



[DOI] 10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.002

http://www.lcnkzz.com/CN/10.3969/j.issn.1001-9057.2025.03.002

· 综述与讲座 ·

颅内动脉粥样硬化狭窄的血管内治疗研究进展

刘艺萌 曹文杰

【摘要】 颅内动脉粥样硬化狭窄(ICAS)是我国人群中缺血性卒中(AIS)最常见的病因。在临床实践中,ICAS 引发的脑梗死主要存在于两种情形:单纯狭窄导致的症状性 ICAS(sICAS)及 ICAS 导致的大血管闭塞(ICAS-LVO)。近年来,随着血管内治疗的发展和进步,涌现出许多新的临床研究成果。本文将从 sICAS 二级预防和 ICAS-LVO 急性期治疗两方面来系统综述颅内动脉粥样硬化的血管内治疗研究进展,并展望未来研究方向,以期推动血管内治疗真正使 ICAS 患者获益。

【关键词】 颅内动脉粥样硬化狭窄; 大血管闭塞; 血管成形术; 支架植入术; 机械取术

【中图分类号】 R743.1

【文献标识码】 A

颅内大动脉粥样硬化狭窄(ICAS)是我国人群中缺血性卒中(AIS)最常见的病因,占比达 46.6%^[1]。ICAS 引发的脑卒中主要可分为两类:一类是单纯狭窄导致的急性脑卒中,也就是症状性 ICAS(sICAS),其病理机制根据中国 AIS 亚型可分为低灌注、动脉-动脉栓塞、穿支动脉闭塞及混合机制^[2];另一类则是由原位血栓形成导致大血管闭塞(LVO),即 ICAS-LVO^[3-4]。

对于 sICAS 的治疗方法主要有药物治疗、血管内治疗和外科治疗。目前认为,药物治疗是 sICAS 的一线及首选治疗方法^[5-8],但规范的药物治疗下仍存在较高的复发率。几项多中心随机对照试验(RCT)结果表明,药物组 1 年卒中复发率仍高达 7.2%~17.6%^[9-13]。随着对 ICAS 认识的不断加深、介入治疗技术的不断提高,不断有新的血管内治疗的循证证据产生。此外,在急性 LVO 患者中,ICAS 是导致取栓困难的重要原因^[14]。目前缺乏针对 ICAS-LVO 急性期治疗决策的循证证据,相关研究仍在起步阶段。因此,本文将通过 sICAS 二级预防和 ICAS-LVO 急性期治疗两个方面来系统综述颅内动脉粥样硬化的血管内治疗。

一、sICAS 的血管内治疗

1. 支架植入

受到冠状动脉粥样硬化治疗方法的启发,血管成

形术在上世纪 80 年代开始用于 ICAS 的治疗,随后 ICAS 的血管内治疗不断蓬勃发展。然而,几项关于 sICAS 支架治疗的多中心 RCT 及 Meta 分析并未看到支架治疗在预防卒中复发中的优势^[9-12,15],目前药物治疗仍是一线治疗方式。支架植入通过物理手段可直接显著改善血管狭窄程度,从而改善血流动力学及组织灌注情况。如支架可以即刻改善跨狭窄压力之比,即血流分数(FF)^[16];也可以在术后改善组织灌注情况,表现为灌注达峰时间(TTP)的减少^[17]。但这些改变并没有起到预防卒中复发的作用。综合 SAMMPRIS(支架植入与积极药物治疗对预防颅内狭窄卒中复发的作用,Stenting and Aggressive Medical management for the Preventing Recurrent Stroke in Intracranial Stenosis)研究和 CASSISS(中国血管成形术及支架植入术治疗症状性重度颅内狭窄,China Angioplasty and Stenting for Symptomatic Intracranial Severe Stenosis)研究的个体患者数据(IPD)分析表明,支架组和药物组的主要终点事件(30 天内卒中复发与死亡及 30 天后责任血管区域内 AIS)比较无显著差异(17.5% 比 13.2%, $HR = 1.37, 95\% CI 0.96 \sim 1.95, P = 0.08$)。支架组围术期并发症,包括 30 天内卒中复发与死亡(10.5% 比 4.2%, $HR = 2.62, P = 0.0005$)及症状性颅内出血(4.5% 比 0.2%, $HR = 4.25, P = 0.0001$)均显著高于药物治疗组。尽管支架组在 30 天后责任血管区域内缺血事件复发率有少于药物治疗组趋势(7.0% 比 9.0%, $P = 0.360$),但这微小的趋势被支架治疗明显的并发症掩盖^[18]。支架治疗的并发症主要有血管夹层、血管痉挛和远端栓

基金项目:科技创新 2030 重大项目-癌症、心脑血管、呼吸和代谢性疾病防治研究(2023ZD0505400)

作者单位:200040 上海,复旦大学附属华山医院神经内科

通讯作者:曹文杰,E-mail:wenjieciao@fudan.edu.cn

塞^[19]。在 ICAS 相关穿支动脉病变人群中,支架撑开过程中的“雪梨现象”会导致更多穿支动脉病变的发生^[20]。高容量介入中心、经验丰富的介入医生及严格的患者筛选可帮助减少并发症的发生^[5,12],但并不能完全消除。

