

· 综述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.14.038

网络首发 [https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220331.1737.009.html\(2022-04-01\)](https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.R.20220331.1737.009.html(2022-04-01))

微创青光眼手术的研究进展*

李艾家 综述, 李 鸿[△] 审校

(重庆医科大学附属第一医院眼科 400016)

[摘要] 青光眼作为全球最常见的不可逆的致盲性眼病,以视盘的凹陷性萎缩和视野的特征性缺损为典型表现,治疗原则是降低眼压,减少视神经的损害,延缓视功能丢失的进程。主要的治疗方式为药物、激光和手术治疗,虽然药物为首选治疗方式,但部分患者仍需要手术介入达到更好的降眼压效果。传统抗青光眼手术创伤大,术中及术后并发症多,所以创伤更小、恢复更快的微创青光眼手术治疗应运而生,该文对微创青光眼手术的研究进展进行综述。

[关键词] 青光眼;微创青光眼手术;滤过手术;小梁切除术;传统青光眼手术;综述

[中图分类号] R779.6 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2022)14-2515-06

Research advances in minimally invasive glaucoma surgery*

LI Aijia, LI Hong[△]

(Department of Ophthalmology, First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

[Abstract] Glaucoma is the world's most common irreversible blinding eye disease with the sunken atrophy of optic disc and characteristic defect of visual field as the typical manifestations. The principle of glaucoma treatment is to reduce the intraocular pressure, reduce the optic nerve damage, and delay the visual function loss progress. The main treatment methods are drugs, laser and surgery. Although medication is the preferred treatment, but some patients still need the surgical intervention to achieve a better effect of lowering intraocular pressure. Traditional antiglaucoma surgery is traumatic, and there are many intraoperative and post-operative complications. Therefore, the minimally-invasive glaucoma surgery with less trauma and faster recovery has emerged. This article reviews the study advances in minimally invasive glaucoma surgery.

[Key words] glaucoma; minimally invasive glaucoma surgery; filtering surgery; trabeculectomy; traditional antiglaucoma surgery; review

青光眼作为全球最常见的不可逆性致盲性眼病,患病人数逐年上升,2019 年我国因青光眼导致的中重度视力损伤和盲者约为 133 万人^[1],2040 年全球 40~80 岁的青光眼患病总人数预计可达 1.118 亿人,中国将拥有数量最大的原发性青光眼患者人群^[2]。以小梁切除术为代表的滤过性手术虽然有着确切的降眼压效果,但存在着术中及术后并发症多、滤过泡瘢痕化等弊端,为了解决上述问题,微创青光眼手术(minimally invasive glaucoma surgery, MIGS)应运而生。MIGS 作为目前新型的治疗方式,与小梁切除术不同的是其治疗原理在于改善房水流出的生理通路,根据不同病因给予相应治疗,所以具有更为严格

的手术适应证^[3],但有效性和安全性还有待考证。本文现对近年来 MIGS 的相关文献进行分析总结,对不同类型的 MIGS 进行对比。

1 MIGS

MIGS 是一系列新型的青光眼手术方式的总称,通过外引流或内引流的方式增加房水流出从而起到降低眼压的作用,与小梁切除术等传统术式相比有着创伤小、恢复快等优点。根据手术原理可以分为:经小梁网途径、经脉络膜上腔途径和经结膜滤过途径 3 种,目前主要适应证为轻中度开角型青光眼。

1.1 经小梁网途径的 MIGS

1.1.1 小梁消融术

* 基金类型:国家自然科学基金项目(81974131)。 作者简介:李艾家(1996—),在读硕士,主要从事白内障、青光眼研究。 [△] 通信作者, E-mail:lihongcqmu@163.com。

小梁消融术在 2002 年由 GEORGE BAERVELDT 和 ROY CHUCK 发明,2004 年获得美国食品药品监督管理局(food and drug administration,FDA)批准使用。该手术设备是由 1 个双极 550 kHz 电极组成,通过对部分小梁网和 Schlemm 管内壁进行溶解来达到增加房水流出的目的^[4]。其具有典型的 MIGS 手术特征,术中无结膜切口,不形成滤过泡,对眼表结构影响小,可以与白内障手术联合使用,常见并发症为前房出血、周边前房粘连和术后一过性高眼压,对于开角型和闭角型青光眼均有明显的降眼压效果^[5-7]。

