

论 著

基于冠脉CT特征评估冠脉狭窄患者心肌缺血的价值*

周学儒^{1,*} 黄文亮² 丁琦峰³

- 1.漯河医学高等专科学校第三附属医院
影像科(河南漯河 462000)
2.漯河医学高等专科学校第二附属医院
MRI室(河南漯河 462000)
3.漯河医学高等专科学校第二附属医院
CT室(河南漯河 462000)

【摘要】目的 观察基于冠脉CT特征评估冠脉狭窄患者心肌缺血的临床价值。方法 回顾性分析2021年10月~2023年6月我院收治的118例冠脉狭窄患者的临床资料,所有患者均行冠状动脉CT血管成像(CCTA)检查,根据多导联心电图检查结果将患者分为心肌缺血组与非心肌缺血组,比较两组患者的CCTA特征,并采用受试者工作特征(ROC)曲线分析CCTA特征对冠脉狭窄患者心肌缺血的评估价值。结果 两组患者年龄、性别、BMI、吸烟史、饮酒史、合并症等一般资料比较差异无统计学意义($P>0.05$)。心肌缺血组患者冠脉狭窄程度为中重度比例、病变长度与高危斑块比例高于非心肌缺血组($P<0.05$),两组患者斑块体积、斑块负荷及钙化积分比较差异不显著($P>0.05$)。ROC特征曲线结果显示,中重度狭窄、病变长度及高危斑块评估冠脉狭窄患者心肌缺血的曲线下面积(AUC)分别为0.698、0.777及0.597,采用3项指标联合(并联)评估冠脉狭窄患者心肌缺血的AUC及敏感度均高于单一指标诊断($P<0.05$)。结论 CCTA检查中冠脉狭窄程度、病变长度、高危斑块是评估心肌缺血的主要特征因子,三者联合能显著提高心肌缺血的诊断效能,其敏感性及准确性较高,建议临床予以重点关注。

【关键词】冠状动脉; CT血管成像; 冠脉狭窄; 心肌缺血
【中图分类号】R543.3
【文献标识码】A
【基金项目】河南省医学科技攻关计划项目(LHGJ20200884)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.03.024

Value of Coronary CT Features in Evaluating Myocardial Ischemia in Patients with Coronary Stenosis*

ZHOU Xue-ru^{1,*}, HUANG Wen-liang², DING Qi-feng³.
1.Department of Imaging, Luohe Medical College Third Affiliated Hospital, Luohe 462000, Henan Province, China
2.MRI Room, Luohe Medical College Second Affiliated Hospital, Luohe 462000, Henan Province, China
3.CT Room, Luohe Medical College Second Affiliated Hospital, Luohe 462000, Henan Province, China

ABSTRACT
Objective To observe the clinical value of coronary CT features in evaluating myocardial ischemia in patients with coronary stenosis. **Methods** The clinical data of 118 patients with coronary stenosis admitted to the hospital from October 2021 to June 2023 were analyzed retrospectively.(2021.10-2023.6) All patients received coronary CT angiography (CCTA) examination, and were divided into the myocardial ischemia group and the non-myocardial ischemia group based on multiple lead electrocardiogram examination. CCTA features of the two groups were compared, and the value of CCTA features in evaluating myocardial ischemia in patients with coronary stenosis was analyzed using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** There was no statistically significant difference in general information such as age, gender, BMI, smoking history, drinking history and comorbidities between the two groups ($P>0.05$). The proportion of moderate to severe coronary stenosis, length of the lesion and the proportion of high-risk plaques in the myocardial ischemia group were higher/larger than those in the non-myocardial ischemia group ($P<0.05$). There was no significant difference in plaque volume, plaque load, or calcification score between the two groups ($P>0.05$). ROC curve analysis results showed that the area under the curve (AUC) values of moderate to severe coronary stenosis, length of the lesion and high-risk plaque for evaluating myocardial ischemia in patients with coronary stenosis were 0.698, 0.777 and 0.597. The AUC and sensitivity of combined evaluation of myocardial ischemia in patients with coronary stenosis using the three indicators were higher than those of single evaluation ($P<0.05$). **Conclusion** The degree of coronary stenosis, length of lesion, and high-risk plaque displayed by CCTA are main characteristic factors for evaluating myocardial ischemia. The combination of the three can significantly improve the diagnosis of myocardial ischemia, with high sensitivity and accuracy.
Keywords: Coronary Artery; CT Angiography; Coronary Stenosis; Myocardial Ischemia

