



· 指南与共识 ·

急性缺血性卒中血管内治疗技术 中国专家共识2025

■ 中国卒中学会神经介入分会

基金项目

四大慢病国家科技重大
专项 (2023ZD0505400;
2023ZD0505402;
2023ZD0505404)

北京市医院管理中心
“登峰”人才培养计划
(DFL20240505)

通信作者单位

北京 100070
首都医科大学附属北京
天坛医院神经病学中心
介入神经病学科

通信作者

缪中荣
zhongrongm@163.com

【摘要】 血管内治疗 (endovascular treatment, EVT) 已成为颅内大血管闭塞所致急性缺血性卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 的一线治疗方案。但EVT的标准化应用和个体化选择仍存在较多问题, 需进一步规范。因此, 中国卒中学会神经介入分会组织专家成立了工作组, 基于相关临床研究的最新进展并结合专家的临床经验, 系统梳理了EVT应用于AIS的技术要点, 包括血管通路建立、EVT的器械选择与技术应用、针对不同病因的取栓策略及并发症的预防和处理, 采用改良德尔菲法形成I~IV级的分级推荐意见, 旨在规范EVT策略与技术、提升治疗效率、改善患者预后。

【关键词】 急性缺血性卒中; 血管内治疗; 技术; 策略; 专家共识; 推荐意见

【中图分类号】 R74

【DOI】 10.3969/j.issn.1673-5765.2025.11.012

Chinese Expert Consensus on Endovascular Treatment Technology for Acute Ischemic Stroke 2025

Chinese Interventional Neuroradiology Society of Chinese Stroke Association. Department of Interventional Neuroradiology, Department of Neurology, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, Beijing 100070, China

Corresponding Author: MIAO Zhongrong, E-mail: zhongrongm@163.com

【Abstract】 Endovascular treatment (EVT) has become the first-line treatment for acute ischemic stroke (AIS) caused by intracranial large vessel occlusion. However, there are still many issues regarding the standardized application and individualized selection of EVT, which require further refinement. Therefore, based on the latest advances in EVT clinical studies and expert experience, the Chinese Interventional Neuroradiology Society of Chinese Stroke Association organized an expert working group to systematically review the technical elements of EVT for AIS, including vascular access establishment, device selection and technique application of EVT, thrombectomy strategies for different etiologies, and prevention and management of complications. Using a modified Delphi method, the group formulated graded recommendations (level I-IV), aiming to standardize EVT strategies and techniques, enhance treatment efficiency, and improve patient outcomes.

【Key Words】 Acute ischemic stroke; Endovascular treatment; Technique; Strategy; Expert consensus; Recommendation

1 共识制订的背景和流程

2015年后, 基于陆续发表的临床研究提供的循证医学证据, 血管内治疗 (endovascular treatment, EVT) 已成为颅内大血管闭塞 (large vessel occlusion, LVO) 所致急性缺血性卒中 (acute ischemic stroke, AIS) 的首

选治疗方式^[1]。近年来, EVT在AIS领域的适应证不断扩大: 治疗时间窗延长至发病后24 h, 可治疗血管范围从前循环扩展到后循环 (椎基底动脉), 从LVO扩展到严格选择下的中等血管闭塞 (medium vessel occlusion, MeVO); 同时, 部分经影像学检查筛选的大核心梗死

(Alberta卒中项目早期CT评分 <6 分或核心梗死体积 >70 mL)也逐渐被纳入EVT的治疗范围^[2-3]。随着EVT器械的发展、取栓技术的更新和推广及术者经验的积累, EVT用于AIS的穿刺到再通时间显著缩短, 血管成功再通率持续提升^[4]。

然而, EVT在AIS中的标准化与规范化应用仍需进一步普及, 这不仅是保证EVT疗效一致性, 以及降低并发症风险的关键, 更是推动优质医疗服务均质化、让更多患者获益的迫切需求。为此, 中国卒中学会神经介入分会组织专家成立工作组, 制定了《急性缺血性卒中血管内治疗技术中国专家共识2025》。工作组通过查阅相关文献, 分析并总结EVT在AIS中各项技术及策略的推荐建议, 并邀请国内神经介入科、神经放射科、神经内科及神经外科相关领域的资深临床专家进行深入讨论。本共识采用改良德尔菲法, 通过Likert 5分量表(1~5分)评估专家对推荐意见的同意程度, 经投票确定推荐意见的最终分级。投票设置5个选项: ①强烈推荐(5分); ②弱推荐(4分); ③无明确推荐意见(3分); ④弱不推荐(2分); ⑤强不推荐(1分)。在每一轮投票中, 计算每条推荐意见下 ≥ 4 分的专家投票占比和投票平均分, 据此将推荐意见的推荐分级分为I、II、III、IV级。推荐分级及其标准见表1^[5]。

通过第一轮邮件函审、第二轮线上讨论加投票和第三轮网络投票, 收集并分析临床专家对EVT在AIS中应用推荐建议的最终分级。为

确保共识内容的科学性和适用性, 专家组在每一轮投票前均进行了充分讨论和共识修订。

基于上述过程, 本共识总结了当前EVT在AIS领域的最新研究进展, 并提出了适合我国临床实践的标准与管理方法。建议临床医师在参考本共识的基础上, 结合实际情况, 采取个体化的治疗策略, 以提升AIS患者的治疗效果与生活质量。

2 血管通路的建立

2.1 经桡动脉通路的发展历程

EVT的主要通路为经股动脉通路和经桡动脉通路。经股动脉通路是神经介入治疗的基础通路, 也是急性颅内LVO进行EVT的常用通路。对于主动脉弓或颈动脉迂曲明显, 以及经股动脉通路失败的患者, 既往观察性研究证实经桡动脉通路可作为备选通路^[6-8]。不过, 相较于经股动脉通路, 经桡动脉通路进行EVT要求取栓材料的管径适配桡动脉, 且有增加远端栓塞、桡动脉闭塞等并发症发生率的危险^[6-8]。此外, 经股动脉通路失败或因血管迂曲转而采用经桡动脉通路, 可能会造成再灌注延误^[7]。

近年来, 为了探索急性颅内LVO首选经桡动脉通路进行EVT的可能性, 国内外开展了多项经桡动脉通路和经股动脉通路对比的观察性研究。2019年, Maud等^[9]率先报道了后循环卒中EVT中首选经桡动脉通路和经股动脉通路的比较结果: 两者在取栓次数、血管成功再通率和首通效应率方面相似, 但经桡动脉通路的穿刺到再通时间更短[(29.2 \pm 17.6) min vs. (63.9 \pm 56.7) min, $P<0.001$]。Chen等^[10]随后比较了经桡动脉通路和经股动脉通路行EVT在前循环LVO中的效果, 发现在血管解剖结构复杂(牛角弓、III型主动脉弓, 颈动脉迂曲、成角和成袢)的患者中, 两种通路的成功再灌注率(88.9% vs. 87.9%, $P=1.000$)、平均取栓次数(1.7次 vs. 1.9次, $P=0.453$)、穿刺到再灌注时间(61.1 min vs. 61.9 min, $P=0.920$),

表1 共识推荐分级及其标准
Table 1 Consensus recommendation grades and their standards

推荐分级	标准
I级(一致推荐)	100%专家投票 ≥ 4 分
II级(强推荐)	75%~99%专家投票 ≥ 4 分, 且平均分 >4 分
III级(弱推荐)	$\geq 50\%$ 专家投票 ≥ 4 分, 但未达到II级推荐标准
IV级(专家未达成一致结论)	$<50\%$ 专家投票 ≥ 4 分



以及90 d良好预后(mRS评分0~2分)率(33.3% vs. 39.4%, $P=0.669$)的差异均无统计学意义,提示在经筛选的患者中,经桡动脉通路可作为EVT的首选通路。

然而, Siddiqui等^[11]研究发现,针对AIS行EVT时,经股动脉通路较经桡动脉通路的血管成功再通率更高(91.4% vs. 79.6%, $P=0.01$)、取栓次数更少[(1.8±1.2)次 vs. (2.4±1.6)次, $P=0.014$]且患者的3个月死亡率更低(22.1% vs. 40.9%, $P=0.004$),3个月功能预后也更好(mRS评分0~2分的比例: 51.3% vs. 34.1%, $P=0.015$)。Verhey等^[12]也报道,经股动脉通路行EVT的穿刺到再通时间短于经桡动脉通路[(21.9±17.6) min vs. (36.3±24.5) min, $P<0.001$],但两种通路的血管成功再通率、死亡率和90 d mRS评分分布的差异均无统计学意义。同时, Silva等^[13]基于卒中机械取栓和动脉瘤登记(stroke thrombectomy and aneurysm registry, STAR)研究数据库发现, AIS患者经桡动脉通路行EVT的90 d预后与经股动脉通路相似,血管成功再通率更高(59.6% vs. 54.7%, $P=0.001$),症状性颅内出血(symptomatic intracranial hemorrhage, sICH)的发生率更低(8.0% vs. 9.4%, $P=0.047$),穿刺到再灌注时间更短(34.1 min vs. 43.6 min, $P=0.001$),但远端栓塞率更高(23.0% vs. 7.1%, $P<0.001$)。一项纳入13项观察性研究和1项随机对照试验(randomized controlled trial, RCT)的meta分析发现,在AIS患者的EVT中,经桡动脉通路的手术成功率、首通效率率和穿刺到再通时间与经股动脉通路相当,并可显著降低穿刺部位并发症和颅内出血的风险,提示与经股动脉通路相比,经桡动脉通路行EVT是一种安全的替代方案^[14]。2024年, *Stroke* 发表了一项旨在对比AIS患者EVT中经桡动脉通路是否非劣于经股动脉通路的RCT结果。该研究共纳入120例患者,发现在血管

成功再通率方面,经桡动脉通路非劣于经股动脉通路(96.6% vs. 87.9%, 风险差-5.0%, 95%CI -6.61%~13.1%),但经股动脉通路较经桡动脉通路入导管室到首次血管成功再通时间更短[30 (25~37) min vs. 41 (33~62) min, $P<0.001$]。该研究提示,在未经筛选的AIS患者中,经股动脉通路仍然是EVT应用于急性颅内LVO的一线通路方式^[15]。

在安全性及并发症方面,穿刺点损伤是经股动脉通路最常见的并发症。穿刺点损伤可引发局部出血,若后续止血不彻底,持续出血将导致动脉壁与周围组织之间形成假腔,进而诱发假性动脉瘤。相关研究显示,假性动脉瘤的发生率为1%~8%,如需手术治疗则可导致患者的住院时间延长^[16-18]。此外,腹膜后血肿是经股动脉通路最严重的穿刺并发症,其发病率为0.1%~0.7%,致死率高,多需紧急输血治疗^[19]。股动脉分支血管损伤则多为EVT术中导丝、导管操作不当所致。其他经股动脉通路相关并发症(如皮下血肿、动脉夹层和血栓)多预后良好,极少数情况才需外科手术干预^[17]。

冠状动脉介入治疗相关研究证据显示,经桡动脉通路较经股动脉通路穿刺部位出血、血管并发症的发生率低,且患者30 d内死亡、非致命性心肌梗死及卒中的风险低^[20-21]。神经介入的相关研究也提示,经桡动脉通路行脑血管造影检查后穿刺部位并发症的发生率较低^[22]。Khanna等^[23]发现,经桡动脉通路对AIS进行EVT是安全可行的,与传统的经股动脉通路相比,其手术操作没有增加额外的并发症风险。在一项纳入6项RCT的meta分析中,经桡动脉通路行脑血管造影检查患者的并发症发生率低于经股动脉通路患者(5.2% vs. 20.3%, OR 0.21, $P<0.01$),其中穿刺部位血肿(2.0% vs. 7.8%, OR 0.27, $P<0.01$)和假性动脉瘤(0 vs. 4.2%, OR 0.17, $P=0.04$)的发生率更低,而动脉痉挛的发生率则相似(0.6% vs. 3.6%, OR 0.28, $P=0.11$)^[24]。

Saito等^[25]发现,经桡动脉行冠状动脉介入治疗中桡动脉闭塞的平均发生率为6.8%,在使用6 F (1 F=0.333 mm)、7 F、8 F鞘管的患者中该并发症的发生率分别为7.2%、4.7%和8.3%,当桡动脉内径与鞘管外径的比值<1.0时,其发生率从4.0%升至13.0% ($P=0.0113$)。Rashid等^[26]发现桡动脉闭塞的发生风险随器械外径的增大而升高。因此,使用外径更小的桡动脉鞘可提高经桡动脉通路行EVT的成功率,并降低桡动脉痉挛、闭塞的发生风险^[27]。远端桡动脉通路近年来受到关注。相对于常规的经桡动脉通路,远端桡动脉通路的桡动脉闭塞发生率低,患者舒适度高,但穿刺难度较大,学习曲线更长^[28]。经桡动脉通路较少见的并发症还有感染或霉菌性动脉瘤、神经损伤及局部疼痛等^[29]。

综上所述,在AIS的EVT中,经股动脉通路与经桡动脉通路具有相似的血管成功再通率、取栓效率和首通效应率。在未进行筛选的患者中,考虑到穿刺成功到实施EVT时间延长的风险,经股动脉通路仍然是急性颅内LVO治疗的首选通路^[15]。经桡动脉通路可使患者更舒适,减少局部穿刺等导致的相关并发症,弥补经股动脉通路的部分不足,是神经介入诊疗新的尝试方向。但经桡动脉通路的学习曲线较长,操作者通常需完成25~50例经桡动脉造影操作才能熟练掌握该技术^[30]。此外,桡动脉直径会限制器械尺寸,这是经桡动脉通路的主要缺点之一。同时,主动脉弓的形态类型及弓上血管的开口位置,也会在技术层面对器械性能产生制约。

2020年,以Rist器械(Medtronic, USA)为代表的经桡动脉通路专用器械开始应用于临床。这类产品针对主动脉弓的反折角路径,进行了抗打折与优化递送性的专项设计,可降低经桡动脉通路治疗的通路搭建难度;此外,其搭配的为桡动脉通路设计的细锥形血管扩张器,可采用小外径“无鞘化技术”方案,减少桡动脉

鞘可能造成的桡动脉损伤,使桡动脉相对纤细(直径<2.40 mm)的患者也能以经桡动脉通路作为替代方案^[31]。目前经桡动脉通路EVT的主要器械及参数见表2。

2.2 经肱动脉通路和经颈动脉通路

对于经桡动脉通路和经股动脉通路均失败的患者,经肱动脉通路和经颈动脉通路或许是可行的方式;当存在髂-股动脉狭窄或闭塞、胸腹主动脉迂曲、Ⅲ型主动脉弓等情况时,经肱动脉通路也是EVT可选择的通路之一^[32]。经肱动脉通路最严重的并发症是正中神经损伤,其发生率为0.2%~1.4%,可导致患者手部感觉与运动障碍,且早期易被漏诊^[33]。

在经颈动脉通路方面,既往两项meta分析均发现,经颈动脉通路与经桡动脉通路、经股动脉通路行EVT的有效性和安全性相似,提示经颈动脉通路可作为经桡动脉通路和经股动脉通路失败后的补充通路^[34-35]。一项病例系列研究报道了7例经颈动脉通路行EVT的AIS患者,其中6例在EVT后实现了血管成功再通[脑梗死溶栓(thrombolysis in cerebral infarction, TICI)分级2b~3级];1例出现术后并发症(颈部血肿),但无须手术干预^[36]。另一项观察性研究中,6例经颈动脉通路行EVT的患者均实现了血管成功再通,再通率达100%,其中1例出现并发症(颈部血肿),经手术清除后未进一步加重^[37]。经颈动脉通路最常见的并发症包括颈动脉血肿形成,以及压迫颈动脉止血致颈动脉闭塞或损伤导致的缺血性卒中等。若该通路术后穿刺部位出血且缺乏有效的血管封堵方案,可能引发严重的临床并发症^[34-35, 38]。经颈动脉通路主要使用8 F动脉短鞘,部分情况下使用6 F短鞘,与经股动脉通路所用动脉鞘相似;造影则一般选用5 F造影管^[34-36]。另外,有文献报道了1例基底动脉闭塞且经股动脉通路与经桡动脉通路均失败的患者,最终通过直接椎动脉穿刺进行EVT后实现了血管成功再通(TICI分级3级),且未发生相关并发症^[39]。

表2 经桡动脉通路血管内治疗的主要器械及技术参数

Table 2 Main instruments and technical parameters for endovascular treatment via the transradial approach

