

小儿心脏病虚拟手术训练系统构建*

刘尚辉 孟香沂 李雨萌 汪 润 娄 岩

(中国医科大学 沈阳 110122)

〔摘要〕 虚拟手术系统是虚拟现实技术在医学领域的重要应用,介绍国内外部分虚拟手术系统及其在医学教学、手术导航、手术训练、远程手术等领域的应用。研究基于 Web 的一体化小儿心脏病虚拟手术训练系统建设,结果证明虚拟手术系统达到初步设计目标,对医生提升临床手术技能、指导手术都有积极意义。

〔关键词〕 虚拟现实;虚拟手术系统;小儿心脏病学

〔中图分类号〕 R-056 〔文献标识码〕 A 〔DOI〕 10.3969/j.issn.1673-6036.2016.05.009

Construction of Virtual Surgery Training System for Pediatric Heart Disease LIU Shang-hui, MENG Xiang-yi, LI Yu-meng, WANG Run, LOU Yan, China Medical University, Shenyang 110122, China

〔Abstract〕 The virtual surgery training system is an important application of virtual reality technology in the medical domain. The paper introduces some domestic and foreign virtual surgery systems and their applications in the field of medical teaching, surgical navigation, surgery training, tele-surgery, etc. It studies the construction of Web-based integrated virtual surgery training system for pediatric heart disease. The results prove that the virtual surgery system realizes the preliminary design goals and has positive significance in enhancing clinical surgery skills and guiding the surgeries.

〔Keywords〕 Virtual reality; Virtual operation system; Pediatric cardiology

1 引言

教育部高等教育司《关于开展国家级虚拟仿真实验教学中心建设工作的通知》(教高司函〔2013〕94号)指出,虚拟仿真实验教学是高等教育信息化建设和实验教学示范中心建设的重要内容,是学科专业与信息技术深度融合的产物。因此做好虚拟仿

真实验教学符合国家对高校建设规划的宏伟蓝图和战略目标,也是摆在面前迫在眉睫的攻关项目。虚拟现实(Virtual Reality, VR)是计算机或者其他媒介创建的一个三维虚拟环境,通过人机交互产生视觉、触觉、听觉等感官的感受,具有想象性(Imagination)、交互性(Interaction)、沉浸性(Immersion)的“3I”属性。医学是一门与实践紧密联系的特殊学科,VR的“3I”特性正好与医学的发展需求不谋而合,近年来在医学领域发挥着越来越重要的作用^[1]。基于VR的手术训练系统能够提供给医学生丰富特殊的体验,在医学教育(技能训练、评价)、临床指导(术前评估、手术计划制定、手术优化)、术中指导(手术导航)、远程手术以及术后康复等方面发挥着重要的作用^[2]。

虚拟现实在手术中的应用衍生出“手术模拟器”的概念,即虚拟现实手术系统,其目的是采用

〔修回日期〕 2016-04-05

〔作者简介〕 刘尚辉,教授,发表论文20余篇;通讯作者:娄岩。

〔基金项目〕 辽宁省教育科学“十二五”规划2014年度课题“医学虚拟现实(VR)实验室系统设计与建设”(项目编号:JG14DB451);中国医科大学“十二五”第四批医学教育科学探究立项课题(项目编号:YDJK2014013)。

虚拟现实技术, 建立一个具有真实感和沉浸感的虚拟手术环境, 实现虚拟手术系统的高度真实性以及交互性。该系统的建设需要多学科技术综合应用, 包括虚拟现实技术 (Virtual Reality Technology, VRT)、计算机图像处理技术、人机接口技术、交互技术、三维重建技术、计算机软件技术、虚拟仪器技术、电子仪器技术、网络技术、数据库技术、通讯技术等^[2]。随着各学科技术的发展, 虚拟现实手术系统也已取得巨大进展, 系统能够提高临床医生理论知识和操作技能水平以及手术的安全性, 进而提高整体临床诊疗水平。

