



虚拟现实技术在消化内镜培训与教学中的应用进展*

凡小丽, 罗斌阳, 杨丽[△]

四川大学华西医院 消化内科, 四川大学-牛津大学华西消化肿瘤联合研究中心(成都 610041)

【摘要】 消化内镜是诊断和治疗消化道疾病的常用工具之一,我国仍存在对广大基层消化内镜医师的较大需求。同时随着消化疾病内镜治疗进入“3E [内镜逆行胰胆管造影(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)、内镜超声检查(endoscopic ultrasonography, EUS)、内镜黏膜下剥离术(endoscopic submucosal dissection, ESD)]”时代,对高级消化内镜人才的需求也逐渐加大。如何加快基层内镜医师的规范化培训和高级内镜医师的进阶性培训,是目前消化内镜培训的重点之一。基于虚拟现实技术开发的模拟器具有客观性、真实性、沉浸式等优势,相较于传统的消化内镜培训在方式方法、培训人数、考核等方面具有优势,其应用为消化内镜的培训与教学提供了新的途径。本文就虚拟现实技术在消化内镜手术培训与教学中的探索与实践进行总结,并分析其在国内的应用现状,探讨其应用前景。

【关键词】 医学教育 规范化培训 虚拟现实技术 消化内镜

Role of Virtual Reality in Gastrointestinal Endoscopy Training and Teaching FAN Xiaoli, LUO Binyang, YANG Li[△].
Department of Gastroenterology and Hepatology, Sichuan University-University of Oxford Huaxi Joint Centre for Gastrointestinal Cancer, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China

[△] Corresponding author, E-mail: yangli_hx@scu.edu.cn

【Abstract】 Gastrointestinal (GI) endoscopy is one of the instruments used extensively in the diagnosis and treatment of digestive tract disorders. China is confronted with a great demand for endoscopists working in grassroots healthcare facilities. Furthermore, endoscopic retrograde cholangiopancreatography (ERCP), endoscopic ultrasonography (EUS), and endoscopic submucosal dissection (ESD) are becoming the prevailing methods of endoscopic treatment of digestive diseases. Therefore, there is a growing demand for senior endoscopists. Currently, an important focus of GI endoscopy training is the acceleration of standardized training for endoscopists working in grassroots health facilities and advanced training for senior endoscopists. Simulation devices based on virtual reality technology exhibit strengths in objectivity, authenticity, and an immersive experience. These devices show advantages in the training method, the number of participants, and assessment over traditional training programs for GI endoscopy. Their application provides a new approach to the training and teaching of GI endoscopy. Herein, we summarized the explorations and practices of using virtual reality technology in the training and teaching of GI endoscopy, analyzed its application status in China, and discussed its prospects for future application.

【Key words】 Medical education Standardized training Virtual reality technology
Gastrointestinal endoscopy

世界卫生组织国际癌症研究机构发布的2020年全球最新癌症负担数据显示,胃癌、食管癌、结直肠癌三大消化道肿瘤分别位列我国癌症死亡人数前十癌种的第三、四、五位,给社会经济卫生造成巨大负担^[1]。随着2018年我国“消化道肿瘤筛查及早诊早治项目”启动,消化内镜作为重要的筛查工具^[2],对消化内镜医生的需求剧增,基本内镜技术的规范化培训非常必要。同时,对于近年来迅猛发展的高级内镜技术,熟练阶段的内镜医生如何通过高效、个性化的培训和教学方法迅速成长,也是重要

课题^[3]。

近年来虚拟现实(virtual reality, VR)技术在各领域得到了广泛应用,根据《教育部关于一流本科课程建设的实施意见》(教高[2019]8号)中虚拟仿真实验教学在一流课程建设的意见,VR正在成为常态化应用的新型教学模式之一,在医学课堂教育与不同医学专业的技能培训中大放异彩,如影像医学、泌尿外科机器人手术教学等^[4]。基于VR技术的模拟器可弥补传统消化内镜手术学习培训过程中的不直观、上手慢和潜在的医疗风险的问题,同时也可用于考核认证、监督质控等环节。本文就VR技术在消化内镜手术培训与教学中的探索与实践进行总结。

