·上海交通大学医学院教学改革专栏·

复合树脂充填术虚拟仿真实训系统在口腔专业本科教学中的应用研究

冉淑君　康琼屹　汪嘉　邹岩　黄正蔚　秦峰
上海交通大学医学院附属第九人民医院牙体牙髓科，上海交通大学口腔医学院，国家口腔医学中心，国家口腔疾病临床医学研究中心，上海市口腔医学重点实验室，上海　200011
通信作者：秦峰，Email：13917001864@139.com

【摘要】 目的　本研究旨在评估复合树脂充填术虚拟仿真实训系统对口腔医学专业本科生知识获取、技能发展和整体学习体验的影响。**方法**　2019级口腔医学专业41名本科生在进入实习前分为两组进行临床前培训：试验组使用复合树脂充填术虚拟仿真实训系统；对照组观看复合树脂充填术操作视频。对比两组学生临床实习时首次复合树脂充填操作的考核情况和教学反馈。采用SPSS 20.0进行t检验和卡方检验。**结果**　试验组学生在反复使用复合树脂充填术虚拟仿真实训系统训练后能掌握该复合树脂充填术的操作要点，均获得较高的分数（平均达91.77分），平均用时10.39 min。在实习阶段，试验组和对照组学生在器械选择（85.71% vs.40.00%）、粘接剂涂布（76.19% vs.45.00%）和分层充填（100.00% vs.75.00%）操作正确率方面差异有统计学意义（P<0.05）。所有学生一致认可该虚拟仿真系统的使用价值，并表示愿意在实习前使用该系统进行岗前练习，19名学生（90.48%）对此虚拟仿真实训系统的学习体验表示满意。**结论**　复合树脂充填术虚拟仿真实训系统可以使学生在临床实习前提升对复合树脂充填术的理解和熟练度，有助于更好地过渡至实习阶段。

【关键词】 虚拟现实；　复合树脂充填术；　口腔医学本科教学改革；　线上教学
【中图分类号】 R-05
基金项目：上海交通大学医学院虚拟仿真实验教学一流课程建设项目（JWC-2023-3）；上海交通大学医学院口腔医学院教学课题（JYJX03202202）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230514-01517

Application of virtual training system for composite resin filling technique in undergraduate stomatology teaching

Ran Shujun, Kang Qiongyi, Wang Jia, Zou Yan, Huang Zhengwei, Qin Feng
Department of Endodontics and Operative Dentistry, Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine; College of Stomatology, Shanghai Jiao Tong University; National Center for Stomatology; National Clinical Research Center for Oral Diseases; Shanghai Key Laboratory of Stomatology, Shanghai 200011, China
Corresponding author: Qin Feng, Email: 13917001864@139.com

【Abstract】 Objective　To assess the influence of a virtual simulation-based training system for composite resin filling on the knowledge acquisition, skill development, and overall learning experience of undergraduate stomatology students. **Methods**　Forty-one undergraduate students of grade 2019 majoring in stomatology were divided into two groups for preclinical training before their internships: the experimental group used a virtual training system for composite resin filling, while the control group watched instructional videos of the procedure. The two groups were compared for their first performance in composite resin filling during the internships and teaching feedback. The t-test and chi-square test were conducted for data analysis using SPSS 20.0. **Results**　After repeatedly using the virtual training system for composite resin filling, the

students in the experimental group were able to master the key operational points of the procedure, all achieving high scores (an average of 91.77 points) with an average time of 10.39 minutes. During the internship phase, the experimental group and control group showed significant differences in the accuracy rates of instrument selection (85.71% vs. 40.00%), adhesive applying (76.19% vs. 45.00%), and layered filling (100.00% vs. 75.00%; all $P<0.05$). All the students unanimously recognized the value of the virtual simulation system and expressed their willingness to use it for preclinical training before internships. Nineteen students (90.48%) were satisfied with the learning experience with the virtual simulation training system. **Conclusions** The virtual simulation training system for composite resin filling can improve students' understanding and proficiency levels of the technique before clinical internships, facilitating a smoother transition to the internship phase.

