

# 高度近视并发白内障患者角膜后表面散光及像差特征分析

景清荷 唐雅婷 钱东瑾 卢奕 蒋永祥

200031 上海,复旦大学附属眼耳鼻喉科医院眼科

通信作者:蒋永祥,Email:yongxiang\_jiang@163.com

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.05.008

**【摘要】 目的** 分析高度近视并发白内障患者角膜后表面散光(PCA)及像差特征。**方法** 采用回顾性研究设计。收集 2014 年 9—12 月复旦大学附属眼耳鼻喉科医院收治的白内障患者 190 例 282 眼,按眼轴长度(AL)分为高度近视组(AL $\geq$ 26 mm)139 眼和对照组(AL 为 20~25 mm)143 眼。使用 Pentacam 测量角膜前后表面参数,包括平均角膜屈光力、中央角膜厚度、散光、像差等,并用 IOL Master 测量 AL。**结果** 高度近视组 PCA 值约为 0.3 D(0~0.9 D),其中 92.8% 的散光值 $\leq$ 0.5 D,以逆规散光(ATR)为主,占 87.1%。高度近视组 PCA 值与对照组比较,差异无统计学意义( $P=0.797$ )。高度近视组 PCA 值与角膜前表面散光(ACA)、角膜前表面像差、角膜前表面低阶像差、角膜后表面像差、角膜后表面高阶像差、角膜后表面低阶像差均呈正相关( $r=0.235, P=0.005; r=0.217, P=0.010; r=0.229, P=0.007; r=0.395, P=0.000; r=0.243, P=0.004; r=0.384, P=0.000$ )。以 ACA 估计总角膜散光(TCA),在前表面为顺规散光(WTR)时对 65.67% 的患眼高估(0.27 $\pm$ 0.18)D,ATR 时对 88.10% 的患眼低估(0.41 $\pm$ 0.30)D,斜轴散光(Obl)时对 63.33% 的患眼低估(0.22 $\pm$ 0.10)D。以角膜前表面像差值估计角膜总像差时,会对 87.05% 的患眼高估(0.275 $\pm$ 0.176) $\mu$ m,ACA 类型对其无影响。**结论** 高度近视眼中 92.8% 的 PCA $\leq$ 0.5 D,以 ATR 为主。白内障术前选择人工晶状体(IOL)时,应该将 PCA 和像差值纳入考虑范围。

**【关键词】** 高度近视;并发性白内障;角膜后表面;散光;像差

**基金项目:** 国家自然科学基金联合基金项目(U1503124)

**Characteristics of posterior corneal astigmatism and aberration in cataract patients with high myopia** Jing

Qinghe, Tang Yating, Qian Dongjin, Lu Yi, Jiang Yongxiang

Department of Ophthalmology, Eye and ENT Hospital, Fudan University, Shanghai 200031, China

Corresponding author: Jiang Yongxiang, Email: yongxiang\_jiang@163.com

**【Abstract】 Objective** This study was to investigate the characteristics of posterior corneal astigmatism (PCA) and aberration in cataract patients with high myopia. **Methods** A retrospective study was designed. Two hundred and eighty-two eligible eyes of 190 cataract patients were enrolled in Eye and ENT Hospital of Fudan University from September to December, 2014. The eyes were classified into two groups according to axial length (AL): high myopia group with 139 eyes (AL $\geq$ 26 mm) and control group with 143 eyes (AL was 20 to 25 mm). The mean keratometric mid-radius of curvature (Km), corneal central thickness (CCT), astigmatism and aberrations were measured by the rotating Scheimpflug System (Pentacam), and the AL were measured by the partial coherence interferometry (IOL Master). This study followed the Helsinki declaration, and was approved by the Ethic Committee of Eye and ENT Hospital, Fudan University. Informed consent was signed from each patient. **Results** In high myopia group, the mean PCA was 0.3 D (range 0~0.9 D) and 92.8% eyes had PCA values  $<$ 0.5 D. The steep corneal meridian was aligned vertically ( $60^\circ \sim 120^\circ$ ) in 87.1% eyes for the posterior corneal surface. There was no significant difference in PCA between the high myopia group and the control group ( $P=0.797$ ). Significant positive linear correlations was found between PCA and anterior corneal astigmatism (ACA), PCA and anterior corneal root mean square (RMS), PCA and anterior lower-order RMS, PCA and posterior corneal RMS, PCA and posterior high-order RMS, PCA and posterior lower-order RMS ( $r=0.235, P=0.005; r=0.217, P=0.010; r=0.229, P=0.007; r=0.395, P=0.000; r=0.243, P=0.004; r=0.384, P=0.000$ ). Compared with total corneal astigmatism (TCA),

anterior corneal measurements overestimated with-the-rule astigmatism (WTR) by a mean of  $(0.27 \pm 0.18)$  D in 65.67% eyes, underestimated against-the-rule astigmatism (ATR) by  $(0.27 \pm 0.18)$  D in 88.10% eyes and underestimated oblique astigmatism (Obl) by  $(0.22 \pm 0.10)$  D in 63.33% eyes. Compared with total corneal aberrations, anterior corneal aberrations measurements overestimated by  $(0.275 \pm 0.176)$   $\mu\text{m}$  in 87.05% eyes, and the anterior corneal astigmatism types had no effect on the result. **Conclusions** In high myopia group, 92.8% eyes had PCA values  $<0.5$  D and the main astigmatism type in posterior corneal surface was ATR. The posterior corneal astigmatism and aberration were needed to consider in choosing intraocular lens (IOL) before cataract surgery.

