

引文格式:赵武校,蓝方方,罗妍,李志超,甘露,刘伟民. 屈光参差性弱视与屈光参差性近视双眼间高阶像差特征的对比研究[J]. 眼科新进展,2016,36(2):146-150. doi:10. 13389/j. cnki. rao. 2016. 0040

【应用研究】

屈光参差性弱视与屈光参差性近视双眼间高阶像差特征的对比研究[△]

赵武校 蓝方方 罗妍 李志超 甘露 刘伟民

作者简介:赵武校,男,1979年12月出生,硕士,副主任医师,国际角膜塑形学会亚洲分会会员。联系电话:13978858216; E-mail: zhaowuxiao@163.com

About ZHAO Wu-Xiao: Male, born in December, 1979. Master degree, associate chief physician. Membership of International Academy Othorkeratology Asia (IAOA). Tel: 13978858216; E-mail: zhaowuxiao@163.com

收稿日期:2015-06-25

修回日期:2015-12-07

本文编辑:盛丽娜

△基金项目:广西壮族自治区卫生厅资助项目(编号:桂卫Z2013336);广西壮族自治区人民医院青年基金项目
作者单位:530021 广西南宁市,广西壮族自治区人民医院视光科 广西视光中心

Received date: Jun 25, 2015

Accepted date: Dec 7, 2015

Foundation item: Supported by Health Bureau of Guangxi Zhuang Autonomous Region (No: Z2013336); Youth Foundation of People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region

From the Center for Optometry and Visual Science, Department of Optometry, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

$y = 2.275 + 1.066x$ ($R^2 = 0.668$, $F = 76.447$, $P = 0.000$). The linear regression equation in FE between DE and RMS of total aberration was $y = 1.462 + 1.214x$ ($R^2 = 0.721$, $F = 98.170$, $P = 0.000$). However, in anisomyopia, significant correlations were observed between DE and RMS of total aberration ($r = 0.852$, $P = 0.000$), and fourth order RMS ($r = -0.313$, $P = 0.037$) in MAE, and significant correlations were found between DE and RMS of total aberration ($r = 0.903$, $P = 0.000$) in LAE. The linear regression equation in MAE between DE and RMS of total aberration was $y = 1.671 + 1.206x$ ($R^2 = 0.794$, $F = 166.005$, $P = 0.000$), between DE and fourth order RMS was $y = 0.314 - 0.024x$ ($R^2 = 0.117$, $F = 5.709$, $P = 0.021$). The linear regression equation in LAE between DE and RMS of total aberration was $y = 1.013 + 1.209x$ ($R^2 = 0.851$, $F = 244.957$, $P = 0.000$). **Conclusion** Anisometropic amblyopia manifest asymmetric pattern in HOAs between the two eyes, which is different from anisomyopia with interocular similarity and symmetry profiles in HOAs.

【关键词】 屈光参差性弱视;屈光参差性近视;等效离焦度;高阶像差

【摘要】 目的 评估屈光参差性弱视与屈光参差性近视双眼间的高阶像差差异以及双眼间波前像差模式的特征。方法 85例非斜视性屈光参差患者被纳入本研究并被分成屈光参差性弱视组与屈光参差性近视组。其中屈光参差性弱视组按照最佳矫正视力情况再分为弱视眼和对侧眼亚组,屈光参差性近视组按照屈光度的高低再分为高度数眼和低度数眼亚组。所有患者均接受 WaveScan[®] 波前像差检测。配对 t 检验用于分析各组内双眼间的差异;Spearman 相关分析和线性回归分析用于分析各亚

Comparative evaluation of interocular higher order aberrations between anisometropic amblyopia and anisomyopia

ZHAO Wu-Xiao, LAN Fang-Fang, LUO Yan, LI Zhi-Chao, GAN Lu, LIU Wei-Min

【Key words】 anisometropic amblyopia; anisometropic myopia; defocus equivalent; higher order aberration

