

Matija Zavrski, Michael Riccabona

Bildgebung beim Harnwegsinfekt im (Klein-)Kindesalter – Vergangenheit, Gegenwart & Zukunft

Die pädiatrische Uroradiologie macht einen großen Teil der täglichen kinderradiologischen Routinearbeit aus. Dies ist insbesondere bedingt durch die relative Häufigkeit von Harnwegsinfekten (HWI) im Säuglings-/Kindesalter mit oft sehr umfangreicher, daraus resultierender Bildgebung. Der folgende Artikel bietet eine kurze Übersicht über die bildgebende Diagnostik bei HWI im Kindesalter und schlägt einen Bildgebungsalgorithmus vor.

Einleitung

Im ersten Lebensjahr kommt es zur Häufung von HWIs bei beiden Geschlechtern, aufgrund der unterschiedlichen anatomischen Verhältnisse gibt es bei Mädchen einen zweiten Erkrankungsgipfel zwischen dem dritten und sechsten Lebensjahr sowie im Erwachsenenalter.

Essenziell ist einerseits die rasche, zuverlässige Diagnose und adäquate Behandlung; andererseits gilt es, besonderes Augenmerk auf die Vermeidung von Langzeitfolgen zu richten. Diese entstehen insbesondere durch Nierenbeteiligung und Ausbildung von Parenchymnarben mit konsekutiver Problematik (arterielle Hypertonie, Niereninsuffizienz mit Dialyse und Transplantationsbedarf, bei Frauen auch erhöhtes Schwangerschaftsrisiko). Es muss also angestrebt werden, für Langzeitkomplikationen verantwortliche und therapeutisch beeinflussbare Faktoren frühzeitig zu entdecken. Hierbei spielt die Bildgebung eine wesentliche Rolle.

Zur Pathogenese

Früher dachte man, dass der vesico-ureterale Reflux (VUR) im Mittelpunkt des pathologischen Geschehens bei Kindern mit HWIs stehe. Nach jedem kindlichen HWI wurde deshalb das volle Repertoire des damals verfügbaren diagnostischen Arsenal „abgefeuert“, um dem mutmaßlich alleinigen Übeltäter VUR auf die Schliche zu kommen. Der Ultraschall (US) fungierte dabei – damals auch noch technisch-methodisch bedingt – eher als orientierende Erstmethode.

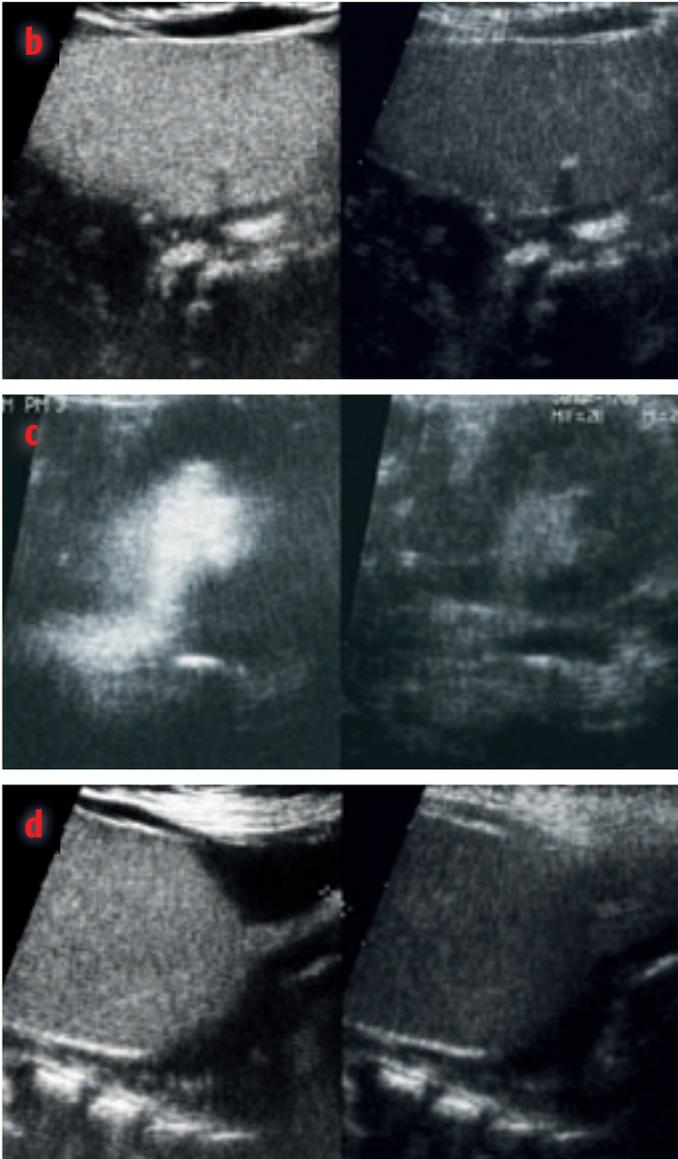
Durchgeführt wurden summationsradiographische Untersuchungen wie eine Miktionszystourethrographie (MCU) und oft auch eine intravenöse Pyelographie (IVP) sowie die Nieren-Szintigraphie. Gar manches davon ist nach heutigem Wissensstand wegen fehlender therapeutischer Relevanz nicht immer nötig, lieferte jedoch wesentlichen Beitrag



