

侧颅底硬脑膜动静脉瘘的特点及治疗

朝博¹, 苏优勒¹, 郭若宇¹, 付嘉越¹, 吕宪利²

1. 内蒙古医科大学附属医院 神经外科, 内蒙古 呼和浩特 010030

2. 清华大学医学院临床医学院/北京清华长庚医院 神经外科, 北京 102218

摘要:侧颅底硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistula, DAVF)作为一类罕见的颅内血管畸形,其独特的解剖位置与复杂的血流动力学特性,使得其临床表现多样且治疗难度较高。本研究通过回顾性分析近年来国内外关于侧颅底 DAVF 的文献报道及临床案例,系统总结该疾病在影像学表现、血流动力学变化、临床症状等方面的特点。在此基础上,探讨包括血管内介入治疗的适应症、操作技巧及疗效评估,旨在为临床决策提供科学依据,也为未来侧颅底 DAVF 的基础研究与临床治疗创新提供思路与方向。

关键词:侧颅底;硬脑膜动静脉瘘;栓塞术;颅内血管畸形;血流动力学

中图分类号:R651.12 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-3770(2025)06-0001-07

引用格式:朝博,苏优勒,郭若宇,等.侧颅底硬脑膜动静脉瘘的特点及治疗[J].山东大学耳鼻喉眼学报,2025,39(6):1-7.
CHAO Bo, SU Youle, GUO Ruoyu, et al. Features and treatment of lateral skull base dural arteriovenous fistulae[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2025, 39(6):1-7.

Features and treatment of lateral skull base dural arteriovenous fistulae

CHAO Bo¹, SU Youle¹, GUO Ruoyu¹, FU Jiayue¹, LYU Xianli²

1. Department of Neurosurgery, The Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010030, Inner Mongolia, China

2. Department of Neurosurgery, Beijing Tsinghua Changgung Hospital / School of Clinical Medicine Tsinghua Medicine University, Beijing 102218, China

Abstract: As a rare type of intracranial vascular malformation, lateral skull base dural arteriovenous fistula (DAVF) has a unique anatomical location and complex hemodynamic characteristics, which makes its clinical manifestations diverse and its treatment difficult. In this study, we retrospectively analyzed the literature reports and clinical cases of lateral skull base DAVF at home and abroad in recent years, and systematically summarized the characteristics of this disease in terms of imaging manifestations, hemodynamic changes, clinical symptoms, and other aspects. On this basis, the indications, operation techniques and efficacy assessment of endovascular intervention were discussed, aiming to provide a scientific basis for clinical decision-making. It also provides ideas and directions for future basic research and clinical treatment innovation of lateral skull base DAVF.

Key words: Lateral skull base; Dural arteriovenous fistulae; Embolization; Intracranial vascular malformation; Hemodynamics

硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistulae, DAVFs)是发生于硬脑膜及其相关结构内的异常动静脉直接沟通,属于颅内血管畸形的一种重要亚型。尽管 DAVFs 总体年出血风险约为 2%^[1],但其临床病程高度取决于病变的解剖位置及静脉引流模式。大量临床证据表明,硬脑膜动静脉畸形(dural arteriovenous malformation, DAVM)最好发于侧颅底区域,尤其集中于横窦-乙状窦区^[1-3]。该区域的特殊解剖结构包括复杂的硬脑膜动脉供血网络(如枕动

脉穿骨支、脑膜中动脉岩鳞支)与关键静脉窦(横窦、乙状窦)的紧密毗邻,构成了其独特的血流动力学基础,也预示着更高的治疗挑战。

近年来,随着血管内介入技术的飞速发展,位于非侧颅底区域(如小脑幕、海绵窦)的 DAVFs 治愈率已显著提升至 80%~100%^[4-5]。然而,侧颅底硬脑膜动静脉瘘(transverse/sigmoid sinus dural arteriovenous fistulae, TSDAVF)的治疗效果仍不尽如人意,治愈率相对较低^[6]。其核心难点在于:①TSDAVFs

常接受多来源、迂曲的穿骨动脉供血,超选择性导管到位极为困难;②瘘口往往紧邻或直接开口于主要静脉窦(如横窦、乙状窦),治疗中既要彻底闭塞瘘口,又必须最大限度保护正常静脉回流,如何平衡至关重要;③该区域病变更易引流入皮层静脉,从而显著增加颅内出血和神经功能缺损的风险(Borden II-III型/Cognard II b-IV型)。

因此,尽管 TSDAVFs 在临床上并非最为常见,却因其解剖复杂性、高侵袭性自然病史及传统治疗瓶颈,成为神经血管外科领域最具挑战性的病变之一。目前国内外面向 TSDAVFs 的系统性研究仍相对匮乏,特别是在综合评估其影像学特征、血流动力学改变以及优化介入治疗策略方面,尚缺乏高级别证据指导临床实践。

