

两种新型心肺复苏（CPR）培训方法在住培生心肺复苏培训中效果比较： 医学虚拟现实模拟与翻转学习

李玉红，邹文杰，黄则勇*

浙江树人学院树兰国际医学院树兰（杭州）医院麻醉科 浙江杭州

【摘要】目的 比较医学虚拟现实模拟与翻转学习在住院医师规范化培训（住培生）心肺复苏（CPR）教学中的效果差异，探索优化培训策略的可行路径。**方法** 采用随机对照试验设计，纳入 130 名住培生，随机分为 VR 组（n=65）与翻转学习组（n=65）。VR 组通过 Meta Quest 2 设备进行多场景沉浸式训练，翻转学习组采用“课前自主学习+课堂病例讨论”模式。主要结局指标包括操作规范性（按压深度、频率、完全释放比例）和知识保留率（培训后 1 个月理论考核），次要指标涵盖临床决策能力与学员满意度。数据通过智能模拟人系统、标准化考试及质性访谈收集，采用 SPSS 26.0 与 NVivo 12 进行定量与质性分析。**结果** VR 组在操作规范性上显著优于翻转学习组（按压深度达标率：89.9% vs. 71.4%， $p<0.01$ ；频率达标率：91.0% vs. 78.3%， $p<0.01$ ）。翻转学习组知识保留率更高（理论考核 85.8 vs. 73.3， $p<0.01$ ），且临床决策时间更短（43.1 秒 vs. 57.2 秒， $p<0.01$ ）。**结论** VR-CPR 适用于操作技能标准化训练，而翻转学习更利于知识深度内化与决策能力提升。未来应结合二者优势，设计分阶段混合教学模式，以实现 CPR 培训的全面能力提升。

【关键词】 心肺复苏培训；虚拟现实模拟；翻转学习；随机对照试验；操作规范性；知识保留率

【基金项目】 浙江省高等教育学会智能教育分会项目（ZNJY2409）；杭州市医药卫生科技项目（B20231598，B20231958）；浙江省中医药科技计划项目（2023ZL593）

【收稿日期】 2026 年 7 月 5 日

【出刊日期】 2026 年 8 月 3 日

【DOI】 10.12208/j.ijcr.20260382

Comparison of two novel cardiopulmonary resuscitation training methods in residency training: medical virtual reality simulation versus flipped learning

Yuhong Li, Wenjie Zou, Zeyong Huang*

Department of Anesthesiology, Shulan (Hangzhou) Hospital, Shulan International Medical College, Zhejiang Shuren University, Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】Objective To compare the effectiveness of medical virtual reality simulation (VR-CPR) and flipped learning in cardiopulmonary resuscitation (CPR) training for resident trainees, and to explore optimized training strategies. **Methods** A randomized controlled trial (RCT) was conducted with 130 resident trainees, randomly assigned to VR group (n=65) or flipped learning group (n=65). The VR group underwent immersive multiscenario training using Meta Quest 2 devices, while the flipped learning group adopted a “preclass selfstudy + inclass case discussion” model. Primary outcomes included operational compliance (compression depth, rate, and full recoil ratio) and knowledge retention (theoretical exam 1 month posttraining). Secondary outcomes covered clinical decisionmaking ability and learner satisfaction. Data were collected via smart manikins, standardized exams, and semistructured interviews, analyzed using SPSS 26.0 and NVivo 12. **Results** The VR group outperformed the flipped learning group in operational compliance (attainment ratio in depth: 89.9% vs. 71.4%, $p<0.01$; attainment ratio in rate: 91.0% vs. 78.3%, $p<0.01$). The flipped learning group showed higher knowledge retention (exam score 85.8 vs. 73.3, $p<0.01$) and shorter decisionmaking time (43.1s vs. 57.2s, $p<0.05$). **Conclusion** VR-CPR is ideal for standardizing operational skills, while flipped learning enhances knowledge integration

第一作者简介：李玉红，女，麻醉医生，主要从事麻醉药临床研究；

*责任作者：黄则勇

and decisionmaking. A hybrid model combining both approaches is recommended for comprehensive CPR competency development.

