

人工智能在冠状动脉斑块检测和风险评估中的应用进展

王 韦, 徐建华, 牡丹*

南京鼓楼医院集团仪征医院 江苏南京

【摘要】本综述探讨了 AI 在冠状动脉斑块检测和风险评估中的应用, 强调了 AI 技术在提高诊断准确性和效率方面的关键作用。传统的影像学方法对易损斑块的识别的精确度和效率上存在一定挑战。近年来, 人工智能 (AI) 的介入为这一领域带来了新的突破。AI 在冠状动脉斑块检测中的应用, 特别是在冠状动脉 CTA 图像后处理技术中, 极大地提高了诊断的时间效率和准确性, 通过自动分割图像, 辅助医生识别高危斑块, 使得无症状低危人群的风险筛查更加精准。AI 不仅能检测斑块, 还能对其成分进行深入分析, 有效提高了斑块识别和评估的准确性。AI 在预测冠状动脉疾病中的应用尤为突出, 通过构建和验证风险预测模型对冠心病患者进行风险评估。在实际临床中, 已经有成功案例显示 AI 技术能显著缩短分析时间, 并提高诊断一致性。然而, 其应用仍存在一些局限性, 如受限于数据集的规模和质量。在冠状动脉疾病领域, AI 的精准医疗应用前景广阔, 能够实现个性化的早期检测、准确分析和有效干预, 但需进一步优化数据集和算法以实现更高水平的预防和治疗。

【关键词】冠状动脉斑块; 人工智能; 深度学习; 图像分割; 风险评估模型; 心血管疾病

【基金项目】江苏省卫生健康委员会 2022 年度医学科研立项项目 (编号: M2022066)

【收稿日期】2024 年 11 月 13 日 **【出刊日期】**2025 年 2 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.ijmd.20250002

Progress in artificial intelligence research on coronary artery plaques

Wei Wang, Jianhua Xu, Dan Mu*

Yizheng Hospital of Nanjing Drum Tower Hospital Group, Nanjing, Jiangsu

【Abstract】 This review explores the application of AI in coronary plaque detection and risk assessment, emphasizing the key role of AI technology in improving diagnostic accuracy and efficiency. There are certain challenges in the accuracy and efficiency of traditional imaging methods for identifying vulnerable plaques. In recent years, the intervention of artificial intelligence (AI) has brought new breakthroughs to this field. The application of AI in coronary artery plaque detection, especially in the post-processing technology of coronary CTA images, greatly improves the time efficiency and accuracy of diagnosis. By automatically segmenting images, it assists doctors in identifying high-risk plaques, making the risk screening of asymptomatic low-risk populations more accurate. AI can not only detect plaques but also conduct in-depth analysis of their components, effectively improving the accuracy of plaque recognition and evaluation. The application of AI in predicting coronary artery disease is particularly prominent, by constructing and validating risk prediction models to assess the risk of coronary heart disease patients. In actual clinical practice, successful cases have shown that AI technology can significantly shorten analysis time and improve diagnostic consistency. However, its application still has some limitations, such as being restricted by the size and quality of the dataset. In the field of coronary artery disease, the precision medicine application of AI has broad prospects, which can achieve personalized early detection, accurate analysis, and effective intervention. However, further optimization of datasets and algorithms is needed to achieve higher levels of prevention and treatment.

*通讯作者: 牡丹

【Keywords】 Coronary artery plaque; Artificial intelligence; Deep learning; Image segmentation; Risk assessment model; Cardiovascular disease

冠状动脉斑块的形成和发展是影响心血管疾病发生的重要因素,其检测和分析在临床诊断和治疗中具有重要意义。传统方法如冠状动脉 CT 成像 (CCTA) 尽管已经能够提供较详细的冠状动脉影像信息,但在评估斑块形态和易损性方面仍存在局限性。近年来,人工智能 (AI) 技术的引入为冠状动脉斑块的研究带来了全新的机遇与挑战。AI 可以通过图像处理技术实现自动分割和特征提取,使斑块分析不仅更为精准高效,还能帮助医生识别高危易损斑块^[1,2]。在此背景下,综述旨在系统性探讨 AI 在冠状动脉斑块检测、分析与预测中的应用进展及其临床意义。

