

- B12 and its biomarkers with musculoskeletal health in middle-aged and older adults[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024,15:1387035. DOI: 10.3389/fendo.2024.1387035.
- [27] Yang S, Dong Z, Zhao J, et al. Association of vitamins B1 and B2 intake with early-onset sarcopenia in the general adult population of the US: a cross-sectional study of NHANES data from 2011 to 2018[J]. *Front Nutr*, 2024, 11: 1369331. DOI: 10.3389/fnut.2024.1369331.
- [28] Bunchorntavakul C. Sarcopenia and frailty in cirrhosis: assessment and management[J]. *Med Clin North Am*, 2023, 107(3):589-604. DOI: 10.1016/j.mcna.2022.12.007.
- [29] Geng Q, Zhai H, Wang L, et al. The efficacy of different interventions in the treatment of sarcopenia in middle-aged and elderly people: a network meta-analysis[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2023, 102(27): e34254. DOI: 10.1097/MD.00000000000034254.
- [30] Majumder A, Singh M, George AK, et al. Restoration of skeletal muscle homeostasis by hydrogen sulfide during hyperhomocysteinemia-mediated oxidative/ER stress condition 1[J]. *Can J Physiol Pharmacol*, 2019, 97(6): 441-456. DOI: 10.1139/cjpp-2018-0501.

症状性非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞治疗的研究进展

黄晨阳¹ 刘廷钰¹ 朱青峰²

¹山西医科大学第二临床医学院,太原 030001;²山西医科大学第二医院神经外科,太原 030001

通信作者:朱青峰, Email:zhuqingfengvip@163.com

【摘要】 非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞侧支循环代偿不良时,可引起明显的神经功能障碍和较高的卒中复发率,传统的治疗方法以控制危险因素、药物对症治疗为主,但效果不尽如人意。近年来,随着血管内介入技术、介入材料和神经外科显微吻合技术的发展,以及远端缺血调节概念的提出,非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞的治疗受到更多关注。对于症状性非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞(symptomatic non-acute middle cerebra artery arteriosclerosis occlusion, SNMCAO)的手术治疗,颞浅动脉-大脑中动脉(superficial temporal artery middle cerebral artery, STA-MCA)低流量搭桥术与血管内介入再通术各有优势。对于预计闭塞时间短、闭塞节段短、血管平直、远端血管床较好的患者,可能更倾向于血管内再通治疗,反之则选择STA-MCA低流量搭桥术。无论选择哪种治疗方式,术前一定要做到精准的个体化评估,选择个体化的手术方式,才能使SNMCAO患者最大程度地获益。

【关键词】 大脑中动脉粥样硬化性闭塞; 血管内介入; 颅内动脉搭桥手术

基金项目:山西省重点研发计划(201603D321061)

Research progress in treatment of symptomatic non-acute middle cerebra artery arteriosclerosis occlusion

Huang Chenyang¹, Liu Tingyu¹, Zhu Qingfeng²

¹The Second Clinical Medical College Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China;

²Department of Neurosurgery, the Second Hospital of Shanxi Medical University, Taiyuan 030001, China

Corresponding author: Zhu Qingfeng, Email: zhuqingfengvip@163.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20240805-00246

收稿日期 2024-08-05 本文编辑 刘小飞

引用本文:黄晨阳,刘廷钰,朱青峰. 症状性非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞治疗的研究进展[J].

中国综合临床, 2025, 41(2): 155-160. DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20240805-00246.



中华医学杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究



【Abstract】 In the non-acute phase, when the collateral circulation is poorly compensated due to atherosclerotic occlusion of the middle cerebral artery, it can lead to significant neurological dysfunction and a higher recurrence rate of stroke. Traditional treatments primarily involve managing risk factors and administering symptomatic pharmacotherapy, yet the outcomes are often unsatisfactory. In recent years, with the development of endovascular interventional techniques and interventional materials, microsurgical anastomosis, techniques, and the present of distal ischemic modulation, the treatment of symptomatic arteriosclerosis occlusion of the non-acute middle cerebral artery is attracting more and more attention in the field. This article reviews the progress of the treatment of symptomatic arteriosclerosis occlusion of the non-acute middle cerebral artery. For the surgical treatment of symptomatic non-acute middle cerebral artery atherosclerosis occlusion (SNMCAO) in non-acute phase, the superior temporal artery middle cerebral artery (STA-MCA) low flow bypass and intravascular interventional recanalization have their own advantages. For patients with short expected occlusion time, short occlusion segment, straight blood vessels, and good distal vascular bed, they may be more inclined to undergo endovascular recanalization treatment, otherwise they may choose STA-MCA low flow bypass surgery. Regardless of which treatment method is chosen, precise individualized evaluation must be conducted before surgery to select an individualized surgical approach that can maximize the benefits for patients with SNMCAO.

