

冠脉积分在心肌梗死风险评估与预后中的研究进展：现状与展望

薛苗¹, 薛墨晨^{2*}, 李娜¹, 高晨馨³, 奚甘露¹

¹延安大学附属医院心脑血管病医院, 心血管内科, 陕西 延安

²韩城市人民医院, 医学影像科, 陕西 渭南

³延安大学附属医院心脑血管病医院, 全科医学科, 陕西 延安

收稿日期: 2026年7月1日; 录用日期: 2026年7月23日; 发布日期: 2026年8月4日

摘要

冠状动脉粥样硬化性心脏病(冠心病)是全球范围内致死和致残的主要原因, 精准的心血管风险分层对于心肌梗死的一级预防和二级预防均具有重要的临床意义。冠状动脉积分是通过影像学手段对冠脉粥样硬化斑块负荷进行量化评估的工具, 在心肌梗死(MI)的风险分层与预后预测中发挥着日益重要的作用。作为量化冠状动脉粥样硬化负荷的核心手段, 冠脉积分系统经历了从传统解剖学评分到整合炎症、代谢及人工智能等多维度信息的深刻演进。本文系统梳理了以冠状动脉钙化积分(CACS)、Gensini评分、SYNTAX评分、Leiden评分、CatLet评分、segment involvement score (SIS)、CaRi-Heart®炎症风险评分以及新型CAC-DAD评分等为代表的冠脉积分工具在心肌梗死研究中的应用现状, 重点阐释了不同评分体系的临床价值、局限性以及近年来在个体化医疗中的进展趋势。总体而言, 单次CACS在无症状中危人群中的风险分层效能已获充分验证, 新的研究则进一步揭示了CACS进展与钙化亚组表型的预后意义; 残余SYNTAX评分和高敏炎症积分等工具正在改变心肌梗死患者的血运重建后管理策略; 以CaRi-Heart®为代表的人工智能驱动炎症评分和心外膜脂肪放射性组学技术正在突破传统解剖学评分的瓶颈, 提供炎症驱动的预测信息; 新型CAC-DAD评分较传统Agatston评分可识别更多MACE事件(74% vs 57%); 未来冠脉积分的发展方向将是多模态数据融合、动态纵向建模以及人工智能赋能的精准风险画像, 推动心血管疾病预防与治疗向更高水平的个体化和智能化迈进。

关键词

冠状动脉钙化积分(CACS), Gensini评分, SYNTAX评分, Leiden评分, CatLet评分, Segment Involvement Score (SIS), CaRi-Heart®炎症风险评分, 新型CAC-DAD评分, 心肌梗死, 人工智能

*通讯作者。

Research Advances in Coronary Artery Scoring for Myocardial Infarction Risk Assessment and Prognosis: Current Status and Future Perspectives

Miao Xue¹, Mochen Xue^{2*}, Na Li¹, Chenxin Gao³, Ganlu Xi¹

¹Department of Cardiovascular Medicine, Yan'an University Affiliated Hospital Cardiovascular & Cerebrovascular Disease Hospital, Yan'an Shaanxi

²Department of Medical Imaging, Hancheng People's Hospital, Weinan Shaanxi

³Department of General Practice, Yan'an University Affiliated Hospital Cardiovascular & Cerebrovascular Disease Hospital, Yan'an Shaanxi

