

## 磁共振冠状动脉造影的研究进展

王 舒, 王 磊, 杨庭树

【摘要】 磁共振冠状动脉造影(冠脉 MRA, Coronary MRA)是一种无创的又可直接对冠脉进行显影的技术。本文比较了多个研究关于冠脉 MRA 和传统冠脉造影(CAG)在诊断冠脉狭窄的结果,确定其诊断冠脉狭窄的有很高的准确度,尤其是对于冠脉的近段和中段;检讨了目前二维(2D)和三维(3D)磁共振冠状动脉造影的局限性,这些局限性使它还不能成为一个敏感的筛选冠心病的工具;并探讨了冠脉 MRA 的发展趋势。

【关键词】 磁共振成像;冠脉血管;血管造影术

中图分类号 R543.3 文献标识码:A 文章编号:1008-794X(2007)02-0139-04

**Research advance in coronary magnetic resonance angiography** WANG Shu, WANG Lei, YANG Ting-shu. Cardiovascular Medical Department, General Hospital of PLA, Beijing 100853, China

【Abstract】 Coronary magnetic resonance angiography (MRA) is a technique that allows visualization of the coronary arteries by noninvasive means. This review summarizes results from several studies comparing the difference of coronary MRA with conventional coronary angiography, and finds it to be a diagnosis tool of coronary artery stenoses with a high degree of accuracy, especially with sites at the proximal and middle segments. Current limitations of two-dimensional and three-dimensional coronary MRA are discussed, which prevents it to be sensitive enough as a screening tool. The development trends of coronary MRA are also been evaluated. (J Intervent Radiol, 2007, 16: 139-142)

【Key words】 Magnetic resonance imaging; Coronary vessels; Angiography

缺血性心脏病是当今世界人类死亡的主要原因之一。传统冠脉造影(CAG)是目前诊断冠心病(CAD)的金标准。但 CAG 是侵袭性操作,且存在发生率虽低但潜在的心肌梗死、中风、心律失常和死亡的危险。其他无创诊断工具,如心电图、超声心动图、核医学等已经广泛地运用于临床,但它们都缺乏灵敏度,而且不能对冠脉狭窄进行直接地显影和定量化以及预测斑块稳定性。磁共振冠状动脉造影(冠脉 MRA)是一种无创的又可以直接对冠脉进行显影的技术,其不仅可对 CAD 的早期阶段进行检测,而且可以预测斑块的稳定性。然而,因其具有一定的局限性,使它还没有到达临床上常规使用的阶段。本文比较多个关于冠脉 MRA 和 CAG 在诊断冠脉狭窄的研究结果,讨论目前二维和三维冠脉 MRA 的局限性及其发展趋势。

### 1 冠脉 MRA 的应用现状及存在问题

作者单位:100853 北京解放军总医院心血管内科  
通讯作者:王 舒

冠脉 MRA 是一种无创而能对冠状动脉进行显影的技术,其不仅可使冠脉显影,也能对心脏形态、大血管获得性疾病、静息和应激时的心功能进行显影和评估,还可判断局部的心室肌劳损<sup>[1]</sup>、主动脉-冠脉旁路移植术后的开放程度<sup>[2]</sup>。它能很好地显示软组织,可以用来评估斑块稳定性<sup>[3]</sup>,评价动脉壁的粥样斑块负荷<sup>[4]</sup>,显影并分析斑块组成,监测斑块的进展和退化情况<sup>[5]</sup>。冠脉 MRA 在检测冠脉异常方面非常有效,可以被认为是明确的诊断工具和潜在的筛选工具<sup>[6]</sup>。研究证实对于 Kawasaki 病引起的冠状动脉瘤,冠脉 MRI 有很高的诊断准确率<sup>[7]</sup>。心脏 MRI 能评价心肌梗死的透壁性和心肌的工作能力,是检测心肌活力的理想方法<sup>[8]</sup>。Herborn 等<sup>[9]</sup>发现,对于缺少临床心肌梗死症状但有扩张性心肌病的患者进行病因(是否缺血)诊断时,与其他无创检查相比,全心三维重建稳态自由进动序列冠脉 MRA 以及对增强冠脉 MRA 的诊断准确率大大提高。

目前冠脉 MRA 的常规临床应用还存在不少需要解决的问题,冠脉 MRA 可以得到直观的图像,但

是心肌收缩和隔膜运动会影响图像质量。虽然呼吸门控技术代替导航自由呼吸回波技术以克服这些弊端,但在 2D 冠脉 MRA 中运用呼吸门控技术时,患者需要在整个数据采集过程中做 30 次或更多次的 16~20 s 的屏气。而在 3D 冠脉 MRA 中可能需要更多的时间<sup>[10]</sup>。其他技术上的障碍包括:小直径冠脉(2.7~3.5 mm),血管扭曲,心外膜周围脂肪等。在应用 MRA 解释冠脉左旋支时,很难与和他伴行的静脉区分。目前临床上使用最广的导航回波技术,因其需要屏气,在 CHF、CAD、慢性阻塞性肺疾病(COPD)患者中,也不适用。然而,如果不采用这种技术,图像的质量会因呼吸活动度的不一致和患者的移动而下降。现在临床上还采用 MR 减影方法,但只有血流通过的冠脉才能显影。如果血流在冠脉狭窄处中断,就无法对整个血管进行显影。

