

论 著

## 磁敏感加权成像在四肢软组织海绵状血管瘤的应用研究

1.北京市煤炭总医院影像科  
2.北京市煤炭总医院药剂科,  
3.北京市煤炭总医院体检中心  
(北京 100028)

吴 戈<sup>1</sup> 张蓁莉<sup>2</sup> 邓 刚<sup>1</sup> 张淑慧<sup>1</sup>  
邓茂松<sup>1</sup> 金光暉<sup>1</sup> 尹晓明<sup>1</sup> 刘建新<sup>1</sup>  
高 盛<sup>3</sup> 曾庆玉<sup>1</sup>

**【摘要】目的** 探讨磁敏感加权成像(Susceptibility-Weighted Imaging, SWI)在四肢软组织海绵状血管瘤的诊断价值。**方法** 回顾性分析50例临床及病理证实的四肢软组织海绵状血管瘤患者的影像资料,对比SWI序列与常规扫描序列(包括快速自旋回波序列TSE T1WI及T2WI;液体衰减反转恢复序列T2 FLAIR;脂肪抑制SE T2WI)的影像诊断。**结果** 50例共检出62个病灶,8例为多发。SWI结合常规序列共显示I(结节)型9个病灶,II(局限团块)型17个,III(弥漫蔓藤)型25个和IV(混合)型11个。其中24个病灶为低回流型病灶;38个为高回流型。**结论** SWI序列作为常规MRI序列的重要补充序列,可以更全面、准确的反映四肢软组织海绵状血管瘤内部构成成分,显示畸形血管,鉴别钙化和出血及铁沉积等,对于临床诊断、制定相关治疗方案及评估预后有着重要的应用价值。

**【关键词】** 磁敏感加权成像; 海绵状血管瘤; 软组织; 血管畸形

**【中图分类号】** R732.2

**【文献标识码】** A

**DOI:** 10.3969/j.issn.1672-5131.2016.04.036

通讯作者: 吴 戈

## Study of Susceptibility-weighted Imaging in Cavernous Hemangioma of Extremities Soft Tissue

WU Ge, ZHANG Li-li, DENG Gang, et al., Department of Radiology, Beijing Coal General Hospital, Beijing 100028, China

**[Abstract] Objective** To evaluate the diagnostic value of susceptibility weighted imaging in cavernous hemangioma of extremities soft tissue. **Methods** Both 50 cases clinical and pathological were confirmed to be Cavernous hemangioma in extremities soft tissue scanned with SWI and Conventional MRI sequences. **Results** Total of 62 lesions of cavernous hemangioma in extremities soft tissue were detected from the 50 patients, including 8 patients with multiple lesions. Found I (node) type 9 patients, II (limited mass) type 17, III (diffuse vines) type 25 and IV (hybrid) type 11. 24 lesions are Low return type and 38 lesions are high return type be shown. **Conclusion** SWI is an important supplement sequence of MRI in the diagnosis of hemangioma in extremities soft tissue, can reflect internal composition and physiological change of the lesions more fully, shows more obviously advantages on the analysis of the abnormal blood vessels, identification of calcification, hemorrhage and iron deposit, and owns important application value for clinical diagnosis, making relevant treatment and estimating prognosis.

**[Key words]** Susceptibility Weighted Imaging(SWI); Cavernous Hemangioma; Soft Tissue; Vascular Malformation

软组织海绵状血管瘤(Cavernous Hemangioma, CH)是常见的皮肤软组织良性肿瘤,以四肢软组织好发,儿童及青少年多见,据统计可以达到良性占位病变的7%<sup>[1]</sup>。常规MRI对软组织分辨率高,可以比较全面的评估肿瘤的组织病理学特性,在显示瘤体内部异常血窦、动静脉成分、脂肪、出血、纤维等具有优势,对病变的对位及定性诊断有很大帮助。SWI(Susceptibility-Weighted Imaging, SWI)作为一种近年发展的较新技术,其在临床已经被广泛应用于中枢神经系统疾病检查,但应用于骨肌系统的相关报道很少。本研究就所收集经手术病理证实的50例四肢软组织的62个HC病灶,进行比较分析。

