

## •神经介入 Neurointervention•

## 血流导向装置治疗大脑前动脉动脉瘤的安全性及疗效分析

马武林, 安梦思, 刘 烁, 管 生, 郭新宾

**【摘要】目的** 探讨血流导向装置(FD)治疗大脑前动脉动脉瘤的安全性和疗效。**方法** 回顾性分析 2019 年 2 月至 2022 年 8 月郑州大学第一附属医院神经介入科收治的 FD 治疗大脑前动脉动脉瘤 24 例。术后采用 O'Kelly Marotta(OKM)分级标准判断动脉瘤的闭塞程度,采用改良 Rankin 量表评分(mRS)评估临床预后(0~2 分为预后良好,3~5 分为预后不良)。**结果** 24 例患者(24 枚动脉瘤)共置入 24 枚支架,支架置入成功率为 100%。围手术期发生 2 例(8.3%)并发症,1 例为出血性事件,1 例为缺血性事件。术后随访 24 例患者中 mRS 评分均 $\leq 2$ 分。随访中 24 例患者经影像学检查,OKM 分级 B 级 2 例(8.3%),C 级 6 例(25%),其余 16 例(66.7%)患者完全愈合(D 级)。**结论** FD 是一种安全和有效的治疗大脑前动脉动脉瘤的方式。术后和长期随访结果中没有严重的缺血性或出血性并发症,也没有观察到神经病学并发症。

**【关键词】** 血流导向装置;颅内动脉瘤;大脑前动脉

中图分类号:R743.4 文献标志码:A 文章编号:1008-794X(2024)-07-0711-06

**Flow-diverter devices for the treatment of anterior cerebral artery aneurysms: analysis of its safety and efficacy** MA Wulin, AN Mengsi, LIU Shuo, GUAN Sheng, GUO Xinbin. Department of Neurointervention, First Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan Province 450052, China

Corresponding author: GUO Xinbin, E-mail: gxb3906080@sina.com

**【Abstract】Objective** To investigate the safety and efficacy of flow-directed devices (flow diverter, FD) in the treatment of intracranial anterior cerebral artery aneurysms (ACAA). **Methods** The clinical data of 21 patients with ACAA, who were admitted to the Department of Neurointerventional Medicine of the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University of China to receive FD treatment between February 2019 and August 2022, were retrospectively analyzed. After the treatment, O'Kelly Marotta (OKM) grading criteria was used to determine the degree of occlusion of the aneurysm, and the modified Rankin Scale(mRS) score was adopted to assess the clinical prognosis (0-2 points being defined as a good prognosis, and 3-5 points being defined as a poor prognosis). **Results** A total of 24 FD stents were implanted in 24 patients (24 aneurysms in total), and the technical success rate of stent implantation was 100%. During the perioperative period, complications occurred in 2 patients (8.3%), including hemorrhagic event ( $n=1$ ) and ischemic event ( $n=1$ ). The mRS score in all the 24 patients was  $\leq 2$  points. Follow-up imaging examination showed that OKM grade B was seen in 2 patients (8.3%), grade C in 6 patients (25%), and grade D (complete healing) in 16 patients (66.7%). **Conclusion** For the treatment of ACAA, the FD stent implantation is a safe and effective method. During the postoperative and the long-term follow-up period, neither serious ischemic or hemorrhagic complications nor neurological complications are observed. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 711-716)

**【Key words】** flow diverter; intracranial aneurysm; anterior cerebral artery

血流导向装置(flow diverter,FD)的出现使得将动脉瘤从血液循环中排除出去并重建载瘤动脉的

能力有了巨大的进步<sup>[1]</sup>。其原理是重新引导载瘤动脉的血流方向,减少对瘤囊内的冲击,从而促进瘤

囊内的血流滞留并形成血栓,通过支架内壁和瘤颈口的内皮再生来重建载瘤动脉<sup>[2-3]</sup>。

大脑前动脉是动脉瘤形成的常见位置,尤其是前交通动脉动脉瘤<sup>[4]</sup>;与其他位置相比,破裂出血的风险会更高<sup>[5-6]</sup>。另外,伴随细小的穿支发出<sup>[7]</sup>,纤细的载瘤动脉<sup>[8]</sup>等特殊的解剖结构,使得大脑前动脉动脉瘤使用外科或传统的血管内治疗会更加具有挑战性。

