

· 住院医师规范化培训 ·

神经外科混合现实远程教学模式的构建与应用

惠瑞¹ 赵虎林¹ 程岗¹ 刘伟² 王智² 张剑宁¹¹解放军总医院第一医学中心神经外科医学部,北京 100853;²北京维卓致远医疗科技发展有限公司,北京 100070

通信作者:张剑宁,Email:Jnzhang2018@163.com

【摘要】 目的 探讨神经外科混合现实远程教学模式(neurosurgical mixed-reality distance teaching model, NMDT)在神经外科住院医师规范化培训中的应用效果。方法 结合混合现实技术与网络远程交互技术构建 NMDT 系统,并针对相应教学目标设计实施方法。教学活动完成后,对参训的 20 名规培学员进行教学满意度问卷调查,分别对相同授课内容但不同授课模式(即 NMDT 模式和传统授课模式)进行满意度评分,采用 SPSS 22.0 进行 *t* 检验。结果 在教学效果满意度评分中,NMDT 模式与传统授课模式比较,“教学目标完成度”评分[(9.20 ± 0.68) vs. (8.25 ± 0.70), *P* < 0.001]及“学习收获满意度”评分[(8.95 ± 0.67) vs. (8.05 ± 0.92), *P* = 0.001]等关键指标差异存在统计学意义,其他单项评分及总分比较 NMDT 模式均优于传统授课模式。结论 NMDT 教学模式达到了提升教学质量、提高培训效率、丰富教学内容等目的,值得进一步推广。

【关键词】 神经外科学; 混合现实; 远程交互; 住院医师规范化培训**【中图分类号】** R-651

基金项目:北京市科技计划课题(Z211100002921055)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20221222-01618

参考文献

- [1] 何莲,田信奎,唐雯,等. 肾病例库建设实践与初步应用反馈[J]. 中华医学教育探索杂志, 2018, 17(2): 210-213. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.02.025.
- [2] 李志旺,李恩,刘宇平,等. 典型病例库的建立在外科教学中的应用价值[J]. 中国高等医学教育, 2022(2): 75-76. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2022.02.038.
- [3] 姜军,侯云飞. 病例教学在骨科住院医师膝关节 MRI 教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 21(3): 321-324. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200322-00793.
- [4] 张笋.《儿童口腔医学》病例库的建立及应用[C]//第八届全国口腔医学教育学术研讨会论文集. 合肥, 2012: 385-387.
- [5] 李俊勋,陈培松,欧阳涓,等. 病例教学结合传统授课在《检验与临床》课程中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 21(6): 654-658. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200606-00872.
- [6] 谢以岳. 口腔正畸临床教学病例库的建立和应用[J]. 口腔正畸学, 2001 (Z1): 28. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-5760.2001.z1.086.
- [7] 金甦哈,管晓燕,肖琳琳,等. 翻转课堂联合 CBL 教学在口腔正畸学 X 线头影测量分析实验教学中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志, 2022, 21(2): 4. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200617-00755.
- [8] 曾添洋,陈焕文. CBL 教学在胸心外科临床教学中的应用效果评价[J]. 中华医学教育探索杂志, 2021, 20(1): 63-65. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20191119-00369.
- [9] Samuelson DB, Divaris K, De Kok IJ. Benefits of case-based versus traditional lecture-based instruction in a preclinical removable prosthodontics course [J]. J Dent Educ, 2017, 81(4): 387-394. DOI: 10.21815/JDE.016.005.
- [10] Shigli K, Aswini YB, Fulari D, et al. Case-based learning: a study to ascertain the effectiveness in enhancing the knowledge among interns of an Indian dental institute [J]. J Indian Prosthodont Soc, 2017, 17(1): 29-34. DOI: 10.4103/0972-4052.194945.
- [11] Koole S, Vervaeke S, Cosyn J, et al. Exploring the relation between online case-based discussions and learning outcomes in dental education [J]. J Dent Educ, 2014, 78(11): 1552-1557.
- [12] Ilgüy M, Ilgüy D, Fişekçioğlu E, et al. Comparison of case-based and lecture-based learning in dental education using the SOLO taxonomy [J]. J Dent Educ, 2014, 78(11): 1521-1527.

