·临床教学·

混合现实技术在肝胆外科手术教学中的应用效果

王宏[1]　欧晏娇[1]　胡鹏[1]　邓永[1]　邹丽勤[1]　邓强庭[2]　史政荣[3]　张雷达[1]
[1]陆军军医大学第一附属医院肝胆外科，重庆　400038；[2]《第三军医大学学报》编辑部，重庆　400038；[3]重庆医科大学附属第一医院肝胆外科　400016
通信作者：张雷达，Email：2518569931@qq.com

【摘要】 **目的**　探索混合现实技术在肝胆外科手术教学中的应用效果。**方法**　选取 2016 至 2018 年在陆军军医大学第一附属医院肝胆外科及重庆医科大学附属第一医院肝胆外科接受过住院医师规范化培训 4 个月的外科学专业学位硕士研究生 120 例，按照随机数字法均分为对照组和研究组。对照组采用传统手术教学模式，研究组采用混合现实技术构建三维可视化模型实施手术教学，分别在培训结束时对两组学员进行考核及问卷调查。**结果**　研究组学员理论考试及手术操作考核分数均明显高于对照组学员（$P<0.05$）；研究组学员腹腔镜模拟系统操作考核中血管及胆管分离操作步骤出错率明显低于对照组学员（$P<0.05$）；研究组学员对教学方法满意度评分及带教教师对学员表现满意度评分明显高于对照组学员（$P<0.05$）。**结论**　应用混合现实技术构建三维可视化模型实施肝胆外科手术教学，能使受训学员更好地掌握肝胆系统解剖要点及手术入路，反馈效果良好。

【关键词】 柯氏模型；　混合现实技术；　三维可视化模型
【中图分类号】 R331
基金项目：重庆市研究生教育教学改革研究项目（yjg183139）
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.12.011

Application effect of mixed reality in the teaching of hepatobiliary surgery

Wang Hong[1], Ou Yanjiao[1], Hu Peng[1], Deng Yong[1], Zou Liqin[1], Deng Qiangting[2], Shi Zhengrong[3], Zhang Leida[1]
[1]Department of Hepatobiliary Surgery, The First Affiliated Hospital of Army Military Medical University, Chongqing 400038, China; [2]Editorial Office, Journal of Third Military Medical University, Chongqing 400038, China; [3]Department of Hepatobiliary Surgery, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China
Corresponding author: Zhang Leida, Email: 2518569931@qq.com

【**Abstract**】 **Objective**　To explore the application effect of mixed reality technology in the teaching of hepatobiliary surgery. **Methods**　A total of 120 professional postgraduates majored in surgery who had received the four-month standardized training of residents in hepatobiliary surgery department of the First Affiliated Hospital of Army Military Medical University and the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University during 2016–2018 were selected and were equally allocated into the control group and the research group via random number table method. Students in the control group were trained with traditional surgical teaching mode and in the research group were trained with three-dimensional visualization model which was constructed by mixed reality. Students in both groups received assessment and questionnaires at the end of training. **Results**　Scores of theoretical examination and surgical operation assessment of students in the research group were higher than those in the control group ($P<0.05$). The error rate for separating gallbladder artery and bile duct in the laparoscopic simulated system of students in the research group was significantly lower than that in the control group ($P<0.05$). Students-teacher satisfaction degree in the research group was higher than that in the control group ($P<0.05$). **Conclusion**　Using mixed reality technology to

construct a three-dimensional visualization model and to implement hepatobiliary surgery teaching enables the trainees to better master anatomical key points in the hepatobiliary system and the hepatobiliary surgical approach, with good feedback.

【Key words】 Kirkpatrick model; Mixed reality; Three-dimensional visualization model

Fund program: Graduate Education and Teaching Reform Research Project of Chongqing (yjg183139)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2019.12.011

外科手术教学的关键目的是使学员牢固掌握术区病灶与重要脏器、血管、神经及其他组织结构之间的空间关系,进而在术中准确定位,有效评估切除范围,缩短手术时间,减少术中失血量及副损伤,并基于此提高手术成功率,控制术后并发症[1]。

