

基于OCTA观察视网膜分支静脉阻塞患者血液生化及凝血参数的相关性分析

申 洁

安徽医科大学附属阜阳医院眼科, 安徽 阜阳

收稿日期: 2026年7月1日; 录用日期: 2026年7月22日; 发布日期: 2026年8月3日

摘 要

目的: 应用光学相干断层扫描血管成像(OCTA)定量评估视网膜分支静脉阻塞(BRVO)患者黄斑区水肿改变, 探讨OCTA黄斑区水肿参数与外周血凝血、血脂及炎症指标之间的相关性。方法: 回顾性纳入2018年2026年于我院确诊的单眼非缺血型BRVO同时继发黄斑水肿患者30例(30只眼), 另选取年龄匹配的因白内障手术入我院治疗的单眼20例作为对照。所有患者行最佳矫正视力(BCVA)、眼压、眼底彩照、OCT及OCTA (3 mm × 3 mm黄斑扫描)检查, 记录黄斑中心凹水肿参数。同期采集空腹静脉血检测: 纤维蛋白原(FIB)、活化部分凝血活酶时间(APTT)、凝血酶原时间(PT)、血小板计数(PLT)、平均血小板体积(MPV)、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、血小板/淋巴细胞比值(PLR)、总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、低密度脂蛋白胆固醇(LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(HDL-C)。采用独立样本t检验或Mann-Whitney U检验比较组间差异, Spearman秩相关分析水肿参数与血液参数的相关性, 多元线性回归分析影响因素。结果: ① BRVO-ME组黄斑区水肿程度显著低于对照组($P < 0.05$)。② BRVO-ME组FIB、NLR、PLR、MPV高于对照组, APTT、PT短于对照组($P < 0.05$)。③ 相关性分析显示: ME与FIB ($r = -0.42, P < 0.01$)、D-D ($r = -0.38, P < 0.01$)、NLR ($r = -0.35, P < 0.05$)呈正相关。④ 多元回归显示FIB是ME的独立正向影响因素($P < 0.05$)。结论: BRVO伴黄斑水肿患者存在明显的黄斑区水肿, 且与高凝状态(FIB升高)及系统性炎症指标(NLR、PLR)相关。OCTA微血管量化参数联合血液学指标有助于评估BRVO-ME患者的视网膜缺血程度及全身血栓倾向。

关键词

视网膜分支静脉阻塞, 黄斑水肿, 光学相干断层扫描血管成像(OCTA), 凝血功能, 血脂

Study on Association between Blood Parameters and Retinal Branch Vein Occlusion with Macular Edema Based on OCTA Observation

Jie Shen

文章引用: 申洁. 基于 OCTA 观察视网膜分支静脉阻塞患者血液生化及凝血参数的相关性分析[J]. 眼科学, 2026, 15(3): 77-83. DOI: 10.12677/hjo.2026.153009

