

# 人工智能在心血管病领域的应用和发展

周辉 李坤鹏 赵翰文 龚敏

**【摘要】** 人工智能是研究、开发用于模拟、延伸和扩展人的智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新兴技术。使用人工智能提高心血管疾病的诊疗、管理、预防水平将为心血管病领域提供新的思路与挑战。该文介绍人工智能对心血管病的诊断、管理、临床决策方面的机遇和挑战。

**【关键词】** 人工智能;心血管疾病;临床诊断

doi: 10.3969/j.issn.1673-6583.2022.04.007

人工智能 (AI) 是使用计算机在最少的人为干预下模拟智能行为<sup>[1]</sup>。英国数学家阿兰·图灵将计算机中的智能行为, 定义为在认知任务中达到人类水平的能力<sup>[2]</sup>。目前 AI 在医学领域的应用场景包括疾病诊断、健康管理、图像分析、手术引导、诊疗规划等<sup>[3-5]</sup>, 其效果在不同人群、模型中得到了验证<sup>[6]</sup>。

## 1 AI对心血管疾病的辅助诊断

### 1.1 心电图

在心电图诊断中 AI 已可实现常见心律失常以及心肌梗死的辅助诊断, 与临床医师的诊断结论相比具有良好的准确性。AI 已能识别 QRS 波、P 波、T 波及心电图向量图, 计算心率、电轴及间期<sup>[7-8]</sup>。基于德国联邦物理研究院 (PTB) 数据库的实验结果表明, 相较于现有技术, AI 对心肌梗死检测的准确率为 95.49%, 灵敏度为 94.85%, 特异度为 97.37%<sup>[9]</sup>。在 AI 的帮助下心电图甚至超越了其传统的功能, 使用配对的 12 导联心电图和超声心动图数据, 对来自梅奥诊所 44 959 例心血管疾病患者的左室射血分数进行分析, 其灵敏度、特异度和准确度值分别为 86.3%、85.7% 和 85.7%。在没有心室功能障碍的患者中, AI 筛查阳性患者的准确率是其他技术的 4 倍 (HR=4.1, 95%CI: 3.3~5.0)<sup>[10]</sup>。

### 1.2 超声心动图

超声心动图有助于临床医生更好地理解某些心脏疾病的严重性以及对患者进行风险分层<sup>[11]</sup>。Ghorbani 等<sup>[12]</sup> 研究发现, 在 2 850 例心血管疾病患

者的 260 多万张超声心动图图像数据集上建立了卷积神经网络 (CNN) 模型, 以识别局部心脏结构、评估心脏功能 (如左室收缩末期容积和舒张末期容积)、左室射血分数、左心房扩大和左室肥厚。AI 应用于心脏彩超评估心脏形态学及心功能测算, 已实现超声影像辅助分析、心功能的自动测算以及部分疾病的辅助诊断心脏彩超检查, AI 模型可在获得超声心动图图像后, 自动识别并测量左室壁相关指标, 且其效果与三维超声心动图和心脏核磁共振检查 (MRI) 相当<sup>[13]</sup>。AI 可以通过识别人类难以评估的参数生成心血管事件的预测模型。

### 1.3 心脏计算机断层扫描血管造影

AI 在心脏电子计算机断层扫描 (CT) 中主要用于冠状动脉狭窄、斑块性质、冠状动脉钙化的评估, 以及冠状动脉血流建模等的自动分析。AI 辅助心脏 CT 可自动降噪并保证最佳成像质量以明确冠状动脉狭窄程度。通过 AI 辅助冠状动脉计算机断层扫描血管造影 (CTA) 评估冠状动脉狭窄程度、病变狭窄长度、钙化斑块、非钙化斑块、血流储备分数等, 能更加准确地反映冠状动脉病变情况<sup>[14-15]</sup>。AI 辅助冠状动脉 CTA 可减少患者暴露射线, 提高 CTA 的诊断价值。

