135 – 139.
[11] Passos VQ, Fortes MA, Giannella Neto D, et al. Genes differentially expressed in prolactinomas responsive and resistant to dopamine agonists[J]. Neuroendocrinology, 2009, 89(2): 163 – 170.
[12] Watkins RJ, Read ML, Smith VE, et al. Pituitary tumor transforming gene binding factor: a new gene in breast cancer[J]. Cancer Res, 2010, 70(9): 3739 – 3749.

(编辑:雷 艳)

肝内胆管虚拟手术可视化模型构建与仿真研究进展

Research progress of visualization model establishment for intrahepatic duct virtual surgery

袁 野[1],李 恺[2] (第三军医大学:1. 学员旅七营;2. 基础部人体解剖学教研室,重庆 400038)

[关键词] 虚拟手术;肝内胆管系统;构建模型
[中图分类号] R814.42;R657.4 [文献标识码] B [文章编号] 1672-5042(2014)01-0086-03

肝脏是人体内最大的实质性器官,对其进行复杂手术操作的风险具有不可预见性,因为肝内胆管系统纷繁交错,胆管管径细小,分支分布不规则且变异多,临床缺乏肝内胆管手术切除的"金标准"可供参照,且不同的患者存在个体差异。但是如果准确掌握肝内胆管立体构象并能够精确设计手术路径以避免术中胆管破裂和肝内出血,那么就能极大地提高手术成功率。在数字图像处理技术、虚拟仿真应用迅速发展的背景下,可视化人体数据集的建立使得在计算机上构建肝内管道系统三维数字模型、实现肝内胆管虚拟手术仿真成为可能。目前,如果采用中国数字化可视人体数据集和临床 CT、MRI 等影像资料对肝内胆管系统进行三维可视化处理,利用三维可视化图像研究肝内胆管的立体结构特征并有针对性地设计肝脏手术切除路径,利用计算机构建肝脏虚拟手术仿真平台的研究,那么这些研究结果对于建立肝脏外科虚拟手术模拟系统、实现肝内管道系统三维数字化模型,具有非常重要的基础理论意义和临床应用价值。

1 肝内胆管虚拟手术可视化模型的意义

由于肝内胆管分支分布复杂,患者存在个体差异且缺乏临床肝内胆管手术切除的"金标准"可供参照,因此,有效地展示肝内胆管病变部位的立体解剖构象与其毗邻的结构对于肝内胆管的手术实施具有重要的临床意义。目前,肝内胆管的手术方式主要有:活体肝移植术(1iving donor liver transplantation, LDLT)和肝脏部分切除术。活体肝移植在数量上虽已达到一定的规模,但在操作过程中仍具有较大的手术风险[1-2]。肝脏部分切除术在解除胆管狭窄的同时清除了病灶,其对肝内胆管肿瘤及肝内胆管结石的治疗有相当的效果,但复杂的肝内管道系统增加了手术操作的难度。周泉波等[3]在 2012 年报道了 80 例肝内胆管细胞癌患者在经过手术治疗后普遍存活率低下。此外,由于存在肝内胆管的个体差异且缺乏手术切除的"金标准",这对于复杂的肝内胆管手术的操作具有不可预见性,因此在术前给临床医师提供能进行手术方案制定和模拟的肝内胆管三维解剖可视化模型是迫切需要的。

利用数字医学的虚拟现实技术技术能有效显示肝内管道与病灶及其毗邻关系的三维解剖结构关系,解决肝内胆管系统解剖结构复杂且密集的问题,能针对肝胆外科手术切除治疗中的难点,利用其立体构象特征设计手术路径,因此其具有重要的临床指导意义[4-5]。以影像学数据为基础的三维重建可视化技术发展十分迅速,尽管其弥补了二维图像的空间感的不足,对计算机辅助肝内胆管手术起到了一定的指导作用,但还未涉及肝内胆管系统三维数据的测量。在利用虚拟手术器械进行术前模拟和手术仿真还未见报道[6-7]。因此,针对活体肝脏移植需求及肝内胆管手术特点构建肝内胆管虚拟手术模型和仿真系统,在准确显示肝内胆管立体构象三维数据的同时,根据病灶实际情况与其毗邻结构设计合理的个体化肝脏虚拟手术方案,其具有准确的手术定位优势和广泛的临床应用价值,而准确把握肝内管道的立体解剖结构与病灶及其毗邻关系,正确选择手术路径为肝内胆管手术的顺利实施提供了有力的保证,通过虚拟现实的方式构建一个实时的三维操作环境,构建肝内胆管虚拟手术模型,通过模拟肝内胆管手术过程并不断地完善方案以实现手术操作的安全、有效。本研究拟采用数字化可视人体技术手段,结合虚拟现实技术来建立肝内胆管虚拟手术可视化模型,准确描述肝内胆管立体构象和其毗邻结构,并获取三维结构参数来模拟肝内胆管的虚拟切除,为肝内胆管手术模拟治疗系统的研究和肝脏数字解剖学的深入提供技术手段,其具有重要的基础理论意义和临床应用价值。

