

650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜控制近视的临床效果

张莉苑, 郭颖卓, 陈蛟, 王华, 钟定娟

湖南师范大学附属第一医院/湖南省人民医院 眼视光中心, 湖南 长沙 410005

摘要:目的 探讨 650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜矫正及延缓近视的临床有效性及安全性。方法 选取年龄 ≥ 7 岁的近视患者 71 例, 依据患者自身真实情况, 分为佩戴单焦框架眼镜组(对照组)、650 nm 低能量红光联合单焦框架眼镜组(红光组)、角膜塑形镜组(OK 组)、650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜组(联合组)4 组。入组后 1 个月、3 个月、6 个月进行随访, 评估眼轴、等效球镜、脉络膜厚度、最佳矫正视力及眼压, 并利用光学相干断层扫描成像观察黄斑中心凹 6 mm 范围的视网膜结构, 评估其安全性。采用双因素方差分析、 χ^2 检验、重复测量方差分析等方法进行数据分析。结果 观察至 6 个月时, 对照组、OK 组、红光组、联合组眼轴相对于基线期的变化值差异有统计学意义[(0.181 \pm 0.104) mm、(0.069 \pm 0.108) mm、(-0.130 \pm 0.141) mm、(-0.164 \pm 0.118) mm, $P < 0.001$], 其中联合组控制眼轴的效果最佳。红光组与对照组等效球镜相对于基线期的变化值差异有统计学意义[(0.028 \pm 0.274) D、(-0.309 \pm 0.193) D, $P < 0.001$]。红光组、OK 组、联合组在 1 个月、3 个月、6 个月时脉络膜厚度相对于基线期的变化值差异均有统计学意义(均 $P < 0.001$), 仅联合组在 6 个月内呈现持续增长的趋势。红光组与联合组黄斑中心凹 6 mm 范围内视网膜结构层次清晰, 未见异常。结论 650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜能控制近视进展, 两者联用后对近视的控制效果优于单用红光或角膜塑形镜, 且未影响视网膜结构及最佳矫正视力。

关键词: 近视; 650 nm 低能量红光; 角膜塑形镜; 眼轴; 脉络膜厚度

中图分类号: R778.1+1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2024)05-0052-06

引用格式: 张莉苑, 郭颖卓, 陈蛟, 等. 650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜控制近视的临床效果[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2024, 38(5):52-57. ZHANG Liyuan, GUO Yingzhuo, CHEN Jiao, et al. Clinical Effect of 650-nm Low-Level Red Light in Conjunction with Orthokeratology in Myopia Control[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2024, 38(5):52-57.

Clinical effect of 650-nm low-level red light in conjunction with orthokeratology in myopia control

ZHANG Liyuan, GUO Yingzhuo, CHEN Jiao, WANG Hua, ZHONG Dingjuan

Department of Optometry and Ophthalmology, Hunan Provincial People's Hospital, The First Affiliated Hospital of Hunan Normal University, Changsha 410005, Hunan, China

