

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.19.014
文章编号: 1005-8982 (2025) 19-0086-06

临床研究·论著

原发性急性闭角型青光眼患者房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 与小梁切除术预后的关系*

翟晓羽¹, 要青清¹, 李俊枝², 侯林静¹, 宗志峰¹

(邯郸市第一医院 1.眼科, 2.普外科, 河北 邯郸 056002)

摘要: **目的** 探讨原发性急性闭角型青光眼(APACG)患者房水血管内皮生长因子A(VEGF-A)、生长停滞特异性蛋白6(GAS6)、分泌型磷蛋白1(SPP1)与小梁切除术预后的关系。**方法** 选取2022年7月—2024年1月邯郸市第一医院88例(88眼)行小梁切除术的APACG患者为研究对象,依据术后疗效分为手术成功组(67例,67眼)与手术失败组(21例,21眼)。采用酶联免疫吸附试验检测APACG患者房水VEGF-A、GAS6、SPP1水平。采用多因素一般Logistic回归模型分析APACG患者小梁切除术失败的影响因素。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析房水VEGF-A、GAS6、SPP1预测APACG患者小梁切除术失败的价值。**结果** 手术失败组的VEGF-A、GAS6、SPP1水平均高于手术成功组($P < 0.05$)。手术成功组与手术失败组的性别构成、年龄、发病时间、体质量指数、吸烟史、糖尿病史、高血压史、术前青光眼用药种类、术前眼压、眼别、结膜瓣类型、可调节缝合线应用、术后1个月滤过泡保持率、术后降眼压用药种类比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。多因素一般Logistic回归分析结果显示,VEGF-A水平高[OR = 1.018(95% CI: 1.004, 1.033)]、GAS6水平高[OR = 1.004(95% CI: 1.001, 1.008)]、SPP1水平高[OR = 1.270(95% CI: 1.086, 1.484)]均为APACG患者小梁切除术失败的危险因素($P < 0.05$)。ROC曲线分析结果表明,VEGF-A、GAS6、SPP1联合预测的敏感性和特异性分别为76.2%(95% CI: 0.528, 0.918)和83.6%(95% CI: 0.725, 0.915),曲线下面积为0.859(95% CI: 0.767, 0.950)。**结论** APACG患者房水VEGF-A、GAS6、SPP1与APACG患者小梁切除术预后密切相关。三者联合检测对预测APACG患者小梁切除术失败具有较高的临床价值。

关键词: 原发性急性闭角型青光眼; 血管内皮生长因子A; 生长停滞特异性蛋白6; 分泌型磷蛋白1; 小梁切除术; 预后

中图分类号: R779.6

文献标识码: A

Relationship between aqueous humor levels of VEGF-A, GAS6, and SPP1 and prognosis after trabeculectomy in patients with acute primary angle-closure glaucoma*

Zhai Xiao-yu¹, Yao Qing-qing¹, Li Jun-zhi², Hou Lin-jing¹, Zong Zhi-feng¹

(1. Department of Ophthalmology, 2. Department of General Surgery, Handan First Hospital, Handan, Hebei 056002, China)

Abstract: Objective To explore the relationship between levels of vascular endothelial growth factor A (VEGF-A), growth arrest-specific 6 (GAS6), and secreted phosphoprotein 1 (SPP1) in the aqueous humor and the prognosis after trabeculectomy in patients with acute primary angle-closure glaucoma (APACG). **Methods** A total of 88 APACG patients (88 eyes) who underwent trabeculectomy in the Department of Ophthalmology, Handan First

收稿日期: 2025-06-11

* 基金项目: 河北省自然科学基金(No: H2024505013); 邯郸市科学技术研究与发展计划项目(No: 23422083029ZC)

