

论 著

单心跳心脏成像技术与血管内超声鉴别诊断冠脉狭窄和斑块性质的临床价值*

赵树媛¹ 王 爽² 侯 鹏¹
纪俊雨³ 赵宇明^{3,*}

- 1.河北省胸科医院(河北省肺病重点实验室、河北省结核病防治院、河北省肺癌防治研究中心)功能科
2.河北省胸科医院(河北省肺病重点实验室、河北省结核病防治院、河北省肺癌防治研究中心)呼吸科
3.河北省胸科医院(河北省肺病重点实验室、河北省结核病防治院、河北省肺癌防治研究中心)放射科 (河北石家庄 050000)

【摘要】目的 研究单心跳心脏成像技术与血管内超声(IVUS)鉴别诊断冠脉狭窄和斑块性质的临床价值。方法 选取2022年7月到2023年3月我院冠心病患者96例，入院后先行256排CT检查，在一个月内存行IVUS检查。以IVUS检查结果作为标准，比较两种检查方式对冠脉狭窄程度评估；分析IVUS与CT对斑块面积/管腔重构指数/偏心指数的相关性，IVUS与CT对斑块性质的相关性。结果 96例患者共评估1144个节段，324个狭窄，IVUS显示无狭窄、轻、中、重度狭窄分别为24例、108例、148例、44例，CT成像分别显示4例、112例、152例、56例。两种检查方式对冠脉狭窄程度判断无统计学意义($P>0.05$)，所示的冠脉狭窄程度呈正相关($r=0.426$)。两种检查方式的平均斑块面积、血管重构指数与斑块偏心指数比较，无统计学意义($P>0.05$)。IVUS在324个病灶斑块中显示112个软斑块、124个纤维斑块、88个钙化斑块，单心跳心脏CT显示116个软斑块、140个纤维斑块、68个钙化斑块。两种检查方式在辨别冠脉斑块成分上无统计学意义($P>0.05$)，显示的斑块成分呈正相关($r=0.712$)。结论 单心跳心脏成像技术对冠脉狭窄程度的检查结果准确性较高，反映病变血管内部情况，IVUS与斑块偏心、对血管重构及冠脉斑块性质的诊断结果具有相关性，可作为高危人群筛查首选方式。

【关键词】单心跳心脏成像技术；血管内超声；冠脉狭窄；斑块性质；相关性
【中图分类号】R543.3
【文献标识码】A
【基金项目】河北省卫生健康委员会项目(厅)(20231208)；河北省科学技术厅项目省(部)(18277176)
DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.01.028

Clinical Value of Single Heartbeat Cardiac Imaging with Intravascular Ultrasound for the Differential Diagnosis of Stenosis and Plaque of Coronary Arteries*

ZHAO Shu-yuan¹, WANG Shuang², HOU Peng¹, JI Jun-yu³, ZHAO Yu-ming^{3,*}.
1.Department of Function , Hebei Chest Hospital (Hebei Key Laboratory of Lung Disease, Hebei Tuberculosis Prevention and Control Hospital, Hebei Lung Cancer Prevention and Control Research Center), Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China
2.Department of Respiratory, Hebei Chest Hospital (Hebei Key Laboratory of Lung Disease, Hebei Tuberculosis Prevention and Control Hospital, Hebei Lung Cancer Prevention and Control Research Center), Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China
3.Department of Radiology, Hebei Chest Hospital (Hebei Key Laboratory of Lung Disease, Hebei Tuberculosis Prevention and Control Hospital, Hebei Lung Cancer Prevention and Control Research Center), Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China

ABSTRACT

Objective To evaluate the clinical value of single heartbeat cardiac imaging with intravascular ultrasound (IVUS) for the differential diagnosis of stenosis and plaque of coronary arteries. **Methods** Ninety-six patients with coronary artery disease from July 2022 to March 2023 were selected. All patients underwent volumetric 256-row computed tomography (CT) examinations after admission and IVUS examination within one month of admission. With the IVUS findings as the standard, the two examination modalities were compared for the assessment of the degree of coronary stenosis. Parameters lesions including plaque area, reconstruction index and eccentricity index were measured and compared under CT. Then the correlation with the property of carotid plaque and the IVUS was discussed. **Results** A total of 1,144 segments were assessed in 96 patients, and the stenosis was considered in 324 segments. IVUS revealed no, mild, moderate, and severe stenosis in 24, 108, 148, 44 patients, and CT imaging showed no stenosis in 4 cases, mild stenosis in 112 cases, moderate stenosis in 152 cases, and severe stenosis in 56 cases. The assessment of the coronary stenosis degree yielded no statistical difference between two examination modalities ($P>0.05$). The degree of coronary artery stenosis showed a positive correlation between the two examination methods ($r=0.426$). The plaque area, reconstruction index and eccentricity index demonstrated in two examination modalities showed no statistical difference ($P>0.05$). IVUS showed 112 soft plaques, 124 fibrous plaques, 88 calcified plaques in 324 lesions. The single heartbeat cardiac imaging showed 116 soft plaques, 140 fibrous plaques, and 68 calcified plaques. The property of carotid plaque shown in two two examination modalities showed no statistical difference ($P>0.05$). The plaque components shown in two examination modalities were positively correlated ($r=0.712$). **Conclusion** Single heartbeat cardiac imaging has a high accuracy of findings on the degree of coronary artery stenosis, and can directly reflect the internal conditions of the diseased vessels, and correlates with IVUS for the diagnosis of vascular remodeling, plaque eccentricity and coronary plaque properties, making it the preferred screening modality for high-risk population.

Keywords: Single Heartbeat Cardiac Imaging; Intravascular Ultrasound; Coronary Artery Stenosis; Plaque Properties; Correlation

冠状动脉疾病为冠状动脉(简称冠脉)粥样硬化病变引发的缺血性心脏疾病，为目前临床发病与死亡率最高的疾病之一^[1]。该病大多数患者早期无任何症状^[2]，较难发现并预防，给人们健康与社会发展带来沉重负担。故早期发现、准确预测并及时采取干预措施极为重要。目前随着科技发展，检查冠脉成像的影像学方式较多，包括血管内超声(IVUS)、多层螺旋CT等。其中冠脉造影术为临床公认的诊断冠心病的“金标准”^[3]，但该技术为有创性操作，且无法详细显示病变在管壁与斑块情况，不是所有患者都能接受，不宜作为冠心病首选筛查手段。IVUS是近年来新诞生的方式，不仅能区分冠脉管壁结构，还能定量分析病变^[4-5]，尤其是对血管壁重构等特征具有显著优势。近年来，CT冠脉造影(CTCA)因其具有快速、准确等优点，已成为冠心病的首选无创检测手段^[6]，但其成像质量受心率影响，且辐射剂量大，限制了其应用。最近，256层CT在临床上得到了广泛的应用，它的Z轴宽达到了160毫米，可以在一次心跳中进行心脏体积的测量，大大减少了扫描的时间^[7]。本研究以IVUS作为参考，评估单心跳心脏成像技术在诊断冠脉狭窄、斑块性质上与IVUS关系。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择本院2022年7月至2023年3月96例冠心病病人，其中男51例，女45例；年龄为38~70岁，平均(57.29±9.15)岁。入院后行256排CT检查，在一个月内存行IVUS检查，扫描前均未使用药物控制心率。

【第一作者】赵树媛，女，主治医师，主要研究方向：超声波医学。E-mail: qyz19820807@163.com
【通讯作者】赵宇明，男，主管技师，主要研究方向：影像诊断学。E-mail: 414973980@qq.com

纳入标准：符合《基层冠心病与缺血性脑卒中患管理专家共识2022》诊断标准^[8]；接受256排CT与IVUS检查，且受检者心功能分级在Ⅰ~Ⅱ级；肾功能正常，无碘剂过敏者；患者知情同意。排除标准：严重肝肾不全患者；严重心律失常患者；频发房早等其他心脏疾病患者；严重瓣膜病患者；屏气配合不佳患者。

1.2 方法

1.2.1 单心跳心脏成像 检查方法：患者采用256排CT扫描仪检查，用双通道高压注射器将18G套管针置于肘前静脉，注射40~70mL非离子碘造影剂；根据患者体质量指数选择管电流，管电压设为120kV。患者取仰卧位，连接监视器，于心室层面使用

相同监测扫描层。用造影剂退注追踪，选择感兴趣区(ROI)于左室水平监测，并在观察到左室更亮位置手动扫描，范围在气管隆突下缘1.0cm至心脏下方1.5cm；患者屏息训练，扫描单次心跳，心率不超过65次/min。

图像后处理：对于重建的冠状动脉节段不能达到诊断需要，可以进行心电编辑，然后进行高级重构，获得更清楚的冠状动脉节段截面图像。数据传至工作站，软件重组得到冠脉容积再现(VR)(见图1)、多平面重组(MPR)、曲面重组(CPR)图像(见图2)。冠脉分段：根据美国心脏协会改良后的分段方式将冠脉分段^[9](见图3)。

