

原发性高血压视网膜静脉阻塞风险预警 模型构建及验证

高 玮,艾力亚尔·艾尔肯,迪力夏提·多力坤

(新疆维吾尔自治区喀什地区第二人民医院眼科,新疆 喀什 844000)

[摘要] 目的 构建原发性高血压视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion,RVO)风险预警模型并验证。方法 从2021年1月—2022年12月喀什地区第二人民医院收治的原发性高血压患者1 046例中筛查并发RVO患者32例为RVO组,另在剩余患者中随机选取50例为对照组。RVO患者根据黄斑中心视网膜厚度(central retinal thickness,CRT)是否 $>369\ \mu\text{m}$ 分为高CRT组($n=10$)和低CRT组($n=22$),比较RVO组和对照组一般资料,比较高CRT组和低CRT组血浆血小板计数(blood platelet count,BPC)和血小板平均体积(mean platelet volume,MPV)水平,分析原发性高血压并发RVO的影响因素,根据Logistic回归分析结果构建原发性高血压并发RVO的风险预警模型并构建列线图,以原发性高血压并发RVO为阳性样本建立受试者工作特征(receiver operating characteristic,ROC)曲线,并经Hosmer-Lemeshow验证该风险预警模型的拟合度。结果 RVO组BPC $[(271.31\pm 31.42)\times 10^9/\text{L}]$ 、MPV $[(9.52\pm 0.88)\text{fL}]$ 水平高于对照组 $[(256.38\pm 28.45)\times 10^9/\text{L}、(7.85\pm 0.73)\text{fL}]$, $P<0.05$ 。高CRT组BPC $[(288.31\pm 34.42)\times 10^9/\text{L}]$ 、MPV $[(10.84\pm 0.82)\text{fL}]$ 水平高于低CRT组 $[(262.38\pm 24.45)\times 10^9/\text{L}、(8.59\pm 0.65)\text{fL}]$, $P<0.05$ 。多因素Logistic回归分析结果显示,BPC、MPV是原发性高血压并发RVO的影响因素($P<0.05$)。ROC曲线表明,BPC、MPV联合预测的AUC值($\text{AUC}=0.928,95\% \text{CI}:0.876\sim 0.981$)明显优于BPC($\text{AUC}=0.740,95\% \text{CI}:0.629\sim 0.851$)、MPV($\text{AUC}=0.919,95\% \text{CI}:0.862\sim 0.976$)单独预测,且经Hosmer-Lemeshow验证该风险模型的拟合度良好。结论 BPC、MPV与原发性高血压并发RVO和RVO的严重程度显著相关,且构建的风险模型拟合度良好。

[关键词] 原发性高血压;视网膜静脉阻塞;血小板计数;平均血小板体积 doi:10.3969/j.issn.1007-3205.2025.04.014

[中图分类号] R544.1;R774.1 **[文献标志码]** A **[文章编号]** 1007-3205(2025)04-0459-06

Construction and validation of a risk early warning model for retinal vein occlusion in patients with primary hypertension

GAO Wei, ELIYAR Erkin, DILSHAT Dolkun

(Department of Ophthalmology, the Second People's Hospital of Kashgar Prefecture,
Xinjiang Uygur Autonomous Region, Kashgar 844000, China)

[Abstract] **Objective** To construct and validate a risk early warning model for retinal vein occlusion (RVO) in patients with primary hypertension. **Methods** From January 2021 to December 2022, 32 patients with concurrent RVO were screened out from 1 046 patients with primary hypertension admitted to the Second People's Hospital of Kashgar Prefecture, and they were designated as the RVO group. Another 50 patients were randomly selected from the remaining patients as the control group. The RVO patients were divided into a high central retinal

[收稿日期]2024-04-12

[基金项目]喀什地区应用技术与开发计划项目
(KS2021083)

