

DOI:10.11798/j.issn.1007-1520.201905023

· 综述 ·

# 虚拟现实系统在鼻内镜颅底外科中的应用前景

齐静怀, 郭睿

(空军特色医学中心耳鼻咽喉头颈外科, 北京 100142)

**摘要:** 虚拟现实(virtual reality, VR)是目前国内外各大行业领域研究的热门,与人工智能(artificial intelligence, AI)共同引导科技前沿。目前该技术主要应用于娱乐,包括游戏、购物、家居、电影方面,在机械制造、航空航天等领域也取得广泛研究及应用。但因医学专业性较强,对于此技术的要求较其他专业更高,所以VR在医学领域的应用还有待发展。同时,随着科学技术的进步,鼻内镜颅底外科经过耳鼻咽喉科、神经外科、影像科、病理科、麻醉科等多学科的努力,鼻内镜手术已成为全球主流的颅内肿瘤切除术的首选术式。目前,国内外有很多学者已经开始将VR技术应用于神经外科,包括颅内、侧颅底、斜坡等区域。因此,对于正处于青少年时期的鼻内镜颅底外科来说,VR无疑是发展过程中的重要基石。

**关键词:**鼻内镜颅底外科;颅内肿瘤;侧颅底;虚拟现实技术  
**中图分类号:**R765.9

## The application and prospect of virtual reality system in endoscopic skull base surgery

QI Jing-huai, GUO Rui

(Department of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery, Airforce Medical Center, Beijing 100142, China)

**Abstract:** Virtual reality (VR) is the current hot topic of research in the field of domestic and foreign industries. It guides the frontier of science and technology together with artificial intelligence (AI). At present, this technology is mainly applied in entertainment, including games, shopping, home furnishing and movies. It has also been widely studied and applied in mechanical manufacturing, aerospace and other fields. At present, the technology is mainly applied in entertainment, including games, shopping, home furnishing and movies. It has also been widely studied and applied in mechanical manufacturing, aerospace and other fields. However, the application of VR in medicine still needs to be developed. Because medicine is a highly specialized field and the requirements for this technology are higher than those of other majors. At the same time, with the progress of science and technology, endoscopic skull base surgery has become the preferred surgical method for the worldwide mainstream intracranial tumor resection through the joint efforts of the department of otolaryngology, neurosurgery, imaging, pathology and anesthesiology, etc. At present, a lot of domestic and foreign scholars are applying VR technology to neurosurgery, including intracranial, lateral skull base, slope and other areas. Therefore, for endoscopic craniocerebral base surgery in adolescence, VR is undoubtedly an important cornerstone in the development process.

**Keywords:** Endoscopic skull base surgery; Intracranial tumors; Lateral skull base; Virtual reality technology

虚拟现实(virtual reality, VR)是通过计算机为使用者创造出一个身临其境的视觉场景,可以无时间、空间限制的观察、控制虚拟空间内的事物,让使用者得到一种身临其境的感觉<sup>[1]</sup>。VR最早是在20世纪

80年代由美国VPL公司提出<sup>[2]</sup>。Burdea等<sup>[3]</sup>在1994年提出了VR的3个基本特征:想象性(imagination)、交互性(interaction)和沉浸性(immersion),这3个基本特征也经常被简称为VR的3I特征。

VR系统根据其沉浸程度和系统组成可分为3种,即①桌面式:以计算机显示器或其他台式显示器的屏幕为虚拟环境的显示装置。其特点是虚拟系统视野小,沉浸感差,但成本与制作要求低,易普及

基金项目:全军十三五重大课题(AKJ15J001)。  
作者简介:齐静怀,男,住院医师。  
通信作者:郭睿, Email:gr522@sina.com

和实现;②大屏幕式:包括弧形宽屏幕,360°环形屏幕甚至全封闭的半球形屏幕。这种大视野的虚拟环境较较好地使观察者与现实环境隔离开来,使人和环境完全融合,虚拟效果接近完美。但是,该虚拟方式的实现技术非常复杂,开发和运行费用昂贵,通常只为特殊用途而专门开发研制;③头盔式:是上述2种系统的折中。它将观察景物的屏幕拉近到观察者眼前,这样便大大扩展了观察者的视角,而头盔又把观察者与周围现实环境隔离开来,反过来增加了身临其境的效果。另外,在头盔上安装立体声和一些控制装置,更加增强它的沉浸感。其中头盔式因其更强的沉浸模式,被广泛应用于各个行业中。

