·教育研究·

虚拟现实和增强现实技术在《医学影像学》教学中的研究与应用进展

穆琳[1]　裴昀[2]　李叶[1]　张惠茅[1]
[1]吉林大学第一医院放射线科，长春　130021；[2]吉林大学电子科学与工程学院，长春　130012
通信作者：张惠茅，Email: huimaozhanglinda@163.com

【摘要】 虚拟现实和增强现实技术在医学教育和临床应用方面有很大的优势。本文从基本原理入手，结合《医学影像学》学科特点，对此技术在国内外医学院校《医学影像学》教学中的应用进行回顾与总结。在放射诊断学中，可以丰富教学内容，扩展教学空间与时间，助力学生分析与诊断。在介入放射学中，能够体验接近真实的医疗环境，模拟并指导手术过程，优化教学资源，提高教学质量。在互联网、大数据、人工智能和计算机新技术的综合利用下，虚拟现实和增强现实将给未来的医学教育带来全新的变革。

【关键词】 虚拟现实；　增强现实；　医学影像学；　教学
【中图分类号】 G642
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200531-00601

Research and application progress of implementing virtual and augmented reality technology in *Medical Imaging* education

Mu Lin[1], Pei Yun[2], Li Ye[1], Zhang Huimao[1]
[1]Department of Radiology, The First Hospital of Jilin University, Changchun 130021, China; [2]College of Electronic Science and Engineering, Jilin University, Changchun 130012, China
Corresponding author: Zhang Huimao, Email: huimaozhanglinda@163.com

【Abstract】 Advances in virtual and augmented reality technology have shown its potential for medical education and clinical application. The purpose of this review is to summarize how medical colleges and universities have explored in virtual and augmented reality technology for *Medical Imaging* in China and other countries. Applications of virtual and augmented reality technology for diagnostic radiology education can enrich the teaching contents, expand the space and time of teaching, and help students in analysis and diagnosis. In interventional radiology education, students can experience the medical environment which is close to the real one, simulate the surgical process, optimize the teaching resources and improve the teaching quality. With the comprehensive utilization of the Internet, big data, artificial intelligence and new computer technologies, virtual and augmented reality technology will bring a new revolution to future medical education.

【Key words】 Virtual reality;　Augmented reality;　Medical imaging;　Teaching
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200531-00601

虚拟现实（virtual reality，VR）与增强现实（augmented reality，AR）是一种能够使人以沉浸的方式进入和体验人为创造的虚拟世界的计算机仿真技术。近年来发展迅速，随着 5G 高速传输、物联网、人工智能、柔性显示、移动式高性能图形计算等技术的出现，为 VR 与 AR 技术进入商用奠定了基础。目前，基于虚拟现实技术的应用和设备已经开始出现在教育、传媒、娱乐、医疗、遗产保护等诸多领域[1-4]。本文以 VR、AR 的基本原理入手，结合《医学影像学》学科特点，对 VR 与 AR 技术在《医学影像学》教学中的应用进展进行综述，以供从事相关研究的教师及技术人员参考。

1　VR 和 AR 的定义与基本原理

1.1　虚拟现实

VR是以计算机技术为核心,生成与现实环境在视、听、触感等方面高度近似的数字化环境[5]。当用户所在的环境不能满足学习、娱乐以及工作的某些特殊要求(例如在教室完成危险化学药品实验、在室内进行一场网球比赛等)时,VR 技术能够以计算机算法为核心,搭建出当前环境中不存在的虚拟世界,用户借助多种硬件传感设备(如 VR 眼镜等)能“看到”完全虚构的场景。这种交互方法能够全方位调动使用者的多种感官,从而帮助用户沉浸在使用环境中,提升使用的真实感。

1.2　增强现实

AR 是一种依靠外部传感器设备捕捉真实环境中的空间信息,通过计算机运算在计算机软件中建立与实景空间基本一致的虚拟空间[6]。AR 技术实现了“真假融合”,首先通过传感器采集用户所在的真实场景,在计算机设备中重建出该环境;接着借助三维建模技术,模拟生成当前环境中不存在的物体;最终,用户看到的是“真”的环境与“假”的物体的叠加。AR 只虚拟重建了部分物体,扩展了真实空间的局限性,将许多不便于演示的实验、设备可以通过增强现实技术展示在使用者眼前;同时相关设备可以实时捕捉使用者的动作信息,对体验者的一系列动作做出及时反应。

1.3　虚拟现实与增强现实的关系

VR 与 AR 是两种基于计算机技术开发出的交互情景,借助计算机图形学等先进算法,完成了环境的重建。二者不同之处在于构建主体环境的差异,VR 构建的环境是完全不存在的,而 AR 技术以真实环境为主体,只是根据特定需求模拟生成部分物体。这两种交互方式都能够让体验者身临其境、沉浸其中,提供了丰富的应用场景,增加使用的真实感[7]。

