

27.02.2020 | Pneumothorax | Fortbildung | Ausgabe 1/2020

Sonografische Diagnostik

Neue Entwicklungen im Ultraschall

Zeitschrift: Pädiatrie > Ausgabe 1/2020

Autor: Dr. med. Axel Feldkamp

Die sonografische Diagnostik ist nicht invasiv, hat eine hohe Aussagekraft, ist relativ einfach durchzuführen und hat sich in der Kinderheilkunde als unverzichtbare Untersuchungsmethode etabliert. In manchen Feldern ist die Ultraschalldiagnostik dem Röntgen überlegen. Neue Optionen bietet die Elastografie, mit der Unterschiede in der Elastizität im Gewebe dargestellt werden können.

Die Sonografie in der Kinderheilkunde hat sich auch in den letzten Jahren permanent weiterentwickelt. Neue Erkenntnisse und neue Entwicklungen haben ihren Einzug auch in der täglichen Praxis gefunden.

Durch den Einsatz hochauflösender Schallköpfe ist es möglich geworden, eine immer genauere Gewebisdifferenzierung vorzunehmen. Auch die Darstellung von Strukturen, die noch vor einigen Jahren als nicht darstellbar galten, gelingt immer besser.

Als Beispiel hierfür kann der Nervenultraschall genannt werden, der schon einen relativ hohen Stellenwert in der Neurologie und besonders in der Anästhesie einnimmt. Die Darstellung der peripheren Nerven gelingt aber auch in der Pädiatrie (Abb. 1, Abb. 2). Hierbei können sowohl Verletzungen aber auch strukturelle Veränderungen wie Verdickung bei unterschiedlichen Erkrankungen (Entzündung, Druckläsionen) und auch tumoröse Veränderungen dargestellt werden (Abb. 3).

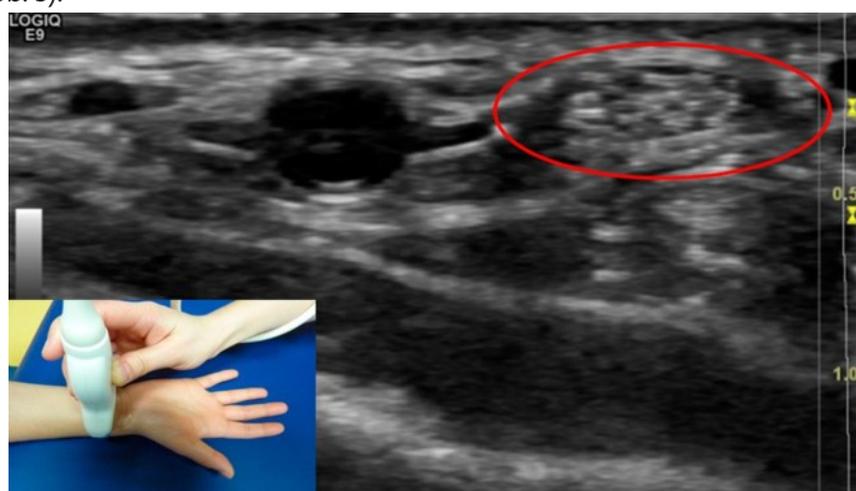


Abb. 1

: Querschnitt Unterarm; Darstellung des N. medianus mit seinen einzelnen Faszikeln