【**Key words**】 Virtual simulation; Composite resin filling technique; Undergraduate stomatology teaching reform; Online teaching

Fund program: First-Class Course Construction Project for Virtual Simulation Experiment Teaching of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (JWC-2023-3); Teaching Project of School of Stomatology of Shanghai Jiao Tong University School of Medicine (JYJX03202202)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20230514-01517

牙体牙髓病学是口腔医学专业本科教学的重点课程，其中，掌握复合树脂充填术是该课程的基本操作技能要求之一。然而传统教学主要是学生观看操作视频或者教师现场示教、学生在仿真头模下进行操作练习，这种模式存在问题[1]。首先，传统带教师生比例较低，导致课堂内教师难以对每个学生的操作过程进行实时反馈。其次，仿真头模与临床患者之间存在差异，这使得学生在进入临床实习前缺乏医患沟通技能的培养和锻炼。第三，由于课堂操作练习时间少且教具数量有限，学生练习操作机会受限，无法满足进阶性和个性化的练习需求。如果学生对该操作技能掌握不足，可能会影响进入临床实习时的信心和操作水平，包括器械选择错误、操作流程不熟悉、步骤不规范等情况[2]。因此，为了更好地进入临床实习阶段，有必要在临床实习前给学生提供接近真实的临床接诊环境，进行标准化的操作练习。

医学虚拟仿真实验教学是利用虚拟仿真技术进行人机交互，构建仿真的虚拟临床医疗场景和操作的教学方法，进行手术模拟、病例讨论、诊断决策等活动[3]。这种方法可以提供近乎真实环境进行实验操作，培养实践技能和增强临床决策能力，并减少对真实患者进行实验的风险。医学虚拟仿真实验教学已成为现代医学教育中重要的一部分[4]，可以打破时空局限性，不受场地、器械的限制，学生可以在任何时间和地点进行自主练习，为学生提供了“开放性教学环境”[5]。其次，它提供了高度逼真的虚拟环境，使学生能够接近真实临床情景，提供更贴近实际的学习体验[6]。此外，该方法还促进了学生的积极参与和互动，在实践中培养团队合作和沟通技巧[7]。本研究建立了复合树脂充填术虚拟仿真实训系统，通过对参与该系统训练本科生的学习效果、后续实习阶段的医患沟通和复合树脂充填操作情况进行评价，旨在评估该系统在本科教学中的应用效果和价值。

1　对象与方法

1.1　复合树脂充填术虚拟仿真实训系统简介

复合树脂充填术虚拟仿真实训系统为教研室设计开发，北京众绘虚拟现实技术研究院有限公司提供技术支持。模拟临床上口腔诊室接诊场景，针对前牙和后牙龋病典型病例结合树脂充填术的实操步骤进行操作练习。包括后牙 GV Black 分类Ⅱ类洞和前牙Ⅲ类洞两个模块，分为练习模式和考核模式（图 1）。每个模块下根据临床操作流程设计，包括询问患者的症状和治疗史、口腔检查、方案沟通、器械选择、去龋备洞、消毒隔湿、酸蚀粘接和树脂充填等 8 个部分。学生需要根据标准操作流程进行操作练习，练习模式下学生操作出错时系统会实时反馈，学生和教师均可通过得分细则了解操作练习中的薄弱点，可反复进行强化练习。

1.2　授课对象

该虚拟仿真实训系统首次应用于本科教学临床实习前实训，授课对象为 2019 级本科生，41 名学



A. 问诊人机交互场景　　B. 器械选择场景

C. 树脂充填操作步骤　　D. 评分标准

图 1　复合树脂充填术虚拟仿真教学系统

生根据学号单双号分为两组，对两组学生的牙体牙髓理论考试成绩和实验课成绩进行统计分析。在实习操作前教师均带领两组学生进行真人示教龋病复合树脂充填术 1 次，同时讲解详细的操作要点，即传统“围观式学习”。试验组学生要求在复合树脂充填术虚拟仿真实训系统进行操作练习，完成频次至少 1 次，根据掌握情况可以反复练习。对照组学生观看 GV Black 分类Ⅱ类洞和Ⅲ类洞复合树脂充填术的操作演示视频，完成频次至少 1 次，根据掌握情况可以反复观看。