总体来说,由于在研究中运用不同的技术,研究设计的不均一性,研究样本数较少,对于冠脉 MRA 和 CAG 的比较尚无正式的荟萃分析。

## 2 二维冠脉 MRA 与 CAG 的比较

2D 冠脉 MRA 技术可确定 CAG 有意义狭窄的冠脉(50%以上),其灵敏度和特异度分别为 90%和 92%。但这一结果重复性差。

Watanuki 等<sup>[11]</sup>对 108 例患者使用了 2D 屏气技术冠脉 MRA 检测。与 CAG 相比,对于急性冠脉狭窄(狭窄程度为 90%~100%),这项技术的灵敏度和特异度为 85%和 80%。但是对于中度狭窄(大于 50%),灵敏度只有 38%,而特异度为 83%。低灵敏度归因于狭窄的检出依赖于血流减少时信号强度的减少,当血流受到动脉扭曲和狭窄性质的影响时,或者患者不能屏气 15 s 和(或)膈的轻微运动就会导致图像质量下降从而影响检测结果。

Gaudio 等<sup>[12]</sup>对 65 例疑诊 CAD 患者进行快速 spoil 梯度回波序列/spiral 的 2D 屏气技术冠脉 MRA 和 CAG 检查。评估了 390 段血管后发现,冠脉 MRA 检测出 88 段狭窄中的 76 段(86%),辨认出正常血管 302 段中的 242 段(80%)。两种方法的 Pearson 相关系数达到了 0.85,但是两者的标准估计误差为 0.21。提示 2D 屏气冠脉 MRA 对冠脉血管的近段和中段狭窄,能够较准确地显示和定量化,但轻度地高估了狭窄的程度。

就目前的研究而言,2D 梯度回波屏气冠脉 MRA 技术存在以下局限性:①相对厚的部分(在大多数实验中 4~6 mm)可能影响病灶狭窄的正确分

级。这可能是用冠脉 MRA 解释扭曲血管和冠脉远段效果不佳的原因,尤其是对冠脉的左旋支。②对于不同的患者和不同动脉的显影需要不同的倾斜体位。③在 CHF、COPD、急性 CAD 患者中,多次屏气也很困难。④屏气时间的不一致和屏气间期的位置偏移可能导致对于血管评估的不准确。

## 3 三维冠脉 MRA 与 CAG 比较

Paschal 等和 Li 等在 1993 年第一次使用了 3D 冠脉 MRA 技术。Post 等在 1996 年比较了 20 例患者的 3D 呼吸门控 MRA 与 CAG 结果。发现尽管这一技术对冠脉的近段和中段部分有较好的显影,但对于冠脉狭窄的灵敏度只有 38%,而特异度高达 95%。低灵敏度归因于该技术较低的时间分辨力,较短的回波时间,患者对于屏气的合作性差,呼吸节律不规则等。

Kim 等<sup>[13]</sup>进行了首个多中心试验,用 3D 自由呼吸 MRA 技术评价 109 例冠脉病变患者。共检出 759 段有病变冠脉近段和中段中的 636 段,灵敏度为 83%。但这一研究也暴露了该技术的一些弊端:数据采集时间较长(平均 70 min),特异度较低(42%)和总体诊断正确率较低(72%)。

Sardenelli 等<sup>[14]</sup>在 42 例患者中使用 3D 导航回波冠脉 MRA 技术测量冠脉狭窄。发现冠脉 MRA 的灵敏度和特异度分别为 82%和 89%。如果只检测近段和中段,灵敏度可达 90%,但在检测远段时,灵敏度只有 68%。

So 等<sup>[15]</sup>对 29 例患者、108 段冠脉血管用 3D 屏气 trueFISP MRA 与 CAG 作了评估。对于狭窄>50%的冠脉血管,3D 屏气 trueFISP 技术的灵敏度、特异度、准确度、阳性预测值和阴性预测值分别为 92.8%、95.3%、95.0%、68.4%和 99.2%。提示这种技术对于排除冠脉疾病有很大的潜力,但是并不是一个灵敏的筛检工具。

