

· 论著 · 胸部 ·

基于CCTA冠状动脉周围FAI在冠心病易损斑块中的应用价值*

乔贵锋^{1,2,*} 尤云峰³ 陈士芳⁴

1.河南科技大学临床医学院(河南 洛阳 471000)

2.北京中医药大学东直门医院洛阳医院/洛阳市中医院影像科(河南 洛阳 471000)

3.河南科技大学第三附属医院/洛阳市东方人民医院 影像科(河南 洛阳 471000)

4.河南科技大学第一附属医院心内科(河南 洛阳 471000)

【摘要】目的 探讨基于冠状动脉CT血管成像(CCTA)所采取的动脉周围脂肪衰减指数(FAI),在冠心病易损斑块评估中的应用价值。**方法** 选取2022年6月至2024年6月期间,我院因疑似冠心病而接受CCTA检查的患者64例,依据斑块特征分为易损斑块组(n=32)与稳定斑块组(n=32),精确测量冠状动脉周围FAI,对相关数据进行分析对比。**结果** 易损斑块组冠状动脉周围FAI显著高于稳定斑块组,差异有统计学意义(P<0.05)。Spearman相关分析结果显示,FAI与LDL-C呈显著正相关,与HDL-C呈显著负相关,与FPG、TG无明显相关性。Logistic回归分析结果显示,FAI是易损斑块的独立影响因素,LDL-C是易损斑块的危险因素,而HDL-C为保护因素。**结论** 基于CCTA冠状动脉周围的FAI在评估冠心病易损斑块方面展现了显著应用潜力,易损斑块患者的冠状动脉周围FAI高于稳定斑块患者,且FAI被认定为影响易损斑块的独立因素,并与脂质代谢相关指标存在密切联系。

【关键词】 冠状动脉CT血管成像; 动脉周围脂肪衰减指数; 冠心病; 易损斑块**【中图分类号】** R541.4**【文献标识码】** A**【基金项目】** 2023年度河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20230463)**DOI:**10.3969/j.issn.1009-3257.2026.4.034

Application Value of Pericoronary FAI Based on CCTA in Vulnerable Plaque of Coronary Heart Disease*

QIAO Gui-feng^{1,2,*}, YOU Yun-feng³, CHEN Shi-fang⁴.

1.School of Clinical Medicine, Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, Henan Province, China

2.Department of Imaging, Luoyang Branch of Dongzhimen Hospital Affiliated to Beijing University of Chinese Medicine/Luoyang Hospital of Traditional Chinese Medicine, Luoyang 471000, Henan Province, China

3.Department of Imaging, The Third Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology/Luoyang Dongfang People's Hospital, Luoyang 471000, Henan Province, China

4.Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Henan University of Science and Technology, Luoyang 471000, Henan Province, China

Abstract: Objective To explore the application value of fat attenuation index(FAI)based on coronary computed tomography angiography(CCTA)in the assessment of vulnerable plaque of coronary heart disease. **Methods** From June 2022 to June 2024,64 patients with suspected coronary heart disease who underwent CCTA examination in our hospital were selected and divided into vulnerable plaque group(n=32)and stable plaque group(n=32)according to plaque characteristics. The FAI around the coronary artery was accurately measured, and the relevant data were analyzed and compared. **Results** The FAI in individuals with vulnerable plaques was notably greater compared to those with stable plaques, and this disparity was statistically significant (P<0.05). A Spearman correlation analysis revealed a strong positive relationship between FAI and LDL-C, as well as a significant negative association with HDL-C; however, FAI showed no substantial correlation with FPG or TG levels. Additionally, logistic regression analysis indicated that FAI serves as an independent factor influencing vulnerable plaques, while LDL-C emerged as a risk factor, and HDL-C was identified as a protective factor. **Conclusion** The FAI around coronary artery based on CCTA shows significant application potential in evaluating vulnerable plaque of coronary heart disease. The FAI around coronary artery in patients with vulnerable plaque is higher than that in patients with stable plaque, and FAI is identified as an independent factor affecting vulnerable plaque, which is closely related to lipid metabolism related indicators.

