

• 循证医学 •

医学模拟教学对重症医学生临床教学效果的 meta 分析*

党红星, 周 昉, 白 科, 黄海霞, 符跃强, 刘成军, 李 静[△]

(重庆医科大学附属儿童医院重症医学科/国家儿童健康与疾病临床医学研究中心/

儿童发育疾病研究教育部重点实验室, 重庆 400014)

[摘要] **目的** 评价医学模拟教学对重症医学生临床知识掌握和技能提升的效果, 明确模拟教学在现代重症医学教育中的实际价值和应用前景。**方法** 系统检索中国知网、万方医学网、PubMed、EMBASE、MEDLINE、Education Resources Information Centre、British Education Index、Australian Education Index 等数据库建库至 2023 年 12 月所有公开发表的关于重症医学生临床教学中比较医学模拟教学与传统教学方法的随机对照研究。通过对纳入文献进行严格的研究质量评估、数据提取和荟萃分析, 对医学模拟教学与传统教学在重症医学领域中的效益进行全面量化评价。**结果** 与传统教学方法比较, 医学模拟教学在提升重症医学生临床知识和技能方面具有明显优势, 特别是高保真模拟教学效果更为明显, 差异均有统计学意义(标准化均数差=0.83, 0.94, 95%可信区间 0.42~1.24, 0.48~1.40, $P<0.001$)。**结论** 在重症医学生的临床教学中应用模拟教学较传统教学方法更具有优势, 能有效促进重症医学生临床知识和技能的掌握, 高保真模拟教学更有效。

[关键词] 教育; 医学生; 重症医学; 医学模拟; Meta 分析

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2024.16.021

中图法分类号: G642.41

文章编号: 1009-5519(2024)16-2792-07

文献标识码: A

Effect of medical simulation teaching on clinical education of critical care medical students: a meta-analysis*

DANG Hongxing, ZHOU Fang, BAI Ke, HUANG Haixia, FU Yueqiang, LIU Chengjun, LI Jing[△]

(Department of Pediatric Intensive Care Unit, Children's Hospital of Chongqing

Medical University/National Clinical Research Center for Child Health and Disorders/

Ministry of Education Key Laboratory of Child Development and Disorders,

Chongqing 400014, China)

[Abstract] **Objective** To evaluate the effect of medical simulation teaching on the clinical knowledge acquisition and skills improvement of critical care medical students, and to clarify the practical value and application prospects of simulation teaching in modern critical care medical education. **Methods** A systematic search was conducted in databases including China National Knowledge Infrastructure (CNKI), Wanfang Data, PubMed, EMBASE, MEDLINE, Education Resources Information Centre (ERIC), British Education Index, and Australian Education Index, for all randomized controlled trials comparing medical simulation teaching with traditional teaching methods in critical care medical education from inception to December 2023. Through rigorous quality assessment, data extraction, and meta-analysis of the included literature to comprehensively quantify the benefits of medical simulation teaching versus traditional teaching methods in the field of critical care medicine. **Results** Compared with traditional teaching methods, medical simulation teaching showed significant advantages in enhancing the clinical knowledge and skills of critical care medical students, especially high fidelity simulation teaching effect is more apparent, with statistically significant differences (standardized mean difference=0.83, 0.94, 95%CI 0.42-1.24, 0.48-1.40, $P<0.001$). **Conclusion** The application of simulation teaching in the clinical education of critical care medical students has more advantageous than traditional teaching methods, which can effectively promoting the acquisition of clinical knowledge and skills, and

* 基金项目: 2023 年重庆市研究生教育教学改革研究项目(YJG233051); 重庆医科大学未来医学青年创新团队发展支持计划项目(2021-W0111)。

作者简介: 党红星(1976—), 博士研究生, 主任医师, 主要从事儿科危重症临床、科研和教学工作。 [△] 通信作者, E-mail: lijingwangyi@

high-fidelity simulation teaching is particularly effective.

