

# 外科学技术的仿真训练\*☆

李靖

## Simulation training of surgical skills

Li Jing

### Abstract

**BACKGROUND:** The simulation training of surgical skills originated about thirty years ago. It has been one of the main parts of medical education.

**OBJECTIVE:** The features and virtues of surgical simulation training on the facility, feedback and measurement were presented and its future development was suggested.

**METHODS:** A computer online search was performed to find papers published between 2000 and 2010 in PubMed database. The key words "surgery, simulation, training, accreditation and evaluation" were used to search. Documents concerning the methods and facilities of surgical skills training were included. In this way, 79 documents were obtained at first, and then 27 were selected according to the including standard.

**RESULTS AND CONCLUSION:** The simulation training of surgical skills improves the skills of surgical residents, the adaptability of clinical environment and the security of surgery and reduces the government medical expenses. Therefore, the simulation training of surgical skills is replacing traditional clinical training to be the leading position in surgical education. Furthermore, it surely has a promising future. In terms of the future development, the improvements in the indices and methods of assessment, the level of the fidelity of simulators and the methods of simulation training were considered as the possible directions.

Li J. Simulation training of surgical skills. Zhongguo Zuzhi Gongcheng Yanjiu yu Linchuang Kangfu. 2011;15(22): 4127-4130. [http://www.crter.cn http://en.zglckf.com]

### 摘要

背景: 外科学技术的仿真训练已有30年历史, 如今已经成为了国外医学教育体系的重要组成部分。

目的: 阐述外科学技术仿真训练在训练设备、反馈形式及评估手段等方面的特点及优势, 并指出外科学技术仿真训练未来的发展方向。

方法: 检索PubMed数据库中2000/2010关于外科学技术仿真训练领域的文章, 以"surgery, simulation, training, accreditation, evaluation"为英文检索词。选择与外科学技术训练方法、训练设备等相关的论文。初检得到79篇文献, 根据纳入标准选择27篇进行综述。

结果与结论: 外科学技术的仿真训练提高了外科住院医生的操作技能, 增强了他们对临床实际工作的适应能力, 从而在一定程度上增加了医疗的安全性和节省了政府的医疗支出。这些特点和优势使外科学技术的仿真训练在当今国外医学教育体系中逐渐取代了传统的临床实习而居于主导地位, 具有良好的发展前景。未来的发展主要在于继续摸索更加客观有效的评估指标和评估方法; 提高训练设备及训练环境的仿真度; 以及加强仿真训练方法学的研究等方面。

关键词: 模拟; 手术; 操作; 教学; 考核

doi:10.3969/j.issn.1673-8225.2011.22.033

李靖. 外科学技术的仿真训练[J]. 中国组织工程研究与临床康复, 2011, 15(22):4127-4130. [http://www.crter.org http://cn.zglckf.com]

## 0 引言

合格的外科医生必须熟练掌握各项外科操作技术。培训外科学技术的传统模式是临床实习, 即在真实的临床环境中, 由经验丰富的外科医师指导和监督住院医师学习外科学技术。在国外, 临床实习的培训周期平均为5~7年。

外科学技术的仿真训练起源于20世纪80年代, 加拿大多伦多大学医学院首先应用仿真训练与反馈、评估相结合的方法培训外科住院医师, 从而开创了以仿真训练为基础的外科学技术教学的崭新模式<sup>[1]</sup>。

20世纪90年代以来, 腹腔镜技术大量应用于临床, 掌握该技术需要克服二维影像、触觉

反馈减少及手与器械移动端的运动方向相反等难点。由于许多外科医生缺乏充分的技术训练, 导致手术并发症的发生率增加了5倍; 手术并发症进而导致患者的住院时间延长, 医疗支出增多<sup>[2]</sup>。此外, 1999年Bridges等<sup>[3]</sup>报道为了培训外科住院医师, 每台手术平均延长12.6 min。如果按培养1 000名外科医生平均每人完成1 000例手术推算, 医院增加的开支高达五千三百万美元。并且, 培训工作还占用了外科医师治疗患者的时间, 进而使医院的收入减少。上述因素都要求传统外科医生临床实习培训模式必须进行必要的转换。

