

## ·综述·

## 硬脑膜动静脉瘘的影像特征及治疗进展

张广征 张宇浩 丁晶 汪昕

复旦大学附属中山医院神经内科, 上海 200032

通信作者: 丁晶, Email: ding.jing@zs-hospital.sh.cn

**【摘要】** 硬脑膜动静脉瘘(DAVF)是指脑膜动脉和硬脑膜静脉之间的病理性分流,发病率为10%~15%,临床表现不典型者常易误诊。数字减影血管造影是诊断和随访DAVF的首选成像方法,无创影像诊断新技术的不断发展有助于DAVF的早期筛查及诊断。低级别DAVF患者更适合保守治疗,而对于高级别DAVF患者,经动脉或静脉途径血管内介入栓塞是首选治疗方法,但需要根据不同部位选择合适的途径及栓塞材料。手术治疗或立体定向放射手术可作为优化血管内治疗的辅助手段。新的无创辅助检查技术,以及新的介入栓塞材料和立体定向放射手术的发展仍需要进一步临床研究确定其有效性和安全性。

**【关键词】** 脑膜动脉; 硬脑膜动静脉瘘; 影像; 手术治疗; 血管内治疗; 立体定向放射手术

**基金项目:** 上海市科委医学创新研究专项(20Z11900800)

硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistula, DAVF)是指发生在脑膜动脉与硬脑膜静脉窦和(或)蛛网膜下腔静脉之间的异常动静脉交通,好发于横窦-乙状窦区、海绵窦区、小脑幕区和上矢状窦等区域。硬脑膜的分流常由颈外动脉的分支、颈内动脉的天幕支、椎动脉及部分脑动脉的软脑膜支供应。DAVF占有所有脑血管畸形的10%~15%<sup>[1]</sup>。

DAVF的发病原因尚不完全清楚,目前认为此病可能与创伤、肿瘤、炎性反应、雌激素水平变化、血液高凝状态、静脉窦炎或血栓、血管肌纤维发育不良、颅脑损伤等多种因素有关<sup>[2]</sup>。患者临床表现大多为持续性颅内杂音、头痛、颅内出血,少数可出现癫痫发作、轻偏瘫、失语等<sup>[3-4]</sup>(表1)。海绵窦硬脑膜动静脉畸形患者可出现额眶或球后疼痛、突眼、视力下降、复视、眼球运动神经障碍等症状<sup>[5]</sup>。

DAVF传统的分型包括Borden分型和Cognard分型。Borden分型根据不同静脉引流情况将DAVF分为三种类型:Ⅰ型,流入硬脑膜静脉窦或脑膜静脉;Ⅱ型,流入硬脑膜静脉窦+皮质静脉回流;Ⅲ型,仅限皮质静脉回流<sup>[6]</sup>。Cognard分型则将DAVF分为:Ⅰ型,顺行引流至硬脑膜静脉窦;Ⅱa型,逆行引流至硬脑膜静脉窦;Ⅱb型,顺行引流至硬脑膜静脉窦+皮质静脉回流;Ⅱa+b型,逆行引流至硬脑膜静脉窦+皮质静脉回流;Ⅲ型,皮质静脉回流不伴静脉扩张

型;Ⅳ型,皮质静脉回流伴静脉扩张型;Ⅴ型,脊髓髓周静脉引流<sup>[7]</sup>。D'Aliberti等<sup>[8]</sup>根据DAVF瘘口位置提出了有助于手术方式选择的简化二分类方法:窦性DAVF,即硬脑膜动脉直接分流到硬脑膜窦;非窦性DAVF,即瘘管引流至大脑静脉,不与静脉窦沟通(图1)。目前,经动脉或静脉途径的血管介入栓塞是一线治疗方法,可以降低治疗后新发血管畸形,保留部分静脉系统功能<sup>[9]</sup>。

本文综述新型影像学技术在DAVF诊断中的应用及不同治疗方案的研究进展,旨在促进临床认识DAVF、早期精确诊断及予以有效治疗。

### 一、DAVF影像学研究进展

数字减影血管造影(DSA)可以评估脑膜供血动脉、引流静脉并确定瘘口部位,是诊断DAVF、评估治疗方案和随访转归的“金标准”。但DSA作为有创检查,难以广泛用于疑似DAVF患者的初步筛查。CT、MRI、超声等无创诊断技术不断发展并在临床开展应用,可以辅助DAVF的早期诊断及进行治疗后随访。

#### (一)CT成像

CT平扫能显示DAVF的一些继发改变,如颅内出血、蛛网膜下腔出血、脑积水、血管源性水肿、静脉窦血栓等<sup>[10]</sup>,但无法显示DAVF自身结构性病变。

DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231006-00643

收稿日期 2023-10-06 本文编辑 朱瑶

引用本文:张广征,张宇浩,丁晶,等.硬脑膜动静脉瘘的影像特征及治疗进展[J].中华医学杂志,2023,103(43):3507-3512. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20231006-00643.



