

# 经岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘的显微手术治疗

邵灵敏 陈 刚 简志宏 刘仁忠

**【摘要】目的** 探讨经岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘的显微手术方法及疗效。**方法** 回顾性分析 2014 年 1 月至 2022 年 12 月采用显微手术治疗的 10 例经岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘的临床资料。**结果** 术前脑血管造影确诊左侧岩上静脉引流 3 例,右侧 7 例。10 例均采用枕下乙状窦后入路,术中经荧光造影确认后成功阻断瘘口及岩上静脉。术后因脑积水行脑室-腹腔分流术 2 例。术后半年,9 例复查脑血管造影显示瘘口完全闭塞;临床随访 6~36 个月,按 GOS 评分:恢复良好 8 例,中残 1 例,重残 1 例。**结论** 枕下乙状窦后入路能够充分暴露岩上静脉,术前影像模拟及术中荧光造影准确定位瘘口是提高手术疗效的关键。

**【关键词】** 硬脑膜动静脉瘘;岩上静脉;显微手术;枕下乙状窦后入路;疗效

**【文章编号】** 1009-153X(2024)11-0641-05 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 743; R 651.1\*2

## Microsurgical management of dural arteriovenous fistulas draining into the superior petrosal veins

SHAO Ling-min, CHEN Gang, JIAN Zhi-hong, LIU Ren-zhong. Department of Neurosurgery, Renmin Hospital of Wuhan University, Wuhan 430060, China

**【Abstract】Objective** To investigate the microsurgical methods and clinical outcomes of patients with dural arteriovenous fistulas (DAVFs) draining into the superior petrosal veins (SPVs). **Methods** A retrospective analysis was carried out on the clinical data of 10 patients with DAVFs draining into the SPVs who underwent microsurgery from January 2014 to December 2022. **Results** Preoperative cerebral angiography confirmed that 3 cases were drained through the left superior petrosal vein and 7 through the right. All patients adopted the suboccipital retrosigmoid approach. The fistula and the superior petrosal vein were successfully blocked after confirmation through intraoperative fluorescence angiography. Two cases underwent ventriculoperitoneal shunt due to hydrocephalus after the operation. Six months after the operation, cerebral angiography reexamination showed that the fistulas were completely occluded in 9 cases. The clinical follow-up ranged from 6 to 36 months. According to the GOS score: 8 cases had good recovery, 1 case had moderate disability, and 1 case had severe disability. **Conclusion** The suboccipital retrosigmoid approach can fully expose the superior petrosal vein. Combining preoperative image simulation and intraoperative fluorescence angiography for accurate localization of the fistula is the key to improving the surgical outcome for patients with DAVFs draining into the SPVs.

**【Key words】** Dural arteriovenous fistula; Superior petrosal vein; Microsurgical management; Suboccipital retrosigmoid approach; Clinical efficacy

经岩上静脉(superior petrosal vein, SPV)引流的硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistula, DAVF)临床较少见,约占小脑幕动静脉瘘的 26%<sup>[1]</sup>。皮层静脉逆流是 DAVF 发生颅内出血的独立危险因素。此外,因为静脉逆流引起的静脉高压性脑干、脊髓水肿也是导致神经系统症状的原因之一。闭塞瘘口、阻断 SPV 的逆行引流是治疗这种类型 DAVF 的关键。尽管血管内治疗是其首选方法<sup>[2]</sup>,但部分病例难以到达瘘口或者存在危险吻合等,完全的血管内闭塞瘘口仍然具有挑战性<sup>[3,4]</sup>。2014 年 1 月至 2022 年 12 月显微手术治疗 10 例经 SPV 引流的 DAVF,取得了较

好疗效,现报道如下。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 10 例中,男性 7 例,女性 3 例;年龄 26~67 岁,平均(48.2±15.3)岁;病程 1 d~4 年。突发意识障碍 2 例,其中 1 例在外院诊断为脑干出血、梗阻性脑积水,行脑室外引流术后转入我院;另 1 例在外院诊断为小脑出血,行血肿引流术后因再次出血转入我院。蛛网膜下腔出血 4 例, Hunt-Hess 分级 I 级 2 例, II 级 2 例;慢性头痛 2 例;右侧三叉神经痛 1 例;右下肢无力 1 例。

