

# 颈动脉粥样硬化的高分辨率 MRI 研究

张宗军, 肖俊强, 周国庆, 唐晓俊, 卢光明, 孙伟

**【摘要】 目的:**评价高分辨力 MRI 在显示和评价颈动脉粥样硬化斑块方面的价值。**方法:**采用 3in 表面线圈, DIR-T<sub>1</sub>WI、FSE-T<sub>2</sub>WI 和 3D-TOF 序列对 19 例患者及 3 例志愿者进行颈动脉高分辨力 MRI 成像, 评价有无硬化斑块并对其初步分型。**结果:**MRI 清晰显示 15 例 31 处颈动脉粥样硬化改变, 包括颈总动脉 4 处, 颈动脉分叉 17 处, 颈内动脉 9 处及颈外动脉 1 处。硬化斑块在 DIR-T<sub>1</sub>WI、FSE-T<sub>2</sub>WI 表现为管壁不规则增厚, 根据其信号改变参照 AHA 分类分为 III 型 12 个、IV~V 型 11 个, VI 型 2 个, VII 型 6 个。在显示血管壁改变方面 DIR-T<sub>1</sub>WI 优于其它序列。**结论:**高分辨力 MRI 能清晰显示颈动脉粥样硬化改变, 根据其信号改变能判断其组成成分及其性质, 为临床选择治疗方案及预后提供帮助。

**【关键词】** 动脉硬化; 颈动脉; 磁共振成像

**【中图分类号】** R445.2; R543 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2006)08-0770-05

**Carotid Atherosclerotic Plaque; Studied with High Resolution MRI** ZHANG Zong-jun, XIAO Jun-qiang, ZHOU Guo-qing, et al. Department of Medical Imaging, Nanjing General Hospital of PLA, Nanjing 210002, P. R. China

**【Abstract】 Objective:** To evaluate the value of high resolution MR imaging in detecting carotid atherosclerosis, and in characterizing the morphology of individual atherosclerotic carotid plaques. **Methods:** High resolution carotid arteries MR imaging was performed in 19 patients and 3 healthy volunteers using 3 inch surface coil with three sequences, including DIR T<sub>1</sub>WI, FSE T<sub>2</sub>WI and 3D-TOF. **Results:** 15 patients with 31 changes of carotid atherosclerosis were demonstrated clearly by MRI, including 4 in the common carotid artery, carotid artery bifurcation 17, internal carotid artery 9, and external carotid artery 1. All plaques showed defects in the high intensity of vessel lumen on TOF sequence, and presented moderate, low and/or high intensity on DIR T<sub>1</sub>WI and T<sub>2</sub>WI. MRI classification included type III 12, type IV~V 11, type VI 2 and type VII 6. **Conclusion:** MRI is a powerful noninvasive imaging tool with high spatial resolution in determining atherosclerotic plaque volume and tissue components. This imaging technique is useful for treatment planning and estimation of therapeutic efficacy and outcome of the patients.

**【Key words】** Atherosclerosis plaque; Carotid arteries; Magnetic resonance imaging

颈动脉粥样硬化是缺血性脑血管疾病重要的危险因素, 由其造成的缺血性卒中占 19%~35%<sup>[1]</sup>。因此, 有效地干预颈动脉粥样硬化对缺血性脑血管疾病的防治有着重要作用, 正确评估颈动脉粥样硬化为其干预治疗提供了可靠依据。国外研究表明 MRI 可实现对斑块内成份的定性定量分析, 判断斑块稳定性<sup>[2,3]</sup>, 为临床选择治疗方案、监测疗效及估计预后提供有力帮助。本研究的目的在于评价高分辨力 MRI 在显示和评价颈动脉粥样硬化斑块方面的价值。

## 材料与方 法

对 19 例临床高度疑诊颈动脉粥样硬化的患者及 3 位健康志愿者行颈动脉高分辨力 MRI 成像, 其中 15 例患者和 1 例志愿者行彩超对照。19 例患者中男 16 例, 女 3 例, 年龄 50~86 岁, 平均 72.2 岁, 临床主要症

