

综述

## 对比增强磁共振在缺血性心脏病中的应用研究进展\*

1. 烟台毓璜顶医院心血管内科

(山东 烟台 264000)

2. 青岛大学附属烟台毓璜顶医院心血管内科(山东 烟台 264000)

3. 山东省烟台市烟台毓璜顶医院心血管内科(山东 烟台 264000)

秦月<sup>1</sup> 王春晓<sup>2</sup> 杨军<sup>3</sup>

【关键词】磁共振; 对比剂; 延迟增强显像; 心肌梗死

【中图分类号】R541.8+3

【文献标识码】A

【基金项目】山东省自然科学基金(ZR2012HM013)和烟台市科技发展计划(2012090)

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5131.2015.03.34

通讯作者: 杨军

# Research Progress of the Application of Contrast-enhanced MRI in Ischemic Heart Disease\*

自上世纪八十年代, 心血管磁共振成像(MRI)技术开始应用于临床诊断和评价心脏疾病, 随着许多新技术的发展和广泛应用, 如新型射频线圈, 快速和强磁场系统, 快速2维和3维梯度回波、平面回波、螺旋及其他成像序列, 心脏MRI技术已逐渐成为了一种安全可靠的功能性影像学评价方法。虽然临床上评估心肌梗死的方法有很多(如心电图、心肌梗死标志物、超声心动图、SPECT及核素灌注扫描等), 但由于各种原因都有较大的局限性。心脏MRI技术能全面提供心脏各方面的信息, 图像质量好、可重复性强, 可以观察心脏本身及其临近结构, 对心脏的形态结构、心室功能以及心肌活性等生理方面可做出准确评价<sup>[1]</sup>, 尤其是近年来对比剂的应用, 使得MRI在扫描序列种类、时间分辨率及图像质量方面均有显著的提高, MRI延迟增强扫描在判断心肌梗死的部位、程度及范围上与病理对照组也具有较高的符合率<sup>[2,3]</sup>, 有望成为诊断心肌梗死的无可取代的无创性检查。

## 1 对比剂延迟增强MRI

对比剂是用来缩短成像时间, 提高成像对比度和清晰度的一种成像增强试剂, 它能改变体内局部组织中水质子的弛豫速率, 提高正常与患病部位成像的对比度, 从而显示体内器官的功能状态。MRI延迟灌注显像可应用对比剂, 当对比剂首过心肌及延迟通过(通常为20分钟)心肌时显像, 通过其成像的动态变化评价缺血心肌及其存活性, 能更加准确的显示心肌灌注、心腔显影, 并可利用对比剂的弥散判断细胞外间隙的大小。心肌细胞在缺血、损伤及坏死的情况下, MRI延迟增强扫描可表现不同的动态显像。心肌缺血时, 因相应冠脉狭窄、供血障碍, MR首过灌注时相表现为灌注缺损; 而心肌坏死时细胞外间质容积增大, 导致造影剂排出延迟, 因此延迟扫描为增强信号。Sandstede等<sup>[4]</sup>对12名陈旧性心肌梗死(表现为节段性室壁运动异常)的患者予以血运重建术, 将术前与术后3个月的MRI延迟显像结果做对比, 以应用对比剂后延迟增强为预测心肌缺乏存活性标准, 其敏感性为98%, 特异性为76%。此外, 大量临床实验研究已证明, MRI可有效区别正常心肌、冬眠和顿抑心肌、不可复性心肌, 已经成为评估心肌存活性最重要的无创检查手段。

