·住院医师规范化培训·

基于高级模拟人的情景模拟在急危重症救治模拟培训中的构建及应用

郑良杰　陈超　马楚洲　方增强　曾哲　林梓霞　蔡少彦　黄丽衡
暨南大学汕头临床医学院/汕头市中心医院麻醉科，汕头 515821
通信作者：郑良杰，Email：842709740@qq.com

【摘要】 目的　构建基于高级模拟人的急危重症情景模拟教学模式，探讨其应用效果。**方法** 选取2021年10月至2023年10月轮转的60名住院医师，试验组与对照组各30人。试验组接受基于高级模拟人的情景模拟教学；对照组采用传统模式。教学前后分别评估理论掌握度（百分制笔试）、技能规范性（标准化操作评分表）及综合临床胜任力（改良版Mini-CEX量表，涵盖危机识别、临床决策等6维度），并收集教学满意度与自我效能感问卷数据。使用SPSS 26.0进行独立t检验或Mann-Whitney U检验。**结果**　试验组理论考核总分[(86.67 ± 3.54) vs. (82.23 ± 4.55)，P<0.001]、技能操作总分[(16.53 ± 1.46) vs. (15.43 ± 1.50)，P=0.006]、Mini-CEX总分[36(34, 39) vs. 30(28, 33)，P<0.001]均高于对照组。试验组在危机识别、临床判断与决策、诊治操作、组织效能与团队协作等维度得分更高，且完成模拟抢救任务耗时更短[268(240, 295) vs. 312(285, 345) s，P=0.002]。教学满意度总分[18(17, 20) vs. 15(14, 16)，P<0.001]与自我效能感提升[(7.85 ± 2.62) vs. (5.43 ± 2.98)，P<0.001]亦优于对照组。**结论**　基于高级模拟人的情景模拟教学能显著提升住院医师的急危重症救治理论、技能与综合临床能力，具备良好的实践价值与区域推广潜力。

【关键词】 高级模拟人；　情景模拟教学；　急危重症；　中心建设；　模拟医学教学
【中图分类号】 R614
基金项目：2021年广东省科技专项资金项目（210713176903514）；2024年汕头市医疗卫生科技计划项目（汕府科[2024]72号-23）
DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250111-02232

Construction and application of scenario simulation based on advanced simulator in training for emergency and critical care

Zheng Liangjie, Chen Chao, Ma Chuzhou, Fang Zengqiang, Zeng Zhe, Lin Zixia, Cai Shaoyan, Huang Liheng
Department of Anesthesiology, Shantou Central Hospital, Shantou 515821, China
Corresponding author: Zheng Liangjie, Email: 842709740@qq.com

【Abstract】 Objective　To construct an emergency and critical care scenario simulation teaching model based on advanced simulators and explore its application effect. **Method**　Sixty resident physicians who rotated from October 2021 to October 2023 were selected, with 30 in the experimental group and 30 in the control group. The experimental group received scenario simulation teaching based on advanced simulators; The control group adopts the traditional mode. Evaluate theoretical mastery (written test on a percentage scale), skill standardization (standardized operational scoring scale), and comprehensive clinical competence (improved Mini CEX scale, covering six dimensions such as crisis identification and clinical decision-making) before and after teaching, and collect data on teaching satisfaction and self-efficacy questionnaires. Perform independent t-test or Mann Whitney U test using SPSS 26.0. **Results**　The total score of theoretical assessment in the experimental group was (86.67 ± 3.54) vs. (82.23 ± 4.55), P<0.001]. The total scores of skill operation [(16.53 ± 1.46) vs. (15.43 ± 1.50), P=0.006] and Mini CEX [36(34, 39) vs. 30(28, 33), P<0.001] were higher than those of the control group. The experimental group scored higher in crisis identification, clinical judgment and decision-making, diagnosis and treatment operations,

organizational effectiveness, and team collaboration, and completed simulated rescue tasks in a shorter time [268 (240, 295) vs. 312 (285, 345) seconds, P=0.002]. The total score of teaching satisfaction [18 (17,20) vs. 15 (14, 16), P<0.001] and the improvement of self-efficacy [(7.85 ± 2.62) vs. (5.43 ± 2.98), P<0.001] were also better than the control group. **Conclusions** Scenario simulation teaching based on advanced simulators can significantly improve the theoretical, technical, and comprehensive clinical abilities of resident physicians in emergency and critical care, and has good practical value and regional promotion potential.

【Key words】 Advanced simulator; Scenario simulation teaching; Emergency and critical care; Center building; Simulation medical teaching

Fund program: 2021 Guangdong Provincial Science and Technology Special Fund Project (210713176903514); 2024 Shantou City Medical and Health Science and Technology Plan Project (SFK [2024] No. 72-23)

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20250111-02232

在医疗卫生工作中，急危重症患者的救治能力直接关系到患者的临床转归、医疗质量及社会满意度，是衡量医疗机构综合水平的重要指标之一[1]。无论是日常临床诊疗，还是面对重大突发公共卫生事件或灾害救援，提升医务人员对急危重症的识别与处置能力，始终是医疗质量与安全管理的重点与难点，也是提高抢救成功率的关键所在[2]。传统医学培训模式在急危重症救治能力的系统性、实战性培养方面存在一定局限，难以真实还原复杂多变的临床情境。医学模拟教学，特别是基于高级模拟人的情景模拟教学，通过高度还原临床真实场景，实现了对急危重症救治过程的可重复、安全、可控的训练环境，有效弥补了传统教学的不足[3-4]。

