

论 著

基于冠状动脉CT血管成像影像特征分析评估易损斑块的研究*

罗 鸿^{1,*} 王文轩¹ 张春国²郭志伟¹ 陈华平¹ 张福洲¹1.首都医科大学附属北京安贞医院南充
医院南充市中心医院/川北医学院第二
临床医学院医学影像科 (四川南充 637000)

2.四川省妇幼保健院超声科

(四川成都 610000)

【摘要】目的 探究基于冠状动脉CT血管成像(CTA)影像特征分析评估易损斑块的研究。方法 选取2020年2月至2023年2月本院收治冠心病患者60例为研究对象。比较CTA与IVUS定量指标分析病变斑块的差异,并进行相关性分析;以冠状动脉造影(CAG)诊断作为金标准,CTA评估易损斑块价值、并分析CTA评估易损斑块与CAG的一致性,并比较易损斑块与稳定斑块定量血管特征的差异,与其评估易损斑块效能。结果 60例患者经检查出82个病变,CAG检查显示易损斑块44个,稳定斑块38个。在82例临界病变斑块检测中,CTA与血管内超声检查(IVUS)测量的定量指标(MLA、MLD、PA、PB、RI、EEM-CSA、面积狭窄率、直径狭窄率)比较差异无统计学意义($P>0.05$);且Person相关性显示,CTA与IVUS定量指标具有正向相关性($r=0.383, 0.620, 0.243, 0.553, 0.514, 0.444, 0.487, 0.613, P<0.05$)。以CAG诊断作为金标准,CTA评估易损斑块的敏感度为90.91%(40/44),特异性为84.21%(32/38),阳性预测值为86.96%(40/46),阴性预测值为88.89%(32/36);Kappa值为0.754,两者一致性较好。易损斑块组纤维体积、纤维百分比、钙化体积、钙化百分比均高于稳定斑块组($P<0.05$),而易损斑块组脂质体积、脂质百分比均低于稳定斑块组($P<0.05$)。采用ROC分析获取纤维体积、纤维百分比、脂质体积、脂质百分比、钙化体积、钙化百分比评估易损斑块效能的AUC分别为0.839、0.858、0.708、0.841、0.807、0.750。结论 基于CTA影像特征评估易损斑块具有较好临床价值,且与血管内超声定量指标分析具有较好一致性与相关性。

【关键词】易损斑块;冠状动脉CT血管成像;
影像特征;评估价值

【中图分类号】R543.3

【文献标识码】A

【基金项目】川北医学院2024年度四川省
基层卫生事业发展研究中心
资助项目(SWFZ24-Y-16)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.08.026

A Study on Evaluating Vulnerable Plaques Based on Coronary Artery CT Angiography Image Feature Analysis*

LUO Hong^{1,*}, WANG Wen-xuan¹, ZHANG Chun-guo², GUO Zhi-wei¹, CHEN Hua-ping¹,
ZHANG Fu-zhou¹.1.Department of Medical Imaging, Nanchong Central Hospital, Nanchong Hospital of Beijing
Anzhen Hospital Affiliated to Capital Medical University, The Second Clinical Medical College of
North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China2.Department of Ultrasound, Sichuan Provincial Maternal and Child Health Care Hospital,
Chengdu 610000, Sichuan Province, China