人工智能在冠状动脉分析中的应用,主要集中在图像处理及信息整合的优化。研究表明,AI 在冠状动脉 CT 影像后处理的时间效率和诊断准确率上均有显著提升,尤其在自动化检测与定量分析方面展现出巨大潜力^[3,4]。此外,借助深度学习等先进技术,AI 能够对斑块的成分进行详细分类,结合多重影像、临床和生物数据,有助于实现个体化风险评估与精准治疗^[5,6]。AI 在冠状动脉斑块方面的研究不仅仅停留在检测层面,风险预测和干预策略的构建同样是重要方向。通过优化的算法,AI 能够分析大量患者数据,预测未来心脏事件的发生,并支持临床决策^[7]。尽管当前 AI 在冠状动脉疾病领域的应用已取得诸多成果,但其广泛普及仍面临数据质量和监管标准等挑战。随着技术的进一步发展,AI 有望在心血管疾病的辅助诊断和个性化治疗中发挥更大作用。综述将深入探讨这些技术进展及其未来发展趋势,以期对心血管疾病的诊断和治疗提供新的视角和方案。

1 冠状动脉斑块研究的重要性与挑战

心血管疾病是全球范围内导致死亡和疾病负担的主要原因之一,而冠状动脉斑块在这些疾病的发生和发展中扮演着关键角色。冠状动脉斑块的形成和不稳定性直接关系到冠心病的发病机制。研究表明,易损斑块是导致急性冠状动脉综合征等重大心血管事件的重要因素^[8]。因此,对冠状动脉斑块进行深入研究、识别其性质和稳定性,不仅有助于了解疾病的病理生理机制,也对提高心血管疾病的诊断

和治疗效果具有重要意义^[9]。

然而,当前的影像学评估方法常常无法准确区分斑块的类型和易损性,这对心血管疾病的早期预防和干预提出了挑战。传统的冠状动脉造影技术虽能显示冠脉狭窄程度,但无法提供关于斑块成分和易损性的具体信息,从而限制了在临床上准确评估和预测心血管风险的能力。此外,个体化治疗需要精准区分高风险患者,这对当前技术提出了更高的要求。

1.1 冠状动脉斑块的临床意义

冠状动脉斑块的形成是动脉粥样硬化进程的一个重要环节,临床上其性质直接影响着心血管事件的发生风险。易损斑块的破裂往往是急性冠状动脉综合征的直接病因,其特点为纤维帽薄、炎症细胞浸润及脂质核心大^[10]。因此,精准识别和监测这些高风险斑块对于预防和管理冠心病而言至关重要。

冠状动脉斑块不仅与急性事件相关,还可影响慢性疾病的管理策略。例如,识别并评估不稳定斑块可以用于优化药物治疗和指导介入治疗策略,以降低复发性心血管事件的风险。此外,斑块成分分析可以帮助临床医师更好地理解患者全身动脉粥样硬化的特征,从而调整治疗方案^[11]。

1.2 当前研究中的挑战

斑块性质的准确评估是研究冠状动脉斑块的一大挑战。现有的冠状动脉 CT 血管成像技术尽管在识别管腔狭窄方面取得了一定成功,但在评估斑块成分和稳定性上仍存在局限性。尤其是在高风险患者的甄别上,现有技术尚难以对斑块的脂质含量、纤维帽厚度及炎症程度进行精确测量^[12,13]。

此外,研究还面临着数据集的规模和质量问题,这直接影响 AI 在这一领域的应用潜力。当前的大多数影像数据来源于单一中心,样本量小且患者群体特征单一,使得 AI 算法的泛化能力和预测准确性受到限制。未来的研究需要多中心大规模数据的支持,以提高算法的鲁棒性和应用效果^[14]。因此,在冠状动脉斑块研究中,亟需开发更为先进的影像技术和智能评估方法,以有效应对当前的临床挑战。

2 人工智能在冠状动脉斑块检测中的应用

近年来,人工智能 (AI) 技术在医学影像领域

的应用逐渐深入,尤其是在冠状动脉斑块检测方面展现了显著的潜力。冠状动脉斑块的精准检测是预防心血管疾病的关键所在,因为斑块的存在和特性直接关系到冠心病的风险评估和干预策略。传统影像技术虽然已经能够提供一定的诊断支持,但各项研究表明,AI通过改进图像分析精度和提升诊断效率,为冠状动脉斑块检测带来突破性进展^[15]。