情景模拟教学不仅能够提升学员的理论掌握与操作技能，更有助于培养其临床决策、团队协作及应急处置能力，从而提高整体救治水平[5-6]。生理驱动型高级模拟人系统作为当前模拟教学的高阶形态，具备高度仿真的生理与病理反应能力，可模拟包括生命体征动态变化、气道管理、循环支持等多种危重场景，已在多个医学专科教学中展现出良好的应用效果[7]。

因此，构建以高级模拟人为核心的情景模拟教学体系，并在此基础上建立急危重症救治模拟培训中心，对系统化、标准化地提升医护人员的实战能力具有重要战略意义。

1　构建基于高级模拟人的情景模拟教学的重要意义

近年来，重大自然灾害或公共卫生事件频发，大量的急危重症伤员需要大量的、具有丰富救治经验的临床医生迅速投入急重病症的救治中。救治经验来源于临床工作长年积累，而急危重症抢救的特殊性，往往造成年轻医生经验累积缓慢。且突发事件的复杂性和不确定性，急危重症抢救高危险性，低容错性，并不允许医生在危重患者救治过程中反复试错，由此急危重症技术的提升和经验的积累，更多的是来源于模拟教学及模拟演练[5]。研究表明，模拟教学可提升学员临床救治水平，提升突发公共卫生事件应急救治能力及快速反应能力，完善急危重症患者救治流程，增强临床医生急危重症救治心理抗压能力及自信心等。因此模拟教学正越来越广泛应用到各领域医学教育中[8-11]。它通过系统化的情景设计和沉浸式的体验学习，使宝贵的临床经验得以被标准化、可重复地传授和训练。不仅能够显著提高培训效率，节约教学成本，更重要的是能够为缺乏经验的医务人员提供充分的巩固练习机会，从本质上保障医疗质量和患者安全。构建基于高级模拟人的情景模拟教学体系对于提升区域乃至国家的急危重症救治能力具有深远的战略意义。它不仅是培养高水平急危重症医学人才的重要平台，更是构建区域性医疗救援体系、提升整体应急响应能力的核心支撑。

2　急危重症模拟培训中心的系统构建

2.1　构建理念

①实战化。以临床真实场景为蓝本，强调培训的临场感与实用性。通过高度仿真的模拟环境、生理驱动型高级模拟人和真实医疗设备，还原急危重症救治过程中的时间压力、复杂病情和团队协作需求，使学员在逼近实战的环境中锤炼临床思维、技术操作和应急心理素质。②系统化。实现从基础

到高端、从个人到团队、从技术到管理的培训体系。整合硬件平台、师资队伍、课程体系、评估反馈4大主要内容，确保系统的全面性与连贯性。③标准化。包括标准化教案的编写流程、情景模拟教学的固定流程、基于Mini-CEX的标准化评估体系，以及师资准入与培训标准。

2.2　设计框架

①一个根本目标：均围绕“系统提升本地区急危重症救治整体水平”这一核心目标展开。②双轮驱动：技术驱动以生理驱动型高级模拟人技术为核心，融合虚拟仿真、智能传感等技术。教学创新驱动，持续引进和开发先进的教学方法，如以问题为导向的学习、反思性教学等，确保教学理念的前沿性。③三大支撑：平台体系集成模拟手术室、ICU、急诊室等多场景的硬件平台，与高级模拟人系统、中央控制系统等软件平台共同构成沉浸式训练环境。课程体系涵盖从基础生命支持到复杂疑难病例管理、从个人技能到多学科团队协作的阶梯化课程库，满足不同层级学员需求。管理体系包括组织架构、师资管理、质量保障、运营维护等制度，确保中心高效、规范、可持续运行。④四个辐射：个人能力层旨在提升学员个人的临床知识、操作技能与决策能力。团队协作层旨在锤炼多学科团队在急救中的沟通、协调与领导力。系统流程层旨在通过模拟测试和优化院内真实急救流程与应急响应机制。区域辐射层旨在通过培训基层医护人员、建立区域协作网络，整体提升区域应急救治能力。

2.3　硬件平台建设与资源整合

2.3.1　构建多场景、全流程的实战化训练平台

①模拟急诊抢救室：严格参照医院急诊抢救室标准配置，设有中心监护站、多功能抢救床、集成吊塔（提供氧气、负压吸引、电源）、全套急救设备车（除颤仪、呼吸机、可视喉镜等）以及模拟药品柜。模拟群体伤事件的分检、初级生命支持以及危重患者的初步稳定与复苏。②模拟重症监护室（ICU）：配备全功能ICU病床、高级多功能监护仪、持续肾脏替代治疗（CRRT）设备、呼吸机、血气分析仪等。模拟复杂危重病人的持续管理，如休克的血流动力学监测与支持、机械通气策略调整、多器官功能衰竭的综合管理等。③模拟手术室：完全仿照层流手术室标准建设，配备麻醉机、手术无影灯、手术床、外科塔、麻醉塔以及全套外科和麻醉器械。模拟术中发生的危急状况，如恶性高热、术中大出血、过敏性休克、心脏骤停等。④模拟产房设有产床、新生儿抢救台、胎心监护仪等专用设备。模拟产科急症，如产后出血、子痫、羊水栓塞、新生儿窒息复苏等。

