

心电图、心脏彩超与心脏MRI在AMI预后价值的研究进展与应用

薛齐兴^{1*}, 王小萍^{2#}

¹赣南医科大学第一临床医学院, 江西 赣州

²赣南医科大学第一附属医院心血管内科, 江西 赣州

收稿日期: 2026年1月5日; 录用日期: 2026年1月29日; 发布日期: 2026年2月9日

摘要

急性心肌梗死的致死与致残率极高, 其预后评估对临床决策与患者管理有着非常重要的意义。临床上心电图、心脏彩超、心脏磁共振成像这三种无创检查各有侧重、互为补充, 可有效实现心梗患者风险分层与预后评估。近年人工智能及多模态技术的应用, 进一步提升了诊断精度, 推动了个体化诊治发展。

关键词

心电图, 心脏彩超, 心脏MRI, AMI, 预后价值

Research Progress and Application of Echocardiography, Cardiac Ultrasound, and Cardiac MRI in the Prognostic Value of AMI

Qixing Xue^{1*}, Xiaoping Wang^{2#}

¹First Clinical Medical College, Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

²Department of Cardiovascular Medicine, First Affiliated Hospital of Gannan Medical University, Ganzhou Jiangxi

Received: January 5, 2026; accepted: January 29, 2026; published: February 9, 2026

Abstract

Acute myocardial infarction has a very high rate of mortality and disability, and its prognosis

*第一作者。

#通讯作者。

文章引用: 薛齐兴, 王小萍. 心电图、心脏彩超与心脏 MRI 在 AMI 预后价值的研究进展与应用[J]. 临床医学进展, 2026, 16(2): 1666-1672. DOI: 10.12677/acm.2026.162558

assessment is of great significance for clinical decision-making and patient management. Clinically, electrocardiography, echocardiography, and cardiac magnetic resonance imaging are three non-invasive examinations, each with its own focus and complementing each other, which can effectively achieve risk stratification and prognosis assessment in patients with myocardial infarction. In recent years, the application of artificial intelligence and multimodal technologies has further improved diagnostic accuracy and promoted the development of personalized diagnosis and treatment.

Keywords

Electrocardiogram, Cardiac Ultrasound, Cardiac MRI, AMI, Prognostic Value

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

急性心肌梗死(AMI)是目前导致全世界伤残和死亡的一个重要病因之一, 世界各地急性期(30 d 内)死亡率约为 5%~15%, 我国达 10%~20%, 因此对患者预后的评估对临床决策和患者管理意义重大。而随着医学的发展和进步, 包括心电图(ECG)、心脏彩超(超声心动图)及心脏磁共振成像(MRI)等无创检查手段在对心肌梗死患者的风险分层和预后评估方面都有比较大的作用。虽然它们的侧重点各不相同, 但是它们可以互相配合、相互补充。心电图是一种最快最简单有效的床旁检查方法, 能够实时动态反映出心肌梗死心脏电活动出现的异常, 并且不同的心肌梗死的进程当中也有着可以用于指导诊断与预后的特有的变化, 为再灌注的时机判定提供重要窗口[1][2]。心脏彩超也叫超声心动图, 主要通过观察心脏结构与功能的各项参数判断心脏病的发生和发展, 观察各个节段室壁的运动情况判断其梗死部位(前壁/下壁/侧壁)与范围, 弥补心电图对于不典型患者的不足之处, 对于心室重构和心功能的恢复具有较大的参考价值[3][4]。心脏磁共振成像, 是对心脏结构、功能、心肌灌注、活性有很精确的识别能力, 可精确显示梗死、水肿、微血管阻塞(MVO)等病变, 从不同角度完整呈现了心脏的整体状况, 有助于得到特殊的预后信息[5][6]。随着近年人工智能技术的应用, 这些检查手段不仅可以更快地完成各项分析检查, 并且提高了各种心肌梗死的诊断精度[7]-[9]; 多模态影像学和生物标志物结合运用能够达到更精准、更个性化的治疗以及更好的心肌梗死个体化诊治[10][11]。现就上述三种检查方法的心肌梗死预后评估新进展和临床意义作一综述, 并对其未来的发展方向加以展望。

