

虚拟现实危险预知训练对消毒供应中心护理实习生职业暴露防控的效果评价

郝晓云 周媛 田红 康华

【摘要】 目的 探讨虚拟现实危险预知训练(virtual reality Kiken-Yochi training,VR-KYT)在消毒供应中心实习的护理专业学生职业暴露防控中的应用效果。**方法** 采用便利抽样法,选取2024年6月—2025年3月在太原市某三级甲等医院消毒供应中心实习的86名护理专业学生作为研究对象,按实习时间先后顺序进行分组,将2024年11月—2025年3月实习的43名护理专业学生纳入试验组,2024年6—10月实习的43名护理专业学生纳入对照组。试验组在常规培训基础上实施VR-KYT培训,采用柯氏4级评估模型,分别从反应层、学习层、行为层和结果层4个层面量化培训效果;对照组采用常规培训方案。**结果** 两组受试实习学生均完成研究。反应层:试验组在培训满意度的“课堂教学”“临床教学”“实习计划”得分高于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。学习层:试验组职业暴露风险感知的各维度得分均高于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。行为层:试验组在标准预防措施依从性得分均高于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。结果层:试验组在实习结束时及3个月随访期间的职业暴露发生率均低于对照组,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。**结论** VR-KYT有效提升了护理专业学生的培训满意度、风险感知水平和标准预防措施依从性,降低了在消毒供应中心实习期及随访阶段的职业暴露发生率。

【关键词】 虚拟现实; 危险预知训练; 柯氏模型; 中心供应室, 医院; 实习护理专业学生; 职业暴露; 职业防控

Application research of virtual reality Kiken-Yochi training in the prevention and control of occupational exposure for intern nursing students in a center sterile supply department/HAO Xiaoyun,ZHOU Yuan,TIAN Hong,KANG Hua

【Abstract】 Objective To evaluate the effectiveness of Virtual Reality Kiken-Yochi Training (VR-KYT) in preventing and controlling occupational exposure among nursing students in a tertiary A hospital's Central Sterile Supply Department (CSSD). **Methods** Using convenience sampling,86 nursing students who interned in the CSSD of a tertiary A hospital in Taiyuan (June 2024—March 2025) were enrolled and allocated into 2 groups based on their internship schedule. The intervention group ($n=43$) received VR-KYT in addition to routine training,while the control group ($n=43$) received routine training only. Outcomes were evaluated using Kirkpatrick's four-level model (reaction,learning,behavior,results). **Results** All participants completed the study. Post-intervention evaluation results are as follows. At the reaction level,the intervention group reported significantly higher satisfaction with “classroom teaching”,“clinical teaching”,and “internship planning” than the control group (all $P<0.05$). At the learning level,scores on all dimensions of occupational exposure risk perception were significantly higher in the intervention group (all $P<0.05$). At the behavior level,compliance with standard precautions was significantly better in the intervention group ($P<0.05$). At the results level,the incidence of occupational exposure by the end of the internship and during the 3-month follow-up was significantly lower in the intervention group than it in the control group ($P<0.05$). **Conclusion** VR-KYT significantly improved nursing students' training satisfaction,risk perception, and adherence to standard precautionary measures. It also reduced the incidence of occupational exposure during their CSSD internship and the subsequent follow-up period.

DOI:10.3761/j.issn.0254-1769.2025.S2.024

作者单位:030006 太原市 北京大学第一医院太原医院(太原市中心医院)护理部(郝晓云,康华),消毒供应中心(周媛);北京大学第一医院消毒供应中心(田红)

通信作者:周媛,E-mail:419117796@qq.com

郝晓云:女,本科,副主任护师,科护士长,E-mail:971098296@qq.com

2025-05-17收稿

[Key words] Virtual Reality; Kiken-Yochi Training; Kirkpatrick Model; Central Supply,Hospital; Nursing Interns; Occupational Exposure; Occupational Prevention and Control

