·协和麻醉毕业后教育探索专栏·

仿真模拟器在经食管超声心动图教学中的应用价值

康文英[1] 关娜[2] 方仲蓉[1] 段福建[1] 袁素[1]

[1]中国医学科学院 北京协和医学院 阜外医院麻醉科,北京 100037;[2]新疆维吾尔自治区人民医院超声科,乌鲁木齐 830001

通信作者:袁素,Email:fuwaiys@126.com

【摘要】 目的 探索在继续教育培训学习经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)的参与者中,采用模拟器学习与不采用模拟器学习两种方式之间是否存在显著的学习效果差异。**方法** 回顾性分析2022年1月至2023年12月期间在中国医学科学院阜外医院麻醉科接受TEE培训者的学习效果。根据是否使用模拟器培训,将参与者分为两组:使用模拟器培训组和未使用模拟器培训组。通过分析培训结束后测评成绩、对培训的满意度及培训后独立操作TEE的自信心程度,来比较两组医师的培训效果差异,并评价模拟器在TEE教学中的应用效果。采用SPSS 26.0软件进行统计学分析,其中计量资料以(均数 ± 标准差)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料则以百分比表示,组间比较则采用卡方检验。**结果** 培训后的测试结果显示,在笔试成绩[(79.15 ± 6.86)分 vs. (71.54 ± 5.54)分,P<0.05]、操作考试切面获取率[(80.85 ± 5.93)% vs. (73.85 ± 5.06)%,P<0.05],以及20个标准切面获取时长[(11.45 ± 1.12) min vs. (13.54 ± 1.05) min,P<0.05]这几方面,使用模拟器组的成绩明显优于未使用模拟器组。此外,培训结束后的调查问卷显示,使用模拟器组的学员对于培训后独立操作TEE的自信度明显高于未使用模拟器组的学员[(4.74 ± 0.44) vs. (4.08 ± 0.95),P<0.05]。**结论** 在TEE继续教育培训中,当其他培训项目保持相同的情况下,接受模拟器培训的学员在图像识别和图像获取方面取得了更好的学习效果,培训后独立操作的自信度也更高。

【关键词】 仿真模拟器; 经食管超声心动图; 教学; 继续教育培训

【中图分类号】 R19

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240208-01908

Application value of simulation simulators in transesophageal echocardiography teaching

Kang Wenying[1], Guan Na[2], Fang Zhongrong[1], Duan Fujian[1], Yuan Su[1]

[1]Department of Anesthesiology, Fuwai Hospital, National Center for Cardiovascular Diseases, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100037, China; [2]Department of Ultrasound, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, China

Corresponding author: Yuan Su, Email: fuwaiys@126.com

【Abstract】 Objective To explore the differences in learning outcomes between learners undergoing transesophageal echocardiography (TEE) training with and without simulators in continuing education programs. **Methods** A retrospective analysis was conducted to examine the learning outcomes of physicians undertaking TEE training at the Department of Anesthesiology, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences from January 2022 to December 2023. Participants were divided into two groups: those who received training with simulators and those who did not. The study aimed to compare the training outcomes between the two groups by analyzing post-training assessment scores, satisfaction with the training, and confidence in independent TEE operation following the training, thereby evaluating the effectiveness of simulators in TEE instruction. SPSS 26.0 software was used for statistical analysis. Measurement data were expressed as mean ±

standard deviation, and between-group comparisons were made using an independent samples *t*-test. Categorical data were expressed as percentages (%), and between-group comparisons were made using the chi-square test. **Results** Post-training assessments revealed markedly superior performance in the simulator group compared to the non-simulator group regarding written examination scores [(79.15 ± 6.86) vs. (71.54 ± 5.54), $P<0.05$], rate of acquiring imaging planes during the operational examination [(80.85 ± 5.93)% vs. (73.85 ± 5.06)%, $P<0.05$], and time for acquiring 20 standard imaging planes [(11.45 ± 1.12) min vs. (13.54 ± 1.05) min, $P<0.05$]. Post-training questionnaire surveys indicated that participants in the simulator group exhibited significantly improved confidence in independent TEE operation following the training compared with the non-simulator group [(4.74 ± 0.44) vs. (4.08 ± 0.95), $P<0.05$]. **Conclusions** In TEE training during continuing education, when other training components are held constant, the use of simulators leads to better learning outcomes in image recognition and image acquisition compared to training without simulators, as well as higher confidence in independent operation after training.

