

原发性闭角型青光眼合并白内障术后视觉质量变化及影响因素

陈明睿^{1,2}, 李建华^{1,2}, 陈沁芸¹, 赵原^{1,2}

引用: 陈明睿, 李建华, 陈沁芸, 等. 原发性闭角型青光眼合并白内障术后视觉质量变化及影响因素. 国际眼科杂志, 2024, 24(4): 545-550.

基金项目: 川北医学院校级科研发展基金项目 (No. CBY22-QNA43)

作者单位: ¹(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科; ²(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光医学院

作者简介: 陈明睿, 在读硕士研究生, 研究方向: 青光眼、晶状体疾病。

通讯作者: 李建华, 硕士, 副主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 青光眼、晶状体疾病. intol@163.com

收稿日期: 2023-09-08 修回日期: 2024-02-22

摘要

近年来, 白内障超声乳化吸除加人工晶状体植入联合房角分离手术逐渐成为治疗原发性闭角型青光眼合并白内障的主要有效手段, 然而随着医疗技术不断进步, 术后眼压的控制不再是唯一的追求, 患者对术后的视觉质量期望越来越高。为了使患者术后拥有更好的屈光状态和更高的视觉质量, 需减少因原发性闭角型青光眼所带来的负面影响, 个性化选择不同人工晶状体或计算公式等。视觉质量评价指标包括视力、对比敏感度、高阶像差、主观感受等。因此, 本文就原发性闭角型青光眼合并白内障患者行白内障超声乳化吸除加人工晶状体植入联合房角分离手术术后屈光漂移、高阶像差、对比敏感度变化及其影响因素以及人工晶状体的选择做出综述。

关键词: 闭角型青光眼; 白内障; 人工晶状体; 视觉质量; 房角分离术

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.4.09

Changes of visual quality and influencing factors after primary angle - closure glaucoma complicated with cataract

Chen Mingrui^{1,2}, Li Jianhua^{1,2}, Chen Qinyun¹, Zhao Yuan^{1,2}

Foundation item: University - level Research Development Fund Project of North Sichuan Medical College (No. CBY22-QNA43)

¹Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;

²Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Li Jianhua. Department of Ophthalmology,

Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. intol@163.com

Received: 2023-09-08 Accepted: 2024-02-22

Abstract

• In recent years, the combined surgery of phacoemulsification, intraocular lens implantation, and goniosynerchysis has gradually emerged as a primary and effective approach in treating primary angle - closure glaucoma with cataracts. However, with the continuous progress of medical technology, postoperative intraocular pressure control is no longer the sole pursuit. Patients increasingly aspire to achieve higher postoperative visual quality. In order to ensure that patients attain a better refractive status and higher visual quality postoperatively, it is essential to minimize the negative impact caused by primary angle - closure glaucoma. This involves personalized selection of different intraocular lenses or calculation formulas, etc. Evaluation metrics for visual quality encompass visual acuity, contrast sensitivity, higher - order aberrations, subjective perception, etc. Therefore, this paper provides a comprehensive review of postoperative refractive shift, higher - order aberrations, contrast sensitivity and their influencing factors, and the selection of intraocular lenses for patients undergoing combined surgery for primary angle - closure glaucoma with cataracts.

• KEYWORDS: primary angle - closure glaucoma; cataracts; intraocular lens; visual quality; goniosynerchysis

Citation: Chen MR, Li JH, Chen QY, et al. Changes of visual quality and influencing factors after primary angle - closure glaucoma complicated with cataract. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(4): 545-550.

0 引言

原发性闭角型青光眼 (primary angle - closure glaucoma, PACG) 是由于外周虹膜与小梁网的结合导致小梁网的机械阻塞, 房水流出受阻, 造成眼压升高的一类青光眼, 是一种严重损害视功能且不可逆的疾病^[1]。PACG 亚洲人群易发, 在中国 40 岁以上人群患病率甚至高达 1.35%^[2]。年龄相关性白内障是最为常见的白内障类型, 它是晶状体老化后的退行性变, 随年龄增加发病率升高。

随着我国步入老龄化阶段,由于晶状体膨胀、体积变大,将虹膜向前推移,导致房角关闭,会诱 PACG 急性发作, PACG 合并白内障患者的数量会不断增长。青光眼治疗的宗旨是控制眼压、挽留残余的视功能,避免视野进一步损害^[3]。目前,白内障超声乳化吸除加人工晶状体植入联合房角分离手术已经成为 PACG 合并白内障患者治疗的一种重要手术方式,这种手术的出现使得早期 PACG 患者术后不仅可以控制眼压,同样可以获得良好视力。但目前发现不同 PACG 合并白内障患者术后即使在没有术后并发症或者眼底明显病变的情况下视觉质量评估个体差异化也较大。本文综述了近年来有关 PACG 合并白内障术后视觉质量变化及影响因素的研究成果。

