·教学改革·

虚拟现实技术在外科手术学基础课程中的应用研究

沈艳[1]　王萌[2]　周玉皆[1]　王巧桂[3]　许碧云[4]　张思冬[1]　沈苏南[5]
[1]南京大学医学院附属鼓楼医院教育处　210008;[2]南京大学医学院附属鼓楼医院普外科　210008;[3]南京大学医学院附属鼓楼医院麻醉手术室　210008;[4]南京大学医学院附属鼓楼医院科研部　210008;[5]南京大学医学院临床模拟中心　210008
通信作者:沈苏南,Email:shensn@nju.edu.cn

【摘要】 外科手术学基础课程作为临床医学生必须掌握的技能,在教学模式和手段上较为落后,对提升教学效果产生了负面影响。将虚拟现实技术应用到外科手术学基础教学中,预先设计的课程内容以情景式展示,让学生体验沉浸式学习方式,转变课堂角色,发挥虚拟现实技术的优势,以弥补传统教育模式的劣势,从而提高培训效果。

【关键词】 虚拟现实技术;　医学教育;　应用研究
【中图分类号】 R-05
基金项目:南京大学教改课题(201623B7);南京大学 2016 年度本科教学改革项目一般项目(20162387)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200309-00576

Application of virtual reality in basic courses of operative surgery

Shen Yan[1], Wang Meng[2], Zhou Yujie[1], Wang Qiaogui[3], Xu Biyun[4], Zhang Sidong[1], Shen Sunan[5]
[1]Department of Education, Nanjing Drum Tower Hospital, Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China; [2]Department of General Surgery, Nanjing Drum Tower Hospital, Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China; [3]Department of Anesthesiology, Nanjing Drum Tower Hospital, Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China; [4]Department of Scientific Research, Nanjing Drum Tower Hospital, Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China; [5]Clinical Simulation Center of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, China
Corresponding author: Shen Sunan, Email: shensn@nju.edu.cn

【Abstract】 As a kind of skills clinical medical students must master, the basic teaching of operative surgery is relatively backward in teaching mode and means, thus negatively affecting the teaching effect. The virtual reality is applied to the basic teaching of operative surgery, and the pre-designed course contents are presented in a situational way, so that students can experience the immersive learning style. It changes the classroom roles, gives full play to the advantages of virtual reality, and makes up the disadvantage of traditional education mode, finally improving the training effect.

【Key words】 Virtual reality;　Medical education;　Applied research
Fund program: Education Reform Project of Nanjing University (201623B7); General Project of Nanjing University Undergraduate Teaching Roform in 2016 (20162387)
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200309-00576

虚拟现实技术(virtual reality,VR)是一种融合了计算机图形、多媒体、网络仿真、传感器、立体显示以及人机交互等技术的综合技术。该技术主要是利用头盔式显示器、受控输入设备,融合计算机图形、传感器、多媒体、网络等技术,使参与者产生一种完全沉浸在虚拟空间的感觉。发展至今,其已经演变为沉浸式虚拟现实技术。在医学领域中,VR 技术也逐渐被应用在病人康复、手术模拟、医患沟通等方

面，通过与现代医学密切结合对医学教育领域的发展产生重要影响。

1　虚拟现实技术在国内外医学教育领域的应用现状

美国作为虚拟现实技术的发源地，在教育领域的应用历史有 30 年左右。在医学教育领域，VR 医疗技术是排在游戏之外的第二位研究对象[1]。其可应用于医学教学、新生培训、技能测试、技术学习、手术计划等诸多场景；尤其是在虚拟医学手术仿真训练方面，美国波士顿力学研究中心利用偏振眼镜观看场景、虚拟手术器械模拟操作，在本世纪初处于手术训练领域的前沿地位[2]。此外，英国和日本也在医学教育等领域取得良好的效果。2016 年，英国皇家伦敦医院、Medical Realities 和 Mativision 通过 360° VR 技术向全球展示了 Shafi Ahmed 医生为一位结肠癌患者实施肿瘤切除手术的过程。这是全球首例通过VR 技术进行直播的手术，在医学临床及教育发展方面起到了里程碑式的意义[3]。为了给全球医疗产业提供一条定制化、交互性的教学体验路径，以改变医学教育的未来，Mativision 专门开发了一个名为 VRinOR 的平台，提供沉浸感与交互操作，使医生及医学生们能够在 VR 中更加精细化地进行手术操作，给医学教育带来了极大的便利与创新。

国内西安虚拟现实工程技术研究中心和北京航空航天大学计算机系是最早开展 VR 研究的单位，随后北京大学、浙江大学、上海交大等高校也加入到 VR 的研究队伍中。2016 年是中国虚拟现实元年，这一年虚拟现实技术在中国得到广泛关注[4]。教育部办公厅在 2017 年下发关于 2017 至 2022 年开展示范性虚拟仿真实验室教学项目建设的通知，推动传统教育的变革。其至今已经在神经外科、骨科、妇产科、儿科、口腔医学以及内镜和腔镜技术等临床医学教育中得到较好的应用[5]。