## 1 VR目前的国际发展现状

VR自其出世至今,以其独特的沉浸模式,得到各行各业的青睐。短短几年之内,已经发展至颇具规模及影响力的潜力资源。从各大咨询研究机构的预测数据来看,VR技术将在未来几年内迎来高速增长。已有市场分析公司估算,在过去的5年里,已经出现166家投资机构对VR技术进行超过7.65亿美元(不含收购)的投资。Godman预计至2025年全球范围内VR市场规模将扩大到800亿美元。Digi-Capital预测到2020年,VR硬件和软件市场规模将达到1500亿美元规模,预计未来5年复合增长率超过100%<sup>[4]</sup>。VR技术作为当代最具有影响力及潜力的科技前沿技术,吸引了很多国家与企业的眼球<sup>[5]</sup>。目前,VR技术应用最成熟的莫过于娱乐产业,在其他领域中,VR技术也崭露头角,军事方面,VR技术目前已应用于各种武器系统的操作人员,尤其是飞行驾驶的模拟,这样可以节约实际飞行训练的开支;在航空航天领域,美国NASA、欧洲空间局(ESA)等已成功将VR技术应用于航天员的导航训练<sup>[6]</sup>;在工程设计中,利用VR技术进行虚拟设计及虚拟装配,可以提高设计者的工作效率,进而提高整体效率;在营销方面,主要在网络营销中,利用虚拟环境可以提高购买者的亲身体验,将静态的展销品以动态形式呈现在消费者面前,增加购买前的体验。学者研究发现,通过VR技术,既可以完成复杂真实场景三维图形重建,也可以满足用户视觉真实感要求<sup>[7-8]</sup>。

## 2 VR在国内外医学中的应用

在医学领域中,VR仍处于发展初期,目前在康

复治疗中应用较广。Rizzo等<sup>[9]</sup>已经开始将VR用于一些认知障碍、精神疾患以及运动障碍的康复中,并取得了一定的疗效。Todorov等<sup>[10]</sup>研发了虚拟购物超市,16例智障患者经过虚拟购物,按照清单购买商品的能力显著提升。在治疗特定恐惧症上,Deppermann等<sup>[11]</sup>将VR技术应用于特定恐惧症的研究中,能够减轻其恐惧效果。在护理方面,也已经有学者应用VR技术对术后患者进行疼痛管理。Brown等<sup>[12]</sup>报道了利用VR技术分散注意力,缩短了伤口再上皮化时间,并减少创伤后应激综合征的发生率。也有研究报道在重复应用该技术进行干预时,患者对镇痛药物的需求量下降<sup>[13]</sup>。而在外科方面,因VR具有良好的沉浸感,多以虚拟手术来进行术前模拟。包括虚拟手术、实训教学演示、医院虚拟仿真系统、虚拟医学仿真等。利用三维可视化可以对病变及其周边重要功能结构的关系进行全方位和多角度展示,经过多次反复模拟,最终让手术计划达到最优<sup>[14]</sup>。Alaker等<sup>[15]</sup>对一些实质脏器及各种脉管进行了模拟,使体验者可以通过传感器直接进行手术操作。在临床中已经存在学者应用VR技术的案例。2000年,Kockro等<sup>[16]</sup>成功对21例颅内外肿瘤和脑血管病患者行术前计划。2004年,Goh<sup>[17]</sup>采用Dextrscope VR系统进行术前模拟,在新加坡成功进行了1例11个月的垂直头连双胎的婴儿脑分离手术。2006年,Rosahl等<sup>[18]</sup>在颅底肿瘤手术中使用VR技术,指导手术过程。可见,随着科技的进步,现VR技术已经在神经外科、整形外科、眼外科、心脏外科、腹腔手术等方面均有较多研究<sup>[19-20]</sup>。国内在此方面亦有较多报道<sup>[21-23]</sup>。Stadle等<sup>[24]</sup>对100例颅内肿瘤患者进行问卷调查,92%同意在术前进行模拟手术,认为在手术前进行模拟训练,了解手术的难易程度,评估手术风险及并发症,可增加术者及患者的信心和心理准备。此研究证明,VR的应用不仅仅对于医生,对于患者也是一剂有力的强心剂。

