

评估血流导向装置在颅内动脉瘤介入治疗中的疗效及安全性

王晓冬,陶晓旻,徐力,丁昊龙,刘广杰,陈军,殷义明,郝向成
苏州市立医院(南京医科大学附属苏州医院)神经外科,江苏 苏州,215000
通信作者:郝向成, E-mail: 2647618661@qq.com

【摘要】 目的 探讨血流导向装置(FDD)在不同部位颅内动脉瘤血管内治疗中的应用经验,并评估其临床疗效与安全性。方法 回顾性研究 2023 年 9 月至 2025 年 4 月于苏州市立医院接受 Stryker (史赛克)血流导向装置治疗的 52 例颅内动脉瘤患者。通过回顾性分析患者的影像学资料及临床档案,收集并整理相关数据。结果 52 例患者共累及 56 个颅内动脉瘤,其中前循环动脉瘤 48 个(85.7%),后循环动脉瘤 8 个(14.3%)。手术方式方面,49 例(94.2%)单纯采用血流导向装置治疗,3 例(5.8%)联合应用血流导向装置与弹簧圈栓塞。术后随访 6~12 个月,4 例患者失访(随访率 92.3%);48 个动脉瘤实现完全闭塞(85.7%),4 个未完全闭塞(7.1%);1 例因血流导向装置移位导致动脉瘤复发,需再次行血流导向装置治疗;3 例出现支架近端血管狭窄。结论 血流导向装置用于颅内动脉瘤的血管内治疗安全有效,可获得较高的动脉瘤完全闭塞率,为颅内动脉瘤的微创治疗提供了可靠选择。

【关键词】 颅内动脉瘤;血流导向装置;血管内介入治疗;完全闭塞

【文章编号】 2095-834X(2025)12-50-06

DOI: 10.26939/j.cnki.CN11-9353/R.2025.12.004

本文著录格式: 王晓冬,陶晓旻,徐力,等. 评估血流导向装置在颅内动脉瘤介入治疗中的疗效及安全性[J]. 当代介入医学电子杂志, 2025, 2(12): 50-54, 65.

Evaluation of the efficacy and safety of the blood flow diverter device in the interventional treatment of intracranial aneurysms

Wang Xiaodong, Tao Xiaoyang, Xu Li, Ding Haolong, Liu Guangjie, Chen Jun, Yin Yiming, Hao Xiangcheng
Department of Neurosurgery, Suzhou Municipal Hospital, the Affiliated Suzhou Hospital of Nanjing Medical University, Suzhou 215000, Jiangsu, China
Corresponding author: Hao Xiangcheng, E-mail: 2647618661@qq.com

【Abstract】 **Objective** To describe our experience in using blood flow diverter device for intracranial aneurysms in different locations, and to share the efficacy and safety of blood flow diverter device in endovascular treatment of cerebral aneurysms. **Methods** This retrospective study was carried out at our hospital from September 2023 to April 2025, with the approval of the clinical research ethics committee. The radiological and clinical records of 52 patients who underwent endovascular treatment with the Stryker flow-diverter device for cerebral aneurysms were examined. **Results** Our findings indicated that, the flow-diverter device was used to treat 56 aneurysms in 52 patients. There were 48 anterior circulation aneurysms (85.7%) and 8 posterior circulation aneurysms (14.3%) among the treated aneurysms. 49 patients (94.2%) used the flow-diverter device alone, and 3 patients (5.8%) used the flow-diverter device and coil embolization simultaneously. During follow-up of 6-12 months, 4 cases were lost to follow-up (follow-up rate: 92.3%), 48 aneurysms (85.7%) were completely occluded, 4 aneurysms (7.1%) were not completely occluded, 1 case had aneurysm recurrence because of mesh stent migration (requiring re-treatment with the flow-diverter device), and 3 cases had proximal vascular stenosis at the stent end. **Conclusion** The use of blood

flow diverter device for treating intracranial aneurysms is safe and effective, with a high rate of occlusion.