【Abstract】 **Objective** To evaluate the interocular differences of higher order aberrations (HOAs) and resultant bilateral wavefront patterns in anisometropic amblyopia and anisometropic myopia (anisomyopia). **Methods** Eighty-five non-strabismic anisometropes were enrolled and divided into two groups: anisometropic amblyopia group and anisomyopia group. Then anisometropic amblyopia group was divided into amblyopic eye (AE) and fellow eye (FE) subgroups according to the best corrected visual acuity (BCVA) of each subject, and anisomyopia group was divided into more ametropic eye (MAE) and less ametropic eye (LAE) subgroups according to the refraction of each subject. All patients underwent wavefront analysis on WaveScan WaveFront[®] System (AMO, USA). Paired t -test was used to compare interocular differences within groups, and Spearman correlation analysis, linear regression analysis was applied to explore the interrelation between refraction and wavefront aberrations within groups. **Results** Paired t -test showed significant differences in defocus equivalent (DE), BCVA, total aberration root mean square (RMS), total higher aberration RMS and third aberration RMS between AE and FE subgroups in anisometropic amblyopia (all $P < 0.05$), but no significant differences were noticed in higher order aberration between MAE and LAE subgroups in anisomyopia except for DE and total aberration RMS ($P < 0.05$). Pattern analysis indicated that anisometropic amblyopia showed asymmetric pattern in bilateral HOAs, but anisomyopia showed interocular similarity and symmetry in HOAs. Spearman's correlation coefficient demonstrated that in anisometropic amblyopes, significant correlations were observed between DE and RMS of total aberration ($r = 0.819$, $P = 0.000$), and third-order RMS ($r = -0.315$, $P = 0.048$) in AE. And significant correlations were also found between DE and RMS of total aberration ($r = 0.876$, $P = 0.000$) in FE. The linear regression equation in AE between DE and RMS of total aberration was

组内变量间的相互关系。**结果** 配对 t 检验与形态分析结果显示:(1)屈光参差性弱视组患者的弱视眼与对侧眼在等效离焦度、最佳矫正视力、总像差、总高阶像差以及三阶像差均方根值等指标上均存在统计学差异(均为 $P < 0.05$),形态上双眼间高阶像差呈非对称模式;(2)屈光参差性近视组患者中,仅发现等效离焦度、总像差均方根值两项指标在高度数眼与低度数眼之间存在统计学差异(均为 $P < 0.05$),形态上双眼间高阶像差有一定程度的相似性和对称性。Spearman 相关分析显示:(1)屈光参差性弱视组弱视眼等效离焦度与其总像差均方根值($r = 0.819, P = 0.000$)、三阶像差均方根值($r = -0.315, P = 0.048$)存在相关性,对侧眼等效离焦度与其总像差均方根值($r = 0.876, P = 0.000$)亦存在相关性;弱视眼等效离焦度与其总像差均方根值的回归方程为 $y = 2.275 + 1.066x (R^2 = 0.668, F = 76.447, P = 0.000)$,对侧眼等效离焦度与其总像差均方根值的回归方程为 $y = 1.462 + 1.214x (R^2 = 0.721, F = 98.170, P = 0.000)$ 。(2)屈光参差性近视组高度数眼等效离焦度与其总像差均方根值($r = 0.852, P = 0.000$)、四阶像差均方根值($r = -0.313, P = 0.037$)存在相关性,低度数眼等效离焦度与其总像差均方根值($r = 0.903, P = 0.000$)亦存在相关性;高度数眼等效离焦度与其总像差均方根值的回归方程为 $y = 1.671 + 1.206x (R^2 = 0.794, F = 166.005, P = 0.000)$,与四阶像差均方根值的回归方程为 $y = 0.314 - 0.024x (R^2 = 0.117, F = 5.709, P = 0.021)$,低度数眼等效离焦度与其总像差均方根值的回归方程为 $y = 1.013 + 1.209x (R^2 = 0.851, F = 244.957, P = 0.000)$ 。**结论** 双眼间高阶像差在屈光参差性弱视患者中呈非对称模式,在屈光参差性近视患者中则呈相似和对称模式。

