

近视眼角膜高阶像差和屈光度及角膜曲率的相关性分析

阳雪, 龙琴

基金项目: 国家自然科学基金(No. 81070755)

作者单位: (100730) 中国北京市, 中国医学科学院 北京协和医学院附属北京协和医院眼科

作者简介: 阳雪, 毕业于上海交通大学, 北京协和医学院在读硕士研究生, 研究方向: 角膜病、屈光手术。

通讯作者: 龙琴, 博士, 副教授, 研究方向: 角膜病、屈光手术。
longqinbj@hotmail.com

收稿日期: 2015-11-13 修回日期: 2016-05-10

Corneal high order aberrations in adults with myopia: correlations with myopic degree and keratometry

Xue Yang, Qin Long

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 81070755)

Department of Ophthalmology, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

Correspondence to: Qin Long. Department of Ophthalmology, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China. longqinbj@hotmail.com

Received: 2015-11-13 Accepted: 2016-05-10

Abstract

• **AIM:** To investigate the corneal high order aberrations in adults with myopia and to study its correlations with myopic degree and keratometry.

• **METHODS:** A total of 63 patients (126 eyes) from the ophthalmology department of our hospital were included in this study during May 2014 to June 2015. Visual acuity, intraocular pressure (IOP), diopter, slit lamp examination, central corneal thickness (CCT), funduscopy examination, corneal topography and corneal total higher order aberrations (THOAs) were recorded. Right eye was selected. According to the spherical equivalence (SE), 63 eyes were divided into two groups, the mild to moderate myopia group (M-M group, $SE < -6.00D$) and the high myopia group (H group, $SE \geq -6.00D$). The correlations of corneal THOAs with diopter, keratometry, IOP and CCT were analyzed. Kolmogorov-Smirnov Test was used for normality test. Independent-samples t test was used for comparison between two groups. Pearson

correlation analysis was for comparison between two continuous variables.

• **RESULTS:** Z_{44} was found a statistic difference between the M-M group and H group ($t=2.51, P=0.02$). IOP was negatively correlated with Z_{5-3} ($r=-0.52, P=0.01$), and CCT was positively correlated with Z_{4-4} ($r=0.43, P=0.03$) in H group. There was no correlation between higher order aberrations and SE in M-M group (all $P>0.05$). Total coma aberration (TCA) was negatively correlated with SE ($r=-0.57, P=0.002$) and spherical degree (Sph, $r=-0.55, P=0.003$) in H group. Z_{40} was positively correlated with average K (AK) (M-M group: $r=0.40, P=0.02$. H group: $r=0.55, P=0.03$), K steep (K_s) (M-M group: $r=0.39, P=0.02$. H group: $r=0.51, P=0.01$) and K flat (K_f) (M-M group: $r=0.40, P=0.02$. H group: $r=0.57, P=0.01$) in both groups. Z_{53} was negatively correlated with K_s ($r=-0.4, P=0.04$) in H group.

• **CONCLUSION:** The THOAs parameters are influenced by diopter and keratometry. TCA is negatively correlated with SE and Sph in patients with high myopia, and spherical aberration is positively correlated with keratometry.

• **KEYWORDS:** corneal high order aberrations; myopia; refraction; keratometry

Citation: Yang X, Long Q. Corneal high order aberrations in adults with myopia: correlations with myopic degree and keratometry. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2016;16(6):1043-1047

摘要

目的: 通过测量近视眼角膜高阶像差, 探讨其与屈光度和角膜曲率等参数的相关性。

方法: 选取单纯近视患者 63 例 126 眼, 行眼科常规检查、角膜地形图及角膜波前像差检查。统一选取右眼, 按等效球镜度分为中低度近视组 ($< -6.00D$) 和高度近视组 ($\geq -6.00D$), 比较两组患者的第三、四、五阶主要角膜高阶像差并分析其与屈光度、角膜曲率、眼内压、中央角膜厚度和年龄的相关性。用 Kolmogorov-Smirnov Test 进行数据的正态性分布检验, 两样本间比较采用独立样本 t 检验, 两连续变量间相关分析采用 Pearson 相关分析。

