

Delayed-enhancement in assessment of myocardial viability with 64-slice computed tomography: compared with ^{18}F -FDG PET imaging

XIA Qian¹, TIAN Jian-ming^{2*}, WANG Bin³, KONG Ling-shan³,
CUI Bin⁴, WU Cheng⁵, CHEN Tao¹, TONG Lin-jun¹

(1. Centre of PET/CT, Renji Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China,
2. Department of Radiology, 3. Department of Medicine and Education, 4. Department of Nuclear
Medicine, Changhai Hospital Affiliated to the Second Military Medical University, Shanghai 200433,
China; 5. Department of Statistics, the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China)

[Abstract] **Objective** To assess the diagnostic value of myocardial viability by delayed-enhancement 64-slice CT compared with ^{18}F -FDG PET imaging in patients with acute myocardial infarction. **Methods** Twenty patients with first acute myocardial infarction outbreak underwent delayed enhancement multi-slice computed tomography (DE-MSCT) and ^{18}F -FDG PET image within two weeks. The 17 segments of the left ventricle depicted by the American Heart Association were graded; no, subendocardial, or transmural hyperenhancement on DE-MSCT. No or subendocardial hyperenhancement were expected to reflect viability. In order to determine the agreement of two methods, data of 17 myocardial segments were analyzed respectively by McNemar test and Kappa test. **Results** All patients were in sinus rhythm. Myocardial infarction was anterior ($n=8$), anteroseptal ($n=3$), inferior ($n=9$). Analysis of assessment of myocardial viability revealed best agreement among 5 myocardial segments ($\text{Kappa}=1$), better agreement among 10 myocardial segments ($\text{Kappa}>0.75$) and good agreement between 2 myocardial segments ($0.40\leq\text{Kappa}\leq 0.75$). **Conclusion** There is high agreement between DE-MSCT and ^{18}F -FDG PET imaging in the diagnosis of acute myocardial infarction. DE-MSCT is a promising method for assessment of myocardial viability.

[Key words] Myocardial viability; Tomography, emission computed; Tomography, X-ray computed

64 层螺旋 CT 延迟扫描对心肌存活性的诊断价值： 与 ^{18}F -FDG PET 显像对比研究

阎 谦¹, 田建明^{2*}, 汪 斌³, 孔令山³, 崔 斌⁴, 吴 骋⁵, 陈 涛¹, 童林军¹

(1. 上海交通大学附属仁济医院 PET/CT 中心, 上海 200240, 2. 第二军医大学附属长海医院放射科,
3. 医教部, 4. 核医学科, 上海 200433; 5. 第二军医大学统计教研室, 上海 200433)

[摘要] **目的** 以 ^{18}F -FDG PET 心肌代谢显像为标准, 评价 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描对心肌存活性的诊断价值。**方法** 20 例急性心肌梗死患者, 初次心肌梗死发作 2 周内接受 64 层螺旋 CT 及 PET 检查。按照美国心脏学会推荐的方法将左心室心肌分为 17 节段。逐个节段进行对比并用配对 McNemar 检验及诊断试验一致性检验进行统计分析, 了解两种方法的一致性。**结果** 左心室心肌的 17 个节段中, 5 段心肌两种方法检测结果完全一致。10 段心肌一致性好 (Kappa 值 >0.75), 2 段检测结果显示两种方法一致性较好 ($0.40\leq\text{Kappa}$ 值 ≤ 0.75)。**结论** 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描与 PET 评估心肌存活性具有很好的一致性, 是一种有临床应用前景的评估存活心肌的新方法。

[关键词] 心肌活力; 体层摄影术, 发射型计算机; 体层摄影术, X 线计算机

[中图分类号] R445.3; R542.22 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2009)02-0301-04

