

Analysis of Virtual Reality Application in Anatomy Teaching: A Case Study of Heart

Haili Zhang¹, Zhengyi Shao², Marina COORAY¹,
Mei Sun¹, Hengsheng Shu², and Heng Shao^{1*}

¹Department of Human Anatomy and Histoembryology, Basic Medical College of Tianjin Medical University, Tianjin 300070;

²Department of Physical Education, Clinical Medical College of Tianjin Medical University, Tianjin 300270; 2. Department of Orthopaedic Trauma, Tianjin Hospital, Tianjin 300211;

*The Corresponding Author

Abstract. In medical colleges and universities, human anatomy is a basic and important course. Due to complexity of course content and limitation of traditional teaching method, much inner abstract teaching content is hard to describe, and many operations in anatomy experiment of important parts can not be conducted in teaching practice, which makes anatomy teaching and studying more difficult. The appearance and application of virtual reality (VR) technology provides an effective way for anatomy teaching. Through omnidirectional display of human body, VR provides a real, vivid and live learning environment for students and help them obtain the concept and perception of human body's structure and characteristics in a comprehensive and stereoscopic way, which not only solves the teaching difficulty but also arouses students' curiosity, increases their learning interest, implements organic integration and application of modern technology in anatomy teaching and embodies its innovation and practicality. Applying VRT Technology in anatomy teaching can enrich teaching method, set teaching content free of objective condition, deepen the understanding of content on basis of strengthening practical skill and improve efficiency.

Keywords: Virtual technologies; Anatomy; Teaching; Heart anatomy; Teaching method

虚拟现实在解剖教学中的应用分析：以心脏为例

张海丽¹, 邵正弋², Marina COORAY¹, 孙梅¹, 舒衡生², 邵珩^{1*}

(1. 天津医科大学 基础医学院解剖与组织胚胎学系, 天津 300070; 2. 天津医科大学 临床医学院体育组, 天津 300270; 2. 天津市 天津医院创伤骨科, 天津 300211;)

摘要: 在高等医学院校, 人体解剖学是一门基础而重要的课程, 由于课程内容的复杂性和传统教学方法的局限性, 许多内在抽象的教学内容难以描述清楚, 而许多重要部位的解剖实验操作在教学实践中不能安排实现, 使解剖教学和学习难度加大。虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 技术的出现和应用, 为解剖教学提供了有效解决途径, VR 可通过对人体全方位展示, 为学生提供展示逼真、形象、生动的学习环境, 对人体的结构、特点得到全面、立体的概念和感性认知, 不但解决了教学难点的释疑, 还可以有效激发学生好奇心, 提高学习兴趣, 实现解剖教学中现代化技术的有机结合应用, 体现其创新性和实用性。VR 技术结合到解剖学教学过程中, 丰富教学手段, 教学内容不受客观条件的制约, 在强化实践技能的基础上, 加深知识的理解和巩固, 有效提高学习效率。

关键词: 虚拟技术; 解剖; 教学; 心脏解剖; 教学方法

中图分类号: TM 344.1 **文献标志码:** A

引言

解剖是医学学习的基础，但解剖课程的教与学却是一项困难的工作。解剖的教学还是以形态学讲授为主，解剖操作由于尸体来源等多方面的限制在不断弱化；解剖的学习晦涩难懂，不易于记忆，这些都使得解剖学的发展空间狭小。虽然教学媒体的飞速发展，各种图片，影像，动画甚至 3D 图像已经用于解剖的教学，在解剖的教学学习中具有很大的帮助，但是仍没有达到“在学生的大脑中建立人体结构的立体形象”的目的。目前，虚拟现实广泛用于游戏世界，其在教育中的应用刚刚开始[1、2、3]。Gorman PJ [4]等说明虚拟技术在医学训练和继续教育的价值和优点；Attila B, Kockro RA, de Faria JW 和 Kucuk S 等都对 VR 技术在神经解剖教学方面的应用进行了研究，证实 VR 技术对神经解剖的教学有良好的助推作用。[5、6、7、8] Sampogna G 和 Navab N 等的研究则阐述了 VR 技术在临床外手术中的应用受到了很大关注。[9、10]虚拟现实在解剖教学中的应用不仅能解决目前解剖教学中存在的问题，还能给教师和学生带来全新的教学体验，推动解剖教学的发展。

