

论 著

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*

朱 铭¹ 冯长明² 郑 琦^{3,*}
周 琪¹ 黄晓静⁴ 边毓尧⁵1.河北中石油中心医院心内科
2.河北中石油中心医院影像科
3.河北中石油中心医院眼科
4.河北中石油中心医院神经内科
5.河北中石油中心医院急诊科
(河北廊坊 065000)

【摘要】目的 基于计算机断层扫描血管成像(CTA)探究测量冠周脂肪体积、冠周脂肪衰减指数(FAI)、冠周脂肪平均衰减(PCATMA)与冠心病冠脉狭窄、斑块性质及预后关系。**方法** 选取2020年9月至2022年12月来院就诊的冠心病患者121例,所有患者均行CTA检查,测定冠周脂肪体积、FAI、PCATMA。根据冠脉狭窄程度将患者分为中度组和重度组,根据斑块性质分为非钙化组、钙化组和混合组;同时展开1年随访,根据是否发生主要不良心脏事件(MACE)分为MACE组和非MACE组。对比各亚组冠周脂肪参数水平,采用多因素Logistic回归分析冠心病患者发生MACE的影响因素,并绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价其对患者MACE的预测价值。**结果** 重度组冠周脂肪体积、PCATMA低于中度组,FAI高于中度组($P<0.05$)。不同斑块性质患者冠周脂肪参数的比较,差异有统计学意义($P<0.05$);其中钙化组冠周脂肪体积高于混合组,PCATMA高于非钙化组、混合组,FAI低于非钙化组、混合组($P<0.05$)。MACE组病变血管两支及以上、冠脉重度狭窄占比、FAI高于非MACE组,PCATMA低于非MACE组($P<0.05$)。多因素Logistic分析显示,冠脉重度狭窄、高FAI值是患者随访1年发生MACE的独立危险因素($P<0.05$)。FAI和PCATMA单独应用预测AUC分别为0.736(0.634~0.838)、0.673(0.572~0.774),联合应用AUC为0.857(0.785~0.930),高于上述指标单独应用($P<0.05$)。**结论** 不同冠脉狭窄程度和斑块性质的冠心病患者表现出不同的冠周脂肪CTA特征,冠脉重度狭窄、高FAI值是患者随访1年发生MACE的独立危险因素,联合FAI和PCATMA对患者MACE发生有较高的预测价值。

【关键词】 冠心病;计算机断层扫描血管成像;
冠周脂肪体积;冠周脂肪衰减指数;
冠周脂肪平均衰减

【中图分类号】R541.4

【文献标识码】A

【基金项目】廊坊市科学技术研究与发展
支撑计划项目(2017013146);
河北省重点研发计划项目(182777143)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.09.024

Exploration on the Relationship between Pericoronary Fat Volume, FAI, PCATMA and Coronary Stenosis, Plaque Properties, Prognosis in Patients with Coronary Heart Disease Based on CTA*

ZHU Ming¹, FENG Chang-ming², ZHENG Qi^{3,*}, ZHOU Qi¹, HUANG Xiao-jing⁴, BIAN Yu-yao⁵.

1.Department of Cardiology, Hebei Petro China Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

2.Department of Imaging, Hebei Petro China Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

3.Department of Ophthalmology, Hebei Petro China Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

4.Department of Neurology, Hebei Petro China Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

