

·实验研究 Experimental research·

血管介入教学模拟系统的研制

李依明, 王 杰, 施海彬, 金锡军

【摘要】 目的 建立血管介入教学模拟系统,评价其在临床教学中的应用价值。**方法** 以不同管径的玻璃管制成与人体相仿的血管模型。将不锈钢管切割、焊接成操作床支架及类 C 臂结构,与平板组装成操作床模块。固定摄像头,并与脚闸、计算机等组装成影像模块。将以上三大模块整合成血管介入模拟系统。利用该系统模拟临床血管介入基本操作。**结果** 血管模型为等比例正常人体动脉血管。操作床模块可使血管模型向二维方向移动。影像模块可采集多种像素及不同格式的图片和多尺寸的动态影像,并具有与 DSA 的图像冻结功能完全相同的 LIH 功能,且能捕捉动态导管操作过程的任意瞬间的立体平面投影图像。利用该系统可模拟肝动脉插管术、颈动脉插管术及子宫动脉导管成形术等血管介入的基本操作。**结论** 该模拟系统可模拟多种血管介入的基本操作,并能阐述血管介入操作过程非直视与直视间的投影成像关系,对临床血管介入操作的教学具有很好的应用前景。

【关键词】 血管介入;动脉插管;教学模型

中图分类号:R8 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2011)-09-0723-05

The preparation of teaching simulation system of endovascular intervention LI Yi-ming, WANG Jie, SHI Hai-bin, JIN Xi-jun. Department of Interventional Radiology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

Corresponding author: WANG Jie, E-mail: liyiming906@163.com

【Abstract】 Objective To establish a teaching simulation system of endovascular intervention and to evaluate its application in clinical teaching practice. **Methods** The vascular model, which had quite similar diameter and length to that of human arteries, was prepared with glass tubes of different diameters. Stainless steel tubes were cut and welded to manufacture the brackets of an operation bed and a C-arm, and then the above parts together with flat were assembled into the operation bed module. Fixed camera, computer and footswitch were assembled into the image module. The above three modules were integrated into the teaching simulation system of endovascular intervention. With the help of this system, the principal endovascular intervention manipulations were imitatively exercised. **Results** The vascular model had the same proportions as in normal human subjects. The operation bed module could be moved in two dimensions. The image module could capture multiple pixels and differently formatted images as well as dynamic images in different sizes. Also, this system carried the image-frozen function, which was just the same as last image hold function of DSA. This simulation system could imitate the basic manipulations of many kinds of endovascular interventions, such as the hepatic artery catheterization, carotid artery catheterization, the performing of looping-technique in uterine artery, etc. **Conclusion** The simulation system can imitate many principal endovascular manipulations, and can distinctly and directly display the relationship of the vascular anatomy and interventional instruments with their imaging shadows. Therefore, this simulation system has a promising prospect of being able to be used in the clinical teaching program concerning vascular interventional manipulations. (J Intervent Radiol, 2011, 20: 723-727)

【Key words】 vascular intervention; arterial catheterization; teaching model

基金项目:江苏教育规划资助项目(NO.NY22229103)

作者单位:210029 南京医科大学第一附属医院介入放射科
(李依明、王 杰、施海彬),设备管理科(金锡军)

通信作者:王 杰 E-mail: liyiming906@163.com

万方数据

目前,血管介入手术大多数是在 X 线环境中操作。我国的血管介入手术教学一般局限于手术原则和主要手术步骤^[1-3],而具体的实践操作多数为“学徒制”训练模式,少部分引用国外仿真操作系统或

利用三维重建技术模拟介入治疗过程^[4-5],而使用玻璃制作模型用于教学在国内外鲜有报道。血管介入手术操作特点是非直视性和抽象性,监视图像、手部操作及脚踩曝光之间的眼-手-脚协调性能力是经多次对患者进行实际操作而获得,其弊端为实践对象是患者和增加术者教学性 X 线辐射量。本研究基于此,探索使用玻璃制作血管模型,并整合成血管介入教学模拟系统,以求完善血管介入实践操作的教学,以适应血管介入综合性教学需求。

