

# 人工智能推动心血管医学教育实践和研究转型

陈鑫<sup>1</sup>, 茅凯凯<sup>2</sup>, 倪杰<sup>3</sup>

(1. 南京鼓楼医院心脏科, 江苏南京 210008; 2. 南京鼓楼医院教育处, 江苏南京 210008;  
3. 南京鼓楼医院全科医学科, 江苏南京 210008)

**【摘要】**人工智能(AI)有望改变心血管医学教育实践和研究的各个方面。人工智能技术飞速发展, 定义了心血管学习的新领域, 其创新应用涵盖新型诊断方式、新的数字原生疾病生物标志物及用于评估教学实践质量和预测临床结果的高性能工具。这些数字创新有望扩大心血管实践和研究的覆盖范围, 尤其是对那些过去无法获得高质量专业培训的人来说, 可以利用人工智能心电图(AI-ECG)完成心血管疾病早筛早诊, 利用数字仿生技术完成健康大数据监控。此外, 人工智能正在推动生物和临床领域的新发现, 使未来的心血管实践更加个性化、精确和有效。该文汇集了不同的人工智能创新成果, 重点介绍了多模态心血管人工智能在临床教学实践和研究发现中的发展, 并展望了由当代科学和新兴发现支持的新未来。人工智能是未来心血管医学教育实践的必经路径和关键保障, 将有效推动心血管医学教育实践和研究的转型。

**【关键词】**全科医师; 人工智能; 医学教育; 多模态人工智能; 数字化教学

**【中图分类号】**R54

**【文献标志码】**A

文章编号: 1674-1242(2025)05-0826-06

## Transforming Cardiovascular Study with Artificial Intelligence from Practice AI-Driven Transformation in Cardiovascular Medicine Education Practice and Research

CHEN Xin<sup>1</sup>, MAO Kaikai<sup>2</sup>, NI Jie<sup>3</sup>

(1. Cardiology Department, Nanjing Drumtower Hospital, Nanjing, Jiangsu 210008, China; 2. Education Department, Nanjing Drumtower Hospital, Nanjing, Jiangsu 210008, China; 3. General Medicine Department, Nanjing Drumtower Hospital, Nanjing, Jiangsu 210008, China)

**【Abstract】**Artificial intelligence (AI) has the potential to transform every facet of cardiovascular medicine education practice and research. The exponential rise in technology powered by AI is defining new frontiers in cardiovascular training, with innovative applications that span novel diagnostic modalities, new digital native biomarkers of disease, and high-performing tools evaluating care quality and prognosticating clinical outcomes. These digital innovations promise expanded access to cardiovascular screening and monitoring. Especially for those without access to high-quality, specialized research historically, artificial intelligence electrocardiogram (AI-ECG) can be used to complete early screening and diagnosis of cardiovascular diseases, and digital bionic technology can be used to complete big health data monitoring. Moreover, AI is propelling biological and clinical discoveries that will make future cardiovascular

---

收稿日期: 2024-11-28。

基金项目: 教育部重点实验室开放性课题, No.: EKLMIC202404。

第一作者: 陈鑫(1983—), 医学博士, 副主任医师, 南京鼓楼医院心脏科。邮箱: 35920117@qq.com。

通信作者: 倪杰(1982—), 医学博士, 副主任医师, 南京鼓楼医院全科医学科。邮箱: njjie@njglyy.com。

learning more personalized, precise, and effective. The article brings together these diverse AI innovations, highlighting developments in multimodal cardiovascular AI across clinical practice and biomedical discovery, and envisioning this new future backed by contemporary science and emerging discoveries. AI is an inevitable pathway and a critical guarantee for the future of cardiovascular medicine, education, and practice, which will help achieve optimal cardiovascular practice and outcomes for all.