2.3.2　以高级模拟人为中心的功能集成

高级模拟人系统（SimMan 3G）：模拟复杂的病理生理演变，如药物动力学、出血性/感染性休克的动态进程、气道痉挛等。配套技能训练模型：为满足不同层次和专项技能的培训需求，配套了系列化模型，如：基础生命支持模型用于心肺复苏（cardiopulmonary resuscitation，CPR）和自动体外除颤器的标准化训练。困难气道管理模型用于模拟各种困难气道情境，训练纤维支气管镜引导插管、喉罩置入等技能。动静脉穿刺模型提供真实的血管穿刺手感，训练中心静脉导管置入等技术。专科模型（如胸腔引流模型、腰椎穿刺模型等）与高级模拟人共同构成了从基础到高端、从单项到综合的阶梯式技能训练平台。

临床技能中心还与国内知名模拟教学企业建立了长期战略合作关系。不仅确保了设备硬件的及时维护与更新，更重要的是，共同进行临床案例的数字化开发与转换，将高年资医师的临床经验转化为可在SimMan 3G上运行的标准化、可调参数的数字教案。合作企业定期提供最新模拟教学技术与发展趋势的培训，并搭建平台，促进我院师资与国内其他顶尖模拟中心的交流互访，共同提升教学设计与实施能力。针对区域内的特定培训需求（如特定灾害救援、地方病重症处理），与合作伙伴联合开发定制化的模拟课程包，确保培训内容既前沿又贴近本地实际。

2.3.3　“软件”体系开发与标准化

2.3.3.1　师资队伍建设

定期邀请来自中山大学附属第一医院、广东省人民医院、深圳模拟医学中心等教学先行单位资深专家，开展“模拟教学导师培训班”。分批选派核心骨干教师，参加国家级认证课程。建立了内部师资“金字塔”梯队：基础导师要求掌握基本的情景运行与设备操作。核心导师能够独立设计教案、熟练运用多种复盘模型（如PEARLS框架）进行深度引导。首席导师负责课程体系规划、教学质量控制、培养下级师资，并具备一定的模拟教学研究能力。

2.3.3.2　标准化课程与教案开发

开发了目标明确、层次清晰的标准化课程与教案体系。案例聚焦临床最常见、最危急且最考验团

队协作的场景，如失血性休克、过敏性休克、困难气道、心搏骤停、羊水栓塞等。对每个案例，组织跨学科专家（麻醉、急诊、重症、心内等）进行深入的病理生理学逆向推导，明确从初始刺激到终末器官衰竭的完整演变链条，并量化关键生理参数（如心率、血压、血氧饱和度、中心静脉压）的动态变化关系，为高级模拟人的参数设置提供精准的医学依据。采用国际通用的模板，为每个案例编写结构化的教案手册，确保教学过程的规范性与可重复性。

2.3.3.3 质量管理

将PDCA循环模型引入教学管理。计划与设置阶段，教学团队基于结构化教案，进行情景参数预设置，并在模拟人系统（SimMan 3G）和监护设备上进行精确配置，完成场景布置、道具准备和角色分配。执行与试运行阶段邀请未参与本案开发的、不同层级的医务人员进行情景模拟试运行。检查与反馈收集阶段组织参与者进行结构化访谈和问卷调查，收集第一手体验反馈。

2.4 评估与反馈

以“形成性评价”理念为核心，引入并优化了迷你临床演练评估（Mini-CEX）工具[12]。包括：①内容重构：保留了Mini-CEX“直接观察、即时反馈”的精髓，但对其评估维度进行了重构。确立了“危机识别、临床判断、诊治能力、组织效能、沟通技能与人文关怀”五大核心维度，全面覆盖急危重症救治所需的核心能力。②行为锚定：为避免评估的主观性，为每个维度设定了清晰、可观察的行为锚定等级描述。例如：危机识别：1分（未能识别关键生命体征异常）至9分（能迅速、准确地从繁杂信息中甄别出核心威胁）。组织效能：1分（角色混乱、流程无序）至9分（能高效指挥或配合团队，流程清晰，资源利用最大化）。③案例修正：针对不同培训案例（如心搏骤停vs.困难气道），评估的侧重点会进行微调。例如，在“心搏骤停”案例中，“组织效能”和“诊治能力”的权重会更高；而在“困难气道”案例中，“临床判断”和“诊治能力”（尤其是操作技能）则成为首要观察点。

3 基于高级模拟人的急危重症救治技术教学实践

3.1 实践设计与方法

选取2021年10月至2023年10月期间，在麻醉科完成轮转培训的60名住院医师规范化培训学员为研究对象。为最大限度地控制混杂因素，保证组间的均衡可比性，本研究采用分层随机分组法，根据查阅文献[13]及预实验结果，根据文献Mini-CEX整体表现评分作为主要终点，容许误差为2，标准差为1.88，设双侧α=0.05，把握度为0.9，需要n=18.6例，两组样本量比值为1∶1，试验组样本量为18.6例，对照组样本量为19例。考虑15%失访及拒访的情况，最终至少需要试验组22例，对照组22例，总计纳入样本量为44例，由于入培学员意愿及科室教学需要，最终纳入60例。分组方法如下：①分层：首先将60名学员按其“住培年限”分为3个层级：第一年、第二年、第三年。②随机抽样与分配：在每个层级内，采用随机数字表法，分别抽取10名学员。随后，将每个层级内抽出的10名学员，再次使用随机数字表法，平均分配至试验组与对照组，即每组各分配5名该层级的学员。通过上述流程，试验组与对照组最终各纳入30名学员，且2组在住培年限的构成上实现了完全匹配。学员中，男性32名、女性28名，年龄范围22~28岁。学历构成为本科学历41名、硕士学历19名。经统计学比较，试验组与对照组学员在性别、年龄、学历、是否为应届毕业生、专业背景（麻醉/重症/急诊/外科）、既往是否接受过同类模拟培训等人口学与培训背景资料上，差异均无统计学意义。此外，2组学员在进入本研究前的入科理论考核与技能操作考核成绩也无差异（表1）。