在实验室开展外科学技术仿真训练, 可以使住院医师在实施真实手术前获得大量的模拟训练机会, 同时避免了真实手术中患者、器械、

Department of Sport and Health Science, Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, Jiangsu Province, China

Li Jing☆, Doctor, Associate professor, Department of Sport and Health Science, Nanjing Sport Institute, Nanjing 210014, Jiangsu Province, China  
lijing197512@163.com

Supported by: the Jiangsu Government Scholarship in 2009\*

Received:2010-11-07  
Accepted:2011-02-27

南京体育学院运动健康科学系, 江苏省南京市210014

李靖☆, 女, 1975年生, 江苏省镇江市人, 汉族, 2006年南京中医药大学毕业, 博士, 副教授, 主要从事中医诊疗技术的运动学习与控制领域研究。  
lijing197512@163.com

中图分类号:R318  
文献标识码:A  
文章编号:1673-8225  
(2011)22-04127-04

收稿日期: 2010-11-07  
修回日期: 2011-02-27  
(20100907024/D·Z)

药品等因素可能对技术教学的干扰,从而能有效地提高操作的熟练程度,增加医疗安全,并能明显节省医疗开支。为此,2008年美国外科实习评审委员会(the Residency Review Committee for Surgery)规定所有外科专业必须开设仿真训练课程,这是美国外科教育走上全面开展仿真训练之路的重要标志<sup>[4]</sup>。随后,美国外科学会(the American College of Surgeons, ACS)对美国及英国共27所医学院的外科仿真训练课程及训练设施进行了标准化认证<sup>[5]</sup>。目前,外科技术的仿真训练已经成为了国外医学教育体系的重要组成部分。

## 1 资料和方法

**1.1 资料来源** 由作者在2010-05/08进行检索。检索数据库: PubMed 数据库,网址 <http://www.ncbi.nlm.gov/PubMed>。英文资料的检索时间范围为2000-01-2010-10。英文检索词为“surgery, simulation, training, accreditation, evaluation”。

**1.2 入选标准** 纳入标准: ①外科技术训练方法学研究。②外科技术训练设备的研制。③外科技术仿真训练的可转移性研究。排除标准: ①与此文目的无关。②较陈旧的文献。③重复同类研究。

**1.3 质量评估** 基础研究和实验研究原著56篇,综述7篇,述评1篇,临床研究15篇。

## 2 结果

**2.1 纳入文献基本情况** 初检得到79篇文献,阅读标题和摘要进行初筛,排除研究目的与此文无关18篇,内容重复性的研究29篇,共保存27篇英文文献做进一步分析。其中综述3篇,实验研究20篇,临床研究4篇。

### 2.2 结果描述

**2.2.1 外科技术仿真训练的设施** 外科技术仿真训练是在实验室开展的,因此需要配备相应的模拟训练设施。这些训练设施的种类及其仿真程度直接决定了仿真训练的教学内容及训练效果。

**基本技术的仿真训练设备:** 缝合、打结这些基本外科技术可以在简单的设备上模拟训练,如在泡沫上练习缝合、在杆上练习打外科结等。用于训练腹腔镜基本技能的捡豆练习(The Cup Drop)也属此类,即利用腹腔镜模拟操作器械将豌豆从训练盒底部转移到小杯子中,以锻炼手眼协调及深度推断等技能<sup>[4]</sup>。这些训练设备制作简单,价格低廉。

然而,目前广泛应用的腹腔镜仿真训练设备是集训练、评估于一体的高端数字化训练系统。如得克萨斯西南医学院研制的GEM模拟训练器(the Guided Endoscopic Module),学习者可以根据训练盒底部的地图,