消毒供应中心(central sterile supply department,CSSD)是医院内承担各科室所有重复使用诊疗器械、器具和物品清洗、消毒、灭菌以及无菌物品供应的部门,也是护理专业学生(以下简称学生)临床实践的重要科室^[1]。由于实习环境及内容的特殊性,学生需频繁接触高温、噪声、锐器、化学消毒剂、压力设备、病原微生物等多种危险因素^[2]。加之学生临床经验不足、风险识别能力有限以及防护行为依从性差等问题,显著增加了其发生生物性、化学性及物理性职业暴露的风险^[3]。研究^[4]显示,66.02%的学生曾在实习期间发生过职业暴露(生物性或物理性),影响其临床实践质量和职业发展^[5,6]。目前,CSSD学生的安全教育主要以理论讲授和常规示教等传统模式为主,学生多处于被动接受状态,对其建立良好的安全行为和提升风险应对能力的作用有限^[7]。如何通过科学有效的培训模式,促进学生掌握风险防控技能,增强风险敏感性和标准预防措施依从性,从而保障其安全有效的专业实践,是当前亟待解决的核心问题。柯氏评估模型包含反应层、学习层、行为层和结果层4个递进式评估层次,近年来在护理教育领域得到广泛应用,为护理培训效果的科学评估提供了重要工具^[8,9];危险预知训练(Kiken-Yochi training,KYT)作为一种情境化的风险识别与预防方法,已被应用于护理教学中,能有效提升学生的风险识别能力、安全意识^[10]。虚拟现实(virtual reality,VR)技术凭借高度沉浸与操作可重复特性,为高危操作提供安全且标准化的模拟环境^[11-12]。本研究将VR技术与KYT的结构化风险分析流程深度融合,构建一种沉浸式、情境化的VR-KYT培训模式,并以柯氏4级评估模型为框架,科学评价该模式在提升实习学生职业暴露风险感知、标准预防措施依从性及暴露率方面的应用效果,以期为高危科室的学生安全管理提供参考依据。

1 对象方法

1.1 研究对象

采用便利抽样法,选取2024年6月—2025年3月在太原市某三级甲等医院CSSD的实习学生作为研究对象。纳入标准:①已完成基础护理学课程并通

过临床实践资格考核的全日制学生;②具有正常的认知和沟通能力。排除标准:①既往有CSSD轮转经历者;②曾参与过任何形式的VR或KYT相关培训项目者。剔除标准:①在实习阶段因故缺勤累计超过3 d者;②未能按照研究方案完成培训或关键数据缺失者。本研究为VR教育培训效果分析,相关数据不涉及个人隐私、生物样本,符合伦理豁免规定。所有学生自愿参与本研究并签署知情同意书。

本研究以柯氏4级评估模型系统评价培训效果。采用G-Power3.1软件计算样本量,参照文献^[13],设定效应值为0.64, $\alpha=0.05$ (双侧), $1-\beta=0.80$,考虑10%的失访率,最终确定总样本量86例,每组43例。按实习时间先后顺序进行分组,将2024年11月—2025年3月实习的43名学生纳入试验组,将2024年6月—10月实习的43名学生纳入对照组。采用此时间序列分组旨在避免两组学生因同期实习产生交流而造成信息沾染。为确保研究条件的一致性,研究期间教学团队、硬件配置、教学资源、月均器械处理量、带教时长均保持稳定。教学团队由具有5年以上专科实践经验并通过院级教学能力评估的主管护师担任,硬件设备均采用同型号国产智能设备。

1.2 培训方法

1.2.1 试验组

1.2.1.1 组建教学团队

由6名成员构成,包括1名科护士长(担任主持人)、1名总带教、3名带教护士和1名感染控制护士。科护士长作为活动策划者,负责方案审核以及效果评价,总带教主导VR-KYT活动执行(包含随访),3名带教护士负责现场教学,感控护士负责过程记录与数据处理。实施培训前,科护士长对团队成员进行为期3 d的集中培训,内容涵盖教学流程设计、KYT方法、VR教具使用、柯氏评估模型应用等。小组成员通过考核后方可参与教学活动。

