

论 著

心脏冠脉CT血管造影定量分析粥样硬化斑块性质和结构组成的研究

王宪莉* 肖新广 谷梅兰

李润华

郑州大学附属郑州中心医院放射科

(郑州 河南 450007)

【摘要】目的 研究心脏冠脉CT血管造影定量分析技术在不同类型冠心病粥样硬化斑块易损性和结构组成中的应用价值。方法 选择2019年1月至12月入我院诊断冠心病患者共112例，其中稳定型30例，不稳定型55例，急性心肌梗死27例。采用心脏冠脉CT血管造影定量分析技术评估是否为薄纤维帽粥样硬化斑块，管腔直径狭窄率、最小管腔面积(MLA)、正性重构(PR)和点状钙化。结果 急性心肌梗死组管腔直径狭窄率明显高于不稳定型组，不稳定型组明显高于稳定型组($P<0.05$)。急性心肌梗死组薄纤维帽粥样硬化斑块和点状钙化比例明显高于不稳定型组，不稳定型组明显高于稳定型组；急性心肌梗死组MLA值明显小于不稳定型组，不稳定型组明显小于稳定型组；急性心肌梗死组PR值明显大于不稳定型组，不稳定型组明显大于稳定型组($P<0.05$)。结论 心脏冠脉CT血管造影定量分析技术能够无创、重复评估不同类型冠心病粥样硬化斑块易损性和结构组成，对分析疾病发生规律和严重程度能够提供更多重要斑块信息。

【关键词】心脏冠脉CT血管造影定量分析技术；冠心病；粥样硬化斑块；易损性

【中图分类号】R445.3；R541.4

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2022.08.027

Study of Coronary CT Angiography Quantitative Analysis of Nature and Structural Composition of Atherosclerotic Plaques

WANG Xian-li*, XIAO Xin-guang, GU Mei-lan, LI Run-hua.

Department of Radiology, Zhengzhou Central Hospital Affiliated to Zhengzhou University, Zhengzhou 450007, Henan province, China

ABSTRACT

Objective The study aimed to explore the application value of CT angiography quantitative analysis of vulnerable nature and structural composition of atherosclerotic plaques in different types of coronary heart disease. **Methods** A total of 112 patients with coronary heart disease diagnosed from January to December 2019 in our hospital were chosen, 30 patients of stable type, 55 patients of unstable type, and other 27 patients of acute myocardial infarction. The CT angiography quantitative analysis was used to detect thin-cap fibroatheroma, the stenosis rate of vessel lumen, minimal lumen area (MLA), positive remodeling (PR) and punctate calcification. **Results** The stenosis rate of vessel lumen in infarction group was significantly higher than unstable group, and unstable group was higher than stable group. The stenosis rate of vessel lumen in infarction group was significantly higher than unstable group, and unstable group was higher than stable group; The rates of thin-cap fibroatheroma and punctate calcification in infarction group were significantly more than unstable group, and unstable group were more than stable group; MLA value in infarction group was significantly less than unstable group, and unstable group was less than stable group; PR value in infarction group was significantly larger than unstable group, and unstable group was larger than stable group ($P<0.05$). **Conclusion** The CT angiography quantitative analysis can noninvasively and repeatedly evaluate the vulnerability and structural composition of atherosclerotic plaques in different types of coronary heart disease, and can provide more important plaque information for the analysis of disease occurrence regularity and severity.

