

飞秒激光辅助白内障手术在青光眼治疗中的应用进展

张燕妮¹, 刘姗姗², 王继兵²

引用:张燕妮,刘姗姗,王继兵. 飞秒激光辅助白内障手术在青光眼治疗中的应用进展. 国际眼科杂志, 2024, 24(8): 1254-1259.

基金项目:山东省医药卫生科技发展计划项目(No. 202207020297)

作者单位:¹(256699)中国山东省滨州市,滨州医学院第一临床学院;²(261000)中国山东省潍坊市,正大光明眼科集团潍坊眼科医院 国家临床重点专科

作者简介:张燕妮,在读硕士研究生,住院医师,研究方向:青光眼。

通讯作者:王继兵,博士,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:青光眼. wangjb918@163.com

收稿日期:2024-02-17 修回日期:2024-06-19

摘要

飞秒激光辅助白内障手术(FLACS)的应用已有10余年的历史,其安全性与精准性已得到验证。近年来FLACS已逐步应用于青光眼合并白内障患者,尤其是原发性闭角型青光眼(PACG)患者,因其独特的解剖特点使得常规白内障手术晶状体摘除难度与潜在并发症增加,FLACS用于PACG患者优势明显。新近报道FLACS联合微创青光眼手术(MIGS)应用于开角型青光眼患者、联合房角分离术(GSL)用于闭角型青光眼患者,甚至用于抗青光眼术后存有滤过泡的患者,其适应证日趋拓展。FLACS可导致术中短暂眼压升高,眼部参数对术中眼压可产生一定影响,对眼压的远期影响有待进一步研究。FLACS对青光眼患者视功能的影响及其产生的相关并发症应引起重视。文章就FLACS在各类青光眼中的应用、对眼压和视功能的影响、特殊并发症及应用前景做一综述。

关键词:飞秒激光辅助白内障手术;青光眼;眼压;视功能;并发症

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.8.14

Application progress of femtosecond laser-assisted cataract surgery in glaucoma

Zhang Yanni¹, Liu Shanshan², Wang Jibing²

Foundation item: Medical and Health Science and Technology Development Plan Project of Shandong Province (No. 202207020297)

¹No.1 Clinical Medicine School of Binzhou Medical University, Binzhou 256699, Shandong Province, China; ²Weifang Eye Hospital, Zhengda Guangming Eye Group; National Key Clinical Specialty of Ophthalmology, Weifang 261000, Shandong Province, China

Correspondence to: Wang Jibing. Weifang Eye Hospital, Zhengda Guangming Eye Group; National Key Clinical Specialty of Ophthalmology, Weifang 261000, Shandong Province, China. wangjb918@163.com

Received:2024-02-17 Accepted:2024-06-19

Abstract

• Femtosecond laser-assisted cataract surgery (FLACS) has been used for more than 10 years, with its safety and precision well-verified. In recent years, FLACS has been gradually applied to patients with glaucoma and cataracts, especially those patients with primary angle closure glaucoma (PACG). The unique anatomical characteristics of PACG increase the difficulty of lens extraction and potential complications in conventional phacoemulsification surgery, highlighting the distinct advantages of FLACS in these patients. Recently, the application of FLACS combined with minimally invasive glaucoma surgery (MIGS) in patients with open angle glaucoma, and goniosynechialysis (GSL) in patients with angle-closure glaucoma, and even in patients with filtering blebs after anti-glaucoma surgery, has been reported. The indications for FLACS are increasingly expanding. FLACS can cause a transient intraoperative increase in intraocular pressure (IOP), and ocular parameters can have a certain impact on IOP. The long-term effects on IOP require further research. More attention should be paid to the impact of FLACS on visual function in glaucoma patients and the related complications that may arise. This article reviews the application of FLACS in different types of glaucoma, its effects on IOP and visual function, specific complications, and application prospects.

• KEYWORDS: femtosecond laser-assisted cataract surgery; glaucoma; intraocular pressure; visual function; complication

Citation: Zhang YN, Liu SS, Wang JB. Application progress of femtosecond laser-assisted cataract surgery in glaucoma. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2024,24(8):1254-1259.

