

# 泛血管理念在脑血管疾病诊疗中的应用进展

王明 芦宇宁 万曙

**[摘要]** 脑血管疾病是全球致残、致死的首要病因。颅内动脉粥样硬化性狭窄的本质是全身泛血管疾病在脑部的表现,目前存在传统诊疗局部化、碎片化、学科分割等局限性。泛血管理念以全身血管一体化为核心,依托系统性动脉粥样硬化与内皮功能障碍的共同病理、跨血管床风险传导规律及共同危险因素,为脑血管病诊疗提供新方向。该理念推动诊疗模式升级:风险评估从解剖狭窄转向结构-功能-全身风险整合,引入血管内超声、光学相干断层成像、高分辨率磁共振血管壁成像及脑血流分数等技术提升精准度;治疗策略兼顾全身血管,优化降血脂、降血压、降血糖、抗血栓药物,并实现冠状动脉介入技术向脑血管领域迁移。未来,人工智能、多组学与多学科整合将进一步完善泛血管诊疗体系。泛血管理念重塑脑血管病诊疗范式,助力提升诊疗水平、降低疾病负担、改善患者远期预后。

**[关键词]** 脑血管病;颅内动脉粥样硬化性狭窄;泛血管;精准诊治

Progress in the application of the pan-vascular concept in the diagnosis and treatment of cerebrovascular diseases

WANG Ming, LU Yuning, WAN Shu

Authors' address: Brain Center, Zhejiang Hospital (Zhejiang Engineering Research Center for Precision Diagnosis and Treatment of Cerebrovascular Diseases), Hangzhou 310007, China

Corresponding author: WAN Shu, E-mail: wanshu@zju.edu.cn

**[Abstract]** Cerebrovascular disease is the leading cause of disability and death worldwide. Intracranial atherosclerotic stenosis is essentially a manifestation of systemic pan-vascular disease in the brain, while traditional diagnosis and treatment are limited by localization, fragmentation and disciplinary division. The pan-vascular concept, centered on the integration of systemic blood vessels, is based on the common pathology of systemic atherosclerosis and endothelial dysfunction, the risk transmission rule across vascular beds, and shared risk factors, providing a new approach for cerebrovascular disease management. This concept upgrades the diagnosis and treatment model: risk assessment shifts from anatomical stenosis to structure-function-systemic risk integration, with high precision improved by introducing intravascular ultrasound, optical coherence tomography, high-resolution magnetic resonance vessel wall imaging and cerebral blood flow fraction. Treatment strategies take systemic vascular health into account, optimizing lipid-lowering, antihypertensive, antidiabetic and antithrombotic medications, and transferring coronary interventional technologies to cerebrovascular field. In the future, artificial intelligence, multi-omics and multidisciplinary integration will further improve the pan-vascular diagnosis and treatment system. The pan-vascular concept reshapes the paradigm of cerebrovascular disease care, helping to elevate clinical outcomes, reduce disease burden and improve long-term prognosis.

**[Key words]** Cerebrovascular diseases; Intracranial atherosclerotic stenosis; Pan-vascular; Precision medicine

DOI: 10.12124/j.issn.2095-3933.2026.3.2026-6487

基金项目:浙江省“尖兵领雁+X”科技计划项目(2025C02151);

浙江省小而强临床创新团队项目(CXTD202501002)

作者单位:310007 杭州,浙江医院脑科中心、脑血管疾病精准医疗浙江省工程研究中心

通信作者:万曙,E-mail: wanshu@zju.edu.cn

万曙,二级教授,主任医师,博士生导师。现任浙江医院党委副书记、副院长,脑血管疾病精准医疗浙江省工程研究中心主任;浙江省“万人计划”科技创新领军人才,浙江省 551 卫生高层次人才,浙江省“小而强”临床创新团队(脑动脉狭窄)学科带头人;荣获浙江省有突出贡献中青年专家称号,享受国务院政府特殊津贴。兼任中华预防医学会灾难预防医



学分会常务委员,中国医师协会神经介入专业委员会委员,浙江省数理医学学会副理事长、脑血管病精准诊疗专业委员会主任委员,浙江省医师协会神经介入专业委员会候任主任委员,浙江省预防医学会心脑血管病防控专业委员会副主任委员。