【Keywords】 Intracranial aneurysm; Flow diverter device; Endovascular interventional therapy; Complete occlusion

脑动脉的局部瘤样扩张(主要累及 Willis 环)被称为颅内动脉瘤。这些脆弱区域易发生破裂,进而导致蛛网膜下腔出血。颅内动脉瘤在结构上可分为囊性和梭形两类^[1-2]。此外,《未破裂脑动脉瘤的自然发展过程——一项日本队列研究》分类系统根据大小将其分为四类:小型(<5 mm)、中型(5~10 mm)、大型(10~25 mm)和巨大型(>25 mm)^[3]。颅内动脉瘤破裂出血最典型的症状是剧烈头痛^[4],颅内动脉瘤破裂出血频繁发生会导致较高的死亡率和致残率。因此,在脑动脉瘤破裂前进行治疗可大幅提高患者的生存率^[1]。颅内动脉瘤的治疗方法有两种,即显微外科夹闭术和血管内治疗^[5-7]。血管内治疗包括单纯弹簧圈栓塞术、支架辅助弹簧圈栓塞术和血流导向装置(flow diverter device, FDD)治疗^[8-10]。血流导向装置技术可使脑动脉瘤慢性闭塞并降低复发率,还能降低手术中因填充弹簧圈而导致动脉瘤破裂出血的风险^[11]。

1 对象与方法

1.1 研究对象的临床数据和影像数据 此项回顾性研究在苏州市立医院进行,并获得了临床研究伦理委员会的批准。该研究追踪了 2023 年 9 月至 2025 年 4 月期间接受血流导向装置治疗的 52 例未破裂颅内动脉瘤病例。通过查阅患者的住院记录和影像结果,由委员会认可的神经放射学家和神经外科医生会在 6 至 12 个月后,通过门诊随访或电话回访,使用改良 Rankin 量表评估患者的功能恢复情况。临床疗效根据改良 Rankin 和 Raymond Roy 分类法进行评估。闭塞率分为三种类型:完全闭塞(100%)、接近完全闭塞(90%~100%)和部分闭塞(<90%)。此外,在 6~12 个月时,我们通过数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)采用奥凯利-马罗塔(OKM)分级标准来评估残余动脉瘤内的血流情况(A:完全充盈;B:不完全充盈;C:残余颈部;D:无充盈;1:无滞留;2:中度滞留;3:显著滞留)。病例的基本信息(包括患者性别、症状以及动脉瘤的大小和形状)列于表 1 中。所有患者均接受了全身肝素化处理,并在全身麻醉下通过股动脉接受血管内治疗。未破裂的动脉瘤患者在手术前 3 d 服用拜阿司匹林和硫酸氢氯吡格雷,并进行血栓弹力图检测。如果 ADP 抑制率低于 30%,则将硫酸氢氯吡格雷更换为替格瑞洛,并使用替罗非班作为负荷剂量和维持

剂量。

1.2 纳入标准/排除标准 纳入标准:(1)已接受过血流导向装置治疗的患者;(2)未破裂的颅内动脉瘤患者。

排除标准:(1)已接受开颅动脉瘤夹闭术或使用常规支架和弹簧圈治疗的患者;(2)严重心肺功能不全、无法耐受手术以及有手术禁忌证的患者;(3)拒绝使用血流导向装置治疗的患者及其家属。

1.3 操作方法 采用 Seldinger 方法,通过股动脉路径利用由 6 Fr 长鞘管、远端通路导管和微导管组成的三联系统到达目标动脉。将微导管推进至目标动脉瘤颈部的远端。通过微导管将血流导向装置推进,并使用适当方法打开并放置在血管壁上。随后进行连续血管造影,以全面显示主动脉流量强度和动脉瘤颈部的情况。在移除系统后,使用经皮封堵剂对股动脉进行止血处理,并在手术后 6~12 个月对患者进行数字减影血管造影复查。术后抗血小板治疗方案如下:对于≤3 个月,每天服用 100 mg 拜阿司匹林加 75 mg 硫酸氢氯吡格雷或 180 mg 替格瑞洛;对于>3 个月,每天服用 100 mg 拜阿司匹林至少持续 1 年。

1.4 统计学方法 使用 Excel 对数据进行整理和统计,连续变量(包括人口统计数据、年龄和手术特征)以 $\bar{x} \pm s$ 表示。分类数据以例数和百分比的形式呈现。

2 结果

2.1 颅内动脉瘤及患者基线特征 在本研究中,我们对 52 名接受史赛克血流导向装置治疗的患者中的 56 个颅内动脉瘤进行了分析。在所有患者中,男性 22 例,女性 30 例。年龄在 30 岁至 81 岁之间,平均年龄为 (52 ± 10) 岁。在纳入的颅内动脉瘤患者中,有 4 人出现头痛症状,1 人出现上眼睑下垂,3 人出现头晕,44 人是在常规体检中发现的。对颅内动脉瘤进行形态学检查后,46 个为囊性动脉瘤,8 个为夹层动脉瘤,2 个形状不规则,动脉瘤的平均大小为 (4.6 ± 3.4) mm。其中有 48 个动脉瘤位于前循环,包括 2 个床突段动脉瘤、2 个后交通段动脉瘤和 44 个颈内动脉眼段动脉瘤。有 8 个动脉瘤位于后循环,均为椎动脉夹层动脉瘤(表 1)。

