

混合现实在泌尿外科的应用与展望

刘乾海¹ 李伟^{1△}

[摘要] 随着虚拟仿真技术的不断进步,医学外科可视化系统已经从二维发展到三维,从数字化发展到网络化、智能化。其中为代表的混合现实(MR)技术是继虚拟现实、增强现实之后,出现的一种新的数字全息图像技术。近年来,MR技术引起了临床医生的极大关注,采用MR技术的可视化系统已在医疗手术的各个阶段得到初步运用,如术前规划、术中导航,治疗效果评估以及教学和临床培训等,以进一步提高治疗效果和医疗服务质量。本文的目的是介绍MR技术在泌尿外科的应用,并展望其未来的发展趋势。

[关键词] 混合现实;增强现实;泌尿外科

DOI:10.13201/j.issn.1001-1420.2022.08.015

[中图分类号] R69 **[文献标志码]** A

Application and prospect of mixed reality in urology

LIU Qianhai LI Wei

(Department of Urology, First People's Hospital of Yunnan Province, Kunming, 650100, China)

Corresponding author: LI Wei, E-mail: lw13908701155@163.com

Summary With the continuous advancement of virtual simulation technology, the medical surgical visualization system has developed from two-dimensional to three-dimensional, from digital to networking and intelligent. The representative mixed reality (MR) technology is a new digital holographic image technology following virtual reality (VR) and augmented reality (AR). In recent years, MR technology has attracted great attention from clinicians. The visualization system using MR technology has been initially used in various stages of medical surgery, such as preoperative planning, intraoperative navigation, treatment effect evaluation, and teaching and clinical training, etc. to further improve the treatment effect and the quality of medical services. The purpose of this article is to introduce the application of MR technology in urology and look forward to its future development trends.

Key words mixed reality; augmented reality; urology

混合现实(mixed reality, MR)技术是结合虚拟现实(virtual reality, VR)和增强现实(augmented reality, AR)进一步发展的全新数字全息影像技术。虚拟现实将用户完全沉浸在人工创建的数字化世界中,增强现实将数字内容叠加在现实世界上,通过叠加信息增强了现实,MR则是虚拟和现实环境的融合,数字和物理对象在虚拟和现实环境中共存并且可以彼此交互^[1]。随着全新可视化技术的发展及第5代(5G)网络的出现,MR技术为泌尿外科医生提供了新的方法和策略。

1 MR技术的优缺点

MR技术基于电子计算机断层扫描(CT)及磁共振成像(MRI)影像DICOM格式的原始数据,利用渲染技术构建精确的三维可视化模型,再将模型导入MR设备,获得医学模型来完成各项医学研究。其主要优势体现在:①传统CT、MRI等2D影

像检查视觉效果不佳,医生在将2D图像转化为3D认知的过程中往往存在困难,MR三维图像更为直观立体,便于理解。②获得CT和MRI的DICOM格式数据后,至少需要数十小时制作3D打印模型,而MR图像仅需数十分钟甚至更短时间即可生成,更为及时有效。③MR技术可将观察部位进行放大、切割、旋转和选择性透明化等,使诊断更加准确,治疗方案制定更加迅速,医患沟通更加有效。④术中通过MR技术导航,术者能更准确快速地完成定位,使手术更加精准化,提高手术成功率,减少并发症。

同时MR技术也存在一些待解决的问题:①3D图像重建的准确性受到原始图像扫描厚度、运动伪影、信噪比等的影响,若原始数据采集精度较差,则重建模型的精细度欠佳,对临床缺乏指导意义。②软组织的信号强度变化很大,通常动脉

¹云南省第一人民医院泌尿外科(昆明,650100)

[△]审校者

通信作者:李伟, E-mail: lw13908701155@163.com

中造影剂富集较好,重建相对简单,但静脉及小血管重建可能需要在后处理阶段进行大量人工干预^[2]。③目前MR设备仅实现了视觉输出,缺乏触觉反馈和其他感官的模拟^[3]。④当术中组织产生形变时,MR图像无法产生实时同步形变,医生在需要精确匹配定位时往往需要停下手中的手术操作。⑤目前包括头戴式全息影像设备 HoloLens 在内的MR设备相对昂贵,难以广泛推广。

