

青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中球囊扩张术与支架植入术疗效对比分析

张贺 于林杰 张曦 罗云 徐运 李敬伟

【摘要】 目的 对比分析球囊扩张术与支架植入术治疗青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中的有效性和安全性。**方法** 纳入 2019 年 2 月至 2023 年 2 月南京大学医学院附属鼓楼医院接受血管内治疗的 37 例青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中患者,根据 Mori 分型和病变部位分别予单纯球囊扩张术(球囊扩张组,12 例)和球囊预扩张+支架植入术(支架植入组,25 例),主要结局为随访期间(术后 3~12 个月)血管再狭窄率、脑卒中复发率和致死性事件发生率,次要结局为手术成功率和围手术期并发症发生率。**结果** 主要结局,术后平均随访(5.21 ± 2.19)个月,36 例完成随访患者中 6 例(16.67%)出现血管再狭窄,球囊扩张组 2 例(2/12)、支架植入组 4 例(16.67%),组间差异无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$);均未发生脑卒中复发或致死性事件。次要结局,手术成功率达 100%(37/37);3 例(8.11%)出现围手术期并发症,球囊扩张组 1 例(1/12)、支架植入组 2 例(8%),组间差异亦无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$);均未发生支架内或病变血管内血栓形成。**结论** 对于青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中患者,球囊扩张术与支架植入术的疗效和安全性相当,尚待多中心、大样本临床试验进一步探索。

【关键词】 缺血性卒中; 颅内动脉硬化; 青年人; 血管成形术,气囊; 支架

Efficacy and safety of balloon dilation versus stent implantation in young ischemic stroke patients with symptomatic intracranial artery stenosis

ZHANG He, YU Lin-jie, ZHANG Xi, LUO Yun, XU Yun, LI Jing-wei

Department of Neurology, Nanjing Drum Tower Hospital, The Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School, Nanjing 210008, Jiangsu, China

Corresponding author: LI Jing-wei (Email: ljw323@yeah.net)

【Abstract】 Objective To compare the efficiency and safety between balloon dilation and stent implantation in young ischemic stroke patients with symptomatic intracranial artery stenosis (ICAS). **Methods** Total 37 young ischemic stroke patients who received endovascular treatment in Nanjing Drum Tower Hospital, The Affiliated Hospital of Nanjing University Medical School from February 2019 to February 2023 were enrolled. According to the Mori classification and the location of the lesions, balloon dilation was performed in 12 cases and stent implantation was performed in 25 cases. The primary outcomes were vascular restenosis rate, stroke recurrence rate and mortality events during the follow-up period (3-12 months after operation), and the secondary outcomes were the surgical success rate and the peri-operative complications rate. **Results** For the primary outcomes, after an average follow-up of (5.21 ± 2.19) months, among the 36 patients who completed the follow-up, 6 cases (16.67%) had vascular restenosis, with 2 cases (2/12) in balloon dilation group and 4 cases (16.67%) in stent implantation group. There was no statistically significant difference between the 2 groups (Fisher's exact probability: $P = 1.000$). No stroke recurrence or mortality events occurred. For the secondary outcomes, the surgical success rate reached 100% (37/37). Three cases (8.11%) experienced peri-operative complications, with one case (1/12) in balloon dilation group and 2 cases (8%) in stent implantation group. There was no statistically significant difference between the 2 groups (Fisher's exact probability: $P = 1.000$). No thrombosis occurred

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2025.05.008

基金项目:江苏省卫健委面上科研项目(项目编号:M2021064)

作者单位:210008 南京大学医学院附属鼓楼医院神经内科

通讯作者:李敬伟,Email:ljw323@yeah.net

within the stent or the diseased blood vessels. **Conclusions** For young ischemic stroke patients with ICAS, the efficacy and safety of balloon dilation and stent implantation are comparable. Further exploration through multicenter, large-sample clinical trials are needed.

【Key words】 Ischemic stroke; Intracranial arteriosclerosis; Young adult; Angioplasty, balloon; Stents

This study was supported by General Program of Health Commission of Jiangsu Province (No. M2021064).