2.2 治疗结果 共有 52 名颅内动脉瘤患者接受了血流导向装置治疗。其中,49 名患者仅接受了血流导向装置治疗,而有 3 名患者接受了血流导向装置与弹簧圈的联合治疗。随访期为 6~12 个月。有 4 名患

表 1 接受血流导向装置治疗的 52 名患者的人口统计学信息

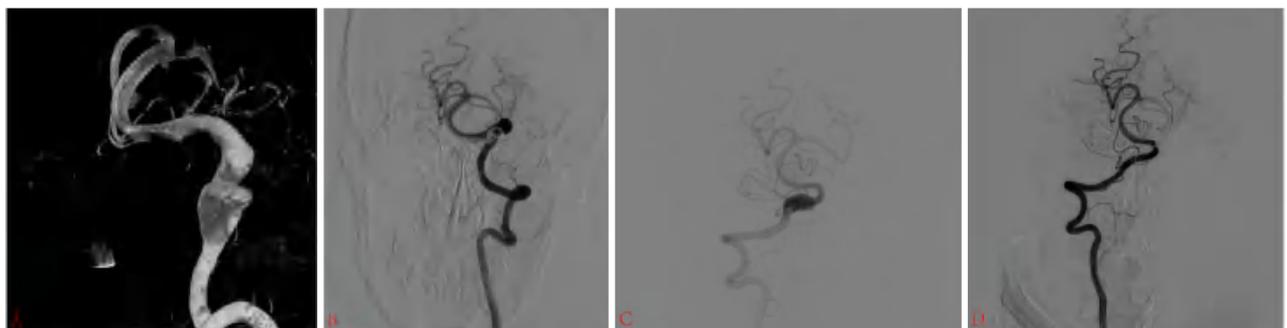
| 分类 | 例数 / 均值 |
|---------------------------------|-----------------|
| 病人总数 (例) | 52 |
| 男 | 30 |
| 女 | 22 |
| 平均年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁) | 52.0 \pm 10.0 |
| 症状 (例) | |
| 头痛 | 4 |
| 上眼睑下垂 | 1 |
| 头晕 | 3 |
| 体检发现 (例) | 44 |
| 动脉瘤形态 (例) | |
| 囊状 | 46 |
| 夹层 | 8 |
| 不规则 | 2 |
| 平均动脉瘤大小 ($\bar{x} \pm s$, mm) | 4.6 \pm 3.4 |
| 动脉瘤大小 (例) | |
| 小 | 41 |
| 中 | 11 |
| 大 | 4 |
| 巨大 | 0 |
| 动脉瘤位置 (例) | |
| 前循环 | 48 |
| 后循环 | 8 |

者失访。48 个动脉瘤完全闭塞, 4 个动脉瘤未完全闭塞, 1 名患者出现密网支架移位复发(需要使用血流导向装置再次治疗), 3 名患者出现了支架近端血管狭窄。图 1 展示了 1 例左侧颈内动脉眼段动脉瘤行血流导向装置植入术, 术后复查动脉瘤大部分不显影,



注: A、B: 术前和术后 6 个月的数字减影血管造影正位片显示, 动脉瘤大部分不显影, 血流导向装置在位良好, 载瘤动脉通畅; C: 左侧颈内动脉眼段动脉瘤术前三维影像; D: 血流导向装置植入后三维影像。

图 1 1 例左侧颈内动脉眼段动脉瘤行血流导向装置植入术



注: A: 左侧椎动脉夹层动脉瘤的术前 3D 图像显示其大小约为 10.0 mm \times 16.0 mm; B: 使用血流导向装置结合弹簧圈进行治疗术后 7 个月复查的图片; C、D: 同一位患者右侧椎动脉夹层动脉瘤在手术前和手术后 6 个月的图像。

