

# 景深延长型人工晶状体植入后患者屈光状态准确性评估

于春霞\*, 方晓玲\*, 薛文文, 陈梦, 贲申煜, 陶津华, 王于蓝

引用: 于春霞, 方晓玲, 薛文文, 等. 景深延长型人工晶状体植入后患者屈光状态准确性评估. 国际眼科杂志, 2024, 24(11): 1821-1825.

基金项目: 上海市眼病防治中心院内临床研究培育课题 (No. 21LCO1003, 21LCO1007)

作者单位: (200336) 中国上海市眼病防治中心 同济大学附属眼科医院 国家眼部疾病临床医学研究中心 上海市眼科疾病精准诊疗工程技术研究中心

\*: 于春霞和方晓玲对本文贡献一致。

作者简介: 于春霞, 毕业于新疆医科大学, 硕士, 主治医师, 研究方向: 白内障; 方晓玲, 毕业于浙江大学, 博士, 副主任医师, 研究方向: 晶状体病及眼表疾病。

通讯作者: 陶津华, 毕业于中国医科大学, 博士, 副主任医师, 研究方向: 晶状体病. [jinhutao@hotmail.com](mailto:jinhutao@hotmail.com); 王于蓝, 毕业于上海交通大学, 博士, 主任医师, 研究方向: 晶状体病. [shybfzs@163.com](mailto:shybfzs@163.com)

收稿日期: 2024-02-22 修回日期: 2024-09-27

## 摘要

**目的:** 使用电脑验光和 OPD-Scan III 自动验光检查白内障患者植入景深延长型人工晶状体术后屈光状态。

**方法:** 回顾性病例观察研究。收集 2022-05/2023-05 于上海市眼病防治中心行白内障超声乳化吸除术并植入 TECNIS® Symphony ZXR00 人工晶状体 (IOL) 患者 61 例 76 眼。所有患者术后同一天行电脑验光、OPD-Scan III 自动验光和综合验光仪主觉验光检查。

**结果:** 电脑验光球镜、等效球镜与综合验光仪主觉验光球镜、等效球镜比较均有差异 (均  $P < 0.01$ )。球镜、等效球镜差异值分别为  $-0.67 \pm 0.37$  D 和  $-0.75 \pm 0.35$  D, 与综合验光仪主觉验光相比, 电脑验光球镜、等效球镜均偏近视; 电脑验光柱镜与综合验光仪主觉验光柱镜有差异 ( $P < 0.01$ ), 二者差异绝对值较小 ( $0.21 \pm 0.24$  D)。电脑验光球镜、柱镜、等效球镜与综合验光仪主觉验光球镜、柱镜、等效球镜均正相关 ( $r = 0.7994, 0.7929, 0.8118$ , 均  $P < 0.01$ )。OPD-Scan III 自动验光球镜、柱镜、等效球镜与综合验光仪主觉验光比较均有差异 ( $P < 0.01$ ), 球镜、柱镜、等效球镜差异绝对值 ( $0.63 \pm 0.36, 0.35 \pm 0.26$  和  $0.53 \pm 0.36$  D) 较小。OPD-Scan III 自动验光球镜、柱镜、等效球镜与主觉验光球镜、柱镜、等效球镜均正相关 ( $r = 0.4410, 0.4982, 0.5224$ , 均  $P < 0.01$ )。

**结论:** 景深延长型 IOL 植入术后电脑验光、OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光一致性较好, 电脑验光球镜和等效球镜平均差异较大, 但均呈现近视偏差, 柱镜差异小; OPD-Scan III 自动验光与主觉验光平均差异较小, 但差异方向不稳定, 有时为近视偏差, 有时为远视偏差。

**关键词:** 连续视程人工晶状体; 白内障; OPD-Scan III; 电脑验光; 主觉验光

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.11.24

## Accuracy assessment of refractive status in patients implanted with extended depth of focus intraocular lens

Yu Chunxia\*, Fang Xiaoling\*, Xue Wenwen, Chen Meng, Ben Shenyu, Tao Jinhua, Wang Yulan

**Foundation items:** Clinical Research and Cultivation Project of Shanghai Eye Diseases Prevention & Treatment Center (No. 21LCO1003, 21LCO1007)