[Key words] Education; Medical students; Critical care medicine; Medical simulation; Meta-analysis

在临床真实环境下完善临床知识和提高技能对临床医学专业学生十分重要,但同时也必须保持与为患者提供最佳治疗并维护患者权益的道德相平衡^[1]。重症监护病房患者常处于镇静状态或意识水平下降,限制了其知情同意的能力,同时,由于存在伦理冲突,重症医学专业学生在临床可反复练习的机会十分有限^[2]。医学模拟教学是一种通过模拟临床实践情景对医学生进行临床教学的方法。在模拟教学中培训者能严格控制学习环境、优化教学条件,不仅可训练医学生操作、临床思维、应变、沟通等多方面能力,还会在一定程度上缓解将患者作为临床医学生的培训对象所产生的伦理紧张关系^[3]。故模拟教学受到医学生和教师的广泛欢迎^[4]。然而目前缺乏传统临床教学与模拟教学对重症医学教学效果的荟萃分析比较,而且由于所培训的技能和专业学习阶段的不同这些教学方法的有效性也会产生不同^[5]。本研究评估了模拟教学在重症医学教学中的有效性及确定哪种模拟教学方法最有效,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 资料

1.1.1 研究对象 将中国知网、万方医学网、PubMed、EMBASE、MEDLINE、Education Resources Information Centre、British Education Index、Australian Education Index 等数据库中公开发表的关于重症医学生临床教学中比较医学模拟教学与传统教学方法的随机对照研究作为研究对象。本研究已在 PROSPERO 数据库中注册(CRD42013005105)。

1.1.2 纳入标准 (1)针对重症监护、重症护理、麻醉学、急诊医学、创伤或院前护理的教学干预研究;(2)使用模拟教学干预的研究,包括使用高保真和低保真人体模型、标准化患者(SPT)、基于屏幕的计算机模拟(SBCS)及人类或动物尸体;(3)使用了危重患者诊疗的知识或技能表现的结果的研究;(4)干预措施,干预组采用模拟教学,对照组采用其他传统教学模式或自学。(5)研究设计为随机对照试验,评估了基于模拟的教学与其他教学方法或无教学方法相比对医学生的有效性。(6)结局指标为获取知识或临床技能的结果。

1.1.3 排除标准 (1)已从医学院毕业或卫生专业人员或非随机设计的研究;(2)非急性专科的研究或使用其他类型作为比较的研究。

1.2 方法

1.2.1 检索策略 系统检索中国知网、万方医学网、

PubMed、EMBASE、MEDLINE、Education Resources Information Centre、British Education Index、Australian Education Index 等数据库建库至 2023 年 12 月所有公开发表的关于重症医学生临床教学中比较医学模拟教学与传统教学方法的随机对照研究。中文检索词包括医学生、重症医学、模拟教学等,英文检索词包括 Medical Student、Simulation、Intensive Care 等。追踪所有纳入研究的参考文献列表和索引引文以寻找进一步的相关研究,并与纳入研究的作者联系寻找未发表的文献。

1.2.2 资料提取与质量评价 2 名研究者(党红星和李静)根据纳入/排除标准独立筛选确定的研究的文献摘要,并获得可能符合条件的研究的全文,并由 2 名审查员(白科和周昉)独立进行全面筛选。如在研究的任何阶段均没有出现分歧则进行分析讨论,如不能达成共识请第 3 名研究者(黄海霞)决定。2 名研究者(刘成军和符跃强)使用标准格式独立平行进行数据提取,包括方法学、参与者、结果测量和结果。使用 Cochrane 偏倚风险评估工具评估研究的质量,评估随机序列生成和分配隐藏期间的选择偏倚风险、实施偏倚风险、检出偏倚风险、失访偏倚、选择性报告偏倚等。