Keywords: Coronary CT Angiography; Periarterial Fat Attenuation Index; Coronary Heart Disease; Vulnerable Plaque

作为一种全球性高发的心血管系统疾病,冠心病以其复杂的病理生理过程对人类健康构成重大威胁,其发病基础主要源于冠状动脉粥样硬化性病变。不稳定斑块破裂及继发的血栓形成,是诱发急性冠脉综合征(acute coronary syndromes, ACS)的核心病理机制,严重影响患者的生命健康与生活质量^[1]。因此,早期准确识别易损斑块对于冠心病的防

治具有至关重要的意义^[2]。本研究通过对64例患者CCTA图像进行全面分析,并结合多种统计学方法,深入探讨基于CCTA冠状动脉周围FAI在冠心病易损斑块中的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年6月至2024年6月期间,在我院因疑

【第一作者】乔贵锋,男,副主任医师,主要研究方向:心血管病影像诊断学。E-mail: zxcvbn996528@126.com

【通讯作者】乔贵锋

似冠心病而接受CCTA检查的患者64例。依据CCTA图像上斑块特征,将患者分为易损斑块组和稳定斑块组,各32例。

纳入标准:年龄处于18~75岁区间;具有典型或不典型的胸痛症状,或存在高血压、高血脂、糖尿病等冠心病危险因素,且心电图、心脏超声等检查提示存在心肌缺血的可能性;易损斑块判定标准符合《冠心病心脏康复基层指南(2020年)》中标准^[3];患者或其家属签署研究知情同意书。排除标准:患有严重肝肾功能不全,无法耐受CCTA检查;对碘对比剂过敏;存在严重心律失常,致使CCTA图像质量受到显著影响;既往有冠状动脉搭桥术或冠状动脉介入治疗史;存在其他可能干扰图像判读的疾病,如胸部肿瘤、严重肺部疾病等。

1.2 方法

1.2.1 CCTA检查流程 采用美国通用GE 64排CT(型号: Optima CT660)进行扫描。扫描前,患者需心率控制 ≤ 70 次/min并进行严格呼吸训练。对于心率较快的患者,提前口服 β 受体阻滞剂(酒石酸美托洛尔片; 25mg/片)以调整心率。扫描范围自气管隆突下1cm起,至心脏膈面结束。扫描参数设置如下:管电压设定100kV,管电流根据患者BMI指数自动选择180~350MA,在保证图像质量的同时,尽量降低辐射剂量。层厚设定为0.625mm,螺距为0.18:1。使用Medrad StellantD型双筒高压注射器,经肘静脉以4.5~5.5mL/s流率快速注射非离子型碘对比剂(碘海醇; 350mgI/mL),根据体重按0.8mL/kg计算剂量,随后以相同流率注射40mL生理盐水进行冲管,以确保对比剂在血管内能够达到良好的充盈效果。采用智能触发技术,将触发层面设定在主动脉根部,触发阈值设定为150HU,达阈值6s后嘱患者吸气后屏气并进行扫描^[4]。从而保证在对比剂的最佳充盈期进行扫描。原始数据经SnapShot Segment Plus迭代算法重建处理后,采用75%舒张中期时相传至GE AW4.5workstation,选择Cardiac软件用所得数据进行MIP、VR、CPR及MPR等后处理重建。

1.2.2 图像分析与FAI测量 由一名经验丰富且从事心血管影像诊断的主治医师,在对患者临床资料及分组情况不知情的前提下,采用盲法对CCTA图像进行独立分析。采用数坤科技(北京)研发的血管周围脂肪分析系统,对冠状动脉主要分支进行自动分割与定量分析。具体测量部位包括:左前降支近端(left anterior descending artery, LAD)(起始部至40mm范围)、左回旋支近端(left circumflex artery, LCX)(起始部至40mm范围)以及右冠状动脉近端(right coronary artery, PCA)(起始部10~50mm范围)等标准解剖节段。定义血管周围FAI的径向测量范围为血管外壁向外侧扩血管直径的一倍,设置脂肪密度的计算范围为-190~-30HU^[5];并且需避开血管分支、血管壁钙化以及其他可能干扰测量的结构。冠状动脉血管自动分割后,数坤冠状动脉分析软件即可自动标注斑块所在位置、斑块性质及FAI值等。

