

新生血管性青光眼诊疗新进展

叶洲洋[#], 郑 恬[#], 梁如钰, 蒋梦雨, 陈晓敏, 柯 敏

武汉大学中南医院眼科 (武汉 430071)



【摘要】新生血管性青光眼 (NVG) 是难治性青光眼之一, 主要继发于视网膜缺血性疾病, 其特点为虹膜和房角新生血管形成, 新生血管及纤维血管膜的收缩牵拉, 引起房角关闭, 房水外流受阻, 进而引起眼压升高。NVG 患者原发病管理困难, 房角病理损害严重, 单一的治疗手段很难取得理想治疗效果, 需采取联合原发病治疗与抗青光眼治疗的综合治疗策略。随着抗血管内皮生长因子 (VEGF) 药物的广泛应用和不断发展, 抗 VEGF 药物联合全视网膜光凝术、抗青光眼手术等在内的综合治疗方案逐渐取得了一定成果。了解 NVG 发病机制和治疗方法, 制定降压效果明确、成功率高、并发症少的综合治疗方案是当前研究的热点。本文围绕近年来 NVG 诊疗进展作一综述, 旨在为临床工作提供新的线索和思路。

【关键词】新生血管性青光眼; 抗血管内皮生长因子; 全视网膜光凝术; 治疗

【中图分类号】 R775.3 **【文献标识码】** A

Recent advances in the diagnosis and treatment of neovascular glaucoma

YE Zhouyang[#], ZHENG Tian[#], LIANG Ruyu, JIANG Mengyu, CHEN Xiaomin, KE Min

Department of Ophthalmology, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China

[#]Co-first authors: YE Zhouyang and ZHENG Tian

Corresponding authors: KE Min, Email: keminyk@163.com; CHEN Xiaomin, Email: xminchen@whu.edu.cn

【Abstract】 Neovascular glaucoma (NVG) is one of the refractory glaucoma, primarily secondary to retinal ischemic diseases. It is characterized by the formation of neovascularization in the iris and angle on the basis of the primary disease. The contraction and traction of these neovascular structures and the fibrovascular membrane lead to angle closure, obstructing aqueous outflow and consequently causing elevated intraocular pressure. Managing the underlying disease in NVG patients is challenging, and severe pathological damage to the angle often makes single-modality treatment insufficient for achieving optimal outcomes. Therefore, a comprehensive treatment strategy combining treatment for the primary disease and anti-glaucoma therapy is frequently required. With the widespread application and continuous advancement of anti-vascular endothelial growth factor (VEGF) drugs, integrated treatment regimens—such as anti-VEGF therapy combined with panretinal photocoagulation and anti-glaucoma surgery—have achieved certain results. Understanding the pathogenesis and treatment approaches of NVG, and developing comprehensive treatment plans with clear pressure-lowering effects, high success rates, and

DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510116

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (82271088); 中国健康促进基金会项目 (IIT-2025051); 白求恩·智慧科研助力公益发展基金项目 (2024-YJ-226-J-040)

[#]共同第一作者

通信作者: 柯敏, 博士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, Email: keminyk@163.com

陈晓敏, 博士, 副教授, 副主任医师, 硕士研究生导师, Email: xminchen@whu.edu.cn

minimal complications, are current research hotspots. This review summarizes recent advances in the diagnosis and treatment of NVG, aiming to provide new insights and directions for clinical practice.

【Keywords】Neovascular glaucoma; Anti-vascular endothelial growth factor; Panretinal photocoaglation; Treatment

新生血管性青光眼 (neovascular glaucoma, NVG) 是一种具有侵袭性和致盲性的难治性青光眼, 多继发于眼部缺血缺氧性疾病, 如视网膜中央静脉阻塞 (central retinal vein occlusion, CRVO)、糖尿病视网膜病变 (diabetic retinopathy, DR)、眼缺血综合征 (ocular ischemic syndrome, OIS)、眼部肿瘤、眼外伤等^[1]。病理表现为视网膜缺血缺氧和反复炎症刺激引起的血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 升高, 进而诱导虹膜及房角新生血管形成, 新生血管膜收缩牵拉, 阻碍房水外流, 引起眼压持续性升高^[2]。高眼压会进一步损伤视神经, 加重视网膜缺血缺氧, 形成病理性恶性循环。患者典型症状为剧烈头痛、眼痛, 眼压难以控制, 视力呈进行性重度减退, 甚至完全失明, 严重影响患者日常生活质量。

