

# 学龄期儿童角膜形态 Pentacam 眼前节分析仪测量分析

赵玉阳<sup>1</sup>, 魏昊东<sup>2</sup>, 穆继宏<sup>3</sup>

引用: 赵玉阳, 魏昊东, 穆继宏. 学龄期儿童角膜形态 Pentacam 眼前节分析仪测量分析. 国际眼科杂志, 2024, 24(8): 1213-1217.

作者单位:<sup>1</sup>(572000) 中国海南省三亚市, 三亚学院健康产业管理学院;<sup>2</sup>(572000) 中国海南省三亚市人民医院;<sup>3</sup>(572000) 中国海南省三亚市, 中国人民解放军南部战区海军第二医院

作者简介: 赵玉阳, 毕业于新乡医学院, 硕士, 主治医师, 研究方向: 眼视光。

通讯作者: 穆继宏, 毕业于中国人民解放军空军军医大学, 博士研究生, 主治医师. quanpa0303039@163.com

收稿日期: 2024-01-01 修回日期: 2024-07-02

## 摘要

目的: 分析学龄期儿童角膜形态特征, 为学龄儿童屈光不正检查、角膜病变及治疗提供参考。

方法: 纳入 2020-03/2023-06 于我院眼科门诊就诊的 6-12 周岁儿童为研究对象, 根据 SE 值不同分为正视组 ( $-0.25 \text{ D} \leq \text{SE} \leq +0.25 \text{ D}$ )、近视组 ( $-6.00 \text{ D} \leq \text{SE} < -0.25 \text{ D}$ )。采用 Pentacam 眼前节分析仪测量角膜前后表面平坦曲率 (K1)、陡峭屈率 (K2)、平均曲率 (Km)、曲率半径 (Rm)、角膜直径 (WTW)、中央角膜厚度 (CCT), 分析比较正视组与近视组、男生与女生以及不同年龄段儿童的角膜形态差异。

结果: 正视组儿童角膜前表面 Km 为  $42.84 \pm 0.61 \text{ D}$ 、Rm 为  $7.85 \pm 0.15 \text{ mm}$ , 后表面 Km 为  $-6.23 \pm 0.04 \text{ D}$ 、Rm 为  $6.77 \pm 0.15 \text{ mm}$ , WTW 为  $11.89 \pm 0.28 \text{ mm}$ , CCT 为  $557.77 \pm 22.44 \mu\text{m}$ 。近视组儿童 Km 为  $43.68 \pm 0.62 \text{ D}$ 、Rm 为  $7.72 \pm 0.16 \text{ mm}$ , 后表面 Km 为  $-6.49 \pm 0.03 \text{ D}$ 、Rm 为  $6.64 \pm 0.17 \text{ mm}$ , WTW 为  $12.17 \pm 0.27 \text{ mm}$ , CCT 为  $553.24 \pm 22.23 \mu\text{m}$ 。正视组与近视组间角膜形态有差异 (均  $P < 0.01$ )。相关性分析显示, 角膜形态与年龄、性别显著相关。

结论: 学龄期儿童角膜形态并不固定, 近视的发生除了与眼轴增长有关外, 与角膜形态变化显著相关。

关键词: 学龄期儿童; 角膜形态; Pentacam 眼前节分析; 年龄特征; 性别特征

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.8.06

## Measurement and analysis of corneal morphology in school-age children using Pentacam anterior segment analyzer

Zhao Yuyang<sup>1</sup>, Wei Haodong<sup>2</sup>, Mu Jihong<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Health Industry Management, University of Sanya, Sanya 572000, Hainan Province, China; <sup>2</sup>Sanya People's Hospital, Sanya

572000, Hainan Province, China; <sup>3</sup>The Second Naval Hospital of the Southern Theater Command of the Chinese People's Liberation Army, Sanya 572000, Hainan Province, China

Correspondence to: Mu Jihong. The Second Naval Hospital of the Southern Theater Command of the Chinese People's Liberation Army, Sanya 572000, Hainan Province, China. quanpa0303039@163.com

Received: 2024-01-01 Accepted: 2024-07-02

## Abstract

• AIM: To analyze the corneal morphological characteristics of school-age children, and provide reference for the examination of refractive errors, corneal lesions, and treatment in school-age children.

