

Kontrastmittelverstärkter Ultraschall: Endokavitäre Applikationen

Endocavitary Contrast-Enhanced Ultrasound

Autoren

Kurt Vollert¹, Dirk Andre Clevert², Timm Kleffel¹

Institute

- 1 Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie und Neuroradiologie, Universitätsklinikum Augsburg, Germany
- 2 Institut für Klinische Radiologie, Campus Grosshadern, Klinikum der Universität München, München, Germany

Key words

contrast enhanced ultrasound, endocavitary, diagnostic ultrasound, interventional ultrasound, contrast agents

eingereicht 31.10.2021

akzeptiert 05.03.2022

online publiziert 17.08.2022

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2022; 194: 1204–1215

DOI 10.1055/a-1826-0325

ISSN 1438-9029

© 2022, Thieme. All rights reserved.

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

Korrespondenzadresse

Dr. Timm Kleffel

Klinik für diagnostische und interventionelle Radiologie und Neuroradiologie, Universitätsklinikum Augsburg, Stenglinstr. 2, 86156 Augsburg, Germany

Tel.: +49/08 21/4 00 24 41

tim.kleffel@uk-augsburg.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Ultraschall ist eine der wichtigsten bildgebenden Verfahren in der täglichen Routine. Die kontrastmittelverstärkte Sonografie (CEUS) hat die Methode in vielen Bereichen der Computertomografie und der Magnetresonanztomografie ebenbürtig gemacht. In Anlehnung an die endokavitäre Applikation von jodhaltigem Kontrastmittel kann Ultraschallkontrastmittel (USKM) neben der weit verbreiteten intravenösen Anwendung auch endokavitär verabreicht werden.

Methode Dieser Übersichtsartikel informiert, im Kontext der aktuellen Literatur, über die endokavitären Einsatzmöglichkeiten von USKM, wie sie im radiologischen Alltag Platz finden und finden können. Anhand von Beispielen wird die klinische Anwendung mit ihren Vor- und Nachteilen untermauert.

Ergebnisse und Schlussfolgerung CEUS endokavitär erweitert das Spektrum der sonografischen Einsatzmöglichkeiten und findet in der Patientenversorgung in Diagnostik und

Therapie eine sichere Anwendung. Sicher im Sinne der Diagnostik und der Patientenführung. Gerade bei Patienten, welche einer strahlenexponierten Untersuchung mit jodhaltigem Kontrastmittel nur bedingt zur Verfügung stehen und aufgrund der Schwere der Erkrankung nur eingeschränkt mobil sind.

Kernaussagen:

- CEUS endokavitär ist eine sichere und bei sonografischen Vorkenntnissen ohne erheblichen Aufwand erlernbare Methode. Dem Radiologen hilft dabei sein bereits vorhandenes Wissen in der kontrastverstärkten Bildgebung.
- Mit USKM gelingt eine endokavitäre Untersuchung, vergleichbar zu CT und Fluoroskopie, ohne die Strahlenexposition, Vorerkrankungen und die Mobilität des Patienten berücksichtigen zu müssen.
- Prinzipiell ist jede Körperhöhle (physiologisch und pathologisch) und Körperöffnung mit jedem Zugangsdevice dem endokavitären CEUS zugänglich.
- Das Haupteinsatzgebiet liegt bei Interventionen mit Punktionen und Drainagen. Das notwendigerweise zu verdünnende USKM kann im Zugangsdevice und im Zielgebiet mit der dortigen Verteilung unter hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung kontinuierlich abgegrenzt werden. Daneben sind im radiologischen Kontext die Miktionsurosonografie und Speicheldrüsengangdarstellung zu betonen.
- Schlechte Untersuchungsbedingungen im B-Bild ziehen auch in der Regel schlechte Bedingungen bei CEUS nach sich. Hier sind die anderen bildgebenden Verfahren klar im Vorteil, welche auch tiefliegende und luftüberlagerte Strukturen, insbesondere bei adipösen Patienten, überlagerungsfrei, mit guter Übersicht sicher beurteilen können.

Zitierweise

- Vollert K, Clevert DA, Kleffel T. Endocavitary Contrast-Enhanced Ultrasound. Fortschr Röntgenstr 2022; 194: 1204–1215

ABSTRACT

Background Ultrasound is one of the most important imaging methods in the daily routine. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) has put ultrasound on equal footing with computed tomography and magnetic resonance imaging in many areas. Although ultrasound contrast agents are commonly administered intravenously, endocavitary application as performed in the case of iodine-containing contrast agents is also possible.

Method Based on the current literature, this overview provides information regarding possible endocavitary applications of ultrasound contrast agents as they are used and could be used in the daily routine in radiology. Examples are provided to illustrate the advantages and disadvantages of clinical use.

Results and Conclusion Endocavitary CEUS broadens the spectrum of possible ultrasound applications and can be safely

used for patient diagnosis and treatment. The method can be safely used for diagnosis and patient management, particularly in patients in whom examinations including exposure to radiation with iodine-containing contrast agents may be contraindicated and who have limited mobility due to disease severity.

Einleitung

Die weltweit am häufigsten genutzte bildgebende Methode in der primären Diagnostik ist die Sonografie. Die Sonografie gehört, entweder als eigenständige Modalität oder als Ergänzung zu den vorhandenen radiologischen Methoden, zu den wichtigsten bildgebenden Verfahren. Die Entwicklung des Ultraschalls ist beachtenswert und hat mit der Einführung der kontrastmittelverstärkten Sonografie (CEUS) Anfang 2000 [5] vielleicht einen vergleichbaren Sprung wie vom Einzeiler-CT zum Mehrzeiler-CT vollzogen. Dieser Artikel beleuchtet die endokavitäre, kontrastmittelverstärkte Sonografie, zugeschnitten auf die Radiologie und deren Tätigkeitsbereich. Die European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB) erstellt regelmäßige Guidelines in der hepatischen und nicht hepatischen Anwendung der Ultraschall-Kontrastmittel [1, 2]. Mit der kontinuierlichen Qualitätssteigerung der B-Bild und farbkodierten Duplexsonografie (FKDS), der Elastografie, der kontrastmittelverstärkten Sonografie sowie der Fusionsbildgebung ist der Ultraschall aus der Medizin nicht wegzudenken [28]. Argumente wie fehlende Strahlenexposition, kein nephrotoxisches Kontrastmittel und die Möglichkeit der Bedside-Diagnostik und Therapie sind selbsterklärend.

Technische Grundlagen

Aufbau von Ultraschallkontrastmitteln (USKM)

USKM bestehen in der Regel aus Gasbläschen, welche von einer Hüllmembran umgeben sind. Betont werden soll Sonovue (Bracco, Mailand, Italien), da es sich um das weltweit am häufigsten eingesetzte Kontrastmittel handelt. Hier besteht die Hülle aus einer Phospholipidschicht und als Gas wird Schwefelhexafluorid (SF₆) verwendet [3]. Die Größe der Gasbläschen entspricht in etwa der von Erythrozyten. Die während der Untersuchung oszillierenden Gasbläschen (bei niedrigem mechanischen Index) dienen als Schallreflektoren, welche vom übrigen Gewebe unterscheidende Signale zurücksenden und mit unterschiedlichen technischen Verfahren sichtbar gemacht werden können [4].

Applikation

Der grundlegende Unterschied zwischen der intravenösen und der endokavitären Anwendung liegt in der Art der Applikation. Intravenös wird das Kontrastmittel unverdünnt gegeben. In Abhängigkeit von der zu untersuchenden Region und des verwendeten Schallkopfes sind in der Regel 0,6 bis 2,5 ml notwendig.

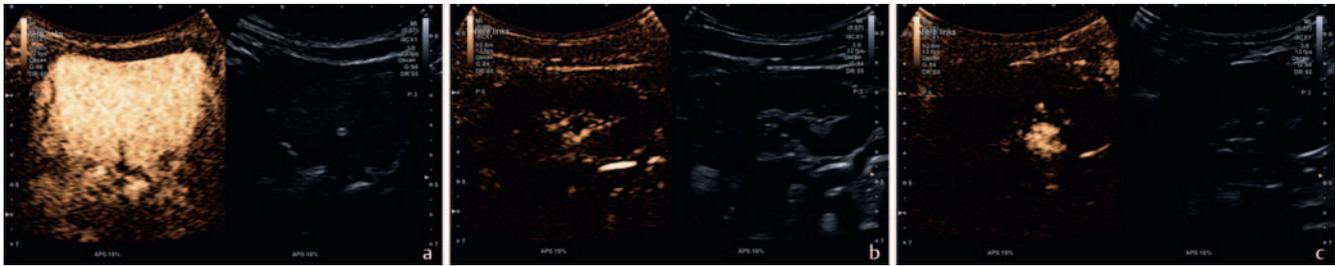
Bei der endokavitären Gabe ist eine Verdünnung mit NaCl zwingend erforderlich (bis auf wenige Ausnahmen), da der Raum, in welchem sich das Kontrastmittel verteilt, im Vergleich zum gesamten Blutvolumen bei der intravenösen Gabe deutlich geringer ist und in der Regel keinem Kreislauf unterliegt. Dies ist analog zu der endokavitären KM-Darstellung in der CT. Eine unverdünnte Anwendung würde zu einem Überstrahlen mit einem Auslösen der dorsal liegenden Strukturen führen, wodurch die Untersuchung nicht verwertbar ist. In der Literatur wird von verschiedenen Mischungsverhältnissen berichtet [8]. Bei den Autoren hat sich ein Mischungsverhältnis von 1:200 für die meisten Anwendungen als praktikabel erwiesen, abgefüllt zum Beispiel in einer handlichen 20ml-Spritze. Gegebenenfalls muss bei Verwendung eines linearen Schallkopfes die Konzentration zugunsten des Kontrastmittels etwas erhöht werden, da bei höherfrequenten Schallköpfen verhältnismäßig mehr Kontrastmittelbläschen zerstört werden. Nach einem vorsichtigen Schwenken des gewonnenen Gemischs steht das Kontrastmittel für den endokavitären Einsatz zur Verfügung.