借助二维视频图像监控设备完成16个数字、字母与地图的匹配任务<sup>[6]</sup>。MISTELS系统(the McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills)要求学习者在腹腔镜下完成夹取转移物体、剪图形、套圈、打结、缝合等一系列技术,并且能自动评估操作时间和准确度<sup>[7]</sup>。FLS系统(Fundamentals of Laparoscopic Skills)在MISTELS的基础上还搭载了有关腹腔镜基本知识的图文资料,并配有题库。自2009年起,FLS系统已正式用于美国外科医生腹腔镜操作技能考核<sup>[8]</sup>。

**特定操作过程的仿真训练设备:** 在外科仿真训练实验室,学习者还可以使用各种外科器械在仿真人体组织器官上模拟手术操作的全过程。目前可以开展的仿真手术已达到15种,如腹膜外疝修补术、胆管探查术、阑尾切除术、脾切除术、甲状旁腺切除术、胰远端切除术、胃底折叠术等<sup>[9]</sup>。

外科仿真手术所使用的人体及其组织器官是由合成橡胶制成的,其外部形态、内部构造及质地感等均与真实人体组织器官十分接近,有的甚至在手术切割时还能模拟出血现象<sup>[10]</sup>。目前这些人体仿真组织器官主要由Bristol、Avon等公司生产<sup>[11]</sup>。

**虚拟现实训练设备:** 虚拟现实是一种综合利用计算机图形学、仿真技术、多媒体技术、人工智能技术、计算机网络技术和多传感器技术等模拟人的视觉、听觉等功能,并能够通过语言、动作等方式与之进行实时互动的计算机高级人机界面。

目前已研制成功的外科技术虚拟现实训练设备有:MIST-VR系统(the Minimally Invasive Surgical Trainer-Virtual Reality)、LapSim系统及Lap Mentor系统等<sup>[12]</sup>。这些系统通常由计算机工作站、监视器、操作柄、模拟烙术踏板等组成,具有摄像机导航和器械导航功能,可以模拟抓、剪、夹、提、缝合、细致剥离等基本外科技术,还可模拟导管插入、内窥镜操作、胆囊切除术、输卵管切除术等操作,并能够提供完成时间、器械移动路径及准确度等数据<sup>[13]</sup>。这些虚拟现实训练系统的造价不菲,通常一套设备价值十几万美元。

然而,遗憾的是,目前虚拟现实训练技术还不能为训练者提供外科操作中十分重要的触觉反馈,这一缺陷在一定程度上影响了仿真训练的效果<sup>[14]</sup>。

**外科技术仿真训练中心:** 外科技术是在特定的社会情境中应用的。因此,作为外科医生不仅要熟练掌握技术操作,还应该具备一定的参与社会活动的的能力<sup>[15]</sup>。

外科技术仿真训练中心由手术室、急诊室、病房和ICU等组成,外科医生与护士、麻醉师、检验师等以一个社会文化团体形式共同参与模拟训练,实现对真实生活中外科医生诊疗患者的全部情境的综合模拟。训练的内容包括对患者病情的评估、术前术后与患者及其家属

的沟通、实施仿真手术等。仿真训练中心配备有摄像机、麦克风及各种尖端数据处理设备,可以记录全部训练过程;专家还可以通过控制室的单向玻璃和监控录像实时了解训练的进展情况,以便为学习者提供反馈信息。这种外科技术仿真训练形式代表了未来的发展方向。2006年以来,美国、加拿大等国家已相继建成了多所规模较大的外科技术模拟训练中心<sup>[16]</sup>。有研究报道开展仿真急救训练能显著提高外科医疗团队完成真实外科临床抢救任务的工作效率,抢救成功率亦大大增加<sup>[17]</sup>。

**2.2.2 外科技术仿真训练的反馈形式** 与临床实习类似,在外科技术仿真训练中专家反馈依然是最基本的反馈形式。实践经验丰富的外科医生或教育工作者可以作为专家,在训练现场为学习者提供有价值的反馈信息。不过,仿真训练中专家反馈的方式更加灵活。例如专家不在现场时,可以利用远程监控技术实现对学习者技术训练的实时反馈<sup>[18]</sup>。