5.Department of Emergency, Hebei Petro China Central Hospital, Langfang 065000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To explore the relationship between pericoronary fat volume, fat attenuation index (FAI), fat average attenuation (PCATMA) and coronary stenosis, plaque properties, prognosis in patients with coronary heart disease (CHD) based on computed tomography angiography (CTA). **Methods** A total of 121 patients with CHD treated in the hospital were enrolled between September 2020 and December 2022. All underwent CTA to measure pericoronary fat volume, FAI and PCATMA. According to severity of coronary stenosis, patients were divided into moderate group and severe group. According to plaque properties, patients were divided into non-calcification group, calcification group and mixed group. All patients were followed up for 1 year. According to presence or absence of major adverse cardiac events (MACE), patients were divided into MACE group and non-MACE group. The pericoronary fat parameters in different groups were compared. The influencing factors of MACE were analyzed by multivariate Logistic regression analysis, and their predictive value for MACE was evaluated by receiver operating characteristic (ROC) curves. **Results** The pericoronary fat volume and PCATMA in severe group were lower than those in moderate group, while FAI was higher than that in moderate group ($P<0.05$). There were significant differences in pericoronary fat parameters among patients with different plaque properties ($P<0.05$). The pericoronary fat volume in calcification group was higher than that in mixed group, PCATMA was higher than that in non-calcification group and mixed group, and FAI was lower than that in non-calcification group and mixed group ($P<0.05$). The proportions of double-vessel or multi-vessel lesions and severe coronary stenosis, and FAI in MACE group were higher than those in non-MACE group, while PCATMA was lower than that in non-MACE group ($P<0.05$). Multivariate Logistic analysis showed that severe coronary stenosis and high FAI were independent risk factors of MACE with 1-year follow-up ($P<0.05$). AUC values of FAI, PCATMA and combined detection for predicting MACE were 0.736 (0.634-0.838), 0.673 (0.572-0.774) and 0.857 (0.785-0.930), respectively. AUC of combined detection was greater than that of single index ($P<0.05$). **Conclusion** There are different CTA characteristics of pericoronary fat in CHD patients with different coronary stenosis degree and plaque properties. Severe coronary stenosis and high FAI are independent risk factors of MACE with 1-year follow-up. The combined detection of FAI and PCATMA has high predictive value for MACE. **Keywords:** Coronary Heart Disease; Computed Tomography Angiography; Pericoronary Fat Volume; Pericoronary Fat Attenuation Index; Pericoronary Fat Average Attenuation

冠心病是临床最常见的心脏病,是因脂质代谢异常,动脉内膜上脂质堆积形成动脉粥样硬化病变,造成动脉腔狭窄、阻塞,最终导致心肌缺血、坏死^[1]。统计数据显示,冠心病位居单病种死因的首位,其中主要不良心脏事件(MACE)是导致患者预后不良的重要因素^[2-3]。故及时、准确判断患者病情,快速预测MACE,不仅能辅助医师制定合理的诊疗措施,还可改善患者预后,减轻医疗负担。计算机断层扫描血管成像(CTA)是评估冠脉情况的一线检查手段,可清晰显示冠脉狭窄和斑块信息,但无法确定狭窄是否引起缺血^[4]。近年来研究指出,冠脉周围(以下简称冠周)脂肪可直接连接冠脉,并通过分泌细胞因子形成微环境,影响冠脉粥样硬化的进展,可作为心血管疾病的新标志物^[5-6]。随着CT技术的发展,有研究显示,可通过CTA评估冠周脂肪定量反映冠脉炎症水平,且相关参数与心血管疾病的发展及预后密切相关^[7-8]。但目前临床关于冠周脂肪参数[冠周脂肪体积、冠周脂肪衰减指数(FAI)、冠周脂肪平均衰减(PCATMA)]与冠心病的关系尚未完全明确。基于此,本研究将观察不同冠脉狭窄程度和斑块性质的冠心病患者冠周脂肪参数变化,并分析其对患者MACE发生的预测价值,以期对冠心病患者的临床决策提供依据。

1 资料与方法

【第一作者】朱 铭,男,副主任医师,主要研究方向:心血管疾病相关内容。E-mail: 63320825@qq.com

【通讯作者】郑 琦,女,主任医师,主要研究方向:眼科学的相关内容。E-mail: xujingyatou1981@sina.com

1.1 一般资料 选取2020年9月至2022年12月来院就诊的冠心病患者121例，其中男64例，女57例；年龄51~79岁，平均年龄(63.25±5.73)岁；糖尿病28例，高血压40例，高脂血症31例；吸烟史42例，饮酒史33例。

纳入标准：符合冠心病的诊断标准^[9]；首次发病；来院行CTA检查；年龄18~80岁；愿意接受随访；签署知情同意书。排除标准：既往心脏手术史；合并其他心血管疾病，如心肌炎、房颤等；存在CTA检查禁忌证；处于孕期患者；合并其他脏器器质性病变、全身性感染等；伴有精神类疾病。

