

# 调节对近视患者视网膜周边离焦量的影响

甘 露<sup>1</sup>, 邓文涛<sup>2</sup>, 王季芳<sup>3</sup>, 赵武校<sup>1</sup>

引用: 甘露, 邓文涛, 王季芳, 等. 调节对近视患者视网膜周边离焦量的影响. 国际眼科杂志, 2025, 25(12): 1914-1918.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No. 82360214); 广西自然科学基金项目 (No. 2023GXNSFAA026114)

作者单位: <sup>1</sup>(530021) 中国广西壮族自治区南宁市, 广西医学科学院 广西壮族自治区人民医院; <sup>2</sup>(533000) 中国广西壮族自治区百色市, 右江民族医学院研究生院; <sup>3</sup>(200031) 中国上海市, 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院

作者简介: 甘露, 女, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 近视防控。

通讯作者: 王季芳, 女, 博士, 副教授, 研究方向: 眼科数字化与人工智能. wangxuan7907@163.com; 赵武校, 男, 博士, 主任医师, 教授, 研究方向: 眼视光学技术. zhaowx1210@163.com

收稿日期: 2025-05-13 修回日期: 2025-10-31

## 摘要

目的: 探讨调节对近视患者视网膜周边离焦量的影响。

方法: 横断面研究。纳入近视患者 105 例 105 眼, 将患者根据其近视程度分为 3 组: 高度组 ( $SE \leq -6.00\text{ D}$ )、中度组 ( $-6.00\text{ D} < SE \leq -3.00\text{ D}$ )、低度组 ( $-3.00\text{ D} < SE \leq -0.50\text{ D}$ ), 三组均为 35 例 35 眼。将睫状肌麻痹前、后的多光谱屈光地形图数据进行对比分析, 比较不同组间睫状肌麻痹前后的视网膜周边离焦量变化值的差异。

结果: 患者 105 例 105 眼中男 48 例, 女 57 例, 平均年龄  $13.6 \pm 1.6$  岁。三组患者一般资料具有可比性。睫状肌麻痹前后的视网膜周边离焦量比较: 除  $RDV-15^\circ$  无明显改变之外, 其余参数值均出现远视性漂移。在睫状肌麻痹后,  $RDV-15^\circ$ 、 $RDV-30^\circ$ 、 $RDV-45^\circ$  表现为越偏离黄斑中心凹、差距越大。低、中、高度组的变化量比较: 三组间  $\Delta TRDV$ 、 $\Delta RDV-45^\circ$ 、 $\Delta RDV-I$ 、 $\Delta RDV-N$  比较均有差异, 低度、中度近视的变化量大于高度近视的变化量 (均  $P < 0.017$ ), 低度组与中度组的变化量无差异 (均  $P > 0.017$ )。

结论: 调节可影响近视患者视网膜周边离焦量, 对中低度近视的影响大于高度近视。

关键词: 近视; 多光谱屈光地形图; 调节; 周边离焦

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.12.03

## Effect of accommodation on peripheral refraction in myopic patients

Gan Lu<sup>1</sup>, Deng Wentao<sup>2</sup>, Wang Jifang<sup>3</sup>, Zhao Wuxiao<sup>1</sup>

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 82360214); Guangxi Natural Science Foundation (No. 2023GXNSFAA026114)

<sup>1</sup>Guangxi Academy of Medical Sciences; the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; <sup>2</sup>Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China; <sup>3</sup>Eye & ENT Hospital of Fudan University, Shanghai 200031, China

Correspondence to: Wang Jifang. Eye & ENT Hospital of Fudan University, Shanghai 200031, China. wangxuan7907@163.com; Zhao Wuxiao. Guangxi Academy of Medical Sciences; the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. zhaowx1210@163.com  
Received: 2025-05-13 Accepted: 2025-10-31

## Abstract

• AIM: To investigate the effect of accommodation on peripheral refraction in patients with myopia.