序号	类别	名称	生产企业	注册证号	获批年份	适应证获批情况 ^①	工作长度/cm	内径/in	最大外径/mm	头端形状	涂层长度/cm	主要配件 ^②	次要配件 ^②
1		经桡动脉远端通路导管Rist™ 071	麦克罗医疗股份有限公司 神经血管医疗股份有限公司	国械注进 20243030528	2024年	国内	95/100/105	0.071	2.21	STR	25	扩张器	—
2		经桡动脉远端通路导管Rist™ 079	麦克罗医疗股份有限公司 神经血管医疗股份有限公司	国械注进 20243030511	2024年	国内	95/100/105	0.079	2.37	STR	25	扩张器	—
3		桡动脉入路导管	通桥医疗科技有限公司	国械注准 20233031812	2023年	国内	90/95/100/105/110/115	0.070/0.078 2.10/2.35		STR	20~30	内导管	—
4	经桡中间导管	桡动脉通路导管系统	赛诺神畅医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20233031082	2023年	国内	90/95/105/115	0.072/0.079 2.12/2.32		STR	—	内导管	—
5		经桡动脉神经血管远端通路导管	上海博畅医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20243031134	2024年	国内	95/105/115	0.059/0.071 1.75/2.10		RFA/RFB/RFC/RFS	30	—	—
6		经桡动脉导管	艾柯医疗器械(北京)股份有限公司	国械注准 20243030848	2024年	国内	70/75/80~110 (每1 cm 1个型号)	0.066	2.10	STR	20	适配导管	—
7		经桡神经血管远端通路导管	适介医疗科技(广州)有限公司	国械注准 20243030279	2024年	国内	95/105	0.072	—	STR	20	—	可分离导入鞘
8		输送导管	广州易介医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20233031080	2023年	国内	90/95/100/105	0.071/0.079	—	STR	—	内导管	导入鞘
9		Armadillo	O'Apel Medical	未在国内注册	2021年	国外	95/105	0.072	2.41	STR	30	—	—
10		支撑导管	广州易介医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20233031687	2023年	国内	80/90/100	0.088	2.5/2.7	STR/MPD	全涂层	扩张器	延长管、止血阀
11		经桡动脉输送导管	上海心玮医疗科技股份有限公司	国械注准 20253030962	2025年	国内	65/70/80/90/95/100/105	0.079/0.087 2.36/2.60		STR	—	—	导引鞘、Y型阀、延长管
12	经桡长鞘	经桡动脉神经血管输送导管系统	适介医疗科技(广州)有限公司	国械注准 20243031897	2024年	国内	80/90/100	0.088	2.6	STR	全涂层	适配导管、支撑导管	—
13		Zoom RDL	Imperative Care	未在国内注册	2023年	国外	95/103/105/110	0.088	2.79	STR	—	—	—
14		输送导管 Benchmark BMX81	半影公司	国械注进 20253030299	2025年	国内	95/105/115	0.081	2.46	STR/MP	18	扩张器	止血阀适配器、带止血阀的Y型连接器
15		桡动脉通路远端通路导管Rist™	麦克罗医疗股份有限公司 神经血管医疗股份有限公司	国械注进 20233030440	2023年	国内	120/130	0.040	1.75	BER/SIM II	无涂层	—	—
16	超选导管/辅助导管	造影导管	上海博畅医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20243032439	2024年	国内	100/115/125/132	0.045	1.70	RAA/RAB/RAC/RAV/RAS	50	—	—
17	导管	神经血管造影导管	适介医疗科技(广州)有限公司	国械注准 20243030631	2024年	国内	65/80/100/110/125/135	0.040/0.043 1.40/1.70		PIG/SIM I/SIM II/SIM III/DW	—	—	—
18		经桡动脉递送导管	浙江归创医疗科技有限公司 有限公司	国械注准 20253030681	2025年	国内	65/80/100/110/125/132/140/145	1.06/1.18 1.37/1.67		17种类型	50	—	—

注：①以“产品名称”、国家药品监督管理局器械“适用范围/预期用途”为标准进行界定；“国内”表示该产品在国内获批准注册；“国外”表示该产品仅在国外获批准注册。②以国家药品监督管理局器械“结构及组成/主要组成成分”为标准进行界定。I in=0.025 in; I F=0.333 mm. STR——直头型; RFA/RFB/RFC/RFS——桡动脉A/B/C/S型; MPD——多用途D型; MP——多用途型; BER——猪尾型; DW——戴维斯—韦伯斯特型。 Simmons型; RAA/RAB/RAC/RAV/RAS——桡动脉A/B/C/椎动脉/标准型; PIG——猪尾型; R——猪尾型; DW——戴维斯—韦伯斯特型。

2.3 上肢动脉通路建立策略

常用的上肢动脉通路血管鞘直径范围为4~10 F,由皮肤切开器、穿刺针及针芯、导引导丝、血管鞘及鞘芯组成^[17]。基于现有器械,经桡动脉通路进行DSA可选用4 F、5 F或6 F的桡动脉鞘,0.035 in (1 in=0.025 m) 导丝,5 F猪尾型导管,4 F或5 F的Simmons II型导管。部分弓形可选用Simmons I或Simmons III型导管。行脑血管颅外段治疗时,对于颈动脉狭窄、椎动脉狭窄、锁骨下动脉狭窄病变,需预判管腔直径及所需支架的规格^[40]。经桡动脉通路行颈内动脉颅外段介入治疗时,可选用6 F桡动脉鞘、7 F薄壁桡动脉鞘及6 F/7 F导引导管、6 F长鞘、5 F Simmons II型导管(长度为125 cm)、0.035 in导丝。主动脉弓成角不佳时,可采用5.5 F及更大外径的经桡动脉通路专用Simmons II型导管,以提升导引递送性能。在缺乏125 cm的Simmons II型导管时,可采用交换技术建立通路。行脑血管颅内段治疗时,建议将桡动脉远端通路导管送达岩骨段及以上,以便颅内通路搭建及器械输送^[41]。经桡动脉通路行颈动脉系统治疗时,可采用6 F桡动脉鞘及6 F/7 F经桡动脉远端通路导管建立通路,必要时也可使用长鞘以提高支撑性和通路稳定性。部分5 F远端通路导管能够兼容6 F导引导管,可搭配6 F桡动脉鞘建立通路^[42]。经桡动脉通路行后循环颅内段治疗时,应根据病变部位、病变侧椎动脉是否为优势血管等情况,选择右侧或左侧桡动脉通路,并根据椎动脉直径选择外径匹配的通路导管。若首选经桡动脉通路遇到困难,可尽快改为经股动脉通路,甚至经颈动脉通路。

综上所述,近年来,随着上肢动脉通路(经桡动脉、远端桡动脉及肱动脉)医师操作经验的积累及配套产品的研发,神经介入治疗的通路选择日益丰富。尽管如此,传统经股动脉通路因其操作路径更优、与器械的适配性及兼容性更强,可为EVT提供更理想的条件和更多

器械组合选择等优势,仍是目前AIS患者进行EVT的主流通路方式。

推荐意见

- 对于AIS的EVT,经股动脉通路为首选的通路方式(I级推荐)。
- 对于经股动脉通路失败的前循环LVO和经过筛选的后循环LVO,可将上肢动脉通路作为经股动脉通路的替代方式(I级推荐)。
- 经颈动脉通路可作为经股动脉通路和上肢动脉通路失败的补救通路(II级推荐)。

3 急性缺血性卒中血管内治疗技术

3.1 支架取栓技术

第一代血栓取栓装置Merci取栓系统(Concentric Medical, Mountain View, USA)的核心组件为5个直径逐渐减小(直径范围为1.1~2.8 mm)的同心螺旋镍钛合金线圈,其展开后可缠绕并抓取血栓。该系统组件包括球囊导引导管、微导管、取栓支架、微导丝、旋转止血阀、三通管及30 mL和60 mL注射器。前瞻性、单臂、多中心的脑缺血机械取栓术(mechanical embolus removal in cerebral ischemia, MERCI) I期和II期研究,对症状出现后8 h内或0~3 h(存在rt-PA静脉溶栓禁忌证)合并LVO的AIS患者进行了EVT后的疗效评估,初步证实了Merci取栓系统的有效性和安全性,该装置于2004年获得了美国食品和药品管理局的临床应用批准^[43-44]。2012年,Alshekhlee等^[45]对既往Merci取栓系统相关研究进行了汇总分析,发现该取栓系统尽管血管成功再通率较高(54%~80.1%),但患者达到90 d mRS评分0~2分的比例偏低(24%~36%)且死亡率较高(29%~43.5%),这可能与Merci取栓系统本身的设计有关。

随后,设计更安全合理、取栓效率更高的,以Solitaire (Medtronic, USA) 和Trepo (Stryker, USA) 为代表的第二代取栓支架登上了历史舞台。2012年, Solitaire装置与



Merci装置治疗急性缺血性卒中 (Solitaire flow restoration device versus the Merci retriever in patients with acute ischaemic stroke, SWIFT) 和急性缺血性卒中大血管闭塞Trepo与Merci装置取栓再通 (Trepo versus Merci retrievers for thrombectomy revascularisation of large vessel occlusions in acute ischaemic stroke, TREVO 2) 两项研究结果提示, Solitaire和Trepo取栓支架相较于Merci取栓支架, 有更高的血管成功再通率和更好的临床预后效果^[46-47]。类似的第二代取栓支架还有ReVive SE (Codman, USA)、pRESET (Phenox, Germany) 和Aperio (Acandis, Germany) 等。与第一代取栓支架的设计不同, 第二代取栓支架通过支架的自膨胀性将血栓钳夹到支架与血管壁之间, 不仅能更安全有效地取出血栓, 还能迅速恢复闭塞部位的脑血流。2015年, 广泛采用第二代取栓支架的5项大型临床RCT均证实, 对于合并急性前循环近端LVO的AIS患者, EVT优于最佳内科治疗。此后, 针对AIS患者的EVT获得了各国相关临床指南最高级别的推荐。后续临床研究证据逐步将EVT的治疗时间窗扩展到24 h, 治疗范围由前循环扩展到后循环, 由中小核心梗死扩展到大核心梗死^[1-3]。既往多项研究表明, 支架取栓成功的主要影响因素包括支架和血栓的机械作用与黏合作用, 支架与血栓的长度比 (在不影响血管的情况下, 较长的支架取栓效果更好), 以及迂曲血管对支架形态的影响^[48-51]。

基于上述研究结果, 第三代取栓支架应运而生。其普遍延长了长度, 旨在提升支架与血栓的接触面积和取栓效率。依据支架与血栓的作用机制, 第三代取栓支架可分为两大技术路线。

(1) 机械性抓捕型支架: 此类支架以强化机械抓捕能力为核心设计理念, 通过优化支架结构提升对血栓的嵌入效果。例如, Solitaire X (Medtronic, USA)、Trepo NXT

(Stryker, USA) 和Tigertriever (Rapid Medical, Israel)。

(2) 粘连卡扣型支架: 此类支架在设计上更注重与血管的贴合效果, 其特点是采用更多金属丝及分节式结构, 以解决通过弯曲血管时的贴壁问题。例如, EmboTrap (Cerenovus, USA)、Eric (Microvention, USA) 和3D Revascularization Device (Penumbra, USA)。

然而, 第三代取栓支架在处理组织化或质地较硬、富含纤维蛋白, 以及黏稠的血栓时, 仍面临挑战。第四代取栓支架进行了针对性改进, 其代表产品为NeVa (Vesalio, USA)。该支架采用分功能区设计, 支架近端负责嵌入血栓及与血栓粘连; 远端则设计为网状, 以确保血栓碎片留在支架内。

为了提高支架取栓的效率, 可对取栓支架 (主要是闭环支架) 采用推拉技术或积极释放技术。

(1) 推拉技术: 先以标准脱鞘技术释放支架前段, 使支架锚定后, 再主动向前推送支架输送导丝, 微导管因张力作用同时自动后退, 直至支架完全释放。该操作可增大支架直径和网孔面积, 使支架更好地与血管贴壁, 从而更完整地捕获血栓。

(2) 积极释放技术: 支架完全释放后, 迅速推送支架导丝使其充分扩张并贴壁。对于转角病变, 可在回撤微导管释放支架时, 前推支架导丝使支架扩张, 并观察支架近端两个标记点以判断其是否完全张开, 从而提高取栓效率。

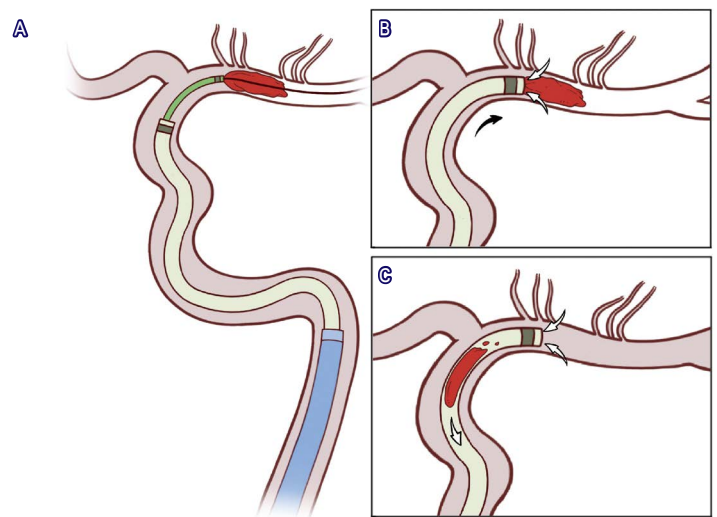
3.2 抽吸取栓技术

2007年, 首款用于颅内动脉血栓抽吸的取栓装置Penumbra (Penumbra, USA) 正式问世, 其核心工作原理为“分离器碎栓+导管抽吸”。该装置于2008年通过美国食品和药品管理局认证, 获准临床使用。2009年, Penumbra关键卒中试验结果公布: 在125例AIS患者中, 使用Penumbra取栓装置的血管成功再通率为81.6%, 严重手术相关不良事件发生率为2.4%, 脑出血

发生率为11.2%；90 d mRS评分0~2分的比例为25%，死亡率为32.8%^[52]。2013年，Turk等^[53]基于新一代抽吸导管5MAX Penumbra再灌注导管 (Penumbra, USA) 提出了一个新的抽吸技术概念：直接抽吸首通技术 (a direct aspiration first pass technique, ADAPT)。该技术由导引导管 (或长鞘及球囊导引导管等) 提供通路的稳定性。在前循环AIS患者中，导引导管头端推进到颈内动脉颅底或岩骨段；在后循环AIS患者中，导引导管头端推进到优势侧椎动脉的V2段。根据闭塞血管的直径，将导引导管可容纳的最大内径抽吸导管送至闭塞端。大脑中动脉M1段、颈内动脉末端或基底动脉闭塞通常使用内径为0.054 in、0.060 in、0.064 in或0.068 in的抽吸导管，如5MAX、ACE060、ACE064和ACE068等。在路图引导下，通过微导丝和微导管的支撑及引导，将抽吸导管安全推送至血管闭塞处，直接进行抽吸，将血栓整体抽出，无须将其分离、破碎^[53] (图1)。

2017年的接触式抽吸与可回收支架血管成功再通 (contact aspiration vs. stent retriever for successful revascularization, ASTER) 研究和2019年的抽吸取栓和可回收支架取栓作为大血管闭塞一线治疗方法对比 (aspiration thrombectomy versus stent retriever thrombectomy as first-line approach for large vessel occlusion, COMPASS) 研究均证实，在治疗前循环LVO患者时，首选直接抽吸取栓的效果不劣于首选支架取栓治疗^[54-55]。2019年，美国心脏学会/美国卒中学会指南将直接抽吸取栓也列为了前循环LVO患者EVT的首选技术 (I级推荐, B-R级证据)，ADAPT正式登上EVT一线治疗的舞台^[56]。

目前对于急性基底动脉闭塞，首选支架取栓与首选抽吸取栓治疗的优劣尚无定论。针对既往观察性研究的meta分析发现，对于急性基底动脉闭塞患者，首选抽吸取栓相较于首选支架取栓再灌注效果更优[改良脑梗死



A—微导丝引导微导管通过同轴技术将抽吸导管送至血栓近端，微导丝可穿过血栓，为防止破坏血栓，微导管可不穿过血栓；B—抽吸导管到达血栓近端，负压抽吸，吸住血栓；C—持续负压抽吸，将血栓吸出体外，也可将抽吸导管在负压抽吸下撤出体外。

图1 直接抽吸首通技术

Figure 1 A direct aspiration first pass technique

溶栓 (modified thrombolysis in cerebral infarction, mTICI) 分级2b/3级和3级达标率，以及微导管首过效应率更高]、手术时间更短、新发栓塞事件更少，且患者的临床预后更好 (功能独立比例更高，90 d死亡率更低)^[57-60]。针对急性椎基底动脉闭塞的首选EVT策略应为导管抽吸还是支架取栓，首都医科大学附属北京天坛医院缪中荣教授和孙瑄教授牵头的比较直接抽吸与支架取栓治疗急性基底动脉闭塞 (a comparison of contact aspiration versus stent retriever for acute basilar artery occlusion, ANGEL-COAST) 研究 (临床试验注册号: NCT05615038) 已率先完成探索，并于2025年世界卒中大会上公布：对于急性椎基底动脉闭塞的患者，与首选支架取栓相比，首选抽吸取栓能带来更高的首通效应率，但手术结束时成功再通的比例更低，手术时间和手术相关并发症发生率相似，且90 d临床预后无明显差异。同期的接触性抽吸与支架取栓用于基底动脉闭塞急性卒中患者血管再通的后循环ASTER随机



试验方案 (contact aspiration versus stent retriever for recanalisation of acute stroke patients with basilar artery occlusion: the posterior circulation ASTER randomized trial protocol, pc-ASTER) 研究 (临床试验注册号: NCT05320263) 也在进行, 期待未来获得更多有关技术策略的推荐证据。

与支架取栓相比, ADAPT通过抽吸导管负压抽吸取栓, 避免了取栓支架对血管的机械牵拉和对血栓的切割, 可降低出血等手术并发症风险, 在处理大负荷、质地坚硬的血栓及栓塞性病变时可能更具优势^[61]。ADAPT成功的主要影响因素如下^[62]。①闭塞部位: 与颈内动脉虹吸段和串联病变相比, 孤立的大脑中动脉闭塞是ADAPT成功的独立预测因素^[63]。②支撑力强且稳定的近端支撑导管 (导引导管、长鞘、球囊导引导管)。③较大的抽吸导管内径。④抽吸方式: 包括抽吸泵持续负压抽吸、抽吸泵循环负压抽吸和20~60 mL注射器手动抽吸。其中, 注射器手动抽吸安全有效, 经济成本更低。在体外实验中, 60 mL注射器产生的真空压力高于抽吸泵; 在体外模型中, 抽吸泵循环负压抽吸的血栓清除率及抽吸效率均优于持续负压抽吸^[64-66]。⑤导管头端与血栓的夹角: 抽吸导管头端与血栓接触的夹角越大, 抽吸效果越好, 夹角 $\geq 122.5^\circ$ 是大脑中动脉ADAPT成功再通的预测因素^[67]。

ADAPT也有如下局限性: 血栓负荷过大易导致抽吸导管堵塞; 反复抽吸易造成抽吸导管头端变形; 血栓可能发生远端逃逸; 路径迂曲时抽吸导管难以到位等。

在ADAPT的基础上也衍生出其他抽吸技术, 如针对前循环取栓的双重导管抽吸技术 (two-stage aspiration technique, TSAT) (即近端使用9 F球囊导引导管、5 MAX ACE+3MAX ACE抽吸导管接力抽吸)^[68], 无微导丝裸奔Sofia导管抽吸取栓技术 (Sofia non-wire advancement technique, SNAKE)^[69]和针对MeVO的微导管抽吸取栓 (microcatheter