Weber 等<sup>[16]</sup>对呼吸运动代偿 MRA 技术与 CAG 进行比较。对 11 例患者和 4 名志愿者的冠脉进行了盲法研究。结果显示呼吸运动代偿 MRA 技术的灵敏度、特异度、阳性预测值和阴性预测值分别为 88%、94%、83%和 96%。这个结果有较高的假阳性预测值(该研究中 5 例患者和 2 名志愿者为假阳性)。

在 Watanabe 等<sup>[17]</sup>进行的研究中,12 例患者作了 CAG 和 3D 板高分辨率选择性冠脉 MRA。后者对于有意义狭窄冠脉的灵敏度、特异度和准确度分

别为 80%、85% 和 84%。尽管这种冠脉 MRA 能提供解剖上详细的节段信息,但其对冠脉的左旋支的灵敏度低。而且这种方法的检查时间较长,会因受检者身体移动而使图像质量下降。

Sakuma 等<sup>[18]</sup>对 39 例疑诊冠脉疾病患者进行了全心 3D 冠脉 MRA 和 CAG,对于有狭窄意义的冠脉血管,前者的灵敏度和特异度分别为 82% 和 91%。提示全心导航门控稳定序列 3D 冠脉 MRA 对可疑有冠脉疾病的患者是一种可靠的显影方法。

Jordin 等<sup>[19]</sup>对 9 只由外科手术介导的冠脉左旋支近端狭窄的小猪进行了两阶段的 MRA 和 X 线造影检测。发现第一步介入引导的 MRA 可检测到所有的狭窄。而第二步横断面 MRI 与 X 线造影在狭窄的量化上有近似的准确度。两者的相关系数为 0.955 ( $P < 0.05$ )。证明介入引导的 MRA 在检测和定量冠脉狭窄上可能成为 X 线造影的替代方法。

就目前研究而言,3D 冠脉 MRA 技术存在以下局限性:①一些图像可能在呼气末阶段无法获得<sup>[20]</sup>。②检查时,患者需要进行规则的、有节律的呼吸配合,而且在整个数据采集时间内不能移动<sup>[20]</sup>。③时间和空间分辨率在冠脉 MRA 中对于图像质量是至关重要的因素,有待提高。

冠脉 MRA 是一种迅速发展的无创性技术。它作为诊断冠脉狭窄的方法有很大潜力,尤其是对于冠脉近段和中段。但由于具一定局限性,使它目前并不是一个敏感的筛选 CAD 的工具<sup>[21]</sup>。未来的研究重点应该放在提高诊断准确率,加快图像采集速度和克服对冠脉远段及分支血管很难显影的限制。目前正在使用静脉对比剂等新的策略来提高诊断准确率,例如 Deshpande 等<sup>[22]</sup>应用 15 只猪,评价使用血管内对比剂(B-22956/1)进行梯度回波和自由旋进稳态冠脉 MRA 差别,结果显示该血管内对比剂能够显著改善信噪比和血管显像效果。Huber 等<sup>[23]</sup>在进行双重层叠 3D 冠脉 MRA 时,采用了并行成像技术,使导航 T2Prep 和二次成像层叠之间的时间延迟比不用时减少了 37%。Wittlinger 等<sup>[24]</sup>对体外冠脉狭窄模型进行研究时发现,与 1.5 T 相比,3 T MRI 可以大大提高空间分辨率,可显示直径为 0.6 mm 的血管。当然,还需更多的体内实验来证实这些研究。相信随着研究的进一步深入,冠脉 MRA 在诊断冠状动脉疾病上一定会有更加广阔的前景。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [ 1 ] Veress AI, Gullberg GT, Weiss JA. Measurement of strain in the left ventricle during diastole with cine-MRI and deformable image registration[J]. J Biomech Eng, 2005, 127: 1195 - 1207.
- [ 2 ] Fayad ZA. MR imaging for the noninvasive assessment of atherosclerotic plaques[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2003, 11: 101 - 113.
- [ 3 ] 卢春燕, 杨志刚, 余建群, 等. 冠脉粥样硬化的断层影像检查方法及其临床应用[J]. 生物医学工程学杂志, 2005, 22: 853 - 856.
- [ 4 ] Desai MY, Lima JA. Imaging of atherosclerosis using magnetic resonance: state of the art and future directions [J]. Curr Atheroscler Rep, 2006, 8: 131 - 139.
- [ 5 ] Corti R. Noninvasive imaging of atherosclerotic vessels by MRI for clinical assessment of the effectiveness of therapy[J]. Pharmacol Ther, 2006, 110: 57 - 70.
- [ 6 ] Casolo G, Del Meglio J, Rega L, et al. Detection and assessment of coronary artery anomalies by three-dimensional magnetic resonance coronary angiography[J]. Int J Cardiol, 2005, 103: 317 - 322.
- [ 7 ] Mavrogeni S, Papadopoulos G, Douskou M, et al. Magnetic resonance angiography is equivalent to X-ray coronaryangiography for the evaluation of coronary arteries in Kawasaki disease[J]. J Am Coll Cardiol, 2004, 43: 649 - 652.
- [ 8 ] Mankad S, Khalil R, Kramer CM. MRI for the diagnosis of myocardial ischemia and viability[J]. Curr Opin Cardiol, 2003, 18: 351 - 356.
- [ 9 ] Herborn CU, Schmidt M, Bruder O, et al. MR coronary angiography with SH L 643 A: initial experience in patients with coronary artery disease[J]. Radiology, 2004, 233: 567 - 573.
- [ 10 ] Foo TK, Saranathan M, Hardy CJ, et al. Coronary artery magnetic resonance imaging: a patient-tailored approach [J]. Top Magn Reson Imaging, 2000, 11: 406 - 416.
- [ 11 ] Watanuki A, Yoshino H, Udagawa H, et al. Quantitative evaluation of coronary stenosis by coronary magnetic resonance angiography[J]. Heart Vessels, 2000, 15: 159 - 166.
- [ 12 ] Gaudio C, Tanzilli G, Vittore A. Detection of coronary artery stenoses using breath-hold magnetic resonance coronary angiography. Comparison with conventional x-ray angiography[J]. Eur Rev Med Pharmacol Sci, 2004, 8: 121 - 128.
- [ 13 ] Kim WY, Dianas PG, Stuber M, et al. Coronary magnetic resonance angiography for the detection of coronary stenoses [J]. N Engl J Med, 2001, 345: 1863 - 1869.
- [ 14 ] Sardanelli F, Molinari G, Zandrino F, et al. Three-dimensional, navigator-echo MR coronary angiography in detecting stenoses of the major epicardial vessels, with conventional coronary angiography as the standard of reference[J]. Radiology, 2000, 214: 808 - 814.
- [ 15 ] So NM, Lam WW, Li D, et al. Magnetic resonance angiography of coronary arteries with a 3-dimensional magnetization-prepared true fast imaging with steady-state precession sequence compared with conventional coronary angiography[J]. Am Heart J, 2005, 150: 530 - 535.
- [ 16 ] Weber C, Steiner P, Sinkus R, et al. Correlation of 3D MR