**[Key words]** High myopia; Secondary cataract; Posterior corneal surface; Astigmatism; Aberration

**Fund program:** National Natural Science United Foundation of China (U1503124)

近视是全球常见的眼病,部分患者为高度近视,中国高度近视的发病率为 2.1%~9.9%<sup>[1-3]</sup>。高度近视患者白内障的发生率更高,发病年龄更早,发展更快。研究表明,高度近视相关性白内障患者的黑核发生率更高,比其他类型的晶状体混浊类型更常见<sup>[4]</sup>。白内障手术已经从复明手术向屈光性手术发展。对既有高度近视,又有散光的患者,散光型人工晶状体(Toric intraocular lens, Toric IOL)是较好的选择<sup>[5]</sup>。以往用 Toric IOL 矫正散光时都是以角膜前表面散光(anterior corneal astigmatism, ACA)或根据 simK 值计算的角膜散光为准选择 IOL,此类方法常会造成部分患者术后出现残余散光,影响视功能<sup>[6]</sup>。总角膜散光(total corneal astigmatism, TCA)、像差由角膜前后表面的散光和像差共同组成。随着 Pentacam 等仪器的出现,角膜后表面散光(posterior corneal astigmatism, PCA)和像差等角膜后表面参数的直接测量得以实现。研究发现正常人眼 PCA 平均为  $-0.3$  D<sup>[7]</sup>,但个体差异巨大,ACA 可随年龄增大由顺规散光(with-the-rule astigmatism, WTR)向逆规散光(against-the-rule astigmatism, ATR)发展,但 PCA 则以 ATR 为主,不随年龄改变而改变<sup>[7-13]</sup>。Nemeth 等<sup>[14]</sup>研究发现,总角膜及角膜前表面的像差、高阶像差、低阶相差都随年龄增大而增大,角膜后表面的高阶像差也随年龄增大而增大,但是角膜后表面的像差以及低阶相差却与年龄无相关性。由此可见,PCA 及像差等特征研究意义重大,可使临床医师为患者选择 IOL 时更具有针对性,使患者获得更好的术后视觉质量。虽然大样本人群角膜后表面特征的研究已经很多,但是伴有高度近视的白内障患者角膜后表面特征如何还未有研究关注。本研究通过 Pentacam 眼前节测量分析系统测量白内障术前高度近视及对照组患者角膜前后表面参数,探索高度近视患者 PCA 及像差等特征,以期更好地指导临床工作。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

采用回顾性研究设计。纳入 2014 年 9—12 月就诊于复旦大学附属眼耳鼻喉科医院行白内障手术患者 190 例 282 眼,其中男 83 例 126 眼,女 107 例 156 眼;年龄 41~82 岁。诊断标准:高度近视是指屈光度高于  $-6$  D,或者眼轴长度(axial length, AL)大于 26 mm 的屈光不正。纳入标准:确诊为白内障,且  $AL \geq 20$  mm 的患者。排除标准:有眼外伤、眼手术史者;患有角膜疾病、青光眼、葡萄膜炎、眼底疾病等其他眼病者;检查 2 周内佩戴角膜接触镜及年龄  $<40$  岁者。患眼按 AL 分为高度近视组和对照组。高度近视组( $AL \geq 26$  mm)93 例 139 眼,其中男 41 例,女 52 例;右眼 75 眼,左眼 64 眼;平均年龄为  $(60.15 \pm 8.7)$  岁;平均 AL 为  $(29.32 \pm 2.39)$  mm。对照组(AL 为 20~25 mm)97 例 143 眼,其中男 42 例,女 55 例;右眼 68 眼,左眼 75 眼;平均年龄为  $(60.88 \pm 8.4)$  岁;平均 AL 为  $(23.45 \pm 0.87)$  mm。2 个组性别构成比和年龄比较差异均无统计学意义( $P=0.830, 0.645$ )。将 2 个组患者均按年龄分为  $<50$  岁、 $50 \sim <60$  岁、 $60 \sim <70$  岁和  $\geq 70$  岁 4 个亚组。高度近视组中  $<50$  岁、 $50 \sim <60$  岁、 $60 \sim <70$  岁和  $\geq 70$  岁 4 个亚组的眼数分别为 18、43、61 和 17 眼;对照组中,  $<50$  岁、 $50 \sim <60$  岁、 $60 \sim <70$  岁和  $\geq 70$  岁 4 个亚组的眼数分别为 11、55、61 和 16 眼。本研究遵循赫尔辛基宣言,本研究方案经复旦大学附属眼耳鼻喉科医院伦理委员会批准,患者均签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 检查方法及数据采集** 采用 Pentacam 眼前节测量分析系统(德国 Oculus 公司)测量患者的角膜参数。受检者取坐位,嘱其尽量睁眼,注视 Pentacam 旋转轴中心,检查者转动操纵杆进行瞄准和对焦,使用自动采集图像的设置获得数据。当 Pentacam 的质量因子(quality specification, QS) $>95\%$  时结果予以采用,  $QS \leq 95\%$  者重新测量。记录角膜平均屈光力(the mean keratometric mid-radius of curvature in diopters, Km)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、TCA、ACA、PCA、总角膜及角膜前表面和后表面的像差、

低阶像差和高阶像差等角膜参数。像差值大小用均方根(root mean square, RMS)表示。用 IOL Master(德国 Carl Zeiss 公司)测量患者 AL。

**1.2.2 散光类型定义** 对于 TCA 和 ACA,角膜陡峭子午线在(90±30)°时定义为 WTR,陡峭子午线在(0±30)°时定义为 ATR,陡峭子午线在(45±15)°和(135±15)°时定义为斜轴散光(oblique astigmatism, Obl)。因为 PCA 为负值,所以当角膜后表面的陡峭子午线在(90±30)°时定义为 ATR,陡峭子午线在(0±30)°时定义为 WTR,而角膜后表面 Obl 的定义则与 TCA 和 ACA 相同。

**1.3 统计学方法**

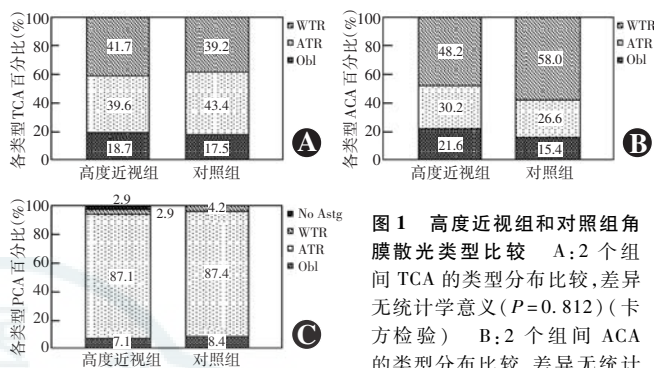
采用 SPSS 20.0 统计学软件(IBM, Armonk, USA) 进行统计分析。用卡方检验、Fisher 确切概率法比较高度近视组和对照组患者的性别、角膜散光类型。采用 Kolmogorow-Smirnov 检验进行数据的正态性分布检验。高度近视组和对照组角膜参数比较采用独立样本 t 检验和 Mann-Whitney 检验,当 2 个组数据均为正态分布时采用独立样本 t 检验,任一数据不符合正态分布时则采用 Mann-Whitney 检验。高度近视组和对照组角膜散光类型的比较及高度近视组和对照组组内各年龄段角膜散光类型的比较采用卡方检验或 Fisher 确切概率法。高度近视组和对照组各年龄段间角膜数据的比较采用单因素方差分析和 Kruskal-Wallis 检验,当各组数据方差齐时采用单因素方差分析,当各组数据方差不齐时采用 Kruskal-Wallis 检验进行数据分析。高度近视组 PCA 与其他各角膜参数间关系分析采用 Spearman 相关分析。P<0.05 为差异有统计学意义。

