

## ·临床研究 Clinical research·

## Surpass Streamline 血流导向术对颅内动脉瘤的疗效

黄爱强, 孟磊, 刘正

**【摘要】 目的** 了解 Surpass Streamline 血流导向术对颅内动脉瘤的疗效。**方法** 选取 2020 年 1 月至 2022 年 1 月安徽医科大学附属宿州医院 68 例接受 Surpass Streamline 血流导向装置治疗的颅内动脉瘤患者。收集临床资料, 观察患者术前术后血流动力学参数变化, 以及术前和术后 3、6、12 个月的改良 Rankin 量表(mRS)评分变化, 分析患者的影像学资料, 观察动脉瘤闭塞情况。**结果** 与术前相比较, 患者术后的 WSS、瘤颈血流速度降低, LSA、RRT、载瘤动脉及患侧 M1 的血流速度增加( $P<0.05$ ), 而患者术前、术后对侧 M1 血流速度比较差异无统计学意义( $P>0.05$ )。术后, 随着时间的延长, 患者的 mRS 评分为低级别占比逐渐增高, 差异有统计学意义( $P<0.05$ )。术后 6 个月及 12 个月患者的支架内狭窄发生率分别为 7.35%、8.82%, 动脉瘤完全闭塞发生率分别为 52.94%、63.24%, 差异无统计学意义( $P>0.05$ )。68 例患者经 Surpass Streamline 血流导向术治疗后, 4 例出现缺血性并发症, 其中 2 例表现为视物模糊、皮质盲, 1 例为肢体无力, 1 例支架内血栓, 经干预治疗均得到有效缓解。**结论** 采用 Surpass Streamline 血流导向术治疗颅内动脉瘤有较好的疗效, 能改善血流动力学, 术后动脉瘤完全闭塞率较高, 且安全性较好, 值得临床推广。

**【关键词】** 颅内动脉瘤; Surpass Streamline 血流导向术; 术后栓塞; 神经功能; 动脉瘤闭塞

中图分类号: R651.11 文献标志码: B 文章编号: 1008-794X(2024)-03-0285-04

**The efficacy of Surpass Streamline flow diversion for intracranial aneurysms** HUANG Aiqiang, MENG Lei, LIU Zheng. Department of Neurosurgery, Affiliated Suzhou Hospital, Anhui Medical University, Suzhou, Anhui Province 234000, China

Corresponding author: MENG Lei, E-mail: 825650905@qq.com

**【Abstract】 Objective** To make a further understanding of the curative efficacy of Surpass Streamline flow diversion treatment for intracranial aneurysms. **Methods** The clinical data of a total of 68 patients with intracranial aneurysm, who received Surpass Streamline flow diverter treatment at the Affiliated Suzhou Hospital of Anhui Medical University of China between January 2020 and January 2022, were retrospectively analyzed. The preoperative and postoperative changes in hemodynamic parameters, and the preoperative and postoperative 3-, 6-, and 12-month modified Rankin Scale(mRS) scores were collected. The imaging findings were analyzed, and the status of aneurysm occlusion was determined. **Results** Compared with the preoperative values, the postoperative blood flow velocity at the WSS and the tumor neck was decreased, while the blood flow velocity of LSA, RRT, tumor carrier artery and M1 on the affected side was increased ( $P<0.05$ ), and the blood flow velocity of M1 on the healthy side showed no significant change ( $P>0.05$ ). After surgery, the proportion of patients with low-grade mRS score gradually increased with the time passing, and the difference was statistically significant ( $P<0.05$ ). The postoperative 6-month and 12-month incidences of in-stent stenosis were 7.35% and 8.82% respectively, incidences of aneurysmal complete occlusion were 52.94% and 63.24% respectively, and the differences were not statistically significant ( $P>0.05$ ). Of the 68 patients having been treated with Surpass Streamline flow diverter, 4 patients developed ischemic complications, and 2 of the 4 presented with blurred vision and cortical blindness, one patient had limb weakness and one patient had a in-stent thrombus, all of which were effectively relieved after intervention therapy. **Conclusion** For the treatment of intracranial aneurysms, Surpass Streamline flow diversion treatment has good efficacy, it can improve hemodynamics, besides, it carries high postoperative complete aneurysmal occlusion rate with satisfactory safety. Therefore, this technique is worthy of clinical popularization. (J Intervent Radiol, 2024, 33: 285-288)

