

论 著 · 胸部

稳定性胸痛患者的高危冠状动脉斑块的CT特征分析*

薛 周¹ 龚云燕¹ 袁 袁¹
邹仡伟¹ 邱 健¹ 蔡建国^{1,*}
李文华^{1,2,*}

1.上海健康医学院附属崇明医院
医学影像科 (上海 202150)
2.上海交通大学医学院附属新华医院
放射科 (上海 200092)

【摘要】目的 采用冠状动脉CT血管成像(CCTA)技术识别高危冠状动脉斑块的类型和特征。方法 对631例稳定性胸痛的患者CCTA图像进行回顾性分析,读取和记录斑块的类型和特征。结果 全部患者CCTA检查后,临床随访18-36个月,其中88.0%的患者未发生急性冠脉综合征,12.0%发生了急性冠脉综合征。555例中,无斑块伴管腔轻度狭窄者145例,钙化性斑块伴管腔轻度狭窄378例,混合性斑块伴管腔阻塞性者32例。76例发生急性冠脉综合征的患者中共检出81个斑块(其中6例累及2支血管,各1个钙化性斑块和1个非钙化性斑块,1例累及3支血管,有2个钙化性斑块和1个非钙化性斑块),钙化性斑块14个,非钙化斑块67个。81个斑块中,有11个是非阻塞性的,其余70个斑块伴有50%以上程度的管腔狭窄。67个非钙化性斑块中,其中24个伴正性重构(PR),占35.8%,21个LAP斑块,占31.3%和22个(32.84%)餐巾环征(NRS)并伴有点状钙化。结论 CCTA上,PR、NRS、LAP和点状钙化斑块是易损斑块的特征,易发生破裂引起急性冠脉综合征。

【关键词】冠状动脉CT血管成像;稳定性心绞痛;餐巾环征;正性重构;点状钙化
【中图分类号】R543.5
【文献标识码】A
【基金项目】上海市崇明区“可持续发展科技创新行动计划”项目(CKY2023-32)和上海健康医学院附属崇明医院基金项目(CMY2023-19)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.022

CCTA Feature Analysis of High-risk Coronary Artery Plaques in Patients with Stable Chest Pain*

XUE Zhou¹, GONG Yun-yan¹, YUAN Yuan¹, ZOU Yi-wei¹, QIU Jian¹, CAI Jian-guo^{1,*}, LI Wen-hua^{1,2,*}.
1.Department of Medical Imaging, Chongming Hospital Affiliated to Shanghai University of Medicine and Health Sciences, Shanghai 202150, China
2.Department of Radiology, Xinhua Hospital Affiliated to Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, Shanghai 202150, China

ABSTRACT

Objective To identify the types and characteristics of high-risk coronary artery plaques using coronary CT angiography (CCTA). **Methods** The clinical and CCTA data of 631 patients with stable chest pain were retrospectively analyzed. The types of plaques (non-calcific, mixed, calcific) and the characteristics of plaques. **Results** 631 CCTA patients with stable chest pain, follow-up 18-36 months. 88.0% did not develop acute coronary syndrome, and 12.0% developed acute coronary syndrome. Among the 555 cases, 145 cases had no plaques with mild stenosis, 378 cases had calcified plaques with mild stenosis, and 32 cases had mixed plaques with obstructive stenosis. A total of 81 plaques were detected in 76 patients with acute coronary syndrome (including 6 cases involving 2 blood vessels, 1 calcific plaque and 1 non calcific plaque, 1 case involving 3 blood vessels, 2 calcific plaques and 1 non calcific plaque), 14 calcific plaques, and 67 non-calcific plaques. Of 81 plaques, 11 are non-obstructive, the remaining 70 plaques are accompanied by over 50% degree of luminal stenosis. Among 67 non-calcific plaques, 24 had positive remodeling (PR), accounting for 35.8%, 21 had LAP plaques, accounting for 31.3%, and 22 (32.84%) had napkin ring sign (NRS) association with spotty calcification. **Conclusion** PR, NRS, spotty calcification, and low attenuation plaques are characteristics of vulnerable plaques on CCTA, which are prone to rupture and cause acute coronary syndrome.
Keywords: Coronary CT Angiography; Napkin Ring Sign; Positive Remodeling; Low Attenuation Plaque; Spotty Calcification