• METHODS: Children aged 6-12 years in our hospital from March 2020 to June 2023 were included as the research objects, and they are divided into emmetropia group ( $-0.25 \text{ D} \leq \text{SE} \leq +0.25 \text{ D}$ ) and myopia group ( $-6.00 \text{ D} \leq \text{SE} < -0.25 \text{ D}$ ) according to spherical equivalent (SE). The flat curvature (K1), steep curvature (K2), mean curvature (Km), radius of curvature (Rm), white-to-white (WTW) and corneal central thickness (CCT) were measured by Pentacam anterior segment analyzer. The corneal morphological differences between the emmetropia group and myopia group, boys and girls and children of different ages were analyzed.

• RESULTS: In the emmetropia group, the anterior corneal surface Km was  $42.84 \pm 0.61 \text{ D}$ , Rm was  $7.85 \pm 0.15 \text{ mm}$ , the posterior corneal surface Km was  $-6.23 \pm 0.04 \text{ D}$ , Rm was  $6.77 \pm 0.15 \text{ mm}$ , WTW was  $11.89 \pm 0.28 \text{ mm}$ , CCT was  $557.77 \pm 22.44 \mu\text{m}$ ; in the myopia group, Km was  $43.68 \pm 0.62 \text{ D}$ , Rm was  $7.72 \pm 0.16 \text{ mm}$ , Km was  $-6.49 \pm 0.03 \text{ D}$ , Rm was  $6.64 \pm 0.17 \text{ mm}$ , WTW was  $12.17 \pm 0.27 \text{ mm}$ , CCT was  $553.24 \pm 22.23 \mu\text{m}$ . There was significant difference in corneal morphology between the emmetropia group and the myopia group (both  $P < 0.01$ ). Correlation analysis showed that corneal morphology was significantly correlated with age and gender.

• CONCLUSION: The corneal morphology of school-age children is not fixed, and the occurrence of myopia is not only related to the growth of axial length, but also significantly related to the changes of corneal morphology.

• KEYWORDS: school-age children; corneal morphology; Pentacam anterior segment analysis; age characteristics; gender characteristics

**Citation:** Zhao YY, Wei HD, Mu JH. Measurement and analysis of corneal morphology in school-age children using Pentacam anterior segment analyzer. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024, 24(8): 1213-1217.

## 0 引言

据国家卫健委数据显示,2022年我国青少年近视率达53.6%,5岁儿童近视率14.5%,小学生近视率36%,学龄期成为近视的高发阶段,学龄儿童视觉健康已经成为我国的重大公共卫生问题之一<sup>[1]</sup>。角膜是眼球外壁一层完全透明的薄膜组织,具有一定的形状、大小、厚度和曲率半径。早期研究认为,近视主要由于眼轴过长或晶状体屈光力过强所致<sup>[2-4]</sup>。近年不少研究指出角膜的形态改变也是近视发生的主要原因,角膜是眼球屈光力的主要来源,直接决定了眼睛正常视觉功能的发挥,其形态的改变将改变角膜屈光力,并改变角膜成像质量,引发散光、近视或远视的发生<sup>[5-9]</sup>。Pentacam眼前节分析仪是一种功能强大的眼前节分析设备,该设备采用扫描摄像原理,可测量数万个角膜数据点,通过眼前节分析系统便捷地提供角膜前后表面地形图、高度图,获取丰富的角膜形态数据,安全性高、重复性好,在近视术前检查、术后评估、角膜变性诊断中被广泛使用。学龄儿童是近视预防的重点人群,早期预防及治疗近视可有效阻止学龄儿童近视的发展,但目前关于学龄儿童角膜形态的研究还缺乏足够的报道<sup>[10]</sup>。本研究纳入我院眼科门诊就诊行Pentacam眼前节分析仪检测的学龄儿童为研究对象,就学龄期儿童角膜形态Pentacam眼前节分析仪测量与特征展开研究,为儿童角膜病变、近视筛查及治疗提供参考。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 2020-03/2023-06于我院眼科门诊就诊的行Pentacam眼前节分析仪检测的学龄期儿童中,纳入等效球镜度(SE)-6.00~+0.25 D的学龄期儿童437例874眼为研究对象,其中男生221名,女生216名。根据SE值不同分为正视组(-0.25 D≤SE≤+0.25 D)、近视组(-6.00 D≤SE<-0.25 D),其中正视组249眼,近视组625眼。纳入标准:(1)年龄6-12周岁;(2)-6.00 D≤SE≤0.25 D;散光≤0.50 D;(3)无圆锥角膜、白内障、青光眼、视网膜病变;(4)无结缔组织疾病、免疫性疾病及全身性疾病。排除标准:(1)角膜营养不良者;(2)有眼部外伤史及眼部手术史者;(3)有角膜接触镜配戴史者;(4)因慢性疾病等原因长期服药者。本研究经我院伦理委员会审批同意(伦理编号:971LL-20R233),患者及家属了解本研究并签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 一般资料收集** 收集记录患者年龄、性别资料。所有受检者采用国际标准视力表,在标准照明下测量并采用小数记录法记录裸眼视力。采用复方托吡卡胺滴眼液散瞳(规格:1 mL;托吡卡胺5 mg与盐酸去氧肾上腺素5 mg),30 min后采用裂隙灯生物显微镜(SL-4S)检查,检查受检者眼睑、结膜、虹膜、瞳孔、晶状体、玻璃体及视网膜是否存在异常和病变;采用全自动电脑验光仪(TOMEY

