

doi:10.3969/j.issn.1005-3697.2026.03.004

✦ 临床医学研究 ✦

# 不同轴向的-0.25 度柱镜对低度近视视觉质量的影响

文佰伟, 廖莹

(川北医学院附属医院眼科, 川北医学院眼视光医学院, 四川 南充 63700)

**【摘要】目的:** 探讨不同轴向的-0.25 度柱镜对低度近视视觉质量的影响。**方法:** 选取 374 名-0.50~-3.00 D 近视合并不同轴向-0.25 D 散光的健康青年眼(374 眼)为研究对象,通过球镜矫正和球柱镜矫正两种方式分别获得每个受试者屈光度处方和最佳矫正视力(CDVA, logMAR)。采用双通道视觉质量分析系统(OQAS)测量两种矫正方法的光学质量参数[客观散射指数(OSI),调制传递函数截止值(MTF cutoff),Strehl 比(SR)和模拟对比视力度(OV)]。比较不同轴向(顺规, WTR; 逆规, ATR; 斜轴, OBL)的-0.25 D 散光患者采用两种矫正方式后的结果。**结果:** 受试者的 374 眼中,除-0.25 D WTR 散光外,ATR 和 OBL 散光的球柱镜矫正均显示出更好的 CDVA( $P<0.05$ )。-0.25 D WTR 散光眼的光学参数比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。对-0.25 D ATR 散光眼,球柱镜矫正除 SR 和 9% VA 外的光学参数中均显示出更好的结果( $P<0.05$ )。对于-0.25 D OBL 散光眼,球柱镜矫正除 OSI, SR 和 9% VA 外的光学参数中均显示出更好的结果( $P<0.05$ )。**结论:** 低度近视合并-0.25 D ATR 或 OBL 散光眼结合柱镜矫正可以改善光学质量和视敏度。

**【关键词】** 轴向;低度散光;近视;柱镜;视觉质量;双通道光学质量分析系统(OQAS)

**【中图分类号】** R778.11 **【文献标志码】** A

## The impact of different Axis -0.25D cylindrical lenses on visual quality in low-myopic eyes

WEN Bai-wei, LIAO Xuan

(Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan, China)

**【Abstract】Objective:** To explore the impact of different Axis -0.25D cylindrical lenses on visual quality in low-myopic eyes. **Methods:** A cross-sectional study was conducted, enrolling healthy young eyes (374 eyes) with -0.50 to -3.00 D myopia and different axis orientations of -0.25 D astigmatism. A repeated-measures design was used, with spherical and spherocylindrical corrections applied to obtain refractive prescriptions and best-corrected visual acuity (CDVA, logMAR) for each participant. The optical quality parameters of the two correction methods were measured using a double-pass optical quality analysis system (OQAS), including Objective Scattering Index (OSI), Modulation Transfer Function cutoff (MTF cutoff), Strehl Ratio (SR), and simulated contrast visual acuity-OQAS values (OV). The results were compared within each axis orientation (WTR, ATR, OBL). **Results:** In 374 participants (374 eyes), except for -0.25 D WTR astigmatism, both ATR and OBL astigmatism showed better CDVA with spherocylindrical correction ( $P<0.05$ ). For -0.25 D WTR astigmatism, all optical parameters showed no statistical differences ( $P>0.05$ ). For -0.25 D ATR astigmatism, spherocylindrical correction showed better results in all optical parameters except SR and 9% VA ( $P<0.05$ ). For -0.25 D OBL astigmatism, spherocylindrical correction showed better results in all optical parameters except OSI, SR, and 9% VA ( $P<0.05$ ). **Conclusion:** Low-myopic eyes with -0.25D ATR or OBL astigmatism can benefit from improved optical quality and visual acuity with cylindrical lens correction.

