

# 超声乳化白内障摘除联合 IOL 植入术后眼前节结构变化及相关性分析

程天, 郭瑞萍, 郭安琪, 洪颖, 张纯

引用: 程天, 郭瑞萍, 郭安琪, 等. 超声乳化白内障摘除联合 IOL 植入术后眼前节结构变化及相关性分析. 国际眼科杂志, 2024, 24(11): 1721-1727.

基金项目: 北京大学第三医院创新转化基金 (No. BYSYZHKC2021108)

作者单位: (100191) 中国北京市, 北京大学第三医院眼科 眼部神经损伤的重建保护与康复北京市重点实验室

作者简介: 程天, 男, 在读博士研究生, 研究方向: 眼前节疾病。

通讯作者: 洪颖, 女, 博士, 主任医师, 副教授, 研究方向: 青光眼和眼前节疾病. drhongying@bjmu.edu.cn

收稿日期: 2024-04-04 修回日期: 2024-09-20

## 摘要

**目的:** 探讨白内障患者超声乳化白内障摘除联合人工晶状体植入术 (Phaco+IOL) 术后眼前节结构变化及相关性分析。

**方法:** 回顾性病例研究。纳入北京大学第三医院眼科 2018-01/2022-12 间接受 Phaco+IOL 手术且在手术前后愿意接受超声生物显微镜 (UBM) 检查的白内障患者 44 例 88 眼, 记录患者的性别、年龄、眼轴、角膜曲率和 IOL 资料。采用 UBM 测量手术前后各眼前节参数, 包括前房深度 (ACD)、巩膜睫状突角 (SCPA)、虹膜晶状体接触距离 (ILCD)、睫状体最大厚度 (CBTmax) 和巩膜突睫状体厚度 (CBT0), 图像处理软件 Image J 计算后房面积 (PCA)。

**结果:** 术后 ACD 为 3.50 (2.89, 3.68) mm, CBTmax 为 1.199 ± 0.233 mm, CBT0 为 1.11 (0.964, 1.23) mm, PCA 为 1.21 (0.926, 1.57) mm<sup>2</sup>, 较术前明显增大 (均  $P < 0.001$ )。术后 ILCD 为 0.00 (0.00, 0.794) mm, 较术前明显减小 ( $P < 0.001$ )。术后 SCPA 为 37.9° (33.4°, 46.6°), 较术前无显著变化 ( $P = 0.908$ )。PCA 增量在性别间存在差异 ( $P = 0.045$ ), 术后男性平均 PCA 增量为 0.679 mm<sup>2</sup>, 女性平均 PCA 增量为 0.304 mm<sup>2</sup>。年龄与术后 SCPA、CBTmax、CBT0 显著相关 ( $P = 0.002, 0.004, 0.009$ )。

**结论:** Phaco+IOL 术后后房面积扩大, CBTmax 和 CBT0 均有显著增长, ACD 增加, ILCD 减小。术后 PCA 增加量与年龄、术前 ACD、SCPA 呈正相关, 与术前 CBT0 呈负相关。不同品牌 IOL 对眼前节结构影响无显著差异。

**关键词:** 白内障; 眼前节; 超声乳化白内障摘除联合 IOL 植入术; 后房面积; 睫状体厚度

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.11.06

## Structural changes in anterior segment after phacoemulsification combined with intraocular lens implantation and correlation analysis

Cheng Tian, Guo Ruiping, Guo Anqi, Hong Ying, Zhang Chun

**Foundation item:** Innovation & Transfer Fund of Peking University Third Hospital (No. BYSYZHKC2021108)

Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital; Beijing Key Laboratory of Restoration of Damaged Ocular Nerve, Beijing 100191, China

**Correspondence to:** Hong Ying. Department of Ophthalmology, Peking University Third Hospital; Beijing Key Laboratory of Restoration of Damaged Ocular Nerve, Beijing 100191, China. drhongying@bjmu.edu.cn

Received: 2024-04-04 Accepted: 2024-09-20

## Abstract

• **AIM:** To investigate the structural changes in anterior segment of cataract patients after phacoemulsification combined with intraocular lens (Phaco + IOL) implantation, and to analyze their correlation.

• **METHODS:** Retrospective case study. A total of 44 cases (88 eyes) of cataract patients who underwent Phaco+IOL surgery at ophthalmology department of the Peking University Third Hospital from January 2018 to December 2022 and consented to pre- and postoperative ultrasound biomicroscopy (UBM) were included. Patients' sex, age, axial length, corneal curvature, and IOL parameters were collected. UBM was utilized to measure various anterior segment parameters pre- and post-surgery, including anterior chamber depth (ACD), scleral ciliary process angle (SCPA), iris-lens contact distance (ILCD), maximum ciliary body thickness (CBTmax), and ciliary body thickness at 0 mm from the scleral spur (CBT0). The posterior chamber area (PCA) was calculated using Image J software.

• **RESULTS:** Significant increases in ACD 3.50 (2.89, 3.68) mm, CBTmax 1.199 ± 0.233 mm, CBT0 1.11 (0.964, 1.23) mm, and PCA 1.21 (0.926, 1.57) mm<sup>2</sup> were identified postoperatively compared with preoperative values (all  $P < 0.001$ ). The postoperative ILCD was significantly reduced to 0.00 (0.00, 0.794) mm ( $P < 0.001$ ). There was no significant change in the postoperative SCPA 37.9° (33.4°, 46.6°;  $P = 0.908$ ). The increase in PCA varied significantly

between genders ( $P = 0.045$ ), with males showing a greater mean postoperative increase ( $0.679 \text{ mm}^2$ ) than females ( $0.304 \text{ mm}^2$ ). Age significantly correlated with postoperative SCPA, CBTmax, and CBT0 ( $P = 0.002, 0.004, 0.009$ , respectively).