2　外科手术学基础课程教学现状及存在的问题

医学的实践性决定医学教育应以提升学生实际应用能力为目的，而外科手术学基本技能作为临床医学生必须掌握的技能，其教学方式受到了广泛关注。医学院校较早就开设外科手术学基础课程，目前主要采取课堂教学，然后分组见习，最后训练考核的教学模式。医学教育具有实验资源和临床机会有限、教学内容抽象等特点[6]。外科手术学基础课程目前采用的教学手段和模式给教学和考核都带来不少问题。①以教师为主的教学模式。课堂教学中主要以教师为主，一般都是先用多媒体教学讲授理论知识点，然后进行教学演示。教学过程中学生较少参与，难以激发其学习兴趣。②不能及时进行数据反馈。传统教学模式下对于学生学习状况的把握只能通过后期考核来实现，授课教师不能及时掌握学生学习的难点、易错点，不能进行针对性指导教学，做到闭环式管理。③理论与实践衔接不够。学生在课堂学习后未能将所学知识联系到实际场景中，缺乏临床应用能力的培训。这也是传统医学教育培训模式下普遍存在的弊端。

虚拟现实技术应用在外科手术学基础中，可以让沉浸式教育软件平台成为教师，学生成为课堂的主要角色，提高学生学习积极性和主动性。现有的多媒体教学实现一屏教学，而虚拟现实技术将教学转变为内容丰富的三维空间多屏教学，让学生沉浸在实景中，打破时间和空间的限制，最大限度模拟操作情景。通过不同病例的不同手术流程，在安全的虚拟环境下反复多次地训练，并且通过平台记录下学习数据，及时反馈给授课教师[7]，改变现有的教学考核形式，提升学习效果。

3　虚拟现实课程研究设计

医生的成长和治疗手段的革新离不开大量的实践，人体的复杂性也增加了其被替代的困难[7]。把 VR 技术应用到培训课程中模拟真实场景，既可以保障学生安全，又能使学生身临其境、增加真实感，而且还能缩短培训时间、减少培训成本[8]。VR 在课程中的应用除了可以满足现有课程需要外，同时有助于训练学生逻辑思维，实现临床培训的即时反馈和体验式学习过程[9]。

3.1　研究内容

课程研发内容包括外科无菌术、器械认知、洗手穿衣等外科基本技能训练。通过具有虚拟性、沉浸性、互动性、多感性等特点的虚拟现实技术，来真实、形象地展示教学内容。突破时间和实验内容的限制，进行反复训练和强化，同时及时评估反馈。根据教学大纲和教学中的问题，本研究设计的课程内容主要体现在以下几个方面：①器械辨认模块：演示不同手术器械的名称、用途、使用方式和注意事项。本文已经完成了此项课程内容的研发。②外科洗手模块：让学生模拟外科洗手的基本动作，掌握六步洗手法，掌握碘伏和洁肤柔等不同消毒剂的外科洗手流程。③穿手术衣模块：通过 VR 模拟手术室真实场景，做出抛起手术衣两手臂同时伸入袖筒等动作，以及戴手套等动作。④手术区消毒铺单模块：完成在虚拟人体上不同手术区域消毒，以及在 VR 助手的配合下

完成手术区铺单的动作。⑤手术室无菌原则：总结学生在手术室中主要存在的违反无菌原则的问题，将这些无菌原则的知识点制作、编辑并融入情节。

软件基于无菌术、器械认知、洗手穿衣等真实场景数据构建的虚拟学习环境，呈现出全方位、多维度信息；并使医学生能作为扮演的角色直接地与虚拟环境中的各种对象进行交互，接受系统提供的各种感官信息，使医学生获得最大地控制和操作整个环境的自由度。同时，医学生学习过程中的反馈信息也通过手柄、头戴式虚拟现实设备等硬件设备反馈到软件中，软件根据这些信息自动调整呈现内容。训练系统采取 MVC 的设计架构，把数据和渲染单独分开管理。根据不同数据功能设计的系统架构图见图 1。