2. 心电图在心肌梗死预后评估中的新进展与应用

2.1. 非典型表现与特殊心电图模式的识别及其对预后的影响

心电图在急性心肌梗死诊断中具有不可替代的作用, 然而临床上非典型心电图表现往往给早期诊断带来挑战。研究表明, 非典型症状表现(如胸前区不适、胸闷、上腹部压迫感或者疼痛、呼吸困难、晕厥、昏迷、心悸心慌等)在 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者中占比可达 20%~30%, 这类患者通常伴有糖尿病、高血压疾病等基础疾病, 且与门-球囊时间延长和短期及长期死亡率增加显著相关[12]。非典型表现患者 30 天死亡风险增加 2.20 倍, 1 年和 3 年死亡风险也分别增加 1.91 倍和 1.73 倍, 这一临床结果强调了早期识别具有重要的现实意义。

少部分的 de Winter 模式及一些复杂形式的心电图异常亦提示冠状动脉前降支存在严重的狭窄甚至

闭塞, 按照 ST 段抬高型心肌梗死 STEMI 同等待遇进行紧急血运重建[2]。其心电图的典型表现为胸前导联 ST 段上斜型下移, T 波高耸对称, 不同时期的动态心电图 ST-T 波可有不同变化, 可向 ST 段抬高型心肌梗死 STEMI、非 ST 段抬高型心肌梗死 NSTEMI 和 Wellens 模式转变, 也可完全恢复[2]。而 Wellens 心电图也是左前降支严重狭窄的重要预警征象, 即便临床表现为非特异性症状也不能掉以轻心, 要及时引起注意[13]。需要临床上针对这些特殊的心电图进行正确的分析, 避免漏诊或者误诊, 更好地造福病患, 给予其最佳治疗。

2.2. 基于人工智能的心电图辅助分析在风险分层及预后预测方面的应用

人工智能在心电图分析领域应用于心肌梗死的诊断以及预后评估上, 借助于基于深度学习的神经网络模型可以从一次心电图记录当中预测心房颤动的风险值, 与多变量临床风险评分相类似, 并且结合这两种方法可以更加提高预测的效果, 这个 ECG-AF 模型除了可以预测心房颤动外, 还可以反映出发生心力衰竭、心肌梗死、卒中或者全因死亡等心血管结局的风险增加的情况。

对心脏病特别是心肌梗死的检测和预测可以用一种专门针对心脏病的人工智能平台来检测心电图的心肌梗死迹象来进行, 因为该方法能达到高达 96.98% 的准确率, 远胜过通用的多模态大语言模型, 如 ChatGPT 和 Gemini [9]。利用生物仿真的人工智能辅助 12 导联心电图(AIMI-12ECG), 可以看出心肌梗死患者的心肌纤维化的位置、范围及程度, 并且和心脏 MRI 晚期钆增强区非常相似, 有机会准确定位心肌纤维化、识别人群是否有大面积的梗死。AI 还可以用于术前风险评估, 通过分析术前 12 导联心电图波形, 并与临床资料相结合的方式, 对于非心脏手术的主要心血管事件发生几率的预测有重要的意义, 也优于目前最普遍应用的修订心脏风险指数(Rembrandt risk index) [14]。

2.3. 远程心电监测与系统优化对再灌注治疗时间及预后的改善

远程心电监测及系统的改良对再灌注治疗时间以及预后具有重要意义。远程心电监测以及系统优化措施可缩短再灌注治疗时间、改善 STEMI 患者预后, 已有多项研究证实, 例如: 远程心电监测系统实时收集院前心电图、院前采集 - 导管室激活 - 急救绕行的运行方式都可在一定程度上使再灌注时长缩短, 并提高患者生存率[2]; 急诊科内, 结构化 STEMI 预警路径、急诊科快速分诊通道、急诊科标准化医嘱和平行工作流程均可加速诊断激活和程序流程运转速度。远程工作模式有助于改善 ACS 急性期及复杂性心律失常患者预后, 可降低患者死亡率[15]。

