

· 临床研究 ·

## 5~6岁学龄前儿童睫状肌麻痹后散光的分析

童浩海<sup>1</sup>, 郝庆丰<sup>1</sup>, 王子衿<sup>1</sup>, 陈雨曦<sup>2</sup>, 崔健<sup>2</sup>, 沈亚明<sup>2</sup>, 刘虎<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>南京医科大学第一附属医院眼科, 江苏 南京 210029; <sup>2</sup>南京医科大学第四临床医学院, 江苏 南京 210029

**[摘要]** 目的:探究1%盐酸环喷托酯滴眼液对5~6岁学龄前儿童散光度数及散光轴向的影响。方法:2017年9月—2018年3月选取南京市雨花台区出生于2011年9月—2012年8月的儿童1 920例进行横断面研究,采用Canon RF10型全自动电脑验光仪对所有儿童进行睫状肌麻痹前电脑验光检查,记录其屈光度,具体包括球镜度、柱镜度和轴向,再使用1%盐酸环喷托酯滴眼液进行睫状肌麻痹,全自动电脑验光仪复查,记录相应屈光度。采用Thibos矢量分析方法将散光成分分解为 $J_0$ 和 $J_{45}$ 成分,均取右眼分析睫状肌麻痹前后屈光度和散光的变化情况。结果:1 882例完成睫状肌麻痹前全自动电脑验光仪检查(受检率=98.92%),1 344例完成睫状肌麻痹后全自动电脑验光仪检查(散瞳率=71.41%),本研究仅纳入1 344例样本。睫状肌麻痹前后5~6岁学龄前儿童主要表现为顺规散光,其次为斜轴散光,最后为逆规散光。睫状肌麻痹后等效球镜度向远视漂移,平均漂移1.48 D[(1.48±1.31)D]。睫状肌麻痹后总散光轻度增加, $J_0$ 成分除近视组( $P=0.444$ )外均增加, $J_{45}$ 成分在任一屈光度分组中均保持不变。Bland-Altman图示睫状肌麻痹前后散光评估一致性较好, $J_0$ 的95%可信区间为-0.24~+0.32, $J_{45}$ 的95%可信区间为-0.15~+0.15。结论:睫状肌麻痹对散光有一定程度的影响,尤其是顺规散光和逆规散光,非睫状肌麻痹是测量学龄前儿童散光直接可信的方法。

**[关键词]** 散光;睫状肌麻痹;学龄前儿童;矢量分析

**[中图分类号]** R778.2

**[文献标志码]** A

**[文章编号]** 1007-4368(2020)07-1011-05

**doi:**10.7655/NYDXBNS20200715

## Effects of cycloplegia on astigmatism in 5~6 years old preschool children

TONG Haohai<sup>1</sup>, HAO Qingfeng<sup>1</sup>, WANG Zijin<sup>1</sup>, CHEN Yuxi<sup>2</sup>, CUI Jian<sup>2</sup>, SHEN Yaming<sup>2</sup>, LIU Hu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210029; <sup>2</sup>The Fourth School of Clinical Medicine of Nanjing Medical University, Nanjing 210029, China

