5 Radial-, Longitudinal- oder Minisonden-Endosonographie: Wie viele Systeme braucht eine Endoskopieabteilung?

J. Janssen, C. F. Dietrich

Ein kleiner geschichtlicher Überblick über die Entwicklung der Radial-, Longitudinal- oder Minisonden-Endosonographie

Schon bald nach Einführung des Ultraschalls in die medizinische Diagnostik [1] wurde die blinde radiale Endosonographie des Rektums von Wild und Reid 1957 in ersten Versuchen vorgestellt. Dieses Prinzip der blinden und starren Endosonographiesonden aus der Pionierzeit ist bis heute in der transvaginalen sowie der transrektalen Endosonographie (Abb. 5.**1a**) beibehalten und verfeinert worden.

Die endoskopische Sonographie (EUS) mit flexiblen Echoendoskopen hat sich in den 1980er-Jahren rasch entwickelt [2] und ist zu einem unverzichtbaren diagnostischen Instrument geworden. Sie ist – neben anderen Indikationen – das entscheidende Verfahren zum lokalen Staging gastrointestinaler Tumoren, zur Abklärung submuköser Prozesse und zur Gewinnung von Material für die feingewebliche Untersuchung aus Prozessen der unmittelbaren Umgebung des Gastrointestinaltraktes, z. B. dem hinteren Mediastinum. Die Entwicklung der flexiblen Endosonographie ging aus von mechanischen Radialschallköpfen, die als 5 MHz-Vorsatzsonden von Standard-Gastroskopen ein 360 °-Bild der Umgebung entwarfen [2]. Bald wurden von der Firma Olympus Prototypen der mechanischen radialen Echoendoskope gebaut [3], deren Nachfolgemodelle mit Frequenzen zwischen 5 und 12 MHz für etwa zehn Jahre monopolistisch den Markt beherrschten. Mit diesen Systemen wurden alle wesentlichen Studien zur Absicherung der EUS-Indikationen durchgeführt. Heute arbeiten auch die Radialgeräte mit den besser auflösenden elektronischen Scannern (Abb. 5.**1b**).

Erst Anfang der 1990er-Jahre erlangte ein Echoendoskop mit elektronischem, longitudinal angeordnetem Konvexschallkopf Serienreife (FG 32 UA Hitachi/Pentax), das wie seine Nachfolgemodelle (Abb. 5.**1c**) mit Frequenzen von 5–10 MHz betrieben werden kann [4]. Die longitudinale Ausrichtung des Schallkopfes ermöglichte erstmals die real-time-Beobachtung einer endosonographischen Punktion, da sich die aus dem Arbeitskanal vorgebrachte Nadel vollständig im Bildausschnitt bewegt [5]. Ein „Nebenprodukt" der elektronischen Sonde ist ihre Fähigkeit zur farbkodierten und gepulsten Dopplersonographie.

Etwa zeitgleich mit den longitudinalen Echoendoskopen wurde ausgehend von der intrakoronaren Sonographie [6–8] die Minisonden-Sonographie mit hochfrequenten Sonden (7,5–30 MHz) entwickelt [9]. Diese Sonden können während einer Endoskopie durch den Arbeitskanal des Standardendoskopes eingeführt wer-



Abb. 5.**1** Moderne starre rektale Sonde (**a**) und flexible Echoendoskope mit radial (**b**) bzw. linear angeordneten Schallköpfen (**c**). Letztere eignen sich für Diagnostik, Punktion und Intervention.

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag

den, ohne einen Gerätewechsel vornehmen zu müssen. Sie sind insbesondere für den intraduktalen Ultraschall (Gallenwege, Pankreasgang) und zur Abklärung von Tumorstenosen geeignet. Die meisten Minisonden entwerfen ein 360 °-Radialbild. Die am häufigsten eingesetzten hohen Ultraschallfrequenzen von 15–25 MHz gewährleisten eine hohe Bildauflösung, bedingen aber gleichzeitig auch eine geringe Eindringtiefe (2 cm bis maximal 3 cm). Diese physikalische Eigenschaft schränkt den Einsatz der Minisonde für Prozesse jenseits der Gastrointestinalwand (z. B. Lymphknoten- und Pankreasbeurteilung) ein (Übersicht bei [10]).

Minisonden können im Rahmen einer Bronchoskopie für den endobronchialen Ultraschall (EBUS) eingesetzt werden, um frühe Tumoren der Bronchialschleimhaut und peribronchiale Lymphknoten differenziert darzustellen [11]. Eine Weiterentwicklung stellen schlanke lineare Echoendoskope für den endobronchialen Einsatz dar, die die Möglichkeit der endosonographisch gesteuerten Feinnadelbiopsie von peribronchialen Lymphknoten und Tumoren eröffnen. Damit können jetzt auch Läsionen des vorderen Mediastinums endosonographisch bioptisch und interventionell angegangen werden, die bislang nur blind bronchoskopisch oder mediastinoskopisch zugänglich waren [12;13].