NVG 病理损伤机制复杂, 采用单一干预措施往往难以控制病情。随着眼科诊疗技术的发展, 临床已形成多种联合治疗方案, 但不同方案疗效存在明显差异。而抗 VEGF 联合综合治疗可有效消退虹膜新生血管、降低眼压、保护视功能, 且并发症更少, 现已广泛用于 NVG 临床干预。本文系统梳理 NVG 的发病机制、临床特征及各类治疗方案的研究进展, 旨在为临床优化 NVG 个体化诊疗方案、改善患者视功能预后提供参考与理论依据。

1 NVG 发病机制与危险因素

1.1 NVG 发病机制

NVG 的核心发病诱因是视网膜病理性缺血缺氧造成组织有效灌注不足, 使房水、玻璃体腔内 VEGF 浓度异常升高, 诱发虹膜及前房角新生血管增生。VEGF 是一种同源二聚体糖蛋白, 过度表达会导致病理性血管的形成, 其内源性成员 VEGF-A 在 NVG 的发生和发展中发挥重要作用^[2]。VEGF 主要有 VEGFR1、VEGFR2 和 VEGFR3 三种酪氨酸酶受体, 其中 VEGFR1、VEGFR2 与 NVG 发病密切相关。VEGF-A 结合

VEGFR1 可调控血管生长模式与形态重塑, VEGFR2 则是介导 VEGF-A 促血管生成效应的核心受体, 其表达丰度直接决定血管内皮细胞分化进程^[3]。视网膜缺氧时局部 VEGF 大量蓄积, VEGF 与细胞膜表面 VEGFR2 结合后, 诱导部分内皮细胞分化为尖端细胞。尖端细胞是新生血管出芽过程的核心调控细胞, 可诱导周边内皮细胞分化为血管干细胞, 逐步形成中空血管管腔, 并通过 VEGF-DLL-Notch 信号轴招募周细胞, 接收星形胶质细胞等视网膜固有细胞释放的调控信号, 协同引导干细胞、周细胞及内皮细胞向缺血缺氧病灶迁移^[4]。除 VEGF 核心通路外, 炎症因子、房水脂质代谢紊乱同样参与 NVG 病理进程。NVG 患者房水中肿瘤坏死因子- α 、IL-1、IL-6、IL-8 等炎症因子水平显著升高, 提示其可加速疾病进展^[5-6]。另有研究指出, NVG 患者房水总脂质水平显著高于正常人群, 溶血磷脂酰胆碱、二半乳糖基二酰甘油、溶血磷脂酰甘油等多种脂质分子含量均显著上升, 提示脂质代谢异常可能是 NVG 发病的重要辅助机制^[7]。

综上, VEGF 介导的病理性新生血管增殖是 NVG 发病的主导机制, 炎症介质、脂质紊乱等多重因素协同推动病情持续进展, 最终造成难以控制的高眼压与不可逆视功能损伤。

1.2 NVG 危险因素

NVG 继发于多种眼底缺血性原发病, 流行病学研究显示, NVG 主要继发于 DR (33%)、CRVO (33%) 和 OIS (13%)^[8]。对于 DR 人群, 继发 NVG 的高危因素包括高龄 (55~64 岁)、合并神经系统或肾脏疾病、糖化血红蛋白 (HbA1c) 水平长期 > 8%^[9-10]; 缺血型 CRVO、发病时视力低下、伴相对性传入性瞳孔障碍、系统性高血压是 CRVO 患者进展为 NVG 的独立危险因素^[11-12]; OIS 患者若病程超过 7 d 或同侧颈动脉狭窄达到 NASCET 5 级及以上, NVG 发病风险显著升高^[13]。

NVG 亦可继发于眼部手术后, 如增殖性 DR 玻璃体切割术后, 晶状体后囊缺损、糖尿病控制

不佳、术前基线高眼压均会提升 NVG 发病风险，是该术式术后并发 NVG 的核心危险因素^[14-15]。葡萄膜肿瘤放射治疗后可出现 NVG 并发症，肿瘤体积偏大、人工晶状体眼、合并重度视网膜病变为其高危诱因^[16]。综合上述各类危险因素可见，规范管理 NVG 原发基础眼病是临床预防、延缓本病发生的关键环节。