Shanghai Eye Diseases Prevention & Treatment Center; Tongji Eye Hospital, Tongji University; National Clinical Research Center for Eye Diseases; Shanghai Engineering Research Center of Precise Diagnosis and Treatment of Eye Diseases, Shanghai 200336, China  
\* Co-first authors: Yu Chunxia and Fang Xiaoling

**Correspondence to:** Tao Jinhua. Shanghai Eye Diseases Prevention & Treatment Center; Tongji Eye Hospital, Tongji University; National Clinical Research Center for Eye Diseases; Shanghai Engineering Research Center of Precise Diagnosis and Treatment of Eye Diseases, Shanghai 200336, China. [jinhutao@hotmail.com](mailto:jinhutao@hotmail.com); Wang Yulan. Shanghai Eye Diseases Prevention & Treatment Center; Tongji Eye Hospital, Tongji University; National Clinical Research Center for Eye Diseases; Shanghai Engineering Research Center of Precise Diagnosis and Treatment of Eye Diseases, Shanghai 200336, China. [shybfzs@163.com](mailto:shybfzs@163.com)

Received: 2024-02-22 Accepted: 2024-09-27

## Abstract

• **AIM:** To evaluate the refractive status through computer refractometer and OPD-Scan III auto refractometer in cataract patients after extended depth of focus (EDOF) intraocular lens implantation.

• **METHODS:** Retrospective observational study. A total of 61 cases (76 eyes) that received phacomulsification and implanted with TECNIS® Symphony ZXR00 intraocular lens in Shanghai Eye Diseases Prevention & Treatment Center from May 2022 to May 2023 were collected. Measurements from the computer refractometer, OPD-Scan III auto refractometer, and subjective refraction, were taken from all patients on the same day postoperatively.

• **RESULTS:** There were statistical significant difference in sphere (S) and spherical equivalent (SE) readings from the computer refractometer and subjective refraction (all

$P < 0.01$ ), with mean differences of  $-0.67 \pm 0.37$  D and  $-0.75 \pm 0.35$  D, respectively, and the S and SE obtained from computer refractometer more incline to myopia than those from subjective refraction; there were statistical significant difference in computer refractometer and subjective refraction ( $P < 0.01$ ), with a relative small absolute difference ( $0.21 \pm 0.24$  D). The S, cylinder (C) and SE of computer refractometer (S, C, SE) were positively correlated with subjective refraction ( $r = 0.7994, 0.7929, \text{ and } 0.8118$ , respectively, all  $P < 0.01$ ). Additionally, there were statistical significant differences in S, C and SE of OPD-Scan III and subjective refraction ( $P < 0.01$ ), and the absolute differences of S ( $0.63 \pm 0.36$  D), C ( $0.35 \pm 0.26$  D) and SE ( $0.53 \pm 0.36$  D) were small. Furthermore, the S, C and SE of OPD-Scan III were positively correlated with subjective refraction ( $r = 0.4410, 0.4982, 0.5224$ , all  $P < 0.01$ ).

• **CONCLUSION:** In patients who received implantation of EDOF lenses, the consistency of computer refractometer, OPD-Scan III auto refractometer and subjective refraction was good. The average difference of the S and SE obtained via computer refractometer was large, but both exhibited a myopic shift relative to those derived from subjective refraction, and the C values demonstrated minimal discrepancy. Furthermore, the differences between OPD-Scan III auto refractometer and subjective refraction were small, but the direction of the difference is unstable, sometimes it is myopic deviation, while sometimes it is hyperopic deviation.

• **KEYWORDS:** extended depth of focus (EDOF) intraocular lens; cataract; OPD-Scan III; computer refractometer; subjective refraction

**Citation:** Yu CX, Fang XL, Xue WW, et al. Accuracy assessment of refractive status in patients implanted with extended depth of focus intraocular lens. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024, 24(11): 1821-1825.