本研究的必要性与创新性在于通过系统回顾近年来国内外 TSDAVFs 的相关文献与典型病例,我们旨在深入总结该部位病变在影像表现、血流动力学、临床症状等方面的独有特征,重点探讨以 Onyx-18 栓塞为代表的现代血管内治疗技术的适应证、操作技巧与疗效评估,并尝试提出结合动脉、静脉、手术及放射外科的个体化综合治疗路径。本研究不仅期望为临床决策提供更具针对性的科学依据,也为推动 TSDAVFs 的基础研究与治疗创新指明潜在方向。

1 TSDAVFs 的临床表现

TSDAVFs 患者可表现为与脉搏的搏动同步的耳鸣、杂音、失眠、头痛、视力下降、癫痫和/或精神状态改变以及痴呆^[7]。TSDAVFs 最常见的症状是搏动性耳鸣(81%的病例)、头痛(15%)和颅内出血(10%)^[8-11],也可见三叉神经痛的症状^[12-13]在 DAVF 引起的三叉神经痛的病例报告中 50%的病例同时存在搏动性耳鸣的病史^[14]。DAVFs 还可导致危及生命的脑水肿、出血和静脉阻塞^[9]。

软脑膜静脉的逆行引流被认为是导致 DAVF 出血的高危因素,有可能导致严重的神经系统病症,需要尽快手术干预^[15]。

神经功能障碍被认为是由于静脉高压引起的静脉缺血或出血^[16-17]。瘘管引流入大脑表面静脉而非硬脑膜窦可能导致病程恶化,需要手术或血管内治疗。患者听到的或在乳突上听诊到的搏动性耳鸣可能是进行磁共振成像或血管造影的指征^[18],在 DAVF 伴有逆行皮层静脉引流或静脉窦

逆行引流伴静脉淤血的情况下,常规磁共振成像通常是阳性的,在脑表面通常有明显的流空信号,而在 T2 加权图像上可出现深部白质的高信号,这可能是继发于静脉高压和静脉淤血的(图 1)。当二者同时出现,高度提示 DAVF^[15,18]。

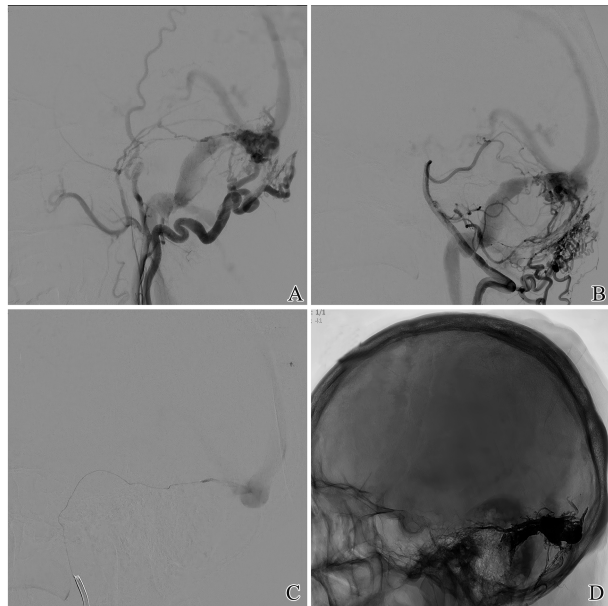


图 1 侧颅底 DAVFs 的 MRI 表现
A: T2 加权像显示流空影; B: 深部白质高信号; C: 术前血管造影显示皮层静脉逆流; D: 术后血管造影显示恢复正常

Figure 1 MRI findings of lateral skull base DAVFs
A: Flow void on T2-weighted image; B: High signal in deep white matter; C: Preoperative cortical venous reflux; D: Postoperative normalization

2 解剖

横窦从静脉窦汇合处延伸至岩上窦开口,超过此处后继续形成乙状窦,然后是颈静脉球。横窦一般都存在有颅内静脉分支,而乙状窦没有,因此这些位置发生逆行静脉引流的可能性不尽相同。硬脑膜窦内可能出现隔膜,导致形成独立的彼此平行的静脉通道^[19]。有时,其中一个通道可能是正常引流,而另一个通道专门用于引流 DAVFs,为治疗提供一个特定的靶点。

TSDAVFs 有两种类型的动脉供血^[20-22]:①穿骨动脉供血,主要是曲折且多发,来自枕动脉和/或颞浅动脉的穿骨支。除提供 DAVF 大部分血流的主要通路外,对这种穿骨动脉供血进行超选也很困难;②TSDAVFs 的第二种供血类型是脑膜支血供,最常见的是脑膜中动脉的岩鳞支。虽然脑膜动脉系统可能不是 DAVFs 的主要通路,但它为这些病变的静脉集合系统提供了一个天然通道。与穿骨动脉供血相反,脑膜动脉系统穿过颅底进入颅腔,因此解剖结构