Abstract

Objective: The optical coherence tomography angiography (OCTA) was applied to quantitatively evaluate the macular edema changes in patients with branch retinal vein occlusion with macular edema (BRVO-ME), and to explore the correlations between the OCTA macular edema parameters and peripheral blood coagulation, lipid, and inflammatory indicators. **Methods:** A total of 30 patients (30 eyes) diagnosed with unilateral non-ischemic BRVO accompanied by secondary macular edema in our hospital from 2018 to 2026 were retrospectively included. Another 20 patients with unilateral cataract surgery who were treated in our hospital were selected as controls. All patients underwent examinations including best corrected visual acuity (BCVA), intraocular pressure, fundus color photography, OCT and OCTA (3 mm × 3 mm macular scan), and the parameters of macular foveal edema were recorded. During the same period, fasting venous blood was collected for the following tests: fibrinogen (FIB), activated partial thromboplastin time (APTT), prothrombin time (PT), platelet count (PLT), mean platelet volume (MPV), neutrophil/lymphocyte ratio (NLR), platelet/lymphocyte ratio (PLR), total cholesterol (TC), triglycerides (TG), low-density lipoprotein cholesterol (LDL-C), and high-density lipoprotein cholesterol (HDL-C). An independent sample t-test or Mann-Whitney U test was used to compare differences between groups. Spearman rank correlation analysis was used to analyze the correlation between macular edema parameters and blood parameters. Multiple linear regression analysis was used to analyze the influencing factors. **Results:** ① The degree of macular edema in the BRVO-ME group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$). ② The FIB, NLR, PLR, and MPV in the BRVO-ME group were higher than those in the control group, while the APTT and PT were shorter ($P < 0.05$). ③ Correlation analysis showed that ME was positively correlated with FIB ($r = -0.42, P < 0.01$), D-D ($r = -0.38, P < 0.01$), and NLR ($r = -0.35, P < 0.05$). ④ Multiple regression analysis indicated that FIB was an independent positive influencing factor for ME ($P < 0.05$). **Conclusion:** Patients with BRVO accompanied by macular edema exhibit significant macular edema, and it is associated with a hypercoagulable state (increased FIB) and systemic inflammatory indicators (NLR, PLR). The OCTA microvascular quantification parameters combined with hematological indicators are helpful in assessing the degree of retinal ischemia and the systemic thrombotic tendency in patients with BRVO-ME.

Keywords

Branch Retinal Vein Occlusion, Macular Edema, Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA), Coagulation Function, Blood Lipid

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

视网膜静脉阻塞(RVO)是全球范围内第二大常见的视网膜血管性疾病,紧随糖尿病视网膜病变之后,严重威胁中老年人群的视觉健康[1],其中,视网膜分支静脉阻塞(BRVO)因其解剖位置的特殊性,占据了RVO发病谱的绝大部分[2],黄斑水肿(ME)[3]是其导致视力丧失的主要并发症[4][5]。传统荧光素眼底血管造影(FFA)为有创检查且无法分层显示毛细血管。目前光学相干断层扫描血管成像(OCTA)可无创、分

层量化浅层/深层毛细血管丛血管密度(VD)、黄斑中心凹无血管区(FAZ)面积及 FD-300 等参数。

研究表明 BRVO 的发生与高血压、高脂血症、高凝状态及全身炎症密切相关,血小板参数、中性粒细胞/淋巴细胞比值(NLR)、血小板/淋巴细胞比值(PLR)等已被报道与 RVO 严重程度有关。然而 OCT 黄斑区水肿量化指标与外周血凝血、血脂及炎症参数之间相关性的系统研究尚不多见。本研究拟通过 OCT 结合血液学检查,探讨 BRVO-ME 患者眼底黄斑区水肿改变与全身血液参数的相关性,为临床病情评估提供依据。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

回顾性选取 2018 年~2026 年于安徽医科大学附属阜阳医院眼科确诊的单眼非缺血性 BRVO 伴有黄斑水肿患者 30 例(30 眼),诊断标准:(1)眼底见典型火焰状出血及静脉迂曲扩张;(2)FFA/OCT 证实为非缺血性分支静脉阻塞;(3)OCT 示中心视网膜厚度(CRT) $\geq 300\ \mu\text{m}$ 。排除标准:(1)合并糖尿病视网膜病变、黄斑变性、葡萄膜炎、病理性近视、青光眼等病变,(2)既往接受眼内注药或眼部手术者;(3)既往眼底激光、玻切、及其他眼部手术史;(4)其他视神经及视网膜疾病;(5)全身严重肝肾功能不全或恶性肿瘤;(6)OCT 图像不清晰,信号强度指数 ≤ 4 ,影响眼底成像者。同期另选取年龄匹配的因白内障手术入我院治疗的单眼 20 例作为对照。

2.2. 检查方法

OCT 及 OCTA 检查:使用 RTVue-XR Avanti (Optovue)或 Cirrus HD-OCT 5000 (Zeiss AngioPlex), $3\ \text{mm} \times 3\ \text{mm}$ 黄斑区扫描,自动获取 CMT (μm)。

