

冠周脂肪衰减指数在冠脉病变及左心功能评价中的研究进展

李昊航, 孟 姮

北华大学附属医院急诊, 吉林 吉林

收稿日期: 2026年3月23日; 录用日期: 2026年4月18日; 发布日期: 2026年4月23日

摘 要

冠心病是全球致死率最高的心血管疾病, 早诊早治对改善患者预后至关重要, 冠周脂肪衰减指数(FAI)作为冠状动脉CT血管造影(CCTA)衍生的新型影像标志物, 为冠心病的无创评估提供了新方向。本文从FAI的基础研究与检测技术出发, 梳理其与冠脉炎症的关联机制、检测原理及标准化测量方法, 总结FAI在冠脉狭窄分级、高危斑块识别、病变风险分层中的应用价值, 探讨其与左心室射血分数的关联及在左心功能评价、冠心病预后预测中的研究进展, 最后分析FAI应用的现存问题, 展望其在冠心病精准评估中的发展前景, 仅供参考。

关键词

冠周脂肪衰减指数, 冠脉病变, 左心功能, 冠状动脉CT血管造影

Research Progress of Peri-Rootal Fat Attenuation Index in the Evaluation of Coronary Artery Lesions and Left Ventricular Function

Haohang Li, Heng Meng

Emergency Department, The Affiliated Hospital of Beihua University, Jilin Jilin

Received: March 23, 2026; accepted: April 18, 2026; published: April 23, 2026

Abstract

Coronary heart disease is the cardiovascular disease with the highest mortality rate worldwide. Early diagnosis and treatment are crucial for improving the prognosis of patients. The peri-rootal

fat attenuation index (FAI), as a novel imaging biomarker derived from coronary CT angiography (CCTA), provides a new direction for non-invasive assessment of coronary heart disease. This article starts from the basic research and detection technology of FAI, summarizes its association mechanism with coronary artery inflammation, detection principle, and standardized measurement methods, and summarizes the application value of FAI in coronary artery stenosis grading, high-risk plaque identification, and lesion risk stratification. It also discusses its association with left ventricular ejection fraction and the research progress in left ventricular function evaluation and coronary heart disease prognosis prediction. Finally, it analyzes the existing problems in the application of FAI and looks forward to its development prospects in precise assessment of coronary heart disease, for reference only.

Keywords

Peri-Roatal Fat Attenuation Index, Coronary Artery Lesions, Left Ventricular Function, Coronary CT Angiography

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

冠状动脉疾病(CAD)是一种致死率和致残率双高的常见心血管急重症, 主要临床类型包括急性冠状动脉综合征(ACS)和稳定性 CAD 等。ACS 患者和存在心肌缺血的稳定型 CAD 患者面临额外的主要心血管不良事件(MACE)和全因死亡高风险, 早期识别对改进诊疗和改善预后意义重大[1]。血管炎症是形成动脉粥样硬化斑块的主要机制。在 CAD 患者中, 冠状动脉血管壁与冠脉周围脂肪组织(PCAT)通过炎症机制双向作用影响病情进展。PCAT 的 FAI 作为一种评估冠状动脉炎症和斑块易损性的生物影像学标志物, 近年来其在冠脉病变评估中的价值逐渐被挖掘, 同时相关研究发现 FAI 与左心功能指标存在潜在关联, 为冠心病的综合评估开辟了新路径。本文围绕 FAI 在冠脉病变及左心功能评价中的研究进展进行综述, 旨在为临床冠心病的无创精准评估提供新思路。

2. 冠周脂肪衰减指数(FAI)的基础研究与检测技术

冠周脂肪衰减指数是凭借冠状动脉 CT 血管造影派生的新型影像标志物, 其生物学基础跟冠脉血管壁炎症有着密切的关系, 冠脉炎症会让冠周脂肪组织的代谢及成分有所改变, 造成脂肪组织 CT 值变高, FAI 可通过对该指标量化间接反映冠脉炎症的轻重[2]。在检测原理上, FAI 和 CCTA 技术十分匹配, 利用 CCTA 断层扫描所拥有的优势, 可以清楚抓取冠周脂肪组织的密度情况, 做到无创式检测。目前 FAI 测量多借助 AI 分析软件达成, 把多支冠脉四周脂肪组织的平均 CT 值作为结果, 但测量依然没有统一的标准化流程, 受扫描参数、呼吸伪影、血管选取范围等因素的影响比较大, 临床要通过规范扫描的操作、统一测量的标准、排除影像的伪影等方式, 达成 FAI 检测结果的精确性和可重复性[3]。

