

# 新疆和田县 4-14 岁学生睫状肌麻痹后远视储备与眼部生物学参数相关性研究

李宁, 王雁, 杨磊, 卜倩, 阿依努·努拉厚, 李小龙, 赵勇, 高云仙

引用: 李宁, 王雁, 杨磊, 等. 新疆和田县 4-14 岁学生睫状肌麻痹后远视储备与眼部生物学参数相关性研究. 国际眼科杂志, 2025, 25(8): 1371-1376.

基金项目: 新疆维吾尔自治区自然科学基金 (No. 2022D01C551); 新疆维吾尔自治区创新环境(人才、基地)建设专项——科技创新基地建设(资源共享平台建设)项目 (No. PT2408)

作者单位: (830000) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 新疆医科大学附属中医医院 新疆维吾尔自治区中医药研究院

作者简介: 李宁, 男, 本科, 主治医师, 研究方向: 眼底病、眼视光。

通讯作者: 高云仙, 女, 硕士, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 复杂白内障、眼视光. gaoyx1973@163.com

收稿日期: 2025-02-19 修回日期: 2025-06-23

## 摘要

**目的:** 探讨新疆和田县 4-14 岁维吾尔族学生远视储备现状与眼部生物学参数的关系, 为近视预防提供科学依据。

**方法:** 采用分层随机整群抽样法选取 2023 年 9 月 1 日至 2023 年 10 月 31 日和田县 6 所学校的学生 3 264 名 3 264 眼, 进行裸眼远视力、睫状肌麻痹后电脑验光及眼部生物学测量。通过多元线性回归分析非近视学生等效球镜度 (SE) 与眼部生物学参数的相关性。

**结果:** 最终纳入 1 998 名 1 998 眼非近视学生, 其中 1 354 人远视储备不足, 检出率为 67.77%。远视储备不足的检出率随着年龄增大而降低, 从 4 岁的 94.12% 降至 14 岁的 18.13% ( $P < 0.001$ )。多元线性回归分析显示, 远视储备充足组中, 年龄、性别、裸眼远视力、眼轴 (AL) 和平均角膜曲率 (K) 共同解释了 66.5% 的 SE 变异; 而远视储备不足组中, 这些因素仅解释了 28.0% 的 SE 变异。

**结论:** 新疆 4-14 岁维吾尔族非近视学生中, 远视储备不足的检出率为 67.77%。在远视储备不足的群体中, 年龄、性别、AL 和平均 K 值仅能解释少部分的 SE 变异, 表明该人群屈光状态可能受到更多复杂因素的影响。

**关键词:** 远视储备; 眼部生物学参数; 学生; 少数民族; 流行病学调查

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.8.28

## Study on the correlation between hyperopia reserve and ocular biometric parameters after ciliary muscle paralysis in 4 - 14 year - old students from Hotan County, Xinjiang

Li Ning, Wang Yan, Yang Lei, Pu Qian, Ayinu · Nulahou, Li Xiaolong, Zhao Yong, Gao Yunxian

**Foundation items:** Natural Science Foundation of Xinjiang Uygur Autonomous Region (No. 2022D01C551); Special Project for Innovation Environment (Talent, Base) Construction in Xinjiang Uygur Autonomous Region-Science and Technology Innovation Base Construction (Resource Sharing Platform Construction) Project (No. PT2408)

The Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University; Xinjiang Uygur Autonomous Region Institute of Traditional Chinese Medicine, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

**Correspondence to:** Gao Yunxian. The Affiliated Hospital of Traditional Chinese Medicine, Xinjiang Medical University; Xinjiang Uygur Autonomous Region Institute of Traditional Chinese Medicine, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. gaoyx1973@163.com

Received: 2025-02-19 Accepted: 2025-06-23

## Abstract

• **AIM:** To explore the relationship between hyperopia reserve and ocular biometric parameters in 4-14 year-old Uyghur students from Hotan County, Xinjiang, and to provide scientific evidence for myopia prevention.

• **METHODS:** From September 1 to October 31, 2023, a stratified random cluster sampling method was used to select 3 264 students (3 264 eyes) from 6 schools in Hotan County. Participants underwent uncorrected distance visual acuity testing, cycloplegic refraction, and ocular biometric measurements. The correlation between spherical equivalent (SE) and ocular biometric parameters was analyzed by multiple linear regression.