## 0 引言

世界人口老龄化的加剧使年龄相关性白内障患者激增,科学技术的迅猛发展提高了患者对白内障术后视功能的要求,也丰富了人工晶状体(intraocular lens, IOL)的种类,满足不同患者的需求。单焦点 IOL 可以提供固定距离的清晰物像,需要借助框架眼镜等才能满足患者视远视近的需求。多焦点 IOL 具有同时视远和视近的功能,但由于多焦点 IOL 具有固定的几个焦点,每个焦点只能提供固定距离的清晰图像,而使焦点固定位置以外视觉质量较差。患者在视物过程中会因看到多个像而产生视觉干扰,多焦点 IOL 的分光设计也会引起对比敏感度的下降、光晕、眩光等问题。景深延长型 IOL 将焦点延长为焦线来增加焦深,从而使患者获得较为良好的连续视程。因其弥补了单焦点 IOL 和多焦点 IOL 之间的差距,在近年来逐渐兴起,按照原理不同主要可分为小孔径设计型、生物模拟型、衍射型和非衍射型。作为衍射型景深延长 IOL 的代表,

TECNIS® Symphony IOL 因其连续视程、消色差技术及较高的散光包容性在临床中得到广泛使用<sup>[1-3]</sup>。患者术后裸眼视力、最佳矫正视力及术后屈光状态是评价手术效果的重要指标。术者不仅可以借此了解患者的术前生物测量及人工晶状体度数计算的准确性,也可以总结使用经验为功能型 IOL 选择提供指导。

目前,综合验光仪主觉验光是国际公认的评估患者屈光状态的方法<sup>[4]</sup>,但由于 TECNIS® Symphony IOL 的焦深延长作用和消色差技术,使得术后验光更易出现误差<sup>[5]</sup>,需要有经验的验光师耗费较长时间完成。电脑验光简单、快速、学习周期短,适用于快速获取客观屈光度。OPD-Scan III 自动验光可以获得瞳孔区每个点的屈光不正度<sup>[6-7]</sup>。有研究证实,OPD-Scan III 自动验光可以较准确地评估正视眼及低中度屈光不正眼的屈光状态<sup>[8]</sup>,电脑验光可以用于评估单焦点 IOL 和全光学面衍射型 IOL 的术后屈光状态<sup>[9-10]</sup>。也有研究认为电脑验光或 OPD-Scan III 自动验光在评估 IOL 植入术后屈光状态时均偏近视<sup>[11-14]</sup>,但应用于植入连续视程 IOL 人群时电脑验光与 OPD-Scan III 自动验光的准确性尚无报道。本研究以行白内障手术并植入连续视程 IOL 患者为研究对象,将术后电脑验光和 OPD-Scan III 自动验光分别与综合验光仪主觉验光进行对比分析,探究白内障手术植入连续视程 IOL 患者术后使用电脑验光和 OPD-Scan III 自动验光的准确性。以期在检查已植入景深延长型 IOL 患者的术后屈光状态时,为临床医生及验光师提供选择电脑验光或 OPD-Scan III 自动验光的依据。以此理论依据为基础,指导白内障术前景深延长型 IOL 度数的选择。对电脑验光和 OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光对比分析结果的了解也可对验光师提供主觉验光的大致方向,减少验光误差,节约时间成本。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 回顾性病例观察研究。收集 2022-05/2023-05 于上海市眼病防治中心行白内障超声乳化吸除术并植入 TECNIS® Symphony® ZXR00 IOL 患者 61 例 76 眼。纳入标准:(1)患者眼压正常,角膜透明,人工晶状体透明、位正,无后发性白内障发生,无玻璃体、视网膜病变;(2)患者无干眼、未配戴角膜接触镜;(3)验光时为术后 1 mo 或以上;(4)患者术后电脑验光、OPD-Scan III 自动验光和综合验光仪主觉验光为同一天完成;(5)测量结果稳定性好,质量可靠。排除标准:(1)患者配合差,多次检查差异较大;(2)既往眼部外伤史、手术史;(3)数据资料不完整;(4)有术中或术后并发症。本研究经过上海市眼病防治中心伦理委员会批准知情同意豁免。

**1.2 方法** 收集患者性别,年龄,眼别。分别使用电脑角膜验光仪(KR-800)、角膜/屈光分析仪(OPD-Scan III)自动验光和综合验光仪(RT-5100)主觉验光检查。电脑角膜验光仪和 OPD-Scan III 自动验光检查方法:患者取坐位,下颌置于下颌托,额部紧贴额托。嘱患者睁大双眼注视前方固视灯(若伴有上睑下垂,可牵拉上睑,整个过程切忌压迫眼球),使角膜反光点完整清晰。对焦良好时系

