

论 著

## 双源CT心肌灌注检测在冠状动脉临界病变的临床应用价值\*

深圳市孙逸仙心血管医院放射科  
(广东 深圳 518112)

高立 袁旭春 胡国迎  
聂伟霞 廖文凌

**【摘要】目的** 探讨双源CT心肌灌注检测评价冠状动脉临界病变的临床价值。**方法** 搜集33例(共41个冠状动脉病变)双源CT冠状动脉成像诊断为临界病变的患者,所有患者均于一周内经冠状动脉造影证实,并行血流储备分数(FFR)检测。将41个冠状动脉临界病变按FFR检测值分为FFR<0.80组和FFR≥0.80组;按照标准A(两个或以上节段心肌灌注异常)、B(一个或以上节段心肌灌注异常)进行心肌灌注分析。**结果** FFR<0.80和FFR≥0.80两组间心肌灌注检测A、B标准均有统计学差异(标准A:  $\chi^2=11.303$ ,  $P=0.001$ ; 标准B:  $\chi^2=12.812$ ,  $P=0.000$ );应用ROC曲线分析显示心肌灌注检测标准A和标准B对心肌灌注检测均有统计学意义( $AUC_A=0.734$ ,  $P=0.017$ ;  $AUC_B=0.798$ ,  $P=0.002$ ),采用标准B诊断效能较高。**结论** 心肌灌注检测有助于双源CT“一站式”评价冠状动脉临界病变。

**【关键词】** 冠状动脉临界病变; 血流储备分数; 心肌灌注; 双源CT

**【中图分类号】** R542.2

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 深圳市科创委资助项目,  
项目编号: JCYJ201504  
02094341900

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2018.04.023

通讯作者: 袁旭春

## Clinical Application Value of Dual-source CT Myocardial Perfusion Test in Coronary Intermediate Lesions\*

GAO LI, YUAN Xu-chun, HU Guo-ying, et al., Department of Radiology, Sun yet-sen Cardiovascular Hospital, Shenzhen 518112, Guangdong Province, China

**[Abstract] Objective** To study the the clinical value of dual-source CT myocardial perfusion test in the evaluation of coronary intermediate lesions. **Methods** 33 cases (41 sites) of coronary intermediate lesions underwent dual-source CT coronary angiography and were confirmed by conventional coronary angiography and Fractional Flow Reserve(FFR) test within one week. According to FFR value, 41 intermediate lesions were divided into two groups: FFR<0.80 group and FFR≥0.80 group. Dual-source CT myocardial perfusion test of all the cases was performed according to the standard A(≥2 segments myocardium involved) and standard B(≥1 segment myocardium involved). **Results** There were statistically significant differences in dual-source CT myocardial perfusion between two groups with standard A( $\chi^2=11.303$ ,  $P=0.001$ ) and standard B( $\chi^2=12.812$ ,  $P=0.000$ ). ROC curve analysis indicated that both criteria (standard A and standard B) were statistically significant for myocardial perfusion test ( $AUC_A=0.734$ ,  $P=0.017$ ,  $AUC_B=0.798$ ,  $P=0.002$ ) and standard B had higher diagnostic efficacy. **Conclusion** Myocardial perfusion test could be helpful for Dual-source CT in "one-stop" evaluation of coronary intermediate lesions.

**[Key words]** Coronary Intermediate Lesions; Fractional Flow Reserve; Myocardial Perfusion; Dual-source CT

冠状动脉临界病变(cononary intermediate lesion)是冠状动脉造影显示冠状动脉直径狭窄率为50~70%的病变,也是双源CT冠状动脉成像显示中等程度狭窄的病变。部分临界病变是导致急性冠状动脉综合征(acute coronary syndrome, ACS)的罪犯血管<sup>[1-2]</sup>。评价冠状动脉临界病变是否需行经皮冠脉内支架植入术(Percutaneous coronary intervention, PCI)对于临床具有一定挑战性。

血流储备分数(FFR)检查可以准确判断冠脉狭窄性病变是否引起心肌缺血,是评价冠状动脉临界病变的“金标准”<sup>[3]</sup>。但FFR检查费用较高,目前尚未能在临床普及。双源CT的心功能检测软件具备心肌灌注检测功能,为双源CT“一站式”评价冠状动脉病变提供了可能<sup>[4]</sup>。本研究应用双源CT冠状动脉成像结合心肌灌注检测评价冠状动脉临界病变,探讨心肌灌注检测对于冠状动脉临界病变的临床价值。

