

# Simulation-based education in ultrasound – diagnostic and interventional abdominal focus

## Simulationsbasierte Ausbildung im Ultraschall – Fokus auf der diagnostischen und interventionellen Abdomen-Sonografie



### Authors

Malene Roland Vils Pedersen<sup>1,2</sup>, Mia Louise Østergaard<sup>3</sup>, Leizl Joy Nayahangan<sup>4</sup>, Kristina Rue Nielsen<sup>3</sup>, Claudia Lucius<sup>5</sup>, Christoph F. Dietrich<sup>6</sup>, Michael Bachmann Nielsen<sup>3,7</sup>

### Affiliations

- 1 Department of Radiology, Vejle Hospital – part of Lillebaelt Hospital, Vejle, Denmark
- 2 Department of regional health research, University of Southern Denmark
- 3 Department of Radiology, Copenhagen University Hospital, Rigshospitalet, Denmark
- 4 Copenhagen Academy for Medical Education and Simulation, Center for Human Resources and Education, Copenhagen, Denmark
- 5 Outpatient Department of Gastroenterology, IBD center, Policlinic Helios Klinikum Buch, Berlin, Germany
- 6 Kliniken Hirslanden Bern, Beau Site, Salem und Permanence, Bern, Switzerland
- 7 Department of Clinical Medicine, University of Copenhagen, 2200 Copenhagen, Denmark

### Bibliography

Ultraschall in Med 2024; 45: 348–366

published online March 21, 2024

DOI 10.1055/a-2277-8183

ISSN 0172-4614

© 2024. Thieme. All rights reserved.

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

### ABSTRACT

Simulation-based training (SBT) is increasingly acknowledged worldwide and has become a popular tool for ultrasound education. Ultrasound simulation involves the use of technology and software to create a virtual training setting. Simulation-based training allows healthcare professionals to learn, practice, and improve their ultrasound imaging skills in a safe learning-based environment. SBT can provide a realistic and focused learning experience that creates a deep and immersive understanding of the complexity of ultrasound, including enhancing knowledge and confidence in specific areas of interest. Abdominal ultrasound simulation is a tool to increase patient safety and can be a cost-efficient training method. In this paper, we provide an overview of various types of abdominal ultrasound simulators, and the benefits, and challenges of SBT. We also provide examples of how to develop SBT programs and learning strategies including mastery learning. In conclusion, the growing demand for medical imaging increases the need for healthcare professionals to start using ultrasound simulators in order to keep up with the rising standards.

### LEARNING OBJECTIVES

As a result of reading this article,

- you will obtain basic knowledge of ultrasound simulation.
- you will learn different types of simulation equipment used for abdominal simulation.
- you will learn the principles of developing simulation-based training programs in abdominal ultrasound.
- you will understand the importance and benefits of ultrasound simulation training.

### Introduction

The use of simulation-based training (SBT) in ultrasound has become increasingly popular in recent years. It is an effective tool for healthcare professionals and students to learn ultrasound technology and diagnostic and/or interventional techniques. It provides a safe, stress-reduced, controlled environment for learning and practicing various ultrasound procedures [1–4]. The effect of using simulation based training has been well-documented [5] with several studies demonstrating the sustained effect in clinical performance [6–12]. Research indicates that simulation-based training improves performance [1,

# Simulationsbasierte Ausbildung im Ultraschall – Fokus auf der diagnostischen und interventionellen Abdomen-Sonografie

Simulation-based education in ultrasound – diagnostic and interventional abdominal focus



## Autorinnen/Autoren

Malene Roland Vils Pedersen<sup>1,2</sup><sup>lb</sup>, Mia Louise Østergaard<sup>3</sup>, Leizl Joy Nayahangan<sup>4</sup><sup>lb</sup>, Kristina Rue Nielsen<sup>3</sup>, Claudia Lucius<sup>5</sup><sup>lb</sup>, Christoph F. Dietrich<sup>6</sup><sup>lb</sup>, Michael Bachmann Nielsen<sup>3,7</sup><sup>lb</sup>

## Institute

- 1 Department of Radiology, Vejle Hospital – part of Lillebaelt Hospital, Vejle, Denmark
- 2 Department of regional health research, University of Southern Denmark
- 3 Department of Radiology, Copenhagen University Hospital, Rigshospitalet, Denmark
- 4 Copenhagen Academy for Medical Education and Simulation, Center for Human Resources and Education, Copenhagen, Denmark
- 5 Outpatient Department of Gastroenterology, IBD center, Policlinic Helios Klinikum Buch, Berlin, Germany
- 6 Kliniken Hirslanden Bern, Beau Site, Salem und Permanence, Bern, Switzerland
- 7 Department of Clinical Medicine, University of Copenhagen, 2200 Copenhagen, Denmark

## Bibliografie

Ultraschall in Med 2024; 45: 348–366

published online March 21, 2024

DOI 10.1055/a-2277-8183

ISSN 0172-4614

© 2024. Thieme. All rights reserved.

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

## ZUSAMMENFASSUNG

Simulationsbasiertes Training (SBT) erfreut sich weltweit immer größerer Anerkennung und ist zu einem beliebten Instrument in der Ultraschall-Ausbildung geworden. Bei der Ultraschall-Simulation werden Technologie und Software eingesetzt, um eine virtuelle Trainingsumgebung zu schaffen. Das simulationsbasierte Training ermöglicht dem Mediziner das Erlernen, Üben und Verbessern seiner Fähigkeiten im Umgang mit Ultraschall in einer sicheren Lernumgebung. SBT kann eine realistische und zielgerichtete Lernerfahrung bieten, die ein tiefes und umfassendes Verständnis für die Komplexität einer Ultraschall-Untersuchung schafft und die Kenntnisse und das Vertrauen in ein bestimmtes Interessengebiet verbessert. Die abdominale Ultraschall-Simulation ist ein Instrument zur Erhöhung der Patientensicherheit und kann eine kosteneffiziente Ausbildungsmethode sein. In diesem Beitrag geben wir einen Überblick über verschiedene Simulator-typen im Bereich des abdominalen Ultraschalls sowie über die Vorteile und Herausforderungen der SBT. Darüber hinaus stellen wir Beispiele für die Entwicklung von SBT-Programmen und Lernstrategien einschließlich des Mastery Learning vor. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass durch die steigende Nachfrage nach medizinischer Bildgebung die Notwendigkeit für den Einsatz von Ultraschall-Simulatoren für Mediziner gegeben ist, um mit den steigenden Standards Schritt zu halten.

## LERNZIELE

Durch die Lektüre dieses Artikels

- erwerben Sie Grundkenntnisse der Ultraschall-Simulation,
- lernen Sie verschiedene Geräteausstattungen kennen, die für die abdominale Simulation verwendet werden,
- lernen Sie die Grundsätze der Entwicklung simulationsbasierter Ausbildungsprogramme für den abdominalen Ultraschall kennen,

- werden Sie die Bedeutung und die Vorteile des Ultraschall-Simulationstrainings verstehen.

## Einführung

In den letzten Jahren hat das simulationsbasierte Training (SBT) im Bereich Ultraschall zunehmend an Bedeutung gewonnen. Es ist für Mediziner und Studierende ein wirksames Instrument, um die Anwendung der Ultraschall-technologie sowie Diagnose- und/oder Interventionstech-

Knobology/image optimization	Image interpretation	Learning objectives
<input type="checkbox"/> Select gain, focus, depth	<input type="checkbox"/> Systematic examination	<input type="checkbox"/> To learn how to prioritize
<input type="checkbox"/> Freeze button	<input type="checkbox"/> Perform relevant measurements	<input type="checkbox"/> To interact with patients
<input type="checkbox"/> Turn the machine on/off	<input type="checkbox"/> Special features e.g., color doppler	<input type="checkbox"/> To perform investigations within a time limit
<input type="checkbox"/> Insert image markings	<input type="checkbox"/> Understand indication	<input type="checkbox"/> To learn precision procedures e.g. biopsy
<input type="checkbox"/> Capture image	<input type="checkbox"/> Recognise anatomy	<input type="checkbox"/> To obtain an systematic approach
<input type="checkbox"/> Cine-loop	<input type="checkbox"/> Documentation of examination	<input type="checkbox"/> To learn diagnostics
<input type="checkbox"/> Choice of frequency (MHz)	<input type="checkbox"/> Recognise image pattern	<input type="checkbox"/> To be aware of personal pitfalls
<input type="checkbox"/> Transducer pressure	<input type="checkbox"/> Communicate findings	<input type="checkbox"/> To become confident with difficult procedures

► **Fig. 1** Abdominal ultrasound simulators.

► **Abb. 1** Abdominal-Ultraschall-Simulatoren.

13–15] and is regarded as a useful complement to learning and developing skills [16]. In medical departments with a high number of learners, simulation-based training also has the potential to reduce the pressure from daily clinical supervised training. SBT in ultrasound can provide basic skills and competences, giving learners a more advanced level of proficiency when starting clinical training.

