

动脉粥样硬化及栓塞所致急性颅内大血管闭塞病因研究进展

王智鹏^{1,2}, 吴伟^{1,2*}, 蒋章亮², 秧茂盛³

¹吉首大学医学院, 湖南 吉首

²张家界市人民医院神经外科, 湖南 张家界

³吉首大学药学院, 湖南 吉首

收稿日期: 2024年1月7日; 录用日期: 2024年2月1日; 发布日期: 2024年2月18日

摘要

卒中是严重危害中国国民健康的重大慢性非传染性疾病, 是我国成人致死、致残的首位病因, 目前机械取栓已经成为我国急性大血管闭塞卒中病人的首选治疗方案之一, 然而, 不同病因所致的颅内大血管闭塞患者的治疗方案及预后有所不同, 如何区分不同病因所致的急性颅内大血管闭塞仍然没有一个定论。因此, 本文将对近年来动脉粥样硬化及栓塞所致的急性颅内大血管闭塞病因研究进展进行综述, 以期为临床实践提供更多参考。

关键词

颅内大血管闭塞, 颅内动脉粥样硬化性闭塞, 栓塞性闭塞

Research Progress on the Causes of Acute Intracranial Large Vessel Occlusion Caused by Atherosclerosis and Embolism

Zhipeng Wang^{1,2}, Wei Wu^{1,2*}, Zhangliang Jiang², Maosheng Yang³

¹Jishou University School of Medicine, Jishou Hunan

²Department of Neurosurgery, Zhangjiajie People's Hospital, Zhangjiajie Hunan

³Jishou University School of Pharmaceutical Sciences, Jishou Hunan

Received: Jan. 7th, 2024; accepted: Feb. 1st, 2024; published: Feb. 18th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 王智鹏, 吴伟, 蒋章亮, 秧茂盛. 动脉粥样硬化及栓塞所致急性颅内大血管闭塞病因研究进展[J]. 临床医学进展, 2024, 14(2): 2859-2865. DOI: 10.12677/acm.2024.142404

Abstract

Stroke is a serious harm to Chinese national health major chronic noncommunicable diseases, is the first cause of adult death and disability, the mechanical thrombolysis has become one of the preferred treatment of acute large vessel occlusion stroke patients in China; however, different causes of intracranial large vessel occlusion treatment and different prognosis, how to distinguish different causes of acute intracranial large vessel occlusion is still not a conclusion, therefore, this paper will in recent years of atherosclerosis and embolism caused by acute intracranial large vessel occlusion etiology progress in the review, in order to provide more reference for clinical practice.

Keywords

Intracranial Large Vessel Occlusion, Intracranial Atherosclerotic Disease Occlusions, Embolic Occlusion

Copyright © 2024 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

卒中是严重危害中国国民健康的重大慢性非传染性疾病,是我国成人致死、致残的首位病因,具有高发病率、高致残率、高死亡率、高复发率、高经济负担五大特点[1]。全球疾病负担研究数据[2]显示我国2019年缺血性卒中的发病率为145/10万,伤残生命调整年为1148/10万,出血性卒中的发病率为45/10万,伤残生命调整年为1142/10万。中国慢性病前瞻性研究[3]中数据表示在卒中后28天存活的参与者中,有41%的参与者在5年内复发,其中缺血性卒中复发率为41%,脑出血的复发率为44%,蛛网膜下腔出血的复发率为22%,未明确的卒中类型的患者复发率为40%。《中国卫生健康统计年鉴2020》[4]显示,2019年我国农村居民卒中死亡率为158.63/10万,城市居民卒中死亡率为129.41/10万。2019年我国缺血性卒中和出血性卒中患者人均住院医药费用分别为9809元和20,106元。根据CT/MRI/尸检结果,卒中分为缺血性卒中、脑出血、蛛网膜下腔出血和类型不明的卒中。其中缺血性卒中占整个卒中的70%,而急性缺血性卒中为缺血性脑卒中的重要组成[5]。此类患者往往有病情重、进展快、残疾率高、预后差等特点[6][7],而目前颅内血管内介入治疗主要是针对颅内动脉粥样硬化性大血管闭塞和栓塞性颅内大血管闭塞。我们将从以下几个方面对动脉粥样硬化及栓塞所致急性颅内大血管闭塞病因研究进行了综述,以期为临床实践提供更多参考。

