·教学改革·

基于沉浸式虚拟现实的学习模型构建与应用研究

王岳　陈晨　陈翀　沙琨
海军军医大学卫生勤务学系海军卫生信息中心，上海　200433
通信作者：沙琨，Email：kunie@vip.sina.com

【摘要】 本文以刺激-有机体-反应理论（stimulus-organism-response，SOR）为框架总结出沉浸式虚拟现实（immersive virtual reality，IVR）学习模型。为探讨 IVR 对学习过程的影响，设计实施了传统方式和 IVR 阑尾炎切除术教学。结果表明，基于 IVR 的认知反应、情感反应和学习结果优于传统式学习。IVR 沉浸感强、接受度高，未来可以利用 IVR 存在感的中介作用影响学习满意度。

【关键词】 沉浸式虚拟现实；　医学高等教育；　学习模型；　存在感
【中图分类号】 R-05
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200618-00666

Construction and application of the model for learning based on immersive virtual reality

Wang Yue, Chen Chen, Chen Chong, Sha Kun
Naval Healthcare Information Center, Naval Medical University, Shanghai 200433, China
Corresponding author: Sha Kun, Email: kunie@vip.sina.com

【**Abstract**】 Based on stimulus-organism-response (SOR) paradigm, this study proposes a conceptual framework of immersive virtual reality (IVR) learning model. To investigate the effect of IVR on learning process, this study has designed and implemented an educational application of appendectomy using IVR. The results indicate that IVR-based cognitive response, emotional response and learning results are

内容分析法研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2018，17(11)：1107-1111. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.11.006.
[3] 张怀南. 我国混合式学习研究现状及发展趋势[J]. 中国医学教育技术，2019，33(1)：12-18. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.201901003.
[4] 张晓娟，卢玉彬. 基于翻转课堂的混合式教学在护理礼仪与人际沟通课程中的应用[J]. 卫生职业教育，2018，36(11)：59-60.
[5] 王馥循，陈海勤. 循证护理模式在精神科护理教学中的应用效果分析[J]. 中国高等医学教育，2016(10)：73，129. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1701.2016.10.038.
[6] 邵山红，邓海霞，刘伟旗. 案例基础上的角色扮演在精神科护理学教学中的应用研究[J]. 卫生职业教育，2017，35(24)：73-74.
[7] 杨晓华，张华峰，吴小健，等. 翻转课堂应用于医学研究生实验教学的探索[J]. 中华医学教育探索杂志，2018，17(10)：1054-1058. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.10.017.
[8] 杨亚宁，朱萍，廖碧珍，等. 基于慕课的混合式教学在妇产科护理学课程中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2017，16(9)：886-891. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2017.09.006.
[9] 谢洽. 影视元素在高中语文教学中的应用研究[D]. 长沙：湖南大学，2018.
[10] 高岩，张艳云. 混合式教学应用于护理心理学课程改革实践探索[J]. 全科护理，2016，14(34)：3653-3654. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4748.2016.34.040.
[11] 刘大我，林蓓. 基于微信平台的妇产科翻转课堂教学研究[J]. 中华医学教育探索杂志，2018，17(7)：661-664. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-1485.2018.07.004.
[12] 吴月红，蒋迎迎. 影视文艺作品在精神科护理教学中的应用[J]. 科教文汇，2017(1)：80-82. DOI: 10.16871/j.cnki.kjwha.2017.01.036.
[13] 靳趁心，王瑛慧，赵东平. 团队自主学习模式在口腔生物学教学中的应用[J]. 基础医学教育，2016，18(8)：642-644. DOI: 10.13754/j.issn2095-1450.2016.08.15.

（收稿日期：2020-05-15）
（本文编辑：曾玲）

significantly better than traditional learning. IVR learning model has a high level of immersion and user acceptance, and is expected to be employed to influence the learning satisfaction by the mediating effect of IVR presence in the future.

【**Key words**】 Immersive virtual reality;　Medical higher education;　Learning model;　Presence
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20200618-00666

随着可视化技术、交互技术等不断发展，教育界正掀起一股虚拟现实(virtual reality，VR)教育应用热潮。美国高等教育信息化协会发布的《地平线报告》(2020 教学版)认为 VR 是未来影响全球高等教育的重要技术[1]。VR 是指以计算机为媒介生成交互式虚拟环境的技术，可分为桌面式 VR 和沉浸式VR(immersive virtual reality，IVR)。桌面式 VR 利用电脑屏幕呈现虚拟场景，用户可通过键盘、鼠标、操纵杆或触摸屏等与场景进行交互。IVR 利用头戴式显示器(head-mounted display，HMD)和可穿戴设备等为用户提供虚拟体验。相较于桌面式 VR，用户在IVR 中可以自然的方式最大限度地实现感知，包括以第一视角环顾四周、操纵虚拟物体等，获得沉浸感和交互性更强的虚拟体验。

