



· 综述 ·

# 人工智能与大数据在超声医学实践中的应用进展

程妙仙<sup>1</sup>, 曾令红<sup>1,2</sup>, 吴 忱<sup>1</sup>, 刘 雯<sup>1</sup>, 白榕林<sup>1</sup>, 李思丹<sup>1</sup>

1. 长沙医学院医学影像学院, 湖南长沙 410000;
2. 长沙医学院附属第一医院超声科, 湖南长沙 410000

[摘要] 人工智能 (artificial intelligence, AI) 系统与超声医疗大数据分析处理技术的相互集成及其运用现已成为医工融合的新热点。AI技术一个主要的核心算法是深度机器学习, 它可以智能地识别和分类超声图像。近年来, 国内外越来越多从事超声医学工程与计算机科学领域研究的技术专家开始致力于如何推动智能超声+大数据技术的高度融合发展, 旨在辅助临床医师进行疾病筛查、诊断、预后风险评估等。这有利于减轻一线医务人员的工作量、提高超声检查在辅助疾病诊断方面的准确度、减少对患者病情的误诊率, 从而提升诊治效率, 满足了日益增长的各项临床服务需求。本文重点就AI和大数据技术在医院超声检查的临床及实践工作中的应用进行系统探讨, 针对AI和大数据在“医工融合”过程中技术的必要性、发展现状及存在的问题逐一进行总结, 旨在推动医工融合的可持续发展以及超声医学临床实践水平的提高。

[关键词] 医工融合; 人工智能; 大数据; 超声临床实践; 深度学习

中图分类号: R445.1 文献标志码: A DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2023.01.012

**Application progress of artificial intelligence and big data in ultrasound medicine practice** CHENG Miaoxian<sup>1</sup>, ZENG Linghong<sup>1,2</sup>, WU You<sup>1</sup>, LIU Wen<sup>1</sup>, BAI Rongling<sup>1</sup>, LI Sidan<sup>1</sup> (1. School of Medical Imaging, Changsha Medical College, Changsha 410000, Hunan Province, China; 2. Department of Ultrasound in Medicine, The First Affiliated Hospital of Changsha Medical College, Changsha 410000, Hunan Province, China)

Correspondence to: ZENG Linghong E-mail: 279094799@qq.com

[Abstract] The mutual integration and application of artificial intelligence (AI) system and ultrasonic medical big data analysis and processing technology has developed into a new hot spot in the integration of medical industry. One of the most important algorithms at the heart of AI technology is deep machine learning, which can intelligently recognize and classify ultrasonic images. In recent years, more and more technical experts engaged in the field of ultrasound medical engineering and computer science at home and abroad have begun to devote themselves to how to promote the highly integrated development of intelligent ultrasound and big data technology, aiming at assisting clinical physicians screening, diagnosis, prognosis risk assessment, etc. It is helpful to reduce the workload of front-line medical staff, increase the accuracy of ultrasonography in assisting disease diagnosis and reduce the misdiagnosis rate of patients' conditions, so as to improve the diagnosis and treatment efficiency and meet the rapid growth of various clinical service demands. This paper focused on the application of AI and big data technology in the clinical and practical work of hospital ultrasound, and summarized the technical necessity, development status and existing problems of AI and big data in the development of “medical and industrial integration” one by one. It aimed to promote the sustainable development of the integration of medicine and industry and improve the level of clinical practice of ultrasound medicine.

[Key words] Medical and industrial integration; Artificial intelligence; Big data; Clinical practice of ultrasound; Deep learning

2019年, 大数据、人工智能 (artificial intelligence, AI) 的应用被国家再次推荐写入中国政府工作报告, 大数据和下一代AI应用的关键

技术在研发转化与集成应用上已经上升为国家战略。数据、算法和算力的全面优化和整合, 为推动国内新一代AI系统的稳定和可持续快速发展提

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划项目 (教高司函 [2021] 13号-202110823018X); 湖南省普通高校创新创业教育中心基金项目 (湘教通 [2021] 356号-82)

