

外路微导管引导小梁切开术联合虹膜周边切除术治疗开角型青光眼

王亚丽, 李印, 吴青松

引用: 王亚丽, 李印, 吴青松. 外路微导管引导小梁切开术联合虹膜周边切除术治疗开角型青光眼. 国际眼科杂志, 2026, 26(2):336–340.

基金项目: 湖北省自然科学基金项目(No.2024AFD065)

作者单位: (445000)中国湖北省恩施市, 恩施土家族苗族自治州中心医院眼科中心

作者简介: 王亚丽, 女, 学士, 副主任医师, 研究方向: 青光眼、眼外伤、眼表疾病。

通讯作者: 吴青松, 男, 硕士, 主任医师, 研究方向: 青光眼、白内障. wuwei0718@sina.com

收稿日期: 2025-06-11 修回日期: 2025-12-29

摘要

目的: 探索外路微导管引导 360° 或 120° 小梁切开联合虹膜周边切除术对降低眼压(IOP)、减少抗青光眼药物使用以及改善开角型青光眼(OAG)患者安全性和疗效的作用。

方法: 回顾性分析。纳入 2019 年 10 月至 2024 年 3 月期间在恩施地区接受该手术的 55 例开角型青光眼患者。术前及术后 1、3、6、12 月进行随访, 记录 IOP、最佳矫正视力(BCVA)、抗青光眼药物使用情况和术后并发症。主要观察指标为术前和术后 IOP 变化及手术成功率(完全成功: IOP ≤ 18 mmHg 且无需药物; 部分成功: IOP ≤ 18 mmHg 但需药物辅助)。

结果: 术前平均 IOP 为 26.7±4.4 mmHg, 术后 1、3、6、12 月均呈持续下降趋势, 且各时间点较术前显著降低(均 P<0.001)。术后 12 月完全成功率为 62%, 部分成功率为 38%。抗青光眼药物的使用显著减少, 多数患者术后 12 月无需药物辅助维持 IOP。术前与术后 12 月 BCVA 无差异(P=0.19)。术后主要并发症为短暂性前房积血(20%), 均于 1 wk 内自发吸收, 未见严重并发症。

结论: 外路微导管引导的 360° 或 120° 小梁切开联合虹膜周边切除术可显著降低 OAG 患者的 IOP, 减少药物依赖, 且具有较高的安全性, 是一种有效的治疗选择。

关键词: 开角型青光眼; 小梁切开术; 微导管; 眼压; 虹膜周边切除术; 手术疗效

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.2.27

Clinical outcomes of ab - externo microcatheter - guided trabeculotomy combined with peripheral iridectomy in open angle glaucoma

Wang Yali, Li Yin, Wu Qingsong

Foundation item: Hubei Provincial Natural Science Foundation Project (No.2024AFD065)

Ophthalmology Center, the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei Province, China

Correspondence to: Wu Qingsong. Ophthalmology Center, the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei Province, China. wuwei0718@sina.com

Received: 2025-06-11 Accepted: 2025-12-29

Abstract

• AIM: To evaluate the efficacy and safety of ab-extero microcatheter - guided 360° or 120° trabeculotomy combined with peripheral iridectomy in lowering intraocular pressure (IOP), reducing the need for antiglaucoma medications, and improving clinical outcomes in patients with open angle glaucoma (OAG).

• METHODS: This retrospective study included 55 patients with OAG who underwent the procedure in the Enshi region between October 2019 and March 2024. Follow-up examinations were conducted at 1, 3, 6, and 12 mo postoperatively to record IOP, best - corrected visual acuity (BCVA), use of anti - glaucoma medications, and postoperative complications. The primary outcome measures were changes in IOP before and after surgery and surgical success rates (complete success: IOP ≤ 18 mmHg without medication; partial success: IOP ≤ 18 mmHg with medication).

• RESULTS: The mean preoperative IOP was 26.7 ± 4.4 mmHg. Postoperatively, the IOP showed a continuous decreasing trend at 1, 3, 6, and 12 mo, with all time points demonstrating a significant reduction compared with baseline (all P<0.001). At 12 mo postoperatively, the complete success rate was 62%, and the partial success rate was 38%. The use of anti-glaucoma medications was significantly reduced, with most patients maintaining target IOP without pharmacological assistance at 12 mo. No significant difference was observed in BCVA between preoperative and 12 - month postoperative assessments (P=0.19). The most common postoperative complication was transient hyphema (20%), which resolved spontaneously within 1 wk, and no severe complications were observed.