Keywords: CT Angiography Quantitative Analysis; Coronary Heart Disease; Atherosclerotic Plaques; Vulnerability

冠状动脉粥样硬化斑块形成是冠心病的主要病理基础，斑块通常导致动脉管腔狭窄，且斑块破裂出血以及继发炎症反应是心肌缺血、坏死和心功能重塑的主要诱因。作为主要的易损斑块类型，薄纤维帽粥样硬化斑块存在薄纤维帽(厚度 $<65\mu\text{m}$)和大面积坏死核心，并出现斑点状钙化及正性重塑^[1]。薄纤维帽斑块已经被证实是急性冠脉综合征的主要病理基础^[2]。多层螺旋CT血管造影是目前无创检查粥样斑块、评估斑块易损性和结构组成、管腔狭窄程度、制定干预策略的重要影像学手段，且对阴性斑块的诊断准确性达100%^[3]。随着成像技术的改进和自动分析软件的开发，CT血管造影定量分析技术不仅具有更高的时间和空间分辨率，还可以精确定位斑块的位置、形态、结构等重要病理信息，可以定量检测斑块多个参数^[4-5]，如最小管腔面积(minimal lumen area, MLA)、正性重构(positive remodeling, PR)和点状钙化。因此，本研究拟通过评估心脏冠脉CT血管造影定量分析技术在不同类型冠心病粥样硬化斑块易损性和结构组成中的应用价值，为早期特征性识别高危患者并制定精准的介入治疗方案提供相关参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择2019年1月至12月入我院诊断冠心病患者共112例，其中稳定型30例，不稳定型55例，急性心肌梗死27例。

纳入标准：年龄18~75岁；符合冠心病诊断和分型标准；CT血管造影图像清晰，至少可准确测量一个粥样斑块；所有患者均为单一靶病变；患者知情同意，且

【第一作者】王宪莉，女，主治医师，主要研究方向：医学影像诊断和研究。E-mail: wang52012311@163.com

【通讯作者】王宪莉

临床资料完整。排除标准：存在既往心脏手术或支架置入史；对造影剂过敏；严重心肺肝肾功能障碍；弥漫性血管病变，左主干、分叉病变等。

1.2 研究方法 采用心脏冠脉CT血管造影定量分析技术评估是否为薄纤维帽粥样硬化斑块，管腔直径狭窄率、最小管腔面积(MLA)、正性重构(PR)和点状钙化。比较三组患者一般临床资料、斑块易损性和结构特征的差异。

CT血管造影仪器采用美国西门子第二代DSCT扫描机，配套电路探测器。主要步骤：嘱患者平躺，从头进，从双侧锁骨至穹顶扫描。进行钙积分扫描后计算冠状动脉Agatston评分；以4.5~5mL/s速率将60~70mL造影剂(碘哌醇370mgI/mL，德国拜耳公司)快速注入肘前静脉，随后注射20~40mL生理盐水冲洗血管。在感兴趣区域内衰减达到100HU时，采用自动触发法升主动脉延迟6s扫描，心电触发顺序采集(覆盖率为R-R间期30~80%)。扫描参数为准直=64×0.6mm，重建层厚=0.75mm，重建层间距=0.5mm，旋转时间=280ms，采用自动管电压电流调制(美国西门子公司)，初始扫描数据用中等软核进行重建(I26f)和迭代重建技术(西门子医疗集团)^[6]。评估图像质量按4级评定，选择清晰显影、无伪影或轻度伪影但不影响斑块性质评估的图像进行分析。

采用西门子专用斑块性质分析软件2.0版进行，能够根据HU阈值对不同斑块成分进行相应量化，确定斑块的近端和远端后，就可以半自动划定靶病变的边界，必要时需要手动调整斑块边界。测量参数^[7]如下：(1)薄纤维帽粥样硬化斑块定义为斑块负荷>40%，坏死核心>10%斑块横截面积，连续3帧血管管腔显影，取平均值为最终结果。(2)管腔直径狭窄定义为(参考

直径-最小管腔直径)/参考直径×100%；(3)MLA定义为数字卡尺在横截面图像上病变最窄处手动测量；(4)PR定义为病变血管横截面积与近端参考面积的比值，PR≥1.1；(5)斑点状钙化定义为病变内钙化斑块长度<3mm，由病变周长<90°组成，见图1。由2名高年资影像科医师分别进行独立判断，意见不一致时由第三名经验丰富的医师进行判读，最终结果取多数意见。