统自动进行3次验光,取平均值,检查结束审核数据完整性及稳定性,若数据不完整或稳定性差需再次进行上述操作,直至获取可靠数据。综合验光仪主觉验光采用最大正镜验光法(max plus to max visual acuity,MPMVA)检查:电脑验光基础上+1.5 D作为第一步的插片度数进行充分雾视,以-0.25 D的增量递减,直至找到最佳矫正视力的度数。在此基础上绘制单眼离焦曲线后再次验证最佳矫正视力的度数:连续两次以+0.25 D递增,引起视力连续几行下降,即可确认最佳矫正视力的屈光度。所有检查由同一名熟练技师完成。

整理3项检查的球镜(S)、柱镜(C),并计算三项检查结果的等效球镜度(spherical equivalent,SE)=S+1/2C。

统计学分析:采用统计学软件SPSS 22.0对数据进行分析。采用Shapiro-Wilk检验对数据进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以均数±标准差表示,使用配对t检验;使用Bland-Altman分析进行数据的一致性分析;Pearson分析相关性, $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 纳入患者的基本资料 本研究纳入患者61例76眼,

其中男22例27眼,女39例49眼,平均年龄 $57.36 \pm 10.16$ 岁,术后平均最佳矫正视力(小数值)  $0.97 \pm 0.07$ ,主觉验光SE为 $-0.44 \pm 0.56$  D。

2.2 电脑验光与综合验光仪主觉验光的一致性及其差异分析 电脑验光与综合验光仪主觉验光结果见表1。Bland-Altman分析显示,与综合验光仪主觉验光结果比较,电脑验光球镜和等效球镜均不同程度偏近视(图1A、C),电脑验光柱镜与综合验光仪主觉验光柱镜差异小(图1B),二者差异绝对值小于验光最小增减度数0.25 D,为临床可接受范围。Pearson相关性分析结果显示,电脑验光球镜、柱镜、等效球镜与综合验光仪主觉验光球镜、柱镜、等效球镜均呈正相关( $r = 0.7994, 0.7929, 0.8118$ ,均 $P < 0.01$ )。

2.3 OPD-Scan III自动验光与综合验光仪主觉验光的一致性及其差异分析 OPD-Scan III自动验光与综合验光仪主觉验光结果比较见表2。Bland-Altman图显示二者球镜、柱镜、等效球镜的差异值一致性较好(图2)。Pearson相关性分析结果显示,OPD-Scan III自动验光球镜、柱镜、等效球镜与主觉验光球镜、柱镜、等效球镜均呈正相关( $r = 0.4410, 0.4982, 0.5224$ ,均 $P < 0.01$ )。

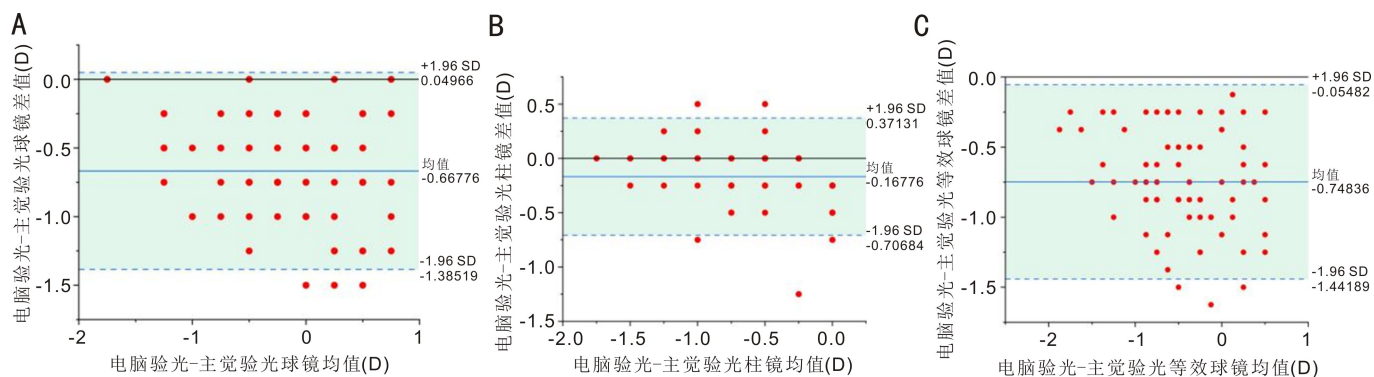


图1 电脑验光与综合验光仪主觉验光的 Bland-Altman 图 A: 球镜; B: 柱镜; C: 等效球镜。

表1 电脑验光与综合验光仪主觉验光结果比较

( $\bar{x} \pm s, D$ )