© (2) A. Feldkamp



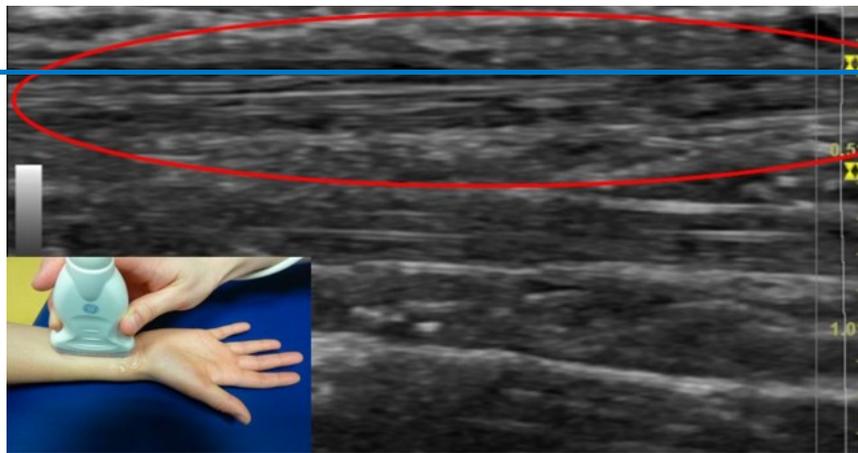


Abb. 2
: Darstellung des N. medianus im Längsschnitt

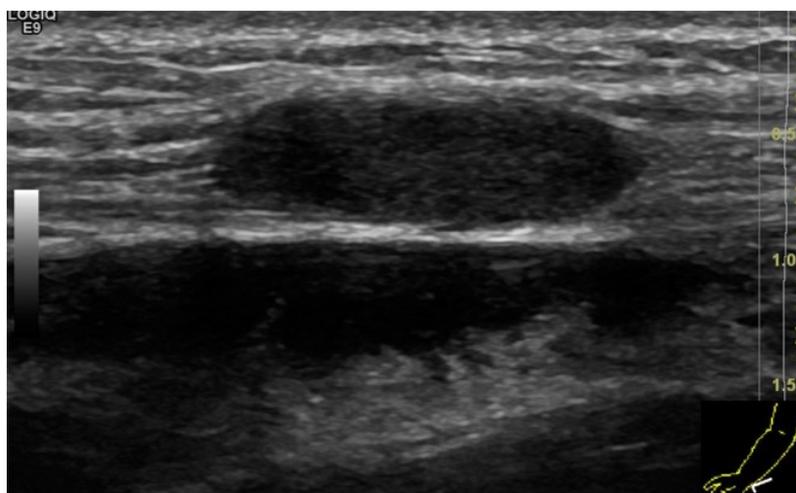
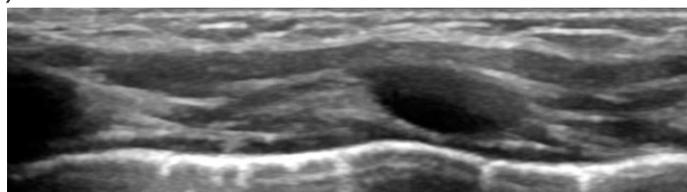


Abb. 3
: Längsschnitt am Unterarm; Im Verlauf des N. ulnaris ovaläre, homogen echoarme Struktur. Neurofibrom bei NF1
© (4) A. Feldkamp

Eine weitere neue Entwicklung ist in der systematischen Analyse von Artefakten zu sehen. Hierdurch hat sich die Thoraxsonografie zunehmend zu einer richtungsweisenden Diagnostik entwickelt. Die Erkennung eines Pneumothorax mittels Ultraschall ist dem Röntgenbild überlegen.

Unterhalb der Pleura visceralis folgt das lufthaltige Lungengewebe. An der Grenzfläche zu lufthaltigem Gewebe kommt es zu einer Totalreflexion der Ultraschallwellen, diese stellen sich als multiple echogene Linien parallel zur Thoraxwand dar. Sie werden als A-Linien bezeichnet.

Weitere Artefakte sind die sogenannten B-Linien, echogene Linien senkrecht von der Pleura ausgehend (Abb. 4).



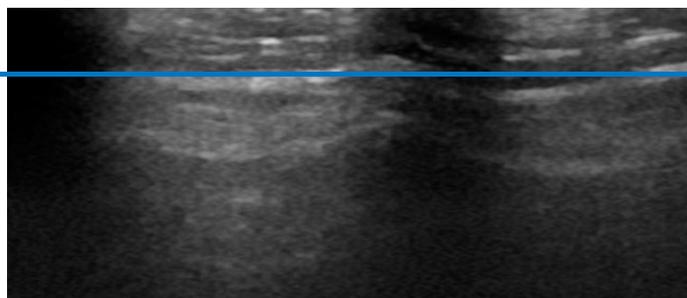


Abb. 4

: Längsschnitt ventraler Thorax; Die echoarmen ovalen schallkopfnahen Strukturen entsprechen den knorpeligen Rippen. Darunter die sehr echogene Pleuralinie. Unter dieser die parallel verlaufenden A-Linien. Zusätzlich kurze, von der Pleuralinie senkrecht verlaufende B-Linien, diese bewegen sich atemsynchron im laufenden Bild = Pleuragleiten.