近期 FD 的超适应证范围使用的经验越来越多<sup>[9-10]</sup>。FD 治疗颅内动脉瘤中国指南也对此做了相关描述和指导<sup>[11]</sup>。其中,大脑前动脉动脉瘤的治疗也得到了很多的经验积累,但很少有研究详细讨论关于 FD 治疗大脑前动脉动脉瘤的安全性和有效性。本文回顾性分析了 FD 治疗的 24 例大脑前动脉动脉瘤患者的临床和影像学资料,探讨 FD 治疗大脑前动脉动脉瘤的安全性和疗效。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

回顾性分析 2019 年 2 月到 2022 年 9 月在郑州大学第一附属医院神经介入科经 FD 治疗的大脑前动脉动脉瘤,共 24 例患者(24 枚动脉瘤)纳入研究。其中女性患者 12 例(50%),男性患者 12 例(50%);年龄( $51.9\pm 13$ )岁;6 例(25%)患者有吸烟史,14 例(58.3%)患者有高血压病,仅有 4 例(16.7%)患者有糖尿病;有 8 例(33.3%)患者出现头晕症状,其中 1 例患者伴全身麻木。有 5 例(20.8%)患者出现头痛。有 2 例动脉瘤破裂出血恢复期的患者 Hunt-Hess 评分分别为Ⅱ级和Ⅲ级,后者入院时有视物成双的临床表现。共计 3 例(12.5%)患者出现轻微程度的肌力下降,不影响正常生活。共 3 例前交通段动脉瘤患者(12.5%)出现视觉上的症状。本研究符合《赫尔辛基宣言》原则,患者和家属均知情同意并签署治疗知情同意书。

### 1.2 影像学资料

所有患者术前均行全脑数字减影血管造影(DSA)检查,有 2 例动脉瘤为破裂恢复期。大部分大脑前动脉动脉瘤位于前交通动脉( $n=11, 45.8\%$ ),近端 A1 段仅 2 例(8.3%),而 A2 至胼周动脉远端的动脉瘤 11 例(45.8%),动脉瘤大小为 5.4 mm[SD 0.51;范围(1.9~15.8 mm)]。载瘤动脉近端直径  $2.2\pm 0.6$  mm,载瘤动脉远端直径  $2\pm 0.5$  mm;动脉瘤的颈宽为  $5\pm 2.7$  mm,瘤宽  $4.9\pm 3$  mm,瘤高  $4\pm 2.6$  mm。22 例(91.7%)患者的动脉瘤形态学为囊状,但 5 例为不

规则形状,其中 4 例有子囊,破裂风险较高。仅有 1 例(4.2%)左侧 A2 段夹层动脉瘤和 1 例(4.2%)右侧 A1 段梭状动脉瘤。有 2 例动脉瘤有治疗史,1 例为外科手术夹闭,1 例为弹簧圈栓塞。术前造影显示 17 例(70.8%)患者前交通开放,治疗后造影显示 16 例(66.7%)患者前交通开放见表 1。

表 1 动脉瘤特征

参数	数值( $n=24$ )
位置[ $n(\%)$ ]	
A1	2(8.3)
Acom	11(45.8)
A2 到胼周	11(45.8)
大小[ $n(\%)$ ]	
<5 mm	12(50.0)
5~10 mm	10(41.7)
>10 mm	2(8.3)
形状[ $n(\%)$ ]	
囊状	22(91.7)
夹层	1(4.2)
梭状	1(4.2)
破裂[ $n(\%)$ ]	2(8.3)
瘤颈宽(mm, $\bar{x}\pm s$ )	$5\pm 2.7$
瘤宽(mm, $\bar{x}\pm s$ )	$4.9\pm 3$
瘤高(mm, $\bar{x}\pm s$ )	$4\pm 2.6$
载瘤动脉近端直径(mm, $\bar{x}\pm s$ )	$2.2\pm 0.6$
载瘤动脉远端直径(mm, $\bar{x}\pm s$ )	$2\pm 0.5$