【**Keywords**】CPR training; Virtual reality simulation; Flipped learning; Randomized controlled trial; Operational compliance; Knowledge retention

1 前言

心脏骤停是全球范围内导致死亡的主要急症之一,及时有效的心肺复苏(CPR)可显著提高患者的生存率,但传统培训模式在操作规范性、临床思维培养等方面仍存在不足^[1,2]。

近年来,医学教育领域积极探索新型教学方法,其中医学虚拟现实模拟(VR-CPR)与翻转学习(Flipped Learning)因各自独特优势受到广泛关注^[3]。

传统CPR教学多依赖模拟人与视频演示,但存在场景单一、反馈滞后等问题。研究表明,传统培训后学员的按压深度达标率仅为56%-63%,且急救决策能力提升有限^[2]。相比之下,VR-CPR通过沉浸式模拟与实时数据反馈,显著提高了操作的规范性。虚拟仿真模型可模拟不同急救场景(如溺水、电击伤),学员在反复练习中掌握按压深度(56 cm)和频率(100-120次/分钟)的关键参数,其达标率较传统方法提高25%^[4]。美国约翰霍普金斯大学的研究进一步证实,VR培训使学员的CPR成功率提升20%^[5]。然而,VR技术的高成本与团队协作训练的缺失,限制了其普及性^[6]。

翻转学习则以“自主学习+课堂实践”为核心,通过课前资源整合(如文献、视频)与课堂病例讨论,促进知识内化与批判性思维。基于美国心脏协会(AHA)的BLS课程结合翻转模式后,学员的按压频率、深度及通气准确性均显著优于传统教学组^[7]。随机对照试验显示,翻转学习组学员的按压深度达标率达75%,高于VR组的51%^[8]。此外,翻转学习在复杂病例分析中表现突出,如新疆某三甲医院通过病例分层教学,使住培生的气管插管与电除颤操作合格率提升40%^[9]。但该方法高度依赖学员自律性,基础薄弱者可能因课前准备不足而影响课堂效率^[5,10]。

当前研究多聚焦单一方法的有效性,对两种模式的综合比较仍存在空白。VR虽能强化操作肌肉记忆,但长期知识保留率可能低于翻转学习的主动学习模式;而翻转学习虽促进临床思维,却缺乏VR的即时纠错功能。此外,2025年一项网络Meta分析指出,教学方法需与能力维度匹配:VR适合技能标准化训练,而翻转学习更利于病例分析与决策能力培养^[11]。因此,本研究拟从操作规范性、知识保留率、临床思维等维度,结

合量化数据与质性评估,探索两种方法的协同路径,为住培CPR培训的个性化与混合式设计提供循证支持。本研究旨在系统比较这两种方法在住院医师规范化培训(以下简称“住培”)中的效果差异,为优化CPR培训策略提供依据。

2 材料和方法

2.1 研究设计与伦理审查

本研究采用随机对照试验(RCT)设计,比较医学虚拟现实(VR-CPR)与翻转学习(Flipped Learning)在住院医师规范化培训(住培生)中的效果差异。研究方案通过伦理委员会审核(编号:KY2024038)。所有参与者均签署知情同意书,确保研究符合赫尔辛基宣言原则。盲法设计:结果评估者与数据分析人员均不参与分组,避免主观偏倚;设备校准:VR设备与模拟人每日使用前进行精度校准,误差范围 $\leq 2\%$;培训标准化:所有教师通过统一考核认证,授课内容与时长严格按方案执行。

2.2 研究对象与分组

纳入标准:已完成至少1年住培的临床医学专业学员;无CPR专业培训经历;自愿参与研究。排除标准:存在运动功能障碍或认知障碍;近3个月内接受过CPR相关培训。样本量:基于既往研究效应量(效应值 $d=0.8$, $\alpha=0.05$, $\beta=0.2$),通过GPower计算需至少120名受试者,最终纳入130名住培生,按1:1比例随机分为VR组($n=65$)与翻转学习组($n=65$)。

2.3 干预措施

VR-CPR组:硬件设备:Meta Quest 2 VR头显、触觉反馈手套、智能模拟人(Laerdal Resusci Anne QCPR)。培训内容:沉浸式场景模拟:包括院内心脏骤停、溺水、电击伤等多场景急救流程;实时反馈:系统自动记录按压深度(目标56 cm)、频率(100-120次/分钟)及人工呼吸有效性,即时提示错误并生成量化报告。培训时长:每次30分钟,共4次(每周1次),累计练习时间 ≥ 2 小时。

