

·临床研究 Clinical research·

Tubridge 血流导向装置治疗破裂颅内动脉瘤临床分析

朱 涛, 李 晓, 陈 振, 李 娟, 韩东明

【摘要】 目的 探讨 Tubridge 血流导向装置(TFD)治疗破裂颅内动脉瘤的有效性及安全性。**方法** 回顾性收集 2019 年 3 月至 2022 年 7 月于郑州大学第一附属医院应用 TFD 治疗动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者临床资料 13 例,依据围手术期及随访期结果进行归纳、总结、分析。**结果** 13 例患者共 13 枚动脉瘤均顺利完成手术。所有病例中 TFD 联合弹簧圈栓塞 10 例(同期治疗),一期弹簧圈填塞联合择期 TFD 置入 2 例(分期治疗),单纯 TFD 置入 1 例。围手术期并发症率为 15.4%(2/13),其中 1 例为无症状性缺血事件,1 例为术后脑室外引流相关性出血并导致患者死亡。中位随访时间 6.5 个月,共 83.3%(10/12)完成脑血管造影(DSA)复查。OKM 分级 D 级,即动脉瘤完全闭塞率 80%(8/10),另有 2 例瘤颈残留(OKM 分级 C 级)。**结论** 应用 TFD 治疗破裂颅内动脉瘤是一种可行的治疗方式,具有较好的安全性及有效性。

【关键词】 颅内动脉瘤;蛛网膜下腔出血;血流导向装置;血管内治疗;并发症;预后
中图分类号:R651.12 文献标志码:B 文章编号:1008-794X(2024)-02-0165-06

Tubridge flow diverter for the treatment of ruptured intracranial aneurysms: clinical analysis of its safety and efficacy ZHU Tao, LI Xiao, CHEN Zhen, LI Juan, HAN Dongming. Department of Magnetic Resonance, First Affiliated Hospital of Xinxiang Medical College, Weihui, Henan Province 453100, China
Corresponding author: HAN Dongming, E-mail: 625492590@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the efficacy and safety of Tubridge flow diverter(TFD) in the treatment of ruptured intracranial aneurysms. **Methods** The clinical data of 13 patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage, who received TFD treatment at the First Affiliated Hospital of Zhengzhou University between March 2019 and Jul 2022, were retrospectively collected. The perioperative materials and follow-up results were summarized and analyzed. **Results** Successful operation was accomplished in all the 13 patients (13 aneurysms in total). TFD and coil embolization were simultaneously performed in 10 patients (simultaneous treatment), spring coil filling followed by selective staged TFD placement was adopted in 2 patients (staged treatment), and pure TFD placement was employed in one patient. The incidence of perioperative complications was 15.4% (2/13), including asymptomatic ischemic event in one patient and extra-ventricular drainage-related postoperative bleeding in another patient, which caused death of the patient. The median follow-up time was 6.5 months, and 83.3% of patients(10/12) completed cerebral angiography reexamination with DSA. OKM grade D(complete occlusion of the aneurysm) was obtained in 8 patients(80%), and OKM grade C(residual aneurysm neck) in 2 patients. **Conclusion** For ruptured intracranial aneurysms, TFD implantation is a clinically feasible treatment with favorable safety and efficacy. (J Intervent Radiol, 2024, 32: 165-170)

【Key words】 intracranial aneurysm; subarachnoid hemorrhage; flow diverter; endovascular treatment; complication; prognosis

血流导向装置(FD)提供了“重建载瘤动脉”的新型颅内动脉瘤血管内治疗理念。针对未破裂颅内动脉瘤,国际上多项大型临床研究证实了其良好的安全性和有效性^[1-3]。动脉瘤,尤其是血泡样、梭形及

夹层动脉瘤,传统手术夹闭及弹簧圈栓塞等治疗方式常伴随较高的围手术期并发症、动脉瘤复发等风险,而 FD 可能更具优势^[4-7]。所以,目前的一些研究对 FD 治疗破裂动脉瘤的可行性进行了探索。然而,

DOI:10.3969/j.issn.1008-794X.2024.02.012

作者单位: 453100 河南卫辉 新乡医学院第一附属医院磁共振科(朱 涛、韩东明);郑州大学第一附属医院介入手术室(朱 涛、李 晓、李 娟),神经介入科(陈 振)