目前应用于 ICAS 的支架按照释放方式可分为自膨式和球扩式。受冠脉球扩支架的影响,早期脑血管支架以球扩式(如 Apollo、Pharos Vitesse)为主,其优点在于刚性更强,且有更少的交换次数,但其对血管的形态要求更高,输送不易到位且易导致“雪梨现象”,在基底动脉等穿支丰富的地方易造成严重并发症^[19]。一项观察性研究表明,球扩式支架的残余狭窄率更低^[21]。但在 RCT 研究中,仅 VISSIT 研究采用了球扩式支架,这项研究因较高的并发症风险被提前终止^[10]。自膨式支架^[5],无论是专为 ICAS 设计的 Wingspan 支架系统,还是超说明书使用的用于动脉瘤辅助栓塞的支架,均能更好地适应迂曲的血管,应用场景更广。

2. 球囊扩张

单纯球囊扩张治疗 sICAS 避免了体内植入物,但早期存在治疗相关夹层等并发症发生率高、术后再狭窄率高的问题,但随着球囊扩张的方式和理念改进,亚满意球囊扩张技术的优势被逐渐认可。它采用的球囊直径为正常血管直径的 50%~70%,并不追求完美的形态学改善。根据泊肃叶定律,血管管径小幅度增加可带来血流量指数级别的增长^[19],因此,亚满意治疗的目的旨在增加实际的血流量而非解剖意义上的血管半径,从而在实现充分的血运重建基础上减少血管内膜损伤^[22]及“雪梨现象”穿支动脉闭塞等并发症的风险^[19]。观察性研究的 Meta 分析结果已表明单纯球囊扩张的安全性和优势,其 30 天和 1 年的卒中复发率约为 3% 和 5%^[23]。在网状 Meta 分析中,对主要终点事件来说,单纯球囊累积排名概率曲线下面积(SUCRA)值可达 78.0%,而球扩式支架和自膨式支架仅 21.5% 和 13.1%,其 3 个月内的死亡率和卒中复发率也显著低于支架治疗^[24]。最新发表的 RCT BASIS 研究也证明了这一点,相比单纯药物治疗,药物联合球囊扩张治疗能显著减少主要终点事件(30 天内任何卒中或死亡及入组 30 天~1 年责任血管区域内 AIS 事件或症状驱动的责任血管血运重建;球囊 4.4% 比药物 13.5%, $P<0.001$),该研究建议采用亚满意球囊扩张技术。尽管球囊治疗的并发症使得 30 天内任何卒中或死亡事件发生率略高于药物治疗(3.2% 比 1.6%),但 30 天后责任血管区域卒中复发率显著低于药物治疗(0.4% 比 7.5%),显著体现了单纯球囊治疗及亚满意球囊扩张技术的优势。不过,球囊扩张的并发症仍不可忽视,

这项研究中约有 14.5% 的患者出现了动脉夹层,且其中 71.4% 需要补救性的支架植入^[13]。尽管如此,这项研究是第 1 项 sICAS 血管内治疗 RCT 中的阳性结果,让我们看到了血管内治疗在 sICAS 的二级预防中的重要作用。

3. 再狭窄与药物涂层支架/球囊

目前颅内支架均为金属裸支架,治疗后的 1 年再狭窄率可达 30% 左右^[5]。一项我国的登记研究表明,12 个月随访中 27.6% 的支架植入患者在术后 12 个月随访时发现狭窄程度 $\geq 50\%$ 的再狭窄,其中 18.4% 再狭窄程度 $\geq 70\%$ ^[25]。虽然有研究表明仅有 21.1% 的再狭窄会引发卒中症状,但其仍是导致卒中复发的重要因素^[26]。SAMMPRIS 研究表明 3 年随访中,支架植入组每 7 例患者中会有 1 例出现症状性再狭窄,是非围手术期卒中复发的重要原因^[27]。再狭窄的发生机制与血管内膜增生相关,因此受到冠脉支架的启发,药物涂层支架/球囊被尝试应用在 ICAS 的治疗中。目前,神经介入领域内的药物涂层均以雷帕霉素为主,可通过靶向 mTOR 信号通路,抑制细胞周期从 G1 期向 S 期过度,抑制平滑肌细胞增殖和迁移^[5]。一项对比雷帕霉素药物涂层支架(NOVA)与金属裸支架(Apollo)的 RCT 结果表明,药物涂层支架可显著减少术后 1 年的术后再狭窄率(9.5% 比 30.2%, $P<0.001$),并减少相应的 30 天~1 年症状性再狭窄率(0 比 6.6%, $P=0.01$)^[28]。但是,增加了涂层的支架在颅内迂曲血管的通过性是个挑战;此外,药物涂层会延长支架置入内皮化的过程,为了预防支架内血栓形成,需要进行更长时间的双联抗血小板治疗,随之而来的是出血并发症的增加^[19]。因此,药物涂层是 sICAS 血管内治疗值得期待的方向,但仍需进一步长期随访研究和器械研发进步以支持其广泛应用。

