

doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2020.10.02

View this article at: <http://dx.doi.org/10.3978/j.issn.1000-4432.2020.10.02>

Schlemm管手术发展史

舒静¹, 李晴¹ 综述 曾流芝² 审校

(1. 成都中医药大学眼科学院, 成都 610072; 2. 成都市第一人民医院眼科, 成都 610041)

[摘要] Schlemm管是围绕在前房角一周的房水流出管道, 由若干小腔隙相互吻合而成, 内壁仅有一层内皮细胞与小梁网相隔, 外壁发出25~35条集液管与巩膜内静脉丛、睫状前静脉相通。由于Schlemm管是房水流出的必经通道, 其房水排出通畅可维持正常的眼内压。若Schlemm管出现狭窄、塌陷、闭合等结构或功能的异常, 房水流出受阻, 可致眼压升高、青光眼发生。Schlemm管手术是指一类经Schlemm管增加房水引流通畅性的手术方式总称。随着临床对青光眼机制认识的不断加深, Schlemm管手术在不断创新, 从传统到微创、从外路到内路。

[关键词] Schlemm管手术; 青光眼; 房水; 眼压

History of Schlemm's canal surgery

SHU Jing¹, LI Qing¹, ZENG Liuzhi²

(1. Department of Ophthalmology, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610072; 2. Department of Ophthalmology, Chengdu First People's Hospital, Chengdu 610041, China)

Abstract Schlemm's canal is an important channel for outflow of aqueous humor and one of the important tissues for maintaining intraocular pressure. Schlemm's canal can lead to abnormal intraocular pressure and even glaucoma due to physiological and pathological changes. Schlemm's canal surgery refers to a type of operation that increases the patency of aqueous drainage through Schlemm's canal. With the deepening understanding of the mechanism of glaucoma in clinic and the progress of technology, Schlemm's canal surgery is constantly innovating and developing.

Keywords Schlemm's canal surgery; glaucoma; aqueous humor; intraocular pressure

青光眼作为全球第二大致盲性眼病, 具有发病隐匿却不可逆致盲的特点, 严重影响人们的正常生活、工作和学习。随着对青光眼发病机制的不断认识, 为避免传统外引流青光眼手术出现的滤过泡瘢痕化、眼内炎、一过性低眼压等各种并发症, 非滤过泡依赖性手术、微创手术方式在探索过程中不

断涌现和改进。作为房水动态循环通道上重要的环节之一, Schlemm管成为人们重建自然房水通道手术的必经之路。本文对临床中使用的Schlemm管手术, 通过查阅整理资料, 分为外路、内路途径进行综述, 希望给广大眼科医生提供一定的参考价值, 以便更好地开展Schlemm管手术。

收稿日期 (Date of reception): 2020-08-15

通信作者 (Corresponding author): 曾流芝, Email: 676681961@qq.com

1 外路 Schlemm 管手术

1.1 外路小梁切开术

外路小梁切开术是经巩膜切口暴露Schlemm管, 从管内钝性切开Schlemm管内壁及小梁网, 使房水直接进入Schlemm管重建有效的房水外流途径。最早于1960年由Smith^[1]报道在一只摘除的人眼上实施该手术。Burian^[2]对1例具有马凡氏综合征合并双侧青光眼的女患者进行双眼外路小梁切开术: 以角膜缘为基底做结膜切口, 在3点钟位置做巩膜切口, 深入切口直到小梁组织。然后用摇摆的动作缓慢地推进小梁切开刀, 直到所有的刀片都被引入, 用房角镜检查显示小梁区出现隆起, 随着压力增加, 小梁刀以扫动的方式从切口中抽出。术后用6-0线间断缝合结膜。术后出现角膜及前房弥漫模糊、结膜水肿、眼压升高等症状。经随访5个月后在未使用降眼压的情况下, 患者眼压保持在正常范围且视力也有所好转。

外路小梁切开术分为传统小梁切开术和微导管引导的小梁切开术(microcatheter-assisted trabeculotomy, MAT)。

1.1.1 传统小梁切开术

传统小梁切开术主要使用小梁切开刀, 切开小梁范围可达120°范围, 使房水直接进入Schlemm管来增加房水外引流。Smith^[1]使用5-0单丝尼龙线, 通过在Schlemm管做两个放射状切口, 从一个切口内穿入Schlemm管, 另一端穿出, 然后拉近尼龙线两端使小梁组织拉开, 此手术可能导致后弹性层撕脱。Burian^[2]使用金属的单根钝头切割器-小梁切开刀代替尼龙线, 手术中向前推进过程中不易掌握方向, 旋切时较难保持与虹膜面的水平, 可能会损伤角膜内皮及虹膜周边组织。Lynn等^[3]设计了大于角膜直径的具有眼外定向结构的金属导向杯, 保证与角膜的平行切开。Harms等^[4]设计了U型小梁切开刀, 属于两个平行的弧形叉, 一个为切开刀, 另一叉为眼外定位器。术中更加灵活, 保证定位的同时保护眼周组织。Ellingsen等^[5]在Harms小梁切开刀的基础上, 新增了热灼探头; McPherson^[6]设计了带手柄的双叉小梁切开刀, 顺应平行角膜缘的弧度, 且能够灵活调整在Schlemm管内的位置。

传统外路小梁切开由于使用小梁切开刀, 切开小梁范围可达120°。外路小梁切开术在我国

开展以后取得了较好的疗效。该手术主要适用于发育性青光眼, 尤其是适用于原发性婴幼儿型青光眼, 联合小梁切除术效果良好。其成功率可达63%~82%, 再次手术的成功率达90%。也可结合虹膜周切治疗原发性闭角型青光眼。但若手术操作不当可引前房出血、虹膜根部离断、虹膜周边前粘连、睫状体或者脉络膜脱离等^[7-11]。