Bei einem Pneumothorax bildet nicht die Luft in der Lunge sondern jene im Pleuraspalt die Grenzschicht, welche im Ultraschall die A-Linien hervorruft. Diese kommen also unverändert zur Darstellung. Es fehlen jedoch jegliche B-Linien. Dadurch ist das sogenannte normale Pleuragleiten nicht vorhanden. Dies ist leider nur im bewegten Bild darstellbar. Als sogenannter "lung point" wird jener Punkt bezeichnet, an dem die Zone mit ausschließlichen A-Linien und fehlendem Pleuragleiten an jene mit B-Linien und darstellbarem Pleuragleiten grenzt. Hierdurch ist das Ausmaß des Pneumothorax abzuschätzen (Abb. 5). In der Neonatologie ist durch dieses Verfahren eine sehr schnelle und exakte Diagnostik möglich. Sie wird noch dadurch erleichtert, dass die meisten Kinder pulmonale Belüftungsstörungen aufweisen, wodurch vermehrt B-Linien vorhanden sind.

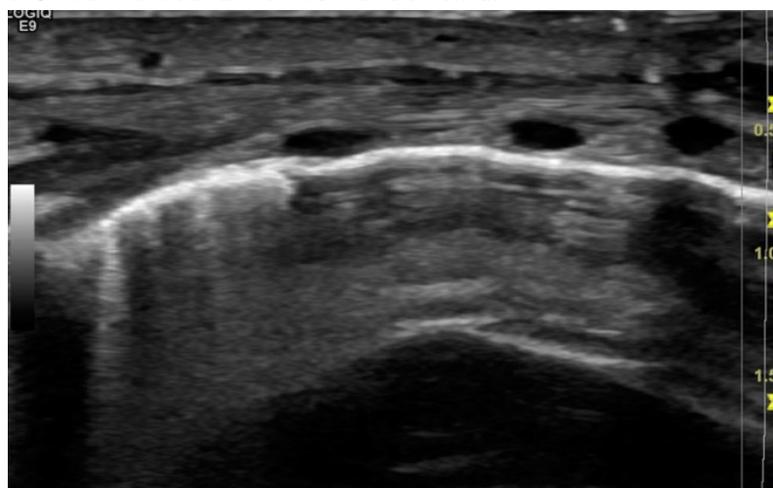


Abb. 5

: Längsschnitt ventraler Thorax; Unterhalb der kranialen Pleuralinie multiple B-Linien = entfaltete Lunge, unterhalb der kaudalen Pleuralinie ausschließlich A-Linien = Pneumothorax

Neue Gerätetechniken versprechen eine Minimierung von Artefakten. Hierbei sollen insbesondere Bewegungsartefakte reduziert werden. Dies klingt insbesondere in der Pädiatrie sehr verheißungsvoll. Es soll dadurch möglich sein, langsame und schwache Blutflüsse im Gewebe besser darzustellen. Hiermit könnten narbige und nekrotische Bezirke in Organen besser dargestellt werden, weiterhin können Perfusionsausfälle nach Traumata detektiert werden. Dies gelingt mit zunehmender Verbesserung des Farbdopplers auch immer besser (Abb. 6, Abb. 7). In wie weit die neuen Technologien Vorteile bringen werden, wird die zukünftige Anwendung zeigen.

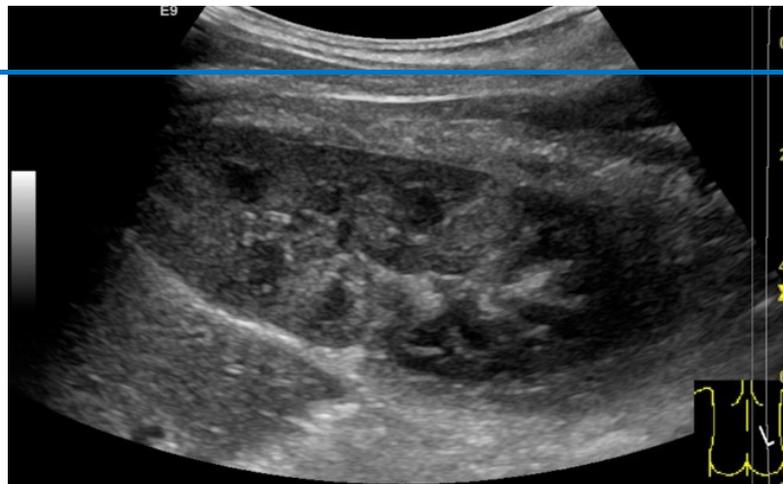


Abb. 6

: Rechte Niere im Längsschnitt von dorsal; Zustand nach Fahrradsturz, Hämaturie. Gute Mark-Rinden-Differenzierung, etwas echoärmerer Bezirk im unteren Drittel