3. FAI 在冠脉病变评价中的应用研究

3.1. FAI 与冠脉狭窄程度分级的量化相关性研究

FAI 与冠脉狭窄程度分级呈现显著的量化相关联系, 成为无创评定冠脉狭窄严重程度的重要指标。

当下研究多将 Gensini 评分作为金标准对冠脉狭窄进行轻、中、重度分类, FAI 值随狭窄分级升高显著上升, 重度狭窄患者 FAI 的平均水平比轻、中度狭窄者高出很多, 经 Spearman 相关分析, 表明二者呈正相关关系。不同的冠脉血管节段的狭窄病变中, 左主干、左前降支近段等重要血管节段狭窄程度和 FAI 的关联更显著, 说明 FAI 对关键血管狭窄的评估作用更大[4]。FAI 能改善 CCTA 只评估管腔形态的不足, 从炎症的角度对狭窄病变的进展机制进行解释, 为冠脉狭窄程度的量化评估给出了形态学以外的炎症学根据, 只是它在有着不同钙化程度的狭窄病变中的量化关联差异, 仍需进一步开展分层研究加以验证。

3.2. FAI 与冠脉高危斑块特征的关联性分析

FAI 和冠脉高危斑块的病理特征有紧密的关联, 可识别易损斑块。冠脉高危斑块如脂质核心大、薄纤维帽、斑块内出血等特征, 都和局部炎症反应过度有关, 而 FAI 借助反映冠周脂肪炎症状态, 间接指出斑块有不稳定现象。研究表明, FAI 升高患者, 其冠状动脉斑块出现高危特征的概率大幅提升, 且 FAI 值与斑块脂质核心体积、斑块负荷呈正相关, 与纤维帽厚度呈负相关。FAI 还可预测未来心血管事件风险, 其动态变化能反映抗炎治疗效果, 为临床干预时机提供重要依据[5]。借助 CCTA 联合 FAI 检测, 可在无创的状况下同时对斑块形态和炎症水平予以评估, 相较于只开展 CCTA 检测, 可更准确地判别高危斑块。FAI 对斑块破裂的预测也有一定价值, 为临床及时干预易损斑块、降低急性心血管事件发生风险提供重要影像参考, FAI 检测技术为心血管疾病的精准防治开辟了新途径。

3.3. FAI 在冠脉病变早期筛查与风险分层中的价值

FAI 在冠脉病变早期筛查以及心血管风险分层工作中展现了独特临床价值, 补齐了传统筛查手段的不足。在冠脉病变早期, 管腔狭窄未出现或者程度较轻时, 冠脉局部已出现炎症反应, 此时 FAI 可率先升高, 成为用于冠脉病变早期的无创筛查标志物, 尤其可用于对糖尿病、高血压等冠心病高危人群开展定期筛查, 做到病变的早发现、早干预。在风险分层方面, 把 FAI 纳入冠心病风险的评估体系, 可结合临床指标进一步细化患者的风险等级, FAI 高值患者的不良心血管事件发生率明显高于低值患者, 其对中低危人群做风险再分层的能力十分可观。FAI 检测利用常规 CCTA 检查完成, 不用额外增加检查项目以及医疗成本, 便于在临床常规筛查中推广应用, 助力冠心病的精准风险分层以及个体化干预方案制定[6]。

4. FAI 在左心功能评价及冠心病预后中的研究

4.1. FAI 与左心室射血分数(LVEF)的关联规律研究

FAI 与左心室射血分数(LVEF)有显著的负向关联规律, 是反映左心射血功能的潜在影像示踪物。冠脉炎症造成的冠周脂肪代谢异常, 会通过 FAI 值升高体现, 而持续存在着的冠脉炎症会加重冠脉狭窄问题, 使得心肌缺血并且缺氧, 进而对左心收缩功能造成损害, 引起 LVEF 降低。冠脉炎症造成的冠周脂肪代谢异常, 会以 FAI 值升高的情况体现, 而持续存在的冠脉炎症会加深冠脉狭窄程度, 造成心肌缺血以及缺氧, 进而导致左心收缩功能损害, 引起 LVEF 降低。同时, 冠脉炎症所释放的炎症介质能够直接造成心肌毒性, 损伤心肌细胞收缩功能; 炎症所引发的微血管功能障碍会使心肌灌注不足加重, 而心外膜脂肪的旁分泌效应会直接给心肌重构带来影响, 改变心肌舒缩特性, 多重机制共同导致左心功能损伤。临床研究表明, FAI 高值组患者的 LVEF 水平明显低于 FAI 值低的组, 经相关分析验证二者呈显著负相关, 且在重度冠脉病变患者当中, 此关联更为显著[7]。左心功能降低患者的 FAI 均值远高于心功能正常的一组, 说明 FAI 能间接体现左心功能的受损情况。FAI 对于 LVEF 下降的趋势有一定的预判作用, 其数值变化会先于 LVEF 有明显的降低, 为早期找出左心功能受损提供了新的观察方向, 不过二者关联的

具体阈值仍需大样本研究确定, 以指导临床精准干预策略制定。

4.2. FAI 联合临床指标评估左心功能损伤的应用探索

FAI 联合临床指标, 可大幅提升左心功能损伤评估的精准度, 达成从单一指标的评估到多维度联合评估模式的提升。单一 LVEF 指标只能反映左心收缩功能的结果, 不能说明功能损伤的病理机制, 而 FAI 能从冠脉炎症方面解释左心功能受损的原因, 二者结合可完成“病因 + 结果”的双重评估[8]。临床研究中, 把 FAI 和空腹血糖、低密度脂蛋白、收缩压等冠心病致病危险因素联合, 构建的左心功能损伤评估模型, 其诊断效能远高于单一指标, AUC 值显著提升。该联合评估模式可以把左心功能损伤程度分层, 准确分辨轻度、中度、重度损伤的患者, 为临床给出个体化干预方案提供支撑[9]。此外, FAI 依托 CCTA 检测获取, 不用额外新增检查, 与常规临床指标相结合, 能在一次诊疗过程中做好综合评估, 兼具便捷性与实用性, 易在临床推广应用, 为精准医疗提供创新解决方案。