更易于微导管超选(图 2)。

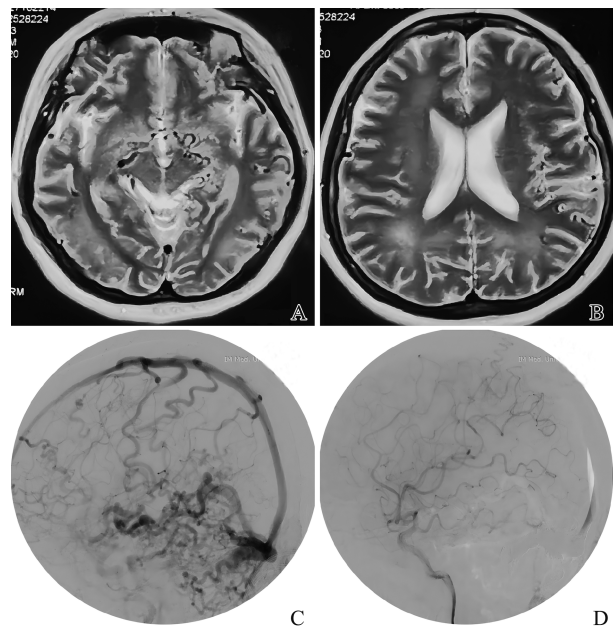


图 2 侧颅底 DAVF 的动脉供血及栓塞表现
A/B:迂曲的穿骨动脉; C:通过脑膜中动脉栓塞;
D:Onyx-18铸型

Figure 2 Arterial supply and embolization of lateral skull base DAVF

A/B: Tortuous transosseous arteries; C: Embolization via middle meningeal artery; D: Onyx-18 cast

3 发病机制

TSDAVFs 可能是先天性或获得性的。目前普遍认为先天性病变是在第一孕期由于介于原始血管网未来动脉段和静脉段之间的持续交通而发生的,其中的毛细血管网未能发育,静脉窦血栓形成和静脉压力增高被认为是获得性 TSDAVFs 发生的促成因素^[23-24]。在实验模型中,静脉窦血栓形成使静脉流出受阻,导致静脉压力升高从而使正常硬脑膜中既存的动静脉(arterio venous, AV)瘘开放。正常 AV 瘘存在于硬脑膜内,再一定的条件下这些正常存在的瘘管会演变成 DAVFs^[25]。一些研究认为在发育过程中通常应该退化的原始硬脑膜动静脉交通支的持续和扩大,是 DAVFs 发生的原因。然而,儿童期 DAVFs 很少见,一旦发生,往往非常复杂,且死亡率较高^[26]。DAVMs 自然病史中可能的三个阶段^[19]:①静脉窦血栓形成,静脉瘀滞和动静脉交通支开放;②动静脉分流,动脉向病变供血,继发静脉高压;③软脑膜逆行向静脉引流,随后发生静脉曲张和动脉瘤样扩张。如果外伤或静脉窦压力升高而使现有硬脑膜 AV 瘘的血流量增加,AV 瘘可能发展成为 DAVFs。因此,正常硬脑膜中 AV 瘘参与 DAVFs 的病因学不能排除^[27-28]。可以推测,静脉窦

狭窄性病变引起的静脉和动脉高压迫使硬脑膜中动脉和静脉之间形成异常连接,这可能导致静脉曲张不断扩大并形成 DAVFs^[29]。静脉窦压力增高促进疾病发展,从而可能形成恶性循环。

4 病理生理

组织病理学上,DAVFs 由硬脑膜动脉和扩张的硬脑膜静脉之间的多个异常直接通道组成,一般不是动静脉直接引流,而是静脉窦壁内硬脑膜动脉和硬脑膜静脉之间的连通^[16,29]。在伴有顺行血流阻塞和反流入静脉窦或皮质静脉的 DAVFs 中,压力的逆行传递导致颅内静脉高压,这种静脉高压和由此产生的淤血反过来损害实质静脉引流,从而导致缺血^[29]。动脉和静脉壁增厚,可能表明血流量长期较高。此外,DAVF 病例中硬脑膜动脉的内膜往往是分层的。

5 分类

虽然根据部位对 DAVFs 进行分类有助于制定相应治疗方法,但从临床角度,根据静脉引流方式对这些病变进行分类更为合适。Borden^[3]根据静脉引流提出了 DAVFs 的一种分类如下, I 型:静脉引流直接进入静脉窦或脑膜静脉; II 型:静脉引流进入静脉窦,伴有皮质静脉返流; III 型:静脉引流直接进入皮质静脉(无静脉窦参与)。