• **CONCLUSION:** Phaco + IOL surgery resulted in an enlargement of the PCA, significant increases in ACD, CBTmax, and CBT0, and a reduction in ILCD. The post-surgery increase of PCA was influenced by multiple factors, with age, preoperative ACD and SCPA being positively correlated, and preoperative CBT0 being negatively correlated. No significant differences were observed in the impact of different IOL brands on the structural changes of the anterior segment.

• **KEYWORDS:** cataract; anterior segment; phaco + IOL; posterior chamber area; ciliary body thickness

**Citation:** Cheng T, Guo RP, Guo AQ, et al. Structural changes in anterior segment after phacoemulsification combined with intraocular lens implantation and correlation analysis. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(11):1721-1727.

## 0 引言

白内障是全球视力障碍或丧失的主要原因之一<sup>[1]</sup>。白内障的治疗方法主要是手术,即通过超声乳化等方式去除混浊的晶状体,并植入人工晶状体(intraocular lens, IOL)来恢复视力和屈光状态<sup>[2]</sup>。随着手术和人工晶状体技术的快速发展,白内障手术的目标已经从单纯的解除失明转变为精确矫正视觉效果,对术后屈光度的准确预测和IOL的优化计算变得更加重要<sup>[3]</sup>。IOL的计算涉及多个因素,最重要的因素是有效晶状体位置(effective lens position, ELP)。ELP的预测是IOL屈光度计算公式的核心,也是导致术后屈光误差的主要原因。IOL屈光度计算公式经过不断更新迭代,目前采用的第四代公式已能使大部分患者达到0.5 D以内的屈光偏差<sup>[4-8]</sup>。然而,仍有部分患者术后屈光偏差较大,严重影响日常生活。以往研究认为影响屈光偏差的风险因素包括年龄<sup>[9]</sup>、前房深度<sup>[10]</sup>等,然而对于超声乳化白内障摘除联合人工晶状体植入术(phacoemulsification combined with IOL implantation, Phaco+IOL)术后眼前节参数尤其是后房参数的影响目前研究较少,尤其是亚洲人的研究更为缺乏。眼前节结构可通过多种方式进行测量,如前房角镜、前节光学相干断层扫描、超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)等。UBM是一种高频超声成像技术,能够清晰地显示眼前节的细微结构,是唯一在活体上可以观察到后房结构的检查方法。1992年,Pavlin等<sup>[11]</sup>首次应用UBM对眼前节结构进行了测量和描述,并定义了多个测量参数。白内障患者植入IOL后眼前节结构会发生变化,这些变化不仅会影响IOL的定位和移位,还可能影响眼内压和房水细胞因子水平,进而影响眼内环境和功能<sup>[12]</sup>。研究白内障患者IOL植入前后后房结构的变化,可以进一步评估术后IOL位置以及IOL对眼内压的影响,对于白内障患者实施精确视觉矫正,获得更好视觉质量具有重要意义。虽然白内障患者Phaco+IOL手术前后眼前节结构变化的研究不多,但已有一些研究探索了手术对青光眼患者眼前节生物学参数的

影响<sup>[13-14]</sup>,并选择了前房深度(anterior chamber depth, ACD)<sup>[13,15-20]</sup>、巩膜睫状突角(scleral ciliary process angle, SCPA)<sup>[11,18,21-22]</sup>、虹膜晶状体接触距离(iris-lens contact distance, ILCD)<sup>[18,23-25]</sup>、后房面积(posterior chamber area, PCA)<sup>[26]</sup>、睫状体最大厚度(ciliary body thickness maximum, CBTmax)<sup>[16,22-23]</sup>和巩膜突睫状体厚度(ciliary body thickness at 0 mm from the scleral spur, CBT0)<sup>[16,22,27]</sup>等参数作为眼前节结构的代表。这些参数是衡量眼前节大小、房水流出泪道通畅程度、后房容积、睫状体形态和位置等的重要指标。本研究将依据上述眼前节参数对白内障患者IOL植入前后眼前节的结构变化展开探讨,并研究其与年龄、眼轴<sup>[13,15-16]</sup>、角膜曲率<sup>[13]</sup>等因素的关系。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 采用回顾性病例研究设计,选择2018-01/2022-12在北京大学第三医院眼科接受白内障手术并植入IOL的患者44例88眼。纳入标准:(1)年龄40-80岁,无性别限制;(2)年龄相关性白内障患者,无其他眼部疾病或全身重大疾病;(3)接受Phaco+IOL手术,手术顺利,无并发症;(4)术前和术后6 mo均接受了完整的眼科检查和UBM检查,术后至少6 mo的随访资料完整。排除标准:(1)术中或术后发生并发症,如眼压升高、视网膜脱离、IOL脱位等;(2)术后6 mo内接受了如眼部手术等其他眼部干预或治疗;(3)术前或术后的眼科检查或UBM检查不完整或不清晰。本研究遵循《赫尔辛基宣言》的原则,得到了北京大学第三医院伦理委员会的批准(伦理号:IRB00006761-M2017249),所有患者均已签署知情同意书。