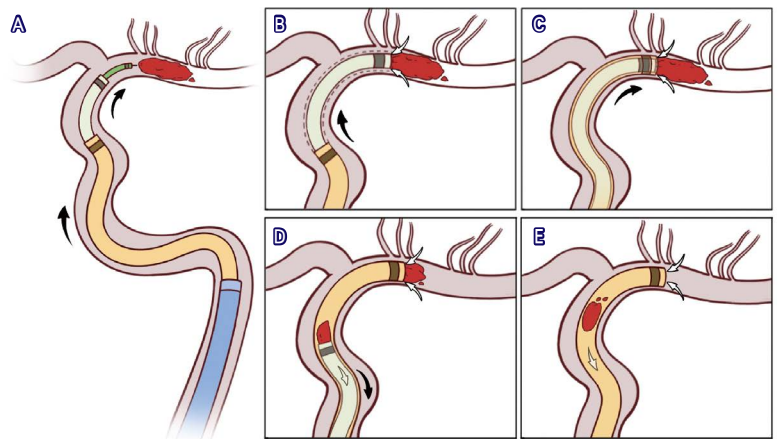
aspiration thrombectomy, MAT) 技术等^[70]。近年来, 随着对抽吸取栓技术的进一步认识, 大内径抽吸导管技术被认为可有效提高首通效率并降低远端栓塞发生率。目前, 抽吸导管的内径已发展到0.12 in^[71], 长度可达到140 cm。根据Jazayeri等^[72]2025年发表的系统综述和meta分析, 内径在0.070~0.074 in范围内的抽吸导管被定义为大口径, 而内径在0.074 in以上的则被定义为超大口径。一项多中心前瞻性研究——SOFIA抽吸系统作为一线取栓技术 (SOFIA aspiration system as first-line technique, SOFAST) 研究评估了大口径抽吸导管 (内径0.070 in) 直接抽吸作为AIS首选EVT策略的临床效果。研究结果显示, 最终成功再灌注率达到97.2%, 首通效率为75.0%, 且安全性良好, 患者的90 d良好预后 (mRS评分0~2分) 率达到66.7%^[73]。国外已有研究率先探索了超大口径抽吸导管在AIS抽吸取栓中应用的有效性和安全性^[74-75]。2024年, 国内首个超大口径抽吸导管 (吞川7 F/8 F, 上海心玮医疗科技股份有限公司, 中国) 获批, 其通过优化递送性和支撑性的专项设计, 在增大口径的同时仍保证了导管的到位性能, 该导管最高可到达大脑中动脉M1段。基于超大口径抽吸导管的抽吸和兼容性能, 国内专家提出了级联抽吸技术 (large-bore aspiration catheter application in carotid artery heavy load thrombus aspiration technique, CATCH)。该技术利用大口径抽吸导管配合次级口径抽吸导管, 以提供更大的负压抽吸力和血栓容纳空间, 从而提升血栓捕获与移除的效率。其主要步骤如下: ①0.088 in抽吸导管到达颈内动脉海绵窦段或椎动脉V2段末端。②遵循微导丝/微导管无接触原则, 引导6 F抽吸导管抵近血栓。③0.088 in抽吸导管负压抽吸, 提供近心端保护, 避免血栓逃逸或碎裂。④6 F抽吸导管开始负压抽吸, 同时0.088 in抽吸导管 (保持负压) 沿6 F抽吸导

管上移, 逐渐抵近血栓。⑤6 F抽吸导管采用标准ADAPT取栓, 其被收入0.088 in抽吸导管后撤出体外, 在此过程中0.088 in抽吸导管保持负压, 进一步抽吸碎裂血栓, 防止其逃逸栓塞远端中小动脉; 若6 F抽吸导管未完全取出血栓, 通过0.088 in抽吸导管再次行标准ADAPT取栓后撤出体外(图2)。对于复杂主动脉弓变异或血管明显迂曲的患者, 抽吸/中间导管到位的难度较大, 可采用多种技术进行辅助, 包括近端加硬导丝或双导丝加强支撑、支架锚定、球囊穿梭(balloon-assisted tracking, BAT)等。此外, 国内学者基于同轴理念提出了使用6 F+5 F抽吸/中间导管的器械组合, 该组合被递送至一级通路内, 以辅助导引口径较大的抽吸/中间导管顺利通过眼动脉或迂曲段血管, 快速到达血栓处。推荐6 F导管内径 ≥ 0.070 in (1.77 mm), 长度不超过125 cm; 5 F导管外径 ≤ 0.069 in (1.74 mm), 且其有效长度以超过6 F导管总长3 cm为宜。5 F与6 F导管之间的连接可根据导管间长度的适配需求, 选择是否使用Y型阀。若两者之间不连接Y型阀, 则建议其内外径差值不超过0.1 mm, 以避免操作过程中发生涌血。

3.3 支架联合抽吸取栓技术

2013年, Lee等^[76]首次联合使用Solitaire支架和Penumbra取栓系统对急性颈内动脉闭塞进行EVT, 发现联合取栓可提高血管成功再通率, 并将该技术命名为“Solumbra”。2015年, 一项针对Solumbra技术的多中心回顾性研究发现, 在105例接受该技术治疗的AIS患者中, 88%实现了血管成功再通(TICI分级2b或3级), 44%获得了90 d良好预后; 此外, 该研究报告了5例sICH和3例手术相关死亡。研究结果提示, Solumbra技术可能是针对急性LVO患者进行EVT时一种有效且安全的选择^[77]。

Solumbra技术通过联合应用取栓支架和抽吸导管, 有助于提高血栓清除率, 降低血栓破碎和远端栓塞风险, 并提升LVO所致AIS患



A—6 F抽吸导管(浅绿色)抵近血栓; B—C—0.088 in抽吸导管(橙色)负压抽吸, 提供近心端保护; 6 F抽吸导管开始负压抽吸的同时, 0.088 in抽吸导管(保持负压)沿6 F抽吸导管上移, 逐渐抵近血栓; D—6 F抽吸导管采用标准ADAPT取栓, 其被收入0.088 in抽吸导管后撤出体外; E—若6 F抽吸导管未完全取出血栓, 通过0.088 in抽吸导管再次行标准ADAPT取栓后撤出体外。1 F=0.333 mm; 1 in=0.025 m。ADAPT——直接抽吸首通技术。

图2 级联抽吸技术

Figure 2 Large-bore aspiration catheter application in carotid artery heavy load thrombus aspiration technique

者EVT的血管成功再通率, 在临床上得到了广泛推荐及应用^[78-79]。但该技术也存在一定的局限性: 抽吸导管未直接接触血栓, 且近端支撑导管既无法实现血流阻断, 也无法提供负压环境, 可能难以有效降低血栓逃逸风险。后续学者对Solumbra技术进行了改进, 提出了多项新型联合取栓技术。

(1) 近端血流阻断下抽吸联合支架取栓技术(aspiration-retriever technique for stroke, ARTS): 在球囊导引导管阻断近端血流的情况下, 将取栓支架回撤到抽吸导管内, 如遇阻力, 则停止回撤支架, 将支架和抽吸导管一起撤出^[80]。

(2) 支架取栓辅助真空锁定抽吸技术(stent retriever assisted vacuum-locked extraction, SAVE): 取栓支架近端1/3与血栓结合, 抽吸泵连接抽吸导管持续抽吸, 当导管到达血栓处时, 转为60 mL注射器抽吸维持导管内负压, 同时将抽吸泵连接到导引导管, 保持负压抽吸状态, 将支架和抽吸导管作为整体回撤到体外^[81]。

(3) 颅内支撑导管联合Solitaire取栓支架的取栓技术 (Solitaire stent with intracranial support catheter for mechanical thrombectomy, SWIM) : Solitaire FR支架释放后, 将Navien中间导管推进到血栓近端, 牵拉支架使中间导管进一步贴近血栓, 回撤支架和微导管, 同时中间导管负压抽吸 (也可以同时回撤中间导管, 导引导管进行负压抽吸) (图3)^[82]。

(4) 远端通路导管推送跨过取栓支架技术 (advancing the distal access catheter over the stent retriever, ADVANCE) : 将远端通路导管向远端推送, 跨过取栓支架, 同时采用50 mL注射器通过中间导管进行抽吸, 当导管跨过支架末端时, 在回撤支架的同时进行近端抽吸^[83]。

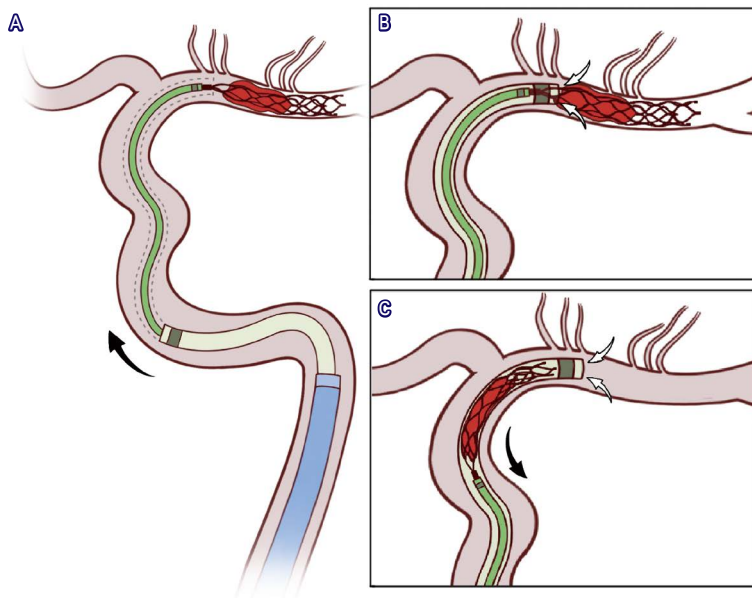
(5) 双重抽吸技术 (dual aspiration technique, DAT) : 支架回撤时, 通过长鞘/导引导管和中间导管进行双重抽吸^[84]。

(6) 裸导丝技术 (bare wire thrombectomy technique, BMT) : 支架联合抽吸取栓时, 为了提升抽吸效率, 可采用BMT, 即在支架释放后, 将微导管撤出体外^[85]。

(7) 逆向半回收技术 (retrograde semi-retrieval technique, RSR) : 是由中国学者提出的一种新型取栓策略^[86], 在取栓操作中, 将中间导管推进至高位, 并对取栓支架实施半回收, 从而增强对血栓的夹持能力。有研究显示, RSR通过在支架内部施加负压, 可显著降低血栓残留及远端栓塞的发生风险^[86]。

针对支架联合抽吸取栓是否优于单纯支架取栓这一问题, ASTER2研究展开了探索, 并于2021年发布了研究结果: 尽管手术结束时, 不同取栓策略的患者血管成功再通[扩展脑梗死溶栓 (expanded thrombolysis in cerebral infarction, eTICI) 分级2c/3级]率差异无统计学意义, 但在未转换为其他取栓方式前, 支架联合抽吸取栓相较于单纯支架取栓, 更易实现成功再灌注 (eTICI分级2b50/2c/3级) 及接近完全或完全再灌注 (eTICI分级2c/3级)^[87]。

对于负荷量大的血栓, 尤其是颈动脉分叉处的血栓, 球囊导引导管可通过阻断近端血流防止栓子向远端栓塞, 从而提高取栓效率。近端血流控制Trepo联合抽吸 (Trepo aspiration proximal flow control, TRAP) 技术的关键为近端球囊导引导管阻断+中间导管辅助抽吸+远端支架, 具体步骤为支架释放后充盈近端球囊导引导管, 推送持续负压的中间导管至血栓近端, 部分回撤支架后, 将中间导管和支架作为整体同步回撤, 随后继续负压抽吸球囊导引导管, 直至回抽血流顺畅, 方可抽瘪球囊 (图4)。球囊导引导管联合大口径远端通路导管采用双抽吸配合支架取栓器的标准化方案 (balloon guide with large bore distal access catheter with dual aspiration with stent-retriever as standard approach, BADDASS) 的主要步骤如下: 选用较长规格



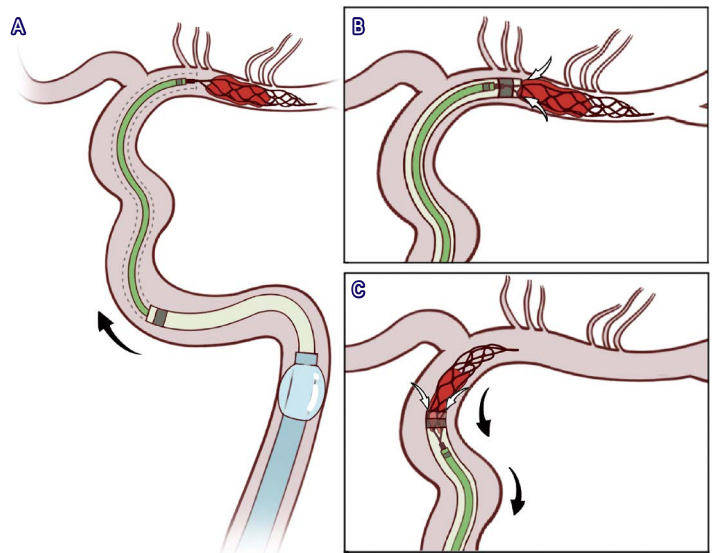
A—释放取栓支架后, 沿微导管推送中间导管接近血栓; B—回撤取栓支架和微导管的同时, 中间导管负压抽吸; C—负压抽吸中, 取栓支架及微导管撤出体外。

图3 颅内支撑导管联合Solitaire取栓支架的取栓技术

Figure 3 Solitaire stent with intracranial support catheter for mechanical thrombectomy

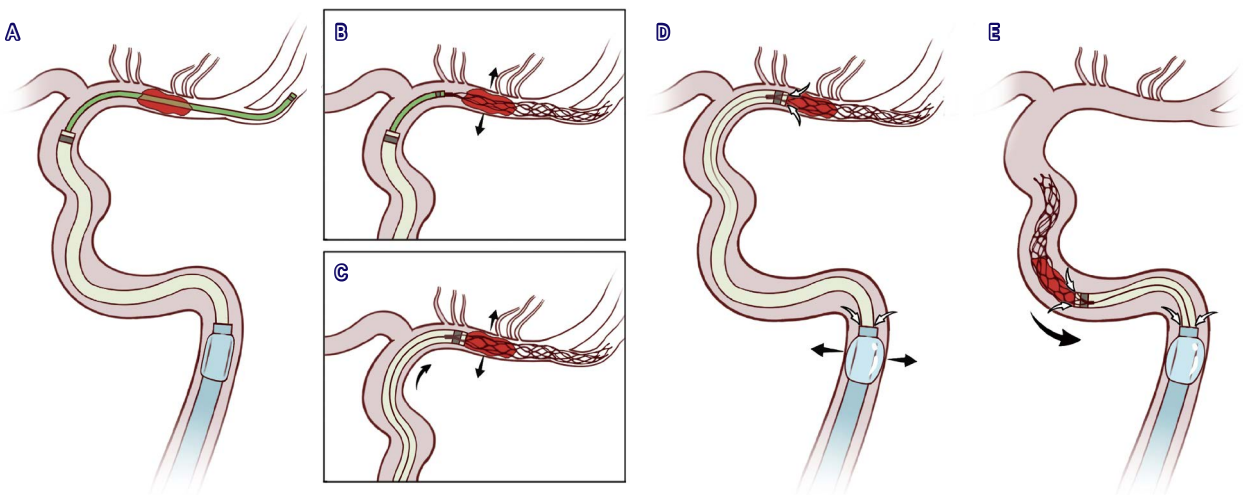
的取栓支架,在撤出微导管后,将中间导管推进至血栓近端,随后释放支架导丝张力,待球囊导引导管充盈球囊后,与中间导管协同实施双重抽吸,最终将“血栓-支架-中间导管”作为整体同步回撤,完成取栓(图5)^[88]。重复支架取栓(repeat thrombectomy with a retrieval stent, RTRS)技术是一种在急性颈内动脉颅内段闭塞取栓过程中,当球囊导引导管被血栓堵塞时采用的补救方法,也是BADDASS的有效补充^[89]。该技术通过球囊导引导管持续阻断近端血流,在其远端反复释放取栓支架并负压抽吸以清除血栓,快速恢复血管通畅。RTRS技术针对血栓负荷量大、球囊导引导管易堵塞及取栓难度高的复杂病例展现出显著优势^[89]。然而,2023年发表的球囊导引导管近端临时阻断血流机械取栓(proximal temporary occlusion using balloon guide catheter for mechanical thrombectomy, PROTECT-MT)研究发现,与使用传统导引导管进行取栓的患者相比,使用近端联合球囊导引导管进行取栓患者的90 d mRS评分分布更差,90 d mRS评分0~3分的比例更低,且全因死亡率更高,手术时间更长,颈动脉出现严重血

管痉挛的比例更高^[90]。然而,该研究由于存在显著的操作偏倚,在中期分析时因安全性问题被提前终止,导致最终纳入分析的样本量远低于预设,因此可能无法精确地评估治疗效果和检测组间临床预后的差异,影响了最终的统计



A—释放支架后,充盈近端球囊导引导管,推送持续负压的中间导管至血栓近端;B—中间导管负压抽吸,并回撤Trevo取栓支架和微导管;C—中间导管和支架作为整体同步回撤,随后球囊导引导管继续负压抽吸,直至回抽血流顺畅,方可抽瘪球囊。

图4 近端血流控制Trevo联合抽吸
Figure 4 Trevo aspiration proximal flow control



A—微导管穿过血栓;B—释放较长的取栓支架;C—撤出微导管,将中间导管推送到血栓近端;D—充盈球囊导引导管提供近端保护,负压抽吸中间导管和球囊导引导管,回撤支架;E—负压抽吸下,将取栓支架和中间导管作为整体撤出体外。

图5 球囊导引导管联合大口径远端通路导管采用双抽吸配合支架取栓器的标准化方案
Figure 5 Balloon guide with large bore distal access catheter with dual aspiration with stent-retriever as standard approach

效能。同时,该研究在纳入患者时未采用CTP等多模态影像检查评定缺血半暗带情况,故可能纳入了部分不适合进行EVT的患者,从而影响了最终结果。此外,由于球囊导引导管操作需要对球囊进行扩张充盈和泄压,导致手术时间相应延长,且传统球囊导引导管内径较小,限制了部分更为高效的大口径取栓装置的使用,这些因素也会影响EVT的治疗效果。