从事神经外科工作 20 余年,在脑血管疾病和脑脊髓肿瘤微创手术方面有独到见解,尤其擅长于各种脑血管疾病的血管内介入治疗。主持国家自然科学基金项目、省自然科学基金项目、省重点研发项目及省医药卫生重大科技计划项目等近 20 项,在 *Signal Transduction and Targeted Therapy*、*Journal of Neurointerventional Surgery* 等期刊发表学术论文 100 余篇,申请国家发明专利 8 项(已授权 3 项)。现担任《心脑血管病防治》副总编,国家自然科学基金及 *Stroke Vasc Neurol Artificial Intelligence Review* 等通讯评审专家。

脑血管疾病是全球致残、致死的首要病因<sup>[1]</sup>,颅内动脉粥样硬化性狭窄是一种主要的脑血管病,其本质并非孤立的颅内血管病变,而是全身泛血管疾病在脑部的集中表现。由于传统诊疗局限于颅脑局部,往往存在学科分割、评估碎片化等问题,难以应对多血管共病与系统性风险。泛血管疾病是以动脉粥样硬化为共同病理基础,以心、脑、肾、四肢及大血管等多器官损害为主要表现的系统性血管疾病群。而泛血管理念突破单一器官与单学科边界,强调全身血管一体化评估、危险因素全域管控、跨学科技术迁移与整合式诊疗,为脑血管疾病的精准诊疗提供全新理论支撑与实践路径,故本文就泛血管理念在脑血管疾病诊疗中的应用进展作一述评。

## 1 泛血管理念的理论基础

泛血管疾病并非多个器官血管病的简单叠加,而是具有共同病理机制、危险因素与演进规律的系统性病变,这为其指导脑血管疾病诊疗提供了坚实的理论支撑。

**1.1 共同病理核心** 动脉粥样硬化是泛血管疾病最主要的病理改变,可同步累及冠状动脉(下称冠脉)、脑动脉、肾动脉及外周动脉等全身大中型动脉<sup>[2]</sup>。

内皮功能障碍是所有血管病变的始动环节与共同通路,高血压、糖尿病、血脂异常、吸烟等危险因素通过诱发慢性炎症、氧化应激与血栓前状态,进而损伤血管内皮的完整性,驱动脂质沉积、斑块形成与血管重构<sup>[3]</sup>。在分子层面,环状 RNA、嘌呤能受体等多种调控因子参与内皮炎症、增殖与凋亡网络,进一步放大全身血管损害效应<sup>[4]</sup>。内皮损伤一旦启动,可在多血管床同时或序贯发生病变,构成心脑血管共病、多器官受累的重要病理基础。

**1.2 血管事件链** 泛血管疾病遵循“血管事件链”规律,即某一血管床的缺血事件是另一血管床未来不良事件的强力预测因子。心肌梗死、卒中、外周动脉闭塞等看似独立的临床事件,本质上是同一系统性血管病变在不同部位的表现<sup>[5]</sup>。这一规律提示,对脑血管疾病的评估不能局限于颅内血管,而应主动筛查冠脉、肾动脉、外周动脉等其他血管床病变,以全局视角阻断风险传导,实现早期预警与主动防控。

**1.3 共同危险因素** 高血压、血脂异常、糖尿病、吸烟、肥胖等传统危险因素通过协同与累积效应损害全身血管,诱导动脉粥样硬化持续进展<sup>[6]</sup>。遗传研究亦证实,部分基因变异(如 RNF213 p.Arg4810Lys)可同时增加烟雾病、冠心病、肾动脉狭窄等多血管病变风险,进一步支持泛血管疾病的全身性特征<sup>[7]</sup>。因此,对相关危险因素进行早期、强化、长期、全域的干预是降低整体泛血管疾病风险、改善脑血管疾病患者远期预后的基石。

## 2 泛血管理念在脑血管疾病诊疗中的应用

泛血管理念推动脑血管疾病诊疗从“局部解剖评估”向“结构—功能—全身风险整合评估”转变,从“单一病灶处理”向“多血管床协同保护”升级,显著提升诊疗精准度与临床获益。