### 1.3 抗血小板治疗管理

所有患者在术前服用阿司匹林(100 mg/d)和氯吡格雷(75 mg/d)。连续服用 3~5 d 后检查血栓弹力图,AA 抑制率和 ADP 抑制率调整到 30~35 以上。此后,每日口服阿司匹林(100 mg/d)联合氯吡格雷(75 mg/d);连续服用 6 个月后,根据复查结果,改为阿司匹林 100 mg/d,并持续口服 12 个月。根据患者 DSA 随访结果个体化调整用药。

### 1.4 手术操作

手术均在全身麻醉并且全身肝素化(肝素钠 50~70 U/kg)下进行,经右侧股动脉置入 7 F 动脉鞘(COOK 公司,美国),先配合 0.035 水膜导丝在透视下引入 5 F 中间导管(eV3 公司,美国)。选择合适工作投照位,路径图下先以微导丝配合 Marksman 微导管超选至目标动脉瘤处,根据动脉瘤瘤颈的宽度和载瘤动脉的直径,选择不同型号的 FD。然后经导管释放 FD,常规行支架内微导丝按摩。对于不规则形状的动脉瘤给予弹簧圈填塞。

### 1.5 有效性和安全性评估

术后常规行全脑血管造影术,评估动脉瘤愈合情况、载瘤动脉、远端分支显影情况。应用 O'Kelly Marotta(OKM)分级<sup>[12]</sup>标准评估动脉瘤愈合情况。随

访优先选择 DSA, 其次是磁共振血管造影(MRA)。基于最后一次随访时的影像学资料记录动脉瘤愈合情况、供血动脉狭窄和目标动脉瘤再治疗情况。在患者术前、术后和随访时,采用改良 Rankin 量表<sup>[13]</sup>(mRS)评分评估临床疗效(mRS 评分 0~2 分为预后良好,mRS 评分 3~6 分为预后不良)。

## 2 结果

### 2.1 手术结果

24 例患者中,20 枚动脉瘤(83.3%)使用 Pipeline, 4 枚(16.7%)使用 Tubridg(微创神通,中国上海)。Pipeline 支架为国家药监局(NMPA)于 2017 年认证的第三代技术 Pipeline™ Flex 血流导向密网支架。其中 5 例(20.8%)患者联合使用弹簧圈栓塞。全部支架释放后打开和贴壁良好。

### 2.2 有效性分析

术后即刻 DSA 显示,根据动脉瘤的充盈情况分级,4 枚动脉瘤(16.7%)为 OKM D 级动脉瘤完全愈合(3 枚联合弹簧圈栓塞);5 枚(20.8%)动脉瘤显示为 OKM C 级,仅有瘤颈口显示轻微的对比例残余;12 枚(50%)为 OKM B 级和 3 枚为 OKM A 级(12.5%),见表 2 和图 1。

末次随访 DSA 结果显示,16 例(66.7%)患者的动脉瘤完全愈合达到 OKM D 级。仍有 6 例(25%)患者的动脉瘤仍存在瘤颈口对比剂残余,为 OKM C 级。2 例(8.3%)患者的动脉瘤未愈合,瘤腔内还存在对比剂充盈为 OKM B 级见表 2。

共有 4 例(16.7%)患者在随访中出现支架内狭窄,其中 3 例为轻中度支架内狭窄( $\leq 50\%$ ),另有 1 例患者出现重度的支架内狭窄( $> 90\%$ )。但均未出现神经病学症状。

表 2 术后即刻和随访 DSA 结果 [n(%)]

