

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2017.20170897

三维可视化及虚拟手术在肝脏外科临床教学中的应用价值

彭远飞¹, 陆超成², 施杰毅¹, 史颖弘¹, 王 征¹, 王晓颖¹, 周 俭¹, 樊 嘉^{1*}

1. 复旦大学附属中山医院肝外科, 上海 200032

2. 复旦大学附属中山医院普通外科, 上海 200032

[摘要] **目的:**探讨三维可视化及虚拟手术在肝脏外科临床教学中的应用价值。**方法:**选取复旦大学医学院 2012 级五年制临床医学本科医学生 60 名为研究对象, 随机分为传统教学组($n=30$)和三维教学组($n=30$)。传统教学组采用肝脏解剖/手术图谱、肝脏模具及手术视频进行肝脏临床解剖及手术教学; 三维教学组实习生采用肝脏三维可视化模型、虚拟手术系统及案例对应手术视频进行教学。学习周期为 6 个学时。学习结束后, 对两组学生进行标准化考试考核比较, 并调查学生对教学法的评价。**结果:**三维教学组学生的考试成绩为(95.5 ± 3.1)分, 优于传统教学组的(81.0 ± 4.1)分, 差异有统计学意义($P < 0.001$); 三维教学组的优秀率(93.3%)显著高于传统教学组(40%), 差异有统计学意义($P < 0.001$)。问卷调查结果显示, 三维教学组所有学生均认为该教学法易于掌握, 生动有趣, 能调动学习积极性、促进知识的掌握和应用、提高学习效率, 并有助于增强自学能力。**结论:**基于三维可视化及虚拟手术的临床实习带教效果优于传统教学, 可有效提高教学质量, 值得推广。

[关键词] 肝脏; 解剖; 三维可视; 虚拟手术; 临床实习; 教学**[中图分类号]** R 197.323.6 **[文献标志码]** A

Application value of three-dimensional visualization and virtual surgery system in liver surgery teaching

PENG Yuan-fei¹, LU Chao-cheng², SHI Jie-yi¹, SHI Ying-hong¹, WANG Zheng¹, WANG Xiao-ying¹, ZHOU Jian¹, FAN Jia^{1*}

1. Department of Liver Surgery, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Department of General Surgery, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

[Abstract] **Objective:** To explore the application value of three-dimensional visualization and virtual surgery system in liver surgery teaching. **Methods:** A total of 60 undergraduate interns from Fudan University School of Medicine, Grade 2012, were randomly divided into traditional teaching group ($n=30$) and three-dimension teaching group ($n=30$). The atlas of liver anatomy and liver surgery, liver model and operation video were used for teaching in traditional teaching group; the three-dimension reconstruction of liver model, virtual liver surgery system and operation video corresponding to real case were used for teaching in three-dimension teaching group. Standardized examination was given 6 class hours later and the questionnaire was used to investigate the students' evaluation for the teaching methods. **Results:** The exam score of three-dimension teaching group (95.5 ± 3.1) was significant higher than that of traditional teaching group (81.0 ± 4.1 , $P < 0.001$). The excellence rate in three-dimension teaching group (93.3%) was also significant higher than that in traditional teaching group (40%, $P < 0.001$). According to the questionnaire, the new teaching method was valued by all the students in three-dimension teaching group to be easy, vivid and interesting, which could arouse the learning enthusiasm, promote the mastery, improve the learning efficiency and strengthen the self-study ability. **Conclusions:** Novel clinical teaching using three-dimensional visualization and virtual surgery system is superior to traditional teaching in liver surgery teaching and is recommended for wide application.