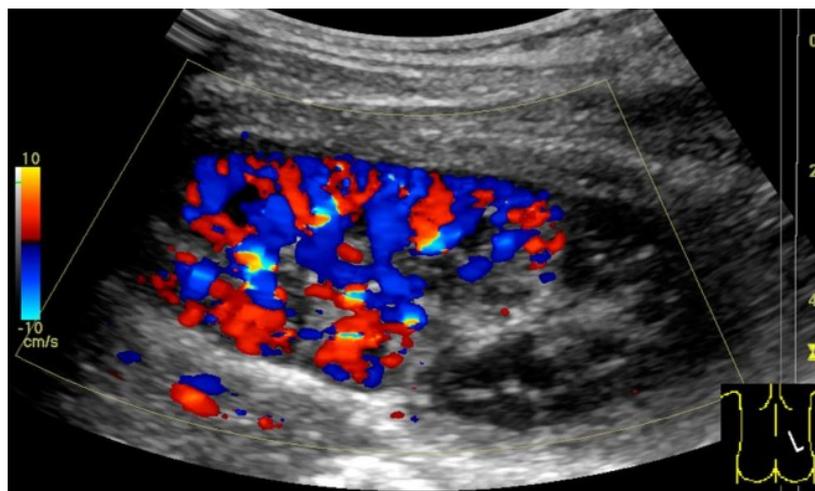


Abb. 7

: Farbdoppler der gleichen Niere; Perfusionsausfall im unteren Drittel. Nierenruptur Grad IVb
© (4) A. Feldkamp

Die Elastografie ist ein neueres diagnostisches Verfahren, bei dem Unterschiede in der Elastizität von Gewebe dargestellt werden können. Durch Anwendung eines definierten Drucks werden örtliche Veränderungen erzeugt, die dann im Vergleich mit dem B-Bild computergestützt ausgewertet werden und in ein relatives Dehnungsverhältnis umgerechnet werden. Hierzu gibt es unterschiedliche Techniken (TE: Transiente Elastografie, ARFI: Acoustic Radiation Force Impulse Elastografie, Shear Wave Elastografie). Im Gegensatz zur mechanischen Vibration bei der TE, wird die Gewebeverschiebung bei der ARFI Elastografie durch einen akustischen Impuls ausgelöst. Dadurch ist letztere durch eine zusätzliche Software mit konventionellen Ultraschallsystemen anwendbar. In der Erwachsenenmedizin lassen sich dadurch charakteristische Eigenschaften fokaler Läsionen (Tumore der Leber, der Mammæ und der Schilddrüse) und diffuser Organveränderungen (Fibrose, Zirrhose) erheben. Die Erfahrungen in der Pädiatrie sind noch relativ gering, entsprechende Normwerte für unterschiedliche Altersgruppen müssen noch erhoben werden. Hierbei hat sich gezeigt, dass Werte unterschiedlicher Ultraschallsysteme nicht unbedingt vergleichbar sind. Hieraus ergibt

sich, dass diese Methode zwar sehr interessant erscheint, zum jetzigen Zeitpunkt aber noch nicht in der Routine angewendet wird (Abb. 8)

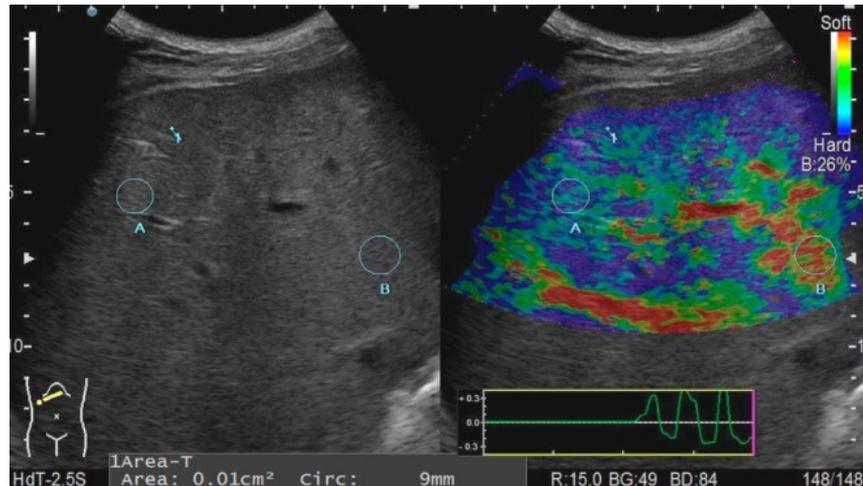


Abb. 8

: Scherwellen Elastografie der Leber; Die unterschiedlichen Farben kennzeichnen unterschiedliche Steifigkeiten des Gewebes.