1.1.2 微导管引导的小梁切开术

2010年Sarkisian^[12]使用非损伤性尖端照明微导管, 行部分或者全周小梁切开术治疗原发性先天性青光眼: 全身麻醉下, 鼻侧结膜上做5 mm环状切口, 通过在前缘后方做4 mm×4 mm的巩膜瓣, 进行放射状切口, 显露出Schlemm管。再用15°外科刀片制作小型外周缘穿刺后, 用2个夹钳夹住微导管向前推进。导管前进过程中, 微导管具有管腔, 方便注入少量黏弹剂以润滑管道。如果能完成360°置管, 牵拉两端完成切开。如果遇穿通障碍, 可以使用Harms小梁切开刀尽可能切开管壁再通管道。最后封闭浅表结膜瓣, 防止形成过滤气泡。微导管有助于装置的精确位置判断以免误入脉络膜上腔。MAT主要适用于原发性先天性青光眼, 也可用于先天性青光眼手术失败的患者。北京同仁眼科中心^[13]观察63例患者74只眼行微导管辅助小梁切开术治疗既往青光眼手术失败后原发性先天性青光眼的疗效。疗效指标: 成功和完全($\geq 330^\circ$); 成功和部分($< 330^\circ$); 或当Schlemm管不能置入 $> 180^\circ$ 时, 改用传统的小梁切开术。成功定义为最终眼压 ≤ 21 mmHg, 使用(合格成功)或不使用(完全成功)青光眼药物。其中54只眼行MAT手术(67.6%), 在3年的随访中, 成功和完全成功的累积概率分别为84%和80%。24只眼(32.4%)未成功行MAT手术, 在3年的随访中, 合格和完全成功的累积概率分别为37%和29.2%。对于中期青光眼手术失败的原发性先天性青光眼患者, 行完全和部分MAT治疗均能显著降低眼压。其主要的并发症为术中前房轻度回血、术后前房积血, 但对后期视力恢复影响较小^[13-18]。但该手术需要掌握良好的手术技巧, 学习曲线较长; 同时, 进口微导管的价格昂贵, 不易于推广, 因此需要加快国内微导管的研发速度^[19]。

1.2 黏弹物质小管切开术

1999年Stegmann等^[20]报道黏弹物质小管切开术(viscocanalostomy, VCO):以穹窿部为基底作结膜瓣,以角膜缘为基底做浅板层和深巩膜皮瓣,切开并去除Schlemm管外壁,从左右两侧的切口处缓慢注入黏弹剂扩张Schlemm管。通过角巩膜结合处分离后弹力层膜,形成一个完整的窗口,切除深层巩膜瓣,缝合浅层巩膜瓣和结膜瓣。房水经由后弹力层膜窗从前房渗入到巩膜下的“湖”,再经Schlemm管新的开口处进入正常生理排出管道。其降眼压原理是:黏弹剂扩张Schlemm管,降低了房水经过小梁网和Schlemm管的阻力,增加房水外流。贺春梅等^[21]从形态学、房水动力学、房水引流机制、各种植入材料的生物相容性,说明了VCO的可行性。

黎海平等^[22]通过对各30例患者行VCO和标准小梁切除术,进行疗效观察。其中术后1个月眼压分别为(11.22±4.34) mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)和(11.35±3.79) mmHg,手术成功率均(术后未用任何降眼压药物眼压<21 mmHg)为98%;术后12个月,两组眼压分别为(14.50±3.22) mmHg和(16.58±4.73) mmHg,手术成功率分别为83.6%和67.4%,两组差异有统计学意义($P<0.05$)。其临床的有效性和安全性得到证实^[23-24]。由于大部分集合管位于下方和鼻侧,VCO只能部分扩张Schlemm管。VCO失败的主要原因在于Schlemm管出现再塌陷或集合管闭合^[25]。

该手术主要运用于开角型青光眼。在Schlemm管中注射黏弹物质后,由于其本身黏度膨胀度的不可控性,术中可能会导致后弹力层塌陷、睫状体脱离。晚期由于后弹力膜的凹陷而出现眼压升高^[26]。

1.3 外路黏弹物质小管扩张成形术

该手术由VCO改良而来^[27]:主要是在打开Schlemm管后,将一个带光源的微导管置入Schlemm管内,360°向前推进,每2~3个钟点注入少量黏弹剂,当微导管头端从入口处穿出后,用10-0聚丙烯缝线系在微导管头端,微导管反向撤出后缝线留在Schlemm管内,将缝线在张力下打结,以便向内扩张小梁网。用10-0缝合线紧密缝合巩膜瓣,以保持密闭,防止滤泡。再缝合结膜瓣,可以用超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy,

UBM)检验缝合管位置。通过黏弹剂的扩张及缝线的牵拉作用扩张Schlemm管,从而使小梁网形成微裂孔,降低对房水的阻力。术后的并发症为前房积血,多数在术后约1周可自然吸收^[28]。有研究^[29]认为术后少量前房积血是证明手术成功的重要指标,推测血液从集液管逆行流入Schlemm管,表明房水通道是开放的。这种手术保存了Schlemm管和小梁组织的完整性,与小梁切除术相比较,并发症少,避免了小梁切除术后并发症如黄斑病变、脉络膜外渗^[30]。Schlemm管成形术恢复视力较快,术后眼压趋于稳定,主要适用于开角型青光眼,也可应用于小梁手术失败但Schlemm管壁未破坏的青光眼患者^[31-32]。但随着时间延长,通过UBM检查,发现患者虽然眼压控制良好,但是深层巩膜切除建立的引流湖已经塌陷或者消失。王宁利等^[33]猜想术中的膜窗和引流湖远期可能没有起到房水引流的作用,设计了房水流出通路的重建术。因为房角虹膜黏连堵塞,闭角型青光眼为该手术禁忌证。

