

Das akute Abdomen in der Kinderradiologie

Acute abdomen in pediatric radiology

Autorinnen/Autoren

Nina Lochbühler, Petra Bölle, Peter Müller-Abt

Institute

Department of Pediatric Radiology Olgahospital, Klinikum Stuttgart Olgahospital Frauenklinik, Stuttgart, Germany

Key words

volvulus, pediatric, acute abdomen, appendicitis, ovary, newborn

Artikel online veröffentlicht 22.12.2023

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2024; 196: 451–462

DOI 10.1055/a-2193-0205

ISSN 1438-9029

© 2023, Thieme. All rights reserved.

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

Korrespondenzadresse

Frau Dr. Nina Lochbühler

Department of Pediatric Radiology Olgahospital, Klinikum Stuttgart Olgahospital Frauenklinik, Kriegsbergstr. 62, 70174 Stuttgart, Germany

Tel.: +49/1 76 45 63 92 85

nina.lochbuehler@posteo.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Im Kindesalter kommt es häufig zur Bildgebung beim akuten Abdomen. Mit diesem Artikel soll ein Überblick über die häufigsten Differentialdiagnosen und die Zuordnung zu den Altersklassen Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder sowie Schulkinder gegeben werden.

Methode Zusammenfassende Übersicht über die Bildgebung beim akuten Abdomen von Neugeborenen, Säuglingen, Kleinkindern und Schulkindern unter Berücksichtigung der aktuellen Literatur.

Ergebnisse und Schlussfolgerung Altersspezifische Besonderheiten machen eine Aufteilung in drei Altersgruppen sinnvoll: Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder sowie Schulkinder. Mögliche Ursachen für ein akutes Abdomen reichen von angeborenen Läsionen insbesondere bei Neugeborenen bis zu aus der Erwachsenenradiologie bekannten Entitäten vorwiegend beim Schulkind. Aufgrund eingeschränkter Kooperationsfähigkeit und höherer Strahlensensitivität stehen insbesondere bei jüngeren Kindern Sonografie und Röntgen an erster Stelle bei der bildgebenden Diagnostik. Die rasche Verfügbarkeit, fehlende Notwendigkeit einer Sedierung sowie Möglichkeit der Untersuchung am Patientenbett ist gerade

bei jüngeren Kindern ein entscheidender Vorteil der sonografischen Diagnostik. Ergänzende Schnittbilddiagnostik, in der Regel MRT, ist speziellen Fragestellungen vorbehalten. Eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen betreuenden Klinikern und Radiologen ist für eine effiziente Diagnostik in dieser Patientengruppe unabdingbar.

Kernaussagen:

- Altersspezifische Besonderheiten sind zu beachten
- Die wichtigsten Untersuchungsmodalitäten sind Sonografie und Projektionsradiografie
- Sowohl angeborene als auch erworbene Pathologien spielen eine Rolle
- Essenziell in dieser Patientengruppe ist die gute interdisziplinäre Zusammenarbeit

Zitierweise

- Lochbühler N, Bölle P, Müller-Abt P. Acute abdomen in pediatric radiology. Fortschr Röntgenstr 2024; 196: 451–462

ABSTRACT

Background Imaging is a common part of the workup for acute abdomen in childhood and adolescence. Rapid diagnosis is crucial for adequate therapy, especially in young children.

Method This review is intended to provide an overview of the typical causes of acute abdomen in children and adolescents and is specifically aimed at radiologists who do not regularly work in pediatric radiology.

Results and Conclusion Age-specific peculiarities make a division into three age groups useful: Newborns, infants and toddlers, and schoolchildren. Possible causes of acute abdomen in children range from congenital lesions, particularly in newborns, to entities well known in adult radiology, more commonly in school-aged children. Since younger children have a higher sensitivity to radiation and often a limited ability to cooperate, sonography and conventional X-ray are the primary imaging modalities used. Decisive advantages of sonography, especially in younger children, include its widespread availability, the lack of need for sedation, and the possibility of bedside examination. Supplementary cross-sectional imaging, usually MRI, is reserved for special clinical questions. Close interdisciplinary cooperation between attending clinicians and radiologists is essential for efficient diagnostics in this patient group.

Einleitung

Das akute Abdomen ist ein sehr häufiger Grund für eine Vorstellung in der Notaufnahme insbesondere bei Kindern. Mit der folgenden Arbeit soll ein Überblick gegeben werden über die für Radiologen wichtigen Aspekte zu diesem Thema – insbesondere für Radiologen, die nur gelegentlich mit kinderradiologischen Fragestellungen konfrontiert werden. Die klinische Einschätzung des Abdomens im Kindesalter insbesondere das der kleinen Kinder wird durch die Tatsache erschwert dass sie häufig nicht in der Lage sind, sich zu ihren Beschwerden suffizient zu äußern. Dadurch erlangt jeder „Bauchschmerz“ im Kindes- und Jugendalter eine gewisse „Akuität“ und die Bildgebung spielt eine wichtige Rolle. Aufgrund altersspezifischer Besonderheiten erscheint die Aufteilung in drei verschiedene Altersgruppen sinnvoll: Neugeborene, Säuglinge und Kleinkinder sowie Schulkinder. Ab der Adoleszenz müssen Diagnosen aus der Erwachsenenmedizin in die differenzialdiagnostischen Überlegungen mit einbezogen werden. Traumatische Ursachen des akuten Abdomens sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Einen Überblick über die Krankheitsbilder bietet ► **Tab. 1**.

Neugeborenenperiode

Leitsymptome des akuten Abdomens beim Neugeborenen sind ein ausladendes Abdomen und galliges Erbrechen. Ursachen für einen Ileus in dieser Altersklasse können angeborener, erworbener und kombiniert angeborener und erworbener Natur sein.

In der Neonatalperiode werden zur Diagnostik sowohl die Sonografie als auch die konventionelle Röntgendiagnostik und die Darmdarstellung mit (in der Regel wasserlöslichem) Kontrastmittel unter Durchleuchtung angewendet. Die Röntgenaufnahme des Abdomens (AP) ist häufig die erste bildgebende Diagnostik bei Neugeborenen mit abdominalen Problemen, eventuell ergänzt durch eine Aufnahme in Linksseitenlage [1]. CT und MRT Untersuchungen spielen in dieser Altersklasse keine Rolle. Eine Durchleuchtung sollte mit adäquater Kollimation, gepulst und unter Verwendung von last Image hold durchgeführt werden. Zum Einsatz kommen Magen-Darmpassagen und Kolonkontrasteinläufe [1]. Nach intestinaler Gabe jodhaltiger Kontrastmittel sind passagere Hypothyreosen bei Frühgeborenen und Neugeborenen

beschrieben [2]. In unserer Klinik erfolgt deshalb eine Kontrolle der Schilddrüsenwerte 7–10 Tage nach Kontrastgabe.

Die Nekrotisierende Enterokolitis (NEC) ist die häufigste und schwerwiegendste Erkrankung der Neonatalperiode. Sie betrifft vor allem unreife Frühgeborene [3]. Die NEC stellt den häufigsten gastrointestinalen kinderchirurgischen Notfall bei Frühgeborenen da [4] und tritt am häufigsten im Alter von 14–21 Tagen auf [5]. Es besteht ein erhöhtes Risiko zur Entwicklung eines Bridenileus und eines Kurzdarmsyndromes [4]. Klinische Symptome äußern sich in Form von Fütterungsschwierigkeiten, Erbrechen, ausladendem druckschmerzhaftem Abdomen und evtl. blutigen Stühlen. Die Bauchhaut ist bläulich gefärbt oder gerötet [3].

In der Abdomenübersichtsaufnahme können dilatierte, distanzierte Darmschlingen, intramurales Gas, Gas in der Pfortader und freie Luft bei Pneumoperitoneum erkannt werden (► **Abb. 1a–c**) [6].

Die Sonografie ist in erfahrenen Händen sensitiver als die Röntgenaufnahme [3].