**[Abstract]** **Objective:** To investigate the effect of 1% cyclopentolate on the power and axis of astigmatism in 5~6 years old preschool children. **Methods:** From September 2017 to March 2018, a cross-sectional study was carried out in 1 920 children born between September 2011 and August 2012 in Yuhuatai District. The noncycloplegic refractive status including spherical power, astigmatic power, and axis angle were measured using an autorefractor Canon RF10. After cycloplegia was induced by 1.0% cyclopentolate, the refractive status was rechecked. The vector method modified by Thibos was used to analysis astigmatism. Data only from right eye was analyzed. **Results:** A total of 1 882 children (response rate 98.92%) had complete data from noncycloplegic autorefraction, 1 344 children (cycloplegic rate 71.41%) had complete data from cycloplegic autorefraction, so 1 344 children were included in this study. Astigmatism in 5~6 years old children before and after cycloplegia was mainly manifested as with-the-rule (WTR), followed by oblique astigmatism, and then against-the-rule (ATR). Spherical equivalent (SE) values in cycloplegic refraction were significantly more hyperopic than those in noncycloplegic refraction by mean difference of (1.48 ± 1.31) diopters ( $P < 0.001$ ). The  $J_0$  values increased significantly in cycloplegic refraction except the myopic group ( $P=0.444$ ), while the  $J_{45}$  values had no significant change in any refractive groups (all  $P < 0.05$ ). Bland-Altman plots demonstrated the agreement of astigmatism before and after cycloplegia, the 95% confidence interval of the  $J_0$  and  $J_{45}$  were -0.24~+0.32 and -0.15~+0.15, respectively. **Conclusion:** Cycloplegia has a mild effect on astigmatism, especially in the WTR and ATR astigmatisms, but do not reach clinical significant. Non-cycloplegia is still a reliable tool to measure astigmatism for preschool children.

**[Key words]** astigmatism; cycloplegia; preschool children; vector analysis

[J Nanjing Med Univ, 2020, 40(07): 1011-1015]

**[基金项目]** 国家自然科学基金面上项目(81673198, 81803258)

\*通信作者(Corresponding author), E-mail: liuhu@njmu.edu.cn

散光是学龄前儿童最常见的屈光不正之一,中国东部地区柱镜值 > 1.0 D 的散光患病率约为 14.2%<sup>[1]</sup>,现已成为社会公共卫生问题。未矫正的散光可引起视力下降从而增加罹患弱视的风险<sup>[2]</sup>,同时也会引起学龄前儿童视觉质量下降,如立体视下降、调节功能减退、视疲劳等<sup>[3-4]</sup>。另外,既往文献也报道散光还与近视进展有关<sup>[5]</sup>。

临床上更关注散光度数,往往忽视了散光轴向,既往有文献表明散光轴向如斜轴散光更容易发生弱视<sup>[6]</sup>,因此除了散光度数,散光轴向也是引起视力下降等主观症状的原因之一,准确测量学龄前儿童散光度数及散光轴向并进行及时的屈光矫正,可以很大程度提高视觉质量、降低弱视风险。

临床上有多种方法可以测量散光度数及散光轴向,如检影验光、台式验光、屈光筛查仪、睫状肌麻痹验光等<sup>[7]</sup>,在临床工作中,通常先进行全自动台式电脑验光再进行睫状肌麻痹验光,但在基于人群的流行病学调查中常遇到许多问题,如家长或儿童在心理上的不接受、睫状肌麻痹后的畏光和视物模糊现象、睫状肌麻痹剂的毒性作用等,因此散光的测量是否需要睫状肌麻痹验光尚需进一步研究。

目前绝大多数研究关注于睫状肌麻痹对学龄前儿童球镜的影响,而对散光的研究相对较少,因此本研究采用矢量分析和非矢量分析两种方法探究 5~6 岁学龄前儿童散光是否受睫状肌麻痹的影响。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

南京眼病研究是基于人群以纵向观察儿童眼病发生发展的队列研究<sup>[8]</sup>,本研究隶属于南京眼病研究的一部分,纳入南京市雨花台区幼儿园出生于 2011 年 9 月—2012 年 8 月 5~6 岁学龄前儿童。获得参与儿童至少 1 名家长的知情同意,并同意睫状肌麻痹验光。

### 1.2 方法

先使用全自动电脑验光仪(Canon RF10 型自动电脑验光仪,Canon 公司,日本)进行非睫状肌麻痹下验光,测量其屈光度,记录球镜度、柱镜度及轴向,再使用 1% 盐酸环喷托酯滴眼液,每 5 min 滴眼 1 次,共 3 次,末次滴眼 30 min 后再次进行睫状肌麻痹后电脑验光。睫状肌麻痹的标准为瞳孔直径 > 6 mm 或瞳孔对光反射消失。

