

不同术式对青光眼术后角膜散光的影响

李洋¹, 马萍², 张晗^{1,2}

1. 山东大学, 山东 济南 250012

2. 山东省立医院 眼科, 山东 济南 250021

摘要:越来越多手术方式应用于治疗青光眼,在有效缓解眼压的基础上,如何进一步提高患者的术后视觉质量,引起了眼科学者越来越多的关注。患者的术后视觉质量与患者的术后角膜散光的变化密切相关。不同手术方式对青光眼患者的术后角膜散光影响也不相同。就不同的青光眼手术方式,包括青光眼小梁切除术、青光眼小梁切除术联合白内障超声乳化摘除联合人工晶体植入术、超声睫状体成形术、青光眼引流器植入术、微创青光眼手术等对患者术后角膜散光影响的研究进行了归纳,并对其发生机制、影响因素及预防手段进行了总结。

关键词:青光眼;手术方式;屈光状态;散光;视觉质量

中图分类号:R775 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-3770(2024)03-0137-07

引用格式:李洋,马萍,张晗. 不同术式对青光眼术后角膜散光的影响[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报,2024, 38(3):137-143. LI Yang, MA Ping, ZHANG Han. Effect of different Glaucoma surgery on induced astigmatism[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2024, 38(3):137-143.

Effect of different Glaucoma surgery on induced astigmatism

LI Yang¹, MA Ping², ZHANG Han^{1,2}

1. Shandong University, Jinan 250012, Shandong, China

2. Department of Ophthalmology, Shandong Provincial Hospital, Jinan 250021, Shandong, China

Abstract: Trabeculectomy is the most commonly performed glaucoma operation. Various surgical techniques such as glaucoma trabeculectomy with phacoemulsification, intraocular lens implantation, ultrasonic ciliary plasty, glaucoma drainage devices, and newer minimally invasive glaucoma surgery are also used to treat glaucoma. Despite the popularity of such procedures, the impact of glaucoma surgical techniques on astigmatism is still incompletely understood. Our review aimed to summarize the existing literature on the effect of glaucoma surgery on astigmatism.

Key words: Glaucoma; Surgical techniques; Refractive outcome; Astigmatism; Visual quality

青光眼是一种常见的眼科疾病,其主要表现为急性或慢性的眼压升高、视神经损伤及进展性的视野缺损,若未能得到及时治疗,可造成不可逆性的视力丧失,现已成为不可逆性致盲眼病的首要原因^[1-2]。预计到 2040 年,全球青光眼患者将增至 1.118 亿,将带来巨大的社会和经济负担^[3]。当药物治疗和/或激光治疗不能有效控制眼压、视神经损伤或视野缺损不断进展或患者不能耐受药物治疗时,手术治疗就是必然选择^[4-5]。随着医疗技术的不断发展和设备的更新换代,青光眼患者对手术治疗的期望已不满足于降低眼压,他们也同样期待着可以获得较好的术后视觉质量,以满足自身的生活需求。既往有研究发现,青光眼术后发生的角膜散光变化,是导致青光眼术后视觉质量下降的重要原

因^[6]。针对不同的青光眼亚型,我们可以选择不同的手术方式,而不同的手术方式对术后角膜散光的影响并不相同。了解不同的青光眼手术方式对术后角膜散光产生的具体影响及发生机制,可有助于减少术后发生角膜散光变化。本文将不同青光眼手术方式对术后角膜散光的影响及其对视力康复的意义的文献进行归纳总结,以为青光眼患者术后视力的预测及手术方式的规划起到一定的优化作用。

1 青光眼手术方式与患者术后角膜散光

1.1 青光眼小梁切除术对患者术后散光的影响

虽然青光眼的手术方式不断推陈出新,小梁切除术一直是青光眼手术治疗的首要术式^[7],并不断被更新改良。关于小梁切除术对术后散光的研究较

多,观点也不尽相同。

Hugkulstone 等^[8] 1991 年首次对小梁切除术后患者角膜散光的情况进行研究。术中采用大小约 5 mm×5 mm 巩膜瓣,研究发现患眼术后第 1 天的垂直方向的角膜曲率半径由 7.71 mm 下降到 7.36 mm (差异有统计学意义),这种规则散光(with-the-rule astigmatism, WTR)的变化在术后 28 d 的随访中持续存在。Hugkulstone 等^[8] 认为在实验中所观察到的角膜散光的变化是由于巩膜瓣自身张力的原因,该研究并没有发现角膜曲率变化与眼压及最终视力之间的相关性。Cunliffe 等^[9] 采用大小约 5 mm×3 mm 巩膜瓣,在术后第 1 周,垂直方向的角膜曲率半径由术前 7.69 mm 降至 7.56 mm,并在术后第 3 周和第 8 周持续存在,术后 10 个月基本恢复至术前水平;而水平方向的角膜曲率半径在术后第 1 周和第 3 周时增大,但从第 8 周开始恢复正常。同时,研究发现术后会发生近视漂移,且与前房深度(anterior chamber depth, ACD)有关,ACD 每改变 1 mm,就会产生大约 2 个屈光度的改变。由手术引起的屈光不正,即近视和散光,是导致术后即刻视力下降的主要原因。