2　VR 和 AR 在教学中的应用

《国家教育事业“十三五”规划的通知》指出,要积极发展“互联网+”教育,综合利用互联网、大数据、人工智能和 VR、AR 技术,探索未来教育教学新模式[8]。表 1 中归纳总结了国内外医学院校或教育机构中 VR 和 AR 技术在医学教学中的应用。

2.1　VR 与 AR 的教育教学设备平台及工具的建立

传统的教学方式多采用书面或多媒体课件等二维教学模式,概念抽象、缺少立体感、形式单一、学习枯燥,学生们缺乏积极主动性。然而当代教育中通过 VR 与 AR 教学设备平台,能够为教育工作者提供全新的工具。他们利用新技术将学生轻松带入思考,使学习效率更高。针对于医学生的模拟仿真医学教学已在全球范围内得到推广应用,其中包括影像实训模拟平台。影像模拟的仿真教学为学生提供了大量临床常见病、少见病的分析及诊断,为学生提供介入治疗模拟训练[9]。采用 VR 与 AR 技术,通过可视化场景,可以把需要讲解的内容直观而生动地展示在学生面前;可以通过沉浸式的 VR 技术构建与虚拟事物的交互,激发学生想象力,使学生更容易了解学习内容的特征、性质和规律;与此同时,还能够让学生体验动手参与的学习乐趣。

表 1　国内外医学院校或教育机构中 VR 和 AR 技术在医学教学中的应用

机构	VR与 AR 应用技术	参考文献
麻省综合医院(美国,波士顿)	VR在介入放射学教学中模拟操作步骤;VR 技术模拟患者对比剂过敏反应;通过在个人智能手机上使用 VR 眼镜进行授课,让医学生沉浸在介入放射学环境中;3D 打印;使用 VR 眼镜引导患者进行诊断检查和红外线检查;开发用于 VR 和 AR 环境的触觉反馈工具	[11]
蒙特利尔麦吉尔大学(加拿大,魁北克)	基于 VR 医疗训练模拟器,应用于中风康复训练	[12]
约翰内斯古腾堡大学医学中心(德国,美因茨)	腹腔镜手术中的 VR 模拟器与训练设备,利用 AR 模拟在急诊室的治疗过程	[13]
天津医科大学医学影像学院	医学影像学虚拟仿真实验教学,包括 CT 检查技术虚拟仿真实验;电子仿真实验室、磁共振成像虚拟仿真实验室、图像处理实验室、图像分析实验室、功能成像实验室	[14]
川北医学院	构建医学影像学“云信息”平台,包含医学影像图片资源共享库、模拟诊断系统、图像后处理、胶片打印及成像效果的仿真操作系统、放疗虚拟现实教学系统	[15]
重庆医科大学	国家级医学虚拟仿真实验教学中心为通过 VR 理念模拟打造的教学实验系统,包括由 VR 构建的医学图像模型教学区和实训区域。通过模拟在人体血管内进行选择性肝动脉造影及原发性肝癌选择性肝动脉化疗栓塞术操作	[16-17]

2.2　三维物体展示

在数学、化学、生物和物理等学科教学中，经常需要为学生出具一些实物模型，来帮助学习者理解较为抽象的概念。虚拟现实能够通过对应的建模软件，构建与课堂教学所需实物相同的模型。比如应用 AR 工具进行颞骨、心脏解剖教学；利用虚拟的眼球三维解剖结构以及配合一些多媒体动画素材，不但让学生可以直观、立体地学习前房角的构成、位置、大小、形态和周围组织的关系，还可让学生动态观察房水的循环途径[10]。

2.3　技能训练

技能训练需要学习者将学到的知识运用于动作实践，将知识通过操作而内化。VR 与 AR 技术能够使学生在虚拟世界中进行许多现实世界难以进行的技能训练，例如体育技能、医学手术、物理化学实验等。利用此技术可以克服成本高昂、场地、天气等不可控因素。虚拟现实的高度沉浸性能让学习者更加专注，不易受外界干扰，能规避某些技能训练所带来的危险性，习得技能的保持时间也较为持久。

2.4　虚拟场景的构建

虚拟场景建构学科教学中，常常会通过营造教学情境进行教学，但教师的解释往往和学习者的理解大相径庭。若采用 VR 与 AR 还原这些场景，学习者不仅能看、听，更能亲身体验。例如，运用虚拟现实能够让学习者亲身体验“患者对比剂过敏”的场景，设身处地观察患者的临床表现，真实地体验急救处理过程。

