

· 血管影像学 ·

颈动脉粥样斑块 3T MR 高分辨成像和 MRA 诊断

陆蓉, 周建军, 陆德明, 张勤惠, 刘晓艳, 吴娟, 顾美芳

【摘要】 目的:应用 3.0T MR 高分辨管壁成像和 MR 血管造影在体显示颈动脉粥样斑块,探讨 MR 对颈动脉斑块的诊断价值。方法:经彩超检查证实的症状性颈动脉狭窄 37 例,所有病例行管腔 MRA 和管壁高分辨 MR 检查,MR 检查序列包括 3D TOF、DIR T₁WI、T₂WI、PDWI 和 MRA。其中,17 例检查前 1 周内行 CT 血管造影检查,9 例患者检查后 1 周内行颈动脉内膜剥脱术。根据颈动脉内膜剥脱术手术部位,将获得的病理标本与 MR 图像逐层对照,研究斑块脂质成分、纤维成分和纤维帽、斑块钙化、出血和脂质坏死池等 MR 表现,探讨斑块变性的 MR 表现及其病理基础。结果:37 个病例共发现 52 条颈动脉分叉处斑块,其中,管腔轻度狭窄 24 条(46.1%),中度狭窄 19 条(36.5%),重度狭窄 7 条(13.5%),闭塞 2 条(3.9%)。斑块钙化 21 条(40.4%)、无钙化斑块 31 条(59.6%);31 条软斑块中纤维成分为主斑块 8 条(15.6%),有明显脂质核心斑块 23 条(44.2%);其中,伴斑块出血 5 条(10%)、脂质坏死核心 3 条(6%),纤维帽撕裂(溃疡或纤维帽撕裂)3 条(6%)。相对于胸锁乳突肌,脂质坏死池在 TOF、T₁WI、PDWI、T₂WI 均呈显著高信号,钙化在各序列均呈低信号。斑块内出血的信号与出血的时间有关,新鲜出血各序列表现为点、结节或片状高信号,亚急性出血或者陈旧出血的信号与出血时间长短有关。结论:颈动脉 MRA 和管壁高分辨成像是评估颈动脉斑块风险性的有效手段,无创性 MRA 可以显示颈动脉斑块的狭窄程度;管壁高分辨成像可以直接显示斑块纤维帽、斑块内结构和成分,预测斑块脱落的风险性。

【关键词】 颈动脉; 磁共振成像; 诊断

【中图分类号】 R543.4; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2012)06-0620-05

Evaluation of carotid artery atheromatous plaques by using MR angiography and high-resolution MRI LU Rong, ZHOU Jianjun, LU De-ming, et al. Department of Radiology, Nantong University Affiliated Hospital; Jiangsu 226001, P. R. China

【Abstract】 Objective: To assess the diagnostic value of MR in carotid atheromatous plaques with MR angiography and high-resolution MRI. **Methods:** Thirty-seven patients with carotid atheromatous plaques revealed by color Doppler ultrasound underwent high-resolution MR scanning using the protocol of time-of-flight MR angiography, DIR T₁WI, PDWI and T₂WI sequences. 17 of them underwent CT angiography in a week, 9 of them underwent carotid endarterectomy. According to characteristics of the pathological specimens from carotid endarterectomy, the findings of MRI were compared step by step. The components of the plaques were analyzed and compared, such as lipid, fiber and fiber cap, patches, calcification, bleeding and lipid pool. The performance and plaques degeneration on MR pathological basis were discussed. **Results:** MRI found fifty-two carotid plaques in 37 patients, the induced slight, medium, high degree of stenosis and occlusions of carotid artery were 46.1% (24/52), 36.5% (19/52), 13.5% (7/52) and 3.9% (2/52), respectively. Calcification was found in 21/52 plaques (40.4%), soft plaque in 59.6% (31/52). Of the 31 soft plaque, MRI identified fibrous plaque in 15.6% (8/52) and lipid core in 44.2% (23/52). Of the 23 lipid plaque, MRI detected lipid necrotic core in 6% (3/52), intraplaque hemorrhage in 10% (5/52) and fibrous cap rupture in 6% (3/52). On four MR sequences images, the lipid necrotic core presented hyperintensity, the calcification manifested hypointensity, the intraplaque hemorrhage might present hyperintensity, hypointensity or isointensity, respectively. The signal intensity of hemorrhage on MRI was related to the time of hemorrhage. **Conclusion.** MR angiography in combination with high resolution MRI was considered to be valuable tools in evaluating the risk of atherosclerotic plaques. The degree of stenosis could be found by MR angiography. The fibrous cap, calcification, lipid necrotic core and the intraplaque hemorrhage of carotid plaques could be evaluated by high resolution MRI.