Received: July 1, 2026; accepted: July 23, 2026; published: August 4, 2026

Abstract

Coronary atherosclerotic heart disease (coronary artery disease) remains a leading cause of mortality and disability worldwide. Accurate cardiovascular risk stratification is of paramount clinical importance for both primary and secondary prevention of myocardial infarction (MI). Coronary artery scoring, which quantifies the atherosclerotic plaque burden via imaging modalities, has emerged as an increasingly valuable tool in risk stratification and prognostic prediction for MI. As a core means of quantifying coronary atherosclerotic burden, the coronary scoring system has undergone a profound evolution—from traditional anatomical scoring to multidimensional integration of inflammatory, metabolic, and artificial intelligence (AI)-derived information. This review systematically summarizes the current application status of representative coronary scoring tools in MI research, including the coronary artery calcium score (CACs), Gensini score, SYNTAX score, Leiden score, CatLet score, segment involvement score (SIS), CaRi-Heart[®] inflammatory risk score, and the novel CAC-DAD score. We focus on delineating the clinical value, limitations, and recent advances toward personalized medicine for each scoring system. Overall, the risk-stratification efficacy of a single CACS measurement in asymptomatic intermediate-risk populations has been well validated, while emerging studies further reveal the prognostic significance of CACS progression and calcified subtype phenotypes. Tools such as the residual SYNTAX score and high-sensitivity inflammatory scores are reshaping post-revascularization management strategies in MI patients. AI-driven inflammatory risk scores, represented by CaRi-Heart[®], and epicardial adipose tissue radiomics are breaking through the constraints of traditional anatomical scores by providing inflammation-driven predictive information. The novel CAC-DAD score identifies a higher proportion of major adverse cardiovascular events (MACE) compared with the conventional Agatston score (74% vs. 57%). Future directions for coronary scoring lie in multimodal data fusion, dynamic longitudinal modeling, and AI-powered precision risk profiling, driving cardiovascular disease prevention and treatment toward higher levels of individualization and intelligence.

Keywords

Coronary Artery Calcium Score (CACs), Gensini Score, SYNTAX Score, Leiden Score, CatLet Score, Segment Involvement Score (SIS), CaRi-Heart[®] Inflammatory Risk Score, Novel CAC-DAD Score, Myocardial Infarction, Artificial Intelligence



1. 引言

心肌梗死是全球范围内的首要致死原因之一。尽管近几十年来在急性心肌梗死的再灌注治疗和二级预防方面取得了显著进展,但仍有一部分患者在接受最佳治疗后发生复发性心血管事件。因此,如何在人群层面准确识别心肌梗死高危个体、在个体层面量化梗死后的残余风险,是心血管医学领域的核心挑战之一。

冠脉积分系统通过对冠状动脉影像学数据进行量化评分,将复杂的斑块负荷和病变特征转化为可比较、可追踪的数值指标,为临床决策提供了客观依据。Bluemke 等[1]系统回顾了 CACS 在 2026 年的应用现状,指出其在风险分层中的核心地位与优化方向。杨帆和李东[2]则从国内临床应用角度,概述了 CACS 的技术规范与适用场景。20 世纪 90 年代,Agatston 等提出了最早的冠状动脉钙化积分方法。自此以后,从单纯计算钙化斑块负荷的 CACS,到综合评估病变狭窄程度与范围的 Gensini 评分 SYNTAX 评分,再到近年来融合炎症评估和人工智能算法的新型工具,冠脉积分的内涵在不断扩展和深化。

本文旨在对当前各类冠脉积分系统在心肌梗死研究和临床实践中的应用现状进行系统综述,总结各评分工具的循证证据、优势和局限,并展望未来的发展方向。

2. 基于非侵入性 CT 成像的评分体系演进

2.1. 冠状动脉钙化积分

冠状动脉钙化积分(Coronary Artery Calcium Score, CACS)是目前应用最为广泛的非侵入性冠脉评估工具,通过非对比剂心脏 CT 扫描获取,以 Agatston 评分作为经典量化标准。CACS 反映的是冠脉粥样硬化斑块的总钙化负荷,已被证实是无症状人群中预测心血管疾病事件的单一最佳指标。临床实践指南已推荐将其作为心血管风险分层的一种辅助性无创筛查工具。

2.1.1. “零分力量”与极高危表型

CACS 的核心价值在于其与心肌梗死风险之间呈现连续、分级的剂量-效应关系。MESA 研究证实,CACS 在年龄、性别和种族人群中均与 10 年 ASCVD 事件呈分级关联:CACS > 100 通常对应 $\geq 7.5\%$ 的 10 年风险,而 CACS = 0 则预示极低的远期心血管事件率[1]。近年来,“零分力量”的概念得到了进一步验证:CACS = 0 患者的短中期不良事件风险极低,可支持择期降低治疗强度、暂缓他汀用药等临床决策[1]。多个国际指南已经认可 CACS 作为共享决策和个性化风险管理在一级预防策略中的有力工具[3]。一项纳入 34,000 例有症状个体的荟萃分析[4]证实,CACS 可显著预测全因死亡和心血管事件,且其预测效能独立于传统风险因素。针对无症状 2 型糖尿病患者的长期随访研究[5]也显示,CACS > 0 与 10 年 MACE 风险显著相关,提示 CACS 在该高危人群中同样具有重要风险分层价值。此外,最新的系统综述与荟萃分析[6] (发表于 Circulation)进一步肯定了 CACS 在指导一级预防中降脂和抗炎治疗决策中的增量价值。

