

7 ~ 12 岁儿童屈光发育参数特点及对屈光状态的影响

茶健美¹⁾, 闫芳冰¹⁾, 张 扬¹⁾, 喻 璨²⁾

(1)昆明医科大学第一附属医院眼科; 2)预防保健科, 云南 昆明 650032)

[摘要] 目的 调查 7~12 岁小学生眼屈光发育参数情况, 分析其与等效球镜度的关系并评价屈光参数在近视中的监测作用。方法 选取云南省楚雄市北浦中学 1463 名 7~12 岁小学生, 通过电脑验光仪获得球镜度数(DS)、柱镜度数(DC)、等效球镜度(SE), 使用生物测量仪获得眼轴长度(AL)、角膜曲率(K1, K2)、中央前房深度(ACD)、中央角膜厚度(CCT)、晶状体厚度(LT)、玻璃体深度(VD), 并计算角膜曲率半径(CR)、眼轴长度与角膜曲率半径比值(AL/CR)和晶状体度数(LP)。按年龄分为 7~8 岁组($n=518$)、9~10 岁组($n=547$)、11~12 岁组($n=398$); 按屈光状态分为近视组($n=647$)、正视组($n=532$)、远视组($n=284$), 分析不同年龄段、不同屈光组之间屈光参数的特点和对屈光状态的影响。结果 (1)SE、DS、LT、LP 随年龄增长逐渐变小($P<0.05$); (2)AL、AL/CR、ACD、VD 随年龄增长逐渐增大($P<0.05$); (3)K、CR、CCT 随年龄增长无变化($P>0.05$); (4)在近视组和远视组中, AL 均与 SE 呈负相关($r_s=-0.617$; $r_s=-0.318$, $P<0.05$), AL/CR 均与 SE 呈负相关($r_s=-0.737$; $r_s=-0.406$, $P<0.05$), LP 与 SE 均呈正相关($r_s=0.412$; $r_s=0.182$, $P<0.05$), CR 与 SE 无相关性($P>0.05$)。结论 7~12 岁小学生的屈光发育参数 AL、AL/CR、ACD、VD 随年龄增长而增大, 而 SE、DS、LT、LP 随年龄增长而变小, K、CR 和 CCT 无显著变化。AL/CR 和 AL 可以作为近视的监测指标, AL/CR 较 AL 与 SE 的相关性更高。

[关键词] 屈光发育; 屈光不正; 近视; 眼轴; 轴率比; 儿童

[中图分类号] R778 [文献标志码] A [文章编号] 2095-610X(2025)01-0087-06

Characteristics of Refractive Development Parameters and Their Effects on Refractive Status in Children Aged 7 ~12 Years

CHA Jianmei¹⁾, YAN Fangbing¹⁾, ZHANG Yang¹⁾, YU Can²⁾

(1) Department of Ophthalmology; 2) Department of Prevention and Health Care, The First Affiliated Hospital of Kunming Medical University, Kunming Yunnan 650032, China)

[Abstract] Objective To investigate the refractive development parameters of primary school students aged 7 to 12 years in Chuxiong City, Yunnan Province, analyze their relationship with equivalent spherical power (SE), and evaluate the monitoring role of refractive parameters in myopia. Methods A total of 1463 primary school students aged 7-12 from Beipu Primary School in Chuxiong City, Yunnan Province were selected. Spherical degree (DS), cylindrical degree (DC), and equivalent spherical degree (SE) were obtained using a computer autorefractor. Axial length (AL), corneal curvature (K1, K2), anterior chamber depth (ACD), central corneal thickness (CCT), lens thickness (LT), and vitreous depth (VD) were measured using a biometer. The corneal curvature radius (CR), the ratio of axial length to corneal curvature radius (AL/CR), and lens power (LP) were calculated. Participants were divided into 7~8 years old group ($n=518$), 9~10 years old group ($n=547$), and

[收稿日期] 2024-08-05

[基金项目] 云南省科技厅科技计划项目(202101AU070116)