2 国内外虚拟手术的应用现状

国外研究起步较早, 虚拟现实技术发展迅速, 虚拟手术系统广泛应用于临床各科, 如神经外科、骨科、眼科等。神经外科虚拟手术系统 NeuroTouch 是加拿大研究委员会的 50 名专家和 20 名临床医生共同开发, 主要组成部分有立体投影系统、双手操作的触感操作器和一个高端计算机, 此软件虚拟临床比较难的肿瘤切除术, 切除过程中能避开切到正常组织^[3]。目前研究最多的是微创虚拟手术系统, 典型代表是腹腔镜, 如: tech Simendo, Haptica PROMIS, Mentice Procedicus MIST, RealSim Systems LTS2000/ISM60 and LTS3E, Select - IT VSOOne, Simbionix LAP Mentor, SimSurgery SEP, Surgical Science LapSim, Verefi Technologies EndoTower, RapidFire/SmartTutor, and Head2Head and Xitact LS 500 等^[4]。虚拟心血管手术系统也开发了不少, 主要以介入手术为主, 甚至能够提供多人合作式虚拟手术, 其中代表性的有美国 Simantha, 该系统能够虚拟腹主动脉瘤血管内修复, 经导管主动脉瓣移植。目前完全验证的 VR 模拟器是瑞典 Mentice AB 公司开发的心血管介入模拟训练器系统, 具有实时纠错的能力^[5]。其他如耳鼻喉科的虚拟手术系统曾侧重于对颞骨摘除术的研究, 近年来经鼻内镜虚拟手术系统也逐渐增多。眼科虚拟手术系统主要应用于虚拟白内障超声乳化术、玻璃体切除、人工玻璃体置入^[6-7]。此外, 骨科、整形外科等方面也有了较成

型的虚拟手术系统, 如计算机辅助三维虚拟截骨系统 CAVOS 等^[8]。由于各科手术的要求不一, 因此各科虚拟手术系统的发展并不同步, 侧重点也不同。目前虚拟手术系统的技术比较成熟, 相关领域的研究除了不断探索新技术, 也很注重系统测试以及效果评价。国内虚拟手术系统的研究也在不断发展, 许多虚拟手术系统已经逐渐开展起来, 主要研究集中于对三维物体重建、手术过程中的仿真碰撞以及软组织的变形仿真。

3 小儿心脏病虚拟手术训练系统构建

3.1 意义

小儿心脏外科是一个不断发展并有很大潜力的研究领域, 由于心脏手术本身难度大、风险高, 年轻外科医生往往很少有机会实施手术; 而传统的临床技能训练多采用尸体、动物、生物模型, 这些教学资源往往有限, 导致小儿心脏外科医生培养周期长, 限制了小儿外科医生技能水平的提高。因此建立一个儿科心脏病虚拟手术系统对医学教育和临床指导很有意义^[9]。小儿心血管系统解剖结构和生理特点的特异性使得三维模型建立存在技术壁垒, 因此并没有一个成型的虚拟手术系统。国外主要进展是提出建立心脏病特异性模型, 这种特异性模型建立的关键是模拟血流动力学。随着计算机技术和算法的更新发展, 多尺度方法的应用, 3D 模型已经发展到生理特性水平的模拟, 实现对循环系统的血压、解剖结构、反馈机制等的模拟。建立的模型可应用于指导先天性心脏病手术设计、冠心病风险评估、川崎病栓塞风险评估、脑动脉以及腹主动脉瘤治疗^[10]。国内上海交通大学对小儿心外虚拟手术的应用刚刚起步, 技术难点也是血流动力学的模型。2010 年提出了一个诊断先天性心脏病的三维心动超声虚拟内窥镜系统, 该系统以心动超声影像为基础进行三维建模, 而传统的三维建模数据主要是 CT、MRI 图像为基础的三维建模, 拓展了应用的范围^[11-12]。鉴于此提出设计一个基于 Web 的小儿心脏病虚拟手术训练系统。

3.2 系统设计

3.2.1 系统基本结构 (1) 操作平台: 系统平台适用于常见的操作系统, 如 Windows 系统、MacOS 系统、Linux 系统等。(2) 系统架构: 使用 B/S 3 层架构。(3) 硬件平台: 目前国外的 VR 系统都以 SGI 或 SUN 工作站为核心, 大型的 VR 系统采用的是计算机并行处理系统, 此系统能够更有效地解决庞大计算量的问题。当前的研究聚焦在桌面虚拟现实系统, 因为价格较低、易于实现以及能提供给用户真实临场感受, 应用将更加广泛。SenseAble 公司的 Phantom 是目前应用较多的触觉交互设备。(4) 软件平台: 软件系统是实现 VR 技术应用的 key。目前适合虚拟现实系统开发的软件很多, 具有代表性的桌面 VR 技术有: Web3D 中的 X3D、VRML、Java 3D、Cult3D、Viewpoint、Atmosphere, 以及应用于服务器上的 Superscape VRT、EAI Sense 8、WKT (World ToolKit)、MPI Vega 等。这些软件可以快速准确地建立各种模型, 同时保存为多种文件格式, 如 STL、3DS 等。(5) 系统组成: 一般的虚拟现实系统主要由专业服务器系统、立体投影系统、触感交互系统等组成, 见图 1。