【**Key words**】 Simulation simulator; Transesophageal echocardiography; Teaching; Continuing education program

DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20240208-01908

经食管超声心动图（transesophageal echocardiography，TEE）是一种重要的心血管成像方式。由于食管紧邻心脏和胸部大血管，它提供了一个优越的超声观察窗口，使得TEE能够捕捉到高分辨率的心脏图像。近年来，随着超声技术的飞速发展，尤其是三维超声技术的革新，TEE在心血管疾病的诊断、心脏手术中的实时监测与引导方面得到了广泛的应用。因此，TEE已成为心脏外科医生、麻醉师、心脏介入医师及临床心脏病专家不可或缺的成像工具[1]。

在我国，TEE技术仍处于发展初期。大部分基层临床工作人员尚未掌握这项技术，这与日益增长的临床需求之间存在明显差距，导致大量医生急需接受规范的TEE培训。熟练掌握TEE技术确实需要经过大量的实践操作，但TEE作为一种侵入性检查，在患者体内频繁操作探头不仅可能使患者出现难以忍受的不适症状，甚至可能诱发严重的并发症，如口咽部或消化道损伤[2]。因此，如何在确保患者安全的前提下，满足临床医生对TEE技术的培训需求，成为了TEE培训机构面临的一项重要挑战。

在医学培训领域，模拟器扮演着极其重要的角色。通过模拟器进行训练，受训者能够在一个安全的环境中犯错并学习，从而在真实情境中减少错误和对患者的伤害。这种训练方式为学习者提供了一个低风险、低压力的学习环境，有效消除了时间限制和潜在并发症的风险[3]。国内学者对经胸超声心动图（transthoracic echocardiography，TTE）模拟器在教学中的应用进行了深入研究，结果均表明模拟器显著提高了TTE培训的效率[4-5]。随着技术的不断进步，TEE模拟器也逐渐被引入临床教学之中。国内外研究者利用TEE模拟器进行教学实践，发现这种方法能够显著提升教学效果[6-7]。然而，在我国，提供继续教育TEE培训的机构相对较少，对于如何规范地应用模拟器及如何科学评估其教学效果，仍然缺乏足够的经验。本研究的目的是探索TEE模拟器在继续教育TEE培训中所起的作用。

1　对象与方法

1.1　研究对象

研究对象为2022年1月至2023年12月期间在阜外医院麻醉科接受为期3个月TEE培训的学员。共包括60名医师，具体构成如下：麻醉医师38人（63.33%）、超声医师15人（25.00%）、心内科医师7人（11.67%）；高级职称20人（33.33%）、中级职称38人（63.33%）、初级职称2人（3.34%）；博士10人（16.67%）、硕士34人（56.67%）、学士16人（26.66%）。

对使用模拟器的学员组与未使用模拟器的学员组进行了基线情况的对比分析。结果显示，在年龄、性别、超声经验、学历及职称等方面，两组学员之间差异无统计学意义。

纳入标准：在此培训之前未学习过TEE的医师，或虽有学习经验但尚不能独立完成TEE操作的医师。排除标准：在此培训之前已经能够独立完成TEE操作的医师。

1.2 研究方法

1.2.1 培训方法

所有进修医师首先接受关于TEE的基本概念培训，培训内容包括：TEE成像的基本原理、心脏的基本解剖结构、TEE探头的操作技巧、TEE的基本切面识别、TEE检查的适应证及TEE的安全操作规范。培训时长共计240 min。

模拟器使用组（共47人）：在科室具备模拟器使用条件的情况下，医师们在完成TEE基本切面的讲解后，随即进行模拟器训练。首次模拟器训练由具备丰富经验的医师（具有400例以上TEE检查经验）亲自指导。随后，学员们将独立进行模拟器操作练习。为确保培训效果，要求每位学员在进修的第一个月至少完成3次模拟器训练，每次训练时长不少于60 min，并根据个人学习进度适时增加练习时长。所使用的模拟器型号为Simbionix Ultrasound Mentor（US004-02-18CC），该模拟器不仅具备常规的模拟显示功能，还配备了自动识别技术，能够在学员获取特定切面后自动评估图像是否符合标准要求。

除了满足最低培训时间要求外，学员还需成功获取20个指南推荐的TEE标准切面，并通过模拟器的审核。此外，进修医师还将在资深医师的指导下参与TEE实操检查，并定期参加每周举行的TEE理论培训课程，课程内容涵盖各种心血管疾病的TEE评估方法及临床病例讨论，以提升其综合诊断能力。

模拟器未使用组（共13人）：在科室不具备模拟器条件的阶段，医师们将首先进行为期1个月的科室内参观学习。随后，在资深医师的指导下进行TEE实操检查，并参加与模拟器训练组相同的每周1次的TEE理论培训课程。

结业评估：无论是模拟器训练组的医师还是非模拟器训练组的医师，在进修结束时均需进行结业汇报，并接受结业考核。

1.2.2 考核方法

学习结束测评：进修医师的学习成果将通过2个部分进行评估：笔试和操作测试。笔试：包含20个问题，内容涵盖TEE的基本概念、图像解读及临床病例分析。每题分值为5分，总分为100。答对得5分，答错则不得分。操作测试：操作测试由科室内两位经验丰富的高年资医师负责，他们将对每位学员获取20个常规TEE切面[1]的能力进行评估。每个切面满分为5分，总分也为100。学员有最长2 min的时间来获取每个切面，并识别相应的解剖结构。若在规定时间内成功获取标准切面并准确识别解剖结构，学员将获得5分，否则不得分。

满意度调查：通过调查问卷的方式，旨在了解进修医师的基本信息，并收集他们对进修学习的意见和建议。此外，还额外调查了受训医师对培训满意度的评价及独立操作时的自信程度。调查问卷采用5分制评分，其中0分表示“非常不满意”或“非常不自信”，而5分则表示“非常满意”或“非常自信”。

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0软件进行统计学分析。对所有可能影响培训效果的因素分别进行了统计比较，这些因素包括性别、年龄、职称、既往超声工作经验及是否进行了模拟人培训。其中，计量资料用（均数 ± 标准差）表示，组间比较采用独立样本 t 检验；计数资料则以百分比的形式表示，组间比较选用卡方检验。检验水准 α=0.05。

2 结果

2.1 两组学员笔试成绩、操作成绩和切面获取时间的比较

模拟器使用组在笔试考核中的得分高于模拟器未使用组[(79.15 ± 6.86) vs. (71.54 ± 5.54)（P<0.05)]。在操作考核方面，模拟器使用组的得分同样高于未使用组[(80.85 ± 5.93) vs. (73.85 ± 5.06)（P<0.05)]。此外，模拟器使用组完成所有切面所需的平均时间[(11.45 ± 1.12) min]少于未使用组[(13.54 ± 1.05) min]（P<0.05)（表1）。

2.2 两组学员的满意度、独立操作自信度比较

根据培训医师满意度调查的结果，发现模拟器

表1 两组学员笔试成绩、操作成绩和切面获取时间的比较

项目	模拟器使用组（n=47）	模拟器未使用组（n=13）	t值	P值
笔试成绩[($\bar{x} \pm s$)，分]	79.15 ± 6.86	71.54 ± 5.54	3.67	0.001
操作成绩[($\bar{x} \pm s$)，分]	80.85 ± 5.93	73.85 ± 5.06	3.88	0.001
切面获取时间[($\bar{x} \pm s$)，min]	11.45 ± 1.12	13.54 ± 1.05	6.04	<0.001

使用组与模拟器未使用组在总体满意度上差异无统计学意义。然而，在独立完成TEE操作的自信度方面，模拟器使用组的学员表现出了更高的自信水平[(4.74 ± 0.44) vs. (4.08 ± 0.95)(*P*<0.05)](表2)。

表2　两组学员的满意度、独立操作自信度比较[($\bar{x} \pm s$)，分]

项目	模拟器使用组（*n*=47）	模拟器未使用组（*n*=13）	*t*值	*P*值
满意程度评分	4.72 ± 0.62	4.92 ± 0.28	1.13	0.262
自信程度评分	4.74 ± 0.44	4.08 ± 0.95	1.72	0.029

3　讨论

本研究旨在评估模拟器在TEE培训中的应用效果。通过对本中心60名来自不同职业背景的进修医师进行TEE培训成果的分析，发现使用模拟器进行培训的学员在笔试和实际操作考核中均取得了更优的成绩。具体表现为更熟练地获取标准切面、更准确地识别解剖结构，以及更精准地解读超声图像。此外，模拟器的使用还提升了学员在培训结束后独立完成TEE检查的自信度。

3.1　模拟器可提升TEE实操和理论培训效果

TEE技能的培养可划分为2个核心部分。第一部分涉及通过操作探头和超声设备来获取清晰的图像；第二部分则是对这些图像进行准确的解读。这两部分内容均对操作医生的理论知识和实践技能提出了高标准的要求。为了全面评价培训效果，研究者在考核体系中设置了理论考试和实操考试2个环节。考核结果显示，使用模拟器的受训者在实操考试中表现更佳，且模拟器训练有助于受训者获得更熟练的操作技能。Pezel等[6]在对TEE模拟器培训的对照试验中也得出了类似的结论。值得注意的是，模拟器使用组在理论考试中也展现出了更好的成绩，这可能归功于模拟器训练在帮助学员快速、准确获取图像的同时，还促进了他们对心脏立体空间概念的建立，加深了对心脏结构间毗邻关系及局部结构特征的理解，从而在识别解剖结构和辨别病变病理特征方面提供了更准确的诊断依据。

基于这些发现，研究者认为在未来的TEE培训中，模拟器不仅可以用于图像获取训练，还可以整合理论学习，如解剖结构和血流动力学评估的学习。目前，一些高级模拟器已经配备了特定疾病的病例演示功能，这为培训者提供了将理论与实际操作相结合、模拟临床情境进行教学的有力工具。

3.2　模拟器可提升TEE培训满意度和自信度

在本研究中，研究者对使用模拟器的学员组与未使用模拟器的学员组在培训结束后的满意度及独立进行TEE检查的自信度进行了比较。结果显示，两组学员在培训满意度方面差异无统计学意义，但使用模拟器的学员在独立完成TEE检查的自信度上高于未使用模拟器的学员。这一发现与Jujo等[8]的Meta分析结果存在不一致之处，后者研究中显示，使用TEE模拟器训练的学员展现出了更高的培训满意度。差异可能源于以下2个方面：首先，本单位的TEE培训课程设计全面且综合，涵盖了理论学习、临床实际操作和病例讨论等多个关键环节，确保了培训内容的丰富性和合理性；其次，得益于丰富的临床病例资源，学员们获得了大量的实践机会，这可能是无论是否使用模拟器，学员总体满意度均保持较高水平的原因。

尽管总体满意度上未见明显区别，但使用模拟器的学员在操作自信度上的优势依然显著。这可能是由于在临床实践学习中，鉴于患者并发症风险的存在，学员往往以观察学习为主，实际操作的机会相对有限。相比之下，模拟器提供了一个无风险的学习环境，允许学员在无压力状态下进行充分的操作练习，从而有效提升了其独立操作的自信度。

因此，在TEE培训中，结合完善的课程设置、模拟器训练及临床实践训练，不仅可以降低患者发生并发症的风险，还能为受训者提供最佳的培训体验和效果。

3.3　TEE模拟器投资效益显著，需综合评估

虽然TEE模拟器在培训中能带来显著益处，但其通常较高的价格要求培训单位仔细评估模拟器教学的成本效益。

在医学培训领域，成本通常包括固定成本（例如模拟器的购置费用）和变动成本（如场地租赁费用、教学人员薪酬），而效益则涵盖培训效果的提升（例如更优质的培训体验和成果）及诊疗质量的改进（如减少误诊和避免教学过程中的伤害）[9-10]。

在本研究中，模拟器由本单位集中采购，并已提供必要场地，因此并未产生额外的固定成本。实际上，模拟器的使用减轻了临床教学人员的工作负担，同时提升了教学质量，并有效避免了教学过程中对患者的潜在伤害。基于此，对于已经投资模拟

器的单位，强烈推荐充分利用这一资源进行TEE教学，以实现成本效益的最大化。

对于那些尚未配备模拟器的单位，是否购置TEE模拟器应基于当地的培训需求和医疗经济状况进行综合评估。目前，国内外尚缺乏关于此方面的高水平卫生经济学研究证据，这表明未来需要在这一领域开展更多深入研究。需要指出的是，鉴于TEE操作可能带来的严重并发症风险（如严重的消化道出血、食管穿孔等），经济成本与效益分析不应成为机构预算决策时的唯一考量因素。机构在做出投资决策时，还应充分考虑患者安全、教学质量的提升及长期医疗成本的节约。