ABSTRACT

Objective Exploring the study of evaluating vulnerable plaques based on coronary artery CT angiography (CTA) imaging feature analysis. **Methods** Sixty patients with coronary heart disease admitted to our hospital from February 2020 to February 2023 were selected as the research subjects. Compare CTA and IVUS quantitative indicators to analyze the differences in lesion plaques and conduct correlation analysis; Using coronary angiography (CAG) diagnosis as the gold standard, CTA evaluates the value of vulnerable plaques and analyzes the consistency between CTA evaluation of vulnerable plaques and CAG, and compares the differences in quantitative vascular characteristics between vulnerable plaques and stable plaques, in order to evaluate their efficacy. **Results** Sixty patients were diagnosed with 82 lesions, and CAG examination showed 44 vulnerable plaques and 38 stable plaques. In the detection of 82 borderline lesion plaques, there was no statistically significant difference between CTA and quantitative indicators measured by intravascular ultrasound (IVUS) (MLA, MLD, PA, PB, RI, EEM-CSA, area stenosis rate, diameter stenosis rate) ($P>0.05$); And the Person correlation showed a positive correlation between CTA and IVUS quantitative indicators ($r=0.383, 0.620, 0.243, 0.553, 0.514, 0.444, 0.487, 0.613, P<0.05$). Using CAG diagnosis as the gold standard, the sensitivity and specificity of CTA in assessing vulnerable plaques were 90.91% (40/44), 84.21% (32/38), 86.96% (40/46), and 88.89% (32/36), respectively; The Kappa value is 0.754, indicating good consistency between the two. The fiber volume, fiber percentage, calcification volume, and calcification percentage in the vulnerable plaque group were higher than those in the stable plaque group ($P<0.05$), while the lipid volume and lipid percentage in the vulnerable plaque group were lower than those in the stable plaque group ($P<0.05$). The AUCs for evaluating the efficacy of vulnerable plaques using ROC analysis were 0.839, 0.858, 0.708, 0.841, 0.807, and 0.750, respectively, to obtain fiber volume, fiber percentage, lipid volume, lipid percentage, calcification volume, and calcification percentage. **Conclusion** The evaluation of vulnerable plaques based on CTA imaging features has good clinical value, and has good consistency and correlation with the analysis of quantitative indicators of intravascular ultrasound.

Keywords: Vulnerable Plaques; Coronary Artery CT Angiography; Image Features; Evaluation Value

冠心病是世界范围内较为常见的心血管疾病,其主要表现为冠状动脉粥样硬化斑块形成和斑块破裂^[1-2]。易损斑块是指冠状动脉内壁上存在的不稳定性高、容易破裂、导致血栓形成的斑块,在冠心病发病过程中起着至关重要的作用^[3]。易损斑块的危害在于与稳定斑块相比更容易出现破裂、剥落、引发血栓形成和栓塞等严重后果,部分患者在此过程中可能出现急性冠状动脉综合征(ACS)、不稳定型心绞痛、非ST段抬高型心肌梗死和ST段抬高型心肌梗死等。因此,为了保障冠心病患者生命健康,对其斑块类型实施早期评估十分重要^[4]。冠状动脉造影是临床评估斑块性质的金标准,但由于价格昂贵,且属侵入性检查,应用存在一定局限性。冠状动脉CT血管成像(CTA),是一种非侵入性的检查方法,通过计算机断层扫描检查心脏和冠状动脉,以获取心脏和血管的三维图像,该技术能够提供高分辨率、高质量的图像,能够清晰地显示血管内壁的情况,包括斑块、狭窄、钙化等^[5]。本研究以此为基础,深入分析了CTA影像特征在易损斑块中的评估价值,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2020年2月至2023年2月本院收治冠心病患者60例为研究对象。本研究方案已取得南充市中心医院伦理委员会审批。

纳入标准:符合《内科学》^[6]中冠心病诊断标准;临床资料完整;年龄不低于18岁;患者及家属均知情同意。排除标准:存在其他心脏病史或其他器官病变患者;全身感染性疾病、血液系统疾病或自身免疫性疾病者;恶性肿瘤者;认知障碍不能配合本研究。

1.2 方法 患者均在冠状动脉造影(CAG)前1~2周行冠状动脉CT血管成像(CTA)检查,随即行血管内超声检查。其中,CTA检查具体操作步骤如下:取患者仰卧位,选Siemens炫速双源(somatom definition flash)CT进行检查,采用前瞻性心电门控扫描,扫描范围设定为气管隆嵴下至心底部1cm,扫描时经肘静脉双筒高压注射器以5.0mL/s速度注射

【第一作者】罗 鸿,男,主治医师,主要研究方向:影像诊断。E-mail: nclh33@163.com

【通讯作者】罗 鸿

350mg I/ml碘海醇60mL，同速注射生理盐水40mL。采用Bolus Tracking自动跟踪技术监测升主动脉根部对比剂浓度，自动触发扫描，参数为140mm轴向扫描模式，球管转速0.28s/r，管电压120kV，低能管电流扫描技术。检查完成后图像传送至工作站重

建(见图1)。在斑块所在曲面测最小管腔直径(MLD)、最小管腔面积(MLA)、外弹力膜横截面积(EEM-CSA)、斑块面积(PA)、斑块符合(PB)、重构指数(RI)、面积狭窄率、直径狭窄率。