Ultrasound simulation covers a broad range of opportunities and is currently available for educational support in many clinical skill laboratories in university hospitals [17]. SBT can be used for all levels of healthcare education [2, 18] allowing healthcare professionals to gain confidence and most importantly achieve basic skills and competences prior to performing procedures on patients [19, 20]. Ultrasound simulation serves as an adjunct to the traditional educational approach of “see one – do one, teach one” [21]. This apprenticeship training is a widely used method to learn new skills and usually involves a learner working alongside an experienced educator. This is an effective method but can be compromised by a lack of basic skills or knowledge in learners or if clinical training is rushed by busy clinical schedules or limited time. Apprenticeship training and ultrasound simulation are two valuable approaches and by combining these two, clinical skills laboratories can provide a comprehensive training program. For inspiration and knowledge about specific simulators, Østergaard et al. compare the four most used abdominal simulators [1].

A structured simulation-based curriculum ensures that all learners achieve the same basic knowledge, skills, and competencies. Finally, it is crucial that simulation-based training ends with evaluation of competencies using assessment instruments with validity evidence.

## Simulation in abdominal ultrasound

Abdominal ultrasound simulators are widely used and can provide information about abdominal anatomy, pathology, organs, diagnostic education, knobology, transducer placement, and training in interventional procedures such as catheter placements, needle biopsy, and invasive procedures (► **Fig. 1**).

A simulator offers unlimited time for practice and includes time to study, reflect, or find additional information that learners may need to supplement their learning outcomes. It is a major advantage that simulators allow learners to make mistakes without any real consequences [22] or harm to patients. Furthermore, learners can study at their own pace and have the freedom to ask questions and make mistakes without being judged [22]. Textbox 1 shows the considerations when starting an SBT course.

niken zu erlernen. Es bietet eine sichere, stressreduzierte und kontrollierte Umgebung zum Erlernen und Einüben verschiedener Ultraschallverfahren [1–4]. Die Wirkung des simulationsbasierten Trainings ist gut dokumentiert [5]. Mehrere Studien haben einen nachhaltigen Effekt auf die klinische Leistung nachgewiesen [6–12]. Die Forschung zeigt, dass simulationsbasiertes Training die Leistung verbessert [1, 13–15] und dass es als nützliche Ergänzung für das Lernen und die Entwicklung von Fähigkeiten angesehen wird [16]. In medizinischen Abteilungen mit einer hohen Anzahl von Lernenden kann die simulationsbasierte Ausbildung auch dazu beitragen, den Druck der täglichen klinischen Ausbildung unter Supervision zu verringern. SBT im Ultraschall kann die grundlegenden Fertigkeiten und Kompetenzen vermitteln, sodass die Lernenden schon zu Beginn der klinischen Ausbildung über fortgeschrittenere Kenntnisse verfügen.

Die Ultraschall-Simulation deckt ein breites Spektrum an Möglichkeiten ab und ist derzeit in vielen klinischen Labors in Universitätskliniken zur Unterstützung der Ausbildung verfügbar [17]. SBT kann auf allen Ebenen der medizinischen Ausbildung eingesetzt werden [2, 18] und ermöglicht den Ärzten, Vertrauen zu gewinnen und vor allem grundlegende Fähigkeiten und Kompetenzen zu erwerben, bevor sie Eingriffe am Patienten vornehmen [19, 20]. Die Ultraschall-Simulation dient als Ergänzung zur traditionellen Didaktik des „See one, do one, teach one“ [21]. Dieses Ausbildungskonzept in der Medizin ist eine weitverbreitete Methode zum Erlernen neuer Fertigkeiten, bei der ein Lernender normalerweise mit einem erfahrenen Ausbilder zusammenarbeitet. Es handelt sich dabei um eine effektive Methode, die jedoch beeinträchtigt wird, wenn grundlegende Kenntnisse oder Fähigkeiten der Lernenden fehlen oder wenn die klinische Ausbildung durch einen vollen Terminkalender oder Zeitmangel gefährdet wird. Die medizinische Ausbildung und die Ultraschall-Simulation sind 2 wertvolle Ansätze, und durch die Kombination dieser beiden Methoden können die Ausbildungsstätten ein umfassendes Schulungsprogramm entwickeln. Østergaard et al. verglichen die 4 meistverwendeten Abdominal-Simulatoren [1] mit dem Ziel, Anregungen und Kenntnisse über diese Simulatoren zu erhalten.

Ein strukturierter simulationsbasierter Lehrplan stellt sicher, dass alle Lernenden dieselben grundlegenden Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen erwerben. Schließlich ist es von entscheidender Bedeutung, dass die simulationsbasierte Ausbildung mit einer Beurteilung der Kompetenzen durch valide Bewertungsinstrumente abgeschlossen wird.

## Simulation im abdominalen Ultraschall

Abdominal-Ultraschall-Simulatoren sind weitverbreitet und können Informationen liefern über die Anatomie des Abdomens, die Pathologie, die Organe, die diagnostische Ausbildung, die Knobologie, die Platzierung von Schallköpfen und die Schulung von Interventionen, wie dem Legen von Kathetern, Nadelbiopsien und invasiven Verfahren (► **Abb. 1**).

Ein Simulator bietet unbegrenzte Übungszeit sowie ausreichend Zeit, um zu lernen, zu reflektieren oder um zusätzliche Informationen zu erhalten, die die Lernenden ergänzend zu ihren Lernergebnissen benötigen. Es ist ein großer Vorteil, dass die Simulatoren den Lernenden erlauben, Fehler zu machen, ohne dass dies reale Konsequenzen hat [22] oder den Patienten schadet. Außerdem können die Lernenden in ihrem eigenen Tempo arbeiten und Fragen stellen oder Fehler machen, ohne beurteilt zu werden [22]. Der Kasten 1 zeigt, welche Überlegungen vor Einführung eines SBT-Kurses anzustellen sind.

### TEXTKASTEN 1

Überlegungen, die vor der Einrichtung eines simulationsbasierten Kurses angestellt werden sollten.

- Definieren Sie den Schulungsbedarf, die Zielgruppe und den Lehrplan.
- Finden Sie den Ultraschall-Simulator, der für Ihren Zweck am besten geeignet ist.
- Verfügt der Simulator über einen vordefinierten Kurs zu diesem Thema?
- Können Sie im Simulator Ihren eigenen Kurs erstellen?
- Schätzen Sie die Zeit ab, die zum Üben benötigt wird, z. B. die Anzahl der Stunden/Tage oder, falls möglich, eine individuelle Lernzeit, die zum Erlernen des Curriculums benötigt wird.
- Können sich die Lernenden nach einer kurzen Einführung selbst weiterbilden, oder ist eine Schulung unter Supervision erforderlich?
- Erstellen (oder verwenden) Sie einen Test mit Validitätsnachweis zur Bewertung der erworbenen Fähigkeiten.

## Verfügbare abdominale Ultraschall-Simulatoren

Die Wahl des Simulatormodells hängt von einer Kombination aus bestehenden Lehrplänen und den Voraussetzungen der Lernenden, den Ressourcen und den Lernzielen des Kurses ab. Einige Simulatoren eignen sich besser für das Lernen in einer Gruppe, während andere isoliertes Lernen und praktisches Üben beinhalten [23–25]. Eine

**TEXTBOX 1**

Considerations to be made prior to setting up a simulation-based course.

- Define the training needs, the target group, and the curriculum.
- Find the ultrasound simulator that best fits the purpose.
- Does the simulator have a predefined course on the topic?
- Are you able to create your own course in the simulator?
- Estimate the time needed to practice, for example, the number of hours/days or, if possible, an individual learning period needed to learn the curriculum.
- Can learners “self-train” after a short introduction or is more supervised training needed?
- Create (or use) a test with validity evidence to evaluate the obtained skills.

## Available abdominal ultrasound simulators

The choice of simulator model depends on a combination of existing curricula and the learners' requirements, resources, and course learning objectives. Some types are better suited for group learning, while others may involve isolated learning and practice [23–25]. An overview is presented in ► **Table 1**. It is important to recognize that simulators have a broad range of fidelity and usability variations [2] meaning that one type of model may not be suitable for all. We focus on two main types (simple physical phantoms and computer-based), each with their own advantages and limitations.

### Simple physical phantom ultrasound simulation

Physical ultrasound phantoms [26–28] are a common type of phantom and are designed to reflect human tissue. These phantoms may contain anatomical components like blood vessels and organs, with some models simulating pathologies, for example, a tumor and/or cysts. They are also useful for demonstrating anatomy and/or pathology.

► **Table 1** Available types of ultrasound simulators.

Types of ultrasound simulators	Real ultrasound machines and phantoms
	PC, tablet, or phones
	Virtual simulators/virtual reality
	Augmented reality
	Mock scanners/transducers
	Animal models

Physical phantoms are obtainable in different sizes, shapes, and complexity depending on their intended use. Phantoms with a high complexity level will typically be custom-made for a specific purpose and can be expensive to purchase. However, physical ultrasound phantoms may be limited in their ability to simulate physiological motion. Ultrasound phantoms have a limited number of pathologies and are therefore often used for point-of-care ultrasound (POCUS) training, as they focus on specific pathologies. ► **Fig. 2** shows a training simulation situation on an abdominal simulator, while ► **Fig. 3** shows an example of an ultrasound simulation setup.

