

# 易损斑块的影像学检查方法

李明华, 李梅\*

## 作者单位:

上海交通大学附属第六人民医院放射科, 200233

## 第一作者简介:

李明华(1952—), 男, 博士, 主任医师, 教授, 博士生导师。

## 通讯作者:

李梅, E-mail: baoxinyi51@yahoo.com.cn

收稿日期: 2010-08-10

接受日期: 2010-10-14

中图分类号: R541.4; R743; R445.2

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1674-8034.2010.06.004

李明华, 李梅. 易损斑块的影像学检查方法. 磁共振成像, 2010, 1(6): 411-414.

**[摘要]** 目前动脉粥样硬化斑块的影像学检查方法主要包括无创性(如多普勒超声、CT和MRI)和有创性(如DSA、血管内超声、血管内MRI)检查, 每种检查方法各有优缺点, 无创影像学评估易损斑块的比较研究有利于优化影像学检查技术。多种方法的联合应用, 可以大大提高诊断准确率。

**[关键词]** 易损斑块; 超声; 计算机断层摄影术; 磁共振成像; 核素显像; 光学相干断层成像; 数字减影血管造影

## Comparison of different imaging methods for detection of vulnerable plaque

LI Ming-hua, LI Mei\*

Department of Radiology, Shanghai Sixth People's Hospital of Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200233, China

\*Correspondence to: Li M, E-mail: baoxinyi51@yahoo.com.cn

Received 10 Aug 2010; Accepted 14 Oct 2010

**Abstract** The imaging methods for detection of atherosclerotic plaque can be divided into invasive and noninvasive techniques, the noninvasive techniques include color Doppler ultrasound, computed tomography (CT), and MR imaging (MRI), etc; the invasive techniques include digital subtraction angiography (DSA), intravascular ultrasound (IVUS), and intravascular MRI, etc. Because every imaging method has its advantage and disadvantage, comparative study on noninvasive imaging methods for the evaluation of vulnerable plaque will bring benefits for the methodological optimization. Combination of different methods can improve the accuracy.

**Key words** Vulnerable plaque; Ultrasound; Computed tomography; Magnetic resonance imaging; Radionuclide imaging; Optical coherence tomography; DSA

动脉粥样硬化是一种慢性、进行性的内皮损伤和炎症反应引起的血管内膜病变, 是成年人致死致残的主要原因之一。其中动脉斑块破裂是引起血管或脏器急性栓塞的主要原因, 约25%的缺血性脑卒中、大部分心肌梗死和心源性猝死与动脉粥样斑块破裂有关。美国心脏病协会(AHA)于1995年根据动脉粥样硬化病变的严重性将其组织形态学变化分为6型<sup>[1]</sup>, 其中IV型为斑块期, 出现了脂质核心, 但没有厚的纤维帽, 脂质核心上覆盖的仍是正常内膜组织; V型是在有较大脂质核心基础上出现了纤维帽, 向管腔内突起; 当IV型和V型出现继发性病理改变时为VI型。VI为复合病变, 分为三个亚型: VIa为斑块表面破裂或溃疡, VIb为壁内血肿或出血, VIc为血栓形成。从IV型起病变不可逆转, 从V型开始动脉管腔出现明显狭窄, 斑块容易破裂、出血和形成血栓等。VI型可以很快出现管腔闭塞, 也可以纤维化至V型使斑块厚度及硬度增加, 管腔狭窄, 因此有重要临床意义, 称为“易损斑块”。薄纤维

帽、大的坏死脂质核心、斑块内出血、纤维帽上或斑块内有大量巨噬细胞浸润也为易损斑块。斑块破裂易发生于偏心狭窄斑块近心端肩部, 因为该处血流易变切应力最明显, 纤维帽最薄, 是炎性细胞聚集处。如果存在易损斑块, 即使是低度的颈动脉狭窄也可以引起脑卒中。

颈动脉内中膜复合体增厚及颈动脉粥样斑块形成是动脉粥样硬化的标志, 其病变常早于冠状动脉和脑动脉, 是用于评价动脉粥样硬化的窗口。目前颈动脉粥样硬化斑块的影像学检查方法主要包括无创性(如多普勒超声、CT和MRI)和有创性(如DSA、血管内超声、血管内MRI)检查。