### 1.4 心脏MRI和心血管磁共振成像

近年来, 心血管磁共振成像 (CMR) 在心脏病患者的诊断和风险分层中越来越重要。CMR 是心室无创性容量检查、心功能评估、存活心肌评估的“金标准”, 随着 AI 在医学研究中的应用, CMR 出现了新的评估途径<sup>[16]</sup>。心肌炎患者心肌 MRI 结果表示为 T2 时可见心肌水肿、充血、坏死、疤痕<sup>[17]</sup>。心内膜心肌活检存在潜在风险且检出率低, 因此影

作者单位: 232000 淮南市新华医疗集团北方医院 (周辉);  
232000 淮南市新华医疗集团新华医院 (李坤鹏, 赵翰文, 龚敏)  
通信作者: 龚敏, Email: 9984645@qq.com

像学在心脏结节病的诊断和预后评估中发挥着越来越重要的作用。CMR 可用于评估心脏功能和纤维化区域, 氟脱氧葡萄糖正电子发射断层扫描 (FDG 正电子发射断层扫描) 可用于观察疾病进程和监测治疗反应<sup>[18]</sup>。心肌缺血的无创评估是冠状动脉粥样硬化心脏病 (冠心病) 诊断的临床目标, 使用正电子发射断层扫描测量心肌血流量是目前心肌缺血无创量化的参考标准<sup>[19]</sup>。

### 1.5 心血管介入

AI 可应用于心血管介入影像数据识别、分析以及决策支持, 例如冠状动脉造影结果分析, 临界病变 FFR 的测定, 光学相干断层扫描 (OCT) 自动检测血管大小, 血管内超声 (IVUS) 对管腔边界、中层、外层界线的测量, 薄纤维帽粥样硬化斑块与斑块破裂的鉴别, 支架内再狭窄风险评估<sup>[20-23]</sup>。AI 机器人经皮冠状动脉介入术 (PCI) 被引入心导管室, 为支架放置提供了更高的精确度, 并为操作人员提供了临床防护。第一代机器人系统能够推进和缩回冠状动脉导线、球囊和支架, 但无方向控制功能。第二代机器人系统 (GRX 公司) 具有主动导向管理功能, 能够移动导向导管。机器人技术在诊断性冠状动脉造影术中的应用将进一步减少操作人员的辐射散射暴露和其他职业危害<sup>[24]</sup>。机器人辅助 PCI 可提高手术精度和精细控制, 保证有效性和安全性<sup>[25]</sup>。

## 2 心血管疾病管理及临床决策

AI 对心血管疾病的危险分层及心血管主要不良事件 (MACE) 事件具有预测价值。全民健康保险服务 - 健康筛查队列 (NHIS-HEALS) 模型能预测随访期间死于心血管疾病, 因心肌梗死、PCI 或冠状动脉旁路移植术住院, 因中风住院, 比传统的统计方法鉴别准确性更高<sup>[26]</sup>。同样, 为了提高心血管疾病预测的准确性, 可使用国家时间序列健康检查数据进行风险分类<sup>[27]</sup>。使用机器学习可分析更大数量和高复杂度的变量, 可更好地预测 5 年急性冠脉综合征发生率<sup>[28]</sup>。对收缩压的变异性以及对高血压患者不良结局的预测也有较好效果<sup>[29]</sup>。目前 AI 已可以辅助心电图、心脏彩超、CTA、冠状动脉造影等检查, 并对数据进行分析。在慢性病管理、临床决策、相关疾病指南制定中, AI 也逐渐体现优势<sup>[23,30-31]</sup>。

## 3 AI面临的机遇和挑战

目前 AI 在心血管病领域有助于危急重症的快

速识别诊断, 降低漏诊率, 疑难病症的病因追溯, 介入手术全程决策优化及术者保护, 以及慢性病 (如高血压、冠心病、心力衰竭等) 的管理及预后判断。此外, AI 也可对以患者为中心的疾病诊疗、决策和管理发挥重要作用。如急性心肌梗死患者就医时 AI 可辅助心电图快速检出, 助力心脏彩超对局限性室壁活动障碍的准确识别及心功能评估, 鉴别诊断中影像学的数据分析, 临床处理决策流程支持, 导管室冠状动脉造影中对靶血管病变及临界病变的判断和处理决策, 以及不良事件的预测, 后期康复治疗的管理等。同时, AI 进一步与可穿戴智能设备及 5G 技术的结合也将提高慢性心血管疾病综合管理的效率。未来 AI 以临床大数据及不断改进的算法为基础, 整合基础研究领域如生物标志物、基因组学、蛋白质组学和代谢组学等, 可进一步提高其临床预测、决策价值, 助力实现精准医疗并为患者提供更佳的个体化医疗服务, 改善患者预后。

