

角膜后表面散光的分布及对散光型人工晶状体计算的影响

李盼盼¹ 吴坚² 薛莹² 周婧² 张聿剑² 管怀进²

¹南通大学第二附属医院眼科 226001; ²南通大学附属医院眼科研究所 226001

通信作者:管怀进, Email: guanhuaijineye@163.com

【摘要】 **目的** 分析角膜后表面散光(PA)在年龄相关性白内障合并高度角膜散光人群中的分布规律, 评估模拟角膜曲率计散光(KA)和总角膜散光(TCA)对散光型人工晶状体(Toric IOL)计算的影响。 **方法** 采用系列病例观察研究设计, 纳入 2016 年 8 月至 2017 年 4 月在南通大学附属医院眼科就诊的 KA>0.75 D 的年龄相关性白内障患者 181 例 200 眼。所有患者术前均行 Petacam 检查, 记录 KA、PA、TCA 和角膜前表面散光(AA), 统计 PA 散光度数和轴位的分布。根据 AA 轴向分为顺规散光组、逆规散光组和斜轴散光组, 采用 Pearson 线性相关分析检测各组 PA 与 AA 间各矢量分解值以及 KA 与 TCA 间各矢量分解值的相关性, 采用配对 t 检验法分析 KA 与 TCA 间各矢量分解值差异性。分析 KA、TCA 分别计算所得 Toric IOL 型号和轴向的差异。 **结果** 所有散光患者 PA 矢量平均值为 -0.32 D×93.1°, 其中 PA>0.5 D 者 22 眼, 占 11%, PA 为逆规散光者 163 眼, 占 81.5%。所有散光患者中 PA 与 AA 间矢量分解值 KP(0)和 KP(45)均呈弱相关($r=0.480$, $P<0.001$; $r_{45}=0.251$, $P_{45}<0.001$)。顺规散光组, KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 1.44 D×89.6°和 1.32 D×89.5°, KA>TCA 者 53 眼, 占 69.7%; 逆规散光组 KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 1.30 D×153.4°和 1.71 D×154.4°, KA<TCA 者 82 眼, 占 87.3%; 斜轴散光组 KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 1.13 D×122.0°和 1.24 D×124.2°, KA<TCA 者 20 眼, 占 66.7%。各不同散光类型组患者 KA 与 TCA 的 KP(0)比较, 差异均有统计学意义(均 $P\leq 0.001$)。分别用 KA 和 TCA 计算 Toric IOL 的型号及放置的轴位, 其中两种方式计算 Toric IOL 型号不一致者占 42.5%, 计算轴位不一致者占 88.2%。 **结论** 在高度角膜散光患者中, PA 多为逆规散光, 忽略 PA 将会使部分患者 Toric IOL 型号的选择和轴位放置产生偏差, 对于无法测量 PA 或 TCA 的患者, 应适当调整 Toric IOL 型号。

【关键词】 白内障; 角膜后表面散光; 总角膜散光; 模拟角膜曲率计散光; 散光型人工晶状体

基金项目: 江苏省科技计划项目基金项目 (BE2016699); 南通市前沿与关键技术社会民生创新计划基金项目 (MS22015072); “十三五”科教强卫工程南通市青年医学重点人才基金项目 (025); 南通市卫健委青年基金项目 (WKZL201815)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.012

Distribution of posterior corneal astigmatism and its effect on the calculation of Toric intraocular lens

Li Panpan¹, Wu Jian², Xue Ying², Zhou Jing², Zhang Yujian², Guan Huaijin²

¹Department of Ophthalmology, Second Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China; ²Eye Institute, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, China

Corresponding author: GuanHuaijin, Email: guanhuaijineye@163.com

[Abstract] **Objective** To analysis the distribution of posterior corneal astigmatism (PA) and evaluate the influence of keratometric astigmatism (KA) and total corneal astigmatism (TCA) on the calculation of Toric intraocular lens (Toric IOL) in patients with age-related cataract (ARC) and high corneal astigmatism. **Methods** An observational study design was adopted. Pentacam was used to measure 200 eyes of 181 patients with ARC and KA>0.75 D in Affiliated Hospital of Nantong University from August 2016 to April 2017. KA, PA, TCA and anterior corneal astigmatism (AA) were recorded. The astigmatism magnitude and axis of PA was studied. The subjects were divided into astigmatism with the rule group, astigmatism against the rule group and oblique astigmatism group according to the axis of AA. The correlations of decomposition values between PA and AA or KA and TCA in each group were analyzed by Pearson linear correlation analysis. The difference of decomposition values between KA and TCA in each group was compared by paired sample t test. The type and axis of Toric IOL were calculated by online formula according to KA and TCA. This study followed the Declaration of Helsinki and written informed consent was

obtained from each patient prior to any medical examination. **Results** The mean astigmatic magnitudes of PA was $-0.32 \text{ D} \times 93.1^\circ$. PA exceeded 0.5 D in 22 eyes (11%). The steepest posterior corneal meridian was vertically aligned in 163 eyes (81.5%). The decomposition value $KP(0)$ and $KP(45)$ of PA were positively correlated with those of AA ($r = 0.480, P < 0.001$; $r = 0.251, P < 0.001$). The mean astigmatic magnitudes of KA and TCA were $1.44 \text{ D} \times 89.6^\circ$ and $1.32 \text{ D} \times 89.5^\circ$ in astigmatism with the rule group, $1.39 \text{ D} \times 153.4^\circ$ and $1.71 \text{ D} \times 154.4^\circ$ in astigmatism against the rule group and $1.13 \text{ D} \times 122.0^\circ$ and $1.24 \text{ D} \times 124.2^\circ$ in oblique astigmatism group. 53 eyes (69.7%) had KA higher than TCA in astigmatism with the rule group. 82 eyes (87.3%) had KA lower than TCA in astigmatism against the rule group; 20 eyes (66.7%) had KA lower than TCA in oblique astigmatism group. There were significant differences in $KP(0)$ between KA and TCA in different astigmatism groups (all at $P < 0.001$). The calculated Toric IOL type were inconsistent in 85 eyes (42.5%) and the calculated axis were inconsistent in 176 eyes (88.2%). **Conclusions** In patients with high corneal astigmatism, the astigmatism type of PA is mostly astigmatism against the rule. Ignoring the PA can lead to deviation of Toric IOL type selection and axis placement in some patients. For patients who cannot measure PA or TCA, the type of Toric IOL should be adjusted appropriately.