### 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 收集2011年5月~2014年2月期间共50例临床及病理证实的四肢软组织海绵状血管瘤患者,男22例,女28例,年龄3~72岁,平均35.8岁,体重13~117kg,平均64.3kg。其中34例具有特征性皮肤颜色异常表现。在MRI检查同期42例进行了超声检查,12例CT扫描及4例选择性血管造影。

**1.2 检查设备及方法** 全部病例均采用Philips Achieva 3.0T超高场强MRI扫描仪,43例应用Toros正交体线圈,有7例病变较局限患者(临床检查判断病灶总体范围小于5cm)使用了FlexM线圈。首先进行4个常规MRI序列扫描,包括:①T1WI快速自旋回波(TSE);②T2WI TSE;③T2液体恢复反转(FLAIR)和④脂肪抑制SE T2WI FS序列。然后进行三维-SWI序列扫描:采用三维扰相梯度序列T2WI(T2-TEE),横轴位、冠状位及矢状位,TR 16ms,TE 23ms,层厚2mm,FOV 230mm×180mm×120mm,矩阵256×220,翻转角15°,接受带宽172Hz,NSA 1。所有相位信息上传于Philips Release工作站,后处理

得到校正的相位图像, 将其加权在强度信息上, 采用最小密度投影(min IP)得到最终的SWI影像。

**1.3 研究方法** 结果由2名资深影像科大夫和1名外科大夫(参加了全部病例治疗及手术)共同阅片取得统一意见后, 采用SPSS16.0软件建立数据库并进行统计分析, 分别计算常规MRI序列及SWI序列上病变范围大小、畸形血管数量及管腔直径, 合并钙化及铁沉积例数等, 相应计量资料以( $\bar{x} \pm s$ )表示, 组间比较采用配对t检验, 组内比较采用方差分析; 计数资料采用 $\chi^2$ 检验,  $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 病灶部位及大小** 50例共检出62个HC病灶, 其中8例为多发(6例2个病灶, 1例3个病灶, 1例5个病灶)。17个病灶局限于皮下, 其余45个均位于肌群及间隙内。发生部位见表1。

**2.2 病灶常规MRI序列影像表现** 依据海绵状血管瘤的形态、范围及程度, 分为四型: I(结节)型9个病灶, 病灶直径 $\leq 2\text{mm}$ ; II(局限团块)型17个,  $2\text{cm} < \text{病灶最大径} \leq 5\text{cm}$ , 多表现为边界不清卵圆形、梭形、生姜状; III(弥漫蔓藤)型25个, 多弥散分布于肌群及间隙呈迂曲不规则形态条索状或蔓藤状; IV(混合)型11个。全部病灶常规MRI序列信号表现见表2。

常规MRI序列上按畸形血管显示的条数及管腔大小分为低回流型及高回流型。即: 周围畸形血管条数 $< 2$ 条, 管腔直径 $< 3\text{mm}$ , 为低回流型病灶, 共33个病灶; 畸形血管条数 $\geq 3$ 条, 管腔直径 $\geq 4\text{mm}$ , 为高回流型, 共29个。其相关常规MRI序列影像表现见表3。

### 2.3 病灶SWI序列影像表现

9个I型及17个II型病灶多表现为SWI高信号, 其中7个I型和12个II病灶边界较清楚。III型和IV型多累及深部肌群及间隙, 范围较弥散, 边界不清, 且内部SWI信号呈混杂斑片及条索状略高或低信号。全部62个病灶在SWI minIP图像上能够显示更多的畸形血管, 且管腔显示更粗。SWI minIP共显示24个低回流型病灶, 较常规MRI序列显示有减少; 而高回流型病灶增多为38个。见表4。