4.3. FAI 在冠心病患者预后预测中的临床研究进展

FAI 对于冠心病患者预后预测的临床价值, 经多项研究得到证实, 成为预后评估体系所需要的重要补充指标。FAI 值高说明冠脉炎症持续存在, 会让冠脉病变的进展加快, 加大不良心血管事件出现的风险, 研究显示 FAI 高值患者术后再狭窄、心肌梗死、心源性死亡等不良事件的发生率, 要显著高于低值患者, 其对短期和中长期预后均有较好的预测效能。FAI 可与传统预后指标, 如 Gensini 评分、LVEF 等联合, 进一步把预后预测模型优化, 增进对不良事件的预判准确水平, 尤其在中危冠心病患者预后分层的相关方面有重要意义, 可以有效识别中危人群当中的高风险个体[10]。目前, 相关研究正逐步探索 FAI 的预后预测阈值, 部分研究已提出临床可应用的临界值, 为其纳入临床常规预后评估体系奠定基础, 不过其在不同年龄段以及合并症人群当中的预后预测价值, 仍要进一步分层验证。

5. 结论与展望

综上所述, 冠周脂肪衰减指数作为无侵入操作的影像标志物, 从生物学机制到临床应用, 都展现出冠脉病变评估的独特价值, 可有效体现冠脉炎症状态, 给冠脉狭窄分级、高危斑块识别及病变风险分层提供客观证据, 其与左心功能的关联研究, 也为冠心病患者心功能的评价以及预后的预测添加了新角度。但目前 FAI 依旧存在测量方法未完全统一、相关研究样本规模不大、与左心功能关联的深层机制未明确等问题。未来可把 FAI 与多组学数据结合, 探索冠脉炎症的分子分型, 做到冠心病的精准分层; 同时跟踪 FAI 动态变化所呈现的规律, 研究其对个体化抗炎治疗能起到的指导价值, 确定抗炎干预的最佳时机以及疗效评估标准, 推动 FAI 从诊断标志物向治疗指导标志物转化。

参考文献

- [1] 吴龙, 胡绪煊, 回瑾, 等. 冠周脂肪 CT 衰减指数及冠状动脉周围脂肪组织体积指导冠脉狭窄诊断的价值[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2025, 23(11): 75-78.
- [2] 周慧, 何贇, 石泾渭, 等. 冠状动脉 CTA 检测无创血流储备分数及冠周脂肪衰减指数在急性冠脉综合征患者中的应用价值[J]. 影像研究与医学应用, 2025, 9(22): 22-24+28.
- [3] 林泓言, 何玮, 陆意歌, 等. 基于冠周脂肪衰减指数对急性冠脉综合征和稳定型冠心病患者的风险分层评估[J]. 复旦学报(医学版), 2025, 52(6): 829-836+867.
- [4] 张舒宁, 李琨, 王英, 等. 基于 CCTA 的 II 型糖尿病患者冠周脂肪衰减指数、CT 血流储备分数及血清胱抑素 C 与冠状动脉狭窄程度的相关性研究[J]. 临床放射学杂志, 2025, 44(8): 1427-1432.
- [5] 廖熙妍, 邹佳妮, 孙茹, 等. CCTA 斑块特征联合冠周脂肪衰减指数与 FFRCT 预测急性冠脉综合征的临床价值[J]. 放射学实践, 2024, 39(10): 1355-1360.

-
- [6] 朱铭, 冯长明, 郑琦, 等. 基于 CTA 探究冠周脂肪体积、FAI、PCATMA 与冠心病患者冠脉狭窄、斑块性质及预后关系[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志, 2024, 22(9): 73-75.
- [7] 秦婕, 陈瑞, 王云飞, 等. 冠周脂肪衰减指数及斑块定量特征与脑白质高信号的相关性分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2024, 44(9): 1262-1267.
- [8] 应伟峰, 陈穹, 张莹, 等. 冠状动脉易损与非易损斑块的冠周与主动脉根部心外膜脂肪 CT 衰减指数比值差异[J]. 中国医学影像学杂志, 2023, 31(8): 818-823.
- [9] 刘书铭, 李胜, 关惠元, 等. 基于冠状动脉 CT 血管造影探究冠周脂肪体积及衰减指数对急性冠状动脉综合症的预测分析[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41(11): 1135-1142.
- [10] 唐异蓓, 张卡雄, 赵磊, 等. 基于 CCTA 冠状动脉周围脂肪衰减指数应用于高危可疑冠心病评估的可行性研究[J]. 医学研究杂志, 2022, 51(2): 47-51.