4. sICAS 血管内治疗的研究展望

(1)明确合适的手术患者:关于 sICAS 血管内治疗的 RCT 阴性结果均提示,血管内治疗必然存在一定的并发症概率,只有当血管内治疗的二级预防获益明显大于其并发症发生风险时,才能真正体现血管内治疗的作用。因此,在研究新的技术和器械以降低并发症发生风险之余,还需选择高复发风险的患者进行血管内治疗,血管狭窄程度即是其中一个重要因素。一项关于我国人群的上千例大规模登记研究发现,狭窄程度为 50%~69% 的患者 1 年复发率为 3.82%,而狭窄程度为 70%~99% 的患者 1 年复发率为 5.16%^[1]。WASID 研究的事后分析也表明,狭窄程度 $\geq 70\%$ 是卒中复发的独立危险因素^[29]。因此,目前仅推荐对重度狭窄人群进行血管内治疗。

既往研究表明,多种不同的影像评估方法可从不同角度提示病理机制,如扩散加权成像(DWI)上的梗死模式、CT或MR的灌注成像、基于无创(如计算立体力学或TOF-MRA)或有创(测压导丝)测得的FF,高分辨率血管壁成像等。不同的评估方法得出的结论基本一致,即低灌注及动脉-动脉栓塞的病理机制会导致更高的同流域卒中复发率^[2-3,30-33]。我们曾基于DWI梗死模式对采用标准药物治疗的sICAS患者进行机制分类及长期随访,得出不同病理机制的远期复发率存在显著性差异。其中动脉-动脉栓塞组的复发率最高,而低灌注组虽然3个月内复发率较高,但是远期复发风险并不高^[34]。一项Meta分析也证明了这一结论^[35]。因此,对于不同机制的患者,应采取差异性的个体化治疗措施,合理选择药物或血管内介入措施。我们也在RCT研究中看到了这一点,与SAMMPRIS研究结果相比,CASSISS研究排除了穿支动脉梗死的患者,支架组患者的风险在减少^[9,12]。

此外,SAMMPRIS研究的药物事后分析结果表明,既往责任血管区域内梗死及sICAS的发病事件是卒中而非短暂性脑缺血发作(TIA)也是卒中复发的危险因素之一^[36]。BASIS研究入组的卒中患者比例(86%)也显著高于SAMMPRIS研究(63%)和CASSISS研究(51%)^[9,12-13],这也从一定层面上反映了TIA似乎并不适合血管内治疗。

(2)血管相关危险因素管理:与其他动脉粥样硬化疾病相同,预防sICAS复发中血压、血糖、血脂、吸烟、肥胖等血管相关危险因素管理亦非常重要。WASID研究事后分析表明,收缩压 ≥ 140 mmHg及胆固醇 ≥ 200 mg/dl(约5.17 mmol/L)与高复发风险相关^[37-38]。SAMMPRIS研究药物组事后分析也表明运动量不足、收缩压控制不达标、LDL(低密度脂蛋白)/非高密度脂蛋白(nHDL)超标均是终点事件发生的独立危险因素^[39]。而血管危险因素控制不达标则会影响血管内治疗的效果。BASIS研究亚组分析表明,球囊治疗的好处在吸烟及肥胖人群中被削弱^[13]。SAMMPRIS和CASSISS研究的联合亚组分析也表明,有高脂血症的人群更适合药物治疗^[18]。由此可见,在血管内治疗的同时需要加强相关危险因素管理。

(3)选择合适的手术时机:目前,国内外指南均推荐轻型症状性颈动脉狭窄的血运重建手术时机为发病2周内完成^[7,40-41],这样可减少在手术等待过程中发生的卒中,带来更多预防卒中复发获益^[42]。同样地,在sICAS领域,WASID研究表明症状发生至入组时间 ≤ 17 天的复发风险显著高于 > 17 天^[29],说明很多sICAS的复发实际为早期复发。但SAMMPRIS研究入组了

发病30天内的sICAS患者,导致了较高的围术期并发症发生率^[9]。有观察性研究表明,早期手术(2周内)可能导致更多的卒中复发及再狭窄的发生,这可能与急性期不稳定斑块破裂或形成血栓造成栓塞相关,也可能与急性期BBB破坏导致的过度灌注相关^[43]。相反,CASSISS研究入组了发病3周~1年的sICAS患者,支架组围手术期并发症有所减少^[12],但可能也错过了最佳治疗时间窗。BASIS研究则选择了发病14~90天的sICAS患者,获得了阳性结果^[13],这可能是目前来说比较推荐的手术时机,仍需更多的临床试验来验证。

(4)小结:从SAMMPRIS研究“药物优于支架”(P=0.009)的结论,到CASSISS研究“支架不优于药物”(P=0.820)的结论,再到BASIS研究结论表明“球囊优于药物”(P<0.001),我们看到了选择合适的患者、在适宜的手术时机、采取恰当的治疗手段,才能使血管内治疗让sICAS患者真正获益。目前的中国专家共识根据经验推荐对于sICAS高风险(经过强化内科治疗无效、重度狭窄、责任血管区域内存在低灌注、侧支循环代偿不良)人群,选择支架治疗是合理的^[5],但未来还需进一步研究制定合适的手术指征。