1.3 统计学处理 使用连续性变量衡量教学效果,使用 Cochrane's Review Manager 5.4 软件将平均得分转换为标准化平均差,根据 Cochrane 手册中建议对有 2 个干预组的研究进行合并,形成一个干预组进行分析,计算 95%可信区间(95%CI)、P、标准差等。各纳入研究异质性检验采用 Cochrane Q 检验,计算 I^2 值。若研究间无统计学异质性($I^2 \leq 50\%$, $P \geq 0.10$),选择固定效应模型进行 meta 分析;若存在统计学异质性($I^2 > 50\%$, $P < 0.10$),采用随机效应模型进行 meta 分析。获得汇总效应估计值和 95%CI。结果表示为标准化平均差,有 95%CI 及 P 值,以及从 Z 分数得出的百分位数变化表明与接受对照干预的学生比较,模拟组中平均学生所处的百分位组。并进行亚组分析,调查对照组类型的影响。发表偏倚采用漏斗图检查。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 文献筛选流程及结果 共获得文献 402 篇,其中明显不相关 351 篇,确定潜在合格文章 51 篇。从相关文献的参考文献中追踪到另外的潜在合格文章 14 篇。共检索出可能符合条件的文章全文 65 篇,对其进行重复评估后最终纳入研究 25 项^[6-30]。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献基本特征及质量 25 篇文献包括 1 776 名本科二年级以上医学生,各研究参与者 28~213 名。15 项研究使用了高保真模拟器^[7-8,11-15,20-22,25-26,28-30],6 项研究使用了低保真模拟器^[9-11,16,19,24],2 项研究使用了 SPT 模拟^[6-7],4 项研究使用了计算机屏幕模拟^[9,18,23,27],1 项研究使用了语音咨询人体模型^[16]。对照组则使用了包括基于案例讨论(CBD)、以问题为基础的学习(PBL)、讲解式教学(讲座、视频和研讨会)及自学等多种学习模式。教学时间 5 分钟至 2 周。10 项研究使用了包括多项选择题(MCQ)、简答题(SAQ)和单选题等应试考察模式^[5-6,9-11,13,17,20,27,29],18 项研究使用了基于技能和表现的结果测量^[7-8,10-12,14-15,18-26,28-29],包括客观结构化临床检查(OSCE)分数、技能清单和启动时间。11 研究还使用评价性问卷评估教学满意度^[5-6,11-12,14,17-18,20,26-27,29],5 项研究使用了自我效能问卷(SE)^[10-11,21-22,29]。7 项研究的总体偏倚风险较高^[9,14,16,20-21,24,26],其余大多数研究未充分报告关键的偏倚风险标准,风险不明确,难以准确判断研究质量。纳入文献基本特征见表 1。

2.3 meta 分析 25 项研究中将模拟教学与其他教

学模式进行了比较的研究 17 项报告了教学课程后基于知识或模拟技能表现的评测^[7-8,10-14,18,20-21,23-27,29-30]。1 项研究只报告了中位数数据^[10],1 项研究的人数不明确^[21],此 2 项研究均表明,模拟教学与其他教学方法的有效性无差异。15 项研究(1 158 名参与者)表明^[7-8,11-14,18,20,23-27,29-30],模拟教学明显比其他教学方法更有效,差异有统计学意义(标准化均数差=0.83,95%CI 0.42~1.24, $P\leq 0.001$; $I^2=90\%$)。见图 2。

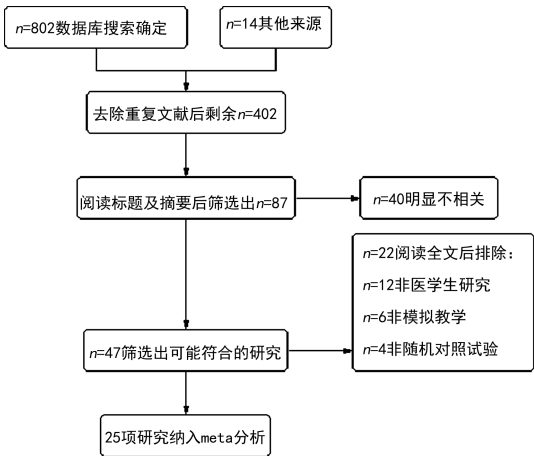


图 1 文献筛选流程

表 1 纳入文献基本特征

文献来源	样本量(n)				参与者 合计 (年级)	教学主题	实验组	对照组	教学时间	结局指标
	干预组 1	干预组 2	对照组							
ALI 等 ^[6] (2007 年)	21	—	17	38	5	ATLS	SPT	传统教学	—	MCQ;EQ
ALI 等 ^[7] (2009 年)	24	24	22	70	5	ATLS	HFS,SPT	视频/讲座	—	MCQ;EQ
AQEL 等 ^[8] (2014 年)	45	—	45	90	2	CRP	HFS	传统教学	4.00 h	技能清单
BONNETAIN ^[9] (2010 年)	14	14	—	28	2	CRP	SECS,LFS	—	—	OSCE;启动时间
CAVALEIRO 等 ^[10] (2009 年)	24	—	21	45	5	新生儿复苏	LFS	自学	0.50 h	MCQ
COOLEN 等 ^[11] (2012 年)	15	14	14	43	4	儿童高级生命支持	HFS,LFS	讲座	5.00 h	技能清单;MCQ;SE
CURRAN 等 ^[12] (2004 年)	16	—	15	31	3	新生儿复苏	HFS	视频	—	技能清单;MCQ;SE;EQ
GILBART 等 ^[13] (2000 年)	57	—	50	107	4	ATLS	HFS	研讨会	2.00 h	OSCE;;EQ
GORDON 等 ^[14] (2006 年)	21	—	17	38	3~4	MI/反应性气道疾病	HFS	讲座	1.50 h	SAQ
HÄNSEL 等 ^[15] (2012 年)	20	19	20	59	6	脓毒症	HFS,机舱资源管理 II	讲座	10.00 h	OSCE;情景意识全球评估技术;EQ
ISBYE 等 ^[16] (2008 年)	22	21	—	43	2	CRP	语音咨询人体模型,LFS	—	5 min	OSCE
ISSLEIB 等 ^[17] (2021 年)	104	—	56	160	1	CRP	VR	传统教学	35 min	BLS;CSA 问卷;系统可用性评分
KIM 等 ^[18] (2002 年)	29	—	28	57	4	ACLS	SPCS	自学	2.50 h	单选题;EQ
LO 等 ^[19] (2011 年)	45	41	—	86	3	ACLS	LFS,LFS	无对照组	3.00 h	技能清单;EQ