与此同时,研究将 CACS ≥ 1000 定义为独立的极高危表型[7],其心血管事件率接近二级预防人群。这一发现已获得 2025 年 AHA 科学声明的认可——CAC ≥ 1000 Agatston 单位的人群,其心血管事件风险与二级预防人群相当。这一定义为极高危患者的强化他汀、联合降脂及抗炎治疗提供了有价值的循

证依据。

2.1.2. CACS 进展的增量预后价值

单次 CACS 虽能评估基线风险,但动脉粥样硬化是一个随时间进展的动态过程。Dzaye 等基于 CLARIFY 注册研究(4166 例受试者,平均间隔 4.5 年)的最新分析表明[8],从基线 CACS = 0 进展为阳性钙化本身与 MACE 增加无显著关联,但已存在钙化者的 CACS 进展则与几乎两倍的 5 年 MACE 风险相关(HR = 1.96),且这一关联在不同基线 CACS 分层(1~100、101~200 和>200)中均保持显著。这意味着,对于已有明确钙化的人群,CACS 进展的控制应成为临床干预的重要靶点。

2.1.3. CACS 在指南中的地位与应用局限

目前,CACS 已被纳入 ESC 和 AHA 等多部主流心血管指南。2025 年 ESC 血脂异常管理指南推荐,在中度风险患者中使用冠状动脉钙化积分(CT)或血管超声进行风险细化(IIa 类推荐),若存在斑块或钙化则风险升级。然而,CACS 存在显而易见的局限性:它仅量化钙化性斑块,无法检测非钙化性斑块(包括低衰减易损斑块),两者共同导致“CACS = 0 但仍有心肌梗死风险”的临床困境。Molnar 等[9]对 CACS = 0 但有胸痛症状的患者进行 AI 辅助 CCTA 定量分析后发现,高达 85%~88%的患者存在非阻塞性冠心病(主要为非钙化性斑块),而常规临床阅片的检出率仅为 12%~17%,提示 CACS = 0 并不等同于“冠脉正常”。

此外,当 Agatston 评分 ≥ 1000 时,CACS 对阻塞性冠脉病变的鉴别特异性显著降低。Küçükukur 等[10]在极高钙化负担亚组中评估了 Naples 预后评分(整合外周血中性粒细胞/淋巴细胞比值、淋巴细胞/单核细胞比值等炎症参数及营养指标)的补充价值,结果显示联合模型预测阻塞性 CAD 的 AUC 可达 0.725,优于单独使用 Agatston 评分的 0.644 (AUC),提示炎症及代谢状态评估对此类患者的风险再分类具有重要价值。

亦有研究[11]探讨了 CACS 与血脂、心肌酶及脂蛋白 a 的联合诊断价值,发现多指标整合可提高对急性心肌梗死的早期预警效能。此外,一项基于中国人群的研究[12]开发并验证了基于 CACS 的简易列线图,用于预测阻塞性冠脉病变,为临床决策提供了更直观的工具。

2.2. 冠脉 CT 血管成像衍生的斑块负荷评分

2.2.1. Segment Involvement Score

SIS 通过计数 CCTA 图像上有可见斑块的冠状动脉节段数量来半定量评估斑块负荷。近来基于瑞典注册研究(23,034 例患者)的分析表明,较高 SIS (≥ 4)与校正后死亡、心肌梗死和复合终点风险增加显著相关,CACS 和 SIS 在预测死亡或心肌梗死复合终点方面能力相当,但 CACS 在预测全因死亡方面优于 SIS [13]。二者被视作具有预后等价性的斑块负荷测量指标。

