

DOI:10.16424/j.cnki.cn32-1807/r.2025.06.007

引文格式: 花雯雯, 方艺蓉, 张铃烽, 等. 学龄期儿童屈光状态与眼部生物学参数的分布及相关性分析[J]. 南通大学学报(医学版), 2025, 45(6):544-548.

## 学龄期儿童屈光状态与眼部生物学参数的分布及相关性分析\*

花雯雯\*\*, 方艺蓉, 张铃烽, 顾思嘉, 杨文彦, 陈向花, 李光辉, 陈建威, 茅雁明\*\*\*

(启东市人民医院眼科, 江苏 226200)

**[摘要]** 目的:探究学龄期儿童屈光状态与眼部生物学参数的分布特征并评估其相关性,以进一步加深对近视发生发展的认识。方法:选取2023年1—10月在启东市人民医院视光中心就诊的6~15岁学龄期儿童323例(646眼),对所有儿童进行散瞳验光,使用综合验光仪确定等效球镜度(equivalent spherical power, SE),眼部生物测量仪记录眼轴长度(axial length, AL)、角膜曲率(mean keratometry, Km)、角膜曲率半径(corneal curvature radius, CR)、前房深度(anterior chamber depth, ACD)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)等,计算眼轴角膜曲率半径比(axial length-to-corneal radius ratio, AL/CR)。分别根据年龄、性别、SE进行分组,比较不同组别间眼部生物学参数的特征。结果:323例学龄期儿童(646眼)中双眼近视273例,单眼近视21例,SE为(-1.61±1.64) D, AL为(24.05±1.17) mm, Km为(43.16±1.39) D, ACD为(3.77±0.26) mm, CCT为(552.86±31.71) μm。不同性别及不同年龄间屈光状态及各生物学参数差异均有统计学意义,不同屈光状态间AL、AL/CR、ACD差异有统计学意义。SE与AL、AL/CR、ACD均呈负相关( $r=-0.624$ 、 $-0.746$ 、 $-0.243$ , 均 $P<0.001$ ); Km与AL呈负相关( $r=-0.509$ ,  $P<0.001$ )。结论:6~15岁学龄期儿童屈光状态集中在低度近视,不同性别、年龄间屈光状态及相关参数差异具有统计学意义,随近视屈光度增长,AL、AL/CR、ACD呈增高趋势。

**[关键词]** 近视;眼轴;屈光不正;学龄期儿童**[中图分类号]** R778.11**[文献标志码]** A**[文章编号]** 1674-7887(2025)06-0544-05

### Distribution and correlation analysis of refractive status and ocular biological parameters in school-age children\*

HUA Wenwen\*\*, FANG Yirong, ZHANG Lingfeng, GU Sijia, YANG Wenyan, CHEN Xianghua, LI Guanghui, CHEN Jianwei, MAO Yanming\*\*\* (Ophthalmology Department of Qidong People's Hospital, Jiangsu 226200)

**[Abstract]** *Objective:* To investigate the distribution characteristics of refractive status and ocular biological parameters in school-age children and assess their correlation, in order to further deepen the understanding of the onset and progression of myopia. *Methods:* A total of 323 school-age children(646 eyes) who visited the Ophthalmology Center of Qidong People's Hospital from January to October 2023 were selected for mydriatic refraction. The equivalent spherical power(SE) was determined using a phoropter, and the axial length(AL), mean keratometry(Km), corneal curvature radius(CR), anterior chamber depth(ACD), central corneal thickness(CCT), etc. were recorded using an ocular biometer. The axial length-to-corneal radius ratio(AL/CR) was calculated. Participants were stratified into groups according to age, gender, and SE for comparative analysis of ocular biometric parameters across these subgroups. *Results:* Among 323 school-age children(646 eyes), 273 patients were diagnosed with bilateral myopia and 21 patients with unilateral myopia. The SE was (-1.61±1.64) D, AL was (24.05±1.17) mm, Km was (43.16±1.39) D, ACD was (3.77±0.26) mm, CCT was (552.86±31.71) μm. Significant differences in refractive status and various biological parameters among different genders and ages, with statistically significant variations in AL, AL/CR ratio, and ACD across different refractive status categories. Negative correlations were found between SE and AL, AL/CR, ACD( $r=-0.624$ ,  $-0.746$ ,  $-0.243$ , all  $P<0.001$ ); Km is negatively correlated with AL( $r=-0.509$ ,  $P<0.001$ ). *Conclusion:* In this study, the refractive status of school-age children was predominantly characterized by mild myopia. Significant differences in refractive status and related biological parameters were observed among different genders and ages. As the refractive power of myopia increased, AL, AL/CR, and ACD showed an increasing trend.