### Computed-based ultrasound simulators

Computer-based ultrasound simulators are software programs that simulate the ultrasound imaging process by generating ultrasound images based on user input such as imaging process and acquisition [29]. Computer-based simulation will typically be based on virtual patients and the ultrasound images are generated based on the learner's input from transducer movement, pressure, and angle. Some computer-based simulators have incorporated feedback. One drawback is the lack of physical simulation compared to physical phantoms, e. g., learners will not experience how breathing or coughing affects image quality, what amount of gel is appropriate to apply to the probe, and how to avoid and interpret imaging artifacts.

Computed-based ultrasound simulators may include online interactive models or applications (apps), virtual reality, tablets, phones, keyboard, and mouse, mock scanners, multiple choice tests and games [19, 30].

Hybrid virtual reality simulators are widely used and are a combination of physical and computer-based simulation [2, 3]. They combine the software program with a mannequin, e. g., using a magnetic field for synchronizing the hand movement to generate the corresponding ultrasound image. Virtual reality offers a realistic simulation environment, where learners can practice the scan procedure, image interpretation, and patient collaboration. Some virtual reality systems have incorporated instant feedback to learners, e. g., transducer angulation or pressure. An advantage of both the computer-based and the hybrid ultrasound simulators is that they often have a larger case curriculum including anatomy and various pathologies [2]. Textbox 2 provides key points for setting up an SBT course.



► **Tab. 1** Verfügbare Typen von Ultraschall-Simulatoren.

Ultraschall-Simulator-Typen	Echte Ultraschallgeräte und Phantome
	Apps für PC, Tablets oder Smartphones
	Virtuelle Simulatoren/virtuelle Realität
	Augmented-Reality
	Scanner-/Schallkopf-Attrappen
	Tiermodelle

Übersicht ist in ► **Tab. 1** dargestellt. Es ist wichtig zu erkennen, dass verschiedene Simulator Typen sehr variabel sind, was die Realitätsnähe und Benutzerfreundlichkeit angeht [2]. Das bedeutet, dass ein bestimmter Modelltyp nicht für alle geeignet ist. Wir konzentrieren uns auf 2 Haupttypen (einfache physikalische Phantome und computerbasierte Modelle) mit ihren jeweiligen Vorteilen und Einschränkungen.

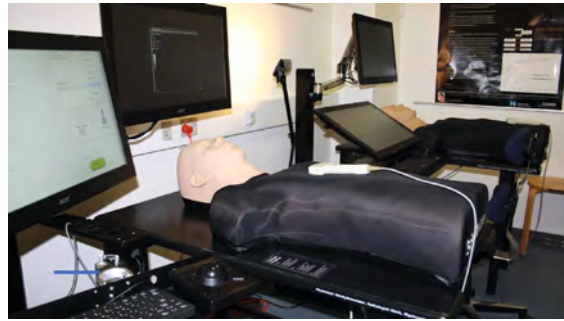
### Ultraschall-Simulation mit einfachen physikalischen Phantomen

Diese Ultraschall-Phantome [26–28] werden häufig eingesetzt und sollen die physikalischen Eigenschaften menschlichen Gewebes widerspiegeln. Die Phantome können anatomische Komponenten wie Blutgefäße und Organe enthalten, wobei einige Modelle Pathologien, wie z. B. einen Tumor und/oder Zysten simulieren. Sie sind auch für die Demonstration der Anatomie und/oder in der Pathologie nützlich.

Physikalische Phantome sind je nach Verwendungszweck in verschiedenen Größen, Formen und Komplexitäten erhältlich. Phantome mit hohem Komplexitätsgrad werden in der Regel speziell für einen bestimmten Zweck angefertigt und können teuer in der Anschaffung sein. Physikalische Ultraschall-Phantome können jedoch hinsichtlich ihrer Fähigkeit, physiologische Bewegungen zu simulieren, eingeschränkt sein. Ultraschall-Phantome haben eine begrenzte Anzahl von Pathologien und werden daher häufig für die Ausbildung im Point-of-Care-Ultraschall (POCUS) verwendet, da sie sich auf spezifische Pathologien konzentrieren. In ► **Abb. 2** ist eine Trainingssituation an einem abdominalen Simulator dargestellt, während ► **Abb. 3** ein Beispiel für eine Ultraschall-Simulation zeigt.

### Computerbasierte Ultraschall-Simulatoren

Computerbasierte Ultraschall-Simulatoren sind Softwareprogramme, die eine Ultraschall-Bildgebung simulieren, indem sie Ultraschallbilder auf Grundlage von Benutzerangaben, wie Bildgebungsprozess und -aufnahme, er-



► **Fig. 2** Example of a training simulation situation.

► **Abb. 2** Beispiel für eine Trainingssituation.

zeugen [29]. Die computerbasierte Simulation beruht meist auf virtuellen Patienten, und die Ultraschallbilder werden auf Grundlage der Eingaben des Lernenden durch Bewegung, Druck und Winkel des Schallkopfs erzeugt. Einige computergestützte Simulatoren haben ein Feedback integriert. Ein Nachteil ist die fehlende physikalische Stimulation im Vergleich zu den einfachen physikalischen Phantomen: Z. B. erfahren die Lernenden nicht, wie sich Atmung oder Husten auf die Bildqualität auswirken, welche Gel-Menge auf die Sonde aufgetragen werden sollte und wie Bildgebungsartefakte vermieden und interpretiert werden können.

Computerbasierte Ultraschall-Simulatoren können interaktive Online-Modelle oder -Anwendungen (Apps), virtuelle Realität, Tablets, Smartphones, Tastatur und Maus, Scanner-Attrappen, Multiple-Choice-Tests oder Spiele umfassen [19, 30].

Hybride Virtual-Reality-Simulatoren sind weitverbreitet und stellen eine Kombination aus physikalischer und computerbasierter Simulation dar [2, 3]. Sie kombinieren das Softwareprogramm mit einer Puppe, z. B. unter Verwendung eines Magnetfelds zur Synchronisierung der Handbewegung, um das entsprechende Ultraschallbild zu erzeugen. Die virtuelle Realität bietet eine realistische Simulationsumgebung, in der die Lernenden das Scanverfahren, die Bildinterpretation und die Zusammenarbeit mit dem Patienten üben können. Einige Virtual-Reality-Systeme haben ein sofortiges Feedback für Lernende eingebaut, z. B. bei der Winkelung oder dem Druck des Schallkopfs. Ein Vorteil sowohl der computerbasierten als auch der hybriden Ultraschall-Simulatoren besteht darin, dass sie oft eine größere Auswahl an Fällen zur Anatomie und zu den verschiedenen Pathologien im Lehrplan bieten [2]. In Kasten 2 sind die wichtigsten Punkte für die Einrichtung eines SBT-Kurses aufgeführt.



► **Fig. 3** Simulation setup examples.

► **Abb. 3** Beispiele für den Simulationsaufbau.

#### TEXTBOX 2

Key points for setting up a simulation-based ultrasound training course.

- Familiarization with the software. Before starting, it is important to be acquainted with the software and how to navigate the interface.
- Practice transducer placement. Transducer navigation is key to learning ultrasound. The simulation can be used to practice placement and orientation of the transducer.
- Understand how to adjust the settings. Use the simulation to adjust key settings, e. g., gain, depth, transducer frequency, to get a profound understanding of how settings can affect the image and to learn how to obtain optimal image quality.
- Compare normal and abnormal findings. Simulation training can include the possibility of comparing normal to abnormal images. Learners will learn to recognize pathology and/or image artifacts.
- Focus on speed without compromising accuracy. Learning ultrasound also includes workload training. Training may include completing a scan within a time limit without compromising diagnostic accuracy.
- Prepare supplement academic education. Ultrasound simulation training systems can help improve both practical and academic ultrasound skills. Start planning further advancement after ending simulation training to identify blind spots. This may include online courses, webinars, textbooks, etc.

## Development of a simulation-based program in abdominal ultrasound

Effective training is a challenge and requires careful planning, preparation, and systematic implementation [31]. To develop effective simulation-based training programs for abdominal ultrasound simulation, we propose following a structured approach such as the 6-step curriculum development model by Kern et al. [32]. We modified this model based on previous educational papers [16], providing a step-by-step guide that will help educators to develop an ultrasound simulation-based program in 6 steps.

### Step 1: Perform a general needs assessment.

The needs assessment process is essential for identifying the training needs of your learners, which in return, helps you to develop a tailored simulation-based curriculum. This approach ensures that the training program effectively caters to the specific needs of the learners.

### Step 2: Identifying your target group and setting (targeted needs assessment).

Develop your simulation-based training programs based on who your learners are and what level they are at.

### Step 3: Identify learning goals and objectives and how to measure learning outcomes.

Determine what you want to achieve with the simulation-training program, for example, to learn basic ultrasound knowledge, improve technical imaging skills, or to learn how to identify pathologies. Plan how to measure that the learning goals are met. Assessment instruments with

## TEXTKASTEN 2

Schwerpunkte für die Einrichtung eines Kurses in der simulationsbasierten Ultraschall-Schulung.