0 引言

青光眼是全球不可逆致盲的主要原因^[1],且青光眼患者大多伴有一定程度的白内障,其中原发性闭角型青光眼(primary angle closure glaucoma, PACG)患者眼部解剖特征多表现为角膜小、前房浅、晶状体厚、眼轴短以及晶状体位置前移^[2]。研究证实超声乳化白内障摘除人工晶状体植入术(phacoemulsification cataract extraction with

intraocular lens implantation, PEI) 联合房角分离术 (goniosynechialysis, GSL) 已成为有效治疗手段^[3], 但青光眼患者前节拥挤特征增加了手术难度和风险。近年来飞秒激光辅助白内障手术 (femtosecond laser assisted cataract surgery, FLACS) 的应用提高了手术的安全性, 凭借个性化透明角膜切口、居中且圆的囊膜切开、多模式晶状体预碎核等特点在此类患者中独具优势。目前 FLACS 在青光眼中的适应证不断拓展, 不仅可用于开角型青光眼、闭角型青光眼患者, 在抗青光眼术后存有滤过泡患者中也得到了应用。飞秒负压吸引过程会导致术中短暂眼压升高, 其对视神经、视功能产生的影响不可忽视, 这对青光眼患者来说尤为重要。本文综述了 FLACS 在各类青光眼患者治疗中的应用、对眼压和视功能的影响以及眼部参数与眼压升高的关系、特有并发症等方面。

1 FLACS 应用简介

21 世纪以来, 飞秒激光凭借其独特的切割与分离特点, 已逐步应用于眼科临床。2001 年飞秒激光首次用于准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK) 的角膜瓣制作。2009 年 Nagy 等^[4] 首先应用 LenSx 飞秒激光系统辅助白内障手术, 2010 年, 飞秒激光被美国 FDA 批准应用于白内障手术, 2011 年正式用于临床。目前主要有 5 种飞秒平台被用于白内障手术: Catalys (Abbott Medical Optics, Santa Ana, CA)、LenSx (Alcon, Fort Worth, Texas)、LensAR (LensAR, Orlando, Fla)、Victus (Bausch & Lomb, Bridgewater, NJ) 以及 Femto LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems, Switzerland), 其中 2014 年出现的 Femto LDV Z8 还可用于屈光手术和角膜移植手术, 作为一种可移动的飞秒激光系统, 它采用了特殊的低能量脉冲, 有助于减少术后炎症反应和其他并发症^[5]。FLACS 的精准性、安全性以及可重复性在常规白内障手术中已得到广泛认同, 近年来正逐渐应用于各类青光眼患者, 并显示出独特的优势, 具有广阔的应用前景。

2 FLACS 对眼压和视功能的影响

2.1 FLACS 对眼压的影响 FLACS 不仅可导致术中短暂眼压 (intraocular pressure, IOP) 升高, 对术后 IOP 也产生一定影响。不同飞秒平台术中 IOP 升高的数值不同 (表 1), 对于青光眼患者来说选择较低 IOP 升高值的平台会更加安全。

与非青光眼患者相比, 青光眼患者在 FLACS 期间 IOP 升高幅度更大, 且术后眼压降低幅度也更大, 持续时间更长。Darlan-Smith 等^[14] 前瞻性研究比较飞秒激光预处理 (Catalys) 对早期 (平均垂直 C/D 0.76±0.12, 平均视野偏差 3.0±2.4) 原发性开角型青光眼 (primary open angle glaucoma, POAG) 患者 (43 眼) 和非青光眼患者 (100 眼) IOP 的影响, 发现 FLACS 术后即刻, POAG 患者的平均 IOP 明显高于非青光眼患者 (17.4±7.4 vs 14.1±7.2 mmHg, $P=0.014$), 脱离真空后 2 min 内, POAG 患者 IOP 仍高于对照组 (9.9±5.4 vs 8.7±5.7 mmHg, $P=0.24$)。该研究表明与非青光眼患者相比, POAG 患者在 FLACS 后引起的暂时性眼压升高和真空脱离后的残余眼压更高, 术后早期未发现视盘凹陷扩大和进行性视野缺损的迹象, 因此认为 POAG 患者对短暂高眼压短期内耐受性良好。然而, 长期影响有待进一步研究。本试验仅研究了早期 POAG 患者, 对中晚期是否有不同影响有待进一步观察。Shah 等^[15] 为了比较 FLACS (LenSx) 对青光眼患者和健康患者 IOP 的长期影响, 试验组纳入可疑青光眼 (包括可疑视神经损伤或视野缺损)、高眼压和青光眼 (包括闭角型青光眼和开角型青光眼) 患者 278 眼, 对照组纳入健康患者 226 眼。结果显示两组患者的平均 IOP 在术后第 1 d 从基线开始上升, 1 mo 后, 两组 IOP 都有明显下降, 对照组的下降持续 1 a, 青光眼组则持续 3 a。半年后, 青光眼/可疑青光眼组的总体眼压下降幅度 (12%) 明显高于对照组 (7%)。该研究表明青光眼组和对照组在 FLACS 术后第 1 d 都会出现眼压升高, 随后眼压会持续降低, 青光眼组患者降压