2. 临床预测因素

2.1. 发病人群

急性缺血性卒中病人中,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞与栓塞性颅内大血管闭塞发病人群各异。Kim [8]与Qureshi [9]的研究发现,不同地区对于不同病因的发病率存在差异。现阶段认为,在欧美地区,栓塞性颅内大血管闭塞发病率较高;而在非洲及亚洲地区,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞发病率相较于欧美地区更高。

2.2. 发病部位

目前,多数观点认为动脉粥样硬化性闭塞主要发生在后循环及大脑中动脉 M1 段。据 Kim Y.W. [10] 的研究,约 37% 的颅内动脉粥样硬化性闭塞位于后循环区域,同时, Lee J.S. [11] 的一篇关于前循环颅内大血管闭塞的研究中,约 75.8% 的动脉粥样硬化性闭塞患者的闭塞部位为大脑中动脉 M1 段,而在栓塞性颅内大血管闭塞患者中,仅 48.7% 为大脑中动脉 M1 段。

2.3. 危险因素

心房颤动被证明对栓塞性颅内大血管闭塞具有相当不错的预测性,并且是临床常用的危险因素之一 [12] [13] [14]。尽管心房颤动与栓塞性颅内大血管闭塞的概率较高有关,但这种关联可能是间接的 [15],也就是说房颤不一定是引起栓塞性颅内大血管闭塞的直接原因。同时根据既往研究,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞组中有心房颤动病史的患者比例为 2.9% 至 25.5% [11] [16] [17],这些数据表明,在有心房颤动病史的患者中排除动脉粥样硬化性闭塞的诊断是不明智的。

在以往多数的研究中,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞患者的男性多于栓塞性颅内大血管闭塞患者 [12] [13],高血压病史及吸烟史被认为是动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞发病率的正相关因素。Ma Y.H. [18] 的荟萃分析中纳入了 17,133 名受试者的 12 项研究中,高血压具有低至中度异质性 ($P = 0.05$),使动脉粥样硬化的发生的风险几乎翻了一番 ($OR = 1.97, 95\% CI = 1.69 \sim 2.31$)。高血压会加重晚期动脉粥样硬化,降低斑块稳定性,并导致患者死亡,吸烟则会导致氧化低密度脂蛋白的产生以及脂质代谢障碍和动脉粥样硬化斑块的形成,并且与症状性颅内动脉粥样硬化呈正相关 [19] [20]。这些数据表明,高血压病史和吸烟史是颅内动脉粥样硬化的预测因素。同时 Li H. [14] 的研究通过多因素 Logistic 回归也表明高血压和吸烟与动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞的诊断相关。

3. 术前影像学评估

在当前的医疗实践中,针对颅内大血管闭塞患者的术前影像学评估,主要依赖于 CT 和 MRI 技术。一般认为,钙化、侧支循环、核心梗死体积、动脉高密度征、血栓负荷评分等影像学特征,对于揭示颅内大血管闭塞的病因具有重要的参考价值。

3.1. 血栓负荷评分

血栓负荷评分是一种基于 CT 血管造影上的一种评分方式,它将前循环的主要血管分为了 10 分,其中床突上段颈内动脉 2 分、大脑中动脉 M1 近端 2 分、M1 远端 2 分,床突下段颈内动脉 1 分、M2 上干 1 分, M2 下干 1 分,每一处血管不显影减相应的分值,较低的分值反应了更广泛的血栓,也就是说 10 分意味着不存在血管闭塞,而 0 分则意味着多段血管的完全闭塞 [21], Boodt N. [22] 的研究认为相比于心源性颅内大血管闭塞,非心源性颅内大血管闭塞往往具有更低的血栓负荷评分。