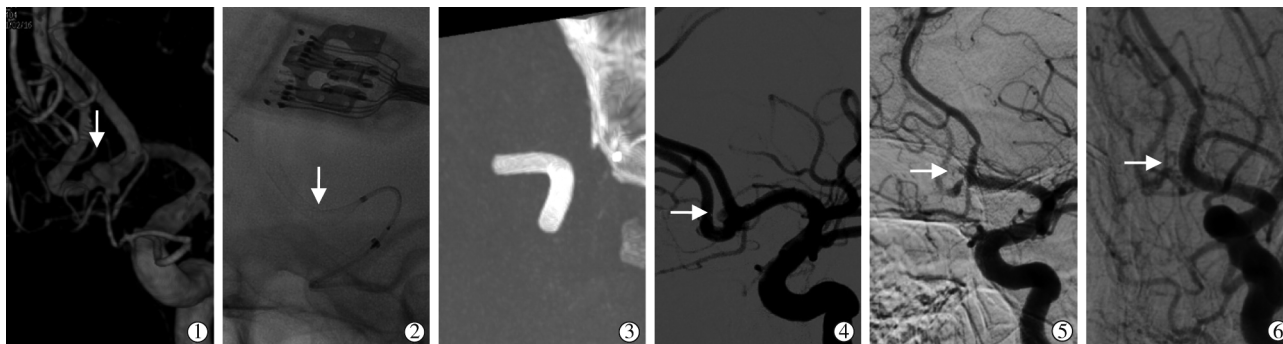
影像学随访	术后即刻 DSA	随访 DSA (平均 13.5 个月)	P 值
OKM A	3(12.5)	0	<0.001
OKM B	12(50.0)	2(8.3)	
OKM C	5(20.8)	6(25.0)	
OKM D	4(16.7)	16(66.7)	

### 2.3 安全性分析

患者入院时的基线临床资料显示有 10 例患者(41.7%)术前 mRS 评分为 0 分,13 例(54.2%)患者术前 mRS 评分为 1~2 分。1 例患者 mRS 评分为 3 分。在术后 1 周内进行的影像学复查显示,有 7 例(29.2%)患者的磁共振图像上出现小的点灶状的梗死。所有患者随访时的临床 mRS 评分均 $\leq 2$ 分。

术后 1 例(4.2%)患者出现急性或亚急性脑梗死,患者左上肢肌力下降,mRS 评分为 2 分。另外有 2 例脑梗死恢复期入院的患者,1 例患者术前 mRS 评分为 2 分,右侧肢体肌力 IV 级,右下肢病理征阳性,CTA 检查发现颅内动脉瘤,术后和出院时未出现明显改变。另外 1 例患者术前 mRS 评分为 1 分,表现为视物模糊,出院时恢复正常。

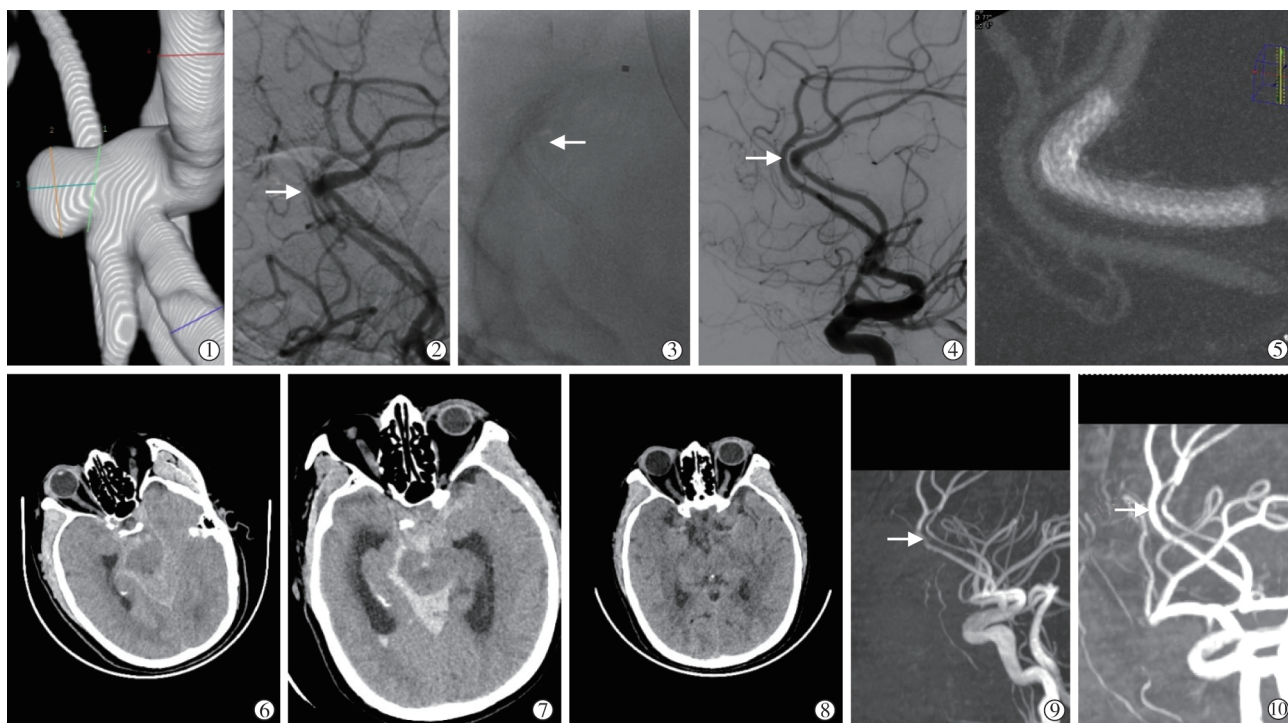
术前 mRS 评分为 3 分的患者为破裂动脉瘤恢复期入院,有动脉瘤弹簧圈栓塞史,发病时表现为剧烈头痛,Hunt-Hess II 级,且出现意识模糊、躁动。另 1 例破裂动脉瘤患者,蛛网膜下腔出血恢复期,出现剧烈头痛,Hunt-Hess II 级,Fisher I 级。2 例患者出院和随访时恢复良好,mRS 评分均 $\leq 2$ 分。有 1 例(4.2%)术后出血性事件的患者,术后 mRS 评分为 3 分,出现嗜睡、肌力下降的临床表现。该患者术后连续 3 d 的脑 CT 平扫显示脑池出血量增加达到 Fisher II 级。使用脱水降颅压药物后,第 4 天复查 CT 显示出血量开始减少,病灶开始吸收。最终该患者出院时 mRS 评分为 1 分见图 2。



