

8~12岁低中度近视儿童周边视网膜离焦状态分析

陈雨苗, 李华, 吴紫云, 吴珂, 蔡血芹, 徐霁*

重庆医科大学附属永川医院眼科, 重庆

收稿日期: 2024年4月19日; 录用日期: 2024年5月14日; 发布日期: 2024年5月21日

摘要

目的: 探讨低中度近视儿童周边视网膜离焦状态分布特征, 及其与眼部参数及调节之间的相关性。方法: 横断面研究, 纳入2023年3月至2023年11月在重庆医科大学附属永川医院眼科门诊就诊且符合条件的8~12岁低中度近视儿童75例(150眼)。采用MRT测量双眼视网膜不同区域的RPRE值, 分析不同偏心度RPRE值; 对比上方及下方, 鼻侧及颞侧RPRE值; 分析眼部参数及调节与RPRE值的关系。结果: 在 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 、 $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 、 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围的RPRE值差异均有统计学意义($P < 0.05$), RPRE值随着偏心度增大而增加($P_{\text{trend}} < 0.05$)。上方为近视性离焦, 下方为远视性离焦, 上方离焦值小于下方, 差异有统计学意义($P < 0.001$); 颞侧及鼻侧均为远视性离焦, 颞侧离焦值小于鼻侧, 差异无统计学意义($P = 0.199$)。在不同偏心度时, RPRE值与眼部参数及调节无相关性($P > 0.05$)。在视网膜下方及颞侧RPRE值与暗瞳大小呈正相关性($P < 0.05$)。结论: 8~12岁低中度近视儿童在 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围的离焦值为远视性离焦, 且RPRE值随着偏心度增大而增加; 上方为近视性离焦, 下方为远视性离焦, 存在非对称性; 在不同偏心度时, RPRE值与眼部参数及调节无相关性; 在不同方位时, 视网膜下方及颞侧的RPRE值与暗瞳大小呈正相关性。

关键词

近视, 视网膜离焦量, 多光谱屈光地形图, 调节

Analysis of Peripheral Retinal Defocus in Low to Moderate Myopia Children Aged 8~12 Years Old

Yumiao Chen, Hua Li, Ziyun Wu, Ke Wu, Xueqin Cai, Ji Xu*

Department of Ophthalmology, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 19th, 2024; accepted: May 14th, 2024; published: May 21st, 2024

*通讯作者。

文章引用: 陈雨苗, 李华, 吴紫云, 吴珂, 蔡血芹, 徐霁. 8~12岁低中度近视儿童周边视网膜离焦状态分析[J]. 临床医学进展, 2024, 14(5): 1171-1179. DOI: 10.12677/acm.2024.1451539

Abstract

Objective: To investigate the distribution of peripheral retinal defocus and its correlation with ocular parameters and accommodation in low to moderate myopia children. **Method:** In this Cross-sectional study, a total of 75 low to moderate myopia children (150 eyes) aged 8~12 years old were included in Department of Ophthalmology, Yongchuan Hospital, Chongqing Medical University, from March 2023 to November 2023. The mean values of RPRE in different regions of retina were measured by MRT. The differences of different eccentricity RPRE were analyzed. The superior and inferior refraction values, nasal and temporal refraction values were compared. The relationship between ocular parameters or accommodation and RPRE was analyzed. **Result:** There were significant differences among $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$, $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ and $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ ($P < 0.05$) and the RPRE increased with the increase of eccentricity ($P_{\text{trend}} < 0.05$). The superior refraction value was myopic defocus, and the inferior refraction value was hyperopic defocus. The superior refraction value was smaller than the inferior refraction value, and the difference was statistically significant ($P < 0.001$). The temporal refraction value is smaller than the nasal refraction value, which is hyperopic defocus with no statistical significance ($P = 0.199$). There was no significant correlation between RPRE and ocular parameters or accommodation in different eccentricity range ($P > 0.05$). The inferior refraction value and temporal refraction value was positive correlated with the dark pupil ($P < 0.05$). **Conclusion:** In the eccentricity range of 15° to 45° , the RPRE of low and moderate myopia children aged 8~12 years old was hyperopic defocus, and the RPRE increased with the increase of eccentricity. The superior refraction value was myopic defocus, and the inferior refraction value was hyperopic defocus. Superior and inferior RPRE was asymmetric. There was no significant correlation between RPRE and ocular parameters or accommodation in different eccentricity range. The inferior refraction value and temporal refraction value was positive correlated with the dark pupil in different quadrants.