**[Key words]** myopia; optic axis; ametropia; school-age child

\* [基金项目] 南通市基础科学研究和社会民生科技计划指导性项目(MSZ2022056)

\*\* [作者简介] 花雯雯,女,汉族,生于1996年11月,江苏省南通市人,硕士,研究方向:眼科学。

\*\*\* [通信作者] 茅雁明, E-mail: 15862748193@163.com

近年来全球近视发病率飙升,在东亚及东南亚地区尤为严峻,据2022年统计显示我国学龄期青少年儿童总体近视率高达53.6%<sup>[1]</sup>,已成为我国不容忽视的公共卫生问题。预计到2050年,全球约有50%的人口近视,近10%为高度近视<sup>[2-3]</sup>。高度近视患者的眼部结构发生显著改变,随即导致一系列眼部并发症,严重威胁患者的视力健康及正常生活<sup>[4]</sup>。此外,近视初发年龄的低龄化使发展为高度近视的风险持续增加。学龄期是眼部屈光系统逐步正视化的关键时期,同时也是屈光问题的高发期,因而关注学龄期儿童眼部生物学参数的变化对评估其近视患病风险及发展趋势尤为重要<sup>[5-6]</sup>。本研究以6~15岁学龄期儿童为研究对象,分析眼部屈光状态与眼部生物学参数的分布特征,并探讨其相关性,以进一步加深对于近视发生发展的认识。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象** 选择2023年1—10月于启东市人民医院视光中心就诊的学龄期儿童为研究对象,纳入标准:年龄6~15岁,最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)≥1.0;排除标准:严重先天性疾病、眼部器质性病变、斜视弱视及屈光参差患儿。所有检查均取得患儿及其监护人的知情同意,参与检查394例,最终纳入323例,共646眼,平均年龄(10.12±2.17)岁,男147例,女176例。本研究通过启东市人民医院伦理委员会审批(ER-XXM-LWGT-2023-004)。

**1.2 检查方法** 对所有受试者行眼部常规检查。BCVA采用5 m标准对数视力表(小数记法);裂隙灯显微镜(兰羚, KJ5X)检查眼前节情况,排除角膜、房水、晶状体等屈光介质的器质性病变;采用非接触式眼压计(NIDEK, NT-510)测量眼压,确保双眼眼压正常后,再行散瞳验光;屈光度检查由全自动电脑验光仪(NIDEK, AR-1)初步检查后,采用复方托吡卡胺滴眼液(沈阳兴齐眼药股份有限公司,卓比安)滴眼,5 min/次,共6次,至瞳孔直径>6 mm,再次进行测量,并使用综合验光仪(NIDEK SSC-370)进行验光,最终得到双眼屈光度,记录球镜度(diopter spherical, DS)及柱镜度(diopter cylindrical, DC),计算等效球镜度(equivalent spherical power, SE)=DS+1/2DC。采用光干涉式眼轴长测量仪(NIDEK AL-Scan)测量并记录眼部生物学参数(所有操作均由同1名视光中心眼科技师完成):眼轴长度(axial length, AL)、角膜曲率(mean keratometry, Km)、角膜曲率半径(corneal curva-

ture radius, CR)、中央前房深度(anterior chamber depth, ACD)、中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)。AL数据要求信噪比≥2.0, Km、CR取均值:Km=(K<sub>1</sub>+K<sub>2</sub>)/2, CR=(R<sub>1</sub>+R<sub>2</sub>)/2, 计算眼轴角膜曲率半径比(axial length-to-corneal radius ratio, AL/CR)。

