

· 心血管影像学 ·

颈动脉斑块脂质和纤维成份高分辨 MRI 表现及其病理基础

周建军, 王若冰, 林江, 曾蒙苏, 严福华, 王建华, 周康荣

【摘要】 目的:应用 3.0T MR 高分辨成像(HRMR)在体显示颈动脉粥样斑块,探讨斑块脂质成分和纤维成分的 HRMR 表现及其病理基础。**方法:**经彩超检查证实的症状性颈动脉狭窄 37 例,均行管壁高分辨 MRI 检查,检查序列包括 3D TOF、DIR T₁WI、T₂WI 及 PDWI。其中 22 例检查前 1 周内行 CTA 检查,9 例检查后 1 周内行颈动脉内膜剥脱术,5 例接受颈动脉支架置入术。根据颈动脉内膜剥脱术斑块所在的颈动脉部位,将获得的病理标本与 MRI 图像逐层对照,研究斑块纤维成分和纤维帽、脂质成分和脂质坏死池的 MRI 表现,探讨 MRI 表现的病理基础。**结果:**37 例共发现 52 支颈动脉存在斑块,斑块钙化 21 支(40.4%)、无钙化斑块 31 支(59.6%);31 支软斑块中,纤维成分为主者 8 支(15.6%),有明显脂质核心斑块 23 支(44.2%);其中,伴斑块出血 5 支(10%)、脂质坏死核心 3 支(6%),纤维帽撕裂(溃疡或纤维帽撕裂)3 支(6%)。相对于胸锁乳突肌,斑块脂质成分在 TOF 图像上呈等信号,T₁WI 呈等信号或稍高信号,PDWI 多呈等信号或略高信号、少数呈低信号,T₂WI 上呈等信号或低信号;脂质坏死池在 TOF、T₁WI、PDWI 和 T₂WI 上均呈高信号;纤维帽和纤维成分的信号相仿,在 TOF 图像上呈等信号或低信号,T₁WI 上呈高信号或略高信号,PDWI 呈稍高或等信号,T₂WI 上呈稍高信号。硬斑块纤维帽厚度(1.1±0.4)mm,软斑块纤维帽厚度(0.7±0.3)mm。硬斑块和软斑块的纤维帽厚度差异有统计学意义(P<0.001)。**结论:**多序列高分辨 MRI 可以显示斑块脂质成分、纤维成分和纤维帽,并对斑块脂质和纤维帽进行初步的定量,为在体分析斑块的结构提供评价指标,为斑块风险性评价提供参考。

【关键词】 颈动脉; 磁共振成像; 粥样斑块; 纤维帽; 脂质核心

【中图分类号】R445.2; R543.4 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1000-0313(2011)03-0310-04

High-resolution MR imaging used for fibrous and lipid components of carotid atheromatous plaques in vivo ZHOU Jian-jun, WANG Ruo-bing, LIN Jiang, et al. Department of Radiology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, P. R. China

【Abstract】 Objective: To explore MR findings of the fibrous and lipid components of carotid atheromatous plaques in vivo with high-resolution magnetic resonance imaging. **Methods:** 37 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. The total vessel wall area, the fibrous and lipid components and fibrous cap of carotid atheromatous plaques were determined by two observers, 9 carotid endarterectomy specimens were acquired and the corresponding regions fibrous and lipid components of the pathologic specimens were compared with MRI findings. **Results:** 52 carotid plaques were found in 37 patients, calcification was present in 40.4% (21/52), lipid core was present in 44.2% (23/52), lipid necrotic core in 6% (3/52), intraplaque hemorrhage was present in 10% (5/52), fibrous cap rupture (ulceration or fibrous cap rupture) was present in 6% (3/52). The lipid components manifested isointensity on TOF, isointensity or slight hyperintensity on T₁WI and PDWI, isointensity or hypointensity on T₂WI. However, the lipid necrotic core presented hyperintensity on four sequences; the fibrous components manifested isointensity or hypointensity on TOF, hyperintensity or slight hyperintensity on T₁WI, isointensity or slight hyperintensity on PDWI, slight hyperintensity on T₂WI. The mean fibrous cap thickness of calcified plaque was (1.1±0.4)mm, the mean fibrous cap thickness of non-calcified plaque was (0.7±0.3)mm, there was statistical significance between them. **Conclusion:** High resolution MRI can manifest plaque fibrous components, lipid components and the fibrous cap.