[Key Words] liver; anatomy; three-dimension visualization; virtual surgery; clinical practice; teaching

肝脏是人体最大的实质器官, 内部管道多, 解剖结构密集交错且变异率高, 周围毗邻器官多、解剖复杂, 一直是临床教学的难点^[1-2]。与之对应的肝脏外科手术则因肝脏解剖复杂及手术种类繁多而

[收稿日期] 2017-10-20**[接受日期]** 2017-11-29**[基金项目]** 国家自然科学基金(81572296), 复旦大学附属中山医院科技创新基金(2015)。Supported by National Natural Science Foundation of China (81572296) and Zhongshan Science and Technology Innovation Fund (2015)。**[作者简介]** 彭远飞, 博士, 主治医师。E-mail: pengyuanfei@126.com

* 通信作者 (Corresponding author). Tel: 021-64041990, E-mail: fan.jia@zs-hospital.sh.cn

教学难度更大。传统的肝脏外科教学方法采用解剖图谱、肝脏模具讲解及尸体标本等学习,医学生往往感到抽象、难以理解和掌握^[1-4]。近年来,三维可视化技术、虚拟手术技术以及高清手术视频系统等发展迅速,为肝脏外科教学提供了新的方法和手段,为解决肝脏外科教学中的诸多难题提供了可能。因此,本研究采用最新的三维可视、虚拟手术技术及病例对应高清手术视频等,形成新的肝脏外科教学系统,开展肝脏临床解剖及手术教学,取得了良好的效果,现总结报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取复旦大学医学院 2012 级五年制临床医学本科实习生 60 名为研究对象,随机分为传统教学组($n=30$)和三维教学组($n=30$)。传统教学组(年龄范围)平均年龄(22.6 ± 1.1)岁,三维教学组平均年龄(22.8 ± 1.0)岁;两组男女生比例均为 1:1。两组学生在年龄、性别及平时学习成绩等方面差异无统计学意义。排除标准:既往有肝脏三维可视化及虚拟手术应用的医学生。

1.2 教学方法 两组分别采用不同方法进行肝脏临床解剖及肝脏手术教学。传统教学组医学生采用传统的解剖/手术图谱、肝脏模具及手术视频授课教学,三维教学组医学生采用肝脏三维可视化、虚拟手术及病例对应高清手术视频实施教学。

1.2.1 传统教学组 医学生接受基于《系统解剖学》《局部解剖学》《外科学》《Gray's Anatomy (40 版)》《Sabiston Surgery (19 版)》及经典肝脏外科学专著综合形成的教学用解剖/手术图谱进行的理论授课。教学的主要形式为讲座形式、PPT 讲解、肝脏模具传阅观摩,结合观看肝脏手术录像^[1-6]。

1.2.2 三维教学组 医学生接受基于肝脏三维模型、虚拟手术工作站操作以及病例对应肝脏外科手术视频进行的多媒体教学。三维可视模型、虚拟手术及手术视频所涉及的健康成人及肝肿瘤病例均取自本中心(复旦大学附属中山医院肝外科,上海市肝肿瘤临床医学中心,复旦大学肝癌研究所)。教学过程分两步:首先由带教老师使用由三维重

建/虚拟手术软件(3D+,旭东数字医学,中国)构建的肝脏三维模型,从各个角度清晰展示肝脏形态、内部管道结构及 Couinaud 分叶分段,进行肝脏解剖的系统讲解(图 1),即肝内管道结构、肝脏的 Couinaud 分叶分段、解剖变异、毗邻组织,肝肿瘤定位及与周围管道关系等。在此基础上使用虚拟手术工作站进行虚拟肝切除,再结合与虚拟手术病例对应的高清手术视频,系统讲解肝脏外科手术,通过旋转、透明化等操作从不同角度观察肝断面走行及需要离断的肝内管道(图 2)。手术视频展示病例对应的肝脏临床解剖及手术过程(图 3),讲解同时演示说明相关软件的操作方法。然后将三维重建模型软件 U 盘及手术视频光盘(桌面级,可个人电脑打开)发给每个医学生,由医学生自行操作。从不同角度观察肝脏外观、内部结构、解剖变异等,并通过软件的透明化、隐藏、选择等功能分别观察肝内不同管道结构、肝脏分叶分段、不同部位肝肿瘤的定位、肿瘤毗邻血管等,再于虚拟手术工作站自行进行手术规划并虚拟肝切除手术,包括肝左外叶切除、左右半肝、右后叶切除等,继而观看病例对应的真实手术视频,对照分析学习。