- Einarbeitung in die Software. Bevor Sie beginnen, sollten Sie sich mit der Software vertraut machen und wissen, wie Sie sich auf der Benutzeroberfläche bewegen.
- Üben Sie die Platzierung des Schallkopfs. Die Navigation des Schallkopfs ist der Schlüssel zum Erlernen der Ultraschall-Untersuchung. Die Simulation kann zum Üben der Platzierung und zur Ausrichtung des Schallkopfs verwendet werden.
- Erlangen Sie ein Verständnis darüber, wie man die Einstellungen anpasst. Nutzen Sie die Simulation, um wichtige Einstellungen, wie z. B. Gain, Depth und die Schallkopf-Frequenz anzupassen, um zu verstehen, wie sich die Einstellungen auf das Bild auswirken können, und um zu lernen, wie Sie eine optimale Bildqualität erzielen.
- Vergleichen Sie normale und auffällige Befunde. Das Simulationstraining bietet die Möglichkeit, „normale“ mit auffälligen Bildern zu vergleichen. Die Lernenden werden lernen, Pathologien und/oder Bildartefakte zu erkennen.
- Konzentrieren Sie sich auf die Geschwindigkeit, ohne die Genauigkeit zu vernachlässigen. Zur Ultraschall-Ausbildung gehört auch das Üben hinsichtlich der Arbeitsbelastung. Das Training kann beinhalten, dass eine Untersuchung innerhalb eines bestimmten Zeitlimits durchgeführt wird, ohne die diagnostische Genauigkeit zu beeinträchtigen.
- Bereiten Sie die ergänzende akademische Ausbildung vor. Ultraschall-Simulationstrainingssysteme können dazu beitragen, sowohl praktische als auch theoretische Ultraschall-Kenntnisse zu verbessern. Beginnen Sie nach Beendigung des Simulationstrainings mit der Planung der weiteren Fortbildung, um Schwachpunkte zu erkennen. Dies beinhaltet auch Online-Kurse, Webinare, Lehrbücher usw.

## Entwicklung eines simulationsbasierten Programms im abdominalen Ultraschall

Eine effektive Ausbildung ist eine Herausforderung und erfordert sorgfältige Planung, Vorbereitung und systematische Durchführung [31]. Für die Entwicklung wirksamer simulationsbasierter Trainingsprogramme in der abdominalen Ultraschall-Simulation schlagen wir einen strukturierten Ansatz vor, wie z. B. das 6-stufige Curriculum-Entwicklungsmodell von Kern et al. [32]. Wir haben dieses Modell auf der Grundlage früherer didaktischer Arbeiten modifiziert [16] und bieten eine Schritt-für-Schritt-Anlei-

tung, die den Ausbildern hilft, ein auf Ultraschall-Simulation basierendes Programm in 6 Schritten zu entwickeln.

**Schritt 1.** Führen Sie eine allgemeine Bedarfsanalyse durch. Der Prozess der Bedarfsermittlung ist wichtig, um den Schulungsbedarf Ihrer Lernenden zu ermitteln, was wiederum die Entwicklung eines maßgeschneiderten simulationsbasierten Curriculums ermöglicht. Dieser Ansatz gewährleistet, dass das Schulungsprogramm tatsächlich auf die spezifischen Bedürfnisse der Lernenden zugeschnitten ist.

**Schritt 2.** Identifizieren Sie die Zielgruppe und das Umfeld (gezielte Bedarfsanalyse).

Entwickeln Sie Ihre simulationsbasierten Schulungsprogramme auf der Grundlage der Teilnehmer und deren jeweiligem Niveau.

**Schritt 3.** Legen Sie Lernziele fest und bestimmen Sie, wie die Lernzielkontrolle erfolgen soll.

Legen Sie fest, was Sie mit dem Simulationstrainingsprogramm erreichen wollen: z. B. das Erlernen grundlegender Ultraschall-Knobologie, die Verbesserung technischer Bildgebungsfähigkeiten oder das Erkennen von Pathologien. Planen Sie, wie Sie eine Lernziel-Kontrolle durchführen können. Für einige der Ultraschall-Verfahren werden Beurteilungsinstrumente mit Validitätsnachweis empfohlen und sind bereits verfügbar [16, 33].

**Schritt 4.** Bestimmen Sie den geeigneten Simulatortyp und die Schulungsstrategien.

Im Handel sind viele Ultraschall-Simulatoren erhältlich, und jeder Typ hat Vor- und Nachteile. Es ist wichtig, einen Simulator zu finden, der Ihren Lernzielen und -vorgaben entspricht. Der Lehrplan könnte eine Kombination aus Schulungs- und Praxiseinheiten umfassen, die sich auf bestimmte Aufgaben, Fähigkeiten, Verfahren und Levels konzentrieren.

**Schritt 5.** Implementierung des Programms.

Führen Sie das Programm nach einem strukturierten Ansatz durch. Eine sorgfältige Planung des Implementierungsprozesses ist der Schlüssel zu einem erfolgreichen Schulungsprogramm. Beziehen Sie relevante Interessengruppen in die Planung der Implementierung ein, um die Akzeptanz und den Durchbruch zu erhöhen. Stellen Sie sicher, dass die für die Durchführung des Simulationsprogramms erforderlichen Ressourcen ermittelt werden, z. B. die Einstellung und Ausbildung von Lehrkräften.

**Schritt 6.** Evaluieren Sie das Programm kontinuierlich. Bewerten Sie die Wirksamkeit des Schulungsprogramms und nehmen Sie laufend Anpassungen vor. Hören Sie sich das Feedback von Lehrenden und Lernenden an.



validity evidence are recommended and are available for some of the ultrasound procedures [16, 33].

**Step 4:** Determine the appropriate type of simulator and educational strategies.

Many ultrasound simulators are available commercially and each type has pros and cons. It is important to find one that meets your learning goals and objectives. The curriculum could include a combination of educational and hands-on training sessions that focus on specific tasks, skills, procedures, and levels.

**Step 5:** Implementation of the program.

Implement the program following a structured approach. Careful planning of the implementation process is key to a successful training program. Involve relevant stakeholders when planning for implementation to increase buy-in and penetration. Ensure that the resources needed to run the simulation program are identified, e. g., hiring and training faculty members.

**Step 6:** Evaluate the program continuously.

Evaluate the effectiveness of the training program and make ongoing adjustments. Listen to feedback provided by educators and learners.

## Simulation-based assessment

Simulation provides a safe environment, not only for training but also for assessment. Simulation-based assessment offers an alternative to more traditional clinical tests, such as objective structured clinical examination (OSCE) or direct observational of procedural skills (DOPS). During an OSCE, learners are given a series of stations to complete, each with a defined task related to a particular skill, and subsequently with performance assessment. DOPS requires continuous supervision of learners including a feedback loop on performance. Simulation-based assessment can provide assurance that learners have obtained basic competencies within the given curriculum and are ready to progress to next level. Overall, ultrasound simulation assessment provides an efficient, targeted, and safe method for skill evaluation.

## Mastery learning

Assessment of skills can vary between theoretical, practical, and a combination of the two.

Simulation-based training and tests can be a way of implementing mastery learning where the educational goal is a preset skill level [34, 35].

The method lets learners use variable time, learning patterns, and scanning volumes in pursuit of the preset skill-level. This is assured by a final validated test. Mastery learning could complement, and possibly relieve, the educational skill measurements of time or “number of scans”, as these measurements do not necessarily correlate well with actual competency levels [36]. A simulation-based test is also suitable for continued measurement, which is useful to spot poor performers or educational stagnation.

In combination with academic and clinical knowledge assessments, the educator can evaluate the learners’ skills. It is important that the test can assess participants and divide them into categories, e. g., novice, intermediates, and expert level [37]. Assessment can include MCQ including knowledge of sonoanatomic structures, technical knowledge, and pathology knowledge [37] and may include a pass/fail score [37, 38]. Individual feedback or a checklist may also be an integrated part of the assessment. ▶ **Fig. 4** shows an illustration of a learning curve.

## Benefits and challenges of abdominal simulation

Ultrasound simulation offer a range of benefits and challenges for medical professionals. An example of a benefit is the “as low as reasonably achievable (ALARA) principle”, and SBT offers a method where learners don’t need to take this into account. With a tailored simulation-based training program, learners have the opportunity to fully immerse themselves, resulting in an effective learning outcome and experience. Learning requires devotion and dedication, this is also true for SBT which can be hindered by, e. g., limited time, expiration of a software license, or limited access to the simulator. Furthermore, there is always a risk of skills diminishing over time [39], and learners who receive SBT typically obtain higher assessment scores [6, 40], highlighting the invaluable role of ultrasound simulation. However, knowledge on maintaining required skills is not uniform and more research is needed [41]. While the benefits are clear, maintaining the simulator system and educators’ competencies requires ongoing resources and focus. ▶ **Table 2** provides an overview of the benefits and challenges of abdominal ultrasound simulation training [42, 43]. Text-box 3 provides an example of an SBT course.