**1.2 方法** 基本资料包括患者年龄、性别、眼轴、角膜曲率以及IOL品牌等信息。所有患者均由同一位术者进行Phaco+IOL手术。手术简要过程:结膜下麻醉,选择颞侧透明角膜3.2 mm切口,前囊环形撕囊5.0 mm,超声乳化晶状体核,注吸皮质干净,IOL植于囊袋内,水密切口。本研究植入的IOL涉及多种品牌,将植入数量最多的三类纳入统计分析,分别为Rohto Neo RAY-61P、Tecnis Z9001、HOYA 250,均为单焦点IOL。

应用超声生物显微镜(Ultrasound biomicroscopy, UBM)获取患者术前及术后6 mo的眼前节结构图像。所有患者均由同一位高年资眼科特检医生完成检查。UBM探头频率为50 MHz,扫描范围为5.0 mm×5.0 mm,分辨率约50 μm。局部麻醉后,眼杯置于患者眼球上。受检者放松并注视固定于眼前方1 m处的目标,以避免眼调节作用的影响。获取分别代表每个象限的3:00、6:00、9:00、12:00方位的图像<sup>[24]</sup>。

利用Image J软件对所得UBM图像测量和分析,目标参数包括:(1)ACD:从角膜内皮到晶状体前囊的垂直距离;(2)PCA:虹膜、睫状体和晶状体合围而成的面积;(3)CBTmax:巩膜内表面或角巩膜缘垂线所截得的睫状体厚度的最大值;(4)CBT0:过巩膜突的巩膜内表面或角巩膜缘垂线所截得的睫状体厚度;(5)ILCD:虹膜前端与晶状体接触的长度;(6)SCPA:前房内巩膜中心线与睫状体中心线所构成的角(图1)。所有参数均由2位富有经验的研究者分别独立进行测量。采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)对测量结果进行一致性检验,取

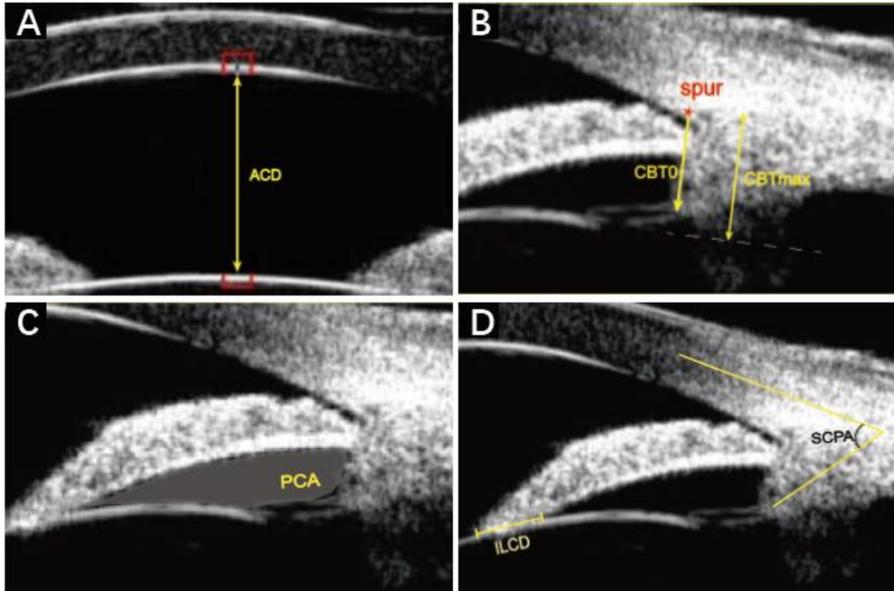


图1 UBM 测量参数示意图 A:ACD;B:CBT0、CBTmax;C:PCA;D:ILCD、SCPA。

平均值为最终测量结果。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS22.0 进行分析。数据的可视化采用 GraphPad Prism 8.0 软件进行。对数据采用 Shapiro-Wilk 检验判断正态性,符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示,不符合正态分布的计量资料以中位数和四分位距表示。采用配对样本 *t* 检验或配对 Wilcoxon 符号秩检验比较白内障患者 IOL 植入前后眼前节的结构参数的差异,两组间比较采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney *U* 检验,多组间比较采用方差分析或 Kruskal-Wallis *H* 检验比较。根据数据的分布特征,采用 Spearman 相关分析探究 IOL 植入后眼前节的结构参数与年龄、眼轴长度、角膜曲率、IOL 度数等因素的相关性。 $P < 0.05$  表示差异或相关性有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 患者一般情况** 本研究共纳入患者 44 例 88 眼,其中男 12 例 24 眼 (27%),女 32 例 64 眼 (73%)。患者年龄 43-80(平均  $65.4 \pm 8.49$ ) 岁;眼轴长度 21.0-26.8[中位数 22.89(21.87,23.45)]mm;角膜曲率 K1 为 40.2-47.7(平均  $44.05 \pm 1.38$ )D,角膜曲率 K2 为 41.6-48.2(平均  $44.83 \pm 1.48$ )D;散光  $0.789 \pm 0.512$  D;IOL 度数 14.0-25.0[中位数 21.5(20.5,23.5)]D。IOL 品牌型号包括 Rohto 52 眼 (59%)、Tecnis 14 眼 (16%)、HOYA 12 眼 (14%)、Rayner 4 眼 (5%)、TORBI 709M 4 眼 (5%)、canon Star 2 眼 (2%)。

