

doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2019.05.033

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.2095-6959.2019.05.033>

消化内镜计算机模拟训练系统的优势及优化使用

刘畅 综述 杨幼林 审校

(哈尔滨医科大学附属第一医院消化内科, 哈尔滨 150001)

[摘要] 消化内镜操作在消化系统疾病的诊断及治疗中具有极其重要的作用, 传统的以患者为基础的培训方式已经不能适应现在的医疗环境。消化内镜计算机模拟训练系统相对于传统的消化内镜培训方式存在许多优势, 使消化内镜培训的规范化成为可能。本文将综述虚拟现实内镜模拟器的原理、发展现状及优势, 同时分析对其优化使用的方法及其局限性, 并结合哈尔滨医科大学附属第一医院使用GI-BRONCH Mentor的经验, 推荐应采用自主、渐进式的方式, 结合其他有效方法, 使用虚拟现实系统进行初学者的培训, 并尽量提高模拟器上的操作水平, 为临床操作打下良好基础。

[关键词] 消化内镜; 虚拟现实内镜模拟器; 培训

Advantages and optimal use of digestive endoscopic computer simulation training system

LIU Chang, YANG Youlin

(Department of Gastroenterology, First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150001, China)

Abstract Digestive endoscopy plays an important role in the diagnosis and treatment of digestive system diseases. The traditional patient-based training method can no longer adapt to the current medical environment. Compared with the traditional way of digestive endoscopy training, the computer simulation training system has many advantages, which makes the standardized teaching of the digestive endoscopy possible. This article reviews the principle, the development and advantages of virtual reality endoscope simulator, and analyzes how to optimize its use and its limitations. Based on the experience of GI-BRONCH Mentor in the First Affiliated Hospital of Harbin Medical University, it is recommended that we use independent progressive way to train novices on the virtual reality system, and try to improve the operation skills on the simulation, to ground clinical operation.

Keywords digestive endoscopy; virtual reality endoscope simulator; training

自1868年德国人库斯曼发明硬式食管胃镜, 这一个多世纪以来, 消化内镜发展迅猛, 如今已成为集检查、诊断及治疗为一体的系统化技术^[1], 但消化内镜的培训一直缺乏统一、规范化的模式。

在现有的医疗环境中, 以患者为基础的培训方式的缺点也愈发显露。20世纪80年代, 虚拟现实内镜模拟器诞生了, 它应用虚拟现实技术(virtual reality, VR), 通过结合计算机图形学、人机接口

收稿日期 (Date of reception): 2018-12-11

通信作者 (Corresponding author): 杨幼林, Email: yangyoulinyyl@163.com

技术、传感器技术、计算机仿真技术等模拟一个三维空间的操作环境,使得消化内镜学习过程可视化,并具备可参与性,让使用者在学习环境下掌握内镜操作技术^[2-3]。在国外,虚拟现实技术已广泛应用于消化内镜的培训过程,完成了从传统的“看一个,做一个,教一个”到以VR内镜模拟器为基础的教学方式的转变,而国内刚处于起步阶段^[4]。

1 VR 内镜模拟器的工作原理、研究进展及发展现状

1.1 虚拟现实内镜模拟器的组成及工作原理

VR内镜模拟器是一种交互式实时机器,由人体模型、带有附件的内镜和计算机工作站组成^[5]。模拟内镜类似于日常临床实践中使用的内镜,其前端可以完成所有操作(例如插入、退出、扭转、解袢、反转)。当镜身插入人体模型时,内置程序生成的二维图像会展现出三维的虚拟管腔结构,由显示器播放。通过显示器还可以了解传感器探查到的内镜前端及镜身的位置。当尖端传感器接触虚拟管腔内壁或当内壁局部发生形变时,力反馈系统能提供出不同水平的阻力从而被使用者感知,同时模拟器会发出患者不适的呻吟声。每次操作结束后,汇总表能总结、记录此次操作的持续时间及不当操作等相关信息,并可查询、对比。

