

## T<sub>2</sub>\* 加权血管成像与磁共振增强在脑血管畸形诊断的应用价值

孙松, 高燕, 樊树峰

(温州医学院附属台州医院放射科 浙江 临海 317000)

**【摘要】** 目的:探讨 T<sub>2</sub>\* 加权血管成像(T<sub>2</sub>\* Weighted Angiography, SWAN)与磁共振增强对脑血管畸形的诊断价值。方法:回顾性研究 45 例临床确诊脑血管畸形患者的 MR 常规、增强与 SWAN 表现,比较病变的显示情况。结果:SWAN 和增强 MR 均能显示静脉畸形特征性“海蛇头”样改变;海绵状血管瘤 SWAN 呈结节状低信号,增强后无或轻度强化。毛细血管扩张症 SWAN 呈斑点状低信号,增强 MR 表现为模糊晕状或毛刷样增强,中央可见点状强化静脉。SWAN 能显示其反复出血及海绵状血管瘤形成。结论:SWAN 联合增强检查对脑血管畸形尤其是静脉畸形、海绵状血管瘤、混合型血管畸形的诊断,提供重要价值信息。

**【关键词】** 脑血管畸形;增强;磁共振成像

中图分类号:R743.4;R445.2 文献标识码:A 文章编号:1006-9011(2010)12-1768-05

### Diagnostic value of T<sub>2</sub>\* Weighted Angiography in intracranial vascular malformations

SUN Song, GAO Yan, FAN Shu-feng

Department of Radiology, The Affiliated Taizhou Hospital, Wenzhou Medical Collage, Linhai 317000, P. R. China

**【Abstract】** **Objective:** To probe the diagnostic value of T<sub>2</sub>\* Weighted Angiography (SWAN) in intracranial vascular malformations. **Methods:** The conventional MR, contrast enhancement MR and SWAN features of 45 patients with intracranial vascular malformations proved by clinical and DSA were studied retrospectively. **Results:** Developmental venous anomalies (DVAs) showed characteristic “medusa head” on enhancement MR and SWAN. Cavernous hemangioma displayed hypointense on SWAN and no or slight enhancement after Gd-DTPA intravenous injection. Capillary telangiectasias demonstrated an area of mild vague enhancement with typical lacy or brush shape, without mass effect. Among the lesion, a enhancement vein could be seen. Recurrent bleeding of capillary telangiectasias and cavernous hemangioma showed hypointense on SWAN. **Conclusion:** The sensitivity of SWAN has very great value of diagnosis in assigning the intracranial vascular malformation, such as cavernous hemangioma, developmental venous anomalies, and capillary telangiectasias.

**【Key words】** Intracranial vascular malformations; Enhancement; Magnetic resonance imaging

脑血管畸形是先天性中枢神经系统胚胎血管发育不全的结果,一般分为五大类:动静脉畸形(AVM)、脑发育不良性静脉畸形(DVAs)、毛细血管扩张症、海绵状血管瘤、混合性血管畸形。以往报道中以动静脉畸形最常见,随着影像学技术发展,尤其是 T<sub>2</sub>\* 加权血管成像(SWAN)的应用,静脉畸形、海绵状血管瘤、混合性血管畸形等其他血管畸形也不难作出诊断<sup>[1-5]</sup>。本研究目的总结脑血管畸形的 MR 表现,探讨 SWAN 与增强 MRI 在脑血管畸形方面的应用价值。

### 1 材料与方法

#### 1.1 临床资料

作者简介:孙松(1974-),男,贵州省人,毕业于贵阳医学院,大学本科,主治医师,主要从事介入及影像诊断工作

回顾性研究经临床及 DSA 确诊脑血管畸形患者 45 例,男 28 例,女 17 例,年龄 4~72 岁,平均年龄 38 岁。静脉性畸形 20 例(其中合并基底动脉小动脉瘤 1 例),动静脉畸形 11 例,海绵状血管瘤 8 例,混合性畸形 6 例(其中静脉畸形伴海绵状血管瘤 4 例,脑内及脑干毛细血管扩张症伴海绵状血管瘤、静脉畸形各 1 例)。主要症状表现为头晕、头痛、头胀感,伴或不伴恶心、呕吐,部分可有癫痫发作,也有部分患者以头部外伤或偏瘫、失语、意识障碍等突发脑血管意外就诊。发病时间数小时至数年不等。

