

超高场 3.0 T 磁共振磁敏感加权成像 诊断隐匿性脑血管畸形的临床应用

庞 军, 戴世鹏, 戴景儒

【摘要】 目的 探讨磁敏感加权成像(SWI)诊断隐匿性脑血管畸形(angiographically occult cerebrovascular malformation, AOVm)的应用价值。**资料与方法** 回顾性分析 119 例 AOVm(海绵状血管瘤 42 例,毛细血管扩张症 46 例,发育性静脉畸形 31 例)患者的 MRI 表现,比较 SWI 与其他常规 MRI 序列显示 AOVm 的敏感性和特异性。**结果** 119 例中,以 SWI 发现病灶数目最多,并且其影像表现具有特征性,与其他常规 MRI 序列相比,病灶检出的差异有统计学意义($P < 0.05$)。**结论** SWI 显示 AOVm 较其他常规 MRI 序列有更高的敏感性和特异性,是诊断 AOVm 的最佳序列,应作为 AOVm 的常规检查序列。

【关键词】 磁敏感加权成像 隐匿性脑血管畸形 磁共振成像

The Application of 3.0 T MR Susceptibility Weighted Imaging in Diagnosis of Angiographically Occult Vascular Malformations

PANG Jun, DAI Shipeng, DAI Jingru

Department of MRI, the People's Hospital of Cangzhou City, Cangzhou,
Hebei Province 061000, P. R. China

【Abstract】 Objective To evaluate the diagnostic value of susceptibility weighted imaging (SWI) in angiographically occult vascular malformations (AOVM). **Materials and Methods** One hundred and nineteen patients with AOVm underwent MRI examination. The SWI images were retrospectively analyzed and compared with conventional images. **Results** The AOVm lesions included 42 cases of cavernous angioma (CA), 46 cases of intracerebral capillary telangiectasia (ICT) and 31 cases of developmental venous anomaly (DVA). SWI detected more lesions than conventional images. **Conclusion** SWI have higher sensitivity and specificity than conventional MR images in the diagnosis of angiographically occult vascular malformations.

【Key words】 Susceptibility weighted imaging Angiographically occult vascular malformations Magnetic resonance imaging

隐匿性脑血管畸形(angiographically occult cerebrovascular malformation, AOVm)是指脑血管造影不显影,通过组织病理学或手术证实的颅内血管畸形。病理分型:海绵状血管瘤(cavernous angioma, CA)、毛细血管扩张症(intracerebral capillary telangiectasia, ICT)、发育性静脉畸形(developmental venous anomaly, DVA)。磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI)是以梯度回波 T_2^* 加权序列作为序列基础,利用不同组织间的磁敏感性差异提供对比增强的一种技术。大多数 AOVm 在 SWI 有特征性表现,其检出率越来越高。笔者搜集本院自

2007 年 10 月至 2010 年 10 月经 MRI 诊断的 AOVm 共 119 例,探讨 SWI 诊断 AOVm 的应用价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本组 119 例,男 78 例,女 41 例,年龄 3~82 岁,平均 54.3 岁。临床主要以癫痫、头晕、一侧肢体偏瘫等症状就诊,其中因外伤或体检等原因偶然发现者 22 例。所有患者均于首次检查后 5~6 个月再次复查,以进一步观察病灶有无变化并明确诊断。