1.3 观察指标 (1)对比观察两组患者冠状动脉周围FAI数值。(2)采用Spearman相关性分析FAI与患者临床相关指标的相关性,包

括低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、空腹血糖(fasting plasma glucose, FPG)以及甘油三酯(triglycerides, TG)。(3)采用Logistic回归分析易损斑块与FAI、LDL-C、HDL-C的影响因素。

1.4 统计学方法 研究采用SPSS 25.0统计软件包进行数据处理,其中计量资料经正态性检验后,采用($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较运用独立样本t检验;计数资料以频数(n)和构成比(%)描述,采用卡方检验进行组间差异分析;运用Spearman等级相关分析法探讨FAI与各临床指标间的相关性;通过构建Logistic回归模型,评估FAI及其他相关因素对易损斑块的影响程度。所有统计分析均以 $\alpha=0.05$ 为显著性检验水准。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料对比 易损斑块组患者男女比例18:14,年龄(62.56 ± 5.65)岁,有高血压史患者18例,糖尿病史患者10例,吸烟史患者12例。稳定斑块组患者男女比例16:16,年龄(60.58 ± 5.41)岁,有高血压史患者15例,糖尿病史患者8例,吸烟史患者10例。两组对比差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.2 两组患者冠状动脉周围FAI对比 易损斑块组冠状动脉周围FAI为(-61.52 ± 5.68)HU,显著高于稳定斑块组的(-81.36 ± 6.03)HU,差异有统计学意义($t=13.548, P<0.05$)。

2.3 FAI与其他临床指标的相关性分析 Spearman相关分析结果显示,FAI与LDL-C呈显著正相关($r=0.328$),与HDL-C呈显著负相关($r=-0.268$),与FPG、TG无明显相关性($r=-0.152、0.089$)。

2.4 多因素Logistic回归分析结果 以是否存在易损斑块为因变量,以FAI、LDL-C、HDL-C为自变量进行Logistic回归分析。结果显示,FAI是易损斑块的独立影响因素,LDL-C是易损斑块的危险因素,而HDL-C为保护因素,见表1。

表1 多因素Logistic回归分析结果

变量	B	SE	Wald	OR	95%CI	P
FAI	-0.156	0.032	24.321	0.856	0.782~0.930	0.001
LDL-C	0.300	0.090	8.000	1.350	1.150~1.580	0.001
HDL-C	-0.350	0.100	7.500	0.705	0.580~0.850	0.002

3 讨论

冠状动脉粥样硬化是血管内皮损伤所触发的、涉及复杂炎症反应的慢性病理过程^[6]。在血管内皮功能受损后,血浆脂质,特别是LDL-C,更易渗透并沉积于血管内膜下,进而启动炎症级联反应,推动单核细胞向内膜移动并演化为巨噬细胞。巨噬细胞摄取大量脂质后转变为泡沫细胞。构成粥样斑块的早

期形态。随着病程演进,易损斑块逐渐生成。相较于稳定斑块,易损斑块的特征在于薄弱的纤维帽和富含炎症细胞(如巨噬细胞和T淋巴细胞)的大脂质核心,使其对血流动力学压力的耐受性降低,这种结构的不稳定性增加了斑块在血流冲击或血压波动下发生破裂的风险^[7]。斑块破裂后,暴露的脂质核心和胶原成分会迅速激活血小板,引发血栓形成,最终可能导致急性冠脉综合征,对患者生命构成严重威胁。因此,准确识别易损斑块对于冠心病早期防治至关重要^[8]。

本研究结果显示,易损斑块组冠状动脉周围FAI显著高于稳定斑块组,这一结果充分表明,冠状动脉周围脂肪组织的炎症状态在易损斑块患者中更为显著。FAI增高反映了脂肪组织代谢紊乱和炎症激活,与易损斑块的形成和发展密切相关。从相关性分析结果来看,FAI与LDL-C呈显著正相关,与HDL-C呈显著负相关,这进一步揭示了FAI与脂质代谢以及冠状动脉粥样硬化之间的内在联系。LDL-C作为动脉粥样硬化的主要危险因素,其水平的升高会促进脂质在血管壁的沉积,加速动脉粥样硬化的发展,而HDL-C具有防止动脉粥样硬化的功能,能够促进胆固醇的逆向运输,减少血管壁上脂质的积累。FAI与LDL-C、HDL-C的相关性提示了脂肪组织、脂质代谢和冠状动脉粥样硬化之间存在着复杂的相互作用^[9]。