Conflicts of interest: none declared

青年卒中占脑卒中的 10%~15%^[1],近年发病率显著增加,全球发病率增加 40%^[2]。尽管青年卒中患者预期生存期较长,但常伴一定程度残疾,甚至失去生活和工作能力,需高昂的医疗和护理费用,给家庭和社会带来沉重负担^[3]。目前关于青年卒中尚无统一定义,多数研究将这一人群年龄界定为 18~50 岁^[4],颅内动脉粥样硬化性狭窄(ICAS)是其重要病因^[5]。调脂治疗和抗血小板治疗仍是首选治疗方法,但规范化药物治疗无效时血管内治疗可作为一种选择^[6],主要包括球囊扩张术和支架植入术,二者有效性和安全性尚无明确结论。青年卒中患者作为特殊群体,其发病机制和治疗需求具有其特殊性。基于此,本研究以南京大学医学院附属鼓楼医院近 4 年诊断与治疗的青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中患者为研究对象,对比球囊扩张术与支架植入术的有效性和安全性,以为临床选择适宜治疗方案提供依据。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1)症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄的诊断符合《症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄血管内治疗中国专家共识 2022》^[7],并经高分辨率血管壁磁共振成像(HR-VWI)证实颅内动脉粥样硬化斑块形成。(2)年龄为 18~50 岁。(3)经 DSA 证实颅内动脉狭窄率>70%。(4)狭窄或闭塞血管长度≤3 cm。(5)颅内动脉狭窄导致缺血性卒中或短暂性脑缺血发作(TIA)。(6)术前改良 Rankin 量表(mRS)评分≤3 分。(7)均行血管内治疗,包括球囊扩张术和支架植入术。(8)末次发病至血管内治疗时间 3 周至 3 个月。(9)本研究经南京大学医学院附属鼓楼医院伦理委员会批准(审批号:2021-399-02)。(10)所有患者及其家属均对手术方案和手术风险知情并签署知情同意书。

2. 排除标准 (1)既往曾发生大面积脑梗死或脑出血。(2)合并颅内动脉瘤或颅内动静脉畸形。(3)阿司匹林或氯吡格雷过敏或有禁忌证。(4)合并冠状动脉疾病或心肌梗死。(5)临床资料不完整。

3. 一般资料 根据上述纳入与排除标准,选择 2019 年 2 月至 2023 年 2 月在我院神经内科接受血管内治疗的青年症状性颅内动脉狭窄性缺血性卒中患者共 37 例,男性 30 例,女性 7 例;年龄 22~50 岁,平均(40.32±7.13)岁;既往合并高血压占 56.76%(21/37)、糖尿病占 24.32%(9/37)、高脂血症占 32.43%(12/37),吸烟占 48.65%(18/37)、饮酒占 21.62%(8/37);术前美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分 0~6 分,中位评分 0(0,2)分;末次发病至血管内治疗时间 21~69 d,中位时间为 36(28,56) d。

二、研究方法

1. 血管内治疗 患者仰卧位,全身麻醉,经右股动脉穿刺行脑血管造影,明确 Mori 分型^[8]和血管病变部位,分别予以球囊扩张术和支架植入术。(1)球囊扩张术:于路径图引导下,微导管(美国 Covidien 公司)辅助导丝(美国 Boston Scientific 公司)缓慢通过狭窄段至远端血管,选择直径为责任血管直径 80%~90%的球囊进行预扩张,球囊长度覆盖病变区域。根据个体情况,通常在 4~6 个标准大气压下,进行球囊扩张,低压状态下根据球囊充盈程度,每分钟增加 1 个标准大气压持续扩张,观察 30 min 后脑血管造影显示血管直径明显改善,狭窄率降低≥50%,结束手术。若球囊扩张后血管回缩明显或夹层形成,进一步行支架植入术。(2)支架植入术:根据病变血管直径和狭窄长度,选择合适尺寸支架(美国 Medos 公司),通过微导管(美国 Covidien 公司)或导丝(美国 Boston Scientific 公司)将支架输送至狭窄部位,于路径图引导下准确定位后释放支架,支架长度覆盖狭窄段,即刻复查脑血管造影显

示狭窄段血管直径明显改善,狭窄率降低 $\geq 50\%$ ^[9],再行头部 CT 显示无脑出血,结束手术。于术后 4 h 复查 CT,观察有无颅内出血或高灌注等并发症。术后 24 h 内持续监测生命体征,收缩压控制在 100 ~ 120 mm Hg(1 mm Hg = 0.133 kPa)。

2. 围手术期管理 所有患者术前均服用阿司匹林 100 mg/d 和氯吡格雷 75 mg/d 双联抗血小板治疗 3 ~ 5 d;术中全身肝素化(普通肝素 50 IU/kg)抗凝治疗;术后继续双联抗血小板治疗 6 个月,后改为阿司匹林 100 mg/d 单药治疗,并积极治疗高血压、糖尿病和高脂血症等血管危险因素。

