

补救性血管内治疗在颅内动脉取栓术后狭窄中的研究进展

乔恒通¹, 刘永军^{2*}

¹承德医学院研究生学院, 河北 承德

²邯郸市第一医院神经介入科, 河北 邯郸

收稿日期: 2026年4月26日; 录用日期: 2026年5月21日; 发布日期: 2026年5月27日

摘要

颅内动脉粥样硬化性狭窄(Intracranial atherosclerotic stenosis, ICAS)是造成急性缺血性卒中机械取栓再通失败或术后早期再闭塞的核心病因, 这一问题在亚裔患者中尤为棘手。据多项临床研究统计, 约有12%至41%的患者经机械取栓后无法获得满意的血管再通, 而ICAS相关闭塞的即时再闭塞风险更是远超心源性栓塞。球囊扩张术、急性支架置入术及糖蛋白IIb/IIIa受体拮抗剂(以替罗非班为代表)作为补救性血管内治疗(rescue endovascular treatment, REVT)的三大策略, 已在临床中积累了大量实践经验。观察性研究和荟萃分析总体支持REVT对取栓失败者的功能预后具有改善作用, 但首个大型随机对照试验ANGEL-REBOOT的90天数据并未呈现出统计学差异; 有趣的是, 其一年随访却揭示了显著的远期获益。围绕这一“短期中性、长期有益”的矛盾结果, 学术界展开了广泛讨论。本综述从ICAS相关闭塞的病理生理特征出发, 逐一梳理各类补救手段的循证依据, 兼论围手术期抗血小板方案的争议焦点、荟萃分析的异质性问题及在研临床试验的最新动态, 并对未来研究方向提出更具针对性的设计思路。

关键词

机械取栓术, 颅内动脉粥样硬化性狭窄, 补救性血管内治疗, 球囊扩张术, 支架置入术, 替罗非班

Research Progress of Rescue Endovascular Treatment for Stenosis after Intracranial Arterial Thrombectomy

Hengtong Qiao¹, Yongjun Liu^{2*}

¹Graduate School of Chengde Medical University, Chengde Hebei

²Department of Neurointervention, Handan First Hospital, Handan Hebei

*通讯作者。

文章引用: 乔恒通, 刘永军. 补救性血管内治疗在颅内动脉取栓术后狭窄中的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 2733-2743. DOI: 10.12677/acm.2026.1652084

Abstract

Intracranial atherosclerotic stenosis (ICAS) stands as a pivotal contributor to recanalization failure or early reocclusion following mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke, posing a particularly formidable challenge among Asian populations. Statistics from multiple clinical investigations indicate that roughly 12% to 41% of patients do not achieve satisfactory vessel patency after thrombectomy, with ICAS-related occlusions carrying a substantially elevated risk of immediate reocclusion compared with cardioembolic etiologies. Balloon angioplasty, acute rescue stenting, and glycoprotein IIb/IIIa receptor antagonists (notably tirofiban) constitute three principal rescue endovascular strategies that have accumulated considerable clinical experience. Observational data and pooled analyses broadly support functional benefits of rescue treatment in patients with thrombectomy failure; nonetheless, the landmark ANGEL-REBOOT randomized trial revealed no significant difference at 90 days, while its one-year followup uncovered meaningful long-term advantages. The paradox of “short-term neutrality versus long-term benefit” has sparked extensive scholarly discourse. This review delineates the pathophysiological underpinnings of ICAS-related occlusions, appraises the evidence base for each rescue modality, examines controversies surrounding periprocedural antiplatelet regimens and the heterogeneity of meta-analyses, and highlights ongoing trial developments as well as more targeted design ideas for future research directions.

Keywords

Mechanical Thrombectomy, Intracranial Atherosclerotic Stenosis, Rescue Endovascular Treatment, Balloon Angioplasty, Stenting, Tirofiban

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

脑卒中至今仍是威胁国民健康的头号杀手之一。仅就我国而言, 每年新增卒中病例接近 200 万, 其中约八成属于缺血性卒中, 由此造成的家庭和社会负担不容小觑[1]。回顾过去十年的发展历程可以看到, 自从 2015 年前后 MR CLEAN、EXTEND-IA 等五大随机对照试验(RCT)奠定了血管内取栓的循证基石以来, 机械取栓已毫无疑问地跻身为前循环急性大血管闭塞(large vessel occlusion, LVO)的一线治疗方案[2]。不过, 这并不意味着所有患者都能从取栓中获益。实际上, 临床医生在日常诊疗中不时会遇到一种棘手的困境——反复多次取栓尝试后, 血管仍然无法开通, 或者短暂开通后迅速发生再闭塞。多项 RCT 报告的取栓失败率大约在 12%到 41%之间浮动[3] [4], 而在真实世界中这一比例可能更高。

在导致取栓失败的众多原因中, 颅内动脉粥样硬化性狭窄(intracranial atherosclerotic stenosis, ICAS)占据着举足轻重的地位。这一点在亚洲人群身上体现得尤为明显: 大动脉粥样硬化在中国等东亚国家的缺血性卒中病因中所占比例高达 33%~50% [5], 与之对照, 欧美人群中心源性栓塞则是更为常见的原因[6]。ICAS 所致 LVO 的麻烦之处在于, 闭塞的本质并非一枚“游离”的栓子堵在血管里那么简单。其病理基础是在已经高度狭窄的动脉粥样硬化节段上, 叠加了原位血栓的急性形成[7]。即便机械取栓成功清除了

表面的血栓, 底层的重度狭窄仍然存在, 这就好比虽然通了下水道里的堵塞物, 但管道本身已经严重变窄——再次堵塞只是时间早晚的问题。有文献报道, 这类患者取栓后即时再闭塞的风险约为 36.9%, 而非 ICAS 病因者仅 2.7% 左右, 差异悬殊[8]。