1.3　教学效果评价

教学结束后，一方面通过虚拟仿真系统的使用情况及成绩分析了解学生线上的学习情况；另一方面教师针对学生实习时首次操作复合树脂充填术的流畅度和准确度进行评价；同时自制调查问卷了解学生对该系统的满意度，包括使用体验和使用价值的评价。

1.4　统计学方法

本研究采用 SPSS 20.0 进行统计学分析。计量资料用（均数 ± 标准差）表示，进行正态分布检验后采用独立样本 t 检验。计数资料用率表示，采用卡方检验或者 Fisher 精确检验。在仿真实验操作系统的使用情况及成绩分析中，不同练习次数分组下的学生操作时间和分数的比较采用 ANOVA 方差分析，事后比较根据方差齐性检验结果采用 S-N-K test 或 Dunnett’s T3 分析组间差异。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　两组学生在实验前的成绩分析

两组学生牙体牙髓理论考试成绩和实验课操作考试成绩组间差异没有统计学意义（表 1），基线水平具有可比性。

表 1　两组学生在实习前牙体牙髓科目考试成绩分析 [$(\bar{x} \pm s)$，分]

分组	理论考试成绩	实验课成绩
试验组（n=21）	68.20 ± 6.18	80.05 ± 2.97
对照组（n=20）	72.70 ± 9.23	79.90 ± 2.36
t 值	−1.85	0.18
P 值	0.073	0.862

2.2　复合树脂充填术虚拟仿真实训系统的使用情况及成绩分析

试验组学生共进行了 59 次树脂充填术虚拟仿真操作练习，总用时 612.82 min，学生操作 1~6 次，操作 3 次的人数最多，操作 4 次以上的学生成绩均在 90 分以上。平均每次用时 10.39 min，平均分数 91.77。按照练习不同次数分组，各组间操作时长差

异没有统计学意义（P=0.630），练习3次以上的学生操作得分高于练习2次的学生（P<0.05），但是在不同练习次数分组下获得的最高分数各组间的差异没有统计学意义（P=0.077）（表2）。

表2　复合树脂充填术虚拟仿真实训系统的使用情况（n=21）

练习次数	人次数	操作时长[($\bar{x}\pm s$)，s]	操作得分[($\bar{x}\pm s$)，分]
1	4	481.25 ± 198.77	87.75 ± 11.03
2	5	520.80 ± 135.14	78.60 ± 18.36
3	7	732.00 ± 737.49	88.19 ± 10.56
4	3	528.83 ± 126.28	94.33 ± 8.26[a]
6	2	711.33 ± 395.48	95.00 ± 4.71[a]
F值	–	0.65	3.82
P值	–	0.630	0.008

注：a，与练习2次组相比较，差异具有统计学意义（P<0.05，S-N-K test）。

2.3　复合树脂充填术虚拟仿真实训系统训练对实习时首次树脂充填操作的影响

针对学生在实习期首次复合树脂充填操作流程进行准确性评价，包括术前问诊、口腔检查、器械选择、去龋、隔湿干燥、粘接剂涂布、光固化灯使用、分层充填、调𬌗抛光及术后医嘱等步骤。在器械选择、粘接剂涂布和分层充填3个步骤，接受线上虚拟仿真实训的学生操作出错的概率低于对照组学生，差异具有统计学意义（P<0.05），在术前问诊、口腔检查、去龋程度和术后医嘱等方面两组间差异不具有统计学意义（P>0.05）（表3）。

