中华医学教育探索杂志 2020 年 5 月第 19 卷第 5 期 Chin J Med Edu Res, May 2020, Vol. 19, No. 5

·临床教学·

虚拟现实模拟训练在内镜教学中的研究进展

曾灏 田攀文
四川大学华西医院呼吸与危重症医学科,成都 610041
通信作者:田攀文,Email:mrascend@163.com

【摘要】 内镜训练教学有传统的学徒模式和模拟训练两种方法。尽管学徒模式在经验对接方面存在一定的优势,但也存在诸多缺点。虚拟现实模拟训练在内镜教学中以学习者为中心,是一种安全有效的训练方法,是学徒模式的重要补充。在模拟训练过程中,给学员提供反馈、帮助学员获取非技术能力、处理内镜操作中的紧急情况和优化工效学是未来研究的方向。本文将围绕虚拟现实模拟训练应用于内镜教学中的研究进展作简要论述。

【关键词】 内镜; 虚拟现实; 模拟训练
【中图分类号】 R-05
基金项目:科技部国家重点研发项目(2017YFC0910004)
DOI:10.3760/cma.j.cn116021-20191217-00127

Recent progress of virtual reality simulation in endoscopy training

Zeng Hao[1], Tian Panwen[1]
[1]Department of Respiratory and Critical Care Medicine, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China
Corresponding author: Tian Panwen, Email: mrascend@163.com

【Abstract】 There are two methods of endoscopic teaching including traditional apprenticeship mode and simulation training. Although the apprenticeship model has some advantages in the docking of experience, there are many shortcomings. Virtual reality simulation training is learner-centered in endoscopic teaching, which is a safe and effective training method and an important supplement to the apprenticeship model. In the process of simulation training, paying attention to feedback, obtaining non-technical ability, dealing with emergencies in endoscopic operation and optimizing ergonomics are the directions of future research. This paper will briefly summarize the research progress of virtual reality simulation training in endoscope teaching.

【Key words】 Endoscope; Virtual reality; Simulation training
Fund program: National Key Development Plan for Precision Medicine Research (2017YFC0910004)
DOI:10.3760/cma.j.cn116021-20191217-00127

内镜操作创伤小、康复快[1],在临床诊断和治疗中广为应用,但其操作难度大,这就使内镜教学存在一定挑战。虚拟现实模拟训练(simulation-based training,SBT)在内镜教学中颇具前景,其应用也越来越广泛。虚拟现实 SBT 风险低,提高了教学过程中的安全性,也缩短了内镜的操作时间[2-3],是传统学徒模式的重要补充。SBT 在内镜教学中以学习者为中心,安全有效[4],有利于减轻新手对犯错或者伤害患者的担忧,使其更加从容地学习,并获得内镜操作的相应技术技能(例如扭矩转向)和非技术能力(non-technical skills,ENTS)[5],同时提高其对内镜的认知。SBT 在内镜训练中有多种应用模型,在早期训练中,虚拟现实(virtual reality,VR)模拟器最为常用[6]。VR 利用含物理接口的电脑,模拟产生一个三

维空间的虚拟世界,并提供视觉、听觉和触觉等感官的互动[7-9];向学员展示出类似临床现实的情景[10],使学员在接近现实的虚拟环境中去培养基本的和特定的内镜技能[11]。随着病人对舒适和安全需求的日益增长,VR 模拟器在内镜教学中越来越多地得以应用。本文将围绕虚拟现实模拟训练在内镜教学中的研究进展作简要论述。

1　内镜训练

1.1　学徒模式

学徒模式是指在专业内镜师的指导下,学员经历从观察到参与再到独自操作的过程[12]。学徒模式以情景学习理论为基础。该理论认为,一项技能的学习必须放在其应用的真实环境中去学习[2]。尽管学徒模式在经验对接方面存在一定的优势,但也存在如下几个明显的缺点:①患者发生不良事件的风险可能增加。一项前瞻性研究观察了胃肠道内镜患者的安全事故(patient safety incidents,PSIs),发现在纳入的 140例手术(92 例为诊断性,48 例为治疗性)患者中,诊断过程中出现了 54 个(39%)PSIs,治疗过程中出现了 86 个(61%)PSIs。可见学徒模式培训过程中 PSIs 发生率较高[13]。②为方便学员学习,内镜师必须让学员独自操作内镜, 但学员由于缺乏经验,尚不能识别及正确处理内镜下的病变[2,7]。③完成内镜教学耗时较长,降低了内镜套件的可用性[2,6,14]。④对每个学员的反馈取决于内镜师,反馈标准存在差异。⑤学员可能由多个内镜师教导,训练缺乏连续性,导致内镜师不了解学员的整体水平[12]。