1.2.1.2 建立虚拟现实危险预知训练模板

由科护士长组织教学团队查阅近3年本科室及国内外关于CSSD职业暴露事件、感控记录及带教日志,对物理性(锐器伤、高温烫伤)、化学性(消毒剂溅射、气溶胶吸入)和生物性(血源性病原体接触、多重耐药菌感染)3类风险事件进行分类梳理。依据事件

发生频率、危害程度及可预防性等标准,遴选出6个具有代表性的典型案例,覆盖器械回收与分类、手工清洗、机械干燥、包装、灭菌以及特殊感染器械处理CSSD主要高风险环节,将其整合进VR-KYT脚本中。通过VR重构事件现场、依据“人-物-环-管”模式进行头脑风暴式根因分析、针对要因设计具体对策并将措施固化为标准化操作规程,同时设定学生个人的行为改善目标。

1.2.1.3 实施培训

试验组理论授课的内容和学时安排与对照组一致。技能实践部分采用VR-KYT。具体实施方案为:试验组学生在入科第1周集中完成VR-KYT培训,培训内容包括6个典型案例,分6次进行,每次约1 h。为保证培训效果及身体耐受性,每名学生每次参与VR操作时间控制在20 min以内。其余时间则参与小组讨论、案例分析及互动反馈,带教教师全程提供指导与技术支持。现以手工清洗职业暴露预防为例。①把握现状。培养学生敏锐的风险识别能力:3名实习学生轮流进入VR场景,运用“人-物-环-管”四维分析模式进行系统化观察。学生通过全景视角在场景中进行现场观察、记录和小组讨论,可以自由转动视角观察CSSD的各个角落,识别并预测可能导致职业暴露的危险因素,并想象、预估这些危险因素可能造成的后果。例如:“学生在清洗车针时徒手操作,未使用专用镊子,可能导致锐器刺伤,引发血源性感染等严重后果”。②追求本质。培养学生深度分析问题能力:采用头脑风暴法,3名学生从第1阶段所列危险因素中筛选出最关键的2~3个风险点,并运用根因分析法,深挖问题发生的根本原因。在此过程中,带教教师运用启发式提问引导学生进行深度思考,如“这个危险因素为什么会发生?背后的根本原因是什么?”“你们认为仅仅是操作不规范吗?还有没有更深层次的原因?”通过这些层层递进的启发式提问,引导学生运用评判性思维进行逻辑推理和深度分析。③制订对策。培养学生解决问题能力:针对关键危险因素,3名学生通过小组讨论和协作分析,制订具体的防控对策。学生轮流使用VR设备进行实时模拟演练验证,在全景环境中体验不同角度的操作视角,获得反馈纠正。未使用VR设备的学生可通过投屏进行方案讨论和优化,带教教师提供技术指导和经验分享。例如,对于“学生徒手操作锐器”的问题,在VR环境中反复练习使用镊子、持针器等专用工具

的标准流程。④设定目标。培养学生持续改进能力:3名学生通过集体讨论确认行为改善目标和评价标准,将防控对策转化为个人可量化的行动计划。具体流程见图1。

1.2.2 对照组

对照组实施常规学生培训方案,包括理论授课和技能实践两部分,总时长约10学时。理论授课(4学时)由总带教以讲授形式进行,内容涵盖CSSD工作流程与规章制度、职业危害因素及其预防措施、标准预防理论、个人防护用品使用方法,以及锐器伤与感染暴露的应急处理等核心知识。技能实践(6学时)遵循临床带教模式,学生被分配至不同岗位,带教教师对学生的表现进行即时指导。

1.3 评价方法

本研究以柯氏4级评估模型为理论评估框架,系统评价VR-KYT对CSSD学生职业暴露防控能力提升的效果,评价由科护士长组织实施,包括以下内容。

1.3.1 反应层

本研究采用贺采英^[14]修订汉化的护生实习满意度量表进行评价,该量表涵盖课堂教学、临床教学、实习计划及支持与资源4个维度,共39个条目,其中1分表示“非常不同意”,2分表示“不同意”,3分表示“有些同意”,4分表示“同意”,5分表示“非常同意”,分值越高,表示该条目所表示的能力越强。总量表的Cronbach's α 系数为0.972。