**【Key words】** General Practitioners; Artificial Intelligence(AI); Medical Education; Multimodal Artificial Intelligence; Digital Teaching

## 0 引言

人工智能(AI)有望推动心血管教学实践与研究的系统性转型。目前,心血管临床带教医师已在教学工作中与AI互动应用,且该类应用正逐步向标准化、规模化、高效化方向发展<sup>[1,2]</sup>。随着健康数据数字化的普及、新型计算方法的开发及计算能力的提升,能够涵盖心血管疾病特征的医学数据模型得以构建,这些进展标志着心血管医学临床教学与研究将迎来进一步转型<sup>[3]</sup>。

当前, AI通过对数据类型与生物系统的关联建模,逐步学习并掌握心血管领域的专业知识<sup>[2,3]</sup>。此类学习应用虽已在心血管领域落地并产出新知识<sup>[2]</sup>,但也需警惕:将AI集成至医学专业场景中,可能伴随潜在的意外风险<sup>[4]</sup>。在本文中,我们回顾了心血管教育实践与研究的核心要点,预判未来AI将在该领域发挥主导作用,具体包括AI驱动的诊断学创新、数字生物标志物研发,以及用于评估治疗方案、预测临床疗效的工具开发。此外,本文还将从AI引领的医学教育与临床研究视角,审视医学教育的未来发展方向,同时探讨这些创新如何加速精准教学落地,以及在这一过程中需应对的挑战与潜在风险。

## 1 心血管医学教育领域AI的创新前景

### 1.1 心血管诊断过程的创新

传统心血管诊断学依赖医学生对病史、检查结果、影像及体格检查的临床线性思维, AI与机器学习(Machine Learning, ML)研究则聚焦于对医疗场景中获取的结构化表格数据进行分析<sup>[5]</sup>。这类分析以心血管疾病的标准化、高效筛查为核心,通过机器算法捕捉数据间的非线性关系,在整合多因素与多结果间的复杂关联方面,可能比传统教学模式

更具优势<sup>[6]</sup>。

目前研究最为广泛的案例是AI引导的12导联心电图(ECG)解读。多项研究表明, AI-ECG可利用窦性心律心电图筛查阵发性心房颤动风险<sup>[7]</sup>。此类辅助教学与实践的应用已进一步拓展,如通过AI辅助听诊器、智能手表及便携式单导联心电图采集数据<sup>[8,9]</sup>,不仅便于在教学医院广泛推广、拓展临床实践场景,还能借助视频深度学习为心脏解剖学定位提供清晰的指导,帮助医学生获取高质量的心脏解剖图像与病理过程认知<sup>[10]</sup>。

研究结果显示<sup>[11]</sup>,在全国医师资格考试及全国研究生临床医学综合能力考试中, AI辅助答题的准确率分别达84% (84/100)、82% (82/100),可见AI能有效辅助学生进行医学理论知识学习。此外, AI还可用于测量并分类不同心脏疾病的解剖变化与病理改变<sup>[12]</sup>,为诊断教学提供直观支撑。

### 1.2 心血管诊断学数字化标记物的创新

数字化可穿戴设备既是临床教学的观测工具,也可用于疾病筛查,在健康人群中应用广泛。这类设备提供的指标(如步数、心率变异性、睡眠质量)是心血管健康与预后的重要预测因子,可提示心血管疾病发生及死亡风险<sup>[13]</sup>。

随着深度学习(Deep Learning, DL)技术的进步,医学研究生能更全面地利用这些数据,并综合评估多来源信息。尤其值得关注的是,大量新型AI-ECG风险生物标志物的涌现(从基础数据到复杂数据),使基于AI的数字生物标志物成为心血管教学中疾病风险评估的新工具,该工具兼具可扩展性与可视化优势,为教学提供了更直观的风险评估维度。

## 2 AI 在心血管教学领域的未来

### 2.1 AI 增强临床诊疗教学实践

教学医院引入 AI，有望加速并标准化烦琐且耗时的教学任务，同时在临床诊疗过程中最大限度地传递知识。目前，AI 的应用已覆盖典型临床教学的全维度，从标准化检查与评估到自动化教学文档生成。例如，辅助 AI 技术可自动对医学生的心肺听诊效果进行分级与描述<sup>[12]</sup>，还能通过添加单导联心电图记录增强学习沉浸感；此外，此前未充分利用的生物特征信号也可转化为教学价值，如基于传感器的步态跟踪技术对患者虚弱程度进行分级、通过简化协议开展便携式超声心动图评估<sup>[13]</sup>。这些技术为瓣膜病与结构性心肌病教学提供了可视化支持。