3.2. 侧支循环

目前认为侧支循环与急性颅内大血管闭塞患者的梗死面积,预后密切相关。但对于不同病因所致的侧支循环是否有区别,目前的研究相对较少, Baek [23] 等人研究了术前侧支循环在预测颅内动脉粥样硬化性闭塞中的效用。他们对 40 名颅内动脉粥样硬化性大血管闭塞患者和 186 名心源性颅内大血管闭塞患者进行的研究中,52.5% 的颅内动脉粥样硬化性患者发现了良好的侧支循环,而非动脉粥样硬化患者的这一比例为 20.4%。同时还有部分研究 [24] [25] [26] 也认为与心源性颅内大血管闭塞相比,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞似乎与更好的侧支循环有关。这在一定程度上解释了栓塞性颅内血管闭塞患者为何预后

情况较差。

3.3. 核心梗死体积

有研究表明,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞组患者的 DWI 大面积梗死的发生率较栓塞性颅内大血管闭塞组低,而缺血半暗带和多发散在的腔隙性梗死在动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞组的发生率高于栓塞性颅内大血管闭塞组。同时动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞组的梗死核心区体积明显小于栓塞性颅内大血管闭塞组(14 mL 对 54 mL, $P < 0.001$) [27]。这可能与颅内动脉粥样硬化所致的血管闭塞有良好的侧支代偿有关。但是核心梗死区对于前循环效果尚可,对于后循环容易出现假阴性。

3.4. 血管钙化

普遍观点认为,在前循环闭塞的急性缺血性卒中患者中,不同病因导致的血管钙化并无显著差异。然而,一项针对急性椎基底动脉的研究显示,在椎基底动脉急性缺血性闭塞患者中,动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞组相较于栓塞性颅内大血管闭塞组,更易出现椎基底动脉原位钙化或闭塞区域近端钙化现象($P = 0.018$) [10]。

3.5. 动脉高密度征

动脉高密度征的定义为颅内血管的高密度血栓,可以通过头部平扫 CT 进行评估,该指标最早是在 20 世纪 90 年代被确定,当时多被用来预测缺血性中风后的不良结局或并发症[28],现在有部分研究认为动脉高密度征对于颅内大血管闭塞病因的判断是有一定帮助的,Seul Kee Kim [29]的研究认为动脉高密度征阳性的患者心源性栓塞发生率更高。动脉高密度征阴性的患者中大动脉粥样硬化更为常见。同时动脉高密度征阴性的患者更常观察到潜在的严重大脑中动脉狭窄,而 Boodt N. [20]的研究则认为相比于心源性颅内大血管闭塞,动脉高密度征与非心源性颅内大血管闭塞相关,所以可能需要更进一步的研究来证明动脉高密度征与颅内大血管闭塞病因之间的关系。

4. 术中影像评估

依据术前临床预测因子及影像学评估,我们能在实施血管内治疗前对患者病情进行初步判断,区分其为动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞或栓塞性颅内大血管闭塞。此外,可通过脑血管造影及血管介入治疗过程中的影像学检查,进一步确立诊断。