2 NVG 分期与诊断

依据 NVG 病程进展，临床将其划分为三期：①青光眼前期，裂隙灯检查可见虹膜表面、前房角散在细小新生血管，房水循环未受明显干扰，患者多无自觉不适，眼压基本正常；②开角型青光眼前期，虹膜新生血管大量增殖，表面形成广泛纤维血管膜，小梁网滤过功能部分受损，房水引流阻力升高，房角解剖结构仍保持开放，但眼压已出现显著上升；③闭角型青光眼前期，纤维血管膜发生收缩牵拉，诱发虹膜周边前粘连、房角完全关闭，房水排出通路严重阻塞，患者常出现剧烈头痛、眼胀痛，眼压可升至 60 mmHg 以上，临床症状极重^[17]。NVG 临床诊断主要依靠典型临床表现，患者常伴结膜充血、视力骤降、头痛、恶心呕吐等症状；虹膜及房角新生血管、持续性高眼压是 NVG 的核心诊断体征，可通过裂隙灯、房角镜检查直观确诊^[18]。

近年来，影像学及实验室检测手段为早期识别 NVG 提供了新依据。超广角荧光素血管造影、光学相干断层扫描血管造影可清晰显示眼底缺血范围与虹膜新生血管形态，在 NVG 早期筛查中具备独特应用价值^[19-20]。血小板体积分布宽度、平均血小板体积、血小板压积、中性粒细胞/淋巴细胞比值、淋巴细胞/单核细胞比值等血清学相关指标，可作为 NVG 潜在诊断生物标志物^[21-23]。

早期诊断是改善 NVG 治疗效果、保护患者视功能、优化远期预后的关键。便捷快速的血清学检验与精准量化的影像学评估，或将成为未来 NVG 规范化诊疗体系中的重要辅助手段。

3 NVG 治疗

NVG 传统治疗以降眼压、管控原发病为核心目标，随着抗 VEGF 药物研发与临床应用，NVG 诊疗理念已转变为以保护残存视功能为核心，通过抗 VEGF 药物抑制眼内新生血管生成，联合全

视网膜光凝术（panretinal photocoagulation, PRP）纠正视网膜缺血缺氧，辅以抗青光眼药物和手术控制高眼压，同时注重原发疾病及全身基础疾病的长期系统化管理。

3.1 抑制眼部新生血管

临床常用抗 VEGF 药物包括康柏西普、阿柏西普、贝伐珠单抗、雷珠单抗等，该类药物可特异性结合 VEGF，阻断 VEGF 与受体相互作用，下调眼内 VEGF 浓度，从而抑制新生血管活性、降低血管通透性，减少虹膜与房角异常新生血管增殖^[24]。术前给药可消退新生血管、优化手术操作条件，减少术中相关并发症，术后辅助治疗则有助于改善患者预后。目前，抗 VEGF 药物短期临床疗效已得到充分验证，然而现有临床证据尚不支持其具备稳定的长期疗效，对患者远期视觉结局的改善作用有限^[25]。但抗 VEGF 药物凭借其抑制眼部新生血管和提高手术成功率方面的作用，已成为 NVG 治疗中不可或缺的药物。

3.2 降低眼压

眼压控制是 NVG 临床干预的首要目标，可避免持续性高眼压不可逆损伤视网膜神经节细胞，同时缓解患者头眼胀痛等不适，干预手段分为药物、手术两大类。降眼压药物主要涵盖 α 受体激动剂、 β 受体阻滞剂、碳酸酐酶抑制剂等，作用机制以减少房水生成为主。但单纯药物降压效果存在明显局限性，超 50% 的 NVG 患者最终仍需手术干预^[26]。手术治疗包括小梁切除术、青光眼引流装置植入术、睫状体破坏性手术等。小梁切除术降压效果明确，但整体手术失败率偏高，术后滤过泡瘢痕化是制约远期疗效的主要因素^[27]。青光眼引流装置以 Ahmed 引流阀（Ahmed glaucoma valve, AGV）和 Baerveldt 引流阀（Baerveldt glaucoma valve, BGV）应用最广，此类术式可有效控制眼压、减少术后降眼压药物依赖，但术后并发症发生率较高，一定程度限制了临床普及^[28]。睫状体破坏术包含睫状体冷凝、睫状体光凝及超声睫状体成形术（ultrasound cyclo plasty, UCP）。冷凝与光凝降压效果可靠，但术中破坏睫状体所需冷凝器或激光的能量难以精准量化，远期存在眼球萎缩、完全失明风险；UCP 可微创、精准抑制睫状体分泌功能以降低眼压，不过相关高质量临床研究数据较为匮乏^[29]。