2.4　问卷调查结果

使用复合树脂充填术虚拟仿真实训系统的21名学生完成了问卷调查，所有学生认为该系统操作不复杂。全部学生认为该系统非常有助于掌握龋病口腔检查和复合树脂充填术的标准操作步骤和操作要点，学生对术前问诊、龋病诊断和口腔检查等模块的使用价值也给予了充分肯定，但5名学生（23.81%）认为对术后医嘱沟通没有帮助作用。所有参与调查的学生肯定了该系统的使用价值，愿意在进入实习前使用该线上虚拟实训系统进行练习。19名学生（90.48%）对此虚拟仿真实训系统的学习体验表示满意，学生也给出了一些建议，希望可以提高系统的流畅性，在去龋操作过程提供临床实际的图片更有利于掌握去龋的程度等。

表3　临床实习时首次复合树脂充填两组学生操作完成情况[n(%)]

项目	完成结果	试验组（n=21）	对照组（n=20）	χ^2值	P值
1. 术前是否进行问诊	是	18(85.71)	18(90.00)	–	>0.999[a]
	否	3(14.29)	2(10.00)		
2. 针对患牙的口腔检查是否完全（视诊、探诊、叩诊、松动度检查及冷诊）	是	15(71.43)	13(65.00)	0.20	0.744
	否	6(28.57)	7(35.00)		
3. 器械选择是否正确	是	18(85.71)	8(40.00)	9.23	0.002
	否	3(14.29)	12(60.00)		
4. 去龋是否完全	是	9(42.86)	8(40.00)	0.03	0.853[a]
	否	12(57.14)	12(60.00)		
5. 粘接是否吹干隔湿	是	17(80.95)	11(55.00)	3.19	0.074[a]
	否	4(19.05)	9(45.00)		
6. 粘接剂涂布是否规范	是	16(76.19)	9(45.00)	4.19	0.041
	否	5(23.81)	11(55.00)		
7. 光固化灯使用时间是否正确	是	19(90.48)	16(80.00)	–	0.410[a]
	否	2(9.52)	4(20.00)		
8. 树脂充填厚度是否<2 mm	是	21(100.00)	15(75.00)	5.98	0.021
	否	0(0.00)	5(25.00)		
9. 是否分层固化	是	20(95.24)	16(80.00)	–	0.184[a]
	否	1(4.76)	4(20.00)		
10. 是否正确调𬌗抛光	是	18(85.71)	16(80.00)	–	0.697[a]
	否	3(14.29)	4(20.00)		
11. 是否主动进行了术后医嘱	是	15(71.43)	12(60.00)	0.60	0.440
	否	6(28.57)	8(40.00)		

注：a，代表Fisher精确检验。

3 讨论

3.1 复合树脂充填术虚拟仿真实训系统可促进学生对操作技能的掌握

本虚拟仿真实训系统的教学设计是基于临床龋病案例的自主式、探究式学习。整个实验框架呈线性流程递进,实时反馈,增强了趣味性和学生互动[8]。本研究中学生练习的情况可见,每个学生通过反复练习均可获得较高的分数,说明学生均能通过该系统掌握复合树脂充填术的操作流程和要点。学生操作时长均在 20 min 以内,与学生练习次数没有相关性,说明该系统操作稳定性较好。但是练习次数 3 次以上的学生分数高于练习 2 次的学生,说明学生自主反复练习促进了学生对知识和操作技能的掌握。而且每个学生操作次数、操作时长和分数分布,从系统上教师可以直观看到,有利于进一步对学生进行个性化指导。但是视频观看组,教师只能看到学生观看过操作视频,对于学生观看时的专注度和知识掌握情况难以了解。可见,该虚拟实训系统通过沉浸式的操作,可弥补传统教学中学生学习积极性不高、学习效果差的问题。