状包括长期高血压的患者 13 例, 合并脑梗塞 10 例, 合并糖尿病 6 例, 单纯脑梗塞 2 例, 脑供血不足 2 例, 1 例无症状。志愿组女 1 例, 男 2 例, 年龄 20~54 岁。

所有患者均使用 GE Signa 1.5T 超导型 CV/i 磁共振仪, 3 in(1 in=2.54 cm)表面线圈, 头先进仰卧位, 常规行轴面 2D TOF 法定位, 然后采用 DIR-T<sub>1</sub>WI TR 800 ms, TE 7 ms, TI 450 ms; FSE-T<sub>2</sub>WI TR 3000 ms, TE 46 ms, 13 例同时行门控和非门控 T<sub>2</sub>WI 对比; 3D-TOF TR 25 ms, TE 4 ms。层厚 2~3 mm, 层间距 1 mm, 视野 13 cm, 矩阵 256×256, 填充为 512×512。扫描范围: 颈总动脉分叉水平上下各 24 mm。所有序列均使用了脂肪抑制技术, T<sub>2</sub>WI 还使用了流动预饱和技术。分别评价有无动脉斑块, 并根据动脉斑块的信号改变, 根据 Cai 等<sup>[4]</sup>采用的硬化斑块 MRI 分型标准进行分型。

## 结 果

### 1. 正常颈动脉分叉部表现

作者单位: 210002 南京, 南京军区南京总医院医学影像科(张宗军、肖俊强、唐晓俊、卢光明), 神经内科(周国庆); GE 公司(孙伟)  
作者简介: 张宗军(1964-), 男, 山东潍坊人, 主任医师, 主要从事神经系统影像诊断工作。

3例健康志愿者均未检出硬化斑块,其血管壁表现为厚薄均匀,直径在1.0~1.5 mm,在T<sub>1</sub>WI及TOF序列上其信号强度与临近的肌肉信号一致,在T<sub>2</sub>WI上略高于肌肉信号。在矢状面上分叉部位的管壁均匀一致。在所有序列上难以区分动脉壁三层结构。

19例患者中有15例可见31处明显粥样硬化改变。12例27个斑块发生在双侧,3例4个斑块发生在单侧,其分布见表1。在DIR T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI表现为粥样硬化斑块处动脉管壁不规则增厚,伴有或不伴有局限性的新月形或半月形信号灶突入管腔,TOF上表现为管腔内高信号血流中见低信号充盈缺损,粥样硬化斑块厚度多在2~6 mm范围内。15患者中3例4侧颈内动脉有明显狭窄。

表1 颈动脉粥样硬化斑块分布表 (例)

AHA分型	颈总动脉 (右侧)	动脉分叉 (右侧)	颈内动脉 (右侧)	颈外动脉 (右侧)
Ⅲ	3(1)	7(3)	2(2)	0
Ⅳ~Ⅴ	0	6(3)	4(0)	1(1)
Ⅵ	0	0	2(1)	0
Ⅶ	1(1)	4(2)	1(1)	0
合计	4(2)	17(8)	9(4)	1(1)

由于硬化斑块的构成不同,在不同序列上其信号强度表现也不一样。参照Cai等<sup>[4]</sup>采用的修正AHA-MRI分类方法,根据粥样硬化斑块的形态和不同序列上的信号改变,31个斑块的分类见表1。

