

Schlemm 管手术是否适用于原发性闭角型青光眼的治疗

唐莉¹ 原慧萍² 唐广贤³ 范肃洁⁴ 卢岚⁵ 周民稳⁶ 谢琳⁷ 聂昕⁸ 张秀兰⁹

¹四川大学华西医院眼科,成都 610041;²哈尔滨医科大学附属第二医院眼科,哈尔滨 150086;

³石家庄第一眼科医院眼科,石家庄 050000;⁴邯郸市眼科医院,邯郸 056001;⁵福建医科大学附属协和医院眼科,福州 350001;⁶上海市第一人民医院眼科,上海 200080;⁷重庆医科大学附属第三医院眼科,重庆 401120;⁸重庆市人民医院眼科,重庆 400014;⁹中山大学中山眼科中心眼科学国家重点实验室,广州 510060

通信作者:张秀兰,Email:xiulan_z@qq.com

【摘要】 原发性闭角型青光眼(PACG)是亚洲人群常见的青光眼类型,致盲率高,小梁切除术是其主要的手术治疗方式,但并发症较多。近年来,不依赖于滤过泡的青光眼微创手术治疗 PACG 逐渐引起研究者的关注。其中 Schlemm 管手术通过对 Schlemm 管的扩张、成形或切开,解决 Schlemm 管和小梁网功能障碍,重新开放房水引流通道,达到降低眼压的目的,既往多用于原发性开角型青光眼(POAG)的治疗。然而,基于 PACG 的发病机制及其与 POAG 有共同的病理机制,Schlemm 管手术是否可用于 PACG 的治疗引起了较多的争议。既往已有一些回顾性研究或前瞻性单臂研究表明,各类 Schlemm 管手术联合白内障摘出和房角分离术在 PACG 治疗中显示出良好的效果,相关高质量、高循证等级的临床随机对照试验有望为 PACG 的治疗方式带来革新。

【关键词】 原发性闭角型青光眼; 微创手术; Schlemm 管; 眼压

基金项目: 成都市科技局技术创新研发项目(2021-YF05-01526-SN)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20211102-00598

Is Schlemm canal surgery suitable for primary angle-closure glaucoma?

Tang Li¹, Yuan Huiping², Tang Guangxian³, Fan Sujie⁴, Lu Lan⁵, Zhou Minwen⁶, Xie Lin⁷, Nie Xin⁸, Zhang Xiulan⁹

¹Department of Ophthalmology, West China Hospital of Sichuan University, Chengdu 610041, China; ²Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Harbin Medical University, Harbin 150086, China; ³Department of Ophthalmology, Shijiazhuang First Eye Hospital, Shijiazhuang 050000, China; ⁴Handan Eye Hospital, Handan 056001, China; ⁵Department of Ophthalmology, Fujian Medical University Union Hospital, Fuzhou 350001, China; ⁶Department of Ophthalmology, Shanghai General Hospital, Shanghai 200080, China; ⁷Department of Ophthalmology, The Third Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 401120, China; ⁸Department of Ophthalmology, Chongqing General Hospital, Chongqing 400014, China; ⁹State Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510060, China

Corresponding author: Zhang Xiulan, Email:xiulan_z@qq.com

【Abstract】 Primary angle-closure glaucoma (PACG) is a common subtype of glaucoma and one of the leading causes of blindness in Asia. Trabeculectomy has been recognized as an effective filtering surgery for PACG and is widely used in clinical practice, but its high risk of postoperative complications, especially bleb scarring over time can not be ignored. Nowadays, non-bleb-based minimally invasive glaucoma surgeries (MIGS) have attracted much attention. Surgeries opening, restoring, or expanding Schlemm canal to reconstruct aqueous humor outflow pathway is one of the MIGS and able to achieve moderate intraocular pressure (IOP) reduction, which has been widely used in the treatment of primary open-angle glaucoma (POAG) for a long time. However, based on the pathogenesis of PACG and its similar pathological changes in Schlemm canal to POAG, some retrospective studies and prospective single-arm studies discovered that Schlemm canal surgery combined with phacoemulsification and/or goniosynechialysis appears

to lower IOP well and safe in PACG eyes in recent years. Whether Schlemm canal surgery is also suitable or effective for PACG is getting some attention and is still controversial up to now, mostly due to some differences in pathogenesis between PACG and POAG, it is necessary to perform randomized controlled trials to confirm the efficacy of Schlemm canal surgery for PACG and upgrade the therapeutic strategy of PACG.