运用 Thibos 公式计算  $J_0$  和  $J_{45}$ :  $SE=S+C/2$ ;  $J_0=$

$(-C/2) \times (\cos 2A)$ ;  $J_{45}=(-C/2) \times (\sin 2A)$ 。SE 为等效球镜度(spherical equivalent),C 为负柱镜的值(the cylinder in minus format),A 为负柱镜的轴向(the cylinder axis), $J_0$  为 180° 和 90° 轴位的 Jackson 交叉柱镜值; $J_{45}$  为 135° 和 45° 轴位的 Jackson 交叉柱镜值, $J_0$  为正值代表顺规散光,负值代表逆规散光; $J_{45}$  为正值代表斜轴散光最大值在 135° 方向,负值代表斜轴散光最大值在 45° 方向<sup>[9]</sup>。总计模糊值(over blurring, OB) =  $(SE^2 + J_0^2 + J_{45}^2)^{10}$ 。本研究散光均以负柱镜形式表示,柱镜值  $\geq 1.0$  D 定义为散光,  $\geq 2.5$  D 定义为高度散光, < 1.0 D 定义为生理性散光。根据散光轴向的特征,顺规散光定义为  $180^\circ \pm 15^\circ$ , 即  $1^\circ \sim 15^\circ$  或  $165^\circ \sim 180^\circ$ , 逆规散光定义为  $90^\circ \pm 15^\circ$ , 即  $75^\circ \sim 105^\circ$ , 斜轴散光定义为  $16^\circ \sim 74^\circ$  或  $106^\circ \sim 164^\circ$ 。睫状肌麻痹后  $SE \leq -0.50$  D 定义为近视组,  $2.00$  D >  $SE > -0.50$  D 定义为正视组,  $SE \geq 2.00$  D 定义为远视组。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS17.0 进行分析,计量资料以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,配对  $t$  检验分析睫状肌麻痹前后各屈光度成分的差异, $u$  检验分析睫状肌麻痹前后散光度数及散光轴向分类变量的差异,Spearman 相关系数描述睫状肌麻痹前后  $J_0$  和  $J_{45}$  的相关性,Bland-Altman 图描述睫状肌麻痹前后 2 种方法对  $J_0$  和  $J_{45}$  的一致性。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 一般情况

横断面研究共纳入 1 920 例样本,1 882 例完成小瞳台式电脑验光仪检查(受检率=98.02%),1 344 例完成睫状肌麻痹后台式电脑验光仪检查(散瞳率=71.41%),最终完成两次检查的 1 334 例纳入本次研究,年龄(5.57  $\pm$  0.29)岁。其中,男 742 例,占 55.21%,女 602 例,占 44.79%,本研究仅取右眼进行分析。

### 2.2 睫状肌麻痹前后散光非矢量分析

在非睫状肌麻痹情况下,生理性散光(DC < 1.00 D) 1 160 例,占 86.30%,高度散光(DC  $\geq 2.50$  D) 25 例,占 1.86%;在睫状肌麻痹情况下,生理性散光 1 148 例,占 85.42%,高度散光 27 例,占 2.01%,差异无统计学意义( $P=0.313$ ,表 1)。

在非睫状肌麻痹情况下,顺规散光 879 例,占 65.40%,逆规散光 124 例,占 9.22%,斜轴散光 341 例,占 25.37%;在睫状肌麻痹情况下,顺规散光 946 例,占 70.39%,逆规散光 84 例,占 6.25%,斜轴散光 312 例,占 23.21%,差异具有统计学意义( $P < 0.001$ ,表 2)。

表1 睫状肌麻痹前后散光度数差异

Table 1 Difference of astigmatism between the cycloplegic and non-cycloplegic refraction (n)

睫状肌麻痹前	睫状肌麻痹后			总计
	生理性散光	散光	高度散光	
生理性散光	1 121	37	2	1 160
散光	27	128	4	159
高度散光	0	4	21	25
总计	1 148	169	27	1 344

表2 睫状肌麻痹前后散光轴向差异

Table 2 Difference of the axis of DC between the cycloplegic and non-cycloplegic refraction (n)