Sonografisch können

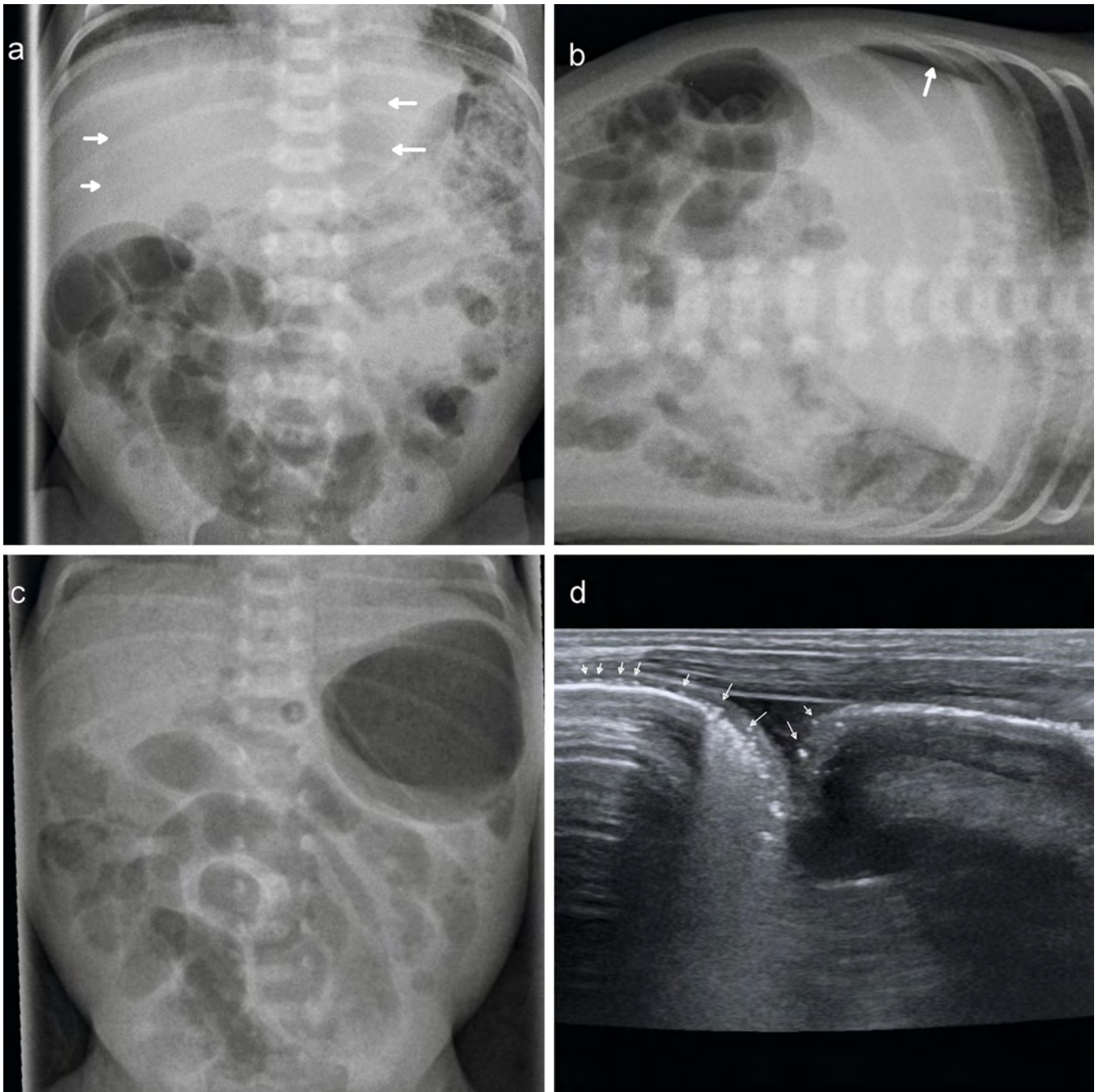
- weitgehend hyperechogene Darmwände
- Darmwandverdickungen (> 3 mm)
- Ausdünnung der Darmwand
- dilatierte Darmschlingen
- fehlende Peristaltik
- intramurales Gas in Form von Echogenitätserhöhungen in der Darmwand (► **Abb. 1 d**)
- fokale Hyperperfusion bzw. segmental fehlende Perfusion
- erhöhte Flussgeschwindigkeiten in den Mesenterialgefäßen
- erniedrigte Flussgeschwindigkeit in der Pfortader
- bewegte punktförmige Echogenitätsvermehrungen im B- Bild, kurze bidirektionale Spitzen im Spektraldoppler, die den normalen Pfortaderfluss überlagern.

auftreten.

Ein Kolonkontrasteinlauf ist bei V. a. NEC nicht indiziert [4]. Viel komplexer Aszites oder freie Luft spricht für eine Perforation [3]. Als Differentialdiagnose ist die fokale intestinale Perforation zu nennen, die bei sehr unreifen Frühgeborenen ohne Entzündungszeichen in den ersten Lebenstagen auftreten kann. Die Perforationsstelle liegt oft im terminalen Ileum. Die FIP zeichnet sich klinisch durch einen plötzlichen Beginn, durch eine livide Verfärbung des Abdomens und radiologisch durch freie Luft auf der konventionellen Röntgenaufnahme aus [7].

► **Tab. 1** altersabhängige Ursachen des akuten Abdomens.

Neugeborene	Säuglinge/Kleinkinder	Schulkinder/Jugendliche
Nekrotisierende Enterokolitis	Invagination	Appendizitis
FIP = Fokale intestinale Perforation	Hypertrophe Pylorusstenose	Ovarialtorsion
Atresien/Stenosen	Fremdkörperingestion	Hodentorsion
Mekoniumileus	Meckeldivertikel	Gastroenteritis
Mekoniumpfropfsyndrom	Darmduplikaturen	Cholezystitis
M. Hirschsprung	Basale Pneumonien	Pankreatitis
Volvulus		

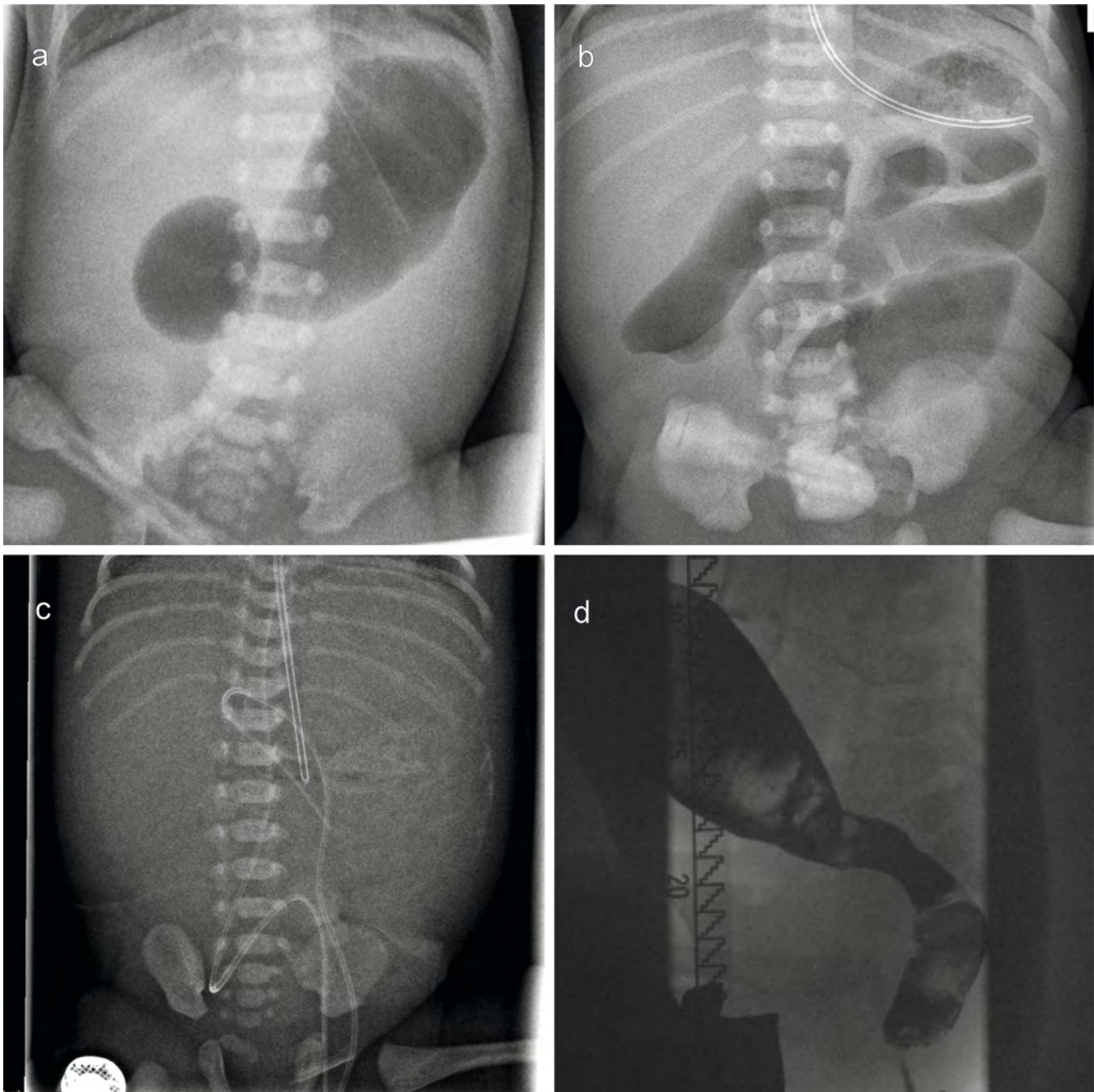


► **Abb. 1 a, b** Frühgeborenes 33 + 6 SSW. **a** Im Oberbauch rechtsbetont beidseits paramediane Aufhellung entsprechend freiem Gas („football-sign“ -Pfeile) bei NEC **b** Röntgen in Linksseitenlage (Pfeile). Freies Gas über der Leber **c** Frühgeborenes 27 + 2 SSW. Tubuläre verzweigte Luftformationen in Projektion auf den Leberschatten bei Gas im Pfortadersystem entsprechend Pneumatosis hepatis bei NEC. **d** Frühgeborenes 34 + 3SSW. Hyperechogene Reflexe in der Darmwand bei Pneumatosis intestinalis (Pfeile).