## 1 超声

颈动脉位置表浅, 便于超声检查。超声能直接检测颈动脉内中膜增厚及粥样斑块形成, 可以通过回声、表面形态及血流动力学对斑块性质进行分析。低回声和等回声斑块内多含有富脂成分、坏死

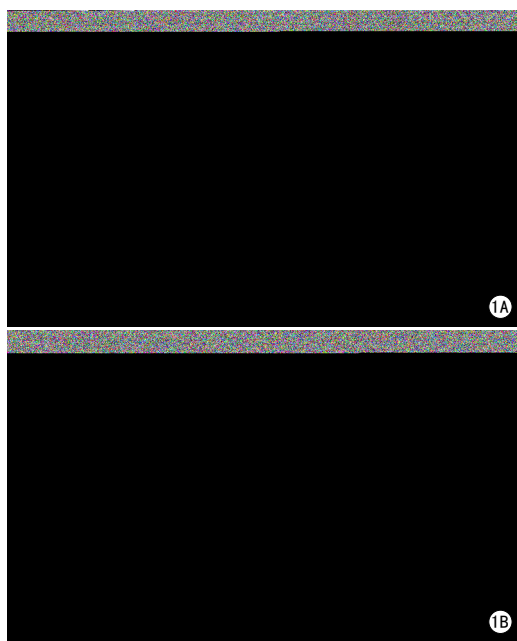


图1A 纵向灰阶超声示右侧颈总动脉前壁低回声溃疡型斑块(箭) 图1B 纵向彩色多普勒超声示血流信号充盈至溃疡内(箭)

**Fig 1 A:** Longitudinal gray scale ultrasound displays plaque ulceration of the right common carotid artery with hypochoic area (arrow). **B:** Both antegrade and retrograde flow within ulcer area are seen on color Doppler flow imaging (arrow).

物质和出血,常与易损斑块有关(图1A),而高回声斑块多富含纤维和钙化,提示稳定斑块。如发现表面不规则溃疡型斑块,有助于提示发生缺血性脑卒中的危险性。实时复合超声比常规B型超声在显示斑块回声、表面不规则和血管壁边界方面更准确,在评价噬菌斑现象时可重复性更高。彩色多普勒超声通过血流动力学检查诊断管腔狭窄较为可靠,诊断颈动脉 $>70\%$ 的严重狭窄敏感性和特异性分别可达 $91\% \sim 95\%$ 和 $86\% \sim 97\%$ 。高频探头的应用更可以获得高质量的声像图,在一定程度上可反映病变的范围和程度(图1B)。经颅多普勒超声(TCD)可了解颅内Willis环结构和血流方向,以及颅内血流速度。通过特异性的信号可以检出大脑中动脉内由心脏疾病、升主动脉和颈动脉粥样硬化来源的微小栓子<sup>[2]</sup>。血管内超声较多普勒彩色超声能更准确显示动脉狭窄及斑块,除了可准确显示斑块的大小和质地,其弹性图与内膜硬度图可用于斑块力学特性评价。血管内超声采用对比剂如微气泡与多种生物分子相结合,可以显示白细胞间黏附分子的活性状态,有助于显示炎症浸润对动脉斑块稳定性的影响。目前临床应用的血管内超声的组织分辨率为 $100 \sim 150 \mu\text{m}$ ,对于厚度小于 $100 \mu\text{m}$ 的斑块纤维帽

不能成像,这也决定了血管内超声在评价易损斑块上的局限性。而且血管内超声不能通过比导管直径小的病变,也不能评估血管弯曲及病灶的角度,并且检查持续时间长,仍是有创的检查方法,不易推广。超声的不足之处在于诊断准确性取决于操作医师的手法和技术熟练程度,血管迂曲时收缩期峰值血流速度(PSV)分析困难,无法检查远端颈内动脉狭窄,严重钙化斑也会干扰血流的测定,亦缺乏对斑块成分量化的诊断标准,对斑块内部的组织学特性及意义评价价值有一定限度。但总的来说,超声费用低廉,操作简便,是无创伤性成像方法,利用超声检查颈动脉粥样硬化来预防患者发生缺血性脑卒中是切实可行的,也可作为筛查工具。