【Key words】 Non-acute middle cerebral artery arteriosclerosis occlusion; Intervention; Extracranial-intracranial bypass surgery

Fund program: Key Research and Development Project of Shanxi Province (201603D321061)

非急性期颅内大动脉闭塞患者脑侧支循环代偿不良时,患者可表现为偏瘫、麻木、言语含糊、认知障碍、高级神经功能退化或反复发生缺血性卒中事件^[1]。大脑中动脉是非急性期颅内大动脉闭塞常见的部位,症状性非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞(symptomatic non-acute middle cerebral artery arteriosclerosis occlusion, SNMCAO)传统的防治措施是保持健康的生活方式,控制高血压、高血糖等危险因素,以及降脂、抗血小板、神经保护等^[2-3]。近年来,随着血管内介入材料、神经介入技术的进步,神经外科显微吻合技术的发展,以及远端缺血调节概念^[4]的提出,非急性期大脑中动脉粥样硬化性闭塞的治疗成为关注的热点^[5-6]。SNMCAO的治疗呈现出多种治疗方式相结合的个体化精准治疗趋势。本资料对SNMCAO治疗的相关研究进展进行综述。

一、SNMCAO的概念

急性脑梗死机械取栓的最长时间窗是24 h,《2018症状性动脉粥样硬化性非急性颅内大动脉闭塞血管内治疗中国专家共识》^[7]将超过24 h的动脉粥样硬化性颅内大动脉闭塞称为非急性颅内大动脉闭塞。SNMCAO是指经积极内科治疗仍然有症状波动或症状恶化,包括局灶神经功能恶化,出现认知障碍、情感障碍或加重等。目前尚没有指南对SNMCAO进行明确的定义。非急性颅内大动脉闭塞多由原位斑块破裂导致颅内大动脉急性闭塞发展而来,当然还有心源性、大动脉栓子脱落、血管夹层、脑血管炎、烟雾病等,其中动脉粥样硬化是主要病因。参考《2018症状性动脉粥样硬化性非急性颅内大动脉闭塞血管内治疗中国专家共识》^[7]和《中国颅内外大动脉非急性闭塞血管内介入治疗专家共识》^[8],我们将SNMCAO定义为经过血管影像学检查大脑中动脉无前向血流(TIMI分级0级)闭塞时间超过24 h,标准药物治疗后仍然有临床症状的大脑中动脉粥样

硬化性闭塞,临床症状包括对侧肢体无力、麻木、认知功能障碍,情感障碍等,其中闭塞超过4周称为慢性大脑中动脉闭塞^[3]。

二、SNMCAO的影像学评估

1. SNMCAO的解剖形态学评估:对大脑中动脉粥样硬化性闭塞血管进行解剖形态学评估有助于了解闭塞的部位、闭塞前的血管豆纹动脉等重要血管是否有代偿、闭塞远端的血管是否通过大脑后动脉及大脑前动脉的血管代偿等重要信息,为下一步外科搭桥治疗及血管内再通治疗提供重要参考。对于SNMCAO主要的评估手段有彩色多普勒、磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)、计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)、高分辨MRI和全脑血管造影等。高分辨MRI能够明确闭塞部位是斑块还是血栓,以及斑块是否稳定等,为血管内再通治疗提供重要信息。数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)可以提供M1闭塞端的形态、闭塞长度、闭塞远端血管床等重要信息,其中M1闭塞端的形态可以为闭塞时间提供参考价值,从而预判血管内再通的成功率^[8]。上述评估方式的结合使用有时能够为血管内治疗提供重要参考。Lakhani等^[9]研究认为,多模态CT和MRI对评价大脑中动脉闭塞的血管通路、侧支循环、脑组织灌注、核心梗死、病因、闭塞长度、闭塞时间及远端血管床具有较高的价值,有利于提高症状性大脑中动脉闭塞血管内治疗的安全性和有效性。

目前Gao等^[10]应用DSA对SNMCAO进行分型,对血管内再通治疗具有重要意义。SNMCAO I型:大脑中动脉主干闭塞,闭塞长度在10 mm以内,在闭塞远端可看到远端血管床逆向充盈。SNMCAO II型:大脑中动脉主干闭塞,闭塞长度>10 mm,在闭塞远端可以看到远端血管床逆向充盈。SNMCAO III型:大脑中动脉主干闭塞,在闭塞远端仅可见到