通信作者: 曾令红 E-mail: 279094799@qq.com

供了强大的技术支撑。同时,大数据应用和现代AI系统作为医学临床医疗辅助技术,有利于提高一线医师对疾病的诊疗效率、准确度,降低基层医师的误诊率,对基层医疗能力建设的迅速提高和推动优质便携高效的医疗和公共卫生社会化服务创新体系框架的逐步建立等具有举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。本文主要就AI和大数据技术在医院超声检查的临床及实践工作中的应用研究这一专题内容进行系统探讨。

## 1 “医工融合”在超声临床工作中的必要性

医工融合主要指涉及工程医学、科学原理与生物医学技术等多学科领域的高新技术联合开发与应用,是基础科研理论与高新技术的应用实践相结合建设的高新技术学科。其中,“医”包括应用基础医学、临床医学、康复辅助医学技术和预防医学等,“工”包含临床工程技术、理学类等多个交叉学科门类。医工融合模式集中突出了应用基础理论研究内容和临床医疗实践应用的学科相互融合。

### 1.1 医工融合是超声工作的现实需求

超声医学是一门集医学、声学、生物电子学理论以及现代光学技术于一身的综合性应用学科。超声医学具有医、理、工结合发展的重要特点,涉及的面越来越广,在肿瘤筛查、诊断、治疗、预防等很多方面上都有很高的应用价值。此外,目前,中国绝大部分医疗活动过程中所产生的数据,有90%以上属于医学影像学资料,其中超声检查具有实时动态成像的特点,同时它所包含的数据也相对比较丰富和繁杂,因此人工分析与处理数据的工作量很大,也更容易受到主观因素等影响<sup>[2]</sup>。目前,运用AI于超声医疗数据处理也成为了医疗和工业融合的新热点。近年来,深度机器学习、图像智能识别、医学图像处理以及云储存、卷积神经网络设计等前沿的关键技术研究的突破,进一步大大促进了AI技术水平的高速发展,推动中国AI技术与传统医疗产业领域实现深度融合,在一定程度上促进了超声医学发展得更加智能化、数字化,为中国医疗模式开创了一个崭新的发展模式<sup>[3-4]</sup>。

## 1.2 医工融合是超声工作的实践要求

由于超声具有无创、无电离辐射、可实时成像、快捷、简便、高效、可重复性等优点,在病灶准确定位、诊断中广泛应用<sup>[5]</sup>。由于医学超声诊断检查内容具有一定的主观认知差异性,要真正成为一名专业且优秀的超声科医师,需要经过长期的理论培训和专业知识学习<sup>[6]</sup>。相比之下,智能化超声可以有效简化程序,避免产生主观意义上的差异,有利于节省医疗资源、减少报告时间、提高诊断效率<sup>[7]</sup>。

## 2 “医工融合”在超声临床工作中的发展现状

医工交叉渗透融合、协同与创新,推动和实现了医学科学理论和技术的历史性跨越式技术进步。现代临床医学常用的核医学、医学影像设备等现代诊疗设备系统和诊疗技术,在实质层面上讲都是现代医工信息技术交叉融合的最终产物。此外,AI、大数据医疗和深度智能学习技术在临床超声医学领域中被广泛应用,在一定程度上促进超声医学的智能化发展。

### 2.1 AI

AI这一概念首次正式提出时是McCarthy在美国1956年举办的一次达特茅斯国际会议上<sup>[8]</sup>,已有超过60多年的应用历史,现在一般视为人类对一种模仿着人类智力行为的智能机器(计算机)感知能力与实践能力操作方式的描述<sup>[9]</sup>。它实际上是指通过用计算机语言编程来模仿一个人原有的逻辑思维方法和语言认知等能力,产生一些类似于一般人的思维模式<sup>[10]</sup>。1963年,AI开始应用于医学图像处理<sup>[11]</sup>。从20世纪90年代开始,医学图像数据急剧增长,呈指数上升的趋势<sup>[12]</sup>。据调查显示,诊疗活动过程中所需的医疗数据有90%以上来源于医学影像。由于人工阅片容易受专业知识能力差异、个人主观差异等影响,极易在诊疗过程中出现误诊、漏诊等现象。作为医师的“第三只眼睛”,AI在辅助超声医学进行疾病诊断和治疗方面,有着得天独厚的优势。AI系统通过计算机对人体医学影像的大量深入学习,可以及时辅助影像科医师精准识别影像和正确定位病灶区域,减少医院漏诊或者

误诊等情况<sup>[13]</sup>。以乳腺癌为例, 通过采用AI的辅助检查技术不但可以提高和完善工作过程, 同时可以提升对乳腺癌的早期检测能力和降低假阴性结果的发生。其一般过程与基本原理主要涉及图像分割、病变检查以及良恶性诊断与评估等<sup>[14]</sup>。Fujioka等<sup>[15]</sup>通过从AI乳腺超声自动获得乳腺癌病灶的超声特性, 对乳腺良恶性疾病进行诊断以及鉴别诊断, 研究结果显示, 该类AI乳腺超声对乳腺良恶性肿瘤辅助诊断的准确度为93.4%, 灵敏度为88.6%, 特异度为97.1%, 并且能在较短时间内完成。随着大数据时代的到来, 未来AI乳腺超声技术不但能够对乳腺癌患者的病理学类型作出进一步细分, 而且还能够对乳腺囊肿、腺体增生、乳腺炎性肿块、纤维瘤等特殊的乳腺良性肿瘤鉴别判断, 并且对乳腺癌患者肿瘤淋巴结转移的类型、分级、转归过程和治疗预后等作出评估<sup>[16]</sup>。

## 2.2 深度学习技术

最早由Hinton等<sup>[17]</sup>对人工神经网络深入研究, 并刊登在2006年发表的Science期刊上。机器学习是AI研究的核心, 主要被用来分类和预测<sup>[18]</sup>, 通过首先获得的超声图像特征, 可以实现纹理分析、图像特征分割, 进而再通过分类器, 实现诊断的目的<sup>[19]</sup>。深度学习是属于机器学习系统的其中一类, 主要方法包括了卷积神经网络(convolutional neural network, CNN)、深度置信网络、自编码神经网络等模式和分析研究方法, 是实现目前新一代AI目标的一类重要技术<sup>[20]</sup>。深度学习在图像识别领域的应用十分广泛, 它通过模拟大脑的结构, 从中提取出图像的特征, 有效避免人为图像分割导致图像信息准确度低的问题。深度机器学习能让AI技术与正常人类大脑的正常思维活动过程更加地接近, 是未来革新AI+医学影像系统的一个关键的技术<sup>[21-22]</sup>。Arnaout等<sup>[23]</sup>构建的神经网络可以在准确识别5个胎儿心脏标准切面的基础上, 智能区分正常心脏与复杂性先天性心脏病, 同时使用分割模型测算出标准胎儿的心胸测量值。在4 108个胎儿(0.9%先天性心脏病, >440万张图像)调查的内部测试中, 模型曲线下面积

(area under curve, AUC)为0.99, 灵敏度为95%(95% CI 84%~99%), 特异度为96%(95% CI 95%~97%)。Xie等<sup>[24]</sup>基于CNN对胎儿颅脑超声图像进行正常和异常分类, 该分类系统测试结果显示正常和异常颅脑横切面分类准确度达96.31%。Byra等<sup>[25]</sup>提出一种迁移学习的深度CNN模式, 用以评价B超显示的肝脂肪变性。首先通过预训练的CNN获得了计算机视觉信息集的高层次信息, 随后采用了支持向量机(support vector machines, SVM)的方法对图形分类整理, 并通过特征分析法和套索回归法对脂肪变性情况进行判断, 结果显示AUC为0.977, 灵敏度为100.0%, 特异度为88.2%, 准确度为96.3%。由此可见, 基于深度学习技术的AI在大数据时代具有显著优势, 计算机技术的飞速发展也为AI在超声医学领域的普及提供了强有力的支持。