## 2 多排螺旋CT

多排螺旋CT扫描层面薄,可以较好地减少呼吸、血流、脉搏及周围结构的影响,其横断面图像及多平面重组图像分辨率明显提高,使仔细分析斑块的组成成分成为可能。多排螺旋CT除测量管腔狭窄外,能准确检出所有钙化斑块。但在斑块表面形态和内部组织成分的检测方面相对弱势,富含脂质的坏死核心、结缔组织、出血的密度有明显重叠,钙化所致部分容积效应也影响密度的测量,限制了鉴别斑块成分的可靠性,对斑块溃疡的预测价值不大<sup>[3]</sup>。有学者采用增强CT检查以提高动脉斑块的检出敏感度和斑块易损性的判断,但仍受到部分容积效应和分辨率的影响,而早期斑块的检出敏感性明显降低。多排螺旋CT动脉造影(CTA)具有扫描速度快,分辨率高等优点,利用先进的后处理软件可进行多平面重组(图2)。与MRA相比,CTA因为管腔重度狭窄发生血流信号丢失的可能性较小,也不受慢血流的影响。诊断 $>70\%$ 的严重狭窄的敏感性和特异性分别可达 $85\% \sim 95\%$ 和 $93\% \sim 98\%$ 。CTA能显示血管断面的图像,测量管腔狭窄,但其观察血管壁成分的变化受空间分辨率和密度分辨率的较大影响,在斑块表面形态和内部组织成分的检测方面也相对弱势,对斑块内炎性改变和溃疡形成的预测价值不大。血管壁周围钙化与对比剂难以分辨,也会影响狭窄管腔的测量。而且CTA检查需接受电离射线扫描和注射碘化对比剂,后者不适用于肾功能不全、充血性心力衰竭的患者。

## 3 高分辨磁共振

高分辨率磁共振(MRI)有很高的软组织对比度,对颈动脉轻度内膜增厚或突起斑块敏感度高,根据斑块的信号变化可以分析斑块内的组织成分,从而对斑块的稳定性作出准确判断。由于斑块成分的复杂,目前多采用多对比序列检查方案,主要是

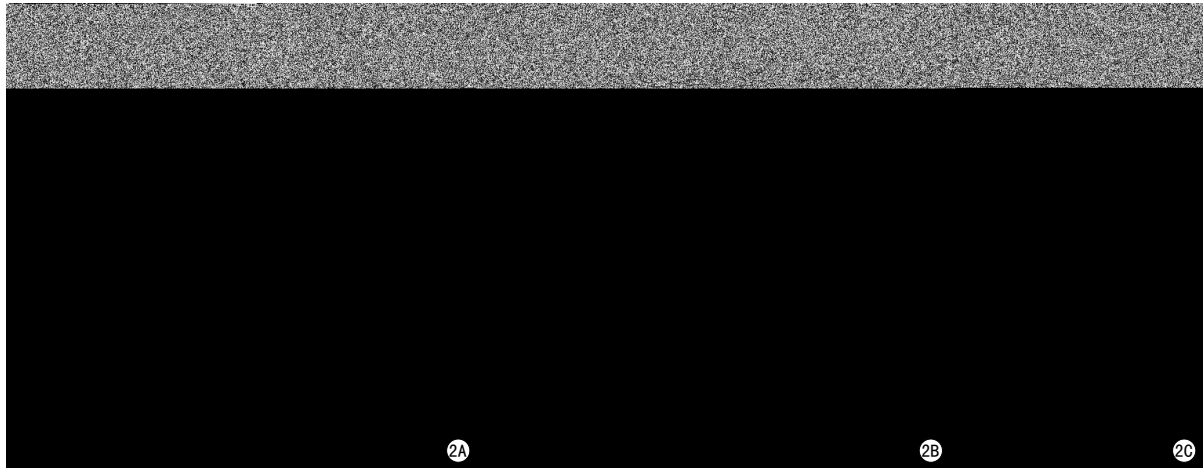


图2 右侧颈内动脉起始处低密度斑块伴边缘钙化(箭), 增强后斑块强化不明显。A. CT平扫; B. CT增强; C. MPR  
**Fig 2** A low density plaque with calcification without obvious enhancement at origin of right internal carotid artery is detected by CT (arrow). A: plain CT scan; B: CT angiography; C: MPR of CT angiography.