2.1 AI能够自动分割图像

AI在冠状动脉斑块图像分割中的应用主要依托于深度学习算法,尤其是卷积神经网络。这些算法能够自动识别和分割冠状动脉内的斑块,减少人为操作的误差和偏差。研究显示,基于AI的分割方法能够显著缩短影像处理时间,同时保持高精度。对比传统的手动分割,AI技术通过自动化管道大大提升了工作流程效率。例如,通过利用大规模带标签的影像数据集进行训练,AI模型可以在较短时间内识别并标记出图像中斑块的位置和性质^[7,16]。

在临床实践中,AI支持的自动分割系统已经在多个医学影像中心成功部署,显示出与传统方法相媲美甚至更高的诊断准确性。这不仅有助于提高诊断的一致性和可靠性,还能够在减少操作人员工作负荷的同时,降低由于人为因素导致的漏诊和误诊风险^[17]。此外,AI算法在精准识别组织特性和计算斑块体积等方面也表现出明显优势,可以为个体化的治疗方案制定提供重要参考^[18]。

2.2 AI技术还能辅助医生识别易损斑块

易损斑块的识别对预防急性心血管事件至关重要,因为这些斑块因其不稳定性,更易导致破裂和进一步的心血管风险事件。AI技术通过高精度成像分析和复杂的模式识别算法,能够协助医生识别潜在的易损斑块特征,包括斑块的核心成分、纤维帽厚度和瘤样扩张等^[19,20]。依据这些特征,AI工具可提供实时风险评估,提示临床医生对高风险患者进行早期干预^[2,21]。

进一步的应用研究揭示,AI可以通过跨模态的影像集成,结合冠状动脉CT血管成像(CTA)、光学相干断层扫描(OCT)等多种成像技术,提升对斑块特性的识别率。这样的联合诊断方法大大增强了AI在多维数据综合分析中的能力,为更准确的风险评估提供了技术支持^[1,22]。随着AI技术的不断进步,其在识别易损斑块、预测病变进展以及个体化治疗

策略中的角色将愈发重要。

总之,AI在冠状动脉斑块检测中的应用已从理论探索走向临床实践,不仅提高了诊疗效率和准确性,还增强了临床医生的决策能力。未来研究需进一步优化算法,扩展其在不同患者群体和临床场景中的应用,确保AI技术在心血管影像学中发挥更大的作用^[15]。

3 AI在冠状动脉斑块分析中的进展

在冠状动脉斑块检测中,AI技术不仅能够有效识别斑块,还能深入分析其特征。利用深度学习和机器学习算法,AI可以从大量影像数据中提取出关键特征,包括斑块的体积、成分及其可能的病变进展。研究表明,AI系统能够与高级影像学技术如冠状动脉CT血管成像(CCTA)结合,在评估冠状动脉斑块的性质方面显示出显著优势。此外,自动化的斑块体积测量和成分分析使得从不同来源收集的大量数据得以高效处理,从而提高了诊断的准确性和一致性^[23]。

AI技术的应用还使得斑块特征分析更加细致。通过与IVUS、OCT以及NIRS等腔内影像技术结合,AI帮助识别斑块的细微变化,这对高危斑块的早期检测尤为重要。AI能够检测和量化斑块的高危特征,比如脂质核心大小、纤维帽厚度和钙化水平^[19]。这种详细的分析不仅可以帮助预测心血管事件的风险,还能为临床决策提供更有力的支持。

多模态影像学方法的结合也提升了AI在斑块分析中的表现和优势。AI技术能整合来自不同影像来源的数据,实现对斑块的多维度分析。例如,AI可以利用MRI、CT和超声等多种影像数据,对斑块进行全面的特征描述。这种多模态分析有助于提高精准性,尤其是在非钙化斑块分析中显得尤为重要。多模态数据的集成让AI在提供更加全面的斑块风险评估方面得到了使用^[24]。

通过与不同影像方法的结合,AI在斑块分析中的潜力被进一步挖掘。比如,近年来基于深度学习的算法可以实现冠状动脉CT上非钙化斑块的自动定位和分类,尽管挑战依然存在,但这无疑为心血管疾病的诊疗带来了新希望^[6]。AI通过整合各种影像数据和临床信息来改善决策辅助系统,有助于提高个体化风险预测和治疗方案的精准性。

