

[DOI]10.12016/j.issn.2096-1456.2023.07.008

· 口腔医学教育 ·

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

李娅宁^{1,2}, 刘云松^{1,2}, 董美丽³, 叶红强^{1,2}, 周永胜^{1,2}

1. 北京大学口腔医学院·口腔医院修复科,北京(100081); 2. 国家口腔医学中心,国家口腔疾病临床医学研究中心,口腔生物材料和数字诊疗装备国家工程研究中心,口腔数字医学北京市重点实验室,北京(100081); 3. 北京大学口腔医学院·口腔医院教育处,北京(100081)

【摘要】 目的 调查中国本科口腔医学院校使用虚拟仿真教学技术的现状,通过分析问题并提出相应的改进建议,以促进虚拟仿真技术在口腔医学教学中的应用。**方法** 本研究采用问卷调查(简单随机抽样)的方法,对中国本科口腔医学院校672名教师和3 849名学生参与口腔医学虚拟仿真课程的情况进行调查。**结果** 25.81%的高校师生参与过口腔虚拟仿真课程,37.80%的“双一流”建设高校师生参与过口腔虚拟仿真课程;92.12%的口腔虚拟仿真课程的授课对象为本科生;“传统课程+虚拟仿真模型演示”为口腔虚拟仿真课程的主要授课形式;大部分口腔医学院校师生对本校已开设虚拟仿真课程满意;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。**结论** 虚拟仿真技术在中国本科口腔医学院校的应用存在差异,其中“双一流”建设高校的虚拟仿真教学技术应用较普通高校广泛,且主要授课对象是本科生;中国口腔医学院校应重视虚拟仿真课程资源的合作开发和利用,丰富虚拟仿真课程形式,加强虚拟仿真技术在口腔医学教学中的推广应用。

【关键词】 虚拟仿真; 数字化; 口腔医学; 教学; 高等教育; 教学模拟器; 虚拟现实; 双一流

【中图分类号】 R78 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 2096-1456(2023)07-0506-07

【引用著录格式】 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.

Investigation on the application of teaching technology of virtual simulation in undergraduate schools of stomatology in China LI Yaning^{1,2}, LIU Yunsong^{1,2}, DONG Meili³, YE Hongqiang^{1,2}, ZHOU Yongsheng^{1,2}. 1. Department of Prosthodontics, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing 100081, China; 2. National Center for Stomatology; National Clinical Research Center for Oral Diseases; National Engineering Research Center of Oral Biomaterials and Digital Medical Devices; Beijing Key Laboratory of Digital Stomatology, Beijing 100081, China; 3. Department of Education, Peking University School and Hospital of Stomatology, Beijing 100081, China

Corresponding author: ZHOU Yongsheng, Email: kqzhouysh@hsc.pku.edu.cn, Tel: 86-10-82195370; YE Hongqiang, Email: yehongqiang@hsc.pku.edu.cn, Tel: 86-10-82195370

【Abstract】 Objective To investigate the current situation of using virtual simulation technology in undergraduate schools of stomatology in China, analyze the problems and put forward corresponding improvement suggestions. **Methods** A questionnaire survey was conducted among 672 teachers and 3 849 students in undergraduate schools of stomatology in China. **Results** 25.81% of all participants had took part in dental virtual simulation courses, and 37.80% of the par-

【收稿日期】 2022-11-22; **【修回日期】** 2023-01-18

【基金项目】 北京市住院医师规范化培训质量提高项目(2022-TGXM-02);虚拟仿真实验教学创新联盟课题(VSE21017R11);北京大学口腔医学院教育教学改革项目(2022-ZD-01);北京大学医学部教育教学研究课题(2022ZD05)

【作者简介】 李娅宁,博士研究生,Email:faded_lyn@qq.com

【通信作者】 周永胜,教授、主任医师,博士,Email:kqzhouysh@hsc.pku.edu.cn,Tel:86-10-82195370;叶红强,副教授,副主任医师,博士,Email:yehongqiang@hsc.pku.edu.cn,Tel:86-10-82195370

participants from "Double First-Class" universities had participated in dental virtual simulation courses. 92.12% of the virtual simulation courses were established for undergraduates. "Traditional course + virtual simulation model demonstration" is the main teaching form of virtual simulation courses. Most of the participants were satisfied with the virtual simulation courses offered by their schools. At present, there are also some deficiencies in the virtual simulation courses, such as lack of teaching resources, insufficient interaction and simulation. **Conclusion** There is difference in the application of virtual simulation technology in undergraduate schools of stomatology in China. The virtual simulation technology is more widely used in "Double First-Class" universities than in ordinary universities. Undergraduates are the main teaching objects of virtual simulation courses. Stomatological schools in China should pay attention to the development and utilization of virtual simulation curriculum resources by cooperation, enrich the form of virtual simulation courses and strengthen the promotion and application of virtual simulation technology in stomatological education.