Abstract: Objective To assess the clinical effectiveness and safety of utilizing a 650-nm low-level red light in combination with orthokeratology for correcting and retarding myopia. **Methods** A total of 71 patients with myopia aged ≥ 7 years were carefully selected and categorized into four distinct groups based on their individual condition: patients wearing single-vision spectacles (control group), patients receiving 650-nm low-level red light treatment and wearing single-vision spectacles (red-light group), patients wearing orthokeratology lenses (OK group), and patients receiving 650-nm low-level red light treatment and wearing with orthokeratology lenses (combination group). Follow-up examinations were carried out at 1-, 3-, and 6-month intervals following enrollment to assess various parameters, including axial length, spherical equivalent, choroid thickness, best-corrected visual acuity and intraocular pressure. The safety of the procedure was evaluated using optical coherence tomography to observe retinal structures within a 6-mm range of the macular fovea. Two-factor analysis of variance, χ^2 test, and repeated-measures analysis of variance were used to analyze the data. **Results** At 6 months, the change of axial length relative to the baseline period value difference in the control group, OK group, red-light group and combination group were significant [(0.181 \pm 0.104) mm, (0.069 \pm 0.108) mm, (-0.130 \pm 0.141) mm, (-0.164 \pm 0.118) mm, $P < 0.001$]. The combination group exhibited the most effective control over the axial length. Additionally, red-light group and control group in the change of equivalent spherical refractive error relative to the baseline period value difference was significant [(0.028 \pm 0.274) D, (-0.309 \pm 0.193) D, $P < 0.001$]. The change in choroidal thickness relative to the baseline period value difference in the red-light, OK, and combination groups at 1, 3, and 6 months were also significant (all $P < 0.001$). Only the combination group showed a continuous growth trend for 6 months. The retinal structures of both the red-light and combination groups displayed clarity within a 6-mm range of the macular fovea, and no abnormalities were detected.

收稿日期: 2023-04-18

基金课题: 湖南创新型省份建设专项任务书(2020SK2118); 湖南省教育厅科学研究项目(22A0044)

通信作者: 王华. E-mail: wanghuaeye@163.com; 钟定娟. E-mail: zdjlx@163.com

Conclusion The application of 650-nm low-level red-light in combination with an orthokeratology lens can regulate the progression of myopia. Furthermore, the efficacy of the combination of these two methods surpasses that of either red light or the orthokeratology lens used individually, and did not affect the structure of retina and best corrected visual acuity.

Key words: Myopia; 650-nm low-level red light; Orthokeratology; Axial length; Choroidal thickness

近视与多种眼部病理状态的发展有关,如黄斑变性、视网膜脱离、白内障、青光眼等。除此外,近视给社会带来严重的经济负担及心理负担^[1]。目前控制近视的方法主要包括低浓度阿托品、周边离焦镜片、角膜塑形镜及环境干预等。低浓度阿托品及角膜塑形镜控制近视进展的疗效在临床中是获得认可的,但阿托品长期用于近视防控的有效性及其安全性仍在探索中。角膜塑形镜是一种逆几何设计的硬性透气性角膜接触镜,可以有效减缓眼轴增长的速度,是公认控制近视的方法之一,但其总体有效率存在个体差异^[2-3]。

鉴于户外活动对近视的控制作用,有学者研究了光与近视的关系:光照周期、光照频率以及不同波长的单色光对近视均有一定程度的影响^[4-5]。2018 年陈培正等^[6]首次报道 650 nm 低能量红光具有控制青少年眼轴增长、延缓近视进展的作用。随后有更多学者证实了 650 nm 低能量红光对近视的控制作用^[7-9]。

对于使用单一近视防控措施效果不佳者,国际近视研究学会建议考虑联合治疗。既往研究证实角膜塑形镜联合低浓度阿托品可以协同增强近视控制效果。然而相较于低度近视,其对中、高度近视的控制效果并不具有明显叠加效应^[10]。为探索其他联合治疗措施对近视的控制效果,本研究采用前瞻性非随机对照临床研究,旨在观察 650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜对近视的控制效果是否具有协同效应,并分析两者联用的有效性及安全性。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为前瞻性非随机对照真实世界临床试验研究。选取于 2021 年 7 月至 2022 年 1 月期间在湖南省人民医院眼视光中心诊断为近视的儿童青少年,根据其监护人的意愿选择不同方法控制近视进展。分为单焦框架眼镜组(对照组 36 眼)、650 nm 低能量红光联合单焦框架眼镜组(红光组 44 眼)、角膜塑形镜组(OK 组 32 眼)、650 nm 低能量红光联合角膜塑形镜组(联合组 29 眼)4 组。本研究通过湖南省人民医院医学伦理委员会批准[伦理号:(2022)-39],遵循《赫尔辛基宣言》原则,参与本研究