[作者简介] 茶健美(1992~), 女, 云南大理人, 医学硕士, 住院医师, 主要从事斜弱视及眼视光学、小儿眼病临床工作。

[通信作者] 张扬, E-mail: adamzhangy@sina.cn

11 ~ 12 years old group ($n = 398$) according to age; and categorized into myopic group ($n = 647$), emmetropic group ($n = 532$), and hyperopic group ($n = 284$) based on refractive status to analyze the characteristics of refractive parameters and their impact across different age groups and refractive categories. **Results** (1)SE, DS, LT, and LP decreased with age ($P < 0.05$); (2)AL, AL/CR, ACD, and VD increased with age ($P < 0.05$); (3)K, CR and CCT showed no significant change with age ($P > 0.05$); (4)In both myopic and hyperopic groups, AL was negatively correlated with SE ($r_s = -0.617$, $r_s = -0.318$, both $P < 0.05$), AL/CR was negatively correlated with SE ($r_s = -0.737$, $r_s = -0.406$, both $P < 0.05$), LP was positively correlated with SE ($r_s = 0.412$, $r_s = 0.182$, both $P < 0.05$), while CR showed no correlation with SE ($P > 0.05$). **Conclusion** The refractive development parameters AL, AL/CR, ACD, and VD increased with age in primary school students aged 7 to 12, while SE, DS, LT, and LP decreased with age, and K, CR, and CCT showed no significant changes. AL/CR and AL can serve as monitoring indicators for myopia, with AL/CR demonstrating a higher correlation with SE than AL.

[**Key words**] Refractive development; Refractive error; Axial length; Myopia; AL/CR; Children

全球近视和高度近视患者近十余年来呈现快速增长的趋势, Holden 等^[1] 纳入了 145 个研究数据, 涉及 210 万参与者。该研究显示 2000 年全球有 14.06 亿近视患者(22.9%)和 1.63 亿高度近视患者(2.7%); 到 2050 年, 近视人群将上升到 47.58 亿(49.8%), 高度近视人群达到 9.38 亿(9.8%)。我国是近视发病率较高的国家, 儿童及青少年近视呈现发病早、进展快、高度近视比例增高的特点, 预防近视和控制近视度数增高已成为国家疾病预防和眼保健的重要内容。过去在近视的诊断中, 屈光度为唯一的金标准, 近年来眼轴对于近视评价也显示出了肯定的作用^[2]。本研究调查学龄儿童眼屈光发育参数的年龄特点, 在不同屈光状态中的变化和相关性, 寻求更多有价值的近视评价指标。

1 资料与方法

1.1 研究对象

横断面研究, 收集 2023 年 9 月至 11 月在云南省楚雄市北浦小学 7 ~ 12 岁小学生中开展视力筛查的资料。检查内容有屈光度(SE/DS/DC)和屈光发育参数, 包括: 眼轴(axis length, AL)、角膜曲率(K)、中央前房深度(anterior chamber depth, ACD)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、晶状体厚度(lens thickness, LT)、玻璃体深度(vitreous chamber depth, VD)。最终纳入检查记录完整的资料有 1463 名, 其中男生 735 名, 女生 728 名, 右眼数据纳入分析。参与本次研究的学生及监护人均知情同意。

1.2 研究方法

(1)基本信息: 记录学生姓名、年龄和性别等;