不同的对比剂在MRI显像中的信号强度不同, 这与其自身特点、组织内的积聚方式及不同的MRI参数有关。含钆对比剂依然是当前磁共振应用最为广泛的对比剂, 它属于间质型对比剂, 经静脉注入后可迅速分布于细胞外间隙, 出现一个早期峰值后, 其浓度就会迅速降低<sup>[5]</sup>。Kim等<sup>[6]</sup>的多中心研究证实, 0.2mmol/kg的钆对比剂可有效评估MI, 而0.1mmol/kg钆对比剂则不能有效评估MI。目前临床上常用的钆对比剂剂量多为0.2mmol/kg和0.15mmol/kg, 多于延迟10~20min进行数据采集<sup>[7,8]</sup>, 然而, 迄今尚无关于应用0.2mmol/kg与0.15mmol/kg钆对比剂以及关于延迟10min与20min进行磁共振延迟强化成像对于评估MI的比较研究。如果应用最低剂量(0.15mmol/kg)钆对比剂延迟最短时间(10min)进行磁共振延迟强化成像也能有效评估MI, 那么就可以减少患者的花费, 减轻患者的不良反应, 更短的延迟时间也有利于增加患者完成检查的成

功率,减少患者检查过程中的不适,这也是我们以后的一个重点研究方向。

## 2 心脏MRI检查在缺血性心脏病中的主要临床应用

### 2.1 心脏结构改变的评价

MRI具有较高的图像分辨率,可清晰显示心脏的解剖结构,甚至可明确辨认心室壁的各个心肌层,可以更加清晰的显示梗死边界,因此,临床上可应用磁共振检查测量心肌梗死的范围,并且评估非急性期透壁性心肌梗死的梗死区是否存在残余存活心肌,为判定是否适合可行延迟再灌注治疗提供临床依据。对比剂的引用,使磁共振延迟显像能够更加准确的评估心梗的位置、梗死质量、梗死百分比及透壁程度。

### 2.2 心脏功能性改变的评价

MRI可以定性测量心肌质量、室壁厚度、收缩期心内膜移动度及室壁增厚率、腔内容积及射血分数,从而准确判断心脏的收缩及舒张功能。近年来,MRI检查可应用对比剂在心肌中的首过分布及延迟灌注显像来直接评价缺血心肌及其功能性改变,国内外许多有关MRI延迟增强扫描评价梗死心肌面积准确性的研究表明,心肌延迟强化区的大小、形态、体积与组织学的梗死区具有高度相关性<sup>[8-10]</sup>。朱海云<sup>[11]</sup>等将36例冠心病患者的MR扫描结果与冠状动脉造影结果进行比较,发现MRI延迟增强扫描可准确显示心肌缺血或梗死的位置及程度,可重复性好,与冠状动脉造影结果具有较高的一致性。而且新近出现的磁共振心肌标记(tagging)技术,更使MRI检测缺血性心脏节段运动异常的准确性大大提高。

### 2.3 心肌存活性评价

对心肌梗死后心肌存活性的判断一直是临床上的研究热点,但因各种

影像学检查方法的局限性(如较差的空间分辨率和图像质量等),心肌存活性的检测一直没有理想的效果。心肌梗死的范围可局限于心内膜下,也可向心外膜扩展形成透壁性心肌梗死,而且冬眠心肌或顿抑心肌可以位于梗死区周围,也可分散于梗死区内,这导致一般的检查方法无法准确地检出残余存活心肌以及预测心肌功能恢复的程度。MRI拥有的优势之一就是较高的空间分辨率,它可清晰显示心内、外膜的分界,并能够直观显示心肌组织的灌注、心肌细胞膜的完整性,评价心脏的舒缩功能及储备,因此已经成为评估心肌存活性最重要的无创检查手段。临床上常用的一般有两种方法: MRI药物负荷实验(常用多巴酚丁胺及腺苷、双嘧达莫等)及对对比剂延迟增强扫描。

## 3 磁共振冠状动脉成像(magnetic resonance angiography MRA)

上世纪九十年代MRA被首次应用于冠状动脉成像,经过二十年的不断研究与实践,该技术已经取得了显著的进展。Sakuma等<sup>[12]</sup>采用1.5T非对比增强的SSFP脉冲序列诊断冠心病的敏感性、特异性及准确性分别为82%,90%及87%。Yang等<sup>[13]</sup>采用3T对比增强的FLASH脉冲序列诊断冠心病的敏感性、特异性及准确性分别为91%,83%及84%。然而,受心脏及呼吸运动的影响,冠状动脉一直处于运动状态,又由于当前MR时间分辨率低,冠脉MRA不能像X线冠脉造影那样进行实时成像,它必须采用一些特殊方法来克服心脏和呼吸运动所致的伪影干扰,如在冠状动脉运动的相对静止期进行数据采集,利用心电门控减少或消除心脏运动伪影的干扰,利用屏气法和自由呼吸法(也称呼