### 2.2 AI 助力高质量医疗教学实践

远程传感技术的发展催生了持续监测新模式，为以患者为中心的信息在家庭与医院就诊间的衔接提供了数字支撑。这一模式可克服传统面对面教学的局限：传统教学仅能在教学医院的特定时间提供观察指标，无法评估患者院外日常活动中的医学指标，难以引导学生深入思考疾病发病状态；而通过在患者熟悉的环境中进行长期监测，AI 辅助工具可提供更贴近真实临床场景的教学数据，推动学生更主动地参与对疾病发生过程的观察。

此类移动与可穿戴技术的部署和个性化优化，能最大限度地提升其教学有效性<sup>[14]</sup>，如在家庭自测血压、动态心电图监护等医疗场景中的应用。

### 2.3 AI 实现心血管教学实践的公平化

当前，心血管疾病诊断高度依赖先进诊断设备与检测技术，导致资源匮乏的基层医院在明确诊断与规范治疗方面面临困难<sup>[15]</sup>。诊断及时性、疾病分期及预后评估在不同等级医院间差异显著，其中三甲医院与基层社区医院间的差距最为突出。即使是心电图、胸部 X 光等容易普及的检测项目，在教学型附属三甲医院中也由训练有素的专家指导，而基层医院往往依赖刚完成规范化培训的住院医师开展工作。

未来，三级医疗诊断的核心可能转向风险分层——借助便携式设备中的 AI 工具，即使是未经

深度培训的助理医师，也能开展可扩展的社区医疗筛查工作<sup>[16]</sup>；同时，作为心血管临床教育核心内容的心电图解读，不仅能通过 AI 自动完成，还能上传至大型数据分析中心进行存储与深度分析。通过这些方式，AI 有望缩小不同地区、不同等级医院在高质量教学实践获取能力上的差距，不过这一目标的实现仍需更多时间与努力。

## 3 AI 在心血管临床研究领域的创新前景

### 3.1 AI 助力心血管临床研究的分析与预判

除在生物发现、临床操作优化中发挥作用外，AI 还可通过随机临床试验（Randomized Controlled Trial, RCT）的形式，从临床领域的大规模试验中优化精准医学方案。传统 RCT 解读过度依赖经筛选样本的治疗效果分析，但从理论上讲，这些筛选后患者的个体特征可能影响干预措施的有效性<sup>[17]</sup>，且无法模拟“同一患者不接受治疗或接受对照治疗”的反向情景。

因此，在精准医疗探索中，可通过 AI 开发新数据资源，为研究者评估各类干预措施提供支撑——AI 能模拟并生成一组“反向观察结果”的分析规则，从而为循证依据的获取与评估提供更丰富的数据维度。

### 3.2 AI 推进多学科学组的科研方案选择与设计

AI 的出现可快速整合多维度治疗方案相关数据，包括基因组学、蛋白质组学、代谢组学及其他组学技术数据<sup>[18]</sup>，这对心血管风险评估与结果预测的发展至关重要。AI 能利用这些多维度数据集，揭示疾病发病机制、预后规律及治疗反应特征。在多组学应用中，AI 可帮助学生快速识别心血管风险生物标志物、整合多组学数据以划分具有独特分子特征的患者亚群，为精准医疗教学提供依据。

这些生物标志物不仅能预测心血管事件，提示个体对特定治疗的反应，确定新治疗靶点，AI 驱动平台还可识别新药物靶点<sup>[19]</sup>、重新优化现有药物与治疗方案，二者有望改变心血管及相关代谢疾病的研究与教学格局。此外，AI 能将多层组学数据提炼为连贯的模式，开启预测模型新时代。这些模型可为心血管风险分层与治疗干预提供较高的特异性与敏感性，不仅有助于制定早期干预策略，还能在细

节层面完善对疾病进展与治疗反应的研究和教学。

同时,此类模型的应用有助于深化心血管疾病背后复杂生物分子网络的教学与研究,推动相关专科医师的培养,并精准挖掘学生或研究者的细微学习需求,从而提升教学开发效率,减少新知识、新技术的传递时间与成本。