睫状肌麻痹前	睫状肌麻痹后			总计
	顺规散光	逆规散光	斜轴散光	
顺规散光	764	13	102	879
逆规散光	40	61	23	124
斜轴散光	142	10	189	341
总计	946	84	312	1 344

### 2.3 睫状肌麻痹前后散光矢量分析

睫状肌麻痹前后各屈光度成分变化情况见表3。睫状肌麻痹后球镜度数更偏向远视,差异均具

有统计学意义( $P < 0.001$ );除近视组外( $P=0.264$ ),睫状肌麻痹后等效球镜度差异均具有统计学意义( $P$ 均 $< 0.001$ ),远视组远视漂移最明显,近视组远视漂移量最少;除近视组外( $P=0.144$ ),睫状肌麻痹后散光度数差异均具有统计学意义( $P$ 均 $< 0.001$ );除近视组外( $P=0.444$ ),睫状肌麻痹后 $J_0$ 差异均具有统计学意义( $P < 0.001$ ),而 $J_{45}$ 在任一屈光度分组中差异均无统计学意义( $P$ 均 $> 0.05$ ),睫状肌麻痹后OB值差异有统计学意义,在远视组差异更为明显( $P < 0.001$ )。Spearman相关分别分析睫状肌麻痹前后 $J_0$ 以及 $J_{45}$ 的相关性,睫状肌麻痹后 $J_0$ 与麻痹前 $J_0$ 相关性较高( $r=0.834, P < 0.001$ ), $J_{45}$ 相关性同样较高( $r=0.725, P < 0.001$ ,图1、2)。

### 2.4 Bland-Altman分析

Bland-Altman图示散瞳前后 $J_0$ 和 $J_{45}$ 的一致性, $J_0$ 散瞳前后95%可信区间为 $-0.24 \sim +0.32$ (图3), $J_{45}$ 散瞳前后95%可信区间为 $-0.15 \sim +0.15$ (图4)。

## 3 讨论

在本研究中,睫状肌麻痹后等效球镜度向远视漂移( $1.48 \pm 1.31$ )D,中国各地区研究结果显示睫状肌麻痹后平均远视漂移分别为1.23D、0.78D和

表3 睫状肌麻痹前后各屈光度矢量成分差异

Table 3 Difference of vector components of the cycloplegic and non-cycloplegic refraction

组别	球镜度(D)	柱镜度(D)	等效球镜度(D)	$J_0$	$J_{45}$	OB
总人群(n=1 344)						
睫状肌麻痹前	0.01 ± 1.31	0.45 ± 0.57	0.25 ± 1.27	0.15 ± 0.31	0.03 ± 0.13	1.82 ± 5.26
睫状肌麻痹后	1.48 ± 0.90	0.50 ± 0.58	1.23 ± 0.88	0.19 ± 0.31	0.03 ± 0.13	2.43 ± 4.25
差异值	1.50 ± 1.30	0.05 ± 0.25	1.48 ± 1.31	0.04 ± 0.14	0.00 ± 0.08	0.61 ± 5.53
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.842	<0.001
近视组(n=28)						
睫状肌麻痹前	0.50 ± 0.91	1.51 ± 1.36	1.25 ± 1.00	0.66 ± 0.71	0.07 ± 0.31	3.54 ± 5.11
睫状肌麻痹后	0.25 ± 0.90	1.75 ± 1.23	1.13 ± 0.96	0.72 ± 0.71	0.10 ± 0.34	3.27 ± 5.18
差异值	0.25 ± 0.38	0.24 ± 0.85	0.13 ± 0.60	0.07 ± 0.45	0.03 ± 0.20	0.27 ± 2.49
P值	0.002	0.144	0.264	0.444	0.458	0.572
正视组(n=1 146)						
睫状肌麻痹前	0.11 ± 1.19	0.41 ± 0.50	0.31 ± 1.17	0.12 ± 0.27	0.02 ± 0.11	1.57 ± 4.75
睫状肌麻痹后	1.29 ± 0.51	0.45 ± 0.50	1.06 ± 0.49	0.16 ± 0.27	0.03 ± 0.11	1.48 ± 0.99
差异值	1.40 ± 1.22	0.05 ± 0.22	1.37 ± 1.22	0.04 ± 0.11	0 ± 0.07	0.09 ± 4.81
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.743	0.546
远视组(n=170)						
睫状肌麻痹前	0.63 ± 1.79	0.60 ± 0.66	0.33 ± 1.72	0.22 ± 0.34	0.02 ± 0.18	3.25 ± 7.73
睫状肌麻痹后	3.07 ± 1.09	0.68 ± 0.65	2.73 ± 1.02	0.27 ± 0.35	0.02 ± 0.18	8.70 ± 9.33
差异值	2.44 ± 1.51	0.08 ± 0.24	2.40 ± 1.51	0.04 ± 0.21	0 ± 0.08	5.45 ± 7.60
P值	<0.001	<0.001	<0.001	0.011	0.344	<0.001