### 1 材料与方法

**1.1 研究对象** 选取我院2016年1月至2017年10月由双源CT冠状动脉成像诊断狭窄程度在50%~70%的患者33例(其中男19例,女14例),年龄49~82岁(平均年龄62.9岁)。所有病例均于1周内行冠状动脉造影明确诊断,并同时行FFR检测。

排除先天性心脏病、心脏瓣膜病等影响心脏功能及造成心腔容积改变的病变。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 冠状动脉CTA扫描方法:** 采用Siemens Somatom Definition FLASH第二代双源CT行冠状动脉CTA扫描。

检查前准备：对于心率高于75次/分且无禁忌证的受检者于扫描前给予口服倍他乐克控制心率，对所有受检者均进行呼吸训练。

对比剂注射：使用双筒高压注射器经右肘前静脉以5ml/s速率注射优维显(370mgI/ml)50~60ml，继而以相同速率注射40ml生理盐水。

扫描方法：采用对比剂示踪自动触发扫描(Bolus Tracking)，触发点定于肺动脉主干层面的主动脉根部，触发阈值为CT值相对本底上升100HU，延时4s自动触发扫描。扫描范围由气管分叉至心脏膈面下1cm，屏气扫描。开启实时动态剂量调节自动曝光CARE Dose 4D，准直器64×2×0.6mm，视野260mm×260mm，旋转时间0.28s，螺距0.17~0.28(随心率自动调整)。采用75ms单扇区重建时间窗自动重建最佳舒张期和最佳收缩期图像(层厚0.75mm，重建间隔0.5mm，卷积函数D26f，图像矩阵512×512)。

1.2.2 冠状动脉CTA图像重建与分析：由两名高年资主治医师，按照美国心脏病协会(AHA)的冠状动脉分段在西门子syngo.via后处理工作站判断冠状动脉临界病变的节段、管腔直径狭窄程度，判断斑块性质(包括钙化斑块、非钙化斑块与混合斑块)；在轴位图像上进行斑块参数测量，包括病变层面的斑块最大面积和参考层面(病变近、远端10mm内相对正常的层面)的血管外壁面积(见图1-5)。计算斑块负荷(plaque burden, PB)、血管重构指数(remodeling index, RI)，评价血管重构类型(正性重构、负性重构、无重构)。斑块负荷(BP)即病变平面斑块最大横截面积占血管外壁面积的百分比。重构指数

(RI)是病变平面血管壁面积与参考平面平均血管壁面积的比值。RI>1.05为正性重构，RI在0.95到1.05之间为无重构，RI<0.95为负性重构。

进入左心功能分析模块，在舒张期和收缩期重建的左室短轴位图像上修正软件自动勾勒的左室心内膜和室壁外缘的轮廓，可得到标示左室壁碘对比剂分布情况的伪彩图，经运算得出左室壁灌注异常的节段(图1-5)。检测到与冠状动脉病变节段供血区相符的心肌节段灌注减低即为阳性，采用A、B两个标准：A为两个或以上节段心肌灌注减低，B为一个或以上节段心肌灌注减低。

1.2.3 冠状动脉造影：常规消毒，以1%利多卡因局部麻醉，穿刺右侧桡动脉或股动脉，注入肝素3000u，硝酸甘油0.2mg，以5FTIG造影管多角度投影分别行左、右冠状动脉造影，由两位术者共同读图，评价管壁病变及管腔直径狭窄程度；随后追加肝素至7000u，指引导管到位后，予压力导丝通过狭窄远端，冠脉内依次注射三磷酸腺苷(ATP)40ug、80ug，行FFR检测。我院常规以0.80为界值，FFR<0.80的病变行PCI，FFR≥0.80的病变选择药物治疗。根据FFR检测值，将41个冠

状动脉临界病变分为FFR<0.80组和FFR≥0.80组。

### 1.3 统计学分析

采用SPSS18.0软件分析数据。所有计量资料按( $\bar{x} \pm s$ )表示，计数资料以 $\chi^2$ 检验进行比较，分析FFR<0.80和FFR≥0.80两组间心肌灌注检测的差异，评价心肌灌注检测对于冠状动脉临界病变的临床价值。采用ROC曲线分析(receiver operating characteristic curve, ROC)比较心肌灌注评测A、B两个标准的诊断价值。

## 2 结果

### 2.1 双源CT评价冠状动脉临界病变管腔狭窄和管壁病变

双源CT检出33例患者的41个冠状动脉临界病变均由冠状动脉造影确诊，左冠状动脉主干病变2个(4.9%)；前降支病变24个(58.5%)，近段病变12个(29.3%)，中段病变8个(19.5%)，远段病变4个(9.8%)；回旋支病变5个(12.2%)；右冠状动脉病变10个(24.4%)。

41个临界病变中管壁钙化斑块11个(26.8%)，非钙化斑块12个(29.3%)，混合斑块18个(43.9%)。测量冠状动脉管壁斑

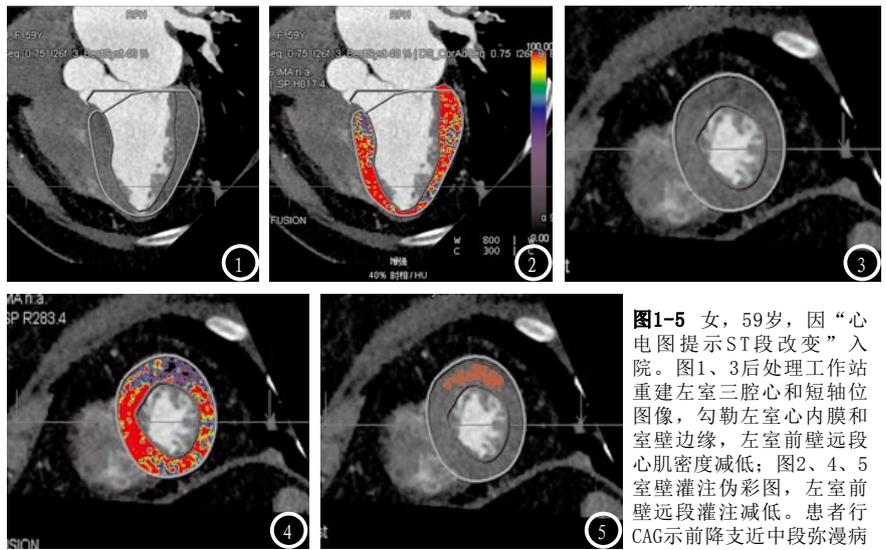


图1-5 女，59岁，因“心电图提示ST段改变”入院。图1、3后处理工作站重建左室三腔心和短轴位图像，勾勒左室心内膜和室壁边缘，左室前壁远段心肌密度减低；图2、4、5室壁灌注伪彩图，左室前壁远段灌注减低。患者行CAG示前降支近中段弥漫病变，狭窄70%，FFR测值0.79，于前降支中段植入支架一枚。

块的最大横截面积平均5.3mm<sup>2</sup>，血管外壁面积平均9.4mm<sup>2</sup>，斑块负荷35%~78%，平均56.4%；按血管重构指数分为正性重构5例(12.2%)，无重构17例(41.5%)，负性重构19例(46.3%)。

**2.2 心肌灌注评测** 应用syngo.via后处理工作站心功能评价模块，检测41例冠状动脉临界病变的心肌灌注水平。按照心肌灌注检测标准A(两个或以上节段心肌灌注减低)，9例阳性，32例心肌灌注未见异常；按照心肌灌注检测标准B(一个或以上节段心肌灌注减低)，13例阳性，28例心肌灌注未见异常。心肌灌注检测标准A和标准B在不同斑块性质、血管重构之间的无明显统计学差异(标准A： $\chi^2=0.157$ ,  $P=0.924$ ； $\chi^2=4.895$ ,  $P=0.087$ 。标准B： $\chi^2=0.037$ ,  $P=0.982$ ； $\chi^2=3.182$ ,  $P=0.204$ )；而FFR < 0.80和FFR ≥ 0.80两组间心肌灌注检测A、B标准均存在统计学差异(标准A： $\chi^2=11.303$ ,

$P=0.001$ ；标准B： $\chi^2=12.812$ ,  $P=0.000$ ) (见表1)。

以FFR检测为“金标准”，心肌灌注评测标准A对于评价冠状动脉临界病变心肌灌注水平检测的灵敏度53.8%、特异度92.9%、阳性预测值77.8%、阴性预测值81.2%，准确度为80.5%；标准B的检测灵敏度84.6%、特异度75%、阳性预测值61.1%、阴性预测值91.3%，准确度为78%。

应用ROC曲线分析，心肌灌注检测标准A和标准B的曲线下面积分别为(AUCA=0.734,  $p=0.017$ ；AUCB=0.798,  $P=0.002$ )，两者对心肌灌注水平的检测均有统计学意义，采用标准B(一个或以上节段心肌灌注减低)的诊断效能较高(见图6)。