[作者简介]高玮(1988-),女,辽宁新宾人,新疆维吾尔自治区喀什地区第二人民医院副主任医师,医学硕士,从事眼科疾病诊治研究。

thickness (CRT) group ($n=10$) and a low CRT group ($n=22$) according to whether the CRT of the macular center was greater than $369 \mu\text{m}$. The general data between the RVO group and the control group were compared. The levels of blood platelet count (BPC) and mean platelet volume (MPV) in plasma were compared between the high CRT group and the low CRT group. The influencing factors of RVO complicated with primary hypertension were analyzed. According to the results of Logistic regression analysis, a risk early warning model for RVO complicated with primary hypertension was constructed, and a nomogram was drawn. Using RVO complicated with primary hypertension as the positive sample, a receiver operating characteristic (ROC) curve was established, and the goodness of fit of this risk early warning model was verified by Hosmer-Lemeshow test. **Results** The levels of BPC [$(271.31 \pm 31.42) \times 10^9/\text{L}$] and MPV [$(9.52 \pm 0.88) \text{fL}$] in the RVO group were higher than those in the control group [$(256.38 \pm 28.45) \times 10^9/\text{L}$, $(7.85 \pm 0.73) \text{fL}$, $P < 0.05$]. The levels of BPC [$(288.31 \pm 34.42) \times 10^9/\text{L}$] and MPV [$(10.84 \pm 0.82) \text{fL}$] in the high CRT group were higher than those in the low CRT group [$(262.38 \pm 24.45) \times 10^9/\text{L}$, $(8.59 \pm 0.65) \text{fL}$, $P < 0.05$]. The results of multivariate Logistic regression analysis showed that BPC and MPV were the influencing factors of RVO complicated with primary hypertension ($P < 0.05$). The ROC curve indicated that the area under the curve (AUC) value of the combined prediction of BPC and MPV (AUC = 0.928, 95% CI: 0.876 – 0.981) was significantly better than the individual predictions of BPC (AUC = 0.740, 95% CI: 0.629 – 0.851) and MPV (AUC = 0.919, 95% CI: 0.862 – 0.976). And the goodness of fit of this risk model was verified to be good by Hosmer-Lemeshow test. **Conclusion** BPC and MPV are significantly correlated with RVO complicated with primary hypertension and the severity of RVO, and the constructed risk model has a good fit.

[Key words] primary hypertension; retinal vein occlusion; blood platelet count; mean platelet volume

随着现代生活节奏的加快和生活方式的变化,原发性高血压的患病率持续攀升。原发性高血压也称为本构性高血压,是最常见的高血压类型之一。这种疾病通常与遗传因素、生活方式以及环境因素紧密相关^[1]。视网膜静脉阻塞(retinal vein occlusion, RVO)是一种严重的眼部疾病,发生时视网膜的静脉血流受阻,导致视网膜血管内压力增高和血液循环障碍,可能引起视网膜水肿、出血,甚至视网膜脱离,严重时可能导致永久性视力丧失,且与高血压有着密切的关联^[2-3]。RVO的发生机制复杂,涉及到血液黏稠度增加、血管内皮功能障碍、血管炎症反应等多种因素^[4]。高血压通过影响血管的正常生理功能,加速血管壁的硬化过程,促进血栓形成,最终可能导致RVO^[5]。构建一个针对原发性高血压并发RVO风险的预警模型能够帮助医疗专业人员在早期识别出高风险患者,从而采取预防措施,减少RVO的发生率,或是在疾病早期进行干预,以减轻病情的严重程度和改善预后。通过分析高血压患者的临床特征等多维度数据,不仅可以提高对高危患者的早期识别率,还可以为制定个性化的预防

和治疗策略提供科学依据。因此,本研究旨在构建原发性高血压并发RVO的风险预警模型,对提高公共卫生水平、改善患者生活质量具有重要意义。报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 从2021年1月—2022年12月喀什地区第二人民医院收治的原发性高血压患者1 046例中筛查并发RVO患者32例为RVO组,另在剩余患者中随机选取50例为对照组。纳入标准:①确诊为原发性高血压^[6];②临床确诊为RVO;③临床资料完整。排除标准:①黄斑前膜、高度近视、青光眼等眼科疾病;②血液系统疾病、自身免疫性疾病、肝炎、抗凝药物史等可能影响血小板者;③合并恶性肿瘤;④肝肾功能衰竭。

本研究经医院医学伦理委员会审批通过。

1.2 资料收集与方法 所有数据的收集工作均由接受过精确培训并通过考核的医疗工作人员负责实施。收集所有患者的基本信息,包括性别、年龄、吸烟、喝酒、原发性高血压分级^[7]、胆固醇(total

cholesterol, TC)、三酰甘油(triglycerides, TG)、血糖(glucose, GLU)、肌酐(creatinine, Cr)、白细胞计数(white blood cell count, WBC)水平,以及血浆血小板计数(blood platelet count, BPC)和血小板平均体积(mean platelet volume, MPV)。患者入院时清晨空腹状态下从肘部抽取静脉血 5 mL,并将其放入预先冷却的试管中。样本在 4 °C 下静置 1 h 以充分凝固。之后使用全自动低速离心机以 4 000 r/min 的速度离心 10 min,分离出清澈的上层血清用于后续检测。采用胆固醇氧化酶法测定 TC 和 GLU, GPO-PAP 法测定 TG,采用全自动血凝分析仪测定 WBC,血液分析仪测定 BPC 和 MPV。