## 2.3 大数据技术

大数据或海量数据是指数据量巨大, 人工在合理的时间内无法将其截取、管理、处理、并整理成为人类所能解读的信息<sup>[26]</sup>。当前提出“精准医学”的模式, 并且随着电子数据记录医疗检查, 产生了大量的临床超声数据。越来越多长期从事超声医学领域的资深专家和国内外著名的数学家、计算机科学家们等携手共同致力于积极推动超声医学研究领域与人类生命健康中的医疗大数据产业进一步深入和融合应用及创新发展, 其核心目的在于共同推动超声科学技术建设新的标准体系、提高疾病的超声图像检测与诊断治疗工作过程中的实时精准度、缩短疾病报告时间。Choi等<sup>[27]</sup>分析计算机辅助诊断系统与有经验的放射科医师对89例甲状腺结节患者的诊断效能, 结果表明两者有相似的灵敏度(90.7% vs 88.4%,  $P>0.99$ ), 但特异度AUC较低(特异度为74.6% vs 94.9%,  $P=0.002$ ; AUC为0.83 vs 0.92,  $P=0.021$ ), 两者诊断结果具有一致性。在移动医疗大数据背景下, 通过对“大数据+超声医学”持续不断的优化及融合, 有力促进并推动改变传统超声医学诊断中高度重复的人工操控手段, 同时推进高度依赖海量超声医学信息进行临床分析诊断的发展, 满足了当前超声诊断快速、

准确、标准统一的医疗需求<sup>[28]</sup>。

### 3 “医工融合”在超声工作中存在的问题及对策

目前有关AI的研究成果已逐步应用于医学各个领域并表现出巨大的优越性，特别是在医疗成像领域，AI不但能够解决医护人员相对不足的问题，还能够优化医疗过程，降低漏诊率，提高效率。但AI技术在生物学成像领域中的运用尚处在初期试验和研发阶段，还面临着一系列的技术问题和挑战。

#### 3.1 超声图像对AI算法的性能要求高

超声大数据的获得需要依托于医师的实践操作，同一病变，不同医师操作，得到的图像可能会有所不同，这给AI算法提取特征带来了巨大的挑战。因此，根据妇产、泌尿、消化、心脏、浅表和肌骨等系统进行超声分类与评估，同时将肝、胆、胰、脾、肾等脏器作为扫描基础，针对超声的检查范围和内容建立统一标准，可以得到比较完整且规范的影像结果。在超声波设备中设置统一的检查标准和操作流程，可以自动切换检查模式并定位，对正常及异常的组织检测都具备智能化的特征，从而保证了超声影像的连续性和完整度。此外，智能超声系统将所得到的图像数据根据组织部位、检查切面和检查模式等进行智能化划分，同时还针对检查报告中可能出现的错误加以提示和纠正，最终给出更加智能化的检查报告<sup>[29]</sup>。

#### 3.2 超声数据库构建难度大

AI研发所依赖的大数据大部分集中在少数大型医院或特殊的医疗机构，其鲁棒性和普适性仍有待验证。AI的基础是大数据，大数据的基础是数据样本的标准库的建立。AI模型运行的关键步骤是采集数据构建数据库，训练集、验证集、测试集等不同数据库之间还需要做到两两无交集<sup>[30]</sup>。构建数据库的工作量十分巨大。尽管我国的临床医学数据量庞大，但实际可用性却不理想。目前医疗数据存在被污染、信息不全面、难以标准化这“三大痛点”，在多中心超声数据库建立过程中，经常出现对同一医学问题的不同看法。除了数据的不统一外，客观因素也不容忽视，如不同仪器对于同一病灶输出的图像也会有

所差异。此外，医学影像数据的相关采集和标注存在一定的难度，多数数据资料不易获取，且数据标记不正确或达不到质量要求、数据采集不标准等均有可能产生有差别的数据集合。因此，通过制定统一行业标准的数据采集和处理体系，进一步加强医联体建设，可以不断充实医学影像的标注资料。此外，通过AI信息技术系统设计的多模态医学图像数据标注系统，将各种医学图像处理算法技术和多种AI模型进行整合，简化图像数据的标注工作，有利于提高临床数据标注的处理效率。通过完善标准化的数据采集、质量检测和数据分析等助力建立一个多中心的超声声像图专业数据库，共享和交流各个渠道的优质健康医疗数据，消除原有的数据孤岛，才有望实现健康医疗大数据的开放和共享。