• CONCLUSION: Ab - externo microcatheter - guided 360° or 120° trabeculotomy combined with peripheral iridectomy significantly lowers IOP, reduces medication dependence, and demonstrates a high safety profile, making it an effective and reliable surgical option for patients with OAG.

• KEYWORDS: open angle glaucoma; trabeculotomy; microcatheter; intraocular pressure; peripheral iridectomy; surgical efficacy

Citation: Wang YL, Li Y, Wu QS. Clinical outcomes of ab-externo microcatheter-guided trabeculotomy combined with peripheral iridectomy in open angle glaucoma. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(2):336-340.

0 引言

青光眼是全球范围内导致不可逆性视力丧失和失明的主要原因之一,其中原发性开角型青光眼(POAG)作为最常见的类型,其发病机制复杂,主要与房水流速增加和视神经损害有关^[1-3]。当前的治疗策略以降低眼压(IOP)为核目标,包括药物治疗、激光手术和滤过手术^[4]。然而,这些传统治疗方式在长期疗效、药物依赖性以及并发症控制方面仍存在不足,特别是在药物治疗失败的晚期患者中,迫切需要一种更高效、安全的手术干预方法^[5]。作为经典的房水流速手术,小梁切开术通过对Schlemm管的开口处理直接降低房水流速阻力,因而成为青光眼手术的重要选择之一^[6-7]。近年来,微导管技术的应用显著提高了小梁切开术对切开范围的可控性,使术者能够根据患者个体情况选择360°或120°的小梁切开方式,从而进一步提高了手术的降压效果^[8-11]。然而,对于部分青光眼儿童患者,由于解剖条件或角膜透明度受限,ab interno 360°小梁切开(常规GATT)可能难以完成,此时需选择ab externo微导管辅助小梁切开(MATT)作为替代方案,以确保手术的安全性与可行性^[12]。同时,联合虹膜周边切除术可以有效减轻房水流速障碍,降低术后眼压波动的风险^[13]。然而,针对微导管引导小梁切开术联合虹膜周边切除术治疗开角型青光眼(OAG)的疗效和安全性,尤其是针对药物治疗失败患者的研究仍较为有限。此外,由于不同地区患者的病情特征、手术资源及医疗水平差异较大,如何制定最适合具体人群的治疗策略仍是临床研究的难点^[14]。尤其在恩施地区,针对开角型青光眼患者的上述手术疗效与安全性尚无系统研究。同时,现有研究在随访时间上大多较短,未能充分反映手术的长期疗效与潜在风险;对于特定地区患者,相关研究的稀缺进一步限制了临床推广的科学依据。为了弥补这些空白,本研究基于多时间点随访,系统记录并分析患者的眼压变化、药物使用量及视力变化情况,同时详细评估术后并发症的发生率,力求为该手术方法的优化应用提供可靠数据支持。本研究的主要目标是评估外路微导管引导360°或120°小梁切开术联合虹膜周边切除术在恩施地区开角型青光眼患者中的疗效与安全性。通过全面分析术前及术后随访数据,探讨该手术在改善眼压控制、减少药物使用和提高手术安全性方面的临床价值。本研究的意义在于为药物治疗失败的开角型青光眼患者提供一种有效的治疗选择,同时为该手术在特定地区患者群体中的推广应用提供科学依据,进一步推动个性化手术策略的制定和临床实践的优化。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为回顾性研究,旨在评估外路微导管引导360°或120°小梁切开联合虹膜周边切除术治疗开角型青光眼的疗效和安全性,最终纳入恩施地区2019年10月至2024年3月的开角型青光眼患者55例。病例档案经脱敏处理存储于加密数据库,限制访问权限,仅限研究团队核心成员使用。患者纳入标准:(1)年龄5-82岁。其中,5-40岁患者诊断为青少年开角型青光眼(juvenile