Alle verfügbaren Endosonographiesysteme haben bei nach wie vor umschriebenen Anwendungsgebieten relativ hohe Anschaffungs- und auch Betriebskosten, so dass sich allenthalben die Frage stellt, ob jede Abteilung über alle Varianten verfügen muss oder die Beschaffung eines Systems ausreichend ist.

Für die ökonomische Nutzung einer EUS-Einheit gerade in kleineren Abteilungen ist es obligatorisch, dass die Ultraschallgrundeinheit auch für die konventionelle Sonographie des Abdomens, der Schilddrüse und gegebenfalls auch für die Echokardiographie benutzt werden kann. Dieser Erkenntnis haben sich alle Anbieter von EUS-Systemen (Hitachi/Pentax, Aloka/Olympus, Toshiba/Fujinon) angeschlossen, nachdem die Prozessoren der ersten Generationen nur für die EUS einsetzbar waren. Durch ihre universelle Nutzbarkeit wird der Einsatz moderner digitaler Grundeinheiten für die EUS ökonomisch vertretbar und gewährleistet beste Bildqualität. In jüngster Zeit gibt es allerdings auch wieder Ultraschallprozessoren nur für die EUS.

Die Anschaffungskosten für ein Echoendoskop liegen derzeit bei ca. 80 000 €. Bei 500 Untersuchungen pro Jahr dürfte die Lebensdauer bei etwa drei Jahren liegen. Die Beschaffung von zwei (verschiedenen) Sonden ist nur rentabel, wenn in einer Abteilung mehr als drei bis vier Untersuchungen pro Tag durchgeführt werden. Eine Minisonde mit einer vom Untersucher abhängigen Lebensdauer von 10–90 Untersuchungen kostet etwa 3000 €. In Anbetracht der hohen Investitions- und Betriebskosten werden sich die meisten Anwender zwischen einem traditionellen radialen oder einem longitudinalen Standardsystem oder der Minisondentechnologie entscheiden müssen.

Mit keinem der angebotenen Systeme können alle Indikationen für die Endosonographie abgedeckt werden. Die technische Qualität (Bildqualität, Ortsauflösung, Handhabung der Geräte) aller auf dem Markt befindlichen Geräte hat bei individuell spezifischen Stärken und Schwächen einen sehr hohen Standard erreicht; auf eine qualitative Charakterisierung einzelner Systeme wird an dieser Stelle verzichtet. Es sollen aber die Einsatzmöglichkeiten der auf dem Markt befindlichen EUS-Systeme miteinander verglichen werden.

Minisonde versus konventionelle Endosonographie

Zunächst soll nun zwischen der konventionellen EUS mit einem Echoendoskop und der Minisonden-Technologie verglichen werden.