Claridge 等^[10] 采用大约 4 mm×3 mm 巩膜瓣,他们发现垂直方向的角膜曲率半径变化与 WTR 变化的总体趋势相同,但是与此同时,他们也发现一些患者产生了复杂的不规则散光(against-the-rule, ATR)。与之前的研究结果不同,Claridge 等^[10] 发现在一些患者术后角膜散光的变化可以持续长达 1 年,并且这些变化足以对视力产生重大影响。Kumari 等^[11] 在随后的研究中,也证实了 Claridge 的观点。

Ando 等^[12] 纳入了 185 眼的扩大性研究中,采用大约 3 mm×3 mm 巩膜瓣,他们指出术后 3 个月时,小梁切除术可使术眼的角膜散光增加约 0.6 m⁻¹,且与术前角膜散光情况显著相关,但与术前眼压无关。值得注意的是,他们在术后角膜散光变化的轴向改变上得出了与之前研究不同的结果,即术后角膜散光轴向的移位趋势明显朝向巩膜瓣的制作方向,而不是发生 WTR 或 ATR 的变化。分析产生这种不同的原因可能是由于之前的研究并未考虑巩膜瓣位置的影响及样本量较小。

随着小梁切除术不断改进与发展,丝裂霉素(mitomycin C, MMC)在手术中扮演了重要角色。Michael 等^[13] 在小梁切除术中联合应用 MMC,发现无论术前是否存在 WTR 与 ATR,术后 3 个月角膜散光的平均 WTR 变化为 1.23 m⁻¹,随后表现为持续

的 ATR 变化。而且,在 6 个月和 12 个月时仍然存在(分别为 0.94 m⁻¹、0.65 m⁻¹),较之前没有使用 MMC 的时间要长得多。Heleen 等^[14] 及 Gyu 等^[15] 的研究也证实 MMC 的应用会延长角膜术后散光变化恢复的时间,且药物浓度和作用时间的差异会导致术后散光变化的差异。同时,他们也指出巩膜瓣位置及术后眼压与术后角膜散光变化相关,术后眼压越低,角膜散光的变化越大。巩膜瓣位于鼻上象限时角膜散光的变化大于位于颞上象限时。

1.2 青白联合手术对患者术后散光的影响

随着白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术(phacoemulsification and intraocular lens implantation, Phaco+IOL)和微创青光眼手术技术的发展,青光眼小梁切除术联合白内障超声乳化摘除联合人工晶状体植入术(简称青白联合手术)越来越多地被应用于合并白内障的青光眼患者的手术治疗中^[16]。关于青光眼患者行青白联合手术后引起的屈光状态改变,也引起了越来越多的探讨。白内障摘除与青光眼小梁切除术为两个独立的手术治疗方式,进行联合手术时,可以选择二者同一切口进行,也可以选择二者分别独立切口进行。

Sirisha 等^[17] 即对同一切口进行两种手术与双切口进行两种手术后散光的变化进行了比较,术后 3 个月同一切口手术和双切口手术引起的散光变化均小于 0.5 m⁻¹,且两组数值无统计学差异,均可于术后 3 个月达到稳定状态。屈光度的变化在术后 1 个月稳定,且对于眼压的降低程度相当。术前角膜散光情况可对术后角膜散光变化产生影响,术前存在的角膜散光越大,术后角膜散光变化越大。Devendra 等^[18] 采用相似的手术方式纳入了 108 例术眼的研究也得到了相似的结果。

在 Wang 等^[19] 的研究中强调了青白联合术中透明角膜切口大小对术后角膜散光变化的影响。他们通过对比 3.0 mm、2.2 mm 及 1.8 mm 透明角膜切口引起的术后角膜散光变化大小,指出透明角膜切口越小,术后角膜散光变化越小,恢复越快,且透明角膜切口大小并不会对眼压降低程度造成影响。

1.3 超声睫状体成形术对患者术后散光的影响

在寻找兼具安全性和有效性的新的治疗前景的过程中,使用高强度聚焦超声(high-intensity focused ultrasound, HIFU)的超声睫状体成形术(ultrasound ciliary plasty, UCP)被发现并广泛应用,该手术方式为使用聚焦的超声束通过凝固性坏死来诱导远端睫状体上皮的选择性破坏^[20]。虽然其已知的作用机制为减少房水的生成,但也有一种假设是通过增加