仪器	球镜	柱镜	等效球镜
电脑验光	$-0.83 \pm 0.59$	$-0.73 \pm 0.41$	$-1.19 \pm 0.59$
综合验光仪主觉验光	$-0.15 \pm 0.56$	$-0.56 \pm 0.44$	$-0.44 \pm 0.56$
<i>t</i>	15.90	5.32	18.44
<i>P</i>	<0.0001	<0.0001	<0.0001
差异值	$-0.67 \pm 0.37$	$-0.17 \pm 0.28$	$-0.75 \pm 0.35$
差异绝对值	$0.67 \pm 0.37$	$0.21 \pm 0.24$	$0.75 \pm 0.35$

表2 OPD-Scan III自动验光与综合验光仪主觉验光结果比较

( $\bar{x} \pm s, D$ )

仪器	球镜	柱镜	等效球镜
OPD-Scan III自动验光	$0.12 \pm 0.70$	$-0.66 \pm 0.41$	$-0.22 \pm 0.65$
综合验光仪主觉验光	$-0.15 \pm 0.56$	$-0.56 \pm 0.44$	$-0.44 \pm 0.56$
<i>t</i>	3.53	2.02	3.31
<i>P</i>	0.0007	0.0472	0.0015
差异值	$0.27 \pm 0.67$	$-0.10 \pm 0.43$	$0.23 \pm 0.60$
差异绝对值	$0.63 \pm 0.36$	$0.35 \pm 0.26$	$0.53 \pm 0.36$

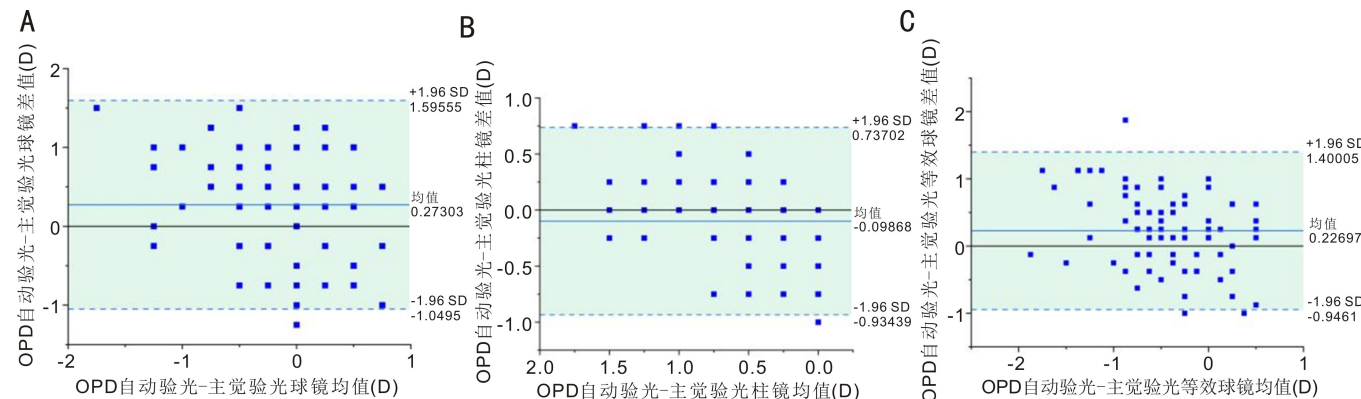


图2 OPD-Scan III自动验光与综合验光仪主觉验光比较的Bland-Altman图 A:球镜; B:柱镜; C:等效球镜。

### 3 讨论

白内障术后屈光状态是白内障手术效果评价的重要组成部分。为达到矫正老视、术后脱镜的目的而产生功能型 IOL 同样需要准确的术后验光结果评价手术效果并验证术前生物学测量和 IOL 计算的准确性,功能型 IOL 具有不同的设计原理及特点<sup>[15-16]</sup>,使得术后屈光状态的准确评估难度增加。电脑验光和 OPD-Scan III 自动验光可以客观、迅速地得到检查眼的屈光状态,对于植入具有特殊设计的景深延长型 IOL 的患者,本研究证实,电脑验光、OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光一致性较好,电脑验光球镜和等效球镜平均差异较大,但均呈现近视偏差,柱镜差异小;OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光平均差异较小,但差异方向不稳定,有时为近视偏差,有时为远视偏差。