总的来说,AI在冠状动脉斑块分析中的进展为

精准医疗带来了新的机遇。通过不断优化和验证这些技术,未来可以在心血管疾病的预防和治疗中发挥更重要的作用。这不仅可以提高临床决策的有效性,还能降低心血管事件的发生率,从而对患者的长期健康产生积极影响。

4 AI 在冠状动脉斑块预测及干预中的应用

4.1 风险预测模型的构建与验证

在冠状动脉斑块的研究中,风险预测模型的构建是评估个体患病风险的关键步骤。近年来,人工智能的发展为这一领域带来了新的契机。通过运用机器学习和深度学习技术,可以从大量患者数据中提取出关键特征,用于建立更为精确的冠心病风险预测模型^[25]。这些模型通常结合了患者的临床数据、实验室检测结果和影像学资料。例如,基于冠状动脉 CT 影像的人工智能模型能够有效识别斑块特征,并将其与其他临床指标结合起来,提高冠心病风险评估的准确性^[26]。

在模型的验证过程中,为了保证预测结果的准确性和可靠性,研究者通常进行交叉验证、外部验证及前瞻性测试。这些验证步骤有助于调整和优化模型,有效降低过拟合风险,并增强模型的泛化能力。对不同人群的模型效能进行评估,也能为个性化医疗提供依据。在具体操作中,研究者经常使用 ROC 曲线来评估模型的预测效果,曲线下面积(AUC)是判断模型优劣的重要指标。

然而,当前的风险预测模型仍面临一些挑战。例如,模型的稳定性、外部验证的不足以及如何有效整合多维度数据是需要进一步探索的领域。另外,AI 模型在数据处理、特征选择及解释性上也需要更多优化和改进,以确保其在临床实践中的可行性和实用性。针对这些问题,持续的技术创新和跨学科合作显得尤为重要^[18]。

4.2 AI 在风险评估中的精准性与效用

人工智能在风险评估中的应用为精准医学提供了有力支持。AI 技术的引入使得复杂生物医学数据的处理变得更加高效。通过深度学习算法,AI 能够自动识别和分析影像数据中的微小变化,例如冠状动脉斑块的特点,这为早期风险评估和干预提供了新途径。研究表明,相较于传统的风险评估工具,AI 能够更好地识别高危患者,特别是在识别易损斑块方面表现突出,这对于改善患者预后和制定干预策

略非常重要^[1]。

AI 在心血管疾病风险评估中的应用已经显示出显著的临床价值。通过有效整合患者的历史数据、当前的临床表现和影像学特征,AI 能够为个体提供更为详细的风险分析。这不仅有助于医生精准定位疾病进展阶段,还能协助制定更为个性化的治疗方案。例如,通过 AI 模型,能够预测患者在未来数年内发生心血管事件的风险,从而在疾病早期进行干预,减少心脏病发作的几率^[5]。

同时,AI 技术也在不断优化风险评估的透明度和解释性。一方面,技术的进步使得 AI 模型在处理大规模数据集时更加高效,而另一方面,如何解释这些模型的判断过程也是当前研究的热点。通过加强 AI 模型的可解释性,临床工作者能够更好地理解和利用这些技术,增强患者对 AI 辅助决策的信任。这种双向反馈机制有助于进一步提升 AI 的临床应用效果,从而为心血管疾病的管理提供创新的解决方案^[27]。

5 AI 技术在临床实践中的应用案例

5.1 已发表的成功案例解析

在冠状动脉斑块检测和管理中,AI 技术已在多个层面展示出潜在的临床应用价值和影响。在最近的一项研究中,一种基于深度学习的人工智能算法被成功应用于冠状动脉 CT 血管成像(CCTA),用于自动识别和定量分析冠状动脉斑块。结果表明,该算法能够有效地减少医生的读片时间,同时保持高水平的诊断准确率,与传统的人工评估相比,基于 AI 的评估在一致性和效率上都有很大提升^[28,29,30]。

另一个成功的应用案例则是在冠心病患者中风险预测模型的构建。这项研究通过整合患者的心血管病历史信息 and 冠脉影像数据,构建了一个机器学习模型。实验结果显示,该模型在预测心血管不良事件风险方面准确度显著,能够为医生提供有价值的临床决策支持,大大提高了临床操作的个性化程度。

在基层医疗中,AI 技术还帮助提升了诊断工具的可及性和普及性。通过将 AI 融入到便携式的影像设备中,过去需要复杂和昂贵设备才能完成的检测变得更为普及和实惠。这种技术在资源有限的地区尤为重要,能够显著改善社区内心血管疾病的早期检测和预防^[31]。