通信作者: 韩东明 E-mail: 625492590@qq.com

面对破裂动脉瘤,与 FD 相关手术方式、抗血小板方案的选择以及如何降低并发症,研究间的差异和争议使 FD 治疗破裂动脉瘤仍充满挑战^[8-9]。Tubridge 血流导向装置(TFD)作为一款低网孔尺寸($0.040\sim 0.050\text{ mm}^2$)、高金属覆盖率($30\%\sim 35\%$)的国产编织型支架,能够有效促进动脉瘤的闭塞^[10]。现阶段应用 TFD 治疗破裂动脉瘤的相关研究仍较为少见。本研究回顾性分析了 13 例应用 TFD 治疗破裂动脉瘤患者的临床效果,希望为此类治疗方式提供更多的临床参考和依据,现报道如下。

1 材料与方法

1.1 临床资料

回顾性收集 2019 年 3 月至 2022 年 7 月于郑州大学第一附属医院应用 TFD 治疗动脉瘤性蛛网膜下腔出血患者临床资料。本项回顾性临床研究经郑州大学第一附属医院伦理委员会批准,所有纳入患者均签署了知情同意书。纳入标准:①经颅脑 CT 平扫证实为蛛网膜下腔出血;②经术前 CTA 或术中 DSA 检查证实,并经由 2 位神经介入医生判断并确诊为导致蛛网膜下腔出血的责任颅内动脉瘤;③蛛网膜下腔出血至血管内治疗手术时间不超过 15 d;④在整个治疗过程中应用 TFD。治疗方式包括单纯应用 TFD、TFD 联合弹簧圈栓塞(同期治疗)以及弹簧圈栓塞联合择期序贯 TFD 置入(分期治疗)。排除标准:①多发动脉瘤且术中治疗超过 1 枚动脉瘤;②经术前 CTA/术中 DSA 检查发现合并动静脉畸形或者动静脉瘘;③责任动脉瘤为外伤性或感染性;④无法完成围手术期或者随访期抗血小板药物治疗方案;⑤合并严重心、肝、肾等功能不全。依据上述标准,共纳入符合条件的患者 13 例。收集纳入病例的人口学特征(性别、年龄、体重指数),既往史(高血压病、糖尿病、吸烟史),术前临床特征(Hunt-Hess 分级、改良 Fisher 分级、蛛网膜下腔出血至治疗时间),动脉瘤和围手术期特征以及随访结果。

1.2 治疗方法

术前准备:完善血常规、肝肾功能、电解质、血糖、血凝常规、传染性标志物及血型鉴定等常规化验以及(床旁)心脏超声检查,并确保存在术前 48 h 内的颅脑 CT 和(或)MRI 等影像学检查(外院或本院),以排除手术禁忌证,完善全身麻醉前准备。完善氯吡格雷基因检测,对于慢代谢型的患者术后氯吡格雷替换为替格瑞洛 90 mg,每日 2 次。此外,本中心对于年龄 >65 岁和(或)体重 $\leq 50\text{ kg}$ 者,替格瑞洛剂量为 60 mg,每日 2 次。

手术方法:所有患者均行全身麻醉并全身肝素化。经股动脉穿刺置入 7 F 长鞘,中间导管选用 5 F (Navien 或 Catalyst5),依据血管迂曲程度、瘤颈宽度及载瘤动脉近端管腔直径,选择合适尺寸支架。对于囊性、血泡样或者伴有子囊的夹层动脉瘤,评估后尽可能采用辅助弹簧圈栓塞。TFD 精确定位并部分释放前,需将(Echelon 10)微导管选入动脉瘤囊内,经微导管进行适当的弹簧圈栓塞后将 TFD 完全释放。另有 2 例囊性动脉瘤采取分期手术策略。

围手术期抗血小板药物应用方法:术中 TFD 部分释放时经静脉给予负荷量替罗非班($10\text{ }\mu\text{g/kg}$),并以 $0.1\text{ }\mu\text{g}/(\text{kg}\cdot\text{min})$ 的泵入速度进行维持,术后 24 h 内停用替罗非班,并在停用 4 h 前给予患者双联抗血小板药物负荷量(阿司匹林 300 mg+氯吡格雷 300 mg)以保证血小板功能被持续抑制。随访期建议患者双联抗血小板方案(阿司匹林 100 mg/d+氯吡格雷 75 mg/d)持续 6 个月,后单一抗血小板方案(首选阿司匹林 100 mg/d)长期服用。