结果: 中低度近视和高度近视组间四叶草像差 (Z_{44}) 有统计学差异 ($t=2.51, P=0.02$); 高度近视组眼内压与次级水平三叶草 (Z_{5-3}) 呈显著负相关 ($r=-0.52, P=0.01$), 中央角膜厚度与四叶草像差 (Z_{4-4}) 呈显著正相关 ($r=0.43, P=0.03$); 中低度近视组角膜高阶像差参数与屈光度参数

间无相关性($P>0.05$),高度近视组等效球镜度和球镜度与总彗差(TCA)呈负性相关($r=-0.57, P=0.002; r=-0.55, P=0.003$);中低度近视组及高度近视组的平均角膜屈光力、陡峭角膜屈光力及平坦角膜屈光力与初级球差(Z_{40})均有显著正性相关(中低度组: $r=0.40, P=0.02; r=0.39, P=0.02; r=0.40, P=0.02$;高度组: $r=0.55, P=0.03; r=0.51, P=0.01; r=0.57, P=0.01$),高度近视组次级倾斜三叶草(Z_{53})与陡峭角膜屈光力呈显著负相关($r=-0.4, P=0.04$)。

结论:近视眼角膜高阶像差的某些组成成分受屈光度和角膜曲率的影响,其中角膜球差受角膜曲率影响,呈显著正性相关,高度近视患者总彗差受球镜度和等效球镜度的影响,呈显著负性相关。

关键词:角膜高阶像差;近视;屈光度;角膜曲率

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.6.10

引用:阳雪,龙琴.近视眼角膜高阶像差和屈光度及角膜曲率的相关性分析.国际眼科杂志2016;16(6):1043-1047

0 引言

准分子激光角膜屈光手术自1994年在国内应用以来,借助相关设备的开发应用,更趋向于精准和微创,其通过改变角膜前表面形态矫正屈光不正,但同时增大了高阶像差^[1]。波前像差概念的引入为其个体化切削方案的制定提供了可靠的理论及技术支持,一定程度上改善了传统屈光手术后由于高阶像差增加导致的眩光和对比敏感度降低等症状。目前常用的波前像差检查仪包括全眼像差仪和角膜像差仪。全眼像差主要由角膜像差及晶状体像差组成。由于晶状体具有强大的调节力,故全眼像差个体差异较大,其高阶像差可随眼部调节及瞳孔大小而变化^[2],为波前像差引导手术带来一定干扰。角膜像差占全眼波前像差的80%左右^[3],不易受瞳孔、晶状体等因素的影响,具有较可靠的应用价值。由于角膜高阶像差在视觉成像质量上的显著意义,本研究通过测量成人近视眼角膜高阶像差和角膜曲率及屈光参数,探讨角膜高阶像差与屈光度和角膜曲率等相关性,以期更好地指导临床工作。

1 对象和方法

1.1 对象 选取2014-05/2015-06就诊于我院眼科,拟行准分子激光角膜屈光手术并排除其他角膜及眼部、全身病变的单纯近视患者63例126眼,其中女44例88眼,男19例38眼,年龄19~45(平均 29.35 ± 7.09)岁。裸眼视力0.07~0.5(平均 0.14 ± 0.13);最佳矫正视力0.8~1.2(平均 1.04 ± 0.09);球镜度-1.00~-11.25(平均 -5.36 ± 2.36)D,柱镜度0~-2.75(平均 -0.92 ± 0.75)D。根据等效球镜度(spherical equivalence, SE)将其分为中低度近视组(<-6.00 D)及高度近视组(≥ -6.00 D),其中中低度近视组36例72眼,平均年龄 30.21 ± 7.65 岁,男女比例1:2;高度近视组27例54眼,平均年龄 28.87 ± 8.63 岁,男女比例7:20,两组基本资料见表1。中低度近视组及高度近视组经K-S检验,两组间各样本均符合正态分布。通

过独立样本 t 检验,两组间年龄、性别、IOP、CCT及Cyl均无明显统计学差异($P\geq 0.05$)。

1.2 方法 所有患者检查前均停戴角膜接触镜至少2wk。对研究对象进行以下眼科检查:裸眼视力、裂隙灯检查、散瞳间接眼底镜检查、非接触式眼压(intraocular pressure, IOP)(日本Canon公司TX-20型)、主客观验光、角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、角膜地形图(日本TOMEY公司TMS-4型),并用Keratron Scout角膜波前像差分析仪(keratron scout OPTIKON 2000,软件为SCHWIND CAM OPTIKON Scout SW版本,德国SCHWIND公司)进行角膜高阶像差分析。

