

DOI:10.3724/SP.J.1008.2008.00792

急性心肌梗死的多层螺旋 CT 双期扫描影像学特征

曲新凯¹, 方唯一^{1*}, 关韶峰¹, 沈艳², 叶剑定², 焦静², 李若谷¹, 艾力·麦合木提³

1. 上海交通大学附属上海胸科医院心内科, 上海 200030

2. 上海交通大学附属上海胸科医院放射科, 上海 200030

3. 新疆阿克苏地区第一人民医院心内科, 新疆 843000

[摘要] 目的: 分析急性心肌梗死的多层螺旋 CT 影像学特征。方法: 6 只家猪开胸结扎前降支远端 1/3, 建立急性无再灌注心肌梗死模型, 行双期螺旋 CT 扫描, 对得到的 CT 影像学图像特点进行分析。结果: 6 只动物全部成功建模, 早期 CT 扫描特征为造影剂灌注缺损, 延迟扫描时灌注缺损面积百分比明显减少 $[(13.52 \pm 5.22)\% \text{ vs } (9.07 \pm 3.47)\%, P=0.004]$, 平均下降 32.14%; 残余灌注缺损区域周围 CT 值明显高于非梗死区域 $[(156 \pm 21) \text{ vs } (132 \pm 25) \text{ HU}, P=0.004]$; 在不同扫描时相, 不同区域组织的 CT 值密度发生变化, 心腔由 $(586 \pm 111) \text{ HU}$ 下降到 $(294 \pm 53) \text{ HU} (P=0.001)$, 非梗死区域心肌由 $(247 \pm 54) \text{ HU}$ 降到 $(132 \pm 25) \text{ HU} (P=0.001)$, 灌注缺损区域 CT 值无明显变化 $[(29 \pm 23) \text{ vs } (42 \pm 14) \text{ HU}, P=0.289]$ 。结论: 急性心肌梗死的双期螺旋 CT 影像学特征为早期灌注缺损, 延迟灌注改善和残余灌注缺损; 早期扫描高估梗死区域的面积。

[关键词] 心肌梗死; 多层螺旋计算机体层摄影术

[中图分类号] R 542.22 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2008)07-0792-04

Dual-phase scanning characteristics of multislice spiral CT for acute myocardial infarction

QU Xin-kai¹, FANG Wei-yi^{1*}, GUAN Shao-feng¹, SHEN Yan², YE Jian-ding², JIAO Jing², LI Ruo-gu¹, AILI Mai-he-mu-ti³

1. Department of Cardiology, Shanghai Chest Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China

2. Department of Radiology, Shanghai Chest Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030

3. Department of Cardiology, First People's Hospital of Akesu, Akesu 843000

[ABSTRACT] **Objective:** To analyze the characteristics of multislice spiral computed tomography (CT) for acute myocardial infarction. **Methods:** The anterior descending coronary arteries of 6 pigs were ligated at the 1/3 distal end to establish acute myocardial infarction model without reperfusion. Dual multislice spiral CT scanning was performed in all animals and the CT characteristics were analyzed. **Results:** Acute myocardial infarction model was successfully established in all 6 animals. Myocardial perfusion deficits were detected during early phase scanning; the area of deficits were significantly decreased during late phase scanning $(13.52\% \pm 5.22\% \text{ vs } 9.07\% \pm 3.47\%, P=0.004)$, with a mean decrease of 32.14%. CT value of different myocardial varied at different scanning times: the values of LV cavity decreased from $(586 \pm 111) \text{ HU}$ to $(294 \pm 53) \text{ HU} (P=0.001)$, that of the normal myocardial area decreased from $(247 \pm 54) \text{ HU}$ to $(132 \pm 25) \text{ HU} (P=0.001)$; the values of the perfusion deficit regions were not significantly changed $([42 \pm 14] \text{ HU vs } [29 \pm 23] \text{ HU}, P=0.289)$. During late phase scanning, CT value around residual perfusion deficit was higher than that of normal myocardium $([156 \pm 21] \text{ HU vs } [132 \pm 25] \text{ HU}, P=0.004)$. **Conclusion:** The dual-phase MSCT characteristics of AMI include early perfusion deficits, late enhancement and residual perfusion deficits. Early phase scanning may overestimate the infarction area.