2.2.2. Leiden 积分

Leiden 积分是基于冠脉 CT 血管成像(CCTA)的风险评分,对冠脉斑块的存在、范围、严重程度、成分及位置赋予不同权重,将患者的总动脉粥样硬化负荷整合为单一评分。Leiden 积分在糖尿病患者中的预测价值尤为突出。一项发表于 Korean Journal of Radiology 的研究[14]纳入 1241 例疑似冠心病的糖尿病患者,结果显示 Leiden 积分 >20 分的患者 MACE 风险是 < 5 分者的 4.39 倍,其预测 MACE 的 AUC 达 0.840,显著优于另一常用评分 Confirm (AUC 0.777)。另一项研究也表明其对 MACE 预测的灵敏度高达 90.9%。Leiden 积分在糖尿病患者中风险分层效果显著,且能揭示斑块负荷的性别与年龄差异(女性斑块负荷 onset 比男性晚约 12 年)[15]。以上研究提示,Leiden 积分通过综合评估斑块负荷而非仅关注狭窄程度,能够更精准地识别糖尿病这一极高危人群中的心血管事件风险。此外,Leiden 积分还可揭示冠状动

脉粥样硬化的性别差异，为个体化筛查策略提供依据。

2.2.3. CCTA 斑块定量的额外价值

新兴证据提示，CCTA 衍生的定量斑块负荷指标在预后预测能力上可能超越 CACS。直接比较研究发现，CCTA 定量斑块负荷在预测不良心血管结局方面较 CACS 具有更强的预后价值。AI 辅助的斑块定量分析进一步放大了这一优势：Molnar 等[9]对 CACS = 0 但有胸痛症状的患者中，AI 辅助 CCTA 定量分析显示高达 85%~88%存在非阻塞性冠心病(主要为非钙化性斑块)，而常规临床阅片的检出率仅为 12%~17%。

2.3. 炎症风险评分与人工智能驱动的冠脉积分

炎症是动脉粥样硬化发生和斑块易损性的核心驱动因素。传统冠脉积分主要评估“已经发生的结构性病变”，而新近发展的炎症风险评估工具则侧重于评估“炎症驱动的未来事件风险”。Choi 等[16]的研究表明，冠状动脉炎症与斑块易损性特征及血流储备分数(FFR)显著相关，为炎症积分工具的预后价值提供了病理生理学基础。

CaRi-Heart®评分：冠状动脉炎症的量化突破

CaRi-Heart®是一种基于 CCTA 影像的人工智能评估工具，通过分析冠状动脉周围脂肪组织的衰减指数(FAI)来间接量化冠脉血管的炎症水平[16]。基于 Lancet 发表的最大规模冠脉 CT 注册研究，CaRi-Heart® FAI-Score 可在传统风险因素、常规 CCTA 解读、钙化积分和斑块定量分析之外独立预测致命性和非致命性心脏事件(包括心脏病发作和新发心力衰竭)，且可在事件发生前至少 10 年提供预测信息。

此外，机器学习方法在 CT 缺血与结局预测中的应用已初见成效。Brandt 等[17]研究表明，基于心脏 CT 的机器学习模型可有效预测血流动力学显著性缺血及远期 MACE，其预测效能优于传统 CACS 和狭窄评分。然而，AI 工具在心血管影像中的临床转化仍面临多重障碍：在成本方面：AI 辅助的 CCTA 分析通常需要额外的软件许可和计算资源，单次分析费用可能增加数百至上千元，在当前医保支付体系下难以全面覆盖；在标准化方面：不同 AI 算法的训练数据集和判别标准存在差异，目前尚无统一的国际认证体系来确保各平台评分结果的可比性，这限制了多中心研究和真实世界数据的整合；在可及性方面：高性能 AI 模型往往依赖高端 CT 设备和充足的算力支持，在基层医疗机构和欠发达地区难以普及，可能进一步加剧心血管风险管理的医疗资源不平等。未来需通过技术降本、建立行业标准以及探索分级诊疗适配模式，才能将这些创新工具真正惠及广大患者。

2.4. 新型积分系统的探索

传统 Agatston 评分虽然应用广泛，但其方法论存在固有缺陷——它仅简单累加各病变的评分，而未考虑斑块的空间分布以及高密度钙化的潜在保护效应。越来越多的证据表明，钙化密度与心血管事件呈负相关。

