

冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统的设计

王 辉, 胡俊峰, 赵欣玥, 郁步惠, 马庄宣

(徐州医科大学 医学影像学院, 江苏 徐州 221000)

摘要: 冠心病的介入治疗效果明显、创伤小和恢复快, 但在目前临床上专科医师模拟训练和医学专业实践教学中无实践对象, 同时也容易受到辐射危害; 现利用计算机等仿真技术开发一款冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统, 核心技术主要包括冠心病介入治疗设备基本单元、透明人体血管模型、无辐射仿 DSA 成像系统、三维动画学习软件等; 操作者能够完全还原冠心病介入治疗中各种操作流程、技巧和手法, 而且无 X 线辐射, 安全可靠; 创造性的利用自主研发的透明人体模型反复进行操作训练, 经实验测试后可在医学生实践教学中直接得到推广运用, 填补了本领域无实验设备和受试对象的空白。

关键词: 虚拟仿真; 冠心病介入治疗; 临床操作训练; 医学实践教学

Design of Virtual Simulation System for Coronary Interventional Therapy

Wang Hui, Hu Junfeng, Zhao Xinyue, Yu Buhui, Ma Zhuangxuan

(College of Medical Imaging, Xuzhou Medical University, Xuzhou 221000, China)

Abstract: As we all know, coronary interventional therapy of coronary disease has advantages of obvious effect, less trauma and faster recovery. However, at present, there are no practical objects in clinical practice training and practice teaching of medical specialty, and they are also vulnerable to radiation damage at the same time. In this study we develop a virtual simulation system for coronary interventional therapy with computer simulation technology, which mainly include basic unit of interventional equipment for coronary heart disease, transparent human vascular model, radiation-free imitating DSA imaging system, and 3D animation learning software. User can not only restore the various operating procedures, techniques and techniques of interventional treatment of real coronary heart disease, but also has a strong sense of realism, with free X-ray radiation, safe and reliable. This system can also creatively use the home-made human model to carry out practical training in operation and training. It can be popularized and applied directly in the practice teaching of medical students, which filled the gaps in the field without lab equipment and subjects.

Keywords: virtual simulation; coronary interventional therapy; clinical operation training; medical practice teaching

0 引言

冠心病介入治疗又称经皮冠状动脉介入治疗 (PCI), 是指经心导管技术疏通狭窄甚至闭塞的冠状动脉管腔, 从而改善心肌的血流灌注的治疗方法。冠心病介入治疗的手术操作难度较大, 只有在充分实践练习的基础上才能逐步掌握技巧和要领, 并达到熟练程度以后才有可能进一步进行临床治疗。而实际上, 在医学生临床实践教学和专科医师技能培训中, 却不可能用真实病人进行练习操作, 也无法避免放射线, 因此急需开发可以方便用户练习操作训练的冠心病介入治疗仿真设备, 训练时才能够不惧怕 X 射线并能对冠心病介入治疗的操作流程、技巧和手法有深刻的体会, 从而完成从感性认识到理性认识的升华, 提高冠心病介入治疗的教学效果。

传统的血管介入治疗实践教学和操作训练一般局限在理论知识和观察手术过程, 具体的实践操作多数为“见习加实习”训练模式。而且冠心病介入治疗操作见习课无法

避免 X 射线辐射、无法用病人进行练习操作以及国内 C 型臂无实验教学设备。在国内的教学中, 多以玻璃管代替血管, 但玻璃管顺应性差, 导管成形和插管中较实际手术过程困难。同时国外的介入手术模拟器不仅造价高, 而且是在虚拟情况下完成, 不仅无法实现手术设备的仿真, 也无法实现操作流程的仿真。

冠心病介入治疗虚拟仿真系统设计目的是为了满足医学生自学与动手实验的需要, 既完整地保留临床上冠心病介入治疗的操作步骤, 同时又能提高实践教学质量。避免了学生接受 X 射线的辐射, 便于学生对冠心病介入治疗技能全面性掌握, 对介入操作的具体过程以及注意事项有直观且生动的认识。冠心病介入治疗虚拟仿真系统利用仿真技术, 科学的把仿真介入治疗设备基本单元、透明人体血管模型、无放射源的成像系统、三维动画学习软件结合, 完全实现传统实验不具备或难以完成的实践教学和医疗培训等功能, 既节省了实验教学硬件成本, 又能为教师、医学生及专科医生提供了一个无创性、无损毁性、无危险性的训练方式, 充分体现教育部仿真实验“虚实结合、相互补充、能实不虚”的原则。