open angle glaucoma, JOAG),≥40岁患者诊断为原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma, POAG)^[15],均符合国际青光眼诊断标准。(2)经药物治疗无法控制的眼压(IOP≥21 mmHg)。(3)术前最佳矫正视力(BCVA)≥0.2(LogMAR≤0.7)。排除标准:(1)单眼患者。(2)继发性青光眼(如闭角型青光眼、外伤性青光眼)。(3)有严重眼部感染或既往眼部手术史(可能影响角膜厚度或房角解剖结构)。(4)患有严重的全身性疾病(如晚期糖尿病、控制不良的高血压、心血管疾病)或精神疾病。(5)孕妇。(6)随访不足12 mo或资料不完整的患者。本研究已取得恩施土家族苗族自治州中心医院医学伦理委员会审查批准,所有参与者及其监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 所有手术均在局部麻醉下由同一名经验丰富的青光眼专科医生完成。首先,于角巩膜缘制作约2.0 mm的透明角膜隧道切口,并在前房内注入适量黏弹剂以维持前房深度和稳定性。随后,必要时进行前房积血或残余黏弹剂的注吸处理,以保持术野清晰和房水流通。在此基础上进行小梁切开术。在显微镜下暴露Schlemm管后,于房角处插入微导管(iTrack™ 250A, Ellex Medical Lasers, Australia),沿Schlemm管逐步推进至预定区域,在导管引导下完成360°或120°范围的小梁切开,以改善房水流速通道的通畅性。手术范围(360°或120°)并非随机分配,而是由同一术者根据术中房角情况决定:若房角结构清晰、无明显黏连且Schlemm管条件允许,则尽量实施360°切开;若因部分区域存在黏连、纤维化或角膜透明度限制,难以全周完成,则选择120°切开。手术过程中,精准控制导管的位置与推进角度,以避免对周围组织的损伤。最后,经吸除黏弹剂并注入平衡盐溶液冲洗前房,确认无明显渗漏后进行水密性缝合或水密性关闭切口,以确保切口稳定和防止术后渗漏。

在完成小梁切开后,进行虹膜周边切除术以进一步增强房水流速效果。选择联合周边虹膜切除术的主要原因在于,本研究患者多为药物治疗失败且术前眼压较高者,部分病例还存在房角结构不规则或小梁网纤维化等情况。单纯小梁切开术在此类患者中可能不足以有效缓解房水流速阻力,而联合虹膜周边切除术能够额外建立旁路通道,从而降低术后眼压波动风险并提高手术成功率。暴露目标虹膜区域后,使用虹膜钳在术眼虹膜的周边区域进行切除,切除范围适中,以维持房水流速平衡并减少术后并发症风险。整个手术过程严格遵循无菌操作,并在显微镜辅助下完成,以确保精确性和安全性。

1.2.2 随访与观察指标 所有患者分别于术后1、3、6、12 mo接受随访,以评估手术的疗效和安全性。随访过程中,通过标准化流程测量IOP、BCVA以及记录抗青光眼药物的使用情况和术后并发症的发生。眼压测量采用Goldmann眼压计进行,每次测量3次并取平均值以提高准确性。同时记录手术的成功率,将完全成功定义为术后IOP≤18 mmHg且无需抗青光眼药物,部分成功则定义为术后IOP≤18 mmHg但需药物辅助。所有检查均在同一中心完成。

观察指标分为主要和次要指标。主要指标包括术前与术后IOP的变化及手术成功率。次要指标包括术前与术后BCVA(LogMAR)的变化以及抗青光眼药物的使用情

况,统计术后药物使用数量的逐步减少趋势。此外,还详细记录术后并发症的发生率,包括短暂性前房积血、感染等,并对其处理方式和恢复情况进行描述。

统计学分析:所有数据分析均使用 SPSS23 软件完成。连续变量以均值 \pm 标准差表示,正态分布数据采用配对样本 *t* 检验、独立样本 *t* 检验。不同时间点的重复测量数据采用重复测量方差分析(RM-ANOVA),当总体比较有差异时,进一步的两两比较采用 LSD-*t* 检验。计数资料以 *n*(%) 表示,采用 Fisher 精确检验。所有统计检验均为双侧检验, *P*<0.05 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线特征 本研究共纳入 55 例患者,均符合开角型青光眼的诊断标准,其中男 24 例(44%,年龄 8~80 岁),女 31 例(56%,年龄 5~82 岁);年龄 58.6 \pm 10.2 岁,眼轴 23.6 \pm 1.4 mm,屈光度 -0.4 ± 1.2 D,杯盘比(C/D) 0.72 ± 0.12 ,中央角膜厚度 516.4 \pm 22.1 μ m,术前抗青光眼药物使用数量 2.7 \pm 0.9 种。术前的眼部生物学参数和治疗情况显示,患者平均眼轴长度提示研究对象以正常眼轴长度为主;屈光状态提示患者总体上屈光度接近正视,但有部分患者存在轻度近视。此外,研究对象术前平均杯盘比显示研究人群中近半数患者已出现中至重度视神经损害,表明患者中有较大比例已达到需手术干预的病程阶段。在角膜生物学参数方面,术前患者平均中央角膜厚度与正常人群的范围基本一致,表明研究对象的角膜状态未受到显著影响。术前平均抗青光眼药物使用数量反映了研究人群多为药物治疗失败或无法充分控制眼压的患者群体。此外,我们根据手术范围不同,将患者分为 120° 组(*n*=44)和 360° 组(*n*=11),两组患者术前基线特征见表 1。120° 组术前抗青光眼药物使用数量 2.73 \pm 0.79 种,术后短暂性前房积血有 11 例(25%),术后感染 1 例(2%)。360° 组术前抗青光眼药物使用数量 2.55 \pm 1.13 种,术后未发生短暂性前房积血,术后感染 1 例(9%)。