1.2　SBT

与学徒模式不同,SBT 基于建构主义学习理论,该理论认为学习应由学员在原有经验基础上对外部信息进行加工,然后自主建构出新的经验,而非简单被动地接受知识[2]。SBT 应与特定的学习目标和学习者的水平相匹配。例如,让内镜新手在低保真度的台式模拟器(bench-top simulator)上练习,以获得解读视频、内镜使用和扭矩转向的基本技能[15]。SBT 的优点在于可进行多次反复的模拟教学,可基本杜绝患者发生不良事件。SBT 既可用于训练初学者,也可帮助内镜医师学习特定的新技能以及防止技能的衰退。此外,内镜教育者也能从模拟器的使用中获益,因为他们可以根据学习者的需要组织个体化培训,因此 SBT 在内镜教学中广受关注[2,5,7,16]。尽管对 SBT 在内镜教学中作用的关注度有所提高,但现今内镜教学的开展,仍主要通过学徒模式进行。在国内,则更少提到 SBT 在内镜教学中的应用,也缺乏相关的研究数据。今后我们需要思考的是如何将 SBT 应用于内镜教学中,如何最佳地使用 SBT 来教授与内镜检查相关的各种特定技能。要积极调查各种基于 SBT 的教育策略对于认知、技术和ENTS 获取的有效性,同时还应开发基于模拟的技能评估和许多常用治疗技术的度量和评估工具。以此为将来制定内镜操作指南、概述整个培训过程中关于 SBT 的最佳实践、促进培训计划的采用打下基础[5]。

2　虚拟现实模拟训练的现有证据

2.1　SBT 与学徒模式

已有较多研究将 SBT 与不训练或传统学徒模式相比,大多都证明 SBT 较二者更优。一项纳入 27 项研究的汇总分析表明,在早期训练中使用 VR 模拟器能加速技能的学习[17]。但另一项纳入 13 项随机对照试验的研究表明,SBT 并不优于传统训练模式[7]。一项荟萃分析纳入了 39 项研究,其中 22 项研究证明 SBT 显著优于不训练;10 项研究评估了与病人相关的结果(盲肠插管率、不良反应等),发现 SBT 均有较大改善[18]。但在约 50 轮培训后,SBT 所带来的任何优势都将消失,且在能力获取时间方面,与仅接受传统培训相比,SBT 并不会更早获得技能[19]。这些研究表明,SBT 在内镜初期训练中有一定的补充价值,但仍不能替代传统训练。

2.2　有反馈的 SBT 与无反馈的 SBT

反馈通常由专家通过口头指示或通过 VR 模拟器的性能指标给予。随着对患者安全的日益重视以及内镜教学转向以能力为基础的教学,提供反馈以提高学员表现能力日益显得至关重要, 反馈在 SBT 过程中变得不可或缺,若缺乏反馈,SBT 则很难起到加强学习的作用[2,20]。专家在给予学员反馈时应考虑反馈的时间、内容和反馈的传递方式等因素[21],同时应顾及学员的认知负荷。所谓认知负荷是指在工作中、记忆时所付出的努力,包括内部认知负荷、外部认知负荷和相关认知负荷[22]。在内镜操作过程中,应适当减少学员的认知负荷,每次最好只提出一两个要点,以便学员更好地接收这些反馈,并从错误中吸取教训;此后可进一步给予促进性反馈,以引导学员的思想,帮助学员加强反思性学习,培养其解决问题的能力[2,23-24]。一项试验纳入 22 例新学员[25],将其随机分到有反馈组和无反馈组,有反馈组观察