【Key words】 virtual simulation; digitization; stomatology; education; higher education; education simulator; virtual reality; double first-class

J Prev Treat Stomatol Dis, 2023, 31(7): 506-512.

【Competing interests】 The authors declare no competing interests.

This study was supported by the grants from the Quality Improvement Project of Standardized Training for Residents of Beijing (No. 2022-TGXM-02), the Project of Experimental Teaching Innovation Alliance for Virtual Simulation (No. VSE21017R11), the Teaching Reformation Fund of Peking University School and Hospital of Stomatology (No. 2022-ZD-01) and Peking University Health Science Center Medical Education Research Funding Project (No. 2022ZD05).

2018年,为适应信息化条件下知识获取和传授方式、教和学关系等发生革命性变化的要求,深化信息技术与教育教学深度融合,教育部决定开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作^[1]。2019年,教育部将国家虚拟仿真实验教学项目纳入一流本科课程建设^[2]。2022年,《“十四五”数字经济发展规划》强调推进教育新型基础设施建设,推动“互联网+教育”持续健康发展^[3]。2022年10月,中国共产党第二十次全国代表大会首次将“推进教育数字化”写入报告,赋予了教育在全面建设社会主义现代化国家中新的使命任务,明确了教育数字化未来发展的行动纲领。这些举措表明,实施教育数字化战略行动,推动实现教育数字化转型,是建设教育强国的迫切要求。

虚拟现实(含增强现实、混合现实)技术是新一代信息技术的重要前沿方向,应用于教学(特别是实践教学)中有独特的优势^[4-7],可以弥补教学资源不足、降低真实操作的危险性、打破时空限制、提高学生兴趣等。在口腔医学的基础理论教学中,虚拟仿真技术可将抽象的理论知识形象化,便于学生理解和记忆;在口腔临床技能教学中,虚拟仿真技术可提供个性化的临床病例,从问诊检查到操作技能全覆盖,增加学习的沉浸感,全面锻炼和提高学生的临床思辨能力和临床技能水平^[8]。

目前,虚拟仿真技术在不同类别的口腔医学

院校、不同水平的口腔医学学科、不同学生类别的应用情况上可能存在差异,因此,本研究以调查问卷的方式调研中国本科口腔医学院校使用虚拟仿真教学技术的现状、发现存在的问题并提出合理建议,为制定口腔虚拟仿真教学的发展策略提供依据,这对提高中国口腔医学的教学质量和效率,推动中国口腔医学人才培养和探索虚拟仿真技术的发展方向具有重要意义。

1 资料和方法

1.1 研究对象

本研究于2022年10月22日到10月27日,选取中国(除外港澳台地区,余同)本科口腔医学院校的672名教师和3 849名学生为调查对象。

1.2 研究方法

使用问卷星软件,用简单随机抽样选取中国本科口腔医学院校的师生填写调查问卷,调查虚拟仿真教学技术的应用现状。问卷分为教师版和学生版,内容包括:虚拟仿真教学技术在口腔教学中的使用率、主要应用形式,虚拟仿真课程资源的来源、口腔院校师生对虚拟仿真技术的评价、虚拟仿真技术对口腔教学是否具有促进作用、目前虚拟仿真课程的局限性等。

1.3 统计学分析

问卷调查结果用word文档从问卷星软件中导

出,用SPSS 22.0软件进行统计学分析。用Mann-Whitney U检验比较师生两组在对虚拟仿真技术的了解程度、本校已开设口腔医学虚拟仿真课程是否适合教学及其教学效果、未来是否愿意参与虚拟仿真课程的选择等方面是否有差异;用卡方检验比较在不同类型高校开设口腔虚拟仿真课程的情况、不同类型高校虚拟仿真课程教学资源的来源、师生认为教学效果最佳的虚拟仿真课程类型和对虚拟仿真课程适用的教学内容评价等方面是否有差异。统计检验均采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