【Key words】 Carotid arteries; Magnetic resonance imaging; Diagnosis

颈动脉 MR 成像包括颈动脉管腔血管造影(MR angiography, MRA)和颈动脉管壁高分辨成像。颈动

脉管腔 MRA 可以直观地显示颈动脉管腔的形态,如管腔的狭窄程度、管腔扩张等,其作用与 DSA 和 CTA 相仿;管壁 MR 高分辨成像显示颈动脉管壁结构,如斑块纤维帽、斑块内结构和成分,了解导致颈动脉管腔病变的深层次原因。其中,颈动脉管壁 MR 高分辨成像研究是近几年的研究热点。

作者单位:226001 江苏,南通大学附属医院影像科(陆蓉、陆德明、张勤惠、刘晓艳、吴娟、顾美芳);200032 上海,复旦大学附属中山医院放射科(周建军)

作者简介:陆蓉(1970-),女,江苏南通人,硕士,副主任医师,主要从事血管的无创性成像及腹部 CT 和 MRI 诊断。

通讯作者:周建军, E-mail:jjzhoucn@yahoo.com.cn

基金项目:南通市委资助项目(S2010031);上海市卫生局科研基金资助项目(2006019)

材料与方法

分析南通大学附属医院和复旦大学附属中山医院症状性颈动脉狭窄 37 例 MR 检查病例, 双侧颈动脉 MR 检查序列包括 3D TOF、DIR T₁WI、T₂WI、PDWI 和 MR 血管造影。所有病例检查前 2 周内经彩超检查, 17 例检查前 1 周内行 CT 血管造影检查, 其中 9 例患者检查后 1 周内行颈动脉内膜剥脱术, 5 例 1 周内行颈动脉支架。

MRI 扫描采用 GE 公司 3.0T 磁共振 (GE signa HDx 3.0T), 头颈联合线圈 (GE 3.0T HD Neurovascular array, 8-channel NV coil)。成像序列包括患者采用头先进体位, 首先采用 3D PC 扫描初步显示颈动脉形态及分叉位置, 之后以颈动脉分叉及狭窄的位置为中心定位, 进行 3D TOF、DIR T₁WI (指脉门控)、T₂WI 及 PDWI 扫描 (表 1)。

表 1 各序列扫描参数

	Ax-3D-TOF-MRA	DIR-T ₁	OAx PD	OAx T ₂
TR(ms)	25.0	2R-R	2000.0	2000.0
TE(ms)	3.8	15.6	15.9	85.0
Flip Angle(°)	15	\	\	\
ETL	\	19.0	12.0	12.0
Bandwidth	15.63	20.83	25.00	25.00
FOV(cm)	12.0	14.0	14.0	14.0
Slice thickness(mm)	2.0	4.0	4.0	4.0
Freq	320	320	320	320
Phase	256	224	256	256
NEX	1.00	2.00	8.00	6.00

CT 检查所用设备为 GE Lightspeed 64 层、Philips Brilliance 64 层螺旋 CT、Siemens Sensation 16 层螺旋 CT 机。静脉内团注非离子型对比剂优维显, 浓度为 300 mg I/ml 或 370 mg I/ml, 注射流率为 4~5 ml/s。其余扫描条件相同; 扫描准直为 1 mm (有效层厚 1.3 mm), 120 kV, 120 mA, 视野 180 mm, 螺距为 1~1.75, 速度为 0.5 r/s, 扫描后以 0.625 mm 间隔内插重建。后处理技术包括 MIP、VR、MPR 和 MPVR 等。采用 MIP 重建时, 兴趣区通过密度差异和手工勾画相结合去除骨、软骨和显影的颈部静脉。