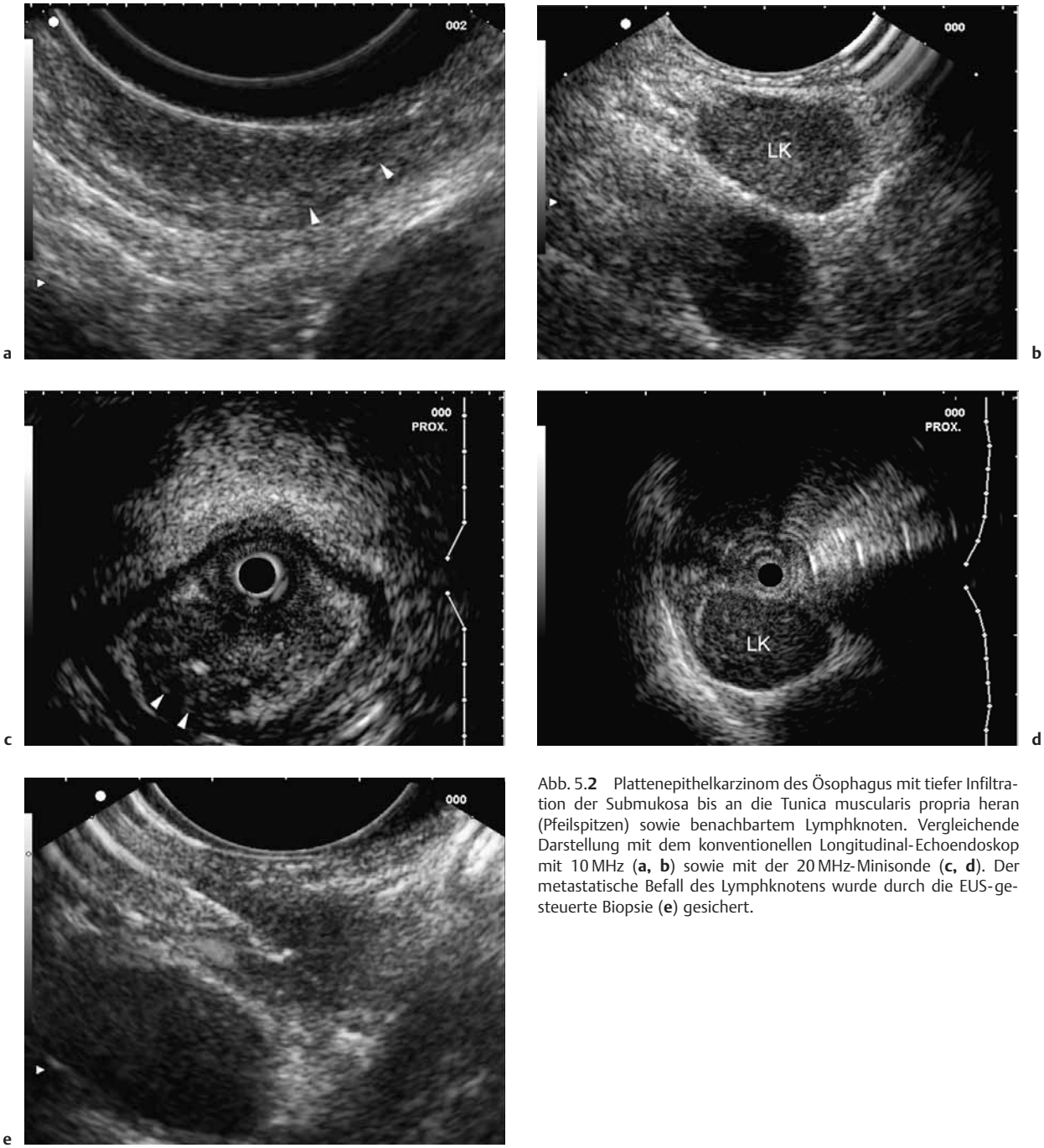
Ein unbestrittener Vorteil der Minisonde ist ihre rasche Verfügbarkeit während einer endoskopischen Untersuchung (wenn das Ultraschallgrundgerät im Endoskopieraum steht), z. B. zur sofortigen Abklärung einer submukösen Raumforderung [10]. Ihre Grenzen ergeben sich aus der geringen Eindringtiefe, so dass fortgeschrittene Tumoren, regionäre Lymphknotenstationen und auch das komplette Pankreas nicht mit ausreichender Zuverlässigkeit dargestellt werden können, auch wenn es im Einzelfall gut gelingen kann. Daneben entfällt die Möglichkeit zur endosonographisch gesteuerten Biopsie.

Im Vergleich mit der Minisonde sind die Echoendoskope durch ihren Außendurchmesser von ca. 11,5–13 mm und die relativ rigide Spitze den Minisonden unterlegen, wenn es um die Passage von Tumorstenosen oder den intraduktalen Ultraschall geht. Allerdings kann die lokale Irresektabilität stenosierender Ösophaguskarzinome erfahrungsgemäß nicht selten bereits vom oralen Tumorende unter Verzicht auf die Passage festgestellt werden. Falls die Beurteilung und ggf. Punktion der Lymphknotenstation am Truncus coeliacus therapieentscheidend ist, ist die Bougierung der Stenose vor Durchführung der Endosonographie risikoarm durchführbar [14;15].

Die Bildqualität der neuen Echoendoskope ist bei Untersuchung mit 10–12 MHz im Nahfeld so gut, dass in der Beurteilung von frühen Karzinomen keine klinisch relevanten Defizite mehr gegenüber einer 20 MHz-Minisonde bestehen (Abb. 5.**2**). Dies gilt umso mehr, als unabhängig vom verwendeten System letztlich der Pathologe nach der endoskopischen Resektion unter dem Mikroskop über eine etwaige Submukosainfiltration und die Notwendigkeit einer nachfolgenden radikal-onkologischen Operation Auskunft geben muss.

Die *spezifischen* Minisonden-Indikationen beschränken sich nach den oben gemachten Aussagen auf den intraduktalen Ultraschall und sind auch in gastroenterologischen Abteilungen eher selten. Sie bleiben somit das einzige Skotom für Standard-Echoendoskope.