本次调查共收到学生问卷3 849份,包含本科

生3 598份,研究生182份,进修生10份,住院医师47份,其他类型学生12份;其中世界一流大学和一流学科(以下简称“双一流”)建设高校993份,部属高校(不含“双一流”建设高校)160份,省属高校(不含“双一流”建设高校)1 810份,其他类型高校886份;其中“双一流”建设口腔医学学科学生794份。本次调查收到教师问卷672份,包含“双一流”建设高校150份,非“双一流”建设的部属高校26份、省属高校422份、其他高校74份;其中“双一流”建设口腔医学学科教师问卷19份。

2.2 师生对虚拟仿真技术的了解程度

采用矩阵单选问题对教师和学生对虚拟仿真技术的了解程度进行调查,结果见图1。Mann-Whitney U检验结果显示,师生两组对虚拟仿真技术的了解程度的差异无统计学意义($P = 0.228$)。

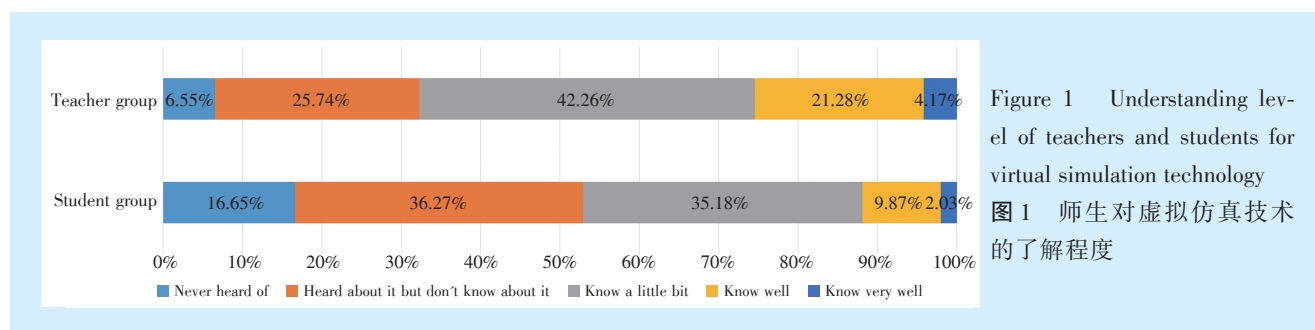


Figure 1 Understanding level of teachers and students for virtual simulation technology
图1 师生对虚拟仿真技术的了解程度

2.3 开设口腔医学虚拟仿真课程的影响因素

不同类型高校开设口腔医学虚拟仿真课程的情况见表1、2。卡方检验结果显示,不同类型高校开设虚拟仿真课程比例的差异具有统计学意义($P < 0.001$),“双一流”建设高校的开课率高于其他高校($P < 0.001$);“双一流”建设口腔医学学科的开课率高于非“双一流”建设口腔医学学科($P < 0.001$)。

2.4 口腔医学虚拟仿真课程授课对象分析

在开设口腔医学虚拟仿真课程的院校中(共

926份授课对象问卷),授课对象主要为本科生,占比为92.12%(853份),研究生占比6.48%(60份),住院医师占比1.08%(10份),进修生占比0.32%(3份)。

2.5 口腔医学虚拟仿真教学技术涉及的课程类型和口腔分支学科

统计结果显示,在选择已开设口腔医学虚拟仿真课程的1 167份问卷中,应用传统课程+虚拟仿真模型演示的类型最多(735份,占62.98%),其次为线下虚拟仿真实验操作(597份,占49.61%)、线上虚拟仿真实验(481份,占41.22%)。

表1 不同类型高校开设口腔医学虚拟仿真课程的情况

Table 1 The situation of dental virtual simulation courses in different types of universities

	"Double First-Class" universities	Non "Double First-Class" Universities			Total	χ^2	P
		Ministry affiliated universities	Provincial universities	Other Universities			
Universities with dental virtual simulation courses	432(37.02)	58(4.97)	509(43.62)	168(14.40)	1 167		
Universities without dental virtual simulation courses	711(21.20)	128(3.82)	1 723(51.38)	792(23.61)	3 354	133.688	< 0.001
Total	1 143(37.80)	186(31.18)	2 232(22.80)	960(18.06)	4 521		