1.3 统计学处理 采用SPSS 20.0统计软件对计量资料($\bar{x} \pm s$)组间比较采用单因素ANOVA分析和LSD-t法检验，计数资料[n(%)]比较用 χ^2 检验；P<0.05视为差异有统计学意义。

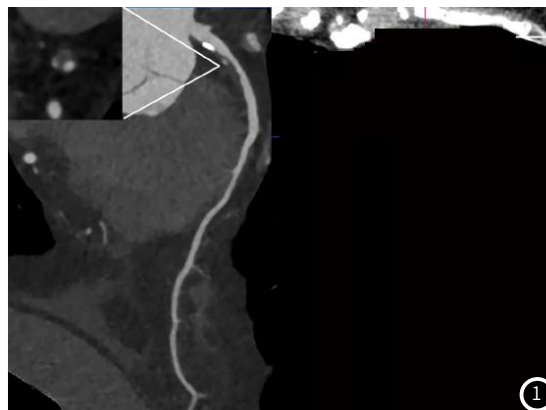


图1 CT血管造影定量检测薄纤维帽粥样硬化斑块特征，显示左前降支近端一个混合斑块，管腔中度狭窄，斑块呈现低衰减斑块、点状钙化和PR。

2 结果

2.1 组间患者一般临床资料比较 三组患者性别、年龄、吸烟史、高血压、糖尿病和高血脂病史以及靶病变位置具有可比性(P>0.05)，见表1。

表1 组间患者一般临床资料比较

组别	例数	男/女	年龄(岁)	吸烟史	高血压	糖尿病	高血脂	靶病变位置		
								前降支	回旋支	右冠
稳定组	30	17/13	54.3±6.2	9(30.0)	12(40.0)	6(20.0)	4(13.3)	14(46.7)	5(16.7)	11(36.6)
不稳定组	55	30/25	54.9±5.8	15(27.3)	24(43.6)	13(23.6)	9(16.4)	24(43.6)	10(18.2)	21(38.2)
梗死组	27	16/11	55.2±5.7	7(25.9)	10(37.0)	7(25.9)	5(18.5)	13(48.1)	4(14.8)	10(37.1)
F/ χ^2 值		0.166	0.659	0.127	0.345	0.291	0.290	0.230		
P值		0.920	0.334	0.939	0.841	0.865	0.865	0.994		

2.2 组间管腔直径狭窄率和斑块易损性比较 急性心肌梗死组管腔直径狭窄率明显高于不稳定型组，不稳定型组明显高于稳定型组(P<0.05)。急性心肌梗死组薄纤维帽粥样硬化斑块比例明显高于不稳定型组，不稳定型组明显高于稳定型组(P<0.05)，见表2。

表2 组间管腔直径狭窄率和斑块易损性比较

组别	例数	管腔直径狭窄率(%)	薄纤维帽粥样硬化斑块[例(%)]
稳定组	30	62.3±9.7	11(36.7)
不稳定组	55	84.6±4.2 [#]	37(67.3) [#]
梗死组	27	93.5±3.6 ^{**}	24(88.9) ^{**}
F/ χ^2 值		35.236	17.300
P值		0.000	0.000

注：[#]与稳定组比较，P<0.05；^{*}与不稳定组比较，P<0.05。

2.3 组间斑块结构组成比较 急性心肌梗死组点状钙化比例明显高于不稳定型组，不稳定型组明显高于稳定型组；急性心肌梗死组MLA值明显小于不稳定型组，不稳定型组明显小于稳定型组；急性心肌梗死组PR值明显大于不稳定型组，不稳定型组明显大于稳定型组(P<0.05)，见表3。

