Monatsschr Kinderheilkd 2020 · 168:323–331
<https://doi.org/10.1007/s00112-020-00854-7>
Online publiziert: 14. Februar 2020
© Der/die Autor(en) 2020

Redaktion

A. Hauer, Graz
R. Kerbl, Leoben

E. Nagy · E. Sorantin

Klinische Abteilung für Kinderradiologie, Universitätsklinik für Radiologie, Medizinische Universität Graz, Graz, Österreich

Radiologische Diagnostik chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen bei Kindern und Jugendlichen

Die Diagnose chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen (CED) erfolgt durch Laborbestimmungen und histologische Nachweise. Allerdings sind auch die bildgebenden Methoden mittlerweile ein wichtiger Bestandteil in der Diagnosefindung und Verlaufskontrolle.

Die häufigsten Anforderungen an die bildgebende Untersuchung betreffen:

- Differenzierung zwischen unterschiedlichen Formen der CED anhand des Verteilungsmusters der Darmläsionen,
- Beurteilung der Ausdehnung und der Aktivität der Darmerkrankung,
- Beurteilung der möglichen Komplikationen,
- Abklärung der potenziellen extraintestinalen Manifestationen,
- Ausschluss der möglichen Differenzialdiagnosen,
- Verlaufskontrolle mit Beurteilung des Ansprechens auf die medikamentöse Therapie.

Relevante bildgebende Methoden

Überblick

Prinzipiell können die für die CED relevanten bildgebenden Verfahren in zwei Gruppen eingeteilt werden. Einerseits stehen die Dünndarmdoppelkontrastuntersuchung und die Magen-Darm-Passage zur Verfügung, die das Darmlumen direkt mithilfe eines Rönt-

genkontrastmittels darstellen. Aufgrund der Strahlenbelastung bzw. des limitierten Umfangs der zu gewinnenden extraluminalen Informationen werden diese heutzutage in der klinischen Routine nicht mehr angewendet. Mithilfe der Sonographie (Ultraschall, US), der Computer- (CT) und der Magnetresonanztomographie (MRT) können sowohl die Darmwand als auch die extraintestinalen Strukturen beurteilt werden.

Die MRT- und CT-Enterographie bieten bei CED eine hohe diagnostische Genauigkeit zum Nachweis der befallenen Darmabschnitte und extraintestinalen Komplikationen [38]. Aus Strahlenschutzgründen ist die CT für Verlaufskontrollen nicht empfohlen, kann aber aufgrund der kurzen Untersuchungszeiten bei akuter Symptomatik zur schnellen Diagnostik eingesetzt werden. Im Bereich des terminalen Ileums besitzt die Darmultraschalluntersuchung die gleiche diagnostische Wertigkeit wie die CT oder MRT [22]. In den folgenden Abschnitten werden hauptsächlich die US- und die MRT-Untersuchung diskutiert.

Darmultraschalluntersuchung

Bei pädiatrischen Patienten stellt die Sonographie eines der wichtigsten bildgebenden Verfahren dar. Grundlegende Vorteile der Methode sind der patientenfreundliche Zugang und die strahlenfreie Untersuchung. Als Nachteil ist zu erwähnen, dass eine gründliche Untersuchung sowohl Routine und als

auch Erfahrung erfordert. Die Untersuchungsqualität kann aus verschiedenen Gründen (z. B. eine Darmgasüberlagerung) vermindert sein kann. Eine der Voraussetzungen einer aussagefähigen Darm-US-Untersuchung ist die Verwendung eines hochauflösenden, linearen Ultraschallkopfes (12–15 MHz), mit dem während der Untersuchung eine graduelle manuelle Kompression ausgeübt werden kann. Geräteeinstellungen, wie z. B. niedrige Grauwertdynamik oder das „tissue harmonic imaging“, erhöhen die Aussagekraft. Die Verwendung mehrerer Fokuspunkte steigert die Ortsauflösung, verringert aber gleichzeitig die temporäre Auflösung – dies kann sich bei unruhigen Kindern infolge vermehrter Bewegungsartefakte nachteilig auswirken [27].

Eine kürzlich publizierte multizentrische britische Studie hat die transabdominelle Darm-US-Untersuchung mit der MR-Enterographie (MRE) verglichen (MR enterography or ultrasound in Crohn's disease, METRIC, [37]). Für beide Modalitäten wurden eine hohe Sensitivität und Spezifität beim CED-Nachweis ermittelt, jedoch zeigte die MRE eine höhere Sensitivität in der Detektion (97 und 96 % vs. 92 und 86 %) sowie in der Ausdehnungsbeurteilung (80 und 95 % vs. 70 und 81 %) einer CED.

Die diagnostische Treffsicherheit der US-Untersuchung kann durch die orale Applikation von Kontrastmitteln gesteigert werden, der Patient sollte aber vor der Applikation nüchtern sein.

