·教学改革·

“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”提升八年制医学生鼻部解剖学习效果的探索

胡伟倪[1]　骆岩林[2]　李文静[2]　柯嘉[1]　朱丽[1]

[1]北京大学第三医院耳鼻咽喉科，北京　100191；[2]北京师范大学人工智能学院，北京　100191

通信作者：朱丽，Email：prlizhu@qq.com

【摘要】 **目的**　探讨“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”提升临床医学八年制学生耳鼻咽喉科鼻部解剖的学习兴趣和理论水平的效果。**方法**　选取北京大学医学部2019级临床医学八年制学生为研究对象，57名学生按照自然分组法分为3小组，每组19人，随机选取2小组作为试验组（n=38），采用“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”结合传统教学；另一小组作为对照组（n=19），采用传统教学。通过调查问卷、耳鼻咽喉科学理论考核总成绩及鼻科学部分的成绩评价比较两组学生的教学效果。运用SPSS 27.0软件进行统计学分析，采用独立样本 t 检验和卡方检验比较两组间差异。**结果**　调查问卷结果显示，两组学生普遍认为“鼻科学理论及解剖知识讲授”是耳鼻喉科鼻科学见习的难点，试验组学生认为“鼻科学理论及解剖知识讲授是鼻科见习最大收获”的比例显著高于对照组学生（33/38 vs. 12/19），差异具有统计学意义（P=0.039）；理论考试中鼻部解剖相关内容得分试验组（19.0 ± 1.3）显著高于对照组（18.1 ± 1.3），差异具有统计学意义（P=0.024）。**结论**　应用“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”辅助耳鼻咽喉科鼻部解剖教学有助于培养临床医学八年制学生的学习兴趣，并提高教学效果。

【关键词】 虚拟现实；　耳鼻喉科；　八年制；　鼻部解剖

【中图分类号】 R602

基金项目：国家自然科学基金面上项目（61977063）

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230925-01862

Application of immersive virtual reality system for nasal anatomy in otolaryngology teaching for eight-year program medical students

Hu Weini[1], Luo Yanlin[2], Li Wenjing[2], Ke Jia[1], Zhu Li[1]

[1] Department of Otolaryngology, Peking University Third Hospital, Beijing 100191, China; [2] School of Artificial Intelligence, Beijing Normal University, Beijing 100191, China

Corresponding author: Zhu Li, Email: prlizhu@qq.com

【**Abstract**】 **Objective**　To investigate the effects of an immersive virtual reality system for nasal anatomy in improving the learning interest and theoretical level of eight-year program medical students for nasal anatomy in otolaryngology. **Methods**　A total of 57 medical students of the 2019 eight-year program in Peking University Health Science Center were divided into three groups naturally, with 19 students in each group. Two of the groups (38 students) were randomly selected as experimental group to receive traditional teaching in combination with the immersive virtual reality system for nasal anatomy, while the remaining group (19 students) served as control group to receive traditional teaching. The teaching effectiveness of the two groups was evaluated through questionnaire surveys and theoretical assessment scores in otolaryngology and nasal anatomy. SPSS 27.0 was used to perform statistical analysis. The two groups were compared using the independent samples t-test and the chi-squared test. **Results**　According to the survey results, both groups considered rhinology theory and anatomy learning as a challenge during rhinology internship. A significantly higher proportion of students in the experimental group believed that they gained the greatest achievement in rhinology theory and anatomy learning during internship, as compared with the control group

(33/38 vs. 12/19, *P*=0.039). The theoretical score for nasal anatomy-related assessment was significantly higher in the experimental group than in the control group [(19.0 ± 1.3) vs. (18.1 ± 1.3), *P*=0.024]. **Conclusions** The use of the immersive virtual reality system for nasal anatomy in otolaryngology teaching can promote eight-year program medical students' interest in learning and improve teaching effectiveness.

【**Key words**】 Virtual reality;　Otolaryngology;　Eight-year program;　Nasal anatomy

Fund program: General Project of National Natural Science Foundation of China (61977063)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230925-01862

耳鼻咽喉科学作为外科学的二级学科和重要分支，是临床医学八年制学生的必修课程，该学科除了具有外科学的基本特点外，还具有自身的特殊性。与其他外科学课程一样，解剖教学是课程的重点和基础，然而耳鼻咽喉的重要解剖结构均位于人体深处的狭窄孔隙或骨质中，很难进行直接观察。鼻腔鼻窦解剖更是教学的难点，其结构复杂、位置深在，毗邻眼眶和颅底等重要结构，存在诸多类型的解剖变异。耳鼻咽喉科学课程课时设置相对较少，需要在短时间内教授大量复杂的解剖学概念，对学生的记忆力、理解力和空间想象能力均有较高的要求。传统的教学方式相对单一，学生容易产生思维疲劳及厌学心理，教学效果不理想。