3.4 针对中等血管闭塞的血管内治疗技术

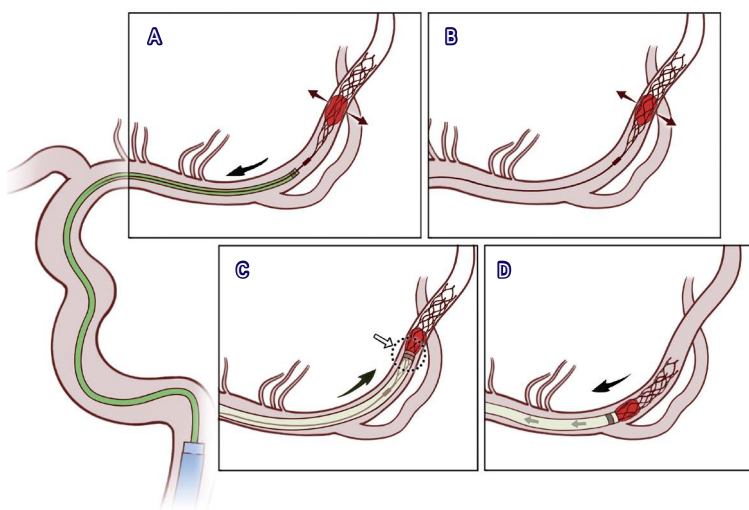
无论是原发性还是继发性MeVO,是否进行EVT仍然存在争议,其中,EVT的安全性与其有效性是临床关注的核心焦点。近期针对MeVO取栓的RCT均未得出阳性结果^[91-92],需更谨慎及有选择性地对MeVO的EVT。针对MeVO的EVT技术包括MAT技术、盲交换微钳夹技术(blind exchange with mini-pinning technique, BEMP)和四轴(quadriaxial approach, Quattro)技术。BEMP通过支架导丝将微导管和抽吸导管进行“盲交换”,并使用小型取栓装置(小型支架+小内径抽吸导管)进行“微钳夹”取栓(图6)。有研究报道,与常规支架取栓相

比,采用BEMP进行MeVO取栓的首通效应率更高(57% vs. 34%, $P=0.017$),且sICH发生率(1.9% vs. 12.8%, $P=0.038$)、补救治疗率(7.1% vs. 22%, $P=0.028$)及远端栓塞发生率(7.1% vs. 22%, $P=0.028$)均更低^[93]。与传统取栓技术相比,Quattro技术有更高的血管成功再通率和更低的sICH发生率。其具体步骤如下:①使专用型号取栓支架的近端1/3覆盖血栓;②将微型抽吸导管推送至支架近端并使其尽量贴近血栓,同时将较大的抽吸导管置于大脑中动脉M1段,在取出栓子前打开微型抽吸导管的抽吸泵,随后将微型抽吸导管与取栓支架作为整体回撤至较大的抽吸导管内。需要注意的是,在取栓支架或血栓回撤至抽吸导管后,再进行负压抽吸,以避免出现小动脉塌陷、撕裂等情况^[94]。

综上所述,机械取栓的理想状态是实现首通效应,即首次取栓后闭塞血管成功再通(eTICI分级2b50级以上)。首通效应与病因、解剖结构、闭塞部位、血栓负荷及血栓性质相关,制订合适的首选取栓策略是实现该效应的关键^[95]。

推荐意见

- 支架取栓、抽吸导管直接抽吸及支架联合抽吸技术是目前的一线取栓技术(I级推荐)。
- 尽可能选用有效长度较长的支架,以提高支架取栓效率(II级推荐)。
- 尽可能选择匹配靶血管内径的较大的抽吸导管,以提高取栓效率(II级推荐)。
- 使用推拉技术、积极释放技术释放支架可提高取栓效率(II级推荐)。
- 支架联合抽吸取栓时,可使用裸导丝技术,以提高抽吸取栓效率(II级推荐)。
- 对于主动脉弓变异、血管路径迂曲、抽吸中间导管到位困难的情况,可综合选用6 F+5 F多级同轴技术、支架锚定技术、BAT技术、近端加硬导丝/双导丝加强支撑技术等,辅助导管到位(II级推荐)。
- 对于血栓负荷较大的栓塞性病变,选用



A—取栓支架近端1/3覆盖血栓; B—撤出微导管; C—沿支架微导管推进抽吸导管至血管近端,同时回撤取栓支架近端收入抽吸导管内,进行微钳夹; D—负压抽吸下将取栓支架和抽吸导管作为整体取出。

图6 盲交换微钳夹技术

Figure 6 Blind exchange with mini-pinning technique

球囊导引导管进行近端血流阻断,可能会提高取栓效率(Ⅱ级推荐)。

• MeVO的EVT获益仍不明确,需评估后筛选适合EVT的患者。在操作中应根据靶血管的解剖特征(如路径、血管直径等)选择匹配的器械,避免反复操作(Ⅱ级推荐)。

4 不同病因急性缺血性卒中的血管内治疗技术推荐

4.1 颅内动脉粥样硬化性狭窄所致急性颅内大血管闭塞

颅内动脉粥样硬化性狭窄(intracranial atherosclerotic stenosis, ICAS)是缺血性卒中的常见病因^[96](图7)。中国颅内动脉粥样硬化(Chinese intracranial atherosclerosis, CICAS)研究表明, ICAS是中国缺血性卒中的主要病因,其占比高达46.6%^[97]。急性缺血性卒中血管内治疗关键技术及急救流程改进(endovascular treatment key technique and emergency work flow improvement of acute ischemic stroke, ANGEL-ACT)登记研究则报道, ICAS-LVO在前循环LVO中占29%,在后循环LVO中占51%^[4]。ICAS-LVO由于再闭塞率高,单纯机械取栓往往难以实现血管成功再通,常需额外的EVT进行补救,导致手术时间延长^[98]。此外, ICAS-LVO尚无统一诊断标准,目前较公认的诊断标准是根据取栓后DSA进行判定:在经过多次机械取栓后,排除脑血管痉挛和动脉夹层, DSA显示闭塞部位存在超过70%的原位狭窄,或超过50%的原位狭窄伴远端血流或灌注受损,或反复再闭塞^[99]。欧洲卒中组织指南对ICAS-LVO的诊断标准进行了更为详细的陈述,具体如下:①无心源性栓塞的证据;②CT检查中无脑动脉高密度征或MRI检查中无磁敏感血管征;③分水岭梗死;④动脉主干型闭塞;⑤支架打开或经过3次支架取栓后DSA提示仍存在残余狭窄;⑥早期再闭塞。满足上述大多数或全部条

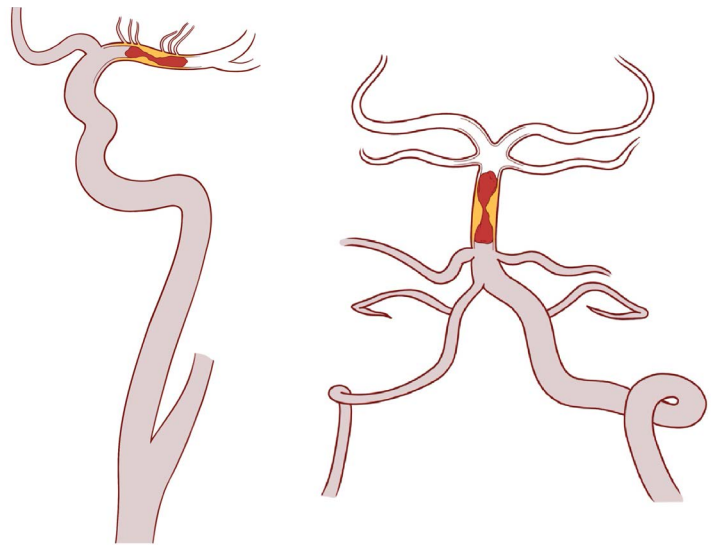


图7 颅内动脉粥样硬化性狭窄所致大血管闭塞

Figure 7 Large vessel occlusion caused by intracranial atherosclerotic stenosis

件应高度怀疑ICAS-LVO^[100]。此外,有中国学者提出了术中“微导管首过效应”:在造影证实颅内LVO后,微导丝引导微导管通过闭塞部位远端,保留微导丝于闭塞远端,将微导管回撤至闭塞近端,若造影检查发现闭塞部位有缓慢前向血流,则为微导管首过效应阳性^[101]。微导管首过效应对ICAS-LVO的诊断具有较高的敏感性和特异性^[101]。支架释放效应也是一种判断大脑中动脉远端闭塞性质的方法,指在进行EVT时,将取栓支架释放在病变部位,若造影显示大脑中动脉远端没有任何分支减少,则为支架释放效应阳性,提示病因为ICAS的可能性大;若存在大脑中动脉分支减少,则为支架释放效应阴性,提示病因为栓塞的可能性大^[102]。

针对ICAS-LVO的首选取栓策略,既往多项研究进行了探索。Kang等^[103]发现在ICAS-LVO患者中,相较于首选支架取栓,首选抽吸取栓后改变取栓策略的发生率更高(40.0% vs. 4.3%, $OR\ 2.543$, 95% $CI\ 1.893\sim 3.417$, $P<0.001$),穿刺到首次再通时间(31.0 min vs. 17.0 min, $P<0.001$)和穿刺到再通时间(75.5 min vs. 39.0 min, $P<0.001$)更长。ANGEL-ACT登记研究的亚组分析同样发



现,对于ICAS-LVO的EVT,首选支架取栓的血管成功再通率高于首选抽吸取栓^[104]。在取栓后残余狭窄是否需行补救治疗方面,既往多项观察性研究发现,对ICAS-LVO患者进行补救性球囊扩张或支架植入术可改善预后^[105-107]。然而,急性大血管闭塞取栓后补救性颅内血管成形术的随机研究(randomized study of bailout intracranial angioplasty following thrombectomy for acute large vessel occlusion, ANGEL-REBOOT)则发现,补救成形组和非补救治疗组主要结局(90 d mRS评分)的差异无统计学意义(共同OR 0.86, 95%CI 0.59~1.24, $P=0.41$),且两组死亡率相似(11% vs. 10%),但补救成形组发生sICH(5% vs. 1%)、PH-2型出血(3% vs. 0)和手术相关动脉夹层(14% vs. 3%)的风险更高^[108]。上述结果提示,补救成形组与非补救治疗组患者在临床预后方面并无明显差异,且补救成形组患者的手术并发症发生率更高,这可能与该研究中两组患者不限制使用替罗非班,以及非补救治疗组患者的血管成功再通率较高有关^[108]。ANGEL-REBOOT的1年随访结果则发现,对于接受机械取栓失败或残余严重狭窄的中国LVO患者,与标准治疗相比,补救性颅内血管成形术或支架植入术1年后的残疾程度和卒中复发率更低^[109]。

关于ICAS-LVO进行血管成形术的时机,ANGEL-ACT登记研究的另一项亚组分析显示,早期行血管成形术,即放弃取栓直接进行血管成形术或取栓1次后进行血管成形术,对患者预后的改善优于取栓后不进行血管成形术($OR\ 0.54, 95\%CI\ 0.34\sim0.85, P=0.01$)和取栓2次或更多次后再进行血管成形术($OR\ 0.46, 95\%CI\ 0.27\sim0.80, P=0.01$)^[110]。替罗非班联合血管再通治疗急性缺血性卒中(revascularization pretreated with tirofiban for acute ischemic stroke, RESCUE BT)研究的亚组分析则发现,对于前循环ICAS-LVO, EVT前静脉输注替罗非班患者达到

90 d mRS评分0~2分的比例高于安慰剂组患者[49.7% vs. 39.1%, 校正比值比 (adjusted OR, aOR) 1.68, 95%CI 1.11~2.56, $P=0.02$],且死亡率或sICH的风险相似^[111]。既往meta分析也发现,对于ICAS-LVO患者,静脉输注替罗非班作为ICAS-LVO患者的辅助治疗可改善其预后,且不会增加sICH的风险^[112-113]。

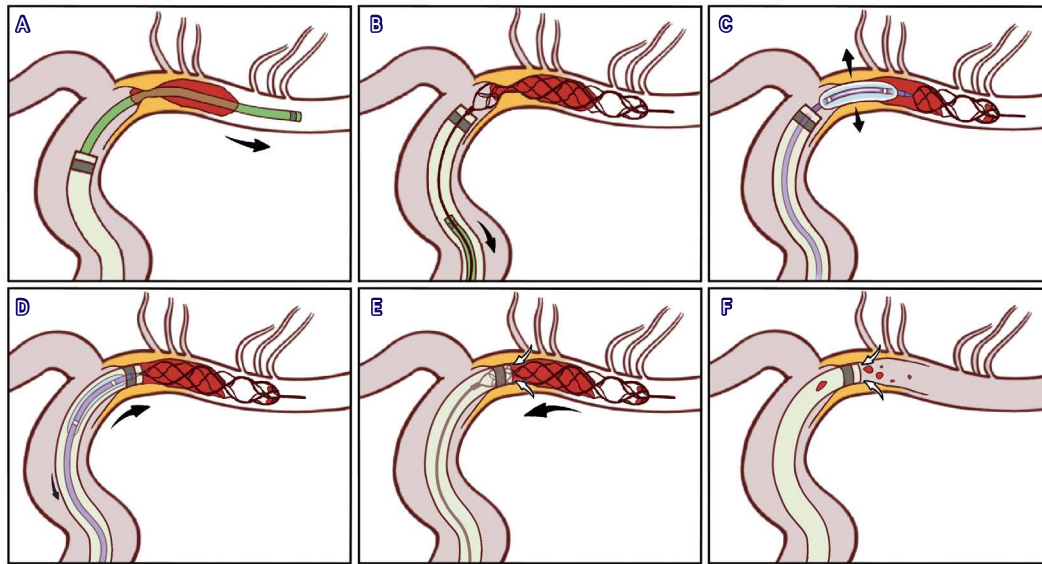
针对ICAS-LVO,国内外学者也提出了相应的取栓技术。

(1) BAT技术^[114]:对于狭窄远端存在血栓的患者,可将球囊一半留在抽吸导管内,另一半置于狭窄处,扩张球囊,向前推送抽吸导管越过狭窄处,随后再进行抽吸取栓。

(2) 首次取栓后快速交换球囊成形(angioplasty with rapid exchange balloon after first stent retrieving, ARES)技术:在支架取栓时尽量将抽吸导管接近病变处,撤出支架后,保持导管位置不变,以便快速交换球囊成形。

(3) Fastunnel在ICAS闭塞取栓应用(Fastunnel in thrombectomy for ICAS occlusion, FAST ICAS)技术:在合并ICAS-LVO治疗中,将能输送取栓支架的球囊微导管(Fastunnel导管)在微导丝引导下通过狭窄处,随后撤出微导丝,经球囊自带微导管送入取栓支架至病变处并释放。若造影发现狭窄性病变,则跟进球囊微导管至狭窄处,在球囊扩张后将其撤出,再跟进中间导管,进行支架联合抽吸取栓。

(4) 远端取栓支架保护下的球囊血管成形术(balloon angioplasty with the distal protection of stent retriever, BASIS)^[115]:在微导管穿过血栓远端15 mm以上后,释放内径0.014 in支架导丝的取栓支架以覆盖狭窄段。随后,推进抽吸导管并撤出微导管,再将球囊扩张导管沿支架导丝送至狭窄处并充盈球囊。抽瘪球囊后,将抽吸导管头部置于动脉狭窄处,撤出球囊导引导管后行支架联合抽吸取栓^[116](图8)。若需要植入支架,可采用取栓支架远端支撑下的球囊扩张支架血管成形术



A—微导管穿过血栓；B—释放取栓支架并回撤微导管至体外；C—沿支架微导管送入球囊至狭窄处充盈球囊；D—抽瘪球囊后，将抽吸导管头部置于动脉狭窄处；E—撤出球囊导引导管后行支架联合抽吸取栓；F—负压抽吸下将取栓支架撤出体外。

图8 远端取栓支架保护下的球囊血管成形术

Figure 8 Balloon angioplasty with the distal protection of stent retriever

(balloon-expandable stent angioplasty with the distal support of stent-retriever, BASIS-STENT)^[116]。该技术指出：在ICAS-LVO患者中，首先应用BASIS开通闭塞血管，若存在严重残余狭窄且远端血流灌注受损，可在取栓支架辅助下植入球囊扩张支架^[116]。

然而，上述针对ICAS-LVO的取栓技术孰优孰劣仍未可知，未来仍需大型RCT验证上述取栓技术的有效性和安全性。

推荐意见

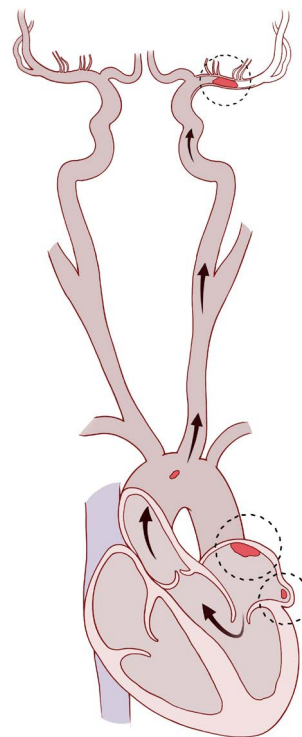
- 对于ICAS-LVO，机械取栓是安全的，支架取栓或支架联合抽吸取栓均可作为一线治疗（Ⅱ级推荐）。