中华医学杂志社  
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



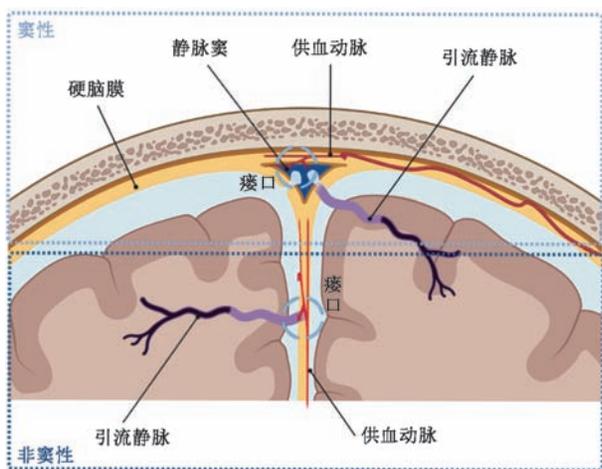


图1 硬脑膜动静脉瘘结构示意图

CT血管造影(CTA)可显示异常增粗的动脉及提前显影的引流静脉,但不能显示瘘口及确定血流方向,对DAVF诊断的灵敏度和特异度有限。Negro等<sup>[11]</sup>对26例以颅内出血为主要表现的DAVF患者进行回顾性研究,比较了CTA与DSA在识别DAVF方面的准确性,结果表明仅61%(16/26)的DAVF可被CTA识别,并且所有DAVF均有皮质静脉引流,约1/3伴有静脉曲张。Abecassis等<sup>[12]</sup>报道了1例硬膜下血肿的患者,CTA显示在血肿处前颞叶有异常血管。经诊断性脑血管造影未发现早期静脉引流。在进行硬膜下血肿清除时,术者发现从皮质浅静脉到脑膜中动脉的异常连接,最终本例患者证实为DAVF。对于脑血管造影阴性,当CTA检查发现动静脉异常连接病灶时仍需警惕存在DAVF破裂后出血的可能。

时间分辨CT血管造影(4D-CTA)是诊断和随访DAVF的一种新辅助检查手段,通过动脉到静脉连续采集的全脑动态血管造影,可以对颅内血管的血流进行动态观察。4D-CTA可以显示DAVF的供血动脉、引流静脉和瘘口部位,同时可以显示瘘口与周围结构的解剖学关系。Beijer等<sup>[13]</sup>采用4D-CTA和DSA同时评估了3例临床怀疑DAVF患者的血管结构,重点是其静脉引流模式。结果表明4D-CTA可以识别出DAVF,显示其血管结构,正确区分DSA证实的不同静脉引流模式(Borden I型、II型和III型)。虽然DSA具有更高的空间和时间分辨率的优势,但4D-CTA可作为一种新的非侵入性工具用于诊断疑似DAVF的患者。In't Veld等<sup>[14]</sup>对76例DAVF或脑动静脉畸形(BAVM)患者进行DSA和4D-CTA检查,结果发现4D-CTA检测动静脉分流的灵敏度达到93%,特异度达98%,表明4D-CTA可用于

诊断DAVF患者。

## (二)MRI成像

1.传统MRI:传统的MRI成像序列可以检测到DAVF特定的解剖学改变,包括扩张的供血动脉、引流静脉、静脉窦及相关的静脉系统。 $T_2$ 加权成像( $T_2WI$ )可以显示有静脉高压、局灶性血管源性水肿、细胞毒性水肿、颅内出血、静脉阻塞的病变。对于存在静脉瘀滞或静脉回流的高级别DAVF,正常的脑组织静脉循环受到限制导致血管性水肿,影像上表现为 $T_2/FLAIR$ 高信号,DAVF静脉引流区的 $T_2/FLAIR$ 高信号与皮质静脉反流、皮质静脉障碍存在密切相关。DAVF经过有效的治疗后, $T_2/FLAIR$ 高信号通常会逐渐消失。

2.磁敏感加权成像(SWI)序列:DAVF患者皮质静脉高压和反流可能导致脆弱的皮质静脉动脉化,从而导致颅内出血,具有很高的致残率和病死率。SWI可以检测到出血和钙化,因为脑部的磁感应强度有轻微变化<sup>[15]</sup>。SWI可以显示DAVF迂回和扩张的静脉,用来确定引流静脉是由动脉血从瘘管引出,还是来自瘀血静脉,可以用于确定瘘管的位置。

3.对比增强(CE)时间分辨(TR)磁共振血管造影(CE TR-MRA成像):CE TR-MRA是一种新的成像方式,可以提供脑血管的多相增强显像。CE TR-MRA提供病变血管的无创血流动力学评估,可以判断早期与延迟血管充盈和静脉引流<sup>[16]</sup>。Meckel等<sup>[17]</sup>使用CE TR-MRA评估了14例DAVF患者,发现CE TR-MRA和DSA之间在瘘管识别方面有100%的准确率,但对瘘管的分级准确率只有77%~85%。在某些情况下,DSA的血流动力学效应可导致静脉窦假性闭塞,而CE TR-MRA在评估静脉引流和静脉窦受累方面不受影响,其显示瘘管引流模式与颅内其他部位的关系较DSA更好<sup>[18]</sup>。CE TR-MRA作为疑似DAVF患者的筛查方法已成为研究热点,并可用于术后患者的随访。