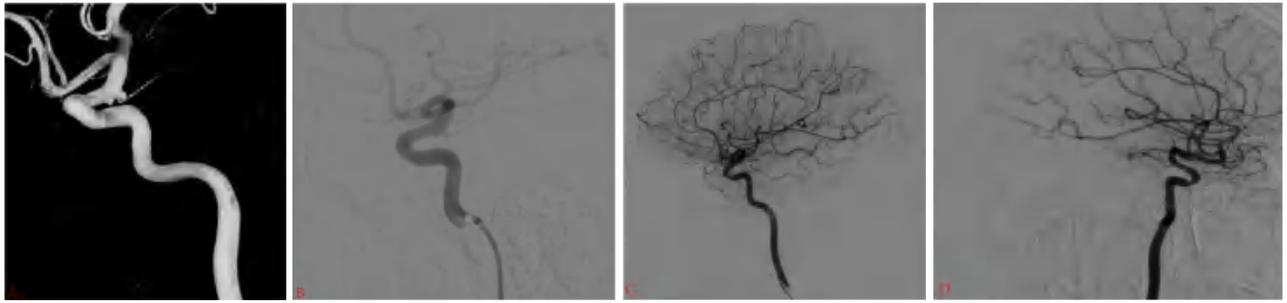
图 2 1 例双侧椎动脉夹层动脉瘤行密网支架辅助弹簧圈栓塞术

图 2 展示了 1 例双侧椎动脉夹层动脉瘤行密网支架辅助弹簧圈栓塞术, 术后复查动脉瘤完全闭塞, 图 3 展示了 1 例左颈内动脉后交通段多发动脉瘤行血流导向装置植入术, 术后复查动脉瘤完全闭塞, 但密网支架近端有轻度狭窄。图 4 展示了 1 例左侧颈内动脉眼段动脉瘤行血流导向装置植入术后复发。根据我们的研究, 在 52 例病例中, 6~12 个月期间随访的 48 名患者中, 48 个显示完全闭塞 (OKM D) 的动脉瘤占 92.30%, 而 4 个显示部分充盈 (OKM B) 的动脉瘤占 7.69%。在 52 名患者中, 6~12 个月随访期间 mRS 评分为 0 的患者比例为 93.75%, mRS 评分为 1 的患者比例为 6.25% (表 2)。

小动脉瘤的完全闭塞率为 87.80%, 中等大小动脉瘤的完全闭塞率为 90.90%, 而大动脉瘤的完全闭塞率为 50%。前循环动脉瘤的完全闭塞率为 85.41%; 后循环动脉瘤的这一比例为 87.50%。在前循环动脉瘤中, 床突段动脉瘤的完全闭塞率为 0, 眼动脉段动脉瘤的完全闭塞率为 90.90%, 后交通段动脉瘤的完全闭塞率为 50% (表 3)。

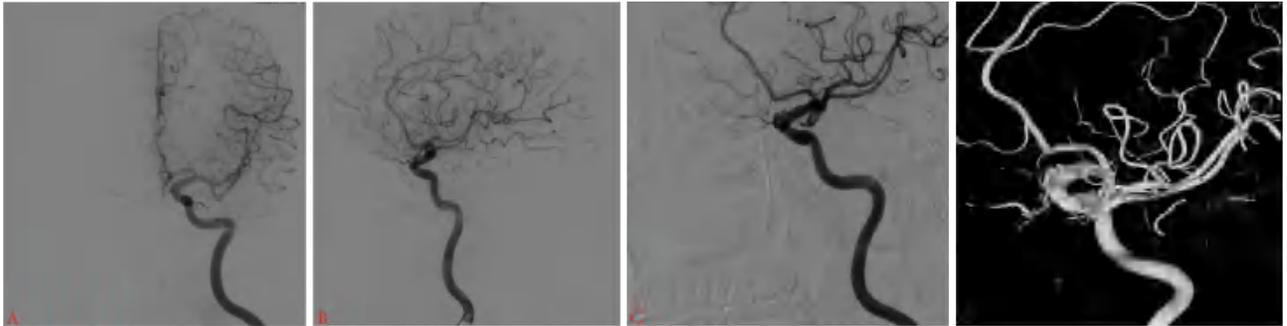
3 讨论

关于颅内动脉瘤的治疗方式, 开颅夹闭术和血管内治疗一直存在争议。总体而言, 对于前循环或后循



注:A、B:左颈内动脉后交通段的术前和术后影像图,该部位存在多个动脉瘤。近端动脉瘤的大小约为 2.0 mm × 1.2 mm,远端动脉瘤的大小约为 2.0 mm × 2.0 mm; C、D:术后 6 个月进行了数字减影血管造影复查。动脉瘤不显影,载瘤动脉通畅,密网支架近端有轻度狭窄。

