

• 医学教育 •

现代技术整合在心脏病学教育中的应用与展望

蒋 捷^{1a}, 陈燕佳^{1b}, 孙卓妍^{1b}, 邱泽平^{1b}, 华 沙², 金 玮^{1b}

(1.上海交通大学医学院附属瑞金医院 a. 全科医学科;b. 心血管内科, 上海 200025;

2. 上海交通大学医学院附属瑞金医院卢湾分院心血管内科, 上海 200020)

[摘要] 随着科技飞速发展,心脏病学教学正经历深刻变革。增强现实(augmented reality, AR)、虚拟现实(virtual reality, VR)、人工智能(artificial intelligence, AI)及医学模拟技术的引入为教学方法创新提供了新机遇。这些技术不仅能提升教学效果与学习体验,更有效促进临床技能培养。然而,尽管应用潜力巨大,当前教学实践仍面临技术成本高、师资培训不足及教学内容整合困难等挑战。本文旨在综述上述技术在心脏病学教育中的整合应用,分析其优势与局限,并探讨未来发展方向,为医学教育者和研究者提供参考。

关键词: 心脏病学; 医学教育; 增强现实; 虚拟现实; 人工智能; 医学模拟

中图分类号: R54 **文献标志码:** C **文章编号:** 1673-6087(2025)03-0262-05

DOI: 10.16138/j.1673-6087.2025.03.13

Integration of modern technologies in cardiological education: applications and prospectsJIANG Jie^{1a}, CHEN Yanjia^{1b}, SUN Zhuoyan^{1b}, QIU Zeping^{1b}, HUA Sha², JIN Wei^{1b}

1. a. Department of General Practice; b. Department of Cardiology, Ruijin Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200025, China; 2. Department of Cardiology, Ruijin Hospital Luwan Branch, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 200020, China

[Abstract] With the rapid progress of technology, cardiovascular education is undergoing unprecedented transformation. The introduction of augmented reality (AR), virtual reality (VR), artificial intelligence (AI), and medical simulation technologies offers new possibilities for innovation in teaching methods. These advanced technologies not only enhance the effectiveness of teaching and students' learning experiences, but also effectively promote the development of clinical skills. However, despite the enormous potential for these technologies, various challenges persist in practical teaching applications, including technological costs, insufficient teacher training, and difficulties in integrating teaching content. This paper aims to review the integration of these technologies in cardiovascular education, analyze their respective advantages and limitations, and explore future development directions, thereby providing valuable insights for educators and researchers in the field of medical education.

Key words: Cardiovascular medicine; Medical education; Augmented reality; Virtual reality; Artificial intelligence

心脏病学作为医学领域内一个高度专业化的分支,对医学生和住院医师的培训提出严苛且精细的要求。传统教学方法主要依赖课堂讲授和书本学习,在传授复杂解剖结构和临床操作技能时存在一定局限性。随着医学教育不断革新,特别是在数字化和信息技术迅猛发展的背景下,传统教学手段已难以适应现代需求。因此,整合先进技术以优化教学效果成为必然趋势。

近年,增强现实(augmented reality, AR)、虚拟现实(virtual reality, VR)、人工智能(artificial intelligence, AI)和医学模拟技术的应用为心脏病学教育提供了全新视角和方法。例如,VR技术可模拟高度仿真的临床场景,使学生在虚拟环境中实践操作,有效提升动手能力和临床判断力^[1]。此外, AI技术可实现个性化学习,根据学员学习进度和理解能

力提供定制化学习内容和反馈^[2]。医学模拟技术在心脏病学教育中亦逐步普及,学生可在安全环境中通过模拟真实临床情境积累操作经验,这种“在实践中学习”的模式被证实可显著提升学习效果^[3]。

综上所述,AR、VR、AI与医学模拟技术的有机结合,能显著提升心脏病学教学的趣味性和有效性,进一步助力未来医务工作者的技能培养与知识储备。这一变革不仅体现了医学教育的创新,更为心脏病学领域的持续发展奠定坚实基础。

1 现代技术在心脏病教学中的应用**1.1 AR技术在心脏病学教学中的应用**

1.1.1 AR技术的基本原理与特点: AR技术通过将虚拟信息与现实环境相结合,借助计算机生成的图像、声音等感官

基金项目: 国家自然科学基金项目(82270404、82300421)

