

VR/AR 技术在人体解剖教学及手术培训中的应用

范丽亚¹, 马介渊², 张克发³, 伍致明³, 华欠桑多⁴

1. 西安交通大学城市学院, 西安 710018
2. 西安高新技术产业开发区创业园发展中心, 西安 710077
3. 陕西加速想象力科技教育有限公司, 西安 710079
4. 青海大学藏医学院, 青海 810016

摘要 虚拟现实技术为解剖教学和手术培训提供了一种逼真、立体、可完全情景再现式反复操作的学习环境, 在降低实践成本、提升培训质量和效率、提高手术成功率等方面展现出了极大的优势。结合实际项目剖析了一款基于 HoloLens 的人体解剖教学系统, 包括功能需求、软硬件平台的选择、关键开发技术及实现效果。分析了虚拟人体解剖及手术培训领域存在的问题, 并展望了其未来的发展方向。

关键词 增强现实; 虚拟现实; 解剖教学; 手术培训

解剖学是医学院校学生的一门重要课程, 但很多医学院校受到师资力量薄弱、实验场所缺乏、器材及实验对象匮乏、经费紧张等问题制约, 致使解剖实践教学的质量和效果大打折扣^[1]。不少院校的解剖课借助图谱和人体模型进行教学, 但这种方式缺乏逼真的立体感和交互性, 使学生对人体认识的准确度降低, 难以激发学生的学习兴趣。虚拟现实(virtual reality, VR)技术和增强现实(augmented reality, AR)^[2]技术的出现, 为解剖教学及手术培训提供了具有巨大潜力的工具。VR 和 AR 技术可以

将人体的电子计算机断层扫描(Computed Tomography, CT)、磁共振成像(Magnetic Resonance Imaging, MRI)、CT 血管造影(CT angiography, CTA)、磁共振血管成像(Magnetic Resonance Angiography, MRA)等影像资料输入到虚拟现实系统的工作站中加以融合, 并准确、高效地构建出人体三维解剖模型, 为医学生提供一个直观、形象、逼真并且可重复操作的虚拟现实解剖环境, 大大降低实验实践的成本和培训费用。而且, VR 和 AR 技术可在不破坏表层解剖结构的情况下显示深层的解剖结构, 且

收稿日期: 2020-01-12; 修回日期: 2020-07-21

作者简介: 范丽亚, 副教授, 研究方向为 VR/AR 技术及其产学研合作, 电子信箱: majieyuan@163.com

引用格式: 范丽亚, 马介渊, 张克发, 等. VR/AR 技术在人体解剖教学及手术培训中的应用[J]. 科技导报, 2020, 38(22): 31-40; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2020.22.004

可对解剖结构进行任意角度地旋转,便于学生从不同角度进行观察,这有助于医学生理解人体复杂解剖结构的立体关系,极大地节约教学时间,缓解传统解剖教学中标本不足和损耗的现状,增强学生学习的积极性,提高教学效果。在为病人进行危险复杂度高、不可预见性强的手术前,医护人员可以先将要进行的手术在虚拟现实系统中模拟演练,把病人的实际影像数据传入到虚拟手术资料中,能够对手术的规划做出相应的制定,以提高实际手术的成功率。此外,VR和AR技术还可以突破时间和空间限制,对经验丰富的多个异地专家学者之间进行多人的联合会诊、手术直播学习,为医学生提供了珍贵的“主刀”视角的临场感学习,可大幅度降低实习医生的手术失误率,提高医学科学教育训练的效率和质量^[3]。

1 研究现状

国内外的医学院校、企业对人体解剖教学领域的研究主要可分为2个阶段:第1个阶段为人体解剖教学模型的构建阶段(1990—2010年),该阶段主要是使用软件构建虚拟的人体三维解剖教学模型,借助计算机、头盔显示器等设备了解和学习人体各组织、器官的结构及功能,改善传统教学方式和教学手段的不足;第2个阶段为人体解剖教学系统的应用阶段(2010年至今),该阶段主要是在成熟的人体解剖模型基础上,通过建立专门的人体解剖系统、教学软件、App或全息导航平台,借助HoloLens、HTC Vive、Oculus等设备系统地进行课程的教学、模拟手术、手术直播学习等^[4]。本文以第2个阶段为研究对象,从硬件设备、软件系统及平台、内容及应用3方面分析VR和AR技术在人体解剖教学及手术培训中的应用。

1.1 硬件

人体解剖教学及手术培训中需要借助一定的VR/AR硬件整机设备,从目前主流的应用来看,主要有通用设备和专用设备两类。通用设备主要包括HoloLens、Magic Leap One、HTC Vive、Oculus、Kinect、zSpace等。专用设备主要有VirtaMed外科

手术模拟培训工具、美国的RoSS™机器人手术培训模拟器、上海柏州科教设备有限公司的腹腔镜手术模拟训练器、北京众绘科技公司的腹腔镜数字化仿真培训系统等。

1.2 软件及平台

人体解剖教学软件使用的开发平台可分为系统平台和开发平台2类。系统平台主要指操作系统(operating system, OS);技术开发平台主要包括3D建模、内容开发引擎和图像识别软件开发工具包(SDK)。