[Key words] Primary angle-closure glaucoma; Minimally invasive surgical procedures; Schlemm canal; Intraocular pressure

Fund program: Science and Technology Program of Chengdu (2021-YF05-01526-SN)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20211102-00598

原发性闭角型青光眼 (primary angle-closure glaucoma, PACG) 是我国青光眼患者中的常见类型, 其患病率及致盲率均较高^[1-2]。PACG 导致瞳孔阻滞、前房角关闭、Schlemm 管等房水排出组织结构异常, 致房水引流受阻, 造成病理性眼压升高, 进而引起不可逆性视功能损害^[3-4]。长期以来, 中晚期 PACG 的治疗主要是手术疗法, 主要手术方式包括小梁切除术和传统的青白联合术式, 即超声乳化白内障摘出+人工晶状体植入术 (phacoemulsification cataract extraction combined with intraocular lens implantation, PEI)+小梁切除术^[5-6]。小梁切除术是传统的抗青光眼手术方法, 术中制作新的房水滤过通道以达到房水引流的目的, 从而降低眼压。然而, 长期的临床实践发现小梁切除术并非完美的治疗方法, 原因是: (1) 术中和术后并发症较多, 如浅前房、前房积血、持续性低眼压、角膜内皮失代偿、眼内炎以及滤过泡相关并发症等; (2) 手术操作创伤大, 需要在眼球壁上开窗, 损伤结膜和巩膜组织, 伤口恢复时间长; (3) 手术时间长, 传统的青白联合术手术时长为 40~50 min; (4) 医师学习曲线长; (5) 术后需要精细护理以避免滤过泡瘢痕化等。

近年来, 国际上的一些临床试验表明, 单纯 PEI 或 PEI 联合房角分离术 (goniosynechialysis, GSL) 用于 PACG 能有效降低眼压并减少或避免术后降眼压药物的使用, 但也有研究结果显示单纯 PEI 与 PEI+GSL 治疗 PACG 的效果无明显差异^[7-9]; 还有研究显示, GSL 治疗中晚期 PACG 疗效不足^[10], 须进一步增加其他措施进行补充治疗。

微创青光眼手术 (minimally invasive glaucoma surgeries, MIGS) 的开展使青光眼的治疗效果取得了突破性进展, 尤其是 Schlemm 管手术。Schlemm 管手术包括 Schlemm 管扩张术、Schlemm 管成形术和切开术, 这类手术操作简单、并发症少、微创、术后组织恢复快并能有效降低眼压^[11]。长期以来 MIGS 在原发性开角型青光眼 (primary open-angle glaucoma, POAG) 治疗的应用中已被证实是安全、有效的^[12]。然而, 基于 POAG 与 PACG 之间发病机制的不同, 这类手术是否

适用于 PACG 的治疗仍存在一定争议^[13]。本文依据国际上和我国多个眼科机构共同进行的相关临床研究结果对 Schlemm 管手术治疗 PACG 的可行性、治疗效果及其机制进行分析和评价。

1 PACG 与 POAG 均存在小梁网和 Schlemm 管房水流出障碍的病理机制

PACG 主要包括原发性急性和慢性闭角型青光眼。对 PACG 手术中获得的小梁组织标本进行组织病理学检查发现, 原发性急性闭角型青光眼小梁内皮细胞水肿, 小梁网组织中有色素沉积, 个别标本组织切片中可见局灶性组织坏死。原发性慢性闭角型青光眼的早期小梁网组织切片可见小梁组织纤维化改变, 导致小梁网网隙变窄或消失, 小梁内皮细胞数量减少, 部分内皮细胞的细胞质中含有色素颗粒; 中晚期可见大部分小梁组织发生纤维化变性, 可见色素沉积和网隙结构消失、Schlemm 管腔狭窄或闭塞、虹膜萎缩或变性。原发性慢性闭角型青光眼早期小梁组织的损害多局限在与周边虹膜粘连的区域, 且随着小梁组织与周边虹膜粘连范围的扩大, 小梁组织和 Schlemm 管的病变程度逐渐加重, 小梁网组织改变的范围也更加广泛^[3,14]。