随后, Cognard 等^[2]修改了这个分类方法,并将临床表现与血管造影结果关联起来,提出 Cognard 分型,这是对硬脑膜动静脉瘘(DAVF)静脉引流模式的详细分类具体如下, I 型:静脉引流进入静脉窦,窦内血流方向为顺向(正常方向); II 型:静脉引流进入静脉窦,但窦内血流异常。 II a 型:静脉窦内存在逆向血流,但无皮质静脉返流; II b 型:静脉窦内为顺向血流,但伴有皮质静脉返流; II a+b 型:静脉窦内同时存在逆向血流,并伴有皮质静脉返流; III 型:静脉引流直接进入皮质静脉,不经过静脉窦; IV 型:静脉引流直接进入皮质静脉,并且皮质引流静脉出现扩张(直径>5 mm); V 型:静脉引流进入脊髓的髓周静脉。

他们都强调 DAVFs 的静脉引流特点及其与临床表现的关系,确定瘘管是否有软脑膜或皮质静脉引流很重要。这两种硬脑膜瘘的病程不同,所以要采用不同的治疗方法。

6 自然病程

在过去的一项研究中,多伦多的团队^[17]在对

118 例伴有软脑膜反流的 DAVFs 患者的回顾中证实非出血性神经功能缺损的年风险为 6.9%, 出血的年风险为 8.1%, 年死亡率为 10.4%。这些数据支持了当 DAVFs 伴有软脑膜及皮层静脉反流时需要积极地进行根治性治疗, 而在没有这种静脉引流的 DAVFs 中可以选择保守治疗。伴有皮层静脉引流的硬脑膜横窦动静脉瘘具有 10%~40% 的高出血风险, 并显著与发病率和死亡率相关^[30]。

7 治疗

存在颅内出血或神经功能缺损伴逆行软脑膜反流的患者应该积极进行治疗。有证据表明, 再次出血可能会在第一次出血后较早出现^[17,30-31], 建议在诊断后尽快进行治疗。血管内治疗在这些情况下可能需要分几个阶段进行, 但必须是有治疗效果的。DAVFs 的自发性消退相对少见(不超过 5% 的患者), 其通常发生在出血之后^[32]。在所提供的案例中, 治疗 TSDAVFs 的指征与相关的临床症状(如搏动性耳鸣)和/或血管造影结果如皮层静脉引流有关。

恰当选择治疗方案, 包括保守治疗、血管内治疗和手术, 取决于多种因素。因为静脉引流模式决定了 DAVFs 的病程发展, 所以临床的治疗决策需以此为基础。

7.1 经动脉途径血管内介入治疗

直接流入硬脑膜静脉窦并伴有正常血流的 DAVFs 的治疗适应症是有限制的。当患者耳鸣或头痛等症状不能很好耐受时, 可能需要选择性介入治疗以减轻症状, 但必须权衡手术和疾病本身的风险。治疗方式包括间歇性枕动脉压迫和经动脉栓塞, 对于没有颅内出血风险(I 型引流)的患者, 单独经动脉栓塞的并发症发生率较低。经动脉使用 Onyx-18 栓塞有助于减少动静脉瘘, 但不太可能达到临床治愈。只有当液体栓塞材料恰好闭塞瘘口时, 才能获得临床治愈。在 TSDAVFs 治疗中使用 Onyx 的风险是在静脉过度的弥散^[33-34]。在这些类型 DAVFs 中的风险是 Onyx 从窦向引流静脉弥散, 这可能导致远端静脉闭塞而后出现静脉梗塞或出血。

由于远端静脉阻塞, 流入横窦的静脉血可能向对侧横窦、上矢状窦、直窦以及大脑大静脉反流。高流量 DAVFs 影响脑静脉回流, 进而产生临床症状, 需要积极治疗。在这种情况下, 治疗应始终针对病变的动脉端, 以保留硬脑膜窦并降低静脉压力, 使大脑能够再次使用该窦进行引流。皮层静脉反流和窦受累(Borden II 型)的瘘的处理更为复杂。直接手术治疗常常涉及复杂的手术操作和大量失血^[35]。

TSDAVFs 的经动脉栓塞对于伴有窦反流的患者是安全有效的, 并发症发生率低。TSDAVFs 经动脉栓塞的目标是闭塞所有供血动脉, 近端阻断最终的皮层引流静脉, 同时保持受累横-乙状窦的通畅性。用 Onyx-18 注射可以实现这一点, 在大多数情况下, 可以实现瘘内的充分弥散, 将 II 型 DAVF 转化为 I 型。

