

·综述·

消化内镜技术模拟培训的研究现状

王晓玲 洪东贵 何小建 江传燊 李达周 王雯

福建医科大学福总临床医学院 解放军联勤保障部队第九〇〇医院消化内科,福州 350025

通信作者:王雯,Email:wangwenfj@163.com

【提要】 近年来,消化内镜技术模拟培训的价值已经被广泛认可,目前已有的内镜模拟培训模型可分为机械模拟模型、活体动物模拟模型、复合动物模拟模型、虚拟现实模拟模型等。为了展现目前各种内镜模拟培训模型的不同及优缺点,本文对已有的消化内镜技术模拟培训研究及应用现状作一综述。

【关键词】 模拟训练; 消化系统; 培训模型

基金项目:福建省科技计划对外合作项目(2019I0026);福建省科技创新联合基金项目(2018Y9116)

Current research in simulation training of gastrointestinal endoscopic technology

Wang Xiaoling, Hong Donggui, He Xiaojian, Jiang Chuanshen, Li Dazhou, Wang Wen

Fuzong Clinical Medical College, Fujian Medical University; Department of Gastroenterology, 900th Hospital of Joint Logistics Support Force, Fuzhou 350025, China

Corresponding author: Wang Wen, Email: wangwenfj@163.com

消化内镜从最初德国医师 Kussmaul 发明的硬质食管胃镜开始,经过一个多世纪的发展,经历了硬质内镜时代、半可曲式内镜时代、纤维内镜时代和如今的电子内镜时代^[1], 现在已经成为了消化系统疾病检查、诊断和治疗中必不可少的技术。传统的消化内镜医师培训以学员为中心,采用“师徒手把手教学”模式,其获取的操作经验是通过“试错”方式获得的。随着时代和教学观念改变,消化内镜“一对一”培训模式已经不再适合现今内镜医师的培训,近年来已有许多关于内镜模拟培训模型的研究,并证实此种教学方式可以明显缩短学员的内镜学习曲线,降低并发症的发生,减少医患纠纷等。但是就各种模拟培训在内镜学习中的价值,以及如何制定规范的内镜培训教学系统并未达成统一的认识。在本综述中,我们侧重于阐述各种内镜模拟培训模型在消化内镜培训中的研究及应用情况。

一、机械模拟模型

机械模拟模型是由各种非生物组织材料构成的模拟解剖结构的物理模型,一般做成箱子的模样,可根据自身需求做成相应器官的不同模型,满足内镜下模拟训练的需求。

国外最早在 1974 年就已经提出可以使用 Erlangen 塑料人体模型用于上消化道检查,但在模拟生物组织的真实度上并未达到满意的效果^[2]。相比于飞行员和外科手术医师模拟培训而言,内镜模拟培训相对落后,关于盒状机械模拟模型的公开研究数据较少。Cha 等^[3]在 2012 年较早描述了盒状上消化道模型在消化内镜医师基本消化内镜操作培训中的作用,并证实此模型在内镜基本技巧以及手眼协调等方面训练效果显著。有学者提出可以通过 3D 打印技术合成胃黏膜活检培训的盒状模型,并证实可模拟胃部的真实解剖形态,提升内镜下活检技能,而且成本较低,可重复性高^[4],但其真实性还需要进一步改进。另外我国长海医院通过不断实践与探索,提出磁控胶囊内镜培训的设计方案,包括“体外操作、透明胃操作、仿真胃操作、人体练习”四个阶段的操作培训模式,发现仿真胃内镜模拟培训可很大程度地提高学员磁控胶囊内镜的操控能力^[5]。

机械模型也可以用于下消化道内镜技术的培训,多项研究通过对内镜医师在京都 Kagaku 结肠镜训练模型的盲肠插管率进行统计,发现该模型具备评估内镜医师专业水

DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20211008-00253

收稿日期 2021-10-08 本文编辑 钱程

引用本文: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[J].中华消化内镜杂志,2022,39(9):756-760. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20211008-00253.