2 MR技术在泌尿外科的应用

2.1 MR在术前规划中的应用

在我国,泌尿外科医生主要通过X线,CT和MRI等影像检查来获取患者的信息,缺乏直观和立体的效果。目前泌尿外科以微创手术为主,仅通过影像学这些二维平面的检查,在术前医生无法对病变的解剖位置、毗邻结构、血管分布进行充分的评估,手术完全取决于外科医生对解剖结构和变异的熟悉程度以及术中的应变和处理紧急情况的能力,这既会影响手术计划的精确制定,也为手术带来一定的安全风险。MR技术通过收集患者CT、MRI等影像资料,能够准确、高效、清晰地重建出病变组织及周围组织的三维立体结构,并提供拆分、交互、测量分析功能的辅助,帮助医生模拟优化手术方案,更加精确地规划手术。在肾肿瘤患者的治疗过程中,借助其术前的CT增强数据建立基于MR技术的医学模型,医生能够更清楚地认知肿瘤位置、大小,肿瘤周围组织脏器毗邻关系,肿瘤供应血管与肾动脉、肾静脉之间的关系。研究表明,通过使用HoloLens头戴式耳机与MR技术让泌尿外科医生对肾部分切除术进行MR感知,医生能更好地了解肿瘤周围的手术解剖,并可以改善术中的空间意识^[4-5]。胡正飞等^[6]认为3D空间测量能帮助术者准确判断肾脏缺损深度及缺损面的形状大小,利于术者规划术中行单层或双层缝合及判断最佳缝合方向。在复杂性肾结石患者的治疗过程中,通过建立MR模型,在术前可模拟建立多个经皮肾穿刺通道,优化并选择结石清除率最高,手术风险相对更小的通道,让手术医生做到胸有成竹。MR术前计划和模拟已成为许多医疗中心手术必不可少的部分^[7]。

2.2 MR在术中导航中的应用

目前,MR技术已在泌尿外科多种手术中得到应用,如腹腔镜下肾部分切除术(LPN)、经皮肾镜取石术及前列腺穿刺活检术等。在手术过程中,医生和助手可以通过MR技术将患者的虚拟3D解剖模型图与手术视野进行实时匹配,展示患者的解剖结构,手术计划和手术部位内的物体,提高手术的准确性和安全性。Cartucho等^[8]成功开发了一个新的手术室中使用的可视化平台,该平台集成了多模态成像数据,并证实可用于术中外科手术指

导。在LPN中,通过MR将三维模型与实时手术视野相匹配,借助解剖标志进行精确导航,帮助手术医生更准确地找到肾动脉及肿瘤。Li等^[9]的研究证实,通过使用AR、MR技术,能有效提高LPN的成功实施率,并缩短手术时间,减少出血量。在经皮肾镜取石术中,借助MR引导建立术前已规划的手术通道,使穿刺更准确,手术通道建立更顺利。朱鹤等^[10]用肾脏模型验证了使用MR引导的经皮肾穿刺可以克服X线及超声引导的内在局限性,提高经皮肾穿刺的准确性。薛亮等^[11]利用MR导航成功为1例多次行体外冲击波碎石术后结石残留的患者建立手术通道,顺利完成手术,术后患者恢复良好,无结石残留。与传统导航系统仅能为外科医生提供2D定位信息相比,MR系统在手术中以3D和直观形式展示给外科团队,能有效缩短手术时间并提高手术成功率,且在经验不足的外科医生中显得更加重要^[12-13]。基于MR的手术导航技术不仅在制定个性化术前规划中优势明显,还可以在手术过程中提供手术实时3D导航,使手术更加准确、微创和高效。