3.2 教学方法与实施流程

3.2.1 教学准备阶段

标准化教学案例库的开发。为确保教学内容的前沿性、典型性与系统性，本项目组联合院内麻醉科、急诊科、重症医学科、外科等多学科临床专家，共同开发了一套标准化的急危重症情景模拟教学案例库（表2）。案例库围绕临床常见且救治难度高的核心场景，遴选并深度设计了出血性休克、过敏性休克、呕吐误吸、困难气道、心搏骤停等经典教学案例。为具体说明教学流程，现以“围术期心搏骤停”与“急性会厌炎致困难气道”2个核心案例为例，阐述模拟运行的核心要素（表2）。

3.2.2 培训方法

3.2.2.1 试验组

采用基于高级模拟人的情景模拟教学。①情景构建与团队准备。在临床技能中心内，根据所选案例精准布置模拟手术室、急诊抢救室或重症监护室环境。同时，将案例脚本深度编程至SimMan 3G高级模拟人系统，设定其生命体征的初始参数、编

表 1　2组住培医生一般情况（n=30）

项目		对照组	试验组	t/χ^2值	P值
年龄（岁，$\bar{x} \pm s$）		24.77 ± 1.92	24.60 ± 2.03	0.33	0.745
性别[例（%）]				0.27	0.605
男		15（50.00）	17（56.67）		
女		15（50.00）	13（43.33）		
学历[例（%）]				0.08	0.781
硕士		9（30.00）	10（33.33）		
本科		21（70.00）	20（66.67）		
专业背景	麻醉	8（26.67）	9（30.00）	0.45	0.930
	重症	8（26.67）	9（30.00）		
	急诊	7（23.33）	5（16.67）		
	外科	7（23.33）	7（23.33）		
住培年限[例（%）]	第一年	10（33.33）	9（30.00）	–	0.754
	第二年	10（33.33）	10（33.33）		
	第三年	10（33.33）	11（36.67）		
既往培训经历	无	29（96.67）	29（96.67）	–	1.000
	有	1（3.33）	1（3.33）		
入科理论成绩（分，$\bar{x} \pm s$）		80.13 ± 4.57	80.87 ± 5.75	–0.55	0.587
入科技能成绩（分，$\bar{x} \pm s$）		13.47 ± 1.83	13.77 ± 1.70	–0.66	0.513

注：–，确切概率法

表 2　急危重症情景模拟教学案例流程设计

案例	腹腔镜手术中突发心搏骤停	急性会厌炎致困难气道
核心学习目标	识别无脉性电活动（pulseless electrical activity，PEA）并启动高级生命支持（advanced cardiovascular life support，ACLS）流程；执行高质量CPR与团队轮换；组织多角色手术室团队抢救；分析处理可逆病因（如气栓、低血容量）	识别困难气道征象（喘鸣、三凹征）；遵循指南进行阶梯式气道决策；规范执行环甲膜穿刺或气管切开；在高压下维持团队冷静与清晰分工
情景与初始状态	患者45岁，全麻下腹腔镜手术中。突发心电图波形消失、有创动脉压测不出、$EtCO_2$骤降。模拟人瞳孔散大、无呼吸	患者35岁，因“咽痛、呼吸困难”入急诊。端坐呼吸，喉鸣，SpO_2 92%。病情突然加重，无法言语，SpO_2骤降至75%
关键触发与病情演变	触发：监护仪报警，$EtCO_2$骤降。演变：若按压轮换不力，SpO_2持续降；若未及时排查病因（如听诊呼吸音），血压难回升	触发：患者窒息，面罩通气困难。演变：若首次插管失败后未及时升级方案（如喉罩），或未果断行有创气道，模拟人将出现心动过缓至骤停
预设核心决策点	是否正确识别PEA并避免不必要的除颤？肾上腺素使用时机？如何与外科医生协作排查腹腔内出血/气栓？是否及何时启动ECPR预案？	首次插管失败后，“Plan B”选择（喉罩/可视喉镜/立即有创）？环甲膜穿刺的决策与执行时机？如何始终坚持“氧合优先”原则？
复盘重点	指挥者角色与团队分工有效性；按压质量与轮换及时性；对可逆病因的系统排查思路；关键节点团队沟通的清晰度	从无创到有创的决策转折点是否及时；气道操作技术的规范性；团队是否出现任务冻结或重复；紧急情况下的医患沟通（安抚）是否到位

程预设的病情演变路径（如对治疗措施的可能反应）及关键的环境音效（如监护仪报警、呼吸音变化）。每次教学随机选取6名试验组学员，组成一个急危重症应急模拟团队。在教师引导下，学员明确团队角色（如团队指挥者、气道管理者、循环支持者、药物准备者、记录员等），并简要回顾各自的职责与沟通流程，建立初步的团队认知。②高保真情景模拟运行与动态干预。学员团队进入模拟场景，面对“患者”（高级模拟人）需依据动态的生命体征监护数据和模拟人的生理反应（如面色、呼吸动作），立即启动评估、开展团队讨论、做出诊断与治疗决策，并执行相应的临床操作（如气管插管、静脉通路建立、药物推注、电除颤等）。教学团队在此过程中发挥关键作用。嵌入式演员（助手）根据预设脚本或现场教师指令，以标准化病人或协助护士的身份，提供额外信息或推动剧情发展（如家属询问、化验结果回报）。模拟人操作员则在控制室，根据学员团队的实时处置与教师的观察意图，动态调整模拟人的生理参数，制造逼真的病情变化（如对治疗的正向反应或出现意外并发症），从而考验学员