冠状动脉计算机断层扫描血管造影(CCTA)是目前判断管状动脉有无狭窄和狭窄程度的最快捷的微创检查方法,而且利用血管重建技术还可显示是否存在粥样斑块和判断斑块的类型,是否存在高危斑块(HRP)特征,包括低衰减斑块(LAP)、正性重构(PR)和餐巾环征(NRS)和点状钙化等,从而提供了识别潜高风险斑块的可能性,利于了解易损性斑块发生破裂引起急性冠脉综合征的风险程度^[1-8]。

我们采用GE矢量CT的第二代智能管状动脉追踪冻结技术(SSF2)直接追踪冠状动脉的运动轨迹及多模态迭代重建技术(ASiR-V),对631例稳定性胸痛患者CCTA检查和随访18-36月间发生急性冠脉综合征的患者的CCTA斑块的特征进行回顾性分析,现将结果进行报道。

1 资料与方法

1.1 临床资料 该研究获得医院伦理委员会的批准和知情同意。收集2018年1月至2023年12月间经心血管内科诊断为稳定性胸痛进行CCTA检查的患者资料,在排除有外周动脉血管疾病、严重脑血管疾病、有冠状动脉搭桥术史、中度以上瓣膜性心脏病和慢性肾脏疾病等后,共631患者,其中男性401例,女性230例,CCTA检查资料完整并有18-36月的随访结果入组分析,患者年龄范围为52~92岁,平均年龄为73±15岁。

1.2 检查方法 CCTA扫描仪为GE Revolution 128排矢量CT,扫描参数:管电压120KV,管电流680mA,准直宽度为128×0.625mm,矩阵:512×512,层厚为0.625mm,采用迭代重建算法实施图像重建。根据不同的体重给予相应的对比剂(优维显(370mgI/mL),造影剂总量=注射速率×13s。注射速率,注射速率为5mL/s,注射完对比剂后追加40ml生理盐水.使用对比剂跟踪技术触发扫描,以升主动脉为感兴趣区,阈值设定为150HU,前瞻性心电门控扫描,扫描范围:气管隆突至膈面下2cm。

1.3 斑块类型定义 依据国际心血管学会(SCCT)分段方法,将冠状动脉被划分为18个区段,并将直径超过1.5毫米的区段纳入分析其是否存在动脉粥样硬化斑块疾病。在CCTA上的定量狭窄程度分为:1.无狭窄,2.轻度狭窄即管腔狭窄在1-49%,3.中度狭窄即50-69%,和4.重度狭窄即管腔狭窄≥70%。管腔狭窄程度:<50%定义为非阻塞性狭窄,>50%则为阻塞性狭窄。多血管病变定义为在一个或多个冠状动脉(双血管病变和三血管病

【第一作者】薛 周,女,主治医师,主要研究方向:CT和MRI新技术的临床应用研究。E-mail: wenrenzerui@163.com
【通讯作者】蔡建国,男,副主任技师,主要研究方向:CT成像新技术临床应用。E-mail: 228896218@qq.com
李文华,男,主任医师,主要研究方向:儿童及成人胸部及中枢神经系统疾病的影像学诊断。E-mail: wenhualimd@126.com

变)中存在阻塞性病变。将斑块分为:(1)钙化斑块,定义为钙化(≥ 130 HU)占整个体积50%以上的斑块;(2)混合斑块,斑块钙化程度小于整个体积的50%;(3)非钙化斑块,仅具有软组织密度的斑块(衰减小于130 HU)。对非钙化性进一步重建分析是否有:(1)正性重构(PR)即病变部位的血管最大径与近端正常血管直径的比值 ≥ 1.1 ;(2)低衰减斑块(LAP)即斑块中有局部区域的CT值 < 30 HU;(3)餐巾环征(NRS)即斑块中心区域的衰减 < 30 HU,且被一圈较高密度的边缘所环绕;4.点状钙化即大小 < 3 mm的钙化,具有2个以上特征的斑块定义为高危斑块(HRP)。

1.4 统计分析 采用SPSS 20.0统计软件。计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,计数资料以例(%)表示。不同组别之间的比较则使用了独立样本t检验,设 $P < 0.05$ 有统计学意义。由2名不知患者具体临床结果的高年资从事5年以上CCTA工作者独立评价斑块的类型,观察者之间的一致性差异通过kappa系数(k)来表示,设k值为0.61~0.80为高度一致。采用受试者工作曲线(ROC)检测HRP引起ACS的敏感性、特异性、阳性和阴性预测值。