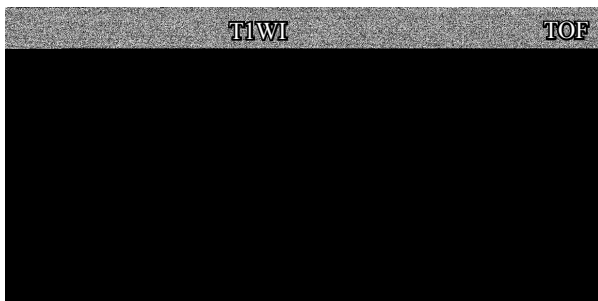


图3 显示左侧颈总动脉分叉处后壁斑块, 纤维帽不完整, 表面不规则溃疡形成  
**Fig 3** Transverse MR images demonstrate a plaque with irregular surface and disrupted fibrous cap at left common carotid artery bifurcation.

亮血和黑血技术, 3D TOF亮血技术是以梯度回波为基础的成像序列, 与相邻的血管壁相比, 内腔为高信号, 可以很好地显示斑块的钙化及含有致密胶原的纤维帽, 并鉴别斑块的不稳定纤维帽<sup>[4]</sup>。黑血技术是指MR技术抑制流动的血液信号, 使与低信号的血管内腔相邻的血管壁成像更清晰, 通过变换回波和重复时间可以显示最佳的斑块成分, 常用序列为T1WI、PDWI、T2WI, 同时采用脂肪抑制技术用于消除血管周围高信号脂肪的干扰, 而斑块内的脂肪主要以胆固醇脂和游离胆固醇的形式存在, 脂肪抑制后不会影响斑块内各种组织成分的对比(图3)。Chu B等按照脑实质出血分期标准对颈动脉斑块内



图4 左侧颈总动脉分叉处后壁偏心性斑块, 信号不均, 表面不规则, 外侧肩部可见纤维帽破裂。对比剂增强后纤维帽强化明显, 肩部破裂显示更清(箭), 斑块内亦见不均匀强化。DSA证实溃疡形成  
**Fig 4** Eccentric and irregularly shaped plaque with a rupture at the lateral shoulder was found at left common carotid artery bifurcation. Strong enhancement of the rupture fibrous cap indicates neovasculature. It is also indicated a necrotic lipid-rich core with minor enhancement. Plaque ulceration is confirmed on DSA.

出血进行分期,与组织学结果对照有很高的敏感性和中度的特异性。斑块内尤其是纤维帽新生血管生成会增加斑块的不稳定性,对比剂增强MRI能识别新生血管形成,提高对斑块坏死核心和纤维组织的鉴别能力<sup>[5]</sup>(图4)。近年来超微超顺磁性氧化铁微粒USPIO作为靶向性对比剂应用于MRI,对比剂聚集在富含铁血黄素的巨噬细胞的斑块内,导致信号改变,提示斑块内炎症存在,并可显示已破裂或有破裂倾向的粥样斑块<sup>[6]</sup>。

颈动脉狭窄处易形成涡流,CE-MRA可因血流信号丢失而高估狭窄程度,对高度狭窄和完全闭塞有时难以区别。高分辨率亮血和黑血MRI技术,可清楚显示血管附壁斑块,准确诊断狭窄程度。

多序列磁共振斑块成像的缺点是成像时间较长,呼吸运动、血管搏动、吞咽及不自主运动均可引起运动伪影,应用心电门控技术可以提高血管壁图像质量。随着3.0T高场强MR机器以及表面相控阵线圈的应用,其信噪比和空间分辨率得到了进一步提高,可对斑块的成分和稳定性进行鉴别和定量,并且是可重复的,已被广泛接受,应用前景良好。