到异常黏膜的比例可达专家水平，观察到达盲肠的速度明显快于无反馈组。然而对于模拟器本身提供的物理反馈（如触觉反馈）则褒贬不一，Bernardo 等[26]认为在培训过程中触觉界面至关重要，因为触觉能传达丰富详细的信息，在与其他感官（尤其是视觉）结合时，触觉能显著增加发送到大脑的信息量。信息的增加不仅有助于减少学员的错误，也有利于缩短学员完成任务所需的时间。但 Vapenstad 等[9]进行的一项纳入 30 例学员的随机对照试验发现，接受模拟训练的学员，之所以未能成功地将所学到的内镜技能应用于临床中，是由于模拟触觉反馈的机械性能差，导致产生了负面的训练效果。由此可见，模拟训练过程中尽管能提供物理反馈，但缺点在于不能完全模拟人体的真实触觉和对人体组织的逼真模拟[27]。模拟触觉反馈和人体真实触觉反馈之间产生的训练效果还有待大样本、前瞻性的研究进一步验证。同时，需要改进现有计算机化模块的真实感，包括触觉能力，以确保更真实的学习者体验，解决模拟触觉反馈的机械性能差的问题[5]。

2.3　SBT 在课程中的整合

内镜教学另一个令人感兴趣的领域是 SBT 是否应嵌入到结构化综合课程或自我导向课程中。总体而言，对 SBT 在课程中的整合应深思熟虑，并以证据为基础，以最大限度地提高其学习收益[21]。Grover 等[14]分析了 33 例内镜新学员，将 SBT 嵌入到结构化综合课程中。与自我导向课程对比，结构化综合课程有助于更好地获得应用于临床中的技术和 ENTS。为进一步加强结构化课程的学习，可将基于教育理论的干预措施嵌入到结构化课程之中。在两项研究中[15,28]，将渐进式学习作为干预措施嵌入到内镜课程中，通过增加任务难度来挑战学员，以进一步提高其学习能力。这两项研究发现，难度越大的训练方案越能提高学员的技能学习能力。此外，有几种新兴的教育策略可应用于内镜模拟培训，包括间隔练习（在一段很长时间内，培训被分成几个独立的阶段）、即时培训（培训学员掌握更复杂的技能）、游戏化（增强学习动机、参与性和技能表现）和沉浸式虚拟现实（增强现实感）[21,29-31]。尽管模拟训练越来越多地被整合到内镜培训课程中，我们也认为它是一种有价值的教学策略，但在实际中由于多种原因（主要是成本和可及性），限制了此教学的广泛开展。因此有必要研发低成本的便携式模拟器，以提高可及性[5,32]。

3　研究方向

基于 VR 的 SBT 颇具前景，对所有内镜检查过程的训练都是有用的，在训练新手内镜医师中扮演着重要角色。数据表明，基于 VR 的内镜培训，模拟器保真度较高，有利于新手内镜师获取基本的内镜技能，提高后续在临床上的表现[15,17,27,33]。但模拟器很难模拟学员在真正的病人中所遇到的所有状况，因此受训者仍有必要在专业内镜师的指导下接受以病人为基础的培训[2]。为更好发挥 SBT的作用，包括其成本效益等在内的相关研究有待开展。此外，未来的技术研究需要提高 VR 模拟训练的可视化、真实沉浸感以及学员在虚拟场景中交互的能力[34]。

3.1　反馈

反馈应是具体的、有目标导向和可操作的[21]。SBT 过程中提供学员反馈可促进其技能提高，是 SBT 必不可少的组成部分[35]。为增强反馈的作用，可采用如下几种方法[23-24]：①每次模拟课程之前，鼓励学员与专业内镜师分享其目标，以帮助学员养成在每节内镜课程中有意识地关注目标的习惯。通过这种为培训者和受训者提供一个特定的目标的方式来增强学习。②每一节课都给予反馈，以便学员思考在下一节课中他们将改变什么，从而使其了解如何将反馈融入到培训中。③通过 SBT，识别出在早期培训中苦苦挣扎的学员，以便及时制订计划帮助其学习。④在 SBT 教学中对课程录像，监督学员观看录像，以此提高学员的自我评估能力。⑤定期、及时地向学员提供反馈，最好是在培训过程中或培训后不久。