角膜高阶像差的具体检查方法:明适应于瞳孔自然状态下,由同一检查者对患者双眼进行3次检查。检查时充分暴露角膜,尽量保持角膜反射环完整且清晰,检查结果重复性良好,从检查结果中择优选取一幅进行分析。图像选取标准:(1)offset值 <2.0 ;(2)范围大于8mm;(3)泪膜均匀。取6mm瞳孔直径时检查结果。通过分析仪自动转换,获得角膜像差数据。由于同一个体双眼生物学上的高度相关性及镜面对称性^[4],所有患者统一选取右眼参与统计分析。记录数据包括:角膜总高阶像差(total higher order aberrations, THOAs)、总彗差(total coma aberration, TCA)、垂直彗差(Z_{3-1})、水平彗差(Z_{31})、倾斜三叶草(Z_{3-3})、水平三叶草(Z_{33})、初级球差(Z_{40})、X-向次级像散(Z_{42})、Y-向次级像散(Z_{4-2})、垂直四叶草(Z_{4-4})、水平四叶草(Z_{44})、次级垂直彗差(Z_{5-1})、次级水平彗差(Z_{51})、次级倾斜三叶草(Z_{53})、次级水平三叶草(Z_{5-3})。角膜地形图检查获得平均角膜屈光力(average K, AK)、陡峭角膜屈光力(K steep, K_s)及平坦角膜屈光力(K flat, K_f)数值。

统计学分析:所有数据采用SPSS19.0统计软件进行处理。用Kolmogorov-Smirnov Test(K-S检验)进行数据的正态性分布检验,两样本间比较采用独立样本 t 检验,两连续变量间相关分析采用Pearson相关分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 中低度近视组和高度近视组间的角膜高阶像差比较

除四叶草像差(Z_{44})两组间有统计学差异($t=2.51, P=0.02$)外,其余角膜高阶像差项两组间均无统计学差异($P\geq 0.05$),见表2。

2.2 角膜高阶像差的相关性分析 角膜高阶像差的相关性分析见表3、4。

2.2.1 角膜高阶像差与年龄和眼压及角膜厚度的相关性分析 除高度近视组IOP与 Z_{5-3} 呈显著负相关($r=-0.52, P=0.01$)及CCT与 Z_{4-4} 呈显著正相关($r=0.43, P=0.03$)外,中低度近视组和高度近视组其余角膜高阶像差各参数与年龄、IOP及CCT均无相关性($P\geq 0.05$)。

2.2.2 角膜高阶像差与屈光度的相关性分析 中低度近视组角膜高阶像差参数与屈光度参数间均无相关性($P\geq 0.05$);高度近视组SE和Sph与TCA呈显著负性相关($r=-0.57, P=0.002; r=-0.55, P=0.003$),其余屈光度参数与角膜高阶像差参数间均无相关性($P\geq 0.05$)。

表1 中低度近视组与高度近视组基本资料比较

组别	例数	年龄(岁)	性别(男/女)	IOP(mmHg)	CCT(μm)	Sph(D)	Cyl(D)	$\bar{x}\pm s$
中低度组	36	30.21 \pm 7.65	12/24	14.67 \pm 2.83	490.17 \pm 155.00	-3.74 \pm 1.36	-0.79 \pm 0.62	
高度组	27	28.87 \pm 8.63	7/20	14.24 \pm 1.99	494.96 \pm 142.56	-7.38 \pm 1.69	-1.08 \pm 0.87	
<i>P</i>		0.56	0.33	0.48	0.63	0.01	0.36	

