

# 虚拟现实技术在医学生眼外伤教学中的应用研究

郑超<sup>1</sup>, 马济远<sup>1</sup>, 张国恒<sup>1</sup>, 费霏<sup>1</sup>, 孙嘉星<sup>1</sup>, 张帅<sup>2</sup>, 周健<sup>1</sup>, 窦国睿<sup>1</sup>

引用: 郑超, 马济远, 张国恒, 等. 虚拟现实技术在医学生眼外伤教学中的应用研究. 国际眼科杂志, 2024, 24(10): 1645-1649.

基金项目: 空军军医大学精品课程项目 (No. JPKC2023YB020); 空军军医大学教学研究课题 (No. JXKT202306)

作者单位: <sup>1</sup>(710032) 中国陕西省西安市, 中国人民解放军空军军医大学第一附属医院眼科 全军眼科研究所; <sup>2</sup>(710032) 中国陕西省西安市, 空军军医大学基础医学国家级实验教学示范中心

作者简介: 郑超, 博士, 讲师, 研究方向: 医学虚拟仿真应用、罕见病防治。

通讯作者: 窦国睿, 博士, 教授, 研究方向: 新医科教育研究、眼内血管性疾病. fierywang@126.com

收稿日期: 2024-07-16 修回日期: 2024-08-27

## 摘要

目的: 探讨虚拟现实 (VR) 技术在医学生眼外伤教学中的应用效果。

方法: 以 2022-11/2024-04 期间参加《眼科学》教学实践的 90 名医学生作为研究对象。采用对照试验方法, 试验组 45 人采用传统课堂眼外伤理论授课联合 VR 虚拟仿真实验, 对照组 45 人仅参加传统眼外伤教学。授课后, 比较两组理论考核成绩、学习能力 (以自我导向学习评定量表评估), 并对教学质量满意度进行问卷调查, 采用 *t* 检验或卡方检验进行统计分析。

结果: 试验组学员的理论知识和病例分析得分均显著高于对照组 (理论知识: 试验组  $57.27 \pm 2.78$  分 vs 对照组  $53.91 \pm 3.20$  分; 病例分析: 试验组  $35.71 \pm 3.73$  分 vs 对照组  $32.67 \pm 5.52$  分, 均  $P < 0.05$ )。试验组学员的自我导向学习评定量表得分高于对照组 ( $P < 0.05$ ), 且试验组学员对教学质量满意度高于对照组 ( $P < 0.05$ )。

结论: VR 赋能的眼外伤教学能有效提升医学生对基础知识和实践技能的掌握, 增强学生自我导向学习能力, 提升教学满意度。

关键词: 眼外伤; 虚拟现实技术; 医学生教学; 教学质量; 教学满意度

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.10.23

## Virtual reality technology in ocular trauma teaching for medical students

Zheng Chao<sup>1</sup>, Ma Jiyuan<sup>1</sup>, Zhang Guoheng<sup>1</sup>, Fei Fei<sup>1</sup>, Sun Jiaying<sup>1</sup>, Zhang Shuai<sup>2</sup>, Zhou Jian<sup>1</sup>, Dou Guorui<sup>1</sup>

Foundation items: Excellent Course Program of Air Force Medical University (No. JPKC2023YB020); Educational Research Project of Air Force Medical University (No. JXKT202306)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China; <sup>2</sup>National Demonstration Center for Experimental Medicine Education, Air Force Medical University, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Dou Guorui. Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Eye Institute of PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China. fierywang@126.com

Received: 2024-07-16 Accepted: 2024-08-27

## Abstract

• AIM: To investigate the application of virtual reality (VR) technology in ocular trauma teaching for medical students.

• METHODS: A total of 90 medical students who participated in the Ophthalmology teaching program between November 2022 and April 2024 were recruited as subjects. Using a case-control method, 45 students in the case group attended traditional ocular trauma teaching program combined with VR virtual simulation experiments, and 45 students in the control group solely attended traditional ocular trauma teaching program. After the teaching practice, the two groups were compared in terms of their examination performance of theoretical knowledge and case analysis, learning ability (evaluated by the Self-Directed Learning Rating Scale), and the satisfaction survey on the quality of teaching; the statistical analyses were performed using *t*-test or Chi-square test.