表2 “双一流”与非“双一流”建设口腔医学学科开设虚拟仿真课程的情况

Table 2 The situation of virtual simulation courses in "Double First-Class" and non "Double First-Class"

Types of stomatological disciplines	disciplines of stomatology		Total	χ^2	P
	Disciplines with dental virtual simulation courses	Disciplines without dental virtual simulation courses			
"Double First-Class" stomatological disciplines	329 (40.47)	484 (59.53)	813		
Non "Double First-Class" stomatological disciplines	838 (22.60)	2 870 (77.40)	3 708	111.164	< 0.001
Total	1 167 (25.81)	3 354 (74.19)	4 521		

在已经开设的口腔医学虚拟仿真课程中,牙体牙髓病学、口腔修复学、牙体解剖学、口腔颌面部解剖学和口腔颌面外科学的占比均超过40%,主要以传统课程+虚拟仿真模型演示为主(表3)。

2.6 口腔医学虚拟仿真课程教学资源的来源分析

在开设口腔医学虚拟仿真课程的高校中,针对教师(共241份)的调查显示,83.40%(201份)的虚拟仿真教学资源为购买的成熟产品,本校自主研发的教学资源仅占29.88%(72份)。

卡方检验结果表明,“双一流”建设高校口腔医学虚拟仿真课程教学资源的自主研发占比高于非“双一流”建设高校($\chi^2 = 6.336, P = 0.012$),“双一流”建设口腔医学学科虚拟仿真课程教学资源的自主研发占比高于非“双一流”建设口腔医学学科($\chi^2 = 14.516, P < 0.001$)。

2.7 师生对本校已开设口腔医学虚拟仿真课程的评价

Mann-Whitney U 检验结果显示,教师和学生对本校已开设口腔医学虚拟仿真课程评价的差异无

统计学意义($P > 0.05$),大部分教师和学生认为虚拟仿真课程比较适合和适合于口腔医学专业,可激发学生的学习兴趣和提升教学效果(图2)、提升教学效果(图3),绝大部分师生对本校已经开设的虚拟仿真课程比较满意,且未来愿意继续参与虚拟仿真课程。

对于教学效果最佳的口腔医学虚拟仿真课程类型,卡方检验结果显示,教师组和学生组选择的差异没有统计学意义($P > 0.05$)(表4),师生均认为线下虚拟仿真实验的教学效果最佳。

对于口腔医学虚拟仿真课程适用的教学内容,卡方检验结果显示,教师组和学生组选择的差异不具有统计学意义($\chi^2 = 2.694, P = 0.441$),88.09%的师生(1 028份)认为虚拟仿真技术最适用于口腔临床技能教学,79.95%(933份)的师生认为虚拟仿真技术适用于口腔解剖教学,55.18%(644份)的师生认为适用于口腔基础知识教学。

2.8 口腔医学虚拟仿真课程应用中存在问题的评价

统计学结果显示,目前,虚拟仿真课程教学资

表3 口腔医学分支学科开设虚拟仿真课程的情况

Table 3 Situations of virtual simulation courses in different dental subdisciplines

Subdisciplines	Set-up situation	Types of virtual simulation courses			
		Traditional courses & demonstrations with virtual simulation models	Online virtual simulation experiments	Offline virtual simulation experiments	Others
Dental anatomy	543(46.53)	348(29.82)	140(12.00)	168(14.40)	31(2.66)
Oral and maxillofacial anatomy	488(41.82)	295(25.28)	145(12.43)	142(12.17)	18(1.54)
Cariology, endodontology and operative dentistry	679(58.18)	354(30.33)	174(14.91)	323(27.68)	24(2.06)
Periodontology	450(38.56)	256(21.94)	118(10.11)	180(15.42)	26(2.23)
Diseases of oral mucosa	331(28.36)	188(16.11)	89(7.63)	97(8.31)	26(2.23)
Prosthodontics	583(49.96)	318(27.25)	154(13.20)	274(23.48)	22(1.89)
Orthodontics	408(34.96)	229(19.62)	115(9.85)	145(12.43)	25(2.14)
Oral and maxillofacial surgery	506(43.36)	285(24.42)	172(14.74)	176(15.08)	24(2.06)
Oral and maxillofacial medical imaging	345(29.56)	203(17.40)	96(8.23)	97(8.31)	23(1.97)
Oral histology and pathology	379(32.48)	228(19.54)	121(10.37)	97(8.31)	25(2.14)
Other	368(31.53)	211(18.08)	106(9.08)	104(8.91)	27(2.31)