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag



a b c d e

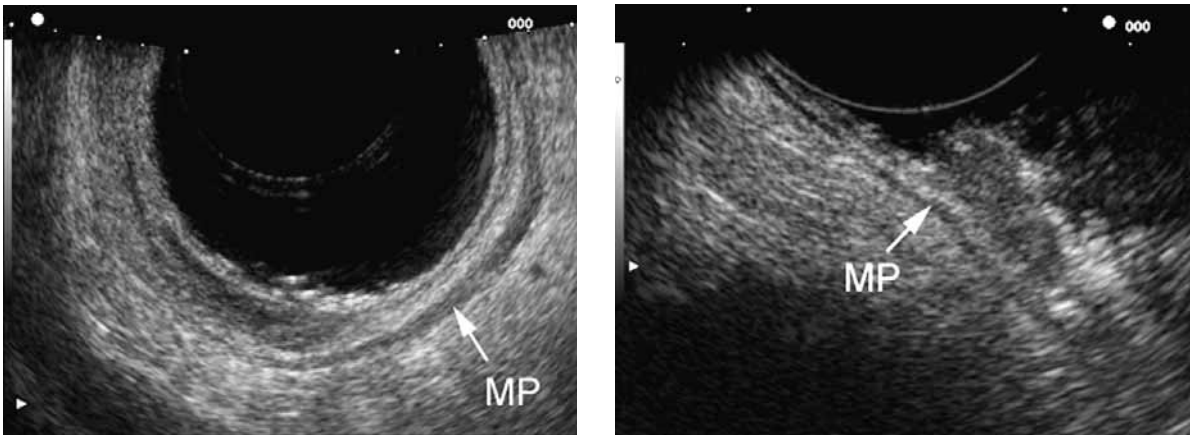
Abb. 5.**2** Plattenepithelkarzinom des Ösophagus mit tiefer Infiltration der Submukosa bis an die Tunica muscularis propria heran (Pfeilspitzen) sowie benachbartem Lymphknoten. Vergleichende Darstellung mit dem konventionellen Longitudinal-Echoendoskop mit 10 MHz (**a, b**) sowie mit der 20 MHz-Minisonde (**c, d**). Der metastatische Befall des Lymphknotens wurde durch die EUS-gesteuerte Biopsie (**e**) gesichert.

Vergleich der radialen mit der longitudinalen konventionellen Endosonographie

Nach der Gegenüberstellung von Minisonden- und Standard-Endosonographie folgt nun der Vergleich der radialen mit der longitudinalen Endosonographie.

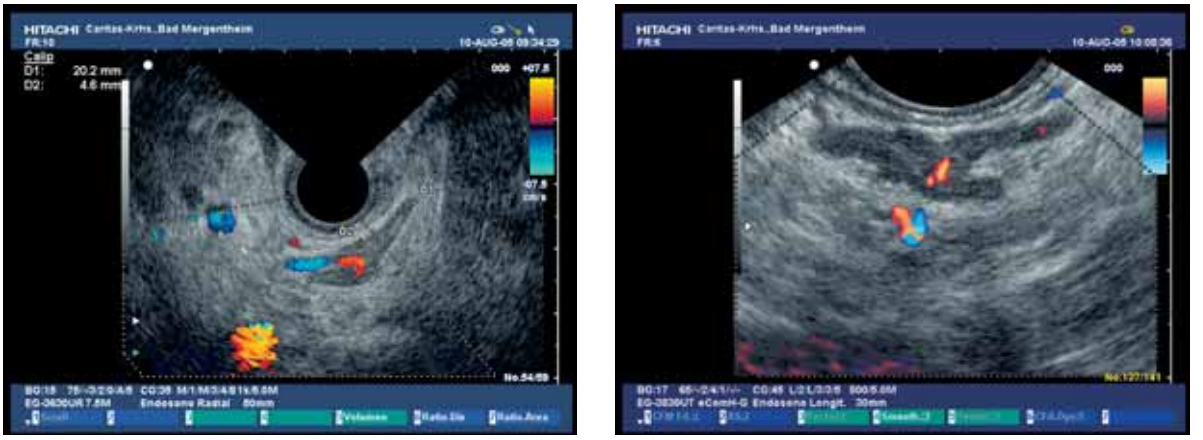
Der klinische Stellenwert der Endosonographie beruht ganz wesentlich auf Daten, die mit den radiären Systemen in den 1980er-Jahren erhoben worden sind. Die wenigen verfügbaren Studien zur Longitudinal-EUS deuten auf eine äquivalente Aussagekraft im Staging des Pankreaskarzinoms [16], der Differenzierung von Pankreasparenchymerkrankungen [17] und der Erkennung von Gallengangsteinen [18;19] hin. Zwei vergleichende Studien [20;21] ergaben eine qualitative Gleichwertigkeit der Radial- und Longitudinal-EUS für das Staging des Ösophagus- und Kardiakarzinoms. Im Zeitalter neoadjuvanter oder palliativer Therapiekonzepte des fortgeschrittenen Ösophagus- und neu-