[基金项目] 上海市领军人才培养基金(LJ06006)。

[作者简介] 阎谦(1978-), 女, 湖北随州人, 博士, 主治医师。研究方向: 心血管影像学。E-mail: kara_xia@hotmail.com

[通讯作者] 田建明, 第二军医大学附属长海医院放射科, 200433。E-mail: Tianjianming@vip.sina.com.cn

[收稿日期] 2008-07-21 **[修回日期]** 2008-12-02

近年来,随着 64 层螺旋 CT 时间分辨力和空间分辨力的极大提高,心脏延迟增强 MSCT (delayed enhancement multi slice computed tomography, DE-MSCT) 检查不仅能探查心肌梗死灶,且能提供心肌存活信息,是一项缺血性心脏病的非常有前景的检查技术^[1]。本研究对 20 例心肌梗死患者分别进行 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描和¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像,并进行对比研究,旨在评价 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描对心肌活性的诊断价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2007 年 10 月—2008 年 3 月于我院接受 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描和¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像检查的 20 例急性心肌梗死患者,其中男 15 例,女 5 例,平均年龄 (60 ± 13) 岁。入选标准:急性心肌梗死 (ST 段抬高型) 初次发作的入院患者;均接受冠脉造影检查和 (或) 经皮冠状动脉介入治疗;心肌损害的心肌酶谱显著改变;肾功能及甲状腺功能正常;血糖正常。

所有患者均于心梗发作 2 周内进行 64 层螺旋 CT 和 PET 检查,三种检查的间隔时间小于 24 h (表 1)。

1.2 检查方法

1.2.1 64 层螺旋 CT 检查

(1) 检查前准备:患者检查前 6 h 禁食。心率 ≥ 80 次/分钟的患者口服他洛克 25 ~ 100 mg,心率降至 70 次/分钟以下后进行检查。对所有患者均进行呼吸训练。核实有无过敏史,签署《研究知情同意书》。

(2) 扫描及重建技术:采用 SOMATOM SENSATION CARDIAC 64 螺旋 CT,图像采集应用心脏扫描模式,管电压 100 kV,管电流 700 mAs,准直器宽度 64 × 0.6 mm,螺距 0.2,旋转扫描时间 0.33 s。于右肘前静脉插入 20 ~ 18 G 套管针,以 3 ~ 5.5 ml/s 的速度注射非离子型含碘对比剂 (优维显 370 mgI) 80 ~ 85 ml。对比剂注射完毕后,以相同速度继续追加注射 30 ml 生理盐水。延迟 1 min 后,以 0.2 ml/s 的速度继续注射对比剂 35 ~ 45 ml。自第二次注射对比剂起,延迟 5 min 开始心脏扫描,扫描范围为气管隆嵴至心脏膈面。原始数据按照 70% R-R 间期时相进行重建,重建厚度为 0.75 mm。当 70% 时相重建影像质量不佳时,于 30% ~ 70% R-R 间期内间隔 1% 间期进行重建,从中挑选影像质量最佳的时相用于评估并记录时相。

(3) 图像处理:将采集的心肌横断面图像通过多平面重建 (multi-planar reformation, MPR),重组出心脏自身的短轴图像。首先确立心脏的垂直长轴,将坐标轴垂直于心脏垂直长轴,建立心脏短轴,在心脏短轴分析左心室心肌延迟强化情况。

1.2.2 PET 检查方法 检查前 6 h 禁食。检查当日测血糖合格后 (8.0 mmol/L),嘱患者口服葡萄糖 50 ~ 75 g,然后静脉注射 6 U 胰岛素,40 min 后按 6.475 MBq/kg 注射¹⁸F-FDG,20 min 后采集图像。应用 AC 公司 C-PET 进行图像采集,采用¹³⁷Cs 源进行非均一性衰减校正,扫描长度为

表 1 患者基本情况

患者	性别	年龄 (岁)	心肌梗死部位	责任血管	心率 (次/分钟)	发作至检查间隔 (天)	
						CT	PET
1	男	57	前间壁	LM LAD	68	7	8
2	女	70	前间壁	LAD	80	8	8
3	男	62	下壁	RCA	46	6	6
4	男	73	下壁	LAD RCA	88	6	6
5	男	48	前壁	LAD	72	7	7
6	男	57	下壁	RCA	65	7	7
7	女	72	前壁	LAD Diag	75	12	12
8	男	52	下壁	RCA	52	5	6
9	男	74	前壁	LAD	90	6	7
10	女	70	前壁	LAD RCA	85	5	6
11	男	51	下壁	LAD	73	9	10
12	男	20	前壁	LAD	72	6	7
13	男	55	前间壁	LM LAD	65	5	6
14	女	68	前间壁	LAD	75	6	7
15	男	63	下壁	RCA	56	6	6
16	男	70	下壁	LAD RCA	72	6	6
17	男	49	前壁	LAD	70	6	7
18	男	58	下壁	RCA	68	5	6
19	女	70	前壁	LAD	71	8	9
20	男	54	下壁	RCA	60	5	6

