



# 人工智能和虚拟现实技术在提升超声影像教学质量中的作用\*

——石宇<sup>1</sup> 吴雅林<sup>1</sup> 闫林杨<sup>1</sup> 李思莹<sup>1</sup> 钟婉婷<sup>2</sup> 许昌<sup>1</sup> 陈芸<sup>1</sup> 刘俐<sup>1</sup> 孙德胜<sup>1\*</sup>

**【摘要】** 随着人工智能(AI)以及虚拟现实(VR)等技术在医学教学领域中的广泛应用,医学教学模式正在发生变化。本研究基于北京大学深圳医院超声影像科的应用场景,介绍了基于AI和VR技术超声影像临床教学平台的研发与应用。该教学平台通过5G网络传输、边缘计算和云端存储,并结合AI算法分析,实现了超声教学数据的实时更新。通过5G、AI和VR等技术的整合应用,超声影像教学质量得到了显著提升。

**【关键词】** 5G;人工智能(AI);虚拟现实(VR);超声影像;医学教育培训

中图分类号:R197.324;R445

文献标识码:B

The Role of Artificial Intelligence and Virtual Reality Technology in Improving the Quality of Ultrasound Imaging Teaching/SHI Yu, WU Yalin, YAN Linyang, et al. //Chinese Health Quality Management, 2024, 31(11): 20-24

**Abstract** With the wide application of artificial intelligence (AI) and virtual reality (VR) in the field of medical teaching, the medical teaching mode is undergoing change. This study introduces the development and application of ultrasound imaging teaching platform based on the ultrasound imaging department of Peking University Shenzhen Hospital. The teaching platform realizes the real-time update of the data of the ultrasonic teaching platform through 5G network transmission, edge computing and cloud storage, combined with AI algorithm analysis. Through the integrated application of 5G, AI and VR technologies, the quality of ultrasound imaging teaching has been significantly improved.

**Key words** 5G; Artificial Intelligence(AI); Virtual Reality(VR); Ultrasound Imaging; Medical Education Training

**First-author's address** Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen, Guangdong, 518036, China

2019年6月,工业和信息化部发布5G商用牌照,正式揭开我国步入5G时代的序幕<sup>[1]</sup>。随着5G网络、虚拟现实(Virtual Reality, VR)、数字孪生以及人工智能(Artificial Intelligence, AI)等新兴信息技术的迅速成熟,各地纷纷启动5G+VR的医疗和教育应用试点项目<sup>[2]</sup>。与此同时,各医学院校积极开始研究和布局,将VR引入医疗实践和医学教学中,以提升自身竞争力<sup>[3-4]</sup>。

2022年,工信部等五部门联合发布了《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022—2026年)》<sup>[5]</sup>,其中强调要重点支持VR的研发和产业化,特别是在VR+健康领域,推动VR在医疗教学训练与模拟演练、手术规划与导航等环节的广泛应用,从而促进医疗服务智能化水平的提升。2020年9月,国务院办公厅印发了《关于加快医学教育创新发展的指导意见》<sup>[6]</sup>,强调现代信

息技术与医学教育教学的深度融合,探索智能医学教育新形态,建设400门国家级医学虚拟仿真实验教学一流课程,并建设国家级临床医学、中医学、公共卫生等教学案例共享资源库。

鉴于此,北京大学深圳医院作为全国智慧化示范试点医院,搭建了智慧现实虚拟临床教学中心,运用5G网络、AI及VR等技术构建多模块超声影像一体化的交互显

DOI:10.13912/j.cnki.chqm.2024.31.11.05

\* 基金项目:深圳市发展和改革委员会5G创新应用发展首批扶植计划项目(编号:XMHT20210101029)

石宇<sup>1</sup> 吴雅林<sup>1</sup> 闫林杨<sup>1</sup> 李思莹<sup>1</sup> 钟婉婷<sup>2</sup> 许昌<sup>1</sup> 陈芸<sup>1</sup> 刘俐<sup>1</sup> 孙德胜<sup>1\*</sup> 通信作者:孙德胜