1.2 检查方法

采用 Philips Achieva 3.0 T 超高场 MR 机,颅脑 8 通道 Sense 相控阵线圈。119 例 AOVm 患者均行

常规 MRI 及 SWI 序列扫描,其中 72 例行 MR 增强扫描,对比剂为钆喷酸葡胺注射液(Gd-DTPA),剂量 0.1 mmol/kg 体重。

常规 MRI 序列:轴位 T₁WI 快速自旋回波(TSE):TR 2000 ms,TE 20 ms,IR 800 ms,层厚 5 mm,层间隔 1 mm,激励次数(NSA)1,TSE Factor 7;T₂WI TSE:TR 3000 ms,TE 80 ms,层厚 5 mm,层间隔 1 mm,NSA 1,TSE Factor 15;液体衰减反转恢复(FLAIR)序列:TR 11000 ms,TE 120 ms,IR 2800 ms,层厚 5 mm,层间隔 1 mm,NSA 1,TSE Factor 32;矢状面 T₂WI TSE:TR 2123 ms,TE 80 ms,层厚 5 mm,层间隔 1 mm,NSA 1,TSE Factor 19。增强扫描采用 SE T₁WI 序列。

三维-SWI 序列:采用三维扰相梯度回波 T₂WI 序列(T₂-FFE),横轴位,层厚 2 mm,视野(FOV)230 mm × 160 mm × 120 mm,矩阵 256 × 140,接收带宽 172 Hz,TR 18 ms,TE 6.7 ms,翻转角 10°,NSA 1。在 Philips Release 2.5.3.0 工作站上对扫描所得相位信息进行后处理,得到校正的相位影像,将其加权在强度信息上,采用最小密度投影(MIP)获得最终的 SWI 影像。

1.3 MR 影像分析及评价方法

由两名 MRI 诊断医师采用双盲法,分别对常规 MRI 及 SWI 图像进行分析和判断,分析病灶的部位、数目及信号特点。应用 SPSS 11.0 统计软件,使用 χ^2 检验比较各序列病灶检出率的差别, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 CA

本组 42 例。16 例为单发,幕上 11 例,幕下 5 例;26 例为多发,总计 177 个病灶,幕上 165 个,幕下 12 个。以 SWI 序列发现病灶最多,并以 SWI 表现最具有特征性。SWI 与 T₁WI、T₂WI、FLAIR 序列及 T₁WI 增强扫描对比,病灶检出的差异有统计学意义($\chi^2 = 22.6$, $P < 0.05$)(表 1)。

MRI 表现:所有

CA 病灶在 SWI 表现为具有典型特征的不规则形极低信号影,边界清楚,病灶大小在 3 ~ 35 mm 之间(图 1A)。150 个病灶在 T₁WI、T₂WI、FLAIR 表现为混杂信号影,呈“铁环征”(图 1B,1C)。15 例 T₁WI、FLAIR 呈低信号,T₂WI 呈高信号。6 例 T₁WI 呈高信号,T₂WI、FLAIR 呈低信号。增强扫描 13 例共 56 个病灶,45 个无强化,11 个轻度强化。

2.2 ICT

本组 46 例。12 例为单发,幕上 7 例,幕下 5 例;34 例为多发,共 190 个病灶,幕上 158 个,幕下 32 个。SWI 发现病灶最多且影像表现具有典型特征。SWI 与 T₁WI、T₂WI、FLAIR 序列及 T₁WI 增强扫描对比,病灶检出的差异有统计学意义($\chi^2 = 18.3$, $P < 0.05$)(表 2)。

MRI 表现:所有 ICT 在 SWI 序列可见典型的影像特征:脑实质内单发或多发的点状和(或)小圆形显著极低信号区,边界清晰,无占位效应,病灶直径在 2 ~ 10 mm 之间(图 2A)。28 例 T₁WI、T₂WI、FLAIR 表现为等信号而无异常发现(图 2B ~ D)。12 例 T₁WI、T₂WI、FLAIR 呈多发的小点状稍低信号。6 例 T₁WI 呈等信号,T₂WI、FLAIR 呈稍高信号。增强扫描 11 例共 43 个病灶,31 个无强化,12 个轻度强化。

2.3 DVA

本组 31 例,均为单发病灶。幕上 23 例,其中额叶 11 例,颞叶 5 例,顶叶 7 例。幕下 8 例,均位于小脑半球。

MRI 表现:平扫 17 例 T₁WI 表现为低信号,14 例 T₂WI 呈条状流空信号(图 3A)。15 例增强扫描不同程度的显示了髓静脉及引流静脉,表现为“水母头”样低信号影(图 3B)。SWI 清晰显示所有病

