

CT angiography for diagnosing spinal cord vascular malformations

CAO Xuyang¹, HONG Nan^{2*}, XU Jianmin¹, ZHANG Futao¹,
YANG Zhili¹, MA Shiliang¹, GUO Qi¹

(1. Department of Radiology, Beijing Fengtai Youan Men Hospital, Beijing 100069, China;

2. Department of Radiology, Peking University People's Hospital, Beijing 100044, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of CT angiography (CTA) for diagnosing spinal cord vascular malformation (SCVM). **Methods** Spinal cord CTA and digital subtraction angiography (DSA) data of 85 patients with SCVM confirmed by postoperation pathology were retrospectively analyzed. Taken the intraoperative findings and postoperative clinical diagnosis as the gold standards, the diagnostic accuracy of CTA for judging the type and extent of SCVM, and the consistence rate of CTA for displaying the feeding artery and fistula location with DSA were calculated. **Results** Among 85 SCVM cases, there were 59 cases of spinal dural arteriovenous fistula (SDAVF), 10 cases of spinal perimedullary arteriovenous fistula (SPAVF), 12 cases of spinal arteriovenous malformation (SAVM) and 4 cases of cavernous malformation (CM). The diagnostic accuracy of CTA for judging the type and extent of SCVM was 85.88% (73/85) and 92.94% (79/85), respectively. Except for 4 cases of CM with negative results of both CTA and DSA, the consistence rate of CTA in displaying the feeding artery and fistula location with DSA in 81 cases of SCVM was 86.42% (70/81) and 82.72% (67/81), respectively. **Conclusion** For most SCVM cases except CM, spinal CTA could accurately display lesion extent, feeding artery and the location of fistula.

[Keywords] spinal cord vascular diseases; arteriovenous fistula; computed tomography angiography

DOI: 10.13929/j.issn.1672-8475.2023.11.010

CT 血管成像诊断脊髓血管畸形

曹旭阳¹, 洪楠^{2*}, 徐建民¹, 张富涛¹, 杨志丽¹, 马世亮¹, 郭旗¹

(1. 北京丰台右安门医院放射科, 北京 100069; 2. 北京大学人民医院放射科, 北京 100044)

[摘要] **目的** 观察CT血管成像(CTA)诊断脊髓血管畸形(SCVM)的价值。**方法** 回顾性分析85例经手术确诊SCVM患者CTA及数字减影血管造影(DSA)资料,以术中所见及术后临床诊断为金标准,计算CTA判断病变类型和范围的准确率,以及CTA显示增粗供血动脉及瘘口位置与DSA的符合率。**结果** 85例SCVM包括硬脊膜动静脉瘘(SDAVF)59例、脊髓周围动静脉瘘(SPAVF)10例、脊髓动静脉畸形(SAVM)12例及海绵状血管瘤(CM)4例。CTA判断病变类型和范围的准确率分别为85.88%(73/85)和92.94%(79/85)。除4例CM CTA及DSA结果均为阴性外,CTA显示81例SCVM供血动脉及瘘口位置与DSA的符合率分别为86.42%(70/81)和82.72%(67/81)。**结论** 脊髓CTA能较准确显示CM之外大部分SCVM病变范围、供血动脉及瘘口位置。

[关键词] 脊髓血管疾病; 动静脉瘘; CT血管造影

[中图分类号] R654.3; R816.2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1672-8475(2023)11-0685-04