1 北京大学深圳医院 广东 深圳 518036 2 珠海市人民医院(暨南大学附属珠海医院) 广东 珠海 519000

示系统以及VR超声影像仿真培训系统。

## 1 超声影像科临床教学现状分析

超声医学是一门专业强、技术发展迅速、临床涉及面广泛的临床医学学科。作为一种临床诊断工具,超声技术可呈现体内病变的二维、M型、彩色多普勒、弹性成像、超声造影等超声影像<sup>[7]</sup>。由于超声影像模式多样、操作手法灵活、操作者的技能和经验对检查质量会产生重要影响,不同操作者之间的操作手法存在较大差异,进而影响病灶检出率和诊断符合率<sup>[8]</sup>。

传统的超声影像教学模式主要采用一对多、面对面操作培训,医学生通常通过老师讲解图像进行学习,仅在实际实习中才能接触真实的患者和病例<sup>[9-10]</sup>。然而,在实习过程中,带班医生通常只会让医学生对检查相对简单的患者进行上手实操;对于罕见病例,医学生往往没有上手实操的机会。这种教学模式存在一些问题:首先,这种教学模式高度依赖带教医师的技术能力,且高水平的超声教育师资相对匮乏,导致医师的培养周期较长、教学质量不稳定。其次,传统教学模式会延长患者的检查时间,且需要患者积极配合,年轻医师很难有更多动手操作机会<sup>[11]</sup>。不仅如此,在急危重症、罕见疾病、有创性操作以及涉及患者隐私的脏器检查方面,超声初学者更难获得充分的培训和操作机会,这可能会影响超声教学质量。因此,如何为医学生和年轻医师提供高水平的超声培训成为医学院校面临的一项技术难题。

为了解决这一难题,让医学生在正式上岗前拥有高水平的操作技

能和图像判断能力,学术界一直在致力于研发各种超声诊断培训系统。早期的超声诊断培训系统主要依赖于图片和视频展示案例,后来逐渐发展出以3D重建为主要方式的培训系统<sup>[12]</sup>。这些系统致力于重构不同人体组织的数据,并将之应用到模拟教学系统中。

现代超声诊断培训系统面临着如下挑战:一是如何保证系统的真实性和准确性,确保模拟环境与真实临床情境尽可能接近;二是如何将培训系统与实际临床实习相结合,使得医学生在培训过程中能够获得更多的实践经验,并将所学知识有效地应用到临床工作中。

## 2 基于AI和VR技术的超声影像临床教学系统构建

### 2.1 VR技术

VR技术是一种计算机仿真系统,可创建和模拟虚拟世界,使用户能够沉浸在虚拟环境中<sup>[13]</sup>。这些虚拟环境可以包括现实世界中的真实物体,也可以是人眼无法直接观察到的物质,通过三维模型来呈现<sup>[14]</sup>。如,VR技术已被广泛应用于内窥镜技术和眼科手术等领域。有研究<sup>[15]</sup>表明,相对于没有接受VR培训的人员,接受VR培训的操作人员在手术熟练度、手术操作时间等多个维度上表现更佳,具有显著的优势。目前,国务院办公厅和工信部均发布文件,提出将VR技术应用于医疗教育和培训的指导建议,以推动医疗服务朝智慧化方向发展<sup>[5-6]</sup>。这一举措将有助于提高从业者的技能和知识水平,提升医疗服务质量。此外,VR技术提供了更加灵活、高效、标准化的培训机会,帮助年轻医师快速掌握超声技能,改善诊断质量,提升患者的诊疗体验<sup>[16]</sup>。

这一创新教育方法为超声医学领域的专业发展和临床实践带来更多机会和挑战,推动医学教育培训进入更加智能化、高效化的时代<sup>[17]</sup>。

### 2.2 超声影像一体化的交互显示系统

该院搭建了智慧现实虚拟临床教学中心。构建的超声影像一体化的交互显示系统,可实现诊断与训练的一体化交互显示,使得超声科医生可以在交互显示环境中进行接近真实诊断一致的实操训练,避免扫描角度和方向受限,提高诊断全面性。超声影像一体化系统构建流程见图1。