1.3.2 学习层

采用朱倩等^[15]编制的CSSD工作人员职业暴露风险感知量表进行评价,该量表涵盖发生职业暴露的可能性、职业暴露后果的严重性、参与性对话、行为信心及环境的改变5个维度,共33个条目,采用Likert 6级评分法,“极其不同意”=1分、“很不同意”=2分、“不同意”=3分、“同意”=4分、“很同意”=5分、“极其同意”=6分点评分法,总评分越高说明调查对象职业暴露风险感知水平越高。总量表的Cronbach's α 系数为0.869。

1.3.3 行为层

采用标准预防措施依从性量表(Compliance with Standard Precautions Scale, CSPPS)评价学生依从性。该量表由Lam^[16]于2011年在修订通用预防措施量表的基础上编制,共20个条目,涵盖个人防护装备使用、锐器处置、废物处理、物品与表面消毒及预防交叉感染5个维度。量表采用Likert 4级评分,“从

培训主题	手工清洗职业暴露预防	培训日期	2024 年 11 月 10 日
培训地点	消毒供应中心	培训小组	VR 带教组
参加人员	学生 3 人, 总带教教师 1 人, 带教教师 3 人		
训练场景	□ 回收路线□ 器械分拣台□ 手工清洗池□ 超声清洗区		
暴露类型	□ 物理暴露		
隐患类型	1.人的不安全行为 2.物的不安全状态 3.作业环境不良 4.管理缺陷		
案例场景:			
10 月 15 日 09: 30, 实习学生小李在消毒供应中心去污区手工清洗车针时, 由于车针摆放杂乱、尖端方向不一致, 在抓取车针过程中未使用镊子等工具, 直接用手抓取, 导致左手中指被车针刺伤约 3 mm 深, 有轻微出血			
09: 35, 实习学生小李立即做冲洗处理, 然后报告带教教师			
10: 00, 带教护士在去污区发现车针清洗区域工具配备不全, 缺少专用镊子和持针器, 防护用品佩戴不规范			
14: 00, 总带教检查发现多名实习学生对车针清洗标准操作流程不熟悉, 存在徒手操作等危险行为, 要求立即整改			
把握现状: 培养学生敏锐的风险识别能力			
人的不安全行为	①实习学生徒手抓取锐器, 未使用专用镊子和持针器; ②学生操作前未进行器械预整理, 车针摆放杂乱无序; ③学生安全防护意识薄弱, 对职业暴露风险认知不足; ④学生心理紧张, 急于完成任务而忽视安全操作规范; ⑤学生缺乏职业暴露应急处理标准化训练和演练; ⑥学生依赖心理较强, 缺乏主动求助和汇报意识		
物的不安全状态	①清洗工位缺乏专用安全工具(镊子、持针器等); ②车针等锐器收集容器标识不清晰或位置不当; ③个人防护用品配备不全(缺乏防刺手套、护目镜等); ④应急处理用品配置位置不明显或不易获取		
作业环境不良	①工作现场照明条件不足, 影响学生对锐器尖端的准确识别; ②工作区域缺乏醒目的安全操作流程提示标识; ③现场噪声环境可能影响学生注意力集中		
管理缺陷	①带教教师现场监督指导不够及时, 未实行全程陪同; ②缺乏针对学生的锐器操作准入考核机制; ③职业暴露报告制度执行不到位, 学生存在隐瞒心理; ④缺乏定期的职业暴露应急演练和技能强化训练		
追求本质: 培养学生深度分析问题能力			
关键危险因素	讨论人	提出的观点	
徒手操作锐器行为	学生 1	强化个人安全操作技能和风险感知能力	
安全防护不规范	学生 2	加强防护技能训练, 建立标准化防护习惯	
应急能力不足	学生 3	主动学习应急处理技能, 建立“预则立”的安全理念	
制订对策: 培养学生解决问题能力			
主要危险因素	具体解决方法措施描述		
操作技能提升	学生轮流在全景环境中反复练习“镊子-持针器”标准操作流程。体验不同角度的操作视角, 获得反馈纠正, 确保学生建立正确操作习惯		
防护意识强化	学生在全景环境中练习防护装备规范穿戴流程。未使用 VR 设备的学生通过观看大屏幕进行方案讨论和优化, 总带教教师和 2 名带教教师提供技术指导		
应急处理能力	学生在安全的全景虚拟环境中练习“冲洗、消毒、报告、就医、记录”五步法应急处理流程, 可反复训练直至熟练掌握		
设定目标: 培养学生持续改进能力			
①养成使用镊子或持针器规范操作习惯, 任何锐器均避免徒手直接接触; ②班前自检并全程正确佩戴双层手套、护目镜等个人防护用品; ③一旦发生针刺或飞溅, 能够自主、迅速启动并完整执行应急处置流程; ④处理高危器械前要“口说手指”, 进行双重确认; ⑤每班结束前完成简要风险日志, 总结当日危险点及改进措施, 持续强化预判意识			

