

颈动脉夹层所致前循环串联病变的血管内治疗

张洪发, 罗海彦*

重庆医科大学附属第二医院神经内科, 重庆

收稿日期: 2025年2月7日; 录用日期: 2025年3月1日; 发布日期: 2025年3月7日

摘要

血管内治疗是串联闭塞所致急性缺血性卒中的一种安全有效的方式。然而颈动脉夹层引起的前循环串联闭塞性急性缺血性卒中的最佳治疗方法尚不明确。本文围绕颈动脉夹层所致前循环串联病变患者的血管内治疗进展进行综述, 旨在提高这一特殊类型患者的治疗水平。

关键词

颈动脉夹层, 串联病变, 急性缺血性卒中, 血管内治疗

Endovascular Treatment of Tandem Lesions of the Anterior Circulation Due to Carotid Artery Dissection

Hongfa Zhang, Haiyan Luo*

Department of Neurology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Feb. 7th, 2025; accepted: Mar. 1st, 2025; published: Mar. 7th, 2025

Abstract

Endovascular therapy is a safe and effective treatment for acute ischemic stroke caused by tandem lesions. However, the optimal treatment of tandem lesions of the anterior circulation due to carotid artery dissection remains uncertain. This article reviews the recent advance in endovascular therapy of tandem lesions of the anterior circulation due to carotid artery dissection, to improve the treatment standard for this special type of patients.

Keywords

Carotid Artery Dissection, Tandem Lesions, Acute Ischemic Stroke, Endovascular Treatment

*通讯作者。



1. 引言

颅内大血管闭塞导致的急性缺血性卒中(acute ischemic stroke, AIS)病情重、预后差,其治疗的关键在于早期开通闭塞血管,挽救缺血半暗带以改善患者预后[1]。其中约 20%的大血管闭塞性卒中患者会发生串联病变,为治疗带来极大挑战[2]。串联病变是指远端血管闭塞同时合并近端血管的重度狭窄(狭窄程度为 70%~90%)或闭塞,在前循环表现为颈内动脉末段、大脑中动脉或大脑前动脉闭塞合并颈内动脉重度狭窄或闭塞,与颅内单一大血管病变相比,单纯静脉溶栓治疗对串联病变患者效果不佳,早期血管内治疗(endovascular therapy, EVT)是串联闭塞患者的首选治疗方式[2] [3]。但由于串联闭塞患者病变复杂,且受到多种临床、解剖和技术考虑的因素影响,最佳的血管内治疗方式尚不清楚[4]。

引起前循环串联病变最常见的两个原因分别是动脉粥样硬化和动脉夹层。这两种病理机制具有不同的患者特征和临床预后,可能会影响 EVT 的效果[5] [6]。目前研究已证实了动脉粥样硬化性串联病变 EVT 的临床获益,由于夹层所致串联病变的患者更年轻、复发性缺血性事件的发生率较低, EVT 的风险和获益可能会有所不同[7]。本文就夹层引起的急性前循环串联病变相关 AIS 的 EVT 进行综述。

2. 病因及临床特征

颈动脉夹层是指颈部动脉内膜损伤撕脱,血液进入血管壁内形成壁内血肿,使血管壁内膜和中膜层分离,进而造成血管狭窄、闭塞或夹层动脉瘤[8]。夹层造成的管腔狭窄或闭塞会因为血栓栓塞或灌注不足而导致脑缺血症状,而壁内血肿迁移至颅内血管导致所谓的动脉-动脉栓塞是导致串联病变相关 AIS 的主要原因[9]。颈动脉夹层通常好发在颈动脉分叉远端 2 cm 或更远处,接近或毗邻颅底水平,当血液渗入血管壁内时,可形成一个假腔,当假腔不断延伸与真腔再次相连时,可在动脉中形成血流双通道,这种假腔为 EVT 增加了治疗难度[10]。

