

模拟虚拟技术在外科医师腹腔镜培训中的实践经验

胡建昆¹ 刘凯¹ 彭柏强²

¹四川大学华西医院普外科胃癌中心&胃癌研究室,成都 610041;²四川大学华西临床医学院,成都 610041

通信作者:胡建昆,Email:hujkwch@126.com

【摘要】 随着微创外科的发展和普及应用,腹腔镜技术已成为当代外科医师不可或缺的核心技能之一。随着人工智能和医工融合技术的发展、创新,基于模拟和虚拟现实技术的外科模拟医学亦得到迅速推广和应用,同时也为腹腔镜外科医师的培训提供全新、有效的手段和平台。笔者单位前期系统性整合腹腔镜模拟虚拟技术,牵头开展腹腔镜虚拟模拟技术在专科医师实践技能考试中应用的实证研究,制定腹腔镜培训理论和操作实践课程、常态化开展基于模拟虚拟系统的腹腔镜培训,制定并构建腹腔镜外科医师分阶段渐进式的培训体系。笔者查阅相关文献,并结合团队实践,介绍和论述腹腔镜模拟虚拟系统在外科住院医师培训中的探索与实践,以期推动我国腹腔镜培训的标准化、规范化和同质化。

【关键词】 模拟技术; 虚拟技术; 培训考核; 规范化; 腹腔镜检查

基金项目:四川省自然科学基金(23NSFSC1611、23NSFSC4420);四川大学华西医院学科卓越发展1·3·5工程项目(ZYJC21006)

Practical experience of simulative virtual system in the laparoscopic training among surgeons

Hu Jiankun¹, Liu Kai¹, Peng Boqiang²

¹Department of General Surgery and Gastric Cancer Center & Laboratory of Gastric Cancer, West China Hospital, Sichuan University, Chengdu 610041, China; ²West China Medical School, Sichuan University, Chengdu 610041, China

Corresponding author: Hu Jiankun, Email: hujkwch@126.com

【Abstract】 With the rapid and widespread popularity of minimally invasive surgery, laparoscopic technology has become an indispensable core skill for contemporary surgeons. Based on the innovation of artificial intelligence and medical engineering integration technology, simulative virtual surgical medicine has also been rapidly developed and applied, providing a novel and effective tool for laparoscopic training. The authors' team has systematically integrated the laparoscopic simulative virtual technology and led in conducting the empirical research on the application of laparoscopic simulative virtual technology in the practical skills examination of specialist physicians. They also developed laparoscopic training theory and operational practice courses. Besides, they normalized the training and assessment of simulated virtual systems. Notably, they formulated Chinese laparoscopic training and assessment standards, and constructed a phased and progressive training system for laparoscopic surgeons. The authors review relevant literature and discuss the exploration and practice of laparoscopic simulation virtual system in surgical residents training, in order to promote the standardization, normalization and homogenization of laparoscopic training in China.

【Key words】 Simulation technology; Virtual technology; Training and assessment; Standardization; Laparoscopy

DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20240227-00133

收稿日期 2024-02-27

引用本文:胡建昆,刘凯,彭柏强.模拟虚拟技术在外科医师腹腔镜培训中的实践经验[J].中华消化外科杂志,2024,23(4):561-565. DOI: 10.3760/cma.j.cn115610-20240227-00133.



Fund programs: Natural Science Foundation of Sichuan Province (23NSFSC1611, 23NSFSC4420);
1·3·5 Project for Disciplines of Excellence, West China Hospital, Sichuan University (ZYJC21006)