1.3 教学质量评价指标 教学完成后,通过统一的标准化试题考试进行教学效果测试,以问卷调查进行难易程度、满意度等教学评价。(1)标准化试题:采用百分制,考核内容包括肝脏形态、周围毗邻脏器组织、管道结构、肝脏的 3 个肝门、Couinaud 肝脏分叶分段、常见解剖变异及分型、肝肿瘤定位描述、规则性肝叶切除等。考核方式包括闭卷考试及肝脏 3D 打印模具操作考试,两部分各占 50 分,学生成绩=闭卷考试成绩+模型操作考试成绩,60 分为合格、90 分以上优秀。(2)问卷调查:采用问卷调查的形式了解学生对各自教学方法的评价。问卷调查表内容包括教学方法是否生动有趣,相关知识是否易于掌握,学习主动性、积极性,是否提高学习效率,教学方法满意程度等。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 20 统计软件进行数据分析。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,两两比较采用 t 检验,计数资料两两比较采用卡方检验。检验水准(α)为 0.05。

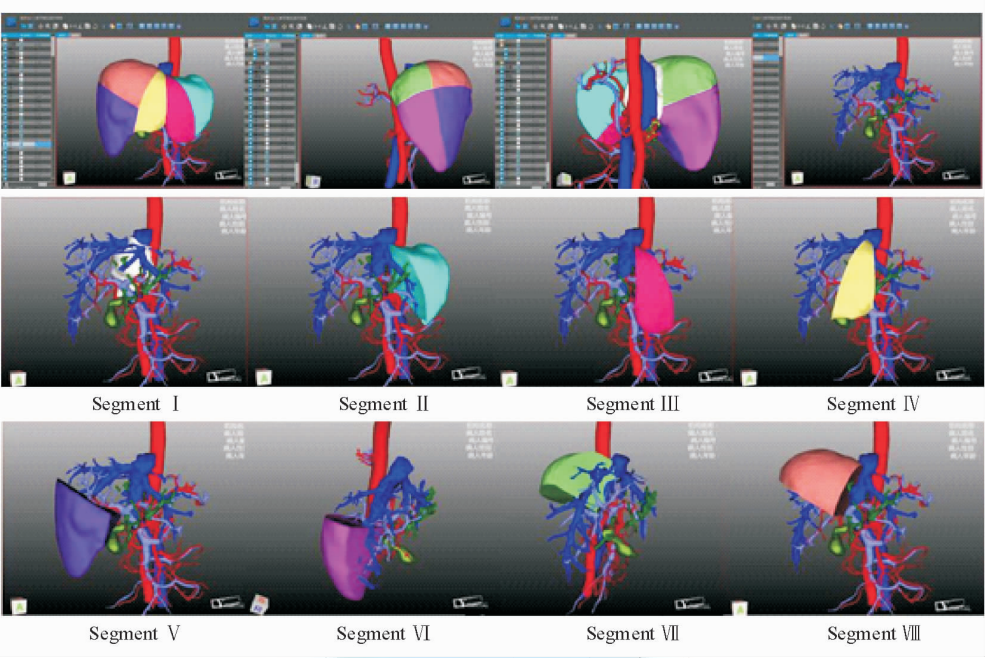


图 1 基于三维可视化技术构建的肝脏教学模型

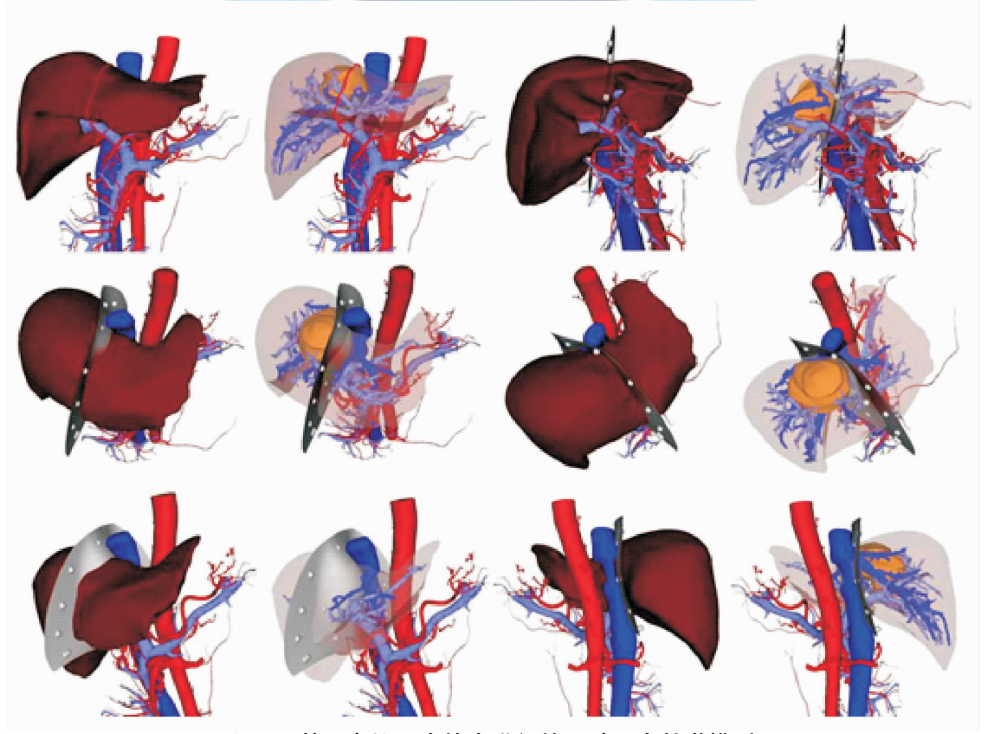


图 2 基于虚拟手术技术进行的肝脏手术教学模型

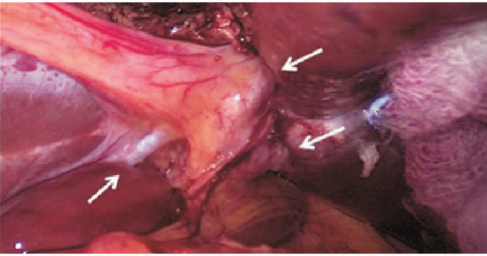


图 3 基于高清手术视频进行肝脏解剖/手术教学截图

2 结 果