1.4 外路 360° 缝线小梁切开术

Smith^[1]在1960年首先描述了使用尼龙线行小梁切开术的方法。1995年Beck等^[34]回顾了1989到1993年所有原发性先天性青光眼患者,均采用360°缝线小梁切开术:全身麻醉后,做三角形巩膜瓣、Schlemm管作放射状切口,以房水和或血液的流出为标志。缝合线端钝化,插入Schlemm管中向前推进,可用房角镜观察缝合线的角度,并验证其在Schlemm管内的位置是否正确,管内持续推进缝线,待穿通,将缝线两端拉入前房。如果最初的缝线在Schlemm管中遇到阻力,则第二根缝线以相反的方向穿过,可能会解除阻塞障碍允许其中一根缝线完全通过。2011年,Beck等^[35]又对33例难治性先天性青光眼伴有眼部异常的患者进行术后随访,其术后6个月、1年、2年的手术成功率分别为87%,63%,58%。该手术还可行青白联合手术而降低眼压^[36]。

该手术主要适用于原发或继发性开角型青光眼^[37]。术中可伴有Schlemm管并发症,Verner-Cole等^[38]报道了1例5月龄先天性青光眼女性患者,双眼行360°缝线小梁切开术,1个月后,患者左眼视网膜下部发现一条白色束,虽然不伴有视网膜破裂或脱离,但作者由此猜想到该束可能是

由于缝线错误地从Schlemm管中过早地退出并被向后牵拉造成。除了缝线技术的难度以外还要考虑360°缝线切开术后的极度低渗^[39]。

为更加准确地进入Schlemm管、避免巩膜瓣处的小梁网断裂、导致虹膜脱垂, Chin等^[37]对该技术进行改进: 同样制作巩膜瓣, 能够清楚地识别Schlemm管, 穿刺针用来对巩膜瓣处Schlemm管内壁做穿刺孔, 然后把缝线两端插入Schlemm管, 通过在巩膜瓣对侧做角膜侧孔切口。通过巩膜瓣、缝合孔和角膜侧孔切口能够正确切开Schlemm运河没有任何阻力。抽吸和冲洗透明质酸钠, 用10-0尼龙缝线缝合巩膜瓣, 当巩膜创面发生水液渗漏时, 缝合直到渗漏停止, 结膜用9-0线缝合。对比术后12个月, 平均眼压值降低, 平均抗青光眼药物用量减少。原发性青光眼手术成功率分别为84%和31%, 继发性青光眼手术成功率分别为89%和50%。术前、术后的视力没有显著差异。

1.5 穿透性 Schlemm 管成形术

穿透性Schlemm管成形术是在完成Schlemm管成形术的基础上改良而来, 其主要是通过角巩膜缘进行开窗, 使房水由前房经开窗口直接流入Schlemm管的断端, 从而减少术后滤过泡。具体手术方式: 以穹隆为基底, 做4 mm×4 mm的浅层巩膜瓣, 厚约50%巩膜厚度, 在其下方做一个大小约2 mm×2 mm, 厚约40%巩膜厚度的深层巩膜瓣, 向前剥离至Schlemm管并切除Schlemm管外壁及深层巩膜瓣, 然后将微导管插入Schlemm管, 顺着Schlemm管行360°, 直至从对侧断端穿出。将10-0聚丙烯线结扎于微导管的尾端后, 回退微导管, 每退2个钟点位, 便注入高分子透明质酸钠以扩张Schlemm管。微导管退出后, 缝线被留在Schlemm管内, 确定Schlemm管扩张充分后, 将缝线结扎。然后用巩膜咬切器咬除Schlemm管前部及部分透明角巩膜组织, 并做周边虹膜切除, 最后紧密缝合巩膜瓣2~4针, 术中不使用抗代谢药物, 常规10-0的尼龙线两翼缝合法关闭结膜瓣至水密状态。术后给予患者抗炎药物监测眼压、前节反应情况。通过相关研究^[40]国产眼科光纤导管可代替iTrackTM 250A微导管, 其手术成功率无明显差异, 但前者安全、有效、价格相对便宜, 因此更易于推广和使用。

该手术最大的特点在于不受房角形态的限制, 因此适用于各种类型的青光眼: 原发性开角

型青光眼、原发性闭角型青光眼、儿童青光眼、继发性青光眼等。最常见的并发症为前房积血, 其次为一过性低眼压、浅前房, 其发生率均较低, 临床长期疗效还在进一步观察中^[41]。

传统外路小梁切开由于切开小梁的位置具有不准确性可能, 容易形成假道, 同时联合小梁切除术不能避免发生小梁切除术常见的并发症, 由于手术需要制作结膜瓣和巩膜瓣, 术后的管理存在一定的难度, 该手术方式将会逐渐被逐渐开展起来的具有优势的MAT所取代, 在微导管引导下的手术, 由于微导管头端有闪烁的光源, 能准确的判断导管的位置是否在Schlemm管内, 更利于顺利地准确地将小梁组织360°切开。但目前MAT还没有普及的情况下, 传统的小梁切开术也不失为先天性青光眼手术的一种选择。