5.2 当前应用的局限性分析

尽管 AI 在冠状动脉斑块管理中展现出诸多优势, 其在临床应用中仍面临许多挑战和局限性。首先, 数据的多样性和质量是影响 AI 模型准确性和可靠性的重要因素。目前, 很多 AI 模型训练所基于的数据集缺乏足够的多样性, 不能完全代表实际临床环境中的复杂情况, 这限制了模型的泛化能力和实际应用效果^[30,32]。

其次, AI 在实际应用中容易受到数据偏倚和算法黑箱问题的影响。由于在算法模型开发过程中可能存在的偏倚, AI 系统可能在某些特定人群中表现不佳, 导致潜在的诊断不准确和医疗资源分配不均的风险。此外, 许多 AI 系统的决策路径不透明, 使得医生难以信任算法生成的结论, 从而影响 AI 在实际临床操作中的接受度和使用^[33,34]。

此外, AI 系统的标准化和监管也是亟需解决的问题。目前, 缺乏统一的标准和规范来指导 AI 系统的开发和部署, 使得不同系统之间的互操作性弱, 且难以进行一致的质量评估和保障。这不仅仅限制了 AI 在不同医疗系统中的广泛应用, 也增加了患者数据隐私和安全的风险, 需要建立更为健全的监管框架^[35,36]。

为了充分发挥 AI 的潜力, 这些问题需要在后续研究和临床实践中得到解决。通过加强跨学科的合作, 改进数据收集和算法设计, 完善监管政策和标准化流程, AI 在冠状动脉斑块中应用的全面推广将具备更大的前景和收益^[37,38]。

6 AI 在 CAD 精准医疗中的应用前景

6.1 早期检测、准确分析和有效干预

人工智能在冠状动脉疾病 (CAD) 中的精准医疗应用, 首先在于其早期检测和准确分析的潜力。借助深度学习和机器学习算法, 分析大量的临床和影像数据, AI 能够鉴别出早期的冠状动脉斑块变化, 并评估其对未来心血管事件的风险。这种能力尤其在无症状或轻症患者的风险识别中显示出优势, 从而有可能在疾病尚未显著发展时进行早期干预^[39]。

临床试验证明, 通过 AI 模型对冠脉 CT (CCTA) 影像的分析, 可以显著提高检出冠状动脉钙化斑块的准确性, 从而预测高危事件的可能性。这一流程被简化为少数几个关键的影像特征, 有效减少了医生在评估过程中的主观偏差。此外, AI 还能够通过

对比患者的多次 CT 影像来检测病情的细微进展, 从而及时调整治疗方案^[40,41]。

在干预策略上, AI 系统可以集成多模态数据, 如遗传信息、生理参数和影像特征, 形成个体化的风险评估和管理系统。这种系统不仅可以预测冠心病的发生概率, 还能建议最为合适的干预措施, 包括药物调整、生活方式改变等, 从而在潜力上改变疾病的发展进程, 优化健康结果^[42,43]。

6.2 个性化的治疗方案

随着 AI 技术的进步, 个性化治疗方案逐渐成为冠心病管理的核心策略。AI 系统能够通过分析患者的历史数据, 识别出最优的治疗路径。例如, 通过分析患者的基因组信息、生活习惯及环境因素, AI 可以预测患者对不同治疗方案的反应, 从而指导医生为患者选择最适合的治疗药物和方案^[41,44]。

个性化 AI 系统在实际应用中已经展示出较好的效果。某研究通过 AI 模型结合大数据分析, 在心血管药物选择和剂量调整中取得了重要成果, 特别是在抗凝治疗的个体化管理中。这种基于 AI 的干预策略显著减少了药物不良反应和治疗失败的风险, 为患者提供了更为安全有效的治疗方案^[45]。

此外, AI 在预测和优化治疗中的应用还体现在疾病特征分类及动态监测上。算法可以持续分析临床数据, 追踪疾病发展和患者的生理变化, 通过自我学习和数据迭代, 及时调整治疗策略。这种智能化的管理模式不仅提高了治疗的灵活性和针对性, 还显著改善了患者的长期预后。