[KEY WORDS] myocardial infarction; multislice spiral computed tomography

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2008, 29(7): 792-795]

多层螺旋 CT (MSCT) 作为一种无创检查手段在临床上广泛应用, 在心脏病诊断领域也逐渐显示

出其独特的优势, 20 世纪 90 年代开始, 随着螺旋速率的不断提高, 其检测冠脉病变、先天性畸形、心包

[收稿日期] 2007-12-19 **[接受日期]** 2008-04-14

[基金项目] 上海市卫生局科技发展基金(054027). Supported by Fund of Science Committee of Health Department of Shanghai Municipal Government(054027).

[作者简介] 曲新凯, 博士生, 副教授, 副主任医师. E-mail: quxinkai@hotmail.com

* 通讯作者 (Corresponding author). E-mail: fwychest@163.com

病变的能力都得到了肯定^[1-7],近几年又开始用于评价易损斑块、钙化评分的研究。2004年,Hoffmann等^[8]开始MSCT评价心肌的研究,之后的一些研究取得了比较满意的结果^[9-14]。目前,国内尚未开始这方面的探索性研究,本实验拟通过建立急性心肌梗死的动物模型,分析MSCT的影像学特征,为临床MSCT适应证的拓展提供实验依据。

1 材料和方法

1.1 急性心肌梗死动物模型的建立 家猪6只,雌、雄性各3只,体质量(23.7±2.8)kg,由上海第六人民医院动物实验室统一提供。氯胺酮20mg/kg、地西洋2.0mg/kg肌内注射行基础麻醉,耳缘静脉穿刺,建立静脉通路,连接心电监护,静脉给予3%戊巴比妥钠2~3ml行静脉麻醉,气管插管,连接呼吸机,设定参数为:潮气量540ml、频率12次/min、氧浓度30%~50%、吸呼比1:2。

取胸部正中线偏左为手术切口,逐层切开皮肤、皮下组织、胸骨、心包,暴露心脏,分离前降支,结扎远端1/3处。结扎前给予利多卡因100mg预防室颤,如果发生室颤给予心内电极20~30Ws非同步电除颤。观察30min后,逐层关胸。转送CT检查室行心肌检查。

1.2 多层螺旋CT 图像获得均在上海市胸科医院64排多层螺旋CT(Philip公司)的检查下完成。实验猪平卧于检查床,建静脉通路,连接心电监护,设定心电门控。术中追加使用3%戊巴比妥钠2~3ml静脉麻醉,保持动物安静。设定CT参数:球管电压80kV、电流800mA、递增1.0、扫描层厚0.8

mm。以5ml/s静脉注射碘普罗胺(优维显370)100ml,注射开始后1.5min时行双期心肌扫描,采集数据,以备后期重建。

1.3 图像分析 MSCT扫描得到的原始数据在软件下进行后期重建,相控时间为RR间期的60%,层厚3.0mm。取心室短轴切面,计算不同扫描时期各个切面梗死面积百分比、不同区域心肌组织CT值。

1.4 梗死心肌的病理改变 上述检查完成后,处死动物,取心脏行常规H-E染色,观察梗死心肌的病理变化。

1.5 统计学处理 采用SPSS 13.0统计软件,数据以 $\bar{x}\pm s$ 表示,不同时相梗死区域面积百分比和不同区域的CT值变化用配对 t 检验。 $P<0.05$ 为有统计学意义。

2 结果

2.1 建模 6只猪全部成功建立急性心肌梗死模型,其中3只在结扎血管后发作室颤,发生时间分别为结扎后25、2、30min[平均(19±15)min],其中1只仅给予利多卡因100mg即转复,另2只给予心内电除颤2~5次转复。结扎后3~8h[平均(5.3±1.9)h]行MSCT检查。