的对象充分知情并由对象法律监护人签署知情同意书。

纳入标准:① 男女不限,年龄 ≥ 7 岁;② 睫状肌麻痹后至少一眼等效球镜为 $-0.5\text{ D}\sim -6.0\text{ D}$ 。

排除标准:① 既往使用离焦镜片(新乐学等)光学矫正措施或者低浓度阿托品等药物措施控制近视;② 顺规散光 $\geq 1.75\text{ D}$ 或逆规散光 $\geq 1.00\text{ D}$;③ 眼部疾病:斜视、弱视、青光眼、白内障、角膜疾病、眼底疾病、眼外伤或眼内手术史等;④ 合并全身性疾病:心脏病、呼吸道疾病、结缔组织病等。

1.2 研究方法

1.2.1 方法

4 组患者入组前均进行常规眼科检查及睫状肌麻痹验光。对照组佩戴单焦框架眼镜。红光组在佩戴单焦框架眼镜的基础上每日使用 2 次红光发生仪,每次 3 min,每次间隔 4 h 及以上。OK 组及联合组均采用 VST 设计的角膜塑形镜治疗,每晚佩戴时间 $\geq 7\text{ h}$ 。联合组在采用角膜塑形镜治疗的基础上每日使用 2 次红光发生仪(使用方法同红光组)。红光发生仪为国家二类医疗器械(艾尔兴,中国苏州),输出激光功率(PC):(2.0 \pm 0.5)mW,输出激光在观察口的光斑直径:(10 \pm 2)mm,照度 730 Lux,激光波长:(650 \pm 10)nm。

1.2.2 随访检查

随访时间为入组前,入组后 1 个月、3 个月、6 个月。记录各时间点眼轴(axial length, AL)、等效球镜(spherical equivalent, SE)、非接触式眼压(non-contact intraocular pressure, NCT)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)、脉络膜厚度(subfoveal choroidal thickness, SFChT)、光学相干断层扫描成像(optical coherence tomography, OCT)及裂隙灯显微镜等检查结果。其中对照组随访时间为入组前及入组后 6 个月,随访内容为眼轴、屈光度、眼压及最佳矫正视力。眼部常规检查使用裂隙灯检查(TOPCON, 日本),眼压测量使用非接触式眼压计(Leica Reichert-7, 美国),眼轴测量使用生物测量仪(NIDEK, 日本),验光使用电脑验光仪(天乐, 中国),验光前进行 1%复方托吡卡胺滴眼液麻痹睫状肌,光学相干断层扫描成像使用 DRI OCT Triton(TOPCON, 日本)。脉络膜厚度被定义为视网膜色素上皮细胞层外侧至巩膜内侧边界的距离,厚度为仪器自动识别。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 22.0 软件。计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示, 采用 χ^2 检验对计数资料进行组间差异性检验, 采用独立样本 t 检验比较两组组间差异, 采用双因素方差分析检验角膜塑形镜、低能量红光对眼轴的主效应及交互效应, 采用单因素方差分析比较 3 组及以上的计量资料组间差异, 方差不齐进行 Brown-Forsythe 校正, 组内不同时间点重复测量数据采用方差分析, 两两比较采用 LSD 检验。检验水准为 $\alpha=0.05$ 。

表 1 入组前各组参数资料比较
Table 1 Baseline characteristics of study groups

项目	对照组(36例)	OK组(32例)	红光组(44例)	联合组(29例)	<i>P</i>	χ^2
性别(男/女)	18/18	18/14	19/25	19/10	0.287	3.773
年龄/岁	9.78±1.57	9.56±1.61	9.11±1.24	9.97±1.64	0.084	2.264
SE/D	-2.11±1.11	-2.44±1.15	-1.87±1.16	-2.55±1.32	0.060	2.530
AL/mm	24.33±0.82	24.24±0.73	24.13±0.80	24.54±0.96	0.202	1.558
SFChT/ μ m		206.8±53.53	217.8±56.08	223.90±58.55	0.479	0.740
NCT/mmHg	15.02±2.64	15.81±2.58	15.67±2.42	14.63±2.26	0.190	1.609
BCVA	1.02±0.10	1.00±0.09	1.03±0.12	1.03±0.09	0.482	74.292