RC-5000),测量受检者球镜屈光度、柱镜屈光度、轴位、眼轴长度,测量3次取平均值,根据公式“SE=球镜度+1/2柱镜度”将验光结果转换为SE值。

**1.2.2 Pentacam 检查** 所有受检者于10:00-17:00在暗室状态、自然瞳孔状态,采用Pentacam 70700三维眼前节分析仪行角膜地形图检查,检查测量需于睡醒后时间>3 h进行。受检者先于暗室适应5-8 min,保持暗室状态取坐位,额头贴紧额托,下巴贴紧下颌托,调节头、下颏托架,提醒受检者注视仪器固视目标。调节手柄调整检查视野,标记角膜顶。嘱受检者眼睛完全睁开不眨眼,确保受检者眼睑和睫毛不遮挡角膜,双眼同时正视前方,眼球注视固视目标勿跟随设备光标旋转移动。2 s内360°旋转拍摄自动扫描,采集面积>90%,垂直向大于>8 mm直径,观察Placido环清晰度确保泪液均匀,非接触采集50张角膜Scheimpflug图像,测量得到25 000-13 800个角膜数据点,每眼连续测量3次。根据Pentacam 70700眼前节分析仪的分析软件分析处理结果,记录角膜前后表面平坦曲率(K1)、陡峭曲率(K2)、平均曲率(Km)、曲率半径(Rm),角膜直径(WTW)、中央角膜厚度(CCT)。

统计学分析:采用统计软件SPSS 26.0对数据进行分析,计数资料用[n(%)]表示,组间差异采用卡方检验;符合正态分布的计量资料以均值±标准差( $\bar{x} \pm s$ )表示,两组间比较采用独立样本t检验。采用Pearson相关性分析,分析学龄期儿童角膜形态与年龄、性别、眼轴长度的相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 受检者基本信息** 正视组与近视组年龄、年龄段分布、性别分布差异无统计学意义(均 $P > 0.05$ );两组眼轴长度差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表1。

**2.2 正视组和近视组角膜形态特征** 两组受检者角膜前后表面K1、K2、Km、Rm及WTW、CCT差异均有统计学意义( $P < 0.01$ ,表2)。

**2.3 学龄儿童不同性别角膜形态特征** 正视组、近视组内,不同性别学龄儿童角膜前表面、后表面K1、K2、Km、Rm及WTW、CCT差异均有统计学意义( $P < 0.05$ );相同性别学龄儿童中,正视组和近视组角膜前表面、后表面K1、K2、Km、Rm及WTW、CCT差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表3。

**2.4 不同年龄段学龄儿童角膜形态特征** 正视组、近视组内6-9岁与10-12岁两个年龄段儿童角膜前表面、后表面K1、K2、Km、Rm及WTW差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),CCT差异无统计学意义( $P > 0.05$ );6-9岁、10-12岁年龄段正视组与近视组儿童角膜前表面、后表面K1、K2、Km、Rm及WTW、CCT差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表4。