M2段以远血管床逆向充盈,M1远端及分叉部位未见充盈。I型、II型血管再通率较高(95.5%与83.3%),并发症发生率相对较低(4.5%与11.1%),III型再通率最低(60.0%),并发症发生率最高(40.0%)。

2.SNMCAO侧支循环的评估:侧支循环是主干血管闭塞后,通过侧支或新生血管吻合供应闭塞血管原来的供血区域,改善脑组织的供血,这种通过吻合重新建立的血管网称为侧支循环^[11]。SNMCAO侧支循环的评估十分重要,与颅内其他部位的大血管闭塞一样,侧支循环代偿完全时,患者可以没有任何临床症状,有一定的侧支循环代偿但又代偿不全时,才会出现不同程度的神经功能障碍^[3]。SNMCAO侧支循环的评估包括侧支途径的评估(结构学评估)和侧支循环血流灌注的评估(功能学评估)。侧支循环代偿结构学评估方法主要有CTA、MRI和DSA,血流灌注的评估手段主要是经颅多普勒超声^[12-13]。如果使用无创手段评估侧支循环,经颅多普勒超声与CTA是最佳结合^[14]。非急性颅内大动脉闭塞合并血流动力学障碍是发生卒中的重要危险因素^[15]。对于侧支循环的评估,一般采用美国介入和神经放射学会/美国介入放射学会侧支分析系统。DSA具有良好的时间、空间分辨力,能够较好地观察闭塞部位、闭塞的形态以及侧支循环代偿,是评估侧支循环的金标准^[16]。黄艾华等^[17]研究表明,SNMCAO侧支循环代偿主要通过大脑皮层的软膜支、颈外动脉的脑膜支和皮层动脉吻合以及新生血管三种代偿途径,SNMCAO在进行治疗前一定要充分了解其侧支循环。

三、SNMCAO的药物治疗

药物治疗是基础治疗,但某些颅内大动脉粥样硬化狭窄或闭塞患者药物治疗并不理想,对于药物治疗失败的患者血管内再通术是可行的,但尚缺乏随机试验结果的支持^[18]。另外,对于SNMCAO患者,丁基苯酞能够促进脑缺血区域局部血管生成,改善缺血组织局部细胞可能的信号通路,保证血脑屏障的完整性,并减轻脑损伤^[19]。从丁基苯酞治疗SNMCAO的作用机制上看,药物似乎能够促进闭塞血管远端侧支循环的建立,改善闭塞血管远端的血流低灌注,对SNMCAO患者卒中复发及神经功能恶化有积极的治疗意义^[20],但目前尚无大型随机试验结果的支持。

四、SNMCAO的音乐治疗

音乐治疗对卒中后后遗症康复治疗具有积极的意义。尽管音乐治疗并非治疗此类疾病的主流方法,但其在辅助治疗和改善患者生活质量方面展现出了独特的价值。音乐治疗师会根据患者的具体情况选择合适的音乐和治疗方案,通过精心设计的音乐活动,帮助患者在心理和生理上获得积极的改变,以达到缓解症状、提升生活质量的目的。音乐治疗对SNMCAO患者的一些高级神经功能恢复有所帮助。

五、SNMCAO的远端缺血调节治疗

脑卒中的远程缺血条件调节(remote ischemic conditioning, RIC)是近年来对卒中防治的另一个研究热

点^[21]。RIC最初是作为一种心脏保护策略发展起来的,但越来越多地被作为一种神经保护干预措施进行研究。RIC是指对远端器官或组织进行短时间缺血,以诱导对缺血的保护。通过体液、神经和免疫途径,增强脑组织对损伤的耐受性,增加脑血流量,促进神经再生,建立侧支循环血管,减少脑细胞缺血缺氧。急性期对脑血管缺血的保护被认为是通过抑制细胞凋亡和调节细胞内蛋白激酶途径上调自噬介导的。关于慢性保护窗,RIC可以调节脑缺血区域的炎症环境并改变对缺血的免疫反应。RIC通过改善内皮功能,增加脑血流量,促进血管生成,增加遭受缺血事件区域的血液供应^[22]。目前,RIC已被用于减少脑卒中复发的症状性颅内动脉粥样硬化的治疗,并且取得较好的效果,在不久的将来,有望应用于非急性颅内大动脉闭塞,包括SNMCAO。