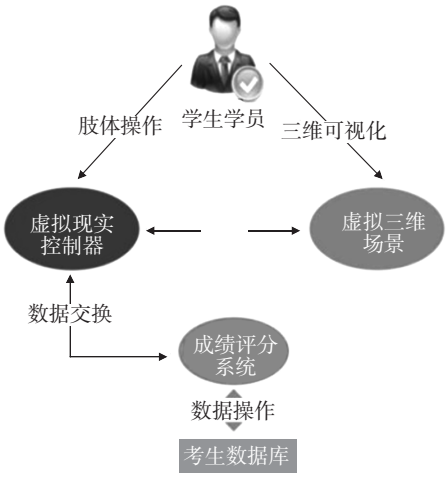


图 1　系统架构图

3.2　课程实施

3.2.1　硬件设备和运行环境

①虚拟现实设备：双 AMOLED 屏幕、传感器、耳机、定位器基站、头戴式显示设备。②数据处理一体机：32 寸触摸屏屏幕比例支持 16∶9，分辨率不小于 1 920×1 080，响应时间不大于 8 ms；内置高性能工业级工控主机主板，不低于 3.30 GHz 处理器，独立显卡，固态硬盘，立体声音箱，头显组合支架。

3.2.2　课程标准

目前研发完成并实施的课程内容是器械认知模块，以下内容为器械认知课程的标准，系统包括教学和考核两大模块。

①内置 3D 手术室环境场景，画面流畅，刷新率稳定在 60 Hz 以上，单眼分辨率 1 920×1 080。②手术配音简介，介绍患者基本情况。③包含不少于 28 种的常用手术器械精细模型，模型精度高于 0.1 mm 级。④不少于 28 套的对应的常用的手术器械操作视频讲解，具有细节放大镜显示功能。⑤手术站位考核精度高于 0.1 m 级。⑥术前的考核，包括签署手术同意书和麻醉同意书，以及患者的手术部位确认考核。⑦实时考核成绩的统计，并且统计具体每道考题的对错；教师可以根据考核的时间统计出不同时间段的考生成绩，并且自动生成考核成绩的Excel文件。

通过 VR 动作捕捉、传感器数据采集，让教培流程标准化，测评考核更精确；通过构建现场环境，提高了心理接受程度，缩短了学习曲线，降低了学习成本。

3.2.3　课程步骤

调试并穿戴虚拟现实设备，进入器械识别学习或考核场景；语音提示，了解当前患者的病况；进入手术站位考核环节，在语音提示结束后站至器械护士规定站位至少 3 s；语音提示在临床手术中器械使用的教学或考核；手术完成后，处理手术服，将换下的衣服放入正确的消毒篓中，教学或考核结束。

4　初步应用及效果

本研究以临床病例形式，分别对基于传统教学模式培训的医学生和基于虚拟技能训练软件的医学生进行考核、打分和评价。通过统计、对比分析法评估虚拟技能训练系统的应用成效。将医学院长学制学生按照不同实习单位分成两组（分配实习单位为随机分组），实验组 78 名学生，对照组 66 名学生。在器械认知及应用课程中，实验组进行 VR 课程培训，对照组按照传统模式进行培训。培训结束后进行考核，对两组人员考核成绩做统计分析。本研究在实验组中发放问卷，从学生对课程的认知度、接受度及满意度等方面进行数据收集。

结果表明：对照组的平均考核成绩为 65 分，范围为 17~86 分；实验组的平均考核成绩为 80 分，范围为 50~100 分。对两组成绩分别做正态性检验，前者 W=0.921 8，P=0.000 5；后者 W=0.895 2，P<0.001，两组均不符合正态分布，故考虑秩和检验比较两组差异。秩和检验结果显示，Z=–5.852，P<0.001，两组总体分布不同，差异有统计学意义，实验组的成绩高于对照组。

实验组共发放 78 份问卷，有效回收 70 份，回收率 89.74%，其中男生 36 名、女生 34 名。其主要从对 VR 技术的认识、满意度、接受度以及对课程的满意度、接受度等维度进行问卷设计和数据收集。结果如下。

①在 VR 的认知度方面：92.86%（65 人）的人对于 VR 只是略知一二，甚至没有听说过；92.86%（65人）

的人曾经体验过 VR 或者有一次体验经历。

②在 VR 技术体验满意度和接受度方面：总体体验感觉良好以上的人数占调查人数的 58.57%(41 人)，70.00%(49 人) 的人认为 VR 课程清晰度较好或很好，只有 18.57%(13 人)的人佩戴 VR 眼镜后感觉轻度眩晕和眩晕，60%(42 人)的人认为 VR 课程交互性操作感觉较好或很好，61.42%(43 人)的人认为 VR 课程体验的流畅度较高或很高，82.57%(58 人)的人认为 VR 课程的仿真度较高或很逼真，88.57%(62 人)的人认为 VR 课程语音播放清晰，62.85%(44 人)的人对于平台提示和视频界面设置的感受较好或很好，61.43%(43 人)的人对于手柄操作的体验较好或很好，60%(42 人)的人对于 VR 课程的互动性操作感受较好或很好。

③在 VR 课程的满意度和接受度方面：只有 12.86%(9 人)的人对于 VR 课程是不了解的，97.14%(68 人)的人认为 VR 课程模型的仿真性是一致的，57.14%(40 人)的人认为课程内容的规范性和正确性存在问题，65.71%(46 人)的人通过此次课程收获了对 VR 的认知，72.86%(51 人)的人认为通过 VR课程学习对内容加深了印象。