1 目前解剖教学的局限性

人体解剖学是一门古老的医学基础学科，在国际由于医学教育不断改革的今天作为独立学科仍然屹立不倒，在医学教育中的基础重要地位是不可取代的。但时至今日，这门古老而重要的学科却在逐渐弱化。从 1983 年 Kenesici 在法国医学教育杂志《解剖学还有前途吗?》指出，15 年来解剖学课时多次削减，学时已减少 50%；巴黎有两所医学院已没有解剖学教授[11]。到 34 年后的今天，解剖学更为弱化：我国临床专业本科 5 年制解剖学学时从文革前的 360 学时减至 170 学时左右，有的低到 146 学时[12]。天津医科大学的人体解剖学是从 180 学时缩减至现在的 90+54=134 学时。浓缩的一定都是精华，但被舍弃的也不都是糟粕，其中也有很多无可奈何。比如心脏解剖教学，在人体解剖中占有重要的地位，但其教学内容随着解剖学课时的浓缩也不得不一再削减。本就晦涩难懂、抽象不可感的心脏解剖，由于学时缩短，加大了教学难度，学生的理解困难也随之上升。

造成人体解剖学如今尴尬局面的还有人体标本的短缺。在医学院校，理想的学习状态是每 4-6 名学生使用一具人体标本，但是由于标本资源的稀缺，加之解剖操作不可重复，有的医学院校甚至是几十名学生共用一具尸体标本学习，某些重要部位，如心、颅、脑、关节等不安排教学解剖操作，这些都成为制约解剖学教学的原因。更不用说心脏解剖教学标本的千金难求，即便有心脏标本，由于心腔结构的复杂性，很难获得完美结构、展示清晰的标本，手摸心标本更是损耗频率极大，使标本难以长久保存和反复利用，加大了管理成本[13]。

由于课时压缩，“一心难求”的现状，导致长久以来，不少医学类院校的心脏解剖教学时借助多媒体图片、动画和模型进行，但这些方式展示的解剖学习起来还是难于建立心的立体感、层次感、活体感和透视感，特别是一些微细血管，神经走行以及心腔内部结构，单纯通过二维图片和模型得到的知识缺乏真实感，没有立体空间构象，在将来的医护工作中决不敢亲自在患者身上动手，导致病程进展无从预测，放射影像不能理解。另外，模型质量良莠不齐，形式单一，不能满足多方位学习的需求。可见，目前的解剖学教学内容和教学方法不能让学生达到融会贯通知识点，立体化知识框架的学习标准，考核要求及最后学生收获基本上是一串串字符和词汇，学生抱怨解剖学知识不理解记不住，但我们对于自己熟悉的街道闭上眼睛脑海里就能呈现出整个街景，差别在于立体化概念的准确获得[14]。可见，目前心脏解剖教学存在诸多

问题亟待解决。必需结合时代特点，整合新技术或新方法，提高心脏解剖的教学质量。

2 VR的优势

VR 是 Virtual Reality 的英文缩写，代表虚拟现实。这一概念，早在上个世纪八十年代就风靡一时，在近几年发展迅速并在各个领域都得到了很好的应用[15]。虚拟现实技术主要是指通过计算机与立体眼镜、传感手套等传感辅助设备进行数据交换，使人们得到相应的视觉、听觉、触觉、力觉甚至嗅觉等感官信息，从而建立三维信息的人工环境，产生逼真的三维现实感觉。近两年，由于技术更新与发展，使头戴式设备在技术上成为可能。目前市场上主流的成熟 VR 产品即是头戴式智能头盔，可同时通过立体音频视频，营造出一个虚拟的空间，使用者可在此设备安装各种应用，并利用智能操作设备进行虚拟操作。

虚拟现实技术系统的主要特征包括沉浸感、交互性、构想性、趣味性和多感知性[16-19]。

(1) 沉浸感：虚拟现实技术最主要的技术特征，是指用户感到作为主体存在于模拟环境中的真实程度。一个较好的虚拟现实系统要能让人在一个虚拟的环境中产生身临其境的感觉，如同进入了一个客观的真实世界。

(2) 交互性：是指学生在虚拟环境中不只是被动地感觉和浏览，还可以自行操作改变或者选择所需感知的内容。VR 的交互特性可以实现操作者对虚拟环境对象的交互考察与操作。在教学实践过程中，医学生在计算机产生的三维虚拟手术环境中，利用虚拟解剖器械进行相关的虚拟解剖操作，而计算机可以及时地提供实时信息反馈，操作者根据反馈信息及时调整操作。允许反复练习相同内容的解剖操作，得到深刻的理解和学习。