**2 结果**

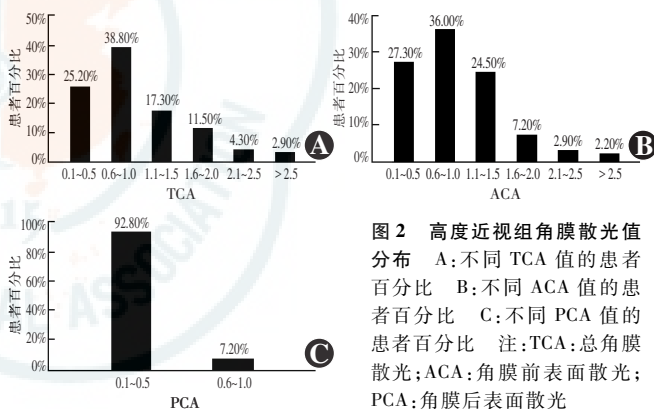
**2.1 2 个组角膜参数的比较**

高度近视组 TCA 明显高于对照组,分别为 0.9(0.5, 1.2) D 和 0.7(0.5, 1.1) D,2 个组间比较差异有统计学意义(P=0.036),2 个组间其余角膜参数比较,差异均无统计学意义(均 P>0.05)(表 1)。角膜前表面均以 WTR 为主,高度近视组和对照组分别占 48.2% 和 58.0%,后表面均以 ATR 为主,高度近视组和对照组分别占 87.1% 和 87.4%。2 个组间 TCA 及角膜前后表面散光类型比较差异均无统计学意义(TCA: P =

0.812; ACA: P=0.214; PCA: P=0.105)(图 1)。在高度近视组,64% 的 TCA 和 63.3% 的 ACA<1.0 D, 92.8% 的 PCA<0.5 D(图 2)。



**图 1 高度近视组和对照组角膜散光类型比较** A:2 个组间 TCA 的类型分布比较,差异无统计学意义(P=0.812)(卡方检验) B:2 个组间 ACA 的类型分布比较,差异无统计学意义(P=0.214)(卡方检验) C:2 个组间 PCA 的类型分布比较,差异无统计学意义(P=0.105)(Fisher 确切概率法) 注:TCA:总角膜散光;WTR:顺规散光;ATR:逆规散光;Obl:斜轴散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光;No Astig:无散光



**图 2 高度近视组角膜散光值分布** A:不同 TCA 值的患者百分比 B:不同 ACA 值的患者百分比 C:不同 PCA 值的患者百分比 注:TCA:总角膜散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光

**表 1 高度近视组和对照组角膜参数比较**

组别	眼数	Km <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, D$ )	CCT <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	TCA <sup>*</sup> (M[Q1, Q3], D)	ACA <sup>*</sup> (M[Q1, Q3], D)	PCA <sup>*</sup> (M[Q1, Q3], D)
高度近视组	139	43.22±1.91	540.03±32.79	0.9(0.5, 1.2)	0.9(0.5, 1.2)	0.3(0.2, 0.4)
对照组	143	43.85±1.55	534.87±71.22	0.7(0.5, 1.2)	0.7(0.5, 1.1)	0.3(0.2, 0.4)
P 值		0.279	0.137	0.036	0.057	0.797
组别	眼数	TCA 与 ACA 的差值 <sup>*</sup> (M[Q1, Q3], D)	总角膜像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	总角膜高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	总角膜低阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	角膜前表面像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )
高度近视组	139	0.1(-0.1, 0.3)	2.18±1.16	0.71±0.36	2.05±1.13	2.40±1.15
对照组	143	0.0(-0.1, 0.2)	1.99±0.93	0.68±0.25	1.85±0.92	2.19±0.91
P 值		0.676	0.200	0.176	0.198	0.091
组别	眼数	角膜前表面高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	角膜前表面低阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	角膜后表面像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	角膜后表面高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )	角膜后表面低阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s, \mu m$ )
高度近视组	139	0.72±0.36	2.28±1.12	0.74±0.18	0.21±0.06	0.71±0.18
对照组	143	0.69±0.24	2.07±0.90	0.77±0.19	0.21±0.05	0.73±0.19
P 值		0.070	0.108	0.503	0.511	0.368

注:Km:角膜平均屈光力;CCT:中央角膜厚度;TCA:总角膜散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光(#:独立样本 t 检验; \*: Mann-Whitney 检验)

表 2 对照组各年龄段间角膜参数比较

年龄	眼数	AL <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , mm)	CCT <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	TCA <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , D)	ACA <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , D)	PCA <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , D)
<50 岁	11	23.73 $\pm$ 0.75	546.09 $\pm$ 20.68	0.6(0.4, 1.2)	0.9(0.6, 1.0)	0.2(0.2, 0.3)
50~<60 岁	55	23.52 $\pm$ 0.83	534.27 $\pm$ 80.90	0.6(0.5, 1.4)	0.8(0.5, 1.2)	0.3(0.2, 0.4)
60~<70 岁	61	23.36 $\pm$ 0.89	542.00 $\pm$ 30.30	0.7(0.4, 1.0)	0.6(0.3, 0.9)	0.3(0.2, 0.4)
$\geq$ 70 岁	16	23.33 $\pm$ 1.02	502.06 $\pm$ 138.01	0.8(0.6, 1.1)	0.7(0.5, 1.0)	0.2(0.1, 0.2)
P 值		0.476	0.233	0.608	0.125	0.003

年龄	眼数	TCA 与 ACA 的差值 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , D)	总角膜像差 <sup>#</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	总角膜高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	总角膜低阶像差 <sup>#</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	角膜前表面像差 <sup>#</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )
<50 岁	11	-0.06 $\pm$ 0.23	1.508(1.433, 1.575)	0.48 $\pm$ 0.09	1.445(1.332, 1.494)	1.967(1.716, 2.108)
50~<60 岁	55	-0.11 $\pm$ 0.36	1.815(1.253, 2.332)	0.65 $\pm$ 0.28	1.695(1.153, 2.250)	2.094(1.611, 2.705)
60~<70 岁	61	0.11 $\pm$ 0.28	1.840(1.569, 2.174)	0.71 $\pm$ 0.23	1.674(1.437, 2.073)	1.996(1.766, 2.371)
$\geq$ 70 岁	16	0.12 $\pm$ 0.23	2.477(2.214, 3.201)	0.80 $\pm$ 0.20	2.351(2.069, 3.088)	2.422(2.044, 3.032)
P 值		0.096	0.001	0.005	0.001	0.034