注:VR为虚拟现实。

图1 消毒供应中心实习学生虚拟现实危险预知训练模板

Figure 1 Template for VR-KYT for CSSD nursing students

不”=0分,“很少”=1分,“有时”=2分,“总是”=3分,得分越高表示依从性越好。原版量表的Cronbach’s α系数为0.73。研究者已通过电子邮件联系原作者并获得授权,取得中文版量表的使用权。中文版CSPS的Cronbach’s α系数为0.88,内容效度指数为0.95^[17],可用于衡量临床一线护理人员对标准预防措施的依从情况。

1.3.4 结果层

主要采用学生实习期职业暴露发生率以及

3个月后随访数据,对培训效果进行客观评价。职业暴露数据由“学生24 h内主动报告、带教教师当班记录、护理部不良事件系统”三方汇总;为避免漏、误报,执行统一判定标准与填报模板,科护士长、感控护士双审,三方比对与疑似补访,周度汇总;在为期3个月的随访中,采用结构化问卷调查研究对象的职业暴露发生情况,并与医院感染科职业暴露登记的数据进行复核比对。

1.4 统计学方法

采用SPSS 29.0软件进行统计分析。计量资料经正态性检验,符合正态分布者以均数±标准差表示,比较采用独立样本 t 检验;不符合正态分布者以中位数和四分位数表示,组间比较采用Mann-Whitney U 秩和检验。计数资料以人数和百分比表示,组间比较采用 χ^2 检验。各项检验均为双侧检验,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组一般资料比较结果

本研究两组学生均按方案完成研究并纳入最终分析。两组基线资料可比($P>0.05$),见表1。

2.2 反应层评价结果

试验组学生在培训满意度调查表中的课堂教学、临床教学、实习计划得分均高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。仅在支持与资源得分,两组间差异无统计学意义($P>0.05$)。见表2。

表1 两组消毒供应中心实习学生基线资料比较
Table 1 Comparison of baseline characteristics between the 2 groups of CSSD nursing students

项目	试验组 ($n=43$)	对照组 ($n=43$)	检验统计量	P 值
性别[名(百分比,%)]			0.124 ¹⁾	0.725
男	5(11.6)	4(9.3)		
女	38(88.4)	39(90.7)		
年龄[名(百分比,%)]			0.104 ¹⁾	0.747
<22岁	37(86.0)	38(88.4)		
≥22岁	6(14.0)	5(11.6)		
学历[名(百分比,%)]			0.551 ¹⁾	0.458
本科	5(11.6)	3(7.0)		
专科	38(88.4)	40(93.0)		
入科成绩(分, $\bar{x}\pm s$)	84.90±2.95	85.16±3.37	0.375 ²⁾	0.709

1) χ^2 值;2) t 值。

表2 两组消毒供应中心实习学生培训满意度调查表得分比较
(分, $\bar{x}\pm s$)

Table 2 Comparison of training satisfaction between the 2 groups of CSSD nursing students(score, $\bar{x}\pm s$)

