·临床教学·

医学生心脏瓣膜病见习中应用心脏影像三维重建结合VR技术的教学效果研究

王佳玉[1]　史霆[1]　李海清[2]　胡伟国[3]
[1]上海交通大学医学院附属瑞金医院医学教育处，上海　200025；[2]上海交通大学医学院附属瑞金医院心脏外科，上海　200025；[3]上海交通大学医学院附属瑞金医院院长办公室，上海　200025
通信作者：胡伟国，Email：wjy30541@rjh.com.cn

【摘要】 心脏瓣膜病的理论教学中，传统的授课方式使学习者感觉非常抽象，学习效果不佳；床旁教学中特定病人的心脏特征无法直接向学习者展示，学习者难以将理论知识与临床表现进行建构。本研究在基于体验学习理论的临床床边见习的基础上，利用心脏虚拟影像技术，将临床病人的心脏影像进行重建，还原其心脏内部结构，辅以动态血流图像，帮助学习者厘清心脏形态结构和血流动力学的关系，使学习者能够直观地学习这些知识。通过本研究的教学实践发现：高质量的课程设计和引导式的教学结合VR新技术的运用，能够显著提升学习者的学习体验与效果。

【关键词】 虚拟影像重建；　医学生；　心脏瓣膜疾病；　临床见习
【中图分类号】 R-05
基金项目：2020年上海交通大学医学院虚拟仿真实验教学一流课程建设项目
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210711-01457

The effect of virtual three-dimensional reconstruction of cardiac image in medical students' clinical probation of valvular heart disease

Wang Jiayu[1], Shi Ting[1], Li Haiqing[2], Hu Weiguo[3]
[1]Department of Medical Education, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Ruijin Hospital, Shanghai 200025, China; [2]Department of Cardiac Surgery, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Ruijin Hospital, Shanghai 200025, China; [3]President Office, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine Affiliated Ruijin Hospital, Shanghai 200025, China
Corresponding author: Hu Weiguo, Email: wjy30541@rjh.com.cn

【Abstract】 In the theoretical teaching of valvular heart disease, the traditional teaching method makes the learners feel very abstract and the learning effect is poor. In bedside teaching, the heart characteristics of specific patients cannot be directly displayed to learners, and learners are difficult to construct theoretical knowledge and clinical performance. Based on the clinical bedside internship based on experiential learning theory, this study uses cardiac virtual image technology to reconstruct the cardiac images of clinical patients, restoring the internal structure of their hearts, supplemented by dynamic blood flow images, to make learners can clarify the relationship between cardiac morphology and hemodynamics, so that learners can intuitively learn these knowledge. Through the teaching practice of this study, it is found that high-quality curriculum design and guided teaching combined with the application of new VR technology can significantly improve the learning experience and effect of learners.

【Key words】 Virtual image reconstruction;　Medical student;　Valvular heart disease;　Clinical probation

Fund program: Shanghai Jiao Tong University School of Medicine First-class Course Construction Project of Virtual Reality Experiment Teaching in 2020

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210711-01457

心脏瓣膜病（valvular heart disease，VHD）是指由于各种原因导致的主动脉瓣、二尖瓣、三尖瓣、肺动脉瓣结构和/或功能发生改变，导致心脏血流动力学异常，最终导致心力衰竭[1]。其中心脏及其瓣膜的解剖学特征，瓣膜病变后的血流动力学改变，病变的进展导致心脏、血管和肺的形态学改变等，对学生理解该疾病的病理生理、临床表现、治疗原理等知识至关重要[2]。在传统医学教学中，通过理论授课传授医学生相关知识点，并在临床见习中使医学生通过认知病人的临床表现和体征，通过将心脏形态学、血流动力学和疾病相关知识进行建构，帮助医学生建立初步的临床思维。然而，医学生的心脏形态学和血流动力学知识结构往往因源于传统理论授课而非常抽象，特定病人的个体化心脏特征也无法直观地向学生展示。

随着计算机三维重建技术和虚拟现实（virtual reality，VR）技术的发展，以及这些技术与医学影像技术的深度融合，使得个体患者的平面影像信息能够以三维形式呈现在医学生眼前，使其能够直观地接受相关知识，从而为缩短心脏瓣膜病的学习曲线找到了突破口。上海交通大学医学院附属瑞金医院瑞金医学模拟中心联合心脏外科，将心脏影像VR三维重建技术应用于心脏瓣膜病教学素材的改进，提升了医学生的学习体验。