1.1.2 iStent 支架植入术(一代、二代)

由美国 Glaukos 公司研发的 iStent 支架是目前最小的眼内植入支架,2012 年经 FDA 批准使用,目前已研发至第三代。一代(iStent)和二代(iStent Inject)通过小梁网将支架植入 Schlemm 管,使房水从该支架引流达到降眼压的目的^[8],可以同时植入多个支架来加强降眼压的效果,多与白内障超声乳化摘除术联合使用。术后常见的并发症有一过性眼压升高、前房出血、支架异位或支架阻塞等。最新的研究表明,在术后 5 年的随访中二代植入能带来持续稳定的降眼压效果^[9]。

1.1.3 Hydrus 微支架植入术

Hydrus 微支架是一个弹性良好的镍钛合金支架,长约 8 mm,支架上有多个管腔,在房角镜引导下通过透明角膜切口经小梁网植入 Schlemm 管内,将管道扩张至自然宽度的 4~5 倍,减少房水排除阻力,促进房水引流,2018 年由 FDA 批准^[4,10],主要术后并发症为周边前房粘连。已有多篇随机对照试验报道 Hydrus 微支架植入术治疗开角型青光眼的有效性和安全性^[11-13]。

1.1.4 双刃(kahook dual blade,KDB)小梁切除术

KDB 是一种改良的双刃房角切开刀片,通过透明角膜切口在房角镜辅助下准确切开小梁网内壁组织。由于其特殊的形态,刀片尖端更容易进入小梁网,随着刀片向前推进进行小梁网组织的切除,该技术于 2015 年在 FDA 注册。与小梁消融术相比,KDB 可以更彻底地去除小梁网组织,减少组织残留,术后纤维化程度更少^[14-15]。无论是单独使用 KDB 切除小梁网组织还是 KDB 联合白内障手术,均能明显地降低青光眼患者的术后眼压,减少术后药物的使用^[16-17]。

1.1.5 房角镜辅助下内路小梁切开术(gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy,GATT)

GATT 是通过透明角膜切口将照明导管 iTRACK 或热钝化的 5.0 聚丙烯线平行于虹膜面推进 Schlemm 管内,待照明导管沿 Schlemm 管前进一

周后由原切口穿出,对切口外的导管进行牵引形成收缩环穿过小梁网,从而形成 360°内路小梁切开^[18]。GATT 已被运用于原发性或继发性开角型青光眼,包括激素型青光眼及青少年青光眼,常见的并发症为术后前房积血^[19]。SHARKAWI 等^[18]已证明 GATT 在闭角型青光眼患者中的安全性和有效性,术后有明显的降眼压效果,手术成功率为 78%。

1.1.6 准分子激光小梁切开术(excimer laser trabeculotomy,ELT)

ELT 是在房角镜直视下利用准分子激光局部破坏小梁网的结构,打开通往 Schlemm 管的通道,增加房水从该通道流出^[20]。DEUBEL 等^[21]对单独进行 ELT 或 ELT 联合白内障超声乳化摘除进行了研究,术后随访时间 1 年,87%的联合手术和 66%的 ELT 治疗患者术后不必再接受降低眼压药物的干预。

1.2 经脉络膜上腔途径的 MIGS

1.2.1 iStent 支架植入术(三代)

区别于一代支架(iStent)和二代支架(iStent Injection),三代支架(iStent Supra)经脉络膜上腔途径对房水进行引流。iStent Supra 的长度为 4 mm,内径为 165 μm ,使用一次性预装注射器,经由睫状体进入脉络膜上腔,目前正在美国进行临床试验^[4]。

1.2.2 Cypass 支架植入术

Cypass 微型支架由 Transcend Medical 研发,长 6.35 mm,外径 510 μm ,内径 300 μm ,与 iStent Supra 植入过程类似,置于巩膜与睫状体之间,引流房水至睫状体和脉络膜上腔。由于术后并发症发生率高,如术后高眼压、术后低眼压、前房积血、白内障加重及角膜内皮细胞丢失等,Cypass 微型支架于 2018 年 8 月自愿退出临床应用^[4,10]。

