

## 论 著

## 3D-TOF MRA序列在颅内静脉窦血栓中的协助诊断价值

安攀 赵沙沙 梁寿衡  
崔光彬 雷学斌\*  
空军军医大学第二附属医院放射科  
(陕西 西安 710038)

**【摘要】目的** 探讨颅内静脉窦血栓(CVST)的临床诊断中,使用三维时间飞跃法磁共振血管成像(3D-TOF MRA)协助诊断的临床应用价值。**方法** 选取我院22例CVST患者,共154个静脉窦节段的MRI资料。分析3D-TOF MRA CVST信号特点,评估3D-TOF MRA对CVST显示的价值。**结果** 以DSA结果为标准,22例共发现存在CVST的静脉窦节段67个,PC-MRV正确识别57个,3D-TOF MRA正确识别54个。3D-TOF MRA上CVST可表现为等信号(13个)、高信号(35个)或混杂信号(6个),同时发现10例受累静脉窦邻近脑实质的改变,5例受累静脉窦引流区周围出现小血管影。ROC曲线分析显示PC-MRV曲线下面积(AUC)为0.897,3D-TOF MRA AUC为0.880。**结论** 3D-TOF MRA序列对CVST的检出有一定的诊断效能,在时间紧迫、缺乏相关序列的情况下,其异常信号有助于协助CVST的诊断,提高检出率,从而减少漏诊的发生。

**【关键词】** 磁共振成像; 窦血栓形成, 颅内; 脑静脉

**【中图分类号】** R445.3

**【文献标识码】** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1672-5131.2023.11.006

## Supplementary Value of 3D-time of Flight MR Angiography in Diagnosing Cerebral Venous Sinus Thrombosis

AN Pan, ZHAO Sha-sha, LIANG Shou-heng, CUI Guang-bin, LEI Xue-bin\*

Department of Radiology, the Second Affiliated Hospital of Air Force Military Medical University, Xi'an 710038, Shaanxi Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To investigate the supplementary value of 3D-time of flight magnetic resonance angiography (3D-TOF MRA) in diagnosis of cerebral venous sinus thrombosis (CVST). **Methods** MRI data of 154 venous sinus segments in 22 patients with CVST in our hospital were selected. The characteristics of 3D-TOF MRA CVST signal were analyzed, and the value of 3D-TOF MRA for CVST display was evaluated. **Results** According to the DSA results, a total of 67 sinus segments with CVST were found in 22 cases, 57 were correctly identified by PC-MRV and 54 were correctly identified by 3D-TOF MRA. On 3D-TOF MRA, CVST showed isosignal (13), high signal (35) or mixed signal (6). At the same time, changes in the parenchyma near the affected sinus were found in 10 cases, and small vascular shadow around the drainage area of the affected sinus was found in 5 cases. ROC curve analysis showed that the area under curve (AUC) of PC-MRV was 0.897, and the AUC of 3D-TOF MRA was 0.880. **Conclusion** 3D-TOF MRA sequence has certain diagnostic efficacy in the detection of CVST, in the case of time constraints and lack of relevant sequences, its abnormal signals can help to diagnose CVST, improve the detection rate, and thus reduce the occurrence of missed diagnosis.

**Keywords:** Magnetic Resonance Imaging; Sinus Thrombosis; Intracranial; Cerebral Veins

颅内静脉窦血栓(cerebral venous sinus thrombosis, CVST)临床表现无特异性,研究表明实验室检查标记物血浆D-二聚体及血清C-反应蛋白与CVST有一定相关性,但亦缺乏特异性<sup>[1-2]</sup>,早期易漏诊误诊,从而延误治疗并影响预后<sup>[3]</sup>。既往研究提示MRI的诸多序列如MRV、DWI、SWI等可为临床提供可靠且丰富的影像资料<sup>[4-5]</sup>,有助于CVST的早期无创诊断。其中相位对比法静脉血管成像(PC-MRV)主要用于静脉病变的诊断,然而部分危急重症或特殊CVST患者存在检查时间紧迫、MRI图像质量欠佳以及缺少MRV序列的情况,增加了诊断难度。笔者发现,主要用于颅内动脉病变诊断的三维时间飞跃法磁共振血管成像(3D-time of flight magnetic resonance angiography, 3D-TOF MRA)亦可观察到静脉窦异常信号,可能协助临床诊断,这一现象在CVST诊断中的价值少有文献报道。为此,本文回顾性分析了22例CVST患者3D-TOF MRA的信号特点,旨在探讨3D-TOF MRA对CVST诊断的协助价值。