* 国家自然科学基金青年基金项目(No. 82100552)资助

[△] 通信作者, E-mail: yangli_hx@scu.edu.cn

出版日期: 2024-03-20

1 VR技术可以解决传统消化内镜培训与教学的难点

1.1 生动直观的解剖学模拟学习

传统医学教育主要依赖于消化内镜图谱,VR技术可以清晰地呈现逼真的三维虚拟解剖模型,使低年资医生能够更轻松的在三维空间中理解复杂的消化系统解剖结构,沉浸式体验使学员感受更加真实,培养出良好的操作感觉。

1.2 及时更新培训与教学内容框架

内镜技术发展日新月异,但部分教学医院与培训中心设置的培训课程仍相对陈旧,如基于硅胶模型的胃肠镜训练课程,VR内镜模拟系统可通过实时更新设置,提供进阶阶段的内镜训练模块如内镜逆行胰胆管造影(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)板块,从而不断完善消化内镜课程的教学。

1.3 个性化纠错

随着目前规培、专培的学员多、学员动手机会相对少,传统“学徒式”模式导致学员学习效果参差不齐,错误得不到及时纠正,VR虚拟技术支持个性化纠错,根据学员的操作情况,模拟器可以针对性地纠正其偏差,进一步提高内镜操作的准确性。

1.4 系统化的培训方案

传统模式下课后学员花费大量的时间进行“复盘”,但是效率低下,容易“事倍功半”,基于VR技术的消化内镜手术模拟系统,可以提供系统化、科学化的培训方案,将内镜操作技能的教学安排在不同的难度等级上,避免医学生盲目操作,能确保培训的全面性、针对性和实用性。

1.5 建立统一的考核评定标准和资格认证

相较于国外相对完善的消化内镜医师培训与考核模式,我国各中心缺乏相对统一的考核方法,部分由培训导师主观考核而定,导致大部分单位的培训学员水平参差不齐^[9]。VR技术可以整合考核评定,质控监督等功能,建立完善和统一的考核体系和学员培训水平的卫生资格认证体系。

2 国内外消化内镜VR模拟器的研究进展

消化内镜培训基本过程主要包括理论学习阶段、观摩及模拟操作阶段、培训导师监督下真实患者操作。理论学习阶段主要靠学员充分使用各种教材、课堂学习、讲座培训等资料进行学习。VR模拟器自1998年逐渐走上商用,在国外消化内镜医师培训中发挥了重要的作用,国外公司开发的VR模拟器功能强大,部分具有高级内镜

技术培训项目,但引进费用昂贵,国内在VR模拟器开发上仍处于起步阶段。

不同于其他包括机械模拟、活体动物模拟、复合动物模拟在内的内镜模拟培训模型,VR模拟器可以利用机器人触觉、AI等技术,提供沉浸式体验,提高动手能力,达到练即实操的效果^[5-6]。美国Symbionix公司的消化内镜VR模拟器(GI Mentor)是研发最早、目前也处于领先地位的VR模拟器,除了可以练习最常规的胃镜、结肠镜检查之外,还可以应用于ERCP、内镜超声检查(endoscopic ultrasonography, EUS)、消化道出血止血、内镜下黏膜切除术(endoscopic mucosal resection, EMR)/内镜黏膜下剥离术(endoscopic submucosal dissection, ESD)等高级技术的练习。另外,加拿大CAE公司的EndoVR消化内镜虚拟培训系统(又称Accutouch)和瑞典Surgiscience的EndoSim消化内镜虚拟培训系统也是国外常用的VR模拟器,以及还有相对少见的EndoVision、Endo-X系统、Endo TS-1(非商用),部分已停产^[5]。目前所有的消化内镜VR模拟器都包括胃镜、结肠镜检查两个模块,但GI Mentor是唯一具有EUS和ESD/EMR模块的VR模拟器^[7]。此外,上述国外品牌价格非常昂贵,售后服务体系欠完善,因此国内自主研发消化内镜VR模拟器也十分必要。

我国对消化内镜仿真终端的研究起步较晚,但近年来已有部分企业取得了重要的成果,如IHS智触公司已研制出平台级消化内镜手术培训机器人,其自主研发的依多训™/EndoTrainPro™消化内镜手术培训机器人具备触觉和听觉反馈,1.0版本已完成落地生产,已具备内镜基础技能培训板块、上消化道内镜检查模块、下消化道内镜检查模块。据网易行业资讯(<https://m.163.com/dy/article/FHL5A7DA05118DFD.html>)及肽度资讯(<https://www.time doo.com/44053.html>),截至目前该公司已经与包括北京清华长庚医院在内的国内多家三甲医院建立临床和研发关系。但总的来说,国内目前在这个领域的研发总体还处于起步阶段。