(3) 构想性：强调虚拟现实技术具有的广阔可想像空间，可助拓宽人类认知范围，不仅可再现真实存在的环境，也可以随意构想客观不存在的甚至是不可能发生的环境。在教育领域中体现这种构想性下的虚拟现实环境可以充分发挥学生的积极性，进行探索式、研究式学习。

(4) 趣味性：VR 完全不同于传统的教学方法，对于伴随电脑游戏和信息通讯技术飞速发展长大的一代新生力量[20]，VR 技术正好符合学生的爱好和专长，从而促进学生对解剖学习的兴趣，激发学习主动性。

(5) 多感知性：除了一般计算机所具有的视觉感知外，还有听觉感知、力觉感知、触觉感知、运动感知、甚至包括味觉感知、嗅觉感知等。理想的虚拟现实就是应该具有人所具有的各种感知功能，达到让用户难以分辨真假的程度。学生通过头戴式的智能头盔能对人体的各个部位结构产生更加逼真的直观感受。

由于 VR 没有时间、空间和材料资源的限制，解剖实验教学可以实现小组和小规模性，使每个学生都有机会进行解剖操作知识学习，人体某部位也可以反复进行操作练习。在解剖基础课学习之后，到高年级学习相关课程（如外科）的时候更适用于解剖结构的再次深入学习，对临床课程的学习起到很好的辅助和促进作用。

3 VR在解剖教学中的应用实例：心脏解剖

心脏是人体解剖教学中的一个重要内容，由于其结构和功能的特殊性，传统的教学方法很难全面、立体、动态地为学生构建展现具有活体感的心脏。心脏解剖分为静态和动态两个部分，静态解剖具体指心脏的解剖结构包括心脏位置、外形、心腔内部结构等。而动态解剖则是观察心脏作为人体血液循环动力泵时，泵血过程中各个结构的动态变化过程。传统的解剖教学方法只是用模型或者幻灯片向学生展示心脏的静态

解剖, 很难展示动态解剖心泵血过程中各解剖结构如乳头肌舒缩、瓣膜开闭贴合状态及腱索状态。即便有小动画来助学助教, 依然很片面和局部, 不能得到整体立体的概念。

在 VR 的虚拟环境中可以实现的场景: 打开胸腔, 直视下首先观察心斜位于胸腔的中纵隔内, 形态为倒置前后稍扁的圆锥体, 周围覆以心包。前方朝向胸骨体和第 2-6 肋软骨; 后方平对第 5-8 胸椎。心表面四条沟即冠状沟、前室间沟、后室间沟和房间沟清晰可见, 可以作为四个心腔的表面分界。通过自行操控, 学生可以沿心表面的四条沟分别走形体会位置并明确其相交部位的特点(房室交点); 还可以从心表面定位左、右冠状动脉, 学习冠状动脉的走行和分支, 实地观察营养区域。还有心纤维支架的构成及特点, 心肌纤维的缠绕及层间的方向差异。心表面心包的构成特点, 脏壁心包的移行及心包腔的特点, 实地感受心包斜窦和直窦的位置关系和临床意义。

心表面观察学习后, 继续走进心腔: 心腔是一个“四居室”, 分为右心房、右心室、左心房和左心室, 学生可停留在各心腔中观察内部结构, 从各个出入口进出理解血液循环的血流方向, 触摸每一个细微结构和瓣膜的形态位置, 了解它们的解剖关系和作用机理。

通过转换模式, 让虚拟心脏“活起来”。在每一个心动周期中, 学生可以切身体会到心脏泵血的整个过程。静脉血从上、下腔静脉回流到右心房, 右心房收缩, 右心室舒张, 三尖瓣自然开放, 血液流入右心室, 继而右心室收缩, 肺动脉瓣开放, 注意此时三尖瓣复合体在右房室口的收缩关闭状态和防止反流的原理分析, 血液进入肺循环, 成为富氧动脉血进入左心房, 左心房收缩, 左心室舒张, 二尖瓣开放, 血液流入左心室, 当左心室压力超过动脉压(左心室收缩), 主动脉瓣开放, 血液进入主动脉开始体循环和血液在主动脉窦处进入左右冠状动脉的过程, 此时仍需注意二尖瓣复合体在左房室口的收缩关闭状态和防止反流的原理分析。还可以通过强化点的连接理解掌握心的传导系统组成, 真正将难点形象化实体化, 掌握理解容易化。