The number of questionnaires selecting the option/the total number of questionnaires selecting virtual simulation courses (1 167)

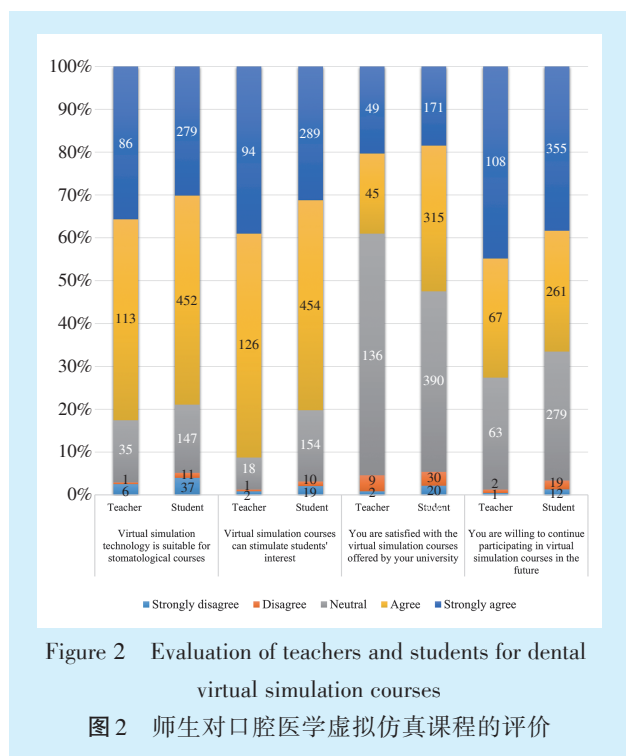


Figure 2 Evaluation of teachers and students for dental virtual simulation courses

图2 师生对口腔医学虚拟仿真课程的评价

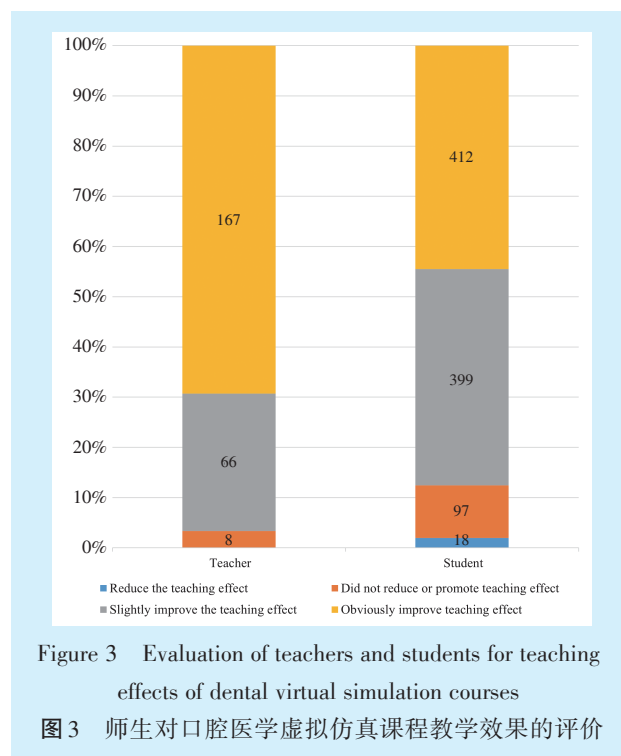


Figure 3 Evaluation of teachers and students for teaching effects of dental virtual simulation courses

图3 师生对口腔医学虚拟仿真课程教学效果的评价

表4 教学效果最佳的虚拟仿真课程类型统计结果

Table 4 Statistical results of virtual simulation course types with the best teaching effect

n (%)

	Offline virtual simulation experiments	Traditional courses & demonstrations with virtual simulation models	Online virtual simulation experiments	Others	Total	χ^2	P
Teacher	129 (53.53)	101 (41.91)	11 (4.55)	0 (0)	241 (100)	4.333	0.228
Student	505 (54.54)	348 (37.58)	69 (7.45)	4 (0.43)	926 (100)		
Total	634 (54.33)	449 (38.47)	80 (6.86)	4 (0.34)	1 167 (100)		