[第一作者] 曹旭阳(1993—),男,河南永城人,在读硕士,主治医师。研究方向:中枢神经系统MRI诊断。E-mail: 1343778510@qq.com

[通信作者] 洪楠,北京大学人民医院放射科,100044。E-mail: hongnan@pkuph.edu.cn

[收稿日期] 2023-07-10 **[修回日期]** 2023-09-07

脊髓血管畸形(spinal cord vascular malformation, SCVM)是一系列脊髓及其附近血管异常的总称,较常见类型包括硬脊膜动静脉瘘(spinal dural arteriovenous fistula, SDAVF)、脊髓动静脉畸形(spinal arteriovenous malformation, SAVM)、脊髓周围动静脉瘘(spinal perimedullary arteriovenous fistula, SPAVF)和海绵状血管瘤(cavernous malformation, CM)等^[1-2],早期诊断、早期治疗是改善SCVM患者预后的关键;但多数SCVM属低流速血管畸形,患者常缺乏典型临床表现,可能导致误诊或漏诊^[2-3]。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)是诊断SCVM的常用影像学方法,但有创^[4];CT血管成像(CT angiography, CTA)时间及空间分辨率高,可显示SCVM病变范围、供血动脉及瘘口位置等^[4-6]。本研究观察脊髓CTA诊断SCVM的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性分析2018年12月—2022年12月于北京丰台右安门医院确诊为SCVM的85例患者,男72例、女13例,年龄21~87岁、中位年龄56岁;临床表现包括双下肢麻木、乏力、感觉丧失及排尿困难。纳入标准:①接受脊髓CTA;②于CTA后1周内接受DSA及手术;③最终临床诊断为SDAVF、SAVM、SPAVF或CM。检查前患者均签署知情同意书。

1.2 仪器与方法

1.2.1 CTA 采用GE Optima CT660 64排螺旋CT机自眼眶上缘至骶尾椎末端进行扫描,参数:管球电压120 kV,自动管电流(200~450 mA),转速0.6 s/rot,层厚0.625 mm,床速65.62 mm/s,螺距0.984;采用高压注射器以4.5 ml/s流率经肘静脉注入80 ml碘普罗胺370(370 mgI/ml),在降主动脉层面CT值达160 HU

时手动触发扫描。

1.2.2 DSA 采用Philips Allura Xper FD20平板DSA机,以Seldinger技术穿刺股动脉,根据CTA所示病变范围行选择性动脉血管造影。

1.3 图像分析 将CTA原始数据发送至GE AW 4.6工作站,获得容积再现(volume rendering, VR)、曲面重建及多平面重组图像;以层厚和层间距均为0.625 mm重建病变血管、肋间动脉及主动脉VR图,由3名工作年限超过5年的神经放射医师共同判断病变类型、病变范围、供血动脉及瘘口位置。参考文献[7-9]标准诊断各类型SCVM;SDAVF典型所见为脊髓根髓动脉脊膜支增粗为供血动脉,瘘口位于硬脊膜上,引流静脉位于脊髓表面(图1);SPAVF表现为脊髓前动脉分支增粗为供血动脉,瘘口在脊髓前正中裂,引流静脉先在脊髓前方向下、继而转向脊髓背侧向上引流;SAVM典型表现为畸形血管团位于髓内,可见增粗供血动脉及引流静脉(图2)。

1.4 统计学分析 采用SPSS 23.0统计分析软件。以例数或百分比(%)表示计数资料。以术中所见及术后临床诊断为金标准,计算CTA评估病变类型和范围的准确率,以及CTA显示增粗供血动脉及瘘口位置与DSA的符合率。

2 结果

85例SCVM中,SDAVF 59例、SPAVF 10例、SAVM 12例及CM 4例。4例CM CTA及DSA均未显示,后经MRI诊断;59例SDAVF、10例SPAVF及12例SAVM CTA及DSA均可显示。

CTA正确判断73例病变类型、误判或漏诊12例,准确率为85.88%(73/85);8例误判病例包括5例SPAVF误为SDAVF、3例SDAVF误为SPAVF,4例CM未显示。准确评估79例病变范围,除未显示4例

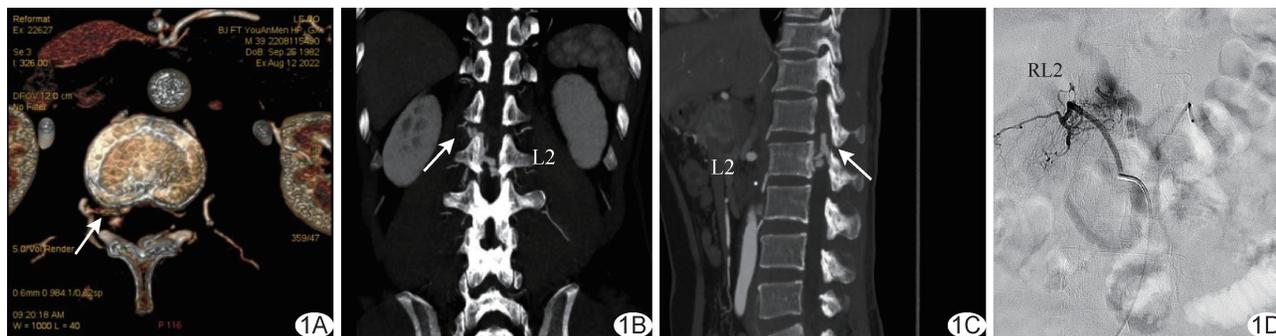


图1 SDAVF患者,男,39岁,右下肢麻木、无力2月余 A.轴位VR图示增粗的供血动脉走行于椎间孔内;B.冠状位最大密度投影(maximum intensity projection, MIP)图示L2右侧椎间孔区可见供血动脉;C.矢状位MIP图示L2椎体水平椎管内迂曲增粗血管;D.DSA图示SDAVF由右侧L2动脉供血(箭示病变)