2.2 双期扫描不同区域CT值的变化 表1可以看出,5min延迟扫描左室腔CT值与早期相比明显下降,平均下降49.26%;5min延迟扫描非梗死区CT值与早期相比明显下降,平均下降45.74%;晚期残余缺损区CT值与早期灌注缺损区相比无显著性差异;延迟扫描时,残余灌注缺损区域边缘CT值与远处非梗死区域相比显著增加(图1)。

表1 不同扫描时相CT值的变化

Tab 1 CT values of different cardiac tissues at different scanning phases

Position	CT value(HU)		Declining degree	t value	P value
	1 min	5 min			
LV cavity	586±111	294±53	49.26%	7.702	0.001
Normal myocardium	247±54	132±25	45.74%	7.810	0.001
Perfusion deficit region	29±23	42±14	-	-1.186	0.289
Late enhancement region	-	156±21	-	-4.982	0.004

($n=6$)

2.3 双期扫描梗死面积百分比的变化 5min延迟扫描得到的梗死区面积百分比与早期扫描相比明显下降[(13.52±5.22)% vs (9.07±3.47)%, $P=0.004$],平均下降32.14%。

2.4 H-E染色 图2显示梗死后不同部位心肌的H-E染色,梗死交界区可见坏死心肌与缺血心肌组

织交错存在。

3 讨论

目前比较成熟的急性心肌梗死模型建立方法有两种,一种为开胸结扎法,另一种为导管下球囊封堵法。本研究由于所造模型为急性无再灌注心肌梗

死,因而采用开胸法。造模过程中,尤其采用猪为实验对象时,要注意发生室颤的情况,本实验一半的对象发生了室颤,表明该恶性心律失常的发生率较高,为保证造模的成功率,结扎后要严密监护,冠脉结扎后 30 min 内是发生室颤的高峰期,本实验的 3 头猪全部在此时间段内发生,因此这段时间应额外重视。关于结扎血管部位,则要视实验目的而定,如果结扎在前降支则室颤的比例较高,注意到这点,成功率就会增高。

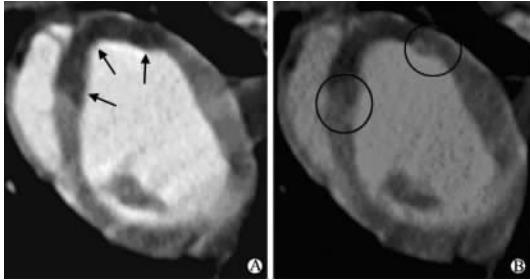


图 1 MSCT 双期扫描图像

Fig 1 Results of dual scanning by MSCT

A: Early phase: perfusion deficit at apical and anteroseptal wall (arrows); B: Late phase: residual perfusion and late enhancement at same site (circle)

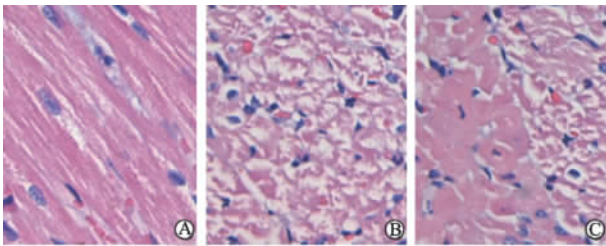


图 2 不同部位心肌的 H-E 染色

Fig 2 H-E staining of different tissues

A: Normal myocardium; B: Core region of infarcted myocardium; C: Border of infarcted myocardium. Original magnification: $\times 200$

本研究发现,不同扫描时相心腔、正常心肌组织、梗死区域组织的 CT 值都是变化着的。早期扫描时,心腔 CT 值最高,正常心肌组织的 CT 值也较高,而梗死区域则很低;延迟扫描时,心腔和正常心肌组织的 CT 值均明显下降,而梗死周边区域造影剂明显增强,甚至高于正常的心肌组织。CT 值的这种时间依赖性变化,反映了不同区域组织微循环灌注的速度差异。