3. 心脏彩超在心肌梗死预后评估中的价值与进展

3.1. 左心室结构与功能参数的预后价值

心脏彩超在评估心肌梗死后左心室结构和功能变化方面具有重要价值, 这些参数对于预测患者长期预后至关重要。研究表明, 左心室射血分数(LVEF)是心肌梗死患者预后的重要预测指标, LVEF 降低与不良结局密切相关[4] [16]。急性前壁心肌梗死患者早期使用血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂(ARNI)治疗, 可比血管紧张素转换酶抑制剂或血管紧张素受体阻滞剂(ACEI/ARB)更好地改善左心室舒张末期内径和相对室壁厚度, 显著降低主要不良心脏事件风险[3]。

除此之外, 除了更常用于临床评价心脏射血分数的常规测量值之外, 使用更为灵敏的整体纵向峰值应变(GLPSS)等其他参数可以较早发现心肌功能异常, 并给予其更多的预后信息。而且长期随访后的 LV 结构和功能参数的变化要比单一的某次测量更有意义[17]。

3.2. 右心室功能评估及新型血流动力学标志物的应用

右心室功能评估对于心肌梗死的远期预后有时被忽略, 但它正越来越受到重视。目前发现, 右心室

功能障碍往往见于心脏衰竭、急性冠状动脉综合征、肺栓塞、肺动脉高压等情况。虽然心电图和影像学检查是评估右心室的常用方法,但是循环生物标志物也是可以提供给人们一种快速、无创、准确的替代方法。

这些生物标志物能体现诸多重要的病理生理过程,包括心肌损伤、应激、纤维化、炎症、充血和多器官受累。除了以高敏肌钙蛋白、BNP、NT-proBNP 为代表的标志物外,如 CA125、内皮-特异性淀粉样前体蛋白和半乳糖凝集素-3 等也是近年开发的新兴生物标志物,有助于提高临床诊断的准确性以及风险分层的能力,另外一些标记物(如 CA125 和 NT-proBNP)还可用来指导出院后的治疗[18]。

血流动力学标志物还能够作为预测急性冠状动脉综合征患者 10 年全因死亡率的潜在预测指标,例如射血分数、心室-动脉耦联、超额主动脉压及脉搏波速度/整体纵向峰值应变指数均是 10 年全因死亡率的独立预测因子[4]。这些新型血流动力学指标可以辅助心肌梗死患者的远期风险评估。

3.3. 斑点追踪技术与负荷超声在风险评估中的作用

斑点追踪技术和负荷超声心动图是目前心脏影像学领域两大极具发展潜力的技术,在心肌梗死的风险评估方面占据了很重要的位置。斑点追踪技术可以定量评价心肌变形能力、发现亚临床心肌功能损害,较以往射血分数敏感性更高,而整体纵向应变(GLS)指标和心肌纤维化程度以及预后密切相关,并能预测危险分层。

GLS 是心肌梗死患者远期不良心血管事件(如心力衰竭再入院、心源性死亡、恶性心律失常)的独立预测因子[19]。AMI 患者经血运重建治疗后,若 GLS 未明显改善,提示心肌坏死范围大或心肌重构进展风险高;若 GLS 逐渐恢复,提示心肌顿抑细胞功能改善,预后较好。结合 GLS 与 LVEF 可进一步提升风险分层准确性:LVEF 正常但 GLS 降低的患者,远期心力衰竭风险显著高于 GLS 正常者。

负荷超声心动图通过心肌应激状态下的功能反应可评价存活心肌及缺血心肌,对于血运重建的决策有着重要作用。冠状动脉 CT 血管造影(CCTA)对于稳定型心绞痛患者的诊断和预后均具有一定优势,但负荷超声仍可用于评估心肌存活性,这是两者的主要差别之一[20]。

适量运动康复或可通过调节心肌梗死后室壁瘤心脏纤维化过程从而改善预后,有文献报道适量运动可以改善心功能,减轻心肌纤维化,抑制成纤维细胞活化;而过量运动可能导致心功能减低、心肌纤维化加重和心肌细胞损伤,出现以上相反作用的原因可能是由于 PTEN 稳定性调节及后续 Smad2/3 信号通路变化所致。