1.2 影像学检查 术前 DSA 确诊为经 SPV 引流的 DAVF。7 例瘘口位于右侧,3 例位于左侧。多支动脉供血,主要来源于脑膜中动脉及脑膜垂体干发出的小脑幕动脉,其中小脑前下动脉硬膜支参与供血 1 例,眼动脉脑膜返支参与供血 2 例,枕动脉神经脑膜

支参与供血3例,脑膜后动脉参与供血3例,咽升动脉参与供血5例;引流静脉均为SPV及其属支,无岩上窦受累,其中经中脑外侧静脉引流至大脑深静脉系统4例,经脑桥小脑裂静脉引流4例,经桥横静脉引流至脊髓静脉2例。术前7例行头颅MRI检查,其中1例仅见环池异常血管流空信号,6例见脑干及小脑周围多发异常血管影合并血管类圆形扩张(3例脑干水肿)。术前均行颅脑CTA检查,重建骨结构和血管结构并模拟手术入路,发现DAVF引流静脉起始点位于岩骨与小脑幕的夹角处。

**1.3 手术方法** 常规采用术中电生理监测。取健侧卧位,采用枕下乙状窦后入路,暴露横窦与乙状窦交汇处。剪开硬脑膜后,首先达到小脑延髓池的侧方,切开蛛网膜释放脑脊液,待脑压下降后充分松解桥小脑角区的蛛网膜。在小脑幕与岩骨的夹角处寻找动脉化的SPV,采用锐性解剖的方式切开增厚呈白色的蛛网膜。术中吲哚菁绿(indocyanine green, ICG)荧光造影证实SPV内的血液逆流,在靠近硬脑膜处采用临时阻断夹夹闭SPV,再次术中ICG造影,见SPV内逆向血流受阻,证实为瘘口的引流静脉后,将SPV汇入硬膜处电凝切断并将瘘口周围的硬脑膜也充分电凝。为预防脑脊液漏,水密缝合硬脑膜,逐层关颅。

**1.4 随访及预后评估** 出院前及术后半年复查DSA,以评估瘘口是否完全闭塞。术后3、6、12个月门诊或电话随访,采用GOS评分评估疗效。

## 2 结果

**2.1 手术结果** 9例为单一SPV引流,术中离断SPV后探查岩尖区域未见其他引流静脉;另1例见2支SPV起源于同一瘘口,术中ICG荧光造影见2支引流静脉内血流均为逆流,术中均电凝后切断。10例术中离断SPV后实时ICG荧光造影均未见异常静脉早显。1例三叉神经痛术后疼痛立即消失。1例因合并小脑水肿,术中行小脑水肿清除并去除枕下骨瓣,术后神志恢复,但出现脑积水,行脑室-腹腔分流术后脑积水缓解。术后无新发神经功能障碍。出院前,9例接受脑血管造影,结果显示DAVF完全闭塞;1例合并脑干出血的病人意识障碍无明显好转,仅行头颅CTA检查,显示异常引流静脉消失。

**2.2 随访结果** 随访6~36个月。术后半年,9例接受脑血管造影,显示瘘口完全闭塞。末次随访,按GOS评分评估预后:恢复良好8例,中残1例,重残1例。

### 2.3 典型病例

**病例1:**34岁男性,因突发意识障碍3h于2014年6月16日入院。头颅CT显示脑干出血破入脑室、梗阻性脑积水(图1A),急诊行脑室外引流术。术后脑血管造影显示经右侧SPV引流的DAVF,通过中脑外侧静脉向大脑大静脉引流(图1B);供血动脉包括右侧脑膜中动脉、咽升动脉、脑膜垂体干幕缘支及右侧小脑前下动脉硬脑膜支。血管内治疗过程中,因微导管无法到达瘘口而放弃栓塞术,遂采用右侧枕下乙状窦后入路离断岩上静脉、闭塞瘘口(图1E~G),术后两周头颅CTA显示异常引流静脉消失(图1C、1D)。术后2个月因脑积水行脑室-腹腔分流术。术后1年,植物生存。

**病例2:**28岁女性,因右下肢无力3d于2018年3月27日入院。入院体格检查:神志清楚,右下肢肌力Ⅲ级。头颅CT显示颅后窝类圆形高密度影(图2A),MRI显示颅后窝异常血管流空信号(图2B、2C),头颅DSA确诊为经左侧SPV引流的DAVF,由脑膜中动脉、小脑幕动脉、咽升动脉供血,通过SPV经脑桥腹侧静脉向脊髓静脉引流(图2D~F)。接受经左侧枕下乙状窦后入路开颅手术离断动脉化的SPV后瘘口完全闭塞。术后3个月右下肢肌力恢复正常,术后半年复查头颅DSA见瘘口完全闭塞(图2G、2H),术后1年随访恢复良好。

## 3 讨论

DAVF治疗的目标是阻断瘘口、消除皮层静脉引流。经SPV引流的DAVF具有皮层静脉逆流的高风险特征。本文60%的病人表现为颅内出血,需要及时的治疗。我们采用枕下乙状窦后入路手术充分显露动脉化的SPV,结合术前脑血管造影、3D-CTA及术中ICG荧光造影完全离断引流静脉、闭塞瘘口,实现了至少术后6个月时的临床治愈和影像学上的完全闭塞。

**3.1 血管构筑** SPV引流的DAVF具有比较恒定的血管构筑,其瘘口位于岩骨和小脑幕夹角处,供血动脉通常来自脑膜中动脉、咽升动脉及小脑幕动脉等。SPV是颅后窝主要的引流静脉之一。DAVF发生后,动脉血通过SPV及其属支发生逆行引流,常常导致小脑、脑干或颈髓上部水肿,甚至出血。病人的临床表现与静脉引流的途径密切相关。本文病例主要呈现向上和向下两个方向的引流。在向上引流的病例中,通过SPV属支经中脑外侧静脉向大脑深静脉系统引流,其引流通路上大多出现静脉瘤样扩张(病例1),是此病多以颅内出血发病的主要原因。目前,研

究认为,中脑外侧静脉是幕上和幕下之间的恒定吻合静脉,经常涉及小脑幕DAVF的引流,因此详细了解中脑外侧静脉的临床和影像解剖变异具有重要意义<sup>[5]</sup>。另一方面,DAVF经SPV属支向下引流至脊髓静脉,导致脊髓静脉充血扩张,出现脊髓损害的表现(病例2)。脊髓周围血管扩张和脊髓水肿可能是最初的影像学表现,临床上容易误诊为脊髓动静脉畸形、脊髓脱髓鞘病变、硬脊膜动静脉瘘等<sup>[6,7]</sup>。对脊髓损害且合并上述影像表现的病人,应高度警惕颅内血管异常的可能,进一步行头颅CTA及DSA检查,可明确诊断。

3.2 头颅3D-CTA的应用 脑血管造影对于确诊DAVF、了解的瘘的血流动力学、瘘的分型和引流静脉途径等方面至关重要。但是,瘘口与硬脑膜和颅底骨质的关系很难单独使用DSA来确定。基于MRI和CT的血管成像技术越来越多地被应用于颅内

DAVF的术前模拟。Renner等<sup>[6]</sup>使用MRA定位小脑幕DAVF,但是由于MRA对引流静脉附近颅底骨性标志显示欠佳,所以其应用有一定的局限。对于岩尖的DAVF,3D-CTA被认为是一种简单而有效的术前成像方法。三维重建图像中的关键是包括血管和颅底骨质。术前通过旋转血管和颅骨的三维融合图像帮助术者选择最适合的手术入路是准确暴露引流静脉的关键,尤其是颅后窝空间狭窄,血管、神经密集,工作视角的正确选择特别重要<sup>[8]</sup>。因此,我们在术前模拟中常规结合CTA图像明确引流静脉与小脑幕之间的关系,以便精准地定位瘘口。有文献报道,对于经SPV引流的DAVF,采用颞下入路手术治疗,但没有成功。因为引流静脉位于小脑幕下方,尽管切开小脑幕,但暴露不充分,导致瘘口闭塞不充分<sup>[9]</sup>。

3.3 手术入路的选择 对于岩尖区域的DAVF,可以采用不同的手术入路。以前,更多的使用扩大的颅

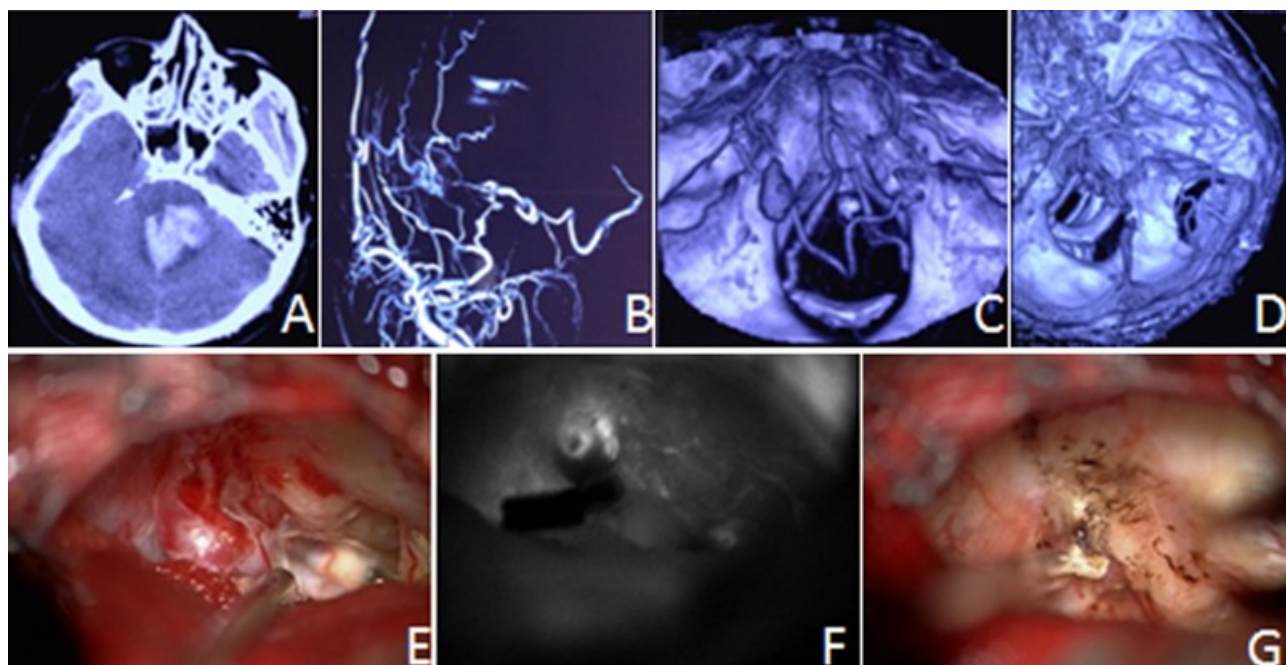


图1 右侧岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘经枕下乙状窦后入路手术治疗前后影像表现及术中表现

A. 术前头颅CT显示脑干出血破入第四脑室;B. 术前3D-DSA显示由脑膜中动脉岩支供血的硬脑膜动静脉瘘,供血动脉迂曲;C. 术前CTA显示引流静脉起源于右侧岩尖区域,引流静脉瘤样扩张;D. 术后CTA显示异常引流静脉消失及枕下乙状窦后入路的骨窗;E. 术中显微镜下发现动脉化的岩上静脉明显扩张;F. 术中ICG造影显示岩上静脉早期显影且其内血液逆流;G. 术中将岩上静脉电凝后切断并烧灼瘘口周围硬脑膜

**Figure 1 Pre- and post-operative images of a patient with dural arteriovenous fistula draining into the right superior petrosal vein undergoing microsurgery through suboccipital retrosigmoid approach**

A: Preoperative head CT shows brainstem hemorrhage involving the fourth ventricle. B: Preoperative 3D-DSA shows a dural arteriovenous fistula supplied by a tortuous branch of the middle meningeal artery. C: Preoperative CTA shows that the draining vein originated from the right petroclival region and the aneurysmal dilatation of the draining vein. D: Postoperative CTA shows disappearance of the abnormal draining vein and the craniotomy through suboccipital retrosigmoid approach. E: Intraoperative observation under the microscope finds the arterialized superior petrosal vein dilated obviously. F: Intraoperative ICG images show the reversal blood flow filled the superior petrosal vein in the arterial phase. G: Intraoperatively observation under the microscope finds that the superior petrosal vein is cut off after coagulation and the dura around the fistula is also cauterized.

底手术入路,如乙状窦前入路、扩大枕下乙状窦后入路等<sup>[10,11]</sup>。有学者认为扩大乙状窦后入路也需要进行部分乳突切除,以实现乙状窦向前移位;而乙状窦前入路仅需要暴露少部分窦脑膜角的硬脑膜,就足以进入岩尖区,因而乙状窦前入路不会过多地切除乳突,增加脑脊液漏的风险。除此之外,乙状窦前入路更容易获得从外侧操作的视野,对小脑的牵拉更小。我们认为,SPV位于小脑幕和岩尖的夹角处,枕下乙状窦后入路是理想的暴露途径,而且,该入路较乙状窦前入路创伤更小。根据我们的临床实践,在经SPV引流的DAVF中,可以避免采用侵袭性较大的扩大入路。我们使用枕下乙状窦后入路,充分释放脑脊液后,在不使用脑牵开器的情况下,即可充分暴露小脑幕和岩骨之间的夹角,充分解剖蛛网膜后显露SPV。乙状窦后入路的潜在风险包括面神经、听神经功能障碍、脑脊液瘘等。本文病人没有发生这些并发症。

3.4 术中 ICG 荧光造影 术中 ICG 荧光造影是 DAVF 显微手术治疗的一种有用的辅助手段,用于识别早显的引流静脉以及确认瘘口是否完全闭塞。与术中 DSA 相比,ICG 荧光造影具有操作简单、重复性高和并发症发生率低的优势<sup>[12]</sup>。它能够提供关于血液流动的实时信息,即使是很难在 DSA 上识别的小静脉也能显示。根据术前影像检查,术中发现动脉化的岩上静脉后,我们常规采用临时阻断的方法以进一步明确引流静脉内的血流方向。在实时荧光造影下松开临时阻断夹可见血液迅速逆流至岩上静脉属支,此时可将其安全切断。有文献报道,12 例与岩上窦相关的 DAVF 中,术中通过 ICG 荧光造影证实除了逆行引流的 SPV 外,少数同时存在正常引流的 SPV,若将它们都切断,则可能出现静脉梗塞或出血的风险<sup>[13]</sup>。这提示术中 ICG 荧光造影是非常必要的。我们术中发现有 1 例存在粗细不等的两支 SPV,经过 ICG 造影确认均为动脉化的逆行引流静脉,同

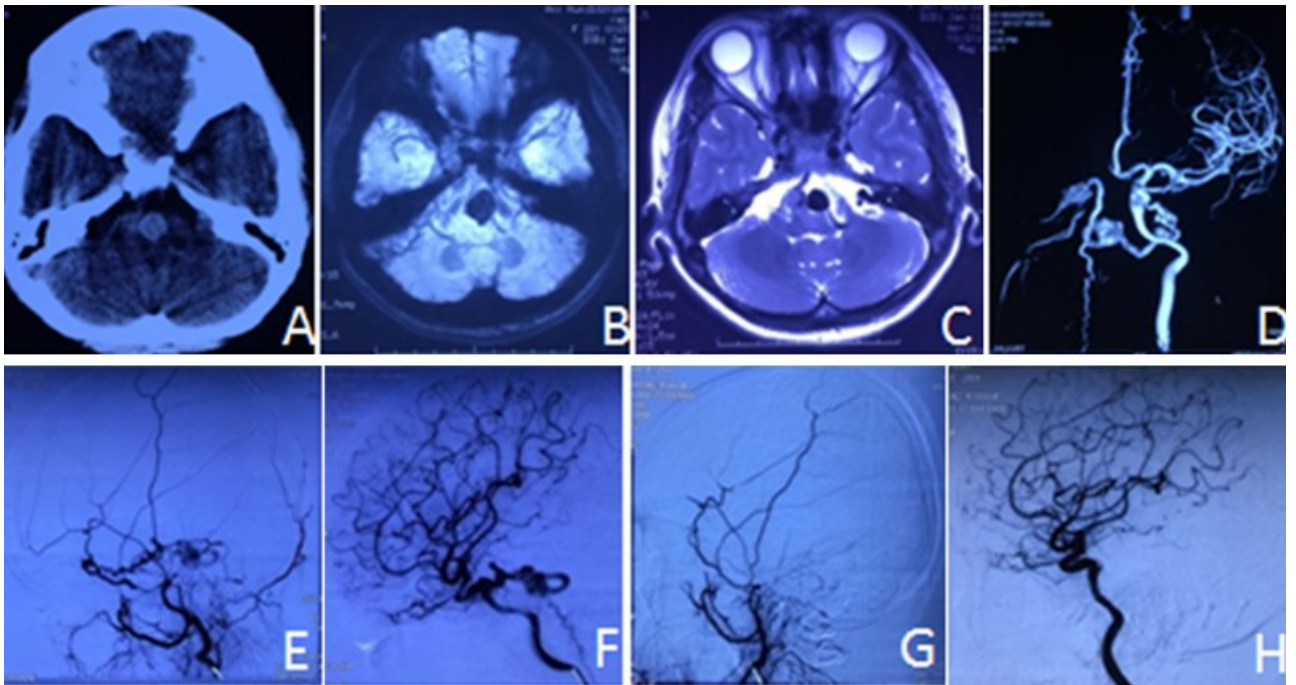


图2 左侧岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘经枕下乙状窦后入路手术治疗前后影像表现

A. 术前头颅CT显示脑干类圆形高密度影;B、C. 术前磁敏感加权成像、T<sub>2</sub>像显示异常血管流空信号且脑干水肿;D. 术前3D-DSA显示左侧岩尖区硬脑膜动静脉瘘;E、F. 术前左侧颈外动脉和颈内动脉造影显示脑膜中动脉、咽升动脉及脑膜垂体干参与供血;G、H. 术后颈外动脉和颈内动脉造影显示硬脑膜动静脉瘘消失

**Figure 2 Pre- and post-operative images of a patient with dural arteriovenous fistula draining into the left superior petrosal vein undergoing microsurgery through suboccipital retrosigmoid approach**

A: Preoperative head CT shows a round hyperdense lesion in brainstem. B-C: Preoperative magnetic susceptibility weighted image and T<sub>2</sub>-weighted image show an abnormal vascular flow-void signal and brainstem edema. D: Preoperative 3D-DSA shows a dural arteriovenous fistula in the left petroclival region. E-F: Preoperative left external carotid artery and internal carotid artery angiographies show that the fistula is fed by the middle meningeal artery, the ascending pharyngeal artery, and the meningo-hypophyseal trunk. G-H: Post-operative left external carotid artery and internal carotid artery angiographies show the disappearance of the dural arteriovenous fistula.

时离断后瘘口才得以完全闭塞。

综上所述,显微手术是治疗经 SPV 引流 DAVF 适合的选择之一。术前通过 DSA 与头颅 3D-CTA 明确诊断,术中采用 ICG 荧光造影配合临时阻断的方法是提高疗效的重要辅助手段。

**【伦理学声明】:**本研究遵循《赫尔辛基宣言》,所有病人和/或家属均签署知情同意书。本研究方案于 2024 年 4 月 23 日获得武汉大学人民医院伦理委员会的批准(批号:2024022)。

**【利益冲突声明】:**本文不存在任何利益冲突。

**【作者贡献声明】:**邵灵敏负责收集病例资料、分析数据、撰写初稿;陈刚负责病人随访;简志宏负责手术实施及修改文章;刘仁忠负责手术实施、研究设计并指导文章撰写。

#### 【参考文献】

- [1] LAWTON MT, SANCHEZ-MEJIA RO, PHAM D, *et al.* Tentorial dural arteriovenous fistulae: operative strategies and microsurgical results for six types [J]. *Neurosurgery*, 2008, 62(3 Suppl 1): 110-124.
- [2] CAI MJ, MA LT, HUANG SY, *et al.* Choice of treatment methods for dural arteriovenous fistulas (report of 15 cases) [J]. *Chin J Clin Neurosurg*, 2013, 18(12): 708-710.  
蔡明俊,马廉亭,黄绳跃,等.硬脑膜动静脉瘘的治疗分析(附 15 例报告)[J]. *中国临床神经外科杂志*, 2013, 18(12): 708-710.
- [3] MA YJ, LI CJ, BIAN LS, *et al.* Analysis of diagnosis and treatment of dural arteriovenous fistula of super petrosal venous drainage [J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2016, 13(2): 89-94.  
马永杰,李传捷,卞立松,等.岩上静脉引流的硬脑膜动静脉瘘诊治分析[J]. *中国脑血管病杂志*, 2016, 13(2): 89-94.
- [4] STAPLETON CJ, PATEL AP, WALCOTT BP, *et al.* Surgical management of superior petrosal sinus dural arteriovenous fistulae with dominant internal carotid artery supply [J]. *Interv Neuroradiol*, 2018, 24(3): 331-338.
- [5] CANNIZZARO D, RAMMOS SK, PESCHILLO S, *et al.* The lateral mesencephalic vein: surgical anatomy and its role in the drainage of tentorial dural arteriovenous fistulae [J]. *World Neurosurg*, 2016, 85: 163-168.
- [6] RENNER C, HELM J, ROTH H, *et al.* Intracranial dural arteriovenous fistula associated with progressive cervical myelopathy and normal venous drainage of the thoracolumbar cord: case report and review of the literature [J]. *Surg Neurol*, 2006, 65(5): 506-510.
- [7] LETOURNEAU-GUILLON L, CRUZ JP, KRINGS T. CT and MR imaging of non-cavernous cranial dural arteriovenous fistulas: findings associated with cortical venous reflux [J]. *Eur J Radiol*, 2015, 84(8): 1555-1563.
- [8] PAOLINI S, LANZINO G, COLONNESE C, *et al.* Three-dimensional computed tomography angiography in presurgical planning for treatment of infratentorial dural arteriovenous fistulas [J]. *J Neurosurg*, 2009, 110(1): 85-89.
- [9] WESTERMAIER T, BENDSZUS M, SOLYMOSSI L, *et al.* Surgical treatment of dural arteriovenous fistulas of the petrous apex [J]. *World Neurosurg*, 2012, 77(3-4): 591e7-13.
- [10] HWANG G, KANG HS, OH CW, *et al.* Surgical obliteration in superior petrosal sinus dural arteriovenous fistula [J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2011, 49(4): 222-225.
- [11] NETTO HD, SILVA J, BURKHARDT JK, *et al.* Extended retrosigmoid craniotomy and clip occlusion of a petrosal tentorial dural arteriovenous fistula (type 5): operative video [J]. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*, 2017, 14(2): 200.
- [12] THIND H, HARDESTY DA, ZABRAMSKI JM, *et al.* The role of microscope-integrated near-infrared indocyanine green videoangiography in the surgical treatment of intracranial dural arteriovenous fistulas [J]. *J Neurosurg*, 2015, 122(4): 876-882.
- [13] SUN L, REN J, WANG L, *et al.* Preservation of coexisting normal superior petrosal vein in the microsurgical treatment of superior petrosal sinus dural arteriovenous fistulas assisted by indocyanine green video angiography [J]. *World Neurosurg*, 2020, 141: e836-843.

(2024-06-28 收稿, 2024-10-21 修回)