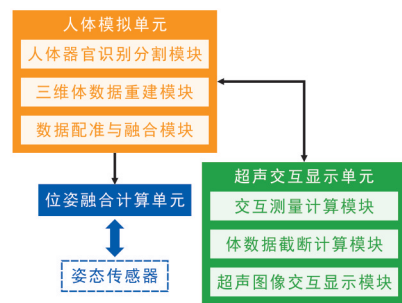


图1 超声影像一体化系统模拟案例的构建流程

(1)人体模拟单元。建立人体模拟模型,根据人体器官识别分割模块得到已有的体数据,根据已有的体数据获取三维体数据,再根据三维体数据得到虚拟的体数据,然后将虚拟体数据在计算机上进行三维模拟,同时通过数据配准与融合模块使生成的人体模拟模型与实际人体一致,方便后续进行超声操作演示。①人体器官识别分割模块。在超声机上进行采集、获取可用的体数据文件,参照《超声医学专科能力建设专用初级教材》中规定的体数据采集标准,获取对应病例的体数据。②三维体数据重建模块。对体数据进行分类和筛选,完成筛选后,进行体数据结构的解析,获取体

数据文件的三维体数据,将三维体数据重建转化为虚拟体数据。③数据配准与融合模块。将虚拟体数据配置到不同器官、病例的源目录中,并完成命名,通过空间定位设备锚定体数据的具体空间位置参数,并对参数进行微调,以确保虚拟体数据的三维位置、方向、比例等信息和实际人体一致,形成人体模拟模型。

(2)位姿融合计算单元。通过姿态传感器识别操作者的姿态,对姿态数据进行融合定姿,也就是操作者采用与实际诊断操作一致的超声诊断操作,将操作的姿态融合定姿,将定姿数据传输至人体模拟单元做出反应,从而模拟出实际超声诊断患者的情景。

(3)超声交互显示单元。建立交互显示环境,将位姿融合计算单元的定姿数据在人体模拟单元交互操作,将获取到人体模拟单元的体数据、体数据转化及体数据配置转化为数字化超声影像。超声交互显示单元包括交互测量计算模块、体数据截断计算模块和超声图像交互显示模块。

### 2.3 VR 超声影像仿真培训系统

该院构建的虚拟现实超声影像仿真培训系统是全国首个有实体落地的5G超声虚拟现实教学项目,包括两部分:一是医学超声教学平台的研发,包括大数据与AI算法的应用;二是应用信息交互的5G云网架构组建。通过5G网络传输、边缘计算处理以及云端存储和管理的架构,不断丰富并实时更新部署在云端的超声教学平台数据。

2.3.1 设计理念 该系统以国家卫生健康委能力建设与继续教育发展中心的全套《超声医学专科能力建设专用初级教材》为基础,将书籍内容和案例进行电子化编辑处理。同时高精度还原各部位完整的三维

正常声像图和病例声像图,模拟超声机实际成像操作,并进行图像冻结、亮度及对比度调节,支持查看对应部位的血流及频谱数据。

2.3.2 设计方案 该系统采用VR超声影像仿真教学方法,主要分为“运营商5G云网侧”和“教学现场”两部分(见图2)。“运营商5G云网侧”将系统部署在运营商深圳区域地市级核心机房的5G边缘云上,在深圳区域内借助运营商5G网络的大带宽、低时延特性,各医院或医学院校可以通过5G网络的5G-SA物联网卡连接到边缘云上的VR超声教学系统;“教学现场”通过5G智能网关连接网络设备接口协议(Network Device Interface, NDI)定位仪、显示大屏或VR头显,快速搭建出教学场景。

2.3.3 设计策略 由数据采集、数据处理、成像算法以及数据联调构成。(1)数据采集。通过专业超声医师采集患者三维体数据进行多次测试分析,根据最佳成像效果确定最终数据采集标准操作程序(Standard Operating Procedure, SOP)。(2)数据处理。将获取的体数据进行转化处理及体数据配置。(3)成像算法。将数据处理步骤得到的体数据经体数据整合算法模块、切面成像算法、超声机模拟成像,转化为数字化超声模拟成像。

(4)数据联调。把体数据配置至对应的脏器案例库中,且对体数据在虚拟人体中的位置和方向进行锚定,虚拟成像。

2.3.4 工作方法 教学现场部署教学大屏或以VR作为教学展示工具,NDI定位仪的传感模拟实操场景,通过5G智能网关与边缘云端数据库交互。在边缘云端部署VR超声教学系统,通过边缘云的图像渲染能力、数据处理能力等,实现系统数据与前端采集设备、显示设备的交互<sup>[18]</sup>。