Keywords

Myopia, Defocused Peripheral Retina, Multispectral Refractive Topography, Accommodation

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近视是全世界最常见的眼部疾病之一，也是全世界视力障碍的主要原因[1] [2]。近视患病率在全球范围内呈上升趋势，在亚洲国家尤为高。值得注意的是，近视是一种复杂的疾病，若进展为高度近视，会增加患青光眼、白内障、玻璃体及眼底退行性病变等眼病的风险[3]。高度近视引起的并发症是导致视力损害甚至致盲的重要因素。因此，延缓低中度近视发展为高度近视尤为重要。然而，近视进展的原因尚不明确。近年来，研究者们将目光聚焦于视网膜周边视觉信号，越来越多的证据表明周边视网膜屈光状态可能与近视发生发展密切相关，如 Zheng 等人发现周边视网膜 $20^{\circ}\sim 35^{\circ}$ 离焦值与中国年轻人的屈光发展和眼睛生长密切相关[4] [5] [6]。因此，基于周边离焦理论设计的角膜塑形镜、多焦点软性隐形眼镜及周边离焦框架眼镜等产品也应运而生，并在延缓低中度近视进展为高度近视中发挥重要作用[7] [8] [9]。然而，关于低中度近视儿童在视网膜不同偏心度及不同方位离焦状态分布特征的研究较少，且既往研究中所采用设备也较传统，操作复杂，耗时长。本研究采用一种新方法，即运用多光谱视网膜屈光地形图

(Multispectral refractive topography, MRT)测量周边视网膜的离焦量,其优点在于测量精准,且不受眼肌收缩,拍摄便捷,一次拍摄,且无需多点注视配合等,具有良好的可重复性和准确性[10]。最新研究表明,调节与周边视网膜离焦相关,调节引起的屈光变化一定程度上影响周边视网膜离焦状态,从而可能影响基于周边离焦设计的近视控制措施在近视防控中的效果[11]。因此,本研究拟采用 MRT 测量低中度近视儿童不同区域周边视网膜离焦量(Relative peripheral refractive errors, RPRE),探讨低中度近视儿童周边视网膜离焦状态分布特征,及其与眼部参数及调节之间的相关性。

2. 资料与方法

2.1. 一般资料

横断面研究设计,连续性纳入 2023 年 3 月至 2023 年 11 月在重庆医科大学附属永川医院眼科门诊就诊且符合条件的 8~12 岁近视儿童。纳入标准:① 年龄 8~12 岁;② 等效球镜度(spherical equivalent, SE) $-4.75 \sim -0.50$ D,散光 ≤ 1.50 D;③ 双眼屈光参差 ≤ 1.00 D;④ 最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;⑤ 眼压 10.0~21.0 mmHg。排除标准:① 眼部病史或全身系统性病史;② 既往或目前正在使用近视控制措施;③ 无法固视视标,无法获取清晰视网膜图像者。共纳入 75 例低中度近视儿童(150 眼),其中男 42 例(56.0%),女 33 例(44.0%),年龄(9.9 ± 1.3)岁。本研究遵循赫尔辛基宣言,经重庆医科大学附属永川医院临床研究伦理委员会批准(批号:2023LLS034),均取得受试者及其监护人的知情同意并签署知情同意书。

2.2. 方法

2.2.1. 屈光度检查

使用 1% 盐酸环喷托酯滴眼液(美国 Alcon 公司)滴眼 3 次,每次间隔 5~10 min,30 分钟后观察瞳孔直径大于 6 mm,则使用自动电脑验光仪(AR-1,日本 NIDEK 公司)获得初始屈光度,再由同一位经过专业培训的视光师进行主觉验光获得最终屈光度。 $SE = \text{球镜度数} + 1/2 \text{柱镜度数}$ 。