在传统手术教学模式中,带教教师发现仅仅借助文字和 CT、MRI 等二维图像, 难以将复杂的解剖结构描述清楚[2]。混合现实技术(mixed reality,MR)是继虚拟现实技术(virtual reality,VR)和增强现实技术(augmented reality,AR)之后出现的全新数字全息影像技术。其最核心的特性是在其涉及的应用领域内率先打破了虚拟数字世界与真实物理世界的界限[3]。在医学应用领域,该技术可以将拟实施手术治疗患者的 CT、MRI 等影像学检查结果运用底层算法整合后进行全息影像呈现,在空间结构和形态方面做到非常好的立体展示[4],使外科医师能够更直观、多角度、可量化地观察术区病灶和与之毗邻的重要脏器、血管、神经及其他组织。本文旨在探索在手术教学中应用混合现实技术[5]能否有效减小低年资外科医师对术区解剖结构的认知偏差,正确理解手术入路的设计,大幅度提高手术教学效率[6]。

1 对象与方法

1.1 研究对象

选取 2016 至 2018 年在陆军军医大学第一附属医院肝胆外科及重庆医科大学附属第一医院肝胆外科轮转规培时长为 4 个月的外科学专业学位硕士研究生共计 120 例。其中,陆军军医大学第一附属医院 60 例按照随机数字法将学生均分为对照组和研究组,每组学员 30 例;重庆医科大学附属第一医院 60 例按同法分组。纳入标准:本科为临床医学专业;不存在认知及交流障碍;教学依从性高。排除标准:往年考试成绩存在不合格记录;曾经修读过影像学专业课程。入组学员在性别、年龄方面差异均无统计学意义(P>0.05),具有可比性。

1.2 教学方法实施及考核评价

两所医院课题组均入组腹腔镜下胆囊切除术病例 60 例。陆军军医大学第一附属医院所入组病例病历资料、影像学资料及手术录像均从该院肝胆外科研究所资料库随机调取。每 20 例病例为 1 组,每组病例指定 1 名副主任医师职称以上带教教师分别用两种方法组织教学:对照组学员采取传统教学方法,带教教师结合患者术前影像学检查结果对手术病例进行理论知识讲解和二维图像解读。研究组学员则是在技术人员运用混合现实设备将入组病例影像学资料提取编辑为全息影像后,由带教教师与学员均佩戴 HoloLens 全息眼镜[7]进行同步讲解。入组病例所涉及的肝胆系统解剖结构以全息影像的方式进行呈现,可立体、空间、直观或全角度观察,也可进行放大、缩小、移动、旋转以及改变各结构颜色、透明度进行观察。学员可根据自己的理解程度将原始CT/MRI 影像与三维全息影像原位叠加观察,冠状面、矢状面以及横断面任意切换,加深对二维影像平面结构的空间理解[8]。重庆医科大学附属第一医院所入组病例病历资料、影像学资料及手术录像均从该院肝胆外科资料库随机调取,教学方法参照陆军军医大学第一附属医院组同法实施。经两种不同方法进行手术教学的学员,后期统一组织观看入组病例的全程手术录像并记录手术要点。培训结束时,从理论考试、手术操作考核(含腹腔镜模拟系统操作考核和手术考核)、学员对教学方法满意度、带教教师对学员表现评价 4 个方面进行统计分析[9]。

两组学员考核方式相同:理论考核试题均来源于国家医学电子书包肝胆外科题库 A 型题(单项选择),由陆军军医大学附属第一医院肝胆外科一名指定的住院总医师统一选择 100 道与肝胆系统解剖知

识点相关的题目，于每月月底统一在陆军军医大学附属第一医院外科楼 17 楼肝胆外科会议室监控条件下限时 1 h 组织闭卷答题考核，试卷回收封存后由两名未参与本研究的科室教师同时拆封阅卷评分并记录结果。

为避免因腹腔镜操作使用流程不熟悉带来的混杂因素影响，两组学员培训期间均要求在各自医院参加每周不少于 1 次的腔镜手术室上台持镜训练，并利用陆军军医大学第一附属医院临床教学中心的腹腔镜模拟操作系统定期组织每周不少于 2 次的模拟训练，充分熟悉腹腔镜扶持方法，客观感知镜下视野、放大效果、视角变化与缩放技巧。手术操作考核前，均在该临床教学中心利用腹腔镜模拟操作系统组织每名学员实施限时 2 h 的模拟操作考核。考核按常见的腹腔镜胆囊切除术（LC）模型为每名学员设置 3 个病例（1 个正常解剖病例、1 个血管变异病例、1 个胆管变异病例），按照有无胆囊撕裂、肝脏损伤、血管分离结扎错误、胆管分离结扎错误 4 个要点统计分析两组学员出错率。