平的能力^[6-7],同时其作为内镜培训工具也显示出了极大的优势^[8]。Aljamal 等^[9]采用废弃的内镜设备、真空软管、红毡等材料组装了一个简单易制的盒状下消化道模型,同样证实了此种模型有助于培养内镜医师的基本技能。据其报道,40 名学员参加模拟训练后,内镜操作成功率由训练前的 10% 提升至训练后 100%,平均操作时间由训练前的 253 s 缩短至 243 s,并且在培训结束 2 周后的测试中,22 人中有 21 人成功完成了计算机模拟评估,内镜平均操作时间为 214 s。也有学者使用基础的材料在家用最低的成本自制了一台可重复使用的便携式结肠镜,并被证实是有效的内镜训练工具^[10]。

目前已经有许多可购买的机械模拟器包括上消化道内镜模拟器、胆道内镜训练器和结肠镜训练器以及经内镜逆行胰胆管造影术(endoscopic retrograde cholangiopancreatography, ERCP)、内镜超声检查术(endoscopic ultrasonography, EUS)、小肠镜等机械模拟器^[2]。机械模拟模型一方面可以提供真实的内镜使用机会和良好的内镜下消化道组织结构展示,同时可以根据自我的需求制作成不同的模型,制作简单,方便携带,可在家练习。另一方面机械模拟模型成本低廉,循环利用次数多,训练价值高。也有研究提出机械模拟模型可以作为消化内镜医师培训考核的辅助工具。Jirapinyo 等^[11]提出可以使用分任务式的箱型模型(part-task training box)通过客观的指标来评估不同水平的内镜医师,尤其是对任务完成的精确度和速度进行评估时,箱型模型已被证明能够准确区分专家和新手内镜医师。机械模拟模型在作为培训工具时也存在着需要有人从旁指点,无法及时反馈学习过程中的错误,以及对生物组织特性模拟差,在模拟真实情况下的内镜操作限制较大等诸多问题。因此目前的机械模拟模型主要用于对基本内镜操作的训练,无法很好地用于高级的内镜操作培训。

二、活体动物模拟模型

活体动物模型是目前最接近人体生理结构的内镜模拟模型,也较容易获得,现已被广泛运用于医学各个领域的临床前培训。但大多数验证及评估模型效果和培训价值的研究都是在近二十余年发表的,国内外多项关于活体动物模型的研究主要用于高级内镜技术的培训,其中包括内镜止血术、内镜黏膜下剥离术(endoscopic submucosal dissection, ESD)、ERCP、EUS 等内镜技术。Camus 等^[12]提出在活猪模型上使用抗凝剂和抗血小板剂进行预处理后,用活检钳或者圈套器可制作人工胃溃疡模型,若合并使用黏膜下血管活检术可模拟消化性胃溃疡出血的紧急情况,并证实该模型在培训内镜医师的注射、闭合、电凝、止血等技术上显示出极大的优势。郭慧丽等^[13]同样也建立类似的模型并得出了类似的结论。但是在上消化道出血的临床实际情况中,除了急性期的溃疡出血外还有许多是发生在纤维化的慢性溃疡病灶中,Jensen 等^[14]对消化道出血模型做了进一步改进,成功使用线结扎法制作出了慢性胃溃疡伴出血的模型,但是并未进一步研究该模型对于内镜培训的意义。

活体动物模型不只是单纯地用于内镜止血技术的培训,近年来也用于其他消化内镜技术的临床前培训。随着内镜检查的不断普及,越来越多的消化道早癌被发现,ESD 因其整体切除率高,术后复发率低等优势,已广泛运用于治疗消化道早癌,但因为其操作精细,技术难度大,对内镜医师操作技术要求更高。因此新手内镜医师在临床中操作 ESD 手术前,建议应先参与内镜培训计划。目前已有大量关于 ESD 手术临床前培训的动物实验研究证实动物培训模型有助于新手内镜医师学习 ESD 技术,可明显缩短学习曲线。在一项国外的研究中,1 名新手内镜医师在活猪模型上共完成 22 次食管或胃 ESD 后,发现前半模拟病灶的总 ESD 时间长于后半模拟病灶的总 ESD 时间,表明活体动物培训模型可缩短内镜学习曲线,也提示了活猪模型可以作为 ESD 手术临床前培训的工具^[15]。Tanimoto 等^[16]提出了一种活体比格犬模型用于食管 ESD 临床前培训,证实了比格犬模型用于食管 ESD 临床前培训的可行性,并显示了清晰的学习曲线。多项研究表明活体动物模型可安全有效地用于 ESD 技术以及并发症处理的临床前培训,并可促进学员短期内掌握 ESD 技术,同时增加内镜操作自信心^[17-18]。欧洲胃肠内镜学会也建议在 ESD 临床实践之前应该有至少 20 例的动物 ESD 模型培训经历,培训达标判定为在最近 10 个模拟病灶中至少完整切除 8 个模拟病灶,且无穿孔^[19]。活体猪模型同样也被证明可用于 ERCP 操作方面的培训模型,主要包括插管、支架放置和括约肌切开术等。