2 内路 Schlemm 管手术

2.1 内路小梁切开术

2.1.1 内路 360° 缝线小梁切开术

该手术由外路360°缝线小梁切开术发展而来, Sabine等^[42]对125例患者行Schlemm管扩张成形术, 术后20例因眼压失控而进行了360°缝线小梁切开术。具体操作方法为: 患者在全身或局部麻醉下, 前房使用1%匹罗卡品滴眼液和注射黏性物质后, 将一个23G的镊子插入前房。在房角镜下辅助下, 将10-0缝线结在Schlemm中精确定位, 在缝线结附近抓住并小心地牵拉缝线, 从而进行360°小梁切开, 最后将缝线从前房取出, 冲洗前房, 去除透明质酸钠和出血。术后患者接受局部抗生素治疗防止感染和炎症。通过术后18个月的随访, 眼压 ≤ 21 mmHg, 70%眼合格成功, 25%完全成功; 眼压 ≤ 18 mmHg时, 完全成功为25%, 合格成功为60%。并且无眼内炎、视网膜脱离或其他视力威胁并发症的发生。

Seuthe等^[43]通过118例特征均质的患者进行了长时间的随访, 证明了微创360°缝线小梁切开术是一种简单有效的方法, 可为Schlemm管成形术后提供显著且持久的降低眼压的效果。该手术适用于开角型青光眼、最大局部治疗下视野进行性丧失的继发性青光眼、外用药物过敏的患者、进行了最大外用治疗但眼压重复测量仍高于目标眼压范围的患者, 但该手术大部分患者术后早期出现前房回血、一过性眼压升高、睫状体脱离等并发

症, 这些并发症随着时间推移而缓解。

2.1.2 房角镜辅助的 360° 小梁切开术

在熟练使用房角镜的情况下, 用一种光导纤维, 自前房内通过小梁切开处进入 Schlemm 管, 绕行一周收紧切开全周小梁网, Grover 等^[44-46]先后使用房角镜辅助的 360° 小梁切开术 (gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy, GATT) 治疗原发性先天性青光眼和青少年开角型青光眼, 术中见前房出血, 但术后眼压控制较理想。

GATT 手术同样适用于成年人的原发性开角型青光眼。Rahmatnejad 等^[47]通过观察 66 例患者, 年龄 (62.9±14.9) 岁, 女性 50.8%, 随访 11.9 个月, 术前眼压为 (26.1±9.9) mmHg, 12 个月时 IOP 为 (14.6±4.7) mmHg (下降 44%; $P < 0.001$), 用药量从术前 3.1±1.1 减少到 12 个月时 1.2±0.9 ($P < 0.001$)。术后 1 周和 1 个月前房积血发生率分别为 38% 和 6%。术中术后无严重并发症并且能保护完整结膜, 在未来是值得进一步研究的青光眼微创手术。

就其长远疗效需要进一步观察, 切口瘢痕化或者虹膜粘连阻塞切口可能会随手术时间推移导致眼压升高。对于临床眼科医生而言, 首先需要具备较好的房角镜使用能力, 学习曲线较长。在患者能负担的经济范围之内使用微导管装置或者进一步加快国产微导管研发。

内路的 360° 小梁切开术 (GATT) 与外路的 360° 小梁切开术 (MAT) 相比较, 更具有优势, 是属于微创青光眼手术 (minimally invasive glaucoma surgery, MIGS) 的种类。GATT 不用做结膜瓣和巩膜瓣, 在前房角镜辅助下直视下能更容易准确地找到小梁组织和 Schlemm 管的位置, 而 MAT 手术需要做结膜瓣和巩膜瓣, 从外路去寻找 Schlemm 管具有一定的难度, 存在手术中找不到 Schlemm 管导致手术失败的可能。对于先天性青光眼如果角膜透明度能够在前房角镜下看清房角, GATT 手术是首选。

用缝线引导与微导管引导的 360° 小梁切开术相比较, 由于微导管有光滑和闪烁光源的头端, 不仅容易进入 Schlemm 管内并在内走行, 同时因为有光源, 可以准确判断微导管是否在 Schlemm 管内、是否存在迷路、微导管是否在到达了 360° 的小梁切开范围等情况, 并且由于光导管内中空, 可以注射黏弹剂, 使集液管疝退回并扩张集液管, 使房水外引流更加通畅。所以, 微导管引导的 360° 小梁切开术使手术更加安全有效。

2.2 内路 Schlemm 管扩张成形术

内路 Schlemm 管扩张成形术 (ab interno canaloplasty, ABiC) 是在外路的基础上改良产生的, 保持了外路黏小管扩张成形术的低眼压和安全性, 采用了一种更加高效的手术方式^[48]。经颞侧角膜缘做宽约 1.5~1.8 mm 切口进入前房, 注入黏弹剂后将微导管插入前房, 房角镜下确认小梁网位置后, 从前房内水平切开小梁网和 Schlemm 管内壁, 切口宽约 1~2 mm, 将 iTrack 微导管插入 Schlemm 管内, 进行 360° 扩张。边退微导管边注入黏弹剂, 使被压扁的小梁组织重新分离, 并且使嵌入集液管的组织回退出来^[49]。Körber^[50]对 23 只眼使用 iTrack™ 250 μm 微导管进行 ABiC 手术, 在不植入缝线增加张力的情况下, 使 Schlemm 管周血管扩张。结果表明内路 Schlemm 管扩张成形术可减低眼压, 其药物依赖与外路 Schlemm 管扩张成形术相当。

周龙芳等^[51]经内路 Schlemm 管成形术治疗 30 例 30 眼原发性开角型青光眼。术后采用海德堡前段光学相关断层扫描仪 (optical coherence tomography, OCT) 进行检查 Schlemm 管开放情况, ImageJ 进行 OCT 图像分析测量 Schlemm 管宽度、长度。评估术后 3 个月眼压、降眼压药物数量、Schlemm 管开放程度。术前 Schlemm 管横径、纵径分别为 (255.22±59.67) μm, (37.89±12.00) μm, 术后分别为 (306.11±59.44) μm, (64.22±34.62) μm ($P = 0.02, 0.04$)。术后 1 周、1 个月、3 个月的手术成功率分别为 69.23%, 85.00%, 84.61%。术后各时间点眼压较术前明显下降、降眼压药物数量明显减少。同时术后发生前房积血者 46.67%, 出血性后弹力膜分离者 3.33%。