吸门控或呼吸导航)克服冠脉MRA扫描呼吸运动伪影。屏气法可有效抑制呼吸运动伪影,缺点是因屏气的时间较短而图像空间分辨率低,且每次扫描只能覆盖1~2支冠状动脉,即所谓的靶扫描技术<sup>[16,17]</sup>。自由呼吸法可显著提高图像的空间分辨率,并可用于全心冠状动脉成像,但其缺点是扫描时间长,受病人呼吸或心率的影响较大,容易导致图像质量差甚至检查失败<sup>[12-15]</sup>。

由于冠状动脉与冠状静脉、心肌及周围脂肪组织的MR信号强度相似,因此在应用MR进行冠脉成像时引用了一些特殊的方法。1.5T冠脉MRA通常采用三维稳态进动脉脉冲序列(SSFP)<sup>[12,18]</sup>,该方法无需对比剂即可显示冠状动脉管腔,其反转角较大,并在3个梯度方向上施加稳态梯度重聚磁化矢量,由于相位重聚可使冠脉呈明显高信号,结合应用脂肪饱和和T2准备脉冲,可进一步提高冠状动脉管腔的对比度。有研究应用32通道线圈并行采集加速3T冠脉MRA,结果显示该方法可显著缩短扫描时间,图像质量好,提高了对冠状动脉有意义狭窄的诊断准确性,并可清晰显示冠状静脉解剖<sup>[19,20]</sup>。虽然3T明显提高了MR的信噪比、对比噪声比及分辨力,但SSFP序列的应用在3T上并未取得满意的效果<sup>[21,22]</sup>。FLASH序列可有效克服SSFP的局限性,成为了3T冠脉MRA的常用序列,但因该序列在每次激发前都可消除残余的横向磁化矢量,故对主磁场不均匀性具有更好的耐受性,而且其梯度回波所用反转角较小,SAR值不再是问题,此外,其TR极短(3msec),在5~10min内即可完成全心冠脉扫描<sup>[13-15]</sup>。

## 4 结 语

各种新型技术的引用使心脏

MRI技术逐渐成为了一种安全可靠的功能性影像学评价方法,而对对比剂的引用,更是使磁共振延迟显像能够更加准确的评估心梗的位置、梗死百分比及透壁程度、心脏舒缩功能以及梗死后存活心肌,这为心肌梗死的诊断、治疗及判断预后提供了极大的临床指导价值。但目前国内外对于磁共振延迟强化成像的有效最低对比剂剂量及最短延迟时间尚无统一一定论,仍需进一步研究。此外,MRI在评价心肌梗死后心室重构药物治疗效果方面的应用也仍需进一步研究。