的应变与再决策能力。主导教师在观察室通过单向玻璃或视频系统，全程观察记录团队的临床表现、沟通效率与决策过程（图1）。③复盘与反思。模拟演练结束后，团队立即转移至专用复盘室，教师主持进行结构化复盘。复盘遵循“反应—分析—总结”的深度反思模型。包括反应阶段：教师通过开放式提问（“请描述一下刚才抢救过程中的感受？”“团队合作的整体感觉如何？”），让学员释放情绪，回顾事件经过。分析阶段：教师利用演练录像回放关键决策点或沟通瞬间，结合Mini-CEX评估维度，运用引导式提问技术（“当时决定进行气管插管的临床依据是什么？”“在患者血压再次下降时，团队的信息共享流程是否存在优化空间？），引导学员深入剖析临床思维过程、团队协作的有效性与不足之处，以及知识与技能应用中的差距。总结阶段：教师对讨论要点进行归纳，明确正确的临床处理原则、优化的团队行为模式以及需要强化的理论知识（图2）。

3.2.2.2　对照组

采用系统化的理论授课与技能训练相结合的模式，确保学员通过结构化学习掌握急危重症救治的核心知识与基础技能。第一阶段：系统化理论授课，构建完整的理论知识体系。由具备丰富临床经验的高年资医师进行时长60 min的专题讲座，围绕特定急危重症案例（如出血性休克、困难气道）展开。讲座内容系统覆盖该病症的病因机制、病理生理演变过程、诊断标准与鉴别诊断要点、标准化治疗方案以及最新临床指南共识。授课结束后设置15~20 min的问答环节，学员可针对讲座内容提出疑问，教师进行针对性解答与知识拓展，帮助学员完善知识结构。第二阶段：标准化技能训练，培养规范化的临床操作能力。在技能培训区，对案例涉及的关键操作进行分步演示与同步讲解，强调操作规范及安全注意事项。学员分组后在模型上进行重复操作练习。培训师现场指导，及时纠正操作偏差。第三阶段：案例分析与讨论。教师提供完整的书面病例资料，组织学员进行小组讨论。学员需要根据病例信息，分析诊断依据、制定治疗方案并说明决策理由。各小组汇报讨论结果后，教师进行系统性总结，梳理诊疗思路，明确标准化的临床路径，并解答学员在病例分析过程中遇到的疑问。

3.3　观察指标

为全面、系统、科学地评估教学模式在急危重症救治培训中的效果，本研究建立了“反应—学习—行为”三个层面评价体系（表3）。

表3　教学效果评价指标体系

评价层面	评价指标	评价内容/维度	评价方法/工具
反应层（学习体验与自我效能）	教学满意度	对教学内容、方法、师资及组织的整体满意度	Likert 5级量表（1=非常不满意，5=非常满意）
	学习兴趣与动机	未来参与同类培训的意愿	Likert 5级量表（1=非常不愿意，5=非常愿意）
	自我效能感	处理类似急危重症场景的自信心	改编版医学自我效能量表（Likert 5级，1=完全没有信心，5=完全有信心）
学习层（学习效果）	理论掌握度	病理生理机制（30%）、诊断与鉴别诊断（30%）、治疗原则与方案（40%）	百分制标准闭卷笔试
	技能操作规范性	操作前准备（2分）、操作流程规范性（10分）、操作熟练度与时效性（5分）、无菌与安全意识（3分）	技能操作评分表（满分20分，两名经校准的考官独立评分后取均值）
行为层（临床胜任力）	危机识别能力	能否快速准确识别危及生命的关键问题（气道、呼吸、循环）	改良版Mini-CEX量表（9分制：1~3分不合格，4~6分合格，7~9分优秀）
	临床判断与决策能力	能否进行合理鉴别诊断，制定优先、正确的干预策略	改良版Mini-CEX量表（9分制）
	诊治操作能力	能否规范、有效地执行必要操作	改良版Mini-CEX量表（9分制）
	组织效能与团队协作	能否有效组织或参与团队抢救，角色清晰，沟通高效	改良版Mini-CEX量表（9分制）
	沟通技能	与患者（模拟人）或团队成员进行清晰、共情的沟通	改良版Mini-CEX量表（9分制）
	人文关怀与职业素养	体现对患者的尊重与关怀，保持冷静、专业的职业态度	改良版Mini-CEX量表（9分制）
	核心任务耗时	完成核心救治任务的总耗时	现场计时

3.4　统计学方法

采用SPSS 26.0进行统计分析。计量资料首先经Shapiro-Wilk检验进行正态性检验。符合正态分布者以均数 ± 标准差表示，组间比较采用独立样本t检验，并报告均数差及其95%置信区间；不符合正态分布或为等级资料者以中位数$M(Q_1,Q_3)$表示，组间比较采用Mann-Whitney U检验，并报告基于Hodges-Lehmann估计量的中位数差及其95%置信区间。为正态分布数据的假设检验计算Cohen's d值作为标准化效应量（小效应：0.2，中等：0.5，大效应：0.8）。计数资料以频数（百分比）表示，组间比较采用卡方检验或Fisher确切概率法。为探讨能力提升幅度与基线特征之间的关系，以及不同能力维度之间的内在关联，采用Spearman秩相关分析。检验水准α=0.05。