CM 外，将 2 例 SDAVF 的脊髓前大根动脉 (artery of Adamkiewicz, AKA) 误认为畸形血管，准确率 92.94% (79/85)。

81 例 SDAVF、SPAVF 及 SAVM 中，CTA 显示 70 例供血动脉与 DSA 相符，符合率 86.42% (70/81)；11 例显示不一致，包括 8 例 SDAVF 及 3 例 SPAVF。上述 81 例中，CTA 显示 67 例瘘口位置与 DSA 相符，符合率为 82.72% (67/81)；14 例显示不一致，包括 8 例 SDAVF 及 6 例 SPAVF。见表 1。

3 讨论

SCVM 临床及影像学表现均缺乏特异性，易误诊。DSA 能显示 SCVM 部位、范围及其性质，准确识别增粗的供血动脉和引流静脉，动态观察从供血动脉显影至畸形血管团染色再到静脉引流的全过程，为影像学诊断 SCVM 的金标准，但在不确定病变范围、供血动脉及瘘口位置与数量时，可能因对比剂用量过大、辐射时间长等引发一系列问题^[10]。CTA 兼具操作简单、相对无创、并发症少及成本低等优点，随着设备分辨率不断提高，其用于 SCVM 对瘘口位置及供血动脉的检出率达 62.5%~