■ **Abb. 1a: VUR-Diagnostik**
a) konventionelle MCU zeigt VUR V° rechts (innerrenaler Reflux!) und VUR III° links (Aufn. post mictionem) Abb. 1b-d: siehe Seite 18

zum heutigen Verständnis des HWI bei Kindern.

In den letzten Jahren ergaben sich zunehmend Hinweise, dass der VUR per se nicht primär nierenschädigend ist. Es zeigte sich, dass viele PatientInnen im Rahmen von oberen HWIs auch ohne nachweisbaren VUR Nierennarben entwickeln



können. Gleichzeitig konnte man PatientInnen mit teils höhergradigem VUR beobachten, die im lang-jährigen Verlauf trotz mehrfacher HWIs keinerlei Narben entwickelten. Etwa die Hälfte der Patienten mit Nierennarben hat bzw. hatte nie einen (bildgebend fassbaren) VUR. Insbesondere im zweiten Erkrankungsgipfel der Mädchen scheint der VUR eine geringere Rolle zu spielen. Man entdeckte auch die hohe Spontanheilungsrate des primären VURs. Lediglich der hochgradige VUR ist insbesondere bei Knaben bereits in der Fetalperiode oft mit renaler Dysplasie und höhergradiger Hydronephrose (HN) assoziiert („congenitale Refluxnephropathie“) – diese irreversiblen Veränderungen sind dann schon bei der Geburt präsent.

Renale Langzeitkomplikationen werden nunmehr zunehmend als multifaktoriell angesehen, wobei der VUR lediglich als einer, wenngleich weiterhin signifikanter Kofaktor zu betrachten ist. Häufigkeit und Art der HWIs in Abhängigkeit der Erregervirulenz und Nierenbeteiligung, Art und Zeitpunkt der konservativen Therapie, Auftreten akuter Komplikationen wie z.B. Abszedierung, sowie etwaige vorhandene Harntraktfehlbildungen gewinnen zunehmend als prognostische bzw. therapierelevante Faktoren an Bedeutung. Zusätzlich verschiebt sich der Fokus insbesondere bei älteren Kindern (meist Mädchen)

