

# MRI 与 DSA 对颈动脉狭窄和粥样硬化斑块评估能力的比较

宋焱 陈敏 周诚 黄娟 刘加春 傅元

**【摘要】** 目的 探讨 MRI 与 DSA 对颈动脉粥样硬化患者血管狭窄及粥样硬化斑块病变特点评估能力的差异。方法 46 例缺血性脑血管疾病患者,超声发现颈动脉粥样硬化斑块后分别行颈动脉 MRI 及 DSA 检查。颈动脉 MR 检查序列包括三维时间飞跃法(3D TOF)、T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、质子密度加权成像(PDWI)及增强 T<sub>1</sub>WI;颈动脉 DSA 检查分别摄取颈动脉的正位像和侧位像。观察颈动脉分叉处管腔的狭窄程度和斑块的病变特征,包括纤维帽的状况、斑块内出血和钙化。计算 Kappa 值分析 MRI 和 DSA 对血管狭窄程度判断结果的一致性;应用配对卡方检验检测两种方法对溃疡斑块的检出差异。结果 89 支血管的 MR 图像质量均满足诊断要求。MRI 显示血管狭窄程度的 M(范围)为 50% (16% ~ 78%), DSA 显示为 47% (7% ~ 73%),二者具有很好的一致性(Kappa 值为 0.882,  $P < 0.01$ )。MRI 发现 34 支血管具有斑块纤维帽破溃, DSA 发现 10 支血管具有溃疡斑块( $\chi^2 = 20.346$ ,  $P < 0.01$ )。此外, MRI 发现 37 支血管有斑块内出血, 71 支血管有斑块内钙化, 而 DSA 均不能显示。结论 MRI 可以准确判断颈动脉的狭窄程度, 在显示溃疡斑块、斑块内出血以及钙化方面较 DSA 更具优势。

**【关键词】** 颈动脉狭窄; 动脉粥样硬化; 磁共振成像; 血管造影术, 数字减影

**Comparison of MRI and DSA in assessment of carotid artery stenosis and atherosclerotic plaque**  
SONG Yan\*, CHEN Min, ZHOU Cheng, HUANG Juan, LIU Jia-chun, FU Yuan. \*Department of Radiology, Beijing Hospital, Ministry of Health, Beijing 100730, China  
Corresponding author: ZHOU Cheng, Email: chengzhou2000@yahoo.com

**【Abstract】 Objective** To compare the efficacy of MRI and DSA in assessment of carotid artery stenosis and atherosclerotic plaque. **Methods** Forty-six patients with carotid plaque detected by ultrasound were enrolled in this study, and 89 carotid arteries were evaluated by MRI and DSA. MRI examination was acquired with 3.0 T MR scanner and 8 channel phase-array surface coil. The MRI sequences consisted of pre-and post-contrast T<sub>1</sub>WI, T<sub>2</sub>WI, PDWI, TOF. Anterior-posterior and lateral views of carotid artery were performed on DSA. The degree of carotid artery stenosis was evaluated by the NASCET standard. Fibrous cap rupture, intraplaque hemorrhage, and calcification were also evaluated on MRI and DSA. Statistical comparison was performed with the Kappa value and paired Chi-square test. **Results** The degree of carotid artery stenosis was 50% (16%—78%) on MRI and 47% (7%—73%) on DSA. Two imaging modalities were in good consistency in evaluation of the degree of stenosis (Kappa = 0.882,  $P < 0.01$ ). There was statistical difference in detecting fibrous cap rupture by MRI and DSA (34 vessels vs 10 vessels, respectively,  $\chi^2 = 20.346$ ,  $P < 0.01$ ). Furthermore, thirty-seven vessels with intraplaque hemorrhage and 71 vessels with calcification in the plaque were found on MRI but none on DSA. **Conclusion** MRI is a reliable tool in assessment of the degree of the carotid stenosis and it is superior to DSA in detecting fibrous cap rupture, intraplaque hemorrhage, and calcification.