### 3 讨论

CAG被认为是评价冠状动脉狭窄程度的“金标准”，但由于投射角度有限，易受血管重叠、迂

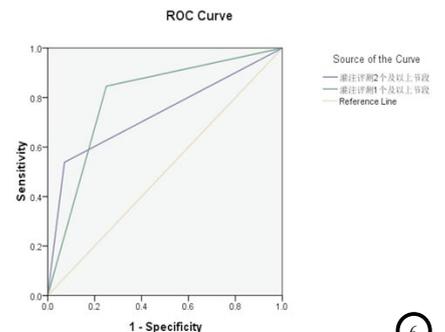
曲等因素影响，在评价血管狭窄程度时存在一定的局限性，而且不能直接观察和评价管壁的斑块特征。临床90%急性冠脉综合征(acute coronary syndrom, ACS)的发生是由于易损斑块破裂所致，而易损斑块多位于中等狭窄病变处<sup>[5-6]</sup>。血流储备分数(FFR)检测是评价冠状动脉临界病变的“金标准”，是目前公认的判断有无心肌缺血的有效检查。大量研究证实当FFR低于0.80预示冠状动脉血流动力学变化可能造成心肌缺血<sup>[7]</sup>。本研究结果显示双源CT心肌灌注检测在FFR < 0.80和FFR ≥ 0.80两组间的差异有统计学意义，即FFR检测值小于0.8的患者双源CT灌注检测能发现相应节段心肌灌注异常。但是这一结果需要追踪患者临床转归进一步证实。

本研究以FFR检测值为“金标准”，应用双源CT心肌灌注评测观察左室壁各节段心肌灌注水平，结果显示采用标准A(两个或以上节段心肌灌注减低)和标准B(一个或以上节段心肌灌注减低)评价心肌灌注均有统计学意义，采用标准B则诊断效能较高。标准A虽然特异度较高，但标准B准确度高于标准A，并有较高的阴性预测值。

双源CT冠状动脉成像质量稳定，能准确判断冠状动脉管腔狭窄程度、分析管壁斑块性质、血管重构类型，而心肌灌注评测能

**表1 双源CT心肌灌注评测(标准A、标准B)在斑块性质、血管重构和FFR分组间的差异**

		标准A		$\chi^2$	P
		(> 2个以上节段心肌受累)			
		灌注评测A			
		无灌注异常	灌注减低		
斑块性质	钙化斑块	9	2	0.157	0.924
	非钙化斑块	9	3		
	混合斑块	14	4		
血管重构	正性重构	5	0	4.895	0.087
	无重构	15	2		
	负性重构	12	7		
FFR分组	FFR < 0.8	6	7	11.303	0.001
	FFR ≥ 0.8	26	2		
		标准B		$\chi^2$	P
		(> 1个以上节段心肌受累)			
		灌注评测B			
		无灌注异常	灌注减低		
斑块性质	钙化斑块	6	5	0.037	0.982
	非钙化斑块	7	5		
	混合斑块	10	8		
血管重构	正性重构	4	5	3.182	0.204
	无重构	11	6		
	负性重构	8	11		
FFR分组	FFR < 0.8	2	11	12.812	0.000
	FFR ≥ 0.8	21	7		



**图6 双源CT灌注评测标准A(蓝色)、B(绿色)的ROC曲线分析**

较敏感地评价受累心肌血流灌注水平,为双源CT“一站式”评价冠状动脉病变提供了可能,对于临界病变危险分层和制定治疗方案具有一定的临床价值<sup>[8-9]</sup>。本研究是双源CT心肌灌注检测应用于冠状动脉临界病变评价的初步探索,在今后研究中将不断扩大样本量、追踪随访临床转归,进一步论证双源CT心肌灌注检测对于冠状动脉病变的临床价值。

### 参考文献

[1] William F. Fearon. Invasive coronary physiology for assessing intermediate lesions [J]. *Circulation: Cardiovascular interventions*, 2015, 8 (2): e001942.

[2] Cheng VY, Wolak A, Gutstein A, et al. Low-density lipoprotein and noncalcified coronary plaque composition in patients with newly diagnosed coronary artery disease on computed tomographic angiography [J]. *Am J Cardiol*, 2010, 105 (6): 761-766.  
 [3] Martijn Meuwissen, Maria Siebes, Steven AJ Chamuleau, et al. Role of fractional and coronary flow reserve in clinical decision making in intermediate coronary lesions [J]. *Interv. Cardiol*, 2009, 1 (2): 237-255.  
 [4] 朱红春, 毛俊, 陈海东, 等. 第二代双源CT双能量心肌灌注成像与SPECT心肌灌注的对照研究 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15 (7): 66-68.  
 [5] Fujimoto S, Kondo T, Narula J. Evaluation of plaque morphology by coronary CT angiography [J]. *Cardiol Clin*, 2012, 30 (1): 69-75.  
 [6] 覃杰, 李德玲, 项毅帆, 等. 320排CT诊