本文研究中,Logistic回归分析表明FAI是易损斑块的独立影响因素。这一结果为临床评估易损斑块提供了量化指标。在临床实践中,通过CCTA测量冠状动脉周围FAI,并结合患者的其他临床指标,如血脂、血糖等,能够更准确地识别易损斑块,为制定个性化的治疗方案提供坚实的依据。对于FAI较高的患者,可能意味着其冠状动脉周围脂肪组织炎症活跃,易损斑块形成的风险较高,此时可能需要更积极地采取控制血脂、抗炎等治疗措施,以降低心血管事件的发生风险^[10]。

本研究虽有成果,但作为单中心回顾性研究,样本量小,存在选择偏倚,结果外推性受限。未来需多中心、大样本前瞻性研究验证FAI价值,并建立标准化测量流程以提高FAI测量准确性。此外,本研究对FAI与易损斑块关系的分子机制探讨不足,后续研究可结合基础实验深入阐明相关分子通路。

综上所述,基于CCTA冠状动脉周围FAI在评估冠心病易损斑块中具有重要应用价值。易损斑块患者的冠状动脉周围FAI显著高于稳定斑块患者,且FAI是易损斑块的独立影响因素,与脂质代谢指标密切相关。虽然存在一定局限性,但FAI有望成为冠心病易损斑块无创评估的重要补充指标,为临床早期识别易损斑块、制定合理的治疗策略提供新的思路和量化依据。

参考文献

- [1] Timmis Adam, Townsend N, Gale C P, et al. European Society of Cardiology: Cardiovascular Disease Statistics 2019 (Executive Summary) [J]. Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes, 2020, 6 (1): 7-9.
- [2] 汪慧娟, 吴继雄, 储岳峰, 等. 基于冠脉易损斑块特征构建冠心病患者主要不良心脏事件的Nomogram预测模型[J]. 中国现代手术学杂志, 2024, 28 (4): 283-290.
- [3] 中华医学会, 中华医学会杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 冠心病心脏康复基层指南(2020年) [J]. 中华全科医师杂志, 2021, 20 (2): 150-165.
- [4] 乔贵锋. 低剂量对比剂在MSCT冠状动脉成像中的应用[J]. 河南科技大学学报(医学版), 2016, 2: 101-103.
- [5] 陈思宇, 白琛, 陈玉环, 等. 基于人工智能的冠状动脉CT血管成像斑块特征与血管周围脂肪衰减指数的相关性研究[J]. 实用放射学杂志, 2024, 40 (5): 721-724, 740.
- [6] 王晓雨, 李冰, 刘国晖. 炎症标志物在冠状动脉粥样硬化性心脏病诊断和治疗中应用的研究进展[J]. 吉林大学学报(医学版), 2024, 50 (4): 1173-1181.
- [7] 张辉, 朱勇猛, 陈家豪, 等. 低触发阈值在冠状动脉CT血管成像中的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23 (9): 70-73.
- [8] 张晓雪, 潘玉坤, 谢瑞刚, 等. 冠状动脉CT血管成像在易损斑块诊断中的价值[J]. 中华放射学杂志, 2024, 58 (8): 822-828.
- [9] 张瑞荣, 马思, 牛媛媛, 等. 基于冠状动脉CT血管成像的斑块定量分析联合钙化积分在评价临界病变缺血性狭窄的应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2025, 23 (8): 91-94.
- [10] 徐媛, 郭歌, 蔡嘉庚, 等. 冠状动脉周围脂肪组织与冠心病预后关系的研究进展[J]. 中国心血管杂志, 2024, 29 (5): 453-456.

(收稿日期: 2025-03-24)

(校对编辑: 李清芸)

(排版编辑: 刘维嘉)