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag



a b

Abb. 5.**3** Maligner breitbasiger Rektumpolyp ohne Invasion der Submukosa. Sowohl die starre Radialsonde (**a**) als auch die flexible Linearsonde (**b**) können den Befund überzeugend darstellen. MP: Tunica muscularis propria.



a b

Abb. 5.**4** Optimale Darstellung einer normalen linken Nebenniere mit dem radialen (**a**) und dem longitudinalen Schallkopf (**b**). Mit beiden Techniken können Mark und Rinde sowie die Hilusgefäße dargestellt werden.

erdings auch Magenkarzinoms können die endosonographischen Ergebnisse bei diesen Tumoren heute nicht mehr wie in den 1980er-Jahren am Operationspräparat validiert werden. Daher werden die früheren Radial-EUS-Studien mit der longitudinalen EUS nicht wiederholt werden können.

Die entscheidende Limitierung der radialen EUS liegt in der fehlenden Möglichkeit, unter Sicht aus der unmittelbaren Umgebung des Gastrointestinaltraktes Material für die histopathologische bzw. zytologische Untersuchung zu gewinnen. Diese Option ist für die Longitudinal-EUS in etlichen Serien für die umgebenden Lymphknotenstationen, das Pankreas, die linke Nebenniere und seltenere Indikationen (z. B. kleinste Leberherde) gut belegt [22;23].

In den Händen erfahrener Anwender liegt die Punktionsfrequenz bei etwa 20–30% aller endosonographischen Untersuchungen. Neben den Vorteilen kurzer Punktionswege mit geringerem Risiko des Tumorseeding im Stichkanal gegenüber perkutanen Techniken können auch kleine und kleinste Lymphknoten von < 5 mm Größe zuverlässig punktiert werden, deren metastatischer Befall beispielsweise bei Pankreaskarzinomen die Sinnhaftigkeit einer radikalchirurgischen Therapie in Frage stellt. Die Longitudinal-EUS mit Feinnadelbiopsie hat durch die gute Erreichbarkeit des hinteren und neuerdings auch des vorderen Mediastinums mit Hilfe der linearen endobronchialen Sonographie eine große Bedeutung in der Pneumologie erlangt [12;13].

Die gastrointestinale Endosonographie nahm ihren Anfang in großen, vorwiegend universitären gastroenterologisch-endoskopischen Zentren. Hier wurde die radiale Untersuchungstechnik entwickelt und weitervermittelt. Auch nach Verfügbarkeit der longitudinalen Systeme in diesen Zentren wurden diese nur selten für die Routine-EUS eingesetzt. Die Longitudinal-EUS wurde meistens additiv nach radial-endosonographisch festgestellter Indikation zur Biopsie benutzt. Erst seit relativ kurzer Zeit ist Lehrmaterial über die Durchführung der Longitudinal-EUS verfügbar. Die Entwicklung einer systematischen Untersuchungstechnik mit Orientierung an anatomischen Leitstrukturen des sonographischen Bildes ist der entscheidende Meilenstein zur Verkürzung der Lernkurve [24], die für die Radialtechnik steiler sein soll. Unseres Erachtens

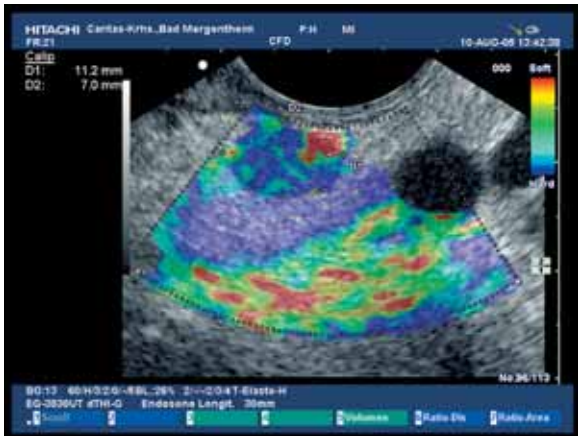
Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag



a



b



c

Abb. 5.**5** Pankreasmetastase eines Nebennierenkarzinoms in gleicher Abbildungsqualität in der radialen (**a**) und longitudinalen Endosonographie (**b**). Die Elastographie zeigt eine Dominanz blauer (harter) Gewebsanteile in der Metastase (**c**).

resultiert letztgenannte Annahme nur aus der traditionellen Verbreitung der Radialtechnik in den großen Zentren und wird bei breiter primärer Anwendung des longitudinalen Verfahrens nicht aufrechtzuerhalten sein.