二、ICAS-LVO的血管内治疗

1. ICAS-LVO的识别

既往认为,ICAS原位血栓形成的机制并不常见^[3],但随着取栓的患者积累,发现在LVO中ICAS占总体比例约27.7%。在我国人群的前循环脑梗死中,ICAS占比约1/3,而在后循环脑梗死中占比1/2以上^[44]。

ICAS-LVO的诊断是复杂的,尽管病史(血管危险因素、无房颤病史)^[45]及影像学灌注特点(小梗死核心)^[46]可帮助合理怀疑ICAS-LVO,但其明确诊断需要在取栓中过程确定。目前比较公认的ICAS-LVO特点主要有:(1)取栓后血管残余 $\geq 50\%$ 狭窄;(2)取栓后早期再闭塞;(3)低灌注特征突出^[4]。此外,2022年欧洲卒中协会在ICAS诊疗指南中提出的ICAS-LVO诊断特点包括:(1)缺乏房颤或心源性栓塞证据;(2)没有CT血管高密度征或MRI血栓征象;(3)血管主干中间位置的闭塞;(4)分水岭梗死;(5)支架打开或通过3次后血管残余 $\geq 50\%$ 狭窄;(6)取栓后早期再闭塞^[47]。

2. ICAS-LVO的取栓策略

在急性LVO性脑梗死中,首次取栓策略包括支架取栓、直接接触抽吸或两者相结合。其中最早的、循证证据最充分的、奠定了血管内治疗在LVO治疗地位的五大取栓临床RCT全都采用支架机械取栓(MT)^[14]。

近年来,随着直接接触抽吸技术(ADAPT)的成熟,有研究表明,直接接触抽吸及两者结合的方式相比支架取栓,尽管在临床预后的最终结局中似乎差异并不明显,但可显著提高再通率,减少再通所需的时间^[48-49]。然而,这是在不考虑病因的情况下针对所有 LVO 患者得出的结论,那么对于本身存在血管病变的 ICAS 患者,该结论是否仍然适用尚需进一步的探讨。目前,对于 ICAS-LVO 的病理生理机制研究较少,其假说来自于动脉粥样硬化在心血管领域中相似的疾病——急性 ST 段抬高性心肌梗死,即斑块破裂诱导急性血栓原位形成,并导致 LVO^[50]。在这种情况下,采用直接抽吸的方法会使抽吸导管接触的可能是固定在血管壁上的斑块而非可活动的血栓,极大影响抽吸效率。一项韩国的回顾性研究就证明了这一点,该研究纳入了 111 例 ICAS-LVO 患者,其中 49 例采用支架取栓而 62 例采用直接抽吸,结果表明,支架取栓组的即刻再通率高于直接抽吸组(77.6% 比 43.5%, $P=0.001$),需采取补救措施的患者比例更少(12.2% 比 59.7%, $P<0.001$),医源性夹层或破裂的发生率更低(8.2% 比 29.0%, $P=0.012$);但在额外的补救措施后,两组患者最终再通率及预后均无显著差异^[51]。另有一项来自我国的回顾性研究对比了 56 例采用直接抽吸策略与 48 例采用两者结合策略的患者,结果表明直接抽吸组首次再通时间显著短于两者结合组(17 分钟比 26 分钟, $P=0.020$),但是需要采取更多的补救措施(46.4% 比 33.3%, $P=0.010$),同样,两组患者的最终再通率及预后均无显著差异^[52]。由此可见,在 ICAS-LVO 中,直接抽吸并没有明显优势,反观支架取栓还可在打开时帮助判断患者斑块形态及血管狭窄程度,尽早明确 ICAS-LVO 的诊断^[53],在取栓中有不可替代的作用。

此外,对于可术前识别的 ICAS-LVO 患者,不经过取栓的直接血管成形术(DA,球囊扩张/支架置入)也是一种治疗策略,已有多项回顾性研究表明了直接血管成形术的安全性和可行性,这项技术的优势在于可以提高首次再通率、缩短手术时间、减少使用多个器械对血管内皮的损害及降低手术成本,甚至对功能预后有一定的积极作用^[54-56]。但是其难点在于术前 ICAS-LVO 的识别需要经验丰富的神经介入医生。通常术前造影的识别点包括微导管首过效应^[54],血管主干部位的“锥形征”闭塞以及丰富的侧支循环^[55]。一项来自我国关于 ICAS-LVO 的多中心前瞻性登记研究共纳入了 400 余例患者,其中仅有约 10% 采用了 DA 策略,也就是说目前具有典型的 ICAS-LVO 临床特点或明确的既往造影确认 ICAS 的患者才会考虑这一策略。这项研究结果也提示,DA 组较好的临床结局与其入组