葡萄膜巩膜通路的房水流出量来降低眼压^[21]。Marques 等^[22]进行的一项前瞻性多中心研究,对行 UCP 手术的青光眼患者进行 6 个月随访,观察此手术对青光眼患者术后散光状态的影响。研究发现 UCP 可诱导高达 4.00 m^{-1} 的角膜散光变化,然而,在 UCP 术后 6 个月,大多数患者角膜散光变化可恢复至 $\leq 0.5 \text{ m}^{-1}$ (平均为 $0.39 \text{ m}^{-1} @ 107^\circ$)。患者在 UCP 术后 1 个月时视力下降(平均下降 0.09 log-MAR),术后 3 个月则与术前无统计学差异。术后角膜散光的变化可能与术中超声波分布有关,术中超声波束在角膜中的均匀分布可能会减少患者术后的散光变化。同样,研究者用来测量角膜曲率的设备也可能对角膜术后散光的变化的数值产生影响^[23]。与之相似,其他研究^[24-26]同样发现 UCP 术后引发的角膜散光变化为暂时存在。

1.4 青光眼引流装置植入术对患者术后散光的影响

与 Phaco+IOL 联合青光眼小梁切除术相似,Phaco+IOL 联合青光眼引流装置(glaucoma drainage device, GDD)植入术也经常用于合并白内障的青光眼患者。Tzu 等^[25]首次报道了 Phaco+IOL 联合 GDD 植入术的术后屈光状态,发现在术后 6 个月,71% 行 Phaco+IOL 联合 GDD 植入术的青光眼患者达到了目标屈光度($-1.00 \text{ m}^{-1} \sim +0.50 \text{ m}^{-1}$)。但该项研究并未对术后角膜散光变化进行详细的研究及分析。Mehta 等^[26]对 Phaco+IOL 联合 GDD 植入术的屈光结果及散光变化进行了更为详细的研究,选取 Baerveldt (Abbott Laboratories Inc. IL) 与 Ahmed (New World Medical Inc. CA) 两种 GDD。两种 GDD 均被放置于颞上象限,直肌下方。Phaco+IOL 术为透明角膜切口的标准术式。该研究发现仅有 29% 的患者产生了术后散光变化(平均为 0.52 m^{-1})。研究者认为这些术后散光变化可能是由超声乳化术中的透明角膜主切口引起,而 GDD 本身并不会引起术后角膜散光的变化。

近些年来,在进行青光眼手术治疗时,Ex-PRESS(Alcon Inc.)青光眼引流装置已经成为了很好的选择,其安全性及可靠性也已得到了充分的验证^[27-28]。Hammel 等^[29]对进行了 Ex-PRESS 引流器植入术的 19 例患眼使用 Pentacam 进行术前及术后散光变化的观察及记录,分析显示术后第 1 天角膜前表面和后表面散光均有暂时性增加(前部散光从 2.6 m^{-1} 增加到 4.7 m^{-1} ,后部散光从 0.4 m^{-1} 增加到 0.9 m^{-1}),术后 3 个月基本恢复至术前。研究发现角膜散光的改变与眼压和 ACD 相关,表明短暂的角膜散光的变化可能是由于眼压波动造成的。虽然

在手术过程中需要缝合巩膜瓣与结膜,但其对术后散光变化的影响似乎并不明显。此外,2020 年 Livny 等^[30]对 Ex-PRESS 植入术后与小梁切除术后引起的散光变化进行了比较,发现术后第 1 天,Ex-PRESS 植入术后与小梁切除术引起的角膜散光存在差异,可能是由于 Ex-PRESS 植入时巩膜瓣缝线较小梁切除术更为松弛。然而,Konopinska 等^[31]发现联合 Ex-PRESS 植入术后可产生 ATR 变化,且持续存在至术后 6 个月,且在术后 6 个月内变化较小(1.15 m^{-1} 降至 0.89 m^{-1})。其术后散光变化与青白联合手术后散光变化无明显差异。