虚拟现实也称灵境技术或人工环境，是一种由计算机技术辅助生成的高技术模拟系统，集成计算机图形技术、计算机仿真技术、人工智能、传感技术、显示技术、网络并行处理等技术。在生物医学领域，虚拟人、虚拟手术等方面的研究十分活跃，表现出了很好的效果[1-2]。国外已将虚拟现实技术作为成熟的培训手段较为广泛地应用于耳鼻喉科专科医师的培养，数种虚拟现实手术训练系统被开发应用[3-4]，并取得了良好的培训效果[5-7]。国内也有将虚拟现实技术应用于医学生培养的尝试，包括普外科、妇科及耳鼻喉科的临床操作，并取得了一定的培训效果[8-9]，但未见将虚拟现实技术应用于鼻部解剖教学的相关文献报道。本研究使用基于虚拟现实技术的“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”，旨在探讨其在临床医学八年制学生耳鼻咽喉科鼻部解剖教学中的应用价值，提高学生对鼻部解剖的学习兴趣及学习效率，进一步改善教学质量。

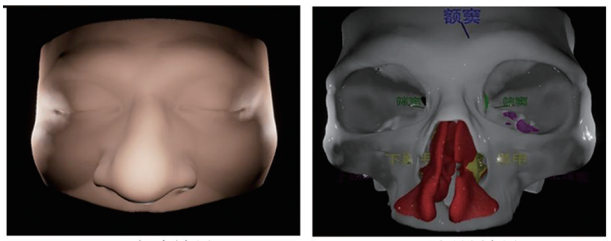
1　对象与方法

1.1　研究对象

选择 2022 年 10 月在北京大学第三医院耳鼻喉科学习的 2019 级八年制临床医学专业 3 个小组共 57 名学生为研究对象，其中男生 30 名，女生 27 名。研究开始前，告知所有学生研究内容并征得其知情同意。

1.2　研究方法

本研究采用随机对照法，纳入研究的学生分为 3 个自然小组，每小组 19 人，从中随机选取 2 个小组共 38 名学生作为试验组，采用“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”结合传统教学方法进行鼻部解剖教学；另外 19 名学生作为对照组，采用传统教学方法进行鼻部解剖教学。本课题组在国家自然科学基金的支持下开发“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”，前期积累了大量解剖学及影像学资料，并进行三维重建，克服了鼻窦三维重建中一系列技术难题[10-11]。该系统已被国家版权局认证，取得了计算机软件著作权保护，并在 2021 年中国虚拟现实大会上获奖，代表国内虚拟现实系统的先进水平（图 1）。



A. 皮肤效果　　B. 颅骨效果

图 1　“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”效果展示图

1.2.1　教学内容

两组学生教材均使用人民卫生出版社的《耳鼻咽喉头颈外科学（第 3 版）》，课程安排参照北京大学医学部耳鼻咽喉教研室制定的《耳鼻咽喉科学教学大纲（2022 版）》，两组学生的授课教师和总授课学时保持一致，其中解剖教学的理论授课方法相同，均采用教师讲解结合图片、视频及教具的方式进行。在涉及鼻部解剖教学的实习授课中，试验组采用“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”结合传统教学方法，其中使用“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”学习的时长为 1 课时，主要内容为直观展示鼻腔鼻窦的位置、形态及毗邻关系，学生可以利用虚拟现实技术从不同角度甚至解剖结构内部观察鼻部解剖的特点，系统分为虚拟解剖结构可视化及虚拟内镜漫游两个主要部分。其中，虚拟结构可视化模块允许学生切换软组织和骨组织两种状态，使得学生能从三

维层面学习重要结构的骨性结构和软组织构成；而虚拟内镜漫游则能让学生身处鼻腔内部，从各个角度观察特定结构的解剖学特征。对照组则采用传统教学方法，在涉及鼻部解剖内容时，通过内镜图片和手术视频进行讲解，图片和视频展示的内容与试验组中“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”各模块所展示的内容保持一致，且总时长与试验相等，为1课时。

1.2.2 效果评价

采用调查问卷结合理论考试的方式进行教学效果评价。调查问卷在授课结束后发放，以匿名填写的方式进行。调查问卷为自行设计，对照组共17道选择题及1道开放性问题，试验组增加3道关于虚拟现实教学体验的选择题，其余题目与对照组完全一致。理论考试由北京大学医学部耳鼻喉科教研室命题，满分100，其中与鼻部解剖相关的内容为22分，两组学生的考试内容及方式完全一致。

1.3 统计学处理

采用SPSS 27.0软件对相关数据进行统计学分析。符合正态分布的计量数据以（均值 ± 标准差）表示，组间比较采用独立样本 t 检验；计数数据以频数表示，组间比较采用卡方检验。检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 一般资料