目前VR应用软件的开发大多还是以Windows和Mac OS为代表的第二代操作系统。随着VR应用技术的发展,针对VR/AR开发的第三代操作系统一定会成为主流OS。目前第三代操作系统的代表主要有微软公司(Microsoft)的Synaptics和Windows Core OS、谷歌公司(Google)的Fuchsia和美国AR公司Magic Leap的Lumin OS。Synaptics操作系统是由Synaptics公司与微软公司和AMD公司在2018年7月共同开发的,采用指纹识别和面部识别生物技术,支持HoloLens2设备^[5]。此外,微软公司正筹备Windows Core OS系统,该系统支持HoloLens2,可兼容各种形态的设备,并支持Azure云^[6]。谷歌公司的Fuchsia操作系统是继Android和Chrome OS之后针对混合现实设计的操作系统。Lumin OS是AR眼镜商Magic Leap开发的操作系统,支持Magic Leap One设备^[7]。

3D建模是人体解剖教学系统的技术核心,常用的建模软件有Poser、3D Max、Maya等。此外,还有一些软件可以在使用现成的人体解剖图或模型辅助建模过程,例如人体解剖学3D互动图集、AnyBody人体建模仿真软件、Complete Anatomy(Mac OS)等。内容开发引擎(主要指3D引擎)是构建虚拟环境非常重要的中间件,特别是跨平台开发,一般具备数据管理、图形渲染、交互编辑、平台发布等功能。主流的3D引擎包括Unity3D、Unreal、CryEngine、Lumberyard、OpenVR、IdeaVR等。Unity3D是目前热门的交互图形化开发引擎,其编辑器可运行在Windows和Mac OS X下,支持Oculus Rift设备。虚幻引擎(unreal engine, Unreal)是由美国游戏开

发公司 Epic 开发的世界授权最广的开发引擎之一。CryEngine 是由德国公司 Crytek 研发的一款堪比 Unreal 的开发引擎。Amazon Lumberyard 是一款免费的跨平台的 3D 开发引擎。OpenVR 是由美国游戏开发公司 Valve 开发的一套 VR 设备通用 API, 不需要使用生产商提供的 SDK 就可以进行开发支持 Oculus Rift、HTC Vive 和其他 VR 设备的 APP。新的 OpenVR SDK 将不必关注硬件设备本身造成的差异^[8]。IdeaVR 是曼恒数字公司自主研发的一款支持异地多人协同虚拟现实引擎平台, 通过共享云平台获取 VR 素材资源, 使用场景编辑器、交互编辑器快速搭建场景内容并制定交互以及行为逻辑, 支持 VR 立方、VR 立方以及 HTC Vive 和 Oculus Rift 等多种头盔显示设备^[9]。图像识别 SDK 是连接硬件与内容的重要的底层基础软件, 一个好的 SDK 占用内存小、支持机型广、稳定性高。国外主流的 SDK 是 Vuforia (2015 年 10 月 PTC 公司从高通公司收购 Vuforia)、ARKit、ARCore、Wikitude、Void AR、HiAR、EasyAR 等。Vuforia 被认为是全球最广泛使用的 AR 平台之一, 可以轻松地为任何应用程序添加先进的计算机视觉功能, 使其能够识别图像和对象, 或重建现实世界中的环境, 但 Vuforia 方案需要跟 Unity 绑定。ARKit 是苹果公司 (Apple) 2017 年发布的用于开发 iOS 平台的 AR SDK。2017 年谷歌公司发布了基于 Android 平台的 AR SDK: ARCore。ARKit 和 ARCore 的发布可以说是 AR 行业的两剂强心针^[10]。国内 SDK 的代表厂商有百度、视+(视辰)、亮风台、塔普智能、Oglass、腾讯等。

1.3 教学内容及应用

VR 和 AR 在解剖教学及手术培训中的应用突出体现在解剖教学、术前规划、手术培训、手术直播学习及远程会诊 5 个领域。

1) 解剖教学。在解剖教学中使用 VR 或 AR 技术不仅可以全方位、立体化地帮助学生理解复杂的人体结构, 学生还可以自主进行反复地模拟训练, 大大提高解剖教学效果。美国 MediVis 公司的全息沉浸式解剖教育平台 AnatomyX (支持 HoloLens 和 Magic Leap One 设备), 提供了 5000 个以上来源于真实病例的 CT 和 MRI 的 3D 解剖结构模型, 在美

国西海岸大学等院校使用后使学生在标准测验中的成绩提高了 15%^[11]。台北医学大学的虚拟实境教学软件解剖学教室 (采用 Vive Pro 专业版头戴式设备), 可在 VR 环境中拆解、旋转超过 4000 多个身体结构^[12]。此外, 还有美国 Infinite Z 公司开发的沉浸式医疗医学平台 zSpace, 美国 GIBLIB 公司的线上 VR 医疗课程教学平台等。国内主要有: 北京工业大学 2014 年开发的基于 Kinect 设备的人体解剖教学系统; 四川大学耗时 5 年打造的兼容 HTC Vive 设备的人卫 3D 系统解剖学软件^[13]; 北京黎明视景公司的生物医学三维模型库, 上海曼恒公司的虚拟人体解剖系统等。