表3 组间斑块结构组成比较

组别	例数	点状钙化[例(%)]	MLA(mm ²)	PR
稳定组	30	3(10.0)	40.9±7.8	0.6±0.1
不稳定组	55	19(34.5) [#]	26.5±4.5 [#]	1.1±0.2 [#]
梗死组	27	16(59.3) ^{**}	18.9±3.4 ^{**}	1.5±0.3 ^{**}
F/ χ^2 值		15.400	42.236	6.003
P值		0.000	0.000	0.001

注：[#]与稳定组比较，P<0.05；^{*}与不稳定组比较，P<0.05。

3 讨论

近年来CT为精准识别冠脉粥样斑块的结构、形态和鉴别诊断提供了重要条件。薄纤维帽粥样硬化斑块与稳定斑块相比,具有明显的影像学特征^[8]:大斑块体积、PR和点状钙化,随着时间和空间分辨力的提高,对组织重叠、呼吸运动产生的伪影干扰降低,且助于此类易损斑块的识别和测量管径狭窄,从而评估疾病严重程度和制定恰当的临床干预方式^[9]。

该研究对三种类型主要冠心病的斑块稳定性和组成结构进行了对比分析,发现各组研究对象的性别、年龄、吸烟史、高血压、糖尿病和高血脂病史以及靶病变位置具有可比性($P>0.05$)。提示单纯依赖临床资料对鉴别斑块的易损性有限。梗死组管腔直径狭窄率明显高于不稳定型组,不稳定型组明显高于稳定型组($P<0.05$)。冠脉粥样硬化斑块的形成、斑块不稳定继发破裂、出血、血栓高负荷是持续性心肌缺血和心肌凋亡坏死的主要病理基础^[10]。心梗发生时心肌缺血时间长,凋亡或者坏死程度重,与管腔严重狭窄有直接关系。术前CT对于斑块引发的血管狭窄测量有较好的准确性,尤其适合无支架置入,往往可减少侵入性DSA检查的依赖,降低医源性创伤^[11]。

该研究发现,梗死组薄纤维帽粥样硬化斑块和点状钙化比例明显高于不稳定组,不稳定组明显高于稳定组;梗死组MLA值明显小于不稳定组,不稳定组明显小于稳定组;梗死组PR值明显大于不稳定组,不稳定组明显大于稳定组($P<0.05$)。提示粥样斑块的易损性和结构组成可能与心肌缺血严重程度具有直接联系。易损斑块主要分为破裂斑块、侵蚀性斑块及钙化结节,以破裂斑块造成心肌缺血的风险最高,达44%,诱发急性心肌梗死的风险达71%^[12]。大量研究发现纤维帽变薄是斑块破裂的高危因素,主要特征^[13-14]包括大且富含脂质坏死核心(通常超过斑块总体积的30%);薄的纤维帽覆盖($<65\mu\text{m}$);正性重构;滋养层新生血管形成;斑块内出血;“斑点”状钙化。CT血管造影不仅可以准确识别此类易损斑块的多种特征性变化,还能够提供精确的定量数值,降低主观偏差^[15]。斑块体积和MLA是由斑块内成分不断沉积后所形成,但在显微镜下可观察到较大的空隙,相互间缺乏紧密连接,通常在血液剪切力作用下发生破裂,导致组织因子释放,并启动内源性凝血途径,产生大量微血栓,最终导致急性心肌缺血^[16-17]。MLA作为CT血管造影横断面显影的关键指标,可反映斑块堵塞管腔程度^[18]。PR是斑块堵塞管腔后代偿性扩张的结果,血管的病理研究发现^[19],PR的产生与巨噬细胞沉积及坏死核心增加具有高度相关性。

综上所述,心脏冠脉CT血管造影定量分析技术能够无创、重复评估不同类型冠心病粥样硬化斑块易损性和结构组成,对分析疾病发生规律和严重程度能够提供更多重要斑块信息。

参考文献

- [1] 杨进刚, 杨跃进. 从以病变为中心到以患者为中心: 动脉粥样硬化性心血管疾病防治新概念[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(S1): 1-3.
- [2] 刘齐, 于波. 冠状动脉粥样硬化易损斑块的腔内影像学进展[J]. 心血管康复医学杂志, 2020, 29(4): 475-478.
- [3] 汤化民, 苟杰, 林伟, 等. 冠状动脉CT血管造影研究进展[J]. 现代

临床医学, 2020, 46(5): 387-390.