时更低的美国国立卫生研究院卒中量表(NIHSS)评分相关^[57],这也算是 ICAS-LVO 的特点,因此在能准确识别的基础上可以考虑采取这一策略。

3. ICAS-LVO 的补救性治疗

在 ICAS-LVO 的取栓过程中另一大问题是早期再闭塞率较高。一项 Meta 分析表明在机械取栓中,约有 36.9% 的 ICAS-LVO 患者经历了术中再闭塞,而非 ICAS 患者中这一比例仅占 2.7%。因此,包括球囊扩张和支架植入在内的血管内补救性治疗措施已被多项回顾性观察研究和 Meta 分析结果证明具有可行性和有效性,可能改善其预后^[44,58-59]。但是,最新发表的 ANGEL-REBOOT 研究并没有证明取栓术后紧急血管成形或支架植入(BAOS)可显著改善临床预后^[60]。一项来自我国的多中心 RCT 研究纳入了 348 例取栓不成功[改良脑梗死溶栓血流分级(mTICI)0~2a 级]或取栓后残余狭窄>70%的患者,其中包含 94% 的 ICAS-LVO 患者,也是第 1 项关于 ICAS-LVO 的 RCT 研究。这项研究结果表明,BAOS 组与标准治疗组在 90 天改良 Rankin 量表(mRS)评分上无显著差异,但 BAOS 会导致更多的并发症,包括症状性颅内出血、PH-2 型出血转化及手术相关的血管夹层。在这项研究中,标准治疗组中 98% 的患者采用静脉替罗非班作为挽救性治疗方式,这也潜在提示了替罗非班在 ICAS-LVO 中的作用。该结论也与 RESCUE BT 研究发现替罗非班可能在动脉粥样硬化相关的 LVOS 取栓中获益结果一致^[61]。

4. ICAS-LVO 的研究展望

目前,对于 ICAS-LVO 的发病机制、治疗策略和预后的研究均处于起步阶段。在发病机制方面,血管腔内光学相干断层扫描技术(OCT)的应用已发现除斑块破裂外,厚纤维帽斑块发生侵蚀也会导致血栓形成 LVO^[62],但其究竟占比多少仍不清楚。这关系到治疗方式的选择,如在急性冠脉综合征中,斑块侵蚀相较于斑块破裂的机制更适合采用药物治疗而非介入治疗^[63]。期待侵入性检查方式,如血管内超声、OCT 的应用帮助精准探索 ICAS-LVO 的发病机制,得出其最佳治疗方式。同时,ICAS-LVO 血管内治疗的辅助药物治疗,如抗栓、抗炎等仍待进一步探索。在预后方面,ICAS-LVO 在取栓治疗后的远期复发风险尚不清楚,有待进一步研究。

三、结语和展望

作为我国人群 AIS 最常见的病因,ICAS 的血管内治疗无论在 sICAS 的二级预防方面,还是 ICAS-LVO 的急性期治疗中均取得了很多研究临床结果,让我们

看到了血管内治疗的安全性及优势。但是,其中为数不多的突破性阳性成果也让我们看到了对这类疾病了解仍存在着很多不足,需要对发病机制、血管内治疗相关影响因素、预后等进行深入的探索,才能制定出更好的治疗方式,从而减少 ICAS 相关脑卒中的致残致死风险,降低其对人群健康的危害。