面对这一临床难题, 如何有效处理取栓术后的残余重度狭窄或再闭塞, 成了神经介入领域近年来最受瞩目的研究热点之一。所谓“补救性血管内治疗”(rescue endovascular treatment, REVT), 指的是在取栓失败或出现再闭塞征兆后, 紧急采用球囊扩张、支架置入或糖蛋白(GP) IIb/IIIa 受体拮抗剂等手段进行补救[9] [10]。各策略各有利弊, 怎样选择、何时启动、如何搭配围手术期的抗血小板方案, 至今仍缺乏统一的专家共识。本文拟对近五年来该领域的主要进展做一次系统性的梳理, 力图为临床实践提供有参考价值的信息。

2. ICAS 相关 LVO 的发病特征及术中辨识

2.1. 独特的病理生理学基础

制定合理补救策略的前提是理解 ICAS 相关 LVO 发病机制。不同于心源性栓塞, ICAS 的本质是动脉壁发生粥样硬化病变。脂质沉积、炎症反应及纤维增生长期作用于动脉管壁使其逐渐狭窄, 进一步导致血流动力学改变诱发血栓形成[11]。因这类血栓主要成分是丰富的血小板和相对匮乏的红细胞, 所以就解释了支架取栓和抽吸导管对其清除效果不佳[6]。难以避免的是由于取栓器械在管腔狭窄部位反复拖拽, 难免会造成血管内膜损伤, 从而为新的血栓形成提供了条件[8]。Baek 等人的一项研究指出, ICAS 所致闭塞经支架取栓后能实现持久再通的仅有不到三成(28.9%), 而非 ICAS 病因者这一比例超过八成(82.8%) [12]。这也是常规取栓手段面对 ICAS 所致闭塞所处的困境。

2.2. 如何在术中及时发现 ICAS

ICAS 的尽早识别关系到治疗决策时效性。术前 CTA 可见血管壁钙化及已知的颅内血管狭窄病史等, 可为我们提供初步判断的线索[13]。很多时候, ICAS 的发现是在取栓操作过程中发现的, 如典型的“贴壁征”在支架取栓器反复通过后出现, 或实现初步再通后短时间内又再发闭塞。近年来, 有学者提出利用微导管首次通过闭塞段后的造影表现, 即“微导管首过阳性效应”来辅助判断是否存在原位动脉粥样硬化狭窄基础上的急性闭塞[13]。在 Kang 和 Yoon 的一篇综述中提到一个建议: 首次取栓再通后, 应至少每隔 10 分钟复查造影, 持续观察 30 分钟能更及时捕捉到再闭塞的出现[14]。要真正做到这一建议, 在急性卒中救治场景中并非易事。

3. 球囊扩张术——不留“永久客人”的补救手段

Chimowitz 等人开展的研究表明, 球囊扩张术不存在需要在体内放置植入物这样的情况, 这种特性使得它和支架植入术相比具有独特的临床方面的优势[15]。这个手术方式的关键作用机制, 在于在手术的时候利用球囊的充盈扩张去对血管内粥样硬化的斑块进行重构, 从而使得病变血管的前向血流可以得到恢复。Zhang 等在探讨直接血管成形术当作 ICAS 相关病变作为一线治疗的临床经验的时候, 对一组接受直接球囊扩张作为补救治疗的 ICAS-LVO 病例开展回顾性分析, 结果显示, 和没有接受补救干预的患者相比较, 补救治疗组患者术后 90 天的功能预后更加好(把改良 Rankin 量表评分 0~2 分作为良好预后的判定标准) [16]。Liang 等研究者开展的研究针对急性基底动脉出现闭塞并且同时合并颅内动脉粥样硬化性病变(ICAS)的后循环卒中患者, 明确了将球囊扩张和替罗非班抗血小板治疗作为初始补救方案, 存在可被接受的临床安全性情况[17]。

但是与此同时, 球囊扩张手术所具有的局限性也同样不可以被忽略掉。手术当中球囊被取出来之后,

已经扩张了的血管管腔会出现不同程度的弹性回缩的状况, 进而导致血管再次发生闭塞, 不能够从根本上消除病变所造成的卒中方面的隐患[18]。2024年开展的BASIS研究, 在ICAS患者进行择期介入治疗的情况下证实, 球囊扩张和强化药物治疗能够明显降低患者的卒中复发风险[19], 这个结论也给球囊扩张术在卒中急救场景当中的应用提供了间接的循证方面的依据。但必须得清楚的是, 急性期卒中患者的血管管壁情况和择期手术患者有明显不同, 急性血栓附着, 血管内膜受损伤, 机体凝血系统被激活这类急性期病理变化, 都很有可能降低球囊扩张的实际治疗效果。也正是因为这个情况, 在临床实际的操作过程中, 大多数做手术的人更加愿意把球囊扩张当作血管开通的“预处理”的方式, 而不是把它当作最终的确切性治疗的方案。

4. 急性支架置入——争议中前行的核心策略

4.1. 器械选择：各有千秋

支架置入是当前补救性治疗中研究最为密集的领域。用于颅内ICAS急性补救的支架有自膨式支架和球囊扩张式支架。自膨式支架以Wingspan、Neuroform Atlas和Enterprise为代表。这类支架在释放时通过自身记忆合金的回弹力缓慢膨胀至预设直径, 径向支撑力较为温和, 顺应性良好, 对颅内弯曲血管的适应性强[20]。Al Kasab等人总结了单中心使用Neuroform Atlas支架进行补救的经验, 支架释放后再通率(mTICI 2b~3)超过80%, 90天功能独立率约50%[21]。Yi等人的初步数据也验证了Neuroform Atlas在这一适应症下的可行性[22]。Enterprise支架早先的44例症状性ICAS治疗经验同样显示了良好的技术成功率和短期安全性[23]。球囊扩张式支架定位精准, 颈向支撑力强, 相对于前者其输送系统硬度较大, 通过颅内迂曲动脉相对不易存在技术门槛[24]。在操作者具备丰富颅内血管介入经验的基础上, 对于适当病例的即时管腔获得要优于自膨式支架[24]。目前, 术者个人经验及具体血管解剖条件决定着支架类型的选择, 尚缺乏比较研究给出明确推荐。