六、SNMCAO的外科手术治疗

SNMCAO的外科手术治疗主要指颞浅动脉-大脑中动脉(superficial temporal artery middle cerebral artery, STA-MCA)吻合术。颅内外动脉吻合术最早报道于1967年,但随机对照试验尚未得出阳性结果,手术组和标准药物组相比,卒中复发率更高^[23]。对于颅内大动脉非急性期闭塞,包括SNMCAO的颅内外动脉搭桥手术治疗具有较好的临床效果。Jo等^[24]通过一项回顾性分析发现,86例症状性慢性颅内大动脉闭塞患者行STA-MCA吻合术,术后脑灌注明显改善,复发性脑梗死的发生率为4.7%,无严重的并发症和永久神经功能障碍。提示在严格掌握手术适应证的情况下,对存在血流动力学障碍的慢性颅内大动脉闭塞患者,STA-MCA吻合术可能是一个可行的治疗方案。

Khan等^[25]在1999年8月至2020年11月期间,对124例症状性颅内大动脉闭塞患者行162次血管重建手术,对所有患者的临床、人口统计学、手术和神经影像学记录,功能性长期结果,手术并发症以及短期和长期搭桥通畅性进行了平均时间为2年11个月的临床长期随访,患者术后即刻和长期卒中和(或)脑出血发生率合计为6.2%。长期随访发现17个旁路闭塞,除1例外,其余均无症状。总体而言,患者的临床症状有显著改善,术前平均改良Rankin量表(modified Rankin scale, mRS)评分为1.8分,术后平均mRS评分为1.2分。

关于SNMCAO的STA-MCA吻合术时机,有研究认为,脑梗死早期手术增加围术期风险,建议在患者发病后3~6周进行较为妥当^[26-27]。STA-MCA吻合术最主要的并发症是吻合血管闭塞和再通后高灌注损伤。但随着显微吻合技术的进步,吻合口畅通已经不是主要困惑,高灌注损伤是影响手术效果的主要因素。将颞浅动脉的顶支或额支与受体血管吻合的单吻合技术是目前最常用的STA-MCA低流量搭桥术,但是有高灌注的风险。有研究报道,将单支供体血管同时与两支受体血管吻合的序贯双吻合技术,或三吻合技术,不同受体血管中的压力可通过供体血管相互传导、平衡,可减少脑组织过度灌注风险^[28]。另外,术前预先应用远程缺血条件调节远隔缺血适应,对远端肢体诱发非致命的



缺血性状况,刺激身体并触发内源性保护机制,可有效预防术后高灌注综合征^[29]。

SNMCAO 患者最新的颅内动脉搭桥随机对照试验在中国的 13 个中心进行^[30]。2013 年 6 月至 2018 年 3 月共招募了 330 例颈内动脉或大脑中动脉闭塞患者,均因血流动力学不足而发生短暂性脑缺血发作或非致残性缺血性卒中。其中 324 例患者确认符合条件[中位年龄 52.7 岁,男性 257 例(79.3%)],309 例(95.4%)完成了试验。试验分为颅内血流重建手术加药物治疗组与单纯药物治疗组。药物治疗包括抗血小板治疗和卒中风险因素控制,随访时间内,颅内血流重建搭桥手术联合药物治疗相较于单纯药物治疗,在预防卒中或死亡及降低同侧缺血性卒中风险方面并未显示出明显的优势。该研究结果表明,对于有症状的颈内动脉或大脑中动脉闭塞和血流动力学不足的患者,在药物治疗的基础上加用搭桥手术并不能显著改变 30 d 内卒中或死亡,或 30 d 至 2 年内同侧缺血性卒中的综合结果风险。

虽然 SNMCAO 的颅内动脉搭桥治疗随机试验并没有取得明显的阳性结果,但对于 SNMCAO 患者,闭塞节段长、闭塞血管迂曲成角、管腔内有不稳定斑块,远端血管床较差,患者神经功能障碍较重不宜行血管内介入再通术者,STA-MCA 吻合术可能是一种有效的治疗手段。