■ **Abb. 1 b-d: VUR Diagnostik**

- b) parasagittaler Schrägschnitt durch den Unterbauch - Sono-MCU mit echoreich imponierendem US-KM (SonoVue®, Fa. Bracco) in der Blase und in Anschnitten des distalen Ureters retrovesikal (Doppelbildtechnik – links befindet sich jeweils die kontrastspezifische Visualisierung, rechts das fundamentale B-Bild)*
- c) Sono-MCU – Flankenquerschnitt durch den Nierenhilus: das Nierenbecken und ein Kelch sowie der proximale Ureter etwas dilatiert und aufgefüllt durch das echoreiche, refluierte US-KM, im Sinne eines gering dilatativen VURs*
- d) sagittaler Unterbauchlängsschnitt durch die noch nicht verknöcherte Symphyse während der Miktions bei Sono-MCU: kontrastgefüllte normale Urethra (+ +)*

zunehmend auch in Richtung assoziierter Blasenfunktionsstörungen. Und die strategischen Überlegungen zu einem effizienten und ökonomischen Bildgebungsalgorithmus verlagern sich verstärkt auf die Erhaltung der Integrität und des Funktions- sowie Wachstumspotentials der Nieren.

Der therapeutische Trend verlagerte sich von primär chirurgischen zu konservativen Maßnahmen; selbst die langzeitige Antibiotika-Prophylaxe ist zuletzt unter Diskussion – insbesondere bei Kindern mit VUR ohne obere HWIs. Auch wurden neue, weniger invasive Therapien entwickelt, z.B. die zystoskopische Ostiumunterspritzung.

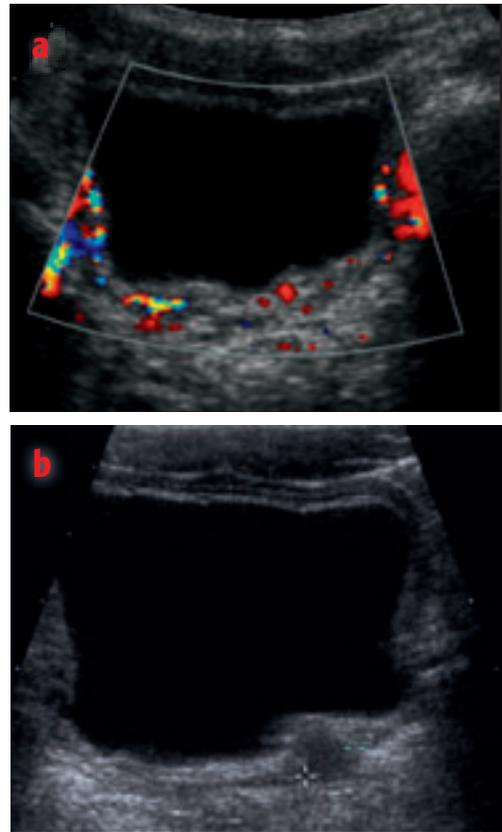
Bildgebendes Instrumentarium

Der Ultraschall (US) ist heute in geübten Händen mit adäquatem Gerät ein mächtiges Instrument geworden. Dabei sind nunmehr hochauflösende hochfrequente Linearschallköpfe und neue Technologien wie US-Compounding und Harmonic Imaging sowie 3D- und kontrastverstärkter US verfügbar; auch ist die (amplitudenkodierte) Farbdopplersonographie (aFDS) als Routinediagnostikum beim HWI etabliert. Unter Voraussetzung einer suffizienten Patientenhydrierung ist damit die detaillierte anatomische Beurteilung von Blase, Ureteren und Nieren inkl. Volumetrie möglich. Die Beteiligung der Nieren bei einem (dann „oberen“) HWI

lässt sich in der Regel gut nachweisen. Klassische sonomorphologische Kriterien sind diffuse und/oder fokale Echoalterationen des Nierenparenchyms, eine Nierenschwellung, eine wandverdicktes und im Einzelfall schlaff-erweitertes Nierenbeckenkelchsystem (NBKS) sowie intraluminal frei flottierende Sedimente – wenngleich nicht alle Befunde spezifisch sind. Mittels der aFDS lassen sich sowohl fokalsegmentale Entzündungsherde wie auch – wenngleich schlechter – (große) postinfektiös-narbige Residuen nachweisen. Die Sono-MCU ist ein für die VUR-Erfassung hochsensitives Verfahren, derzeit indiziert insbesondere für Verlaufskontrollen bei bekanntem VUR, für Familienscreening und bei Mädchen; allerdings ist weiterhin derzeit kein für den Kindergebrauch zugelassenes US-Kontrastmittel auf dem Markt.