表 1 颅内 CA 在不同序列中的信号表现及显示对比(个,%)

序列	低信号	等信号	高信号	混杂信号	无强化	轻度强化	检出病灶数	病灶总个数
T ₁ WI	35(18.1)	92(47.7)	22(11.4)	44(22.8)			101(52.3)	193
T ₂ WI	24(12.4)	72(37.3)	36(18.7)	61(31.6)			121(62.7)	193
FLAIR	40(20.7)	62(32.1)	46(23.8)	45(23.3)			131(67.9)	193
T ₁ WI 增强					45(80.4)	11(19.6)	56	
SWI	193(100)	0	0	0			193(100)	193

表 2 颅内 ICT 在不同序列中的信号表现及显示对比(个,%)

序列	低信号	等信号	高信号	无强化	轻度强化	检出病灶数	病灶总个数
T ₁ WI	66(32.7)	133(65.8)	3(1.5)			69(34.2)	202
T ₂ WI	72(35.6)	130(64.4)	0			72(35.6)	202
FLAIR	42(20.8)	153(75.7)	7(3.5)			49(24.3)	202
T ₁ WI 增强				31(72.1)	12(27.9)	43	
SWI	202(100)	0	0			202(100)	202

灶,包括放射状髓静脉及引流静脉,呈典型的“水母头征”(图 3C)。SWI 与 T₁WI、T₂WI、FLAIR 序列及 T₁WI 增强扫描对比,病灶检出的差异有统计学意义 ($\chi^2 = 25.7, P < 0.05$) (表 3)。

表 3 颅内 DVA 在不同序列中的显示对比(例,%)

序列	髓静脉	引流静脉	典型“水母头征”	病例总数
T ₁ WI	6(19.4)	4(12.9)	3(9.7)	31
T ₂ WI	12(38.7)	11(35.5)	11(35.5)	31
FLAIR	4(12.9)	3(9.7)	2(6.5)	31
T ₁ WI 增强	12(38.7)	15(48.4)	12(38.7)	15
SWI	31(100)	31(100)	31(100)	31

3 讨论

3.1 AOVm 的病理

AOVM 是指脑血管造影不显影,通过组织病理学或手术证实的颅内血管畸形,其发生率约为 1.9%~2.5%。McCormick^[1]将颅内血管畸形分为动静脉畸形、CA、ICT、静脉血管瘤或静脉发育异常等 4 种病理类型。影像学检查和尸检可发现合并 2 种或 2 种以上血管畸形的病理改变。

CA 是血管畸形的一个病理亚型,表现为具体、紧密、“蜂窝”状、血管内皮的窦状腔隙,其内含有血栓,显微镜下为多发“蜂窝”状改变,可见管径不等的胶原和线性内皮构成的窦状血管间隙,管壁菲薄,可有不规则增厚、透明样变性或部分钙化,增厚的管壁并无肌组织或弹力纤维。病灶内的组织紧密相连,其内不含有神经组织且分界清晰而容易与其他血管畸形相鉴别^[2]。血管腔内可见不同时期的血栓形成,表明活体情况下病灶内部的血流极其缓慢或停滞。病灶和邻近脑实质的巨噬细胞和星形细胞的含铁血黄素和贮存铁染色^[3]提示有少量血液渗出,邻近可有脑实质萎缩、胶质增生。

ICT 目前病因不明确,病理上表现为一团扩张的毛细血管,扩张的血管壁缺乏弹力纤维和平滑肌,异常的血管间可存在正常的脑组织^[4],病变周围无胶质细胞增生和含铁血黄素沉着。