**2.2 IOL 植入前后眼前节结构参数的比较** 本研究测量结构参数 ICC 值见表 1,所有参数一致性检验 *P* 值均小于 0.001,证明测量结果具有较好信度。相比术前,IOL 植入术后 6 mo 患者 ACD 中位数增加 1.27 mm,ILCD 中位数减少 0.893 mm,PCA 中位数增加  $0.366 \text{ mm}^2$ ,CBTmax 均值增加 0.0793 mm,CBT0 中位数增加 0.0790 mm,SCPA 中位数增加  $6.25^\circ$ ,见表 2,图 2。

根据性别、年龄和 IOL 品牌对患者进行亚组分析(表 3)。术后 PCA 增量在性别间存在差异( $P = 0.045$ ),术后男性平均 PCA 增量为  $0.679 \text{ mm}^2$ ,女性平均 PCA 增量为  $0.304 \text{ mm}^2$ 。相比中年人(<60 岁),老年人( $\geq 60$  岁)术

表 1 IOL 植入前后眼前节解剖结构参数测量一致性结果

参数		ICC(95%CI)	<i>P</i>
ACD	术前	0.995(0.990-0.997)	<0.001
	术后	0.999(0.998-0.999)	<0.001
ILCD	术前	0.989(0.982-0.993)	<0.001
	术后	0.997(0.996-0.998)	<0.001
PCA	术前	0.991(0.985-0.994)	<0.001
	术后	0.993(0.990-0.996)	<0.001
SCPA	术前	0.964(0.945-0.977)	<0.001
	术后	0.937(0.903-0.959)	<0.001
CBTmax	术前	0.883(0.821-0.924)	<0.001
	术后	0.931(0.894-0.955)	<0.001
CBT0	术前	0.898(0.843-0.933)	<0.001
	术后	0.922(0.880-0.949)	<0.001

后较术前的平均变化量  $\Delta$ ACD( $P = 0.0088$ )、 $\Delta$ PCA( $P = 0.0014$ )、 $\Delta$ CBT0( $P = 0.0359$ )均显著更大。中年人群 CBTmax 术后较术前减小而老年人群该参数增大( $P = 0.0043$ )。IOL 品牌对手术前后白内障患者眼后房结构参数变化的影响差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

**2.3 眼后房参数变化及相关性分析** 采用 Spearman 相关分析探究 Phaco+IOL 手术后眼后房结构参数与年龄、眼轴长度、角膜曲率、IOL 度数等因素的相关性(图 3)。Phaco+IOL 手术后的 PCA 与年龄( $r_s = 0.33, P = 0.002$ )、眼轴( $r_s = 0.39, P < 0.001$ )、术前 ACD( $r_s = 0.30, P = 0.005$ )呈正相关,与术后 ILCD( $r_s = -0.28, P = 0.012$ )呈负相关;术后 SCPA 与年龄( $r_s = 0.33, P = 0.002$ )、术后 CBTmax( $r_s = 0.32, P < 0.05$ )、术后 CBT0( $r_s = 0.31, P < 0.05$ )呈正相关。术后 CBTmax、CBT0 均与年龄( $r_s = 0.30, P = 0.004$ ;  $r_s = 0.28, P = 0.009$ )、眼轴( $r_s = 0.31, P = 0.006$ ;  $r_s = 0.23, P = 0.042$ )、术后 SCPA( $r_s = 0.32, P = 0.002$ ;  $r_s = 0.31, P = 0.005$ )呈正相关。术后 CBTmax 与角膜水平曲率 K1 呈负相关( $r_s = -0.25, P = 0.020$ )。

另外,各项参数术前术后的变化量间也存在一定相关

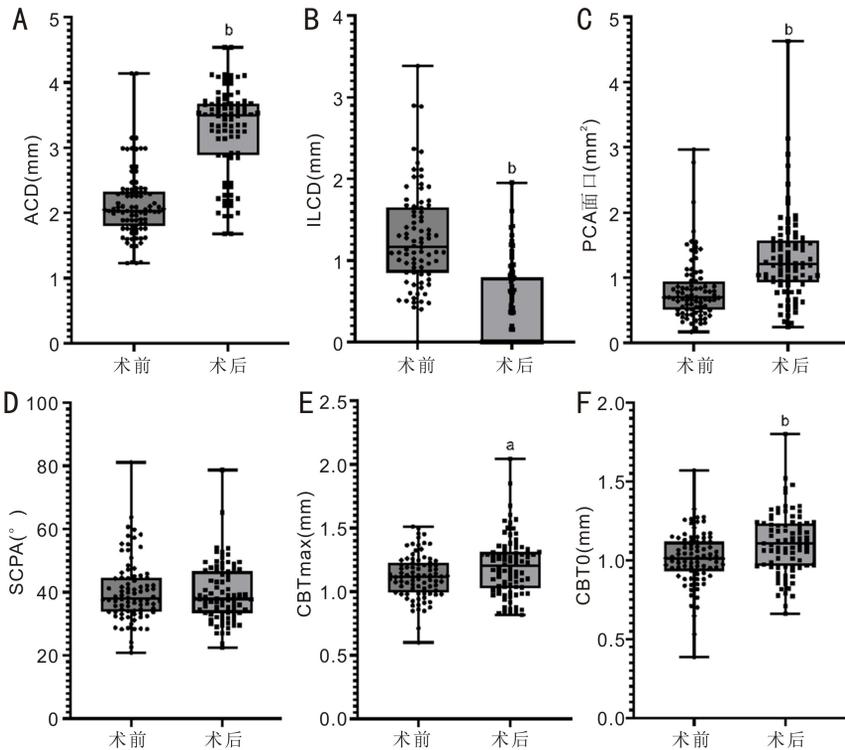


图2 白内障IOL植入术前后眼前节结构参数 A:ACD;B:ILCD;C:PCA;D:SCPA;E:CBTmax;F:CBT0。<sup>a</sup> $P<0.05$ ,<sup>b</sup> $P<0.01$  vs 术前。

