

# 冠心病心肌缺血、坏死程度的磁共振与单光子发射计算机体层显像对照研究

何 东<sup>1</sup>, 王 莉<sup>1\*</sup>, 朱海云<sup>2</sup>, 林 琳<sup>1</sup>, 田建明<sup>1</sup>, 孔令山<sup>1</sup>

(1. 第二军医大学长海医院放射科, 上海 200433; 2. 解放军第 85 医院放射科, 上海 200052)

**[摘要]** **目的:** 评估磁共振(MRI)和单光子发射计算机体层显像(SPECT)检测心肌缺血、坏死的价值。**方法:** 冠心病拟行血运重建术患者 28 例, 于术前 1 周内完成冠状动脉造影(CAG)、MRI 和 SPECT 的对照检查, 以 CAG 结果狭窄程度 $\geq 70\%$ 为标准, 判断 MRI 和 SPECT 检出心肌缺血、坏死的敏感性、特异性和准确性。**结果:** CAG 发现阳性血管共 39 支, 阴性血管共 45 支。以 CAG 结果为标准, MRI 检出心肌缺血的敏感度、特异度、准确度分别为 92.31%、80.00%、85.71%, 检出心肌坏死的敏感度、特异度、准确度分别为 66.67%、91.11%、79.76%; SPECT 检出心肌缺血的敏感度、特异度、准确度分别为 94.87%、82.22%、88.10%, 检出心肌坏死的敏感度、特异度、准确度分别为 61.54%、86.67%、75.00%。统计学分析表明, MRI 和 SPECT 显示缺血和坏死与 CAG 对照无明显差别, 并且 MRI 和 SPECT 两种方法判断心肌缺血和坏死的准确度差异无明显统计学意义。**结论:** 以 CAG 管腔狭窄程度 $\geq 70\%$ 为临界值, MRI 与 SPECT 检出相应供血区心肌缺血、坏死的准确度较高, 两者具有很好的一致性。

**[关键词]** 冠状动脉疾病; 磁共振成像; 体层摄影术, 发射型计算机, 单光子

**[中图分类号]** R 541.4 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0258-879X(2007)10-1082-04

## MRI and SPECT in evaluating myocardial ischemia and necrosis in patients with coronary artery disease: a comparative study

HE Dong<sup>1</sup>, WANG Li<sup>1\*</sup>, ZHU Hai-yun<sup>2</sup>, LIN Lin<sup>1</sup>, TIAN Jian-ming<sup>1</sup>, KONG Ling-shan<sup>1</sup> (1. Department of Radiology, Changhai Hospital, Second Military Medical University, Shanghai 200433, China; 2. Department of Radiology, No. 85 Hospital of PLA, Shanghai 200052)

**[ABSTRACT]** **Objective:** To assess the value of MRI and single photon emission computed tomography (SPECT) in detecting myocardial ischemia and necrosis. **Methods:** Coronary angiography (CAG), MRI and SPECT were performed in 28 patients with coronary artery disease one week before revascularization operation. The stenosis criterion was a more than 70% stenosis by CAG; the sensitivity, specificity and accuracy of both MRI and SPECT were calculated according to the criterion. **Results:** CAG revealed 39 positive arteries and 45 negative arteries. According to the CAG results, the sensitivity, specificity and accuracy of MRI for detecting myocardial ischemia were 92.31%, 80.00% and 85.71%, respectively; and for detecting myocardial necrosis were 66.67%, 91.11%, and 79.76%, respectively. The sensitivity, specificity and accuracy of SPECT for detecting myocardial ischemia were 94.87%, 82.22% and 88.10%, respectively; and for detecting myocardial necrosis were 61.54%, 86.67%, and 75.00%, respectively. **Conclusion:** MRI and SPECT have high accuracy in detecting myocardial ischemia and necrosis and the results of the 2 methods accord well with each other.