通过对表3和表4的统计学分析, SWI序列与常规MRI序列在显示海绵状血管瘤内部及周围畸形血管条数及管腔直径两个方面的差别具有统计学意义( $P < 0.05$ ), SWI序列较常规MRI序列在显示畸形血管, 尤其是小静脉更敏感, 能够发现更多更小的引流静脉; SWI序列显示的海绵状血管瘤病灶最大截面范围直径与畸形血管条数呈正相关, 而与畸形血管管腔直径没有相关性。

**2.4 SWI序列对海绵状血管瘤合并钙化和出血的鉴别** SWI结合minIP重建共检出18例患者25个病灶合并钙化, 呈内部混杂的点片状、条索状低信号磁敏感效应改变, 边界锐利, 部分周边见高信号环绕, 可以与CT检查上的位置及形态一致的钙化高密度影相对应。同时发现15例患者19个病灶呈边界不清的点片状低信号磁敏感效应改变, 但相位图上呈高信号, 周边见低信号环, 经病理证实为含铁血黄素沉着, 见表5。

通过表3-5的统计学分析, 4个常规MRI序列进行组间两两比较, 在四肢软组织海绵状血管瘤病变大小及范围的显示差别无统计学意义( $P > 0.05$ ), 部分病灶在SE T2WI FS序列显示范围略大, 主要局限于I(结节)型和II(局限团块)型。4个常规MRI序列在显示钙化和出血方面的差别也均无统计学意义( $P > 0.05$ )。SWI序列和常规MRI序列在海绵状血管瘤病灶范围大小的差别有统计学意义( $P < 0.05$ ), SWI序列能够更准确的显示病灶实际大小; 能够较常规序列显示更多的畸形血管, 且显示的畸形血管管腔平均直径更大, 其差别有统计学意义( $P < 0.05$ )。SWI序列与常规MRI序列能够显示海绵状血管瘤病灶内更多的微出血和钙化成分, 在显示病灶合并出血和钙化个数差别显著, 有统计学意义( $P < 0.01$ ), 而且能够更好的区别钙化灶和出血及含铁血黄素沉着改变。

## 3 讨论

**3.1 SWI成像原理** SWI是近几年新开发的一种以T2\*加权梯度回波序列为基础, 利用不同组织间的磁敏感差异(特别是利用去氧血红蛋白和氧合血红蛋白磁化率不同)提供图像对比增强的技术。其实质是磁矩梯度为零的三维梯度回波序列, 三个方向的完全流动补偿, 去除小动脉对图像影响, 保证运动和静止的质子同时

表1 海绵状血管瘤病灶部位

部位	手部	前臂	上臂	足部	小腿	大腿
病灶个数	8	18	10	5	13	8

表2 海绵状血管瘤病灶常规MRI序列信号表现

病灶分型(个数)		T1WI			T2WI			T2WI FS			T2 FLAIR		
		高	等	低	高	等	低	高	等	低	高	等	低
I型	9	6	3	0	8	1	0	8	1	0	9	0	0
II型	17	5	8	4	13	4	0	12	5	0	14	3	0
III型	25	18	6	1	22	3	0	20	5	0	22	2	1
IV型	11	8	2	1	10	1	0	9	2	0	8	3	0

表3 海绵状血管瘤内部及周围畸形血管常规MRI序列表现

分型 (病灶个数)	I 型 (9)	II 型 (17)	III 型 (25)	IV 型 (11)
低回流型 (病灶个数)	9	13	7	4
畸形血管平均条数 (条)	3/9=0.33	16/13=1.23	10/7=1.43	5/4=1.25
畸形血管平均直径 (mm)	3.50/3=1.17	20.64/16=1.29	18.20/10=1.82	11.65/5=2.33
高回流型 (病灶个数)	0	4	18	7
畸形血管平均条数 (条)	0	11/4=2.75	51/18=2.83	22/7=3.14
畸形血管平均直径 (mm)	0	35.86/11=3.26	197.2/51=3.87	100.32/22=4.56