• **RESULTS:** A total of 1 998 non-myopic students (1 998 eyes) were included in the study, with 1 354 students (67.77%) showing insufficient hyperopia reserve. The detection rate of insufficient hyperopia reserve decreased

with age, from 94.12% at age 4 to 18.13% at age 14 ( $P < 0.001$ ). Multiple linear regression analysis showed that in the group with sufficient hyperopia reserve, age, gender, uncorrected distance visual acuity, axial length (AL), and keratometry (K) explained 66.5% of the variance in SE; while in the group with insufficient hyperopia reserve, these factors explained only 28.0% of the SE variance.

• **CONCLUSION:** In non-myopic Uyghur students aged 4-14 in Hotan County, Xinjiang, the detection rate of insufficient hyperopia reserve was 67.77%. In the group with insufficient hyperopia reserve, age, gender, AL, and K explained only a small portion of the SE variance, suggesting that the refractive status of this population may be influenced by more complex factors.

• **KEYWORDS:** hyperopia reserve; ocular biometric parameters; students; ethnic minorities; epidemiological survey

**Citation:** Li N, Wang Y, Yang L, et al. Study on the correlation between hyperopia reserve and ocular biometric parameters after ciliary muscle paralysis in 4-14 year-old students from Hotan County, Xinjiang. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25(8): 1371-1376.

## 0 引言

近视已成为当前社会中儿童和青少年面临的主要公共卫生问题<sup>[1]</sup>。预计到2050年,全球近视患者将达到47.58亿,占全球人口的49.8%<sup>[2]</sup>。在我国,5-11岁学龄儿童的近视屈光度呈急剧上升趋势,近视患病率由23.1%上升至82.8%<sup>[3]</sup>。人眼的正视屈光范围为+0.50~-0.50 D。新生儿的眼球通常处于远视状态,随着年龄的增长,眼球的屈光状态逐步从远视转变为正视,这一生理过程被称为远视储备<sup>[4-5]</sup>。远视储备的减少已被证明是近视的重要风险因素,特别是在远视储备减少且存在近视诱发因素(如长时间近距离用眼、户外活动时间不足)时,近视的发生风险大大增加<sup>[6]</sup>。同时,国际近视研究所(International Myopia Institute, IMI)也引入了近视前期的概念,将 $-0.50 \text{ D} < \text{SE} \leq 0.75 \text{ D}$ 定义为近视前期<sup>[7]</sup>。目前流行病学数据显示,近视前期的检出率为48%-61%<sup>[8-9]</sup>。广州一项对6-12岁非近视儿童研究表明,远视储备不足检出率为85.18%<sup>[10]</sup>。新疆叶城县一项对6-12岁非近视维吾尔族儿童研究表明远视储备不足检出率高达75.51%<sup>[11]</sup>。Liu等<sup>[12]</sup>报告称,眼轴(axial length, AL)每增加1个单位,屈光不正就会近视偏移0.30 D,而轴率比(axial length to corneal radius ratio, AL/CR)每增加1单位,则会导致近视偏移5.79 D。因此,AL和AL/CR等眼部生物特征参数是儿童远视储备不足或者近视前期的有效预测因素。在远视储备不足窗口进行识别和干预至关重要。故本研究开展睫状肌麻痹后验光,探讨维吾尔族远视储备情况与眼部生物学参数的关系,为未来少数民族近视预防提供依据。

## 1 对象和方法

1.1 对象 横断面研究。在新疆和田县2023年9月1日

至2023年10月31日以学校为单位进行分层随机整群抽样,最终纳入2所幼儿园,2所小学,2所中学共3 264名3 264眼。双眼等效球镜度(spherical equivalent, SE)、AL等呈高度相关性,故均选右眼纳入研究。纳入标准:(1)和田县的维吾尔族在校学生;(2)年龄4-14岁;(3)接受过睫状肌麻痹电脑验光;(4)符合非近视的定义。排除标准:(1)患有各种类型青光眼、角膜疾病、晶状体疾病、眼底疾病等眼部疾病的患者;(2)患有弱视、斜视、屈光参差的患者;(3)患有严重结膜炎等眼病的患者;(4)依从性差或存在精神疾病、认知障碍等情况的患者。根据上述纳入标准,最终共纳入1 998名1 998眼非近视的维吾尔族学生,其中远视储备不足1 354名1 354眼,远视储备充足644名644眼。本研究取得本院伦理委员会审查批准(批准号:2019XE0151)所有参与者及其监护人均签署知情同意书。