4.2. 来自荟萃分析的累积证据

在2019年的时候, Maingard等人最先去开展这个领域里的系统综述以及荟萃分析, 得到的结果是, 在取栓失败之后接受补救性支架治疗的很多患者, 功能独立的比率大约是48.5%, 远远比没有进行支架置入的很多人的19.7%要高(P小于0.001), 而且两组症状性颅内出血(sICH)的发生概率不存在统计学方面的差异[25]。在2023年的时候, Cai这类人在传统荟萃分析的基础之上引入了序贯试验分析TSA, 让研究的结论变得更加严谨; 这个研究一共收纳了704例患者, 样本的数量远远超过了预先估计所需要的442例, 最后进一步证实了补救性支架可以改善患者功能预后这样的结论[26]。同年Rodriguez-Calienes这些人在《Stroke: Vascular and Interventional Neurology》上面发表的荟萃分析, 依据1413例补救性支架置入患者的数据, 又一次对这个结果开展了验证[27]。在后循环病变这个领域当中, 存在一项关于椎基底动脉闭塞的荟萃分析, 此荟萃分析把10项相关研究给纳入进来了, 这里面支架组有730例患者, 对照组有472例患者, 研究结果显示补救性支架治疗和患者90天良好功能预后的提升以及死亡率的降低有明显的关联[28]。而一项截止到2025年2月这样子, 包含所有相关文献的汇总分析显示, 和单纯进行取栓比较起来, 取栓联合血管成形或者支架置入这种做法, 能够让患者90天功能独立率得到提高, 降低早期神经功能恶化的风险; 在sICH发生率, 90天死亡率这些核心安全指标这一方面, 两个组之间就没有明显的差别[29]。

但上述荟萃分析均存在显著的内部异质性问题, 成为影响结果可靠性与临床普适性的重要因素。不同研究中对“取栓失败”的定义未形成标准化, 部分采用eTICI分级将0~2a级定义为失败, 部分采用mTICI分级且阈值设定存在差异, 甚至有研究将取栓后短期再闭塞与即时取栓未通患者混为一谈, 导致

入组患者基线存在本质差异; 补救治疗启动时机也分为即时、早期、延迟三类, 缺血时间窗的差异直接影响疗效评估, 却未在分析中进行分层处理; 器械选择上, 部分研究单中心仅使用某一类支架, 部分研究混合使用自膨式、球囊扩张式支架且将单纯球囊扩张与球囊扩张联合支架置入归为同一策略, 无法区分不同器械的真实疗效; 围术期抗血小板方案在药物选择、给药途径、剂量及时长上的多样性, 也成为疗效和安全性评估的重要混杂因素。此外, 上述汇聚起来进行分析的研究所纳入进去的研究大多数属于回顾性的观察性研究, 没有办法避免地会遭受到选择方面的偏倚, 报告方面的偏倚还有混杂因素的影响, 所以这个领域还得需要设计严谨的随机对照试验(RCT), 并在分析中充分考虑异质性因素, 来提供更加可靠的循证方面的依据。

5. ANGEL-REBOOT 研究——从短期阴性到 1 年获益

5.1. 研究概况与 90 天结局

由北京天坛医院缪中荣教授团队牵头、覆盖全国 19 个省份 36 家三甲综合卒中中心的 ANGEL-REBOOT 研究, 是神经介入领域备受瞩目的前瞻性随机对照试验[3]。研究以发病 24 小时内的急性大血管闭塞(LVO)患者为对象, 入组标准设定为: 经 1~3 次支架取栓或抽吸取栓后, 血管仍再通失败(eTICI 0~2a 级)或残余狭窄 >70%。患者随机分组后, 干预组采用球囊扩张、支架植入或球囊扩张联合支架植入的 BAOS 方案, 对照组则仅完成取栓或终止手术后续行内科治疗[4]。

这项研究的 90 天随访结果于 2024 年 6 月发表在《Lancet Neurology》, 一经刊发便在学界引发广泛讨论。令人意外的是, BAOS 组在 90 天 mRS 评分的序贯分析中, 并未较对照组表现出统计学优势, 且干预组手术相关并发症发生率更高。这一阴性结果也让不少学者提出质疑: 既往回顾性研究得出的积极结论, 是否因选择偏倚而被过度美化?

5.2. 为什么“阴性”未必代表“无效”

我们必须把几个容易忽略的背景因素考虑到 ANGEL-REBOOT 90 天结果的解读中。约 80%的对照组中接受了替罗非班输注, 这是最关键一点[30]。这意味着对照组接受了另一种形式上的补救治疗, 即药物性补救治疗。替罗非班通过抑制血小板 GP IIb/IIIa 受体有效遏制了急性血栓形成, 起到了类似于球囊扩张或支架植入维持管腔通畅效果。所以, 两组之间治疗差异被缩小了。并且, 术者对支架类型及操作方案选择存在差异, 这一点也稀释了干预组整体疗效。

5.3. 一年随访——反转来临

而真实的转折点, 出现在 2025 年发表在《循环》(《Circulation》)中的时长为 1 年的随访结果当中。和 90 天随访时候得到的中性结论相比较, BAOS 组在长时间随访当中表现出明显的临床方面的获益, 患者的残疾程度比较轻, 责任血管供血区域的卒中复发风险也大大降低了[31]。研究团队针对这个情况作出解释, 补救性质的血管内治疗从根源之处消除了血管的基本狭窄状况, 让颅内血管保持长期稳定的状态, 进而降低了远期卒中复发的概率[31]。这也给临床带来了新的思考: 和当下把 90 天当作节点的血管内治疗疗效评估体系相比较, 更长周期的随访观察, 也许才能够更实际地展现治疗的真实价值。