1 材料与方法

1.1 材料

不同管径的玻璃管若干,计算机 1 台,高清摄像头(型号:海天地 QQ 艺术家 Z10),图像采集软件(型号:IM-Magician-080725-v1.0.0.104,北京中星微电子有限公司),数据线 2 支,脚闸 1 个,不锈钢管若干、滚轴 8 个,乳胶管若干,玻璃球若干,玻璃胶 2 瓶,180 cm × 50 cm 平板 1 块,带有塑料套管的穿刺针 1 套,超滑交换导丝 1 根,5 F 导管鞘 1 套,RH 导管、猎人头导管及子宫动脉导管各 1 支,钢箍 2 个,可移动底座 1 个等。

1.2 方法

1.2.1 血管模型制作 不同管径的玻璃管经熔制、人工成形(吹制、拉制)、退火等工业流程^[6-7]制成与人体主动脉及主要分支开口段血管内径、长度相仿的血管模型^[8-18]。左侧股动脉及右侧髂外动脉远端接长约 5 cm 的乳胶管,用玻璃球封堵乳胶管开口,其余血管远端开口均封闭熔制时给予封闭。穿刺乳胶管,交换导丝置入导管鞘,经鞘引入 RH 导管,经导管注入生理盐水,直至充满整个模型。

1.2.2 操作床模块的构建 将不锈钢管切割、焊接成长宽高为 120 cm × 60 cm × 75 cm 的钢架及长宽为 60 cm × 57 cm 的钢框,滑轮焊接于左-右框缘,后放置钢架上,使其沿头-足方向顺利滑动。再焊一长宽为 57 cm × 54 cm、头-足侧框外缘焊接有滑轮的钢框,在其四角上缘分别焊接长约 5 cm 的斜形钢管(斜面向内),将此钢框其放置上一钢框上,使其沿左-右方向顺利滑动。将不锈钢管切割、焊接成短臂长约 50 cm、长臂(带有条形侧孔)约 150 cm 的类 C 臂结构。用钢箍将类 C 臂结构长臂固定于可移动底座上。

1.2.3 血管模型、操作床模块一体化安装 将注满生理盐水的血管模型用玻璃胶固定于平板上,经 12 h 风干后将其放置于操作床上。

万方数据

1.2.4 影像模块组装及系统整合 高清摄像头固定于类 C 臂结构上,使其垂直向下;图像采集软件安装于计算机上,并用数据线将高清摄像头与计算机 UBS 接口相连;脚闸连接于数据线上。高清摄像头置于血管模型正上方约 100 cm 处,调节焦距及类 C 臂结构高度至图像显示清晰。

1.2.5 模拟血管介入操作 穿刺右侧股动脉,置入 5 F 导管鞘,经鞘插分别插入 RH 导管、猎人头导管及子宫动脉导管,分别模拟肝动脉插管术、颈动脉插管术及子宫动脉导管成瘁术。

2 结果

2.1 血管模型参数

血管模型为等比例正常人体动脉血管。主动脉及主要分支开口段血管长度及内径见表 1。降主动脉起始部内径约 28 mm,沿胸主动脉、腹主动脉均匀渐细,髂总动脉分叉上方内径约 12 mm^[8-9]。腹腔动脉及肠系膜上动脉均起源于腹主动脉前壁稍偏左,其间距约 10 mm。胃左动脉、脾动脉分别起源于腹腔动脉以远 10、20 mm,均向左侧走行。肝总动脉向右走行,发出胃十二指肠动脉后延续为肝固有动脉,后分为肝左、右动脉,肝左动脉分为内外 2 支,肝右动脉分为前后 2 支^[9-11]。双侧肾动脉起源于腹主动脉两侧,左、右侧肾动脉与腹主动脉夹角分别为 63°和 80°^[9,12]。髂动脉分叉角度约 60°,髂内动脉与髂外动脉夹角约 45°^[13-15]。