综上，药物或单一手术虽可实现一定程度眼

压控制，手术整体疗效优于单纯药物治疗；但单一术式普遍存在成功率偏低、并发症多发、远期疗效衰减等缺陷，难以满足 NVG 长期病情管控需求。

3.3 控制原发病和改善视网膜缺血缺氧状态

基础原发病管控是 NVG 治疗的根本环节，PRP 为核心根治性手段，可从源头缓解眼底病变诱发的视网膜缺血缺氧状态。PRP 改善眼底缺血缺氧的作用确切，但实施前提要求屈光介质保持清晰；同时该治疗可造成视野缺损、对比敏感度下降，对患者视觉质量与日常生活产生一定负面影响。即便存在上述局限，PRP 依旧是当前 NVG 综合治疗中最为关键的根治手段。在屈光介质条

件允许的前提下尽早开展 PRP，能够最大限度保护视功能、减轻视神经进行性损伤，缓解患者眼部疼痛不适^[27]。

4 NVG 的治疗新进展

降眼压药物对 NVG 患者治疗效果欠佳，单纯手术成功率较低、并发症较多、长期疗效较差，因此，以抗 VEGF 药物为辅，联合抗青光眼手术和 PRP 综合治疗已成为当下研究热点^[30]。同传统单一治疗相比，联合治疗手术成功率高、并发症少、疗效稳定持久，在未来临床工作上有广阔的应用场景。表 1 列举了近年来国内外研究较多的联合治疗方式。

表 1 部分 NVG 联合治疗方式的优势、不足及适用范围

Table 1. Advantages, limitations, and applicability of selected NVG combination therapies

治疗方式	优势	不足	适用范围
抗 VEGF 药物联合小梁切除术、PRP	降眼压效果良好，术后并发症少；技术成熟；短期疗效明确	费用昂贵，治疗周期长，远期疗效不明确	药物治疗无效、Ⅱ-Ⅲ期、尚有视功能且屈光间质透明
抗 VEGF 药物联合 AGV、PRP	降眼压、维持眼压稳定、手术成功率高，术后并发症少	中长期改善 NVG 结局效果有争议	药物治疗、PRP 或既往青光眼手术疗效不佳、Ⅱ-Ⅲ期、尚有视功能且屈光间质透明
抗 VEGF 药物联合 Ex-press 青光眼引流钉植入术、PRP	降眼压、保护视功能、减轻疼痛；手术操作相对简单、前房干扰小	易发生术后并发症、预后不佳	Ⅱ-Ⅲ期、尚有视功能且屈光间质透明；炎症性青光眼、外伤性青光眼等难治性青光眼
抗 VEGF 药物联合 UCP、PRP	减轻疼痛、减少并发症效果更佳；微创、疼痛较轻、定位准确、操作简便可重复性高	疗效与安全性需验证	眼压高于 30 mmHg、Ⅱ-Ⅲ期、尚有视功能且屈光间质透明
抗 VEGF 药物联合玻璃体切割术、抗青光眼手术、PRP	降眼压、减少并发症效果优异；术中风险小、手术效率高	操作步骤多，手术复杂	屈光间质混浊、Ⅱ-Ⅲ期、尚有视功能

注：NVG. 新生血管性青光眼；VEGF. 血管内皮生长因子；PRP. 全视网膜光凝术；AGV. Ahmed 青光眼引流阀；UCP. 超声睫状体成形术。

4.1 抗 VEGF 药物联合小梁切除术、PRP

小梁切除术是治疗青光眼的经典术式，通过切除小梁组织及周边虹膜，疏通房水外流以降低眼压。但单纯小梁切除术成功率较低，易出现前房积血、浅前房、滤过泡瘢痕等并发症，导致中远期疗效欠佳。术前使用抗 VEGF 药物消退新生血管，可优化手术条件、降低术中并发症风险；术后联合 PRP 改善视网膜缺血缺氧，阻断新生血管增生，显著提升手术成功率。研究显示，该三联方案手术成功率可达 89%，降压效果确切，术后并发症更少^[27]。但该方案在改善患者远期预后方面无明显优势，且存在治疗周期长、需多次治疗、费用高昂等问题，限制了临床推广^[31]。总体而言，该联合方案短期疗效与安全性良好，仍是