屈光参差是双眼屈光程度或性质有一定差别的屈光状态。屈光参差性弱视作为临床上常见的弱视类型,其在弱视患者中所占比例高达 1/3,使得屈光参差与弱视之间的关系广受关注^[1]。而伴随着波前像差技术在眼科的推广和应用,波前像差与弱视的关系已引起学者们的浓厚兴趣^[2-11]。本研究在前期工作基础上^[12],采用对照设计,选择不伴斜视的屈光参差性弱视和屈光参差性近视患者为研究对象,使用波前像差仪分别采集此二类患者的波前像差数据,旨在探讨屈光参差患者双眼间的波前像差特征。

1 资料与方法

1.1 一般资料 按照随机数字表法收集并纳入在广西视光中心就诊并自愿参加本研究的屈光参差患者共 85 例,按性质将患者分成两组:(1)屈光参差性弱视组 40 例,男 21 例,女 19 例,年龄 13 ~ 40 (21.6 ± 6.7)岁;(2)屈光参差性近视组 45 例,男 21 例,女 24 例,年龄 14 ~ 41 (24.3 ± 7.6)岁。屈光参差性弱视组按照最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)情况,将每例患者双眼的数据分别列入弱视眼组和对侧眼组,其中弱视眼组等效离焦度(defocus equivalent, DE)为 1.00 ~ 15.25 D,对侧眼组 DE 为 0 ~ 7.13 D;屈光参差性近视组按照屈光度的高低,将每例患者双眼的数据分别归入高度数眼组和低度数眼组,其中高度数组 DE 为 1.50 ~ 9.00 D,低度数组 DE 为 0 ~ 6.25 D。

屈光参差的诊断标准^[13]:患者双眼球镜度数相差 ≥ 1.50 D,或者柱镜度数相差 ≥ 1.00 D。纳入标准:(1)屈光参差性弱视患者弱视眼 BCVA 0.2 ~ 0.8,对侧眼 BCVA ≥ 1.0 ,并且既往戴镜治疗史 ≥ 4 个月;屈光参差性近视者双眼的 BCVA 均 ≥ 1.0 ,双眼间球镜相差 ≥ 1.50 D,双眼的柱镜均 ≤ 0.50 D。(2)患者年龄 ≥ 13 岁。(3)眼部无器质性病变、无斜视,患者注视性质为中心注视。(4)能够配合并顺利完成波前像差检测。排除标准:(1)排除眼部器质性病变、泪膜异常、眼位异常、眼球震颤、黄斑偏中心注视或游走性注视者;(2)近 3 个月内配戴过角膜接触镜或有眼局部用药病史者;(3)波前像差检测过程中

不能配合或图像采集困难者。本研究通过广西壮族自治区人民医院伦理委员会批准。所有患者均被口头告知本研究的目的,并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 常规眼科检查与验光 询问病史,用裂隙灯显微镜检查眼前节,直接眼底镜检查眼底。验光方法:(1)电脑验光仪(日本 Canon 公司)测量初始屈光度;(2)对于未成年人采用复方托吡卡胺滴眼液进行散瞳检影验光,成年人采用综合验光仪进行主觉验光;(3)根据验光光度数将镜片插在试镜架上,用标准对数视力表在 5 m 距离测量 BCVA。

1.2.2 波前像差检查 使用基于 Hartmann-Shack 原理设计的 WaveScan[®] 波前像差仪(AMO, Santa Ana, 美国)采集患者双眼的波前像差数据。为避免生物节律对试验数据的影响^[14],患者波前像差数据的采集被安排在下午同一时间段进行。在暗室内自然瞳孔状态下进行测量,测量前嘱患者至少眨眼一次,测量时保持双眼同时睁开,按照先右眼、后左眼的顺序进行。每眼至少测量和保存 3 次瞳孔直径 ≥ 6 mm 状态下的质量高、重复性好的图像数据。波前像差检测结果的判读和选择参照临床上“波前像差引导角膜屈光手术”的标准:选择图像质量最好、且与验光结果吻合度最高的一次波前像差测量数据,提取瞳孔直径 6 mm 时的 Zernike 多项式系数数值。Zernike 多项式采用美国光学协会推荐的表示方法^[15],以其均方根值(root mean square, RMS)表示总高阶像差和 3 ~ 6 阶高阶像差。该项检查由同一检查者完成。