年龄	眼数	角膜前表面高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	角膜前表面低阶像差 <sup>#</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面低阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )
<50 岁	11	0.53 $\pm$ 0.11	1.883(1.618, 2.025)	0.85 $\pm$ 0.10	0.22 $\pm$ 0.04	0.82 $\pm$ 0.10
50~<60 岁	55	0.68 $\pm$ 0.28	1.968(1.501, 2.600)	0.84 $\pm$ 0.21	0.22 $\pm$ 0.06	0.81 $\pm$ 0.20
60~<70 岁	61	0.71 $\pm$ 0.21	1.872(1.620, 2.233)	0.73 $\pm$ 0.16	0.20 $\pm$ 0.03	0.70 $\pm$ 0.17
$\geq$ 70 岁	16	0.79 $\pm$ 0.21	2.334(1.892, 2.887)	0.60 $\pm$ 0.14	0.21 $\pm$ 0.05	0.56 $\pm$ 0.14
P 值		0.046	0.058	0.000	0.409	0.000

注:AL:眼轴长度;CCT:中央角膜厚度;TCA:总角膜散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光(#:单因素方差分析;\*:Mann-Whitney 检验)

2.2 不同年龄组间角膜参数比较

对照组中 PCA、总角膜像差、总角膜高阶像差、总角膜低阶像差、角膜前表面像差、角膜前表面高阶像差、角膜后表面像差以及角膜后表面低阶像差各年龄组间比较,差异均有统计学意义( $P = 0.003, 0.001, 0.005, 0.001, 0.034, 0.046, 0.000, 0.000$ ),且总角膜高阶像差、角膜前表面高阶像差均随年龄的增大而增大,而角膜后表面像差、角膜后表面低阶像差均随年龄增大而减小。TCA 与 ACA 的差值在<50 岁和 50~<60 岁均为负值,在 60~<70 岁和  $\geq$ 70 岁均为正值,意味着随着年龄的

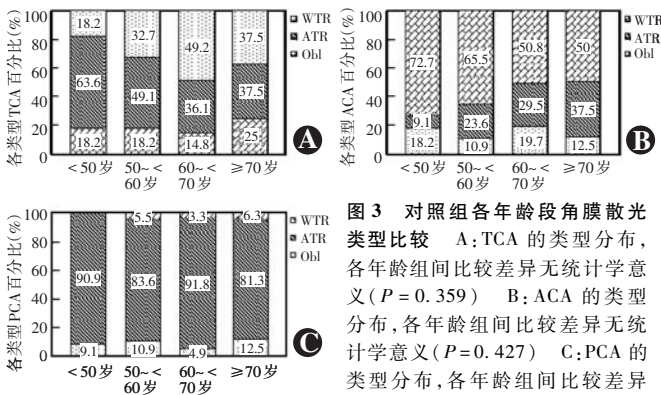


图 3 对照组各年龄段角膜散光类型比较 A: TCA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.359$ ) B: ACA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.427$ ) C: PCA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.758$ ) (Fisher 确切概率法)

注:TCA:总角膜散光;WTR:顺规散光;ATR:逆规散光;Obl:斜轴散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光

增大,PCA 对 ACA 的作用由补偿变为增加(表 2)。对照眼各年龄组中,ACA 均以 WTR 为主,PCA 均以 ATR 为主,TCA 在<50 岁和 50~<60 岁以 ATR 为主,在 60~<70 岁以 WTR 为主;TCA、ACA 和 PCA 不同年龄段各角膜散光类型比例比较,差异均无统计学意义( $TCA: P = 0.359; ACA: P = 0.427; PCA: P = 0.758$ )(图 3)。

高度近视组中总角膜高阶像差、角膜前表面高阶像差、角膜后表面像差以及角膜后表面低阶像差各年龄组间比较,差异均有统计学意义( $P = 0.001, 0.005, 0.002, 0.001$ ),且角膜后表面像差以及角膜后表面低阶像差均随年龄的增大而减小。TCA 与 ACA 的差值在<50 岁组为负值,在其余各组为正值,且表现出随年龄的增大而增大的趋势(表 3)。高度近视眼各年龄组中,TCA 和 ACA 均以 WTR 为主,PCA 以 ATR 为主;TCA、ACA 和 PCA 不同年龄段

各角膜散光类型比例比较,差异均无统计学意义( $TCA: P = 0.097; ACA: P = 0.054; PCA: P = 0.552$ )(图 4)。

2.3 高度近视组 PCA 与其他角膜参数相关性分析

高度近视组 PCA 与 ACA、角膜前表面像差、角膜前表面低阶像差、角膜后表面像差、角膜后表面高阶像差、角膜后表面低阶像差均呈正相关( $r = 0.235, P = 0.005; r = 0.217, P = 0.010; r = 0.229, P = 0.007; r = 0.395, P = 0.000; r = 0.243, P = 0.004; r = 0.384, P = 0.000$ ),与其余角膜参数均无相关性(图 5)。

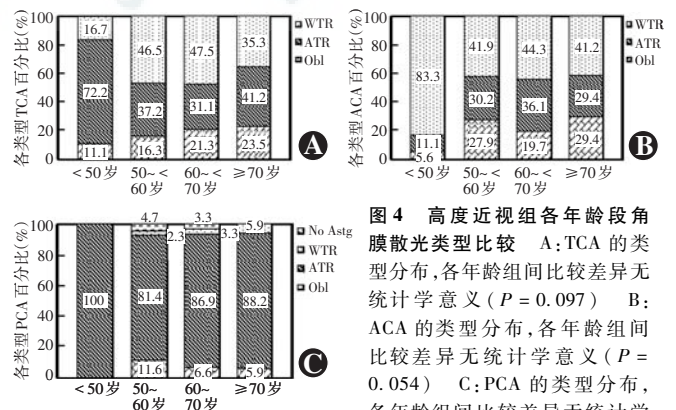


图 4 高度近视组各年龄段角膜散光类型比较 A: TCA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.097$ ) B: ACA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.054$ ) C: PCA 的类型分布,各年龄组间比较差异无统计学意义( $P = 0.552$ ) (Fisher 确切概率法)

注:TCA:总角膜散光;WTR:顺规散光;ATR:逆规散光;Obl:斜轴散光;ACA:角膜前表面散光;PCA:角膜后表面散光;No Astig:无散光

表 3 高度近视组各年龄段间角膜参数比较

年龄	眼数	AL <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , mm)	CCT <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , $\mu\text{m}$ )	TCA <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , D)	ACA <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , D)	PCA <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , D)
<50 岁	18	29.54±2.61	528.00±35.85	0.9(0.5, 1.2)	1.27±1.00	0.36±0.19
50- <60 岁	43	29.59±2.51	539.21±29.43	0.8(0.4, 1.1)	0.89±0.62	0.27±0.18
60- <70 岁	61	28.94±2.15	542.31±34.88	0.9(0.6, 1.3)	0.90±0.54	0.30±0.16
≥70 岁	17	29.82±2.69	546.65±28.98	1.1(0.9, 1.5)	0.99±0.46	0.22±0.12
P 值		0.406	0.332	0.351	0.152	0.077