1 术后产生屈光漂移的主要影响因素

PACG 合并白内障患者与普通白内障患者相比,拥有前房浅、眼轴较短等解剖特点^[4],且术前术后前房深度、晶状体厚度等参数会有较大变化。而以前研究^[5]已经证实,每产生 1 mm 测量误差的角膜曲率半径(R)、眼轴长度(AL)和前房深度(ACD)就会分别导致 5.0、2.0、1.0 D 的屈光不正,Olsen 还认为 ACD、AL 和 R 分别为人工晶状体度数计算贡献了 42%、36% 和 22% 的误差。这些解剖结构都会影响人工晶状体度数选择并导致术后产生屈光误差(RE)(<-0.50 D 或 $>+0.50$ D)。有一些学者还认为术前晶状体拱高以及厚度也与术后的屈光结果显著相关^[6-7]。以上这些因素都可能导致 PACG 合并白内障患者在接受手术后产生一定屈光误差,术后屈光精确度会对患者术后视力表现产生较大影响,如何为 PACG 合并白内障患者选择合适的人工晶状体度数是一项挑战。

1.1 人工晶状体公式选择 眼轴与前房深度都是人工晶状体公式的重要测量因素,PACG 患者眼轴与前房深度都与普通白内障患者有很大区别,对于人工晶状体公式选择有较大影响。不同学者对于短眼轴及浅前房患者选择哪种公式至今没有统一定论,但是部分研究都认为使用 SRK/T 公式会产生更大屈光误差。国外学者^[8]通过比较 18 种不同人工晶状体公式发现 SRK/T 没有产生屈光误差的占比最低只有 62.24%。而 Carifi 等^[9]对于眼轴 <22 mm 人工晶状体度数计算公式的选择,主要观察 Hoff Q、Holladay 1、Holladay 2、Haigis、SRK/T 不同公式对人工晶状体屈光度预测公式的平均预测误差,发现使用 Hoffer Q 公式时平均数值误差为 0.22 ± 1.22 D,是几种公式中误差最低的,但是与其他公式结果并没有统计学差异,同时也认为 SRK/T 公式准确性明显更差。有学者更进一步研究发现 SRK/T 在短眼轴中但术前前房正常的情况下会比前房较浅的时候表现更差,这可能是由于 SRK/T 公式计算原理非常依赖 AL 及 ACD^[10]。但大部分 PACG 患者在植入人工晶状体后这两种生物学参数都有较大变动,所以部分国内外学者指出在使用该公式时准确性较差。

目前许多医生在行白内障手术时已习惯使用第四代公式,虽然新一代公式如 Barrett Universal II 的理论优势在于对 R、ACD、术前屈光度和晶状体厚度等影响人工晶状体度数的生物学参数进行了进一步的校正,但最新一代公式与传统公式相比对于 PACG 是否更加具有优越性还有待证明。Shrivastava 等^[11]对截至 2021 年前在过去 21 a 中发表的研究文章中进行筛选,通过分析各种人工晶状体

公式对短眼轴白内障患者的屈光精准度,发现尽管 Barrett Universal II 的预测屈光度数中位绝对误差与平均绝对误差最低,但没有一个公式在统计学上优于另一个公式。Carifi 等^[9]认为在短眼轴中,术前 ACD >2.4 mm 情况下在 Haigis 公式表现良好,但当 ACD <2.4 mm 时,所有公式的结果都不比其他公式更准确。Jack 等也发现虽然新一代公式在对 AL >22 mm 的预测中更能准确地预测术后实际屈光度,但在 AL <22 mm 的公式比较中 Barrett II 并没有显著优势^[12]。但也有人持不同观点^[13],通过回顾筛选 2016/2021 年的文章,认为在短眼中 Kane 和 EVO 2.0 公式的表现都优于其他公式。而 Li 等^[14]也发现,对于 PACG 合并白内障患者,AL 对于屈光度数影响最大,Kane 公式在预测度数方面表现出色,其次是 Barrett II,而 Hoffer Q 和 SRK/T 公式中可以看到明显的近视漂移。Hou 等^[15]也认为在短眼轴 PACG 患者中,Kane 公式拥有最佳精度,而在 AL >22 mm 中各种公式没有明显差异。而 Melles 等^[16]发现,虽然 Barrett 公式对短眼轴的平均绝对误差(MAE)最低,但如果考虑术前术后 ACD 的变化时,Haigis 公式比 Barrett 公式更好,预测误差更小。而 Lu 等^[17]通过对 419 眼诊断闭角型青光眼合并白内障眼接受白内障及房角分离术后系统评价其 8 种人工晶状体公式,发现没有任何一种公式有着对 PACG 的绝对优势。所以直到现在,在新兴的现代公式中,哪个公式对浅前房、短眼轴眼的预测效果是否具有绝对优势依然还没有达成共识,需要进一步精心设计研究来评估该目标人群的人工晶状体计算公式。

