Therapie. **7b)** 1,5-jähriger Junge mit Coxitis fugax. Vor wenigen Tagen Infekt der oberen Luftwege, nun Gehverweigerung, kein Fieber, laborchemisch negative Infektparameter. Sonografisch echofreier Erguss im rechten Hüftgelenk bei Abhebung der Gelenkkapsel (weiße Pfeile, Distanzmessung 9 mm). Bei kindlichem Skelett noch inkomplette Verknöcherung des Hüftkopfes (gelbe Pfeile) und Wachstumsfuge (blauer Pfeil). **7c)** 2-jähriger Junge, Fieber und Schonhaltung/Hinken des linken Beines seit 2 Tagen, erhöhte Blutsenkungsgeschwindigkeit. Erguss im linken Hüftgelenk mit Binnenchoss (weiße Pfeile, Distanzmessung 6 mm), zusätzlich geringe Irregularität der Knochenkontur der proximalen Metaphyse (roter Pfeil). **7d)** Selber Patient wie in 7c). Fs T1-GRE nach KM. Osteomyelitisherd in der linken proximalen Femurmetaphyse (weißer Pfeil), zusätzlich geringer Erguss und Synovialitis (roter Pfeil).

Kontrastmittel-Angio und Post-KM-Sequenzen) auch im Nacht- und Wochenenddienst obligat.

Vignette 4: Gehverweigerung

Am häufigsten wird man Kinder mit Bewegungseinschränkung im radiologischen Nacht- und Wochenenddienst nach vorausgegangenem Trauma zur Diagnostik sehen. Hier stellt die konventionelle Röntgendiagnostik in 2 Ebenen unverändert das Standard-Bildgebungsverfahren dar. Im Einzelfall ist bei klassischem klinischem Szenario (z. B. nach Trampolinspringen) und klinischem Beschwerdebild (z. B. Schmerzen in der Knie- oder der Wirbelsäule) aber unauffälliger konventioneller Bildgebung die weiterführende Diagnostik mittels nicht kontrastmittelverstärkter MRT sinnvoll (► **Abb. 7a**).

Ein diagnostisches Problem bei Kleinkindern mit Gehverweigerung ist, dass diese uns nicht sagen können, wo es weh tut. Ursächlich kommen Frakturen („toddler’s fracture“ oder Frakturen der Metatarsalia) oder auch Pathologien der Wirbelsäule (z. B. Diszitis oder Tumor) infrage. Hier ist die gute klinische Untersuchung essenziell, um das Problem zu verorten und dann gezielt in der entsprechenden Körperregion mittels Bildgebung zu suchen. Dabei kann eine vorausgehende Sonografie oft helfen, die Röntgen- oder Schnittbilduntersuchung zu fokussieren.

Merke

Je jünger die Kinder sind, desto wichtiger ist die vorherige klinische Untersuchung zur Eingrenzung und damit Planung der sich anschließenden Bildgebung.

Eine häufige und harmlose Ursache für Hüftschmerzen und Gehverweigerung ist bei Kleinkindern die Coxitis fugax („Hüftschnupfen“), eine reaktive Arthritis, die gehäuft nach Virusinfekten auftritt [36]. Sonografisch ist ein in der Regel echofreier Hüftgelenkerguss nachweisbar (► **Abb. 7b**), typischerweise besteht kein Fieber und die Labor-Entzündungsparameter sind nicht erhöht. Eine ganz wesentliche Differenzialdiagnose, die keinesfalls übersehen werden darf, stellt die septische Arthritis/Osteomyelitis dar, die meist mit Fieber einhergeht. Insbesondere bei kleinen Kindern kann es bei einem primären Nichterkennen zu einer Hüftkopfnekrose mit einer raschen und irreversiblen Destruktion des Gelenkes kommen [37]. Die Ultraschall-Diagnostik (die häufig einen Gelenkerguss mit Binnenechos zeigt) ist essenziell; eine eventuell notwendige kontrastverstärkte MRT soll bei klinischem Verdacht auf eine Osteomyelitis zeitnah auch im Nacht- und Wochenenddienst durchgeführt werden (► **Abb. 7c, d**).