2.3 MR在教学中的应用

在当前的医学教学中,传统的模拟培训可以在多种环境下提供,主要分为高保真模拟和低保真度模拟。高保真模拟利用先进的人体模型技术、真人角色扮演甚至尸体来重现复杂的案例场景或程序。低保真度模拟耗费资源相对较少,主要利用部分任务训练器、在线学习包、视频和书面材料等^[14]。由于医学环境和伦理学的限制以及标本的短缺和高昂的成本,教学成本一直在增加。与VR的“沉浸式”相比,MR技术不仅加强了师生在医学教学经验中的互动,且使他们感觉更加真实^[15]。Ruthberg等^[16]在使用MR平台HoloAnatomy教学与传统的尸体解剖教学对比研究中发现,HoloAnatomy可以减少解剖学教学法所需的时间,且不会影响学生对知识的理解。Wish-Baratz等^[17]通过MR技术对185名学生进行远程解剖学教育,所有学生均顺利完成课程并有143名学生报告说MR远程会议比面对面会议更有优势。随着腔镜器械及技术的不断发展,目前泌尿外科主要以腹腔镜、输尿管镜及经皮肾镜等微创手术为主要治疗手段,年轻医生仅通过手术图谱及跟台难以形成直观有效的认知。MR技术可帮助学生更直观地了解人体的复杂解剖结构,从而使学生获得更多有效的培训。目前,由于MR外科手术模拟器可以提供无风险的培训而成为医师培训的组成部分,使用MR外科手术模拟器,新手外科医生无须进入手术室就可以查看和体验复杂的手术过程^[18]。在训练有素的医生的帮助下,MR技术可以为现实的3D可视化世界中的外科手术训练提供理想的平台。通过反复的

互动和体验,医生可以以更自然和现实的方式提高自己的技能并掌握手术技术,且不会对患者造成伤害或危险。在新冠肺炎疫情背景下,临床和学术活动的广泛取消,培训人员越来越多地参加远程活动,如电话会议、视频直播和在线考试等,这使 MR 技术将会得到更广泛的应用。

2.4 MR 在医患沟通中的应用

近年来,随着暴力伤医事件的不断报道,医患矛盾问题显著突出。医学知识背景差异和医患之间信息不对称是造成医患关系紧张的主要原因之一^[19],泌尿外科医生仅通过影像检查及反复的语言沟通难以让患者对自身的病情有清楚直观的认识。CT、MRI 等影像检查结果缺乏各解剖部位整体性且不能任意旋转观察,即使经验丰富的外科医生,有时也不能很好地将 2D 成像认知转化为 3D^[20],医学知识匮乏的患者则更是如此。MR 技术由于具有 3D、逼真和动态的特点,可以有效地解决这个问题^[21]。通过 MR 技术可向患者及其家属直观地说明患者的病情和治疗计划,患者也能更好地接收信息并更积极主动参与进来,从而减少医疗纠纷并改善不良的医患关系。在术前谈话中,使用 MR 技术模拟手术可使患者及其家属更加清楚地了解手术过程,对手术相关风险及手术并发症有正确认识。王东文等^[22]通过使用 3D 虚拟技术及使用传统 CT 胶片分别与患方进行术前谈话,结果表明使用 3D 虚拟技术可有效提高患方在术前对 LPN 的理解认知程度。MR 模拟将成为未来最重要、最有效的术前沟通方法。

2.5 MR 在远程医疗中的应用

许多农村地区由于固有的原因而无法获得医疗服务,远程医疗使用通信技术在远距离提供医疗服务,是解决此问题的经济有效的方法。随着 5G 时代的到来,基于 MR 技术的远程医疗通信可以极大地改善外科医生合作的效率。传统的远程咨询是基于 2D 屏幕通过图片或视频进行的,无法让外科医生及时有效地做出判断,而通过 MR 技术远程会诊专家可以实时指导操作过程^[23]。北京的朱捷等^[24]医师与远在三亚的医生共同合作,成功实施 1 例 MR 平台远程协作机器人经腹腔右侧腹膜后肿瘤切除术,术中无相关并发症发生,术后患者恢复良好。在目前全世界新冠肺炎大流行的前提下,远程专家借助 MR 技术可以成功完成远程咨询,医患沟通和现场操作指导等。

3 总结与展望

综上所述,尽管 MR 技术在医学领域的应用才刚刚起步,但在包括泌尿外科的多个科室如骨科、神经外科及心胸外科等已显示出喜人的前景^[25-27]。虽然目前仍存在包括设备昂贵复杂等问题制约了在外科中广泛推广应用,但相信在不久的将来,随

着软硬件技术的不断改进发展,MR 将能给医学教育培训、医学研究、医患沟通和临床治疗带来颠覆性变化,并促进医学的快速发展。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Park BJ, Hunt SJ, Martin C 3rd, et al. Augmented and Mixed Reality: Technologies for Enhancing the Future of IR [J]. *J Vasc Interv Radiol*, 2020, 31 (7): 1074-1082.
- [2] Gao Y, Tan K, Sun J, et al. Application of Mixed Reality Technology in Visualization of Medical Operations [J]. *Chin Med Sci J*, 2019, 34 (2): 103-109.
- [3] 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.
- [4] Checucci E, Amparore D, Pecoraro A, et al. 3D mixed reality holograms for preoperative surgical planning of nephron-sparing surgery: evaluation of surgeons' perception [J]. *Minerva Urol Nephrol*, 2021, 73 (3): 367-375.
- [5] Yoshida S, Sugimoto M, Fukuda S, et al. Mixed reality computed tomography-based surgical planning for partial nephrectomy using a head-mounted holographic computer [J]. *Int J Urol*, 2019, 26 (6): 681-682.
- [6] 胡正飞,吕世栋,黄建锋,等.3D 空间测量与传统 CT 规划在肾肿瘤微创手术中的对比[J].*南方医科大学学报*, 2018, 38 (5): 606-611.
- [7] Perkins SL, Krajancich B, Yang CJ, et al. A Patient-Specific Mixed-Reality Visualization Tool for Thoracic Surgical Planning [J]. *Ann Thorac Surg*, 2020, 110 (1): 290-295.
- [8] Cartucho J, Shapira D, Ashrafian H, et al. Multimodal mixed reality visualisation for intraoperative surgical guidance [J]. *Int J Comput Assist Radiol Surg*, 2020, 15 (5): 819-826.
- [9] Li G, Dong J, Wang J, et al. The clinical application value of mixed-reality-assisted surgical navigation for laparoscopic nephrectomy [J]. *Cancer Med*, 2020, 9 (15): 5480-5489.
- [10] 朱鹤,李宁忱,赵子臣,等.基于混合现实引导的经皮肾穿刺肾脏模型的验证[J].*中华医学杂志*, 2018, 98 (24): 1962-1964.
- [11] 薛亮,陈泽宇,陈仁富,等.混合现实技术在经皮肾镜取石术治疗过程中的应用[J].*现代泌尿外科杂志*, 2018, 23 (6): 433-436.
- [12] Checucci E, De Cillis S, Porpiglia F. 3D-printed models and virtual reality as new tools for image-guided robot-assisted nephron-sparing surgery: a systematic review of the newest evidences [J]. *Curr Opin Urol*, 2020, 30 (1): 55-64.
- [13] Davrieux CF, Giménez ME, González CA, et al. Mixed reality navigation system for ultrasound-guided percutaneous punctures: a pre-clinical evaluation [J]. *Surg Endosc*, 2020, 34 (1): 226-230.