当前，IVR 在医学教育教学中的应用较为广泛，已有很多研究证实 IVR 可有效提高认知结果、心因动作结果和情感结果，但对基于 IVR 的学习过程研究较少。为帮助教学人员更好地利用 IVR 开展医学教学，本文构建 IVR 学习模型，并探究其与传统式学习的差异，以期为 IVR 医学高等教育教学应用提供参考。

1　IVR 学习模型构建

研究者从技术、情感或教学视角对 VR 学习过程进行了研究。Radianti 等[2]通过系统的文献分析界定了 VR 学习设计元素，Fowler[3]从教学需求角度构建了 VR 学习模型，Knutzen[4]和 Makransky 等[5]构建并验证了桌面式 VR 学习模型。然而，现有学习模型对相关因素界定，尤其是因素间的关系有很大的差异，且仅有 Makransky 和 Lilleholt[6]构建了包含认知和情感两条路径的 IVR 学习模型。

相较于其他理论，刺激-有机体-反应理论(stimulus-organism-response，SOR)关注环境的刺激、用户的心理反应及最终结果全过程；而且 SOR 是调查用户使用信息技术的体验和行为之间关系最常用的理论框架。因此，本文以 SOR 为框架，对影响 IVR 学习的因素进行整合，总结了包含刺激、心理反应和学习结果三阶段的 IVR 学习模型(图 1)。

1.1　IVR 系统特征

沉浸感是指系统支持学习者感知所需行为的程

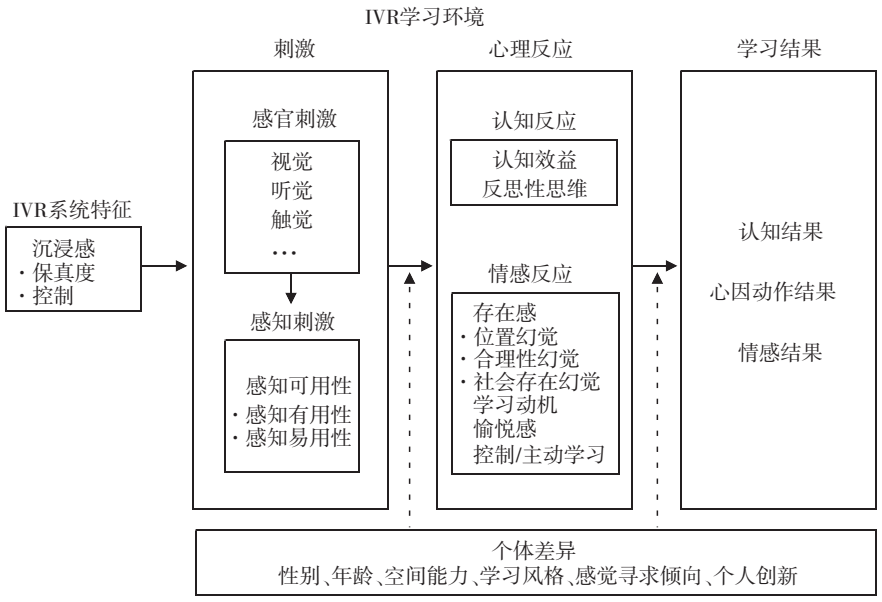


图 1　IVR 学习模型

度,其直接影响学习者获得的感官刺激和感知刺激。相较于普通 VR,IVR 可以更有效地屏蔽物理现实,为学习者提供沉浸感更强的体验。保真度和控制是影响沉浸感的两个重要因素。保真度是指虚拟环境模仿现实世界的程度;控制是指系统支持学习者实时修改虚拟环境的程度。

1.2 IVR 学习过程

在 IVR 学习环境中,学习者可获得视、听、触等多感官刺激和感知刺激。感知刺激是指学习者对 IVR 技术特征的整体感知,受感官刺激影响,主要为感知可用性(包括感知有用性和感知易用性)。其中,感知有用性是指学习者认为使用 IVR 可以提高学习结果的程度;感知易用性是指学习者认为 IVR 容易使用的程度。