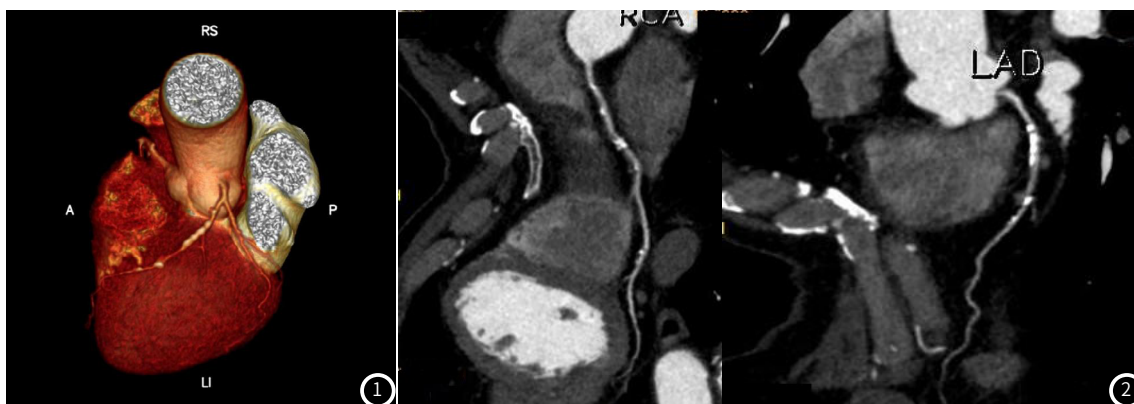


图1 冠脉容积再现。图2 右冠脉多平面重组和左前降支曲面重组。

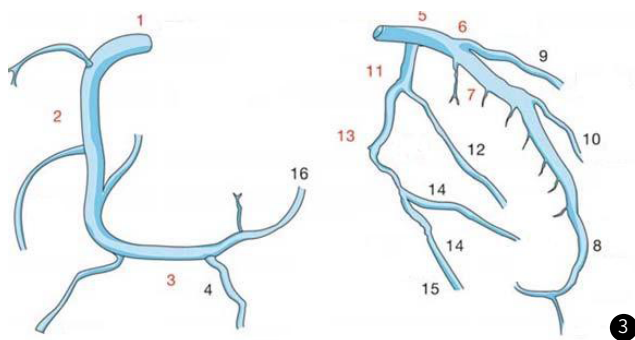


图3 冠脉分段图像。

血管狭窄、斑块测量：在斑块显著部位测量管腔和斑块，利用MPR技术对狭窄部位的管腔、血管和斑块的面积进行测量，并对其最大和最小直径进行测量^[10]。

CT值测量：在动脉粥样硬化斑块的基础上，对5个不同的区域分别进行CT扫描，计算平均CT值。测量不在斑块范围内放置感兴趣区域的中央，并至少超出腔内90%的面积。

血管狭窄程度(SD)是指斑块面积与参考部位血管面积的比值^[11]，斑块面积为病变处管腔横截面积与参考部位血管面积的差值，参考部位血管面积为远端参考血管横截面积一半与近端参考血管横截面积的和。

冠脉狭窄程度分级：无狭窄(SD为0)，轻度狭窄(SD≤50%)，中度狭窄(SD在50~75%)，重度狭窄(SD>75%)。冠脉重构指数=狭窄部位/参考部位整个血管面积；斑块偏心指数=斑块最大径与最小径之差/最大径，>0.5为偏心斑块^[12]。斑块定性：可以分为纤维斑块、钙化斑块和软斑块。

1.2.2 IVUS 检查方式：冠状动脉造影后，将肝素鞘内注入，由微导丝将其送入靶血管，再将硝酸甘油注入冠状动脉，沿导丝将其置入血管内，通过狭窄处到达血管下端，与影像分析器相连，取出探针导管，对斑块进行标记和保存。

斑块性质评估：参考美国心脏病标准^[13]，内膜厚度超过0.5mm为动脉粥样硬化。根据形态学：斑块内有80%的组织回

声较外膜微弱，未见钙化者为软块；内膜壁和中膜均有明显的增厚，且呈粥状，与外膜的回声一致，无明显的纤维性斑块；较内膜回声较强，有声影者为钙化斑。

选择近、远端参考血管，目标血管及左主干。外弹力膜面积是指血管外膜包裹的面积，管腔面积是指内壁被包裹的面积，而斑块的面积是指外弹性层的面积和管腔面积的差，局部面积狭窄率是指斑块面积/外弹力膜面积。以目标病灶和近远端参考血管外弹性膜面积之比作为冠状血管重建指数。按照重建指标将其划分为0.95-1.05的非重建，大于1.05的为适应重建，小于0.95的为限制重建^[14]。斑块的偏心指数是指斑块最大径与最小径差值与最大径的比值，大于0.5的斑块是偏心的，如果大于0.5则是向心的。

