

心血管疾病影像诊断中 AI 的应用与进展

袁佳瑶, 陈宇西, 刘泽辉, 辛越, 程雯, 杨旭

(西安医学院医学技术学院, 陕西 西安 710021)

摘要: 心血管疾病是严重威胁人类健康的头号杀手, 近年来人工智能 (artificial intelligence, AI) 与心血管医学影像相结合在其诊断中逐步发挥出举足轻重的作用。将 AI 应用于心脏 CT、MRI、超声、单光子发射体层成像 (SPECT) 中均取得了一定的进展。就 AI 在不同心脏影像检查方法中的应用与进展予以综述。

关键词: 人工智能; AI; 心血管疾病; 影像诊断

中图分类号: R54

文献标识码: A

文章编号: 1004-7344(2023)12-0148-03

0 引言

人工智能 (artificial intelligence, AI) 是基于计算机科学的多学科交叉研究^[1], 核心技术为机器学习^[2] (machine learning, ML)。随着医疗大数据时代的到来, AI 的应用涉及医学的各个领域, 为疾病的诊疗提供了新思路。基于传统影像的心血管疾病的诊疗过度依赖医师的经验和主观判断, 且经验不足的年轻医师存在误诊及漏诊的现象^[3]。将 AI 应用于心血管影像, 能显著提高医师诊断效率及诊断精度, 缓解医疗人力资源紧张状况。进一步结合基因和病理信息能够更加有针对性的实施精准医疗。

1 人工智能概述

AI 是计算机学科的一个分支, 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的技术学科^[4]。目前人工智能主要应用于心血管疾病医疗图像的处理和数据的分析。AI 主要的一个分支是 ML, 指导计算机在数据中学习, 根据数据分析结果不断改进算法模型, 数据越多, 得到的模型越准确。深度学习 (deep learning, DL) 是 ML 领域中一个新的研究方向, 通过训练算法, 建立新的模型, 在识别文字、图像、声音等数据上有重大突破。其中卷积神经网络 (CNN) 是应用最多的学习算法, 它通过逐层特征变换, 将医学图像转变为可视化的数据并进行分析, 辅助临床医师进行诊断。

2 AI 在心血管疾病影像诊断中的应用

2.1 AI-CT

冠状动脉 CT 血管造影 (CCTA) 是筛查、诊断各类心血管疾病最重要的一项技术, 因其无创且高效成为心脏影像检查最常用的方法之一。将 AI 应用于 CT 检查心脏血管的整个过程, 首先可以减少重建和分割图

像的时间, 即 AI 针对 CT 成像过程的辅助, 其次可以辅助临床医师诊断, 还可以预防心血管疾病, 预后评估及危险分层。

2.1.1 优化 CT 成像过程

心血管成像质量与病人体质量指数 (BMI) 相关^[5], 随着 BMI 的增加, 在其他决定影像质量的因素不变的情况下, 辐射量会逐渐增加。在 AI 算法的优化之下, 现在基本实现在减少辐射量的同时保证影像质量, 还可以大幅缩短成像等待时间。Wolterink 等^[6]提出卷积神经网络与对抗型神经网络联合训练的方法可以消除低剂量下 CT 图像的噪声影响, 同时还可以进行图像的分割。深度学习的 AI 对于图像的分割速度是人工分割的 271 倍^[7]。除此之外, 近年新兴的基于深度学习的重建 (DLR) 可以减少 CCTA 中的噪声, 提高图像的质量, 但不能改变图像的空间分辨率, 而 Fuminari 等^[8]开发了一种用于常规 CT 图像的超分辨率 DLR (SR-DLR), 可以提高图像的空间分辨率。

2.1.2 辅助各种疾病的诊断

(1) 冠状动脉钙化。冠状动脉钙化量 (CAC) 作为心血管疾病因素之一在心脏钙化评分 CT (CSCT) 被量化。Wolterink 等^[9]提出在 CCTA 中自动定量 CAC 的方法。该方法使用监督学习直接识别并同时量化。