感官刺激和感知刺激会引发学习者的认知和情感变化。认知反应包括认知效益和反思性思维。认知效益是指学习者在 IVR 环境中对学习材料的感知、理解、应用;反思性思维是指学习者对信念或假设性的知识,根据其依据和进一步结论所进行的主动、持续和周密的思考。情感反应包括存在感、内部动机、感知娱乐性、控制和主动学习。其中,存在感指学习者感知虚拟体验的真实性,包括位置幻觉、合理性幻觉、社会存在幻觉。学习结果包括认知结果、心因动作结果和情感结果。认知结果包括记忆、理解、运用、分析、评价和创造;心因动作结果包括效率、准确性和反应程度;情感结果包括学习者对学习体验的满意度、态度和欣赏度。

1.3 个体差异

研究表明,年龄、性别、感觉寻求倾向、个人创新等个体差异影响学习者的学习体验[7]。女性学习者在 IVR 环境中容易产生消极的认知反应。感觉寻求倾向低的学习者比感觉寻求倾向高的学习者可以体验到更强的存在感。此外,学习者的空间能力、学习风格也会影响学习体验。

2 实验设计

2.1 对象

本文选择阑尾切除术这一基础手术教学,利用 IVR 设备,帮助学生获得人体手术体验,积累临床手术经验。本文选取 80 名临床医学类专业大五学生为研究对象,A 组(对照组)40 名和 B 组(研究组)40 名,进行阑尾炎切除术课程的学习。该阶段学生已掌握阑尾的解剖学知识、诊断等先修知识,A 组、B 组学生学习能力、智力等方面差异无统计学意义($P>0.05$),具有可比性。

2.2 实验操作

教师利用图片、视频等多媒体资源为 A 组讲解;B 组利用 HTC Vive pro IVR 设备,基于虚拟阑尾切除术资源进行学习。其中,虚拟阑尾切除术学习资源是在医学专家的指导下完成,可记录学习者的关键行为,并提供反馈。学习前,教师对 B 组学生进行 IVR 设备使用培训。学习结束,对 A 组、B 组学生进行后测。

2.3 调查工具

学习者通过问卷进行自我评价;问卷共包含沉浸感(7 个项目)、接受度(11 个项目)、认知反应(8 个项目)、情感反应(14 个项目)和学习结果(13 个项目)5 个部分;其改编自 Makransky 和 Lilleholt 问卷、Makransky 和 Petersen 等问卷;各部分克朗巴赫系数均大于 0.6。问卷所有项目采用李克特量表的 5 分法,分别为非常不同意(1 分)、不同意(2 分)、一般(3 分)、同意(4 分)、非常同意(5 分)。本研究对 A、B 组进行认知反应、情感反应和学习结果调查,对 B 组进行沉浸感和接受度调查。数据采用 SPSS 23.0 进行统计分析。认知情感变化和学习结果等计量资料用(均数 ± 标准差)表示,比较采用 t 检验;采用Hayes 编制的 SPSS 宏中的Model 4 进行了中介效应检验。

3 结果

3.1 IVR 对心理变化和学习结果的影响

结果表明,认知反应维度、情感反应维度、学习结果维度,B 组每项平均值均优于 A组(表 1)。

表 1 两组认知反应、情感反应和学习结果比较[$(\bar{x} \pm s)$,分]

项目	A组	B组	t 值	P 值	Cohen's d
认知反应					
认知效益	3.67 ± 0.61	4.52 ± 0.46	−7.02	<0.001	1.57
反思性思维	3.69 ± 0.48	4.34 ± 0.55	−5.62	<0.001	1.26
情感反应					
存在感	3.26 ± 0.51	4.18 ± 0.54	−7.81	<0.001	1.75
内部动机	3.64 ± 0.62	4.38 ± 0.58	−5.49	<0.001	1.23
感知娱乐性	3.56 ± 0.57	4.53 ± 0.51	−8.00	<0.001	1.79
控制和主动学习	3.66 ± 0.55	4.37 ± 0.54	−5.80	<0.001	1.30
学习结果					
认知结果	3.56 ± 0.49	4.16 ± 0.62	−4.79	<0.001	1.07
心因动作结果	3.48 ± 0.59	4.08 ± 0.68	−4.21	<0.001	0.94
情感结果	3.49 ± 0.47	4.31 ± 0.49	−7.69	<0.001	1.72

3.2 IVR 沉浸感和接受度分析

对沉浸感(保真度、控制)的统计中,所有项目的分值集中,中位数均大于等于 4.00。这表明虚拟阑尾切除术系统的沉浸感强。对接受度(感知有用性、

感知易用性、行为意向)的统计中,所有项目的分值集中,中位数均大于等于 4.00。这表明学习者对虚拟阑尾切除术系统的接受度高,未来愿意利用 IVR 学习。

3.3 存在感中介效应分析

相关分析结果表明存在感与控制(r=0.604)、感知有用性(r=0.501)、感知易用性(r=0.509)、认知学习效果(r=0.511)、满意度(r=0.615)呈正相关(P<0.01)。