Gerber 等^[9]研究认为 MSCT 使用碘造影剂的血流动力学过程同磁共振检查使用的 Gadodiamide 相似,都是细胞外蓄积显像;并且,梗死区域、梗死边缘、非梗死区域的微循环灌注速度不同,梗死区最慢、边缘区较慢、非梗死区最快。通常,正常心肌微

循环造影剂灌注时间为 (0.8 ± 0.4) min, 排出时间为 (2.3 ± 0.9) min; 梗死区边缘心肌的灌注时间为 (1.2 ± 0.2) min, 基本上与正常心肌相似, 但排出时间明显减慢, 为 (10 ± 4) min; 梗死区核心部分, 无论灌注还是排出都明显缓慢, 分别为 (6.9 ± 3.5) min 和 (15 ± 15) min。

基于上述血流动力学特征,早期扫描时,心表面外膜冠脉血管闭塞导致心肌组织微循环阻塞,非梗死区域心肌开始灌注,而梗死区域和梗死边缘区尚未灌注,因此,CT 表现为低信号灌注缺损^[15]。随着时间推移,左室心腔和正常心肌组织的造影剂随血流冲刷,浓度下降,因此 CT 值也降低。但梗死边缘和梗死区域造影剂灌注和排空速度都减慢,首先梗死边缘部分尚未梗死的区域开始灌注,其 CT 值达到与周围相同的程度;接着,原有灌注缺损的边缘区也恢复灌注,但其表现向两个方向发展。在梗死区外周,存在灌注缓慢的微循环,当造影剂缓慢进入梗死区域后,由于该区域已发生心肌坏死,细胞膜受损,大量的造影剂进入心肌细胞内,而细胞内容量是细胞外容量的 3 倍,故此区域造影剂蓄积的量明显高于非梗死区域,因此,CT 表现为高信号^[3],研究称之为延迟高增强现象(late enhancement)。而在梗死核心,由于微循环完全破坏,没有造影剂灌注,这部分仍然处于灌注缺损状态,CT 仍表现为低信号残余缺损。残余缺损的存在,意味着心肌坏死的同时,伴有微循环的严重障碍,远期预后较差。正是这种灌注差异,才促成了 MSCT 双期扫描评价不同心肌组织的可行性。

双期扫描的时间窗,有的研究选在注射造影剂后 15 min^[12],有的选择 5~10 min^[7,14]。

早在 20 世纪 70 年代即有学者开始 CT 评价梗死心肌的研究,但由于扫描速率和单层扫描的限制,其临床应用价值不大。此后,有关这方面的研究一直较少,直到 2004 年, Hoffmann 等^[8]用 4 排 MSCT 检测了非再灌注猪心梗后心肌,得到的梗死面积与病理 TTC 染色有极好的相关性,再次引发了 MSCT 对梗死心肌评价价值的研究。由于单次扫描得到的梗死面积不能真实反映实际梗死的大小,所以,以后的研究多数集中于双期扫描,即造影剂注射后即刻及延迟扫描。

本研究采用双期扫描,得到的急性心肌梗死 MSCT 影像学改变为早期造影剂灌注缺损;5 min 延迟扫描表明,早期灌注缺损的面积明显减少。

如前所述,不同组织、不同时间相造影剂在微循环的灌注速度不同。早期扫描的灌注缺损面积包含

了所有微循环灌注缺损的面积,而其中有一部分只是缺血心肌,因此高估了梗死面积;而延迟扫描时,由于梗死边缘恢复灌注,消除了梗死边缘缺血心肌对梗死面积的影响,仅包含了真正梗死区特异性的残余灌注缺损和高增强改善的面积,才是真正的梗死面积。正因如此,早期扫描高估了梗死面积,延迟扫描才能真正反映梗死的实际面积。

本研究没有精确测量延迟高增强改善的面积,也没有用其他明确的手段如磁共振、病理对照研究延迟扫描显示梗死面积的精确性,但本研究的目的在于反映双期 MSCT 扫描比单次扫描能更真实地反映梗死面积,以及延迟扫描存在着造影剂高增强改善现象。由于 64 排螺旋 CT 评估梗死心肌的研究还很少,尤其在国内外尚未开始,故本研究为进一步的研究做了铺垫。