2 国内外现状与进展

随着图形处理技术、计算机三维成像技术和虚拟现实(Virtual Reality, VR)等现代信息学技术的发展,数字化可视人体已

doi:10.11659/jjssx.1672-5042.201401037
[基金项目] 重庆市科委自然科学基金计划资助项目(CSTC, 2010BB5174)
[通讯作者] 李 恺,E-mail:304598443@qq.com
[收稿日期] 2013-08-26 [修回日期] 2013-09-25

经进入了医学研究的前沿领域。在影像诊断、介入治疗和计算机辅助肝脏外科等临床诊疗中,利用对人体结构信息的真实再现,重建人体结构形态的三维模型,具有直观、形象的特点,为数字医学现代化的发展提供了可能[8-9]。目前,医学图像可视化软件和硬件设备等方面已取得较大进展,比如美国宾州大学的 3D Viewnix 系统,德国汉堡大学的 Voxel-Man 系统等,由于是基于 UNIX 系统进行开发,在 SGI 工作站上运行对人体数据相当集中的部分腹腔脏器结构进行分割、识别和可视化显示,因此数据的处理量有限,交互性较欠缺;随着计算机辅助肝脏虚拟外科手术基础研究的开展,Lang 等[10]报道,通过 MRI 图像数据和 CT 开发肝脏外科三维操作训练和手术模拟系统,使能够在虚拟的手术环境下进行肝脏手术的各种模拟操作,量化肝脏手术计划、综合分析并预测术后的可能,但是在实际手术过程中仍存在着譬如图像呈现不清晰、结构关系不明确等诸多问题[11]。随可视化人体数据集的开发和应用,Park 等[12]在 2006 年报道他们运用半自动分割法在 SGI 工作站上将肝脏的轮廓进行了呈现,并且已完成肝内管道系统的三维影像重建,对临床诊疗精确、准确提供了保障。2004 年美国 FDA (Food and Drug Administration 食品及药物管理局)将血管内模拟治疗系统(Vascular interventional simulting treatment system, VIST) 列为介入培训标准领域,成为国际各大介入协会培训课程之一,该项目是由介入医师和仿真学工程师合作进行的,是研究外科模拟的一个良好开端,其特点是拥有反馈功能模拟器、接近真实的模拟环境,而这些都是临床诊疗所必需的。由于需要强大的计算机工作站、复杂的软件系统、昂贵的设备和经费投入,诸多因素导致可视化技术应用于肝内管道模拟训练的研究目前尚未开展[13]。2009 年 1 月医学模拟系统 Simbionix 首席科学家 Gary Zamler 发布了两款用作培训目的的手术活检模拟器:新型血管内介入培训模块,其可在模拟环境下处理血管内并发症,心率管理模块(Cardiac Rhythm Management)可实现心脏起搏器和去纤颤器的虚拟置入而脑介入模块(Cerebral Intervention)则具有完整的神经血管和双平面 X-射线系统作为训练弹簧圈和支架置入的理想平台。目前,Simbionix USA Corporation 宣布,该公司已经发布了 ANGIO Mentor? 血管内模拟器多种培训模式,能在模拟环境中提供血管内手术的实际操作体验,为肝胆管道手术提供了解决方案。但还未见有肝脏管道内介入培训模块开发的报道。

近年来,计算机辅助系统在外科虚拟手术模拟中有所进展。谢叻[14]于 2004 年报道了利用虚拟现实技术在耳道内进行显微手术的初步应用,但其目的仅仅是三维重建耳道结构,对临床诊疗的辅助效果不甚明显;方驰华[15]于 2007 年报道了在对 14 例游离肝脏灌注后并进行 CT 扫描,利用 VTK 数据开发包对肝脏静脉和肝脏外形进行了三维重建,给手术操作提供了数据支持。朱光源[16]于 2012 年报道了利用 CT 对 20 例肝内胆道细胞癌患者的诊断,指明了动态扫描具有强针对性。国内肝脏管道系统可视化研究有数据采集方便,来源广泛,重建迅速等优点,但图像是灰度影像,清晰度较低,结果显示不完全,且层间距较厚,对临床实际操作的辅助作用不明显。目前,医学信息学的发展需要提供尽可能详细、完整的多维数据以满足现代临床医学的需要,这给实现肝脏管道解剖结构的三维可视化研究提供了广阔的应用空间,而现有的虚拟现实技术和计算机辅助手术系统等可视化研究多集中在人体颅脑部和躯干等部位,利用患者 CT、MRI 影像数据、数字化人体数据集完成了虚拟脑血管介入手术、虚拟腰椎穿刺手术和虚拟胃肠镜等手术,但尚未结合 VR 技术、机械力反馈技术和特殊设备(3D 眼镜、头盔显示器等),没有体现 VR 技术的重要特征,如多感知性、临场感等,并且其为通过鼠标和键盘来进行操作的,由于操作过程较简单,交互性能还较欠缺,易受医生主观、非技术因素的影响,应用于肝脏临床方面的研究鲜有报道[17-18]。