**【Key words】** Carotid stenosis; Atherosclerosis; Magnetic resonance imaging; Angiography, digital subtraction

颈动脉狭窄和粥样硬化斑块与缺血性脑血管病具有十分密切的关系,对其进行准确评估、及早进行适当治疗可以有效预防缺血性脑血管病的发生<sup>[1]</sup>。颈动脉支架植入术是一种有效的治疗方法,手术适应证的筛查多采用 DSA。近年来 MRI 在颈动脉斑块病变特点评估方面的作用越来越受到重视<sup>[2-4]</sup>。笔者比较 MRI 和 DSA 对颈动脉狭窄和粥样硬化斑块评估能力的差异,为进一步探讨颈动脉粥样硬化患者术前影像检查方法的选择奠定基础。

## 资料与方法

1. 研究对象:选取 2009 年 1 月至 2010 年 12 月来我院神经外科就诊的 46 例初发或复发脑缺血病患者,年龄 43~84 岁,平均 69 岁。除去 3 支血管为支架植入术后,共 89 支颈动脉。经超声检查发现颈动脉分叉处的斑块后,分别进行颈动脉 MRI 和 DSA 检查,2 种检查间隔时间为 1~7 d。

2. 影像检查方法:颈动脉 MRI 应用荷兰 Philips Intera Achieva 3.0 T MR 扫描仪和颈动脉专用 8 通道表面线圈(上海辰光医疗科技有限公司),应用美国华盛顿大学血管成像中心提供的颈动脉斑块 MR 成像序列<sup>[5]</sup>,包括 T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、质子密度加权成像(PDWI)、时间飞跃法(TOF)及增强 T<sub>1</sub>WI。以颈动脉的斜矢状面图像作为定位图,以颈动脉分叉为扫描中心,扫描范围为其上下 2 cm。FOV 14 cm × 14 cm,矩阵 256 × 256,重复次数为 1。T<sub>1</sub>WI 及增强 T<sub>1</sub>WI 为四反转恢复快速自旋回波序列(QIR TSE),TR 800 ms,TE 10 ms,ETL 10,层厚 2 mm,间隔 0。增强扫描对比剂为磁显葡胺(北京北陆药业),注射剂量为 0.2 ml/kg,扫描延迟时间为 7 min。增强 T<sub>1</sub>WI 采用黑血技术,主要用于评估斑块的病变特点。PDWI、T<sub>2</sub>WI 为快速自旋回波序列(TSE),TR 4800 ms,PDWI 有效 TE 9 ms,T<sub>2</sub>WI 有效 TE 50 ms,ETL 12,层厚 2 mm,间隔 0。3D TOF 为快速梯度回波(FFE)序列,TR 20 ms,TE 5 ms,反转角 20°,层厚 2 mm,间隔 -1 mm。

颈动脉 DSA 检查应用美国 GE Advantx LCN<sup>+</sup>。以改良 Seldinger 法穿刺,在导丝引导下将造影管分别插至双侧颈总动脉、颈内动脉、双侧锁骨下动脉和椎动脉进行造影,颈段和颅内段血管分别成像。

3. 图像分析及统计学方法:由 2 名放射科医师分别对 MR 图像进行盲法分析,如果意见不一致,则由第 3 名医生参与图像分析,最终达成倾向性诊断意见。首先根据信噪比及对血管和斑块的显示情

况将图像质量分为 4 个等级<sup>[6]</sup>:1 级,图像信噪比较低,不能显示血管壁结构;2 级,血管壁可见,但其亚结构和血管外壁边界模糊;3 级,血管壁结构显示清楚,仅局部略模糊;4 级,管壁结构和外壁轮廓均显示很清晰。评估时仅对评分为 2~4 级的图像进行分析。MR 图像分析内容主要包括血管狭窄程度和是否为溃疡斑块,此外还进行斑块成分的分析,包括斑块内出血和钙化。血管狭窄程度的判断采用北美有症状颈动脉内膜切除试验(NASCET)的计算方法<sup>[1]</sup>,狭窄率 = (1 - 最狭窄处管腔的直径/狭窄远端正常血管的直径) × 100%。MRI 对斑块的分析参照 Saam 等<sup>[2]</sup>经过组织学证实的影像诊断标准:纤维帽破溃表现为增强 T<sub>1</sub>WI 未见线样强化的纤维帽,局部管腔形态不规则,可见龛影或邻近管腔出血;斑块内出血表现为 T<sub>1</sub>WI 及 TOF 序列斑块内高信号;斑块内钙化于各序列表现为无信号区。