DVA 为脑内静脉引流的一种先天性畸形,发生机制不明,目前认为动脉系统发育结束后静脉发育过程受阻,致使胚胎性髓静脉流入单支粗大的引流静脉^[5]。组织学检查可见大量扩张的薄壁静脉以及一支横贯脑实质的粗大静脉,这些薄壁静脉弥漫性分布于脑实质。粗大静脉管壁较厚,主要由纤维及胶原成分构成,缺乏弹力层且平滑肌层排列疏松。

3.2 AOVm 的 MRI 表现

CA 的 MRI 信号特点与病灶反复出血导致的不同时期出血成分沉积和血栓形成及钙化等继发病理改变相关^[6]。MRI 扫描病灶中心信号不均匀,为亚急性期-慢性出血,其表现具有特征性,T₁WI 呈不均匀高信号,病灶边缘为铁沉积形成的环形略低信号,T₂WI 呈低信号环,无占位效应或水肿,表现为典型的“铁环征”。SWI 序列上 CA 表现为具有特征性的“铁环征”或不规则形极低信号区。

ICT 由于扩张的毛细血管血流缓慢,大部分病灶在常规 MRI 上呈等信号而无异常影像表现,仅部分病灶于 T₂WI 表现为低信号或轻微高信号,T₁WI 为低信号,FLAIR 为小点状低信号。ICT 的 SWI 特征性表现为脑实质内多发的小点状和(或)小圆形明显低信号区,无占位效应,边界清楚,直径在 2~10 mm 之间。

DVA 畸形静脉血流缓慢,常不能显示血管流空现象,大部分 DVA 病变常规 T₁WI、T₂WI 常不能清晰显示。DVA 的 SWI 特征性表现为脑实质内放射状髓静脉及引流静脉,呈“水母头”样显著低信号影,无占位效应,边界清楚。

本组 119 例 AOVm 患者均未经病理证实,但以下几点支持 AOVm 的诊断:所有 AOVm(CA、ICT 及 DVA)患者的 MRI 表现,尤其是 SWI 序列表现均与文献报道的影像表现相同;所有同类 AOVm 病例的 MRI 表现基本相同,提示应为同一类疾病;所有 AOVm 患者均于首次检查后 5~6 个月复查,病变均无明显变化。

3.3 AOVm 的鉴别诊断

CA 需与以下疾病鉴别:(1)高血压性脑出血。高血压性脑出血有原发性高血压病史,好发于老年人,急性发病,血肿在基底节多见。(2)ICT。CA 易反复出血,病灶内有钙化和周边含铁血黄素沉积。在 SWI 图像上表现为中央不均匀斑点状高低混杂信号及“铁环”样改变。ICT 在 SWI 表现为均匀的类型圆形低信号。

ICT 需与脑内小静脉及以下疾病鉴别:(1)脑内小静脉。脑内小静脉与 ICT 的小出血灶在 SWI 上信号特点相似,鉴别较难,但对对比剂的进入会造成小静脉血管信号的改变,而稳定的出血灶的信号不会发生变化,因此行增强前、后对比或者分析相位图像可以对二者进行鉴别^[7]。此外,小静脉可在连续多个层面观察到其影像,而小出血灶由于范围局限,仅显示于 1~2 个层面。(2)脑部淀粉样血管病(cerebral amyloid angiopathy, CAA)。CAA 多见于老年