[通信作者] 宗志峰, E-mail: 13653304531@139.com; Tel: 13653304531

Hospital from July 2022 to January 2024 were enrolled as research subjects. According to postoperative efficacy, they were divided into a success group (67 cases, 67 eyes) and a failure group (21 cases, 21 eyes). Levels of VEGF-A, GAS6, and SPP1 in aqueous humor were detected by enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Multivariate logistic regression analysis was used to identify influencing factors for trabeculectomy failure in APACG patients, and receiver operating characteristic (ROC) curve analysis was used to evaluate the predictive value of aqueous humor VEGF-A, GAS6, and SPP1 levels for trabeculectomy failure. **Results** There were statistically significant differences in VEGF-A, GAS6, and SPP1 levels between the success and failure groups ($P < 0.05$); levels in the failure group were higher than those in the success group. No statistically significant differences were found between the two groups in gender composition, age, onset time, body mass index (BMI), smoking history, diabetes history, hypertension history, number of preoperative glaucoma medications, preoperative intraocular pressure, eye laterality, conjunctival flap type, application of adjustable sutures, 1-month postoperative bleb retention rate, or number of postoperative intraocular pressure-lowering medications ($P > 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that high VEGF-A level [$\hat{OR} = 1.018$ (95% CI: 1.004, 1.033)], high GAS6 level [$\hat{OR} = 1.004$ (95% CI: 1.001, 1.008)], and high SPP1 level [$\hat{OR} = 1.270$ (95% CI: 1.086, 1.484)] were all risk factors for trabeculectomy failure in APACG patients ($P < 0.05$). ROC curve analysis indicated that the combination of VEGF-A, GAS6, and SPP1 for prediction yielded a sensitivity of 76.2% (95% CI: 0.528, 0.918) and specificity of 83.6% (95% CI: 0.725, 0.915), and area under the curve was 0.859 (95% CI: 0.767, 0.950). **Conclusion** Levels of VEGF-A, GAS6, and SPP1 in aqueous humor are closely related to the prognosis after trabeculectomy in APACG patients. Combined detection of these markers has high clinical value for predicting trabeculectomy failure.

Keywords: acute primary angle-closure glaucoma; vascular endothelial growth factor A; growth arrest-specific 6; secreted phosphoprotein 1; trabeculectomy; prognosis

急性原发性闭角型青光眼 (acute primary angle-closure glaucoma, APACG) 是导致不可逆性视力丧失的主要原因之一^[1], 其病理机制复杂, 包括眼压升高、房角关闭、视神经损伤等因素^[2-3]。尽管小梁切除术是治疗 APACG 的主要手段之一, 但术后疗效差异较大, 部分患者在术后仍存在较高的复发风险, 导致视功能进一步损害^[4-6]。因此, 寻找有效的术后预后指标, 评估术后风险, 具有重要的临床意义。近年来, 生物标志物在疾病诊断和预后评估中的应用逐渐受到关注。房水作为眼内液体, 直接与前房、虹膜、小梁网等结构接触, 其成分的变化可以反映眼部病理状态的变化^[7-8]。研究表明, 血管内皮生长因子-A (vascular endothelial growth factor-A, VEGF-A) 在眼部新生血管形成和炎症反应中起重要作用, 其水平升高与多种眼病的发生、发展密切相关^[9-10]。同时, 生长停滞特异性蛋白 6 (growth arrest-specific protein 6, GAS6) 和分泌型磷酸蛋白 1 (secreted phosphoprotein 1, SPP1) 作为细胞外基质相关蛋白, 也在炎症反应和组织重塑中发挥关键作用^[11-12]。然而, 关于 VEGF-A、GAS6 和 SPP1 在 APACG 患者房水中的表达及其与小梁切除术预后的关系, 目前尚缺乏系统的研究。本研究旨在通过检测 APACG 患者房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水

平, 探讨这些指标在预后评估中的潜在应用价值, 为 APACG 的术后管理提供新的生物标志物, 并为进一步的临床应用研究奠定基础。

1 资料与方法

1.1 研究对象

收集 2022 年 7 月—2024 年 1 月邯郸市第一医院 88 例 (88 眼) 行小梁切除术的 APACG 患者为研究对象, 依据术后疗效分为手术成功组 (67 例, 67 眼) 与手术失败组 (21 例, 21 眼)。纳入标准: ①符合《中国原发性闭角型青光眼诊治方案专家共识 (2019 年)》^[13] 中 APACG 诊断标准; ②签署知情同意书; ③需接受小梁切除术, 且术前没有接受过其他类型的青光眼手术治疗。排除标准: ①其他类型的青光眼, 如开角型青光眼、继发性青光眼等; ②有严重的心血管疾病、肾功能不全或恶性肿瘤等; ③妊娠或哺乳期女性。本研究经医院医学伦理委员会审批通过 (No: HDYY-LW-25062)。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 首先, 患者接受详细的眼部检查和全身状况评估, 以确保其适合手术, 并使用抗生素眼药水进行术前消炎。手术在局部麻醉下进行,