**【Key words】** intracranial aneurysm; Surpass Streamline flow diversion; postoperative embolization; neural function; aneurysm occlusion

DOI: 10.3969/j.issn.1008-794X.2024.03.011

作者单位: 234000 安徽宿州 安徽医科大学附属宿州医院神经外科

通信作者: 孟磊 E-mail: 825650905@qq.com

颅内动脉瘤是脑内动脉壁的异常扩张或突出,形成类似囊袋状的结构,随着动脉瘤的不断扩大,容易出现瘤体破裂,从而导致脑出血,严重者甚至危及患者的生命<sup>[1-3]</sup>。颅内动脉瘤的发生率为 1%~5%,其破裂后的病死率和致残率高达 30%~40%<sup>[4-5]</sup>。Surpass Streamline 血流导向术是一种微创手术,其通过将流动导管引导至动脉瘤部位,并释放金属螺旋支架,实现动脉瘤的血流重建,达到闭塞动脉瘤的目的<sup>[6-7]</sup>。与传统的弹簧圈栓塞相比,可以更好地适应不同类型和形状的动脉瘤,减少血流动力学的干扰,降低并发症的风险,尤其适用于一些复杂动脉瘤<sup>[8]</sup>。本研究探讨了颅内动脉瘤 Surpass Streamline 血流导向术后栓塞程度、神经功能及动脉瘤闭塞情况,以期 Surpass Streamline 血流导向术临床应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究对象

选取 2020 年 1 月至 2022 年 1 月安徽医科大学附属宿州医院接受 Surpass Streamline 血流导向装置治疗的颅内动脉瘤患者 68 例,男性 21 例,女性 47 例,年龄(55.2±8.8)岁。纳入标准:①明确诊断为颅内动脉瘤,且接受 Surpass Streamline 血流导向装置治疗;②动脉瘤最大径≥10 mm;③均为初次确诊,无既往颅内动脉瘤诊疗史;④年龄 18 岁以上。排除标准:①存在创伤性、感染性的颅内动脉瘤;②存在颅内血管重度狭窄;③合并颅内其他肿瘤或恶性疾病;④孕期及哺乳期女性患者。

### 1.2 治疗方法

所有受试者术前均进行数字减影血管造影(DSA)检查明确狭窄情况,后进行 Surpass Streamline 血流导向术。股动脉穿刺,将 6 F NeuronMax 长鞘(美国 Penumbra 公司)置入颈内动脉的起始段。通过长鞘,使用泥鳅导丝将 ASX Catalyst 5 中间导管(美国 Stryker Neurovascular 公司)送至颈内动脉的岩骨段。采用微导丝(Syncro-14,美国 Stryker Neurovascular 公司)将 Excelsior XT-27 微导管(美国 Stryker Neurovascular)送至载瘤动脉,并将中间导管穿过动脉瘤的颈部。准确定位释放位置后,使用推送杆将整套 Surpass Streamline FD 系统推出外导管,在中间导管内缓慢释放 FD,然后回撤中间导管,同时将 FD 释放入颈内动脉,在支架覆盖动脉瘤后置入弹簧圈。回收整套输送系统。于术后即刻和术后 3、6、12 个月再次复查 DSA 评估动脉瘤情况。

### 1.3 血流动力学检测

采用西门子 256 排螺旋 CT 扫描仪器采集患者脑血管 CTA 图像,并导入 3D MAX 软件中,利用软件对目标区域血管进行三维建模后进行分割,提取载瘤动脉的血管;使用 Geomagic 软件对模型进行修补,使用 ANSYS 软件对血管模型进行划分,标记载瘤动脉血管的流入道、流出道及动脉瘤位置,通过 MATLAB 软件结合经颅多普勒超声参数进行计算,得到及设定边界条件后,在 Navier-stokes 方程座位计算模拟的控制方程前提下使用 Fluent 软件进行非稳态的计算流体力学模拟。测算动脉瘤的瘤内平均壁面应切力(WSS)、瘤内相对滞留时间(RRT)、低壁面应切力面积(LSA)及瘤颈、载瘤动脉、患侧 M1、对侧 M1 血流速度情况。