表4 海绵状血管瘤内部及周围畸形血管SWI序列表现

分型 (病灶个数)	I 型 (9)	II 型 (17)	III 型 (25)	IV 型 (11)
低回流型 (病灶个数)	7	11	4	2
畸形血管平均条数 (条)	9/7=1.29	15/11=1.36	6/4=1.50	3/2=1.50
畸形血管平均直径 (mm)	12.1/9=1.34	22.65/15=1.51	13.2/6=2.20	7.86/3=2.63
高回流型 (病灶个数)	2	6	21	9
畸形血管平均条数 (条)	7/2=3.50	25/6=4.16	145/21=6.90	49/9=5.44
畸形血管平均直径 (mm)	34.2/7=4.89	120.7/25=4.83	815.2/145=5.62	322/49=6.57

表5 SWI序列与常规MRI序列对病灶内部出血及钙化比较

序列	出血平均范围 $\bar{x} \pm s$ (cm <sup>2</sup> )	出血病灶 $\bar{x} \pm s$ (个数)	钙化 $\bar{x} \pm s$ (个数)
TSE T1WI	1.3 ± 0.7	2.8 ± 1.2	1.4 ± 0.6
TSE T2WI	1.5 ± 0.6	3.1 ± 1.0 #	1.7 ± 0.7 #
T2 FAIR	1.4 ± 0.7	2.9 ± 1.1 ★▲	1.5 ± 0.8 ★▲
SE T2WI FS	1.6 ± 0.5	3.4 ± 1.2 ○■□	1.8 ± 0.6 ○■□
SWI	2.2 ± 0.7 ※	5.5 ± 1.3 ※	2.4 ± 1.1 ※
检验结果	F=15.42	t=45.17	t=7.12
P值	<0.001	<0.001	<0.001

注: 阴影部分为4个常规MRI序列。# TSE T1WI与TSE T2WI比较, P>0.05; ★TSE T1WI与T2 FAIR比较, P>0.05; ○TSE T1WI与SE T2WI FS比较, P>0.05; ▲TSE T2WI与T2 FAIR比较, P>0.05; □TSE T2WI与SE T2WI FS比较, P>0.05; ■SE T2WI FS与T2 FAIR比较, P>0.05; ※SWI与各常规MRI序列比较P<0.05。

重聚; 与传统T2\*加权序列比较, 具有高分辨力、三维、高信噪比的优点。SWI在静脉系统成像方面有特殊敏感性, 甚至可以检测到小于一个体素的微血管, 对于一条穿越多个体素的小静脉及其周围组织产生部分容积效应的体素可以形成线条状低信号; 而对于一个仅仅包含静脉的体素则不能显示这种信号强度的抵消作用, 显示为周边呈环状低信号, 中心为亮点状高信号, 经过相位后处理整个静脉呈低信号区<sup>[2,3]</sup>。

**3.2 SWI临床应用** 目前临床对于SWI的相关研究以中枢神经系统应用最为常见。目前对整个头颅的SWI扫描能够在大约4分钟时间内完成。SWI对畸形血管、血液代谢物质及钙铁的异常沉积非常敏感<sup>[4]</sup>, 与常规MRI序列比较在评估畸形血管、微量出血、小静

脉的显示等方面优势明显。在中枢神经系统病变应用范围非常广泛, 包括外伤性脑损伤、颅内出血性病变、凝血障碍、脑梗死、脑血管畸形、脑肿瘤、颅内钙化、铁沉积和神经退行性相关的疾病等<sup>[2,5]</sup>。能够显著提高急性期及超急性期脑梗死的检出; 在脑外伤病人重尤其是弥漫性轴索损伤及婴幼儿颅脑损伤的患者, 结合常规序列可以更清楚的显示出血病灶部位、大小、数目及形态等征象; 在评估外伤导致的蛛网膜下腔出血、脑室内出血及脑干病变也具有一定的优势; 还可以评估脑肿瘤内部微量出血等, 有助于肿瘤分级、能够用于肿瘤内部静脉成像。