• RESULTS: The scores of theoretical knowledge and case analysis examinations of the case group were significantly higher than those of the control group, and the differences were statistically significant (scores of theoretical knowledge examination:  $57.27 \pm 2.78$  vs  $53.91 \pm 3.20$ ; scores of case analysis examination:  $35.71 \pm 3.73$  vs  $32.67 \pm 5.52$ , both  $P < 0.05$ ). The scores of the Self-Directed Learning Rating Scale of the case group were significantly higher than those of the control group ( $P < 0.05$ ), and the satisfaction with teaching quality of the case group was significantly higher than that of the control group ( $P < 0.05$ ).

• CONCLUSION: VR-enabled teaching of ocular trauma can effectively improve medical students' mastery of theoretical knowledge and practical skills, enhance students' self-directed learning ability and improve teaching satisfaction.

• KEYWORDS: ocular trauma; virtual reality technology; medical student teaching; teaching quality; teaching satisfaction

**Citation:** Zheng C, Ma JY, Zhang GH, et al. Virtual reality technology in ocular trauma teaching for medical students. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(10):1645-1649.

## 0 引言

眼外伤是眼科临床急诊的主要伤病类型<sup>[1]</sup>。无论是战争中激烈的交火,还是生活中猝不及防的意外,都使得眼外伤极为常见<sup>[2,3]</sup>。眼外伤患者视力挽救成功与否,有赖于眼科医生对伤情进行快速正确地评估<sup>[2]</sup>。因此,如何通过患者的临床表现快速地辨别眼外伤类型,是眼外伤教学重点,也是眼科临床诊疗的实际需求。然而,眼外伤可以发生于眼的任何结构,伤情涉及面广,包含眼球钝挫伤、眼球穿通伤、酸碱眼化学伤等各种类型。如何让学员在有限的时间中亲眼目睹、亲身经历复杂多样的眼外伤病例,给传统课堂教学提出了巨大的挑战。此外,眼球解剖复杂精细,传统图片、动画等多媒体教学手段无法直观展示眼部解剖结构<sup>[4]</sup>,导致学生难以深入理解和快速掌握各种伤情的形态学特征。以上原因使得眼外伤成为《眼科学》授课中的重难点章节<sup>[5]</sup>。

虚拟现实(virtual reality,VR)是一种学生喜闻乐见的新兴可视化手段。来自国外多个眼科教学团队的研究证实,VR技术有利于充分调动医学生的学习积极性,显著提升眼科专科检查和手术的学习效率<sup>[6-9]</sup>。在我国VR技术也已被推广应用于军事医学技能培训、创伤急救和妇产教学等<sup>[10-12]</sup>,但在眼科学教学实践中尚未被广泛应用。VR技术能够生成逼真的视、听觉融合的三维虚拟环境,学员以特定设备与虚拟伤员进行交互互动,从而获得与真实医疗环境相同的救治体验和感受,突破传统教学场地和病例资源的限制<sup>[10]</sup>,也有利于呈现复杂多样的眼外伤。VR技术可以创造出具有立体感、真实感和可交互性的眼生理及病理形态结构,学员可以通过手柄对三维立体眼模型进行旋转、放大或缩小、拉近或拉远<sup>[13]</sup>,有利于直观地观察眼内微小的解剖结构及病损区域,增强学员理解特征、提高教学效率。基于上述技术优势,本研究建立了VR眼外伤教学课件,并将其应用于医学生眼外伤教学中,以探究其应用效果。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 本研究选取2022-11/2024-04期间参加《眼科学》教学实践的90名四年级医学生志愿者作为研究对象,并对研究内容知情同意。采用随机数字表法,将90名学生随机均分为试验组(45人)和对照组(45人)。本研究采用试验对照方法,试验组45人参加传统眼外伤教学联合VR虚拟仿真实验,对照组45人仅参加传统眼外伤教学,本研究符合《赫尔辛基宣言》中的医学研究伦理原则。