注:LM:左冠状动脉主干;LAD:左前降支;RCA:右冠状动脉;Diag:对角支

表 2 两种检测方法对各节段心肌活性的检测及分析结果

节段	CT	PET		χ ² 值	P 值	Kappa 值	Kappa 值的 95% 可信区间
		存活	梗死				
1	存活	11	2	2.0	0.157	0.794	(0.529, 1.059)
	梗死	0	7				
2	存活	17	0	-	-	1.000	(1.000, 1.000)
	梗死	0	3				
3	存活	10	0	1.0	0.317	0.900	(0.710, 1.090)
	梗死	1	9				
4	存活	11	3	3.0	0.083	0.688	(0.378, 0.997)
	梗死	0	6				
7	存活	16	0	1.0	0.317	0.828	(0.503, 1.152)
	梗死	1	3				
8	存活	10	2	2.0	0.157	0.800	(0.542, 1.058)
	梗死	0	8				
9	存活	12	1	0.0	1.000	0.780	(0.492, 1.069)
	梗死	1	6				
10	存活	12	2	2.0	0.157	0.783	(0.504, 1.062)
	梗死	0	6				
13	存活	13	1	1.0	0.317	0.886	(0.671, 1.102)
	梗死	0	6				
14	存活	10	3	1.0	0.317	0.588	(0.235, 0.940)
	梗死	1	6				
15	存活	15	1	1.0	0.317	0.857	(0.587, 1.127)
	梗死	0	4				
17	存活	16	1	1.0	0.317	0.828	(0.503, 1.152)
	梗死	0	3				

368 mm,扫描片断厚度为 4 mm。采集结束后应用迭代法处理图像进行三维重建,获得左心室心肌短轴、水平长轴和垂直长轴断层图像。

1.3 图像分析 64 层螺旋 CT 图像由两名有经验的放射科医师和两名核医学医师独立阅片, 心肌分段采用美国心脏学会的 17 节段分法(图 1)。梗死心肌(延迟增强显像) \geq 左心室心肌厚度 50% 为透壁性梗死, 心肌已无活性; 如梗死心肌 $<$ 左心室心肌厚度 50% 为内膜下心梗, 心肌仍存活^[2]。对¹⁸F-FDG PET 图像, 由 2 位有经验的核医学医师用视觉评价法对各节段的放射性分布进行 4 级评分: 摄取正常 = 3, 轻度减少 = 2, 中度减少 = 1, 严重减少 = 0。如心肌各节段¹⁸F-FDG 中度或明显聚集, 认为心肌有活力; 若¹⁸F-FDG 无聚集或聚集极轻, 则认为心肌无活力。

1.4 统计学分析 采用 SAS 9.1.3 统计分析软件。心肌的 17 节段分别用两种方法检测, 每段的检测结果比较都用配对 McNemar 检验及诊断试验一致性检验, 检验水准 $\alpha = 0.05$; Kappa 值的判定: Kappa 值 > 0.75 为一致性好; $0.40 \leq$ Kappa 值 ≤ 0.75 为一致性较好; Kappa 值 < 0.40 为一致性差。

2 结果

20 例患者中, 前壁心肌梗死 8 例, 前间壁心肌梗死 3 例, 下壁心肌梗死 9 例。共 340 段心肌中, 两种方法检测结果完全一致者 94.12% (320/340, 图 2), PET 结果显示梗死而 CT 结果显示存活者 4.71% (16/340), PET 结果显示存活而 CT 结果显示梗死者 1.18% (4/340)。在 17 段心肌中, 采用两种方法检测得到一致性好的有 15 段 (Kappa > 0.75), 其中第 5、6、11、12、16 段共 5 段心肌两种检测方法均为存活, 一致性好; 第 4、14 节段检测结果两种方法一致性较好 ($0.40 \leq$ Kappa ≤ 0.75); 未出现两种方法不具有一致性或一致性较差的结果(表 2)。