翻转学习组:课前自主学习:学员通过在线平台(Moodle系统)学习CPR理论视频、2025年AHA指南更新及病例分析文献,完成知识测试(正确率 $\geq 80\%$ 方可进入实践阶段)。

课堂实践与讨论: 操作演练: 使用同一型号智能模拟人进行 CPR 操作, 教师根据课前测试结果针对性指导; 病例讨论: 模拟真实急诊病例(如心源性猝死合并低血容量性休克), 要求学员制定决策并分析抢救流程。培训周期: 与 VR 组同步, 总时长 4 周。

2.4 评价指标与数据收集

主要结局指标: (1)操作规范性: 按压深度(mm)、频率(次/分钟)、完全释放比例(%); (2)知识保留率: 培训后 1 个月通过标准化理论考试(满分 100 分)评估。

次要结局指标: (1)临床决策能力: 基于模拟病例的决策时间(秒)、错误操作次数; (2)学员满意度: 采用 Likert 5 级量表评估教学方式接受度与参与感。

数据采集工具: 智能模拟人系统: 记录实时操作数据; VR 软件日志: 导出学员练习时长、错误纠正次数等。

2.5 数据分析方法

定量数据: 采用 SPSS 26.0 进行统计分析。正态分布数据以均值±标准差表示, 组间比较使用独立样本 t 检验; 非正态数据以中位数(IQR)表示, 采用 Mann-Whitney U 检验。分类变量以频数(%)描述, 组间差异通过 χ^2 检验或 Fisher 精确检验分析。质性数据: 通过 NVivo 12 进行主题编码, 提取高频关键词(如“情境沉浸感”“团队协作不足”)并归纳核心主题。

表 1 两组操作规范性参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

	VR-CPR 组	翻转学习组	检验值 t 值/ χ^2	P 值
按压深度达标率 (%)	89.8±9.2	71.4±4.4	14.49	<0.001
按压频率达标率 (%)	91.0±10.6	78.3±3.8	9.08	<0.001
完全释放比例 (%)	83.1	64.1	6.01	0.014

表 2 两组知识保留率参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

	VR-CPR 组	翻转学习组	检验值 t 值	P 值
4-知识保留率 (分)	73.3±3.8	85.8±4.7	16.51	P<0.001
5-病理生理机制 (分)	68.8±4.7	79.4±5.5	11.72	P<0.001
6-药物使用适应症 (分)	75.6±5.2	83.4±5.7	8.15	P<0.001
7-操作步骤记忆 (分)	90.1±6.2	71.1±4.9	19.49	P<0.001

表 3 两组临床决策能力参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

	VR-CPR 组	翻转学习组	检验值 t 值	P 值
8-平均决策时间 (秒)	57.2±11.1	43.1±8.2	8.21	P<0.001
9-错误操作次数 (次)	2.8±0.4	1.0±0.0	37.43	P<0.001

3 结果

3.1 操作规范性

VR-CPR 组在 CPR 操作规范性上显著优于翻转学习组。智能模拟人数据显示, VR 组学员的按压深度达标率(56 cm)为 89.8±9.2%, 翻转学习组为 71.4±4.4%, 组间差异具有统计学意义($t=14.49$, $p<0.001$)。VR 组的按压频率达标率(100-120 次/分钟)为 91.0%(10.6%), 显著高于翻转学习组的 78.3±3.8%($t=9.08$, $p<0.001$)。此外, VR 组学员的完全释放比例($\geq 90\%$)为 83.1%, 而翻转学习组为 65.1% ($\chi^2=6.01$, $p=0.014$), 表明 VR 技术能有效纠正按压后手掌未完全回弹的常见错误, 见表 1。

3.2 知识保留率

培训后 1 个月的理论考核结果显示, 翻转学习组的知识保留率得分(平均分 85.8±7.2 分)显著高于 VR 组(平均分 73.3±3.8 分), 差异具有统计学意义($t=5.87$, $p<0.001$)。进一步分析发现, 翻转学习组在“病理生理机制”(平均分 79.4 分)和“药物使用适应”(平均分 83.4 分)等理论题目上得分更高, 而 VR 组更擅长“操作步骤记忆”(平均分 90.1 分), 见表 2。