通过 VR 系统, 学生不仅可以看到心外表的结构特点以及毗邻结构的位置关系, 甚至可以化身为一个小小红细胞, 随血液流动, 感受心泵周期中各个心腔的压力变化, 聆听心音的产生。在对心脏进行全面观摩感受后, 学生可以利用虚拟解剖工具对心脏进行虚拟解剖操作。可以从不同的角度进行解剖并重复操作学习, 还可以模拟心脏手术入路, 从基础到临床, 对心脏所有知识有更加全面和系统的理解和掌握。

4 结语

通过 VR 与解剖教学的结合, 可以为学生呈现清晰完整、立体可感的心脏整体和周围结构, 同时 VR 模式的转换可以实现不同角度、不同状态下对心脏的解剖结构的观察与学习, 得到知识的全面理解。其实, 人体解剖学作为一门形态学科, 所有知识结构都适合应用 VR 系统呈现。在信息化社会的今天, 只有切实应用新技术手段整合到传统教学中, 既避免了教学中的种种短缺弊端, 又以形象生动的场景化进行趣味性知识学习, 达到高效率的学习质量, 这也是高等教育追求的教学目标, 是教学发展的必然趋势。

参考文献:

- [1] ANDERSON KR, WOODBURY ML, PHILLIPS K, et al. Virtual reality video games to promote movement recovery in stroke rehabilitation: a guide for clinicians. *Arch Phys Med Rehabil*, 2015, 96: 973-976.
- [2] AKHTAR K, SUGAND K, SPERRIN M, et al. Training safer orthopedic surgeons. *Acta Orthop*, 2015; 86: 1-6.
- [3] GEORGESCU AL, KUZMANOVIC B, ROTH D, et al. The use of virtual characters to assess and train non-verbal communication in high-functioning autism. *Front Hum Neurosci*, 2014, 8: 807.
- [4] GORMAN PJ, MEIER AH, RAWN C, et al. The future of medical education is no longer blood and guts, it is bits and

bytes[J]. *Am J Surg*, 2000, 180: 353-356.

[5] ATTLA B, MARK CP, MARK S, et al. Intraoperative Stereoscopic Quick Time Virtual Reality[J]. *J Neurosurg*, 2004, 100: 591-596.

[6] KOCKRO RA, AMAXOPOULOU C, KILLEEN T, et al. Stereoscopic neuroanatomy lectures using a three-dimensional virtual reality environment[J]. *Annals of anatomy*, 2015, 201: 91-98.

[7] JW de FARIA, TEIXEIRA MJ, L de MOURA SOUSA JUNIOR, et al. Virtual and stereoscopic anatomy: when virtual reality meets medical education[J]. *J Neurosurg*, 2016, 5: 1105-1111.

[8] KUCUK S, KAPAKIN S, GOKTAS Y. Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load[J]. *Anat Sci Edu*, 2016, 5: 411-421.

[9] SAMPOGAN G, PUGLIESE R, ELLI M, et al. Routine clinical application of virtual reality in abdominal surgery[J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2017, 1-12.

[10] NAVAB N, FELLOW M, HENNERSPERGER C, FRISCH B, et al, relevance-based Multimodal Robotic Imaging and augmented reality for Computer Assisted Interventions[J]. *Med Image Anal*, 2016, 33: 64-71.

[11] Kenesici. 解剖学还有前途吗[J]? 国外医学教育分册, 1984, 42.

[12] 教育部高教司, 高教学会医教专业委员会. 中国高等医药教育课程指南[M], 北京: 北京大学医学出版社, 2004.

[13] 黄昌海. 基于桌面虚拟现实的人体实验教学系统的研究-以人体足部为例[D]. 西华师范大学, 2005.

[14] 董圻. 目前解剖学教学的弊端及思考[J]. *解剖学杂志*, 2012, 35(1): 1-3.

[15] 赵沁平. 虚拟现实综述[J]. *中国科学 (F辑:信息科学)*, 2009, 01: 2-46.

[16] 张晓红. 虚拟现实技术在口腔颌面解剖的应用研究[D]. 大连医科大学, 2012.

[17] 林利, 李春梅, 王芳. 改变传统的医学临床实践教学模式-虚拟医学教学环境的构建[J]. *数理医药学杂志*, 2009, 4: 494-495.