[Key words] Cataract; Posterior corneal astigmatism; Total corneal astigmatism; Keratometric astigmatism; Toric intraocular lens

Fund program: Technology and Science Foundation of Jiangsu Province (BE2016699); Frontier and Key Technology Social Welfare Innovation Project Nantong University (MS22015072); "13th five-year" Science, Education and Health Project Nantong Youth Medical Key Talents Project (025); Nantong Health Commission Youth Fund Project (WKZL201815)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.012

角膜散光在白内障群体中发病率高。研究发现, 47.27% 的白内障患者术前角膜散光 $> 1.0 \text{ D}$, 临床上高度散光 ($> 0.75 \text{ D}$) 则可引起远视力和近视力下降、重影等症状^[1-2]。目前, 白内障手术进入屈光手术时代, 术中联合矫正角膜散光是屈光性白内障手术的必然要求^[3]。准确测量术前角膜散光是矫正的前提。角膜散光由角膜前表面散光 (anterior astigmatism, AA) 和角膜后表面散光 (posterior astigmatism, PA) 组成。在裂隙光扫描地形图、Scheimpflug 照相技术发展以前, PA 很难被准确测量^[2]。因此, 临床上常用模拟角膜曲率计散光 (keratometric astigmatism, KA), 即通过屈光指数 1.3375 及角膜前表面半径来估算总角膜散光 (total corneal astigmatism, TCA)^[4]。Pentacam 是第一种采用 Scheimpflug 成像原理进行旋转扫描的三维眼前节分析诊断系统, 可以测得 KA、PA 和 TCA^[5]。角膜前表面屈光力和散光需结合其测得的角膜曲率半径通过公式计算^[6]。研究显示, TCA 与 KA 的矢量差为 $0.22 \text{ D} \times 180^\circ \sim 0.28 \text{ D} \times 177.2^\circ$, 散光度数差异 $> 0.5 \text{ D}$ 者占 23.7%, 轴差超过 10° 者占 17.2% ~ 23.7%^[7-8]。上述研究均纳入的低度角膜散光 ($< 0.75 \text{ D}$); 但散光 $> 0.75 \text{ D}$ 的白内障人群更应受到关注, 因为该部分人群术中需联合矫正术前已存在的角膜散光。植入散光型人工晶状体 (Toric intraocular lens, Toric IOL) 是目前白内障术中矫正角膜散光常用的方法之一。研究发现, 采用 KA 计算并植入 Toric IOL 后主觉验光散光度

数为 $(-0.72 \pm 0.43) \sim (-1.03 \pm 0.79) \text{ D}^{[9-10]}$, 表明忽略 PA 不能获得最佳屈光效果。本研究纳入规则角膜散光且散光度数 $> 0.75 \text{ D}$ 的年龄相关性白内障患者, 分析 PA 的散光度数及轴向分布, 比较 KA 与 TCA 计算 Toric IOL 型号和轴向的差异。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用系列病例观察研究设计。收集 2016 年 8 月至 2017 年 4 月在南通大学附属医院眼科就诊的 KA $> 0.75 \text{ D}$ 的年龄相关性白内障患者 181 例 200 眼, 其中男 76 例, 女 105 例; 年龄 45 ~ 84 岁, 平均 (62.00 ± 9.80) 岁。纳入标准: (1) 年龄相关性白内障患者; (2) 角膜规则散光, 且 KA $> 0.75 \text{ D}$ 。排除标准: (1) 有角膜溃疡、角膜瘢痕、圆锥角膜等角膜病; (2) 有葡萄膜炎、青光眼和眼底病; (3) 有眼部外伤史、眼部手术史者。本研究遵循赫尔辛基宣言, 所有患者进入研究队列前均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 角膜散光的测量 采用 70700 型 Pentacam 眼前节生物测量仪 (德国 Oculus 公司) 测量角膜散光。所有检查均由同一熟练技师在暗室环境中完成。患者瞳孔在自然状态, 下颌置于下颌托, 额头固定于头架, 瞬目数次以保证泪膜分布均匀, 测量时睁大双眼注视前方 Pentacam 旋转轴中心。操作者瞄准和对焦后自动采集图像, 旋转照相机在 2 s 内完成 360° 扫描, 重复

测量 3 次,取可信度较高的 1 次结果。记录角膜中央 3 mm 直径范围内 KA 的 K1、K2 及轴位,PA 的 K1、K2 及轴位,TCA 的 K1、K2 及轴位和角膜前表面曲率半径 R1(平坦轴)、R2(陡峭轴)。

1.2.2 AA 的计算 角膜前表面扁平子午线屈光力 $K1 = (n-1)/R_1$, 角膜前表面陡峭子午线屈光力 $K2 = (n-1)/R_2$, $n = 1.376$, 角膜前表面散光 $AA = K2 - K1$, AA 轴向 = KA 轴向。