(2)视力检查: 使用统一的标准对数视力表, 检查距离为 5 m, 检查裸眼远视力(uncorrected distance visual acuity, UCVA); (3)屈光检查: 非睫状肌麻痹验光, 自动电脑验光仪每眼验光 3 次, 取平均值, 获取球镜度数(spherical degree, DS)、柱镜度数(cylindrical degree, DC)、等效球镜度(spherical equivalent degree, SE)。根据 SE 度数将屈光状态分为近视($SE \leq -0.50D$), 远视($SE \geq +0.50D$), 正视($-0.50D < SE < +0.50D$), 散光定义为 $DC \geq 0.75D$; (4)屈光参数测量: 采用眼科光学生物测量仪(SW9000)测量受检者 AL、角膜屈率(K1, K2)、ACD、CCT、LT、VD。角膜曲率平均值 $K = (K1+K2)/2$, 计算角膜曲率半径 $CR = 1000(n2-n1)/K$ ($n1$ 为空气屈光指数 1.00, $n2$ 为角膜曲率屈光指数 1.3375), 然后计算 AL/CR 比值。晶状体度数(lens power, LP)使用 Bennett 公式进行计算^[3], $LP = -1000n(Scv+Km)/[1000n-(ACD+C1LT) \times (Scv+Km)] + 1000n/(C2LT+VD)$, $Scv = SE/(1-0.014XSE)$, $C1 = 0.596$, $C2 = 0.358$, $n = 1.3375$ 。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 25.0 软件进行统计分析, 计数资料使用 χ^2 检验, 计量资料不符合正态分布, 用中位数及四分位数的方式来表示, 即 $P_{50}(P_{25}, P_{75})$, 组间比较采用秩和检验, 单个因素与 SE 的关系分析采用 Spearman 线性相关分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

1463 名中年龄中位数为 9 岁, 其中男孩 735 名(50.24%), 女孩 728 名(49.76%)。近视 647 名

(44.22%); 正视 532 名 (36.36%); 远视 284 名 (19.42%); 散光 293 名 (20.04%)。不同性别之间: DC、AL/CR 比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 其余参数均有统计学意义 ($P < 0.05$)。其中, 女孩的 DS 较男孩偏负 ($P < 0.05$); 女孩的 AL、CCT、ACD、VD、CR 大于男孩 ($P < 0.05$); 而 K、LT、LP 小于男孩 ($P < 0.05$)。计算 7~8 岁、9~10 岁、11~12 岁各年龄段近视的患病率, 3 组之间差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 不同年龄组两两比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 1。

2.2 不同年龄组屈光参数比较

将年龄段分为 7~8 岁, 9~10 岁, 11~12 岁 3 组, 各组之间的 DS、DC、SE、AL、AL/CR、LP、LT、ACD、VD 比较, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。DS、SE、AL、AL/CR、LP、LT、ACD、VD 两两比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。DC 仅 7~8 岁与 11~12 岁比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 即随着年龄增加, DS、SE 表现为近视度数增加, AL、AL/CR、ACD、VD 数值逐渐增加, 而 LT、LP 逐渐下降。各组之间 K、CR、CCT 比较, 差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

2.3 不同屈光状态组中眼屈光参数的比较

按屈光状态分为近视、正视、远视 3 组, 各组之间的 AL、AL/CR、LT、LP、ACD、VD 差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 其中, AL、AL/CR、LP、ACD 两两比较, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。正视组和远视组比较, LT 和 VD 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。随着屈光状态从远视、正视向近视转变, AL、AL/CR、ACD 逐渐增大, 而 LP 逐渐减小。K、CR、CCT 在不同屈光状态之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 3。

2.4 屈光发育参数与 SE 的相关性分析

与屈光发育密切的 AL、CR、AL/CR、LP 和 SE 呈现出不同的相关性: 近视组中 AL、AL/CR 与 SE 呈负相关 ($r_s = -0.617$; $r_s = -0.737$, $P < 0.05$), AL/CR 与 SE 的相关性高于 AL。LP 与 SE 呈正相关 ($r_s = 0.412$, $P < 0.05$)。正视组中 AL/CR 与 SE 呈负相关 ($r_s = -0.134$, $P < 0.05$), 而 AL、LP 与 SE 无相关性 ($P > 0.05$)。远视组中, AL、AL/CR 与 SE 呈负相关 ($r_s = -0.318$; $r = -0.406$, 均为 $P < 0.05$), AL/CR 与 SE 的相关性高于 AL, LP 与 SE 呈正相关 ($r_s = 0.182$, $P < 0.05$)。在 3 组中 CR 与 SE 均无相关性 ($P > 0.05$), 见表 4。

表 1 各年龄段近视的患病率比较 [$n(\%)$]