自 1987 年首例 LC 开展以来,腹腔镜技术在近 30 年得到迅速发展和广泛应用,以腹腔镜为代表的微创技术凭借安全、减痛、微创的优势,逐渐在现代医疗实践中成为不可或缺的诊断与治疗手段之一^[1-2]。腹腔镜技术也成为现代外科专业年轻医师必备的临床技能之一,因此,针对年轻外科医师的腹腔镜培训和评价显得尤为关键^[3]。以美国腹腔镜外科基础教学(fundamentals of laparoscopic surgery, FLS)和欧洲妇科内镜技术教育和评定体系(gynaecological endoscopic surgical education and assessment, GESEA)为代表的腹腔镜培训体系起步早,发展成熟,其腹腔镜技术培训考核较规范、统一,临床医师的腹腔镜技术水平也较均衡^[4]。近 30 年我国腹腔镜技术迅猛发展,无论是大型教学医院还是地市县医院均已常态化开展腹腔镜手术,但是我国尚缺乏统一的腹腔镜培训制度和体系,使得我国腹腔镜手术质量控制及安全规范性面临巨大考验。因此,建立符合我国国情的腹腔镜培训体系,成为我国微创外科发展的重要环节^[5]。随着医工融合技术的进步,我国模拟医学取得长足发展,不断衍生出大量腹腔镜模拟虚拟训练平台,为外科医师提供多元化、多维度的培训模式^[6]。这些基于模拟虚拟技术的腹腔镜技术模块化训练,包括镜头定位、钉板移物、定形裁剪和缝合打结,可显著提升外科医师的手眼协调、双手配合、纵深感和基本手术操作技能。腹腔镜虚拟模拟训练可显著缩短外科医师的腹腔镜技术学习曲线,使年轻外科医师更好、更快地向临床实际操作过渡,同时,还可以降低直接在患者实体操作的风险,更好地保障患者安全。腹腔镜模拟虚拟技术的使用符合阶梯式培养医师的科学逻辑,已成为国际上评估专科医师技能的标准模式,并已被纳入欧美等众多国家的医师认证考核体系之中^[7]。笔者查阅相关文献,并结合团队实践,介绍和论述腹腔镜模拟虚拟系统在外科住院医师培训中的探索与实践,以期推动我国腹腔镜培训的标准化、规范化和同质化。

一、外科腹腔镜培训的国内外现状

在过去 20 年中,我国微创外科领域实现跨越式进步,形成具有明显特色的专业学科^[8]。腹腔镜手术以创伤小、痛苦少、恢复快等优势特点在临床实践中愈加普及^[9]。腹腔镜手术与传统开腹手术

不同,除理念、设备及手术工具的差异之外,其还具备独特的技术操作复杂性。这要求腹腔镜外科医师不仅需要扎实的传统手术技能,还必须接受专门的腹腔镜手术技术系统训练和考核^[10]。

欧洲国家和美国在腹腔镜手术的教育与培训上起步较早,发展迅速。众多国家已经建立起完善的培训系统。以美国 FLS 项目和欧洲 GESEA 为代表的体系已形成相对成熟、完整的培训机制^[4]。这些培训体系强调腹腔镜技能培训的重要性,不仅使得腹腔镜手术更加规范化、同质化,而且能够促进腹腔镜外科建立全面专业的技术支持、准入标准和行业规范^[11]。

我国传统的外科手术培训依赖高年资主刀医师直接在临床手术中开展“传、帮、带”的教学模式^[12]。大多数医院的住院医师通过反复观看和参与临床实践学习腹腔镜手术技能^[13-14]。该方法对于刚接触临床的外科住院医师,学习曲线陡峭,标准化的腹腔镜技术培训不足,无形中增加手术风险和术后并发症发生率,与现代外科医师培养模式不符^[15-16]。近年来,国内大型医学中心开始将腹腔镜技能培训纳入毕业后教育的重要内容,针对住院医师和专科医师进行系统化腹腔镜理论和实操培训。但即便如此,这种培训形式尚未完全摆脱传统的学习模式,未能跟上腹腔镜技术快速普及的步伐。