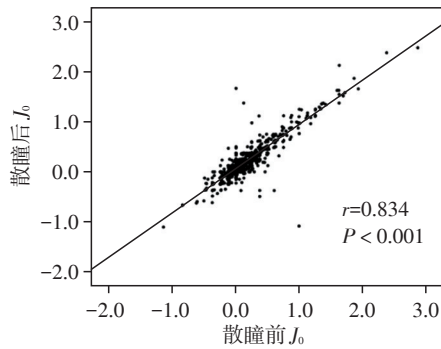


图1 散瞳前后 $J_0$ 成分的相关性

Figure 1 The relationship between the cycloplegic and non-cycloplegic values of the  $J_0$  vector

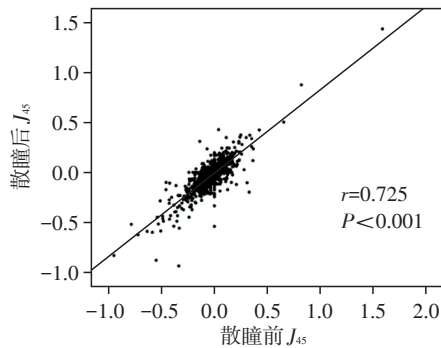


图2 散瞳前后 $J_{45}$ 成分的相关性

Figure 2 The relationship between the cycloplegic and non-cycloplegic values of the  $J_{45}$  vector

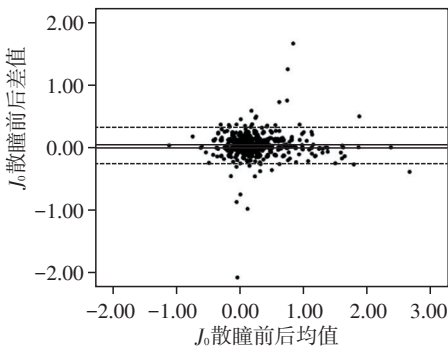


图3 Bland-Altman 图示散瞳前后 $J_0$ 成分95%CI一致性

Figure 3 Bland-Altman plots demonstrating 95% CI of agreement between cycloplegic and non-cycloplegic values of the  $J_0$  vector

0.57D<sup>[11-13]</sup>,球镜度数变化较大,放松调节向远视漂移。对于散光而言,散光度数变化不大,本研究表明睫状肌麻痹后 $J_0$ 成分的改变存在统计学差异,而 $J_{45}$ 无明显改变,即睫状肌麻痹后可影响顺规和逆规散光,对斜轴散光影响不大,这与既往Li等<sup>[14]</sup>的研究结果相悖,而与有的研究结果相一致<sup>[15-16]</sup>,可能是由于各地区、各种族间散光患病率不同。