通信作者: 金 玮 E-mail: jinwei@shsmu.edu.cn

信息增强用户的现实感知。在心脏病学教学中,AR 技术的应用通过识别现实世界中的特定标记或场景,将虚拟内容叠加到实际环境中,使学习者能够以更为直观的方式理解复杂的医学概念和结构。例如,AR 技术可将三维心脏模型叠加到真实解剖结构上,帮助学生更好地理解心脏的空间位置和功能。动态三维结构的呈现极大增强了学生对心脏复杂结构的理解力。此外,AR 技术的强互动性使学习者可通过手势或触摸与虚拟内容进行交互,从而提升学习主动性和效果。研究表明,AR 技术在医学教育中的应用能够显著提高学生的学习动机和知识掌握程度,为心脏病学教学提供新的可能性^[4-5]。

1.1.2 AR 在解剖教学中的优势:在心脏病学的解剖教学中,AR 技术表现出显著优势。传统的解剖教学主要依赖于尸体解剖和二维图像,这些方法在某些情况下难以全面展现复杂的解剖结构。而 AR 技术能够提供动态三维可视化效果,使学生在在学习过程中得以直观地观察心脏各部位及其功能,尤其适用于复杂的动态结构,如心脏瓣膜的运动与血流路径。通过 AR 技术,学生可在现实环境中直观地查看心脏结构、血流路径及相关病变信息,进而更有效地理解和记忆解剖学知识。此外,AR 技术还能为学生提供实时反馈,帮助其及时纠正理解上的偏差。研究显示,使用 AR 技术进行解剖学习的学生,在知识掌握和实践技能应用方面均明显优于传统教学方法的学生。这为心脏病学的解剖教学开创了新模式,并为深入理解复杂结构提供更高效的工具^[5-6]。智利某大学在医学本科生的心脏生理学教学中引入 AR 应用程序,开展一系列学习活动。结果显示,学生对于心脏收缩过程涉及解剖和生理概念的理解表现出显著进步,通过与 AR 技术的互动,学生能够更有效地将抽象的生理过程与直观的可视化元素相结合,从而促进知识构建,并提高学习动机^[7]。

1.1.3 AR 技术在临床技能培训中的应用实例:AR 技术在心脏病学临床技能培训中的应用日益广泛。通过模拟真实临床场景,AR 技术不仅帮助学生掌握基本的临床操作技能,还能增强其在实际操作中的信心和能力。例如,在心脏导管插入等复杂手术培训中,AR 技术可提供实时导航和指导,帮助学生在操作过程中更好地理解每个步骤的生理机制及其重要性^[8]。研究表明,参与 AR 培训的医学生在技能掌握和操作准确性方面的表现均明显优于接受传统培训方法的学生。此外,AR 技术还可用于模拟心脏病患者的临床表现,帮助学生在无风险环境中进行病例分析和决策训练。在心脏超声培训方面,目前已有多个 AR 应用被用于培训。CAE Vimedix™ 超声模拟器使用可追踪位置和方向的转能器,重建与人体模型相关的图像。该模拟器已被用于训练经胸超声心动图(transsthoracic echocardiography, TTE)和经食管超声心动图(transesophageal echocardiography, TEE)。大多数参与者认为 TEE 模拟器和 TTE 模拟器均具有高仿真性,非常逼真(分别有 90% 和 87% 的人同意或非常同意)^[9]。这些实例显示,AR 技术在心脏病学临床技能培训中具有重要的应用价值,推动医学教育创新,为未来医学教育提供

新思路和方向^[1]。

1.2 VR 技术的影响与实践

1.2.1 VR 技术的定义与发展历程:VR 技术通过计算机生成模拟环境,让用户以沉浸式的方式与虚拟世界交互。VR 技术早期发展可追溯至 20 世纪 60 年代,当时的技术聚焦于简单的图形和交互设备。随着计算机技术(尤其是图形处理能力)的提升,VR 技术逐渐演变为一种融合多感官的沉浸式体验,使用户在视觉、听觉乃至触觉上获得更为逼真的感受。近年,VR 技术在医疗、教育和娱乐等众多领域中获得广泛应用,在医学教育和临床训练领域,更被视为一种有效的学习工具。研究表明,VR 技术不仅能为学生提供安全的训练环境,更能帮助学生在无风险条件下进行复杂技能的练习与掌握^[10-11]。