**1.3 分组方法** (1)按照眼别分为右眼(oculus dexter, OD)、左眼(oculus sinister, OS)两组;(2)按照性别分为男、女两组;(3)按照年龄分为10组:6岁组、7岁组、8岁组、9岁组、10岁组、11岁组、12岁组、13岁组、14岁组、15岁组;(4)按照屈光状态分组:A组(SE≥0.00 D, 79眼)为远视及正视组,B组(-1.00 D≤SE<0.00 D, 146眼)、C组(-2.00 D≤SE<-1.00 D, 220眼)、D组(-3.00 D≤SE<-2.00 D, 116眼)为低度近视组,E组(SE<-3.00 D, 85眼)为中高度近视组。

**1.4 统计学方法** 采用SPSS 26.0软件进行相关统计分析。计量资料记录为 $\bar{x}\pm s$ ,两组间比较采用独立样本 $t$ 检验,多组间比较采用单因素方差分析,方差不齐组别行Welch's检验,进一步两两比较采用LSD- $t$ 检验。采用Shapiro-Wilk检验评估数据正态性,SE、AL、Km、ACD、CCT均不满足正态分布,行Spearman相关分析,采用GraphPad Prism软件进行散点分布图及一元回归线绘制。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 学龄期儿童的屈光状态及眼部生物学参数分布** 散瞳状态下,323例(646眼)中双眼近视273例,单眼近视21例,平均SE为(-1.61±1.64) D,646眼中远视53眼(8.2%),正视26眼(4.0%),低度、中度、高度近视分别有482眼(74.6%)、75眼(11.6%)、10眼(1.5%);散光395眼,散光>-2.0 D有56眼(8.7%);平均AL为(24.05±1.17) mm, Km为(43.16±1.39) D, ACD为(3.77±0.26) mm, CCT为(552.86±31.71) μm。

**2.2 不同眼别和不同性别间屈光状态及眼部生物学参数比较** 不同眼别间比较,各项参数差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ ),见表1;不同性别间比较,两组近视占比相似,而男性的SE、AL、ACD、CCT均高于女性, Km值小于女性(均 $P<0.05$ ),见表2。

**2.3 不同年龄间屈光状态及眼部生物学参数比较** 不同年龄间男女SE值比较,11岁组学龄男性的SE较女性高( $P=0.009$ ),其余各年龄组差异均无统计学意义(均 $P>0.05$ ),见表3。进一步比较不同年龄患儿眼部生物学参数,可见随年龄的增长,SE、AL、ACD均相应的升高(均 $P<0.001$ ),且各参数增长速度并不

表1 不同眼别间屈光状态及生物学参数分布

Table with 7 columns: 组别, 眼数, Prev./%, SE/D, AL/mm, Km/D, ACD/mm, CCT/μm. Rows include OD组, OS组, t值, and P值.

注:Prev.表示患病率。

表2 不同性别间屈光状态及生物学参数分布

Table with 7 columns: 组别, 眼数, Prev./%, SE/D, AL/mm, Km/D, ACD/mm, CCT/μm. Rows include 男, 女, t值, and P值.

注:Prev.表示患病率,\*表示方差不齐。

表3 不同年龄间男女屈光状态分布

Table with 6 columns: 组别, 性别, 眼数, SE/D, t值, P值. Rows list ages from 6 to 15 years for both males and females.

均一;Km 总体呈轻微下降趋势,11~13 岁间有小幅回升,15 岁组 Km 最低,各年龄组间差异有统计学意义(P<0.001);12 岁组 CCT 最厚,14 岁组 CCT 最薄,各组间 CCT 差异有统计学意义(P<0.001),见表4。

2.4 不同屈光状态间眼部生物学参数分布 不同屈光状态组间 AL、AL/CR 差异有统计学意义(P<0.001),随近视程度进展呈升高趋势,两两比较差异均有统计学意义;组间 ACD 比较差异有统计学意义(P<0.001),A 组最浅,E 组最深,但其中 B、C、D 组间两两比较差异无统计学意义;各组 Km 与 CCT 间差异无统计学意义(P>0.05),见表5。

表4 不同年龄间屈光状态及眼部生物参数分布

Table with 7 columns: 组别, 眼数, Prev./%, SE/D, AL/mm, Km/D, ACD/mm, CCT/μm. Rows list ages from 6 to 15 years, F值, and P值.