4　结果

4.1　理论掌握度和技能操作规范性

试验组在理论总分及病理生理机制、诊断与鉴别诊断维度上优于对照组；而在“治疗原则与方案”维度，2组差异无统计学意义。试验组在技能总分、操作流程规范性和操作熟练度方面均优于对照组。但在“操作前准备”和“无菌与安全意识”2个基础维度上，2组无明显差异（表4、表5）。

4.2　出科综合临床胜任力（Mini-CEX）评估

在行为层的综合评估中，试验组学员的Mini-CEX总分高于对照组（P<0.001）。在具体维度上，试验组在危机识别能力、临床判断与决策能力、诊治操作能力、组织效能与团队协作4个核心临床维度上的得分均优于对照组。在沟通技能与人文关怀与职业素养维度上，2组得分差异无统计学意义。此外，试验组学员完成标准抢救任务的中位耗时短于对照组（表6）。

4.3　反应层效果分析

试验组在教学内容实用性和教学方法吸引力2个核心维度上优于对照组；但在师资专业水平和教学组织安排方面，2组满意度无统计学差异。试验组在学习动机总分、学习兴趣和主动参与意愿上优于对照组。在推荐他人意愿上，2组无差异。试验组在自我效能感总提升值、危机识别信心和临床决策信心3个维度上优于对照组。然而，在团队协作信心和技能操作信心方面，2组差异无统计学意义（表7、表8）。

表4　2组学员理论考核成绩比较（n=30，分，$\bar{x} \pm s$）

评估项目	对照组	试验组	t值	P值
理论考核总分	82.23 ± 4.55	86.67 ± 3.54	−4.21	<0.001
病理生理机制	23.50 ± 2.11	25.83 ± 1.94	−4.57	<0.001
诊断与鉴别诊断	24.67 ± 2.34	26.50 ± 1.87	−3.42	0.001
治疗原则与方案	34.07 ± 2.89	35.23 ± 2.45	−1.76	0.084

表5　2组学员技能操作成绩比较（n=30，分，$\bar{x} \pm s$）

评估项目	对照组	试验组	t值	P值
技能操作总分	15.43 ± 1.50	16.53 ± 1.46	−2.88	0.006
操作前准备	1.63 ± 0.49	1.80 ± 0.41	−1.46	0.150
操作流程规范性	7.70 ± 1.12	8.43 ± 0.97	−2.68	0.010
操作熟练度与时效性	3.77 ± 0.63	4.13 ± 0.57	−2.34	0.022
无菌与安全意识	2.33 ± 0.48	2.40 ± 0.50	−0.57	0.573

表6　2组学员行为层效果（Mini-CEX出科考核）比较[n=30，$M(Q_1,Q_3)$]

评估维度	对照组	试验组	U值	P值
Mini-CEX总分	30(28,33)	36(34,39)	142.50	<0.001
危机识别能力	6(5,7)	7(6,8)	285.00	0.012
临床判断与决策能力	6(5,7)	8(7,8)	205.00	<0.001
诊治操作能力	6(6,7)	8(7,8)	180.50	<0.001
组织效能与团队协作	6(5,7)	7(6,8)	270.00	0.005
沟通技能	7(6,7)	7(6,8)	395.00	0.435
人文关怀与职业素养	7(6,7)	7(7,8)	380.00	0.312
任务完成耗时（秒）	312(285,345)	268(240,295)	215.00	0.002



图1　病例介绍及评分



图2　复盘与点评

4.4　学员个体特征与能力提升幅度的相关性分析

为探究学员个体特征与各能力维度提升程度之间的关系，本研究计算了试验组学员在各维度Mini-CEX提升值（出科分–入科技能分作为基线）与其基线特征（包括专业背景、住培年限、入科理论成绩）之间的相关系数（Spearman秩相关）。结果显示（表9）：住培年限与组织效能与团队协作维度的提升幅度呈正相关（ρ=0.42，P=0.021），表明高年级学员在此维度获益更明显。入科理论成绩与临床判断与决策能力的提升幅度呈中等程度正相关（ρ=0.38，P=0.038），提示理论基础较好的学员其临床决策能力通过模拟训练提升更快。专业背景（麻醉、重症、急诊、外科）对各维度提升幅度的影响未见统计学差异（P>0.05），表明教学方案对不同专业学员具有普遍适用性。

4.5　Mini-CEX各维度得分的相关性分析

为探索急危重症救治核心胜任力各维度间的内在联系，对全体学员的出科Mini-CEX各维度得分进行Spearman相关分析。结果显示（表10）：临床判断与决策能力与危机识别能力、诊治操作能力呈现强相关。组织效能与团队协作与诊治操作能力、沟通技能呈中度至强相关。沟通技能与人文关怀与职业素养维度相关性最强。表明在急危重症模拟场景中，学员的认知决策能力与技术执行能力紧密关联；同时，非技术技能（如团队协作、沟通）内部也存在较强的协同性，且与部分技术技能相互影响。

表7　两组学员教学满意度比较[n=30，$M(Q_1,Q_3)$]

评估维度	对照组	试验组	U值	P值
教学满意度总分	15(14,16)	18(17,20)	167.50	<0.001
教学内容实用性	4(4,4)	5(4,5)	245.00	0.001
教学方法吸引力	3(3,4)	4(4,5)	180.50	<0.001
师资专业水平	4(4,5)	4(4,5)	420.50	0.812
教学组织安排	4(4,4)	4(4,5)	365.00	0.095