1.3 统计学方法 采用 SPSS 17.0 统计学软件进行统计分析。本研究所得数据为计量资料,以“均数 \pm 标准差”($\bar{x} \pm s$)表示,使用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的分布特征。采用自身对照设计,使用配对 t 检验分别比较屈光参差性弱视(弱视眼与对侧眼)、屈光参差性近视(高度数眼与低度数眼)组内双眼间的差异;采用 Spearman 线性相关分析分别探索各亚组内屈光度与其波前像差参数值之间的相关性;线性回归分析判断两相关参数间是否存在回归方程。检验水准 $\alpha = 0.05$ (双侧), $P < 0.05$ 表示差异有统计

学意义。

2 结果

2.1 一般状况 本研究共纳入屈光参差性弱视 40 例,屈光参差性近视 45 例。按屈光参差程度划分:轻度参差 <2.00 D,中度参差 2.00 ~ <3.00 D,重度参差 ≥3.00 D。其中,屈光参差性弱视组中,轻度 10 例,中度 12 例,重度 18 例;屈光参差性近视组中,轻度 8 例,中度 24 例,重度 13 例。屈光参差性弱视组按病情严重程度分类:轻度弱视 7 例(BCVA:0.6 ~ 0.8),中度弱视 33 例(BCVA:0.2 ~ 0.5);按屈光状态性质分类统计:单纯远视性参差 15 例、单纯散光性参差 4 例、远视合并散光性参差 18 例、单纯近视性参差 1 例、近视合并散光性参差 2 例,其中近视以及近视合并散光性参差者均额外接受了眼底 OCT 检查以排除眼底器质

表 1 屈光参差性弱视和屈光参差性近视患者的组内波前像差参数比较

参数	屈光参差性弱视				屈光参差性近视			
	弱视眼	对侧眼	<i>t</i>	<i>P</i>	高度数眼	低度数眼	<i>t</i>	<i>P</i>
DE(°/D)	4.22 ± 2.80	2.09 ± 1.88	4.978	0.000	4.55 ± 1.58	2.01 ± 1.58	19.017	0.000
总像差 RMS(1/μm)	6.770 ± 3.654	4.004 ± 2.683	4.416	0.000	7.153 ± 2.132	3.448 ± 2.071	18.533	0.000
总高阶像差 RMS(1/μm)	0.392 ± 0.150	0.436 ± 0.120	-2.034	0.049	0.361 ± 0.148	0.373 ± 0.156	-0.664	0.510
三阶像差 RMS(1/μm)	0.266 ± 0.115	0.313 ± 0.108	-2.057	0.046	0.258 ± 0.145	0.272 ± 0.144	-0.717	0.477
四阶像差 RMS(1/μm)	0.239 ± 0.139	0.256 ± 0.129	-0.784	0.438	0.203 ± 0.112	0.209 ± 0.119	-0.549	0.586
五阶像差 RMS(1/μm)	0.089 ± 0.049	0.075 ± 0.028	1.806	0.079	0.076 ± 0.049	0.079 ± 0.034	-0.372	0.711
六阶像差 RMS(1/μm)	0.064 ± 0.042	0.073 ± 0.039	-1.209	0.234	0.054 ± 0.030	0.059 ± 0.026	-1.007	0.320

图1 屈光参差性弱视呈现非对称的高阶像差模式。左上、左下分别为弱视眼的总像差和总高阶像差三维图像,右上、右下分别为对侧眼的总像差和总高阶像差三维图像

2.3 屈光参差患者 DE 与其波前像差参数值之间的相关性 Spearman 相关分析显示:屈光参差性弱视组与屈光参差性近视组患者中双眼均观察到 DE 与其总像差 RMS 之间存在高度相关性(均为 $P = 0.000$);此外还发现屈光参差性弱视组弱视眼 DE 与其三阶像差 RMS 之间呈低度负相关($P < 0.05$),