(2) 冠状动脉斑块。冠状动脉斑块的性质对于诊断各类心血管疾病并预测其风险有重要意义。目前 DL 与斑块性质的识别相结合是 AI 辅助诊断该疾病的重要研究热点, Gessert 等^[10]利用多年的诊断数据同 DL 相结合, 直接从图像中学习各种斑块的分类, 在灵敏度和准确度方面已达到资深影像医生的水准。Zhao 等^[11]研究了深度学习的 AI 诊断系统对各种斑块的检测效率的差异, 发现诊断效率与斑块类型息息相关, 识别钙化斑块

和混合斑块效果优于非钙化斑块。

(3) 冠状动脉狭窄。判定冠状动脉狭窄的程度对于冠状动脉粥样硬化的患者有重要意义。血流储备分数 (FFR) 是判断冠状动脉生理状态的金标准^[1], 不过 FFR 是有创性检查方法, 临床运用大大受限。Robin[®] 等研究发现基于机器学习的 CCTA 衍生的 FFR (CT-FFR) 可以一站式提供狭窄的解剖学和功能学信息, 该方法因无创而前景广阔。同时 Verena 等^[2]发现一种基于 CCTA 的全自动人工智能检测软件, 用于冠状动脉疾病报告和数据库系统 (CAD-RADS), 可以自动进行冠脉狭窄的评估, 有很高的准确度。

2.1.3 辅助预测心血管疾病的预后评估及风险评估

目前, 很多研究利用 ML 算法构建各种疾病的结局预测模型, Bauer 等^[3]发现相较于传统的风险评估方法, AI 有更好的特征筛选及融合作用, 相较人工预测有更好的可信度, 更能准确地预测心脏主要不良事件, 近期发现若是将时间-事件分析引入整合临床和 CCTA 预测因子的机器学习模型, 可提高个性化风险预测的精准度。

2.2 AI-MRI

MRI 是利用氢原子核在静磁场中进动产生信号, 用计算机收集重建处理信号, 得到图像的一项先进技术, MRI 心脏成像实现了为无心脏搭桥的患者进行无辐射成像, Andrew 和他的团队通过对比了 AI 和人工的诊断结果发现 AI 的表现优于人工^[4], 由于 MRI 比较复杂且耗时耗力, 引入 AI 进行辅助诊断有明显临床价值。

AI 将磁共振得到的心脏图像进行分割, 使病变区域更加精确。例如, Bai 等^[5]使用了 4875 个受试者所成像出来的 93500 个标记的 MRI 图像, 应用 AI 技术对其进行分割, 以达到精确病灶结构和病灶具体位置的作用, 其精确程度与 MRI 专家相当。

AI 在 MRI 心脏检查中起到预测和预后的作用, 进行完机器学习的 AI, 其数据中有大量疾病前期的表现和发展方向, AI 会读取计算机中有关患者疾病的信息, 在大数据中进行筛查, 发现疾病的发展趋势, 帮助医生在第一时间对其进行防范, 在高风险的病人早期干预中 AI 的作用不可忽视。此外, 在疾病的预后方面 AI 提供的趋势也能作为医生的参考, 让医生能迅速对疾病做出反应, 但是由于 AI 的发展并不完善且大数据不能保证对每一种疾病都有记录, 疾病的发展和预后也会有其他突发状况产生, 所以目前 AI 只能起到辅助作用而无法起到决定性作用。