## Simulationsbasierte Bewertung

Die Simulation bietet ein sicheres Umfeld – nicht nur für die Ausbildung, sondern auch für die Beurteilung. Die simulationsbasierte Bewertung bietet eine Alternative zu traditionelleren klinischen Tests wie die OSCE (Objective Structured Clinical Examination) oder DOPS (Direct Observation of Procedural Skills). Bei einer OSCE müssen die Lernenden eine Reihe von Stationen absolvieren, die jeweils eine bestimmte Aufgabe im Zusammenhang mit einer bestimmten Fertigkeit enthalten, und anschließend wird die Leistung bewertet. DOPS erfordert eine kontinuierliche Überwachung der Lernenden, einschließlich einer Feedbackschleife zur Leistung. Die simulationsbasierte Bewertung kann sicherstellen, dass die Lernenden die grundlegenden Kompetenzen im Rahmen des vorgegebenen Curriculums erworben haben und bereit sind, die nächste Stufe zu erreichen. Insgesamt bietet die Beurteilung mittels der Ultraschall-Simulationen eine effiziente, gezielte und sichere Methode zur Bewertung von Fähigkeiten.

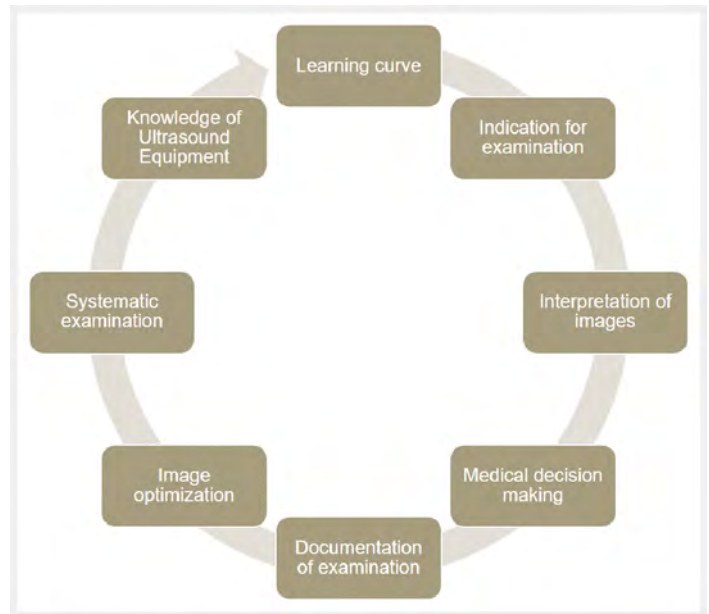
## Mastery Learning

Die Bewertung der Fähigkeiten kann theoretisch, praktisch oder in einer Kombination aus beidem erfolgen.

Simulationsbasiertes Training und Tests können eine Möglichkeit sein, um Mastery Learning zu implementieren, wenn das Lernziel ein zuvor festgelegtes Kompetenzniveau ist [34, 35].

Die Methode ermöglicht es den Lernenden, die Zeit, die Lernmuster und das Scanvolumen zu variieren, um das zuvor festgelegte Kompetenzniveau zu erreichen. Dies wird durch einen abschließenden validierten Test sichergestellt. Mastery Learning könnte die Messungen der Lernkompetenzen in Form von Zeit oder „Anzahl der Scans“ ergänzen und möglicherweise ablösen, da diese Messungen nicht unbedingt gut mit den tatsächlichen Kompetenzniveaus korrelieren [36]. Ein simulationsbasierter Test eignet sich auch für eine kontinuierliche Messung, die nützlich ist, um schlechte Leistungen oder eine Stagnation in der Ausbildung zu erkennen.

In Kombination mit der Bewertung der theoretischen und klinischen Kenntnisse kann der Ausbilder die Fähigkeiten der Lernenden bewerten. Es ist wichtig, dass der Test die Teilnehmer beurteilen und kategorisieren kann, z. B. in Anfänger, Fortgeschrittene und Experten [37]. Die Beurteilung kann in Form von MCQs (Multiple Choice Questions) zum Kenntnisstand über sonoanatomische Strukturen, technisches Wissen und pathologische Kenntnisse abgebildet werden [37] und eine Pass/Fail-Bewertung einschließen [37, 38]. Individuelles Feedback oder Checklisten kön-



► **Fig. 4** Example of a learning curve.

► **Abb. 4** Beispiel für eine Lernkurve.

nen auch ein integrierter Bestandteil der Bewertung sein.

► **Abb. 4** zeigt die Illustration einer Lernkurve.

## Vorteile und Herausforderungen der abdominalen Simulation

Ultraschall-Simulationen bieten eine Reihe von Vorteilen und Herausforderungen für Mediziner. Ein Vorteil des STB ist z. B., dass das „ALARA-Prinzip“ (As Low As Reasonably Achievable) von den Lernenden nicht berücksichtigt werden muss. Mit einem maßgeschneiderten simulationsbasierten Trainingsprogramm haben die Lernenden die Möglichkeit, sich voll und ganz auf das Thema einzulassen, was zu einem effektiven Lernergebnis und -erlebnis führt. Lernen erfordert Hingabe und Engagement – auch im SBT. Das kann z. B. durch zeitliche Begrenzung, das Auslaufen der Softwarelizenz oder einen begrenzten Zugang zum Simulator behindert werden. Außerdem besteht immer die Gefahr, dass die Fähigkeiten im Laufe der Zeit abnehmen [39]. Lernende, die SBT erhalten, erzielen in der Regel höhere Punktzahlen in den Beurteilungen [6, 40], was die wertvolle Aufgabe der Ultraschall-Simulation unterstreicht. Es gibt keine einheitlichen Erkenntnisse darüber, wie die erforderlichen Fähigkeiten aufrechterhalten werden, und hier sind weitere Untersuchungen erforderlich [41]. Während die Vorteile klar auf der Hand liegen, erfordert die Aufrechterhaltung des Simulatorsystems und der Kompetenzen der Ausbilder kontinuierliche Ressourcen und Aufmerksamkeit. ► **Tab. 2** gibt einen Überblick über die Vorteile und Herausforderungen der Ausbildung in der abdominalen Ultraschall-Simulation [42, 43]. Textkasten 3 enthält ein Beispiel für einen SBT-Kurs.

► **Table 2** Overview of benefits and challenges setting up a simulation-based training course.

Benefits	Challenges
Independently available	System maintenance
Some simulators can provide individual feedback	None or limited clinical access to patients
Supervisor-independent	Lack of personal supervision
Patient safety	No direct translation into clinical practice
Can be used as a refreshing element	Skills and knowledge decrease if simulation training is not immediately continued
Accessible to all levels of healthcare professionals	Limited resemblance to everyday life in the clinic
Reduces anxiety and promotes self-efficacy	Difficult to understand how much pressure is needed during ultrasound abdominal examination
Improves knowledge, skills, and competences	Difficult to choose the best simulation system
Improves hand-eye coordination	Can be difficult to master and requires allocation of time
Highly appreciated and motivational educational tool	Costly to buy and implement (cost/benefit)
Allows standardized ultrasound exams, evaluation, and testing	Limited real-life communication training
Individually tailored learning strategies, e. g., time	The acquired skills have to be practiced with real ultrasound machines afterwards

### TEXTBOX 3

An example of an abdominal ultrasound course program developed for Danish radiology resident training. After approximately one week in the clinical ultrasound rotation, all learners will participate in simulation-based training with two training options:

1. Unlimited training time in flexible intervals and durations before a final test (available for residents with clinical practice close to a simulation center)
2. Two days of intensive training: 1.5 days of intensive simulation-based training before a final test

Learners use roughly the same accumulated time regardless of which training option is chosen.

The simulator provides a broad range of normal and pathological scans selected based on standardized international curriculum. Different learning strategies are available:

- Quiz mode
- Topic-specific scan modules

- “Identify a structure”/region of interest (ROI) mode
- Free scanning with/without help enabled during/after the scan

A short introduction to the simulator is provided by an expert supervisor before learners are allowed to train by themselves for the rest of the training period. No specialized educator is required.

Learners can use any learning aids such as books or the internet or consult with each other in order to learn more.

After the period of training, all learners take a validated test on the simulator to evaluate skill acquisition.

## Future perspectives

Technology development in ultrasound simulation systems may lead to more realistic simulation allowing better education, by providing an immersive and interactive training environment. In time, abdominal ultrasound simulation will likely become a more accessible tool in smaller clinics and hospitals due to lower prices and increasing demand. Abdominal ultrasound is already a widely used and important tool in telemedicine and simulation may play a future role in telemedicine, helping remote medical professionals gain the necessary skills and experience to provide quality ultrasound examinations. Real-time feedback and assessment could be integrated into the simulation allowing learners to monitor their progress and identify their training needs/knowledge gaps.