2.2 IOP 变化 术前,术后 1、3、6、12 mo 患者 IOP 分别为 26.7 \pm 4.4、18.3 \pm 3.6、16.8 \pm 3.3、15.9 \pm 3.1、15.5 \pm 2.7,差异有统计学意义(*F*=23.06, *P*<0.001)。术后 1、3、6、12 mo 患者 IOP 均显著低于术前水平(*t*=12.02、12.41、17.65、18.27,均 *P*<0.001)。这些结果表明,该手术能有效降低患者的 IOP,并且降压效果在随访期间持续稳定。此外,手术成功率分析显示,术后 12 mo,完全成功的患者比例为 62%(34/55),部分成功的患者比例为 38%(21/55)。这

些数据表明,该手术在改善眼压控制方面具有显著的疗效,并且在多数患者中无需长期依赖药物。

2.3 抗青光眼药物使用种数情况 术前,术后 1、3、6、12 mo 患者抗青光眼药物使用种数分别为 2.7 \pm 0.9、1.3 \pm 0.7、0.9 \pm 0.6、0.8 \pm 0.5、0.4 \pm 0.5 种,差异有统计学意义(*F*=21.15, *P*<0.001)。术后 1、3、6、12 mo 患者的抗青光眼药物使用种数均相较术前显著减少(*t*=-5.42、-6.08、-6.37、-6.51,均 *P*<0.001)。药物种数的减少反映了手术在降低药物依赖性和维持 IOP 控制方面的显著疗效。至术后 12 mo,大部分患者无需药物辅助即可维持 IOP \leq 18 mmHg,进一步验证了手术在降低药物依赖性方面的效果。这种减少药物使用的效果不仅降低了患者的经济负担,也减少了药物相关的不良反应风险,提升了患者的生活质量。

2.4 手术前后 BCVA 变化 术后 12 mo BCVA(0.36 \pm 0.14)与术前(0.35 \pm 0.13)相比,差异无统计学意义(*t*=1.32, *P*=0.19),提示该手术对患者的视力影响较小。尽管该手术显著降低了眼压,但对视力的直接影响较为有限,未造成额外的视功能损害。

2.5 主要并发症发生情况 术后短暂性前房积血为最常见的并发症,发生率为 20%(11/55)。所有积血病例均在 1 wk 内自发吸收,无需额外干预,未对患者的术后恢复造成显著影响。此外,术后感染的发生率为 4%(2/55),所有感染病例均经局部抗生素治疗后完全恢复,无长期不良影响。在本研究的随访期间,未观察到其他严重并发症,如持续性低眼压、脉络膜脱离或视力显著下降等。同时,未见术后 24 h 内 IOP 急剧升高至 30 mmHg 以上(IOP spike)、角膜损伤或远期 IOP 升高情况,提示手术对角膜组织安全性较好,且对术后 IOP 控制稳定。这些结果表明,该手术的安全性较高,术后并发症少且易于管理。

3 讨论

本研究评估了外路微导管引导 360° 或 120° 小梁切开术联合虹膜周边切除术在原发性开角型青光眼患者中的疗效和安全性。作为一种旨在改善房水引流并减少药物依赖的新型联合术式,其潜在临床价值在于为药物治疗效果欠佳或房角结构异常的患者提供一种创伤较小、降压稳定且并发症较少的替代方案。研究结果显示,该手术显著降低了术后 IOP,术后 12 mo 时 IOP 较术前明显下降。同时,大部分患者术后无需药物辅助维持 IOP,而术前与术后 12 mo 的 BCVA 无显著差异。术后并发症较少,短暂性