七、SNMCAO 的血管内治疗

1. SNMCAO 血管内治疗的围术期管理:SNMCAO 血管内再通术的围术期管理十分重要。SNMCAO 血管内再通术最严重的并发症是高灌注综合征,严重者可发生脑出血,导致预后不良。做好 SNMCAO 血管内再通患者的围术期管理需注重以下几个环节:(1)手术前标准药物治疗。阿司匹林 100 mg/d、氯吡格雷 75 mg/d 口服 5 d 以上,且完善血小板功能检查,不存在阿司匹林和氯吡格雷抵抗。尽早启动强化他汀治疗,控制好血压、血糖、血脂^[2]。(2)手术结束后立即行头颅 CT 检查,排除颅内出血。术后即刻头颅 CT 排除出血,要静脉给予替罗非班 24~48 h,预防再通血管处急性血栓形成^[3]。(3)严格控制血压。控制血压是预防再通术后高灌注综合征的主要措施,强调个体化控制血压,将血压控制在患者术前基础血压的 2/3 水平^[3]。(4)术后继续服用双联抗血小板药物 6 个月,对于阿司匹林不能耐受者,可替换为替格瑞洛或西洛他唑。对于氯吡格雷抵抗的患者,可适当增加药物剂量。(5)术后 1 周行头颅 MRI 及磁共振血管成像检查,评估再通血管情况及有无新发梗死灶。(6)术后进行脑血管病健康教育,控制三高等危险因素。强化他汀治疗对于稳定斑块十分重要,当患者不能耐受他汀类药物时,可使用烟酸类、胆固醇吸收抑制剂等。有研究认为,降脂类药物在血管内介入治疗中具有预防卒中复发的作用^[31]。

2. SNMCAO 血管内再通治疗的手术要点:SNMCAO 血管内再通治疗手术成功和安全的关键是微导丝顺利通过闭塞节段到达闭塞远端血管真腔,以避免进入夹层,导致

夹层撕裂扩大,波及远端血管,引发严重的并发症。即使成功进入真腔进行球囊扩张也需注意防止斑块脱落,以免发生栓塞,影响远端血管的正常血流。因此,SNMCAO 血管内再通治疗手术的要害是临床研究的热点^[2-5]。保证 SNMCAO 血管内再通治疗手术安全顺利进行,一定要注意以下几个环节:(1)术前要精准地个体化评估,选择适合血管内介入的 SNMCAO 进行再通治疗,也就是闭塞节段短(10 mm 以内)、闭塞血管平直、管腔内无不稳定斑块,远端血管床较好^[10]。闭塞时间≤3 个月、残端锥形化和闭塞长度<10 mm 是症状性非急性颅内大血管闭塞血管内再通技术成功的独立阳性预测因素^[32]。(2)微导丝安全通过闭塞端是 SNMCAO 血管内再通手术的关键。血管闭塞时间越长,闭塞段较长且钙化、纤维化越严重,再通过程越困难,术中应用延迟路图技术可以显示远端血管床状态,用以指导微导丝探查、前进的方向,减少微导丝穿出血管腔外的风险。而且动作要轻柔,不能暴力操作,谨防微导丝探查引起血管穿孔和剥离。难以开通时及时终止手术,避免穿孔、出血等严重并发症;双路途技术也可以为微导丝走形方向提供指导,如果 SNMCAO 患者 M2 远端的血管不是通过同侧大脑前动脉的软膜支代偿,而是通过大脑后动脉的软膜支代偿,延迟路图技术可能不能显示闭塞血管远端的状态,此时可以采用前后循环同时给予路途的双路途技术。(3)3 m 微导丝携带微导管谨慎通过闭塞段后,要撤出微导丝,用微导管低压、低量造影,确认位于血管真腔内,并观察闭塞远端血管管腔形态。(4)根据闭塞血管近端及远端血管腔直径选择合适的球囊进行扩张,一般情况下,球囊的直径要略小于闭塞血管的直径,做到亚满意扩张^[33]。(5)当再通的原闭塞段出现夹层时需置入支架补救。(6)防止闭塞段球囊扩张后栓子脱落是降低血管内再通术后栓塞并发症的关键。近端球囊保护装置可阻断前向血流,对闭塞部位扩张后通过球囊保护导管抽吸,可将脱落的栓子抽出体外,降低患者介入再通术后新发脑梗死发生率^[34]。另外,类似 Syphonet 支架远端保护技术也是长节段闭塞开通术中减少血栓及防止斑块逃逸的有效方法。陆文烜等^[35]在 9 例颅内长节段慢性闭塞患者进行血管内再通术中使用了 Syphonet 支架远端保护技术,术中 1 例发生球囊扩张后血栓逃逸,但 Syphonet 支架成功将血栓取出。Syphonet 支架远端保护技术在颅内大动脉长节段慢性闭塞开通术中具有一定的保护作用,但其使用具有一定的局限性,要求闭塞血管远端正常血管有足够的 Syphonet 支架锚定长度。

3. 手术预后相关因素分析:近年来,随着血管内介入材料的发展,神经介入技术的进步,有学者尝试对 SNMCAO 患者进行血管内介入再通治疗,结果表明,对于预计闭塞时间在 3 个月以内、闭塞节段较短(10 mm 以内)、闭塞血管平直且成角较小、远端血管床良好、闭塞血管腔内斑块相对稳定的 SNMCAO 患者,血管内再通手术成功率较高,术中、术后并发症较少^[3,10]。Xia 等^[5]对 88 例 SNMCAO 患者行前瞻性