年龄	眼数	TCA 与 ACA 的差值 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , D)	总角膜 像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	总角膜 高阶像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	总角膜 低阶像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	角膜 前表面像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )
<50 岁	18	-0.07±0.45	1.777(1.230, 2.576)	0.607(0.448, 0.695)	1.649(1.170, 2.535)	2.212(1.629, 3.220)
50- <60 岁	43	0.02±0.26	1.812(1.403, 2.314)	0.548(0.452, 0.652)	1.732(1.339, 2.214)	2.041(1.692, 2.677)
60- <70 岁	61	0.11±0.35	1.948(1.497, 2.812)	0.687(0.531, 0.832)	1.821(1.305, 2.656)	2.145(1.619, 2.878)
≥70 岁	17	0.17±0.24	2.189(1.992, 2.725)	0.712(0.681, 0.904)	2.103(1.853, 2.571)	2.373(2.030, 2.713)
P 值		0.107	0.197	0.001	0.276	0.720

年龄	眼数	角膜前表面 高阶像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	角膜前表面 低阶像差 <sup>*</sup> ( $M[Q1, Q3]$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面 像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面 高阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , $\mu\text{m}$ )	角膜后表面 低阶像差 <sup>#</sup> ( $\bar{x}\pm s$ , $\mu\text{m}$ )
<50 岁	18	0.565(0.500, 0.679)	2.116(1.542, 3.177)	0.84±0.22	0.21±0.03	0.82±0.22
50- <60 岁	43	0.582(0.481, 0.644)	1.977(1.586, 2.532)	0.77±0.17	0.20±0.05	0.74±0.17
60- <70 岁	61	0.661(0.549, 0.853)	2.049(1.507, 2.727)	0.72±0.16	0.20±0.07	0.68±0.16
≥70 岁	17	0.702(0.656, 0.865)	2.258(1.870, 2.621)	0.63±0.16	0.22±0.06	0.59±0.17
P 值		0.005	0.791	0.002	0.673	0.001

注: AL: 眼轴长度; CCT: 中央角膜厚度; TCA: 总角膜散光; ACA: 角膜前表面散光; PCA: 角膜后表面散光 (#: 单因素方差分析; \*: Mann-Whitney 检验)

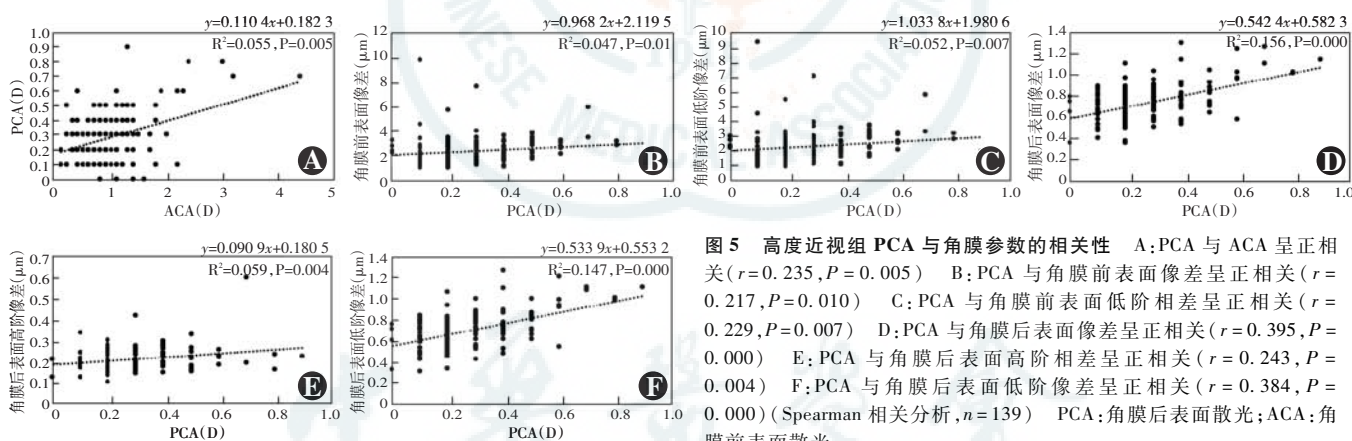


图 5 高度近视组 PCA 与角膜参数的相关性 A: PCA 与 ACA 呈正相关( $r=0.235, P=0.005$ ) B: PCA 与角膜前表面像差呈正相关( $r=0.217, P=0.010$ ) C: PCA 与角膜前表面低阶相差呈正相关( $r=0.229, P=0.007$ ) D: PCA 与角膜后表面像差呈正相关( $r=0.395, P=0.000$ ) E: PCA 与角膜后表面高阶相差呈正相关( $r=0.243, P=0.004$ ) F: PCA 与角膜后表面低阶像差呈正相关( $r=0.384, P=0.000$ ) (Spearman 相关分析,  $n=139$ ) PCA: 角膜后表面散光; ACA: 角膜前表面散光

表 4 高度近视组以 ACA 值估计 TCA 偏差情况

类型	高估		低估		无影响 $n, \%$	合计 [眼数, 比例( $n, \%$ )]
	眼数, 比例( $n, \%$ )	高估量( $\bar{x}\pm s, D$ )	眼数, 比例( $n, \%$ )	低估量( $\bar{x}\pm s, D$ )		
WTR	44, 65.67%	0.27±0.18	14, 20.90%	0.21±0.14	9, 13.43%	67, 100%
ATR	1, 2.38%	0.10	37, 88.10%	0.41±0.30	4, 9.52%	42, 100%
Obl	8, 26.67%	0.12±0.05	19, 63.33%	0.22±0.10	3, 10.00%	30, 100%
合计	53, 38.13%	0.25±0.18	70, 50.36%	0.32±0.25	16, 11.51%	139, 100%

注: ACA: 角膜前表面散光; TCA: 总角膜散光; WTR: 顺规散光; ATR: 逆规散光; Obl: 斜轴散光

2.4 高度近视组 ACA、像差估计 TCA、像差的偏差情况  
在高度近视组, 以 ACA 值估计 TCA 时会对 50.36% 的 TCA 值低估( $0.32\pm 0.25$ ) D。当角膜前表