## 1.2 方法

**1.2.1 教学方法** 对照组采用4学时的传统眼外伤教学,其中眼外伤理论授课共3个学时,临床病例见习1学时。眼外伤理论授课采用人民卫生出版社2018年出版的全国高等医学院校统编教材《眼科学》第9版眼外伤章节作为蓝本<sup>[14]</sup>。教师按照教学大纲要求,通过PPT、图片和视频等一般多媒体教学手段进行课堂理论授课,授课内容包括眼外伤的分类、致伤机制、临床表现、检查与诊断、急救原

则和处理注意事项,授课教师为具有5a及以上教龄的眼科教授或副主任医师。眼外伤理论授课结束后,学生参加临床病例见习,内容为针对典型眼外伤病例的病史采集示范、检查结果讲解、病例综合分析讨论。

试验组与对照组接受相同的3个学时眼外伤理论授课,试验组在此基础上进行1学时眼外伤VR虚拟仿真实验,共4学时。本研究团队建立了眼外伤的临床教学、训练、考核一体化VR课件,利用VR技术构建了正常眼和眼外伤标准化患者资料库,以及裂隙灯操作培训相关的眼外伤虚拟教学模具(图1)。软件脚本满足教师课堂授课、学生自学和形成性考核等教学场景需求。在实验中,学生通过配戴VR头盔、跟随脚本引导,学习虚拟裂隙灯检查的具体操作步骤,随后进入眼外伤标准化资料库,通过握持手柄操作虚拟裂隙灯,观察裂隙灯下眼损伤结构形态和表现,并通过与各类型虚拟复杂眼外伤模具交互,进行伤情判断、临床诊断和现场处置。实验具体实施步骤如下:(1)以教员示教的方式,带领学生迅速了解VR虚拟实验软件的内容结构、基本界面及操作流程;(2)学生进入课件开始虚拟仿真实验,学习裂隙灯检查斜照法、弥散法对眼前段和眼附属器进行检查,对角膜挫伤、角膜异物、虹膜根部离断、前房积血、晶状体损伤等眼外伤进行观察学习;(3)学生进入脚本中的眼外伤考核模式,对系统随机产生的伤情进行综合判别,通过面板对特定伤情进行作答,成绩经由VRS-200虚拟仿真训练评价系统即时记录,后台导出可作为形成性考核成绩。

**虚拟仿真软件配置:**本研究涉及的VR虚拟仿真软件采用Unity 3D技术开发,软件环境为SteamVR操作系统,通过配套外部硬件设备(HTC Vive VR头戴式增强现实显示器产品)进行软件访问使用。教学场地依托空军军医大学XR沉浸式教学体验馆,硬件需求包括高性能VR渲染主机、VR头显定位套装、VR智能互动终端及第三人称混合现实教学设备。

### 1.2.2 教学评价

**1.2.2.1 理论考核** 在试验组和对照组的教学完毕后,两组医学生均安排为期1wk的考前复习时间和一次考前答疑,而后对两组学生进行闭卷眼科学理论知识考核,包括理论知识(60分)和病例分析(40分),试卷满分为100分,评估学生对课程知识目标的掌握情况。

**1.2.2.2 自我导向学习能力评定** 在试验组和对照组的教学完毕后,发放中文版自我导向学习评定量表(self-rating scale of self-directed learning,SRSSDL)进行填写,对两组学生的自我导向学习能力进行评估。该量表为Williamson于2007年编制并提出<sup>[15]</sup>,包含五个方面,即学习意识、学习策略、学习行为、学习评价和人际关系。所有条目均为正向计分,采用Likert 5级计分法,一直或总是、经常、有时或偶尔、很少、从不分别计5、4、3、2、1分,总分共300分,分值越高提示受试者自我学习能力越强。