3 总结

目前,在影像等设备的介导下, 主要依靠临床医师技能和经验来实施的活体肝脏移植、肝脏肿瘤切除术的操作,存在因个人因素、影像不清晰、结构不明确等影响的缺陷,手术实施的准确性和有效性受到相当程度的干扰。现阶段虚拟现实和手术仿真研究亟待解决的重要问题是构建肝脏虚拟手术模型来指导临床操作进而提高手术的成功率[19]。在加强计算机三维重建和可视化研究、三维重建软件对连续的二维断层图像的特定结构进行智能识别的基础上,提供一套适合肝内胆管切除的肝脏管道系统数字模型进行手术仿真探索将是亟待解决的,目前该领域基于临床应用的基础研究还未见报道。由于在人体肝内胆管系统的可视化研究方面还存在很多未知的领域,应用数字化可视人体数据集与临床 CT、MRI 影像资料相结合,建立肝脏管道系统三维模型[20],通过手术模拟研究虚拟手术系统中力反馈设备的工作原理和关键技术,构建基于计算机辅助的肝内胆管虚拟手术仿真系统,将对肝内胆管手术治疗的基础研究具有重要的理论意义和应用价值。

[参考文献]

[1] Boyer TD, Haskal ZJ. American association for the study of liver diseases practice guidelines: the role of transjugular intrahepatic portosystemic shunt creation in the management of portal hypertension[J]. J Vasc Interv Radiol, 2005, 16(5): 615 - 629.

[2] Plessier A, Sibert A, Consigny Y, et al. Aiming at minimal invasiveness as a therapeutic strategy for Budd-Chiari syndrome[J]. Hepatology, 2006, 44(5): 1308 - 1316.

[3] 周泉波,赖东明,林 青,等. 肝内胆管细胞癌的外科治疗及预后因素分析[J]. 中华普通外科学文献(电子版),2012,6(1):12 - 16.

[4] Bureau C. Covered stents for TIPS: are all problems solved? [J]. Eur J Gastroenterol Hepatol, 2006, 18 (6): 581 - 583.

[5] Peterson B, Binkert C. Intravascular ultrasound-guided direct intrahepatic portacaval shunt: midterm follow-up[J]. J Vasc Interv Radiol, 2004, 15(9): 927 - 938.

[6] 王曙光. 肝胆管结石外科治疗的术式选择[J]. 中华普外科手术学杂志(电子版),2008,2(3):250 - 254.

[7] 方驰华,黄燕鹏,鲁朝敏,等. 数字医学技术在肝胆管结石诊治中的应用价值[J]. 中华外科杂志,2009,47(12): 909 - 911.

[8] Lee C, Lee C, Lodwick D, et al. NURBS-based 3-D anthropomorphic

computational phantoms for radiation dosimetry applications[J]. Radiat Prot Dosimetry,2007,127(1-4):227-232.
[9] Zhang J,Xu GX,Shi C,et al. Development of a geometry-based respiratory motion-simulating patient model for radiation treatment dosimetry [J]. J Appl Clin Med Phys,2008,9(1):2700.
[10] Lang H,Radtke A,Hindennach M,et al. Virtual hepatic surgery-computer-assisted operation planning on the 3-dimensional reconstructed [J]. Z Gastroenterol,2007,45(9): 965-970.
[11] 张金辉. 数字医学技术在活体肝移植术前评估中的应用价值[J]. 中国实用外科杂志,2013,33(1):35-37.
[12] Park JS,Chung MS,Hwang SB,et al. Visible Korean human: its techniques and applications[J]. Clin Anat,2006,19(3):216-224.
[13] Satava RM. Historical review of surgical simulation -- a personal perspective[J]. World J Surg. 2008,32(2): 141-148.
[14] Xie L,Dai PD,Zhang TY,et al. The application of virtual reality technology to ear microsurgery[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University,2004,29(3): 65-68.
[15] 方驰华,项 楠,范应方,等. 64 层螺旋 CT 门静脉三维成像在门静脉高压症中的应用价值[J]. 第四军医大学学报,2007,28(10): 919-921.
[16] 朱光源. 肝内胆管细胞癌的 CT 诊断价值[J]. 现代医院,2012,12(1):56-57.
[17] Yamanaka J,Saito S,Fujimoto J. Impact of preoperative planning using virtual segmental volumetry on liver resection for hepatocellular carcinoma[J]. World J Surg,2007,31(6):1249-1255.
[18] Mutter D,Dallemagne B,Bailey Ch,et al. 3D virtual reality and selective vasacular control for laparoscopic left hepatic lobectomy[J]. Surg Endosc,2009,23(2):432-435.
[19] Ryu M,Cho A. Usefulness of image-navigated surgery in liver surgery [J]. Nippon Geka Gakkai Zasshi,2008,109(2): 71-76.
[20] 李凌霏,李恺. 依据肝静脉断面特点的肝段三维重建[J]. 局解手术学杂志,2012,21(5):480-482.