目前的研究已经明确, 对于伴有直接逆行软膜静脉引流的 DAVFs 出现出血或神经功能损伤的可能性较高, 必须临床治愈^[36]。Onyx-18 作为一种液体栓塞剂用于 DAVF 栓塞, 其特点是具有不同的固化过程, 主要是共聚物沉淀而不同于 NBCA 的聚合。与 NBCA 相比, Onyx-18 允许更慢的注射速度和更长的注射时间, 可以更好地进行控制。此外, 由于其非粘附性和渗透特性, Onyx-18 更加安全和有效。根据我们的经验, 目前初步认为对于此类患者, 首先进行动脉栓塞, 如果不完全, 则可进一步行放射治疗。

在 20 世纪 90 年代初, 由于颅内放置弹簧圈的经验有限, 血管内治疗 TSDAVFs 的主要手术是经动脉栓塞。用颗粒(聚乙烯醇)或液体栓塞剂, 如氰基丙烯酸酯正丁酯胶, 对外颈动脉分支进行供血动脉栓塞操作比较简单, 可明显减少动静脉分流。然而, 由于存在一些无法置入导管的供血动脉, 以及存在侧支动脉的血供, 这种方法有时难以实现完全治愈。因此, 这种方法主要用于缓解症状或与其他手术如经静脉栓塞、手术或放射治疗联合应用。在 Guglielmi 可解脱弹簧圈发明之前, Halbach 等^[37] 报告了 17 例患者, 使用各种栓塞剂, 主要是 NBCA 进行经动脉栓塞, 其中 10 例(59%)患者被治愈。Liebig 等^[38] 单独采用经动脉栓塞治疗了 33 例患者。远期间塞率不超过 30%, 其中 46% 的患者临床治愈, 另外 36% 的患者症状得到缓解, 而颅内出血的患者临床无明显变化。作为 II 型 dAVFs 治疗的一种替代选择, da Costa 等^[39] 描述了 23 例患者, 仅进行皮层静脉反流的阻断术, 而保留静脉窦的反流, 以将其转换为 I 型瘘。在接近 5 年的随访期内, 他们没有看到进一步的出血事件或神经功能恶化, 仅在 2 例病例中有永久性的(并发症率 8%)手术并发症, 其中包括 1 例视野缺损, 这很可能是就诊时就已发生的出血所致。

7.2 经静脉途径血管内介入治疗

Terada 是早期提倡硬脑膜动静脉畸形静脉治疗的人, 并倡导其替代经动脉手术或开刀手术^[40]。随着经静脉手术经验的增加以及改良的微导管和弹簧

圈的出现,治疗策略发生了变化,人们越来越多地将经静脉途径作为主要治疗方法,而经动脉栓塞仅作为解决残余动脉供血的额外选择。在经静脉组中,术后血管造影显示 81% 的瘘完全闭塞,出院时 91% 的患者临床治愈。随访血管造影显示残余瘘管血栓形成,瘘管无复发。由于在准备其他的经静脉手术时观察到残余动脉供血血管迟发性血栓形成,因此在经静脉填塞后等待几周再复查脑血管造影是有价值的。很明显,经静脉弹簧圈致密填塞使瘘管完全闭塞,无需经动脉栓塞。

7.3 经动静脉联合途径血管内介入治疗

然而,大多数 TSDAVF 患者接受了经动脉和经静脉联合手术,在许多情况下,需要先经动脉栓塞一个或多个供血动脉,减流后再经静脉入路栓塞。然而,参与正常脑组织引流的静脉窦被栓塞可能导致灾难性并发症(静脉出血)^[6],我们遇到两例患者在静脉窦闭塞后死亡。自 2004 年后,我们倾向于从动脉途径开始,使用 Onyx-18 等永久性栓塞剂。Onyx-18 的特性和性质改变了颅内 DAVFs 治疗的模式,特别是当这种栓塞剂弥散到位于窦壁沿线的病变静脉丛时,只需一次治疗就可以完全治愈病变。特别是从单一导管注射闭塞不同供血动脉的能力,尤其适用于直接静脉通路有限的 DAVFs。理论上,经动脉栓塞减流对恢复静脉循环非常有效,可以缓解患者的症状,并降低颅内出血或缺血的潜在风险。

7.4 球囊辅助治疗

近年来,一些作者报告了使用球囊辅助治疗 DAVFs^[41-45]。术中将微导管和顺应性球囊同时置于横窦中,并放置在瘘的远端。球囊膨胀后,在球囊周围注射 Onyx 18,缓慢渗透至供血动脉,形成 Onyx 隧道,从而使 DAVF 完全闭塞。在这项技术中,保护正常的皮质静脉,如 Labbé 静脉,对于预防静脉梗死和脑出血等并发症至关重要。