【Key words】 Carotid artery; Magnetic resonance imaging; Atheromatous plaques; Fibrous cap; Lipid core

颈动脉病变的影像学研究大致分为 3 个阶段:第一阶段为血管的有创性成像,包括血管造影及数字减影血管造影;第二阶段、血管的无损伤性成像,以 CTA、MRA 为代表;第三阶段为本学科前沿,主要为

血管管壁的高分辨成像,直接显示斑块成分,并研究斑块成分与斑块风险性的关系,包括超声、血管内超声、Micro-CT 和 MRI,其中,斑块的 MRI 高分辨成像是本学科研究热点。在应用 CTA 和 MRA 显示颈动脉斑块的基础上,本研究运用 3.0T MRI 进一步评估颈动脉斑块脂质成分和纤维成分的信号特征及其病理基础,旨在为斑块的风险性预测提供帮助。

作者单位:200032 上海,上海复旦大学附属中山医院放射科

作者简介:周建军(1966—),男,江苏如皋人,博士,副主任医师,主要从事 CT 和 MRI 新技术应用工作。

基金项目:上海市卫生局科研基金资助项目(2006019);上海市科委基础研究重点项目(08JC1404500)

材料与方法

分析本院 2008 年 3 月~2010 年 3 月 37 例症状性颈动脉狭窄患者的病例资料,所有病例 2 周内均经彩超检查提示颈动脉斑块,对这些病例行管壁高分辨 MRI 检查。22 例检查前 1 周内行 CTA 检查,其中 9 例检查后 1 周内行颈动脉内膜剥脱术,5 例 1 周内置颈动脉支架。

采用 GE signa HDx 3.0T 磁共振仪,8 通道头颈联合线圈,首先采用 3D PC 扫描初步显示颈动脉形态及分叉位置,根据颈动脉分叉及狭窄的位置为中心定位,成像序列包括 3D TOF、双翻转脉冲 T₁WI、T₂WI 及 PDWI 扫描,具体扫描参数见表 1。

表 1 各序列扫描参数

参数	Ax-3D-TOF	DIR-T ₁ 门控	PDWI	T ₂ WI
TR(ms)	25.0	2R-R	2000.0	2000.0
TE(ms)	3.8	15.6	15.9	85.0
翻转角(°)	15	—	—	—
回波链长度	—	19.0	12.0	12.0
带宽(Hz)	15.63	20.83	25.00	25.00
视野(cm)	12.0	14.0	14.0	14.0
层厚(mm)	2.0	4.0	4.0	4.0
矩阵	320×256	320×224	320×256	320×256
激励次数	1.00	2.00	8.00	6.00

由 3 位有经验的放射科医师采用盲法评价颈动脉斑块,有手术病理的病例,根据颈动脉内膜剥脱术中所见斑块所在的部位,将获得的病理标本与 MRI 图像逐层对照,信号强度参照同侧胸锁乳突肌进行比较,研究斑块纤维成分、纤维帽、脂质和脂质坏死池的 MRI 表现,探讨其 MRI 表现的病理基础。

结 果

37 例中血压增高 29 例,头晕 17 例,腔隙性脑梗死 15 例,脑梗死 6 例,短暂性脑缺血发作 14 例(其中反复发作 6 例)。

37 例共发现 52 支颈动脉在分叉处有斑块形成(图 1~4),其中,15 个病例为双侧颈动脉分叉斑块。52 支颈动脉斑块形成患者中,管腔轻度狭窄(0~29%)24 支、中度狭窄(30%~69%)19 支、重度狭窄(70%~99%)7 支、闭塞 2 支。

52 支颈动脉中共发现斑块钙化(硬斑块)21 支(图 1)、无钙化斑块(软斑块)31 支(图 2~4),钙化斑块呈片状、条状、斑点状;31 支软斑块中,纤维成分为主的斑块 8 支(图 4),有明显脂质核心斑块 23 支(图 2、3),其中,伴斑块出血 5 支、脂质坏死核心 3 支。