(编辑:魏 源)

(上接第 83 页)

降以及语言能力下降等。本文对影响预后的各种因素进行分析发现,患者的职业、病变部位、难治程度分型、手术治疗方式以及患者的病程等有显著相关性。排除其它因素的干扰,对有统计学意义的单因素进行 Logistic 回归分析,结果发现患者病变部位、病程以及手术治疗的方式为影响难治性癫痫患者治疗效果的独立危险因素。

由于大脑不同部位有不同的神经支配,对应传出神经支配人体各个组织和脏器,且软化灶和钙化灶对大脑部位的损伤不同,其手术后的效果也不同[9],本组资料显示影像学无异常的患者手术治疗后 Engel Ⅰ期愈合达到 72%,远远高于有病变患者的术后愈合率。且随着病变影响部位的不同,其预后效果不一样。病程是影响患者预后又一独立危险因素,病程长则患者发作频率高,导致神经损伤较重,且病变波及的范围较广,从而较大程度上影响了患者的预后[8]。病程小于 5 年的患者其Ⅰ期预后情况明显优于 10 年以上的,这也说明对于难治性癫痫早期手术是决定预后的关键因素之一。

本研究还发现,不同部位的手术方式对患者预后有着显著性差异。有研究发现[10],颞叶癫痫手术可以实现 80% 左右患者的癫痫无发作,这与本研究的结果类似。每日发作频率是影响患者治疗效果的又一独立危险因素,每日发作次数越多,患者脑神经细胞群突然大量异常放电时间越长,对患者脑细胞损害越大,导致患者脑细胞损害程度越严重[11],治疗难度明显增加,患者治疗效果也较差。

综上所述,由于癫痫的发病机制尚未完全清楚,根据目前的报道和本研究来看,影响患者预后的因素较多,其中手术方式及病程是影响患者预后的独立危险因素,故早期诊断、早期治疗对于难治性癫痫有着极其重要的意义。

[参考文献]

[1] 吴 逊,林 庆. 神经病学[M]. 北京:人民军医出版社,2001:172.
[2] 陈光辉. 难治性癫痫的原因及药物治疗策略[J]. 东南国防医药,2003,5(6):469-474.
[3] 张文浩,张波,别红军,等. 难治性癫痫诊断治疗进展[J]. 中医药临床杂志,2013,25(3):269-273.
[4] Jeha LE,Najm I,Bingaman W, et al. Surgical outcome and prognostic factors of frontal lobe epilepsy surgery[J]. Brain,2007,130 (pt 2): 574.
[5] 李 良,曾义军,陈建斌,等. 难治性癫痫不同类型手术预后与病程的相关关系分析[J]. 华西医学,2011,26(2):201-203.
[6] 梁树立,李安民,张志文,等. 顽固性额叶癫痫的临床特点及术后影响因素分析[J]. 中华神经外科疾病研究杂志,2004,3(6):543.
[7] 郭效东,王本瀚,吴艳芝,等. 难治性额叶癫痫的手术治疗[J]. 实用医药杂志,2011,28(2):100-102.
[8] 班瑞益. 认知行为干预对难治性癫痫住院患者疗效的影响[J]. 中国医药指南,2012,10(34):260-261.
[9] 董艳芳,张春阳,周文静,等. 难治性癫痫手术治疗 15 例的体会[J]. 立体定向和功能性神经外科杂志,2012,25(5):305-306.
[10] Ke X,Wang J,Gao Z,et al. Clinical characteristics and prognostic analysis of Chinese patients with diffuse large B-cell lymphoma[J]. Blood Cells Mol Dis,2010,44(1):55-61.
[11] 党世华,顾建文,匡永勤,等. 长程视频脑电图监测对非癫痫性发作诊断价值探讨[J]. 局解手术学杂志,2011,20(1):39-40.

(编辑:左艳芳)