性病变。屈光参差性弱视组弱视眼 BCVA 为 $(0.430 \pm 0.174) \log \text{MAR}$,对侧眼 BCVA 为 $(-0.013 \pm 0.040) \log \text{MAR}$,差异有统计学意义($t = 16.243, P = 0.000$)。

2.2 屈光参差患者波前像差的组内 RMS 对比与形态分析 组内配对 t 检验结果如表 1 所示:屈光参差性弱视组除 DE、总像差在弱视眼与对侧眼之间存在统计学差异之外(均为 $P = 0.000$),总高阶像差和三阶像差 RMS 在双眼间亦存在统计学差异(均为 $P < 0.05$),即双眼间高阶像差形态呈现出非对称性(图 1);屈光参差性近视组仅观察到 DE、总像差在高度数眼与低度数眼之间存在统计学差异(均为 $P = 0.000$),即双眼间高阶像差形态呈现出一定程度的相似性和对称性(图 2)。

图2 屈光参差性近视呈现出双眼相似且对称的高阶像差模式。左上、左下分别为高度数眼的总像差和总高阶像差三维图像,右上、右下分别为低度数眼的总像差和总高阶像差三维图像

屈光参差性近视组高度数眼 DE 与其四阶像差 RMS 之间呈低度负相关($P < 0.05$);DE 与其余参数之间无相关性(表 2)。

2.4 屈光参差患者 DE 与其波前像差参数值之间的线性回归分析 线性回归分析结果显示:(1)屈光参差性弱视患者弱视眼 DE 与其总像差 RMS 的回归

方程为 $y = 2.275 + 1.066x$ ($R^2 = 0.668, F = 76.447, P = 0.000$), 对侧眼 DE 与其总像差 RMS 的回归方程为 $y = 1.462 + 1.214x$ ($R^2 = 0.721, F = 98.170, P = 0.000$); (2) 屈光参差性近视患者高度数眼 DE 与其总像差 RMS 的回归方程为 $y = 1.671 + 1.206x$ ($R^2 = 0.794, F = 166.005, P = 0.000$), 与四阶像差 RMS 的回归方程为 $y = 0.314 - 0.024x$ ($R^2 = 0.117, F = 5.709, P = 0.021$), 低度数眼 DE 与其总像差 RMS 的回归方程 $y = 1.013 + 1.209x$ ($R^2 = 0.851, F = 244.957, P = 0.000$); (3) 其余参数之间未发现回归方程存在。

表2 屈光参差性弱视与屈光参差性近视患者 DE 与其波前像差参数值之间的相关性

参数	屈光参差性弱视		屈光参差性近视	
	弱视眼(<i>r,P</i>)	对侧眼(<i>r,P</i>)	高度数眼(<i>r,P</i>)	低度数眼(<i>r,P</i>)
总像差	0.819,0.000	0.876,0.000	0.852,0.000	0.903,0.000
总高阶像差	-0.193,0.233	-0.168,0.301	-0.193,0.203	-0.198,0.193
三阶像差	-0.315,0.048	-0.173,0.286	0.024,0.877	-0.080,0.603
四阶像差	-0.013,0.936	-0.168,0.300	-0.313,0.037	-0.263,0.081
五阶像差	-0.194,0.229	-0.225,0.163	-0.274,0.069	-0.097,0.527
六阶像差	-0.175,0.279	-0.047,0.775	-0.240,0.112	-0.010,0.950