脂质成分和脂质坏死池:斑块的脂质成分在 TOF 图像上表现为等信号,T₁WI 呈等信号或稍高信号,PDWI 上多为等信号或稍高信号,少数呈低信号,

T₂WI 上呈等信号或低信号。脂质坏死池的信号较一般脂质信号显著增高,在 TOF、T₁WI、PDWI 和 T₂WI 上均呈高信号。

斑块内纤维成分和纤维帽:纤维成分在 TOF 图像上表现为等信号或低信号,T₁WI 上呈高信号或稍高信号为主,少数为等信号,PDWI 上呈稍高信号或等信号,T₂WI 上呈稍高信号。纤维帽最薄处厚度为(0.85±0.61)mm,其中,硬斑块纤维帽最薄处厚度(1.1±0.4)mm,软斑块纤维帽最薄处厚度(0.7±0.3)mm。硬斑块和软斑块纤维帽的厚度差异有统计学意义($P<0.001$)。

讨 论

粥样斑块主要由 4 类成分构成,即脂质成分、纤维成分、内皮增生、血栓样组织等。四种成分并非独立存在,而是彼此交织;其比例也不固定,且处于动态变化中。此外,斑块内还散在少量巨噬细胞和平滑肌细胞等。

管壁高分辨 MRI 颈动脉斑块成像是本专业的研究热点^[1-3]。颈动脉粥样斑块中,斑块纤维成分和脂质成分是构成斑块的基础,其信号特点的确定是分辨斑块其它成分的前提。

1. 脂质成分 MRI 表现及其病理基础

不同文献所描述斑块脂质的信号强度有一定的差异。本组斑块中,脂质成分在 TOF 图像上呈等信号,T₁WI 为等信号或稍高信号,PDWI 上多为等信号或稍高信号,少数呈低信号,T₂WI 上呈等信号或低信号。斑块脂质成分的信号强度不仅与体内脂肪信号不同,与体内液性状态下胆固醇的信号也不同。影响斑块脂质信号的原因主要有以下几个方面:①斑块内脂质成分与人体内其它脂质不同。斑块脂质核心包含胆固醇脂、胆固醇单水、磷脂和少量甘油三酯,这些分子大小不同,在不同斑块中的含量和比例不同,是不同斑块脂质信号多样性的基础;②斑块脂质内的自由水含量低于斑块纤维成分,即使中等大小的胆固醇,因为水含量极低,分子运动受限,其自然活动频率远离 Larmor 频率;③成像设备的场强以及检查采用 TR 时间的长短等对脂质成分的信号也有很大的影响。Narumi 等^[3]分别采用 500、700 和 900 ms TR 时间,研究斑块脂质与邻近肌肉之间的相对信号强度,结果显示,随着 TR 时间的延长,斑块相对信号逐步下降;④与脂质沉积的过程中,脂质与胶原纤维、巨噬细胞、平滑肌样细胞交织存在有关。许多研究认为,除了显示脂质的存在外,颈动脉高分辨 MRI 还能对斑块的脂质进行定量。Trivedi 等^[4]与组织病理对照研究斑块脂核的定量,研究显示两者具有很好的一致性,两者脂核的平