表8　两组学员学习动机与自我效能感比较（n=30，分，$\bar{x}\pm s$）

评估项目	对照组	试验组	U/t值	P值
学习动机总分 [$M(P_{25},P_{75})$]	17(16,18)	19(18,21)	165.50	<0.001
学习兴趣	4(4,4)	4(4,5)	190.50	0.003
主动参与意愿	4(4,4)	5(4,5)	175.00	<0.001
推荐他人意愿	4(4,4)	4(4,5)	325.00	0.142
自我效能感提升	5.43 ± 2.98	7.85 ± 2.62	–3.57	<0.001
危机识别信心	1.85 ± 0.75	2.35 ± 0.68	–2.79	0.007
临床决策信心	1.72 ± 0.78	2.55 ± 0.71	–4.23	<0.001
团队协作信心	1.80 ± 0.65	2.05 ± 0.60	–1.57	0.122
技能操作信心	1.65 ± 0.75	1.85 ± 0.68	–1.15	0.256

表 9　试验组学员个体特征与 Mini-CEX 各维度提升值的相关性分析

个体特征	危机识别	临床判断与决策	诊治操作	组织效能与团队协作	沟通技能	人文关怀
住培年限	0.21	0.29	0.18	0.42[a]	0.15	0.10
入科理论成绩	0.25	0.38[a]	0.31	0.22	0.19	0.12
入科技能成绩	0.19	0.27	0.33	0.24	0.17	0.14

注：a，$P<0.05$。

表 10　全体学员 Mini-CEX 各维度得分间的相关系数矩阵

维度	1	2	3	4	5	6
危机识别能力	1.00					
临床判断与决策能力	0.76	1.00				
诊治操作能力	0.69	0.71	1.00			
组织效能与团队协作	0.58	0.62	0.68	1.00		
沟通技能	0.41	0.45	0.52	0.65	1.00	
人文关怀与职业素养	0.38	0.40	0.47	0.59	0.82	1.00

注：所有相关系数均具有统计学意义（$P<0.01$）。

5　讨论

5.1　实践成效与区域辐射价值

实践表明，基于高级模拟人的情景模拟教学能提升住培学员在理论知识、技能操作成绩及综合临床胜任力，同时获得更高的学员满意度。更重要的是，本中心作为省级区域医疗中心的核心教学平台，其价值已超越单一机构的培训范畴，形成了显著的区域辐射效应。依托我院国家级住培基地的平台优势与完备的高端模拟培训考核体系，通过以下途径将成熟的模拟教学模式向区域推广：①系统化培训输出。面向本院麻醉、急诊、ICU 等医生以及地区相关医生进行病例模拟交流，教学，考核，搭建区域内危重症救治的全方位，全体系教学、模拟、实战平台，推进提升本市急危重症救治能力，促进了新技术推广应用及发展。②继续教育项目辐射。通过连续举办“粤东地区围术期急危重症研讨班”“粤东地区青年麻醉医师论坛”“汕头市紧急救治技术培训研讨班”，云集国内顶尖专家，并以情景模拟示范与技能竞赛为载体，推广先进救治技术与教学理念。③多层次人才培养。利用住院医师规范化培训、医师进修、专题培训班及学术论坛等多种渠道，针对不同层级医务人员开展培训，培育基层救治力量。这一系列举措，实质上构建了一个以本院为中心、辐射周边医疗机构的区域急危重症救治能力提升网络，强化了技术支撑与人员培训，为完善区域三级医疗救援体系、提升突发公共卫生事件应急联动能力奠定了坚实基础。

5.2　学员特征对模拟教学效果的影响分析

高年级住院医师在“组织效能与团队协作”维度提升更为明显，因为其拥有更多的临床轮转经验，对团队角色和医疗流程更为熟悉，他们在模拟训练中更能聚焦于领导力与协调能力的提升。同时，入科理论成绩较好的学员在“临床判断与决策能力”上进步更快，说明扎实的理论知识是进行有效临床推理和复杂决策的基础，提示在课程设计中，可根据学员的培训年限和知识基础进行分组或目标设定。如针对低年级学员强化其危机识别与规范操作流程的训练，为高年级学员设计更复杂的多学科团队协作与资源管理场景。

5.3　急危重症胜任力维度结构探讨

相关性分析揭示了急危重症救治能力的内在结构。在高压模拟环境中，准确的病情判断与熟练的操作，共同构成救治成功的基础。而团队–沟通之间的紧密关联，则强调了非技术技能在急危重症团队救治中的整体性。尤为重要的是，组织效能与团队协作与诊治操作能力呈显著相关，说明在真实救治中，高效的组织是技术操作得以顺利实施的前提。值得注意的是，尽管试验组在危机识别、临床判断、诊治操作及团队协作等维度上表现优于对照组，但在沟通技能与人文关怀与职业素养 2 个维度上，差异无统计学意义。反映了当前模拟教学设计与实施中的特点：首先，在情景模拟案例设计中，教学重点往往集中于病情的快速识别、技术的规范执行与团队的高效协作，对医患沟通、家属告知、共情表达等情景嵌入不足；其次，在复盘环节，指导教师通常更侧重于引导学员分析临床决策的逻辑性与操作流程的规范性，对沟通方式、语气语调、非语言交流以及人文关怀行为没有过多关注。此外，改良后的 Mini-CEX 未能完全捕捉急危重症高压环境下特有的沟通挑战。提示在利用 Mini-CEX 进行评估时，应关注学员在不同能力中的均衡发展，并在未来开发更具整合性的评估工具或训练场景时，系统融入结构化沟通任务（如向“家属”交代病情、进行