• METHODS: Cross-sectional study. A total of 105 patients (105 eyes) with myopia were consecutively recruited in this study. According to the degree of myopia, patients were divided into high myopia ( $SE \leq -6.00\text{ D}$ ), moderate myopia ( $-6.00\text{ D} < SE \leq -3.00\text{ D}$ ), and low myopia ( $-3.00\text{ D} < SE \leq -0.50\text{ D}$ ) groups, with 35 cases (35 eyes) in each group. The multispectral refractive topography data before and after cycloplegia were compared and analyzed, and the differences in the changes of periretinal defocus before and after cycloplegia were compared among different groups.

• RESULTS: There were 48 males and 57 females, with a mean age of  $13.6 \pm 1.6$  years old. The general data of the three groups were comparable.  $RDV-15^\circ$  remained stable, whereas other parameters shifted significantly toward hyperopia. After cycloplegia, the  $RDV-15^\circ$ ,  $RDV-30^\circ$  and  $RDV-45^\circ$  showed larger differences when deviated from macular fovea. There were differences among the three groups in  $\Delta TRDV$ ,  $\Delta RDV-45^\circ$ ,  $\Delta RDV-I$  and  $\Delta RDV-N$ , and the change of the low and moderate myopia groups was larger than that of the high myopia group (all  $P < 0.017$ ), whereas low and moderate myopic eyes did not differ significantly from each other (all  $P > 0.017$ ).

• CONCLUSION: The accommodation can affect the peripheral defocus in myopic patients, and the effect on moderate and low myopia is greater than that of high myopia.

• KEYWORDS: myopia; multispectral refractive topography; accommodation; peripheral refraction

**Citation:** Gan L, Deng WT, Wang JF, et al. Effect of accommodation on peripheral refraction in myopic patients. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2025,25(12):1914–1918.

0 引言

自从 Smith 等<sup>[1]</sup>观察到黄斑被激光消融后,幼年恒河猴的屈光状态仍发生变化,证实了周边视网膜远视性离焦在近视进展中的作用以来,近视发生、发展的光学调控机制逐渐成为学术热点<sup>[2-4]</sup>。而视网膜周边离焦学说已从基础研究阶段进入临床应用期<sup>[5-7]</sup>,相应的视网膜周边离焦测量技术也快速发展起来<sup>[8-10]</sup>。例如,多光谱屈光地形图(multispectral refraction topography, MRT)<sup>[10]</sup>的研发与推广应用不仅为临床快速检测视网膜周边离焦奠定了技术条件,更为离焦定制镜片提供了必备的测量数据。MRT 是利用眼底图像与深度学习算法对镜头补偿后的图像进行比对分析,计算汇总眼底各点位的实际屈光值后绘制的地形图<sup>[10]</sup>,其测量结果重复性已被验证<sup>[11-13]</sup>,并成功促进了国内学者在近视患者视网膜周边离焦方向的临床研究。在近视研究领域,调节与近视发生、发展密切相关<sup>[14]</sup>,但对调节与近视眼视网膜周边离焦关系的认识仍显不足——既往研究主要针对调节状态下视网膜周边离焦的检测分析,如 Lundström 等<sup>[15]</sup>的结果显示:近视眼视野中的鼻-颞侧、上-下方周边离焦量呈非对称性,且调节幅度越大越明显;而诱导调节时,视网膜周边相对离焦量无变化或向远视性离焦变化。这与正视眼相反,后者调节时会形成更大的视网膜周边近视性离焦。此外,成人近视患者散瞳前后的 MRT 检测结果显示:散瞳可导致成人近视患者视网膜周边离焦量呈远视漂移趋势,且越靠近视网膜周边趋势越明显<sup>[16]</sup>。考虑到近视防控工作主要聚焦在儿童青少年,且临床上该群体已开始采用药物单独干预或药物联合光学镜片干预近视进展,为观察调节对视网膜周边离焦量的影响,本文以儿童青少年近视患者为研究对象,对其散瞳前、后的视网膜周边离焦量进行了检测和分析,现报告如下。