虚拟现实和人工智能的发展为医学模拟教学和腹腔镜培训带来革命性的变化,提供了更真实的操作环境和反馈,从而提高培训效果。近年来,我国对腹腔镜虚拟模拟操作技能培训进行许多探索,结果显示:不论是初学者还是有一定临床实操经验的外科医师,经过腹腔镜虚拟模拟培训的医师,腹腔镜操作技能均有显著提高;并且虚拟模拟训练不受操作经验多寡的影响,适用于早期系统化培训^[17-18]。腹腔镜虚拟模拟训练系统则以其清晰的画面、逼真的器官模拟、贴近真实的器械反馈和操作手感等众多优势,有效提升学员的空间感知、方向判断、手眼协调和双手配合能力。虚拟现实和人工智能技术的发展,为腹腔镜手术模拟虚拟培训与平台提供大数据网络链接和算法优化,便于平台迅速地迭代优化^[19]。腹腔镜虚拟训练平台使外科医师能在接触真实手术前,通过与现实操作场景相符的模拟训练,同时对外科医师的腹腔镜基本操作技能给予客观真

实的评价,促进外科医师提升腹腔镜操作技能^[20]。

目前,我国尚无统一的腹腔镜培训体系,但是近年来,国内众多大型医学中心已建立腹腔镜技能培训中心。笔者单位牵头制订的我国腹腔镜培训体系已具雏形,主要涵盖腹腔镜基础和进阶理论以及实操的训练内容。初步随访结果显示:腹腔镜模拟虚拟训练显著提升我国外科医师的操作技能,推动了腹腔镜技术进步,最终保障患者安全,提升医疗服务质量^[21]。笔者认为:更好地推进我国腹腔镜培训的开展,促进腹腔镜培训标准化、规范化将成为我国腹腔镜培训的重要工作内容。

二、我国腹腔镜模拟虚拟培训体系的建立

要保障腹腔镜手术的安全实施,就必须严控准入资格和操作规范。我国由于地区发展和医疗资源分布不均衡,腹腔镜外科医师的培养和技术水平参差不齐。许多腹腔镜医师没有经过规范培训,仅通过传统手术观摩学习就急于开展腹腔镜手术,无疑对手术安全和质量控制构成威胁。这与医学伦理及现代医学理念相悖。已有的研究显示:县市级医院腹腔镜手术的占比远高于大型医学中心,但通常县级医院对腹腔镜手术指征把握不严、操作技术水平有所欠缺。因此实现腹腔镜手术的标准化、同质化,提升国内腹腔镜手术质量,是行业共同追求的目标^[22]。基于此,腹腔镜模拟虚拟技术培训考核体系的目标对象,除了年轻的外科医师以外,也应该涵盖未经过系统腹腔镜训练的外科医师,由此可以促进腹腔镜手术的标准化和规范化,进一步保障我国外科医疗安全。

为了进行腹腔镜技能的系统培训考核,中国医师协会内镜医师分会腹腔镜外科专业委员会授牌成立腹腔镜培训学院,其依托全国各地大型教学医院建设培训基地,负责各区域的腹腔镜培训考核。笔者医院作为我国腹腔镜培训学院所在地,秉承“规范、培训、发展、评估”的宗旨,致力于腹腔镜培训的推广和实践。截至 2024 年,全国共有 110 余家腹腔镜外科培训基地授牌单位,腹腔镜外科医师培训学院将定期对各基地进行考核评估。通过制订管理细则,培训学院对培训基地的平台建设、培训计划、考核细则进行规范化管理,采用统一的教材与培训方案,并定期对各个基地的腹腔镜培训情况进行检查、评估和考核。这些举措显著推进了我国腹腔镜技术的培训与发展,并为腹腔镜模拟虚拟培训体系的完善奠定坚实的基础。

