

论 著

双能CT首过及延迟心肌灌注成像评价心肌活性:与^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影的对照研究*广州军区广州总医院放射科
(广东 广州 510010)

李小荣 欧陕兴 钱民 彭光明

【摘要】目的 通过对心肌梗死患者行双源CT首过及延迟增强双能量扫描,与^{99m}Tc-MIBI心肌显像结果进行对比研究,探讨双源CT首过及延迟心肌灌注成像在识别及定位存活心肌的诊断价值。**方法** 28例心肌梗死患者接受双源首过及延迟(5min)心肌灌注扫描及^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影检查,观察双源CT心肌灌注碘图评价心肌灌注缺损,将双源CT首过及延迟扫描心肌灌注缺损与^{99m}Tc-MIBI的相应节段进行对照。**结果** 28例受检者,共476个心肌节段,双源CT首过扫描心肌灌注共有371节段灌注减低及缺损,其中延迟扫描共156个节段表现为低灌注,215个节段表现为相对高灌注(延迟强化);^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影结果共有237心肌灌注减低及缺损;17个节段中,共13节段两者结果一致性好(Kappa值>0.75),其余4节段(第2、3、8、9节段)一致性一般(0.40<Kappa值<0.75);第8节段敏感度最高为(100%),第12节段特异度为最高为(100%),第12节段准确度最高为(92.85%)。**结论** 双源CT首过及延迟心肌灌注成像评价心肌活性与^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影对比结果一致性良好,可较为准确地定位心肌梗死,并对心肌活性作出评估。

【关键词】 心肌活性;双源CT;心肌灌注成像;延迟增强;冠心病

【中图分类号】 R541.4; R445.3

【文献标识码】 A

【基金项目】 2012年广东省医学科研基金立项课题资助(No B2012290)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.05.018

通讯作者:欧陕兴

First-pass and Delay Myocardial Perfusion Imaging in Assessment of Myocardial Viability Using Dual-energy Computed Tomography: Comparison with ^{99m}Tc-MIBI Imaging*

LI Xiao-rong, OU Shan-xing, QIAN Min, PENG Guang-ming. General Hospital of Guangzhou Military Command PLA 510010, Guangdong province, China

[Abstract] **Objective** To evaluate the feasibility and diagnostic accuracy of first-pass and delayed enhancement of dual-energy computed tomography(DECT) in myocardial perfusion imaging for detecting myocardial viability compared with ^{99m}Tc-MIBI myocardial perfusion imaging. **Methods** Twenty-eight patients with coronary artery disease were detected by first-pass and delayed enhancement (5min) DECT and ^{99m}Tc-MIBI PET respectively. A color-coded iodine map was used to evaluate the myocardial perfusion defects. Myocardial perfusion defects according to the first-pass and delayed enhancement were compared with ^{99m}Tc-MIBI myocardial perfusion imaging on a segmental basis. **Results** A total of 476 myocardial segments of 28 patients were analyzed. 371 segments showed perfusion decrease or defects on first-pass DECT, while 156 segments low perfusion and 215 segments relatively high perfusion on delayed enhancement DECT. 237 segments perfusion decrease or defects showed on ^{99m}Tc-MIBI myocardial perfusion imaging. Analysis is the assessment of myocardial viability revealed better agreement among 13 myocardial segments(kappa=1), good agreement among the left 4(2/3/8/9) myocardial segments(0.40 < kappa < 0.75). The 8th segments had the highest sensitivity(100%), the 12th segments had the highest specificity(100%), and the 12th segments had the highest accuracy(92.85%). **Conclusion** There is high agreement between first-pass and delayed enhancement of dual-energy computed tomography(DECT) and ^{99m}Tc-MIBI myocardial perfusion imaging for detecting myocardial viability, which is a promising method to location Myocardial infarction, and evaluate myocardial viability.