与机械模拟模型相比,活体动物模型因其独特的生理结构优势可模拟真实的临床情况,已被作为一种有效的内镜临床前培训工具^[18]。活体动物模型一般常用猪制作模型,因其消化道解剖结构与人相似,尽管在胃壁的厚度和胃腔的方向上可能存在差异,但是其存在真实的触觉,且在分泌物产生、呼吸运动、组织对电击烧灼的反应、并发症处理等方面与人较为相似,同时实验猪管理方便,品种差异小。活体动物模型适用于各种类型的内镜培训,目前已经有几种推荐使用的动物模型,但是费用、基础设施要求和伦理问题限制了活体动物模型的使用^[15,18]。

三、复合动物模拟模型

离体模型相较于活体模型,简便易得,不涉及伦理要求,通常与其他模具结合起来制成复合动物模拟模型用于内镜技术的培训。20 世纪 90 年代受到外科微创手术对训练设备真实性能的影响,Neumann 等^[20]开发了一种非常真实的离体猪训练模型,包括由生物材料合成的模拟消化道脏器以及来源于屠猪场的离体器官,并进一步制作了第一个模拟消化道出血并用于内镜下止血术培训的 Erlangen Endo-Trainer 模型(德国,埃兰根根外科及内镜培训有限公司),这是置于腹腔内经特殊处理的猪上消化道器官,将动脉或导管缝合在黏膜上,并采用泵灌注彩色液体于动脉或导管内以便于模拟动脉出血。根据不同的需求可以设计出不同类型的模型,包括 the Erlangen Compact EASIE/EASIE-R(英国,EndoSim 有限公司)、the DeLegge

EndoExpert Tray (美国,德莱格医疗有限公司)以及 the Endo X Trainer (美国,医疗创新国际有限公司)等。Hochberger 等^[21]将 the Erlangen Compact EASIE 模拟培训与临床内镜止血技术培训相结合,发现学员的 4 种内镜止血技术表现均得到了改善。有学者在此模型上进行改造并将其用于内镜止血技术的训练,提出复合动物模型可明显提高受训者的内镜能力^[22]。

复合动物模型在基础内镜和高级内镜培训中均能起到很大的引导作用,Wang 等^[23]也将 the Erlangen Compact EASIE 模型运用于隆起性息肉样病变行 ESD 的可行性研究,并证实该模型可以改善学习曲线趋势。有学者提出将鸡肉置于装有苯二甲酸乙二醇酯的容器内,同时将聚乙烯醇胶、硼砂、碳酸氢钠等制成的黏膜下注射液模拟黏膜下层,发现此种模型用于胃 ESD 培训是可行且高效的,尤其是对于没有练习机会的新手而言^[24]。Rustemovic 等^[25]使用离体鸡心附着在离体猪胃上,用于模拟十二指肠乳头,鸡心的心室和主动脉类似“胆管”通道,可作为括约肌切术的训练模型。

目前用于复合动物模拟模型的离体器官种类繁多,主要有猪胃、犬胃、鸡肉、猪结肠、牛结肠等,也有提出使用袖状胃切除患者的胃体标本作为内镜培训的模拟模型^[26],但是尚缺乏各种复合动物模型先进性及有效性比较的研究。复合动物模型将塑料材料与离体的动物器官结合在一起,是相对便宜的设备,可重复使用率高,与机械模型相比有着更逼真的内镜体验感,可用于练习临床实践中各种内镜诊疗操作,同时与虚拟现实模拟培训相比成本更低,容易获得。但是也存在着准备时间长、需要提前进行组织处理,以及与活体动物相比,某些生物学组织特征的丧失以及无法模拟内镜操作中不良事件的发生等不足,这也是限制离体模型推广使用的很重要因素。