**[KEY WORDS]** coronary diseases; magnetic resonance imaging; tomography, emission computed, single-photon

[Acad J Sec Mil Med Univ, 2007, 28(10):1082-1085]

慢性左室功能障碍的患者, 其活性心肌的范围与预后及血运重建术后的结果密切相关<sup>[1]</sup>。以往临床检查活性心肌的常规方法是单光子发射计算机体层显像(single photon emission computed tomography, SPECT), 但它的空间分辨率较低, 且有电离辐射。近来迅速普及的检查方法是 MRI 心脏扫描, 它无创、无电离辐射, 且空间分辨率较高。本研究通过对临床拟行血运重建术的患者进行冠状动脉造影(CAG)、MRI 和 SPECT 的对照检查(所有检查项目均在 1 周内完成), 以 CAG 检查结果为标准, 探讨 MRI 与 SPECT 两种技术检查心肌缺血、坏死的

敏感性与特异性。

### 1 材料和方法

1.1 临床资料 选择 2005 年 1 月~2006 年 12 月长海医院胸外科和心内科拟行冠状动脉旁路移植手术(9 例)和支架置入术患者(19 例)共 28 例, 其中男性 22 例, 女性 6 例, 年龄 45~71 岁, 平均(59.45±

**[基金项目]** 国家自然科学基金(30270419)。Supported by National Natural Science Foundation of China(30270419)。

**[作者简介]** 何 东, 硕士生。E-mail: 2000-hedong@163.com

\* Corresponding author. E-mail: wllb@public4.sta.net.cn

8.22)岁,自发病到检查时间为 20 d 至 19 年。所有患者一般情况良好,在各种检查期间未发生心脏事件,检查前均签署知情同意书。7 例患者心电图检查提示有陈旧性心肌梗死,22 例患者心电图检查提示心肌缺血改变。合并不稳定心绞痛 6 例,糖尿病 5 例,高血压病 15 例,风心病 1 例,二尖瓣脱垂 1 例。

1.2 MRI 检查 采用 Siemens Magnetom Avanto 1.5T 32 通道 MR 成像仪,梯度场强  $45 \text{ mT} \cdot \text{m}^{-1}$ ,梯度切换率  $200 \text{ T} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,患者仰卧位,胸前置体部相控阵线圈,心电门控 R 波触发成像。

1.2.1 心肌灌注扫描 超快速小角度激励(Turbo FLASH 序列),TR:161 ms,TE:1.1 ms,TI:100 ms,翻转角度:8,层厚:10 mm,层间距:8 mm,FOV:300×400,接受带宽:650 Hz,矩阵:94×192,体素大小:3.0 mm×2.0 mm×10.0 mm,行覆盖左室心底部及中间部的短轴位靶区成像。平扫后经肘静脉以 5 ml/s 速率注入造影剂 Gd-DTPA 0.1 mmol/kg,注入造影剂同时开始连续左室短轴位超快速磁共振心肌灌注扫描,在造影剂首次通过峰值时间发现灌注缺损的缺血区。心肌灌注扫描结束即刻再以 3 ml/s 速率注入造影剂 0.2 mmol/kg,延迟 10 min 后行心肌活性扫描。

1.2.2 心肌活性扫描 采用 True-FISP-PSIR 序列,PSIR(Phase-Sensitive Inversion Recovery 相位敏感重建)技术为西门子最新推出的自动心肌活性成像序列,无需设定最佳 TI 时间即可完全抑制正常心肌显示病变心肌,TR:700 ms,TE:1.2 ms,TI:300 ms,翻转角度:45,层厚:10 mm,无层间距,FOV:275×400,接受带宽:780 Hz,矩阵:127×256,体素大小:1.8 mm×1.3 mm×8.0 mm,行左室短轴位成像。所有图像采集均在吸气末屏气状态下完成。