4.1. 主干型闭塞

血管造影可以显示闭塞的特征,有研究[30]根据闭塞部位的局部形态将闭塞分为主干型和分支型闭塞。认为分支型闭塞为具有以下三种表现中的至少一种情况:(1) 如果闭塞累及颈内动脉分叉部,那么对侧颈内动脉血流不能通过前交通动脉动脉进入大脑中动脉或颈内动脉(T 闭塞);(2) 造影过程中,直接观察到分支部位的 Y 形或 T 形充盈缺损(Y 形或 T 形凝块);(3) 当支架在整个闭塞部位展开至一个分支时,另一个分支看不到或仅部分看到。不可见分支的血管造影区域填充缺陷是这种情况的另一个指征。而当所有主要分支及其分叉部位在闭塞段之外清晰可见时,被认为是主干型闭塞。并认为主干型闭塞是动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞的合理替代标志物。这种理论具有相当的合理性,且直观易理解。我们需认识到,在血管系统中,悬浮的血液凝块通常不会自发地停留在正常的动脉中部。相反,由于多种因素的相互作用,这些凝块更容易粘附在那些血管突然变窄或急剧转向的分叉处,也就是分支型闭塞。而大脑中动脉 M1 段和基底动脉,由于血管直,远端和近端直径变化不大,所以往往被认为更容易发生动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞,即主干型闭塞。

4.2. 微导管首过效应

在临床中部分学者认为将微导丝带微导管通过闭塞部位，然后将微导管回撤至闭塞部位的近端可以看到闭塞部位血管管腔内有缓慢和暂时的血流这个现象他们称为首过效应。Ting-Yu Yi 等[31]认为微导管首过效应与动脉粥样硬化性闭塞组之间存在显著相关性(动脉粥样硬化性闭塞组为 90.9%，非动脉粥样硬化性闭塞组为 12.8%， $P < 0.001$)，具有高灵敏度(90.9%)、高特异性(87.2%)。

4.3. 闭塞端特征

目前有部分研究根据患者术中第一次脑血管造影中观察到的血管闭塞近端特点来判断患者病因，Garcia [32]和 Jin [33]认为颅内动脉粥样硬化性闭塞的脑血管造影表现具有明显的特征性，可帮助临床医师在术中快速评估患者病因。

4.4. 血管狭窄及再闭塞

由于目前没有一个准确评估的方法，也有部分学者认为动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞的定义以下几点：1) 血管闭塞部位有显著的狭窄，狭窄率 $> 70\%$ ；2) 狭窄率 $> 50\%$ 同时伴有血流减慢或灌注受损情况或经过机械取栓后仍有再次闭塞的倾向，而栓塞性颅内大血管闭塞的定义则为在机械取栓后，血管未见明显狭窄及再闭塞倾向[34] [35]。

5. 术后病理评估

现在往往认为不同病因所致的颅内大血管闭塞血栓成份有所差异，但是目前对此并没有一个被广泛认可的结果，有时候甚至互相矛盾[36] [37] [38] [39]，这可能与取栓成功所需的手术次数有关，Duffy S. 等[40]的研究认为血栓成分的变化与手术次数密切相关，随着手术次数的增加，血栓成分的红细胞含量呈现下降趋势。同时不同研究所采取的染色方法、分析方法以及样本数量也不尽相同，这可能也是导致结果不同的原因之一。Liebeskind 等[39]认为血栓组成成分与急性缺血性脑卒中患者病因无关。Gong L.等[37]的研究针对直接机械取栓与静脉溶栓桥接机械取栓的患者进行分组研究，结果显示心源性血栓中红细胞含量较高，纤维蛋白含量较低，这一发现不受患者是否接受静脉溶栓治疗的影响。19 年一项包含 105 例卒中病人血栓的研究发现，大动脉粥样硬化性血栓比心源性血栓含有更多血小板，而其他成分则并未发现不同病因间的差异[36]。但在 2021 年的一项研究中[38]，研究人员对 441 名卒中患者的血栓进行了分析。结果表明，在动脉粥样硬化性颅内大血管闭塞患者中，血栓中红细胞的比例显著高于心源性颅内大血管闭塞患者，而白细胞及血小板的数量较低。与此同时对于无法取出动脉

6. 总结

目前对于急性大血管闭塞患者，越来越多的研究提出对于急性颅内大血管闭塞病因的判断方式，但我们在临床工作中不能过分依赖某一种单一的诊断方法还需要结合其他检查手段和临床表现，进行全面、综合的判断。