(收稿日期:2023-02-01)

(本文编辑:兰明娟)

Construction and application of a mixed-reality distance teaching model in neurosurgery

Hui Rui¹, Zhao Hulin¹, Cheng Gang¹, Liu Wei², Wang Zhi², Zhang Jianning¹

¹Department of Neurosurgery, The First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China; ²Beijing Weizhuo Zhiyuan Medical Science and Technology Development Co., Ltd., Beijing 100070, China

Corresponding author: Zhang Jianning, Email: Jnzhang2018@163.com

[Abstract] Objective To explore the application effects of a neurosurgical mixed-reality distance teaching (NMDT) model in standardized residency training in neurosurgery. **Methods** We built an NMDT system using mixed-reality technology and remote interaction technology, and designed the implementation procedure according to the teaching objectives. After the teaching activities were completed, a teaching satisfaction questionnaire survey was conducted among 20 neurosurgery resident trainees, in which they provided satisfaction scores for the same teaching content with different teaching models (i.e., the NMDT model and traditional teaching model). SPSS 22.0 software was used to perform the *t* test for data analysis. **Results** There were significant differences between the NMDT model and the traditional teaching model in key indicators including the score for "completion of teaching objectives" (9.20 ± 0.68 vs. 8.25 ± 0.70 , $P < 0.001$) and the score for "satisfaction with learning gains" score (8.95 ± 0.67 vs. 8.05 ± 0.92 , $P = 0.001$). The NMDT model also outperformed the traditional teaching model in the other individual scores and the total score. **Conclusions** The NMDT model can improve teaching quality, increase training efficiency, and enrich teaching content, which is worthy of promotion.

[Key words] Neurosurgery; Mixed reality; Remote interaction; Standardized residency training

Fund program: Project of Beijing Science and Technology Program (Z211100002921055)

DOI: 10.3760/ema.j.cn116021-20221222-01618

神经外科是对多模态影像数据依赖程度极高的医学专科之一,从诊断和术前规划到手术执行及术后评估,均离不开影像数据的支持。不仅如此,多模态影像资料在神经外科的教学与培训中也发挥着巨大作用。近年来,随着数字化技术和网络技术水平的持续提升,3D打印、多媒体、网络远程交互等新兴技术体系不断融入医学教育领域,为神经外科的教学与培训开创了许多新模式^[1]。由于神经外科主要针对的是中枢神经系统相关疾病,其教学内容专业性强,涉及的解剖结构十分复杂、功能多样,对带教教师的教学能力、学员的空间理解力及教学设备等有着极高的要求^[2-3]。虽然目前有多媒体课件、3D打印模型及解剖用标本等多种教学工具,但存在交互性不足、用途单一和材料来源紧缺等问题,不适合大范围推广,限制了年轻神经外科医师的快速成长^[4-5]。作为一项新兴的三维可视化技术,混合现实技术将数字世界与真实世界进行融合,把数字化虚拟模型和真实场景叠加呈现在用户眼前,并可以通过手势动作加以实时交互,广泛应用于教育培训、医疗卫生、文化宣传、演示娱乐等方面^[6-7]。在住院医师规范化培训的框架下,中国人民解放军总医院神经外科医学部作为住院医师和专科医师

的培训基地,结合自身临床工作特点、发挥新兴技术优势,创建了一系列针对性很强的临床教学新模式,达到了提升教学质量、缩短学习曲线、提高培训效率的目的^[8-9]。本文就混合现实结合网络远程交互技术构建的神经外科混合现实远程教学模式(neurosurgical mixed-reality distance teaching model, NMDT)及其应用情况做一总结。

1 NMDT的系统构建与实施方法

1.1 教学设计

利用混合现实技术的优势,参训学员可以清晰而立体地观察多模态影像虚拟模型,还能与真实的教具或人体结合起来同步应用,在深刻理解颅内解剖结构的同时,也避免了对教具或人体造成的不必要损害。将混合现实的技术优势与网络远程教学结合起来,不仅为现场参训学员提供了一种多功能、沉浸式的全新教学方法,也为提升不在场学员的参与度创造了有利条件^[10],推进了医学教育模式的创新和发展。

