

腹腔镜手术虚拟现实系统在外科医师培训中的应用

李金朋¹, 高荣芬², 陈良冬¹, 吴高松¹, 王波涌¹

(1. 武汉大学中南医院甲状腺乳腺外科 湖北 武汉 430071; 2. 华中科技大学同济医学院附属同济医院
风湿免疫科 湖北 武汉 430023)

摘要 **目的:** 探究腹腔镜手术虚拟现实(VR)系统在外科医师培训中的应用价值。**方法:** 以2021年9月—2022年12月武汉大学中南医院的20名未接触过腹腔镜手术的规培医师为研究对象,按随机数表法将其分为对照组(接受传统腹腔镜手术培训, $n=10$)和VR组(接受腹腔镜手术VR系统培训, $n=10$),通过考试(理论和操作)和问卷调查的方式对两组成绩及教学满意度进行分析。**结果:** VR组理论和操作成绩显著高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);VR组对教学的新颖性、提高学习效率能力、助于掌握腹腔镜手术和整体满意度方面的认可度均高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);但两组在培训后是否有信心进行真实手术方面的问卷评分分别为(4.00 ± 0.73)分和(3.85 ± 0.75)分,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:** 在进行腹腔镜外科规培医师培训过程中引进VR系统,可以显著提高医师的技能水平,为腹腔镜外科规培医师的培养提供强大的武器,是一种值得大力推广和应用的外科培训策略。

关键词 腹腔镜手术; 虚拟手术训练系统; 智慧外科

中图分类号 R615 **文献标识码** A **文章编号** 2096-7721(2025)01-0118-05

Application of VR system for laparoscopic surgery in surgeon training

LI Jinpeng¹, GAO Rongfen², CHEN Liangdong¹, WU Gaosong¹, WANG Boyong¹

(1. Department of Thyroid and Breast Surgery, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China;

2. Department of Rheumatology and Immunology, Tongji Hospital, Tongji Medical College of
Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430023, China)

Abstract **Objective:** To explore the application value of virtual reality (VR) system for laparoscopic surgery in surgeon training. **Methods:** 20 surgical residents undergoing standardized training with no exposure to laparoscopic surgery in Zhongnan Hospital of Wuhan University from September 2021 to December 2022 were selected and divided into the control group (trained with conventional laparoscopic surgery, $n=10$) and the VR group (trained with VR systems, $n=10$) using a random number table. Performance and teaching satisfaction of the two groups were analyzed through examinations (theoretical and practical) and questionnaires. **Results:** The VR group outperformed the control group in both theoretical and practical ratings ($P<0.05$). In addition, the VR group showed greater recognition on the novelty, learning efficiency improvement, assistance in mastering laparoscopic techniques, and overall satisfaction of the teaching method, and the differences were all statistically significant ($P<0.05$). However, there was no statistically significant difference in performing real surgeries confidently for trainees between the two groups, with scores of (4.00 ± 0.73) and (3.85 ± 0.75), respectively. ($P>0.05$). **Conclusion:** The introduction of a VR system during laparoscopic surgery training can notably enhance the skills of trainees. It provides a powerful tool for the development of laparoscopic surgical trainees, which is worth promotion and application to be highly promoted and applied.

Key words Laparoscopic Surgery; Virtual Surgical Training System; Intelligent Surgery

基金项目: 湖北省自然科学基金面上项目(2021CFB427)

Foundation Item: Natural Science Foundation of Hubei Province(2021CFB427)

通讯作者: 王波涌, Email: 3404220575@qq.com

Corresponding Author: WANG Boyong, Email: 3404220575@qq.com

引用格式: 李金朋, 高荣芬, 陈良冬, 等. 腹腔镜手术虚拟现实系统在外科医师培训中的应用[J]. 机器人外科学杂志(中英文), 2025, 6(1): 118-121, 127.

Citation: LI J P, GAO R F, CHEN L D, et al. Application of VR system for laparoscopic surgery in surgeon training[J]. Chinese Journal of Robotic Surgery, 2025, 6(1): 118-121, 127.