4.3D- $T_1$ 加权磁化强度预备梯度回波序列(MPRAGE)成像:Tomasi等<sup>[19]</sup>使用MPRAGE显示大脑内部精细解剖结构,以及FLASH-2D-TOF血管成像序列观察皮质静脉血管进行三维重建。皮质解剖结构和浅静脉的三维重建有助于观察术前解剖结构,有助于尽可能减少手术并发症。

## (三)血管超声

神经血管超声检查是一种快速、非介入性的实时成像检查。当怀疑横窦或筛窦DAVF时,神经血管超声可显示出舒张末期速度高,阻力指数降低的“假内化”血流动力学模式,可作为筛查或随访DAVF的工具<sup>[20]</sup>。对比增强超声(CEUS)是一种相对较新的成像方式,可以通过血管内造影剂检查动脉、静脉和毛细血管的血流,看到DAVF血流的方向

表1 DAVF临床表现

位置	累及静脉窦	临床表现
颅前窝底DAVF	上矢状窦、蝶窦、海绵窦	头痛、搏动性突眼、球结膜充血水肿、眶周杂音、进行性视力下降
颅中窝DAVF	上矢状窦	头痛、颅内出血、肢体功能障碍、认知功能障碍
颅后窝DAVF	横窦、乙状窦	杂音、耳鸣、感觉障碍、认知功能障碍、颅内出血、意识障碍

注:DAVF为硬脑膜动静脉瘘



向和血管结构。在外科手术前可以通过 CEUS 结果, 根据需要切开硬膜位置, 而不必在硬膜开放前直接暴露结构<sup>[21]</sup>。CEUS 可以实时观察到高流速和低流速的血管以及大口径和小口径的血管, 且不受角度的影响。在识别 DAVF 主要供血动脉和内部隐蔽血管方面, CEUS 具有其特殊优势。CEUS 不适用于有严重心脏疾病及造影剂过敏的患者, 且其结果具有一定的主观性, 需对使用者进行专门的培训<sup>[22]</sup>。

#### (四) DSA

DSA 是明确 DAVF 诊断和分型的“金标准”, 可以清楚地显示供血动脉的来源、瘘口的位置、受累的静脉窦有无栓塞及观察静脉回流的方向(图 2)。选择性 DAVF 血管造影应完善 6 根血管检查: 双侧颈内动脉、颈外动脉和椎动脉, 如病变位于枕大区者, 则加做上颈段血管造影, 如双侧甲状颈干造影。DAVF 区别于 BAVM 的特征有如下几点: (1) 供血动脉来自颈内动脉、颈外动脉、椎动脉的脑膜支或硬脑膜动脉; (2) 无畸形血管团; (3) 瘘口位于硬脑膜上而不是颅内。Lang 等<sup>[23]</sup>使用基于人工智能的三维血管造影成像后处理技术, 重建脑动脉瘤(10 例)、BAVM(10 例)和 DAVF(10 例)的数据影像, 发现对血管结构的评估与 3D-DSA 相当, 并大大减少患者的辐射剂量。四维数字减影血管造影(4D-DSA)作为一项新技术, 已经引起了人们的关注。Ishikawa 等<sup>[24]</sup>对 10 例接受了 3D-DSA 和 4D-DSA 的 DAVF 患者进行比较, 发现通过 3D-DSA 获得的 MPR 图像对供血动脉和瘘口的可见度明显优于通过 4D-DSA 获得的图像( $P < 0.05$ ), 但诊断准确率差异无统计学意义。

#### 二、DAVF 的治疗方案

DAVF 的治疗方法可大致分为保守治疗、手术治疗、血管内治疗和放射性手术治疗。

##### (一) 保守治疗

保守治疗适用于血管造影中没有皮质静脉引流或者无症状的低级别 DAVF 患者。由于 DAVF 可能会自行消退, 因此保守治疗方法包括临床随访以及对症治疗。根据公认的分级标准, Borden I 型和 Cognard I/II a 型的 DAVF 属于低级别。这些病变的自然历史被认为是良性的, 每年发生颅内出血(ICH)的风险为 0~1.5%。Nishi 等<sup>[25]</sup>对 28 例 Borden I 型的 DAVF 患者进行为期 3 年的前瞻性随访观察, 所有患者均未进展为高级别 DAVF(Borden II/III 型)或出现颅内出血, 17.9% 的患者症状及影像学表现自行改善。