由 2 名神经介入放射医师分析 DSA 图像,主要是判断颈动脉狭窄程度及是否具有溃疡斑块。管腔狭窄程度的判断亦采用 NASCET 方法;溃疡斑块的诊断标准为管腔形态不规则,存在龛影。

采用 SPSS 13.0 统计学软件,计算 Kappa 值分析 MRI 显示的血管狭窄程度和 DSA 金标准之间的一致性;应用配对卡方检验检测 2 种方法对斑块纤维帽破溃检出的差异, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 结 果

89 支血管的 MR 图像质量评分均为 2 级以上,满足诊断需要。

1. 血管狭窄的判断:89 支血管, MRI 显示管腔狭窄程度的  $M$ (范围)为 50% (16% ~ 78%), DSA 显示为 47% (7% ~ 73%),以 DSA 作为判断血管狭窄的金标准, MRI 检测的管腔狭窄程度和 DSA 的检查结果具有很好的一致性(Kappa 值为 0.882,  $P < 0.01$ )(图 1~4)。进一步分析 MRI 与 DSA 对每一支血管狭窄程度的判断结果可见,大部分血管根据 MRI 判断的管腔狭窄程度均略高于 DSA 的判断结果。

2. 溃疡斑块的检出: MRI 检出 34 支血管具有溃疡斑块, DSA 检出 10 支血管具有溃疡斑块,两种方法的检测结果差异有统计学意义( $\chi^2 = 20.346, P < 0.01$ )。MRI 检出的 34 支有溃疡斑块的血管中, 9 支血管 2 种检查方法均检出具有溃疡斑块, 25 支血管仅由 MRI 检出。DSA 检出的 10 支阳性血管中有 1 支血管为仅由 DSA 检出溃疡斑块。MRI 不仅