**【Key words】** Axis; Low astigmatism; Myopia; Cylindrical lens; Visual quality; Double-pass optical quality analysis system

散光是全球常见的屈光不正之一,大多数可测量散光的人群表现出 $<1.00$  D 的柱镜<sup>[1]</sup>。散光患者常伴有视力质量下降、眩光、夜间驾驶困难等问题,且未矫正的散光会增加患者的经济负担和生产

力损失<sup>[2]</sup>。有研究<sup>[3]</sup>表明, $<0.50$  D 的散光对视力不产生影响,因为 $<0.50$  D 的散光矫正的视觉益处临床环境中会受到限制,一般认为 $<0.50$  D 的散光可能被眼睛调节能力代偿或仪器误差覆盖,一般

基金项目:四川省科技厅自然科学基金项目(2023NSFSC0595)

作者简介:文佰伟(1987-),女,硕士,主管技师。E-mail:454485331@qq.com

通讯作者:廖莹。E-mail:aleexand@163.com

不单独诊断或定制镜片,且不会被认为具有视觉改善显著性。在传统配镜中,普通眼镜镜片国内生产允差为 $\pm 0.12$  D,即25度球镜镜片,柱镜屈光矫正最小为 $0.50$  D<sup>[4]</sup>。随着科学技术的发展,主客一体双眼波前验光仪实现精准验光,首次使“测、矫、评”三个原本独立的功能在一台设备上同步实现,打破传统验光 $0.25$  D间隔,验光精确到 $0.05$  D,最终成果是形成以 $0.05$  D(即5度)间隔调整球镜或柱镜所制作而成的框架眼镜。5度精密处方镜片是使用高精度加工设备将镜片允差控制在 $\pm 0.03$  D。研发的 $0.05$  D球镜间隔( $\pm 0.02$  D精度)的验光片已经有了生产加工能力<sup>[5]</sup>。课题组前期研究<sup>[6]</sup>显示, $> -0.50$  D的斜轴和逆规散光对低度近视的视力和光学质量影响明显,现实中主观验光常常发现 $-0.25$  D的斜轴和逆规散光对视力有影响。本研究旨在探讨不同轴向的 $-0.25$ 度柱镜对低度近视视觉质量的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取2024年1月至2025年4月川北医学院附属医院374名 $-0.50\sim -3.00$  D近视合并不同轴向 $-0.25$  D散光的健康青年眼(374眼,其中 $-0.25$ D WTR 122眼, $-0.25$ D ATR 127眼, $-0.25$ D OB 125眼)为研究对象。 $-0.25$ D WTR中,男性60名,女性62名;年龄( $18.37\pm 4.977$ )岁;眼别:右眼(OD)64眼,左眼(OS)58眼;屈光度( $-1.571\pm 0.852$ )D。 $-0.25$ D ATR中,男性64名,女性63名;年龄( $23.89\pm 5.054$ )岁;眼别:OD62眼,OS65眼;屈光度( $-1.818\pm 0.891$ )D。 $-0.25$ D OBL中,男性61名,女性64名;年龄( $21.00\pm 5.358$ )岁;眼别:OD62眼,OS63眼;屈光度( $-1.695\pm 1.066$ )D。本研究经医院伦理委员会批准,受试者知情同意。不同轴向散光受试者一般资料比较,差异无统计学意义( $P>0.05$ )。纳入标准:(1)年龄 $18\sim 25$ 岁;(2)身体健康;(3)具有矫正远视力(CDVA) $0.00$ (LogMAR)或更好,双眼眼镜平面的柱镜为 $-0.25$  D,球镜为 $-0.50$  D $\sim -3.00$  D。排除标准:眼部疾病和眼部手术史。

### 1.2 方法

自动电脑验光仪(ARK-510 A, NIDEK CO, LTD, Gamagori, Japan)获取患者初始屈光度数,最佳球镜矫正和最佳球柱镜矫正( $85$  cd/m<sup>2</sup>),使用杰克逊交叉柱镜法和试戴框架记录主观验光,获得两种矫正方式的CDVA(Precision Vision, LaSalle, IL, USA)和球镜度、散光度和轴向处方。 $-0.25$  D

散光轴向分组定义如下:顺规(WTR)为 $60\sim 120^\circ$ ;逆规(ATR)为 $1\sim 30^\circ$ 或 $150\sim 180^\circ$ ;斜轴(OBL)为 $31\sim 59^\circ$ 或 $121\sim 149^\circ$ 。本研究中使用双通道视觉质量分析系统(OQAS)(OQAS II; Visiometrics SL; Terrassa; Spain)测量方案为中间视觉范围( $3$  cd/m<sup>2</sup>),出射孔径为 $4$  mm,所有受试者在评估前确认自然瞳孔 $>4$  mm。研究在暗室环境下进行,并记录平均瞳孔直径,确保测量时瞳孔稳定 $>4$  mm,每眼连续测量3次,取客观散射指数(OSI)、调制传递函数截止值(MTF cutoff)、Strehl比(SR)和模拟对比视力值(OV)均值用于分析。分别获得球镜和球柱镜两种矫正模式的光学质量测量值。所有评估均由一名经验丰富的检查员进行。要求所有受试者在两种矫正模式的评估之间休息 $5$  min。

