

血脂变异性与脑小血管病影像学标志物相关性的初步探讨

王亚雯¹, 张广玉^{2*}, 徐 明³

¹承德医学院研究生学院, 河北 承德

²沧州市人民医院神经内科七区, 河北 沧州

³沧州市人民医院心电图室, 河北 沧州

收稿日期: 2026年7月6日; 录用日期: 2026年7月29日; 发布日期: 2026年8月7日

摘 要

脑小血管病(Cerebral Small Vessel Disease, CSVD)是累及脑部微小血管的慢性脑血管疾病, 其会使患者自理能力下降, 严重影响人群健康水平, 消耗大量医疗资源, 血脂异常是CSVD病公认的危险因素, 且有相对广泛的相关报道, 但作为能够反映血脂水平在不同时间段的波动变化指标的血脂变异性, 尚未得到临床与科研领域的充分关注。本文旨在初步探讨血脂变异性与CSVD的部分影像学标志物的关系, 为进一步管理和干预提供参考。

关键词

血脂变异性, 脑小血管病

A Preliminary Study on the Association between Lipid Profile Variability and Imaging Biomarkers of Cerebral Small Vessel Disease

Yawen Wang¹, Guangyu Zhang^{2*}, Ming Xu³

¹Graduate School of Chengde Medical College, Chengde Hebei

²Department of Neurology, Ward 7, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou Hebei

³Electrocardiography Department, Cangzhou People's Hospital, Cangzhou Hebei

Received: July 6, 2026; accepted: July 29, 2026; published: August 7, 2026

*通讯作者。

文章引用: 王亚雯, 张广玉, 徐明. 血脂变异性与脑小血管病影像学标志物相关性的初步探讨[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(4): 165-169. DOI: 10.12677/jcpm.2026.54235

Abstract

Cerebral Small Vessel Disease (CSVD) is a chronic cerebrovascular disorder affecting the microvasculature of the brain. It leads to a decline in patients' ability to care for themselves, significantly impacts public health, and consumes substantial healthcare resources. Dyslipidemia is a recognized risk factor for CSVD, with relatively extensive reports on its association; however, lipid variability—an indicator reflecting fluctuations in lipid levels over time—has not yet received sufficient attention in clinical and research settings. This study aims to preliminarily explore the relationship between lipid variability and certain imaging biomarkers of CSVD, providing a reference for further management and intervention.

Keywords

Lipid Variability, Cerebral Small Vessel Disease

Copyright © 2026 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

CSVD 疾病是一种与年龄密切相关的脑微血管疾病,随着年龄增长,患者患 CSVD 疾病的概率会大幅增加[1]。伴随人口老龄化加剧及居民饮食结构的变化,CSVD 病的临床检出率逐年增高,已成为神经内科十分常见的脑血管病变[2]。其神经影像学的特征包括:脑白质高信号(White Matter Hyperintensities, WMH)、腔隙性梗死(Lacunar Infarct, LI)、血管周围间隙扩大(Enlarged Perivascular Spaces, EPVS)、脑微出血(Cerebral Microbleeds, CMB)、脑萎缩(Cerebral Atrophy, CA) [3]。有研究表明,血脂变异性与 CSVD 病部分存在相关性[4]。故本文将围绕血脂变异性与 CSVD 病的部分影像学特征论述。

2. 血脂变异性及其影响因素

血脂变异性是指在一定时间内血脂的波动程度,通过多次随访测量血脂水平,并计算其变异性参数来表示,该指标独立于血脂平均水平[5]。目前,对于血脂变异性缺少统一定义。血脂变异性主要评估指标包括 LDL-C、血清总胆固醇(Total Cholesterol, TC)、三酰甘油(Triglycerides, TG)、高密度脂蛋白胆固醇(High-Density Lipoprotein Cholesterol, HDL-C)等[6]。血脂变异性通过变异系数、标准差等方式测量[7]。饮食结构、运动习惯、肥胖、吸烟饮酒等生活方式,是影响血脂波动的重要可控因素。长期精神压力过大、情绪反复波动,也是血脂稳定性不同的内在原因。同时,各类合并用药、调脂药物的使用及治疗依从性,会直接影响血脂控制效果[8]。基因和遗传因素也与血脂代谢及波动性相关[9]。