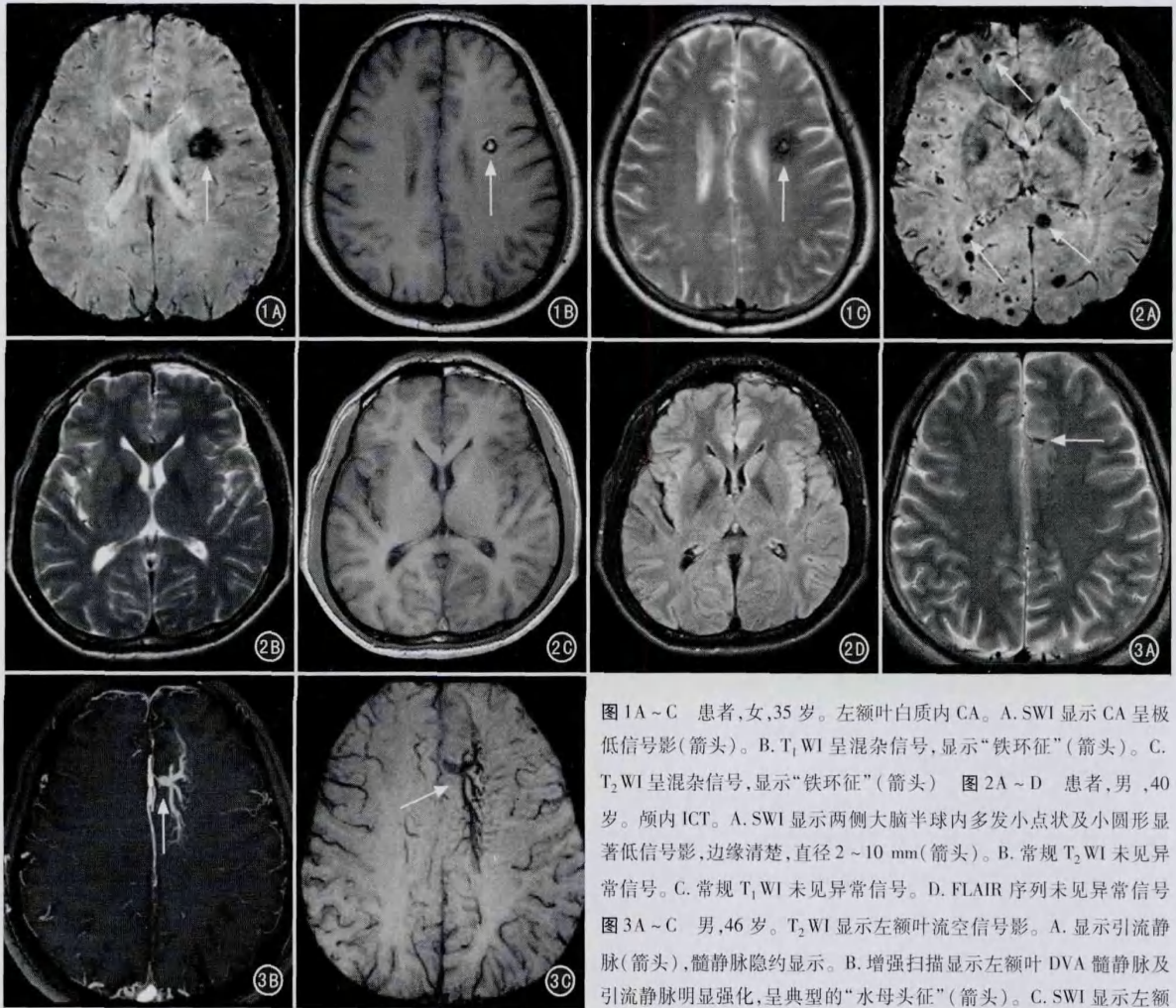


图 1A~C 患者,女,35 岁。左额叶白质内 CA。A. SWI 显示 CA 呈极低信号影(箭头)。B. T₁WI 呈混杂信号,显示“铁环征”(箭头)。C. T₂WI 呈混杂信号,显示“铁环征”(箭头) 图 2A~D 患者,男,40 岁。颅内 ICT。A. SWI 显示两侧大脑半球内多发小点状及小圆形显著低信号影,边缘清楚,直径 2~10 mm(箭头)。B. 常规 T₂WI 未见异常信号。C. 常规 T₁WI 未见异常信号。D. FLAIR 序列未见异常信号 图 3A~C 男,46 岁。T₂WI 显示左额叶流空信号影。A. 显示引流静脉(箭头),髓静脉隐约显示。B. 增强扫描显示左额叶 DVA 髓静脉及引流静脉明显强化,呈典型的“水母头征”(箭头)。C. SWI 显示左额