1 对象和方法

**1.1 对象** 横断面研究。选择 2024 年 1 月至 2025 年 3 月在我院就诊的近视患者纳入研究。根据配对样本均数统计检验,采用 PASS(v21.0.2) 软件,参考文献[16]:散瞳前后 TRDV 均数差为 1.05,标准差 1.81,假设 $\alpha=0.05$ , $\beta=0.1$ ,双侧检验,计算得样本量需每组 34 例 34 眼,三组共 102 例 102 眼。本研究最终纳入近视患者 105 例 105 眼。纳入标准:(1)初始近视度数 $\leq -0.50$  D,散光度数 $\leq 1.50$  D;(2)年龄 $\geq 10$  岁;(3)矫正视力 $\geq 1.0$ ;(4)裂隙灯显微镜检查:屈光介质透明、角膜荧光素染色(-)。剔除标准:(1)病历资料记录不完整者;(2)暗瞳直径 $<5$  mm者;(3)眼压 $>21$  mmHg 者;(4)伴有眼部疾病或眼部外伤、手术史者;(5)合并有全身系统性疾病者;(6)MRT 检测数据综合置信度 $<90\%$ 者。近视诊断标准参照国际近视研究院的定义<sup>[17]</sup>。本研究经广西壮族自治区人民医院伦理委员会审查批准(批准号:伦

理-KY-GZR-2023-062),所有参与者监护人均签署知情同意书。

**1.2 方法** 所有患者均接受必要的专科检查,包括:视力、眼压、眼轴、裂隙灯显微镜、散瞳验光、眼底检查等。其中,患者的视光学专科检查数据如眼轴、眼压、屈光度等将用于统计分析。视网膜离焦量检测由同一技师完成。暗室内,采用 MRT 对每位患者右眼进行检测,嘱患者眨眼后被测眼注视绿色固视灯、保持睁眼状态以满足“快速扫描模式”下多光谱眼底照相机的拍摄需求。每眼至少采集 3 次,选取眼底图像清晰无反光、瞳孔对正且图像综合置信度最高的一次视网膜离焦图像进行保存。睫状肌麻痹剂使用的是复方托吡卡胺滴眼液,散瞳及其后的检测流程:所有患者均使用复方托吡卡胺滴眼液连续滴眼 3 次,每次间隔 5 min,接下来持续闭眼 30 min,并经笔灯检查确认无瞳孔对光反射后再次进入暗室进行视网膜周边离焦量检测。本研究将提取 MRT 检测报告统计图中的全视场角内的总离焦值(refractive defocus value, TRDV), $15^\circ$ 、 $30^\circ$ 、 $45^\circ$  视场角内的总离焦值(refractive defocus value, RDV;RDV- $15^\circ$ 、RDV- $30^\circ$ 、RDV- $45^\circ$ ),以及上方、下方、颞侧、鼻侧眼底区域的总离焦值(superior RDV, RDV-S; inferior RDV, RDV-I; temporal RDV, RDV-T; nasal RDV, RDV-N)等参数用于统计分析。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS23.0 进行统计分析。使用 Kolmogorov-Smirnov 检验数据的分布特征,符合正态分布的计量资料以“均数 $\pm$ 标准差”表示。散瞳前、后 MRT 参数的均值比较采用配对样本 *t* 检验, $P<0.05$  为差异有统计学意义。采用 Two-way ANOVA 分析不同方位、不同程度近视组散瞳前、后视网膜周边离焦测量值的变化量,进一步的两两比较采用 Bonferroni 检验, $P<0.017$  为差异有统计学意义。

2 结果

**2.1 一般结果** 本研究共纳入患者 105 例 105 眼,其中男 48 例,女 57 例,平均年龄  $13.6\pm 1.6$  岁。将患者根据其近视程度分为 3 组:高度组( $SE \leq -6.00$  D)、中度组( $-6.00$  D $<SE \leq -3.00$  D)、低度组( $-3.00$  D $<SE \leq -0.50$  D),三组均为 35 例 35 眼。三组间年龄比较差异无统计学意义。三组患者等效球镜、眼轴、眼压、视网膜周边离焦量等参数值见表 1。其中,视网膜周边离焦量仅显示 RDV-S 在三组间的差异存在统计学意义( $P<0.05$ ),即三组患者在上方眼底区域的总离焦量 RDV-S 均表现为近视性离焦,但高度近视在上方眼底区域的焦点相较于中、低度近视更靠近视网膜( $P=0.036,0.025$ )。