Nach dem Trinken von Kontrastmittel (Polyethylenglykol)-Lösung werden einerseits die Kontrastmittelverteilung und andererseits die Darmwandstrukturen beurteilt. Zur Beantwortung der Frage nach einer Dickdarmitbeteiligung kann ein rektaler Einlauf appliziert werden [27]. Die Darm-US-Untersuchung mit peroralem Kontrastmittel hat eine höhere Sensitivität und Spezifität als die konventionelle transabdominelle US-Untersuchung, und zwar sowohl bei Kindern mit nichtbestätigter als auch mit bestätigter CED [21].

» Eine hypervaskularisierte >5 mm verdickte Darmwand in der Farbdopplersonographie ist CED-spezifisch

Zur Einschätzung der entzündlichen Aktivität sind die Farbdoppler- und die Powerdopplersonographie hilfreich. Bei der Farbdopplersonographie der Darmwand ist die Anwendung eines niedrigen Wandfilters und einer möglichst niedrigen „pulse repetition frequency“ (PRF) empfehlenswert. Eine Darmwandverdickung über 5 mm mit Hypervaskularisationszeichen ist sehr spezifisch für eine CED, mit einem positiven Vorhersagewert von 95 % [35].

Vaskularisation und Perfusion der Darmwand können bei Verwendung eines US-Kontrastmittels besser beurteilt werden, allerdings ist dessen i.v.-Applikation bei Kindern in Europa noch nicht zugelassen. Studien zeigen, dass die Aufnahme von Mikrobläschen in die Darmwand direkt mit dem histologischen CED-Befund korreliert [29].

Die US-Elastographie ist eine spezielle Ultraschalldiagnostik zur Gewebecharakterisierung, jedoch stellt die gastrointestinale Anwendung eine Herausforderung dar [10]. Einerseits erschweren die dünnen Strukturen und die Darmmotilität die genaue Messung, andererseits kann derzeit bei einer erhöhten Gewebestreifigkeit nicht ausreichend zwischen Neoplasie und Entzündung differenziert werden [11].

Magnetresonanztomographie

Enterographie vs. Enteroklysma

Die MRT des Dün- und Dickdarms ist ein wichtiger Bestandteil der CED-Diagnostik. Während der Untersuchung ist eine gute Darmdistension essenziell, daher wird diese am besten nach reichlicher Flüssigkeitszufuhr durchgeführt. Je nachdem, wie die Flüssigkeit in den Magen-Darm-Trakt appliziert wird, wird zwischen einer MR-Enterographie und einem MR-Enteroklysma unterschieden. Im Rahmen der MR-Enterographie wird die Flüssigkeit von den zu Untersuchenden selbst getrunken, im Rahmen des MR-Enteroklysma wird das Kontrastmittel über eine Sonde appliziert. Diese Sonde wird vor der MR-Untersuchung unter Durchleuchtungskontrolle in das distale Duodenum bzw. in den Bereich der Flexura duodenojejunalis eingebracht.

Aufgrund ihrer Invasivität wird das MR-Enteroklysma bei Kindern selten angewendet. Ausnahmen sind Untersuchungen von Kleinkindern oder pädiatrischen PatientInnen mit kognitiver Einschränkung in Sedierung/Narkose. Das Kontrastmittel wird entweder händisch oder automatisiert mithilfe eines Injektors während der MRT-Untersuchung appliziert.

Die Sensitivität beider Verfahren wird in der Literatur gleichwertig bewertet, jedoch können mukosale/submukosale Veränderungen mithilfe des MR-Enteroklysma theoretisch besser erfasst werden. Einer der Gründe dafür ist die bessere Darmdistension durch Applikation des oralen Kontrastmittels mithilfe der Dünndarmsonde [32]. Die folgenden Abschnitte konzentrieren sich auf die MR-Enterographie, weil diese in der klinischen Routine relevanter ist.

Die MR-Enterographie wird erfahrungsgemäß ab einem Lebensalter von 5 bis 6 Jahren ohne Sedierung durchgeführt. Diese Altersgrenze kann bei Anwendung neuer MR-Unterhaltungssysteme weiter gesenkt werden [6]. Bei Kleinkindern oder bei Kindern mit kognitiver Beeinträchtigung ist eine Untersuchung in Sedierung oder ein Wechsel auf ein MR-Enteroklysma notwendig. Aufgrund der großen applizier-

Monatsschr Kinderheilkd 2020 · 168:323–331
<https://doi.org/10.1007/s00112-020-00854-7>
 © Der/die Autor(en) 2020

E. Nagy · E. Sorantin

Radiologische Diagnostik chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen bei Kindern und Jugendlichen

Zusammenfassung

Dank der technischen Fortschritte nehmen bildgebende Methoden eine immer wichtigere Rolle sowohl in der Diagnostik als auch im klinischen Management chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen (CED), insbesondere in der Pädiatrie, ein. Dieser Beitrag fokussiert charakteristische Erscheinungsformen der CED und jeweils relevante bildgebende Verfahren (Ultraschall und MRT). Außerdem werden Forschungstrends und aktueller Wissensstand zu verschiedenen bildgebenden Modalitäten dargestellt.