**2.1 风险评估体系升级** 传统评估主要依赖数字减影血管造影(digital subtraction angiography, DSA)等解剖成像,仅能判断管腔狭窄程度,难以识别斑块易损性与血流动力学意义。泛血管理念则推动冠脉成熟评估技术向脑血管领域转化,构建多维度精准分层体系。

在血管结构与斑块评估方面,血管内超声可实时显示血管壁三层结构、管腔面积、斑块形态与血管重塑模式,精准识别早期动脉粥样硬化病变,弥补 DSA 仅能显示管腔狭窄的缺陷<sup>[8-9]</sup>。虚拟组织学血管

内超声能对斑块成分进行定量分析,区分纤维、纤维脂肪、钙化与坏死核心,识别薄纤维帽粥样瘤等高危斑块,为卒中风险预测提供依据。光学相干断层成像凭借微米级超高分辨率,可精准测量斑块纤维帽厚度、判定斑块内出血与微血栓、鉴别易损斑块特征,其对狭窄截面积的测量精度显著优于 DSA<sup>[10]</sup>。高分辨率磁共振血管壁成像作为无创影像学检查手段,能够显示颅内动脉管壁增厚、斑块强化、斑块内出血等高危特征,其中斑块内出血的 T1 高信号与临床缺血事件密切相关,可用于大规模人群的无创筛查与长期随访<sup>[11]</sup>。

在血流动力学功能评估方面,将冠脉血流储备分数理念应用至脑血管,建立脑血流分数评价体系。脑血流分数通过测量狭窄远近端压力比值客观反映狭窄造成的血流动力学障碍情况,解决了传统影像学检查方法仅能评估解剖狭窄、无法判断功能意义的难题<sup>[12]</sup>。小样本临床研究证实,脑血流分数 $\leq 0.7$ 可作为颅内动脉粥样硬化性狭窄介入治疗的临界阈值,脑血流分数联合壁剪切应力检测能更精准地评估功能意义以及卒中复发风险<sup>[13]</sup>。基于 CT 血管成像、磁共振血管成像的无创脑血流分数计算技术无需压力导丝,且在降低操作风险的同时保持较高的诊断一致性,这为术前筛选适合介入的患者提供了可靠依据<sup>[14-15]</sup>。

在全身性生物标志物分层方面,超敏 C 反应蛋白、脂蛋白(a)、胱抑素 C、同型半胱氨酸等均可反映全身血管炎症与内皮功能障碍情况<sup>[16]</sup>,联合多血管床病史构建预测模型可更精准地识别卒中高危人群。全身血管炎症水平能够反映全身性血管病理生理过程,是实现风险精细化分层的关键。

**2.2 治疗策略革新** 泛血管理念强调脑血管疾病治疗必须兼顾全身血管健康,平衡多器官获益与风险,优化药物与介入治疗方案。

**2.2.1 全域危险因素管控与多靶点保护** 强化降脂以低密度脂蛋白胆固醇为核心靶点。前蛋白转化酶枯草溶菌素 9 抑制剂能降低冠脉、脑血管及外周血管不良事件的发生率<sup>[17]</sup>。血压管理策略应个体化,兼顾脑、心、肾灌注,对于合并冠心病、心力衰竭、慢性肾病的患者,优先选择血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂、钠-葡萄糖协同转运蛋白 2 抑制剂(sodium-glucose cotransporter 2 inhibitor, SGLT2i)<sup>[18-20]</sup>。降糖治疗优先选择胰高血糖素样肽-1 受体激动剂和 SGLT2i,在控制血糖的同时给予心脑血管保护<sup>[21]</sup>。抗

栓治疗应从全局考虑,对于多血管床病变患者,需合理选择双联抗血小板或抗凝方案。COMPASS 研究证实,利伐沙班联合阿司匹林可显著降低动脉粥样硬化患者卒中与心血管死亡风险<sup>[22]</sup>。

**2.2.2 跨学科技术转化与器械迭代升级** 借鉴冠脉介入研发经验,颅内支架从金属裸支架发展至药物洗脱支架,明显降低了再狭窄与缺血事件的发生率。新一代自膨式药物洗脱支架适配颅内迂曲解剖结构,其安全性和有效性进一步提升。同时,冠脉生物可吸收支架的研发思路也被引入颅内血管领域,可降解支架在完成血管支撑后逐步吸收,避免了金属支架长期存留引发的慢性炎症与内膜增生等问题,有望从根源上解决支架内再狭窄难题<sup>[23]</sup>。