3. 结局指标 (1)主要结局:记录随访期间(术后 3 ~ 12 个月)血管再狭窄率、脑卒中复发率或致死性事件发生率。血管再狭窄(IR)定义为,术后 3 个月经 DSA 或头颈部 CTA 证实支架及两端 5 mm 范围内狭窄率 $> 50\%$ ^[10]。(2)次要结局:记录手术成功率和围手术期并发症发生率。围手术期并发症包括支架内或病变血管内血栓形成、蛛网膜下腔出血、分支栓塞等。

4. 统计分析方法 采用 SPSS 25.0 统计软件进行数据处理与分析。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示,采用 Fisher 确切概率法。数据正态性采用 Kolmogorov-Smirnov 检验进行验证,呈正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用两独立样本的 t 检验;呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,采用 Mann-Whitney U 检验。以 $P \leq 0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

本组 37 例患者 Mori 分型 A 型 19 例、B 型 16 例、C 型 2 例,血管病变部位位于大脑中动脉 32 例、颈内动脉颅内段 5 例。根据 Mori 分型和病变血管部位及患者具体情况分别采取单纯球囊扩张术(球囊扩张组,12 例)和球囊预扩张+支架植入术(支架植入组,25 例),两组患者临床资料比较,差异无统计学意义(均 $P > 0.05$,表 1),具有可比性。

主要结局,术后随访 3 ~ 12 个月、平均(5.21 $\pm$ 2.19)个月,1 例失访(为支架植入组)。36 例完成 DSA 或头颈部 CTA 随访患者中 6 例(16.67%)出现血管再狭窄,球囊扩张组 2 例(2/12)、支架植入组 4 例(16.67%),组间差异无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$);均未发生脑卒中复发或致死性事件。

表 1 球囊扩张组与支架植入组患者临床资料的比较

Table 1. Comparison of clinical data between balloon dilation group and stent implantation group

观察指标	球囊扩张组 (<i>n</i> = 12)	支架植入组 (<i>n</i> = 25)	<i>t</i> 或 <i>Z</i> 值	<i>P</i> 值
性别[例(%)]			—	0.389
男性	11(11/12)	19(76.00)		
女性	1(1/12)	6(24.00)		
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	37.50 $\pm$ 9.03	41.68 $\pm$ 5.74	-1.715	0.095
高血压[例(%)]	5(5/12)	16(64.00)	—	0.291
糖尿病[例(%)]	2(2/12)	7(28.00)	—	0.687
高脂血症[例(%)]	5(5/12)	7(28.00)	—	0.468
吸烟[例(%)]	6(6/12)	12(48.00)	—	1.000
饮酒[例(%)]	3(3/12)	5(20.00)	—	1.000
术前 NIHSS [<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), 评分]	1.00 (0.00, 1.75)	0.00 (0.00, 2.00)	0.057	0.955
末次发病至血管内治疗 时间[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), d]	36.50 (27.20, 63.20)	34.00 (26.50, 46.00)	-1.700	0.098
Mori 分型[例(%)]			—	0.535
A 型	7(7/12)	12(48.00)		
B 型	4(4/12)	12(48.00)		
C 型	1(1/12)	1(4.00)		
血管病变部位[例(%)]			—	0.152
大脑中动脉	12(12/12)	20(80.00)		
颈内动脉颅内段	0(0/12)	5(20.00)		

—, Fisher's exact probability, Fisher 确切概率法。Two-independent-sample t test for comparison of age, and Mann-Whitney U test for comparison of NIHSS at admission and time from last onset to endovascular therapy, 年龄的比较采用两独立样本的 t 检验,术前 NIHSS 评分和末次发病至血管内治疗时间的比较采用 Mann-Whitney U 检验。NIHSS, National Institutes of Health Stroke Scale, 美国国立卫生研究院卒中量表

次要结局,手术成功率达 100%(37/37),3 例(8.11%)出现围手术期并发症,包括蛛网膜下腔出血 2 例(5.41%),球囊扩张组 1 例(1/12)、支架植入组 2 例(8%),组间差异无统计学意义(Fisher 确切概率法: $P = 1.000$);其中 1 例弹簧圈栓塞成功止血,1 例予以尼莫地平 1.20 mg/h 静脉泵入 48 h 后血肿吸收良好;分支栓塞 1 例(2.70%),术中予替罗非班 0.20 mg 缓慢动脉推注后远端血流恢复,术后未出现新发症状;均未发生支架内或病变血管内血栓形成。