### 1.3 观察指标

(1) $-0.25$ D不同轴向散光球镜矫正和球柱镜矫正CDVA(logMAR);(2) $-0.25$  D不同轴向散光球镜矫正和球柱镜矫正OQAS参数:包括OSI、MTF cutoff、SR、OVs(100% VA、20% VA、9% VA)。其中,OSI指外周环形区域的光与中心峰的光的比率,量化眼内散射;MTF cutoff即x轴上MTF曲线的截止点,可以直接从点扩散函数(PSF)计算,表示MTF达到1%的最低对比度的最高空间频率,MTF cutoff越高,表示光学质量越好;SR为像差PSF和理想PSF中的峰值焦点强度的比率,当其=1时指示完美光学系统,且当其 $<1$ 时指示像差光学系统;OVs是指对比度视力为100%、20%、9%时的OV(OQAS value)值(OV100%、OV20%、OV9%)响应于MTF cutoff的3个不同空间频率除以3个对比度水平的30个周期/度,较高的OV值表示较好的光学质量。

### 1.4 统计学分析

采用SPSS 20.0软件对数据进行处理与分析。计量资料符合正态分布且方差齐性,以( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较行独立样本 $t$ 检验;计数资料以 $[n(\%)]$ 表示,组间比较行独立样本 $\chi^2$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 $-0.25$ D不同轴向散光球镜矫正和球柱镜矫正CDVA(logMAR)比较

三组受检者的LogMAR CDVA均 $<0.00$ , LogMAR CDVA均值 $-0.25$  D WTR最优。除 $-0.25$  D WTR散光外, $-0.25$  D ATR和 $-0.25$  D OBL散光通过球柱镜矫正显示出更好的LogMAR CDVA( $P<0.05$ )。见表1及图1。

## 2.2 -0.25 D WTR 散光球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较

-0.25D WTR 散光球镜矫正和球柱镜矫正的 OSI、MTF cutoff、SR、OVs 比较, 差异均无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 2。

表 1 -0.25D 散光不同轴向球镜矫正和球柱镜矫正 CDVA (logMAR) 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

散光轴向	球镜矫正	球柱镜矫正	球镜矫正-球柱镜矫正	t 值	P 值
-0.25D WTR (n=122)	-0.059±0.029	-0.057±0.028	-0.002±0.016	-0.649	0.521
-0.25D ATR (n=127)	-0.031±0.027	-0.050±0.030	0.019±0.021	5.466	0.001
-0.25D OBL (n=125)	0.000±0.006	-0.016±0.021	0.017±0.019	5.003	0.001

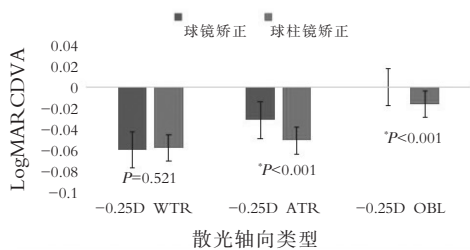


图 1 -0.25D 散光不同轴向球镜矫正和球柱镜矫正 CDVA (logMAR) 比较

表 2 -0.25D WTR 散光球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较 ( $\bar{x} \pm s, n=122$ )

参数	球镜矫正	球柱镜矫正	球镜矫正-球柱镜矫正	t 值	P 值
OSI	0.423±0.249	0.391±0.216	0.031±0.149	1.247	0.221
MTF cutoff	43.573±9.074	44.891±7.488	-1.318±6.005	-1.298	0.203
SR	0.257±0.075	0.262±0.072	-0.005±0.058	-0.542	0.591
100% VA	1.451±0.311	1.497±0.243	-0.046±0.192	-1.412	0.167
20% VA	1.106±0.306	1.154±0.249	-0.049±0.188	-1.525	0.137
9% VA	0.703±0.261	0.734±0.204	-0.031±0.157	-1.186	0.244

## 2.3 -0.25D ATR 散光向球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较

-0.25D ATR 散光除 SR 和 9% VA 外, 球柱镜矫正后 OSI、MTF cutoff、100% VA、20% VA 显示出更好的结果 ( $P < 0.05$ )。见表 3。