PACG 发病的起始因素为进行性周边虹膜前粘连 (peripheral anterior synechiae, PAS), 导致患眼前房角关闭, 房水排出受阻, 眼压升高, 而小梁网和 Schlemm 管的病理改变可进一步加重房水流出障碍^[3,14]。这些研究结果为 Schlemm 管手术治疗 PACG 提供了一定的理论基础。

2 PEI+/-GSL 对 PACG 治疗的优缺点

PEI+/-GSL 对早期 PACG 有较好的疗效, PEI 有利于解除瞳孔阻滞、房角狭窄或阻塞, 改善浅前房及房水引流不畅状态, 降低眼压, 但对于中晚期 PACG 患者效果仍显不足^[10]。GSL 可有效解除房角粘连, 如果房角分离后显露的小梁功能完好, 小梁网的房水后引流通路结构保持完整, PEI+GSL 就能取得成功。多项研究亦证实, 单独 PEI 或 PEI+GSL 均能有效降低 PACG

患者的眼压,减少降眼压药物的使用数量^[7,10,15]。然而,一项国际多中心随机对照临床试验(randomized controlled trial,RCT)却得出不同的结论,该研究将 78 例 PACG 患者随机分为 2 个组,分别接受单独 PEI 和 PEI+GSL 疗法,术后 1 年发现 PEI 组和 PEI+GSL 组手术完全成功率分别仅为 52.5% 和 57.9%,2 个组间比较差异无统计学意义,无法证明 PEI+GSL 治疗 PACG 的降眼压作用优于单独 PEI^[7]。另一项研究对 PEI+GSL 与单独 PEI 治疗原发性青光眼的 RCT 文献进行 Meta 分析,共纳入 8 篇文献,结果显示 2 个组术眼眼压和降眼压药物应用次数变化差异均无统计学意义^[16]。还有研究发现,原发性慢性闭角型青光眼行 PEI+GSL 的成功率低于原发性急性闭角型青光眼,中晚期 PACG 的手术成功率低于早期 PACG^[10]。这些研究提示早期 PACG 患者接受 PEI+GSL 疗法可明显获益,而中晚期 PACG 仅采用 PEI 或单独 GSL 疗效均显不足。因此,PACG 患者经 PEI 或单独 GSL 治疗房角虽然重新开放,仍无法解决房角引流功能障碍,而联合 Schlemm 管手术则有望通过去除功能丧失的小梁网,打开 Schlemm 管以增强房水流出能力,进一步减少房水流出阻力,达到降低眼压、治疗 PACG 的目的。

3 PEI+GSL 联合 MIGS 对 PACG 的降眼压效果

MIGS 可通过多个渠道解决 Schlemm 管和小梁网房水引流功能障碍的问题,如 Schlemm 管扩张术可通过黏弹剂扩张狭窄、塌陷的 Schlemm 管和疝入 Schlemm 管的集液管;Schlemm 管成形术可通过缝线的张力维持 Schlemm 管开放,而房角切开术(goniotomy,GT)可通过去除功能丧失的小梁网组织,增强 Schlemm 管的房水流出能力。Schlemm 管可以部分性切开,如 120° 或 240° 切开,也可以全周切开,即 360° 切开。增加 Schlemm 管切开术联合 PEI+/-GSL 术则有望解除 PACG 患者小梁组织及其 Schlemm 管的房水阻力,有效降低眼压。

3.1 PEI+GSL 联合部分 GT 治疗 PACG

已有多项研究证实 PEI+GSL 联合 GT 治疗 PACG 是安全、有效的。Tanito 等^[17]回顾性分析了 560 例采用谷户钩(Tanito microhook, TMH)行 PEI+GSL+GT 治疗各类青光眼的疗效,其中包括 71 例 PACG 患者,最长随访 36 个月,结果显示 PACG 患者术后眼压降低了 31%,联合应用降眼压药物后约 2/3 的患眼在末次随访中眼压控制在 15 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 以下,术中并发症的发生率仅约为 4% (24/560),其中虹膜脱垂者占 3% (15/560),因房角出血无法完成

Schlemm 管切开的比例 < 1% (1/560),术后前房积血者占 30% (172/560),短期内可自行吸收,一过性眼压升高者占 6% (34/560)。