**2.5 学龄期儿童角膜形态相关因素分析** 学龄儿童间角膜前后表面K1、K2、Km、Rm与年龄呈负相关,WTW与年龄正相关,CCT与年龄无显著相关性;角膜前后表面K1、K2、Km、Rm及WTW、CCT与性别相关(均 $P < 0.05$ );学龄期儿童角膜形态与眼轴长度在0.05显著度水平不相关,仅部分指标在0.1显著度水平弱相关,见表5。

表 1 受检者基本信息统计

组别	眼数	年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	年龄段(眼,%)		性别[男,眼(%)]	眼轴长度( $\bar{x}\pm s$ ,mm)
			6-9岁	10-12岁		
正视组	249	8.85±2.08	117(47.0)	132(53.0)	126(50.6)	23.18±0.92
近视组	625	9.06±2.15	286(45.8)	339(54.2)	316(50.6)	24.75±0.93
$\chi^2$		-1.355		0.108	0.000	2.186
$P$		0.176		0.742	0.991	0.016

注:正视组:-0.25 D≤SE≤+0.25 D;近视组:-6.00 D≤SE<-0.25 D。

表 2 正视组和近视组角膜形态特征统计对比

参数			$t$	$P$	
	正视组	近视组			
前表面	K1(D)	42.37±0.79	43.02±0.75	-11.262	<0.01
	K2(D)	43.31±0.89	44.35±0.95	-14.901	<0.01
	Km(D)	42.84±0.61	43.68±0.62	-18.278	<0.01
	Rm(mm)	7.85±0.15	7.72±0.16	10.946	<0.01
后表面	K1(D)	-6.19±0.05	-6.43±0.5	61.185	<0.01
	K2(D)	-6.27±0.06	-6.56±0.04	78.656	<0.01
	Km(D)	-6.23±0.04	-6.49±0.03	100.789	<0.01
	Rm(mm)	6.77±0.15	6.64±0.17	10.687	<0.01
WTW(mm)		11.89±0.28	12.17±0.27	-13.925	<0.01
CCT( $\mu\text{m}$ )		557.77±22.44	553.24±22.23	2.711	0.007

注:正视组:-0.25 D≤SE≤+0.25 D;近视组:-6.00 D≤SE<-0.25 D。

表 3 学龄儿童不同性别角膜形态特征统计对比

参数					
	正视组		近视组		
	男生	女生	男生	女生	
前表面	K1(D)	42.31±0.81 <sup>a,c</sup>	42.43±0.88 <sup>e</sup>	42.78±0.75 <sup>a</sup>	43.27±0.76
	K2(D)	43.22±0.86 <sup>a,c</sup>	43.40±0.93 <sup>e</sup>	44.12±0.97 <sup>a</sup>	44.59±0.93
	Km(D)	42.72±0.69 <sup>a,c</sup>	43.96±0.84 <sup>e</sup>	43.45±0.63 <sup>a</sup>	43.92±0.61
	Rm(mm)	7.91±0.15 <sup>a,c</sup>	7.79±0.14 <sup>e</sup>	7.81±0.16 <sup>a</sup>	7.63±0.16
后表面	K1(D)	-6.15±0.06 <sup>a,c</sup>	-6.23±0.06 <sup>e</sup>	-6.35±0.05 <sup>a</sup>	-6.51±0.05
	K2(D)	-6.23±0.05 <sup>a,c</sup>	-6.31±0.05 <sup>e</sup>	-6.48±0.04 <sup>a</sup>	-6.64±0.05
	Km(D)	-6.19±0.04 <sup>a,c</sup>	-6.27±0.05 <sup>e</sup>	-6.42±0.03 <sup>a</sup>	-6.56±0.03
	Rm(mm)	6.82±0.16 <sup>a,c</sup>	6.73±0.14 <sup>e</sup>	6.71±0.17 <sup>a</sup>	6.57±0.18
WTW(mm)		11.97±0.28 <sup>a,c</sup>	11.81±0.28 <sup>e</sup>	12.21±0.26 <sup>a</sup>	12.13±0.27
CCT( $\mu\text{m}$ )		561.59±22.55 <sup>a,c</sup>	553.85±21.98 <sup>e</sup>	557.35±22.29 <sup>a</sup>	549.04±21.72