1.3 有效性及安全性评价

有效性评价:术后即刻、随访期应用 O'Kelly Marotta(OKM)分级对动脉瘤闭塞程度进行评价^[11]。安全性评价:缺血并发症包括①术中 DSA 提示支架内血栓形成、分支动脉闭塞以及远端动脉皮层支栓塞;②术后及随访期出现新发神经系统功能缺损,并经颅脑 MRI 证实的载瘤动脉供血区的新发梗死。出血性并发症包括①术后颅脑 CT 较术前出现新发颅内出血,并伴有新发神经系统功能缺损的症状或体征;②侧脑室外引流或腰大池引流相关性出血;③随访期动脉瘤再破裂出血。随访期内的有效性评价通过住院期间复查 DSA 完成,建议标准随访期限为术后的 6 个月和(或)12 个月。随访期内的安全性评价通过门诊、电话随访、住院随访等一种或多种方式完成,建议标准随访期间为术后的 1、3、6 和(或)12 个月。

2 结果

本研究 13 例患者共 13 枚动脉瘤,均顺利完成手术。患者基线临床特征、动脉瘤特征、手术特征及随访结果见表 1 和表 2,典型病例展示见图 1。手术策略包括 TFD 联合同期瘤体弹簧圈栓塞(10 例)和弹簧圈栓塞联合择期序贯 TFD 置入(2 例)。此外,还有 1 例单纯置入 TFD 的基底动脉夹层动脉瘤,同时应用弹簧圈闭塞非优势椎动脉。围手术期并发症共 2 例:1 例为椎动脉颅内段夹层动脉瘤,TFD 半释放后发现术中支架内血栓形成,额外予动脉内推注

5 mL(0.25 mg)替罗非班注射液(欣维宁,远大医药有限公司)后血栓消失,术后患者无新发神经缺损症状、体征;1 例为基底动脉夹层动脉瘤,单纯 FD 置入术后第 3 天行侧脑室外引流,1 d 后出现双侧侧脑室出血并死亡,手术过程及术前、术后颅脑 CT 见图 2。出院的 12 例患者中,共 10 例(83.3%)完成了随访,中位随访时间 6.5 个月,随访期内均未发生出血及缺血事件。8 例动脉瘤完全闭塞(OKM 分级 D

级), 2 例动脉瘤轻微瘤颈残留(OKM 分级 C 级)。

3 讨论

在动脉瘤性蛛网膜下腔出血人群中,约 13%会发生动脉瘤再破裂出血,50%~70%的再出血病例会表现为较严重的不良预后^[12]。治疗破裂动脉瘤的主要目标是预防再出血,改善预后。现今实现这一目标的主流血管内治疗方式仍是针对瘤体的弹簧

表 1 患者手术前临床基线特征

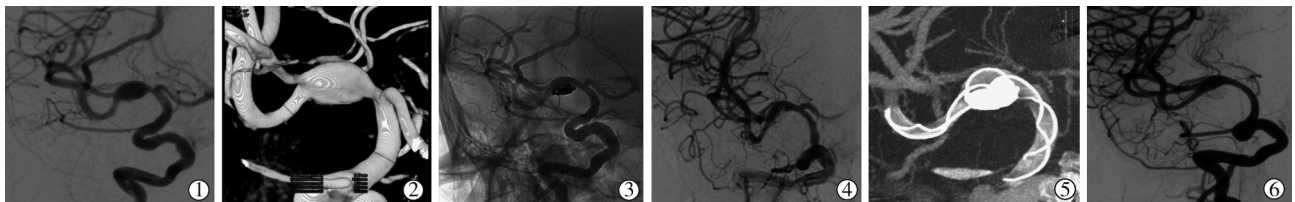
病例	性别	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	高血压病	糖尿病	吸烟史	H-H 分级	改良 Fisher 分级	出血至治疗时间(d)
1	女	64	33.33	有	有	无	1	1	6
2	女	48	24.01	有	无	无	1	1	15
3	男	40	27.51	有	无	无	2	1	2
4	男	44	24.82	无	无	无	2	1	2
5	男	69	23.44	有	有	无	2	1	3
6	女	46	31.25	无	无	无	1	1	13
7	女	59	22.89	有	无	无	1	2	3
8	男	46	25.76	有	无	有	5	3	2
9	女	58	24.22	有	无	无	1	3	3
10	男	45	26.20	无	无	有	1	1	10
11	女	64	22.58	无	无	无	1	2	4
12	女	65	18.73	有	有	无	1	2	2
13	女	59	22.66	无	无	无	1	2	3