1.3 观察指标 ①比较 RVO 组和对照组性别、年龄、吸烟、喝酒、TC、TG、GLU、Cr、WBC、BPC、MPV 水平;②比较高 CRT 组和低 CRT 组 BPC、MPV 水平;③分析原发性高血压并发 RVO 的影响因素;④构建原发性高血压并发 RVO 的风险模型并构建列线图,检验风险模型的拟合度。

线图,检验风险模型的拟合度。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 26.0 统计软件处理数据。计量资料比较采用 t 检验,计数资料比较采用 χ^2 检验,采用多因素 Logistic 回归分析确定原发性高血压并发 RVO 的影响因素,根据 Logistic 回归分析结果构建原发性高血压并发 RVO 的风险模型并构建列线图,以并发 RVO 为阳性样本通过 R3.6.2 软件建立受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线,并经 Hosmer-Lemeshow 检验风险模型的拟合度。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 2 组一般资料比较 RVO 组 BPC、MPV 高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),2 组性别、年龄、吸烟、喝酒、TC、TG、GLU、Cr、WBC 差异无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 2 组一般资料比较

Table 1 Comparison of general data between the two groups

组别	例数	性别(例数,%)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	吸烟(例数,%)		喝酒(例数,%)		原发性高血压分级(例数,%)		
		男性	女性		是	否	是	否	轻度	中度	重度
RVO 组	32	18(56.3)	14(43.7)	61.77 \pm 7.15	15(46.9)	17(53.1)	13(40.6)	19(59.4)	14(43.8)	13(40.6)	5(15.6)
对照组	50	27(54.0)	22(46.0)	62.12 \pm 7.21	22(44.0)	28(55.6)	20(40.0)	30(60.0)	22(44.0)	19(38.0)	9(18.0)
χ^2/t 值		0.040		0.216	0.065		0.003		0.099		
P 值		0.842		0.830	0.799		0.955		0.952		

组别	例数	TC	TG	GLU	Cr	WBC	BPC	MPV
		($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	($\bar{x} \pm s$, μ mol/L)	($\bar{x} \pm s$, $\times 10^9$ /L)	($\bar{x} \pm s$, $\times 10^9$ /L)	($\bar{x} \pm s$, fL)
RVO 组	32	5.34 \pm 0.45	5.98 \pm 0.68	5.31 \pm 0.66	75.79 \pm 8.38	6.98 \pm 0.79	271.31 \pm 31.42	9.52 \pm 0.88
对照组	50	5.39 \pm 0.38	5.87 \pm 0.72	5.35 \pm 0.69	76.85 \pm 8.48	7.12 \pm 0.84	256.38 \pm 28.45	7.85 \pm 0.73
χ^2/t 值		0.521	0.698	0.263	0.556	0.764	2.177	8.945
P 值		0.604	0.487	0.793	0.580	0.447	0.032	<0.001

2.2 高 CRT 组和低 CRT 组 BPC、MPV 比较高 CRT 组 BPC、MPV 水平高于低 CRT 组,差异有统计学意义($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 高 CRT 组和低 CRT 组 BPC、MPV 比较

Table 2 Comparison of BPC and MPV between the high CRT group and the low CRT group

组别	例数	($\bar{x} \pm s$)	
		BPC($\times 10^9$ /L)	MPV(fL)
高 CRT 组	10	288.31 \pm 34.42	10.84 \pm 0.82
低 CRT 组	22	262.38 \pm 24.45	8.59 \pm 0.65
t 值		2.149	7.653
P 值		0.040	<0.001

2.3 原发性高血压并发 RVO 的多因素分析 以原发性高血压并发 RVO(并发 RVO = 1, 未并发 RVO = 0)为因变量,BPC(连续变量)和 MPV(连续

变量)为自变量,纳入多因素 Logistic 回归分析,结果表明,BPC、MPV 是原发性高血压并发 RVO 的影响因素($P < 0.05$)。见表 3。相关列线图见图 1。