参 考 文 献

- [1] Wang Y, Zhao X, Liu L, 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.
- [2] Gao S, Wang YJ, Xu AD, et al. Chinese ischemic stroke subclassification [J]. *Front Neurol*, 2011, 2:6.
- [3] Wong KS, Caplan LR, Kim JS. Stroke Mechanisms [J]. *Front Neurol Neurosci*, 2016, 40:58-71.
- [4] De Havenon A, Zaidat OO, Amin-Hanjani S, et al. Large Vessel Occlusion Stroke due to Intracranial Atherosclerotic Disease: Identification, Medical and Interventional Treatment, and Outcomes [J]. *Stroke*, 2023, 54 (6): 1695-1705.
- [5] 中国卒中学会神经介入分会. 症状性颅内动脉粥样硬化性狭窄血管内治疗中国专家共识 2022 [J]. 中国卒中杂志, 2022, 17 (8): 863-888.
- [6] 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. 中国缺血性卒中和短暂性脑缺血发作二级预防指南 2022 [J]. 中华神经科杂志, 2022, 55 (10): 1071-1110.
- [7] Kleindorfer DO, Towfighi A, Chaturvedi S, et al. 2021 Guideline for the Prevention of Stroke in Patients With Stroke and Transient Ischemic Attack: A Guideline From the American Heart Association/American Stroke Association [J]. *Stroke*, 2021, 52 (7): e364-e467.
- [8] Gutierrez J, Turan TN, Hoh BL, et al. Intracranial atherosclerotic stenosis: risk factors, diagnosis, and treatment [J]. *Lancet Neurol*, 2022, 21 (4): 355-368.
- [9] Chimowitz MI, Lynn MJ, Derdeyn CP, et al. Stenting versus aggressive medical therapy for intracranial arterial stenosis [J]. *N Engl J Med*, 2011, 365 (11): 993-1003.
- [10] Zaidat OO, Fitzsimmons BF, Woodward BK, et al. Effect of a balloon-expandable intracranial stent vs medical therapy on risk of stroke in patients with symptomatic intracranial stenosis: the VISSIT randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2015, 313 (12): 1240-1248.
- [11] Miao Z, Jiang L, Wu H, et al. Randomized controlled trial of symptomatic middle cerebral artery stenosis: endovascular versus medical therapy in a Chinese population [J]. *Stroke*, 2012, 43 (12): 3284-3290.
- [12] Gao P, Wang T, Wang D, et al. Effect of Stenting Plus Medical Therapy vs Medical Therapy Alone on Risk of Stroke and Death in Patients With Symptomatic Intracranial Stenosis: The CASSISS Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA*, 2022, 328 (6): 534-542.
- [13] Sun X, Deng Y, Zhang Y, et al. Balloon Angioplasty vs Medical Management for Intracranial Artery Stenosis: The BASIS Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA*, 2024, 332 (13): 1059-1069.
- [14] 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, 中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组. 中国急性缺血性卒中早期血管内介入诊疗指南 2022 [J]. 中华神经科杂志, 2022, 55 (6): 565-580.
- [15] Luo J, Wang T, Yang K, et al. Endovascular therapy versus medical treatment for symptomatic intracranial artery stenosis [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 2 (2): Cd013267.
- [16] Han YF, Liu WH, Chen XL, et al. Severity assessment of intracranial large artery stenosis by pressure gradient measurements: A feasibility study [J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2016, 88 (2): 255-261.
- [17] Cheng XQ, Tian JM, Zuo CJ, et al. Hemodynamic alterations in unilateral chronic middle cerebral artery stenosis patients and the effect of percutaneous transluminal angioplasty and stenting: a perfusion-computed tomography study [J]. *Acta Radiol*, 2015, 56 (6): 754-760.
- [18] Wang T, Luo J, Li T, et al. Stenting versus medical treatment alone for symptomatic intracranial artery stenosis: a preplanned pooled individual patient data analysis [J]. *J Neurointerv Surg*, 2025. [Online ahead of print]
- [19] Elder TA, White TG, Woo HH, et al. Future of Endovascular and Surgical Treatments of Atherosclerotic Intracranial Stenosis [J]. *Stroke*, 2024, 55 (2): 344-354.
- [20] Jiang WJ, Srivastava T, Gao F, et al. Perforator stroke after elective stenting of symptomatic intracranial stenosis [J]. *Neurology*, 2006, 66 (12): 1868-1872.
- [21] Park S, Kim JH, Kwak JK, et al. Intracranial stenting for severe symptomatic stenosis: self-expandable versus balloon-expandable stents [J]. *Interv Neuroradiol*, 2013, 19 (3): 276-282.
- [22] 李伟, 姜卫剑, 王拥军, 等. 不同压力和不同扩张直径球囊对血管壁的影响 [J]. 中国卒中杂志, 2006, 1 (1): 23-26.
- [23] Seyedsaadat SM, Yolcu YU, Neuhaus A, et al. Submaximal angioplasty in the treatment of patients with symptomatic ICAD: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Neurointerv Surg*, 2020, 12 (4): 380-385.
- [24] Wang T, Yang K, Zhang X, et al. Endovascular Therapy for Symptomatic Intracranial Artery Stenosis: a Systematic Review and Network Meta-analysis [J]. *Transl Stroke Res*, 2022, 13 (5): 676-685.
- [25] Ma N, Zhang Y, Shuai J, et al. Stenting for symptomatic intracranial arterial stenosis in China: 1-year outcome of a multicentre registry study [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2018, 3 (3): 176-184.
- [26] Jin M, Fu X, Wei Y, et al. Higher risk of recurrent ischemic events in patients with intracranial in-stent restenosis [J]. *Stroke*, 2013, 44 (11): 2990-2994.
- [27] Derdeyn CP, Fiorella D, Lynn MJ, et al. Nonprocedural Symptomatic Infarction and In-Stent Restenosis After Intracranial Angioplasty and Stenting in the SAMMPRIS Trial (Stenting and Aggressive Medical Management for the Prevention of Recurrent Stroke in Intracranial Stenosis) [J]. *Stroke*, 2017, 48 (6): 1501-1506.
- [28] Jia B, Zhang X, Ma N, et al. Comparison of Drug-Eluting Stent With Bare-Metal Stent in Patients With Symptomatic High-grade Intracranial Atherosclerotic Stenosis: A Randomized Clinical Trial [J]. *JAMA Neurology*, 2022, 79 (2): 176-184.
- [29] Kasner SE, Chimowitz MI, Lynn MJ, et al. Predictors of ischemic stroke in the territory of a symptomatic intracranial arterial stenosis [J]. *Circulation*, 2006, 113 (4): 555-563.
- [30] Kim SJ, Schneider DJ, Feldmann E, et al. Intracranial atherosclerosis: Review of imaging features and advances in diagnostics [J]. *Int J Stroke*, 2022, 17 (6): 599-607.
- [31] Pu Y, Lan L, Leng X, et al. Intracranial atherosclerosis: From anatomy to pathophysiology [J]. *Int J Stroke*, 2017, 12 (3): 236-245.
- [32] Liu Y, Li S, Tian X, et al. Cerebral haemodynamics in symptomatic intracranial atherosclerotic disease: a narrative review of the assessment methods and clinical implications [J]. *Stroke Vasc Neurol*, 2023, 8 (6): 521-530.
- [33] Feng X, Chan KL, Lan L, et al. Stroke Mechanisms in Symptomatic Intracranial Atherosclerotic Disease: Classification and Clinical Implications [J]. *Stroke*, 2019, 50 (10): 2692-2699.
- [34] Liu Y, Zhao H, Dong Q, et al. Long-term recurrence of ischemic events in patients with intracranial atherosclerotic stenosis stratified by symptoms and pathogenesis [J]. *J Neurol Sci*, 2024, 456: 122838.
- [35] Das S, Shu L, Morgan RJ, et al. Borderzone Infarcts and Recurrent Cerebrovascular Events in Symptomatic Intracranial Arterial Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. *J Stroke*, 2023, 25 (2): 223-232.
- [36] Waters MF, Hoh BL, Lynn MJ, et al. Factors Associated With Recurrent Ischemic Stroke in the Medical Group of the SAMMPRIS Trial [J]. *JAMA Neurol*, 2016, 73 (3): 308-315.
- [37] Chaturvedi S, Turan TN, Lynn MJ, et al. Risk factor status and vascular events in patients with symptomatic intracranial stenosis [J]. *Neurology*, 2007, 69 (22): 2063-2068.
- [38] Turan TN, Cotsonis G, Lynn MJ, et al. Relationship between blood pressure and stroke recurrence in patients with intracranial arterial stenosis [J]. *Circulation*, 2007, 115 (23): 2969-2975.
- [39] Turan TN, Nizam A, Lynn MJ, et al. Relationship between risk factor control and vascular events in the SAMMPRIS trial [J]. *Neurology*, 2017, 88 (4): 379-385.
- [40] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南 [J]. 中国血管外科杂志 (电子版), 2017, 9 (3): 169-175.
- [41] 国家卫生健康委脑卒中防治工程委员会. 中国脑卒中防治指导规范 (2021 年版) [EB/OL]. (2021-08-31). [2025-02-10]. <http://www.nhc.gov.cn/yzygj/s3593/202108/50ca4071a86df4b4d9666e9ac2aaac605.shtml>
- [42] Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, et al. Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery [J]. *Lancet*, 2004, 363 (9413): 915-924.