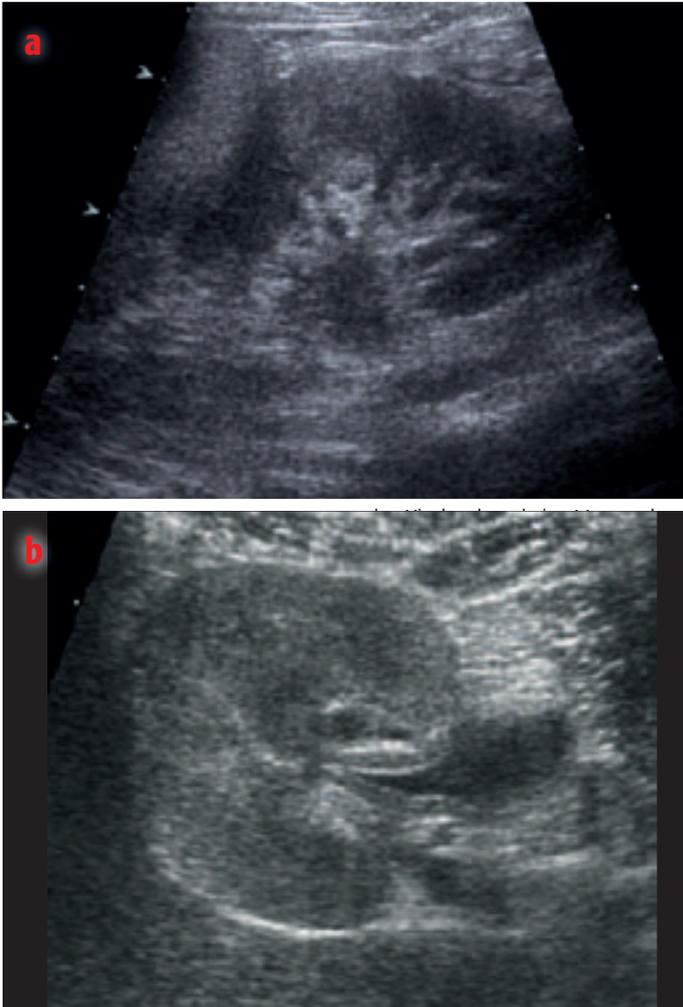
Die Miktionszystourethrographie (MCU) ist die trotz Strahlenbelastung und Invasivität, trotz „image gently“ bzw. der maximal vernünftig möglichen (Strahlen-)Doseinsparung im Sinne des ALARA-Prinzips (as low as reasonably achievable) nach wie vor Goldstandard für

VUR-Evaluation, auch wenn im Vergleich zu vergangenen Tagen die Indikation deutlich strenger gestellt wird. Insbesondere bei Knaben ist derzeit der Ausschluss einer Urethralklappe mittels US noch nicht flächendeckend sicher möglich und ist daher zumindest einmalig-initial eine Domäne der konventionellen MCU. Wichtig ist dabei die Benutzung gepulster Durchleuchtung und sogenannter „last image



■ **Abb. 2: Unterer HWI – Blasenentzündung**

- a) Entzündlich verdickte Blasenwand mit vermehrter Durchblutung im Farbdoppler-Modus
 b) Entzündlich ödematös aufgetriebenes, sich in das Blasenlumen vorwölbendes Ostium des li. Ureters