每名学员均需在一名具有 LC 手术资质的医师担任一助确保患者安全的前提下，分别于两所医院麻醉科手术室主刀实施 1 台 LC，另由一名指定的副主任医师以上级别带教教师全程观看学员手术操作全过程并参照国家住院医师规范化培训考核大纲规定 LC 操作评分细则进行量化打分。考核过程中如果无法清楚游离重要解剖结构如胆囊三角的暴露、胆囊动脉及胆囊管的游离等，可申请同台一助教师代为操作后再进行下一步骤。该项操作步骤记为零分。离断重要解剖结构如胆囊动脉、胆囊管等之前需由一助及台下考核带教教师双人确认后再行离断结扎。

上述理论和手术操作考核均按国家住院医师规范化培训大纲要求开展，成绩总分为百分制。学员从是否利于临床思维训练、激发内在学习兴趣、加深知识理解记忆、拓宽视野增长见识 4 个方面对教学方式进行满意度百分制量化评分；带教教师从解剖知识掌握情况、科室教学查房表现、教学术式理解程度、主观能动学习态度 4 个方面分别对自己所培训的两组学员进行百分制量化评分。每名学员该项最终得分按 3 名带教教师所给分数的平均值计。调查问卷均在出科时统一发放和回收封存，课题结束后进行统计数据分析。

1.3　评价标准

以柯氏评价模型[10]为指导，区分反应层、学习层、行为层和成果层 4 个层次。反应层评估被培训者的满意程度，本研究中用学员对教学方法满意度评分衡量；学习层测定被培训者的学习获得程度，本研究中用学员理论考试成绩衡量；行为层考察被培训者的知识运用程度，本研究中用学员手术操作考核成绩衡量；成果层需要计算培训活动对整个机构创出的效益，是最难开展的一层评价，在本研究中更是难以实施。在柯氏评价模型的应用理论中，评估到第几个层次，应根据培训的重要性决定，故本研究未涉及该层的直接衡量指标。

1.4　统计学方法

使用 SPSS20.0 软件对统计数据进行分析检验。计量资料符合正态分布的用均数 ± 标准差表示，采用独立样本 t 检验。非正态分布的数据用中位数（四分位间距）表示，采用非参数检验。计数资料用频数表示，采用卡方检验，检验水准 α=0.05。

2　结果

2.1　两组学员教学效果各项指标比较

学员对教学方式的满意度评价：调查问卷共计发放 120 份，有效回收率 100%。带教教师对学员表现满意度评价：调查问卷共计发放 180 份，有效回收率 100%。研究组与对照组理论考试成绩和 LC 手术操作考核成绩比较见表 1。

表 1　两组学员教学效果各项指标比较[$M(P_{25},P_{75})$]

组别	解剖理论考试成绩	手术操作考试成绩	带教教师满意度评分	学员满意度评分
研究组	90（89,93）	86（85,89）	89（88,90）	90（89,91）
对照组	82（79,84）	77（75,79）	79（76,81）	79（78,81）
U 值	1 940	1 954	1 830	1 830
Z 值	–8.888	–8.817	–9.475	–9.477
P 值	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05

表 2　腹腔镜模拟系统操作考核出错情况的比较（n）

组别	胆囊撕裂	肝脏损伤	血管游离结扎错误	胆管游离结扎错误
对照组	9	5	39	37
研究组	8	5	7	5
χ^2 值	0.062	0.000	25.522	27.601
P 值	0.804	1.000	< 0.05	< 0.05

2.2　腹腔镜模拟操作考核出错率对比分析

2 组学员胆囊撕裂和肝脏损伤出错率比较差异无统计学意义；研究组学员血管及胆管分离结扎出错率明显低于对照组，差异有统计学意义（P<0.05）（表 2）。

3　讨论

本次教学方法研究项目发现，传统手术教学模式需要学员具备较强的几何思维能力，在脑海中根据二维图像还原重建为三维影像，构想术区结构的空间关系[11]。如果学员几何思维能力和解剖理论基础欠佳，则有可能无法与带教教师的讲解同步，带教教师也无法实时掌握不同学员对解剖结构和手术入路的理解程度。这就会使部分学员滋生畏惧情绪，学习热情度降低，主观能动性不强，客观表现为理论考试和 LC 手术操作考核成绩不够理想。与对照组学员相比，研究组学员在接受混合现实技术引入的培训模式后，能更牢固掌握肝胆系统解剖知识，在 LC 手术操作考核过程中，研究组学员对于胆囊三角、肝胆管直径、长度、走形、变异及肝右动脉、胆囊动脉位置、走形、常见变异的熟悉程度均明显优于对照组。在对培训结束后开展的学员对教学方法满意度调查问卷结果进行分析时发现，研究组学员普遍认为混合现实技术构建三维可视化模型能够激发自我学习兴趣和主观能动性，学习效率倍增，正反馈明显。带教教师对研究组学员的综合表现及知识掌握情况评价也高于对照组。