2) 术前规划。为减少手术风险, 在对患者进行比较复杂的手术前, 可先通过虚拟现实术前计划系统进行视觉、触觉等多重感官体验及练习, 提前了解手术的难易程度, 评估手术风险, 并制定个体化的手术方案。美国初创公司 Surgical Theater 的手术可视化和规划应用平台 Surgery Rehearsal Platform, 支持 HTC Vive 设备, 目前在全世界有超过 100 家医院使用。该公司的神经外科手术规划平台 SuRgical Planning 是首个由美国食品和药物管理局 (FDA) 批准的 SuRgical Planning (SRP) 技术平台。此外, 还有日本 Jikei 大学的手术规划系统, 瑞士巴塞尔大学的手术规划 VR 系统 SpectoVive^[14], 美国初创公司 Immersive Touch 的 3D 外科医生培训系统。中国主要有妙智科技自主研发的 VR 脊柱外科手术规划系统 mVR。

3) 手术培训。通过构建专门的手术训练中心或教育平台, 可以帮助医生合理地制定手术方案, 减少手术损伤, 提高手术定位精度和成功率; 缩短手术培训时间, 提高医生的协作能力; 强化术前模拟训练, 提升手术熟练度。美国 CAE Healthcare 公司的 CAE VimedixAR 超声波模拟器可以将人体器官从显示屏中解放出来, 像搭建积木一样, 将需要解剖的人体器官进行放大、转动、旋转、拆解和安装^[15]。可以实现类似功能的包括美国 Surgical Theater 公司的复杂手术过程培训 VR 工具包、英国哈德斯菲尔德大学的外科医师培训 VR 系统^[16]、美国 OssoVR 公司的 VR 外科模拟平台、美国内布拉斯加

大学的 3D 临床及外科手术训练中心 (UNMC) 等^[17-18]。国内用于手术培训的 VR 平台较少, 主要有上海医微讯公司的外科手术教育服务平台 Surgeek (柳叶刀客), 北京黎明视景公司的外科手术模拟训练系统, 还有黑龙江莱克弗科技公司的手术模拟训练系统, 江苏敏行医学公司的虚拟手术仿真训练系统等。

4) 手术直播。由于手术室无菌环境的要求及观察角度的限制, 医学生在观摩外科手术时往往不能清楚地看到手术区域。为了减少患者痛苦、促进快速康复, 医师经常会进行微创手术, 手术切口很小, 这进一步限制了医学生的学习。随着科技的进步, 基于 VR/AR 技术的手术直播已成为一种非常好的手术学习手段。VR/AR 技术通过架设在手术室主刀医师上方的特殊全景相机, 把第一现场的场景 360° 完全摄录下来, 然后经过专门拼接融合传输到云端, 医学生就可以通过 VR/AR 设备身临其境地观摩手术, 并通过视觉焦点进行切换, 自由地选择观看的角度, 还能以“主刀”视角观看手术的细节。这种新形式的手术直播, 让原本被动的观众变得更为主动, 让观众沉浸式地学习, 这对于手术教学具有非常大的意义。2016 年 4 月, 英国伦敦皇家医院在全球首次通过 VR 技术对一例结肠癌肿瘤切除手术全程进行了 360° 全景直播。法国的外科培训机构 Revinax 利用 HoloLens 设备让外科医生和学生通过观看手术直播得到有效的培训^[19]。中国上海医微讯公司与复旦大学合作研发的外科在线手术模拟交互学习平台 Surgeek, 主要包括手术 (3D 交互模拟) 和 VR (360° 全景视频直播和录播) 两大功能。2016 年先后进行了中国首例 VR 技术腹腔镜手术和骨科手术直播后, 2019 年 7 月再次在国内首次进行 5G+4K/8K+VR 的腹腔镜手术直播。这台手术使用的 DELL 和大朋 VR 提供硬件设备, 中国电信公司提供的 5G 微基站, 从手术室的布置、医生的站位, 到病人腔内的手术操作、血管细节等都十分清晰, 分毫毕现, 低年资医师与医学生也能以第一视角观看手术, 可以快速成长, 掌握顶尖医生的手术技法^[20]。

5) 远程会诊。远程会诊能使手术室中的外科医生与异地远程的专家根据病人的信息进行实时交互, 而不受空间距离的限制。英国公司 RoomOne 的远程 VR 手术系统可以远距离控制机器人手臂进行虚拟手术, 适合医生无法到场或患者患有严重传染病等特殊场合^[21]。2018 年 1 月, 武汉协和医院与美国弗吉尼亚理工大学利用 HoloLens 设备, 指导新疆博州人民医院医生, 成功实施了全球首例混合现实技术 (MR) 三地远程会诊手术^[15]。2019 年 3 月, 清华大学长庚医院和深圳市人民医院共同完成了一例肝胆外科的 AR/VR+5G 协同远程手术^[22]。2019 年 3 月, 东华软件公司携手南昌大学第二附属医院共同完成了国内首个基于 5G+VR+MR 的多机位远程手术直播, 同时重点推出了“5G+VR 医学指导及受教平台”, 心胸外科医师和学生在大屏幕前观看了手术直播的全过程^[23]。2019 年 8 月, 山东省立医院联合海信医疗、奥林巴斯及中国移动公司使用 HoloLens 设备, 首次实现“5G+4K+3D+MR”的腹腔镜手术直播。术前通过海信计算机辅助手术系统 (CAS)、混合现实技术对患者进行手术规划, 手术实现了精细、精准的腹腔镜手术操作, 画面视野大、清晰、声音无卡顿, 不仅提高了手术的安全性, 促进了年轻外科医生快速成长, 还使超高清腹腔镜技术转播示教、实现远程手术成为可能^[24]。