3 VR技术在基本消化内镜操作及高级内镜技术中的应用

3.1 基本消化内镜操作技术

对于基本内镜技术,目前大部分研究结果认为相较于传统的临床实践,新手内镜医师可从消化内镜VR模拟培训中获益。

普通胃镜操作是高级内镜检查及内镜手术的基础。目前VR模拟培训对于胃镜检查影响的研究相对较少;2004年来自意大利Di GIULIO等^[8]的一项多中心随机对照

试验中评估了VR模拟器用于毫无经验的新手内镜医师的胃镜培训的有效性, 22名新手内镜医师被随机分为两组: 一组额外接受为期10 h的临床前VR模拟训练, 另外一组无VR模拟训练, 结果证实接受VR模拟器培训可以有效地帮助新手识别解剖标志和更熟练地掌握胃镜基本操作所需的技能, 并提高新手独立操作的比例。2012年ENDO等^[9]通过多中心随机对照试验研究也发现接受总时长约18~20 h的VR模拟训练的受训人员能减少操作时长、提高技能评分, VR模拟训练+传统临床实践组操作消化内镜到达食管和幽门的时间最短。因此, VR模拟训练+传统临床实践应作为互补的教学方式来发挥优势, 后续多项研究也证实了接受总时长5~20 h临床前或同时的VR模拟培训+传统培训组, 相较于仅接受传统培训的新手内镜医师, 可以帮助其迅速获得胃镜基本技能^[10-13]。因此, VR模拟训练可帮助新手内镜医师迅速掌握胃镜的基本操作。但也有研究认为其真实性方面有局限性, 认为VR模拟训练只能将新手内镜医生与其他经验水平区分开来, 以及在VR胃镜模拟培训期间学到的技能可能不能很好地转化为基于人体的内镜检查技能^[11]。

VR模拟训练用于结肠镜的培训更为成熟, 既往研究者也针对其学习效果维持时间、最佳利用学习模式等也进行了研究。多项研究证明结合VR模拟训练课程对于初学者的结肠镜培训的有效性, 在多种客观指标如盲肠插管成功率和插管时间、解襟时间、总体完成时间、黏膜可视化程度、退镜速度等方面都相对于传统培训更优^[14-19]。其中一项研究也表明, VR模拟训练带来的学习获益可以一直持续到新手内镜医师完成前60台结肠镜检查^[18]。COHEN等^[19]的研究也指出, 虽然VR模拟训练可以显著提高学员前80台结肠镜检查的操作能力, 但不管是否结合VR模拟训练, 学员达到熟练操作结肠镜检查的台次的中位数均为160台。另外, 研究人员通过一项随机对照试验进一步发现, 结合实时的内镜专家的评价、反馈和学员自我调节的学习模式, 比单纯进行VR模拟训练的学员组在前两次结肠镜操作时表现更优秀、整体基本功更扎实^[20]。

除了能缩短新手内镜医师学习基本内镜操作的时间外, 也有研究者评估了间隔一段时间后从VR模拟训练获得的关键技能是否能够保持以及再次熟练所需要的强化训练次数。白杨等^[21]通过对4名临床医学八年制学员前后间隔1年进行对比, 发现胃镜的VR模拟训练(AccuTouch)后停止1年, 学员的关键胃镜技能(如残气量、力度、操作时间等)显著下降, 但通过平均5.5次的VR强化训练可以恢复1年前的水平。而对于结肠镜的VR模拟器训练, SNYDER等^[22]通过对5名接受了VR结肠镜

模拟训练的住院医师进行研究, 发现经过4个半月后关键技能仍能保持。但李钊等^[23]研究发现无消化内镜操作经验的学员从VR系统培训获得的结肠镜技能在培训结束时和培训结束半年后分别通过VR系统进行考核, 期间半年不接受内镜训练, 发现半年后在安全性和准确度能够与半年前VR培训才结束时的考核评分持平, 但在残留气体量、肠襟形成以及操作速度上有差异, 因此作者建议可以通过VR强化训练再次提高上述关键结肠镜技能。上述结果提示, VR模拟训练能帮助顺利克服阶段性内镜学习后的停滞阶段、迅速再获得关键技能, 从而促进了内镜技术练习的延续性, 这对于“新手”型学员十分重要。