面为 WTR 时, 会对 65.67% 的 TCA 值高估( $0.27\pm 0.18$ ) D; 当角膜前表面为 ATR 时, 会对 88.10% 的 TCA 值低估( $0.41\pm 0.30$ ) D; 当角膜前表面为 Obl 时,

会对 63.33% 的 TCA 值低估 ( $0.22 \pm 0.10$ ) D (表 4)。但是,以角膜前表面像差值估计总角膜像差值时会以 87.05% 的总角膜像差值高估 ( $0.275 \pm 0.176$ )  $\mu\text{m}$ ,且不随角膜前表面的散光类型改变而改变(表 5)。

表 5 高度近视组以角膜前表面像差值估计总角膜像差偏差情况

类型	高估		低估		合计 [眼数,比例 (n,%)]
	眼数,比例 (n,%)	高估量 ( $\bar{x} \pm s, D$ )	眼数,比例 (n,%)	低估量 ( $\bar{x} \pm s, D$ )	
WTR	59, 88.10%	$0.339 \pm 0.189$	8, 11.90%	$0.117 \pm 0.075$	67, 100%
ATR	34, 80.95%	$0.183 \pm 0.108$	8, 19.05%	$0.186 \pm 0.222$	42, 100%
Obl	28, 93.33%	$0.253 \pm 0.164$	2, 6.67%	$0.05 \pm 0.052$	30, 100%
合计	121, 87.05%	$0.275 \pm 0.176$	18, 12.95%	$0.14 \pm 0.158$	139, 100%

注:WTR:顺规散光;ATR:逆规散光;Obl:斜轴散光

### 3 讨论

白内障是中国首位致盲眼病<sup>[15-17]</sup>,手术是其唯一有效的治疗手段<sup>[18]</sup>。随着科技进步,白内障手术从单纯的复明手术向屈光手术发展。对白内障手术治疗效果的要求也由使患者“看得见”向“看得清”转变,所以白内障手术之前对 PCA 和像差分布的了解对白内障手术治疗效果有重要的指导意义。对伴有高度近视的白内障患者 PCA 和像差分布特点的研究较少,所以本研究回顾性分析白内障术前高度近视患者角膜数据,探究高度近视患者 PCA 及像差等特征,以期为临床工作提供参考。

以往研究表明,PCA 平均为 0.3 D,且 85% 以上的 PCA 陡峭子午线位于  $(90 \pm 30)^\circ$  方向 (ATR)<sup>[7,10-12]</sup>。本研究中,高度近视组 PCA 为 0.3 D,92.8% 的 PCA < 0.5 D,且 87.1% 的患者角膜后表面为 ATR;对照组 PCA 为 0.3 D,87.4% 的角膜后表面为 ATR。高度近视组和对照组 PCA 值及散光类型的分布差异均无统计学意义,意味着 PCA 值和散光类型都比较稳定,不会随着 AL 的改变而改变。Kaye 等<sup>[19]</sup>研究发现,虽然眼部总的散光值与近视度数有一定的相关性,但是角膜散光值却与近视度数无关。另外,玻璃体腔长度的增加在近视的发展中起主要作用<sup>[20]</sup>。以上两点可以解释 PCA 为什么不会随 AL 的改变而改变。

角膜散光类型的年龄相关性改变已经被许多研究证实,随着患者年龄的增大,TCA 和 ACA 类型均由 WTR 向 ATR 转变,但 PCA 类型却以 ATR 为主,且不会随年龄的增大而改变<sup>[7-8,10-12]</sup>。这种年龄相关性的改变可能与年龄增大引起眼睑张力变小、眼外肌拉力改变、眼压升高以及角膜结构改变有关<sup>[8]</sup>。本研究中对不同年龄分组角膜参数比较发现,对照组角膜前表

面为 WTR 的眼数在 <60 岁时高达 65.5% ~ 72.7%, $\geq 60$  岁时则降为 50.0% ~ 50.8%,角膜后表面均以 ATR 为主,其所占比例高达 81.3% 及以上;高度近视组角膜前表面为 WTR 的眼数在 <50 岁组为 83.3%, $\geq 50$  岁组则降为 41.2% ~ 44.3%,PCA 类型也是以 ATR 为主,占比高达 81.4% 及以上,均与以往研究结果相似。但是 TCA 为 WTR 的眼数在高度近视组和对照组各年龄段间却存在较大差异,<50 岁组分别为 18.2% 和 16.7%,50 ~ <60 岁组分别为 32.7% 和 46.5%,60 ~ <70 岁组分别为 49.2% 和 47.5%, $\geq 70$  岁组分别为 37.5% 和 35.3%,这与之前的研究结果不符。虽然对照组和高度近视组角膜前表面 WTR 所占比例由主导地位降到 50% 及以下的分界年龄不同,但随着年龄增大,WTR 所占比例下降与之前的研究结果相符。以往研究中,角膜前表面 WTR 所占比例由主导地位降到 50% 及以下的分界年龄均在 60 岁或更高年龄<sup>[11,21-23]</sup>,这与本研究中对照组的结果相同,但是本研究中高度近视组的分界年龄是 50 岁,意味着高度近视患者角膜前表面的散光类型由 WTR 为主转变为其他散光类型为主的年龄早于对照组。不论是对照组还是高度近视组,81% 以上的 PCA 类型均为 ATR,进一步说明 PCA 类型相当稳定,不因 AL 的增长而改变。本研究中对照组和高度近视组 TCA 类型按不同年龄分组后表现的不稳定性,可能与选取被研究者时出现的抽样偏差有关,本研究中入组的眼数不论是对照组还是高度近视组都呈橄榄型分布,<50 岁组和  $\geq 70$  岁组的眼数均 <20 眼,而中间 2 个组眼数均 >40 眼,眼数分布不均可能会对研究结果产生一定影响。

角膜像差的年龄相关性改变目前尚无定论。本研究中对照组总角膜高阶像差、角膜前表面高阶像差均随年龄的增大而增大,与之前的研究结果相同<sup>[14,24-26]</sup>,而高度近视组各年龄组间总角膜高阶像差和角膜前表面高阶像差虽然差异有统计学意义,却与年龄增大无关,分析可能与抽样偏差有关。高度近视患者总角膜高阶像差和角膜前表面高阶像差与年龄的相关性则需在以后的研究中进一步探索。本研究中,无论是对照组还是高度近视组,角膜后表面像差和角膜后表面低阶像差均表现出随年龄增大而减小的趋势,但是角膜后表面高阶像差却在各年龄组间差异无统计学意义,说明角膜后表面像差随年龄的增大而减小主要是由角膜后表面低阶像差的改变引起的。Nemeth 等<sup>[14]</sup>的研究却发现角膜后表面高阶像差与年龄呈正相关,而角膜后表面像差和角膜后表面低阶像差与年龄间均无相关性。以后则需要更多的研究证实