对 Borden I 型 DAVF 的处理仍有争议。目前尚不清楚是观察还是干预更有利于促进这些病变患者获得更好的临床结果。一项荟萃分析共纳入 469 例

Borden I 型颅内硬脑膜瘘患者, 评估了干预治疗与保守治疗的结果, 其中 279 例患者接受了干预, 190 例患者接受了保守观察<sup>[26]</sup>。干预组和保守组的 DAVF 等级进展、症状恶化、功能独立性(改良 Rankin 量表评分 0~2 分)没有明显差异。然而, 与观察组(0/190, 0)相比, 干预组(11/279, 3.9%)发生与 DAVF 相关的死亡、永久性并发症或与 DAVF 相关的脑出血的风险明显更高( $RD = 0.04$ ,  $95\%CI: 0.10 \sim 0.06$ ,  $P = 0.007$ ), 结果提示对 Borden I 型 DAVF 进行干预会导致较高的死亡或永久性并发症的风险。

##### (二) 手术治疗

随着血管内治疗的发展, 手术已不再是治疗 DAVF 的首选。然而, 一些 DAVF, 特别是位于前颅窝的 DAVF, 可以通过手术切断静脉引流。对于经血管无法到达的解剖位置的瘘管, 如位于海绵窦的瘘管进行开放手术, 可作为优化血管内治疗的辅助手段。此外, 如果出现颅内出血或癫痫发作等严重情况, 手术可辅以血管内治疗, 处理遗留的瘘管, 术后效果良好。D'Aliberti 等<sup>[8]</sup>纳入 477 例颅内 DAVF 患者, 使用手术方法治疗的 101 例 DAVF 中 15 例为窦性, 86 例为非窦性。窦性瘘管需要切除和剪断静脉窦道, 并随后栓塞引流静脉。非窦性瘘管则需要对引流静脉进行剪断或血管内栓塞。采用手术治疗后几乎 100% 的瘘管完全闭塞。因而将 DAVF 分为窦性和非窦性具有重要的手术指导意义。一项关于筛窦 DAVF 的荟萃分析比较了手术治疗和血管内

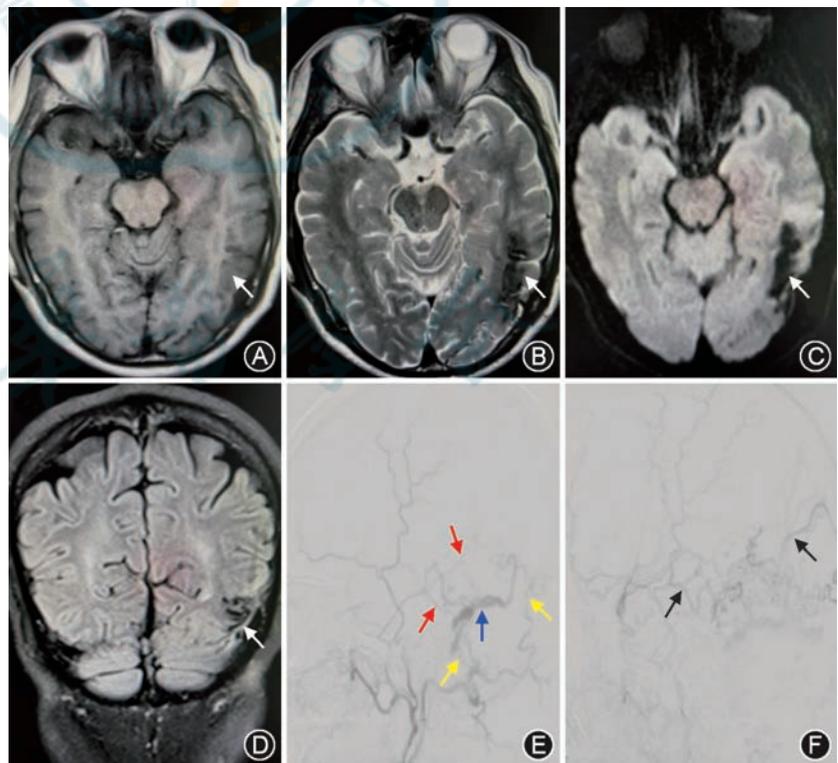


图2 硬脑膜动静脉瘘典型病例的影像学图像 81岁男性, 癫痫样发作 A~D: 头颅MRI示T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI、DWI、T<sub>2</sub>/FLAIR左侧颞枕部低信号灶(箭头); E: 左侧颈外动脉DSA(动脉期): 左侧横窦硬脑膜动静脉瘘, 左侧脑膜中动脉分支(红色箭头)、左侧枕动脉分支(黄色箭头)供血, 横窦(蓝色箭头)引流; F: 左侧颈外动脉DSA(动脉晚期): 左侧横窦硬脑膜动静脉瘘, 伴皮质静脉反流(黑色箭头)

治疗的有效性和安全性,结果显示外科手术术后完全闭塞率(手术组 100%,血管内治疗 47%)和 30 d 良好预后(手术组 98%,血管内治疗组 7%)优于血管内治疗<sup>[27]</sup>。