1.3 经结膜滤过泡途径的 MIGS

1.3.1 XEN 支架植入术

XEN 支架由胶原蛋白衍生物明胶制成,是一种柔软的永久性眼部植入装置,长约 6 mm,具有良好的组织相容性,由小梁网经过巩膜植入结膜下,形成滤过泡达到引流的作用^[8],2016 年获得 FDA 批准。与小梁切除术相比,XEN 支架造成的组织损伤更小,而且可以通过变化内径来改变房水流出的阻力。对于不同类型的青光眼,XEN 支架都可以起到降眼压的作用,就降眼压的效果而言,继发性青光眼最优,其次为假性剥脱性青光眼、开角型青光眼、正常眼压型青光眼^[22]。2021 年一项多中心的回顾性研究证明了 XEN 支架的安全性和有效性,在术后 3 年内有效降低了眼压和抗青光眼药物的数量,与白内障超声乳化摘除联合使用时降眼压的效果更佳,但也有研究证明在术后 6 个月内单独使用 XEN 支架植入会比联合白内

障手术降眼压效果更好^[23-24]。

1.3.2 InnFocus MicroShunt 植入术

InnFocus MicroShunt 也被称为 PreserFlo MicroShunt, 是 1 个长度 8.5 mm 的支架, 外径 350 μm , 内径 70 μm , 由聚苯乙烯-异丁烯-苯乙烯 (SIBS) 材料制作而成。其降眼压原理类似于小梁切除术, 构建由前房至结膜下的引流通道增加房水流出。该手术可以作为独立手术进行, 也可以与白内障手术结合进行。不良事件少见, 最常见的是一过性低眼压、浅前房、脉络膜脱离和前房积血^[25-26]。已有多中心研究证明了 InnFocus MicroShunt 在开角型和假性剥脱性青光眼患者中的有效性, 术后的降眼压药物使用明显减少, 眼压明显降低^[26]。

1.4 其他手术方式

内窥镜下激光睫状体光凝术 (endoscopic cyclophotocoagulation, ECP) 是在内窥镜直视下采用激光破坏睫状体无色素上皮细胞, 激光能量和部位可以做到精准控制^[8]。与传统的睫状体冷凝术相比, 其术后炎症反应轻, 低眼压、视力下降、眼球萎缩等不良反应更少。大多选择与白内障超声乳化摘除术联合进行, 在联合手术中具有较好的有效性及安全性, 与其他 MIGS 手术方式相比也有着成本更低的优势^[27-28]。

2 传统抗青光眼手术与 MIGS 的对比

以小梁切除术和引流物植入术为代表, 传统青光眼手术的原理为人工制作 1 个由巩膜至结膜下的通道, 将房水引流至结膜下形成滤过泡, 增加房水流出从而达到降眼压的效果, 术中可联合丝裂霉素等抗代谢药物以减少术后瘢痕形成。因其不依赖房水流出的生理通路, 重新建立外引流瘘道, 故适用于各种类型的青光眼患者, 但也带来了难以管理的滤过泡相关并发症, 严重者甚至会导致医源性盲目^[3]。

对于 MIGS 与小梁切除术等传统抗青光眼手术的降眼压效果目前还存在争议, CAPPELLI 等^[29]、GABAI 等^[30]、WAGNER 等^[31]、JANKOWSKA 等^[32]、LAU 等^[33]均认为小梁切除术的降眼压效果优于 MIGS, 特别是在术后早期随访时小梁切除术眼压降幅更大; 但 ZHANG 等^[34]、黄丹丹等^[35]、MARCOS 等^[36]研究表明, 虽然短期内小梁切除术比 MIGS 降眼压效果更好, 但二者术后远期的降眼压程度无明显区别。有一项正在进行的为期 2 年的前瞻性随机对照试验对 InnFocus MicroShunt 植入和小梁切除术进行对比, 在第 1 年的随访中, 二者均有明显的降眼压效果, 但小梁切除术降幅更大, 需要更长时间的随访来证明两种手术方式有效性是否有差异^[37]。