1.2.2 VR 在模拟手术训练中的应用:VR 技术在医学教育中最突出的应用领域之一是模拟手术训练。借助 VR 平台,医学生和外科医师可在高度仿真的虚拟环境中进行手术练习,而无需在真实患者身上进行操作。这种模拟训练不仅降低了患者风险,还使学习者在不受时间和空间限制的情况下反复练习手术步骤,从而提升其操作技能和决策能力。研究显示,接受 VR 手术训练的学生在实际操作中的表现显著优于传统教学法培养的学生^[12]。Korzeniowski 团队^[13]开发的 VCSim3 系统应用于心血管介入手术培训。该模拟器基于改进的 Cosserat 模型,能够有效模拟虚拟导管和导丝的真实行为,包括弯曲、扭转等现象,为心血管介入手术培训提供了一种安全且高效的替代方案,有效规避了在真实患者身上培训伴随的风险和伦理问题。此外,VR 技术还能结合三维影像技术,为外科医师提供更直观的解剖结构可视化,增强术前规划与准备的质量,进一步提高手术成功率^[14]。

1.2.3 VR 技术对学生学习效果的影响研究:VR 技术在医学教育中的应用日益受到广泛关注,其在提升学生学习效果方面的潜力更是研究热点。VR 技术通过提供沉浸式的学习环境,使学生能够在高度仿真的场景中学习与实践操作,从而提高学习参与度与动机。一项针对护理学生的研究证实,与传统方法相比,VR 技术更能有效促进知识的掌握与应用^[15]。此外,VR 技术也被证实可提高学生的记忆保留率和理解能力,使其在学习过程中更具主动性和创造性^[16]。特别是在后疫情时代,移动 VR 技术被认为可有效提高学习者的动机和参与度,在适应不同学习风格方面具较大优势^[17]。这些研究结果表明,VR 技术不仅是医学教学中的创新手段,更成为提升学习效果的重要工具。

1.3 AI 在医学教育中的潜力

1.3.1 AI 技术的基础与现状:AI 技术在医学教育中的应用正处于快速发展阶段。AI 的基础技术包括机器学习、自然语言处理和计算机视觉等,这些技术能够处理大量数据并从中学习,从而提供智能化解决方案。在医学教育领域,AI 已被应用于模拟培训、病例分析和知识评估等方面。研究表明,越来越多的医学教育机构开始引入 AI 技术,以提升教学质量和学习效果。AI 的引入正在重塑促使教育者和学习者之间的互动模式,推动教学方法向更创新与多元化的

方向发展^[18]。

1.3.2 AI在个性化学习方案中的应用:AI技术在医学教育中最显著的应用之一是提供个性化学习方案。通过分析学生的学习习惯、知识掌握程度和学习目标,AI能够为每位学生制定个性化的学习计划。基于实时数据反馈,AI系统可动态调整教学内容,优化学习路径,从而提高学习效率。例如,部分医学教育平台利用AI技术实时追踪学生的学习进度,并依据数据分析结果调整学习内容和节奏,以满足个体化需求^[19-20]。此外,AI还能帮助教师更好地了解学生的学习情况,及时提供个性化指导和支持,提升整体教学效果^[21-22]。

1.3.3 AI辅助的评估与反馈机制:AI辅助评估与反馈机制在医学教育中展现出巨大潜力。传统评估方法往往费时费力且易受主观因素影响,而AI技术可通过数据分析提供更为客观、准确的评估结果。凭借其强大的数据分析能力,AI可深度挖掘学生学习数据,精准定位其知识体系中的薄弱环节,并据此提供针对性的学习资源和个性化建议。此外,AI还能实现对学生考试答案的自动化评分与解析,精准识别普遍存在的错误模式,并生成详细反馈报告,帮助学生深入理解知识点,显著提升学习成效^[23]。这种基于数据驱动的评估与反馈机制不仅提升了评估效率,也为学生的持续学习提供强有力的支持。

1.4 医学模拟技术的整合与应用

1.4.1 医学模拟的定义与类型:医学模拟技术是一种通过仿真模拟真实医疗环境和情境,以优化医疗教育与培训效果的教学手段,为医学生和医疗专业人员提供一个安全的学习平台,使其能够在无风险的情况下练习并掌握各类临床技能。医学模拟的类型丰富多样,涵盖高保真模拟(如模拟人、VR)、低保真模拟(如解剖模型、角色扮演)以及基于病例的讨论等。高保真模拟通常提供更为真实的临床体验,能够模拟生命体征变化、病理生理现象以及临床决策过程,尤其适用于复杂的心脏病学病例训练。而低保真模拟则常用于基础技能训练,如心肺复苏和基本生命支持等,这些技能在心脏病学急救处理中至关重要^[24]。通过这些模拟技术,医学生和住院医师能够在情境中反复练习操作,增强实践能力,提高应对临床突发事件的信心,从而提升其临床能力和保障患者安全水平。