注:正视组:-0.25 D≤SE≤+0.25 D;近视组:-6.00 D≤SE<-0.25 D。<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组女生;<sup>e</sup> $P<0.05$  vs 近视组男生;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 近视组女生。

表 4 不同年龄段学龄儿童角膜形态特征统计对比

参数					
	正视组		近视组		
	6-9岁	10-12岁	6-9岁	10-12岁	
前表面	K1(D)	42.72±0.88 <sup>a,c</sup>	41.98±0.81 <sup>e</sup>	43.45±0.76 <sup>a</sup>	42.51±0.75
	K2(D)	43.42±0.93 <sup>a,c</sup>	43.19±0.86 <sup>e</sup>	44.71±0.93 <sup>a</sup>	43.92±0.97
	Km(D)	43.03±0.84 <sup>a,c</sup>	42.63±0.69 <sup>e</sup>	44.01±0.61 <sup>a</sup>	43.29±0.63
	Rm(mm)	7.92±0.15 <sup>a,c</sup>	7.79±0.14 <sup>e</sup>	7.82±0.16 <sup>a</sup>	7.64±0.16
后表面	K1(D)	-6.23±0.06 <sup>a,c</sup>	-6.14±0.06 <sup>e</sup>	-6.49±0.05 <sup>a</sup>	-6.35±0.05
	K2(D)	-6.31±0.05 <sup>a,c</sup>	-6.22±0.05 <sup>e</sup>	-6.63±0.05 <sup>a</sup>	-6.48±0.04
	Km(D)	-6.27±0.05 <sup>a,c</sup>	-6.19±0.04 <sup>e</sup>	-6.63±0.03 <sup>a</sup>	-6.32±0.03
	Rm(mm)	6.81±0.14 <sup>a,c</sup>	6.73±0.17 <sup>e</sup>	6.75±0.18	6.58±0.17
WTW(mm)		11.76±0.28 <sup>a,c</sup>	12.04±0.28 <sup>e</sup>	12.14±0.27 <sup>a</sup>	12.21±0.26
CCT( $\mu\text{m}$ )		558.24±22.61 <sup>c</sup>	557.37±21.85 <sup>e</sup>	553.98±22.29	552.62±21.94

注:正视组:-0.25 D≤SE≤+0.25 D;近视组:-6.00 D≤SE<-0.25 D。<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组 10-12 岁;<sup>e</sup> $P<0.05$  vs 近视组 6-9 岁;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 近视组 10-12 岁。

表5 学龄期儿童角膜形态与年龄、性别、眼轴长度偏相关性分析结果

参数		年龄		性别		眼轴长度	
		r	P	r	P	r	P
前表面	K1	-0.085	0.012	0.067	0.047	-0.030	0.375
	K2	-0.072	0.029	0.101	0.003	-0.062	0.069
	Km	-0.092	0.006	0.075	0.027	-0.059	0.083
	Rm	-0.075	0.027	-0.079	0.019	-0.054	0.095
后表面	K1	-0.067	0.042	0.081	0.017	-0.022	0.518
	K2	-0.062	0.048	0.111	0.001	-0.063	0.065
	Km	-0.071	0.028	0.068	0.046	-0.057	0.091
	Rm	-0.077	0.023	-0.081	0.017	-0.051	0.135
WTW		0.079	0.019	-0.075	0.024	0.055	0.106
CCT		0.052	0.428	-0.145	<0.01	-0.052	0.128

### 3 讨论

眼球的屈光状态由眼轴长度、角膜及晶状体屈光度决定,角膜是眼球屈光力的主要来源,角膜形态的改变对眼球屈光度有直接性影响<sup>[11]</sup>。早期由于设备和技术限制,对角膜形态的测量敏感度和准确度不高,对屈光不正的研究主要集中于眼轴和晶状体,认为眼轴前后径过长、晶状体曲率过大是近视的主要原因<sup>[12-13]</sup>。Pentacam 眼前节分析仪采用纯高度数据的断层地形图系统,可以精确地获取角膜形态数据,近年已经被广泛用于屈光手术前检查、屈光不正、角膜扩张、圆锥角膜等疾病治疗之中<sup>[14]</sup>。