表 1 120°组与 360°组患者术前基线特征比较

参数	120°组(<i>n</i> =44)	360°组(<i>n</i> =11)	<i>P</i>
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	64.00 \pm 7.84	37.18 \pm 16.38	<0.001
眼压($\bar{x}\pm s$,mmHg)	26.72 \pm 4.40	27.18 \pm 3.86	0.941
眼轴长度($\bar{x}\pm s$,mm)	23.57 \pm 1.38	23.70 \pm 1.53	0.788
屈光度($\bar{x}\pm s$,D)	-0.41 \pm 1.15	-0.43 \pm 1.34	0.951
杯盘比	0.72 \pm 0.13	0.70 \pm 0.07	0.595
BCVA($\bar{x}\pm s$,LogMAR)	0.35 \pm 0.11	0.34 \pm 0.10	0.685
性别(例,%)			1.000
男	19(43)	5(45)	
女	25(57)	6(55)	

注:120°组为接受外路微导管引导 120°小梁切开术联合虹膜周边切除术的患者;360°组为接受外路微导管引导 360°小梁切开术联合虹膜周边切除术的患者。

前房积血为最常见并发症,发生率为20%,所有病例均在1 wk内自发吸收,无严重并发症发生。这表明该手术在降低眼压、减少药物依赖及保障安全性方面具有显著的临床价值。

研究结果验证了该手术在降低眼压和减少药物依赖方面的有效性,其中,微导管引导小梁切开术通过切开Schlemm管小梁网,有效降低了房水排出阻力,这是术后眼压显著下降的主要机制^[16]。同时,联合虹膜周边切除术通过切除虹膜周边组织,进一步优化了房水排出路径,从而增强了眼压控制的效果并减少术后眼压波动的风险^[17]。特别是在药物治疗失败、眼压基线水平较高或房角结构异常的POAG患者中,常规联合虹膜周边切除术可显著降低小梁切开后房水外流不畅或术后IOP反复升高的风险,从而提高总体手术成功率与长期稳定性。与其他研究相比,本研究中手术的降压效果稳定且持久,这可能与Schlemm管周围组织的微创切开和导管精准控制有关。此外,本研究结果也提示,对于儿童或解剖条件受限的患者,MATT作为GATT的替代方式,能够在保证房水引流通畅的同时降低操作难度,从而扩展了该类手术在不同年龄和临床场景下的适用性。既往研究已证明,360°或120°范围的Schlemm管切开能够显著扩展房水排出的面积,降低房水排出阻力^[18]。本研究进一步证实,联合虹膜周边切除术后,房水通过前房直接排出至巩膜静脉的效率得到提升,尤其对术前IOP较高或药物治疗失败的患者效果更为明显。此外,术后BCVA稳定的结果表明,该手术对视神经功能的保护作用可能源于IOP的及时控制和波动幅度的减少。已有研究表明,开角型青光眼患者中,视神经对IOP波动的敏感性可能高于IOP绝对值本身^[19]。

与现有手术方式的比较方面,既往研究表明,单纯小梁切除术虽然在降低IOP方面具有一定疗效,但术后瘢痕形成及滤过道功能衰退往往限制其长期效果,且并发症风险较高^[20]。相比之下,内路小梁切开术(如GATT)因创伤小、恢复快而在部分患者中表现出较低的并发症发生率,但对于角膜透明度差或房角结构不清晰的病例,其操作可行性受限^[21]。本研究采用的外路微导管引导小梁切开联合虹膜周边切除术在一定程度上兼具两者优势:(1)借助微导管可实现360°或120°的Schlemm管精准切开,从而有效扩大房水流通道;(2)联合虹膜周边切除术在药物治疗失败或眼压基线较高的患者中进一步增强引流效果,从而提高总体成功率和稳定性。然而,该术式仍存在手术过程复杂、对术者技术要求高的局限性,且其长期疗效有待进一步随访验证^[22]。

本研究发现手术前后BCVA差异无统计学意义,这与POAG的疾病特征相符^[23-24]:(1)本术式的目标是降低IOP、减少用药并稳定病情,并非直接提升BCVA。(2)POAG主要累及周边视野,已有的视神经损伤不可逆,因而降压后短期内不一定转化为视力提升。本研究中部分患者基线杯盘比较高,提示存在较重视神经损害,这进一步降低了BCVA改善的可能性。(3)随访时间有限、部分患者基线BCVA接近正常范围,均可能导致BCVA变化难以检测。因此,“手术效果明显”应理解为眼压控制和药物依赖度显著改善,而非视力提升。