Zu den angeborenen Fehlbildungen zählen die **Atresien**. Die Atresie ist die häufigste Ursache des Ileus bei Neugeborenen. Die Duodenalatresie ist Folge einer ausbleibenden Kanalisation [8]. Die Duodenalatresie äußert sich durch Erbrechen mit oder ohne galligen Magenrest. Sie tritt prä- oder postpapillär auf. Eine Sonderform stellt das Pankreas anulare dar. Im Röntgenbild ist sie durch das typische „Double Bubble Sign“ (Luft in Magen und Duodenum bei ansonstern gasfreiem Abdomen) (► **Abb. 2a**) [1] zu erkennen. Liegt eine Duodenalmembran als Ursache vor kann man

neben dem Double Bubble Luft im Intestinum erkennen. Die Dünndarmatresie ist Folge von intrauterinen Infarkten, Volvulus, oder Invagination [8]. Bei der Dünndarmatresie zeigt sich auf der konventionellen Röntgenaufnahme ein distendierter Magen und dilatierte Dünndarmschlingen ohne Luft im Kolon (► **Abb. 2b**). Das Mikrokolon lässt sich auch sonografisch darstellen. Im Rahmen der Atresien ist auch die Analatresie als Ileusursache zu nennen.

Der **Mekoniumileus** wird durch eingedicktes Mekonium im distalen Ileum verursacht. In 80–90% der Fälle liegt ursächlich

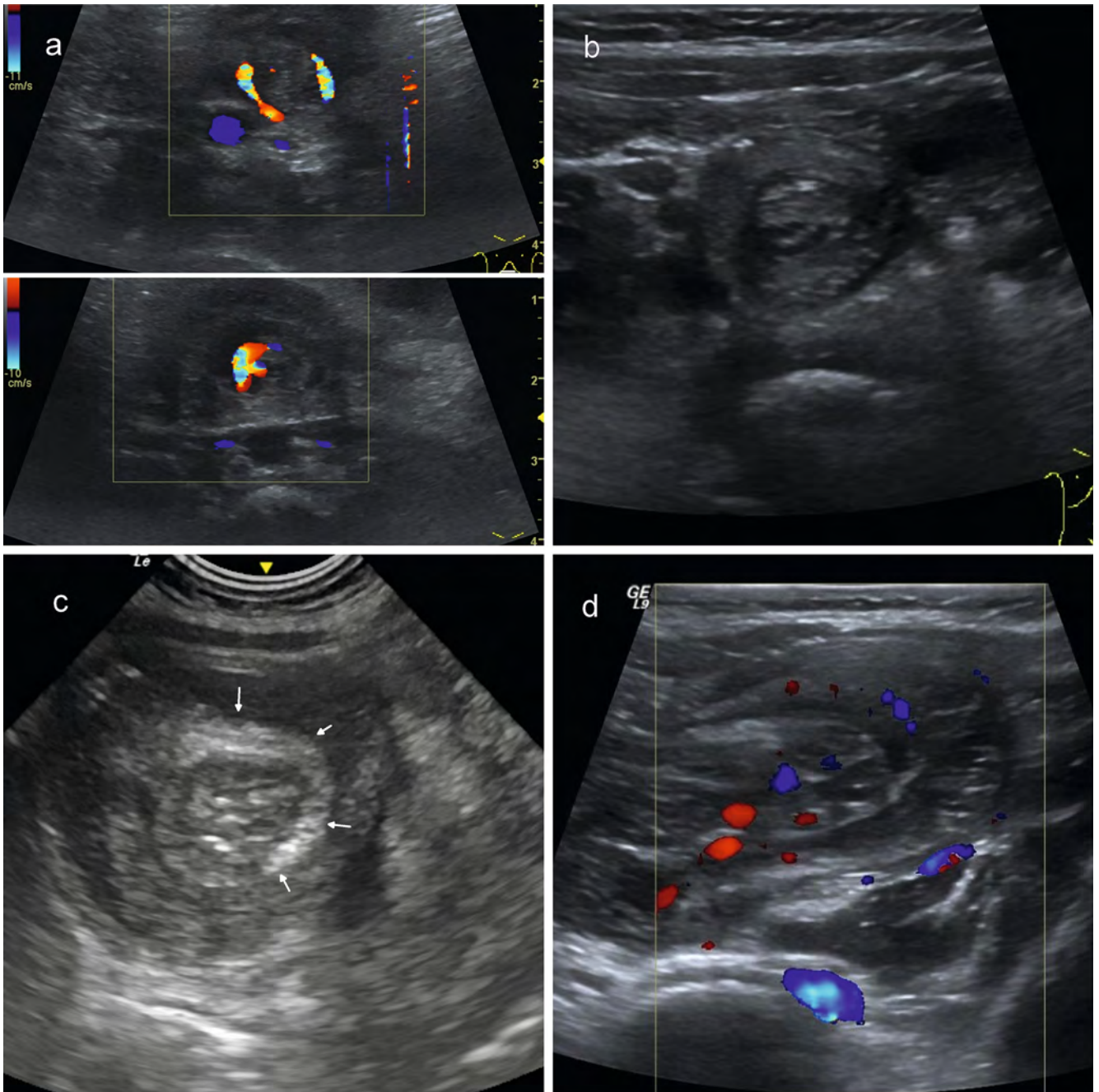


► **Abb. 2** **a** Reifes Neugeborenes, erster Lebenstag. Double bubble mit Luft im Magen und Duodenum bei Pankreas anulare. **b** Frühgeborenes 36 SSW. Magen bei liegender Magensonde wenig luftgefüllt, proximale Dünndarmschlingen dilatiert, keine Luft im Kolon. Dünndarmatresie. Nebenbefund: Nabelklemme in Projektion auf den Unterbauch **c** Frühgeborenes 33 + 6 SSW, erster Lebenstag. Nahezu gasfreies Abdomen mit blasiger Transparenzminderung/angedeutete Verkalkungen bei Mekoniumperitonitis. NB: Fehllage Nabelvenenkatheter mit Halbschleifenbildung. **d** 1 Jahr und 5 Monate. Obstipation seit dem Anfang der Beikost. Kolonkontrasteinlauf. Aufnahme in Linksseitenlage. Enggestelltes, aganglionäres Rektosigmoid, Übergangszone und prästenotische Dilatation bei Morbus Hirschsprung.

eine Mukoviszidose vor [9]. Das abnorm zähe und klebrige Mekonium führt zu einem Rückstau von Mekonium in das dadurch deutlich erweiterte proximale Ileum. Sonografisch erkennt man ein normal weites terminales Ileum, gefüllt mit einer homogenen Masse, oralwärts dilatiertes, ebenfalls mit Mekonium gefülltes, atones Ileum und ein schmales Kolon. Das Mikrokolon lässt sich

auch durch einen Kolonkontrasteinlauf darstellen, oft kann hierdurch das terminale Ileum freigespült werden.

Die Ursache eines **Mekoniumpropfsyndroms** ist funktional bei immaturrem Darm [1]. Ein zäher Mekoniumpfropf in Kolon descendens und Rektum führt zum Bild einer tiefen intestinalen Obstruktion. Es erfolgt kein spontaner Mekoniumabgang. Im Gegensatz zum Mekoniumileus ist das Kolon gefüllt. Der Kolonkontrastein-



► **Abb. 3** **a** Neugeborenes. Sonografie Mittelbauch transversal. „Whirlpool sign“ der Mesenterialwurzel. **b** 13 Monate altes Kind. Sonografie Mittelbauch transversal. Kleine Kokarde bei ileoilealer Invagination. **c** 8 Monate alter Säugling Sonografie rechter Unterbauch transversal. Anhaltendes Erbrechen. Exsikkose, im Verlauf blutige Stühle. Pathologische Darmkokarde mit Schießscheibenphänomen bei ileokolischer Invagination. „crescent in doughnut“-Sign -entsprechend mesenterialem Fettgewebe im Interponat (Pfeile). **d** 12 Monate altes Kind Sonografie Mittelbauch transversal, Invaginat im Längsschnitt mit Darstellung der Perfusion im Farbdoppler.

lauf ist in diesem Fall sowohl diagnostisch, als meist auch therapeutisch. Eine Mekoniumperitonitis (► **Abb. 2c**) ist Folge einer intrauterinen Darmperforation.