另外,在医学教育中,已经有部分学者应用VR进行教学。除上述模拟手术外,可通过VR在虚拟环境下建立虚拟人,提供可视化的人体解剖,方便于临床医生学习、操作。同时可以把整个过程录成视频,以供教学<sup>[25]</sup>。应用于临床可提高诊断的准确率、提高教学质量、手术方案的拟定及其效果的预测。Vartanian等<sup>[26]</sup>也利用VR技术构建了虚拟鼻模型,以便于让年轻医生更加迅速地成长。Paschold等<sup>[27]</sup>通过VR系统对年轻住院医师进行模拟手术训练后发现,手术操作得到明显提升。

### 3 VR在鼻颅底外科中的应用

从上世纪90年代初期,国内外的鼻科学家即开始研究经鼻垂体手术,至今30年,发展至包括先天性脑膜脑膨出、眶骨膜下脓肿、创伤性视神经病、颅咽管瘤、脑膜瘤、鼻咽纤维血管瘤、神经鞘瘤嗅神经母细胞瘤、脊索瘤、软骨肉瘤、鼻-鼻窦恶性肿瘤等诸多颅内病变均可以经鼻内镜完成。内镜下颅底肿瘤手术存在着较开放性手术术后并发症发生率低的优势<sup>[28]</sup>。

鼻内镜颅底外科已从最初鞍区手术发展至今可触及海绵窦、岩尖、乃至侧颅底区域。王镛斐<sup>[29]</sup>阐述内镜经鼻入路(endoscopic endonasal approach, EEA)现可以达到鞍区、蝶骨平台、筛板、斜坡及侧颅底区域。内镜下肿瘤的切除率较开放性手术不低,同时避免了开放性手术的并发症。而且,随诊患者对于美观的追求逐渐提高,经鼻内镜切除颅内肿瘤已然成为大势所趋。颅底肿瘤手术经鼻内镜入路已成为大多数耳鼻咽喉医生,甚至神经外科医生的首选。如刘志勇等<sup>[30]</sup>经鼻内镜切除脊索瘤18例,发现肿瘤全切率明显提高,且并发症无明显增加。

同时,随着现有技术的发展,必要的检查、辅助技术也在鼻内镜颅底外科中起着无法替代的作用。如高清鼻内镜系统可以帮助术中寻找脑脊液鼻瘘点,从而进一步选择修补方式及材料。外伤性脑脊液鼻瘘,术前需CT及MRI评估颅底骨质及脑脊液瘘口,常用的MRI水成像及MRI脑池造影可清楚的显示微小的颅底病变,结合CT,可以准确的找到瘘口位置<sup>[31]</sup>。由此可见,从最初的平片,到CT、MRI,到现阶段术中导航系统,科技的进步必然将带动着医学的发展。而VR技术,作为未来科技领航者,必将会出现在医学前沿。

因颅底区手术的特殊性,大多年轻医生、乃至高年资医生手术前都必须经过尸头解剖训练,才可以独立进行手术。然而尸头资源紧缺、昂贵,导致全国只有少许医院可进行尸头解剖训练。VR系统的问世,可以将尸头解剖训练普及并推广,让更多的医生可以在临床手术前进行模拟训练,从而提高手术成功率,减少并发症的发生。较单纯尸头而言,模拟出来的解剖结构会比尸头更加“新鲜”。VR系统通过其安全性、经济性、即时交互性等多方面优点,将逐渐代替活体动物实验。这样也有效的规避了伦理等风险,让更多医生可以在手术前熟练掌握一些重要