### (三)血管内治疗

随着介入栓塞材料的发展,血管内介入治疗已成为 DAVF 的首选治疗方法,可以选择经动脉栓塞或静脉栓塞的途径(图 3)。Chen 等<sup>[28]</sup>回顾了 415 例未破裂的高级别(Borden II 型或 III 型)DAVF 患者,并根据最初的处理方法将其分为 4 组[保守治疗、栓塞、手术和立体定向放射手术(SRS)],结果表明介入栓塞治疗后完全闭塞率更高,同时减少了 DAVF 出血及死亡的风险。这些发现支持将介入栓塞作为未破裂的 Borden II 型和 III 型 DAVF 的一线治疗选择。

对于颈外动脉、颈内动脉或椎动脉的脑膜支供血的 DAVF 患者,一般选择经动脉栓塞治疗。常用的栓塞材料包括弹簧圈、支架、微粒及液体栓塞材料。液体栓塞材料包括:无水乙醇、2-氰基丙烯酸正丁酯、Onyx、PHIL、Squid 等。Onyx 目前是首选的液体栓塞材料。一项多中心研究分析了 DAVF 结局研究联盟(CONDOR)数据库中仅使用 Onyx 栓塞的 146 例 DAVF 患者,结果显示 55% 患者在初始栓塞后实现完全闭塞,仅 4.1% 发生严重并发症<sup>[29]</sup>。

对于横窦-乙状窦、海绵窦区的 DAVF,由于经动脉栓塞并发症较多,一般首选经静脉栓塞治疗。有学者通过静脉入路治疗 11 例涉及横窦-乙状窦区的 DAVF 和 13 例涉及海绵窦区的 DAVF,使用弹簧圈或液体栓塞材料均可达到闭塞瘘管的目的,使经静脉栓塞成为一种新的治疗途径<sup>[30-31]</sup>。

主要并发症为继发性的静脉阻塞,也可出现前庭导水管短暂闭塞引起头晕,以及导致动眼神经、外展神经麻痹<sup>[32]</sup>。一项关于海绵窦 DAVF(CS-DAVF)的荟萃分析共纳入 22 项研究 1 043 例 CS-DAVF 患者,753 例(63.2%)首选经静脉栓塞,712 例(57.8%)使用了弹簧圈,85% 的患者症状完全缓解,而 7.75% 的患者出现并发症<sup>[33]</sup>。经静脉栓塞可以作为 CS-DAVF 的首选治疗方法,且使用弹簧圈较液体栓塞材料更加安全。

### (四)SRS

SRS 与手术和血管内治疗相比,治疗所需时间较长,通常作为血管内栓塞或手术的初步治疗后的辅助手段,用来处理初始干预后的残余病灶。Sardana 等<sup>[34]</sup>纳入 35 例 DAVF 合并皮质静脉引流(CVD)的患者,分别接受血管内栓塞治疗 26 例和伽马刀放射手术(GKS)9 例,结果显示 77.8% 接受 GKS 治疗的患者和 57.7% 接受栓塞治疗的患者临床症状得到改善( $P=0.431$ ),GKS 组 55.6% 的患者和栓塞组 57.7% 的患者 DAVF 病灶完全消除( $P=1.000$ ),GKS 治疗 DAVF 与血管内治疗一样有效,且 GKS 组并发症发生率低,表明 GKS 可以作为 DAVF 合并 CVD 患者的一线治疗方案。一项关于 SRS 治疗 DAVF 的荟萃分析实践指南建议下列患者可考虑 SRS 治疗:(1)计划接受栓塞的复杂 DAVF 患者;单纯栓塞治疗无法达到完全闭塞高风险的 DAVF 患者;(2)既往接受过栓塞且未完全闭塞的,以及有难治性症状的 DAVF 患者;(3)不适合或拒绝栓塞或拒绝显微手术的高危非海绵窦型 DAVF 患者(即 Borden II 型或 III 型或既往有出血的患者)或症状性 CS-DAVF 患者<sup>[35]</sup>。

### 三、预后

DAVF 结果研究联合会(the Consortium for Dural Arteriovenous Fistula Outcomes Research, CONDOR)的随访结果数据显示,457 例 DAVF 患者在初次接受血管内栓塞治疗后的年复发率为 4.5%,长期预测复发率在 3 年内接近 11%,10 年内接近 26%<sup>[36]</sup>。经血管内治疗的 III 级 DAVF 患者的复发率明显高于手术治疗(13.3% 比 0, $P=0.000 1$ )。导致复发的危险因素包括:位于小脑幕、皮质静脉引流和脑深静脉引流。

综上,随着影像技术的发展,尤其是 CT 成像、MRI 成像及血管超声等无创检测新技术的应用,可使 DAVF 患者得到更早期准确的诊断。针对 DAVF 的影像评估,重点在于明确供血动脉的来源、瘘口位置、是否累及静脉窦及引流静脉,并进行分型。传统的分型可以区分低级别 DAVF 和高级别 DAVF,低级别 DAVF 患者更适合保守治疗,而对于高级别 DAVF 患者,血管内介入栓塞是首选治疗方法,