此外,外科技术仿真训练还有录像反馈和仪器反馈等独特的反馈形式。

外科技术录像以语言解说配合动作示范的方式详细地介绍某项技术的操作要领,并阐明常见操作错误产生的原因及避免办法等,是外科技术仿真训练中重要的教学资料。学习者可以根据自身需要选择录像播放的方式,如挑选某一部分播放、慢速播放、反复播放等等<sup>[19]</sup>。通过边观看录像边与自己的技术动作对照,学习者可以及时纠正操作错误。这种录像反馈方式不需要专家在场,因此学习者的训练时间安排相对灵活,尤其适用于简单操作的自我训练,如开放性打结、缝合、腹腔镜基础操作等,以及复杂技术的自我复习巩固<sup>[20]</sup>。

先进的仿真训练设备通常自身携带测试系统,可以提供完成时间、错误数量、动作路程、动作方向等数据,这些数据可以作为重要的反馈信息,帮助学习者及时了解技术操作的完成质量,寻找不足,改进技术。一些虚拟训练设备还配备帮助系统。例如,进行虚拟腹腔镜缝合训练时,在帮助模式下,屏幕上显示箭头标志,以协助学习者判断进针的位置是否正确;虚拟胆囊切除术训练时,帮助系统可以提供组织夹取位置、方向及角度等指示信号;有的虚拟内窥镜训练设备还能够提供解剖图谱。因此,帮助系统可以在一定程度上替代专家为学习者及时提供反馈信息,被称为虚拟导师<sup>[4]</sup>。

**2.2.3 外科技术仿真训练的评估方式** 对外科技术操作水平的评估,可以使用各种量表,不过外科专家应用量表进行评分时,不可避免地带有一定的主观成分。在仿真训练中,还可以选择一些检测指标应用先进的测试仪器进行量化测试,从而可以更加客观地评估不同操作者技术水平的高低,这也充分体现了外科技术仿真训练的特点和优势。其中,测试专家技术操作所获得的数据还可以用于建立评估标准,以作为确立普通学习者技

术水平等级的参照。

**量表:** 评估外科技术操作水平的量表可分为特定任务量表(procedure-specific checklists)和通用量表两大类。

特定任务量表是将某一项外科技术分解为10~30个基本操作步骤,每个步骤按操作正确与否分为0和1两个等级评分,各步骤得分之和为整项技术操作的总分。因此,特定任务评分表仅适用评估某一特定的外科技术,其重点在于审查技术细节的完成质量<sup>[21]</sup>。不同的外科技术需要设计和使用不同的特定任务量表。

与特定任务量表不同的是,通用量表关注操作者的整体外科行为,适用于各种外科技术的评估<sup>[21]</sup>。例如,多伦多大学Faulkner等1996年研制的《外科技术通用量表(the objective structured assessment of technical skills, OSATS)》。该量表共包括7项外科行为,如对患者组织的尊重度、操作效率、器械操作水平、器械知识水平、是否使用助手、操作流畅度和特定技术的知识水平等,每个项目均分1~5级进行评分<sup>[22]</sup>。2005年McGill大学Vassiliou等<sup>[23]</sup>研制了《腹腔镜技术通用评估量表(global assessment of laparoscopic skills, GOALS)》。该量表包括深度感觉、双手协调、组织夹取、自主性等项目,亦采用5级评分,并规定了1、3、5三个等级的评分标准。OSATS和GOALS的适用范围均十分广泛,并且具有较高的信度和效度,已经成为了外科操作技术水平评估的“金标准”<sup>[4]</sup>。

**客观指标:** 最常用的客观指标是操作时间和错误次数。例如,完成同一操作的时间减少提示熟练程度提高;然而熟练程度的提高不能以牺牲准确度作为代价,因此往往同时还要记录错误数量。只有操作时间减少,同时错误数量下降,才提示操作技术进步。

与上述两项指标相比,器械的移动轨迹、肢体的运动、仿真组织或外科结紧张度的测量等属于特异程度较高且测试过程相对复杂的客观评估指标。其中,测量器械移动端的活动轨迹可以评估技术动作的经济程度,测试时既可以测量总位移,也可以测量移动端与设定目标之间的位移差<sup>[24]</sup>。目前该指标已广泛用于腹腔镜操作水平的评估。运动示踪系统(The Imperial College Surgical Assessment Device, ICSAD)可以测试技术操作时手的活动。例如将示踪器固定在手背和手指,可以测试动脉修补模拟手术中手的运动路程和动作数量<sup>[25]</sup>。表面张力测试仪用于测试外科结或组织的紧张度。Van Sickle等<sup>[26]</sup>报道学习者在专家和表面张力测试仪的共同协助下外科结的完成质量显著提高。