2 基于 HoloLens 的人体解剖教学系统的设计

以三维交互软件 Unity3D 为基础引擎, 通过 HoloLens 的手势识别、语音交互和人脸识别技术, 结合人工智能技术等, 开发了一款基于 HoloLens 的虚拟人体解剖教学系统。该系统可用于分布式教学, 实现多人观摩、反复情景再现式学习和研究, 通过 HoloLens 常用的手势任意放大、缩小、旋转、翻转人体器官和模型, 交互效果在川北医学院、山东省立医院等单位进行测试时受到好评。本文对该系统的功能需求、硬件基础、软件要求、关键技术和应用效果进行剖析, 以期对开发和应用该类系统的人

员和机构有一定的借鉴作用。

2.1 功能需求分析

基于 HoloLens 的人体解剖教学系统主要用于帮助医生、实习生及医学生进行解剖课程的学习、教学互动和模拟会诊。课堂学习功能主要实现人

体系统和器官学习 2 大模块。人体系统主要包括肌肉、神经、血液循环、消化、生殖、淋巴、内分泌和骨骼八大系统。器官学习模块包括八大系统中常见的器官如骨、关节、肾、膀胱、大脑、动脉、心脏等，功能模块示意如图 1 所示。

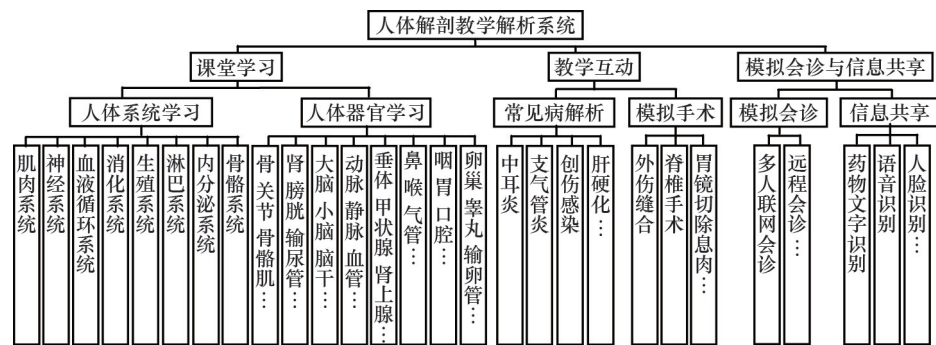


图1 人体解剖教学解析系统功能模块示意

教学互动功能主要包括常见病解析和模拟手术两部分。常见病解析模块选择了解剖教学中的中耳炎、支气管炎、创伤感染、肝硬化等常见病,对这些常见病的症状、病变及病因进行展示与分析。以中耳炎为例,中耳炎一般可分为化脓性和分泌性中耳炎。当患有中耳炎的患者去医院检查时,医生一般首先会询问病人有没有耳痛、耳鸣、是否有脓液、是否有听力下降等症状,然后通过专用设备——耳镜对患者耳部做进一步检查,确认患者鼓膜是否异常,根据情况可进一步进行听力和CT扫描。在传统教学中,学生难以理解患者病变处症状,容易混淆不同中耳炎的不同病因和病灶,无法较好地进行判断。通过人体解剖解析系统,学生在 HoloLens AR 眼镜的帮助下,可以一边听老师讲解,一边观看对应不同炎症的图片。通过逼真的模拟,学生可以更加直观清晰地进行常见病的判断与处理。

手术是一项复杂、高风险的工作,对医师来说,一边进行复杂的操作一边对医学生进行培训是一件很困难的事情。医学生的出现尽管不会增加手术的并发症,但常会导致手术时间的延长及手术室资源的使用增多。VR/AR 技术可提供理想的虚拟手术培训平台,受训医学生既可以观察到清晰的三维人体结构,又可以在手术操作时感受到器械的反

作用力,就像在真人身上手术一样。这既不会对患者造成损伤,又可以反复多次练习。因此,通过该系统进行模拟手术既可以降低培训费用,又可以提高手术的准确度和成功率。

模拟会诊模块主要包括模拟会诊与信息共享功能。模拟会诊目前主要包括多人联网会诊和远程会诊。信息共享主要包括药物文字识别、语音识别、人脸识别等。

2.2 软硬件平台分析

本研究选用 HoloLens 设备、Unity3D 引擎进行开发。Unity3D 是一个多平台的集成游戏开发引擎,界面简洁、操作灵活,能轻松地创建交互式内容。使用 Unity3D 进行虚拟人体解剖系统,既可以保证人体模型的渲染和交互效果,又可以完美地支持 HoloLens 硬件,还能在不同的平台发布程序。