**2.2 近视患者散瞳前后视网膜周边离焦测量值比较** 本研究对 MRT 采集到的 8 个参数分别进行了散瞳前和散瞳后的均值比较,结果显示:仅 RDV- $15^\circ$  在散瞳前后未出现明显变化( $P=0.223$ ),其余参数均显著增加(均  $P<0.001$ ),见表 2,图 1。进一步对低度、中度、高度近视各组散瞳前后的 MRT 测量值进行比较,结果显示:低度组仅 RDV- $15^\circ$ 、RDV- $30^\circ$  在散瞳前后无明显变化,中度组仅 RDV- $15^\circ$  在散瞳前后无明显改变,高度组的 RDV- $15^\circ$ 、

RDV-30°、RDV-S、RDV-N 共四项指标在散瞳前后未发生明显变化,差异无统计学意义(均  $P>0.05$ ),其余参数测量值的差异有统计学意义(均  $P<0.05$ ),见表 3。

**2.3 近视患者散瞳前后视网膜周边离焦变化量比较** 近视患者黄斑中心凹、15°、30°、45°视场角的离焦量散瞳前分别为 0、-0.041±0.054、-0.055±0.169、-0.053±0.331 D,散瞳后分别为 0、-0.034±0.039、0.011±0.120、0.173±0.258 D。散瞳前后 30°、45°视场角离焦量的差异有统计学意义(均  $P<0.001$ )。近视患者自黄斑中心凹、15°、30°、45°视场角的离焦量差值分别为 0、0.007±0.057、0.066±0.172、0.226±

0.316 D,即散瞳前、后二者的差异表现为越偏离黄斑中心凹、差距越大(图 2)。进一步对低度、中度、高度近视各组间散瞳前、后 MRT 参数测量值变化量进行分析,结果显示:不同程度近视组  $\Delta$ TRDV、 $\Delta$ RDV-45°、 $\Delta$ RDV-I、 $\Delta$ RDV-N 比较,差异有统计学意义(均  $P<0.05$ ),该 4 个参数在高度组的变化幅度低于低度组( $P<0.001$ 、0.004、 $<0.001$ 、0.009)和中度组( $P=0.002$ 、0.009、0.005、 $<0.001$ );但低度与中度组间的差异无统计学意义(均  $P>0.017$ )。不同程度近视组的  $\Delta$ RDV-15°、 $\Delta$ RDV-30°、 $\Delta$ RDV-S、 $\Delta$ RDV-T 差异无统计学意义(均  $P>0.05$ ),见表 4、图 3。

表 1 三组患者一般资料比较

					$\bar{x}\pm s$
参数	低度组( $n=35$ )	中度组( $n=35$ )	高度组( $n=35$ )	$F$	$P$
年龄(岁)	13.23±1.63	13.57±1.50	14.06±1.66	2.374	0.098
等效球镜(D)	-2.20±0.46	-4.34±0.84	-7.28±0.87	409.1	<0.0001
眼轴(mm)	25.01±0.58	25.55±0.71	26.43±0.79	36.58	<0.0001
眼压(mmHg)	15.38±2.87	16.00±2.42	17.49±3.10	5.208	0.007
TRDV(D)	-0.17±0.41	-0.09±0.37	0.05±0.38	3.034	0.053
RDV-15°(D)	-0.05±0.07	-0.03±0.05	-0.04±0.04	0.572	0.566
RDV-30°(D)	-0.08±0.22	-0.06±0.15	-0.02±0.12	0.906	0.408
RDV-45°(D)	-0.11±0.38	-0.07±0.30	0.02±0.29	1.625	0.202
RDV-S(D)	-0.41±0.53	-0.39±0.58	-0.05±0.61	4.457	0.014
RDV-I(D)	-0.45±0.61	-0.19±0.57	-0.19±0.59	2.242	0.111
RDV-T(D)	-0.09±0.58	0.01±0.49	0.10±0.45	1.236	0.295
RDV-N(D)	0.24±0.69	0.14±0.63	0.34±0.52	0.910	0.406