**3.3 SWI血管瘤研究** 传统的“血管瘤”一词在很长时间一直是个模糊不清的概念, 直到1982

年Mulliken等<sup>[6]</sup>将其划归为先天性血管源性病变, 并将其分为血管瘤和血管畸形后, 人们才逐渐加深了对它的分类、分期、发生机制及临床治疗等方面有了进一步的认识。1993年Jackson等又进一步将血管畸形分为高流量和低流量两种类型。这种结合了细胞学和生物学特性的分类方法目前已为国际血管性疾病研究协会所采纳为正式的分类方法<sup>[7]</sup>。

四肢软组织海绵状血管瘤通过病理组织学确诊是最为准确的, 相关影像学检查也是必不可少的。在MRI出现之前, 临床多采用普通X线、超声、CT及选择性血管造影等作为影像学的诊断依据, 但是由于他们对软组织分辨率相对较差, 对病灶的检出率较低, 目前已逐步被MRI检查替代。常规MRI技术已经成为目前软组织

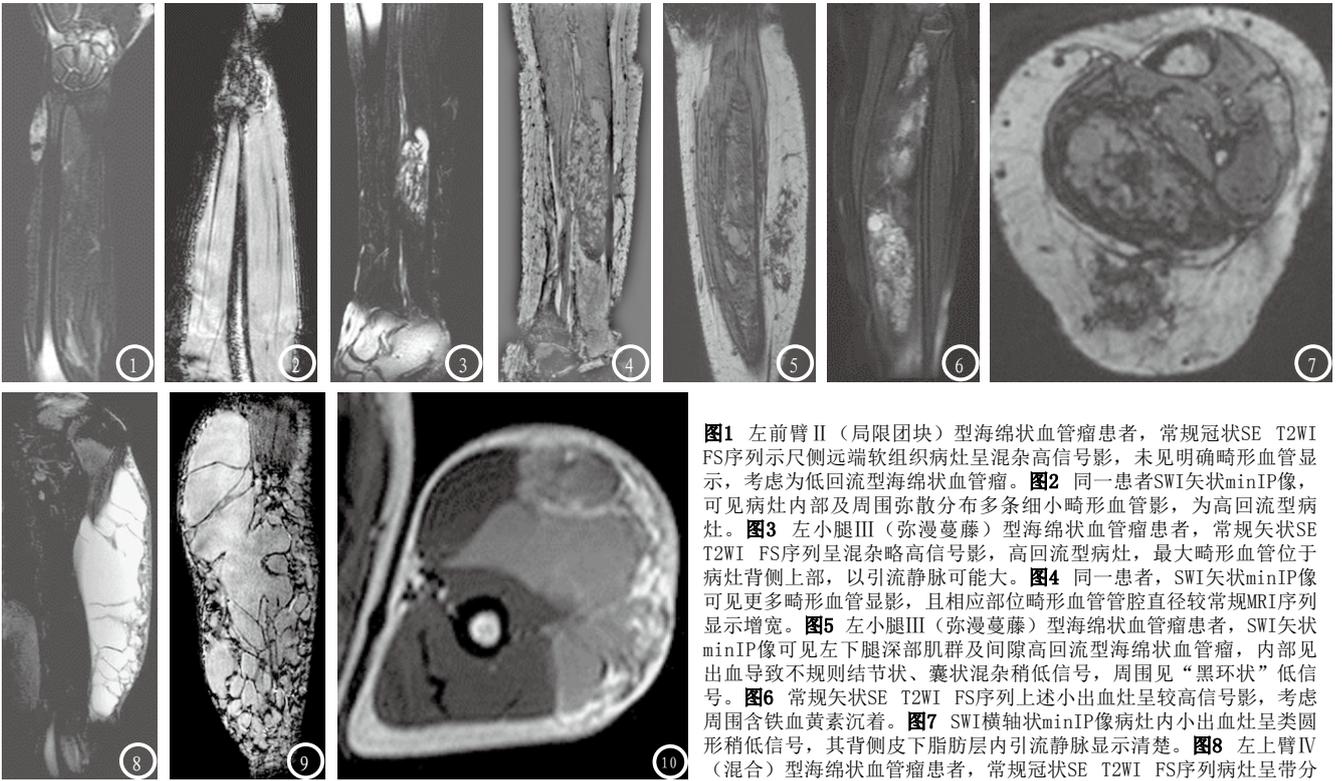


图1 左前臂II (局限团块)型海绵状血管瘤患者,常规冠状SE T2WI FS序列示尺侧远端软组织病灶呈混杂高信号影,未见明确畸形血管显示,考虑为低回流型海绵状血管瘤。图2 同一患者SWI矢状minIP像,可见病灶内部及周围弥散分布多条细小畸形血管影,为高回流型病灶。图3 左小腿III (弥漫蔓藤)型海绵状血管瘤患者,常规矢状SE T2WI FS序列呈混杂略高信号影,高回流型病灶,最大畸形血管位于病灶背侧上部,以引流静脉可能大。图4 同一患者,SWI矢状minIP像可见更多畸形血管显影,且相应部位畸形血管管腔直径较常规MRI序列显示增宽。