[参考文献]

- [1] Ropers D, Baun U, Pohle K, Anders K, Ulzheimer S, Ohnesorge B, et al. Detection of coronary artery stenosis with thin-slice multi-detector row spiral computed tomography and multiplanar reconstruction[J]. *Circulation*, 2003, 107: 664-666.
- [2] Nieman K, Cademartiri F, Lemos P A, Raaijmakers R, Pattynama P M, de Feyter P J. Reliable noninvasive coronary angiography with fast submillimeter multislice spiral computed tomography[J]. *Circulation*, 2002, 106: 2051-2054.
- [3] Kuettner A, Kopp A F, Schroeder S, Rieger T, Brunn J, Meisner C, et al. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with angiographically proven coronary artery disease[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43: 831-839.
- [4] Mollet N R, Cademartiri F, Nieman K, Saia F, Lemos P A, McFadden E P, et al. Multislice spiral computed tomography coronary angiography in patients with stable angina pectoris[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43: 2265-2270.
- [5] Kuettner A, Beck T, Drosch T, Kettering K, Heuschmid M, Burgstahler C, et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary imaging using 16-detector slice spiral computed tomography with 188 ms temporal resolution[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45: 123-127.
- [6] Pugliese F, Mollet N R, Runza G, van Mieghem C, Meijboom W B, Malagutti P, et al. Diagnostic accuracy of non-invasive 64-slice CT coronary angiography in patients with stable angina pectoris[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16: 575-582.
- [7] Flohr T G, McCollough C H, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Süß C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system[J]. *Eur Radiol*, 2006, 16: 256-268.
- [8] Hoffmann U, Millea R, Enzweiler C, Ferencik M, Gulick S, Titus J, et al. Acute myocardial infarction: contrast-enhancement multi-detector row CT in a porcine model[J]. *Radiology*, 2004, 231: 697-701.
- [9] Gerber B L, Belge B, Legrons G, Lim P, Poncelet A, Pasquet A, et al. Characterization of acute and chronic myocardial infarcts by multidetector computed tomography: comparison with contrast-enhanced magnetic resonance[J]. *Circulation*, 2006, 113: 823-833.
- [10] Saeed M, Bremerich J, Wendland M F, Wytttenbach R, Weinmann H J, Higgins C B, et al. Reperfused myocardial infarction as seen with use of necrosis-specific *versus* standard extracellular MR contrast media in rats[J]. *Radiology*, 1999, 213: 247-257.
- [11] Lardo A C, Cordeiro M A S, Silva C, Amado L C, George R T, Saliaris A P, et al. Contrast-enhancement multidetector computed tomography viability imaging after myocardial infarction: characterization of myocyte death, microvascular obstruction, and chronic scar[J]. *Circulation*, 2006, 113: 394-404.
- [12] Baks T, Cademartiri F, Moelker A D, Weustink A C, van Geuns R J, Mollet N R, et al. Multislice computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of reperfused acute myocardial infarction[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 48: 144-152.
- [13] Mahnken A H, Koos R, Katoh M, Wildberger J E, Spuentrup E, Buecker A, et al. Assessment of myocardial viability in reperfused acute myocardial infarction using 16-slice computed tomography in comparison to magnetic resonance imaging[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2005, 45: 2042-2047.
- [14] Brodoefel H, Klumpp B, Reimann A, Ohmer M, Fenchel M, Schroeder S, et al. Late myocardial enhancement assessed by 64-MSCT in reperfused porcine myocardial infarction: diagnostic accuracy of low-dose CT protocols in comparison with magnetic resonance imaging[J]. *European Radiology*, 2007, 17: 475-483.
- [15] Koyama Y, Matsuoka H, Kawakami H. Myocardial perfusion patterns by two-phase contrast CT predict clinical outcome in patients with acute myocardial infarction after successful reperfusion therapy[J]. *Jpn Circ J*, 2002, 66(suppl 1): 813.

[本文编辑] 曹 静