

Potenzial von Simulatoren in der Ultraschalldiagnostik

Potential of Simulators in Ultrasound Diagnostics



Prof. Sevgi Tercanli



Prof. Luigi Raio

Korrespondenzadresse

Prof. Sevgi Tercanli
 Praxis, Universitätsspital Basel, Freie Strasse 38, 4001 Basel,
 Switzerland
 Tel.: +41/6 12 60 28 80
 Fax: +41/6 12 60 28 88
 sevgi.tercanli@bluewin.ch

Bibliografie

Ultraschall in Med 2024; 45: 115–117
 DOI 10.1055/a-2249-6915
 ISSN 0172-4614
 © 2024. Thieme. All rights reserved.
 Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,
 70469 Stuttgart, Germany

Künstliche Intelligenz (KI) und Ultraschallsimulatoren werden zunehmend in der medizinischen Bildgebung eingesetzt. Mit dem raschen Einzug der KI und von Phantomen in der Medizin, stellt sich die Frage, welchen Einfluss Sie auf die Ultraschalldiagnostik haben. Fragt man ChatGPT 3.5 nach der Effizienz von Ultraschallsimulatoren kommt u. a. als Antwort, dass Ultraschallsimulatoren in der medizinischen Ausbildung und im Training von Ärztinnen und Ärzten und medizinischem Personal von unschätzbarem Wert sind und dass angehende Mediziner die Grundlagen der Ultraschallbildung erlernen können, ohne dabei echte Patienten zu gefährden oder teure Geräte zu verwenden. Auch wenn dies gegenwärtig etwas übertrieben formuliert scheint, sind die Vorteile von Ultraschallphantomen und einer automatisierten Bildanalyse naheliegend. Ein Schwerpunkt der sogenannten Sonotrainer ist die Anwendung in der Aus- und Weiterbildung von Ärztinnen und Ärzten. Die heute verfügbaren Simulatoren decken bereits verschiedene interdisziplinäre Anwendungsgebiete ab. Dies umfasst sowohl die diagnostische Bildgebung als auch interventionelle Verfahren für Schulungszwecke, Befunderhebung, Messpunktsetzung, Gerätekalibrierung und Qualitätskontrolle. Sog. „Tissue-Mimicking Phantome“ imitieren die akustischen Eigenschaften von menschlichem Gewebe, um Ultraschallbilder zu simulieren. „Needle Insertion Phantome“ unterstützen das Erlernen von ultraschallgesteuerten Eingriffen, wie z. B. einer Amniozentese oder das Biopsieren von Tumoren. „Breast Phantome“ simulieren die Bildgebung von Brustgewebe und dienen der Ausbildung und Weiterbildung in der Mammasonographie. „Geburtshilflich Gynäkologische Ultraschallphantome“ werden auch in der pränatalen Diagnostik und in der Vaginalsonographie zunehmend als Aus- und Weiterbildungstool ebenfalls diskutiert. Vor dem Hintergrund, dass die Weiterbildung angesichts knapper institutioneller, personeller und finanzieller Ressourcen in vielen

Bereichen der Medizin vor grossen Herausforderungen steht, kann die Integration von Ultraschallsimulatoren in die medizinischen Lehrpläne im Studium oder der Weiterbildung von Ärztinnen und Ärzten als Teil eines strukturierten Lernprogramms ergänzend eingesetzt werden. Als Beispiele sind zu nennen der Ultraschallunterricht im Medizinstudium. So zeigte eine Studie aus Lausanne mit 3 stündigem theoretischem und praktischen Inhalten, inkl. FAST/eFAST-Untersuchungen und der Suche nach freier Flüssigkeit an einem Ultraschallsimulator, dass 89 % der Studierenden den Einsatz eines Ultraschallsimulators befürworteten. Es zeigte sich aber auch, dass 53 % der Studierenden sich nach nur 3 Unterrichtsstunden bereits befähigt fühlten, eine Ultraschalluntersuchung des Bauchraums durchführen zu können. Dies stimmte den Autor im Hinblick auf seine Rolle als Lehrenden nachdenklich und zeigt, wie wichtig eine ausgewogene Planung der Kursinhalte und ein kritischer Umgang mit neueren Methoden ist [1]. Als Konsequenz derartiger Erfahrungen sollte berücksichtigt werden, dass neben der Euphorie auch die Komplexität der Sonographie und deren Grenzen am Phantom vermittelt werden müssen.