3.2　ENTS

ENTS，也称为综合能力，包括团队合作、领导能力、沟通能力、专业精神和决策制定等核心技能，还包括与安全相关的能力（如知道什么时候不该继续，什么时候该打电话求助）以及危机管理技能[36]。ENTS 是提高团队合作能力和减少人为错误的重要因素，是内镜实践的重要组成部分，也是保证患者安全和良好临床结局的关键因素。其已经越来越多地融入到内镜培训中[5,37-38]。但问题在于 ENTS 很难传授，特别是在病人处于局部镇静甚至清醒状态的情况下，建议使用高保真模拟训练（配上标准化病人和扮演的护理人员来模拟情景，即混合模拟），或者之前提到的渐进式学习来帮助初级学员掌握内窥镜检查中的 ENTS[2,5,14-15]。但目前的模拟器尚不能

很好地评估 ENTS 的获取效果,新的模拟模型有待开发,重点是扩大模拟能力以更好地传授认知和非技术技能[5,39]。

3.3 内镜检查中的紧急情况

对学员来讲,处理内镜检查过程中出现的紧急情况极具压力。目前 SBT 也仅限于息肉切除术和其他常规手术，而处理并发症的能力主要是机会性的,或者通过经验独立实践获取,因此如何使用 SBT 处理紧急情况有待随机试验进一步探索[2,37]。

3.4 工效学

内镜检查必然会使其从业者面临物理力学损伤带来的职业风险,幸运的是,有很多方法可降低这些风险。未来技术的革新,如人体工效学设计的内镜手柄和自行推进的结肠镜检查,将会降低内镜固有的物理压力,从而更好地保护内镜从业者[40]。内镜师肌肉骨骼疾病的发病率很高,因此人体工效学在内镜检查中越来越重要。一项研究调查了 684 名美国胃肠镜医师机体损伤的发生率和危险因素[41],发现 53%的人有不同程度的机体损伤,均与操作胃肠镜有关。这些损伤是由于在不恰当的姿势下,反复捏、抓、推、拉和扭转内镜引起的[2]。但由于人体测量的个体差异,目前尚无使用内镜的最佳人体工效学位置的指导方针。但有一些小技巧可供参考:在内镜检查过程中,手术姿势应采取中立位,不要过度弯曲;将内镜作为杠杆以减少右手扭伤;使用中拇指控制位置;右手握纱布以降低压力;内镜位置放置不便时使用左手小指握器械以减少右手扭伤[42]。SBT 可通过模仿内镜物理方面的情景来帮助学员练习姿势,从而将这些技能传授给学员。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　曾灏:搜索文献、撰写论文;田攀文:提出论文构思、总体把关、审订论文

参考文献

[1] Miki T, Iwai T, Kotani K, et al. Development of a virtual reality training system for endoscope-assisted submandibular gland removal [J]. Journal of Cranio-maxillo-facial Surgery: Official Publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery, 2016, 44(11): 1800-1805. DOI: 10.1016/j.jcms.2016.08.018.

[2] Mahmood T, Scaffidi MA, Khan R, et al. Virtual reality simulation in endoscopy training: Current evidence and future directions [J]. World Journal of Gastroenterology, 2018, 24(48): 5439-5445. DOI: 10.3748/wjg.v24.i48.5439.

[3] Javia L, Sardesai MG. Physical models and virtual reality simulators in otolaryngology [J]. Otolaryngologic Clinics of North America, 2017, 50(5): 875-891. DOI: 10.1016/j.otc.2017.05.001.

[4] Scaffid MA, Khan R, Catharine WM. Protocol for a randomised trial evaluating the effect of applying gamification to simulation-based endoscopy training [J]. BMJ Open 2019, 9: e024134.

[5] Walsh CM, Cohen J, Woods KL, et al. ASGE EndoVators Summit: simulators and the future of endoscopic training [J]. Gastrointest Endosc, 2019, 90(1): 13-26. DOI: 10.1016/j.gie.2018.10.031.

[6] 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 Practice & Research Clinical Gastroenterology, 2016, 30(3): 375-387. DOI: 10.1016/j.bpg.2016.04.004.

[7] Committee AT, Goodman AJ, Melson J, et al. Endoscopic simulators [J]. Gastrointest Endosc, 2019: 1-11. DOI: 10.1016/j.gie.2018.10.037.