通常选择球周麻醉或结膜下注射麻醉。在眼球上方外侧角膜缘做一长 6 ~ 8 mm 的结膜切口,暴露巩膜,随后制作一个直径 3.5 ~ 4.0 mm 的巩膜瓣,并将其轻轻翻起,暴露出下方的巩膜组织。使用直径 1.5 ~ 2.0 mm 的打孔器或手术刀在巩膜上切开一小孔,进入前房,以形成滤过通道,使房水能够通过新的路径排出。然后,将巩膜瓣复位并使用可吸收缝线进行缝合。最后将结膜切口缝合,确保无渗漏。手术完成后,使用抗生素和抗炎药物进行局部处理,并要求患者定期随访,监测术后眼压和滤过泡的功能,以确保手术的成功和患者的良好预后。

1.2.2 分组标准 手术成功标准包括术后眼压 ≤ 21 mmHg 且无需额外使用降眼压药物,滤过泡功能良好无明显渗漏且前房深度正常,视力无显著下降且视野无进一步恶化,以及无严重并发症如大面积脉络膜脱离、顽固性浅前房和严重眼内炎等。手术失败的标准则包括术后眼压仍 > 21 mmHg 或需要使用降眼压药物才能控制,滤过泡未形成或功能不良导致房水引流不畅,术后视力显著下降或视野明显恶化,以及出现严重并发症如大面积脉络膜脱离、顽固性浅前房和严重眼内炎等。

1.2.3 房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平检测 采用角膜缘穿刺法,无菌条件下使用 30 G 前房套管针和

1 mL 注射器收集房水样本 50 ~ 100 μL,这是小梁切除术的第一步操作。样本采集后立即冷冻至 -80 ℃,直至评估。采用酶联免疫吸附试验检测房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平。试剂盒购自武汉博士德生物工程有限公司。

1.3 统计学方法

数据分析采用 SPSS 23.0 统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验;影响因素的分析采用多因素一般 Logistic 回归模型;绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 APACG 患者小梁切除术失败的单因素分析

两组 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);手术失败组 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平均高于手术成功组。两组性别构成、年龄、发病时间、体质量指数(body mass index, BMI)、吸烟史、糖尿病史、高血压史、术前青光眼用药种类、术前眼压、眼别、结膜瓣类型、可调节缝线应用情况、术后 1 月滤过泡保持率、术后降眼压用药种类比较,经 χ^2 / t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组一般资料比较

组别	<i>n</i>	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	发病时间/(h, $\bar{x} \pm s$)	BMI/(kg/m ² , $\bar{x} \pm s$)	吸烟史 例(%)	糖尿病史 例(%)	高血压史 例(%)	术前青光眼用药种类/ (种, $\bar{x} \pm s$)
手术成功组	67	36/31	61.33 ± 7.75	54.60 ± 15.29	22.98 ± 2.59	15(22.39)	13(19.40)	30(44.78)	2.96 ± 0.71
手术失败组	21	14/7	62.84 ± 7.42	55.73 ± 17.70	22.80 ± 2.71	5(23.81)	6(28.57)	10(47.62)	3.03 ± 0.64
χ^2 / t 值		1.090	0.787	0.284	0.275	0.018	0.794	0.052	0.403
<i>P</i> 值		0.296	0.434	0.777	0.784	0.892	0.373	0.819	0.688