(一)腹腔镜模拟虚拟培训体系平台的硬件建设 腹腔镜模拟虚拟培训体系依托于完备的硬件

设施,包括多功能的培训场地、模拟虚拟的培训设备,以及严密的人员管理和保障体系。根据培训设备及操作对象的不同,分成“干性实验室”“虚拟实验室”和“湿性实验室”,分别对应腹腔镜模拟器、模拟虚拟器和腹腔镜动物手术平台。大多数医学中心与培训基地的腹腔镜技能模拟虚拟培训平台均依托于医院临床技能培训中心运行。笔者医院临床技能培训中心配备腹腔镜模拟箱 60 台,搭载腹腔镜虚拟手术和虚拟解剖系统 5 台,配套 24 个动物手术台。腹腔镜模拟虚拟培训平台承担多项管理任务,包括制订和执行培训设备的采购与维护计划,保持培训和教学记录的完整性,以及日常运营管理。对于该平台的使用,培训中心制订了详细的规章制度,并进行规范化管理以保障平台高效运作和降低运营风险,保证设施和人员的有机协同。

(二)腹腔镜模拟虚拟培训的师资、课程设置和教材

笔者单位作为腹腔镜培训学院的所在地,自 2007 年起便开始重视腹腔镜手术技能的培训并开展相应培训课程,逐步为不同层次,包括本科生、研究生、进修医师、规培和专科培训医师等医学人员开设腹腔镜培训课程。通过建立全面的理论讲授和模拟实操技能培训体系,并制订严格的课程大纲、培训内容及考核标准,在腹腔镜教育领域积累经验。

腹腔镜理论讲授和操作课程均由资深腹腔镜外科师资负责传授与指导^[23]。操作技能培训均由腹腔镜手术经验丰富的外科医师进行现场指导,对模拟器的使用,模块操作要点、技巧和考核重点、难点进行讲解。同时笔者单位常态化对本院腹腔镜培训的师资进行师资培训和考核,培养储备腹腔镜技术培训考核高水平师资力量。

不同层次和培养年限的外科医师的临床操作技能高低不均,在腹腔镜模拟虚拟操作培训方面,应当针对不同层次住院医师和专科医师个体化设置不同课程内容和评价标准。住院医师与专科医师腹腔镜培训课程设置为基础理论课程与技能操作课程两大板块,基础理论课程聚焦于腹腔镜基础理论、能量外科理论知识、相关专病临床指南和最新研究现状。而技能操作包括腹腔镜器械的认识和使用、腹腔镜基础(钉板移物、定形裁剪、缝合打结)和进阶模块(LC、阑尾切除和腹腔镜小肠吻合)训练。

2000 年至今,笔者医院牵头主编多部我国腹腔镜微创技术的理论参考教材,其中包括我国“十一五”和“十四五”外科学教材以及我国首个腹腔镜

培训领域的教材——《腹腔镜外科基础与培训》。该教材从腹腔镜手术发展的历史沿革、腹腔镜技术理论基础、腹腔镜培训模块操作、腹腔镜手术适应证和专科手术操作等方面进行系统的介绍,为住院医师腹腔镜理论课程开展奠定坚实基础。同时,在培训学院的统筹下,结合前期培训经验,各个腹腔镜培训基地已经就腹腔镜模拟虚拟技术培训流程、考核标准形成统一的制度和流程,以期系统性、科学性提高外科医师对腹腔镜模拟虚拟训练的认知。