#### 1.2 仪器与检查方法

应用 GE Signa Twin HD 1.5T 磁共振成像系统,45 名均行 MR 常规检查,其中,有 10 例平扫加增强,19 例平扫加做 SWAN,16 例平扫加做 SWAN 及增强检查。对比剂选用钆喷酸葡胺注射液(Gd-

DTPA)。SWAN 主要参数:SPGR/GRE/ASSET/FC(Flow compensation),TR/TE:43/28,Flip 20°,NEX:2,层厚 2mm,层间距 0mm,矩阵 384×320,FOV 24cm×24cm,扫描层数 66 层。

SWAN 数据分析在 GE Adw4.3 工作站采用 function tool 后处理软件完成。首先自动生成校正的相位对比图像及幅度对比图像,然后将相位对比 N 次放大,叠加于幅度对比图像,得到相位蒙片图像,行最小密度投影,生成 MinIP 图像。MRA 常规采用 3D-TOF 法 SPGR 序列,TR 38ms,TE 3.4ms,翻转角 60°,层厚 1.5mm。

2 结果

表 1 脑血管畸形影像学序列诊断结果比较

序 列	常规 MR 序列			增强 T <sub>1</sub> WI 诊断	单 SWAN 诊断	SWAN+增强
	无异常	可疑异常	诊断			
静脉性畸形*(20 例)	9	11	0	5	8	7
动静脉畸形(11 例)	0	3	8	3	3(1)**	4
海绵状血管瘤(8 例)	0	4	4	1	4(1)	2
混合性畸形(6 例)	1	5	0	0(1)	2	2(1)
共计(45 例)	10	23	12	9	17	15

注: \* 静脉性畸形中表浅型(幕上 6 例,幕下 1 例),深型(幕上 8 例,幕下 5 例),\*\* 3(1)表示:诊断例数(未诊断例数),下同

2.2 脑血管畸形 MRI 及 SWAN 表现

静脉畸形大部分常规 MR 显示欠清晰,部分可见引流静脉 T<sub>1</sub>WI 呈高信号、T<sub>2</sub>WI 低信号,极少数 T<sub>2</sub>WI 呈高信号。SWAN 髓静脉网及引流静脉均呈低信号,多支细小扩张的髓静脉呈放射状或呈星芒状汇入引流静脉,增强后明显强化,呈“海蛇头”样改变(图 1,2)。海绵状血管瘤可单发或多发(图 3~5),表现为典型“桑椹状”改变,T<sub>2</sub>WI 可见病灶周边低信号环,无占位效应及周围水肿,增强后无或轻度强化。所有海绵状血管瘤 SWAN 呈结节状低信号。混合性畸形可包括静脉畸形、海绵状血管瘤及脑内毛细血管扩张(图 6~10)。毛细血管扩张症 T<sub>1</sub>WI 显示不清,T<sub>2</sub>WI 呈等或稍低信号,增强 MR 表现为模糊晕状或毛刷样增强,没有占位效应,中央可见点状强化静脉。动静脉畸形 MRI 显示各序列上迂曲扩张成团样血管流空信号(图 11),SWAN 见蜂窝样低信号血管团(图 12)。

3 讨论

3.1 脑血管畸形的影像学诊断

3.1.1 脑发育不良性静脉畸形(DVAs) 原称为静脉血管瘤,是颅内最常见的血管疾病,可发生于全脑任何部位,以额叶及小脑半球常见<sup>[1,2]</sup>。根据引流静

2.1 MR 成像序列对脑血管畸形的显示

常规 MR 序列未见异常 10 例,可疑异常 23 例,正确诊断 12 例;MR 平扫加增强正确诊断 9 例,1 例混合性畸形未能完全诊断;平扫加 SWAN 正确诊断 17 例,1 例动静脉畸形近颅底病灶受颅底鼻窦气体影响磁场不均而显示不清,1 例海绵状血管瘤表现为脑干急性出血初诊影响病变显示。SWAN 结合增强扫描正确诊断 15 例(静脉性畸形 7 例,动静脉畸形 4 例,海绵状血管瘤 2 例,混合性畸形 2 例),1 例混合性畸形因出血而显示不清。