NMDT凸显了两大技术的优势,在教学设计上集中体现为强调了对三维解剖结构的观察与理解,加强了现场及远程参训学员的参与和互动。在进

行教学设计的过程中重点遵照以下原则:①在教学病例资料选择上看重病例的真实性和完整性,优先选取具有完备多模态影像数据的临床病例(包括 CT、CTA、结构 MR、功能 MR 等影像数据)。②根据教学目的制作多模态影像三维模型,对需重点讲解的解剖结构做分割及渲染等处理。③设计混合现实教学交互环节,突出复杂解剖结构的可视性和临床操作的实用性。④借助混合现实三方视角(即通过电脑屏幕显示混合现实设备中的模型和场景)或同步互动大屏幕实现远程交互教学,以提高远程受训学员的参与度。⑤针对不同受训群体设计个性化的教学方案,例如针对专培学员和低年资神经外科医师设计的教学查房,以突出手术方案的规划为主;针对实习生和规培学员设计的临床授课,以突出对复杂解剖结构的理解为主。根据以上原则,设计了多套具有针对性的教学方案,并可根据病例资料的不同情况和具体的教学要求进行拆分或组合。

1.2 系统构建

NMDT 系统由云构架影像处理组件、显示终端设备,以及远程交互教学组件构成,整体具备随时调取、智能重建、多显示终端同步应用与远程实时交互的功能。具体设备及功能为:①云构架影像处

理组件:采用具有图形处理能力的高性能服务器主机,可通过存储介质输入影像数据或以 HTTP 的方式单向连接医院图像存档及通信系统(picture archiving and communication system, PACS),根据教学需求调用/接收推送临床病例影像资料。②显示终端设备:在施教场所(医生办公室、学习室等)搭建局域网环境,通过有线/无线的方式,将屏幕显示器、平板电脑、混合现实设备(Hololens 眼镜)、三维影像智能交互会议大屏等连接服务器主机,为临床教员、学员提供医学多用途显示终端。③远程交互教学组件:以具有音视频交互、用户管理、音视频流传输和多方信息处理的入驻式服务器为核心,以具有触屏功能的交互式大屏幕显示设备为应用端,搭建具有音视频实时交互、病历资料传输、智能三维重建和多方网络会议功能的远程教学平台。系统构成如图 1 所示。

1.3 实施方法

具体实施方法如下:①带教教员根据教学目标筛选临床病例,调取患者 CT/MRI 等标准 DICOM (digital imaging and communications in Medicine)影像数据,并在自动构建三维模型的基础上,标注、测量诊疗关键信息,以完成授课前影像资料准备工作。②启动远程教学平台并导入课前准备的三维影像