Merke

Eine septische Arthritis/Osteomyelitis darf nicht übersehen werden, irreversible (Gelenk-) Schädigungen sind in kürzester Zeit möglich.

Weitere seltene Differenzialdiagnosen stellen autoimmun-vermittelte inflammatorische Erkrankungen wie die Juvenile Idiopathische Arthritis (JIA) sowie die nicht bakterielle Osteomyelitis (NBO, CNO, CRMO) dar. Auch diese können Ihnen im Einzelfall im Nacht- und Wochenenddienst begegnen. Die konventionelle Röntgenuntersuchung ist fast immer negativ, zumindest im Frühstadium [38]. Die weiterführende Diagnostik mittels MRT ist relevant und sollte entsprechend zeitnah durchgeführt werden [39], ist aber in der Regel kein Notfall, der nachts abgeklärt werden muss. Die vorliegende Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Vielmehr soll sie einige der wesentlichen Differenzialdiagnosen, die nicht übersehen werden dürfen, aufzeigen. Genauso wichtig ist es aber, harmlosere Krankheitsbilder, welche durchaus Beschwerden machen und im Nacht- wie Wochenenddienst gehäuft auftreten, im Hinterkopf zu behalten. Entscheidend ist es, auch in komplexen Situationen einen kühlen Kopf zu bewahren – halten Sie Distanz. Denken Sie daran, welche wichtige Rolle die Radiologie wie Kinderradiologie in der Gestaltung der klinischen weiteren Behandlungswege dieser Kinder und Jugendlichen sowie ihrer Eltern spielt. Hilfreich bei der Auswahl der Untersuchungsmodalität sind die bekannten Orientierungshilfen der Strahlenschutzkommission [40] sowie die verschiedenen im Internet verfügbaren Leitlinien der AWMF (Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e. V.) bzw. der GPR (Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie e. V.), die symptomorientiert Vorschläge beim diagnostischen Vorgehen beschreiben. Zudem besteht die Möglichkeit zur Konsultation mit KinderradiologInnen im Folgenden (Karte der GPR: <https://www.kinder-radiologie.org/>). Und bedenken Sie die eingangs aufgestellte Vorbemerkung – ein stilles oder wimmerndes Kind ist ein Alarmzeichen.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Zeiter DK. Abdominal Pain in Children: From the Eternal City to the Examination Room. *Pediatr Clin North Am* 2017; 64 (3): 525–541. doi:10.1016/j.pcl.2017.01.012
- [2] Leung AK, Sigalet DL. Acute abdominal pain in children. *Am Fam Physician* 2003; 67 (11): 2321–2326
- [3] Moustaki M, Zeis PM, Katsikari M et al. Mesenteric lymphadenopathy as a cause of abdominal pain in children with lobar or segmental pneumonia. *Pediatr Pulmonol* 2003; 35 (4): 269–273. doi:10.1002/ppul.10254
- [4] Ravichandran D, Burge DM. Pneumonia presenting with acute abdominal pain in children. *Br J Surg* 1996; 83 (12): 1707–1708. doi:10.1002/bjs.1800831214