源少是最突出的问题(855份, 75.84%),其次是实验交互仿真效果不佳(604份, 51.76%)、教学模拟器仿真度低(532份, 45.58%)等。

3 讨论

基于本次调查研究,中国本科口腔医学院校使用虚拟仿真教学技术主要存在以下问题:

第一,虚拟仿真课程在本科口腔医学院校的普及率不高。调查结果显示,参与过口腔医学虚拟仿真课程的师生比例仅为25.81%，“双一流”建设口腔医学学科师生参与比例远高于非“双一流”建设口腔医学学科的师生,“双一流”建设高校师生参与比例高于其他类型高校,且授课对象绝大部分为本科生。不同类别高校的开课率侧面反映出其对虚拟仿真课程的重视和投入程度。虚拟仿真课程的开设成本较高,也是影响虚拟仿真课程开课率的因素之一。

第二,虚拟仿真课程覆盖应用的课程类型不

够全面。当前开设的虚拟仿真课程类型主要为“传统课程+虚拟仿真模型演示”,但调查对象普遍认为教学效果最佳的课程类型是线下教学模拟器教学。不同分支学科虚拟仿真课程的开课率与其学科特点有一定关系,口腔解剖、口腔颌面外科类课程对组织器官的三维位置和形态描述较多,适合使用虚拟仿真课程。牙体牙髓病学、口腔修复学实习课以技能训练为主,这类学科的线下虚拟仿真实验课开课率较高。

第三,虚拟仿真课程的教学资源较少,且部分虚拟仿真实验仿真度较低。以虚拟仿真教学模拟器为例,目前中国在虚拟仿真教学模拟器的研发主要集中在软件层面,硬件设备(如头戴显示器)的研发要落后于国外企业,成为制约虚拟仿真技术研发应用的“卡脖子”技术之一^[9]。

当前,虚拟仿真课程的建设处在以教学资源建设为核心、教学模式创新和教学改革为支撑、教学效果提升为目标的综合性教学体系建设

阶段^[10]。针对本次调查研究结果,提出以下对策和建议:

第一,促进优质虚拟仿真教学资源的共建共享。国家层面需制定相关的政策和制度,促进优质教育资源合理共享和应用^[11]。虚拟仿真教学资源建设可依托课程,找准课程与虚拟仿真技术的结合点^[12],教育部建立一流虚拟仿真实验教学课程为此提供了很好的契机。国家虚拟仿真实验平台的建设和应用,可促进虚拟仿真实验课程的规范化、体系化和标准化^[13],同时也为优质课程提供了载体。虚拟教研室是教育现代化进程中的新型教研组织^[14],深入推进虚拟教研室的建设,可实现包括虚拟仿真技术在内的数字教学资源的共建共享,从而带动中国不同区域高校口腔医学学科的全面发展。此外,高校也应培养教师使用虚拟现实等新技术的能力,以更好地推进虚拟仿真教学的应用^[15]。

第二,促进虚拟仿真智慧实验室的建设。混合式虚拟仿真课程教学集线上和线下教学为一体,效果最佳^[14]。虚拟仿真实验室结合物联网技术和大数据,是构建混合式实验教育模式的基础^[16],在国外已经有广泛应用^[17]。它可将线上虚拟仿真实验教学平台和线下虚拟仿真实验教学设备相连接,通过网络和云端传输、存储教学资源和学习数据,搭配线上虚拟仿真实验考核系统,从而实现实验教学全数字化。虚拟仿真智慧实验室的建设可解决虚拟仿真实验课程建设、运行和管理过程中存在的诸多问题,为实验教学创造和谐高效的教学环境,促进实验教学的可持续发展^[18]。

第三,促进虚拟仿真课程相关资源研发的产学研结合。教育部需进一步推进数字教育的基础设施设备和数字资源建设。校企之间虚拟仿真课程资源的合作研发不仅可发挥高校在教学领域的优势,也可使企业的技术和资源得到充分有效的利用^[19],以教学应用为导向的研发成果也可满足高校的应用需求,企业也可从创新中获得发展,二者互相促进。在国外,虚拟仿真教学资源的校企合作也有非营利性国际合作组织等形式^[20],如“沉浸式教育倡议”和“沉浸式学习研究网络 iLRN”,相关组织也有合作的学术期刊,合作过程中的优秀研发成果可在期刊上发表,这值得学习。今后,国家可鼓励支持具有技术优势的龙头企业、高校、科研院所、标准组织、产业联盟等组建多元创新载