### 3 讨论与展望

泛血管理念以全身血管一体化为核心,深刻重塑脑血管疾病诊疗逻辑,推动其从局部评估到全身整合、从分科割裂到多学科协同、从事件驱动到全程防控的范式革新。它不仅提升了脑血管疾病的诊断精度、风险分层能力与治疗效果,更为复杂泛血管疾病的综合防控提供了全新理论与实践范式。

目前泛血管理念在脑血管疾病领域中的应用处于快速发展阶段,未来将朝着更有深度、更体系化的方向推进,主要包括以下 4 个方面。(1)人工智能可整合基因组学、影像组学、可穿戴设备及电子健康数据,以实现个体化风险预测、治疗决策与预后评估。基于器官芯片技术的“泛血管芯片”平台,可高保真模拟血流动力学与多血管床病变,为介入器械设计、药物筛选与机制研究提供新的工具<sup>[24]</sup>。(2)多学科整合诊疗体系落地,建立实体化泛血管疾病管理中心,构建神经科、心血管科、肾内科、外周血管科、影像科等多学科协作模式,为患者提供一站式评估、一体化治疗与全周期管理,打破学科壁垒,避免诊疗碎片化。(3)标准化流程与长期管理体系完善,制定泛血管疾病统一诊疗规范与数据共享平台,优化评估路径、治疗指征与随访方案。(4)强化患者教育,提升对血管疾病全身性、终身性特点的认知,提高长期治疗依从性,真正实现从“以疾病为中心”向“以患者为中心”的转变。

随着精准医学技术不断进步、多学科协作体系日趋完善,泛血管理念将持续引领脑血管疾病诊疗迈向更高水平,为降低全球脑血管疾病负担、改善患者长期预后发挥不可替代的重要作用。