脉走向脑表面或脑室周围分为表浅型和深型,其中又按部位分为幕上和幕下型。在本组病例中静脉性畸形占 44.4%(20/45),幕上型远较幕下型为多见,幕下则以深型更多见。部分学者认为 DVAs 代表非病理性的静脉引流变异,由许多细小扩张的髓静脉和 1 条或多条引流静脉组成。本组资料中 DVAs 共 20 例,常规 MR 序列检查未能得出正确诊断,除了既往对此类疾病的认识不深,工作经验的缺乏外,还与对于此类疾病的有效检查方法不多有关,对小的静脉血管显示无能为力。得益于科学技术的进步和新技术在影像学中的应用,使得脑小静脉血管清晰显示成为现实,本组病例中 SWAN 和增强 MRI 一样能直观而形象地显示 DVAs 形态,呈典型的水母头或海蛇头样低信号<sup>[3]</sup>,对此类病变的诊断准确性有很大的提高。两者诊断价值相当,但 SWAN 是一种无需对比剂的磁共振静脉成像技术,在临床上更优先予以选择。随着对本病认识的提高和检查技术的进一步成熟,SWAN 有可能替代增强和 DSA 成为首选技术。

3.1.2 海绵状血管瘤 是由众多薄壁血管组成的如桑椹样的异常血管团,多见于大脑皮质下白质及脑干区域,常伴钙化灶。MRI 表现为 T<sub>1</sub>WI 呈等或