[8] Bartlett JD, Lawrence JE, Stewart ME, et al. Does virtual reality simulation have a role in training trauma and orthopaedic surgeons? [J]. Bone Joint J, 2018(5): 559-565. DOI: 10.1302/0301-620x.100b5.

[9] Våpenstad C, Hofstad EF, Bo LE, et al. Lack of transfer of skills after virtual reality simulator training with haptic feedback [J]. Minim Invasive Ther Allied Technol, 2017, 26(6): 346-354. DOI: 10.1080/13645706.2017.1319866.

[10] Martin-Perez B, Bennis H, Lacy AM. Virtual reality simulation for surgery: from video games to transanal total mesorectal excision [J]. Techniques in Coloproctology, 2018, 22(1): 5-6. DOI: 10.1007/s10151-017-1738-1.

[11] McCool KE, Bissett SA, Hill TL, et al. Evaluation of a human virtual-reality endoscopy trainer for teaching early endoscopy skills to veterinarians [J]. Journal of Veterinary Medical Education, 2019, 2019: 1-11. DOI: 10.3138/jvme.0418-037r.

[12] Kate Rassie. The apprenticeship model of clinical medical education: time for structural change [J]. The New Zealand Medical Journal, 2017, 130(1461): 66-72.

[13] Matharoo M, Haycock A, Sevdalis N, et al. A prospective study of patient safety incidents in gastrointestinal endoscopy [J]. Endoscopy International Open, 2017, 5(1): E83-89. DOI: 10.1055/s-0042-117219.

[14] 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]. Gastrointestinal Endoscopy, 2015, 82(6): 1072-1079. DOI: 10.1016/j.gie.2015.04.008.

[15] Grover SC, Scaffidi MA, Khan R, et al. Progressive learning in endoscopy simulation training improves clinical performance: a blinded randomized trial [J]. Gastrointestinal Endoscopy, 2017, 86(5): 881-889. DOI: 10.1016/j.gie.2017.03.1529.

[16] Walsh CM, Anderson JT, Fishman DS. Evidence-based approach to training pediatric gastrointestinal endoscopy trainers [J]. J Pediatr Gastroenterol Nutr, 2017, 64(4): 501-504. DOI: 10.1097/MPG.0000000000001473.

[17] 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. DOI: 10.1136/gutjnl-2014-307173.

[18] Singh S, Sedlack RE, Cook DA. Effects of simulation-based training in gastrointestinal endoscopy: a systematic review and meta-analysis [J]. Clinical Gastroenterology and Hepatology, 2014, 12(10): 1611-1623 e4. DOI: 10.1016/j.cgh.2014.01.037.

[19] Koch AD, Ekkelenkamp VE, Haringsma J, et al. Simulated colonoscopy training leads to improved performance during patient-based assessment [J]. Gastrointestinal Endoscopy, 2015, 81 (3): 630-636. DOI: 10.1016/j.gie.2014.09.014.

[20] Patel SG, Keswani R, Elta G, et al. Status of competency-based medical education in endoscopy training: a nationwide survey of us acgme-accredited gastroenterology training programs [J]. Am J Gastroenterol, 2015, 110(7): 956-962. DOI: 10.1038/ajg.2015.24.

[21] Khan R, Scaffidi MA, Grover SC, et al. Simulation in endoscopy: practical educational strategies to improve learning [J]. World J Gastrointest Endosc, 2019, 11(3): 209-218. DOI: 10.4253/wjge.v11.i3.209.

[22] Leppink J, van den Heuvel A. The evolution of cognitive load theory and its application to medical education [J]. Perspectives on Medical Education, 2015, 4(3): 119-127. DOI: 10.1007/s40037-015-0192-x.

[23] Dilly CK, Sewell JL. How to give feedback during endoscopy training? [J]. Gastroenterology, 2017, 153(3): 632-636. DOI: 10.1053/j.gastro.2017.07.023.

[24] Waschke KA, Anderson J, Valori RM, et al. ASGE principles of endoscopic training [J]. Gastrointest Endosc, 2019, 90(1): 27-34. DOI: 10.1016/j.gie.2018.10.017.

[25] 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. DOI: 10.1136/gut.2009.191825.

[26] Bernardo A. Virtual reality and simulation in neurosurgical training [J]. World Neurosurgery, 2017, 106: 1015-1029. DOI: 10.1016/j.wneu.2017.06.140.

[27] King N, Kunac A, Merchant AM. A review of endoscopic simulation: current evidence on simulators and curricula [J]. J Surg Educ, 2016, 73(1): 12-23. DOI: 10.1016/j.jsurg.2015.09.001.

[28] Gomez PP, Willis RE, Sickle KV. Evaluation of two flexible colonoscopy simulators and transfer of skills into clinical practice [J]. Journal of Surgical Education, 2015, 72(2): 220-227. DOI: 10.1016/j.jsurg.2014.08.010.

[29] Mokadam NA, Lee R, Vaporciyan AA, et al. Gamification in thoracic surgical education: using competition to fuel performance [J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2015, 150(5): 1052-1058. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2015.07.064.

[30] Hashimoto DA, Gomez ED, Beyer-Berjot L, et al. A randomized controlled trial to assess the effects of competition on the development of laparoscopic surgical skills [J]. J Surg Educ, 2015, 72(6): 1077-1084. DOI: 10.1016/j.jsurg.2015.06.005.

[31] Samuelson ST, Burnett G, Sim AJ, et al. Simulation as a set-up for technical proficiency: can a virtual warm-up improve live fibreoptic intubation? [J]. Br J Anaesth, 2016, 116(3): 398-404. DOI: 10.1093/bja/aev436.

[32] Jirapinyo P, Thompson CC. Current status of endoscopic simulation in gastroenterology fellowship training programs [J]. Surg Endosc, 2015, 29(7): 1913-1919. DOI: 10.1007/s00464-014-3884-0.

[33] Walsh CM, Sherlock ME, Ling SC, et al. Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy [J]. The Cochrane Database of Systematic Reviews, 2012, 13 (6): CD008237. DOI: 10.1002/14651858.CD008237.pub2.

[34] Huber T, Wunderling T, Paschold M, et al. Highly immersive virtual reality laparoscopy simulation: development and future aspects [J]. International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery, 2018, 13(2): 281-290. DOI: 10.1007/s11548-017-1686-2.

[35] Cheng A, Nadkarni VM, Mancini MB, et al. Resuscitation education science: educational strategies to improve outcomes from cardiac arrest: a scientific statement from the american heart association [J]. Circulation, 2018, 138(6): e82-122. DOI: 10.1161/CIR.0000000000000583.

[36] Walsh CM. In-training gastrointestinal endoscopy competency assessment tools: types of tools, validation and impact [J]. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology, 2016, 30(3): 357-374. DOI: 10.1016/j.bpg.2016.04.001.

[37] Anderson J, Lockett M. Training in therapeutic endoscopy: meeting present and future challenges [J]. Frontline Gastroenterology, 2019, 10(2):1-6. DOI:10.1136/flgastro-2018-101086.

[38] Ravindran S, Thomas-Gibson S, Murray S, et al. Improving safety and reducing error in endoscopy: simulation training in human factors [J]. Frontline Gastroenterology, 2019, 10(2): 160-166. DOI: 10.1136/flgastro-2018-101078.

[39] Charlotte RH, Magdalena M, Judy E, et al. Non-technical skills and gastrointestinal endoscopy: a review of the literature [J]. Frontline Gastroenterology, 2017: 1-6. DOI: 10.1136/flgastro-2016-100800.

[40] Singla M, Kwok RM, Deriban G, et al. Training the endo-athlete: an update in ergonomics in endoscopy [J]. Clinical Gastroenterology and Hepatology, 2018, 16(7): 1003-1006. DOI: 10.1016/j.cgh.2018.04.019.

[41] Ridtitid W, Coté GA, Leung W, et al. Prevalence and risk factors for musculoskeletal injuries related to endoscopy [J]. Gastrointestinal Endoscopy, 2015, 81(2): 294-302 e4. DOI: 10.1016/j.gie.2014.06.036.

[42] Chang MA, Mitchell J, Abbas Fehmi SM. Optimizing ergonomics during endoscopy [J]. VideoGIE : an Official Video Journal of the American Society for Gastrointestinal Endoscopy, 2017, 2(7): 170. DOI: 10.1016/j.vgie.2017.03.005.

（收稿日期：2019-12-17）
（本文编辑：唐宗顺）