注:IOP:眼内压;CCT:中央角膜厚度;Sph:球镜度;Cyl:柱镜度。

表2 中低度近视组与高度近视组角膜高阶像差均方根值比较

高阶像差	$(\bar{x}\pm s, \mu\text{m})$			
	中低度组	高度组	<i>t</i>	<i>P</i>
Z ₃₋₃	-0.12 \pm 0.18	-0.05 \pm 0.13	-1.54	0.13
Z ₃₋₁	-0.06 \pm 0.16	-0.00 \pm 0.17	-1.45	0.15
Z ₃₁	0.10 \pm 0.09	0.09 \pm 0.09	0.53	0.6
Z ₃₃	0.12 \pm 0.07	0.12 \pm 0.05	-0.11	0.91
Z ₄₋₄	0.02 \pm 0.07	0.02 \pm 0.03	0.43	0.67
Z ₄₋₂	-0.23 \pm 0.03	-0.17 \pm 0.03	-0.76	0.45
Z ₄₀	0.21 \pm 0.06	0.20 \pm 0.10	0.86	0.38
Z ₄₂	-0.02 \pm 0.04	0.01 \pm 0.07	-2.00	0.05
Z ₄₄	0.02 \pm 0.44	-0.01 \pm 0.06	2.51	0.02
Z ₅₋₃	0 \pm 0.02	0 \pm 0.03	-0.58	0.57
Z ₅₋₁	0.01 \pm 0.09	-0.01 \pm 0.03	0.94	0.35
Z ₅₁	-0.01 \pm 0.01	0 \pm 0.01	-0.81	0.42
Z ₅₃	0 \pm 0.02	0 \pm 0.03	-1.35	0.18
TCA	0.18 \pm 0.10	0.19 \pm 0.10	-0.44	0.66
THOAs	0.43 \pm 0.12	0.44 \pm 0.10	-0.39	0.7

表3 中低度近视组角膜高阶像差均方根值与各指标的相关性

高阶像差	年龄	IOP	CCT	SE	Sph	Cyl	AK	K _s	K _t
Z ₃₋₃	<i>r</i> 0.07	0.08	-0.21	0.24	0.24	0.01	-0.09	-0.06	-0.11
	<i>P</i> 0.54	0.66	0.25	0.17	0.18	0.94	0.63	0.73	0.52
Z ₃₋₁	<i>r</i> -0.35	0.04	0.02	-0.12	-0.13	-0.02	0.04	0.04	0.04
	<i>P</i> 0.38	0.85	0.9	0.48	0.46	0.92	0.81	0.82	0.81
Z ₃₁	<i>r</i> 0.06	0.22	0.07	0.07	0.06	0.05	-0.1	-0.11	-0.09
	<i>P</i> 0.65	0.24	0.69	0.71	0.74	0.8	0.57	0.52	0.61
Z ₃₃	<i>r</i> 0.01	0.09	-0.24	-0.27	-0.27	-0.05	0.28	0.28	0.27
	<i>P</i> 0.13	0.62	0.17	0.11	0.12	0.79	0.11	0.1	0.11
Z ₄₋₄	<i>r</i> 0.28	-0.16	-0.04	0.14	0.1	0.14	-0.11	0.15	-0.06
	<i>P</i> 0.77	0.36	0.81	0.44	0.56	0.43	0.55	0.41	0.75
Z ₄₋₂	<i>r</i> -0.08	-0.20	-0.05	0.18	0.20	-0.08	-0.07	-0.08	-0.07
	<i>P</i> 0.98	0.26	0.79	0.30	0.25	0.65	0.68	0.66	0.71
Z ₄₀	<i>r</i> 0.12	0.08	0.29	-0.17	-0.18	0.06	0.4	0.39	0.4
	<i>P</i> 0.56	0.65	0.09	0.34	0.29	0.75	0.02*	0.02*	0.02*
Z ₄₂	<i>r</i> 0.02	0.21	0.22	0.23	0.24	-0.03	-0.05	-0.06	-0.03
	<i>P</i> 0.76	0.22	0.22	0.19	0.18	0.88	0.79	0.73	0.85
Z ₄₄	<i>r</i> 0.78	-0.11	-0.16	-0.18	-0.27	0.35	0.27	0.28	0.24
	<i>P</i> 0.17	0.54	0.37	0.31	0.13	0.05	0.63	0.1	0.17
Z ₅₋₃	<i>r</i> 0.35	-0.14	0.01	0.18	0.24	-0.21	0.06	0.03	0.09
	<i>P</i> 0.66	0.43	0.94	0.3	0.18	0.23	0.74	0.87	0.61
Z ₅₋₁	<i>r</i> 0.46	0.35	-0.03	-0.03	-0.08	0.2	0.19	0.19	0.18
	<i>P</i> 0.34	0.84	0.87	0.89	0.67	0.26	0.29	0.29	0.31
Z ₅₁	<i>r</i> -0.06	-0.02	-0.06	0.03	0	0.1	0.14	0.14	0.14
	<i>P</i> 0.74	0.89	0.76	0.87	0.99	0.57	0.42	0.42	0.44
Z ₅₃	<i>r</i> 0.29	-0.01	0.16	-0.05	-0.02	-0.09	-0.14	-0.2	-0.08
	<i>P</i> 0.75	0.97	0.38	0.79	0.9	0.61	0.42	0.26	0.67
TCA	<i>r</i> -0.12	-0.01	0.1	-0.24	-0.17	-0.29	-0.3	-0.29	-0.29
	<i>P</i> 0.79	0.96	0.59	0.17	0.32	0.09	0.08	0.09	0.09
THOAs	<i>r</i> -0.13	-0.05	0.09	-0.27	-0.24	-0.14	0.06	0.07	0.05
	<i>P</i> 0.62	0.78	0.62	0.12	0.16	0.43	0.73	0.71	0.76