组别	术前眼压/ (mmHg, $\bar{x} \pm s$)	眼别 例(%)		结膜瓣类型 例(%)		可调节缝线应用 例(%)		术后 1 个月滤过泡 保持率 例(%)
		左眼	右眼	角膜缘为基底	穹窿部为基底	无	有	
手术成功组	29.80 ± 7.17	32(47.76)	35(52.24)	33(49.25)	34(50.75)	36(53.73)	31(46.27)	66(98.51)
手术失败组	30.64 ± 8.13	11(52.38)	10(47.62)	11(52.38)	10(47.62)	9(42.86)	12(57.14)	20(95.24)
χ^2 / t 值	0.454	0.137		0.063		0.240		0.769
<i>P</i> 值	0.651	0.712		0.803		0.624		0.380

组别	术后降眼压用药种类/(种, $\bar{x} \pm s$)	VEGF-A/(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	GAS6/(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	SPP1/(ng/mL, $\bar{x} \pm s$)
手术成功组	0.48 ± 0.17	155.35 ± 42.24	1 001.38 ± 216.60	20.74 ± 3.89
手术失败组	0.43 ± 0.16	201.91 ± 50.80	1 199.17 ± 246.46	24.39 ± 4.52
χ^2 / t 值	1.192	3.808	3.532	3.608
<i>P</i> 值	0.237	0.000	0.000	0.000

2.2 APACG 患者小梁切除术失败的多因素一般 Logistic 回归分析

以小梁切除术后是否(否=0,是=1)失败为因变量,以房水 VEGF-A 水平(实测值)、GAS6 水平(实测值)、SPP1 水平(实测值)为自变量进行多因素一般

Logistic 回归分析。结果显示:VEGF-A 水平高[OR = 1.018 (95% CI: 1.004, 1.033)]、GAS6 水平高[OR = 1.004 (95% CI: 1.001, 1.008)]、SPP1 水平高[OR = 1.270 (95% CI: 1.086, 1.484)]均为 APACG 患者小梁切除术后失败的危险因素($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 影响 APACG 患者小梁切除术失败的多因素一般 Logistic 回归分析参数

自变量	b	S_b	Wald χ^2 值	P 值	\hat{OR} 值	95% CI	
						下限	上限
VEGF-A	0.018	0.007	6.053	0.014	1.018	1.004	1.033
GAS6	0.004	0.002	6.335	0.012	1.004	1.001	1.008
SPP1	0.239	0.080	8.999	0.003	1.270	1.086	1.484

2.3 房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 预测 APACG 患者小梁切除术失败的效能分析

VEGF-A、GAS6、SPP1 联合预测时的敏感性为 76.2% (95% CI: 0.528, 0.918), 特异性为

83.6% (95% CI: 0.725, 0.915), 曲线下面积为 0.859 (95% CI: 0.767, 0.950), 预测效果较好。见表 3 和图 1。

表 3 房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 预测 APACG 患者小梁切除术失败的效能分析

指标	截断值	曲线下面积	95% CI		敏感性/%	95% CI		特异性/%	95% CI	
			下限	上限		下限	上限		下限	上限
VEGF-A	190.07 pg/mL	0.760	0.630	0.891	66.7	0.430	0.854	82.1	0.708	0.904
GAS6	1 110.07 pg/mL	0.726	0.609	0.844	66.7	0.430	0.854	70.1	0.577	0.807
SPP1	22.63 ng/mL	0.730	0.601	0.859	71.4	0.478	0.887	68.7	0.562	0.794
联合		0.859	0.767	0.950	76.2	0.528	0.918	83.6	0.725	0.915