冠状动脉作为供应心脏血液的主要动脉,能有效保障心肌氧供,当发生冠脉狭窄时会对机体的心肌供血、供血产生不利影响^[1]。随病情进展,冠脉狭窄患者易合并心肌缺血、冠心病等并发症,增加临床死亡率^[2]。相关研究^[3-4]表明,轻度冠脉狭窄患者临床症状轻微,对相关危险因素进行调控有助于抑制病情进展,降低心肌缺血的发生风险;而对于中度及以上冠脉狭窄患者常伴有一定程度的胸闷、乏力、呼吸困难及心肌缺血等症状,一般需采用冠脉支架或冠脉搭桥等介入性治疗方案。因此对冠脉狭窄患者心肌缺血情况进行准确评估对临床治疗方案的选择以及预后水平的提高至关重要。冠状动脉CT血管成像(coronary computed tomography angiography, CCTA)检查能克服血流速度的影响,显示患者头颈部的血管情况,具有较好的阴性预测值,在评估冠脉狭窄患者病情中的临床应用率较高^[5]。当前CCTA检查及特征因子对冠脉狭窄患者心肌缺血的评估价值尚未明晰,鉴于此,本研究旨在探究CCTA特征评估冠脉狭窄患者心肌缺血的临床价值,以期临床诊断提供科学依据,现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2021年10月至2023年6月我院收治的118例冠脉狭窄患者的临床资料,其中男85例,女33例;年龄40~80岁,平均年龄(59.34±5.26)岁;体重指数(body mass index, BMI)为20.06~26.18kg/m²,平均BMI为(22.81±1.05)kg/m²。
纳入标准:经临床影像学检查提示单支或多支冠脉狭窄;患者均接受CCTA检查,影像学资料详实;患者年龄在18岁以上;临床资料完善。排除标准:伴有严重的肝肾功能异常者;具有CCTA检查禁忌症;伴有急性心肌梗死;伴有恶性肿瘤或严重感染性疾病,预计生存时间低于2个月;入组前接受经皮冠状动脉介入治疗。

1.2 方法

1.2.1 CCTA检查方法 采用64排螺旋CT机(Revolution CT, GE Healthcare, Milwaukee, 美国GE公司)对所有患者行CCTA检查,先使用前瞻性心电门控扫描R-R期间35%~75%。确保患者心率低于75次/min,扫描时指导患者取仰卧位,扫描范围包括隆突下方至心脏下缘处,其中扫描参数为:电流为600mA,电压为120kV,重建视野为

【第一作者】周学儒,女,副主任医师,主要研究方向:冠脉CTA影像技术及精准诊断、肠道病变的影像学研究。E-mail: 18790940358@163.com
【通讯作者】周学儒

20cm×20cm，层厚为0.625mm，层距为0.5mm。采用2期相注射对比剂，即第1相时给予患者静脉注射60~70mL碘帕醇注射液(上海博莱科信谊药业有限责任公司，国药准字H20053388)，注射速度保持在为5.0mL/s，第2相时以相同速度注射0.9%氯化钠溶液30~40mL。