Unter einem **Morbus Hirschsprung** versteht man eine Aganglionose des Plexus myentericus und submucosus in einem unterschiedlich langen Segment des distalen Darmes mit konsekutiver Dauerkontraktur und Engstellung des Darmes. Der Mekoniumabgang ist verzögert. 80 % der Betroffenen werden in der Neonatalperiode auf-

fällig [1]. Die Diagnosestellung erfolgt mittels Kolonkontrasteinlauf unter Durchleuchtung. Hier erkennt man das distal enggestellte Segment, die Transitionszone und das prästenotisch erweiterte Kolon (► **Abb. 2d**). Die radiologische Diagnose und die exakte Ausdehnung sollte durch Rektumsaugbiopsien verifiziert werden.

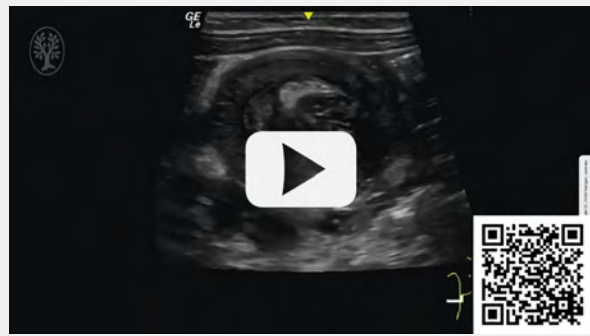
Kombinierte angeborene und erworbene Ursachen für einen Ileus sind der Volvulus und die Darmduplikation. Ein „Midgut“ **Volvulus** tritt bevorzugt im Neugeborenenalter auf meist in der ersten Le-

▶ OP-VIDEO



▶ Video 1

▶ OP-VIDEO



▶ Video 2

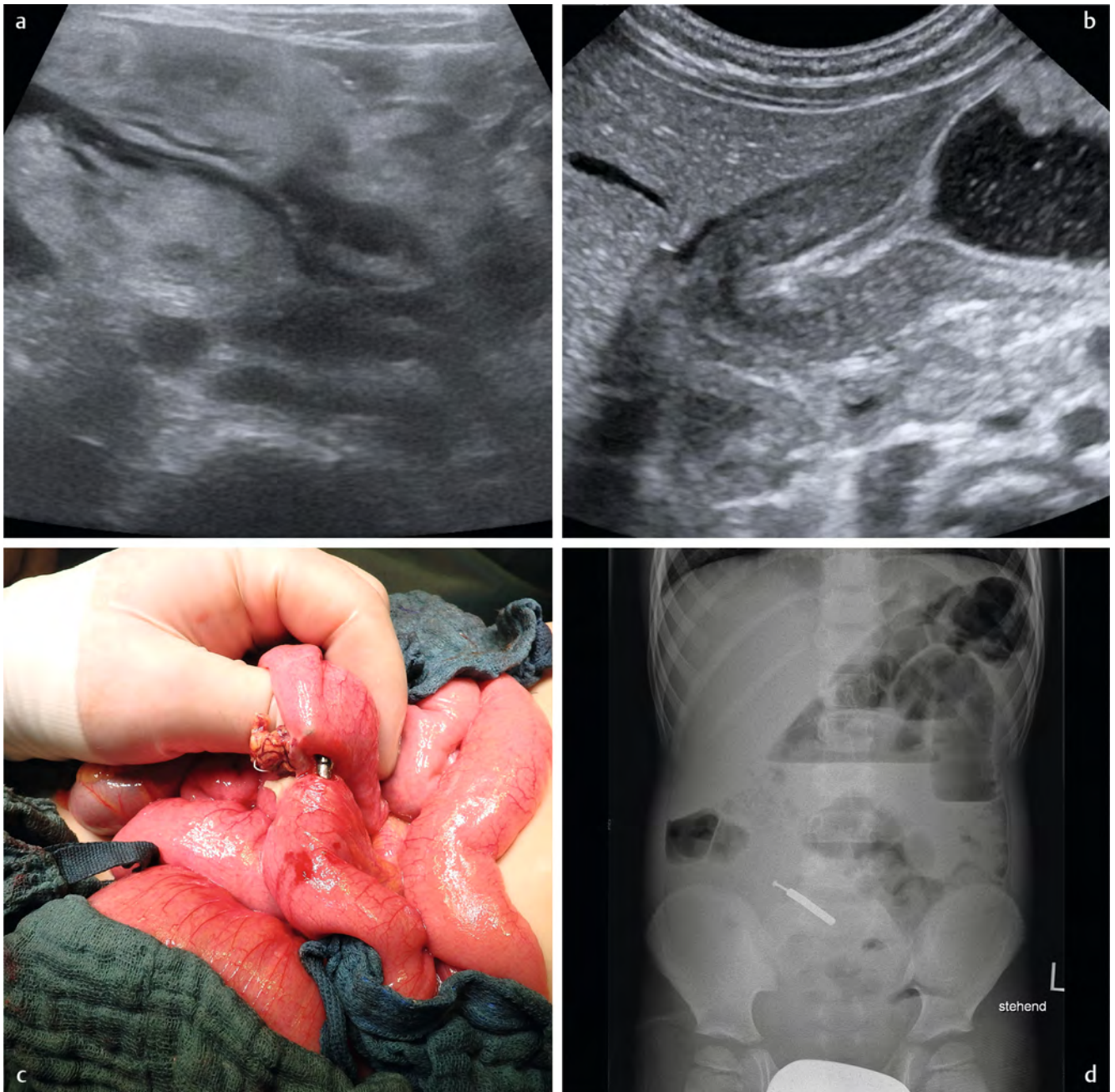
benswoche, [1] kann aber auch später manifest werden. Zugrunde liegt eine Darmlageanomalie. Der unvollständig rotierte und atypisch fixierte Darm weist eine kurze mesenteriale Anheftung auf. Dies birgt die Gefahr der Torsion des Darmes, des Mesenteriums und der Vena mesenterica superior um die Arteria mesenterica superior mit Abschnürung der Gefäße. Die Obstruktion kommt durch extrinsische peritoneale Anheftung, durch den Midgut Volvulus oder eine Kombination aus beidem zu Stande [1]. Das Röntgenbild kann eine normale oder unspezifische Magen-Darmgasverteilung aber auch ein Double Bubble als Zeichen der duodenalen Obstruktion zeigen. Auch können distendierte Darmschlingen im Rahmen der Minderperfusion auftreten. Sonografisch zeigt sich ein Whirlpool sign in Höhe der Mesenterialwurzel bei atypischer Lage von Arteria und Vena mesenterica superior (▶ **Abb. 3a**, ▶ **Video 1**). Bei anhaltender Ischämie kommt es zu dicht nebeneinander im Mittelbauch liegenden wandverdickten Dünndarmschlingen ohne Peristaltik. In der Magen-Darmpassage sind Magen und proximales Duodenum dilatiert. Distal der Obstruktion zeigt sich eine korkenzieherartige Kontrastmittelanreicherung [1]. In der Regel ist der Ultraschall als schnelle Untersuchungsmethode am Krankenbett oder in der Notaufnahme die Untersuchungsmethode der ersten Wahl. Ob eine Magendarmpassage unter Durchleuchtung angeschlossen wird oder ggf ohne Zeitverzögerung gleich exploriert werden sollte muss vom Zustand des Patienten abhängig gemacht werden.

Eine weitere Ursache eines akuten Abdomens ist die **inkarzerierte Leistenhernie**. Im Ultraschall lassen sich beim Knaben Darmschlingen im Leistenkanal nachweisen. Der Bruchsack kann bis ins Skrotum reichen. Bei Mädchen kann neben Darm auch das Ovar prolabieren. Eine hochauflösende sonografische Untersuchung kann gegebenenfalls Hinweise für Ischämie des Hernieninhaltes geben.

Säugling und Kleinkind

Die **Invagination** ist der häufigste abdominelle Notfall bei Kindern unter zwei Jahren. Als klassische Symptomtrias gilt: Krampfartige Schmerzen, blutiger Stuhl, palpable Masse (nur bei ca. 50 % der Fälle zu finden), 80–90 % d Fälle bei Kindern unter 2 Jahren [10]. In der Regel liegt eine ileokolische Invagination vor, das Auftreten nach Virusinfekten ist gehäuft, ein ursächlicher Zusammenhang