Auch in der Pränataldiagnostik unterstützen Ultraschallsimulatoren und die KI das Erlernen/Erkennen der normalen Sonoanatomie und der standardisierten Biometrie sowie auch die Darstellung von fetalen Fehlbildungen. Eine Metaanalyse des Instituts für Qualität und Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen (IQWiG) wies eine positive Assoziation zwischen der Qualifikation und Erfahrung des Untersuchers und der Detektionsrate fetaler Anomalien auf [2].

Neuere Studien zeigen, dass ein strukturiertes Lernen am Phantom den Untersuchungsstandard in der Pränataldiagnostik erhöhen und die Messgenauigkeit verbessern können. Ein Training am Simulator erlaubt auch ein schnelleres Erlernen und die Dar-

stellung von Standardebenen fetaler Strukturen, inklusive der fetalen Echocardiographie sowie von fetalen Anomalien [3–5]. Zhao et al. zeigen in einer Multicenterstudie in dieser Ausgabe, dass das simulatorgestützte „obstetric ultrasound competency assessment tool“ (OUCAT) eine gute Reliabilität und Validität bei der Bewertung von Ultraschallfähigkeiten in der Geburtshilfe aufweist und eine Beurteilung der Ultraschallkompetenzen der Untersucher erlaubt. Sie konnten hierbei auch nachweisen, dass die Kompetenz von Experten signifikant besser als die von erfahrenen Auszubildenden war und erfahrene Auszubildenden signifikant besser waren als Anfänger. OUCAT umfasste in dieser Studie immerhin 123 Elemente, von denen 117 deutlich zwischen Anfängern und Experten unterscheiden konnten ($p < 0.05$).

Das in dieser vorliegenden Ausgabe von Seitzinger et al. ebenfalls vorgestellte INVUS-Phantom ermöglicht ein standardisiertes und realistisches Training von ultraschallgestützten Eingriffen. Die Studienteilnehmerinnen und Teilnehmer waren ungeübte ($n = 40$) und erfahrene Ultraschalluntersucher ($n = 41$). Von insgesamt 81 Untersuchern beurteilten 73 Teilnehmende die Visualisierung der Läsionen als realitätsnahe und 86 % (70/81) sprachen dem Phantom zur Erlernung von ultraschallgesteuerten Punktionen eine hohe klinische Bedeutung zu [7].

Im Hinblick auf die Zukunft der Ultraschallgeräte selbst, ist zu erwarten, dass die Auflösung steigen und die Bildqualität verbessert werden wird. KI-Algorithmen werden immer häufiger zur Automatisierung von Bildanalysen führen und vielleicht auch Echtzeit-Unterstützung in der Bildgebung bieten. Zu beachten ist, dass die bislang vielversprechenden Daten retrospektiv erhoben sind und nicht direkt auf die klinische Arbeit übertragen werden können. Neben grösseren Trainingsdatensätzen sind Validierungsstudien anzustreben, die besonders für unerfahrenere Untersucherinnen und Untersucher hilfreich sein können [8].

Dies ist insofern von Relevanz, da z. B. in der pränatalen Diagnostik die Anzahl der diagnostischen Punktionen wie die Choriozottenbiopsien oder Amniozentesen durch Optimierung des nicht-invasiven Screenings nach Trisomien rasant abgenommen haben [9]. Damit können aufgrund der rückläufigen Punktionsraten in der Pränataldiagnostik nicht mehr genügend Ärztinnen und Ärzte die erforderlichen Fallzahlen und damit die Qualifikationen erreichen [9]. Die Phantome zum Training von Biopsien könnten als zusätzliches Modul das Erlernen erleichtern, sollten aber auch hier wissenschaftlich vorab evaluiert werden.

Ultraschallsimulatoren der neueren Generation in Verbindung mit den rasanten Entwicklungen der KI werden die ärztlichen Kernkompetenzen nicht ersetzen aber helfen die Aus- und Weiterbildung besser zu strukturieren und Sie bei Ihrer Tätigkeit besser auf die klinischen Anwendungen vorzubereiten. Ein erster Schritt hierbei wäre z. B. festzulegen, welchen Anteil Ultraschallsimulatoren in den jeweiligen Kursen haben können. Ein Teil der geforderten Ultraschalluntersuchungszahlen könnten am Phantom absolviert werden. Nützlich wäre auch in den Kliniken Arbeitsplätze mit Ultraschallsimulatoren einzurichten, die von den Aus- und Weiterbildenden genutzt werden können. Bereits jetzt erlauben die Simulatoren verschiedene Szenarien zu üben und ein Feedback zu hinterlegen. Damit eröffnen die Sonotrainer neue Perspektiven im Mentoring und für Zertifizierungsprogramme. Der Stellenwert von Ultraschallsimulatoren hängt in der Zukunft