结果表明,感知有用性对满意度的影响显著(β=0.73,t=6.65,P<0.01),且当放入存在感中介变量后感知有用性对满意度的影响依然显著(β=0.57,t=4.85,P<0.01)。感知有用性对满意度的直接效应及存在感的中介效应的 bootstrap 95%CI 的上、下限均不包含 0。这表明感知有用性不仅能够直接影响学习者的满意度,而且还能够通过存在感中介作用影响学习者的满意度。直接效应和中介效应分别占总效应的 77.4%、22.6%(表 2)。

表 2　总效应、直接效应及中介效应分析结果

项目	效应值	Boot 标准误	bootstrap 95%CI 下限	bootstrap 95%CI 上限	中介效应/总效应
总效应	0.734	0.11	0.00	0.51	–
直接效应	0.568	0.12	0.00	0.33	77.4%
中介效应	0.166	0.09	0.03	0.38	22.6%

4　讨论

4.1 基于 IVR 学习的显著优势

基于 IVR 的学习可以更好地引起学习者的认知和情感变化,提高学习结果;其中感知娱乐性和存在感差异最大。相较于传统式学习,IVR 可以新的可视化形式为学习者提供沉浸式、交互式的学习情景,帮助学习者获得现实生活中无法获得的体验,支持学习者练习技能、应用知识;还可以基于记录的学习行为进行形成性评价和总结性评价。因此,教师在进行教学设计时,应基于教学目标、教学内容,充分利用 IVR 技术的优势,提高教学效果。

4.2 IVR 沉浸感强、接受度高

IVR 学习环境可以为学习者提供良好的沉浸式学习体验,学习者对 IVR 的接受度较高。虽然 IVR 学习环境存在分散学习者注意力的干扰因素,与现实无法保持完全一致,但是系统呈现的教学内容、多种互动操作可以有效支持学习。此外,IVR 设备易于操作,学习者可以快速掌握 IVR 设备操作技能。因此,教师可以设计基于 IVR 的教学活动,激发学习者的学习动机,提高学习者的参与度。

4.3 存在感的中介作用

IVR 环境下学习者的存在感更强,可有效提高学习者的满意度。存在感受系统的沉浸感、情景的一致性、同伴协作、个人特征的影响,但是由于大脑会基于已有的知识、经验自动填补空白,学习者在沉浸感较低的系统中也可产生存在感。因此,教师应基于学习需求、成本等因素选择 IVR 学习资源,促进学习者学习。

本文的局限主要为,大多数参与者是首次使用 IVR,IVR 的效应可能会随着 IVR 的广泛应用而消退;心理变化、学习结果是以自我报告的方式进行测量,客观评价方式有待跟进。未来研究有待利用行为测量、生理测量等方式调查长期使用 IVR 学习的学习者心理和学习结果变化,探究不同因素之间的关系,研究个人特征对学习过程的影响。

利益冲突　所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明　王岳:提出研究方向和思路、实施项目、撰写论文;陈晨、陈翀:查阅和整理文献、修改论文;沙琨:论文修改、审定与指导

参考文献

[1] 金慧, 王梦钰, 王陈欣. 促进教育创新的关键技术与应用实践: 2015—2020《地平线报告》的分析与比较[J]. 远程教育杂志, 2020, 38(3): 25-37.

[2] Radianti J, Majchrzak TA, Fromm J, et al. A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: design elements, lessons learned, and research agenda [J]. Computers & Education, 2020(147): 103778. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103778.

[3] Fowler C. Virtual reality and learning: where is the pedagogy? [J]. British Journal of Educational Technology, 2014, 46(2): 412-422. DOI: 10.1111/bjet.12135.

[4] Knutzen KB. A hybrid model of experiential learning within the social virtual world of second life [J]. Journal of Virtual Worlds Research, 2019, 12(2): 1-17. DOI: 10.4101/jvwr.v12i2.7364.

[5] Makransky G, Petersen GB. Investigating the process of learning with desktop virtual reality: a structural equation modeling approach [J]. Computers & Education, 2019, 134(7): 15-30. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.02.002.

[6] Makransky G, Lilleholt L. A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education [J]. Educational Technology Research and Development, 2018, 66(3): 1141-1164. DOI: 10.1007/s11423-018-9581-2.

[7] Suh A, Prophet J. The state of immersive technology research: a literature analysis [J]. Computers in Human Behavior, 2018(86): 77-90. DOI: 10.1016/S0148-2963(03)00143-7.

(收稿日期:2020-06-18)
(本文编辑:唐宗顺)