四、虚拟现实模拟模型

多媒体和虚拟现实技术建立的计算机内镜模拟训练最早是在 1969 年开始的,但是真正走上商业化道路是在 1998 年,并成为最有前景的内镜模拟训练模式^[27]。目前市场上有两个虚拟现实模拟器:GI Mentor(美国,盛拜安尼有限公司)和 CAE EndoVR 模拟器(加拿大,CAE 医疗中心有限公司),还有一些模拟器可用于非商业用途,如 Endo TS-1 模拟器(日本,奥林巴斯有限公司),其有效性已在几项试验中得到验证^[28]。计算机模拟器大多数已经具有规范的培训操作程序并涵盖了多种消化内镜模拟培训模式,主要包括上/下消化道内镜以及各种内镜下初级治疗技术等,但 ERCP、EUS、小肠镜等培训模式正处于进一步更新和完善的状态,关于这方面的研究数据也相对较少,ESD 和 EMR 培训模式正处于开发状态。

目前已有多项研究证明虚拟模拟器可以很大程度提高学员的基本内镜技能操作水平。Ende 等^[29]将无内镜经验的 28 人分成 3 组(临床实践+虚拟现实内镜模拟、临床实践、虚拟现实内镜模拟),经过 4 个月的上消化道内镜培训后发

现临床实践同时虚拟现实内镜模拟的学员在操作时间、操作技能掌握方面明显优于另外两组学员。也有学者对虚拟现实内镜模拟整合进入下消化道内镜模拟培训课程的教学模式进行研究,并得到了相似的结论^[30]。一项研究表明,在虚拟现实内镜模拟培训中获得的结肠镜操作能力在训练结束后还可以维持几个月^[28]。也有学者对国外关于虚拟现实模拟内镜的研究进行荟萃分析得出此种模拟训练对胃镜检查可能是有效的^[31],但是到目前为止没有数据支持该模拟训练对结肠镜检查培训的价值,出现这种原因可能与此研究中结肠镜培训纳入的数据异质性较大,数量太少,每项研究的评估方法没有达成统一等有关,未来还需要更多关于结肠镜检查方面的研究分析来证实模拟器的价值。Khan 等^[32]也通过对 18 个关于虚拟现实内镜模拟培训的多中心研究进行荟萃分析得出,虚拟现实模拟训练可以补充传统内镜训练的不足,但是没有足够的证据表明此模拟训练比传统内镜训练更有益处。

目前虚拟现实模拟内镜模型主要用于初级内镜技术的培训,为学员提供了一个用于内镜培训的虚拟世界,将消化道以一种直观的形态呈现出来,可重复进行学习,提高内镜技能,降低医疗纠纷发生率,同时也减少了患者的不适,与传统的师徒模式相比,明显缩短了内镜学习曲线,但是这种优势是否能够一直突显也需要进一步的探究。一项加拿大关于虚拟现实模拟联合结构化内镜课程的研究显示与单纯虚拟现实模拟内镜培训相比,整合后结构化课程可以作为提高内镜技术、理论知识和综合技能的手段,主要由于其包含教学反馈和补充教学知识^[33]。但是该模型面临着前期投入、后期维持的成本较高,与动物模型相比缺乏真实性等诸多挑战,因此在大多数内镜中心并未普及。

五、总结

目前已有的内镜模拟培训模型可分为机械模拟模型、活体动物模拟模型、复合动物模拟模型、虚拟现实模拟模型,主要用于训练基本内镜技术(胃镜、肠镜、磁控胶囊内镜等)、高级内镜技术(ERCP、EUS、ESD、胆道镜等),尚缺少关于小肠镜的相关研究。各种内镜模拟器各有利弊,通常用于训练基本内镜技术的模拟器为机械模型、动物模型、虚拟现实模拟器,其中以虚拟现实模拟模型相关的研究数据最具有说服力,学员可根据自身需求选择相应的模块进行训练,同时可将人工智能技术与虚拟现实模拟模型结合,提高内镜下病灶的诊断率和操作的精确度。高级的内镜技术培训主要是利用活体动物和复合动物模拟模型,并可取得较好的培训效果,因此在内镜培训中可根据培训的阶段选择合适的培训模型保证培训的有效性和科学性。