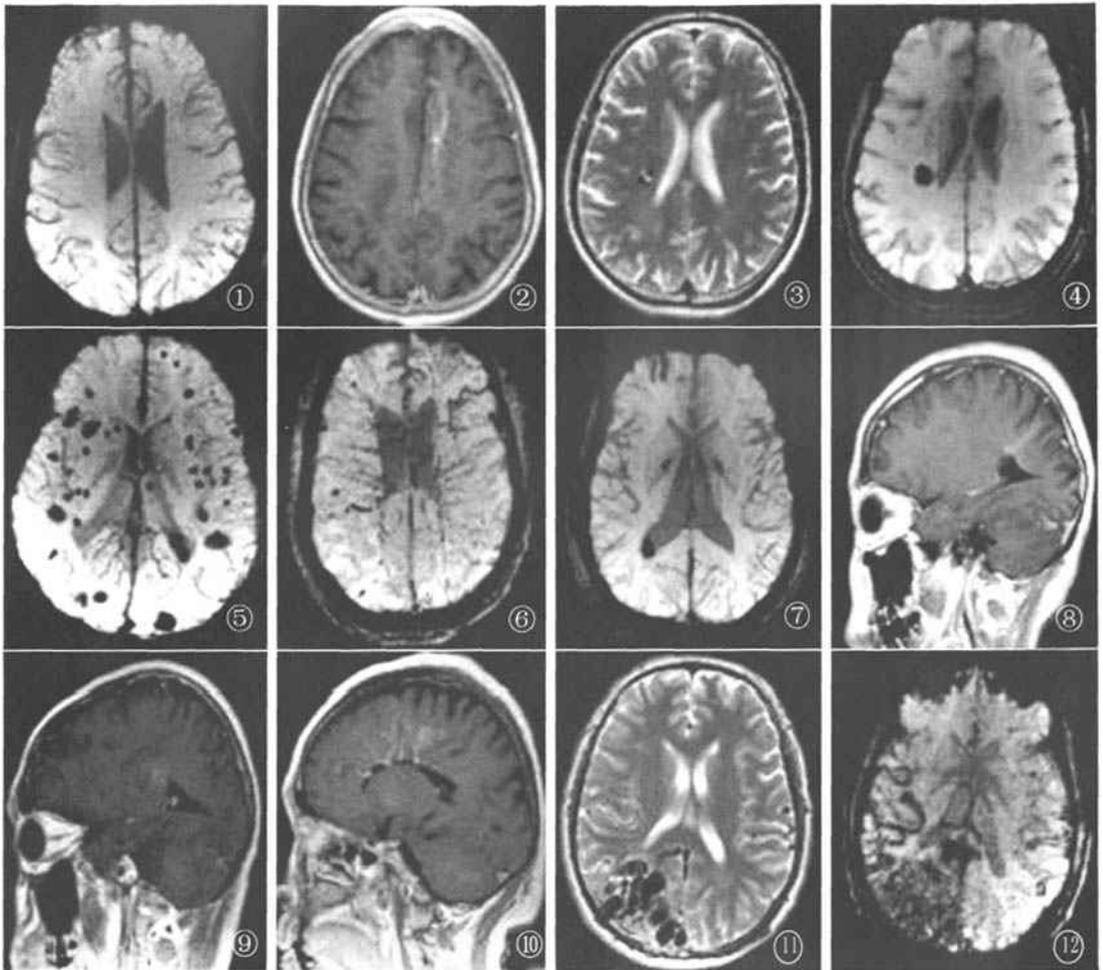


图 1 男,72 岁,左额叶静脉畸形 图 2 女,62 岁,上矢状窦旁静脉畸形 图 3,4 男,66 岁,海绵状血管瘤。常规 T<sub>2</sub>WI 病灶中央点状桑椹样高信号,周边低信号环绕,SWAN 明显低信号 图 5 男,14 岁,SWAN 显示脑内大量海绵状血管瘤 图 6 男,57 岁,脑外伤偶然发现 SWAN 脑内多发海绵状血管瘤及大静脉扩张髓静脉沿侧脑室体部如发丝状呈放射状分布 图 7,8 女,37 岁,海绵状血管瘤伴静脉畸形。SWAN 右侧脑室后角旁结节状低信号,边缘欠光整,可见少许低信号引流静脉。增强 T<sub>1</sub>WI 病灶旁线条样强化 图 9 男,32 岁,多发性硬化,左侧脑室旁静脉畸形伴毛细血管扩张症。增强 T<sub>1</sub>WI 显示强化引流静脉周围晕状模糊强化 图 10 男,69 岁,海绵状血管瘤伴静脉畸形,毛细血管扩张症。增强 T<sub>1</sub>WI 显示侧脑室旁较多髓静脉,强化引流静脉周围晕状模糊强化,海绵状血管瘤强化不明显 图 11,12 男,35 岁,右额枕叶 AVM。T<sub>2</sub>WI 以血管流空信号为主,SWAN 可见大量蜂窝样低信号血管团

稍高信号,T<sub>2</sub>WI 及 T<sub>2</sub>FLAIR 呈黑环征,中央可见点状高信号。增强后强化不明显,但在 SWAN 上呈显著低信号,使之及其容易被观察者肉眼分辨<sup>[4]</sup>,在本组病例中海绵状血管瘤占 17.8% (8/45),SWAN 显示海绵状血管瘤病灶的能力明显强于常规 MR 及增强序列,SWAN 上除了瘤灶往往大于常规序列外,还显示更多常规序列未能发现的病灶,对于多发性小病灶和混合性血管畸形,SWAN 的优势更加明显,价值更大。

3.1.3 毛细血管扩张症 此病极其少见,可发生在各部脑区。本组研究中根据文献特征及临床随访诊断 2 例,但都伴有其他血管畸形,且不位于脑桥经典部位。病理表现为局部毛细血管异常扩张,可伴有出血,引流静脉往也扩张,但其间脑组织正常。病灶极少数钙化或出血。MR 常规序列、MRA、CTA 及常规血管造影通常不能显示病灶,SWAN 也不能直接显示本病,但可显示反复出血后含铁血黄素沉积,此时病灶与海绵状血管瘤相似,只能通过 MR

增强加以鉴别。MR 增强后病灶呈毛刷状或模糊晕状增强,中央见点状强化引流静脉,没有占位效应<sup>[5-7]</sup>。混合性血管畸形在本组病例中占 13.3% (6/45),多表现为静脉畸形伴其它畸形的形式,其中以静脉畸形、海绵状血管瘤最常见,少数伴脑内毛细血管扩张,因此需要 SWAN 与增强 MR 共同诊断,部分病灶因为出血量大难以显示本来面貌,需要借助于 DSA 全面诊断。

3.1.4 脑动静脉畸形 此病较为常见,本组病例中占 24.4(11/45),由于其 MR 呈特征性蜂窝状、蚯蚓状血管流空信号表现,常规 MR 能够确诊大部分病例,但对于近颅底磁场不均匀区的病灶容易漏诊。对于小的不典型病例可以通过 MR 增强、MRA 或 DSA 进一步显示 AVM 的扭曲血管团、粗大迂曲供血动脉及引流静脉<sup>[4]</sup>。SWAN 能显示病灶内大量迂曲小静脉网,结合其他项目检查,对于脑动静脉畸形的 Spetzler 分级和治疗方法的选择有指导意义。

### 3.2 $T_2^*$ 加权血管成像静脉成像的原理

$T_2^*$  加权血管成像为一种新的成像序列扫描技术,它利用组织间磁敏感性的差异产生图像对比,SIEMENS 公司称磁敏感加权像(SWI),GE 公司称  $T_2^*$  加权血管成像(SWAN)。同时包括两组图像:既相位图像和幅值图像。幅值图像包含组织之间对比,而相位图像中的信号高低则在某种程度上和该点磁敏感性一一对应,两者从不同角度反映组织的对比。对两组图像进行处理,对相位图像进行蒙片处理之后加至幅值图像中,两者便有机结合,生成新的图像<sup>[8]</sup>。SWAN 不同于  $T_2^*$  WI,实质是高分辨的三维梯度回波成像、在三个方向上完全流动补偿、相位蒙片并对幅值图像进行增强处理、相对邻近层面进行最小强度投影等<sup>[7]</sup>。