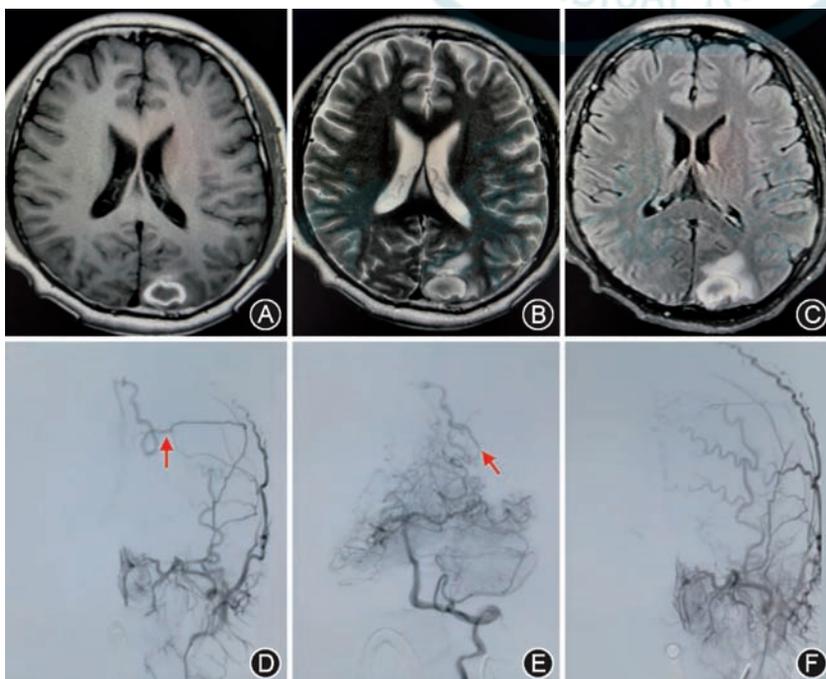


图3 硬脑膜动静脉瘘血管内治疗典型病例的影像学图像 34岁男性,头痛伴右侧视野缺损 A-C:头颅MRI示T<sub>1</sub>WI、T<sub>2</sub>WI及T<sub>2</sub>/FLAIR外高内低信号,左侧枕叶脑出血,边缘见片状水肿带;D、E: DSA造影,可见左侧脑膜中动脉及大脑后动脉脑膜分支向左侧后枕部有供血并见局部回流至近窦汇处皮质静脉增粗(箭头);F:血管内栓塞术后

需要根据不同部位选择合适的途径及栓塞材料。手术治疗或 SRS 可作为优化血管内治疗的辅助手段。而新的二分类更有助于手术方式的选择,以达到完全闭塞,降低复发率。随着新的无创辅助检查技术及人工智能影像分析方案用于 DAVF 的诊断及随访,新的介入栓塞材料在 DAVF 治疗中应用,未来需要多中心大型临床研究确定新技术在临床的有效性和安全性。