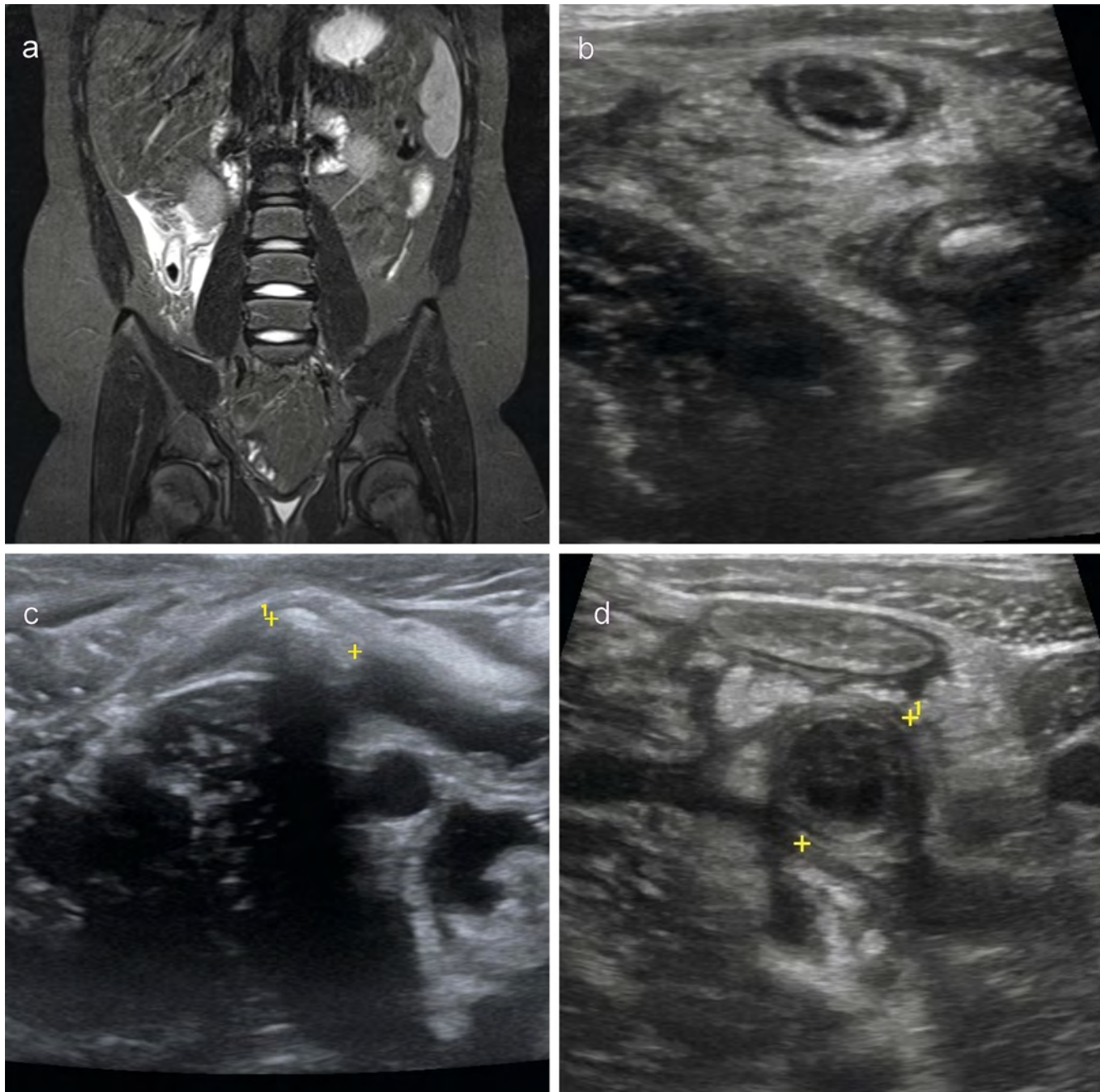
mit pathologischer Darmmotilität und Vergrößerung von Lymphknoten bzw. der Peyer-Plaques wird vermutet. Andere Formen der Invagination sind seltener, am häufigsten Dünndarm-Dünndarm Invagination (▶ **Abb. 3b**), – diese sind in der Regel passager, meist im Rahmen einer Gastroenteritis zu beobachten. Der sonografische Nachweis einer typischen Kokarde hat eine sehr hohe Sensitivität und Spezifität (▶ **Abb. 3c, d**, ▶ **Video 2**) [11]. Weitere bildgebende Massnahmen sind in der Regel nicht notwendig, bei V. a. Perforation ist eine Abdomenübersichtsaufnahme zum Ausschluss freier intraabdomineller Gasansammlung notwendig (das Invagnat kann als eine weichteildichte Raumforderung erkennbar sein). Die Reposition erfolgt in der Regel bildgesteuert entweder unter Durchleuchtung oder in den letzten Jahrzehnten zunehmend sonografisch. Die hydrostatische Devagination mit körperwarmer physiologischer Kochsalzlösung kommt am häufigsten zum Einsatz (die pneumatische Devagination hat den Nachteil geringerer Übersichtlichkeit insbesondere betreffend die Erfolgskontrolle). In unserer Klinik wird gemeinsam mit den Kollegen der Kinderchirurgie auch bei längerer Anamnese (solange keine Hinweise auf Perforation vorliegen) ein Repositionsversuch unternommen. Dies erfolgt bei uns mit Analgesie ohne Sedierung (Nachteile der Sedierung: höherer zeitlicher und personeller Aufwand mit notwendiger Überwachung, potentielle Komplikationen [12]). Auch eine teilweise Reposition erleichtert eine evtl. notwendige ergänzende OP. Vielerorts erfolgt die Reposition unter Durchleuchtungskontrolle (pneumatisch oder mit wasserlöslichem Kontrastmittel) – die Sicherheit und Effektivität beider Methoden ist gleichwertig [13] – der Hauptnachteil im Vergleich zur Sonografie besteht in der Anwendung von ionisierender Strahlung. Wie in anderen Fällen auch sollte diejenige Methode eingesetzt werden, mit der der Untersucher am besten vertraut ist. Nach erfolgreicher Devagination ist eine sonografische Verlaufskontrolle nötig, da bis zu 10 % Rezidive innerhalb von 24 Stunden nach Reposition beschrieben werden [14, 15]. Bei Kindern die älter als 3 Jahre sind, ist die Suche nach einer ursächlichen Pathologie geboten. Hier findet sich häufig ein pathologischer Führungspunkt, z. B. Meckel Divertikel, Darmduplikatur, Polypen, Lymphom [12] (▶ **Abb. 4a**). Bei der Purpura Schönlein-Henoch sind Invaginationen (vorwiegend Dünndarminvaginationen) infolge Hämorrhagien in die Darmwand beschrieben [16].



► **Abb. 4** **a** 8 Jahre alter Junge Sonografie Mittelbauch transversal. Deutliche Darmwandverdickung bei multifokalem Burkittlymphom. **b** Sonografie Oberbauch transversal. Säugling. Schwallartiges Erbrechen. Elongierter und verbreiteter Pyloruskanal mit verdickter Muskelschicht. Kalibersprung der Wanddicke vom präpylorischen Antrum zum Pyloruskanal. **c, d** 5 4/12 jähriger Junge, abdominelle Krämpfe und therapieresistente Obstipation. Am Folgetag zunehmende AZ-Verschlechterung und galliges Erbrechen. **c** intraoperativer situs **d** Röntgen mit Ileus. Nachweis von 5 Dünndarmperforationen durch 7 Ultra-Magnete, sowie einen ebenfalls anhängenden Nagel.

Nicht galliges Erbrechen bei einem Säugling zwischen 3 und 6 Wochen (auch bei Frühgeborenen beobachtet, auch noch im späteren Säuglingsalter) ist die klassische Präsentation einer **hypertrophen Pylorusstenose**. Im unbehandelten Verlauf kommt es zu Gewichtsverlust, Dehydratation, bei langem Verlauf wird eine Raumforderung im Oberbauch palpabel. Die Inzidenz bei Jungen ist deutlich höher als bei Mädchen (4–5: 1). Die Sonografie ist der Goldstandard der Bildgebung [17]. Mit etwas Erfahrung kann der Magenausgang beim Säugling verlässlich dargestellt werden

[18]. Im Falle von Überlagerung der Pylorusregion durch Luft im Magen gelingt die Darstellung meist in Rechtsseitenlage. Führt dies nicht zum Erfolg, kann nach Gabe klarer Flüssigkeit der Magen als Schallfenster genutzt werden. Der verdickte und verlängerte Pyloruskanal ist in der Regel gut abgrenzbar (Normwert für Muskeldicke bis 3–4 mm, Länge des Pyloruskanals bis 15–19 mm) ► **Abb. 4b**) [17]. Die Passage von Flüssigkeit durch den Pyloruskanal schließt eine Pylorusstenose aus. Ergänzende Unter-