Die Echokontrastmittelsonografie ist in der Erwachsenenmedizin eine schon etablierte Methode. Leider gibt es für die Anwendung bei Kindern nur eine Zulassung (seit 2017) für die Beurteilung des vesicoureteralen Refluxes. Eine Zulassung für die intravenöse Applikation gibt es in Deutschland nicht, in den USA liegt aber eine Zulassung für die Leberonografie vor. Bei der Kontrastmittelsonografie ("contrast enhanced ultrasound"; CEUS) werden Echosignalverstärker in Form von Mikrobäschen eingesetzt.

Die intravesikale Applikation zur Darstellung eines vesicoureteralen Reflux ist sehr gut geeignet, in mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass diese Methode gleiche Ergebnisse wie das MCU erbringt, aber bei fehlender Strahlenbelastung. Hierbei kann ein refluxiver Ureter eindeutig dargestellt werden (Abb. 9), das Nierenbecken und die Kelche ebenfalls. Sehr eindrucksvoll ist der intrarenale Reflux erkennbar (Abb. 10). Unter Miktion ist auch die Urethra beim Jungen sehr gut beurteilbar.

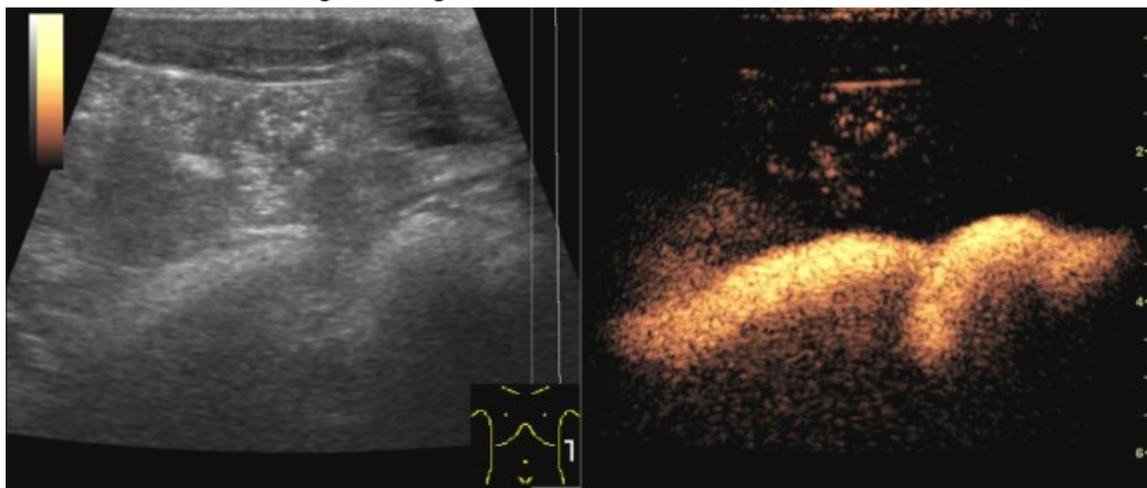


Abb. 9

: Kontrastmittelsonografie mit Darstellung des refluxiven, dilatierten und geschlängelten Ureters bei VUR IV°