注:* ;*P*<0.05。

表4 高度近视组角膜高阶像差均方根值与各指标的相关性

高阶像差	年龄	IOP	CCT	SE	Sph	Cyl	AK	K _s	K _t
Z ₃₋₃	<i>r</i> 0.67	-0.05	0.12	-0.02	0.04	-0.2	-0.21	-0.2	-0.22
	<i>P</i> 0.08	0.79	0.56	0.94	0.85	0.3	0.28	0.3	0.27
Z ₃₋₁	<i>r</i> 0.17	-0.14	0.18	-0.12	-0.13	0.07	-0.26	-0.23	-0.29
	<i>P</i> 0.38	0.48	0.37	0.55	0.52	0.74	0.18	0.24	0.14
Z ₃₁	<i>r</i> 0.37	-0.06	-0.25	0.07	0.04	-0.28	-0.2	-0.26	-0.13
	<i>P</i> 0.28	0.77	0.2	0.72	0.98	0.15	0.32	0.18	0.53
Z ₃₃	<i>r</i> -0.38	0.01	0.27	-0.2	0.13	0.04	0.11	0.12	0.08
	<i>P</i> 0.16	0.99	0.17	0.3	0.2	0.84	0.59	0.54	0.68
Z ₄₋₄	<i>r</i> 0.37	0.25	0.43	-0.2	-0.23	0.18	-0.04	0.01	0.08
	<i>P</i> 0.62	0.21	0.03*	0.32	0.24	0.36	0.86	0.99	0.67
Z ₄₋₂	<i>r</i> -0.06	-0.24	0.21	0.06	0.12	-0.26	-0.08	-0.13	-0.02
	<i>P</i> 0.86	0.23	0.32	0.76	0.54	0.20	0.68	0.52	0.92
Z ₄₀	<i>r</i> 0.07	0.13	0.13	0.36	0.33	0.04	0.55	0.51	0.57
	<i>P</i> 0.46	0.5	0.52	0.06	0.08	0.85	0.03*	0.01*	0.01*
Z ₄₂	<i>r</i> 0.12	-0.13	0.00	-0.08	-0.09	0.07	-0.07	-0.05	-0.10
	<i>P</i> 0.64	0.52	0.99	0.69	0.64	0.73	0.73	0.80	0.63
Z ₄₄	<i>r</i> -0.29	0.12	-0.01	-0.19	-0.2	0.08	-0.03	-0.01	-0.05
	<i>P</i> 0.45	0.56	0.97	0.33	0.3	0.68	0.87	0.96	0.8
Z ₅₋₃	<i>r</i> 0.33	-0.52	0.2	-0.14	-0.17	0.13	-0.07	-0.06	-0.07
	<i>P</i> 0.25	0.01*	0.33	0.47	0.4	0.51	0.73	0.75	0.73
Z ₅₋₁	<i>r</i> -0.54	0.32	-0.05	-0.07	-0.05	-0.08	-0.01	0	-0.02
	<i>P</i> 0.99	0.1	0.81	0.72	0.81	0.69	0.96	0.99	0.91
Z ₅₁	<i>r</i> 0.22	-0.08	-0.19	0.3	0.21	0.28	0.2	0.22	0.18
	<i>P</i> 0.19	0.67	0.37	0.13	0.29	0.14	0.31	0.26	0.37
Z ₅₃	<i>r</i> 0.01	0.31	0.09	-0.13	-0.09	-0.11	-0.36	-0.4	-0.31
	<i>P</i> 0.67	0.11	0.68	0.52	0.64	0.58	0.06	0.04*	0.1
TCA	<i>r</i> -0.17	-0.19	0.04	-0.57	-0.55	0.05	-0.2	-0.19	-0.21
	<i>P</i> 0.27	0.33	0.83	0.002*	0.003*	0.81	0.31	0.34	0.28
THOAs	<i>r</i> 0.26	-0.18	0.21	-0.19	-0.18	0.01	0.27	0.25	0.28
	<i>P</i> 0.38	0.36	0.28	0.33	0.35	0.97	0.18	0.21	0.16