目前对于通过小梁网途径引流的 MIGS 观点较为统一, 大多数人均认为该种术式的降眼压效果逊于

小梁切除术, 究其原因 MIGS 仅仅是解除了房水流出通路近端的部分阻力, 房水依然须经过生理通路流出, 术后眼压依然受到表层巩膜静脉压和房水流出通路远端阻力的影响, 故降眼压幅度和最终眼压控制水平平均无法达到小梁切除术的水平^[3]。对于手术效果的分歧主要集中在通过结膜滤泡引流的 MIGS, 如 InnFocus MicroShunt 植入术降眼压的原理更类似于小梁切除术, 是外滤过型 MIGS 手术, 也侧面说明了建立新的房水引流通道效果会优于解除生理通道流出阻力。

与传统青光眼手术相比, 在严格手术适应证的前提下, MIGS 具有良好的安全性是毋庸置疑的。上述研究对象大多为原发性或继发性开角型青光眼, 无明显房角狭窄或房角关闭, 符合目前 MIGS 的手术适应证, 但我国以闭角型青光眼为主, 狭窄的房角结构会增加眼前节损伤的可能, 甚至是部分 MIGS 的禁忌证。国内的部分学者开始尝试对 MIGS 手术进行本土化改进, 如 MIGS 联合房角分离或 MIGS 联合白内障摘除来扩大房角空间进行操作, 对 MIGS 手术在我国的应用进行深度探索, 希望新技术能得以安全有效地展开, 所以还需要更多严格设计的, 遵循学术伦理规范的前瞻性随机对照试验来验证在不同青光眼患者中 MIGS 与传统抗青光眼手术的有效性差异。

3 MIGS 之间的对比

新型 MIGS 不断涌现, 不同的手术原理所带来的降眼压效果和术中、术后并发症也各不相同。目前对各种 MIGS 的综合对比较少, 笔者对当前使用的部分 MIGS 之间的对比进行总结。

PALETTA 等^[38]对比了第一代和第二代 iStent 支架的降眼压效果, 随访 24 个月, 两组术后均观察到明显的眼压降低及药物使用减少, 第二代 iStent 支架效果更好。ARNLJOTS 等^[39]对 KDB 小梁切除术和二代 iStent 支架进行了回顾性研究, KDB 术后眼压降低了 28.4%, KDB-phaco 术后眼压降低了 32.0%, iStent 术后眼压与术前无明显变化, iStent-phaco 术后眼压下降了 25.4%, 故其认为 KDB 的有效性更高。AHMED 等^[40]对 Hydrus 支架和 iStent 支架在 POAG 的治疗中进行对比, 75 例接受了 1 个 Hydrus 支架植入, 77 例接受了 2 个 iStent 支架植入, 结果表明 Hydrus 组术后眼压降低的程度更大, 药物使用更少, 手术成功率更高, 二者安全性相当。LAVIA 等^[41]对小梁消融术和 iStent 支架植入术的 3 篇文章进行 meta 分析, 其纳入的文献中 GONNERMANN 等^[42]和 KHAN 等^[43]都认为 iStent 支架比小梁消融术的降眼压效果略好, 但 KURJI 等^[44]认为小梁消融术的降眼压效果要优于 iStent 支架。对以上 3 篇文章进行统

计学分析,小梁消融术与 iStent 支架植入术的降眼压效果无明显区别。OLGUN 等^[45]对 XEN 支架和 GATT 进行了多中心回顾性对比研究,114 只眼行 XEN 支架植入术,107 只眼行 GATT。两组术前眼压和视力无区别,XEN 组在术后多次随访中眼压均低于 GATT 组,末次随访时 XEN 支架组的矫正视力明显优于 GATT 组。所以,其认为对于目标眼压更低的患者而言,XEN 支架是一种更为合适的手术方式。在最近的一项比较 XEN 凝胶支架和 InnFocus MicroShunt 支架的研究中,在应用了相同浓度的丝裂霉素 C 的情况下,这两种装置术后 2 年时的眼压分别降低了 28.1% 和 39.8%,InnFocus MicroShunt 的降幅更大,这表明与 XEN 支架相比,InnFocus MicroShunt 在降低眼压方面的效果更佳^[46]。