SWAN 对脑内出血、钙化及非铁蛋白铁沉积等极其敏感,当这些情形下,局部磁敏感性增加,组织  $T_2^*$  值缩短,病灶与周围组织出现自旋质子相位差异。SWAN 不同于以往的适用于流速高血管成像的时间飞跃法(TOF)、相位对比法(PC),它主要适用于慢速血流(静脉)成像<sup>[9]</sup>。静脉内脱氧血红蛋白与周围血浆化学位移相差 0.2ppm,而脱氧和氧合血红蛋白的化学位移仅相差 0.18ppm,但脱氧血红蛋白明显增加局部磁敏感性,影响血液的  $T_2^*$  值。在 1.5TMR 中,动脉血  $T_2^*$  值约 200ms,静脉血(血氧饱和度 70%) $T_2^*$  值约 100ms。在 SWAN 合适的 TE 下,如果静脉血和组织中的质子失相位,部分容积效应导致重建的相位对比图像中的信号衰

减。因此应用长 TE 的 SWAN 则可以使脑内大静脉(直径约 1mm)和小静脉(直径小于 1mm)成像<sup>[7]</sup>。

### 3.3 $T_2^*$ 加权血管成像的诊断优势

第一,SWAN 的问世大大提高了静脉畸形、血栓化海绵状血管瘤或动静脉畸形、毛细血管扩张症的显示率,还可同时显示并发的脑实质病变,弥补了脑血管造影的不足<sup>[9]</sup>。本组病例中 SWAN 共 35 例,SWAN 序列合并 MR 增强对静脉性畸形诊断优势提高不明显,其诊断率由 42.1%(8/19)稍增加到 43.8%(7/16),反证了 SWAN 对这种隐匿性血管畸形诊断可以与增强 MR 相媲美。对于并不复杂的 DVAs 而言,SWAN 成为首选成像技术,不必行有创性 DSA 检查及增强 MRI<sup>[4]</sup>。研究发现 SWAN 显示海绵状血管瘤的能力明显优于以往的 GRE  $T_2$  WI 及 FSE  $T_2$  WI<sup>[10]</sup>,但本研究中 SWAN 序列合并 MR 增强后,海绵状血管瘤诊断率由 21.0%(4/19)降低到 12.5%(2/16),可能与本组增强病例相对少有关,大部分海绵状血管瘤已通过常规 MR 和 SWAN 诊断,无需增强检查。理论上,SWAN 合并增强序列对混合性血管畸形诊断应更有优势,但在本组病例中并不明显,诊断率仅由 10.5%(2/19)稍增加到 12.5%(2/16),可能与病例少和选择技术的偶然性有关。动静脉畸形诊断率则由 15.8%(3/19)增加到 25.0%(4/16),说明临床对动静脉畸形的诊断更倾向于增强 MR,SWAN 仅能显示杂乱的静脉团,不能显示明确的供血动脉,因此常规 MR、MRA 与 SWAN 结合能够反映动静脉畸形的全貌。

第二,由于 SWAN 的无创性、高度磁敏感性,对于脑内血管畸形病例随访有重要价值。部分病灶行伽马刀治疗后常规 MR 序列几乎显示不清,而 SWAN 则对之比较敏感。再次,研究发现 SWAN 对比剂的应用可以进一步提高小静脉的显示率,可适当减少 TE 从而减少采集时间,并不影响血管显示<sup>[8]</sup>。目前钆对比剂对动静脉之间相位和相位化学位移仅有小的影响,但不影响它们的相位值的差别。SWAN 目前存在的主要问题是由于其他磁敏感差异造成的信号缺失的夸大,限制了这种方法在非均质磁敏感脑解剖区域的应用;其次采集时间长,随着空间分辨率提高,采集时间可适当缩短,相应磁场不均匀对图像的影响亦可减少。