表 1 不同飞秒平台眼压数值变化

飞秒平台	研究对象	接触界面	眼压计	术前眼压 ($\bar{x}\pm s$, mmHg)	负压吸引过程 中(真空)眼压 ($\bar{x}\pm s$, mmHg)	术后即刻眼压 ($\bar{x}\pm s$, mmHg)	取下吸引环后 2 min 内眼压 ($\bar{x}\pm s$, mmHg)	研究者
Catalys	人眼	非接触液体	Icare	14.1±0.4	33.2±1.1	21.4±0.9	19.1±4.4	De Giacinto 等 ^[6] 2019
	人眼	光学界面 (LOI)	Schiotz	15.6±2.5	25.9±5.0	27.7±5.5	(1 min 内)	Schultz 等 ^[7] 2013
	人眼		Icare- PRO	17.5±2.4	28.9±3.2	26.6±4.0		Kerr 等 ^[8] 2013
LensAR	人眼	非接触水浴	Icare	13.90±4.00		19.57±6.21		Xu 等 ^[9] 2020
	人眼	固定装置	TonoPen	20.57±4.49	54.65±10.95	23.18±6.2		Wang ^[10] 2022
LenSx	人眼	接触硅胶软镜	Icare	13.8±0.4	24.2±1.4	20.2±1.2		De Giacinto 等 ^[6] 2019
	人眼	(SoftFit)	Icare	13.67±3.82		16.65±5.50		Xu 等 ^[9] 2020
	人眼	硬性曲面 接触镜	MEMS 光纤 压力传感器		32.4±3.4			Talamo 等 ^[11] 2013
Victus	人眼	负压环接触 界面	TonoPen Avia	17.2±3.2	42.1±10.8	13.8±3.4		Baig 等 ^[12] 2014
Femto LDV Z8	猪眼	非压平液体 接触界面	Icare- Pro	11.9±2.7	35.0±7.6	15.3±7.5	10.6±2.5 (2 min 内)	Ebner 等 ^[13] 2017
	猪眼		Schiotz	9.4±3.6	41.8±12.7	5.6±2.9	5.2±2.7 (2 min 内)	

幅度更大,持续时间更长。该研究的不足之处在于没有对青光眼分期进一步细分,对照组描述为“健康眼”,具体所谓健康眼纳入标准描述不详,并且缺乏传统超声乳化白内障手术(conventional phacoemulsification surgery, CPS)对照组。此研究结果与之前单纯CPS术后对眼压的影响类似,即在非青光眼和青光眼患者中,CPS术后眼压降低的幅度与术前基线眼压成正比,且降压作用可持续10 a^[16]。FLACS本身对眼压下降起多大影响有待进一步研究。

Wang等^[10]评估了眼部参数对POAG患者(12眼)和非青光眼患者(91眼)行FLACS(LensAR)期间眼压升高的影响,在负压吸引之前、期间和取下负压吸引环后5 s之内分别测量眼压各3次,取平均值,结果表明:两组患者在FLACS过程中眼轴(axial length, AL)与眼压升高呈负相关,而抽吸前眼压、中央角膜厚度和散瞳后瞳孔大小与眼压升高呈正相关。其中,与非青光眼患者相比,POAG患者的AL长度与眼压升高之间的负相关更显著,而且在全组、POAG亚组和非青光眼亚组中,所有参数都显示出相似的效果。这可能是因为较长的AL也伴随着较大的眼球容积,从而可以减少FLACS抽吸过程中容量或压力带来的相关眼压波动。由于采取了回顾性设计,POAG亚组和非青光眼亚组之间的患者人数极不平衡,可能会造成一些统计误差。该研究提醒临床工作者对计划接受FLACS的患者术前要反复检查这些参数,尤其是眼轴较短的POAG患者,应慎重考虑使用FLACS。