## Conclusion

The potential of ultrasound simulation is vast and will likely increase in the future. Abdominal ultrasound simulation systems have great potential with respect to improving the skills of medical professionals, avoiding risks, increasing patient safety, providing instant feedback, building up confidence, and providing opportunities to test new equipment and techniques. In light of the increasing demand for medical imaging, it is vital that healthcare professionals have the required skills and experience. Abdominal ultrasound simulation will continue to play an important role, with possibilities to simulate complex imaging techniques and to keep focus on the improvement of learner’s skill.

### TEXTKASTEN 3

Ein Beispiel für ein Kursprogramm im abdominalen Ultraschall, das in Dänemark für die Ausbildung von Assistenzärzten in der Radiologie entwickelt wurde. Nach etwa einer Woche Rotation im klinischen Ultraschall nehmen alle Lernenden an einem simulationsbasierten Training mit 2 Optionen teil:

1. Unbegrenzte Trainingszeit in flexiblen Intervallen und Zeitdauern vor einem Abschlusstest (verfügbar für alle mit klinischer Praxis in der Nähe eines Simulationszentrums),
2. Zwei Tage Intensivtraining: 1,5 Tage intensives simulationsbasiertes Training vor einem Abschlusstest,

Unabhängig von der gewählten Ausbildungsoption brauchen die Lernenden ungefähr die gleiche Gesamtzeit.

Der Simulator bietet eine breites Spektrum normaler und pathologischer Scans, die auf der Grundlage eines standardisierten internationalen Curriculums ausgewählt wurden. Es stehen verschiedene Lernstrategien zur Verfügung:

- Quiz-Modus
- Themenspezifische Scan-Module
- „Identifizieren einer Struktur“/ROI-Modus (ROI: Region of Interest) für eine Region von Interesse
- Freies Scannen mit/ohne Hilfe während/nach dem Scanvorgang

Ein fachkundiger Betreuer gibt eine kurze Einführung in den Simulator, bevor die Lernenden für den Rest der Schulungszeit selbständig trainieren dürfen. Es ist kein spezieller Ausbilder erforderlich.

Die Lernenden können beliebige Lernhilfen, wie Bücher oder das Internet, nutzen oder sich gegenseitig beraten, um mehr zu lernen.

Nach der Ausbildungszeit absolvieren alle Lernenden einen validierten Test am Simulator, um die erworbenen Fähigkeiten zu bewerten.

## Zukunftsperspektiven

Die technologische Entwicklung von Ultraschall-Simulationssystemen kann zu einer realistischeren Simulation führen, die eine bessere Ausbildung ermöglicht, indem sie eine eindrückliche und interaktive Schulungsumgebung bietet. Wahrscheinlich wird die abdominale Ultraschall-Simulation in kleineren Kliniken und Krankenhäusern aufgrund des niedrigeren Preises und der steigenden Nachfrage mit der Zeit leichter zugänglich werden. Der abdominale Ultraschall ist bereits ein weitverbreitetes und wichtiges Instrument in der Telemedizin, und die Simulation könnte in Zukunft hierbei eine Rolle spielen. Sie hilft

► **Tab. 2** Überblick über die Vorteile und Herausforderungen bei der Einrichtung eines simulationsbasierten Trainingskurses.

Vorteile	Herausforderungen
Unabhängige Verfügbarkeit	Wartung des Systems
Individuelles Feedback ist bei einigen Simulatoren möglich	Kein oder eingeschränkter klinischer Zugang zu Patienten
Unabhängigkeit von einem Betreuer	Fehlende persönliche Betreuung
Patientensicherheit	Keine direkte Umsetzung in die klinische Praxis
Einsatz als „auffrischendes“ Lehrelement	Fertigkeiten und Kenntnisse nehmen ab, wenn das Simulationstraining nicht weitergeführt wird
Zugänglich für alle medizinischen Ausbildungsstufen	Begrenzte Ähnlichkeit mit dem Klinikalltag
Abbau von Ängsten und Förderung der Selbstwirksamkeit	Schwierigkeit, den Druck abzuschätzen, der bei einer Ultraschall-Untersuchung des Abdomens nötig ist
Verbesserung der Kenntnisse, Fähigkeiten und Kompetenzen	Schwierigkeiten bei der Wahl des optimalen Simulationssystems
Verbesserung der Hand-Auge-Koordination	Die Bedienung kann schwierig sein und erfordert einen hohen Zeitaufwand
Sehr geschätztes und motivierendes Lehrmittel	Die Anschaffung und Implementierung ist kostspielig (Kosten/Nutzen)
Ultraschall-Untersuchungen, Auswertung und Erprobung sind standardisiert möglich	Begrenzte Kommunikationstraining für die Anwendung in der Realität
Individuelle, z. B. auf den Zeitbedarf zugeschnittene Lernstrategien	Die erworbenen Fähigkeiten müssen anschließend mit echten Ultraschall-Geräten geübt werden

den Medizinern aus der Ferne, die notwendigen Fähigkeiten und Erfahrungen zu erwerben, um qualitativ hochwertige Ultraschall-Untersuchungen durchzuführen. Feedback und Bewertung in Echtzeit könnten in die Simulation integriert werden, sodass die Lernenden ihre Fortschritte überwachen und ihren Schulungsbedarf bzw. ihre Wissenslücken erkennen können.

## Schlussfolgerung

Das Potenzial der Ultraschall-Simulation ist enorm und wird in Zukunft voraussichtlich noch zunehmen. Abdominale Ultraschall-Simulationssysteme haben ein großes Potenzial hinsichtlich der Verbesserung der ärztlichen Fähigkeiten, der Vermeidung von Risiken, der Erhöhung der Patientensicherheit, des sofortigen Feedbacks, des Aufbaus von Vertrauen und der Erprobung neuer Geräte und Techniken. Angesichts der steigenden Nachfrage nach medizinischer Bildgebung ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Anwender über die erforderlichen Fähigkeiten und Erfahrungen verfügen. Die abdominale Ultraschall-Simulation wird weiterhin eine wichtige Rolle

## Conflict of Interest

---

### Declaration of financial interests

Receipt of research funding: no; receipt of payment/financial advantage for providing services as a lecturer: no; paid consultant/internal trainer/salaried employee: no; patent/business interest/shares (author/partner, spouse, children) in company: no; patent/business interest/shares (author/partner, spouse, children) in sponsor of this CME article or in company whose interests are affected by the CME article: no.

### Declaration of non-financial interests

The authors declare that they have no conflict of interest.

## Correspondence

---

### Malene Roland Vils Pedersen

Radiology, Vejle Hospital – part of Sygehus Lillebaelt  
Beriderbakken 4  
7100 Vejle  
Denmark  
malene.roland.vils.pedersen@rsyd.dk



spielen, da sie die Möglichkeit bietet, komplexe Bildgebungsverfahren zu simulieren und den Schwerpunkt auf die Verbesserung der Fähigkeiten der Lernenden zu legen.

## Interessenkonflikt

### Erklärung zu finanziellen Interessen

Forschungsförderung erhalten: nein; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: nein; Bezahlter Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Sponsor der Veranstaltung): nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an Firma (Nicht-Sponsor der Veranstaltung): nein.

### Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen

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

## Korrespondenzadresse

### Malene Roland Vils Pedersen

Radiology, Vejle Hospital – part of Sygehus Lillebaelt  
Beriderbakken 4  
7100 Vejle  
Denmark  
malene.roland.vils.pedersen@rsyd.dk