1.5 微创青光眼手术对患者术后散光的影响

微创青光眼手术(minimally invasive glaucoma surgery, MIGS)是一系列新型的青光眼手术方式的总称,MIGS 因其疗效确切、微切口入路、创伤小、术后并发症少、操作简单、患者恢复快等特点,越来越多地被应用于临床^[32],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^[33]。MIGS 根据其作用原理及部位,可大致分为以下四类:①通过支架植入构建小梁网旁路及切除部分小梁网组织,从而增加滤过的小梁网、Schlemm 管滤过类,主要包括:一代 iStent 及二代 iStent-inject 小梁微旁路支架,Hydrus 微支架植入术,房角镜辅助下内路小梁切开术(Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy, GATT),Kahook 双刃刀内路小梁切除术(Kahook dual blade excisional goniotomy, KDB),准分子激光小梁切开术(excimer laser trabeculotomy, ELT),小梁消融术等;②通过支架的植入,将房水流出引导至脉络膜上腔,从而增加葡萄膜巩膜途径的房水流出量的葡萄膜巩膜外流类,主要包括:Cypass 支架植入术及三代 iStent-supra 支架植入术;③采用微型支架在前房和结膜下建立人工管道的结膜下引流类,主要包括:XEN 微支架植入术、Preserflo 青光眼引流器植入术;④减少房水生成类^[34],主要包括:经巩膜睫状体微脉冲光凝术、内窥镜直视下睫状体激光光凝术(endoscopic cyclophotocoagulation, ECP)等。以上各种手术方式作为新兴手术方式,对于其对术后散光影响的研究较少。Ioannidis 等^[35]通过研究 89 只眼的 Phaco+IOL 联合小梁微旁路支架(istent)植入术患者术后屈光及散光状态的变化指出,istent 的植入并不会诱发额外的术后角膜散光变化,可以很好的维持患者的屈光状态,这也在 Seungsoo 等^[36]进行的相似研究中进一步得到了证实。istent 不但可以很好地维持患者的屈光状态,而且可将术后屈光

误差出现的风险降至最低,引起的术后角膜散光变化极小($<0.5\text{ m}^{-1}$)。Tanito 等^[37]对内路小梁切开术后的角膜散光变化进行了研究,他们指出,内路小梁切开术由于不会对结膜及巩膜造成影响,故并不会引起术后角膜散光的变化。Matthew 等^[38]也得到了相似的结果,指出 Phaco+IOL 联合内路小梁切开术与单纯 Phaco+IOL 术引起的角膜散光变化无明显差异,且均在 0.5 m^{-1} 以下。但是,两者术后引起的角膜散光变化轴向不同,单纯 Phaco+IOL 的术后角膜散光变化似乎更加随意地分布在各个轴向上,而 Phaco+IOL 联合 KDB 手术的术后角膜散光变化则多表现为 WTR 或 ATR 改变,很少介于两者之间。CyPass 支架出于长期的安全性考虑,已不再应用于临床。其他手术方式包括: XEN 微支架植入术、Preserflo 青光眼引流器、经巩膜睫状体微脉冲光凝术、内窥镜直视下睫状体激光光凝术等,有关其应用安全性及有效性的文献众多,但尚无对其有关术后角膜散光变化的研究。

2 讨论

2.1 术后角膜散光变化发生机制

尽管在青光眼小梁切除术后,发生角膜散光的变化确切机制尚不清楚,可能的解释有:①由于巩膜瓣切口位置比较靠后,其下存在一定间隙,可通过缝合线的支撑将张力分散到整个切口上,从而限制角膜垂直半径的减小^[7]。②由于巩膜瓣下部分小梁组织的切除,导致角膜边缘轻微下沉,从而引起了角膜垂直曲率半径的增加^[8]。③小梁切除过程中造成的广泛的巩膜灼伤可以使小梁切除部位周围的组织收缩,从而导致了角膜垂直曲率半径的增加。④较大的巩膜瓣会导致巩膜瓣下间隙进一步增大,且较大的巩膜瓣意味着巩膜烧灼面积及瘢痕组织面积的增大,导致对角膜的牵拉力增强。同时较大的巩膜瓣还易形成较大滤过泡,而较大的滤过泡可对角膜形成压迫,改变角膜形态。较大的巩膜瓣同样也意味着手术损伤的加重,因此较易引起术后局部组织水肿,从而压迫角膜,引起角膜散光的变化。⑤由于巩膜瓣缝线自身的机械强度及张力,巩膜瓣的缝合过于紧密可导致术后即刻出现的较大的角膜散光变化,而随着时间推移,缝线松动,散光变化则随之减小。⑥术后眼压越低,术后角膜散光的变化越大,考虑可能是由于低眼压患眼更易发生变形,从而引起术后角膜散光的变化。⑦由于小梁切除术后角膜散光的轴向变化趋势向巩膜瓣位置移位^[11],故巩膜瓣位置同样可引起术后角膜散光的变化。

MMC 通过阻止 DNA 合成,减少小梁切除术后瘢痕组织的形成来抑制成纤维细胞的增殖,从而提高小梁切除术的成功率^[39]。MMC 的使用会延长小梁切除术后角膜术后散光变化恢复的时间,考虑可能是由于 MMC 的抗瘢痕化作用延长了伤口的愈合时间。不同的药物浓度和作用时间的差异会导致术后散光变化的差异,就目前来看,浓度越高,暴露时间越长,越易引起术后低眼压、过度滤过及滤过泡渗漏,从而引起术后角膜散光变化^[40]。