本研究中的手术联合技术,通过多路径房水排出机制,显著降低了IOP波动幅度,从而可能进一步减缓了视

神经损害的进展。同时,本研究中术后并发症发生率低,且均为轻微并发症,这与术式的微创特性相关。短暂性前房积血的发生可能由Schlemm管切开后血液回流引起,而其自限性和快速吸收特征表明该手术对房角组织的损伤较小^[25-26]。此外,本研究未观察到脉络膜脱离和视力显著下降等严重并发症,进一步验证了该手术的安全性。在随访期间未发生IOP spike、角膜损伤或远期IOP升高等情况,说明该术式在降低IOP的同时对角膜组织及长期IOP稳定性具有较好的保护作用。

尽管本研究验证了该手术的临床价值,但仍存在一定局限性:(1)作为单中心的回顾性研究,本研究可能存在选择偏倚,且缺乏对照组,无法与其他手术方式或药物治疗进行直接比较,从而在一定程度上限制了结果的解释力度和因果推断能力。(2)本研究样本量较小(55例),可能降低统计效能,尤其是在视力变化及并发症发生率等次要指标的分析中。(3)本研究的随访时间仅为12 mo,尚不足以评估长期疗效及远期并发症,且在样本量和随访时间均受限的情况下,亦无法完全排除罕见或延迟性不良事件的可能性。(4)本研究开展于恩施地区,该地区的医疗资源可及性、术后依从性及生活方式具有一定区域特征,可能进一步影响结果的外推性。

未来研究应纳入更大规模的多中心样本,并结合不同患者群体的特征(如不同青光眼类型或伴随其他眼部病变)开展分层分析,以提高结果的普适性和临床适用性。同时,应设置合适的对照组(如其他手术方式或药物治疗),以进一步验证该术式的相对优势。此外,延长随访时间以评估手术的长期疗效和远期安全性也是关键方向,尤其是手术对视神经保护的机制探索和进一步的验证。在应用层面,外路微导管引导小梁切开联合虹膜周边切除术已表现出显著的临床价值,其在减少药物依赖、降低经济负担和提高患者生活质量方面的潜力尤为突出。随着手术设备和技术的不断进步,未来可进一步优化手术操作,如结合影像导航技术或更精准的术中评估工具,以提升手术效果并降低并发症发生率。此外,该手术方案的推广应用需结合具体地区的医疗资源和患者特征,通过制定个性化治疗策略,最大程度发挥其临床价值。

本研究证明了外路微导管引导360°或120°小梁切开术联合虹膜周边切除术在降低IOP、减少药物依赖和保障安全性方面具有显著的疗效。术后患者IOP显著降低,大部分无需药物辅助维持,视力稳定且术后并发症少。这一手术方案为药物治疗失败的开角型青光眼患者提供了一种安全高效的治疗选择。本研究的结果强调了精准手术干预在青光眼治疗中的重要性。随着手术技术和设备的进一步优化,该术式在个性化治疗和改善患者生活质量方面具有巨大潜力,为未来的临床实践和多中心研究提供了重要参考。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:王亚丽论文选题与修改,初稿撰写;李印文献检索,数据分析;吴青松选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] 唐静, 邓应平, 王琼, 等. 原发性开角型青光眼发病机制的研究进展. 眼科新进展, 2020, 40(6):587-592.