图5 左小腿III (弥漫蔓藤)型海绵状血管瘤患者,SWI矢状minIP像可见左下腿深部肌群及间隙高回流型海绵状血管瘤,内部见出血导致不规则结节状、囊状混杂稍低信号,周围见“黑环状”低信号。图6 常规矢状SE T2WI FS序列上述小出血灶呈较高信号影,考虑周围含铁血黄素沉着。图7 SWI横轴状minIP像病灶内小出血灶呈类圆形稍低信号,其背侧皮下脂肪层内引流静脉显示清楚。图8 左上臂IV (混合)型海绵状血管瘤患者,常规冠状SE T2WI FS序列病灶呈带分

隔不规则巨大囊状高信号影。图9 SWI相位图分隔显示更清楚,周边畸形血管受压呈团簇状低信号影。图10 常规横轴状TSE T1WI序列病灶呈反复出血所致混杂较高信号。

病变的重要诊断手段。本研究组50例患者62个病灶,均可以在常规MRI序列上清楚显示。I型及II型病灶影像表现相对较局限,多与周围结构界限清楚;III型及IV型病灶范围较弥散,多浸润于肌群及间隙,病变界限不清。

SWI是一种利用不同组织间的磁敏感性差异而成像的新技术,与常规MRI序列比较对静脉血管、血液的代谢产物及钙铁沉积十分敏感<sup>[8]</sup>,其在显示增多、增粗、迂曲的细小静脉上具有明显优势。而且能够检测正铁血红蛋白、去氧血红蛋白及含铁血黄素等物质不同时期顺磁性和高磁性的血液分解产物导致的磁敏感性变化,且有独到之处。海绵状血管瘤是病灶内形态各异、大小不一衬有内皮细胞的血窦腔组成,腔内充满静脉血,流速缓慢,内部组织成分复杂,反复出血后不同时期出血成分沉积及血栓形成、钙化,以及对周围组织的侵蚀反应等是其影像学表现基