三、我国腹腔镜培训考核体系的介绍

(一)中国腹腔镜技术考核与评价标准体系的内容

为进一步推动我国腹腔镜操作技术的培训,国家医学考试中心组建腹腔镜技术考核评价专家委员会。笔者单位经过前期腹腔镜培训和考核的实践经验结合近年来国家医学考试中心“模拟虚拟技术在腹腔镜专科医师实践技能考试中的应用实证研究”的前期结果,由笔者医院牵头建立中国腹腔镜技术考核与评价标准体系(Chinese laparoscopic skills testing and assessment, CLSTA)^[21-23]。CLSTA 评价体系旨在通过引入分阶段的理论和实践技能培训 and 评价以填补我国在培训和评估体系上的缺失。评价体系包括理论考试、使用模拟虚拟技术进行腹腔镜技能评估,最后通过无剪辑手术录像、视频分析评估考生的临床操作技术。建立这些考核标准是提高腹腔镜手术质量、减少并发症和确保患者安全的关键,有利于促进我国腹腔镜水平的同质化,从而有助于推动我国腹腔镜外科医疗实践的进步。CLSTA 根据科学、合理的逐步评估原则,分三大阶段对外科医师进行逐步培训和考核。第一阶段,培训着重于提高学员在腹腔镜下进行双手协调、眼手协调、立体感知以及双手灵活配合的能力。通过实施定位、传递、剪裁和缝合等操作,确保学员能初步掌握腹腔镜的基本技能。第二阶段,进一步训练和评估上述能力,并通过虚拟肠管吻合和腹腔镜胆囊、阑尾切除等操作强化腹腔镜的基本操作的练习,例如手术视野呈现、组织游离、切割、电凝止血、钳夹及能量器械使用等;此阶段的目标是确保学员能独立完成简单的腹腔镜手术。第三阶段,通过严格审查第一、二阶段合格申请者的无剪辑手术视频,深入评估其临床腹腔镜实际操作水平,以保证其是否具备独立开展专科腹腔镜手术的能力。

(二)模拟虚拟技术在我国腹腔镜培训体系的应用

腹腔镜模拟虚拟练习能够让学员从基础的抓

持、物品传递,到腹腔镜下缝合打结,甚至肠管吻合、胆囊阑尾切除等各种操作训练,锻炼其腹腔镜下空间感、方向感及手眼协调运动能力,缩短掌握腹腔镜手术学习曲线,在腹腔镜技能的考核领域亦能发挥重要作用^[24]。模拟虚拟技术可激发学员学习和训练兴趣,提升培训效率,强化学员对手术路径的理解和手术流程的把控^[25]。因此,结合不同腹腔镜外科医师的基础及腹腔镜学习曲线的差异,笔者单位基于模拟虚拟技术分别设立了分阶段的腹腔镜培训内容和考核标准^[26]。

为进一步推动我国腹腔镜培训的规范化,笔者单位牵头在国产腹腔镜手术虚拟训练系统的研发方面亦开展大量工作,以期研发出配套我国腹腔镜技能培训现状与特点的算法架构和培训平台。目前国产腹腔镜虚拟训练手术平台 1.0 版本已经研发成功,即将开展一系列实证研究,以助力我国腹腔镜技术培训体系建设,提升年轻外科医师腹腔镜操作技能。目前项目已完成 4 大关键性技术突破:(1)人体器官形态与功能模型构建技术。(2)人体器官模型实时形变模拟技术。(3)虚拟手术实时交互仿真技术。(4)基于力反馈的腹腔镜虚拟手术人机交互设备。模拟虚拟技术的应用无疑将使得我国腹腔镜培训体系更加完善,评价标准更加标准规范,为我国腹腔镜培训的开展奠定更加坚实的基础。

四、腹腔镜模拟虚拟技术在腹腔镜专科医师实践技能考试中应用的实证研究

在前期研究中,笔者单位受国家医学考试中心委托,连续 4 年牵头进行腹腔镜虚拟技术在专科医师实践技能考试实证研究^[23]。2017—2020 年连续 4 年,在国家医学考试中心牵头下,笔者中心联合全国 31 家中国医师协会腹腔镜外科医师培训基地分阶段进行腹腔镜虚拟技术在专科医师实践技能考试实证研究。研究分为前期调研、模拟测试、实验研究以及扩大研究 4 个阶段。

理论上,腹腔镜外科医师应循序渐进,逐级完成各项考核,完成从掌握腹腔镜基本技能的初级医师到能完成较高难度专科腹腔镜手术专科医师的成长及蜕变。而 2019 年全国多中心实证研究结果显示:无论总的考核成绩还是各个模块(包括钉板移物、特定形状剪裁、缝合打结)的考核成绩,三年级住院医师和专科医师的成绩显著优于一、二年级住院医师^[23]。此结果也佐证了应根据不同阶段外科医师,制订不同的培训方案。