4. 心脏 MRI 在心肌梗死预后评估中发挥的重要作用与最新进展

4.1. 组织特征化: 梗死、水肿、微血管阻塞与出血的评估及预后意义

心脏 MRI 利用其组织特性化的优势能够很好地应用在心肌梗死预后评估当中,利用 LGE 技术能够准确判断、分析梗死心肌的位置及范围,以此作为判断预后的参考指标[6];微血管阻塞(MVO)是 STEMI 经再灌注治疗时常见的一种并发症,无论是在早期还是后期钆增强图像上都显示出了 MVO 的存在,则说明了该患者发生更严重的微血管损伤,有较差的预后。

研究表明,根据 MVO 在早期和晚期钆增强图像上的表现模式,可将患者分为无 MVO、可逆性 MVO、部分可逆性 MVO 和持续性 MVO 四种模式[6]。持续性 MVO 模式(MVO 持续指数 $\geq 40\%$)患者的主要不良心血管事件风险是无 MVO 模式的 5.14 倍,心力衰竭住院和再梗死风险也显著增高。即使在倾向评分匹配分析中,持续性 MVO 模式相对于部分可逆性 MVO 模式仍然与主要不良心血管事件风险增加独立相关(风险比 = 3.33)。

MVO 动态变化提供的预后信息超越了标准静态 MVO 测量指标,表明微血管损伤的严重程度和持续

性比单纯的存在与否更具预测价值。这表明心脏 MRI 具有阐明心肌组织特性差异的优势, 有利于对高危患者做出风险分层以及辅助指导临床决策。

4.2. 负荷灌注心脏 MRI 与定量血流评估在缺血和微血管疾病中的应用

负荷灌注心脏 MRI 广泛应用在心肌缺血性心脏病的评估中。近 10 年来, 负荷灌注心脏 MRI 获得了卓越的诊断和预后效能, 其临床应用价值更多地体现在中高危心肌缺血性心脏病或确诊冠状动脉疾病中; 随着有经典 I 型随机对照证据的 ISCHEMIA 试验的研究结论揭晓, 目前认为负荷心脏 MRI 在选用有创性诊疗策略、血运重建方式等方面可能占有一席之地。

人工智能技术已经简化了心脏 MRI 扫描技术和定量像素化灌注图的在线自动化。定量负荷心脏 MRI 可以评估绝对心肌血流量和灌注储备, 改善风险分层和冠状动脉微血管疾病(CMD)的检测[21]。CMD 检测可能协助临床医生诊断无阻塞性冠状动脉疾病患者的胸痛, 并改善各种心肌病的预后判断和病理生理机制检测。

定量负荷灌注心脏 MRI 能用于评价缺血性心脏病及心肌病风险的患者, 随着 AI 技术的进一步融合, 在未来可能降低这些检查的成本、缩短所用时间, 大规模的应用后可提高成本效益型心脏护理, 并减少不良临床结局的发生。

4.3. 心脏 MRI 在 MINOCA 鉴别诊断与风险分层中的独特价值

心脏 MRI 是 MINOCA 诊断的特殊价值, 在识别非阻塞性冠状动脉的原因时, 可以辨别心肌梗死和非缺血性的心肌炎、Takotsubo 综合征及心肌病。心脏 MRI 被认为是诊断 MINOCA 的无创金标准, 心脏 MRI 检查发现的冠状动脉微循环异常和冠状动脉 CT 结合的方法将会更好地用于判断一种患者是否有冠状动脉或非冠状动脉相关的原因。

心脏 MRI 在 MINOCA 的诊断、再分类及管理方面的扩展应用表明, 心脏 MRI 有助于指导治疗决策、改善预后及将识别病因作为根据危险程度进行分级的基础。同时, 新的心脏 MRI 协议还可更好地用于区分怀疑有 MINOCA 的患者, 它能够鉴别缺血性和非缺血性的急性心肌损伤并应用于危险程度分层以及个性化治疗中。

炎症反应决定着 AMI 后修复过程的心肌修复结果, CXCR4 上调发生于 AMI 早期可预测 LV 重构及心脏结构、功能结局[22]。CXCR4 靶向分子成像是 AMI 早期预测后期心室重塑的有效手段, 有望成为 AMI 患者后期心室重塑风险分层或抗炎治疗指导的重要临床工具。