3.4 本研究的局限性

本研究存在一定的局限性。首先，作为一项回顾性研究，研究者未能对参与培训的两组学员进行随机分组，也未能完全控制他们的职业背景和相关经验。尽管研究者对两组学员的职业背景、学历和职称等进行了比较，并发现差异无统计学意义，但这并不能彻底排除不同背景和经验对研究结果可能产生的潜在影响。实际上，受训人员的多样性正反映了目前国内需要接受TEE培训医师的真实状况。如何适应这种基础不均衡的学员群体，以及如何更有效地将模拟器培训应用于不同基础的学员，将是未来研究需要深入探索的重要方向。

其次，本研究中所有学员均按规定完成了模拟器训练，并通过了模拟器内置的标准切面审核。这一设计确保了学员达到培训标准，但并未明确模拟器练习的最短有效时长，以及达到最佳学习效果所需的具体时间。鉴于模拟器的成本效益考量，如何高效利用模拟器资源是培训单位必须重视的问题。在此基础上，未来可开展前瞻性研究，依据学员的不同基础进行分组，进一步探究模拟器培训时长对培训效果的具体影响。

此外，本研究仅评估了培训结束时学员的理论和操作成绩，以及他们对培训的满意度和自信度。关于学员是否能长期保持培训效果，以及模拟器对培训远期效果的影响，本研究并未提供相关数据。因此，研究者计划对这批学员进行长期随访，调查他们的技能维持情况，以全面评估模拟器对培训长期效果的具体影响。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 康文英：项目设计、撰写论文；关娜：统计分析、论文撰写；方仲蓉：项目实施；段福建：项目指导、论文修改；袁素：项目指导、凝练主要观点

参考文献

[1] Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: recommendations from the American society of echocardiography and the society of cardiovascular anesthesiologists [J]. Anesth Analg, 2014, 118(1): 21-68. DOI: 10.1213/ANE.0000000000000016.

[2] Dudzinski DM, Mangalmurti SS, Oetgen WJ. Characterization of medical professional liability risks associated with transesophageal echocardiography [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(3): 359-364. DOI: 10.1016/j.echo.2018.11.003.

[3] 姚舜，唐雅彬，易晨越，等. 医学技能模拟训练的临床效果转化研究热点及趋势分析[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(9)：1308-1314. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20210408-01408.

[4] 娄智超，李旭，白冰，等. TTE模拟教学在麻醉专业住院医师基本超声技能教学中的应用[J]. 基础医学与临床，2016，36(3)：427-432. DOI: 10.16352/j.issn.1001-6325.2016.03.030.

[5] 郭潇潇，郭立琳，魏统辉，等. 模拟器教学在经胸超声心动图操作培训中的应用[J]. 基础医学与临床，2022，42(2)：353-356. DOI: 10.16352/j.issn.1001-6325.2022.02.022.

[6] Pezel T, Dreyfus J, Mouhat B, et al. Effectiveness of simulation-based training on transesophageal echocardiography learning: the SIMULATOR randomized clinical trial [J]. JAMA Cardiol, 2023, 8(3): 248-256. DOI: 10.1001/jamacardio.2022.5016.

[7] 孙兆楚，龚婵娟，沈健. 经食道超声心动图模拟训练系统在麻醉规培带教中的应用[J]. 中华医学教育探索杂志，2023，22(9)：1394-1397. DOI: 10.3760/cma.j.cn116021-20220311-01427.

[8] Jujo S, Nakahira A, Kataoka Y, et al. Transesophageal echocardiography simulator training: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials [J]. Simul Healthc, 2021, 16(5): 341-352. DOI: 10.1097/sih.0000000000000537.

[9] Maloney S, Haines T. Issues of cost-benefit and cost-effectiveness for simulation in health professions education [J]. Adv Simul, 2016, 1: 13. DOI: 10.1186/s41077-016-0020-3.

[10] Yiqun Lin, Adam Cheng, Kent Hecker, et al. Implementing economic evaluation in simulation-based medical education: challenges and opportunities [J]. Med Educ, 2018, 52(2): 150-160. DOI: 10.1111/medu.13411.

（收稿日期：2024-02-08）

（本文编辑：邬小梅）