续表 1 纳入文献基本特征

文献来源	样本量(<i>n</i>)			参与者 合计 (年级)	教学主题	实验组	对照组	教学时间	结局指标	
	干预组 1	干预组 2	对照组							
MCCOY 等 ^[20] (2011 年)	28	—	28	56	4	MI/过敏反应	HFS	自学	1.00 h	技能清单
MORGAN 等 ^[21] (2002 年)	92	—	95	187	5	MI/过敏反应/低氧血症	HFS	无对照组	1.50 h	技能清单;SAQ,EQ
NACCA 等 ^[22] (2014 年)	29	—	36	65	3	ACLS	HFS	讲座	2 周	SE
ROH 等 ^[23] (2014 年)	109	—	104	213	2	ACLS	SBCS	讲座	1 周	技能清单;SE;PCS;模拟 经验满意度量表
RUESELER 等 ^[24] (2010 年)	22	—	22	44	5	ACLS/ATLS	LFS	映像教学	3 d	OSCE
SCHWARTZ 等 ^[25] (2007 年)	50	—	52	102	4	MI/ATLS	HFS	CBD	1.00 h	OSCE
STEADMAN 等 ^[26] (2006 年)	15	—	16	31	4	呼吸困难	HFS	PBL	0.25 h	技能清单
TAN 等 ^[27] (2008 年)	33	—	31	64	3~4	过敏反应	SBCS	讲座	1.00 h	技能清单;EQ
TEN 等 ^[28] (2009 年)	90	—	90	180	4	胸痛/AMS/呼 吸困难/创伤	HFS	CBD	6.00 h	MCQ;EQ
TEN 等 ^[29] (2010 年)	34	—	34	68	4	胸痛/AMS	HFS	CBD	6.00 h	启动时间
WENK 等 ^[30] (2009 年)	16	—	16	32	4	快速序列诱导	HFS	PBL	2.00 h	技能清单;MCQ;SE;EQ

注:ACLS 为高级心脏生命支持;AMS 为精神状态改变;ATLS 为高级创伤生命支持;EQ 为评价问卷;HFS 为高仿真模拟;LFS 为低仿真模拟;MI 为心肌梗死;—表示无数据。