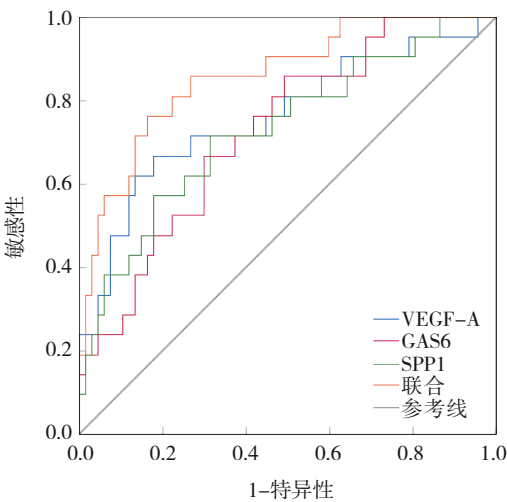


图 1 VEGF-A、GAS6 和 SPP1 预测 APACG 患者小梁切除术失败的 ROC 曲线

3 讨论

APACG 是眼科领域的一种急性高眼压症,主要由于房水流出受阻导致眼内压急剧升高,引发

急性视力丧失,甚至永久性失明,严重影响患者的生活质量^[14-15]。小梁切除术被广泛应用于 APACG 的治疗,通过减少眼内压来缓解症状,但术后疗效存在显著差异,部分患者术后仍面临复发的风险。因此,寻找有效的术后预后指标对于提高疗效和患者预后具有重要意义。近年来,生物标志物在疾病诊断和预后评估中的应用逐渐引起广泛关注。VEGF-A、GAS6、SPP1 作为重要的细胞因子和蛋白质,在多种疾病的病理过程中发挥关键作用。VEGF-A 是参与血管生成和炎症反应的重要因子,其水平升高与多种眼科疾病的发生、发展密切相关^[16-19]。GAS6 和 SPP1 则在细胞生存、增殖、迁移及细胞外基质重塑中具有重要作用,在多种疾病中作为潜在的诊断和预后标志物^[20-23]。已有研究报道 VEGF-A 在青光眼中的作用^[24],但关于 GAS6 和 SPP1 在 APACG 中的作用及其与手术预后的关系尚未有系统的研究。本研究通过检测 APACG 患者房

水 VEGF-A、GAS6 和 SPP1 的水平,探讨这些生物标志物在小梁切除术后预后评估中的应用价值,为临床提供新的预后评估工具,改善 APACG 患者的术后管理和长期视力预后。

本研究结果表明,小梁切除术失败的 APACG 患者房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平均高于手术成功组。VEGF-A 是血管生成和炎症反应的关键调节因子,其水平升高可能通过多种途径影响疾病进程。一方面,VEGF-A 可能通过促进血管生成和增加内皮细胞的通透性,导致房水排出受阻,从而引起眼内压升高。另一方面,VEGF-A 还可能通过自分泌和旁分泌机制保护视网膜神经节细胞,帮助其在高眼压环境下存活^[25]。GAS6 是一种参与细胞存活、增殖和迁移的多功能蛋白,可通过细胞外调节蛋白激酶磷酸化途径调控人类视网膜微血管内皮细胞和斑马鱼血管发育中的血管生成^[26]。有研究报道,GAS6 在多发硬化症的实验模型的视网膜中表达增加,并且在多发硬化症模型的神经元和胶质细胞生存中发挥重要作用^[27]。而另一项研究表明,阿尔茨海默病患者脑脊液中 GAS6 水平升高,进一步诊断表明,脑脊液 GAS6 水平较高的患者在两年的随访中显示出较轻的认知恶化^[28]。因为青光眼与其他神经退行性疾病特征和病理机制有所相似^[29],在手术失败患者的房水中发现 GAS6 水平升高可能代表了一种试图减轻视网膜神经节细胞损伤、对抗青光眼进展的反应,其在房水中的升高可能反映了小梁网和其他眼部组织的病理变化。而 SPP1 作为细胞外基质的主要成分,在组织重塑和炎症反应中起重要作用,过去的研究发现,青光眼患者的 SPP1 水平高于白内障患者^[30-31],而本研究也证明了其水平升高与 APACG 的病理过程密切相关。通过多因素一般 Logistic 回归分析,本研究发现,房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平高是 APACG 患者小梁切除术失败的独立危险因素。这意味着这些生物标志物不仅在疾病发生过程中起重要作用,还可能影响术后恢复和预后。在术前或术中检测这些生物标志物水平,可以帮助预测术后预后,为临床医生提供重要参考。高水平的 VEGF-A、GAS6 和 SPP1 可能提示患者存在较高的术后复发风险,需要更加密切地监控术后并采取可能的辅助治疗措施。此外,ROC 曲线分