## 1 资料和方法

**1.1 一般资料** 收集2017年1月至2022年12月我院CVST患者22例,年龄18~57岁,平均(35.91±10.98)岁,男性11例,从发病到MRI检查的间隔时间1~13天,平均(6.86±3.55)天。

**纳入标准:** 急或亚急性期MRI检查(从出现症状到MRI检查的时间<7或14天),MRI检查后1周内经DSA确诊者;临床资料完整;影像资料完整,包括头颅MRI平扫、3D-TOF MRA、PC-MRV。病因:无明显诱因10例,口服避孕药、感染各3例,产褥、外伤各2例,手术、肿瘤化疗后各1例。临床症状和体征:单纯头痛5例,头痛伴恶心呕吐7例,头痛伴癫痫发作3例,头痛伴肢体无力、头痛伴视物模糊、意识不清各2例,无症状1例。本研究经医院伦理委员会批准,免除患者知情同意。

**1.2 检查设备** MRI采用1.5T或3.0T,头部8通道相控阵线圈。3D-TOF MRA采用扰相GRE序列,翻转角25°,采用3个薄层块横轴位容积采集,范围为颅底-胼胝体上方水平。因所用检查仪器的厂家、场强高低的差异,具体扫描参数略有差异(表1)。DSA采用GE Innova 3100 IQ型数字平板减影血管机。

表1 MRI扫描序列及参数

序列	TR(ms)	TE(ms)	层厚(mm)	层间隔(mm)	矩阵	FOV(cm)
T <sub>1</sub> WI	500~600	14~24	5	1	256×256	24×24
T <sub>2</sub> WI	3500~4000	85~100	5	1	256×256	24×24
3D-TOF MRA	25~45	6~8	1	0	256×256	24×24
2D-PC MRV	20~30	6~8	1	0	256×256	24×24

**【第一作者】** 安攀,男,主治医师,主要研究方向:心脑血管疾病影像诊断。E-mail: anpan135@163.com

**【通讯作者】** 雷学斌,男,主治医师,主要研究方向:胸部疾病影像诊断。E-mail: 390028955@qq.com

**1.3 图像分析** 按脑静脉窦解剖部位分为：上矢状窦、直窦、左/右横窦、左/右乙状窦、深静脉(包括Galen静脉、大脑内静脉等)7个节段分析。以DSA结果为诊断标准，由两名医师在未知DSA结果的前提下独立对MRI图像进行分析，意见不一致时，由第三位医师分析，最终达成一致。原始数据结合多种后处理方法分析，观察记录指标：各序列静脉窦是否出现异常信号，受累静脉窦部位、数量，邻近脑实质的改变，受累静脉窦引流区周围是否存在小血管等。

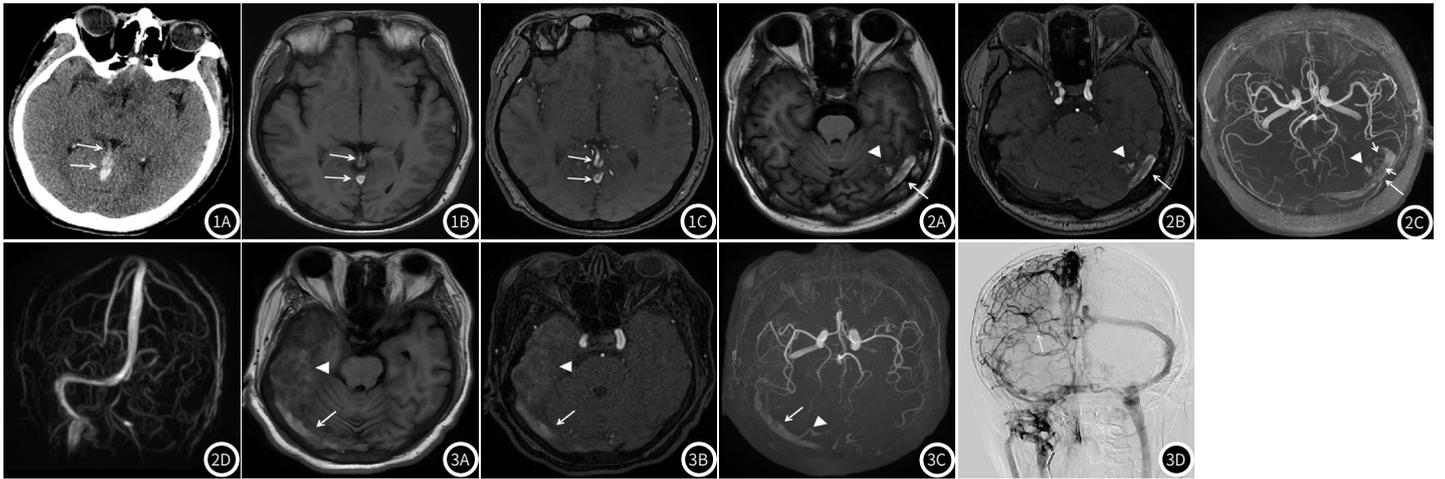
**1.4 统计学分析** 采用SPSS 20.0软件包，计量资料以均数±标准差表示。进行受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC曲线)分析，主要比较3D-TOF MRA、PC-MRV相较于DSA对CVST的诊断效能。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