- 实现血管成功再通（eTICI分级2b50级）后，如前向血流不能维持，可对ICAS行补救性球囊扩张或支架植入术（Ⅱ级推荐）。

- 对于ICAS-LVO患者，联合应用静脉抗栓药物（如替罗非班），可能改善其预后（Ⅱ级推荐）。

4.2 栓塞所致急性颅内大血管闭塞

栓塞性血管闭塞是由栓子向远端栓塞引起的血管阻塞，其栓子主要来源于心脏（图9）、



心脏内血栓（下方2个虚线圈）脱落后，经主动脉弓及其分支进入颅内动脉系统（上方虚线圈），导致血管闭塞。箭头显示血栓迁移路径。

图9 心源性栓塞机制示意

Figure 9 Schematic diagram of cardiogenic embolism mechanism



大动脉和静脉反常栓塞，其中心源性栓塞占全部缺血性卒中的14%~30%^[100, 117]。此类患者多发病急骤、进展迅速，且卒中严重程度高(NIHSS评分高)，常合并易产生脱落栓子的基础病史，包括心脏病史、骨科外伤史及美容脂肪填充史等^[1]。头颅CT(脑动脉高密度征)和MRI(磁敏感血管征)影像学检查可作为栓塞性血管闭塞的辅助诊断依据。其中，磁敏感血管征的定义为在MRI的SWI或T₂*加权梯度回波序列上，责任血管腔内出现低信号影。其形成机制是血栓内的含铁血黄素等顺磁性物质导致局部磁场不均匀，进而引发MRI信号丢失。磁敏感血管征阳性通常提示血管内存在富含红细胞的血栓，该表现常见于心源性栓塞^[118]。

对于前循环心源性栓塞病变，有回顾性研究显示，首选抽吸取栓和支架取栓的临床预后相似，但抽吸取栓具有更高的首通效率率(60.6% vs. 21.8%)、更短的中位穿刺到再通时间(33.0 min vs. 80.0 min)，以及更少的中位取栓次数(1次 vs. 2次)^[119]。基于磁共振血栓成像的颅内大血管闭塞适应性血管内治疗策略(adaptative endovascular strategy to the clot MRI in large intracranial vessel occlusion, VECTOR)研究发现，在磁敏感血管征阳性的前循环LVO患者中，支架联合抽吸取栓和直接抽吸取栓在3次取栓尝试内实现eTICI分级2c~3级血管再通的比例差异无统计学意义(58% vs. 52%, OR 1.27, 95%CI 0.88~1.83, P=0.19)^[120]。一项回顾性研究发现，在急性基底动脉闭塞患者中，相较于支架取栓，首选抽吸取栓的中位手术时间更短(55 min vs. 97 min)，血管完全再通率(动脉闭塞病灶分级3级)更高(75% vs. 46%)，但两组的临床预后相当^[121]。虽然直接抽吸取栓可能是更快捷、有效的策略，但未来还需要RCT进一步评估大口径抽吸导管的直接抽吸取栓治疗相较于其他策略在心源性栓塞治疗中的临床获益。

首选双支架取栓技术对比单支架取栓技术的随机研究(randomized study comparing first-line dual versus single-stent retriever technique, TWIN2WIN)则比较了对颅内动脉分叉部位(颈内动脉末端、大脑中动脉M1段分叉和基底动脉尖)的血栓采用双支架取栓(Y型放置)和单支架取栓的效果，结果显示，双支架取栓组的首通效率率高于单支架取栓组(46% vs. 24%, aOR 2.72, 95%CI 1.19~6.46)，在进行低于3次的取栓手术时，两组的血管成功再通率相似(84% vs. 89%, aOR 1.74, 95%CI 0.51~5.76)，且在手术结束时，也显示出相似的血管成功再通率(96% vs. 93%, aOR 0.55, 95%CI 0.07~3.01)；此外，双支架取栓组的术后sICH发生率(10% vs. 6%, aOR 1.66, 95%CI 0.40~8.35)和颅内出血发生率(31% vs. 20%, aOR 1.78, 95%CI 0.73~4.51)均高于单支架取栓组^[122]。研究者也声明，尽管双支架取栓在首通效率率方面表现更佳，但尚缺乏足够的证据来支持其对临床预后的积极影响，需进一步进行临床对比研究以确认双支架取栓相较于单支架取栓的安全性及有效性。

推荐意见

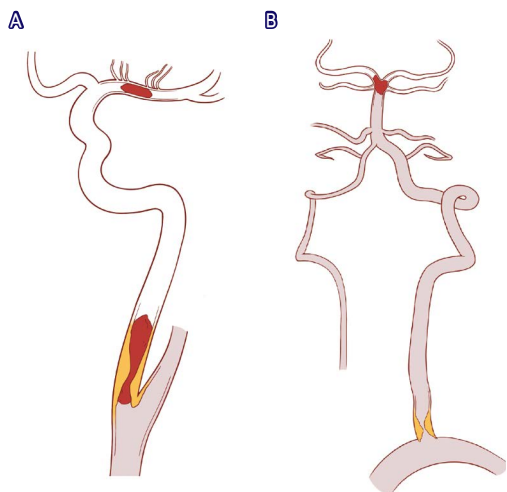
- 对于血栓负荷量较小的栓塞性病变，支架取栓、抽吸取栓或支架联合抽吸取栓治疗均可作为首选取栓策略(I级推荐)。
- 对于血栓负荷量大或血栓质地较硬的栓塞性病变，建议首选大口径抽吸导管抽吸取栓或支架联合抽吸取栓治疗(I级推荐)。
- 对于动脉分叉部位(颈内动脉末端、大脑中动脉M1段分叉和基底动脉尖)血栓，如首选取栓技术未能实现成功再灌注，可选用双支架或双支架联合抽吸取栓技术(II级推荐)。

4.3 串联病变

串联病变是指近端颅外段动脉重度狭窄或闭塞(70%~100%)合并颅内动脉闭塞。前循环串联病变表现为颈内动脉起始部重度狭

窄或闭塞合并颈内动脉颅内段、大脑中动脉或大脑前动脉闭塞；后循环串联病变则表现为椎动脉狭窄或闭塞合并基底动脉闭塞^[123-124]（图10）。串联病变的发病机制主要有^[125]：①近端动脉粥样硬化斑块破裂，血栓栓塞到远端颅内动脉。此类病变的影像学特点为CTA可见颈动脉环征，DSA可见“发丝样”钉征、三角钉征、圆形钉征、钉征、“细发样”钉征。②近端动脉夹层导致重度狭窄或闭塞，夹层内血栓脱落栓塞至远端颅内动脉。动脉夹层在CTA上可表现为双腔征、内膜瓣、夹层动脉瘤、“线样”征等征象；在DSA上表现为“血管串珠样”狭窄、血管闭塞、动脉瘤、真假腔、内膜瓣等，也可表现为“鼠尾”征、“线样”征、“火焰”征等征象^[126]（图11）。③血栓栓塞近端动脉的同时也栓塞颅内动脉。ANGEL-ACT登记研究显示，串联病变在前循环的发生率为22%，在后循环的发生率为19%^[4]。串联病变取栓治疗（thrombectomy in tandem lesion, TITAN）研究则发现，串联病变中动脉粥样硬化约占70%，动脉夹层占10%~20%，栓塞约占10%^[127]。

关于串联病变的处理策略，各方案在有



A—前循环串联病变，颈内动脉起始部狭窄合并大脑中动脉闭塞；B—后循环串联病变，椎动脉狭窄合并基底动脉闭塞。

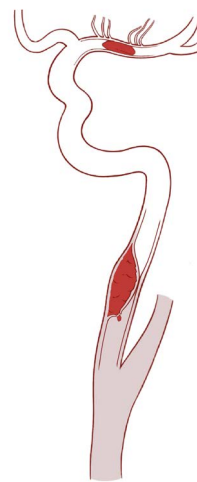
图10 串联病变示意

Figure 10 Schematic diagram of tandem lesions

效性（再通率）、安全性（出血风险）和技术可行性（导管通过难度）方面各有优劣，尚无统一共识。目前主要有顺向开通法（先后后远）（图12）、逆向开通法（先远后近）（图13）及同时开通法。

顺向开通法指先处理近端闭塞血管，如植入支架或进行球囊扩张，恢复近端血流，再处理远端闭塞血管^[128]。取栓支架导丝支撑颈动脉血管重建术（retriever wire supported carotid artery revascularization, ReWiSed CARE）是一种特殊的顺向开通法——先将取栓支架置于远端闭塞血管血栓处，随后以取栓支架导丝为球囊和颈动脉支架的导引导丝，完成颈动脉支架植入术，再将抽吸导管沿支架导丝通过颈动脉支架，行支架联合抽吸取栓^[129]。顺向开通法的优点包括：①先建立近端血管通路，有利于远端血管的探查，避免动脉夹层和血管穿孔的风险；②近端血管再通后，远端血管再通的概率增大；③有利于侧支循环的建立和缺血半暗带的恢复。顺向开通法的缺点包括：远端血管开通延迟、梗死体积增加及栓子脱落导致远端栓塞的风险升高^[128]。

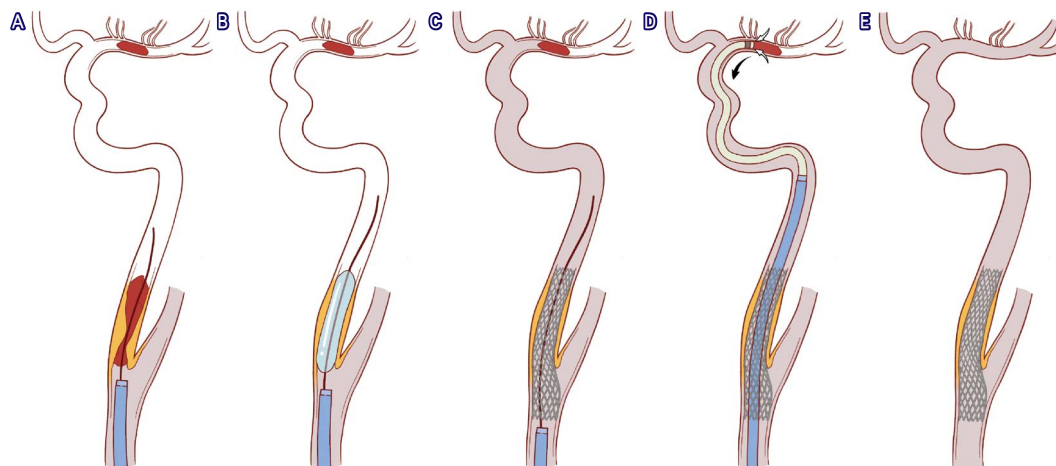
逆向开通法指先处理远端颅内闭塞血管，



颈内动脉夹层致管腔狭窄并导致远端栓塞。

图11 动脉夹层导致的串联病变

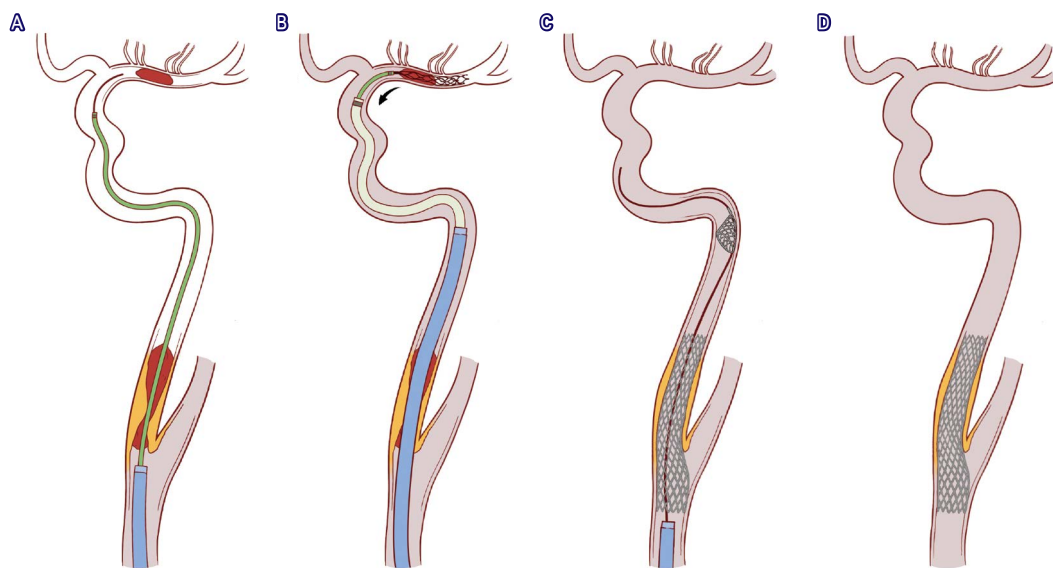
Figure 11 Tandem lesion caused by arterial dissection



A—微导丝通过颈动脉起始病变; B—球囊扩张近端病变; C—近端支架植入; D—远端取栓; E—血管成功再通。

图12 串联病变的顺向开通法(先近后远)

Figure 12 Antegrade approach for tandem lesions (proximal-to-distal)



A—微导丝引导微导管穿过颈动脉起始病变; B—大脑中动脉进行支架联合抽吸取栓; C—大脑中动脉血管成功再通后,返回近端处理颈动脉起始病变; D—血管成功再通。

图13 串联病变的逆向开通法(先远后近)

Figure 13 Retrograde approach for tandem lesions (distal-to-proximal)

快速恢复颅内血流,再处理近端血管^[128]。逆向开通法的优点包括:①血管再通时间短,在有充足侧支循环的情况下,可有效减小梗死体积;②远端血管再通后,部分mTICI分级2b/3级的患者可能避免近端血管的处理。逆向开通法的缺点包括:①手术难度高,若无法快速通过近端血管狭窄部位,会增加缺血时间;②在建立

通路时,导管可能会进入近端血管的假腔,甚至导致动脉夹层和穿孔^[128]。常见的逆向开通法如下。

(1) 球囊接力技术^[130]:首先,使用球囊导引导管扩张颈总动脉,阻断血流,再在血管闭塞处放置短球囊以扩张血管,并释放部分压力来向前推进。随后,将球囊导引导管向远端推进,

阻断颈内动脉血流,撤出短球囊,并对远端闭塞病变行机械取栓术。最后,在球囊导引导管的保护下,释放颈动脉支架,当颈动脉支架释放1/3时,可将球囊抽瘪,取消近端保护。

(2) 再灌注-扩张-取栓-支架植入术 (reperfusion-expanding-thrombectomy-stenting, RETs)^[131]: 先将取栓支架置于远端闭塞血管处,沿取栓支架导丝近端行球囊扩张术,球囊导引导管沿支架导丝越过近端狭窄处后,扩张球囊并进行负压抽吸,随后实施支架取栓术,球囊导引导管在负压抽吸的情况下回撤至颈总动脉。若近端狭窄导致前向血流无法维持,则在球囊导引导管的保护下行颈动脉支架植入术。

(3) 通过性取栓-保护性取栓 (pass-thrombectomy-protective thrombectomy, Double PT) 技术^[132]: 适用于由心房颤动引起的大负荷血栓导致的串联病变。具体步骤如下: 在导引导管到达近端狭窄或闭塞处时进行抽吸取栓,如果血栓未减少,则越过闭塞处,对远端病变进行取栓,再将保护伞置于近端闭塞处远端(即近端与远端病变之间),在保护伞保护下,将导引导管回撤至闭塞段近端,对近端病变进行处理。

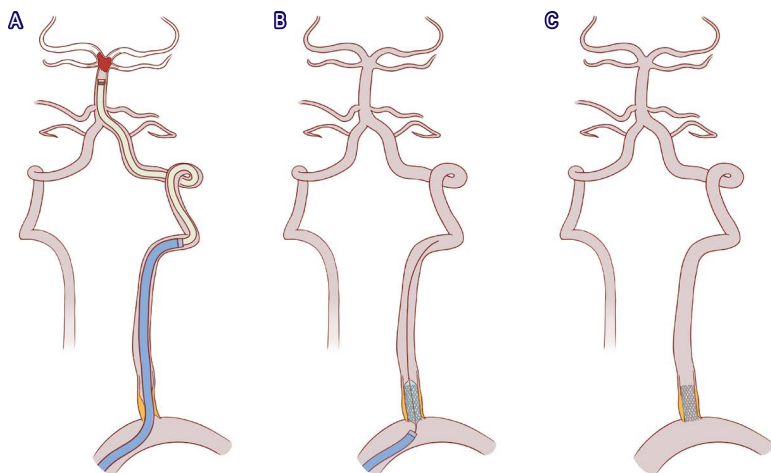
(4) 保护-扩张-抽吸-再通-支架技术 (protect-expand-aspiration-revascularization-stent, PEARS)^[133]: 将微导管微导丝通过近端闭塞段,利用交换技术退出微导管,沿微导丝将保护伞释放在闭塞远端,随后沿保护伞导丝对近端病变行球囊扩张。在球囊泄气过程中,将导引导管及中间导管通过近端病变。撤出球囊扩张导管后,在保护伞保护下,对近端病变进行充分的抽吸取栓;若造影证实近端血流通畅但颅内远端血管仍闭塞,则进行远端取栓。颅内血管复通后,再次将保护伞置于颈动脉C1末段,导引导管负压回撤至颈总动脉,若造影提示颈动脉狭窄仍明显,可行支架植入术。

此外,还有对串联病变的颅内、颅外病

变同时进行处理的卒中串联病变的颅外与颅内同步处理 (simultaneous extracranial, intracranial management of tandem lesions in stroke; SEIMLESIS) 技术^[134]。该技术的操作步骤是先将取栓支架嵌入血栓(支架近端覆盖大脑前动脉起始处),随后在颈内动脉近端狭窄处行球囊扩张术。

对于颈动脉串联病变近端是否行颈动脉支架植入术目前仍存在争议。一项纳入了46项观察性研究的meta分析发现,急诊行颈动脉支架植入术与更高的良好功能预后率(90 d mRS评分0~2分: 60% vs. 46%, $P=0.016$)及更低的sICH发生率(7% vs. 11%, $P=0.08$)显著相关^[135]。另一项纳入33项观察性研究的meta分析则发现,无论是顺向开通还是逆向开通,颈动脉起始球囊扩张与支架植入术对患者预后的影响无显著差异^[136]。2025年欧洲卒中大会公布的前循环串联闭塞急诊颈动脉支架植入治疗 (emergent carotid stenting in tandem occlusions of anterior circulation, CERES-TANDEM) 研究显示,急诊颈动脉支架植入联合取栓术可改善前循环串联病变患者的90 d功能预后,且未增加总体出血风险;急诊颈动脉支架植入与更高的血管成功再通率和更低的早期神经功能恶化风险相关。以上结果在一定程度上支持在串联病变时进行颈动脉支架植入,但该研究为回顾性设计,无法完全控制混杂因素,且并未考虑支架类型及抗栓方案的异质性。因此,还需在RCT中进一步验证该研究的结果。未来还可探索同期与分期行支架植入的优劣,优化通路选择;还可进行长期随访,评估支架内再狭窄和远期功能结局,验证急诊颈动脉支架植入的疗效与安全性。