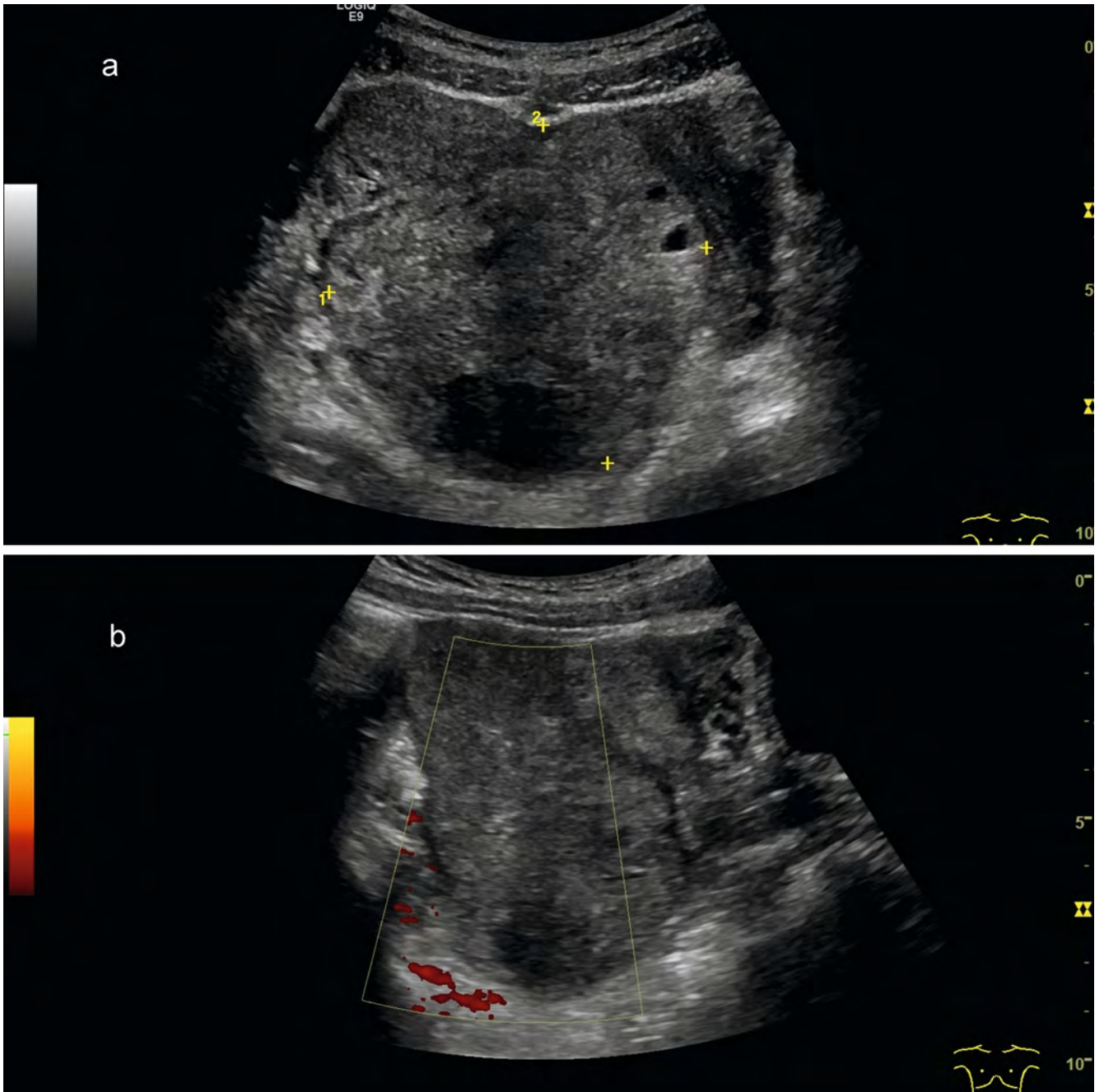


► **Abb. 5** **a** 11 Jahre altes Kind akute Beschwerdesymptomatik, bei sonografisch nicht darstellbarer Appendix und auffälligen Laborparametern MRT Abdomen STIR cor 4 mm. Runder signalarmer Appendikolith im rechten Unterbauch mit umgebender freier Flüssigkeit und imbibiertem Gewebe. Laparoskopische Appendektomie, retrozoekale Appendizitis. **b** Sonografie rechter Unterbauch transversal 15 jähriger Junge mit erhöhter Temperatur seit 3 Tagen. Vor 2 Tagen zuletzt erbrochen. Zweimal angeschnittene entzündlich verdickte Appendix mit deutlich hyperechogener Umgebungsreaktion. Laparoskopisch ulzerophlegmonöse Appendizitis. **c** 8 Jahre alter Junge Sonografie rechter Unterbauch transversal Bauchschmerzen und Erbrechen seit dem Vortag. Hyperechogene Struktur mit Schallschatten bei Appendikolith. Intraoperativ zeigte sich eine ulzerophlegmonös veränderte Appendix. **d** 12 Jahre alter Junge. Sonografie rechter Unterbauch transversal Übelkeit und Erbrechen. Temperatur 38 Grad. Querschnitt durch die entzündlich verdickte Appendix im rechten Unterbauch (ventral unauffälliges terminales Ileum). Intraoperativ perforierte Appendizitis.

suchungen, insbesondere eine MDP sind nur bei inkonklusiven Befunden oder atypischer Präsentation notwendig [18].

Ein **Meckel-Divertikel** (unvollständiger Verschluss des Ductus omphaloentericus, in ca. 2 % der Bevölkerung vorkommend) ist meist asymptomatisch. Es besteht eine geringe Sensitivität der

Bildgebung für die Darstellung eines nicht entzündlich veränderten Meckel-Divertikels. Symptome eines Meckel-Divertikels können in jedem Lebensalter auftreten, allerdings werden 25–50 % der Fälle bei symptomatischem Meckel-Divertikel bei Kindern unter 10 Jahren beschrieben, hier am häufigsten Obstruktion. Wie oben er-

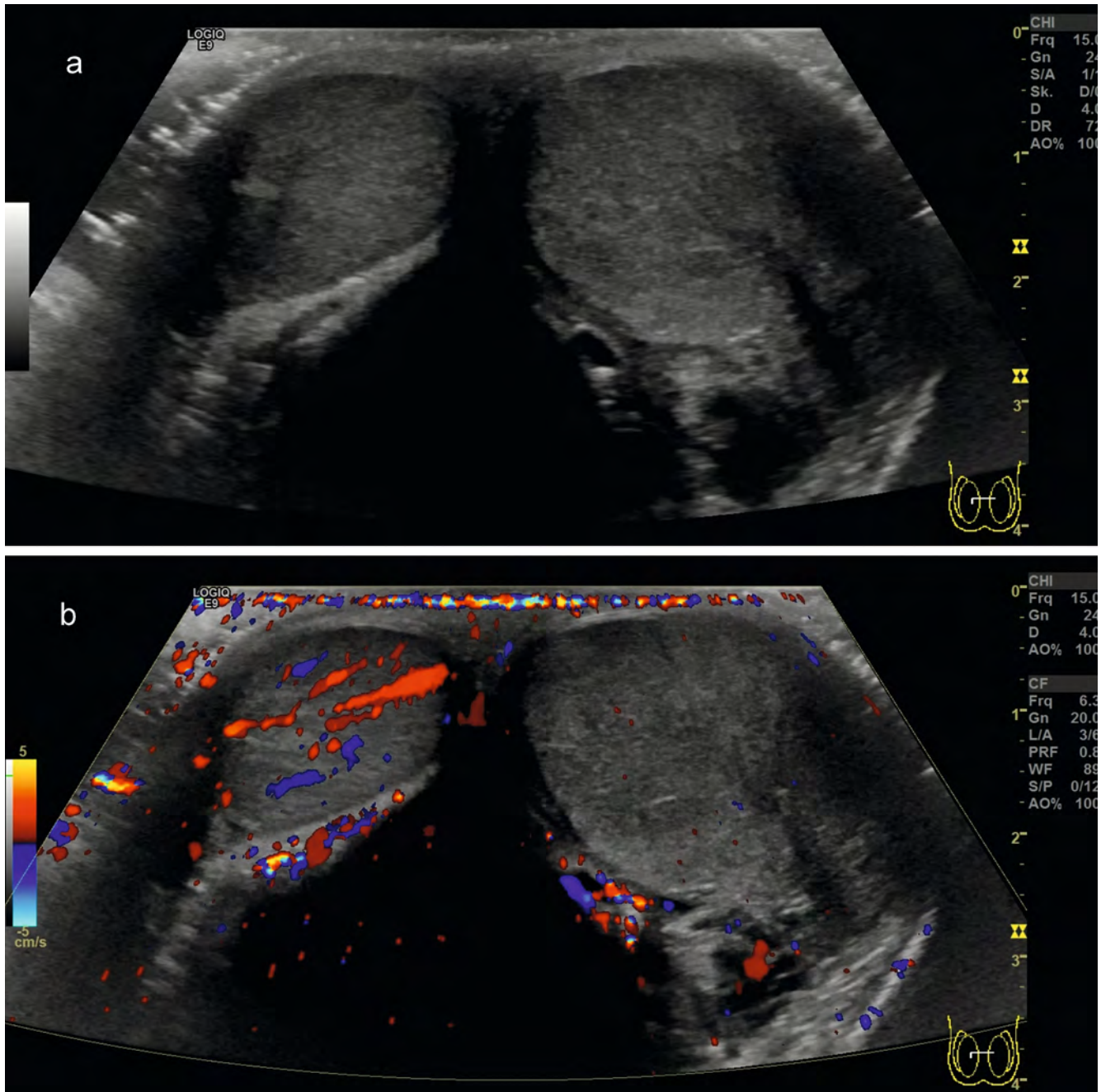


► **Abb. 6** **a** B-Bild **b** Farbdoppler 14 Jahre altes Mädchen, Bauchschmerzen rechter Unterbauch seit 4 Tagen. Intraoperativ Ovar torsion 360°, anschließend Detorquierung.

wähnt kann ein invertiertes Meckel-Divertikel ein pathologischer Führungspunkt für eine Invagination sein. Bei einer Entzündung kann die Differenzierung zur Appendizitis schwierig sein [19, 20]. Die **Ingestion von Fremdkörpern** wird allermeist beobachtet bei Kindern im Alter zwischen 6 Monaten und 3 Jahren. Meist handelt es sich um asymptomatische Verläufe [21], allerdings ist bei Ingestion von Batterien und Magneten Vorsicht geboten. Die Ingestion einer Knopf-Batterie ist ein Notfall, da es sehr rasch zu Nekrosen insbesondere im Ösophagus kommen kann. Magnetische Fremdkörper können ein Problem darstellen insbesondere bei Ingestion von mehreren Magneten, hier können Peristaltikstörungen und nach-

folgend Darmwandnekrosen bei Position von Magneten in unterschiedlichen z. B. Dünndarmabschnitten entstehen (► **Abb. 4c, d**). Andere Fremdkörper, die den Magen passiert haben, verursachen in der Regel keine Probleme. Ausnahmen sind beschrieben [21], röntgendichte Fremdkörper wie magnetische und Knopf-Batterien sind in Röntgen-Projektionstechnik gut nachweisbar, zur Strahlendosisreduktion verwenden wir eine Niedrigdosis Technik am Durchleuchtungsgerät (Dokumentation mit last Image hold).