注:* ;*P*<0.05。

2.2.3 角膜高阶像差与角膜曲率的相关性分析 中低度近视组及高度近视组的AK, K_s和K_t与Z₄₀均有显著正相关性(中低度组:*r*=0.40, *P*=0.02; *r*=0.39, *P*=0.02; *r*=0.40, *P*=0.02; 高度组:*r*=0.55, *P*=0.03; *r*=0.51, *P*=0.01; *r*=0.57, *P*=0.01), 高度近视组Z₅₃与K_s呈显著负相关(*r*=-0.4, *P*=0.04), 其余均无相关性(*P*≥0.05)。

3 讨论

人眼是一个存在多种像差的屈光系统, 其中角膜像差占全眼像差的主要部分^[1,5]。在角膜Zernike高阶像差图中, 中轴位置像差对视觉质量影响较周边像差明显, 同时第三阶和第四阶对视觉质量的影响最大^[6], 第五阶及更高阶者影响逐层递减, 只有瞳孔较大时才会显露出来。对于人眼, 6阶以上的高阶像差对视觉影响很小, 可以忽略不计。临床上进行像差引导的个性化切削时考虑最多的是第3, 4和5阶像差, 故本文对以上三阶像差居于中轴的项目进行了分析。

像差影响着视网膜成像系统, 在视觉质量的形成上具有重要意义。以往对于近视屈光度与全眼高阶像差的相

关性研究较多,但所报道的研究结果不尽相同。有结果显示近视眼全眼高阶像差高于正视眼,因此认为高阶像差在近视的发生发展中可能起到一定作用^[7-8],然而部分研究却得出高阶像差与屈光度无相关性的结论^[9]。本次研究仅发现中低度近视和高度近视患者在四叶草像差方面的组间差异,尽管该项像差均方根(root mean square, RMS)值较小,然而在相关性分析中发现屈光度组分和角膜高阶像差组分间的部分相关性,仍提示屈光度与角膜高阶像差存在一定关联,扩大样本量将有利于进一步揭示两者之间的关系。

在全眼高阶像差的研究中,对彗差的研究颇为热门。研究发现,并非所有全眼高阶像差都降低视觉质量,甚至部分高阶像差,如垂直彗差,可能对视觉质量有益^[10],故在进行个体化屈光手术设计时不可一概而论。相关文献报道提示垂直彗差可能有助于良好视觉质量的形成,应在波前像差引导的角膜屈光手术设计时予以考虑^[11]。本次研究发现高度近视组球镜度与角膜总彗差呈显著负性相关,说明高度近视患者角膜总彗差随球镜度增加而增加,其视觉质量不仅受低阶像差影响,高阶像差的影响也较非高度近视人群明显。彗差对应角膜前表面对称性,彗差增大即角膜前表面对称性下降。本研究所出现的结果考虑可能与高度近视患者眼轴进行性增长导致角膜前表面曲率变化,角膜前表面对称性随之下降有关。