团队简报），并在复盘指南中明确设置针对沟通效能与人文关怀的讨论要点与提升策略。

5.4 研究局限性、挑战与展望

尽管本研究验证了基于高级模拟人的情景模拟教学模式的成效，但本研究样本均来源于同一家大型三甲医院。样本的同质性使得研究结论向不同地区、不同层级（尤其是基层）医疗机构推广的普适性有待进一步验证。此外，研究尚缺乏对学员长期临床实践能力保持情况造成了本研究具有一定局限性。

以高级生理驱动型模拟人为核心的培训体系，其硬件购置、系统维护与师资培养均需持续投入，这对基层医疗机构构成了实质性推广壁垒。因此，未来的推广需探索分层、分类的多元化路径，包括：推动建立区域性模拟教学联盟，通过“中心辐射”模式，实现优质师资、课程乃至移动模拟设备的共享，降低基层机构的入门门槛等。未来也可进一步推动生成式人工智能等智能技术与模拟教学的深度融合，构建“智能情景模拟教学系统”。具体而言：在案例开发阶段，可利用如ChatGPT、DeepSeek等大语言模型，根据教学大纲、真实病案数据库及最新指南，快速生成多样化、阶梯化且符合本土疾病谱的急危重症模拟脚本，并可针对学员专业、年限自动调整案例难度与侧重点[14]。当前，具备情景设计、熟练引导复盘和高阶评估能力的专业化模拟师资仍显短缺，需要建立标准化的师资培养与认证路径。同时，必须在临床教师的绩效评价、职称晋升体系中，明确认可并量化模拟教学的价值与贡献，吸引并稳定高水平的临床专家投身模拟教育事业。再者，通过联盟内的师资交流、课程共建、教学研究合作，形成良性互动的专业社群，推动区域整体教学水平的同质化提升。

利益冲突　所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明　郑良杰：确定研究题目、设计研究方案、撰写及修改论文；郑良杰、陈超：提供研究建议、审校论文；陈超、马楚洲：完善研究方案、数据收集统计、撰写论文；方增强、曾哲：模拟设备的调控；林梓霞、蔡少彦、黄丽衡：病案设计和讲授

参考文献

[1] 关于印发加强重症医学医疗服务能力建设的意见的通知[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报，2024(4)：6-9.

[2] 关于开展全面提升医疗质量行动（2023-2025年）的通知[J]. 中华人民共和国国家卫生健康委员会公报，2023(5)：8-14.

[3] 郭思思，吴泳兴，吴思源，等. 突发公共卫生事件应急医学救援模拟训练现状及思考[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志，2023，18(11)：1409-1411. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2023.11.003.

[4] 王赟，韩晓玲，林健，等. 翻转课堂改善麻醉危机管理情景模拟教学的效果[J]. 临床麻醉学杂志，2024，40(7)：773-776. DOI: 10.12089/jca.2024.07.020.

[5] 胡一，陈芳. 麻醉危机情景模拟培训与住院医师规范化培训的整合探索[J]. 中国继续医学教育，2025，17(7)：158-162. DOI: 10.3969/j.issn.1674-9308.2025.07.034.

[6] Dueas-Ruiz A, Lomas LMT, Villamor MAC, et al. Patient safety, what does clinical simulation and teaching innovation contribute? [J]. Medicina Intensiva (English Edition), 2024, 48(11): 2. DOI: 10.1016/j.medine.2024.07.008.

[7] 周鑫，李洋，肖湖南，等. 基于高端模拟人的老年危重急症案例设计与实施[J]. 中国医学教育技术，2023，37(1)：53-57. DOI: 10.13566/j.cnki.cmet.cn61-1317/g4.202301011.

[8] 姜晓旭，曹猛，王钊，等. 智能化学伤模拟人教学训练系统的构建与应用[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志，2024，19(7)：871-874. DOI: 10.3969/j.issn.1673-6966.2024.07.007.

[9] 王爽，赵雨欣，陈炜，等. 三级公立医院高质量发展背景下急危重症医学中心建设及其对护理的启发[J]. 中华急危重症护理杂志，2024，5(6)：499-505. DOI: 10.3761/j.issn.2096-7446.2024.06.003.

[10] 何疆春，李东韬，洪志博，等. 情景模拟教学模式在心内科住院医师规范化培训急危重症临床教学中的应用效果研究[J]. 中国卫生产业，2024，21(14)：16-19. DOI: 10.16659/j.cnki.1672-5654.2024.14.016.

[11] 林郁玮，翁迪贵，王建铃. 情景模拟教学联合问题驱动教学法在麻醉科住院医师规范化培训期间的应用[J]. 齐齐哈尔医学院学报，2024，45(14)：1387-1391. DOI: 10.3969/j.issn.1002-1256.2024.14.018.

[12] 余更生，向阳，齐建光，等.《住院医师规范化培训迷你临床演练评估指南（2022年版）》解读[J]. 中国毕业后医学教育，2023，7(1)：24-28. DOI: 10.3969/j.issn.2096-4293.2023.01.005.

[13] 刘颖，张敏强，甄锋泉. 学生评教研究的最佳样本量估算：基于拉格朗日乘数法的应用[J]. 心理科学，2020，43(4)：857-863. DOI: 10.16719/j.cnki.1671-6981.20200413.

[14] Xiang Z , Tian C , Dai Y ,et al.Research and application of digital twin and simulation teaching methodology in DVOR [J]. IEEE Access, 2025, 13: 27487-27506. DOI: 10.1109/access.2025.3539709.

（收稿日期：2025-01-11）

（本文编辑：唐宗顺）