[Key words] Myocardial Viability, Dual Energy CT, Myocardial Delayed Enhancement, Coronary Heart Disease

双源CT(dual-source CT DSCT)具有两套球管系统,明显提高时间及空间分辨率,对冠状动脉形态的观察明显优于多层CT,在诊断冠状动脉狭窄、管壁软硬斑块已得到临床认可及广泛应用^[1-4]。本研究通过通过对心肌梗死患者行双源CT首过、延迟增强双能量扫描,并与^{99m}Tc-MIBI心肌显像结果对比研究,以探讨双源CT双能量心肌灌注成像在识别及定位存活心肌方面的诊断价值。

1 材料与方法

1.1 检查方法 心肌梗死患者28例,在一周内分别行双能CT心肌灌注成像扫描及^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影检查。双能CT心肌灌注成像扫描:使用Siemens公司Somatom Definition双源CT进行双能量心脏扫描,先行首过扫描,再于注射对比剂后5min后,根据首过扫描时自动选择的最佳收缩期及舒张期时相,使用前瞻性心电门控技术进行第2次扫描(延迟扫描);^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影:使用GE公司Infinia Hawkeye4双探头SPECT仪器;使用^{99m}锝一甲氧基异丁基异腈(^{99m}Tc-

MIBI), ^{99m}Tc -MIBI放化纯度大于95%, 采用运动-静息隔日法。

1.2 图像分析及判断标准 采用通用的左心室壁17节段分段法, 分别由2位放射科医师对双源CT图像进行判定, 正常=0分, 稀疏=1分, 明显稀疏=2分, 缺损=3分, 以2个不同轴向断层图像上连续2层相同部位出现 ≥ 2 分的节段视为灌注减低。双源CT存活心肌判定: 首过扫描时不强化或轻度强化(灌注减低及缺损), 延迟扫描仍表现为灌注减低及缺损; 梗死心肌判定: 首过扫描时不强化或轻度强化(灌注减低及缺损), 延迟扫描出现延迟强化(相对高灌注); $>25\%$ 为轻度狭窄, $>50\%$ 为中度狭窄, $>75\%$ 为重度狭窄。 ^{99m}Tc -MIBI核素心肌显影存活心肌标准: 评分 ≤ 1 分为存活心肌, 评分 ≥ 2 为梗死心肌。

1.3 统计学分析 应用SPSS 19.0统计软件进行数据分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差表示。计数资料以频数(率)表示。以 ^{99m}Tc -MIBI核素心肌显影为参考标准, 判定双能CT心肌灌注成像诊断各节段心肌存活性的灵敏度、特异度和准确性。采用配对卡方McNemar检验比较双源CT首过及延迟扫描心肌灌注对心肌存活性与 ^{99m}Tc -MIBI核素心肌显影结果的一致性。

2 结 果

2.1 双源CT结果

2.1.1 冠脉CTA结果28例心肌梗塞患者, 共有72节段冠状动脉发生不同程度狭窄, 其中右冠状动脉狭窄19节段、左主干7节段、左前降支32节段, 回旋支14节段; 轻度狭窄24节段、中度狭窄19节段、重度狭窄17节段, 完全闭塞12节段; 浅表心肌桥6个节

段。

2.1.2 双源CT首过及延迟扫描心肌灌注心肌缺损结果: 28例受检者, 共476个心肌节段, 首过扫描心肌灌注共有371个节段心肌灌注减低及缺损, 延迟扫描156个节段表现为延迟低灌注, 215节段表现为相对高灌注即延迟强化(见图4-8)。在首过扫描中灌注正常而在延迟扫描中表现为高灌注的节段有24个, ^{99m}Tc -MIBI心肌灌注显影结果共有237心肌灌注减低及缺损。