#### 4 核素显像

正电子发射断层显像(PET)或单光子发射断层显像(SPECT)技术的日益完善为易损斑块的检出提供了新的无创检查手段,特别是特异性标记物的研究应用,明显提高了动脉易损斑块检出的敏感度和特异度。如<sup>18</sup>F-FDG PET可以被用来鉴别炎性斑块中炎性细胞的糖酵解活动的增加,<sup>18</sup>F-FDG摄取程度与斑块的炎性程度有很强的相关性。目前,以血小板、纤维蛋白、基质为靶标的标记物已应用于临床和科研中,更多的研究集中于新型标记物的研制和斑块中新标记位点的研究。利用膜联蛋白(annexin)A5与凋亡细胞的高亲和力,将前者以Tc<sup>99m</sup>标记后可检测斑块中的细胞凋亡情况<sup>[7]</sup>。经核素标记的氧化特异性抗体可与斑块中的氧化低密度脂蛋白(ox-LDL)结合,从而可对ox-LDL的含量进行测定。应用免疫荧光显像对胶原、弹力蛋白和ox-LDL进行荧光光谱分析,可识别出正常管壁和斑块,并可估测脂核大小与纤维帽的厚度,准确性达到80%以上,其应用前景受到很大关注。

#### 5 光学相干断层成像

光学相干断层成像(OCT)目前应用于冠状动脉的检查,是一种获得和处理光学信号的方法,将光学相干技术与激光扫描共焦技术相结合起来的一种继X射线、CT、MRI、超声诊断技术之后的又一种新的医学成像技术。可在体内进行高分辨率血管内成像。OCT对脂质斑块和纤维钙化斑块的检测具有

很高的敏感性和特异性,而对纤维斑块的敏感性和特异性则相应较低,可通过检测斑块纤维帽厚度、纤维帽中的巨噬细胞、斑块纤维帽的侵蚀现象和血栓来评价易损斑块。但不能显示斑块的整体轮廓,也无法计算斑块负荷以及脂质核心的大小。

#### 6 数字减影血管造影(DSA)

DSA是动脉粥样硬化形态学检查的金标准,不仅可以显示动脉粥样硬化的存在,还可确定其部位、形态及狭窄程度。但是对血管壁病变如动脉斑块的结构成分和性质的判断价值有限,显示易损斑块表面溃疡的能力相对较低。由于血管壁外界的代偿性扩张,即使斑块容积有较大增加,DSA显示的管腔直径仍可正常。动脉粥样硬化广泛时,整个动脉管腔相应狭窄,可能会低估狭窄程度。DSA不能提供斑块内部结构信息,与颈动脉内膜切除术标本组织学相比,敏感性仅为46%,特异性74%;而且DSA本身是有创检查,可能会导致缺血性脑血管病等并发症。

动脉易损斑块的无创影像学评估对临床选择适宜的干预治疗手段、降低脑血管意外的发生具有重要价值,也有助于临床药物的疗效观察。无创影像学评估易损斑块的比较研究也有利于优化影像学检查技术。多种方法的联合应用,可以大大提高诊断准确率,基本代替DSA作为术前检查方法。

#### 参考文献

- [1] Stary HC, Chandler AB, Dinsmore RE, et al. A definition of advanced types of atherosclerotic lesions and a histological classification of atherosclerosis. A report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 1995, 15(9): 1512-1531.
- [2] Kwee RM, van Oostenbrugge RJ, Hofstra L, et al. Identifying vulnerable carotid plaques by noninvasive imaging. *Neurology*, 2008, 70(24): 2401-2409.
- [3] Wintermark M, Jawadi SS, Rapp JH, et al. High-resolution CT imaging of carotid artery atherosclerotic plaques. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29(5): 875-882.
- [4] Hatsukami TS, Ross R, Polissar NL, et al. Visualization of fibrous cap thickness and rupture in human atherosclerotic carotid plaque in-vivo with high-resolution magnetic resonance imaging. *Circulation*, 2000, 102(9):959- 964.
- [5] Yuan C, Kerwin WS, Ferguson MS, et al. Contrast-enhanced high resolution MRI for atherosclerotic carotid artery tissue characterization. *J Magn Reson Imaging*, 2002, 15(1): 62-67.
- [6] Trivedi RA, Mallawarachi C, U-King-Im JM, et al. Identifying inflamed carotid plaques using in vivo USPIO-enhanced MR imaging to label plaque macrophages. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2006, 26(7): 1601-1606.
- [7] Laufer EM, Winkens MH, Narula J, et al. Molecular imaging of macrophage cell death for the assessment of plaque vulnerability. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2009, 29(7):1031-1038.