2.3 关键技术分析

该系统主要用到手势识别、PBR (physically-based rendering)、人工智能 (artificial intelligence, AI)、空间锚等关键技术。手势识别是 HoloLens 交互的重要输入方式之一,用户可以通过手势完成与混合现实环境的指令交互,包括单击、双击、长按、操纵、导航、平移等高水平手势识别技术。PBR 技术是一种基于物理规律模拟的渲染技术,用于手术

环境及图片的渲染。系统采用百度产业的AI技术,包括语音识别、文字识别功能,能贴切清晰完整地理解客户的意图,语音识别准确率达到90%以上^[25]。空间锚技术可以实现场景保持的功能,当用户离开一个场景时,空间锚功能可以确保这个特定的记忆场景被定格在程序算法里,当用户再次回到这个特定的记忆场景时,可以立刻准确地恢复当时特定记忆场景的全部内容。空间锚功能也可以固定现实世界里的全息对象,使观察对象在特定的位置旋转成为可能。人体解剖系统功能需要对人体器官从不同方向进行旋转、放大、缩小等形式的观察和学习,甚至需要将各个功能器官打乱重新组合,模拟手术中也需要将手术场景进行记忆,以便进行反复操作练习,这些功能通过空间锚技术可以完美地呈现。

2.4 界面效果

2.4.1 系统主界面

使用HoloLens手势点击标识物,可以扫描地形位置生成项目(图2),进入系统主界面(图3)。主界面包括8大系统及器官学习功能,病变解析及手术模拟功能,应用程序编程接口(application programming interface, API)查询及会诊功能。通过手势,点击主界面不同功能模块按钮,可进入相应模块操作界面。



图2 扫描地形生成项目



图3 系统主界面

2.4.2 人体8大系统及器官学习界面

用户在主界面使用手势点击选择“8大系统”按钮,进入人体8大系统及器官学习界面,如图4所示。界面上显示出消化、淋巴、肌肉、生殖等人体系统,用户分别通过点击各个系统按钮或人体图片,进入相应系统的组织结构及主要器官的学习界面。例如,点击循环系统后,可看到人体循环系统构成图和相应的系统构成文字说明信息(图5)。

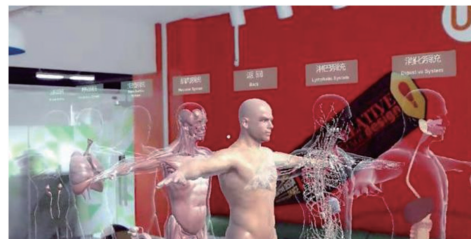


图4 8大系统学习界面



图5 循环系统学习界面

点击循环系统中的心脏器官,可进入心脏器官的学习界面(图6)。也可以点击界面右侧的肺、大脑、胃等其他器官进行学习。通过这种沉浸式的学习,用户可以清晰看到不同器官的位置、形状和所承担的功能,了解系统的构成以及系统中各个器官如何与其他的系统协同工作。与传统教学模式相比,这种方式可以让使用者生动鲜明地从多角度、多层面、反复性、交互式地了解器官的运行原理和



图6 心脏器官学习界面

其构成,充分调动用户的探索欲和求知欲,更好地保证了学习的主动性和参与性。

在学习模式下,还可以将各个系统单独拆分出来,通过相应的文字信息进行深入学习。还可进行器官归位练习。该模式下,被选择系统中的各器官会随机打乱,用户可通过手势拾取、释放等操作,将打乱的器官重新在系统轮廓中归位,全部器官归位位置正确则组合成功,并出现原系统整体轮廓(图7)。

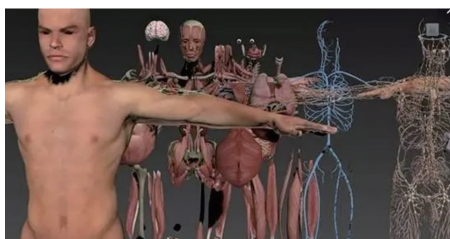


图7 器官归位练习界面

在传统医学教学中,很多器官容易被学生忽略,甚至有的器官被误认为不是器官。VR和AR技术可以极大降低了学生对人体器官的误解。通过人体解剖学教学解析系统,学生可以更直观、更清楚地看到各种人类系统的器官,熟练掌握各个器官的结构和形状,并帮助学生更好地理解 and 记忆。在人体器官模块,学生可以在相应系统中点击不同的按钮,查看主要器官,更好地了解器官和系统之间的不可分割的联系,了解各器官的协同工作,维持人体的复杂生命活动。