2.2 DSCT首过及延迟扫描心肌灌注与 ^{99m}Tc -MIBI心肌灌注显影判定存活心肌的一致性比较 见表1。

表1 DSCT首过及延迟扫描心肌灌注与 ^{99m}Tc -MIBI心肌灌注判定存活心肌的一致性比较

心肌节段	χ^2	P 值	Kappa值	敏感度 (%)	特异性 (%)	准确性 (%)
1	0	1	0.771739	94.11	81.81	89.28
2	0.25	0.61708	0.712821	86.66	84.61	85.71
3	0.25	0.61708	0.700535	88.23	81.81	85.71
4	0	1	0.761364	94.44	80	89.28
5	0	1	0.761364	94.44	80	89.28
6	0.5	0.4795	0.85641	93.33	92.3	57.14
7	0	1	0.778947	88.23	90.9	89.28
8	2.25	0.13361	0.695652	100	66.66	85.71
9	0.25	0.61708	0.714286	91.66	81.25	85.71
10	0.5	0.4795	0.85641	92.3	93.33	92.85
11	0	1	0.778947	90.9	88.23	89.28
12	0.5	0.4795	0.851064	83.33	100	92.85
13	1.33	0.24821	0.78125	100	76.92	89.28
14	0	1	0.785714	92.85	85.71	89.28
15	0	1	0.783505	91.66	87.5	89.28
16	0	1	0.785714	86.66	92.3	89.28
17	0	1	0.785714	85.71	92.85	89.28

3 讨 论

3.1 存活心肌的影像学评估 目前对于存活心肌的影像学评估, 主要有正电子发射断层扫描(PET)、单光子发射计算机体层显像(SPECT)、小剂量多巴酚丁胺

负荷超声心动图、磁共振成像^[5]及多层螺旋CT(MSCT)。 ^{99m}Tc -MIBI核素心肌显影被认为是应用较为广泛及准确的评估心脏存活性的方法^[6, 7], 并常采用同时加作小剂量多巴酚丁胺滴注, 计算出肌力储备, 提高诊断的准确性。Bax等研究^[8] ^{99m}Tc -MIBI诊断心肌活性的敏感度为81.5%, 平均特异度为66.4%, 阳性和阴性的预测价值分别为71.4%和75.8%。Baks T^[9]认为心肌的延迟强化可能与心肌或血管床损害导致细胞外间隙扩大、对比剂排出延迟有关。正常心肌心肌首过增强表现为均匀强化, 而延迟扫描强化程度下降, 而缺血和梗死心肌则表现出不同类型

强化, 包括早期缺损、剩余缺损和延迟强化, 延迟强化的原理可能是心肌梗死后, 心肌细胞损伤、细胞膜完整性破坏及间质水肿, 对比剂进入细胞外间隙及心肌细胞内, 从而表现出相对高强化区^[10, 11]。Rubinshtein等^[11]对心肌梗死的活体猪模型进行MSCT

及MRI心脏延迟增强扫描, MSCT延迟增强扫描与MRI及病理标本对梗死心肌的部位及面积判定有较好的一致性。阎谦等^[12]在64层螺旋CT延迟扫描诊断心肌存活性的研究中, 发现其与¹⁸FDG-PET显像对比各节段均有较高符合率。

3.2 双源CT诊断存活心肌的探讨 双源CT(dual-source CT DSCT)具有两套球管、一套探测器系统, 进一步提高时间及空间分辨率, 明显缩短扫描时间, 降低辐射剂量, 不受心率、钙化等因素影响, 在诊断冠状动脉狭窄、管壁软硬斑块已得到临床认可及广泛使用^[13-15]。DSCT心肌灌注成像一次扫描可以获得140kV(高能)和100kV(低能)两组独立的原始数据及一组融合数据(A、B两组数据按不同比例融合)。根据组织与碘对比剂对不同电压的射线衰减不同, 从而显示心肌内碘剂分布情况, 反映心肌的血供情况^[16-18]。

Ruzsics等^[16]对35例患者应用DSCT 双能量技术行心肌灌注成像检测心肌血池缺损的部位, 经SPECT和冠状动脉造影证实存在缺血, 其敏感度为84%, 特异度为94%, 准确度为92%。本研究结果表现, DSCT首过灌注结合延迟扫描判定心肌活性, 心肌各节段与^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影结果均有较好的一致性, 本研究中首过灌注共371节段灌注减低或缺损中, 在延迟扫描灌注正常为156节段(42%), 表明根据首过灌注扫描评估心肌活性存在较高的假阳性, 其主要的原因可能首过灌注减低一般只反映心肌节段局部的血流减少, 并不代表心肌细胞已经发生梗死, 造成血流减少的原因可以是多种多样的, 如结果中有6个节段浅表心肌桥冠状动脉相应心肌节段显示首过扫描出血灌注减低, 而延迟扫描未出现延迟灌注