- [5] Buckius MT, McGrath B, Monk J et al. Changing epidemiology of acute appendicitis in the United States: study period 1993–2008. *J Surg Res* 2012; 175 (2): 185–190. doi:10.1016/j.jss.2011.07.017
- [6] Rentea RM, Peter SDS, Snyder CL. Pediatric appendicitis: state of the art review. *Pediatr Surg Int* 2017; 33 (3): 269–283. doi:10.1007/s00383-016-3990-2
- [7] Gongidi P, Bellah RD. Ultrasound of the pediatric appendix. *Pediatr Radiol* 2017; 47 (9): 1091–1100. doi:10.1007/s00247-017-3928-4
- [8] Riedesel EL, Weber BC, Shore MW et al. Diagnostic performance of standardized ultrasound protocol for detecting perforation in pediatric appendicitis. *Pediatr Radiol* 2019; 49 (13): 1726–1734. doi:10.1007/s00247-019-04475-5
- [9] Lyons GR, Renjen P, Askin G et al. Diagnostic utility of intravenous contrast for MR imaging in pediatric appendicitis. *Pediatr Radiol* 2017; 47 (4): 398–403. doi:10.1007/s00247-016-3775-8
- [10] Mandeville K, Chien M, Willyerd FA et al. Intussusception: clinical presentations and imaging characteristics. *Pediatr Emerg Care* 2012; 28 (9): 842–844. doi:10.1097/PEC.0b013e318267a75e
- [11] Lioubashevsky N, Hiller N, Rozovsky K et al. Ileocolic versus small-bowel intussusception in children: can US enable reliable differentiation? *Radiology* 2013; 269 (1): 266–271. doi:10.1148/radiol.13122639
- [12] Edwards EA, Pigg N, Courtier J et al. Intussusception: past, present and future. *Pediatr Radiol* 2017; 47 (9): 1101–1108. doi:10.1007/s00247-017-3878-x
- [13] Aboagye J, Goldstein SD, Salazar JH et al. Age at presentation of common pediatric surgical conditions: Reexamining dogma. *J Pediatr Surg* 2014; 49 (6): 995–999. doi:10.1016/j.jpedsurg.2014.01.039
- [14] Youssfi M, Goncalves LF. Ultrasound for malrotation and volvulus – point. *Pediatr Radiol* 2021. doi:10.1007/s00247-021-05154-0
- [15] Dasgupta R, Renaud E, Goldin AB et al. Ovarian torsion in pediatric and adolescent patients: A systematic review. *J Pediatr Surg* 2018; 53 (7): 1387–1391. doi:10.1016/j.jpedsurg.2017.10.053
- [16] Schmid MB, Posovszky C, Neuwirth F et al. Diagnostisches Vorgehen bei Fremdkörperingestionen im Kindesalter [Foreign body ingestion in children: recommendation for the diagnostic and therapeutic procedure]. *Laryngorhinootologie* 2010; 89 (2): 73–76. doi:10.1055/s-0029-1241168
- [17] Mubarak A, Benninga MA, Broekaert I et al. Diagnosis, Management, and Prevention of Button Battery Ingestion in Childhood: A European Society for Paediatric Gastroenterology Hepatology and Nutrition Position Paper. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2021; 73 (1): 129–136. doi:10.1097/MPG.0000000000003048