2.2.2. 视功能检查

所有纳入患者在睫状肌麻痹恢复后,根据主觉验光结果,在综合验光仪上附加相应球柱镜足矫后,进行视功能检查,包括调节幅度及调节反应。

2.2.3. 眼部参数测量

瞳孔直径测量:在同一暗室环境下,双眼完全放松,未佩戴眼镜,室内适应 5 min 后,用自动电脑验光仪(AR-1,日本 NIDEK 公司)进行测量,先测右眼再测左眼,重复测量 3 次,取其平均值。由同一操作熟练的视光师检查。眼轴的测量:采用 IOL-Marster 进行测量眼轴,眼轴长度完成 5 次有效值测量,误差范围不超过 ± 0.02 mm。

2.2.4. 周边视网膜离焦量

采用 MRT (MSI C2000,深圳盛达通泽有限公司)在非睫状肌麻痹状态下,在暗室中进行视网膜离焦量的测量,检查时要求患儿注视正前方绿色目标不动,通过单目摄影在 5~10 s 内完成所有的测量,检测结果置信度在 85% 以下,重新进行测量,直至置信度在 85% 以上,保存数据。结果记录如下:周边视网膜总离焦值(Total refraction difference value, TRDV)、 $0^\circ \sim 15^\circ$ 范围视网膜离焦值($0^\circ \sim 15^\circ$ refraction difference value, RDV- 15°)、 $15^\circ \sim 30^\circ$ 范围视网膜离焦值($15^\circ \sim 30^\circ$ refraction difference value, RDV- 30°)、 $30^\circ \sim 45^\circ$ 范围视网膜离焦值($30^\circ \sim 45^\circ$ refraction difference value, RDV- 45°)、上方视网膜离焦值(Superior refraction difference value, RDV-S)、下方视网膜离焦值(Inferior refraction difference value, RDV-I)、鼻侧视网膜离焦值(Nasal

refraction difference value, RDV-N)、颞侧视网膜离焦值(Temperior refraction difference value, RDV-T), 正值表示远视性离焦, 负值则表示近视性离焦, 见图 1。

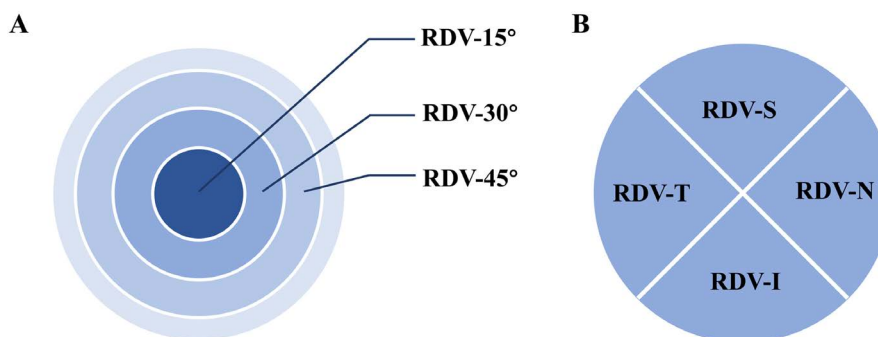


Figure 1. MRT a schematic diagram of the indication
图 1. MRT 指标示意图

2.3. 统计学分析

采用 SPSS 26.0 (IBM SPSS Statistics) 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布的数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 不符合正态分布的数据以 $M (Q_1, Q_3)$ 表示。采用单因素方差分析比较不同偏心度组间 RPRE 值, 其中两两比较采用 LSD 检验, 采用单因素方差分析(one-way ANOVA) 中多项式线性相关对 RPRE 值随偏心度的变化趋势进行趋势检验(P_{trend})。使用配对 t 检验分别比较鼻侧和颞侧及上方和下方 RPRE 值。采用 Pearson 相关分析眼部参数及调节与 RPRE 值的关系。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 低中度近视儿童不同偏心度 RPRE 值的变化

TRDV 值为 0.29 ± 0.39 D, 近视性离焦眼约占 23.3%, 远视性离焦眼约占 76.7%。RDV-15° 值为 -0.01 ± 0.06 D, 在偏心度 $0^\circ \sim 15^\circ$ 范围内呈近视性离焦; RDV-30° 值为 0.04 ± 0.10 D, 在偏心度 $15^\circ \sim 30^\circ$ 范围内呈远视性离焦; RDV-45° 值为 0.17 ± 0.20 , 在偏心度 $30^\circ \sim 45^\circ$ 范围内呈远视性离焦, 见图 2。单因素方差分析显示不同偏心度组间差异比较均有统计学意义($P < 0.001$)。趋势性检验结果显示: RPRE 值随着偏心度增大而增加($P_{\text{trend}} < 0.05$)。