作为近年来的研究热点，混合现实技术凭借其虚拟与现实结合、实时交互和精确匹配的特点，使其在医学领域的研究和应用不断涌现[12]。其在手术教学中的应用，如同为受训的外科医师装载了术前鹰眼透视系统；使其能够将解剖理论与三维视觉体验相结合，对复杂的人体构造有更加直观立体、简单有效的认知；从根本上解决了教学双方对人体解剖构造认知层次的不同，以及学员之间基础理论掌握程度和几何空间思维能力存在差异这两个客观存在的难题，从而对低年资外科医师进行低成本、高效率的手术教学训练；并有效克服了单纯使用虚拟现实技术带来的带教教师与学员无法实时交互的难题[13]；同时弥补了解剖标本不足、场地限制等传统教学方式的弊端，缩短了外科医师培养周期，提高了教学效率[14]。通过柯氏模型对训练效果进行全方位双向实时评估反馈，有利于跟进培训效果，不断探索和改善教学方法中的问题，为下一步手术实训打下坚实的基础。

混合现实技术这一全息影像数字技术的后起之秀，在具备美好发展前景的同时，也面临着一系列挑战，诸如实时成像问题、患者体位改变导致术中导航出现偏差问题等。另外，该技术所需的硬件设备昂贵，操作技能专业化程度高，能否有效普及至不同级别的教学医院值得进一步探讨。但作为一种新型的手术教学方法，无疑值得大力推广。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　王宏、欧晏娇：提出论文构思、撰写论文框架；胡鹏、张雷达：总体把关，审定论文；邓永、邹丽勤、史政荣：考核设计及组织实施；邓强庭：数据处理

参考文献

[1]　武鹏，杨晓剑，王延柱，等. 混合现实技术联合达芬奇机器人在完全内生型肾肿瘤行肾部分切除术中的临床应用[J]. 微创泌尿外科杂志，2018，7(4)：225-229. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2018.04.003.
Wu P, Yang XJ, Wang YZ, et al. Clinical application of mixed reality technology and Da Vinci robot in partial nephrectomy for totally intrarenal tumors [J]. Journal of Minimally Invasive Urology, 2018, 7(4): 225-229. DOI: 10.19558/j.cnki.10-1020/r.2018.04.003.

[2]　汤轶，肖高明，陈跃军，等. 虚拟现实、增强现实和混合现实技术在胸壁肿瘤切除及重建手术治疗中的应用[J]. 中华胸部外科电子杂志，2018，5(2)：129. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-8773.2018.02.12.
Tang Y, Xiao GM, Chen YJ, et al. Application of virtual reality, augmented reality and mixed reality technology on thoracic tumor resection and reconstruction [J]. Chinese Journal of Thoracic Surgery

(Electronic Edition), 2018, 5(2): 129. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2095-8773.2018.02.12.

[3] 叶哲伟, 吴星火. 混合现实技术在骨科的最新应用进展[J]. 临床外科杂志, 2018, 26(1): 13-14. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2018.01.004.
Ye ZW, Wu XH. The latest application advancement of mixed reality technology on orthopedics [J]. Journal of Clinical Surgery, 2018, 26(1): 13-14. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2018.01.004.

[4] 张加尧, 叶哲伟. 智能医学时代骨科的发展[J]. 临床外科杂志, 2019, 27(1): 31-32. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2019.01.008.
Zhang JY, Ye ZW. Development of orthopedics in the era of intelligent medicine [J]. Journal of Clinical Surgery, 2019, 27(1): 31-32. DOI: 10.3969/j.issn.1005-6483.2019.01.008.

[5] 孙涛, 韩善清. 3D 可视化在胰腺肿瘤精准手术的应用[J]. 医学影像学杂志, 2019, 29(1): 87-90.
Sun T, Han SQ. Precise surgery of pancreatic neoplasm based on 3D visualization [J]. Journal of Medical Imaging, 2019, 29(1): 87-90.