BMI:体重指数;H-H 分级:Hunt-Hess 分级;WFNS 分级:世界神经外科医师联盟委员会蛛网膜下腔出血分级

表 2 患者动脉瘤特征、手术特征及随访结果

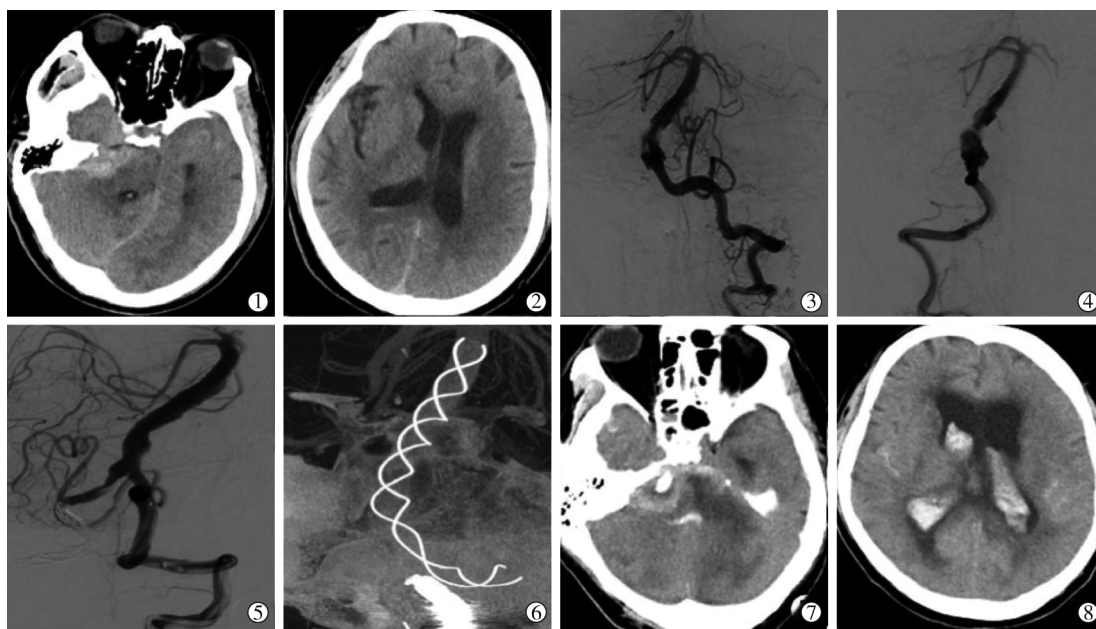
病例	动脉瘤位置	动脉瘤类型	动脉瘤最大径(mm)	手术方式	术后即刻 OKM 分级	脑脊液引流方式	围手术期并发症	随访时间(月)	随访方式	随访结果(OKM 分级)
1	基底动脉	夹层动脉瘤	17.42	支架联合弹簧圈(同期)	B	腰椎穿刺引流	无	—	—	—
2	基底动脉	梭形动脉瘤	15.04	支架联合弹簧圈(同期)	B	无	无	7	DSA	D
3	大脑中动脉	梭形动脉瘤	10.11	支架联合弹簧圈(同期)	C	腰椎穿刺引流	无	12	DSA	D
4	颈内动脉眼动脉段	血泡样动脉瘤	2.28	支架联合弹簧圈(同期)	D	腰椎穿刺引流	无	4	DSA	D
5	椎动脉颅内段	夹层动脉瘤	5.05	支架联合弹簧圈(同期)	D	腰椎穿刺引流	术中支架内血栓	—	—	—
6	椎动脉颅内段	夹层动脉瘤	3.37	支架联合弹簧圈(同期)	C	无	无	7	DSA	D
7	颈内动脉眼动脉段	囊状动脉瘤	7.20	支架联合弹簧圈(分期)	B	腰大池置管引流	无	4	DSA	C
8	基底动脉	夹层动脉瘤	6.51	单纯支架+右椎弹簧圈闭塞	A	侧脑室引流	术后再出血	—	—	—
9	大脑中动脉	囊状动脉瘤	3.11	支架联合弹簧圈(分期)	C	腰大池置管引流	无	10	DSA	D
10	颈内动脉眼动脉段	血泡样动脉瘤	4.62	支架联合弹簧圈(同期)	D	无	无	8	DSA	D
11	颈内动脉眼动脉段	囊状动脉瘤	10.3	支架联合弹簧圈(同期)	C	腰大池置管引流	无	6	DSA	D
12	颈内动脉后交通段	囊状动脉瘤	9.7	支架联合弹簧圈(同期)	C	腰大池置管引流	无	5	DSA	D
13	颈内动脉后交通段	血泡样动脉瘤	5.4	支架联合弹簧圈(同期)	B	腰椎穿刺引流	无	4	DSA	C