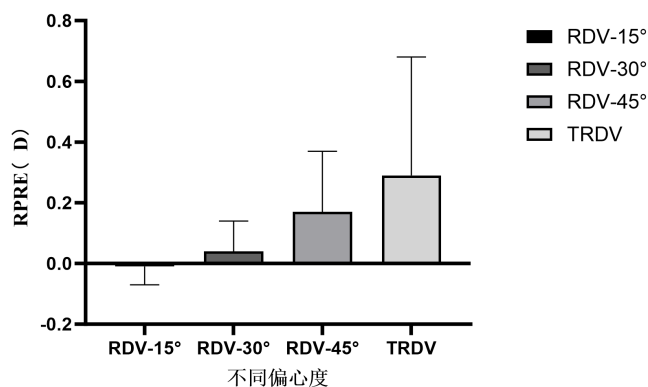


Figure 2. Change of RPRE in different eccentricities
图 2. 不同偏心度 RPRE 值的变化

3.2. 低中度近视儿童不同方位 RPRE 值的变化

在视网膜上方 RPRE 值为 -0.17 ± 0.69 D, 呈近视性离焦; 下方 RPRE 值为 0.41 ± 0.51 D, 呈远视性离焦; 颞侧 RPRE 值为 0.41 ± 0.56 D, 呈远视性离焦; 鼻侧 RPRE 值为 0.50 ± 0.67 D, 呈远视性离焦。配对 T 检验显示上方与下方 RPRE 值存在不对称性, 差异有统计学意义($P < 0.001$), 而颞侧与鼻侧 RPRE 值差异无统计学意义($P = 0.199$), 见图 3。

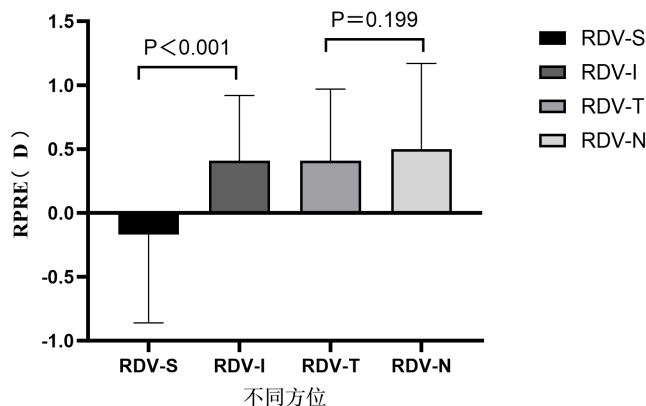


Figure 3. Change of RPRE in different quadrant
图 3. 不同方位 RPRE 值的变化

3.3. 不同近视度数与周边视网膜离焦的关系

Pearson 相关分析显示: 在低中度近视儿童中, 随着 SE 的增长, RPRE 值呈增大趋势($r = 0.232$, $P < 0.001$), 见图 4。