在未来, AI 技术有望整合更多的生物标志物和数据源, 包括生活轨迹、生理状态、社会环境等, 进一步完善个体化医疗的框架, 实现针对每个患者量身定制的健康管理策略^[43,46]。这种精准医疗模式有可能在更大程度上满足患者的健康需求, 提高整体医疗水平和效率。

7 结论与展望

7.1 当前研究的主要结论

冠状动脉斑块的研究在近些年取得了显著的进展, 通过 AI 技术的应用, 尤其是在自动图像分析和斑块特征识别方面, 其诊断精准度和效率得到了显著提高。AI 在基于冠状动脉影像的斑块检测中显示出强大的能力, 不仅能够自动化处理复杂的影像数据, 而且在识别易损斑块这一临床关键任务中展现

了较高的敏感度和特异度^[47]。结合多模态影像技术, AI 进一步增强了对斑块的全面评估, 提供了更多关于斑块形态学和功能学信息, 这为个性化治疗开辟了新的途径。

在风险预测和干预方面, 构建的 AI 模型已显示出其在临床实施中的潜力, 尤其是基于机器学习的模型在斑块风险评估中的应用。这类模型可以较为精准地预测冠状动脉疾病患者的未来风险, 为临床医生制定干预策略提供了有力支持。此外, AI 技术的临床应用案例也逐渐增多, 这些成功的案例不仅验证了 AI 在实际临床场景下的效用, 也为未来的研究提供了宝贵的经验^[48]。

7.2 对未来研究与应用的期待

尽管 AI 在冠状动脉斑块研究中已取得了重要进展, 但尚有许多领域需要进一步探索。未来的研究可以更多地关注 AI 模型的校准和验证, 以确保其不同种群和临床环境中的广泛适用性。此外, 将 AI 与其他数据整合, 如基因组学和代谢组学数据, 可能会揭示新的生物标志物和疾病机制, 从而推动精准医疗的发展^[49,50]。

在临床实践中, AI 的应用尚需克服若干挑战, 其中包括技术的伦理与法律问题、数据隐私保护以及 AI 系统在临床决策流程中的安全性与解释能力。建立更为健全的法规框架和加强跨学科合作, 将是确保 AI 技术安全有效应用于医疗领域的关键步骤。

未来的研究还应进一步发展个性化医疗, 这 not 仅包括根据个体差异调整现有的治疗方案, 还应开发新的治疗策略, 以更好地服务于各种患者。通过与精准医疗的结合, AI 有望在疾病的早期检测、治疗效果的评估以及长期的健康管理中发挥更大作用。

综上, AI 不仅改变了冠状动脉斑块研究的现状, 也为未来的临床实践带来了无限可能。通过继续发展和完善 AI 技术, 我们有望在心血管疾病的管理和治疗中实现更精准、更高效的医疗服务, 为更广泛的患者群体带来切实的健康益处。

参考文献

- [1] 王平, 龙晓宙, 黄刚, 等. 冠状动脉 CT 成像人工智能辅助诊断的应用价值[J]. 甘肃医药, 2020, (2): 122-125.
- [2] 李桂芬, 赵妍, 周建国, 等. 人工智能识别冠脉 CTA 图像技术的应用[J]. 养生保健指南, 2021, (41):
- [3] 王雪燕, 鲍海华, 温生宝, 等. 冠状动脉 AI 诊断系统在高海拔地区 CHD 患者评估中的应用价值[J]. 重庆医学, 2024, 53(5):
- [4] 赵古月, 尚靳, 侯阳. 人工智能在冠状动脉 CT 血管成像的应用进展[J]. 山东大学学报(医学版), (12):
- [5] Opincariu D, Benedek T, Chițu M, et al. From CT to artificial intelligence for complex assessment of plaque-associated risk[J]. The international journal of cardiovascular imaging, 2020, 36(12):
- [6] Heon Lee, Tilman Emrich, U. Joseph Schoepf, et al. Artificial Intelligence in Cardiac CT: Automated Calcium Scoring and Plaque Analysis[J]. Current Cardiovascular Imaging Reports, 2020, 13(11):
- [7] Gudigar A, Nayak S, Samanth J, et al. Recent Trends in Artificial Intelligence-Assisted Coronary Atherosclerotic Plaque Characterization[J]. International journal of environmental research and public health, 2021, 18(19):
- [8] 刘春伟, 胡越成, 张敬霞, 等. 从腔内影像学进展探讨冠状动脉易损斑块的临床意义[J]. 心血管病学进展, 2022, (10):
- [9] 谢丽响, 胡春峰. 基于冠状动脉 CT 血管成像的冠状动脉斑块风险分层的研究进展[J]. 中国临床医生杂志, 2023, (11):
- [10] Gaba P, Gersh BJ, Muller J, et al. Evolving concepts of the vulnerable atherosclerotic plaque and the vulnerable patient: implications for patient care and future research[J]. Nature reviews. Cardiology, 2022.
- [11] 陈心怡, 赵国力, 尹德录. 冠状动脉腔内影像学评估斑块性质的研究进展[J]. 临床心血管病杂志, 2023, (09):
- [12] 何路平, 于波. 冠状动脉腔内影像技术在高危斑块识别领域的研究现状及展望[J]. 中国循证心血管医学杂志, 2021, (11): 1396-1397,1403.
- [13] Yang S, Koo BK, Narula J. Interactions Between Morphological Plaque Characteristics and Coronary Physiology: From Pathophysiological Basis to Clinical Implications[J]. JACC. Cardiovascular imaging, 2022, 15(6):
- [14] Alghairi M, Sulaiman N, Mutashar S. Health Care Monitoring and Treatment for Coronary Artery Diseases: Challenges and