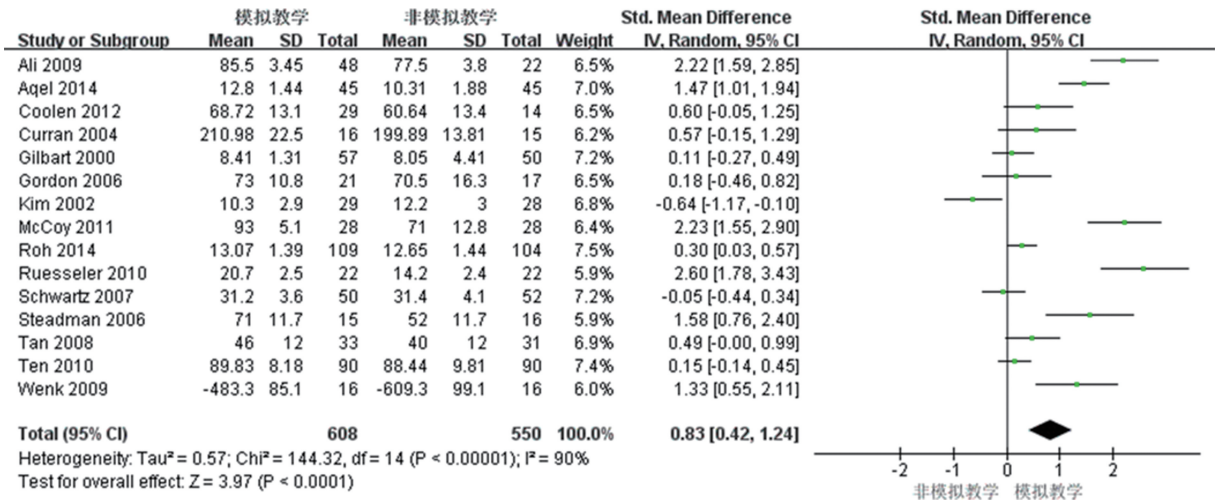


图 2 模拟教学与非模拟教学效果比较

2.4 敏感性及亚组分析 漏斗图后双侧明显不对称。见图 3。去除单项研究后得到的结果没有明显变化,表明即使存在小的研究或发表偏倚,对本研究的总体效果的影响也可忽略。分别对高保真、低保真 2 种不同类型模拟教学进行了亚组分析,25 项研究中比较了高保真与非模拟教学的研究 13 项(875 名参与者)^[5,7,10-13,19,21,24-26,28-29],结果表明,高保真模拟教学效果明显更好(标准化均数差=0.94,95%CI 0.48~1.40, $P<0.001$; $I^2=87\%$)。对比了低保真与非模拟教学的研究 2 项研究(87 名参与者)^[10,23],结果表明,低保真与非模拟教学方法的有效性无差异。见图 4。

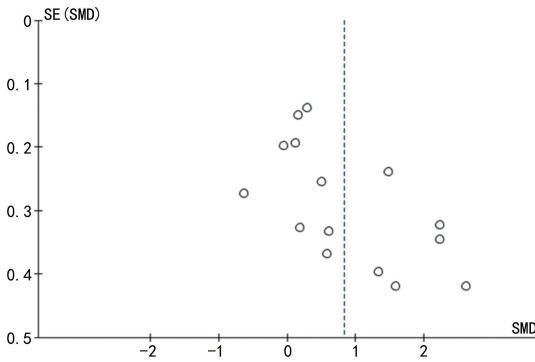
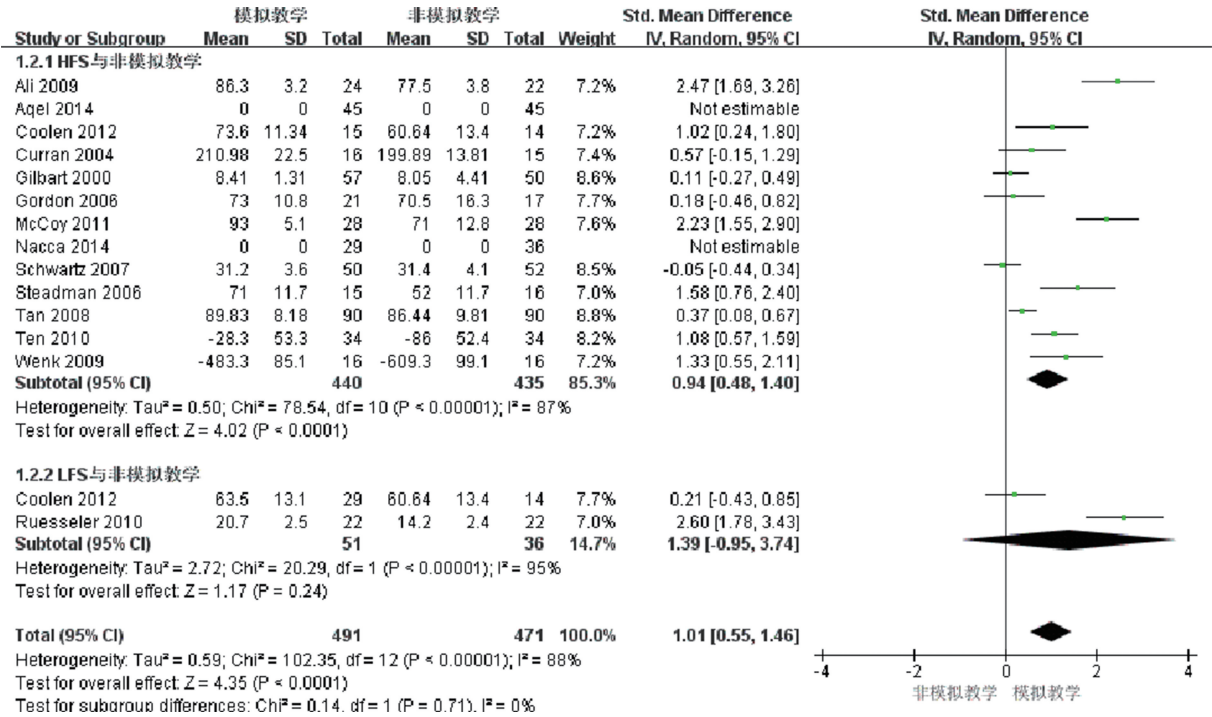


图 3 漏斗图



3 讨 论

在医学教育领域如何平衡临床知识和技能的提高与伦理要求之间的关系一直是一个重要的话题。仿真医学模拟教学的优势在于其提供了一个控制严格、模拟真实的学习环境,使学生能在不影响患者安全的情况下练习临床技能,允许学生在安全、可控制的环境中学习和犯错。这种教学方法能在不侵犯患者权益的情况下为学生提供丰富的临床实践机会,不仅提升了学生的临床技能和思维,还缓解了使用真实患者进行教学所带来的伦理紧张。

本研究结果显示,模拟教学在重症医学教育中具有明显优势,可更好地满足医学生在重症医学领域的培训需求,明显提高其知识和技能、对紧急医疗情况的应对能力,以及临床思维能力和决策能力,更适合重症医学的临床教学。

本研究结果显示,重症医学模拟教学在提高与学生临床实际观察和操作能力的结局方面比其他教学模式优秀,与既往许多对外科医生^[31]、护理人员^[32]、高级生命支持训练^[33]、体外膜肺培训^[34]等研究结果一致,但也有学者认为,模拟教学在知识和技能掌握,以及其持久性和在实践应用方面不一定更有效^[35-36]。鉴于各类研究的参与者不同,这种争议和差别也是合理的。

临床模拟教学是一种资源和师资紧密结合的高成本教育技术,而要使其成本效益最大化就必须使模拟教学的环境和条件达到最佳。在确定医学教育中不同教学方法的有效性时必须将不同学习者明确区分群组,如本科临床实习学生和专业学位研究生可能存在很大的区别。本研究仅分析了本科生阶段医学生的临床教学,结果显示,模拟教学促进了本科教学

中理论知识和实践技能的掌握,作为一种辅助教学手段,与其他教学方法,如与 PBL、讲授式教学方法比较可能明显更有益^[14,20]。

本研究结果显示,与低保真模拟教学比较,高保真模拟教学在提高医学生技能和知识方面表现更出色,但低保真模拟并未明显优于其他教学模式。高保真模拟能使教师帮助学生实现知识和技能在关键的临床场景应用,如心搏骤停或呼吸骤停,而不会对患者造成风险。表明在临床选择模拟教学方法时高保真模拟教学可能是更优的选择,因其能提供更真实的学习体验。对重症监护病房等特殊环境下的医疗实践高保真模拟教学提供了一个无可替代的学习平台,尤其是在处理复杂和高风险的医疗情况时模拟训练的价值更为凸显。

将高保真模拟培训融入重症医学临床教学课程将有助于克服许多临床教学中的困难,尤其是在临床培训资源短缺和学生数量增加的情况下:(1)除提供安全无风险的学习环境和模拟真实临床情景外高保真模拟培训通过模拟真实的紧急情况,使学生能练习临床判断、决策制定和团队合作。可用于培训从基本的临床操作到高级的方案规划和团队领导能力等一系列技能。(2)高保真模拟允许即时反馈和详细的性能评估。学生可从错误中学习,并根据教师和同学的反馈进行改进。再次,高保真模拟培训能减少对真实患者的依赖,解决了对无法提供知情同意的患者进行临床学习和实践引发的伦理问题,使教学更加灵活和广泛。(3)高保真模拟培训可以根据学习者的水平和需求进行调整,确保所有学生均能从中获得最大的学习效益。因纳入的各项研究中对“保真”这一术语的使用并不一致,包括模拟环境、设备等情况在内的许

多差异可能难以保证较高的同质性,故也有学者认为,高保真模拟教学可能并不一定优于低保真,甚至认为高保真模拟教学可能会导致学生产生过度自信等问题^[37-38]。

本研究存在一些局限性:(1)由于 meta 分析的结果常受限于原始文章的数量和质量,各研究所使用的不同结局指标在也可能有很大差异,因此,可能存在较高偏倚风险。本研究的原始研究也存在明显的异质性,无法通过亚组分析进一步解释。(2)本研究未能解决模拟教学技术类型之间的差异和模拟教学的持续时间或频率对教学效果的影响和学生在各学年的最佳教学时机或模拟教学后的技能保持情况,以及最终对学生临床技能提高的帮助情况。由于高保真模拟教学的设备和操作成本很高,因此,还需进一步对基于模拟教学的成本效益进行分类分析。