#### 4 AI 在心血管教育领域的挑战

##### 4.1 数据隐私与安全问题的解决

传统医学教学高度重视患者隐私保护,而AI教学(尤其是近年兴起的生成式AI模型)依赖大量敏感医疗数据,这些数据的收集、处理与使用会带来显著的信息安全与隐私泄露风险<sup>[20]</sup>。此外,AI开发流程中参与者的数据交换与共享行为,进一步增加了数据泄露概率。例如,若使用含患者二维码的临床数据进行模型训练,这些信息可能被用于恶意用途。

我国《生成式人工智能服务管理暂行办法》明确要求生成式AI开发者注册模型并提交安全审查<sup>[21]</sup>。目前,已有多种技术方案可应对上述风险。例如,利用差分隐私技术保障用户隐私数据的安全存储与共享;在智慧医疗数据分享中,采用基于秘密共享与同态加密的安全联邦学习方案(如区域医疗中心教学数据库建设),该方案可有效抵御医疗云与客户端对模型参数的窃取,同时防范多参与方的共谋攻击。此外,密文验证算法可确保模型参数在训练过程中的可验证性。

##### 4.2 AI 面临数据多态性与兼容性的挑战

医学AI开发的核心前提是其临床实践的可扩展性,但已发表文献中的多数AI模型缺乏与临床实践高度互通的明确路径,部分AI模型甚至未经过外部验证。核心挑战在于:未实现数据输入标准化,且数据在不同教学机构或医院间缺乏可重复性。例如,基于不同心血管数据模式(如心电图、影像)构建的AI模型,若能与主流数据结构(如心电图图像与信号)、标准数据存储格式[如医学数字成像和通信(DICOM)]保持一致,其可重复性最强<sup>[22]</sup>。DICOM作为公认的医学影像教学数据标准,其广泛应用推动医学影像学AI的发展速度快于其他学科。因此,开发具备兼容性的模型、统一数据输入

标准、保障结果可重复性,是AI广泛应用于临床教育实践的重要先决条件。

#### 5 讨论

如何充分发挥AI在医学教学与研究中的优势,同时解决其实施障碍并最大限度地降低风险?尽管将AI融入临床教学的核心目标是“让教学更简单、便捷、优质”,但这一愿景的实现仍面临多重障碍。

其一,旨在改善心血管教学与研究的AI技术,其开发与部署仍依赖学科整体教学模式的迭代,尚未形成专科化的AI教学体系;且AI所需的可穿戴设备、移动数据共享工具在精准性上存在差异,进一步制约了技术落地。

其二,当前AI驱动的教学增强功能大多被视为“辅助工具”(如依托AI生成模块化病例、从海量文献中提取特定主题的知识与技能信息),医学院校或附属医院对这类教学模式的采用具有自主性(非强制性,且大多纳入选修学习范围)。

值得注意的是, AI驱动的教学创新本质是“理工科技与医学研究、教学的融合”,能实现临床教师与学生的共同学习、共同受益,符合当前的高等教育理念。尤其当AI成为医学教育与研究的核心组成部分时,我们需在保障高质量知识传递的同时,提升基层教学与医疗质量,减少因教育、技术落差带来的风险。

然而,在现代医疗环境中, AI定义的精准医疗解决方案(结合临床试验、基因组学或多组学信息)可能加剧医疗教育差距。这类方案主要由具备额外资源的医疗机构在临床教学中实施,可能导致医学生在理论与实践水平上出现分化。因此,在AI成为临床教学常态前,临床指南制定机构、教学医院及医学院校需围绕数据整合、资源共享制定统一的标准,以实现教学与研究的广泛覆盖和公平性。

#### 6 结论

未来, AI技术将成为心血管临床实践、教学与研究的核心工具。传统教学模式可能被多元化教学模式取代,而AI的作用是有效增强临床医学教育的实践与研究,而非完全替代学生的自主思考。

通过可穿戴设备与便携式技术采集数据, AI将进一步拓展心血管医学教学在非医院环境中的监测

与观察场景,为教学提供更丰富的实习方案;同时, AI 驱动的多学科、多组学学习场景,将推动教学机构与医学生掌握深层次的技术和专业知识,进而重新定义疾病分类,指导生物标志物发现,降低研究开发风险。