## 1.2 方法

1.2.1 一般检查 在每个学校检查之前,分别举行一次在线家长会,解释研究的目的和方法,以及睫状肌麻痹的注意事项。由研究小组的眼科医生和视光师对所有参与者进行裂隙灯、裸眼远视力、睫状肌麻痹后电脑验光、眼部生物学测量参数等眼部检查。在光照良好的区域( $>500 \text{ Lx}$ )进行视力检查,使用国际标准视力表为E字视标(GB11533-2011),视力表与学生相距5 m。在瞳孔散大之前,使用眼部生物测量仪测量角膜曲率与AL。然后用2滴1%环喷托酯诱导睫状肌麻痹,间隔5 min给药2次,20 min后给药第3次。再过15 min后评估睫状肌麻痹和瞳孔扩张。使用台式自动电脑验光仪,在瞳孔放大至少6 mm且瞳孔光反射消失的参与者中,从设备中提取球镜度、柱镜度和轴位的数据。

1.2.2 定义  $\text{SE} = \text{球镜屈光度(D)} + \text{柱镜屈光度(D)}/2$ 。近视被定义为 $\text{SE} \leq -0.50 \text{ D}$ ,非近视定义为 $\text{SE} > -0.50 \text{ D}$ 。根据上海市卫生健康委员会发布的《儿童青少年裸眼视力和屈光度评价规范》<sup>[13]</sup>将远视储备量不足定义为儿童睫状肌麻痹后 $\text{SE} < 2.45 \text{ D}$ (4岁)、 $\text{SE} < 2.26 \text{ D}$ (5岁)、 $\text{SE} < 2.08 \text{ D}$ (6岁)、 $\text{SE} < 1.74 \text{ D}$ (7岁)、 $\text{SE} < 1.48 \text{ D}$ (8岁)、 $\text{SE} < 1.24 \text{ D}$ (9岁)、 $\text{SE} < 1.04 \text{ D}$ (10岁)、 $\text{SE} < 0.95 \text{ D}$ (11岁)、 $\text{SE} < 0.73 \text{ D}$ (12岁)、 $\text{SE} < 0.46 \text{ D}$ (13岁)、 $\text{SE} < 0.17 \text{ D}$ (14岁)。

统计学分析:采用SPSS 30.0软件进行统计分析。计量资料满足正态分布采用均数±标准差表示,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;计量资料不满足正态分布时采用中位数(四分位间距)表示,两组间比较采用Mann-Whitney  $U$ 检验,多组间比较采用Kruskal-Wallis  $H$ 检验。计数资料采用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用卡方检验。多元线性回归分析用于分析SE与年龄、性别和眼生物学测量参数等的相关性。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

2.1 参与者一般资料 最终纳入1 998名4-14岁非近视的维吾尔族儿童,其中男1 032(51.65%)名,女966(48.35%)名,总体人群中平均年龄 $9.42 \pm 2.69$ 岁,平均眼

压  $15.80 \pm 2.53$  mmHg、裸眼远视力  $-0.04 \pm 0.13$ 、SE  $0.875$  ( $0.50, 1.25$ ) D、AL  $22.73 \pm 0.80$  mm、平均角膜曲率 (keratometry, K)  $43.21 \pm 1.50$  D、角膜曲率半径 (corneal radius ratio, CR)  $7.84 \pm 0.27$  mm、AL/CR  $2.90 \pm 0.08$ , 见表 1。

**2.2 儿童青少年的眼部生物学参数情况分布** 随着年龄的增加, AL 与 AL/CR 呈上升趋势 (均  $P < 0.001$ ), 其中 AL 和 AL/CR 从 4 岁的  $21.90 \pm 0.66$  mm 和  $2.82 \pm 0.09$  增加到 14 岁的  $23.07 \pm 0.79$  mm 和  $2.95 \pm 0.07$ , 而平均 K 值与 CR 在不同年龄中的差异无统计学意义 (均  $P > 0.05$ ), 见表 2。男生的 AL、CR、AL/CR 均大于女生, 平均 K 值小于女生 (均  $P < 0.001$ ), 见表 3。

**2.3 儿童青少年 SE 分布与远视储备不足检出率比较** 总体 SE 为  $0.875$  ( $0.50, 1.25$ ) D, 而远视储备不足的 SE 为  $0.688$  ( $0.375, 1.00$ ) D, 不同年龄的总体 SE 和远视储备不足 SE 差异存在统计学意义 (均  $P < 0.001$ )。和田县维吾尔

族的非近视 4-14 岁的学生中总体远视储备不足检出率为  $67.77\%$ , 且随着年龄增长, 远视储备不足检出率呈下降趋势 ( $P < 0.001$ ), 从 4 岁的  $94.12\%$  降到 14 岁  $18.13\%$ , 见表 4, 图 1。不同性别比较远视储备不足检出率差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 5。

**2.4 SE 与年龄、性别和眼部生物参数的多元线性回归分析** 通过多元线性回归分析发现, 不同模型中各变量对 SE 的影响有所不同。在本研究纳入非近视中远视储备不足的儿童中, 年龄、性别、AL、平均 K 值和 AL/CR 比值在解释 SE 变异方面起着重要作用, 眼压虽在模型 3 和模型 4 中存在统计学差异, 但  $\beta$  为  $-0.011$ , 影响较小, 其中模型 3 的  $R^2$  值最高为  $0.28$ 。在非近视中远视储备充足的儿童中, 年龄、性别、裸眼远视力、AL、平均 K 值和 AL/CR 比值在解释 SE 变异方面起着重要作用, 其中模型 1 的  $R^2$  值最高为  $0.665$ , 见表 6。

表 1 参与者一般资料

参数	总体 ( $n=1998$ )	男 ( $n=1032$ )	女 ( $n=966$ )
年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	$9.42 \pm 2.69$	$9.36 \pm 2.64$	$9.46 \pm 2.74$
眼压 ( $\bar{x} \pm s$ , mmHg)	$15.80 \pm 2.53$	$15.59 \pm 2.50$	$16.02 \pm 2.54$
SE [ $M(P_{25}, P_{75})$ , D]	$0.875(0.50, 1.25)$	$0.875(0.50, 1.25)$	$0.875(0.375, 1.25)$
AL ( $\bar{x} \pm s$ , mm)	$22.73 \pm 0.80$	$23.01 \pm 0.76$	$22.43 \pm 0.73$
平均 K 值 ( $\bar{x} \pm s$ , D)	$43.21 \pm 1.50$	$42.82 \pm 1.45$	$43.62 \pm 1.46$
CR ( $\bar{x} \pm s$ , mm)	$7.84 \pm 0.27$	$7.91 \pm 0.26$	$7.76 \pm 0.27$
AL/CR ( $\bar{x} \pm s$ )	$2.90 \pm 0.08$	$2.91 \pm 0.08$	$2.89 \pm 0.08$
裸眼远视力 ( $\bar{x} \pm s$ , LogMAR)	$-0.04 \pm 0.13$	$-0.04 \pm 0.13$	$-0.05 \pm 0.13$

表 2 不同年龄儿童青少年的眼部生物学参数情况分布

年龄 (岁)	AL (mm)	平均 K 值 (D)	CR (mm)	AL/CR	$\bar{x} \pm s$
4	$21.90 \pm 0.66$	$43.53 \pm 1.37$	$7.78 \pm 0.25$	$2.82 \pm 0.09$	
5	$22.00 \pm 0.75$	$43.58 \pm 1.70$	$7.77 \pm 0.31$	$2.83 \pm 0.09$	
6	$22.32 \pm 0.72$	$43.28 \pm 1.51$	$7.82 \pm 0.27$	$2.85 \pm 0.08$	
7	$22.43 \pm 0.73$	$43.24 \pm 1.57$	$7.83 \pm 0.28$	$2.87 \pm 0.07$	
8	$22.61 \pm 0.74$	$43.23 \pm 1.50$	$7.83 \pm 0.27$	$2.89 \pm 0.07$	
9	$22.80 \pm 0.74$	$43.18 \pm 1.50$	$7.84 \pm 0.27$	$2.91 \pm 0.07$	
10	$22.90 \pm 0.73$	$43.08 \pm 1.56$	$7.86 \pm 0.28$	$2.91 \pm 0.07$	
11	$22.88 \pm 0.78$	$43.29 \pm 1.60$	$7.82 \pm 0.29$	$2.93 \pm 0.07$	
12	$23.11 \pm 0.68$	$42.92 \pm 1.49$	$7.89 \pm 0.27$	$2.93 \pm 0.07$	
13	$23.06 \pm 0.66$	$43.19 \pm 1.24$	$7.84 \pm 0.22$	$2.94 \pm 0.07$	
14	$23.07 \pm 0.79$	$43.26 \pm 1.43$	$7.83 \pm 0.26$	$2.95 \pm 0.07$	
总体	$22.73 \pm 0.80$	$43.21 \pm 1.50$	$7.84 \pm 0.27$	$2.90 \pm 0.08$	
F	38.302	1.577	1.603	48.248	
P	<0.001	0.107	0.1	<0.001	

表 3 不同性别儿童青少年的眼部生物学参数情况分布

性别	AL (mm)	平均 K 值 (D)	CR (mm)	AL/CR	$\bar{x} \pm s$
男	$23.01 \pm 0.76$	$42.82 \pm 1.45$	$7.91 \pm 0.27$	$2.91 \pm 0.08$	
女	$22.43 \pm 0.73$	$43.62 \pm 1.46$	$7.76 \pm 0.26$	$2.89 \pm 0.08$	
t	17.429	-12.283	12.381	5.606	
P	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	