颈动脉夹层好发于年轻人,在青年卒中人群(≤ 50 岁)中颈动脉夹层的比例可高达 25% [11]。颈动脉夹层所致串联病变的整体人群发病率既往文献并未统计,但 TITAN 研究结果显示,夹层可占串联病变病因的 20%~30% [12]。除了颈部外伤外,夹层可能还与高血压、肌纤维发育不良、感染、偏头痛、高同型半胱氨酸血症、遗传等相关[13]。未发生缺血性卒中的颈动脉夹层患者因其症状缺乏特异性(例如头痛、颈部疼痛、头晕和耳鸣)往往为诊断带来极大的挑战,而夹层引起的串联病变通常表现为与大血管闭塞性卒中类似的严重卒中症状[10] [14]。

在急性大血管闭塞性卒中的识别和诊断中,磁共振血管成像(magnetic resonance angiography, MRA)和计算机断层扫描血管造影(computed tomography angiography, CTA)是常用的无创检查手段,而数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)被认为是血管诊断的金标准[15]。夹层患者的 DSA 在颈内动脉病变处可以表现为锥形或火焰状狭窄或闭塞,病变部位常位于岩骨段及以远。此外夹层特征性改变如双腔征及不规则的“串珠状”或“玫瑰花状”也可能被发现,但这些特征并不太常见[16] [17]。然而, DSA 在显示动脉壁信息(即壁内血肿)方面存在一定局限性[17]。在 CT 平扫上,通过颅底轴向切片有时可以识别颈内动脉壁间血肿,表现为高密度或组织等密度的新月形或外皮征[18]。CTA 作为一种无创替代 DSA 的方法,同样可清楚显示管腔轮廓,但可能存在较高的假阳性或假阴性率[17]。相比之下, MRA 在识别壁内血肿方面可能优于 CTA,尤其是结合轴向脂肪抑制 T1 加权图像的高分辨率 MRI 血管壁成像可

直观显示血管管腔和管壁, 对夹层的诊断具有重要价值[19][20]。

3. 治疗策略

颈动脉夹层串联病变表现为颈内动脉严重狭窄或闭塞, 伴颅内血管闭塞[21]。因夹层特殊的病理机制及串联闭塞患者病变复杂, 其最佳的 EVT 方式及围手术期管理尚不清楚。治疗策略的要点在于 EVT 的远近端病变处理顺序、近端以及远端血管的处理方式和围术期抗栓治疗。

3.1. 血管内治疗的远近端处理顺序

对于串联病变的治疗, 最佳治疗顺序(顺向/逆向)的选择存在争议[22][23]。尽管针对夹层相关串联病变的临床试验较为有限, 但现有的一些研究更倾向于支持逆向开通策略, 即优先开通闭塞的颅内血管[7][9][21][24]。首先, 逆行技术能够缩短颅内血管再通时间, 通过 Willis 环更早实现脑组织的缺血再灌注。如果夹层范围较广, 颈动脉支架在夹层血管处的放置可能面临技术上的困难。与之相比, 顺向治疗需先处理颈部病变再进行颅内血管再通, 这可能会延长脑缺血的持续时间, 导致更大的梗死核心体积[24]。其次, 由于远端颅内血管闭塞, 可能导致颈部假性闭塞或狭窄夸大, 逆向开通可以在开通颅内病变后更准确地评估颈部情况, 避免不必要的颈动脉支架植入[21]。此外, 在某些情况下, 仅通过导管穿过颈动脉病变进入颅内血栓就足以扩大狭窄或闭塞, 并有可能避免支架置入的需要。同时, 逆向开通还可避免可回收支架在已安置的颈动脉支架中潜在的牵扯或断裂风险[22]。最后, 颈部夹层的支架植入可能促使壁内血肿的迁移和原位血栓的恶化。重新建立前向颈动脉血流同样可能会引起颅内血栓向远端迁移, 使取栓更加困难。并且在手术早期放置颈动脉支架可能激活颈动脉窦压力感受器而出现潜在的血流动力学不稳定, 导致脑的低灌注加重[25]。然而, 逆向开通也存在风险, 例如导管在病变处反复通过可能加重夹层甚至导致穿孔。此外, 在某些情况下, 如夹层导致导管无法通过真腔到达远端颅内病变, 可能需要顺向治疗策略[12][25]。目前, 针对夹层相关串联闭塞的研究及病例数据较少, 尚不足以提供充足的证据证明逆向开通的安全性和有效性, 未来仍需要更多的研究验证并优化相关治疗策略。