[6] 燕荣帅, 李翔, 肖晶晶, 等. 混合现实技术在整形外科教学中的应用探索[J]. 中国美容医学, 2018, 27(2): 140-142.
Yan RS, Li X, Xiao JJ, et al. Application and exploration of mixed reality applied in plastic surgery education [J]. Chinese Journal of Aesthetic Medicine, 2018, 27(2): 140-142.

[7] 罗伟, 王燕一, 侯霞, 等. 混合现实技术常见应用场景[J]. 中华老年口腔医学杂志, 2019, 17(1): 55-58. DOI: 10.19749/j.cn.cjgd.1672-2973.2019.01.013.
Luo W, Wang YY, Hou X, et al. Common application scenarios of mixed reality technology [J]. Chinese Journal of Geriatric Dentistry, 2019, 17(1): 55-58. DOI: 10.19749/j.cn.cjgd.1672-2973.2019.01.013.

[8] 张里程, 雷明星, 张浩, 等. 基于混合现实技术骨科教学模式的构建及应用[J]. 中国继续医学教育, 2018, 10(36): 13-16. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2018.36.006.
Zhang LC, Lei MX, Zhang H, et al. Construction and application of orthopedic theory teaching model based on mixed reality technology [J]. China Continuing Medical Education, 2018, 10(36): 13-16. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2018.36.006.

[9] 陈炜, 刘平, 牛素平, 等. 目标教学法在外科规培住院医师重症监护室规范化培训中的应用评估[J]. 继续医学教育, 2016, 30(7): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6763.2016.07.003.
Chen W, Liu P, Niu SP, et al. Application evaluation of target teaching method in intensive care unit surgical residents standard training [J]. Continuing Medical Education, 2016, 30(7): 4-6. DOI: 10.3969/j.issn.1004-6763.2016.07.003.

[10] 黄雪燕,张璨尹,冯莺,等. 柯氏模型在杭州市中医护理培训效果评价中的应用[J]. 中华护理杂志, 2018, 53(1): 71-75. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2018.013.
Huang XY, Zhang YY, Feng Y, et al. Evaluation of effects of Traditional Chinese Medicine nursing training based on Kirkpatrick's model [J]. Chinese Journal of Nursing, 2018, 53(1): 71-75. DOI: 10.3761/j.issn.0254-1769.2018.013.

[11] 孙涛, 邓飞, 李建, 等. 混合现实技术在乳腺肿瘤精准手术中的应用初探[J]. 中国肿瘤外科杂志, 2017, 9(3): 145-148. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4136.2017.03.003.
Sun T, Deng F, Li J, et al. Application of mixed reality technology in precise surgery of breast neoplasms [J]. Chinese Journal of Surgical Oncology, 2017, 9(3): 145-148. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4136.2017.03.003.

[12] 张加尧, 吴星火, 冯晓波, 等. 混合现实技术在医学领域的应用[J]. 中华实验外科杂志, 2019, 36(1): 179-181. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2019.01.062.
Zhang JY, Wu XH, Feng XB, et al. Application of mixed reality technology in medical field [J]. Chinese Journal of Experimental Surgery, 2019, 36(1): 179-181. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2019.01.062.

[13] 薛亮, 陈泽宇, 陈仁富, 等. 混合现实技术在经皮肾镜取石术治疗过程中的应用[J]. 现代泌尿外科杂志, 2018, 23(6): 433-436. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8291.2018.06.008.
Xue L, Chen ZY, Chen RF, et al. The application of mixed reality technique in percutaneous nephrolithotomy [J]. Journal of Modern Urology, 2018, 23(6): 433-436. DOI: 10.3969/j.issn.1009-8291.2018.06.008.

[14] 陈刚, 汤炜. 增强/混合现实技术在头颈外科的应用及展望[J]. 组织工程与重建外科杂志, 2018, 14(1): 21-23. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2018.01.006.
Chen G, Tang W. Application and prospect of augmented/mixed reality in head and neck surgery medical mixed reality [J]. Journal of Tissue Engineering and Reconstructive Surgery, 2018, 14(1): 21-23. DOI: 10.3969/j.issn.1673-0364.2018.01.006.

（收稿日期:2019-06-20）
（本文编辑:曾玲）