3　医学影像学教学特点

医学影像学在临床医学和基础研究的应用上如同“侦察兵”，肩负着为临床科学诊治、揭示病因病理、评价治疗效果及循证医学等医学工作提供影像信息依据的任务。医学影像学的系统性和专业性较强，影像医学人才除具备全面的医学理论体系和医学思维外，更要有过硬的“实战”能力，模拟诊断、模拟操作等在医学影像学教学中占有较大比重。医学影像学教学资源繁多、教学内容多样，主要包括病人基本信息数据、DICOM 图像数据、病人报告信息等结构化和非结构化数据。然而，如何将这些海量的教学资源整合并合理利用，是医学影像学科教师面临的巨大难题。不仅如此，本学科传统实验教学模式，存在设备高投入、X 射线高危险和实践教学难实现等制约学科教学发展的因素。对于相关专业教师或医学生来说，掌握并应用好这门课程将面临很大挑战。

4　VR 和 AR 在医学影像学教学中的应用

4.1　VR 和 AR 在放射诊断学中的应用

VR 和 AR 技术应用在放射诊断学领域的主要作用就是丰富教学内容，让学生能够感受和体验接近真实的医疗环境，提前介入医学分析与诊断，对于提高影像医学的教学质量具有重要意义。与普通教科书或网络在线学习模式不同，学生沉浸在虚拟世界中，在学习活动中增加了社会、环境和个人的存在感，这样的体验更能极大带动学习者的参与动力，对学生同理心、社会性的发展有较大帮助。同时，AR 技术另一重要作用就是帮助学生理解复杂的解剖学。例如，AR 被用于培训放射科住院医师理解内耳解剖学。美国 FDA 认证批准的 AR 软件，可以将医学资料 DICOM 数据自由转换成 3D 客观文件。同时 VR 已被用于模拟造影剂过敏反应情景中，使学生沉浸在模拟环境中进行自主学习、处理急性过敏反应过程，解决了病人隐私保护和不当操作导致的可能伤害等难题。其具有相对真实性、程序统一性、内容规范性、重复利用性和低成本损耗性等显著优势。

4.2　VR 和 AR 在介入放射学中的应用

在介入放射学方面，交互式虚拟现实模拟器已在介入放射学中应用。虚拟现实技术所提供的感知线索及多通道反馈，能帮助学生将所学迁移到真实生活中；其临场感也可以满足情境学习的需要，提供了大量可迁移的或丰富的日常经验，且没有任何的伤害[18]。例如，学生可以通过连接在他们个人智能手机上的立体视频观看介入手术过程。在这种课程的互动中，教师可以根据一个病例提出问题，包括诊断、适应证、禁忌证、设备类型、镇静类型等问题。针对住院医师或专科医生的更深层次学习需求（比如熟练某些造价昂贵的介入手术设备或无法在实验对象上模拟的介入操作步骤），通过一种可以加载在智能手机上的 3D 扫描软件程序，可以扫描 3D 对象，连接 3D 打印机，将这些介入手术应用的器械及工具以 3D 的方式展现出来，融入 AR 场景。学生触摸到虚拟的合成介入工具与器械，模拟与练习真实的手术技巧。目前某些临床技能操作过程，包括穿刺术、胸腔穿刺术和中心静脉置管已经可以完整模拟整套操作步骤。

所有介入性放射治疗的技术挑战都是以最准确、最高效的方式将现场定位到目标区域。一种便捷瞄准的方法是应用导航工具和融合算法，融合

MRI和 US 数据或 MRI 和 CT 数据,以提高感兴趣或病变解剖部位的可视化能力。比如利用 AR 技术将特定病变的诊断图像直接重叠到患者身上。通过将图像叠加到患者身上,操作者可以看到融合的解剖结构,并继续瞄准病灶,同时仍然站在患者旁边。

5　VR 与 AR 的局限性

尽管 VR 与 AR 技术在医学教育上有很好的想象空间,但由于医学教育的专业特性,总体上还处于初级阶段,目前仍面临很多困难。与传统的教学模式相比,VR 和 AR 技术的成本相对较高。现有的网络条件,VR 技术运行所需的庞大数据量很容易造成数据交换时间过长,网上互动难以流畅进行。另外,VR 与 AR 技术不够成熟,硬件设备价格高和软件产品仍需跟进等因素仍制约着医学教育还不能进行广泛应用,使应用成本与效率尚不平衡。同时环境模拟基于构想,过于理想化、单一化。VR 所创造的模拟环境虽然逼真,但限于电脑操作,学生无法真实地使用实际操作中的各种设备与器材,缺乏实物感。还存在教师对于 VR 与 AR 技术掌握知识较少,计算机程序开发人员与医学课程脱节,学生与教师反馈缺乏等一系列问题[16]。