3 讨论

波前像差技术是临床上分析人眼屈光系统光学特性或视觉质量的主要手段之一,常被用于生理或病理(如干眼、翼状胬肉、圆锥角膜、白内障等)条件下人眼波前像差的检测、评估和波前像差模拟试验^[16-17],以及开展个性化角膜接触镜^[18]、角膜屈光手术^[19-21]和屈光性白内障手术^[22]等方面。当前弱视领域波前像差研究的临床意义主要集中在两个方面:(1)病因学方面的潜在研究价值。如前所述,学者们探索弱视眼高阶像差特征的兴趣源于高阶像差与弱视之间是否存在因果联系,本文的横断面研究可为解答这一问题提供有价值的线索。还有学者另辟蹊径:借助自适应光学系统开展波前像差模拟试验,在正常人眼上施加模拟的弱视眼特有的波前像差模式以观察其对正常眼视觉表现的影响,从中探讨高阶像差与弱视的潜在联系^[23]。当然,更确切有力的证据尚需开展队列研究才能得到。(2)弱视治疗方面的积极探索。以弱视患者为研究对象,借助自适应光学系统开展波前像差消减试验,并将自适应光学系统与视知觉学习^[24-25]方法有机整合,观察“零像差”模式下弱视患者经视知觉学习治疗后的视觉表现,为临床开展弱视治疗提供了潜在的方法^[26]。此外,近期 LEE 等^[11]将弱视眼的波前像差检测结果用于解释弱视治疗效果的差异——他们通过开展队列研究和对比分析,发现弱视眼的高阶像差,特别是过高的全眼球差和眼内球差可能是导致学龄前弱视儿童治疗不成功的原因。该研究为临床分析弱视治疗效果提供了新思路。

2007 年 PRAKASH 等^[9]以病例报告的形式首次

报道了他们采用波前像差技术在特发性弱视患者中的重要发现。随后高阶像差与弱视关系的研究陆续见诸于报道。其中,基于单眼弱视患者(屈光参差性弱视和斜视性弱视)的研究^[2-3,6-8],由于波前像差检测设备和研究对象的差异,不同研究之间并未得出一致结论。因此,高阶像差与屈光参差性弱视的关系,或者屈光参差性弱视的高阶像差特征尚待明确。在此背景下,本课题组围绕屈光参差性弱视开展研究工作,前期选择成人弱视和儿童弱视分别进行了探讨,结果在两组患者中均观察到其高阶像差在弱视眼与对侧眼之间存在非对称模式——弱视眼的总高阶像差均低于对侧眼,并且成人弱视表现为总高阶像差、三叶草像差、三阶像差 RMS 在双眼间的差异,儿童弱视则表现为总高阶像差、球差、四阶像差 RMS 在双眼间的差异^[12]。

众所周知,屈光参差是弱视的危险因素。WEAKLEY^[27]曾针对二者之间的量化关系进行研究,结果发现不同性质的屈光参差导致弱视发生的阈值是不同的:远视性参差为 1.00 D,近视性参差为 2.00 D,散光性参差为 1.50 D;并且当双眼参差量达到阈值以后,弱视的发生率和严重程度会随着屈光参差程度的增加而增大。为探讨高阶像差的非对称模式是否为屈光参差性弱视独有的光学特征,本课题组拟行组间对照试验,最理想的对照组固然是矫正视力正常的屈光参差性远视患者。但临床上就诊的屈光参差性远视通常为单眼弱视患者(即试验组);而矫正视力正常的屈光参差性远视多数处在学龄前或学龄期,与试验组样本的年龄不匹配。最终课题组从实际出发,选择了临床上常见的单纯屈光参差性近视患者作为对照组进行对比分析,结果显示:尽管屈光参差性近视患者双眼间屈光度存在较大差异,但双眼间高阶像差在 RMS 上并无统计学差异,而在形态上呈现出相似性与对称性。本课题组也曾对双眼屈光性质不同、但矫正视力正常的球柱镜混合性屈光参差患者[年龄(19.3±4.3)岁]进行波前像差检测和分析,但患者双眼间高阶像差 RMS 并无统计学差异。此外,屈光度与波前像差参数之间进行的组内相关分析发现:无论是屈光参差性近视还是屈光参差性弱视,其屈光度与总像差之间均存在高度相关性;所不同的是,本研究发现屈光参差性近视的高度数眼 DE 与四阶像差 RMS 呈低度正相关,而屈光参差性弱视的弱视眼 DE 则是与三阶像差 RMS 呈低度负相关。上述结果提示:在双眼间高阶像差模式上,屈光参差性近视与屈光参差性弱视具有各自独特的光学特性。