**1.2.2.3 教学满意度调查** 教学结束后,采用自制的教学满意度调查问卷对试验组和对照组进行匿名调查,具体方法参考课题组前期发表文章(参考文献[16])。调查条目包括:本次眼外伤教学是否能提高学习兴趣,是否能提高学习主动性,是否能提高学习效率,是否能提高临床思维

能力,是否能增强临床实践能力,促使理论知识与临床实践相结合,是否能提供个性化教学体验,对形成性考核形式是否满意,是否能增进师生关系,共9个问题。采用李克特量表法,每个调查条目设置有“非常满意”“满意”“不一定满意”“不满意”“非常不满意”五种回答,分别记为5、4、3、2、1,评分越高提示学生满意度越高。

**统计学分析:**采用SPSS 20.00软件对相关数据进行统计学处理。计数资料以百分比(%)表示,采用卡方检验进行组间比较。符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示,采用独立样本 $t$ 检验进行组间比较。 $P<0.05$ 认为差异具有统计学意义。

## 2 结果

两组医学生的眼外伤教学均按照既定计划完成全过程。对教学效果与考核的分析如下。

**2.1 一般资料比较** 本研究试验组包含男生26人(58%),女生19人(42%),平均年龄为 $21.82\pm 0.72$ 岁;对照组包含男生22人(49%),女生23人(51%),平均年龄为 $22.02\pm 0.72$ 岁。两组学生的性别( $\chi^2=0.7143, P=0.3980$ )和年龄( $t=1.319, P=0.1907$ )均无统计学差异,且两组学生在研究前均未正式接受过眼外伤理论和实践学习,因此试验组和对照组学生的一般资料均衡可比。

**2.2 考核成绩比较** 针对两组学生的考核成绩进行统计学分析,结果显示进行眼外伤VR虚拟仿真实验后,学生

的理论和病例分析得分均显著提高[理论知识:试验组 $57.27\pm 2.78$ 分,对照组 $53.91\pm 3.20$ 分,病例分析:试验组 $35.71\pm 3.73$ 分,对照组 $32.67\pm 5.52$ 分],差异具有统计学意义(理论知识 $t=5.311, P<0.01$ ,病例分析 $t=3.067, P=0.0029$ )。对比理论试题作答结果,试验组学生对眼外伤的分类、检查、急救原则、处理注意事项等理论知识的掌握更为牢固,特别在结合眼部解剖结构理解和剖析眼球钝挫伤、眼球穿通伤的致伤机制方面,考核表现提升尤为显著,并且试验组学生在病例分析作答中表现出较强的眼外伤临床诊疗思维能力。

**2.3 学习能力比较** 针对两组学生的SRSSDL得分进行统计学分析,结果显示试验组学生在学习意识、学习策略、学习行为、学习评价和人际关系五个方面的得分均高于对照组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),见表1。试验组学生表现出更强的问题解决能力、决策能力,及获取和吸收新知识的能力,表明虚拟仿真技术对学生自我导向学习能力有显著提升作用。

**2.4 教学满意度比较** 向试验组和对照组学生共发放课程满意度调查问卷90份,回收有效问卷90份,有效问卷回收率100%。针对两组学生的问卷评分进行统计学分析,结果显示针对本研究涉及的9个调查条目,试验组学生的满意度均高于对照组,两组差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),见表2。