前期研究结果分析以及教学问卷调查得出 4 个结论^[23]。(1)应用模拟虚拟技术在腹腔镜专科医师

实践技能考试的应用有必要且可行。(2)模拟虚拟技术考核科目及评分标准能反映不同阶段考生腹腔镜技术的差异,且评分标准客观,对标准的解释说明清晰。(3)平时模拟虚拟技术培训的时数及次数与成绩呈正相关。(4)模拟虚拟技术能反映考生腹腔镜技术的真实水平。

综合前期开展的腹腔镜技能培训结果,并结合教学回馈与数据解析,笔者单位不断完善腹腔镜手术的理论及操作训练教材、课时安排及评价准则,旨在进一步丰富和完善我国腹腔镜培训体系。

五、结语

腹腔镜模拟虚拟训练平台为国内腹腔镜培训提供较统一的培训路径,规避了更多手术风险,进一步保障患者的手术安全。同时,随着模拟虚拟平台的不断创新以及培训评价体系的优化完善,腹腔镜培训效果的评价考核将会更加客观、公正。我国腹腔镜培训体系的基础是模拟虚拟技术在腹腔镜培训中的应用,目的是迎合我国腹腔镜手术的人才需求,落脚点是完善我国腹腔镜人才的培养模式。模拟虚拟技术的引入和应用使多中心的研究同质性、标准化更加完备,使我国腹腔镜外科医师的操作技能水平差距进一步缩小。同时,笔者希望:我国的腹腔镜技术培训体系可以与国外先进的培训体系接轨,提升我国外科医师的腹腔镜技术水平,进一步保障医疗安全,提升医疗质量,服务人民健康。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Peters JH, Ellison EC, Innes JT, et al. Safety and efficacy of laparoscopic cholecystectomy. A prospective analysis of 100 initial patients[J]. *Ann Surg*, 1991, 213(1):3-12. DOI:10.1097/00000658-199101000-00002.
- [2] 王国斌,韩高雄.微创外科技术的历史与变革[J]. *腹部外科*, 2010, 23(1):4-5. DOI:10.3969/j.issn.1003-5591.2010.01.001.
- [3] 郑民华,马君俊.中国腹腔镜结肠直肠手术 30 年:我们学到了什么[J]. *外科理论与实践*, 2023, 28(3):181-185. DOI:10.16139/j.1007-9610.2023.03.001.
- [4] 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[J]. *Am J Surg*, 2010, 199(1):115-120. DOI:10.1016/j.amjsurg.2009.07.035.
- [5] 杨波,王辉清,肖亮,等.腹腔镜外科医生培训体系的构建与实践[J]. *中华医学教育杂志*, 2011, 31(2):292-293, 317. DOI:10.3760/cma.j.issn.1673-677X.2011.02.049.
- [6] 李宇,李毅,刘晓东,等.腹腔镜模拟教学培训体系在临床教学中的应用研究[J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24(7):554-556. DOI:10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2019.07.554.
- [7] 梁华茂,王一婷,王妍,等.采用初高级腹腔镜模拟培训提高不同年资妇科住院医师腹腔镜技能水平的研究[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2019, 18(2):186-190. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.02.018.
- [8] 余佩武,郝迎学.微创技术在中国胃癌手术中应用的历史与发展趋势[J]. *中华胃肠外科杂志*, 2016, 19(8):846-849. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0274.2016.08.002.
- [9] 安家泽,叶青,陈迪,等.基于我国模拟腹腔镜手术技能培训的分析研究[J]. *中国医学教育技术*, 2020, 34(5):562-565. DOI:10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202005006.
- [10] 梁博,刘鹏,黄艳,等.高仿真腹腔镜模拟教学培训体系在普外科临床教学中的应用[J]. *中国当代医药*, 2022, 29(24):142-144, 149. DOI:10.3969/j.issn.1674-4721.2022.24.038.