④在总体评价上，71.43%(50 人)的人对课程总体满意度较高或很满意，82.86%(58 人)的人很愿意或愿意向别人推荐该课程。

5　结语

通过两组学生的成绩比较，应用 VR 训练课程的学生成绩高于未参加 VR 训练课程的学生。这说明 VR 技术的应用对于学习与提升技能应用能力有明显效果。问卷调查结果显示学生对于在医学教育中应用 VR 教学具有浓厚的兴趣，对于课程设计以及课程效果的满意度也比较高，所有条目的男女间评价差异均无统计学意义。综合而言，技能训练过程中的虚拟实验设备、模型可以无限次、无损伤地使用，减少了学习成本；学生能够在虚拟环境中直接参与并完成技能训练，从而获得更深刻的体验、更好的理解，提升学习效率。VR 技术的启发式、探究式等教学方式是交互的、自主的，这些优势弥补了传统教育模式的劣势。该技术不仅让学生成为一名观察者和体验者，将枯燥乏味的不可量化部分变得更容易被理解和掌握；同时，激发了学生的学习主动性和积极性，达到更好的教学成果[10]。一站式、沉浸式、多交互、实时反馈的虚实结合的外科基础手术课程考核系统的研发，弥补了以往考核模式受场地、设备、时间等限制的缺陷。符合医院特点的场景、病例、情境的设计，适应本院医学教育改革的需要。虚拟仿真技术教学打破了传统医学教育的诸多限制，将临床技能教学带入更高的层次[11]。

在课程研究设计的过程中也发现 VR技术的应用还存在一些问题。首先由于投入成本与技术限制等问题，它并不能替代传统教学模式，必须选择适当课程内容进行设计开发，才能将虚拟现实技术的优势体现；其次，目前课程以手术全景视频和流程性学习为主，而最具价值的“情景融入+实践操作”还不能实现。下一步重点进行虚实结合的研究，发挥 VR 技术的优越性，将虚拟情景融入到真实的操作中，创新培训模式，为推进模拟教学发展做出贡献。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　沈艳：提出论文整体构思、撰写论文；王萌、周玉皆、王巧桂：论文构思；许碧云：问卷设计、实验数据分析；张思冬：发放、收集问卷；沈苏南：总体把关、文章审定

参考文献

[1] 傅洪, 熊亚平, 陈怀宇, 等. VR 技术在临床医学中的应用现状及思考[J]. 中国医学教育技术, 2017, 31(3): 283-291. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201703013.

[2] Hunter JG. The case for fellowships in gastrointestinal and laparoendoscopic surgery [J]. Surgery, 2002, 132(3): 523-525. DOI: 10.1067/msy.2002.127684.

[3] 新浪科技. 英国医师将 VR 直播手术：360 度观看肿瘤切除[EB/OL]. (2016-04-14) [2020-02-07]. http://tech.sina.com.cn/it/2016-04-14/doc-ifxriqqx2413226.shtml.

[4] 田继红, 蒋岱. 从虚拟现实技术发展看未来医学教育的变革[J]. 中国管理信息化, 2017, 20(6): 209-910. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0194.2017.06.142.

[5] 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. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2019.07.014.

[6] 白雪, 李志军, 张少杰, 等. 虚拟现实技术在医学教育中的应用与探讨[J]. 卫生职业教育, 2017, 35(12): 32-34.

[7] 朱佳伟, 潘周娴, 陈适, 等. 虚拟现实技术在医学领域的应用及展望[J]. 基础医学与临床, 2018, 38(3): 422-425. DOI: 10.3969/j.issn.1001-6325.2018.03.028.

[8] 黎学坚, 黄泽文, 苏渊湖. 浅谈虚拟现实技术在医学领域中的应用[J]. 广东科技, 2015, 24(14): 76-77. DOI: 10.3969/j.issn.1006-5423.2015.14.029.

[9] 赵梓纲, 卫宣瑾, 林碧雯, 等. 虚拟现实技术在皮肤科临床教学中的应用[J]. 实用皮肤病学杂志, 2018, 11(2): 112-113. DOI: 10.11786/sypfbxzz.1674-1293.20180215.

[10] 薛志婧, 刘俊娥, 李霄云. VR 虚拟技术在土壤地理学教学中的应用探索[J]. 教育教学论坛, 2018(11): 4-5. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9324.2018.11.002.

[11] 王涛, 丁勇, 秦淼, 等. 虚拟仿真技术在后期临床教学中的应用[J]. 中国高等医学教育, 2017(1): 15-16. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2017.01.008.

(收稿日期：2020-03-09)
(本文编辑：唐宗顺)