础<sup>[9]</sup>。在I型和II型病变中,由于病灶较局限且范围较小,毛细血管扩张不明显,没有形成明显扩张的囊状血窦,出血及钙化成成分较少,主要由纤维组织及毛细血管组成,在SWI序列多表现为相对较均匀的略高信号。III型和IV型病程相对较长,范围大,且与肌群及间隙界限不清,扩张的毛细血管程度重,血窦内静脉血滞留,流速缓慢,容易反复出血及钙化形成。由于出血、钙化和畸形血管在SWI均呈低信号,而间质成分为高信号,因为III型和IV型病灶在SWI序列呈高低混杂信号影改变。常规MRI序列不易区分海绵状血管瘤病灶内部急性血管团及周围引流静脉,SWI对此有独特优势。在3.0T核磁扫描仪对小血管分辨率可以达到 $1\text{mm}^3$ ,能够识别和量化微小静脉血管<sup>[10]</sup>。通过表3及表4的对比,可以看到本组62个病灶中,SWI序列较常规MRI序列显示了更多的高回流型病灶(图1-2),分别为I型2个、II型2

个、III型3个及IV型2个病灶;且显示了更多的畸形血管,其相应平均管腔直径更大(图3-4)。

常规影像学检查方法,如CT在诊断出血性病灶是比较敏感的,但是其在诊断无明显出血及钙化的小海绵状血管瘤病灶是有困难的<sup>[11,12]</sup>。常规MRI在此具有优势,且影像表现具有特征性,主要与瘤内反复微量出血及周围含铁血黄素沉积所表现的征象有关(图5-7)。SWI作为一种新的检查技术,其在诊断海绵状血管瘤的病理基础是分析瘤体内的去氧血红蛋白、钙铁沉积及不同时期血肿,较常规MRI检测出血性病变及低血流速病灶更敏感(图8-10)。当病灶体积很小时,和/或伴有的出血时间短且量很少,导致瘤体内含铁血黄素含量少,常规MRI序列上是不易被发现的。SWI对静脉成像依赖于血氧饱和度形成的磁敏感性差异,组织信号被抑制,致使去氧血红蛋白及静脉显示更清楚,小病灶显示十分敏感,检

出率高。众多的研究表明,在出血性海绵状血管瘤诊断上,虽然MRI常规序列仅对亚急性期血肿敏感,但其与SWI诊断的特异性及敏感性基本都可以达到100%,二者并无明显差异。但对于非出血性海绵状血管瘤的诊断,国内外相关文献报道SWI敏感度高,可以明显提高检出率<sup>[13-15]</sup>,高场强磁共振SWI扫描更易于检出海绵状血管瘤内部复杂出血成分。

四肢海绵状血管瘤内部钙化成分多是扩张血窦的血栓机化、钙化及静脉石,多呈相对局限类圆形、片状及条索状。虽然不规则钙化灶相位变化不均匀,但通过主要信号变化仍可以推测此物质相对于周围组织是逆磁性还是顺磁性。大部分的不规则钙化是以高信号为主的,在SWI相位图上表现为层面中心为低信号,外周为高信号,两极层面为低信号。海绵状血管瘤合并的出血则多为静脉窦破裂、融合,常规MRI序列无法与出血鉴别,而在SWI重组图上呈显著的低信号改变,是因为钙化与正常组织之间的磁敏感性差异形成一个局部小梯度场,从而导致自旋失相,引起信号丢失。其在校正的相位图呈显著高信号,借此可与出血、铁沉积等顺磁性物质相区别,有助于判断病变成分的磁化特征<sup>[16]</sup>。本研究在对50例62个海绵状血管瘤病灶内部出血和钙化的具体分析过程中,同时观察到铁沉积因素的问题也需要考虑,其表现的SWI信号有时也不易与钙化成分区别。钙化与铁沉积二者相位偏转方向及磁敏感性均相反,前者正向偏移在SWI序列表现为高信号,后者为负向偏移表现为低信号。