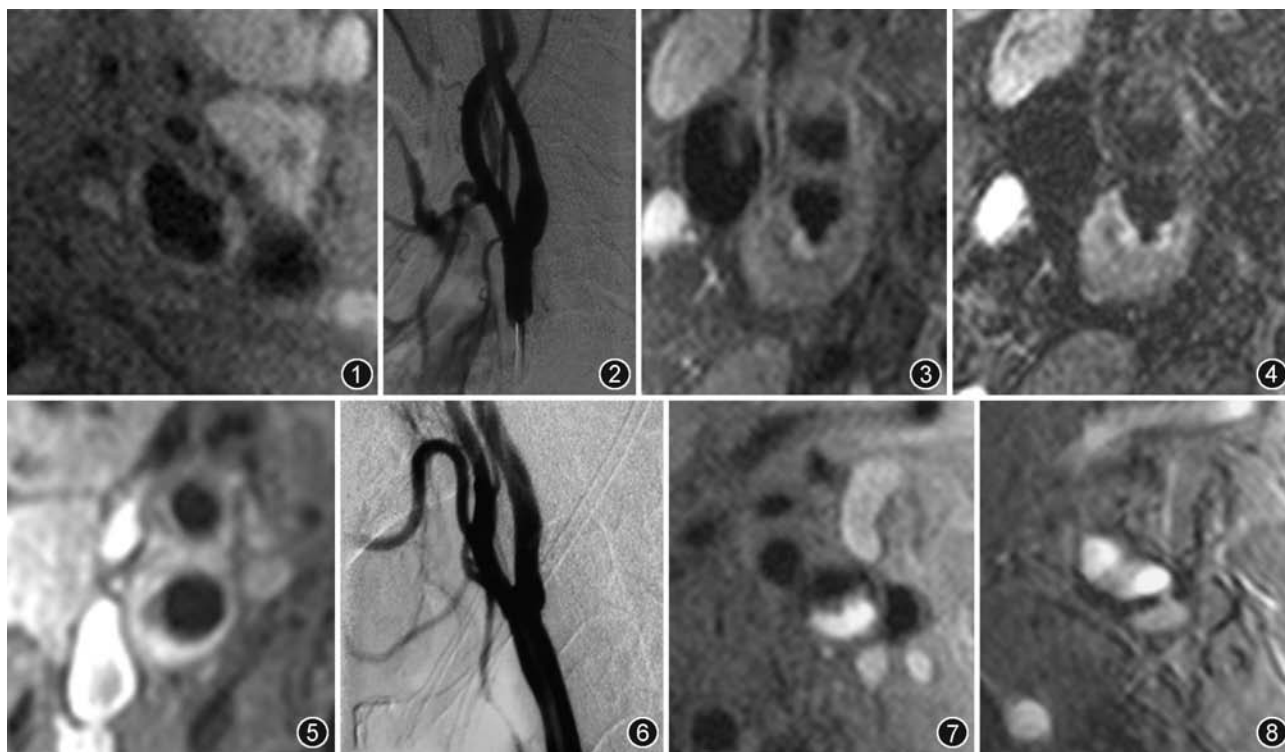


图 1,2 同一患者。图 1 为 T<sub>1</sub>WI,图 2 为 DSA 矢状面。MRI 显示了左侧颈总动脉较小的斑块和管腔的轻度狭窄,DSA 未能显示 图 3,4 同一患者。图 3 为增强 T<sub>1</sub>WI,图 4 为 T<sub>2</sub>WI。MRI 显示了右侧颈内动脉较大斑块造成的管腔狭窄和纤维帽破溃形成的龛影,龛影周围的疏松间质表现为 T<sub>2</sub>WI 高信号,增强 T<sub>1</sub>WI 可见明显强化 图 5,6 同一患者。图 5 为增强 T<sub>1</sub>WI,图 6 为 DSA 矢状面。MRI 显示了右侧颈内动脉的斑块、纤维帽破溃形成的龛影和龛影内的流动伪影。DSA 仅见斑块和管腔的轻度狭窄,未能显示龛影 图 7,8 同一患者。图 7 为 T<sub>1</sub>WI,图 8 为时间飞跃法(TOF)。斑块内出血表现为 T<sub>1</sub>WI 及 TOF 序列斑块内高信号影

可以显示纤维帽破溃所形成的龛影,还可以显示龛影底部修复过程所形成的疏松间质(图 3,4),表现为 T<sub>1</sub>WI 呈等或稍低信号,T<sub>2</sub>WI 呈高信号,增强后明显强化,提示该部位为富含水分和新生血管的结构。此外,龛影局部由于管腔形态改变,MRI 还可见到流动伪影(图 5,6)。

3. 斑块组成成分的显示: MRI 发现 37 支血管具有斑块内出血(图 7,8),71 支血管具有斑块内钙化。DSA 无法显示斑块内出血及钙化。

## 讨 论

1. MRI 和 DSA 对颈动脉狭窄程度的判断: 本研究结果显示, MRI 检出的颈动脉狭窄程度与 DSA 的检查结果具有很好的一致性, 因此认为 MRI 可以可靠地检测颈动脉的狭窄程度。进一步分析每一支血管 MRI 和 DSA 显示的管腔狭窄程度之间的差异可以看出, MRI 显示的颈动脉狭窄程度均略高于 DSA, 这与其他文献的研究结果一致<sup>[7]</sup>。在早期的研究中曾认为 MRI 的这种过度评估是由于管腔局部的重度狭窄引起质子失相位和信号丢失所致。但