1.3  $^{201}\text{Tl}$  SPECT 检查 采用 Siemens E. CAM 双探头 SPECT 进行断层采集,矩阵  $64 \times 64$ ,放大倍数 1.5~2.0,通过椭圆形轨道使探头贴近胸壁,两探头呈  $90^\circ$  从右前斜  $45^\circ$  开始到左后斜  $45^\circ$  顺时针旋转  $180^\circ$ ,每  $5.6^\circ$  采集一帧图像,每帧采集 30~40 s,共 32 帧。采集结束后应用心脏专门断层处理软件进行滤波反投影三维重建,获得左心室心肌短轴、水平长轴和垂直长轴断层图像。冠状动脉病变 1~2 支且无不稳定心绞痛患者先行双嘧达莫负荷 SPECT 显像,双嘧达莫 0.56 mg/kg,用生理盐水稀释成 40 ml 在 4 min 内注射完毕,2 min 后静脉注射  $^{201}\text{Tl}$  74~111 MBq,10 min 后行负荷“即刻”心肌显像,3~4 h 后加注  $^{201}\text{Tl}$  37 MBq 后 15 min 复查心肌再分

布静息显像。冠状动脉为 3 支或以上病变和不稳定心绞痛患者仅行静息即刻和再分布显像。

1.4 CAG 与 MRI、SPECT 图像分析方法 全部磁共振心肌灌注、心肌活性及 SPECT 心肌灌注(即刻)、心肌活性(再分布)图像均采用目测定性分析。每层短轴面心肌灌注、活性图像均分为 6 段<sup>[1]</sup>,与前降支(LAD)、回旋支(CX)及右冠状动脉(RCA)的供血对应关系见图 1。

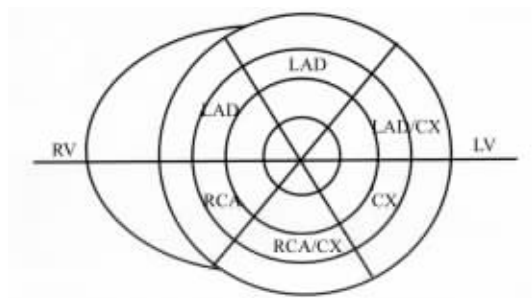


图 1 冠状动脉分支供血心肌区域分布图

Fig 1 Distribution map of coronary artery branches in LV short axis

RV:Right ventricle; LV:Left ventricle; LAD:Left anterior descending artery; RCA:Right coronary artery; CX:Circumflex artery

1.5 统计学处理 采用 SAS 9.1.3 版统计分析软件,所有资料经正态性检验确定为正态分布资料。28 例患者共 84 支主要血管(前降支、回旋支、右冠状动脉),分别计算 MRI 和 SPECT 显示冠状动脉血管狭窄( $\geq 70\%$ )的敏感度、特异度、准确度、阳性预测值和阴性预测值。

## 2 结果

2.1 CAG 检查结果 28 例患者行 CAG 检查,当冠状动脉管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  时,临床常常需要行球囊扩张或支架置入等介入治疗。在 84 支血管中,以管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  为临界值,发现阳性血管共 39 支;按受累冠状动脉血管分支区分:前降支 20 例,左旋支 9 例,右冠状动脉 10 例。

2.2 MRI 对心肌缺血和坏死的检出结果 MRI 心肌灌注扫描见 39 支狭窄  $\geq 70\%$  冠状动脉对应供血区缺血改变(+)36 处,缺血改变(-)3 处,另外,在 CAG 狭窄  $< 70\%$  或无狭窄的 45 支动脉对应供血区发现缺血改变(+)9 处,缺血改变(-)36 处;磁共振心肌活性扫描见 39 支狭窄  $\geq 70\%$  冠状动脉对应供血区坏死改变(+)26 处,坏死改变(-)13 处,另外,在 45 支 CAG 狭窄  $< 70\%$  或无狭窄的动脉对应供血区发现坏死改变(+)4 处,坏死改变(-)41