8 结 论

目前,人们对 TSDAVFs 的临床表现和病程发展现已有了更好的了解,其很大程度上由病变的静脉流出特点决定。向软脑膜和/或皮层静脉的逆行静脉引流是颅内出血和神经功能缺损的高危因素。最开始表现为颅内出血或神经功能缺损的患者需要更积极的治疗以期达到治愈。相反,直接引流到正常的硬脑膜静脉窦的 TSDAVFs 的自然病程通常是良性的。

经静脉途径使用 Onyx-18 现在经常用作 TSDAVF 的首选治疗方案,有可能达到完全治愈。

Onyx 动脉栓塞可作为逆行静脉栓塞的替代方法。如有必要,可以联合动脉、静脉、外科手术以及放射外科治疗^[46]来预防颅内出血。当需要完全治愈,但血管内技术无法治愈或技术不足时,放射治疗可以作为补充治疗手段。

参考文献:

- [1] Koch MJ, Stapleton CJ, Guniganti R, et al. Outcome following hemorrhage from cranial dural arteriovenous fistulae: analysis of the multicenter international CONDOR registry[J]. *Stroke*, 2021, 52(10): 610-613. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.034707
- [2] Cognard C, Gobin YP, Pierot L, et al. Cerebral dural arteriovenous fistulas: clinical and angiographic correlation with a revised classification of venous drainage[J]. *Radiology*, 1995, 194(3): 671-80. doi: 10.1148/radiology.194.3.7862961
- [3] Borden JA, Wu JK, Shucart WA. A proposed classification for spinal and cranial dural arteriovenous fistulous malformations and implications for treatment[J]. *J Neurosurg*, 1995, 82(2): 166-179. doi: 10.3171/jns.1995.82.2.0166
- [4] Hiramatsu M, Sugiu K, Hishikawa T, et al. Results of 1940 embolizations for dural arteriovenous fistulas: Japanese Registry of Neuroendovascular Therapy (JR-NET3) [J]. *J Neurosurg*, 2019, 133(1): 166-173. doi: 10.3171/2019.4.JNS183458
- [5] Cannizzaro D, Peschillo S, Cenzato M, et al. Endovascular and surgical approaches of ethmoidal dural fistulas: a multicenter experience and a literature review[J]. *Neurosurg Rev*, 2018, 41(2): 391-398. doi: 10.1007/s10143-016-0764-1
- [6] Lv X, Jiang C, Li Y, et al. Intraarterial and intravenous treatment of transverse/sigmoid sinus dural arteriovenous fistulas[J]. *Interv Neuroradiol*, 2009, 15(3): 291-300. doi: 10.1177/159101990901500306
- [7] Bernstein R, Dowd CF, Gress DR. Rapidly reversible dementia[J]. *Lancet*, 2003, 361(9355): 392. doi: 10.1016/s0140-6736(03)12394-x
- [8] Roberts JA, Meyer JP. Buerger's disease presenting as a testicular mass: a rare presentation of an uncommon disease[J]. *Urol Ann*, 2016, 8(2): 249-251. doi: 10.4103/0974-7796.179238
- [9] De Keukeleire K, Vanlangenhove P, Kalala Okito JP, et al. Transarterial embolization with ONYX for treatment of intracranial non-cavernous dural arteriovenous fistula with or without cortical venous reflux [J]. *J Neurointerv Surg*, 2011, 3(3): 224-228. doi: 10.1136/jnis.2010.004119
- [10] Ogawa A, Furuya K, Ueno T, et al. Characteristics and