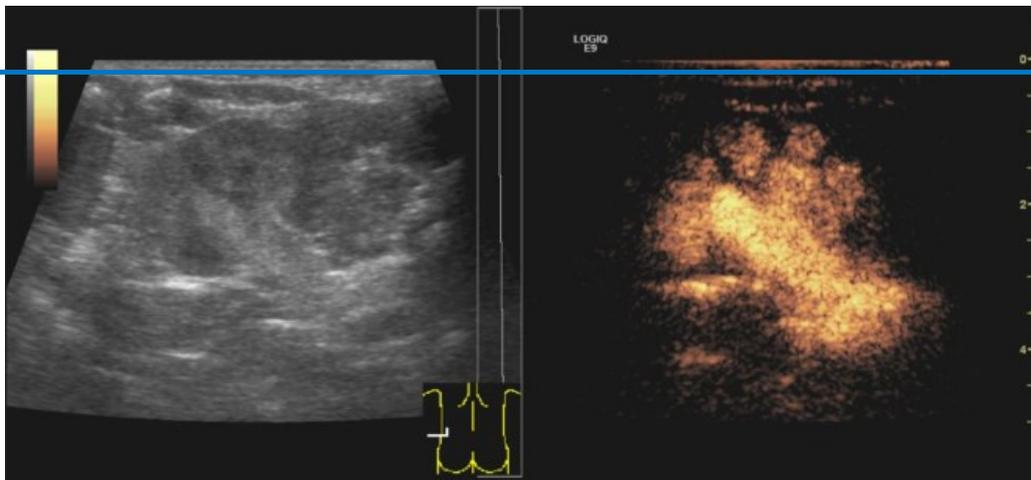


Abb. 10

: Kontrastmittelsonografie mit Darstellung des dilatierten Nierenbecken-Kelch-Systems mit zusätzlichem infrarenalen Reflux

Bei der intravenösen Gabe kommen auch kleinste Gefäße und sehr langsame Blutflüsse zur Darstellung. Über das Gefäßmuster und das Anreicherungsverhalten lassen sich etwa Aussagen über die Art von Leberherden machen. Hierbei werden zum einen die früharterielle beziehungsweise arterielle Anflutungsphase (0 bis 30 Sekunden nach intravenöser Bolusapplikation) und zum anderen die Spätphase des Kontrastmittelenhancements (2 und 4 Minuten nach intravenöser Bolusapplikation) betrachtet.

Zu den häufigsten Lebertumoren im Kindesalter zählen das Hämangiom und die fokale noduläre Hyperplasie (FNH), beides gutartige Lebertumore. Das Hämangiom zeigt in der Anflutungsphase meist ein peripheres Enhancement (Abb. 11, Abb. 12), im Weiteren dann ein Zulaufen von außen nach innen (Irisblendenphänomen). In der Spätphase kann es dann iso- oder hyperreflexiv gegenüber der Umgebung erscheinen.



Abb. 11

: Lebertumor mittels CEUS; Der echoreiche Tumor im B-Bild zeigt in der Frühphase ein randständiges Enhancement.

© (5) A. Feldkamp



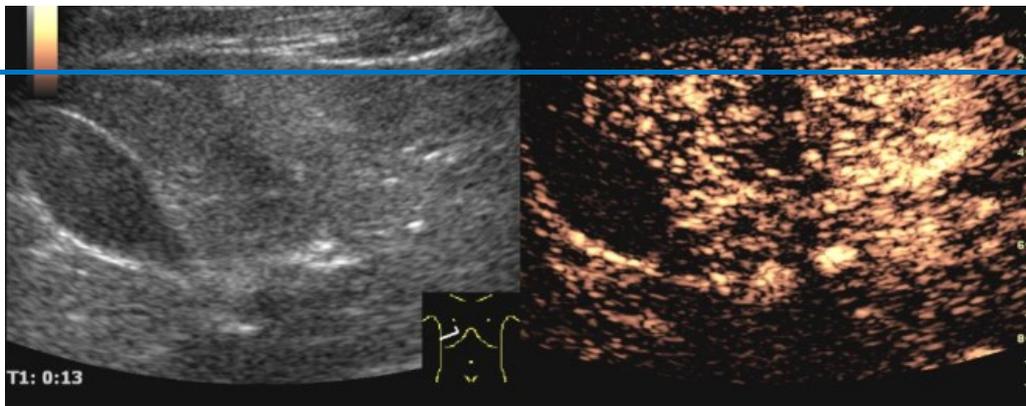


Abb. 12

: Lebertumor mittels CEUS; Im weiteren Verlauf zunehmendes Enhancement vom Randbereich ausgehend. Typisches Irisblendenphänomen bei Leberhämangiom

Bei der FNH zeigt sich in der früharteriellen Phase eine radiäre Gefäßarchitektur von zentral ausgehend (Radspeichenphänomen) mit nachfolgend raschem homogenen Kontrastmittelenhancement (Abb. 13). In der Spätphase ist ein lebergleiches Enhancement erkennbar.