图 3 1 例左颈内动脉后交通段多发动脉瘤行血流导向装置植入术



注:A、B:左侧颈内动脉眼段动脉瘤的正侧位显示其形状不规则,具有分叶状特征,大小约为 1.2 mm × 1.5 mm; C、D:血流导向装置向远端移动。支架的远端位于颈内动脉分叉处的末端,而近端则位于眼动脉段内。动脉瘤仍清晰可见。

图 4 1 例左侧颈内动脉眼段动脉瘤行血流导向装置植入术后复发

表 2 结果及随访数据 [% (n/n)]

| 分类 | 结果 |
|-------------------------|---------------|
| DSA 显示的动脉瘤闭塞情况 (OKM 分级) | 92.86 (52/56) |
| 无充盈 (D) | 92.30 (48/52) |
| 残余颈部 <5% (C) | 0 (0/52) |
| 不完全充盈 5%~95% (B) | 7.69 (4/52) |
| 完全充盈 >95% (A) | 0 (0/52) |
| 6-12 月 mRS 评分 | 92.31 (48/52) |
| 0 | 93.75 (45/48) |
| 1 | 6.25 (3/48) |
| 2 | 0 (0/48) |
| 3 | 0 (0/48) |
| 4 | 0 (0/48) |
| 5 | 0 (0/48) |
| 6 | 0 (0/48) |

注:DSA:数字减影血管造影;OKM:奥凯利-马罗塔分级标准;mRS:改良 Rankin 量表。

表 3 不同亚组动脉瘤的闭塞率(采用改良的兰金分类法和雷蒙·罗伊分类法) [% (n/n)]

| 闭塞率 | 完全 | 部分 |
|---------|---------------|-------------|
| 小动脉瘤 | 87.80 (36/41) | 4.87 (2/41) |
| 中动脉瘤 | 90.90 (10/11) | 9.09 (1/11) |
| 大动脉瘤 | 50.00 (2/4) | 25.00 (1/4) |
| 前循环 | 85.41 (41/48) | 8.33 (4/48) |
| 后循环 | 87.50 (7/8) | 0 (0/8) |
| 床突段动脉瘤 | 0 (0/2) | 50 (1/2) |
| 眼段动脉瘤 | 90.90 (40/44) | 4.54 (2/44) |
| 后交通段动脉瘤 | 50 (1/2) | 50 (1/2) |

环中破裂的动脉瘤且患者临床状况良好的患者而言,血管内弹簧圈栓塞的治疗效果更佳。一些研究还发现^[12],血管内弹簧圈栓塞和夹闭术的长期疗效相似,但血管内治疗后发生脑积水的风险更高。随着显微外科手术和血管内技术的不断快速发展,对于哪种方法更适用的标准以及患者和动脉瘤的特征一直在不断细化。一般来说,开颅夹闭术适用于脑实质内的大血肿和大脑中动脉的动脉瘤。血管内治疗通常是对老年患者和未破裂颅内动脉瘤的首选治疗方法。血管内弹簧圈栓塞是治疗颅内动脉瘤常用的方法^[13-14]。然而,这种手术存在长期再破裂的风险(每年再出血的风险为 0.7%)。此外,通过使用弹簧圈栓塞法,那些结构复杂的颅内动脉瘤可能无法仅通过该方法进行治愈。尽管脑动脉瘤可以通过血管内方法进行治疗,除了弹簧圈栓塞和闭塞方法之外,目前的血管内治疗方式还可以通过针对动脉瘤所在血管壁进行重建,而非直接治疗动脉瘤囊,这可能会更有效,并有可能降低复发率。血流导向装置用于通过针对导致动脉瘤的动脉壁来治疗颅内动脉瘤^[15-16]。研究表明,与弹簧圈栓塞相比,血流导向装置对动脉瘤的闭塞率更高,且并发症较少。研究发现^[17-19],Tubridge 血流导向装置在治疗小至中等规模的颅内动脉瘤方面能够实现高闭塞率、低发病率和低死亡率。另一项针对中国小型至中型颅内动脉瘤治疗的 Pipeline 血流导向装置的研究也显示^[20],手

术成功率高,动脉瘤闭塞率显著,发病率和死亡率低。一些研究还发现^[21],Pipeline 血流导向装置在串联动脉瘤中实现了高闭塞率和低症状性血栓栓塞并发症发生率,并降低了动脉瘤破裂的风险^[22-23]。