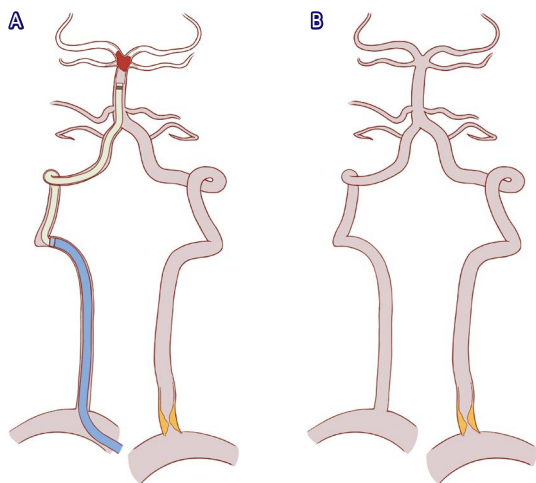
既往文献报道显示,逆向开通法更适合治疗后循环串联病变^[137]。后循环串联病变有两种处理路径,即“脏”路径(图14)和“净”路径(图15),两种路径的选择目前仍存在争



A—长鞘或导引导管越过近端狭窄或闭塞处，对基底动脉闭塞行抽吸取栓；B—基底动脉再通后，再返回对椎动脉近端行支架植入术；C—血管成功再通。

图14 后循环串联病变“脏”路径

Figure 14 “Dirty” pathway for posterior circulation tandem lesions



A—经健侧椎动脉对基底动脉闭塞行抽吸取栓；B—基底动脉成功再通。

图15 后循环串联病变“净”路径

Figure 15 “Clean” pathway for posterior circulation tandem lesions

议^[138]。“脏”路径是指经病变侧椎动脉通路，在开通病变椎动脉开口后，优先处理远端闭塞。该路径的优点是直接针对病变血管进行操作，可降低颅内动脉再闭塞的风险。但该路径可能会延长颅内动脉成功再通的时间，降低患者获得良好预后的概率。“净”路径是指从健侧椎动脉进入，仅针对远端闭塞进行处理。该路径可快速开通颅内闭塞血管，改善患者的临床预后，但采用“净”路径策略时，若未处理“脏”

路径，有可能经“脏”路径再次发生血栓脱落，导致颅内动脉再次闭塞；还可能存在操作难度大、导管支撑力不足等问题^[138]。

推荐意见

- 对于由近端动脉粥样硬化和动脉夹层导致的前循环串联病变，无论顺向开通还是逆向开通均可。远端开通后如近端病变前向血流不能维持或残余狭窄 $\geq 70\%$ ，可植入颈动脉支架（Ⅱ级推荐）。

- 远端颅内闭塞血管开通后，如近端病变前向血流可维持，评估风险后由术者选择急诊或择期行颈动脉支架植入术（Ⅱ级推荐）。

- 对于后循环串联病变，无论选择“脏”路径还是“净”路径，均以迅速开通颅内闭塞血管为目的。如选择“脏”路径，建议行逆向开通法。近端病变是否行支架植入术，可参考前循环串联病变（Ⅱ级推荐）。

5 血管内治疗相关并发症

5.1 动脉穿孔

动脉穿孔多为导丝头端穿透动脉壁所致，可通过造影时造影剂外渗来识别。动脉穿孔的危险因素有血管迂曲及严重动脉硬化，其主要原因包括：导丝头端走行过远，头端位置不合适，路径迂曲的情况下后撤球囊、支架输送系统时导丝“前窜”穿破远端血管。

预防措施：若血管路径并非极度迂曲，仅需提供足够支撑力即可，导丝头端无须走行太远，可将其塑为“J”形，弓背前行以减少出血风险。需行血管成形术时，导丝头端应避免置于基底动脉尖、大脑中动脉分叉处等易于穿出的部位，尽量置于一较为平直的血管内；交换导丝时须确保导丝头端位置保持不动。

治疗措施：如造影发现明确的出血点，可采用球囊封堵、急诊用弹簧圈闭塞血管、Onyx胶栓塞或中和肝素等处理措施。

5.2 血管破裂、穿支动脉撕裂

闭塞血管管径较小、成角明显、支架取栓

时牵拉力量过大或反复取栓操作易造成血管损伤或破裂出血；合并ICAS时，球囊、支架选择过大及快速扩张均易导致血管破裂；严重钙化病变、反复球囊扩张也可致血管破裂。路径迂曲，导丝、球囊、支架送入时导致血管移位过大，可能引起穿支动脉撕裂出血；成角病变、球囊扩张、支架释放也可导致穿支动脉撕裂出血；导丝进入穿支动脉会引起穿支痉挛，暴力牵拉会拉断穿支动脉引起出血。

预防措施：选择合适的EVT术式，预扩球囊及球囊扩张支架直径应略小于靶血管，经压力泵缓慢加压，推荐行亚满意球囊扩张。转动导丝时其头端摆动不良，回撤存在阻力，透视下导丝位置远离路图，提示导丝进入穿支动脉，此时不可暴力牵拉导丝，以防拉断穿支动脉引发出血。

治疗措施：血管破裂后应立即充盈球囊进行封堵止血，必要时可采用弹簧圈闭塞血管，也可选择行开颅血管修补术或动脉夹闭术。

5.3 新发部位栓塞

取栓过程中栓子移位、碎裂，可能造成闭塞血管的邻近分支或次级分支血管栓塞。

预防措施：对于大脑中动脉M1段远端栓塞，若同侧大脑前动脉前向血流良好，可使用中间导管跨越大脑前动脉A1段开口进行保护，以便在回拉血栓时降低栓子脱落导致远端栓塞的风险。也可使用球囊导引导管实施近端血流阻断，或联合大口径导管进行CATCH操作以降低远端栓塞风险。

治疗措施：如发生新发部位栓塞，应积极开通可能导致严重功能缺损的主干血管。可选用小口径抽吸导管或直径3 mm以下取栓支架进行抽吸取栓或支架联合抽吸取栓（如BEMP）。

5.4 高灌注综合征

高灌注综合征是指闭塞脑动脉再通后，缺血脑组织重新获得血液灌注，同侧脑血流量显著增加，从而导致脑水肿甚至颅内出血。患者可出现头痛、恶心、呕吐、癫痫，以及神经功能缺损症状。

治疗措施：高灌注综合征患者需要收住神经重症监护病房进行密切监护，给予适当镇静、脱水及控制血压治疗，并进行相关并发症的预防。

5.5 血管痉挛

血管痉挛多由导管、导丝等材料的机械刺激导致。血管痉挛可引起远端低血流状态，导致缺血事件发生。

预防措施：预防血管痉挛的常规措施包括术前静脉泵入尼莫地平；术中注意导引导管位置不要过高，路径迂曲时可配合使用中间导管。一般在颈内动脉颅内段及大脑中动脉M1段治疗中，导引导管置于颈内动脉C2段即可；在后循环治疗中，导引导管置于椎动脉V2段即可。

治疗措施：如出现导引导管处血管痉挛，需将导管回撤并进行造影观察，尽量在较低位置完成手术。通常回撤导管、导丝停止刺激后，痉挛可迅速缓解。如出现不可逆转的血管痉挛，需应用球囊成形术或动脉注射钙离子通道阻滞剂、罂粟碱等治疗。

5.6 动脉夹层

取栓过程中，如果血管局部存在重度狭窄，导管导丝通过时可能进入血管内膜导致夹层发生。术中反复取栓操作、血管成角或支架选择过大，均易对血管内膜造成损伤，也可能引起动脉夹层。

预防措施：EVT术中需注意辨别血管真腔，谨慎操作以降低动脉夹层形成风险。ICAS患者行单纯球囊扩张时，动脉夹层的发生率为15%~20%，相对较高。操作时应注意选择较小的球囊，缓慢、轻柔地进行充盈和排空。

治疗措施：一旦发生影响血流的动脉夹层，应对夹层进行支架植入术，术后进行规范的抗凝治疗；不影响血流的动脉夹层可观察20 min以上，如血流稳定，可不进行补救治疗，反之则需进行支架植入。

本共识所有推荐意见及专家推荐情况见表3。

表3 共识推荐意见及其投票结果

Table 3 Consensus recommendations and their voting results

推荐意见	总投票人数/人					投票人数分布/人					平均分/%	推荐等级	
	5分	4分	3分	2分	1分	5分	4分	3分	2分	1分			
一、血管通路的建立													
1. 对于AIS的EVT, 经股动脉通路为首选的通路方式	38	37	1	0	0	100	0	0	0	0	100	5.0	I级
2. 对于经股动脉通路失败的前循环LVO和经过筛选的后循环LVO, 可将上肢动脉通路作为经股动脉通路的替代方式	38	32	6	0	0	100	0	0	0	0	100	4.8	I级
3. 经颈动脉通路可作为经股动脉通路和上肢动脉通路失败的补救通路	37	23	10	3	1	89.2	0	0	0	0	89.2	4.5	II级
二、急性缺血性卒中血管内治疗技术													
4. 支架取栓、抽吸导管直接抽吸及支架联合抽吸技术是目前的一线取栓技术	38	38	0	0	0	100	0	0	0	0	100	5.0	I级
5. 尽可能选用有效长度较长的支架, 以提高支架取栓效率	38	25	11	2	0	94.7	0	0	0	0	94.7	4.6	II级
6. 尽可能选择匹配靶血管内径的较大的抽吸导管, 以提高取栓效率	38	35	2	1	0	97.4	0	0	0	0	97.4	4.9	II级
7. 使用推拉技术、积极释放技术释放支架可提高取栓效率	36	28	5	3	0	91.7	0	0	0	0	91.7	4.7	II级
8. 支架联合抽吸取栓时, 可使用裸导丝技术, 以提高抽吸取栓效率	37	23	12	1	1	94.6	0	0	0	0	94.6	4.5	II级
9. 对于主动脉弓变异、血管路径迂曲、抽吸中间导管到位困难的情况, 可综合选用6 F+5 F多级同轴技术、支架锚定技术、BAT技术、近端加硬导丝/双导丝加强支撑技术等, 辅助导管到位	38	28	9	1	0	97.4	0	0	0	0	97.4	4.7	II级
10. 对于血栓负荷较大的栓塞性疾病, 选用球囊引导导管进行近端血流阻断, 可能会提高取栓效率	38	20	13	3	2	86.8	0	0	0	0	86.8	4.3	II级
11. MeVO的EVT获益仍不明确, 需评估后筛选适合EVT的患者, 在操作中应根据靶血管的解剖特征(如路径、血管直径等)选择匹配的器械, 避免反复操作	36	21	11	4	0	88.9	0	0	0	0	88.9	4.5	II级
三、不同病因急性缺血性卒中的血管内治疗技术推荐													
(一) 颅内动脉粥样硬化性狭窄所致急性颅内大血管闭塞													
12. 对于ICAS-LVO, 机械取栓是安全的, 支架取栓或支架联合抽吸取栓均可作为一线治疗	38	29	8	1	0	97.4	0	0	0	0	97.4	4.7	II级
13. 实现血管成功再通(eTICI分2b50级)后, 如前向血流不能维持, 可对ICAS行补救性球囊扩张或支架植入术	37	25	11	1	0	97.3	0	0	0	0	97.3	4.6	II级
14. 对于ICAS-LVO患者, 联合应用静脉抗栓药物(如替罗非班), 可能改善其预后	38	30	7	1	0	97.4	0	0	0	0	97.4	4.8	II级
(二) 栓塞所致急性颅内大血管闭塞													
15. 对于血栓负荷量较小的栓塞性疾病, 支架取栓、抽吸取栓或支架联合抽吸取栓治疗均可作为首选取栓策略	38	31	7	0	0	100	0	0	0	0	100	4.8	I级
16. 对于血栓负荷量大或血栓质地较硬的栓塞性疾病, 建议首选大口径抽吸导管抽吸取栓或支架联合抽吸取栓治疗	37	29	8	0	0	100	0	0	0	0	100	4.8	I级
17. 对于动脉分叉部位(颈内动脉末端、大脑中动脉M1段分叉和基底动脉尖)血栓, 如首选取栓技术未能实现成功再灌注, 可选用双支架或双支架联合抽吸取栓技术	38	18	15	4	1	86.8	0	0	0	0	86.8	4.3	II级
(三) 串联病变													
18. 对于由近端动脉粥样硬化和动脉夹层导致的前循环串联病变, 无论顺向开通还是逆向开通均可, 远端开通后如近端病变前向血流不能维持或残余狭窄 $\geq 70\%$, 可植入颈动脉支架	35	25	7	3	0	91.4	0	0	0	0	91.4	4.6	II级
19. 远端颅内闭塞血管开通后, 如近端病变前向血流可维持, 评估风险后由术者选择急诊或择期行颈动脉支架植入术	35	22	11	2	0	94.3	0	0	0	0	94.3	4.6	II级
20. 对于后循环串联病变, 无论选择“脏”路径还是“净”路径, 均以迅速开通颅内闭塞血管为目的, 如选择“脏”路径, 建议行逆向开通法, 近端病变是否行支架植入术, 可参考前循环串联病变	35	22	7	5	1	82.9	0	0	0	0	82.9	4.4	II级

注: 本次推荐意见经过第一轮邮件函审、第二轮线上讨论加投票和第三轮网络投票, 以最终投票结果作为最终推荐意见等级来源。采用改良德尔菲法, 通过Likert 5分量表(1~5分)评估专家对推荐意见的同意程度。投票设置5个选项: 强推荐(5分)、弱推荐(4分)、无明确推荐意见(3分)、弱不推荐(2分)、强不推荐(1分)。 ≥ 4 分占比指投票中选择4分与5分所占比例。推荐等级: I级为一致推荐(100%专家投票 ≥ 4 分), II级为强推荐(75%~99%专家投票 ≥ 4 分, 且平均分 >4 分)。AIS——急性缺血性卒中; EVT——血管内治疗; LVO——大血管闭塞; BAT——球囊穿刺; MeVO——颅内动脉粥样硬化性狭窄; eTICI——扩展脑梗死溶栓。

1 F=0.333 mm。

6 展望

自2015年起, EVT已成为LVO-AIS的标准治疗方案, 至今已应用十年。十年来, EVT的适应证范围不断拓宽, 临床开展数量持续增长, 治疗器械迭代升级, 技术方法逐步革新, 手术成功率与安全性稳步提升, 让更多AIS患者从中获益。

然而, 仍需注意的是, 目前仍有超半数接受EVT的AIS患者无法在术后90 d获得良好预后。同时, 不同地区、不同级别医院间取栓技术水平与患者临床预后差异显著, 这提示EVT在AIS治疗中的技术培训与质量控制工作仍任重道远。因此, 通过规范取栓技术操作流程, 提升神经介入医师应对不同类型闭塞病变的能力, 并确保各级医师具备成熟的EVT操作技术及并发症处理经验, 从而有效推动取栓技术普及, 进一步降低AIS患者致死致残率, 切实惠及广大患者。这正是本共识制订的愿景与核心目标。

作者贡献 确定共识工作思路、计划、执行的管理和协调(孙瑄、孙大鹏、缪中荣); 参与共识制订的流程讨论、内容安排决策, 对重要的知识内容进行审查、修订, 或最终定稿(孙大鹏、专家组成员); 获取数据、分析或解释数据, 起草、撰写、修改研究论文(孙瑄、孙大鹏); 推荐意见形成和推荐分级论证(专家组成员); 对研究工作全面负责, 确保论文的准确性和诚信(孙瑄、缪中荣); 筹措、提供研究资金(高峰、缪中荣)。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突。

执笔作者

孙 瑄 首都医科大学附属北京天坛医院
孙大鹏 首都医科大学附属北京天坛医院

专家组成员(按姓氏拼音排序)

陈 纯 昆明医科大学第一附属医院
陈康宁 陆军军医大学西南医院
陈胜利 重庆大学附属三峡医院
陈文伙 福建医科大学附属协和医院
程道宾 广西医科大学第一附属医院
高 峰 首都医科大学附属北京天坛医院
高连波 中国医科大学附属第四医院
谷有全 兰州大学第一医院

管 生 郑州大学第一附属医院
韩红星 临沂市人民医院
韩建峰 西安交通大学第一附属医院
何旭英 广东省第二人民医院
贺雄军 南方医科大学深圳医院
胡 伟 安徽省立医院
霍晓川 首都医科大学附属北京安贞医院
姬 仲 南方医科大学南方医院
姜长春 包头市中心医院
李 迪 大连市中心医院
李敬伟 南京大学医学院附属苏州医院
李 军 贵州医科大学附属医院
李小兵 南昌大学第一附属医院
刘永昌 沧州市中心医院
马 宁 首都医科大学附属北京天坛医院
买买提力·艾沙 新疆医科大学第一附属医院
梅 斌 武汉大学中南医院
缪中荣 首都医科大学附属北京天坛医院
彭 亚 常州市第一人民医院
乔宏宇 暨南大学附属第一医院
史怀璋 哈尔滨医科大学附属第一医院
宋立刚 首都医科大学附属北京天坛医院
孙 瑄 首都医科大学附属北京天坛医院
孙雅轩 山西省人民医院
万杰清 上海交通大学医学院附属仁济医院
王守春 吉林大学第一医院
魏 铭 天津市环湖医院
温昌明 南阳市中心医院
吴 伟 山东大学齐鲁医院
吴迎春 鄂尔多斯市中心医院
徐国栋 河北省人民医院
徐子奇 浙江大学医学院附属第一医院
杨新光 中山大学孙逸仙纪念医院
姚晓喜 郴州市第一人民医院
易婷玉 福建省漳州市医院
张 帆 海南省人民医院
张永巍 海军军医大学第一附属医院(上海长海医院)
张 勇 青岛大学附属医院
郑洪波 四川大学华西医院
朱良付 河南省人民医院