综上所述,通过结膜滤过泡进行引流的 MIGS 如 InnFocus MicroShunt 和 XEN 凝胶支架降眼压效果会优于通过小梁网途径引流房水的 MIGS,其中 InnFocus MicroShunt 的效果最好。根据现有的研究结果表明,无论是 MIGS 还是传统的抗青光眼手术,外引流途径的手术方式疗效最好,但也正是由于滤过泡术后管理难度大,以此途径引流的手术会导致更多、更严重的并发症,对于眼部条件不佳的患者需谨慎操作。2019 年对北京同仁医院眼科近 10 年的青光眼手术方式变化进行分析,结果示各类型青光眼的手术方式均从外引流向内引流过渡,对于结膜滤过泡的依赖逐渐减少^[47]。以小窥大,不难看出未来青光眼手术会逐渐转变为更加简单、微创、精准的方式,在转型过渡期间更应遵循医学伦理,严格把握适应证,做到新技术安全有效准确的临床运用。

4 小 结

MIGS 在轻中度开角型青光眼患者的治疗中取得了相当明确的成绩,创伤小、恢复快、手术时间短是其最突出的优点,但也具有一定的局限性:(1)对眼前节特别是房角结构有要求,在房角狭窄或关闭的患者中需谨慎使用甚至是禁忌证,必要时可以合并白内障摘除打开房角,为 MIGS 创造条件;(2)在重度青光眼患者中,MIGS 达不到较低的目标眼压,术后仍需要药物治疗甚至二次手术;(3)部分 MIGS 依赖房水流出的生理通路,若房水循环途径受阻 MIGS 也无法达到较好的降眼压效果;(4)其在儿童青光眼的使用中还有待考证。

未来眼科手术也向着微创的主流趋势发展,随着科技进步,MIGS 仍在不断改进,相信在不久的将来会有多样化的手术方案适用于不同类型的患者,在安全有效的前提下真正做到个性化治疗。同时,也需要更多的高质量研究来探索 MIGS 在我国的临床运用,结

合我国实际情况进行本土化改进,提高患者的视觉质量和生活质量。

参考文献

- [1] BURTON M J, RAMKE J, MARQUES A P, et al. The Lancet global health commission on global eye health: vision beyond 2020 [J]. *Lancet Glob Health*, 2021, 9: e489-551.
- [2] THAM Y C, LI X, WONG T Y, et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121: 2081-2090.
- [3] 王宁利, 王怀洲. 新型微创抗青光眼手术推广过程中应严格掌握适应证 [J]. *中华眼科杂志*, 2021, 57(9): 641-643.
- [4] MATHEW D J, BUYS Y M. Minimally invasive glaucoma surgery: a critical appraisal of the literature [J]. *Annu Rev Vis Sci*, 2020, 6: 47-89.
- [5] 任虹, 张良. 小梁消融术联合白内障超声乳化及房角分离术治疗老年原发性闭角型青光眼合并白内障疗效观察 [J]. *新乡医学院学报*, 2020, 37(11): 1062-1067.
- [6] 张思瑶, 厉君, 林利, 等. 小梁消融术联合白内障超声乳化手术和房角分离治疗原发性闭角型青光眼的初步探索 [J]. *眼科*, 2019, 28(4): 285-288.
- [7] 李雪, 惠玲, 刘霞. 外路小梁切开术与小梁消融术治疗开角型青光眼的临床效果 [J]. *临床医学研究与实践*, 2019, 4(15): 84-85.
- [8] 叶剑, 余玲. 青光眼白内障联合手术方式的选择与进展 [J]. *眼科*, 2019, 28(2): 81-85.
- [9] HENGERER F H, AUFFARTH G U, CONRAD H I. IStent inject trabecular micro-bypass with or without cataract surgery yields sustained 5-year glaucoma control [J]. *Adv Ther*, 2022, 39: 1417-1431.
- [10] 张科, 李鸿. 青光眼引流装置植入术在治疗难治性青光眼中的作用 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2017, 53(4): 362-367.
- [11] SAMUELSON T W, CHANG D F, MARQUIS R, et al. A schlemm canal microstent for intraocular pressure reduction in primary open-angle glaucoma and cataract: the HORIZON