2.2 眼轴的变化

至 6 个月时, 角膜塑形镜及低能量红光对眼轴的变化均有主效应(均 $P < 0.001$), 但二者之间无交互效应($P = 0.335$)。对照组、OK 组、红光组、联合组眼轴相对于基线期的变化值差异有统计学意义 [(0.181±0.104) mm、(0.069±0.108) mm、(-0.130±0.141) mm、(-0.164±0.118) mm, $P < 0.001$]。联合组对眼轴的控制效果最佳, 红光组次之, 对照组最差。见图 1 (AL 变化值 = 随访时间点 AL-基线 AL)。与基线相比, 在 1 个月时 OK 组眼轴差异无统计学意义($P = 0.455$), 联合组及红光组差异均有统计学意义(P 均 < 0.001); 在 3 月时 OK 组差异无统计学意义($P = 0.089$), 红光组及联合组差异均有统计学意义(P 均 < 0.001); 在 6 个月时, 对照组、OK 组、联合组差异均有统计学意义 ($P < 0.001$, $P = 0.001$, $P < 0.001$), 红光组差异无统计学意义($P =$

2 结果

2.1 基本资料

本研究共计纳入 71 例(141 眼), 其中男 37 例(74 眼)、女 34 例(67 眼); 年龄 7~13 岁, 平均(9.56±1.52)岁。基线时, 各组性别、年龄、等效球镜、眼轴、脉络膜厚度、眼压、最佳矫正视力的比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$), 具有良好的可比性。见表 1。

0.547)。以上表明 OK 组眼轴在 1 个月及 3 个月时与基线对比呈持平状态, 在 6 个月时较基线有轻微增长; 红光组眼轴在 1 个月及 3 个月时均可见明显回退, 在 6 个月时较基线有轻微但不显著的回退; 联合组眼轴在 6 个月内均呈现明显回退, 而对照组眼轴在 6 个月时较基线可见明显增长。见表 2。

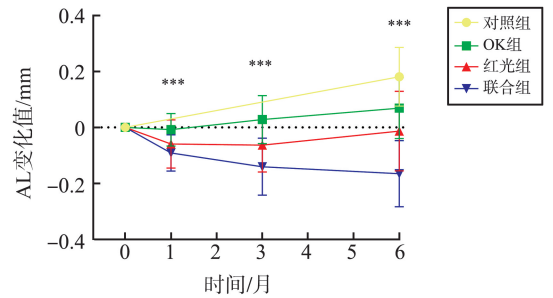


图 1 各组 AL 变化值在不同时间点的组间比较 (***)
Figure 1 Comparison of change in axial length between groups at different time points (***)

表 2 不同采样点的眼轴
Table 2 Axial length at different sampling points

AL	对照组(36例)	OK组(32例)	红光组(44例)	联合组(29例)	<i>P</i>	<i>F</i>
基线	24.33±0.82	24.24±0.73	24.13±0.80	24.54±0.96	0.202	1.558
1个月		24.23±0.72	24.06±0.79	24.45±0.97	0.160	1.864
3个月		24.27±0.71	24.06±0.81	24.40±0.98	0.222	1.530
6个月	24.51±0.81	24.31±0.70	24.11±0.97	24.38±0.98	0.179	1.656
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001		
<i>t/F</i>	-10.390	11.110	13.410	18.890		