断冠状动脉易损斑块及其危险因素分析 [J]. *新医学*, 2017, 48 (4): 235-238.  
 [7] Pijls NH, Tonino PA. The crux of maximum hyperemia: the last remaining barrier for routine use of fractional flow reserve [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2011, 4 (10): 1093-1095.  
 [8] 王建益, 袁宇渊, 波琼, 等. 能谱CT成像结合低浓度对比剂在CCTA中应用的可行性分析 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15 (3): 54-57.  
 [9] Kim KH, Doh JH, Koo BK, et al. A novel noninvasive technology for treatment planning using virtual coronary stenting and computed tomography-derived computed fractional flow reserve [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2014, 7 (1): 72-78.

(本文编辑: 刘龙平)

【收稿日期】2018-01-13

(上接第 62 页)

本研究局限于为回顾性研究,不能排除患者的选择偏倚,相关结论仍需进一步论证。

综上,相比于局限性机化性肺炎,周围型肺癌的CT基本征象主要为病灶位于肺上叶,边缘清晰,密度均匀,呈深分叶征、长毛刺征、空泡征,可见液化、坏死、瘤体显示等,临床综合CT特征进行辅助诊断周围型肺癌与局限性机化性肺炎具有重要意义。

### 参考文献

[1] 乔永明, 代瑞. 螺旋CT在周围型肺癌临床诊断中的研究价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15 (5): 64-66.  
 [2] 朱金星, 宋玮, 刘扣英. 隐源性机化性肺炎55例患者的护理 [J]. *实用临床医药杂志*, 2016, 20 (8): 40-42.  
 [3] 刘红梅, 张春. 肺内炎性肿块与周围型肺癌的CT鉴别诊断 [J]. *包头医学院学报*, 2016, 32 (3): 85-86.

[4] Huo Z, Feng RE, Tian XL, et al. Clinicopathological findings of focal organizing pneumonia: a retrospective study of 37 cases [J]. *Int Clin Exp Pathol*, 2015, 8 (1): 511-516.  
 [5] 亓立勇, 亓翠玲, 王雁冰. 肺炎型肺癌与局灶性肺炎的多层螺旋CT鉴别诊断价值及病理对照分析 [J]. *实用医学影像杂志*, 2013, 14 (6): 415-418.  
 [6] 吴晓华, 马大庆, 靳二虎, 等. 隐源性机化性肺炎的HRCT表现 [J]. *医学影像学杂志*, 2016, 26 (7): 1217-1221.  
 [7] 宗晓福, 张文娟, 俞同福. 孤立结节型隐源性机化性肺炎的临床分析 [J]. *临床急诊杂志*, 2016, 17 (9): 711-713.  
 [8] 张银, 赵云峰. 表现为重症肺炎的隐源性机化性肺炎一例 [J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2016, 39 (1): 66-68.  
 [9] 林国成, 曹劲松. CTP评估周围型肺癌组织学类型、分期及肿瘤坏死的价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2016, 14 (4): 38-40.  
 [10] 李庆, 王万旗. MSCT对2cm以下周围型肺癌与炎性结节的诊断及鉴别 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2017, 15 (1): 52-54.  
 [11] 王群, 俞炳根, 王文森, 等. MSCT对肺部局灶性磨玻璃结节的诊断

价值 [J]. *实用放射学杂志*, 2016, 32 (3): 362-365.  
 [12] 武建民. 局灶性机化性肺炎临床诊断中螺旋CT的应用价值及与周围型肺癌的鉴别 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2015, 13 (6): 25-28.  
 [13] 朱刚明, 李兆勇, 李扬彬, 等. 局灶性机化性肺炎的多层螺旋CT诊断及与周围型肺癌鉴别 [J]. *临床放射学杂志*, 2014, 33 (11): 1675-1679.  
 [14] 刘澜涛, 代光政, 田翠丽, 等. 多层螺旋CT在周围型肺癌和局灶性机化性肺炎鉴别诊断中的价值 [J]. *临床与病理杂志*, 2017, 37 (7): 1438-1444.  
 [15] 王婕妤, 邹杰. 局灶性机化性肺炎的CT表现与其病理对照研究 [J]. *中国现代医学杂志*, 2014, 24 (1): 66-70.  
 [16] 韩文广, 王红梅, 周永, 等. 多层螺旋CT对局灶性机化性肺炎与周围型肺癌的鉴别诊断 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2016, 24 (2): 106-110.

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2017-11-28