1.2.2 图像分析 将所有患者的CCTA检查图像收集后上传至后处理工作站，由两位具备5年以上诊断经验的影像学医师采用双盲法阅片，对患者的冠脉狭窄程度进行评估，其中参照文献^[6]的判断标准，分别测量患者狭窄血管长度、狭窄远端直径、狭窄近端直径及狭窄段长度，按照公式计算狭窄率=(1-最狭窄处直径/远端正常直径)×100%，其中轻度狭窄：0<狭窄率<50%；中度狭窄：50%≤狭窄率<75%；重度狭窄：狭窄率≥75%。另外对斑块相关特征进行分析，主要包括斑块体积、斑块负荷[(斑块体积/血管体积)×100%]、病变长度、钙化积分及高危斑块。其中具备以下2个及以上高危征象的斑块定义为高危斑块^[7]：(1)正性重构(斑块血管外壁宽度>10%斑块远端与近端参考值)；(2)低密度斑块(斑块内部组织CT值<30HU)；(3)点状钙化(斑块内存在长度<3mm钙化)；(4)餐巾环征(斑块低密度组织周围存在高密度强化环，在对比剂作用下形成餐巾环样)。

1.2.3 多导联心电图检查与分组方法 采用12导联动态心电图机(厂家：深圳市博英医疗仪器科技有限公司，型号：BI6812)，进行持续24h动态心电图监测，纸速为25mm/s，增益10mm/mV，确保记录纸极限平稳与图像清晰。经研究系统分析心电活动信息，做出诊断。根据心肌缺血诊断标准^[8]：(1)ST段压低持续时间超过1min；(2)J点后0.08s的ST段呈现水平型或下斜型，且在0.1mV以上；(3)再次发作与前次ST压低恢复至基线间隔在1min及以

上。将满足上述诊断标准的患者判定为存在心肌缺血，纳入心肌缺血组；剩余患者则纳入非心肌缺血组。

1.3 观察指标 (1)观察心肌缺血组与非心肌缺血组患者的一般资料；(2)观察心肌缺血组与非心肌缺血组患者病变血管的狭窄程度与CCTA特征；(3)评估CCTA特征对冠脉狭窄患者心肌缺血的评估价值。

1.4 统计学方法 研究数据收集和整理后经软件SPSS 22.0完成分析，计数资料用百分比表示，采用 χ^2 检验。计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本t检验。冠脉狭窄程度分级比较采用等级资料秩和检验。采用受试者工作特征(ROC)曲线分析CCTA特征对冠脉狭窄患者心肌缺血的评估价值。 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 两组患者的一般资料比较 两组患者的一般资料比较差异不显著($P>0.05$)，见表1。

2.2 两组患者冠脉狭窄程度的比较 心肌缺血组患者冠脉狭窄程度为中重度比例高于非心肌缺血组($P<0.05$)。见表2。

2.3 两组患者CCTA斑块特征的比较 心肌缺血组患者的病变长度与高危斑块比例高于非心肌缺血组($P<0.05$)，两组患者斑块体积、斑块负荷及钙化积分比较差异不显著($P>0.05$)，见表3。典型病例的影像学检查图像见图1。

2.4 CCTA特征对冠脉狭窄患者心肌缺血的评估价值 绘制ROC特征曲线，结果显示中重度狭窄、病变长度及高危斑块评估冠脉狭窄患者心肌缺血的曲线下面积(AUC)分别为0.698、0.777及0.597，采用3项指标联合(并联)评估冠脉狭窄患者心肌缺血的AUC及敏感度均高于单一指标诊断($P<0.05$)，见表4与图2。

表1 两组患者的一般资料比较

病理特征	心肌缺血组(n=66)	非心肌缺血组(n=52)	χ^2/t 值	P值
性别[例(%)]				
男	44(66.67)	41(78.85)	2.142	0.143
女	22(33.33)	11(21.15)		
年龄(岁)	58.78±4.88	60.05±5.06	1.381	0.170
BMI				
(kg/m ²)	23.01±1.23	22.56±1.25	1.959	0.053
吸烟[例(%)]				
是	25(37.88)	20(38.46)	0.004	0.948
否	41(62.12)	32(61.54)		
饮酒[例(%)]				
是	21(31.82)	22(42.31)	1.382	0.240
否	45(68.18)	30(57.69)		
合并症				
高血压	42(63.64)	39(75.00)	1.745	0.187
糖尿病	31(46.97)	28(53.85)	0.550	0.458
高血脂	36(54.55)	35(67.31)	1.977	0.160