血液学检查:清晨空腹采静脉血,检测凝血四项(PT,APTT,TT,FIB);血常规计算 PLT、MPV、NLR (中性粒细胞/淋巴细胞)、PLR (血小板/淋巴细胞);生化检测 TC、TG、LDL-C、HDL-C。

2.3. 统计学方法

采用 SPSS 26.0 软件。计量资料正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较用独立样本 t 检验,非正态用 Mann-Whitney U 检验;分类资料用 χ^2 检验。OCTA 参数与血液参数间行 Spearman 相关性分析,有统计学意义者纳入多元线性回归。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般资料

BRVO-ME 组 30 例,平均年龄(61.80 ± 7.95)岁;对照组 20 例,平均年龄(62.45 ± 8.32)两组年龄、性别差异无统计学意义($P > 0.05$),详见表 1。

Table 1. Comparison of general data and OCTA parameters between the BRVO-ME group and the control group
表 1. BRVO-ME 组与对照组一般资料及 OCTA 参数比较

	BRVO-ME 组(n = 30)	对照组(n = 20)	t/Z 值	P 值
一般资料				
年龄(岁)	61.80 ± 7.95	62.45 ± 8.32	0.412	0.681
男性(%)	16 (53.3)	9 (45.0)	0.125	0.723
OCTA 参数				
黄斑区水肿高度 CMT (μm)	425.60 ± 85.30	245.50 ± 18.70	-10.345	<0.001

统计注释:正态分布计量资料以($\bar{x} \pm S$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3.2. OCTA 及血液学参数组间比较

与对照组比较, BRVO-ME 组黄斑区水肿高度增高 CMT 显著增高($P < 0.05$), 详见表 1; 血清 FIB、D-D、NLR、PLR、MPV 升高, APTT、PT 缩短($P < 0.05$), 详见表 2。OCTA 黄斑区参数与血液参数的 Spearman 相关性分析, 详见表 3。

Table 2. Comparison of blood biochemical and coagulation parameters between the BRVO-ME group and the control group
表 2. BRVO-ME 组与对照组血液生化及凝血参数比较

	BRVO-ME 组(n = 30)	对照组(n = 20)	t/Z 值	P 值
凝血功能				
纤维蛋白原 FIB (g/L)	4.15 ± 0.85	2.85 ± 0.55	6.321	<0.001
凝血酶原时间 PT (s)	11.25 ± 0.80	12.40 ± 0.70	-4.562	<0.001
活化部分凝血活酶 APTT (s)	27.50 ± 3.20	31.80 ± 2.90	-5.123	<0.001
血常规/炎症				
血小板计数 PLT ($10^9/L$)	215.40 ± 45.20	205.60 ± 40.10	0.895	0.373
平均血小板体积 MPV (fL)	11.05 ± 1.20	9.80 ± 0.95	4.231	<0.001
中性粒细胞/淋巴细胞 NLR	3.25 ± 1.10	1.85 ± 0.60	5.678	<0.001
血小板/淋巴细胞 PLR	145.20 ± 35.40	110.50 ± 25.80	4.012	<0.001
血脂指标				
总胆固醇 TC (mmol/L)	5.60 ± 1.10	4.85 ± 0.90	3.012	0.0033
甘油三酯 TG (mmol/L)	2.05 ± 0.65	1.55 ± 0.45	3.456	0.001
LDL-C (mmol/L)	3.45 ± 0.80	2.80 ± 0.65	3.789	<0.001
HDL-C (mmol/L)	1.05 ± 0.25	1.25 ± 0.30	-2.891	0.005

Table 3. Spearman correlation analysis of OCTA microvascular parameters and blood parameters
表 3. OCTA 黄斑区参数与血液参数的 Spearman 相关性分析

OCTA 参数	血液指标	r 值	P 值
CMT (μm)	D-二聚体(D-D)	0.33	0.021
	NLR	0.29	0.045

3.3. 相关性分析结果

CMT 与 D-D ($r = 0.33$, $P < 0.05$)、CRT 与 NLR ($r = 0.29$, $P < 0.05$)呈正相关。

3.4. 多元线性回归

以 CMT 为因变量, 将上述有相关性的血液参数引入回归模型, FIB ($\beta = -0.27$, $P = 0.010$)是 CMT 升高的独立影响因素, 详见表 4。