颈动脉斑块由 3 位有经验的放射科医生用盲法评价, 对照 CT 分析斑块的钙化。有手术病理的病例, 根据颈动脉内膜剥脱术手术部位, 将获得的病理标本与 MR 图像逐层对照, 信号强度参照邻近肌肉, 测量纤维及脂质的相对信号强度 (normalized relative signal intensity, nrSI)。

结果

37 个超声提示颈动脉粥样斑块病例中, 血压增高 29 例, 头晕 17 例, 腔隙性梗死 15 例, 脑梗死 6 例, 短

暂性脑缺血发作 (TIA) 14 例, 其中, TIA 反复发作 6 例。

37 个病例 (图 1~5) 共发现 52 条颈动脉分叉处斑块, 其中, 15 个病例为两侧颈动脉分叉斑块。52 条颈动脉斑块患者中管腔轻度狭窄 (0~29%) 24 条、中度狭窄 (30%~69%) 19 条、重度狭窄 (70%~99%) 7 条 (图 1, 2)、闭塞 2 条。

52 条颈动脉斑块中共发现斑块钙化 (硬斑块) 21 条 (图 3)、无钙化斑块 (软斑块) 31 条 (图 4, 5); 31 条软斑块中纤维成分为主斑块 8 条, 有明显脂质核心斑块 23 条; 其中, 伴斑块出血 5 条 (图 5)、脂质坏死核心 3 条。

钙化 (图 3): 本组斑块中钙化斑块 21 条, 占有斑块的 40.4%。钙化形态呈片状、条状、斑点状和结节状, CT 显示钙化呈高密度, 钙化在 TOF、T₁WI、PDWI、T₂WI 等序列中均呈低信号。

斑块出血 (图 5): 本组病例中斑块出血血管 5 条, 占有斑块的 10%, 占软斑块的 16.1%, 所有钙化斑块均未见出血。斑块内出血的信号与出血的时间有关, 新鲜出血各序列表现为点、结节或片状高信号, 亚急性出血或者陈旧出血的信号与出血时间长短有关。

脂质坏死池: 本组病例中脂质坏死核心 3 条, 占有斑块的 6%, 占软斑块的 9.7%。脂质坏死池的信号较一般脂质信号显著增高, 在 TOF、T₁WI、PDWI、T₂WI 均呈显著高信号。

讨论

1. MR 无损伤血管造影 (管腔 MR) 的价值

有关颈动脉斑块最初的研究只是关注颈动脉狭窄与脑中风的关系, 包括 DSA、CT 血管造影和 MR 血管造影。MR 血管造影包括 TOF MRA、PC MRA 和 3D DCE MRA, 前两者不需要对比剂, 但成像受到颈动脉血流流速和血流形态的影响, 获得的颈动脉血管光滑度和分支血管的级别与 DSA 有一定的差距。3D DCE MRA 不受血流的影响, 图像质量优于 TOF 和 PC MRA, 与 DSA 接近。3D DCE MRA 包括对比剂首次通过 (first-pass MRA) 的 MRA 和稳态 MRA (steady-state MRA)。Anzidei 等^[1]比较不同时相的 MRA, 稳态 MRA 在显示颈动脉狭窄程度、斑块形态和溃疡等方面优于对比剂首次通过的 MRA。笔者的研究显示结合不同的图像重组技术, 管腔 MRA 在显示颈动脉管腔的同时, 还提供管壁的厚度以及管壁与管腔的关系; DSA 难以显示表浅的、无明显狭窄的斑块, 而 MPR 可以显示; 对于重度狭窄和闭塞血管的显示, DSA 难以了解病灶的确切范围及闭塞血管管壁及腔内的情况, 3DDCEMRA 可详细显示侧枝血管, 显示