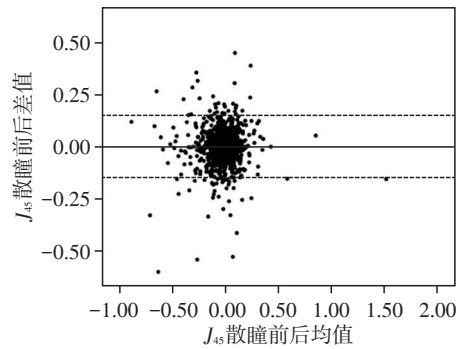


图4 Bland-Altman 图示散瞳前后 $J_{45}$ 成分95%CI一致性

Figure 4 Bland-Altman plots demonstrating 95% CI of agreement between cycloplegic and non-cycloplegic values of the  $J_{45}$  vector

本研究结果表明不论睫状肌麻痹与否,5~6岁学龄前儿童主要表现为顺规散光,其次为斜轴散光,最后为逆规散光。绝大多数儿童散光在生理性散光范围内,睫状肌麻痹后顺规散光构成比有所增加,逆规散光和斜轴散光均有所下降,表明睫状肌麻痹后散光向顺规方向发展,这可能与 $J_0$ 成分的增加有关。在任一屈光度分组中, $J_{45}$ 成分均无明显变化,而 $J_0$ 成分仅在近视组无明显变化,在其他屈光度分组中均明显增加,近视组睫状肌麻痹前后等效球镜度变化不大,该部分儿童可能存在真性近视,推测散瞳对其屈光度影响不大,因此对散光成分影响也较小。

全自动电脑验光仪测得的散光为人眼的总散光,总散光由角膜散光和内部散光组成,任何影响角膜散光或内部散光的因素在一定程度上都可能影响总散光。因此睫状肌麻痹后散光改变的可能原因有瞳孔散大引起高阶像差的改变和散光轴向上的改变,调节功能减弱引起散光的改变,另一方面,球镜度的改变也在一定程度上影响散光的改变。

Carkeet等<sup>[17]</sup>报道瞳孔散大,进入眼内的光线增加,高阶像差增加,二阶散光同样增加。Gao等<sup>[18]</sup>报道7~10岁顺规散光儿童随散光度数的增加各高阶像差随之增加,因此散光与高阶像差存在一定相关性,高阶像差的改变可能也会引起散光的改变。

Radhakrishnan等<sup>[19]</sup>报道人眼在不同调节刺激下,顺规散光发生改变,可能原因是调节刺激下,晶状体沿水平轴倾斜所造成的散光改变。在本研究中,睫状肌麻痹后调节功能减退可能导致睫状体形态改变,晶状体倾斜,从而引起内部散光的改变,眼位位置与眼外肌的作用力改变<sup>[20]</sup>,引起角膜散光的改变,进一步影响总散光。

睫状肌麻痹后水平和垂直方向的屈光结构如角膜、晶状体发生屈光度改变时,球镜屈光度的改变也可引起二阶散光的改变<sup>[21]</sup>,这可能也是散光改变的其中一个原因。

本研究与既往研究相比,首先,不同研究使用的睫状肌麻痹剂不同,既往有研究使用的是复方托吡卡胺滴眼液<sup>[13]</sup>,本研究使用的是盐酸环喷托酯滴眼液,睫状肌麻痹效果更强,不同的睫状肌麻痹剂对结果可能会存在差异。其次,既往文献多为临床研究<sup>[14-15]</sup>,即在临床上采集数据进行分析,而本研究是基于人群的流行病学调查,偏倚小,样本更具代表性,研究结果更具说服力。最后,本研究未探讨睫状肌麻痹对散光的影响与年龄的关系,本研究为横断面研究,纳入儿童均为5~6岁学龄前儿童,年龄跨度小,因此年龄对其影响不具有意义。Li等<sup>[14]</sup>研究表明年龄并不会影响睫状肌麻痹对散光的影响。

本研究结果表明睫状肌麻痹可引起明显的远视漂移,对散光 $J_0$ 成分有一定影响,而对 $J_{45}$ 成分无影响,非睫状肌麻痹电脑验光是测量散光有效可行的方法之一。尚需进一步研究以明确睫状肌麻痹后散光 $J_0$ 成分改变的具体原因。

#### [参考文献]

- [1] WANG Z, HUANG D, CHEN X, et al. Preschool children exhibit evident compensatory role of internal astigmatism in distribution of astigmatism: The Nanjing eye study [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(1):73-81
- [2] HUANG D, CHEN X, ZHU H, et al. Prevalence of amblyopia and its association with refraction in Chinese preschool children aged 36-48 months [J]. *Br J Ophthalmol*, 2018, 102(6):767-771
- [3] READ S A, VINCENT S J, COLLINS M J. The visual and functional impacts of astigmatism and its clinical management [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2014, 34(3):267-294
- [4] TARCZY-HORNOCH K. Accommodative lag and refractive error in infants and toddlers [J]. *J AAPOS*, 2012, 16(2):112-117
- [5] TWELKER J D, MILLER J M, SHERRILL D L, et al. Astigmatism and myopia in Tohono O'odham native American children [J]. *Optom Vis Sci*, 2013, 90(11):1267-1273
- [6] CHOU Y S, TAI M C, CHEN P L, et al. Impact of cylinder axis on the treatment for astigmatic amblyopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 157(4):908-914
- [7] HUANG D, CHEN X, ZHANG X, et al. Pediatric vision screening using the plusoptix A12C photoscreener in Chinese preschool children aged 3 to 4 years [J]. *Sci Rep*, 2017, 7(1):2041
- [8] 孙启刚,符竹筠,黄丹,等. 1541例48~60月龄儿童前房深度、晶状体厚度及眼轴长度的分布 [J]. *南京医科大学学报(自然科学版)*, 2018, 38(11):1630-1633
- [9] THIBOS L N, WHEELER W, HORNER D. Power vectors: an application of Fourier analysis to the description and statistical analysis of refractive error [J]. *Optom Vis Sci*, 1997, 74(6):367-375
- [10] THIBOS L N, HORNER D. Power vector analysis of the optical outcome of refractive surgery [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2001, 27(1):80-85
- [11] LIN Z, VASUDEVAN B, CIUFFREDA K J, et al. The difference between cycloplegic and non-cycloplegic autorefraction and its association with progression of refractive error in Beijing urban children [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2017, 37(4):489-497
- [12] ZHU D, WANG Y, YANG X, et al. Pre- and postcycloplegic refractions in children and adolescents [J]. *PLoS One*, 2016, 11(12):e0167628
- [13] HU Y Y, WU J F, LU T L, et al. Effect of cycloplegia on the refractive status of children: the Shandong children eye study [J]. *PLoS One*, 2015, 10(2):e01117
- [14] LI T, ZHOU X, ZHU J, et al. Effect of cycloplegia on the measurement of refractive error in Chinese children [J]. *Clin Exp Optom*, 2019, 102(2):160-165
- [15] JORGE J, QUEIROS A, GONZALEZ-MEIJOME J, et al. The influence of cycloplegia in objective refraction [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2005, 25(4):340-345
- [16] ASHARLOUS A, HASHEMI H, JAFARZADEHPUR E, et al. Does astigmatism alter with cycloplegia? [J]. *J Curr Ophthalmol*, 2016, 28(3):131-136
- [17] CARKEET A, VELAEDAN S, TAN Y K, et al. Higher order ocular aberrations after cycloplegic and non-cycloplegic pupil dilation [J]. *J Refract Surg*, 2003, 19(3):316-322
- [18] GAO J, WANG X X, WANG L, et al. The effect of the degree of astigmatism on optical quality in children [J]. *J Ophthalmol*, 2017, 2017:5786265
- [19] RADHAKRISHNAN H, CHARMAN W N. Changes in astigmatism with accommodation [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2007, 27(3):275-280
- [20] TSUKAMOTO M, NAKAJIMA K, NISHINO J, et al. Accommodation causes with-the-rule astigmatism in emmetropes [J]. *Optom Vis Sci*, 2000, 77(3):150-155
- [21] BLENDOWSKE R. Oblique central refraction in tilted spherocylindrical lenses [J]. *Optom Vis Sci*, 2002, 79(1):68-73