1.2 方法

1.2.1 CTA检查 患者取仰卧位，采用联影uCT960+及西门子双源炫速CT(SOMATOM Definition Flash)进行冠脉CTA扫描筛查，由气管隆嵴下1cm扫描至心底，用双筒高压注射器经手背静脉注射350 mgI/mL碘佛醇(江苏恒瑞医药，国药准字H20143027)50~70 mL，流速为5.0 mL/s，随后以相同流速注射生理盐水30~40 mL。扫描参数为电压120 kV，电流64 mA，层厚0.75 mm，间隔0.5 mm。将采集的图像传输至工作站进行后处理，采用多层面重建、最大密度投影等重建技术评估冠状动脉情况，测量血管直径(距离血管外壁的径向距离)、长度(斑块两端管腔无明显狭窄的距离)，使用矩形框设置测量范围，系统将自动计算冠周脂肪体积、冠周脂肪衰减指数(FAI)、冠周脂肪平均衰减(PCATMA)，如图1所示。上述测量由2名经验丰富(5年以上心血管诊断经验)放射科医师独立完成，数据取均值作为最终结果；对于有争议的病例，由10年以上诊断经验的医师讨论后得出最终结论。

1.2.2 分组标准^[10-11] 根据冠脉狭窄程度，将患者分为中度组(狭窄率为50%~75%)和重度组(狭窄率>75%)。根据斑块性质，横轴位薄层重组图像CT值≥50 HU定义为斑块，其中CT值>120 HU定义为钙化斑块，同时存在钙化和非钙化成分定义为混合斑块，将患者分为非钙化组、钙化组和混合组。展开1年随访，统计患者主要不良心脏事件(MACE)情况，根据是否发生MACE分为MACE组和非MACE组。

1.3 观察指标 对比各亚组冠周脂肪参数水平，采用多因素

Logistic回归分析冠心病患者发生MACE的影响因素，并绘制受试者工作特征(ROC)曲线评价冠周脂肪参数对冠心病患者MACE的预测价值。

1.4 统计学方法 将数据录入EXCEL 2016完成汇总，应用SPSS 23.0统计研究数据。正态性计量数据以($\bar{x} \pm s$)描述，两组采用t检验(统计量为t)，多组采用单因素方差分析(统计量为F)；计数资料以n(%)描述，采用 χ^2 检验(统计量为 χ^2)。采用多因素Logistic回归分析冠心病患者发生MACE的影响因素；用受试者工作特征(ROC)曲线评价冠周脂肪参数对冠心病患者MACE的预测价值。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 不同冠脉狭窄程度患者冠周脂肪参数的比较 重度组冠周脂肪体积、PCATMA低于中度组，FAI高于中度组($P<0.05$)。见表1。

2.2 不同斑块性质患者冠周脂肪参数的比较 不同斑块性质患者冠周脂肪参数的比较，差异有统计学意义($P<0.05$)；其中钙化组冠周脂肪体积高于混合组，PCATMA高于非钙化组、混合组，FAI低于非钙化组、混合组($P<0.05$)。见表2。

2.3 MACE组和非MACE组一般资料比较 MACE组病变血管两支及以上、冠脉重度狭窄占比、FAI高于非MACE组，PCATMA低于非MACE组($P<0.05$)。但两组其他资料比较，差异无统计学意义($P>0.05$)。见表3。

2.4 冠心病患者发生MACE的影响因素分析 将表3中筛选出有统计学意义的因素作为自变量，患者随访1年是否发生MACE作为因变量，多因素Logistic分析显示，冠脉重度狭窄、高FAI值是患者随访1年发生MACE的独立危险因素($P<0.05$)。见表4。

2.5 冠周脂肪参数对冠心病患者发生MACE的预测价值 进一步绘制ROC曲线，评估冠周脂肪参数对冠心病患者发生MACE的预测价值，结果显示，FAI和PCATMA单独应用预测AUC分别为0.736(0.634~0.838)、0.673(0.572~0.774)，联合应用AUC为0.857(0.785~0.930)，高于上述指标单独应用($Z=2.461$ 、 3.729 ， $P<0.05$)。见图2、表5。