1　心脏瓣膜病教学的现状与问题

心脏瓣膜病是指由于各种原因导致的主动脉瓣、二尖瓣、三尖瓣或肺动脉瓣结构和（或）功能发生改变，导致心脏血流动力学异常，最终导致心力衰竭[1]。而医生在临床工作中首先获取到的是个体病人的疾病信息（病史、体检、化验等），这就要求医生能够从这些信息“想到”相应的医学知识，这个“想”的过程就是“临床思维”。作为只具备医学理论知识的医学生，能否“想到”或者说培养正确的临床思维正是临床实践教学阶段的重点教学目标。通过分析心脏瓣膜病的临床表现和致病机制，发现“瓣膜形态学改变导致的血流动力学的变化，进而引发不同程度的相应症状”，成为医学生学习本类疾病的一个关键点。

在传统医学教学中，与心脏瓣膜病密切相关的科目包含以下5个横向课程：①解剖学（包括系统解剖学和局部解剖学）；②生理学；③病理生理学；④外科学（包括理论课程和临床见习）；⑤内科学（包括理论课程和临床见习）。这些课程的理论部分主要采用语言表达（文字、语音）配合静态平面示意图的形式来进行知识的传递；临床见习部分以床边观察和实践的形式让医学生获得患者的疾病信息，并通过实践后的讲解与讨论深化对疾病知识的理解。

然而，采用语言表达结合静态平面示意图的形式解释相关原理，对于医学生而言缺乏直观、感性的认知，难以真正掌握病理条件下心脏结构和血流动力学的动态变化。并且，传统教学过程中所阐述的是以人群为基础的“共性”知识，而非针对个体病人的病情进行具体的分析，不利于医学生理解个案的诊疗思路。例如：不同病人瓣口狭窄面积不同，导致通过瓣口的血流速度和跨瓣压差不同，对心肌造成的压力也自然不同，所以瓣口面积及跨瓣压差是瓣膜病是否需要手术的定量评估指标[3]。这种个体病人的心脏形态学上的变化，及其导致的心脏功能上的变化是很难单纯通过语言表达和静态示意图使学生理解的。

基于此，设想如果在讲解个体病人心脏瓣膜病的临床表现和致病机制的同时，学生能够直观地看到该病人的“全视角三维心脏图像”，并结合“心脏内部动态血流”演示，将会在很大程度上帮助学生的学习和理解。科技使“设想”变成“现实”，研究者对真实病人的心脏影像进行快速三维重建，利用虚拟现实技术进行还原和显现，将其与瓣膜病教学深度融合[4]，制作了有利于学员理解的教学课件。

2　心脏瓣膜病VR课件的设计

选取正常心脏和二尖瓣狭窄病人的临床真实薄层CT序列，导入“医学影像智能实时重建及拓展视界交互平台”，通过软件的实时3D重建功能形成正常心脏和二尖瓣狭窄的病理心脏的三维图像；通过软件的VR重建功能，形成3D重建图像的VR图像，利用沉浸式的体验来提升医学生的学习兴趣；借助软件放大、缩小、旋转、切割等一般功能，帮助医学生对心脏内、外结构进行全视角的观察；借助软件的教学辅助功能，对心脏的解剖结构进行高亮/半透明显示（图1），帮助医学生找到相应解剖结构；根据病理生理学教材中对心脏瓣膜疾病血流动力学改变的文字描述，在心脏影像重建图像上绘制血流方向、血流性状、血流对心脏房室壁的作用等动画（图2），帮助医学生理解心脏瓣膜病变的形态学变化引起的血流动力学改变，及其对心肌造成的影响。

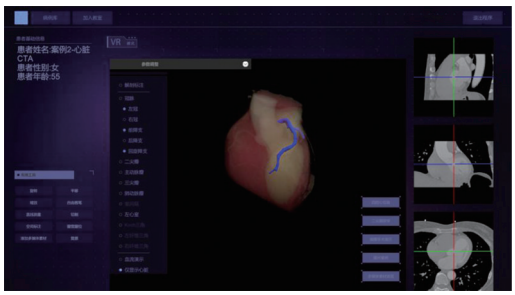


图 1　心脏解剖结构高亮显示

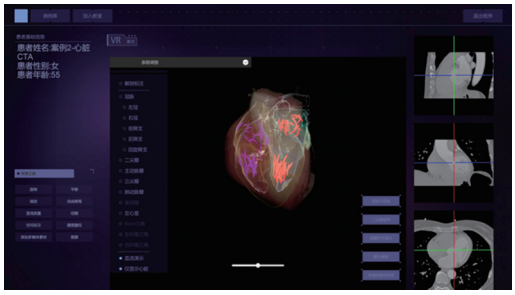


图 2　在心脏影像重建图像上显示血流动力学动画

3　心脏瓣膜病 VR 课件在心脏外科见习中的应用

3.1　具体实施方式

选择上海交通大学医学院 2017 级临床医学八年制法文班医学生 12 人，在完成前期学习以及心脏外科理论学习后，于 2020 年 12 月进行心脏外科见习。见习病例为主动脉瓣狭窄病人，医学生在床边对病人进行问诊和体检，由带教教师进行补充、纠正、示范。完成床边见习后至示教室进行临床小讲课，结合该病人的虚拟三维重建的心脏影像进行心脏形态学和血流动力学的讲解；最后进行完整的病例讨论。