近年来，以腹腔镜为代表的微创手术因其创伤小、术后疼痛少、住院时间短和恢复速度快等优点在医疗活动中显示出独特的优势，成为外科领域的重要发展趋势^[1-4]。但腹腔镜手术具有操作难度大、培养周期长等缺点，因此，探索高效培训微创外科医生的体系是新时代背景下亟待解决的问题^[5-7]。虚拟现实（Virtual Reality，VR）是一种利用计算机生成的三维动态视景和实体行为的仿真环境，能给用户带来触觉、视觉和听觉等全方位的沉浸式体验，已初步应用于教育、医学等多个领域^[8-9]。在此背景下，本团队开发了腹腔镜手术 VR 系统，探究其在外科医师培训中的应用价值，拟通过该系统来达到提升腹腔镜手术操作医生临床技能、提高患者服务质量的目的。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2021 年 9 月—2022 年 12 月武汉大学中南医院的 20 名未曾接触过腹腔镜手术的规培医师为研究对象，由 1 名具有高级职称的外科专家进行腹部脏器解剖结构等内容的理论授课（2 学时），并随堂笔试，学员随堂笔试成绩均合格。此后，按随机数表法将学员分为对照组（接受传统腹腔镜手术培训， $n=10$ ）和 VR 组（接受腹腔镜手术 VR 系统培训， $n=10$ ）。两组学员的性别、年龄、学历、随堂理论笔试成绩比较，差异均无统计学意义（ $P>0.05$ ），见表 1。

1.2 方法

1.2.1 对照组 由 1 名经验丰富且具有高级职称的腹腔镜外科专家通过腹腔镜手术录播视频与简单教具相结合、问题解答的方式教学，帮助

学员理解腹部脏器的生理病理特点、术前规划及手术步骤等，培训时长为 2 周。

1.2.2 VR 组 本团队与武汉未来立体科技有限公司研发的腹腔镜手术 VR 系统，其硬件有真实的手术器械手柄，可以模拟腹腔镜、抓钳、电凝器、手术剪等多种微创手术器械，使得虚拟的手术器械与手部力觉空间精准匹配（如图 1）。内容涵盖用户验证模块、用户权限模块、培训课程资料模块、基础操作技巧训练、腹腔镜下缝合技能训练和腹腔镜下手术训练。以腹腔镜胆囊切除术为例（如图 2），可见该系统手术路径设置合理、画面清晰、细节处理得当，是良好的外科医生培训工具。该组学员由同一腹腔镜外科专家行腹腔镜手术 VR 系统教学，对所建腹腔镜手术 VR 系统基本构成、功能和常规腹腔镜手术进行讲解和示范，随后指导学员进行腹腔镜手术操作训练，期间培训教授随堂指导，培训时长为 2 周。

1.3 教学质量评估

1.3.1 教学效果考核 为期两周的培训结束后，对学员进行理论和操作考核。理论考核内容包括腹部脏器解剖、常见腹部外科手术相关疾病表现、



图 1 腹腔镜手术 VR 系统基本构造
Figure 1 Basic structure of VR system for laparoscopic surgery

表 1 两组学员基本资料（ $\bar{x} \pm s, n$ ）

Table 1 Basic information of trainees in the two groups（ $\bar{x} \pm s, n$ ）

项目	对照组 ($n=10$)	VR 组 ($n=10$)	P 值
性别（男 / 女）	6/4	8/2	0.33
年龄（岁）	24.5 ± 1.58	25.2 ± 1.40	0.31
学历（本科 / 研究生）	6/4	5/5	0.65
随堂笔试成绩	80.30 ± 7.51	78.5 ± 6.49	0.57