有研究^[52]认为该手术保留了 Schlemm 管壁和小梁组织的完整性, 适用于早、中期的开角型青光眼患者, 对晚期青光眼降眼压效果不足。手术技巧、术后瘢痕都可能影响手术效果, UBM 检查可能出现再次狭窄和关闭状态。

也有研究^[53]认为内路黏小管成形术虽然是全周疏通 Schlemm 管, 但因为没有缝线牵拉, 术后依然存在小梁网疝入集液管的可能, 其降眼压幅度及长期疗效有限。在 AbiC 的基础上通过设计专用缝线, 实现了内路黏小管牵张成形术 (Ab-interno tensiocaloplasty, AbiT) 获得了较 AbiC 更好的降眼压效果。

该手术适用于开角型青光眼。慢性闭角型青

光眼、周边房角粘连性青光眼或窄房角、房角后退性青光眼患者为此手术禁忌。

2.3 小梁网支架术

2.3.1 Hydrus 微型支架

一种具弹性的镍和钛支架。通过颞下1~1.5 mm透明角膜切口植入鼻侧一个象限的Schlemm管中, 释放后支架扩张, 从而增加房水引流, 主要适用于慢性开角型青光眼。Fea等^[54]比较了Hydrus微型支架(31例)和激光小梁成形术(25例)治疗原发性开角型青光眼, 对术后1天、7天、1个月、3个月、6个月和12个月眼压控制、药物的使用情况: 两者均可降低眼压, Hydrus微型支架植入后, 12个月后的药物依赖明显降低。该手术的主要并发症为术后可能出现视力暂时下降、术后一周内也可能出现眼压峰值。

2.3.2 iStent 微型支架

iStent微支架属小梁网分流L型微支架, 长约1 mm的眼内植入装置。由Samuelson等^[55]报道: 手术时需要用黏弹剂维持前房深度, 手术需要一个经角膜切口将iStent一端植入Schlemm管内, 连通前房和Schlemm管形成通路, 使房水经此通道直接从前房进入Schlemm管, 从而增加房水流达到持续稳定降眼压的目的。Berdahl等^[56]报道了第二代小梁微旁路支架植入联合曲伏前列腺素治疗原发性开角型青光眼, 通过术后随访48个月, 眼压明显降低, 视力、视野稳定, 且没有进行二次手术的需要。

第三代iStent由Glaukos公司推出iStent Supra, 通过沟通前房与脉络膜上腔的房水流通道, 适用于多种类型的青光眼。Myers等^[57]对80例经过小梁切除术且有1~3种青光眼药物治疗, 但眼压仍>18 mmHg的难治性青光眼患者, 均植入2个iStent和1个iStent Supra并联合曲伏前列腺素治疗。术后4年, 97%的患者眼压<15 mmHg, 98%的患者眼压<18 mmHg。

由于Schlemm管微型支架通过注射方式由内路注入Schlemm内, 使手术更加简单、容易和快速, 属于MIGS手术种类, 但是由于微型支架相当于人体来说毕竟属于异物, 不同个体存在排异反应的可能, 同时微型支架设计的特殊性, 如果手术眼受到外力的作用, 其在Schlemm管内稳定性会受到一定影响, 微型支架存在移位的可能。由于微型支架房水引流量有一定限度, 适合于早期、

中期开角型青光眼, 往往在做白内障手术联合使用, 其降眼压效果更好。有文献^[58]报道Hydrus与iStent相比较, Hydrus降压效果比iStent更好一些。

2.4 内路小梁切除术

2.4.1 kahook 双刀小梁切除术

该手术利用头端尖锐的双刃显微手术器械, 经小梁网进入Schlemm管, 在前房角直视下分离并切除小梁组织, 经前房取出。该手术主要适用于开角型青光眼, 也可以用于房角关闭、假性剥脱性和正常眼压型青光眼。术中可会见到血液反流^[59]。有研究^[60]联合白内障手术治疗开角型青光眼, 评估其疗效和安全性。发现12个月, 52眼的眼压从最初的(16.8±0.6) mmHg下降到(12.4±0.3) mmHg($P<0.001$)。57.7%眼压降低约20%, 63.5%减少1个降眼压药物。患者可出现疼痛、刺激症状, 但不会影响视力, 症状也会逐渐消失。

2.4.2 内路小梁消融术

该手术利用双电极高频电凝, 消融部分小梁网和Schlemm管内壁而降低房水的外流阻力: 于透明角膜缘做1.6~1.8 mm切口, 通过牵拉切口降低眼压, 使房水静脉回流到Schlemm管, 可利用房角镜观察小梁网位置, 手柄深入前房, 并紧贴轻压小梁网, 针头经小梁网褶皱处进入Schlemm管。高频消融并吸出切除的90~120°范围的小梁网组织和Schlemm管内壁, 保留相对完整的房水外流系统, 使房水直接流入集液管, 术中可见前房积血^[61]。该手术主要用于开角型青光眼, 其创伤小、操作时间短、术后护理简单、并发症少^[62-63], 是临床值得运用的微创青光眼手术方式。

3 结语

据世界卫生组织^[64]统计, 全球范围内至少22亿人患有视力障碍或者失明, 其中至少690万人患有青光眼。目前青光眼主要用药物、激光和手术进行治疗, 而青光眼手术主要分为增加外引流、内引流和抑制房水生成的手术种类。其中增加内引流的手术即Schlemm管手术是符合房水生理引流途径的手术, 与传统抗青光眼手术相比, 不依赖滤过泡降眼压, 患者舒适度高, 术后管理变得更加容易。Schlemm管手术种类多样, 其治疗效果不一。其内路的Schlemm管手术由于外眼组织不