**利益冲突** 所有作者声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Gandhi D, Chen J, Pearl M, et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: classification, imaging findings, and treatment[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2012, 33(6): 1007-1013. DOI: 10.3174/ajnr.A2798.
- [2] Alexander MD, Darflinger R, Cooke DL, et al. Cerebral arteriovenous fistulae[J]. *Handb Clin Neurol*, 2021, 176: 179-198. DOI: 10.1016/B978-0-444-64034-5.00004-3.
- [3] Miyamoto N, Naito I, Takatama S, et al. Clinical and angiographic characteristics of cavernous sinus dural arteriovenous fistulas manifesting as venous infarction and/or intracranial hemorrhage[J]. *Neuroradiology*, 2009, 51(1):53-60. DOI: 10.1007/s00234-008-0468-5.
- [4] Pop R, Manisor M, Aloraini Z, et al. Foramen magnum dural arteriovenous fistula presenting with epilepsy[J]. *Interv Neuroradiol*, 2015, 21(6): 724-727. DOI: 10.1177/1591019915609783.
- [5] Pan L, Wen JP, Ma LT. Differences between CS-DAVF and TCCF--to reveal and redefine CS-DAVF[J]. *Chin Neurosurg J*, 2018, 4:26. DOI: 10.1186/s41016-018-0121-z.
- [6] Alkhaibary A, Alnefaie N, Alharbi A, et al. Intracranial dural arteriovenous fistula: a comprehensive review of the history, management, and future prospective[J]. *Acta Neurol Belg*, 2023, 123(2): 359-366. DOI: 10.1007/s13760-022-02133-6.
- [7] Rissardo J, Caprara FA. Dural arteriovenous fistula classifications: an overview[J]. *Libyan J Med Sci*, 2020, 4(1):41-42. DOI: 10.4103/LJMS.LJMS\_74\_19.
- [8] D'Aliberti G, Talamonti G, Boeris D, et al. Trends in cerebrovascular surgery and interventions[M]. Cham (CH): Springer, 2021:113-122.
- [9] Lee SK, Hetts SW, Halbach V, et al. Standard and guidelines: intracranial dural arteriovenous shunts[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9(5): 516-523. DOI: 10.1136/neurintsurg-2015-012116.
- [10] Alatakis S, Koulouris G, Stuckey S. CT-demonstrated transcalvarial channels diagnostic of dural arteriovenous fistula[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2005, 26(9):2393-2396.
- [11] Negro A, Somma F, Piscitelli V, et al. Intracranial hemorrhage from dural arteriovenous fistulas: what can we find with CT angiography? [J]. *Tomography*, 2021, 7(4): 804-814. DOI: 10.3390/tomography7040068.
- [12] Abecassis ZA, Barros G, Sekhar LN, et al. Angiographically silent ruptured dural arteriovenous fistula presenting as subdural hematoma[J]. *Cureus*, 2022, 14(11): e31204. DOI: 10.7759/cureus.31204.
- [13] Beijer TR, van Dijk EJ, de Vries J, et al. 4D-CT angiography differentiating arteriovenous fistula subtypes[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2013, 115(8): 1313-1316. DOI: 10.1016/j.clineuro.2012.12.015.
- [14] In 't Veld M, Fronczek R, Dos Santos MP, et al. High sensitivity and specificity of 4D-CTA in the detection of cranial arteriovenous shunts[J]. *Eur Radiol*, 2019, 29(11): 5961-5970. DOI: 10.1007/s00330-019-06234-4.
- [15] 马亮, 王培军. 磁敏感加权成像在体部的应用现状[J]. *中华医学杂志*, 2020, 100(43):3475-3478. DOI: 10.3760/cma.j.cn112137-20200408-01121.
- [16] Grossberg JA, Howard BM, Saindane AM. The use of contrast-enhanced, time-resolved magnetic resonance angiography in cerebrovascular pathology[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47(6): E3. DOI: 10.3171/2019.9.FOCUS19627.
- [17] Meckel S, Maier M, Ruiz DS, et al. MR angiography of dural arteriovenous fistulas: diagnosis and follow-up after treatment using a time-resolved 3D contrast-enhanced technique[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2007, 28(5): 877-884.
- [18] Hadizadeh DR, von Falkenhausen M, Gieseke J, et al. Cerebral arteriovenous malformation: Spetzler-Martin classification at subsecond-temporal-resolution four-dimensional MR angiography compared with that at DSA[J]. *Radiology*, 2008, 246(1):205-213. DOI: 10.1148/radiol.2453061684.
- [19] Tomasi SO, Umana GE, Scalia G, et al. Importance of veins for neurosurgery as landmarks against brain shifting phenomenon: an anatomical and 3D-MPRAGE MR reconstruction of superficial cortical veins[J]. *Front Neuroanat*, 2020, 14: 596167. DOI: 10.3389/fnana.2020.596167.
- [20] Psychogios K, Georgios M, Safouris A, et al. Bilateral dural arteriovenous fistula diagnosed with neurovascular ultrasonography[J]. *Eur J Neurol*, 2023, 30(3): 782-784. DOI: 10.1111/ene.15627.
- [21] Prada F, Del Bene M, Mauri G, et al. Dynamic assessment of venous anatomy and function in neurosurgery with real-time intraoperative multimodal ultrasound: technical note[J]. *Neurosurg Focus*, 2018, 45(1): E6. DOI: 10.3171/2018.4.FOCUS18101.
- [22] Kearns KN, Sokolowski JD, Chadwell K, et al. The role of contrast-enhanced ultrasound in neurosurgical disease[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47(6):E8. DOI: 10.3171/2019.9.FOCUS19624.
- [23] Lang S, Hoelter P, Schmidt M, et al. Artificial intelligence-based 3D angiography for visualization of complex cerebrovascular pathologies[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42(10):1762-1768. DOI: 10.3174/ajnr.A7252.
- [24] Ishikawa K, Nishihori M, Izumi T, et al. Four-dimensional digital subtraction angiography for the vascular anatomical diagnosis of dural arteriovenous malformation: comparison with the conventional method [J]. *Interv Neuroradiol*, 2022:15910199221145526. DOI: 10.1177/15910199221145526.
- [25] Nishi H, Ikeda H, Ishii A, et al. A multicenter prospective registry of Borden type I dural arteriovenous fistula: results of a 3-year follow-up study[J]. *Neuroradiology*, 2022, 64(4): 795-805. DOI: 10.1007/s00234-021-02752-5.
- [26] Schartz D, Rahmani R, Gunturi A, et al. Observation versus