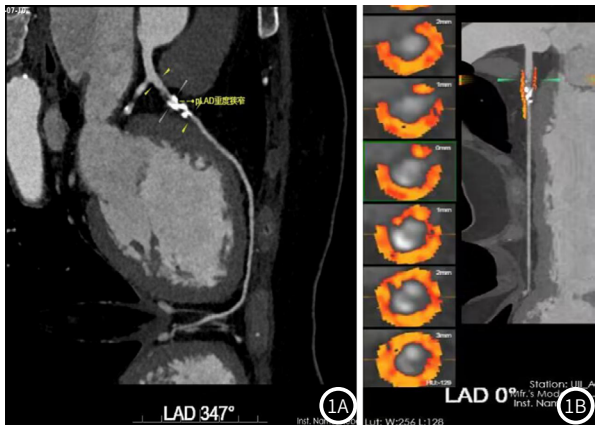


图1A-图1B 某患者CTA检查图。某患者，女，69岁，间断胸痛半月入院就诊，胸片平扫提示主动脉及冠脉硬化，超声显示主动脉瓣钙化，主动脉瓣、二尖瓣及三尖瓣反流，左室舒张功能减低，诊断为冠心病混合斑块，图1A显示冠脉血管前降支近端有混合型斑块，管腔重度狭窄；图1B为PCATMA值检测横截面图，其中橙色区域为测量区域，冠周脂肪体积为1048.58mm³，FAI值为-86 HU。

图2 冠周脂肪参数预测冠心病患者发生MACE的ROC曲线。

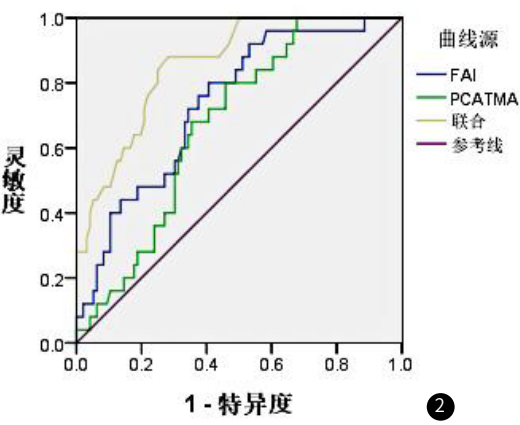


表1 不同冠脉狭窄程度患者冠周脂肪参数的比较

组别	n	冠周脂肪体积(mm ³)	FAI(HU)	PCATMA
中度组	71	1931.61±356.82	-88.51±10.39	-91.62±7.68
重度组	50	1805.45±321.47	-76.29±9.46	-98.35±8.42
t值		1.994	6.607	4.561
P值		0.048	<0.001	<0.001

表2 不同斑块性质患者冠周脂肪参数的比较

组别	n	冠周脂肪体积(mm ³)	FAI(HU)	PCATMA
非钙化组	24	1832.58±337.58	-78.68±10.12	-97.62±7.58
混合组	30	1762.34±314.24	-75.44±8.32	-99.11±8.21
钙化组	67	1948.73±362.19 ^b	-88.76±9.58 ^{ab}	-91.14±8.76 ^{ab}
F值		3.296	22.720	11.505
P值		0.040	<0.001	<0.001

注：与非钙化组比较，^a $P<0.05$ ；与混合组比较，^b $P<0.05$ 。

表3 MACE组和非MACE组一般资料比较

项目	MACE组(n=25)	非MACE组(n=96)	χ^2/t 值	P值
性别			0.378	0.539
男	15(60.00)	49(53.12)		
女	10(40.00)	47(46.88)		
年龄(岁)	64.41±6.17	62.95±5.62	1.134	0.259
糖尿病	7(28.00)	21(21.88)	0.418	0.518
高血压	9(36.00)	31(32.29)	0.123	0.726
高脂血症	7(28.00)	24(25.00)	0.094	0.760
吸烟	8(32.00)	34(35.42)	0.102	0.749
饮酒	7(28.00)	26(27.08)	0.008	0.927
病变血管支数			3.979	0.046
单支	9(36.00)	56(58.33)		
两支及以上	16(64.00)	40(41.67)		
病变部位			0.181	0.913
前降支	15(60.00)	62(64.58)		
回旋支	3(12.00)	10(10.42)		
右冠状动脉	7(28.00)	24(25.00)		
冠脉狭窄程度			6.683	0.010
中度	9(36.00)	62(64.58)		
重度	16(64.00)	34(35.42)		
斑块性质			3.007	0.222
非钙化斑块	2(8.00)	22(22.92)		
混合斑块	8(32.00)	22(22.92)		
钙化斑块	15(60.00)	52(54.17)		
冠周脂肪体积(mm ³)	1826.55±337.82	1893.26±345.19	0.864	0.389
FAI(HU)	-71.16±9.24	-86.66±10.43	6.767	<0.001
PCATMA	-99.45±8.68	-93.09±8.10	3.446	0.001