Zulassung und Nebenwirkung

USKM sind in der Regel nur für die intravasale Anwendung zugelassen. Sonovue, welches die breiteste Anwendung findet, ist länderabhängig in verschiedenen Anwendungen, Patientengruppen und Organsystemen zugelassen. In Deutschland ist die Anwendung auf die Leber, Brust und Blutgefäße mit der Mikro- und Makrovaskularisierung beschränkt. Ebenso zugelassen ist der pädiatrische Einsatz bei der Miktionsurosonografie [6]. Bei allen anderen Bereichen, auch im endokavitären Einsatz, liegt ein Off-Label-Gebrauch vor. USKM verlangen keine Abklärung der Schilddrüsenhormone und sind nicht nephrotoxisch, da sie nicht renal eliminiert werden [1]. Potenzielle Nebenwirkungen von USKM sind Überempfindlichkeitsreaktionen wie Rötung, Schmerzen bis hin zu Bronchospasmus und allergischer Schock. Jedoch ist die Rate der Nebenwirkungen niedrig und bei dem intravenösen Einsatz mit der der MRT vergleichbar. Das Risiko schwerwiegender unerwünschter Ereignisse ist sehr gering und beträgt unter 0,008 %. Erfolgt jedoch ein verdünnter endokavitärer Einsatz, ist die Häufigkeit von unerwünschten Nebenwirkungen deutlich geringer. Somit handelt es sich um ein sicheres Verfahren [7–10].

Ablauf der Untersuchung

Es hat sich als praktikabel erwiesen, das Kontrastmittel selbst während der Untersuchung mit der schallkopffreien Hand zu applizieren, beziehungsweise mithilfe einer angelernten Assistenz.



► **Abb. 1** a zeigt die mit NaCl und KM gefüllte Harnblase. b und c zeigen einen Nierenlängsschnitt. Das Kontrastmittel reichert sich im NBKS an.

Der Vorteil der KM-Gabe in der Sonografie liegt in der dynamischen Untersuchung und dem Beobachten des kontinuierlichen Anreicherns des Kontrastmittels von den ersten Gasbläschen im zuführenden Fremdmaterial bzw. im Zielgebiet bis zur vollständigen Verteilung. Bei einer zu schnellen Gabe und zu großen Menge des Kontrastmittelgemisches gehen diese Informationen verloren. Sollte ein erneutes Anfluten beurteilt werden müssen, können mithilfe der Burst-Funktion (hohe Schallenergie) bzw. unter Zuschalten der FKDS-Funktion die Gasbläschen zerstört werden.

Anwendungen

Anwendungsmöglichkeiten des endokavitären CEUS im Kindesalter

Indikation

Ultraschallkontrastmittel spielen bei der Abklärung pathologischer Befunde im Kindesalter in den letzten Jahren eine immer größere Rolle. Sie helfen in vielen Fällen radiologische Methoden, die mit einer Strahlenexposition verbunden sind, zu reduzieren. Eine bereits etablierte Methode zur endokavitären Anwendung im Säuglings- und Kindesalter stellt die Miktionsurosonografie (MUS) dar. Ziel der Untersuchung ist es, einen Kontrastmittelübertritt in die Ureteren bzw. das Nierenbeckenhohlraumssystem und somit einen vesikoureteralen Reflux (VUR) auszuschließen. Das bisher etablierte Verfahren der Miktionszystourografie (MCU) kann somit in vielen Fällen durch eine Alternative ohne Strahlenbelastung ersetzt werden.

Untersuchungsgang

Bei diesem Untersuchungsverfahren wird das Kontrastmittel über einen transurethralen Katheter verabreicht [11]. Primär wird bei der MUS die Harnblase unter sonografischer Sicht mit vorgewärmter Kochsalzlösung bis zu einem Drittel gefüllt. Danach reicht eine sehr geringe Menge Kontrastmittel aus (ca. 0,1 ml Sonovue), um die Blase homogen zu kontrastieren (► **Abb. 1a**). Anschließend wird Kochsalzlösung bis zur kompletten Füllung der Harnblase eingeleitet; das applizierte Volumen richtet sich nach dem Alter des Kindes und kann mit der Formel $[(\text{Alter in Jahren} + 2) \times 30 \text{ ml}]$ berechnet werden. Liegt ein vesikoureteraler Reflux vor, kann das Kontrastmittel im Nierenbeckenhohlraumssystem dargestellt werden (► **Abb. 1b, c**). In mehreren Studien konnte gezeigt werden, dass dieses Verfahren eine höhere Sensitivität im Vergleich zum konventionellen MCU aufweist. Die Reflux-

graduierung erfolgt analog zum MCU [12]. Bei einem erstgradigen Reflux kann das KM nur im erweiterten Ureter nachgewiesen werden. Der zweitgradige Reflux ist gekennzeichnet durch Kontrastmittel im zarten, nicht dilatierten Hohlraumssystem. Eine zunehmende Erweiterung der normal konfigurierten Kelche entspricht dem drittgradigen Reflux. Der viertgradige Reflux zeichnet sich durch eine zunehmende Dilatation und Formänderung der Kelche aus mit Abstumpfung der Fornixwinkel mit noch erhaltenen Papillenimpressionen. Diese sind beim fünftgradigen Reflux nicht mehr nachweisbar [13].

Beispiel

► **Abb. 1a** zeigt die mit NaCl und KM gefüllte Harnblase. ► **Abb. 1b, c** zeigen einen Nierenlängsschnitt. Das Kontrastmittel reichert sich im Nierenbecken-Kelch-System an.

Speicheldrüse

Indikation

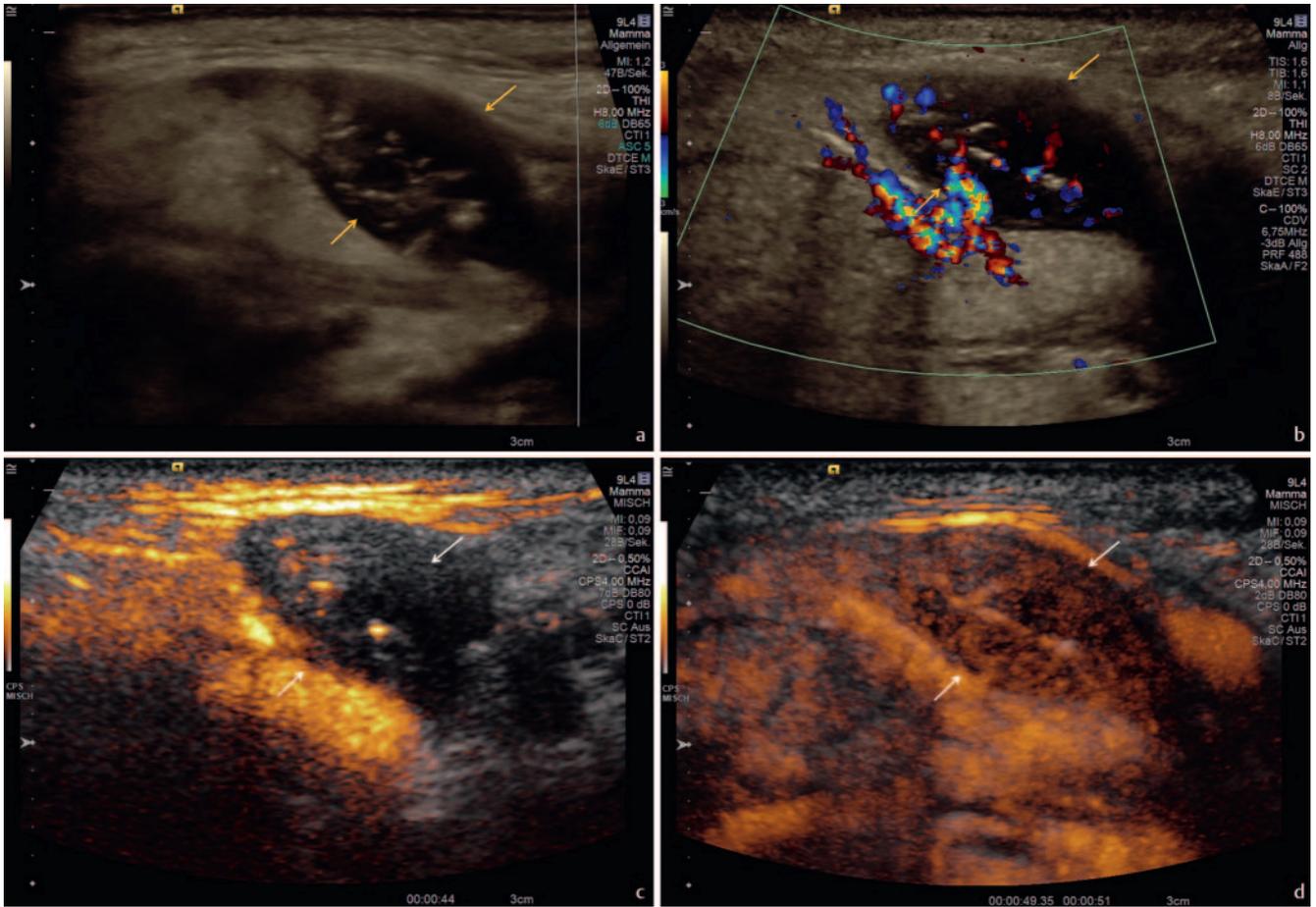
Ein gängiges Problem im Bereich der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde sind obstruktive Erkrankungen der Speicheldrüse. Speichelsteine sind die häufigste Ursache der obstruktiven Erkrankungen, gefolgt von Gangstenosen oder selteneren Erkrankungen des Gangsystems. In ca. 5–10% der Fälle kann die Ursache der Problematik nicht gefunden werden, obwohl mehrere verschiedene diagnostische Möglichkeiten existieren [14]. Das intraduktale applizierte Kontrastmittel ermöglicht eine gleichzeitige Beurteilung sowohl des Drüsenparenchyms als auch des intra- und extraglandulären Gangsystems.