1 冠心病介入治疗虚拟仿真系统的设计与实现

1.1 总体设计

冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统主要包括仿真

收稿日期: 2019-03-20; 修回日期: 2019-04-09。

作者简介: 王 辉 (1981-), 男, 江苏徐州人, 实验师, 主要从事医学虚拟仿真教学、生物医学工程学等方向的研究。

通讯作者: 胡俊峰 (1969-), 男, 江苏丰县人, 教授, 主要从事医学影像工程与医学图像处理方向的研究。

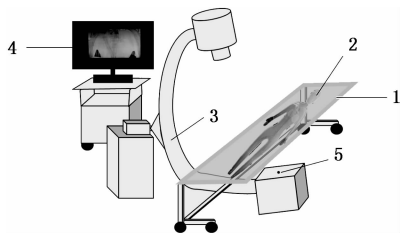
设计的介入治疗设备基本单元、透明人体血管模型、无放射源的成像系统、三维动画学习软件 4 部分(图 1)。整套系统既能在软件上便于用户初步模拟操作又能在硬件上自己动手实践练习,安全可靠,而且不易损坏。

1) 介入治疗设备基本单元可以作为实现心脏部位血管介入模拟操作的平台。

2) 透明人体血管模型提供真实人体的心脏分布位置和主要血管走向与分布,如主动脉、上腔静脉及下腔静脉。

3) 无放射源的成像系统可以采集透明人体血管介入操作图像并显示在监视器上,监视血管操作的整个过程。

4) 三维动画学习软件有利于学生记录血管介入操作步骤,观察心脏和血管的仿真图像和模拟动画。



注: 1. 仿真手术治疗床; 2. 透明人体血管模型;
3. 仿真 C 型臂; 4. 监视器; 5. 摄像头

图 1 冠心病介入治疗虚拟仿真系统结构图

1.2 技术难点与解决方法

冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统主要创新在于: 结构和功能完全仿真、无需现实病人、无辐射血管显影成像、软硬件结合。

1) 本系统的设计解决了在医学生实践教学和专科医师培训中,冠心病介入治疗操作训练面临的无法避免 X 射线辐射,及国内无专门训练用 C 型臂等难题。利用医学工程实验中心科研平台和理工医结合的科研团队,以仿真技术为依托,运用计算机技术、自动控制和机械设计等技术,创造性地设计出利用穿刺针、导丝、导管等器械经血管途径对心脏血管进行诊断与治疗的,结构和功能同临床介入科室中一致的仿真医疗设备。

介入治疗设备基本单元的研制实现了系统硬件组成: 介入治疗设备基本单元仿照实际数字减影血管造影机的外形尺寸,依据工程图制作出部件,然后加工拼装而成。由仿真 C 型臂、仿真手术治疗床、超清摄像头等组成,有机结合后构成系统操作平台; 仿真 C 型臂的球管焦点至影像增强器距离 ≥ 970 mm,弧深 ≥ 670 mm,弧深及开口 ≥ 700 mm; 透明治疗床长 2 000 mm,宽 600 mm,高 700 mm,治疗床附带有四个万向轮,可随意调整角度和位置,摄像头放置于透明治疗床下,并能根据实际需要方便调整高度和焦距。

2) 具有自主知识产权的透明人体血管模型,彻底解决了冠心病介入治疗操作训练中不可能用病人进行练习操作,无受试对象的限制。透明人体血管模型的外观与人体轮廓相似、主体材料与人体组织等效、内部组织器官与实体仿

真、可以反复进行穿刺和操作训练。透明人体血管模型包括仿真透明人和透明心血管系统。仿真透明人腹侧表面由仿真人硅胶制成,不透明;背侧底面由透明硅胶制成,从其下底面可以透视其中透明心血管系统。