图1 颈外动脉起始段狭窄。a) MRA容积重建显示右侧颈外动脉重度(70%~90%)狭窄(箭); b) DSA示右侧颈外动脉重度狭窄(箭),MRA容积重建与DSA具有很好的一致性。图2 颈动脉斑块伴溃疡形成。a) MRA示左侧颈内动脉重度狭窄伴腔外愈影(箭); b) DSA示左侧颈内动脉重度狭窄伴愈影(箭),MRA和DSA具有很好的一致性。图3 颈内动脉斑块伴钙化。a) T₁WI示左侧颈内动脉左后壁管壁呈半月状增厚,新月状低信号代表局部钙化斑块(箭),纤维帽呈略高信号(短箭); b) T₂WI示左侧颈内动脉钙化斑块呈低信号(箭),纤维帽呈略高信号(短箭); c) CT示局部钙化斑块呈高密度(箭),CT未能显示完整的纤维帽。

闭塞血管的长度、闭塞血管管壁及管腔内的有关情况等;DSA对血管壁病变的量化作用有限,MRA轴面图像可以帮助计算斑块的狭窄程度。

2. 颈动脉斑块MR高分辨成像(管壁MR)价值

斑块风险性与斑块内的脂核含量有关,脂质成分的识别以及脂质成分的定量有助于评估斑块的风险性。管壁高分辨MR尤其是T₁WI可以显示斑块的脂质成分和脂质含量。Fabiano等^[2]研究显示MR显示斑块内脂核的敏感度为92%,特异度为72%。Capendijk等^[3]研究有症状和无症状斑块脂核总的截面积与斑块面积之比,有症状者其截面积之比为116±129,而无症状者为59±62。

斑块的风险性也取决于纤维帽的厚度。管壁高分辨MR可以显示纤维帽的厚度。Trivedi^[4]与组织病

理对照研究斑块纤维帽的定量,研究显示两者具有很好的一致性,纤维帽的平均差为0.75%(±2.86%)。Sadat等^[5]研究急性症状性中风、最近症状和没有症状的3组患者。研究显示3组纤维帽撕裂分别为50%,35%,0%;最薄的纤维帽厚度在急性最近出现症状的患者相仿,为(600±200)microm,而无症状组为(800±200)microm。本组研究显示纤维帽的显示与斑块成分的比例以及斑块内出血和脂核分布有关,钙化斑块的纤维帽容易被显示,脂质成分比例高斑块,纤维帽与脂质的境界并非十分清楚;斑块出血一般不影响纤维帽的观察。