3 讨论

¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像是目前判断心肌存活最准确的方法之一, 被很多学者称为“金标准”。64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描是检测心肌存活的新技术, 能够提供心肌存活的信息。Baks 等^[2]制作出猪的顿抑心肌及梗死心肌的活体模型, 然后对心肌缺血模型行 64 层螺旋 CT 及 MRI 心脏延迟增强扫描, 结果显示心肌梗死范围及坏死程度方面与 MRI 延迟扫描有较好的相关性; Habis 等^[3]探查急性心梗早期患者的存活心肌, 发现 64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描与心脏二维超声对比有较高敏感性、特异性及准确率; 而目前国内 64 层螺旋 CT 与 PET 显像评估心肌活性直接对比的研究报道较少。

64 层螺旋 CT 心脏延迟扫描检查使用的非离子型碘对比剂属于细胞外间隙对比剂。注入非离子型碘对比剂后, 正常心肌内对比剂浓度迅速达到峰值, 并逐渐廓清, 使正常心肌表现为均匀一致的早期强化及随后延迟期的强化程度下降^[4]; 而缺血和梗死心肌则表现出不同类型强化^[5], 包括早期缺损、剩余缺损和延迟强化^[6-7]。

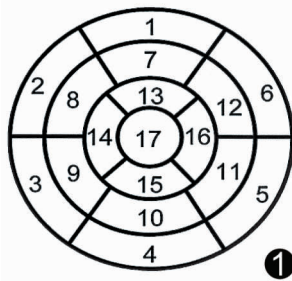


图 1 左心室分段法

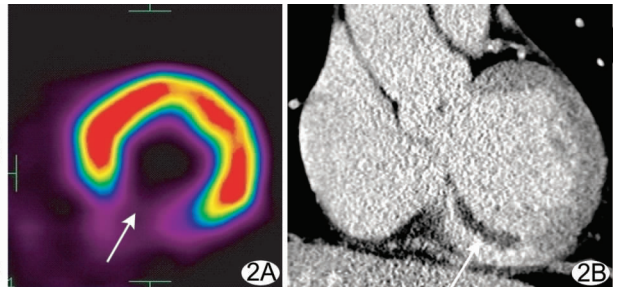


图 2 心肌梗死患者, 62 岁 A. ¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像心肌短轴显像示第 3、4 及 9 节段心肌基本无代谢, 为无活性心肌; B. 延迟增强 64 层螺旋 CT 心肌显像心肌短轴层面示 3、4 及 9 节段心肌延迟增强显像 \geq 左心室心肌厚度 50%, 为透壁性梗死, 心肌无活性(箭)

本组 PET 结果显示梗死而 CT 结果显示存活者占 4.71%, PET 结果显示存活而 CT 结果显示梗死者占 1.18%。造成两者差别的除人为误差外, 还存在以下原因: ①CT 检查中, 扫描剂量、对比剂注射方法、患者屏气效果及延迟扫描时间等因素都影响成像质量。本组采用的扫描参数为管电压 100 kV, 管电流 700 mAs, 可能由于延迟扫描中, 组织对比不够明显, 不能很好地显示一些微小的梗死灶。对比剂注射采取团注法与滴注法相结合, 注射总量及滴注速度都有可能影响成像质量。②PET 结果敏感性较高, 有时会出现假阳性^[10]。本组中由于 PET 对于心肌活性的判定还没有具体定量, 有些内膜下心梗与透壁性心梗可能不容易区分。③患者个体差异也影响评估结果。

本组结果表明 64 层螺旋 CT 延迟扫描技术与¹⁸F-FDG PET 心肌代谢显像具有很好的一致性, 是评估心肌存活的可靠方法。由于 PET 设备相对较少, 费用较昂贵, 限制了其临床应用^[11]。而 64 层螺旋 CT 检查费用相对低廉^[12], 不仅具有极高的时间、空间、密度分辨率, 也有先进的后处理软件和心电门控技术。64 层螺旋 CT 心脏延迟增强扫描评价心肌存活性技术简便、无创, 采集时间短, 允许对带有金属泵及起搏器等金属植入物的患者进行检查, 并可同时评价心功能和冠状动脉。随着 CT 设备时间分辨力的进一步提高, 该技术将有更加广阔的应用前景。

[参考文献]