TECNIS® Symphony 是最早在中国使用的连续视程 IOL,其使用专利的 Echelette 小阶梯衍射光栅技术,通过优化衍射阶梯宽度、高度和轮廓,使不同区域光的相长干涉,将“焦点”拉长为“焦线”,获得较深的景深<sup>[17-20]</sup>。同时,专利消色差技术消除角膜方面的色差,从而降低全眼色差<sup>[21]</sup>,联合消球差技术和采用高透光度材质,可以提升焦线上的成像对比度,从而获得一段清晰的焦线,达到获得高质量实用性连续视程的目的<sup>[22]</sup>。焦线的任意一点落在视网膜患者均可获得最佳远视力,但只有焦线最远点落在视网膜上时,整段焦线才能得到充分利用,获得连续视程。因此,连续视程 IOL 验光的目的是确定焦线最远点位置落在视网膜上时的屈光度数。连续视程类似青少年假性近视,综合验光仪主觉验光时需要采用最大正镜验光法进行,且过程中除为了验证最终验光度数外,不能递增度数进行验光。且由于 TECNIS® Symphony 的消色差设计,基于色像差原理的红绿视标检测需要谨慎使用。

大部分电脑验光仪是基于间接眼底镜原理设计的,使用了两个物镜或聚焦镜和一个分光器。波长为 800-950 nm 的红外光直接由瞳孔缘进入,检测光标可以沿着投影系统的轴向移动,位于前焦面的投影镜片,其像将在无穷远处,则在正视眼的视网膜上清晰聚焦;如果被检眼为屈光不正眼,检测光标前后移动,使得其像在视网膜上聚焦,从而通过改变进入眼睛的光线聚散度来使光标清晰地成像在视网膜上,自动计算出眼的屈光度。Hashemi 等<sup>[23]</sup> 研究结果表明电脑验光仪可以准确评估年

龄大于 60 岁的人工晶状体眼的屈光状态,但未按照人工晶状体的种类进行分类和比较分析。由于 TECNIS® Symphony 的连续视程设计,任意一束可以使焦线落在视网膜上的光束均可在视网膜上呈现清晰的像,因此电脑验光的结果可以为使焦线上任何一点落在视网膜上的屈光度,而综合验光仪主觉验光的结果为焦线最远点落在视网膜上时的屈光度,所以,比较于综合验光仪主觉验光,电脑验光的结果可能与之相同,且更大概率为不同程度偏近视。本研究的结果也证实电脑验光的结果不同程度的偏近视,与 Haddad 等<sup>[24]</sup> 研究结果一致。Ota 等<sup>[25]</sup> 研究证实电脑验光结果较综合验光仪主觉验光结果偏近视是由于电脑验光采用红外光进行检查,TECNIS® Symphony 的小阶梯衍射光栅设计会引起红外光检查时的色差,从而导致电脑结果偏近视。多项研究证实在植入多焦点晶状体后电脑验光的结果偏向于负值<sup>[26-27]</sup>。本研究证实电脑验光与综合验光仪主觉验光一致性好,且电脑验光均偏近视,二者等效球镜差值的平均值为 -0.75 D,电脑验光等效球镜加 +0.75 D 与主觉验光 SE 差异较小。