参考文献

- [1] 《中国脑卒中防治报告 2021》概要[J]. 中国脑血管病杂志, 2023, 20(11): 783-793.
- [2] GBD 2019 Stroke Collaborators (2021) Global, Regional, and National Burden of Stroke and Its Risk Factors, 1990-2019: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet Neurology*, **20**, 795-820.
- [3] Chen, Y., Wright, N., Guo, Y., *et al.* (2020) Mortality and Recurrent Vascular Events after First Incident Stroke: A 9-Year Community-Based Study of 0.5 Million Chinese Adults. *The Lancet Global Health*, **8**, E580-E590. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30069-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30069-3)

- [4] 国家卫生健康委员会. 中国卫生健康统计年鉴 2020[M]. 北京: 中国协和医科大学出版社, 2020: 279-295.
- [5] Wang, W., Jiang, B., Sun, H., *et al.* (2017) Prevalence, Incidence, and Mortality of Stroke in China: Results from a Nationwide Population-Based Survey of 480 687 Adults. *Circulation*, **135**, 759-771. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.116.025250>
- [6] Rai, A.T., Seldon, A.E., Boo, S., *et al.* (2017) A Population-Based Incidence of Acute Large Vessel Occlusions and Thrombectomy Eligible Patients Indicates Significant Potential for Growth of Endovascular Stroke Therapy in the USA. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **9**, 722-726. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2016-012515>
- [7] 吴泳, 钟望涛, 黄汉宁. 急性大动脉闭塞性脑梗死研究进展[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2021, 24(12): 1091-1098.
- [8] Kim, B.J. and Kim, J.S. (2014) Ischemic Stroke Subtype Classification: An Asian Viewpoint. *Journal of Stroke*, **16**, 8-17. <https://doi.org/10.5853/jos.2014.16.1.8>
- [9] Qureshi, A.I. and Caplan, L.R. (2014) Intracranial Atherosclerosis. *Lancet*, **383**, 984-998. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61088-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61088-0)
- [10] Kim, Y.W., Hong, J.M., Park, D.G., *et al.* (2016) Effect of Intracranial Atherosclerotic Disease on Endovascular Treatment for Patients with Acute Vertebrobasilar Occlusion. *American Journal of Neuroradiology*, **37**, 2072-2078. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A4844>
- [11] Lee, J.S., Lee, S.J., Yoo, J.S., *et al.* (2018) Prognosis of Acute Intracranial Atherosclerosis-Related Occlusion after Endovascular Treatment. *Journal of Stroke*, **20**, 394-403. <https://doi.org/10.5853/jos.2018.01627>
- [12] Lee, J.S., Hong, J.M., Lee, K.S., *et al.* (2015) Endovascular Therapy of Cerebral Arterial Occlusions: Intracranial Atherosclerosis versus Embolism. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, **24**, 2074-2080. <https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.05.003>
- [13] Hwang, Y.H., Kim, Y.W., Kang, D.H., Kim, Y.S. and Liebeskind, D.S. (2016) Impact of Target Arterial Residual Stenosis on Outcome after Endovascular Revascularization. *Stroke*, **47**, 1850-1857. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.013046>