**2 结果**

**2.1 3D-TOF MRA CVST影像特点** 本组22例3D-TOF MRA上共发现54个静脉窦节段信号异常(图1-3)，其中：急性期10例、21个静脉窦节段(7个等、12个高及2个混杂信号)；亚急性期12例、33个静脉窦节段(6个等、23个高及4个混杂信号)。

3D-TOF MRA发现10例脑实质改变，其中：脑出血呈高信号(图2B、C)，脑组织水肿及梗死呈低信号；发现5例受累静脉窦引流区周围小血管影(图2C、3C)。

**2.2 PC-MRV与3D-TOF MRA对CVST的评估比较** 以DSA结果为标准记录本组22例PC-MRV与3D-TOF MRA CVST的正确识别情况(表2)，PC-MRV曲线下面积(area under curve, AUC)为0.897，敏感性约为87.01%，特异性约为94.57%，3D-TOF MRA AUC为0.880，敏感性约为83.75%，特异性约为95.60%(表3、图4)。



**图1A-图1C** 男，31岁，直窦及脑深静脉CVST。图1A CT直窦及脑深静脉密度增高(箭)；图1B、C T<sub>1</sub>WI、3D-TOF MRA显示其高信号(箭)。  
**图2A-图2D** 男，23岁，左侧横窦乙状窦CVST。图2A、B: T<sub>1</sub>WI、3D-TOF MRA左侧横窦混杂高信号(箭)，邻近脑实质出血高信号(三角)；图2C: 3D-TOF MRA MIP图左侧横窦乙状窦高信号(长箭)，邻近脑实质出血高信号(三角)，周围细小血管(短箭)；图2D: PC-MRV左侧横窦乙状窦未见显示。  
**图3A-图3D** 女，50岁，右侧横窦CVST。图3A、B: T<sub>1</sub>WI、3D-TOF MRA右侧横窦高信号(箭)，邻近脑实质混杂信号(三角)；图3C: 3D-TOF MRA MIP图右侧横窦高信号(箭)，周围引流血管(三角)；图3D: DSA右侧横窦纤细、局部充盈缺损影(箭)。

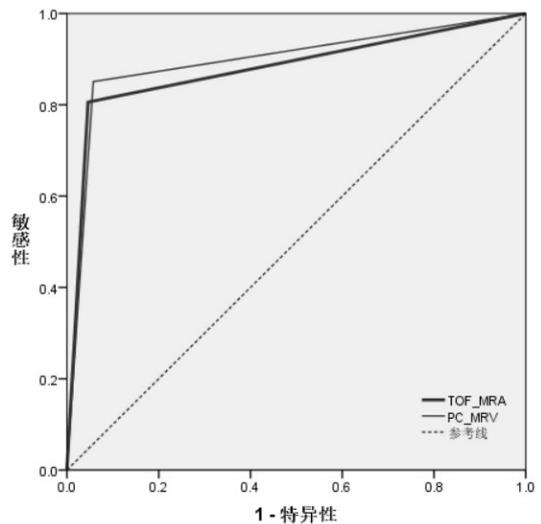
**表2 MRI及DSA正确识别CVST结果**

	PC-MRV	3D-TOF MRA	DSA	静脉窦受累率
上矢状窦	11	12	13	19.40%
直窦	7	7	10	14.93%
左横窦	12	10	13	19.40%
右横窦	8	7	8	11.94%
左乙状窦	11	10	12	17.91%
右乙状窦	5	6	8	11.94%
深静脉	3	2	3	4.48%
总数	57	54	67	100%