1.4.2 模拟技术在心脏病学临床技能培训中的重要性:在心脏病学领域,模拟技术的应用具有重大意义。心脏病的急救和治疗通常需要快速、准确的决策,而模拟训练可显著提升医务人员在高压环境下的应对能力。例如,心脏病急救场景模拟可帮助医务人员反复练习心肺复苏、心电图解读及药物管理等关键技能,从而提升临床实践水平。通过模拟,医务人员可在无风险环境中反复练习复杂操作,从而提升其自信心和操作熟练度。相关研究表明,使用认知辅助应用程序可确保符合指南的心肺复苏实施,并显著提升急救质量^[25]。此外,针对危重症患者管理,模拟技术能促进医疗团队在复杂情况下有效沟通和决策,从而减少差错,改善患者生存率^[26]。伊利诺伊大学芝加哥分校使用Angio-

Mentor™模拟器对无经验的心脏病学研究生进行诊断性冠状动脉造影训练。结果显示,学员在完成标准冠状动脉造影的操作时间、造影剂用量和放射暴露时间等客观指标上均有显著改善,操作效率显著提高。这些改善在经过2~3个月训练后仍得以维持^[27]。

1.4.3 医学模拟对提升学习效果的评估:对医学模拟技术学习效果的评估是医学教育研究的重点领域。多项研究表明,医学模拟能显著提升医学生和住院医师的临床技能和知识掌握度。例如,一项随机对照试验显示,结合传统教学的结构化模拟训练可有效提升医学受训者(尤其是住院医师)对冠状动脉造影图像的解读技能^[28]。对学习效果进行系统性评估有助于教育者更好地把握模拟技术的有效性,并持续优化教学设计以满足不同学习者的需求。这种评估机制不仅有助于提升医学教育质量,还能够培养出更具胜任力的心脏病学专业人才,从而为患者提供更优质的医疗服务。

2 心血管病教学中现代技术整合的优势与挑战

2.1 技术整合对学习体验的提升

现代技术的整合对心血管病教学的学习体验产生了显著积极影响。通过应用VR、AR和三维可视化技术,学生得以更直观地理解复杂的心血管解剖结构和功能。此外,互联网的普及使学生能够随时随地获取学习资源,促进自主学习和团队协作,提升学习灵活性和有效性^[29]。然而,技术整合远非简单引入新工具,其本质在于推动传统教学方法的变革。教师在此过程中需重构课程设计,以适应新技术带来的教学环境与学习方式的转变。

2.2 整合过程中可能遇到的技术和资源障碍

尽管技术整合优势显著,其实施过程仍面临技术和资源障碍。首先,师生技术应用能力的差异可能导致学习效果不均衡,部分学生或因技术复杂性产生挫败感^[30]。其次,教育机构的技术基础设施可能不足,设备短缺和网络支持匮乏限制了技术的全面应用^[31]。此外,若教师在技术整合过程中缺乏系统培训与支持,可能产生畏惧情绪或困惑,从而影响教学效果。因此,克服这些障碍亟需教育管理者的重视和投入,提供必要的设备、技术支持和培训资源。

2.3 教师在技术整合中的角色与培训需求

随着技术整合的推进,教师在心血管病学教学中的角色也在发生变化,不仅是知识的传授者,更是技术应用的引导者和学生学习的促进者。为有效实施技术整合,教师需具备一定的技术素养和教学设计能力^[32]。这就要求教育机构为教师提供持续的专业发展培训,以提高其在使用新技术的能力。此外,教师还需积极参与技术整合的研究与实践,通过反思和分享教学经验,不断优化教学方法,提升学生的学习体验。

2.4 跨学科合作在技术整合中的重要性

跨学科合作在心血管病教学技术整合中具有重要意义。不同学科的知识与技能可相互补充,从而增强教学的广度

与深度。例如,医学与工程学结合可推动医疗器械的创新,而与信息技术协作则有助于数据分析与AI在医学中的应用。这种跨学科合作不仅可提高学生的综合素质,还能为解决复杂的临床问题提供多元化的思路与解决方案。因此,教育机构应鼓励师生间的跨学科交流与合作,以营造更丰富的学习环境,推动创新教学模式的形成。