Abbrüche stellen Stenosen oder Gangabknickungen dar, Kontrastmittelaussparungen sind typisch für Steine. Diese Technik stellt ein effektives diagnostisches Verfahren dar, um obstruktive Speicheldrüsenerkrankungen zu diagnostizieren und genauer zu charakterisieren. Bei gleichzeitiger Beurteilbarkeit des Gangsystems ist eine simultane Untersuchung des Drüsenparenchyms möglich [16–18] (► **Abb. 2a–d**).

Unter Zuhilfenahme dieser Technik gelingt es, eine bessere Klassifizierung der Erkrankung zu ermöglichen und ggf. Therapiekontrolle und Behandlung anzupassen [15, 16].

Untersuchungsgang

Die Untersuchung wird in unserem klinischen Setting gemeinsam mit einer HNO-Abteilung durchgeführt. Zur Vorbereitung wird eine Oberflächenanästhesie mit einem lokal wirkenden Spray



► **Abb. 2 a** 80-jähriger Patient stellt sich in der Notaufnahme mit dem V. a. Siladenitis der Glandula Submandibularis linksseitig vor. In der konventionellen B-Bild-Sonografie grenzt sich eine nicht ganz echofreie Läsion der Glandula Submandibularis ab (gelbe Pfeile). **b** In der farbkodierten Duplexsonografie lassen sich einzelne Gefäße innerhalb der Läsion abgrenzen (gelbe Pfeile). **c** Nach intradukaler Kontrastmittelapplikation stellt sich eine homogene Kontrastmittelaufnahme des Drüsengewebes dar. Die suspekten Läsion weist keine Kontrastmittelaufnahme auf (weiße Pfeile). **d** Nach intravenöser Kontrastmittelapplikation stellt sich eine homogene Kontrastmittelaufnahme des angrenzenden Drüsengewebes sowie der suspekten Läsion (weiße Pfeile) auf. Aufgrund dieser Befundkonstellation wurde der Patient einer Submandibulektomie unterzogen, histologisch wurde ein Infiltrat eines Mantelzell-Lymphoms gesichert.

appliziert. Im weiteren Verlauf wird der Ausführungsgang der Drüse sondiert und mit dem Dilatator vorsichtig erweitert. Dann folgt das Einführen des 20 Gauge großen Katheters. Über den liegenden Katheter wird verdünntes Kontrastmittel in einer Verdünnung 1 zu 10 appliziert [17, 18].

Der Untersucher führt die Ultraschalluntersuchung mit einem linearen höherfrequenten Schallkopf durch und beginnt zunächst mit der konventionellen B-Bild Ultraschalluntersuchung zur Beurteilung möglicher Stauungszeichen im Bereich des intra- und extraduktalen Gangsystems. Durch die intraduktale Applikation des Kontrastmittels kann sowohl der extraglanduläre als auch intraglanduläre Verlauf des Ganges untersucht werden [15–18]. Das Kontrastmittel wird langsam appliziert. Wichtig ist auf Gangabbrüche, Kontrastmittelausparungen oder Verzögerungen der Kontrastmittelfüllung der Drüse zu achten.

Beispiel

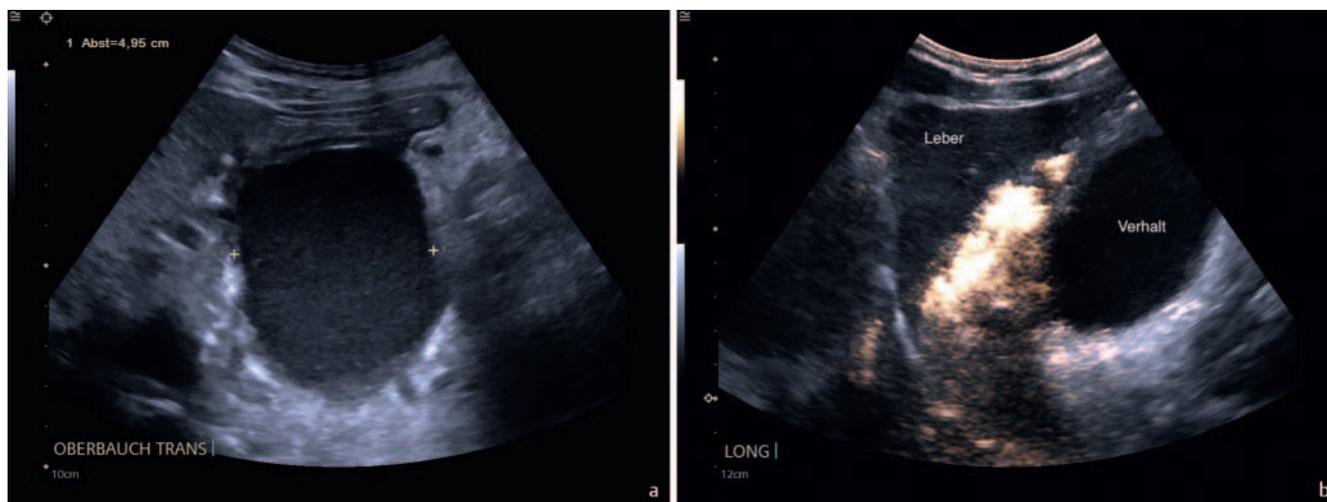
► **Abb. 2a:** 80-jähriger Patient stellt sich in der Notaufnahme mit dem V. a. Siladenitis der Glandula Submandibularis linksseitig vor.

In der konventionellen B-Bild Sonografie grenzt sich eine nicht ganz echofreie Läsion der Glandula Submandibularis ab (gelbe Pfeile).

► **Abb. 2b:** In der farbkodierten Duplexsonografie lassen sich einzelne Gefäße innerhalb der Läsion abgrenzen (gelbe Pfeile).

► **Abb. 2c:** Nach intradukaler Kontrastmittelapplikation stellt sich eine homogene Kontrastmittelaufnahme des Drüsengewebes dar. Die suspekten Läsion weist keine Kontrastmittelaufnahme auf (weiße Pfeile).

► **Abb. 2d:** Nach intravenöser Kontrastmittelapplikation stellt sich eine homogene Kontrastmittelaufnahme des angrenzenden Drüsengewebes sowie der suspekten Läsion (weiße Pfeile) auf. Aufgrund dieser Befundkonstellation wurde der Patient einer Submandibulektomie unterzogen, histologisch wurde ein Infiltrat eines Mantelzell-Lymphoms gesichert.



► **Abb. 3** a Nachweis einer unklaren Flüssigkeitsansammlung im Oberbauch nach Pankreaslinksresektion (3a, transversaler Oberbauchsschnitt).
 b Zur Sicherung der Diagnose wird CEUS oral durchgeführt. Das KM ist im entleerten Magenlumen zu sehen und nicht in der Flüssigkeitsansammlung (3b longitudinaler Oberbauchsschnitt).