**表3 PC-MRV、3D-TOF MRA对CVST诊断效能的ROC分析结果**

	曲线下面积	95%置信区间	P值
3D-TOF MRA	0.880	0.818~0.942	0.000
PC-MRV	0.897	0.839~0.954	0.000

注：P值均为与DSA结果配对检验。



**图4 CVST影像诊断效能ROC曲线**

### 3 讨论

CVST病因与多种危险因素导致脑静脉及静脉窦内血液的瘀滞、血管壁及血液成分的变化有关,主要包括妊娠、创伤、手术、感染、肿瘤尤其是治疗后、口服避孕药等,另有部分病因不明<sup>[6-7]</sup>,本组10例为无明显诱因。CVST临床表现根据病因、部位、范围、邻近脑实质损害范围、静脉侧枝循环代偿情况及患者年龄的不同有所不同,其中首发且最常见的为头痛,约占88%-93%<sup>[8-9]</sup>。本组19例出现头痛、占86.36%,其次为恶心呕吐、视物模糊、癫痫发作等,与以往文献报道基本相符。

CVST在MRI上的直接征象主要表现为显示静脉窦血栓信号,其在平扫影像上的信号表现取决于血栓形成的时间<sup>[10]</sup>,然而, CVST确切的发病时间难以确定,同时血栓的新、旧及血栓的成分也随时间的演变存在变化(血栓结构在上述分期内也存在变化),MRI信号也会有所变化。因此,同一病人不同静脉窦节段或同一病人同一静脉窦节段内会出现低、等、高或混杂信号,本组部分病例表现出此种改变。同时笔者发现3D-TOF MRA对于表现为高信号的CVST诊断不难,但是对于表现为等信号的血栓与静脉内慢血流的等信号鉴别困难,这可能也是本组漏诊的主要原因。CVST在MRI上的间接征象主要表现为静脉窦的阻塞导致邻近脑实质的改变,如脑组织水肿、梗死及脑出血等,多位于与静脉窦相关的区域<sup>[11-12]</sup>,本组共发现10例脑实质的改变。

3D-TOF MRA基于血流的流入增强效应,一般采用较短TR的快速扰相GRE T<sub>1</sub>WI进行采集,成像层面或容积内静止的组织被反复激发而处于饱和状态,因磁化矢量很小,从而有效的抑制了静止的背景组织,故可认为该序列是权重较重的T<sub>1</sub>WI<sup>[13]</sup>。当静脉窦正常时,该序列呈现低信号改变;当静脉窦发生血栓时,该序列亦可显示出血栓部位等/高的异常信号,有助于CVST的检出。Renard D等<sup>[14]</sup>2017年研究发现3D-TOF MRA对CVST诊断的灵敏度略低于T<sub>1</sub>WI,笔者在临床实际工作中也发现T<sub>1</sub>WI、3D-TOF MRA两个序列显示CVST信号强度与信号变化基本一致。

本组PC-MRV和3D-TOF MRA均存在一定的误诊及漏诊,ROC曲线分析结果显示PC-MRV AUC为0.897,3D-TOF MRA AUC为0.880,P值均小于0.05,尽管3D-TOF MRA诊断效能略低于PC-MRV,但其仍然具有较高诊断价值。笔者在临床工作中发现CVST多为头晕头痛的急诊患者、产褥期体弱的妇女、颅脑手术或外伤的患者等,因此影像科快速检查、优化扫描流程、简化扫描序列是医疗安全考量的重要部分。如何能在快速、精准完成检查流程的同时,又能在仅有的扫描序列中快速做出CVST的诊断满足临床需求,是一项非常考验影像科大夫的任务。而此类患者临床症状特异性不高、部分患者配合欠佳,为了节省时间、尽快排除颅脑病变,在MRI平扫图像质量欠佳、缺少MRV序列或其他相关序列的情况下,3D-TOF MRA中静脉窦的异常信号可能有助于临床发现异常、诊断CVST,以便临床尽早制定进一步检查方案及治疗手段。