由于角膜屈光手术对角膜前表面影响较大,因此,基于角膜前表面数据的角膜像差仪为临床评估角膜像差的意义提供可能。有文献表明,对于不同近视度的角膜高阶像差,其区别主要体现在球差上,散光对角膜高阶像差的某些组分存在影响,其中对彗差的影响较大^[12]。同时高度近视患者的球镜度及散光度对角膜彗差均有影响^[13]。本次研究发现高度近视组球镜度与角膜彗差呈显著负性相关,同样验证了以上观点。低阶像差为人眼自然状态下最显著像差,同时以上研究发现低阶像差对高阶像差具有影响,因此在波前像差引导的屈光手术时,对球镜、散光等低阶像差应精确测量,从而降低术源性高阶像差的产生,提高术后视觉质量。然而,本研究未发现散光度和角膜高阶像差的显著相关性,考虑与样本量小和本研究中患者的散光度较低有关。

角膜形态是影响角膜像差的另一重要因素,其非球面特性减少了周边光线入射所产生的球差,同时角膜形态也主要以角膜前、后表面的曲率等参数体现。角膜球差由角膜周边入射光线与近轴光线间聚焦差异导致,代表了角膜中心曲率与周边曲率的平衡关系^[14]。准分子激光角膜屈光手术因改变了角膜原有的非球面性,使球差增大,视觉质量降低^[15]。杨璐等^[16]通过对青年人群近视眼的角膜高阶像差与角膜前表面曲率、散光等参数进行相关性分析,指出角膜球差与角膜前表面曲率呈明显正相关。本研究发现中低度近视组和高度近视组的角膜曲率与角膜球差存在显著正相关性,与其报道一致。因此对于角膜曲率较大者,角膜屈光手术时采用非球面设计以减少术源性球差的产生,对术后良好视觉质量的形成有益。刘丽清等^[14]研究提示尽管角膜后表面波前像差 RMS 值远小于前表面波前像差 RMS 值,其对前表面像差仍具有复杂的

补偿作用。本次研究并未对角膜后表面形态予以测量,研究所用的 Keratron Scout 角膜波前像差分析仪仅显示角膜前表面曲率,是该设备的不足之处。

随着年龄的增加,角膜中央厚度变薄^[17],抵抗眼内压能力变小,角膜结构不稳定性增加,同时角膜纤维及其间隙等均匀性降低,非对称性增加,可能影响角膜非球面特性及导致高阶像差增加^[18]。本次研究未发现角膜高阶像差与年龄的显著相关性,其原因一方面可能与本次研究对象年龄范围跨度较窄(19~45岁)有关,有文献显示18~40岁人群像差随年龄改变并不明显^[19];另一方面,根据许琛琛等^[20]研究显示,不同瞳孔直径可导致年龄与角膜前表面高阶像差相关性变化,瞳孔较小时年龄与角膜前表面高阶像差相关性较差,本次研究选取瞳孔直径6mm数据亦可对此产生相应影响。

以往研究对于角膜高阶像差与中央角膜厚度及眼内压之间的相关性尚无统一结论及解释^[14, 21-22],本次研究仅发现高度近视组 IOP 与次级倾斜三叶草呈显著负相关,及 CCT 与四叶草像差呈显著正相关,考虑原因为中央角膜厚度反映了角膜的代谢及水合作用,在健康人群当中一般非常稳定,故其对角膜高阶像差影响极小;而眼内压虽然对角膜存在生物力学的支持作用,使角膜具有向外扩张趋势,但角膜受力均匀对称,因此引起不规则角膜高阶像差增加可能性较小。以上两项高阶像差均方根值极小,对人眼视觉质量影响较小,故临床指导意义不大^[23]。

相关研究发现,角膜和晶状体像差存在补偿和叠加关系以维持人眼总体像差的平衡,且两者间相互作用的个体差异较大^[24]。同时因各阶像差不同组合方式可对视觉质量产生或优或劣的影响,高阶像差总量不能预测视觉质量^[25]。因此进行屈光手术时不可以完全消除像差为目的,而需与全眼球像差数据进行综合考虑,针对像差成分中对视觉质量产生显著影响的组分进行矫正,寻求整体像差的平衡,从而优化手术效应。

综上所述,本研究通过测量近视眼角膜高阶像差和屈光参数,发现近视眼角膜高阶像差的某些组成成分受屈光度和角膜曲率的影响,其中角膜球差受角膜曲率影响,呈显著正性相关,高度近视患者总彗差受球镜度的影响,呈显著负性相关。因此计划角膜屈光手术时采用非球面设计,以及对高度近视患者比中低度近视患者更加重视降低高阶像差及减少术源性高阶像差导入,可能更有益于术后视觉质量。