在本研究中,我们使用了史赛克血流导向装置来治疗颅内动脉瘤。在 6~12 个月的随访期间,我们发现颅内动脉瘤的闭塞率为 92.30%。有 1 名患者出现了血流导向装置向远端移位的情况,这可能与神经外科医生对支架尺寸的选择不当有关。我们的研究结果表明,使用血流导向装置治疗未破裂的颅内动脉瘤是安全有效的。在安全性和有效性方面,其闭塞率与之前使用其它血流导向装置的研究结果相当。我们承认本研究存在一定的局限性。首先,我们的研究是一个单中心的回顾性研究,样本量较小。其次,我们的研究没有设立对照组,因此无法将本研究的安全性和有效性与市场上其它血流导向装置进行比较。

我们的研究表明,这种血流导向装置对于颅内动脉瘤是安全且有效的,并且能够实现较高的稳定闭塞率。然而,还需要在更多领域进行更多的研究。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Xu Z, Rui YN, Hagan JP, et al. Intracranial aneurysms: pathology, genetics, and molecular mechanisms[J]. *Neuromolecular Med*, 2019, 21(4): 325-343.
- [2] Wang SP, Wang JD, Chang JH, et al. Symptomatic remission affects employment outcomes in schizophrenia patients[J]. *BMC Psychiatry*, 2020, 20(1): 219.
- [3] Merritt WC, Berns HF, Ducruet AF, et al. Definitions of intracranial aneurysm size and morphology: a call for standardization[J]. *Surg Neurol Int*, 2021, 12: 506.
- [4] Lawton MT, Vates GE. Subarachnoid hemorrhage[J]. *N Engl J Med*, 2017, 377(3): 257-266.
- [5] Jiang B, Paff M, Colby GP, et al. Cerebral aneurysm treatment: modern neurovascular techniques[J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2016, 1(3): 93-100.
- [6] Molyneux A, Kerr R, Stratton I, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomized trial[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2002, 11(6): 304-314.
- [7] Spetzler RF, McDougall CG, Zabramski JM, et al. The barrow ruptured aneurysm trial: 6-year results[J]. *J Neurosurg*, 2015, 123(3): 609-617.
- [8] Gory B, Turjman F. Endovascular treatment of 404 intracranial aneurysms treated with nexus detachable coils: short-term and mid-term results from a prospective, consecutive, European multicenter study[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2014, 156(5): 831-837.
- [9] Piotin M, Blanc R, Spelle L, et al. Stent-assisted coiling of intracranial aneurysms: clinical and angiographic results in 216 consecutive aneurysms[J]. *Stroke*, 2010, 41(1): 110-115.
- [10] Colby GP, Paul AR, Radvany MG, et al. A single center comparison of coiling versus stent assisted coiling in 90 consecutive paraophthalmic region aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2012, 4(2): 116-120.
- [11] Nelson PK, Lylyk P, Szikora I, et al. The pipeline embolization device for the intracranial treatment of aneurysms trial[J]. *AJNR*, 2011, 32(1): 34-40.
- [12] Lindgren A, Vergouwen MD, van der Schaaf I, et al. Endovascular coiling versus neurosurgical clipping for people with aneurysmal subarachnoid haemorrhage[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2018, 8(8): Cd003085.
- [13] Sharma D. Perioperative management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage[J]. *Anesthesiology*, 2020, 133(6): 1283-1305.
- [14] Connolly ES, Rabinstein AA, Carhuapoma JR, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/american Stroke Association[J]. *Stroke*, 2012, 43(6): 1711-1737.
- [15] Briganti F, Leone G, Marseglia M, et al. Endovascular treatment of cerebral aneurysms using flow-diverter devices: a systematic review[J]. *Neuroradiol J*, 2015, 28(4): 365-375.
- [16] Saatci I, Yavuz K, Ozer C, et al. Treatment of intracranial aneurysms using the pipeline flow-diverter embolization device: a single-center experience with long-term follow-up results[J]. *AJNR*, 2012, 33(8): 1436-1446.
- [17] Pierot L. Flow diverter stents in the treatment of intracranial aneurysms: where are we?[J]. *J Neuroradiol*, 2011, 38(1): 40-46.
- [18] Raymond J, Guilbert F, Weill A, et al. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils[J]. *Stroke*, 2003, 34(6): 1398-1403.