析结果显示,VEGF-A、GAS6、SPP1 预测 APACG 患者小梁切除术后失败的敏感性分别为 66.7%、66.7% 和 71.4%,特异性分别为 82.1%、70.1% 和 68.7%,曲线下面积分别为 0.760、0.726 和 0.730,显示了这些生物标志物在预测 APACG 患者术后预后中的较高准确性。而当 VEGF-A、GAS6、SPP1 联合预测时,敏感性和特异性分别为 76.2% 和 83.6%,曲线下面积为 0.859,表明联合检测具有更高的预测效能,三者联合检测对预测小梁切除术后失败的临床价值较高。

综上所述,本研究表明,APACG 患者房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 水平与小梁切除术后的预后密切相关。高水平的这些生物标志物是手术失败的重要预测因素。未来的研究应进一步探讨这些生物标志物在 APACG 病理机制中的具体作用,并开发相应的干预措施,以改善手术预后和患者的生活质量。

参 考 文 献:

- [1] 刘湘云,郑艳瑾,杨建辉,等. 飞秒激光辅助超声乳化联合房角分离术治疗原发性急性闭角型青光眼合并白内障[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(6): 963-966.
- [2] LIU C, NONGPIUR M E, KHOR C C, et al. Primary angle closure glaucoma genomic associations and disease mechanism[J]. Curr Opin Ophthalmol, 2020, 31(2): 101-106.
- [3] KURYSHEVA N I, SHAROVA G A. Primary anterior chamber angle closure: progression from suspect to glaucoma. Part 1. Frequency and rate of transition from suspected primary angle closure to true angle closure and primary angle closure glaucoma[J]. Vestn Oftalmol, 2022, 138(4): 101-107.
- [4] 王丹,袁菁,汪锐. 原发性急性闭角型青光眼患者房水中 SDF-1 和 CXCR4 表达及与小梁切除术预后的关系[J]. 河北医药, 2019, 41(18): 2802-2804.
- [5] 王红霞,李永华,高秀华. 单核细胞趋化蛋白-1 在原发性急性闭角型青光眼患者房水中的表达及其与小梁切除术预后的关系[J]. 眼科新进展, 2018, 38(3): 242-246.
- [6] 邓智会,王晓莉,蔡方荣,等. 原发性急性闭角型青光眼患者房水中 CXCR2 和 bFGF 表达与小梁切除术后预后的关系[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(9): 1517-1521.
- [7] GALARDI A, STATHOPOULOS C, COLLETTI M, et al. Proteomics of aqueous humor as a source of disease biomarkers in retinoblastoma[J]. Int J Mol Sci, 2022, 23(21): 13458.
- [8] PENG C C, IM D, SIRIVOLU S, et al. Single vesicle analysis of aqueous humor in pediatric ocular diseases reveals eye specific CD63-dominant subpopulations[J]. J Extracell Biol, 2022, 1(4): e36.