受搔扰, 外观保留完好, 属于MIGS手术, 手术有效, 而且更加安全和简便。各类Schlemm管手术的不断改良、微创手术的出现和创新, 为青光眼患者和医生提供了更多选择的可能, 相信将来会有更多的眼科医生更愿意选择Schlemm管手术, 而患者也更愿意接受Schlemm管手术。

参考文献

- Smith R. A new technique for opening the canal of Schlemm. Preliminary report[J]. *Br J Ophthalmol*, 1960, 44(6): 370-373.
- Burian HM. A case of Marfan's syndrome with bilateral glaucoma. With description of a new type of operation for developmental glaucoma (trabeculotomy ab externo)[J]. *Am J Ophthalmol*, 1960, 50: 1187-1192.
- Lynn JR, Berry PB. A new trabeculotome[J]. *Am Ophthalmol*, 1969, 68(3): 430-435.
- Harms H, Dannheim R. Epicritical consideration of 300 cases of trabeculotomy 'ab externo'[J]. *Trans Ophthalmol Soc U K*, 1970, 89: 491-499.
- Ellingsen BA, Grant WM. Trabeculotomy and sinusotomy in enucleated human eyes[J]. *Invest Ophthalmol*, 1972, 11(1): 21-28.
- McPherson SD Jr. Results of external trabeculotomy[J]. *Am Ophthalmol*, 1973, 76(6): 918-920.
- 孙兴怀, 郑应昭, 嵇训传. 外路小梁切开术治疗婴幼儿型青光眼的远期疗效[J]. *眼科新进展*, 1992, 12(4): 13-15.
SUN Xinghuai, ZHENG Yingzhao, JI Xunchuan. Long-term efficacy of trabeculotomy in the treatment of infantile glaucoma[J]. *Recent Advances in Ophthalmology*, 1992, 12(4): 13-15.
- 王晋瑛, 郭文毅, 孙兴怀. 外路小梁切开术和小梁切除术治疗原发性婴幼儿型青光眼的疗效比较[J]. *中华眼科杂志*, 1999, 35(2): 39-41.
WANG Jinying, GUO Wenyi, SUN Xinghuai. Extra-trabeculotomy and trabeculotomy in treatment of primary infantile glaucoma [J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 1999, 35(2): 39-41.
- 门洁, 张晓辉, 高殿文. 外路小梁切开术治疗原发性婴幼儿型青光眼的疗效[J]. *国际眼科杂志*, 2012, 12(2): 335-336.
MEN Jie, ZHANG Xiaohui, GAO Dianwen. Efficacy of trabeculotomy for primary glaucoma in infants[J]. *International Eye Science*, 2012, 12(2): 335-336.
- 方婷. 原发性先天性青光眼前临床治疗研究[J]. *世界最新医学信息文摘*, 2016, 16(60): 51.
FANG Ting. Clinical study of operative treatment of primary congenital glaucoma[J]. *World Latest Medical Information*, 2016, 16(60): 51.
- 刘丹. 外路小梁切开术联合虹膜周边切除治疗原发性闭角型青光眼36例[J]. *中国临床新医学*, 2015, 8(2): 157-159.
LIU Dan. Treatment of primary angle-closure glaucoma with external trabeculotomy combined with peripheral iridectomy: report of 36 cases[J]. *Chinese Journal of New Clinical Medicine*, 2015, 8(2): 157-159.
- Sarkisian SR Jr. An illuminated microcatheter for 360-degree trabeculotomy [corrected] in congenital glaucoma: a retrospective case series[J]. *J AAPOS*, 2010, 14(5): 412-416.
- Hu M, Wang H, Huang AS, et al. Microcatheter-assisted trabeculotomy for primary congenital glaucoma after failed glaucoma surgeries[J]. *Glaucoma*, 2019, 28(1): 1-6.
- 孙兴怀, 郑应昭, 嵇训传, 等. 外路小梁切开术治疗发育性青光眼[J]. *中华眼科杂志*, 1994, 30(4): 253-257.
SUN Xinghuai, ZHENG Yingzhao, JI Xuanchuan, et al. External trabeculotomy for developmental glaucoma[J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 1994, 30(4): 253-257.
- El Sayed Y, Gawdat G. Two-year results of microcatheter-assisted trabeculotomy in paediatric glaucoma: a randomized controlled study[J]. *Acta Ophthalmol*, 2017, 95(8): e713-e719.
- Toshev AP, Much MM, Klink T, et al. Catheter-assisted 360-Degree Trabeculotomy for Congenital Glaucoma[J]. *J Glaucoma*, 2018, 27(7): 572-577.
- Girkin CA, Marchase N, Cogen MS. Circumferential trabeculotomy with an illuminated microcatheter in congenital glaucomas[J]. *J Glaucoma*, 2012, 21(3): 160-163.
- 王博, 狄浩浩, 杨潇远, 等. 微导管引导的外路小梁切开术治疗儿童青光眼的短期疗效[J]. *眼科*, 2019, 28(3): 178-181.
WANG Bo, DI Haohao, YANG Xiaoyuan, et al. Outcomes of microcatheter-assisted trabeculotomy in childhood glaucoma[J]. *Ophthalmology in China*, 2019, 28(3): 178-181.
- 王宁利, 王怀洲. 注重儿童抗青光眼手术方式及适应证的选择[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(5): 321-324.
WANG Ningli, WANG Huaizhou. Emphasis on valid surgical indication for childhood glaucoma[J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2019, 55(5): 321-324.
- Stegmann R, Pienaar A, Miller D. Viscocanalostomy for open-angle glaucoma in black African patients[J]. *J Cataract Refract Surg*, 1999, 25(3): 316-322.
- 贺春梅, 王铮华, 王大博. 青光眼非穿透滤过性手术的基础研究进展[J]. *眼科研究*, 2006, 24(5): 557-560.
HE Chunmei, WANG Zhenghua, WANG Dabo. Recent advances in study on non-penetrating filtering surgery[J]. *Chinese Ophthalmology*