3.2. 近端血管病变的处理方式

对于颈动脉近端狭窄的处理, 通常采用颈动脉支架置入术或球囊扩张血管成形术。对于动脉粥样硬化性串联病变, 优先使用球囊扩张, 因其可以避免不必要的支架置入; 而对于动脉夹层引起的串联病变, 则应尽量减少球囊扩张的使用, 以降低夹层再撕裂的风险, 这种策略有助于提高血管成功再通的可能性[26][27]。一些研究认为急性颈动脉支架植入对串联闭塞患者具有积极作用, 然而这些研究大多数纳入的是动脉粥样硬化性病变的患者[28][29]。另外, 目前的几项针对夹层串联病变的研究为保守治疗的优越性提供了论据。在一项纳入 136 例颈动脉夹层导致串联闭塞的患者的队列研究中, 65 例患者行颈动脉支架植入术, 尽管支架组比未支架组有更高比例的良好再通率(89.2% vs 67.6%, $p = 0.004$), 但良好预后的比例并未显著改善(54.3% vs 61.4%, $p = 0.41$) [21]。类似的结果也在 Zhang 等[7]的队列研究中得到了验证, 该研究纳入 34 例夹层导致串联闭塞的患者, 仅对 6 例患者行颈动脉支架植入术, 未支架组良好预后的比例高于支架组(60.7% vs 50%)。一项关于颈动脉夹层支架治疗的 Meta 分析的串联病变的亚组分析同样未发现急性颈动脉支架植入的优势, 但对于药物治疗失败的患者, 颈动脉支架治疗可能具有一定价值[14]。

颈内动脉夹层的急性支架置入术不太常见, 主要有以下几个原因。首先是解剖学上的考虑, 夹层导致颈内动脉的剥离节段可能长而曲折, 有时很难准确找到血管的真腔, 如果对颈动脉夹层进行支架置入, 必须首先确定真正的管腔, 并且可能需要多个支架来重建动脉[30]。其次, 术者通常依据影像学检查评估的颈部狭窄情况和 Willis 环的功能来决定是否进行颈动脉支架植入[24]。在许多情况下, 颅内再通过程中导管顺利通过颈部病变后足以重新打开闭塞的管腔, 恢复有效的血流, 此时并不需要进一步的支架置入。

[24]。在一些研究中发现, 颈部夹层性串联闭塞的患者通常保持 Willis 环的开放, 这也减少了术者进行急性的颈动脉支架植入的必要性[21]。此外, 如果颅内血管再通失败, 考虑到血管内治疗的风险和患者可能从治疗中获得的有限益处, 以及脑梗死体积的进展, 术者往往不愿意进行颈部病变的支架治疗[21]。最后, 急性颈动脉支架植入术后相关的抗血栓治疗可能因脑出血潜在风险而受到限制[31]。另外, 患者的夹层病变可能具有自发愈合与再通的能力, 颈动脉支架的延迟闭塞率也不容忽视[17][32]。因此, 对于夹层患者来说, 避免常规的颈内动脉支架置入似乎是一种较为安全的方法。

3.3. 远端血管的处理方式

颅内闭塞的处理方式包括支架取栓、导管抽吸取栓以及两者结合的方式来开通血管。当前关于直接抽吸取栓术和支架取栓效果的研究显示, 对于前循环急性大血管闭塞患者, 两种取栓方式的血管成功再通率和 3 个月神经功能预后方面的差异无统计学意义[33][34]。然而, 值得注意的是, 抽吸取栓的手术时间明显短于支架取栓, 且抽吸取栓可能更适用于心源性栓塞的患者[9][25][33]。对于夹层导致的颅内闭塞, 其往往是颈部血管壁内血肿的迁移所致, 栓塞血栓多为质地较软的红色血栓, 因此抽吸取栓在夹层性串联闭塞这一特殊类型中可能具有一定临床价值[9][35]。不过, 这一结论仍需进一步研究加以验证。