临床上 NVG 推荐的治疗方式之一。

4.2 抗 VEGF 药物联合 AGV、PRP

AGV 自 1993 年应用于临床，已成为 NVG 引流手术的主流选择，适用于药物、激光及常规手术治疗无效的难治性 NVG 患者^[32]。AGV 为单向引流装置，可平稳调控房水引流，减少术后低眼压、浅前房等早期并发症。但单纯 AGV 植入后，局部纤维增生及炎性反应易造成引流管堵塞，导致远期眼压再次升高^[33]。抗 VEGF 药物联合 AGV 植入与 PRP 的三联方案可实现多靶点治疗：抗 VEGF 药物抑制新生血管、降低围手术期出血风险；AGV 重建房水引流通道的、控制眼压；PRP 改善视网膜缺血、从病因抑制 VEGF 分泌。相关研究证实，该方案眼压控制更稳定，并发症发生率

低于单一手术治疗^[34]。但该方案远期疗效尚存争议, Tailor 等^[35]认为其可长期稳定控制眼压, 无需二次手术; 但 Ramji 等^[36]研究提示其对中长期预后改善有限, 差异可能与患者基础病情、随访管理不同相关。综上, 该联合方案短期疗效可靠, 但远期有效性仍需进一步研究验证。

4.3 抗 VEGF 药物联合 Ex-press 青光眼引流钉植入术、PRP

Ex-press 青光眼引流钉植入术最初用于开角型青光眼, 随着技术发展, 现已广泛用于 NVG 等难治性青光眼。该术式操作简便、眼内干扰小、术后炎症轻、恢复快。抗 VEGF 药物联合该术式与 PRP, 可有效降低眼压、保护残存视功能、缓解眼部疼痛, 临床应用价值较高。El-Saied 等^[37]表明, 该联合方案术后 1、3 个月眼压控制效果显著优于单一手术治疗。但也有研究认为, Ex-press 术后易发生滤过泡相关并发症, 影响手术预后^[38]。该方案手术创伤小、短期降压效果好, 但远期安全性与疗效仍有待进一步验证。一项对照研究显示, 分别包括 AGV 与 Ex-press 的两种三联方案短期疗效、安全性无显著差异, 但术后 12 个月长期随访中, 抗 VEGF 联合 AGV、PRP 方案的眼压控制效果更优^[39]。

4.4 抗 VEGF 药物联合 UCP、PRP

UCP 依托高强度聚焦超声技术, 通过重塑睫状体结构、减少房水生成、增加房水外流实现降压效果。相较于传统睫状体破坏性手术, UCP 定位精准、组织损伤小、患者痛苦轻, 适用于各类难治性青光眼^[40]。抗 VEGF 药物联合 UCP 与 PRP 可有效消退新生血管、稳定眼压、减轻眼痛、减少手术并发症, 且 UCP 操作简便、可重复治疗, 适用性较强^[41]。近年来 UCP 适应证进一步拓宽, 既往不适用于眼压 > 30 mmHg 患者的治疗方案已优化, 可用于高血压 NVG 患者^[42]。目前该联合方案已取得初步临床效果, UCP 作为新型微创技术应用前景广阔, 但仍处于临床探索阶段, 其长期疗效与安全性仍需更多研究佐证。

4.5 抗 VEGF 药物联合玻璃体切割术、抗青光眼手术、PRP

对于合并玻璃体积血、屈光介质混浊的复杂性 NVG 患者, 常规治疗效果有限。术前抗 VEGF 治疗可消退新生血管、降低术中出血及并发症风险; 玻璃体切割术可清除积血、改善屈光介质,

为 PRP 治疗创造条件, 同时降低眼内 VEGF 水平, 缓解视网膜缺血缺氧。多项研究证实, 抗 VEGF 药物联合玻璃体切割术、抗青光眼手术及 PRP 的四联方案, 可有效降低复杂性 NVG 患者眼压、抑制新生血管、改善视功能^[43-45]。另有研究表明, 该联合方案并发症少, 可有效改善重症患者视力预后^[46]。然而, 该方案涉及玻璃体切除操作, 手术操作较多且复杂, 但其针对性强, 是治疗合并眼底病变、玻璃体积血等复杂 NVG 的有效手段, 可有效控制病情、改善患者生活质量。