Schlüsselwörter

Sonographie · Magnetresonanztomographie · Kontrastmittel · Biomarker · Entzündung

Radiological diagnostics of chronic inflammatory bowel diseases in children and adolescents

Abstract

Thanks to technical advancements, radiological imaging methods play an increasingly more important role in the diagnostics and clinical management of chronic inflammatory bowel diseases (IBD), especially in pediatrics. This article focuses on the characteristic manifestations of IBD as well as relevant imaging procedures (ultrasound and magnetic resonance imaging, MRI). Furthermore, an overview of research trends and the current state of knowledge on various imaging modalities is provided.

Keywords

Sonography · Magnetic resonance imaging · Contrast agent · Biomarkers · Inflammation

ten Flüssigkeitsmenge und der damit verbundenen Aspirationsgefahr ist eine allgemeine Anästhesie prinzipiell als potenziell riskant anzusehen. Abhilfe kann die Verwendung einer zusätzlichen Magensonde und eines Absaugsystems bringen, wie in einer rezenten Publikation beschrieben wurde [31].

Patientenvorbereitung

Bezüglich der Patientenvorbereitung einer geplanten enteralen MRT existieren derzeit wenige evidenzbasierte Empfehlungen. Die European Society of Gastrointestinal and Abdominal Radiology (ESGAR)/die European Society of Paediatric Radiology (ESPR) legen jedoch eine Nahrungskarenz für feste Nahrung – im Alter zwischen 6 und 9 Jahren: 2–4 h, im Alter über 9 Jahren: 4–6 h – vor der Untersuchung nahe. Eine Einschränkung der Flüssigkeitszufuhr ist nicht notwendig. Die MRT-Enterographie erfordert weder eine Darmreinigung noch einen rektalen Einlauf.

Kontrastmittelunterstützung und Spasmolytikagabe

Die Verwendung peroraler Kontrastmittel erhöht die diagnostische Treffsicherheit [13]. Von den zur Verfügung stehenden, unterschiedlichen Kontrastmittelsubstanzen wird eines mit hoher Osmolarität ausgewählt, damit eine schnelle Resorption verhindert wird. Ein derartiges Kontrastmittel ist ideal, um eine gute Kontrastauflösung der Darmwand zu erzielen; es stellt sich hyperintens in T2 gewichteten Sequenzen und hypointens in T1 gewichteten Sequenzen dar.

» Beim MRT erzielen Kontrastmittel mit hoher Osmolarität die beste Kontrastauflösung der Darmwand

Eine weitere wichtige Anforderung an diese Substanzen besteht in der Akzeptanz durch die pädiatrischen Patienten. In einer prospektiven randomisierten

Studie wurden 3 orale Kontrastmittel (ein auf Zuckeralkohol basierendes aromatisiertes Getränk [Breeza®, Beekley, Bristol, USA], ein Polyethylenglykolpräparat [MiraLAX®, Bayer Healthcare, Leverkusen, Deutschland] und eine niedrigkonzentrierte Bariumsulfatsuspension [VoLumen®, Bracco, Milano, Italien]) miteinander verglichen [7]. Neben der Bildqualität wurden Geschmack, Wohlbefinden und zukünftige Konsumbereitschaft der Patienten bewertet. Alle Präparate erreichten eine ähnliche ausreichende Darmdistension, aber MiralAL und Breeza wurden von den Patienten besser bewertet. Insgesamt scheint der Geschmack ein wichtiger Einflussfaktor der Akzeptanz zu sein. Dies wurde auch in einer weiteren Studie aufgezeigt [5]. Dabei darf aber nicht vergessen werden, dass das Trinken des Kontrastmittels schmerzbedingt eingeschränkt sein kann. An der Institution der Autoren wird Klean-Prep® (Norgine GmbH, Amsterdam, Netherlands) als perora-

Hier steht eine Anzeige.

Abb. 1 ◀ Fallbeispiel 1 (Erklärungen s. Text)

les Kontrastmittel mit guter Akzeptanz verwendet.

Es gibt wenige Evidenz bezüglich der optimalen Kontrastmittelmengen. Grundsätzlich wird eine Dosis von 20 bis max. 25 ml/kgKG empfohlen [36]. Das Mindestvolumen des zu konsumierenden Kontrastmittels ist ebenso unklar. Studienergebnisse bei Erwachsenen zeigen, dass eine diagnostische Untersuchung bereits ab der Aufnahme von 450 ml Kontrastmittel möglich ist [15]. Das orale Kontrastmittel sollte 40–60 min vor der Untersuchung eingenommen werden.