Ⅲ型在MRI上表现内膜弥漫增厚或小的偏心性无钙化斑块,在T<sub>1</sub>/PD表现为局灶性轻度高信号(图1);Ⅳ~Ⅴ型斑块内脂肪或坏死核周围包绕纤维组织可能有钙化,富含脂肪的坏死核在T<sub>1</sub>加权上为高信号,在3D-TOF为中等信号,在T<sub>2</sub>WI为低信号。纤维帽在T<sub>1</sub>WI为略高信号,TOF为等信号,T<sub>2</sub>WI为相对高信号(图2);Ⅵ型为复杂斑块,可能有表面缺损、出血或血栓,表现为TOF上近管腔的低信号带的缺乏,伴有或不伴有高信号区,新近的出血T<sub>1</sub>/TOF均为高信号,而在T<sub>2</sub>WI信号不定(图3)。Ⅶ型钙化斑块,在各种序列表现为不规则低信号(图4)。

有彩超对照的16例中(4例正常),15例MRI与超声相符,1例超声仅右侧有病变,而MRI显示双侧均有粥样硬化斑块。

采用的3个序列,DIR-T<sub>1</sub>WI对血流的抑制效果最好,流动伪影最少,对比度分辨率好,显示血管壁和粥样硬化改变优于其它序列,所有层面均未见明显伪影存在。T<sub>2</sub>WI对斑块形态、信号显示低于DIR-T<sub>1</sub>WI,并且可见流动伪影存在;非门控FSE-T<sub>2</sub>WI中

1例患者图像质量模糊,不能清晰显示管壁,2例有较明显的伪影,86%的患者能清晰显示管壁,图像质量符合诊断要求。13例门控T<sub>2</sub>WI图像质量均优于非门控图像,但在动脉分叉层面仍有较明显的搏动伪影存在。而TOF序列管腔内充盈缺损的出现率较另2种序列附壁异常信号的出现率为高,部分为血流伪影。

## 讨论

发生在冠脉主干、颈内动脉段等重要部位的斑块常危及生命,主张及时采取外科手术或介入治疗,如斑块切除术,内膜切削术或安放支架等,因此粥样硬化斑块的早期检出和正确评价对临床治疗计划的制定具有重要意义。目前用于评价颈动脉粥样硬化的检查方法包括超声、血管造影、CT和MRI<sup>[5,6]</sup>。数字减影血管造影对于颈动脉狭窄的评价是一种“金标准”,但只能显示管腔内的改变,不能显示血管壁和粥样硬化斑块。由于血管壁外界的代偿性扩张,即使粥样硬化斑块的容积有较大增加,管腔的面积仍可以长时间保持不变。除非这种变化已经积累到相当程度,否则单纯测量狭窄程度有时不能检出粥样硬化性病变。因此,在了解颈动脉狭窄程度的同时,更应关注粥样硬化斑块的形态学变化。超声对颈动脉粥样斑块检查的敏感性较高,能发现粥样硬化的早期征象,如IMT增厚,脂质浸润等。根据光团回声信号对斑块性质及形状加以鉴别,对斑块所致颈动脉狭窄也能作大致估计。但这项技术在评价颈动脉分叉及颈内动脉斑块的大小和形态(尤其当斑块内有钙化存在)时受到相当的限制。颈动脉CTA不仅可以任意角度观察颈动脉全貌,还可显示颈动脉与周围血管及组织的关系,对于诊断中重度(>50%)狭窄非常有效。CT对钙化很敏感,对脂核及纤维成份的识别尚欠佳。而近期研究认为后两者对斑块的稳定性影响更大<sup>[5,6]</sup>。

MRI具有良好的软组织对比和任意平面成像的优点,黑血与白血技术的结合应用,MRI能够清晰显示血管外壁和管腔的改变,能比血管造影更好的显示颈动脉斑块的范围和分布,测量病变血管壁的总容积并准确确定斑块的负担,同时能够更准确的确定狭窄的程度<sup>[2,3]</sup>。MRI对化学成份敏感,综合多种序列图像分析常可达到对斑块内各成份的有效识别。富含脂肪的坏死核在T<sub>1</sub>加权上为高信号,在3D-TOF为中等信号,在T<sub>2</sub>WI为低信号。大量聚集的富含脂肪的泡沫细胞在T<sub>1</sub>WI为与脂肪核心相类似,为高信号,但在T<sub>2</sub>WI及PDWI均为高信号。纤维帽在T<sub>1</sub>WI为等或略高信号,在T<sub>2</sub>WI为相对高信号,在TOF序列上,