3.4. 围术期抗栓治疗

在串联病变的血管内治疗围术期, 抗栓治疗是一个重要的问题。颈动脉夹层的抗栓治疗主要旨在预防夹层所致的缺血性卒中事件[17], 而急诊颈动脉支架置入后的抗栓治疗则侧重于降低急性支架内血栓形成所引发的新的远端血栓栓塞或支架闭塞的风险[32]。抗栓治疗方案多种多样, 常见的包括阿司匹林和(或)与不同剂量的氯吡格雷联合应用, 以及应用膜糖蛋白 IIb/IIIa 抑制剂和肝素[28][36]。不同治疗方案的选择必须根据患者的具体情况权衡利弊。

目前夹层性串联病变研究较少, 抗栓方案主要依赖颈动脉夹层和串联病变两类疾病的治疗经验。一些研究发现, 针对颈动脉夹层患者, 抗凝治疗与抗血小板治疗对比, 抗凝治疗在急性期降低卒中发生风险方面优于抗血小板治疗, 但颅内出血风险较高[37][38]。抗凝治疗可能更适合存在颈动脉夹层所致血管严重狭窄/闭塞或管腔内血栓形成等高危因素且出血风险较小的患者[39]。但也有一些研究认为, 抗凝治疗和抗板治疗在缺血/出血事件以及临床预后方面没有显著差异[40]。目前颈部夹层治疗指南[17]推荐在夹层形成急性期使用抗凝或抗血小板治疗(I 级推荐, B 级证据), 临床上需结合具体情况选择不同的抗栓方案; 目前关于串联病变围术期的最佳抗栓方案仍不明确[41]。目前有研究发现在前循环串联闭塞卒中的血管内治疗中, 围手术期使用低剂量肝素(1500~2500 IU 静脉注射)并未增加颅内出血风险, 但对患者功能结局未见明显改善[42]。另外 Neuberger 等[43]的研究结果提示替罗非班或双联抗血小板治疗对出血和患者功能结局无明显影响。因此, 最佳的抗栓治疗的方案还需更多研究来探索。

4. 结论和未来方向

EVT 是颈动脉夹层性前循环串联闭塞的一种安全且有效的手段。目前的一些观察性研究结果更支持逆向开通与保守的颈动脉支架治疗, 但最佳的 EVT 方式仍无统一意见, 术者仍需根据患者的具体情况进行治疗。由于缺乏足够的证据, 围术期抗栓管理尚未形成共识, 术者需权衡患者术后发生缺血及出血事件的风险, 制定个体化的抗栓方案。总之, 夹层性串联闭塞的最佳治疗方案仍无统一意见, 未来还需要更多的临床研究以便更好地造福患者。