处。配对四格表检验均为  $P > 0.05$ ,说明 MRI 显示缺血和坏死与 CAG 对照无明显差别。

2.3 SPECT 对心肌缺血和坏死的检出结果 SPECT 心肌灌注扫描见 39 支狭窄  $\geq 70\%$  冠状动脉对应供血区缺血改变(+)37 处,缺血改变(-)2 处,另外,在 CAG 狭窄  $< 70\%$  或无狭窄的动脉对应供血区发现缺血改变(+)8 处,缺血改变(-)37 处;SPECT 心肌活性扫描见 39 支狭窄  $\geq 70\%$  冠状动脉对应供血区坏死改变(+)24 处,坏死改变(-)15 处,另外,在 CAG 狭窄  $< 70\%$  或无狭窄的动脉对应供血区发现坏死改变(+)6 处,坏死改变(-)39 处。配对四格表检验均为  $P > 0.05$ ,说明 SPECT 显示缺血和坏死与 CAG 对照无明显差别。

2.4 MRI 与 SPECT 对心肌缺血和坏死的比较 以 CAG 结果为标准, MRI 与 SPECT 对心肌缺血和坏死检出的敏感度、特异度及准确度比较见表 1。 $\chi^2$  检验显示: MRI 和 SPECT 两种方法判断心肌缺血和坏死的准确度差异无明显统计学意义。

2.5 典型病例分析 男性,53 岁,临床诊断劳累后心绞痛,CAG 见左前降支近段局限性狭窄,程度约

90%(图 2A);MRI 心肌灌注显示室间隔上部及前壁心肌缺血(图 2B),MRI 心肌活性扫描显示室间隔上部及前壁心内膜下 1/2 心肌坏死(图 2C);SPECT 心肌灌注显示室间隔上部及前壁心肌缺血(图 2D),SPECT 心肌活性显示左室前壁心肌坏死(图 2E)。

表 1 MRI 与 SPECT 对心肌缺血和坏死检出的敏感度、特异度比较  
Tab 1 Comparison between MRI and SPECT in detecting myocardial ischemia and infarction

Category	(N=84)			
	MRI ischemia	MRI infarction	SPECT ischemia	SPECT infarction
True positive(n)	36	26	37	24
True negative(n)	36	41	37	39
False positive(n)	9	4	8	6
False negative(n)	3	13	2	15
Sensitivity(%)	92.31	66.67	94.87	61.54
Specificity(%)	80.00	91.11	82.22	86.67
Accuracy(%)	85.71	79.76	88.10	75.00
Positive predictive value(%)	80.00	86.67	82.22	80.00
Negative predictive value(%)	92.31	75.93	94.87	72.22

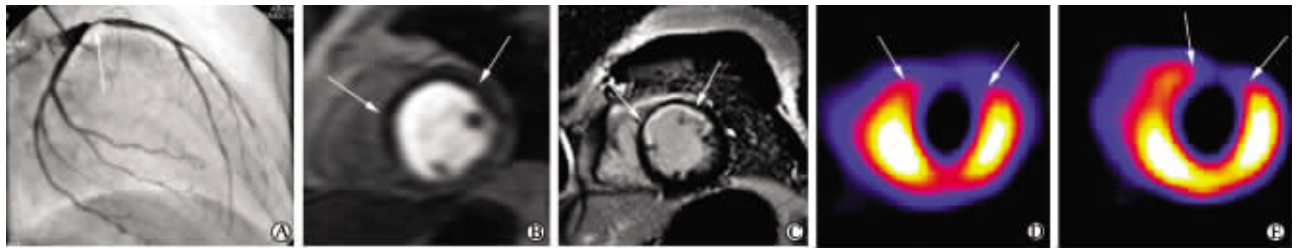


图 2 三种影像学方法显示临床诊断劳累性心绞痛(男性,53 岁)

Fig 2 Angina pectoris shown by 3 methods(a male patient of 53 years old)