- study[J]. *Ophthalmology*, 2019, 126:29-37.
- [12] ZEBARDAST N, ZHENG C, JAMPEL H D. Effect of a Schlemm's canal microstent on early postoperative intraocular pressure after cataract surgery: an analysis of the HORIZON randomized controlled trial[J]. *Ophthalmology*, 2020, 127:1303-1310.
- [13] AHMED I I K, RHEE D J, JONES J, et al. Three-year findings of the HORIZON trial: a schlemm canal microstent for pressure reduction in primary open-angle glaucoma and cataract[J]. *Ophthalmology*, 2021, 128:857-865.
- [14] SEIBOLD L K, SOOHOO J R, AMMAR D A, et al. Preclinical investigation of ab interno trabeculectomy using a novel dual-blade device [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 155:524-529.
- [15] KASAHARA M, SHOJI N. Effectiveness and limitations of minimally invasive glaucoma surgery targeting Schlemm's canal[J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2021, 65:6-22.
- [16] DORAIRAJ S, TAM M D. Kahook dual blade excisional goniotomy and goniosynechialysis combined with phacoemulsification for angle-closure glaucoma: 6-month results[J]. *J Glaucoma*, 2019, 28:643-646.
- [17] SALINAS L, CHAUDHARY A, BERDAHL J P, et al. Goniotomy using the kahook dual blade in severe and refractory glaucoma: 6-month outcomes[J]. *J Glaucoma*, 2018, 27:849-855.
- [18] SHARKAWI E, ARTES P H, LINDEGGER D J, et al. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy in primary angle-closure glaucoma [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021, 259(10):3019-3026.
- [19] GROVER D S, GODFREY D G, SMITH O, et al. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy, ab interno trabeculectomy: technique report and preliminary results[J]. *Ophthalmology*, 2014, 121:855-861.
- [20] 左国进, 张祖海. 微创青光眼手术进展[J]. *国际眼科杂志*, 2017, 17(2):251-225.
- [21] DEUBEL C, BÖHRINGER D, ANTON A, et al. Long-term follow-up of intraocular pressure and pressure-lowering medication in patients following Excimer laser trabeculectomy [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021, 259:957-962.
- [22] SCHARGUS M, THEILIG T, REHAK M, et al. Outcome of a single XEN microstent implant for glaucoma patients with different types of glaucoma[J]. *BMC Ophthalmol*, 2020, 20:490.
- [23] REITSAMER H, VERA V, RUBEN S et al. Three-year effectiveness and safety of the XEN gel stent as a solo procedure or in combination with phacoemulsification in open-angle glaucoma: a multicentre study[J]. *Acta Ophthalmol*, 2022, 100(1):e233-245.
- [24] LIM S Y, BETZLER B K, YIP L W L, et al. Standalone XEN45 Gel Stent implantation versus combined XEN45-phacoemulsification in the treatment of open angle glaucoma-a systematic review and meta-analysis[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021, 259(11):3209-3219.
- [25] BUNOD R, ROBIN M, BUFFAULT J, et al. PreserFlo MicroShunt[®] exposure: a case series [J]. *BMC Ophthalmol*, 2021, 21:273.
- [26] FEA A M, LAFFI G L, MARTINI E, et al. Effectiveness of microShunt in primary open-angle and pseudoexfoliative glaucoma patients: a retrospective European multicenter study[J]. *Ophthalmol Glaucoma*, 2022, 5(2):210-218.
- [27] SUN W, YU C Y, TONG J P. A review of combined phacoemulsification and endoscopic cyclophotocoagulation: efficacy and safety[J]. *Int J Ophthalmol*, 2018, 11:1396-1402.
- [28] HO H, HO J, RODRIGUES I, et al. The cost and economics of endoscopic cyclophotocoagulation in the united kingdom: a tertiary center experience[J]. *J Glaucoma*, 2019, 28:563-567.
- [29] CAPPELLI F, CUTOLO C A, OLIVARI S, et al. Trabeculectomy versus Xen gel implant for the treatment of open-angle glaucoma: a 3-year retrospective analysis[J]. *BMJ Open Ophthalmol*, 2022, 7:e000830.
- [30] GABAI A, CIMAROSTI R, BATTISTELLA C, et al. Efficacy and safety of trabeculectomy versus nonpenetrating surgeries in open-angle glaucoma: a meta-analysis [J]. *J Glaucoma*, 2019, 28:823-833.
- [31] WAGNER F M, SCHUSTER A K, EMMER-