Tab. 1 Comparison of myopia prevalence by age group [$n(\%)$]

| 年龄段(岁) | 总人数 | 近视人数 | 患病率(%) | χ^2 | P |
|--------|-----|------|--------|----------|---------|
| 7~8 | 518 | 139 | 26.8 | | |
| 9~10 | 547 | 268 | 49.0 | 114.13 | <0.001* |
| 11~12 | 398 | 243 | 61.1 | | |

* $P < 0.05$ 。

表 2 不同年龄组屈光度和眼屈光参数的分布 [$P_{50}(P_{25}, P_{75})$]

Tab. 2 Distribution of diopter and ocular biological parameters by age group at different ages [$P_{50}(P_{25}, P_{75})$]

| 参数 | 7~8岁($n=518$) | 9~10岁($n=547$) | 11~12岁($n=398$) | H | P |
|---------|---------------------|----------------------|---------------------|---------|---------|
| DS(D) | 0.25(-0.25, 0.50) | -0.25(-1.25, 0.25) | -0.75(-2.00, 0.25) | 148.82 | <0.001* |
| DC(D) | 0(-0.50, 0) | 0(-0.50, 0) | 0(-0.50, 0) | 6.874 | 0.032* |
| SE(D) | 0(-0.50, 0.50) | -0.375(-1.375, 0.25) | -1.00(-2.25, 0.00) | 143.105 | <0.001* |
| K(D) | 43.25(42.25, 44.26) | 43.23(42.37, 44.23) | 43.28(42.28, 44.27) | 0.163 | 0.922 |
| AL(mm) | 23.01(22.45, 23.52) | 23.43(22.87, 24.05) | 23.75(23.08, 24.60) | 169.651 | <0.001* |
| CR(mm) | 7.80(7.63, 7.99) | 7.81(7.63, 7.97) | 7.80(7.62, 7.98) | 0.163 | 0.922 |
| AL/CR | 2.94(2.90, 2.99) | 3.00(2.94, 3.07) | 3.04(2.97, 3.14) | 252.016 | <0.001* |
| LT(mm) | 3.60(3.47, 3.77) | 3.48(3.36, 3.62) | 3.44(3.32, 3.56) | 143.49 | <0.001* |
| ACD(mm) | 2.87(2.70, 3.05) | 3.02(2.83, 3.18) | 3.08(2.89, 3.24) | 121.416 | <0.001* |
| VD(mm) | 15.95(15.44, 16.52) | 16.43(15.87, 16.96) | 16.78(16.08, 17.51) | 174.915 | <0.001* |
| CCT(mm) | 537.00(517, 560.3) | 542(522, 562) | 543(520, 564) | 3.186 | 0.203 |
| LP(D) | 25.89(24.61, 27.14) | 24.51(23.47, 25.87) | 24.00(22.86, 25.13) | 208.466 | <0.001* |

* $P < 0.05$ 。

表 3 不同屈光状态组眼屈光参数的比较 [$P_{50}(P_{25}, P_{75})$]Tab. 3 Comparison of ocular biological parameters in different refractive state groups [$P_{50}(P_{25}, P_{75})$]

| 指标 | 近视($n=647$) | 正视($n=532$) | 远视($n=284$) | H | P |
|---------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------|----------|
| SE(D) | -1.50(-2.50, -0.75) | 0.00(-0.25, 0.25) | 0.63(0.50, 0.75) | 1 260.078 | < 0.001* |
| K(D) | 43.31(42.34, 44.35) | 43.25(42.33, 44.18) | 43.12(42.13, 44.05) | 3.214 | 0.200 |
| AL(mm) | 23.88(23.20, 24.61) | 23.12(22.60, 23.60) | 22.98(22.45, 23.40) | 298.07 | < 0.001* |
| CR(mm) | 7.79(7.61, 7.97) | 7.80(7.64, 7.97) | 7.83(7.66, 8.01) | 3.214 | 0.200 |
| AL/CR | 3.06(2.98, 3.14) | 2.96(2.92, 3.01) | 2.93(2.89, 2.98) | 444.08 | < 0.001* |
| LT(mm) | 3.44(3.31, 3.61) | 3.54(3.43, 3.71) | 3.57(3.43, 3.72) | 99.428 | < 0.001* |
| ACD(mm) | 3.09(2.89, 3.25) | 2.92(2.76, 3.09) | 2.87(2.71, 3.02) | 149.686 | < 0.001* |
| VD(mm) | 16.83(16.17, 17.51) | 16.05(15.59, 16.56) | 15.98(15.42, 16.43) | 269.512 | < 0.001* |
| CCT(mm) | 541(519, 563) | 539(521, 560) | 541(514, 565) | 0.383 | 0.826 |
| LP(D) | 24.37(23.14, 26.09) | 25.29(24.09, 26.64) | 24.83(23.87, 26.04) | 54.492 | < 0.001* |