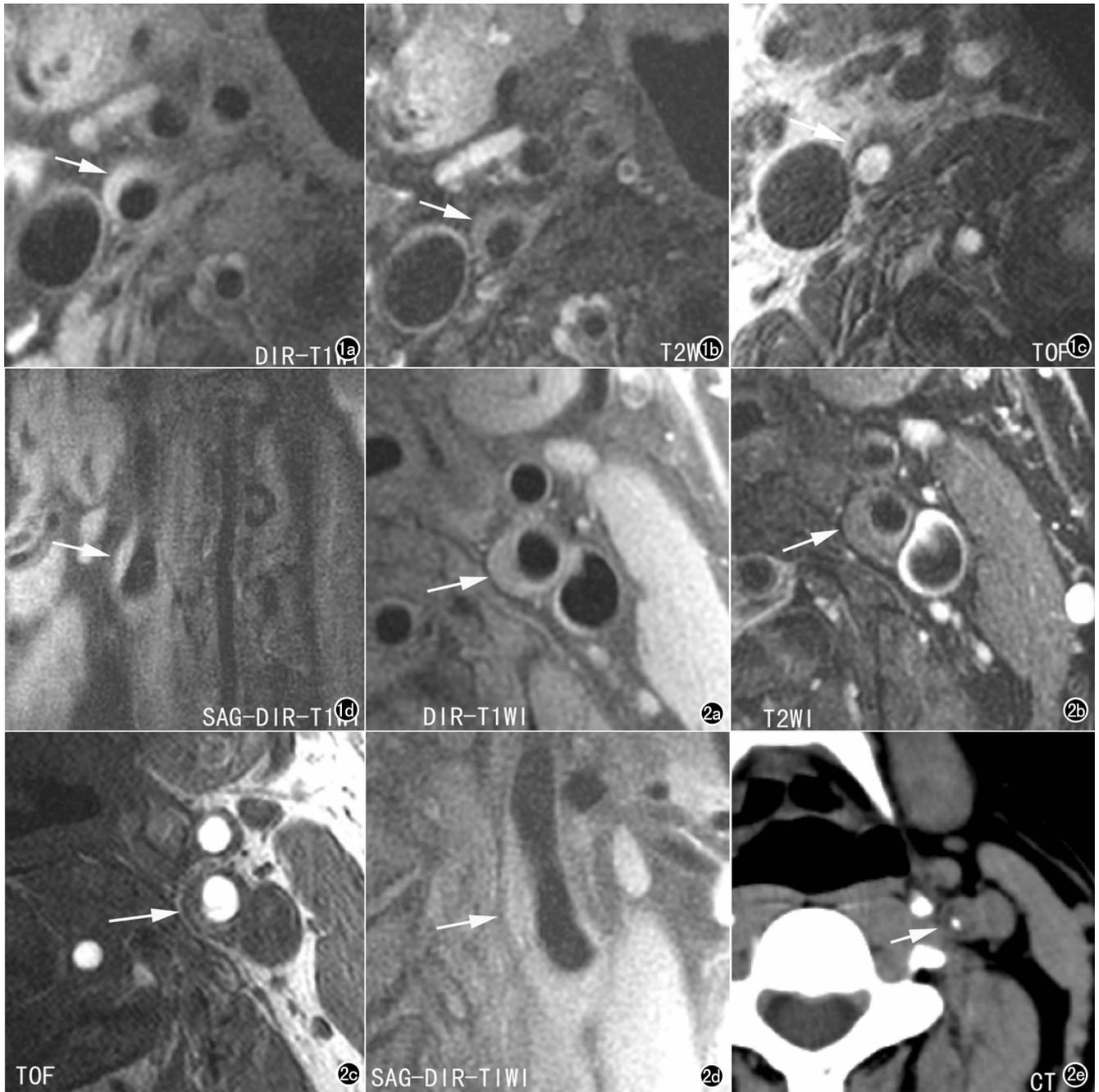


图1 多发性腔隙性脑梗塞。a)  $T_1$ WI 示右侧颈内动脉起始部小的偏心性无钙化斑块(箭)。斑块呈略高信号(与肌肉相比),管腔无明显狭窄;b)  $T_2$ WI 示斑块信号与肌肉一致(箭);c) TOF 图像示斑块呈略高信号,颈内动脉管腔为高信号(箭);d) 斜矢状面  $T_1$ WI 示斑块呈略高信号(箭)。斑块信号改变符合Ⅲ型。图2 左侧颈内动脉粥样硬化斑块(箭)。a)  $T_1$ WI 示斑块为较高信号(箭);b)  $T_2$ WI 显示斑块等低混杂信号(箭);c) TOF 图像示斑块以中等信号为主(箭);d) 斜矢状面  $T_1$ WI 示左侧颈内动脉斑块为较高信号(箭);e) CT 平扫可见斑块以低密度为主,其内有高密度点状钙化(箭),斑块信号改变符合Ⅳ~Ⅴ型斑块。

纤维环为低信号,当纤维环破裂时其为相对高信号。新近的斑块内出血在 TOF 上为高信号, $T_1$  为中等信号,PD- $T_2$ WI 为任何信号<sup>[7-9]</sup>。Hatsukami 用 3D-TOF 配合 DIR- $T_1$ WI、 $T_2$ WI、PD-WI 检测颈动脉粥样硬化,以术后病理切片作对照,结果表明 MRI 对斑块

内纤维帽区域的判断敏感度为 81%,特异度 90%<sup>[10]</sup>。Mitsumori 等<sup>[11]</sup>发现 MRI 对新鲜血肿或坏死脂核检出敏感度为 85%,特异度 92%。Cai 等对 60 例 252 个斑块行组织学与 MRI 对照分析,并按照 AHA 的分型对斑块分类,发现 MRI 对斑块分类总的正确度为