2.2 FLACS对视神经及视功能的影响 FLACS引起的短暂眼压升高是否会导致神经纤维层损伤和青光眼的进展方面的研究较少,目前已成为临床重点关注的问题。Alvarez-Ascencio等^[17]纳入早期、中期PACG患者(9例)和POAG患者(5例)行FLACS(LenSx),随访1 a后得出结论,两组患者最后的平均眼压较1 a前均显著降低,两组患者视野平均偏差(mean deviation, MD)、视野指数(visual field index, VFI)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)和抗青光眼药物数量均无明显变化。该研究证明FLACS在早期和中期青光眼患者中的耐受性良好,眼压升高并未导致眼底神经病变的进展,但样本量较少、未设置对照组以及纳入患眼的MD和VFI范围不够宽,没有纳入足够多的晚期青光眼患者,因此研究结果对晚期患者没有普遍意义。此外,本研究缺乏描述视野的可靠性参数,这在一定程度会影响视野测量的精确性和可重复性。Salimi等^[18]的一项回顾性研究评估了FLACS(Catalys)对曾接受过青光眼手术患者(57眼)的长期疗效和安全性,发现术后1 a BCVA显著改善,青光眼用药数量由 2.1 ± 1.5 种降至 1.8 ± 1.4 种,杯盘比(cup-to-disc ratio, CDR)、MD、视网膜神经纤维层厚度(retinal nerve fiber layer thickness, RNFL)和神经节细胞-内丛状层厚度(ganglion cell-inner plexiform layer thickness, GC-IPL)没有显著变化。上述结果提示该飞秒系统对抗青光眼术后的患者来说是安全的。然而,Geyer等^[19]研究比较了使用Ziemer LDV Z8激光液体界面的年龄相关性白内障患者(FLACS组222眼,CPS组39眼)行FLACS和CPS术前,术后1、3、6 mo盘周视网膜神经纤维层厚度(peripapillary retinal nerve fiber layer thickness, PRNFL)的变化,发现

FLACS组和CPS组术后PRNFL均变薄(分别为17%和5.1%),但两组间比较差异不具有统计学意义($P<0.05$)。FLACS组所有象限的PRNFL和平均PRNFL都出现了一致的下降,这表明FLACS可能会导致PRNFL变薄,且术前较薄的患者在FLACS术后可能更容易出现颞侧象限PRNFL变薄。因此对于PRNFL值普遍较薄的白内障患者,应用FLACS可能会产生影响,尚需进一步的研究来评估青光眼患者是否会有不同的结果。

3 FLACS在青光眼患者中的应用

3.1 FLACS与CPS用于PACG患者的比较研究 对于原发性闭角型青光眼(primary angle closure glaucoma, PACG)合并白内障或透明晶状体患者,由于眼前段空间狭窄,传统手术方式易出现撕囊困难、角膜内皮细胞丢失增加、角膜切口构造不佳、虹膜损伤、虹膜脱出等并发症^[20]。而FLACS可在计算机引导下精确定位撕囊位置和大小,并且通过激光预碎核减少超声乳化能量,从而保护角膜内皮和血-房水屏障,减少前房闪辉和炎细胞的数量^[21]。这为合并白内障或透明晶状体的PACG,尤其是悬韧带不健康、囊袋松弛患者提供了安全选择。

Zhou等^[22]的一项回顾性研究比较了FLACS与CPS治疗青光眼和合并有浅前房的白内障患者的疗效,纳入前房深度(anterior chamber depth, ACD)小于2.4 mm, IOP>21 mmHg患者106眼,比较其IOP、裸眼视力(uncorrected distance visual acuity, UDVA)、矫正视力(corrected distance visual acuity, CDVA)、客观散射指数(object scatter index, OSI)、角膜内皮细胞密度(endothelial cell density, ECD)和内皮细胞丢失率(endothelial cell loss, ECL),结果发现术后6 mo FLACS组ECL、OSI优于CPS组($P<0.01$),术后1 d, 2 wk, 1, 3 mo时IOP、UDVA、CDVA、ECD两组比较差异均无统计学意义。两组均未出现后囊破裂、玻璃体脱出或后弹力层脱离等并发症。术中发现有26眼悬韧带松弛,植入晶状体囊袋张力环(capsular tension ring, CTR)18眼(69.2%),其中FLACS组4眼,常规组14眼。FLACS组植入CTR率显著低于CPS组($P=0.027$)。因此,与传统手术相比,FLACS可以减少术中内皮损伤并改善视觉质量,降低了悬韧带松弛的青光眼患者术中CTR的植入,是该类患者的理想选择。但该研究对纳入眼的分类不够明确,尤其对青光眼的纳入标准缺乏描述。刘湘云等^[23]收集PACG患者53例60眼,其中FLACS组28例30眼,CPS组25例30眼,比较两组超乳过程中平均累积耗散能量(cumulative dissipated energy, CDE)、有效超声乳化时间(effective phacoemulsification time, EPT)以及术后ECL、手术并发症发现,FLACS组术中EPT和CDE均显著低于CPS组($P<0.05$),术后1 wk, 1, 3 mo时ECL及并发症发生率显著低于CPS组($P<0.05$)。这与FLACS组应用飞秒激光对晶状体进行预劈核处理直接相关,而较少的CDE及EPT可直接降低手术对角膜内皮的损伤程度。该研究认为在安全性方面,FLACS联合GSL治疗PACG合并白内障有助于减少手术并发症发生率。然而,也有研究认为FLACS与CPS在白内障患者术后临床效果方面无显著差异。Stanojic等^[24]进行的一项前瞻性随机对照试验纳入400例白内障患者,随访12 mo发现两组患者在视力、屈光