讨 论

随着生活方式的改变以及生活和工作压力的增加,青年卒中发病率逐年增加,全球发病率为(7 ~ 8)/10 万人年,且不同国家之间差异显著^[11]。青年卒中发病率低于老年人群,但其对家庭和社会的影响重大^[12]。青年卒中患者的复发和死亡风险更高,

尤其是颅内动脉粥样硬化性狭窄患者^[13],因此有必要探究此类患者的二级预防策略。颅内动脉粥样硬化性狭窄是缺血性卒中的主要病因之一,亚洲国家发病率较高,占缺血性卒中的8%~10%^[14]。随着高血压、糖尿病、高脂血症、肥胖、心脏病、吸烟和酗酒等血管危险因素在青年人群中的患病率增加,动脉粥样硬化风险增加,进而导致脑卒中^[12]。由于规范化药物治疗无法有效预防脑卒中复发,因此认为,支架植入术不应仅限于抗栓治疗无效的缺血性卒中患者^[15]。尽管本研究两组年龄分布未达到统计学意义,但球囊扩张组患者平均年龄更小,可能与适应证的选择有关,目前尚缺乏颅内动脉植入物超长期的随访资料,故对于青年患者,术者更倾向单纯球囊扩张术;加之血管内输送支架对管腔路径、病变形态等有一定要求,故对于复杂病变,也更倾向单纯球囊扩张术。

目前关于颅内动脉狭窄性缺血性卒中的血管内治疗方法尚存争议^[14],BASIS(Balloon Angioplasty for Symptomatic Intracranial Artery Stenosis)试验显示,球囊扩张术是症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄的有效治疗方法,但在青年卒中患者中的作用尚不明确^[16]。CASSIS(China Angioplasty and Stenting for Symptomatic Intracranial Severe Stenosis)试验针对症状性颅内动脉粥样硬化性重度狭窄患者,发现支架植入术联合药物治疗在预防缺血性卒中和死亡方面的疗效与单纯药物治疗相当^[17]。WEAVE(Wingspan Stent System Post Market Surveillance)试验显示,在经验丰富的神经介入医师操作且适应证选择恰当的情况下,支架植入术的围手术期并发症发生率较低,且对于经强化药物治疗无效的症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄患者,支架植入术是减少缺血性卒中复发的有效治疗方法^[18]。

本研究主要结局为随访期间(术后3~12个月)血管再狭窄率、脑卒中复发率或致死性事件发生率,血管再狭窄率为16.67%(6/36),与WOVEN(Wingspan One-year Vascular Events and Neurologic Outcomes)试验报道的术后1年血管再狭窄(狭窄率 $\geq 70\%$)率为16.8%基本一致^[19]。支架内再狭窄与年龄、病变部位和支架直径等多种因素相关^[20],炎症在支架内再狭窄的发生发展过程中发挥重要作用,其机制为新生内膜增生^[21]。支架植入术在改善血管再狭窄方面可能是“双刃剑”,一方面支架可

提供更持久的支撑力,维持血管通畅;另一方面支架作为金属异物可能刺激血管内膜增生,增加血管再狭窄率^[22]。本研究结果显示,随访期间球囊扩张组与支架植入组血管再狭窄率无明显差异,提示单纯球囊扩张术的短期优势与支架植入术相当。既往有文献报道,颅内动脉支架植入术后1年脑卒中复发率为20%^[8];单纯球囊扩张术的年脑卒中复发率为3.2%,围手术期症状性颅内出血(sICH)和无症状性颅内出血(asICH)发生率均为1.2%^[16]。本研究次要结局围手术期并发症发生率为8.11%(3/37),与既往研究结果基本一致。支架植入术的操作相对更复杂、对血管的侵入性相对更高,可能引发血管内膜损伤、动脉夹层、血栓脱落等围手术期并发症,而单纯球囊扩张术操作相对简单、对血管的刺激较小,围手术期并发症发生率相对较低^[22]。本研究球囊扩张组与支架植入组围手术期并发症发生率无明显差异,可能是由于所纳入患者术前均接受充分的影像学评估,严格把控手术指征,经验丰富的神经介入医师对球囊扩张时球囊压力的精准控制以及支架植入时对支架规格和位置的选择可以最大程度减少血管壁损伤,使得两种术式的围手术期并发症发生率趋于一致。青年卒中患者的预期生存期较长,支架作为异物将长期存在于血管内,故其对支架植入术的接受度普遍偏低。颅内动脉支架不可避免地引发免疫反应,可能导致血管内膜增生,增加支架内再狭窄风险,虽然支架材料不断改进,但仍存在支架断裂、变形等风险,可能影响血管通畅性和患者预后。