1.2 AL 及 ACD 变化 国内有学者选取白内障合并浅前房患者术后屈光状态研究,认为术前前房较浅者术后前房加深,往往会出现远视漂移,且 ACD 和术后远视呈线性正相关^[18]。另外有多元回归分析显示,术前 ACD 是所有第三代人工晶状体公式预测的唯一重要因素,患者术前 ACD 和术后 1 mo 的 ACD 变化量与所有第三代人工晶状体公式的误差显著相关^[19]。分析可能的原因有以下两点:(1)部分白内障患者术后因人工晶状体襻的支撑作用使眼横轴变宽,视轴变短,同时手术摘除晶状体后,玻璃体因前部屏障作用减弱向前移位,减轻了对后部球壁的轴向张力,因此眼轴变短,造成了人为的远视化屈光度数误差;(2)术后浅前房会明显加深,用于计算人工晶状体屈光度的有效晶状体位置比实际值偏小,造成人工晶状体预期正度数偏小所以术后出现远视漂移。也有学者持不同意见认为是术前眼轴对术后屈光的影响最大,表示术前 AL 越短,术后屈光误差可能性越大^[14]。以上是基于普通白内障合并短眼轴或浅前房术后的研究,对于 PACG 有一定参考意义。而 Lee 等^[20]在研究 PACG 发现,只有术前闭角型青光眼急性发作持续时间是预测患者手术后屈光结局的唯一独立因素,PACG 患者在接受白内障及房角分离手术后屈光结果与术前术后 AL 和 ACD 在内的眼生物测量之间没有相关性。但也有人发现部分 PACG 合并白内障患者在术后不会发生屈光误差,Nishide 等^[21]回顾性检查了 36 例首次发生急性 PACG 患者后接受白内障及房角分离术后,发现术前平均目标屈光度(-0.57 ± 0.53 D)和术后平均等效球镜(-0.67 ± 0.97 D)差异并无统计学意义($P > 0.05$)。这可能是部分 PACG 合并白内障患者由于晶状体悬韧带松弛导致的人工晶状体前移所带来的近视与术后

瞳孔阻滞解除前房加深晶状体后移所带来的远视正好相互抵消。

1.3 其他解剖结构 晶状体在 PACG 的发病机制中起着关键作用,因为它的解剖学特性会随着年龄增长厚度增加和相对前置导致与虹膜解除面积增加以及房角变窄^[22],有学者指出晶状体已被证实其拱高(LV)增加与房角关闭显著相关,PACG 眼与正常眼相比,晶状体厚度增加,会导致 LV 增加^[23],严重影响到术后屈光精确度。有研究发现^[7],PACG 患者术后前房深度变化与术后屈光度变化没有相关性,且术后是否会产生近视或者远视漂移难以预测,但晶状体厚度与术后预测度数有紧密联系,晶状体越厚所带来的术后屈光误差绝对值也越大。Kim 等^[6]也指出晶状体拱高与 PACG 合并白内障患者术后的屈光结果显著相关,研究显示患者术后屈光不满意(平均绝对误差 ≥ 1.0 D)的百分比约为 25%,且拱高越大,平均绝对误差值增加越多。拱高的增加意味着术前晶状体在眼睛中的位置更靠前,从而导致术后不符合预期的屈光效果。这可能是因为白内障手术通过完全去除晶状体体积和瞳孔阻滞导致前房加深,当人工晶状体植入比术前计划更靠后的平面时,会发生远视漂移。此外,晶状体拱高和眼轴、前房并不是 PACG 患者术后唯一的变化,对于具有独特解剖结构的眼睛,其人工晶状体度数预测仍面临着另一个挑战:PACG 患者的晶状体囊体积有高于正常的倾向^[24]。较大的囊袋体积可能导致囊内人工晶状体倾斜甚至偏离中心,PACG 患者的晶状体囊较大体积可能会导致人工晶状体不稳定从而产生近视漂移^[25],这些偏差也可能导致人工晶状体度数预测偏差从而严重影响视觉质量。