5 结语

NVG 属于高致盲性、难治性继发性青光眼, 疾病危害严重。随着糖尿病、视网膜静脉阻塞等缺血性眼底疾病发病率逐年升高, NVG 临床发病例数持续增长, 给家庭及社会带来沉重的医疗与经济负担。因此, 早期识别、及时诊断、积极控制原发病并开展规范化治疗对改善患者预后至关重要。但目前临床仍缺乏针对 NVG 的特效药物与根治性手术方式, 单一治疗手段疗效有限。近年来, NVG 联合综合治疗模式取得显著进展。抗 VEGF 药物可有效抑制眼内病理性新生血管增殖, 优化术中条件、降低手术风险; PRP 可从源头改善视网膜缺血缺氧状态, 阻断促血管生成的病理刺激; 各类抗青光眼手术可有效疏通房水引流、控制眼压。相较于单一治疗, 多模式联合治疗手术成功率更高、整体疗效更优, 现已成为 NVG 临床治疗的主流方案。但该类综合疗法仍存在治疗周期长、组织损伤相对明显、医疗成本较高等问题, 且远期疗效稳定性及远期并发症情况仍有待更多长期临床研究进一步验证。总体而言, NVG 的诊疗模式正由传统单一干预逐步向个体化、多学科、综合性诊疗方向转变, 为难治性 NVG 患者的视力保全与预后改善提供了新的临床思路。

伦理声明: 不适用

作者贡献: 论文撰写: 叶洲洋、郑恬; 查阅与整理文献: 梁如钰、蒋梦雨; 论文修改与审阅、经费支持: 陈晓敏、柯敏

数据获取: 不适用

利益冲突声明: 无

致谢: 不适用

参考文献

- 1 Tang Y, Shi Y, Fan Z. The mechanism and therapeutic strategies for neovascular glaucoma secondary to diabetic retinopathy[J]. *Front Endocrinol(Lausanne)*, 2023, 14: 1102361.