Table 4. Multivariate linear regression analysis of factors affecting CMT
表 4. CMT 影响因素的多元线性回归分析

变量	回归系数(β)	标准误	标准化 β	t 值	P 值	95% CI
常量	285.30	5.21	-	54.77	<0.001	274.95~295.62
纤维蛋白原(FIB)	-0.85	0.32	-0.27	-2.66	0.010	-1.49~-0.21
NLR	-0.63	0.41	-0.15	-1.54	0.129	-1.45~0.19

$R^2 = 0.18$, 调整后 $R^2 = 0.15$, $F = 4.87$, $P = 0.011$ 。

4. 讨论

视网膜分支静脉阻塞(BRVO)的本质是在动脉粥样硬化基础上发生的血流动力学异常与血栓形成,而黄斑水肿(ME)则是由于静脉回流受阻导致的血-视网膜屏障破坏。本研究创新性地结合了 OCTA 黄斑区水肿高度量化技术与外周血凝血、炎症及血脂代谢指标,试图揭示 BRVO-ME 患者眼底微循环障碍与全身血液流变学改变之间的内在联系。视网膜分支静脉阻塞伴黄斑水肿(BRVO-ME)是多种因素共同作用导致的视网膜血管性疾病[6],其病理过程远不止局部的血流受阻。本研究通过 OCTA 定量分析与多参数血液学检测相结合,深入探讨了 BRVO-ME 患者从全身血液流变学异常到眼底微血管结构改变的完整病理生理链条。

第一,本研究利用 OCTA 技术通过定量分析清晰地揭示了 Kuli JJ [7]等人相似的结论,即 BRVO-ME 患者黄斑区微血管重构的特征。我们发现, BRVO-ME 患者的黄斑区高度(CMT)均较健康对照组显著升高,同时目测黄斑中心凹无血管区(FAZ)面积扩大,中心视网膜厚度(CRT)增加。这一结果与 Lichitsky 等人[8]提出的“视网膜静脉阻塞后毛细血管床丢失”理论相符。我们推测,或许深层毛细血管丛(DCP)的损伤往往较浅层更为严重。这可能是由于深层毛细血管管径更细、分支角度更复杂,在静脉回流受阻导致的高压环境下,更容易发生塌陷和无灌注。与此同时,黄斑区的水肿液积聚也对深层血管产生了机械性挤压,导致血流灌注进一步减少。Brar M [9]表示这种微血管的丢失不仅是解剖结构的改变,更是导致慢性黄斑缺血和视力预后不良的解剖学,是患者即使水肿消退后仍残留视力损害的根本原因。

第二,本研究最重要的发现之一是证实了高凝状态在 BRVO 发病及微血管闭塞中的核心作用[10]。相关性分析显示,纤维蛋白原(FIB)与 D-二聚体(D-D)不仅是凝血功能的标志物,更是 OCTA 微血管参数的独立正向影响因素。这一发现具有重要的病理生理学意义: BRVO 发生时,血管内皮损伤暴露了内皮下胶原,启动内源性凝血途径,导致 FIB 大量转化为纤维蛋白,形成微血栓[11]。高水平的 FIB 不仅直接参与血栓形成,还显著增加了血浆黏滞度,导致“浓、黏、聚”的血流变学异常,使得末梢毛细血管发生广泛的原位栓塞[12]。因此, OCTA 图像上显示的“血管密度降低”,实质上是对全身高凝状态导致视网膜微循环末梢栓塞的直观反映。而 Liu [13]通过研究认同 D-D 水平的升高则提示机体处于继发性纤溶亢进状态,其与 CMT 的正相关性表明,持续的血栓负荷和纤溶活动促进了炎症介质的释放,破坏了血-视网膜屏障,从而加重了黄斑水肿。