- Research, 2006, 24(5): 557-560.
22. 黎海平, 郝小波, 唐勇华, 等. 黏弹物质小管切开术治疗原发性开角型青光眼的临床研究[J]. 微创医学, 2011, 6(5): 394-396.
LI Haiping, HAO Xiaobo, TANG Yonghua, et al. Clinical study of viscoelastic tubulotomy in the treatment of primary open-angle glaucoma[J]. Journal of Minimally Invasive Medicine, 2011, 6(5): 394-396.
23. 于泳, 曹蕾, 刘晨伟, 等. 黏弹物质小管扩张术联合90°小梁切开术治疗原发性婴幼儿型青光眼[J]. 国际眼科杂志, 2016, 16(5): 878-882.
YU Yong, CAO Lei, LIU Chenwei, et al. Clinical effect of viscocanalostomy with 90° trabeculotomy for primary congenital glaucoma[J]. International Eye Science, 2016, 16(5): 878-882.
24. Liang Y, Yu Q, Ji F, et al. Viscocanalostomy combined with nearly 360-degree suture trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma: a preliminary report of a novel technique for trabeculotomy[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2020, 258(2): 379-386.
25. 许丹, 杨瑾. 非穿透性青光眼手术[J]. 国际眼科纵览, 2018, 42(5): 297-301.
XU Dan, YANG Jin. Nonpenetrating glaucoma surgery[J]. International Review of Ophthalmology, 2018, 42(5): 297-301.
26. Scharioth GB. Risk of circumferential viscodilation in viscocanalostomy[J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(5): 1122-1123.
27. Stegmann RC. Visco-canalostomy: a new SHrgical technique for open angle glaucoma[J]. An Inst Barraquer, 1995, 25: 229-232.
28. Tetz M, Koerber N, Shingleton BJ, et al. Phacoemulsification and intraocular lens implantation before, during, or after canaloplasty in eyes with open-angle glaucoma: 3-year results[J]. J Glaucoma, 2015, 24(3): 187-194.
29. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M, et al. Canaloplasty: circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm canal using a flexible microcatheter for the treatment of open-angle glaucoma in adults: two-year interim clinical study results[J]. Cataract Refract Surg, 2009, 35(5): 814-824.
30. Ayyala RS, Chaudhry AL, Okogbaa CB, et al. Comparison of surgical outcomes between canaloplasty and trabeculectomy at 12 months' follow-up[J]. Ophthalmology, 2011, 118(12): 2427-2433.
31. 白刚, 张贵森, 张晓光, 等. 微创青光眼手术的新进展[J]. 国际眼科杂志, 2019, 19(6): 945-949.
BAI Gang, ZHANG Guisen, LIU Xiaoyang, et al. New progresses of micro invasive glaucoma surgery[J]. International Eye Science, 2019, 19(6): 945-949.
32. Riva I, Brusini P, Oddone F, et al. Canaloplasty in the treatment of open-angle glaucoma: a review of patient selection and outcomes[J]. Adv Ther, 2019, 36(1): 31-43.
33. 王宁利, 王怀洲, 洪洁, 等. 房水流出通路重建术与 Schlemm 管成形术治疗开角型青光眼的初步临床对比研究[J]. 中华眼科杂志, 2014(5): 338-342.
WANG Ningli, WANG Huaizhou, HONG Jie, et al. The comparison of short-term outcome between aqueous drainage pathway reconstruction surgery versus canaloplasty for open angle glaucoma[J]. Chinese Journal of Ophthalmology, 2014(5): 338-342.
34. Beck AD, Lynch MG. 360 degrees trabeculotomy for primary congenital glaucoma[J]. Arch Ophthalmol, 1995, 113(9): 1200-1202.
35. Beck AD, Lynn MJ, Crandall J, et al. Surgical outcomes with 360-degree suture trabeculotomy in poor-prognosis primary congenital glaucoma and glaucoma associated with congenital anomalies or cataract surgery[J]. AAPOS, 2011, 15(1): 54-58.
36. Shinmei Y, Kijima R, Nitta T, et al. Modified 360-degree suture trabeculotomy combined with phacoemulsification and intraocular lens implantation for glaucoma and coexisting cataract[J]. Cataract Refract Surg, 2016, 42(11): 1634-1641.
37. Chin S, Nitta T, Shinmei Y, et al. Reduction of intraocular pressure using a modified 360-degree suture trabeculotomy technique in primary and secondary open-angle glaucoma: a pilot study[J]. J Glaucoma, 2012, 21(6): 401-407.
38. Verner-Cole EA, Ortiz S, Bell NP, et al. Subretinal suture misdirection during 360 degrees suture trabeculotomy[J]. Am Ophthalmol, 2006, 141(2): 391-392.
39. Gloor BR. Risks of 360 degree suture trabeculotomy[J]. Der Ophthalmologe, 1998, 95(2): 100-103.
40. 程欢欢, 邓宇轩, 古娟, 等. 国产眼科光纤导管在穿透性黏小管成形术中应用的六个月效果[J]. 眼科, 2019, 28(3): 182-185.
CHENG Huanhuan, DENG Yuxuan, GU Juan, et al. Six-month efficacy of application of domestic illuminated microcatheter on penetrating canaloplasty[J]. Ophthalmology in China, 2019, 28(3): 182-185.
41. 梁远波, 戴玛莉, 胡城, 等. Schlemm管成形术联合小梁切除手术治疗闭角型青光眼一例[J]. 眼科, 2018, 27(3): 239-240.
LIANG Yuangbo, DAI Mali, HU Cheng, et al. A case of angle closure glaucoma with the treatment of canaloplasty combined with trabeculectomy[J]. Ophthalmology in China, 2018, 27(3): 239-240.
42. Baumgarten S, Kürten D, Lohmann T, et al. Outcomes of 360° suture trabeculotomy after unsuccessful canaloplasty[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2020, 258(2): 387-393.
43. Seuthe AM, Januschowski K, Szurman P. Micro-invasive 360-degree suture trabeculotomy after successful canaloplasty—one year results[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2016, 254(1): 155-159.