1.2.3 矢量分析 应用 Næser^[11] 提出的极值矢量分析法 $M \times \alpha$ (M:散光度数, α :轴位)沿给定参考子午线 Φ 分解

$$KP(\Phi) = M \times \cos[2(\alpha - \Phi)] \quad (1)$$

$$KP(\Phi + 45) = M \times \sin[2(\alpha - \Phi)] \quad (2)$$

当参考子午线为 0° 即 $\Phi = 0^\circ$, 公式(1)、(2)可简化

$$KP(0) = M \times \cos 2\alpha \quad (3)$$

$$KP(45) = M \times \sin 2\alpha \quad (4)$$

$$M_{\text{mean}} = \frac{\sum M}{n} = \frac{\sum \sqrt{KP(0)^2 + KP(45)^2}}{n} \quad (5)$$

$$\alpha_{\text{mean}} = \arctan \frac{M_{\text{mean}} \times \frac{\sum KP(0)}{n}}{\frac{\sum KP(45)}{n}} \quad (6)$$

公式(3)至(6)用于计算 AA、PA、KA、TCA 各自的矢量分解值和矢量平均值。当参考子午线 Φ 设定为角膜前表面陡轴子午线,公式(1)和(2)用于计算 PA 沿角膜前表面陡轴子午线方向的散光。

1.2.4 Toric IOL 型号及轴向的计算 AcrySof SN6AT Toric IOL(美国, Alcon)型号有 T2 ~ T9,各型号间柱镜度数在晶状体平面约以 0.7 D 递增,所对应的角膜平面约以 0.5 D 递增^[3]。Toric IOL 型号和轴位根据美国 Alcon 公司提供的在线计算器 (Acrysoftoriccalculator.com) 计算:分别输入 KA 的 K1、K2 及其所对应的轴位和 TCA 的 K1、K2 及其所对应的轴位,手术源性散光为 0.5 D,手术切口位置为 135° 。以 KA 的 K1、K2 及所对应的轴位计算得出的 Toric IOL 型号作为 T_n ,若以 TCA 的 K1、K2 及所对应的轴位计算得出的 Toric IOL 型号为 T_n ,则记录为 Toric IOL 型号无变化;若计算所得出的 Toric IOL 型号非 T_n ,则根据型号数值差

异,分别记录为 T_{n-3} 、 T_{n-2} 、 T_{n-1} 、 T_{n+1} 或 T_{n+2} 。根据 KA、TCA 计算后均不需放置 Toric IOL 眼,其 Toric IOL 型号记录为 T0。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 统计学软件进行统计分析。本研究角膜散光的矢量分解值 $KP(0)$ 、 $KP(45)$ 经 W 检验后符合正态分布,以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示。不同散光矢量分解值的相关性分析采用 Person 线性相关分析,不同散光矢量分解值的差异性比较采用配对 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 PA 在 AA 顺规、逆规和斜轴散光中的分布

PA 矢量平均值为 $-0.32 \text{ D} \times 93.1^\circ$, 散光度为 $0 \sim 0.7 \text{ D}$, 其中 79 眼 $PA < 0.3 \text{ D}$, 占 39.5%; 99 眼 PA 为 $0.3 \sim 0.5 \text{ D}$, 占 49.5%; 22 眼 $PA > 0.5 \text{ D}$, 占 11%。PA 轴向的分布:163 眼为逆规散光,占 81.5%; 13 眼为顺规散光,占 7%; 23 眼为斜轴散光,占 11.5%。根据 AA 轴向(AA 轴向与 KA 轴向一致)分为顺规散光 76 眼、逆规散光 94 眼和斜轴散光 30 眼。在顺规、逆规和斜轴散光中,PA 为逆规散光者分别占 92.1%、75.5% 和 73.3% (表 1)。

2.2 PA 与 AA 矢量分解值的关系

PA 沿角膜前表面陡轴子午线方向分解为 $KP(\Phi)$ 与 $KP(\Phi + 45)$ 。在顺规散光患者中,PA 的 $KP(\Phi)$ 分解值为 0.33 ± 0.22 , 可使 AA 减小 0.33 D (角膜后表面屈光力原本为负); 在逆规散光患者中,PA 的 $KP(\Phi)$ 分解值为 -0.13 ± 0.19 , 可使 AA 增加 0.13 D; 在所有散光患者中,PA 的 $KP(\Phi)$ 分解值为 0.07 ± 0.29 , 使 AA 减小 0.07 D (表 2)。沿水平子午线方向将 PA 和 AA 分解为 $KP(0)$ 与 $KP(45)$, 所有散光患者中 PA 与 AA 间 $KP(0)$ 和 $KP(45)$ 均呈正相关 ($r = 0.480, P < 0.001; r = 0.251, P < 0.001$); 在顺规散光患者中,PA 与 AA 间 $KP(0)$ 值呈正相关 ($r = 0.353, P = 0.002$); 在逆规散光患者中,PA 与 AA 间 $KP(0)$ 和 $KP(45)$ 均呈正相关 ($r = 0.243, P = 0.018; r = 0.240, P = 0.020$) (表 2, 图 1)。

表 1 不同散光类型下各 PA 轴向眼数分布 (n)

散光类型	眼数	不同 PA 轴向眼数分布 (n)		
		顺规	逆规	斜轴
顺规散光	76	2	70	4
逆规散光	94	11	71	12
斜轴散光	30	1	22	7
总散光	200	14	163	23

注:PA:角膜后表面散光

表 2 不同散光类型患者 PA 与 AA 的矢量分解值 (mean±SD)