叶 DVA,清晰显示髓静脉及引流静脉,呈典型的“水母头征”(箭头)

人,常发生于脑皮质和柔脑膜的较小和中等血管,而皮质下和深部白质、基底节和小脑血管很少受累,其典型影像学表现是大脑叶表面出血,多位于顶枕叶交界区,呈外周分布,表现为多发性和不同时期的出血。(3)高血压性微出血。高血压性微出血临床有高血压病史,病灶位于深部灰质和脑干,与 ICT 的好发部位不同。

DVA 需与以下疾病鉴别:(1)脑内正常小静脉。小静脉与 DVA 在 SWI 上信号特点相似,但小静脉走行正常,并有正常静脉引流。采取连续层面追踪观察以及使用最小强度投影技术重组脑内整体小静脉的方法同样可以区分脑内小静脉和 DVA。(2)颅内脑动静脉畸形。因为两者在 SWI 序列的表现截然不同,鉴别较为容易。

3.4 SWI 的原理及诊断 AOVm 的优势

SWI 是一项可以反映组织磁化属性的新的对比

增强技术,提供了 T₁、T₂、质子密度以及扩散程度之外的另一种对比度。目前采用对局部或内部磁化效应敏感的梯度回波序列。该序列的特点为:三维采集、高分辨率、完全流动补偿、薄层重组^[8],对静脉结构、铁质沉积、血液产物等的显示均非常敏感,该技术在脑小灶性脑出血、弥漫性轴索损伤、神经变性疾病、脑血管畸形及脑肿瘤等疾病的诊断中均有独到的优势^[9]。SWI 分别采集强度数据(magnitude data)和相位数据(phase data),SWI 的相位图对不同组织间磁敏感率的差异最敏感。在相位图中,顺磁性物质表现为中心层面相位增加,上方和下方的相位减少,反磁性物质表现为中心层面相位减少,上方或下方的相位增加^[10]。将采集到并经处理后的相位信息加权到强度信息上,突出强调了组织间的磁敏感性差异,使之最终成为 SWI 图像。

SWI 对 CA 的诊断优势:CA 的 MRI 病理基础是

反复多次出血所存留的高铁血红蛋白、含铁血黄素沉积、血栓、钙化及反应性胶质增生,一般不显示流空信号。瘤巢中心的血栓及反复出血,内含游离稀释的正铁血蛋白,后者在 T_1 WI 和 T_2 WI 上表现为高信号,在 T_2 WI 上最明显。当病变体积较小,出血较少时,在常规 MRI 序列上不易显示 CA 的特征性征象,容易遗漏。而 SWI 序列对磁场的均匀性非常敏感,磁场的微小变化在 SWI 就可以得到反映,尤其是病变外周的含铁血黄素环具有较强的顺磁性,在 SWI 中的“铁环征”尤为明显,从而更容易识别病变,极大地提高了病变的检出率。

SWI 对 ICT 及 DVA 的诊断优势:ICT 和 DVA 均属于低流速血管畸形,病灶内含有静脉血,静脉血所含脱氧血红蛋白引起磁场的均匀性,导致静脉血管与周围组织的相位差加大及 T_2^* 时间缩短两种效应。由于常规 MRI 序列及 MRA 对血液流动效应受到空间分辨率的限制,很难显示低流速的 AOV_M^[11],虽然 CE-MRA 和 CE-MRV 可以提高对小血管的分辨力,但受体素块较大所致部分容积效应的影响,也难以显示细小血管。SWI 对小静脉的成像依赖血氧饱和度形成的磁敏感差异,不受小静脉流速的影响,对小血管的显示具有显著的优势,尤其对显示含静脉血的小血管畸形极其敏感。SWI 序列能够提供更多的关于脑血管畸形性疾病的信息,无需使用对比剂就能对静脉结构进行很好的显示^[12]。在 SWI,即使是血流速度缓慢的血管仍然被清晰成像。正是由于 SWI 对血液代谢产物、铁质沉积非常敏感,尤其是善于显示小静脉结构的特点,使其在诊断 CA、ICT、DVA 等血管畸形方面有着十分显著的优势,是检出 AOV_M 最为敏感的 MR 序列,为目前唯一能精确显示 AOV_M 的技术^[13]。