效果、角膜内皮细胞丢失率、并发症发生率方面并无差异。Favuzza 等^[25]比较 FLACS 与 CPS 治疗白内障患者术后前房炎症反应情况,结果表明 FLACS 组术后房水中促炎细胞因子浓度显著高于 CPS 组,但两组患者前房闪辉并无显著差异。目前两种手术方式应用于青光患者的临床对比研究较少,尚需大样本量的前瞻性研究来验证 FLACS 在青光患者中的临床效果。

对于前房极浅、晶状体透明的 PACG 患者,连续环形撕囊极具挑战性,增加了放射状前囊撕裂和后囊破裂的风险^[26]。Azuara-Blanco 等^[27]在 5 个国家 30 多家眼科医院中进行的一项多中心、大样本量的随机对照试验评价了早期晶状体摘除治疗 PACG 患者的疗效。该研究纳入 419 例年龄>50 岁、无白内障、IOP>30 mmHg 的原发性房角关闭(primary angle closure,PAC)或 PACG 患者。结果证实,与早期实施激光周边虹膜切开术(laser peripheral iridotomy,LPI)相比,透明晶状体摘除(clear lens extraction,CLE)的治疗效果更好,成本效益更高,可作为 PAC 或 PACG 患者的一线治疗。相较于 CPS,FLACS 具有更强的可预测性和可重复性^[28],在透明晶状体摘除中的应用更加合理并具有更高的安全性,为 CLE 治疗 PACG 或 PAC 提供了技术支撑,具有广阔的应用前景。但此类患者往往视力较好,任何可能影响视觉功能的并发症,都会产生重大影响,因此选择 CLE 应根据具体条件谨慎实施^[29]。

3.2 FLACS 用于抗青光眼滤过术后 抗青光眼滤过术后易发生白内障,由于术前存在浅前房、虹膜后粘连、晶状体核硬度高、角膜内皮细胞数目少等特点,尤其是上方巩膜滤过泡的存在,增加了手术的难度^[30]。因此如何在安全摘除混浊晶状体的同时避免损伤滤过区,维持术后正常眼压是眼科医生关注的问题。

Salimi 等^[18]的研究表明 FLACS 对于曾接受过青光眼手术的患者来说是一种安全的手术,其中包括非穿透性青光眼手术(16 例)、小梁切除术(13 例)、Schlemm 管成形术(8 例)、XEN 微创青光眼引流管植入术(6 例)、青光眼引流装置植入术(6 例)、房角镜辅助小梁切开术(GATT,4 例)、睫状体光凝术(2 例)、iStent 植入术(1 例)和小梁消融术(1 例),在术后 1 a 的眼压(IOP)和用药稳定、病情控制稳定、并发症发生率低以及手术成功率较高。考虑到青光眼手术史的异质性,该研究对接受过滤过手术的患者(滤过组, $n=25$)和非滤过手术的患者(非滤过组, $n=32$)的结果变量进行了补充分析,得出两组的手术成功率无统计学差异。同样,两组之间的疗效、安全性相当。该研究主要的并发症为 1 例有小梁切除术病史的患者出现了一过性滤过泡渗漏,术后第 3 wk 自然恢复,此外并未出现眼内感染或其他并发症。因此 FLACS 对于那些有滤过泡的患者安全有效,但仍应注意滤过泡区域,这为 FLACS 在不同人群中的应用提供了更多证据。一篇病例报告中^[31]描述了飞秒激光辅助角膜散光切开术用于治疗小梁切除术后所引起的混合性散光,认为该手术具有良好的安全性,维持了术后眼压稳定,并且保留了青光眼滤过泡功能。因此对于有滤过泡的青光患者,FLACS 可能是一种安全的选择,但仍应特别注意滤过泡,并尽可能避免该区域与