2.4.3 病变及手术模拟界面

在外科手术中,可以利用各种影像数据,建立出模拟的环境,进行手术计划的制定,制定好计划之后进行重复的手术模拟演练,通过这种方式开展手术的教学。这样非常有利于提高医生们的手术水平,又可以对经验不足的年轻医生们进行培养,以面对真实手术环境时随机应变的能力,在很大程度上降低了手术过程中因为经验不足、预备不够等原因造成的不必要的失误发生率。同时,如果将整个模拟环境手术操作过程录制为影像资料,也方便医学生对该手术的学习,进行教学实践的模拟训练,增强自身的手术能力。用户使用手势选择病变

及手术模拟界面的病变展示按钮,即可看到创伤感染、支气管炎、肝硬化等不同病变形成的部位及原因,为积极预防和及时治疗提供参考信息(图8)。



图8 病变展示界面

为保证手术过程顺利、减少医疗纠纷,医生在独立操作前需要经历长时间的观摩和精细的训练。VR模拟手术为医生手术提供了理想的训练平台(图9),受训医生在虚拟环境中观察三维人体结构,通过触觉、压力反馈装置使受训者在操作时能拥有更为真实的体验而不受时间、地点限制,也不会因意外而给患者造成伤害,还可以完全情景再现式地反复练习。用户根据自己练习的需要,通过手势选取不同类型的手术,例如外伤缝合(图10)、脊椎手术(图11)等。根据系统提示,用户可一步一步完成相应的手术模拟操作训练,还能及时地给予受训者反馈,有效地观察、记录手术步骤,从而用于测试或评估。此外,系统的VR手术观摩功能,能让观看者拥有主刀视角,更细致地观看每一步操作,画面可在手术室全景和3D腹腔镜画面之间进行切换,既能360°观察手术室的每一个角落,亦可在主刀医生的视角观察腹腔内的情况,如图12所示胃镜切除息肉模拟手术。

通过药物识别技术,系统还可识别出药品的产品说明书,对于药品的使用说明以及配方和可能出现的症状都有详细的说明,便于医生更加清晰地了解不同药物的成分和适用的症状。



图9 模拟手术台

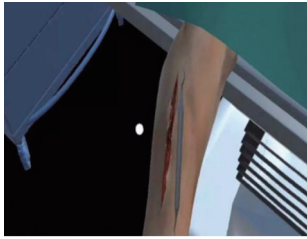


图10 外伤缝合

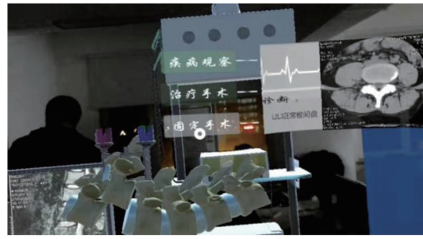


图11 脊椎手术

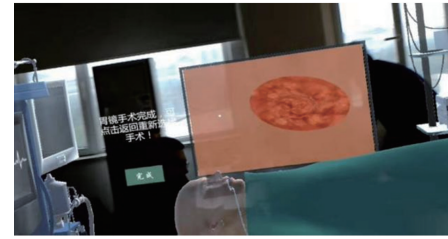


图12 胃镜切除息肉

3 现存问题

VR和AR技术为解剖教学和手术培训提供了一种逼真、立体、可完全情景再现式反复操作的学习环境,又可为真正的手术实施“透视化”的手术导航与临场感的直播学习,在降低实践成本、提升培训质量和效率、提高手术成功率等方面展现出了极大的优势^[26],正逐渐成为医疗教学及手术培训领域的“新宠”。但这种方式并不能完全代替传统教学,从VR和AR培训中得来的经验必须经过实际操作才能真正应用于临床手术。目前,影像学分辨率不足,虚拟教学系统难以显示细小的解剖结构,并且虚拟现实的触觉体验技术仍处于发展期。因此,中国在虚拟现实解剖教学和手术模拟方面的研究尚处于实验和探索阶段,主要存在以下问题。

1) VR/AR医疗人才培养体系缺失,造成专业复合人才侧供给严重不足。随着VR和AR技术的发展,医疗领域的软件开发人才短缺,难以有效支撑VR/AR医疗教育的创新发展。VR/AR医疗软件的开发需要计算机技术和医学领域的复合型人才,而高等院校在VR学科建设方面尚处于起步阶段,计算机和医学领域交叉学科的人才培养体系缺失。国外一些顶尖的设计大学在2016年就开设了VR课程,开设VR人体解剖学教学的院校也数量众多。2019年和2020年,中国先后在职业技术类院校和普通高等院校中增设VR应用技术专业。由于新专业的学科交叉性、创新性都很强,学校在专业设置、师资引进、软硬件设备上都存在不同程度的滞后现象。VR人才的培养大多通过建立VR实验室或尝试性地将VR技术应用到不同专业的教学、仿真模拟等领域,较少涉及到医疗教学系统的

研究,反映出中国VR医疗人才培养体系的缺失,医疗专业复合人才侧供给严重不足。西安交通大学城市学院自2017年起,与青海大学藏医学院、陕西加速想象力公司组建产学研合作团队,共同探索VR医疗专业方向人才培养模式,共建人才实践基地、共同编著教材2部、合作并完成《数字化智慧VR医疗教学系统研究》等陕西省教育厅专项科研项目等,在VR/AR医疗人才培养上不断探索和积累经验。