[43] Zhang Y, Sun Y, Li X, et al. Early versus delayed stenting for intracranial atherosclerotic artery stenosis with ischemic stroke[J]. J Neurointerv Surg, 2020, 12(3): 274-278.

[44] Tsang ACO, Orru E, Klostanc JM, et al. Thrombectomy Outcomes of Intracranial Atherosclerosis-Related Occlusions [J]. Stroke, 2019, 50(6): 1460-1466.

[45] Liao G, Zhang Z, Tung TH, et al. A simple score to predict atherosclerotic or embolic intracranial large-vessel occlusion stroke before endovascular treatment[J]. J Neurosurg, 2022, 137(5): 1501-1508.

[46] Suh HI, Hong JM, Lee KS, et al. Imaging Predictors for Atherosclerosis-Related Intracranial Large Artery Occlusions in Acute Anterior Circulation Stroke[J]. J Stroke, 2016, 18(3): 352-354.

[47] 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): III-IV.

[48] Ye G, 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.

[49] Texakalidis P, Giannopoulos S, Karasavvidis T, et al. Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke: A Meta-Analysis of Stent Retrievers vs Direct Aspiration vs a Combined Approach[J]. Neurosurgery, 2020, 86(4): 464-477.

[50] Al Kasab S, Nguyen TN, Derdeyn CP, et al. Emergent Large Vessel Occlusion due to Intracranial Stenosis: Identification, Management, Challenges, and Future Directions[J]. Stroke, 2024, 55(2): 355-365.

[51] Yoo J, Lee SJ, Hong JH, et al. Immediate effects of first-line thrombectomy devices for intracranial atherosclerosis-related occlusion: stent retriever versus contact aspiration[J]. BMC Neurol, 2020, 20(1): 283.

[52] Li ZS, Zhou TF, Li Q, et al. Endovascular Management of Intracranial Atherosclerosis-Related Large Vessel Occlusion With the A Direct Aspiration First-Pass Thrombectomy Compared With Solubra Technique [J]. Front Neurol, 2021, 12: 643633.

[53] Kang DH, Yoon W. Current Opinion on Endovascular Therapy for Emergent Large Vessel Occlusion Due to Underlying Intracranial Atherosclerotic Stenosis[J]. Korean J Radiol, 2019, 20(5): 739-748.

[54] Zhang L, He X, Li K, et al. Balloon angioplasty as first-choice recanalization strategy for intracranial atherosclerosis-related emergent large vessel occlusion with small clot burden[J]. Neuroradiology, 2024, 66(3): 399-407.