随着成像技术的发展成熟, 对这个问题的认识发生了改变, Elgersma 等<sup>[7]</sup>通过对 MRA 与传统 DSA 以及旋转 DSA 的比较, 发现正是由于 MRA 对血管显示重建的角度更多, 因此可以较 DSA 更为全面地观察管腔狭窄的程度。此外, 以往文献中所比较的均为 MIP 法重组后的 MRA 图像与 DSA 矢、冠状面图像, 而本研究则是将 MRA 原始横断面图像与黑血序列(T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、PDWI、增强 T<sub>1</sub>WI)的横断面图像相结合观察管腔的狭窄程度, 其中 PDWI 使用了运动敏感驱动平衡技术(motion-sensitized driven-equilibrium, MSDE), 具有更好的血流抑制效果, 而且增强 T<sub>1</sub>WI 具有更高的信噪比, 能够减少血液流动状态对管腔狭窄程度判断的影响, 因此可以更为准确地观察管腔的狭窄程度<sup>[8]</sup>。

2. MRI 和 DSA 对溃疡斑块的检出: 本研究结果显示 MRI 和 DSA 对纤维帽破溃检出结果的差异具有统计学意义, 与文献报道相一致。Mitsumori 等<sup>[3]</sup>的研究显示 MRI 对薄或破溃纤维帽的检出具有很高的敏感度和特异度, 分别为 81% 和 90%; 而欧洲颈动脉外科试验协作组(ECST)的结果显示, DSA 检

出纤维帽破溃的敏感度和特异度分别为 69% 和 47%<sup>[9]</sup>。MRI 的优势在于它有较高的组织分辨率和较好的空间分辨率,同时 MRI 为多方位成像,不仅可以直观显示较大的纤维帽破溃斑块内容物脱落所形成的大而深的龛影,而且可以显示较为平坦而表浅的龛影,甚至可以显示纤维帽糜烂所形成的斑块表面的毛糙与凹凸不平。常规 DSA 仅为矢状面、冠状面投影,即使是较大的龛影也可能被含有对比剂的血流所掩盖,而浅表的龛影及纤维帽糜烂更是 DSA 所难以发现的。此外, MRI 除了可以显示纤维帽破溃的直接征象,还可以显示纤维帽破溃的间接征象,包括龛影底部的血栓形成、龛影周围斑块内的炎症性反应以及纤维帽破溃管腔形态改变引起的血液流动伪影等(图 3~6),即使龛影不明显,这些间接征象也会提醒注意是否有浅表的溃疡或纤维帽表面的糜烂。因此, MRI 可以较 DSA 更好地检出纤维帽的破溃。

3. MRI 和 DSA 对斑块内出血和钙化的显示:在我国,由于对颈动脉粥样硬化的治疗较少实行颈动脉内膜切除手术,而是多采用颈动脉狭窄血管成形和支架植入术,因此难以通过内膜切除标本对斑块的影像表现进行病理对照分析,本研究也面临同样的问题。但国际上在该领域已进行了大量的研究,特别是美国华盛顿大学的血管成像实验室,通过大样本的影像与手术病理对照研究,总结出了斑块内主要成分的 MRI 信号特征,得到国际广泛的认同,成为影像诊断及实验研究参考的依据。因此,本研究也参照该实验室的研究结果进行斑块成分的分析,结果显示 MRI 检出了 37 例斑块内出血。斑块内出血对斑块的发展具有重要意义,出血可导致游离胆固醇结晶沉积、巨噬细胞浸润、坏死核体积增大,斑块出血后很容易再次发生出血,因此出血使斑块成为不稳定斑块。MRI 对斑块内出血的检出具有很好的敏感度和特异度(分别为 82%~92% 和 74%~100%)<sup>[10]</sup>,表现为 T<sub>1</sub>WI 和 TOF 序列的高信号影(图 7,8)。Ota 等<sup>[11]</sup>的研究显示,斑块内出血与薄或破溃的纤维帽状态具有独立相关性, Yamada 等<sup>[12]</sup>的研究显示斑块内出血与临床脑缺血事件之间具有很明确的相关性。此外, MRI 还检出 71 例斑块内钙化。而 DSA 无法显示斑块内出血和钙化。