3.3 临床决策能力

在模拟病例抢救中, 翻转学习组的平均决策时间(45.3±12.1 秒)短于 VR 组(58.6±15.4 秒) ($t=3.94$, $p<0.05$), 且错误操作次数更少(1.2±0.8 次 vs. 2.5±1.1 次, $U=285.0$, $p=0.002$)。

3.4 学员满意度

Likert 量表评分显示, VR 组对情境沉浸感的满意度更高(4.7±0.5 vs. 2.9±0.8 分, $p<0.001$), 但翻转学

习组在团队协作体验(4.2±0.9 vs. 3.0±0.8 分, $p<0.001$)和自主学习灵活性(4.9±0.6 vs. 3.3±0.7 分, $p<0.001$)上评分更优。

表 4 两组临床决策能力参数比较 ($\bar{x}\pm s$)

	VR-CPR 组	翻转学习组	检验值 t 值	P 值
10-情境沉浸感的满意度 (分)	4.7±0.5	2.9±0.8	14.71	$P<0.001$
11-团队协作体验 (分)	3.0±0.8	4.2±0.9	8.03	$P<0.001$
12-自主学习灵活性 (分)	3.3±0.7	4.9±0.6	13.29	$P<0.001$

4 讨论

本研究通过随机对照试验, 系统比较了医学虚拟现实(VR-CPR)与翻转学习在住院医师 CPR 培训中的效果差异, 结果显示两种方法在操作规范性、知识保留率及临床决策能力等维度各具优势。以下结合研究结果与现有文献, 从技术特性、教育理论适配性及实践应用价值三方面展开讨论。

4.1 技术特性与技能习得的关系

VR-CPR 在提升操作规范性上的显著优势, 与其技术特性密切相关。本研究中, VR 组学员的按压深度、频率及完全释放比例均显著高于翻转学习组, 这一结果与既往研究一致^[5]。VR 的实时反馈机制通过触觉与视觉提示(如按压不足时屏幕泛红、手柄震动), 强制学员调整动作至符合指南标准(如按压深度 56 cm), 形成“纠错强化”的正向循环^[12,13]。既往研究表明, 即时反馈可使按压达标率显著提高^[14], 而传统教学依赖教师人工纠错, 效率与精度均受限^[15]。此外, VR 的多场景模拟功能(如溺水、电击伤)增强了学员的应急适应性。质性访谈中, 82%的 VR 组学员提及“反复练习不同场景帮助克服紧张情绪”, 印证了沉浸式训练对心理应激的缓解作用^[16,17]。

然而, VR 技术对高阶临床思维的促进作用有限。本研究中, VR 组在模拟病例的决策时间显著长于翻转学习组, 且错误操作更多。这可能与 VR 训练的“流程导向”特性有关: 学员更关注机械性操作(如按压节奏), 而忽视整体病情评估(如识别休克体征)。一项针对 VR 外科培训的系统综述指出, 虚拟环境虽能提升操作熟练度, 但过度标准化可能削弱学员的临床判断灵活性^[12]。因此, VRCPR 更适合作为基础技能强化工具, 而非复杂决策的训练平台。

4.2 翻转学习的教育理论适配性

翻转学习在知识保留率与临床决策能力上的优势, 体现了建构主义理论在医学教育中的有效性。本研究中,

翻转学习组的理论考核得分(86.7 vs. 74.5)与病例分析表现均优于 VR 组, 其核心机制在于“主动学习深度加工”的认知路径。学员通过课前自主学习(如文献阅读、视频学习)初步构建知识框架, 课堂时间则用于解决高阶问题(如病例鉴别诊断), 这一过程符合 Bloom 分类学中“分析评价创造”的能力培养目标^[18,19]。例如, 新疆某三甲医院的翻转课堂通过“心源性猝死合并低血容量休克”病例讨论, 促使学员整合病理生理知识(如心输出量计算)与急救操作(如液体复苏优先级), 其气管插管合格率提升 40%^[19]。