内镜技术的快速发展促进了各种类型内镜模拟培训模型的开发与更新以及消化内镜培训模式的改革。传统的师徒模式已经无法满足如今的培训,内镜模拟培训模型为内镜培训提供了一个新的思路,过去已有的内镜模拟培训模型研究均证明了其价值。但这些优势主要局限于内镜学习的早期阶段,也没有充足证据证明消化内镜模拟培训可以

完全替代传统消化内镜培训。因此仍需要更多相关的研究数据验证内镜模拟培训模型在内镜医师培训中的价值,以期可早日建立内镜医师培训的规范化课程。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- [1] Ponsky JL, Strong AT. A history of flexible gastrointestinal endoscopy[J]. *Surg Clin North Am*, 2020, 100(6): 971-992. DOI: 10.1016/j.suc.2020.08.013.
- [2] ASGE Technology Committee, Goodman AJ, Melson J, et al. Endoscopic simulators[J]. *Gastrointest Endosc*, 2019, 90(1): 1-12. DOI: 10.1016/j.gie.2018.10.037.
- [3] Cha JM, Lee JJ, Joo KR, et al. The box simulator is useful for training novice endoscopists in basic endoscopic techniques [J]. *Yonsei Med J*, 2012, 53(2): 304-309. DOI: 10.3349/ymj.2012.53.2.304.
- [4] Lee S, Ahn JY, Han M, et al. Efficacy of a three-dimensional-printed training simulator for endoscopic biopsy in the stomach[J]. *Gut Liver*, 2018, 12(2): 149-157. DOI: 10.5009/gnl17126.
- [5] 王元辰, 潘骏, 廖专. 胶囊内镜教育与培训研究进展[J]. *中华消化内镜杂志*, 2020, 37(4): 297-300. DOI: 10.3760/cma.j.cn321463-20190824-01332.
- [6] Nerup N, Preisler L, Svendsen MB, et al. Assessment of colonoscopy by use of magnetic endoscopic imaging: design and validation of an automated tool[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 81(3): 548-554. DOI: 10.1016/j.gie.2014.07.019.
- [7] Plooy AM, Hill A, Horswill MS, et al. Construct validation of a physical model colonoscopy simulator[J]. *Gastrointest Endosc*, 2012, 76(1): 144-150. DOI: 10.1016/j.gie.2012.03.246.
- [8] Plooy AM, Hill A, Horswill MS, et al. The efficacy of training insertion skill on a physical model colonoscopy simulator[J]. *Endosc Int Open*, 2016, 4(12): E1252-E1260. DOI: 10.1055/s-0042-114773.
- [9] Aljamal Y, Cook DA, Sedlack RE, et al. An inexpensive, portable physical endoscopic simulator: description and initial evaluation[J]. *J Surg Res*, 2019, 243: 560-566. DOI: 10.1016/j.jss.2019.07.012.
- [10] Walczak DA, Grajek M, Walczak PA, et al. The first homemade colonoscopy trainer[J]. *Z Gastroenterol*, 2017, 55(10): 1004-1008. DOI: 10.1055/s-0043-117186.
- [11] Jirapinyo P, Kumar N, Thompson CC. Validation of an endoscopic part-task training box as a skill assessment tool[J]. *Gastrointest Endosc*, 2015, 81(4): 967-973. DOI: 10.1016/j.gie.2014.08.007.
- [12] Camus M, Marteau P, Pocard M, et al. Validation of a live animal model for training in endoscopic hemostasis of upper gastrointestinal bleeding ulcers[J]. *Endoscopy*, 2013, 45(6): 451-457. DOI: 10.1055/s-0032-1326483.
- [13] 郭慧丽, 张永潮, 陈辉, 等. 上消化道出血动物模型用于内镜下止血技术培训的效果观察[J]. *中华消化内镜杂志*, 2014, 31(9): 514-516. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1007-5232.2014.09.009.
- [14] Jensen DM, Machicado GA. Hemoclipping of chronic canine ulcers: a randomized, prospective study of initial deployment success, clip retention rates, and ulcer healing[J]. *Gastrointest Endosc*, 2009, 70(5): 969-975. DOI: 10.1016/j.gie.2009.04.052.
- [15] Parra-Blanco A, Arnau MR, Nicolás-Pérez D, et al. Endoscopic submucosal dissection training with pig models in a western country[J]. *World J Gastroenterol*, 2010, 16(23): 2895-2900. DOI: 10.3748/wjg.v16.i23.2895.
- [16] Tanimoto MA, Torres-Villalobos G, Fujita R, et al. Learning curve in a western training center of the circumferential en bloc esophageal endoscopic submucosal dissection in an in vivo animal model[J]. *Diagn Ther Endosc*, 2011, 2011: 847831. DOI: 10.1155/2011/847831.