## Literatur

- [1] Østergaard ML, Nielsen KR, Albrecht-Beste E et al. Simulator training improves ultrasound scanning performance on patients: a randomized controlled trial. *Eur Radiol* 2019; 6: 3210–3218
- [2] Østergaard ML, Konge L, Kahr N et al. Four Virtual-Reality Simulators for Diagnostic Abdominal Ultrasound Training in Radiology. *Diagnostics (Basel)* 2019; 9
- [3] Konge L, Albrecht-Beste E, Nielsen MB. Virtual-reality simulation-based training in ultrasound. *Ultraschall in Med* 2014; 35: 95–97
- [4] Nayahangan LJ, Dietrich CF, Nielsen MB. Simulation-based training in ultrasound – where are we now? *Ultraschall in Med* 2021; 42: 240–244
- [5] McGaghie WC, Issenberg SB, Petrusa ER et al. A critical review of simulation-based medical education research: 2003–2009. *Med Educ* 2010; 44 (1): 50–63
- [6] Tolsgaard MG, Ringsted C, Dreisler E et al. Sustained effect of simulation-based ultrasound training on clinical performance: a randomized trial. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2015; 46: 312–318
- [7] Barsuk JH, Cohen ER, McGaghie WC et al. Long-term retention of central venous catheter insertion skills after simulation-based mastery learning. *Acad Med* 2010; 85 (10): S9–S12
- [8] Moore CL, Copel JA. Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med* 2011; 364 (8): 749–757
- [9] Tolsgaard MG, Rasmussen MB, Tappert C et al. Which factors are associated with trainees' confidence in performing obstetric and gynecological ultrasound examinations? *Ultrasound Obstet Gynecol* 2014; 43: 444–451
- [10] Taksøe-Vester C, Dyre L, Schroll J et al. Simulation-Based Ultrasound Training in Obstetrics and Gynecology: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ultraschall in Med* 2021; 42: e42–e54
- [11] Zhao Y, Zhou P, Zhu W 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
- [12] Freundt P, Nourkami-Tutdibi N, Tutdibi E et al. Controlled Prospective Study on the Use of Systematic Simulator-Based Training with a Virtual, Moving Fetus for Learning Second-Trimester Scan: FESIM III. *Ultraschall in Med* 2023; 4: e199–e205
- [13] Terkamp C, Kircher G, Wedemeyer J et al. Simulations of abdomen sonography. Evaluation of a new ultrasound simulator. *Ultraschall in Med* 2003; 24: 239–244
- [14] Østergaard ML, Ewertsen C, Konge L et al. Simulation-Based Abdominal Ultrasound Training – A Systematic Review. *Ultraschall in Med* 2016; 37: 253–261
- [15] Arya S, Mulla ZD, Kupesic Plavsic S. Role of pelvic ultrasound simulation. *Clin Teach* 2018; 15: 457–461
- [16] Østergaard ML, Nielsen KR, Albrecht-Beste E et al. Development of a reliable simulation-based test for diagnostic abdominal ultrasound with a pass/fail standard usable for mastery learning. *Eur Radiol* 2018; 28: 51–57
- [17] Damewood SC, Lewiss RE, Huang JV. Ultrasound simulation utilization among point of care ultrasound users: Results of a survey. *J Clin Ultrasound* 2018; 46: 571–574
- [18] Clark AE, Shaw CJ, Bello F et al. Quantitating skill acquisition with optical ultrasound simulation. *Australas J Ultrasound Med* 2020; 23: 183–193
- [19] Alexander LF, McComb BL, Bowman AW et al. Ultrasound Simulation Training for Radiology Residents-Curriculum Design and Implementation. *J Ultrasound Med* 2022; 42
- [20] Brown SD, Callahan MJ, Browning DM et al. Radiology trainees' comfort with difficult conversations and attitudes about error disclosure: effect of a communication skills workshop. *J Am Coll Radiol* 2014; 11: 781–787
- [21] Cauty D, Barth J, Yang Y et al. Comparison of learning outcomes for teaching focused cardiac ultrasound to physicians: A supervised human model course versus an eLearning guided self-directed simulator course. *J Crit Care* 2019; 49: 38–44
- [22] Dyre L, Tabor A, Ringsted C et al. Imperfect practice makes perfect: error management training improves transfer of learning. *Med Educ* 2017; 51: 196–206
- [23] Bjerrum F, Sorensen JL, Konge L et al. Randomized trial to examine procedure-to-procedure transfer in laparoscopic simulator training. *Br J Surg* 2016; 103: 44–50
- [24] Thomsen ASS, Kiilgaard JF, la Cour M et al. Is there inter-procedural transfer of skills in intraocular surgery? A randomized controlled trial. *Acta Ophthalmol* 2017; 95: 845–851
- [25] Pietersen PI, Jorgensen R, Graumann O et al. Training Thoracic Ultrasound Skills: A Randomized Controlled Trial of Simulation-Based Training versus Training on Healthy Volunteers. *Respiration* 2021; 100: 34–43
- [26] Rathbun KM, Brader WT, Norbury JW. A Simple, Realistic, Inexpensive Nerve Phantom. *J Ultrasound Med* 2019; 38 (8): 2203–2207
- [27] Surana P, Narayanan MK, Parikh DA et al. A simple, low-cost, customisable ultrasound gel-based phantom. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2020; 39 (6): 888–890
- [28] Schwartz CM, Ivancic RJ, McDermott SM et al. Designing a Low-Cost Thyroid Ultrasound Phantom for Medical Student Education. *Ultrasound Med Biol* 2020; 46 (6): 1545–1550

- [29] Blum T, Rieger A, Navab N et al. A review of computer-based simulators for ultrasound training. *Simul Healthc* 2013; 8 (2): 98–108
- [30] Dietrich CF, Lucius C, Nielsen MB et al. The ultrasound use of simulators, current view, and perspectives: Requirements and technical aspects (WFUMB state of the art paper). *Endosc Ultrasound* 2023; 12: 38–49
- [31] Khamis NN, Satava RM, Alnassar SA et al. A stepwise model for simulation-based curriculum development for clinical skills, a modification of the six-step approach. *Surg Endosc* 2016; 30: 279–287
- [32] Thomas PA, Kern DE, Hughes MT et al. Curriculum development for medical education: A six-step approach. 2015: 1–300
- [33] Rasmussen NK, Nayahangan LJ, Carlsen J et al. Evaluation of competence in ultrasound-guided procedures—a generic assessment tool developed through the Delphi method. *Eur Radiol* 2021; 31: 4203–4211
- [34] McGaghie WC. Mastery learning: it is time for medical education to join the 21st century. *Acad Med* 2015; 90: 1438–1441
- [35] Cook DA, Brydges R, Zendejas B et al. Mastery learning for health professionals using technology-enhanced simulation: a systematic review and meta-analysis. *Acad Med* 2013; 88: 1178–1186
- [36] Barsuk JH, Cohen ER, Feinglass J et al. Residents' Procedural Experience Does Not Ensure Competence: A Research Synthesis. *J Grad Med Educ* 2017; 9: 201–208
- [37] Pietersen PI, Konge L, Madsen KR et al. Development of and Gathering Validity Evidence for a Theoretical Test in Thoracic Ultrasound. *Respiration* 2019; 98: 221–229
- [38] Jacobsen N, Larsen JD, Falster C et al. Using Immersive Virtual Reality Simulation to Ensure Competence in Contrast-Enhanced Ultrasound. *Ultrasound Med Biol* 2022; 48: 912–923
- [39] Rowley KJ, Wheeler KM, Pruthi DK et al. Development and implementation of competency-based assessment for urological ultrasound training using SonoSim: A preliminary evaluation. *Indian J Urol* 2020; 36: 270–275
- [40] Orr KE, Hamilton SC, Clarke R et al. The integration of trans-abdominal ultrasound simulators into an ultrasound curriculum. *Ultrasound* 2019; 27: 20–30
- [41] Mackay FD, Zhou F, Lewis D et al. Can You Teach Yourself Point-of-care Ultrasound to a Level of Clinical Competency? Evaluation of a Self-directed Simulation-based Training Program. *Cureus* 2018; 10: e3320
- [42] Lawaetz J, Soenens G, Eiberg J et al. Facilitators and Barriers to Implementation of Simulation Based Education in Vascular Surgery in Europe. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2023. doi:10.1016/j.ejvs.2023.06.009
- [43] Hosny SG, Johnston MJ, Pucher PH et al. Barriers to the implementation and uptake of simulation-based training programs in general surgery: a multinational qualitative study. *J Surg Res* 2017; 220: 419–26.e2

## CME-Questions

### Question 1

Which of the following statements about ultrasound simulation is true?

- A Ultrasound simulation is primarily used for training knobology.
- B Ultrasound simulation can provide realistic images for diagnosis.
- C Ultrasound simulation is not a useful tool for tissue behaviors.
- D Ultrasound simulation is not an accurate substitute compared to real-time scanning.
- E Ultrasound simulation requires countless hours of training before mastery.

### Question 2

What is a challenge in current ultrasound simulation-based training?

- A Enhancing image interpretation skills.
- B Increasing patient safety.
- C Increasing clinical patient interaction skills.
- D Increasing accuracy in ultrasound-guided procedures.
- E Improving hand-eye coordination.

### Question 3

What kind of learning strategies are typically used in simulation-based training?

- A Quiz mode, identifying structures, and topic-specific scan modules.
- B Self-study and E-learning.
- C Clinical scans of real patients.
- D Quiz mode and clinical scans.
- E E-learning and direct observation of procedural skills (DOPS).

### Question 4

During simulation training you don't need to consider the ALARA principle. But what does ALARA mean?

- A A Limit in abdominal random accuracy.
- B As Low As Reasonable application.
- C ALARm of Accuracy.
- D A Limit in Acoustic Radiation application.
- E As Low As Reasonably Achievable.

### Question 5

What is the first important thing to consider when starting an ultrasound simulation-based training course?

- A Nothing, any type of simulation will be useful.
- B Start by defining the training needs and the target group and developing the curriculum.
- C Start by finding an appropriate test to evaluate the skills acquired by learners.
- D Start by defining how many hours in the simulator each learner can be assigned.
- E Start by defining the appropriate number of simulation hours each learner should be allocated.

### Question 6

What kind of teaching methods are often used in ultrasound simulation-based training?

- A Classroom lectures.
- B Self-study.
- C Blended approach between classroom and self-study.
- D Written assessments.
- E Online lectures.

### Question 7

What are the benefits of ultrasound simulation?

- A Improved diagnostic accuracy and safety in medical imaging procedures.
- B Focused training for medical professionals.
- C Reduced cost and time for medical imaging facilities.
- D All of the above.
- E None of the above.

### Question 8

What kind of ultrasound simulators are currently available?