### 参考文献

1. 霍福涛,李建,史英红,等. 3.0 T磁共振对心脏优化检查的临床再评价[J]. 中国CT和MRI杂志, 2013, 10(6): 59-62.
2. Nelson C, McCrohon J, Khafagi F, et al. Impact of scar thickness on the assessment of viability using dobutamine echocardiography and thallium single-photon emission computed tomography: a comparison with contrast-enhanced magnetic resonance imaging[J]. J Am Coll Cardiol. 2004, 43: 1248-1256.
3. Wagner A, Mahrholdt H, Holly TA, et al. Contrast-enhanced MRI and routine single photon emission computed tomography (SPECT) perfusion imaging for detection of subendocardial myocardial infarcts: an imaging study [J]. Lancet, 2003, 361: 374-379.
4. Sandstede JJW, Bertsch G, Beer M, et al. Analysis of first pass and delayed contrast enhancement patterns of dysfunctional myocardium on MR imaging: Use in the prediction of myocardial viability[J]. Am Roentagenal, 2000, 174: 1737-1743.
5. 胡春峰,孟闫凯,谢丽响,等. MRI多技术扫描评价心肌病变的临床应用价值[J]. 中国CT和MRI杂志, 2012, 10(4): 30-32.
6. Kim RJ, Albert TS, Wible JH, et al. Gadoversetamide Myocardial Infarction Imaging Investigators. Performance of delayed-enhancement magnetic resonance imaging with gadoversetamide contrast for the detection and assessment of myocardial infarction: an international, multicenter, double-blinded, randomized trial. Circulation. 2008; 117(5): 629-37.
7. Kim RJ, Wu E, Rafael A, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. N Engl J Med. 2000; 343(20): 1445-53.
8. Oshinski J N, Yang Z, Jones J R, et al. Imaging time after Gd-DTPA injection is critical in using delayed enhancement to determine infarct size accurately with magnetic resonance imaging[J]. Circulation, 2001, 104(23): 2838-2842.
9. Gerber BL, Bluemke DA. Accuracy of contrast enhanced magnetic resonance imaging in predicting improvement of regional myocardial function in patients after acute myocardial infarction[J]. Circulation, 2002, 106(9): 1083.
10. Saeed M. magnetic resonance characterization of the peri infarction zone of reperfused myocardial infarction with necrosis-specific and extracellular nonspecific contrast media[J]. Circulation, 2001, 103(6): 871.
11. 鹿春节, 陈立波. 硝酸甘油对体外循环心脏手术患者外周血管阻力的影响[J]. 罕少疾病杂志, 2014, 6(2): 45-47.
12. Sakuma H, Ichikawa Y, Chino S, et al. Detection of coronary artery stenosis with whole-heart coronary magnetic resonance angiography. J Am Coll Cardiol, 2006, 48: 1946-1950.
13. Yang Q, Li K, Liu X, et al. Contrast-enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography at 3.0-T: a comparative study with X-ray angiography in a single center. J Am Coll Cardiol, 2009, 54: 69-76.
14. Bi X, Carr JC, Li D. Whole-heart coronary magnetic resonance angiography at 3 Tesla in 5 minutes with slow infusion of Gd-BOPTA, a high-relaxivity clinical contrast agent. Magn Reson Med, 2007, 58: 1-7.
15. Liu X, Bi X, Huang J, et al. Contrast-enhanced whole-heart coronary magnetic resonance angiography at 3.0 T: comparison with steady-state free precession technique at 1.5 T. Invest Radiol, 2008, 43: 663-668.
16. Stuber M, Botnar RM, Danias PG, et al. Double-oblique free-breathing high resolution three-dimensional coronary magnetic resonance angiography. J Am Coll Cardiol, 1999, 34: 524-531.
17. Cheng L, Gao Y, Guaricci AI, et al. Breath-hold 3D steady-state free precession coronary MRA compared with conventional X-ray coronary angiography. J Magn Reson Imaging, 2006, 23: 669-673.
18. Liu J, Ma H, Wang Y, et al. Non-contrast 1.5 T FIESTA magnetic resonance angiography and 64-multidetector computed tomographic angiography have a similar accuracy for the detection of proximal coronary stenosis[J]. International journal of cardiology, 2013, 168(4): 4421-4421.
19. 马恒, 李坤成, 杨旗, 等. 3.0 T MR对比增强全心冠状血管成像对冠状静脉系统的解剖学研究. 中华放射学杂志, 2010, 44: 917-920.
20. Ma H, Tang Q, Yang Q, et al. Contrast-enhanced whole-heart coronary MRA at 3.0T for the evaluation of cardiac venous anatomy. Int J Cardiovasc Imaging, 2011, 27: 1003-1009.
21. Ma H, Wang Y, Wen Z, et al. Challenge of coronary artery calcium by 64-multidetector computed tomography. Int J Cardiol, 2013, 168(5): 5044.
22. Nezafat R, Stuber M, Ouwkerk R, et al. B1-insensitive T2 preparation for improved coronary magnetic resonance angiography at 3 T. Magn Reson Med, 2006, 55: 858-864.

(本文编辑: 丁贺宇)

【收稿日期】2015-02-25