一项前瞻性系列病例观察研究纳入 11 例 PACG 患者,采用双刃小梁网切除器 KDB (Kahook Dual Blade) 行 PEI+GSL+GT,结果显示术后 24 个月眼压降低了约 30%,使用降眼压药物数量减少了 50% 以上,术后 6 眼出现短暂性前房积血,占 12.5%,均自行消退,1 眼在术后第 1 天由于黏弹剂残留出现眼压升高,占 2.1%,未出现二次手术者^[18]。另一项回顾性研究对 24 例接受 KDB 辅助 PEI+GSL+GT 的 PACG 患者 42 眼进行分析,包括中期 PACG 13 眼和晚期 PACG 26 眼,术后第 24 个月 95.2% 的患眼眼压 ≤ 18 mmHg,所有患眼眼压均降低 20%,69.0% 的患眼无需继续使用降眼压药物,在 24 个月的随访中未见需要二次手术者^[8]。该团队也曾报道了这些患者随访 6 个月和 12 个月的研究结果,与随访 24 个月的结果一致,表明该手术疗法对 PACG 和白内障患者疗效显著^[19-20]。

目前认为 PACG 患眼接受 GSL 和 GT 术后因容易再发生 PAS 而导致眼压失控,且行滤过手术发生浅前房和恶性青光眼的概率较高。Gupta 等^[21]观察了用显微玻璃体视网膜刀辅助 PEI+GSL+GT 治疗 PACG 的有效性和安全性,研究纳入的患者中 69.6% 为晚期青光眼,术后眼压从 (21.4 ± 6.6) mmHg 降至 (14.2 ± 3.7) mmHg,所用降眼压药物的数量平均减少了 66.6%。Greenwood 等^[22]的研究也表明,PEI+GSL+GT 可明显降低中晚期 PACG 患者的眼压并减少降眼压药物的使用种类和数量,最常见的并发症是前房积血和一过性眼压升高,发生率分别为 28% 和 6.5%,但大多数无需手术干预,因此认为 PEI+GSL+GT 对中晚期 PACG 有较好的疗效和安全性。最近一项前瞻性随机临床试验将鼻侧象限无 PAS、既往无眼内手术史的 61 例 PACG 患者 63 眼分为 PEI+GSL+GT 组和 PEI+GSL 组,2 个组患眼术后眼压分别降低了 6.9 mmHg 和 4.6 mmHg,组间比较差异有统计学意义,证实与 PEI+GSL 比较,PEI+GSL+GT 的降眼压效果更明显^[23]。

3.2 PEI+GSL 联合小梁消融术治疗 PACG

Wang 等^[24]采用系列病例观察研究方法对 PEI+GSL 联合小梁消融术治疗 PACG 的疗效和安全性进行临床评估,共纳入房角闭合大于 180° 且初始眼压大于 21 mmHg 的患者 22 眼,并进行了 12 个月的随访,手术成功率为 88.9%,术中主要并发症为前房积血,均可自行吸收。随访中仅 2 眼在切除的小梁网组织部位再次出现 PAS,接受周边氩激光虹膜成形术后症状消失。

该研究提示 PEI+GSL 联合技术对 PACG 患者,尤其是长期和广泛房角粘连的患者是有效且安全的。

3.3 PEI+GSL 联合小梁微型旁路支架植入术治疗 PACG

Chen 等^[25]报道了一项前瞻性、单盲 RCT 结果,该研究将轻/中度 PACG 伴有白内障的患者随机分为单纯 PEI 组和 PEI 联合小梁微型旁路支架(iStent)植入组(PEI-iStent 组),结果显示 PEI 组和 PEI-iStent 组的手术完全成功率分别为 43.8% 和 87.5%,PEI-iStent 组术后前房积血发生率仅为 6%(1/16),各并发症的发生率与单纯 PEI 组无明显差异。与单纯 PEI 比较,PEI 联合 iStent 植入术的降眼压效果更明显;与 PEI 联合小梁切除术相比,PEI 联合 iStent 植入术引起威胁视力的并发症更少。

4 Schlemm 管手术治疗 PACG 的前景

目前,Schlemm 管手术治疗 PACG 的手术方式主要集中在 PEI+GSL+GT,这种联合手术主要靶向 PACG 眼压升高的各种病理机制,即重新开放粘连或狭窄的前房角、去除功能失调的小梁网、切开 Schlemm 管内壁,使得房水直接进入 Schlemm 管,以恢复房水的生理流出途径,达到降低眼压的目的。此外,这种手术方法不存在传统滤过手术中滤过泡相关的并发症,同时还可以通过白内障手术改善视觉功能,提高患者的生活质量。对患者而言,微创手术具有并发症少、术后护理过程简单、大多数相关手术治疗费用较低等优点。对术者而言,微创手术操作步骤简单,手术用时短,学习曲线较短,有白内障手术和术中房角镜使用经验的青光眼医生更有利于掌握该手术。

与 GT 用于 POAG 治疗一样,PEI+GSL+GT 治疗 PACG 也有发生前房积血、一过性高眼压和房角再次粘连等并发症以及白内障手术相关并发症的可能,这就要求手术医师合理选择适应证,并熟练掌握手术技巧。PEI+GSL+GT 治疗 PACG 的适应证为中晚期 PACG,包括房角关闭超过 180°的中晚期原发性慢性闭角型青光眼及慢性期原发性急性闭角型青光眼。术后房角再次粘连的发生率是否高于 POAG 行相同手术者,仍有待进一步研究。

5 Schlemm 管手术独立用于治疗 PACG 的机遇和挑战并存

综上对 PACG 发病机制及国际上关于 Schlemm 管手术治疗 PACG 的临床研究结果所述,我们认为,首先,Schlemm 管手术用于 PACG 治疗有一定的理论基

础。小梁网和 Schlemm 管功能障碍是 PACG 和 POAG 共同存在的病理机制,基于 Schlemm 管手术用于 POAG 治疗的证据,可为选择 Schlemm 管手术疗法提供理论依据^[3]。其次,PEI 开放了前房狭窄的空间,解除了患眼的浅前房状态;GSL 分离了 PAS,可暴露出小梁网组织。然而,PACG 患者虽房角重新开放,仍无法解决房角功能障碍的问题,国际上的多中心 RCT 也证实,PEI+GSL 不足以完全解决 PACG 患者的房角功能障碍问题^[7]。因此,联合 Schlemm 管手术有望解决其小梁网以及 Schlemm 管房水阻力的问题。第三,PEI+GSL 联合 MIGS 对 PACG 的降眼压效果更佳,如 Schlemm 管切开术通过去除功能丧失的小梁网增强 Schlemm 管的房水流出,能更好地降低 PACG 患者的眼压,保护患者的视功能,提高患者生活质量^[7,15]。多个回顾性研究均证实了各类 MIGS 联合 PEI+/-GSL 在 PACG 的治疗中取得的良好降眼压效果,提示 MIGS 治疗 PACG 有很好的前景。

目前用于 PACG 的 Schlemm 管手术疗效的报道主要来源于回顾性研究,缺乏高质量、高等级循证证据的 RCT 研究。由中山大学中山眼科中心张秀兰教授主持的、正在进行的 2 项多中心 RCT,1 项是针对合并白内障的中晚期 PACG,对比 PEI+GSL+GT 和 PEI+小梁切除术的有效性和安全性(ClinicalTrials.gov 注册号: NCT04878458)^[26];另 1 项是针对没有白内障手术指征或晶状体透明的中晚期 PACG,对比周边虹膜切除术+GSL+GT 和小梁切除术的有效性和安全性(ClinicalTrials.gov 注册号: NCT05163951),通过客观评估 Schlemm 管手术用于治疗中晚期 PACG 的可行性、有效性和安全性,有望为 Schlemm 管手术治疗中晚期 PACG 提供循证证据,期待研究结果为 PACG 治疗模式和理念带来革新和新的思路,同时也希望我国临床医师开展更多相关的临床研究,探索此类手术的最佳适应证、疗效、并发症的预防及处理方法,客观评价该手术在临床上的应用价值,最终造福广大青光眼患者。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张秀兰:参与选题、资料收集、文章核心内容的修改及定稿;唐莉:参与文章的撰写;原慧萍、谢琳:参与国内相关研究工作及结果的提供、文章核心内容的修改及定稿;唐广贤、范肃洁、卢岚、周民稳、聂昕:参与国内相关临床工作及相关资料提供、文献资料的收集和整理、文章的修改和定稿

参考文献

- [1] Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020 [J]. Br J Ophthalmol, 2006, 90 (3): 262-267. DOI: 10. 1136/bjo. 2005. 081224.