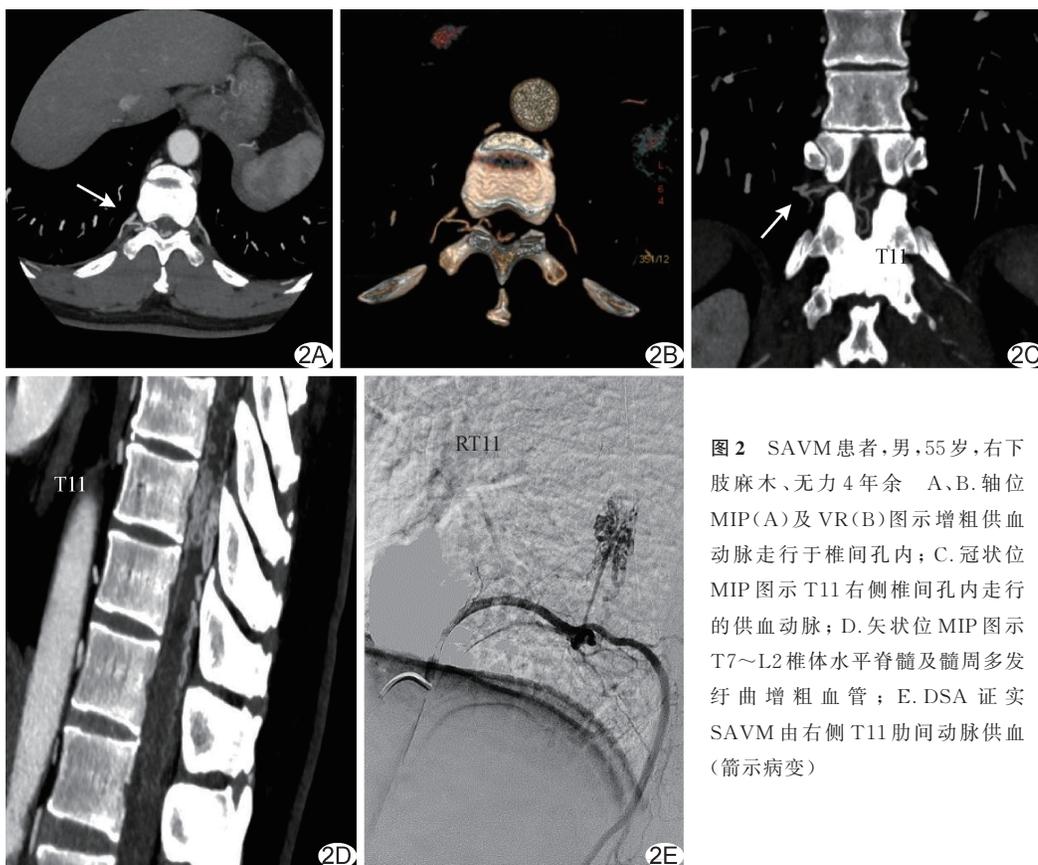


图 2 SAVM 患者，男，55 岁，右下肢麻木、无力 4 年余 A、B. 轴位 MIP(A)及 VR(B)图示增粗供血动脉走行于椎间孔内；C. 冠状位 MIP 图示 T11 右侧椎间孔内走行的供血动脉；D. 矢状位 MIP 图示 T7~L2 椎体水平脊髓及髓周多发纤细增粗血管；E. DSA 证实 SAVM 由右侧 T11 肋间动脉供血 (箭头病变)

表 1 CTA 与 DSA 所示供血动脉及瘘口位置有所不同的 14 例 SCVM

病例序号	SCVM 类型	供血动脉		瘘口位置	
		CTA	DSA	CTA	DSA
1	SDAVF	左 T9/T10 肋间动脉	左 T9 肋间动脉	T10	T9
2	SDAVF	右 T12 肋间动脉	右 L1 腰动脉	T12	L1
3	SDAVF	阴性	右 T11 肋间动脉	阴性	T11
4	SDAVF	阴性	左 T12 肋间动脉	阴性	T12
5	SDAVF	阴性	左 T10 肋间动脉	阴性	T10
6	SDAVF	左侧椎动脉	左侧甲状颈干	C3	C2
7	SDAVF	左侧小脑后下动脉	左侧三叉动脉	C2	C1
8	SDAVF	右 T9/T10 肋间动脉	右 T9/T10、左 T10/T11、右侧 T12 肋间动脉及右侧 L1 椎旁动脉	T9	T10/L1
9	SPAVF	阴性	左 T10 肋间动脉	阴性	T10
10	SPAVF	左 T7/右 T9 肋间动脉	左 T7/右 T9/左 T12 肋间动脉及左 L1/左 L2/右 L2 腰动脉	T9	T9/L2
11	SPAVF	阴性	右 T11 肋间动脉	阴性	T11
12	SPAVF	左 T11 肋间动脉	左 T11 肋间动脉	阴性	T12
13	SPAVF	右 T10 肋间动脉	右 T10 肋间动脉	T8	T10
14	SPAVF	右 T6 肋间动脉	右 T6 肋间动脉	阴性	T6

81.82%^[4,6,11]；此外，CTA 的多种重建方式对于评估病变范围、判定供血动脉、显示瘘口位置及周围骨质等均有一定帮助，根据术前 CTA 选择性地地进行血管造影可

大大缩短检查时间、减少对比剂用量,进而降低并发症风险。

SCVM 较常见类型包括 SDAVF、SAVM、SPAVF 及 CM 等。本研究 85 例 SCVM 中,除 4 例 CM CTA 与 DSA 结果均为假阴性、后经 MRI 诊断外,针对 81 例 SDAVF、SPAVF 或 SAVM,CTA 可准确显示 86.42% (70/81) 病例的供血动脉及 82.72% (67/81) 病例的瘘口。

SDAVF 多见于中老年男性,胸段脊髓相对高发,其次是颈段和腰段^[12],供血动脉为脊髓根髓动脉脊膜支,瘘口位于硬脊膜上,引流静脉则多在脊髓表面。本组 59 例 SDAVF 中,51 例 CTA 显示供血动脉与 DSA 相符、8 例 CTA 与 DSA 不一致,可能原因如下:①供血动脉相对纤细,瘘口常显示欠佳,难以在粗大引流静脉中辨认供血动脉;②误将脊髓节段性动脉判定为供血动脉;③同时存在 2 种以上类型 SCVM 时,瘘口及供血动脉较多、血流速度较快,难以区分供血动脉与引流静脉^[11]。另外,CTA 冠状位重建多在中线部位,不利于显示常位于脊髓表面的瘘口。