2 结果

2.1 631稳定性胸痛患者CCTA检查后,临床随访18~36个月,其中555(88.0%)例未发生急性冠脉综合征,76例(12.0%)发生了急性冠脉综合征。555例中,无斑块伴管腔轻度狭窄者145例,占26.1%,钙化性斑块伴管腔轻度狭窄378例,占68.1%,混合性斑块伴管腔阻塞性狭窄32例,占5.8%。76例发生急性冠脉综合征的患者中共检测出81个斑块(其中6例累及2支血管,各1个钙化性斑块和1个非钙化性斑块,1例累及3支血管,有2个钙化性斑块和1个非钙化性斑块),钙化性斑块14个(17.3%),非钙化斑块67个(82.7%)。81个斑块中,有11个(13.6%)是非阻塞性的,其余70个斑块伴有50%以上程度的管腔狭窄。67个非钙化性斑块中,其中24个伴正性重构(PR),占35.8%(见图1),LAP斑块21个,占31.3%(见图2)和餐巾环征(NRS)22个(32.84%)并伴有点状钙化(见图3)。

2.2 统计结果 631例患者CCTA斑块观察者间的k值为0.75,达到高度一致。67个高危性PR、LAP、NRS和点状钙化斑块引起的ACS的风险t检验, $P > 0.05$,没有统计学意义。ROC显示高危性斑块预测ACS发生的敏感性、特异性、阳性预测值和阴性预测值分别为95.3%、96.8%、92.1%和91.6%(见图4)。

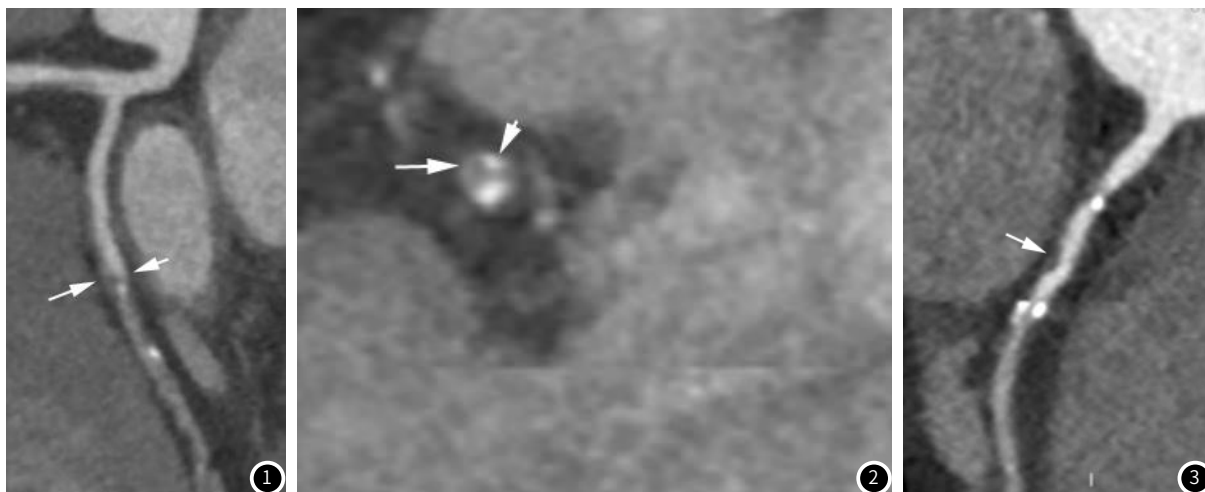


图1 男,75岁,CCTA显示左侧冠状动脉粥样斑块伴有PR(箭头)。图2 女69岁,CCTA显示右冠状动脉粥样斑块呈低密度衰减斑块(箭头)。图3 男,58岁,CCTA显示右冠状动脉粥样斑块呈NRS(长箭头)和斑块边缘点状钙化(短箭头)。