2 PACG 合并白内障瞳孔散大对高阶像差的影响

高阶像差是指第三阶及其以上像差,例如球差、色差等屈光系统中存在的其他光学缺陷。高阶像差变化和瞳孔大小有密切联系,James 通过对植入人工晶状体后瞳孔大小、晶状体偏心及倾斜角度对高阶像差影响的研究后发现瞳孔大小对观察到的高阶像差影响最大,达到了 54.9%^[26]。当瞳孔直径为 2-3 mm 时,视网膜成像最为清晰。当瞳孔小于 2-3 mm 时,瞳孔边缘的衍射会成为视网膜图像质量的限制因素^[27-28]。Oshika 等^[29]研究发现在瞳孔直径较大的眼睛中,球差的增加主要影响对比敏感度,而在瞳孔较小的眼睛中,彗差的变化对视觉表现的影响更大。当瞳孔散大时,各种高阶像差都会变大,但 Wang 等^[30]研究发现随着瞳孔大小的变化,并不会引起所有高阶像差都产生相同的变化量,在瞳孔大小位于 4-5 mm 的时候仅仅会影响球差变化,但瞳孔大小从 5 mm 增加到 6 mm,其他高阶像差(S5 和 S6)随着瞳孔扩张而略有增加,但彗差增加幅度大于球差,并且大于所有其他瞳孔范围的高阶像差。瞳孔大小与球差以及彗差的变化紧密相连,且瞳孔大小需要持续处于一个平衡状态:如果太大,高阶像差会变大;如果太小,衍射会加剧。而 PACG 合并白内障患者在急性发作后虹膜上瞳孔括约肌会受到不同程度的损害,即使在接受白内障超声乳化吸除加人工晶状体植入联合房角分离手术后瞳孔仍然无法恢复,持续散大,严重影响术后视觉质量。Williams 等^[31]表明用自适应光学系统校正高阶像差时对比敏感度会增加,特别是在瞳孔较大时,患者会从定制的视力矫正方式中获得视觉改善,

因此降低患者术后高阶像差至关重要。此外 Bartol-Puyal 等^[32]发现无论植入哪种人工晶状体,高阶像差会随着瞳孔增大暴露出更多人工晶状体光学区域而有不同大小的增加,尤其是双焦点人工晶状体。以下几种方式可以提高急性 PACG 合并白内障患者术后视觉质量,首先可以选用非球面晶状体。对于瞳孔直径为 3-6 mm,非球面晶状体与球面晶状体相比可以显著降低球差以及 4 阶像差,而对于 6 mm 的瞳孔直径,非球面晶状体可以减少总眼球像差^[33]。另外可以选用缩瞳药物治疗,有研究显示在夜间使用缩瞳药物缩小瞳孔可以消除高阶像差带来的眩光,且不会损害高空间频率主导的图像质量^[34]。然而,缩瞳药有一些缺点,例如引起前额头痛、恶心和支气管痉挛。另外可以选择各种方式人为缝合缩小瞳孔,通过针孔效应阻挡失真和未聚焦的光线,并通过中心孔径隔离更聚焦的中心和副中心光线,从而减少整个光学系统的像差,提高视力及其图像质量^[35-36],另一方面可避免人工晶状体虹膜夹持,术后虹膜平坦,张力增强,可避免虹膜房角堆积粘连,降低眼内压,具有一石二鸟的作用。

3 PACG 对对比敏感度的影响

早期青光眼患者经常抱怨视觉质量受到比预期更严重的损害,尽管他们的记录视力(VA)良好。这种差异很可能是由于患者早期视神经轻度损伤,对于感知边界的能力下降,我们将其称为对比敏感度函数(CSF)下降。有人提出,对比敏感度可能具有作为早期青光眼损伤标志物的潜力^[37],早期青光眼会先影响到对比敏感度,即使在视野完好无损的区域,在还未检测出病理改变之前就已经出现了视功能损害,导致青光眼患者的视觉感受比健康受试者差很多^[38]。所以尽管有些早期 PACG 患者的视力正常,这种对比敏感度下降可能是他们抱怨视力不佳的原因。国内学者^[39]提出 PACG 患者在临床前期对比敏感度会在 18.0 c/d 受到损害,而处于急性发作期的患者与正常受试者对比在 12.0、18.0、24.0 c/d 受到损害,这种视功能损害往往开始于高频段空间对比敏感度损害,随病情进展,出现中频段空间对比敏感度的损害。而国外学者^[40]研究也发现高眼压症和青光眼患者在 0.25-8 c/d 的空间频率表现出对比敏感度损害。另外,PACG 因瞳孔散大也会影响对比敏感度,有研究证实 5 mm 瞳孔在亮度较高的环境下会降低高频对比敏感度^[41]。因为 PACG 患者视神经损伤导致视功能受损,即使在接受抗青光眼手术干预后这种受损可能也不会得到恢复,但最近有学者^[42]进行前瞻性小样本研究,对青光眼患者进行一种新型个性化视觉训练,不断刺激训练后可以恢复青光眼患者的部分视觉功能以及视野,但需要进行大样本量研究,以进一步评估这种新疗法的价值。