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.
- [2] Jadhav, A.P., Zaidat, O.O., Liebeskind, D.S., Yavagal, D.R., Haussen, D.C., Hellinger, F.R., *et al.* (2019) Emergent Management of Tandem Lesions in Acute Ischemic Stroke. *Stroke*, **50**, 428-433. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.118.021893>
 - [3] Kim, Y.S., Garami, Z., Mikulik, R., Molina, C.A. and Alexandrov, A.V. (2005) Early Recanalization Rates and Clinical Outcomes in Patients with Tandem Internal Carotid Artery/middle Cerebral Artery Occlusion and Isolated Middle Cerebral Artery Occlusion. *Stroke*, **36**, 869-871. <https://doi.org/10.1161/01.str.0000160007.57787.4c>
 - [4] Anadani, M., Marnat, G., Consoli, A., Papanagiotou, P., Nogueira, R.G., Siddiqui, A., *et al.* (2021) Endovascular Therapy of Anterior Circulation Tandem Occlusions. *Stroke*, **52**, 3097-3105. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.033032>
 - [5] Da Ros, V., Scaggiante, J., Pitocchi, F., Sallustio, F., Lattanzi, S., Umana, G.E., *et al.* (2021) Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke with Tandem Occlusions: Impact of Extracranial Carotid Lesion Etiology on Endovascular Management and Outcome. *Neurosurgical Focus*, **51**, E6. <https://doi.org/10.3171/2021.4.focus21111>
 - [6] Da Ros, V., Puseddu, F., Lattanzi, S., Scaggiante, J., Sallustio, F., Marrama, F., *et al.* (2022) Endovascular Treatment of Patients with Acute Ischemic Stroke and Tandem Occlusion Due to Internal Carotid Artery Dissection: A Multicenter Experience. *The Neuroradiology Journal*, **36**, 86-93. <https://doi.org/10.1177/19714009221108673>
 - [7] Zhang, L., Trippier, S., Banerjee, S., Xu, T., Leyon, J., Taylor, E., *et al.* (2023) Dissection-Related Tandem Occlusion May Be Different from Atherothrombotic Tandem Occlusion. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **32**, Article ID: 106910. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2022.106910>
 - [8] Engelter, S.T., Lyrer, P. and Traenka, C. (2021) Cervical and Intracranial Artery Dissections. *Therapeutic Advances in Neurological Disorders*, **14**, 1-11. <https://doi.org/10.1177/17562864211037238>
 - [9] Marnat, G., Mourand, I., Eker, O., Machi, P., Arquizan, C., Riquelme, C., *et al.* (2016) Endovascular Management of Tandem Occlusion Stroke Related to Internal Carotid Artery Dissection Using a Distal to Proximal Approach: Insight from the RECAST Study. *American Journal of Neuroradiology*, **37**, 1281-1288. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a4752>
 - [10] Debette, S., Mazighi, M., Bijlenga, P., Pezzini, A., Koga, M., Bersano, A., *et al.* (2021) ESO Guideline for the Management of Extracranial and Intracranial Artery Dissection. *European Stroke Journal*, **6**, 39-88. <https://doi.org/10.1177/239698732111046475>
 - [11] Yaghi, S., Engelter, S., Del Brutto, V.J., Field, T.S., Jadhav, A.P., Kicieliński, K., *et al.* (2024) Treatment and Outcomes of Cervical Artery Dissection in Adults: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Stroke*, **55**, e91-e106. <https://doi.org/10.1161/str.0000000000000457>
 - [12] 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.
 - [13] Debette, S. and Leys, D. (2009) Cervical-Artery Dissections: Predisposing Factors, Diagnosis, and Outcome. *The Lancet Neurology*, **8**, 668-678. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(09\)70084-5](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(09)70084-5)
 - [14] Bontinis, V., Antonopoulos, C.N., Bontinis, A., Koutsoumpelis, A., Zymvragoudakis, V., Rafailidis, V., *et al.* (2022) A Systematic Review and Meta-Analysis of Carotid Artery Stenting for the Treatment of Cervical Carotid Artery Dissection. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, **64**, 299-308. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2022.07.048>
 - [15] Provenzale, J.M. and Sarikaya, B. (2009) Comparison of Test Performance Characteristics of MRI, MR Angiography, and CT Angiography in the Diagnosis of Carotid and Vertebral Artery Dissection: A Review of the Medical Literature. *American Journal of Roentgenology*, **193**, 1167-1174. <https://doi.org/10.2214/ajr.08.1688>
 - [16] Downer, J., Nadarajah, M., Briggs, E., Wrigley, P. and McAuliffe, W. (2014) The Location of Origin of Spontaneous Extracranial Internal Carotid Artery Dissection Is Adjacent to the Skull Base. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, **58**, 408-414. <https://doi.org/10.1111/1754-9485.12170>
 - [17] 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[J]. 中华神经科杂志, 2024(8): 813-829.
 - [18] Poppe, A.Y., Jacquin, G., Roy, D., Stapf, C. and Derex, L. (2020) Tandem Carotid Lesions in Acute Ischemic Stroke: Mechanisms, Therapeutic Challenges, and Future Directions. *American Journal of Neuroradiology*, **41**, 1142-1148. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a6582>
 - [19] Hosoki, S., Fukuda-Doi, M., Miwa, K., Yoshimura, S., Morita, Y., Chiba, T., *et al.* (2023) Sequential Detection Rates of Intramural Hematoma for Diagnosing Spontaneous Intracranial Artery Dissection. *European Journal of Neurology*, **30**, 1320-1326. <https://doi.org/10.1111/ene.15715>
 - [20] Shi, Z., Tian, X., Tian, B., Meddings, Z., Zhang, X., Li, J., *et al.* (2021) Identification of High Risk Clinical and Imaging Features for Intracranial Artery Dissection Using High-Resolution Cardiovascular Magnetic Resonance. *Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance*, **23**, 74. <https://doi.org/10.1186/s12968-021-00766-9>
 - [21] Marnat, G., Lapergue, B., Sibon, I., Gariel, F., Bourcier, R., Kyheng, M., *et al.* (2020) Safety and Outcome of Carotid Dissection Stenting during the Treatment of Tandem Occlusions: A Pooled Analysis of TITAN and ETIS. *Stroke*, **51**,