Eine Darmduplikatur (oder Duplikationszyste) kann als seltener Zufallsbefund bei einer Abdomensonografie auffallen, typischerweise als zystische Formation mit mehrschichtiger Wand benach-



► **Abb. 7** **a** B-Bild **b** Farbdoppler 15 Jahre alt, Sonografie 4 Stunden nach Beginn der Beschwerden links skrotal, deutlich vergrößerter Hoden links, im Seitvergleich weitgehender Perfusionsausfall. Intraoperativ Torsion 720°, erfolgreiche Detorquierung.

bart zu einer Darmstruktur. Intraabdominelle Duplikaturen finden sich in 53 % der Fälle im Ileum [22]. Eine symptomatische Duplikatur kann sich sehr unterschiedlich präsentieren (z. B. als palpable Raumforderung, Invagination, Obstruktion).

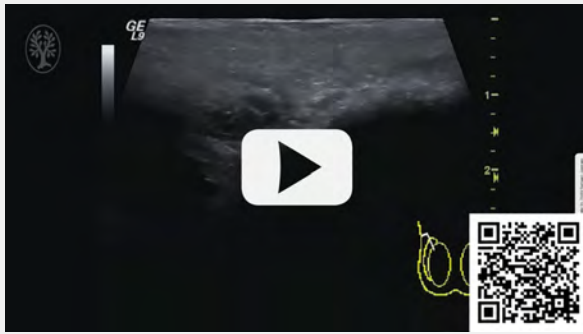
Nicht selten ist eine akute abdominelle Schmerzsymptomatik bei basalen Pneumonien! Wir sehen dies immer wieder im Rahmen der Primärdiagnostik, meist in Zusammenhang mit der ersten sonografischen Untersuchung. Daher ist es wichtig, bei Röntgen-Abdomenübersichtsaufnahmen die mitabgebildeten basalen Lungenabschnitte diesbezüglich aufmerksam zu inspizieren. Die

Diagnostik einer unkomplizierten Gastroenteritis erfordert im Regelfall keine Bildgebung.

Schulkinder und Jugendliche (6–18 J)

Zu den häufigsten Krankheitsbildern ursächlich für ein akutes Abdomen bei Schulkindern und Adoleszenten zählen **die Appendizitis** sowie die **Ovarialtorsion** beim Mädchen.

▶ OP-VIDEO



▶ Video 3

Zu den wichtigsten Differentialdiagnosen gehören die

- Gastroenteritis
- Yersiniose
- Hodentorsion
- Pyelonephritis
- Chronisch entzündliche Darmerkrankung

Der Häufigkeitsgipfel der Appendizitis liegt bei 9–14 Jahren. Bei kleineren Kindern kann die Klinik äußerst blande erscheinen [23, 24]. Die Klinik der Appendizitis wird beschrieben als rechtsseitiger Unterbauchschmerz, der im Epigastrium oder periumbilical seinen Anfang nehmen kann [24]. Mit fortschreiten der Erkrankung wandert der Schmerz in den rechten Unterbauch. Begleitend findet sich eine Abwehrspannung, einmaliges Erbrechen, Fieber, Leukozytose und eine CRP-Erhöhung, wobei nicht alle der genannten Symptome auftreten müssen. Bei der bildgebenden Diagnostik ist die Sonografie führend. In erfahrenen Händen wird eine Sensitivität zwischen 74 bis 100% und Spezifität von 88 bis 99% berichtet [25]. Eine Abdomenübersichtsaufnahme ist nur notwendig bei Hinweis auf Komplikationen (z. B. Obstruktion, Perforation). Im Falle sonografisch nicht nachweisbarer Appendix und fehlendem Nachweis anderer entzündlicher Veränderungen ist eine akute Appendizitis weniger wahrscheinlich und eine Verlaufskontrolle am nächsten Tag ein empfohlenes Vorgehen [26]. Bei unklarem klinischem und sonografischem Befund kann eine ergänzende Schnittbilddiagnostik notwendig sein. Für die Computertomografie wird eine hohe Sensitivität und Spezifität berichtet [25]. Neuere Daten zeigen keine Nachteile bei Einsatz des MRT bei dieser Fragestellung (▶ **Abb. 5a**) [27]. Vor diesem Hintergrund wird in den aktuellen deutschen Leitlinien bei Kindern und Jugendlichen aufgrund der Strahlenbelastung eine CT nur im Ausnahmefall empfohlen [28].

Sonografisch lässt sich die Appendix als blind endende tubuläre Struktur im rechten Unterbauch lokalisieren. Sie zeigt die typische Wandschichtung einer Darmwand, jedoch ohne erkennbare Peristaltik [29]. Hinweisend auf eine Appendizitis ist eine Zunahme des Querdurchmesser > 6 mm, eine Aufhebung der Wandschichtung, eine hyperechogene Umgebungsreaktion, eine Hyperämie und lokoregionäre Lymphknotenvergrößerungen. Freie Flüssigkeit lokal oder im Douglasraum können auftreten.

Zudem ist die deutliche Schmerzangabe bei der tiefen Sonopalpation im rechten Unterbauch wegweisend für eine entzündlich veränderte Appendix vermiformis. In den meisten Fällen lässt sich ein Appendikolith nachweisen [30]. Je nach Entzündungsstadium müssen auch hier nicht alle Merkmale vorliegen (▶ **Abb. 5b–d**). Die Bandbreite reicht von der Spitzenappendizitis bis zum perityphlitischen Abszess mit Vierquadrantenperitonitis. Bei einer bereits **perforierten Appendizitis**, ist die Appendixwand zumindest abschnittsweise nicht mehr abgrenzbar. Häufig lässt sich freie Flüssigkeit nachweisen. Teilweise ist die Appendix selbst nicht mehr nachweisbar. Stattdessen findet sich hier eine im rechten Unterbauch lokalisierte meist echoarme Raumforderung umgeben von hyperechogenem Gewebe. Zentral lässt sich in der Formation keine Perfusion nachweisen, umgebend findet sich eine Hyperperfusion. Bei freier Perforation in die Bauchhöhle findet sich häufig interenterisch echogene Flüssigkeit als Hinweis auf eine Peritonitis [24]. Eine weitere wichtige Ursache des akuten Abdomens beim Mädchen (mit einem Gipfel in der Pubertät) stellt die Ovarialtorsion dar. Hierbei kommt es zu einer Verdrehung der Ovarialgefäße und/oder der Tube mit nachfolgender Unterbrechung der arteriellen Blutzufuhr und des verminderten venösen Abflusses. Die Patienten berichten meist über einen plötzlich einsetzenden Unterbauchschmerz rechts oder links. Manchmal werden auch Übelkeit oder Erbrechen genannt [29, 30]. Sonografisch ergibt sich meist ein eindeutiges Bild [31, 32] einer einseitigen Organvergrößerung (mindestens bis auf doppelte Organgröße) und eine Verlagerung des betroffenen Ovars in die Mittellinie (▶ **Abb. 6**). Typischerweise können Follikel randständig aufgereiht sein. Ein dopplersonografischer Nachweis einer Perfusion schließt eine Torsion nicht aus! (doppelte Gefäßversorgung: A. ovarica und A. uterina) [24]. Selten bedarf es einer weiteren Abklärung mittels MRT. Dies insbesondere dann, wenn ein Ovarialtumor als Ursache der Torsion vermutet wird oder die Abgrenzung zur eingebluteten Ovarialzyste sonografisch schwierig ist. Große Ovarialzysten können ebenfalls gelegentlich Beschwerden machen, einbluten oder rupturieren. Dann kann meist reichlich Flüssigkeit im Douglasraum nachgewiesen werden [32]. Beim Jungen kann die Hodentorsion zu plötzlich einsetzenden Unterbauchschmerzen und auch zum Erbrechen führen. Bei der Hodentorsion handelt es sich um die Rotation des Hodens in der Längsachse des Funiculus spermaticus. Der Altersgipfel liegt zwischen 12 und 18 Jahren [24]. Auch hier liegt die Domäne der bildgebenden Diagnostik bei der Sonografie, respektive Dopplersonografie. Der betroffene Hoden kann im Seitenvergleich vergrößert und echoärmer imponieren. Zugleich lassen sich ebenfalls im Seitenvergleich dopplersonografisch keine zentralen Gefäße mehr nachweisen und ein Skrotalödem kann auftreten (▶ **Abb. 7**) [24]. Die Torquierung des Samenstranges kann bildlich dokumentiert werden (▶ **Video 3**). Eine zunehmende Inhomogenität des Hodengewebes spricht für Nekrosezonen. Sowohl die Ovarialtorsion als auch die Hodentorsion stellen einen echten Notfall dar, da die Zeit bis zur Retorquierung entscheidend ist für die weitere Funktionsfähigkeit des betroffenen Organs. Daher sollten bei hohem klinischem Verdacht auf eine Torsion therapeutische Maßnahmen nicht durch die Durchführung von bildgebender Diagnostik verzögert werden.