OKM 分级;O'Kelly-Marotta 分级



①② 术前 2D 和 3D 数字减影脑血管造影(DSA),显示右侧大脑中动脉 M1 段梭形动脉瘤;③④ Tubridge 释放及弹簧圈栓塞后即刻未减影和减影的 DSA 影像,显示动脉瘤 OKM 分级 C 级(Tubridge 4.0mm×45mm, 弹簧圈 Axium 7mm×30mm, 4mm×12mm, 3mm×8mm 和 2mm×8mm 各 1 枚);⑤ 术后即刻 VasoCT 显示 Tubridge 血流导向装置远、近端均贴壁良好;⑥ 术后 12 个月 DSA 显示动脉瘤愈合(OKM 分级 D 级)

图 1 大脑中动脉破裂梭形动脉瘤治疗及随访影像(病例 3)



①② 术前颅脑 CT 显示蛛网膜下腔出血,双侧侧脑室未见出血;③④ 术前左侧椎动脉和右侧椎动脉 2D DSA 显示基底动脉夹层动脉瘤,左侧椎动脉优势;⑤ Tubridge 置入及右侧椎动脉闭塞后即刻 DSA 影像,动脉瘤 OKM 分级 A 级(Tubridge 6.5 mm×45 mm);⑥ 术后即刻 VasoCT 显示 Tubridge 血流导向装置远、近端均贴壁良好;⑦⑧ 术后第 4 天复查颅脑 CT 显示再出血,主要位于双侧侧脑室、第四脑室及中脑导水管

图 2 基底动脉破裂夹层动脉瘤治疗及术后出血影像(病例 8)

圈栓塞,手术中可以伴有或不伴球囊/支架辅助。国际蛛网膜下腔动脉瘤临床研究(ISAT)结果展示,血管内栓塞相比于开颅夹闭在治疗破裂动脉瘤中具有更低的死亡和致残风险等优势^[13]。然而,部分复杂动脉瘤(如宽颈、血泡样、夹层动脉瘤)栓塞过程中存在弹簧圈分布不理想、对薄瘤壁压力过大、致密栓塞率低或者无法栓塞等问题,手术难度增加的同时也不利于降低围术期再破裂及随访复发风险。FD 能够减少动脉瘤内血流量以促使血栓形成,而且远期支架充分内皮化使瘤颈封闭、重建载瘤动脉以利动脉瘤闭塞。上述特性使得 FD 在治疗破裂动脉瘤,尤其是传统血管内栓塞难度较大的病例可能具有优势。目前,Pipeline 血流导向装置(PFD)用于破裂动脉瘤的研究被越来越多的报道,临床效果证实了其可行性。TFD 作为一款新型国产支架,对大型或巨大的未破裂动脉瘤的治疗效果(术后 6 个月完全闭塞率)显著高于支架辅助弹簧圈栓塞^[10]。接下来,TFD 对破裂动脉瘤的治疗效果亦令人期待,而目前相关研究报道仍较少见。

本研究中,采用同期和分期治疗策略的 12 例患者均未发生围手术期再出血,长期随访的 10 例中动脉瘤完全闭塞率达到 80%。因此我们认为,在蛛网膜下腔出血急性期,应用 TFD 治疗破裂动脉瘤可以首先考虑辅助弹簧圈栓塞。不同于未破裂动脉