2.4 原发性高血压并发 RVO 的风险预警模型 根据 Logistic 回归分析构建原发性高血压并发 RVO 的风险预警模型。该模型的 Logistic 函数为 Logistic($P/1-P$) = -13.839 + -0.029 \times BPC + 2.466 \times MPV。在此模型中,原发性高血压未并发 RVO 的个体为阴性样本,并发 RVO 的个体为阳性样本,并为评估风险模型构建 ROC 曲线。结果表明,BPC、MPV 联合预测的 AUC 值明显优于 BPC、MPV 单独预测。见表 4 和图 2。且经 HosmerLemeshow 验证该风险模型的拟合度良好,见图 3。

表3 原发性高血压并发RVO的多因素Logistic回归分析

Table 3 Multivariate Logistic analysis of primary hypertension complicated with RVO

影响因素	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P 值	OR 值	95% CI
BPC	-0.029	0.015	3.918	0.048	0.971	0.944~1.000
MPV	2.466	0.580	18.099	<0.001	11.773	3.780~36.664
常量	-13.839	6.027	5.272	0.022	—	—

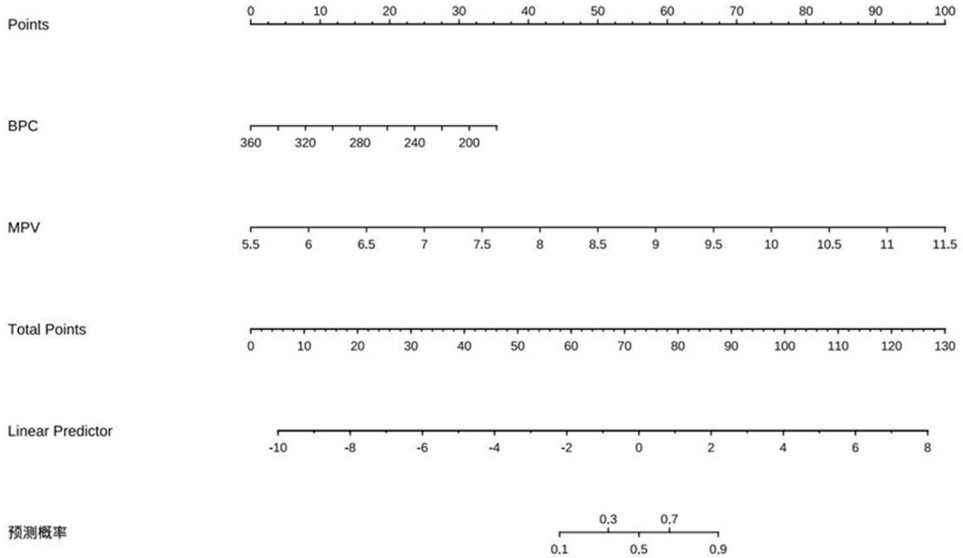


图1 原发性高血压并发RVO的列线图分析

Figure 1 Nomogram analysis of primary hypertension complicated with RVO

表4 原发性高血压并发RVO的风险预警模型

Table 4 Risk prediction model of primary hypertension complicated with RVO

指标	敏感度 (%)	特异度 (%)	约登指数	AUC	95% CI
BPC	53.13	90.00	0.431	0.740	0.629~0.851
MPV	90.63	78.00	0.686	0.919	0.862~0.976
联合	87.50	82.00	0.695	0.928	0.876~0.981

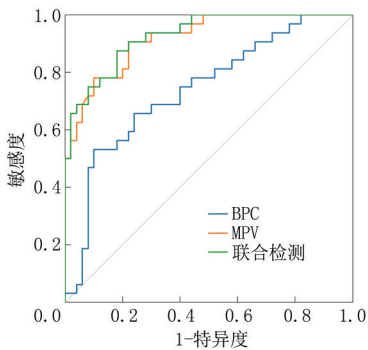


图2 原发性高血压并发RVO的ROC曲线分析

Figure 2 ROC curve analysis of primary hypertension complicated with RVO

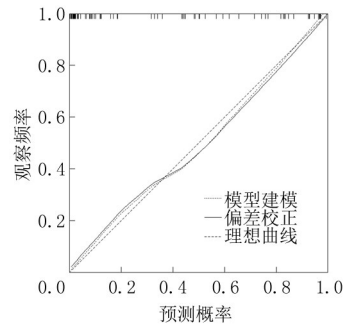


图3 校准曲线

Figure 3 Calibration curve

3 讨论

原发性高血压是最常见的高血压类型, 占有高血压病例的90%以上, 是一个多因素引起的疾病, 涉及遗传、环境因素以及生活方式等多种因素^[8-9]。原发性高血压的特点是血压持续性增高, 但没有明确的病因^[10-11]。长期的高血压状态会对心脏、大脑、肾脏等多个重要器官造成损害, 增加心脏病、中风、肾病等严重健康问题的风险^[12-13]。RVO是眼科领域内一种常见的血管性疾病, 根据阻塞发生的位置不同, 可分为分支视网膜静脉阻塞和中央视网膜静脉阻塞2种^[14-15]。RVO导致视网膜血液循环受阻, 进而引起视网膜水肿、出血、新生血