表2 IOL植入前后眼前节结构参数

参数	术前	术后	手术前后变化值	t/Z	P
ACD [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]	2.03 (1.80, 2.33)	3.50 (2.89, 3.68)	1.27 (0.833, 1.64)	3806	<0.001
ILCD [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]	1.17 (0.849, 1.65)	0.00 (0.00, 0.794)	-0.893 (-1.34, -0.395)	2958	<0.001
PCA [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm <sup>2</sup> ]	0.698 (0.506, 0.948)	1.21 (0.926, 1.57)	0.366 (0.0203, 0.857)	-3006	<0.001
SCPA [ $M(P_{25}, P_{75})$ , °]	38.0 (33.8, 44.6)	37.9 (33.4, 46.6)	6.25 (-1.15, 12.2)	-55	0.908
CBTmax ( $\bar{x} \pm s$ , mm)	1.12 ± 0.172	1.199 ± 0.233	0.0793 ± 0.208	3.540	<0.001
CBT0 [ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]	1.01 (0.929, 1.12)	1.11 (0.964, 1.23)	0.0790 (-0.0445, 0.200)	1800	<0.001

表3 不同亚组之间IOL植入前后后房结构参数变化比较

参数		$\Delta$ ACD	$\Delta$ ILCD	$\Delta$ PCA [ $\bar{x} \pm s /$	$\Delta$ SCPA	$\Delta$ CBTmax	$\Delta$ CBT0
		[ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]	( $\bar{x} \pm s$ , mm)	$M(P_{25}, P_{75})$ , mm <sup>2</sup> ]	( $\bar{x} \pm s$ , °)	[ $M(P_{25}, P_{75})$ , mm]	[ $\bar{x} \pm s / M(P_{25}, P_{75})$ , mm]
性别	男性	1.300 (1.108, 1.620)	-0.753 ± 0.770	0.690 (0.241, 1.137)	3.630 ± 11.18	0.0448 (-0.0786, 0.129)	0.035 (-0.055, 0.151)
	女性	1.240 (0.350, 1.660)	-0.936 ± 0.764	0.304 (-0.262, 0.815)	5.525 ± 8.649	0.0652 (-0.0554, 0.215)	0.102 (-0.0415, 0.208)
	U/t	692	0.966	552	0.770	684.5	632
	P	0.303	0.339	0.045	0.446	0.373	0.258
年龄	<60岁	0.940 (0.090, 1.460)	-0.694 ± 0.685	0.113 (-0.175, 0.286)	3.428 ± 10.98	-0.0402 (-0.133, 0.0458)	-0.0112 (-0.133, 0.0954)
	≥60岁	1.400 (1.055, 1.683)	-0.936 ± 0.796	0.514 (0.136, 0.900)	5.476 ± 8.909	0.0930 (0.00738, 0.237)	0.115 (-0.0165, 0.204)
	U/t	456	1.297	371	0.789	419	484.5
	P	0.0088	0.204	0.0014	0.436	0.0043	0.0359
品牌	HOYA	1.385 (0.960, 1.710)	-0.364 ± 0.718	0.386 ± 0.472	3.496 ± 14.74	0.178 (-0.0719, 0.305)	0.182 ± 0.247
	Rohto	1.300 (0.838, 1.595)	-1.011 ± 0.720	0.487 ± 0.570	5.813 ± 8.182	0.0460 (-0.0951, 0.128)	0.0558 ± 0.182
	Tecnis	1.230 (0.070, 1.650)	-0.663 ± 0.890	0.617 ± 0.404	1.371 ± 9.924	0.0915 (-0.060, 0.259)	0.115 ± 0.182
	H/F	1.024	3.156	0.597	1.205	2.517	2.220
	P	0.599	0.071	0.553	0.306	0.284	0.116

性。Phaco+IOL手术前后 $\Delta$ PCA与年龄( $r_s = 0.36, P = 0.001$ )、术前SCPA( $r_s = 0.22, P = 0.041$ )、 $\Delta$ ACD( $r_s = 0.33, P = 0.002$ )呈正相关,与术前PCA( $r_s = -0.36, P = 0.001$ )、 $\Delta$ ILCD( $r_s = -0.33, P = 0.003$ )呈负相关。Phaco+IOL手术

前后 $\Delta$ CBTmax与年龄( $r_s = 0.23, P = 0.033$ )、眼轴( $r_s = 0.33, P = 0.003$ )、 $\Delta$ SCPA( $r_s = 0.35, P = 0.001$ )、 $\Delta$ CBT0( $r_s = 0.61, P < 0.001$ )呈正相关,与术前CBTmax( $r_s = -0.28, P = 0.009$ )、角膜曲率K1呈负相关( $r_s = -0.25, P = 0.022$ )。