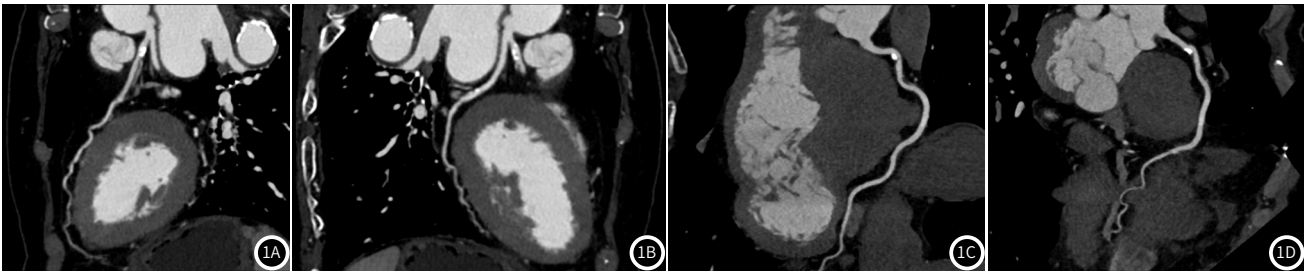


图1A~图1D 冠心病CTA图像。1A为前降支钙化及非钙化斑块并官腔轻-中度狭窄，约50%；1B为回旋支钙化及非钙化性斑块并官腔轻度狭窄，约40%；1C为右冠状动脉钙化及非钙化性斑块并管腔轻度狭窄，约50%；1D为后降支非钙化性斑块并官腔轻度狭窄，约30%。对角支、钝缘支、圆锥支、锐缘支管腔充盈良好，未见明显异常。

1.3 观察指标 比较CTA与IVUS定量指标分析病变斑块的差异，并进行相关性分析；以CAG诊断作为金标准，CTA评估易损斑块价值、并分析CTA评估易损斑块与CAG的一致性，并比较易损斑块与稳定斑块定量血管特征的差异。

1.4 易损斑块定义 符合下述定义中2项可确诊为易损斑块：(1)点状钙化：斑点状钙化定义为病变内钙化斑块长度在3mm以内，病变周长在90°以内；(2)餐巾环征：餐巾环征表现为具有低计算机断层扫描衰竭的斑块核心周围是较高衰竭的边缘状区域；(3)正性重构指数定义为最大病变血管直径除近端参考血管直径，正性重构指数至少为1.1；(4)低衰减密度，存在检测到冠状动脉非钙化斑块内小于30HU的任何素体。其余除易损斑块外的斑块被认定为稳定斑块。

1.5 统计学处理 应用SPSS 22.0进行数据分析。用($\bar{x} \pm s$)表示正态分布的计量资料，组间比较行独立样本t检验，通过Person

相关系数分析两种检查方式定量资料的相关性；使用Kappa检验两种方法检查一致性，取值为0~1，两者一致性较好(Kappa值 ≥ 0.75)，两者一致性一般($0.75 > \text{Kappa值} \geq 0.4$)，两者一致性较差(Kappa值 < 0.4)。P < 0.05 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 CTA与IVUS定量指标差异分析 60例患者经检查出82个病变斑块，左前降支45个、左回旋支12个，右冠状动脉23个，且CAG检查显示易损斑块44个，稳定斑块38个。结果显示，在82例临界病变斑块检测中，CTA与IVUS测量的定量指标(MLA、MLD、PA、PB、RI、EEM-CSA、面积狭窄率、直径狭窄率)比较差异无统计学意义(P > 0.05)；且Person相关性显示，CTA与IVUS定量指标具有正向相关性($r = 0.383、0.620、0.243、0.553、0.514、0.444、0.487、0.613, P < 0.05$)，见表1~2。

表1 CTA与IVUS定量指标比较

指标	CTA(n=82)	IVUS(n=82)	t值	P值
MLA(mm ²)	4.48±1.30	4.59±1.09	0.363	0.718
MLD(mm)	2.25±0.38	2.33±0.44	0.812	0.420
PA(mm ²)	10.97±3.26	11.24±3.53	0.328	0.744
PB(%)	70.4±7.20	70.23±6.28	0.100	0.921
RI	1.07±0.24	1.12±0.25	0.836	0.406
EEM-CSA(mm ²)	15.38±4.3	15.84±4.11	0.442	0.660
面积狭窄率(%)	70.72±6.59	67.81±6.31	1.822	0.073
直径狭窄率(%)	55.79±5.33	56.64±7.09	0.579	0.564