青白联合手术的术后角膜散光变化的产生可能是由于术前角膜散光大多以 ATR 为主,青光眼小梁切除术后产生的 WTR 可以中和一部分术前 ATR,颞侧透明角膜切口同样也可以中和一部分术前 ATR,二者共同作用,导致了术前角膜散光越大,术后角膜散光变化越大。另外,较小的透明角膜切口可减小术后角膜散光变化,加快角膜切口愈合^[17-19]。

在分析小梁切除术后散光变化的原因时我们发现,角膜缘附近的巩膜形态变化可以引起角膜散光的变化,UCP 同样作用于巩膜处,考虑其引起角膜散光变化的原因可能是由于高强度聚焦超声的能量通过热诱导导致巩膜组织分层,使作用区域巩膜的局灶性收缩,形成巩膜印痕,导致该轴向上的角膜曲率半径增加,从而引起了角膜散光变化。但 UCP 所使用的超声探头与常用的二极管激光循环破坏相比,可以精确地集中能量,防止能量外溢,减少对邻近组织的损伤,所以巩膜印痕的存在往往是暂时的^[23-24]。

对于 GDD 手术来说,若选择无需制作巩膜瓣即可完成手术的 GDD 装置,则不会发生因为巩膜瓣原因造成的角膜散光变化;而对于需植入巩膜瓣下的 GDD 装置来说,装置本身为巩膜瓣提供了良好的支撑,使张力均匀分布,而巩膜瓣下无需切除组织也使得角膜缘不会发生下沉,因此 GDD 所引起的角膜散光变化较小。Ex-PRESS 植入术同样需制作巩膜瓣,考虑其发生术后角膜散光变化的原因与 GDD 相似,Konopińska 等^[31]的研究中指出 Ex-PRESS 植入术后可产生 ATR 并持续一段时间,分析其原因可能是由于联合使用青白联合手术所致。

小梁微旁路支架的作用原理是通过支架连通前房和 Schlemm 管形成通路,使房水经此通道直接从前房进入 Schlemm 管,从而增加房水流出,并不需要结膜缝合及应用抗代谢药物,因此并不会引起术后角膜散光变化。对于内路小梁切开术来说,其同样无需改变结膜及巩膜形态、无需应用抗代谢药物。目前, XEN 微支架植入有经角膜缘途径植入和经结膜途径植入两种手术方式^[41],且两种方式的安全性

及有效性相当^[42]。XEN 微支架及 Preserflo 青光眼引流器植入时通常需使用 MMC, 虽然不需要结膜缝合或巩膜瓣形成, 但滤过泡的形成是手术的固有部分, 因此可能会引起术后角膜散光变化。经巩膜睫状体微脉冲光凝术、内窥镜直视下睫状体激光光凝术可直视下选择破坏睫状体无色素上皮细胞, 避免了外路睫状体光凝术的盲目性。手术过程中因需做睫状体扁平部切口或透明角膜切口, 可能会诱发术后早期角膜散光变化。

2.2 减少角膜术后散光变化的方式

为了减少青光眼小梁切除术中引起的术后散光变化, 建议选择颞上象限制作巩膜瓣^[15], 并适当地减小巩膜瓣的大小, 以避免滤过泡过大, 术后眼压过低^[8]; 切除较少的小梁组织, 以避免其引起的组织下沉; 避免由于巩膜瓣缝线缝合过密、过紧导致的角膜形态改变; 限制巩膜的过度烧灼, 可减少烧灼能量或采取点状灼烧方式, 尤其对于角膜缘周围组织^[14]。联合应用 MMC 进行手术时应避免 MMC 浓度过大, 暴露时间过长, 并对 MMC 覆盖区域进行充分冲洗。应用青白联合术时, 若患者术前存在 ATR, 可根据术前角膜散光情况, 规划角膜切口位置, 予以散光中和, 并在不影响手术进程的基础上适当缩小透明角膜主切口。由于 UCP 手术中超声波的分布水平可引起术后角膜散光的变化, 故应注意其定位环的居中放置, 术中液体水平。

2.3 散光型人工晶体的应用

散光矫正型人工晶体是矫正术前规则散光的有效方式。由于青光眼手术对术后角膜散光有一定影响, 因此, 散光型人工晶体的使用受到了一定限制。然而, 对于 MIGS, 虽然有关其术后角膜散光变化的研究较少, 但就目前现有研究结果来看, 其具有创伤小、恢复快、屈光状态比较稳定等特点, 为散光型人工晶体的植入提供可能。在 Ichioka 等^[43]的研究中指出, 散光型人工晶体对于接受白内障手术联合小梁微旁路支架的青光眼患者矫正术前存在的角膜散光是有效的, 散光型人工晶体的应用可以有效提高患者术后视力, 中和术前散光, 且不会对眼压的降低程度产生影响。这一研究也在 López-Caballero 等^[44]随后的研究中得到了验证。Ichioka 等^[45]的另一项研究证实散光型人工晶体对于接受白内障手术联合内路小梁切开术的青光眼患者矫正术前角膜散光, 同样是有效的, 也可在提高患者术后视力的同时, 保持良好的眼压降低水平。Takai 等^[46]的研究也证实了散光型人工晶体对于白内障手术联合内路小梁切开术的青光眼患者的有效性。虽然尚无研究