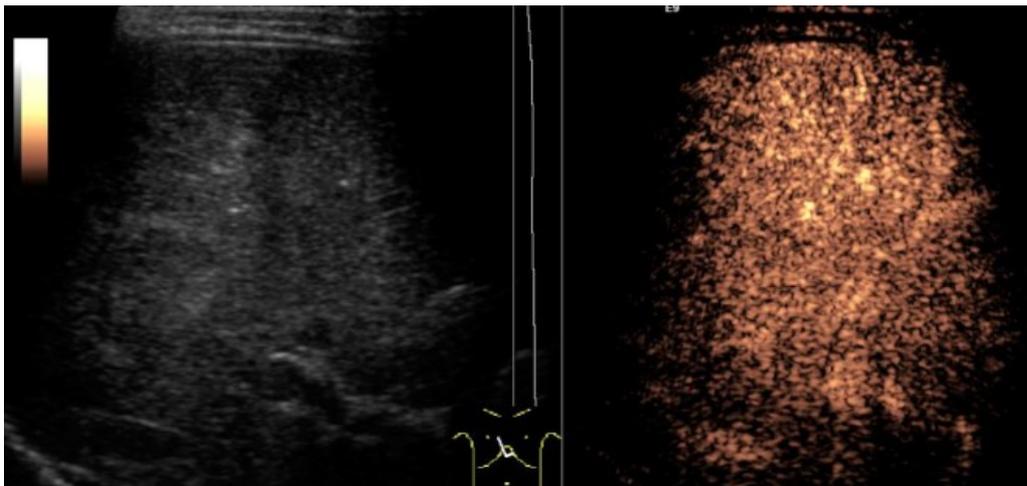
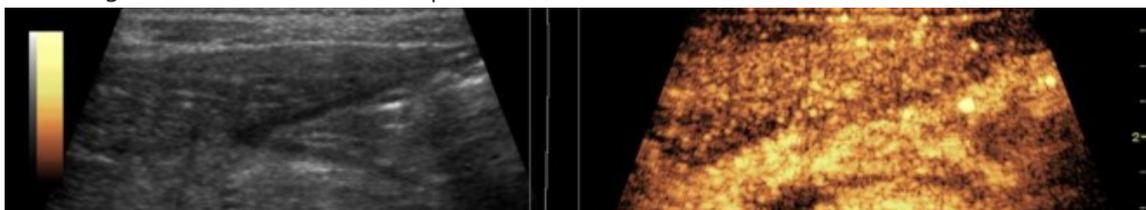


Abb. 13

: Lebertumor mittels CEUS; Radiär verlaufende Kontrastierung von zentral, Radspeichenphänomen bei FNH (bioptisch gesichert)

Ein weiteres Anwendungsgebiet stellt die exakte Darstellung nicht durchbluteter Strukturen dar. Hierbei lassen sich traumatische Verletzungen parenchymatöser Organe sehr gut darstellen, das Ausmaß ist oft wesentlich besser als im reinen B-Bild zu erkennen (Abb. 14). Andere nicht durchblutete Bezirke sind Nekrosen, zum Beispiel in Tumoren, und Abszesse. Sehr eindrucksvoll können Lungenabszesse dargestellt werden (Abb. 15). Sie sind als Kontrastausparung im ansonsten gut perfundierten Infiltrat erkennbar. Im Verlauf kann unter Therapie die langsame Rückbildung verfolgt werden und ist damit ein Baustein in der Steuerung der antibiotischen Therapie.



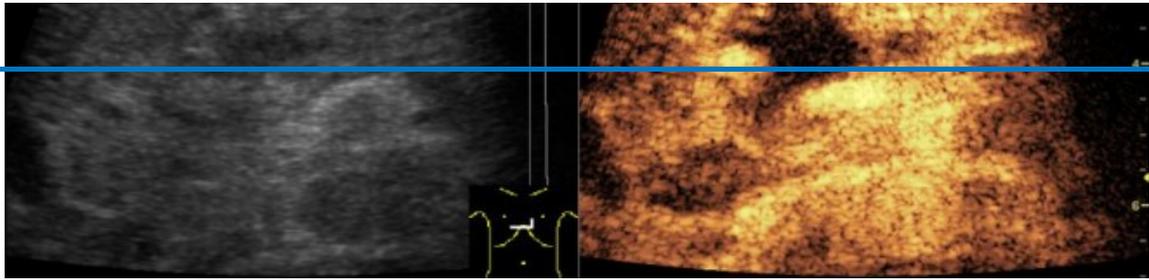


Abb. 14

: Darstellung des Pankreas im Querschnitt; Im B-Bild Kopfbereich verdickt und inhomogen, echoreicher. Mittels CEUS breiter Perfusionsausfall im Sinne einer Ruptur nach typischem Trauma