#### 3.3 隐私保护和监管力度要求提高

近年来，AI技术的飞速发展作为医疗产品的准入审核和监管带来了新的风险和挑战。超声AI产品属于创新研发产品，目前国内还存在缺乏相关技术应用管理政策规范、技术许可准入、应用审批收费监管等方面的监管制度。由于AI技术涉及的医学影像数据牵扯到患者隐私，因此，相关部门要加强对AI信息系统的监管。此外，超声医学AI算法应用于临床应用时，除了要考虑算法部署到超声设备上的实时性外，还需要认真对待AI算法进入诊疗环节后可能带来的各种问题，也需要严肃对待AI算法进入诊疗环节后涉及的诸多问题，如AI辅助诊疗性能评估、智能诊疗的责任归属、法律法规的制订、诊疗系统的信息安全、智能诊疗系统质量控制、医疗伦理等<sup>[30]</sup>。因此，相关部门对患者隐私的保护和监管力度要不断提高。

#### 3.4 AI临床标准化应用的适用性有待提高

尽管AI辅助技术已经取得了一定的进展，但仍缺乏系统性的多中心临床试验和有效验证，离临床标准化的要求还存在差距。超声识别AI算法在超声实际技术应用领域中存在一定范围的认知局限性，尽管超声AI技术有效地帮助提高了医学超声图像的识别分辨能力，但其在被真正引入临床实践工作中时，离临床规范化的要求还有一

些距离。AI的应用需要遵循严格的规范,以便在训练和验证数据的基础上进行大规模多中心的临床研究,这是AI在临床实践中取得成功的关键环节。

随着AI和大数据技术的不断发展,生物大数据与AI超声的融合已经成为如今超声领域发展的重要趋势,它可以有效提升超声诊断的准确度,降低误诊率和漏诊率,缩短报告时间,提高医疗服务质量,满足日益增长的临床需求,应用前景广阔。同时有利于进一步促进医工融合可持续发展,提高超声医学临床实践水平。