散光类型	眼数	PA		AA			
		$KP(\Phi)$	$KP(\Phi + 45)$	$KP(0)$	$KP(45)$		
顺规散光	76	0.33 ± 0.22	-0.02 ± 0.18	-0.35 ± 0.20	0.01 ± 0.17	-1.42 ± 0.67	0.01 ± 0.67
逆规散光	94	-0.13 ± 0.19	-0.06 ± 0.17	-0.16 ± 0.20	-0.05 ± 0.14	1.40 ± 0.59	-0.30 ± 0.61
斜轴散光	30	0.05 ± 0.19	-0.08 ± 0.29	-0.20 ± 0.20	-0.07 ± 0.20	0.19 ± 0.40	-0.68 ± 1.06
总散光	200	0.07 ± 0.29	-0.05 ± 0.20	-0.23 ± 0.21	-0.03 ± 0.16	0.15 ± 1.42	-0.24 ± 0.75

注:PA:角膜后表面散光;AA:角膜前表面散光

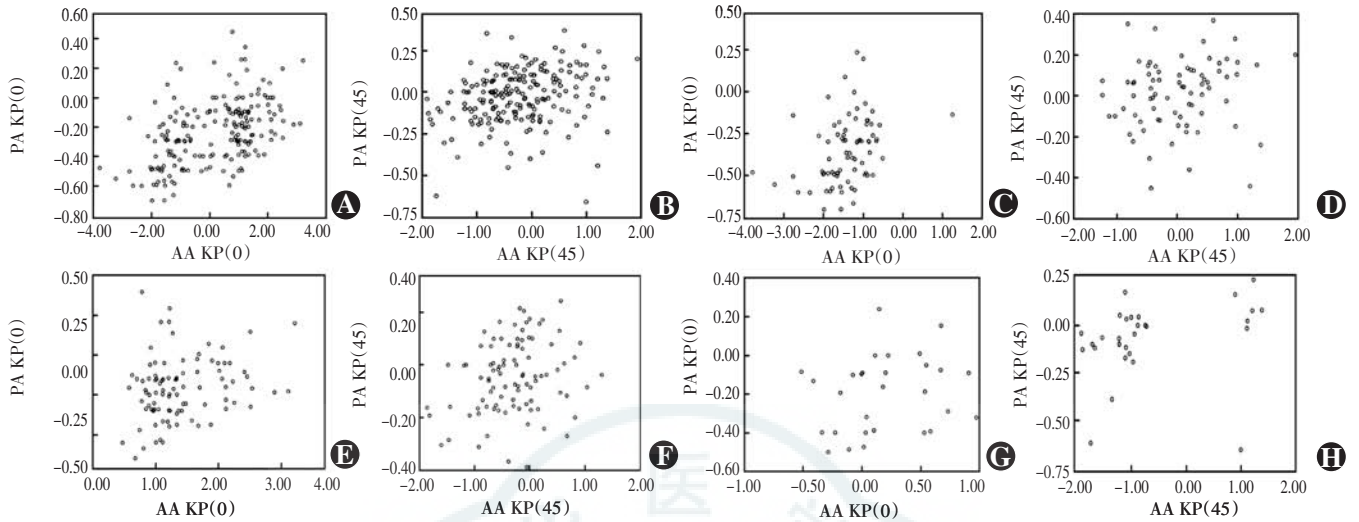


图 1 各散光类型患者 PA 与 AA 间 KP(0) 和 KP(45) 矢量分解值相关性散点图 (Pearson 线性相关分析) A: 所有散光患者中 PA 与 AA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=200$) $r=0.480, P=0.000$ B: 所有散光患者 PA 与 AA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=200$) $r=0.251, P=0.000$ C: 顺规散光患者 PA 与 AA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=76$) $r=0.353, P=0.002$ D: 顺规散光患者 PA 与 AA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=76$) $r=0.146, P=0.208$ E: 逆规散光患者 PA 与 AA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=94$) $r=0.243, P=0.018$ F: 逆规散光患者中 PA 与 AA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=94$) $r=0.240, P=0.020$ G: 斜轴散光中 PA 与 AA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=30$) $r=0.209, P=0.267$ H: 斜轴散光中 PA 与 AA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=30$) $r=0.264, P=0.159$ PA: 角膜后表面散光; AA: 角膜前表面散光

2.3 KA 与 TCA 矢量分解值关系

顺规散光患者 KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 $1.44 \text{ D} \times 89.6^\circ$ 和 $1.32 \text{ D} \times 89.5^\circ$; 逆规散光患者 KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 $1.39 \text{ D} \times 153.4^\circ$ 和 $1.71 \text{ D} \times 154.4^\circ$; 斜轴散光患者 KA 和 TCA 的矢量平均值分别为 $1.13 \text{ D} \times 122.0^\circ$ 和 $1.24 \text{ D} \times 124.2^\circ$ (表 3)。顺规散光患者中, KA > TCA 者 53 眼, 占 69.7%; 逆规散光患者中, KA < TCA 者 82 眼, 占 87.3%; 在斜轴散光患者中, KA < TCA 者 20 眼, 占 66.7%。在所有散光患者中, KA < TCA 者 119 眼, 占 59.5%, KA > TCA 者 59 眼, 占 29.0%, KA 与 TCA 轴位差 > 10° 者 16 眼, 占 8.0% (表 4)。

各不同散光类型患者 KA 与 TCA 的 KP(0) 比较, 差异均有统计学意义 (均 $P \leq 0.001$) (表 5)。不同散光类型患者 KA 与 TCA 间 KP(0) 和 KP(45) 均呈明显正相关 ($r =$