OPD-Scan III 自动验光以视网膜检眼镜双程技术为原理,采用极小的带状光作为检测光,此光束通过人眼的屈光系统投射至视网膜,以平移、旋转的方式进行扫描,从视网膜返回的光线在经过一个通光孔后被探测器收集。若被测人眼具有屈光不正,从视网膜上反射回来的光束在受到通光孔限制后,以不同的方向、不同的速度、不同的时间到达探测器而被收集分析,从而计算出被测人眼的屈光度。OPD-Scan III 自动验光可以获得瞳孔区每个点的屈光不正度数,并以地形图形式体现全眼瞳孔区的屈光状态。Mcginigle 等<sup>[28]</sup> 对于成年人眼的研究中 OPD-Scan III 自动验光与非睫状肌麻痹主觉验光有较好的一致性。Yeung 等<sup>[29]</sup> 研究证实 OPD-Scan III 自动验光可以较好的评估屈光手术前眼部的屈光状态。视网膜检影是通过获得“最远点”换算得到检查眼的屈光不正度数。TECNIS® Symphony 运用小阶梯衍射光栅技术,本研究证实其植入术后 OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光结果差异较小,可能因为该晶状体对视网膜检影产生的干扰较小。二者一致性较好,临床上其结果可作为参考。

白内障患者对术后较高视觉质量的追求促进了功能型人工晶状体的发展,多焦点 IOL、可调节型 IOL、连续视程 IOL 等多种类型的老视矫正型 IOL 越来越多的应用于

临床。新型功能型 IOL 植入相当于在眼内引入了一个新的光学系统,术后验光时需要各类晶状体的特点有充分的认知。本研究以植入 TECNIS® Symphony 的患者为研究对象,证实患者术后电脑验光、OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光一致性较好,电脑验光球镜和等效球镜平均差异较大,但均呈现近视偏差,柱镜差异小;OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光平均差异较小,但差异方向不稳定,有时为近视偏差,有时为远视偏差。医师和视光师在对景深延长型人工晶状体植入后患者进行验光时要警惕电脑验光偏近视,要在电脑验光的基础上加 1.5 D 进行充分雾视,并按照步骤进行主觉验光,以提高术后验光结果的准确性和可参考性。本研究中电脑验光与综合验光仪主觉验光的差异大于 OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光的差异,但电脑验光与综合验光仪主觉验光的一致性明显优于 OPD-Scan III 自动验光与综合验光仪主觉验光的一致性。电脑验光与主觉验光等效球镜差值的平均值为-0.75 D,电脑验光等效球镜加+0.75 D 可以作为综合验光仪主觉验光等效球镜近似值快速评估 TECNIS® Symphony 植入术后患者的屈光状态,但是由于本研究本研究的样本量较少,研究结果的泛化能力相对较差,需要更大的样本量验证该结论的可靠性,这也是我们今后的研究方向。

#### 参考文献

[1] Jeon YJ, Yoon Y, Kim TI, et al. Comparison between an intraocular lens with extended depth of focus (tecnis symfony ZXR00) and a new monofocal intraocular lens with enhanced intermediate vision (tecnis eyhance ICB00). *Asia Pac J Ophthalmol*, 2021,10(6):542-547.

[2] Cochener B, Concerto Study Group. Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens: international multicenter concerto study. *J Cataract Refract Surg*, 2016,42(9):1268-1275.

[3] Liu Y, Wei D, Bai T, et al. Using machine learning to predict post-operative depth of focus after cataract surgery with implantation of Tecnis Symphony. *Eur J Ophthalmol*, 2021,31(6):2938-2946.

[4] 葛坚,王宁利.第3版,眼科学.北京:人民卫生出版,2017:421-424.

[5] Bellucci C, Mora P, Tedesco SA, et al. Automated and subjective refraction with monofocal, multifocal, and EDOF intraocular lenses: review. *J Cataract Refract Surg*, 2023,49(6):642-648.

[6] Tan Q, Ng AL, Cheng GP, et al. Repeatability of pupil size measurements with NIDEK OPD - Scan III in myopic children. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2021,41(2):431-436.

[7] Wan KH, Liao XL, Yu M, et al. Wavefront aberrometry repeatability and agreement - a comparison between Pentacam AXL Wave, iTrace and OPD-Scan III. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022,42(6):1326-1337.

[8] Asgari S, Hashemi H, Jafarzadehpur E, et al. OPD-Scan III: a repeatability and inter-device agreement study of a multifunctional device in emmetropia, ametropia, and keratoconus. *Int Ophthalmol*, 2016,36(5):697-705.

[9] Vilaseca M, Arjona M, Pujol J, et al. Non-cycloplegic spherical equivalent refraction in adults: comparison of the double-pass system, retinoscopy, subjective refraction and a table-mounted autorefractor. *Int J Ophthalmol*, 2013,6(5):618-625.