3. 血脂变异性影响 CSVD 的机制

血脂变异性可能通过损伤血管内皮、诱发慢性炎症与氧化应激、以及破坏血脑屏障,促进 CSVD 发生。研究证明,脂质变异通过增加氧化应激和炎症信号传递,诱发内皮功能障碍[10]。低密度脂蛋白氧化产物进一步破坏内皮稳态,增强白细胞粘附,并通过小胶质细胞和星形胶质细胞激活引发慢性炎症信号[11]。患者体内抗氧化低密度脂蛋白自身抗体升高也证实免疫炎症参与病变[12]。神经炎症、氧化应激和脂质代谢紊乱共同促成血脑屏障分解,协同破坏血脑屏障,形成恶性循环[13]。故探究血脂变异性与 CSVD

的相关性具有非常重要的临床意义。

4. 血脂变异性与 WMH

WMH 是 CSVD 病神经影像标志物的其中一种类型, 且为较常见的一种。从影像学表现来看, 此类病变在 T₂ 加权像与 T₂ 液体衰减反转恢复 (FLAIR) 序列上可观察到高信号影, 在 T₁ 加权序列中, 信号多表现为等信号或低信号[14]。研究证实, WMH 体积与认知功能损害程度密切相关, 二者呈正相关关系[15]; 还有研究表明, 轻度 WMH 损害视空间和执行功能, 中重度累及多认知域且易进展为痴呆[16]。这使患者独立生活、与人交流的能力持续下降, 身心健康与生活质量均受到严重影响, 给患者日常生活带来诸多不便与沉重负担。研究发现, LDL-C 的就诊变异性较高, 独立于平均 LDL-C 水平和他汀治疗, 与认知能力下降、脑血流减少以及白质高强度负荷增加相关[17]。LDL-C 属于核心血脂指标, 其水平波动是血脂变异性的的重要组成部分, 这也从侧面说明, 血脂整体的波动状态与 WMH 病变密切相关。

5. 血脂与 CSVD 病的其他影像学特征

LI 和 CMB 为临床常见的 CSVD 疾病[18]。LI 属于脑深部小血管闭塞所致的缺血性病灶, 影像学表现为直径小于 1.5 cm 的小囊性病变, 常见累及部位包括基底节、内囊、放射冠、丘脑、脑干及小脑[19]。LI 具有发病率高、病灶细小的特点, 其病情可呈进展性发展, 加重神经功能损伤, 使致残率增高, 对患者生命健康造成严重威胁[20]。其常见临床症状有头晕头痛、肢体麻木、眩晕、记忆力减退、反应迟钝、抽搐、痴呆等, 多无意识障碍, 精神症状。主要体征为舌僵、说话笨拙, 语调语音变化, 轻微中枢性面舌瘫, 偏侧肢体轻瘫或感觉障碍, 部分病例可见病理征阳性[21]。研究表明, 血脂中 LDL-C 对 LI 发生的影响程度及对预测 LI 发生的诊断价值最大[22]。

CMB 是 CSVD 病神经影像学的一个亚型, 是由于各种病因导致脑内微小血管病变出血的脑实质亚临床损害[23]。其病理特征是有含铁血黄素的巨噬细胞在病变 CSVD 周围的沉积[24]。CMB 超过一定程度会增加脑出血及缺血性卒中复发的风险[25]。其存在提示已发生较为严重的脑微血管病变, 并显著增加再出血风险[26]。存在 CMB 的患者, 多出现头痛、头晕、记忆力减退、注意力不集中、认知功能下降等症状[27]。这极大降低了患者的幸福感。有研究表明低总胆固醇为 CMBs 发生的独立危险因素, 对其进行有效干预可能对防止此类病变的发生有一定的临床意义[28]。