4 人工晶状体选择对视觉质量的影响

4.1 多焦点人工晶状体 人工晶状体有各种类型,是否选用多焦点人工晶状体对 PACG 合并白内障患者术后视觉质量影响也很值得讨论,一款合适的人工晶状体可以最大限度提高患者术后视觉质量。研究表明,多焦点人工晶状体会带来不必要的光学效应,如光晕、眩光 and 对比敏感度下降^[43],这一效应可能会受到青光眼的影响而加重。但另一方面,多焦点人工晶状体可以帮助患者获得相对良好的全程视力,显著提高术后脱镜率。对于青光眼患者能否

使用多焦点人工晶状体(MFIOL)还没有进行大规模的研究来评估其益处^[44],有一些少量样本研究中表示对于青光眼患者或眼压过高患者多焦组的眼的未矫正远近视力更好,获得更好的视觉质量^[45]。因为对于缺乏针对青光眼患者的MFIOL的大型随机试验,加上人工晶状体技术的快速发展,人工晶状体设计在不断向前发展,不太可能有针对青光眼等特定患者群体使用MFIOL的大型试验。关于青光眼患者是否选择MFIOL的决定很大程度上取决于患者本身,患者自身的动机和期望是主要因素,另外患者的青光眼进展速度也是一个重要的考虑因素。虽然对比敏感度会同时受到青光眼和MFIOL的影响,但其对日常生活的影响尚不清楚。而一些MFIOL中所采用的非球面设计可以改善对比敏感度的损失^[44]。因此快速发展的青光眼患者中或者晚期青光眼患者中植入MFIOL可能是不可取的,但对于一个控制良好的稳定青光眼患者,如果他们对于视力有一定要求,是可以谨慎选择MFIOL。

4.2 不同人工晶状体颜色 对于PACG合并白内障患者人工晶状体颜色的选择也需要考究,因为PACG患者视神经以及对比敏感度在早期可能已经受到影响,不同人工晶状体颜色选择对于术后视觉质量与普通白内障患者相比影响更大。蓝光滤过性人工晶状体与紫外线滤过性人工晶状体相比,过滤蓝光的人工晶状体具有更差的对比敏感度和中心凹阈值。尽管差异不大,但对对比敏感度和蓝/黄斑中心凹阈值还是有一定负面影响^[46]。de Fez等^[47]发现与亮度相等的透明人工晶状体相比,绿色、棕色和蓝色人工晶状体没有引起对比度灵敏度的显著变化,而黄光滤过性人工晶状体与透明人工晶状体相比可能会提高对比敏感度,但会出现整体亮度降低。尽管这些研究都没有专门研究PACG患者,但可以推断,在一种降低对比敏感度的疾病过程中,通过谨慎选择不同颜色人工晶状体来尝试增加对比敏感度是对患者是有好处的。

4.3 非球面或球面人工晶状体选择 传统球面人工晶状体因为光学部每一点曲率相等但屈光度不同,导致术后正性球差增加,视觉质量下降;而现在市面上所流行的非球面人工晶状体在设计上更接近自然晶状体,可以设计成具有零球差或者是负球差,用来平衡角膜所带来的正性球差,提高术后视觉质量。但非球面晶状体是在光学部周边进行设计,所以相比传统球面人工晶状体,这种晶状体并不是在任何条件下都具有矫正球差的优势。Yamaguchi等^[48]研究发现如果患者在普通视觉条件下的瞳孔直径 <3.0 mm,非球面人工晶状体不会减少眼部球差,只有对于下瞳孔较大的眼睛,非球面晶状体对球面像差有所影响,而球面人工晶状体和瞳孔直径没有相关性。国内学者曾国燕等^[49]通过植入3种不同球差非球面人工晶状体对比视觉质量,也认为在3 mm瞳孔直径下不同角膜球差设计非球面人工晶状体术后视觉质量比较无差异;而在5 mm瞳孔直径下,根据术前角膜球差个性化选择较随机植入非球面人工晶状体眼可获得更好的视觉质量。吴凯峰等^[50]比较两组晶状体发现瞳孔直径为3 mm时,非球面人工晶状体组间仅在空间频率为30 c/d间可以提高调制传递函数(MTF);但当瞳孔直径为5 mm时,MTF可以在0.5、1.5 c/d存在显著差异。虽然以上研究是基于普通白