3.2 复合树脂充填术虚拟仿真实训系统可作为临床实习前的岗前培训

在进入实习阶段,相对于对照组观看操作视频的学生,接受线上虚拟训练的试验组学生在首次复合树脂充填操作时出错的概率更低,特别是在器械选择、粘接剂涂布和分层充填等操作细节上错误率低于对照组。相对于观看视频,虚拟实训操作互动性更强,对于学生而言具有挑战性,学生更愿意自主练习。虚拟仿真技术的显著优势就是能提供临床情景下的真实反馈,研究表明同步反馈可以减少学生在学习中的记忆需求,使学员的注意力集中于技能操作[9]。从而有利于学生相关临床操作技能的获得,降低学生在临床操作中的失误。研究中所有的学生表示希望在实习前使用该虚拟仿真系统进行岗前训练,从学生感受和教学效果上均肯定了该虚拟仿真实训系统的价值。

3.3 复合树脂充填术虚拟仿真实训系统的不足

在实习阶段,两组学生在术前问诊和术后医嘱上表现没有差异,学生也认为帮助作用相对较低。分析其原因,目前本虚拟系统设定的人机交互可能相对较单一,在临床实际的医患沟通中,患者的问题更发散且复杂,因此该系统在人机交互方面可能需要进一步丰富,从而更贴近临床接诊情况。在一项针对中国本科生虚拟仿真系统的应用调查研究中也明确提出:目前虚拟仿真课程存在教学资源少、实验交互仿真效果不佳等不足[10]。因此,需要进一步丰富虚拟病例库构建或者与人工智能结合。在口腔检查和去龋这两个步骤上,参加虚拟系统训练的学生也没有表现出显著优势。学生建议可以增加临床病例的真实图片、患者反应和去龋后的病例图片丰富系统,更好地帮助学生掌握这部分知识要点和技能要求。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 冉淑君、秦峰:论文构思、撰写论文;康琼屹、汪嘉:项目实施;邹岩:技术指导;黄正蔚、秦峰:项目负责人、审订论文

参考文献

[1] 何权敏, 张剑, 高丽, 等. 牙体牙髓实验教学水平探讨[J]. 遵义医学院学报, 2010, 33(2): 196-197. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2715.2010.02.042.

[2] 郑沛, 陈晖. 光固化复合树脂修复术实验教学的标准化改革探讨[J]. 上海口腔医学, 2015, 24(4): 493-498.

[3] 周学东, 张凌琳, 叶玲, 等. 虚拟仿真技术在口腔医学教育领域的应用[J]. 实验技术与管理, 2014, 31(5): 4-6, 16. DOI: 16.10.3969/j.issn.1002-4956.2014.05.002.

[4] 刘琼, 张韦深, 付裕, 等. 医学虚拟仿真实验教学平台建设的探索[J]. 高校医学教学研究(电子版), 2016, 6(2): 17-20. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1582.2016.02.005.

[5] Ali K, Alhaija ESA, Raja M, et al. Blended learning in undergraduate dental education: a global pilot study [J]. Med Educ Online, 2023, 28(1): 2171700. DOI: 10.1080/10872981.2023.2171700.

[6] 杨萍, 何玲, 王运武. 快课、微课、MOOC 及 SPOC 的比较研究[J]. 中国医学教育技术, 2018, 32(1): 8-14. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201801002.

[7] 王凯利, 任家银, 唐蓓, 等. 口腔医学影像检查虚拟实训系统在本科教学中的应用研究[J]. 中国医学教育技术, 2022, 36(5):548-552, 562. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202205008.

[8] 李子夏, 谢娜, 崔晓明. 多元化教学及评价模式在牙科显微镜临床前实验教学培训中的效果评价[J]. 亚太教育, 2021(4): 91-92. DOI: 10.12240/j.issn.2095-9214.2021.04.042.

[9] 王振慧, 杨宏业. 虚拟仿真技术在口腔医学教育中的应用[J]. 口腔医学研究, 2022, 38(9): 811-814. DOI: 10.13701/j.cnki.kqyxyj.2022.09.003.

[10] 李娅宁, 刘云松, 董美丽, 等. 中国本科口腔医学院校使用虚拟仿真教学技术情况的调查研究[J]. 口腔疾病防治, 2023, 31(7): 506-512. DOI: 10.12016/j.issn.2096-1456.2023.07.008.

(收稿日期:2023-05-14)

(本文编辑:唐宗顺)