5. 多模态影像学与生物标志物的整合应用

5.1. 生物标志物与影像学发现的联合预后价值

生物标志物联合影像学发现是将心肌梗死患者的危险度分层、预后评价提高到新的高度的重要方法, GDF-15 作为新的一种心脏应激生物标志物, 在急性胸痛患者中可能比高敏肌钙蛋白 T、BNP 等其他生物标志物更有助于全因死亡风险的评估[11]。有研究表明, GDF-15 与急性胸痛患者 30 d 及 90 d 全因死亡/急性心肌梗死具有相关性, 但是指数就诊时并没有观察到二者具有相关性。因此, 我们推测 GDF-15 可能是对于急诊科住院, 排除心肌梗死患者短期内的的心脏事件发生风险判定有效的辅助工具。

对于在疑似 ACS 期间被排除急性心肌梗死(AMIs)的患者, 高敏肌钙蛋白 T 和 I 同样显示了远期危险分层的价值[10], 年化 MACE 发生率 < 检测下限(TL)组为 0.5%~0.7%, 5 年内无心血管死亡; 在非坏死性生物标志物中, 仅 GDF-15 在多因素模型中具有独立预后的意义。

将生物标志物和影像学参数相结合可能会得出额外的预后信息。例如, 应用心肌梗死后的炎症反应

分子成像(如 CXCR4 PET/CT)联合心脏 MRI 的表现来判断左心室的恢复情况, 可能会比单纯应用其中一种方法更加准确[22], 因此多模态评估可以实现对高危人群的识别, 从而可以采取针对性的个性化治疗方案。

5.2. 多模态影像学的协同与比较

联合使用多模态影像学技术以达到心肌梗死的综合评价效果更佳, 包括心电图、心脏彩超、心脏 MRI 以及冠状动脉 CT 血管造影(CCTA), 而各自的优势不同, 多模态影像学技术进行联合使用才能够相互补充、取长补短, 从而更有效、更准确地作出诊断与预测。

利用 CCTA 进行 ST 型心绞痛评价较传统负荷试验(运动心电图、心肌灌注成像和负荷超声心动图)的优势, 在稳定型心绞痛评估中也有显示, 因为 CCTA 在预期主要不良心脏事件(主要是心肌梗死和心源性死亡)方面比其他负荷试验更具预测能力[20], 且与较少侵入性的冠状动脉造影及更高的无事件生存率有关, 在分层诊断方案患者的血运重建率也更好。

然而, 不同的影像学技术都有自身的局限性, 在具体临床应用时要结合临床实际情况及所掌握的相关影像学检查设备来决定使用何种技术。此外, 目前人工智能是临床影像学领域十分活跃的研究方向, 人工智能技术可实现自动化的图像分析以及多源数据的整合, 并能够为临床决策提供更多参考信息[8][9]。随着技术的不断进步与完善, 以后多模态影像学可能在心肌梗死预后方面的应用也会更加广泛深入。

6. 结论与展望

心电图、心脏彩超、心脏 MRI 分别用于心肌梗死预后的评价, 不同的影像检查联合应用有利于更全面的判断病情; 目前心电图作为较为便捷易得的初筛方法, 在急性缺血、心律失常等方面有着无法取代的地位, 结合人工智能之后其分析效率和准确性都大幅提升; 心脏彩超不仅可以从心脏结构和功能参数上分析心室重构、心功能恢复情况, 同时借助血流动力学新标志物能够更好地完善预后评估; 心脏 MRI 能够更精准地分辨出梗死、水肿、微血管阻塞等组织特征改变, 可以指导风险分层以及治疗选择。多模态影像及生物标志物将是未来发展的必然趋势, 人工智能、机器学习的运用可更好地进行多模态数据的分析, 利于精确到每一个个体进行精准化治疗, 但是仍有几个问题值得解决: 一是不同影像技术的标准化、验证需要进一步完善; 二是新兴技术如定量灌注 MRI 及人工智能辅助分析的数据是否可靠、结果是否准确等问题有待进一步研究; 三是多模态数据的整合及解读需要跨学科的合作和专业的人员培训。未来应该设计更加精准高效的预后评估工具, 把多模态影像学、生物学标志物以及临床数据糅合进去, 在此基础上基于人工智能进行深层次的数据挖掘和学习预测, 实现心肌梗死患者更好的预后及生活质量。