- [17] Chapelle N, Musquer N, Métivier-Cesbron E, et al. Efficacy of a three-day training course in endoscopic submucosal dissection using a live porcine model: a prospective evaluation [J]. *United European Gastroenterol J*, 2018, 6(9): 1410-1416. DOI: 10.1177/2050640618788694.
- [18] Küttner-Magalhães R, Dinis-Ribeiro M, Bruno MJ, et al. Training in endoscopic mucosal resection and endoscopic submucosal dissection: face, content and expert validity of the live porcine model[J]. *United European Gastroenterol J*, 2018, 6(4): 547-557. DOI: 10.1177/2050640617742484.
- [19] Pimentel-Nunes P, Pioche M, Albéniz E, et al. Curriculum for endoscopic submucosal dissection training in Europe: European Society of Gastrointestinal Endoscopy (ESGE) position statement[J]. *Endoscopy*, 2019, 51(10): 980-992. DOI: 10.1055/a-0996-0912.
- [20] Neumann M, Hochberger J, Felzmann T, et al. Part 1. The Erlanger endo-trainer[J]. *Endoscopy*, 2001, 33(10): 887-890. DOI: 10.1055/s-2001-17338.
- [21] Hochberger J, Matthes K, Maiss J, et al. Training with the compact EASIE biologic endoscopy simulator significantly improves hemostatic technical skill of gastroenterology fellows: a randomized controlled comparison with clinical endoscopy training alone[J]. *Gastrointest Endosc*, 2005, 61(2): 204-215. DOI: 10.1016/s0016-5107(04)02471-x.
- [22] Martinek J, Suchanek S, Stefanova M, et al. Training on an ex vivo animal model improves endoscopic skills: a randomized, single-blind study[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(2): 367-373. DOI: 10.1016/j.gie.2011.04.042.
- [23] Wang TE, Wang HY, Lin CC, et al. Simulating a target lesion for endoscopic submucosal dissection training in an ex vivo pig model[J]. *Gastrointest Endosc*, 2011, 74(2): 398-402. DOI: 10.1016/j.gie.2011.04.014.
- [24] Suzuki S, Kawakami H, Miike T, et al. A novel endoscopic submucosal dissection training model using skinned chicken meat with gel[J]. *Endoscopy*, 2021, 53(9): E334-E335. DOI: 10.1055/a-1287-8567.
- [25] Rustemovic N, D'Assuncao M, Bilic B, et al. A simple ex vivo, biologic ERCP training model for sphincterotomy[J]. *Endoscopy*, 2015, 47 (Suppl 1): E401-403. DOI: 10.1055/s-0034-1392634.
- [26] Pham DV, Shah A, Borao FJ, et al. Endoscopic submucosal dissection training with ex vivo human gastric remnants[J]. *Surg Endosc*, 2014, 28(1): 222-226. DOI: 10.1007/s00464-013-3164-4.
- [27] 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. DOI: 10.1002/14651858.CD008237.pub3.
- [28] Triantafyllou K, Lazaridis LD, Dimitriadis GD. Virtual reality simulators for gastrointestinal endoscopy training[J]. *World J Gastrointest Endosc*, 2014, 6(1): 6-12. DOI: 10.4253/wjge.v6.i1.6.
- [29] Ende A, Zopf Y, Konturek P, et al. Strategies for training in

- diagnostic upper endoscopy: a prospective, randomized trial [J]. *Gastrointest Endosc*, 2012,75(2):254-260. DOI: 10.1016/j.gie.2011.07.063.
- [30] 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. DOI: 10.1016/j.gie.2017.03.1529.
- [31] 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. DOI: 10.1371/journal.pone.0089224.
- [32] Khan R, Plahouras J, Johnston BC, et al. Virtual reality simulation training in endoscopy: a Cochrane review and meta-analysis[J]. *Endoscopy*, 2019, 51(7): 653-664. DOI: 10.1055/a-0894-4400.
- [33] 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. DOI: 10.1016/j.gie.2015.04.008.



中华医学会