参考文献

- [1] GOYAL M, MENON B K, VAN ZWAM W H, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke; a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials[J]. *Lancet*, 2016, 387 (10029) : 1723-1731.
- [2] 中国卒中学会,《中国卒中学会急性缺血性卒中再灌注治疗指南2024》编写组. 中国卒中学会急性缺血性卒中再灌注治疗指南2024[J]. *中国卒中杂志*, 2024, 19 (12) : 1460-1478.
Chinese Stroke Association, Writing Group of *Chinese Stroke Association Guidelines on Reperfusion Therapy for Acute Ischemic Stroke 2024*. Chinese Stroke Association guidelines on reperfusion therapy for acute ischemic stroke 2024[J]. *Chin J Stroke*, 2024, 19 (12) : 1460-1478.
- [3] 中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会, 中华预防医学会卒中预防与控制专业委员会介入学组. 急性缺血性卒中血管内治疗中国指南2023[J]. *中国卒中杂志*, 2023, 18 (6) : 684-711.
Chinese Stroke Association, Chinese Interventional Neuroradiology Society, Intervention Group of Committee of Stroke Prevention and Control of Chinese Preventive Medicine Association. Chinese guideline for endovascular treatment of acute ischemic stroke 2023[J]. *Chin J Stroke*, 2023, 18 (6) : 684-711.
- [4] JIA B X, REN Z G, MOKIN M, et al. Current status of endovascular treatment for acute large vessel occlusion in China; a real-world nationwide registry[J]. *Stroke*, 2021, 52 (4) : 1203-1212.
- [5] 中国卒中学会神经介入分会. 急性缺血性卒中中等血管闭塞管理中国专家共识2024[J]. *中国卒中杂志*, 2024, 19 (11) : 1333-1358.
Chinese Interventional Neuroradiology Society of Chinese Stroke Association. Chinese expert consensus on the management of medium vessel occlusion in acute ischemic stroke 2024[J]. *Chin J Stroke*, 2024, 19 (11) : 1333-1358.
- [6] CHO H W, JUN H S. Can transradial mechanical thrombectomy be an alternative in case of impossible transfemoral approach for mechanical thrombectomy? A single center's experience[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2021, 64 (1) : 60-68.
- [7] HAUSSEN D C, NOGUEIRA R G, DESOUSA K G, et al. Transradial access in acute ischemic stroke intervention[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8 (3) : 247-250.
- [8] PATEL P, HAUSSEN D C, NOGUEIRA R G, et al. The neuro radialist[J]. *Interv Cardiol Clin*, 2020, 9 (1) : 75-86.
- [9] MAUD A, KHATRI R, CHAUDHRY M R A, et al. Transradial access results in faster skin puncture to reperfusion time than transfemoral access in posterior circulation mechanical thrombectomy[J]. *J Vasc Interv Neurol*, 2019, 10 (3) : 53-57.
- [10] CHEN S H, SNELLING B M, SUR S, et al. Transradial versus transfemoral access for anterior circulation mechanical thrombectomy; comparison of technical and clinical outcomes[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (9) : 874-878.
- [11] SIDDIQUI A H, WAQAS M, NEUMAIER J, et al. Radial first or patient first; a case series and meta-analysis of transradial versus transfemoral access for acute ischemic stroke intervention[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13 (8) : 687-692.
- [12] VERHEY L H, OROZCO A R, OLIVER M, et al. Transradial versus transfemoral access for mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke; a retrospective cohort study[J/OL]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2023, 32 (10) : 107282[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2023.107282>.
- [13] SILVA M A, ELAWADY S S, MAIER I, et al. Comparison between transradial and transfemoral mechanical thrombectomy for ICA and M1 occlusions; insights from the stroke thrombectomy and aneurysm registry (STAR) [J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2024; jnis-2023-021358[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1136/jnis-2023-021358>.
- [14] AEMAZ UR REHMAN M, EBAAD UR REHMAN M, REHMAN A U, et al. Efficacy and safety of transradial versus transfemoral access for mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke; a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *Interv Neuroradiol*, 2025; 15910199251342049[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1177/15910199251342049>.
- [15] HERNANDEZ D, REQUENA M, OLIVÉ-GADEA M, et al. Radial versus femoral access for mechanical thrombectomy in patients with stroke; a noninferiority randomized clinical trial[J]. *Stroke*, 2024, 55 (4) : 840-848.
- [16] YATSKAR L, SELZER F, FEIT F, et al. Access site hematoma requiring blood transfusion predicts mortality in patients undergoing percutaneous coronary intervention; data from the national heart, lung, and blood institute dynamic registry[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2007, 69 (7) : 961-966.
- [17] 中国医师协会神经介入专业委员会. 神经介入通路建立专家共识[J]. *中国脑血管病杂志*, 2023, 20 (7) : 493-504, 封3.
Chinese Federation of Interventional Clinical

- Neurosciences. Expert consensus on the establishment of neurointerventional pathway[J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2023, 20 (7) : 493-504, inside back cover.
- [18] MLEKUSCH W, HAUMER M, MLEKUSCH I, et al. Prediction of iatrogenic pseudoaneurysm after percutaneous endovascular procedures[J]. *Radiology*, 2006, 240 (2) : 597-602.
- [19] FRANK J J, KAMALAKANNAN D, KODENCHERY M, et al. Retroperitoneal hematoma in patients undergoing cardiac catheterization[J]. *J Interv Cardiol*, 2010, 23 (6) : 569-574.
- [20] ANDÒ G, CAPODANNO D. Radial versus femoral access in invasively managed patients with acute coronary syndrome: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ann Intern Med*, 2015, 163 (12) : 932-940.
- [21] FERRANTE G, RAO S V, JÜNI P, et al. Radial versus femoral access for coronary interventions across the entire spectrum of patients with coronary artery disease: a meta-analysis of randomized trials[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9 (14) : 1419-1434.
- [22] STONE J G, ZUSSMAN B M, TONETTI D A, et al. Transradial versus transfemoral approaches for diagnostic cerebral angiography: a prospective, single-center, non-inferiority comparative effectiveness study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12 (10) : 993-998.
- [23] KHANNA O, VELAGAPUDI L, DAS S, et al. A comparison of radial versus femoral artery access for acute stroke interventions[J]. *J Neurosurg*, 2020, 135 (3) : 727-732.
- [24] ZHOU W J, JIN X, XU C, et al. Trans-radial versus trans-femoral approach for cerebral angiography: a meta-analysis of randomized controlled trials[J]. *Wideochir Inne Tech Maloinwazyjne*, 2023, 18 (2) : 235-243.
- [25] SAITO S, IKEI H, HOSOKAWA G, et al. Influence of the ratio between radial artery inner diameter and sheath outer diameter on radial artery flow after transradial coronary intervention[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 1999, 46 (2) : 173-178.
- [26] RASHID M, KWOK C S, PANCHOLY S, et al. Radial artery occlusion after transradial interventions: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *J Am Heart Assoc*, 2016, 5: e002686[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.002686>.
- [27] VALGIMIGLI M, GAGNOR A, CALABRÓ P, et al. Radial versus femoral access in patients with acute coronary syndromes undergoing invasive management: a randomised multicentre trial[J]. *Lancet*, 2015, 385 (9986) : 2465-2476.
- [28] BRUNET M C, CHEN S H, SUR S, et al. Distal transradial access in the anatomical snuffbox for diagnostic cerebral angiography[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (7) : 710-713.
- [29] AYYAZ UL HAQ M, RASHID M, GILCHRIST I C, et al. Incidence and clinical course of limb dysfunction post cardiac catheterization—a systematic review[J]. *Circ J*, 2018, 82 (11) : 2736-2744.
- [30] TSO M K, RAJAH G B, DOSSANI R H, et al. Learning curves for transradial access versus transfemoral access in diagnostic cerebral angiography: a case series[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14 (2) : 174-178.
- [31] 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, 中华医学会神经外科学分会神经介入专业委员会, 等. 经桡动脉入路神经介入诊疗中国专家共识[J]. *中华神经外科杂志*, 2022, 38 (10) : 980-989. Neurointervention Professional Committee, Neurosurgeon Branch of Chinese Medical Doctor Association; Neurointervention Professional Committee, Interventional Physician Branch of Chinese Medical Doctor Association; Neurointervention Professional Committee, Neurosurgery Branch of Chinese Medical Association; et al. Chinese expert consensus on neurointerventional diagnosis and treatment via transradial approach[J]. *Chin J Neurosurg*, 2022, 38 (10) : 980-989.
- [32] IANCU A, TUDOR R, CHITA D S, et al. Mechanical thrombectomy via transbrachial approach in the emergency management of acute ischemic stroke patients with aortic pathologies: our experience and literature review[J/OL]. *J Pers Med*, 2024, 14 (2) : 216[2025-08-10]. <https://doi.org/10.3390/jpm14020216>.
- [33] KENNEDY A M, GROCOTT M, SCHWARTZ M S, et al. Median nerve injury: an underrecognised complication of brachial artery cardiac catheterisation? [J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 1997, 63 (4) : 542-546.
- [34] SCOCO A N, ADDEPALLI A, ZHU S Y, et al. Trans-carotid and trans-radial access for mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *Cureus*, 2020, 12 (6) : e8875[2025-08-10]. <https://doi.org/10.7759/cureus.8875>.
- [35] ZHONG A J, KAMAL H, UDDIN A, et al. Transcarotid access for mechanical thrombectomy in acute ischemic stroke: a meta-analysis and

- systematic review[J/OL]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2022, 31 (5) : 106428[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106428>.
- [36] JADHAV A P, RIBO M, GRANDHI R, et al. Transcervical access in acute ischemic stroke[J]. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6 (9) : 652-657.
- [37] WIESMANN M, KALDER J, REICH A, et al. Feasibility of combined surgical and endovascular carotid access for interventional treatment of ischemic stroke[J]. *J Neurointerv Surg*, 2016, 8 (6) : 571-575.
- [38] ROCHE A D, MURPHY B, ADAMS N, et al. Direct common carotid artery puncture for endovascular treatment of acute large vessel ischemic stroke in a patient with aortic coarctation[J/OL]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2017, 26 (11) : e211-e213 [2025-08-10]. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.07.017>.
- [39] DESAI J A, ALMEKHLAFI M A, HILL M D, et al. Ultrasound guided V3 segment vertebral artery direct percutaneous puncture for basilar artery mechanical thrombectomy in acute stroke: a technical report[J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6 (3) : e18[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2012-010601.rep>.
- [40] KHANNA O, MOUCHTOURIS N, SWEID A, et al. Transradial approach for acute stroke intervention: technical procedure and clinical outcomes[J/OL]. *Stroke Vasc Neurol*, 2020, 5: e000263[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1136/svn-2019-000263>.
- [41] GUO X, WANG L F, LIU J L, et al. Transradial approach using a distal access catheter without guiding support for symptomatic intracranial vertebral artery and basilar artery stenosis: a multicenter experience and technical procedure [J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14 (5) : neurintsurg-2021-017635[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017635>.
- [42] BOEKEN T, ALTAYEB A, SHOTAR E, et al. Prohibitive radial artery occlusion rates following transradial access using a 6-French neuron max long sheath for intracranial aneurysm treatment[J]. *Clin Neuroradiol*, 2022, 32 (4) : 1031-1036.
- [43] SMITH W S, SUNG G, STARKMAN S, et al. Safety and efficacy of mechanical embolectomy in acute ischemic stroke; results of the MERCI trial[J]. *Stroke*, 2005, 36 (7) : 1432-1438.
- [44] SMITH W S, SUNG G, SAVER J, et al. Mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke; final results of the multi MERCI trial[J]. *Stroke*, 2008, 39 (4) : 1205-1212.
- [45] ALSHEKHLEE A, PANDYA D J, ENGLISH J, et al. Merci mechanical thrombectomy retriever for acute ischemic stroke therapy: literature review[J/OL]. *Neurology*, 2012, 79 (13 Suppl 1) : S126-S134[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182697e89>.
- [46] SAVER J L, JAHAN R, LEVY E I, et al. Solitaire flow restoration device versus the Merci retriever in patients with acute ischaemic stroke (SWIFT) : a randomised, parallel-group, non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2012, 380 (9849) : 1241-1249.
- [47] NOGUEIRA R G, LUTSEP H L, GUPTA R, et al. Trevo versus Merci retrievers for thrombectomy revascularisation of large vessel occlusions in acute ischaemic stroke (TREVO 2) : a randomised trial[J]. *Lancet*, 2012, 380 (9849) : 1231-1240.
- [48] AUTAR A S A, HUND H M, RAMLAL S A, et al. High-resolution imaging of interaction between thrombus and stent-retriever in patients with acute ischemic stroke[J/OL]. *J Am Heart Assoc*, 2018, 7 (13) : e008563[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.008563>.
- [49] GERSH K C, NAGASWAMI C, WEISEL J W. Fibrin network structure and clot mechanical properties are altered by incorporation of erythrocytes[J]. *Thromb Haemost*, 2009, 102 (6) : 1169-1175.
- [50] BELACHEW N F, DOBROCKY T, MEINEL T R, et al. Risks of undersizing stent retriever length relative to thrombus length in patients with acute ischemic stroke[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2021, 42 (12) : 2181-2187.
- [51] KIM J H, KIM B M, KIM D J. In vitro analysis of the efficacy of endovascular thrombectomy techniques according to the vascular tortuosity using 3D printed models[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2022, 43 (10) : 1431-1436.
- [52] Penumbra Pivotal Stroke Trial Investigators. The Penumbra pivotal stroke trial: safety and effectiveness of a new generation of mechanical devices for clot removal in intracranial large vessel occlusive disease[J]. *Stroke*, 2009, 40 (8) : 2761-2768.
- [53] TURK A S, SPIOTTA A, FREI D, et al. Initial clinical experience with the ADAPT technique: a direct aspiration first pass technique for stroke thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6 (3) : 231-237.
- [54] LAPERGUE B, BLANC R, GORY B, et al. Effect of endovascular contact aspiration vs. stent retriever on revascularization in patients with acute ischemic stroke and large vessel occlusion; the ASTER

- randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2017, 318 (5) : 443-452.
- [55] TURK A S, 3rd, SIDDIQUI A, FIFI J T, et al. Aspiration thrombectomy versus stent retriever thrombectomy as first-line approach for large vessel occlusion (COMPASS) : a multicentre, randomised, open label, blinded outcome, non-inferiority trial[J]. *Lancet*, 2019, 393 (10175) : 998-1008.
- [56] POWERS W J, RABINSTEIN A A, ACKERSON T, et al. Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: 2019 update to the 2018 guidelines for the early management of acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association[J/OL]. *Stroke*, 2019, 50 (12) : e344-e418[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1161/STR.0000000000000211>.
- [57] YE G F, WEN X B, WANG H C, et al. First-line contact aspiration versus first-line stent retriever for acute posterior circulation strokes: an updated meta-analysis[J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14 (5) : neurintsurg-2021-017497[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2021-017497>.
- [58] GUO X M, XIONG Y, HUANG X Y, et al. Aspiration versus stent retriever for posterior circulation stroke: a meta-analysis[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2023, 29 (2) : 525-537.
- [59] YE G F, LU J, QI P, et al. Firstline a direct aspiration first pass technique versus firstline stent retriever for acute basilar artery occlusion: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (8) : 740-746.
- [60] XENOS D, TEXAKALIDIS P, KARRAS C L, et al. First-line stent retriever versus direct aspiration for acute basilar artery occlusions: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *World Neurosurg*, 2022, 158: 258-267[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.11.013>.
- [61] SPIOTTA A M, CHAUDRY M I, HUI F K, et al. Evolution of thrombectomy approaches and devices for acute stroke: a technical review[J]. *J Neurointerv Surg*, 2015, 7 (1) : 2-7.
- [62] 赵亚鸽, 肖国栋. 直接抽吸首次通过技术用于急性缺血性卒中的研究进展[J]. *临床内科杂志*, 2024, 41 (5) : 302-306.
- ZHAO Y G, XIAO G D. Research progress on direct aspiration first-pass technique for acute ischemic stroke[J]. *J Clin Intern Med*, 2024, 41 (5) : 302-306.
- [63] BLANC R, REDJEM H, CICCIO G, et al. Predictors of the aspiration component success of a direct aspiration first pass technique (ADAPT) for the endovascular treatment of stroke reperfusion strategy in anterior circulation acute stroke[J]. *Stroke*, 2017, 48 (6) : 1588-1593.
- [64] KIM S, LEE J Y. Comparison of vacuum pressures and suction forces generated by different pump systems for aspiration thrombectomy[J/OL]. *Front Neurol*, 2022, 13: 978584[2025-08-10]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.978584>.
- [65] GROSS B A, JADHAV A P, JOVIN T G, et al. Dump the pump: manual aspiration thrombectomy (MAT) with a syringe is technically effective, expeditious, and cost-efficient[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10 (4) : 354-357.
- [66] SIMON S, GREY C P, MASSENZO T, et al. Exploring the efficacy of cyclic vs. static aspiration in a cerebral thrombectomy model: an initial proof of concept study[J]. *J Neurointerv Surg*, 2014, 6 (9) : 677-683.
- [67] BERNAVA G, ROSI A, BOTO J, et al. Experimental evaluation of direct thromboaspiration efficacy according to the angle of interaction between the aspiration catheter and the clot[J]. *J Neurointerv Surg*, 2021, 13 (12) : 1152-1156.
- [68] MATSUMOTO H, NISHIYAMA H, TETSUO Y, et al. Initial clinical experience using the two-stage aspiration technique (TSAT) with proximal flow arrest by a balloon guiding catheter for acute ischemic stroke of the anterior circulation[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9 (12) : 1160-1165.
- [69] HEIT J J, WONG J H, MOFAFF A M, et al. Sofia intermediate catheter and the SNAKE technique: safety and efficacy of the Sofia catheter without guidewire or microcatheter construct[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10 (4) : 401-406.
- [70] GRIEB D, GREILING B, SCHULZ K, et al. Endovascular treatment of distal medium vessel occlusions using microcatheter aspiration thrombectomy[J]. *Interv Neuroradiol*, 2024, 30 (2) : 234-241.
- [71] CONCHING A, CLAUSEN T M, NAKAMURA R, et al. Initial experience with ultra-large-bore catheter aspiration for very large vessel occlusions[J/OL]. *Interv Neuroradiol*, 2025: 15910199251343666[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1177/15910199251343666>.
- [72] JAZAYERI S B, REDA A, CORTESE J, et al. Impact of aspiration catheter inner diameter on first-pass effect: a systematic review and meta-analysis[J/OL]. *Interv Neuroradiol*, 2025: 15910199251345637[2025-08-10]. <https://doi.org/10.1177/15910199251345637>.