3.5 3.0 T 超高场 MR 在 SWI 的优势

人体组织的感应磁场主要依赖于外磁场强度和人体组织分子敏感性两方面因素^[14],SWI 所形成的对比也是场强依赖性的。外磁场强度是决定人体组织磁化率的关键因素之一,随着磁场强度从 1.5 T 提高到 3.0 T,磁敏感效应也成倍提高。在 3.0 T 上,由于其信噪比和磁敏感效应的增强,可以缩短采集时间,同时图像的信噪比也会提高,因此 3.0 T 上所获得的 SWI 图像对比明显优于 1.5 T。

综上所述,SWI 序列在显示 AOV_M 方面有极高的敏感性和特异性,较常规 MRI 序列能更加敏感地发现病灶,并且具有显著的影像特征,从而避免漏诊、误诊,应作为诊断 AOV_M 的最佳序列应用于临床工作中。

参考文献

- McCormick WF. The pathology of vascular (“arteriovenous”) malformations. *J Neurosurg*, 1966, 24: 807
- Polymeropoulos MH, Hurko O, Hsu F, et al. Linkage of the locus for cerebral cavernous hemangiomas to human chromosome 7q in four families of Mexican American descent. *Neurology*, 1997, 48: 752
- Burger PC, Scheithauer BW. Vascular tumors and tumor-like lesions. *Tumors of the central nervous system*. Washington, DC: Armed Forces Institute of Pathology, 1994, 287
- 戴建平, 朱明旺. 颅内血管畸形. *中国医学计算机成像杂志*, 2000, 6: 44
- Agazzi S, Regli L, Uske A, et al. Developmental venous anomaly with an arteriovenous shunt and a thrombotic complication. *J Neurosurg*, 2001, 94: 533
- 贾飞鸽, 许乙凯, 段刚, 等. 脑实质海绵状血管瘤的 MRI 诊断. *中国医学影像学杂志*, 2008, 16: 360
- Reichenbach JR, Venkatesan R, Schillinger DJ, et al. Small vessels in the human brain: MR venography with deoxyhemoglobin as an intrinsic contrast agent. *Radiology*, 1997, 204: 272
- 杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南. 北京: 人民军医出版社, 2007, 324
- Thomas B, Somasundaram S, Thamburaj K, et al. Clinical applications of susceptibility weighted MR imaging of the brain-apictorial review. *Neuroradiology*, 2008, 50: 105
- Deistung A, Mentzel HJ, Rauscher A, et al. Demonstration of paramagnetic and diamagnetic cerebral lesions by using susceptibility weighted phase imaging (SWI). *Z Med Phys*, 2006, 16: 261
- 刘亚欧, 李坤成, 杨延辉, 等. 磁敏感加权成像在脑血管畸形影像中的初步应用研究. *临床放射学杂志*, 2008, 27: 97
- Sehgal V, Delproposito Z, Haacke EM, et al. Clinical applications of neuroimaging with susceptibility-weighted imaging. *J Magn Reson Imaging*, 2005, 22: 439
- Lee Bc, Vo KD, Kido DK, et al. MR high-resolution blood oxygenation level-dependent venography of occult (low-flow) vascular lesions. *AJNR*, 1999, 20: 1239
- Sehgal V, Delproposito Z, Haddad D, et al. Susceptibility weighted imaging to visualize blood products and improve tumor contrast in the study of brain masses. *J Magn Reson Imaging*, 2006, 24: 41

(收稿: 2011-06-27)