1.2 VR 内镜模拟器的研究进展

自VR内镜模拟器应用于临床以来,学者对其展开了广泛的研究,多数为验证研究,从不同方面评价了模拟器的性能。效度(validity)是相关试验中经常提到的概念,是指测量的有效性,在这里指VR内镜模拟器能够准确、真实、客观的测量事物属性的程度^[6-8]。效度最简单的形式是表面效度(face validity),它通过询问内镜专家,来判断模拟器的仿真度;结构效度(construct validity)用于评价模拟器区分不同水平使用者的能力;最能证明模拟器使用价值的是同时效度(concurrent validity),是指模拟器能提高临床操作水平,也叫做转移效度(transfer validity)。多项荟萃分析^[7,9-11]认为虚拟内镜训练在基本的柔性内镜操作学习中,可明显提高初学者操作技能及学习曲线、减轻患者负担。此外,Snyder等^[12]认为由此获得的肠镜技能至少可保持4个月。唯一对此提出异议的是Qiao等^[13],他们认为

模拟器对结肠镜培训的有效性尚缺乏足够的证据,得出该结论的原因尚不可知。

其他研究则着眼于提高VR内镜模拟器的性能。Wen等^[4]将结肠镜建模为具有不同分辨率的厚的灵活弹性杆,以至于给学员快速的高保真的反馈;Yi等^[14]研发的触觉接口可感受结肠镜中的抖动“jiggling”操作;de Visser等^[15]的结肠镜模拟器可模拟成袢的过程;Samur等^[16]在模拟器触觉接口中安装了一个真正的临床使用的结肠镜以提高触觉保真度。各科研机构的研究成果若能证实其实用性和经济性,则有望生产出新一代VR内镜模拟器,使其对内镜培训发挥更大价值。

1.3 现有的 VR 内镜模拟器型号及特点

目前市场上有两种经验证效度可靠的虚拟模拟器已被广泛使用:GI Mentor (Simbionix, Cleveland, United States)和Accu touch,它也被重命名为CAE Endo VR Simulator (CAE Healthcare, Montreal, Quebec, Canada);还有一些用于非商业用途的模拟器,例如Endo TS-1 simulator (Olympus Keymed, Essex, United Kingdom)^[17-18]。GI Mentor的优势在于内置模块丰富,可针对不同目的进行训练,除拥有手眼协调训练模块及胃肠镜模块外,还具备超声内镜(endoscopic ultrasonography, EUS)和内镜逆行胰胆管造影(endoscopic retrograde cholangio-pancreatography, ERCP)培训模块,更新的第2代系统可模拟切除带蒂息肉的操作。其内置软件能提供镜身位置、疼痛提示及基于真实患者数据的模拟病例。哈尔滨医科大学附属第一医院购买使用的是GI-BRONCH Mentor,该系统还可以用于练习支气管镜检查。CAE Endo允许使用者模拟胃肠镜检查、ERCP操作、息肉切除术、活检和止血。与GI Mentor不同在于使用者在操作期间可看到患者的生命体征和对疼痛、不适的反应等参数的变化,并被要求在不降低患者血氧饱和度的情况下实现理想的虚拟镇静^[19]。Endo TS-1是第2代VR内镜模拟器,可提供结肠镜的实时运动情况^[17]。

2 消化内镜计算机模拟训练系统的主要优点

2.1 提供安全的学习环境,降低患者、学员及教师的风险

传统的消化内镜医师培训是以患者为基础的。学员在理论学习之后,即在内镜医师指导下对患者进行实际操作演练,采用的是“师带徒,

手把手”的师徒模式。这种教学方式的好处在于,在有经验操作者一对一监督下的实践教学模式能迅速让学员得到训练反馈。然而,这样的操作经验是通过“试错”(trial and error)的方式获得的,存在伦理问题。熟练的内镜医师进行操作尚且会给患者带来不适,没有任何操作经验的新手可能会给患者带来巨大生理、心理上的痛苦。并可能导致不恰当的操作、误诊、低成功率、高并发症概率,所有这些因素都危及患者安全^[20]。使用VR内镜模拟器进行临床前训练,将最初的动手训练转移至模拟环境中,降低了患者不适和并发症风险,可减少由此带来的不必要的医疗纠纷^[21-23]。此外,模拟器培训提供了比临床教学压力更低的学习环境,让学员能更专注于手头的学习目标^[24]。教职员有时间提供冷静、建设性意见,无需关注患者的安全问题。同时也让学员有时间体会他们的操作带来的反馈。在这种环境中,学员可以从他们犯的错误中汲取经验,教师还可以故意做错误操作来作为教学要点。

2.2 减少因培训学员所花费的医疗资源和成本

传统教学模式中,有经验的内镜医师需监管新手学员的操作,耗费了医疗资源,增加了时间,影响产能和经济,这种损失对于医疗机构来说是很难量化的。Singh等^[11]根据2000年的一项数据^[25]进行了计算,一个操作熟练的内镜医师在没有教学活动的环境下每天可以多完成4~8个胃镜或肠镜操作,基于2012年的医疗保险费用表,这意味着每例操作平均损失565美元的收入,那么由于培训,每天损失2 260~4 520美元。如果内镜中心每个工作日都有1名新手学员,该内镜中心一年将减少1 000~2 000例操作,损失587 000~1 175 000美元的潜在收入。而VR内镜模拟器可以将培训由内镜中心转移到其他场所,允许内镜医师完成更多操作。使用提供的财务数据,一个新手学员使用模拟器训练1 d,内镜中心理论上能够重新获得高达4 520美元的收入,如果接受传统培训,这笔收入将会损失。购买一台VR内镜模拟器花费110 000~140 000美元^[26]。然而,上述文章提供的数据在中国可能是不适用的,比如因培训减少的操作数量以及每例操作损失的费用可能有差异,且上述数据还未包括护理、维修设备的成本,故可能短期内模拟器带来的潜在收入并不能抵消投资费用。因此,确保通过模拟器培训获得的技能可以应用到临床环境,努力提高模拟器的使用效果非常重要。

2.3 客观评估使用者的能力,使培训规范化

VR内镜模拟器可以提供客观的技术水平测量,如操作完成的时间、黏膜可视化百分比和患者疼痛程度等,用来帮助分析使用者的行为和发现错误,以此评估能力。Brydges等^[27]认为模拟器的评估结果可以反映在患者上的操作水平。那么,可以应用模拟器的这一特点来设立特定的通过标准,作为新手学员开始临床练习前测试使用。Preisler等^[28]以此为依据,建立了2种基于模拟器的评估结肠镜检查能力合格/不合格的标准,这样的临床前测试进一步保证了患者的安全,也使得内镜的规范化培训成为可能。在探讨何时可以开始临床训练的研究中,Sedlack等^[29]认为完成17次模拟器胃镜模块操作,操作总时间稳定在6 min内是从模拟器训练毕业的合适阈值。Koch等^[30]的研究提示:学员在操作60例结肠镜模拟器操作后,可以在基于患者的结肠镜检查中进行训练,因为在完成该例数后,学员的操作技能不再有变化。哈尔滨医科大学附属第一医院设立的标准为胃镜检查至少100例,肠镜检查至少300例,并认为应当尽量提高模拟器上的操作水平来减轻患者负担。

虚拟内镜模拟器由于展示出上述优势,在有条件的情况下,应鼓励内镜新手学员的培训向模拟环境转变。

3 VR内镜模拟器的优化使用

3.1 渐进式的整体训练与关键阶段相结合的方法能提升训练效果

Grove等^[31]研究发现:采用由易到难课程训练的学员在内镜知识、操作技能、交流技术以及模拟条件下总体操作情况上优于采用随机难度课程训练的学员,认为对不同学员进行个性化渐进式学习可以提高学习效率。白杨等^[32]比较了整体训练法、分段训练法、整体训练与关键阶段相结合法这3种训练方法在结肠镜训练中的优劣,认为整体训练与关键阶段相结合法是仿真结肠镜最优化的训练模式。

3.2 教师的反馈对于提升内镜操作技能有帮助

反馈是上消化道内镜检查培训的重要组成部分^[33],而现有的虚拟现实内镜模拟器只能对特定目标提供操作结果的反馈,这可能解释了为什么Walsh等^[9]认为目前用于上消化内镜检查的模拟器只能允许新手获得基本技能。同样,研究^[34-35]认为

在下消化道内镜检查训练中, 内镜老师的实时反馈有助于学员掌握基础技能并达到专业水平。哈尔滨医科大学附属第一医院认同教师反馈在内镜学习中的重要性, 但若在仿真模拟训练教学模式中加入教师的参与, 必然会增加培训成本, 抹杀其经济价值。故哈尔滨医科大学附属第一医院目前采用的是老师讲解基本原理及使用方法、制定学习计划后学员自行使用系统的培训方式。

3.3 表象训练提高了VR内镜模拟器的使用效果

表象训练是指在没有大体肌肉运动的情况下对实际行动的象征性排演的过程。李钊^[36]在使用VR内镜模拟器培训胃镜初学者的过程中运用了该运动心理学, 提高了虚拟现实内镜模拟器培训胃镜技能的效果, 为模拟器的使用提供了一个新的辅助方法。

3.4 模拟环境和真实环境训练交替进行和阶梯式训练的模式提升操作水平

在教学模式组成方面, 张杰等^[37]比较了模拟内镜教学(连续2周的模拟内镜学习+2周真实内镜操作)和模拟-真实内镜交替教学(1周模拟+1周真实+1周模拟+1周真实内镜操作)2种模式的教学效果, 结果显示: 模拟内镜训练和真实内镜训练交替进行更有助于提高学员的内镜学习效果。周巧直等^[38]利用计算机模拟-动物模拟-实际操作的阶梯式训练模式进行上消化道内镜培训, 发现阶梯式训练组的操作水平大幅提升。

4 VR内镜模拟器的局限性及展望

VR内镜模拟器通常用于基本的柔性内镜检查的训练, 而对于常规的治疗干预措施, 如息肉切除、支架植入和止血的研究是极其有限的, 且没有明确证据显示VR内镜模拟器在这些方面有可靠的效度。例如在ERCP训练中, 多采用机械模拟训练系统。研究^[39-40]发现: 初学者在使用模拟器训练后插管时间及成功率有改善, 同时受试者自身认为模拟器练习有帮助, 模拟器可以区分初学者与专家。但Sahakian等^[41]的研究显示, 随着时间的推移, CAE Endo模拟器不能区分新手组和专家组缩短的操作时间的差别。Matsuda等^[42]认为EUS仿真模拟系统在真实性、教学实用性、易用性和整合入教学的适宜性4个方面不及现有的器官模型和动物模型。对于标准息肉切除、内镜黏膜切除和

内镜黏膜下剥离, VR内镜模拟器的训练效果不理想, 因为它无法重现弹性、人体组织特性和触觉反馈, 这些操作通常是用动物模型进行训练^[5]。哈尔滨医科大学附属第一医院在使用模拟器过程中发现GI-BRONCH Mentor的仿真度在口腔、咽部存在明显欠缺, 不能使学员获得食管进镜的能力。

虚拟现实内镜训练系统是消化内镜培训中的一大进步, 哈尔滨医科大学附属第一医院的使用经验结合相当数量的研究认为: 合理的应用可以缩短内镜学习曲线, 还能提升初学者的操作信心, 又可增加患者安全性, 并且可能存在一定的经济价值。今后期望能有更多的临床研究形成大样本的结果, 设立正规培训指南, 使虚拟现实内镜训练系统实现更广泛的普及和更合理化的应用。

参考文献

1. Sakai P, Faintuch J. Evolving endoscopic surgery[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2014, 29(6): 1132-1138.
2. Noar MD. Robotics interactive endoscopy simulation of ERCP/sphincterotomy and EGD[J]. *Endoscopy*, 1992, 24(Suppl 2): S39-S41.
3. Courteille O, Felländer-Tsai L, Hedman L, et al. Mixed virtual reality simulation—taking endoscopic simulation one step further[J]. *Stud Health Technol Inform*, 2011, 163: 144-146.
4. Wen T, Medveczky D, Wu J, et al. Colonoscopy procedure simulation: virtual reality training based on a real time computational approach[J]. *Biomed Eng Online*, 2018, 17(1): 9.
5. Cantù P, Penagini R. Computer simulators: the present and near future of training in digestive endoscopy[J]. *Dig Liver Dis*, 2012, 44(2): 106-110.
6. Waschke KA. Will you be my first colonoscopy patient? Planning simulator training for novice endoscopists[J]. *Gastrointest Endosc*, 2017, 86(5): 890-891.
7. Ekkelenkamp VE, Koch AD, de Man RA, et al. Training and competence assessment in GI endoscopy: a systematic review[J]. *Gut*, 2016, 65(4): 607-615.
8. van der Wiel SE, Küttner Magalhães R, Rocha Gonçalves CR, et al. Simulator training in gastrointestinal endoscopy from basic training to advanced endoscopic procedures[J]. *Best Pract Res Clin Gastroenterol*, 2016, 30(3): 375-387.
9. Walsh CM, Sherlock ME, Ling SC, et al. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 6: CD008237.
10. Khan R, Plahouras J, Johnston BC, et al. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy[J].

- Cochrane Database Syst Rev, 2018, 8: CD008237.
11. Singh S, Sedlack RE, Cook DA. Effects of simulation-based training in gastrointestinal endoscopy: a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2014, 12(10): 1611-1623.
 12. Snyder CW, Vandromme MJ, Tyra SL, et al. Retention of colonoscopy skills after virtual reality simulator training by independent and proctored methods[J]. *Am Surg*, 2010, 76(7): 743-746.
 13. Qiao W, Bai Y, Lv R, et al. The effect of virtual endoscopy simulator training on novices: a systematic review[J]. *PLoS One*, 2014, 9(2): e89224.
 14. Yi SY, Woo HS, Ahn WJ, et al. New colonoscopy simulator with improved haptic fidelity[J]. *Adv Robot*, 2006, 20(3): 349-365.
 15. de Visser H, Passenger J, Conlan D, et al. Developing a next generation colonoscopy simulator[J]. *Int J Image Graph*, 2010, 10(2): 203-217.
 16. Samur E, Flaction L, Bleuler H. Experimental evaluation of a haptic interface for endoscopic simulation[J]. *World Haptics Conference*, 2011, 8: 545-549.
 17. Triantafyllou K, Lazaridis LD, Dimitriadis GD. Virtual reality simulators for gastrointestinal endoscopy training[J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2014, 6: 6-12.
 18. Yoshida N, Fernandopulle N, Inada Y, et al. Training methods and models for colonoscopic insertion, endoscopic mucosal resection, and endoscopic submucosal dissection[J]. *Dig Dis Sci*, 2014, 59(9): 2081-2090.
 19. Papanikolaou IS, Karatzas PS, Varytimiadis LT, et al. Effective colonoscopy training techniques: strategies to improve patient outcomes[J]. *Adv Med Educ Pract*, 2016, 7: 201-210.
 20. Matharoo M, Haycock A, Sevdalis N, et al. A prospective study of patient safety incidents in gastrointestinal endoscopy[J]. *Endosc Int Open*, 2017, 5(1): E83-E89.
 21. Gomez PP, Willis RE, Van Sickle K. Evaluation of two flexible colonoscopy simulators and transfer of skills into clinical practice[J]. *J Surg Educ*, 2015, 72(2): 220-227.
 22. McIntosh KS, Gregor JC, Khanna NV. Computer-based virtual reality colonoscopy simulation improves patient-based colonoscopy performance[J]. *Can J Gastroenterol Hepatol*, 2014, 28(4): 203-206.
 23. Sedlack RE, Kolars JC, Alexander JA. Computer simulator training enhances patient comfort during endoscopy[J]. *Clin Gastroenterol Hepatol*, 2004, 2(4): 348-352.
 24. Sedlack RE. The state of simulation in endoscopy education: continuing to advance toward our goals[J]. *Gastroenterology*, 2013, 144(1): 9-12.
 25. McCashland T, Brand R, Lyden E, et al. The time and financial impact of training fellow in endoscopy. CORI Research Project. Clinical outcomes research initiative[J]. *Am J Gastroenterol*, 2000, 95(11): 3129-3132.
 26. Desilets DJ, Banerjee S, Barth BA, et al. Endoscopic simulators[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 73(5): 861-867.
 27. Brydges R, Hatala R, Zendejas B, et al. Linking simulation-based educational assessments and patient-related outcomes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Acad Med*, 2015, 90(2): 246-256.
 28. Preisler L, Svendsen MBS, Nerup N, et al. Simulation-based training for colonoscopy: establishing criteria for competency[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2015, 94(4): e440.
 29. Sedlack RE. Validation of computer simulation training for esophagogastroduodenoscopy: Pilot study[J]. *J Gastroenterol Hepatol*, 2007, 22(8): 1214-1219.
 30. Koch AD, Ekkelenkamp VE, Haringsma J, et al. Simulated colonoscopy training leads to improved performance during patient-based assessment[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 81(3): 630-636.
 31. Grover SC, Scaffidi MA, Khan R, et al. Progressive learning in endoscopy simulation training improves clinical performance: a blinded randomized trial[J]. *Gastrointest Endosc*, 2017, 86(5): 881-889.
 32. 白杨, 智发朝, 杜庆峰, 等. 仿真结肠镜训练模式的优化研究[J]. *胃肠病学*, 2011, 16(6): 345-347.
BAI Yang, ZHI Fachao, DU Qingfeng, et al. Optimization study of virtual reality simulator training methods for colonoscopy[J]. *Chinese Journal of Gastroenterology*, 2011, 16(6): 345-347.
 33. Arnold SH, Svendsen MB, Konge L, et al. Three-dimensional motion tracking correlates with skill level in upper gastrointestinal endoscopy[J]. *Endoscopy*, 2015, 47(9): 825-828.
 34. Grover SC, Garg A, Scaffidi MA, et al. Impact of a simulation training curriculum on technical and nontechnical skills in colonoscopy: a randomized trial[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 82(6): 1072-1079.
 35. Kruglikova I, Grantcharov TP, Drewes AM, et al. The impact of constructive feedback on training in gastrointestinal endoscopy using high-fidelity Virtual-Reality simulation: a randomised controlled trial[J]. *Gut*, 2010, 59(2): 181-185.
 36. 李钊. 虚拟现实内镜模拟器在消化内镜培训中的应用研究[D]. 广州: 南方医科大学, 2012: 1-62.
LI Zhao. The application of virtual reality endoscopic simulator in digestive endoscopy training[D]. Guangzhou: Southern Medical University, 2012: 1-62.
 37. 张杰, 郭子皓, 朱静, 等. 消化内镜模拟训练的临床教学研究[J]. *中国医药导刊*, 2012, 14(2): 192-193.
ZHANG Jie, GUO Zihao, ZHU Jing, et al. Strategies for gastrointestinal endoscopy training with computer-based simulator[J]. *Chinese Journal of Medical Guide*, 2012, 14(2): 192-193.
 38. 周巧直, 吕富靖, 王拥军, 等. 阶梯式消化内镜模拟训练在上消化道内镜初级培训中的应用[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2016, 15(6): 585-589.

- ZHOU Qiaozhi, LÜ Fujing, WANG Yongjun, et al. Application of stepped digestive endoscope simulation training in primary training of upper gastrointestinal endoscope[J]. Chinese Journal of Medical Education Research, 2016, 15(6): 585-589.
39. Bittner JG 4th, Mellinger JD, Imam T, et al. Face and construct validity of a computer-based virtual reality simulator for ERCP[J]. Gastrointest Endosc, 2010, 71(2): 357-364.
40. Lim BS, Leung JW, Lee J, et al. Effect of ERCP mechanical simulator (EMS) practice on trainees' ERCP performance in the early learning period: US multicenter randomized controlled trial[J]. Am J Gastroenterol, 2011, 106(2): 300-306.
41. Sahakian AB, Laine L, Jamidar PA, et al. Can a computerized simulator assess skill level and improvement in performance of ERCP?[J]. Dig Dis Sci, 2016, 61(3): 722-730.
42. Matsuda K, Hawes RH, Sahai AV, et al. The role of simulators, models, phantoms. Where's the evidence?[J]. Endoscopy, 2006, 38(Suppl 1): S61-S64.

本文引用: 刘畅, 杨幼林. 消化内镜计算机模拟训练系统的优势及优化使用[J]. 临床与病理杂志, 2019, 39(5): 1111-1116. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2019.05.033

Cite this article as: LIU Chang, YANG Youlin. Advantages and optimal use of digestive endoscopic computer simulation training system[J]. Journal of Clinical and Pathological Research, 2019, 39(5): 1111-1116. doi: 10.3978/j.issn.2095-6959.2019.05.033