1.3 质量控制 采用双盲法由2名影像科高年资的心血管组医师分别评估冠脉分段与图像质量，当两者意见不一致时由第3名同资历的影像学医师进行评估，与其中1名结果相同则以这两位判断结果为准，若与以上2名医师的结果均不同，三位医师共同商讨，得出一致结论后则为最终结果。

1.4 统计学方法 采用SPSS 20.0软件分析数据，计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示，采用独立样本t检验；以率(%)表示计数资料，采用 χ^2 检验，采用Pearson法行相关性分析。所有统计采用双侧检验，检验水准为 $\alpha=0.05$ ， $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两种检查对冠脉狭窄程度比较 96例患者共评估1144个节段，324个狭窄，IVUS显示无狭窄、轻、中、重度狭窄分别为24例、108例、148例、44例，CT成像分别显示4例、112例、152例、56例。两种检查方式对冠脉狭窄程度判断无统计学意义($P>0.05$)，所示的冠脉狭窄程度呈正相关($r=0.426$)。见表1。

2.2 两种检查斑块测量结果比较 单心跳心脏成像的平均斑块面积为 $(8.25 \pm 4.53) \text{ mm}^2$ 、血管重构指数为 (1.04 ± 0.12) 、斑块偏心指数为 (0.46 ± 0.17) ，IVUS平均斑块面积为 $(8.20 \pm 3.22) \text{ mm}^2$ 、血管重构指数为 (1.03 ± 0.16) 、斑块偏心指数为 (0.49 ± 0.16) ，两者比较差异无统计学意义($P>0.05$)。

2.3 单心跳与IVUS对斑块成分比较 IVUS在324个病灶斑块中显示112个软斑块、124个纤维斑块、88个钙化斑块，单心跳心脏

CT显示116个软斑块、140个纤维斑块、68个钙化斑块。两种检查方式在辨别冠脉斑块成分上无统计学意义($P>0.05$)，显示的斑

块成分呈正相关($r=0.712$)。见表2。

表1 心脏成像与IVUS狭窄程度比较

IVUS	单心跳心脏成像				合计
	无狭窄	轻度狭窄	中度狭窄	重度狭窄	
无狭窄	0	16	4	4	24
轻度狭窄	4	80	16	8	108
中度狭窄	0	12	128	8	148
重度狭窄	0	4	4	36	44
合计	4	112	152	56	324

表2 两种检查方式对斑块成分比较

IVUS	单心跳心脏成像			合计
	软斑块	纤维斑块	钙化斑块	
软斑块	92	12	8	112
纤维斑块	20	100	4	124
钙化斑块	4	28	56	88
合计	116	140	68	324

3 讨 论

冠心病为猝死率极高的疾病，随着生活水平提的提高、饮食习惯变化等，高血压糖尿病等人群急速上升，冠心病潜在风险较高。早期诊断该病极为重要。随着科技发展，能准确指导诊断的方式较多，包括冠脉造影、IVUS、多排螺旋CT等。IVUS检查需与造影一起进行时，属于侵入性检查，对于体质差或者老年群体来说风险较大，且该检查方式价格昂贵，重复性操作差，不能广泛在临床中应用。随着影像学的发展，冠脉成像的精准度已经被临床所承认，并以其非侵入性的优势，逐渐成为且其无创优势成为冠脉疾病筛查的重要方法^[15]。虽然不同心率的图像准确性无显著差异，但低心率成像效果更佳。

当心跳加速时，心搏的相对静息时段被选定，并移至收缩末端，冠状动脉呈单相运动形态改变，使影像更加困难^[16]。

病理生理学研究发现，确定冠脉斑块性质的临床意义更大。目前诊断冠心病金标准是IVUS。其具备测量粥样硬化斑块体积、明确病变血管壁重构情况以及区分管壁结构等功能。IVUS可区分动脉管壁结构，还能测量粥样硬化斑块体积、明确病变血管壁重构等。但是，冠状动脉内超声需要与冠状动脉造影术联合使用，无法全面地观察冠状动脉，且检查费用昂贵，无法作为常规检查手段而难以普及^[17]。本研究通过单心跳心脏成像技术与IVUS对比，且将管腔狭窄分为3个程度分别比较。本研究聚焦于斑块的精细解剖结构，CT可以清楚地反映斑块的组成、结构和偏心指数等参数，反映其稳定性^[18-20]。这种方法适用于存在高风险因素或者表现出症状的病人，可以及早检测到病变冠脉并对其分级，通过扫描可以检测斑块的性质、管腔重建情况以及形态等，为临床早期干预、预防心血管不良事件等提供依据。