6. RESCUE-ICAS 注册研究——来自真实世界的声音

RESCUE-ICAS 这项为期 2 年的前瞻性、国际性、多中心观察队列研究把取栓过程中被判定存在 ICAS (残余狭窄 50%~99%或发生术中再闭塞)的患者均予以纳入。在这些 ICAS 相关急性大血管闭塞患者中, 取栓期间补救支架植入者 90 天功能独立率高于未做支架者, 而 sICH 和死亡风险并无显著上升, 这一结

果刊登于 2025 年 *Stroke* 中[32]。接受支架的患者与未接受支架者之间, 可能在基线特征和术者判断上存在系统性差异。

7. GP IIb/IIIa 受体拮抗剂的积极作用

7.1. 替罗非班在 ICAS 取栓中的角色

作为 GP IIb/IIIa 受体拮抗剂, 替罗非班在颅内急性介入领域实用广泛。其作用机制是: 通过阻断血小板共同通路(纤维蛋白原与 GP IIb/IIIa 受体的交联)达到抗血小板作用。替罗非班具有半衰期短、可控性好、停止给药血小板功能恢复迅速这些药物代谢动力学优势, 适合急性卒中血管内治疗需要在“抗栓”与“防出血”之间把握平衡的场景[33]。

RESCUE BT 研究旨在探讨急性大血管闭塞卒中患者取栓前静脉应用替罗非班对功能预后的影响, 该研究是国内 55 家临床中心联合开展的一项大型随机对照试验[34]。其亚组分析结果显示, 替罗非班可提高 ICAS 病因亚组患者 90 天功能独立率, 且并未增加症状性颅内出血的发生风险, 这一结论为替罗非班在 ICAS 相关卒中取栓治疗中的临床应用提供了可靠的循证依据。

Sun 等人从给药时机角度出发, 基于 RESCUE-RE 注册研究的多中心数据, 将术前给药(穿刺前即开始输注)与术中给药(操作过程中给予)进行了比较。结果饶有意味: 相较于术中给药术前给药组不仅早期完全再灌注率更高, 90 天功能独立率也更优; 而术中给药虽然在这些指标上不及术前组, 但相比完全不用替罗非班的患者, 死亡率仍有所降低[35]。这启示我们替罗非班的获益可能有时间依赖性, 与其药理机制, 即提前抑制血小板活化、防止血栓扩展相吻合。Bu 等人的研究比较了动脉内、静脉内及联合途径三种给药方式, 结果联合途径在改善再通效率方面或有优势[36]。

7.2. 替罗非班与补救性血管成形术的协同运用

在实施补救性支架置入或球囊扩张的围手术期, 替罗非班常被用作桥接性抗血小板方案。Baek 等人总结了 ICAS 相关卒中患者在接受血管成形术及支架置入后静脉泵入替罗非班的经验, 安全性数据令人放心[37]。多项荟萃分析也表明, 取栓联合替罗非班在 ICAS 患者中能改善结局而不显著增加严重出血[38]。

值得特别提及的是, 正如前文在讨论 ANGEL-REBOOT 时所强调的那样, 该试验对照组高达约 80% 的替罗非班使用率, 很可能是 90 天结果呈“阴性”的重要混杂因素[3]。换一种思路来理解: 如果替罗非班本身就在相当程度上发挥了“药物性补救”的效果, 那么在此基础上叠加球囊扩张/支架置入所带来的增量获益自然就不那么显眼了。这一认识对于未来 RCT 的设计有重要启示——必须在方案中严格规范对照组的替罗非班使用策略, 否则两组之间的治疗对比就会变得“模糊不清”。

8. 安全性: 审慎乐观

8.1. 出血风险并非想象中那么高

临床医生对补救性血管内治疗最大的顾虑莫过于出血——毕竟急性支架置入意味着围手术期必须使用抗血小板药物, 而这些患者中相当一部分此前已经接受了静脉溶栓。但从已有数据来看, 这种担忧或许被一定程度上放大了。Mohammaden 等人将接受补救性支架的患者与取栓失败后仅行内科治疗者进行了配对比较, sICH 发生率分别为 9.7%和 14.1%, 差异并无统计学意义[39]。如果纵览多项荟萃分析的安全性指标, 结论也基本一致: 补救性支架/球囊扩张并未带来 sICH 或死亡率的额外增加[25]-[27] [29]。

8.2. 操作本身的技术风险

急性颅内支架植入本身也伴随着风险, 血管穿孔、支架内急性血栓形成、远端栓塞、动脉夹层等并

发病虽然发生率不高, 但一旦出现往往后果严重。补救性支架植入不是一种“常规化”操作, 应当在由经验丰富的综合卒中中心、技术娴熟神经介入医师权衡利弊后做出个体化决策[40]。

8.3. 围手术期抗血小板——尚无定论的“配方”

目前最常见的做法是: 术中及术后即刻以替罗非班静脉泵入作为桥接, 待胃肠功能恢复后过渡至口服双联抗血小板治疗(通常为阿司匹林联合氯吡格雷)[37]。但对于此前已接受过静脉溶栓的患者, 抗血小板药物与溶栓药物之间的叠加出血风险不容忽视。Al Kasab 等人的一项面向神经介入术者的国际调查揭示了一个尴尬的现实: 在补救性支架围手术期的抗血小板方案选择上, 各中心之间存在巨大差异, 至今仍然没有一份被广泛认可的指南或共识文件[40]。这恐怕是该领域亟待解决的关键问题之一。

9. 前循环与后循环: 不能一概而论

9.1. 前循环的证据更为丰富

前循环 ICAS-LVO 最高发的两个部位是大脑中动脉 M1 段、颈内动脉颅内段, 同时也是补救性治疗常见部位。ANGEL-REBOOT 及 RESCUE-ICAS 两个试验研究病例相对于后循环, 前循环占绝大多数[3][32]。前循环在多数荟萃分析中也占主要地位[39]。