Oral

Indikation

Prinzipiell können USKM identisch zu den Einsatzgebieten der Fluoroskopie verwendet werden. Natürlich ist nicht die gesamte ösophago-gastro-intestinale Passage einsehbar und die Sonografie spielt hier im Vergleich zur herkömmlichen Durchleuchtung eine untergeordnete Rolle. Es sei auf die Vorteile der Sonografie grundsätzlich verwiesen, wie sie in der Einleitung benannt werden und wovon eine selektierte Patientengruppe profitiert. In der Literatur wird von der oralen Anwendung berichtet, mit deren Hilfe Divertikel, höhergradige Stenosierungen im oberen Gastro-Intestinaltrakt, eventuelle Fisteln und Rupturen untersucht werden [8, 19, 30].

Untersuchungsgang

Bei der oralen Applikation wird eine größere Menge eines NaCl-Kontrastmittel-Gemisches benötigt. Hier hat sich bei den Autoren etwa 200 ml Leitungswasser mit etwa 1 ml Sonovue bewährt. In der Literatur werden ähnliche Konzentrationen empfohlen [8]. Das Kontrastmittel kann fraktioniert getrunken werden, identisch zum Ablauf einer Beurteilung der Kontrastmittelpassage unter Durchleuchtung. Mitunter stellen sich mit Luft gefüllte Magen-Darm-Abschnitte im Kontrastmittelmodus aufgrund von Artefakten ebenso echogen dar wie das applizierte KM. Hier kann die bereits erwähnte Burstfunktion hilfreich sein, welche die Schallcharakteristika von Luft unverändert lässt, die Kontrastmittelbläschen jedoch zerstört und somit als KM nicht mehr erkennbar ist. Prinzipiell kann kohlenensäurehaltiges Mineralwasser gegeben werden, welches jedoch bei Weitem nicht die Abgrenzbarkeit zeigt, wie KM und gerade bei geplanten Interventionen unter Umständen nicht die notwendige Sicherheit bietet.

Beispiel

► **Abb. 3** zeigt einen Patienten, welcher sich nach Pankreaslinksresektion mit Schmerzen im Oberbauch vorstellt. Sonografisch fällt eine $7,5 \times 5,5 \times 5$ cm große echoarme, flüssigkeitsgefüllte Läsion auf. Ein postoperativer Verhalt wird vermutet. Um den Verdacht in einem Untersuchungsgang zu bestätigen, wird oral CEUS durchgeführt. Der entleerte Magen reichert das KM an, der Verhalt nicht. Da der Verhalt dem Magen anliegt, wird ohne weitere Bildgebung die Anlage eines Axios Stent™ durch die gastro-entereologische Abteilung geplant.

USKM bei Punktionen, Drainagen und sonstigen Zugängen

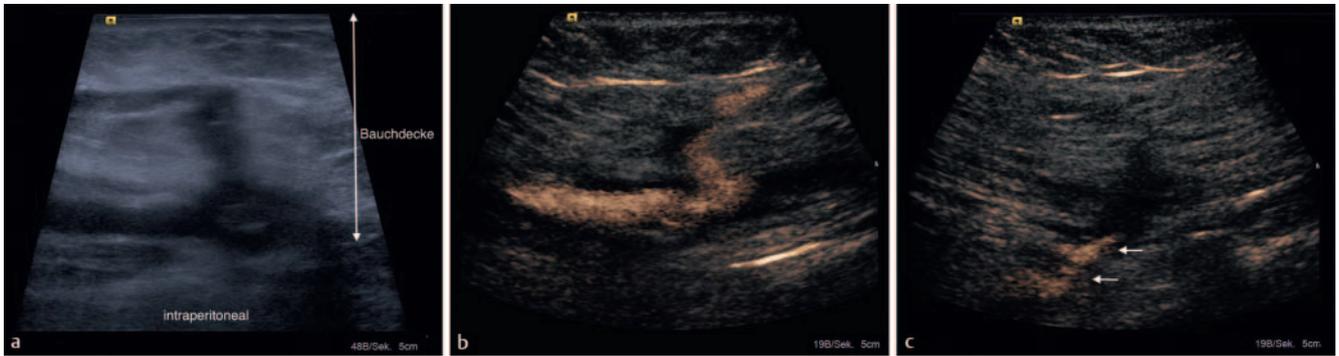
Fistel

Indikation

Häufig treten Fisteln unter anderem rektal, vesikal, intestinal und vaginal sowie postoperativ bzw. postentzündlich zum Beispiel in der Bauchdecke auf. Alle radiologischen Verfahren können prinzipiell für die Beurteilung zur Anwendung kommen. Die Domäne der Diagnostik von Fisteln im kleinen Becken liegt in der MRT [20]. Die Literatur beschreibt hier auch den Einsatz von CEUS für die Diagnostik und Therapieplanung [21, 22]. Der transrektale Ultraschall ist jedoch im Allgemeinen keine radiologisch durchgeführte Modalität. Neben der MRT existiert mit der Durchleuchtung eine etablierte Methode, um Fistelsysteme zu untersuchen.

Untersuchungsgang

Die Art der Applikation ist von der zu untersuchenden anatomischen Region abhängig. Gelingt eine Sondierung des Fistelsystems, kann USKM in der im Kapitel Applikation beschriebenen Konzentration fraktioniert appliziert werden. Dabei ist die hohe Ortsauflösung der Sonografie, gerade im Nahbereich mit einem linearen Schallkopf, hilfreich.



► **Abb. 4** a Das Fistelsystem in der Bauchdecke lässt sich B-Bild-sonografisch nur erahnen und von narbigen Veränderungen kaum differenzieren (4a, transversale Schnittführung der Bauchdecke im Unterbauch). b Erst nach Sondierung der Fistelöffnung und Gabe von verdünntem USKM ist dieses gut abgrenzbar. c Eine Verbindung nach intraperitoneal ist nachweisbar (Pfeile). Es findet sich kein enteraler Anschluss.

Beispiel

► **Abb. 4** demonstriert einen Patienten mit chronisch-entzündlichen, postoperativen Bauchdeckenveränderungen und einer nässenden Fistel. Für die weitere Therapie soll eine eventuelle Verbindung nach intraabdominal mit einer ggf. vorhandenen Darmfistel abgeklärt werden, da der Patient über eine stuhlige Sekretion berichtet. Es handelt sich um ein fadendünnnes Fistelgeflecht mit einer winzigen Öffnung. Die Verbindung nach intraperitoneal konnte mittels USKM bestätigt werden, jedoch keine Darmfistel.

Punktionen und Drainagen von Flüssigkeitsansammlungen

Indikation

Bei guten Untersuchungsbedingungen und gut zu erreichender Läsion gelingt die Intervention allein mittels B-Bild-Führung. Im Verlauf der Intervention kann die Schwierigkeit bestehen, die Nadel- bzw. Drainagenspitze nicht ausreichend abzugrenzen bzw. dass bei vermeintlich im Zielgebiet platzierter Nadel/Drainage keine Flüssigkeit aspiriert werden kann. Mithilfe von USKM über das Interventionsdevice kann dieses in voller Länge abgegrenzt und die korrekte Position über die Verteilung des Kontrastmittels innerhalb der Läsion bestätigt werden [32]. Kann im B-Bild die wahre Größe der punktierten Flüssigkeitsansammlung nur vage abgeschätzt werden, kann dies über die endokavitäre Gabe von USKM gelingen und entschieden werden, ob aufgrund der Größe eine einfache Aspiration ohne Drainage ausreichen sollte [32]. Über die Verteilung des USKM innerhalb der Läsion kann beurteilt werden, ob eine suffiziente Versorgung der Läsion mittels der Drainage vorliegt [29]. Es lassen sich Septen und nicht miteinander kommunizierende Anteile des Verhalts sehen. Die Beurteilung einer potenziellen Fistelung zu angrenzenden Strukturen wie Darm, Bauchhöhle, Bauchdecke, Gefäße oder Organe wird ermöglicht [8, 29].

Eine Drainage erfordert meist auch eine bildmorphologische Nachsorge, um den Therapieerfolg beurteilen zu können. Die sich unter Therapie verändernden Flüssigkeitsansammlungen und die Lage des Fremdmaterials lassen sich in der B-Bild-Diagnostik allein mitunter schwer abgrenzen [10]. Nach endokavitärer Kontrastmittelapplikation ist der Größenverlauf besser sichtbar, was eine Anpassung des Spülschemas ermöglicht. Über die Ver-

teilung des USKM ist eine Dysfunktion der Drainage beurteilbar, wie sie bei Dislokation, Knickbildung oder Verstopfung auftreten kann.

Untersuchungsgang

Die Dosierung des USKM wurde bereits im Kapitel Applikation beschrieben. So kann zum Beispiel eine 20ml-Spritze an die Drainage angeschlossen, das USKM fraktioniert appliziert und die Anflutung mit hoher örtlicher und zeitlicher Auflösung beurteilt werden.