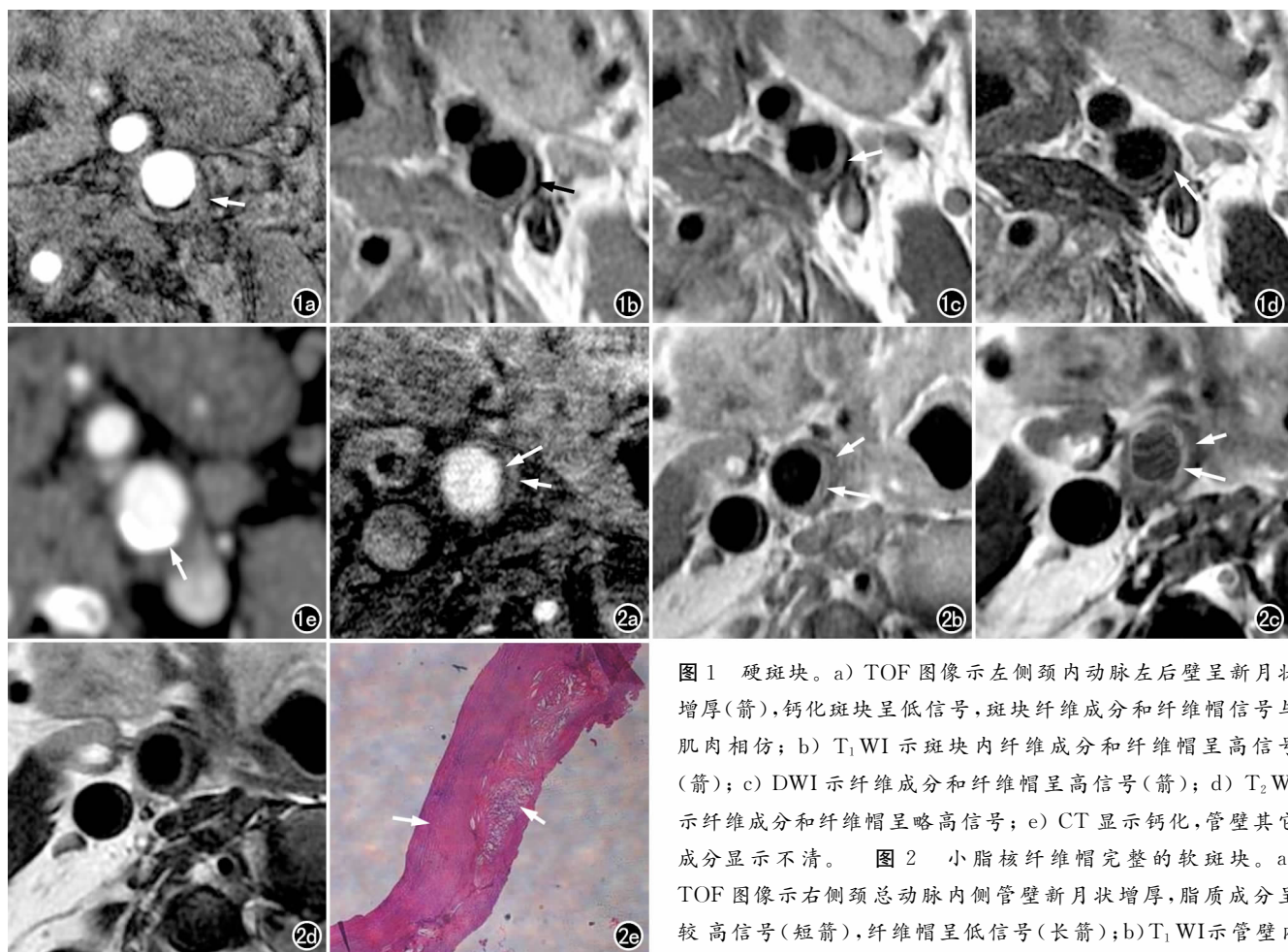


图 1 硬斑块。a) TOF 图像示左侧颈内动脉左后壁呈新月状增厚(箭),钙化斑块呈低信号,斑块纤维成分和纤维帽信号与肌肉相仿; b) T_1 WI 示斑块内纤维成分和纤维帽呈高信号(箭); c) DWI 示纤维成分和纤维帽呈高信号(箭); d) T_2 WI 示纤维成分和纤维帽呈略高信号; e) CT 显示钙化,管壁其它成分显示不清。图 2 小脂核纤维帽完整的软斑块。a) TOF 图像示右侧颈总动脉内侧管壁新月状增厚,脂质成分呈较高信号(短箭),纤维帽呈低信号(长箭); b) T_1 WI 示管壁内

脂质成分呈略高信号(短箭),纤维帽呈高信号(长箭); c) PDWI 示脂质成分呈略高信号(短箭),纤维帽呈较明显高信号(长箭); d) T_2 WI 示脂质成分呈等信号,纤维帽呈稍高信号; e) 颈动脉内膜剥脱的病理标本,镜下示斑块内纤维帽(长箭)和纤维帽下的脂质核心(短箭)。

均差为 $(0.86 \pm 1.76)\%$ 。Cappendijk 等^[5]研究有症状和无症状斑块脂核截面面积与斑块总的面积之比,有症状者为 116 ± 129 ,无症状者为 59 ± 62 。结合本组研究结果,笔者认为,MRI 对斑块内脂质的定量属于相对定量,并非斑块内脂质的绝对数量。脂质成分的相对定量有助于斑块风险性的预测,指导临床治疗方案的确定。

2. 脂质坏死核心的 MRI 表现及其病理基础

脂质坏死后其信号明显增高。本组病例脂质坏死核心在各个序列均呈高信号,其中, T_1 WI 上相对信号比最高,脂质坏死核心与脂质信号明显不同。笔者认为,脂质坏死核心信号增高的原因包括:①脂质坏死后,中等大小的分子增多,其自然活动频率接近 Larmor 频率;②坏死过程也是液化的过程,液化使得水分含量明显增加,水与中等大小分子结合,其活动频率更是接近 Larmor 频率;③脂质坏死核心单位体积内氢质子的含量增高,增加了信号强度。脂质坏死是斑块变性的结果,提示斑块处于变化之中,是斑块不稳定的