■ **Abb. 3 a/b: oberer HWI im B-Bild – Nierenbeteiligung**

a) Niere längs: Hyperechogene segmentale Parenchymalteration (li. im Bild) im Sinne einer segmentalen pyelonephritischen Mitbeteiligung, mit inhomogenen Binnenechos im Nierenbecken und peripyelonaler entzündlicher Echoverbreiterung („schaut aus wie Niere eines Erwachsenen“)

b) Wandverdicktes, schlaff ampulläres Nierenbecken, verwaschene Mark-Rinden-Grenze

hold“ Aufnahmetechnik anstatt von „echten Bildschüssen“ sowie enge Einblendung und Anwendung kinderadaptierter Dosis. Zu den strikten MCH-Indikationen gehören heute HWIs mit nachgewiesener

(akut bei fokaler Pyelonephritis oder residuell bei Narben) demarkiert. Zu den Nachteilen zählt neben der wenngleich relative geringen Strahlenbelastung die mäßige Verfügbarkeit und eingeschränkte

anatomische Aussage (z.B. DD von Speicherdefektarealen - Zyste, Tumor, NBKS-Dilatation bei Doppelnieren ...). Additiv oder alternativ zur statischen ^{99m}Tc -DMSA Szintigraphie („DMSA“) kann zur renalen Funktionsbeurteilung auch die diuretisch-dynamische ^{99m}Tc -MAG3 Szintigraphie durchgeführt werden. Es besteht auch die Möglichkeit, mittels einer direkten oder indirekten Radionuklid-Zystographie einen VUR nachzuweisen. Beim HWI ist eine frühe „akute“ DMSA zur Detektion einer Nierenmitbeteiligung dann erwägenswert, wenn nach dem initialen US bei auch klinisch und labormedizinisch nicht eindeutigem Befund Unklarheit besteht, ob eine Nierenbeteiligung vorliegt oder nicht, und wenn dies auch Auswirkungen auf die weitere Diagnostik und Therapie hat. Die „späte“ DMSA soll nur nach einem oberen HWI im Abstand von ca. 4 bis 6 Monaten stattfinden, um das für die individuelle Therapieentscheidung so wichtige Ausmaß einer allfälligen Narbenbildung zu beurteilen.

Trotz hervorragender diagnostischer Aussagekraft ist die Computertomographie (CT) auf Grund ihrer verhältnismäßig hohen Strahlenbelastung beim kindlichen HWI lediglich Einzelfällen (meist Komplikationen) vorbehalten, wenn trotz Ausschöpfung des üblichen diagnostischen Spektrums und fehlender Verfügbarkeit eines MRT-Ge-

rates Fragen mit therapeutischem Impakt zu beantworten sind. In diesen wenigen Fällen ist mittels kindergerechter Protokolle die dosisparende, noch diagnostisch aussagekräftige Bildqualität (unter Akzeptanz von Bildrauschen) anzustreben.

Die MR-Urographie (MRU) gewinnt zunehmend auch im Kindesalter an Bedeutung. Technische Fortschritte mit Verbesserung der MR-Hard- und Software und somit immer kürzer werdenden Scanzeiten bei schnelleren, mitunter atemgetriggerten Sequenzen führten zu reduziertem Sedierungsbedarf. Dabei besticht die MRU durch Strahlenfreiheit und gute anatomische Aussagekraft, wobei zusätzlich auch funktionelle Fragen beantwortbar sind. Die Methode ist – zusätzlich zur etablierten Anwendung bei der Beurteilung von Harntraktfehlbildungen – gut zur Evaluation einer akuten Pyelonephritis oder von Abszessen geeignet; zusätzlich ist sie für den Nachweis von Parenchymnarben und zur Differenzierung von Tumoren oder sonstiger HWI-assoziierten Komplikationen einsetzbar. Verschiedene neue Ansätze wie Perfusions-, Diffusions- sowie dynamisches Imaging (z.B. unter Quantifizierung der KM-Aufnahme und -ausscheidung, etc.) sind mittlerweile realisierbar und finden zunehmende Anwendung auch bei der Bildgebung im Rahmen von (komplizierten) HWIs im Kindesalter.