综上所述,尽管模拟教学可能相对成本较高,并较为复杂,但相比其他教学方法对重症医学生的教学明显有利,高保真模拟效果更好。然而这些效果在实际临床工作环境中是否能真实提升医学生实践能力仍需进一步追踪和探究。

参考文献

- [1] DOUKAS D J, OZAR D T, DARRAGH M, et al. Virtue and care ethics & humanism in medical education: a scoping review[J]. BMC Med Educ, 2022, 22(1): 131-135.
- [2] SEAM N, LEE A J, VENNERO M, et al. Simulation training in the ICU[J]. Chest, 2019, 156(6): 1223-1233.
- [3] HEPPS J H, YU C E, CALAMAN S. Simulation in medical education for the hospitalist: moving beyond the mock code[J]. Pediatr Clin North Am, 2019, 66(4): 855-866.
- [4] YU J H, CHANG H J, KIM S S, et al. Effects of high-fidelity simulation education on medical students' anxiety and confidence [J]. PLoS One, 2021, 16(5): e0251078.
- [5] SALEEM M, KHAN Z. Healthcare simulation: an effective way of learning in health care[J]. Pak J Med Sci, 2023, 39(4): 1185-1190.
- [6] ALI J, ADAM R U, SAMMY I, et al. The simulated trauma patient teaching module: does it improve student performance [J]. J Trauma, 2007, 62(6): 1416-1420.
- [7] ALI J, AL AHMADI K, WILLIAMS J I, et al. The standardized live patient and mechanical patient models: their roles in trauma teaching [J]. J Trauma, 2009, 66(1): 98-102.
- [8] AQEL A A, AHMAD M M. High-fidelity simulation effects on CPR knowledge, skills, acquisition, and retention in nursing students [J]. Worldviews Evid Based Nurs, 2014, 11(6): 394-400.
- [9] BONNETAIN E, BOUCHEIX J M, HAMET M, et al. Benefits of computer screen-based simulation in learning cardiac arrest procedures [J]. Med Educ, 2010, 44(7): 716-722.
- [10] CAVALEIRO A P, GUIMARAES H, CALHEIROS F. Training neonatal skills with simulators [J]. Acta Paediatr, 2009, 98(4): 636-639.
- [11] COOLEN E H, DRAAISMA J M, HOGVEEN M, et al. Effectiveness of high fidelity video-assisted real-time simulation: a comparison of three training methods for acute pediatric emergencies [J]. Int J Pediatr, 2012, 2012: 709569.
- [12] CURRAN V R, AZIZ K, O'YOUNG S, et al. Evaluation of the effect of a computerized training simulator (ANAKIN) on the retention of neonatal resuscitation skills [J]. Teach Learn Med, 2004, 16(2): 157-164.
- [13] GILBART M K, HUTCHISON C R, CUSIMANO M D, et al. A computer-based trauma simulator for teaching trauma management skills [J]. Am J Surg, 2000, 179(3): 223-228.
- [14] GORDON J A, SHAFFER D W, RAEMER D B, et al. A randomized controlled trial of simulation-based teaching versus traditional instruction in medicine: a pilot study among clinical medical students [J]. Adv Health Sci Educ Theory Pract, 2006, 11(1): 33-39.
- [15] HÄNSEL M, WINKELMANN A M, HARDT F, et al. Impact of simulator training and crew resource management training on final-year medical students' performance in sepsis resuscitation: a randomized trial [J]. Minerva Anesthesiol, 2012, 78(8): 901-909.
- [16] ISBYE D L, HØIBY P, RASMUSSEN M B, et al. Voice advisory manikin versus instructor facilitated training in cardiopulmonary resuscitation [J]. Resuscitation, 2008, 79(1): 73-81.
- [17] ISSLEIB M, KROMER A, PINNSCHMIDT H O, et al. Virtual reality as a teaching method for resuscitation training in undergraduate first year medical students: a randomized controlled trial [J]. Scand J Trauma Resusc Emerg Med, 2021, 29(1): 27.
- [18] KIM J H, KIM W O, MIN K T, et al. Learning by computer simulation does not Lead to better test performance than textbook study in the diagnosis and treatment of dysrhythmias [J]. J Clin Anesth, 2002, 14(5): 395-400.