国内外 VR 与 AR 在医学教育领域中发展将是一个渐进性渗透的过程,是一个硬件和软件共同发展的过程。在硬件上会有更加精确、精细的真实感和更加舒适的体感;在软件上会有专门的教育企业和医学专业知识相结合,助力教学、丰富教学、优化教学。VR 与 AR 技术正向着视觉、听觉、触觉多感官沉浸式体验的方向发展,向着微型化、移动化、便携化发展。VR 与 AR 技术将给未来的医学教育带来全新的变革。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　穆琳、裴昀:提出论文构思、撰写论文;李叶:审订论文;张惠茅:审订论文、总体把关

参考文献

[1] 张茹茵. 试谈 VR 远程教育中的应用[J]. 电脑编程技巧与维护, 2019(7): 131-133. DOI: 10.3969/j.issn.1006-4052.2019.07.049.

[2] 王子川. 身临其境:面向未来的传媒方式 ——“媒介即讯息”视角下 VR 的革命性突破[J]. 新闻研究导刊, 2019, 10(11): 205-206.

[3] 郭喜春. VR 技术在非遗数字化保护中的应用现状[J]. 信息系统工程, 2018(5): 81. DOI: 10.3969/j.issn.1001-2362.2018.05.063.

[4] 田继红, 蒋岱. 从虚拟现实(VR)发展看未来医学教育的变革[J]. 中国管理信息化, 2017, 20(6): 209-210. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0194.2017.06.142.

[5] 邓晓军, 秦向阳, 高鹏, 等. 虚拟现实技术在医学教育中的应用[J]. 重庆医学, 2017, 46(18): 2582-2584. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2017.18.048.

[6] 肖世维, 青思含, 文锦琼. 从虚拟现实到增强现实探索基础医学实验教学“金课”建设[J/OL]. 高校医学教学研究(电子版), 2019, 9(3): 7-12. DOI: 10.3868/j.issn.2095-1582.2019.03.002.

[7] Kuehn BM. Virtual and augmented reality put a twist on medical education [J]. JAMA, 2018, 319(8): 756-758. DOI: 10.1001/jama.2017.20800.

[8] 孙毅超, 王艺璇, 朱绍瑞, 等. 虚拟现实技术在教育领域的发展与困境[J]. 高教学刊, 2017(4): 193-194.

[9] 许定华, 罗泽斌, 徐晓红, 等. 基于在线互动教学云平台的互联网+医学影像学教学模式研究[J]. 医学教育研究与实践, 2019, 27(3): 400-403. DOI: 10.13555/j.cnki.c.m.e.2019.03.010.

[10] 李鸿, 张科. 虚拟现实技术在眼科教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2015(5): 515-517. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2015.05.023.

[11] McCarthy CJ, Yu AYC, Do S, et al. Interventional radiology training using a dynamic medical immersive training environment [J]. J Am Coll Radiol, 2018, 15(5): 789-793. DOI: 10.1016/j.jacr.2017.12.038.

[12] Levin MF, Snir O, Liebermann DG, et al. Virtual reality versus conventional treatment of reaching ability in chronic stroke: clinical feasibility study [J]. Neurol Ther, 2012, 1(1): 3. DOI: 10.1007/s40120-012-0003-9.

[13] Huber T, Wunderling T, Paschold M, et al. Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects [J]. Int J Comput Assist Radiol Surg, 2018, 13(2): 281-290. DOI: 10.1007/s11548-017-1686-2.

[14] 郑楠, 庞学明, 李军, 等. 医学影像学虚拟仿真实验教学项目的实践与思考[J]. 现代信息科技, 2019, 3(15): 88-90. DOI: 10.3969/j.issn.2096-4706.2019.15.032.

[15] 魏小琴, 祝元仲. 医学影像“云信息”平台的构建研究[J]. 信息与电脑(理论版), 2019(2): 107-109.

[16] 甘淋玲, 沙川, 王博. VR 技术在中国医学教学中的实践与思考[J]. 中华医学教育探索杂志, 2019, 18(9): 871-875. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.09.002.

[17] 郭大静. 原发性肝癌选择性肝动脉化疗栓塞术(TACE)[EB/OL]. (2018-05-18)[2020-01-14]. http://www.ilab-x.com/details/v3?id=2628&isView=true.

[18] 王紫微, 李逢战. 以虚拟现实技术为工具的翻转课堂模式[J]. 中华医学教育探索杂志, 2017, 16(12): 1249-1254. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.12.013.

(收稿日期:2020-05-31)

(本文编辑:曾玲)