表4 不同年龄儿童青少年 SE 分布与远视储备不足检出率比较

年龄(岁)	例数	总体 SE [ $M(P_{25}, P_{75}), D$ ]	远视储备不足 SE [ $M(P_{25}, P_{75}), D$ ]	远视储备不足检出率( $n, \%$ )
4	51	1.00(0.50, 1.50)	1.00(0.50, 1.47)	48(94.12)
5	67	1.125(0.75, 1.625)	1.00(0.75, 1.50)	60(89.55)
6	208	1.25(0.875, 1.75)	1.125(0.875, 1.50)	184(88.46)
7	232	1.00(0.625, 1.50)	0.875(0.625, 1.25)	189(81.47)
8	218	0.875(0.50, 1.25)	0.75(0.375, 1.00)	183(83.94)
9	257	0.75(0.25, 1.125)	0.625(0.25, 0.875)	206(80.16)
10	268	0.875(0.50, 1.125)	0.625(0.375, 0.875)	190(70.90)
11	191	0.75(0.50, 1.25)	0.625(0.375, 0.75)	116(60.73)
12	158	0.75(0.375, 1.125)	0.375(0.125, 0.50)	79(50.00)
13	188	0.625(0.25, 1.125)	0.125(0.00, 0.28)	70(37.23)
14	160	0.625(0.375, 1.00)	-0.125(-0.375, 0.063)	29(18.13)
总体	1998	0.875(0.50, 1.25)	0.688(0.375, 1.00)	1354(67.77)
$\chi^2/H$		199.117	470.893	424.771
$P$		<0.001	<0.001	<0.001

表5 不同性别儿童青少年 SE 分布与远视储备不足检出率比较

性别	例数	总体 SE [ $M(P_{25}, P_{75}), D$ ]	远视储备不足 SE [ $M(P_{25}, P_{75}), D$ ]	远视储备不足检出率( $n, \%$ )
男	1032	0.875(0.50, 1.25)	0.75(0.375, 1.00)	694(67.25)
女	966	0.875(0.375, 1.25)	0.625(0.25, 1.00)	660(68.32)
$\chi^2/Z$		-1.686	-1.696	0.264
$P$		0.092	0.09	0.607

表6 SE 与年龄、性别和眼部生物参数的多元线性回归分析

参数	模型1		模型2		模型3		模型4	
	$\beta$	$P$	$\beta$	$P$	$\beta$	$P$	$\beta$	$P$
年龄	-0.065	<0.001	-0.094	<0.001	-0.094	<0.001	-0.103	<0.001
性别	-0.327	<0.001	-0.202	<0.001	-0.109	<0.001	-0.058	0.039
眼压	0.007	0.421	0.009	0.355	-0.011	0.049	-0.011	0.044
裸眼远视力	-1.013	<0.001	-1.139	<0.001	0.162	0.172	0.164	0.169
AL	-1.061	<0.001			-0.23	<0.001		
平均K值	-0.407	<0.001			-0.078	<0.001		
AL/CR			-6.609	<0.001			-1.322	<0.001
$R^2$	0.665		0.626		0.28		0.273	

注:模型1和模型2为远视储备充足人群,模型3和模型4为远视储备不足人群。模型1和模型3纳入变量为年龄、性别、眼压、裸眼远视力、AL、平均K值;模型2和模型4纳入变量为年龄、性别、眼压、裸眼远视力和AL/CR。

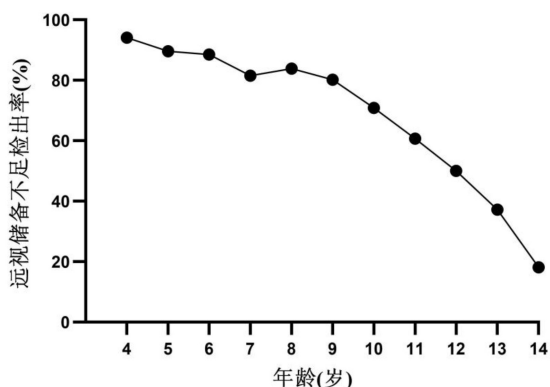


图1 不同年龄间的远视储备不足检出率分布图。

的检出率为 67.77% (1354/1998) 且随着年龄的增加呈下降趋势 ( $P < 0.001$ ), 男女之间差异无统计学意义。随着年龄增加, AL 和 AL/CR 呈上升趋势, 而平均 K 值与 CR 比较差异无统计学意义。男生 AL、AL/CR、CR 均大于女生, 而平均 K 值小于女生。多元线性回归分析显示, 在远视储备充足的群体中, 年龄、性别、裸眼远视力、AL 和平均 K 值共同解释了 66.5% 的 SE 变异; 而在远视储备不足的群体中, 这些因素仅能解释 28.0% 的 SE 变异。