进行抽吸的液体光学界面重叠。

3.3 FLACS 联合其他青光眼手术 Manning 等^[32]为了证明在 CPS 或 FLACS 术中进行超声乳化前植入 iStent 的有效性和安全性,纳入开角型青光眼和高眼压患者 63 眼,其中 FLACS 组(LenSX 平台)23 眼,CPS 组 40 眼,对术后用药、眼压、不良反应进行分析后发现术中无患者出现晶状体损伤或前房积血,术后 6 mo,平均 IOP 降低,平均用药次数减少,两组安全性良好。因此早期植入 iStent 是安全的,特别是在与白内障手术联合时,能最大限度地提高角膜清晰度和可视性,避免了因手术并发症而无法植入的风险,在联合 CPS 和 FLACS 的情况下都有很高的成功率。其中,行 FLACS(LenSx)时,负压吸引的过程会导致血管充盈,尤其是对于小梁网苍白的患者,小梁网的血管充盈会更加明显,从而能够增加成功植入 iStent 的可能性。因此,在联合 iStent 植入手术中,FLACS 的应用有利于帮助定位房水流出通道,提高成功放置 iStent 的靶向性。

3.4 FLACS 应用于晶状体膨胀继发闭角型青光眼 晶状体膨胀继发闭角型性青光眼是晶状体源性青光眼的一种,由于晶状体混浊膨胀引起瞳孔阻滞或虹膜前移,使得前房变浅,直视下撕囊困难^[33]。飞秒激光辅助囊膜切开可以直接通过 OCT 定位深度、囊膜直径,避免了缺乏红光反射造成的撕囊困难,大大减少了并发症的发生率^[34]。

Gedar Totuk 等^[35]使用了 LensAR 激光系统评估了 FLACS 治疗 4 例晶状体源性青光患者的疗效。4 例女性患者(2 例 56 岁,2 例 72 岁)均伴有眼压升高(60、54、51、35 mmHg)、浅前房(ACD 分别为 1.37、2.49、2.14 和 2.23 mm)、角膜水肿和膨胀性白内障,在飞秒系统完成抽吸和对接后,有 3 例患者未能行 FLACS。因为患者前囊膜严重前移,导致激光无法聚焦,从而不能完成囊膜切开术,这 3 例患者最终接受了 CPS。仅有 1 例 ACD 最深(2.49 mm)的患者顺利完成 FLACS,且未出现并发症。该研究认为 ACD<2.49 mm 的患者不适宜使用 LensAR 激光系统行 FLACS,因为 LensAR 激光系统不能评估前房深度参数,因此建议可以通过改变激光安全设置来解决无法进行囊膜切开术的问题。Krántz 等^[36]使用 LenSx 激光系统在 1 例前房深度 1.19 mm,眼压 62 mmHg 的急性晶状体源性青光患者中成功进行了 FLACS。该病例中先行 Nd:YAG 激光虹膜切开术,随后植入 Malyugin 环进行机械性扩瞳,最后进行 FLACS,未发生术中并发症。表明飞秒激光可在 Malyugin 环瞳孔扩张器的辅助下成功地用于晶状体源性青光眼。由于飞秒平台不同,参数设置也不同,对于极浅前房的患者来说飞秒的应用还需经验积累以及大样本量的临床研究。这要求眼科医生充分了解不同飞秒平台的工作原理,并正确评估术眼的临床特点,以便对手术平台的选择做出合适的判断,最大限度发挥系统的优势。

4 特殊并发症

Xu 等^[37]报道了 1 例 LPI 术后的青光患者行 FLACS(LenSX)后发生了恶性青光眼,该患者 AL 22.57 mm,ACD 1.96 mm,晶状体厚度 5.05 mm,术中前房极浅、虹膜脱垂、瞳孔缩小至 2 mm、IOP 升高至 69 mmHg,考虑飞秒激光预处理期间前列腺素和炎症细胞因子水平明显升高,再加上飞秒激光预处理后形成的眼内气体,导致瞳孔缩小,最终