另外,眼睛示踪是新颖的外科技术评估指标,可以判断操作者目光焦点的位置,例如判断目光是聚集于屏幕里的图像还是屏幕本身,从而预见技术操作中的错误<sup>[27]</sup>。目前这一指标的具体测试方法还在摸索之中。

### 3 小结

总之, 外科技术的仿真训练, 凭借先进的训练设备、科学的训练方法和客观量化的评估手段, 提高了外科住院医师的操作技能, 增强了他们对临床实际工作的适应能力, 从而在一定程度上增加了医疗的安全性和节省了政府的医疗支出。这些特点和优势使外科技术的仿真训练在当今国外医学教育体系中逐渐取代了传统的临床实习而居于主导地位, 具有良好的发展前景。其未来的发展主要在于继续摸索更加客观有效的评估指标和评估方法, 提高对外科技术水平的鉴别能力; 运用现代科技手段进一步提高训练设备及训练环境的仿真度; 以及加强仿真训练方法学的研究, 以进一步提高仿真训练的可转移程度等方面。

### 4 参考文献

- [1] Reznick R, Regehr G, MacRae H, et al. Testing technical skill via an innovative "bench station" examination. *Am J Surg.* 1997;173(3): 226-230.
- [2] Dimick JB, Chen SL, Taheri PA, et al. Hospital costs associated with surgical complications: a report from the private-sector National Surgical Quality Improvement Program. *J Am Coll Surg.* 2004;199(4):531-537.
- [3] Bridges M, Diamond DL. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg.* 1999;177(1):28-32.
- [4] Mercer SJ, Whittle C, Siggers B, et al. Simulation, human factors and defence anaesthesia. *J R Army Med Corps.* 2010;156(4 Suppl 1): 365-359.
- [5] Johnson KA, Sachdeva AK, Pellegrini CA. The critical role of accreditation in establishing the ACS Education Institutes to advance patient safety through simulation. *J Gastrointest Surg.* 2008;12(2):207-209.
- [6] Scott DJ, Bergen PC, Rege RV, et al. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience? *J Am Coll Surg.* 2000;191(3):272-283.
- [7] Fraser SA, Klassen DR, Feldman LS, et al. Evaluating laparoscopic skills: setting the pass/fail score for the MISTELS system. *Surg Endosc.* 2003;17(6):964-967.
- [8] Rehrig ST, Powers K, Jones DB. Integrating simulation in surgery as a teaching tool and credentialing standard. *J Gastrointest Surg.* 2008;12(2):222-233.
- [9] Scott DJ, Dunnington GL. The new ACS/APDS Skills Curriculum: moving the learning curve out of the operating room. *J Gastrointest Surg.* 2008;12(2):213-221.
- [10] Jones DB, Wu JS, Soper NJ. *Laparoscopic Surgery: Principles and Procedures.* New York:Marcel Dekker,2004.
- [11] Neary PC, Boyle E, Delaney CP, et al. Construct validation of a novel hybrid virtual-reality simulator for training and assessing laparoscopic colectomy; results from the first course for experienced senior laparoscopic surgeons. *Surg Endosc.* 2008; 22(10):2301-2309.
- [12] Maithe S, Sierra R, Korndorfer J, et al. Construct and face validity of MIST-VR, Endotower, and CELTS: are we ready for skills assessment using simulators? *Surg Endosc.* 2006; 20(1): 104-112.
- [13] van Dongen KW, Tournioj E, van der Zee DC, et al. Construct validity of the LapSim: can the LapSim virtual reality simulator distinguish between novices and experts? *Surg Endosc.* 2007; 21(8):1413-1417.
- [14] Gonzalez D, Carnahan H, Praamsma M, et al. Control of laparoscopic instrument motion in an inanimate bench model: implications for the training and the evaluation of technical skills. *Appl Ergon.* 2007;38(2):123-132.