9.2. 后循环领域目前尚缺乏更多的数据

ICAS 相关卒中病例中, 后循环(椎基底动脉)病变的占比可达 24%~47% [9]。后循环闭塞本身病情更为凶险, 一旦取栓失败, 患者的不良预后风险会显著升高, 对补救性治疗的需求也更为迫切。

后循环取栓失败后, 补救性治疗的实际效果如何? Lu 等基于 PERSIST 注册研究的分析显示, 后循环取栓失败后接受补救性支架植入的患者, 血管再通率和功能预后均优于未行支架治疗者[41]。ANGEL-ACT 前瞻性研究的一项亚组分析, 纳入了 93 例基底动脉闭塞且取栓失败的患者, 其中 81 例(87.1%)接受了补救性支架植入, 血管再通率高达 92.6%, 90 天 mRS 0~3 分的比例为 51.9%, 远高于未接受补救治疗者的 16.7% [42]。2024 至 2025 年间发表的一项系统综述与荟萃分析, 纳入 10 项研究共 1202 例患者, 结果同样证实, 补救性支架治疗在改善患者预后和生存方面具有明确优势[28]。

10. 一种更大胆的想法: 直接血管成形术或支架置入作为首选?

传统临床路径多遵循“先取栓, 失败后再行补救性治疗”的模式。但近年来有学者提出, ICAS-LVO 的病理核心是原位重度狭窄而非单纯游离血栓, 完全可以跳过取栓步骤, 直接对责任血管行球囊成形或支架植入。

Mi 等人在 2026 年发表了一项多中心回顾性队列研究, 直接将血管成形/支架植入、先行取栓这两种方案作为 ICAS-LVO 的初始治疗策略进行对比。结果显示, 首选直接行血管成形或支架植入的患者, 90 天功能独立率更高, 两组的安全性指标则无明显差异[43]。Li 等人的回顾性分析也表明, 在 ICAS-LVO 患者中紧急开展血管成形或支架植入, 技术上具备充分可行性, 且临床结局可控[44]。日本学者 Uchida 团队基于多中心历史注册数据的研究结果, 同样支持对 ICAS 相关急性闭塞优先采用直接血管成形或支架植入的治疗思路。

不过, 任何头脑清醒的临床研究者都会承认, 上述全部为回顾性研究, 存在不可避免的选择偏倚(比如术者可能更倾向于在“看起来条件好”的患者身上尝试直接支架)。在 RCT 证据问世之前, 各大指南仍然推荐以机械取栓为首选, 补救性策略作为备用方案[2]。直接血管成形术/支架是否能跻身为 ICAS-LVO 的一线策略, 还需要设计严格的前瞻性研究来回答。

11. 国内指南怎么说?

2023 版《中国急性缺血性卒中诊治指南》中明确提及, ICAS 在亚裔人群中发病率较高, 患者取栓后再闭塞率可达 36.7%~77.3%, 且约 30%的机械取栓无法实现成功再通, 因此颅内血管成形治疗可作为此类情况的补救方案[1]。该指南参考多项多中心回顾性研究结论提出, 对取栓后 mTICI < 2b 的急性大血管闭塞患者, 采取补救性血管内治疗“可能改善预后”[1]。

同期发布的《急性缺血性卒中血管内治疗中国指南 2023》则给出了更具体的临床建议: 对于取栓术后存在残余重度狭窄或出现再闭塞的患者, 在具备条件的综合卒中中心, 经充分评估风险获益比后, 可酌情实施补救性血管成形术或支架置入术[45]。

两份指南均指出, 目前该领域仍缺少高质量的循证证据支撑, 因此在表述上均使用“可考虑”而非“推荐”, 也体现出临床指南制定时的严谨与审慎。

12. 展望: 等待回答的问题还有很多

12.1. 重要的在研临床试验

Al Kasab 团队率先公布了 RESCUE-ICAS 前瞻性研究的设计方案[46], 2025 年, 该项研究的大规模国际注册数据(RESCUE-ICAS Registry)正式发表于《Stroke》[32]。若后续能推进为正式的随机对照试验, 并在研究设计中充分考虑既往荟萃分析的异质性问题, 严格统一入组标准、治疗时机、器械选择及抗血小板方案, 将有望弥补当前该领域随机对照证据不足的空白。

除此之外, 全球多个国家和地区也已启动或正在筹备同方向的临床试验, 部分研究针对性设计了器械头对头对比、抗血小板方案的精细化研究, ICAS-LVO 补救治疗的循证医学证据拼图正一步步趋于完整。

12.2. 亟需解决的几个核心问题

在神经介入治疗领域, 还需关注以下几个方面。一, 目前依靠现有影像学手段对术前病因鉴别诊断特异性有待提高, 术前精准诊断 ICAS 能力存在不足, 未来可聚焦于基于 CTA、MRI 等多模态影像的人工智能影像组学模型构建, 开发急诊场景下的快速诊断版本, 同时探索血管壁钙化特征、斑块强化模式等新型影像学标志物, 提高术前诊断的灵敏度和特异度, 也可研究便携式影像设备在基层卒中中心 ICAS 初步筛查中的应用价值。二, 取栓失败后是即刻启动补救性血管内治疗还是延期启动? 目前尚缺乏高质量证据, 未来研究可明确不同启动时机的获益 - 风险比, 制定标准化的启动时机判定标准。三, ANGEL-REBOOT 给出的 90 天阴性而一年阳性结果, 启示我们未来 RCT 须将随访时间延长至至少 1 年, 否则会遗漏补救性治疗获益窗口[3] [31], 且 RCT 设计需吸取 ANGEL-REBOOT 的教训, 采用“器械补救治疗 + 标准化抗血小板方案”对比“最优药物治疗(含标准化替罗非班使用)”的核心设计, 消除对照组的“药物性补救”干扰; 同时按病变部位、残余狭窄程度、是否溶栓进行分层随机, 提高结果的针对性; 也可开展特定自膨式支架与球囊扩张式支架、单纯球囊扩张与球囊扩张联合支架置入的头对头 RCT。四, 围术期抗血小板方案需开展聚焦性头对头研究, 重点对比替罗非班不同给药途径、静脉溶栓后抗血小板不同启动时间、双联抗血小板不同维持时长的疗效和安全性, 同时探索替罗非班与依替巴肽等不同桥接药物的差异, 逐步建立标准化的抗血小板方案。