2.1 标准化试题测评 两组医学生均 100%完成相关教学。三维教学组学生的考试成绩为(95.5±3.1)分,传统教学组为(81.0±4.1)分。三维教学组显著高于传统教学组,差异有统计学意义($P<0.001$)。三维教学组的优秀率为 93.3%,高于传统

教学组(40%),差异有统计学意义($P<0.001$)。

2.2 问卷调查评价 问卷调查发放问卷 60 份,收回 60 份,回收率 100%。结果(表 1)表明:三维教学组所有学生(100%)均认为该教学法易于掌握,生动有趣,调动学习积极性,促进知识的掌握和应用,

提高学习效率和增强自学能力。两组学生在学习难易度评价、学习兴趣性、学习主动性、教学满意度等方面比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。采用三维教学法可明显降低学习难度、提高掌握率,提高学生的学习兴趣和学习积极性。

表 1 两组医学生对各自教学方法的教学效果评价

项 目	N=30, n(%)		
	传统教学组	三维教学组	P 值
肝脏解剖易于理解掌握	9(30)	28(93.3)	<0.001
肝脏手术易于理解掌握	11(36.7)	27(90)	<0.001
提高学习效率	15(50)	30(100)	<0.001
教学生动有趣	10(33.3)	30(100)	<0.001
教学方法满意	18(60)	30(100)	<0.001
有助于理解肝断层解剖及 CT/MRI 影像	5(16.7)	27(90)	<0.001
有利于今后临床工作实践	18(60)	30(100)	<0.001
有利于自学	24(80)	30(100)	0.031
对其他学科学习有触类旁通作用	27(90)	27(90)	0.67