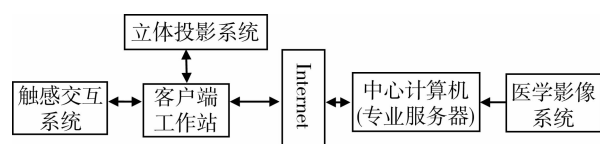


图 1 虚拟手术系统基本架构

3.2.2 实现步骤 应用相应的软硬件平台, 逐步实现以上提出的虚拟手术系统。(1) 虚拟手术过程设计: 组成专家组, 讨论提出需要实现的手术基本步骤, 以及完成手术需要的关键模型。(2) 虚拟器官建模: 小儿心血管建模的主要难点是对心血管弹性模型模拟以及血流动力学模拟。应用相应的 3D 图形渲染软件构建三维模型。目前主要的技术包括碰撞实验, 实现对血管弹性的模拟。(3) 交互环境设计: 应用 Flash 等多媒体软件构建虚拟场景, 能够将模型加载到场景, 在网页中实现交互性操作。将个人 PC 与触觉反馈性设备连接, 实现操作的沉

浸感。主要流程, 见图 2。

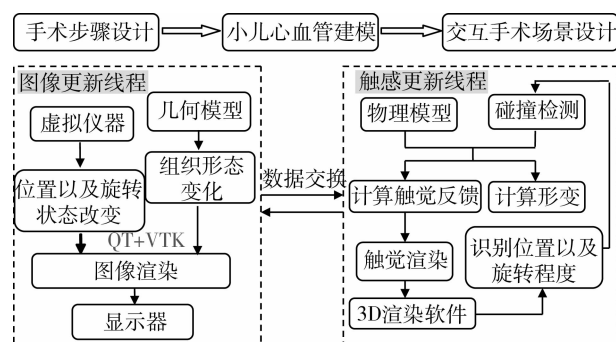


图 2 虚拟手术系统设计流程

3.3 系统功能

3.3.1 概述 与医院影像存储与传输系统相连, 采用虚拟安全网络服务技术可以从医院数据库直接提取电子数据, 自动实时重建患者特异性三维心脏模型, 更直观地预测病变部位, 帮助医生制定手术计划; 当用户进入虚拟手术室场景中, 调用模型库里实时重建的患者特异三维模型, 即可实施手术操作提高手术技能; 该软件系统与 Internet 相连, 建立的三维模型可以下载, 实现资源共享。系统可以达到 3 个方面的应用。

3.3.2 三维弹性模型重建 影像设备终端采集的 2D 图像, 如 CT、MRI、超声心动图等通过医学数字成像和通信 (Digital Imaging and Communications in Medicine, DICOM) 标准数据接口将影像信息经图像网络系统输入到工作站内, 工作站内提供的图像处理软件高速处理 2D 图像数据, 应用设定好的算法以及各种图像处理技术自动生成 3D 解剖模型。

3.3.3 虚拟手术训练 该操作平台与投影设备和触感交互设备相连接, 实现人机交互的手术训练。用户通过登录浏览器方式, 进入到软件网络界面, 界面分为模型库和演习场。模型库里的模型均来自工作站建立的 3D 模型, 进入演习场后, 选择术式以及模型库里相应的模型, 提取虚拟手术器械, 打开投影设备和触感交互设备, 戴好 3D 眼镜, 可看到投影设备上立体的三维场景。可通过触感交互设备, 如数据手套、力反馈器等进行切割、缝合等虚拟操作并获得真实感受。手术过程中配备有声音、文本等操作提示, 引导操作者完成手术。当鼠标悬