$0.761 \sim 0.986$, 均 $P < 0.001$) (图 2)。

2.4 KA、TCA 分别计算所得 Toric IOL 型号和轴向差异 所有散光患者中 Toric IOL 型号无变化 115 眼, 占 57.5%, Toric IOL 型号改变者 85 眼, 占 42.5%; 其中 51

表 3 不同散光类型患者 AA、PA、KA 和 TCA 的矢量值

散光类型	眼数	AA	PA	KA	TCA
顺规散光	76	$1.58 \text{ D} \times 89.9^\circ$	$-0.40 \text{ D} \times 89.2^\circ$	$1.44 \text{ D} \times 89.6^\circ$	$1.32 \text{ D} \times 89.5^\circ$
逆规散光	94	$1.56 \text{ D} \times 152.1^\circ$	$-0.26 \text{ D} \times 105.2^\circ$	$1.39 \text{ D} \times 153.4^\circ$	$1.71 \text{ D} \times 154.4^\circ$
斜轴散光	30	$1.27 \text{ D} \times 122.2^\circ$	$-0.30 \text{ D} \times 97.9^\circ$	$1.13 \text{ D} \times 122.0^\circ$	$1.24 \text{ D} \times 124.2^\circ$
总散光	200	$1.53 \text{ D} \times 99.9^\circ$	$-0.32 \text{ D} \times 93.1^\circ$	$1.37 \text{ D} \times 99.6^\circ$	$1.53 \text{ D} \times 100.7^\circ$

注: AA: 角膜前表面散光; PA: 角膜后表面散光; KA: 模拟角膜曲率计散光; TCA: 总角膜散光

表 4 各散光类型患者不同 KA 与 TCA 差值绝对值范围眼数分布百分比 (%)

散光类型	眼数	KA < TCA			KA = TCA	KA > TCA		
		0.01-0.49 D	0.50-1.00 D	>1.00 D	0 D	0.01-0.49 D	0.50-1.00 D	>1.00 D
顺规散光	76	17.1	4.0	0.0	9.2	64.5	5.3	0.0
逆规散光	94	59.6	27.7	0.0	9.6	3.2	0.0	0.0
斜轴散光	30	66.7	3.3	0.0	16.7	13.3	0.0	0.0
总散光	200	44.5	15.0	0.0	10.5	28.0	2.0	0.0

注: KA: 模拟角膜曲率计散光; TCA: 总角膜散光

表 5 不同散光类型患者 KA 与 TCA 各矢量分解值比较 (mean ± SD)

散光类型	眼数	KP(0)				KP(45)			
		KA	TCA	t 值	P 值	KA	TCA	t 值	P 值
顺规散光	76	-1.30 ± 0.53	-1.12 ± 0.55	-6.48	0.000	0.02 ± 0.59	0.02 ± 0.67	0.54	0.782
逆规散光	94	1.26 ± 0.51	1.58 ± 0.56	-13.37	0.000	-0.26 ± 0.56	-0.25 ± 0.60	-0.33	0.373
斜轴散光	30	0.17 ± 0.35	0.34 ± 0.37	-3.83	0.001	-0.60 ± 0.95	-0.59 ± 1.04	-0.18	0.856
总样本	200	0.12 ± 1.27	0.37 ± 1.35	-13.99	0.000	-0.21 ± 0.67	-0.20 ± 0.74	-0.11	0.681

注: (配对样本 t 检验) KA: 模拟角膜曲率计散光; TCA: 总角膜散光

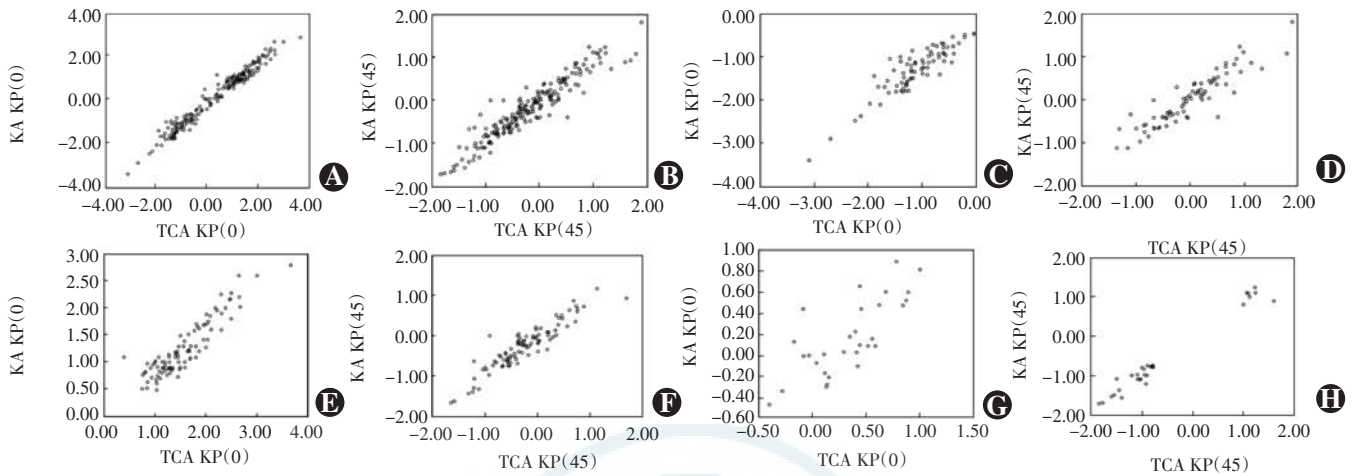


图 2 各散光类型患者 KA 与 TCA 间 KP(0) 和 KP(45) 矢量分解值相关性散点图 (Pearson 线性相关分析) A: 所有散光患者中 KA 与 TCA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=200$) $r=0.983, P=0.000$ B: 所有散光患者 KA 与 TCA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=200$) $r=0.952, P=0.000$ C: 顺规散光患者 KA 与 TCA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=76$) $r=0.895, P=0.000$ D: 顺规散光患者 KA 与 TCA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=76$) $r=0.921, P=0.000$ E: 逆规散光患者 KA 与 TCA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=94$) $r=0.912, P=0.000$ F: 逆规散光患者中 KA 与 TCA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=94$) $r=0.941, P=0.000$ G: 斜轴散光中 KA 与 TCA 间 KP(0) 相关性散点图 ($n=30$) $r=0.761, P=0.000$ H: 斜轴散光中 KA 与 TCA 间 KP(45) 相关性散点图 ($n=30$) $r=0.986, P=0.000$ KA: 模拟角膜曲率计散光; TCA: 总角膜散光