内障患者,我们可以推测PACG在急性发作后瞳孔散大状态,选用非球面晶状体正好可以暴露出晶状体光学部周围的球差设计,改善术后患者视觉质量,但需要注意的是瞳孔太大也可能会降低视觉质量,国内学者^[51]发现植入非球面人工晶状体后随着瞳孔从2-6 mm增加调制传递函数截止值、Strehl比值和OQAS值与瞳孔大小呈负相关。

另外,对于青光眼合并白内障患者,是否选择保留一定正性球差,对于术后患者最佳矫正球差值目前尚无定论。Savini等^[52]研究认为保留一定正性球像差可以改善同时患有近视和白内障患者的视觉质量,而负性球差可以改善同时患有远视和白内障的患者的视觉质量。Jia等^[53]通过选择定制非球面晶状体尽量减少术后总眼像差至0-0.3 μm ,在6、12、18 c/d空间频率下的对比敏感度显著高于随机组;在空间频率为18 c/d时在眩光环境下对比灵敏度也显著高于随机组。基于PACG合并白内障患者此类研究暂时还没有完全开展,但是通过对于普通白内障患者的研究结果,我们也可以根据患者术前角膜球差定制选择非球面人工晶状体,尝试使术后患者保留不同球差改善术后视觉质量。

5 总结

PACG患者在行白内障联合房角分离术后的视觉质量影响因素,不仅取决于眼部生物测量及IOL度数计算,IOL的植入位置及种类。可能也与手术切口大小及部位、连续环形撕囊的大小及形态、以及术后如黄斑水肿等并发症有关,甚至因为PACG所带来的不同程度视野缺损或视神经损伤范围也会对视觉质量可能产生不同影响。房角分离术也在随着医疗技术进步不断改善,从单纯使用黏弹剂分离到现在借助内窥镜辅助使用分离器分离等有不同类型房角分离术,不同类型房角分离术是否对患者术后视觉质量有所影响也值得探究。另外以往视神经病变后的视功能丧失被认为是不可逆的,但目前国内外^[42,54]已经出现一些新型疗法,他们认为在完整的视野区和受损区域之间有一个残余视力区,该区域具有可塑性,通过对目标区域不断进行干预刺激,通过个性化精确刺激可以改善青光眼患者的视功能及视野,为提高闭角型青光眼患者术后视觉质量提供了新的思路。但现阶段对于PACG患者合并白内障术后视觉质量研究并不全面,临床试验大多还是局限于眼压的控制以及术后视力,对于PACG合并白内障患者术后对比敏感度或者像差等更细致精准的视觉质量评价指标缺少关注,目前缺乏多中心、大样本的研究,需要我们在临床实践中不断总结及完善。在手术发展越来越要求精益求精的今天,即使是晚期PACG患者,再行白内障联合房角分离术后最佳矫正视力也能明显提升^[55]。最后,建议未来对以下主题的研究可能有助于提高患者术后的视觉质量:(1)术前根据不同闭角型青光眼患者解剖结构个性化选择人工晶状体计算公式防止术后出现屈光漂移;(2)通过药物或者二次手术改善因为PACG急性发作后所带来的瞳孔散大,降低术后高阶像差;(3)个性化选择合适人工晶状体进一步提高术后患者视觉质量;(4)术后个体化的视觉感知训练有望改善青光眼患者视神经损伤所造成的视功能损害;(5)关注不同类型房角分离术联合白内障手术术后患者视觉质量指标变化。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 陈瑾媛, 黄文俏, 李昊宇, 等. 中国中老年人原发性闭角型青光眼患病率荟萃分析. *中华眼科杂志*, 2022,58(11):896-906.
- [3] Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, et al. The diagnosis and treatment of glaucoma. *Dtsch Arztebl Int*, 2020,117(13):225-234.
- [4] Xu Y, Tan Q, Li CY, et al. The ocular biometry characteristics of young patients with primary angle-closure glaucoma. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):150.
- [5] Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand*, 2007,85(5):472-485.
- [6] Kim YC, Sung MS, Heo H, et al. Anterior segment configuration as a predictive factor for refractive outcome after cataract surgery in patients with glaucoma. *BMC Ophthalmol*, 2016,16(1):179.
- [7] Kim KN, Lim HB, Lee JJ, et al. Influence of biometric variables on refractive outcomes after cataract surgery in angle-closure glaucoma patients. *Korean J Ophthalmol*, 2016,30(4):280-288.
- [8] Voytsekhivskyy OV, Hoffer KJ, Savini G, et al. Clinical accuracy of 18 IOL power formulas in 241 short eyes. *Curr Eye Res*, 2021,46(12):1832-1843.
- [9] Carifi G, Aiello F, Zygoura V, et al. Accuracy of the refractive prediction determined by multiple currently available intraocular lens power calculation formulas in small eyes. *Am J Ophthalmol*, 2015,159(3):577-583.
- [10] Shrivastava AK, Behera P, Kacher R, et al. Effect of anterior chamber depth on predictive accuracy of seven intraocular lens formulas in eyes with axial length less than 22 mm. *Clin Ophthalmol*, 2019,13:1579-1586.
- [11] Shrivastava AK, Nayak S, Mahobia A, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulae in short eyes: a systematic review and meta-analysis. *Indian J Ophthalmol*, 2022,70(3):740-748.
- [12] Kane JX, Van Heerden A, Atik A, et al. Intraocular lens power formula accuracy: comparison of 7 formulas. *J Cataract Refract Surg*, 2016,42(10):1490-1500.
- [13] Kothari SS, Reddy JC. Recent developments in the intraocular lens formulae: an update. *Semin Ophthalmol*, 2023,38(2):143-150.
- [14] Li YC, Guo CY, Huang CK, et al. Development and evaluation of the prognostic nomogram to predict refractive error in patients with primary angle-closure glaucoma who underwent cataract surgery combined with goniosynechialysis. *Front Med*, 2021,8:749903.
- [15] Hou M, Ding YJ, Liu LP, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation in primary angle-closure disease: comparison of 7 formulas. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021,259(12):3739-3747.
- [16] Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology*, 2018,125(2):169-178.
- [17] Lu WH, Hou Y, Yang HF, et al. A systemic review and network meta-analysis of accuracy of intraocular lens power calculation formulas in primary angle-closure conditions. *PLoS One*, 2022,17(10):e0276286.