Bildgebungsalgorithmus und typische Befunde

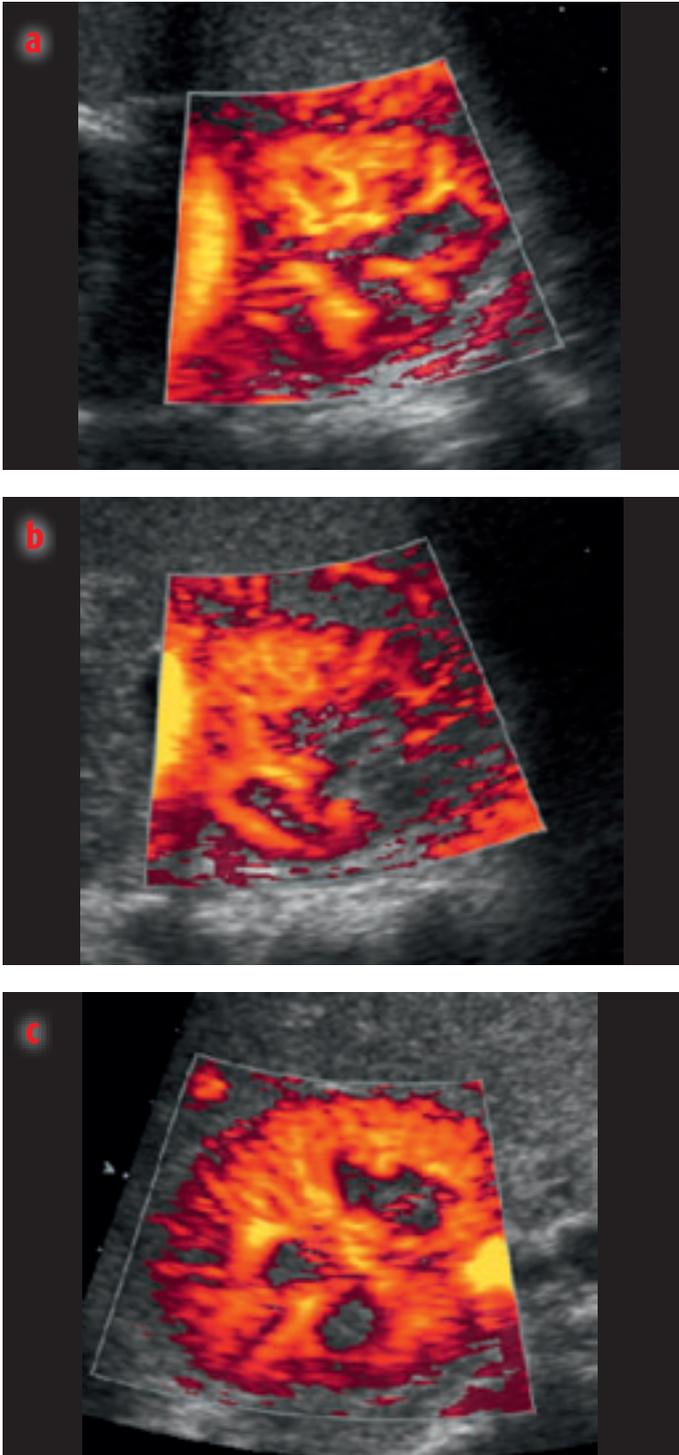
Zusammenfassend kann folgender Bildgebungsalgorithmus bei Kindern mit HWI vorgeschlagen werden (siehe Literaturliste - Empfehlungen der ESUR/ESPR Arbeitsgruppe 2007/08, publiziert in *Pediatric Radiology* 2008: 38): Ein früher initialer US inkl. aFDS (+ Übersichtsbeurteilung des Abdomens – dem sogenannten Abdomensonoskop) ist beim ersten akuten HWI im Kindesalter sinnvoll, um eventuell vorliegende, noch nicht bekannte Fehlbildungen sowie eine etwaige entzündliche Nierenbeteiligung zu detektieren, respektive das Vorliegen komplizierender Faktoren wie Abszessen oder eines Tumors „auszuschließen“. Nur bei Kindern mit bekannt normaler Harntraktanatomie kann darauf verzichtet werden. Bei männlichen Säuglingen sollte die transperineale Beurteilung der Urethra zur Erfassung allfälliger Hinweise auf eine Harnröhrenklappe angeschlossen werden.