单位:mm

2.3 等效球镜的变化

至 6 个月时,红光组与对照组等效球镜相对于基线期的变化值差异有统计学意义[(0.028±0.274)D、(-0.309±0.193)D, $P<0.001$],对照组等效球镜较红光组明显增加。见图 2(SE 变化值=随访时间点 SE-基线 SE)。与基线相比,红光组等效球镜在 1 个月及 3 个月时差异均有统计学意义($P<0.001$, $P=0.001$),在 6 个月时差异无统计学意义($P=0.496$);对照组等效球镜在 6 个月时差异有统计学意义($P<0.001$)。以上表明红光组等效球镜在 1 个月及 3 个月时较基线有明显回退,在 6 个月时较基线有轻微但不显著的回退,而对照组在 6 个月时较基线明显增长。见表 3。

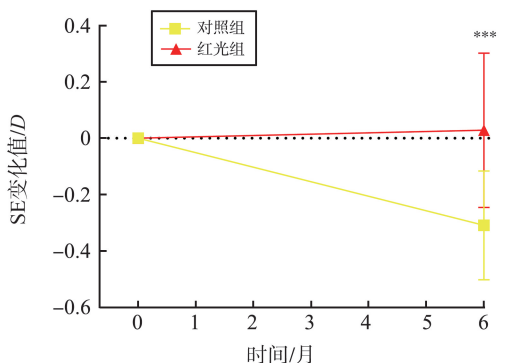


图 2 红光组与对照组 6 月时 SE 变化值的组间比较 (** $P<0.001$)

Figure 2 Comparison of changes in spherical equivalent (SE) between the red-light group and control group at 6 months (** $P<0.001$)

表 3 红光组与对照组不同采样点的等效球镜

Table 3 Spherical equivalent of the red-light group and control group at different sampling points 单位:D

SE	对照组 (36 例)	红光组 (44 例)	P	t
基线	-2.11±1.11	-1.87±1.16	0.335	0.970
1 个月		-1.75±1.23		
3 个月		-1.73±1.20		
6 个月	-2.42±1.13	-1.84±1.13	0.023	2.230
P	<0.001	<0.001		
t/F	9.590	6.930		

2.4 脉络膜厚度的变化

OK 组、红光组、联合组脉络膜厚度在 1 个月、3 个月、6 个月时相对于基线期的变化值差异均有统计学意义(均 $P<0.001$)。至 6 个月时,三组脉络膜厚度相对于基线期的变化值分别为 (3.531±19.691) μm 、(14.634±29.545) μm 、(34.689±25.515) μm ,联合组脉络膜厚度增长幅度大于红光组及 OK 组。见图 3 (SFChT 变化值=随访时间点 SFChT-基线 SFChT)。与基线相比,三组在 1 个月及 3 个月时差异

均有统计学意义(均 $P<0.005$);在 6 个月时,OK 组差异无统计学意义($P=0.318$),红光组及联合组差异均有统计学意义($P=0.002$, $P<0.001$)。以上表明 OK 组脉络膜厚度在 1 个月及 3 个月时较基线明显增厚,在 6 个月时回落至基线水平;红光组及联合组脉络膜在 1 个月即可见明显增长,3~6 个月时增长幅度相对稳定,但联合组幅度更大。见表 4。

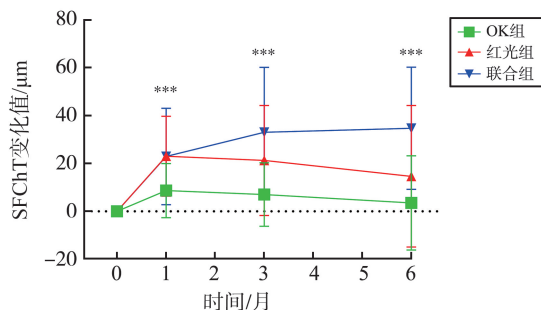


图 3 OK 组、红光组与联合组 SFChT 变化值在不同时间点的组间比较 (** $P<0.001$)

Figure 3 The changes of subfoveal choroidal thickness (SFChT) in the OK group, red-light group and combination group at different time points were compared between the groups (** $P<0.001$)