Die Abbildungen 5.**2**–5.**8** zeigen vergleichend Darstellungen derselben Befunde mit verschiedenen Endosonographiesystemen. Die Abbildungsqualität der konventionellen radialen und longitudinalen Endosonographie ist gleichwertig, die Minisonde hat ihre Vorzüge bei der Differenzierung der Wandschichten.

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag

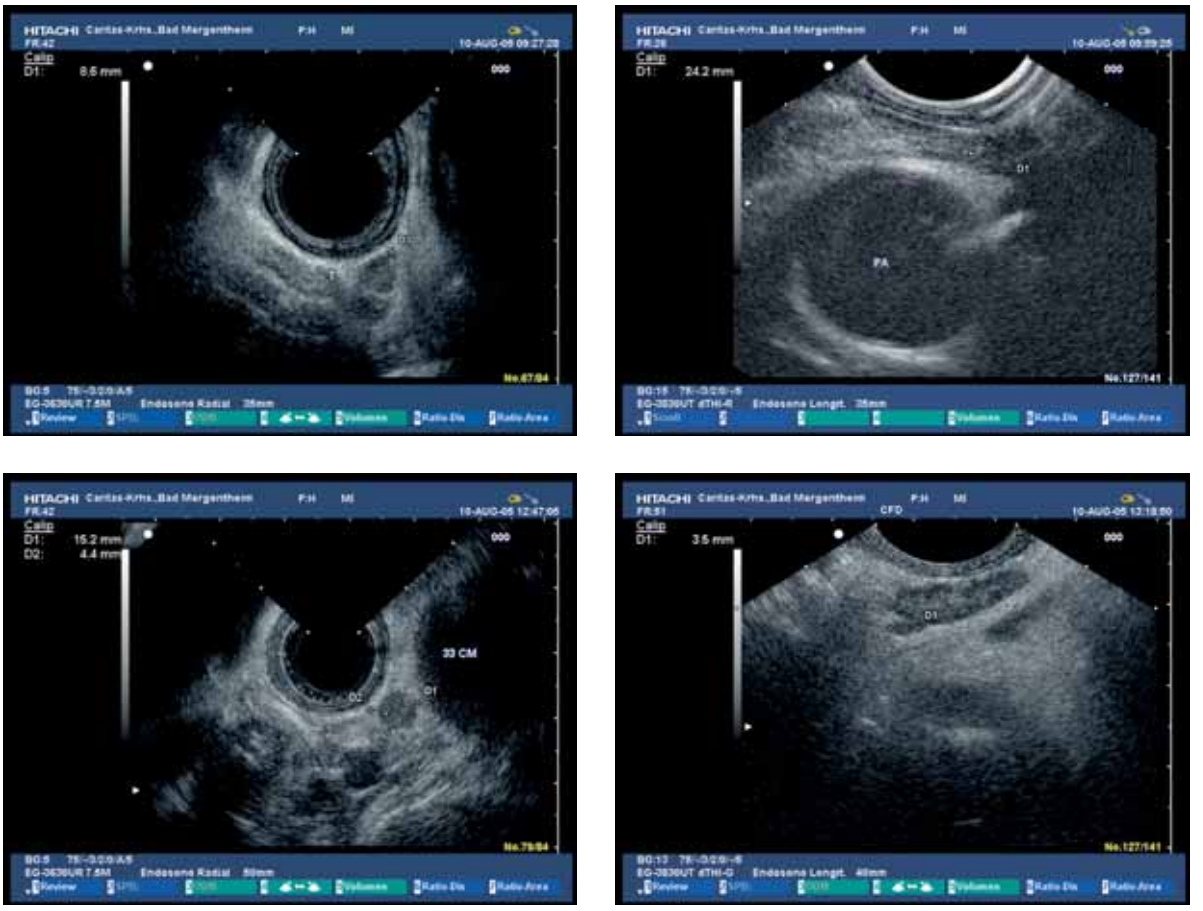


Abb. 5.**6** Infrakarinale Lymphknoten. Aufnahmen mit dem radialen (**a**) und longitudinalen Echoendoskop (**b**). Während beide Systeme kleinste echoarme Lymphknoteninfiltrate darstellen können (**c, d**), ist die Punktion unter real-time Kontrolle nur mit dem longitudinalen Gerät möglich. PA: Pulmonalarterie, T: Tumor.