过程之一。脂质坏死直接增加了斑块内的张力,使得纤维帽破裂的概率明显增加;此外,脂质坏死也使得斑块内炎症活动增加,炎症因子具有促进坏死核心修复和加重炎症的双重性。因此,高信号的脂质坏死核心是斑块风险的重要指征。Yoshida 等^[6]研究斑块的相对信号强度,软斑块 T_1 WI 信号强度高于非软斑块,有症状患者斑块的相对信号强度明显高于无症状者。本组病例中, T_1 WI 上脂质坏死池和新鲜出血的信号最高,软斑块信号明显高于硬斑块,与 Yoshida 等的结果相仿。然而,斑块内纤维成分的信号略高于脂质成分或与脂质成分相仿。

3. 斑块纤维成分和纤维帽的 MRI 表现

本研究显示,纤维成分在 TOF 图像上为等信号或略低信号, T_1 WI 上为高信号或稍高信号为主,少数为等信号,PDWI 上为高或等信号, T_2 WI 上为稍高信号,纤维帽的相对信号与斑块内的纤维成分信号相仿。斑块纤维成分和纤维帽在斑块中的信号强度与体内其它部位的纤维组织信号不同,可能因为斑块内的纤维

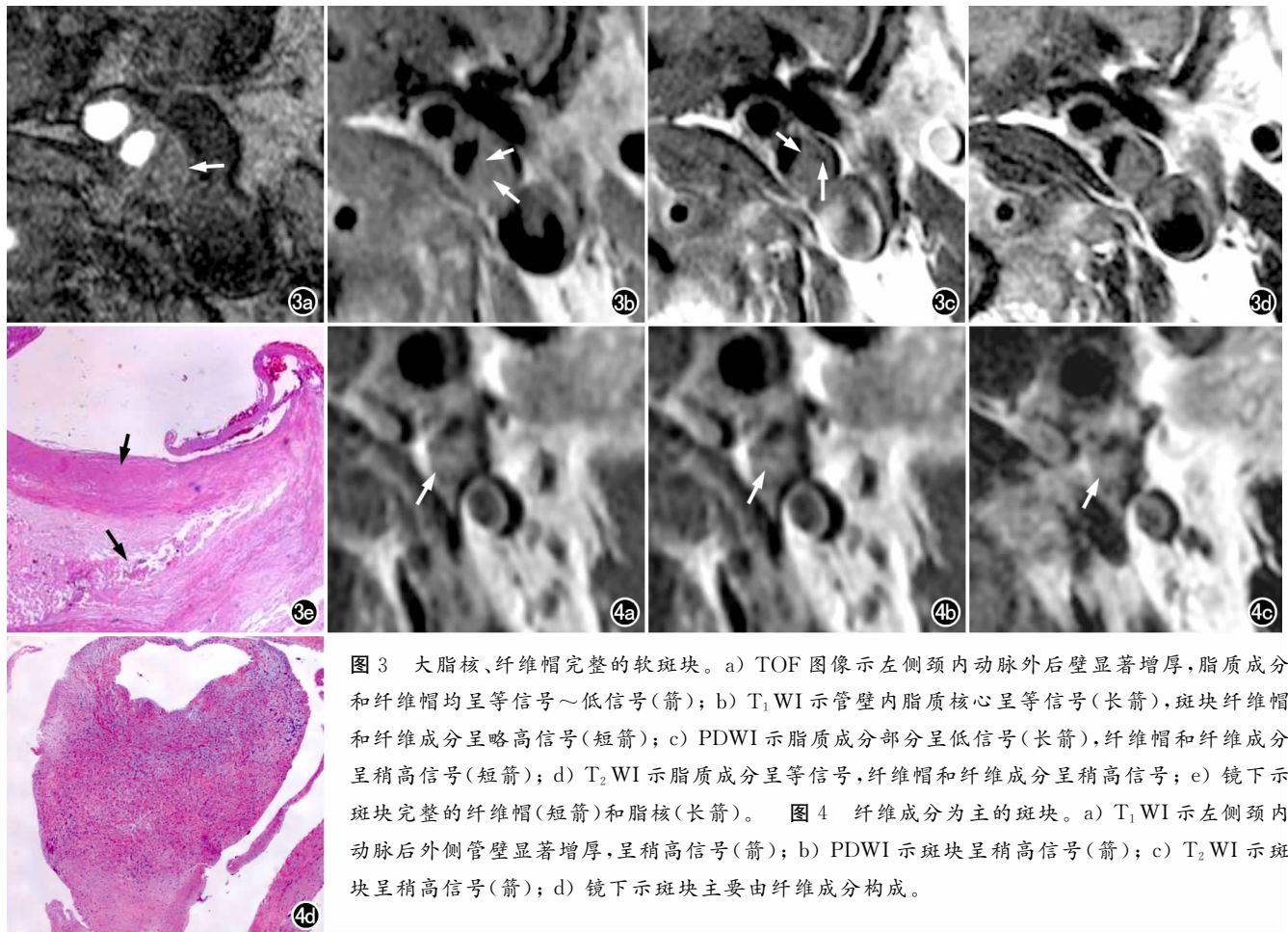


图 3 大脂核、纤维帽完整的软斑块。a) TOF 图像示左侧颈内动脉外后壁显著增厚,脂质成分和纤维帽均呈等信号~低信号(箭); b) T_1 WI 示管壁内脂质核心呈等信号(长箭),斑块纤维帽和纤维成分呈略高信号(短箭); c) PDWI 示脂质成分部分呈低信号(长箭),纤维帽和纤维成分呈稍高信号(短箭); d) T_2 WI 示脂质成分呈等信号,纤维帽和纤维成分呈稍高信号; e) 镜下示斑块完整的纤维帽(短箭)和脂核(长箭)。图 4 纤维成分为主的斑块。a) T_1 WI 示左侧颈内动脉后外侧管壁显著增厚,呈稍高信号(箭); b) PDWI 示斑块呈稍高信号(箭); c) T_2 WI 示斑块呈稍高信号(箭); d) 镜下示斑块主要由纤维成分构成。

组织自由水含量较多^[7]。管壁高分辨 MRI 不仅可以显示纤维帽,还能对纤维帽的厚度进行定量,Trivedi 等^[4]与组织病理对照研究斑块纤维帽和脂核的定量,显示两者具有很好的一致性,纤维帽的平均差为 $(0.75 \pm 2.86)\%$ 。本组病例纤维帽最薄处厚度为 (0.85 ± 0.61) mm,硬斑块纤维帽最薄处厚度 (1.1 ± 0.4) mm,软斑块纤维帽最薄处厚度 (0.7 ± 0.3) mm。硬斑块和软斑块纤维帽厚度差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。本组结果还显示,斑块纤维帽的显示与斑块成分有关,钙化在各序列上均呈低信号,与稍高信号或等信号的纤维帽形成良好的对照,有助于纤维帽的显示和定量。急性出血和脂质坏死核呈显著高信号,也与纤维帽的信号形成较好的对比,而脂质成分尤其是脂质与纤维混合的斑块,其信号强度可能与纤维帽相似,影响纤维帽的判断和定量。

总之,多序列高分辨 MRI 可以显示斑块脂质成分、纤维成分和纤维帽,并对脂质和纤维帽成分进行初步的定量,为斑块的进一步研究提供参考。

参考文献:

- [1] Singh N, Moody AR, Gladstone DJ, et al. Moderate carotid artery stenosis: MR imaging-depicted intraplaque hemorrhage predicts risk of cerebrovascular ischemic events in asymptomatic men[J].

Radiology, 2009, 252(2): 502-508.

- [2] 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.
- [3] Narumi S, Sasaki M, Ohba H, et al. Altered carotid plaque signal among different repetition times on T_1 -weighted magnetic resonance plaque imaging with self-navigated radial-scan technique [J]. Neuroradiol, 2010, 52(4): 285-290.
- [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] 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.
- [6] Yoshida K, Narumi O, Chin M, et al. Characterization of carotid atherosclerosis and detection of soft plaque with use of black-blood MR imaging[J]. AJNR, 2008, 29(5): 868-874.
- [7] Toussaint JF, Southern JF, Fuster V, et al. T_2 -weighed contrast for NMR characterization of human atherosclerosis[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 1995, 15(10): 1533-1542.

(收稿日期: 2010-07-29 修回日期: 2010-11-15)