Etwa 4-8 Wochen nach Abklingen des HWIs soll im Rahmen des sogenannten „second line imaging“ ein Kontroll-US der Nieren stattfinden, um die zu erwartende Größenabnahme sowie evtl. sonstige Veränderungen wie eine beginnende etwaige Narbenbildung zu erfassen. Ergänzend sollte bei älteren Kindern auch eine urodynamische Abklärung stattfinden.

Eine frühe DMSA oder MRU ist indiziert, wenn sonographisch und klinisch Unklarheit herrscht, ob eine Nierenbeteiligung vorliegt. Eine späte DMSA oder MRU ist nach ca. 6 Monaten nach oberem HWI zum Ausschluss oder Nachweis von etwaigen Nierenparenchymnarben empfehlenswert.

Die VUR-Evaluation sollte immer nach einem HWI im Säuglingsalter durchgeführt werden, bei älteren Kindern nur bei rezidivierenden oberen HWIs oder bei bekannter Narbenbildung. Dabei kann bei Mädchen immer, bei Knaben für etwaige Verlaufskontrollen auf die Sono-MCU (falls verfügbar) ausgewichen werden. Lediglich bei Knaben ist die einmalige konventionelle MCU zum Harnröhrenklappen-Ausschluss (derzeit noch) die Methode der Wahl. Falls verfügbar, ist prinzipiell auch die Radionuklid-Zystographie für Verlaufskontrollen von bekanntem VUR einsetzbar.

Bei Komplikationen ist primär eine US-Kontrolle inklusive aFDS zu erwägen; die CT ist nur besonderen Einzelfällen mit Komplikationen vorbehalten und wird aufgrund ihrer Strahlenbelastung nicht standardmäßig durchgeführt, bzw. durch die MRU ersetzt. Ein anfolgendes kasuistisches kurzes Potpourri von typischen Befunden soll die Möglichkeiten der modernen Bildgebung beim HWI demonstrieren (Abbildungen).



Zukunft der Bildgebung bei Kindern mit HWI:

Der transperineale US als Teil einer KM-gestützten Sono-MCU wird zukünftig ggf. auch flächendeckend für die verlässliche Urethraevaluation bei Knaben verfügbar sein, was die Indikation zur konventionellen MCU noch weiter reduzieren würde.

Die Perfektionierung der MRU wird diese im Sinne eines „one stop shopping“ als objektive und reproduzierbare Methode der Wahl bei komplizierten Verläufen propagieren, auch als Alternative zur DMSA bei unklaren Fällen in der Akutdiagnostik wie für die Detektion postentzündlicher Parenchymnarben.

Neben der weiteren Entwicklung und Verbesserung von nicht-invasiven und strahlenfreien Methoden werden Diagnostikalgorithmen in naher Zukunft weiterhin Diskussionsthema bleiben. Neue klinisch-pathophysiologische bzw. prognostische und therapeutische Erkenntnisse müssen bei zukünftigen

- **Abb. 4 a-c:**
Einsatz der aFDS bei Nierenparenchymopathologien
a) Streifige Vaskularisationsdefekte, eher älteren narbigen Veränderungen entsprechend
b) Segmental-flächiges Hypovaskularisationsareal, eher rezenten entzündlichen Veränderungen zuzuordnen
c) aFDS-Normalbefund der Gegenseite, zum Vergleich

ger Optimierung bestehender Konzepte berücksichtigt werden.