眼 Toric IOL 型号变为 T_n+1 , 8 眼变为 T_n+2 , 20 眼变为 T_n-1 , 5 眼变为 T_n-2 , 1 眼变为 T_n-3 。在顺规散光患者中, TCA 计算所得 Toric IOL 型号为 T_n 者 44 眼, 占 57.9%, 高于 T_n 者 8 眼, 占 10.5%。低于 T_n 者 24 眼, 占 31.6%。在逆规散光患者中, TCA 计算所得 Toric IOL 型号为 T_n 者 48 眼, 占 51.1%, 高于 T_n 者 44 眼, 占 46.8%, 低于 T_n 者 2 眼, 占 2.1%。在斜轴散光患者中, TCA 计算所得 Toric IOL 型号为 T_n 者 23 眼, 占 76.7%, 高于 T_n 者 6 眼, 占 20.0%, 低于 T_n 者 1 眼, 占 3.3% (图 3)。

本研究中共 186 眼根据 KA、TCA 计算后均可植入 Toric IOL, 2 种方法计算的 22 眼 Toric IOL 轴差为 0, 即轴向一致, 占 11.8%, 178 眼轴位改变, 其中 147 眼轴

差为 $1^\circ \sim 10^\circ$, 占 79.0%, 17 眼轴差为 $11^\circ \sim 20^\circ$, 占 9.14%。

3 讨论

在裂隙光扫描地形图和 Scheimpflug 照相技术发展以前, PA 很难测量, 临床上常用 KA 估计 TCA。目前, 已有多种仪器能够较为准确地测量 PA, 大量研究表明, PA 大部分为逆规散光^[12-14], 其散光度数范围为 $0.01 \sim 1.35$ D^[7, 8, 12-16]。

本研究中纳入年龄相关性白内障合并高度角膜散光患者, 排除低度数角膜散光是因为: (1) 之前已有较多研究纳入低度散光的人群; (2) 低度数角膜散光 (< 0.75 D) 不需通过 Toric IOL 矫正。本研究中运用 2 种极值矢量分析法进行角膜散光矢量分解: (1) 沿固定子午线 ($\Phi=0^\circ$) 分解为 KP(0) 和 KP(45), 这种方法类似于 Thibos 和 Horner 将散光分解为 J(0) 和 J(45)^[17], 用于计算散光的矢量平均值。(2) 将 PA 沿角膜前表面陡轴子午线分解为 KP(Φ) 和 KP($\Phi+45$), 这是对于 PA 独特的分解方法, 能够更直观地反映 PA 对 AA 的影响。

本研究中, PA > 0.5 D 者占 11%。在 Savini 等^[4] 和 Koch 等^[8] 的研究中, PA > 0.5 D 者分别占 55% 和 9%, PA 散光度数分布差异较大是因为 AA 和 PA 呈正相关^[7]。上述研究的纳入标准不同: 本研究的纳入标准是 KA > 0.75 D (样本量中 AA 均 > 0.75 D)。Savini 等^[4] 的纳入标准是 AA > 1.0 D, 而 Koch 等^[8] 纳入了 AA 为低度数散光的人群。在轴向分布方面, 已有

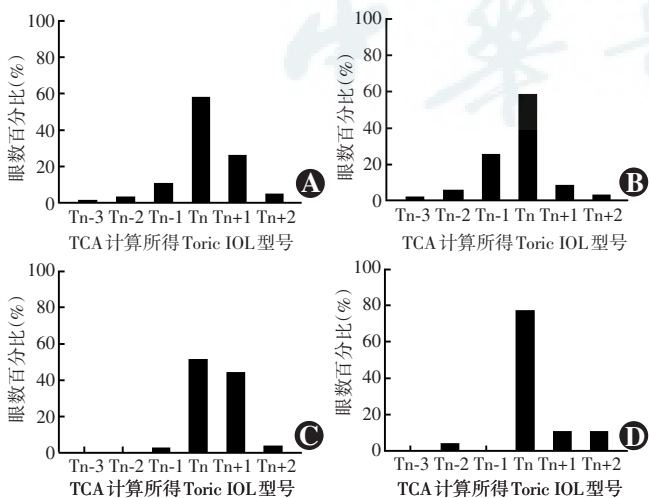


图 3 不同散光类型患者中各 TCA 计算所得 Toric IOL 型号的眼数百分比 A: 所有散光患者 ($n=200$) B: 顺规散光患者 ($n=76$) C: 逆规散光患者 ($n=94$) D: 斜轴散光患者 ($n=30$)

研究显示角膜后表面为逆规散光者占 86.8% ~ 96.1%^[7-8,18],与本研究 PA 轴向分布结果相一致。本研究中分别将 PA、AA 分解为 KP(0) 和 KP(45), Person 相关性分析显示 PA 与 AA 间各矢量分解值呈明显正相关,与 Eom 等^[13]的研究结果相一致。研究显示 PA 多为逆规散光,当 AA 为顺规散光时,PA 使 TCA 减小,当 AA 为逆规散光时,PA 使 TCA 增大^[12,19],与本研究中 PA 对 TCA 影响一致,即顺规散光患者中 KA>TCA,逆规散光患者中 KA<TCA。在轴向差异方面,本研究中 KA 与 TCA 轴位差>10°者占 8%,与 Savini 等^[4]和 Koch 等^[8]的研究结果一致。