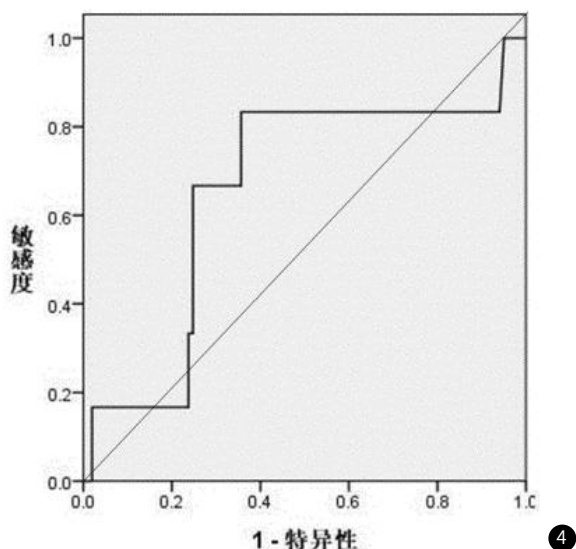


图4 CCTA显示的高风险斑块的ROC曲线结果。

3 讨论

冠状动脉CT血管成像(CCTA)是目前世界公认的对人体创性最小、最可靠的评价冠状动脉有无狭窄和狭窄的程度、范围的检查技术,借助各种人工智能重建技术还可进一步了解冠状动脉粥样硬化的斑块的类型并对斑块风险进行评估分析,确定是否存在有高风险的易损斑块,有助于临床早期干预和提高对发生冠状动脉性心脏病(CAD)和急性冠状动脉综合征(ACS)的预判诊断能力,避免和减少ACS的发生^[8-15]。我们通过对631稳定性胸痛患者的CCTA检查和临床随访18-36个月76例发生过ACS的结果分析发现,冠脉管腔存在 $> 50\%$ 以上狭窄程度伴有PR、LAP、NRS和点状钙化的斑块的患者极易发生ACS,尤其是伴有餐巾纸环征的斑块,可被看作为高风险斑块或易损斑块,易发生破裂,文献报道其发生破裂引起ACS的概率可高达41%^[6-9,12-13],本组资料显示高危性斑块预测ACS发生的敏感性、特异性、阳性预测值和阴性预测值分别为95.3%、96.8%、92.1%和91.6%。

在CCTA的结构图像上,NRS可表现出两个主要特征即斑块内有一个低衰减的中心区域,代表坏死区,其边缘由高衰减的环形围绕,而这个环形区域被认为是纤维组织,NRS的出现可以看作作为斑块极具有不稳定性 and 可能发生破裂的可靠征象。文献报道的一组895名CAD患者,对ACS事件进行1至3年的随访(心源性猝死、心肌梗死或不稳定型心绞痛,他们的统计分析显示PR、LAP和NRS均为未来ACS事件的独立预测因素,与其他特征相比,尤其是NRS表现出更高的CAD风险^[5-10]。有的研究结果还显示,LAP<60 HU和NRS是最可靠的ACS预测指标。这些文献报道结果与我们的发现基本一致,这突出表明NRS代表了CAD中主要不良心血管事件的一个可靠的独立预测因素,及早对NRS进行干预可有效预防ACS事件的发生。

大量研究证实动脉粥样硬化斑块最初倾向于向外生长而发生正性重构(PR)现象,文献报道在ACS与稳定型心绞痛患者的CCTA检查上,PR更多见于ACS患者,同时尸检发现ACS患者的PR斑块内具有较大的脂质核心和多量的炎性巨噬细胞浸润。Williams等^[8]在研究分析冠状动脉斑块的不良特征时,发现PR比低衰减斑块更常见于CAD患者中。这表明PR会增加CAD相关死亡的风险或导致发生非致命性心肌梗死的风险。

CCTA上依据形态学和测量斑块的CT值,可以准确分辨和显示低衰减斑块(LAP),该动脉粥样硬化斑块内的脂质成分往往具有较低的CT值,典型脂质成分区的CT值为-30HU左右,部分可接近60HU而类似纤维帽盖密度。有文献研究发现拥有LAP的患者发生心梗和ACS的概率非常高,对38例ACS和33稳定性心绞痛的CCTA比较发现,两者的LAP斑块的发生率分为79%对9%,发生ACS风险的概率甚至高达5倍以上^[8-9]。本组76例发生ACS患者的患者CCTA上检查发现19个LAP,占28.4%,高度提示LAP为易损斑块,应及早干预预防ACS的发生^[11-14]。

文献研究报道粥样斑块内出现斑点状或微钙化是最常见的高危斑块的特征,一些研究者推测斑块内微钙化可能促进斑块破裂^[8,11-15]。这是因为含有斑点状钙化的斑块内存在坏死区并存在明显的炎性巨噬细胞浸润,可导致覆盖的纤维帽上的血管内皮及其下的胶原基质不连续、纤维素沉积和血栓形成并导致官腔狭窄,从而促使斑块的稳定下降而易于破裂引起ACS。