①患者术前 3D 造影显示前交通处不规则囊状动脉瘤;②③CT 显示术中支架完全释放,贴壁良好;④术后即刻造影显示支架内畅通;⑤半年随访显示,动脉瘤腔内仍有对比剂残余;⑥2 年随访显示动脉瘤完全愈合,无载瘤动脉狭窄

图 1 典型病例 1:前交通段动脉瘤的 FD 治疗





①②术前 3D 造影显示患者 A3 段动脉瘤;③术中支架释放良好完全展开;④术后即刻造影显示支架内畅通;⑤CT 显示支架贴壁良好;⑥术后第 1 天 CT 小脑幕和大脑镰少量出血;⑦术后第 4 天 CT 显示脑池内出血量达到高峰;⑧出院时 CT 显示出血大部分吸收;⑨⑩术后 1 年半随访 MRI 显示支架内轻度狭窄,动脉瘤愈合

图 2 典型病例 2:A3 段动脉瘤 FD 治疗后迟发性破裂

### 3 讨论

到目前为止,在适应证范围内 FD 可以有效地治疗 Willis 环处动脉瘤,具有手术方式简单,治疗效率高和复发率低等优点<sup>[14-15]</sup>。但对于大脑前动脉瘤的 FD 治疗相关研究仍较少,本研究的目的是分析 FD 治疗颅内大脑前动脉瘤的安全性和疗效。

FD 治疗动脉瘤具有愈合率和随访时间呈正比的特点。在本研究平均 13.5 个月的随访中,16 例(66.7%)动脉瘤完全愈合(OKM D);并且在至少有 6 个月随访期的 20 例患者中,动脉瘤完全愈合 12 例(65%)达到 OKM D 级;在至少有 12 个月随访的 10 例患者中,共 8 例(80%)动脉瘤达到 OKM D 级。同样在 Porto 等<sup>[16]</sup>关于 24 例大脑前动脉远端动脉瘤患者的多中心回顾性研究中,接受 FD 治疗的 17/24(89.5%)例动脉瘤在最后一次随访中完全愈合。以及在 Cagnazzo 等<sup>[17]</sup>远端大脑前动脉瘤 FD 治疗的大样本研究中,共 23 例接受 FD 治疗的患者,总的完全阻塞率为 79%和 5 例(21%)不完全愈合。另外,FD 的应用可以避免在治疗过程中因微导管进入瘤腔内操作造成动脉瘤破裂的风险<sup>[18]</sup>。所以,对于具有尺寸普遍较小和载流动脉纤细特点的大脑