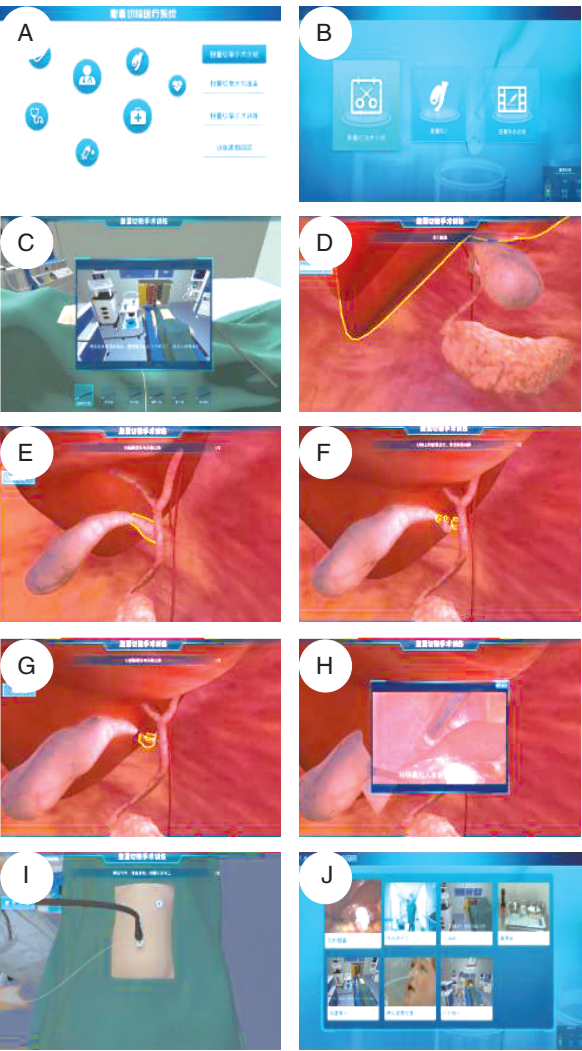


图2 腹腔镜胆囊切除术训练示例
Figure 2 Training example for laparoscopic cholecystectomy

注：A~C. 根据系统提示进入胆囊切除医疗系统模块；D. 进入腹腔，牵引胆囊，通过用左手柄钳子触碰牵引胆囊；E. 通过右手柄超声刀拨开浆膜；F. 放置血管夹；G. 切断胆囊管与胆囊动脉；H. 将胆囊拖入胆囊带，取出胆囊；I. 排除气体、拔出套管、胶膜闭合切口；J. 训练视频回顾

手术方式及适应证等，题型和分值为名词解释 20 分，选择题 20 分，判断题 10 分，论述题 50 分，共计 100 分。操作考核将所有学员随机分为 4 组，由 4 名腹腔镜领域专家事前学习、确认各项考核标准后进行。考核内容主要包括腹腔镜基本操作（50 分）和腹腔镜胆囊切除术（50 分），每位学员在规定时间内完成腹腔镜技能考核。

1.3.2 教学效果反馈 本团队自行设计调查问卷，该问卷共包含 5 项内容：培训方式是否具有新颖性、是否有助于掌握腹腔镜手术、是否有助

于提高学习效率、经过该培训是否有信心进行真实手术、手术培训的整体满意度。本答卷采用 Likert 5 点计分法，考试结束后给学员发放不记名调查问卷表，由学员按非常不满意（1 分）、不满意（2 分）、一般（3 分）、满意（4 分）和非常满意（5 分）的计分方式进行评价。

1.4 统计学方法 收集整理学员考试成绩和调查问卷，利用 SPSS 22.0 软件对所有数据进行统计分析，计量资料（符合正态分布或者近似正态分布）用均数 $\pm$ 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，两组间比较采用独立样本 t 检验；计数资料以例数 (n) 表示，组间比较采用 Fisher 确切概率法， $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 学员考核成绩 经过理论培训和相应技能培训后，结果显示 VR 组学员的理论成绩显著高于对照组，操作考核成绩也显著优于对照组，差异均有统计学差异 ($P < 0.05$)，见表 2。该结果提示腹腔镜手术 VR 系统这种高趣味性和高仿真度的工具能提高外科医生的学习热情和效果，是一种更有效的外科教学策略。

2.2 问卷调查结果 为评价住院规范化培训医师对传统腹腔镜手术和腹腔镜手术 VR 系统教学方法的体会及满意度，共发出 20 份问卷并全部收回，回收率为 100%。分析结果提示，与对照组相比，VR 组学员认为腹腔镜手术 VR 系统教学新颖性高，手术体验感更真实，有助于提高学习效率和更好地掌握腹腔镜手术，对 VR 手术培训系统的整体满意度更高，差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)；尽管 VR 组在培训后是否有信心进行真实腹腔镜手术方面与对照组的差异无统计学意义 ($P > 0.05$)，但 VR 组评分较对照组仍有升高趋势，提示外科医生对应用高新技术相关产品学习的热情和意愿更高（见表 3）。

表 2 两组学员考核成绩 ($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Trainee assessment results ($\bar{x} \pm s$)

项目	对照组 ($n=10$)	VR 组 ($n=10$)	P 值
理论考核成绩	83.10 $\pm$ 5.25	88.15 $\pm$ 3.62	0.001
操作考核成绩	76.80 $\pm$ 5.98	84.95 $\pm$ 5.21	0.000

表 3 两组学员调查问卷评分 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 Questionnaire scores of trainee in the two groups ($\bar{x} \pm s$)

项目	对照组 (n=10)	VR 组 (n=10)	P 值
培训方式是否具有新颖性	4.10 ± 0.72	4.60 ± 0.59	0.02
是否有助于提高学习效率	4.05 ± 0.76	4.60 ± 0.50	0.04
是否有助于掌握腹腔镜手术	3.95 ± 0.76	4.50 ± 0.61	0.02
培训后是否有信心进行真实手术	3.85 ± 0.75	4.00 ± 0.73	0.52
手术培训的整体满意度	4.15 ± 0.75	4.75 ± 0.44	0.004