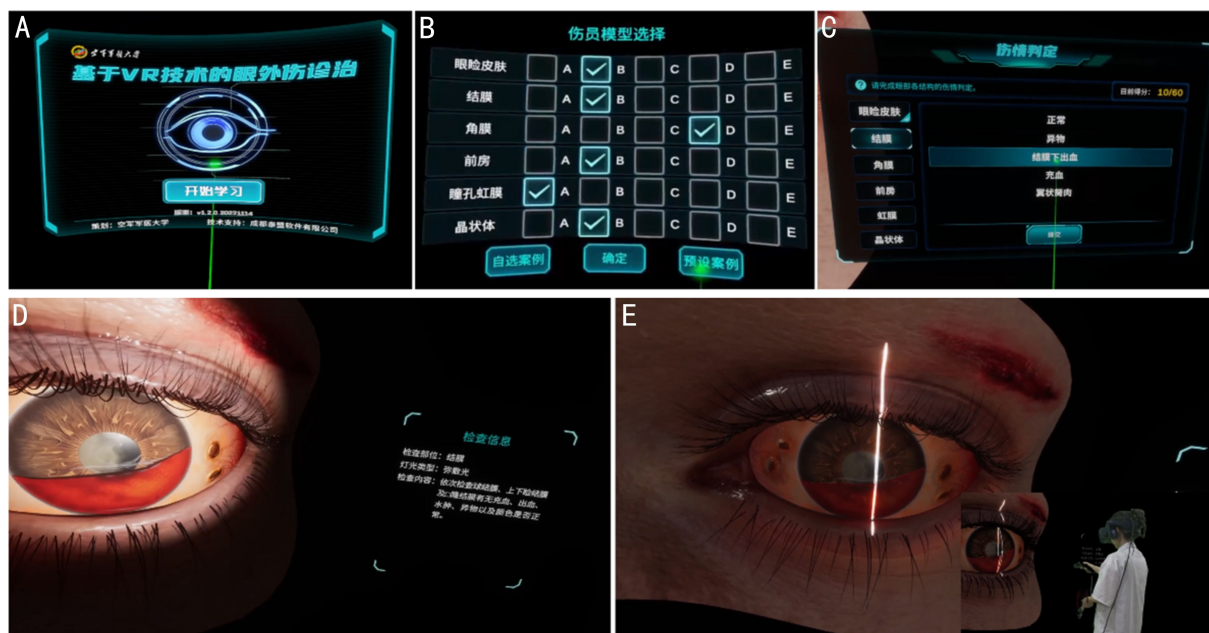


图1 眼外伤VR虚拟仿真课件截图 A:VR系统启动界面;B:伤情组合选择面板;C:考核问答面板;D:虚拟伤情展示和对应的检查提示面板;E:学生使用裂隙灯进行眼外伤检查场景。

表1 试验组和对照组学生学习能力评分比较

( $\bar{x}\pm s$ ,分)

组别	学习意识	学习策略	学习行为	学习评价	人际关系
试验组	44.09±8.065	46.82±8.158	52.02±4.197	39.71±6.096	49.76±4.206
对照组	39.49±10.05	37.07±9.808	47.33±5.253	36.33±6.671	46.82±4.438
$t$	2.395	5.13	4.678	2.507	3.218
$P$	0.0187	<0.001	<0.001	0.014	0.0018

注:试验组为传统眼外伤教学联合VR虚拟仿真实验;对照组为传统眼外伤教学。

表2 试验组和对照组学生教学满意度评分比较

( $\bar{x} \pm s$ ,分)

组别	提高学习兴趣	提高学习主动性	提高学习效率	提高临床思维能力	增强临床实践能力	促使理论与实践相结合	提供个性化教学体验	形成性考核形式	增进师生关系
试验组	4.72±0.19	4.63±0.22	4.60±0.26	4.74±0.26	4.46±0.30	4.39±0.37	4.41±0.34	4.45±0.34	4.65±0.29
对照组	4.11±0.64	4.29±0.31	4.36±0.39	4.05±0.68	3.89±0.58	3.87±0.36	4.24±0.19	4.02±0.71	4.47±0.37
<i>t</i>	6.217	5.987	3.330	6.374	5.955	6.683	2.959	3.675	2.572
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.0013	<0.001	<0.001	<0.001	0.004	0.0004	0.0118

注:试验组为传统眼外伤教学联合VR虚拟仿真实验;对照组为传统眼外伤教学。

### 3 讨论

眼外伤通常是本科眼科学课堂授课的最后一章,也是教学难度最大的章节之一,需要带领学生综合解剖生理和病理内容来理解眼外伤。在既往的传统教学实践中,我们总结了以下三个突出的教学痛点:(1)眼球解剖复杂精细、尸体解剖教学并不适用,因此学生对眼部结构看不见也摸不着,非常抽象、容易产生畏难情绪<sup>[13]</sup>;(2)传统教学中基础知识、桥梁知识与专业知识脱节、实践教学与课程教学存在脱节,特别是对检查眼外伤的重要设备——裂隙灯的实践操作在本科教学尚处空白,不利于学生对眼外伤专科知识的掌握和临床诊疗思维及能力的培养;(3)眼外伤病种繁多、临床表现各异,需要在大量对临床体征的观察中获得对疾病的认识,教学容易受到病例资源的限制。

针对以上眼外伤教学痛点,即解剖难理解、检查难掌握、病例难呈现。本研究使用VR技术全程赋能、虚实融合,对课程结构进行由易到难、由简单到复杂的“三步序贯”解构创新,提升学生对眼外伤知识点的掌握和学习兴趣,易化学生学习病变形态、理解病理状态和掌握诊断标准。(1)利用VR技术模拟出虚拟的眼部结构,便于学生观察眼内非常精密微小的结构;(2)利用VR技术创造出的、具备临床检眼镜所有功能的裂隙灯,使得学生跟随脚本引导、沉浸式学习裂隙灯检查的具体操作;(3)利用VR技术模拟出的虚拟眼外伤伤情库,供学生利用虚拟裂隙灯练习辨别各种类型的伤情。本研究显示,上述VR眼外伤教学实践与传统课堂教学相比,可以帮助学生更好地掌握眼外伤诊疗知识、显著提升学生的理论知识考核表现和病例分析能力,并且从学习意识、学习策略、学习行为、学习评价及人际关系技能等5个维度,全面提升学生的自我导向学习能力。本研究提示VR技术与眼外伤教学的深度融合,切实提升了学生对课程的学习和掌握能力,具有较强的技术适用性。

本研究中,涉及的学生均已完成医学基础课程,具备一定临床医学基础知识;同时,具有亲近网络、擅长科技的特点。本研究和国内外其他相关研究均提示,VR技术作为一种学生喜闻乐见的可视化技术,能让学生置身虚拟场景进行沉浸式学习,不仅获得专业知识,更是一种难忘和刺激的学习体验<sup>[17-18]</sup>。教学满意度调查结果显示,试验组学生对课程的各项满意度均高于对照组,特别体现在提高学习兴趣和主动学习、提高临床思维能力、增强临床

实践能力方面,满意度提升尤为显著。诚然,VR技术模拟出的虚拟眼外伤模具非常逼真、可进行立体交互,相对于传统授课中的扁平化教材图片、缺乏真实感的教学模具,更利于学生学习病变形态、理解病理状态和掌握诊断标准。与国外多项研究结果一致<sup>[19-22]</sup>,我们发现使用虚拟仿真技术能切实易化理解专科检查原理并掌握检查步骤,解除对复杂检查设备畏难情绪,促使理论知识与临床实践相结合,填补国内本科教学专科检查实训的教学空白。

本研究仍存在研究的不足之处:(1)本研究样本量偏少,虽然传统授课联合VR实验对眼外伤教学效果的提升得到了初步验证,但仍可能存在结果偏倚;(2)由于教学时间有限的问题,难以提供学生更多机会进行实际操作和见习。因此,在未来的眼外伤教学实践和研究中,我们将在此研究基础上进一步丰富可视化手段的应用,并引入猪眼球解剖和临床见习,拟通过虚拟和实际操作交替进行、直观体验和抽象思考相互印证,以期实现眼外伤课堂多维度浸润。

综上所述,本研究发现将VR技术应用于医学生眼外伤教学中,能有效提高学生对眼外伤基础知识和实践技能的掌握及结合,增强学生自我导向学习能力和提升教学体验,非常值得在眼科学教学中更深入地探索。将虚拟仿真技术应用与眼科教学深度融合,也有利于课程结构和教学模式的创新,将为破除眼外伤教学痛点提供教学实践新路径。