- intervention for Borden type I intracranial dural arteriovenous fistula: a pooled analysis of 469 patients[J]. *Interv Neuroradiol*, 2022; 15910199221127070. DOI: 10.1177/15910199221127070.
- [27] Giannopoulos S, Texakalidis P, Mohammad Alkhataybeh RA, et al. Treatment of ethmoidal dural arteriovenous fistulas: a meta-analysis comparing endovascular versus surgical treatment[J]. *World Neurosurg*, 2019, 128: 593-599.e1. DOI: 10.1016/j.wneu.2019.04.227.
- [28] Chen CJ, Buell TJ, Ding D, et al. Intervention for unruptured high-grade intracranial dural arteriovenous fistulas: a multicenter study[J]. *J Neurosurg*, 2022, 136(4): 962-970. DOI: 10.3171/2021.1.JNS202799.
- [29] Li Y, Chen SH, Guniganti R, et al. Onyx embolization for dural arteriovenous fistulas: a multi-institutional study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14(1): neurintsurg-2020-017109 [pii]. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-017109.
- [30] Guest W, Krings T. Transvenous approaches to embolization of dural arteriovenous fistulae of the cavernous sinus[J]. *J Neuroendovasc Ther*, 2022, 16(2): 63-73. DOI: 10.5797/jnet.ra.2021-0001.
- [31] Halbach VV, Higashida RT, Hieshima GB, et al. Transvenous embolization of dural fistulas involving the transverse and sigmoid sinuses[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1989, 10(2):385-392.
- [32] Oishi H, Arai H, Sato K, et al. Complications associated with transvenous embolisation of cavernous dural arteriovenous fistula[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 1999, 141(12):1265-1271. DOI: 10.1007/s007010050429.
- [33] Alexandre AM, Sturiale CL, Bartolo A, et al. Endovascular treatment of cavernous sinus dural arteriovenous fistulas. institutional series, systematic review and meta-analysis [J]. *Clin Neuroradiol*, 2022, 32(3):761-771. DOI: 10.1007/s00062-021-01107-0.
- [34] Sardana H, Agrawal D, Pahwa B, et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas with cortical venous drainage: radiosurgery as an effective alternative treatment[J]. *World Neurosurg*, 2022, 158:e922-e928. DOI: 10.1016/j.wneu.2021.11.113.
- [35] Chang SJ, Haw CS, Redekop GJ. Commentary: stereotactic radiosurgery for dural arteriovenous fistulas: a systematic review and meta-analysis and international stereotactic radiosurgery society practice guidelines[J]. *Neurosurgery*, 2022, 91(1): e1-e2. DOI: 10.1227/neu.0000000000001972.
- [36] Abecassis IJ, Meyer RM, Levitt MR, et al. Recurrence after cure in cranial dural arteriovenous fistulas: a collaborative effort by the consortium for dural arteriovenous fistula outcomes research (CONDOR) [J]. *J Neurosurg*, 2022, 136(4):981-989. DOI: 10.3171/2021.1.JNS202033.

·读者·作者·编者·

## 《中华医学杂志》启用新版远程稿件管理系统

自 2019 年 1 月 7 日起,《中华医学杂志》已经启用新版远程稿件管理系统,旧版系统已经关闭投稿功能。新系统网址:<http://cmaes.medline.org.cn>。

1. 作者登录方式:新版远程稿件管理系统和中华医学网、中华医学期刊网及中华系列期刊官方网站共用同一套用户系统。如果您从未在上述网站注册过,那么您需要先行注册账号,以便在新版系统中顺利完成投稿、退修、上传作者校样、缴纳费用等操作,并享受后续增值服务。如果您曾经在上述网站注册过,您可直接用原有账号登录新版远程稿件管理系统,选择成为本刊作者,继续愉快的码字之旅。

2. 审稿专家登录方式:如果您还记得旧版系统的登录名和密码,那么可直接尝试登录,查看您的相关学术信息是否完整(请务必将您的学术领域补充完整,以便能准确送审)。不记得登录名时,用手机号或 Email 也可以登录。如果您是本刊的审稿专家,但系统上未显示,请您及时反馈给编辑部。如果您登录时提示密码不正确,您可以尝试通过验证手机号或 Email 重置您的密码,请牢记重置后的密码。如果您登录时提示用户名不正确,说明您的原始信息中没

有登记正确有效的手机号或 Email 信息,请您将遇到的问题,以及您的姓名、单位、用户名、手机号、Email 等信息反馈给编辑部。

3. 《中华医学杂志》投稿方式:本刊作者可通过本刊官网 <http://www.nmjc.net.cn> 中的“在线投稿”,或者新系统网站 <http://cmaes.medline.org.cn> 进行在线投稿。

4. 注意事项:新系统运行期间,无论是作者还是专家,可能都会感到一些不便,编辑部诚恳地希望得到各位作者与专家的理解和支持,以便帮助我们尽快地完成新旧系统的过渡。另外,希望各位用户(包括专家和作者)尽可能亲自注册并使用您的账号。后续的很多采编流程,包括涉及费用的步骤均将在手机端实现,新版远程稿件管理系统与中华医学期刊网和配套的 APP 使用同一套用户系统,未来以“中华医学期刊 APP”为载体的论文认领、学术积分和社交功能也在策划中,新版系统的账号可能超越一个投稿审稿工具,而成为您的“学术护照”,我们期待那一天的早日到来。

5. 账号问题反馈邮箱:[newmedia@cma.org.cn](mailto:newmedia@cma.org.cn)。