表 3 -0.25D ATR 散光球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较 ( $\bar{x} \pm s, n=127$ )

参数	球镜矫正	球柱镜矫正	球镜矫正-球柱镜矫正	t 值	P 值
OSI	0.546±0.330	0.441±0.324	0.105±0.147	4.359	0.001
MTF cutoff	41.931±8.667	44.640±7.633	-3.709±5.931	-3.804	0.001
SR	0.237±0.054	0.242±0.059	-0.005±0.049	-0.589	0.560
100% VA	1.357±0.288	1.489±0.260	-0.132±0.199	-4.054	0.001
20% VA	1.011±0.262	1.141±0.267	-0.130±0.182	-4.327	0.001
9% VA	0.632±0.170	0.665±0.192	-0.032±0.120	-1.640	0.110

## 2.4 -0.25D OBL 散光向球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较

-0.25D OBL 散光除 OSI、SR 和 9% VA 外, 球柱镜矫正后 MTF cutoff、100% VA、20% VA 显示出更好的结果 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 4 -0.25D OBL 散光球镜矫正和球柱镜矫正 OQAS 参数比较 ( $\bar{x} \pm s, n=125$ )

参数	球镜矫正	球柱镜矫正	球镜矫正-球柱镜矫正	t 值	P 值
OSI	0.441±0.295	0.400±0.240	0.041±0.134	1.714	0.096
MTF cutoff	44.128±9.033	46.658±7.894	-2.530±5.327	-2.687	0.011
SR	0.253±0.080	0.258±0.069	-0.005±0.056	-0.462	0.647
100% VA	1.466±0.314	1.547±0.263	-0.081±0.180	-2.548	0.016
20% VA	1.097±0.315	1.194±0.299	-0.097±0.184	-2.978	0.006
9% VA	0.697±0.253	0.728±0.225	-0.031±0.135	-1.305	0.201

## 3 讨论

本研究中, 所有受试者的 LogMAR CDVA 均为 0.00 或更好, LogMAR CDVA 均值 WTR 组最优, 与先前的研究<sup>[7]</sup>一致, 即 WTR 散光引起的远视力下降小于 ATR 或 OBL 散光。除 -0.25 D WTR 散光外, -0.25D ATR 和 -0.25 D OBL 均观察到球柱镜矫正的 CDVA 更好 ( $P < 0.05$ ), 表明 ATR 和 OBL 散光量为 -0.25 D 就可以通过柱镜矫正提高视力, 但本研究只选取了低度近视患者, -0.25 D 不同轴向的散光对中和高度近视的视觉质量是否同样有影响, 需要进一步收集数据来证明。Atchison 等<sup>[8]</sup>放置了不同度数和轴的交叉柱面透镜, 结果发现, 散光  $\leq 0.75$  D 会导致视力下降, 视力下降程度与柱镜轴有关, 且 0.75 D 散光产生的视觉敏锐度损失是由相同模糊强度的离焦产生的视觉敏锐度损失的两倍。Lehmann 等<sup>[9]</sup>比较了残余散光为 0.50~0.75 D 的人工晶状体眼完全屈光矫正或等效球镜矫正的视觉性能, 发现低散光眼的高对比度和低对比度视力均显著受益于完全矫正, 本研究结果进一步证实了低至 -0.25 D 的 ATR 或 OBL 散光水平对视力也有明显影响。

光学质量参数的结果与矫正视力的结果基本一致。对于 -0.25 D ATR 和 OBL 眼睛, 球柱镜矫正观察到 MTF、100% VA、20% VA 三个光学质量参数的结果一致更好 ( $P < 0.05$ ), 表明矫正 -0.25 D ATR 和 OBL 散光会提高图像质量。对于 -0.25 D WTR 眼睛, 球柱镜矫正的 6 个参数均无明显变化 ( $P > 0.05$ ), 表明 -0.25 D WTR 散光不会降低图像质量; ATR 和 OBL 散光图像质量劣化程度大于 WTR 散光。Ye 等<sup>[10]</sup>发现, 45° 和 90° 轴位的低度散光对视觉质量的影响比 180° 轴位更明显, 与本研