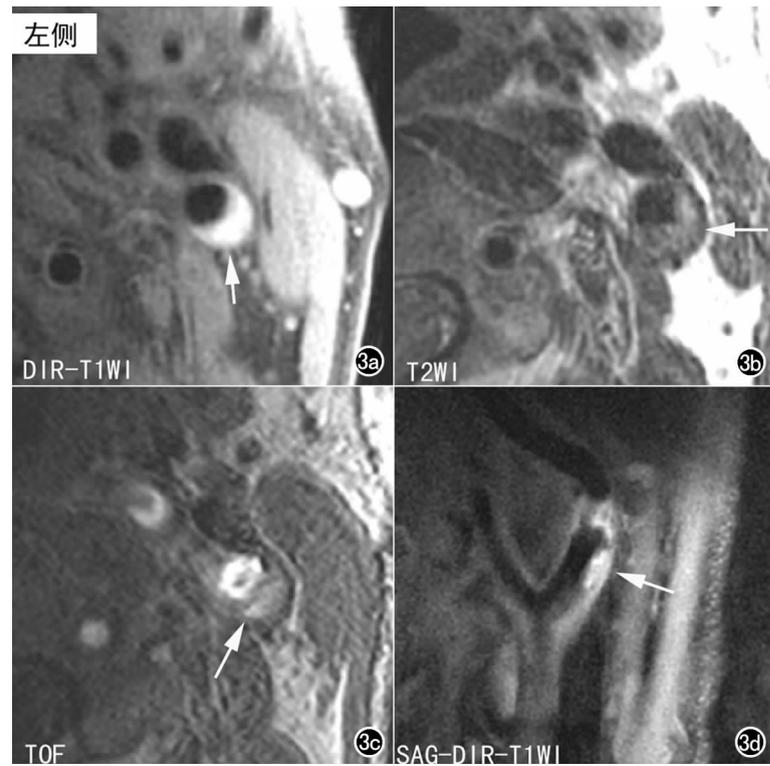


图3 脑梗塞后遗症、高血压病和血管性痴呆患者, 双侧颈内动脉硬化斑块。图为左侧颈内动脉硬化斑块(箭)。a)  $T_1$ WI 示左侧颈内动脉外后壁粥样硬化斑块呈高信号改变; b)  $T_2$ WI 显示硬化斑块呈高低混杂信号改变; c) TOF 图像示硬化斑块以等信号为主, 其内可见高信号, 斑块近管腔的低信号带缺乏; d)  $T_1$ WI 示左侧颈内动脉斑块不规则, 提示有溃疡形成; 颈内动脉明显狭窄。斑块信号与形态改变符合VI型复杂斑块。

80.2%, 没有1例进展期(高级)斑块被错误归类为早期或中期斑块。对不同类型斑块的敏感度或特异度为 I ~ II 为 67%、100%, III 为 81%、98%, IV ~ V 84%、90%, VI 82%、91%, VII 80%、94% 8, VIII 56% 和

100%<sup>[4]</sup>。MRI 不仅能准确显示和评价粥样硬化斑块, 同时可重复性高。国内蔡剑鸣等<sup>[12]</sup>发现 MRI 对颈动脉管腔、血管壁外界和管壁面积的测量在 2 次扫描之间和 2 名测量者之间差异均无明显差。Kang 等<sup>[13]</sup>发现在两次扫描间不同序列管腔的测量误差为 6.2%~9.7%, 对管壁面积的误差为 10.8%~12%, 综合 3 个序列误差为 4%~6%。

图像质量是影响动脉斑块检出和进行评估的重要因素, 目前国外多采用专门设计的头托提高扫描过程中的舒适度、减少运动, 同时使用专门设计的颈部相控阵血管线圈, 提高图像的信噪比, 可以明显提高图像质量。刘莉等<sup>[14]</sup>在国内首先采用 3 in 表面线圈用于颈动脉斑块的研究, 取得了较好的结果。因颈动脉粥样硬化斑块易发生在颈动脉分叉部和 ICA 起始段 20 mm 的范围内(80%), 因此采用 3 in 表面线圈, 能够清晰显示绝大多数颈动脉斑块, 满足临床的需要。常规采用的脉冲序列包括 DIR- $T_1$ WI、3D-TOF 和心电图门控 PDWI 及  $T_2$ WI, 笔者采用  $T_1$ WI、TOF、 $T_2$ WI 3 个序列, 同时常规采用了非心电图门控的 FSE- $T_2$ WI。结合文献研究发现在采用的序列中以 DIR- $T_1$ WI 的图像最佳且伪影较少, 血管壁、管腔和硬化斑块显示清晰, 是测量斑块大小和管腔直径的

最佳序列, 门控 PDWI 及  $T_2$ WI 较容易出现血管搏动伪影, TOF 法上因涡流的影响也容易出现伪影。因此笔者通常在 DIR- $T_1$ WI 序列确定有无粥样硬化改变, 结合  $T_2$ WI 及 TOF 序列判定斑块的信号改变, 确定斑