表2 CTA与IVUS定量指标相关性分析

可靠性统计	相关系数	P值	项数
MLA	0.383	<0.001	2
MLD	0.620	<0.001	2
PA	0.243	<0.001	2
PB	0.553	<0.001	2
RI	0.514	<0.001	2
EEM-CSA	0.444	<0.001	2
面积狭窄率	0.487	<0.001	2
直径狭窄率	0.613	<0.001	2

2.2 冠状动脉CT血管成像评估易损斑块的价值分析 以CAG诊断作为金标准，CTA评估易损斑块的敏感度为90.91%(40/44)，特异性为84.21%(32/38)，阳性预测值为86.96%(40/46)，阴性预测值为88.89%(32/36)；Kappa值为0.754，两者一致性较好。见表3~4。

表3 冠状动脉CT血管成像评估易损斑块的价值分析

检查方式	CAG		合计
	易损斑块	稳定斑块	
CTA	易损斑块 40	6	46
	稳定斑块 4	32	36
合计	44	38	82

2.3 冠状动脉CT血管成像特征评估易损斑块分析 结果显示，易损斑块组纤维体积、纤维百分比、钙化体积、钙化百分比均高于稳定斑块组(P < 0.05)，而易损斑块组脂质体积、脂质百分比均低于稳定斑块组(P < 0.05)，见表5。

表4 冠状动脉CT血管成像评估易损斑块与CAG一致性分析

秩的测量	数值	接近标准错误a	大约 T ^b	显著性
CTA 卡帕 (Kappa)	0.754	0.073	6.835	<0.001

2.4 冠状动脉CT血管成像特征预测易损斑块效能分析 采用ROC分析获取纤维体积、纤维百分比、脂质体积、脂质百分比、钙化体积、钙化百分比预测易损斑块效能的AUC分别为0.839、0.858、0.708、0.841、0.807、0.750。见表6、图2~3。

表5 冠状动脉CT血管成像特征评估易损斑块分析

指标	易损斑块(44)	稳定斑块(38)	t值	P值
纤维体积(mm ³)	47.56±14.47	74.76±17.51	7.701	<0.001
纤维百分比(%)	17.71±3.08	55.11±10.01	23.546	<0.001
脂质体积(mm ³)	49.45±15.87	37.39±15.16	3.503	0.001
脂质百分比(%)	49.37±4.12	31.83±6.32	15.077	<0.001
钙化体积(mm ³)	3.47±4.06	15.10±12.25	5.936	<0.001
钙化百分比(%)	2.98±2.76	13.08±11.82	5.502	<0.001

表6 冠状动脉CT血管成像特征预测易损斑块效能分析

参数	AUC	标准错误	P值	渐近 95% 置信区间	
				下限值	上限
纤维体积	0.839	0.043	<0.001	0.754	0.923
纤维百分比	0.858	0.041	<0.001	0.778	0.938
脂质体积	0.708	0.058	0.001	0.593	0.822
脂质百分比	0.841	0.042	<0.001	0.759	0.923
钙化体积	0.807	0.047	<0.001	0.714	0.900
钙化百分比	0.750	0.056	<0.001	0.640	0.86