试验组38名学生中，男生20人，女生18人，年龄（21.4 ± 0.5）岁；对照组19名学生中，男生10人，女生9人，年龄（21.7 ± 0.3）岁。两组学生的性别、年龄差异均无统计学意义（P>0.05），结果具有可比性。

2.2 问卷调查结果

在教学活动结束后进行匿名问卷调查，结果显示两组学生普遍认为“鼻科学理论及解剖知识讲授”是耳鼻喉科鼻科学见习的难点（表1），两组结果差异均无统计学意义（P>0.05）。

表1 问题“您觉得耳鼻喉科鼻科学见习的难点是?”答案统计（多选题）

选项	试验组（n=38）	对照组（n=19）	χ^2值	P值
鼻科学理论及解剖知识讲授	32	19	3.35	0.067
鼻科学检查法讲授及练习	16	4		
内镜室见习	4	2		
门诊跟诊见习	1	0		
手术录像学习	8	0		

试验组学生中认为“鼻科学理论及解剖知识讲授是鼻科见习最大收获”的比例显著高于对照组学生（表2），差异具有统计学意义（P<0.05）。

表2 问题“您觉得耳鼻喉科鼻科学见习的最大收获是?”答案统计（多选题）

选项	试验组（n=38）	对照组（n=19）	χ^2值	P值
鼻科学理论及解剖知识讲授	33	12	4.28	0.039
鼻科学检查法讲授及练习	33	17		
内镜室见习	22	12		
门诊跟诊见习	5	13		
手术录像学习	1	0		

2.3 两组学生理论考试结果比较

考试结果显示试验组学生的耳鼻咽喉科学理论考试总成绩略高于对照组学生（表3），但结果差异无统计学意义（P>0.05）；鼻部解剖相关内容得分试验组学生显著高于对照组学生（表3），差异具有统计学意义（P<0.05）。

表3 两组学生理论考试总成绩及鼻部解剖相关内容得分比较

项目	试验组（n=38）	对照组（n=19）	t值	P值
理论考试得分（共100分）	85.3 ± 5.9	84.5 ± 7.2	0.44	0.660
鼻部解剖相关内容得分（共22分）	19.0 ± 1.3	18.1 ± 1.3	2.31	0.024

3 讨论

3.1 “沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”有助于提高八年制医学生鼻科解剖的学习兴趣和自信心

在八年制医学生鼻科学部分的理论和见习教学中，主要教学目标是让学生掌握基本的解剖及生理概念，进而了解常见疾病的病因、发病机制、临床表现及诊疗方法。而解剖学则是疾病发生的结构基础，对解剖学教学质量的提升，不仅有助于医学生更好地理解相关疾病的发病机制，也为后期掌握常用的手术路径、指导临床手术操作打下更坚实的基础。

由于鼻腔鼻窦结构复杂、位置深在、分布离散，且存在诸多类型的解剖变异，鼻腔鼻窦的解剖一直是耳鼻喉科教学的难点。传统教学的方式通过解剖示意图、内镜图像、教具等手段进行解剖教学，教学方式及维度较为单一，对学生的记忆力、理解力和空间想象能力要求极高。同时，在教学过程中，学生长时间处于被动接受的状态，容易产生思维疲劳及厌学心理，教学效果不理想。本研究结果提示，学生普遍认为“鼻科学理论及解剖知识讲授”是耳鼻喉科鼻科学见习的难点。

“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”作为虚拟现实技术与患者真实影像学资料相结合的产物，能够动态三维构建鼻腔鼻窦的复杂解剖结构，让学生更加

直观、生动地学习其具体解剖标志和其毗邻关系，为学生创造高度沉浸式的学习环境。与此同时，该系统允许学生自由浏览和探索，可以对重点解剖结构进行随意旋转、缩放和透视，使学生从不同角度全面反复地观察中鼻甲、筛漏斗、额隐窝及蝶窦等重要结构的形态和方位，通过直观的视觉刺激和实时操作反馈，使学生能更容易理解这种复杂的空间位置关系，让学习过程从被动接收转化为主动探索，显著提高了学生的学习兴趣和学习效率。本研究中，试验组学生认为“鼻科学理论及解剖知识讲授是鼻科见习最大收获”的比例显著高于对照组学生，充分证明本系统较传统教学方式能更好地激发学生的学习兴趣，增强学生对复杂解剖结构学习的自信心。

3.2 “沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”有助于提高八年制医学生鼻科解剖的理论知识水平