SWI作为一种近年发展的MRI新技术,与常规MRI序列比较在显示畸形血管、微出血、铁沉积和钙化成分方面优势明显,作为常规MRI序列的重要补充序列,可以

更全面、准确的反映四肢软组织海绵状血管瘤内部构成成分,显示畸形血管,鉴别钙化和出血及铁沉积等,对于临床诊断、制定相关治疗方案及评估预后有着重要的应用价值。

### 参考文献

- [1] Mulliken JB, Glowacki J. Hemangiomas and vascular malformations in infants and children: A classification based on endothelial characteristics [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1982, 69(3): 412-422.
- [2] Mittal S, Wu Z, Neelavalli J, et al. Susceptibility-weighted imaging: Technical Aspects and Clinical Applications, Part 2 [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(2): 232-252.
- [3] Kaya D, Dincer A, Yildiz ME, et al. Acute ischemic infarction defined by a region of multiple hypointense vessels on gradient-echo T2\* MR at 3T [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2009, 30(3): 1227-1232. Meyer JS, Hoffer FA, Barnes PD, et al. Biological classification of soft tissue vascular anomalies: MR correlation [J]. *Am J Roentgenol*, 1991, 157(3): 559-564.
- [4] Rauscher A, Sedlacik J, Barth M, et al. Noninvasive assessment of vascular architecture and function during modulated blood oxygenation using Susceptibility weighted magnetic resonance imaging [J]. *J Magn Reson Imaging*, 2005, 21(1): 87-95.
- [5] Rauscher A, Sedlacik J, Deistung A, et al. Susceptibility weighted imaging: Data Acquisition, Image Reconstruction and Clinical Applications [J]. *Z Med Phys*, 2006, 16(4): 240-250.
- [6] Yamada N, Imakita S, Sakuma T, et al. Intracranial calcification on gradient-echo phase images: depiction of diamagnetic susceptibility [J]. *Radiology*, 1996, 198(1): 171-178.
- [7] Jackson IT, Carreno R, Potparic Z, et al. Hemangiomas,

vascular malformations, and lympho-venous malformations: Classification and methods of treatment [J]. *Plast Reconstr Surg*, 1993, 91(7): 1216-1230.

- [8] Allkemper T, Reimer P, et al. Study of susceptibility-induced artifacts in GRASE with different echo train Length [J]. *Eur Radio*, 1998, 8(5): 834-938.
- [9] 李树金, 张辉, 刘起旺. MR磁敏感加权成像对四肢软组织海绵状血管瘤临床应用初探 [J]. *医学影像学杂志*, 2011, 21(2): 248-251.
- [10] Schlamann M, Maderwald S, Becker W, et al. Cerebral cavernous hemangiomas at 7 Tesla: initial experience [J]. *Acad Radiol*, 2010, 17(1): 3-6.
- [11] Zabramski JM, Wascher TM, Spetzlar RF, et al. The natural history of familial cavernous malformations: results of an ongoing study [J]. *J Neurosurg*, 1994, 80(3): 422-432.
- [12] Harder SL, Hopp KM, Ward H. Mineralization of the deep gray matter with age: a retrospective review with Susceptibility weighted MR imaging [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2008, 29(1): 176-183.
- [13] 申宝忠, 王丹, 孙夕林. MR磁敏感成像在脑内出血性疾病中的应用 [J]. *中华放射学杂志*, 2009, 43(2): 156-160.
- [14] Gross BA, Lin N, Du R, et al. The natural history of intracranial cavernous malformations [J]. *Neurosurg Focus*, 2011, 30(6): 24-30.
- [15] 张玉东, 廖华强, 张明星, 等. 3.0T磁敏感加权成像在检测腔隙性脑梗塞中微出血的应用. *中国CT和MRI杂志*, 2014, 12(6): 12-15.
- [16] Gupta RK, Rao SB, Jain R, et al. Differentiation of calcification from chronic hemorrhage with corrected gradient echo phase imaging [J]. *Comput Assit Tomogr*, 2001, 25(5): 698-704.

(本文编辑: 张嘉瑜)

【收稿日期】2016-03-02