* $P < 0.05$ 。

表 4 不同屈光发育参数与 SE 的相关性分析

Tab. 4 Correlation analysis between different refractive parameters and SE

| 组别 | AL vs SE | | AL/CR vs SE | | CR vs SE | | LP vs SE | |
|-----|----------|----------|-------------|----------|----------|-------|----------|----------|
| | r_s | P | r_s | P | r_s | P | r_s | P |
| 近视组 | -0.617 | < 0.001* | -0.737 | < 0.001* | 0.044 | 0.259 | 0.412 | < 0.001* |
| 正视组 | -0.056 | 0.198 | -0.134 | 0.002* | 0.021 | 0.624 | -0.069 | 0.112 |
| 远视组 | -0.318 | < 0.001* | -0.406 | < 0.001* | 0.008 | 0.888 | 0.182 | 0.002* |

* $P < 0.05$ 。

3 讨论

3.1 儿童屈光发育参数变化

在儿童眼球的发育中, 屈光度(SE)、眼轴长度(AL)、角膜曲率(K)及晶状体屈光度(LP)之间是一个动态匹配的过程, 各个参数会受到遗传因素和环境因素的影响^[4]。随着人眼的发育, 远视度数逐渐降低而向正视转变, 这个过程叫正视化进程。这个进程的快慢与屈光发育参数相关, 对于近视防控意义重大。婴儿出生后不久, AL相对较短, 角膜弯曲度较大, 晶状体厚度较厚, 角膜对应的曲率K和晶状体对应的LP较大, SE表现为远视; 随年龄增长眼轴变长, 角膜变平坦, 晶状体厚度变薄, K值和LP逐渐下降, 远视减少。AL、K、LP在3岁前变化明显, 3~6岁以后变化减缓直至青少年时期^[5]。

本研究显示, 7~12岁儿童随年龄增加SE、DS、LT、LP逐渐变小($P < 0.05$), 而AL、AL/CR、ACD、VD逐渐增大($P < 0.05$)。这些改变符合儿童眼球正视化中随年龄增加眼球不断发育的特征, 其中晶状体的纤维和内部结构发生改变, 晶状体厚度变薄带来晶状体屈光度的下降, 这能够抵消

一部分眼轴增长带来的近视进展^[6-7]。本研究还发现, 这个年龄段眼球的角膜形态趋于稳定, 对应的CR、K、CCT随年龄增长无变化($P > 0.05$), 女孩的屈光度(SE、DS)比男孩更偏负值, 眼轴更长。上述结论同以往较多研究的结果相似^[8-9]。

3.2 儿童屈光度变化的评价指标

目前, 近视临床评估主要指标是屈光度和眼轴长度。本研究中7~8岁近视患病率为7.8%, SE为0.25D(-0.25, 0.50); 9~10岁近视患病率为49%, SE为-0.25D(-1.25, 0.25); 11~12岁近视患病率为61%, SE为-0.75D(-2.00, 0.25), 表现出随年龄增加近视屈光度增高, 近视患病率增加。