表4 冠心病患者发生MACE的影响因素分析

因素	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
冠脉重度狭窄	0.653	0.217	9.055	1.921	1.256~2.940	0.003
FAI(HU)	0.584	0.245	5.682	1.793	1.109~2.899	0.018

表5 冠周脂肪参数对冠心病患者发生MACE的预测价值

指标	AUC(95%CI)	阈值	灵敏度(%)	特异度(%)	约登指数
FAI(HU)	0.736(0.634~0.838)	-76.25	80.00	59.39	0.394
PCATMA	0.673(0.572~0.774)	-95.24	80.00	54.17	0.342
联合	0.857(0.785~0.930)		88.00	71.87	0.600

3 讨 论

冠心病是动脉粥样硬化导致器官病变的最常见类型，其病因及发病机制复杂，可能是脂代谢、环境、遗传等多因素综合作用的结果^[12]。血管炎症是冠心病进展的重要始动因素，可抑制周围脂肪细胞的成熟、诱导局部脂肪分解，从而影响冠周脂肪组成；同时，冠周脂肪也可介导脂肪分泌因子反作用于冠脉^[13]。因此，定量测量冠周脂肪在冠心病评估中有重要的临床价值。FAI、PCATMA是基于CTA衍生的CT功能学新型成像生物标志物，通过设定脂肪阈值定量冠周脂肪，结合手动优化感兴趣区域后，由软件自动计算得出^[14]。王子荣等^[15]研究显示，冠周脂肪FAI联合最狭窄处管腔面积对冠心病患者经皮冠状动脉介入术血运重建有较高的预测价值。Ma等^[16]研究发现，PCATMA表达与冠心病患者病情存在紧密关联，可用于患者预后的评估。

本研究结果显示，不同冠脉狭窄程度和斑块性质的冠心病患者冠周脂肪参数存在明显差异，重度组冠周脂肪体积、PCATMA低于中度组，FAI高于中度组；钙化组冠周脂肪体积高于混合组，PCATMA高于非钙化组、混合组，FAI低于非钙化组、混合组。可能是冠脉脂质积累越多，冠周脂肪尺寸越小，血管炎症水平升高，FAI水平升高，PCATMA降低；而与钙化斑块相比，非钙化和混合斑块内活动性炎症水平更高^[17]。

冠心病患者的心血管风险管理是目前临床治疗的重难点，随着患者病情的进展，可出现多种MACE，导致不良预后。因此，筛查冠心病患者MACE风险影响因素，对于改善其预后有重要意义。本研究中，MACE组病变血管两支及以上、冠脉重度狭窄占比、FAI高于非MACE组，PCATMA低于非MACE组。进一步多因素Logistic分析显示，冠脉重度狭窄、高FAI值是患者随访1年发生MACE的独立危险因素。冠脉狭窄是冠心病发病的原因，狭窄程度越高，心肌内血灌注量越少，对心肌损伤越大，更容易出现MACE^[18-19]。而高FAI值提示血管高炎症水平，可能加剧斑块不稳定性，从而增加MACE风险^[20]。Dai等^[21]研究也显示，冠心病患者FAI值与MACE发生率呈正相关。ROC曲线分析结果显示，FAI和PCATMA单独应用对患者MACE发生均有一定的预测价值，但联合应用预测效能明显提高。说明临床可通过监测FAI和PCATMA，筛查出高MACE风险患者，这将有助于此类患者的临床管理。

综上所述，不同冠脉狭窄程度和斑块性质的冠心病患者表现出不同的冠周脂肪CTA特征，冠脉重度狭窄、高FAI值是患者随访1年发生MACE的独立危险因素，联合FAI和PCATMA对患者MACE发生有较高的预测价值。但本研究仍存在不足之处，本研究未对患者年龄、体重指数、血糖等因素进行分层分析，未来还需大样本量进行深入研究。

参考文献

[1] 张小波, 荣国铃. 老年冠心病患者血脂现状调查以及二级预防用药对其水平的影响[J]. 湖南师范大学学报: 医学版, 2023, 20 (3): 92-95.