(见图9-12), ^{99m}Tc-MIBI心肌灌注未见心肌灌注减低, 可解释为浅表心肌桥造成心肌一过性血流减低, 并不造成心肌梗死。其次灌注扫描时心室腔对比剂存留产生的伪影易造成假阳性, 本研究结果中心室侧壁及下壁(6、12、10节段)判定存活心肌与^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影具有最好的一致性(Kappa值>0.80), 其中第10节段敏感度达92.3%、特异性达93.33%、准确性达92.85%, 而间壁(2、3、8、9节段)受临近右心室内对比剂影响, 其中第8节段一致性最差(Kappa值为0.69), 敏感性为100%, 特异性仅为66.6%。另外受检者心率变化及呼吸控制不佳亦可造成伪影, 影响观察。DSCT心肌灌注扫描方式并不能缩短扫描时间, 图像质量仍受到心率快慢的影响, 因此本研究排除了心率大于75次/分受检者。但部分受检者心率变化及呼吸造成运动伪影而产生假阳性。

3.3 本研究不足之处 为在同等心肌负荷下比较首过及延迟扫描的心肌血供情况, 本研究采用静息状态下进行首过灌注扫描, 有研究表明^[17]腺苷负荷可真实反映心肌血供储备情况, 腺苷负荷扫描可明显提高诊断心肌缺血的敏感性^[18]。另在首过扫描中灌注正常而在延迟扫描中表现为高灌注的节段有24个, 其原因仍有待研究。

本研究结果表明: DSCT首过及延迟心肌灌注成像评价心肌活性与^{99m}Tc-MIBI心肌灌注显影对比结果一致性良好, 可较为准确地定位心肌梗死, 并对心肌活动作出评估。同时, 因其一次检查可观察冠状动脉形态、发现冠脉狭窄, 结合强大的后处理软件还可进行心功能评估, DSCT可作为一种新的评估存活心肌的方法。

参考文献

1. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system[J]. Eur Radiol, 2006, 16(2): 256-268.
2. Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, et al. Dual-source CT cardiac imaging: initial experience [J]. Eur-Radiol, 2006, 16(7): 1409-1415.
3. Johnson TR, Nikolaou K, Buseh S, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease. [J] Invest-Radiol, 2007, 42(10): 684-691.
4. Rixe J, Conradi G, Rolf A, et al. Radiation dose exposure of Computed Tomography coronary angiography: comparison of dual-source, 16-slice and 64-slice CT. [J] Heart, 2009, 95(16): 1337-1342.
5. 陈蕾, 高立, 郝长胜. MRI心脏成像对PTCA及支架置入术后心肌存活疗效的评价[J]. 中国CT和MRI杂志. 2009, (06): 48-50.
6. Narula J, Dawson MS, Singh BK, et al. Noninvasive characterization of stunned, hibernating, remodeled and nonviable myocardium in ischemic cardiomyopathy[J]. J Am Coll Cardiol, 2000, 35(10): 1913-1917.
7. Matsunari I, Kanayama S, Yoneyama T, et al. Electrocardiographic-gated dual isotope simultaneous acquisition SPECT using ¹⁸F-FDG and ^{99m}Tc-sestamibi to assess myocardial viability and function in single study [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2005, 32(2): 195-202.
8. Bax JJ, Poldermans D, Elhendy A, et al. Sensitivity, specificity, and predictive accuracies of various noninvasive techniques for detecting hibernating myocardium[J]. Curr Probl Cardiol, 2001, 26(2): 147-188.
9. Baks T, Cademartiri F, Moelker