血管内再通术,根据闭塞长度、闭塞持续时间、闭塞部位性质、闭塞部位钙化程度、闭塞部位血管角度将患者分为低、中、高3个危险组。结果88例患者中73例成功再通,15例因器械不能达到闭塞远端真腔或破坏血管而放弃再通。总技术成功率为83.0%(73/88),发生围术期并发症15例。从低危组到高危组,再通率逐渐下降,围术期并发症发生率逐渐增加,90 d mRs评分>2分的比例增加,73例再通成功者再狭窄/再闭塞率增加。闭塞长度短、闭塞持续时间短、闭塞部位斑块稳定、钙化程度低、闭塞部位血管平直的SNMCAO患者血管内再通手术是可行和安全的。SNMCAO患者经过精准的个体化评估后进行血管内介入再通治疗是安全的。

综上所述,对于SNMCAO的手术治疗,STA-MCA低流量搭桥术与血管内介入再通术各有优势。对于预计闭塞时间短、闭塞节段短、血管平直、远端血管床较好的患者,可能更倾向于血管内再通治疗,反之则选择STA-MCA低流量搭桥术。无论选择哪种治疗方式,术前一定要做到精准的个体化评估,选择个体化的手术方式,才能使SNMCAO患者最大程度地获益。但目前这两种手术方式均缺乏大型随机对照试验结果的支持,有待进一步研究。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献 黄晨阳:总结资料,分析数据撰写文章;刘廷钰:收集资料,采集数据;朱青峰:获取研究经费,论文修改及总体把关

参 考 文 献

- [1] Tang Y, Yang Y, Feng J, et al. Hybrid surgery can improve neurocognitive function in patients with internal carotid artery occlusion[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 22793. DOI: 10.1038/s41598-023-50270-6.
- [2] Xi Z, Guangxin D, He Z, et al. Safety and effectiveness assessment of endovascular recanalization for non-acute middle cerebral artery occlusion[J]. CNS Neurosci Ther, 2024, 30(3): e14426. DOI: 10.1111/cns.14426.
- [3] 郝政衡, 王伟伟, 曾海, 等. 症状性非急性期中脑中动脉闭塞血管内再通治疗效果分析[J]. 中国综合临床, 2022, 38(4): 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20220118-000020.
- [4] Hao ZH, Wang FW, Zeng H, et al. Analysis of the therapeutic effect of endovascular recanalization in symptomatic non-acute middle cerebral artery occlusion[J]. Clinical Medicine of China, 2022, 38(4): 331-337. DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20220118-000020.
- [5] Li S, Zhao W, Liu G, et al. Chronic remote ischemic conditioning for symptomatic internal carotid or middle cerebral artery occlusion: a prospective cohort study[J]. CNS Neurosci Ther, 2022, 28(9): 1365-1371. DOI: 10.1111/cns.13874.
- [6] Xia J, Li H, Zhang K, et al. Clinical study on endovascular recanalization of non-acute symptomatic middle cerebral artery occlusion[J]. Front Neurol, 2023, 13: 1036661. DOI: 10.3389/fneur.2022.1036661.
- [7] Chen S, Xia J, Xiao S, et al. Effects and safety of endovascular recanalization for non-acute symptomatic intracranial vertebral artery occlusion with different risks[J]. Medicine (Baltimore), 2024, 103(7): e36813. DOI: 10.1097/MD.00000000000036813.
- [8] 中国卒中学会, 中国卒中学会神经介入分会. 2018症状性动脉粥样硬化性非急性颅内大动脉闭塞血管内治疗中国专家共识[J]. 中国卒中杂志, 2018, 13(11): 1166-1181. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2018.11.009
- [9] Chinese stroke association, Interventional neurology branch of the Chinese stroke association. Chinese expert consensus on endovascular treatment for symptomatic intracranial atherosclerotic stenosis 2018 [J]. Chinese Journal of Stroke, 2018, 13(11): 1166-1181. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5765.2018.11.009