### 1.4 临床资料收集

收集临床资料,包括患者动脉瘤的 WSS、RRT、LSA 及瘤颈、载瘤动脉、患侧 M1、对侧 M1 血流速度情况;患者术前和术后 3、6、12 个月的改良 Rankin 量表(mRS)评分,分析患者术后 6、12 个月的影像学资料,观察动脉瘤闭塞情况,包括术后支架内狭窄率、动脉瘤 O'Kelly-Marotta(OKM)分级情况。

### 1.5 评分标准

mRS 评分标准:分为 0~6 级。患者完全无症状为 0 级;临床存在症状,但不影响日常生活,不会造成明显残疾为 1 级;对患者的日常生活存在影响,轻度残障但仍旧可以处理个人事务为 2 级;需要他人对自己的日常生活进行协助,可自己行走,中度残障为 3 级;需要在他人的帮助下才能行走,无法生活自理,重度残疾为 4 级;无法行走,卧床不起,无法进行自主大小便,严重残疾为 5 级;发生死亡情况为 6 级<sup>[9]</sup>。

OKM 分级标准:患者瘤体显影高于 95%为完全显影,记为 A 级;患者瘤体显影体积 5%~95%为部分显影,记为 B 级;患者存在瘤颈残余,即显影低于 5%为 C 级;患者瘤体显影为 0,为完全闭塞,记为 D 级<sup>[10]</sup>。

### 1.6 统计学方法

使用 SPSS 23.0 软件进行数据处理。计数资料以例数(%)表示,比较采用卡方检验;正态分布的计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,比较采用配对  $t$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者临床资料

68 例患者的临床表现:头晕 24 例,头痛 16 例,

脑梗死 13 例, 脑神经麻痹症状 4 例, 其他 5 例, 另有 6 例为体检发现; 瘤体位置: 眼动脉段 36 例, 交通段 14 例, 海绵窦段 18 例。

## 2.2 患者术前、术后 3、6、12 个月 mRS 评分比较

记录患者术前术后各时段的 mRS 评分, 随术后时间的延长, 患者 0~1 级占比逐渐增加, 差异有统计学意义( $\chi^2=12.788, P=0.047$ ), 见表 1。未出现重度残疾及死亡情况。

表 1 68 例患者术前和术后 3、6、12 个月 mRS 评分比较 [例(%)]

时间	0~1 级	2 级	3 级及以上
术前	46(67.65)	5(7.35)	17(25.00)
术后 3 个月	51(75.00)	4(5.88)	13(19.12)
术后 6 个月	54(79.41)	7(10.29)	7(10.29)
术后 12 个月	56(82.35)	8(11.76)	4(5.88)

## 2.3 术前术后血流动力学参数比较

与术前比较, 患者术后的 WSS、瘤颈血流速度降低, LSA、RRT、载瘤动脉及患侧 M1 的血流速度增加(均  $P<0.05$ ); 术前术后患者对侧 M1 血流速度比较差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 2。

## 2.4 患者术后 6 个月及 12 个月影像学检查结果

患者术后 6 个月及 12 个月的支架内狭窄发生率分别为 7.35%、8.82%, 动脉瘤完全闭塞发生率分别为 52.94%、63.24%, 差异无统计学意义( $P>0.05$ ), 见表 3。

## 2.5 患者术后并发症发生情况

68 例患者经 Surpass Streamline 血流导向术治疗, 出现 4 例缺血性并发症, 其中 2 例表现为视物模糊、皮质盲, 1 例为肢体无力, 1 例支架内血栓, 经干预治疗均得到缓解。

## 3 讨论

近年来, 随着血管介入技术的不断发展, 颅内

动脉瘤的治疗效果有了很大的提升。血流导向装置通过高金属覆盖率和高网孔率设计, 对局部血流进行重塑, 将载瘤动脉向动脉瘤内的冲击血流导向远端正常血管内, 减少局部血流对动脉瘤的冲击, 使动脉瘤内的血流动力学情况得以改善, 在动脉瘤内形成血栓, 进而实现动脉瘤的闭塞<sup>[11]</sup>。Surpass Streamline 血流导向技术与传统的血流导向装置相比, 有更细密的网格以及更强的血流导向能力, 更有利于动脉内皮细胞的移行生长及瘤颈闭合<sup>[12]</sup>, Surpass Streamline 血流导向术治疗颅内动脉瘤疗效确切, 但关于术后血管闭塞情况及远期安全性尚无一致定论<sup>[13-14]</sup>。