4. MRI 作为一种无创性影像检查手段的价值:目前临床对颈动脉粥样硬化斑块的治疗手段主要分为内科的药物治疗和外科的手术治疗,手术可以降低部分患者再次发生脑梗死的几率。DSA 是目前

广泛应用的术前影像检查方法,但它是一种有创性的检查,而且需要应用碘对比剂、费用昂贵、较为耗时、需收入院进行检查。因此,临床期待寻找一种可以替代 DSA 的无创性的影像检查方法进行筛查和手术适应证的评估,无创、无电离辐射的 MRI 为临床提供了一种很好的选择。与 DSA 相比,颈动脉管壁 MRI 可以准确评价颈动脉狭窄,更好地检出斑块纤维帽破溃以及斑块内出血、钙化等斑块的病变特点,可以为临床治疗方案的制定提供更多的信息。

## 参 考 文 献

- [1] 中华医学会放射学分会介入学组. 颈动脉狭窄介入治疗操作规范(专家共识). 中华放射学杂志, 2010, 44:995-998.
- [2] Saam T, Ferguson MS, Yarnykh VL, et al. Quantitative evaluation of carotid plaque composition by in vivo MRI. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2005, 25:234-239.
- [3] Mitumori LM, Hatsukami TS, Ferguson MS, et al. In vivo accuracy of multisequence MR imaging for identifying unstable fibrous caps in advanced human carotid plaques. *J Magn Reson Imaging*, 2003, 17:410-420.
- [4] 李树合,周定标,袁晓玲,等. 颈动脉粥样硬化不稳定斑块异质性的病理研究及高分辨 MRI 影像特点分析. 中华神经外科杂志, 2006, 22:485-488.
- [5] Li F, Yarnykh VL, Hatsukami TS, et al. Scan-rescan reproducibility of carotid atherosclerotic plaque morphology and tissue composition measurements using multicontrast MRI at 3 T. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 31:168-176.
- [6] Underhill HR, Yarnykh VL, Hatsukami TS, et al. Carotid plaque morphology and composition: initial comparison between 1.5- and 3.0 T magnetic field strengths. *Radiology*, 2008, 248:550-560.
- [7] Elgersma OE, Wüst AF, Buijs PC, et al. Multidirectional depiction of internal carotid arterial stenosis: three dimensional time-of-flight MR angiography versus rotational and conventional digital subtraction angiography. *Radiology*, 2000, 216:511-516.
- [8] Dong L, Wang J, Yarnykh VL, et al. Efficient flow suppressed MRI improves interscan reproducibility of carotid atherosclerosis plaque burden measurements. *J Magn Reson Imaging*, 2010, 32:452-458.
- [9] Rothwell PM, Gibson R, Warlow CP. Interrelation between plaque surface morphology and degree of stenosis on carotid angiograms and the risk of ischemic stroke in patients with symptomatic carotid stenosis. On behalf of the European Carotid Surgery Trialists' Collaborative Group. *Stroke*, 2000, 31:615-621.
- [10] Puppini G, Furlan F, Citro N, et al. Characterisation of carotid atherosclerotic plaque: comparison between magnetic resonance imaging and histology. *Radiol Med*, 2006, 111:921-930.
- [11] Ota H, Yu W, Underhill HR, et al. Hemorrhage and large lipid-rich necrotic cores are independently associated with thin or ruptured fibrous caps an in vivo 3 T MRI study. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2009, 29:1696-1701.
- [12] Yamada N, Higashi M, Otsubo R, et al. Association between signal hyperintensity on T<sub>1</sub>-weighted MR imaging of carotid plaques and ipsilateral ischemic events. *AJNR*, 2007, 28:287-292.

(收稿日期:2011-07-22)

(本文编辑:隋行芳)