解剖区域,加速医学进步<sup>[32-34]</sup>。

VR系统用于颅底、颅内区域手术,国内外诸多学者早已开始研究并应用,进行术前模拟、术中导航、术后康复。薛湛等<sup>[35]</sup>已经应用VR系统对经上颌窦至侧颅底入路进行了解剖测量。陈素华等<sup>[36]</sup>已将VR技术应用于颅颈交界区病变,进行术前模拟、手术入路选择和设计。相信对于前颅底、鞍区、斜坡处的解剖分析已有学者正在进行研究。通过VR,可以直接近距离观察肿瘤的性质、形态、周围的毗邻,测量肿瘤与重要组织结构的距离和角度,同时可通过模拟多种手术入路,得到最佳方案,从而可以在手术中更加自信,提高手术质量,减少并发症的发生及肿瘤复发<sup>[37]</sup>。Andersen等<sup>[38]</sup>将利用VR技术进行颞骨解剖和传统的颞骨解剖学生进行3个月的前瞻性随访对比,发现VR技术优于传统颞骨解剖。寸恩浩等<sup>[39]</sup>也利用虚拟现实技术,基于多模态功能神经导航,让病变定位更加准确。由此可见,在侧颅底、颅颈交界区已通过VR系统进行模拟及训练。相信鼻内镜颅底外科涉及的前颅底、中央区颅底及斜坡、岩尖等区域手术,必然会通过VR系统而更加成熟。

VR技术具有沉浸性,其仿真程度可以让术者在术前充分进行分析、测量,通过虚拟空间在术前做好多种预案,从而为手术成功保驾护航。而且,从时代的发展来看内镜颅底外科,最早的CT探查脑脊液漏漏口,到MRI水成像清晰显影,到三维重建以便于观察,后至术中导航系统的出现,对于相关技术的要求越来越高。因此有理由相信,VR提供的可视化虚拟操作,必然会在未来的颅底外科中占有一席之地。

### 4 VR的优缺点及展望

VR技术在目前国内外的临床工作中,对比其他影像学,具有如下优势:①可通过虚拟人体实现解剖教学,更加直观的观察人体的组成及各个器官的毗邻。将复杂、紧密的解剖结构,通过虚拟技术,以一种更加直观、立体的影像呈现出来;②通过虚拟仿真手术对复发手术进行术前模拟,制定多种手术方案,提高手术成功率;③可以对肿瘤和重要组织的距离进行测量,降低手术并发症的发生。

而在教学中,尤其对于颅底外科、神经外科而言,尸头解剖是必经之路,而且标本必须新鲜,陈旧的标本会导致脑萎缩,从而影响数据的准确性。VR

技术的发展,完全可以代替尸头在颅底解剖中的作用,而且较昂贵的尸头而言,成本低了不少。因此,VR对于临床教学及科研具有重要意义。

与此同时,VR技术对于国内医学环境,仍存在一些问题有待解决:①VR对于相关技术要求较高,前期必然需要专业技术人员指导;②关于成本问题,作为科技前沿的“宠儿”,其价格必然也会是医院在招标设备时考虑的重要因素;③对于VR的普及,像现阶段术中影像导航系统,市级以下的医院很难得到普及。所以,VR的医学之路尚存在需要突破的困难。

综上所述,VR技术对于临床医、教、研都有利,对于内镜颅底外科而言,更是如虎添翼。我们可以展望,随着科技的进步,随着中国的不断强大,在不久的将来,VR技术会出现在医学院的常规课程中;解剖教室中不再躺着陈旧的尸体;在医院中出现VR检查室甚至多出一个新兴影像亚学科;可以以术中导航的形式出现在手术室;最终与人工智能相结合,出现机器人手术。这些,终将会在VR技术普及的那一天实现。

#### 参考文献:

[1] Bloodgood RA. Active learning: a small group histology laboratory exercise in a whole class setting utilizing virtual slides and peer education [J]. *Anat Sci Educ*, 2012, 5(6): 367-373.