- A Virtual reality simulation systems.
- B Phantoms.
- C Web or cloud-based simulation system.
- D Online interactive apps.
- E All of the above.

### Question 9

Which of the following learning objectives can be achieved within simulation-based education?

- A Image optimization with adjustment of transducer pressure.
- B Learning to adjust color Doppler mode.
- C Learning principles of interventional techniques, e. g. biopsy.
- D All of the above.
- E None of them can be simulated.

### Question 10

Identify barriers to the implementation of ultrasound simulation in clinical practice?

- A Lack of access to ultrasound simulators.
- B Lack of guidelines on ultrasound simulation.
- C Lack of awareness about ultrasound simulation training benefits.
- D Lack of access to qualified instructors.
- E All of the above.

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Unter <https://eref.thieme.de/CXNBKCN> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests und zum Artikel. Sie finden dort auch den genauen Einsendeschluss. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung.

Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

VNR 2760512024165725464



### Frage 1

Welche der folgenden Aussagen über Ultraschall-Simulationen sind zutreffend?

- A Die Ultraschall-Simulation wird in erster Linie für das Üben der Knoblogie eingesetzt.
- B Die Ultraschall-Simulation kann realistische Bilder für die Diagnose liefern.
- C Die Ultraschall-Simulation ist kein nützliches Instrument für das Verhalten von Gewebe.
- D Die Ultraschall-Simulation ist kein genauer Ersatz für eine Echtzeit-Untersuchung.
- E Die Ultraschall-Simulation erfordert unzählige Übungsstunden, bevor man sie beherrscht.

### Frage 2

Was ist derzeit beim simulationsbasierten Training im Ultraschall noch eine Herausforderung?

- A Verbesserung der Fähigkeiten zur Bildinterpretation
- B Erhöhte Patientensicherheit
- C Verbesserung der Arzt-Patienten-Interaktion in der Klinik
- D Höhere Genauigkeit bei ultraschallgesteuerten Verfahren
- E Verbesserung der Hand-Auge-Koordination

### Frage 3

Welche Lernstrategien sind in der simulationsbasierten Ausbildung normalerweise üblich?

- A Quizmodus, Identifikation von Strukturen und themenspezifische Scanmodule
- B Selbststudium und E-Learning
- C Klinische Aufnahmen echter Patienten
- D Quizmodus und klinische Aufnahmen
- E E-Learning und DOPS („direct observation of procedural skills“)

### Frage 4

Beim Simulationstraining muss das ALARA-Prinzip nicht berücksichtigt werden. Für was steht die Bezeichnung „ALARA“?

- A „A Limit in Abdominal Random Accuracy“
- B „As Low As Reasonable Application“
- C „ALARm of Accuracy“
- D „A Limit in Acoustic Radiation Application“
- E „As Low As Reasonably Achievable“

### Frage 5

Was ist als Erstes zu beachten, wenn man ein simulationsbasiertes Ultraschall-Training einrichtet?

- A Nichts, denn jeder Simulationstyp ist verwendbar.
- B Beginnen Sie mit der Definition des Schulungsbedarfs und der Zielgruppe sowie der Erarbeitung eines Lehrplans.
- C Finden Sie zuerst einen geeigneten Test, um die von den Lernenden erworbenen Fähigkeiten zu bewerten.
- D Legen Sie zuerst fest, wie viele Stunden jedem Lernenden am Simulator zugewiesen werden sollen.
- E Beginnen Sie mit der Festlegung der angemessenen Anzahl von Simulationsstunden die jedem Lernenden zugewiesen werden soll.

### Frage 6

Welche Lehrmethoden werden in der simulationsbasierten Ultraschall-Ausbildung häufig eingesetzt?

- A Lehrveranstaltungen
- B Selbststudium
- C Ein kombinierter Ansatz aus Unterricht und Selbststudium
- D Schriftliche Beurteilungen
- E Online-Vorlesungen

### Frage 7

Was sind die Vorteile der Ultraschall-Simulation?

- A Verbesserte diagnostische Genauigkeit und Sicherheit bei medizinischen Bildgebungsverfahren
- B Gezielte Schulungen für Mediziner
- C Kosten- und Zeitersparnis der Abteilungen für medizinische Bildgebung
- D Alle oben genannten Punkte treffen zu.
- E Keiner der oben genannten Punkte trifft zu.

### Frage 8

Welche verschiedenen Ultraschall-Simulatoren gibt es derzeit?

- A Virtual-Reality-Simulationssysteme
- B Phantome
- C Web- oder cloudbasierte Simulationssysteme
- D Interaktive Online-Anwendungen
- E Alle oben genannten Punkte treffen zu.

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite...

## Punkte sammeln auf [CME.thieme.de](https://www.thieme.de/CME)

### Frage 9

Welche der folgenden Lernziele können im Rahmen der simulationsbasierten Schulung erreicht werden?

- A Bildoptimierung mit Anpassung des Wandlerdrucks
- B Lernen, den Farbdoppler-Modus anzupassen
- C Erlernen der Prinzipien interventioneller Techniken, z. B. Biopsie
- D Alle oben genannten Punkte treffen zu.
- E Nichts davon kann simuliert werden.

### Frage 10

Welche Hindernisse gibt es bei der Einführung von Ultraschall-Simulationen in der klinischen Praxis?

- A Fehlender Zugang zu Ultraschall-Simulatoren
- B Fehlende Leitlinien zur Ultraschall-Simulation
- C Mangelndes Bewusstsein für die Vorteile eines Ultraschall-Simulationstrainings
- D Fehlender Zugang zu qualifizierten Ausbildern
- E Alle oben genannten Punkte treffen zu.



## Continuing Medical Education (CME) – important note for readers outside Austria, Germany and Switzerland

At present, certification of the Continuing Medical Education features in Ultraschall in der Medizin/European Journal of Ultrasound (UIM/EJU) is officially recognised by the German and Austrian medical associations and by the Swiss Ultrasound Society. Participants residing in other countries may please address their national medical association or their national specialist society for recognition of their CME scores.

Participation is possible via internet under <http://cme.thieme.com>. For one Continuing Medical Education unit you will be credited with 3 score points. To be awarded this score, 70% of the questions must have been answered correctly. The CME unit in the present issue is available online for 12 months for CME participation.

**CME participation for this article can be done online under <http://cme.thieme.com>.**

## CME-Fortbildung mit Ultraschall in der Medizin

### Für Teilnehmer in Deutschland

Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin wurde von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung für das Fortbildungszertifikat anerkannt, das heißt, die Vergabe der Punkte kann direkt durch die Thieme Verlagsgruppe erfolgen. Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin gehört zur Kategorie „strukturierte interaktive Fortbildung“. Entsprechend einer Absprache der Ärztekammern werden die von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung anerkannten Fortbildungsveranstaltungen auch von den anderen zertifizierenden Ärztekammern anerkannt.

### Für Teilnehmer in Österreich

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Novellierung der DFP-

Richtlinien vom 23.6.2005 (§26 Abs. 3) auch von den österreichischen Ärztekammern anerkannt.

### Für Teilnehmer in der Schweiz

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Richtlinien der SGUM im Rahmen der 15 Credits für das Selbststudium anerkannt. Die Kontrolle der Fortbildung durch die SGUM/SSUM erfolgt im Auftrag der FMH (Federation Medicorum Helveticorum) im Rahmen der Fortbildungsordnung.

### Datenschutz

Ihre Daten werden ausschließlich für die Bearbeitung dieser Fortbildungseinheit verwendet. Es erfolgt keine Speicherung der Ergebnisse über die für die Bearbeitung der Fortbildungseinheit notwendige Zeit hinaus. Die Daten werden nach Versand der Testate anonymisiert. Namens- und Adressangaben dienen nur dem Versand der Testate. Die Angaben zur Person dienen nur statistischen Zwecken und werden von den Adressangaben getrennt and anonymisiert verarbeitet.

### Teilnahme

Jede Ärztin und jeder Arzt soll das Fortbildungszertifikat erlangen können. Deshalb ist die Teilnahme am CME-Programm von Ultraschall in der Medizin nicht an ein Abonnement geknüpft! Die Teilnahme ist im Internet unter <http://cme.thieme.de> möglich. Im Internet muss man sich registrieren, wobei die Teilnahme an Fortbildungen abonnierter Zeitschriften ohne Zusatzkosten möglich ist. Die Fortbildungseinheit in diesem Heft ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.

### Teilnahmebedingungen

Für eine Fortbildungseinheit erhalten Sie 3 Fortbildungspunkte im Rahmen des Fortbildungszertifikats. Hierfür müssen 70% der Fragen richtig beantwortet sein.

### CME-Fortbildung für Nicht-Abonnenten

Teilnehmer, die nicht Abonnenten von Ultraschall in der Medizin sind, können für die Internet-Teilnahme dort direkt ein Guthaben einrichten, von dem pro Teilnahme ein Unkostenbeitrag abgebucht wird.

**Die CME-Teilnahme für diesen Beitrag ist online möglich unter <http://cme.thieme.de>.**

## CME.thieme.de

### CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.