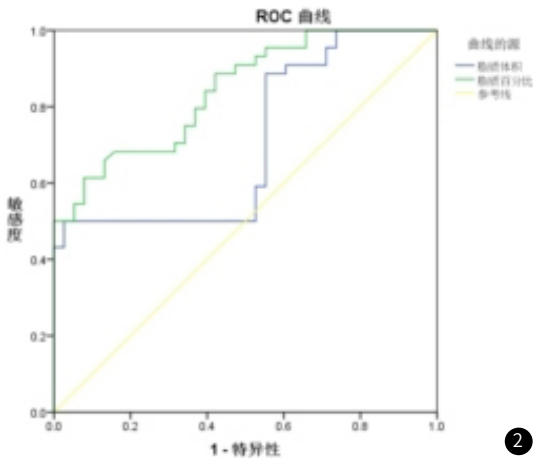


图2 脂质体积、脂质百分比预测易损斑块ROC曲线图。

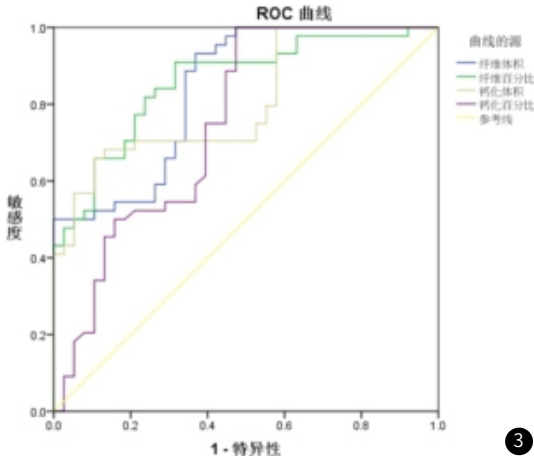


图3 纤维体积、纤维百分比、钙化体积、钙化百分比预测易损斑块ROC曲线图。

3 讨 论

相关数据显示，全球范围内冠心病的患病率呈现逐年上升趋势，在中国，冠心病已经成为了人们健康面临的重要挑战之一，患病率高达10%以上，随着社会老龄化和不健康生活方式的普及，冠心病的发病率将进一步增加^[7]。作为缺血性心脏病的一种，冠心病主要有冠状动脉出现粥样硬化致使管腔狭窄、闭塞导致心肌缺血所致。对于冠心病患者而言，其病情严重程度与预后多受到斑块性质影响，存在易损斑块的冠心病患者由于其斑块稳定性差，更容易出现破裂引发血栓，导致一系列严重后果，由此可知，对冠心病患者易损斑块进行早期诊断十分重要^[8]。冠状动脉造影是诊断斑块类型的常用检测方式，但由于冠状动脉造影属有创检查，患者接受度一般，因此，探寻评估斑块类型的其他科学方式仍旧是临床研究热点。

近年来，随着我国影像学技术的发展与进步，CTA在多种疾病诊断评估中发挥了重要作用。CTA可以较为详细地评估冠状动脉状况，对于测定斑块的类型、程度和位置等具有重要价值，尤其适用于筛查冠心病和评估冠心病的危险程度。同时，由于其可重复检测性，还可用于评估冠状动脉支架置入效果以及进行后期随访^[9]。在本研究中，82例临界病变斑块检测中，CTA与IVUS测量的定量指标(MLA、MLD、PA、PB、RI、EEM-CSA、面积狭窄率、直径狭窄率)比较差异无统计学意义，且Person相关性显示，CTA与IVUS定量指标具有正向相关性。说明CTA对斑块评估的精准度与IVUS类似，具有较好临床参考价值。同时，本研究结果显示，以CAG诊断作为金标准，CAT评估易损斑块的敏感度为90.91%(40/44)，特异性为84.21%(32/38)，阳性预测值为86.96%(40/46)，阴性预测值为88.89%(32/36)；Kappa值为

0.754，两者一致性较好。说明CTA评估精准度高。原因在于，CTA可以提供高分辨率、高质量的图像，能够清晰地显示血管内壁的情况，包括斑块、狭窄、钙化等。这种高分辨率有助于评估斑块的类型、程度和位置等重要参数^[10-11]。同时，CTA扫描需要控制患者的心动周期，以避免图像模糊和变形，这种精准的心动周期控制有助于提高图像质量和准确性，从而更好地评估斑块的情况^[12]。

此外，本研究结果显示，易损斑块组纤维体积、纤维百分比、钙化体积、钙化百分比均高于稳定斑块组，而易损斑块组脂质体积、脂质百分比均低于稳定斑块组，纤维体积、纤维百分比、脂质体积、脂质百分比、钙化体积、钙化百分比预测易损斑块效能的AUC分别为0.839、0.858、0.708、0.841、0.807、0.750。说明不同性质斑块CTA定量参数存在一定差异，相关定量参数评估斑块性质具有一定临床参考价值。这是因为易损斑块主要由脂质核心组成，因此其纤维体积和纤维百分比相对较低^[13-14]。同时，易损斑块中的钙化具有不稳定性 and 动态变化性，可能随着斑块发展而逐渐增加，但相对于稳定斑块仍然较少，因此易损斑块的钙化体积和钙化百分比比较低^[15]。最后，易损斑块中的炎症和细胞凋亡等生物学过程活跃，这些过程会使得易损斑块中的脂质体积和脂质百分比增加。