组别	人数	课堂教学	临床教学	实习计划	支持与资源
试验组	43	37.81±2.89	63.16±4.28	51.49±3.58	11.95±1.83
对照组	43	33.47±2.83	58.51±4.36	47.23±3.39	11.33±1.61
t 值		7.050	4.994	5.667	1.690
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.095

2.3 学习层评价结果

培训前,两组学生风险感知得分,差异无统计学意义($P>0.05$)。培训后,两组学生各项风险感知能力得分均高于培训前,且试验组高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。见表3。

2.4 行为层评价结果

CSPS 5个维度人防护装备使用、锐器处置、废物处理、物品与表面消毒及预防交叉感染,试验组培训前得分分别为9.00(7.00,10.00)、3.00(2.00,4.00)、1.00(1.00,2.00)、4.00(3.00,5.00)、9.00(8.00,10.00)分,培训后得分分别为15.00(14.00,15.00)、8.00(7.00,9.00)、2.00(2.00,3.00)、8.00(7.00,9.00)、19.00(18.00,20.00),对照组培训前得分分别为9.00(8.00,10.00)、4.00(3.00,5.00)、1.00(1.00,1.00)、4.00(3.00,5.00)、9.00(8.00,10.00)分,培训后得分分别为14.00(13.00,15.00)、7.00(7.00,8.00)、2.00(1.00,2.00)、7.00(6.00,8.00)、17.00(17.00,18.00)分。培训前,两组学生标准预防措施依从性得分,差异无统计学意义($P>0.05$)。培训后,试验组学生各项标准预防措施依从性得分均高于对照组,差异均有统计学意义($P<0.001$)。

2.5 结果层评价结果

学生在实习期职业暴露发生率试验组为4.7%,对照组为18.6%,差异有统计学意义($\chi^2=4.074$, $P=0.044$),学生随访3个月后的职业暴露发生率试验组为11.6%,对照组为30.2%,差异具有统计学意义($\chi^2=4.497$, $P=0.034$)。

3 讨论

3.1 虚拟现实危险预知训练有助于提升教学满意度并强化了学生的风险认知

本研究反应层数据显示,培训后试验组在“课堂教学”“临床教学”“实习计划”得分均高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$),与既往研究^[18]结果相符,“支持与资源”得分无统计学意义($P=0.095$),提示两组教学环境无显著差异。学习层数据显示,实施培训后试验组的职业暴露风险感知各维度得分均高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$)。风险感知能力是影响学生职业暴露的主要因素,目前临床教学主要采用传统的讲授模式,培训效果参差不齐,导致部分学生在面对真实临床风险时应能对能

表3 两组消毒供应中心实习学生培训前后风险感知能力比较(分, $\bar{x} \pm s$)
Table 3 Comparison of risk perception between the 2 groups of CSSD nursing students before and after training (score, $\bar{x} \pm s$)

组别	人数	发生职业暴露的可能性		职业暴露后果的严重性		参与性对话	
		培训前	培训后	培训前	培训后	培训前	培训后
试验组	43	22.81±2.89	41.05±4.29	16.33±3.32	21.81±2.89	16.23±4.58	21.00±2.05
对照组	43	23.88±5.52	38.77±4.97	17.47±3.28	19.47±2.83	15.84±5.60	19.21±1.74
t 值		1.126	2.277	1.603	3.808	-0.359	4.371
P 值		0.263	0.025	0.113	<0.001	0.721	<0.001

组别	人数	行为信心		环境的改变	
		培训前	培训后	培训前	培训后
试验组	43	42.40±3.52	51.05±1.50	22.93±5.88	27.58±2.97
对照组	43	41.23±3.75	45.72±4.43	21.91±5.76	25.67±2.94
t 值		1.483	-7.476	-0.816	2.991
P 值		0.142	<0.001	0.417	0.004