管形成等一系列病变,严重时可导致视力严重下降甚至失明^[16-18]。RVO的发生与多种因素有关,包括血液黏稠度增高、血管炎症、血管内皮功能障碍等,而原发性高血压作为全身性疾病,通过影响血管的结构和功能,增加了RVO的风险^[19-20]。构建原发性高血压并发RVO的风险预警模型是一项创新的研究方向,旨在通过分析和整合患者的临床数据、生活习惯、遗传信息等多维度因素,发展出能够准确预测高血压患者发生RVO风险的算法。通过这种方式,模型不仅能够为医生提供科学、个性化的风险评估,还能够帮助医生制定更为精准的预防和治疗策略,从而在早期阶段干预,减少RVO的发生率。

本研究结果显示,RVO组BPC、MPV高于对照组,这和邴丽英等^[21]的研究结果类似,说明在RVO的发生过程中,血小板数量和体积的增加共同促进了血液黏稠度的增加和血栓形成的风险,进而可能导致视网膜静脉的阻塞^[22]。在RVO患者中,高CRT组BPC和MPV均高于低CRT组。CRT的增加可能是局部微血管功能障碍和血小板聚集的结果,这为进一步理解血小板功能在RVO发生和发展中的作用提供了新的线索。高血压不仅直接影响视网膜静脉阻塞的发生风险,还通过其对血小板功能的干预,进一步加剧了RVO的病程发展^[23]。高血压分级越高,其对血管系统的破坏也越严重,导致血管内皮功能下降、血小板活性增强和凝血功能异常^[24]。高危和极高危高血压患者由于长期血压升高,血管壁持续受压,内皮损伤更为显著,血液黏稠度增加,导致血小板在局部血管中的聚集和活化更为明显^[25]。因此,在高血压的不同危险分层中,BPC和MPV的升高可作为高血压并发RVO的潜在风险因素和预警指标。血小板功能的变化不仅影响高血压患者的总体血管健康,还可能是视网膜静脉阻塞发生的重要促发因素。随着高血压分级的增加,血小板的数量和体积异常更为突出,进而加剧了视网膜的病变。通过Logistic回归分析,结果显示,BPC和MPV是原发性高血压并发RVO的重要影响因素。这一发现具有重要的临床意义,表明在高血压患者中,密切监测血小板相关指标可以帮助早期识别RVO的高风险人群,尤其是那些伴有高CRT的患者。而BPC和MPV联合预测RVO的AUC值明显优于单独预测,表明这2个指标在预测RVO风险时具有互补性,能够提供更为准确的风险评估。通过Hosmer-Lemeshow检验验证了该风险模型的拟合度良好,意味着模型在实际应用中具有

可靠性,对于临床医生在日常工作中识别高风险患者,采取早期干预措施以预防RVO的发生具有重要意义。

本研究揭示了BPC和MPV在原发性高血压并发RVO中的变化趋势及其潜在的生物学意义,为理解RVO的发病机制提供了新的线索,不仅有助于提高对高血压患者RVO风险的认识,而且为开发新的预防和治疗策略提供了科学依据。

[参考文献]