- [2] 陈君毅,孙兴怀.《欧洲青光眼指南(第五版)》解读[J].中华实验眼科杂志,2021,39(10):906-909. DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210903-00494.
Chen JY, Sun XH. Highlights of *Terminology and Guidelines for Glaucoma* (5th edition): an interpretation [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2021, 39(10): 906-909. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20210903-00494.
- [3] Hamanaka T, Kasahara K, Takemura T. Histopathology of the trabecular meshwork and Schlemm's canal in primary angle-closure glaucoma [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52(12): 8849-8861. DOI: 10.1167/iov.11-7591.
- [4] Wright C, Tawfik MA, Waisbourd M, et al. Primary angle-closure glaucoma: an update [J]. Acta Ophthalmol, 2016, 94(3): 217-225. DOI: 10.1111/aos.12784.
- [5] 中华医学会眼科学分会青光眼学组.中国合并白内障的原发性青光眼手术治疗专家共识(2021年)[J].中华眼科杂志,2021,57(3):166-170. DOI:10.3760/cma.j.cn112142-20200706-00455.
Glaucoma Group of Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association. Chinese expert consensus on surgical treatment of primary glaucoma with cataract (2021) [J]. Chin J Ophthalmol, 2021, 57(3): 166-170. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20200706-00455.
- [6] 中华医学会眼科学分会青光眼学组,中国医师协会眼科医师分会青光眼学组.中国青光眼指南(2020年)[J].中华眼科杂志,2020,56(8):573-586. DOI:10.3760/cma.j.cn112142-20200313-00182.
- [7] Husain R, Do T, Lai J, et al. Efficacy of phacoemulsification alone vs phacoemulsification with goniosynechialysis in patients with primary angle-closure disease: a randomized clinical trial [J]. JAMA Ophthalmol, 2019, 137(10): 1107-1113. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2019.2493.
- [8] Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Two-year clinical outcomes of combined phacoemulsification, goniosynechialysis, and excisional goniotomy for angle-closure glaucoma [J]. Asia Pac J Ophthalmol (Phila), 2020, 10(2): 183-187. DOI: 10.1097/APO.0000000000000321.
- [9] 陈瑶,程钢炜.房角粘连分离联合 Phaco 与单纯 Phaco 治疗小范围房角粘连的 CPACG 伴白内障疗效比较[J].中华实验眼科杂志,2021,39(10):885-891. DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20201222-00857.
Chen Y, Cheng GW. A comparison study on goniosynechialysis + phacoemulsification versus simple phacoemulsification for CPACG with PAS $\leq 180^\circ$ combined cataract [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2021, 39(10): 885-891. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20201222-00857.
- [10] Tian T, Li M, Pan Y, et al. The effect of phacoemulsification plus goniosynechialysis in acute and chronic angle closure patients with extensive goniosynechia [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2019, 19(1): 65 [2021-10-25]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30832600/. DOI: 10.1186/s12886-019-1070-9.
- [11] Saheb H, Ahmed II. Micro-invasive glaucoma surgery: current perspectives and future directions [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2012, 23(2): 96-104. DOI: 10.1097/ICU.0b013e32834ff1e7.
- [12] Bicket AK, Le JT, Azuara-Blanco A, et al. Minimally invasive glaucoma surgical techniques for open-angle glaucoma: an overview of cochrane systematic reviews and network meta-analysis [J]. JAMA Ophthalmol, 2021, 139(9): 983-989. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2021.2351.
- [13] 张西,宋云河,高新博,等.微创青光眼手术在原发性闭角型青光联合手术中的应用研究进展[J].中华眼科杂志,2022,58(1):63-68. DOI:10.3760/cma.j.cn112142-20210904-00410.
Zhang X, Song YH, Gao XB, et al. Advances of minimally invasive glaucoma surgery in the combined treatment of primary angle-closure glaucoma [J]. Chin J Ophthalmol, 2022, 58(1): 63-68. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20210904-00410.
- [14] 刘少章,于纯智,贺翔鹤.628例原发性闭角型青光眼的小梁病理改变及其临床意义[J].第三军医大学学报,2000,22(2):163-165. DOI:10.3321/j.issn.1000-5404.2000.02.019.