- treatment of dural and perimedullary arteriovenous fistula at the craniocervical junction presenting with subarachnoid hemorrhage[J]. *No Shinkei Geka*, 2012, 40(2): 121-128.
- [11] Agid R, Terbrugge K, Rodesch G, et al. Management strategies for anterior cranial Fossa (ethmoidal) dural arteriovenous fistulas with an emphasis on endovascular treatment[J]. *J Neurosurg*, 2009, 110(1): 79-84. doi: 10.3171/2008.6.17601
- [12] 徐菲菲, 吴昊. 三叉神经痛的病理机制及治疗进展[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2021, 35(4): 115-122. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2020.354
 XU Feifei, WU Hao. The pathomechanism and treatment progress of trigeminal neuralgia[J]. *Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2021, 35(4): 115-122. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2020.354
- [13] Brown EC, Texakalidis P, Stedelin B, et al. Dural arteriovenous fistula presenting as trigeminal neuralgia: 2 case reports and review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2020, 139: 298-308. doi: 10.1016/j.wneu.2020.02.083
- [14] Yamauchi K, Hori T, Morishima R, et al. Trigeminal neuralgia caused by dural arteriovenous fistula of the transverse-sigmoid sinus without vessel compression at root entry zone[J]. *J Neuroendovasc Ther*, 2022, 16(3): 170-174. doi: 10.5797/jnet.cr.2021-0071
- [15] Kanemaru K, Kinouchi H, Yoshioka H, et al. Cerebral hemodynamic disturbance in dural arteriovenous fistula with retrograde leptomeningeal venous drainage: a prospective study using (123) I-iodoamphetamine single photon emission computed tomography[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(1): 110-117. doi: 10.3171/2014.10.JNS141576
- [16] McConnell KA, Tjoumakaris SI, Allen J, et al. Neuroendovascular management of dural arteriovenous malformations[J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2009, 20(4): 431-439. doi: 10.1016/j.nec.2009.07.014
- [17] van Dijk JMC, TerBrugge KG, Willinsky RA, et al. Clinical course of cranial dural arteriovenous fistulas with long-term persistent cortical venous reflux[J]. *Stroke*, 2002, 33(5): 1233-1236. doi: 10.1161/01.str.0000014772.02908.44
- [18] 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
- [19] 苏新, 马永杰, 涂天琦, 等. 硬脑膜动静脉瘘病因及其发病机制的研究进展[J]. *中国脑血管病杂志*, 2022, 19(8): 572-575. doi: 10.3969/j.issn.1672-5921.2022.08.010
- SU Xin, MA Yongjie, TU Tianqi, et al. Etiology and pathogenesis of dural arteriovenous fistula: a review[J]. *Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases*, 2022, 19(8): 572-575. doi: 10.3969/j.issn.1672-5921.2022.08.010
- [20] Martins C, Yasuda A, Campero A, et al. Microsurgical anatomy of the dural arteries[J]. *Neurosurgery*, 2005, 56(2): 211-251. doi: 10.1227/01.neu.0000144823.94402.3d
- [21] 徐修鹏, 路华. 经眼动脉途径栓塞治疗颅前窝底硬脑膜动静脉瘘的临床疗效[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2023, 28(12): 678-680. doi: 10.13798/j.issn.1009-153X.2023.12.002
- XU Xiupeng, LU Hua. Clinical efficacy of embolization via transophthalmic arterial approach for patients with anterior skull base dural arteriovenous fistulas[J]. *Chinese Journal of Clinical Neurosurgery*, 2023, 28(12): 678-680. doi: 10.13798/j.issn.1009-153X.2023.12.002
- [22] 林静辉, 蔺志清, 周圣军, 等. 应用弥散张量纤维束成像图研究基底节区脑出血术后皮质脊髓束与肢体运动功能的相关性[J]. *中华危重症医学杂志(电子版)*, 2021, 14(1): 37-40. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2021.01.007
- LIN Jinghui, LIN Zhiqing, ZHOU Shengjun, et al. Application of diffusion tensor tractography on the correlation between corticospinal tract and limb motor function after basal ganglia intracerebral hemorrhage[J]. *Chinese Journal of Critical Care Medicine (Electronic Edition)*, 2021, 14(1): 37-40. doi: 10.3877/cma.j.issn.1674-6880.2021.01.007
- [23] Houser OW, Campbell JK, Campbell RJ, et al. Arteriovenous malformation affecting the transverse dural venous sinus: an acquired lesion[J]. *Mayo Clin Proc*, 1979, 54(10): 651-661.
- [24] Cohen C, Lenck S, Talbi A, et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: association with cerebral venous thrombosis, baseline aggressiveness, and clinical outcomes. A retrospective multicenter study on 263 consecutive patients and literature review[J]. *Neurosurg Focus*, 2024, 56(3): E9. doi: 10.3171/2024.1.FOCUS23748
- [25] Buell TJ, Raper DM, Ding DL, et al. Development of an intracranial dural arteriovenous fistula after venous sinus stenting for idiopathic intracranial hypertension[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10(7): e15. doi: 10.1136/neurintsurg-2017-013282.rep
- [26] Madsen PJ, Lang SS, Pisapia JM, et al. An institutional series and literature review of pial arteriovenous fistulas in the pediatric population: clinical article[J]. *J Neuro-*