参考文献

- [1] 韩闯, 阙文戈, 王治忠, 等. 基于心电图的心肌梗死智能辅助诊断方法研究综述[J]. 生物医学工程学杂志, 2023, 40(5): 1019-1026.
- [2] de Winter, R.J., Verouden, N.J.W., Wellens, H.J.J. and Wilde, A.A.M. (2008) A New ECG Sign of Proximal LAD Occlusion. *New England Journal of Medicine*, **359**, 2071-2073. <https://doi.org/10.1056/nejmc0804737>
- [3] Ye, S., Guo, N., Li, J., Zhao, J., Zong, D. and Wang, L. (2025) Early Sacubitril/Valsartan Therapy Reduces Ventricular Remodeling and Cardiac Events in Patients with Acute Anterior Myocardial Infarction. *European Journal of Pharmacology*, **1007**, Article ID: 178188. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2025.178188>
- [4] Minczykowski, A., Wiśniewski, O.W., Krauze, T., Szczepanik, A., Banaszak, A., Guzik, P., *et al.* (2025) Hemodynamic Markers Predict Outcomes a Decade after Acute Coronary Syndrome. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article No. 6627. <https://doi.org/10.3390/jcm14186627>
- [5] Di Leo, M., Vasumini, N., Maida, A., Manaresi, T., Basile, M., Angeli, F., *et al.* (2025) Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Myocardial Infarction with Non-Obstructive Coronary Arteries (MINOCA): Current and Evolving Perspectives. *Expert Review of Cardiovascular Therapy*, **23**, 765-775. <https://doi.org/10.1080/14779072.2025.2577397>