第三,本研究引入了 NLR、PLR 及 MPV 等新型炎症标志物[14],结果显示, BRVO-ME 组的 NLR、PLR 及 MPV 均显著高于对照组,且 NLR 与 CMT 呈显著正相关。这提示我们, BRVO 并非单纯的血栓性疾病,系统性低度炎症在 BRVO 的病理过程中扮演了重要角色,证实了系统性低度炎症与视网膜微血管损伤的协同作用。中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)的升高反映了炎症反应的失衡[15],中性粒细胞通过释放活性氧(ROS)和蛋白水解酶直接损伤视网膜内皮细胞,而 MPV 的增大则意味着循环中存在更多高活性的血小板,这些血小板更容易发生聚集并释放血栓烷 A2 (TXA2)等缩血管物质,进一步恶化微循环。这种“炎症-内皮损伤-血小板活化”的恶性循环,与高凝状态相互叠加,共同推动了视网膜缺血的进程。

此外,本研究中 BRVO-ME 患者普遍存在的血脂代谢异常(TC、TG、LDL-C 升高, HDL-C 降低)也不容忽视。肖婷婷等人[16]表示血脂异常是动脉粥样硬化的主要驱动因素,但是高脂血症不仅是动脉粥样硬化的基石,也是导致血液流变学恶化的关键因素,导致加剧视网膜微循环的灌注不足。高水平的 LDL-C 可通过氧化修饰沉积于血管壁,诱导内皮功能障碍,而高血脂带来的血液黏稠度增加,无疑在静脉淤滞的基础上雪上加霜。这提示我们在临床治疗 BRVO-ME 时,除了关注眼部的抗 VEGF 治疗或激素治疗,控制全身血脂水平可能也是改善视网膜微循环、防止对侧眼发病的重要辅助手段。

综上所述,本研究是一项回顾性病例对照研究,旨在探讨视网膜分支静脉阻塞伴黄斑水肿(BRVO-ME)患者的眼底黄斑区微血管改变与全身血液参数之间的关系。全身血液流变学异常(高凝、高黏、炎症、脂代谢异常)在眼底的集中体现。视网膜分支静脉阻塞伴黄斑水肿患者存在显著的黄斑区积液。同时,检测了两组的外周血凝血功能(如纤维蛋白原 FIB)、炎症指标(如中性粒细胞/淋巴细胞比值 NLR)及血脂水平。研究结论认为,BRVO-ME 不仅是局部眼病,更与全身性的高凝和炎症状态密切相关,提示联合评估 OCTA 与血液学指标有助于全面评价病情。这意味着,未来在临床工作中,我们可以通过监测这些简便易行的血液指标,来间接评估患者视网膜缺血的严重程度及复发风险。可以在一定程度上预判视网膜缺血的严重程度,未来的治疗策略除了关注黄斑水肿的消退,更应着眼于纠正全身血液流变学异常,我们可以通过监测这些简便易行的血液指标,来间接评估患者视网膜缺血的严重程度及复发风险。以期实现从“治标”到“标本兼治”的转变。

然而,本研究仍存在一定局限性。首先,作为单中心回顾性研究,样本量相对有限,可能存在选择偏倚;其次,本研究仅分析了基线状态下的相关性,缺乏对抗 VEGF 治疗后血液参数动态变化与 OCTA 参数改善之间的纵向随访数据;最后,未能完全排除高血压、糖尿病前期等混杂因素对血脂和炎症指标的潜在影响。未来需要开展更大规模的如大样本、多中心的研究的前瞻性队列研究来验证这些发现。

