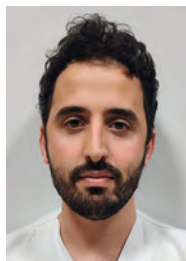


Artificial intelligence in Ultrasound: Pearls and pitfalls in 2024

Künstliche Intelligenz im Ultraschall: Pearls and Pitfalls im Jahr 2024



Dr. Bernardo Stefanini



Dr. Alice Giamperoli



Dr. Eleonora Terzi



Prof. Fabio Piscaglia

Keywords

AI, radiomics, ultrasound, ethics

Correspondence

Prof. Fabio Piscaglia, MD, PhD
Department of Medical and Surgical Sciences,
University of Bologna, Bologna, Italy
fabio.piscaglia@unibo.it

Bibliography

Ultraschall in Med

DOI 10.1055/a-2368-9201

ISSN 0172-4614

© 2024. Thieme. All rights reserved.

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

During the last 5 years, artificial intelligence (AI) emerged as a revolutionary tool with significant implications across the health-care system, heavily influencing scientific research and different medical fields including the disciplines of pathology, oncology and radiology at most.

Ultrasound, a cornerstone of medical diagnostics, is also witnessing a transformative process. Recent advancements in AI tools are in fact starting to radically change this field.

Interestingly, in a context where the reliance on the expertise of sonographers has been often considered as a major limitation, ultrasound represents an ideal candidate to receive significant benefits from the integration of AI, with promises of enhanced diagnostic accuracy, improved workflow efficiency, and expanded access to high-quality care.

Additionally, it should be considered that ultrasound is known to be a useful first diagnostic approach or a screening tool for many medical conditions (e.g. screening for breast lesions, screening for abdominal aortic aneurysm, screening for thyroid nodules, surveillance of patients at risk of hepatocellular carcinoma, screening for carotid or lower limb arteries, atherosclerotic disease, etc.). However, its use cannot be planned widely enough to satisfy such needs that involve very large populations, mainly due to the limited availability and costs of expert medical manpower. Automated use of ultrasound, guided by AI recognition, may have the potential to speed up at least some of such processes reducing the needed manpower.

Altogether, the impact of AI in ultrasound is multifaceted, affecting different phases of the examination, ranging from im-

age acquisition, recognition of abnormalities and interpretation to decision-making and patient outcomes; however, some peculiarities of AI tools may slow down its application in clinical practice and must be known to avoid troublesome situations.

Hereinafter, we will discuss the major benefits correlated to the introduction of different AI tools in ultrasonology and some of the obstacles that need to be overcome.

Enhancing Diagnostic Accuracy

One of the most significant and easier to perceive contributions of AI to ultrasound imaging lies in its ability to enhance diagnostic accuracy. AI algorithms, particularly those based on deep learning and machine learning, have demonstrated remarkable proficiency in image analysis.

In a large retrospective analysis on more than 100 000 people, Gao et al. demonstrated that AI-assisted ultrasound imaging using deep learning techniques enabled to discriminate between malignant and benign ovarian masses with excellent accuracy performances confirmed by an AUC of 0.87 on an external validation cohort [1].

A recent systematic review on the topic confirmed optimal accuracy across different studies with AUC ranging from 0.73 to 0.99; however, it is important to highlight that only 2 out of 37 studies that evaluated the accuracy of the model used an external validation set [2], which is a necessary step before any tool can be brought to clinical practice.

Another fascinating application of AI in ultrasound was explored by Fu et al., the authors conducted a meta-analysis involving 11 005 people which proved that the diagnostic accuracy of ultrasound-based radiomics had sensitivity and specificity of 0.76 and 0.78 for predicting HER2, 0.80, and 0.76 for Ki67, 2 key biomarkers in the clinical management of breast cancer [3].

Again in the field of breast cancer, the addition of an AI analysis improved the diagnostic accuracy of ultrasound, reducing the rate of false-positive cases for cancer [4].

In the oncology field the number of potential applications of AI is impressive [5]. A recent preliminary work claimed ability to improve the capacity of ultrasound to classify metastatic cervical lymphadenopathies into primary cancer sites [6].