瘤,破裂动脉瘤术后降低破裂及再出血风险的需求更为迫切。一项有关 FD 治疗破裂动脉瘤的系统评价中,纳入的 15 项研究中 81% 的患者未使用弹簧圈辅助栓塞,术后动脉瘤即刻闭塞率(OKM 分级 D 或 C 级)较低。其中夹层/梭形动脉瘤为 45%,而囊性或血泡样动脉瘤分别仅有 28% 和 35%^[14]。单纯应用 FD 治疗的低即刻闭塞率可能会增加短期再出血事件^[15]。一方面,FD 置入后瘤颈处及远、近段载瘤动脉的支架扩张程度存在差异,使得远、近端支架移行区较瘤颈处具有更高的孔隙率^[16]。如果近端移行区存在交通性贴壁不良(支架与管壁的空隙延伸到动脉瘤体)^[17],血流通过高孔隙近端支架表面和交通性贴壁不良空隙进入动脉瘤体,加之瘤颈处支架的高金属覆盖,使得瘤体内血流淤滞且压力增高。这种情况在载瘤动脉存在较大夹角时更为明显^[18]。通过计算流体力学技术(CFD)发现,部分病例在 FD 置入后即观察到瘤体内压力升高所致的瘤壁剪切应力增加^[19]。另一方面,血流淤滞,尤其是动脉瘤壁附近的湍流诱发血栓形成。该过程所募集的中性粒细胞和巨噬细胞进一步增加了动脉瘤壁的炎症反应,弱化了瘤壁对抗内部压力的能力^[20]。FD 联合弹簧圈辅助栓塞在一定程度上改善了上述问题。瘤体内弹簧圈增加了血流淤滞程度,缓解血流对瘤壁的冲击力^[21]。有研究应用 CFD 技术探讨了 TFD

联合弹簧圈治疗颅内动脉瘤时血液动力学变化,证实辅助弹簧圈栓塞使瘤体内的血流速度和壁面剪切力显著降低。这无疑对破裂动脉瘤瘤壁是有利的。除此之外,弹簧圈填塞被认为能减轻瘤内的炎症反应状态^[22]。

在动脉瘤的栓塞原则上,针对瘤体和瘤颈,与传统的治疗策略不同^[23],我们倾向于不严格追求致密栓塞,部分可能仅疏松填塞。成篮弹簧圈尺寸的选择应稍小于动脉瘤测量值,以避免过多、过大弹簧圈对瘤壁的额外张力。选择成篮稳定、柔软、顺应性好的弹簧圈,对血泡样动脉瘤至关重要。填塞过程中,时刻注意瘤顶、弹簧圈的位置关系以及填塞过程中瘤顶形态变化。此外,对于子囊填塞的决策亦应格外慎重。辅助弹簧圈栓塞使瘤体获得的更高程度的血流淤滞和血栓化状态,有助于血流导向装置更早的内皮化以及动脉瘤完全闭塞^[24]。Bender 等^[21]研究表明,辅助弹簧圈栓塞显著降低了术后动脉瘤持续存在的风险并具有预测价值($OR\ 0.260, P=0.036$)。对于破裂的血泡样动脉瘤,另一项研究结果展示了较高的远期闭塞率(11/12, 91.7%)^[25]。

另一种分期手术策略,其弹簧圈填塞的原则是保证可能的破裂点(瘤顶或子囊、分叶)尽量被完全填塞后,其他部分疏松填塞。该策略的最大优势是急性期栓塞,尽早降低再出血风险,又避免 FD 置入后过早应用抗血小板药物。此外,较同期策略降低了技术的复杂性和手术难度。理论上,在等待 FD 置入的时间窗内仍然存在着再破裂风险^[21]。然而,一项有关该手术策略、纳入 22 例的临床研究表明,未发生窗口期(中位时间 3.5 个月)出血事件,且随访期动脉瘤闭塞率(Roy-Raymond 分级 I 级或 II 级)为 90.9%^[26]。与上述研究结果相似,本研究中 2 例采用分期手术策略患者也均获得了良好的临床预后和动脉瘤闭塞效果。但是,我们病例的等待期仅有 2~3 周,明显短于上述研究。鉴于该类手术方式临床经验较少,仍有对较长等待期间的再破裂存在一定的顾虑和担忧。虽然这一种手术方式目前仍然在探索之中,但现有研究展示了其较高的安全性和有效性。对于瘤颈较窄的破裂动脉瘤,未来进一步的研究结果、策略优化及推广值得期待。

在 FD 内皮化之前,裸露的支架金属表面会诱导血小板活化及血栓形成。相近规格支架在相同直径管腔中,TFD 的金属覆盖率相较于第一代 PFD 增加 5%~10%。蛛网膜下腔出血急性期还可能诱发患者处于高凝状态而容易出现血栓形成。此外,治疗前应用常规抗血小板治疗增加了动脉瘤破裂的