3 讨论

近年来，腹腔镜手术逐渐成为外科医生的必备技能，这给外科教学带来了挑战^[1, 6]。VR 作为新兴技术，以其仿真程度高等特点在培训教学中显示出重要价值^[10]。笔者团队与合作科技企业通过精心设计与研发，构建了腹腔镜手术 VR 系统。研究发现，该系统的教学活动更具沉浸感和交互性，使学员的腹腔镜操作技能和理论考核成绩显著提升，提示 VR 系统操作训练中的真实体验也有助于加深学员对腹腔脏器病理、生理理论知识的记忆和理解。不仅如此，VR 组学员对教学满意度较对照组更高，说明腹腔镜手术 VR 系统的教学、培训效果优于传统教学，这与薛伟男等人的研究结果一致^[10-12]。虚拟手术还具有实时反馈、可评价等特点^[7]。如本团队的腹腔镜手术 VR 系统可全程记录操作流程，便于学员及时发现操作中的不足，为客观地评价医生手术技能提供了可能。此外，VR 手术系统在解剖结构更复杂、手术精度要求更高的口腔颌面部^[8, 13-15]、眼部^[16]、肝脏^[17]、颅脑^[18-19]等部位的技能培训及治疗策略制订中也显示出良好效果，展示了该系统在医学中的广阔应用前景。需要指出的是，由于 VR 系统便携性差，研发、维修费用较高等缺点^[5]，仍需进一步探索和优化。虽然本研究及其他研究指出 VR 系统在外科教学中有优越效果，但其在教学中并不能一劳永逸^[10]。如 Sinha P 等人^[20]即指出，接受腹腔镜模拟器技能培训并合格的学员半年后的切割技术等水平显著下降。因此，即使越来越多的手术 VR 系统涌现，外科医生仍需反复练习来打磨并提升手术操作技能。

综上，VR 手术培训弱化了传统外科教学对地点的限制，缩短了教学时间，提高了学习趣味性和效率，并可提供实时反馈，促使学员针对不足进行强化练习，是未来外科医师培训的有力工具。

利益冲突声明： 本文不存在任何利益冲突。
作者贡献声明： 李金朋负责课题设计，撰写论文；高荣芬负责数据整理，撰写论文；陈良冬负责数据收集；吴高松负责部分课题设计，指导文章撰写；王波涌负责课题设计。

参考文献

[1] 张波, 孙博, 梁宗康, 等. 腹腔镜手术技能评价工具的发展与现状 [J]. 腹部外科, 2024, 37(5): 384-391, 395.
[2] Kantamaneni K, Jalla K, Renzu M, et al. Virtual reality as an affirmative spin-off to laparoscopic training: an updated review[J]. Cureus Journal of Medical Science, 2021, 13 (8): e17239.
[3] 吴兰萍, 黄克正, 霍志璞, 等. 一种用于腹腔镜手术技能培训的虚拟现实系统 [J]. 山东大学学报 (工学版), 2006, 4: 9-11, 80.
[4] 邱峰, 张际平, 高岩. 虚拟手术实验在医学教学领域中的应用 [J]. 现代教育技术, 2009, 19(7): 127-129.
[5] Ikonen T S, Antikainen T, Silvennoinen M, et al. Virtual reality simulator training of laparoscopic cholecystectomies—a systematic review[J]. Scand J Surg, 2012, 101(1): 5-12.
[6] Shettko D L, Hendrickson D A. Education and the laparoscope: uses of laparoscopy in teaching[J]. Journal of Equine Veterinary Science, 2008, 28(1): 51-53.
[7] 郭红, 柏健鹰, 吕伟, 等. 虚拟手术系统对外科学实践教学的作用探讨 [J]. 西北医学教育, 2009, 17(4): 822-823.
[8] 戴妙轩, 周佳, 董义诚, 等. 面中部骨折虚拟手术设计在大学生创新训练计划中的应用研究 [J]. 组织工程与重建外科, 2022, 18 (2): 187-190.
[9] 田广磊, 侯梅华, 陈伦攀, 等. 3D 虚拟手术规划技术联合腹腔镜小肝癌切除术对患者预后的影响观察 [J]. 肝胆外科杂志, 2023, 31 (1): 33-37.
[10] 薛伟男, 武慧铭, 赵思佳, 等. 虚拟现实技术在腹腔镜手术培训教学中的应用效果 Meta 分析 [J]. 腹腔镜外科杂志, 2022, 27 (4): 293-298, 303.
[11] 李曼. 虚拟手术系统对实践教学的作用探讨 [J]. 湖南中医药大学学报, 2007, (3): 72-73.
[12] 罗来斌, 车河龙, 王克强, 等. 3D 虚拟手术规划在腹腔镜小肝癌切除术中的应用效果 [J]. 微创医学, 2020, 15 (1): 20-22.
(下转 127 页)