- [9] 杨婧研, 魏文斌. 调控 Ang/Tie 信号通路治疗眼底新生血管性疾病的研究进展[J]. 中华实验眼科杂志, 2024, 42(5): 467-472.
- [10] 何广辉, 陈松. RPE 与 VEGF-A 间的相互作用在年龄相关性黄斑变性发病机制中的研究进展[J]. 临床眼科杂志, 2022, 30(2): 181-185.
- [11] 吴军来, 柴克霞. TAM/Gas6 通路及其与临床疾病的关系[J]. 临床荟萃, 2021, 36(7): 664-668.
- [12] LOK Z S Y, LYLE A N. Osteopontin in vascular disease[J]. Arterioscler Thromb Vasc Biol, 2019, 39(4): 613-622.
- [13] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国原发性闭角型青光眼诊治方案专家共识(2019年)[J]. 中华眼科杂志, 2019, 55(5): 325-328.
- [14] SUWAN Y, FARD M A, PETPIROON P, et al. Peripapillary perfused capillary density in acute angle-closure glaucoma: an optical coherence tomography angiography study[J]. Asia Pac J Ophthalmol (Phila), 2021, 10(2): 167-172.
- [15] FLORES-SÁNCHEZ B C, TATHAM A J. Acute angle closure glaucoma[J]. Br J Hosp Med (Lond), 2019, 80(12): C174-C179.
- [16] APTE R S, CHEN D S, FERRARA N. VEGF in signaling and disease: beyond discovery and development[J]. Cell, 2019, 176(6): 1248-1264.
- [17] HUANG Y H, KUO C H, PENG I C, et al. Recombinant thrombomodulin domain 1 rescues pathological angiogenesis by inhibition of HIF-1 α -VEGF pathway[J]. Cell Mol Life Sci, 2021, 78(23): 7681-7692.
- [18] SHOVAL A, MARKUS A, ZHOU Z X, et al. Anti-VEGF-aptamer modified C-Dots-A hybrid nanocomposite for topical treatment of ocular vascular disorders[J]. Small, 2019, 15(40): e1902776.
- [19] AHMAD A, NAWAZ M I. Molecular mechanism of VEGF and its role in pathological angiogenesis[J]. J Cell Biochem, 2022, 123(12): 1938-1965.
- [20] GHAFOURI-FARD S, KHOSHBAKHT T, TAHERI M, et al. A review on the role of GAS6 and GAS6-AS1 in the carcinogenesis[J]. Pathol Res Pract, 2021, 226: 153596.
- [21] LIN E Y H, XI W, AGGARWAL N, et al. Osteopontin (OPN)/SPP1: from its biochemistry to biological functions in the innate immune system and the central nervous system (CNS) [J]. Int Immunol, 2023, 35(4): 171-180.
- [22] ZHAO Y L, HUANG Z J, GAO L M, et al. Osteopontin/SPP1: a potential mediator between immune cells and vascular calcification[J]. Front Immunol, 2024, 15: 1395596.
- [23] SHIRAKAWA K, SANO M. Osteopontin in cardiovascular diseases[J]. Biomolecules, 2021, 11(7): 1047.
- [24] DIMTSAS G S, TSIOGKA A, MOSCHOS M M. VEGF levels in the aqueous humor of patients with primary open angle glaucoma: a systematic review and a meta-analysis[J]. Eur J Ophthalmol, 2023, 33(6): 2228-2235.
- [25] DIMTSAS G S, IERONYMAKI A, CHATZISTEFANOOU K I, et al. Elevated VEGF-A levels in the aqueous humor of patients with primary open angle glaucoma[J]. In Vivo, 2024, 38(4): 1875-1881.
- [26] KIM Y S, JUNG S H, JUNG D H, et al. Gas6 stimulates angiogenesis of human retinal endothelial cells and of zebrafish embryos via ERK1/2 signaling[J]. PLoS One, 2014, 9(1): e83901.
- [27] CRUZ-HERRANZ A, OERTEL F C, KIM K, et al. Distinctive waves of innate immune response in the retina in experimental autoimmune encephalomyelitis[J]. JCI insight, 2021, 6(11): e149228.
- [28] SAINAGHI P P, BELLAN M, LOMBINO F, et al. Growth arrest specific 6 concentration is increased in the cerebrospinal fluid of patients with Alzheimer's disease[J]. J Alzheimers Dis, 2017, 55(1): 59-65.
- [29] SACCÀ S C, PALUAN F, GANDOLFI S, et al. Common aspects between glaucoma and brain neurodegeneration[J]. Mutat Res Rev Mutat Res, 2020, 786: 108323.
- [30] NIKHALASHREE S, GEORGE R, SHANTHA B, et al. Detection of proteins associated with extracellular matrix regulation in the aqueous humour of patients with primary glaucoma[J]. Curr Eye Res, 2019, 44(9): 1018-1025.
- [31] ZHAO M Y, TOMA K, KINDE B, et al. Osteopontin drives retinal ganglion cell resiliency in glaucomatous optic neuropathy[J]. Cell Rep, 2023, 42(9): 113038.

(张西倩 编辑)

本文引用格式: 翟晓羽, 要青清, 李俊枝, 等. 原发性急性闭角型青光眼患者房水 VEGF-A、GAS6、SPP1 与小梁切除术预后的关系[J]. 中国现代医学杂志, 2025, 35(19): 86-91.

Cite this article as: ZHAI X Y, YAO Q Q, LI J Z, et al. Relationship between aqueous humor levels of VEGF-A, GAS6, and SPP1 and prognosis after trabeculectomy in patients with acute primary angle-closure glaucoma[J]. China Journal of Modern Medicine, 2025, 35(19): 86-91.