表2 两组患者冠脉狭窄程度的比较[例(%)]

组别	病变血管支数	狭窄程度		
		轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄
心肌缺血组(n=66)	84	19(22.62)	26(30.95)	39(46.43)
非心肌缺血组(n=52)	61	38(62.30)	15(24.59)	8(13.11)
Z值		5.135		
P值		0.000		

表3 两组患者CCTA斑块特征的比较

组别	病变血管支数	斑块体积(mm ³)	斑块负荷(%)	病变长度(mm)	钙化积分(分)	高危斑块[例(%)]
心肌缺血组(n=66)	84	44.93±8.76	59.15±10.06	21.17±3.83	123.32±13.41	26(30.95)
非心肌缺血组(n=52)	61	42.18±7.83	56.07±9.33	17.44±3.05	119.06±12.08	7(11.48)
χ^2/t 值		1.950	1.876	6.292	1.968	7.626
P值		0.053	0.063	0.000	0.051	0.006

表4 中重度狭窄、病变长度、高危斑块及联合3项指标评估冠脉狭窄患者心肌缺血的效能

CCTA特征	AUC	标准误	渐进Sig	95%CI	约登指数	特异性(%)	敏感度(%)
中重度狭窄	0.698	0.045	0.000	0.610~0.787	0.397	62.30	77.40
病变长度	0.777	0.038	0.000	0.703~0.851	0.446	80.33	64.30
高危斑块	0.597	0.047	0.046	0.505~0.689	0.355	88.52	47.00
三者联合	0.887	0.031	0.000	0.826~0.948	0.774	86.89	90.50

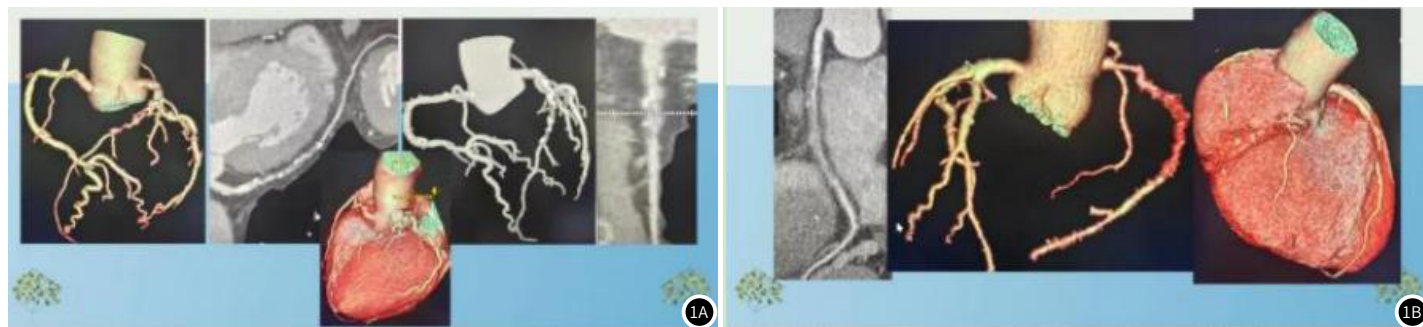


图1A-1B 典型病例的影像学检查图像；图1A 典型病例，男，59岁，重度冠状动脉硬化，左前降支重度狭窄，多发易损斑块；图1B 典型病例，女，64岁，重度冠状动脉硬化，右冠脉重度狭窄，易损斑块。

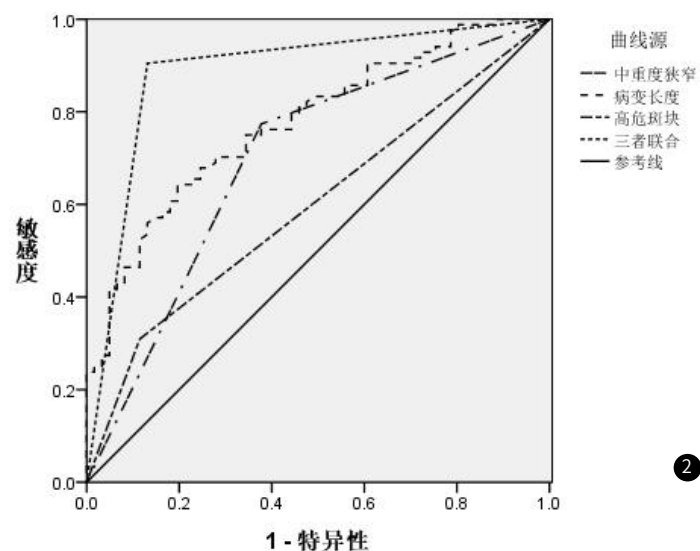


图2 中重度狭窄、病变长度、高危斑块及联合3项指标评估冠脉狭窄患者心肌缺血的ROC曲线。

3 讨论

冠状动脉为机体提供充足的血液来源，是保证心脏正常工作的关键，冠脉发生狭窄时会导致心脏供血减少，并对心肌血液供需平衡产生影响，诱发心肌缺血^[9]。既往文献^[10]报道，若临床未及时干预冠脉狭窄患者心肌缺血情况，会促进患者心肌细胞坏死，进而引发心力衰竭、心率失常等，影响预后水平，因此尽早对冠脉狭窄患者心肌缺血情况行评估对于改善患者预后意义重大。大量研究证实多导联心电图检查评估冠脉狭窄患者心肌缺血的准确率较高，但检查结果会受患者体位、心率及症状等因素的影响，具有一定的局限性^[11-12]。CCTA检查通过注入对比剂后扫描，能清晰显示患者血管病变情况及相关斑块特征，为评估心肌缺血提供了可行性^[13]。

本研究结果显示，心肌缺血组患者冠脉狭窄程度为中重度比例高于非心肌缺血组($P<0.05$)，提示CCTA检查中冠脉狭窄程度是评估心肌缺血的主要特征因子。孙俊^[14]等研究显示，冠脉狭窄程度可用于评估患者的心肌缺血情况，本研究结果与之具有一致性。主要原因在于随着患者冠脉狭窄程度增加，血管血流量会随之减少，从而影响心肌供血并产生心肌缺血。CCTA检查能全方位、多角度显示冠脉管壁处的斑块性质，同时还能评估斑块特征，其中不同类型斑块的成分具有差异性，使得斑块表面的机械稳定性有所差别，当前斑块特征在机体血流动力学中的作用尚未明晰^[15]。本研究通过对比两组患者CCTA检查斑块特征发现，心肌缺血组患者病变长度与高危斑块比例高于非心肌缺血组($P<0.05$)，与既往研究^[16]结果一致。本研究中纳入的高危征象包括正性重构、低密度斑块、点状钙化及餐巾环征，均对应不同的斑块病理学类型，而高危斑块侵蚀与破裂是造成不良心血管事件的危险因素，其中点状钙化斑块会加重管腔狭窄，增加慢性心肌缺血的发

生风险。病变长度与冠脉局部压力及血流灌注水平关系密切，同时随着病变长度的增加，对血流动力学影响较大，从而增加心肌缺血的发生率。此外本研究进一步将中重度狭窄、病变长度、高危斑块联合评估心肌缺血，ROC特征曲线结果显示，中重度狭窄、病变长度及高危斑块评估冠脉狭窄患者心肌缺血的AUC分别为0.698、0.777及0.597，采用3项指标联合(并联)评估冠脉狭窄患者心肌缺血的AUC及敏感度均高于单一指标诊断($P<0.05$)，提示冠脉狭窄程度、病变长度及高危斑块联合能显著提高心肌缺血的诊断效能。这是因为多种指标相结合能够发挥协同作用，增加临床评估时的敏感性及准确性，建议临床予以重点关注，并及时给予针对性处理策略，降低心肌缺血的发生率，提高患者预后水平。本研究局限性在于样本量较少，且未对不同斑块成分评估心肌缺血的价值进行探究，相关结论有待进一步论证。