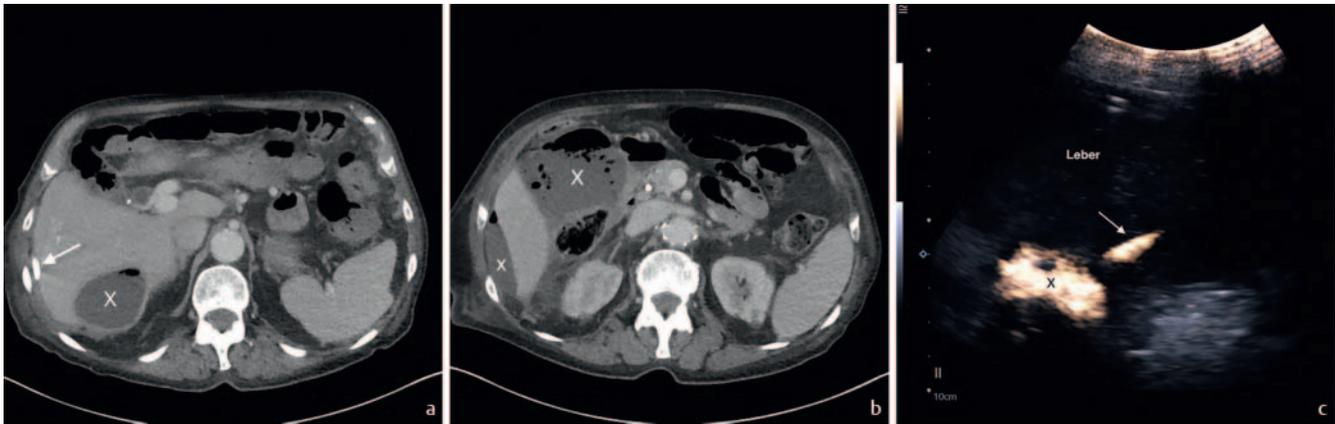
Beispiele

Mit den ► **Abb. 5–8** werden 4 Patienten vorgestellt, welche die Vorteile von CEUS bei Interventionen demonstrieren.

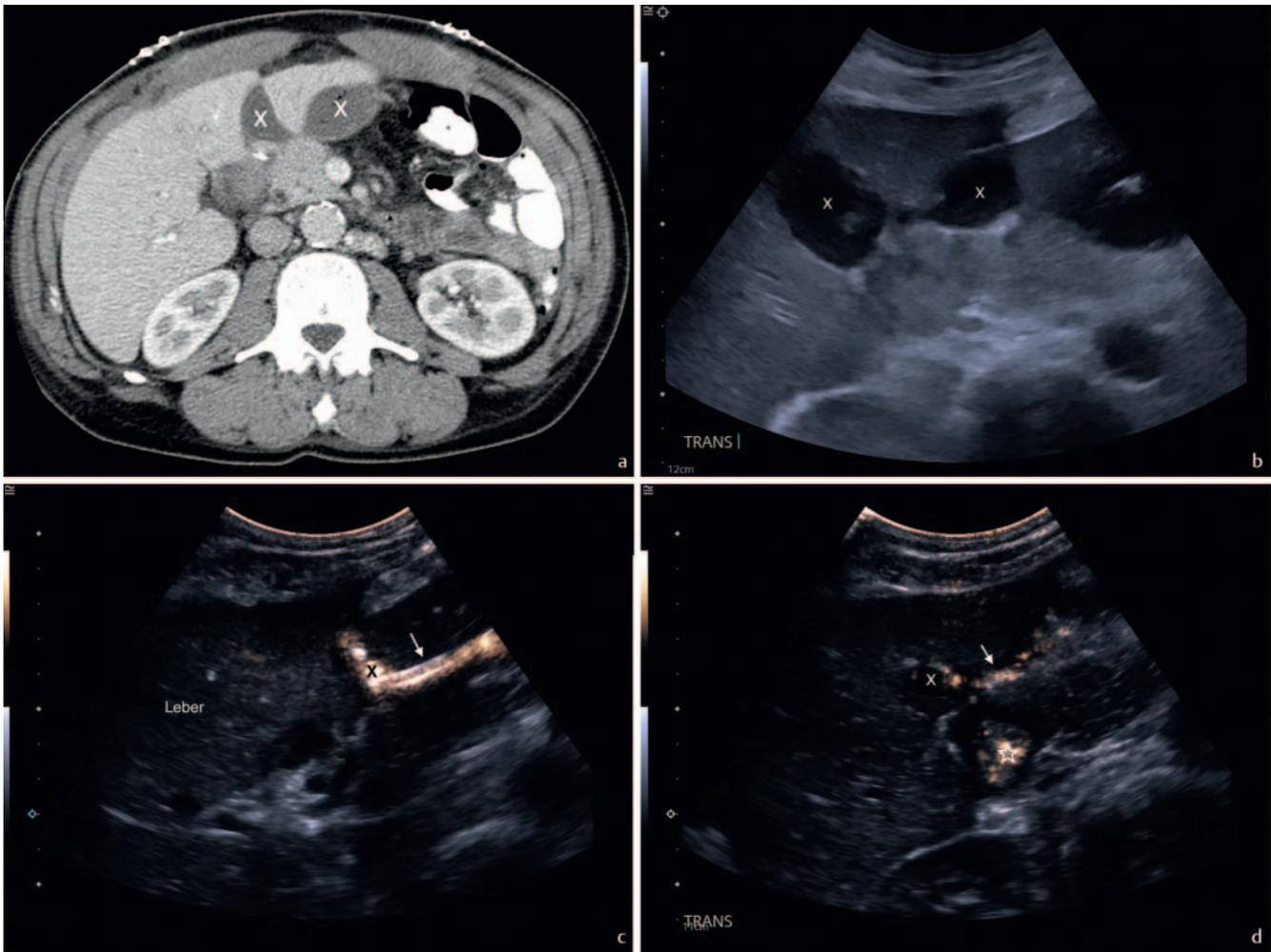
- **Abb. 5** zeigt einen Patienten, welcher nach einem komplizierten Verlauf nach Cholezystektomie mehrere perihepatische Verhalte ausgebildet hat, welche zu entlasten waren (5a–b, transversale Oberbauch-CT nach i. v. KM). Es wurde von 3 Verhalten ausgegangen (X), welche nur fraglich kommunizieren. Die Einlage einer Drainage (Pfeil) in einen lateral der Leber liegenden Verhalt demonstriert die partielle Entlastung. Nach Einlage einer weiteren Drainage in den dorsal der Leber liegenden Verhalt (X) wird CEUS durchgeführt. Das KM reicht sich nur im drainierten Verhalt und der Drainage (Pfeil) an und kommuniziert nicht mit den übrigen Flüssigkeitsansammlungen (5c, transversaler Oberbauchschnitt), sodass eine dritte Drainage in den weiter medial gelegenen Abszess notwendig ist.

Als rasche Therapiekontrolle nach Drainagenanlage hat sich auch ein Anspritzen mit einem NaCl-Luft-Gemisch etabliert. Die Spritze wird geschüttelt und so gehalten, dass zunächst etwa 5 ml Luft in die Drainage gelangen, gefolgt von der Kochsalzlösung. Dieses Vorgehen ersetzt nicht die endokavitäre KM-Gabe, welche den Befund wesentlich genauer zeigen kann.