- [10] 中华医学会神经病学分会神经血管介入协作组, 中国医师协会神经内科医师分会神经介入专业委员会, 中国研究型医院学会介入神经病学专业委员会. 中国颅内非急性闭塞血管内介入治疗专家共识[J]. 中华内科杂志, 2020, 59(12): 932-941. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20200413-00366.
- [11] Neurovascular intervention collaborative group of the neurology branch of the Chinese Medical Association, Neurointervention professional committee of the Chinese Medical Doctor Association, Interventional neurology professional committee of the Chinese Research Hospital Association. Expert consensus on endovascular treatment for non-acute occlusion of large intracranial and extracranial arteries in China[J]. Chinese Journal of Internal Medicine, 2020, 59(12): 932-941. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20200413-00366.
- [12] Lakhani DA, Balar AB, Koneru M, et al. Pretreatment CT perfusion collateral parameters correlate with penumbra salvage in middle cerebral artery occlusion[J]. J Neuroimaging, 2024, 34(1): 44-49. DOI: 10.1111/jon.13178.
- [13] Gao F, Guo X, Han J, et al. Endovascular recanalization for symptomatic non-acute middle cerebral artery occlusion: proposal of a new angiographic classification[J]. J Neurointerv Surg, 2021, 13(10): 900-905. DOI: 10.1136/neurintsurg-2020-016692.
- [14] 朱青峰, 朱义霞, 孙奇, 等. 急性缺血性卒中血管内治疗技术研究进展[J]. 中国综合临床, 2020, 36(1): 87-91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-6315.2020.01.020.
- [15] Zhu QF, Zhu YX, Sun Q, et al. Research progress in endovascular treatment techniques for acute ischemic stroke[J]. Clinical Medicine of China, 2020, 36(1): 87-91. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1008-6315.2020.01.020.
- [16] Tian B, Li W, Wu Z, et al. A clinical study on the effect of open chronic total occlusion on hemodynamics of collateral circulation donor[J]. Clin Hemorheol Microcirc, 2021, 77(1): 83-89. DOI: 10.3233/CH-200885.
- [17] Keulards DCJ, Alsanjari O, Keeble TR, et al. Changes in coronary collateral function after successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention[J]. EuroIntervention, 2022, 18(11): e920-e928. DOI: 10.4244/EIJ-D-22-00118.
- [18] Wang N, Chen Z, Zhang S, et al. Leptomeningeal collateral flow in patients with middle cerebral artery occlusion assessed by transcranial Doppler[J]. J Neuroimaging, 2022, 32(1): 179-186. DOI: 10.1111/jon.12937.
- [19] Zhao TY, Xu GQ, Xue JY, et al. Significance of atherosclerotic plaque location in recanalizing non-acute long-segment occlusion of the internal carotid artery[J]. Sci Rep, 2024, 14(1): 10945. DOI: 10.1038/s41598-024-61938-y.
- [20] Zhang L, Pu T, Xu X, et al. Diagnostic feasibility of middle cerebral artery stenosis or occlusion evaluated by TCCS and