3.2　实施效果

3.2.1　课后问卷反馈

为了解使用心脏瓣膜病 VR 课件对学生学习体验的影响，进而作为评价学习效果的重要依据。研究者参照李克特量表（Likert scale）的基本设计原理，结合医学生在本次课程中的直观感受和学习投入度两方面的内容，制定了反馈问卷。在当天见习结束后，即刻对参加见习的 12 名医学生发放了关于见习的学习体验的问卷。实际收回 11 份问卷，剔除其中 2 份所有选项均为相同结果的无效问卷，实际共得到有效问卷结果 9 份，有效问卷回收率为 75%。问卷结果如见表 1、表 2。

3.2.2　学生访谈

在见习结束之后 3 周，邀请所有参加过该见习课程的医学生进行面对面的半结构化访谈，其中有 7 名医学生最终接受了访谈。

通过整理和分析访谈笔记，研究者发现影响医学生在见习课程中 VR 课件使用体验的因素主要有以下 6 个方面：①课程中的生理舒适度：包括 VR 教室的环境，VR 头盔佩戴的舒适度，观看 VR 课件是否容易引起眩晕感。②医学生对于 VR 设备的熟悉度：包括学生自己能否顺利运行软件，VR 头盔的佩戴和调节方式，VR 头盔上的红外传感器位置，定位器的方位。③VR 设备的数量：是否能够满足每人均配有一套 VR 设备。④VR 课件的功能：包括 VR 画面的真实度，课件中各种标识的清晰度，教学动画的适配、流畅度和清晰度，VR 动态演示的流畅度。⑤教师的使用技巧：包括教师的讲课技巧，讲课内容与 VR 课件演示内容的相关性，讲解过程与 VR 动态演示的匹配度。⑥学生的自主性：是否能够自主操作设备进行 VR 下的探索。

4　结语

4.1　心脏瓣膜病的 VR 课件能够加深医学生对心脏形态学及血流动力学的理解

心脏瓣膜病作为一类常见的危害人类生命和健康的心血管疾病，其发病率随着年龄增长逐渐

表 1　见习的不同环节对于医学生瓣膜病学习的帮助程度（n=9）

今天见习的各个环节对你学习瓣膜疾病的帮助程度（5—十分有帮助，1—完全没帮助）	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	平均分数
床边见习：对真实患者进行问诊和体检	0	3	0	1	5	3.89
临床小讲课	0	0	0	2	7	4.78
针对见习患者的病例讨论	0	0	1	1	7	4.67
VR 影像学带教	0	1	1	2	5	4.22

表 2　医学生在见习各环节的投入程度（n=9）

你今天在见习各个环节的投入程度（5—全情投入，1—完全神游太虚）	1 分	2 分	3 分	4 分	5 分	平均分数
床边见习：对真实患者进行问诊和体检	0	0	0	4	5	4.56
临床小讲课	0	0	3	2	4	4.11
针对见习患者的病例讨论	0	0	1	2	6	4.56
VR 影像学带教	0	0	2	2	5	4.33

增加[4]，75 岁以上人群心脏瓣膜病的发病率升至13.2%[5]，是医学本科教育心脏疾病中的一项重点内容。心脏瓣膜的形态学改变及其引起的血流动力学变化是心脏瓣膜病教学中的关键点和难点。在本研究中，所有受访医学生均表示心脏的虚拟三维图像较平面图谱更立体直观，能够进行全方位多角度的观察，尤其对于心腔内部结构的观察，非常有助于理解病理条件下的解剖结构改变。基于心脏虚拟三维图像的血流动力学的动态演示对他们理解心脏的血流动力学变化同样很有帮助。

4.2 高质量的课程设计和新技术的完美融入才能真正发挥出技术的优势

虚拟现实技术凭借其独具的沉浸性、交互性和构想性特点[6]，逐渐与教育领域进行广泛结合[7-9]。VR 技术的发展为实践教学活动提供了全新的教学途径，通过虚拟实验室、虚拟实物、模拟训练等方式，真正实现了教学情景化，提升教学对象的学习积极性，从而提高实践教学效果[10]。国家高度重视虚拟仿真技术在教育领域的推广和应用，并加快信息技术与高等教育实验教学的深度融合进程[11]。但究竟如何在教学中发挥 VR 的真正优势，是需要教育者深思的。