近年来研究者们也陆续对上述研究进行了循证医学的评价。2012年, WALSH等^[24]开展了一项Cochrane系统评价, 共纳入了13项研究, 其中9项研究对比了VR模拟器训练组与未接受任何训练组的成效, 结果发现: 与未接受训练组相比, VR模拟器训练组学员在多种客观评价指标如总体操作时间、黏膜可视化等方面优于未接受任何训练组。2018年, 时隔6年后该团队对该项Cochrane系统评价进行了更新, 包括了胃镜、结肠镜和乙状结肠镜, 最终纳入18项随机对照试验或半随机对照试验, 发现对于新手内镜医师, VR模拟器训练可优化安全性、插管时间等多项指标、可作为传统的学徒式训练的较好补充, 但尚无证据证明其可以取代传统的学徒式训练。但研究者也指出, 由于在一些试验中随机化不充分、分配隐藏以及未盲法评判结果, 因此要注意该系统评价证据质量来源较低^[25]。

3.2 高级消化内镜操作技术

相较于在基本消化内镜技术中的作用, VR模拟训练在高级内镜操作的教学与培训中难度更大、应用较少。

ERCP在胆胰疾病的诊疗中扮演着不可替代的角色, 是消化内镜中操作难度最高的技术之一。目前GI Mentor、CAE Endo VR、EndoSim三款VR模拟器具备ERCP训练模块^[15]。早期一项研究通过纳入20名已经过ERCP培训、有一定操作经验的人员, 对比GI Mentor和两种不同的活体动物模型训练(离体猪器官和麻醉猪器官)两种训练模式, 发现VR模拟训练的真实感和体验感不如离体猪器官^[26]。近年来国外2项研究发现CAE EndoVR模拟器可区分内镜专家与初学者在ERCP操作中的表现, 明确了其用于ERCP操作训练的可行性, 92%的受训人员认可其应用于ERCP培训潜力^[27-28], 但上述研究纳入受训人员本身操作经验异质性大、纳入受训人员的样本量小、证据有限。EUS和EMR/ESD模块目前只有GI Mentor配备, 目前尚无相关有效性的数据。

总的来讲, VR模拟训练在高级消化内镜操作的教学与

培训中应用、研究的数据相对较少,尚待将来进一步研究。

4 VR技术在消化内镜教学与培训中的优势与局限性

不同于美国、英国、日本等国家有相对完善的消化内镜医师培训体系,我国消化内镜医师培训和考核体系尚不完善^[3]。VR消化内镜模拟训练不仅能通过沉浸式的体验感和触觉与视觉的反馈从而帮助无经验的学员迅速熟悉基本内镜技能,还可以通过多个任务和虚拟病人案例的综合模块库模拟临床场景,随着学员完善程度而逐级升级技能任务。因此,可帮助实现消化内镜培训过程的制度化、规范化。另外,还可帮助不同教学机构和培训导师客观评价受训人员能力,从而完善内镜医师的准入机制。如上所述,VR技术将一定程度上推动我国新时代下消化内镜技术培训和内镜医师的培养。

诚然,VR模拟训练在消化内镜教学与培训中的局限性也显而易见。首先,目前美国、瑞典等国的有关品牌向市场提供的内镜模拟训练系统的报价约为5~50万美元/套(根据需要配备的模块而定),价格较为昂贵,成为全国各大医院和医学院校在采购时考虑的因素之一。其次,VR模拟训练虽然能带来触觉、视觉的反馈,但从已有实践来看,更适用于胃镜、结肠镜等基本内镜技术的教学与培训。目前对于高级内镜技术的培训更多使用活体动物,如与人消化道解剖结构相似的猪^[6],但需要考虑伦理和成本问题。因此,未来可考虑往更加细化的训练阶段、内镜模块发展,用于高级内镜技术的培训、减少临床工作中医疗风险。

5 消化内镜VR模拟训练在医院教学中的应用现状

消化内镜培训既是消化内科教学,也是住院医师规范化培训的重要组成部分。然而,目前内科规培的要求为掌握消化内科常见病多发病的临床诊疗工作、掌握消化道内镜的适应证和禁忌证,要求的技能为胃镜、结肠镜、ERCP三种内镜操作的见习,尚未提出系统性的消化内镜课程与考核。如何设置不同层级的模拟消化内镜培训课程,从而一定程度上让规培学员不再畏“镜”、提高动手能力、为未来进一步掌握消化内镜打好基础,这需要我们在未来需要不断摸索实践。