注:低度组为-3.00 D<SE≤-0.50 D;中度组为-6.00 D<SE≤-3.00 D;高度组为 SE≤-6.00 D。

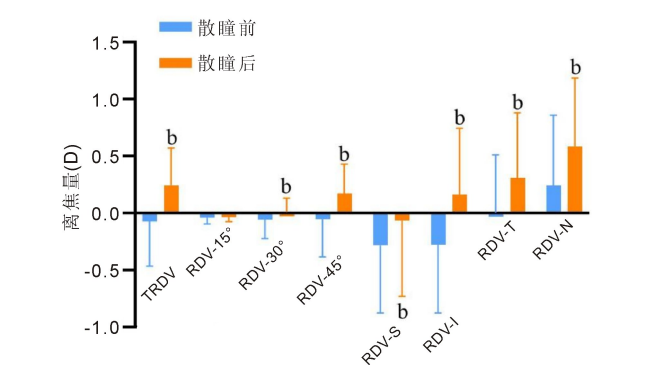


图 1 儿童青少年近视患者散瞳前后的视网膜周边离焦参数测量值的变化 <sup>b</sup> $P<0.01$  vs 散瞳前。

表 2 近视患者散瞳前后视网膜周边离焦参数测量值比较 ( $\bar{x}\pm s$ , D)

参数	散瞳前	散瞳后	$P$
TRDV	-0.072±0.394	0.245±0.326	<0.001
RDV-15°	-0.041±0.054	-0.034±0.039	0.223
RDV-30°	-0.055±0.169	0.011±0.120	<0.001
RDV-45°	-0.053±0.331	0.173±0.258	<0.001
RDV-S	-0.284±0.592	-0.066±0.664	<0.001
RDV-I	-0.277±0.599	0.164±0.582	<0.001
RDV-T	0.005±0.507	0.309±0.571	<0.001
RDV-N	0.243±0.617	0.587±0.600	<0.001

表 3 不同程度近视患者散瞳前后视网膜周边离焦参数测量值比较

参数	低度组( $n=35$ )			中度组( $n=35$ )			高度组( $n=35$ )		
	散瞳前	散瞳后	$P$	散瞳前	散瞳后	$P$	散瞳前	散瞳后	$P$
TRDV	-0.17±0.41	0.25±0.25	<0.001	-0.09±0.37	0.30±0.34	<0.001	0.05±0.38	0.19±0.37	0.027
RDV-15°	-0.05±0.07	-0.04±0.04	0.409	-0.03±0.05	-0.03±0.04	0.438	-0.04±0.04	-0.04±0.04	0.640
RDV-30°	-0.08±0.22	-0.01±0.12	0.087	-0.06±0.15	0.03±0.11	0.001	-0.02±0.12	0.01±0.13	0.123
RDV-45°	-0.11±0.38	0.16±0.21	<0.001	-0.07±0.30	0.22±0.27	<0.0001	0.02±0.29	0.13±0.29	0.021
RDV-S	-0.41±0.53	-0.11±0.58	0.0003	-0.39±0.58	-0.14±0.56	0.001	-0.05±0.61	0.05±0.82	0.292
RDV-I	-0.45±0.61	0.16±0.56	<0.001	-0.19±0.57	0.33±0.61	<0.0001	-0.19±0.59	0.00±0.54	0.044
RDV-T	-0.09±0.58	0.28±0.54	0.0004	0.01±0.49	0.34±0.59	0.0005	0.10±0.45	0.30±0.60	0.039
RDV-N	0.24±0.69	0.64±0.60	0.0003	0.14±0.63	0.72±0.61	0.0002	0.34±0.52	0.40±0.56	0.440