发生恶性青光眼。在散瞳、降压药物治疗和超声乳化术的联合作用下,该患者眼压最终恢复正常。Grewal 等^[38]报道了 1 例 70 岁的女性急性闭角型青光眼患者 (IOP 55 mmHg, ACD 1.25 mm) 行 FLACS (Catalys) 过程中发生了反向瞳孔阻滞。FLACS 术前注射肾上腺素和黏弹剂以扩大瞳孔,加深前房,在对接过程中患者自诉眼部不适,前段光学相干断层扫描显示虹膜后凹、前房加深、前房角度增大,提示出现反向瞳孔阻滞。术中通过修改飞秒系统软件参数重新描绘解剖结构,包括自定义识别晶状体前、后表面和瞳孔,并吸除部分黏弹剂,2 min 后反向瞳孔阻滞消退,前房恢复正常,疼痛缓解。研究者认为,患者眼部易发生瞳孔阻滞的解剖学因素以及眼内黏弹剂过度充盈是出现该情况的原因。这提示我们在瞳孔后黏连、散瞳困难的青光眼患者中行 FLACS 时应警惕该并发症。

5 总结与展望

作为一项新技术,FLACS 用于青光眼的适应证方面尚缺乏共识,在闭角型青光眼并发白内障患者中有其独特优势,可减少手术并发症。然而,由于不同飞秒激光平台的学习曲线不同,术者操作技术以及患者配合程度均会影响手术效果,FLACS 带来的并发症不能完全避免。飞秒设备昂贵、经济成本效益、患者手术费用不能纳入医保报销等问题有待解决。眼内机器人介入手术系统与现有的飞秒激光系统集成执行全自动化完整的白内障摘除术目前已用于动物实验^[39],未来应用于临床指日可待,消除人为造成误差的同时真正实现精准 FLACS。随着技术的改进,FLACS 联合 MIGS 等手术在青光眼中的应用将更加广泛,尤其在屈光性青光眼手术方面有良好发展前景,有望给患者带来更好的视觉质量。

参考文献

[1] Jonas JB, Aung T, Bourne RR, et al. Glaucoma. *Lancet*, 2017, 390 (10108): 2183-2193.
[2] Sun XH, Dai Y, Chen YH, et al. Primary angle closure glaucoma: What we know and what we don't know. *Prog Retin Eye Res*, 2017, 57: 26-45.
[3] Zhang Y, Cheng GW, Chen Y, et al. Comparison of long-term effects following phacoemulsification combined with goniosynechialysis and trabeculectomy in patients with primary angle-closure glaucoma and cataract. *Ophthalmol Ther*, 2024, 13(1): 423-434.
[4] Nagy Z, Takacs A, Filkorn T, et al. Initial clinical evaluation of an intraocular femtosecond laser in cataract surgery. *J Refract Surg*, 2009, 25(12): 1053-1060.
[5] Grewal DS, Schultz T, Basti S, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery—current status and future directions. *Surv Ophthalmol*, 2016, 61(2): 103-131.
[6] DeGiacinto C, D'Aloisio R, Bova A, et al. Intraocular pressure changes during femtosecond laser-assisted cataract surgery: a comparison between two different patient interfaces. *J Ophthalmol*, 2019, 2019: 5986895.
[7] Schultz T, Conrad-Hengerer I, Hengerer FH, et al. Intraocular pressure variation during femtosecond laser-assisted cataract surgery using a fluid-filled interface. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(1): 22-27.
[8] Kerr NM, Abell RG, Vote BJ, et al. Intraocular pressure during femtosecond laser pretreatment of cataract. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(3): 339-342.