综上所述，基于CTA影像特征评估易损斑块具有较好临床价值，且与血管内超声定量指标分析具有较好一致性与相关性。

(参考文献下转第101页)

增加,随着钙化斑块体积增大,占据空间更多,导致血管内径变窄,血流受阻,加重冠状动脉狭窄程度,使得在充血状态下冠状动脉血流供应能力降低,从而增高CT-FFR值^[13-14]。经Spearman法分析,冠脉钙化程度与钙化斑块体积、CT-FFR呈正相关性,提示CT-FFR值与冠脉钙化程度存在一定关联,随着动脉粥样硬化加剧,钙沉积也会增加,从而导致冠脉钙化程度提高,增加CT-FFR值。然而,进一步分析两者关系时,本次利用ROC曲线模型预测,结果显示,钙化斑块体积、CT-FFR预测冠脉钙化程度的AUC分别为0.804、0.909,均具有较高诊断价值,且与魏庆民学者^[15]结论大致相同,进一步说明CT-FFR在诊断钙化斑块中具有较高特异性和敏感。此外,本次还进一步分析了CT-FFR与MACE关系,Kaplan-Meier分析显示,高CT-FFR指数患者MACE率高于低CT-FFR,说明CT-FFR指数与心血管不良事件的发生率密切相关,高CT-FFR可能预示着更高的心血管不良事件风险。究其原因:CT-FFR可通过测量冠状动脉狭窄近端、远端压力差来评估冠状动脉血流储备能力,高CT-FFR可能表示冠状动脉血管狭窄较严重,血流受限,导致心肌供血不足,此种情况下,心脏为了维持正常运转,需要大量心肌耗氧量,若无法及时提供足够血液,则会增加心血管不良事件^[16]。

综上所述,CT-FFR能够预测冠脉钙化程度,具有较高特异性和敏感性,且与MACE发生存在一定关联,CT-FFR指数越高,MACE发生率越高,对此需重点监测患者CT-FFR变化,以期及时发现异常、处理,改善预后。

参考文献

- [1]宋瑶,霍怀璧,李哈,等.冠状动脉CTA多参数AI特征对急性冠脉综合征的诊断价值[J].放射学实践,2023,38(7):873-878.
- [2]赵桂喜,潘靛,邢伟.基于心肌缺血危险因素的冠状动脉CTA和CT-FFR诊断价值的探讨[J].影像研究与医学应用,2023,7(1):19-22.
- [3]Anastasius M,Maggiore P,Huang A,et al.The clinical utility of FFRCT stratified by age[J].J Cardiovasc Comput Tomogr,2021,15(2):121-128.
- [4]Peper J,Suchá D,Swaans M,et al.Functional cardiac CT-Going beyond Anatomical evaluation of coronary artery disease with Cine CT,CT-