综上所述,对于青年颅内动脉狭窄性缺血性卒中患者,球囊扩张术与支架植入的疗效和安全性相当。但本研究样本量较小,且随访时间仅3~12个月,难以充分捕捉长期疗效和并发症风险,而短期随访可能遗漏罕见但重要的不良事件,导致生存分析等长期评估方法的应用受限,影响对球囊扩张术与支架植入术真实风险获益比的准确判断。未来研究将扩大样本量,延长随访时间,结合生存分析系统评估血管再狭窄率、脑卒中复发率等关键结局,并开展多中心临床试验,更全面地揭示两种术式的长期疗效和安全性。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Smajlović D. Strokes in young adults: epidemiology and prevention[J]. Vasc Health Risk Manag, 2015, 11:157-164.

- [2] Béjot Y, Bailly H, Durier J, Giroud M. Epidemiology of stroke in Europe and trends for the 21st century [J]. *Presse Med*, 2016, 45(12 Pt 2):e391-e398.
- [3] Feigin VL, Roth GA, Naghavi M, Parmar P, Krishnamurthi R, Chugh S, Mensah GA, Norrving B, Shiue I, Ng M, Estep K, Cercy K, Murray CJL, Forouzanfar MH; Global Burden of Diseases, Injuries and Risk Factors Study 2013 and Stroke Experts Writing Group. Global burden of stroke and risk factors in 188 countries, during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013 [J]. *Lancet Neurol*, 2016, 15:913-924.
- [4] Aarnio K, Siegerink B, Pirinen J, Sinisalo J, Lehto M, Haapaniemi E, Nave AH, Kaste M, Tatlisumak T, Putaala J. Cardiovascular events after ischemic stroke in young adults: a prospective follow-up study [J]. *Neurology*, 2016, 86:1872-1879.
- [5] Li L, Tang M, Yan X, Gao J, Ma N, Shi X, Niu Y, Wen Y, Ai K, Lei X, Zhang X. Plaque characteristics in young adults with symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis: a preliminary study [J]. *Front Neurol*, 2022, 13:825503.
- [6] Prabhakaran S, Liebeskind DS, Cotsonis G, Nizam A, Feldmann E, Sangha RS, Campo - Bustillo I, Romano JG; MYRIAD Investigators. Predictors of early infarct recurrence in patients with symptomatic intracranial atherosclerotic disease [J]. *Stroke*, 2021, 52:1961-1966.
- [7] Neurointerventional Branch, Chinese Stroke Association. Chinese experts consensus on endovascular treatment for symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis 2022 [J]. *Zhongguo Zu Zhong Za Zhi*, 2022, 17:863-888. [中国卒中学会神经介入分会. 症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄血管内治疗中国专家共识 2022 [J]. *中国卒中杂志*, 2022, 17:863-888.]
- [8] Chimowitz MI, Lynn MJ, Derdeyn CP, Turan TN, Fiorella D, Lane BF, Janis LS, Lutsep HL, Barnwell SL, Waters MF, Hoh BL, Hourihane JM, Levy EI, Alexandrov AV, Harrigan MR, Chiu D, Klucznik RP, Clark JM, McDougall CG, Johnson MD, Pride GL Jr, Torbey MT, Zaidat OO, Rumboldt Z, Cloft HJ; SAMMPRIS Trial Investigators. Stenting versus aggressive medical therapy for intracranial arterial stenosis [J]. *N Engl J Med*, 2011, 365:993-1003.
- [9] Sun B, Xu C, Wu P, Li M, Xu S, Wang C, Liu X, Ling Y, Shi H. Intracranial angioplasty with enterprise stent for intracranial atherosclerotic stenosis: a single - center experience and a systematic review [J]. *Biomed Res Int*, 2021:ID6645500.
- [10] Haidegger M, Kneihsl M, Niederkorn K, Deutschmann H, Mangge H, Vetta C, Augustin M, Wünsch G, Fandler-Höfler S, Horner S, Enzinger C, Gatttringer T. Blood biomarkers of progressive atherosclerosis and restenosis after stenting of symptomatic intracranial artery stenosis [J]. *Sci Rep*, 2021, 11: 15599.
- [11] Ekker MS, Boot EM, Singhal AB, Tan KS, Dabette S, Tuladhar AM, de Leeuw FE. Epidemiology, aetiology, and management of ischaemic stroke in young adults [J]. *Lancet Neurol*, 2018, 17: 790-801.