3 未来技术发展的趋势与展望

未来技术的发展将继续推动心血管病学教学的深刻变革,特别是在个性化学习和智能化教学领域。随着AI和大数据技术的进步,教育者可根据学生的学习行为、需求和进展提供更个性化的学习体验。此外,VR和AR技术的进一步发展将使得模拟教学更逼真沉浸,帮助学生更好地掌握临床技能和决策能力。未来的心血管病教学将不仅依赖于传统课堂,更会向灵活多样的学习模式转变,促进学生的自主学习与终身学习能力的培养。

整合AR、VR和AI与医学模拟技术已为心脏病学教学带来革命性的变革。这些技术显著提高了教学的互动性和参与度,为学生提供更生动丰富的学习体验。通过虚拟环境中的沉浸式学习,学生能在无风险情境下进行复杂医疗操作,从而深化对心脏病学核心概念的理解和实际应用能力。

然而,技术整合过程中仍存在诸多挑战。例如,如何确保不同技术间协同高效运作,如何解决设备成本高昂、技术培训不足以及教育资源分配不均等问题,仍是亟待解决的关键议题。此外,技术发展与医学教育需求间的平衡也需进一步探索,以确保教育者和学生在技术持续更新的背景下获得最新的知识和技能。

展望未来,随着AR、VR和AI技术的持续进步,其在心脏病学教育中的应用将更广泛深入。教育者可借助这些技术创造更个性化的学习路径,满足不同学生的需求与学习风格,从而提高整体学习效果。同时,结合大数据分析 with 学习反馈,这些技术还将助力评估学生的学习进展与技能掌握情况,进一步推动教育质量提升。

综上所述,尽管面临挑战,现代技术的整合为心脏病学教育的未来发展提供了广阔前景,为个性化、智能化的医学教育奠定基础。通过不断探索和优化这些技术的应用,教育工作者能更好地培养具备卓越临床能力的心血管医学人才,推动心脏病学领域的持续进步与创新。

利益冲突说明/Conflict of Interests

所有作者声明不存在利益冲突。

伦理批准及知情同意/Ethics Approval and Patient Consent

本文不涉及伦理批准及知情同意。

作者贡献/Authors' Contributions

蒋婕负责论文构思和撰写;陈燕佳负责论文撰写与修改;孙卓妍负责数据收集整理;邱泽平负责指导和数据收集整理;华沙负责论文设计和指导;金玮负责指导、选题、修改与

润色。

[参考文献]

- [1] Jung C, Wolff G, Wernly B, et al. Virtual and augmented reality in cardiovascular Care: state-of-the-art and future perspectives[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2022, 15(3): 519-532.
- [2] Antel R, Abbasgholizadeh-Rahimi S, Guadagno E, et al. The use of artificial intelligence and virtual reality in doctor-patient risk communication: a scoping review[J]. Patient Educ Couns, 2022, 105(10): 3038-3050.
- [3] Kweki AG, Sarwar Khan Tharin M, Baptista V, et al. The impact of simulation-based training in cardiovascular medicine: a systematic review[J]. Cureus, 2023, 15(12): e50414.
- [4] Uzun M. Augmented reality in cardiology[J]. Anatol J Cardiol, 2019, 22(Suppl 2): 25-28.
- [5] Sinou N, Sinou N, Filippou D. Virtual reality and augmented reality in anatomy education during COVID-19 pandemic[J]. Cureus, 2023, 15(2): e35170.
- [6] Minga I, Al-Ani MA, Moharem-Elgamal S, et al. Use of virtual reality and 3D models in contemporary practice of cardiology[J]. Curr Cardiol Rep, 2024, 26(6): 643-650.
- [7] Gonzalez AA, Lizana PA, Pino S, et al. Augmented reality-based learning for the comprehension of cardiac physiology in undergraduate biomedical students[J]. Adv Physiol Educ, 2020, 44(3): 314-322.
- [8] Liu J, Al'Aref SJ, Singh G, et al. An augmented reality system for image guidance of transcatheter procedures for structural heart disease[J]. PLoS One, 2019, 14(7): e0219174.
- [9] Platts DG, Humphries J, Burstow DJ, et al. The use of computerised simulators for training of transthoracic and transoesophageal echocardiography. The future of echocardiographic training?[J]. Heart Lung Circ, 2012, 21(5): 267-274.
- [10] Jaskiewicz F, Kowalewski D, Starosta K, et al. Chest compressions quality during sudden cardiac arrest scenario performed in virtual reality: a crossover study in a training environment[J]. Medicine(Baltimore), 2020, 99(48): e23374.
- [11] Pottle J. Virtual reality and the transformation of medical education[J]. Future Healthc J, 2019, 6(3): 181-185.
- [12] Loukas C, Nikiteas N, Kanakis M, et al. Deconstructing laparoscopic competence in a virtual reality simulation environment[J]. Surgery, 2011, 149(6): 750-760.
- [13] Korzeniewski P, White R J, Bello F. VCSim3: a VR simulator for cardiovascular interventions[J]. Int J Comput