2) 关键技术及产品研发力量不足,成果转化率低,价格昂贵,无法大规模普及。中国现有的虚拟医疗教学软件开发企业中,多是由大量的计算机专业人才组成的初创技术团队或小微企业,医学专业人员占比较少或几乎没有。现有的、为数不多的医疗教育VR开发人才主要从游戏、动漫、3D仿真、模型等行业转型而来,医疗教育软件开发技术人才短缺。因此,目前VR类医学软件的开发通常采取公司与医院联合开发的方式,造成关键技术及产品研发力量不足,致使软件研发时间较长。并且,国内开发VR解剖教学培训类软件的公司或机构比国外要少的多,多数自行开发软件的实用性不强,软件价格也相对较贵,国内使用的软件有的还存在破解或盗版等知识产权问题,因此软件开发成果的转化率较低,并且多数软件和硬件价格昂贵,短时间内无法实现大规模的普及和应用。

3) 医疗教学软件产品和系统评价体系亟待建立,相关法律法规、产业链和生态圈亟待完善。现有的VR设备标准体系不完善,硬件、系统、内容之间的兼容性差,硬件标准、数据交换、安全通信、设备和应用之间的标准等尚未出台,产品性能和质量没有标准规范。软件开发工具、数据接口、人体健

康适用性等问题尚未明确,行业应用方对大规模使用虚拟医疗教育产品缺乏信任,医疗教学软件产品和系统评价指标亟待建立,隐私法等相关法律法规、产业链和生态圈等都亟待完善^[27]。

4 建议

VR/AR技术在医疗教学及手术培训领域展现出的极大优势,引起了科技巨头们的关注:微软公司推出 Azure 云平台旨在帮助医疗服务提供商构建云计算和机器学习工具;苹果公司将智能手表(Apple Watch)作为医疗设备进行研究;德国医疗科技公司 Brainlab 与 Magic Leap 达成战略合作伙伴关系,将推广 Magic Leap 的技术平台和研发操作系统。近两年来,中国各级政府陆续出台了多项虚拟现实产业的相关政策,提升对 VR 设备、技术研发、人才培养、产品消费、市场应用的支持力度。鉴于 VR/AR 技术在人体解剖及手术培训方面的应用仍缺少战略规划和顶层设计,建议如下。

1) 在政策与资金上提供扶持,组织“产-学-研-用”力量,聚拢更多技术团队和小微企业,推动关键技术及产品研发,形成一批具有国际先进水平的人才团队。

2) 逐步完善虚拟医疗产业链,支持建立 VR/AR 医疗产业合作平台,为产业链的上下游协作和配合提供服务,形成硬件、软件和内容协同发展的局面。

3) 鼓励企业联合各相关社会组织快速出台团体标准,形成标准先行、保障应用的良好态势,同时鼓励医疗 VR/AR 企业积极参与国际相关标准化制定工作,将中国自主知识产权技术融合到国际标准中,并适时转化为国家标准。

4) 推动建立医疗 VR 技术、产品和系统评价指标体系,开发相应的评价工具,保障 VR/AR 医疗产品性能和质量。最后,结合“中国智造 2025”和“互联网+”行动计划的实施,选取医疗领域作为 VR 应用推广的突破口,逐步推广医疗 VR/AR 应用领域,设立示范医院。

随着国家各级政策引导和产业生态圈的不断

完善,VR 技术将会在医疗教学及手术培训中发挥更大的作用,实现与传统教学的优势互补,为医疗在其他领域的应用提供更多的经验和价值^[28]。

参考文献(References)

- [1] 中国青年网. 四川大学耗时 5 年 VR“解剖课”投入教学[EB/OL]. (2016-11-06)[2019-07-01]. http://news.youth.cn/kj/201611/t20161106_8818862.htm.
- [2] 范丽亚, 马介渊, 张克发, 等. 虚拟现实硬件产业的发展[J]. 科技导报, 2019, 37(5): 81-88.
- [3] 李嘉, 袁娜. 虚拟现实技术在骨科临床教学中的应用[J]. 中国医学教育技术, 2017, 8(4): 392-395.
- [4] 王丹, 罗良平. 虚拟现实技术在临床教学中的应用[J]. 医疗卫生装备, 2012, 7(33): 126-127.
- [5] 陈洁. Synaptics 四款指纹识别方案通过 FIDO 认证[J]. 计算机与网络, 2015, 41(17): 79.
- [6] 微软正筹备 Windows Core OS 系统, 支持 HoloLens2 等设备[EB/OL]. (2019-08-20)[2019-08-28]. <http://baijiahao.baidu.com/s?id=1642350962273313144&wfr=spider&for=pc>.
- [7] Magic Leap 正式公布 AR 增强显示系统 Lumin OS[EB/OL]. (2018-07-28)[2019-08-23]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1607200231671856816&wfr=spider&for=pc>.
- [8] Jan E, Markus G, Jürgen W, et al. HTC Vive MeVisLab integration via OpenVR for medical applications[J]. PLoS ONE, 2017, 12(3): 1-14.
- [9] 李玉胜, 董保香, 杨振宇. 基于 IdeaVR 的机床拆装虚拟仿真教学探索[J]. 教育教学论坛, 2019, 7(27): 152-153.
- [10] PTC 公司. AR 的正确打开方式是什么?[J]. 智能制造, 2019(4): 16-19.
- [11] Medivis. Medivis Unveils Next-Generation Anatomy Education Platform[EB/OL]. (2019-03-28)[2019-08-28]. <https://www.prnewswire.com/news-releases/medivis-unveils-next-generation-anatomy-education-platform-300820097.html>
- [12] 台北医学大学联合 HTC 旗下健康医疗团队 DeepQ 成立 VR 解剖学教室[EB/OL]. (2018-11-29)[2019-07-22]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1618453146873826963&wfr=spider&for=pc>.
- [13] 颜映华. VRCORE 系列: 最佳应用作品《人卫 3D 系统解剖学》[EB/OL]. (2016-11-09)[2019-07-25]. <https://yivi-an.com/news/23636.html>.
- [14] VR 助力医疗 巴塞尔大学研发出应用于手术的 VR 系统[EB/OL]. (2017-01-05)[2019-8-28]. <http://www.vrzhijia.com>.