结果表明散光型人工晶体应用于其他 MIGS 手术方式同样有效, 但现有研究给我们带来了希望。目前, 有关散光型人工晶体应用于其他类型的青光眼手术方式有效性的研究十分有限。

3 总 结

不同青光眼手术对术后角膜散光的影响不一。青光眼小梁切除术可引起显著的术后角膜散光变化, 与巩膜瓣大小、位置, 滤过泡大小、手术操作步骤、巩膜瓣缝线紧密程度、术后眼压高低等因素均有关联, 且这种变化可以导致术后即刻视力下降。MMC 的使用可影响伤口愈合时间, 其影响程度可能取决于应用的浓度和暴露时间。青白联合手术所引起的术后角膜散光变化受术前角膜散光状态影响, 术者可通过术前手术设计, 通过主切口位置中和术前散光。UCP 手术虽然可在术后早期导致显著的术后角膜散光变化, 但该种变化仅为暂时存在。GDD 与 Ex-PRESS 植入术自身并不会导致术后角膜散光变化。MIGS 可以很好地保持患者的屈光状态, 且部分 MIGS 手术方式已被证实与散光型人工晶体具有良好的适配性。了解术后散光发生的原因, 可以使我们进一步优化手术方式的规划, 以改善患者术后的视觉质量。

参考文献:

- [1] 陶钰, 张士玺, 柴雪荣, 等. 青光眼患者生存质量及其影响因素的临床研究[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2014, 28(2): 84-86. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2014.037
TAO Yu, ZHANG Shixi, CHAI Xuerong, et al. Clinical study on glaucoma patients' quality of life and related factors[J]. 2014, 28(2): 84-86. doi: 10.6040 /j.issn.1673-3770.0.2014.037
- [2] 赵家良. 改变青光眼作为首位不可逆致盲性眼病的现状[J]. 眼科学报, 2021, 36(6): 389-392. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.06.08
ZHAO Jiali. Current status on the change of glaucoma as the first irreversible blinding disease[J]. Eye Science, 2021, 36(6): 389-392. doi: 10.3978/j.issn.1000-4432.2021.06.08
- [3] Yih-Chung Tham, Xiang Li, Tien YW, et al. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis[J]. Ophthalmology, 2014, 121(11): 2081-2090. doi: 10.1016/j.ophtha.2014.05.013
- [4] 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.