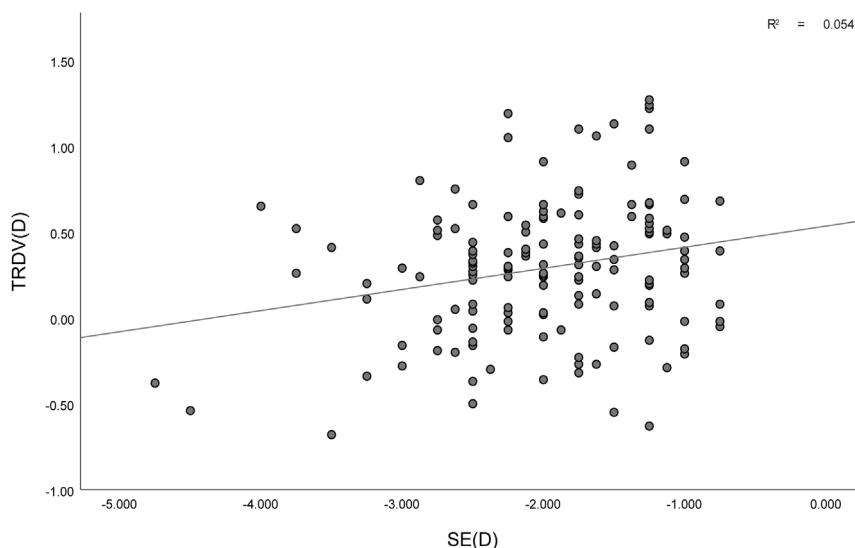


Figure 4. Relationship between different SE and RPRE
图 4. 不同等效球镜度与 RPRE 值的相关性

3.4. 不同 RPRE 值与眼部参数的相关性

Pearson 相关分析显示: 在不同偏心度时, RPRE 值与眼轴及暗瞳大小无相关性(均 $P > 0.05$), 见

表 1。在视网膜下方及颞侧，RPRE 值与暗瞳大小呈正相关性(下方： $r = 0.213$, $P = 0.01$ ；颞侧： $r = 0.191$, $P = 0.03$)，见图 5。

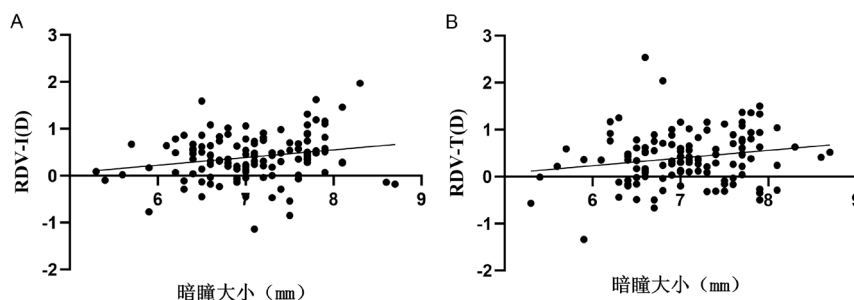


Figure 5. Relationship between dark pupil and RPRE in different quadrants. (A): relationship between the inferior RPRE and dark pupil; (B): Relationship between the temporal RPRE and dark pupil

图 5. 暗瞳大小与不同方位 RPRE 值相关性。(A) 下方 RPRE 值与暗瞳大小的关系；(B) 颞侧 RPRE 值与暗瞳大小的关系

3.5. 不同 RPRE 值与调节的相关性

调节反应大小为 0.86 ± 0.46 D，调节超前眼约占 5.3%，调节正常眼约占 42.7%，调节滞后眼约占 52%，其中调节滞后眼超过 50%。Pearson 相关分析显示：在不同偏心度时，RPRE 值与调节幅度、调节滞后无相关性(均 $P > 0.05$)，见表 1。

Table 1. Relationship between RPRE and parameters in different eccentricities

表 1. 不同偏心度时 RPRE 值与参数的关系

	TRDV		RDV-15°		RDV-30°		RDV-45°	
	r	P	r	P	r	P	r	P
眼轴, mm	-0.020	0.812	0.030	0.722	0.103	0.227	-0.062	0.463
暗瞳, mm	0.021	0.826	0.066	0.488	0.085	0.373	-0.016	0.869
调节幅度, D	-0.044	0.610	-0.046	0.589	-0.084	0.329	-0.029	0.737
调节滞后, D	-0.007	0.949	-0.007	0.949	-0.167	0.143	-0.122	0.329

在不同方位时，RPRE 值与调节幅度、调节滞后无相关性(均 $P > 0.05$)，见表 2。

Table 2. Relationship between RPRE and parameters in different quadrant

表 2. 不同方位时 RPRE 值与参数的关系

	RDV-S		RDV-I		RDV-N		RDV-T	
	r	P	r	P	r	P	r	P
眼轴, mm	-0.142	0.083	0.109	0.186	-0.096	0.242	0.110	0.179
暗瞳, mm	-0.123	0.178	0.213	0.018	-0.035	0.700	0.191	0.035
调节幅度, D	-0.138	0.095	0.118	0.154	-0.028	0.732	0.047	0.2573
调节滞后, D	-0.112	0.329	-0.050	0.666	-0.112	0.330	-0.082	0.474