3 讨 论

临床解剖及手术教学是医学生从理论走向实践的关键。而现代外科的高速发展,精准外科手术的实施对外科教学也提出了更高的要求。肝脏是人体最为复杂的脏器之一,其临床解剖及相关手术教学一直是教学的难点,医学生普遍反映难以掌握。传统的肝脏外科教学方法采用二维图像解剖图谱、肝脏模具讲解以及尸体标本等学习^[1-6]。解剖图谱对于医学大部分授课内容来说能基本满足教学需要,但是对于肝脏这类需要空间想象才能理解的内容,仅利用二维图像,医学生难以清晰地理解其三维结构,学习掌握率低。例如,国内外普遍采用的 Couinaud 肝叶肝段划分法是以肝静脉、门静脉及其分支的立体走行来划分的,是一个三维的概念,初学者难以根据二维解剖图像通过三维空间想象划分。教学模具则交互性差,绝大部分肝脏模具的功能在设计的时候就已经固定,且高质量的模具成本昂贵。尸体标本学习则因人体标本来源匮乏而不易实施。肝脏手术教学方面,传统的尸体标本教学及手术现场观摩最为常用,但通常难以实现;临床手术虽然最真实、直观,但是医学生对肝脏解剖尚不能很好掌握,肝脏手术又复杂多样,往往无从理解。总的来讲,传统教学方法效率低、效果差,对于无相关基础的医学生来说,短期内掌握难度很大。

自美国及中国可视人体计划启动以来,三维可视化技术、虚拟手术技术以及高清手术视频系统等

技术飞速发展,为肝脏外科临床教学提供了新的方法^[7-10]。运用影像数据采集资料建立的肝脏三维重建模型可清晰展示肝脏解剖,直观掌握肝脏内部复杂的解剖结构。肝内的不同管道、组织可采用不同的颜色显示,通过透明化处理及组分隐藏、筛选等操作,可单独显示各组织结构,并可通过进行任意角度的旋转、放大、缩小等操作,从各个角度、多方位显示肝内管道的分支和走行情况,根本性地解决肝脏解剖教学的管道结构显示困难等关键问题。在三维可视基础上建立的虚拟手术技术则为手术教学提供了前所未有的方法和手段。应用虚拟手术系统进行虚拟肝切除手术,模拟肝肿瘤的切除过程,可以在透明化设置等辅助下,清晰暴露肿瘤与毗邻管道、肝断面走行及需离断的相关管道等,并可反复进行操作,直至医学生确切掌握相关知识。近年来,高清手术视频系统,特别是视频录制方便的腹腔镜手术在肝脏外科中应用日益普及,随着精准肝外科手术的实施,为手术教学提供了大量高质量视频素材。结合手术对应的术前三维重建及虚拟手术操作,可使医学生轻松理解并掌握肝脏手术的基本知识。

近年来,本中心应用三维可视化技术及虚拟肝脏手术技术进行术前准备,并继之在手术时进行相应高清手术录制,形成了从术前三维重建、虚拟手术到手术视频的对应的完整数据资料,为肝脏外科的教学提供了全新的手段。本研究采用健康人以及临床实际工作中的典型病例相关资料整合形成肝脏外科教学系统,制作形成桌面级的教学应用素