13. 结语

从机械取栓在临床应用之后, ICAS-LVO 一直是临床实践当中很具挑战性的难题。球囊进行扩张, 支架进行植入以及 GP IIb/IIIa 受体拮抗剂这一类补救性的血管内治疗的办法, 在提高取栓之后血管再通

的比率, 预防血管再次出现闭塞这方面的效果是明确的, 应用的前景是值得期待的。ANGEL-REBOOT 研究 90 天随访得到阴性结果虽然挺让人意外的, 可是它 1 年随访的数据却表现出有实际临床价值的远期获益, 同时也对临床疗效评估的随访时长引起了新的思考。而现有支持 REVT 的荟萃分析存在的多维度异质性问题, 也提醒临床医生需理性解读循证证据, 避免将笼统的合并结果直接套用于所有取栓失败患者。

神经介入治疗领域的未来需要更多设计精良的 RCT, 充分考虑异质性因素、严格规范试验设计, 配合规范化的抗血小板方案和足够长的随访周期, 来明确补救性血管内治疗在 ICAS 相关取栓后狭窄中的地位。同时需加快术前精准诊断技术的研发与落地, 为个体化治疗决策提供依据。目前我们仍需遵循个体化原则, 在实践经验丰富的卒中中心和操作技术成熟的术者基于具体病情做出平衡的决策。

参考文献

- [1] 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. 中国急性缺血性卒中诊治指南 2023 [J]. 中华神经科杂志, 2024, 57(6): 523-559.
- [2] Goyal, M., Menon, B.K., van Zwam, W.H., Dippel, D.W.J., Mitchell, P.J., Demchuk, A.M., *et al.* (2016) Endovascular Thrombectomy after Large-Vessel Ischaemic Stroke: A Meta-Analysis of Individual Patient Data from Five Randomised Trials. *The Lancet*, **387**, 1723-1731. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(16\)00163-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)00163-x)
- [3] Gao, F., Tong, X., Jia, B., Wei, M., Pan, Y., Yang, M., *et al.* (2024) 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. *The Lancet Neurology*, **23**, 797-806. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(24\)00186-8](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(24)00186-8)
- [4] Gao, F., Tong, X., Jia, B., Yang, M., Pan, Y., Ren, Z., *et al.* (2024) Randomised Study of Bailout Intracranial Angioplasty Following Thrombectomy for Acute Large Vessel Occlusion (ANGEL-REBOOT): Protocol of a Multicentre Randomised Controlled Trial. *Stroke and Vascular Neurology*, **9**, 181-188. <https://doi.org/10.1136/svn-2023-002433>
- [5] Jia, B., Ren, Z., Mokin, M., Burgin, W.S., Bauer, C.T., Fiehler, J., *et al.* (2021) Current Status of Endovascular Treatment for Acute Large Vessel Occlusion in China: A Real-World Nationwide Registry. *Stroke*, **52**, 1203-1212. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.031869>
- [6] Abdalla, R.N., Cantrell, D.R., Shaibani, A., Hurley, M.C., Jahromi, B.S., Potts, M.B., *et al.* (2021) Refractory Stroke Thrombectomy: Prevalence, Etiology, and Adjunctive Treatment in a North American Cohort. *American Journal of Neuroradiology*, **42**, 1258-1263. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a7124>
- [7] Lee, J.S., Hong, J.M. and Kim, J.S. (2017) Diagnostic and Therapeutic Strategies for Acute Intracranial Atherosclerosis-Related Occlusions. *Journal of Stroke*, **19**, 143-151. <https://doi.org/10.5853/jos.2017.00626>
- [8] Tsang, A.C.O., Orru, E., Klostranec, J.M., Yang, I., Lau, K.K., Tsang, F.C.P., *et al.* (2019) Thrombectomy Outcomes of Intracranial Atherosclerosis-Related Occlusions. *Stroke*, **50**, 1460-1466. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.024889>
- [9] Khachatryan, T., Shafie, M., Abcede, H., Shah, J., Nagamine, M., Granstein, J., *et al.* (2023) Rescue Therapy after Thrombectomy for Large Vessel Occlusion Due to Underlying Atherosclerosis: Review of Literature. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1181295. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1181295>
- [10] Al Kasab, S., Nguyen, T.N., Derdeyn, C.P., Yaghi, S., Amin-Hanjani, S., Kicielski, K., *et al.* (2024) Emergent Large Vessel Occlusion Due to Intracranial Stenosis: Identification, Management, Challenges, and Future Directions. *Stroke*, **55**, 355-365. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.123.043635>
- [11] de Havenon, A., Zaidat, O.O., Amin-Hanjani, S., Nguyen, T.N., Bangad, A., Abbasi, M., *et al.* (2023) Large Vessel Occlusion Stroke Due to Intracranial Atherosclerotic Disease: Identification, Medical and Interventional Treatment, and Outcomes. *Stroke*, **54**, 1695-1705. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.122.040008>
- [12] Baek, J., Kim, B.M., Kim, D.J., Heo, J.H., Nam, H.S. and Yoo, J. (2016) Stenting as a Rescue Treatment after Failure of Mechanical Thrombectomy for Anterior Circulation Large Artery Occlusion. *Stroke*, **47**, 2360-2363. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.116.014073>
- [13] Rodriguez-Calienes, A., Siddiqui, F.M., Vivanco-Suarez, J., Shogren, S., Galecio-Castillo, M., Dibas, M., *et al.* (2025) Unmasking the Imitators: Challenges in Identifying Intracranial Atherosclerosis-Related Large Vessel Occlusion Mimics during Mechanical Thrombectomy. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology*, **5**, e001303. <https://doi.org/10.1161/svin.123.001303>
- [14] Kang, D. and Yoon, W. (2019) Current Opinion on Endovascular Therapy for Emergent Large Vessel Occlusion Due to Underlying Intracranial Atherosclerotic Stenosis. *Korean Journal of Radiology*, **20**, 739-748. <https://doi.org/10.3348/kjr.2018.0809>