- CEUS: repeatability, reproducibility, and diagnostic agreement with DSA[J]. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 2024, 33(3): 107575. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2024.107575.
- [17] 黄艾华, 白帆, 朱磊, 等. 老年慢性大脑中动脉 M1 段闭塞患者的侧支循环及血流代偿研究[J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2022, 24(9): 957-960. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2022.09.016.
- Huang AH, Bai F, Zhu L, et al. Cerebral collateral circulation and blood flow compensation in elderly patients with chronic M1 segment occlusion of MCA[J]. *Chinese Journal of Geriatric Heart and Brain Vessel Disease*, 2022, 24(9): 957-960. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2022.09.016.
- [18] 朱青峰, 孙奇, 白永文. 非急性期颅内大动脉闭塞治疗现状与展望[J]. *中国综合临床*, 2021, 37(4): 370-375. DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20200511-00030.
- Zhu QF, Sun Q, Bai YW. Current status and prospects of treatment for non-acute intracranial large artery occlusion[J]. *Clinical Medicine of China*, 2021, 37(4): 370-375. DOI: 10.3760/cma.j.cn101721-20200511-00030.
- [19] Mamtilahun M, Wei Z, Qin C, et al. DL-3n-Butylphthalide improves blood-brain barrier integrity in rat after middle cerebral artery occlusion[J]. *Front Cell Neurosci*, 2021, 14: 610714. DOI: 10.3389/fncel.2020.610714.
- [20] Yang L, Li H, Wu Y, et al. Efficacy of sequential N-butylphthalide therapy on psychiatric and behavioral functions in acute ischemic stroke[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(46): e27860. DOI: 10.1097/MD.00000000000027860.
- [21] Keevil H, Phillips BE, England TJ. Remote ischemic conditioning for stroke: a critical systematic review[J]. *Int J Stroke*, 2024, 19(3): 271-279. DOI: 10.1177/17474930231191082.
- [22] Jiang B, Wang X, Ma J, et al. Remote ischemic conditioning after stroke: research progress in clinical study[J]. *CNS Neurosci Ther*, 2024, 30(4): e14507. DOI: 10.1111/cns.14507.
- [23] EC/IC bypass study group. Failure of extracranial-intracranial arterial bypass to reduce the risk of ischemic stroke. Results of an international randomized trial[J]. *N Engl J Med*, 1985, 313(19): 1191-1200. DOI: 10.1056/NEJM198511073131904.
- [24] Jo H, Lee SU, Jeong HG, et al. Long-term outcomes and quantitative radiologic analysis of extracranial-intracranial bypass for hemodynamically compromised chronic large artery occlusive disease[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 3717. DOI: 10.1038/s41598-023-30874-8.
- [25] Khan NR, Elarjani T, Jamshidi AM, et al. Direct bypass surgery for moyamoya and steno-occlusive vasculopathy: clinical outcomes, intraoperative blood flow analysis, long-term follow-up, and long-term bypass patency in a single surgeon case series of 162 procedures[J]. *World Neurosurg*, 2022, 168: e500-e517. DOI: 10.1016/j.wneu.2022.10.015.
- [26] Rice CJ, Moore NZ, Bain MD, et al. In reply: early versus delayed extracranial-intracranial bypass surgery in symptomatic atherosclerotic occlusion[J]. *Neurosurgery*, 2020, 87(1): E87. DOI: 10.1093/neuros/nyaa104.
- [27] Rice CJ, Cho SM, Taqui A, et al. Early versus delayed extracranial-intracranial bypass surgery in symptomatic atherosclerotic occlusion[J]. *Neurosurgery*, 2019, 85(5): 656-663. DOI: 10.1093/neuros/nyy411.
- [28] 佟志勇, 孙怀宇, 刘源, 等. 序贯双吻合技术治疗烟雾病的短期疗效分析[J]. *中华脑血管病杂志(电子版)*, 2021, 15(2): 88-94. DOI: 10.11817/j.issn.1673-9248.2021.02.005.
- Tong ZY, Sun HY, Liu Y, et al. Short-term outcomes of sequential double anastomosis in the treatment of moyamoya disease[J]. *Chinese Journal of Cerebrovascular Diseases (Electronic Edition)*, 2021, 15(2): 88-94. DOI: 10.11817/j.issn.1673-9248.2021.02.005.
- [29] Asadi M, Hooshmandi E, Emaminia F, et al. Safety and efficacy of remote ischemic preconditioning in patients with severe carotid artery stenosis before carotid artery stenting: a proof-of-concept, randomized controlled trial[J]. *Curr J Neurol*, 2022, 21(2): 119-124.
- [30] Ma Y, Wang T, Wang H, et al. Extracranial-intracranial bypass and risk of stroke and death in patients with symptomatic artery occlusion: the CMOSS randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2023, 330(8): 704-714. DOI: 10.1001/jama.2023.13390.
- [31] Gusler M, Razavi SM, Grossman A, et al. Basilar artery recanalization by proximal balloon occlusion and aspiration in a single vessel vertebrobasilar system: a case report[J]. *Brain Circ*, 2023, 9(2): 103-106. DOI: 10.4103/bc.bc_79_22.
- [32] Yan S, Feng H, Ma L, et al. Predictors of successful endovascular recanalization in patients with symptomatic nonacute intracranial large artery occlusion[J]. *BMC Neurol*, 2023, 23(1): 376. DOI: 10.1186/s12883-023-03424-y.
- [33] Chu X, Meng Y, Zhang J, et al. Safety and efficacy of endovascular recanalization for symptomatic non-acute atherosclerotic intracranial large artery occlusion[J]. *Front Neurol*, 2023, 14: 1144622. DOI: 10.3389/fneur.2023.1144622.
- [34] Gusler M, Razavi SM, Grossman A, et al. Basilar artery recanalization by proximal balloon occlusion and aspiration in a single vessel vertebrobasilar system: a case report[J]. *Brain Circ*, 2023, 9(2): 103-106. DOI: 10.4103/bc.bc_79_22.
- [35] 陆文烜, 张一林, 高慧丽, 等. Syphonet 支架远端保护技术在慢性颅内外动脉长节段闭塞开通术中的初步应用[J]. *中华神经外科杂志*, 2024, 40(4): 385-390. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20231017-00127.
- Lu WX, Zhang YL, Gao HL, et al. Preliminary application of the Syphonet stent distal protection technique in recanalization of chronic long-segment occlusion of intracranial and extracranial artery[J]. *Chinese Journal of Neurosurgery*, 2024, 40(4): 385-390. DOI: 10.3760/cma.j.cn112050-20231017-00127.