- [1] Yin Y, Yu Z, Wang J, et al. Effects of the different Tai Chi exercise cycles on patients with essential hypertension: A systematic review and meta-analysis[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10: 1016629.
- [2] Jusic A, Junuzovic I, Hujdurovic A, et al. A machine learning model based on microRNAs for the diagnosis of essential hypertension[J]. *Noncoding RNA*, 2023, 9(6): 64.
- [3] Ørskov M, Vorum H, Bjerregaard Larsen T, et al. A review of risk factors for retinal vein occlusions[J]. *Expert Rev Cardiovasc Ther*, 2022, 20(9): 761-772.
- [4] 王娟, 李东, 胡倩, 等. 老年视网膜静脉阻塞性黄斑水肿患者抗VEGF治疗预后的相关因素[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(12): 2940-2942.
- [5] 赵克鹏, 刘海中, 邵文强, 等. 河北省邢台市农村地区50岁以上人群视网膜静脉阻塞患病及相关因素分析[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2023, 25(10): 726-732.
- [6] 《中国高血压防治指南》修订委员会. 中国高血压防治指南2018年修订版[J]. *心脑血管病防治*, 2019, 19(1): 1-44.
- [7] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 高血压基层诊疗指南(2019年)[J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18(4): 301-313.
- [8] Pathan FKM, Pandian JS, Shaikh AI, et al. Effect of slow breathing exercise and progressive muscle relaxation technique in the individual with essential hypertension: A randomized controlled trial[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2023, 102(47): e35792.
- [9] 霍静, 姜海军, 李伟, 等. 老年原发性高血压合并下肢动脉闭塞症患者血清 β_2 -微球蛋白、Hcy、VEGF及炎症因子水平变化和意义[J]. *中国老年学杂志*, 2023, 43(2): 345-348.
- [10] 王健, 刘雯馨, 兰翠霞, 等. 原发性醛固酮增多症与原发高血压患者血浆vWF、sICAM-1的变化及诊断学价值[J]. *中国现代医学杂志*, 2023, 33(14): 87-91.
- [11] 俞佳利, 项彦琳, 薛金贵. 血管紧张素转换酶I/D基因多态性与原发性高血压关系的研究进展[J]. *中西医结合心脑血管病杂志*, 2024, 22(17): 3161-3163.
- [12] 张文婷, 李方江, 白雪琴, 等. 原发性高血压伴左心室肥厚患者常规治疗效果的影响因素分析[J]. *中国现代医学杂志*, 2022, 32(8): 74-78.
- [13] 范林鹃, 王美霞, 赵欣佳, 等. 针刺治疗原发性高血压病作用机制的研究进展[J]. *环球中医药*, 2024, 17(7): 1412-1419.

- [14] 朱婷婷,黄丹,张春元,等.玻璃体内注射康柏西普对糖尿病黄斑水肿患者和继发于视网膜静脉阻塞的黄斑水肿患者的疗效差异[J].眼科新进展,2023,43(1):53-56.
- [15] 刘志强,李亚坤,白玫,等.丹酚酸 B 对视网膜静脉阻塞损伤大鼠模型视网膜的保护作用及对血管新生的影响[J].国际眼科杂志,2023,23(11):1781-1786.
- [16] 孙梅,郝晓凤,谢立科,等.中、西医治疗视网膜静脉阻塞的研究进展[J].中国中医眼科杂志,2023,33(9):877-880.
- [17] 祁媛媛,许致玉,李春实,等.RVO 继发黄斑水肿患者雷珠单抗玻璃体腔注射后脉络膜组织形态及血流灌注变化[J].中华实验眼科杂志,2025,43(1):52-59.
- [18] 陈瑞红,王宝蕙.视网膜静脉阻塞黄斑水肿复发的影响因素[J].中华实验眼科杂志,2025,43(1):87-91.
- [19] 梁雁雁,樊芳,贾志扬.玻璃体内注射雷珠单抗后视网膜静脉阻塞性黄斑水肿复发的预测因素分析[J].眼科新进展,2022,42(10):802-805.
- [20] 秦瑞丹,张娟,梁莹莹,等.原发性高血压患者血浆致动脉粥样硬化指数及血清脂蛋白相关磷脂酶 A2 水平与左心室肥厚的关系研究[J].中国全科医学,2024,27(27):3359-3364.
- [21] 邴丽英,王瑜,于湛,等.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.
- [22] 王继芳,梁凤鸣.外周血炎症标志物对视网膜静脉阻塞性黄斑水肿的预测价值[J].检验医学与临床,2024,21(14):1991-1995.
- [23] 赵爽,陈晓明,曲冬颖.血清尾加压素、血小板活化因子在不同严重程度妊娠期高血压疾病患者中的表达及与心功能的相关性[J].中国现代医学杂志,2023,33(8):68-73.
- [24] 周立娜,张蕾,孙晓娜,等.妊娠期高血压疾病患者凝血功能指标、血小板参数和血清钙离子浓度的变化及意义[J].河北医药,2022,44(12):1851-1854.
- [25] 黄孟云,朱丽君,陈燕,等.某城市社区高血压患者脑卒中高危人群生命质量现状及影响因素研究[J].皖南医学院学报,2022,41(1):78-81.

(本文编辑:赵丽洁)