### 【参 考 文 献】

- [1] 王海星,杨志清,郭玲玲,等.基于大数据和人工智能的超声医学发展现状及问题研究[J].肿瘤影像学,2020,29(4):410-413.
- [2] 孙丽丽,王帅,张淑伟,等.不同教学方法在超声医学示教过程中的应用[J].中国继续医学教育,2019,11(20):21-22.
- [3] 张艳,张霞,罗渝昆,等.人工智能在青年超声医师辅助教学中的作用[J].转化医学杂志,2020,9(5):305-307.
- [4] 闫丽芳,杨艳,王晓艳,等.超声诊断临床实习的带教体会[J].世界最新医学信息文摘,2019,19(56):254.
- [5] AKKUS Z, CAI J, BOONROD A, et al. A survey of deep-learning applications in ultrasound: artificial intelligence-powered ultrasound for improving clinical workflow [J]. J Am Coll Radiol, 2019, 16(9 Pt B): 1318-1328.
- [6] 毕珂,王茵.计算机辅助诊断技术在超声医学中的应用进展[J].肿瘤影像学,2019,28(5):296-300.
- [7] 宋美琪,徐皓焯,汝童,等.人工智能在超声影像中的应用现状[J].中国中西医结合影像学杂志,2020,18(5):528-531.
- [8] ENNALS R. Pamela McCorduck and A.K. Peters (eds): Machines who think: 25th anniversary update: Natick, Massachusetts, 2004, ISBN 1-56881-205-1 [J]. AI Soc, 2004, 18(4): 382-383.
- [9] GORE J C. Artificial intelligence in medical imaging [J]. Magn Reson Imaging, 2020, 68: A1-A4.
- [10] LIANG X W, CAI Y Y, YU J S, et al. Update on thyroid ultrasound: a narrative review from diagnostic criteria to artificial intelligence techniques [J]. Chin Med J (Engl), 2019, 132(16): 1974-1982.
- [11] SOLLINI M, ANTUNOVIC L, CHITI A, et al. Towards clinical application of image mining: a systematic review on artificial intelligence and radiomics [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46(13): 2656-2672.
- [12] EUROPEAN INSTITUTE FOR BIOMEDICAL IMAGING RESEARCH (EIBIR). Strategic research agenda for biomedical imaging [J]. Insights Imaging, 2019, 10(1): 7.
- [13] 刘伯炎,王群,徐俐颖,等.人工智能技术在医药研发中的应用[J].中国新药杂志,2020,29(17):1979-1986.
- [14] 罗燕,伍建林.基于人工智能的医学图像分析在乳腺癌中的应用进展[J].齐齐哈尔医学院学报,2020,41(1):96-99.
- [15] FUJIOKA T, KUBOTA K, MORI M, et al. Distinction between benign and malignant breast masses at breast ultrasound using deep learning method with convolutional neural network [J]. Jpn J Radiol, 2019, 37(6): 466-472.
- [16] 谢川博,满琴,罗红.人工智能乳腺超声对乳腺癌的诊断及预后预测价值[J].中华妇幼临床医学杂志(电子版),2020,16(3):368-372.
- [17] HINTON G E, SALAKHUTDINOV R R. Reducing the dimensionality of data with neural networks [J]. Science, 2006, 313(5786): 504-507.
- [18] CROWN W H. Real-world evidence, causal inference, and machine learning [J]. Value Health, 2019, 22(5): 587-592.
- [19] 李敬,刘宁宁,王笑一.人工智能在超声诊断中的应用现状及展望[J].中国超声医学杂志,2022,38(5):595-598.
- [20] 雷丹,梅英,齐晓娅,等.人工智能在超声医学影像的应用研究进展[J].中国医疗器械信息,2021,27(7):42-43.
- [21] 雷婷,谢红宁.人工智能在产前超声领域的应用进展[J].广东医学,2022,43(9):1102-1105.
- [22] 潘亚玲,王晗琦,陆勇.人工智能在医学影像CAD中的应用[J].国际医学放射学杂志,2019,42(1):3-7.
- [23] ARNAOUT R, CURRAN L, ZHAO Y L, et al. An ensemble of neural networks provides expert-level prenatal detection of complex congenital heart disease [J]. Nat Med, 2021, 27(5): 882-891.
- [24] XIE H N, WANG N, HE M, et al. Using deep-learning algorithms to classify fetal brain ultrasound images as normal or abnormal [J]. Ultrasound Obstet Gynecol, 2020, 56(4): 579-587.
- [25] BYRA M, STYCZYNSKI G, SZMIGIELSKI C, et al. Transfer learning with deep convolutional neural network for liver steatosis assessment in ultrasound images [J]. Int J CARS, 2018, 13(12): 1895-1903.
- [26] 阮骊韬,赵巧玲,商静,等.大数据背景下超声诊断专业研究生超声诊断学教学的思考[J].西北医学教育,2015,23(4):616-618.
- [27] CHOI Y J, BAEK J H, PARK H S, et al. A computer-aided diagnosis system using artificial intelligence for the diagnosis and characterization of thyroid nodules on ultrasound: Initial clinical assessment [J]. Thyroid, 2017, 27(4): 546-552.
- [28] 王玲,周祖邦.超声医学如何拥抱大数据[J].中国卫生,2020(11):99-100.
- [29] 瞿岳,俞成杰.人工智能时代超声医学的最新发展研究[J].影像研究与医学应用,2019,3(24):1-2.
- [30] 许晓萍,曾祥卫,刘婷.人工智能乳腺超声的发展现状及上市前评价制度研究[J].中国医疗器械信息,2022,28(17):1-3.

(收稿日期:2022-12-04 修回日期:2023-01-12)