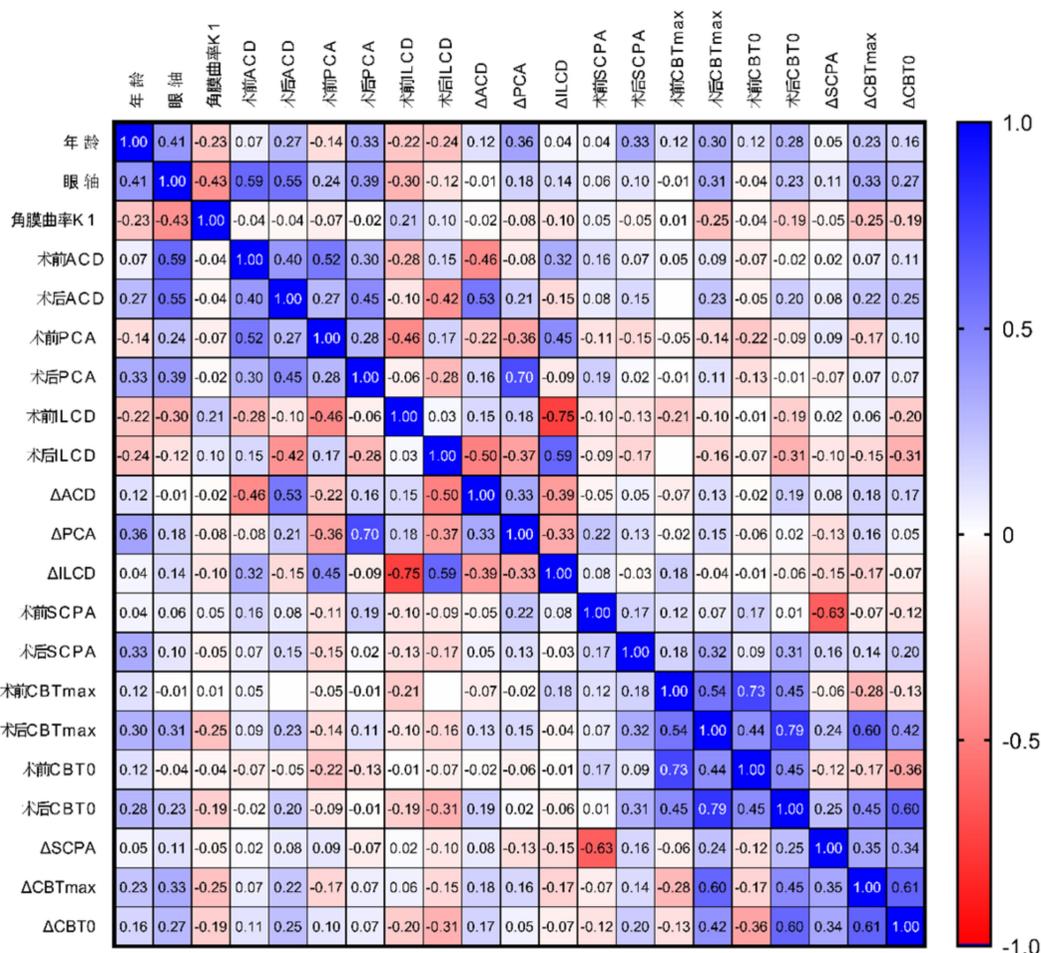


图3 IOL 植入后眼前节结构参数与相关因素的相关性分析。

Phaco+IOL 手术前后  $\Delta$ CBT0 与眼轴 ( $r_s = 0.27, P = 0.001$ )、 $\Delta$ SCPA ( $r_s = 0.34, P = 0.001$ ) 呈正相关, 与术前 CBT0 呈负相关 ( $r_s = -0.36, P = 0.001$ )。

### 3 讨论

本研究对白内障患者 Phaco+IOL 手术前后的眼前节结构参数进行研究, 并分析了其与年龄、眼轴长度、房水流出道参数等因素的关系。本研究发现 Phaco+IOL 手术后, ACD、PCA、CBTmax 和 CBT0 显著增加, ILCD 显著减少。前房与睫状体参数的变化与既往青光眼术后参数变化的研究结论具有相似性<sup>[13]</sup>, 这说明手术能有效扩大前房和后房的空间, 减少虹膜和晶状体的接触, 改善房水流出的通畅性。本研究有助于了解这些变化与患者的年龄、眼轴长度和角膜曲率等因素的关系, 为今后的 IOL 个性化选择提供参考。

本研究入选 IOL 包括 Rohto Neo RAY-61PL (四瓣式, 无前倾角, 全长 13.5 mm, 直径 6 mm)、HOYA 250 (三片式, 5 度前倾角, 光学部 6.0 mm, 全长 12.5 mm)、Tecnis Z9001 (三片式, 5 度前倾角, 光学部 6.0 mm, 全长 12.5 mm)、Rayner 570c (一片式, 无前倾角, 光学部 5.75 mm, 全长 12.0 mm)、AT TORBI 709M (板式, 无前倾角, 全长 11 mm, 光学部 6 mm) 和 canon Star IOL (三片式)。统计分析植入数量最多的三类 IOL, 结果显示不同品牌的 IOL 对眼前节结构参数的作用没有显著差异, 这可能与入选品牌 IOL 均

为单焦点 IOL, 全长和光学部大小相似, 以及 IOL 的植入位置均为囊袋内植入有关, 也说明 IOL 有无前倾角也对最终位置没有影响。张小宝等<sup>[28]</sup> 利用 UBM 比较了两种非球面 IOL 的倾斜度和偏心量, 水平和垂直方向上的偏心量及倾斜度均无统计学差异, 我们的研究结果与其一致, 进一步证实了 IOL 的设计参数对手术效果的影响有限。