AI 仍有许多技术挑战。由于基于机器学习的方法依赖大量高质量数据的可重复性, 因此必须收集能够代表目标患者群体的数据。来自不同医院环境的数据可能包含各种偏差, 导致针对一家医院的数据训练模型不能适用另一家医院<sup>[32]</sup>。虽然 AI 在图像分类、翻译、语音识别、声音合成、数据分析等领域都取得了显著效果, 但临床诊断和治疗任务往往需要更多的背景知识 (患者的偏好、价值观、病史等)<sup>[33]</sup>, 故要实现用于收集、存储和共享电子病历的数据库仍然面临挑战。

AI 提高了医疗领域的临床诊断和决策能力。临床医生将需要适应 AI 在信息采集、信息分析、信息决策中的作用。谁将最终控制、证明或从 AI 的应用中获利仍有待确定, 因此, 必须优先考虑监管保障措施和市场力量之间的平衡, 以确保患者获得最大利益<sup>[34]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] Hamet P, Tremblay J. Artificial intelligence in medicine[J]. *Metabolism*, 2017, 69S:S36-S40.
- [2] Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine[J]. *Minim Invasive Ther Allied Technol*, 2019, 28(2):73-81.
- [3] Howard J. Artificial intelligence: implications for the future of work[J]. *Am J Ind Med*, 2019, 62(11):917-926.
- [4] Jiang F, Jiang Y, Zhi H, et al. Artificial intelligence in healthcare: past, present and future[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2017, 2(4):230-243.