- 3713-3718. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.030038>
- [22] Feil, K., Herzberg, M., Dorn, F., Tiedt, S., Küpper, C., Thunstedt, D.C., *et al.* (2021) Tandem Lesions in Anterior Circulation Stroke: Analysis of the German Stroke Registry-Endovascular Treatment. *Stroke*, **52**, 1265-1275. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.120.031797>
- [23] Wilson, M.P., Murad, M.H., Krings, T., Pereira, V.M., O’Kelly, C., Rempel, J., *et al.* (2018) Management of Tandem Occlusions in Acute Ischemic Stroke—Intracranial versus Extracranial First and Extracranial Stenting versus Angioplasty Alone: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **10**, 721-728. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2017-013707>
- [24] Marnat, G., Bühlmann, M., Eker, O.F., Gralla, J., Machi, P., Fischer, U., *et al.* (2018) Multicentric Experience in Distal-To-Proximal Revascularization of Tandem Occlusion Stroke Related to Internal Carotid Artery Dissection. *American Journal of Neuroradiology*, **39**, 1093-1099. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a5640>
- [25] 高文惠, 仝海波, 王新星. 急性前循环串联病变所致急性缺血性卒中中的血管内治疗[J]. 中国临床研究, 2024, 37(7): 1124-1127.
- [26] 李佳, 郭章宝, 唐坤, 万小林, 杨运倪, 厚杰, 等. 急性前循环动脉粥样硬化和动脉夹层串联闭塞患者血管内治疗的预后分析[J]. 中华内科杂志, 2023, 62(11): 1317-1322.
- [27] Akpinar, C.K., Gürkaş, E. and Aytac, E. (2017) Carotid Angioplasty-Assisted Mechanical Thrombectomy without Urgent Stenting May Be a Better Option in Acute Tandem Occlusions. *Interventional Neuroradiology*, **23**, 405-411. <https://doi.org/10.1177/1591019917701113>
- [28] Papanagiotou, P., Haussen, D.C., Turjman, F., Labreuche, J., Piotin, M., Kastrup, A., *et al.* (2018) Carotid Stenting with Antithrombotic Agents and Intracranial Thrombectomy Leads to the Highest Recanalization Rate in Patients with Acute Stroke with Tandem Lesions. *JACC: Cardiovascular Interventions*, **11**, 1290-1299. <https://doi.org/10.1016/j.jcin.2018.05.036>
- [29] Li, W., Chen, Z., Dai, Z., Liu, R., Yin, Q., Wang, H., *et al.* (2018) Management of Acute Tandem Occlusions: Stent-Retriever Thrombectomy with Emergency Stenting or Angioplasty. *Journal of International Medical Research*, **46**, 2578-2586. <https://doi.org/10.1177/0300060518765310>
- [30] Sivan-Hoffmann, R., Gory, B., Armoiry, X., Goyal, M., Riva, R., Labeyrie, P.E., *et al.* (2016) Stent-Retriever Thrombectomy for Acute Anterior Ischemic Stroke with Tandem Occlusion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *European Radiology*, **27**, 247-254. <https://doi.org/10.1007/s00330-016-4338-y>
- [31] Zhu, F., Anadani, M., Labreuche, J., Spiotta, A., Turjman, F., Piotin, M., *et al.* (2020) Impact of Antiplatelet Therapy during Endovascular Therapy for Tandem Occlusions: A Collaborative Pooled Analysis. *Stroke*, **51**, 1522-1529. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.028231>
- [32] Pop, R., Zinchenko, I., Quenardelle, V., Mihoc, D., Manisor, M., Richter, J.S., *et al.* (2019) Predictors and Clinical Impact of Delayed Stent Thrombosis after Thrombectomy for Acute Stroke with Tandem Lesions. *American Journal of Neuroradiology*, **40**, 533-539. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a5976>
- [33] Martini, M., Mocco, J., Turk, A., Siddiqui, A.H., Fiorella, D., Hanel, R.A., *et al.* (2019) “Real-World” Comparison of First-Line Direct Aspiration and Stent Retriever Mechanical Thrombectomy for the Treatment of Acute Ischemic Stroke in the Anterior Circulation: A Multicenter International Retrospective Study. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **11**, 957-963. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2018-014624>
- [34] Hwang, Y., Kang, D., Kim, Y., Kim, Y., Park, S. and Liebeskind, D.S. (2014) Impact of Time-to-Reperfusion on Outcome in Patients with Poor Collaterals. *American Journal of Neuroradiology*, **36**, 495-500. <https://doi.org/10.3174/ajnr.a4151>
- [35] Lapergue, B., Blanc, R., Gory, B., Labreuche, J., Duhamel, A., Marnat, G., *et al.* (2017) 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. *JAMA*, **318**, 443-452. <https://doi.org/10.1001/jama.2017.9644>
- [36] Eker, O.F., Bühlmann, M., Dargazanli, C., Kaesmacher, J., Mourand, I., Gralla, J., *et al.* (2018) Endovascular Treatment of Atherosclerotic Tandem Occlusions in Anterior Circulation Stroke: Technical Aspects and Complications Compared to Isolated Intracranial Occlusions. *Frontiers in Neurology*, **9**, Article No. 1046. <https://doi.org/10.3389/fneur.2018.01046>
- [37] Engelter, S.T., Traenka, C., Gensicke, H., Schaedel, S.A., Luft, A.R., Simonetti, B.G., *et al.* (2021) Aspirin versus Anticoagulation in Cervical Artery Dissection (TREAT-CAD): An Open-Label, Randomised, Non-Inferiority Trial. *The Lancet Neurology*, **20**, 341-350. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(21\)00044-2](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(21)00044-2)
- [38] Hagrass, A.I., Almaghary, B.K., Mostafa, M.A., Elfil, M., Elsayed, S.M., Aboali, A.A., *et al.* (2022) Antiplatelets versus Anticoagulation in Cervical Artery Dissection: A Systematic Review and Meta-Analysis of 2064 Patients. *Drugs in R&D*, **22**, 187-203. <https://doi.org/10.1007/s40268-022-00398-z>
- [39] Yaghi, S., Shu, L., Mandel, D., Leon Guerrero, C.R., Henninger, N., Muppa, J., *et al.* (2024) Antithrombotic Treatment