- [14] Li, H., Ma, H.Y., Zhang, L., *et al.* (2022) Early Diagnosis of Intracranial Atherosclerotic Large Vascular Occlusion: A Prediction Model Based on DIRECT-MT Data. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article 1026815. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1026815>
- [15] Lee, JS., 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>
- [16] Horie, N., Tateishi, Y., Morikawa, M., *et al.* (2016) Acute Stroke with Major Intracranial Vessel Occlusion: Characteristics of Cardioembolism and Atherosclerosis-Related in Situ Stenosis/Occlusion. *Journal of Clinical Neuroscience*, **32**, 24-29. <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2015.12.043>
- [17] Jia, B., Feng, L., Liebeskind, D.S., *et al.* (2018) Mechanical Thrombectomy and Rescue Therapy for Intracranial Large Artery Occlusion with Underlying Atherosclerosis. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **10**, 746-750. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2017-013489>
- [18] Ma, Y.H., Leng, X.Y., Dong, Y., *et al.* (2019) Risk Factors for Intracranial Atherosclerosis: A Systematic Review and Eta-Analysis. *Atherosclerosis*, **281**, 71-77. <https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2018.12.015>
- [19] Koga, M., Kanaoka, Y., Okamoto, M., *et al.* (2020) Varenicline Aggravates Atherosclerotic Plaque Formation in Nicotine-Pretreated ApoE Knockout Mice Due to Enhanced OxLDL Uptake by Macrophages through Downregulation of ABCA1 and ABCG1 Expression. *Journal of Pharmacological Sciences*, **142**, 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.jphs.2019.11.002>
- [20] Han, Y., Zhang, R., Yang, D., *et al.* (2022) Risk Factors for Asymptomatic and Symptomatic Intracranial Atherosclerosis Determined by Magnetic Resonance Vessel Wall Imaging in Chinese Population: A Case-Control Study. *Therapeutics and Clinical Risk Management*, **18**, 61-70. <https://doi.org/10.2147/TCRM.S335401>
- [21] Puetz, V., Dzialowski, I., Hill, M.D., *et al.* (2008) Intracranial Thrombus Extent Predicts Clinical Outcome, Final Infarct Size and Hemorrhagic Transformation in Ischemic Stroke: The Clot Burden Score. *International Journal of Stroke*, **3**, 230-236. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2008.00221.x>
- [22] Boodt, N., Compagne, K.C.J., Dutra, B.G., *et al.* (2020) Stroke Etiology and Thrombus Computed Tomography Characteristics in Patients with Acute Ischemic Stroke: A MR CLEAN Registry Substudy. *Stroke*, **51**, 1727-1735. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.027749>
- [23] Baek, J.H., Kim, B.M., Kim, J.W., *et al.* (2020) Utility of Leptomeningeal Collaterals in Predicting Intracranial Atherosclerosis-Related Large Vessel Occlusion in Endovascular Treatment. *Journal of Clinical Medicine*, **9**, Article 2784. <https://doi.org/10.3390/jcm9092784>
- [24] Rebello, L.C., Bouslama, M., Haussen, D.C., *et al.* (2017) Stroke Etiology and Collaterals: Atheroembolic Strokes Have Greater Collateral Recruitment than Cardioembolic Strokes. *European Journal of Neurology*, **24**, 762-767.