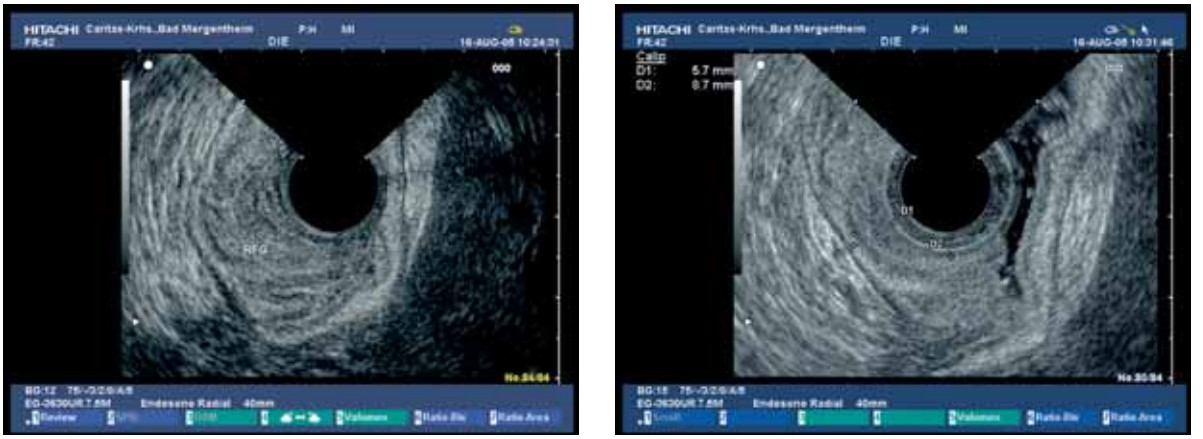


Abb. 5.**7** Riesenfalten im Rahmen einer Helicobacter pylori-positiven Gastritis.Vergleich der konventionellen radialen (**a, b**) und longitudinalen (**c, d**) Endosonographie mit der Minisonde (**e**). RFG: Riesenfaltengastritis.

Abb. 5.**7c–e** ▷

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag



c



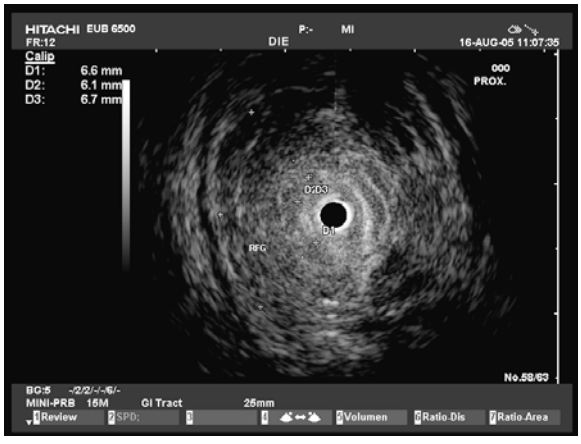
a



d



b



e



c



d

Abb. 5.7**c–e**

Abb. 5.**8** Rektumkarzinom mit T1sm3-Infiltration in der Gegenüberstellung von konventioneller radiärer Endosonographie (**a, b**) und Untersuchung mit der Minisonde (**c, d**). MU: Tunica muscularis propria.

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag

Welchem Endosonographiesystem gehört also nun die Zukunft?

Durch die Bedeutung der Punktions-EUS und die augenscheinliche Gleichwertigkeit mit der Radialtechnik im Hinblick auf die reine Bildgebung bei nur quantitativ kleinen Indikationseinschränkungen gegenüber der Minisonde (IDUS, Stenosen) empfiehlt sich die Longitudinal-EUS für alle Anwender, die nur ein System erwerben können oder wollen. Je nach Patientenklientel und finanziellen Mitteln kann die Erweiterung um eine Minisondeneinheit, die an das gleiche Ultraschallgrundgerät angeschlossen werden kann, sinnvoll sein. Die Vorhaltung aller EUS-Systeme dürfte zukünftig nur auf Zentren mit sehr hoher Untersuchungsfrequenz beschränkt bleiben und erfordert Untersucher, die mit allen Systemen ein hohes Maß an Erfahrung aufweisen. Wer nur für die Punktions-EUS auf den Linearscanner umsteigt, wird Schwierigkeiten in der Darstellung und Punktion problematischer Pankreasläsionen haben.