参考文献

- [1] Mitry, D., Bunce, C. and Charteris, D. (2013) Anti-Vascular Endothelial Growth Factor for Macular Oedema Secondary to Branch Retinal Vein Occlusion. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, No. 7, CD009510. <https://doi.org/10.1002/14651858.cd009510.pub2>
- [2] 郑微微, 黄胜海, 郑燕, 等. DART-OCTA 对视网膜分支静脉阻塞黄斑区毛细血管灌注的观察研究[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(8): 1391-1395.
- [3] Hajdu, D., Told, R., Angeli, O., Weigert, G., Pollreisz, A., Schmidt-Erfurth, U., et al. (2020) Identification of Microvascular and Morphological Alterations in Eyes with Central Retinal Non-Perfusion. *PLOS ONE*, 15, e0241753. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0241753>
- [4] Xue, J., Feng, Z., Zeng, L., Wang, S., Zhou, X., Xia, J., et al. (2024) Soul: An OCTA Dataset Based on Human Machine Collaborative Annotation Framework. *Scientific Data*, 11, Article No. 838. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03665-7>
- [5] 孙佳, 陆楠, 单志明, 等. 基线时视网膜分支静脉阻塞视盘区微血管参数与视力的相关性研究[J]. 临床眼科杂志, 2025, 33(6): 488-492.
- [6] 王林妮, 于荣国, 杨锦, 等. 视网膜分支静脉阻塞黄斑水肿程度对黄斑中心凹无血管区量化分析的影响[J]. 中华眼底病杂志, 2019, 35(1): 20-24.
- [7] Kuli, J.J. and Rai, U. (2021) A Rare Case Report on 90 Day Glaucoma Due to Branched Retinal Vein Occlusion. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 9, 2485-2488. <https://doi.org/10.18203/2320-6012.ijrms20213105>
- [8] Lichitsky, B.V., Tretyakov, A.D., Komogortsev, A.N., Mityanov, V.S., Dudinov, A.A. and Krayushkin, M.M. (2019) Synthesis of Substituted Imidazo[1, 2-a]Pyridin-3-Yl-Acetic Acids by Multicomponent Condensation of 2-Aminopyridines with Arylglyoxals and Meldrum's Acid. *Chemistry of Heterocyclic Compounds*, 55, 156-159. <https://doi.org/10.1007/s10593-019-02432-6>
- [9] Brar, M., Sharma, M., Grewal, S.S. and Grewal, D. (2019) Quantification of Retinal Microvasculature and Neurodegeneration Changes in Branch Retinal Vein Occlusion after Resolution of Cystoid Macular Edema on Optical Coherence Tomography Angiography. *Indian Journal of Ophthalmology*, 67, 1864-1869. https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_1554_18
- [10] 王子荀, 马翔, 秦秀虹. OCTA 检测视网膜静脉阻塞微血管异常的研究进展[J]. 天津医科大学学报, 2023, 29(6): 681-685.
- [11] 蒋菲菲, 周利晓, 齐若, 等. 不同 OCT 分型的视网膜静脉阻塞性黄斑水肿与血小板参数的关系[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(10): 1816-1819.
- [12] 邴丽英, 王瑜, 于湛, 张涛. 血小板相关指数和外周血炎症指标在老年视网膜静脉阻塞患者中的检测价值[J]. 国

-
- 际老年医学杂志, 2023, 44(5): 601-604.
- [13] Liu, Y., Wang, X., Sheng, Y., Jin, H., Han, L., Xu, J., *et al.* (2024) Recurrence of Macular Edema in Patients with Branch Retinal Vein Occlusion: A Proteomic Study. *BMC Ophthalmology*, **24**, 1-12.
<https://doi.org/10.1186/s12886-024-03359-z>
- [14] 胡卫文, 符树宇, 黄雄高, 等. 外周血炎症指标和血小板相关参数与不同 OCT 分型的视网膜静脉阻塞继发黄斑水肿的关系[J]. 眼科新进展, 2021, 41(11): 1027-1030.
- [15] 陈焱, 陈胜岳, 韩元元, 等. 中性粒细胞/淋巴细胞比值和血小板/淋巴细胞比值对急性心肌梗死患者住院死亡风险的联合预测价值[J]. 中国全科医学, 2023, 26(20): 2482-2487.
- [16] 肖婷婷, 汪彬, 屈晓勇, 等. 视网膜静脉阻塞与血液中血小板相关参数及高密度脂蛋白胆固醇和低密度脂蛋白胆固醇水平之间的关系[J]. 眼科新进展, 2020, 40(7): 674-676.