[55] Kim JG, Suh DC, Song Y, et al. Direct Stenting of Intracranial Atherosclerosis-related Acute Large Vessel Occlusion [J]. Clin Neuroradiol, 2021, 31(3): 833-841.

[56] Ma G, Sun X, Tong X, et al. Safety and Efficacy of Direct Angioplasty in Acute Basilar Artery Occlusion Due to Atherosclerosis[J]. Front Neurol, 2021, 12: 651653.

[57] Zhang J, Jia B, Pan Y, et al. A comparison between different endovascular treatment strategies for acute large vessel occlusion due to intracranial artery atherosclerosis: data from ANGEL-ACT Registry [J]. Neuroradiology, 2022, 64(8): 1627-1638.

[58] Cai J, Xu H, Xiao R, et al. Rescue intracranial stenting for acute ischemic stroke after the failure of mechanical thrombectomy: A systematic review, meta-analysis, and trial sequential analysis [J]. Front Neurol, 2023, 14: 1023089.

[59] Mohammadden MH, Haussen DC, Al-Bayati AR, et al. Stenting and Angioplasty in Neurothrombectomy: Matched Analysis of Rescue Intracranial Stenting Versus Failed Thrombectomy [J]. Stroke, 2022, 53(9): 2779-2788.

[60] Gao F, Tong X, Jia B, 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.

[61] Qiu Z, Li F, Sang H, et al. Effect of Intravenous Tirofiban vs Placebo Before Endovascular Thrombectomy on Functional Outcomes in Large Vessel Occlusion Stroke: The RESCUE BT Randomized Clinical Trial [J]. JAMA, 2022, 328(6): 543-553.

[62] Li D, Tang T, Hu T, et al. Application of optical coherence tomography in decision-making of post-thrombectomy adjunctive treatments [J]. J Neurointerv Surg, 2023, 15(6): 616-618.

[63] Jia H, Dai J, Hou J, et al. Effective anti-thrombotic therapy without stenting: intravascular optical coherence tomography-based management in plaque erosion (the EROSION study) [J]. Eur Heart J, 2017, 38(11): 792-800.

(收稿日期:2025-02-14)

(本文编辑:余晓曼)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2025 年 3 期《临床内科杂志》综述与讲座——“缺血性脑血管病的血管内治疗”栏目导读

缺血性脑血管病是我国脑卒中患者中最常见且危害巨大的类型,对人们健康构成了严峻挑战,随着血管内介入技术的快速发展,缺血性脑血管病的治疗体系发生了变革性进展。本期“综述与讲座”栏目特别邀请中国人民解放军东部战区总医院朱武生教授为“缺血性脑血管病的血管内治疗”专栏组稿,并邀请该领域的知名专家撰稿。苏州大学附属第二医院肖国栋教授撰写的《脑静脉系统血栓血管内治疗进展》综述了脑静脉系统血栓(CVT)的病理生理、诊断手段及介入治疗的最新进展,并讨论了不同技术的适应证、疗效及相关并发症,以指导临床医生选择合适的 CVT 治疗方式。复旦大学附属华山医院曹文杰教授撰写的《颅内动脉粥样硬化狭窄的血管内治疗研究进展》从颅内动脉粥样硬化狭窄(ICAS)二级预防和 ICAS 导致的大血管闭塞(ICAS-LVO)急性期治疗两方面来系统综述颅内动脉粥样硬化的血管内治疗研究进展,并展望未来研究方向,以期推动血管内治疗真正使 ICAS 患者获益。皖南医学院弋矶山医院周志明教授撰写的《大血管闭塞性急性缺血性卒中机械取栓后恶性脑水肿研究进展》综述了急性缺血性卒中(AIS)机械取栓后恶性脑水肿的最新研究进展,重点讨论了恶性脑水肿的定义、影像学标志物、病理生理机制、预测因子和治疗方法,旨在进一步改善患者的预后和生活质量。朱武生教授撰写的《视网膜中央动脉闭塞急性期临床诊疗与研究进展》就视网膜中央动脉闭塞急性期患者的临床特征和现有诊疗方案进行综述,并探讨血管内治疗在视网膜中央动脉闭塞中的应用现状与研究进展。华中科技大学同济医学院附属同济医院骆翔教授撰写的《多模态血管腔内成像技术在缺血性脑血管病血管内治疗的应用与进展》综合分析多模态血管腔内成像技术在缺血性脑血管疾病的血管内治疗中的应用价值,以期为临床医生提供指导。解放军总医院第一医学中心王君教授撰写的《磁性导丝在神经介入中的研究进展》对磁性导丝的原理及其在神经介入手术中的应用进行综述,旨在增加介入医师对磁性导丝的认识。限于篇幅,更多精彩内容请参阅本期杂志“综述与讲座”栏目各篇文章。

您可登录万方数据库、中国知网、维普网及本刊官方网站(www.lcnkzz.com)搜索本期杂志。感谢您持续关注《临床内科杂志》!
本刊编辑部