透明人的尺寸与成人的尺寸的比例为 1: 1,仿真人体的腹侧表面采用肤色材料制成,背侧底面采用透明材料制成;透明心血管系统包括透明动脉、透明静脉、透明心脏和冠状大血管,透明动脉、透明静脉选取与人体血管尺寸相对应的 PVC 管制作,其形态分布按照人体各部分主要血管走向设置;透明心脏和透明冠状大血管分别根据实际形态尺寸利用 PVC 材料和 PVC 管制作。透明心脏向上移行为升主动脉和上腔静脉,向下移行为下腔静脉;升主动脉移行为主动脉弓,主动脉弓凸侧从右向左依次发出头臂干、左颈总动脉和左锁骨下动脉,锁骨下动脉依次移行为腋动脉、肱动脉;上腔静脉紧邻升主动脉的右侧,发出左头臂静脉和右头臂静脉,头臂静脉发出锁骨下静脉,其分支与同名动脉伴行;主动脉弓向下依次移行为降主动脉,包括胸主动脉和腹主动脉,腹主动脉发出左髂总动脉和右髂总动脉,并依次移行为髂外动脉、股动脉;下腔静脉紧邻降主动脉的右侧,其分支与同名动脉伴行。

通过上述方法所制作的透明人体模型,其韧性和人体皮肤接近,而且穿刺时有一种突破感,符合实际操作训练要求;血管系统整体采用 PVC 材料,由于 PVC 材料柔软易弯曲且具有一定的韧性,因此可以仿照人体心血管系统进行布置,使模拟操作者便于穿刺插管练习;背部材料采用透明硅胶材料制成,保证硬化后的背侧仿真皮肤柔软透明,便于摄像头采集仿真血管图像以及介入器械定位要求。

3) 本系统最具核心技术——无放射源成像: 在临床中冠心病介入利用 DSA 设备,通过减影、增强和再成像过程来获得清晰的纯血管影像,同时实时地显现血管影;但是无论是医生还是病人都会或多或少吸收一定剂量 X 射线。经过不断实践和改进,系统采用无放射源成像为核心技术,来取代具有辐射的医学影像设备对冠心病介入手术的引导。

无放射源的成像系统由摄像头、透明手术治疗床的床面和监视器组成;把仿真手术治疗床的床面设计成透明,在治疗床上放置透明人体模型;在仿真 C 型臂的影像增强器位置安装摄像头,用摄像头代替 X 射线;1 台 19"监视器,水平中心分辨率 1 000 线,边缘 800 线,水平带宽 ≥ 12.5 MHz,每秒图象数 25 帧;摄像头连接监视器,用以采集透明人体血管介入操作图像并显示在监视器上,通过调节摄像头的高度或移动诊断床对影像监视系统进行调整,使影像界面达到最清晰。完成动态监视冠心病介入治疗操作的整个过程,从而实现血管介入治疗操作训练仿真训练操作。

4) 三维动画学习软件: 主要是冠心病介入治疗室介绍及相关设备模拟操作、C 型臂设备动画介绍和三维血管介入操作动画组成;通过三维动画软件平台的植入设计,开发了一套完整的配套练习系统,便于初学者自主学习和复习巩固(图 2)。



图 2 三维动画学习软件界面

2 结果与分析

利用冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统, 用户可以在实验室无需进入医院就可完成冠心病介入治疗操作训练。具体实验过程分三步: 第一步, 预备工作, 准备实验所用器材, 包括穿刺套装, 各种规格的导管导丝, 介入诊断和治疗常用耗材等, 把透明人体血管模型放置在治疗床的床面上, 并覆盖手术铺巾于透明人体血管模型, 同时开启仿真 C 型臂、摄像头和监视器。第二步, 介入操作过程。用穿刺针在透明人体相应静脉处做穿刺操作, 沿着穿刺针把导管导入血管。位于影像增强器处的摄像头记录导管在血管中的移动情况, 并在监视器上显像, 监控导管在血管中的操作过程, 并引导操作者进行导管正常工作。第三步, 穿刺部位局部处理, 手术结束。同时, 介入治疗三维动画学习软件由三维动画演示模块、教学模块、自主学习模块组成, 既可以在课堂教学时随教师教学穿插使用, 也可以在课后由学生预习, 复习巩固冠心病微创治疗相关操作。