角膜形态变化会直接影响角膜屈光力,导致近视的发生,但 CCT 与近视是否相关还不完全确定。在景娇娜等<sup>[15]</sup>研究中发现,角膜曲率与近视相关,但 CCT 与近视无显著相关性。本研究结果与上述研究并不完全一致,Pentacam 眼前节分析显示,正视组 CCT 值显著大于近视组,且角膜直径显著小于近视组。分析其原因,或与正视组与近视组 CCT 均值差异<5 μm 有关,光学检查精确度不足,而 Pentacam 眼前节分析仪通过断层扫描来构建纯高度的三维角膜厚度图,可更精确地测量 CCT。在学龄期儿童生长发育中,随着年龄的增长,因眼轴增长、晶状体屈光力下降、生理性远视储备减小,而较厚的角膜可更好地维持组织正常形态,从而降低了远视储备减少的速度,可更好地保持正常视力<sup>[16-17]</sup>。在学龄儿童近视防治中,还需要关注 CCT 带来的影响。

Dewang 等<sup>[18]</sup>研究显示,同龄男生与女生角膜形态存在差异,男生相较女生角膜更为平坦,但在角膜厚度上差异不显著。本研究结果显示,学龄儿童中,无论正视组还是近视组,男生 CCT 均显著大于女生。其原因或与激素对角膜弹性的影响及同龄儿童发育的性别差异有关,雌激素可增加前列腺素的释放从而激活胶原酶,导致女生角膜硬度降低<sup>[19]</sup>。而女生身体发育早于男生,激素分泌水平差异和身体发育速度差异,导致同龄儿童在角膜曲率和 CCT 上表现出显著差异。这一差异对学龄儿童近视的防治或有重要指导价值,女生近视的主因或除了眼轴长度变化外,还受到角膜形态变化的显著影响。

近视的发生与多种因素相关,各因素间或有交互作用。王倩茹等<sup>[20]</sup>研究发现,青少年近视患者中,眼轴长度

与角膜曲率呈负相关。Emilia 等指出,学龄期儿童处于眼球生长发育高速阶段,伴着眼轴长度的增长角膜曲率下降,眼轴增长或是导致角膜形态变化的原因之一<sup>[21]</sup>。本研究结果与上述研究并不一致,显示眼轴长度在 0.05 显著度水平不相关,仅部分指标在 0.1 显著度水平弱相关。分析其原因,或与上述研究在统计学分析时,未剔除年龄、性别对角膜曲率的影响有关。由于眼轴长度、角膜形态与年龄、性别均有相关性,导致眼轴长度与角膜形态参数间呈线性关系,未剔除年龄、性别因素影响时表现出显著相关性<sup>[22-23]</sup>。这一结果或提示学龄儿童近视并非主要由眼轴过度增长所致,角膜曲率变化也并非主要因眼轴长度变化所致。

学龄期儿童角膜形态表现出显著的年龄、性别差异,同时近视儿童与正视儿童间角膜形态也存在显著差异。Pentacam 眼前节分析可精确地测量儿童角膜前后表面曲率、CCT 等形态参数,提示儿童角膜形态变化与眼轴长度弱相关,两者无显著的病理生理机制。学龄儿童近视的发生,除了因眼轴过度增长所致外,与角膜形态的变化同样显著相关。在学龄儿童近视防治中,通过早期的角膜塑形等矫正治疗,或可通过有效改善角膜屈光状态来改善甚至恢复学龄儿童正常视力。

#### 参考文献

- [1] 国家卫健委. 中国眼健康白皮书. 北京:人民卫生出版社, 2023.
- [2] 宋一, 王雁. 学龄期儿童角膜生物力学影响因素的研究. 医用生物力学, 2021, 36(S1): 322.
- [3] 吴斯琪, 陈刚, 肖亦爽. 儿童青少年散瞳前后眼压及角膜曲率的变化. 昆明医科大学学报, 2022, 43(1): 102-106.
- [4] Шуляк АС, Иванова ВФ. Near and long - term results of Penetrating keratoplasty at keratoconus in children. Oftalmologija Vostochnaja Evropa, 2020, 10(1): 89-95.
- [5] 郭燕, 琚霄慧, 夏哲人, 等. 学龄期儿童不同直径范围内角膜非球面性特征的研究. 医学研究杂志, 2023, 52(3): 61-65.
- [6] 景娇娜, 姚家奇, 顾伟, 等. 学龄期近视儿童中央角膜厚度的相关性研究. 临床眼科杂志, 2020, 28(5): 438-441.
- [7] Heydarian S, Sardari S, Heidari Z, et al. Corneal and ocular residual astigmatism in school-age children. J Curr Ophthalmol, 2020, 32(4): 355-360.
- [8] Thiagarajan K, Srinivasan K, Gayam K, et al. Comparison of central corneal thickness using non - contact tonometry - pachymeter