- 2 Yu M, Xie F, Liu X, et al. Proteomic study of aqueous humor and its application in the treatment of neovascular glaucoma[J]. *Front Mol Biosci*, 2020, 7: 587677.
- 3 Mühleder S, Fernández-Chacón M, García-Gonzalez I, et al. Endothelial sprouting, proliferation, or senescence: tipping the balance from physiology to pathology[J]. *Cell Mol Life Sci*, 2021, 78(4): 1329–1354.
- 4 Kang TY, Bocci F, Nie Q, et al. Spatial-temporal order-disorder transition in angiogenic NOTCH signaling controls cell fate specification[J]. *Elife*, 2024, 12: RP89262.
- 5 Chono I, Miyazaki D, Miyake H, et al. High interleukin-8 level in aqueous humor is associated with poor prognosis in eyes with open angle glaucoma and neovascular glaucoma[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 14533.
- 6 Sun C, Zhang H, Tang Y, et al. Aqueous inflammation and ischemia-related biomarkers in neovascular glaucoma with stable iris neovascularization[J]. *Curr Eye Res*, 2020, 45(12): 1504–1513.
- 7 Wang X, Ma X, Song J, et al. Analysis aqueous humor lipid profile of neovascular glaucoma secondary to diabetic retinopathy and lipidomic alteration response to anti-VEGF treatment[J]. *Exp Eye Res*, 2024, 242: 109878.
- 8 Dumbrăveanu L, Cușnir V, Bobescu D. A review of neovascular glaucoma. Etiopathogenesis and treatment[J]. *Rom J Ophthalmol*, 2021, 65(4): 315–329.
- 9 Gange WS, Lopez J, Xu BY, et al. Incidence of proliferative diabetic retinopathy and other neovascular sequelae at 5 years following diagnosis of type 2 diabetes[J]. *Diabetes Care*, 2021, 44(11): 2518–2526.
- 10 Baek SU, Park MS, Cho BJ, et al. Risk factors associated with progression of diabetic retinopathy in eyes treated with panretinal photocoagulation[J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 13850.
- 11 Călugăru D, Călugăru M. Predictors of neovascular glaucoma in central retinal vein occlusion[J]. *Am J Ophthalmol*, 2019, 205: 200–201.
- 12 Lee YH, Kim YC. Central retinal thickness changes and risk of neovascular glaucoma after intravitreal bevacizumab injection in patients with central retinal vein occlusion[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 2051.
- 13 Kim YH, Sung MS, Park SW. Clinical features of ocular ischemic syndrome and risk factors for neovascular glaucoma[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2017, 31(4): 343–350.
- 14 Shi Y, Zhang YX, Jiao MF, et al. Construction and validation of a neovascular glaucoma nomogram in patients with diabetic retinopathy after pars plana vitrectomy[J]. *World J Diabetes*, 2024, 15(4): 654–663.
- 15 Hwang S, Hong EH, Kang MH, et al. Early postoperative bevacizumab for preventing neovascular glaucoma in phacovitrectomy for proliferative diabetic retinopathy[J]. *Sci Rep*, 2025, 15(1): 1231.
- 16 Kim EA, Salazar D, McCannel CA, et al. Glaucoma after iodine-125 brachytherapy for uveal melanoma: incidence and risk factors[J]. *J Glaucoma*, 2020, 29(1): 1–10.
- 17 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国新生血管性青光眼诊疗专家共识(2019年)[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(11): 814–817. [Glaucoma Group of Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association. Expert consensus on diagnosis and treatment of neovascular glaucoma in China (2019)[J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2019, 55(11): 814–817.]
- 18 中国研究型医院学会眼科学与视觉科学专业委员会. 糖尿病视网膜病变相关新生血管性青光眼全流程管理专家共识[J]. *眼科新进展*, 2025, 45(12): 925–929. [Ophthalmology and Visual Science Professional Committee of Chinese Research Hospital Association. Expert consensus on the whole-process management of neovascular glaucoma associated with diabetic retinopathy[J]. *Recent Advances in Ophthalmology*, 2025, 45(12): 925–929.]
- 19 DeBoer C, Wong B, Ameri H. Ischemic index and distribution of retinal capillary non-perfusion in neovascular glaucoma[J]. *Front Biosci-Landmark*, 2022, 27(1): 24.
- 20 Lu ES, Cui Y, Le R, et al. Widefield swept-source optical coherence tomography angiography metrics associated with neovascular glaucoma in patients with proliferative diabetic retinopathy[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024, 262(4): 1111–1120.
- 21 Li S, Cao W, Sun X. Role of platelet parameters on neovascular glaucoma: a retrospective case-control study in China[J]. *PLoS One*, 2016, 11(12): e0166893.
- 22 Zhang A, Ning L, Han J, et al. Neutrophil-to-lymphocyte ratio as a potential biomarker of neovascular glaucoma[J]. *Ocul Immunol Inflamm*, 2021, 29(2): 417–424.
- 23 Doğan E, Aydemir S, Özata Gündoğdu K, et al. Assessment of systemic inflammatory biomarkers in neovascular glaucoma[J]. *Ocul Immunol Inflamm*, 2025, 33(9): 2022–2028.
- 24 Lin B, Shi P, Li DK. Intravitreal drug injection for glaucoma: mechanisms, clinical efficacy, and future horizons[J]. *Front Pharmacol*, 2025, 16: 1660401.
- 25 Rittiphairoj T, Roberti G, Michelessi M. Anti-vascular endothelial growth factor for neovascular glaucoma[J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023, 4(4): CD007920.
- 26 Senthil S, Chary R, Ali MH, et al. Trabeculectomy for neovascular glaucoma in proliferative diabetic retinopathy, central retinal vein occlusion, and ocular ischemic syndrome: surgical outcomes and prognostic factors for failure[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2021, 69(11): 3341–3348.
- 27 Hong Y, Hu Y, Dou H, et al. Comparison of the safety and efficacy of triple sequential therapy and transscleral cyclophotocoagulation for neovascular glaucoma in the angle-closure stage[J]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 7074.
- 28 Iwasaki K, Komori R, Arimura S, et al. Long-term outcomes of Baerveldt glaucoma implant surgery in Japanese patients[J]. *Sci Rep*, 2023, 13(1): 14312.
- 29 Sari C, Alagoz N, Omeroglu A, et al. Long-term results of transscleral diode laser cyclophotocoagulation in glaucoma: a real-life study[J]. *J Glaucoma*, 2024, 33(6): 437–443.
- 30 Yun JS, Santana A, Tseng VL. Medical and surgical management of neovascular glaucoma[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2025, 36(5): 434–441.
- 31 Zhou X, Chen J, Luo W, et al. Short-term outcomes of trabeculectomy with or without anti-vegf in patients with neovascular glaucoma: a systematic review and Meta-analysis[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2023, 12(9): 12.
- 32 Lin H, Gao X, Wu Z, et al. Treatment modalities and trends for hospitalized patients with neovascular glaucoma: a retrospective study of 10 years[J]. *Asia Pac J Ophthalmol*(phila), 2025, 14(1): 100136.
- 33 Bowden EC, Choudhury A, Gedde SJ, et al. Risk factors for failure of tube shunt surgery: a pooled data analysis[J]. *Am J Ophthalmol*, 2022, 240: 217–224.
- 34 Christakis PG, Kalenak JW, Tsai JC. The Ahmed versus Baerveldt study five-year treatment outcomes[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(10): 2093–2102.
- 35 Tailor R, Kinsella MT, Clarke JC. Long-term outcome of intravitreal bevacizumab followed by Ahmed valve implantation in the management