[2] 程凯, 陈敏. 虚拟现实技术在健康医疗领域的应用 [J]. *中国医院管理*, 2017, 37(8): 45-47.

Cheng K, Chen M. The application of virtual reality technology in the field of health care [J]. *National hospital management*, 2017, 37(8): 45-47.

[3] Burdea G, Coiffet P. *Virtual reality technology second edition* [M]. New York: John Wiley & Sons, 2003: 3-4.

[4] 刘华益, 汪莉, 单磊, 等. 虚拟现实产业发展白皮书 [R]. 北京: 中国电子技术标准化研究院, 2016: 4-21.

Liu HY, Wang L, Shan L, et al. Virtual reality industry development white paper [R]. Beijing: Institute of electronic technology standardization, 2016: 4-21.

[5] 曹磊. 国外虚拟现实的现状与趋势 [J]. *竞争情报*, 2017, 13(2): 51-58.

Cao L. Status and Trends of Virtual Reality in Foreign Countries [J]. *Competitive intelligence*, 2017, 13(2): 51-58.

[6] Harm DL, Reschke MF, Wood SJ. Spatial orientation and motion perception in microgravity [M] // Hoffman RR, Hancock PA, Scerbo MW, et al. *The Cambridge handbook of applied perception research (Vol 2)*. Cambridge: Cambridge University Press, 2015: 912-929.

[7] 李长春, 杨云, 王崴, 等. 3D打印公有云平台运营机制及盈利

模式研究 [J]. *现代制造工程*, 2016, (8): 60-66.

Li CC, Yang Y, Wang W, et al. Research on operation mechanism and profit model of cloud platform for 3D printing industrialization [J]. *Modern manufacturing engineering*, 2016, (8): 60-66.

[8] 李斌勇, 韩敏, 孙林夫, 等. 云服务平台多层网络协同控制模型 [J]. *计算机集成制造系统*, 2015, 21(5): 1382-1388.

Li BR, Han M, Sun MF, et al. Multi-layer network collaborative control system of cloud service module [J]. *Computer Integrated Manufacturing System*, 2015, 21(5): 1382-1388.

[9] Rizzo AA, Schultheis M, Kerns KA, et al. Analysis of assets for virtual reality applications in neuropsychology [J]. *Neuropsychol Rehabil*, 2004, 14(1-2): 207-239.

[10] Todorov E, Shadmur R, Bizzi E. Augmented feedback presented in a virtual environment accelerates learning of a difficult motor task [J]. *J Mot Behav* 1997, 29(2): 147-158.

[11] Deppermann S, Notzon S, Kroczeck A, et al. Functional co-activation within the prefrontal cortex supports the maintenance of behavioural performance in fear-relevant situations before an iTBS modulated virtual reality challenge in participants with spider phobia [J]. *Behav Brain Res*, 2016, 307: 208-217.

[12] Brown NJ, Kimble RM, Rodger S, et al. Play and heal: randomized controlled trial of Ditto TM intervention efficacy on improving reepithelialization in pediatric burns [J]. *Burns*, 2014, 40(2): 204-213.

[13] Faber AW, Patterson DR, Bremer M. Repeated use of immersive virtual reality therapy to control pain during wound dressing changes in pediatric and adult burn patients [J]. *J Burn Care Res*, 2013, 34(5): 563-568.

[14] 陈兆哲, 虞露立, 吴远水, 等. 研究猪脑灌注模型在显微神经外科培训中的使用 [J]. *江西医药*, 2017, 52(8): 757-759.

Chen ZZ, Yu LL, Wu YS, et al. Application of brain perfusion model in microscopic Department of neurosurgery in training [J]. *Jiangxi Medical Journal*, 2017, 52(8): 757-759.

[15] Alaker M, Wynn GR, Arulampalam T. Virtual reality training in laparoscopic surgery: A systematic review & meta analysis [J]. *Int J Surg*, 2016, 29: 85-94.