## 3 系统应用

(1)实时反馈与指导。通过VR技术,医学生(被培训者)戴上VR眼镜可以看到虚拟的超声诊室、超声机及患者,并进行扫描学习,可即时观察到自己的操作效果,并得到实时的反馈和指导。这种即时性可以帮助学员及时纠正错误,大大增加临场感和学习效率。

(2)交互式学习体验。VR超声影像仿真培训系统结合超声医生学习的特点,真实重现了医院超声科场景以及影像设备结构,让枯燥无味的操作转变成VR形式的交互学习,通过数字技术制造虚拟环境,创造了一种全新的三维视觉体验。同

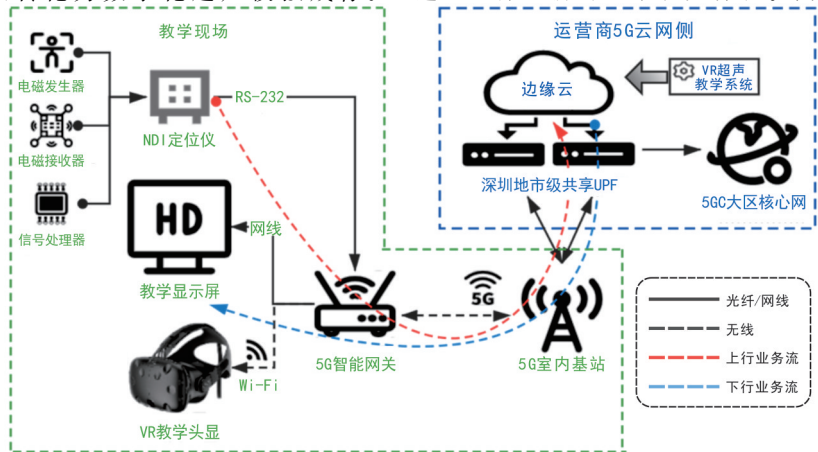


图2 基于5G+VR+AI的超声影像仿真培训系统网络架构图

时,提供更加真实的超声影像学习环境,学员可以在虚拟临床情况中模拟进行超声检查并与模拟的患者进行互动,增加了实践操作的机会和体验感,有助于加深对超声影像学原理和技术的理解。

(3)高效的远程教学和指导。利用5G边缘计算能力,实现了轻量化终端与5G边缘云端平台之间的低时延交互,提供了更加高效的数据交互服务。通过构建虚拟环境和互动功能,学员可以与各地的专家进行实时互动和合作,共同探讨问题、分享经验,促进医学教育和学术交流的同质化。这项技术使得偏远地区的医疗从业者可以获得高质量的培训,有效缓解了医疗资源不足的问题。这种远程教学模式不受地域和时间的限制,可以让更多的医学生在不同地点和时间进行教学培训,接受到高质量的教育,较大地解决各地医疗资源分配不均、超声医生培养质量参差不齐的问题,提高了教学的灵活性和便捷性。

(4)AI算法的支持。结合大数据和AI技术,VR超声影像仿真培训系统提供了基于真实人体采集的超声数据,可快速采集和拓展各类病例进行模拟教学,使得学员能够更加真实地融入临床实践。此外,AI算法能够有效处理图像畸变问题。在模拟探头即将超出预设数据边缘时,很容易出现对应图像的畸变问题。为了解决这一问题,一方面通过采集更多体数据来扩大探头可扫描的范围,另一方面对于横跨不同体数据的成像角度,通过体数据之间的补偿算法对实际成像进行优化。

(5)提供丰富的临床案例和模拟场景。该系统提供的模拟教学所用的超声数据均从真实人体采集而来,基于SOP获取的容积体数据,可快速采集和拓展各类病例进行模

拟教学,使得被培训者可以快速接触各种常见病和疑难杂症的真实模拟场景,并通过虚实结合的方式反复进行临床手法练习。这使得学员可以在虚拟环境中接触到更多的实际情况,提高了学习的实用性和逼真度,为以后实地训练和真机操作奠定坚实的基础,较大地解决各地医疗资源分配不均、超声医生培养质量参差不齐的问题。