- Glaucoma Group of Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association, Glaucoma Group of Chinese Ophthalmologist Association. Chinese Glaucoma Guidelines (2020) [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2020, 56 (8): 573-586. doi: 10.3760/cma.j.cn112142-20200313-00182
- [5] European Glaucoma Society. European Glaucoma society terminology and guidelines for glaucoma, 5th edition [M]. *Br J Ophthalmol*, 2021, 105(Suppl 1): 1-169. doi: 10.1136/bjophthalmol-2021-egsguidelines
- [6] Chan HHL, Kong YXG. Glaucoma surgery and induced astigmatism: a systematic review[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2017, 17(4): 27. doi: 10.1186/s40662-017-0090-x
- [7] Cairns JE. Trabeculectomy: Preliminary report of a new method[J]. *Am J Ophthalmol*, 1968, 66(4): 673-679.
- [8] Hugkulstone CE. Changes in keratometry following trabeculectomy[J]. *Br J Ophthalmol*, 1991, 75(4): 217-218. doi: 10.1136/bjo.75.4.217
- [9] Cunliffe IA, Dapling RB, West J, et al. A prospective study examining the changes in factors that affect visual acuity following trabeculectomy[J]. *Eye (Lond)*, 1992, 6(6): 618-622. doi: 10.1038/eye.1992.133
- [10] Claridge KG, Galbraith JK, Karmel V, et al. The effect of trabeculectomy on refraction, keratometry and corneal topography[J]. *Eye (Lond)*, 1995, 8(3): 292-298. doi: 10.1038/eye.1995.57
- [11] Kumari R, Saha BC, Puri LR, et al. Keratometric astigmatism evaluation after trabeculectomy[J]. *Nepal J Ophthalmol*, 2013, 5(10): 215-219. doi: 10.3126/nepjoph
- [12] Ando W, Kamiya K, Kasahara M, et al. Effect of trabeculectomy on mean and centroid surgically induced astigmatism[J]. *J Clin Med*, 2022, 11(1): 240. doi: 10.3390/jcm11010240
- [13] Michael SK, Ho BK, Sang UL. Short-term effect of mitomycin-C augmented trabeculectomy on axial length and corneal astigmatism[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2001, 27(4): 518-523. doi: 10.1016/s0886-3350(00)00646-5
- [14] Heleen Delbeke, Ingeborg Stalmans, Evelien Vandewalle, et al. The effect of trabeculectomy on astigmatism[J]. *J Glaucoma*, 2016, 25(4): 308-312. doi: 10.1097/IJG.0000000000000236
- [15] Gyu A K, Si HL, Sang YL. et al. Surgically induced astigmatism following trabeculectomy[J]. *Eye (Lond)*, 2018, 32(7): 1265-1270. doi: 10.1038/s41433-018-0072-9
- [16] 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
- [17] Sirisha Senthil, Sanket Deshmukh, Kiranmaye Turaga, et al. Surgically induced astigmatism and refractive outcomes following phacotrabeculectomy[J]. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68(4): 609-614. doi: 10.4103/ijo.IJO_588_19
- [18] Devendra Maheshwari, Ashwin Segi, Sarika Ramugade Shinde, et al. Surgically induced astigmatism following single site and twin site phacotrabeculectomy augmented with mitomycin C[J]. *Eye (Lond)*, 2022, 36(5): 1100-1105. doi: 10.1038/s41433-021-01601-2
- [19] Wang Q, Jiang ZX, Liao RF. Outcomes of 1.8-3.0 mm incision phacoemulsification combined with trabeculectomy for primary angle-closure glaucoma with cataract[J]. *Int J Ophthalmol*, 2020, 13(2): 246-251. doi: 10.18240/ijo.2020.02.07
- [20] Giacomo Savini, Michele Carbonelli, Alessandra Sbriglia, et al. Highintensity focused ultrasound procedure: the rise of a new noninvasive glaucoma procedure and its possible future applications[J]. *Surv Ophthalmol*, 2019, 64(6): 826-834. doi: 10.1016/j.survophthal.2019.05.001
- [21] Aptel F, Charrel T, Lafon C, et al. Miniaturized high-intensity focused ultrasound device in patients with glaucoma: a clinical pilot study[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(12): 8747-8753. doi: 10.1167/iovs.11-8137
- [22] Marques RE, Sousa DC, Vandewalle E, et al. The effect of glaucoma treatment using high-intensity focused ultrasound on total and corneal astigmatism: a prospective multicentre study[J]. *Acta Ophthalmol*, 2020, 98(8): 833-840. doi: 10.1111/aos.14467
- [23] Savini G, Carbonelli M, Sbriglia A, et al. Comparison of anterior segment measurements by 3 Scheimpflug tomographers and 1 Placido corneal topographer[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2011, 37(9): 1679-1685. doi: 10.1016/j.jcrs.2011.03.055
- [24] Bolek B, Wyle_gała A, Wyle_gała E. The influence of ultrasound ciliary plasty on corneal parameters [J]. *J Glaucoma*. 2020, 29(10): 899-904. doi: 10.1097/IJG.0000000000001574
- [25] Tzu JH, Shah CT, Galor A, et al.Refractive outcomes of combined cataract and glaucoma surgery[J]. *J Glaucoma*, 2015, 24(2): 161-164. doi: 10.1097/01.ijg.0000435773.20279.56
- [26] Mehta R, Tomatzu S, Cao D, et al. Refractive outcomes for combined phacoemulsification and glaucoma drainage procedure [J]. *Ophthalmol Ther*, 2022, 11(1): 311-320. doi: 10.1007/s40123-021-00434-2
- [27] Rabkin-Mainer Z, Wolf A, MATHALONE N, et al. EXPRESS miniature glaucoma shunt versus ahmed glaucoma valve in the surgical treatment of glaucoma in pseud-