- Issues.[J]. Sensors (Basel, Switzerland), 2020, 20(15).
- [15] 胡小丽, 向守洪, 胡荣慧, 等. 人工智能在冠状动脉 CT 血管成像后处理和诊断报告的初步评估[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2020, (1): 5-10.
- [16] Muscogiuri G, Volpato V, Cau R, et al. Application of AI in cardiovascular multimodality imaging.[J]. Heliyon, 2022, 8(10):
- [17] Covas P, De Guzman E, Barrows I, et al. Artificial Intelligence Advancements in the Cardiovascular Imaging of Coronary Atherosclerosis.[J]. Frontiers in cardiovascular medicine, 2022, 9.
- [18] Mugdha Joshi, Diana Patricia Melo, David Ouyang, et al. Current and Future Applications of Artificial Intelligence in Cardiac CT[J]. Current Cardiology Reports, 2023, 25(3).
- [19] 陈远兴, 韩韦钰, 赵然尊. 基于人工智能的冠状动脉易损斑块腔内影像学研究进展[J]. 海南医学, 2023, 34(3):
- [20] 赵艳红, 苏治祥, 张晓文, 等. 人工智能在冠状动脉 CT 血管成像对冠心病诊断效能的研究[J]. 实用放射学杂志, 2023, 39(4): 557-560.
- [21] 张梅舜, 蔡浩轩, 彭意春. 人工智能冠状动脉 CT 血管成像在冠心病诊断中的作用分析[J]. 心血管病防治知识(学术版), 2023, 13(21).
- [22] Bang Jun Guo, Jiwoong Jason Jeong, Hong Yan Qiao, et al. Artificial intelligence in imaging of coronary artery disease: current applications and future perspective[J]. Chinese Journal of Academic Radiology, 2022, 5(1): DOI10.1007/s42058-022-00091-9.
- [23] Choi A, Marques H, Kumar V, et al. Automated Artificial Intelligence Based Interpretation Of Coronary CTA: Plaque Volume, Plaque Characterization And High Risk Plaque Compared With Consensus Of Level III Expert Readers[J]. Journal of Cardiovascular Computed Tomography, 2020, 14(3).
- [24] Cau R, Flanders A, Mannelli L, et al. Artificial intelligence in computed tomography plaque characterization: A review.[J]. European journal of radiology, 2021, 140.
- [25] 陈卓, 依布拉音, 高颖, 等. SCI、TyG、AIP 对冠状动脉粥样硬化性心脏病患病风险的预测模型建立和验证[J]. 联勤军事医学, 2023, (11):
- [26] 王蔚然, 王蓉, 王更新, 等. 基于冠状动脉 CT 特征的机器学习技术评价冠状动脉粥样硬化斑块风险[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2021, (9): 702-706.
- [27] Maragna R, Giacari CM, Guglielmo M, et al. Artificial Intelligence Based Multimodality Imaging: A New Frontier in Coronary Artery Disease Management.[J]. Frontiers in cardiovascular medicine, 2021, 8:
- [28] 黄伟莹. 人工智能在电子病案管理系统中的应用[J]. 中国数字医学, 15(4).
- [29] 莫陶欣, 王丹, 李晨雄, 等. AI 技术助力提升电子病历质量的实践与探讨[J]. 医院管理论坛, 2023, (11).
- [30] Tariq A, Purkayastha S, Padmanaban GP, et al. Current Clinical Applications of Artificial Intelligence in Radiology and Their Best Supporting Evidence.[J]. Journal of the American College of Radiology : JACR, 2020, 17(11).
- [31] Yin J, Ngiam KY, Teo HH. Role of Artificial Intelligence Applications in Real-Life Clinical Practice: Systematic Review.[J]. Journal of medical Internet research, 2021, 23(4).
- [32] 国际全科前沿[J]. 中国全科医学, 2024, (13):
- [33] 尹军祥, 黄鑫, 李苏宁, 等. 我国人工智能临床应用研究发展现状与建议[J]. 世界科技研究与发展, 2023, 45(2): 181-188.
- [34] Varghese J. Artificial Intelligence in Medicine: Chances and Challenges for Wide Clinical Adoption.[J]. Visceral medicine, 36(6).
- [35] 郝华. 浅议人工智能技术在医院临床医学中的应用研究[J]. 计算机产品与流通, 2020, 06: 155.
- [36] Corti C, Cobanaj M, Marian F, et al. Artificial intelligence for prediction of treatment outcomes in breast cancer: Systematic review of design, reporting standards, and bias.[J]. Cancer treatment reviews, 2022, 108.
- [37] 周良辅. 人工智能在临床医学的应用:现状、挑战和对策[J]. 中华脑科疾病与康复杂志:电子版, 12(3):
- [38] Gurukripa N. Kowlgi, Fatima M. Ezzeddine, Suraj Kapa. Artificial Intelligence Applications to Improve Risk Prediction Tools in Electrophysiology[J]. Current Cardiovascular Risk Reports, 14(9).