- [1] Nikolaou K, Sanz J, Poon M, et al. Assessment of myocardial perfusion and viability from routine contrast-enhanced 16-detector-row computed tomography of the heart: preliminary results. *Eur Radiol*, 2005, 15(5): 864-871.
- [2] Baks T, Cademartiri F, Moelker AD, et al. Multislice computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of reperfused acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48(1): 144-152.
- [3] Habis M, Capderou A, Ghostine S, et al. Acute myocardial infarction early viability assessment by 64-slice computed tomography immediately after coronary angiography: comparison with low-dose dobutamine echocardiography. *J Am Coll Cardiol*, 2007, 49(11): 1178-1185.
- [4] Rubinshtein R, Halon DA, 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. *Circulation*, 2007, 115(13): 1762-1768.
- [5] Danciu SC, Herrera CJ, Stecy PJ, et al. Usefulness of multislice computed tomographic coronary angiography to identify patients with abnormal myocardial perfusion stress in whom diagnostic catheterization may be safely avoided. *Am J Cardiol*, 2007, 100(11): 1605-1608.
- [6] Chiou KR, Liu CP, Peng NJ, et al. Identification and viability assessment of infarcted myocardium with late enhancement multidetector computed tomography: comparison with thallium single photon emission computed tomography and echocardiography. *Am Heart J*, 2008, 155(4): 738-745.
- [7] Baks T, Cademartiri F, Moelker AD, et al. Assessment of acute reperused myocardial infarction with delayed enhancement 64-MDCT. *AJR Am J Roentgenol*, 2007, 188(2): W135-137.
- [8] Choe YH, Choo KS, Jeon ES, et al. Comparison of MDCT and MRI in the detection and sizing of acute and chronic myocardial infarcts. *Eur J Radiol*, 2008, 66(2): 292-299.
- [9] Brodoefel H, Klumpp B, Reimann A, et al. Sixty-four-MSCT in the characterization of porcine acute and subacute myocardial infarction: determination of transmural in comparison to magnetic resonance imaging and histopathology. *Eur J Radiol*, 2007, (62): 235-246.
- [10] Zhu HY, Tian JM, Wang L, et al. Multimodality MRI in determination of myocardial viability: comparison with positron emission tomography and single photon emission computed tomography. *Chin J Radiol*, 2005, 39(6): 593-598.
朱海云, 田建明, 王莉, 等. MRI 与正电子发射计算机断层、单光子发射计算机断层显像检测活性心肌的对比研究. *中华放射学杂志*, 2005, 39(6): 593-598.
- [11] Knesaurek K, Machac J. Comparison of 18F SPECT with PET in myocardial imaging: a realistic thorax-cardiac phantom study. *BMC Nucl Med*, 2006, 31(6): 5.
- [12] Liu C. Using the advantage of 64-slice MSCT adequately. *Chin J Med Imaging Technol*, 2005, 21(8): 1145-1147.
柳澄. 充分发挥 64 层螺旋 CT 的优势. *中国医学影像技术*, 2005, 21(8): 1145-1147.

欢迎订阅《CT 理论与应用研究》

《CT 理论与应用研究》(国际标准刊号:ISSN1004-4140,国内统一刊号:CN11-3017/P)是中国地震局地球物理研究所和同方威视技术股份有限公司共同主办的专业性学术刊物,主要报道 CT 理论与应用方面的创新性研究成果,反映国内外 CT 科学的前沿和进展。期刊设有 CT 理论与方法、地球物理 CT、工业 CT、医学 CT、综述和信息等栏目。读者对象为从事 CT 理论与应用方面的科技人员及大专院校师生,也是有关图书、情报等部门必不可少的信息来源。

《CT 理论与应用研究》是目前我国唯一专门刊登 CT 理论与应用学科领域的中英文学术刊物,经过多项学术指标综合评定及同行专家评议推荐,自 2004 年第 1 期起被收录为“中国科技论文统计源期刊”,即中国科技核心期刊。

《CT 理论与应用研究》热忱欢迎广大订户订阅。

征订办法

季刊,16 开,每期定价 10 元,全年定价 40 元(含邮费 50 元),由编辑部负责征订、发行。订户将征订单寄至编辑或以电话方式联系订阅,收到订款费后,编辑部将出具正式发票。

付款方式

1. 银行汇款

项目:《CT 理论与应用研究》订刊费 收款单位:中国地震局地球物理研究所

账号:0200007609088104715 开户行:北京工行紫竹院支行

2. 邮局汇款

项目:订刊费 收款人姓名:《CT 理论与应用研究》编辑部

地址:北京民族大学南路 5 号 邮编:100081

联系方式

地址:北京民族大学南路 5 号 邮编:100081

电话:010-68729234 E-mail:cttacn@cea-igp.ac.cn