本研究结果显示, 与术前相比较, 患者术后的 WSS、瘤颈血流速度降低, LSA、RRT、载瘤动脉及患侧 M1 的血流速度增加, 表明 Surpass Streamline 血流导向术可以改善颅内动脉血流动力学参数, 与白斌等<sup>[15]</sup>的研究具有较好的一致性。动脉瘤形成后, 病变血管内血流湍流, WSS 升高, 这也是加剧动脉瘤壁损伤、增加瘤颈破裂风险的重要原因之一。而 Surpass Streamline 血流导向术通过引导血流, 减少直接进入动脉瘤腔内的血流, 降低瘤颈处的 WSS 以及瘤颈血流速度, 有助于减轻动脉瘤壁的应力, 降低破裂的风险。Surpass Streamline 血流导向术分流了一部分血流到动脉瘤附近, 减少了动脉瘤腔内的血流速度, 血管内血液重新分配, 使其他动脉的血流量增加, 特别是与动脉瘤相连的载瘤动脉和患侧大脑 M1 分支, 因此术后 LSA、RRT、载瘤动脉及患侧 M1 的血流速度增加。术前术后患者对侧 M1 血流速度比较差异无统计学意义, 说明手术对健侧血流动力学无明显影响, 安全性良好。

本研究中, 随着时间的延长患者的 mRS 评分为

表 2 68 例患者术前术后血流动力学参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

时间	WSS(Pa)	LSA(%)	RRT(s)	瘤颈血流速度 (cm/s)	载瘤动脉血流 速度(cm/s)	患侧 M1 血流 速度(cm/s)	对侧 M1 血流 速度(cm/s)
术前	3.15±0.64	0.07±0.02	0.75±0.21	22.06±6.45	102.33±15.55	88.26±8.45	91.26±7.11
术后	2.06±0.55	0.22±0.04	1.33±0.45	13.38±5.49	117.26±17.11	99.27±5.44	89.61±9.19
<i>t</i> 值	10.651	-27.659	-9.631	8.451	-5.325	-9.034	1.171
<i>P</i> 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.244

表 3 患者术后 6 个月及 12 个月影像学检查结果分析[例(%)]

术后时间	支架内狭窄				动脉瘤 OKM 分级			
	<50%	50%~70%	>70%	小计	B 级	C 级	D 级	完全闭塞
6 个月	2(2.94)	3(4.41)	0	5(7.35)	15(22.06)	8(11.76)	36(52.94)	36(52.94)
12 个月	3(4.41)	2(2.94)	1(1.47)	6(8.82)	12(17.65)	8(11.76)	43(63.24)	43(63.24)
$\chi^2$ 值				0.099				1.274
<i>P</i> 值				0.753				0.259



低级别占比逐渐增高。颅内动脉瘤形成甚至破裂后,会对周围神经组织产生压迫,损伤正常的神经功能,出现头痛、视觉障碍、面瘫、语言障碍等症状,严重影响患者的日常生活和功能状态,使 mRS 评分降低。罗斌等<sup>[16]</sup>的研究显示,Surpass Streamline 血流导向术可以降低颅内动脉瘤患者 mRS 评分。Surpass Streamline 血流导向术可以减少直接进入动脉瘤腔内的血流,使动脉瘤瘤体直径逐渐减小,周围组织压迫症状缓解。随着时间推移,患者神经功能逐渐恢复。此外,手术治疗的患者经康复训练和康复护理,功能状态可改善,残疾程度减少,生活质量提高,使 mRS 评分有所改善。

本研究结果表明,术后动脉瘤完全闭塞率较高,稳定性较好,与 Achey 等<sup>[17]</sup>的研究具有较好的一致性。Surpass Streamline 血流导向装置有 72~96 根编织丝,网丝更多,整体更硬,径向力强,能够原位打开,更少打折扭转,打开贴壁满意,血流导向作用可能更强,闭塞动脉瘤效果更好,且不易变形,稳定性较好<sup>[18]</sup>。Surpass Streamline 导流术操作简便,有效减少支架贴壁不佳导致的血栓形成,本组患者术后 6 个月及 12 个月的支架内狭窄发生率仅为 7.35% 和 8.82%。此外, Surpass Streamline 血流导向术术后并发症发生率较低,安全性良好。

本研究尚有不足之处,作为单中心研究,入选病例数量有限,结果存在一定的局限性。根据患者耐受情况,本研究对于术后再发的动脉瘤进行了再次 FD 栓塞,而再次栓塞的有效性及安全性,仍需进一步证实。