4. 讨论

中国儿童青少年近视问题已成为重要的社会问题之一。近视是遗传和环境因素共同作用的结果。目前,仍没有一种理论体系能够完全解释近视发生发展等相关问题,均存在一定的局限性。目前近视管理机制的主要理论包括调节滞后理论、周边离焦理论、神经(递质)相关理论及巩膜缺氧理论[12]。近年来,以周边离焦理论为依据的近视防控方式成为热点,临床上多采用一些光学干预方式使得儿童青少年周边视网膜远视性离焦变为近视性离焦,如:角膜塑形镜、多焦点软性隐形眼镜及周边离焦框架眼镜等近视控制措施。周边离焦指周边视网膜的屈光不正状态。平行光线经过眼的屈光介质,光线汇聚在视网膜后方为远视性离焦,导致视网膜进行自我调节,向后伸长,眼轴长度进一步增长,从而引发近视度数加深;相反,光线汇聚在视网膜前方为近视性离焦,代偿性地引起脉络膜厚度增加,眼轴长度增长减慢[13]。动物实验及临床研究表明周边离焦可能在近视发生发展过程中起着重要作用[14]。

谢黎等人的一项研究发现在偏心度 $15^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围,低度近视儿童为远视性离焦,且RPRE值随着偏心度增大而增大,即距离黄斑中心凹越远,RPRE值越大[10]。本研究对8~12岁低中度近视儿童周边视网膜离焦量进行了研究,发现低中度近视儿童在偏心度 $0^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 范围呈现为近视性离焦, $15^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 范围内为远视性离焦, $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 范围内为远视性离焦。RPRE随着偏心度增大而增加。与上述研究结果相似,我们推测 15° 范围以外的周边视网膜远视性离焦可能在近视进展过程中发挥重要作用。

研究表明,儿童青少年RPRE的对称性也可能与近视进展有关。在视网膜四个象限中,Zhao等人研究发现,在6~18岁正视及近视青少年中,视网膜上方表现为近视性离焦,下方则表现出明显的远视性离焦[15]。在本研究中有关RPRE对称性分布发现,上方与下方RPRE值存在不对称性,即上方为近视性离焦,下方为远视性离焦,与上述研究结果相似。然而张曦等人发现在高度近视人群中鼻侧与颞侧视网膜RPRE值存在不对称性,且颞侧视网膜较鼻侧视网膜更倾向于远视性离焦,而在中低度近视组患者中鼻侧与颞侧视网膜RPRE值差异无统计学意义[16]。与本研究对低中度近视人群研究结果相似,即颞侧与鼻侧视网膜RPRE值无差异。恒河猴研究显示,中央视网膜的视觉信号对于眼球的生长并非不可或缺,而周边视网膜的视觉信号直接参与调控眼球生长和屈光发育[17][18],且对远视性离焦信号更为敏感。同样的,Wallman等也指出周边离焦比中央离焦在眼球生长和屈光发育过程中起着更加重要的作用,这主要因为周边视网膜相对于中央视网膜存在更多的神经元,从而调节眼睛的生长[19]。本研究发现在8~12岁低中度近视儿童中,上方与下方RPRE值存在不对称性,鼻侧与颞侧RPRE值存在对称性。不同方位的视网膜神经元的分布及对信号敏感性,可能是不同方位视网膜对周边视网膜离焦不同反应的重要因素。

既往研究发现屈光度与瞳孔大小具有相关性[20]。瞳孔大小常被认为是影响角膜塑形镜控制近视发展的重要影响因素。于嘉等人研究发现配戴角膜塑形镜后离焦环与瞳孔有交叉时,增加了进入眼内的有效离焦光线,提高了在视网膜周边形成的近视离焦量,从而更有效地延缓了近视的发展[21]。因此,我们推测瞳孔大小与进入眼球光入量的多少有关,瞳孔越大,作用于周边视网膜的光线越多,对周边视网膜屈光状态的影响越大;瞳孔越小,作用于周边视网膜的光线就越少,对周边视网膜状态的影响就越小。本研究发现在视网膜下方及颞侧,RPRE值与瞳孔大小呈正相关性。这可能与鼻侧及上方眼轴生长空间有限,而下方及颞侧生长空间较大有关,从而光入量较大,RPRE值越大,且下方和颞侧RPRE值均呈远视性离焦。因此,在将来研究重将周边视网膜远视性离焦干预侧重于下方和颞侧是否会取得较为显著的效果,有待进一步研究。