- ophakic patients[J]. *J Glaucoma*, 2018, 27(10): 887-892. doi: 10.1097/IJG.0000000000001050
- [28] Graffi S, Tiosano B, Naftali M, et al. Short-term anterior chamber inflammation in phacoemulsification with and without Ex-Press glaucoma implant[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2020, 30(3): 533-537. doi: 10.1177/1120672119839300
- [29] Hammel N, Lusky M, Kaiserman I, et al. Changes in anterior segment parameters after insertion of Ex-PRESS miniature glaucoma implant[J]. *J Glaucoma*, 2013, 22(7): 565-568. doi: 10.1097/IJG.0b013e31824d4fa1
- [30] Livny E, Hammel N, Mimouni M, et al. Changes in anterior segment parameters following insertion of Ex-PRESS mini glaucoma implant vs. Trabeculectomy[J]. *Arq Bras Oftalmol*, 2020, 83(4): 283-288. doi: 10.5935/0004-2749.20200040
- [31] Konopińska J, Byszewska A, Saeed E, et al. Phacotrabeculectomy versus phaco with implantation of the Ex-PRESS device: surgical and refractive outcomes-a randomized controlled trial [J]. *J Clin Med*, 2021, 10(3): 424. doi: 10.3390/jcm10030424
- [32] Ansari E. An update on implants for minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) [J]. *Ophthalmol Ther*, 2017, 6(2): 233-241. doi: 10.1007/s40123-017-0098-2
- [33] 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. doi: 10.3760/cma.j.cn112142-20210904-00410
WANG Ningli, WANG Huaizhou. Strictly following the indications during the promotion of micro-invasive glaucoma surgeries[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2021, 57(9): 641-643. doi: 10.3760/cma.j.cn112142-20210904-00410
- [34] 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眼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 Xi, SONG Yunhe, GAO Xinbo, 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
- [35] Ioannidis AS, Toteberg-Harms M, Hamann T, et al. Refractive outcomes after trabecular micro-bypass stents (iStent Inject) with cataract extraction in open-angle glaucoma[J]. *Clin Ophthalmol*, 2020, 21(14): 517-524. doi: 10.2147/OPTH.S239103
- [36] Seungsoo Rho, Su-Ho Lim. Clinical outcomes after second-generation trabecular microbypass stents (istent inject) with phacoemulsification in korean patients [J]. *Ophthalmol Ther*, 2021, 10(4): 1105-1117. doi: 10.1007/s40123-021-00412-8
- [37] Tanito M, Matsuzaki Y, Ikeda Y, et al. Comparison of surgically induced astigmatism following different glaucoma operations[J]. *Clin Ophthalmol*, 2017, 28(11): 2113-2120. doi: 10.2147/OPTH.S152612
- [38] Matthew Hirabayashi, Guralp Viridi, Joshua King, et al. Effect of excisional goniotomy with the kahook dual blade (KDB) on surgically induced astigmatism [J]. *Clinical Ophthalmology*, 2020, 8(14): 4297-4303. doi: 10.2147/OPTH.S279073
- [39] Katharina Bell, Bernardo de PSB, Mathabo Mofokeng, et al. Learning from the past: mitomycin C use in trabeculectomy and its application in bleb-forming minimally invasive glaucoma surgery [J]. *Surv Ophthalmol*, 2021, 66(1): 109-123. doi: 10.1016/j.survophthal.2020.05.005
- [40] Bell K, de Padua SBB, Mofokeng M, et al. Learning from the past: mitomycin C use in trabeculectomy and its application in bleb-forming minimally invasive glaucoma surgery[J]. *Surv Ophthalmol*, 2021, 66(1): 109-123. doi: 10.1016/j.survophthal.2020.05.005
- [41] 钟煜,廖智敏,段宣初.XEN 微支架在青光眼手术中的应用进展[J]. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2023, 37(1): 145-151. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.468
ZHONG Yu, LIAO Zhimin, DUAN Xuanchu. Progress in the applications of XEN microstent in glaucoma surgery[J]. *Journal of otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University*, 2023, 37(1): 145-151. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.468
- [42] Tan NE, Tracer N, Terraciano A, et al. Comparison of safety and efficacy between ab interno and ab externo approaches to xen gel stent placement [J]. *Clin Ophthalmol*, 2021, 15: 299-305. doi: 10.2147/OPTH.S292007
- [43] Ichioka S, Ishida A, Takayanagi Y, et al. Roles of toric intraocular lens implantation on visual acuity and astigmatism in glaucomatous eyes treated with iStent and cataract surgery[J]. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1): 487. doi: 10.1186/s12886-022-02707-1
- [44] López-Caballero C, Sánchez-Sánchez C, Puerto B, et al. Refractive outcomes of toric intraocular lens in combined trabecular micro bypass stent implantation and cataract surgery in glaucomatous eyes[J]. *Int Ophthalmol*, 2022, 42(9): 2711-2718. doi: 10.1007/s10792-022-02259-9
- [45] Ichioka S, Manabe K, Tsutsui A, et al. Effect of toric intraocular lens implantation on visual acuity and astigmatism status in eyes treated with microhook ab interno trabeculectomy[J]. *J Glaucoma*, 2021, 30(1): 94-100. doi: 10.1097/IJG.0000000000001705
- [46] Takai Y, Sugihara K, Mochiji M, et al. Refractive status in eyes implanted with toric and nontoric intraocular lenses during combined cataract surgery and microhook ab interno trabeculectomy [J]. *J Ophthalmol*, 2021; 5545007. doi: 10.1155/2021/5545007