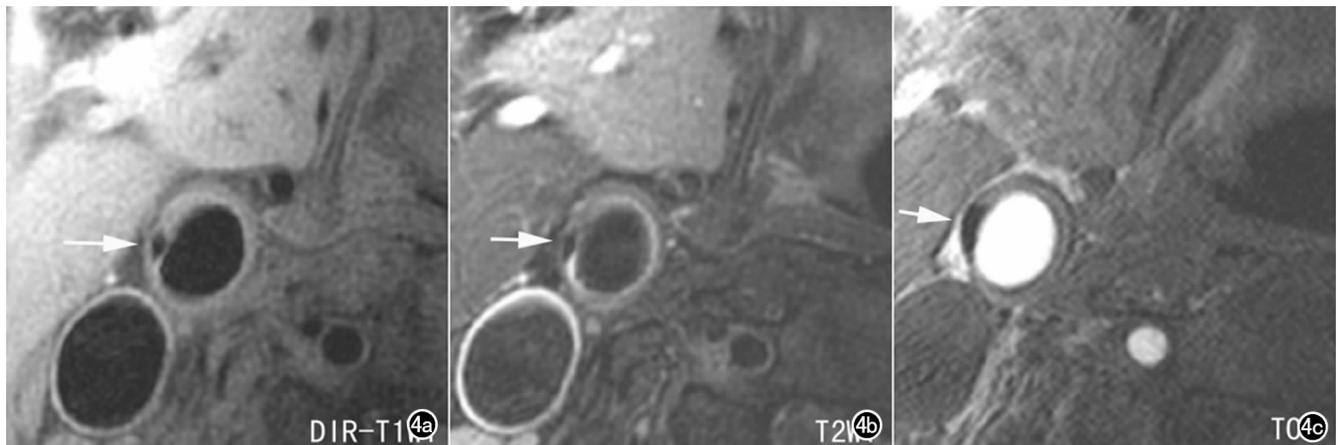


图4 右侧丘脑急性性梗塞, 右侧颈动脉外侧壁处钙化性粥样硬化斑块(箭)。a)  $T_1$ WI 示右侧颈总动脉外侧管壁不规则增厚, 其内可见较大低信号区; b)  $T_2$ WI 显示斑块内低信号区无变化, 可见动脉内膜为高信号; c) TOF 图像示颈动脉增厚的外侧壁大部分呈低信号, 提示斑块以钙化为主, 管腔无明显狭窄; 硬化斑块的信号改变符合VII型。

块的成分,对斑块分型。轴位是显示斑块断面结构与信号改变的最佳选择,但3D TOF的血管重建像和DIR T<sub>1</sub>WI的斜矢位可提供更全面的信息,避免轴扫时管壁的部分容积效应而误认为斑块。

在本研究中因采用的线圈和序列的限制,在一定程度上降低了对斑块内成分信号分析的可靠性,尽管对斑块做了初步分类,但本院目前尚未开展动脉内膜切除术,因此其分类缺乏组织学支持,可能存在误区。但以我们的经验和文献报道,应用3in表面线圈,综合3D-TOF、DIR T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI 3种序列对颈动脉粥样硬化可达到较满意的诊断,并能对斑块的分期作出初步的评估,同时能可靠和准确的评价有无管腔的狭窄。

MRI是一种安全无创的检查手段,重复性好,可比性高。MR颈动脉粥样硬化成像应用于临床可为目前普遍使用的药物降脂治疗提供一客观评价其疗效的方法。通过对斑块部位、大小、形态、性质的显示预测脑血管意外发生的风险,指导医生选择治疗方案,实施手术,实现早期诊断和个体化治疗。

#### 参考文献:

[1] Mead GE, Murray H, Farrell A, et al. Pilot Study of Carotid Surgery for Acute Stroke[J]. Br J Surg, 1997, 84(7):990-992.  
 [2] Yuan C, Miller ZE, Cai JM, et al. Carotid Atherosclerotic Wall Imaging by MRI[J]. Neuroimag Clin N Am, 2002, 12(3):391-401.  
 [3] Kramer CM. Magnetic Resonance Imaging to Identify the High-Risk Plaque[J]. Am J Cardiol, 2002, 90(suppl):15L-17L.  
 [4] Cai JM, Hatsukami TS, Ferguson MS, et al. Classification of Human Carotid Atherosclerotic Lesions with in Vivo Multicontrast Magnetic Resonance Imaging [J]. Circulation, 2002, 106(11):1368-1373.