ACD 是年龄相关性白内障手术后屈光结果的重要预测因素<sup>[17]</sup>。本研究与既往研究一致发现 IOL 植入后的 ACD 与术前 ACD 呈正相关<sup>[17-18]</sup>, 这体现了 IOL 植入对眼前节结构的影响: IOL 植入手术取出晶状体, 因而加深了前房。我们的研究进一步发现年龄较大的患者 ACD 的增加更为显著, 这可能与年龄较大的患者晶状体更厚, 因而 IOL 植入后造成的结构变化更明显有关。这一推测也可以解释手术前后 PCA 的变化规律, 但仍需要进一步研究进行验证。

本研究观察到白内障患者植入 IOL 之后睫状体厚度参数 CBTmax 与 CBT0 均显著增大; 既往研究也表明白内障 Phaco+IOL 术后睫状体厚度可能增加<sup>[25,29]</sup>, 但其机制尚不清楚。Fayed<sup>[30]</sup> 发现 Phaco+IOL 术后 UBM 显示睫状体较术前有明显的向心运动, 提示 IOL 可能影响睫状肌的收缩性; 睫状肌收缩将引起睫状体向前和向内旋转, 进而导致睫状体前部的厚度增加<sup>[22,31]</sup>。Chen 等<sup>[24]</sup> 研究认为眼轴长度和房角是否狭窄对 CBT 厚度也有重要影响。我们

推测白内障患者术后的睫状体增厚可能与 IOL 植入影响了睫状肌张力相关。

性别和年龄可能是影响 IOL 植入前后眼后房参数变化的因素。有研究报导在亚洲人群中男性睫状体位置较女性深( $P<0.05$ ),老年人群睫状体位置较靠前<sup>[32]</sup>。本研究进一步发现老年患者在 IOL 植入后的 PCA 与中年患者相比增加更为显著,这可能与晶状体随年龄增大而压迫后房有关。IOL 植入能释放后房空间导致 PCA 扩大,老年患者晶状体体积较大,术后变化更为明显。此外,女性由于眼球与眼轴尺寸较男性小、短,这可能是 IOL 植入后 PCA 增加幅度女性较男性患者偏小的因素。这些结果强调了个体差异在白内障手术规划中的重要性。

IOL 植入后 PCA 增加的幅度与年龄、术前 SCPA、 $\Delta$ ACD 和  $\Delta$ ILCD 均相关,这一结果可能与晶状体取出后虹膜后移、后房水流出道扩大有关。Pereira 等<sup>[18]</sup>的研究显示 IOL 植入术后虹膜向后移动使前房加深约 850  $\mu$ m,这使后房水流动更加顺畅,PCA 因而增加。随着年龄的增长,虹膜弹性降低,可能导致后房水流出道变窄和 ILCD 增长;IOL 植入可有效缓解后房流出道压力,因此老年患者 IOL 术后结构变化更加明显,PCA 增幅从而也越大。本研究发现有 43.4%患者接受 IOL 植入术后 ILCD 下降至 0,这与 Pereira 等<sup>[18]</sup>的研究结果一致,进一步证实了 IOL 植入对后房流出道结构的显著作用。

术后 PCA 的大小受到多个因素的影响,其中术前 ACD 和术前 SCPA 是促进因素,而年龄和术前 CBTO 是抑制因素。这些因素对术后 PCA 的影响可能是通过影响 IOL 的位置、大小和形状来实现的。一般而言,术前 ACD 越深,术前 SCPA 越小,术前 CBTO 越薄,IOL 距离角膜后表面越远,因而术后 PCA 越大。同时,术前 ACD、SCPA、CBTO 又与晶状体的大小和形状密切相关,而晶状体的大小和形状又影响了 IOL 的选择和植入。只有 IOL 的大小形状与晶状体大小形状相匹配,才能保证 IOL 的稳定性和屈光效果。

SCPA 是综合反映眼前房和眼后房形态的解剖学参数,对于眼前节内部的操作具有一定的稳定性。手术前后的 SCPA 没有显著差异,这与既往研究<sup>[18]</sup>结果一致,说明 IOL 植入对 SCPA 的影响较小,SCPA 的变化主要由术前结构决定。

本研究存在一些局限性。本研究为回顾性研究,样本量有限。本研究只在 IOL 植入后 6 mo 测量了结构参数,随访时间有限,需要更长的随访期来观察 IOL 对眼前节结构和功能的持续影响。未来的研究可以进一步扩大样本量,比较不同类型和材质的 IOL 对 PCA 的影响,以及探讨其他可能影响 PCA 的因素,如晶状体厚度、虹膜厚度、睫状体张力等。

综上所述,白内障患者行 Phaco+IOL 手术后 PCA、CBTmax 和 CBTO 显著增加,年龄、眼轴长度、ACD、ILCD 等因素与 IOL 植入前后眼后房结构变化相关,女性和老年人群术后眼后房结构变化更为显著。这些发现有助于为白内障患者实现个性化精确视觉矫正提供定量依据。