眼轴的增长代表着眼球的发育, 新生儿AL长度约为16.5 mm, 3岁之内增长较快, 随后增长变缓, 3~6岁AL平均值为(22.39 ± 0.68) mm, 6岁后每年平均以0.09 mm的速度增长, 15岁时约为23.39 mm [参考区间(22.10 ~ 24.68) mm]^[5, 10-11]。本研究中AL随年龄增加, 从7~8岁的23.01 mm增长到9~10岁的23.43 mm, 11~12岁的23.75 mm。正视者眼轴为23.12 mm(22.60, 23.60), 近视者眼轴为23.88 mm(23.20, 24.61), 远视者眼轴为22.98 mm(22.45, 23.40), 在3组中差异均有统计

学意义($P < 0.05$), 说明眼轴对于决定屈光状态有重要意义。

本研究还发现, 除 SE、AL 以外, AL/CR、LP、ACD 在 3 个不同屈光状态组、不同年龄组之间均有差异性, 原因可能为眼球发育和眼轴增长带来的相应变化。其中 AL、AL/CR、LP 与 SE 呈现出不同的相关性, 与既往研究相似^[12]。AL、AL/CR、ACD 值增大, LP 减小可以作为儿童屈光变化的预测及评估参考指标。

3.3 AL/CR 在屈光不正中的评价作用

在近视人群中, 有些眼轴已经超过了 24 mm, 但角膜曲率较低, 结果并没有近视或仅呈现低度近视; 而有些眼轴正常甚至偏短, 但角膜曲率偏高, 结果表现为近视。故对于屈光状态的评价, 需综合眼轴和角膜曲率的变化。有研究发现在调整了年龄和性别后的多元线性回归模型中, 随年龄增加 SE 和 AL、AL/CR 呈线性负相关, 而对于近视的评价, AL/CR 较 AL 更有参考意义^[5]。李童等^[13]的研究也发现 AL / CR 相对于 AL 和小瞳孔下电脑验光来说, 可以更好地评估屈光状态。

本研究中 AL 和近视、远视均有相关性, 但和正视无关; 而 AL/CR 和近视、远视、正视均有相关性, 因此对于评价屈光状态是连续性的。在近视组中, AL、AL/CR 与 SE 呈负相关($r_s = -0.617$; $r_s = -0.737$, $P < 0.05$), 从相关系数来看 AL/CR 与近视的相关性比 AL 更高。远视亦是如此。而在正视组中 AL/CR 与 SE 相关性较低($r_s = -0.134$, $P < 0.05$)。类似的研究如 He 等^[14]发现在 6~12 岁儿童中, AL/CR 与 SE 相关性在中度远视和近视中较高, 而在正视儿童中较低。廖梦霏等^[15]也发现 SE 与 AL / CR 的相关性在近视儿童中相关性最高, 且高于单独的 AL。Grosvenor 等^[16]发现正视眼的 AL/CR 值接近 3/1, Blanco 等^[17]也认为 AL/CR > 3 可作为诊断近视的高危指标。本研究中 AL/CR 在近视、正视、远视组中分别为 3.06、2.96 和 2.93, 3 组之间差异有统计学意义($P < 0.05$)。因此, AL/CR 值等于 3 可以作为一个近视眼与非近视眼之间的初步评估界限值。

AL/CR 随年龄增高有逐渐增高的趋势, 例如一项 14 年的纵向队列研究, 平均年龄为 9.3 岁, AL/CR 为 3.15; 14 年后 AL/CR 增至 3.31 D^[18]。本研究中 7~8 岁 AL/CR 为 2.94, 9~10 岁为 3, 11~12 岁为 3.04, 考虑和不同年龄的近视率有关, 9 岁以下近视患病率低, AL/CR < 3, 而 9 岁后近视患病率增高, AL/CR > 3。笔者认为在儿童屈光

筛查中, 由于睫状肌麻痹验光的局限性, 包括耗时、儿童不配合、家长不接受等因素, 利用生物测量仪检查并计算出 AL/CR 值来预测和判断近视也是一种可靠的方法和重要补充。