第三,最小密度投影并不能完全代替原始图像的重要性,因为投影只能在少数层面上进行,而增大投影容积则可能引起脑边缘洋葱皮样伪影<sup>[7]</sup>,其位

置信息的丢失使得需要仔细审察非投影图像即原始图像,尽可能获得更多的信息,解决在最小密度投影图像上见到的模棱两可的问题。

第四、原始相位图像的分析经验尚不充分,对小出血灶和栓子鉴别有一定困难。

不同的影像检查手段对脑血管畸形的诊断各具价值,脑血管畸形最终正确诊断除了参考临床资料,依靠特征性影像学表现外,最终依赖于手术病理,由于部分脑血管畸形病理结果有限(手术困难或无法手术病例),本文参考了诸多国内外文献。SWAN作为新技术,因其成像依靠血氧饱和度形成的磁敏感性差异,不受流速的影响,无论对于静脉成像,还是对于病灶内小血管显示都具有传统影像学不具备的优势。随着硬、软件技术的进一步发展及完善,联合增强检查,SWAN对于脑血管畸形尤其是静脉畸形、海绵状血管瘤、混合型血管畸形病变的诊断具有重要价值。

#### 参考文献:

- [1] 戴伟英,靳松. 颅内静脉畸形的影像学诊断及评价[J]. 实用放射学杂志, 2007, 23, 883-885.
- [2] 周文辉,易长虹,刘四斌. 脑静脉畸形的 MRI 表现及其诊断价值[J]. 临床放射学杂志, 2006, 25, 222-224.
- [3] Abe T, Singer RJ, Marks MP, et al. Coexistence of occult vascular malformations and developmental venous anomalies in the central nervous system: MR evaluation [J]. AJNR, 1998, 19: 51-57.
- [4] 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[J]. 临床放射学杂志, 2008, 27: 97-100.
- [5] Pozzati E, Marliani AF, Zucchelli M, et al. The neurovascular triad: mixed cavernous, capillary, and venous malformations of the brainstem [J]. J Neurosurg, 2007, 107: 1113-1119.
- [6] Bonneville F, Cattin F, Bonneville JF. The juxtaposition of a capillary telangiectasia, cavernous malformation, and developmental venous anomaly in the brainstem of a single patient: case report [J]. Neurosurgery, 2001, 49: 1246-1250.
- [7] 岳云龙,金延方,贺聪,等. 颅内毛细血管扩张症的 MR 表现[J]. 中国医学影像技术, 2000, 16: 99-100.
- [8] Reichenbach JR, Venkatesan R, Schillinger DJ, et al. Small vessels in the human brain: MR venography with deoxyhemoglobin as an intrinsic contrast agent [J]. Radiology, 1997, 204: 272-277.
- [9] Lee BC, Vo KD, Kido DK, et al. MR high-resolution blood oxygenation level-dependent venography of occult (low-flow) vascular lesions [J]. AJNR, 1999, 20: 1239-242.
- [10] de Souza JM, Domingues RC, Cruz LC Jr, et al. Susceptibility-weighted imaging for the evaluation of patients with familial cerebral cavernous malformations: a comparison with T<sub>2</sub>-weighted fast spin-echo and gradient-echo sequences [J]. AJNR, 2008, 29: 154-158.

(收稿日期: 2010-05-17 修回日期: 2010-08-30)

(本文编辑: 郭道芳)

(上接 1767 页)

统症状,甚至出现血管瘤破裂,破入胰管或邻近十二指肠内,引发消化道出血时才发现。国外学者 Ringior S 等<sup>[1]</sup>曾报告过 1 例类似病例。国内也有因血管瘤破裂导致肿瘤体积迅速增大产生相应症状的报道<sup>[2]</sup>。典型的血管瘤增强后动脉期病灶边缘强化显著,增强区域呈进行性向心性扩展,延迟期扫描病灶呈等密度填充,再延迟 1h 后病灶又恢复到平扫时的低密度。本例胰腺体部海绵状血管瘤,CT 强化特点非典型的“快进慢出,逐渐填充”血管瘤表现,该肿块始终呈轻度强化改变,其原因可能与肿块内血流形成相关,缺乏足够的血流灌注。相对于早期且临床无明显症状者术前较难

明确诊断,常与胰腺囊腺瘤、胰腺囊腺癌难以鉴别。本例也为我们诊断类似病例时提供一种鉴别诊断思路。

#### 参考文献:

- [1] Ringior S, Derom F, Colle R, et al. Hcmangioma of the pancreas. Report of a case [J]. Gastroenterology, 1961, 41: 43-45.
- [2] 吴启. 胰尾部血管瘤 1 例[J]. 中国现代医生, 2007, 45: 140.

(收稿日期: 2010-08-24 修回日期: 2010-10-05)

(本文编辑: 郭道芳)