- Assist Radiol Surg, 2018, 13(1): 135-149.
- [14] Sadeghi AH, Bakhuis W, Van Schaagen F, et al. Immersive 3D virtual reality imaging in planning minimally invasive and complex adult cardiac surgery[J]. Eur Heart J Digit Health, 2020, 1(1):62-70.
- [15] Kim YJ, Ahn SY. Factors influencing nursing students' immersive virtual reality media technology-based learning [J]. Sensors (Basel), 2021, 21(23): 8088.
- [16] Huang KT, Ball C, Francis J, et al. Augmented versus virtual reality in education: an exploratory study examining science knowledge retention when using augmented reality/virtual reality mobile applications[J]. Cyberpsychol Behav Soc Netw, 2019, 22(2): 105-110.
- [17] Manzoor SR, Mohd-Isa WN, Dollmat KS. Post-pandemic e-learning: a pre-protocol to assess the impact of mobile VR on learner motivation and engagement for VARK learning styles[J]. F1000Res, 2021, 10: 1106.
- [18] Sun L, Yin C, Xu Q, et al. Artificial intelligence for healthcare and medical education: a systematic review[J]. Am J Transl Res, 2023, 15(7):4820-4828.
- [19] Arango-Ibanez JP, Posso-Nuñez JA, Díaz-Solórzano JP, et al. Evidence-based learning strategies in medicine using AI[J]. JMIR Med Educ, 2024, 10: e54507.
- [20] Taskiran N. Effect of artificial intelligence course in nursing on students' medical artificial intelligence readiness: a comparative quasi-experimental study[J]. Nurse Educ, 2023, 48(5): E147-E152.
- [21] Xu Y, Jiang Z, Ting DSW, et al. Medical education and physician training in the era of artificial intelligence[J]. Singapore Med J, 2024, 65(3): 159-166.
- [22] Buabbas AJ, Miskin B, Alnaqi AA, et al. Investigating Students' Perceptions towards Artificial Intelligence in Medical Education[J]. Healthcare (Basel), 2023, 11(9): 1298.
- [23] Narayanan S, Ramakrishnan R, Durairaj E, et al. Artificial intelligence revolutionizing the field of medical education[J]. Cureus, 2023, 15(11): e49604.
- [24] Gosai J, Purva M, Gunn J. Simulation in cardiology: state of the art[J]. Eur Heart J, 2015, 36(13): 777-783.
- [25] Grundgeiger T, Hahn F, Wurmb T, et al. The use of a cognitive aid app supports guideline-conforming cardiopulmonary resuscitations: a randomized study in a high-fidelity simulation[J]. Resusc Plus, 2021, 7: 100152.
- [26] Blissett S, Alphonsus L, Eastabrook G, et al. Designing a multidisciplinary cardio-obstetrics curriculum for general cardiology and obstetrics residents: a national survey of educational needs[J]. CJC Open, 2023, 6(2 Part B): 174-181.
- [27] Casey DB, Stewart D, Vidovich MI. Diagnostic coronary angiography: initial results of a simulation program[J]. Cardiovasc Revasc Med, 2016, 17(2): 102-105.
- [28] Lee KS, Natarajan B, Wong WX, et al. A randomized controlled trial of simulation training in teaching coronary angiographic views[J]. BMC Med Educ, 2022, 22(1): 644.
- [29] Sibicky S, Carlson A. Enhancing advanced pharmacy practice experiences through the use of Web 2.0 technologies[J]. Curr Pharm Teach Learn, 2021, 13(12): 1690-1701.
- [30] Brewer W, Brown N, Davenport N, et al. Demystifying the technology barriers of nurse educators[J]. Nurse Educ, 2024, 49(6): E344-E349.
- [31] Bayramzadeh S, Aghaei P. Technology integration in complex healthcare environments: a systematic literature review[J]. Appl Ergon, 2021, 92: 103351.
- [32] Olaye IM, Seixas AA. The gap between AI and bedside: participatory workshop on the barriers to the integration, translation, and adoption of digital health care and AI startup technology into clinical practice[J]. J Med Internet Res, 2023, 25: e32962.

(收稿日期:2024-11-05)

(本文编辑:田 甜)