Ein limitierender Faktor der Bildqualität ist die Darmmotilität. Um diese zu mindern und eine bessere Bildqualität zu erzielen, wird entweder Butylscopolamin oder Glukagon als Spasmolytikum vor der Untersuchung bzw. vor dem Einsatz der Kontrastmittelsequenzen appliziert. In der Institution der Autoren wird Bu-

tylscopolamin (0,3 mg/kgKG, maximale Dosis 20 mg) angewendet. Selbstverständlich müssen die Kontraindikationen für Parasympatholytika beachtet und die Substanz bei i.v.-Injektion langsam appliziert werden, da ansonsten Nebenwirkungen wie Schwindel, Doppelbildersehen oder Übelkeit auftreten können.

Während der Untersuchung wird bei Bedarf MR-Kontrastmittel i.v. appliziert. An der Institution der Autoren werden ausschließlich makrozyklische gadoliniumhaltige Kontrastmittel verwendet. Bei diesen Kontrastmitteln sind die akuten Nebenwirkungen ausgesprochen selten, jedoch können, laut Literaturangaben, nach repetitiven Gaben Ablagerungen in unterschiedlichen Geweben auftreten. Die klinische Relevanz dieser Ablagerungen ist derzeit noch nicht ausreichend bekannt [18].

Sequenzen

Ein typisches Untersuchungsprotokoll einer MRE dauert ca. 30 min. Die Basissequenzen beinhalten T2-gewichtete Sequenzen mit und ohne Fettsättigung für die anatomische Darstellung und balancierte Gradientenechosequenzen („true fast imaging with steady-state-free precession“ [TRUFI], „true fast imaging with steady-state precession“ [TRUE-FISP]) zur Beurteilung der Darmmotilität. Darüber hinaus werden Gradientenechosequenzen nach i.v.-Kontrastmittelgabe mit und ohne Fettsättigung bzw. diffusionsgewichtete Sequenzen („diffusion-weighted imaging“ [DWI]) routinemäßig akquiriert [8]. Eine Vergleichsstudie dieser Basissequenzen ergab eine gute Treffsicherheit der Darmläsionen bei T2 SS-FSE („single-shot fast spin echo“), DWI und dynamischen Kontrastmittelsequenzen. Das schlechteste Ergebnis lieferten Motilitätssequenzen [34].

Abb. 2 ▲ Fallbeispiel 2 (Erklärungen s. Text)

In der DWI-Sequenz erscheinen die entzündeten Darmsegmente hyperintens. Die DWI wird in freier Atmung akquiriert, und aufgrund der sehr guten Kontrastauflösung ermöglicht sie die schnelle, genaue und umfassende Beurteilung des Darmtrakts ohne i.v.-Kontrastmittelapplikation [20]. Dies gilt sowohl für 1,5-T- als auch für 3-T-MR-Geräte [1].

» Das DWI erlaubt die schnelle und genaue Darmtraktbeurteilung ohne i.v.-Kontrastmittelapplikation

Aufgrund der hohen diagnostischen Sicherheit mithilfe der DWI-Bildgebung [9] wird die Kontrastmittelapplikation von manchen Autoren prinzipiell hinterfragt [14, 16, 25]. In einer rezenten Studie hat eine Kontrastmittelapplikation keinen Mehrwert zur Detektion von entzündlichen Darmveränderungen im distalen Ileum oder Kolon beigetragen, abgesehen davon, dass das Kontrastmittel bei penetrierenden Veränderungen hilfreich scheint [14, 33]. Solche Beobachtungen sind vielversprechend für die Bemühungen, gadoliniumhaltige Kontrastmittel in der pädiatrischen Radiologie zu reduzieren, die in Anbetracht der neuen Erkenntnisse bezüglich der Gadolini-

umablagerungen immer wichtiger werden. Große Nachteile der diffusionsbildgebenden Methode sind die mangelhafte örtliche Auflösung und die zahlreichen falsch-positiven Ergebnisse, wie z. B. im Bereich des Jejunums, in dem eine Diffusionsrestriktion physiologisch vorkommen kann [26].

Typische morphologische Veränderungen

Morbus Crohn

Bei vorliegendem M. Crohn können sämtliche Darmsegmente involviert sein. Die Läsionen variieren von oberflächlichen Ulzerationen bis zu tiefen transmuralen Veränderungen und können mit Fistelbildungen einhergehen. In der pädiatrischen Population ist das Kolon relativ häufiger involviert; dies erschwert die Differenzierung zu einer Colitis ulcerosa [30]. Im Bereich des oberen Darmtrakts ist das MRT nur bedingt sensitiv; die Läsionen werden verlässlicher mithilfe der Endoskopie diagnostiziert [19].