2.3 AI-超声

目前人工智能应用于超声心动图的图像采集和重

建、图像分类、心室分割和报告生成, 研究方向主要聚焦在图像分类和心脏分割。超声图像采集是一项很复杂的技术, 有研究报道只要在图像采集系统输入患者的基本信息, 人工智能就可以帮助操作者获得临床医生所需要的图像, 这项技术的发展极大地缩短了图像采集时间。Knamis 等^[6]采用一种新的机器算法将心脏的尖端双腔、四腔和长轴图像进行分类, 其正确率分别为 97%、91%和 97%。左心室一直是多数人工智能分割研究的焦点, 有研究证实, 应用全卷积神经网络可以精准地分割左心室。Tamborini 等^[7]研究表示在某些特殊情况下 (如先天性小心腔室疾病), 人工智能不能准确识别出左心室心肌, 也就意味着不能很好地完成心室分割。随着影像训练量的不断增加, AI 对心室分割的准确度会越来越高, 在不久的将来这项技术有望为心血管疾病的诊断带来极大的便利。Genovese 等^[8]采用 AI-超声心动图全自动测量右心室大小、体积和射血分数, 结果显示可以定量分析所有病人的右心室, 但大多数还需要进行心内膜轮廓编辑才可以进行精确的诊断。Ouyang 等^[9]通过一种特殊的新型算法分割左心室、估计射血分数和识别心肌病, 该方法效率高并且可重复利用。心脏超声主要通过计算射血分数来评价心脏功能, 将来可能会对射血分数的自动化计算及超声心动图参数快速检测等方面进行研究^[10]。基于人工智能的心脏超声影像检查方法目前还存在一定的瑕疵, 如在测定右心室大小和功能量化方面。但在不久的将来基于 AI 的超声心动图技术会越来越高效、便利。辅助诊断更多的疾病, 有望减轻医师的负担, 缓解医疗资源紧张的状况^[11]。

2.4 AI-SPECT

AI 在单光子发射计算机断层成像 (singlephoton emission computed tomography, SPECT) 中主要应用于心肌灌注显像 (MPI), 检测识别心脏图像并提取出关键特征, 评估心肌灌注影像, 筛查出呈现心肌缺血的图像。AI 可区分正常和异常的 SPECT 心肌灌注图像, 相较于人工视觉对图像评分, 使用全卷积神经网络对左心室心肌进行分割和测量, 图像的精准分割提高了评估左心室功能的准确度, 进一步增强其诊断心肌缺血的能力。对于心血管疾病的预测, 标准定量和专家评估的方法存在一定的误差, 将机器学习用于预测 SPECT 显像后血管重建, 增加了每条血管和患者预测的敏感度, 提高了诊断的准确率。Alonso 等研发了机器学习的模型结合 SPECT 心肌灌注图像的数据来预测患者危险程度, 表明了的心脏灌注成像中 AI 的应用可以指导医师

对病患进行早期干预。一些学者开展心肌灌注不足对于阻塞性冠状动脉疾病的预测的研究。Betancur 等通过对 AI 的训练和验证,显示 DL 不仅提高了预测 CAD 病人的心血管不良事件的准确度,且表现出更好的预测患者疾病的潜能。随着 AI 算法的不断发展,SPECT 在诊断和预测心脏疾病中将有更大的潜能。

3 AI 在应用中的不足与完善

将 AI 应用于影像诊断被认为是未来智能医学发展的组成部分。但仍有许多问题亟待解决:①数据质量与数据标注,人工智能是以医疗大数据为基础,以监督学习为主要学习方式,因此最终结果的准确与否与数据质量以及数据标注密切相关。②小样本学习,当 AI 在样本量较小的数据集上训练时,会存在过拟合风险,最后会导致其他数据集部署到该模型时通用性较差。③“黑匣子”问题,由于对算法的内在逻辑认识还不十分清楚,因此在用 AI 模型对数据进行处理的过程是人难以理解的,具有不可解释性,是医生和患者都难以接受的。

综上所述,AI 要完全应用于临床,应做出以下 3 个方面的努力:①提高医疗数据的标准化,可以避免因算法不同,机器不同而造成的测量误差。②建立和发展无缝数据库,可以为 AI 模型提供高质量数据。③促进 AI 与临床医师结合,更好地满足临床需要,缓解医疗人力资源紧张的状况,为实现精准医疗奠定基础。