- AD, et al. Multislice computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of reperfused acute myocardial infarction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48 (1): 144-152.
10. Butler J. The Emerging role of multidetector computed tomography in heart failure[J]. *Cardiac Failure*, 2007, 13 (3): 215-226.
11. Rubinshtein R, Halon AD, Gaspar T, et al. Usefulness of 64 slice cardiac computed tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin[J]. *Circulation*, 2007, 115 (13): 1762-1768.
12. 阎谦, 田建明, 汪斌, 等. 64层螺旋CT延迟扫描对心肌存活性的诊断价值: 与18FDG-PET显像对比研究[J]. *中国医学影像技术* 2009, 25 (2): 301-304.
13. 尹所, 汪春红. 冠状动脉双源CT增强及造影在冠脉粥样硬化性狭窄诊断中的对比研究[J]. *中国CT和MRI杂志*. 2015, (01): 8-10.
14. Johnson TR, Nikolaou K, Wintersperger BJ, et al. Dual-source CT cardiac imaging: initial experience [J]. *Eur-Radiol*, 2006, 16 (7): 1409-1415.
15. Johnson TR, Nikolaou K, Buseh S, et al. Diagnostic accuracy of dual-source computed tomography in the diagnosis of coronary artery disease [J]. *Invest-Radiol*, 2007, 42 (10): 684-691.
16. Ruzsics B, Lee H, Zwerner PL, et al. Dual-energy CT of the heart for diagnosing coronary artery stenosis and myocardial ischemia: initial experience[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18 (11): 2414-24.
17. Kapur A, Latus KA, Davies G, et al. A comparison of three radionuclide myocardial perfusion tracers in clinical practice: the ROBUST study [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2002, 29: 1608-1616.
18. S.M. Ko, J.W. Choi, M.G. Song, et al. Myocardial perfusion imaging using adenosine-induced stress dual-energy computed tomography of the heart: comparison with cardiac magnetic resonance imaging and conventional coronary angiography[J]. *Eur Radiol*, 2010, 21 (1): 26-35.

(本文图片见封二)

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2015-03-26

(上接第 34 页)

双向法CTV实际上是将直接法和间接法的优点结合起来, 一次成像, 可以避免单纯直接法检查失败的情况, 大幅提高了下肢CTV检查的成功率, 并没有增加患者的受辐射剂量。这种双向法CTV具有其它两种方法的优势, 可很好地显示病变静脉血管的情况, 具有较好的应用前景, 但该方法处于初步研究阶段, 扫描方案还有待进一步优化。

参考文献

1. Cho ES, Chung JJ, Kim S, et al. CT Venography for Deep Vein Thrombosis Using a Low Tube Voltage (100 kVp) Setting Could Increase Venous Enhancement and Reduce the Amount of Administered Iodine[J]. *Korean J Radiol*. 2013, 14 (2): 183-193.
2. 张娅梅, 王书智, 顾建平, 等. 16层螺旋CT静脉成像在下肢静脉疾病诊断中的应用[J]. *中国CT和MRI杂志*. 2014, 12 (1): 112-115.
3. Slater S, Oswal D, Bhartia B. A retrospective study of the value of indirect CT venography: a British perspective[J]. *Br J Radiol*. 2012, 85 (1015): 917-920.
4. 胡毅, 于寰, 张铁. 间接法下肢深静脉CT成像中对比剂用量的探讨[J]. *中国CT和MRI杂志*. 2014, 11 (1): 112-113.
5. 王杏娟, 任小璐, 王雪梅. 能谱CT单能量成像在提高下肢CT静脉成像质量中的价值[J]. *中华放射学杂志*. 2013, 47 (6): 563-565.
6. Van Langevelde K, Tan M, Srámek A, et al. Magnetic resonance imaging and computed tomography developments in imaging of venous thromboembolism[J]. *J Magn Reson Imaging*. 2010, 32 (6): 1302-1312.
7. 赵娅莉, 刘正华, 袁会军, 等. 多层螺旋CT静脉成像技术在下肢静脉血栓性疾病中的临床应用[J]. *实用放射学杂志*. 2014, 30 (8): 1380-1382.
8. Kulkarni NM, Sahani DV, Desai GS, et al. Indirect computed tomography venography of the lower extremities using single-source dual-energy computed tomography: advantage of low-kiloelectron volt monochromatic images[J]. *J Vasc Interv Radiol*. 2012, 23 (7): 879-886.
9. Uhl JF. Three-dimensional modelling of the venous system by direct multislice helical computed tomography venography: technique, indications and results[J]. *Phlebology*. 2012, 27 (6): 270-288.
10. 陈群林, 孙辉红, 林征宇, 等. 多层螺旋CT直接下肢静脉造影初探[J]. *中国医学影像技术*, 2010, 26 (3): 574-577.

(本文编辑: 汪兵)

【收稿日期】2015-03-20