表 1 主动脉及主要分支开口段血管长度及内径

血管	长度/cm	内径/mm
胸主动脉	25	/
无名动脉	5	8
左颈总动脉	5	8
左锁骨下动脉	5	8
腹主动脉	20	/
腹腔动脉	1	8
肠系膜上动脉	4	8
胃左动脉	5	5
脾动脉	5	5
肝总动脉	5	5
胃十二指肠动脉	3.5	3
肝固有动脉	3.5	5
肾动脉	5	6
髂总动脉	5	10
髂外动脉	4	10
髂内动脉	5	10
左侧股动脉	8	8

2.2 操作床和类 C 臂结构移动度

操作床可使血管模型沿头-足、左-右侧移动,透视下头-足方向移动范围为主动脉弓上缘 5 cm 至

股动脉下段,左右可视血管模型两侧。

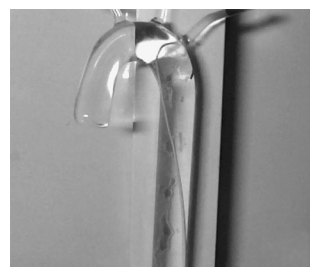
2.3 影像模块模拟度及其分辨率

影像模块在踩脚闸时可清晰显示图像,断开脚闸监视屏保留摄影的最后 1 帧冻结图像,与 DSA 的 LIH 功能完全相同。这一功能可捕捉血管介入操作过程中动态导管操作的任意瞬间的立体平面投影图像;可采集多种像素及不同格式的图片:其像素尺寸有 160×120 、 176×144 、 320×240 、 352×288 、 640×480 、 800×600 、 $1\,024 \times 768$ 、 $1\,280 \times 960$ 、 $1\,280 \times 1\,024$ 、 $1\,600 \times 1\,200$ 等 10 种,格式有 BMP、

JPEG、TIF、PNG,并可记录存图当时时刻,精确到 0.001 s ;亦能录取多尺寸的动态影像:尺寸有 160×120 、 320×240 、 640×480 ,位数为 128 kbps,每秒帧数可达 30 帧。调节高清摄像头高度可局部放大图像。

2.4 血管介入操作

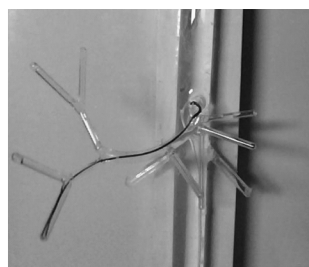
利用该模拟系统可模拟肝动脉插管(图 1)、颈动脉插管(图 2)及子宫动脉导管成襻(图 3)等血管介入的基本操作。



1a RH 导管送至主动脉弓成型



1b RH 导管置入腹腔动脉



1c 交换置入微导管并插至肝右动脉前支

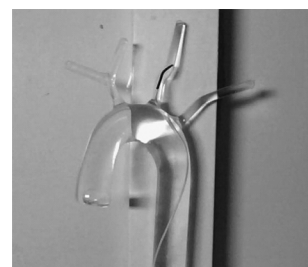
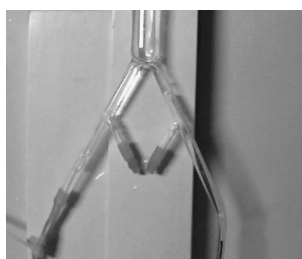


图 2 左侧颈总动脉插管

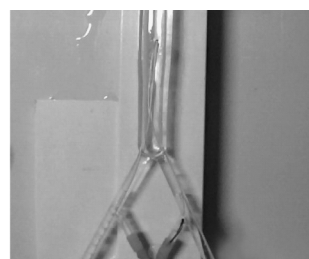
图 1 模拟肝动脉插管术



3a 标记点送至髂总动脉分叉处



3b 推送导管使其成襻



3c 导管插至右侧髂内动脉



3d 导管插至左侧髂内动脉

图 3 模拟子宫动脉导管成襻术

3 讨论

进入 21 世纪以来,关于血管介入手术模型研究国外已有报道^[16-27]。国内在 2006 年之后也陆续出现心脏介入^[28-29]、虚拟三维血管介入^[30-33]模拟软件或利用三维重建技术模拟介入治疗过程^[4-5]等新的教学手段。