前动脉动脉瘤是非常适用的。在本研究中纳入的 12 例小尺寸(<5 mm)动脉瘤中未出现手术相关的并发症,有 10 例(83.3%)在最后一次随访中完全或接近完全愈合(OKM C,D)。在 Akgul 等<sup>[19]</sup>大脑前循环小尺寸(<5 mm)动脉瘤 FD 研究中,46 例接受 FD 治疗的患者中仅有 2 例(3.0%)不完全愈合。上述结果证明,FD 在治疗大脑前动脉动脉瘤中有特殊优势及较高的动脉瘤愈合率。

前交通段是大脑前动脉动脉瘤发病率最高的位置,也是颅内动脉瘤出血的独立风险因素之一。在本研究纳入的 11 例前交通段动脉瘤中,治疗后未出现缺血性或出血性并发症,最后一次随访中愈合率达到 81.8%(9 例)。证明 FD 治疗前交通段动脉瘤的可行性,患者很少出现严重的神经病学症状,动脉瘤完全愈合率高,与相关研究报道的结果类似<sup>[10, 20]</sup>。相关的研究,包括 Cagnazzo 等<sup>[10]</sup>148 枚未破裂的囊状大脑前交通动脉瘤的系统性回顾及 Meta 分析、Dabus 等<sup>[21]</sup>用血流导向密网支架(PED)治疗 20 枚大脑前动脉动脉瘤的研究,前交通段动脉瘤的愈合率分别为 87.6%和 81%。

蛛网膜下腔出血的高致死率和治疗动脉瘤形态学的挑战在 Alpay 等<sup>[22]</sup>的研究中证明了 FD 治疗

急性破裂动脉瘤的正确性。本研究中包括 2 例动脉瘤破裂恢复期接受治疗的患者,仅单独使用 FD 后患者的临床症状得到明显改善,复查影像显示出血减少。而 1 例 A3 段多分支动脉瘤的患者,在单独 FD 治疗后发生了迟发性出血,考虑和入院后第 3 天阿司匹林改为替格瑞洛口服,加上支架置入后瘤腔内压力增高有关,见图 2。该患者经过脱水降颅压治疗后无需再次手术治疗,最终出院时 mRS 评分为 2 分。有研究认为,迟发性破裂的动脉瘤具有一定的形态学共性,单纯的 FD 治疗并不能避免动脉瘤的破裂<sup>[23]</sup>。但对于有破裂史动脉瘤患者,在弹簧圈可能不完全栓塞动脉瘤的情况下,可以采用 FD 作为延迟治疗<sup>[24]</sup>。

本研究术后影像学复查显示,7 例(29.2%)患者脑磁共振图像上出现小的点灶状的梗死,均未出现责任血管相关的神经病学功能障碍。相关的研究,Bhogal 等<sup>[25]</sup>报道 20 例平均血管造影随访 3.1 个月的 FD 治疗后大脑前动脉动脉瘤患者,结果显示所有被覆盖分支均保持通畅。而研究中 1 例(4.2%)术后出现急性或亚急脑梗死的患者,考虑载瘤动脉狭窄导致低灌注,随后出现左上肢肌力下降,在给予替罗非班持续泵入后肌力逐渐恢复,但在最后一次随访时出现支架内中度狭窄。前瞻性的未栓塞或栓塞失败的动脉瘤血流导向治疗(PUFS)试验<sup>[1]</sup>包括 107 例 PED,其缺血性卒中率为 2.8%。同样,在 Akgul 等<sup>[19]</sup>的共 46 例患者接受 FD 治疗的研究中,仅有 2 例(4.6%)患者有临床并发症,其中 1 例为无症状的缺血性并发症。本研究中随访的所有患者 mRS 评分均 $\leq 2$  分,没有出现神经病学相关的并发症。在 Cagnazzo 等<sup>[17]</sup>共 23 例远端大脑前动脉动脉瘤的研究<sup>[17]</sup>中,随访中仅有 2 例(8.7%)患者发生神经病学的不良预后(mRS $>2$ )。证明了 FD 治疗大脑前动脉动脉瘤出现相关缺血事件可能性较低,并且较少表现出临床症状,加强抗血小板药物可以改善患者预后<sup>[26]</sup>。