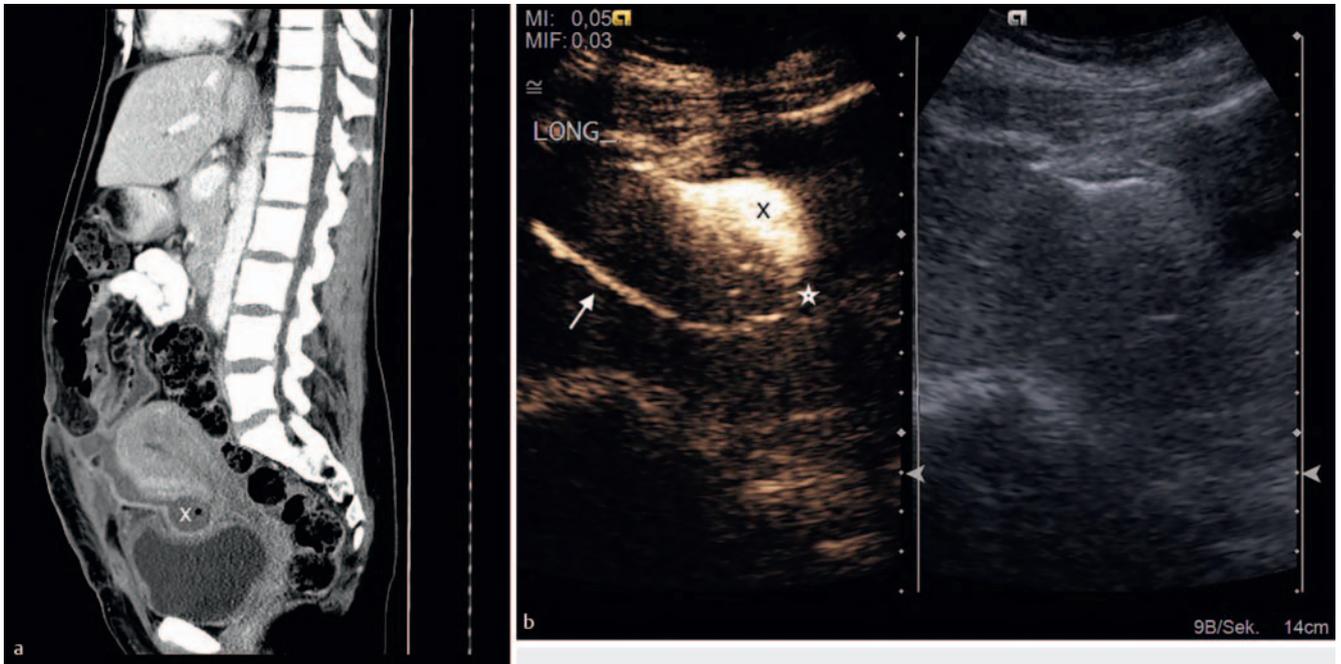
- **Abb. 6** Zustand nach Gastrektomie mit persistierender Leukozytose. In der CT sieht man 2 Verhalte (X) am linken Leberlappen (6a, CT mit i. v. und oraler Kontrastierung), welche mittels Drainage versorgt wurden (6b, korrespondierender US-Schnitt). Im weiteren Therapieverlauf besteht der Verdacht auf eine Dislokation, da die Drainage angespült werden kann, jedoch keine Aspiration mehr möglich ist. Das applizierte KM



► **Abb. 5 a–b** transversaler CT Oberbauchsnitt nach i. v. KM. Darstellung von drei anscheinend nicht kommunizierenden Verhalten (X) und einer bisher insuffizient entlastenden Drainage (Pfeil). Nach Anlage einer zweiten Drainage in den Verhalt in a wird die Kommunikation der Verhalte erneut überprüft. **c** nach USKM in die zweite Drainage sammelt sich dieses lediglich lokal an, so dass ein dritte Drainage notwendig wurde. Verhalt (x) und Drainage (Pfeil).



► **Abb. 6 a** CT Oberbauch nach i. v. und oraler Kontrastierung mit Darstellung zweier Verhalte (X), welche kommunizieren und mit einer Drainage versorgt werden konnten. **b** Korrespondierender Ultraschallschnitt. **c** UKSM wird über die Drainage (Pfeil) gegeben und sammelt sich im größerrückläufigen Abszess (X) an. **d** Der Verhalt hat einen Anschluss an den Duodenalstumpf (*), über welchen das UKSM abläuft und deswegen nicht mehr aspiriert werden kann.



► **Abb. 7** a Sagittales CT nach i. v. und oraler Kontrastierung mit einer Abszedierung (x) bei Z. n. Sectio. b longitudinaler Unterbauchschnitt nach endocavitärer KM-Gabe über die zuvor erfolgte Abszessdrainage. USKM befindet sich im Abszeß (X) und gelangt über eine Uterusinsuffizienz (*) in das Uteruscavum (Pfeil).



► **Abb. 8** a Z. n. Drainagenanlage bei Leberabszess. Interkostaler Schnitt mit Pfeilmarkierung der Drainage b Kontrolluntersuchung im Verlauf bei mittlerweile insuffizienter Spültherapie. Der Abszess ist größenregredient, die Lage der Drainage nicht sicher abgrenzbar. c Nach Gabe von USKM reichert sich dieses außerhalb des Abszesses (Distanzmarker) in der Leber an, da die Drainage (Pfeile) aufgrund des größenrückläufigen Abszesses aus diesem disloziert ist.

reichert sich zunächst im Verhalt (X) und der Drainage (Pfeil) an, entleert sich jedoch über den Duodenalstumpf (*) (6c–d, transversaler Oberbauch nach KM Gabe).

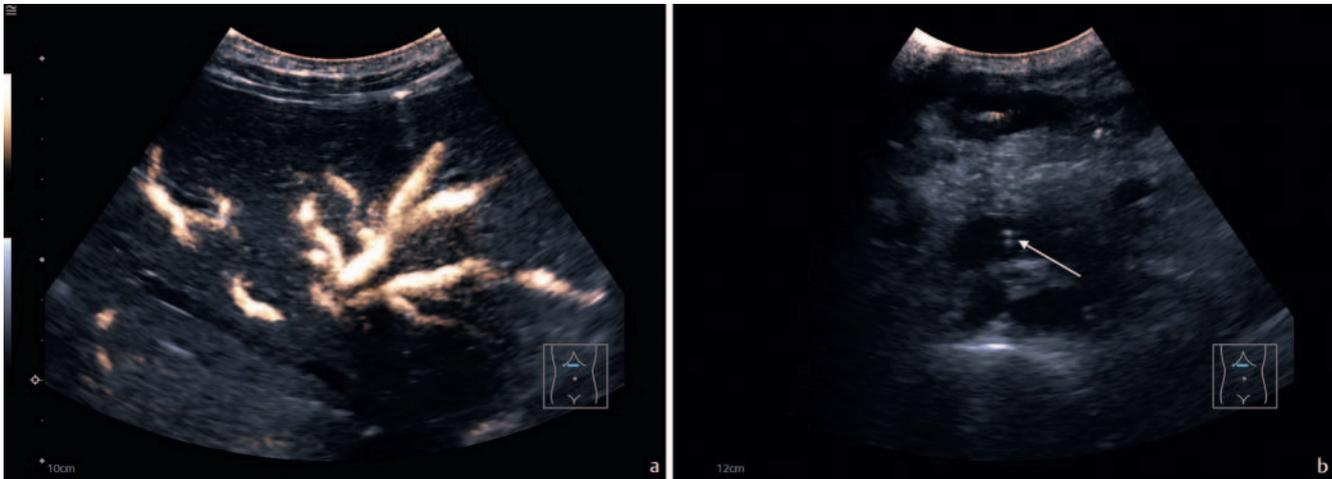
- **Abb. 7** Die CT zeigt eine Patientin bei Z. n. Sectio mit einer Abszedierung (X) ventral des Uterus (7a, sagittales CT nach i. v. und oralem KM). Eine Drainage wird sonografisch gesteuert eingelegt. Die Kontrolle im Verlauf zeigt nach endocavitärer KM-Gabe eine Anreicherung im Uteruscavum (Pfeil) und Verhalt (X) mit einer Insuffizienz (*) im Bereich der OP (7b, Longitudinalschnitt Unterbauch nach CEUS).
- **Abb. 8** Patient mit Leberabszess, welcher sonografisch drainiert wurde (8a, interkostaler Schnitt mit Pfeilmarkierung der Drainage). Die Kontrolluntersuchung zeigt einen kleiner werdenden Verhalt (X) (8b, interkostaler Schnitt), erklärt aber

auch die nicht mehr mögliche Spültherapie, da die Drainage aus dem Abszess aufgrund des Größenregresses disloziert ist und in der Leber zu liegen kommt (8c, interkostaler Schnitt nach CEUS mit KM außerhalb des Verhalts). Die Pfeile zeigen den Verlauf der Drainage und X die extraluminale KM-Anreicherung.

PTCD (Perkutane transhepatische Cholangiodrainage)

Indikation

Das Standardverfahren, um eine externe Gallendrainage anzulegen, besteht in der Kombination der Durchleuchtung mit der primären sonografischen Sichtung der Region der dilatierten Gallengänge. Durchleuchtungsgesteuert kann der Draht nach



► **Abb. 9** zeigt einen Patienten, welcher bei metastasiertem Magen-CA eine PTC-D benötigt hat, welche nun ein rezidivierendes Austreten von Gallenflüssigkeit neben der Drainageneintrittsstelle aufweist. USKM wird über die liegende Drainage gegeben und sammelt sich in den intrahepatischen Gallenwegen an (9a). In den zentralen Anteilen der Drainage (Pfeile) ist jedoch kein KM darstellbar (9b). Die Drainage ist zentral verstopft.

Sondierung des Gallensystems problemlos nach enteral vorge-schoben werden [23]. Liegt eine Dysfunktion der Drainage im Ver-lauf vor, beziehungsweise bestehen weiterhin erhöhte Cholestase-parameters, bedarf es der Beurteilung, ob das Fremdmaterial einen Defekt bzw. Dislokation aufweist oder ob die Ableitung nach innen und/oder außen gestört ist.

Untersuchungsgang

Über die liegende Drainage kann UKSM, wie im Kapitel Applikation beschrieben, gegeben werden. Es können bereits wenige Milliliter des verdünnten USKM auf dem Weg durch die Drainage und im Gallengangssystem abgegrenzt werden und somit eine vermeintliche Dysfunktion bzw. Dislokation beurteilt werden [8].