[16] Kockro RA, Serra L, Tseng-Tsai Y, et al. Planning and simulation of neumsurgery in a virtual reality environment [J]. *Neumsurgery*, 2000, 46(1): 118-135.

[17] Goh KYC. Separation surgery far total vertical craniopagus twins [J]. *Child's Nervous System*, 2004, 20(8-9): 567-575.

[18] Rosahl SK, Gharabaghi A, Hubbe U, et al. Virtual reality augmentation in skull base surgery [J]. *Skull Base*, 2006, 16(2): 59-66.

[19] Claus EB, Horlacher A, Hsu L, et al. Survival rates in patients with low-grade glioma after intraoperative magnetic resonance image guidance [J]. *Cancer*, 2005, 103(6): 1227-1233.

[20] Ratiu P, Hillen B, Glaser J, et al. Visible Human 2.0-the next generation [J]. *Stud Health Technol Inform*, 2003, 94(9-10): 275.

[21] 卜博, 许百男, 周定标, 等. Dextroscope手术计划系统在颅脑手术中的应用及评估 [J]. *中华神经外科杂志*, 2007, 23(10): 750-753.

- Bo B, Xu BN, Zhou DB, et al. Application and evaluation of Dextroscope surgical planning system in craniocerebral surgery [J]. Chinese Journal of Neurosurgery, 2007, 23 (10) : 750 - 753.
- [22] 杨德林, 徐扁武, 车晓明, 等. Dextroscope 虚拟现实技术在颅底肿瘤手术中的应用 [J]. 中华神经外科杂志, 2008, 24 (12) : 900 - 902.
- Yang DL, Xu BW, Che XM, et al. Application of Dextroscope virtual reality technology in dealing with skull base tumors [J]. Chinese Journal of Neurosurgery, 2008, 24 (12) : 900 - 902.
- [23] 伊志强, 鲍吊德, 莫大鹏, 等. 前侧颅底沟通肿瘤手术治疗 [J]. 中国微侵袭神经外科杂志, 2007, 13 (4) : 158 - 161.
- Yi ZQ, Bao DD, Mo DP, et al. Microsurgery for the anterior skull base tumor [J]. Chinese Journal of Minimally Invasive Neurosurgery, 2007, 13 (4) : 158 - 161.
- [24] Stadle AT, Kockro RA, Reisch R, et al. Virtual reality system for planning minimally invasive neurosurgery. Technical note [J]. J Neurosurg, 2008, 108 (2) : 382 - 394.
- [25] 单锦露, 张绍祥, 谭立文. 虚拟现实技术在人体解剖学教学中的应用 [J]. 局解手术学杂志, 2008, 17 (1) : 45.
- Shan JL, Zhang SX, Tan LW. Application of the virtual reality technology in anatomy teaching [J]. Journal of Regional Anatomy and Operative Surgery, 2008, 17 (1) : 45.
- [26] Vartanian AJ, Holcomb J, Ai Z, et al. The virtual nose: a 3-dimensional virtual reality model of the human nose [J]. Arch Facial Plast Surg, 2004, 6 (5) : 328 - 333.
- [27] Paschold M, Huber T, Maedg S, et al. Laparoscopic assistance by operating room nurses: results of a virtual-reality study [J]. Nurse Educ Today, 2017, 51 : 68 - 72.
- [28] Graffeo CS, Dietrich AR, Grobeleny B, et al. A panoramic review of the skull base: systematic review of open and endoscopic endonasal approaches to four tumors [J]. Pituitary, 2014, 17 (4) : 349 - 356.
- [29] 王镛斐. 内镜鼻颅底外科在神经外科发展中的现状和展望 [J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2018, 24 (4) : 297 - 302.
- Wang YF. The present situation and expectation of endoscopic endonasal skull base surgery in the development of neurosurgery [J]. Chin J Otorhinolaryng Skull Base Surg, 2018, 24 (4) : 297 - 302.