davon ab, wie realistisch der Simulator ist. Realistische Gewebemodelle und Bildgebungsmodule werden die Erreichung von Lernzielen fördern. Begleitend erforderlich ist eine wissenschaftliche Evaluierung der Effizienz und der z. T. hohen Anschaffungskosten im Vergleich zu den klinischen Anforderungen. Da die ärztlichen Aufgaben nicht nur in der diagnostischen Bildgebung und deren klinischer Bewertung liegen, werden in hohem Mass auch kommunikative Kompetenzen von ärztlicher Seite eine weiterhin grössere Rolle spielen, sodass die Simulatoren und KI ärztliche Aufgaben nicht ersetzen, sondern fordern und fördern werden.

Potential of Simulators in Ultrasound Diagnostics

Artificial intelligence (AI) and ultrasound simulators are being used increasingly in medical imaging. With the rapid advent of AI and phantoms in the field of medicine, the question arises as to what influence they have on ultrasound diagnostics. If you ask ChatGPT 3.5 about the efficacy of ultrasound simulators, it will tell you, among other things, that ultrasound simulators are invaluable in medical education and in the training of physicians and medical staff, and that aspiring physicians can learn the basics of ultrasound imaging without jeopardizing the health and well-being of real patients and without the need for expensive equipment. Even though this seems somewhat exaggerated at the moment, the advantages of ultrasound phantoms and automated image analysis are evident. One focus of the so-called “SonoTrainer” is its use in the training and continuing education of physicians. The simulators available today already cover various interdisciplinary fields of application. This includes both diagnostic imaging and interventional procedures for training purposes as well as for diagnosis, setting measurement points, device calibration, and quality control. So-called “tissue-mimicking phantoms” mimic the acoustic properties of human tissue to simulate ultrasound images. “Needle insertion phantoms” support learning of ultrasound-guided procedures, such as amniocentesis or tumor biopsy. “Breast phantoms” simulate breast tissue imaging and are used for training and continuing education in breast sonography. “Obstetric gynecological ultrasound phantoms” are also increasingly being discussed as an education and training tool in prenatal diagnostics and vaginal sonography. In view of the fact that continuing education is facing major challenges in many areas of medicine due to scarce institutional, personnel and financial resources, the integration of ultrasound simulators into the medical curriculum can be used as a complementary part of a structured learning program during medical studies, or for the continuing medical education of physicians. Examples include ultrasound training as part of medical studies. In this context, a study from Lausanne comprising three hours of theoretical and practical content, incl. FAST/eFAST examinations and looking for free fluid on an ultrasound simulator, showed that 89 % of students were in favor of using an ultrasound simulator. It was also shown, however, that 53 % of the students already felt they were competent to perform an ultrasound examination of the abdomen after just three hours of training. This prompted me to reflect on my role as a teacher, and highlighted the importance of balanced planning of course content and the critical use of newer methods [1]. These

experiences have shown how important it is, notwithstanding the excitement about this technology, to also convey the complexity of sonography and the limitations of using a phantom.

In prenatal diagnostics as well, ultrasound simulators and AI support learning and recognition of normal sonoanatomy and standardized biometry, as well as visualization of fetal malformations. A meta-analysis conducted by the German Institute for Quality and Efficiency in Health Care (IQWiG) showed a positive association between the qualifications and experience of the examiner and the detection rate of fetal anomalies [2].

Recent studies show that structured learning using a phantom can raise the standard of ultrasound examination in prenatal diagnostics and improve measurement accuracy. Training on the simulator also enables faster learning and visualization of standard fetal structures, including fetal echocardiography and fetal anomalies [3–5]. In a multicenter study published in this edition, Zhao et al. show that the simulator-based obstetric ultrasound competency assessment tool (OUCAT) has good reliability and validity in assessing ultrasound skills in obstetrics, and can be used to assess the competence of ultrasound examiners. They were also able to demonstrate that the competence of experts was significantly better than that of experienced trainees, and experienced trainees were significantly better than beginners. In this study, the OUCAT comprised 123 elements, 117 of which were able to clearly distinguish between beginners and experts ($p < 0.05$).