注:低度组为-3.00 D<SE≤-0.50 D;中度组为-6.00 D<SE≤-3.00 D;高度组为 SE≤-6.00 D。



表 4 不同程度近视患者散瞳前后视网膜周边离焦变化量的比较 (x̄±s,D)

参数	低度组 (n=35)	中度组 (n=35)	高度组 (n=35)	F	P
ΔTRDV	0.420±0.400	0.394±0.366	0.137±0.345 <sup>a,b</sup>	6.188	0.003
ΔRDV-15°	0.010±0.071	0.006±0.047	0.004±0.050	0.099	0.906
ΔRDV-30°	0.065±0.220	0.098±0.155	0.033±0.125	1.245	0.292
ΔRDV-45°	0.275±0.357	0.294±0.292	0.109±0.266 <sup>a,b</sup>	3.830	0.025
ΔRDV-S	0.305±0.446	0.247±0.403	0.102±0.562	1.704	0.187
ΔRDV-I	0.612±0.536	0.521±0.627	0.190±0.538 <sup>a,b</sup>	5.394	0.006
ΔRDV-T	0.377±0.569	0.334±0.515	0.201±0.554	0.989	0.376
ΔRDV-N	0.403±0.596	0.570±0.816	0.060±0.453 <sup>a,b</sup>	5.804	0.004

注:低度组为-3.00 D<SE≤-0.50 D;中度组为-6.00 D<SE≤-3.00 D;高度组为 SE≤-6.00 D。<sup>a</sup>P<0.017 vs 低度组;<sup>b</sup>P<0.017 vs 中度组。

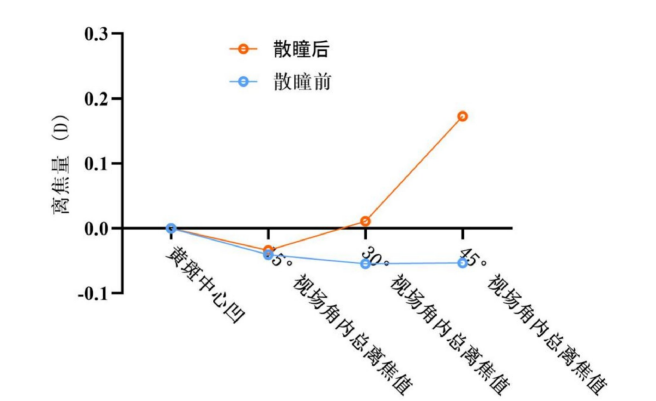


图 2 儿童青少年近视患者散瞳前后的视网膜周边离焦量差异性变化趋势。

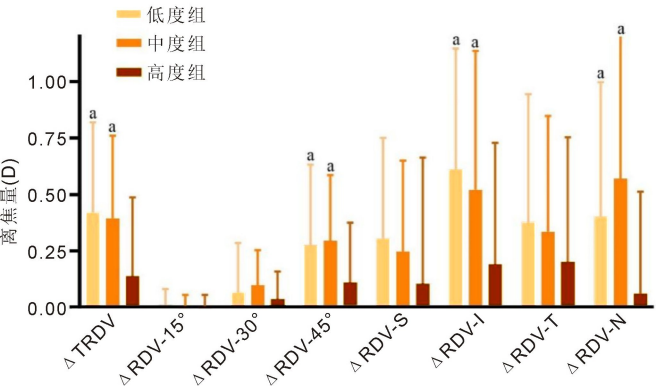


图 3 不同程度近视患者散瞳前后视网膜周边离焦变化量的对比图 <sup>a</sup>P<0.017 vs 高度组。

3 讨论

自从 Smith 等基于猴眼的系列研究<sup>[1,18-21]</sup>给出令人信服的证据以来,视网膜存在局部调控机制并决定眼球屈光系统发育过程的观点已被认可。作为近视防控的主要手段、采用光学镜片改变视网膜周边离焦以控制近视进展的方法也已在临床普及应用,但调节对儿童青少年近视眼视网膜周边离焦的影响则鲜见报道。本研究发现儿童青少年近视在使用睫状肌麻痹剂后视网膜周边离焦量显著增加,呈现出远视性漂移特点,此现象值得关注。