本研究中共 4 例(16.7%)患者在随访中(平均 10.5 个月)出现了支架内狭窄,均位于 A2 段及远端(平均载瘤动脉直径为 1.9 mm,平均支架直径为 2.6 mm),在强化他汀类降脂和抗血小板治疗后均无需再次手术治疗。类似的国产 Tubridge 血流导向装置治疗中小型颅内动脉瘤的研究<sup>[27]</sup>报道,随访中(平均 6.6 个月)有 4 例(17.4%)无症状性支架内膜增生伴轻度狭窄。相关研究报道<sup>[28]</sup>,FD 支架内膜会发生不同程度的增生,狭窄的发生率为

3.5%~15.8%,且多数情况下无症状。支架内狭窄与动脉粥样硬化以及相关的血管危险因素有关,可以通过强化降脂和抗血小板药物来改善预后<sup>[29]</sup>。

研究证明,使用 FD 是一种安全有效的治疗大脑前动脉动脉瘤的方式,在术后和长期随访的过程中治疗动脉瘤的远期愈合率高。虽然可能会在纤细的大脑前动脉远端置入 FD 后发生支架内狭窄,但患者较少出现严重的神经病学并发症或死亡事件。因为该研究是一个回顾性的研究,样本量有限,随访时间较短,因此需要更大的样本量和更长的随访时间,或前瞻性的研究来验证这些发现。

#### [参考文献]

- [1] Becske T, Kallmes DF, Saatci I, et al. Pipeline for uncoilable or failed aneurysms: results from a multicenter clinical trial [J]. *Radiology*, 2013, 267: 858-868.
- [2] Ionita CN, Natarajan SK, Wang W, et al. Evaluation of a second-generation self-expanding variable-porosity flow diverter in a rabbit elastase aneurysm model [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32: 1399-1407.
- [3] 蒋春雨,王建波.血流导向装置在颅内动脉瘤介入治疗中的应用 [J]. *介入放射学杂志*, 2014, 23:267-271.
- [4] 王莉,施昭,孔祥,等.大脑前动脉 A1 段发育不良和分叉角度与前交通动脉瘤形成的相关性 [J]. *首都医科大学学报*, 2022, 43:61-66.
- [5] Investigators UJ, Morita A, Kirino T, et al. The natural course of unruptured cerebral aneurysms in a Japanese cohort [J]. *N Engl J Med*, 2012, 366: 2474-2482.
- [6] Juvela S, Poussa K, Lehto H, et al. Natural history of unruptured intracranial aneurysms: a long-term follow-up study [J]. *Stroke*, 2013, 44: 2414-2421.
- [7] Suzuki M, Onuma T, Sakurai Y, et al. Aneurysms arising from the proximal (A1) segment of the anterior cerebral artery. A study of 38 cases [J]. *J Neurosurg*, 1992, 76: 455-458.
- [8] Hernesniemi J, Tapaninaho A, Vapalahti M, et al. Saccular aneurysms of the distal anterior cerebral artery and its branches [J]. *Neurosurgery*, 1992, 31: 994-998.
- [9] Yan Y, Zhu D, Tang H, et al. Safety and efficacy of flow diverter treatment for aneurysm in small cerebral vessels: a systematic review and meta-analysis [J]. *World Neurosurg*, 2018, 115: 54-64.
- [10] Cagnazzo F, Limbucci N, Nappini S, et al. Flow-diversion treatment of unruptured saccular anterior communicating artery aneurysms: a systematic review and meta-analysis [J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2019, 40: 497-502.
- [11] 中国医师协会神经外科医师分会神经介入专业委员会,中国医师协会介入医师分会神经介入专业委员会.血流导向装置治疗颅内动脉瘤中国指南 [J]. *中华神经外科杂志*, 2022, 38: 433-441.
- [12] O'Kelly CJ, Krings T, Fiorella D, et al. A novel grading scale for