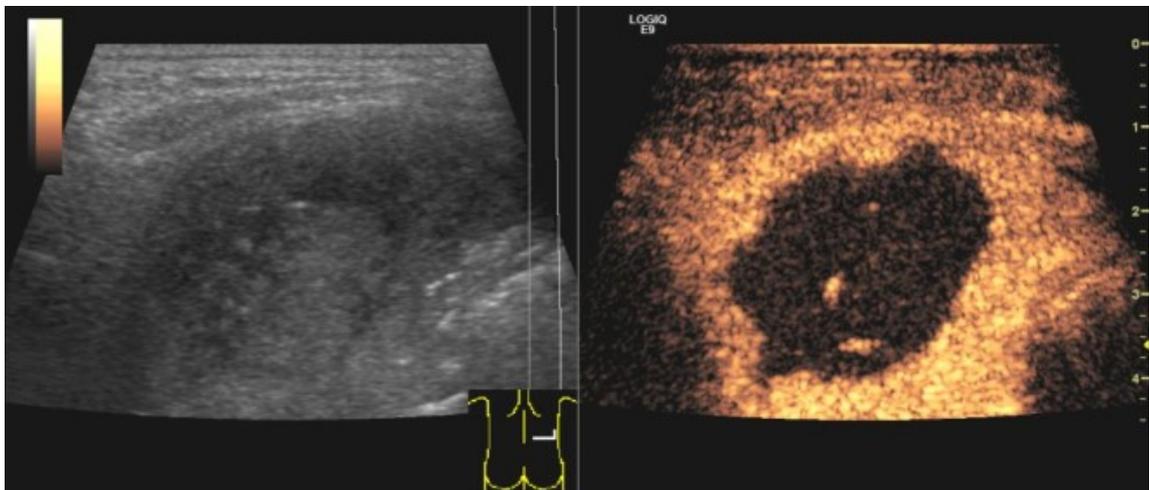


Abb. 15

: Darstellung eines pneumonischen Infiltrates; Im B-Bild zentrale Inhomogenität, in der Kontrastdarstellung große Aussparung der Perfusion. Lungenabszess

Eine ganz andere Neuerung stellt der Einzug der künstlichen Intelligenz (KI) in der Ultraschalldiagnostik dar. Hierbei wird die maschinengestützte Analyse von Bilddaten möglich. Erste vielversprechende Erfolge sind in der Erwachsenenmedizin bei der Einordnung tumoröser Prozesse zu verzeichnen. In der Pädiatrie gibt es erste Ansätze der Nutzung der KI. Eine Arbeitsgruppe in der Schweiz arbeitet an einem lernenden Programm zur Analyse von Bildern der Hüftsonografie. Hierbei soll die Bildqualität bezüglich der korrekten Schnittebene analysiert werden, die Grundvoraussetzung für die valide Bestimmung des Hüfttyps. Hierdurch kann sich der Untersucher selbst kontrollieren und eine bessere Untersuchungsqualität erlangen.

Die Entwicklung von KI steht noch in den Anfängen, deutliche Erleichterungen und Verbesserungen der Diagnosefindung sind zu erwarten. Die Angst, dass der Untersucher vollständig ersetzt wird, ist eher unwahrscheinlich.

Alle Neuerungen zeigen, dass der Ultraschall sich permanent weiter entwickelt. In vielen Bereichen stellt er das bildgebende Verfahren der ersten Wahl dar. Es ist damit zu rechnen, dass zunehmend ionisierende Strahlen eingespart werden können.

Literatur

1.

Deganello A et al. Intravenous and intracavitary use of contrast-enhanced ultrasound in evaluation and management of complicated pediatric pneumonia. *Ultrasound Med* 2017;36(9):1943-54

2. Feldkamp A: Sonografie bei Kindern - Bewährte Standards und neue Techniken. *Pädiatrie* 2016;28(6):26-31
 3. Hwang M, Piskunowicz M, Darge K: Advanced ultrasound techniques for pediatric imaging. *Pediatrics* 2019;143(3), e2182609
 4. Sidhu PS et al: Role of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in pediatric practice: an EFSUMB position statement. *Ultraschall in Med* 2017; 38 (1): 33-43
-

Dr. med. Axel Feldkamp

Leitender Oberarzt

Klinik für Kinder- und Jugendmedizin

Sana Kliniken Duisburg

Zu den Rehwiesen 9

47055 Duisburg