- for Stroke Prevention in Cervical Artery Dissection: The STOP-CAD Study. *Stroke*, **55**, 908-918.
- [40] Markus, H.S., Levi, C., King, A., Madigan, J. and Norris, J. (2019) Antiplatelet Therapy vs Anticoagulation Therapy in Cervical Artery Dissection: The Cervical Artery Dissection in Stroke Study (CADISS) Randomized Clinical Trial Final Results. *JAMA Neurology*, **76**, 657-664. <https://doi.org/10.1001/jamaneurol.2019.0072>
- [41] 于明圣, 王增光, 马琳, 尹龙, 黄楹, 刘桂景, 等. 前循环串联闭塞的血管内治疗进展[J]. 中华神经医学杂志, 2024, 23(7): 748-753.
- [42] Zhu, F., Piotin, M., Steglich-Arnholm, H., Labreuche, J., Holtmannspötter, M., Taschner, C., *et al.* (2019) Periprocedural Heparin during Endovascular Treatment of Tandem Lesions in Patients with Acute Ischemic Stroke: A Propensity Score Analysis from TITAN Registry. *CardioVascular and Interventional Radiology*, **42**, 1160-1167. <https://doi.org/10.1007/s00270-019-02251-4>
- [43] Neuberger, U., Moteva, K., Vollherbst, D.F., Schönenberger, S., Reiff, T., Ringleb, P.A., *et al.* (2020) Tandem Occlusions in Acute Ischemic Stroke—Impact of Antithrombotic Medication and Complementary Heparin on Clinical Outcome and Stent Patency. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **12**, 1088-1093. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2019-015596>