[18] 张晗. 虚拟现实技术在医学教育中的应用研究[D]. 山东师范大学, 2011.

[19] 谭立文, 张肖莎, 宋林, 等. 数字化喉标本模型的建立与虚拟现实仿真[J]. *解剖学杂志*, 2009, 02: 230-233.

[20] Prensky M. *Teaching Digital Natives: Partnering for Real Learning*[M]. 1st Ed. Thousand Oaks, CA: Corwin Press. 2010.

References

[1] ANDERSON KR, WOODBURY ML, PHILLIPS K, et al. Virtual reality video games to promote movement recovery in stroke rehabilitation: a guide for clinicians. *Arch Phys Med Rehabil*, 2015, 96: 973-976.

[2] AKHTAR K, SUGAND K, SPERRIN M, et al. Training safer orthopedic surgeons. *Acta Orthop*, 2015; 86: 1-6.

[3] GEORGESCU AL, KUZMANOVIC B, ROTH D, et al. The use of virtual characters to assess and train non-verbal communication in high-functioning autism. *Front Hum Neurosci*, 2014, 8: 807.

[4] GORMAN PJ, MEIER AH, RAWN C, et al. The future of medical education is no longer blood and guts, it is bits and bytes [J]. *Am J Surg*, 2000, 180: 353-356.

[5] ATTLA B, MARK CP, MARK S, et al. Intraoperative Stereoscopic Quick Time Virtual Reality [J]. *J Neurosurg*, 2004, 100: 591-596.

[6] KOCKRO RA, AMAXOPOULOU C, KILLEEN T, et al. Stereoscopic neuroanatomy lectures using a three-dimensional virtual reality environment [J]. *Annals of anatomy*, 2015, 201: 91-98.

[7] JW de FARIA, TEIXEIRA MJ, L de MOURA SOUSA JUNIOR, et al. Virtual and stereoscopic anatomy: when virtual reality meets medical education [J]. *J Neurosurg*, 2016, 5: 1105-1111.

[8] KUCUK S, KAPAKIN S, GOKTAS Y. Learning anatomy via mobile augmented reality: Effects on achievement and cognitive load [J]. *Anat Sci Edu*, 2016, 5: 411-421.

- [9] SAMPOGAN G, PUGLIESE R, ELLI M, et al. Routine clinical application of virtual reality in abdominal surgery [J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2017, 1-12.
- [10] NAVAB N, FELLOW M, HENNERSPERGER C, FRISCH B, et al, relevance-based Multimodal Robotic Imaging and augmented reality for Computer Assisted Interventions[J]. *Med Image Anal*, 2016, 33: 64-71.
- [11] Kenesici. oes Anatomy have a future ? [J].*Foreign Medical Sciences (Medical Education)*, 1984, 42.
- [12] Department Of Higher Education, igher Medical Teaching Professional Commission of CSE. hinese Higher Medical Education Curriculum Guide [M],Beijing: eking University Medical Press,2004.
- [13]Huang Changhai. xperimental Teaching System of Human Body Based on Desktop Virtual Reality Research-Take Human Foot as Example [D].China West Normal University,2005.
- [14]Dong Qi. urrent Problems and Thinking of Anatomy Teaching [J].*Chinese Journal of Anatomy*,2012,35(1):1-3.
- [15]Zhao Qinping. Summary of Virtual Reality [J].*SCIENCE CHINA Information Sciences*, 2009, 01:2-46.
- [16]Zhang Xiaohong. studies on Application of Virtual Reality Technology in Oral and Maxillofacial Anatomy [D].Dalian Medical University,2012.
- [17]Lin Li, Li Chunmei Wang Fang. hange the Traditional Teaching Mode of Clinical Practice of Medicine-Construction of Virtual Medical Teaching Environment [J].*Journal of Mathematical Medicine*,2009,4:494-495.
- [18]Zhang Han. tudy on Application of Virtual Reality Technology in Medical Education [D].Shandong Normal University,2011.
- [19]Tan Liwen, Zhang Xiaosha, Song Lin, and so on. onstructing Digitized Specimens of Throat Modeling and Virtual Reality Simulation[J].*Chinese Journal of Anatomy*,2009,02:230-233.
- [20]Prensky M. *Teaching Digital Natives: Partnering for Real Learning* [M]. 1st Ed. Thousand Oaks, CA: Corwin Press. 2010.