近年 Toric IOL 在临床上广泛应用,其适用范围是术前角膜散光规则且散光度数>0.75 D 的白内障患者^[20]。各型号 Toric IOL 间柱镜度数在 IOL 平面以 0.75 D 递增,其所对应的角膜平面以 0.5 D 递增,为了能够最大程度地矫正角膜散光,必须精确选择 Toric IOL 型号。本研究结果显示,分别采用 KA 及 TCA 计算得出的 Toric IOL 的型号及放置的轴位的结果差异较大。Zhang 等^[21]研究发现,分别用 KA 和 TCA 计算 Toric IOL 型号和轴向,根据 KA 计算并植入 Toric IOL 后,在顺规散光中有 59% 矫正,36% 过矫,5% 欠矫。在逆规散光中 33% 矫正,67% 欠矫,无过矫现象,这种明显的偏倚在根据 TCA 计算的群体中没有出现。Koch 等^[8]提出植入 Toric IOL 矫正角膜散光,忽略 PA 会导致过矫顺规散光或欠矫逆规散光。Shao 等^[19]认为不应该根据 KA 选择 Toric IOL 型号,并认为每例患者均应根据 TCA 选择 Toric IOL 型号。对于无法测量 PA 或 TCA 的患者,应适当调整 Toric IOL 型号。对于 KA 为顺规散光的患者可参考散光度数选择低一个型号的 Toric IOL,对于 KA 为逆规散光的患者可参考散光度数选择高一个型号的 Toric IOL。本研究中根据 KA 和 TCA 这 2 种方法计算植入 Toric IOL 轴位,其中轴差为 1°~10°者占 79.0%,轴差为 11°~20°者占 9.1%。研究发现,Toric IOL 轴向每旋转 3°,其矫正散光的能力会丢失 10%^[22]。由此可见忽略 PA,仅根据 KA 决定 IOL 轴向放置的位置会使其丢失很大一部分矫正散光的能力。研究发现,用 TCA 计算并植入 Toric IOL 术后主觉验光散光度数范围为(0.10±0.08)~(0.47±0.39)D^[23-24],小于先前研究用 KA 计算并植入 Toric IOL 术后主觉验光散光度数(-0.72±0.43)~(-1.03±0.79)D^[9-10]。Zhang 等^[24]研究发现,根据 KA 或 TCA 选择并植入 Toric IOL 后,术后验光 TCA 组残余散光为(0.47±0.39)D,明显小于 KA 组的(0.72±0.53)D。

本研究的不足之处是纳入的 200 眼并未全部植入 Toric IOL,对于植入 Toric IOL 的患者术前计算其型号及轴位均依据 TCA 来计算,未比较根据 2 种方法计算并植入 Toric IOL 后患者显然验光的结果。

综上所述,在高度角膜散光群体中,PA 多为逆规散光。AA 为顺规散光时,KA 易高估 TCA,AA 为逆规散光时,KA 易低估 TCA。在临床中,忽略 PA 将会使部分患者 Toric IOL 型号的选择和轴位放置产生偏差。对于无法测量 PA 或 TCA 的患者,应适当调整 Toric IOL 型号。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Yuan X, Song H, Peng G, et al. Prevalence of corneal astigmatism in patients before cataract surgery in Northern China [J/OL]. J Ophthalmol, 2014, 2014 : 536412 [2018-09-02]. <https://www.hindawi.com/journals/joph/2014/536412/>. DOI: 10.1155/2014/536412.
- [2] 瞿佳. 眼视光学理论和方法[M]. 2 版. 北京: 人民卫生出版社, 2015: 88-89.
- [3] 李盼盼, 管怀进, 吴坚. 白内障术中联合矫正角膜散光的研究进展[J]. 中华实验眼科杂志, 2019, 37(4): 304-307. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-0160.2019.04.014.
- [4] Li PP, Guan HJ, Wu J. Research progress of correcting corneal astigmatism in cataract surgery [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2019, 37(4): 304-307. DOI: 10.3760/ema.j.issn.2095-0160.2019.04.014.
- [5] Savini G, Versaci F, Vestri G, et al. Inference of posterior corneal astigmatism on total corneal astigmatism in eyes with moderate to high astigmatism [J]. J Cataract Refract Surg, 2014, 40(10): 1645-1653. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.01.046.
- [6] 王虎杰, 栗静, 刘磊, 等. 两种仪器测量近视患者角膜地形图的对比研究[J]. 临床眼科杂志, 2013, 21(3): 260-262. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2013.03.027.
- [7] Wang HJ, Li J, Liu L, et al. Comparison of corneal topography measurement with two different instruments [J]. J Clin Ophthalmol, 2013, 21(3): 260-262. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8422.2013.03.027.
- [8] Ueno Y, Hiraoka T, Miyazaki M, et al. Corneal thickness profile and posterior corneal astigmatism in Normal [J]. Ophthalmology, 2015, 122(6): 1072-1078. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.01.021.
- [9] Ho JD, Tsai CY, Liou SW. Accuracy of corneal astigmatism estimation by neglecting the posterior corneal surface measurement [J]. Am J Ophthalmol, 2009, 147(5): 788-795. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.12.020.
- [10] Koch DD, Ali SF, Weikert MP, et al. Contribution of posterior corneal astigmatism to total corneal astigmatism [J]. J Cataract Refract Surg, 2012, 38(12): 2080-2087. DOI: 10.1016/j.jcrs.2012.08.036.
- [11] Sun XY, Vicary D, Montgomery P, et al. Toric intracocular lenses for correcting astigmatism in 130 eyes [J]. Ophthalmology, 2000, 107(9): 1776-1781.
- [12] Mendicute J, Irigoyen C, Aramberri J, et al. Foldable toric intraocular lens for astigmatism correction in cataract patients [J]. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(4): 601-607. DOI: 10.1016/j.jcrs.2007.11.033.
- [13] Næser K. Assessment and statistics of surgically induced astigmatism [J]. Acta Ophthalmol, 2008, 86 Suppl 1: 5-28. DOI: 10.1111/j.1755-3768.2008.01234.x.
- [14] Read SA, Vincent SJ, Collins MJ. The visual and functional impacts of