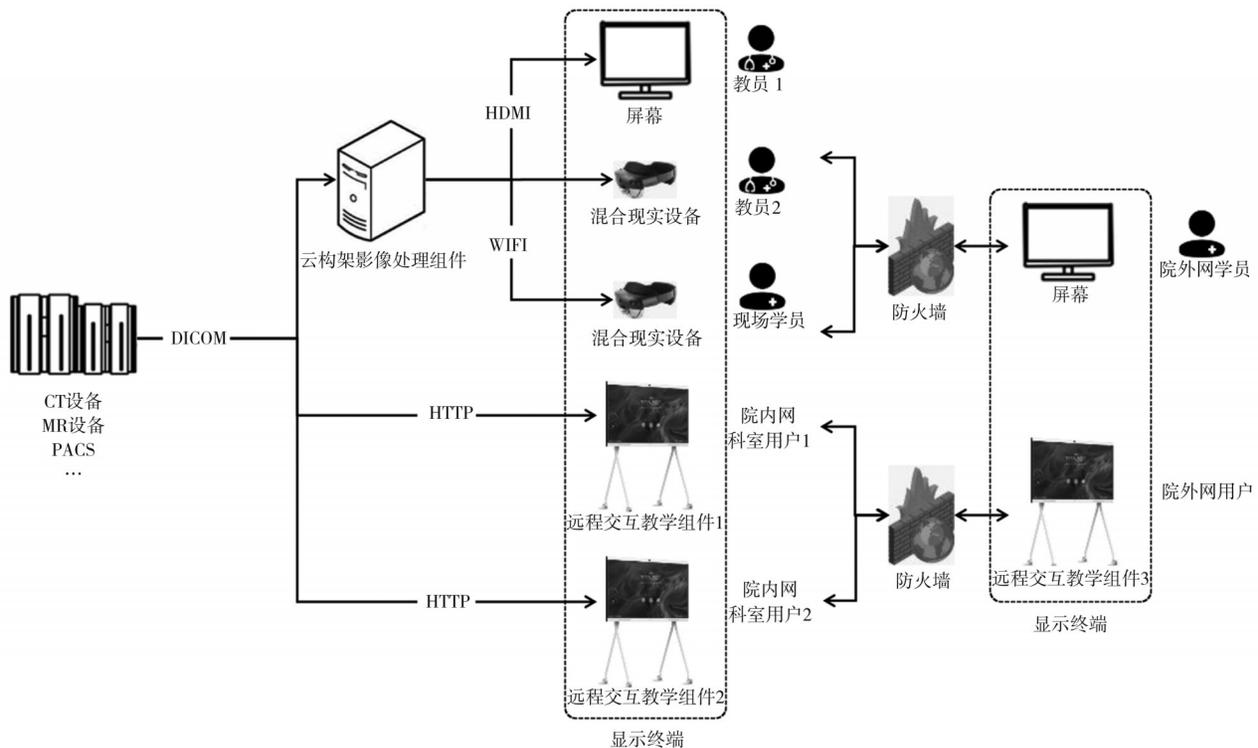


图 1 NMDT 系统拓扑图

资料,建立由带教教员、现场学员、院内网学员与院外网学员参与的网络教室环境,通过网络分发将患者影像资料推送至各应用终端。③由现场学员对患者病史、体格检查、辅助检查进行简要汇报,教员进行补充和点评,围绕临床表现和三维影像资料展开疾病诊断和鉴别诊断等专项讨论。④现场学员操作电脑调取患者病例影像,在带教教员引导下对患者头部三维影像进行分析,重点在于解剖结构、功能分区、病灶位置关系、手术方式、手术入路,确定后续治疗方案。⑤带教教员与现场学员佩戴头戴式混合现实设备,对三维虚拟模型进行旋转、缩放或自定义显示/隐藏等操作,仔细观察病灶与脑部功能区的三维位置关系,并分析病灶可能导致的症状与体征。不在场学员可通过第三视角模式从其他显示终端(屏幕或平板电脑)同步观看三维虚拟模型。⑥将多个远程交互教学组件(三维影像智能交互会议大屏)连接于网络,在主组件上调整三维模型方位或模拟切割颅骨,讲授手术切口部位与入路选择的临床思维,其他院内/院外网用户可在不同地点同步观察模拟操作情况,并随时对相关问题开展讨论。⑦采用独立操作的形式,抽点现场或非现场学员进行模拟手术操作并回答相关问题,由带教教员进行点评和总结。

2 NMDT 效果评价

2.1 评价方法

在应用 NMDT 完成教学活动结束后,对参加培训的 20 名学员(包括规培、专培及硕士研究生学员)进行教学满意度问卷调查,共进行了 4 次。问卷调查表为自行设计,采用 10 分制进行评分,从“非常不满意”到“非常满意”计 1~10 分。学员分别对相同授课内容但不同授课模式(即 NMDT 模式和传统授课模式)的满意度评分,其中“传统授课模式”主要以教员讲解教学幻灯的形式进行,授课内容包括颅底肿瘤、脑功能区肿瘤、颅内动脉瘤等。采用 SPSS 22.0 进行统计学分析,计量资料以(均数 ± 标准差)表示,采用独立样本 *t* 检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2.2 评价结果

经过 4 次问卷调查,学员们分别对两种授课模式的教学满意度进行了评分,数据汇总并进行统计学分析后可见,NMDT 模式下学员的教学参与度、课堂活跃度、师生互动情况、解剖结构掌握度、手术要点掌握度、教学目标完成度、学习收获满意度等 7 个

方面的评分和总分均高于传统授课模式,差异均具有统计学意义(表 1)。

表 1 NMDT 模式和传统授课模式教学满意度的评分比较情况[$n=20,(\bar{x} \pm s)$,分]