Colitis ulcerosa

Die Colitis ulcerosa geht mit oberflächlichen kontinuierlichen Ulzerationen im Kolon, beginnend im Rektum und nach proximal fortschreitend, einher. Bei Patienten mit diffuser Pankolitis kann das ter-

minale Ileum involviert sein; diese Form ist als „backwash ileitis“ bekannt.

Aktive Entzündung

Typische radiologische Veränderungen im Rahmen einer aktiven Entzündung sind die Darmwandverdickung mit vermehrter Perfusion, prominente mesenterielle Vasa recta („comb sign“), die fibröse-fettige Gewebsvermehrung perifokal der entzündeten Darmschlinge und/oder die mesenterielle Lymphadenopathie. Zeichen einer aktiven Entzündung im MRT sind das Darmwandödem mit Diffusionsrestriktion, das mukosale Hyper-Enhancement und die verminderte Motilität in den „Real-time“-Sequenzen. Eine aktive Entzündungsphase eines M. Crohn ist im Fallbeispiel 1 bzw. einer Colitis ulcerosa im Fallbeispiel 2 zu sehen. Bei einer chronisch ausgebrannten Entzündung findet sich nur ein verzögertes homogenes Enhancement ohne Diffusionspositivität oder Darmwandödem.

Fallbeispiel 1. Ein 13 Jahre alter Junge wird aufgrund der seit 3 Jahren bestehenden Symptomatik (zunehmende Bauchschmerzen, Durchfälle, Nachtschweiß und mangelnde Gewichtszunahme) vorgestellt. In der durchgeführten Sonographie (Abb. 1a, b) präsentiert sich ein deutlich wandverdicktes Ileum mit Hypervaskularisationszeichen. In der anschließenden MRT stellt sich ein langstreckig wandverdicktes distales Ileum mit subtotaler Stenose (Abb. 1c–e, Pfeile) dar. Die prästenotischen Dünndarmabschnitte sind bis auf 3,2 cm dilatiert (Abb. 1c, Asteriskus). Die Wandverdickung zeigt eine deutliche Diffusionsrestriktion (Abb. 1d) und ein verstärktes Kontrastmittel-Enhancement (Abb. 1e, f) mit positivem „comb sign“ (Abb. 1f, Pfeile).

Fallbeispiel 2. Das 13 Jahre alte Mädchen leidet unter rezidivierenden Bauchschmerzen und blutigem Stuhl. Die durchgeführte Endoskopie hat eine Pankolitis ergeben. Im MRT findet sich ein diffus wandverdickter und verstärkt kontrastmittelaufnehmender Kolonrahmen (Abb. 2a, Pfeile) mit Diffusionsrestriktion (Abb. 2b, Pfeile). Mithilfe

Abb. 3 ◀ Fallbeispiel 3. a T2 fs nativ, b ADC, c T1 fs koronal mit Kontrastmittel, d T1 axial mit Kontrastmittel. (Erklärungen s. Text). fs Fettsättigung, ADC apparent diffusion coefficient

Abb. 4 ◀ Fallbeispiel 4. (Erklärungen s. Text)

des MRT konnte eine Dünndarmmitbeteiligung nicht nachgewiesen werden. Die Diagnose lautet Colitis ulcerosa.

» Pathologische Darmwandverdickungen stellen die häufigsten Veränderungen bei CED dar

Pathologische Darmwandverdickungen sind die häufigsten Veränderungen im Rahmen einer pädiatrischen CED. Eine Wandverdickung über 3 mm wird als pathologisch postuliert; über 5 mm ist der

Befund suspekt auf aktive Entzündung bei M. Crohn [35].

Die Wandverdickung kann konzentrisch oder exzentrisch auftreten. Die fokalen Darmwandverdickungen können als Pseudopolyp interpretiert werden; Pseudopolypen sind im Fall einer aktiven Entzündung häufiger zu beobachten. Bei der Colitis ulcerosa ist die Darmwandverdickung eher milder. Die chronische Form geht mit dem Verlust der Haustrierungen („lead pipe“) einher.

Differenzierung zwischen Entzündung und Fibrose

Für die Therapieplanung ist es relevant, ob in den wandverdickten Darmsegmenten eher die Entzündung oder die Fibrose dominiert. Histologische Studien haben gezeigt, dass die zwei Entitäten sehr häufig parallel im gleichen Darmsegment vorkommen und somit eine Differenzierung schwierig ist [17]. Daher wird angestrebt, einen MR-Biomarker zu finden, der mit dem histologischen Befund eine gute Korrelation aufweist, um invasive Untersuchungen reduzieren zu können [8]. Einen der potenziellen Biomarker stellt die Enhancement-Kinetik dar, die auf dem oben beschriebenen unterschiedlichen Enhancement-Muster basiert. In einer Studie von Rimola et al. ermöglichte eine Sequenz, die 7 min nach der i.v.-Kontrastmittel-Applikation akquiriert wurde, zwischen aktiver Entzündung und einer Fibrose zu unterscheiden [28].