CA 发生的重要病理过程是在缺血缺氧、炎症介质、异常代谢产物以及氧自由基等多种有害因素的共同作用下, 神经细胞代谢出现异常, 并进一步进展为细胞变性、坏死[29], CA 也是导致脑体积减小也是评估人类痴呆发生与严重程度的关键影像学指标之一[30]。随着 CA 的进展, 患者会在多个方面受到影响, 严重干扰了他们的社交活动和正常生活状态, 更严重者可能会长期卧床而瘫痪, 导致生活质量急剧下降, 鉴于此, 及早诊断 CA 至关重要[31]。研究表明 CA 患者的 LDL-C 水平较低, 这进一步增加了 LDL-C 水平较低与 CA 及可能认知功能障碍之间的关联[32]。

既往研究表明, 血脂与 LI、CMB 及 CA 均存在明确关联。然而, 需要指出的是, 上述论述均基于血脂的静态水平, 截止至目前为止极少研究直接探讨血脂变异性(即一定时间内血脂的波动程度)与这几种影像学标志物的独立关系。

6. 血脂变异性的未来及展望

结合该领域研究现状, 后续相关研究仍需进一步优化研究方案。参照《中国血脂管理指南(2023)》随访标准, 建议设置 3~6 个月的血脂检测间隔并开展多次采血复测[33]。统计方面: 建议优先采用前瞻性队列研究设计, 弥补回顾性研究存在的偏倚缺陷, 优先选用标准差、变异系数等统计指标; 需要重点控制

年龄、性别、烟酒史、血压血糖、基线血脂、降脂药物依从性等混杂因素[34], 进一步探究血脂变异性与各类脑小血管病影像学标志物的联系。

7. 小结

总而言之, CSVD 具有致残率高的特点, 容易引发认知障碍、卒中与痴呆, 大大降低了患者的生活质量和幸福感, 然而, 现阶段研究现状呈现出明显的不均衡性即血脂变异性与 WMH 的关联已得到相关文献支持, 具有相应的理论基础; 但该指标与 LI、CMB 及 CA 的相关性尚不明确, 研究证据较少, 难以完整解释血脂波动对 CSVD 病的影响。未来临床及研究可以重点研究血脂变异性与 CSVD 病的各个影像学标志物的相关性, 通过大量收集样本、更长时间投入到研究中去, 进一步证实血脂变异性与不同类型 CSVD 病影像学特征的独立相关性。为临床早期识别高危人群、制定个性化的血脂稳定方案、延缓 CSVD 病病程进展、提高患者幸福感, 提供全新诊疗思路。