项目	NMDT 模式	传统授课模式	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
教学参与度	8.70 ± 0.95	7.20 ± 1.32	3.63	0.002
课堂活跃度	8.45 ± 0.97	7.50 ± 0.92	2.97	0.008
师生互动情况	8.75 ± 0.94	7.70 ± 0.84	3.68	0.002
解剖结构掌握度	8.05 ± 0.80	6.50 ± 1.47	3.87	<0.001
手术要点掌握度	8.80 ± 0.68	7.90 ± 0.70	3.76	0.001
教学目标完成度	9.20 ± 0.68	8.25 ± 0.70	3.87	<0.001
学习收获满意度	8.95 ± 0.67	8.05 ± 0.92	3.76	0.001
总分	8.70 ± 0.81	7.58 ± 0.98	10.33	<0.001

3 讨论

3.1 NMDT 有助于提升学员对复杂解剖结构和手术操作的理解

利用混合现实技术的优势,三维影像虚拟模型可以立体显示,学员可根据自己的需求任意旋转、平移或拆分显示,并从不同角度进行观察,使学生更容易建立起立体空间概念,更易于掌握不同结构的形态及彼此位置关系。通过将三维虚拟模型与术者实际手术操作结合,学员可以高度模拟患者术中体位和手术操作过程,提升了学员的参与感,弥补了难以实地观摩手术的不足^[11]。在教学效果满意度评分中,NMDT 模式受训学员的“解剖结构掌握度”“手术要点掌握度”与传统授课模式评分比较差异均有统计学意义。结果说明,NMDT 在帮助学员提升三维解剖结构的理解度和提高手术动态操作步骤的掌握度方面起到了正向作用。作为神经外科教学的重点和难点问题,医学生对“解剖结构”和“手术要点”的掌握情况一直是结业考核的重中之重,传统教学受到课件和教具的限制,往往很难达到较好的教学效果。NMDT 克服了传统教学的弊端,提高了医学生对重点、难点问题的掌握程度,是一套行之有效的教学模式。

3.2 NMDT 有助于提高教员与学员的沟通效率

从教学满意度评价结果可见,NMDT 的教学参与度、课堂活跃度及师生互动情况等项目评分,与传统授课模式相比差异均有统计学意义,其原因为 NMDT 教学形式新颖、教具交互性强,很容易提升参训学员的兴趣度和参与度。另外,三维虚拟模型可从各个角度观察,比单纯依靠语言讲解更能提高教

员与学员的沟通效率。NMDT 系统还可以将多个显示终端设置为共同视角同步显示^[12]。通过相关操作,各显示终端可实现同步观察,并使学员与教员共享视野,便于结合三维模型讲解手术操作要点并帮助学员识别解剖标志,从而极大地提高了讲解和沟通效率。

3.3 NMDT 打破了教学空间和参训人数的限制

混合现实技术在远程医疗方面的应用,不仅可以提高工作效率,更可以减少相关医务人员在特殊情况下的职业暴露^[13]。同样的,NMDT 系统将各显示终端通过网络连接在一起,不仅可以同步显示同一组影像数据,各终端还可以实现无障碍交互,打破了传统示教在空间和人数上的限制。

3.4 NMDT 拓宽了临床教学病例的选择范围

通过以上分析可见,NMDT 实际上降低了临床教学的难度,使以往复杂且不适合作为教学病例的临床资料得以发挥作用,扩展了学员的临床视野^[14]。在 NMDT 教学实践中,曾选取一例“复杂颅鼻眶沟通肿瘤”作为教学病例,与传统授课模式对比,NMDT 能够更加清楚地展现复杂解剖结构的三维空间关系,学员也可通过多种交互手段从不同角度进行观察,达到了教学目的。而在以往传统授课教学模式下,此类复杂病例通常不作为规培/专培教学病例使用。