综上所述, 本研究发现 7~12 岁儿童的屈光发育中, AL、AL/CR、ACD、VD 随年龄增长而增大, SE、DS、LT、LP 随年龄增长而变小, 而 K、CR、CCT 基本稳定; AL/CR 和 AL 可作为近视的重要监测指标, AL/CR 较 AL 与 SE 的相关性更高。K、CR、LT、LP 等生物学参数, 有待进一步明确其作为评价儿童屈光状态指标的可能性。

[参考文献]

- [1] Holden B A, Fricke T R, Wilson D A, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036–1042.
- [2] Choong Y F, Chen A H, Goh P P. A comparison of autorefraction and subjective refraction with and without cycloplegia in primary school children[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2006, 142(1): 68–74.
- [3] Rozema J J, Atchison D A, Tassignon M J. Comparing methods to estimate the human lens power[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2011, 52(11): 7937–7942.
- [4] Momeni-Moghaddam H, Hashemi H, Zarei-Ghanavati S, et al. Four-year change in ocular biometric components and refraction in schoolchildren: A cohort study[J]. *J Curr Ophthalmol*, 2019, 31(2): 206–213.
- [5] Guo X, Fu M, Ding X, et al. Significant axial elongation with minimal change in refraction in 3 to 6-year-old chinese preschoolers: The Shenzhen kindergarten eye study[J]. *Ophthalmology*, 2017, 124(12): 1826–1838.
- [6] Iribarren R, Morgan I G, Chan Y H, et al. Changes in lens power in Singapore chinese children during refractive development[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2012, 53(9): 5124–5130.
- [7] Hon Y, Cheung S W, Cho P, et al. Repeatability of corneal biomechanical measurements in children wearing spectacles and orthokeratology lenses[J]. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2012, 32(4): 349–354.
- [8] He X, Sankaridurg P, Naduvilath T, et al. Normative data and percentile curves for axial length and axial

- length/corneal curvature in Chinese children and adolescents aged 4–18 years[J]. *British Journal of Ophthalmology*, 2023, 107(2): 167–175.
- [9] Ip J M, Huynh S C, Kifley A, et al. Variation of the contribution from axial length and other ophthalmometric parameters to refraction by age and ethnicity[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2007, 48(10): 4846–4853.
- [10] Lei L, Rui L, Dan H, et al. Prediction of premyopia and myopia in chinese preschool children: A longitudinal cohort[J]. *BMC Ophthalmology*, 2021, 21(283): 1–10.
- [11] 中华预防医学会公共卫生眼科分会. 中国学龄儿童眼球远视储备、眼轴长度、角膜曲率参考区间及相关遗传因素专家共识(2022 年)[J]. *中华眼科杂志*, 2022, 58(2): 96–101.
- [12] 田春慧, 韩伟, 雷秀丽, 等. 晶状体屈光力和轴径比在邯郸市小学生中的分布及对屈光状态的影响 [J]. *中国斜视与小兒眼科杂志*, 2023, 31(1): 18–21.
- [13] 李童, 于睿, 张凤一, 等. 3 ~ 6 岁学龄前儿童各屈光参数情况及其与等效球镜的相关分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2023, 23(7) : 1189–1195.
- [14] He X, Zou H, Lu L, et al. Axial length/corneal radius ratio: Association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in chinese school-children[J]. *PLoS ONE*, 2015, 10(2): e0111766.
- [15] 廖梦霏, 宋胜仿, 刘世纯, 等. 6 ~ 11 岁儿童眼球生物学参数的分布及对屈光状态的影响 [J]. *第三军医大学学报*, 2019, 41(3): 252–258.
- [16] Grosvenor T, Scott R. Role of the axial length/corneal radius ratio in determining the refractive state of the eye[J]. *Optom Vis Sci*, 1994, 71(9): 573–579.
- [17] Blanco F G, Fernandez C S, Sanz A M. Axial length, corneal radius, and age of myopia onset[J]. *Optometry and Vision Science*, 2008, 85(2): 89–96.
- [18] Scheiman M, Gwiazda J, Zhang Q, et al. Longitudinal changes in corneal curvature and its relationship to axial length in the correction of myopia evaluation trial (COMET) cohort[J]. *J Optom*, 2016, 9(1): 13–21.