- [11] 齐硕,丁成明,李小艳,等.我国临床医学生腹腔镜技能培训体系构建[J]. *中国医药导报*, 2023, 20(13):79-82. DOI:10.20047/j.issn1673-7210.2023.13.18.
- [12] 陈少科,王静,马杰,等.不同反馈方式对腹腔镜模拟培训教学的影响[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2021, 20(5):514-517. DOI:10.3760/cma.j.cn116021-20191222-00478.
- [13] 王丹,罗良平.腹腔镜操作虚拟培训系统在临床教学中的应用[J]. *医疗卫生装备*, 2011, 32(7):121, 139. DOI:10.3969/j.issn.1003-8868.2011.07.055.
- [14] 杨山川,崔培元.腹腔镜手术基础培训体系在普通外科教学中的效果研究[J]. *中国继续医学教育*, 2023, 15(8):122-125. DOI:10.3969/j.issn.1674-9308.2023.08.027.
- [15] 赵娟,杨婷,赵敏伊,等.腹腔镜模拟训练系统在妇科研究生培养中的应用[J]. *基础医学教育*, 2018, 20(2):153-156. DOI:10.13754/j.issn2095-1450.2018.02.26.
- [16] 李宇,李毅,刘晓东,等.腹腔镜模拟教学培训体系在临床教学中的应用研究[J]. *腹腔镜外科杂志*, 2019, 24(7):554-556. DOI:10.13499/j.cnki.fqjwkzz.2019.07.554.
- [17] 韩毅力,姜永光.腹腔镜模拟训练在外科医生腹腔镜培训的作用研究[J]. *微创泌尿外科杂志*, 2016, 5(6):382-384. DOI:10.3969/j.issn.2095-5146.2016.06.015.
- [18] 顾佳毅,赵恩昊,王书昌,等.腹腔镜外科基础培训在住院医师规范化培训中开展的可行性分析[J]. *中国高等医学教育*, 2017, (1):88-90. DOI:10.3969/j.issn.1002-1701.2017.01.042.
- [19] 张超,过菲,王富博,等.基于虚拟现实技术和分段操作理念的机器人辅助腹腔镜肾部分切除术培训体系的建立[J]. *第二军医大学学报*, 2020, 41(7):764-768. DOI:10.16781/j.0258-879x.2020.07.0764.
- [20] Lowry B, Johnson G, Vergis A. Merged virtual reality teaching of the fundamentals of laparoscopic surgery: a randomized controlled trial[J]. *Surg Endosc*, 2022, 36(9):6368-6376. DOI:10.1007/s00464-021-08939-4.
- [21] 国家医学考试中心腹腔镜技术考核评价专家委员会.中国腹腔镜技术考核与评价(第一阶段)标准(CLSTA-I)[J]. *中国实用外科杂志*, 2021, 41(9):997-1001. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.09.03.
- [22] 国家医学考试中心腹腔镜技术考核评价专家委员会.中国腹腔镜技术考核与评价标准体系(CLSTA)[J]. *中国实用外科杂志*, 2021, 41(9):993-996. DOI:10.19538/j.cjps.issn1005-2208.2021.09.02.
- [23] 刘凯,杨昆,蒲丹,等.外科住院医师培训的腹腔镜模拟虚拟课程建设探索[J]. *四川大学学报:医学版*, 2023, 54(6):1133-1138. DOI:10.12182/20231160302.
- [24] 卢冠军,侯春丽,侯学红,等.腹腔镜模拟训练器在腹腔镜培训中的应用[J]. *宁夏医科大学学报*, 2013, 35(10):1153-1155, 封4.
- [25] 孙英,王山花,曹茵茵,等.基于VR和箱式模拟器的腹腔镜模拟课程在外科住院医师腹腔镜技能培训中的作用[J]. *中阿科技论坛:中英文*, 2024, (2):132-136.
- [26] 纪艳超,许军.腹腔镜基本技能的模拟训练[J]. *中华医学教育探索杂志*, 2012, 11(10):1033-1035. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2012.10.016.