斑块出血提示斑块处于变化中,增加了斑块破裂的风险。Sadat等^[5]研究急性症状性中风、最近症状和没有症状的3组患者,研究显示3组斑块出血率分

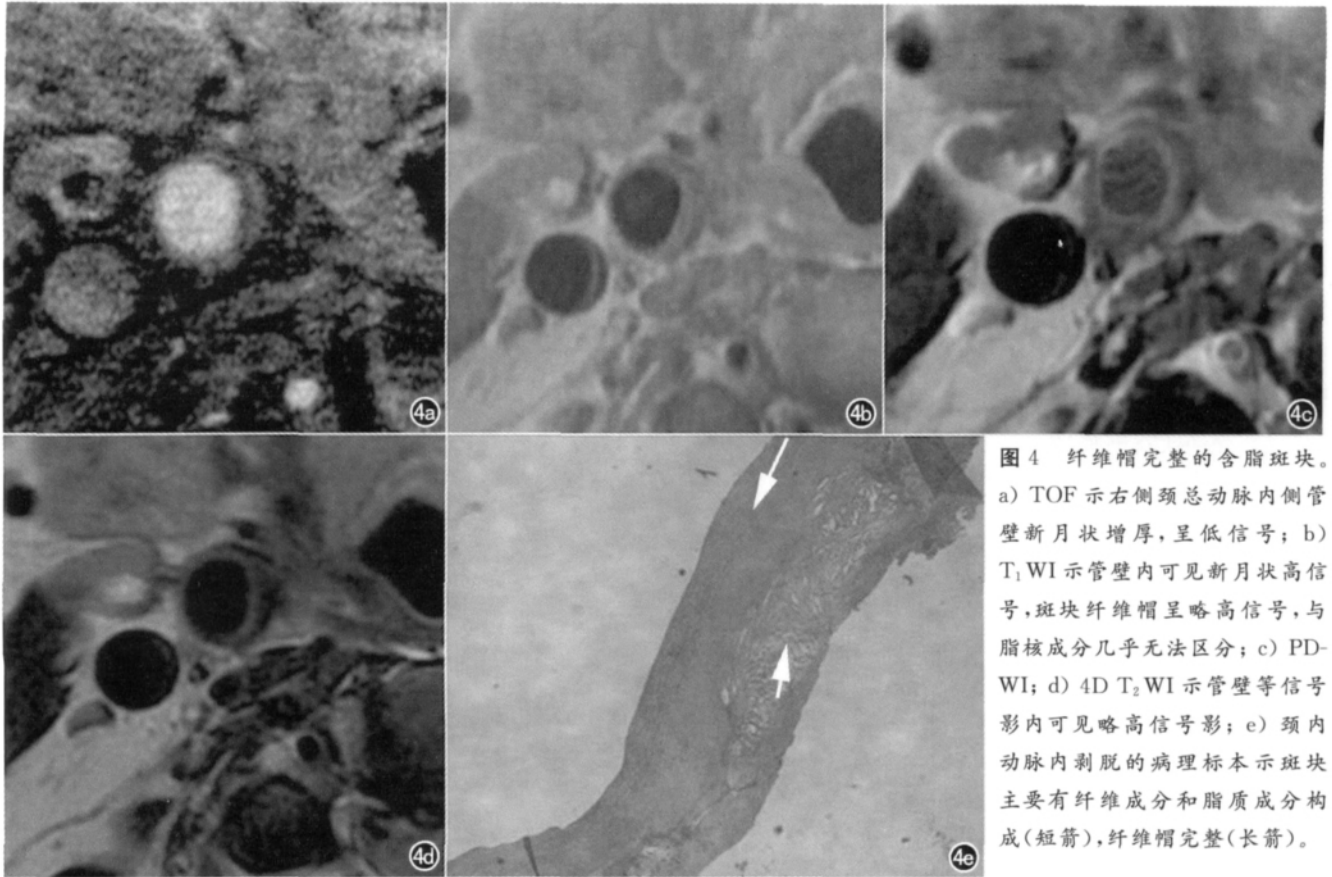


图4 纤维帽完整的含脂斑块。a) TOF 示右侧颈总动脉内侧管壁新月状增厚,呈低信号; b) T₁WI 示管壁内可见新月状高信号,斑块纤维帽呈略高信号,与脂核成分几乎无法区分; c) PDWI; d) 4D T₂WI 示管壁等信号影内可见略高信号影; e) 颈内动脉内剥脱的病理标本示斑块主要有纤维成分和脂质成分构成(短箭),纤维帽完整(长箭)。

别为 55%、35%和 5%。Altaf 等^[6] 研究显示颈动脉斑块内出血与同侧脑白质缺血相关,而与颈动脉狭窄程度无明显关联。Chu 等^[7] 研究显示 77% 的患者有斑

块内出血,MR 显示斑块内出血的敏感度 90%,然而特异度为 74%。Bitar 等^[8] 研究显示 T₁WI 高信号诊断斑块内出血的敏感度 94%~100%,特异度 80%~