研究显示, 新疆维吾尔族 4-14 岁非近视儿童的远视储备不足检出率为 67.77% (散瞳后), 这一比例低于新疆和田县和广州同龄非近视儿童 (75.51% 和 85.18%, 非散瞳)<sup>[10-11]</sup>, 但高于苏州 4 岁儿童 (19.6%, 非散瞳)<sup>[14]</sup>。需特别说明的是, 苏州这项研究的分母为所有儿童 (包含近视及非近视人群), 其基数扩大导致患病率被稀释, 故导

### 3 讨论

新疆 4-14 岁维吾尔族非近视学生中, 远视储备不足

致检出率偏低,而其他研究则提示散瞳可暴露隐性远视储备损耗,降低漏检率。而中国台湾<sup>[15]</sup>、波兰<sup>[8]</sup>、爱尔兰<sup>[16]</sup>和中国上海(2005至2021年)<sup>[17]</sup>儿童的近视前期检出率分别为52.0%、60.9%、32.4%和26.5%。这些差异可能源于定义阈值差异、检测方法影响和环境与遗传交互作用等因素。研究还发现远视储备不足检出率随年龄增长而下降,这也与其他研究结果一致<sup>[10-11]</sup>,这可能与非近视人数递减有关。

本研究发现远视储备不足检出率在性别间无显著差异。然而,不同研究结果存在矛盾:新疆和田县6-8岁非近视儿童中性别差异不显著,但9-12岁组女生检出率显著高于男生;广州研究亦显示非近视女生远视储备不足风险更高<sup>[10-11]</sup>。这种差异可能与以下因素有关:女生较早进入青春期<sup>[18]</sup>,且青春期女生激素水平变化较男生波动范围大<sup>[19]</sup>,导致生长发育及激素水平变化影响眼球发育;其次,女生的近距离用眼负荷更高(阅读/电子设备)且户外暴露较少,可能通过这些行为介导机制促进近视发展。

在种族与屈光不正的协作性纵向评估研究中,7-13岁儿童的屈光度是预测近视发展的最佳单一指标<sup>[20]</sup>,北爱尔兰儿童屈光纵向研究则表明6-7岁儿童需要+1.068 D远视度才能在9 a内保持正视,说明远视储备对预测近视发展很关键<sup>[21]</sup>。在干预策略方面,0.01%阿托品滴眼液能在6 mo内预防近视前期发展<sup>[22]</sup>,而低能量红光疗法在12 mo内可降低54.1%的近视发病率,并显著增加干预组的脉络膜厚度和血流密度<sup>[23-24]</sup>。因此,针对近视前期/远视储备不足的儿童,建议及早通过改变生活方式(如户外时间 $\geq 2$  h/d)和靶向治疗(药物/光学干预)等综合管理策略方法,以有效抑制近视进程。

我们还发现AL和AL/CR随年龄增长而上升,与乌鲁木齐地区儿童屈光发育特征一致<sup>[25]</sup>。欧洲队列研究进一步验证了6-15岁儿童AL的年龄依赖性增长模式,且证实基线AL值与近视风险相关<sup>[26]</sup>。值得注意的是,AL的生理性增长与儿童身体发育指标呈显著正相关<sup>[27]</sup>。在临床评估中,AL/CR是评价近视状态的敏感指标之一,既往以AL/CR $>3$ 作为近视的诊断依据<sup>[28]</sup>。而最新研究提示该界值存在年龄与性别差异:Liu等<sup>[29]</sup>针对3-18岁学生研究显示,AL/CR临界值随年龄递增,且男生大于女生(女生AL/CR临界值从6岁 $>2.93$ 到18岁 $>3.07$ ,男生从6岁 $>2.96$ 到18岁 $>3.07$ )。AL的增长与儿童身体发育相关,反映了眼球发育的变化规律。

眼球整体屈光度不止受AL的影响,还受角膜屈光力和晶状体屈光力(lens power, LP)的影响。而平均K值一般比较稳定<sup>[30]</sup>,这也与本研究一致,即平均K值和CR不随年龄增长而变化。一项新加坡研究表示近视发生前1 a LP加速下降<sup>[31]</sup>,而本研究中的远视储备不足人群是极易发生近视的。因此,本研究发现AL和平均K值能在一定程度上解释远视储备不足的屈光状态,但它们只能解释28%的SE变异。这表明,除了AL和平均K值,其他因素如LP等生物学参数可能对SE变异有重要影响,并且这些因素可能在远视储备不足的发生中起到关键作用。