SPAVF 由脊髓动脉和静脉直接相通形成,可分为低流量型(I型)和高流量型(II型)^[1]。鉴别 I 型 SPAVF 与 SDAVF 时,主要依靠 DSA 明确供血动脉及瘘口位置,而 CTA 鉴别困难;II 型常有脊髓周围静脉瘤样扩张,CTA 易与 SDAVF 鉴别。本组 CTA 显示 3 例 SPAVF 供血动脉、6 例 SPAVF 瘘口位置与 DSA 不一致,原因可能是 SPAVF 为脊髓前动脉分支与髓周静脉直接相通而成,瘘口多位于脊髓前正中裂,供血动脉管径相对较细,瘘口亦较细小,CTA 中显示欠佳^[4]。

SAVM 平均发病年龄较小,以好发于颈段和腰段脊髓的血管巢为特征,发生破裂可导致脊髓出血或蛛网膜下腔出血;脊髓 CTA 可见供血动脉、引流静脉及位于脊髓内的畸形血管团。本组 CTA 诊断 12 例 SAVM 与 DSA 符合率为 100%。

CM 又称隐匿性血管畸形,占脊髓血管疾病的 5%~12%,主要发生于髓内,髓周罕见,胸段发病率最高;其供血动脉和引流静脉管径一般正常,其内血流速度缓慢,主要依靠 MRI 诊断:T2WI 于病灶周围或其内可见环状或不规则低信号,增强后病灶轻度不均匀强化,并因合并含铁血黄素沉着而呈混杂信号,此为诊断及鉴别诊断的关键^[13]。

综上,CTA 可快速、无创、全面地显示除 CM 以外的大部分 SCVM 病灶,用于筛查或术前评估 SCVM 可降低 DSA 中的对比剂用量及辐射剂量,为诊断和治疗提供有价值的信息。

[参考文献]

- [1] GAILLOUD P. Chapter 15: Spinal vascular malformations: Angiographic evaluation and endovascular management [M]// HETTS S W, COOKE D L. Handbook of clinical neurology: Interventional neuroradiology. Amsterdam: Elsevier, 2021: 267-304.
- [2] RONALD A A, YAO B, WINKELMAN R D, et al. Spinal dural arteriovenous fistula: Diagnosis, outcomes, and prognostic factors[J]. World Neurosurgery, 2020, 144: e306-e315.
- [3] 孙杨, 杨宝辉. 12 例硬脊膜动静脉瘘误诊原因分析[J]. 实用骨科杂志, 2021, 27(9): 829-832.
- [4] 邹佳妮, 黄文才, 陈信坚, 等. 320 排动态容积 CTA 诊断脊髓血管畸形的价值[J]. 中国临床神经外科杂志, 2017, 22(12): 814-818.
- [5] 刘正华, 姜永宏, 屈巍, 等. MSCTA 术前评估复杂颅颈交界区畸形[J]. 中国医学影像技术, 2018, 34(2): 209-213.
- [6] 曹际斌, 高思佳, 韩鹏, 等. 256 层螺旋 CT 全脊髓血管造影诊断脊髓动静脉瘘的临床应用价值[J]. 中国临床医学影像杂志, 2012, 23(2): 91-95.
- [7] YU J X, HONG T, KRINGS T, et al. Natural history of spinal cord arteriovenous shunts: An observational study [J]. Brain, 2019, 142(8): 2265-2275.
- [8] MA Y, HONG T, CHEN S, et al. Steroid-associated acute clinical worsening and poor outcome in patients with spinal dural arteriovenous fistulas: A prospective cohort study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2020, 45(11): E656-E662.
- [9] REN J, JIANG N, BIAN L, et al. Natural history of spinal cord cavernous malformations: A multicenter cohort study [J]. Neurosurgery, 2022, 90(4): 390-398.
- [10] HIU T, KITAGAWA N, MORIKAWA M, et al. Efficacy of DynaCT digital angiography in the detection of the fistulous point of dural arteriovenous fistulas [J]. AJNR Am J Neuroradiol, 2009, 30(3): 487-491.
- [11] 曹际斌, 高思佳, 李燕燕, 等. 无创性脊髓血管成像诊断脊髓血管畸形的临床应用价值[J]. 中华放射学杂志, 2012, 46(5): 430-434.
- [12] WANG D, YANG N, ZHANG P, et al. The diagnosis of spinal dural arteriovenous fistulas [J]. Spine, 2013, 38(9): E546-E553.
- [13] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国康复医学会脊柱脊髓专业委员会脊柱肿瘤学组, 中华医学会神经外科学分会脊柱脊髓病学组. 脊柱脊髓海绵状血管畸形诊疗专家共识 [J]. 中华医学杂志, 2022, 102(16): 1159-1168.