综上所述，单心跳心脏成像技术能准确评估管腔狭窄，其准确性与IVUS相当，能为临床早期评估冠脉病变及预后评估提供依据，且可作为冠脉病变高危人群筛查首选方式之一。

参考文献

[1]Barbarawi M,Alabdouh A,Barbarawi O,et al.Initial optimal medical therapy with or without invasive strategy for stable coronary disease:a meta-analysis and systematic review[J].Coron Artery Dis, 2021, 32(8): 721-729.

[2]慈维华,李涛涛,赵一楠,等. 大动脉炎合并冠心病的临床特点和危险因素分析[J]. 中国实用内科杂志, 2021.

[3]徐丽敏,林森娜,夏权. 血管内超声与冠状动脉造影诊断无症状冠心病的临床价值[J]. 医学影像学杂志, 2022, 32(6): 1046-1049.

[4]王思琦,李琪,滕伟利,等. 冠状动脉血管内超声对严重钙化病变斑块旋磨术终点判断的评价研究[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(9): 490-494.

[5]Verheijen D B H,van der Kley F,Egorova A D,et al.Clinical decision making in frequently encountered anomalous aortic origin of coronary arteries,the impact of IVUS[J].European Heart Journal, 2021, 42(Supplement 1): ehab724. 1860.

[6]穆玥,洪叶,韩婷婷,等. 冠状动脉CT血管造影评估冠状动脉功能性狭窄的研究进展[J]. 心血管病学进展, 2021, 42(3): 211-215.

[7]吴锬,陈希奎,唐贵超,等. 320排容积CT “Target CTA扫描模式” 在低心率患者冠状动脉CT血管成像中的应用探究[J]. 中国医疗设备, 2023, 38(1): 77-82.

[8]北京高血压防治协会,中国卒中学会高血压预防与管理分会,中国老年保健协会养老与健康专业委员会,等. 基层冠心病与缺血性脑卒中共患管理专家共识2022[J]. 中国心血管病研究, 2022, 20(9): 772-793.

[9]袁源,周卫,郑武洪. 2017年美国心脏病学会/美国心脏协会血压管理指南血压分类与视网膜动脉粥样硬化的关系[J]. 中华高血压杂志, 2022, 30(4): 400.

[10]王晓平. GErevolutionCT心脏冠状动脉成像技术临床应用价值研究[J]. 重庆医学, 2021, 50(S01): 66-68.

[11]苗珂,葛洪,夏蕾,等. CT血管造影在冠状动脉狭窄程度及其斑块类型评估中的应用价值[J]. 实用心脑血管病杂志, 2022, 30(2): 116-119.

[12]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.

[13]马凯明,苑万众,王涛,等. 美国心脏协会改良斑块分型对颈动脉内膜切除术术后无症状脑梗死的预警作用[J]. 中华神经外科杂志, 2021, 37(11): 1130-1135.

[14]李雅超,魏国,侯江涛. 利用血管内超声识别与评估冠状动脉血管重构的临床意义[J]. 医学影像学杂志, 2021, 31(12): 2135-2137.

[15]伍丽君,许志强,兰斌. CT冠脉成像、超声心动图对冠心病患者左心室功能、冠脉斑块稳定性的评估价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2022, 20(9): 81-83.

[16]Shi K,Yang FF,Si N,et.al.Effect of 320-row CT reconstruction technology on fractional flow reserve derived from coronary CT angiography based on machine learning: single- versus multiple-cardiac periodic images[J]. Quant Imaging Med Surg, 2022, 12(6): 3092-3103.

[17]沈迎,丁风华,张瑞岩,等. 冠状动脉狭窄功能学评估临床展望[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2021, 29(3): 121-123.

[18]Nicol E D,Deanfield J.Cardiovascular computed tomography imaging for coronary artery disease risk:plaque,flow and fat[J]. Heart, 2022, 287(N): 87-95.

[19]王锐. 血管内超声弹性成像技术对颈动脉粥样硬化斑块稳定性的评估价值分析[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(12): 1784-1787.

[20]樊刚,李波,董莉,等. 血管内超声与64排螺旋CT冠状动脉CTA对冠脉钙化病变定性、定量检测价值比较[J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19(1): 90-92.

(收稿日期: 2024-01-03) (校对编辑: 姚丽娜)