本研究还发现,男生AL、AL/CR、CR均大于女生,而

平均K值小于女生。一项对4-18岁儿童青少年研究也表明,女生近视患病率高于男生,与男生相比,女生的AL较短,角膜曲率较陡,近视患病也略多<sup>[32]</sup>。多项研究发现女生LP高于男生<sup>[33-34]</sup>。说明女生相对陡峭的K和较大的LP会导致更大的近视屈光度,但较短的AL理论上会补偿这种近视偏移。提示我们通过AL和AL/CR评估近视风险时,应该注意性别差异带来的影响。

本研究首次采用睫状肌麻痹验光结合多维度眼部生物参数测量(AL、平均K值等),系统评估新疆和田县维吾尔族儿童的远视储备状态,填补了高纬度多民族地区儿童屈光发育数据的空白。然而,本研究也存在一些局限性,研究对象仅限于和田地区维吾尔族4-14岁儿童,未包含其他民族;横断面设计无法纵向评估年龄增长带来的变化,且缺乏晶状体参数测量。团队已开展后续纵向研究以弥补这些不足。

本研究结果显示,新疆和田地区维吾尔族非近视学生中远视储备不足的检出率较高,达到67.77%。屈光状态与AL、平均K值等眼部生物学参数密切相关,表明近视的发生发展与眼部结构特征紧密相连。远视储备充足的群体中,年龄、性别、裸眼视力、AL、平均K值对SE的贡献较为显著,屈光状态的变化能够较好地通过模型1解释, $R^2$ 值达到0.665;而在远视储备不足的儿童中,屈光状态可能受到更多复杂因素的影响,导致年龄、性别、眼压、裸眼远视力、AL、平均K值、AL/CR眼部生物学参数对SE的解释力较弱,因此还需考虑LP等其他生物学因素,以制定更为精准的个性化近视防控方案。基于此,临床可进一步完善眼部生物学参数动态监测体系,将近视防控关口前移至远视储备充足阶段,及早干预延缓近视转化进程。

**利益冲突声明:** 本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:** 李宁论文选题与修改,初稿撰写;王雁、杨磊、卜倩、阿依努·努拉厚、李小龙、赵勇文献检索,数据分析;高云仙选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

#### 参考文献

- [1] Harb EN, Wildsoet CF. Origins of Refractive Errors: Environmental and Genetic Factors. *Annu Rev Vis Sci*, 2019,5:47-72.
- [2] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016,123(5):1036-1042.
- [3] Long E, Wu X, Ding X, et al. Real-world big data demonstrates prevalence trends and developmental patterns of myopia in China: a retrospective, multicenter study. *Ann Transl Med*, 2021,9(7):554.
- [4] 赵梦雅,朱懿,许韶君,等. 儿童远视储备影响因素研究进展. *中华流行病学杂志*, 2022,43(10):1671-1676.
- [5] 李仕明,康梦田,李蕾,等. 小学生远视储备与近视眼发病率关系的队列研究:安阳儿童眼病研究. *中华眼科杂志*, 2022,58(10):754-759.
- [6] 中华医学会眼科学分会眼视光学组,等. 近视管理白皮书(2022). *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2022,24(9):641-648.
- [7] Flitcroft DI, He M, Jonas JB, et al. IMI - Defining and Classifying Myopia: A Proposed Set of Standards for Clinical and Epidemiologic Studies. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(3):M20-M30.
- [8] Modrzejewska M, Durajczyk M. The Relationship between Selected

Parameters and the Occurrence of Premyopia in a Group of 1155 Children Aged 8 in Northwestern Poland. *J Clin Med*, 2024,13(7):1977.

[9] Pršová L, Halička J, Kozúr M, et al. The Prevalence Of Myopia In School-Age Children In Slovakia And The Covid-19 Pandemic. *Cesk Slov Oftalmol*, 2023,79(4):186-190.

[10] 孙艺, 林蓉, 熊莉华, 等. 2021年广州市非近视儿童远视储备不足现状及影响因素. *中华疾病控制杂志*, 2023,27(3):368-372.

[11] 阿依努·努拉厚, 赵勇, 郭宁, 等. 新疆叶城县维吾尔族6~12岁儿童的近视及远视储备现状. *国际眼科杂志*, 2023,23(6):986-990.

[12] Liu L, Li R, Huang D, et al. Prediction of premyopia and myopia in Chinese preschool children: a longitudinal cohort. *BMC Ophthalmol*, 2021,21(1):283.