另外,静脉淤血、毛细血管及小静脉内液体静脉压的升高,会导致受累静脉窦引流区周围出现细小扩张的引流静脉以及侧枝血管的形成<sup>[15]</sup>。本组3D-TOF MRA上发现5例患者受累静脉窦引流区周围出现小血管影。然而,目前关于受累静脉窦引流区周围小血管影尚无明确诊断标准,尚需扩大样本量进一步深入研究。临床工作中,仍需充分利用3D-TOF MRA的优势(如可多层激发,减少激发容积厚度以减少流入饱和效应),结合原始薄层图像与多种后处理方法仔细观察静脉窦信号变化,同时可发现病变周围脑实质的改变及受累静脉窦引流区周围小血管,3D-TOF MRA对受累静脉窦周围脑实质、受累静脉窦引流区周围小血管的显示,也可作为诊断CVST的重要补充。

本文的不足,(1)受3D-TOF MRA扫描范围的限制,上矢状窦前/上部或乙状窦下部部分区域无法评估;(2)样本量较小,只选择急性期及亚急性期也未分期比较,后期扩大样本量同时进行分期评估,进一步验证结果;(3)未探讨不同场强之间的差异,未探讨3D-TOF MRA信号的高低对预判血栓治疗后血管再通的价值。

综上所述,3D-TOF MRA对CVST的检出有较高的诊断效能,且在显示邻近脑实质改变、受累静脉窦引流区周围血管改变有一定的价值,尤其在危急重症患者MRI初步筛查中有助于协助诊断、提高检出率,从而减少漏诊的发生。

### 参考文献

- [1] Devasagayam S, Wyatt B, Leyden J, et al. Cerebral venous sinus thrombosis incidence is higher than previously thought: a retrospective population-based study [J]. *Stroke*, 2016, 47 (9): 2180-2182.
- [2] Koennecke HC. Cerebral venous thrombosis in adults [J]. *Vasa*, 2019, 48 (6): 473-482.
- [3] 亓立勇, 亓翠玲. CT联合MRI影像学检查对脑静脉窦血栓的早期诊断价值 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20 (1): 38-40, 49.
- [4] Steven A, Raghavan P, Altmeyer W, et al. Venous thrombosis: causes and imaging appearance [J]. *Hematol Oncol Clin North Am*, 2016, 30 (4): 867-85.
- [5] Ferro JM, Boussier MG, Canhao P, et al. European stroke organization guideline for the diagnosis and treatment of cerebral venous thrombosis - endorsed by the European Academy of Neurology [J]. *Eur J Neurol*, 2017, 24 (10): 1203-1213.
- [6] Ferro JM, Aguiar de Sousa D. Cerebral venous thrombosis: an update [J]. *Curr Neurol Neurosci Rep*, 2019, 19 (10): 74.
- [7] Kalita J, Singh VK, Jain N, et al. Cerebral venous sinus thrombosis score and its correlation with clinical and MRI findings [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2019, 28 (11): 104324.
- [8] 张志勇, 贾晓涛, 于洪伟, 等. D-二聚体阴性的颅内静脉窦血栓形成患者的临床及影像学特征 [J]. *实用放射学杂志*, 2020, 36 (9): 1355-1358.
- [9] Patel SI, Obeid H, Matti L, et al. Cerebral venous thrombosis: current and newer anticoagulant treatment options [J]. *Neurologist*, 2015, 20 (5): 80-88.
- [10] Leach JL, Fortuna RB, Jones BV, et al. Imaging of cerebral venous thrombosis: current techniques, spectrum of findings, and diagnostic pitfalls [J]. *Radiographics*, 2006, 26 Suppl 1: S19-41; discussion S42-43.
- [11] 杜彦瑶, 许若梅, 王效春, 等. 脑静脉窦血栓形成的影像学诊断及预后评估 [J]. *中华放射学杂志*, 2020, 54 (4): 380-384.
- [12] 王利娜, 陆璐, 钱银锋. CE-MRV与3D-T1增强对颅内静脉窦血栓的诊断价值对比 [J]. *中国CT和MRI杂志*, 2022, 20 (11): 4-5.
- [13] 杨正汉, 冯逢, 王霄英. 磁共振成像技术指南一检查规范、临床策略及新技术应用 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2007: 227-237.
- [14] Renard D, Le Bars E, Arquiza C, et al. Time-of-flight MR angiography in cerebral venous sinus thrombosis [J]. *Acta Neurol Belg*, 2017, 117 (4): 837-840.
- [15] 沈倩, 兰永树. 颅内静脉窦血栓形成的影像学研究进展 [J]. *国际放射医学核医学杂志*, 2017, 41 (4): 294-297, 302.

(收稿日期: 2023-03-21)

(校对编辑: 谢诗婷)