[9] Xu YX, Wang Y, Sun M, et al. Comparative analysis of the clinical application of two femtosecond laser-assisted cataract operation platforms. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2020, 56(7): 530-535.
[10] Wang YH, He YZ, Chiang MH, et al. Association between ocular parameters and intraocular pressure elevation during femtosecond laser-assisted cataract surgery in open-angle glaucoma and nonglaucoma individuals. *J Pers Med*, 2022, 12(2): 257.
[11] Talamo JH, Gooding P, Angeley D, et al. Optical patient interface in femtosecond laser-assisted cataract surgery: contact corneal appplanation versus liquid immersion. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(4): 501-510.
[12] Baig NB, Cheng GP, Lam JK, et al. Intraocular pressure profiles during femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(11): 1784-1789.
[13] Ebner M, Mariacher S, Januschowski K, et al. Comparison of intraocular pressure during the application of a liquid patient interface (FEMTO LDV Z8) for femtosecond laser-assisted cataract surgery using two different vacuum levels. *Br J Ophthalmol*, 2017, 101(8): 1138-1142.
[14] Darian-Smith E, Howie AR, Abell RG, et al. Intraocular pressure during femtosecond laser pretreatment: comparison of glaucomatous eyes and nonglaucomatous eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2015, 41(2): 272-277.
[15] Shah AA, Ling J, Nathan NR, et al. Long-term intraocular pressure changes after femtosecond laser-assisted cataract surgery in healthy eyes and glaucomatous eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(2): 181-187.
[16] Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW. Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertensive eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(5): 735-742.
[17] Alvarez-Ascencio D, Prado-Larrea C, Jimenez-Roman J, et al. Long-term visual field changes after femtosecond laser-assisted cataract surgery in glaucoma patients, case series. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 2021, 23: 101163.
[18] Salimi A, Qi SR, Harasymowycz P. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in patients with prior glaucoma surgery. *J Glaucoma*, 2022, 31(7): 547-556.
[19] Geyer O, Ben-Shaul O, Lux C, et al. Effect of femtosecond laser cataract surgery on peripapillary retinal nerve fiber layer thickness. *J Glaucoma*, 2022, 31(5): 340-345.
[20] Martin AI, Hodge C, Lawless M, et al. Femtosecond laser cataract surgery: challenging cases. *Curr Opin Ophthalmol*, 2014, 25(1): 71-80.
[21] Vasavada VA, Vasavada S, Vasavada AR, et al. Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in eyes with a shallow anterior chamber. *J Cataract Refract Surg*, 2019, 45(5): 547-552.
[22] Zhou Z, Li L, Zeng SM, et al. Comparison of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in shallow anterior chambers and glaucoma. *J Ophthalmol*, 2020, 2020: 3690528.
[23] 刘湘云, 郑艳瑾, 杨建辉, 等. 飞秒激光辅助超声乳化联合房角分离术治疗原发性急性闭角型青光眼合并白内障. *国际眼科杂志*, 2023, 23(6): 963-966.
[24] Stanojic N, Roberts HW, Wagh VK, et al. A randomised controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: 12-month results. *Br J Ophthalmol*, 2021, 105(5): 631-638.
[25] Favuzza E, Becatti M, Gori AM, et al. Cytokines, chemokines,

and flare in the anterior chamber after femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(7):910-914.

[26] Sharma B, Abell RG, Arora T, et al. Techniques of anterior capsulotomy in cataract surgery. *Indian J Ophthalmol*, 2019, 67(4): 450-460.

[27] Azuara-Blanco A, Burr J, Ramsay C, et al. Effectiveness of early lens extraction for the treatment of primary angle-closure glaucoma (EAGLE): a randomised controlled trial. *Lancet*, 2016, 388(10052): 1389-1397.

[28] Bala C. Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(8):979-981.

[29] 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). *中华眼科杂志*, 2020, 56(8):573-586.

[30] 刘万军, 田学敏, 梁翠婷. 基层医院青光眼术后白内障手术的临床效果. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2018,40(5):386-388.

[31] Kankariya VP, Diakonis VF, Goldberg JL, et al. Femtosecond laser-assisted astigmatic keratotomy for postoperative trabeculectomy-induced corneal astigmatism. *J Refract Surg*, 2014,30(7):502-504.

[32] Manning DK, Haider A, Clement C, et al. Efficacy and safety of iStent inject implantation in manual and femtosecond laser-assisted cataract surgery before lens extraction. *J Curr Glaucoma Pract*, 2022,16(2):105-110.

[33] Larco P, Larco C, Borroni D, et al. Efficacy of femtosecond laser for anterior capsulotomy in complex white cataracts. *J Fr Ophthalmol*, 2023,46(5):501-509.

[34] Zhu YN, Chen XY, Chen PQ, et al. Lens capsule-related complications of femtosecond laser-assisted capsulotomy versus manual capsulorhexis for white cataracts. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(3): 337-342.

[35] Gedar Totuk OM, Aykan U. The use of femtosecond laser-assisted capsulotomy is challenging in patients with phacomorphic glaucoma. *J Refract Surg*, 2017,33(5):355-356.

[36] Krúnitz K, Takács AI, Gyenes A, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery in management of phacomorphic glaucoma. *J Refract Surg*, 2013,29(9):645-648.

[37] Xu R, Cao DM, Jiao Y, et al. Intraoperative malignant glaucoma during femtosecond laser-assisted cataract surgery: a case report. *Medicine*, 2022,101(25):e29250.

[38] Grewal DS, Basti S. Intraoperative reverse pupillary block during femtosecond laser-assisted cataract surgery in a patient with phacomorphic angle closure. *J Cataract Refract Surg*, 2014,40(11): 1909-1912.

[39] Chen CW, Lee YH, Gerber MJ, et al. Intraocular robotic interventional surgical system (IRISS): Semi-automated OCT-guided cataract removal. *Int J Med Robot*, 2018,14(6):e1949.