注:两组培训前后组内比较,差异均有统计学意义($P<0.05$)。

力不足^[7,19]。本研究采用的VR-KYT模式,通过构建沉浸式交互虚拟环境,利用多维度的感官刺激提升教学活动的吸引力与学生满意度,并借助安全、可重复的情境演练,将抽象的风险知识转化为具象化的个人经验,从而有效增强了其风险感知与预判能力^[20]。值得注意的是,少部分学生在长时间使用VR设备后出现了眩晕、眼疲劳等动眼综合征症状,经短暂休息后缓解,此类反应在VR应用于培训的既有研究^[21]中已有报告。因此,为保证培训可持续性,建议临床科室在培训设计中通过合理设定单次使用时长、安排充足休息以及优化虚拟场景等方式,在最大限度发挥VR-KYT教学优势的同时,保障学生的生理舒适度与学习成效。

3.2 虚拟现实危险预知训练有助于促进安全行为内化

本研究行为层数据显示,试验组标准预防措施依从性各维度的得分均高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$);既有研究^[17]证实,通过实施标准预防行为,可降低职业暴露风险。本研究将KYT的结构化思维规程与VR的沉浸式演练进行整合,引导学生在虚拟情境中,遵循KYT的“现状把握、本质追求、对策制订、目标设定”的四阶段流程,系统性地识别潜在风险、分析根本原因、制订防控对策。通过认知与实践的深度融合,促进标准预防行为的内化,同时培养了团队协作能力^[22]。结果层数据显示,试验组在实习期间及3个月随访期的职业暴露发生率(分别为

4.7%和11.6%)均低于对照组(分别为18.6%和30.2%)($P<0.05$),表明培训效果具有持续性。然而,随访期内试验组职业暴露发生率较CSSD实习期间有所回升,学生出科轮转至其他临床科室后,面临不同的风险因素、操作流程和环境压力,安全行为的培训效能及技能泛化可能减弱。因此,建议开发涵盖多临床科室高风险操作的VR-KYT模块,并引入

跨情境适应性训练,以增强学生风险防护技能在不同临床场景下的迁移与应用能力。

4 结论

VR-KYT有助于降低CSSD学生职业暴露发生率并提升风险识别能力,但研究存在单中心、短期随访等局限性。未来建议扩大研究范围,增加不同医院和科室样本,包括新入职护士及其他职业暴露风险较高的科室。同时,融合人工智能技术优化个性化培训方案,以进一步扩大该模式的临床应用价值。

利益冲突 所有作者均声明无利益冲突

作者贡献声明 郝晓云、周媛:研究设计、统计分析、文献检索、论文撰写;田红:对知识性内容进行重要修改;康华:研究指导、内容审阅

参 考 文 献

- [1] 国家卫生和计划生育委员会. 医院消毒供应中心 第1部分:管理规范:WS 310.1—2016[S]. 北京:中国标准出版社,2017. National Health and Family Planning Commission. Central sterile supply department(CSSD):part 1:management standard:WS 310.1—2016[S]. Beijing:Standards Press of China,2017.
- [2] 傅响玲,王世英,周泓,等. 上海市46所医院消毒供应中心人员职业防护的现状调查[J]. 中华护理杂志,2022,57(12):1435-1439. Fu XL,Wang SY,Zhou H,et al. A survey on the current situation of occupational protection in central sterile supply departments in 46 hospitals in Shanghai[J]. Chin J Nurs,2022,57(12):1435-1439.
- [3] Chen H,Liu JW,Zhang MM. Incidence of adverse events in

- central sterile supply department:a single-center retrospective study[J]. *Risk Manag Healthc Policy*, 2023, 16:1611-1620.
- [4] Amare TG, Tesfaye TT, Girmay B, et al. Exposure to occupational health hazards among nursing and midwifery students during clinical practice[J]. *Risk Manag Healthc Policy*, 2021, 14:2211-2220.
- [5] Ören B, Zengin N. Assessing health threatening problems among nursing or midwifery students during the clinical education course in Turkey[J]. *Iran J Public Health*, 2019, 48(1):85-94.
- [6] 王芳, 傅志泉, 王金金, 等. 实习护生职业危害现状研究[J]. *护理管理杂志*, 2019, 19(5):370-372.
- Wang F, Fu ZQ, Wang JJ, et al. Investigation and analysis of occupational hazards among nursing interns[J]. *J Nurs Adm*, 2019, 19(5):370-372.
- [7] Vaquero-álvarez E, Cubero-Atienza A, Martínez-Jiménez MP, et al. Occupational safety and health training for undergraduates nursing students:a Spanish pilot[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(22):8381.
- [8] Huang XY, Wang R, Chen JN, et al. Kirkpatrick's evaluation of the effect of a nursing innovation team training for clinical nurses[J]. *J Nurs Manag*, 2022, 30(7):2165-2175.
- [9] Miranda FM, Santos BVD, Kristman VL, et al. Employing Kirkpatrick's framework to evaluate nurse training:an integrative review[J]. *Rev Lat Am Enfermagem*, 2025, 33:e4431.
- [10] Watanabe Y, Claus S, Nakagawa T, et al. A study for the evaluation of a safety education program me for nursing students: discussions using the QSEN safety competencies[J]. *J Res Nurs*, 2021, 26(1/2):97-115.
- [11] Kiegaldie D, Shaw L. Virtual reality simulation for nursing education:effectiveness and feasibility[J]. *BMC Nurs*, 2023, 22(1):488.
- [12] Sim JJM, Rusli KDB, Seah B, et al. Virtual simulation to enhance clinical reasoning in nursing:a systematic review and meta-analysis[J]. *Clin Simul Nurs*, 2022, 69:26-39.
- [13] Lin MY, Huang MZ, Lai PC. Effect of virtual reality training on clinical skills of nursing students:a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Nurse Educ Pract*, 2024, 81:104182.
- [14] 贺采英. 护生实习满意度量表的翻译、修订及应用[D]. 长沙: 中南大学, 2013.
- He CY. Translation, revision and application of nursing students' internship satisfaction scale[D]. Changsha: Central South University, 2013.
- [15] 朱倩, 李爱娟, 夏文杰, 等. 消毒供应中心工作人员职业暴露风险感知量表的编制及信效度检验[J]. *护理学杂志*, 2023, 38(15):114-119.
- Zhu Q, Li AJ, Xia WJ, et al. Development and validation of occupational exposure risk perception scale for staff in central sterile supply department[J]. *J Nurs Sci*, 2023, 38(15):114-119.
- [16] Lam SC. Universal to standard precautions in disease prevention:preliminary development of compliance scale for clinical nursing[J]. *Int J Nurs Stud*, 2011, 48(12):1533-1539.
- [17] Xiong P, Zhang J, Wang XH, et al. Effects of a mixed media education intervention program on increasing knowledge, attitude, and compliance with standard precautions among nursing students:a randomized controlled trial[J]. *Am J Infect Control*, 2017, 45(4):389-395.
- [18] Jallad ST, Natsheh I, Helo LA, et al. Nursing student's perceptions, satisfaction, and knowledge toward utilizing immersive virtual reality application in human anatomy course:quasi-experimental[J]. *BMC Nurs*, 2024, 23(1):601.
- [19] Dionisi S, DI Muzio M, Giannetta N, et al. Nursing students' experience of risk assessment, prevention and management:a systematic review[J]. *J Prev Med Hyg*, 2021, 62(1):E122-E131.
- [20] Wu SH, Huang CC, Huang SS, et al. Effect of virtual reality training to decreases rates of needle stick/sharp injuries in new-coming medical and nursing interns in Taiwan[J]. *J Educ Eval Health Prof*, 2020, 17:1.
- [21] Hsieh JY, Lin PC, Sun WN, et al. Effectiveness of immersive virtual reality in nursing education for nursing students and nursing staffs:a systematic review and meta-analysis[J]. *Nurse Educ Today*, 2025, 151:106725.
- [22] Xie L, Liu DM, Feng M, et al. Development of a training system for virtual reality trauma first aid nursing teamwork in Central China[J]. *BMC Med Educ*, 2025, 25(1):1008.

(本文编辑 杨 婷)

欢迎订阅2026年《中华护理杂志》《中华护理教育》
《中华急危重症护理杂志》《国际护理科学(英文)》