- ICH J, et al. Efficacy and safety of XEN[®]-implantation *vs.* trabeculectomy: data of a “real-world” setting [J]. *PLoS One*, 2020, 15: e0231614.
- [32] JANKOWSKA S J, DOBROWOLSKI D, WYLEGALA E. CO laser-assisted sclerectomy surgery compared with trabeculectomy in primary open-angle glaucoma and exfoliative glaucoma. A 1-year follow-up[J]. *Acta Ophthalmol*, 2018, 96: e582-591.
- [33] LAU C S L, CHAN J C W, SO S F, et al. Combined phacoendoscopic cyclophotocoagulation versus combined phacotrabeculectomy in the management of coexisting cataract and glaucoma: a comparative study [J]. *J Ophthalmol*, 2018, 2018: 5149154.
- [34] ZHANG H, TANG Y, YAN X, et al. CO laser-assisted deep sclerectomy surgery compared with trabeculectomy in primary open-angle glaucoma: two-year results [J]. *J Ophthalmol*, 2021, 2021: 6639583.
- [35] 黄丹丹. 内窥镜睫状体光凝术对比小梁切除术在青光眼白内障联合手术中的远期疗效[D]. 天津: 天津医科大学, 2020.
- [36] MARCOS P M T, SALINAS L J A, LÓPEZ G N S, et al. XEN implant device versus trabeculectomy, either alone or in combination with phacoemulsification, in open-angle glaucoma patients [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257: 1741-1750.
- [37] BAKER N D, BAENEBEY H S, MOSTER M R, et al. Ab-externo microshunt versus trabeculectomy in primary open-angle glaucoma: one-year results from a 2-year randomized, multicenter study [J]. *Ophthalmology*, 2021, 128 (12): 1710-1721.
- [38] PALETTA G R A, GRAVINA D M, PALETTA G V M, et al. Two-year comparative outcomes of first- and second-generation trabecular micro-bypass stents with cataract surgery [J]. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15: 1861-1873.
- [39] ARNLJOTS T S, MARIO A. Inject kahook dual blade goniotomy *vs* iStent: long-term results in patients with open-angle glaucoma [J]. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15: 541-550.
- [40] AHMED I I K, FEA A, AU L, et al. A prospective randomized trial comparing hydrus and iStent microinvasive glaucoma surgery implants for standalone treatment of open-angle glaucoma: the COMPARE study [J]. *Ophthalmology*, 2020, 127: 52-61.
- [41] LAVIA C, DOLLORTO L, MAULE M, et al. Minimally-invasive glaucoma surgeries (MIGS) for open angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2017, 12: e0183142.
- [42] GONNERMANN J, BERTELMANN E, PAHLI TZSCH M et al. Contralateral eye comparison study in MICS & MIGS: trabectome[®] *vs.* iStent inject[®] [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255: 359-365.
- [43] KHAN M, SAHEB H, NEELAKANTAN A, et al. Efficacy and safety of combined cataract surgery with 2 trabecular microbypass stents versus ab interno trabeculotomy [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2015, 41: 1716-1724.
- [44] KURJI K, RUDNISKY C J, RAYAT J S, et al. Phaco-trabectome versus phaco-iStent in patients with open-angle glaucoma [J]. *Can J Ophthalmol*, 2017, 52: 99-106.
- [45] OLGUN A, AKTAS Z, UCGUL A Y. XEN gel implant versus gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy for the treatment of open-angle glaucoma [J]. *Int Ophthalmol*, 2020, 40: 1085-1093.
- [46] SCHERES L M J, KUJOVIC A S, RAMDAS W D, et al. XEN Gel Stent compared to PRESERFLO[™] MicroShunt implantation for primary open-angle glaucoma: two-year results [J]. *Acta Ophthalmol*, 2021, 99: e433-440.
- [47] 田佳鑫, 石砚, 辛晨, 等. 基于住院病例资料对近 10 年青光眼手术方式变化的分析 [J/CD]. *中华眼科医学杂志(电子版)*, 2019, 9(4): 218-226.