- [18] 孙娟, 冯振华, 许辉. 年龄相关性白内障合并浅前房患者超声乳化术后的屈光状态分析. *国际眼科杂志*, 2020,20(10):1775-1779.
- [19] Jeong J, Song H, Lee JK, et al. The effect of ocular biometric factors on the accuracy of various IOL power calculation formulas. *BMC Ophthalmol*, 2017,17(1):62.
- [20] Lee HS, Park JW, Park SW. Factors affecting refractive outcome after cataract surgery in patients with a history of acute primary angle closure. *Jpn J Ophthalmol*, 2014,58(1):33-39.
- [21] Nishide T, Hayakawa N, Kimura I, et al. Postoperative refractive error following cataract surgery after the first attack of acute primary angle closure. *Int Ophthalmol*, 2014,34(4):805-808.
- [22] Costa VP, Leung CKS, Kook MS, et al. Clear lens extraction in eyes with primary angle closure and primary angle-closure glaucoma. *Surv Ophthalmol*, 2020,65(6):662-674.
- [23] Nongpiur ME, He MG, Amerasinghe N, et al. Lens vault, thickness, and position in Chinese subjects with angle closure. *Ophthalmology*, 2011,118(3):474-479.
- [24] Mansoori T, Balakrishna N. Anterior segment morphology in primary angle closure glaucoma using ultrasound biomicroscopy. *J Curr Glaucoma Pract*, 2017,11(3):86-91.
- [25] Kang SY, Hong SM, Won JB, et al. Inaccuracy of intraocular lens power prediction for cataract surgery in angle-closure glaucoma. *Yonsei Med J*, 2009,50(2):206-210.
- [26] McKelvie J, McArdle B, McGhee C. The influence of tilt, decentration, and pupil size on the higher-order aberration profile of aspheric intraocular lenses. *Ophthalmology*, 2011,118(9):1724-1731.
- [27] Joo J, Whang WJ, Oh TH, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation formulas in primary angle closure glaucoma. *Korean J Ophthalmol*, 2011,25(6):375-379.
- [28] Doane JF, Slade SG. An introduction to wavefront-guided refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin*, 2003,43(2):101-117.
- [29] Oshika T, Tokunaga T, Samejima T, et al. Influence of pupil diameter on the relation between ocular higher-order aberration and contrast sensitivity after laser *in situ* keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006,47(4):1334-1338.
- [30] Wang Y, Zhao KX, Jin Y, et al. Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eye. *J Refract Surg*, 2003,19(2 Suppl):S270-S274.
- [31] Williams D, Yoon GY, Porter J, et al. Visual benefit of correcting higher order aberrations of the eye. *J Refract Surg*, 2000,16(5):S554-S559.
- [32] Bartol-Puyal FDA, Giménez G, Altemir I, et al. Optical aberrations in three different intraocular lens designs of a same platform. *Saudi J Ophthalmol*, 2022,35(2):126-130.
- [33] Kasper T, Bühren J, Kohnen T. Intraindividual comparison of higher-order aberrations after implantation of aspherical and spherical intraocular lenses as a function of pupil diameter. *J Cataract Refract Surg*, 2006,32(1):78-84.
- [34] Xu RF, Kollbaum P, Thibos L, et al. Reducing starbursts in highly aberrated eyes with pupil miosis. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2018,38(1):26-36.
- [35] Narang P, Agarwal A, Ashok Kumar D, et al. Pinhole pupilloplasty: small-aperture optics for higher-order corneal aberrations. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(5):539-543.
- [36] Narang P, Holladay J, Agarwal A, et al. Application of Purkinje images for pinhole pupilloplasty and relevance to chord length mu. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(6):745-751.
- [37] Richman J, Zangalli C, Lu L, et al. The Spaeth/Richman contrast sensitivity test (SPARCS): design, reproducibility and ability to identify patients with glaucoma. *Br J Ophthalmol*, 2015,99(1):16-20.
- [38] Fatehi N, Nowroozizadeh S, Henry S, et al. Association of structural and functional measures with contrast sensitivity in glaucoma. *Am J Ophthalmol*, 2017,178:129-139.
- [39] 王小娟, 陈霄雅, 崔建萍, 等. 原发性急性闭角型青光眼患者对比敏感度的改变. *山东医药*, 2010,50(17):105-106.
- [40] Thakur S, Ichhpujani P, Kumar S, et al. Assessment of contrast sensitivity by Spaeth Richman Contrast Sensitivity Test and Pelli Robson