The INVUS phantom, also presented in this edition by Seitzinger et al., enables standardized and realistic training in ultrasound-guided procedures. The study participants included inexperienced ($n = 40$) and experienced ultrasound examiners ($n = 41$). Of a total of 81 ultrasound examiners, 73 participants rated the visualization of the lesions as a realistic representation and 86% (70/81) considered the phantom to be of high clinical significance for learning ultrasound-guided puncture procedures [7].

With regard to the future of the ultrasound machines themselves, it is expected that the resolution will increase and the image quality will improve. AI algorithms will increasingly lead to the automation of image analysis, and perhaps also to providing real-time support in imaging. It should be noted that the data collected so far, while promising, is retrospective and cannot be applied directly to clinical work. In addition to larger training datasets, there is a need for validation studies, which may be particularly helpful for inexperienced ultrasound examiners [8].

This is of relevance since, for example, the number of diagnostic puncture procedures, such as chorionic villus sampling or amniocentesis in prenatal diagnostics, has rapidly decreased due to the optimization of non-invasive screening for trisomies [9]. As a consequence of the declining puncture rates in prenatal diagnostics, not enough physicians are handling the number of cases required to become qualified in this technique [9]. The phantoms for biopsy training could potentially facilitate learning as an additional module; however, this should first be scientifically evaluated.

Combined with rapid developments in AI, the newest generation simulators will not replace core medical skills – but they will help to

better structure training and continuing education, and better prepare physicians for clinical applications in their work. For example, a first step would be to determine what proportion of ultrasound simulator training should be included in different courses. Some of the required number of ultrasound examinations could be performed on the phantom. It would also be useful to set up workstations with ultrasound simulators in the clinics that can be used by trainees and for ongoing education. The simulators already enable users to practice various scenarios and obtain feedback. The SonoTrainer thus paves the way for new perspectives in mentoring and for certification programs. The importance of ultrasound simulators in the future will depend on how realistic the simulator is. Realistic tissue models and imaging modules will support the achievement of learning objectives. At the same time, it is necessary to perform a scientific evaluation of the efficacy of this equipment, which can be expensive to purchase, in terms of meeting the clinical requirements. And considering that medical tasks are not limited to diagnostic imaging and clinical evaluation of the images, communication skills will also continue to be a crucial part of the physician's role – accordingly, simulators and AI will not replace medical tasks, but will challenge and promote them.

Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

- [1] Mewly JY. Ultraschallunterricht während des Medizinstudiums: Bilanz nach Ablauf eines Studienjahres in Lausanne, Schweiz. *Ultraschall in Med* 2017; 38: 105–111. doi:10.1055/s-0043-101362
- [2] IQWiG (2008). Ultraschallscreening in der Schwangerschaft: Testgüte hinsichtlich der Entdeckungsrate fetaler Anomalien.
- [3] Staboulidou I, Wstemann M, Vaske B et al. Quality assured ultrasound simulator training for the detection of fetal malformations. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2010. doi:10.3109/00016340903280941
- [4] Steinhart J, Dammene DA, Laser KT et al. Randomised controlled study on the use of systematic simulator-based training for learning the standard heart planes in fetal echocardiography. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2019. doi:10.1002/uog.20497
- [5] Steinhart J, Freundt P, Janzing P et al. Künstliche Intelligenz und Simulation in der Pränatalmedizin – was wir von Maschinen lernen können. *Gynäkologie* 2022; 55: 746–758
- [6] Yongfeng Z, Ping Z, Wenhui Z et al. Validity evidence for simulator-based obstetric ultrasound competency assessment tool: a multi-center study. *Ultraschall in Med* 2023. doi:10.1055/a-2122-6746
- [7] Seitzinger M, Gnatzy F, Kern S et al. Development, evaluation, and overview of standardized training phantoms for abdominal ultrasound-guided interventions. *Ultraschall in Med* 2024. doi:10.1055/a-2242-7074
- [8] Waldner MJ, Strobel D. Ultrasound Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma: Is the Future Defined by Artificial Intelligence? *Ultraschall in Med* 2024; 45: 8–12. doi:10.1055/a-2171-2674
- [9] Merz E, Eiben B, Thode Ch et al. The role of ultrasound in first-trimester screening after the introduction of NIPT as a service of public health insurance – a consensus statement of the Fetal Medicine Foundation (FMF). *Ultraschall in Med* 2023; 44: 600–605