Beispiele

► **Abb. 9** demonstriert eine Dysfunktion der Drainage bei nicht mehr möglicher Flüssigkeitspassage am zentralen Ende. Daneshi et al. berichten über die Möglichkeit, über die externe Gabe von USKM auch bileo-arterielle oder bileo-venöse Anastomosen zu beurteilen [24].

Peritoneale-pleurale Kommunikation

Indikation

Erhebliche Mengen an intraperitonealer Flüssigkeit können zum Beispiel bei dekompensierter Leberzirrhose oder bei einer Peritonealdialyse vorhanden sein. Im Falle eines zusätzlichen relevanten Hydrothorax gilt es, eine eventuell vorhandene Zwerchfellleckage zu beurteilen [31].

Untersuchungsgang

Je nach Ort der KM-Applikation (pleural oder peritoneal) ist es möglich, eine KM-Anreicherung im angrenzenden Kompartiment zu beurteilen. Das Kontrastmittel wird hier ausnahmsweise unverdünnt angewendet, da die reichlich vorhandene intraperitoneale

Flüssigkeit bzw. der Pleuraerguss für das notwendige Mischungsverhältnis sorgen [19].

Beispiel

In ► **Abb. 10** wird ein Patient demonstriert, welcher eine Peritonealdialyse durchführt und einen einseitigen erheblichen Pleuraerguss entwickelt hat. Nach KM-Injektion in das peritoneale Dialysat ist eine rasche Passage von Kontrastmittel nach pleural abgrenzbar, was die Zwerchfellinsuffizienz beweist.

Perkutane endoskopische Gastrostomie (PEG)

Indikation

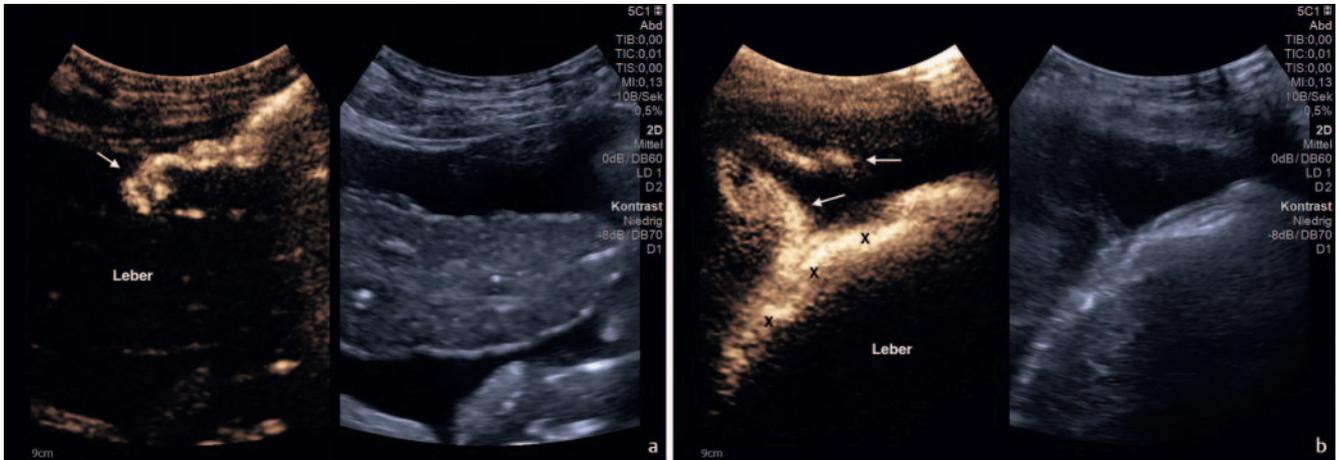
Bei vermuteter Dysfunktion bzw. Dislokation der PEG-Sonde bietet die Durchleuchtung ein etabliertes Verfahren zur weiteren Abklärung. Sowohl der Zufluss als auch der Abfluss in den weiteren Magen-Darm-Trakt können überlagerungsfrei nach Anspritzen mit KM beurteilt werden. Eine nicht seltene Untersuchungsanmeldung lautet: „Schmerzen, Hautrötung, nässende Wunde und Verdacht auf Dysfunktion bei vorhandener PEG-Sonde“. Als primäre Untersuchung wird häufig der Ultraschall durchgeführt, da hier sowohl die Bauchdecke als auch die angrenzende Magen-, Darmwand beurteilt werden können und der Ausschluss anderer Schmerzursachen erfolgen kann.

Untersuchungsgang

Die im Kapitel Applikation beschriebene Technik kommt zur Anwendung. Das USKM wird unter fraktionierter Gabe in der Sonde und der Verteilung im Magen beobachtet.

Beispiel

Mit der Gabe von verdünntem USKM über die Sonde gelingt eine Funktionsuntersuchung, ohne dass der Patient nach der Sonografie den Untersuchungsraum wechseln muss. Die Passage entlang der Sonde, die Füllung des Magen-Darm-Trakts und die Passage können abgegrenzt werden. Leicht lässt sich erkennen, ob KM



▶ **Abb. 10** **a** Injektion von KM (Pfeil) in die perihepatische freie Flüssigkeit (10a, interkostaler Schnitt rechter Oberbauch). **b** KM-Nachweis pleural (Pfeile) und perihepatisch (X) in einem hohen interkostalem Schnitt.

aus dem Magen austritt und sich entweder intraperitoneal und/oder in der Bauchwand verteilt.

Nephrostomie

Indikation

Im Rahmen der Intervention muss die korrekte Lage der Nadel bzw. der Drainage im Nierenbecken-Kelch-System beurteilt werden. Dies gelingt entweder unter Röntgenkontrolle mit Gabe von jodhaltigem Kontrastmittel oder über die Gabe von USKM unter sonografischer Kontrolle. Neben der Lage des Fremdmaterials kann in der Regel auch der Ureter mit dem Ort der Stenosierung gesehen werden [9].

Untersuchungsgang:

Der im Kapitel Applikation beschriebene Ablauf findet auch hier Anwendung.

Vergleich mit Computertomografie und Durchleuchtung

Sonografie

- Kurzfristige Wiederholungen der Untersuchung ohne Strahlenexposition
- Praktisch keine Nebenwirkungen bzw. Kontraindikationen
- Dynamische Untersuchung ohne vorab festzulegende Menge des applizierten Kontrastmittels, wie zum Beispiel bei der endokavitären Gabe in der CT
- Die Sonografie ist häufig die primär durchgeführte Untersuchung. Bei notwendiger KM Gabe ist mit endokavitärem CEUS keine zusätzliche Untersuchung in anderen Räumlichkeiten notwendig.
- CEUS unterliegt den identischen Einschränkungen wie die Sonografie im Allgemeinen, insbesondere bei tief liegenden, Luft überlagerten Strukturen und bei adipösen Patienten. Somit liegen bei schlechten B-Bild-Bedingungen meist auch schlech-

te CEUS-Bedingungen vor. Eventuell hilft die intravenöse bzw. endokavitäre KM-Gabe, da der abzuklärende Befund idealerweise ein, im Vergleich zu angrenzenden Strukturen, deutlich differierendes Kontrastmittelverhalten zeigt [25].

- Ähnlich gute räumliche und zeitliche Auflösung wie die Fluoroskopie [26]

Durchleuchtung und CT

- Besserer Überblick, überlagerungsfreie Untersuchung trotz Luft und Knochen. Auch bei adipösen Patienten oder sehr tief liegenden Strukturen.
- Etablierte, ubiquitär verfügbare und sichere Methoden mit einfacher Demonstration im interdisziplinären Kontext

Anmerkung

Der endokavitäre, kontrastmittelverstärkte Ultraschall kann in jeder physiologischen und pathologischen Körperhöhle und Körperöffnung sowie über jede Art von Zugangssystemen angewendet werden. In diesem Artikel werden die häufigsten Einsatzgebiete behandelt, wie sie in der Regel im radiologischen Alltag durchgeführt werden können. Der interessierte Leser sei auf weiterführende Literatur verwiesen, wie etwa die Beurteilung der Tubendurchgängigkeit im Rahmen eines Kinderwunsches [27] oder die endosonografische Anwendung [2].