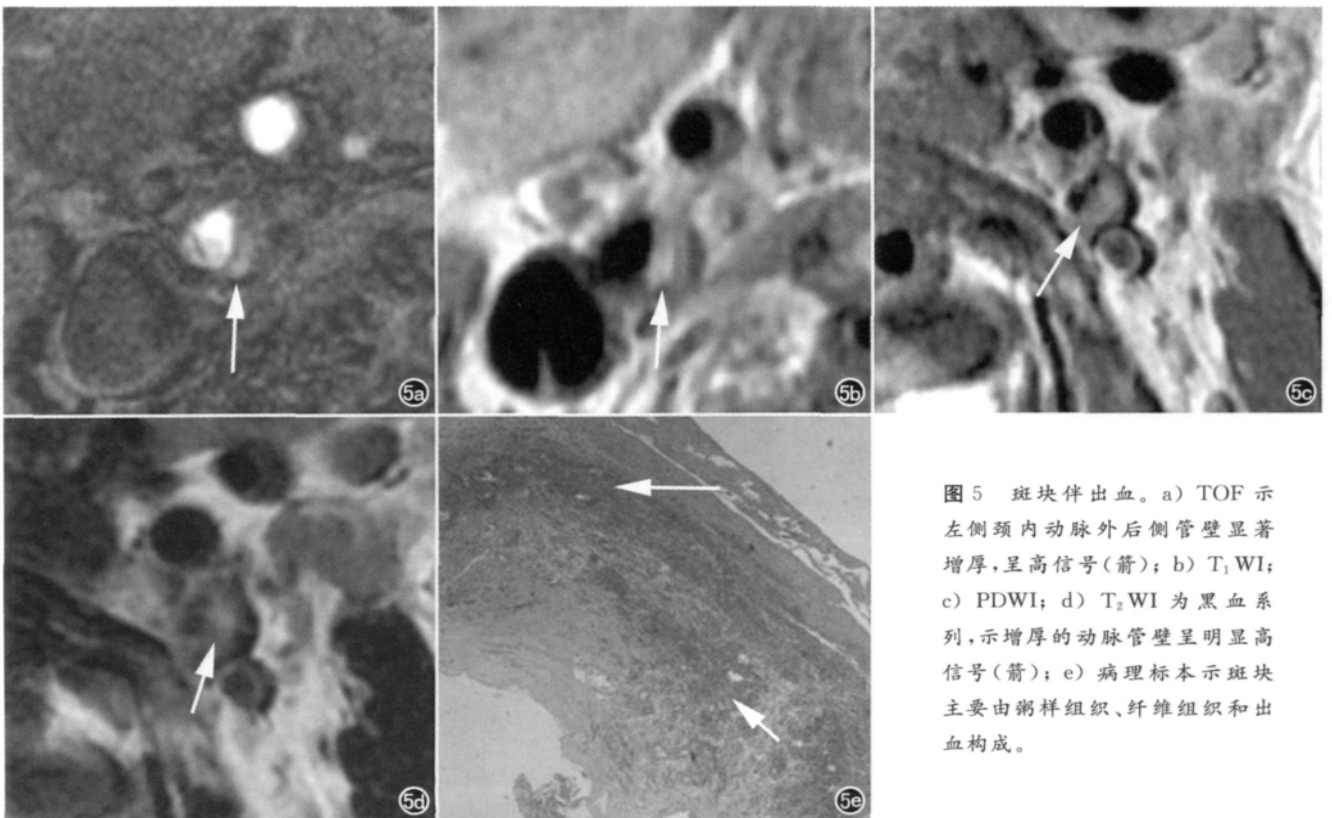


图5 斑块伴出血。a) TOF 示左侧颈内动脉外后侧管壁显著增厚,呈高信号(箭); b) T₁WI; c) PDWI; d) T₂WI 为黑血系列,示增厚的动脉管壁呈明显高信号(箭); e) 病理标本示斑块主要由粥样组织、纤维组织和出血构成。

88%, PPV 70%~78%, NPV 97%~100%。本组病例显示斑块出血一般较为局限,出血的信号改变与出血时间的长短有关,急性出血在4个常规序列都呈高信号,其信号强度高于斑块内脂核成分。本组斑块出血病例中都伴有TIA和脑梗症状,也印证了Altaf等^[6]的研究。

颈动脉管壁高分辨MR成像可以显示斑块内的炎性活动,此类研究一直是本学科研究的前沿。斑块炎性活动的研究需要借助于特殊对比剂如铁剂或者运用PET-CT。斑块是一个多因素诱导的慢性炎症过程,与斑块变性、破裂等密切相关。Howarth等^[9]通过USPIO增强MR研究显示巨噬细胞位于斑块张力最高的部位,其产生的致炎因子参与斑块变性,导致斑块撕裂引起中风。