- [15] Chimowitz, M.I., Lynn, M.J., Derdeyn, C.P., Turan, T.N., Fiorella, D., Lane, B.F., *et al.* (2011) Stenting versus Aggressive Medical Therapy for Intracranial Arterial Stenosis. *New England Journal of Medicine*, **365**, 993-1003. <https://doi.org/10.1056/nejmoa1105335>
- [16] Zhang, G., Ling, Y., Zhu, S., *et al.* (2023) Direct Angioplasty for Acute Ischemic Stroke due to Intracranial Atherosclerotic Stenosis-Related Large Vessel Occlusion. *Interventional Neuroradiology*, **26**, 602-607.
- [17] Liang, K., Zhang, J., Zhao, L., Cao, Y., Jiang, L., Liu, Q., *et al.* (2023) Acute Vertebrobasilar Artery Occlusion with Underlying Atherosclerosis: Balloon Angioplasty Combined with Tirofiban as Initial Salvage Therapy. *World Neurosurgery*, **179**, e321-e327. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2023.08.084>
- [18] Dobrocky, T., Kaesmacher, J., Bellwald, S., Piechowiak, E., Mosimann, P.J., Zibold, F., *et al.* (2019) Stent-Retriever Thrombectomy and Rescue Treatment of M1 Occlusions Due to Underlying Intracranial Atherosclerotic Stenosis: Cohort Analysis and Review of the Literature. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **42**, 863-872. <https://doi.org/10.1007/s00270-019-02187-9>
- [19] Sun, X., Deng, Y., Zhang, Y., Yang, M., Sun, D., Nguyen, T.N., *et al.* (2024) Balloon Angioplasty vs Medical Management for Intracranial Artery Stenosis: The BASIS Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **332**, 1059-1069. <https://doi.org/10.1001/jama.2024.12829>
- [20] Barnard, Z.R. and Alexander, M.J. (2020) Device Profile of the Wingspan Stent System for the Treatment of Intracranial Atherosclerotic Disease: Overview of Its Safety and Efficacy. *Expert Review of Medical Devices*, **17**, 167-171. <https://doi.org/10.1080/17434440.2020.1732813>
- [21] Al Kasab, S., Almallouhi, E., Alawieh, A., Wolfe, S., Fargen, K.M., Arthur, A.S., *et al.* (2021) Outcomes of Rescue Endovascular Treatment of Emergent Large Vessel Occlusion in Patients with Underlying Intracranial Atherosclerosis: Insights from Star. *Journal of the American Heart Association*, **10**, e020195. <https://doi.org/10.1161/jaha.120.020195>
- [22] Yi, H.J., Sung, J.H. and Lee, D.H. (2021) Preliminary Experience of Neuroform Atlas Stenting as a Rescue Treatment after Failure of Mechanical Thrombectomy Caused by Residual Intracranial Atherosclerotic Stenosis. *Journal of Korean Neurosurgical Society*, **64**, 198-206. <https://doi.org/10.3340/jkns.2020.0146>
- [23] Feng, Z., Duan, G., Zhang, P., Chen, L., Xu, Y., Hong, B., *et al.* (2015) Enterprise Stent for the Treatment of Symptomatic Intracranial Atherosclerotic Stenosis: An Initial Experience of 44 Patients. *BMC Neurology*, **15**, Article No. 187. <https://doi.org/10.1186/s12883-015-0443-9>
- [24] Gross, B.A., Desai, S.M., Walker, G., *et al.* (2020) Balloon-Mounted Stents for Acute Intracranial Large Vessel Occlusion Secondary to Presumed Atherosclerotic Disease: Evolution in an Era of Supplement Intermediate Catheters. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **11**, 975-978.
- [25] Maingard, J., Phan, K., Lamanna, A., Kok, H.K., Barras, C.D., Russell, J., *et al.* (2019) Rescue Intracranial Stenting after Failed Mechanical Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke: A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurgery*, **132**, e235-e245. <https://doi.org/10.1016/j.wneu.2019.08.192>
- [26] Cai, J., Xu, H., Xiao, R., Hu, L., Xu, P., Guo, X., *et al.* (2023) Rescue Intracranial Stenting for Acute Ischemic Stroke after the Failure of Mechanical Thrombectomy: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Trial Sequential Analysis. *Frontiers in Neurology*, **14**, Article 1023089. <https://doi.org/10.3389/fneur.2023.1023089>
- [27] Rodriguez-Calienes, A., Vivanco-Suarez, J., Galecio-Castillo, M., Sequeiros, J.M., Zevallos, C.B., Farooqui, M., *et al.* (2023) Rescue Stenting for Failed Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke: Systematic Review and Meta-Analysis. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology*, **3**, e000881. <https://doi.org/10.1161/svin.123.000881>
- [28] Ortega-Gutierrez, S., Rodriguez-Calienes, A., Mierzwa, A.T., Galecio-Castillo, M., Dibas, M., Al Kasab, S., *et al.* (2025) Rescue Stenting for Failed Mechanical Thrombectomy in Acute Basilar Artery Occlusions: Analysis of the PC-SEARCH Registry. *Stroke*, **56**, 401-412. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.124.047694>
- [29] Kelani, H., Salamah, H.M., Berglas, E., Dzafic, E., Vummidi, S., Dorria, H., *et al.* (2025) Angioplasty and/or Stenting after Thrombectomy in Patients with Large Vessel Occlusion Associated with Underlying Intracranial Atherosclerotic Stenosis: A Meta-Analysis and Systematic Review. *Acta Neurochirurgica*, **167**, Article No. 274. <https://doi.org/10.1007/s00701-025-06690-6>
- [30] Yang, P., Zhang, Y. and Liu, J. (2025) Ischaemic Stroke in 2024: Progress on Multiple Fronts. *The Lancet Neurology*, **24**, 7-8. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(24\)00473-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(24)00473-3)
- [31] Gao, F., Tong, X., Wei, M., Yao, X., Li, L., Pan, Y., *et al.* (2025) Bailout Intracranial Angioplasty or Stenting after Thrombectomy for Acute Large Vessel Occlusion: 1-Year Outcomes of Angel-Reboot. *Circulation*, **152**, 1397-1407. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.125.075429>
- [32] Al Kasab, S., Almallouhi, E., Jumaa, M., Inoa, V., Capasso, F., Nahhas, M., *et al.* (2025) Outcomes of Adjunct Emergent Stenting versus Mechanical Thrombectomy Alone: The RESCUE-ICAS Registry. *Stroke*, **56**, 390-400. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.124.049038>
- [33] Sang, H., Xie, D., Tian, Y., Nguyen, T.N., Saver, J.L., Nogueira, R.G., *et al.* (2023) Association of Tirofiban with