- [5] 张远望. 人工智能与应用[J]. 中国科技纵横, 2015, 20:22.
- [6] 黄刚, 余秀琼, 刘汉雄, 等. 心血管病领域人工智能的应用及展望[J]. 中华医学杂志, 2020, 100(45):3649-52.
- [7] Wang S, Zhang S, Li Z, et al. Automatic digital ECG signal extraction and normal QRS recognition from real scene ECG images[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2020, 187:105254.
- [8] Costa CM, Silva IS, de Sousa RD, et al. The association between reconstructed phase space and artificial neural networks for vectorcardiographic recognition of myocardial infarction[J]. J Electrocardiol, 2018, 51(3):443-449.
- [9] Han C, Shi L. ML-ResNet: a novel network to detect and locate myocardial infarction using 12 leads ECG[J]. Comput Methods Programs Biomed, 2020, 185:105138.
- [10] Attia ZI, Kapa S, Lopez-Jimenez F, et al. Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram[J]. Nat Med, 2019, 25(1):70-74.
- [11] Zamorano JL, Pinto FJ, Solano-López J, et al. The year in cardiovascular medicine 2020: imaging[J]. Eur Heart J, 2021, 42(7):740-749.
- [12] Ghorbani A, Ouyang D, Abid A, et al. Deep learning interpretation of echocardiograms[J]. NPJ Digit Med, 2020, 3:10.
- [13] Tamborini G, Piazzese C, Lang RM, et al. Feasibility and accuracy of automated software for transthoracic three-dimensional left ventricular volume and function analysis: comparisons with two-dimensional echocardiography, three-dimensional transthoracic manual method, and cardiac magnetic resonance imaging[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2017, 30(11):1049-1058.
- [14] Han D, Lee JH, Rizvi A, et al. Incremental role of resting myocardial computed tomography perfusion for predicting physiologically significant coronary artery disease: a machine learning approach[J]. J Nucl Cardiol, 2018, 25(1):223-233.
- [15] Dey D, Gaur S, Ovrehus KA, et al. Integrated prediction of lesion-specific ischaemia from quantitative coronary CT angiography using machine learning: a multicentre study[J]. Eur Radiol, 2018, 28(6):2655-2664.
- [16] Busse A, Rajagopal R, Yücel S, et al. Cardiac MRI-update 2020[J]. Radiologe, 2020, 60(Suppl 1):33-40.
- [17] Kim PK, Hong YJ, Im DJ, et al. Myocardial T1 and T2 mapping: techniques and clinical applications[J]. Korean J Radiol, 2017, 18(1):113-131.
- [18] Sharma A, Okada DR, Yacoub H, et al. Diagnosis of cardiac sarcoidosis: an era of paradigm shift[J]. Ann Nucl Med, 2020, 34(2):87-93.
- [19] Brown LAE, Onciul SC, Broadbent DA, et al. Fully automated, inline quantification of myocardial blood flow with cardiovascular magnetic resonance: repeatability of measurements in healthy subjects[J]. J Cardiovasc Magn Reson, 2018, 20(1):48.
- [20] Cho H, Lee JG, Kang SJ, et al. Angiography-based machine learning for predicting fractional flow reserve in intermediate coronary artery lesions[J]. J Am Heart Assoc, 2019, 8(4):e011685.
- [21] Jun TJ, Kang SJ, Lee JG, et al. Automated detection of vulnerable plaque in intravascular ultrasound images[J]. Med Biol Eng Comput, 2019, 57(4):863-876.
- [22] Nam HS, Kim CS, Lee JJ, et al. Automated detection of vessel lumen and stent struts in intravascular optical coherence tomography to evaluate stent apposition and neointimal coverage[J]. Med Phys, 2016, 43(4):1662.
- [23] From the American Association of Neurological Surgeons (AANS), American Society of Neuroradiology (ASNR), Cardiovascular and Interventional Radiology Society of Europe (CIRSE), et al. Multisociety consensus quality improvement revised consensus statement for endovascular therapy of acute ischemic stroke[J]. Int J Stroke, 2018, 13(6):612-632.
- [24] Swaminathan RV, Rao SV. Robotic-assisted transradial diagnostic coronary angiography[J]. Catheter Cardiovasc Interv, 2018, 92(1):54-57.
- [25] Lo N, Gutierrez JA, Swaminathan RV. Robotic-assisted percutaneous coronary intervention[J]. Curr Treat Options Cardiovasc Med, 2018, 20(2):14.
- [26] Cho JJ, Sung JM, Kim HC, et al. Development and external validation of a deep learning algorithm for prognostication of cardiovascular outcomes[J]. Korean Circ J, 2020, 50(1):72-84.
- [27] Sung JM, Cho JJ, Sung D, et al. Development and verification of prediction models for preventing cardiovascular diseases[J]. PLoS One, 2019, 14(9):e0222809.
- [28] Motwani M, Dey D, Berman DS, et al. Machine learning for prediction of all-cause mortality in patients with suspected coronary artery disease: a 5-year multicentre prospective registry analysis[J]. Eur Heart J, 2017, 38(7):500-507.
- [29] Lacson RC, Baker B, Suresh H, et al. Use of machine-learning algorithms to determine features of systolic blood pressure variability that predict poor outcomes in hypertensive patients[J]. Clin Kidney J, 2018, 12(2):206-212.
- [30] Harish V, Morgado F, Stern AD, et al. Artificial intelligence and clinical decision making: the new nature of medical uncertainty[J]. Acad Med, 2021, 96(1):31-36.
- [31] Strianese O, Rizzo F, Ciccarelli M, et al. Precision and personalized medicine: how genomic approach improves the management of cardiovascular and neurodegenerative disease[J]. Genes (Basel), 2020, 11(7):747.
- [32] Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future - big data, machine learning, and clinical medicine[J]. N Engl J Med, 2016, 375(13):1216-1219.
- [33] LeCun Y, Bengio Y, Hinton G. Deep learning[J]. Nature, 2015, 521(7553):436-44.
- [34] Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare[J]. Nat Biomed Eng, 2018, 2(10):719-731.

( 收稿:2021-09-07 修回:2022-06-16 )

( 本文编辑:程雪艳 )