参考文献

- 1 武志清,王雁,张琳,等.飞秒激光小切口角膜基质内透镜取出术与飞秒激光 LASIK 术后高阶像差改变的对比研究.中华眼科杂志 2015;51(3):193-201
- 2 Namba H, Kawasaki R, Narumi M, et al. Ocular higher-order wavefront aberrations in the Japanese adult population: the Yamagata Study (Funagata). Invest Ophthalmol Vis Sci 2015;56(1):90-97
- 3 王雁.波前像差与临床视觉矫正.北京:人民卫生出版社 2011:177
- 4 Wang L, Dai E, Koch DD, et al. Optical aberrations of the human anterior cornea. J Cataract Refract Surg 2003;29(8):1514-1521
- 5 刘爽,郭楠楠,邱岩,等. LASIK 术后早期角膜前表面高阶像差变化的临床分析.国际眼科杂志 2014;14(4):625-628
- 6 祖培培,王雁,王璐,等.近视眼角膜高阶像差特征及与全眼高阶像

- 差的关系. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2013;15(3):137-141
- 7 王晓明,曲璐玥,马鲁新,等. 青少年近视眼高阶像差与屈光度关系相关性分析. 中国实用眼科杂志 2011;29(7):698-701
- 8 Little JA, McCullough SJ, Breslin KM, *et al.* Higher order ocular aberrations and their relation to refractive error and ocular biometry in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014;55(8):4791-4800
- 9 Wei RH, Lim L, Chan WK, *et al.* Higher order ocular aberrations in eyes with myopia in a Chinese population. *J Refract Surg* 2006;22(7):695-702
- 10 张丰菊,祁媛媛,于芳蕾,等. 保留和去除负相垂直彗差行个体化准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视散光的对比研究. 中华眼科杂志 2008;44(3):217-222
- 11 Nanavaty MA, Spalton DJ, Marshall J. Effect of intraocular lens asphericity on vertical coma aberration. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(2):215-221
- 12 李颖,孙静波,单丽,等. 成人正视眼与近视眼角膜高阶像差分布的研究. 眼科新进展 2008;28(7):520-524
- 13 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. 中国实用眼科杂志 2009;27(7):718-721
- 14 刘丽清,王雁,杨福利,等. 近视眼角膜高阶像差的特征及影响因素. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2012;14(10):592-596
- 15 陈旭阳,沈晔. Q 值引导 SBK 与 LASIK 术后对比敏感度及高阶像差对照观察. 中国实用眼科杂志 2013;31(9):1098-1101
- 16 杨璐,刘永琰,张莉花,等. 青年近视眼角膜前表面高阶像差的研究. 眼科新进展 2014;34(6):538-541,549
- 17 Wang X, Dong J, Wu Q. Evaluation of anterior segment parameters and possible influencing factors in normal subjects using a dual Scheimpflug analyzer. *PLoS One* 2014;9(5):e97913
- 18 刘磊,汤欣,宋慧,等. 比较两种仪器测量中老年人角膜高阶像差的差异及其影响因素研究. 中国实用眼科杂志 2012;30(4):411-415
- 19 Oliver KM, Hemenger RP, Corbett MC, *et al.* Corneal optical aberrations induced by photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 1997;13(3):246-254
- 20 许琛琛,王勤美,陶育华,等. 角膜前表面高阶像差与年龄的相关性变化. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2011;13(3):210-213
- 21 Mohamed EM, Wojtowicz JC, Bowman W, *et al.* Corneal thickness association with ocular and corneal high-order aberrations. *Eye Contact Lens* 2009;35(6):297-301
- 22 Qu J, Lu F, Wu J, *et al.* Wavefront aberration and its association with intraocular pressure and central corneal thickness in myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2007;33(8):1447-1454
- 23 Mierdel P, Krinke HE, Pollack K, *et al.* Diurnal fluctuation of higher order ocular aberrations: correlation with intraocular pressure and corneal thickness. *J Refract Surg* 2004;20(3):236-242
- 24 马代金,朱睿玲,蔡望. 近视眼患者眼内高阶像差对角膜高阶像差补偿作用的研究. 国际眼科杂志 2014;14(1):122-124
- 25 Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, *et al.* Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(8):1487-1495