角膜后表面像差与年龄的关系。

根据“矢量累加法”<sup>[8]</sup>,随着年龄的增大,角膜前表面由 WTR 向 ATR 转变,PCA 类型则稳定为 ATR 不变,使 PCA 度数对 ACA 度数的作用由抵消作用转变为叠加作用<sup>[8]</sup>。本研究结果也验证了这一结论:对照组 TCA 与 ACA 的差值在 <60 岁时为负值,≥60 岁时为正值,即对照组 PCA 对 ACA 的作用在 60 岁以后由抵消变为叠加;高度近视组 TCA 与 ACA 的差值在 <50 岁组为 (-0.067±0.450)D,≥50 岁组为正值,即高度近视组 PCA 对 ACA 的作用在 50 岁以后由抵消变为叠加。这 2 个时间拐点与角膜前表面 WTR 所占比例由主导地位降为 50% 以下的时间拐点相同。所以在为患者选择 Toric IOL 时一定要将角膜散光类型随年龄改变这一特点考虑其中。

虽然 PCA 值大小以及变化范围相较于 ACA 值来说较小,但是其与角膜各参数之间的相互关系不可忽略。许多研究证明,PCA 与 ACA 呈正相关,且在角膜前表面为 WTR 时相关性更大<sup>[7,11,27]</sup>。但是本研究结果仅证实了高度近视组角膜前后表面散光值呈正相关 ( $r=0.235, P=0.005$ ),并未发现角膜前表面为 WTR 时两者之间的相关性,可能与抽样偏差和高度近视患者其他角膜参数的影响有关。部分研究证实角膜散光值与角膜高阶像差值呈正相关<sup>[25,28]</sup>,与角膜高阶像差的某些组分,如慧差、三叶草像差等也有一定的相关性<sup>[25,29]</sup>,但是 PCA 与角膜像差的关系在之前的研究中却鲜有报道。本研究分析 PCA 与角膜像差的相关性后发现,高度近视组 PCA 与角膜前表面像差、角膜前表面低阶像差、角膜后表面像差、角膜后表面高阶像差、角膜后表面低阶像差这 5 个参数均呈正相关,说明随着 PCA 值的增大,角膜前表面像差、低阶像差和角膜后表面像差、高阶像差、低阶像差均会随之增大,可能与散光产生的高阶像差使视网膜成像质量降低有关<sup>[30]</sup>。

目前,临床上常用 ACA 作为选择 Toric IOL 矫正角膜散光的依据。在高度近视眼中,如果以 ACA 估计 TCA,会对 50.36% 的患眼低估 (0.32±0.25)D,当 ACA 为 WTR 时会会对 66.67% 的患眼高估 (0.27±0.18)D,当 ACA 为 ATR 和 Obl 时则分别会对 88.10%、63.33% 的患眼低估 (0.41±0.30)D 和 (0.22±0.10)D。但是,以角膜前表面像差估计总角膜像差时会对 87.05% 的患眼高估 (0.275±0.176)μm,且这种高估的趋势不随 ACA 类型的不同而改变。散光值和像差值所表现的不同可能是由于像差是一个更大的概念,其中除散光外,还有离焦、球差、彗差、三叶草像差等小概念,像差值受更多因素影响。因此,在为患者选

择矫正散光或像差的 IOL 时,要综合考虑 PCA 值和角膜后表面像差对总角膜的散光和像差的影响,如果有条件,术前需对每例患者角膜前后表面参数进行准确测量,并以此为依据为患者提供个性化的选择。

综上所述,92.8% 的高度近视眼 PCA 值 <0.5 D, ATR 类型患眼占 87.1%。高度近视患者 PCA 对 ACA 的叠加作用较正常眼出现得更早。以 ACA 值为依据为患者选择 Toric IOL 时,当角膜前表面为 WTR 时易过矫,当角膜前表面为 ATR 或 Obl 时易欠矫。以角膜前表面像差为依据为患者选择矫正像差的 IOL 时易过矫。为患者选择合适的 IOL 时需要综合考虑角膜前后表面的散光和像差,以期术后获得更好的视觉质量。