- [2] Evangelho K, Mogilevskaya M, Losada - Barragan M, et al. Pathophysiology of primary open - angle glaucoma from a neuroinflammatory and neurotoxicity perspective: a review of the literature. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(1):259-271.
- [3] Wang YW, Guo YZ, Zhang Y, et al. Differences and similarities between primary open angle glaucoma and primary angle - closure glaucoma. *Eye Brain*, 2024, 16;39-54.
- [4] 毛伟明, 刘扬, Wordinger RJ, 等. 开角型青光眼降眼压药物的新靶点研究. 中华眼科杂志, 2016, 6;5.
- [5] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国抗青光眼药物复方制剂使用的专家共识(2019年). 中华眼科杂志, 2019, 55(8):569-571.
- [6] Grover DS, Smith O, Fellman RL, et al. Gonioscopy - assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy: 24 months follow-up. *J Glaucoma*, 2018, 27(5):393-401.
- [7] 陈志祺, 程炳, 姚可, 等. 传统外路小梁切开术治疗原发性开角型青光眼的临床观察. 加速康复外科杂志, 2022, 5(4):165-168.
- [8] Qin JY, Liu Y, Wang T. Assessing microcatheter - assisted 360-degree trabeculotomy combined with trabeculectomy for refractory glaucoma: 1-year results. *Int J Ophthalmol*, 2025, 18(1):94-102.
- [9] 王怀洲, 辛晨, 石砚, 等. 外路微导管辅助的360度小梁切开术治疗青少年性开角型青光眼和原发性开角型青光眼的临床对照研究. 眼科, 2021, 30(1):20-24.
- [10] Elwan SAM, Abdallah RMA, Abdelhalim AS. Microcatheter - assisted circumferential trabeculotomy in primary congenital glaucoma. *Saudi J Ophthalmol*, 2021, 35(2):117-121.
- [11] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 我国微导管辅助的360度小梁切开术专家共识(2017年). 中华眼科杂志, 2017, 53(3):170-171.
- [12] Gupta S, Mahalingam K, Gupta V. Childhood Glaucoma: A Case Based Color and Video Atlas. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023;349-355.
- [13] 李木, 徐玲娟, 周雄武. 小梁切开联合周边虹膜切除术治疗色素性青光眼. 实用医学杂志, 2018, 34(13):2169-2171, 2176.
- [14] 宁利王, 晨辛, 敬学张, 等. 中国青光眼防治工作展望. 眼科学报, 2021, 36(6):400-404.
- [15] Selvan H, Gupta S, Wiggs JL. Juvenile - onset open - angle glaucoma - A clinical and genetic update. *Surv Ophthalmol*, 2022, 67(4):1099-1117.
- [16] 王怀洲, 李猛, 胡曼, 等. 微导管引导的小梁切开术治疗多次手术失败的儿童青光眼的疗效观察. 中华眼科杂志, 2017, 53(3):4.
- [17] Gao XB, Lv AG, Lin FB, et al. Efficacy and safety of trabeculectomy versus peripheral iridectomy plus goniotomy in advanced primary angle-closure glaucoma: study protocol for a multicentre, non-inferiority, randomised controlled trial (the TVG study). *BMJ Open*, 2022, 12(7):e062441.
- [18] 王彩霞, 何宇. 房角镜辅助的内路360°小梁切开术治疗青光眼研究进展. 眼科学报, 2023, 38(6):478-488.
- [19] 邱思羽, 孔祥梅, 房召彬, 等. 24h眼灌注压与原发性开角型青光眼和正常眼压性青光眼的相关性研究. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2021, 21(5):335-340.
- [20] Han LY, Mao YY, Sang Q, et al. Efficacy and complications of microcatheter - assisted minimally invasive glaucoma surgery for open-angle glaucoma: a systematic review and network meta-analysis. *Surv Ophthalmol*, 2025, 70(6):1035-1042.
- [21] Wang YW, Zhang WJ, Xin C, et al. Gonioscopy - assisted transluminal trabeculotomy for open-angle glaucoma with failed incisional glaucoma surgery: two-year results. *BMC Ophthalmol*, 2023, 23(1):89.
- [22] Zhang HL, Yan XW, Li F, et al. Microcatheter - assisted trabeculotomy combined with deep sclerectomy and trabeculectomy in young to middle - aged adults with advanced primary open - angle glaucoma: 1-year result. *Front Med*, 2021, 8:712332.
- [23] Bormann C, Rehak M, Scharenberg CT, et al. Assessing XEN microstent's one - year efficacy: independent of site variability. *Int J Ophthalmol*, 2025, 18(1):86-93.
- [24] Giunta P, D'Andrea L, Rinaldi M, et al. Impact of oral citicoline, antioxidant vitamins, and blackcurrant supplementation on primary open-angle glaucoma: an OCT and OCTA study. *Biomedicines*, 2025, 13(6):1352.
- [25] Konopińska J, Lewczuk K, Jabłońska J, et al. Microinvasive glaucoma surgery: a review of schlemm's canal-based procedures. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15:1109-1118.
- [26] Chihara E, Hamanaka T. Historical and Contemporary Debates in Schlemm's Canal-Based MIGS. *J Clin Med*, 2024, 13(16):4882.