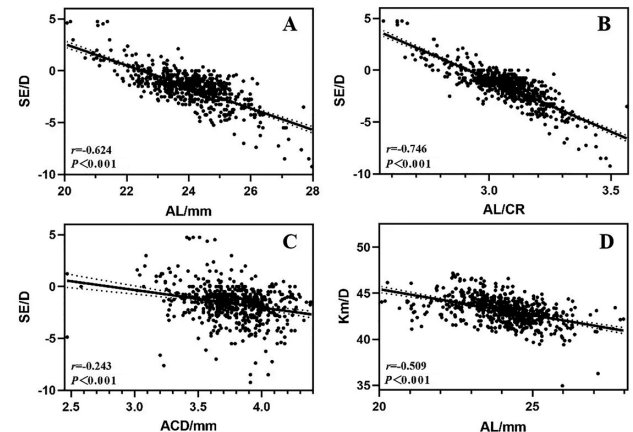
注:Prev.表示患病率,\*表示方差不齐。

表5 不同屈光状态间眼部生物参数分布

Table with 6 columns: 组别, 眼数, AL/mm, Km/mm, AL/CR\*, ACD\*/mm, CCT/μm. Rows include A组, B组, C组, D组, E组, F值, and P值.

注:\*表示方差不齐。

2.5 屈光状态与眼部生物学参数间的相关性 根据散点分布及一元线性回归图,SE 与 AL 呈中等负相关(r=-0.624, P<0.001),与 AL/CR 呈强负相关(r=-0.746, P<0.001),与 ACD 呈弱负相关(r=-0.243, P<0.001);SE 与 Km、CCT 无相关性;此外,Km 与 AL 呈中等负相关(r=-0.509, P<0.001),见图1。



注:A~C,分别为 SE 相对于 AL、AL/CR、ACD 的散点分布图及回归线;D, Km 相对于 AL 的散点分布图及回归线(虚线为 95%CI)。

图1 屈光状态与眼部生物学参数的相关性分析

### 3 讨 论

青少年儿童生长发育过程中,伴随着屈光系统持续正视化,这一过程中眼部生物学参数发生改变<sup>[5-6]</sup>。本研究旨在观察学龄期儿童不同性别、年龄间各屈光参数的分布特征,并分析其差异和关系。纳入研究的 323 例(646 眼)学龄期儿童中,近视患儿多达 294 例,多为双眼近视,其中低度近视占 74.6%, $-6.0$  D 以上高度近视仅 10 眼,近视高比率与研究对象为眼视光门诊就诊患儿(多数已出现近视症状或经筛查发现已处于近视状态)相关。

屈光参数是否在学龄期儿童不同性别间存在差异尚有争议,J.ZHANG 等<sup>[7]</sup>研究显示在学龄期儿童中,女生的近视率高于男性,Z.Q.YING 等<sup>[8]</sup>的研究则未发现显著性别差异,而本研究中学龄男性的 SE 高于女性( $P<0.05$ )。进一步对不同年龄间男性 SE 值分布进行研究,发现 11 岁年龄组男性的 SE 女性高于( $t=2.675$ ,  $P=0.009$ ),其余年龄组差异均无统计学意义。这种不一致可能是该年龄段样本量波动所致,同时提示性别不是影响屈光状态的单一因素。本研究中男性的 AL、ACD 更长,CCT 更厚,而女性的 Km 更陡,这一结果与同类研究<sup>[9-10]</sup>类似。AL 的性别差异为 0.64 mm,与 H.C.FLEDELIUS 等<sup>[11]</sup>报道学龄儿童 AL 的性别差异平均值 0.65 mm 相近,这一差值在 7 岁时最为明显,后随着年龄的增长逐渐缩小,这一差异可能是男女体型生长发育不均一导致。理论上 Km 值越大近视程度越深,而女性的 SE 小于男性,考虑是由于更短的 AL 弥补了这一差值。