本研究也存在一些不足之处,比如对总斑块体积、非钙化斑块体积以及低衰减斑块体积进行定量分析,其次斑块纤维帽的厚度等未进行测量和分析等,这些指标或许有助于对易损斑块的分析 and 预测ACS发生的风险。

综上所述,CCTA能够准确冠脉是否存在粥样斑块和判断斑块的类型,是否存在高危性斑块和充分显示低衰减斑块(LAP)、正性重构(PR)和餐巾环征(NRS)及点状钙化等高风险的特征,有利于临床选择针对性干预降低ACS发生的风险。

参考文献

- [1]Vecsey-Nagy M,Kolossvary M,Varga-Szemes A,et al.Low-attenuation coronary plaque burden and troponin release in chronic coronary syndrome:A mediation analysis[J].J Cardiovasc Comput Tomogr,2024,18(1):18-25.
- [2]Han D,Torii S,Yahagi K,et al.Quantitative measurement of lipid rich plaque by coronary computed tomography angiography:a correlation of histology in sudden cardiac death[J].Atherosclerosis,2018 275(5):426-433.
- [3]Gahungu N,Tewari S,Liu YW,et al .Quantified coronary plaque characteristics between Caucasian and Morise score-matched South Asian populations[J].Int J Cardiovasc Imaging,2020,36(12):2347-2355.
- [4]Salem AM,Davis J,Gopalan D,et al.Characteristics of conventional high-risk coronary plaques and a novel CT defined thin-cap fibroatheroma in patients undergoing CCTA with stable chest pain[J].Clin Imaging,2023,101:69-76.
- [5]Lorenzatti D,Pina P,Csecs I,et al.Does coronary plaque morphology matter beyond plaque burden? [J].Curr Atheroscler Rep,2023,25(4):167-180.
- [6]Kruk M,Wardziak L,Kolossvary M,et al.Identification of noncalcified coronary plaque characteristics using machine learning radiomic analysis of non-contrast high-resolution computed tomography[J].Kardiol Pol,2023,81(10):978-989.
- [7]Otaki Y,Han D,Klein E,et al.Value of semiquantitative assessment of high-risk plaque features on coronary CT angiography over stenosis in selection of studies for FFRct[J].J Cardiovasc Comput Tomogr,2022,16(1):27-33.
- [8]Williams,M.C,Kwiecinski J,Doris M,et al.Low-attenuation noncalcified plaque on coronary computed tomography angiography predicts myocardial infarction:results from the multicenter SCOT-HEART trial (Scottish Computed Tomography of the HEART) [J].Circulation 2020,141:1452-1462.
- [9]Munnur RK,Cameron JD,Ko BS,et al.Cardiac CT:atherosclerosis to acute coronary syndrome[J].Cardiovasc Diagn Ther,2014,4(6):430-448.
- [10]Rizvi A,Hartaigh BO,Danad I,et al.Diffuse coronary artery disease among other atherosclerotic plaque characteristics by coronary computed tomography angiography for predicting coronary vessel-specific ischemia by fractional flow reserve[J].Atherosclerosis,2017,258:145-151.
- [11]魏勇,李强,袁红昌,等.Revolution CT行冠状动脉联合胸主动脉CTA价值的研究[J].中国CT和MRI杂志,2023,21(3):82-84.
- [12]Jonas RA,Weerakoon S,Fisher R,et al.Interobserver variability among expert readers quantifying plaque volume and plaque characteristics on coronary CT angiography:a CLARIFY trial sub-study[J].Clin Imaging,2022,91:19-25.
- [13]Yuan M,Wu H,Li R,et al.The value of quantified plaque analysis by dual-source coronary CT angiography to detect vulnerable plaques:a comparison study with intravascular ultrasound[J].Quant Imaging Med Surg,2020,10(3):668-677.
- [14]Yu M,Lu Z,Li W,et al.Coronary plaque characteristics on baseline CT predict the need for late revascularization in symptomatic patients after percutaneous intervention[J].Eur Radiol,2018,28(8):3441-3453.
- [15]Han D,Torii S,Yahagi K,et al.Quantitative measurement of lipid rich plaque by coronary computed tomography angiography:a correlation of histology in sudden cardiac death[J].Atherosclerosis,2018,275:426-433.

(收稿日期:2024-05-23)

(校对编辑:姚丽娜、赵望淇)