- [30] 刘志勇, 周良学, 刘浩, 等. 经鼻显微镜和神经内镜手术治疗颅底脊索瘤的比较研究 [J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2018, 24 (4) : 309 - 314.
- Liu ZY, Zhou LX, Liu H, et al. Comparative study on transnasal surgical treatment of skull base chordoma with microscope vs neuroendoscope [J]. Chin J Otorhinolaryng Skull Base Surg, 2018, 24 (4) : 309 - 314.
- [31] 鲜军舫, 王振常, 梁熙虹, 等. MR 脑池造影术在诊断脑脊液鼻漏中的价值 [J]. 中华放射学杂志, 2005, 39 (8) : 831 - 835.
- Xian JF, Wang ZC, Liang XH, et al. The significance of MR cisternography in the evaluation of cerebrospinal rhinorrhea [J]. Chinese Journal of Radiology, 2005, 39 (8) : 831 - 835.
- [32] Escobar-Castillejos D, Noguez J, Neri L, et al. A review of simulators with haptic devices for medical training [J]. J Med Syst, 2016, 40 (4) : 104.
- [33] Perry S, Bridges SM, Burrow MF. A review of the use of simulation in dental education [J]. Simul Healthc, 2015, 10 (1) : 31 - 37.
- [34] 石巧, 侯建霞. 虚拟现实技术在口腔诊疗操作培训中的应用 [J]. 国际口腔医学杂志, 2015, 42 (1) : 69 - 74.
- Shi Q, Hou JX. Application of virtual reality technology in oral clinic operation training [J]. International Journal of Stomatology, 2015, 42 (1) : 69 - 74.
- [35] 薛湛, 莫大鹏, 伊志强, 等. Dextroscope 虚拟现实系统对经上颌窦至侧颅底入路的定量解剖学研究 [J]. 中华神经外科杂志, 2012, 28 (8) : 792 - 795.
- Xue Z, Mo DP, Yi ZQ, et al. Dextroscope virtual reality system for quantitative anatomical study of the maxillary sinus to lateral skull base [J]. Chinese journal of neurosurgery, 2012, 28 (8) : 792 - 795.
- [36] 陈素华, 杨军, 马顺昌, 等. 虚拟现实技术在颅颈交界区病变手术中的应用 [J]. 中华神经外科杂志, 2018, 34 (6) : 591 - 595.
- Chen SH, Yang J, Ma SC, et al. Application of virtual reality technology in surgery of lesions in craniocervical junction [J]. Chinese Journal of Neurosurgery, 2018, 34 (6) : 591 - 595.
- [37] 张晓璐, 周良福, 毛颖, 等. 虚拟现实环境下颅底肿瘤术前计划的制定 [J]. 中国神经精神疾病杂志, 2008, 34 (3) : 135 - 138.
- Zhang XG, Zhou LF, Mao Y, et al. Preoperative planning of skull base tumors in virtual reality environment [J]. Chinese Journal of Nervous and Mental Diseases, 2008, 34 (3) : 135 - 138.
- [38] Andersen SA, Konge L, Cayé-Thomasen P, et al. Retention of mastoidectomy skills after virtual reality simulation training [J]. JAMA Otolaryngol Head Neck Surg, 2016, 142 (7) : 635 - 640.
- [39] 寸恩浩, 杨军, 陈素华, 等. Dextroscope 虚拟现实系统在显微神经外科教学中的应用 [J]. 继续医学教育, 2015, 29 (6) : 14 - 15.
- Cun EH, Yang J, Chen SH, et al. Application of dextroscope virtual reality system in the teaching of microneurosurgery [J]. Continuing Medicine Education, 2015, 29 (6) : 14 - 15.

(收稿日期: 2018-12-10)

本文引用格式: 齐静怀, 郭睿. 虚拟现实系统在鼻内镜颅底外科中的应用前景 [J]. 中国耳鼻咽喉颅底外科杂志, 2019, 25 (5) : 556 - 560. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.201905023

Cite this article as: Qi Jing-huai, GUO Rui. The application and prospect of virtual reality system in endoscopic skull base surgery [J]. Chin J Otorhinolaryngol Skull Base Surg, 2019, 25 (5) : 556 - 560. DOI: 10.11798/j.issn.1007-1520.201905023