本研究结果提示，理论考试中试验组学生的鼻部解剖相关知识得分显著高于对照组，差异具有统计学意义，说明“沉浸式鼻解剖虚拟现实系统”可在较短时间内明显提高学生对鼻部重要解剖结构相关知识的理解和掌握。一方面，这与本系统提供的沉浸式主动学习方式密切相关，可以充分激发学生学习的积极性和主动性；另一方面，虚拟现实技术更好地还原了立体解剖结构的客观形态和位置，淡化了传统解剖教学中关于解剖方位和形态的枯燥描述，让枯燥的解剖学概念以生动、真实的形象呈现在学生眼前，使得相关知识通过视听感官刺激直接被学生接受。邹绚等[12]对于虚拟现实技术应用于眼科解剖教学的研究也有相似的结果。

3.3 结语

随着软硬件设备的不断发展和完善，虚拟现实技术对于人体细节的还原和模拟越来越真实，在医学生及低年资医生的培养和教学中的应用也开始普及，取得了良好的教学效果[13]。本研究结果同样显示，其在八年制医学生鼻部解剖教学中也具有良好的应用前景。但该技术在医学教育的应用中仍存在一些不足，比如教学持续时间过长容易使学生产生视觉疲劳，部分学生可能出现头晕等不适；由于设备及场地的限制，教学活动无法多人同时进行；此外，在某些解剖结构细节的还原上，与真实的解剖标本还存在一定的差距。以上问题都有待进一步改进和探索。总之，随着科技的迭代和发展，虚拟现实技术在医学生解剖教学方面的应用前景也将变得更加广阔，教学效果也将不断提升。

利益冲突　所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明　胡伟倪：提出论文构思、实施试验、撰写论文；骆岩林、朱丽：总体把关、审订论文；李文静、柯嘉：实施试验

参考文献

[1] 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: 10.16352/j.issn.1001-6325.2018.03.027.

[2] 方驰华，刘允怡，蔡伟. 数字医学技术在我国普通外科应用的现状和前景[J]. 中华外科杂志，2017，55(1)：11-14. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0529-5815.2017.01.004.

[3] Barber SR, Jain S, Son YJ, et al. Virtual functional endoscopic sinus surgery simulation with 3D-printed models for mixed-reality nasal endoscopy [J]. Otolaryngol Head Neck Surg, 2018, 159(5): 933-937. DOI: 10.1177/0194599818797586.

[4] Kim DH, Kim HM, Park JS, et al. Virtual reality haptic simulator for endoscopic sinus and skull base surgeries [J]. J Craniofac Surg, 2020, 31(6): 1811-1814. DOI: 10.1097/SCS.0000000000006395.

[5] Lui JT, Compton ED, Ryu WHA, et al. Assessing the role of virtual reality training in Canadian Otolaryngology-Head & Neck Residency Programs: a national survey of program directors and residents [J]. J Otolaryngol Head Neck Surg, 2018, 47(1): 61. DOI: 10.1186/s40463-018-0309-4.

[6] Compton EC, Agrawal SK, Ladak HM, et al. Assessment of a virtual reality temporal bone surgical simulator: a national face and content validity study [J]. J Otolaryngol Head Neck Surg, 2020, 49(1): 17. DOI: 10.1186/s40463-020-00411-y.

[7] Javia L, Sardesai MG. Physical models and virtual reality simulators in otolaryngology [J]. Otolaryngol Clin North Am, 2017, 50(5): 875-891. DOI: 10.1016/j.otc.2017.05.001.

[8] 沙骥超，孟粹达，刘奕麟，等. 耳鼻咽喉头颈外科急症教学与虚拟现实技术深度融合的教学实践[J]. 国际老年医学杂志，2023，44(5)：636-638.

[9] 张帆，鹿楠，孙璟川，等. VR技术在外科手术基本操作教学中的效果分析[J]. 中国继续医学教育，2022，14(6)：120-123. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2022.06.032.

[10] He Z, Zhu L, Li M, et al. Rapid and high-quality 3D fusion of heterogeneous CT and MRI data for the human brain [J]. Sci China Inf Sci, 2019, 62(10): 1-3. DOI: 10.1007/s11432-018-9740-7.

[11] Wang Y, Han J, Pan J, et al. Rapid path extraction and three-dimensional roaming of the virtual endonasal endoscope [J]. Chin J Electronics, 2021, 30(3): 397-405. DOI: 10.1049/cje.2021.03.002.

[12] 邹绚，吴世靖，睢瑞芳. 虚拟现实技术辅助眼部解剖教学的效果分析[J]. 中华医学教育杂志，2021，41(6)：537-540. DOI: 10.3760/cma.j.cn115259-20210112-00061

[13] Pears M, Rochester M, Wadhwa K, et al. A pilot study evaluating a virtual reality-based nontechnical skills training application for urology trainees: usability, acceptability, and impact [J]. J Surg Educ, 2023: S1931-S7204(23)00310-0. DOI: 10.1016/j.jsurg.2023.08.012.

（收稿日期：2023-09-25）

（本文编辑：兰明娟）