A: CAG showed LAD 90% stenosis (arrow); B: MRI myocardium perfusion revealed ischemia at superior part of the interventricular septum and anterior wall (arrows); C: MRI myocardium viability scan revealed 1/2 sub-endocardium muscle necrosis at the superior part of interventricular septum and anterior wall (arrows); D: SPECT myocardium perfusion revealed ischemia at superior part of the interventricular septum and anterior wall (arrows); E: SPECT myocardium viability revealed necrosis at the anterior wall of myocardium (arrows)

### 3 讨论

冠状动脉狭窄或阻塞引起心肌血流灌注异常,心肌细胞发生不同程度损伤。仅心肌功能异常而心肌细胞结构无明显破坏时,冠状动脉血流恢复后心肌功能可恢复正常,这种状态为可逆性心肌损伤;当冠状动脉持续阻塞(20~40 min),细胞膜完整性被破坏,心肌细胞发生不可逆性心肌损伤,即为心肌梗死<sup>[2]</sup>。心肌坏死首先发生在缺血区的心内膜下心肌,后逐渐向心外膜下及四周扩展,可发展成透壁性心肌梗死。冠状动脉狭窄阻塞后侧支循环优先供应心外膜下心肌,侧支循环的建立可使心肌坏死局限

于心内膜下,形成心内膜下或非透壁性心肌梗死,心外膜下及梗死周边区域为可逆性损害,属存活心肌。存活心肌包括正常心肌和可逆性损害心肌<sup>[3-4]</sup>。

CAG 检查是诊断冠心病的重要手段,能了解冠状动脉血管的整体及其分支的解剖情况,为冠状动脉疾病诊断提供可靠的诊断信息,确实为心脏外科搭桥手术和 PTCA 提供了重要信息<sup>[5]</sup>,但不能反映微循环病理生理改变,不能解决冠心病诊断的全部问题,因为冠心病实际上包括了三方面的问题:冠状动脉情况、血流情况和心肌方面的情况<sup>[6]</sup>。MRI 和 SPECT 检查可以从心肌灌注状态或心肌细胞膜完整性(心肌活性)方面间接反映病变的严重程度,与

CAG 所揭示的是一个病变的两个不同侧面, 所以两者有共性表现, 也会有不同的个性表现。共性的表现是当冠状动脉管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  时, MRI 和 SPECT 检查常能在相应供血区检出心肌缺血和坏死, 两者统计结果无明显差异; 个性的表现是这种观察的侧重点不同会造成对某一狭窄冠状动脉相应的供血区心肌有无缺血和心肌坏死的判断上存在差异<sup>[7]</sup>。

MRI 具有心电门控亚秒扫描技术, 可以获得造影剂首次通过靶区心肌微循环峰值时的图像, 直接显示其微循环状态, 首过灌注减低的主要原因是冠状动脉狭窄或阻塞, 引起心肌缺血或梗死区微循环损害, 使对比剂无或很少进入心肌梗死或缺血区, 即造成首过期灌注减低, 本组以 CAG 管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  为临界值, MRI 检出心肌缺血的准确度 85.7%, 其中可能有一定的假阴性, 也可能是冠状动脉逐渐狭窄的过程中, 侧支循环产生的代偿作用。MRI 心肌活性扫描的突出优点是显示梗死心肌的范围和透壁程度, 其空间分辨力高。在慢性心肌梗死中, 由于无间质水肿, 延迟增强可被看作是坏死心肌的可靠指标, 已成为目前判断心肌坏死与否的金标准<sup>[8-9]</sup>, 以 CAG 管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  为临界值, MRI 检出心肌坏死的准确度为 79.76%, 更说明了在冠状动脉逐渐狭窄的过程中, 侧支循环所产生的代偿作用减少了心肌坏死的发生。