从本研究的访谈结果中发现，相较于 VR 技术在其他领域的应用，医学生更加关注的是使用 VR 技术能否更有效地帮助自己理解相关医学知识。包括 VR 技术（时机、形式）在内的课程全要素（课件制作、教师的讲课能力、新技术及教师的运用能力等），都会对学习效果产生影响。

4.3 课程实施的环境、VR 设备的使用舒适度均会影响使用者的学习环境体验

学习者体验包括学习环境体验、学习活动体验和学习结果体验[12]。学习环境作为学习者开展学习过程的一个外部因素，对学习本身会产生间接影响。营造一个适合学习者学习的整体环境，提高设备使用的舒适度，都能够显著提升学习者体验，能够使深度学习更容易发生。

综上所述，心脏瓣膜病的虚拟三维重建课件能够加强医学生对心脏形态学及血流动力学知识的理解。然而，无论技术如何先进，仍需要以学习者为中心不断完善各项课程要素，才能真正发挥技术的优势。今后，针对不同的学习内容，同样可以利用本次研究的成果，将 VR 技术应用至其他课程之中，从而提高学习者的学习效率和效能。

本次研究主要通过主观反馈来进行学习效果的评价。基于本次研究的结果，将进一步完善课程设计，并通过对照研究来论证心脏瓣膜病的虚拟三维重建课件对学习效果的影响。后续，在完善医学生对真实病人查体诊断能力的评价体系的基础上，进一步论证：相较于传统教学，课程学习效果的提升是否能够有助于医学生对真实病人查体诊断能力的提升。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　王佳玉、史霆：提出论文构思、撰写论文；李海清、胡伟国：总体把关、审定论文

参考文献

[1] 王建安. 中国心脏瓣膜病介入治疗的现状与展望[J]. 中华心血管病杂志, 2019, 47(9): 706-709. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2019.09.009.

[2] 李林林, 于振坤, 樊红光, 等. 虚拟现实技术在心血管外科手术教学培训中的初步应用研究[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(3): 289-294. DOI: 10.3969/j.issn.1000-3614.2019.03.015.

[3] 郑育聪, 赵世华. 心血管 MR 新技术在心脏瓣膜病中的应用进展[J]. 中国医学影像技术, 2019, 35(8): 1244-1247. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201901138.

[4] 叶蕴青, 许海燕, 李喆, 等. 中国不同区域老年瓣膜性心脏病构成和病因分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2019, 21(7): 676-682. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2019.07.002.

[5] Iung B, Vahanian A. Epidemiology of acquired valvular heart disease [J]. Can J Cardiol, 2014, 30(9): 962-970. DOI: 10.1016/j.cjca.2014.03.022.

[6] 丁楠, 汪亚珉. 虚拟现实在教育中的应用：优势与挑战[J]. 现代教育技术, 2017, 27(2): 19-25. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8097.2017.02.003.

[7] So HY, Chen PP, Wong GKC, et al. Simulation in medical education [J]. J R Coll Physicians Edinb, 2019, 49(1): 52-57. DOI: 10.4997/JRCPE.2019.112.

[8] Isaza-Restrepo A, Gómez MT, Cifuentes G, et al. The virtual patient as a learning tool: a mixed quantitative qualitative study [J]. BMC Med Educ, 2018, 18(1): 297. DOI: 10.1186/s12909-018-1395-8.

[9] 刘勉, 张际平. 虚拟现实视域下的未来课堂教学模式研究[J]. 中国电化教育, 2018(5): 30-37. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9860.2018.05.005.

[10] 褚婕, 严敏, 余嘉欣. 虚拟现实技术+沉浸体验式学习模式在血管外科护理实践教学中的应用[J]. 护理研究, 2020, 34(10): 1804-1806. DOI: 10.12102/j.issn.1009-6493.2020.10.026.

[11] 李艳君, 黄德生, 关鹏, 等. 虚拟仿真技术在我国医学教育领域相关研究中应用的科学知识图谱分析[J]. 中华医学教育杂志, 2020, 40(12): 992-996. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20200216-00138.

[12] 黄璐, 裴新宁, 朱莹希. 在线课程内容质量评价指标体系新探：基于学习者体验和知识付费的视角[J]. 远程教育杂志, 2020, 38(1): 104-112. DOI: 10.15881/j.cnki.cn33-1304/g4.2020.01.011.

（收稿日期：2021-07-11）
（本文编辑：唐宗顺）