- [39] 梁羽, 岳林先, 曹文斌, 等. 基于计算机辅助诊断的人工智能在甲状腺 TI-RADS 分类中的临床应用价值[J]. 四川医学, 2021, (2): 127-131.
- [40] 杨磊, 唐灿. 人工智能在乳腺癌超声诊断的应用价值[J]. 实用医学杂志, 2022, (1):
- [41] Visco V, Ferruzzi GJ, Nicastro F, et al. Artificial Intelligence as a Business Partner in Cardiovascular Precision Medicine: An Emerging Approach for Disease Detection and Treatment Optimization.[J]. Current medicinal chemistry, 2021, 28(32).
- [42] Rezayi S, R Niakan Kalhori S, Saeedi S. Effectiveness of Artificial Intelligence for Personalized Medicine in Neoplasms: A Systematic Review.[J]. BioMed research international, 2022, 2022.
- [43] Vadapalli S, Abdelhalim H, Zeeshan S, et al. Artificial intelligence and machine learning approaches using gene expression and variant data for personalized medicine.[J]. Briefings in bioinformatics, 2022, 23(5).
- [44] Quazi S. Artificial intelligence and machine learning in precision and genomic medicine.[J]. Medical oncology (Northwood, London, England), 39(8).
- [45] Lorkowski J, Kolaszyńska O, Pokorski M. Artificial Intelligence and Precision Medicine: A Perspective.[J]. Advances in experimental medicine and biology, 2022, 1375.
- [46] Daneshjou R, Brenner SE, Chen JH, et al. Precision Medicine: Using Artificial Intelligence to Improve Diagnostics and Healthcare.[J]. Pacific Symposium on Biocomputing. Pacific Symposium on Biocomputing, 2022, 27:
- [47] Hanfstingl B. Future Objectivity Requires Perspective and Forward Combinatorial Meta-Analyses.[J]. Frontiers in psychology, 2022, 13.
- [48] Thompson RA, Simpson JA, Berlin LJ. Taking perspective on attachment theory and research: nine fundamental questions.[J]. Attachment & human development, 2022, 24(5).
- [49] Masara B, van der Poll JA, Maaza M. A nanotechnology-foresight perspective of South Africa.[J]. Journal of nanoparticle research : an interdisciplinary forum for nanoscale science and technology, 2021, 23(4).
- [50] Bassaganya-Riera J, Berry EM, Blaak EE, et al. Goals in Nutrition Science 2020-2025.[J]. Frontiers in nutrition, 2020, 7.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS