

腹腔镜手术模拟训练系统的研究现状与分析

郑晨 宋成利

技术的革新推动了 21 世纪手术的发展,微创外科技术和机器人技术的发展改变了传统外科手术的方式。其中腹腔镜手术因具备手术创伤小、术后疼痛轻、住院时间短、美容效果好等特点,已在临床广泛应用。然而,由于操作者技术水平参差不齐以及学习曲线的存在,导致腹腔镜手术在开展的初期并发症发生率较高。因此,需要建立一种安全、有效、可行的腹腔镜手术培训方法。本文对近年来腹腔镜手术模拟训练系统的研究进行总结和分析,以便为腹腔镜手术培训提供选择依据。

1 腹腔镜手术培训的必要性

传统开腹手术的教学方法是基于 Halstedian 的“看、做、教”原则,学生可以直接观察到老师的手、器械、操作过程以及手术区域^[1]。而在腹腔镜手术中,更强调在镜下进行精细的外科手术操作,需要操作者具备良好的空间定位技能、眼手协调技能和手术操作技能^[2];手术操作的结果通过显示器显示,学生不能同时看到老师手的操作过程和结果,因此,Halstedian 原则不再适用于腹腔镜手术的教学。此外,在腹腔镜手术中,以 Trocar 为支点,器械在腹腔镜内外的运动方向相反,器械的活动受到穿刺孔的限制,器械的长度也比常规器械长,操作时不易控制其稳定性,同时,大量的新器械不断出现,这些都需要医师学习和熟悉后才能在手术中应用。

1990 年,美国胃肠内镜外科医师协会(SAGES)和消化道外科学会(SSAT)就提出必须完成包括理论授课、器械的原理和使用、训练箱及动物实验练习的培训课程,才能取得腹腔镜手术医师的资格认证。

同样,欧洲内镜外科协会(EAES)也规定了腹腔镜手术的最低技能要求^[3]。而在我国,医学生在学校基本未得到腹腔镜操作的训练,有相当一部分可独立进行腹腔镜手术的医师尚未参加过培训,缺乏术前的基本训练^[4]。另一方面,由于缺乏规范化的培训标准,阻碍了部分手术的推广和应用^[5]。近年来,国内许多医院先后建立了腹腔镜培训基地,逐渐意识到规范化和标准化培训的重要性。

目前,随着单孔腹腔镜手术技术的迅速发展,进一步缩小了手术创伤,减少了切口数量^[6]。与传统腹腔镜手术比较,单孔手术的操作难度更大,手术操作空间更小,要求医师掌握良好的“环剪刀”技术,即左右手交叉操作器械。现有的模拟训练系统几乎都是针对传统腹腔镜手术训练而设计的,为了单孔技术的迅速开展,更需要开发单孔腹腔镜手术模拟训练系统。纵观国内外腹腔镜手术的训练现状,尚无统一、系统的训练工具和方法来完成医师手术技能的培训,对培训的效果也缺乏统一的标准。因而,完善腹腔镜手术的培训方法、手术规范和资格制度,对于腹腔镜手术技术的推广应用和医师水平提高都是非常有益且必需的。

2 腹腔镜手术模拟训练系统

由于腹腔镜手术不同于开腹手术强调在手术室内教学,而医师在临床手术前又需要大量重复的技能训练,为此,市场上出现了多种腹腔镜手术模拟训练系统,使得受训者不必在手术室接受培训,可以随时随地地进行训练。根据这些模拟训练系统所应用的技术类型大致可以分为两类,即手术训练箱和虚拟现实类模拟器。

2.1 手术训练箱

手术训练箱主要由箱体、彩色自动变焦摄像机、液晶彩色显示器、手术器械和光源等组成,箱内置有训练任务。受训者面对液晶显示器屏幕放大的彩色图像,将手术器械插入训练箱内进行基本训练,如:钉子转移或海绵缝合,通过这些训练帮助受训者建

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1673-9752.2012.04.028

基金项目:国家自然科学基金(51175345);上海市研究生创新基金(JWCXSL1102);上海市浦江人才计划项目(10PJ1407800);上海市东方学者项目(2008-12-31)

作者单位:200093 上海理工大学医疗器械与食品学院、教育部微创医疗器械工程研究中心

通信作者:宋成利,Email: csong@usst.edu.cn

立二维视野下的空间层次感,掌握二维图像位移、方向、大小的变化,提高眼手配合能力、双手熟练度以及手术动作的敏捷性。有经验的医师可以直观地看到受训者的操作表现并进行评价。也有些手术训练箱与计算机相连,通过计算机监测受训者的操作并与预先设定的标准相比较,完成操作评价^[1]。下面对 3 种手术训练箱进行简要的介绍。

D-box 模拟器(图 1,挪威 Lapskill Medical 公司产品)结合网络培训课程来提高受训者的基本腹腔镜手术技能,已有研究表明应用该模拟器降低了受训者的学习曲线,训练后其技能显著提高^[7]。ProMIS™ 模拟器(图 2,爱尔兰 Haptica 公司产品)的外观类似于人体,其通过与计算机相连来监测完成任务的时间、器械走过的路径以及操作的平稳性。已有研究表明该模拟器可以区分操作者的不同技能等级^[8]。LapTrainer with SimuVision 模拟器(图 3,美国 Simulab 公司产品)包括了 4 个从基本到高级的训练内容:钉板实验、键盘实验、缝合实验和大肠吻合实验,目的是使受训者熟练传递、剥离、缝合等技能^[9]。上述 3 种手术训练箱的比较见表 1。

手术训练箱内的训练任务大多是非互动式的台上训练模型,可以提供无限次的训练,容易制作加工,但是只对基础训练有效,具体的训练任务大多是基于 McGill 腹腔镜技能训练的 7 个基本训练任务^[10-11]。见表 2。

目前,国内一些公司主要从事手术训练箱的研发,这些产品的价格相对低廉,并能长期反复使用,尤其是针对手术中关键步骤的强化训练,利用手术训练箱既节省成本,又可以取得良好的效果。然而,目前这类手术训练箱还有许多不足之处:(1)无法对气腹、流血等真实临床腹腔镜状态进行模拟;(2)缺乏对患者的生理状况和完整手术过程的全局模拟;(3)尚无统一的、系统化的训练内容,对手术过程中助手及护士协调配合的团队训练尚无涉及^[12]。

表 1 3 种手术训练箱优缺点的比较

名称	优点	缺点
D-box	结构简单,安装便捷,既适用传统腹腔镜手术,也可为单孔手术提供练习	练习内容与传统的训练箱并无差别,对单孔技术训练的有效性还没有大量研究结果予以验证
ProMIS™	综合了训练箱和虚拟现实两类模拟器的优点,提供力反馈信息	初步的研究结果还没有显示出定量反馈更有益于简单任务的培训
LapTrainer with SimuVision	便携,架式摄像机模拟真实腹腔镜,机头可以适应 0°、30°、45° 的角度变化,便于操作者对腹腔视野的调整	价格较贵

表 2 McGill 腹腔镜技能训练的 7 个基本训练任务

训练任务	训练目的
钉板任务	眼手协调能力
剪切任务	双手协调能力
夹子放置任务	在实际手术中应用安全钳夹血管或胆囊管
活结放置任务	使用活结结扎需要关闭的结构
修补疝任务	吻合器械的使用
体内、外打结任务	正确使用持针器、打结器,并掌握体内、外缝合技能

2.2 虚拟现实类模拟器

虚拟现实技术是一种通过使用特殊的电子设备与计算机模拟产生的三维图像或环境进行交互的技术。医学虚拟系统通过电脑软件与力传感装置的结合,使医学生在虚拟环境中清晰地看到人体内部的解剖结构,且力反馈技术加深了对手术操作的感知。虚拟现实类模拟器也是腹腔镜手术训练的一类有效设备^[13]。目前,国外的虚拟现实类模拟器正趋于完善,而国内的技术水平有限,尚处于开发阶段,下面对 4 种虚拟现实类模拟器进行简要的介绍。

Laparoscopy VR™ 系统(图 4,加拿大 CAE 公司产品)最初是由 Immersion Medical 公司开发的产品,现由 CAE 公司进行后续的升级和推广。该系统提供了腹腔镜基本技能、解剖技能和妇科手术 3 个



图 1 D-box 模拟器

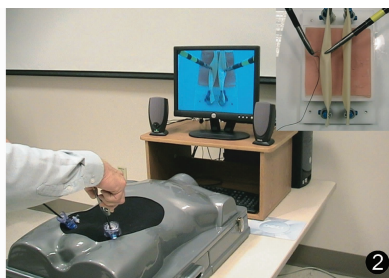


图 2 ProMIS™ 模拟器

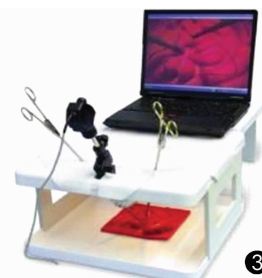


图 3 LapTrainer with SimuVision 模拟器

训练模块, 逼真的情景使受训者能够实现二维视觉到三维立体的思维转换; 通过跟踪器械的操作, 测得任务完成时间、器械走过路径、组织损伤度以及抓取力度等参数, 分析和评估受训者的操作表现^[14]。Xitact LS500 腹腔镜模拟器(图 5, 瑞士 Xitact 公司产品)主要用于胆囊切除术的训练和评估, 提供了缝合、剪切和胆囊三角的解剖等训练^[15]。Schijven 和 Jakimowicz 研究结果发现 63.3% 的受训者通过该模拟器进行了 25 轮的模拟训练后提高了熟练度^[16]。Lap Mentor 模拟器(图 6, 美国 Simbionix 公司产品)是第 1 个可以模拟 LC 全过程的模拟器, 它通过患者的 CT 或 MRI 图像和视觉重现技术产生高质量的画面, 且穿刺孔的位置可以根据操作的需要模拟、改变^[17]。研究表明, 应用 Lap Mentor 模拟器训练后, 受训者的基本技能有所提高^[18-19]。MIST-VR 腹腔镜模拟器(图 7, 瑞典 Mentice 公司产品)是目前应用最广泛, 也是有效性被验证最高的模拟器^[20]。它主要提供了 6 个由简单的几何学图形构成的训练任务来完成 LC 中的关键技术的训练^[21]。上述 4 种虚拟现实类模拟器的优缺点比较见表 3。

此外, 还有 LapSim 模拟器(瑞典 Surgical Science 公司产品)、Reachin Laparoscopic Trainer 模拟器(瑞典 Reachin Technologies AB 公司产品)和 Surgical Education Platform 模拟器(挪威 SimSurgery 公司产品)等多种特点不一的虚拟训练设备。虚拟医学教育技术是一门顶尖的学科, 理论上代表了目前对外科医师和外科教育训练难题的解决技术, 但实际上还要取决于训练的经济性、有效性、可靠性、耐久性以及转化性^[22-23]。

2.3 其他模拟器

腹腔镜手术的兴起将微创外科的发展迅速向前

推进, 手术的培训成为现代外科教学中一个重要课题。虽然手术训练箱可以帮助受训者提高基本的操作技能, 但是缺乏对组织精细牵拉和分离的高级技能训练; 而虚拟现实类模拟系统可以模拟真实手术场景, 有些还带有力触觉感受, 但是价格昂贵, 是制约其在国内广泛推广使用的重要原因。

针对这些现状, 为了降低成本, 国内的许多医院根据各自的情况和需要自制了简易的模拟器, 通过普通 DV 摄像头将手术操作视野转入电视显示屏, 在木箱中进行操作训练。如: 江西医学院第一附属医院设计了腹腔镜模拟训练台; 上海第二军医大学设计了一种单孔腹腔镜手术培训模型, 但并不能使受训者建立起人体手术观念。

表 3 4 种虚拟现实类模拟器优缺点的比较

名称	优点	缺点
Laparoscopy VR™	精确模拟不同生物学组织, 使受训者感受到组织的顺应性、黏性甚至表面的构造	价格昂贵
Xitact LS500	模块化、带有力反馈、可与其他模拟软件兼容的开放平台	不能提供一些患者的模拟训练
Lap Mentor	同时包括基本技能训练模块和复杂手术过程训练模块	所提供的力触觉能力有限
MIST-VR	通过监测任务完成的时间、准确性、错误率以及手运动的经济性评估受训者的操作	训练任务采用简单的几何学图形, 缺乏解剖学结构的模拟

3 小结

手术训练箱成本低, 利用率高, 但提供的是非解剖学环境的训练, 这与临床环境始终存在差别。高



图 4 Laparoscopy VR™ 系统



图 5 Xitact LS500 腹腔镜模拟器

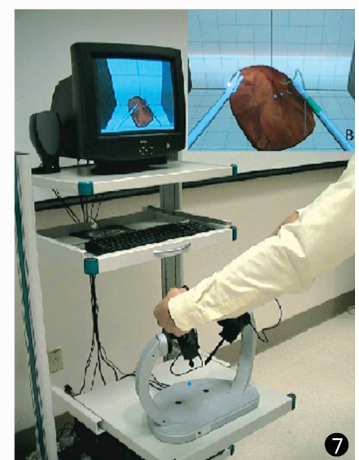


图 6 Lap Mentor 模拟器



图 7 MIST-VR 腹腔镜模拟器

仿真的虚拟现实类系统可以提供几近真实的临床环境,却价格昂贵。通过这两类系统获得的手术技能还需要一个应用到临床的转化过程^[24]。因为一个完整的腹腔镜手术需要医师与护士的相互配合。此外,训练的效果也需要更客观的评估,不应单纯依靠医师的主观评价,可以考虑制订相应的评分标准并结合计算机软件评估^[25]。因此,现有的模拟训练系统可以考虑从以下 3 个方面来改进:(1)设计更接近临床环境的腹腔镜手术训练箱,如:在箱内建立气腹环境,箱体表面采用仿真人体皮肤的材料。(2)制订统一、完善的初、中、高级训练内容以及客观的资格考核体系,实行腹腔镜外科医师准入制度。(3)建立器械性能指标的评价方案,有利于腹腔镜手术新器械在研发阶段进行模拟评价,不断做出改进,以便更好地应用到临床手术中。

参考文献

[1] Halvorsen FH, Elle OJ, Fosse E. Simulators in surgery. *Minimally Invasive Therapy Allied Technol*,2005,14(4):214-223.
 [2] 鲁欣,高旭,孙颖浩.腹腔镜培训效果评价方法的研究. *中华腔镜泌尿外科杂志:电子版*,2009,3(1):22-24.
 [3] Aggarwal R, Moorthy K, Darzi A. Laparoscopic skills training and assessment. *Br J Surg*,2004,91(12):1549-1558.
 [4] 卢先州,张树友,彭秀达,等.腹腔镜操作训练在普外科临床教学中应用的探讨. *中国高等医学教育*,2010,(7):98-99.
 [5] 郑民华.微创胃肠外科现状的反思. *中华消化外科杂志*,2012,11(1):22-24.
 [6] Romanelli JR, Earle DB. Single-port laparoscopic surgery: an overview. *Surg Endosc*,2009,23(7):1419-1427.
 [7] Debes AJ, Aggarwal R, Balasundaram I, et al. A tale of two trainers: virtual reality versus a video trainer for acquisition of basic laparoscopic skills. *Am J Surg*,2010,199(6):840-845.
 [8] Van Sickle KR, McClusky DA 3rd, Gallagher AG, et al. Construct validation of the ProMIS simulator using a novel laparoscopic suturing task. *Surg Endosc*,2005,19(9):1227-1231.
 [9] Rassweiler J, Klein J, Teber D, et al. Mechanical simulators for training for laparoscopic surgery in urology. *J Endourol*,2007,21(3):252-262.
 [10] Derossis AM, Fried GM, Abrahamowicz M, et al. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. *Am J*

Surg,1998,175(6):482-487.
 [11] Jones DB. The current role of simulators in teaching surgical techniques. *J Gastrointest Surg*,2011,15(10):1718-1721.
 [12] 蔡小勇,卢榜裕.浅谈腹腔镜外科基本技能的获得与训练方式. *中国内镜杂志*,2006,12(11):1226-1228.
 [13] Aggarwal R, Balasundaram I, Darzi A. Training opportunities and the role of virtual reality simulation in acquisition of basic laparoscopic skills. *J Surg Res*,2008,145(1):80-86.
 [14] Panait L, Akkary E, Bell RL, et al. The role of haptic feedback in laparoscopic simulation training. *J Surg Res*,2009,156(2):312-316.
 [15] Undre S, Darzi A. Laparoscopy simulators. *J Endourol*,2007,21(3):274-279.
 [16] Schijven MP, Jakimowicz J. The learning curve on the Xitact LS 500 laparoscopy simulator: profiles of performance. *Surg Endosc*,2004,18(1):121-127.
 [17] Schijven M, Jakimowicz J. Virtual reality surgical laparoscopic simulators. *Surg Endosc*,2003,17(12):1943-1950.
 [18] Zhang A, Hünerbein M, Dai Y, et al. Construct validity testing of a laparoscopic surgery simulator (Lap Mentor): evaluation of surgical skill with a virtual laparoscopic training simulator. *Surg Endosc*,2008,22(6):1440-1444.
 [19] Ayodeji ID, Schijven M, Jakimowicz J, et al. Face validation of the Symbionix LAP Mentor virtual reality training module and its applicability in the surgical curriculum. *Surg Endosc*,2007,21(9):1641-1649.
 [20] Daniel JS, Michael JL. The SAGES Manual of Quality, Outcomes and Patient Safety. Part 7, Training to Proficiency. 2012:451-459.
 [21] Sroka G, Feldman LS, Vassiliou MC, et al. Fundamentals of laparoscopic surgery simulator training to proficiency improves laparoscopic performance in the operating room—a randomized controlled trial. *Am J Surg*,2010,199(1):115-120.
 [22] Dunkin B, Adrales GL, Apelgren K, et al. Surgical simulation: a current review. *Surg Endosc*,2007,21(3):357-366.
 [23] Aggarwal R, Crochet P, Dias A, et al. Development of a virtual reality training curriculum for laparoscopic cholecystectomy. *Br J Surg*,2009,96(9):1086-1093.
 [24] Stelzer MK, Abdel MP, Sloan MP, et al. Dry lab practice leads to improved laparoscopic performance in the operating room. *J Surg Res*,2009,154(1):163-166.
 [25] Egi H, Okajima M, Kawahara T, et al. Scientific assessment of endoscopic surgical skills. *Minim Invasive Ther Allied Technol*,2010,19(1):30-34.

(收稿日期: 2012-03-05)

(本文编辑: 龙志敏)

广告目次

雅培制药有限公司 封二
 深圳市瑞霖医疗器械有限公司 对导读
 泰科医疗器械国际贸易(上海)有限公司 对中文目次 1
 深圳翰宇药业股份有限公司 对中文目次 2
 盖天力药业 对英文目次 1
 阿斯利康制药有限公司 对英文目次 2

奥林巴斯(北京)销售服务有限公司 对正文
 强生(上海)医疗器材有限公司 对插页 V
 医软信息科技(上海)有限公司 对封三
 拜耳医药保健有限公司 封三
 江苏先声药业有限公司 封底