- astigmatism and its clinical management[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2014, 34(3): 267-294. DOI:10.1111/opo.12128.
- [13] Eom Y, Kang SY, Kim HM, et al. The effect of posterior corneal flat meridian and astigmatism amount on the total corneal astigmatism estimated from anterior corneal measurements[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2014, 252(11): 1769-1777. DOI:10.1007/s00417-014-2737-9.
- [14] Nemeth G, Berta A, Szalai E, et al. Analysis of surgically induced astigmatism on the posterior surface of the cornea[J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(9): 604-608. DOI:10.3928/1081597X-20140723-01.
- [15] Miyake T, Shimizu K, Kamiya K. Distribution of posterior corneal astigmatism according to axis orientation of anterior corneal astigmatism [J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10(1): e0117194[2018-09-01]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0117194>. DOI:10.1371/journal.pone.0117194.
- [16] Tonn B, Klaproth OK, Kohnen T. Anterior surface-based keratometry compared with Scheimpflug tomography-based total corneal astigmatism [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 56(1): 291-298. DOI:10.1167/iovs.14-15659.
- [17] Thibos LN, Horner D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2001, 27(1): 80-85. DOI:10.1016/S0886-3350(00)00797-5.
- [18] Dubbelman M, Sicam VA. The shape of the anterior and posterior surface of the aging human cornea[J]. *Vision Res*, 2006, 46(6-7): 993-1001. DOI:10.1016/j.visres.2005.09.021.
- [19] Shao X, Zhou KJ, Pan AP, et al. Age-related changes in corneal astigmatism[J]. *J Refract Surg*, 2017, 33(10): 696-703. DOI:10.3928/1081597X-20170718-04.
- [20] 中华医学会眼科分会白内障与人工晶状体学组. 我国散光矫正型人工晶状体的应用专家共识(2017年)[J]. *中华眼科杂志*, 2017, 53(1): 7-10. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.01003.
- [21] Zhang L, Sy ME, Mai H, et al. Effect of posterior corneal astigmatism on refractive outcomes after toric intraocular lens implantation[J]. *Cataract Refract Surg*, 2015, 41(1): 84-89. DOI:10.1016/j.jcrs.2014.04.033.
- [22] Viestenz A, Seitz B, Langenbacher A. Evaluating the eye's rotational stability during standard photography; effect on determining the axial orientation of toric intraocular lenses[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(3): 557-561. DOI:10.1016/j.jcrs.2004.07.019.
- [23] Mayer WJ, Kreutzer T, Dirisamer M, et al. Comparison of visual outcomes, alignment accuracy, and surgical time between 2 methods of corneal marking for toric intraocular lens implantation[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2017, 43(10): 1281-1286. DOI:10.1016/j.jcrs.2017.07.030.
- [24] Zhang B, Ma JX, Liu DY, et al. Effects of posterior corneal astigmatism on the accuracy of AcrySof toric intraocular lens astigmatism correction [J]. *Int J Ophthalmol*, 2016, 9(9): 1276-1282. DOI:10.18240/ijo.2016.09.07.

(收稿日期:2019-01-21 修回日期:2019-04-28)

(本文编辑:杜娟)

读者·作者·编者

本刊对来稿中作者署名的著录要求

作者向本刊投稿时署名应符合以下条件:(1)参与课题的选题和实验设计,参与实验资料的收集、分析和论证。(2)参与论文的起草或能够对论文中的方法学或关键部分进行修改。(3)能对审稿专家和编辑提出的修改意见进行核修,能够答辩并承担责任。仅参与筹得资金或收集资料者以及仅对科研小组进行一般管理者均不宜署名为作者。文中如有外籍作者,应附外籍作者亲笔签名在本刊发表的同意函。集体署名的文章应于题名下列出署名单位,于文末列出论文整理者的姓名,并须明确该文的主要责任者。

作者署名的名次应按对论文贡献大小顺序排列于文题下方,每篇论文须列出通信作者1名。如无特殊约定,则视第一作者为通信作者。作者(包括通信作者)的署名及其排序应在投稿前由所有研究者共同讨论确定,在编排过程中不宜变更或增减,尤其是通信作者和前三名作者,若确需变动者须提供所有署名作者的签名同意函并出示单位证明。有英文文题的论著和综述应有全部作者姓名的汉语拼音,列于英文文题之下。

本刊对实验中动物使用方面的要求

为了提高实验研究论文中实验动物这个基础环节在国际上的认可度,本刊要求作者投稿时提供以下相应信息:(1)实验动物的种属、来源、一般信息及饲养条件;(2)实验动物的等级;(3)实验所遵循的相关实验动物保护条例或法规的具体名称以及颁布的机构名称。

本刊对论文中关键词的著录要求

本刊投稿的论文请分别在中英文摘要下方标引3~5个关键词以便于编制文献索引。关键词应选取能反映文章主题概念的词或词组,中英文关键词应一致。投稿作者可登陆 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> 或 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh> 网站从美国国立医学图书馆的MeSH数据库中选取关键词,其中文译名可参照中国医学科学院信息研究所编译的《医学主题词注释字顺表》。未被词表收录的新的专业术语(自由词)可直接作为关键词使用,但应排序在最后。中医药关键词应从中国中医科学院中医药信息研究所编写的《中医药主题词表》中选取。关键词中的缩写词应按《医学主题词注释字顺表》还原为全称,各关键词之间用“;”分隔。

(本刊编辑部)