与此同时,需关注三大核心问题:一是 AI 创新速度已超过教材更新速度,对教学伦理、教育公平、数据安全的需求日益迫切,需通过严格规范与验证加以保障;二是 AI 在医学教育与研究中的应用范围将持续扩大,推动当前心血管领域教学实践与研究的系统性转型;三是需始终以“公平、安全、高效”为目标,确保 AI 技术真正服务于医学人才培养与临床能力提升,而非加剧现有差距。

#### 参考文献

- [1] 杨辉, STOKES LAMPARD H, MACHIRORI M, 等.《全科医学服务中的人工智能:务实的、谨慎的观点》摘译 [J]. *中国全科医学*, 2024, 27 (32) : 3967-3968.  
YANG Hui, STOKES LAMPARD H, MACHIRORI M, et al. Abstract translation of *AI in general practice: a tale of pragmatism, caution, and optimism*[J]. *Chinese General Practice*, 2024, 27(32): 3967-3968.
- [2] MOOR M, BANERJEE O, ABAD Z S H, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence[J]. *Nature*, 2023(616), 259-265.
- [3] HOWELL M D, CORRADO G S, DESALVO K B. Three epochs of artificial intelligence in health care[J]. *JAMA*. 2024, 331(3): 242-244.
- [4] 杨洁.人工智能时代教师智能教育素养提升研究 [J]. *江苏教育研究*, 2024 (7) : 90-94.  
YANG Jie. Research on improvement path of teachers' intelligent education literacy in the era of artificial intelligence[J]. *Jiangsu Education Research*, 2024(7): 90-94.
- [5] 林梓, 顾海.数智赋能视域下医共体医防融合的创新机制与实现路径 [J]. *南京社会科学*, 2024 (6) : 47-54.  
LIN Zi, GU Hai. Under the vision of digital intelligence empowerment: exploring innovative mechanisms and implementation pathways for medical consortia and medical prevention integration[J]. *Nanjing Journal of Social Sciences*, 2024(6): 47-54.
- [6] 马小磊, 贾志敏, 蔡文智.医教协同背景下校院共建临床医学院的探索与实践 [J]. *卫生职业教育*, 2024, 42 (15) : 4-8.  
MA Xiaolei, JIA Zhimin, CAI Wenzhi. Exploration and practice of joint construction of clinical medical college between hospitals and colleges under the background of hospital-medical teaching collabora-tion[J]. *Health Vocational Education*, 2024, 42(15): 4-8.
- [7] ATTIA Z I, NOSEWORTHY P A, LOPEZ-JIMENEZ F, et al. An artificial intelligence-enabled ECG algorithm for the identification of patients with atrial fibrillation during sinus rhythm: a retrospective analysis of outcome prediction[J]. *Lancet*. 2019, 394(10201): 861-867.
- [8] ATTIA Z I, HARMON D M, DUGAN J, et al. Prospective evaluation of smartwatch-enabled detection of left ventricular dysfunction.[J] *Nat Med*. 2022, 28(12): 2497-2503.
- [9] BACHTIGER P, PETRI C F, SCOTT F E, et al. Point of care screening for heart failure with reduced ejection fraction using artificial intelligence during ECG-enabled stethoscope examination in London, UK: a prospective, observational, multicentre study[J]. *Lancet Digit Health*, 2022, 4(2): e117-e125.
- [10] KHUNTE A, SANGHA V, OIKONOMOU E K, et al. Detection of left ventricular systolic dysfunction from single-lead electrocardiography adapted for portable and wearable devices[J]. *NPJ Digit Med*, 2023, 6(1): 124.
- [11] 张璇, 陈琦, 王佳贺.人工智能赋能全科医生继续教育改革的研究 [J]. *中国继续医学教育*, 2024, 16 (14) : 18-21.  
ZHANG Xuan, CHEN Qi, WANG Jiahe. Research on the reform of artificial intelligence empowering general practitioner continuing education[J]. *China Continuing Medical Education*, 2024, 16(14): 18-21.
- [12] 戈甜甜, 宋松松, 邵良发, 等.翻转理念下的混合式教学在心血管内科学教学中的应用研究 [J]. *中国继续医学教育*, 2024, 16 (13) : 77-81.  
GE Tiantian, SONG Songsong, SHAO Liangfa, et al. Application research of blended teaching model based on flipped classroom in the teaching of residents in the department of cardiology[J]. *China Continuing Medical Education*, 2024, 16(13): 77-81
- [13] MASTER H, ANNIS J, HUANG S, et al. Association of step counts over time with the risk of chronic disease in the All of Us research program[J]. *Nat Med*, 2022, 28(11):2301-2308.
- [14] 霍波, 李彦峰, 高腾, 等.体育人工智能领域关键技术的研究现状和发展方向 [J]. *首都体育学院学报*, 2023, 35 (3) : 233-256.  
HUO Bo, LI Yanfeng, GAO Teng, et al. Research status quo and progress on the key technologies of artificial intelligence in sports[J]. *Journal of Capital University of Physical Education and Sports*, 2023, 35(3): 233-256.
- [15] 陈昱, 卢庆红, 罗卉, 等.基于区块链技术构建区域药学服务综合平台 [J]. *中国现代应用药学*, 2024, 41 (11) : 1543-1548.  
CHEN Yu, LU Qinghong, LUO Hui, et al. Building a comprehensive platform for regional pharmaceutical services based on blockchain