[5] Krinsky GA. Diagnostic Imaging of Aortic Atherosclerosis and its Complications[J]. Neuroimag Clin N Am, 2002, 12(3):437-443.  
 [6] Gr Nholdt. B-mode Ultrasound and Spiral CT for the Assessment of Carotid Atherosclerosis[J]. Neuroimag Clin N Am, 2002, 12(3):421-435.  
 [7] Coombs BD, Rapp JH, Ursell PC. Structure of Plaque at Carotid Bifurcation High-Resolution MRI With Histological Correlation [J]. Stroke, 2001, 32(11):2516-2521.  
 [8] Yuan C, Mitsumori LM, Ferguson MS, et al. In Vivo Accuracy of Multispectral Magnetic Resonance Imaging for Identifying Lipid-rich Necrotic Cores and Intraplaque Hemorrhage in Advanced Human Carotid Plaques[J]. Circulation, 2001, 104(17):2051-2056.  
 [9] Yuan C, Kerwin WS, Ferguson MS, et al. Contrast-enhanced High Resolution MRI for Atherosclerotic Carotid Artery Tissue Characterization[J]. J Magn Reson Imaging, 2002, 15(1):62-67.  
 [10] Hatsukami TS, Ross R, Polissar NL, et al. Visualization of Fibrous Cap Thickness and Rupture in Human Atherosclerotic Carotid Plaque with in Vivo High Resolution Magnetic Resonance Imaging[J]. Circulation, 2000, 102(9):959-964.  
 [11] Mitsumori LM, Yuan C, Ferguson MS, et al. In Vivo Identification of Lipid Cores in Advanced Carotid Atherosclerotic Plaques by High Resolution MR Imaging[J]. Circulation, 2000, 102(suppl):250-252.  
 [12] 蔡剑鸣, 高元桂, 蔡幼铨, 等. 高分辨 MRI 技术测量颈动脉粥样硬化血管壁面积的可重复性评价[J]. 第二军医大学学报, 2003, 24(8):871-873.  
 [13] Kang XJ, Polissar NL, Han C, et al. Analysis of the Measurement Precision of Arterial Lumen and Wall Areas Using High Resolution Magnetic Resonance Imaging[J]. Magn Reson Med, 2000, 44(6):968-972.  
 [14] 刘莉, 冯定义, 夏黎明, 等. 颈动脉粥样硬化斑块的 MR 成像[J]. 放射学实践, 2003, 18(7):465-467.

(收稿日期:2006-01-23 修回日期:2006-03-13)

## · 外刊摘要 ·

### 急性动脉压过高所致脑损害(高血压脑病)的 MRI 特征

Schneider JP, Krohmer S, Günther A, Zimmer C

**目的:**9年前自可逆性大脑后部白质脑病综合征(PRES)的概念提出以来,有关的病因一直处于探讨之中。动脉血压过高,如高血压危象,及各种有毒的物质,如免疫抑制剂、化疗药等,均与PRES和脑部MR征象的形成有关。**方法:**8例患者均行发病初期检查及复查。所有患者均有高血压危象发生,包括头痛、癫痫发作、视觉障碍、失眠等急性神经系统症状。**结果:**所有患者的FLAIR序列均可发现皮层下高信号及皮层损害。虽然颈内动脉供血区域的脑组织亦有上述改变,但枕叶、小脑及脑干的改变尤为广泛。并且通过DWI全部患者均排除了细胞毒性水肿的发生。当血压正常后,发现作为诊断依据的损害

改变具有可逆性。**结论:**以后部脑损害为主的影像征象具有特征性表现。血压极度升高伴神经系统症状的患者在血压降低后,这种脑损害的改变极有可能具有可逆性。其确切的病理生理机制尚不清楚,但认为与肾上腺素的自身调节减弱合并内皮细胞功能障碍所导致的后循环的血管病变有很大关系。总之,我们建议从大脑后部白质脑病这一群中命名出“高血压脑病”亚群。由于治疗方法及预后不同,“高血压脑病”与“中毒性脑病”应有所区别。

华中科技大学同济医学院附属同济医院 王娟译 周义成校  
 摘自 Fortschr Röntgenstr, 2006, 178(6):618-626