WaveScan® 波前像差仪是开展波前像差引导的个性化角膜屈光手术的常用配套设备。临床工作中,依靠此设备获得的波前像差数据是基于患者自然瞳孔状态下所采集到的,无需散瞳。既往文献显示:散瞳会改变波前像差测量结果(高阶像差改变

量 $>0.15\ \mu\text{m}$)、导致瞳孔中心发生偏移(偏移量 $>0.2\ \text{mm}$)^[28],最终影响患者的调制传递函数和视觉表现^[29]。本研究旨在探讨生理状态下弱视眼屈光系统的光学特性,故未使用散瞳药,而是遵循常规、采取在暗环境下直接采集患者波前像差数据进行分组分析的方法,使研究结果更符合生理状态。此外,本研究受客观因素限制,导致纳入样本量较小;尽管屈光参差性弱视患者双眼间高阶像差存在差异,但区别于 WEAKLEY^[27]的工作,本研究并未发现其中高阶像差阈值的存在。

综上所述,本研究在前期工作的基础上通过设立组间对照试验,发现屈光参差性近视患者尽管双眼间存在明显的屈光度差异,但其双眼间(高度数眼与低度数眼)高阶像差 RMS 并无统计学差异、形态上反而存在相似性和对称性。而且临床上也观察到,对于双眼屈光性质不同的患者,例如矫正视力正常的球柱镜混合性屈光参差患者,双眼间高阶像差 RMS 并无差异。而屈光参差性弱视患者双眼间的高阶像差不仅在数量上表现出 RMS 差异,在形态上也无对称性。这提示:高阶像差的非对称模式可能是屈光参差性弱视患者双眼屈光系统特有的光学属性。本研究结果为深入开展弱视临床研究奠定了基础。

参考文献

- [1] BARRETT BT, BRADLEY A, CANDY TR. The relationship between anisometropia and amblyopia[J]. *Prog Retin Eye Res*, 2013, 36(2):120-158.
- [2] ALDEBASI HI, FAWZY SM, ALSALEH AA. Ocular aberrations in amblyopic children[J]. *Saudi J Ophthalmol*, 2013, 27(4):253-258.
- [3] VINCENT SJ, COLLINS MJ, READ SA, CARNEY LG. Monocular amblyopia and higher order aberrations[J]. *Vision Res*, 2012, 66(1):39-48.
- [4] RUTSTEIN RP, THAN TP, HARTMANN EE, STEINHAFEL NW. Idiopathic amblyopia; a diagnosis of exclusion. A report of 3 patients[J]. *Optometry*, 2011, 82(5):290-297.
- [5] PRAKASH G, SHARMA N, SAXENA R, CHOUDHARY V, MENON V, TITTIYAL JS. Comparison of higher order aberration profiles between normal and amblyopic eyes in children with idiopathic amblyopia[J]. *Acta Ophthalmol*, 2011, 89(3):e257-262.
- [6] ZHAO PF, ZHOU YH, WANG NL, ZHANG J. Study of the wavefront aberrations in children with amblyopia[J]. *Chin Med J (Engl)*, 2010, 123(11):1431-1435.
- [7] PLECH AR, PINERO DP, LARIA C, ALESON A, ALIO JL. Corneal higher-order aberrations in amblyopia[J]. *Eur J Ophthalmol*, 2010, 20(1):12-20.
- [8] KIRWAN C, O'KEEFE M. Higher order aberrations in children with amblyopia[J]. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*, 2008, 45(2):92-96.
- [9] PRAKASH G, SHARMA N, CHOWDHARY V, TITTIYAL JS. Association between amblyopia and higher-order aberrations[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(5):901-904.

- [10] DE FABER JT. Higher-order aberrations; explanation of idiopathic amblyopia[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(5):753.
- [11] LEE SH, CHANG JW. The relationship between higher-order aberrations and amblyopia treatment in hyperopic anisometropic amblyopia[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2014, 28(1):66-75.
- [12] 赵武校, 蓝方方, 李志超, 甘露, 刘伟民. 波前像差在屈光参差性弱视光学质量评估中的应用研究[J]. *眼科新进展*, 2015, 35(10):939-944.
- [13] 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组. 弱视诊断专家共识(2011年)[J]. *中华眼科杂志*, 2011, 47(8):768.
- [14] CHAKRABORTY R, READ SA, COLLINS MJ. Diurnal variations in ocular aberrations of human eyes[J]. *Curr Eye Res*, 2014, 39(3):271-281.
- [15] THIBOS LN, APPELGATE RA, SCHWIEGERLING JT, WEBB R, VSIA STANDARDS TASKFORCE MEMBERS. Vision science and its applications. Standards for reporting the optical aberrations of eyes[J]. *J Refract Surg*, 2002, 18(5):S652-S660.
- [16] BRUCE AS, CATANIA LJ. Clinical applications of wavefront refraction[J]. *Optom Vis Sci*, 2014, 91(10):1278-1286.
- [17] MELLO GR, ROCHA KM, SANTHIAGO MR, SMADJA D, KRUEGER RR. Applications of wavefront technology[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2012, 38(9):1671-1683.
- [18] SABESAN R, JEONG TM, CARVALHO L, COX IG, WILLIAMS DR, YOON G. Vision improvement by correcting higher-order aberrations with customized soft contact lenses in keratoconic eyes[J]. *Opt Lett*, 2007, 32(8):1000-1002.
- [19] HE L, MANCHE EE. Contralateral eye-to-eye comparison of wavefront-guided and wavefront-optimized photorefractive keratectomy; a randomized clinical trial[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133(1):51-59.
- [20] SHAHEEN MS, EL-KATEB M, HAFEZ TA, PIÑERO DP, KHALIFA MA. Wavefront-guided laser treatment using a high-resolution aberrometer to measure irregular corneas: A pilot study[J]. *J Refract Surg*, 2015, 31(6):411-418.
- [21] NA KS, HWANG KY, PARK YG. Wavefront-guided versus wavefront-optimized laser in situ keratomileusis for patients with myopia: a prospective randomized contralateral eye study[J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 158(6):1356-1357.
- [22] KRUEGER RR, SHEA W, ZHOU Y, OSHER R, SLADE SG, CHANG DF. Intraoperative, real-time aberrometry during refractive cataract surgery with a sequentially shifting wavefront device[J]. *J Refract Surg*, 2013, 29(9):630-635.
- [23] DOMÍNGUEZ-VICENT A, PÉREZ-VIVES C, FERRER-BLASCÓ T, GARCÍA-LÁZARO S, MONTÉS-MICÓ R. The effect of simulated normal and amblyopic higher-order aberrations on visual performance[J]. *J AAPOS*, 2013, 17(3):269-275.
- [24] LU ZL, HUA T, HUANG CB, ZHOU Y, DOSHER BA. Visual perceptual learning[J]. *Neurobiol Learn Mem*, 2011, 95(2):145-151.
- [25] 赵武校, 刘伟民, 蓝方方. 视知觉学习的时间进程及其与睡眠的关系[J]. *中华眼科杂志*, 2013, 31(12):1173-1177.
- [26] DAI Y, ZHAO L, XIAO F, ZHAO H, BAO H, ZHOU H, et al. Adaptive optics vision simulation and perceptual learning system based on a 35-element bimorph deformable mirror[J]. *Appl Opt*, 2015, 54(5):979-985.
- [27] WEAKLEY DR. The association between nonstrabismic anisometropia, amblyopia, and subnormal binocularity[J]. *Ophthalmology*, 2001, 108(1):163-171.
- [28] TUAN KA, SOMANI S, CHERNYAK DA. Changes in wavefront aberration with pharmaceutical dilating agents[J]. *J Refract Surg*, 2005, 21(5):S530-S534.
- [29] WALSH G. The effect of mydriasis on the papillary centration of the human eye[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1988, 8(2):178-182.