Chart Test in patients with varying severity of glaucoma. *Eye (Lond)*, 2018,32(8):1392-1400.

[41] 赵冠华, 曹瑞丹, 张磊, 等. 环境亮度及瞳孔直径对人眼神经对比敏感度的影响. *国际眼科杂志*, 2016,16(12):2279-2284.

[42] Li BB, Chu H, Yan L, et al. Individualized visual reality training improves visual acuity and visual field defects in patients with glaucoma: a preliminary study report. *Cyberpsychol Behav Soc Netw*, 2020,23(3):179-184.

[43] Cao K, Friedman DS, Jin SS, et al. Multifocal versus monofocal intraocular lenses for age-related cataract patients: a system review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Surv Ophthalmol*, 2019,64(5):647-658.

[44] Kumar BV, Phillips RP, Prasad S. Multifocal intraocular lenses in the setting of glaucoma. *Curr Opin Ophthalmol*, 2007,18(1):62-66.

[45] Kamath GG, Prasad S, Danson A, et al. Visual outcome with the array multifocal intraocular lens in patients with concurrent eye disease. *J Cataract Refract Surg*, 2000,26(4):576-581.

[46] Wirtitsch MG, Schmidinger G, Prskavec M, et al. Influence of blue-light-filtering intraocular lenses on color perception and contrast acuity. *Ophthalmology*, 2009,116(1):39-45.

[47] de Fez MD, Luque MJ, Viqueira V. Enhancement of contrast sensitivity and losses of chromatic discrimination with tinted lenses. *Optom Vis Sci*, 2002,79(9):590-597.

[48] Yamaguchi T, Negishi K, Ono T, et al. Feasibility of spherical aberration correction with aspheric intraocular lenses in cataract surgery based on individual pupil diameter. *J Cataract Refract Surg*, 2009,35(10):1725-1733.

[49] 曾国燕, 张远平, 赵学英, 等. 不同球差非球面人工晶状体植入术后的视觉质量分析. *眼科新进展*, 2016,36(11):1042-1046.

[50] 吴凯峰, 赵军民. 球面与非球面人工晶状体在不同瞳孔直径下的视觉效果分析. *临床眼科杂志*, 2017,25(5):431-433.

[51] Liao X, Li JY, Tan QQ, et al. Comparison of visual quality after implantation of A1-UV and SN60WF aspheric intraocular lens. *Int J Ophthalmol*, 2020,13(11):1727-1732.

[52] Savini G, Hoffer KJ, Barboni P. Influence of corneal asphericity on the refractive outcome of intraocular lens implantation in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2015,41(4):785-789.

[53] Jia LX, Li ZH. Clinical study of customized aspherical intraocular lens implants. *Int J Ophthalmol*, 2014,7(5):816-821.

[54] Gall C, Schmidt S, Schittkowski MP, et al. Alternating current stimulation for vision restoration after optic nerve damage: a randomized clinical trial. *PLoS One*, 2016,11(6):e0156134.

[55] Qian ZB, Huang JH, Song BH, et al. Cataract surgery (phacoemulsification with intraocular lens implantation) combined with endoscopic goniosynechialysis for advanced primary angle-closure glaucoma. *Ophthalmol Glaucoma*, 2021,4(4):365-372.