# 参 考 文 献

- [1] Global Burden of Cardiovascular Disease, Risks 2023 Collaborators. Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases and risk factors in 204 countries and territories, 1990–2023 [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2025, 86(22): 2167–2243. DOI: 10.1016/j.jacc.2025.08.015.
- [2] Xu S, Ilyas I, Little PJ, et al. Endothelial dysfunction in atherosclerotic cardiovascular diseases and beyond: from mechanism to pharmacotherapies[J]. *Pharmacol Rev*, 2021, 73(3): 924–967. DOI: 10.1124/pharmrev.120.000096.
- [3] Mather KJ, Mirzamohammadi B, Lteif A, et al. Endothelin contributes to basal vascular tone and endothelial dysfunction in human obesity and type 2 diabetes[J]. *Diabetes*, 2002, 51(12): 3517–3523. DOI: 10.2337/diabetes.51.12.3517.
- [4] Bi L, Zhu Y, Chen Z, et al. Mechanosensitive snoRNA-like circular RNA sno-circNOT1 drives endothelial dysfunction and atherosclerosis[J]. *Theranostics*, 2026, 16(6): 2665–2683. DOI: 10.7150/thno.122995.
- [5] Albar Z, Salerno P, Tashtish N, et al. Interplay between social vulnerability index and coronary artery calcium scores with major adverse cardiovascular events[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2025, 18(3): e016658. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.124.016658.
- [6] Mason RP. Optimal therapeutic strategy for treating patients with hypertension and atherosclerosis: focus on olmesartan medoxomil[J]. *Vasc Health Risk Manag*, 2011, 7: 405–416. DOI: 10.2147/VHRM.S20737.
- [7] Ok T, Jung YH, Kim J, et al. RNF213 R4810K variant in suspected unilateral moyamoya disease predicts contralateral progression[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(15): e025676. DOI: 10.1161/JAHA.122.025676.
- [8] Mishra B, Pandit AK, Miyachi S, et al. Clinical utility of intravascular ultrasound (IVUS) in carotid artery interventions: a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Endovasc Ther*, 2022, 29(5): 678–691. DOI: 10.1177/15266028211064824.
- [9] Meyers PM, Schumacher HC, Gray WA, et al. Intravascular ultrasound of symptomatic intracranial stenosis demonstrates atherosclerotic plaque with intraplaque hemorrhage: a case report[J]. *J Neuroimaging*, 2009, 19(3): 266–270. DOI: 10.1111/j.1552-6569.2008.00278.x.
- [10] Raber L, Mintz GS, Koskinas KC, et al. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(35): 3281–3300. DOI: 10.1093/eurheartj/ehy285.
- [11] Hajhosseiny R, Bahaei TS, Prieto C, et al. Molecular and non-molecular magnetic resonance coronary and carotid imaging[J]. *Arterioscler Thromb Vasc Biol*, 2019, 39(4): 569–582. DOI: 10.1161/ATVBAHA.118.311754.
- [12] Miao Z, Liebeskind DS, Lo W, et al. Fractional flow assessment for the evaluation of intracranial atherosclerosis: a feasibility study [J]. *Interv Neurol*, 2016, 5(1–2): 65–75. DOI: 10.1159/000444333.
- [13] 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. DOI: 10.1002/ccd.26414.
- [14] Leng X, Wong LK, Soo Y, et al. Signal intensity ratio as a novel measure of hemodynamic significance for intracranial atherosclerosis[J]. *Int J Stroke*, 2013, 8(7): E46. DOI: 10.1111/ijss.12080.
- [15] Huang K, Yao W, Du J, et al. Functional assessment of cerebral artery stenosis by angiography-based quantitative flow ratio: a pilot study front aging neurosci[J]. 2022, 14: 813648. DOI: 10.3389/fnagi.2022.813648.
- [16] Scanu AM. Lipoprotein(a) link between structure and pathology[J]. *Ann Epidemiol*, 1992, 2(4): 407–12. DOI: 10.1016/1047-2797(92)90089-9.
- [17] Oyama K, Giugliano RP, Tang M, et al. Effect of evolocumab on acute arterial events across all vascular territories: results from the FOURIER trial[J]. *Eur Heart J*, 2021, 42(47): 4821–4829. DOI: 10.1093/eurheartj/ehab604.
- [18] Deshmukh H, Barker E, Anbarasan T, et al. Calcium channel blockers are associated with improved survival and lower cardiovascular mortality in patients with renovascular disease[J]. *Cardiovasc Ther*, 2018, 36(6): e12474. DOI: 10.1111/1755-5922.12474.
- [19] Kelly D, Rothwell PM. Disentangling the multiple links between renal dysfunction and cerebrovascular disease[J]. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 2020, 91(1): 88–97. DOI: 10.1136/jnnp-2019-320526.
- [20] Kis M, Aydin S, Ekici B, et al. Treatment and lifestyle change recommendations by cardiologist for patients attending cardiology outpatient clinics: a TLC study[J]. *Postepy Kardiologii Interwencyjnej*, 2025, 21(1): 73–79. DOI: 10.5114/aic.2025.148114.
- [21] Gomez-Huelgas R, Sanz-Canovas J, Cobos-Palacios L, et al. Glucagon-like peptide-1 receptor agonists and sodium-glucose cotransporter 2 inhibitors for cardiovascular and renal protection: a treatment approach far beyond their glucose-lowering effect[J]. *Eur J Intern Med*, 2022, 96: 26–33. DOI: 10.1016/j.ejim.2021.11.008.
- [22] Sharma M, Hart RG, Connolly SJ, et al. Stroke outcomes in the COMPASS trial[J]. *Circulation*, 2019, 139(9): 1134–1145. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.035864.
- [23] Rola P, Włodarczyk S, Doroszkowski A, et al. The bioresorbable magnesium scaffold (magmaris)—state of the art: from basic concept to clinical application[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022, 100(6): 1051–1058. DOI:10.1002/ccd.30435.
- [24] Sabry Z, Arora HS, Chandrasekaran S, et al. AI-driven drug discovery and repurposing using multi-omics for myocardial infarction and heart failure[J]. *Explor Med*, 2025, 6: 1001340. DOI: 10.37349/emed.2025.1001340.

(本文由浙江省医学会推荐)

(收稿日期:2026-04-12)

(本文编辑:陈丹)