Beim Hoden kann nach max. 6 Stunden Ischämiezeit nahezu 100 % die Funktionsfähigkeit erhalten werden. Nach ca. 12 Stunden ist dies nur noch in ca. 20–70 % der Fall [23]. Auf die aus der Erwachsenenmedizin hinlänglich bekannten Differenzialdiagnosen wird hier nicht weiter eingegangen.

Zusammenfassung

Die Ursachen eines akuten Abdomens im Kindes- und Jugendalter differieren stark zu denen im Erwachsenenalter. Bei der bildgebenden Diagnostik des akuten Abdomens steht die Sonografie an erster Stelle. Häufig ist die sonografische Diagnostik ausreichend zur Diagnosestellung, im Falle der Invagination auch hilfreich im Rahmen der Therapie. Konventionelle Röntgenaufnahmen sowie Durchleuchtungsuntersuchungen sind je nach Fragestellung ergänzend notwendig. Schnittbilddiagnostik am Großgerät (aus Gründen der Strahlenhygiene vorzugsweise MRT) ist nur in ausgewählten Fällen – meist bei größeren Kindern und Jugendlichen – indiziert. Unabdingbar für eine gute Versorgung der Patienten ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit der beteiligten Fachdisziplinen.

Interessenkonflikt

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

Literatur

- [1] Gayoung C, Bo-Kyung J, Yu JK. Gastrointestinal Emergency in Neonates and Infants: A Pictorial Essay Korean. *J Radiol* 2022; 23 (1): 124–138
- [2] Michel A et al. Hypothyreose bei Neugeborenen nach intestinaler Verabreichung von jodhaltigem Kontrastmittel- Fallberichte und Literaturübersicht. *Fortschr Röntgenstr* 2021; 193 (Suppl. 2): S90A
- [3] Deeg KH, Sonographische U. Dopplersonographische Diagnose der nekrotisierenden Enterokolitis bei Früh- und Neugeborenen. *Ultraschall in der Medizin* 2019; 40: 292–318
- [4] Genzel-Boroviczény O, Jenke A, Mihatsch W et al. Nekrotisierende Enterokolitis (NEK). Leitlinie der Gesellschaft für Neonatologie und Pädiatrische Intensivmedizin, der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendmedizin, der Gesellschaft für Pädiatrische Gastroenterologie und Ernährung und der Deutschen Gesellschaft für Kinderchirurgie. <https://register.awmf.org/de/leitlinien/detail/024-009>
- [5] Eelman M et al. Necrotizing Enterocolitis: Review of State of the Art Imaging Findings with Pathologic Correlation. *Radiographics* 2007; 27 (2): 285–305. doi:10.1148/rg.272055098
- [6] Roopali S et al. How to use abdominal X rays in preterm Infants suspected of developing necrotising enterocolitis. *Arch Dis Child Educ Pract Ed* 2020; 105 (1): 50–57. doi:10.1136/archdischild-2018-315252
- [7] Okuyama H et al. A comparison of the clinical presentation and outcome of focal intestinal perforation and necrotizing enterocolitis in very-low-birth-weight neonates. *Pediatr Surg Int* 2002; 18: 704–706
- [8] Anjali V et al. Neonatal Intestinal Obstruction: A 15 Year Experience in a Tertiary Care Hospital. *J Clin Diagn Res* 2016; 10 (2): SC10-3. doi:10.7860/JCDR/2016/17204.7268
- [9] Gorter RR, Karimi A, Sleebom C et al. Clinical and genetic characteristics of meconium ileus in newborns with and without cystic fibrosis. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 2010; 50 (5): 569
- [10] Mandeville K et al. Intussusception: clinical presentations and imaging characteristics. *Pediatr Emerg Care* 2012; 28 (9): 842–844
- [11] Ko HS et al. Current radiological management of intussusception in children. *Eur Radiol* 2007; 17 (9): 2411
- [12] Plut D et al. Practical Imaging Strategies for Intussusception in Children. *Am J Roentgenol* 2020; 215 (6): 1449–1463. doi:10.2214/Am J Roentgenol.19.22445
- [13] Edwards EA, Pigg N, Courtier J et al. Intussusception: past, present and future. *Pediatr Radiol* 2017; 47: 1101–1108. doi:10.1007/s00247-017-3878-x
- [14] Shen G, Liu H, Guan Z et al. Clinical features and factors leading to early recurrence of intussusception after saline reduction. *J Pak Med Assoc* 2020; 70 (10): 1727–1730
- [15] Guo WL, Hu ZC, Tan YL et al. Risk factors for recurrent intussusception in children: a retrospective cohort study. *BMJ Open* 2017; 7 (11): e018604. doi:10.1136/bmjopen-2017-018604
- [16] Chang WL, Yang YH, Lin YT et al. Gastrointestinal manifestations in Henoch-Schönlein purpura: a review of 261 patients. *Acta Paediatr* 2004; 93 (11): 1427
- [17] Hernanz-Schulman M. Pyloric stenosis: role of imaging. *Pediatr Radiol* 2009; 39 (Suppl. 2): S134–S139
- [18] Sivitz AB, Tejani C, Cohen SG. Evaluation of hypertrophic pyloric stenosis by pediatric emergency physician sonography. *Acad Emerg Med* 2013; 20 (7): 646–651
- [19] Zani A et al. Incidentally detected Meckel diverticulum: to resect or not to resect? *Ann Surg* 2008; 247 (2): 276
- [20] Chen Q. Multifaceted behavior of Meckel's diverticulum in children. *J Pediatr Surg* 2018; 53 (4): 676
- [21] Uyemura MC. Foreign body ingestion in children. *Am Fam Physician* 2005; 72 (2): 287
- [22] Sharma S, Yadav AK, Mandal AK et al. Enteric Duplication Cysts in Children: A Clinicopathological Dilemma. *J Clin Diagn Res* 2015; 9 (8): EC08-11. doi:10.7860/JCDR/2015/12929.6381
- [23] Wunsch R, Wunsch C. Bildgebung beim akuten Abdomen im Kindes- und Jugendalter. *Radiologe* 2014; 54: 923–936, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014
- [24] Krüger PC, Menzel HJ. Radiologische Abklärung des akuten Abdomens beim Kind. *Radiologe* 2019; 59: 146–153
- [25] Doria AS, Moineddin R, Kellenberger CJ. US or CT for Diagnosis of Appendicitis in Children and Adults? A Meta-Analysis. *Radiology* 2006; 241 (1): 83
- [26] Telesmanich ME, Orth RC, Zhang W et al. Searching for certainty: findings predictive of appendicitis in equivocal ultrasound exams. *Pediatr Radiol* 2016; 46 (11): 1539
- [27] Duke E, Kalb B, Arif-Tiwari H. A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Performance of MRI for Evaluation of Acute Appendicitis. *Am J Roentgenol* 2016; 206 (3): 508–517
- [28] https://register.awmf.org/assets/guidelines/064-0161_S1_Bauchschmerz_Kinder_2020-07.pdf
- [29] Deeg KH, Hofmann V, Hoyer PFR. *Ultraschalldiagnostik in Pädiatrie und Kinderheilkunde*. 4. Auflage Stuttgart: Thieme; 2014
- [30] Hörmann M, Scharitzer M, Puig S. *Das akute Abdomen beim Kind*. *Radiologe* 2002; 42: 162–170, Springer Verlag
- [31] Moro F, Bolomini G, Sibal M et al. Imaging in gynecological disease (20): clinical and ultrasound characteristics of adnexal torsion. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2020; 56 (6): 934
- [32] Chang HC, Bhatt S, Dogra VS. Pearls and pitfalls in diagnosis of ovarian torsion. *Radiographics* 2008; 28 (5): 1355–1368. doi:10.1148/rg.285075130