(Tonopachy) with ultrasound pachymetry in normal children and in children with refractive error. *Indian J Ophthalmol*, 2021, 69 ( 8 ): 2053–2059.

[ 9 ] 刘俐娜, 钟兴武, 胡施思, 等. 屈光参差儿童单眼配戴角膜塑形镜后调节功能的变化. *国际眼科杂志*, 2020, 20( 6 ): 1040–1043.

[ 10 ] 郑德慧, 胡兰香, 王慧霞, 等. 学龄期儿童近视初诊时屈光状态分布与生物学参数的相关性研究. *国际眼科杂志*, 2021, 21( 5 ): 923–926.

[ 11 ] Sobczak M, Asejczyk M. Birefringent properties of the cornea measured by a Mueller type polarimeter in healthy adults and children. *Biomed Opt Express*, 2021, 12( 12 ): 7872–7885.

[ 12 ] Hashemi H, Khabazkhoob M, Jamali A, et al. Three-year change in corneal asphericity in children at the age of emmetropisation. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023, 43( 1 ): 160–169.

[ 13 ] 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). *中华眼科杂志*, 2022, 58( 2 ): 96–102.

[ 14 ] 李芳, 钟兴武, 杨军, 等. 应用 CorVis ST 评估不同屈光状态儿童的角膜生物力学特性. *第三军医大学学报*, 2021, 43( 8 ): 766–771.

[ 15 ] 景娇娜, 程海霞, 顾伟, 等. 学龄期近视儿童眼前节屈光参数的相关性分析. *南京医科大学学报( 自然科学版)*, 2020, 40( 6 ): 884–888.

[ 16 ] Vanathi M, Raj N, Kusumesh R, et al. Update on pediatric corneal diseases and keratoplasty. *Surv Ophthalmol*, 2022, 67 ( 6 ): 1647–1684.

[ 17 ] 杨梅, 潘美华, 谢仁艺. 儿童眼部生物学参数的影响因素分析. *临床眼科杂志*, 2022, 30( 5 ): 385–390.

[ 18 ] Dewang A, Priyanka R, Karthikeyan M, et al. Comparative Evaluation of Rebound and Perkins Tonometer's in Pediatric Glaucoma with Varied Corneal Characteristics. *J Glaucoma*, 2021, 30 ( 4 ): 312–316.

[ 19 ] Kim WK, Ryu IH, Yoo J, et al. Effect of gender, age, and ocular and growth-related factors on corneal epithelial and stromal thickness in children. *J Clin Med*, 2020, 9( 12 ): 3849.

[ 20 ] 王倩茹, 李雪, 杨帆, 等. 青少年高度近视患者高阶像差和屈光度及眼部结构参数的相关性. *国际眼科杂志*, 2020, 20( 5 ): 860–864.

[ 21 ] Polido J, Xavier dos Santos Araújo ME, Wakamatsu TH, et al. Correlation between Placido-disc and rotating Scheimpflug keratometric findings before and after corneal crosslinking in children with keratoconus. *J Cataract Refract Surg*, 2022, 48( 10 ): 1183–1189.

[ 22 ] 高智奇, 刘珠珠, 刘桂华, 等. 近视儿童角膜生物力学参数与角膜高阶像差的相关性研究. *国际眼科杂志*, 2022, 22 ( 9 ): 1546–1549.

[ 23 ] Kara Ö, Dereli Can G. Topographic and specular microscopic evaluation of cornea and meibomian gland morphology in children with isolated growth hormone deficiency. *Int Ophthalmol*, 2021, 41 ( 8 ): 2827–2835.