体,引导和发挥高校和企业创新体系的引领作用^[13,21]。

综上,目前虚拟仿真课程在中国口腔本科院校的普及率不高,覆盖应用的课程类型不够全面,且教学资源较少。应积极促进优质虚拟仿真教学资源的共建共享,推动虚拟仿真智慧实验室的建设,同时促进虚拟仿真课程相关资源研发的产学研结合,从而加快虚拟仿真课程在中国口腔本科院校的应用和普及,促进高等教育数字化和教育现代化的进程。

【Author contributions】 Li YN designed the questionnaire, analyzed the data and wrote the article. Liu YS, Dong ML designed the questionnaire, collected the data and revised the manuscript. Ye HQ and Zhou YS conceived the study, revised and finalized the manuscript. All authors read and approved the final manuscript as submitted.

参考文献

- [1] 教育部.《关于开展国家虚拟仿真实验教学项目建设工作的通知》[EB/OL]. [2018-06-05]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201806/t20180607_338713.html.
MOE of PRC.《Notice on the Construction of National Virtual Simulation Experiment Teaching Project》[EB/OL]. [2018-6-5]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201806/t20180607_338713.html.
- [2] 教育部.《关于一流本科课程建设的实施意见》[EB/OL]. [2019-10-30]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5480494.htm.
MOE of PRC.《Opinions on the implementation of first-class undergraduate curriculum construction》[EB/OL]. [2019-10-30]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2020/content_5480494.htm.
- [3] 发改委.《“十四五”数字经济发展规划》[EB/OL]. [2022-03-25]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/12/content_5667817.htm.
National Development and Reform Commission of PRC.《A plan to facilitate development of the digital economy in the 14th Five-Year Plan period (2021-2025)》[EB/OL]. [2022-03-25]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/12/content_5667817.htm.
- [4] Li Y, Ye H, Ye F, et al. The Current situation and future prospects of simulators in dental education[J]. J Med Internet Res, 2021, 23(4): e23635. doi: 10.2196/23635.
- [5] Vergara D, Antón-Sancho Á, Extremera J, et al. Assessment of virtual reality as a didactic resource in higher education [J]. Sustainability, 2021, 13(22): 12730. doi: 10.3390/su132212730.
- [6] Tzima S, Styliaras G, Bassounas A. Augmented reality applications in education: teachers point of view[J]. Educ Sci, 2019, 9(2): 99. doi: 10.3390/educsci9020099.
- [7] Li Y, Ye H, Wu S, et al. Mixed reality and haptic-based dental simulator for tooth preparation: research, development, and preliminary evaluation[J]. JMIR Serious Games, 2022, 10(1): e30653. doi: 10.2196/30653.