Entzündungsstadien

Einige Studien haben sich mit der DWI als potenziellem Biomarker beschäftigt, und es wurde versucht, potenzielle „Apparent-diffusion-coeffi-

Abb. 5 ◀ Fallbeispiel 5. (Erklärungen s. Text)

cient“(ADC)-Grenzwerte zu definieren, mit deren Hilfe evtl. zwischen unterschiedlichen Stadien der Entzündung differenziert werden kann [2, 39]. Anhand dieses Prinzips kann das DWI auch zur Beurteilung des Therapieansprechens hilfreich sein [12]. Basierend auf bildgebenden Eigenschaften kann die Ausprägung der entzündlichen Aktivität mithilfe unterschiedlicher Scoring-Systeme graduiert werden, aber diese Scoring-Systeme werden noch nicht in der klinischen Routine eingesetzt [24]. Die bereits erwähnte US-Elastographie ist eine weitere potenzielle Methode zur Beurteilung der aktiven Entzündung, da eine entzündete Darmwand eine erhöhte Steifigkeit aufweist [4].

Beurteilung der transmuralen Heilung

Bei M.-Crohn-Patienten manifestiert sich ein Therapieansprechen als mukosale, evtl. sogar transmurale Heilung. Diese Veränderungen sind radiologisch objektivierbar [23]. Castiglioni et al. haben in einer Studie die Endoskopie mit der US-Untersuchung und der MR-Enterographie bezüglich der Beurteilung einer transmuralen Heilung verglichen, deren typische Zeichen die normalisier-

te Darmwanddicke und Vaskularisation sind. Es wurde eine gute Korrelation zwischen den Modalitäten gefunden, wobei die US-Untersuchung zur Beantwortung dieser Fragestellung den anderen Modalitäten überlegen zu sein scheint [3].

Komplikationen

Strikturen mit Dilatation der vorgeschalteten Darmsegmente sind eine relativ häufige Komplikation bei M. Crohn und können ein Passagehindernis bedingen. Weitere Komplikationen sind Abszesse (s. „Fallbeispiel 3“), Fisteln (s. „Fallbeispiel 4“), blind endende Sinustrakte, und Perforationen. Bei der Colitis ulcerosa stellt das toxische Megakolon eine charakteristische Komplikation dar. Letztlich weisen alle CED-Patienten ein erhöhtes Karzinomrisiko auf.

Fallbeispiel 3. Der 14 Jahre alte Junge leidet unter einem rezent diagnostizierten M. Crohn, aktuell präsentiert er sich mit starken paraanal Schmerzen. In der durchgeführten MRT zeigt sich ein ausgedehnter perianaler Abszess mit perifokaler entzündlichen Reaktion (Abb. 3a–d; Pfeile).

Fallbeispiel 4. Bei dem 11 Jahre alten Jungen ist das Vorliegen eines M. Crohn bekannt. Er erhält eine Biologikatherapie. Im MRT stellt sich ein interspinktärer Fistelgang zwischen 5 und 6 Uhr (in Steinschnittlage) dar, der nach dorsal zur Rima ani zieht (Abb. 4, Pfeile).

Zu den extraintestinalen assoziierten Veränderungen gehören die sklerosierende Cholangitis, Cholezystolithiasis, autoimmune Pankreatitis, Nephrolithiasis und seronegative Spondylarthropathie. Die sklerosierende Cholangitis präsentiert sich mit erweiterten wandverdickten Gallengängen, aber die endgültige Diagnosestellung erfolgt histologisch (s. „Fallbeispiel 5“).

Fallbeispiel 5. Der 10 Jahre alte Junge mit rezent diagnostiziertem M. Crohn stellt sich wegen heftigen Bauchschmerzen vor. In der Sonographie finden sich intra- und extrahepatisch erweiterte Gallengänge (Abb. 5a, Pfeile) mit deutlicher Wandverdickung des Ductus choledochus (Abb. 5b,c, Pfeil). Die korrespondierende magnetresonanztomographisch Cholangiopankreatikographie (MRCP) zeigt Kaliberschwankungen des Ductus choledochus (Abb. 5d, Pfeil). Die Veränderungen sind verdächtig für das Vorliegen einer Cholangitis, die

mithilfe einer Leberbiopsie histologisch verifiziert wird. Die Diagnose lautet primär sklerosierende Cholangitis.