- technology[J]. **Chinese Journal of Modern Applied Pharmacy**, 2024, 41(11): 1543-1548.
- [16] 廖越. 考虑资源配置能力的远程医疗服务供应链决策研究 [D]. 成都: 电子科技大学, 2023.
- LIAO Yue. Research on supply chain decision of telemedicine service considering resource allocation ability[D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2023.
- [17] 孟令涉, 王春娟. 人工智能与机器学习在心脑血管疾病管理中的应用与前景: 美国心脏学会使用人工智能改善心脏疾病结局科学声明解读 [J]. **中国卒中杂志**, 2024, 19 (6) : 621-631.
- MENG Lingshe, WANG Chunjuan. Applications and prospects of artificial intelligence and machine learning in the management of cardiovascular and cerebrovascular diseases: an interpretation of the American Heart Association's scientific statement on improving cardiovascular outcomes using artificial intelligence[J]. **Chinese Journal of Stroke**, 2024, 19(6): 621-631.
- [18] 刘斯洋, 林星辰, 程丝, 等. 多组学大数据与医学发展[J]. **科技导报**, 2024, 42 (12) : 51-74.
- LIU Siyang, LIN Xingchen, CHENG Si, et al. Multi-omics big data and medical advancements[J]. **Science & Technology Review**, 2024, 42(12): 51-74.
- [19] 王瑞松, 王胜男, 石铁流. 深度学习在生物医学领域中的应用简介 [J/OL]. **中国科学: 生命科学**, 2024, 54 (1) : 1-20.
- WANG Ruisong, WANG Shengnan, SHI Tieliu. An introduction to the application of deep learning in the biomedical field[J/OL]. **Chinese Science: Life Sciences**, 2024, 54(1): 1-20.
- [20] 杨思佳. 基于小样本医学数据的疾病预测模型及隐私保护技术研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2023.
- YANG Sijia. A study on disease prediction model based on small sample medical data and its privacy preserving technologies[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2023.
- [21] 彭丽徽, 张琼, 李天一. 人工智能嵌入政府数据治理的算法歧视风险及其防控策略研究 [J/OL]. **农业图书情报学报**, 2024, 45 (8) : 1-9[2024-08-09]. <https://doi.org/10.13998/j.cnki.issn1002-1248.24-0353>.
- PENG Lihui, ZHANG Qiong, LI Tianyi. Research on the algorithmic discrimination risk and prevention and control strategies of artificial intelligence embedded in government data governance[J/OL]. **Journal of Library and Information Science in Agriculture**, 2024, 45(8):1-9[2024-08-09]. <https://doi.org/10.13998/j.cnki.issn1002-1248.24-0353>.
- [22] 魏子舒, 韩越, 刘思浩, 等. 2021 至 2023 年人工智能领域研究热点分析述评与展望 [J]. **计算机研究与发展**, 2024, 61 (5) : 1261-1275.
- WEI Zishu, HAN Yue, LIU Sihao, et al. Review and prospect of research hotspots in artificial intelligence from 2021 to 2023[J]. **Journal of Computer Research and Development**, 2024, 61(5): 1261-1275.