- [14] Abbas JR, Kenth JJ, Bruce IA. The role of virtual reality in the changing landscape of surgical training [J]. *J Laryngol Otol*, 2020;1-4. Online ahead of print.
- [15] Stefan P, Pfandler M, Wucherer P, et al. Team training and assessment in mixed reality-based simulated operating room; Current state of research in the field of simulation in spine surgery exemplified by the AT-MEOS project [J]. *Unfallchirurg*, 2018, 121(4): 271-277.
- [16] Ruthberg JS, Tingle G, Tan L, et al. Mixed reality as a time-efficient alternative to cadaveric dissection [J]. *Med Teach*, 2020, 42(8): 896-901.
- [17] Wish-Baratz S, Crofton AR, Gutierrez J, et al. Assessment of Mixed-Reality Technology Use in Remote Online Anatomy Education [J]. *JAMA Netw Open*, 2020, 3(9): e2016271.
- [18] Schoeb DS, Schwarz J, Hein S, et al. Mixed reality for teaching catheter placement to medical students; a randomized single-blinded, prospective trial [J]. *BMC Med Educ*, 2020, 20(1): 510.
- [19] Lu K, Marino NE, Russell D, et al. Use of Short Message Service and Smartphone Applications in the Management of Surgical Patients; A Systematic Review [J]. *Telemed J E Health*, 2018, 24(6): 406-414.
- [20] Wake N, Wysock JS, Bjurlin MA, et al. Pin the Tumor on the Kidney: An Evaluation of How Surgeons Translate CT and MRI Data to 3D Models [J]. *Urology*, 2019, 131: 255-261.
- [21] Wake N, Rosenkrantz AB, Huang R, et al. Patient-specific 3D printed and augmented reality kidney and prostate cancer models; impact on patient education [J]. *3D Print Med*, 2019, 5(1): 4.
- [22] 王东文, 张彬, 原小斌, 等. 3D 打印联合 3D 虚拟技术提高患者对肾部分切除术认知理解的临床分析 [J]. *中华泌尿外科杂志*, 2017, 38(2): 127-130.
- [23] Mitsuno D, Hirota Y, Akamatsu J, et al. Telementoring Demonstration in Craniofacial Surgery With HoloLens, Skype, and Three-Layer Facial Models [J]. *J Craniofac Surg*, 2019, 30(1): 28-32.
- [24] 朱捷, 沈诞, 刘启明, 等. 混合现实平台远程协作机器人微创手术 1 例报告 [J]. *微创泌尿外科杂志*, 2018, 7(4): 278-281.
- [25] Buch VP, Mensah-Brown KG, Germi JW, et al. Development of an Intraoperative Pipeline for Holographic Mixed Reality Visualization During Spinal Fusion Surgery [J]. *Surg Innov*, 2021, 28(4): 427-437.
- [26] Rahman R, Wood ME, Qian L, et al. Head-Mounted Display Use in Surgery: A Systematic Review [J]. *Surg Innov*, 2020, 27(1): 88-100.
- [27] Masaaki N, Kozo Y, Jun H, et al. Utility of virtual three-dimensional image analysis for laparoscopic gastrectomy conducted by trainee surgeons [J]. *J Med Invest*, 2019, 66(3, 4): 280-284.

(收稿日期: 2021-03-02)

读者 · 作者 · 编者

严正声明

近期本刊编辑部频繁接到多起举报,有机构和个人冒充《临床泌尿外科杂志》编辑,开展论文快速发表的诈骗业务,影响十分恶劣,严重损害了我刊的权益和声誉。为了避免广大读者、作者上当受骗,特郑重声明如下,本刊从未委托任何机构或中介进行征稿、审稿、编辑等相关事务,敬请广大读者和作者仔细甄别,投稿请认准本刊官方指定网站、地址及电话,谨防上当受骗。对于冒充编辑部从事征稿等行为的网站、机构及个人,本刊将通过法律程序追究其责任。

官方网站:“www.whuhzss.com”或通过中国知网搜索“临床泌尿外科杂志”进入投稿界面

联系地址:武汉市解放大道 1277 号协和医院杂志社《临床泌尿外科杂志》编辑部

联系方式: E-mail: lcmnwzss_whuhzss@163.com; Tel: 027-85727988 或 85726342-8818

《临床泌尿外科杂志》编辑部