- surg Pediatr, 2013, 12(4): 344-350. doi: 10.3171/2013.6.PEDS13110
- [27] Micieli JA, Derkatch S, Pereira VM, et al. Development of dural arteriovenous fistulas after cerebral venous sinus thrombosis[J]. *J Neuroophthalmol*, 2016, 36(1): 53-57. doi: 10.1097/WNO.0000000000000288
- [28] Matsubara S, Satoh K, Satomi J, et al. Acquired pial and dural arteriovenous fistulae following superior sagittal sinus thrombosis in patients with protein S deficiency: a report of two cases[J]. *Neurol Med Chir (Tokyo)*, 2014, 54(3): 245-252. doi: 10.2176/nmc.cr2012-0311
- [29] Arnautović KI, Al-Mefty O, Angtuaco E, et al. Dural arteriovenous malformations of the transverse/sigmoid sinus acquired from dominant sinus occlusion by a tumor: report of two cases[J]. *Neurosurgery*, 1998, 42(2): 383-388. doi: 10.1097/00006123-199802000-00112
- [30] Duffau H, Lopes M, Janosevic V, et al. Early rebleeding from intracranial dural arteriovenous fistulas: report of 20 cases and review of the literature[J]. *J Neurosurg*, 1999, 90(1): 78-84. doi: 10.3171/jns.1999.90.1.0078
- [31] Cohen C, Lenck S, Talbi A, et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: association with cerebral venous thrombosis, baseline aggressiveness, and clinical outcomes. A retrospective multicenter study on 263 consecutive patients and literature review[J]. *Neurosurg Focus*, 2024, 56(3): E9. doi: 10.3171/2024.1.FOCUS23748
- [32] Rossmann T, Veldeman M, Oulasvirta E, et al. Long-term treatment outcomes and natural course of low-grade intracranial dural arteriovenous fistulas[J]. *Neurosurg Focus*, 2024, 56(3): E2. doi: 10.3171/2024.1.FOCUS23767
- [33] Ye M, Zhang P. Transvenous balloon-assisted Onyx embolization of dural arteriovenous fistulas of hypoglossal canal[J]. *Neuroradiology*, 2018, 60(9): 971-978. doi: 10.1007/s00234-018-2059-4
- [34] Chen CC, Chen CT, Wu YM, et al. Grouting technique-combining transvenous Onyx and coils for the embolization of complex non-cavernous intracranial dural arteriovenous fistulas[J]. *Front Neurol*, 2024, 15: 1416945. doi: 10.3389/fneur.2024.1416945
- [35] Cuellar H, Maiti T, Patra DP, et al. Endovascular treatment of pulsatile tinnitus by sigmoid sinus aneurysm: technical note and review of the literature[J]. *World Neurosurg*, 2018, 113: 238-243. doi: 10.1016/j.wneu.2018.02.087 [PubMed]
- [36] Cannizzaro D, Peschillo S, Cenzato M, et al. Endovascular and surgical approaches of ethmoidal dural fistulas: a multicenter experience and a literature review[J]. *Neurosurg Rev*, 2018, 41(2): 391-398. doi: 10.1007/s10143-016-0764-1
- [37] 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
- [38] Liebig T, Henkes H, Brew S, et al. Reconstructive treatment of dural arteriovenous fistulas of the transverse and sigmoid sinus: transvenous angioplasty and stent deployment[J]. *Neuroradiology*, 2005, 47(7): 543-551. doi: 10.1007/s00234-005-1377-5
- [39] da Costa LB, Terbrugge K, Farb R, et al. Surgical disconnection of cortical venous reflux as a treatment for Borden type II dural arteriovenous fistulae[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2007, 149(11): 1103-1108; discussion 1108. doi: 10.1007/s00701-007-1316-9
- [40] Terada T, Kinoshita Y, Yokote H, et al. Clinical use of mechanical detachable coils for dural arteriovenous fistula[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 1996, 17(7): 1343-1348
- [41] Vollherbst DF, Ulfert C, Neuberger U, et al. Endovascular treatment of dural arteriovenous fistulas using transarterial liquid embolization in combination with transvenous balloon-assisted protection of the venous sinus[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39(7): 1296-1302. doi: 10.3174/ajnr.A5651
- [42] Zamponi JO Jr, Trivelato FP, Rezende MS, et al. Transarterial treatment of cranial dural arteriovenous fistulas: the role of transarterial and transvenous balloon-assisted embolization[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41(11): 2100-2106. doi: 10.3174/ajnr.A6777
- [43] Cai H, Chen LY, Zhang N, et al. Long-term follow-up of transarterial balloon-assisted Onyx embolization for endovascular treatment of dural arteriovenous fistulas: a single-institution case series and literature review[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 199: 106256. doi: 10.1016/j.clineuro.2020.106256
- [44] Piechowiak E, Zibold F, Dobrocky T, et al. Endovascular treatment of dural arteriovenous fistulas of the transverse and sigmoid sinuses using transarterial balloon-assisted embolization combined with transvenous balloon protection of the venous sinus[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2017, 38(10): 1984-1989. doi: 10.3174/ajnr.A5333
- [45] Ye M, Zhang P. Transvenous balloon-assisted Onyx embolization of dural arteriovenous fistulas of hypoglossal canal[J]. *Neuroradiology*, 2018, 60(9): 971-978. doi: 10.1007/s00234-018-2059-4
- [46] Chen CJ, Lee CC, Ding DL, et al. Stereotactic radiosurgery for intracranial dural arteriovenous fistulas: a systematic review[J]. *J Neurosurg*, 2015, 122(2): 353-362. doi: 10.3171/2014.10.JNS14871