- FFR,CT perfusion and machine learning[J].Br J Radiol,2020 Sep 1;93(1113):20200349.
- [5]胡广新,姚龙.CTA+CT-FFR在冠心病患者心脏功能及新生斑块血管评价[J].贵州医药,2023,47(1):119-120.
- [6]张维明,顾立君,张吟,等.基于Revolution CT的冠状动脉血管成像联合血流储备分数评估冠心病并发性心力衰竭患者NYHA心功能分级及预后的效果[J].岭南心血管病杂志,2023,29(4):395-399.
- [7]Beg F,Rehman H,Chamsi-Pasha MA,et al.Association between FFRCT and instantaneous wave-free ratio (iFR) of intermediate lesions on coronary computed tomography angiography[J].Cardiovasc Revasc Med,2021 Oct;31:57-60.
- [8]陈娇,明贤芳,吴永波.CT血管造影联合血清尿素、胱抑素C、甘油三酯葡萄糖糖酵解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.
- [9]严诚,黄健峰,张利军,等.基于工作站的CT-FFR对评估冠状动脉功能性狭窄的临床初步探究[J].复旦学报(医学版),2021,48(3):356-362.
- [10]陈柳丹,涂圣贤,李泽杭,等.斑块对基于CTA虚拟计算冠状动脉血流储备分数的影响[J].中山大学学报(医学科学版),2023,44(5):823-829.
- [11]杨友常,殷若涵,汤晓强,等.冠状动脉CT血管造影结合机器学习算法预测心肌缺血的价值研究[J].临床放射学杂志,2023,42(2):258-262.
- [12]赵建春,龚沈初,张凡,等.基于CAD-RADS的高危斑块特征联合CT-FFR对冠状动脉临
- 界病变预后的预测价值[J].南通大学学报(医学版),2024,44(1):53-58.
- [13]Gohmann RF,Seitz P,Pawelka K,et al.Combined coronary CT-angiography and TAVI planning:utility of CT-FFR in patients with morphologically ruled-out obstructive coronary artery disease[J].J Clin Med,2022,11(5):1331.
- [14]庞智英,杨飞,苏亚英,等.冠状动脉CT血管成像联合基于CT的血流储备分数预测阻塞性冠心病主要不良心脏事件的价值[J].实用医学杂志,2021,37(20):2675-2680.
- [15]施武,陈溯明,吴少杰,等.探究冠状动脉CT血管造影定量指标对冠心病患者主要心血管不良事件的预测价值[J].心血管病防治知识,2020,10(31):31-33.
- [16]Aquino GJ,Abadia AF,Schoepf UJ,et al.Coronary CT fractional flow reserve before transcatheter aortic valve replacement:clinical outcomes[J].Radiology,2022,302(1):50-58.

(收稿日期:2024-05-21)

(校对编辑:姚丽娜、韩敏求)

(上接第97页)

参考文献

- [1]方项,王涵,朱雪萌.心肌灌注显像与CT冠状动脉成像检查对糖尿病并发冠心病患者冠状动脉狭窄的诊断准确度分析[J].罕少疾病杂志,2025,32(6):83-85.
- [2]Duggan JP,Peters AS,Trachiotis GD,et al.Epidemiology of coronary artery disease[J].Surg Clin North Am,2022,102(3):499-516.
- [3]韩媛.超声参数与颈动脉粥样硬化斑块形成脂代谢、易损性的关系分析[J].罕少疾病杂志,2025,32(1):44-46.
- [4]赵晨,贾海波,李丽丽.炎症反应对于冠状动脉斑块易损性的影响[J].中国介入心脏病学杂志,2020,28(3):163-166.
- [5]李俭,尚潇云.冠状动脉CT血管成像定量分析在冠心病患者评估中的应用[J].山西医药杂志,2022,51(9):1002-1004.
- [6]复旦大学上海医学院.实用内科学-第13版[J].中国医刊,2009(12):43-43.
- [7]Sigamani A,Gupta R.Revisiting secondary prevention in coronary heart disease[J].Indian Heart J,2022,74(6):431-440.
- [8]Alpert JS.New coronary heart disease risk factors[J].Am J Med,2023 Apr;136(4):331-332.
- [9]刘洋,张舒媛,司斌,等.冠状动脉CT血管成像检测对冠状动脉易损斑块和主要不良心血管事件风险预测的评估[J].中国循环杂志,2020,35(9):894-899.

- [10]陈新杰,邓凌达,陈海雄,等.血清残余脂蛋白胆固醇浓度对冠状动脉易损斑块的诊断价值[J].广东医学,2022,43(5):597-602.
- [11]开慧华,沈栋,潘昌杰.冠脉CTA定量参数预测薄纤维帽粥样硬化斑块易损性的可行性[J].放射学实践,2021,36(8):1000-1004.
- [12]赵娜,侯志辉,安云强,等.基于冠状动脉CT血管成像的冠状动脉粥样硬化斑块量化特征及易损性的门诊队列研究[J].中华放射学杂志,2020,54(5):467-473.
- [13]王若芑,顾慧,高艳,等.基于冠状动脉CT血管成像斑块定量分析探究甘油三酯葡萄糖指数与斑块负荷及斑块易损特征的相关性[J].中华放射学杂志,2021,55(11):1153-1160.
- [14]朱鹏汀.冠脉CTA对OCT诊断易损斑块的预测价值[D].大连医科大学,2021.
- [15]李培杰.冠状动脉CTA观察HIV感染者冠状动脉斑块特征及易损斑块[D].郑州大学,2020.

(收稿日期:2024-06-05)

(校对编辑:姚丽娜、韩敏求)