## 参考文献

- [1] Wu LJ, You QS, Duan JL, et al. Prevalence and associated factors of myopia in high-school students in Beijing [J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10(3): e0120764 [2017-04-28]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4372519/>. DOI:10.1371/journal.pone.0120764.
- [2] Gao LQ, Liu W, Liang YB, et al. Prevalence and characteristics of myopic retinopathy in a rural Chinese adult population: the Handan Eye Study [J]. *Arch Ophthalmol*, 2011, 129(9): 1199-1204. DOI:10.1001/archophthalmol.2011.230.
- [3] Liu HH, Xu L, Wang YX, et al. Prevalence and progression of myopic retinopathy in Chinese adults: the Beijing Eye Study [J]. *Ophthalmology*, 2010, 117(9): 1763-1768. DOI:10.1016/j.ophtha.2010.01.020.
- [4] Yang J, Zhou S, Gu J, et al. UPR activation and the down-regulation of  $\alpha$ -crystallin in human high myopia-related cataract lens epithelium [J/OL]. *PLoS One*, 2015, 10(9): e0137582 [2017-04-23]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4564188/>. DOI:10.1371/journal.pone.0137582.
- [5] Mencucci R, Favuzza E, Guerra F, et al. Clinical outcomes and rotational stability of a 4-haptic toric intraocular lens in myopic eyes [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(9): 1479-1487. DOI:10.1016/j.jcrs.2013.12.024.
- [6] Goggin M, Zamora-Alejo K, Esterman A, et al. Adjustment of anterior corneal astigmatism values to incorporate the likely effect of posterior corneal curvature for toric intraocular lens calculation [J]. *J Refract Surg*, 2015, 31(2): 98-102. DOI:10.3928/1081597X-20150122-04.
- [7] 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.
- [8] Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, et al. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism [J]. *Cornea*, 2010, 29(6): 632-637. DOI:10.1097/ICO.0b013e3181c2965f.
- [9] Kohnen T. Posterior corneal astigmatism [J/OL]. *J Cataract Refract Surg*, 2013, 39(12): 1795 [2017-04-26]. [http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350\(13\)01313-8/fulltext](http://www.jcrsjournal.org/article/S0886-3350(13)01313-8/fulltext). DOI:10.1016/j.jcrs.2013.10.017.
- [10] Ueno Y, Hiraoka T, Beheregaray S, et al. Age-related changes in anterior, posterior, and total corneal astigmatism [J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(3): 192-197. DOI:10.3928/1081597X-20140218-01.
- [11] 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 [2017-04-12]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4307987/>. DOI:10.1371/journal.pone.0117194.
- [12] 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.
- [13] Nemeth G, Berta A, Lipecz A, et al. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging[J]. Cornea, 2014, 33(11) : 1214-1218. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000238.
- [14] Nemeth G, Hassan Z, Szalai E, et al. Analysis of age-dependence of the anterior and posterior cornea with scheimpflug imaging [J]. J Refract Surg, 2013, 29(5) : 326-331. DOI: 10.3928/1081597X-20130301-01.
- [15] Liang YB, Friedman DS, Wong TY, et al. Prevalence and causes of low vision and blindness in a rural Chinese adult population: the Handan Eye Study[J]. Ophthalmology, 2008, 115(11) : 1965-1972. DOI: 10.1016/j.ophtha.2008.05.030.
- [16] Wu M, Yip JL, Kuper H. Rapid assessment of avoidable blindness in Kunming, China[J]. Ophthalmology, 2008, 115(6) : 969-974. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.08.002.
- [17] Xu L, Wang Y, Li Y, et al. Causes of blindness and visual impairment in urban and rural areas in Beijing: the Beijing Eye Study [J]. Ophthalmology, 2006, 113(7) : 1134. e1-11. DOI: 10.1016/j.ophtha.2006.01.035.
- [18] 管怀进. 重视白内障合并角膜散光的精准手术矫正问题[J]. 中华实验眼科杂志, 2017, 35(3) : 193-196. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.03.001.  
Guan HJ. Paying attention to precision correcting surgery for cataract associated with corneal astigmatism[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2017, 35(3) : 193-196. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.03.001.
- [19] Kaye SB, Patterson A. Association between total astigmatism and myopia [J]. J Cataract Refract Surg, 1997, 23(10) : 1496-1502.
- [20] Goh WS, Lam CS. Changes in refractive trends and optical components of Hong Kong Chinese aged 19-39 years[J]. Ophthalmic Physiol Opt, 1994, 14(4) : 378-382.
- [21] Ho JD, Liou SW, Tsai RJ, et al. Effects of aging on anterior and posterior corneal astigmatism [J]. Cornea, 2010, 29(6) : 632-637. DOI: 10.1097/ICO.0b013e3181c2965f.
- [22] Nemeth G, Berta A, Lipecz A, et al. Evaluation of posterior astigmatism measured with Scheimpflug imaging[J]. Cornea, 2014, 33(11) : 1214-1218. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000238.
- [23] 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.
- [24] 王娟, 汤欣, 张帅. 年龄因素对角膜前表面高阶像差的影响[J]. 天津医科大学学报, 2009, 15(1) : 136-138. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8147.2009.01.041.  
Wang J, Tang X, Zhang S. Effect of aging on high order aberrations of the anterior cornea [J]. J Tianjin Med Univer, 2009, 15(1) : 136-138. DOI: 10.3969/j.issn.1006-8147.2009.01.041.
- [25] 周正, 张丰菊. 近视散光眼角膜像差的特征及其影响因素分析[J]. 中国实用眼科杂志, 2009, 27(7) : 718-721. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2009.07.012.  
Zhou Z, Zhang FJ. Analysis of characteristic and effective factors of corneal aberrations in myopic astigmatic eyes [J]. Chin J Pract Ophthalmol, 2009, 27(7) : 718-721. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2009.07.012.
- [26] Chayet A, Bains HS. Prospective, randomized, double-blind, contralateral eye comparison of myopic LASIK with optimized aspheric or prolate ablations [J]. J Refract Surg, 2012, 28(2) : 112-119. DOI: 10.3928/1081597X-20111219-01.
- [27] Naderan M, Rajabi MT, Zarrinbakhsh P. Distribution of anterior and posterior corneal astigmatism in eyes with keratoconus [J]. Am J Ophthalmol, 2016, 167 : 79-87. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.03.051.
- [28] 李晓晶, 王雁, 张琳. 2mm 微切口 SMILE 术后近视矫治眼高阶像差的变化[J]. 中华实验眼科杂志, 2015, 33(2) : 142-148. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.02.010.  
Li XJ, Wang Y, Zhang L. Change of higher order aberration after 2 mm micro-incision SMILE in myopia [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2015, 33(2) : 142-148. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.02.010.
- [29] Wei RH, Lim L, Chan WK, et al. Higher order ocular aberrations in eyes with myopia in a Chinese population [J]. J Refract Surg, 2006, 22(7) : 695-702.
- [30] 徐路路, 王雁, 吴雅楠, 等. 近视眼飞秒激光小切口基质透镜取出术后角膜光学质量的客观评估[J]. 中华实验眼科杂志, 2017, 35(2) : 139-145. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.02.010.  
Xu LL, Wang Y, Wu YN, et al. Assessment of corneal optical quality following small incision lenticule extraction for myopia [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2017, 35(2) : 139-145. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.02.010.

(收稿日期: 2017-11-07 修回日期: 2018-02-19)

(本文编辑: 刘艳)

读者·作者·编者

## 本刊对医学研究中知情同意和医学伦理学描述的要求

根据国际医学期刊编辑委员会提供的“生物医学期刊投稿统一要求”的表述, 本刊对作者撰写稿件时关于“知情同意”和“医学伦理学”的描述提出如下要求:

(1) 知情同意 在未事先获得知情同意的情况下, 患者有隐私不被侵犯的权力。患者的身份信息, 包括姓名、来源、住院号等均不应该以文字、图片或家系信息的方式在出版物上公开, 除非这些信息对于本研究是必需的, 如需在出版物上显示, 应征得患者(或者父母、监护人)签署的书面同意书。

发表的文章中应该省略不必要的患者个人信息, 但难以做到完全匿名时(如在照片中掩盖患者的眼部, 不足以保护患者的隐私权), 应提供知情同意的信息。如果用改变患者的身份特征(如遗传家系等)以保护患者隐私权的方法, 作者应该确保这些改变不影响研究的科学性, 并且编辑应在文中对此予以说明。

(2) 医学伦理学 以人体为实验对象的研究, 作者应该提及试验步骤是否符合相应的负责机构、国家委员会或 1975 年赫尔辛基宣言(2005 年修订)的医学伦理学标准。如果研究过程对是否符合赫尔辛基宣言有疑问或存在一定的问题, 作者应当做出客观说明并解释研究的合理性, 提交已通过审查机构的批准情况。以动物为实验对象的研究, 作者应当说明是否遵循当地的相关机构、学会(国内或国外)及国家实验动物保护和指南。

(本刊编辑部)