究结果基本一致。Villegas等<sup>[3]</sup>通过从测量的高阶像差(HOA)中计算SR来评估光学质量,发现在散光范围为0~0.50D的正常年轻眼中,散光的矫正提高了光学质量,且在自然散光条件下的光学质量(所有像差)和散光(移除所有HOA)存在减缓了散光眼光学质量恶化的进程,并据此认为,散光>0.30D时图像质量的恶化受到HOA的限制。本研究进一步证实了这一点,在-0.25D散光眼中,球柱镜矫正对SR无明显的益处。然而,与Villegas等<sup>[3]</sup>的研究(目标散光范围高达0.50D)相比,本研究将散光固定在-0.25D,所有轴向的球柱镜矫正均不能改善SR和9%VA,9%VA模拟的是夜间视力,原因可能是夜间瞳孔较大,HOA更高,HOA的存在不足以补偿-0.25D的散光导致图像质量恶化,而Villegas等<sup>[3]</sup>的研究未涵盖这一点。此外,除了Villegas等评估的光学质量参数SR外,本研究进行了综合评估,包括OSI,MTF和OV,同时还考虑了轴向对光学质量的影响,这为指导低至-0.25D散光的矫正提供了更全面和具体的信息。

本研究结果显示,WTR较ATR和OBL散光矫正视力更好( $P<0.05$ ),WTR具有优势的潜在机制如下:(1)字母间距在水平方向上比在垂直方向上更接近,这可能导致更大的水平模糊(ATR,陡轴180附近);(2)人类初级视觉皮层更喜欢垂直和水平刺激,而不是倾斜刺激<sup>[11]</sup>;(3)通过使睑裂变窄而产生垂直针孔效应,这可能导致WTR散光优于其他方向。值得注意的是,这些机制假设都是基于关于主观视觉性能的发现。相反,在本研究中,以客观光学质量评价的方式研究了散光轴的影响,其中不涉及字母间距或文本方向的影响。然而,在本研究中,WTR散光也发现了类似的优势,表明不同方向的字母间距差异对视觉的影响可能并不明显。本研究结果倾向于支持后两种机制假说,这可以得到Kobashi等<sup>[12]</sup>研究的支持。进一步的关注应集中在确定视觉轴对视觉的不同影响的确切机制上,尽管在本研究中发现了令人满意的视觉结果,但由于某些原因,低水平散光的矫正仍然具有挑战性:(1)尽管复曲面人工晶状体或复曲面角膜接触镜的旋转稳定性已获得明显改善,但在某些情况下,透镜旋转对于矫正低度散光仍然是一个问题<sup>[13-14]</sup>;(2)通常进行几种角膜切口手术来矫正低度角膜散光;但需要有经验的手术技能来提高矫正的精度和可预测性<sup>[15]</sup>;(3)角膜散光具有随年龄从WTR向ATR变化的趋势,有必要考虑年龄的影响,在老年人白内障手术中矫正角膜散光时,相关轴移位<sup>[16]</sup>。

本研究的局限性在于:(1)主观视觉表现的焦点

仅在于远视力。如Serra等<sup>[17]</sup>所提出,低水平散光在调节中起重要作用,从而改变了近距离工作时的焦深,并且视轴在远视力和近视力中的作用发生了变化。尽管WTR在远视力上优于ATR和OBL散光,但调节通常伴随瞳孔缩小,因此推测,较小瞳孔的针孔效应,精确的柱镜矫正对近视的影响可能较小<sup>[18]</sup>;(2)本研究未测量HOA,有研究显示,HOA随近视和散光量的增加而增加,散光轴向与三阶像差可能存在弱相关性<sup>[19]</sup>。如Villegas等<sup>[3]</sup>报道,HOA可以在一定程度上补偿低度散光引起的光学质量下降,未来的研究应更多地关注如何在中度和高度近视人群中矫正低至-0.25D的散光对视觉质量的影响,以获得最佳的视觉效果。本研究对象仅为18~25岁低度近视人群,结果外推至中老年或高度近视人群需谨慎<sup>[20]</sup>。

综上,低度近视合并-0.25DATR或OBL散光眼结合柱镜矫正可以改善光学质量和视敏度。通过综合光学质量和视力评估,对于低度近视合并-0.25D的ATR或OBL眼睛,结合柱镜矫正可以改善光学质量和视力,特别是对远视力要求较高的近视手术患者或框架眼镜配戴者低至-0.25D的逆规和斜轴散光在主觉验光中都应考虑得到矫正。