- com/news/17128.html.
- [15] 全球首例混合现实技术三地远程会诊手术成功完成 [EB/OL]. (2018-01-11)[2019-09-01]. https://www.sohu.com/a/215939249_100000376.
- [16] 首例AR/VR+5G远程手术成功, Nibiru与合作伙伴提供技术支持 [EB/OL]. (2019-03-14)[2019-09-28]. <http://www.infoobs.com/20190314/30953.html>.
- [17] 唐富山. 内布拉斯加大学医学中心药学博士项目培养模式对我国药学教育的启示[J]. 中国药房, 2018, 29(20): 6-10.
- [18] 姜春燕, 郑加麟, 童曾翰, 等. 近观美国全科医生规范化培训有感[J]. 中华全科医学, 2017, 15(10): 1639-1641.
- [19] MR医疗又增新案例, 法国Revinax用HoloLens直播手术 [EB/OL]. (2017-11-14)[2019-08-28]. http://www.sohu.com/a/204328713_449135.
- [20] 瑞金医院实现国内首台5G+4K/8K+VR腹腔镜手术直播 [EB/OL]. (2019-07-09)[2019-09-07]. http://www.sh.xinhuanet.com/2019-07/09/c_138211030.htm.
- [21] 爱立信和Room One演示如何在VR中学习手术 [EB/OL]. (2017-07-19)[2019-09-19]. http://www.sohu.com/a/158258662_755475.
- [22] 首例AR/VR+5G远程手术成功, Nibiru与合作伙伴提供技术支持 [EB/OL]. (2019-03-14)[2019-09-28]. <http://www.infoobs.com/20190314/30953.html>.
- [23] 东华软件高质量完成国内首例“5G+VR+MR”多机位远程手术直播 [EB/OL]. (2019-04-16)[2019-09-10]. http://www.sohu.com/a/308271731_100202261.
- [24] 国内首秀! 山东省立医院成功实施“5G+4K+MR”腹腔镜手术 [EB/OL]. (2019-08-15)[2019-09-15]. <http://health.iqilu.com/stjk/jkyw/2019/0815/4332264.shtml>.
- [25] 银珠. 百度汉语语音识别获重大突破[J]. 计算机与网络, 2015(20): 77.
- [26] 齐晓霞. 数字艺术与虚拟现实在医学教育中的应用 [D]. 北京: 中国艺术研究院, 2011.
- [27] 赛迪智库电子信息研究所, 虚拟现实产业联盟. 虚拟现实产业发展白皮书(2019年) [R/OL]. [2020-03-10]. <http://www.199it.com/archives/953779.html>.
- [28] 王进嘉, 张喆. 虚拟现实技术在医疗领域应用的发展建议[J]. 电信网技术, 2017, 2(2): 14-18.

Application and development of AR/VR technology in human anatomy teaching and operation training

FAN Liya¹, MA Jieyuan², ZHANG Kefa³, WU Zhiming³, HUAQIAN Sangduo⁴

1. Xi'an Jiaotong University of City College, Xi'an 710018, China
2. Xi'an Pioneering Park Development Center, Xi'an 710077, China
3. Shaanxi Accelerated Imagination Technology Education Co., Ltd., Xi'an 710079, China
4. Qinghai University Tibetan Medical College, Qinghai 810016, China

Abstract The virtual reality technology provides a lifelike, three-dimensional, fully scenario reproducible learning environment for anatomy teaching and surgery training, with great advantages in reducing the cost of practice, improving the quality and efficiency of training, and improving the success rate of surgery. This paper analyzes a teaching system of human anatomy based on HoloLens, including the functional requirements, the selection of software and hardware platform, the key development technology and the implementation. Finally, the existing problems in the field of virtual human anatomy and surgery training are analyzed, and the future development direction is suggested.

Keywords augmented reality; virtual reality; anatomy teaching; surgery training ●



(责任编辑 徐丽娇)