针对这一局限，2025 年发表于《Circulation: Cardiovascular Imaging》的一项多中心研究提出了新型 CAC-DAD (CAC-dispersion and density)评分 [18]。该评分通过深度学习算法自动计算，校正了 CAC 的空间分布，并对 Hounsfield 单位 ≥ 1000 的病变赋予保护性权重因子。在 961 例患者(中位随访 30 天)中，CAC-DAD 评分 ≥ 2050 识别了 74%的 MACE 事件，而传统 Agatston 评分 ≥ 400 仅识别了 57% ($P = 0.002$) [18]。多变量分析显示，CAC-DAD 评分是 MACE 的独立预测因子($HR = 2.57$, 95% CI: 1.43~4.61) [18]。值得注意的是，部分 CAC-DAD 评分高而 Agatston 评分低的患者同样处于较高风险中，提示单纯依赖 Agatston 评分可能低估某些患者的风险[18]。

3. 基于侵入性冠脉造影的评分体系及其应用

3.1. Gensini 评分：经典工具的持续演进

3.1.1. Gensini 评分的基本原理与适用范围

Gensini 评分是一种通过冠状动脉造影对每支冠状动脉的狭窄程度(赋以 0~32 的权重系数)和病变位置(赋予不同冠脉节段的系数因子)进行乘积求和, 来评估冠状动脉粥样硬化负荷程度的常用评分系统[19]。该评分是研究冠脉病变负荷与心肌梗死预后之间关联最常用的工具之一。

3.1.2. 残余 Gensini 评分的预后价值

血运重建的本质是减轻冠脉病变负荷, 因此术后残余病变负荷的量化具有重要意义。Ahi 等[20]报道, PCI 术后患者的平均 Gensini 评分从基线 31.22 降至残余 18.20, 而残余 Gensini 评分(rGensini)——包括零风险(0)、低风险(>0 至≤11)、中风险(11~37)和高风险(>37)四个等级——是 PCI 术后 1 年心脏死亡率的独立预测因子。此发现提示, 即使 PCI 已完成核心病变处理后, 残余 Gensini 评分仍可提供重要的预后信息。

3.1.3. 与其他生物标志物的整合

此外, Gensini 评分已被用作评估新型炎症、代谢和身体成分指标与心肌梗死相关性的工具变量。Wang 等[21]进行的研究表明, Gensini 评分是冠心病 PCI 术后长期不良结局的独立预测因子, 且在糖尿病亚组中预测能力更强。其研究发现, 脂质累积产物指数、心脏代谢指数和体重指数等新型人体测量学指标均与急性心肌梗死患者的 Gensini 评分呈正相关, 其中心脏代谢指数是 MACE 的独立预测因子(HR = 1.430)。

3.2. SYNTAX 评分与残余 SYNTAX 评分：指导血运重建决策

3.2.1. SYNTAX 评分的设计宗旨

SYNTAX 评分通过对冠状动脉病变的解剖复杂性(包括病变位置、严重程度、分叉、钙化、血栓及完全闭塞等特征)进行标准化赋分, 评估血管重建的复杂程度, 主要用于指导多支血管病变和左主干病变的再血管化策略选择。

3.2.2. 残余 SYNTAX 评分的预后意义

近年来, 残余 SYNTAX 评分(rSS)成为 STEMI(ST 段抬高型心肌梗死)预后研究中最受关注的核心指标之一。Samir 等[22]一项纳入 492 例 STEMI 且成功行 PCI 患者的前瞻性多中心研究揭示: rSS 是 1 年内复发 MACE 的独立预测因子, 以 rSS > 8 作为截断值时的预测敏感度和特异度分别达到 70.1%和 75.3%。这一截断值在不同研究中保持相对一致。国内综述[23]亦系统总结了 rSS 在急性心肌梗死中的应用进展, 指出 rSS 不仅可量化 PCI 术后的残余病变负荷, 还可指导二级预防中的强化治疗策略。rSS 在老年 STEMI 人群中的预测效能更为突出, 其 AUC (0.824)及灵敏度/特异度均优于基线 SYNTAX 评分, 且 rSS 每增加 1 分, 死亡率风险相应增加约 6%。