[2] 闻勇, 王鹏, 赵韧. 术前中性粒细胞淋巴细胞比值和血小板淋巴细胞比值对老年冠心病患者非心脏术后心血管事件的预测价值[J]. 中国老年学杂志, 2022, 42 (3): 513-516.

[3] Tao S, Tang X, Yu L, et al. Prognosis of coronary heart disease after percutaneous coronary intervention: a bibliometric analysis over the period 2004-2022[J]. Eur J Med Res, 2023, 28 (1): 311.

[4] 李小红, 黄文荣, 李开成. CTA检查联合血清GRP78检测对心肌缺血性冠心病的诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (6): 75-77.

[5] Napoli G, Pergola V, Basile P, et al. Epicardial and pericoronary adipose tissue, coronary inflammation, and acute coronary syndromes[J]. J Clin Med, 2023, 12 (23): 7212.

[6] 冉值祯, 胡宏, 陈旭妤, 等. 无粥样硬化人群冠周脂肪CT密度特征及与心血管危险因素的关系[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32 (7): 489-493.

[7] Liu S, Guan H, Li S. To explore the influencing factors of pericoronary adipose tissue and noninvasive fractional flow reserve on the progression of coronary heart disease based on 320-slice coronary CTA[J]. Anatol J Cardiol, 2023, 27 (2): 100-105.

[8] 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征的预测分析[J]. 心肺血管病杂志, 2022, 41 (11): 1135-1142.

[9] 颜红兵, 马长生, 霍勇. 临床冠心病诊断与治疗指南[J]. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 1204-1216.

[10] 陈娇, 明贤芳, 吴永波. CT血管造影联合血清尿素、胱抑素C、甘油三酯葡萄糖糖累积指数对冠心病患者冠脉狭窄程度的诊断价值和斑块性质的关系[J]. 中国CT和MRI杂志, 2024, 22 (1): 74-77.

[11] 赵勇, 吕宜凤. 现代心血管病学[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 2011: 68-69.

[12] Muhammad T, Pastore SF, Good K, et al. Chromatin gatekeeper and modifier CHD proteins in development, and in autism and other neurological disorders[J]. Psychiatr Genet, 2023, 33 (6): 213-232.

[13] 冉值祯, 胡宏, 陈旭妤, 等. 无粥样硬化人群冠周脂肪CT密度特征及与心血管危险因素的关系[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32 (7): 489-493.

[14] 耿鹤群, 石金钟, 张晓辰, 等. 冠状动脉CTA周围脂肪组织平均衰减与斑块及狭窄相关性分析[J]. 医学影像学杂志, 2023, 33 (1): 16-20.

[15] 王子荣, 于旭, 蒲彩玲, 等. 冠状动脉CTA衍生的多参数与冠心病患者PCI血运重建关系分析[J]. 临床放射学杂志, 2023, 42 (6): 930-936.

[16] Ma R, van Assen M, Ties D, et al. Focal pericoronary adipose tissue attenuation is related to plaque presence, plaque type, and stenosis severity in coronary CTA[J]. Eur Radiol, 2021, 31 (10): 7251-7261.

[17] 吴赛月, 韩丹. 冠状动脉CT血管成像冠周脂肪测量与易损斑块的相关性研究[J]. 影像研究与医学应用, 2023, 7 (10): 71-73.

[18] 张方圆, 邱晓晖, 刘艺超, 等. 冠脉CTA相关参数预测冠心病患者主要不良心脏事件的临床价值[J]. 川北医学院学报, 2022, 37 (7): 906-909.

[19] 王勇, 武汉忠, 常燕翔, 等. 冠心病患者主要不良心脏事件的相关因素及CTA相关参数的诊断价值研究[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21 (8): 82-84.

[20] Yu Y, Kou J, Guo F, et al. Prognostic value of CT-derived fractional flow reserve and fat attenuation index in patients with suspected coronary artery disease: a sex-disaggregated analyses[J]. BMC Cardiovasc Disord, 2023, 23 (1): 612.

[21] Dai N, Tang X, Weng X, et al. Stress-related neural activity associates with coronary plaque vulnerability and subsequent cardiovascular events[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2023, 16 (11): 1404-1415.