(6)成本与效益。AI和VR技术的应用推动了教学模式的转变和教学方法的更新,提高了超声医生人才培养的便捷性和高效性,降低了超声医生人才培养的时间成本。同时,该教学平台可积累大量临床数据,可以用于训练超声机械臂,为机器学习提供了大样本数据,为超声机器人的研发提供数据基础和实验空间。

## 4 思考与讨论

医学超声影像学是数字化医疗时代发展的代表学科,其具有高分辨薄层扫描、多模态成像的特点。影像数据以每年30%的速度增长,约占医院信息数据的90%,使得超声医师的工作量剧增,而人力资源投入却远远不能满足需求<sup>[19]</sup>。随着超声医学的飞速发展和就诊模式的改变,临床医生及患者对超声影像检查的需求不断增加<sup>[20]</sup>。因此,高效培养超声医师的需求变得越迫切<sup>[7]</sup>。

近年来,AI等技术在医学领域得到了广泛应用,其主要目的是协助医生进行诊断,从而提高临床工作效率<sup>[21]</sup>。VR超声影像仿真培训系统为临床教学、医师培训、医疗实践以及改善医患沟通带来革命性的影响<sup>[22]</sup>。然而,由于起步较晚,发展速度较慢,在AI超声影像的商业化

应用方面面临着一些挑战,主要痛点是与临床需求不匹配,尤其是难以满足实时诊断的需求。在超声影像采集过程中,数据由专业技师负责,而图像的阅读则由专业医生完成。然而,与其他影像技术不同,超声诊断的难点在于图像的采集和阅读需要同时进行。这就需要超声医生同时配合手、眼、脑来采集不同切面的动态图像,并进行实时诊断<sup>[23]</sup>。

在超声影像科教学培训中,超声影像仿真培训系统除了可以解决基层优质医疗资源短缺的问题,帮助培养年轻医生以外,还将辅助医生进行诊断和超声图像质控,建立图像采集统一标准。这就像是为超声医生准备了一个导航助理,通过声音、文字、图像等方式全程提醒超声医生关注检查流程的规范化以及异常情况。在教学平台定位方面,针对高年资超声医生群体,AI技术能够帮助其减少一些重复性劳动,从而释放出时间来从事创造性和决策性工作;对于年轻超声医生群体,AI技术能够起到质控和培训的作用,帮助其降低漏诊和误诊的概率。因此,AI技术要实现实时同步分析的功能,以满足医生的临床工作需求<sup>[24]</sup>。

本研究基于AI和VR等技术搭建的超声影像仿真培训系统,开创了VR技术在超声医师规范化培训领域及医师继续教育领域系统化应用的先河,将最先进的5G+数字孪生、AI交互与临床应用进行产学研多点融合,将超声病例实时自动生成虚拟病例进行模拟培训,并通过机器视觉示教和评分技术帮助超声医师反复操作,直至熟练掌握。这将很大程度上解决医疗资源分配不均、超声医生培养效果不佳的问题<sup>[25]</sup>。让5G网络、VR、AI等技术赋能超声影像专业,驱动产业创新,从而推动医疗产业发展,提升医疗

机构服务能力。

说明:石宇和吴雅林为共同第一作者。

#### 参考文献

[1] 盖贝贝. 5G 发牌四周年“四”时花竞巧[J]. 通信世界, 2023(11):8.

[2] 魏建, 桑学峰, 杜坤. 基于 5G 网络和 VR/AR 技术的沉浸式智慧课堂框架研究:以《物流工程基础》教学课堂为例[J]. 物流科技, 2023, 46(19):164-167.

[3] 张祎. 虚拟现实技术在医学职业教育实验教学中的应用[J]. 信息化建设, 2015(6):163-165.

[4] 汤清扬, 刘茜. VR+健康:虚拟现实技术在健康领域的应用和前景[J]. 教育传媒研究, 2020(1):40-42.

[5] 工业和信息化部电子信息司.《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022—2026年)》解读[J]. 中国信息化, 2022(12):12-13.