[ 1 ] Veress AI, Gullberg GT, Weiss JA. Measurement of strain in the

- coronary angiography with selective coronary angiography : feasibility of the motion-adapted gating technique [J] Eur Radiol , 2002 , 12 : 718 - 726.
- [ 17 ] Watanabe Y , Nagayama M , Amoh Y , et al. High-resolution selective three-dimensional magnetic resonance coronary angiography with navigator-echo technique : segment-by-segment evaluation of coronary artery stenosis[J] J Magn Reson Imaging , 2002 , 16 : 238 - 245.
- [ 18 ] Sakuma H , Ichikawa Y , Suzawa N , et al. Assessment of coronary arteries with total study time of less than 30 minutes by using whole-heart coronary MR angiography [J] Radiology , 2005 , 237 : 316 - 21.
- [ 19 ] Green JD , Omary RA , Schirf BE , et al. Comparison of X-Ray Fluoroscopy and Interventional Magnetic Resonance Imaging for the Assessment of Coronary Artery Stenoses in Swine[J] Magn Reson Med , 2005 : 1094 - 1099.
- [ 20 ] Nikolaou K , Huber A , Knez A , et al. Intraindividual comparison of contrast-enhanced electron-beam computed tomography and navigator-echo-based magnetic resonance imaging for noninvasive coronary artery angiography[J] Eur Radiol , 2002 , 12 : 1663 - 1671.
- [ 21 ] Ikonen AE , Manninen HI , Vainio P , et al. Three-dimensional respiratory-gated coronary MR angiography with reference to x-ray coronary angiography[J] Acta Radiol , 2003 , 44 : 583 - 589.
- [ 22 ] Deshpande VS , Cavagna F , Maggioni F , et al. Comparison of Gradient-Echo and Steady-State Free Precession for Coronary Artery Magnetic Resonance Angiography Using a Gadolinium-Based Intravascular Contrast Agent[J] Invest Radiol , 2006 , 41 : 292 - 298.
- [ 23 ] Huber ME , Kozerke S , Boesiger P. Improved artery delineation in dual-stack coronary magnetic resonance angiography using parallel imaging at 3 T[J] J Magn Reson Imaging , 2005 , 21 : 443 - 448.
- [ 24 ] Wittlinger T , Martinovic I , Noeske R , et al. High-field MR angiography on an in vitro stenosis model determination of the spatial resolution on 1.5 and 3 T in correlation to flow velocity and contrast medium concentration [J] J Cardiovasc Magn Reson , 2005 , 7 : 623 - 630.

( 收稿日期 2006-03-20 )