Fazit für die Praxis

- In der Literatur zur primären Diagnostik chronisch-entzündlicher Darmerkrankungen (CED) sind die Ultraschall- und die Magnetresonanztomographie (MRT)-Untersuchung gleichgestellt, obwohl die MRT eine höhere Sensitivität und Spezifität aufweist.
- Zur Beantwortung therapeutisch relevanter Fragen (wie Differenzierung zwischen Entzündung und Fibrose der Darmwand oder Beurteilung einer mukosalen vs. transmuralen Heilung bei M. Crohn) können die bildgebenden Methoden bereits einen wichtigen Beitrag leisten, aber ihre Rolle wird in der Zukunft aufgrund neuer und besserer Biomarker noch wichtiger werden.

Korrespondenzadresse

Dr. E. Nagy

Klinische Abteilung für Kinderradiologie,
Universitätsklinik für Radiologie, Medizinische
Universität Graz
Auenbruggerplatz 34, 8036 Graz, Österreich
eszter.nagy@medunigraz.at

Funding. Open access funding provided by Medical University of Graz.

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. E. Nagy und E. Sorantin geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

In diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbil-

dungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de>.

Literatur

1. Abd-El Khalek Abd AA, Fahmy DM (2018) Diagnostic value of diffusion-weighted imaging and apparent diffusion coefficient in assessment of the activity of Crohn disease: 1.5 or 3 T. *J Comput Assist Tomogr* 42:688–696
2. Alsabban Z, Church P, Moineddin R et al (2017) Accuracy and interobserver agreement of diffusion-weighted imaging in pediatric inflammatory bowel disease. *Clin Imaging* 41:14–22
3. Castiglione F, Mainenti P, Testa A et al (2017) Cross-sectional evaluation of transmural healing in patients with Crohn's disease on maintenance treatment with anti-TNF alpha agents. *Dig Liver Dis* 49:484–489
4. Chen YJ, Mao R, Li XH et al (2018) Real-time shear wave ultrasound elastography differentiates fibrotic from inflammatory strictures in patients with Crohn's disease. *Inflamm Bowel Dis* 24:2183–2190
5. Dillman JR, Towbin AJ, Imbus R et al (2018) Comparison of two neutral oral contrast agents in pediatric patients: a prospective randomized study. *Radiology* 288:245–251
6. Dong SZ, Zhu M, Bulas D (2019) Techniques for minimizing sedation in pediatric MRI. *J Magn Reson Imaging* 50:1047–1054
7. Gottumukkala RV, Lapointe A, Sargent D et al (2019) Comparison of three oral contrast preparations for magnetic resonance enterography in pediatric patients with known or suspected Crohn disease: a prospective randomized trial. *Pediatr Radiol* 49:889–896
8. Greer MC (2018) Paediatric magnetic resonance enterography in inflammatory bowel disease. *Eur J Radiol* 102:129–137
9. Hahnemann ML, Dechene A, Kathemann S et al (2017) Diagnostic value of diffusion-weighted imaging (DWI) for the assessment of the small bowel in patients with inflammatory bowel disease. *Clin Radiol* 72:95e1–95e8
10. Havre R, Gilja OH (2014) Elastography and strain rate imaging of the gastrointestinal tract. *Eur J Radiol* 83:438–441
11. Havre RF, Leh S, Gilja OH et al (2014) Strain assessment in surgically resected inflammatory and neoplastic bowel lesions. *Ultraschall Med* 35:149–158
12. Huh J, Kim KJ, Park SH et al (2017) Diffusion-weighted MR enterography to monitor bowel inflammation after medical therapy in Crohn's disease: a prospective longitudinal study. *Korean J Radiol* 18:162–172
13. Jesuratnam-Nielsen K, Logager VB, Rezanavaz-Gheshlagh B et al (2015) Plain magnetic resonance imaging as an alternative in evaluating inflammation and bowel damage in inflammatory bowel disease—a prospective comparison with conventional magnetic resonance follow-through. *Scand J Gastroenterol* 50:519–527
14. Kim SJ, Ratchford TL, Buchanan PM et al (2019) Diagnostic accuracy of non-contrast magnetic resonance enterography in detecting active bowel inflammation in pediatric patients with diagnosed or suspected inflammatory bowel disease to determine necessity of gadolinium-based contrast agents. *Pediatr Radiol* 49:759–769
15. Kinner S, Kuehle CA, Herbig S et al (2008) MRI of the small bowel: can sufficient bowel distension be achieved with small volumes of oral contrast? *Eur Radiol* 18:2542–2548
16. Lanier MH, Shetty AS, Salter A et al (2018) Evaluation of noncontrast MR enterography for pediatric inflammatory bowel disease assessment. *J Magn Reson Imaging* 48:341–348
17. Latella G, Rieder F (2017) Intestinal fibrosis: ready to be reversed. *Curr Opin Gastroenterol* 33:239–245
18. McDonald RJ, Levine D, Weinreb J et al (2018) Gadolinium retention: a research roadmap from the 2018 NIH/ACR/RSNA workshop on gadolinium chelates. *Radiology* 289:517–534
19. Mollard BJ, Smith EA, Dillman JR (2015) Pediatric MR enterography: technique and approach to interpretation-how we do it. *Radiology* 274:29–43
20. Neubauer H, Pabst T, Dick A et al (2013) Small-bowel MRI in children and young adults with Crohn disease: retrospective head-to-head comparison of contrast-enhanced and diffusion-weighted MRI. *Pediatr Radiol* 43:103–114
21. Pallotta N, Tomei E, Viscido A et al (2005) Small intestine contrast ultrasonography: an alternative to radiology in the assessment of small bowel disease. *Inflamm Bowel Dis* 11:146–153
22. Panes J, Bouhnik Y, Reinisch W et al (2013) Imaging techniques for assessment of inflammatory bowel disease: joint ECCO and ESGAR evidence-based consensus guidelines. *J Crohns Colitis* 7:556–585
23. Panes J, Ricart E (2018) Can we monitor a patient with inflammatory bowel disease and adapt treatment without endoscopy? *Curr Drug Targets* 19:777–781
24. Pomerri F, Al Bunni F, Zuliani M et al (2017) Assessing pediatric ileocolonic Crohn's disease activity based on global MR enterography scores. *Eur Radiol* 27:1044–1051
25. Quai E, Sozzi M, Gennari AG et al (2016) Impact of gadolinium-based contrast agent in the assessment of Crohn's disease activity: Is contrast agent injection necessary? *J Magn Reson Imaging* 43:688–697
26. Rapp JB, Anupindi SA, Maya CL et al (2018) Assessment of normal jejunum with diffusion-weighted imaging on MRE in children. *Pediatr Radiol* 48:1763–1770
27. Riccabona M, Lobo ML, Augdal TA et al (2018) European Society of Paediatric Radiology Abdominal Imaging Task Force recommendations in paediatric uroradiology, part X: how to perform paediatric gastrointestinal ultrasonography, use gadolinium as a contrast agent in children, follow up paediatric testicular microlithiasis, and an update on paediatric contrast-enhanced ultrasound. *Pediatr Radiol* 48:1528–1536
28. Rimola J, Planell N, Rodriguez S et al (2015) Characterization of inflammation and fibrosis in Crohn's disease lesions by magnetic resonance imaging. *Am J Gastroenterol* 110:432–440
29. Ripolles T, Rausell N, Paredes JM et al (2013) Effectiveness of contrast-enhanced ultrasound for characterisation of intestinal inflammation in Crohn's disease: a comparison with surgical histopathology analysis. *J Crohns Colitis* 7:120–128