SPECT 心肌灌注显像<sup>201</sup>Tl 的初始分布与局部心肌血流量成正比, 可以显示局部心肌缺血或坏死的部位、范围和程度, 它检出心肌缺血的敏感性高, 本组以 CAG 管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  为临界值, SPECT 检出心肌缺血的准确度为 88.1%, 较 MRI 稍高, 但两者无统计学差异; 而再分布显像主要反映了心肌细胞对<sup>201</sup>Tl 的摄取率(即心肌细胞的活力), 常规再分布显像的敏感性欠佳, 本组采用加注<sup>201</sup>Tl 37 MBq 后 15 min 复查心肌再分布显像, 获得了 75% 接近 MRI 的准确度。

磁共振心肌检查的缺点是如果患者配合欠佳(如屏气不好)造成运动伪影, 将直接影响图像质量, 降低诊断的敏感性和特异性。由于心脏磁共振成像是心电门控的基础上采集图像的, 所以心率不齐患者会有较多伪影; 而 SPECT 检查时, 如果患者侧胸壁过多脂肪蓄积、膈肌以及女性乳房等影响, 可引起局部的放射性衰减, 降低检查的准确度<sup>[10]</sup>。

总之, 以 CAG 管腔狭窄程度  $\geq 70\%$  为临界值, MRI 与 SPECT 检出相应供血区心肌缺血、坏死的准确度相似, 两者无统计学差异, 并且其结果与 CAG 密切相关, 两者的一致性较高且有互相支持和补充作用。

## [参 考 文 献]

- [1] Takase B, Nagata M, Kihara T, et al. Whole-heart dipyridamole stress first-pass myocardial perfusion MRI for the detection of coronary artery disease[J]. Jpn Heart J, 2004, 45: 475-486.
- [2] Bhatia G, Sosin M, Leahy J F, et al. Hibernating myocardium in heart failure[J]. Expert Rev Cardiovasc Ther, 2005, 3: 111-122.
- [3] Bogaert J, Dymarkowski S. Delayed contrast-enhanced MRI: use in myocardial viability assessment and other cardiac pathology[J]. Eur Radiol, 2005, 15 Suppl 2: B52-B58.
- [4] Plein S, Radjenovic A, Ridgway J P, et al. Coronary artery disease: myocardial perfusion MR imaging with sensitivity encoding *versus* conventional angiography[J]. Radiology, 2005, 235: 423-430.
- [5] Bellenger N G, Yousef Z, Rajappan K, et al. Infarct zone viability influences ventricular remodelling after late recanalisation of an occluded infarct related artery[J]. Heart, 2005, 91: 478-483.
- [6] Taylor A J, Al-Saadi N, Abdel-Aty H, et al. Detection of acutely impaired microvascular reperfusion after infarct angioplasty with magnetic resonance imaging[J]. Circulation, 2004, 109: 2080-2085.
- [7] Fieno D S, Thomson L E, Slomka P, et al. Quantitation of infarct size in patients with chronic coronary artery disease using rest-redistribution Tl-201 myocardial perfusion SPECT: correlation with contrast-enhanced cardiac magnetic resonance[J]. J Nucl Cardiol, 2007, 14: 59-67.
- [8] Schmidt M, Voth E, Schneider C A, et al. F-18-FDG uptake is a reliable predictor of functional recovery of akinetic but viable infarct regions as defined by magnetic resonance imaging before and after revascularization[J]. Magn Reson Imaging, 2004, 22: 229-236.
- [9] 朱海云, 田建明, 王 莉, 等. 磁共振多技术联合应用检测存活心肌的实验研究[J]. 临床放射学杂志, 2005, 24: 264-269.
- [10] Berman D S, Hachamovitch R, Shaw L J, et al. Roles of nuclear cardiology, cardiac computed tomography, and cardiac magnetic resonance: Noninvasive risk stratification and a conceptual framework for the selection of noninvasive imaging tests in patients with known or suspected coronary artery disease[J]. J Nucl Med, 2006, 47: 1107-1118.

[收稿日期] 2007-04-17

[修回日期] 2007-09-14

[本文编辑] 贾泽军, 孙 岩