目前消化内镜模拟器在国内医学院或医院的内镜教学中的时间较短,因其投入费用较大,国内的大部分医院或医学院的技能中心并未普及。自2004年首都医科大学附属北京友谊医院、北京消化疾病中心引进国内第一台

消化内镜GI Mentor II以来,国内部分医学院校包括南方医科大学南方医院、温州医科大学附属第一医院、浙江大学医学院附属第二医院、中国医科大学附属第一医院、四川大学华西医院等也已陆续引进消化内镜VR模拟器用于医学生消化系统的内镜技能练习,将建立基于VR技术的消化内镜规范化培训流程。四川大学华西医院/华西临床医学院具有国家级虚拟仿真实验教学中心,微创技术创新训练中心从2015年起引进第一台消化内镜模拟器,分别于2017年、2019年陆续再引进3台,截至目前共拥有4台消化内镜模拟器(型号均为Symbionix公司的GI-BRONCH Mentor)。据悉,目前该院消化内科、急诊科已基于上述内镜诊疗模拟训练系统设置了针对住院医师、研究生、进修医师的定期培训等。以消化内科为例,每月定期发布培训课程,一次培训时长3 h,在带教老师指导下观摩、操作,学员收获颇丰。由于模拟器一旦损坏后维护费用相对较为昂贵,目前使用的模式一般为带教老师(如教学主任、科室教学专职岗教师)在系统上提出预约申请,审核通过后、带教老师带领学员操作练习。因此,总体而言,消化内镜模拟训练培训在学员中深入程度尚且不够,还需加大消化内镜模拟器的应用。针对此,笔者提出可采取的措施包括但不限于:开设内科专业硕士研究生选修课、消化科博士研究生专业课(必修)、消化科研究生班主任(均为消化内科中级职称及以上医师)带领下每个月定期开展硕士班和博士班的培训、消化内科进修医生初级班和进阶班等。相信在不久的将来,消化内镜模拟器将更好地服务于消化内科内镜人才培养。

6 总结

消化内镜技术的迅猛发展促进了VR模拟培训模型的开发、转化和在内镜教学和培训中的应用,VR技术一定程度上推动了消化内镜培训模式的改革,但目前在国内还处于起步阶段。VR模拟器具有安全性、高效率等优势,应逐步推进将VR模拟训练有机整合到内镜医师的培训、考核、评价、准入机制。

* * *

作者贡献声明 凡小丽负责论文构思、调查研究、经费获取、初稿写作和审读与编辑写作,罗斌阳负责审读与编辑写作,杨丽负责提供资源和监督指导。所有作者已经同意将文章提交给本刊,且对将要发表的版本进行最终定稿,并同意对工作的所有方面负责。

Author Contribution FAN Xiaoli is responsible for conceptualization, investigation, funding acquisition, writing--original draft, and writing--review and editing. LUO Binyang is responsible for writing--review and editing. YANG Li is responsible for resources and supervision. All authors consented to the submission of the article to the Journal. All authors

approved the final version to be published and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

Declaration of Conflicting Interests All authors declare no competing interests.