此外,本研究进一步分析了各屈光参数随年龄变化的特点,在 6~15 岁这一年龄段,近视率总体呈上升趋势,8 岁以上就诊患儿近视率均 $>90\%$ ,且 SE 随之增长。AL、ACD 同样随年龄增长,但两者曲线并不一致,与 AL 相比,ACD 表现出较明显的先快后慢的增长曲线,这是由于 ACD 数值还与晶状体参数相关。在学龄阶段,AL 逐渐延长、晶状体厚度逐渐变薄,二者致使 ACD 不断加深,而随年龄进一步增长,晶状体增厚,同时位置前移,从而阻碍 ACD 不断加深<sup>[12-14]</sup>。研究<sup>[15]</sup>表明近视会加速这一进程,因此本研究中 ACD 增长速度减缓考虑为 AL 延长与晶状体形态、位置改变逐渐趋向平衡的结果。角膜相关的参数变化相对不明显,Km 仅随年龄轻微减小,CCT 则未表现出明显增厚或变薄趋势。由此可见,随着学龄期生长发育的进展,眼球形态改变迅速,各屈光参数变化趋势各异、程度不一,造成屈光力发展失衡,从

而使正视化过程成为近视的高发时期。

因而,各屈光参数的变化成为把握近视进展的重要标尺。已有研究<sup>[16-17]</sup>证实,AL 在近视的发生发展过程中不断延长。本研究中,不同近视程度组间 AL 差异具有统计学意义,SE 与 AL 呈中等负相关,与已有研究<sup>[18]</sup>结论一致。相比较而言,SE 与 AL/CR 的相关性更高。X.G.HE 等<sup>[19]</sup>发现 AL/CR 比值随年龄增长及近视程度加深而升高,在学龄期儿童中分布在  $2.973\pm 0.002$ ,且以 3.00 为临界值,高于临界值后即表现出近视倾向。SE 与 ACD 呈弱负相关,B、C、D 组间 ACD 差异无统计学意义,这可能与 3 组均属低度近视、近视程度差异不明显相关。由于各种类型、不同程度近视状态下 ACD 的变化受眼轴长度、晶状体厚度、悬韧带松紧等多种因素影响,有研究<sup>[19-20]</sup>认为,正视及中低度近视中晶状体厚度变化不大,而 $>-6.0$  D 的高度近视人群晶状体明显增厚,但易向后移位,致使 ACD 显著加深。Km 与 CCT 在各屈光组间差异无统计学意义,且未表现出与 SE 的相关性。研究<sup>[21-22]</sup>表明,角膜在出生后迅速发育,表现为厚度增加、曲率变平,而 8 周后这一趋势即减缓,至 5 岁时接近成人水平,学龄期儿童角膜参数已趋于稳定。亦有研究<sup>[23]</sup>发现 CCT 可随近视程度加深而变薄。本研究中 A 组 CCT 最厚,但其余各组并未显示出变薄趋势,可能与低度近视占比偏大有关。本研究中 Km 与 AL 呈中等负相关,分析是由于近视发展过程中通过调节角膜屈光力对 AL 延伸进行屈光补偿引起<sup>[24]</sup>。研究<sup>[25]</sup>显示,Km 会随 AL 延长而逐渐变平,但以 26 mm 和 28 mm 作为节点,AL 长度 $>26$  mm 则 Km 的变化减缓,而当 AL 达 28 mm 之后,Km 不再发生显著变化,推断 28 mm 可能 AL 是维持眼球机械稳定性的阈值。

本研究存在一定局限性:研究人群集中在屈光门诊就诊患儿,造成相应年龄段内近视比率较实际偏高,且大多为低度近视,组间差距较小,对于中高度近视的分析存在欠缺;受检查仪器所限,晶状体屈光度等生物学参数未纳入分析;目前尚缺乏随访研究,且现有样本量有限,还需后续进一步扩大和深入研究以提供支撑。

综上,学龄期儿童屈光状态集中在低度近视,不同性别、年龄间屈光状态及相关参数差异有统计学意义,随近视屈光度增长,AL、AL/CR、ACD 呈增高趋势,而角膜相关参数变化则不明显。强调了眼部轴向生物学改变在近视进展中的核心作用,为学龄期儿童的屈光状态评估与随访提供参考依据。