- [73] GANDHI D, CHEN H, ZAIDI S, et al. SOFIA aspiration system as first-line technique (SOFAST) : a prospective, multicenter study to assess the efficacy and safety of the 6 French SOFIA flow plus aspiration catheter for endovascular stroke thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2025, 17 (7) : 753-758.
- [74] NOGUEIRA R G, MOHAMMADEN M H, AL-BAYATI A R, et al. Preliminary experience with 088 large bore intracranial catheters during stroke thrombectomy[J]. *Interv Neuroradiol*, 2021, 27 (3) : 427-433.
- [75] CALDWELL J, MCGUINNESS B, LEE S S, et al. Aspiration thrombectomy using a novel 088 catheter and specialized delivery catheter[J]. *J Neurointerv Surg*, 2022, 14 (12) : 1239-1243.
- [76] LEE J S, HONG J M, LEE S J, et al. The combined use of mechanical thrombectomy devices is feasible for treating acute carotid terminus occlusion[J]. *Acta Neurochir (Wien)*, 2013, 155 (4) : 635-641.
- [77] HUMPHRIES W, HOIT D, DOSS V T, et al. Distal aspiration with retrievable stent assisted thrombectomy for the treatment of acute ischemic stroke[J]. *J Neurointerv Surg*, 2015, 7 (2) : 90-94.
- [78] JABLONSKA M, LI J H, TIBERI R, et al. Partial (SAVE) versus complete (Solombra) stent retriever retraction technique for mechanical thrombectomy: a randomized in vitro study[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2023, 44 (10) : 1165-1170.
- [79] YI H J, SUNG J H, LEE D H, et al. Effectiveness and technical considerations of solitaire platinum 4×40 mm stent retriever in mechanical thrombectomy with solombra technique[J]. *J Korean Neurosurg Soc*, 2021, 64 (1) : 30-38.
- [80] MASSARI F, HENNINGER N, LOZANO J D, et al. ARTS (aspiration-retriever technique for stroke) : initial clinical experience[J]. *Interv Neuroradiol*, 2016, 22 (3) : 325-332.
- [81] MAUS V, BEHME D, KABBASCH C, et al. Maximizing first-pass complete reperfusion with SAVE[J]. *Clin Neuroradiol*, 2018, 28 (3) : 327-338.
- [82] CHEN L W, SHEN R, ZHANG X, et al. A single-center comparative study of the SWIM technique in the treatment of acute ischemic stroke due to anterior circulation occlusion[J/OL]. *Thromb Res*, 2020, 192: 131-133[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.thromres.2020.05.011>.
- [83] GURKAS E, AKPINAR C K, AYTAC E. ADVANCE: an effective and feasible technique in acute stroke treatment[J]. *Interv Neuroradiol*, 2017, 23 (2) : 166-172.
- [84] HOPF-JENSEN S, PREIß M, MARQUES L, et al. Impact and effectiveness of dual aspiration technique in stent-assisted mechanical thrombectomy: recent improvements in acute stroke management[J]. *Cardiovasc Intervent Radiol*, 2016, 39 (11) : 1620-1628.
- [85] NIKOUBASHMAN O, ALT J P, NIKOUBASHMAN A, et al. Optimizing endovascular stroke treatment: removing the microcatheter before clot retrieval with stent-retrievers increases aspiration flow[J]. *J Neurointerv Surg*, 2017, 9 (5) : 459-462.
- [86] WEI M, WEI Z Q, LI X, et al. Retrograde semi-retrieval technique for combined stentriever plus aspiration thrombectomy in acute ischemic stroke[J]. *Interv Neuroradiol*, 2017, 23 (3) : 285-288.
- [87] LAPERGUE B, BLANC R, COSTALAT V, et al. Effect of thrombectomy with combined contact aspiration and stent retriever vs. stent retriever alone on revascularization in patients with acute ischemic stroke and large vessel occlusion: the ASTER2 randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2021, 326 (12) : 1158-1169.
- [88] OSPEL J M, VOLNY O, JAYARAMAN M, et al. Optimizing fast first pass complete reperfusion in acute ischemic stroke-the BADDASS approach (balloon guide with large bore distal access catheter with dual aspiration with stent-retriever as standard approach) [J]. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16 (11) : 955-963.
- [89] CHEN W H, YI T Y, WU Y M, et al. Initial clinical experience of repeat thrombectomy with a retrieval stent (RTRS) with continuous proximal flow arrest by balloon guide catheter for acute intracranial carotid occlusion[J/OL]. *Behav Neurol*, 2021: 7607324[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1155/2021/7607324>.
- [90] LIU J M, ZHOU Y, ZHANG L, et al. Balloon guide catheters for endovascular thrombectomy in patients with acute ischaemic stroke due to large-vessel occlusion in China (PROTECT-MT) : a multicentre, open-label, blinded-endpoint, randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2024, 404 (10468) : 2165-2174.
- [91] GOYAL M, OSPEL J M, GANESH A, et al. Endovascular treatment of stroke due to medium-vessel occlusion[J]. *N Engl J Med*, 2025, 392 (14) : 1385-1395.
- [92] PSYCHOGIOS M, BREHM A, RIBO M, et al. Endovascular treatment for stroke due to occlusion of medium or distal vessels[J]. *N Engl J Med*, 2025, 392 (14) : 1374-1384.

- [93] HAUSSEN D C, AL-BAYATI A R, EBY B, et al. Blind exchange with mini-pinning technique for distal occlusion thrombectomy[J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12 (4) : 392-395.
- [94] PSYCHOGIOS M N, TSOVKAS I, BLACKHAM K, et al. The Quattro technique for medium distal vessel occlusion stroke[J]. *Clin Neuroradiol*, 2024, 34 (1) : 257-262.
- [95] NIKOUBASHMAN O, DEKEYZER S, RIABIKIN A, et al. True first-pass effect[J]. *Stroke*, 2019, 50 (8) : 2140-2146.
- [96] GUTIERREZ J, TURAN T N, HOH B L, et al. Intracranial atherosclerotic stenosis: risk factors, diagnosis, and treatment[J]. *Lancet Neurol*, 2022, 21 (4) : 355-368.
- [97] WANG Y J, ZHAO X Q, LIU L P, et al. Prevalence and outcomes of symptomatic intracranial large artery stenoses and occlusions in China: the Chinese intracranial atherosclerosis (CICAS) study[J]. *Stroke*, 2014, 45 (3) : 663-669.
- [98] TSANG A C O, ORRU E, KLOSTRANEC J M, et al. Thrombectomy outcomes of intracranial atherosclerosis-related occlusions[J]. *Stroke*, 2019, 50 (6) : 1460-1466.
- [99] LEE J S, HONG J M, LEE K S, et al. Endovascular therapy of cerebral arterial occlusions: intracranial atherosclerosis versus embolism[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2015, 24 (9) : 2074-2080.
- [100] PSYCHOGIOS M, BREHM A, LÓPEZ-CANCIO E, et al. European Stroke Organisation guidelines on treatment of patients with intracranial atherosclerotic disease[J]. *Eur Stroke J*, 2022, 7 (3) : 3-4.
- [101] YI T Y, CHEN W H, WU Y M, et al. Microcatheter “first-pass effect” predicts acute intracranial artery atherosclerotic disease-related occlusion[J]. *Neurosurgery*, 2019, 84 (6) : 1296-1305.
- [102] CHEN W H, YI T Y, ZHAN A L, et al. Stent-unsheathed effect predicts acute distal middle cerebral artery atherosclerotic disease-related occlusion[J/OL]. *J Neurol Sci*, 2020, 416: 116957[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.jns.2020.116957>.
- [103] KANG D H, YOON W, BAEK B H, et al. Front-line thrombectomy for acute large-vessel occlusion with underlying severe intracranial stenosis: stent retriever versus contact aspiration[J]. *J Neurosurg*, 2020, 132 (4) : 1202-1208.
- [104] TONG X, WANG Y L, BAUER C T, et al. Current status of aspiration thrombectomy for acute stroke patients in China: data from ANGEL-ACT registry[J/OL]. *Ther Adv Neurol Disord*, 2021, 14: 17562864211007715[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1177/17562864211007715>.
- [105] MOHAMMADEN M H, HAUSSEN D C, AL-BAYATI A R, et al. Stenting and angioplasty in neurothrombectomy: matched analysis of rescue intracranial stenting versus failed thrombectomy[J]. *Stroke*, 2022, 53 (9) : 2779-2788.
- [106] JIA B X, ZHANG L H, PAN Y S, et al. Rescue angioplasty and/or stenting after mechanical thrombectomy: who can benefit? [J]. *J Neurointerv Surg*, 2024, 16 (12) : 1360-1367.
- [107] AL KASAB S, ALMALLOUHI E, JUMAA M, et al. Outcomes of adjunct emergent stenting versus mechanical thrombectomy alone: the RESCUE-ICAS registry[J]. *Stroke*, 2025, 56 (2) : 390-400.
- [108] GAO F, TONG X, JIA B X, et al. Bailout intracranial angioplasty or stenting following thrombectomy for acute large vessel occlusion in China (ANGEL-REBOOT) : a multicentre, open-label, blinded-endpoint, randomised controlled trial[J]. *Lancet Neurol*, 2024, 23 (8) : 797-806.
- [109] GAO F, TONG X, WEI M, et al. Bailout intracranial angioplasty or stenting after thrombectomy for acute large vessel occlusion: 1-year outcomes of ANGEL-REBOOT[J]. *Circulation*, 2025, 152 (20) : 1397-1407.
- [110] DENG Y M, YAO Y C, TONG X, et al. Necessity and timing of angioplasty in acute large-vessel occlusion strokes due to intracranial atherosclerotic disease: a cohort analysis with data from the ANGEL-ACT registry[J/OL]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1087816[2025-08-15]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1087816>.
- [111] SANG H F, XIE D J, TIAN Y, et al. Association of tirofiban with functional outcomes after thrombectomy in acute ischemic stroke due to intracranial atherosclerotic disease[J/OL]. *Neurology*, 2023, 100 (19) : e1996-e2006[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000207194>.
- [112] RIBEIRO L F S, DE FREITAS L R, UDOMA-UDOF A O C, et al. Efficacy and safety of tirofiban in acute ischemic stroke due to intracranial atherosclerotic disease for patients undergoing endovascular treatment: a systematic review and meta-analysis[J]. *Neuroradiology*, 2025, 67 (1) : 241-255.
- [113] GONÇALVES O R, MARINHO MENDES FILHO F S, RIBEIRO F V, et al. Efficacy and safety of intravenous tirofiban in patients with acute ischemic stroke due to large artery atherosclerosis undergoing endovascular thrombectomy: a systematic review

- and meta-analysis[J/OL]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2025, 249: 108727[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2025.108727>.
- [114] BURKHARDT J K, SHAPIRO M, TANWEER O, et al. Balloon-assisted tracking technique to overcome intracranial stenosis during thrombectomy for stroke[J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (3) : e1[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2018-014275.rep>.
- [115] YI T Y, WU Y M, LIN D L, et al. Application of balloon angioplasty with the distal protection of stent retriever (BASIS) technique for acute intracranial artery atherosclerosis-related occlusion[J/OL]. *Front Neurol*, 2022, 13: 1049543[2025-08-15]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1049543>.
- [116] YI T Y, GAN S J, CHEN Z T, et al. Application of balloon-expandable stent angioplasty with distal support of the stent-retriever (BASIS-STENT) technique for acute intracranial artery atherosclerosis-related occlusion[J/OL]. *J Neurointerv Surg*, 2025: jnis-2024-022862[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1136/jnis-2024-022862>.
- [117] HART R G. Cardiogenic embolism to the brain[J]. *Lancet*, 1992, 339 (8793) : 589-594.
- [118] DARICOURT J, WITHAYASUK P, VUKASINOVIC I, et al. Predictive value of susceptibility vessel sign for arterial recanalization and clinical improvement in ischemic stroke[J]. *Stroke*, 2019, 50 (2) : 512-515.
- [119] 朱国, 吴达, 周志平, 等. 抽吸取栓术与支架取栓术治疗前循环心源性脑栓塞患者的安全性和有效性分析[J]. *中国脑血管病杂志*, 2022, 19 (12) : 817-823, 853.
ZHU G, WU D, ZHOU Z P, et al. Safety and efficacy of a direct aspiration first-pass thrombectomy technology versus stent-retriever thrombectomy for patients with anterior circulation cardiogenic cerebral embolism[J]. *Chin J Cerebrovasc Dis*, 2022, 19 (12) : 817-823, 853.
- [120] BOURCIER R, MARNAT G, DARGAZANLI C, et al. Safety and efficacy of stent retrievers plus contact aspiration in patients with acute ischaemic anterior circulation stroke and positive susceptibility vessel sign in France (VECTOR) : a randomised, single-blind trial[J]. *Lancet Neurol*, 2024, 23 (7) : 700-711.
- [121] GERBER J C, DAUBNER D, KAISER D, et al. Efficacy and safety of direct aspiration first pass technique versus stent-retriever thrombectomy in acute basilar artery occlusion—a retrospective single center experience[J]. *Neuroradiology*, 2017, 59 (3) : 297-304.
- [122] TOMASELLO A, MOREU M, TERCEÑO M, et al. Randomized study comparing first-line dual versus single-stent retriever technique: TWIN2WIN[J]. *Stroke*, 2025, 56 (2) : 326-334.
- [123] POPPE A Y, JACQUIN G, ROY D, et al. Tandem carotid lesions in acute ischemic stroke: mechanisms, therapeutic challenges, and future directions[J]. *AJNR Am J Neuroradiol*, 2020, 41 (7) : 1142-1148.
- [124] WEINBERG J H, SWEID A, SAJJA K, et al. Posterior circulation tandem occlusions: classification and techniques[J/OL]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2020, 198: 106154[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.106154>.
- [125] ANADANI M, MARNAT G, CONSOLI A, et al. Endovascular therapy of anterior circulation tandem occlusions: pooled analysis from the TITAN and ETIS registries[J]. *Stroke*, 2021, 52 (10) : 3097-3105.
- [126] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国头颈部动脉夹层诊治指南 2024[J]. *中华神经科杂志*, 2024, 57 (8) : 813-829.
Chinese Society of Neurology, Chinese Stroke Society. Chinese guidelines for diagnosis and treatment of cervicocranial artery dissection 2024[J]. *Chin J Neurol*, 2024, 57 (8) : 813-829.
- [127] PAPANAGIOTOU P, HAUSSEN D C, TURJMAN F, et al. Carotid stenting with antithrombotic agents and intracranial thrombectomy leads to the highest recanalization rate in patients with acute stroke with tandem lesions[J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2018, 11 (13) : 1290-1299.
- [128] 张汤钦, 陈楚, 黄显军, 等. 前循环串联病变研究进展[J]. *中华神经科杂志*, 2021, 54 (3) : 284-289.
ZHANG T Q, CHEN C, HUANG X J, et al. Research progress of anterior circulation tandem lesions[J]. *Chin J Neurol*, 2021, 54 (3) : 284-289.
- [129] MAUS V, BEHME D, MAURER C, et al. The ReWiSed CARE technique: simultaneous treatment of atherosclerotic tandem occlusions in acute ischemic stroke[J]. *Clin Neuroradiol*, 2020, 30 (3) : 489-494.
- [130] LEE S H, LEE D G, KWON S U, et al. Relay-balloon technique for recanalization of acute symptomatic proximal internal carotid artery occlusion with short balloon-tipped guiding catheter landing zone[J]. *J Neurointerv Surg*, 2018, 10 (1) : 39-43.
- [131] 孙洪扬, 王贤军, 王浩, 等. 恢复灌注-球囊扩张-机械取栓-支架成形技术在颈动脉串联病变中的应用[J]. *中华神经科杂志*, 2022, 55 (1) : 35-40.

- SUN H Y, WANG X J, WANG H, et al. Application of reperfusion-expanding-thrombectomy-stenting technique in carotid tandem lesions[J]. *Chin J Neurol*, 2022, 55 (1) : 35-40.
- [132]CHEN W H, YI T Y, WU Y M, et al. Endovascular therapy strategy for acute embolic tandem occlusion: the pass-thrombectomy-protective thrombectomy (Double PT) technique[J/OL]. *World Neurosurg*, 2018, 120: e421-e427[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.08.096>.
- [133]YI T Y, CHEN W H, WU Y M, et al. Another endovascular therapy strategy for acute tandem occlusion: protect-expand-aspiration-revascularization-stent (PEARS) technique[J/OL]. *World Neurosurg*, 2018, 113: e431-e438[2025-08-15]. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2018.02.052>.
- [134]SULTAN-QURRAIE A, WITT T, DE HAVENON A, et al. SEIMLESS: simultaneous extracranial, intracranial management of (tandem) lesions in stroke[J]. *J Neurointerv Surg*, 2019, 11 (9) : 879-883.
- [135]DIANA F, ROMOLI M, TOCCACELI G, et al. Emergent carotid stenting versus no stenting for acute ischemic stroke due to tandem occlusion: a meta-analysis[J]. *J Neurointerv Surg*, 2023, 15 (5) : 428-432.
- [136]ZHU F, BRACARD S, ANXIONNAT R, et al. Impact of emergent cervical carotid stenting in tandem occlusion strokes treated by thrombectomy: a review of the TITAN collaboration[J/OL]. *Front Neurol*, 2019, 10: 206[2025-08-15]. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00206>.
- [137]XING P F, ZHANG Y W, LI Z F, et al. The “distal-to-proximal” strategy for the treatment of posterior circulation tandem occlusions: a single-centre experience[J]. *Neuroradiology*, 2020, 62 (7) : 867-876.
- [138]BAIK S H, JUNG C, KIM B M, et al. Mechanical thrombectomy for tandem vertebrobasilar stroke: characteristics and treatment outcome[J]. *Stroke*, 2020, 51 (6) : 1883-1885.

收稿日期: 2025-09-05

修回日期: 2025-11-18

本文编辑: 栾璟煜, 李昱龙