注意事项: 操作前首先对影像监视系统进行调整, 使影像界面达到最清晰。必要时调节摄像头的高度或移动诊断床。严格做好介入手术中的准备工作, 选择体表穿刺点(常用的有股动静脉、桡动脉、锁骨下动静脉、颈动静脉)。用穿刺针进行穿刺时应注意进针的方向和力度, 当穿到一定深度时, 感觉到一种突破感时, 表明已经穿过血管壁, 此时应该放入血管鞘。固定血管鞘后, 使用导管和导丝进行介入手术操作训练, 注意操作顺序和操作手法, 必要时可以使用其他复杂的精密的介入器械以及重要器官的专用介入器械。反复训练后可以改变穿刺部位后, 重复练习操作, 熟练掌握介入手术的步骤和手法, 以及各种器材的相互配合使用。

根据科技查新可以得到结论: 除本系统外, 未见与冠心病介入治疗虚拟仿真操作训练系统相关的文献报道和技术。该项目为国内外首创, 学生可以反复学习、随时学习, 自主学习, 而且没有 X 线等辐射, 从而从根本上解决了长期困扰大型医疗设备实验教学的难题, 引领专业实验教学新潮流, 受到学员和众多来访专家的一致好评。

目前冠心病介入治疗操作训练仿真操作训练系统是医学实践教学和专科医师培训领域的首创, 共获得国家发明专利和实用新型专利共五项, 在国内属于领先地位。研发成一套完整的用于冠心病介入治疗操作训练的实训系统, 既完整地模拟临床中血管介入治疗的操作步骤, 又提高了

学员的动手能力, 避免了操作训练过程中接受 X 射线的辐射, 便于学员自主学习, 对血管介入治疗技能的全面性掌握和血管介入的整个操作过程及其注意事项有直观且生动的认识。

冠心病介入治疗操作训练仿真操作训练系统不仅在徐州医科大学临床技能中心使用, 还向其他医学院校和社会医疗机构进行了推广应用, 取得了明显的社会效益和经济效益。

3 结束语

冠心病介入治疗虚拟仿真系统是一款具有医工结合、机电集成等技术的软硬件一体化实验教学和专科医疗培训设备。能够实现冠心病介入治疗的全过程仿真, 解决了冠心病介入治疗实验课医学专业学生缺乏动手实践, 无法避免高放射性的难题; 解决了传统医学教学模式中, 无法用病人作为受试对象进而限制亲自动手操作训练机会, 学习效率低下的难题; 同时又可以满足用户自主学习冠心病介入操作设备的结构、原理、操作与训练, 由此可见冠心病介入治疗操作训练可以在仿真条件下进行, 在相关领域中具有较强的实用性和示范性, 是大型医疗设备临床教学的最新较成功的探索。相信在现代科学技术不断进步和医学科学不断发展的推动下, 标准化病人模型的应用和现代医学大型医疗设备虚拟仿真教学将会给医学实践教学方法和手段的发展带来一场革命。

参考文献:

- [1] 葛均波. 冠心病介入治疗的过去、现在和未来 [J]. 遵义医学院学报, 2014, 37 (1): 1-5.
- [2] 王红石. 冠心病介入治疗的规范化教学 [J]. 中国病案, 2011, 12 (6): 63-64.
- [3] 张瑞军. 血管内介入模拟治疗系统 [J]. 中国医院, 2008, 12 (2): 77-78.
- [4] 李依明, 王杰, 施海彬, 等. 血管介入教学模拟系统的研制 [J]. 介入放射学杂志, 2011, 20 (9): 723-727.
- [5] 罗买生. 心血管介入手术仿真训练中导丝的实时运动模拟及其原型系统实现 [D]. 上海: 上海交通大学, 2015.
- [6] 米绍华. 虚拟血管介入手术导丝导管仿真关键技术研究 [D]. 北京: 中国科学院大学, 2014.
- [7] 张琦, 黄展鹏. 医学虚拟仿真为导向的《三维动画》教学改革探索 [J]. 教育现代化, 2017 (23).
- [8] 程海丽, 张敬宗, 王献云, 等. 谈虚拟仿真实验教学中心建设中的“虚实结合”原则 [J]. 甘肃科技, 2017, 33 (3): 50-53.
- [9] 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]. Simulation in Healthcare Journal of the Society for Simulation in Healthcare, 2008, 3 (4): 242.
- [10] Lanzer P, Prechelt L. Expanding the base for teaching of percutaneous coronary interventions: the explicit approach. [J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2015, 77 (3): 372-380.