3.1 血管模型建立

该系统所制血管模型为等比例正常人体动脉血管,但内径稍大,因文献所提供的人体正常动脉内径多来源于尸体解剖测量^[7,10],人死亡后动脉中层弹力纤维、平滑肌等收缩,血液进入静脉系统,解剖时测其内径必然小于充盈状态时。实际血管介入手术中,注射对比剂或插入导丝、导管后,在 X 线下显示血管轮廓,血管及导管导丝形态、位置仅凭术者经验判断。利用玻璃管制成的血管模型在直视下

即可立体地观察到血管及导丝导管的形态、位置及其之间的立体结构,且避免了 X 线辐射。人体内血管及其分支间的角度由体内组织维持,所制作血管模型的材料要求具有一定硬度,以维持其形态和角度,明显的缺点为顺应性差,插管时较实际手术操作困难(如 RH 导管进入腹腔动脉有时需用导丝引导),增加了操作难度,但此缺点反而有利于提高初学者的教学及训练难度。

3.2 成像原理及功能

该系统无论是动态摄影还是静态存储,均可以同实际 DSA 成像系统相比。DSA 成像原理为短波长的不可见 X 线穿透人体后显像,本系统则是可见光的立体平面成像。特别是摄像和软件系统的监视屏保留摄影的最后 1 帧冻结图像功能,与实际临床上 DSA 的 LIH 功能相同。精确到千分之一秒的

计时,可准确记录操作过程中的用时;录像功能每秒钟可达 30 帧,分辨率最高达 640×480 ,位数为 128 kbps,为动态摄影提供了可能。局部图像放大功能适应临床实际操作需求。

3.3 过程可重复的意义

初学者或手术操作不熟练者实施手术时因眼-手-脚配合能力欠佳,不但增加术者及患者 X 射线照射的时间及剂量,而且增加因手术操作所致的血管痉挛、损伤、破裂、穿孔及血管夹层等并发症的发生。本模拟系统无受 X 线照射之忧,重复多次操作可提高术者手术操作能力,亦有评估、考核手术操作技能的潜在功能。

3.4 动作可分解性和易阐明性

由于系统具有 LIH 和摄像功能,因此,可以捕捉动态导管操作过程的任意瞬间的立体平面投影图像,这对于手术教学非常重要。譬如,当学者遇到导管的旋转操作和透视图像的对应关系抽象且难以理解时,便可随时暂停手术操作、进行阐述某一现象的成像原理。这是在临床实践教学无法实现的,从而使得从前抽象的人体内介入手术,变成具体直观、动作可分解的实际操作演示。

利用该模拟系统可模拟肝动脉插管术、颈动脉插管术及子宫动脉导管成襻术等血管介入的基本操作,并可获取局部放大图像、训练操作者脚踩脚闸、手移操作床、眼观动态图像的眼-脚-手配合能力,具有无时限、多次重复操作、高容错等特点。模拟操作过程中可对初学者进行直观地、立体地血管介入实践操作教学,但避免了以患者为实践对象及教学性 X 线辐射的危害。有助于完善血管介入实践操作的教学,以适应血管介入综合性教学的需求。

诚然,此模拟系统还有许多不足之处,如血管模型顺应性较差,造成导管成形、插管较实际困难;由于经费原因所置计算机配置不满意造成显示图像时延迟时间较长;模型内为静态的生理盐水,而非循环动态的流体力学模型等。这些问题尚待今后进一步的改进和完善。