-
30. Rosen MJ, Dhawan A, Saeed SA (2015) Inflammatory bowel disease in children and adolescents. *JAMA Pediatr* 169:1053–1060
 31. Sadigh S, Chopra M, Sury MR et al (2017) Paediatric magnetic resonance enteroclysis under general anaesthesia—initial experience. *Pediatr Radiol* 47:877–883
 32. Seidensticker MRJ, Furth C (2010) Rolle neuer Schnittbildtechniken bei Diagnose und Verlaufskontrolle von chronisch entzündlichen Darmerkrankungen. *J Gastroenterol Hepatol* 25:12–18
 33. Seo N, Park SH, Kim KJ et al (2016) MR Enterography for the evaluation of small-bowel inflammation in Crohn disease by using diffusion-weighted imaging without intravenous contrast material: a prospective Noninferiority study. *Radiology* 278:762–772
 34. Sohn B, Kim MJ, Koh H et al (2014) Intestinal lesions in pediatric Crohn disease: comparative detectability among pulse sequences at MR enterography. *Pediatr Radiol* 44:821–830
 35. Spalinger J, Patriquin H, Miron MC et al (2000) Doppler US in patients with Crohn disease: vessel density in the diseased bowel reflects disease activity. *Radiology* 217:787–791
 36. Taylor SA, Avni F, Cronin CG et al (2017) The first joint ESGAR/ ESPR consensus statement on the technical performance of cross-sectional small bowel and colonic imaging. *Eur Radiol* 27:2570–2582
 37. Taylor SA, Mallett S, Bhatnagar G et al (2018) Diagnostic accuracy of magnetic resonance enterography and small bowel ultrasound for the extent and activity of newly diagnosed and relapsed Crohn's disease (METRIC): a multicentre trial. *Lancet Gastroenterol Hepatol* 3:548–558
 38. Van Assche G, Dignass A, Panes J et al (2010) The second European evidence-based Consensus on the diagnosis and management of Crohn's disease: Definitions and diagnosis. *J Crohns Colitis* 4:7–27
 39. Yu H, Shen YQ, Tan FQ et al (2019) Quantitative diffusion-weighted magnetic resonance enterography in ileal Crohn's disease: a systematic analysis of intra and interobserver reproducibility. *World J Gastroenterol* 25:3619–3633

Hier steht eine Anzeige.