4 结语

为提高神经外科住院医师规范化培训的效果、满足临床教学中的实际需求,本研究将混合现实与网络远程交互技术相结合,构建了 NMDT 教学模式并进行了教学实践,学员普遍反映能够非常直观地观察并理解复杂的颅脑解剖结构,以往难以掌握的手术入路等知识点也能通过该教学快速熟悉并加以应用,提高了教学效率和学习效果。虽然 NMDT 在神经外科临床教学中应用效果明显,但仍有待改进之处,例如:需要建立和完善标准化教学评价体系;需要结合仿生教具以提升学员的触觉感知;需要联合其他专项操作模拟假人以提高学员的操作能力等^[15],必须通过改进教学设计、制作专项培训课件、研发多功能模拟假人来实现,这些也将成为 NMDT 后续应用的发展重点。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 惠瑞:方案设计并实施、采集数据、撰写论文;赵虎林、程岗:指导教学、提供临床资料;刘伟、王智:技术支持、采集数据;张剑宁:组织实施、修改论文

参考文献

- [1] Cho J, Rahimpour S, Cutler A, et al. Enhancing reality: a systematic review of augmented reality in neuronavigation and education [J]. *World Neurosurg*, 2020(139): 186-195. DOI: 10.1016/j.wneu.2020.04.043.
- [2] 胡世颢,李兵,罗鹏,等.对比不同教学方法在神经外科教学中的应用效果[J].*中华神经外科疾病研究杂志*, 2018, 17(5): 455-457.
- [3] 王宝,施维,张倩,等.神经影像解剖联合三维模拟重建教学法在本科实习生神经外科教学中的应用[J].*国际神经病学神经外科学杂志*, 2022, 49(5): 23-26. DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2022.05.005.
- [4] 刘骥,戴启雪.神经外科学教学中应用住院医师作为标准化病人教学模式的质量分析[J].*名医*, 2019(2): 279-280.
- [5] 江涛,汪宇阳,计伟,等.3D 打印技术联合 PBL 教学法在神经外科临床教学中的应用[J].*科教文汇(下旬刊)*, 2018(18): 69-71.
- [6] Bernardo A. Virtual reality and simulation in neurosurgical training [J]. *World Neurosurg*, 2017(106): 1015-1029. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.140.
- [7] Nicola S, Stoicu-Tivadar L. Mixed reality supporting modern medical education [J]. *Stud Health Technol Inform*, 2018(255): 242-246.
- [8] 刘嘉霖,赵振宇,鲁志浩,等.混合现实技术在神经肿瘤临床教学中的应用[J].*重庆医学*, 2020, 49(10): 1715-1717. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2020.10.039.
- [9] Gerup J, Soerensen CB, Dieckmann P. Augmented reality and mixed reality for healthcare education beyond surgery: an integrative review [J]. *Int J Med Educ*, 2020(11): 1-18. DOI: 10.5116/ijme.5e01.eb1a.
- [10] 马锡坤,王鹏,于京杰.重症监护远程教学查房系统的构建[J].*医疗卫生装备*, 2015, 36(6): 67-69. DOI: 10.7687/J.ISSN1003-8868.2015.06.067.
- [11] Incekara F, Smits M, Dirven C, et al. Clinical feasibility of a wearable mixed-reality device in neurosurgery [J]. *World Neurosurg*, 2018(118): e422-e427. DOI: 10.1016/j.wneu.2018.06.208.
- [12] Huang TK, Yang CH, Hsieh YH, et al. Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry [J]. *Kaohsiung J Med Sci*, 2018, 34(4): 243-248. DOI: 10.1016/j.kjms.2018.01.009.
- [13] Martin G, Koizia L, Kooner A, et al. Use of the HoloLens2 mixed reality headset for protecting health care workers during the COVID-19 pandemic: prospective, observational evaluation [J]. *J Med Internet Res*, 2020, 22(8): e21486. DOI: 10.2196/21486.
- [14] Javaux A, Bouget D, Gruijthuisen C, et al. A mixed-reality surgical trainer with comprehensive sensing for fetal laser minimally invasive surgery [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2018, 13(12): 1949-1957. DOI: 10.1007/s11548-018-1822-7.
- [15] Condino S, Turini G, Parchi PD, et al. How to build a patient-specific hybrid simulator for orthopaedic open surgery: benefits and limits of mixed-reality using the microsoft HoloLens [J]. *J Healthc Eng*, 2018(2018): 5435097. DOI: 10.1155/2018/5435097.

(收稿日期:2022-12-22)

(本文编辑:唐宗顺)