【参考文献】

- [1] 杨明镇,代义红,赵开飞,等.介入放射学教学模式的探讨[J].中国实用护理杂志,2010,26:91-92.
- [2] 戚跃勇,邹利光,陈 昱.介入放射学教学初探[J].医学教育研究,2002,15:26-27.
- [3] 方亦斌,王志农,刘建民,等.“以问题为中心”教学法在神经血管介入进修生教学中的应用体会[J].西北医学教育,2010,18:198-199.
- [4] 李 恺,张绍祥,刘光久,等.肝内门静脉分流三维可视化研究在介入治疗教学培训中的应用[J].局解手术学杂志,2007,16:418-419.
- [5] 唐 卓,李 恺.肝内管道三维可视化模型在肝脏手术教学培训中的应用[J].中国医学影像技术,2010,26:1987-1989.
- [6] 曹文聪,杨树森.普通硅酸盐工艺学[M].武汉:武汉工业大学出版社,1996:131-162.
- [7] 西北轻工业学院.玻璃工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1982:323-395.
- [8] 张敏宏,郭 伟,刘小平,等.国人升主动脉及主动脉弓的 CT 解剖研究[J].中华普通外科杂志,2009,24:42-44.
- [9] 魏锡云,林元问,陈文丕,等.腹主动脉及其主要分支的应用解剖[J].临床解剖学杂志,1987,5:121-122.
- [10] Hartshorne TC, McCollum CN, Earnshaw JJ, et al. Ultrasound measurement of aortic diameter in a national screening programme[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2011, 42: 195-199.
- [11] 陶文强,毕振宇,侯致典,等.腹腔动脉 CT 数据三维重建与相关解剖学研究[J].解剖学杂志,2009,32:803-805,824.
- [12] 王 杭,王国民,罗宝国,等.国人肾血管应用解剖学研究及其临床意义[J].复旦学报(医学版),2007,34:119-121.
- [13] 李彩霞,李春海.盆腔动脉造影解剖研究及其临床意义[J].中国介入影像与治疗学,2006,3:104-107.
- [14] 姚绍鑫,崔慧先,崔进国.盆腔肿瘤介入治疗的应用解剖研究[J].介入放射学杂志,2007,16:29-31.
- [15] 李彩霞,孟 红.髂内动脉造影解剖研究及对血管内介入操作的指导意义[J].现代妇产科进展,2006,15:121-124.
- [16] Alderliesten T, Konings MK, Niessen WJ. Simulation of minimally invasive vascular interventions for training purposes [J]. Comput Aided Surg, 2004, 9: 3-15.
- [17] Hsu JH, Younan D, Pandalai S, et al. Use of computer simulation for determining endovascular skill levels in a carotid stenting model[J]. J Vasc Surg, 2004, 40: 1118-1125.
- [18] Owen JW, Koza J, Shiblee T, et al. Placement of a Word catheter: a resident training model [J]. Am J Obstet Gynecol, 2005, 192: 1385-1387.
- [19] Alderliesten T, Konings MK, Niessen WJ. Robustness and complexity of a minimally invasive vascular intervention simulation system[J]. Med Phys, 2006, 33: 4758-4769.
- [20] Parwani V, Cone DC. A novel inexpensive IV catheterization training model for paramedic students [J]. Prehosp Emerg Care, 2006, 10: 515-517.
- [21] Alderliesten T, Konings MK, Niessen WJ. Modeling friction, intrinsic curvature, and rotation of guide wires for simulation of minimally invasive vascular interventions [J]. IEEE Trans Biomed Eng, 2007, 54: 29-38.
- [22] Tanja A, Bosman PN, Niessen WJ. Towards a real-time minimally-invasive vascular intervention simulation system [J]. IEEE Trans Med Imaging, 2007, 26: 128-132.
- [23] Di Domenico S, Santori G, Porcile E, et al. Inexpensive homemade models for ultrasound-guided vein cannulation training