44. Grover DS, Godfrey DG, Smith O, et al. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy, ab interno trabeculotomy: technique report and preliminary results[J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(4): 855-861.
45. Grover DS, Smith O, Fellman RL, et al. Gonioscopy assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma and juvenile open angle glaucoma[J]. *Br Ophthalmology*, 2015, 99(8): 1092-1096.
46. Grover DS, Smith O, Fellman RL, et al. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy: an Ab Interno circumferential trabeculotomy: 24 months follow-up[J]. *J Glaucoma*, 2018, 27(5): 393-401.
47. Rahmatnejad K, Pruzan NL, Amanullah S, et al. Surgical Outcomes of Gonioscopy-assisted Transluminal Trabeculotomy (GATT) in Patients With Open-angle Glaucoma[J]. *J Glaucoma*, 2017, 26(12): 1137-1143.
48. Khaimi MA. Canaloplasty: a minimally invasive and maximally effective glaucoma treatment[J]. *J Glaucoma*, 2015, 2015: 485065.
49. 范道青, 钟华. 内路黏小管成形术研究进展[J]. *国际眼科纵览*, 2017, 41(3): 187-191.
FANG Daoqing, ZHONG Hua. Research progress on ab interno canaloplasty[J]. *International Review of Ophthalmology*, 2017, 41(3): 187-191.
50. Körber N. Canaloplasty ab interno—a minimally invasive alternative[J]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 2017, 234(8): 991-995.
51. 周龙芳, 胡迭, 蓝婕等. 内路Schlemm管成形术治疗原发性开角型青光眼疗效及安全性观察[J]. *眼科*, 2020, 29(1): 20-25.
ZHOU Longfang, HU Die, LAN Jie, et al. Efficacy and safety of ab interno canaloplasty for primary open-angle glaucoma[J]. *Ophthalmology in China*, 2020, 29(1): 20-25.
52. Godfrey DG, Fellman RL, Neelakantan A. Canal surgery in adult glaucomas[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2009, 20(2): 116-121.
53. 王宁利. 内路黏小管牵张成形术[J]. *中华眼科杂志*, 2019, 55(5): 390-391.
WANG Ningli. Ab-interno tensiocanaloplasty[J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2019, 55(5): 390-391.
54. Fea AM, Ahmed II, Lavia C, et al. Hydrus microstent compared to selective laser trabeculoplasty in primary open angle glaucoma: one year results[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 45(2): 120-127.
55. Samuelson TW, Katz LJ, Wells JM, et al. Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract[J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(3): 459-467.
56. Berdahl J, Voskanyan L, Myers JS, et al. iStent inject trabecular micro-bypass stents with topical prostaglandin as standalone treatment for open-angle glaucoma: 4-year outcomes[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 48(6): 767-774.
57. Myers JS, Masood I, Hornbeak DM, et al. Prospective evaluation of two iStent trabecular stents, one iStent Supra Suprachoroidal Stent, and postoperative prostaglandin in refractory glaucoma: 4-year outcomes[J]. *Adv Ther*, 2018, 35(3): 395-407.
58. Hays CL, Gulati V, Fan S, et al. Improvement in outflow facility by two novel microinvasive glaucoma surgery implants[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(3): 1893-900.
59. Greenwood MD, Seibold LK, Radcliffe NM, et al. Goniotomy with a single-use dual blade: Short-term results[J]. *Cataract Refract Surg*, 2017, 43(9): 1197-1201.
60. Dorairaj SK, Seibold LK, Radcliffe NM, et al. 12-month outcomes of goniotomy performed using the Kahook dual blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma[J]. *Adv Ther*, 2018;35(9): 1460-1469.
61. 陈霄雅, 王怀洲, 王宁利. 微创青光眼手术新进展[J]. *眼科*, 2014, 23(1): 64-68.
CHEN Xiaoya, WANG Huaizhou, WANG Ningli. Update in micro-invasive glaucoma surgery[J]. *Ophthalmology in China*, 2014, 23(1): 64-68.
62. 黄萍, 王怀洲, 吴慧娟, 等. 小梁消融术疗效和安全性的临床观察[J]. *中华眼科杂志*, 2015, 51(2): 115-119.
HUANG Ping, WANG Huaizhou, WU Huijuan, et al. Preliminary investigation on the safety and efficacy of Trabectome[J]. *Chinese journal of Ophthalmology*, 2015, 51(2): 115-119.
63. 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.
LL Xue, HUI Ling, LIU Xia. Clinical effects of external trabeculotomy and trabectome in the treatment of open angle glaucoma[J]. *Clinical Research and Practice*, 2019, 4(15): 84-85.
64. World report on vision[EB/OL]. www.who.int/publications-detail/world-report-on-vision. [2019-10-08]

本文引用: 舒静, 李晴, 曾流芝. Schlemm管手术发展史[J]. *眼科学报*, 2020, 35(4): 262-270. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2020.10.02

Cite this article as: SHU Jing, LI Qing, ZENG Liuzhi. History of Schlemm's canal surgery[J]. *Yan Ke Xue Bao*, 2020, 35(4): 262-270. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2020.10.02