[6] 国务院办公厅. 关于加快医学教育创新发展的指导意见:国办发〔2020〕34号[EB/OL]. (2020-09-17)[2024-03-19]. [https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content\\_5546373.htm](https://www.gov.cn/zhengce/content/2020-09/23/content_5546373.htm).

[7] 穆靓, 邱英武, 刘玮, 等. 多元化教学在超声医学专业住院医师规范化培训中的应用实践[J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8(27):171-174.

[8] 邹蜜, 赖兴建, 马莉, 等. 针对超声仪器调节技能以考促学在超声医学科住院医师规范化培训中的应用价值[J]. 中国毕

业后医学教育, 2024, 8(4):283-286.

[9] 杨冰洁, 李嘉. 基于图像和标准化病人的超声病例库的应用研究[J]. 中国继续医学教育, 2021, 13(23):101-105.

[10] 王芳, 张红霞, 杜丽娟, 等. 超声医学操作技能“标准化过程考核”教学模式探讨[J]. 中国继续医学教育, 2023, 15(18):183-186.

[11] 贾志莺, 张芬. 医学影像学专业医患关系教学的经验体会[J]. 影像研究与医学应用, 2018, 2(6):20-21.

[12] 黄莹, 王然, 陶高见, 等. 颅底 CT 3D 重建在疼痛微创治疗临床教学中的应用研究[J]. 中国疼痛医学杂志, 2023, 29(9):702-705.

[13] 石晓卫, 苑慧, 吕茗萱, 等. 虚拟现实技术在医学领域的研究现状与进展[J]. 激光与光电子学进展, 2020, 57(1):66-75.

[14] 丁晶, 曾超美. 虚拟现实技术在临床医学教育中的应用及思考[J]. 中国高等医学教育, 2019(7):27-28.

[15] 李晶晶, 袁丁, 王秀玲, 等. 虚拟现实技术在全科住院医师规范化培训中的应用效果评价[J]. 中国全科医学, 2023, 26(34):4322-4328.

[16] 郭玉霞. 虚拟现实技术在医学职业教育实验教学中的应用探讨[J]. 科学中国人, 2016(6):252.

[17] 许昌, 孙逸凡, 董四平, 等. 智慧医院建设促进公立医院高质量发展的思考[J]. 中国医院管理, 2023, 43(1):10-13.

[18] 国家卫生健康委, 国家中医药管理局. 关于印发公立医院高质量发展促进行动计划(2021-2025年)的通知:国卫医发〔2021〕

27号[EB/OL]. (2021-09-14)[2024-03-19]. [https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/14/content\\_5642620.htm](https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-10/14/content_5642620.htm).

[19] 曹茂诚, 陈旭, 何及夫, 等. 服务器虚拟化技术在构建数字化医院中的应用[J]. 中国卫生质量管理, 2012, 19(5):79-81.

[20] 张千彧, 邱宾, 刘伟军, 等. 5G 技术助力“互联网+医疗”健康管理模式发展[J]. 中国卫生质量管理, 2020, 27(6):81-84.

[21] 田林, 汪国翔. 虚拟现实技术在临床医学研究生教育及住院医师规范化培训中的应用[J]. 广西医学, 2017, 39(3):425-427.

[22] 刘红, 李哲旭, 朱晓红, 等. 医学超声检查技术虚拟仿真实验教学平台建设[J]. 中国现代教育装备, 2022(5):56-58.

[23] 徐子良, 郑敏文. 影像人工智能在医学领域的时代创新与挑战[J]. 山东大学学报(医学版), 2023, 61(12):7-12, 20.

[24] 朱玉云, 史小平. 医学超声成像的计算机仿真研究[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2009, 6(1):198-205.

[25] 李爽. AI 超声系统提高低年资医师甲状腺结节良恶性诊断的临床价值[J]. 中国医疗器械信息, 2023, 29(16):99-101.

通信作者:

孙德胜:北京大学深圳医院超声医学科主任  
E-mail:szdssun@163.com

收稿日期:2024-04-19

修回日期:2024-07-30

责任编辑:姚涛

# 欢迎投稿 欢迎订阅

欢迎登录本刊网站 [www.cnwszl.com](http://www.cnwszl.com)