#### 参考文献

- [1] Li E, Bacom C. Ophthalmology clerkship: A guide for senior medical students. Switzerland; Springer Nature, 2023: 137-144.
- [2] 中华医学会眼科学分会眼外伤学组. 中国眼外伤急诊救治规范专家共识(2019年). 中华眼科杂志, 2019,55(9):647-651.
- [3] 全军眼科学专业委员会. 我军眼战伤专科前救治专家共识. 解放军医学杂志, 2019,44(9):721-723.
- [4] Succar T, Grigg J, Beaver HA, et al. Advancing ophthalmology medical student education: International insights and strategies for enhanced teaching. Surv Ophthalmol, 2020,65(2):263-271.
- [5] 高健, 张乐莎, 王继年, 等. 翻转课堂在眼外伤教学实践中的应用. 中国继续医学教育, 2022,14(23):35-40.
- [6] Tso HL, Young J, Yung CW. Comparing Eyesi virtual reality simulator and traditional teaching methods for direct ophthalmoscopy: students' perspectives at Indiana university school of medicine. J Acad Ophthalmol, 2021,13(1):e66-e72.
- [7] Liu CY, Lin JC, Wu ST, et al. Eyesi direct ophthalmoscope

simulator: an effective training tool for medical undergraduates. *BMC Med Educ*, 2024,24(1):783.

[8] Wang N, Yang S, Gao Q, et al. Immersive teaching using virtual reality technology to improve ophthalmic surgical skills for medical postgraduate students. *Postgrad Med*, 2024,136(5):487-495.

[9] Mistry D, Brock CA, Lindsey T. The present and future of virtual reality in medical education: a narrative review. *Cureus*, 2023, 15(12):e51124.

[10] 力光瑞, 高野, 庞亚南, 等. 虚拟现实技术在军事医学领域中的应用. *解放军医学杂志*, 2023,48(8):978-982.

[11] 刘华麒, 邓玲珑, 谭金海, 等. 虚拟仿真教学在临床医学专业学生创伤急救培训中的应用研究. *中华医学教育杂志*, 2023,43(12):921-924.

[12] 付振琳, 鲜恩英, 聂丽娟, 等. 虚拟现实技术联合仿真情景模拟训练在妇产科实习教学中的应用分析. *中华医学教育探索杂志*, 2023,22(11):1694-1697.

[13] 邹绚, 睢瑞芳. 虚拟现实与增强现实技术在眼科教学中的应用现状. *基础医学与临床*, 2020, 40(12): 1744-1748.

[14] 杨培增, 范先群. 眼科学. 第9版. 北京: 人民卫生出版社, 2019:269-285.

[15] Williamson SN. Development of a self-rating scale of self-directed learning. *Nurse Res*, 2007,14(2):66-83.

[16] 李娜敏, 周健, 孙丽娟, 等. 新冠肺炎疫情期间本科生眼科学线上教学问题和原因分析. *国际眼科杂志*, 2021,21(1):140-143.

[17] 杨柠, 金思妍, 秦赫聪, 等. 本科眼科学课程教学方法与技术的创新. *中华医学教育杂志*, 2021,41(9):818-821.

[18] Liao J, Wright RR, Vora GK. The decline of basic ophthalmology in general medical education: a scoping review and recommended potential solutions. *J Med Educ Curric Dev*, 2024, 11: 23821205241245635.

[19] Samaranyake UMJE, Mathangasinghe Y, Samaranyake UMNP, et al. Non-simulator-based techniques in teaching direct ophthalmoscopy for medical students: a systematic review. *Int J Ophthalmol*, 2020,13(4):660-666.

[20] Collis S, Yung M, Parikh N. Evaluation of an instructional video and simulation model for teaching slit lamp examination to medical students. *J Acad Ophthalmol*, 2023,15(2):e215-e222.

[21] Deuchler S, Dail YA, Koch F, et al. Efficacy of simulator-based slit lamp training for medical students: a prospective, randomized trial. *Ophthalmol Ther*, 2023,12(4):2171-2186.

[22] Howell GL, Chávez G, McCannel CA, et al. Prospective, randomized trial comparing simulator-based versus traditional teaching of direct ophthalmoscopy for medical students. *Am J Ophthalmol*, 2022, 238:187-196.