- the angiographic assessment of intracranial aneurysms treated using flow diverting stents[J]. *Interv Neuroradiol*, 2010, 16: 133-137.
- [13] Banks JL, Marotta CA. Outcomes validity and reliability of the modified Rankin scale: implications for stroke clinical trials: a literature review and synthesis[J]. *Stroke*, 2007, 38: 1091-1096.
- [14] Kim J, Hwang G, Kim BT, et al. Safety and efficacy of flow diverter therapy for unruptured intracranial aneurysm compared to traditional endovascular strategy: a multi-center, randomized, open-label trial[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2022, 65: 772-778.
- [15] Fu Y, Fan F, Li J, et al. Willis covered stent in the treatment of a recurrent blood blister-like aneurysm after pipeline implementation: a case report[J]. *J Interv Med*, 2023, 6: 96-98.
- [16] Porto GBF, Al Kasab S, Sattur MG, et al. Endovascular management of distal anterior cerebral artery aneurysms: a multicenter retrospective review[J]. *World Neurosurg*, 2021, 154: e421-e427.
- [17] Cagnazzo F, Fanti A, Lefevre PH, et al. Distal anterior cerebral artery aneurysms treated with flow diversion: experience of a large-volume center and systematic review of the literature[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13: 42-48.
- [18] Schuette AJ, Hui FK, Spiotta AM, et al. Endovascular therapy of very small aneurysms of the anterior communicating artery: five-fold increased incidence of rupture[J]. *Neurosurgery*, 2011, 68: 731-737.
- [19] Akgul E, Onan HB, Bilgin SS, et al. Flow diverter stents in the treatment of cerebral aneurysms less than 5 mm[J]. *Turk Neurosurg*, 2021, 31: 31-37.
- [20] Sultan - Qurraie A, Sattar A, Wazni W, et al. Anterior communicating artery aneurysm treatment with the pipeline embolization device: a single-center experience with long-term follow-up[J]. *Interv Neurol*, 2017, 6: 126-134.
- [21] Dabus G, Grossberg JA, Cawley CM, et al. Treatment of complex anterior cerebral artery aneurysms with Pipeline flow diversion: mid-term results[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9: 147-151.
- [22] Alpay K, Hinkka T, Lindgren AE, et al. Finnish flow diverter study: 8 years of experience in the treatment of acutely ruptured intracranial aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14: 699-703.
- [23] 周宇, 李嘉楠, 吕楠, 等. 血流导向装置置入术后动脉瘤迟发性破裂的临床特征分析[J]. *中国脑血管病杂志*, 2021, 18: 168-173.
- [24] Limbucci N, Leone G, Renieri L, et al. Expanding indications for flow diverters: distal aneurysms, bifurcation aneurysms, small aneurysms, previously coiled aneurysms and clipped aneurysms, and carotid cavernous fistulas[J]. *Neurosurgery*, 2020, 86: S85-S94.
- [25] Bhogal P, Martinez Moreno R, Ganslandt O, et al. Use of flow diverters in the treatment of unruptured saccular aneurysms of the anterior cerebral artery[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9: 283-289.
- [26] Zhou B, He Y, Cheng J, et al. Treatment of the acute thromboembolic event during endovascular embolization of intracranial aneurysm[J]. *J Interv Med*, 2020, 3: 208-212.
- [27] 徐李刚, 万军, 张磊, 等. 国产 Tubridge 血流导向装置治疗中小型颅内动脉瘤的短期疗效及安全性分析[J]. *介入放射学杂志*, 2023, 32: 421-426.
- [28] Gory B, Berge J, Bonafe A, et al. Flow diverters for intracranial aneurysms: the DIVERSION national prospective cohort study[J]. *Stroke*, 2019, 50: 3471-3480.
- [29] 蒋业清, 鲁刚, 葛亮, 等. 颅内动脉瘤介入治疗相关症状性缺血并发症分析[J]. *介入放射学杂志*, 2021, 30: 112-117.

(收稿日期: 2023-08-07)

(本文编辑: 茹实)