- [J]. J Clin Anesth, 2007, 19: 491 - 496.
- [24] Van Herzele I, Aggarwal R, Neequaye S, et al. Experienced endovascular interventionalists objectively improve their skills by attending carotid artery stent training courses [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2008, 35: 541 - 550.
- [25] Schuetz M, Moenk S, Vollmer J, et al. High degree of realism in teaching percutaneous coronary interventions by combining a virtual reality trainer with a full scale patient simulator[J]. Simul Healthc, 2008, 3: 242 - 246.
- [26] Ahmed K, Keeling AN, Fakhry M, Aoife N, et al. Role of virtual reality simulation in teaching and assessing technical skills in endovascular intervention [J]. J Vasc Interv Radiol, 2010, 21: 55 - 66.
- [27] Tang W, Lagadec P, Gould D, et al. A realistic elastic rod model for real-time simulation of minimally invasive vascular interventions[J]. Visual Computer, 2010, 26: 1157 - 1165.
- [28] 任 巨, 熊岳山, 谭 珂, 等. 虚拟心脏介入手术系统的血流模拟[J]. 国防科技大学学报, 2006, 28: 64 - 66.
- [29] 薛海虹, 方慧敏, 钟一民, 等. 心脏三维超声虚拟内窥镜系统导航与介入方法研究 [J]. 中国医学影像技术, 2007, 23: 1569 - 1571.
- [30] Zhou ZD, Haigron P, Guilloux V, et al. Virtual reality based three-dimensional guide wire propagation simulation for endovascular intervention[J]. Transactions of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2011, 27: 62 - 69.
- [31] 周正东, Haigron P, Guilloux V, 等. 三维血管介入手术模拟方法[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2010, 40: 335 - 340.
- [32] 陈 建, 赵志刚. 虚拟现实在糖尿病外周血管介入手术教学中的应用[J]. 局解手术学杂志, 2010, 19: 227.
- [33] 杜 昕, 郭 伟, 刘小平, 等. 模块分叉支架型血管设计的 CT 研究[J]. 中华外科杂志, 2010, 48: 573 - 576.
- (收稿日期: 2011-05-22)

• 病例报告 Case report •

经皮椎体成形术治疗全胸腰椎骨质疏松性压缩骨折一例

田庆华, 吴春根, 顾一峰, 何 煜, 程永德

【关键词】 经皮椎体成形术; 全胸腰椎; 骨质疏松性压缩骨折

中图分类号: R681.5 文献标志码: A 文章编号: 1008-794X(2011)-09-0727-02

Percutaneous vertebroplasty for the treatment of whole thoracic and lumbar osteoporotic vertebral compression fractures: report of one case TIAN Qing-hua, WU Chun-gen, GU Yi-feng, HE Yu, CHENG Yong-de. Department of Interventional Radiology, the Affiliated Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China (J Intervent Radiol, 2011, 20: 727-728)

Corresponding author: WU Chun-gen, E-mail: chungeng.wu@gmail.com

【Key words】 percutaneous vertebroplasty; entire thoracolumbar spine; osteoporotic vertebral compression fracture

经皮椎体成形术(percutaneous vertebroplasty, PVP)治疗骨质疏松症引起的全胸腰椎压缩性骨折(osteoporotic vertebral compression fractures, OVCFs)临床上比较少见,我院近年收治 1 例,现报道如下。

患者男, 67 岁。类风湿关节炎及肺纤维化病史 20 年,长期服用类固醇激素。全身多次多发病理性骨折,类“玻璃人”表现,诊断为药物性严重骨质疏松症,3 年内曾先后 3 次行多个胸腰椎经皮椎体成形术,术后胸腰椎疼痛明显好转。本

次发病于 2 周前无明显诱因出现胸背部疼痛不适,近 1 周加剧,于 2010 年 7 月 24 日拟诊为胸椎新鲜骨折急诊收入院。患者一般情况尚可,痛苦貌,气促,呼吸音粗,胸椎体棘突压痛、扣痛。颈、腹软,无感觉障碍平面,双侧巴氏征阴性,视觉模拟评分(visual analogue scale, VAS)9 分。本院胸腰椎 MRI 示胸腰椎 PVP 术后,多发胸椎椎体呈压缩改变。实验室检查:动脉血氧分压 59.6 mmHg,氧饱和度 90.3%,血红蛋白 66 g/L,总蛋白 56 g/L,白蛋白 32 g/L,肌酐 179 $\mu\text{mol/L}$,尿酸 700 $\mu\text{mol/L}$ 。心电图、胸片未见明显异常。

经患者和家属知情同意,于 7 月 27 日在 DSA 监控下行 T1 ~ T5 椎体 PVP 术,以棘突为中心旁开 4 cm,逐级麻醉

作者单位: 200233 上海交通大学附属第六人民医院放射介入科

通信作者: 吴春根 E-mail: chungeng.wu@gmail.com