参考文献

- [1] Hainsworth, A.H., Markus, H.S. and Schneider, J.A. (2024) Cerebral Small Vessel Disease, Hypertension, and Vascular Contributions to Cognitive Impairment and Dementia. *Hypertension*, **81**, 75-86. <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.123.19943>
- [2] 王娇, 杨飞. 磁共振成像技术对急性缺血性脑血管病的诊断进展[J]. 中国医疗器械信息, 2022, 28(8): 19-21.
- [3] Wardlaw, J.M., Smith, E.E., Biessels, G.J., Cordonnier, C., Fazekas, F., Frayne, R., *et al.* (2013) Neuroimaging Standards for Research into Small Vessel Disease and Its Contribution to Ageing and Neurodegeneration. *The Lancet Neurology*, **12**, 822-838. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(13\)70124-8](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(13)70124-8)
- [4] Kalani, R., Bartz, T.M., Suchy-Dacey, A., Elkind, M.S.V., Psaty, B.M., Leung, L.Y., *et al.* (2020) Cholesterol Variability and Cranial Magnetic Resonance Imaging Findings in Older Adults: The Cardiovascular Health Study. *Stroke*, **51**, 69-74. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.119.026698>
- [5] 周晗晓, 张广玉. 血脂变异性与动脉粥样硬化性心血管疾病[J]. 国际心血管病杂志, 2025, 52(6): 381-384.
- [6] 王国峰, 吕舒, 肖金潭, 等. 血脂变异性与心血管疾病的研究进展[J]. 中国心血管杂志, 2025, 30(2): 227-231.
- [7] Manemann, S.M., Bielinski, S.J., Moser, E.D., St. Sauver, J.L., Takahashi, P.Y., Roger, V.L., *et al.* (2023) Variability in Lipid Levels and Risk for Cardiovascular Disease: An Electronic Health Record-Based Population Cohort Study. *Journal of the American Heart Association*, **12**, e027639. <https://doi.org/10.1161/jaha.122.027639>
- [8] 刘振东. 血脂随访变异性与老年人动脉粥样硬化性心血管事件风险[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2022, 24(5): 453-455.
- [9] Smit, R.A.J., Jukema, J.W., Postmus, I., Ford, I., Slagboom, P.E., Heijmans, B.T., *et al.* (2018) Visit-to-Visit Lipid Variability: Clinical Significance, Effects of Lipid-Lowering Treatment, and (Pharmacogenetic) Genetics. *Journal of Clinical Lipidology*, **12**, 266-276.e3. <https://doi.org/10.1016/j.jacl.2018.01.001>
- [10] Rhee, M., Lee, J., Lee, E.Y., Yoon, K. and Lee, S. (2024) Lipid Variability Induces Endothelial Dysfunction by Increasing Inflammation and Oxidative Stress. *Endocrinology and Metabolism*, **39**, 511-520. <https://doi.org/10.3803/enm.2023.1915>
- [11] Ihuoma, J., Milan, M., Negri, S., Troyano-Rodriguez, E., Rudraboia, R., Kosmider, A., *et al.* (2026) LDL Oxidation and Cerebrovascular Aging: Mechanisms of Endothelial Dysfunction, Inflammation, and Vascular Cognitive Impairment and Dementia. *Redox Biology*, **92**, Article ID: 104118. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2026.104118>
- [12] Rouhl, R.P.W., van Oostenbrugge, R.J., Theunissen, R.O.M.F.I.H., Knottnerus, I.L.H., Staals, J., Henskens, L.H.G., *et al.* (2010) Autoantibodies against Oxidized Low-Density Lipoprotein in Cerebral Small Vessel Disease. *Stroke*, **41**, 2687-2689. <https://doi.org/10.1161/strokeaha.110.592725>
- [13] Yang, Y., Qian, Y., Huang, J. and Luo, Y. (2026) Cerebral Small Vessel Disease and Blood-Brain Barrier Disruption: Mechanisms and Therapeutic Strategies in Cognitive Impairment. *Translational Stroke Research*, **17**, Article No. 36. <https://doi.org/10.1007/s12975-026-01427-8>
- [14] 邢楠, 华素玉, 李俐涛. 脑小血管病影像学标志物与认知功能障碍相关性研究进展[J]. 中国神经精神疾病杂志, 2024, 50(4): 242-246.
- [15] Wang, Y., Liu, X., Hu, Y., Yu, Z., Wu, T., Wang, J., *et al.* (2022) Impaired Functional Network Properties Contribute to White Matter Hyperintensity Related Cognitive Decline in Patients with Cerebral Small Vessel Disease. *BMC Medical*