- of neovascular glaucoma[J]. *Semin Ophthalmol*, 2018, 33(5): 606–612.
- 36 Ramji S, Nagi G, Ansari A S, et al. A systematic review and Meta-analysis of randomised controlled trials in the management of neovascular glaucoma: absence of consensus and variability in practice[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023, 261(2): 477–501.
- 37 El-Saied HMA, Abdelhakim MASE. Various modalities for management of secondary angle closure neovascular glaucoma in diabetic eyes: 1-year comparative study[J]. *Int Ophthalmol*, 2021, 41(4): 1179–1190.
- 38 Muñoz M, Anton A, Castany M, et al. The EX-PRESS glaucoma shunt versus nonpenetrating deep sclerectomy with esnoper implant in combined surgery for open-angle glaucoma: a prospective randomized study[J]. *Acta Ophthalmol*, 2019, 97(7): e952–e961.
- 39 Zhou L, Liu Y. Evaluation of Ahmed glaucoma valve versus ex-PRESS shunt implantation with conbercept therapy in neovascular glaucoma[J]. *Medicine(Baltimore)*, 2026, 105(3): e46965.
- 40 Bolek B, Wylęgała A, Wylęgała E. Ultrasound ciliary plasty in glaucoma treatment: a long-term follow-up study[J]. *Acta Ophthalmol*, 2023, 101(3): 293–300.
- 41 陈田翼, 陈元芝, 郭登华, 等. 超声睫状体成形术联合抗 VEGF + 全视网膜光凝术治疗晚期新生血管性青光眼[J]. *国际眼科杂志*, 2024, 24(7): 1038–1042. [Chen TY, Chen YZ, Guo DH, et al. Therapeutic effect of ultrasonic cycloplasty combined with anti-vascular endothelial growth factor plus panretinal photocoagulation in the treatment of advanced neovascular glaucoma[J]. *International Eye Science*, 2024, 24(7): 1038–1042.]
- 42 Ge P, Yang J, Xi JW, et al. Efficacy of ultrasound cyclo-plasty in treatment of glaucoma in Asian population[J]. *Int J Ophthalmol*, 2025, 18(3): 549–556.
- 43 Marra KV, Wagley S, Omar A, et al. Case-matched comparison of vitrectomy, peripheral retinal endolaser, and endocyclophotocoagulation versus standard care in neovascular glaucoma[J]. *Retina*, 2015, 35(6): 1072–1083.
- 44 Li XJ, Yang XP, Li QM, et al. Ranibizumab plus combined surgery for treatment of neovascular glaucoma with vitreous hemorrhage[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2015, 128(15): 2078–2083.
- 45 Doganay D, Doganay S, Cankaya C. Pars plana vitrectomy combined with pan-retinal photocoagulation, Ahmed glaucoma valve implantation, and/or phacoemulsification for complicated neovascular glaucoma treatment[J]. *Arq Bras Oftalmol*, 2022, 87(1): 0187.
- 46 Sun C, Zhang HS, Yan YJ, et al. Early vitrectomy combined with pan retinal photocoagulation, anti-vascular endothelial growth factor, and gradual cyclophotocoagulation for treatment of neovascular glaucoma[J]. *Chin Med J(Engl)*, 2019, 132(20): 2518–2520.
- 收稿日期: 2025 年 10 月 27 日 修回日期: 2025 年 12 月 15 日
本文编辑: 杨室淞 曹 越

引用本文: 叶洲洋, 郑恬, 梁如钰, 等. 新生血管性青光眼诊疗新进展[J]. 医学新知, 2026, 36(7): 814–820. DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510116.
Ye ZY, Zheng T, Liang RY, et al. Recent advances in the diagnosis and treatment of neovascular glaucoma[J]. *Yixue Xinzhi Zazhi*, 2026, 36(7): 814–820.
DOI: 10.12173/j.issn.1004-5511.202510116.