- [19] LO B M, DEVINE A S, EVANS D P, et al. Comparison of traditional versus high-fidelity simulation in the retention of ACLS knowledge [J]. *Resuscitation*, 2011, 82(11): 1440-1443.
- [20] MCCOY C E, MENCHINE M, ANDERSON C, et al. Prospective randomized crossover study of simulation vs. didactics for teaching medical students the assessment and management of critically ill patients [J]. *J Emerg Med*, 2011, 40(4): 448-455.
- [21] MORGAN P J, CLEAVE-HOGG D. Comparison between medical students' experience, confidence and competence [J]. *Med Educ*, 2002, 36(6): 534-539.
- [22] NACCA N, HOLLIDAY J, KO P Y. Randomized trial of a novel ACLS teaching tool: does it improve student performance [J]. *West J Emerg Med*, 2014, 15(7): 913-918.
- [23] ROH Y S, KIM S S. The effect of computer-based resuscitation simulation on nursing students' performance, self-efficacy, post-code stress, and satisfaction [J]. *Res Theory Nurs Pract*, 2014, 28(2): 127-139.
- [24] RUESELER M, WEINLICH M, MULLER M P, et al. Simulation training improves ability to manage medical emergencies [J]. *Emerg Med J*, 2010, 27(10): 734-738.
- [25] SCHWARTZ L R, FERNANDEZ R, KOUY-OUMJIAN S R, et al. A randomized comparison trial of case-based learning versus human patient simulation in medical student education [J]. *Acad Emerg Med*, 2007, 14(2): 130-137.
- [26] STEADMAN R H, COATES W C, HUANG Y M, et al. Simulation-based training is superior to problem-based learning for the acquisition of critical assessment and management skills [J]. *Crit Care Med*, 2006, 34(1): 151-157.
- [27] TAN G M, TI L K, TAN K, et al. A comparison of screen-based simulation and conventional lectures for undergraduate teaching of crisis management [J]. *Anaesth Intensive Care*, 2008, 36(4): 565-569.
- [28] TEN EYCK R P, TEWS M, BALLESTER J M. Improved medical student satisfaction and test performance with a simulation-based emergency medicine curriculum: a randomized controlled trial [J]. *Ann Emerg Med*, 2009, 54(5): 684-691.
- [29] TEN EYCK R P, TEWS M, BALLESTER J M, et al. Improved fourth-year medical student clinical decision-making performance as a resuscitation team leader after a simulation-based curriculum [J]. *Simul Healthc*, 2010, 5(3): 139-145.
- [30] WENK M, WAURICK R, SCHOTES D, et al. Simulation-based medical education is no better than problem-based discussions and induces misjudgment in self-assessment [J]. *Adv Health Sci Educ Theory Pract*, 2009, 14(2): 159-171.
- [31] GOMAA A R, GRAFTON-CLARKE C, SARATZIS A, et al. The role of High-Fidelity simulation in the acquisition of endovascular surgical skills: a systematic review [J]. *Ann Vasc Surg*, 2023, 93: 405-427.
- [32] LI Y Y, AU M L, TONG L K, et al. High-fidelity simulation in undergraduate nursing education: a meta-analysis [J]. *Nurse Educ Today*, 2022, 111: 105291.
- [33] ZENG Q, WANG K, LIU W X, et al. Efficacy of high-fidelity simulation in advanced Life support training: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. *BMC Med Educ*, 2023, 23(1): 664-668.
- [34] GOLICNIK A, BERDEN J, GOSLAR T, et al. High fidelity ECMO simulation: a reality check with reality-use of simulation in ECMO teaching program [J]. *J Artif Organs*, 2023, 26(1): 36-44.
- [35] HUANG J C, TANG Y, TANG J, et al. Educational efficacy of high-fidelity simulation in neonatal resuscitation training: a systematic review and meta-analysis [J]. *BMC Med Educ*, 2019, 19(1): 323-326.
- [36] BEAL M D, KINNEAR J, ANDERSON C R, et al. The effectiveness of medical simulation in teaching medical students critical care medicine: a systematic review and Meta-Analysis [J]. *Simul Healthc*, 2017, 12(2): 104-116.
- [37] MASSOTH C, RODER H, OHLENBURG H, et al. High-fidelity is not superior to low-fidelity simulation but leads to overconfidence in medical students [J]. *BMC Med Educ*, 2019, 19(1): 29-33.
- [38] AECKERSBERG G, GKREMOUTIS A, SCHMITZ-RIXEN T, et al. The relevance of low-fidelity virtual reality simulators compared with other learning methods in basic endovascular skills training [J]. *J Vasc Surg*, 2019, 69(1): 227-235.