As illustrated through examples, AI in general could provide suggestions for disease characterization, especially combining various multiparametric ultrasound approaches. Noteworthy, this might be particularly useful in the instance of patients hosting unknown rare conditions, which might have never been met before by the operator and might not even come to his mind, but they are likely to become recognized once suggested by an AI tool.

Improving Workflow Efficiency

Beyond diagnostic accuracy, AI is also revolutionizing the operational aspects of ultrasound imaging. Traditional ultrasound examinations can be time-consuming and require significant expertise. AI streamlines these processes through automation and intelligent assistance, thereby improving workflow efficiency.

For instance, a regression convolutional neural network designed by Fiorentino et al. [7] to measure the fetal head circumference, a crucial parameter to evaluate fetal growth and development, proved to be able to reduce examination time, inter-clinician variability, and increase diagnostic accuracy [7].

Another key area where AI has made substantial inroads is in the acquisition of ultrasound images. Automated image acquisition systems, guided by AI, can assist clinicians and sonographers in capturing high-quality images consistently. These systems use real-time feedback to ensure optimal probe positioning and image quality, reducing the dependency on the operator's skill level.

This particular aspect was proved in a clever prospective: In a multicenter diagnostic study 8 nurses, with no previous experience of ultrasound imaging, performed an echocardiography on 240 patients using a deep-learning AI-based software based on 5 million examples of the outcome of ultrasonographic probe movement on image quality.

The images were later assessed by 5 expert echocardiographers who judged them of diagnostic quality in 98.8% of patients for left ventricular size and function, and 92.5% for right ventricular size [8].

Expanding Access to High-Quality Care

AI's transformative impact on ultrasound imaging extends to addressing disparities in healthcare access. In many parts of the world, especially in low-resource settings, access to quality ultra-

sound services is limited due to a shortage of trained personnel and equipment. AI has the potential to bridge this gap by democratizing access to high-quality imaging.

Notably, in a retrospective analysis published in this issue of *Ultraschall in der Medizin/European Journal of Ultrasound*, Wei et al. used an automatic recognition system using neural network to diagnose the presence of carotid plaques in real-time and synchronously to the acquisition of the image, achieving a remarkable accuracy of 98.5% [9]. Additionally, using live transmission of ultrasound images, they tested the use of the algorithm to diagnose carotid plaques in ultrasound examinations during their performance as far as more than 1000 km away, showing how distances can be shortened thanks to these tools [9]. Such technologies would allow the potential of delivery of care in the absence of local expertise and also in case of shortage of qualified manpower to assist the examination live from remote.

In this context portable ultrasound devices are increasingly being deployed in remote and underserved areas [10]. These devices are compact, affordable, and easy to use, making them ideal for field conditions. AI assistance in real-time image interpretation could provide instant diagnostic support to healthcare workers who may lack specialized training, enabling timely diagnosis and treatment. AI assistance also allows the recognition of anatomic structures during point-of-care interventional procedures.

This not only enhances diagnostic accuracy, but also fosters local expertise by providing educational feedback to healthcare providers in remote areas.

Challenges and Ethical Considerations

While the progress of AI in ultrasound imaging is undeniably impressive and fast rising, it is not free of challenges and ethical considerations worth to be taken into account.

First of all, ensuring the reliability and generalizability of AI algorithms is of paramount importance. Unfortunately, many AI models are trained on specific datasets, and their performance can vary when applied to different populations or clinical settings. Therefore, external validation and updating of these models are essential to maintain their accuracy and relevance.

Secondly, another key issue is represented by the so-called black box problem. This reflects the inability to understand how deep learning models reach their conclusion, causing potential catastrophic consequences. In order to safely introduce AI tools in clinical practice it is mandatory to generate explanation of black box mechanisms of action, which some authors recently compared to creating explanations in natural sciences or physics [11].

Strictly connected to the lack of understanding of the AI tool there is the accountability issue. Accountability is often defined somehow imprecisely, but it can be simplified as an obligation to inform about, and justify one's conduct to an authority [12]. This implies both a legal liability, which has to be strictly regulated before the introduction in clinical practice, and moral responsibility to the patients who are going to be influenced by decisions taken thanks to the help of AI tools.

To this end, in order to be certified by regulatory agencies and marketed, specific versions of AI tools should to be finally fixed;

otherwise, if a continuous evolution and improvement of a software takes place (theoretically to be regarded as a great opportunity), with no obvious overt communication of the pass from a version to a new one, it could happen that a diagnosis established today could turn into a slightly different diagnosis tomorrow, despite the same images are analyzed, if an automatic update version of the system has occurred, puzzling both operators and patients. This could even raise legal questions for the responsibility in the diagnostic process.

Responsibility of the final diagnosis and possible or not access of patients to information of the AI software utilized to support the final diagnosis are still matter of debate and concern.

Lastly, data privacy remains probably the most significant ethical concern. Data leakage and successful prompt injection attacks to steal data have been reported [13, 14], showing how AI tools are still lag behind in this aspect which is crucial to allow them in clinical practice. Moreover, who “owns” the images that have been elaborated to produce new software which could be needed for new updates is also another serious concern.

Conclusion

The integration of AI into ultrasound imaging represents a paradigm shift in medical diagnostics and patient care. By enhancing diagnostic accuracy, improving workflow efficiency, expanding access to high-quality care, AI is set to redefine the standards of ultrasound imaging. However, it is imperative to address the challenges and ethical considerations associated with AI to ensure its responsible and effective implementation.

As we continue to explore the potential of AI in ultrasound imaging, the collaboration between technologists, clinicians, and policymakers will be crucial. Together, we can harness the power of AI to transform healthcare delivery, ultimately improving patient outcomes and advancing the frontiers of medical science.

Künstliche Intelligenz im Ultraschall: Pearls and Pitfalls im Jahr 2024

In den letzten 5 Jahren hat sich die künstliche Intelligenz (KI) als eine bahnbrechende Methode erwiesen, die erhebliche Auswirkungen auf das gesamte Gesundheitssystem hat und die wissenschaftliche Forschung sowie verschiedene medizinische Bereiche, darunter vor allem die Pathologie, Onkologie und Radiologie, stark beeinflusst.

Auch der Ultraschall, ein Eckpfeiler der medizinischen Diagnostik, erlebt einen Transformationsprozess. Die neuesten Entwicklungen bei den KI-Tools beginnen, diesen Bereich tatsächlich radikal zu verändern.

Interessanterweise ist der Ultraschall in einem Kontext, in dem die Abhängigkeit vom Fachwissen der Ultraschalldiagnostiker oft als große Einschränkung angesehen wird, ideal geeignet, um aus der Integration von KI erhebliche Vorteile zu ziehen. Dadurch verspricht man sich eine höhere diagnostische Genauigkeit, effizientere Arbeitsabläufe und einen erweiterten Zugang zu qualitativ hochwertiger Versorgung.

Darüber hinaus sollte berücksichtigt werden, dass Ultraschall bekanntermaßen für viele Erkrankungen ein brauchbarer erster diagnostischer Ansatz oder ein Screening-Instrument darstellt (z. B. Screening auf Brustläsionen, Screening auf abdominale Aorten-Aneurysmen, Screening auf Schilddrüsenknoten, Überwachung von Patienten mit einem Risiko für hepatozelluläre Karzinome, Screening auf atherosklerotische Erkrankungen der Karotis oder der unteren Extremitäten usw.). Da sehr große Bevölkerungsgruppen betroffen sind, kann der Einsatz des Ultraschalls jedoch nicht so weitreichend bedarfsdeckend geplant werden, vor allem wegen der begrenzten Verfügbarkeit und der Kosten für medizinisches Fachpersonal. Der automatisierte Einsatz des Ultraschalls, der durch KI-Erkennung gestützt wird, könnte das Potenzial haben, zumindest einige dieser Prozesse zu beschleunigen und den Personalaufwand zu reduzieren.

Insgesamt sind die Möglichkeiten für KI im Ultraschall vielfältig und betreffen verschiedene Phasen der Untersuchung, von der Bilderfassung, Erkennung von Anomalien und Interpretation, bis hin zur Entscheidungsfindung und dem Patienten-Outcome. Einige Besonderheiten der KI-Tools können jedoch deren Einsatz in der klinischen Praxis verzögern und sollten bekannt sein, um problematische Situationen zu vermeiden.

Im Folgenden werden die wichtigsten Vorteile der Einführung verschiedener KI-Tools in der Ultraschalldiagnostik sowie einige Hindernisse, die es zu überwindenden gilt, erörtert.

Verbesserung der diagnostischen Genauigkeit

Einer der bedeutendsten und augenscheinlichsten Beiträge der KI zur Ultraschallbildgebung liegt in deren Fähigkeit, die diagnostische Genauigkeit zu verbessern. KI-Algorithmen, insbesondere solche, die auf Deep Learning und maschinellem Lernen basieren, haben bei der Bildanalyse bemerkenswerte Leistungen bewiesen.

In einer großen retrospektiven Analyse mit mehr als 100 000 Personen haben Gao et al. gezeigt, dass die KI-gestützte Ultraschallbildgebung unter Verwendung von Deep-Learning-Techniken die Differenzierung von malignen und gutartigen Raumforderungen der Ovarien mit ausgezeichneter Genauigkeit erlaubt, was durch eine AUC von 0,87 in einer externen Validierungskohorte bestätigt wurde [1].

Ein kürzlich durchgeführter systematischer Review zu diesem Thema bestätigte in verschiedenen Studien eine optimale Genauigkeit mit einem AUC-Wert zwischen 0,73 und 0,99. Es ist jedoch wichtig hervorzuheben, dass nur 2 von 37 Studien, in denen die Genauigkeit des Modells bewertet wurde, einen externen Validierungsansatz verwendeten [2], was ein notwendiger Schritt ist, bevor ein Werkzeug in die klinische Praxis eingeführt werden kann.

Eine weitere faszinierende KI-Anwendung im Ultraschall wurde von Fu et al. untersucht. Die Autoren führten eine Meta-Analyse mit 11 005 Personen durch, die bewies, dass die diagnostische Genauigkeit der ultraschallbasierten Radiomics eine Sensitivität von 0,76 und eine Spezifität von 0,78 für die Vorhersage von HER2 zeigte, sowie eine Sensitivität von 0,80 und eine Spezifität von 0,76 für Ki67 – beides wichtige Biomarker in der klinischen Behandlung von Brustkrebs [3].

Des Weiteren konnten bei Brustkrebs die diagnostische Genauigkeit des Ultraschalls durch die Hinzufügung einer KI-Analyse verbessert werden und die Rate der falsch-positiven Krebsdiagnosen verringert werden [4].

Im Bereich der Onkologie ist die Anzahl potenzieller KI-Anwendungen beeindruckend [5]. In einer kürzlich veröffentlichten Vorstudie wurde behauptet, dass damit die Fähigkeit des Ultraschalls, metastatische Lymphknoten des Gebärmutterhalses als Primärtumore zu klassifizieren, verbessert werden kann [6].

Wie anhand von Beispielen veranschaulicht, könnte die KI im Prinzip Hinweise auf bestimmte Krankheitsdiagnosen geben, insbesondere durch die Kombination verschiedener multiparametrischer Ultraschallverfahren. Dies könnte insbesondere bei Patienten mit unbekanntem, seltenen Erkrankungen nützlich sein, die dem Bediener möglicherweise noch nie begegnet sind und ihm vielleicht nicht einmal in den Sinn kommen, die aber wahrscheinlich erkannt werden, wenn sie von einem KI-Tool vorgeschlagen werden.

Verbesserung der Workflow-Effizienz

Neben der diagnostischen Genauigkeit revolutioniert KI auch die operativen Abläufe in der Ultraschallbildgebung. Herkömmliche Ultraschalluntersuchungen können zeitaufwendig sein und erfordern erhebliche Fachkenntnisse. KI rationalisiert diese Prozesse durch Automatisierung und intelligente Unterstützung und verbessert so die Workflow-Effizienz.

So konnte beispielsweise ein von Fiorentino et al. [7] entwickeltes Regression-CNN (Convolutional Neural Network) zur Messung des fetalen Kopfumfanges, eines entscheidenden Parameters zur Beurteilung des fetalen Wachstums und der Entwicklung, die Untersuchungszeit und die Variabilität zwischen den Ärzten verringern und die diagnostische Genauigkeit erhöhen [7].

Ein weiterer wichtiger Bereich, in dem die künstliche Intelligenz erhebliche Fortschritte gemacht hat, ist die Erfassung von Ultraschallbildern. Automatisierte KI-gesteuerte Bilderfassungssysteme können Kliniker und Ultraschalldiagnostiker dabei unterstützen, durchgängig qualitativ hochwertige Bilder aufzunehmen. Diese Systeme nutzen Echtzeit-Feedback, um eine optimale Sonden-Positionierung und Bildqualität zu gewährleisten und die Abhängigkeit von den Fähigkeiten des Bedieners zu verringern.

Dieser besondere Aspekt wurde in einer interessanten prospektiven Studie nachgewiesen: In einer multizentrischen diagnostischen Studie führten 8 Krankenschwestern ohne vorherige Ultraschall-Erfahrung bei 240 Patienten eine Echokardiografie durch und verwendeten dabei eine Deep-Learning-Software auf KI-Basis, die auf 5 Millionen Beispielen hinsichtlich der Auswirkungen der Bewegung der Ultraschallsonde auf die Bildqualität basierte.

Die Bilder wurden anschließend von 5 Echokardiografie-Experten bewertet, die sie bei 98,8% der Patienten in Bezug auf die Größe und Funktion des linken Ventrikels und bei 92,5% in Bezug auf die Größe des rechten Ventrikels als diagnostisch hochwertig einschätzten [8].

Verbesserter Zugang zu qualitativ hochwertiger Versorgung

Der transformative Einfluss der KI auf die Ultraschallbildgebung erstreckt sich auch darauf, Benachteiligungen beim Zugang zur Gesundheitsversorgung zu beseitigen. In vielen Teilen der Welt, insbesondere in ressourcenarmen Gegenden, ist der Zugang zu einer qualitativ hochwertigen Ultraschallversorgung aufgrund des Mangels an geschultem Personal und Geräten stark eingeschränkt. KI ist in der Lage, diese Lücke zu schließen, indem sie den Zugang zu hochwertiger Bildgebung für alle ermöglicht.

In einer retrospektiven Analyse, die in dieser Ausgabe von Ultraschall in der Medizin/European Journal of Ultrasound veröffentlicht wurde, verwendeten Wei et al. ein automatisches Erkennungssystem auf Basis eines neuronalen Netzes für die Echtzeit- und Synchrondiagnose von Karotis-Plaques und erreichten dabei eine bemerkenswerte diagnostische Genauigkeit von 98,5%⁸. Darüber hinaus testeten sie mithilfe der Live-Übertragung von Ultraschallbildern den Einsatz des Algorithmus zur Ferndiagnose von Karotis-Plaques bei Untersuchungen, die mehr als 1000 km entfernt waren, und zeigten, wie Distanzen dank dieser Verfahren verkürzt werden können [9]. Solche Technologien könnten die Versorgung auch dann gewährleisten, wenn vor Ort keine Fachkenntnisse vorhanden sind oder wenn es an qualifizierten Arbeitskräften mangelt, da die Untersuchung in Echtzeit aus der Ferne assistiert wird.

In diesem Sinne werden tragbare Ultraschallgeräte zunehmend in abgelegenen und unterversorgten Gebieten eingesetzt [10]. Diese Geräte sind kompakt, erschwinglich und einfach zu bedienen, was sie ideal für den Einsatz vor Ort macht. Die KI-Unterstützung bei der Echtzeit-Bildinterpretation könnte dem medizinischen Personal, das möglicherweise nicht über eine spezielle Ausbildung verfügt, eine sofortige diagnostische Unterstützung bieten und so eine rechtzeitige Diagnose und Behandlung ermöglichen. Die KI-Unterstützung ermöglicht außerdem, dass bei Eingriffen vor Ort anatomische Strukturen erkannt werden.

Dies erhöht nicht nur die diagnostische Genauigkeit, sondern fördert auch die lokale Fachkompetenz, indem es Gesundheitsdienstleistern in abgelegenen Gebieten lehrreiches Feedback gibt.

Herausforderungen und ethische Erwägungen

Obwohl die Fortschritte der KI in der Ultraschallbildgebung unbestreitbar beeindruckend sind und schnell voranschreiten, gibt es auch Herausforderungen und ethische Überlegungen, die berücksichtigt werden müssen.

Zunächst einmal ist es von größter Bedeutung, die Zuverlässigkeit und Generalisierbarkeit von KI-Algorithmen zu gewährleisten. Leider werden viele KI-Modelle anhand spezifischer Datensätze trainiert, und ihre Leistung kann bei Anwendung auf unterschiedliche Populationen oder klinische Umgebungen variieren. Daher ist eine externe Validierung und Aktualisierung dieser Modelle unerlässlich, um ihre Genauigkeit und Relevanz zu gewährleisten.

Zweitens ist das so genannte Black-Box-Problem ein weiteres zentrales Hindernis. Hier geht es darum, dass man nicht versteht, wie Deep-Learning-Modelle zu ihren Schlussfolgerungen kom-

men, was potenziell katastrophale Folgen haben kann. Um KI-Tools sicher in der klinischen Praxis einzusetzen, ist es zwingend erforderlich, dass die Black-Box-Wirkungsmechanismen erklärt werden, was einige Autoren kürzlich mit den Erklärungsansätzen in den Naturwissenschaften oder der Physik verglichen haben [11].

In engem Zusammenhang mit dem mangelnden Verstehen eines KI-Tools steht das Problem der Rechenschaftspflicht. Die Rechenschaftspflicht wird oft etwas ungenau definiert, kann aber vereinfacht als Verpflichtung bezeichnet werden, über das eigene Vorgehen zu informieren und es gegenüber einer Behörde zu rechtfertigen [12]. Dies impliziert sowohl eine rechtliche Haftung, die vor der Einführung in die klinische Praxis streng geregelt werden muss, als auch eine moralische Verantwortung gegenüber den Patienten, die von Entscheidungen betroffen sind, die mittels KI-Tools zustande kommen.

Zu diesem Zweck sollten bestimmte Versionen von KI-Tools endgültig ausgearbeitet werden, damit sie von den Regulierungsbehörden zertifiziert und vermarktet werden können. Andernfalls könnte es bei einer kontinuierlichen Weiterentwicklung und Verbesserung einer Software (die theoretisch als große Chance zu betrachten ist), ohne offensichtliche offene Kommunikation des Übergangs von einer Version zu einer neuen, passieren, dass eine heute erstellte Diagnose morgen eine leicht andere Diagnose sein könnte, obwohl dieselben Bilder analysiert werden. Dies kann der Fall sein, wenn eine automatische Aktualisierung des Systems stattgefunden hat, was sowohl die Bediener als auch die Patienten verwirrt. Hieraus könnten sogar rechtliche Fragen hinsichtlich der Verantwortung im Diagnoseprozess aufgeworfen werden.

Die Verantwortung für die endgültige Diagnose und der gegebenenfalls fehlende Zugang der Patienten zu den Informationen der KI-Software, die zur Unterstützung der endgültigen Diagnose eingesetzt wird, sind nach wie vor umstritten und geben Anlass zur Sorge.

Schließlich stellt der Datenschutz wahrscheinlich das größte ethische Problem dar. Es wurde über Datenlecks und erfolgreiche Prompt-Injection-Angriffe zum Diebstahl von Daten berichtet [13, 14], was zeigt, dass KI-Tools in diesem Aspekt, der für ihre Zulassung in der klinischen Praxis von entscheidender Bedeutung ist, immer noch hinterherhinken. Darüber hinaus ist die Frage, wem die Bilder „gehören“, die zur Erstellung neuer Software ausgearbeitet wurden und die für neue Updates benötigt werden könnten, ein weiteres ernstes Problem.

Schlussfolgerung

Die Integration der KI in die Ultraschallbildgebung stellt einen Paradigmenwechsel in der medizinischen Diagnostik und Patientenversorgung dar. Durch die Verbesserung der diagnostischen Genauigkeit und der Effizienz der Arbeitsabläufe sowie dem erweiterten Zugang zu einer qualitativ hochwertigen Versorgung wird die KI die Standards der Ultraschallbildgebung neu definieren. Es ist jedoch unerlässlich, sich mit den Herausforderungen und ethischen Erwägungen im Zusammenhang mit KI auseinanderzusetzen, um eine verantwortungsvolle und wirksame Umsetzung zu gewährleisten.

Während wir das Potenzial der KI in der Ultraschallbildgebung weiter erforschen, wird die Zusammenarbeit zwischen Technologen, Klinikern und politischen Entscheidungsträgern von entscheidender Bedeutung sein. Gemeinsam können wir die Leistung der KI nutzen, um die Gesundheitsversorgung zu verändern, das Outcome der Patienten zu verbessern und die Grenzen der medizinischen Wissenschaft zu erweitern.

Conflict of Interest

Fabio Piscaglia: Astrazeneca, Bracco, BMS, ESAOTE, EISAI, GE, Gilead, IPSEN, MSD, Nerviano, Roche, Samsung, Signant Health, Siemens Healthineers.

All the other authors declare no conflict of interest.

References

- [1] Gao Y, Zeng S, Xu X et al. Deep learning-enabled pelvic ultrasound images for accurate diagnosis of ovarian cancer in China: a retrospective, multi-centre, diagnostic study. *Lancet Digit Health* 2022; 4 (3): e179–e187. doi:10.1016/S2589-7500(21)00278-8
- [2] Moro F, Ciancia M, Zace D et al. Role of artificial intelligence applied to ultrasound in gynecology oncology: A systematic review. *Int J Cancer*; doi:10.1002/ijc.35092
- [3] Fu Y, Zhou J, Li J. Diagnostic performance of ultrasound-based artificial intelligence for predicting key molecular markers in breast cancer: A systematic review and meta-analysis. *PLOS ONE* 2024; 19 (5): e0303669. doi:10.1371/journal.pone.0303669
- [4] Eun NL, Lee E, Park AY et al. Artificial intelligence for ultrasound micro-flow imaging in breast cancer diagnosis. *Ultraschall in Med Stuttg Ger* 1980 2024; 45 (4): 412–417. doi:10.1055/a-2230-2455
- [5] Vetter M, Waldner MJ, Zundler S et al. Artificial intelligence for the classification of focal liver lesions in ultrasound – a systematic review. *Ultraschall in Med*. 2023; 44: 395–407. doi:10.1055/a-2066-9372
- [6] Zhu Y, Meng Z, Wu H et al. Deep learning radiomics of multimodal ultrasound for classifying metastatic cervical lymphadenopathy into primary cancer sites: a feasibility study. *Ultraschall in Med Stuttg Ger* 1980 2024; 45 (3): 305–315. doi:10.1055/a-2161-9369
- [7] Fiorentino MC, Moccia S, Capparuccini M et al. A regression framework to head-circumference delineation from US fetal images. *Comput Methods Programs Biomed* 2021; 198: 105771. doi:10.1016/j.cmpb.2020.105771
- [8] Narang A, Bae R, Hong H et al. Utility of a Deep-Learning Algorithm to Guide Novices to Acquire Echocardiograms for Limited Diagnostic Use. *JAMA Cardiol* 2021; 6 (6): 1–9. doi:10.1001/jamacardio.2021.0185
- [9] Wei Y, Yang B, Wei L et al. Real-time carotid plaque recognition from dynamic ultrasound videos based on artificial neural network. *Ultraschall in Med Stuttg Ger* 1980 2023. doi:10.1055/a-2180-8405
- [10] Piscaglia F, Stefanini B, Calliada F et al. Ultrasound in clinical environments: Where are we standing? *Ultraschall in Med Stuttg Ger* 1980 2023; 44 (4): 353–358. doi:10.1055/a-2095-5975
- [11] Marcus E, Teuwen J. Artificial intelligence and explanation: How, why, and when to explain black boxes. *Eur J Radiol* 2024; 173. doi:10.1016/j.ejrad.2024.111393
- [12] Novelli C, Taddeo M, Floridi L. Accountability in artificial intelligence: what it is and how it works. *AI Soc* 2023. doi:10.1007/s00146-023-01635-y
- [13] Clusmann J, Ferber D, Wiest IC et al. Prompt Injection Attacks on Large Language Models in Oncology; 2024. doi:10.48550/arXiv.2407.18981
- [14] Samoilenko R. New prompt injection attack on ChatGPT web version. Reckless copy-pasting may lead to serious privacy issues in your chat.