尽管 AI 在心血管疾病影像领域的研究与应用仍处于初级阶段,但已表现出巨大的潜力,未来 AI 有望拓展在该领域中的应用。随着数字化医疗大数据时代的到来,AI 机会与挑战并存,前景广阔。

参考文献

- [1] KAHN C E. From images to actions: opportunities for artificial intelligence in radiology[J]. Radiology, 2017, 285(3): 719-720.
- [2] 凯赛尔江·卡地尔,艾克力亚尔·艾尼瓦尔,马翔.人工智能在主动脉夹层影像学诊断与风险预测中的应用[J].中华心血管病杂志,2021,49(11):1152-1156.
- [3] 张佳,孙凯.人工智能深度学习在心血管影像诊断中的研究进展[J].中国医学装备,2020,17(4):183-186.
- [4] 熊日新,林英忠.人工智能在心血管疾病风险评估中的应用研究进展[J].中国临床新医学,2020,13(5):537-540.
- [5] 郭邦俊,张龙江,卢光明.人工智能在心血管 CT 成像中的新进展[J].国际医学放射学杂志,2021,44(5):535-540.
- [6] WOLTERINK J M, LEINER T, VIERGEVER M A, et al. Generative adversarial networks for noise reduction in low-dose CT [J]. IEEE transactions on medical imaging, 2017, 36(12): 2536-2545.
- [7] 刘亚男,赵瑞峰.人工智能在心血管影像中的应用进展[J].磁共振成像,2021,12(7):114-116,124.
- [8] 冉玲平,杨朝霞,乔金晗,等.RSNA2021 心脏 CT 及 MRI[J].放射学实践,2022,37(2):141-145.
- [9] WOLTERINK J M, LEINER T, DE VOS B D, et al. Automatic coronary artery calcium scoring in cardiac CT angiography using paired convolutional neural networks[J]. Medical image analysis, 2016, 34: 123-136.
- [10] GESSERT N, LUTZ M, HEYDER M, et al. Automatic plaque detection in IVOCT pullbacks using convolutional neural networks [J]. IEEE transactions on medical imaging, 2019, 38(2): 426-434.
- [11] 张佳,孙凯.人工智能深度学习在心血管影像诊断中的研究进展[J].中国医学装备,2020,17(4):183-186.
- [12] 邱海龙,郭惠明,姚泽阳,等.人工智能在心血管医学中的应用[J].中国胸心血管外科临床杂志,2021,28(10):1160-1166.
- [13] KHAMIS H, ZURAKHOV G, AZAR V, et al. Automatic apical view classification of echocardiograms using a discriminative learning dictionary[J]. Medical image analysis, 2017, 36: 15-21.
- [14] TAMBORINI G, PIAZZESE C, LANG R M, 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]. Journal of the American society of echocardiography: official publication of the American society of echocardiography, 2017, 30(11): 1049-1058.
- [15] GENOVESE D, RASHEDI N, WEINER L, et al. Machine learning-based three-dimensional echocardiographic quantification of right ventricular size and function: validation against cardiac magnetic resonance [J]. Journal of the American society of echocardiography: official publication of the American society of echocardiography, 2019, 32(8): 969-977.
- [16] OUYANG D, HE B, GHORBANI A, et al. Video-based AI for beat-to-beat assessment of cardiac function [J]. Nature, 2020, 580(7802): 252-256.
- [17] 张湘敏,吕梁,刘兴利,等.人工智能在心脏影像诊断中的研究进展[J].国际医学放射学杂志,2020,43(2):192-196.
- [18] 王家鑫,赵世华.人工智能在心血管疾病影像学领域中的应用[J].中华心血管病杂志,2021,49(11):1063-1068.

基金项目:西安医学院 2021 年校级大学生创新创业训练计划项目“人工智能在心血管疾病影像诊断中的应用与进展”(121521119)。

作者简介:袁佳瑶(2001—),女,汉族,陕西咸阳人,本科在读,研究方向为影像技术。

通信作者:杨旭(1976—),女,汉族,陕西西安人,硕士研究生,副教授,主要从事医学影像学工作。