参 考 文 献

- [1] International Agency for Research on Cancer. Latest global cancer data: cancer burden rises to 19.3 million new cases and 10.0 million cancer deaths in 2020. World Health Organization. (2020-12-15)[2024-01-30]. <https://www.iarc.who.int/news-events/latest-global-cancer-data-cancer-burden-rises-to-19-3-million-new-cases-and-10-0-million-cancer-deaths-in-2020>.
- [2] 童钰铃, 毛玲娜, 宋震亚. 常见消化道肿瘤筛查新进展. 中华健康管理学杂志, 2021, 15(6): 4. doi: 10.3760/cma.j.cn115624-20211012-00603.
TONG Y L, MAO L L, SONG Z Y. New progress in the screening of common digestive tract tumors. Chin J Health Manage, 2021, 15(6): 4. doi: 10.3760/cma.j.cn115624-20211012-00603.
- [3] 高野, 冯拥璞, 刘雨, 等. 新时代消化内镜技术培训和内镜医师培养. 中华消化内镜杂志, 2020, 37(1): 8. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2020.01.002.
GAO Y, FENG Y P, LIU Y, *et al.* Training of gastrointestinal endoscopy and endoscopists in the new era. Chin J Dis Endosc, 2020, 37(1): 8. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2020.01.002.
- [4] 高阳, 赵沁平, 周学东, 等. 虚拟现实技术在新医科人才培养中的作用及应用现状. 四川大学学报(医学版), 2021, 52(2): 182-187. doi: 10.12182/20210260301.
GAO Y, ZHAO Q P, ZHOU X D, *et al.* The role of virtual reality technology in medical education in the context of emerging medical discipline. J Sichuan Univ (Med Sci), 2021, 52(2): 182-187. doi: 10.12182/20210260301.
- [5] FINOCCHIARO M, CORTEGOSO VALDIVIA P, HERNANSANZ A, *et al.* Training simulators for gastrointestinal endoscopy: current and future perspectives. Cancers (Basel), 2021, 13(6): 1427. doi: 10.3390/cancers13061427.
- [6] 王晓玲, 洪东贵, 何小建, 等. 消化内镜技术模拟培训的研究现状. 中华消化内镜杂志, 2022, 39(9): 5. doi: 10.3760/cma.j.cn321463-20211008-00253.
WANG X L, HONG J G, HE X J, *et al.* Current research in simulation training of gastrointestinal endoscopic technology. Chin J Dis Endosc, 2022, 39(9): 5. doi: 10.3760/cma.j.cn321463-20211008-00253.
- [7] GI Mentor. The gold standard simulator for GI endoscopy. [2024-01-27]. <https://surgicalsecience.com/simulators/gi-mentor/>.
- [8] Di GIULIO E, FREGONESE D, CASETTI T, *et al.* Training with a computer-based simulator achieves basic manual skills required for upper endoscopy: a randomized controlled trial. Gastrointest Endosc, 2004, 60(2): 196-200. doi: 10.1016/s0016-5107(04)01566-4.
- [9] ENDE A, ZOPF Y, KONTUREK P, *et al.* Strategies for training in diagnostic upper endoscopy: a prospective, randomized trial. Gastrointest Endosc, 2012, 75(2): 254-260. doi: 10.1016/j.gie.2011.07.063.
- [10] FERLITSCH A, SCHOEFL R, PUESPOEK A, *et al.* Effect of virtual endoscopy simulator training on performance of upper gastrointestinal endoscopy in patients: a randomized controlled trial. Endoscopy, 2010, 42(12): 1049-1056. doi: 10.1055/s-0030-1255818.
- [11] SEDLACK R E. Validation of computer simulation training for esophagogastroduodenoscopy: pilot study. J Gastroenterol Hepatol, 2007, 22(8): 1214-1219. doi: 10.1111/j.1440-1746.2007.04841.x.
- [12] SHIRAI Y, YOSHIDA T, SHIRAIISHI R, *et al.* Prospective randomized study on the use of a computer-based endoscopic simulator for training in esophagogastroduodenoscopy. J Gastroenterol Hepatol, 2008, 23(7 Pt 1): 1046-1050. doi: 10.1111/j.1440-1746.2008.05457.
- [13] 俞力, 李鹏, 陈炳琪, 等. 内镜模拟训练在上消化道内镜培训中的作用研究. 中华消化内镜杂志, 2008, 25(7): 359-361. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2008.07.006.
YU L, LI P, CHEN B Q, *et al.* Upper gastrointestinal endoscopy training with a computer-based simulator: a randomized controlled trial. Chin J Dig Endosc, 2008, 25(7): 359-361. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2008.07.006.
- [14] GROVER S C, SCAFFIDI M A, KHAN R, *et al.* Progressive learning in endoscopy simulation training improves clinical performance: a blinded randomized trial. Gastrointest Endosc, 2017, 86(5): 881-889. doi: 10.1016/j.gie.2017.03.1529.
- [15] AHLBERG G, HULTCRANTZ R, JARAMILLO E, *et al.* Virtual reality colonoscopy simulation: a compulsory practice for the future colonoscopist? Endoscopy, 2005, 37(12): 1198-1204. doi: 10.1055/s-2005-921049.
- [16] ZUPANC C M, WALLIS G M, HILL A, *et al.* Assessing colonoscopic inspection skill using a virtual withdrawal simulation: a preliminary validation of performance metrics. BMC Med Educ, 2017, 17(1): 118. doi: 10.1186/s12909-017-0948-6.
- [17] HAYCOCK A, KOCH A D, FAMILIARI P, *et al.* Training and transfer of colonoscopy skills: a multinational, randomized, blinded, controlled trial of simulator versus bedside training. Gastrointest Endosc, 2010, 71(2): 298-307. doi: 10.1016/j.gie.2009.07.017.
- [18] KOCH A D, EKKELENKAMP V E, HARINGSMA J, *et al.* Simulated colonoscopy training leads to improved performance during patient-based assessment. Gastrointest Endosc, 2015, 81(3): 630-636. doi: 10.1016/j.gie.2014.09.014.
- [19] COHEN J, COHEN S A, VORA K C, *et al.* Multicenter, randomized, controlled trial of virtual-reality simulator training in acquisition of competency in colonoscopy. Gastrointest Endosc, 2006, 64(3): 361-368. doi: 10.1016/j.gie.2005.11.062.
- [20] GROVER S C, GARG A, SCAFFIDI M A, *et al.* Impact of a simulation training curriculum on technical and nontechnical skills in colonoscopy: a randomized trial. Gastrointest Endosc, 2015, 82(6): 1072-1079. doi: 10.1016/j.gie.2015.04.008.
- [21] 白杨, 智发朝, 张强, 等. 在仿真模拟系统获得的胃镜技能的保持性研究. 中华医学教育探索杂志, 2011, 10(11): 3. doi: 10.3760/cma.j.issn.