最新研究中, rSS 进一步向 CABG 人群和特殊亚组扩展。例如, 一项研究纳入 136 例接受 CABG 的稳定型冠心病患者[24], 在 5 年随访期间, 不完全血运重建组(rSS > 0)的主要心血管事件显著多于完全血运重建组(rSS = 0), 校正后风险比(HR)高达 11.32。研究证实 rSS 对 CABG 术后随访期心血管事件具有独立的预后预测价值。Aziz 等[25]纳入 390 例接受 PCI 的非糖尿病 STEMI 患者的一项单中心观察性研究表明, 较低的 eGDR 是 rSS 增高的独立预测因子(校正后 OR = 1.84, 95% CI: 1.59~2.14, P < 0.001)。eGDR 预测高 rSS (>8)的最佳截断值为 7.04 (AUC = 0.803)。提示代谢紊乱(胰岛素抵抗)与 PCI 术后残余病变负担之间存在深层关联。

3.3. CatLet 评分：基于心肌区域的创新评分体系

CatLet (Coronary Artery Tree description and Lesion Evaluation)评分是中国团队近年来研发的一种新的冠状动脉造影评分系统，其核心创新在于将评分与心肌供血区域半定量关联，引入了“残余心肌区域受累”的概念。Xu 等[26]的前瞻性研究(308 例急性心肌梗死接受 pPCI 的患者)显示，CatLet 评分在校正广泛危险因素后仍可显著预测中位 4.3 年随访期的临床结局。延后就诊(症状发作后 > 12 小时)的 AMI 患者中，CatLet 评分及改良临床 CatLet 评分均显示出良好预后预测效能，后者表现更优。此外，CatLet 评分 ≥ 10 或累及 5 个以上心肌节段的患者，PCI 相比最优药物治疗可能获得更大获益。尽管目前研究样本量仍有限，但 CatLet 评分提供了一个从“病变导向”向“心肌区域导向”转变的概念突破。

4. 跨平台评分系统的整合与未来

展望未来，冠状动脉积分的发展将呈现以下趋势：一是从单一维度评分向多维度综合评分演进，整合斑块数量、分布、密度、成分及周围炎症等多重信息；CaRi-Heart 等炎症积分工具提示，未来冠脉积分系统将整合斑块结构、血流动力学功能性指标和炎症活性三大维度。二是与传统临床风险评分及新型生物标志物深度融合，构建更为精准的个体化预测模型；三是人工智能技术的深度应用将推动积分计算的自动化与标准化，深度学习已实现的自动化钙化评分(与人工评分高度一致)，未来 AI 将驱动构建整合 CACS 进展、患者临床特征、基因组信息和影像衍生表型的多模态预测模型。四是积分系统在指导临床治疗决策(如他汀类药物启用、血运重建策略选择)中的角色将从“预测”向“指导”延伸。随着影像技术的进步和临床证据的积累，冠状动脉积分有望在心肌梗死的精准防控中发挥更为深远的作用。

5. 结语与展望

从 1990 年 Agatston 提出的视觉化钙化积分，到 2024 年 AI 驱动的 FAI 炎症预测模型可以独立预测 10 年后的心肌梗死，冠脉积分在心血管医学中的角色已经完成了从描述性工具到决策性赋能的深刻跃迁。以 CACS、Gensini 评分、SYNTAX 评分、Leiden 积分、CatLet 评分、segment involvement score (SIS)、CaRi-Heart®和新型 CAC-DAD (CAC-dispersion and density)评分为代表的多层级评分体系构建了一个覆盖从初级预防到急性事件后全程管理的评估框架。展望未来，融合人工智能技术、整合多模态数据、聚焦炎症与残余风险的冠脉积分工具，必将推动心肌梗死风险分层策略向更为个体化、精准化和智能化的方向发展。

参考文献

- [1] Sabouret, P., Giamundo, D.M., Rosencher, J. and Figliozzi, S. (2026) Coronary Artery Calcium Scoring in 2026: Strengths, Limitations, and Optimized Clinical Use. *Frontiers in Radiology*, **6**, Article 1822303. <https://doi.org/10.3389/fradi.2026.1822303>
- [2] 杨帆, 李东. CT 冠状动脉钙化积分的临床意义与应用现状[J]. 中华放射学杂志, 2025, 59(4): 468-472.
- [3] Golub, I.S., Termeie, O.G., Kristo, S., Schroeder, L.P., Lakshmanan, S., Shafter, A.M., et al. (2023) Major Global Coronary Artery Calcium Guidelines. *JACC: Cardiovascular Imaging*, **16**, 98-117. <https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2022.06.018>
- [4] Lo-Kioeng-Shioe, M.S., Rijlaarsdam-Hermesen, D., van Domburg, R.T., Hadamitzky, M., Lima, J.A.C., Hoeks, S.E., et al. (2020) Prognostic Value of Coronary Artery Calcium Score in Symptomatic Individuals: A Meta-Analysis of 34,000 Subjects. *International Journal of Cardiology*, **299**, 56-62. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2019.06.003>
- [5] Aker, A., Halon, D., Avidan, Y., Yahav, A., Makhoul, S. and Zafrir, B. (2025) The Long-Term Prognostic Value of CT Coronary Artery Calcium Score in Asymptomatic Patients with Type 2 Diabetes. *IJC Heart & Vasculture*, **61**, Article ID: 101799. <https://doi.org/10.1016/j.ijcha.2025.101799>
- [6] Al Hennawi, H., Sabri, M.S., Khan, M.K., Duseja, N., Asim, R. and Watson, R.A. (2025) Impact of Coronary Artery

- Calcium Scores on Cardiovascular Risk and Preventive Therapies: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Global Cardiology Science and Practice*, **2025**, e202548. <https://doi.org/10.21542/gcsp.2025.48>
- [7] Greenland, P., Blaha, M.J., Budoff, M.J., Erbel, R. and Watson, K.E. (2018) Coronary Calcium Score and Cardiovascular Risk. *Journal of the American College of Cardiology*, **72**, 434-447. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2018.05.027>
 - [8] Glidden, M.D., Sirasapalli, S.K., Yoder, M., Dazard, J., Chen, Z., Ponnana, S.R., *et al.* (2026) Incremental Prognostic Value of Coronary Artery Calcium Progression within a Large Community-Benefit Calcium Score Registry. *American Journal of Preventive Cardiology*, **27**, Article ID: 101553. <https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2026.101553>
 - [9] Molnar, D., Knuuti, J., Bax, J.J., Saraste, A. and Maaniitty, T. (2026) Coronary Atherosclerosis on AI-Based Plaque Analysis in Patients with Chest Pain and Calcium Score Zero. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **42**, 531-541.
 - [10] Küçükukur, M. and Zaman, E.İ. (2026) Naples Prognostic Score Shows Potential Complementary Value to Agatston Scoring in Patients with Very High Coronary Calcium Burden: A Single-Center Hypothesis-Generating Study. *Science Progress*, **109**, No. 1. <https://doi.org/10.1177/00368504261431051>
 - [11] 林灵. 多层螺旋 CT 冠脉钙化积分与血脂、心肌酶及脂蛋白 a(LPa)对诊断心梗及风险预测的意义[J]. 中国医疗器械信息, 2025, 31(2): 16-18, 46.
 - [12] Zuo, R., Liu, T., Zhou, F., Zhai, L., Xu, W., Zou, J., *et al.* (2025) Development and Validation of a Simple-to-Use Coronary Calcium Score Based Nomograph for Predicting Obstructive Coronary Artery Disease. *Chinese Journal of Academic Radiology*, **8**, 156-165. <https://doi.org/10.1007/s42058-025-00189-w>
 - [13] Löfmark, H., Ostfeld, E., Baron, T., Fagman, E., Feldt, K., Markstad, H., *et al.* (2026) Computed Tomography Derived Segment Involvement Score and Coronary Artery Calcium Score When Used in Clinical Routine—Data from a Swedish Registry Cohort. *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*, **27**, 1345-1354. <https://doi.org/10.1093/ehjci/jeag090>
 - [14] Liu, Z., Ding, Y., Dou, G., Wang, X., Shan, D., He, B., *et al.* (2022) CT-Based Leiden Score Outperforms Confirm Score in Predicting Major Adverse Cardiovascular Events for Diabetic Patients with Suspected Coronary Artery Disease. *Korean Journal of Radiology*, **23**, 939-948. <https://doi.org/10.3348/kjr.2022.0115>
 - [15] van Rosendaal, S.E., Bax, A.M., Lin, F.Y., Achenbach, S., Andreini, D., Budoff, M.J., *et al.* (2023) Sex and Age-Specific Interactions of Coronary Atherosclerotic Plaque Onset and Prognosis from Coronary Computed Tomography. *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*, **24**, 1180-1189.
 - [16] Choi, Y., Yang, S., West, H., Tomlins, P., Hoshino, M., Murai, T., *et al.* (2025) Association of Coronary Inflammation with Plaque Vulnerability and Fractional Flow Reserve in Coronary Artery Disease. *Journal of Cardiovascular Computed Tomography*, **19**, 32-39. <https://doi.org/10.1016/j.jcct.2024.10.013>
 - [17] Brandt, V., Emrich, T., Schoepf, U.J., Dargis, D.M., Bayer, R.R., De Cecco, C.N., *et al.* (2020) Ischemia and Outcome Prediction by Cardiac CT Based Machine Learning. *The International Journal of Cardiovascular Imaging*, **36**, 2429-2439. <https://doi.org/10.1007/s10554-020-01929-y>
 - [18] Huangfu, G., Ithdayhid, A.R., Kwok, S., Konstantopoulos, J., Niu, K., Lu, J., *et al.* (2025) Novel CAC Dispersion and Density Score to Predict Myocardial Infarction and Cardiovascular Mortality. *Circulation: Cardiovascular Imaging*, **18**, e018059. <https://doi.org/10.1161/circimaging.125.018059>
 - [19] Gensini, G.G. (1983) A More Meaningful Scoring System for Determining the Severity of Coronary Heart Disease. *The American Journal of Cardiology*, **51**, 606. [https://doi.org/10.1016/s0002-9149\(83\)80105-2](https://doi.org/10.1016/s0002-9149(83)80105-2)
 - [20] Ahi, M.R., Andishmand, A., Namayandeh, M. and Firouzi, F. (2026) The Prognostic Value of Residual Gensini Score on 1-Year Cardiac Mortality in Patients Undergoing Percutaneous Coronary Intervention. *The Journal of Tehran University Heart Center*, **20**, 285-293. <https://doi.org/10.18502/jthc.v20i4.20745>
 - [21] Wang, K., Zheng, Y., Wu, T., Ma, Y. and Xie, X. (2022) Predictive Value of Gensini Score in the Long-Term Outcomes of Patients with Coronary Artery Disease Who Underwent PCI. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, **8**, Article 778615. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2021.778615>
 - [22] Samir, A., Elshinawi, M., Yehia, H. and Farrag, A. (2024) Predictive Utility of Residual SYNTAX Score for Clinical Outcomes after Successful Primary Percutaneous Coronary Intervention. *Acta Cardiologica*, **79**, 761-767. <https://doi.org/10.1080/00015385.2024.2392327>
 - [23] 尤然, 王宪沛, 唐熠达. 残余 SYNTAX 积分在急性心肌梗死中的应用研究进展[J]. 河南医学研究, 2022, 31(9): 1717-1720.
 - [24] de Azevedo, D.F.C., Hueb, W., Lima, E.G., Rezende, P.C., Nomura, C.H., Franchini Ramires, J.A., *et al.* (2025) Prognostic Impact of Incomplete Revascularization in Coronary Artery Bypass Grafting: Association between Residual SYNTAX Score, Magnetic Resonance Imaging, Myocardial Injury, and Cardiovascular Events. *Medicine*, **104**, e42478. <https://doi.org/10.1097/md.00000000000042478>
 - [25] Aziz, S., Wani, J.I., Alqahtani, S.A.M., Durrani, H.K., Jehangir, A., Elkenany, N.M., *et al.* (2025) Low Estimated

- Glucose Disposal Rate Predicts High Residual Syntax Score in Non-Diabetic ST-Elevation Myocardial Infarction Patients. *Diabetology & Metabolic Syndrome*, **17**, Article No. 442. <https://doi.org/10.1186/s13098-025-01865-8>
- [26] Xu, M., Ruddy, T.D., Schoenhagen, P., Bartel, T., Di Bartolomeo, R., von Kodolitsch, Y., *et al.* (2020) The CatLet Score and Outcome Prediction in Acute Myocardial Infarction for Patients Undergoing Primary Percutaneous Intervention: A Proof-of-Concept Study. *Catheterization and Cardiovascular Interventions*, **96**, E220-E229. <https://doi.org/10.1002/ccd.28724>