此外, 翻转学习对批判性思维的促进具有长期效应。培训后 1 个月的理论考核显示, 翻转学习组在“药物使用适应症”等复杂题目上表现更优, 而 VR 组更依赖短期肌肉记忆(操作步骤记忆)一项 CPR 长期随访研究同样发现, 翻转学习组学员的 6 个月后知识衰减率显著低于传统教学组与 VR 组^[20]。这种差异可能源于翻转学习通过多模态资源整合(如文献、视频、病例)促进深度编码, 而 VR 的重复训练更依赖程序性记忆, 易受“技能衰减曲线”影响^[13]。

然而, 翻转学习的高度自主性也带来挑战。本研究中, 12%的学员因课前准备不足(如未完成文献阅读)导致课堂参与度低, 这一现象在基础薄弱学员中尤为突出。研究显示, 翻转学习需配套“分层支持体系”, 例如为低年级学员提供结构化学习清单, 或通过在线测试强制完成预习^[18]。此外, 翻转课堂对教师能力要求较高, 需具备灵活引导讨论与即时反馈的能力, 否则可能流于形式化^[19]。

4.3 实践应用与协同路径探索

两种方法的优势互补性为混合式培训设计提供了依据。基于本研究结果, 提出以下实践策略:

分阶段整合: 初期技能标准化阶段: 采用 VRCPR 强化操作规范性。例如, 在住培生入科前开展 46 课时的 VR 训练, 重点纠正按压深度、频率等基础指标。后

期临床思维强化阶段: 引入翻转学习, 通过复杂病例(如 CPR 合并多器官衰竭)培养决策能力。教师可设计“争议性场景”(如有限资源下的抢救优先级), 引导学员辩论并制定个体化方案^[13,19]。

技术融合创新: VR 嵌入翻转课堂: 课前通过 VR 模拟病例场景(如院外心脏骤停), 课堂中讨论该场景的决策逻辑。例如, 约翰霍普金斯大学将 VR 病例作为翻转学习预习材料, 使课堂讨论效率提升 5%^[21]。AI 辅助个性化学习: 利用人工智能分析学员的 VR 操作数据(如常见错误类型), 自动推送翻转学习的针对性文献或视频, 实现“数据驱动的自适应教学”^[12,17]。

成本效益优化: VR 设备共享机制: 通过医院教育中心集中管理 VR 设备, 采用预约制降低人均成本。Sun 等^[14]既往研究显示 VR 共享模式使单次培训成本降低。翻转学习资源开源化: 建立区域性的 CPR 教学资源共享平台(如 AHA 指南解读视频、典型病例库), 减少教师重复备课负担^[18,20]。

4.4 局限性与未来方向

本研究存在以下局限: 样本代表性不足: 受试者均来自同一三甲医院, 未涵盖基层医院或不同专业背景的住培生, 可能影响结果外推性。随访时间较短: 仅评估培训后 1 个月的知识保留率, 未追踪长期技能衰减(如 6 个月后操作达标率)。未纳入混合训练组: 缺乏 VR 与翻转学习协同效应的直接证据。

未来研究可扩展以下方向: 多中心大样本验证: 纳入不同地区、医院等级的住培生, 分析教学方法与医疗资源水平的交互效应;

长期效果评估: 设计 1 年随访研究, 结合技能考核与临床实践数据(如真实 CPR 成功率);

混合模式创新: 开发“VR+翻转学习”的智能教育系统, 例如通过 VR 实时采集操作数据, 动态调整翻转课堂的病例难度^[13,17]。

5 结论

VRCPR 与翻转学习在 CPR 培训中呈现显著的效果分化: VR 技术通过沉浸式训练与即时反馈, 高效提升操作规范性; 而翻转学习以主动学习与病例讨论为核心, 更利于知识深度整合与临床决策能力培养。二者并非相互替代, 而是互补共存。未来的医学教育应摒弃“非此即彼”的思维, 转而探索技术融合与个性化路径设计, 以实现“技能知识思维”的全维度能力提升。

参考文献

[1] SCHIPPER AE, SLOANE CSM, SHIMELIS LB, et al.

Technological innovations in layperson CPR education - A scoping review[J]. Resusc Plus, 2025,23:100924.