## [参考文献]

- [1] 戚紫怡, 陈军, 何鲜桂, 等. 我国儿童青少年高度近视眼流行病学现状[J]. 中华眼科杂志, 2023, 59(2):138-145.
- [2] 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.
- [3] DONG L, KANG Y K, LI Y, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: a systemic review and meta-analysis[J]. *Retina*, 2020, 40(3): 399-411.
- [4] DU R, XIE S Q, IGARASHI-YOKOI T, et al. Continued increase of axial length and its risk factors in adults with high myopia[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2021, 139(10):1096-1103.
- [5] 王瑞卿, 周翔天, 吕帆, 等. 人眼和动物眼视觉系统发育的正视化过程研究进展[J]. 眼视光学杂志, 2005, 7(1):67-70.
- [6] SCHEIN Y, YU Y X, YING G S, et al. Emmetropization during early childhood[J]. *Ophthalmology*, 2022, 129(4):461-463.
- [7] ZHANG J, LI Z H, REN J T, et al. Prevalence of myopia: a large-scale population-based study among children and adolescents in Weifang, China[J]. *Front Public Health*, 2022, 10:924566.
- [8] YING Z Q, LI D L, ZHENG X Y, et al. Risk factors for myopia among children and adolescents: an umbrella review of published meta-analyses and systematic reviews[J]. *Br J Ophthalmol*, 2024, 108(2):167-174.
- [9] SANZ DIEZ P, YANG L-H, LU M-X, et al. Growth curves of myopia-related parameters to clinically monitor the refractive development in Chinese schoolchildren[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257(5):1045-1053.
- [10] HE X G, 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]. *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(2): 167-175.
- [11] FLEDELIUS H C, CHRISTENSEN A S, FLEDELIUS C. Juvenile eye growth, when completed? An evaluation based on IOL-Master axial length data, cross-sectional and longitudinal[J]. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(3):259-264.
- [12] HASHEMI H, JAFARZADEHPUR E, GHADERI S, et al. Ocular components during the ages of ocular development[J]. *Acta Ophthalmol*, 2015, 93(1):e74-81.
- [13] 王欢, 宋慧, 汤欣, 等. 正常人群晶状体厚度和前房深度的变化及其影响因素[J]. 中华实验眼科杂志, 2015, 33(7): 650-654.
- [14] JONAS J B, IRIBARREN R, NANGIA V, et al. Lens position and age: the central India eye and medical study[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015, 56(9):5309-5314.
- [15] 戚梦莹, 陈茜, 曾庆延, 等. 高度近视人群晶状体厚度和位置变化及其影响因素[J]. 中国实用眼科杂志, 2017, 35(3):256-260.
- [16] MUTTI D O, HAYES J R, MITCHELL G L, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48(6):2510-2519.
- [17] MUTTI D O, SINNOTT L T, MITCHELL G L, et al. Relative peripheral refractive error and the risk of onset and progression of myopia in children[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(1):199-205.
- [18] DU R, XIE S, IGARASHI-YOKOI T, et al. Continued increase of axial length and its risk factors in adults with high myopia[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2021, 139(10):1096-1103.
- [19] HE X G, ZOU H D, LU L N, et al. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren[J]. *PLoS One*, 2015, 10(2):e0111766.
- [20] 霍豫星, 丁华. 近视眼眼轴长度、前房深度及晶状体厚度的测量分析[J]. 眼科新进展, 2006, 26(9):696-697.
- [21] HUSSEIN M A W, PAYSSE E A, BELL N P, et al. Corneal thickness in children[J]. *Am J Ophthalmol*, 2004, 138(5):744-748.
- [22] 郝军生, 杜连涛, 贾绍友, 等. 角膜的年龄相关变化[J]. 国际眼科纵览, 2019, 43(3):151-156.
- [23] 陈春明, 钟红, 程立波, 等. 高度近视眼角膜中央厚度、眼压、眼轴及角膜曲率的相关性[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2015, 17(6):364-366.
- [24] 杨学秋, 李珊珊, 赵静静, 等. 眼轴与眼球生物学相关参数的分析[J]. 国际眼科杂志, 2013, 13(9):1938-1942.
- [25] JIN G M, LIU Z Z, WANG L H, et al. Corneal biometric features and their association with axial length in high myopia[J]. *Am J Ophthalmol*, 2022, 238:45-51.

[收稿日期] 2025-07-03