- <https://doi.org/10.1111/ene.13287>
- [25] Guglielmi, V., LeCouffe, N.E., Zinkstok, S.M., *et al.* (2019) Collateral Circulation and Outcome in Atherosclerotic versus Cardioembolic Cerebral Large Vessel Occlusion. *Stroke*, **50**, 3360-3368. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.119.026299>
- [26] 何亚玲, 沈雪阳, 胡志林, 等. 大动脉粥样硬化与心源性栓塞所致急性前循环颅内大血管闭塞患者侧支循环的差异及其影响因素[J]. 解放军医学杂志, 2022, 47(5): 479-485.
- [27] Suh, H.I., Hong, J.M., Lee, K.S., *et al.* (2016) Imaging Predictors for Atherosclerosis-Related Intracranial Large Artery Occlusions in Acute Anterior Circulation Stroke. *Journal of Stroke*, **18**, 352-354. <https://doi.org/10.5853/jos.2016.00283>
- [28] Berge, E., Nakstad, P.H., Sandset, P.M. and HAEST Study Group (2001) Large Middle Cerebral Artery Infarctions and the Hyperdense Middle Cerebral Artery Sign in Patients with Atrial Fibrillation. *Acta Radiologica*, **42**, 261-268. <https://doi.org/10.1080/028418501127346800>
- [29] Kim, S.K., Baek, B.H., Lee, Y.Y. and Yoon, W. (2017) Clinical Implications of CT Hyperdense Artery Sign in Patients with Acute Middle Cerebral Artery Occlusion in the Era of Modern Mechanical Thrombectomy. *Journal of Neurology*, **264**, 2450-2456. <https://doi.org/10.1007/s00415-017-8655-0>
- [30] Baek, J.H., Kim, B.M., Kim, D.J., *et al.* (2016) Importance of Truncal-Type Occlusion in Stentriever-Based Thrombectomy for Acute Stroke. *Neurology*, **87**, 1542-1550. <https://doi.org/10.1212/WNL.0000000000003202>
- [31] Yi, T.Y., Chen, W.H., Wu, Y.M., *et al.* (2019) Microcatheter “First-Pass Effect” Predicts Acute Intracranial Artery Atherosclerotic Disease-Related Occlusion. *Neurosurgery*, **84**, 1296-1305. <https://doi.org/10.1093/neuros/nyy183>
- [32] Garcia-Bermejo, P., Patro, S.N., Ahmed, A.Z., *et al.* (2019) Baseline Occlusion Angiographic Appearance on Mechanical Thrombectomy Suggests Underlying Etiology and Outcome. *Frontiers in Neurology*, **10**, Article 499. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00499>
- [33] Jin, X., Shi, F., Chen, Y., Zheng, X. and Zhang, J. (2020) Jet-Like Appearance in Angiography as a Predictive Image Marker for the Occlusion of Intracranial Atherosclerotic Stenosis. *Frontiers in Neurology*, **11**, Article 575567. <https://doi.org/10.3389/fneur.2020.575567>
- [34] Wu, L., Rajah, G.B., Cosky, E.E., *et al.* (2021) Outcomes in Endovascular Therapy for Basilar Artery Occlusion: Intracranial Atherosclerotic Disease vs. Embolism. *Aging and Disease*, **12**, 404-414. <https://doi.org/10.14336/AD.2020.0704>
- [35] 杨文进. 颅内动脉粥样硬化相关急性大血管闭塞血管内治疗疗效研究[D]: [博士学位论文]. 重庆: 中国人民解放军海军军医大学, 2020. <https://doi.org/10.26998/D.Cnki.Gjyvu.2020.000045>
- [36] Fitzgerald, S., Dai, D., Wang, S., *et al.* (2019) Platelet-Rich Emboli in Cerebral Large Vessel Occlusion Are Associated with a Large Artery Atherosclerosis Source. *Stroke*, **50**, 1907-1910. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.024543>
- [37] Gong, L., Zheng, X., Feng, L., *et al.* (2019) Bridging Therapy versus Direct Mechanical Thrombectomy in Patients with Acute Ischemic Stroke Due To Middle Cerebral Artery Occlusion: A Clinical-Histological Analysis of Retrieved Thrombi. *Cell Transplant*, **28**, 684-690. <https://doi.org/10.1177/0963689718823206>
- [38] Fitzgerald, S., Rossi, R., Mereuta, O.M., *et al.* (2021) Per-Pass Analysis of Acute Ischemic Stroke Clots: Impact of Stroke Etiology on Extracted Clot Area and Histological Composition. *Journal of NeuroInterventional Surgery*, **13**, 1111-1116. <https://doi.org/10.1136/neurintsurg-2020-016966>
- [39] Liebeskind, D.S., Sanossian, N., Yong, W.H., *et al.* (2011) CT and MRI Early Vessel Signs Reflect Clot Composition in Acute Stroke. *Stroke*, **42**, 1237-1243. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.110.605576>
- [40] Duffy, S., McCarthy, R., Farrell, M., *et al.* (2019) Per-Pass Analysis of Thrombus Composition in Patients with Acute Ischemic Stroke Undergoing Mechanical Thrombectomy. *Stroke*, **50**, 1156-1163. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.118.023419>