- [18] S2k-Leitlinie der AWMF: Interdisziplinäre Versorgung von Kindern nach Fremdkörperaspiration und Fremdkörperingestion (Dezember 2015, derzeit in Überarbeitung). Im Internet: Handlungsempfehlung/Leitlinie zur interdisziplinären Versorgung von Kindern nach Fremdkörperaspiration und Fremdkörperingestion (awmf.org) Stand: 20.04.2022.
- [19] Balk DS, Lee C, Schafer J et al. Lung ultrasound compared to chest X-ray for diagnosis of pediatric pneumonia: A meta-analysis. *Pediatr Pulmonol* 2018; 53 (8): 1130–1139. doi:10.1002/ppul.24020
- [20] de Benedictis FM, Kerem E, Chang AB et al. Complicated pneumonia in children. *Lancet* 2020; 396: 786–798. doi:10.1016/S0140-6736(20)31550-6
- [21] Bundesamt für Strahlenschutz – Bekanntmachung der aktualisierten diagnostischen Referenzwerte. Im Internet: BFS – Diagnostische Referenzwerte Stand: 20.04.2022.
- [22] Nagayama Y, Oda S, Nakaura T et al. Radiation Dose Reduction at Pediatric CT: Use of Low Tube Voltage and Iterative Reconstruction [published correction appears in *Radiographics*. 2019 May–Jun; 39(3): 912]. *Radiographics* 2018; 38 (5): 1421–1440. doi:10.1148/rg.2018180041
- [23] Image Gently, Radiology Safety – What can I do? Im Internet: Radiology Safety – What can I do? – Image Gently Stand: 20.04.2022.
- [24] S3-Leitlinie der AWMF: Diagnostik und Therapie von Spontanpneumothorax und postinterventionellem Pneumothorax (März 2018). Im Internet (Stand 22.02.2022): https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/010-0071_S3_Spontanpneumothorax-postinterventioneller-Pneumothorax-Diagnostik-Therapie_2018-03_01.pdf
- [25] Thomsen L, Natho O, Feigen U et al. Value of digital radiography in expiration in detection of pneumothorax. *Fortschr Röntgenstr* 2014; 186 (3): 267–273. doi:10.1055/s-0033-1350566
- [26] Lima JA, Fischer GB. Foreign body aspiration in children. *Paediatr Respir Rev* 2002; 3 (4): 303–307. doi:10.1016/s1526-0542(02)00265-8
- [27] Foltran F, Ballali S, Rodriguez H et al. Inhaled foreign bodies in children: a global perspective on their epidemiological, clinical, and preventive aspects. *Pediatr Pulmonol* 2013; 48 (4): 344–351
- [28] Wunsch R, Glöbl H. Fremdkörper der unteren Luftwege. In: Benz-Bohm G, Hrsg. *Kinderradiologie. 2., erweiterte und vollständig überarbeitete Auflage* Stuttgart: Thieme; 2005
- [29] Dao JM, Qubty W. Headache Diagnosis in Children and Adolescents. *Curr Pain Headache Rep* 2018; 22 (3): 17. doi:10.1007/s11916-018-0675-7
- [30] Dünger D, Krause M, Gräfe D et al. Do we need gadolinium-based contrast medium for brain magnetic resonance imaging in children? *Pediatr Radiol* 2018; 48 (6): 858–864. doi:10.1007/s00247-017-3999-2
- [31] Johns C, Kolla S, Hart A et al. A pictorial review of imaging in paediatric stroke. *Postgrad Med J* 2016; 92: 545–553. doi:10.1136/postgradmedj-2015-133409
- [32] Boulouis G, Blauwblomme T, Hak JF et al. Nontraumatic Pediatric Intracerebral Hemorrhage. *Stroke* 2019; 50 (12): 3654–3661. doi:10.1161/STROKEAHA.119.025783
- [33] Dlamini N, Billingham L, Kirkham FJ. Cerebral venous sinus (sinovenous) thrombosis in children. *Neurosurg Clin N Am* 2010; 21 (3): 511–527. doi:10.1016/j.nec.2010.03.006
- [34] Avula S, Peet A, Morana G et al. European Society for Paediatric Oncology (SIOPE) MRI guidelines for imaging patients with central nervous system tumours. *Childs Nerv Syst* 2021; 37 (8): 2497–2508. doi:10.1007/s00381-021-05199-4
- [35] Patel DM, Tubbs RS, Pate G et al. Fast-sequence MRI studies for surveillance imaging in pediatric hydrocephalus. *J Neurosurg Pediatr* 2014; 13 (4): 440–447. doi:10.3171/2014.1.PEDS13447
- [36] Yagdiran A, Zarghooni K, Semler JO et al. Hip Pain in Children. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117 (5): 72–82. doi:10.3238/arztebl.2020.0072
- [37] Gigante A, Coppa V, Marinelli M et al. Acute osteomyelitis and septic arthritis in children: a systematic review of systematic reviews. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2019; 23 (2): 145–158. doi:10.26355/eurrev_201904_17484
- [38] Zhao Y, Ferguson PJ. Chronic Nonbacterial Osteomyelitis and Chronic Recurrent Multifocal Osteomyelitis in Children. *Pediatr Clin North Am* 2018; 65 (4): 783–800. doi:10.1016/j.pcl.2018.04.003
- [39] Hedrich CM, Morbach H, Reiser C et al. New Insights into Adult and Paediatric Chronic Non-bacterial Osteomyelitis CNO. *Curr Rheumatol Rep* 2020; 22 (9): 52. doi:10.1007/s11926-020-00928-1
- [40] Orientierungshilfe für bildgebende Verfahren – Empfehlung der Strahlenschutzkommission (Juni 2019). Im Internet (Stand: 22.02.2022): https://www.ssk.de/SharedDocs/Beratungsergebnisse_PDF/2019/2019-06-27Orientie.pdf?__blob=publicationFile