综上所述,采用 Surpass Streamline 血流导向术治疗颅内动脉瘤有较好的疗效,能改善血流动力学,术后动脉瘤完全闭塞率较高,且安全性较好,值得临床推广。

#### [参 考 文 献]

- [1] 沈 寻,王文蕾,秦怀海,等. Neuroform EZ 支架辅助颅内动脉瘤栓塞后动脉内膜增生的动态演化规律 [J]. 介入放射学杂志, 2023, 32:48-54.
- [2] Qassim AM, Guan S, Ngowo HS, et al. Effectiveness of MRA on embolized intracranial aneurysms: a comparison of DSA, CE-MRA, and TOF-MRA[J]. J Interv Med, 2018, 1: 32-41.
- [3] Togashi S, Shimizu H. Complex intracranial aneurysms[J]. Adv Tech Stand Neurosurg, 2022, 44: 225-238.
- [4] van der Kamp LT, Rinkel GJE, Verbaan D, et al. Risk of rupture after intracranial aneurysm growth[J]. JAMA Neurol, 2021, 78: 1228-1235.
- [5] 中国医师协会神经介入专业委员会, 中国颅内动脉瘤计划研究组. 中国颅内破裂动脉瘤诊疗指南 2021 [J]. 中国脑血管病杂志, 2021, 18:546-574.
- [6] Kühn AL, Singh J, Massari F, et al. Flow diverter reconstruction of internal carotid artery (loop) dissections with or without associated pseudoaneurysms[J]. World Neurosurg, 2022, 162: e65-e72.
- [7] Kan P, Mohanty A, Meyers PM, et al. Treatment of large and giant posterior communicating artery aneurysms with the Surpass streamline flow diverter; results from the SCENT trial[J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15: 679-683.
- [8] Feigen CM, Vivanco - Suarez J, Javed K, et al. Pipeline embolization device and pipeline flex versus surpass streamline flow diversion in intracranial aneurysms: a retrospective propensity score-matched study[J]. World Neurosurg, 2022, 161: e384-e394.
- [9] Yi K, Nakajima M, Ikeda T, et al. Modified rankin scale assessment by telephone using a simple questionnaire[J]. J Stroke Cerebrovasc Dis, 2022, 31: 106695.
- [10] Liang F, Yang YB, Luo LJ, et al. Endovascular treatment of complex middle cerebral artery aneurysms using TuBridge flow diverters [J]. Interv Neuroradiol, 2020, 26: 539-546.
- [11] Tang HS, Wang QS, Xu FF, et al. Underlying mechanism of hemodynamics and intracranial aneurysm[J]. Chin Neurosurg J, 2021, 7: 44.
- [12] Strange F, Gruter BE, Fandino J, et al. Preclinical intracranial aneurysm models: a systematic review[J]. Brain Sci, 2020, 10: 134.
- [13] Dandapat S, Mendez - Ruiz A, Martínez - Galdamez M, et al. Review of current intracranial aneurysm flow diversion technology and clinical use[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13: 54-62.
- [14] Vivanco - Suarez J, Mendez - Ruiz A, Farooqui M, et al. Safety and efficacy of the surpass streamline for intracranial aneurysms (SESSIA): a multi - center US experience pooled analysis [J]. Interv Neuroradiol, 2023, 29: 589-598.
- [15] 白 斌,程云章,高 卉,等. 基于多孔介质模型的血流导向装置栓塞颅内动脉瘤的敏感性 [J]. 医用生物力学, 2020, 35: 718-724.
- [16] 罗 斌,刘 健,张义森,等. Surpass Streamline 血流导向装置治疗颅内动脉瘤的初步分析[J]. 中华神经外科杂志, 2022, 38: 159-164.
- [17] Achey RL, Winkelman R, Sheikh L, et al. Use of Surpass Streamline flow diverter for the endovascular treatment of craniocervical aneurysms: a single-institution experience[J]. World Neurosurg, 2022, 162: e281-e287.
- [18] 郑 璇,张照龙,孙成建,等. Surpass Streamline 血流导向装置治疗颈内动脉海绵窦段大型动脉瘤术后并发动眼神经麻痹一例[J]. 中国脑血管病杂志, 2022, 19:202-204, 216.

(收稿日期:2023-08-02)

(本文编辑:新 宇)