材,开展肝脏临床解剖及手术教学。结果显示,本教学方法较传统施教方法具有明显的优势,教学效果良好。通过肝脏三维解剖模型有助于快速理解、掌握肝脏解剖的基本知识。既往普遍反映难以理解、掌握的肝内管道系统、Couinaud 肝分叶分段及肝毗邻结构等内容,医学生通过 1 次授课即掌握。虚拟手术及对应的手术视频系统则为肝脏手术学习提供了前所未有的体验,通过虚拟手术反复切除及对应的手术视频的比对学习,使学生迅速掌握肝手术的基本知识,帮助学生迅速实现从基础学习到临床实践的过渡,大大减小教学培训难度。教学考核显示,三维教学组的成绩显著高于传统教学组,优秀率显著高于传统组($P<0.001$)。本研究中肝解剖部分的教学结果与新近其他学者发表的研究结果^[11]一致。Kong 等^[11]研究结果亦表明,三维肝脏解剖教学优于传统教学。问卷调查显示三维教学反响良好,学生均反映教学新颖、肝解剖/手术相关知识易于理解、学习兴趣高、学习主动积极、学习掌握率高,教学满意度高。

与传统的教学模式相比,本教学方法有明显优势,如肝管道结构三维立体显示、虚拟手术切除等是传统的手术图谱等教学手段无法做到的。其使医学生从简单枯燥的二维平面学习转变为直观、快速、轻松地学习肝解剖/手术知识,大大降低了学习难度,激发了学习兴趣并提高了教学效率。本方法改变了肝脏外科教学的方式,为教学提供了极大的便利,能克服传统图谱教学的不足,亦能大大缓解目前临床教学中的解剖尸体来源有限和医学生临床实践不足等问题。本研究制作的教学系统为桌面级应用,制作的教学内容包括三维肝脏模型、手术视频等集成于 U 盘及光盘内,能够在任何一台个人电脑打开,操作简便、人机交互性好,利于医学生和临床医师自学掌握。本教学方法也利于网络教学,通过建立数字化肝脏解剖教学网络系统平台,进行远程解剖教学互动,可以为更大范围的解剖/手术教学应用以及公众健康咨询提供支持。与采用肝脏三维动画教学以及中国人可视化来源的三维重建教学相比,本教学中教学素材采用基于临床

真实典型案例建立,具备从术前三维重建到手术的完整的内容展示,教材源于临床、基于临床,所示内容能够立即应用于临床,能够有效解决“学了肝解剖还是搞不懂患者的肝解剖”的常见问题。

综上所述,三维教学法用于肝脏外科教学可以帮助医学生迅速、高效地掌握肝脏临床解剖及肝脏手术的基本知识,大大降低学习难度,显著提高肝脏外科教学质量。本教学方法对于肝脏外科的教学方便和有效,推荐将该方法用于肝脏外科的教学及有志于开展肝胆外科的同仁学习使用。

参考文献

- [1] 丁文龙,王海杰. 系统解剖学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2015:30-86.
- [2] 张绍祥,张雅芳. 局部解剖学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2015:69-98.
- [3] STANDRING S. Grey's Anatomy [M]. 40th Edition. Elsevier,2005: 256-293.
- [4] TOWNSEND M, SABISTON C. Textbook of Surgery[M]. Elsevier,2012:326-394.
- [5] 赵玉沛,陈孝平. 外科学[M]. 3 版. 北京:人民卫生出版社,2015:42-102.
- [6] 董家鸿. 肝脏外科:要点和盲点[M]. 2 版. 北京:人民卫生出版社,2010:1-56.
- [7] SPITZER V M. The visible human: a new language for communication in health care education[J]. Caduceus,1997, 13(2):42-48.
- [8] 张绍祥,刘正津,谭立文,等. 首例中国数字化可视人体完成[J]. 第三军医大学学报,2002,24(10): 1231-1232.
- [9] XIANG N, FANG C, FAN Y, et al. Application of liver three-dimensional printing in hepatectomy for complex massive hepatocarcinoma with rare variations of portal vein: preliminary experience[J]. Int J Clin Exp Med,2015,8(10): 18873-18878.
- [10] 刘允怡,刘晓欣. 三维可视化技术在肝脏外科临床应用的优势[J]. 中华外科杂志,2016, 54(9):661-663.
- [11] KONG X, NIE L, ZHANG H, et al. Do three-dimensional visualization and three-dimensional printing improve hepatic segment anatomy teaching? A randomized controlled study [J]. J Surg Educ,2016,73(2):264-269.

[本文编辑] 晓 路