- [8] 周永胜, 叶红强. 口腔修复中虚拟患者的构建和应用[J]. 中华口腔医学杂志, 2022, 57(10): 997-1002. doi: 10.3760/cma.j.cn112144-20220722-00402.
Zhou YS, Ye HQ. Construction and application of virtual patients in prosthodontics[J]. Chin J Stomatol, 2022, 57(10): 997-1002. doi: 10.3760/cma.j.cn112144-20220722-00402.
- [9] 邓磊, 王妙辉, 范雷东, 等. 中国数字创意技术发展现状与展望[J]. 中国工程科学, 2020, 22(2): 63-70. doi: 10.15302/J-SSCAE-2020.02.009.
Deng L, Wang MH, Fan LD, et al. Development status and prospects of digital creative technology in China[J]. Strateg Study CAE, 2020, 22(2): 63-70. doi: 10.15302/J-SSCAE-2020.02.009.
- [10] 董桂伟, 赵国群, 王桂龙, 等. 高等工程教育虚拟仿真实验教学的分析与思考: 基于278项国家级虚拟仿真实验教学项目的描述性研究[J]. 实验技术与管理, 2022, 39(12): 199-204. doi: 10.16791/j.cnki.sjg.2022.12.033.
Dong GW, Zhao GQ, Wang GL, et al. Analysis and thinking of virtual simulation experiment teaching in the field of higher engineering education: a descriptive research based on 278 national virtual simulation experiment teaching projects[J]. Exp Technol Manag, 2022, 39(12): 199-204. doi: 10.16791/j.cnki.sjg.2022.12.033.
- [11] 戴玉蓉, 恽如伟, 熊宏齐. 大学物理实验智慧教学模式的构建[J]. 物理实验, 2021, 41(7): 42-45. doi: 10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.07.007.
Dai YR, Yun RW, Xiong HQ. Discussion on the construction of intelligent teaching mode of college physics experiment [J]. Phys Exp, 2021, 41(7): 42-45. doi: 10.19655/j.cnki.1005-4642.2021.07.007.
- [12] 庞梦微, 季平, 宋锦璘, 等. 一流本科教育背景下口腔虚拟仿真实验教学体系建设与应用[J]. 中国医学教育技术, 2022, 36(1): 55-59. doi: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202201012.
Pang MW, Ji P, Song JL, et al. Construction and application of dental virtual simulation experiment teaching system under the background of first-class undergraduate education[J]. China Med Educ Technol, 2022, 36(1): 55-59. doi: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202201012.
- [13] 工业和信息化部, 教育部, 文化和旅游部, 国家广播电视总局, 国家体育总局. 《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划(2022-2026年)》[EB/OL]. [2022-10-28]. <https://www.miit.gov.cn/jgsj/dzs/wjfb/art/2022/art3ebd54d32dd04668abe4066182578032.html>.
Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Education, Ministry of Culture and Tourism, National Radio and Television Administration, General Administration of Sport of China. 《Action Plan for the Integration of Virtual Reality and Industrial Applications (2022-2026)》[EB/OL]. [2022-10-28]. <https://www.miit.gov.cn/jgsj/dzs/wjfb/art/2022/art3ebd54d32dd04668abe4066182578032.html>.
- [14] 桑新民, 贾义敏, 焦建利, 等. 高校虚拟教研室建设的理论与实践探索[J]. 中国高教研究, 2021(11): 91-97. doi: 10.16298/j.cnki.1004-3667.2021.11.14.
Sang XM, Jia YM, Jiao JL, et al. Theoretical and practical exploration on development of virtual teaching research centers in colleges and universities[J]. China High Educ Res, 2021(11): 91-97. doi: 10.16298/j.cnki.1004-3667.2021.11.14.
- [15] Kamińska D, Zwoliński G, Maloku H, et al. The trends and challenges of virtual technology usage in western balkan educational institutions [J]. Information, 2022, 13(11): 525. doi: 10.3390/info13110525.
- [16] 杨祯. 后疫情时代以智慧实验室为依托的混合式实验教学模式探索[J]. 黑龙江教育(理论与实践), 2022(11): 53-56.
Yang Z. Exploration of mixed experimental teaching mode based on smart laboratory in post-epidemic era [J]. Heilongjiang Educ, 2022(11): 53-56.
- [17] Vergara D, Extremera J, Rubio MP, et al. The proliferation of virtual laboratories in educational fields [J]. ADCAIJ Adv Distributed Comput Artif Intell J, 2020, 9(1): 85-97. doi: 10.14201/adcaij2020918597.
- [18] 胡国强, 杨彦荣. 智慧教育背景下高校智慧实验室的构建与研究[J]. 实验技术与管理, 2021, 38(3): 283-287. doi: 10.16791/j.cnki.sjg.2021.03.058.
Hu GQ, Yang YR. Construction and research of university intelligent laboratory under context of intelligent education [J]. Exp Technol Manag, 2021, 38(3): 283-287. doi: 10.16791/j.cnki.sjg.2021.03.058.
- [19] Kluge MG, Maltby S, Kuhne C, et al. Comparing approaches for selection, development, and deployment of extended reality (XR) teaching applications: a case study at The University of Newcastle Australia [J]. Educ Inf Technol, 2022: 1-32. doi: 10.1007/s10639-022-11364-2.
- [20] Rajabion L, Nazari N, Bandarchi M, et al. Knowledge sharing mechanisms in virtual communities: a review of the current literature and recommendations for future research[J]. Hum Syst Manag, 2019, 38(4): 365-384. doi: 10.3233/hsm-190516.
- [21] 雷小苗, 李正凤. 国家创新体系结构比较: 理论与实践双重视角[J]. 科技进步与对策, 2021, 38(21): 8-14. doi: 10.6049/kjbydc.2021020084.
Lei XM, Li ZF. Comparison of national innovation system structure: from the perspective of theory and practice [J]. Sci Technol Prog Policy, 2021, 38(21): 8-14. doi: 10.6049/kjbydc.2021020084.

(编辑 周春华)



官网