## 参考文献

- [1] Cicinelli MV, Buchan JC, Nicholson M, et al. Cataracts. *Lancet*, 2023,401(10374):377-389.
- [2] Riaz Y, Mehta JS, Wormald R, et al. Surgical interventions for age-related cataract. *Cochrane Database Syst Rev*, 2006,4:CD001323.
- [3] Narayan A, Evans JR, O'Brart D, et al. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023,6(6):CD010735.
- [4] Barrett GD. Understanding intraocular lens calculation and biometry. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(12):1499-1501.
- [5] Asbell PA, Dualan I, Mindel J, et al. Age-related cataract. *Lancet*, 2005,365(9459):599-609.
- [6] Chung J, Bu JJ, Afshari NA. Advancements in intraocular lens power calculation formulas. *Curr Opin Ophthalmol*, 2022,33(1):35-40.
- [7] Kane JX, Chang DF. Intraocular lens power formulas, biometry, and intraoperative aberrometry A review. *Ophthalmology*, 2021,128(11):e94-e114.
- [8] Melles RB, Holladay JT, Chang WJ. Accuracy of intraocular lens calculation formulas. *Ophthalmology*, 2018,125(2):169-178.
- [9] Koga Y, Kojima K, Yoshii K, et al. Prediction error of intraocular lens power calculation in very elderly patients over 90 years old. *Curr Eye Res*, 2021,46(8):1148-1153.
- [10] Li TY, Reddy A, Stein JD, et al. Ray tracing intraocular lens calculation performance improved by AI-powered postoperative lens position prediction. *Br J Ophthalmol*, 2023,107(4):483-487.
- [11] Pavlin CJ, Harasiewicz K, Foster FS. Ultrasound biomicroscopy of anterior segment structures in normal and glaucomatous eyes. *Am J Ophthalmol*, 1992,113(4):381-389.
- [12] Zhao YY, Deng XH, Chang PJ, et al. Expression profiles of inflammatory cytokines in the aqueous humor of children after congenital cataract extraction. *Transl Vis Sci Technol*, 2020,9(8):3.
- [13] 李洪垒,刘桂波,高晗,等.青白联合手术对原发性闭角型青光眼患者眼部生物学参数的影响. *临床医学进展*, 2019,9(3):202-208.
- [14] 陈长喜,王进达,曹凯,等.45岁以上成年人前房容积测量及其在原发性闭角型青光眼筛查中的价值. *北京眼病研究.眼科*, 2021,30(4):259-264.
- [15] 乔春艳,张慧,张焯,等.闭角型青光眼隐匿性晶状体悬韧带异常发生率的比较研究. *中华眼科杂志*, 2022,58(11):872-881.
- [16] 徐曼云,哈少平,范文燕,等.急性原发性房角关闭的睫状体参数改变. *中华实验眼科杂志*, 2020,38(5):402-408.
- [17] Ning XN, Yang YH, Yan H, et al. Anterior chamber depth - a predictor of refractive outcomes after age-related cataract surgery. *BMC Ophthalmol*, 2019,19(1):134.
- [18] Pereira FA, Cronemberger S. Ultrasound biomicroscopic study of anterior segment changes after phacoemulsification and foldable intraocular lens implantation. *Ophthalmology*, 2003,110(9):1799-1806.
- [19] 刘磊,栗静,王恒,等.前房深度对有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后前房形态的影响. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2016,18(12):719-723.
- [20] Pakuliene G, Kuzmiene L, Siesky B, et al. Changes in ocular morphology after cataract surgery in open angle glaucoma patients. *Sci Rep*, 2021,11(1):12203.
- [21] Zuo CG, Long B, Guo XX, et al. Effect of phacoemulsification on anterior chamber angle in eyes with medically uncontrolled filtered

primary angle-closure glaucoma. *J Ophthalmol*, 2020,2020:8720450.

[22] 陈施言, 吴玲玲. 睫状体解剖特点对原发性房角关闭影响的研究进展. *中华眼科杂志*, 2018,54(9):716-720.

[23] 彭慧, 王芳, 李金键, 等. 从力学角度探讨有晶状体眼后房型人工晶状体植入术后拱高的影响因素. *中华眼科杂志*, 2022,58(8):615-623

[24] Chen SY, He N, Yan YJ, et al. Ultrasound biomicroscopic imaging demonstrate thinner ciliary body thickness in eyes with angle closure. *Int J Ophthalmol*, 2022,15(9):1476-1482.

[25] Ünsal E, Eltutar K, Muftuoglu K. Morphologic changes in the anterior segment using ultrasound biomicroscopy after cataract surgery and intraocular lens implantation. *Eur J Ophthalmol*, 2017,27(1):31-38.

[26] Kamiya K, Ando W, Tsujisawa T, et al. Effect of angle opening parameters on corneal endothelial cell density and intraocular pressure after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *J Clin Med*, 2020,9(9):2704.

[27] Sugiura T, Kaji Y, Tanaka Y. Anatomy of the ciliary sulcus and

the optimum site of needle passage for intraocular lens suture fixation in the living eye. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(10):1247-1253.

[28] 张小宝, 谭浅, 江海波, 等. 超声生物显微镜下两种非球面人工晶状体倾斜度和偏心量的比较. *国际眼科杂志*, 2014,14(7):1231-1235.

[29] Yang KY, Liang ZQ, Lv K, et al. Anterior segment parameter changes after cataract surgery in open-angle and angle-closure eyes; a prospective study. *J Clin Med*, 2022,12(1):327.

[30] Fayed AAE. Ultrasound biomicroscopy value in evaluation of restoration of ciliary muscles contractility after cataract extraction. *Clin Ophthalmol*, 2017,11:855-859.

[31] 马嘉, 陈晓明. 人眼睫状体在调节中形态与位置的动态变化. *中华眼科杂志*, 2004,40(9):590-596.

[32] Henzan IM, Tomidokoro A, Uejo C, et al. Ultrasound biomicroscopic configurations of the anterior ocular segment in a population-based study the Kumejima Study. *Ophthalmology*, 2010,117(9):1720-1728.

## 国际眼科杂志中文版(IES)近5年核心影响因子趋势图