3. 影像技术的比较

有关斑块成分的研究,超声的研究开展得很早,然而,超声对斑块内胶原、脂核、弹性蛋白和钙化的声影一直存在争议。Vit等认为彩色多普勒超声显示斑块的成分甚至不如CT。因此,超声预测斑块风险性的价值有限。运用CT区分斑块结构和成分开始于上世纪九十年代末,CT显示斑块钙化的价值得到了临床充分的肯定,CT也能区分富脂斑块和富纤维斑块。Estes等^[10]和Oliver等^[11]研究都显示CT在区分富含纤维组织斑块和富脂斑块方面有一定优势。笔者通过CT增强与病理对照研究显示富脂斑块密度低于管壁,增强扫描基本无强化;富纤维斑块的密度与血管壁密度相仿,增强扫描可明显强化或不强化。笔者的研究还显示CT图像空间分辨率高,可以显示斑块表面不规则和溃疡,反映斑块纤维帽完整性。Micro CT具有更高的组织分辨率,可以显示血管壁的各层结构和斑块的大致成分,包括细胞结构与非细胞结构等。MR不仅可以显示斑块内的脂质含量和胶原组织,可以对斑块纤维帽和脂质进行定量;MR对脂质坏死核心非常敏感。MR不仅对斑块内出血敏感,还可以区分斑块内新鲜出血、亚急性出血以及陈旧出血。MR可以直接显示斑块局部的血栓形成,还可以显示斑块局部血液流体力学的改变,判断血栓形成的可能性。

参考文献:

- [1] Anzidei M, Napoli A, Marincola BC, et al. Gadofosveset-enhanced MR angiography of carotid arteries: does steady-state imaging improve accuracy of first-pass imaging? Comparison with selective digital subtraction angiography[J]. *Radiology*, 2009, 251(2): 457-66.
- [2] Fabiano S, Mancino S, Stefanini M, et al. High-resolution multi-contrast-weighted MR imaging from human carotid endarterectomy specimens to assess carotid plaque components[J]. *Eur Radiol*, 2008, 18(12): 2912-2921.
- [3] Cappendijk VC, Kessels AG, Heeneman S, et al. Comparison of lipid-rich necrotic core size in symptomatic and asymptomatic carotid atherosclerotic plaque: Initial results[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2008, 27(6): 1356-1361.
- [4] Trivedi RA, U-King-Im J, Graves MJ, et al. Multi-sequence in vivo MRI can quantify fibrous cap and lipid core components in human carotid atherosclerotic plaques[J]. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 2004, 28(2): 207-213.
- [5] Sadat U, Weerakkody RA, Bowden DJ, et al. Utility of high resolution MR imaging to assess carotid plaque morphology: a comparison of acute symptomatic, recently symptomatic and asymptomatic patients with carotid artery disease[J]. *Atherosclerosis*, 2009, 207(2): 434-439.
- [6] Altaf N, Morgan PS, Moody A, et al. Brain white matter hyperintensities are associated with carotid intraplaque hemorrhage[J]. *Radiology*, 2008, 248(1): 202-209.
- [7] Chu B, Kampschulte A, Ferguson MS, et al. Hemorrhage in the atherosclerotic carotid plaque: a high-resolution MRI study[J]. *Stroke*, 35(5): 1079-1084.
- [8] Bitar R, Moody AR, Leung G, et al. In vivo 3D high-spatial-resolution MR imaging of intraplaque hemorrhage[J]. *Radiology*, 2008, 249(1): 259-267.
- [9] Howarth SP, Tang TY, Trivedi R, et al. Utility of USPIO-enhanced MR imaging to identify inflammation and the fibrous cap: a comparison of symptomatic and asymptomatic individuals[J]. *Eur J Radiol*, 2009, 70(3): 555-560.
- [10] Estes JM, Quist WC, Lo Gerfo FW, et al. Noninvasive characterization of plaque morphology using helical computed tomography[J]. *J Cardiovasc Surg*, 1998, 39(5): 527-534.
- [11] Oliver TB, Lammie GA, Wright AR, et al. Atherosclerotic plaque at the carotid bifurcation: CT angiographic appearance with histopathologic correlation[J]. *Am J Neuroradiol*, 1999, 20(5): 897-901.

(收稿日期: 2011-07-25 修回日期: 2011-12-01)