- [4] 陈四华, 孙旭晖, 袁强. 血清高敏C反应蛋白、脂蛋白相关磷脂酶A2水平与高血压合并冠状动脉粥样硬化性心脏病患者冠状动脉罪犯血管纤维脂质斑块纤维帽厚度的相关性[J]. 中华高血压杂志, 2020, 28(7): 676-679.
- [5] 顾晶晶, 向述天, 宋兵利, 等. 冠状动脉易损斑块的CT定量纹理分析[J]. 临床心血管病杂志, 2019, 35(9): 790-795.
- [6] Obaid D R, Calvert P A, Brown A, et al. Coronary CT angiography features of ruptured and high-risk atherosclerotic plaques: Correlation with intra-vascular ultrasound[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2017, 11(6): 455-461.
- [7] 寇秀玲, 程晓艺, 黄明刚. 冠状动脉计算机断层扫描血管造影易损斑块形态特点及其影像学研究进展[J]. 心血管病学进展, 2019, 40(02): 242-245.
- [8] 崔楚坤, 李家欢, 曾鹏程, 等. 多层螺旋CT血管造影在冠状动脉病变程度诊断中的临床价值[J]. 海南医学, 2019, 30(7): 875-877.
- [9] 吕滨, 任心爽, 安云强, 等. 中国心血管影像技术应用现状调查与医疗质量报告[J]. 中国循环杂志, 2020, 35(7): 625-633.
- [10] 郭华涛, 徐丽华, 王智, 等. 冠状动脉CT对不稳定斑块的诊断价值[J]. 中国老年学杂志, 2018, 38(20): 4872-4875.
- [11] Yang D H, Kang S J, Koo H J, et al. Coronary CT angiography characteristics of OCT-defined thin-cap fibroatheroma: A section-to-section comparison study[J]. Eur Radiol, 2018, 28(2): 833-843.
- [12] Yuan M, Wu H, Li R, et al. Epicardial adipose tissue characteristics and CT high-risk plaque features: Correlation with coronary thin-cap fibroatheroma determined by intravascular ultrasound[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2020, 36(11): 2281-2289.
- [13] 杨金霞. 冠脉CTA对冠状动脉斑块性质的评估价值及其与血小板功能、血清生化指标的相关性[J]. 海南医学院学报, 2017, 23(1): 26-29, 33.
- [14] Kolossváry M, Park J, Bang J I, et al. Identification of invasive and radionuclide imaging markers of coronary plaque vulnerability using radiomic analysis of coronary computed tomography angiography[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2019, 20(11): 1250-1258.
- [15] Nakazato R, Otake H, Konishi A, et al. Atherosclerotic plaque characterization by CT angiography for identification of high-risk coronary artery lesions: A comparison to optical coherence tomography[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015, 16(4): 373-379.
- [16] 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.
- [17] 汤艳萍, 李令建. 64排螺旋CT与选择性冠状动脉造影评价急性冠状动脉综合征患者易损斑块形态、成分及大小的价值对比研究[J]. 临床放射学杂志, 2016, 35(8): 1181-1185.
- [18] 王赛华, 赵志宏, 李新明. 冠状动脉易损斑块及斑块易损性研究进展[J]. 国际心血管病杂志, 2016, 43(4): 196-199.
- [19] 王聪霞, 张岩. 易损性动脉粥样硬化斑块评价指标的研究进展[J]. 西安交通大学学报(医学版), 2016, 37(3): 307-312.

(收稿日期: 2020-11-15)