[13] 全国标准信息公共服务平台, 上海市市场监督管理局. 儿童青少年裸眼视力和屈光度评价规范. 2024-09-01. <https://std.samr.gov.cn/db/search/stdDBDetailed?id=1AC1662747C1AD54E06397BE0AA00D>

[14] 汪玉, 朱虹, 朱光伟, 等. 苏州市高新区学龄前儿童远视储备相关因素分析. *中国学校卫生*, 2023,44(4):599-601,605.

[15] Wang CY, Hsu NW, Yang YC, et al. Premyopia at Preschool Age: Population-based Evidence of Prevalence and Risk Factors from a Serial Survey in Taiwan. *Ophthalmology*, 2022,129(8):880-889.

[16] Harrington S, O'Dwyer V. The association between time spent on screens and reading with myopia, premyopia and ocular biometric and anthropometric measures in 6- to 7-year-old schoolchildren in Ireland. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023,43(3):505-516.

[17] Chen Z, Gu D, Wang B, et al. Significant myopic shift over time: Sixteen-year trends in overall refraction and age of myopia onset among Chinese children, with a focus on ages 4-6 years. *J Glob Health*, 2023,13:04144.

[18] Wei SF, Li SM, Liu L, et al. Sleep Duration, Bedtime, and Myopia Progression in a 4-Year Follow-up of Chinese Children: The Anyang Childhood Eye Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(3):37.

[19] Gong JF, Xie HL, Mao XJ, et al. Relevant factors of estrogen changes of myopia in adolescent females. *Chin Med J (Engl)*, 2015,128(5):659-663.

[20] Zadnik K, Jones LA, Irvin BC, et al. Myopia and ambient night-time lighting. CLEERE Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Ethnicity and Refractive Error. *Nature*, 2000,404(6774):143-144.

[21] McCullough S, Adamson G, Breslin KMM, et al. Axial growth and refractive change in white European children and young adults: predictive factors for myopia. *Sci Rep*, 2020,10(1):15189.

[22] Wang W, Zhang F, Yu S, et al. Prevention of myopia shift and

myopia onset using 0.01% atropine in premyopic children - a prospective, randomized, double-masked, and crossover trial. *Eur J Pediatr*, 2023,182(6):2597-2606.

[23] He X, Wang J, Zhu Z, et al. Effect of Repeated Low-level Red Light on Myopia Prevention Among Children in China With Premyopia: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw Open*, 2023,6(4):e239612.

[24] Liu Z, Sun Z, Du B, et al. The Effects of Repeated Low-Level Red-Light Therapy on the Structure and Vasculature of the Choroid and Retina in Children with Premyopia. *Ophthalmol Ther*, 2024,13(3):739-759.

[25] 高云仙, 李小龙, 马晓玲, 等. 乌鲁木齐市中小學生近视与眼部生物学参数调查分析. *国际眼科杂志*, 2023,23(3):471-476.

[26] Tideman JW, Polling JR, Vingerling JR, et al. Axial length growth and the risk of developing myopia in European children. *Acta Ophthalmol*, 2018,96(3):301-309.

[27] Kearney S, Strang NC, Cagnolati B, et al. Change in body height, axial length and refractive status over a four-year period in caucasian children and young adults. *J Optom*, 2020,13(2):128-136.

[28] Yebra-Pimentel E, Giráldez MJ, Glez-Méjome JM, et al. Variación de la ratio longitud axial/radio corneal (LA/RC) con el estado refractivo ocular. Relación con los componentes oculares [Changes in axial length/corneal radius ratio (AL/CR) according to refractive state of the eye. Relationship with ocular components]. *Arch Soc Esp Oftalmol*, 2004,79(7):317-324.

[29] Liu S, Chen J, Wang J, et al. Cutoff values of axial length/corneal radius ratio for determining myopia vary with age among 3-18 years old children and adolescents. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2024,262(2):651-661.

[30] Li SM, Li SY, Kang MT, et al. Distribution of ocular biometry in 7- and 14-year-old Chinese children. *Optom Vis Sci*, 2015,92(5):566-572.

[31] Rozema J, Dankert S, Iribarren R, et al. Axial Growth and Lens Power Loss at Myopia Onset in Singaporean Children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(8):3091-3099.

[32] 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. *Br J Ophthalmol*, 2023,107(2):167-175.

[33] Twelker JD, Mitchell GL, Messer DH, et al. Children's Ocular Components and Age, Gender, and Ethnicity. *Optom Vis Sci*, 2009,86(8):918-935.

[34] 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 Curr Ophthalmol*, 2018,31(2):206-213.