在低中度近视儿童中,随着屈光度的增长,RPRE值呈增大趋势。而Lu等人RDV-I和RDV-N呈负相关[22]。谢黎等通过对低度近视到高度远视儿童周边视网膜离焦状态分析中发现屈光度与周边视网膜离焦量呈负相关[10][23]。同样的本研究结果与上述研究结果存在差异,与既往研究相比,本研究纳入样本量较小且屈光度较为集中。

青少年近视的发生可能与环境因素、RPRE值和调节三者之间的相互作用有关[24]。在持续近距离工作过程中,调节滞后的发生会使物体成像在视网膜之后,让中心凹及近周边视网膜处形成远视性离焦[25]。在长期的远视性离焦状态下,会启动眼球的对焦生长机制以试图减弱离焦效应,因而使眼球向离焦方向生长从而导致近视眼的发生和发展[26]。Lu等人发现在睫状肌麻痹后周边视网膜离焦表现为显著的远视漂移[11]。因此理论上认为,调节滞后量越大,周边视网膜远视性离焦值越大。本研究中低度近视儿童调节滞后眼约占52%,我们推测低中度近视儿童近视发生发展可能与周边视网膜远视性离焦有关。但本研究在不同偏心度时,RPRE值与调节滞后无相关性。因此,对于低中度近视儿童近视发生发展是否会通过上述机制产生改变,需要进一步纵向研究,为近视防控提供参考。

本研究探讨低中度近视儿童周边视网膜离焦量分布特征,及其与眼部参数及调节的相关性。但相较于其他研究本研究局限于8~12岁中国近视儿童,对于不同国家、种族、屈光状态的儿童是否有相似的研究结果还不得而知。本研究样本量较为局限,尚需高质量、大样本、长期、多范围的前瞻性研究深入探讨。

5. 结论

综上所述,在8~12岁低中度近视儿童在 0° ~ 15° 范围为近视性离焦, 15° ~ 45° 范围为远视性离焦,RPRE值随着偏心度增大而增加;上方为近视性离焦,下方为远视性离焦,存在非对称性;在不同偏心度时,RPRE值与眼部参数及调节无相关性;在不同方位时,视网膜下方及颞侧,RPRE值与暗瞳大小呈正相关性。

基金项目

重庆市科卫联合医学科研项目重点项目(NO: 2023ZDXM015);重庆市公共卫生重点专科(学科)建设经费资助。

参考文献

- [1] Liu, L., Jiao, J., Yang, X., et al. (2023) Global, Regional, and National Burdens of Blindness and Vision Loss in Children and Adolescents from 1990 to 2019: A Trend Analysis. *Ophthalmology*, **130**, 575-587. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2023.02.002>
- [2] Dolgin, E. (2015) The Myopia Boom. *Nature*, **519**, 276-278. <https://doi.org/10.1038/519276a>
- [3] Williams, K.M., Bertelsen, G., Cumberland, P., et al. (2015) Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Ophthalmology*, **122**, 1489-1497. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.03.018>
- [4] Chen, X., Sankaridurg, P., Donovan, L., et al. (2010) Characteristics of Peripheral Refractive Errors of Myopic and Non-Myopic Chinese Eyes. *Vision Research*, **50**, 31-35. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2009.10.004>
- [5] Bao, T., Qin, L., Hou, G., et al. (2024) Association between Peripheral Retinal Defocus and Myopia by Multispectral Refraction Topography in Chinese Children. *Clinical Ophthalmology*, **18**, 517-523. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S450224>
- [6] Zheng, X., Cheng, D., Lu, X., et al. (2022) Relationship between Peripheral Refraction in Different Retinal Regions and Myopia Development of Young Chinese People. *Frontiers in Medicine (Lausanne)*, **8**, Article ID: 802706. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.802706>
- [7] Jakobsen, T.M. and Møller, F. (2022) Control of Myopia Using Orthokeratology Lenses in Scandinavian Children Aged 6 to 12 Years. Eighteen-Month Data from the Danish Randomized Study: Clinical Study of Near-Sightedness; Treatment with Orthokeratology Lenses (Control Study). *Acta Ophthalmologica*, **100**, 175-182. <https://doi.org/10.1111/aos.14911>
- [8] Walline, J.J., Walker, M.K., Mutti, D.O., et al. (2020) Effect of High Add Power, Medium Add Power, or Single-Vision Contact Lenses on Myopia Progression in Children: The BLINK Randomized Clinical Trial. *JAMA*, **324**, 571-580. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.10834>
- [9] Bao, J., Huang, Y., Li, X., et al. (2022) Spectacle Lenses with Aspherical Lenslets for Myopia Control vs Sin-