- [6] Mather, A.N., Lockie, T., Nagel, E., Marber, M., Perera, D., Redwood, S., *et al.* (2009) Appearance of Microvascular Obstruction on High Resolution First-Pass Perfusion, Early and Late Gadolinium Enhancement CMR in Patients with Acute Myocardial Infarction. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, **11**, 33. <https://doi.org/10.1186/1532-429x-11-33>
- [7] Brant, L.C.C., Ribeiro, A.H., Eromosele, O.B., Pinto-Filho, M.M., Barreto, S.M., Duncan, B.B., *et al.* (2025) Prediction of Atrial Fibrillation from the ECG in the Community Using Deep Learning: A Multinational Study. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, **18**, e013734. <https://doi.org/10.1161/circep.125.013734>
- [8] Wang, H., Gao, Z., Zhang, H., Zhu, Y., Lian, S., Bo, K., *et al.* (2025) Artificial Intelligence-Based Accurate Myocardial Infarction Mapping Using 12-Lead Electrocardiography. *European Heart Journal-Digital Health*, **6**, 939-948. <https://doi.org/10.1093/ehjdh/ztaf077>
- [9] Lee, H., Yoo, S., Kim, J., Cho, Y., Suh, D. and Lee, K. (2025) Comparative Diagnostic Performance of a Multimodal Large Language Model versus a Dedicated Electrocardiogram AI in Detecting Myocardial Infarction from Electrocardiogram Images: Comparative Study. *JMIR AI*, **4**, e75910. <https://doi.org/10.2196/75910>
- [10] Jones, J., Hughes, E., Dobson, R., Ashrafi, R., Heseltine, T., Campbell, M., *et al.* (2025) Risk Stratification of Acute Chest Pain in Patients with High-Sensitivity Troponin T below the 99th Percentile: A Long-Term Cohort Study Assessing the Incremental Value of Necrosis and Non-Necrosis Biomarkers to Clinical Risk Scores. *Journal of the American Heart Association*, **14**, e040590. <https://doi.org/10.1161/jaha.124.040590>
- [11] Mumma, B.E., Bhandari, N., Tran, N.K., Ford, J.S., Christenson, R., Wilkerson, R.G., *et al.* (2025) Growth Differentiation Factor-15 Is Associated with Acute Myocardial Infarction and Death at 30 and 90 Days in Emergency Department Patients with Suspected Acute Coronary Syndrome. *Journal of the American Heart Association*, **14**, e038675. <https://doi.org/10.1161/jaha.124.038675>
- [12] Huang, J.F., Zhang, S.Q., Hsiao, Y.T., Yeh, Y.N., Lin, J.C. and Tsai, M.J. (2025) Impact of Atypical Presenting Symptoms on Door-to-Balloon Time and Mortality Outcomes in ST-Segment Elevation Myocardial Infarction. *BMC Emergency Medicine*, **25**, Article No. 207. <https://doi.org/10.1186/s12873-025-01368-9>
- [13] Silva, I., Aguilar, J.E., Aragón, A.C., Moreno, M.S., Cepeda-Zaldumbide, A.S., Salazar-Santoliva, C., *et al.* (2025) Integration of ECG and Point-of-Care Ultrasound in the Diagnosis of Wellens' Syndrome with Acute Heart Failure: A Case Report. *Journal of Clinical Medicine*, **14**, Article No. 6982. <https://doi.org/10.3390/jcm14196982>
- [14] Harris, C., Pimpalkar, A., Aggarwal, A., Yang, J., Chen, X., Schmidgall, S., *et al.* (2025) Preoperative Risk Prediction of Major Cardiovascular Events in Noncardiac Surgery Using the 12-Lead Electrocardiogram: An Explainable Deep Learning Approach. *British Journal of Anaesthesia*, **135**, 1161-1171. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2025.07.085>
- [15] Tolu-Akinnawo, O., Ezekwueme, F. and Awoyemi, T. (2024) Telemedicine in Cardiology: Enhancing Access to Care and Improving Patient Outcomes. *Cureus*, **16**, e62852. <https://doi.org/10.7759/cureus.62852>
- [16] Muste, S.R., Bustea, C., Babes, E.E., Muste, F.A., Bungau, G.S., Tit, D.M., *et al.* (2025) Complete Revascularization in NSTEMI-ACS and Multivessel Disease: Clinical Outcomes and Prognostic Implications. *Life*, **15**, Article 1299. <https://doi.org/10.3390/life15081299>
- [17] 黄开伟, 刘华, 柏刚, 等. 左室整体纵向峰值应变值变化可对老年高危冠状动脉粥样硬化性心脏病进行早期诊断: 一项单中心、诊断性临床试验方案[J]. 中国组织工程研究, 2017, 21(28): 4499-4504.
- [18] Viduljević, M., Polovina, M., Geavlete, O., Adamo, M., Hadžibegović, A., Ašanin, M., *et al.* (2025) The Right Approach: Power of Biomarkers in the Assessment and Management of Right Ventricular Dysfunction. *International Journal of Molecular Sciences*, **26**, Article No. 9064. <https://doi.org/10.3390/ijms26189064>
- [19] Lee, S., Song, S., Yoon, J., Kim, Y., Jung, L.Y., Rhee, K., *et al.* (2016) Global Longitudinal Strain Is a Predictor of Heart Failure in Patients with Acute Anterior Wall Myocardial Infarction. *Journal of the American College of Cardiology*, **67**, Article No. 476. [https://doi.org/10.1016/s0735-1097\(16\)30477-6](https://doi.org/10.1016/s0735-1097(16)30477-6)
- [20] Gundareddy, V., Singla, S., Mounika, J., Owona, O., Singla, B., Singh, T., *et al.* (2025) Coronary Computed Tomography Angiography vs Stress Testing for Stable Angina Evaluation: Diagnostic and Prognostic Superiority. *World Journal of Cardiology*, **17**, Article ID: 110061. <https://doi.org/10.4330/wjc.v17.i9.110061>
- [21] Kwong, R.Y., Heydari, B. and Bernhard, B. (2025) A Practical Review of Stress Perfusion Cardiac Magnetic Resonance Imaging for the Management of Coronary Artery Disease. *Current Opinion in Cardiology*, **40**, 448-458. <https://doi.org/10.1097/hco.0000000000001259>
- [22] Diekmann, J., König, T., Hess, A., Zwadlo, C., Schäfer, A., Ross, T.L., *et al.* (2025) CXCR4 PET/CT Predicts Left Ventricular Recovery 8 Months after Acute Myocardial Infarction. *Journal of Nuclear Medicine*, **66**, 1750-1756. <https://doi.org/10.2967/jnumed.125.270807>