- 2095-1485.2011.11.040.
- BAI Y, ZHI F Q, ZHANG Q, *et al.* The study on retention of gastroscopy skills after simulator training. *Chin J of Med Edu Res*, 2011, 10(11): 3. doi: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2011.11.040.
- [22] SNYDER C W, VANDROMME M J, TYRA S L, *et al.* Retention of colonoscopy skills after virtual reality simulator training by independent and proctored methods. *Am Surg*, 2010, 76(7): 743–746. doi: 10.1111/j.1600-6143.2010.03153.x.
- [23] 李钊, 智发朝, 白杨, 等. 虚拟现实内镜模拟器自学法获得的结肠镜技能的保持性研究. *中华消化内镜杂志*, 2012, 29(12): 3. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2012.12.009.
- LI Z, ZHI F C, BAI Y, *et al.* Retention of colonoscopy skills after independent virtual reality simulator training. *Chin J Dig Endosc*, 2012, 29(12): 3. doi: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2012.12.009.
- [24] WALSH C M, SHERLOCK M E, LING S C, *et al.* Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database Syst Rev*, 2012, 6: CD008237. doi: 10.1002/14651858.CD008237.pub2.
- [25] KHAN R, PLAHOURAS J, JOHNSTON B C, *et al.* Virtual reality simulation training for health professions trainees in gastrointestinal endoscopy. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 8(8): CD008237. doi: 10.1002/14651858.CD008237.pub3.
- [26] SEDLACK R, PETERSEN B, BINMOELLER K, *et al.* A direct comparison of ERCP teaching models. *Gastrointest Endosc*, 2003, 57(7): 886–890. doi: 10.1016/s0016-5107(03)70025-x.
- [27] SAHAKIAN A B, LAINE L, JAMIDAR P A, *et al.* Can a computerized simulator assess skill level and improvement in performance of ERCP? *Dig Dis Sci*, 2016, 61(3): 722–730. doi: 10.1007/s10620-015-3939-7.
- [28] BITTNER J G, MELLINGER J D, IMAM T, *et al.* Face and construct validity of a computer-based virtual reality simulator for ERCP. *Gastrointest Endosc*, 2010, 71(2): 357–364. doi: 10.1016/j.gie.2009.08.033.
- (2023 – 04 – 29收稿, 2024 – 01 – 30修回)
- 编辑 姜 恬



开放获取 本文使用遵循知识共享署名—非商业性使用 4.0国际许可协议(CC BY-NC 4.0), 详细信息请访问

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>。

OPEN ACCESS This article is licensed for use under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license (CC BY-NC 4.0). For more information, visit <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

© 2024 《四川大学学报(医学版)》编辑部 版权所有

Editorial Office of *Journal of Sichuan University (Medical Science)*