[10] Bissen-Miyajima H, Minami K, Yoshino M, et al. Autorefraction after implantation of diffractive multifocal intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg*, 2010,36(4):553-556.

[11] Ruiss M, Findl O, Draschl P, et al. Agreement and variability of subjective refraction, autorefraction, and wavefront aberrometry in pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(8):1056-1063.

[12] Muñoz G, Albarrán-Diego C, Sakla HF. Autorefraction after multifocal IOLs. *Ophthalmology*, 2007,114(11):2100.

[13] Albarrán-Diego C, Muñoz G, Rohrweck S, et al. Validity of automated refraction after segmented refractive multifocal intraocular lens implantation. *Int J Ophthalmol*, 2017,10(11):1728-1733.

[14] Garzón N, García-Montero M, López-Artero E, et al. Influence of trifocal intraocular lenses on standard autorefraction and aberrometer-based autorefraction. *J Cataract Refract Surg*, 2019,45(9):1265-1274.

[15] Rampat R, Gatinel D. Multifocal and extended depth-of-focus intraocular lenses in 2020. *Ophthalmology*, 2021,128(11):e164-e185.

[16] Alio JL, Plaza-Puche AB, Fernández-Buenaga R, et al. Multifocal intraocular lenses: an overview. *Surv Ophthalmol*, 2017,62(5):611-634.

[17] Shin DE, Lee H, Kim TI, et al. Comparison of visual results and optical quality of two presbyopia-correcting intraocular lenses: TECNIS symfony versus TECNIS synergy. *Eur J Ophthalmol*, 2022,32(6):3461-3469.

[18] Akella SS, Juthani VV. Extended depth of focus intraocular lenses for presbyopia. *Curr Opin Ophthalmol*, 2018,29(4):318-322.

[19] Tan JL, Qin Y, Wang CP, et al. Visual quality and performance following bilateral implantation of TECNIS Symphony intraocular lenses with or without micro-monovision. *Clin Ophthalmol*, 2019,13:1071-1077.

[20] Domínguez-Vicent A, Esteve-Taboada JJ, Del Águila-Carrasco AJ, et al. *In vitro* optical quality comparison between the Mini WELL Ready progressive multifocal and the TECNIS Symphony. *Albrecht Von Graefes Arch Fur Klin Und Exp Ophthalmol*, 2016,254(7):1387-1397.

[21] Millán MS, Vega F. Extended depth of focus intraocular lens: chromatic performance. *Biomed Opt Express*, 2017,8(9):4294-4309.

[22] 王广江,刘志英,冯月兰,等.高度近视合并白内障植入 Symphony 与 ZMB00 IOL 视觉质量比较. *国际眼科杂志*, 2022,22(11):1782-1787.

[23] Hashemi H, Asharous A, Jamali A, et al. Auto-refraction versus subjective refraction in different phakic and pseudophakic conditions; the Tehran geriatric eye study (TGES). *Int J Ophthalmol*, 2023,16(8):1309-1316.

[24] Haddad JS, Gouvea L, Ferreira JL, et al. Impact of a chromatic aberration-correcting intraocular lens on automated refraction. *J Refract Surg*, 2020,36(5):334-339.

[25] Ota Y, Minami K, Oki S, et al. Subjective and objective refractions in eyes with extended-depth-of-focus intraocular lenses using echelette optics: clinical and experimental study. *Acta Ophthalmol*, 2021,99(6):e837-e843.

[26] van der Linden JW, Vrijman V, Al-Saady R, et al. Autorefraction versus subjective refraction in a radially asymmetric multifocal intraocular lens. *Acta Ophthalmol*, 2014,92(8):764-768.

[27] Muñoz G, Albarrán-Diego C, Sakla HF. Validity of autorefraction after cataract surgery with multifocal ReZoom intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg*, 2007,33(9):1573-1578.

[28] McGinnigle S, Naroo SA, Eperjesi F. Evaluation of the auto-refraction function of the nidek OPD-scan III. *Clin Exp Optom*, 2014,97(2):160-163.

[29] Yeung IY, Mantry S, Cunliffe IA, et al. Correlation of Nidek OPD-Scan objective refraction with subjective refraction. *J Refract Surg*, 2004,20(5 Suppl):S734-S736.