- [12] Béjot Y, Daubail B, Jacquin A, Durier J, Osseby GV, Rouaud O, Giroud M. Trends in the incidence of ischaemic stroke in young adults between 1985 and 2011: the Dijon Stroke Registry [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2014, 85:509-513.
- [13] Rutten - Jacobs LC, Arntz RM, Maaijwee NA, Schoonderwaldt HC, Dorresteijn LD, van Dijk EJ, de Leeuw FE. Long - term mortality after stroke among adults aged 18 to 50 years [J]. *JAMA*, 2013, 309:1136-1144.
- [14] Gutierrez J, Turan TN, Hoh BL, Chimowitz MI. Intracranial atherosclerotic stenosis: risk factors, diagnosis, and treatment [J]. *Lancet Neurol*, 2022, 21:355-368.
- [15] Turan TN, Maidan L, Cotsonis G, Lynn MJ, Romano JG, Levine SR, Chimowitz MI; Warfarin - Aspirin Symptomatic Intracranial Disease Investigators. Failure of antithrombotic therapy and risk of stroke in patients with symptomatic intracranial stenosis [J]. *Stroke*, 2009, 40:505-509.
- [16] Sun X, Deng Y, Zhang Y, Yang M, Sun D, Nguyen TN, Tong X, Peng G, Liu A, Xu Y, Wu Y, Geng X, Wang Y, Li T, Xing S, Wu W, Ji Y, Yang H, Wang S, Gao X, Yang W, Zhao X, Liu L, Ma N, Gao F, Mo D, Huo X, Song L, Li X, Zhang J, He H, Lv M, Mu S, Yu W, Liebeskind DS, Amin - Hanjani S, Wang Y, Wang Y, Miao Z; BASIS Investigators. Balloon angioplasty vs medical management for intracranial artery stenosis: the BASIS randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2024, 332:1059-1069.
- [17] Gao P, Wang T, Wang D, Liebeskind DS, Shi H, Li T, Zhao Z, Cai Y, Wu W, He W, Yu J, Zheng B, Wang H, Wu Y, Dmytriw AA, Krings T, Derdeyn CP, Jiao L; CASSISS Trial Investigators. Effect of stenting plus medical therapy vs medical therapy alone on risk of stroke and death in patients with symptomatic intracranial stenosis: the CASSISS randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2022, 328:534-542.
- [18] Alexander MJ, Zauner A, Chaloupka JC, Baxter B, Callison RC, Gupta R, Song SS, Yu W; WEAVE Trial Sites and Interventionalists. WEAVE trial: final results in 152 on - label patients [J]. *Stroke*, 2019, 50:889-894.
- [19] Alexander MJ, Zauner A, Gupta R, Alshekhlee A, Fraser JF, Toth G, Given C, Mackenzie L, Kott B, Hassan AE, Shownkeen H, Baxter BW, Callison RC, Yu W. The WOVEN trial: Wingspan one-year vascular events and neurologic outcomes [J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13:307-310.
- [20] Yu J, Wang L, Deng JP, J L, Gao L, Zhang T, Zhao ZW, Gao GD. Treatment of symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis with a normal-sized Gateway (™) balloon and Wingspan (™) stent [J]. *J Int Med Res*, 2010, 38:1968-1974.
- [21] Gao XF, Chen AQ, Tang HY, Kong XQ, Zhang H, Wang ZM, Lu W, Wang LG, Wang F, Zhou WY, Gu Y, Zuo GF, Ge Z, Zhang JJ, Chen SL. m⁶A modification of profilin-1 in vascular smooth muscle cells drives phenotype switching and neointimal hyperplasia via activation of the p-ANXA2/STAT3 pathway [J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2024, 44:2543-2559.
- [22] Musmar B, Salim H, Abdelgadir J, Spellicy S, Adeeb N, Liu J, Jabbour P, Hasan D, Zomorodi A. Balloon - mounting stent versus balloon angioplasty for intracranial arterial stenosis: a systematic review and meta - analysis [J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2024, 33:107631.

(收稿日期: 2025-03-31)

(本文编辑: 许畅)