本研究结果显示:近视在使用睫状肌麻痹剂后的 MRT 测量值发生了显著变化,表现为散瞳后视网膜周边

离焦量(如 TRDV、RDV-30°、RDV-45°、RDV-S、RDV-I、RDV-T、RDV-N 等 MRT 参数)出现远视漂移现象,且越远离黄斑中心凹,远视性漂移幅度越大。这一结果与 Lu 等<sup>[16]</sup>在成人近视患者观察到的结果相似。二者的区别在于,除年龄差异之外,后者受样本量的限制未对成人近视的屈光度进行精细化的分组分析。本研究在满足组间年龄均衡的前提下,将研究对象按屈光度分为低度、中度、高度近视三组并进行了详尽的组内、组间差异对比分析,发现儿童青少年近视眼散瞳前后视网膜周边离焦量的变化幅度明显高于成人近视——这可能与两组研究样本的调节功能差异有关,即儿童青少年近视的调节幅度要高于成人近视。这也进一步表明:调节状态会影响近视患者的视网膜周边离焦量。

本研究进行低度、中度、高度近视组间基线值比较发现:MRT 参数测量值仅 RDV-S 存在组间差异,表现为低度、中度组的近视性离焦量显著高于高度组。这与 Lu 等<sup>[22]</sup>的结果不同,原因可能与后者的纳入标准及分组方法不同有关。这也提示 MRT 测量值可能受高散光的干扰<sup>[23]</sup>,研究过程中应尽量在确保年龄均衡的前提下选择低散光量的参与者。

本研究针对组间变化量的统计结果提示:相较于高度近视,睫状肌麻痹剂导致中、低度近视在 TRDV、RDV-45°、RDV-I、RDV-N 等参数上的变化幅度更大。临床上,MRT 除了作为视网膜周边离焦量的快速检测工具使用之外,其主要用途是为个性化定制包含自由曲面的光学离焦镜片提供客观依据,此类镜片已广泛用于儿童青少年近视防控。考虑到散瞳剂对近视患者视网膜周边离焦量测量值的显著影响,推荐视网膜周边离焦量这一临床数据应以生理瞳孔状态下的测量值为准,用于定制光学离焦镜片。另一方面,随着 0.01%低浓度阿托品滴眼液在国内上市,其作为近视防控的有效用药已被正式推荐临床使用<sup>[24]</sup>。而对于采用“低浓度阿托品滴眼液联合光学离焦镜片”方案的近视患者,使用低浓度阿托品滴眼液的具体时间或频次,以及实际效果值得探讨。

本研究存在不足之处:(1)为满足组间年龄均衡的要求,本研究未纳入 10 岁以下的儿童;(2)本研究主要探讨了散瞳剂(复方托吡卡胺滴眼液)对近视患者视网膜周边

离焦量的影响,而作为近视防控临床用药的低浓度阿托品滴眼液是否存在相似效应亦值得关注。本研究数据提示:临床上对于联合低浓度阿托品滴眼液进行近视控制的患者,特别是存在调节功能下降的这类患者,其实际的视网膜周边离焦量可能不及预期,这可能是近视控制疗效欠佳的原因之一。

综上所述,本研究发现散瞳剂可显著影响儿童青少年近视的视网膜周边离焦量,使之发生远视性漂移,表现为距离黄斑中心凹越远、变化幅度越大,且中、低度近视的变化幅度大于高度近视。

**利益冲突声明:** 本文不存在利益冲突。

**作者贡献声明:** 甘露论文选题与修改,初稿撰写;邓文涛文献检索,数据分析;王季芳、赵武校选题指导,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] Smith EL 3rd, Ramamirtham R, Qiao-Grider Y, et al. Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007,48(9):3914-3922.