- Imaging*, **22**, Article No. 40. <https://doi.org/10.1186/s12880-022-00769-7>
- [16] Caunca, M.R., Siedlecki, K., Cheung, Y.K., Alperin, N., Lee, S.H., Elkind, M.S.V., *et al.* (2020) Cholinergic White Matter Lesions, Ad-Signature Cortical Thickness, and Change in Cognition: The Northern Manhattan Study. *The Journals of Gerontology: Series A*, **75**, 1508-1515. <https://doi.org/10.1093/gerona/glz279>
 - [17] Smit, R.A.J., Trompet, S., Sabayan, B., le Cessie, S., van der Grond, J., van Buchem, M.A., *et al.* (2016) Higher Visit-to-Visit Low-Density Lipoprotein Cholesterol Variability Is Associated with Lower Cognitive Performance, Lower Cerebral Blood Flow, and Greater White Matter Hyperintensity Load in Older Subjects. *Circulation*, **134**, 212-221. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.115.020627>
 - [18] 贾珂, 王玮婧, 周正宏, 等. 老年腔隙性脑梗死患者血脂与脑微出血风险的相关性研究[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2020, 22(6): 625-628.
 - [19] Mantero, V., Filizzolo, M., Botto, E., Giussani, G., Aliprandi, A., Basilico, P., *et al.* (2020) Size, Shape and Location of Lacunar Strokes and Correlation with Risk Factors. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, **190**, Article ID: 105665. <https://doi.org/10.1016/j.clineuro.2020.105665>
 - [20] Kuchenbecker, S., Faby, S., Sawall, S., Lell, M. and Kachelrieß, M. (2015) Dual Energy CT: How Well Can Pseudo-Monochromatic Imaging Reduce Metal Artifacts? *Medical Physics*, **42**, 1023-1036. <https://doi.org/10.1118/1.4905106>
 - [21] 王俊华. 腔隙性脑梗塞 63 例临床分析[J]. 大医生, 2018, 3(4): 3-4.
 - [22] 杨群玲. 腔隙性脑梗死危险因素及血脂成分临界值分析[D]: [硕士学位论文]. 邯郸: 河北工程大学, 2019.
 - [23] 刘潇潇, 孙海荣, 沈腾群, 等. 老年高血压患者脑微出血与血脂的相关性研究[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2022, 24(12): 1240-1243.
 - [24] Litak, J., Mazurek, M., Kulesza, B., Szmygin, P., Litak, J., Kamieniak, P., *et al.* (2020) Cerebral Small Vessel Disease. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, Article 9729. <https://doi.org/10.3390/ijms21249729>
 - [25] Wilson, D., Ambler, G., Lee, K., *et al.* (2019) Cerebral Microbleeds and Stroke Risk after Ischaemic Stroke or Transient Ischaemic Attack: A Pooled Analysis of Individual Patient Data from Cohort Studies. *The Lancet Neurology*, **18**, 653-665.
 - [26] 刘潮, 金领, 张婷婷, 等. 急性缺血性脑卒中患者脑微出血预警模型的构建与验证[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志, 2025, 20(9): 1201-1205.
 - [27] 卢章健. SWI 显神通, 精准“逮”住高血压性脑微出血[C]//广东省肿瘤康复学会. 二〇二五年华南健康管理论坛健康科普作品文集. 2025: 497-499.
 - [28] 张持, 王小强, 王国珍, 等. 急性脑梗死患者血脂水平与脑微出血的关系[J]. 中风与神经疾病杂志, 2013, 30(8): 724-726.
 - [29] 李宗, 许开喜. 脑小血管病总负荷与脑萎缩关系的 MRI 研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2026, 37(1): 1-5.
 - [30] DeJong, N.R., Jansen, J.F.A., van Boxtel, M.P.J., Schram, M.T., Stehouwer, C.D.A., Dagnelie, P.C., *et al.* (2022) Cognitive Resilience Depends on White Matter Connectivity: The Maastricht Study. *Alzheimer's & Dementia*, **19**, 1164-1174. <https://doi.org/10.1002/alz.12758>
 - [31] 余清, 王小军, 余蓓蓓. 扩散张量成像联合 CT 在老年大脑萎缩中检查观察[J]. 实用医学影像杂志, 2026, 27(2): 91-94.
 - [32] He, X., Xiao, J., Wang, Y., Reid, C., Xu, D. and Hong, H. (2025) Dyslipidemia and Cerebral Atrophy among Health Check-Up Individuals: A Cross-Sectional Study. *International Journal of Cardiology Cardiovascular Risk and Prevention*, **25**, Article ID: 200394. <https://doi.org/10.1016/j.ijcrp.2025.200394>
 - [33] 王增武, 刘静, 李建军, 等. 中国血脂管理指南(2023 年) [J]. 中国循环杂志, 2023, 38(3): 237-271.
 - [34] Liu, W., Xu, J., Song, H., Zhang, C., Yao, Y., Zhang, H., *et al.* (2022) Excessive Visit-to-Visit Small and Dense Low-Density Lipoproteins Elevate Cerebral Small Vessel Disease Progression Risk in the Elderly. *Frontiers in Neurology*, **13**, Article 851735. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.851735>