Literatur

1. Howry DH, Bliss WR. Ultrasonic visualization of soft tissue structures of the body. J Lab Clin Med 1952; 40(4):579–592.
2. Strohm WD, Phillip J, Hagenmuller F, Classen M. Ultrasonic tomography by means of an ultrasonic fiberendoscope. Endoscopy 1980; 12(5):241–244.
3. Lux G, Heyder N, Lutz H, Demling L. Endoscopic ultrasonography – technique, orientation and diagnostic possibilities. Endoscopy 1982; 14(6):220–225.
4. Vilmann P, Khattar S, Hancke S. Endoscopic ultrasound examination of the upper gastrointestinal tract using a curved-array transducer. A preliminary report. Surg Endosc 1991; 5(2):79–82.
5. Vilmann P, Hancke S, Henriksen FW, Jacobsen GK. Endosonographically-guided fine needle aspiration biopsy of malignant lesions in the upper gastrointestinal tract. Endoscopy 1993; 25(8):523–527.
6. Meyer CR, Chiang EH, Fechner KP, Fitting DW, Williams DM, Buda AJ. Feasibility of high-resolution, intravascular ultrasonic imaging catheters. Radiology 1988;168(1):113–116.
7. Gussenhoven EJ, Essed CE, Frietman P, van Egmond F, Lancee CT, van Kappellen WH et al. Intravascular ultrasonic imaging: histologic and echographic correlation. Eur J Vasc Surg 1989; 3(6):571–576.
8. Yock PG, Linker DT, Angelsen BA. Two-dimensional intravascular ultrasound: technical development and initial clinical experience. J Am Soc Echocardiogr 1989; 2(4):296–304.
9. Engstrom CF, Wiechel KL. Endoluminal ultrasound of the bile ducts. Surg Endosc 1990; 4(4):187–190.
10. Menzel J, Domschke W, Brambs HJ, Frank N, Hatfield A, Nattermann C et al. Miniprobe ultrasonography in the upper gastrointestinal tract: state of the art 1995, and prospects. Endoscopy 1996; 28(6):508–513.
11. Herth F, Becker HD. Endobronchial ultrasound of the airways and the mediastinum. Monaldi Arch Chest Dis 2000; 55(1): 36–44.
12. Herth F, Becker HD, Ernst A. Conventional vs endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration: a randomized trial. Chest 2004; 125(1):322–325.
13. Vilmann P, Krasnik M, Larsen SS, Jacobsen GK, Clementsen P. Transesophageal endoscopic ultrasound-guided fine-needle aspiration (EUS-FNA) and endobronchial ultrasound-guided transbronchial needle aspiration (EBUS-TBNA) biopsy: a combined approach in the evaluation of mediastinal lesions. Endoscopy 2005; 37(9):833–839.
14. Pfau PR, Ginsberg GG, Lew RJ, Faigel DO, Smith DB, Kochman ML. Esophageal dilation for endosonographic evaluation of malignant esophageal strictures is safe and effective. Am J Gastroenterol 2000; 95(10):2813–2815.
15. Wallace MB, Hawes RH, Sahai AV, Van Velse A, Hoffman BJ. Dilation of malignant esophageal stenosis to allow EUS guided fine-needle aspiration: safety and effect on patient management. Gastrointest Endosc 2000; 51(3):309–313.
16. Gress F, Savides T, Cummings O, Sherman S, Lehman G, Zaidi S et al. Radial scanning and linear array endosonography for staging pancreatic cancer: a prospective randomized comparison. Gastrointest Endosc 1997; 45(2):138–142.
17. Kochman ML, Elta GH, Bude R, Nostrant TT, Scheiman JM. Utility of a linear array ultrasound endoscope in the evaluation of suspected pancreatic disease. J Gastrointest Surg 1998;2(3): 217–222.
18. Kohut M, Nowakowska-Dulawa E, Marek T, Kaczor R, Nowak A. Accuracy of linear endoscopic ultrasonography in the evaluation of patients with suspected common bile duct stones. Endoscopy 2002;34(4):299–303.
19. Lachter J, Rubin A, Shiller M, Lavy A, Yasin K, Suissa A et al. Linear EUS for bile duct stones. Gastrointest Endosc 2000; 51(1):51–54.
20. Siemsen M, Svendsen LB, Knigge U, Vilmann P, Jensen F, Rasch L et al. A prospective randomized comparison of curved array and radial echoendoscopy in patients with esophageal cancer. Gastrointest Endosc 2003;58(5):671–676.
21. Matthes K, Bounds BC, Collier K, Gutierrez A, Brugge WR. EUS staging of upper GI malignancies: results of a prospective randomized trial. Gastrointest Endosc 2006;64(4):496–502.
22. Janssen J, Johanns W, Luis W, Greiner L. [Clinical value of endoscopic ultrasound-guided transesophageal fine needle puncture of mediastinal lesions]. Dtsch Med Wochenschr 1998; 123(47):1402–1409.
23. Dietrich CF, Wehrmann T, Hoffmann C, Herrmann G, Caspary WF, Seifert H. Detection of the adrenal glands by endoscopic or transabdominal ultrasound. Endoscopy 1997;29(9):859–864.
24. Janssen J, Greiner L. Examination technique and endosonographic interpretation. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 2001.

Dietrich, Endosonographie (ISBN 9783131456014) @ 2007 Georg Thieme Verlag