- Functional Outcomes after Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke Due to Intracranial Atherosclerotic Disease. *Neurology*, **100**, e1996-e2006. <https://doi.org/10.1212/wnl.0000000000207194>
- [34] Shuai, J., Gong, Z., Huang, L., Liu, J., Tang, K., Duan, Z., *et al.* (2022) Effect of Intravenous Tirofiban vs Placebo before Endovascular Thrombectomy on Functional Outcomes in Large Vessel Occlusion Stroke: The RESCUE BT Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **328**, 543-553. <https://doi.org/10.1001/jama.2022.12584>
- [35] Sun, Z., Huang, S., Li, W., Yang, Y., Wu, Y., Ma, X., *et al.* (2024) Preoperative and Intraoperative Tirofiban during Endovascular Thrombectomy in Large Vessel Occlusion Stroke Due to Large Artery Atherosclerosis. *European Journal of Neurology*, **31**, e16419. <https://doi.org/10.1111/ene.16419>
- [36] Bu, Z., Sun, D., Ma, G., Jia, B., Tong, X., Huo, X., *et al.* (2024) The Impact of Intraarterial, Intravenous, and Combined Tirofiban on Endovascular Treatment for Acute Intracranial Atherosclerotic Occlusion. *Frontiers in Neurology*, **15**, Article 1336098. <https://doi.org/10.3389/fneur.2024.1336098>
- [37] Baek, B.H., Yoon, W., Lee, Y.Y., Kim, S.K., Kim, J. and Park, M.S. (2021) Intravenous Tirofiban Infusion after Angioplasty and Stenting in Intracranial Atherosclerotic Stenosis-Related Stroke. *Stroke*, **52**, 1601-1608. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.033551>
- [38] Liu, C., Yang, X., Liu, M., Wang, J. and Li, G. (2023) Meta-Analysis of the Efficacy and Safety of Tirofiban in Patients with Acute Ischaemic Stroke Undergoing Mechanical Thrombectomy. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **228**, Article ID: 107702. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2023.107702>
- [39] Mohammaden, M.H., Haussen, D.C., Al-Bayati, A.R., Hassan, A., Tekle, W., Fifi, J., *et al.* (2022) Stenting and Angioplasty in Neurothrombectomy: Matched Analysis of Rescue Intracranial Stenting versus Failed Thrombectomy. *Stroke*, **53**, 2779-2788. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.121.038248>
- [40] Kasab, S.A., Nelson, A., Fargen, K., Nguyen, T., Derdeyn, C., Mokin, M., *et al.* (2023) Management of Intracranial Arterial Stenosis during Mechanical Thrombectomy: Survey of Neuro-Interventionalists. *Interventional Neuroradiology*, **32**, 12-18. <https://doi.org/10.1177/15910199231196618>
- [41] Lu, Y., Wu, Z., Wang, Z., Zhang, P., Zhang, F., Hu, M., *et al.* (2024) Rescue Stenting after Failure of Endovascular Thrombectomy for Acute Vertebrobasilar Artery Occlusion: Data from the PERSIST Registry. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **16**, 347-351. <https://doi.org/10.1136/jnis-2022-019931>
- [42] Luo, G., Mo, D., Tong, X., *et al.* (2022) Rescue Intracranial Stenting for Failed Thrombectomy in Acute Basilar Artery Occlusion: Subgroup Analysis of ANGEL-ACT Registry. *Journal of Thrombosis and Thrombolysis*, **49**, 527-532.
- [43] Mi, S., Chen, L., Hou, X., He, Y., Liu, Q., Lv, T., *et al.* (2026) Primary Angioplasty/stenting versus Mechanical Thrombectomy as the Initial Approach for Underlying ICAD-LVO: A Multicenter Retrospective Cohort Study. *Frontiers in Neurology*, **17**, Article 1761891. <https://doi.org/10.3389/fneur.2026.1761891>
- [44] Li, W., Sui, X., Li, C., Zhao, W., Yuan, S., Dou, S., *et al.* (2023) Emergency Angioplasty or Stenting for Stroke Patients with Intracranial Atherosclerotic Large Vessel Occlusion. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, **30**, 160-169. <https://doi.org/10.5551/jat.63381>
- [45] 霍晓川, 高峰. 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.
- [46] Almallouhi, E., de Havenon, A., Asi, K., Limaye, K., Maier, I., Starke, R., *et al.* (2023) RESCUE-ICAS: Rationale and Study Design. *Stroke: Vascular and Interventional Neurology*, **3**, e000530. <https://doi.org/10.1161/svin.122.000530>