Zusammenfassung

„CEUS ist kein Hexenwerk“ [33]. Kontrastmittel sind der Radiologie vertraut, ohne welche viele Untersuchungen nicht möglich wären. Der Radiologe besitzt eine Fülle an Modalitäten, um Patienten in der Diagnostik, Therapie und follow-up zu versorgen. Lediglich die Methode Ultraschall stößt mitunter auf Skepsis. CEUS ist in der Radiologie leider wenig verankert [34]. Das Kontrastmittel ist aus der Sonografie nicht mehr wegzudenken. Mit diesem Artikel soll die endokavitäre Verwendung beleuchtet wer-

den. Im Rahmen von Interventionen mit Punktionen und Drainagen liegt sicherlich das Haupteinsatzgebiet. Von der Diagnostik über die Therapie und bis zur Verlaufskontrolle ist ein rein sonografisches Vorgehen möglich. Für USKM existieren darüber hinaus fast unzählige Einsatzmöglichkeiten, wovon vor allem Patienten profitieren, welche aufgrund von Alter, Vorerkrankungen und sonstigen Limitationen nur unter strenger Abwägung eine andere radiologische Untersuchung erhalten sollten. Bei endokavitärem CEUS handelt es sich um eine Methode, welche gegenüber den vertrauten Untersuchungsmodalitäten Vor-, aber auch Nachteile besitzt. Der Artikel soll Interesse wecken und dazu anregen, das Verfahren Ultraschall klug und zum Wohle des Patienten einzusetzen.

Interessenkonflikt

Vollert: Kein Interessenkonflikt
 Kleffel: Vortragshonorar von Siemens Healthineers
 Clevert: Vortragshonorar von Bracco, Siemens Healthineers, Philips, Esaote, Samsung

Literatur

- [1] Dietrich CF, Nolsøe CP, Richard G et al. Guidelines and Good Clinical Practice Recommendations for Contrast Enhanced Ultrasound (CEUS) in the Liver – Update 2020. *Ultraschall in Med* 2020; 41: 562–585. doi:10.1055/a-1177-0530
- [2] Sidhu PS, Cantisani V, Dietrich CF et al. The EFSUMB Guidelines and Recommendations for the Clinical Practice of Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) in Non-Hepatic Applications: Update 2017 (Long Version). *Ultraschall in Med* 2018; 39: e2–e44. doi:10.1055/a-0586-1107
- [3] Quaia E. Microbubble ultrasound contrast agents: an update. *Eur Radiol* 2007; 17 (8): 1995–2008. doi:10.1007/s00330-007-0623-0
- [4] Cosgrove D. Ultrasound contrast agents: an overview. *Eur J Radiol* 2006; 60 (3): 324–330
- [5] Farina R et al. Vesico-ureteral reflux: diagnosis and staging with voiding color Doppler US: preliminary experience. *Eur J Radiol* 2000; 35: 49–53
- [6] Fachinformation Sonovue, Bracco, Mailand, Italien.
- [7] Piscaglia F, Bolondi F et al. The safety of Sonovue in abdominal applications: retrospective analysis of 23188 investigations. *Ultrasound Med Biol* 2006; 32: 1369–1375
- [8] Ignee A, Schuessler G, Cui XW et al. Der endocavitäre Kontrastmittel-ultraschall-verschiedene Anwendungen, eine Übersicht über die Literatur und zukünftige Perspektiven. *Ultraschall in Med* 2013; 34: 504–528. doi:10.1055/s-0033-1335546
- [9] Huang DY, Yusuf GT, Daneshi M et al. Contrast-enhanced US–guided Interventions: Improving Success Rate and Avoiding Complications Using US Contrast Agents. *RadioGraphics* 2017; 37: 652–664. doi:10.1148/rq.2017160123
- [10] Huang DY, Yusuf GT, Daneshi M et al. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in abdominal intervention. *Abdom Radiol* 2018; 43: 960–976. doi:10.1007/s00261-018-1473-8
- [11] Darge K. Voiding urosonography with ultrasound contrast agents for the diagnosis of vesicoureteric reflux in children. I. Procedure. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 40–45
- [12] Papadopoulou F, Ntoulia A, Siomou E et al. Contrast-enhanced voiding urosonography with intravesical administration of a second-generation ultrasound contrast agent for diagnosis of vesicoureteral reflux: prospective evaluation of contrast safety in 1,010 children. *Pediatr Radiol* 2014; 44: 719–728
- [13] Riccabona M, Vivier PH, Ntoulia A et al. ESPR Uroradiology Task Force. ESPR uroradiology task force imaging recommendations in paediatric uroradiology part VII. Standardized terminology, impact of existing recommendations, and update on contrast-enhanced ultrasound of the paediatric urogenital tract. *Pediatr Radiol* 2014; 44: 1478–1484
- [14] Capaccio P, Minetti AM, Manzo R et al. *Int J Maxillo Odontostomatol* 2003; 2: 9–12
- [15] Zengel P, Schrözlmaier F, Kramer M et al. Management of salivary gland diseases with contrast-enhanced ultrasound. *Radiologe* 2011; 51 (6): 490–496
- [16] Zengel P, Berghaus A, Paprottka P et al. Sonographic analyses of obstructive diseases of the salivary gland using intraductal applications of contrast agent. *Laryngorhinootologie*; 2011; 90 (4): 196–199
- [17] Zengel P, Berghaus A, Weiler C et al. Intraductally applied contrast-enhanced ultrasound (IA-CEUS) for evaluating obstructive disease and secretory dysfunction of the salivary glands. *Eur Radiol* 2011; 21 (6): 1339–1348
- [18] Zengel P, Schrözlmaier F, Reichel C et al. Sonography: the leading diagnostic tool for diseases of the salivary glands. *Semin Ultrasound CT MR* 2013; 34 (3): 196–203
- [19] Sparchez Z, Radu P, Sparchez M et al. Intracavitary Applications of Ultrasound Contrast Agents in Hepatogastroenterology. *J Gastrointest Liver Dis* 2013; 22 (3): 349–353
- [20] Schäfer AO, Baumann T, Langer M. MRT in der Diagnostik anorektaler Fisteln. *RöFo* 2006; 178 (11): 1095–1104. doi:10.1055/s-2006-926976
- [21] Chen YJ, Mao R, Xie XH et al. Intracavitary Contrast-enhanced Ultrasonography to Detect Enterovesical Fistula in Crohns Disease. *Gastroenterology* 2016; 150: 315–317
- [22] Heinzmann A, Muller T, Leitlein J et al. Endocavity contrast enhanced ultrasound (CEUS) – work in progress. *Ultraschall in Med* 2012; 33: 76–84
- [23] Mahnken A, Thomas C, Wilhelm K Hrsg. *Interventionelle Radiologie*. 1. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2019. doi:10.1055/b-005-143315
- [24] Daneshi M, Rajayogeswaran B, Peddu P et al. Demonstration of an occult biliary-arterial fistula using percutaneous contrast-enhanced ultrasound cholangiography in a transplanted liver. *J Clin Ultrasound* 2014; 42 (2): 108–111
- [25] Huang DY, Yusuf GT, Daneshi M et al. Contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in abdominal intervention. *Abdom Radiol* 2018; 43: 960–976. doi:10.1007/s00261-018-1473-8
- [26] Yusuf GT, Fang C, Huang DY et al. Endocavitary contrast enhanced ultrasound (CEUS): a novel problem solving technique. *Insights into Imaging* 2018; 9: 303–311. doi:10.1007/s13244-018-0601-x
- [27] Zhou L, Zhang X, Chen X et al. Value of three-dimensional hysterosalpingo-contrast sonography with SonoVue in the assessment of tubal patency. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2012; 40 (1): 93–98
- [28] Kloth C, Kratzer W, Schmidberger J et al. *Ultraschall 2020 – Diagnostik & Therapie: Auf dem Weg zur multimodalen Sonografie: kontrastverstärkter Ultraschall (CEUS), mikrovaskuläre Dopplerverfahren, Fusionsbildunggebung, Sono-Elastografie, interventionelle Sonografie*. *RöFo* 2021; 193 (1): 23–32. doi:10.1055/a-1217-7400
- [29] Jung EM, Jung F, Stroszcynski C. Dynamic endoluminal contrast enhanced ultrasound (CEUS) for display of drainages in inflammatory abdominal fluid collections. *Clin Hemorheol Microcirc* 2022. doi:10.3233/CH-211370
- [30] Young A, Yusuf G, Fang C. Cholecystoduodenal fistula identified on oral contrast-enhanced ultrasound. *J Ultrasound* 2020. doi:10.1007/s40477-020-00535-x
- [31] Foschi F, Piscaglia F, Pompili M. Real-time contrast-enhanced ultrasound—a new simple tool for detection of peritoneal-pleural communications in hepatic hydrothorax. *Ultraschall in Med* 2008 Oct 29 (5): 538–542. doi:10.1055/s-2008-1027328

- [32] Francica G. Intracavitary contrast-enhanced ultrasound in ultrasound-guided percutaneous management of abdominal fluid collections/abscesses by a single clinician: an example of point-of-care ultrasound. *Journal of Ultrasound* 2020; 23: 175–181. doi:10.1007/s40477-020-00467-6
- [33] Fischer T. „CEUS ist kein Hexenwerk“. *RöFo* 2018; 190 (5): 462–464. doi:10.1055/a-0588-2375
- [34] Graeter T, Kratzer W, Seufferlein T. Erhebung der Wertigkeit der kontrastverstärkten Sonografie (CEUS) in radiologischen Fachabteilungen in Deutschland. *Fortschr Röntgenstr* 2017; 189: 748–759. doi:10.1055/s-0043-111011