[2] Rozema J, Dankert S, Iribarren R. Emmetropization and nonmyopic eye growth. *Surv Ophthalmol*, 2023,68(4):759-783.

[3] Hu HL, Li SZ, Feng AY, et al. Relative peripheral refraction in school children with different refractive errors using a novel multispectral refraction topographer. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(8):1477-1482.

[4] Tang WT, Zhao WJ, Liao J, et al. One-year results for myopia control of orthokeratology with different back optic zone diameters: a randomized trial using a novel multispectral-based topographer. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(2):324-330.

[5] Logan NS, Bullimore MA. Optical interventions for myopia control. *Eye*, 2024,38(3):455-463.

[6] Lawrenson JG, Huntjens B, Virgili G, et al. Interventions for myopia control in children: a living systematic review and network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2025,2025(2):CD014758.

[7] Atchison DA, Rozema JJ. Technical notes on peripheral refraction, peripheral eye length and retinal shape determination. *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2023,43(3):584-594.

[8] Zhao YB, Fang FZ. Measurement of the peripheral aberrations of human eyes: a comprehensive review. *Nanotechnol Precis Eng*, 2020,3(2):53-68.

[9] Perdziak M, Prymula K, Przekoracka-Krawczyk A. Utility of retinoscopy to examine peripheral refraction. *J Optom*, 2024,17(3):100505.

[10] Huang YQ, Guo JY, Guo Y, et al. A focusing method on refraction topography measurement. *Sci Rep*, 2023,13:16440.

[11] Zhao Q, Du XL, Yang Y, et al. Quantitative analysis of peripheral retinal defocus checked by multispectral refraction topography in myopia among youth. *Chin Med J*, 2023,136(4):476-478.

[12] Liao YR, Yang ZL, Li ZJ, et al. A quantitative comparison of multispectral refraction topography and autorefractometer in young adults. *Front Med*, 2021,8:715640.

[13] Lu WC, Ji RY, Ding WZ, et al. Agreement and repeatability of central and peripheral refraction by one novel multispectral-based refractor. *Front Med*, 2021,8:777685.

[14] Logan NS, Radhakrishnan H, Cruickshank FE, et al. IMI accommodation and binocular vision in myopia development and progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):4.

[15] Lundström L, Mira-Agudelo A, Artal P. Peripheral optical errors and their change with accommodation differ between emmetropic and myopic eyes. *J Vis*, 2009,9(6):17.

[16] Lu WC, Peng ZS, Ding WZ, et al. The influence of accommodation on retinal peripheral refraction changes in different measurement areas. *J Ophthalmol*, 2023,2023:5553468.

[17] Sankaridurg P, Tahhan N, Kandel H, et al. IMI impact of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):2.

[18] Smith EL 3rd, Hung LF, Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys. *Vision Res*, 2009,49(19):2386-2392.

[19] Smith EL 3rd, Hung LF, Huang J, et al. Effects of optical defocus on refractive development in monkeys: evidence for local, regionally selective mechanisms. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010,51(8):3864-3873.

[20] Smith EL 3rd, Hung LF, Huang J, et al. Effects of local myopic defocus on refractive development in monkeys. *Optom Vis Sci*, 2013,90(11):1176-1186.

[21] Smith Iii EL, Arumugam B, Hung LF, et al. Eccentricity-dependent effects of simultaneous competing defocus on emmetropization in infant rhesus monkeys. *Vision Res*, 2020,177:32-40.

[22] Lu XL, Zheng XY, Lian LH, et al. Comparative study of relative peripheral refraction in children with different degrees of myopia. *Front Med*, 2022,9:800653.

[23] Chen HY, Chen M, Zhang JJ, et al. The association of peripheral refraction and relative peripheral refraction with astigmatism in Shanghai schoolchildren's myopia: a cross-sectional study. *Ophthalmic Epidemiol*, 2025:1-8.

[24] 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. 低浓度阿托品滴眼液在儿童青少年近视防控中的应用专家共识(2024). *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024,26(9):641-648.