Liu SZ, Yu CZ, He XG. Pathological changes of the trabeculae in 628 cases of primary angle-closure glaucoma and their clinical significance [J]. Acta Acad Med Mil Tert, 2000, 22(2): 163-165. DOI: 10.3321/j.issn.1000-5404.2000.02.019.
- [15] Liu Y, Li W, Jiu X, et al. Systematic review and meta-analysis of comparing phacoemulsification combined with goniosynechialysis to other mainstream procedures in treating patients with angle-closure glaucoma [J/OL]. Medicine (Baltimore), 2019, 98(42): e17654 [2021-10-25]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31626152/. DOI: 10.1097/MD.00000000000017654.
- [16] Nichani P, Popovic MM, Schlenker MB, et al. Microinvasive glaucoma surgery: a review of 3 476 eyes [J]. Surv Ophthalmol, 2021, 66(5): 714-742. DOI: 10.1016/j.survophthal.2020.09.005.
- [17] Tanito M, Sugihara K, Tsutsui A, et al. Midterm results of microhook ab interno trabeculotomy in initial 560 eyes with glaucoma [J/OL]. J Clin Med, 2021, 10(4): 814 [2021-10-27]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33671386/. DOI: 10.3390/jcm10040814.
- [18] Al Habash A, Albuainain A. Long term outcome of combined phacoemulsification and excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade in different subtypes of glaucoma [J/OL]. Sci Rep, 2021, 11(1): 10660 [2021-10-28]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34021228/. DOI: 10.1038/s41598-021-90223-5.
- [19] Dorairaj S, Tam MD. Kahook dual blade excisional goniotomy and goniosynechialysis combined with phacoemulsification for angle-closure glaucoma: 6-month results [J]. J Glaucoma, 2019, 28(7): 643-646. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001256.
- [20] Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Twelve-month outcomes of excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade® in eyes with angle-closure glaucoma [J]. Clin Ophthalmol, 2019, 13: 1779-1785. DOI: 10.2147/OPHT.S221299.
- [21] Gupta S, Sethi A, Yadav S, et al. Safety and efficacy of incisional goniotomy as an adjunct with phacoemulsification in primary angle-closure glaucoma [J]. J Cataract Refract Surg, 2021, 47(4): 504-511. DOI: 10.1097/j.jcrs.0000000000000481.
- [22] Greenwood MD, Seibold LK, Radcliffe NM, et al. Goniotomy with a single-use dual blade: short-term results [J]. J Cataract Refract Surg, 2017, 43(9): 1197-1201. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.06.046.
- [23] Shokooi-Rad S, Karimi F, Zarei-Ghanavati S, et al. Phacoemulsification, visco-goniosynechialysis, and goniotomy in patients with primary angle-closure glaucoma: a comparative study [J]. Eur J Ophthalmol, 2021, 31(1): 88-95. DOI: 10.1177/1120672119879331.
- [24] Wang Y, Liang ZQ, Zhang Y, et al. Efficacy and safety of phacoemulsification plus goniosynechialysis and trabectome in patients with primary angle-closure glaucoma [J/OL]. Sci Rep, 2021, 11(1): 13921 [2021-10-30]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34230569/. DOI: 10.1038/s41598-021-92972-9.
- [25] Chen DZ, Sng C, Sangtam T, et al. Phacoemulsification vs phacoemulsification with micro-bypass stent implantation in primary angle closure and primary angle closure glaucoma: a randomized single-masked clinical study [J]. Clin Exp Ophthalmol, 2020, 48(4): 450-461. DOI: 10.1111/ceo.13721.
- [26] Song Y, Song W, Zhang Y, et al. Efficacy and safety of phacotrabectectomy versus phacogoniotomy in advanced primary angle-closure glaucoma: study protocol for a multicentre non-inferiority randomised controlled trial (PVP Study) [J/OL]. BMJ Open, 2021, 11(12): e056876 [2022-02-20]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34880029/. DOI: 10.1136/bmjopen-2021-056876.

(收稿日期:2021-11-02 修回日期:2022-03-01)

(本文编辑:尹卫靖 刘艳)