Dabei sind die etablierten Methoden und Ansätze als derzeit unverzichtbares Grundgerüst anzusehen, welches jedoch durch neue Möglichkeiten moderner Bildgebung zunehmend ergänzt, und – sofern bei gleichem oder geringerem Risiko / Belastung nachweislich überlegen – auch ersetzt werden soll.

Aufgrund des derzeitigen Bestehens multipler heterogener Algorithmen ist zunehmender Konsensus und Standardisierung zumindest auf Europaebene notwendig, dies neben der Qualitätssicherung – zum direkten Wohle der Patienten – auch zur Schaffung einer Basis für zukünftige Multicenter-Studien. Diese sollen bessere Vergleichbarkeit der Ergebnisse gewährleisten, um die Effizienz der Bildgebung hinsichtlich der höheren Ebenen medizinischer Relevanz (direkter Therapieeinfluss, Erhöhung der Lebenserwartung/-qualität, Einfluss auf Volksgesundheit) zu verbessern, nicht zuletzt um dem steigenden ökonomischen Druck widerstehen zu können.

Zusammenfassung

Anders als angenommen ist der VUR nach heutigem Kenntnisstand nicht per se nierenschädigend, sondern stellt nur einen von mehreren, die Inzidenz von (früh-)kindlichen oberen HWIs fördernden pathogenetischen Faktoren dar. Deshalb

hat sich die Diagnostik von der „inflationären“ VUR-Evaluation auf die frühzeitige Entdeckung einer etwaigen Nierenbeteiligung mit Narbenbildung verlagert. Dabei ist heute der US ein zentrales Instrument geworden. Die Indikation für die MCU wird deutlich strenger gestellt, die DMSA wird weiterhin eingesetzt, wenn auch gezielter. Die MRU findet als Ergänzung zum US zunehmend als „all in one“-Instrument Anwendung und hat die CT beim kindlichen HWI fast völlig ersetzt. Die IVP wird nicht mehr verwendet, die CT nur in besonderen Ausnahmefällen und bei Nichtverfügbarkeit einer MRT.

Die aktuell empfohlenen Bildgebungsalgorithmen werden weiterhin diskutiert und sollten basierend auf zukünftiger Wissensgewinnung konstant aktualisiert werden.

Ausgesuchte weiterführende und verwendete Literatur:

- Riccabona M (2002). Cystography in infants and children – a critical appraisal of the many forms, with special regard to voiding cystourethrography. *Eur Radiol* 12: 2910-2918
- Riccabona M, Fotter R (2005). Moderne Bildgebung beim Harnwegsinfekt im Kindesalter. *Radiologe* 45: 1078-1084
- Riccabona M, Avni FE, Blickman JG, Darge K, Dacher JN, Lobo LM, Willi U (2008). Imaging recommendations in paediatric uroradiology: Minutes of the ESPR workgroup session on urinary tract infection, fetal hydronephrosis, urinary tract ultrasono-

graphy and voiding cysto-urethrography. ESPR-Meeting, Barcelona / Spain, June 2007. ESPR Paediatric guideline subcommittee and ESPR paediatric uroradiology work group. *Pediatr Radiol* 38: 138-145

- Riccabona M (2010). *Trainer Kinder radiologie*, Thieme - Stuttgart: ISBN 978-3-13-149921-9

▶ Dr. med. Matija Zavrski
 ▶ Univ. Prof. Dr. Michael Riccabona
 1. Vorsitzender der GPR
 Klinische Abteilung für
 Kinderradiologie,
 Universitätsklinik für Radiologie
 LKH Graz
 Auenbrugger Platz 34
 A-8036 GRAZ