风险。所以,在应用 TFD 治疗破裂动脉瘤时,围手术期和随访期合理抗血小板药物的应用尤为重要。目前,有关 FD 治疗破裂动脉瘤抗血小板药物的应用种类、时机、剂量尚未达成统一的意见。既往研究中,较多采取的抗血小板方案为术前静脉或口服至少 2 种抗血小板药物(包括阿司匹林、氯吡格雷、普拉格雷等)^[7-8,13],在术中可能会用到 II b/III a 受体拮抗剂(如替罗非班、阿昔单抗等)^[27-28]。术前无论是常规剂量或负荷剂量,国人中抗血小板药物起效时间及程度存在个体差异,且出血急性期中术前评价抗栓效果的手段(血栓弹力图、基因检测)应用受到限制,上述策略可能并不能很好地预防围手术期缺血事件。此外,蛛网膜下腔出血急性期抗血小板药物的应用(尤其是负荷量)相关的消化道出血风险,也不利于患者的临床预后^[29]。本研究摒弃了术前应用双联抗血小板的方案,抗血小板的启动时机始于术中,应用替罗非班作为起始抗栓药物。替罗非班的抗血小板效果不受个体化差异影响,起效迅速、半衰期短,能够精准地掌控抑制血小板的程度及时机^[30]。术后序贯将替罗非班更换至口服抗血小板药物以预防长期缺血事件的发生。本研究中,较早开展的 1 例基底动脉夹层动脉瘤患者,FD 术后 24 h 替罗非班替换为阿司匹林和氯吡格雷的双联抗栓方案,术后的第 3 天行脑室外引流操作后,隔日即发生了相关致命性的脑出血事件。我们认为该出血事件仍与口服抗血小板药物相关。近期一项回顾性研究指出,对应用 FD 或者常规支架辅助弹簧圈栓塞治疗并需脑室引流的破裂动脉瘤病例,单一、长期使用(平均 9.4 d)替罗非班安全性良好,仅 8%(2/25)的手术相关出血事件且均为无症状。所以,我们建议脑室外引流最好在抗血小板药物应用前实施^[31]。如果术前未进行引流,应仔细评估患者术后进行上述操作的可能性,对于高风险人群可尝试持续应用替罗非班,而非尽早的替换口服抗血小板药物。

综上所述,应用 TFD 治疗破裂动脉瘤具有一定的可行性。在术前充分评估的基础上,同期辅助弹簧圈栓塞或者分期手术的策略可能是安全、有效的。围手术期替罗非班可作为一种有效且相对安全的抗血小板药物应用于该类型治疗策略中,但具体的应用时程及与口服抗血小板药物的序贯时机仍需个体化。本研究作为单中心、回顾性研究,存在病例的选择偏倚、样本量小,随访时间短,存在一定失访率等不足,仍需多中心、更大样本的前瞻性研究加以证实。

[参考文献]