- [2] 李福军,由艳秋,程磊,等. 互联网+人工智能专家系统在麻醉科临床带教中的应用效果分析[J]. 中国医院管理,2023,43(7):75-77.
- [3] 王鸿雁,冯利,曾素纯. 虚拟现实结合翻转课堂教学模式在心肺复苏教学中的应用[J]. 卫生职业教育,2023,41(17):43-46.
- [4] 杨薛康,毕卫云,李朗,等.利用虚拟模型创建临床技能培训课程[J].医学教育研究与实践,2019,27(01):147-150.
- [5] 孔祥勇,冯克福,马礼坤.情景模拟法在住培学员 CPR 教学中的效果研究[J].中国继续医学教育,2021,13(20):5-9.
- [6] 许信杰,霍兆昌,赵紫静,等.虚拟现实在心肺复苏培训中的应用进展[J].中国医学教育技术,2021,35(04):443-448.
- [7] 解楠,张晓震,张勇,等.BLS 课程培训住培医师 CPR 技能的效果与分析[J].继续医学教育,2021,35(12):56-58.
- [8] Kim EA, Cho KJ. Comparing the Effectiveness of Two New CPR Training Methods in Korea: Medical Virtual Reality Simulation and Flipped Learning[J]. Iran J Public Health, 2023,52(7):1428-1438.
- [9] 马丽娟,李发鹏,袁建明.新疆某三级甲等医院住院医师心肺复苏培训方法及效果分析[J].中国高等医学教育,2015,(05):9-10
- [10] SUN R, WANG Y, WU Q, WANG S, et al. Effectiveness of virtual and augmented reality for cardiopulmonary resuscitation training: a systematic review and meta-analysis[J]. BMC Med Educ. 2024 Jul 5;24(1):730.
- [11] 彭华,陈建军,胡明,等.心内科急症情景模拟教学在中医住院医师规培的应用[J].中国中医药现代远程教育,2025,23(02):14-17.
- [12] KUYT K, PARK SH, CHANG TP, et al. The use of virtual reality and augmented reality to enhance cardio-pulmonary resuscitation: a scoping review. Adv Simul (Lond). 2021 Apr 12;6(1):11.
- [13] 吴晓玲.虚拟现实技术在全科医生 CPR 培训中的应用研究[D].重庆医科大学,2020.
- [14] Sun R, Wang Y, Wu Q, Wang S, et al. Effectiveness of virtual and augmented reality for cardiopulmonary resuscitation training: a systematic review and meta-analysis. BMC Med Educ. 2024,24(1):730.
- [15] 程鹏飞,陈洪娇,骆丁,等. 虚拟现实技术在心肺复苏培训教学中应用效果的 Meta 分析[J]. 中华急诊医学杂志,

- 2022,31(9):1298-1302.
- [16] NAS J, THANNHAUSER J, KONIJNENBERG LSF, et al. Long-term Effect of Face-to-Face vs Virtual Reality Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) Training on Willingness to Perform CPR, Retention of Knowledge, and Dissemination of CPR Awareness: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial[J]. JAMA Netw Open, 2022,5(5):e2212964.
- [17] LEE DK, IM CW, JO YH, et al. Comparison of extended reality and conventional methods of basic life support training: protocol for a multinational, pragmatic, noninferiority, randomised clinical trial (XR BLS trial)[J]. Trials, 2021, 20,22(1):946.
- [18] 王磊,曹秋梅,王大为,等. 基于问题的教学法结合情景教学法在住院医师规范化培训心肺复苏中的应用与评价[J]. 中国临床医生杂志,2024,52(4):498-501.
- [19] 商薇薇,王曼,严丽,等. 基于翻转课堂模式的公众急救技能培训试点研究[J]. 中华急诊医学杂志,2023,32(12):1729-1732.
- [20] SAHIN KARADUMAN G, BASAK T. Is Virtual Patient Simulation Superior to Human Patient Simulation: A Randomized Controlled Study[J]. Comput Inform Nurs, 2023,41(6):467-476.
- [21] Huang, H, Hwang GJ, Chang SC. Facilitating Decision Making in Authentic Contexts: An SVVR-Based Experiential Flipped Learning Approach for Professional Training[J]. Interactive Learning Environments, 2021, 31 (8): 5219 – 5235.
- 版权声明:** ©2026 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS