

大脑镰区硬脑膜动静脉瘘的临床特征和栓塞治疗效果分析

蒋佳¹,桂思铭¹,吕明^{1,2},李佑祥^{1,2},刘鹏²

1.首都医科大学,北京市神经外科研究所,北京 100070; 2.首都医科大学附属北京天坛医院神经外科学中心,北京 100070

通信作者:刘鹏,E-mail:skeletonliu@sina.com

【摘要】目的 探讨大脑镰区硬脑膜动静脉瘘(DAVF)的血管内治疗技术、临床特征以及栓塞治疗结果。**方法** 本研究回顾了2010年至2022年间,首都医科大学附属北京天坛医院神经外科就诊并接受栓塞治疗的患者临床数据。根据Congard分型标准,对患者进行分型,并根据不同的引流模式和病变部位,选择适合的治疗路径,包括经动脉栓塞或动静脉联合入路栓塞。所有患者术后均接受定期的门诊以及影像学随访,以确定血管内栓塞的疗效。**结果** 共6例患者接受血管内栓塞治疗。其中2例患者因为眩晕检查出DAVF,2例患者则由于突发的颅内出血入院,2例患者因为常规体检查出DAVF而入院。在栓塞入路的选择上,5例患者采用经动脉栓塞,1例患者采用联合经动脉和静脉栓塞。所有患者均采用液体栓塞系统(Onyx-18)进行栓塞,5例患者主要经脑膜中动脉栓塞,1例患者主要经大脑前动脉栓塞。最终的血管造影显示DAVF完全闭塞(6/6)。该治疗方式的术中和术后并发症均未观察到。**结论** 大脑镰区DAVF的血管内治疗是可行的,经脑膜中动脉栓塞是最常见的治疗方法。

【关键词】 硬脑膜动静脉瘘;血管内治疗;脑膜中动脉;大脑镰区

【文章编号】 2095-834X (2024)09-54-05

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2024.09.003

本文著录格式: 蒋佳,桂思铭,吕明,等.大脑镰区硬脑膜动静脉瘘的临床特征和栓塞治疗效果分析[J].

当代介入医学电子杂志,2024,1(9): 54-58.

Clinical characteristics and curative effect analysis of embolization in dural arteriovenous fistula in the falx cerebri region

Jiang Jia², Gui Siming², Lv Ming^{1,2}, Li Youxiang^{1,2}, Liu Peng¹

1. Department of Neurosurgery, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100070, China

2. Beijing Institute of Neurosurgery, Capital Medical University, Beijing 100070, China

Corresponding author: Liu Peng, E-mail: skeletonliu@sina.com

【Abstract】 **Objective** To investigate the endovascular treatment techniques, clinical characteristics, and embolization outcomes of dural arteriovenous fistula (DAVF) in the falx cerebri region. **Methods** Clinical data of patients who attended the Department of Neurosurgery of Beijing Tiantan Hospital of Capital Medical University and received endovascular treatment from 2010 to 2022 were retrospectively analyzed. The patients were staged according to Congard staging criteria, and were selected for transarterial embolization or combined arteriovenous embolization according to their drainage pattern and lesion location. All patients received regular outpatient and imaging follow-up post-operation to determine the efficacy of endovascular embolization. **Results** A total of 6 patients were treated with endovascular embolization. Two patients were examined for DAVF due to vertigo, two patients were admitted due to sudden intracranial hemorrhage and two patients were admitted due to DAVF detected on routine physical examination. In the choice of embolization route, transarterial embolization was used in 5 patients

and combined transarterial and venous embolization was used in 1 patient. All patients were embolized with a liquid embolization system (Onyx-18). Five patients were embolized primarily via the middle meningeal artery and one patient was embolized primarily via the anterior cerebral artery. Final angiography showed complete occlusion of the DAVF (6/6). Neither intraoperative nor postoperative complications were observed with this treatment modality.

Conclusion Endovascular treatment of DAVF in the falx cerebri region is feasible, and transmural middle meningeal artery embolization is the most common treatment modality.

[Keywords] Dural arteriovenous fistula; Endovascular treatment; Middle meningeal artery; Falx cerebri region

硬脑膜动静脉瘘(dural arteriovenous fistula, DAVF)是硬脑膜内动脉和静脉的异常分流,约占所有颅内血管畸形的 10%^[1-2]。DAVF 常位于海绵窦和横乙状窦^[3-5]。DAVF 可导致广泛的神经系统障碍,包括出血性和非出血性事件。由于患者表现的异质性和潜在的放射学诊断不足,因此临床医生和放射科医生对 DAVF 保持高度的怀疑是必要的,特别是对于有危险因素的患者。DAVF 通常可以被治愈,但仔细分析与疾病和治疗相关的潜在风险是必要的。根据 DAVF 的位置、解剖复杂性、大小和严重程度等因素,血管内治疗可作为一线治疗。在某些情况下,结合血管内治疗和手术或放疗可能是必要的。瘘口的位置及其随后对正常静脉引流的中断可导致血流动力学的变化,从而产生症状。根据瘘口的不同位置,患者可能出现多种症状,包括耳鸣伴脉动感、颅内杂音、头痛、视力变化、认知障碍、癫痫发作、脊髓病变、颅神经功能障碍以及运动或感觉缺失。约有 20%~33% 的 DAVF 首发症状会出现颅内出血^[6-7]。然而,涉及镰状窦的 DAVF 被认为是罕见的,只有少数病例被报道。大脑镰区 DAVF 是一种罕见的 DAVF 亚型,具有特定的解剖特征。这一区域的 DAVF 通常采用血管内栓塞或手术切除来治疗。然而,目前尚不清楚哪种治疗方法最合适。本研究的目的是介绍我们在这个部位治疗 DAVF 的经验,并分析其血管特征和治疗策略。

1 对象与方法

1.1 纳入排除标准 回顾性地纳入了 2010 年~2022 年期间在首都医科大学附属北京天坛医院神经外科接受血管内栓塞治疗的大脑镰区 DAVF 患者。纳入标准:(1)年龄在 18~70 岁之间;(2)经数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)确诊为大脑镰区 DAVF;(3)接受了血管内栓塞治疗;(4)病历以及影像资料完整,并且接受 1 年临床随访。排除标准:(1)合并其他脑血管疾病或颅内肿瘤;(2)既往颅脑外伤史;(3)既往在其他医疗机构接受过血管内栓塞治疗;(4)随访缺失。

1.2 患者临床资料 收集患者的一般基线资料如年龄,性别以及高血压、糖尿病、冠状动脉粥样硬化、脑

出血、缺血性中风等病史。记录患者的首诊症状、影像资料、血管内栓塞途径以及材料等。本研究符合《赫尔辛基宣言》,术前均获取每例患者以及家属的知情同意并签字。

1.3 影像学检查和 DAVF 的分型 6 例大脑镰区 DAVF 患者,均通过 DSA 得到证实。根据 Congard 分级将 DAVF 分为 5 型:I型:DAVF 直接以顺行血流流入静脉窦;II型:IIa 型 DAVF 流入主窦(顺行),再逆行回流至相关静脉窦;IIb 型 DAVF 顺行流入静脉窦,并回流至皮质静脉;III型:DAVF 直接流入皮质静脉,不伴有静脉扩张;IV型:DAVF 直接流入皮质静脉,伴有静脉扩张;V型:DAVF 流入脊髓髓周静脉系统。

1.4 血管内治疗方法 所有病例均采用相同的栓塞策略:优先经动脉栓塞以及优先软脑膜供血支栓塞。所有患者术前经口气管插管。在全身麻醉下,使用 Seldinger 技术穿刺股动脉或股静脉,置入 6 F 动脉鞘或 8 F 静脉鞘(日本泰尔茂公司)。先使用 5 F 造影导管(美国强生公司)置于患者双侧颈内/颈外动脉进行造影评估,随后治疗使用 150 cm 超滑泥鳅导丝(日本泰尔茂公司)引导 6 F 导引导管(美国强生公司)经动脉超选入颈内/颈外动脉或引导 8 F 导引导管(美国强生公司)经静脉超选入颈内静脉球部。经动脉入路栓塞将微导管(Echelon-10/Marathon, 美国美敦力公司)使用微导丝(Synchro-14/10, 美国史塞克公司)通过 6 F 导引导管(美国强生公司)引导至距瘘口约 5 mm 的位置。一旦微导管就位,在路图的指导下,用 0.25 ml DMSO 缓慢冲洗微导管 40 s,然后缓慢注射 Onyx-18(美国美敦力公司)液体栓塞系统。当 Onyx-18 开始填充引流的皮质静脉时,注射终止。经静脉入路则将 8 F 导引导管(美国强生公司)通过泥鳅导丝引导至颈内静脉球部,微导管(Echelon-10/Marathon, 美国美敦力公司)通过微导丝(Synchro-14/10, 美国史塞克公司)引导至镰状窦。将微导管轻轻推入引流静脉。一旦微导管到达瘘口,缓慢注射 0.25 ml DMSO 超过 40 s,然后缓慢注射 Onyx-18 液体栓塞系统,直到动脉造影术中未显示 DAVF。

1.5 随访 所有患者在栓塞后的第 6 个月、12 个月进行临床和影像学评估 DAVF 的栓塞程度以及是否复发。此外,通过门诊复查或电话随访,评估患者症状的改善情况。

2 结果

2.1 临床资料 本研究一共纳入 6 例患者, 其中男性 5 例, 女性 1 例, 平均年龄 47.5 岁。所有患者在发病前均无外伤性脑损伤或脑部手术史。主要临床表现为头晕、突发的颅内出血。表 1 显示了患者的主要临床特征及其治疗方法。

2.2 引流模式及栓塞策略 在供血动脉的分布上, 所有的DAVF都有来自脑膜中动脉(middle meningeal artery, MMA)的血液供应。部分患者的DAVF由双侧MMA供血(患者3), 或来自右侧MMA(患者1、2、5、6)/左侧MMA(患者4)分支的供血。这些DAVF也有来自其他分支血管的血液供应, 包括大脑前动脉(anterior cerebral artery, ACA)(患者1、2、3)、眼动脉分支镰前

动脉(anterior falciform artery, AFA)(患者2、3、6)、枕动脉(患者3)和脑膜后动脉(posterior meningeal artery, PMA)(患者4)。最终, 这些供血动脉通过镰状窦引流至下矢状窦(superior sagittal sinus, SSS)(患者3、4、5、6)或下矢状窦(inferior sagittal sinus, ISS)(患者1、2)。其中, 患者1的DAVF主要由右侧MMA供血, 但其供血动脉太曲折, 微导管无法进入瘘口, 因此采用联合动静脉入路栓塞。其余病人均采用经动脉入路栓塞。

2.3 治疗结果 6例患者中, 其中5例患者通过经动脉入路治疗, 1例患者采用经动静脉联合入路治疗栓塞。所有患者治疗术中未出现相关并发症, 术后即刻DSA未见DAVF显影, 栓塞完全(图1)。术后6个月、12个月随访时均恢复良好。术后DSA复查显示, 所有6例患者未见复发, 且栓塞效果达到完全闭塞。

表 1 6 例大脑镰区 DAVF 患者的临床资料

例序	年龄 / 性别	症状	供血动脉	Cognard 分型	引流静脉	有无逆行静脉引流	治疗方式	栓塞结局
1	46/男	眩晕	右侧脑膜中动脉、左侧大脑前动脉	III	经镰状窦引流至下矢状窦	无	经动静脉(右侧脑膜中动脉+镰状窦)联合栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞
2	57/男	眩晕	右侧脑膜中动脉; 左侧大脑前动脉; 左侧镰前动脉	IV	经镰状窦引流至下矢状窦	有	经动脉(右侧脑膜中动脉+左侧大脑前动脉)栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞
3	53/男	无	双侧脑膜中动脉; 双侧大脑前动脉; 双侧镰前动脉; 右侧枕动脉	IV	经镰状窦引流至上矢状窦	有	经动脉(双侧脑膜中动脉+左侧大脑前动脉)栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞
4	56/男	无	左侧脑膜中动脉; 左侧脑膜后动脉	IV	经镰状窦引流至上矢状窦	有	经动脉(左侧脑膜中动脉+左侧脑膜后动脉)栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞
5	38/男	额叶出血	右侧脑膜中动脉	IV	经镰状窦引流至上矢状窦	有	经动脉(右侧脑膜中动脉)栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞
6	35/女	脑室出血	右侧脑膜中动脉; 双侧镰前动脉	IV	经镰状窦引流至上矢状窦	有	经动脉(右侧脑膜中动脉)栓塞; Onyx 胶治疗	完全栓塞

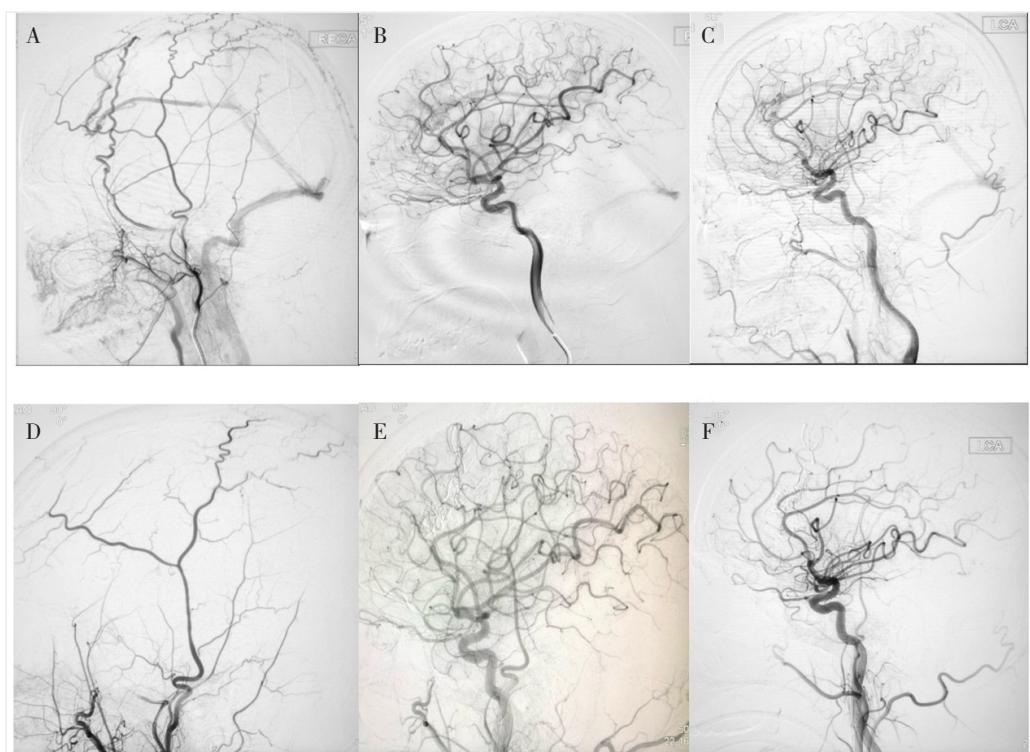


图 1 病例 1 患者术前以及术后的DSA影像

注: A 为右侧颈外动脉术前DSA影像; B 为颈内动脉术前DSA影像; C 为左侧颈内动脉术前DSA影像, 提示大脑镰区 DAVF, 供血动脉为右侧MMA以及左侧ACA, 引流入镰状窦再汇入下矢状窦; D 为右侧颈外动脉术后即刻DSA影像; E 为颈内动脉术后即刻DSA影像; F 为左侧颈内动脉术后即刻DSA影像, 提示此DAVF完全栓塞, 血流通畅。

3 讨论

DAVF 是发生在颅内的动静脉分流，通常颈内动脉、颈外动脉的脑膜分支和椎动脉供血，通过异常分流引流入静脉窦，也可以向后流入软脑膜静脉^[8]。DAVF 患者血管结构、血流动力学以及病变位置等不同，临床表现可从耳鸣和视力减退，至痴呆和颅内出血等多种症状^[9]。位于大脑镰区的 DAVF 是一种罕见的 DAVF 亚型。由于这类 DAVF 的发病率较低，过去的文献报道很少。在这项研究中，我们回顾性分析了 6 例在本中心接受治疗的大脑镰区 DAVF。初步结果表明，血管内治疗大脑镰区 DAVF 达到了治愈率高，复发率低，以及并发症发生低的效果，并达到一个令人满意的临床疗效。

该部位 DAVF 的形成与镰状窦和镰状静脉丛密切相关。镰状窦是一种连接 SSS 和 ISS 的胚胎血管，在婴儿出生后大多关闭，持续性镰状窦在成人中比较少见^[10]。镰状窦不是一种病理结构，而是一种胚胎结构，在某些疾病中可以被视为“再通”的镰状窦^[11]。另一方面，镰状静脉丛是一种存在于正常人体的生理结构静脉丛，起源于胚胎期的矢状丛^[12]。通过解剖成年尸体标本，Tubbs 等^[13]发现所有镰状静脉丛都与 ISS 沟通，而只有 63% 的患者与 SSS 沟通。由于镰状静脉丛的引流特点，在我们治疗的大多数病例中（5/6）的 DAVF 最终引流到 ISS^[12]。该 DAVF 的供血动脉主要由硬脑膜分支（MMA 代表）和软脑膜分支（ACA 代表）组成。当瘘口位于大脑镰内时，开放的镰状静脉通道能够形成镰状窦作为引流静脉，最终汇入皮质静脉，并通过 ISS 或 SSS 进行引流。

大脑镰区 DAVF 通常可以通过外科手术或血管内栓塞来治疗。在血管内治疗并不成熟的时期，手术切除是该区域内 DAVF 的最早治疗方法^[14]。2013 年，Yoshioka 等^[10]报道了一例大脑镰区 DAVF 通过镰状窦进入 SSS 和 ISS，他们通过开颅切除镰状窦、周围脑镰及其周围引流静脉达到解剖学治愈。随着血管内栓塞技术和栓塞材料的发展，血管内治疗被越来越多地用于治疗 DAVF。这种类型的 DAVF 也已从开颅治疗转向血管内治疗。经动脉入路对有脑膜动脉直接供血的病变特别有效。2016 年，Koyanagi 等^[11]报道了一例使用 NBCA 通过脑膜中动脉治疗大脑镰区 DAVF，最终成功治愈栓塞了 DAVF。在他的讨论中，他建议，尽管完全栓塞了 DAVF，也需要考虑栓塞剂回流到大脑前动脉或眼动脉分支的风险。当患者颅内血肿较大时，也可采用开颅清除血肿联合介入栓塞治疗 DAVF。2016 年，Yamaguchi 等^[12]也报道了一例大脑镰区 DAVF 病例，他采用经脑膜中动脉弹簧圈栓塞、开颅切除血肿并夹住瘘管实现了 DAVF 的治愈。随着微导管技术的

进步和新型液体栓塞剂的应用，血管内治疗已经成为治疗大多数 DAVF 的首选手段。Onyx-18 液体栓塞系统治疗 DAVF 的安全性和有效性已在先前的研究中得到验证^[15]。对于大脑镰区的 DAVF，类似于位于其他地方的 DAVF，尽管有各种治疗选择，但血管内治疗仍然是最普遍的方法。当经动脉入路变曲折，难以到达瘘口时，经静脉入路也可用于治疗。在我们治疗的病例中，5 例患者采用经动脉栓塞治疗，1 例患者采用动脉和静脉联合栓塞治疗。由于患者 1 的 MMA 过度迂曲和 MMA 瘘口引流入镰状窦再引流入 ISS，我们采用了联合动静脉入路进行治疗。值得注意的是，使用联合动静脉方法治疗这种类型的 DAVF 在以前的文献中没有出现。对于血管内治疗大脑镰区 DAVF，MMA 仍然的最佳血管^[16]。在接受治疗的大脑镰区 DAVF 患者中，大部分患者可以通过经脑膜中动脉栓塞瘘口获得治愈。而对于存在 ACA 软脑膜支血供的大脑镰区 DAVF，考虑到其出血风险，应优先保证栓塞 ACA 的软脑膜分支。在我们治疗的病例中，使用 Onyx-18 对大脑镰区 DAVF 进行血管内治疗并未出现手术相关的并发症。因此，Onyx 被用于治疗此型 DAVF，具有有益的治疗效果。

我们认为对大脑镰区 DAVF 进行血管内治疗是非常可行的。然而，由于病例的数量有限，我们仍然需要积累额外的经验。尽管血管内栓塞是治疗大多数 DAVF 的首选方案，但在血管内治疗未能成功或无法安全治疗病变时，开放显微手术仍然是必要的补充治疗方式。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- Houser OW, Baker HL, Rhoton AL, et al. Intracranial dural arteriovenous malformations [J]. Radiology, 1972, 105(1): 55–64.
- Ohta T, Kajikawa H. Dural arteriovenous malformation [J]. Neurol Med Chir (Tokyo), 1978, 18(6): 439–472.
- Newton TH, Weidner W, Greitz T. Dural arteriovenous malformation in the posterior fossa [J]. Radiology, 1968, 90(1): 27–35.
- Malik GM, Pearce JE, Ausman JI, et al. Dural arteriovenous malformations and intracranial hemorrhage [J]. Neurosurgery, 1984, 15(3): 332–339.
- Lasjaunias P, Manelfe C, Chiu M. Angiographic architecture of intracranial vascular malformations and fistulas—pretherapeutic aspects [J]. Neurosurg Rev, 1986, 9(4): 253–263.
- McConnell KA, Tjoumakaris SI, Allen J, et al.

- Neuroendovascular management of dural arteriovenous malformations [J]. *Neurosurg Clin N Am*, 2009, 20(4): 431–439.
- [7] 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.
- [8] Gandhi D, Chen J, Pearl M, et al. Intracranial dural arteriovenous fistulas: classification, imaging findings, and treatment [J]. *AJR Am J Neuroradiol*, 2012, 33(6): 1007–1013.
- [9] Tsai LK, Liu HM, Jeng JS. Diagnosis and management of intracranial dural arteriovenous fistulas [J]. *Expert Rev Neurother*, 2016, 16(3): 307–318.
- [10] Yoshioka S, Moroi J, Kobayashi S, et al. A case of falcine sinus dural arteriovenous fistula [J]. *Neurosurgery*, 2013, 73(3): E554–E556.
- [11] Koyanagi M, Kobayashi T, Oda M, et al. Dural arteriovenous fistula in the falx cerebri treated with transarterial embolization using n-butyl cyanoacrylate [J]. *Surg Neurol Int*, 2016, 7(Suppl 41): S1057–S1059.
- [12] Yamaguchi T, Higaki A, Yokota H, et al. A case of dural arteriovenous fistula in the falx cerebri: case report and review of the literature [J]. *NMC Case Rep J*, 2016, 3(3): 67–70.
- [13] Tubbs RS, Loukas M, Louis RG Jr, et al. Anatomy of the falcine venous plexus [J]. *J Neurosurg*, 2007, 107(1): 155–157.
- [14] Handa J, Shimizu Y. Dural arteriovenous anomaly supplied by anterior falcine artery [J]. *Neuroradiology*, 1973, 6(4): 212–214.
- [15] Lv X, Jiang C, Li Y, et al. Results and complications of transarterial embolization of intracranial dural arteriovenous fistulas using Onyx-18 [J]. *J Neurosurg*, 2008, 109(6): 1083–1090.
- [16] Yu J, Guo Y, Xu B, et al. Clinical importance of the middle meningeal artery: a review of the literature [J]. *Int J Med Sci*, 2016, 13(10): 790–799.

(本文编辑:马萌萌,许守超)

(上接第 5 页)

- [35] Holzer RJ, Gauvreau K, McEnaney K, et al. Long-term outcomes of the coarctation of the aorta stent trials [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2021, 14(6): e010308.
- [36] Lauder L, Mahfoud F. Pacemaker-based cardiac neuromodulation therapy for the treatment of hypertension: the new kid on the block [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(16): e022622.
- [37] Neuzil P, Merkely B, Erglis A, et al. Pacemaker-mediated programmable hypertension control therapy [J]. *J Am Heart Assoc*, 2017, 6(12): e006974.
- [38] Kalarus Z, Merkely B, Neužil P, et al. Pacemaker-based cardiac neuromodulation therapy in patients with hypertension: a pilot study [J]. *J Am Heart Assoc*, 2021, 10(16): e020492.
- [39] Victor RG. Carotid baroreflex activation therapy for resistant hypertension [J]. *Nat Rev Cardiol*, 2015, 12(8): 451–463.
- [40] Spiering W, Williams B, Van der Heyden J, et al. Endovascular baroreflex amplification for resistant hypertension: a safety and proof-of-principle clinical study [J]. *Lancet*, 2017, 390(10113): 2655–2661.
- [41] Wilks SJ, Hara SA, Ross EK, et al. Non-clinical and pre-clinical testing to demonstrate safety of the barostim neo electrode for activation of carotid baroreceptors in chronic human implants [J]. *Front Neurosci*, 2017, 11: 438.
- [42] Groenland EH, Spiering W. Baroreflex amplification and carotid body modulation for the treatment of resistant hypertension [J]. *Curr Hypertens Rep*, 2020, 22(4): 27.
- [43] Bertog SC, Kolmer C, Kleschnew S, et al. Percutaneous femoral arteriovenous shunt creation for advanced chronic obstructive pulmonary disease: a single-center safety and efficacy study [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2012, 5(1): 118–126.
- [44] Lobo MD, Sobotka PA, Stanton A, et al. Central arteriovenous anastomosis for the treatment of patients with uncontrolled hypertension (the ROX CONTROL HTN study): a randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2015, 385(9978): 1634–1641.
- [45] Bialik M, Kurkowski P, Strzelecka K, et al. Dual-controlled delivery of furosemide and atenolol using a biodegradable nanosystem for antihypertensive therapy [J]. *J Drug Deliv Sci Tec*, 2023, 89: 105006.
- [46] Kouz K, Monge García MI, Cerutti E, et al. Intraoperative hypotension when using hypotension prediction index software during major noncardiac surgery: a European multicentre prospective observational registry (EU HYPROTECT) [J]. *BJA Open*, 2023, 6: 100140.

(本文编辑:马萌萌,许守超)