表 4 OK 组、红光组及联合组不同采样点的脉络膜厚度

Table 4 Subfoveal choroidal thickness of different sampling points in the OK group, red-light group and combination group 单位: μm

SFChT	Ok 组 (32 例)	红光组 (44 例)	联合组 (29 例)	P	F
基线	206.84±53.53	217.80±56.08	223.93±58.55	0.479	0.740
1 个月	215.52±53.83	240.84±55.77	246.86±52.83	0.055	2.992
3 个月	213.90±51.16	239.04±61.34	257.00±58.90	0.016	4.320
6 个月	210.38±53.32	232.43±58.90	258.62±58.50	0.005	5.595
P	0.002	<0.001	<0.001		
F	6.380	28.390	17.030		

2.5 安全性

至 6 个月时,四组 BCVA 相对于基线期的变化差异无统计学意义($P=0.185$)。四组眼压在 6 个月时的比较差异无统计学意义($P=0.319$),组间两两比较差异均无统计学意义(均 $P>0.05$)。红光组、联合组在随访各时间点光学相干断层扫描黄斑中心凹 6 mm 范围内视网膜结构未见异常,各组成员未诉明显畏光等不适。OK 组及联合组在随访期间未见严重的并发症,仅有部分病例出现 1 级的角膜浸润,在使用药物后好转并继续戴镜。

3 讨论

角膜塑形镜作为近视防控中一种常用的光学矫正措施,其控制近视进展有效率为 32%~63%,总体

有效率约 50%^[2]。由于角膜塑形镜及其他近视防控措施在有效率上均存在个体差异,因此需要联合不同措施来提高近视防控的临床效果。Kinoshita 等^[10]研究了角膜塑形镜联合 0.01%阿托品(联合组)与单纯使用角膜塑形镜(OK 组)对近视的控制效果,至 6 个月时,联合组眼轴增长值为(0.05±0.07)mm,OK 组增长值为(0.11±0.11)mm。此结果显示联合组对近视的控制效果明显优于 OK 组,Tan 等^[11]研究结果与此相似,说明联合应用多种近视防控措施,可能会有更强的近视控制效果。本研究结果显示至 6 个月时联合组眼轴变化为(-0.164±0.118)mm,明显优于红光组及 OK 组,提示角膜塑形镜联合低能量红光可以协同增强近视的控制效果。此外,有研究显示低能量红光联合框架眼镜对近视的控制效果优于 0.01%阿托品^[12]。由于角膜塑形镜联合低能量红光与角膜塑形镜联合 0.01%阿托品两组之间的疗效对比目前尚未见报道,因而今后可进一步研究证实两组之间控制近视进展的效果差异。

低能量红光是近视防控中一种新兴措施。一项为期 12 个月的多中心随机临床试验研究显示,低能量红光较单焦框架眼镜能延缓 69.4%的眼轴增长及 76.6%的屈光度进展^[13]。Xiong 等^[7]为期 6 个月的研究显示红光组对眼轴的控制[(−0.06±0.15)mm]优于 OK 组[(0.06±0.15)mm],且在 6 个月时红光组等效球镜相较于基线有明显回退。本研究发现红光组等效球镜在 1 个月及 3 个月较基线有明显的回退,但在 6 个月相较于基线仅有轻微但不显著的回退。Jiang 等^[13]研究中,至 6 个月时,红光组等效球镜及眼轴较基线有轻微增加。最近,一项红光对低度近视控制效果的观察研究中,其等效球镜及眼轴的变化趋势与本研究相一致^[14]。分析原因可能为本研究及 Jiang 等^[13]研究中红光组等效球镜基线水平为低度近视,而 Xiong 等^[7]研究中等效球镜的基线为中度近视。因此推测 650 nm 低能量红光对中高度近视的控制效果可能优于低度近视,今后可分为低、中、高度近视组别进行研究验证。