停在某个部位的时候,该处的解剖结构以文本形式呈现。

3.3.4 资源共享 模型库还具有开放性,用户可以从网页下载 3D 模型,便于随时学习解剖学知识^[13];同时拥有管理员权限的用户可以对 3D 模型进行分类,存入相应的手术类型模型库中。

4 结语

本文分析探讨目前虚拟手术系统的国内外应用现状,针对小儿心脏外科基于 Web 的虚拟手术训练系统进行了初步设计,目的是构建小儿心血管三维实时建模与虚拟手术一体化的虚拟系统,达到协助临床医生制定手术计划、提高手术安全性、提高临床医生手术技能的目标,从而实现培养小儿手术医生,进一步惠及小儿心脏病患者的服务目的。随着虚拟现实技术的发展,可以设想在未来,一个更为完善的多学科协作的虚拟手术系统将会实现,为医学教学和临床决策提供新的思路和手段。但同时也应当意识到,限制虚拟手术系统发展的并不仅仅是艰难的技术壁垒,更不可忽视的是实际经验的不可替代性。许多研究者也注意到虚拟系统的局限性,因此目前对虚拟现实手术系统的进一步研究逐渐趋于系统测试,评估系统的可行性、实用性和应用效果。研究表明,虚拟手术系统经过验证对临床技能提升、手术指导都有积极意义,但是单独的虚拟手术系统并不能取代实体手术训练,只有与传统手术训练相结合的综合模式才能发挥更好的效果。

参考文献

- 1 高清林,沈小平,叶萌. 信息技术在医学信息学教育中的应用 [J]. 医学信息学杂志, 2015, 36 (8): 12 - 15.
- 2 S D, D L, R D, et al. NeuroTouch: a physics - based virtual simulator for cranial microneurosurgery training [J]. Neurosurgery, 2012, 71 (3): 32 - 42.
- 3 Shi Y. Application of Virtual Reality Technology in Medical Education [J]. Journal of Chengdu University of Traditional

Chinese Medicine, 2013, 269 (6): 467 - 476

- 4 CR L, J O, BS O, et al. The Efficacy of Virtual Reality Simulation Training in Laparoscopy: a systematic review of randomized trials [J]. Acta Obstetrica Et Gynecologica Scandinavica, 2012, 91 (9): 1015 - 1028.
- 5 CU C, AG G. The Future of Simulation Technologies for Complex Cardiovascular Procedures [J]. European Heart Journal, 2012, 33 (17): 2127 - 2134.
- 6 Wu F, Chen X, Lin Y, et al. A Virtual Training System for Maxillofacial Surgery Using Advanced Haptic Feedback and Immersive Workbench [J]. International Journal of Medical Robotics & Computer Assisted Surgery, 2014, 10 (1): 78 - 87.
- 7 Lam C K, Sundaraj K, Nazri Sulaiman M. Computer - based Virtual Reality Simulator for Phacoemulsification Cataract Surgery Training [J]. Virtual Reality, 2014, 18 (4): 281 - 293.
- 8 Vankipuram M, Kahol K, McLaren A, et al. A Virtual Reality Simulator For Orthopedic Basic Skills: A Design And Validation Study [J]. Journal of Biomedical Informatics, 2010, 43 (5): 661 - 668.
- 9 PO Myers. Training, Continuous Education and Simulation in Pediatric Cardiac Surgery [J]. Pediatric and Congenital Cardiology, Cardiac Surgery and Intensive Care, 2013, 1 (1): 3507 - 3517.
- 10 Marsden A L. Simulation Based Planning of Surgical Interventions in Pediatric Cardiology [J]. Physics of Fluids, 2013, 25 (10): 85 - 91.
- 11 Xue H, Sun K, Yu J, et al. Three - dimensional Echocardiographic Virtual Endoscopy for the Diagnosis of Congenital Heart Disease in Children [J]. International Journal of Cardiovascular Imaging, 2010, 26 (8): 851 - 859.
- 12 Pazokifard B, Sowmya A, Moses D. Automatic Patient - Customised 3D Reconstruction of Human Costal Cartilage from Lung MDCT Dataset [J]. International Journal of Computer Assisted Radiology & Surgery, 2015, 10 (4): 465 - 472.
- 13 陈进,刘松涛,刘宝杰,等. 建设动态人体解剖数字资源库为教学服务 [J]. 医学信息学杂志, 2014, 35 (8): 86 - 89.