- [15] Brewster LP, Risucci DA, Joehl RJ, et al. Management of adverse surgical events: a structured education module for residents. *Am J Surg.* 2005;190(5):687-690.
- [16] Brewster LP, Risucci DA, Joehl RJ, et al. Comparison of resident self-assessments with trained faculty and standardized patient assessments of clinical and technical skills in a structured educational module. *Am J Surg.* 2008;195(1):1-4.
- [17] Reznick RK, MacRae H. Teaching surgical skills--changes in the wind. *N Engl J Med.* 2006;355(25):2664-2669.
- [18] Tsuda S, Barrios L, Derevianko A, et al. Does telementoring shorten the pathway to proficiency in the simulation environment? *Surg Endosc.* 2008;22:S228 (suppl 1):465.
- [19] Nousiainen M, Brydges R, Backstein D, et al. Comparison of expert instruction and computer-based video training in teaching fundamental surgical skills to medical students. *Surgery.* 2008; 143(4):539-544.
- [20] Safir O, Dubrowski A, Hui Y, et al. Self-directed practice scheduling is equivalent to instructor guided practice when learning a complex surgical skill. *Procedia-Social and Behavioral Sciences.* 2010;2(2):792-796.
- [21] Moulton CA, Dubrowski A, Macrae H, et al. Teaching surgical skills: what kind of practice makes perfect? a randomized, controlled trial. *Ann Surg.* 2006;244(3):400-409.
- [22] Martin JA, Regehr G, Reznick R, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997;84(2):273-278.
- [23] Vassiliou MC, Feldman LS, Andrew CG, et al. A global assessment tool for evaluation of intraoperative laparoscopic skills. *Am J Surg.* 2005;190(1):107-113.
- [24] Kondraske GV, Hamilton EC, Scott DJ, et al. Surgeon workload and motion efficiency with robot and human laparoscopic camera control. *Surg Endosc.* 2002;16(11):1523-1527.
- [25] Datta V, Mackay S, Mandalia M, et al. The use of electromagnetic motion tracking analysis to objectively measure open surgical skill in the laboratory-based model. *J Am Coll Surg.* 2001;193(5): 479-485.
- [26] Van Sickle KR, Smith B, McClusky DA 3rd, et al. Evaluation of a tensiometer to provide objective feedback in knot-tying performance. *Am Surg.* 2005;71(12):1018-1023.
- [27] Shah J, Paul I, Buckley D, et al. Can tonic accommodation predict surgical performance? *Surg Endosc.* 2003;17(5):787-790.

**基金资助:** 由江苏省政府留学奖学金(2009 年度)资助。

**致谢:** 衷心感谢加拿大多伦多大学运动学习和控制领域专家 Heather Carnahan 教授和 Lawrence Grierson 博士, 他们为本文的撰写提供了大量的最新最权威的文献资料。

**关于作者:** 本文由作者独立完成, 对文章负责。

**利益冲突:** 课题未涉及任何厂家及相关雇主或其他经济组织直接或间接的经济或利益的赞助。

**伦理批准:** 没有与相关伦理道德冲突的内容。

**此问题的已知信息:** 国内的外科技术训练以临床实习为主, 没有形成完善的外科技术仿真训练教学模式。

**本综述增加的新信息:** 本综述主要阐述了国外外科技术仿真训练在训练设备、反馈形式及评估手段等方面的特点及优势。

**临床应用的意义:** 在实验室开展外科技术仿真训练, 可以使住院医师在实施真实手术前获得大量的模拟训练机会, 同时避免了真实手术中患者、器械、药品等因素可能对技术教学的干扰, 从而能有效地提高操作的熟练程度, 增加医疗安全, 并能大大节省医疗开支。