- gle-Vision Spectacle Lenses: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmology*, **140**, 472-478. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2022.0401>
- [10] 谢黎, 李芋蓉, 苏月艳, 等. 4-12 岁儿童周边视网膜离焦状态分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2023, 25(2): 139-145.
- [11] Lu, W., Peng, Z., Ding, W., *et al.* (2023) The Influence of Accommodation on Retinal Peripheral Refraction Changes in Different Measurement Areas. *Journal of Ophthalmology*, **2023**, Article ID: 5553468. <https://doi.org/10.1155/2023/5553468>
- [12] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会, 中国非公立医疗机构协会眼科专业委员会视光学组, 等. 近视管理白皮书(2022) [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022, 24(9): 641-648.
- [13] 杜冬雪, 宋继科, 毕宏生. 脉络膜厚度与近视防控研究进展[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(4): 592-596.
- [14] 孙文峰, 林俊雄, 周翔天. 周边离焦在近视中作用的研究进展[J]. 中国实用眼科杂志, 2015, 33(7): 709-712.
- [15] Zhao, Q., Du, X., Yang, Y., *et al.* (2023) Quantitative Analysis of Peripheral Retinal Defocus Checked by Multispectral Refraction Topography in Myopia among Youth. *Chinese Medical Journal (England)*, **136**, 476-478. <https://doi.org/10.1097/CM9.0000000000002606>
- [16] 张曦, 王晓瑛, 陈菲菲, 等. 高度近视患者与中低度近视患者周边屈光度的比较研究[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2015(1): 9-12.
- [17] Smith, E.L., Kee, C.S., Ramamirtham, R., *et al.* (2005) Peripheral Vision Can Influence Eye Growth and Refractive Development in Infant Monkeys. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **46**, 3965-3972. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-0445>
- [18] Smith, E.L., Ramamirtham, R., Qiao-Grider, Y., *et al.* (2007) Effects of Foveal Ablation on Emmetropization and Form-Deprivation Myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **48**, 3914-3922. <https://doi.org/10.1167/iovs.06-1264>
- [19] Wallman, J. and Winawer, J. (2004) Homeostasis of Eye Growth and the Question of Myopia. *Neuron*, **43**, 447-468. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.08.008>
- [20] Cakmak, H.B., Cagil, N., Simavli, H., *et al.* (2010) Refractive Error May Influence Mesopic Pupil Size. *Current Eye Research*, **35**, 130-136. <https://doi.org/10.3109/02713680903447892>
- [21] 于嘉, 张晶, 周跃华, 等. 离焦环大小及其与瞳孔直径的关系对近视患者配戴角膜塑形镜后眼轴增长的影响[J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41(8): 776-781.
- [22] Lu, X.L., *et al.* (2022) Comparative Study of Relative Peripheral Refraction in Children with Different Degrees of Myopia. *Frontiers in Medicine (Lausanne)*, **9**, Article ID: 800653. <https://doi.org/10.3389/fmed.2022.800653>
- [23] 李芋蓉, 谢黎, 陈玲, 等. 4~10 岁远视儿童周边视网膜相对屈光度分析[J]. 中华眼视光学杂志, 2023, 25(9): 694-698.
- [24] Choi, K.Y. and Chan, H.H. (2021) Extrinsic and Intrinsic Factors Regulating Juvenile Refractive Development and Eye Growth. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **62**, 21. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.14.21>
- [25] Whatham, A., Zimmermann, F., Martinez, A., *et al.* (2009) Influence of Accommodation on Off-Axis Refractive Errors in Myopic Eyes. *Journal of Visualization*, **9**, 1-13. <https://doi.org/10.1167/9.3.14>
- [26] 林瑶瑶, 金婉卿. 近距离工作与青少年近视发生和发展的关系[J]. 中华实验眼科杂志, 2021, 39(6): 563-567.