综上所述，基于CCTA特征对评估冠脉狭窄患者心肌缺血具有一定的临床价值，其中冠脉狭窄程度、病变长度、高危斑块是评估心肌缺血的主要特征因子，三者联合检测有助于提高心肌缺血的诊断效能，可作为冠脉狭窄患者心肌缺血的有效评估方案。

参考文献

- [1] 丁华永. CTA在冠心病冠脉狭窄程度及斑块状态评估中的应用[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(4): 76-78.
- [2] Renker M, Baumann S, Hamm C W, et al. Influence of coronary stenosis location on diagnostic performance of machine learning-based fractional flow reserve from CT angiography[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2021, 15(6): 492-498.
- [3] 赵思琪, 常宏, 张蕾. 血清脂蛋白相关磷脂酶A2活性与冠心病患者冠脉狭窄程度及不良心血管事件发生的关系[J]. 中国实验诊断学, 2021, 25(11): 1621-1624.
- [4] Kwan AC, Gransar H, Tzolos E, et al. The accuracy of coronary CT angiography in patients with coronary calcium score above 1000 Agatston Units: comparison with quantitative coronary angiography[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2021, 15(5): 412-418.
- [5] 王静, 文娣娣, 薛瑞佳, 等. 基于冠状动脉CT血管成像的影像特征分析对诊断缺血性狭窄的价值[J]. 中华放射学杂志, 2022, 56(4): 398-404.
- [6] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南[J]. 中国血管外科杂志(电子版), 2017, 9(3): 169-175.
- [7] 孙明菲, 刘婷, 袁雪, 等. 冠脉斑块CT血管造影的定性特征对预测心肌缺血的诊断价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2021, 32(3): 190-194.
- [8] 吴颖, 刘卫其, 张励庭, 等. 血清BNP、hs-CRP联合24h动态心电图对老年冠状动脉性心脏病并发无症状性心肌缺血的诊断价值[J]. 中国分子心脏病学杂志, 2021, 21(3): 3945-3948.
- [9] 贾青霞. 卡维地洛联合艾司洛尔改善冠心病无症状性心肌缺血患者心肌缺血及心室功能的效果[J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29(4): 21-23.
- [10] 秦玲玲, 邓学东, 徐凤兰, 等. 冠状动脉CTA、超声心动图在冠状动脉粥样硬化性心脏病心肌缺血的临床诊断价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2023, 21(3): 87-88, 99.
- [11] Takahashi T, Shin D, Kuno T, et al. Diagnostic performance of fractional flow reserve derived from coronary angiography, intravascular ultrasound, and optical coherence tomography: a meta-analysis[J]. J Cardiol, 2022, 80(1): 1-8.
- [12] 连亦田, 朱晓阳, 张守德, 等. 冠状动脉血流储备分数联合冠状动脉造影对冠心病慢性心肌缺血患者治疗策略的指导价值[J]. 医学综述, 2021, 27(1): 175-179.
- [13] 赵娜, 高扬, 徐波, 等. 基于冠状动脉CT血管成像的狭窄率与斑块特征联合分析对提高CT诊断心肌缺血效能的价值[J]. 中华放射学杂志, 2021, 55(1): 40-47.
- [14] 孙俊, 夏花, 江时忠. 冠状动脉CT血管成像定量评估冠心病心肌缺血的效能[J]. 浙江医学, 2022, 44(6): 637-640, 645.
- [15] 孙玉敏, 李建军, 汤喜红. 同步12导联动态心电图和64排128层CT评价心肌缺血和冠状动脉狭窄的相关性分析[J]. 贵州医药, 2021, 45(11): 1801-1802.
- [16] 熊青峰, 付晓荣, 吕丰甫, 等. 冠状动脉CT血管成像狭窄评分定量评估缺血相关病变的临床价值[J]. 国际心血管病杂志, 2021, 48(1): 42-47.

(收稿日期: 2023-07-20)

(校对编辑: 孙晓晴)