#### 参考文献

- [1] Read SA, Collins MJ, Carney LG. A review of astigmatism and its possible genesis[J]. *Clinical and Experimental Optometry*, 2007, 90(1): 5-19.
- [2] Zhang J, Wu Y, Sharma B, et al. Epidemiology and burden of astigmatism: a systematic literature review[J]. *Optometry and Vision Science*, 2023, 100(3): 218-231.
- [3] Villegas EA, Alcón E, Artal P. Minimum amount of astigmatism that should be corrected[J]. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2014, 40(1): 13-19.
- [4] Evans JR, Lawrenson JG, Ramke J, et al. Identification and critical appraisal of evidence for interventions for refractive error to support the development of the WHO package of eye care interventions: a systematic review of clinical practice guidelines[J]. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2022, 42(3): 526-533.
- [5] 甄毅,魏士飞,高杰,等.降低球镜验光片间隔在提升红绿平衡试验实现率及视觉质量上的效果[J]. *眼科*, 2021, 30(3): 184-188.
- [6] Tan QQ, Wen BW, Liao X, et al. Optical quality in low astigmatic eyes with or without cylindrical correction[J]. *Graefes' s Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2020, 258(2): 451-458.
- [7] Mimouni M, Nemet A, Pokroy R, et al. The effect of astigmatism axis on visual acuity[J]. *European Journal of Ophthalmology*, 2017, 27(3): 308-311.
- [8] Atchison DA, Mathur A. Visual acuity with astigmatic blur[J]. *Optometry and Vision Science*, 2011, 88(7): e798-e805.

- [9] Lehmann RP, Houtman DM. Visual performance in cataract patients with low levels of postoperative astigmatism: full correction versus spherical equivalent correction[J]. *Clinical Ophthalmology*, 2012, 6: 333–338.
- [10] Ye LY, Li SF, Zuo JJ, *et al.* Effect of low-degree astigmatism on the objective visual quality [J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2024, 17(6): 1086–1093.
- [11] Furmanski CS, Engel SA. An oblique effect in human primary visual cortex[J]. *Nature Neuroscience*, 2000, 3(6): 535–536.
- [12] Kobashi H, Kamiya K, Shimizu K, *et al.* Effect of axis orientation on visual performance in astigmatic eyes[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2012, 38(8): 1352–1359.
- [13] Maedel S, Hirschschall N, Chen YA, *et al.* Rotational performance and corneal astigmatism correction during cataract surgery: Aspheric toric intraocular lens versus aspheric nontoric intraocular lens with opposite clear corneal incision[J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2014, 40(8): 1355–1362.
- [14] Momeni-Moghaddam H, Naroo SA, Askarizadeh F, *et al.* Comparison of fitting stability of the different soft toric contact lenses [J]. *Contact Lens and Anterior Eye*, 2014, 37(5): 346–350.
- [15] Rigi M, Al-Mohtaseb Z, Weikert MP. Astigmatism correction in cataract surgery: toric intraocular lens placement versus peripheral corneal relaxing incisions[J]. *International Ophthalmology Clinics*, 2016, 56(3): 39–47.
- [16] Zhang M, Qin R, Liao Y, *et al.* Risk factors for error in refractive astigmatism after toric intraocular lens implantation in Chinese patients[J]. *BMC Ophthalmology*, 2025, 25(1): 309.
- [17] Serra P, Chisholm C, Sanchez trancon A, *et al.* Distance and near visual performance in pseudophakic eyes with simulated spherical and astigmatic blur [J]. *Clinical and Experimental Optometry*, 2016, 99(2): 127–134.
- [18] Manna P, Karmakar S, Bhardwaj GK, *et al.* Accommodative spasm and its different treatment approaches: a systematic review[J]. *European Journal of Ophthalmology*, 2023, 33(3): 1273–1286.
- [19] Mohaghegh S, Bamdad S, Kangari H, *et al.* Associations between refractive error components and higher-order aberrations in simple myopia and compound myopic astigmatism [J]. *Frontiers in Ophthalmology*, 2025, 5: 1532931.
- [20] Zheng F, Wong CW, Sabanayagam C, *et al.* Prevalence, risk factors and impact of posterior staphyloma diagnosed from wide-field optical coherence tomography in Singapore adults with high myopia [J]. *Acta Ophthalmologica*, 2021, 99(2): e144–e153.

(收稿日期: 2025-09-17

修回日期: 2025-11-19)