- [1] Salem MM, Ravindran K, Enriquez-Marulanda A, et al. Pipeline embolization device versus stent-assisted coiling for intracranial aneurysm treatment: a retrospective propensity score-matched study[J]. *Neurosurgery*, 2020, 87: 516-522.
- [2] Hanel RA, Kallmes DF, Lopes DK, et al. Prospective study on embolization of intracranial aneurysms with the pipeline device: the PREMIER study 1 year results[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12: 62-66.
- [3] Rice H, Martinez Galdámez M, Holtmannspotter M, et al. Periprocedural to 1-year safety and efficacy outcomes with the pipeline embolization device with shield technology for intracranial aneurysms: a prospective, post-market, multi-center study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12: 1107-1112.
- [4] Kan P, Sweid A, Srivatsan A, et al. Expanding indications for flow diverters: ruptured aneurysms, blister aneurysms, and dissecting aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2020, 86: S96-S103.
- [5] Deng Q, Feng WF. Efficacy of pipeline endovascular device and Willis stent graft in the treatment of traumatic pseudo intracranial aneurysms[J]. *J Interv Med*, 2020, 3: 45-48.
- [6] 杨震, 郭新宾, 邓鑫, 等. 血流导向装置在后循环夹层动脉瘤的应用[J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31: 751-755.
- [7] 宋稳鹏, 白京岳, 孟庆斌, 等. 血流导向装置与传统血管内重建治疗椎动脉夹层动脉瘤对比研究[J]. *介入放射学杂志*, 2022, 31: 545-549.
- [8] Zhong W, Kuang H, Zhang P, et al. Pipeline embolization device for the treatment of ruptured intracerebral aneurysms: a multicenter retrospective study[J]. *Front Neurol*, 2021, 12: 675917.
- [9] 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.
- [10] Liu JM, Zhou Y, Li Y, et al. Parent artery reconstruction for large or giant cerebral aneurysms using the tubridge flow diverter: a multicenter, randomized, controlled clinical trial (PARAT)[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39: 807-816.
- [11] 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.
- [12] Neifert SN, Chapman EK, Martini ML, et al. Aneurysmal subarachnoid hemorrhage: the last decade[J]. *Transl Stroke Res*, 2021, 12: 428-446.
- [13] Molyneux AJ, Kerr RSC, Yu LM, et al. International subarachnoid aneurysm trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion[J]. *Lancet*, 2005, 366: 809-817.
- [14] Cagnazzo F, di Carlo DT, Cappucci M, et al. Acutely ruptured intracranial aneurysms treated with flow-diverter stents: a systematic review and meta-analysis[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2018, 39: 1669-1675.
- [15] 贺迎坤, 李天晓, 李航, 等. Pipeline 血流导向装置治疗国人大型脑动脉瘤围手术期并发症分析[J]. *介入放射学杂志*, 2018, 27: 713-716.
- [16] Makoyeva A, Bing F, Darsaut TE, et al. The varying porosity of braided self-expanding stents and flow diverters: an experimental study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2013, 34: 596-602.
- [17] Li J, Gong W, Li D, et al. Evaluation of the apposition in unruptured aneurysms treated with flow diverters by optical coherence tomography: preliminary clinical experience[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 1029699.
- [18] Darsaut TE, Rayner-Hartley E, Makoyeva A, et al. Aneurysm rupture after endovascular flow diversion: the possible role of persistent flows through the transition zone associated with device deformation[J]. *Interv Neuroradiol*, 2013, 19: 180-185.
- [19] Cebal JR, Mut F, Raschi M, et al. Aneurysm rupture following treatment with flow-diverting stents: computational hemodynamics analysis of treatment[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2011, 32: 27-33.
- [20] Frösen J, Cebal J, Robertson AM, et al. Flow-induced, inflammation-mediated arterial wall remodeling in the formation and progression of intracranial aneurysms[J]. *Neurosurg Focus*, 2019, 47: E21.
- [21] Bender MT, Colby GP, Lin LM, et al. Predictors of cerebral aneurysm persistence and occlusion after flow diversion: a single-institution series of 445 cases with angiographic follow-up[J]. *J Neurosurg*, 2018, 130: 259-267.
- [22] Thielen E, McClure M, Rouchaud A, et al. Concomitant coiling reduces metalloproteinase levels in flow diverter-treated aneurysms but anti-inflammatory treatment has no effect[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9: 307-310.
- [23] Zhang G, Liu Y, Liu Y, et al. Safety and efficacy of complete versus near-complete coiling in treatment of intracranial aneurysms[J]. *J Interv Med*, 2020, 3: 136-141.
- [24] Madaelil TP, Grossberg JA, Howard BM, et al. Aneurysm remnants after flow diversion: clinical and angiographic outcomes[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2019, 40: 694-698.
- [25] Liu P, Liu L, Zhang C, et al. Treatment of blood blister aneurysms of the internal carotid artery with pipeline-assisted coil embolization: a single-center experience[J]. *Front Neurol*, 2022, 13: 882108.
- [26] Howard BM, Frerich JM, Madaelil TP, et al. "Plug and pipe" strategy for treatment of ruptured intracranial aneurysms[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11: 43-48.
- [27] Lozupone E, Piano M, Valvassori L, et al. Flow diverter devices in ruptured intracranial aneurysms: a single-center experience[J]. *J Neurosurg*, 2018, 128: 1037-1043.
- [28] 李立, 王海波, 邵秋季, 等. Pipeline 血流导向装置联合弹簧圈治疗颅内破裂动脉瘤的初步尝试[J]. *中华神经外科杂志*, 2020, 36: 1227-1230.
- [29] Ali D, Barra ME, Blunck J, et al. Stress-related gastrointestinal bleeding in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a multicenter retrospective observational study[J]. *Neurocrit Care*, 2021, 35: 39-45.
- [30] Dornbos D, Katz JS, Youssef P, et al. Glycoprotein IIb/IIIa inhibitors in prevention and rescue treatment of thromboembolic complications during endovascular embolization of intracranial aneurysms[J]. *Neurosurgery*, 2018, 82: 268-277.
- [31] Sweid A, Starke RM, Herial N, et al. Predictors of complications, functional outcome, and morbidity in a large cohort treated with flow diversion[J]. *Neurosurgery*, 2020, 87: 730-743.

(收稿日期: 2023-01-11)

(本文编辑: 茹实)