既往研究发现角膜塑形镜、阿托品及低能量红光均能增加脉络膜厚度^[7,15-16]。Hao 等^[16]观察了角膜塑形镜及角膜塑形镜联合阿托品对近视患儿眼轴及脉络膜的影响,结果显示联合组脉络膜增厚幅度大于角膜塑形镜组,眼轴的控制作用亦为联合组优于角膜塑形镜组。另一项研究中认为使用低能量红光控制近视时,3 个月时的黄斑中心凹下脉络膜厚度变化即可预测 12 个月的近视控制效果^[17]。本研

究显示在 3 个月时,联合组脉络膜增长幅度大于红光组及 OK 组,且在 6 个月的观察期间对眼轴的控制作用亦为联合组最佳。因此,结合本研究的结果,脉络膜增厚趋势与眼轴的控制效果似乎呈正比关系,即脉络膜增厚幅度越大、时间越持久,控制近视效果越佳。

本研究显示低能量红光与角膜塑形镜对眼轴的控制作用均有主效应,但无交互效应,这可能与二者控制近视进展的机制不同有关。既往研究显示角膜塑形镜控制近视的机制可能与周边离焦理论^[18-19]、像差理论^[20]、调节理论^[21-22]相关。红光控制近视的机制目前尚不明确,可能与以下几点有关:①改善眼底血流灌注,改善巩膜缺氧。研究显示低能量红光能改善近视患者的视网膜血流灌注及脉络膜血流灌注密度^[23-24]。巩膜缺氧是巩膜重塑和近视发展的催化剂^[25],低能量红光治疗可能增加眼底的血流灌注及代谢,从而改善巩膜缺氧,恢复巩膜胶原蛋白水平;②刺激多巴胺的分泌。既往研究认为有益的光谱组成分刺激视网膜多巴胺的产生和释放^[26-27]。Wang 等^[28]报告了鸡眼睛暴露在红光、蓝光和紫外光下均能刺激视网膜多巴胺的释放。650 nm 红光作为自然光光谱的一部分,有可能模拟了自然界光谱中的有益成分,刺激多巴胺的释放进而控制近视进展。可能因为二者控制近视的机制不同因而才能产生协同效应。

综上所述,角膜塑形镜联合低能量红光可以协同增强青少年近视的控制效果,且在观察期间未见影响视网膜结构及最佳矫正视力,为近视防控的临床工作提供了参考。然而本研究仍存在一定的局限性,首先,本研究为非随机对照研究,今后可进行随机对照研究进一步验证结果。其次,联合组为既往已使用角膜塑形镜的患者,可能对干预效果造成影响。此外,研究期间受新冠肺炎疫情影响导致样本量相对较少,随访时间较短,因而未来需扩大样本量及增加随访时间验证角膜塑形镜联合低能量红光延缓近视进展的长期效果。

参考文献:

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of Myopia and high Myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042. doi:10.1016/j.ophtha.2016.01.006
- [2] Kaiti R, Shyangbo R, Sharma IP, et al. Review on current concepts of myopia and its control strategies[J]. *Int J Ophthalmol*, 2021, 14(4): 606-615. doi:10.18240/ijo.2021.04.19

- [3] 刘艺, 于明坤, 孙伟, 等. 角膜塑形术控制儿童近视有效性与安全性的 Meta 分析[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2021, 35 (6): 92-100. doi: 10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.037
- LIU Yi, YU Mingkun, SUN Wei, et al. The effectiveness and safety of orthokeratology on controlling myopia of children: a meta-analysis[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2021, 35 (6): 92-100. doi:10.6040/j.issn.1673-3770.0.2021.037
- [4] 赵宏伟, 黄一飞. 光照与近视发生发展的关系[J]. 国际眼科杂志, 2016(1): 74-76. doi: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.1.19
- ZHAO Hongwei, HUANG Yifei. Relationship between light and the development of myopia[J]. Int Eye Sci, 2016 (1): 74-76. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.1.19
- [5] 朱秋蓉, 刘隗黔. 近视与光照的关系[J]. 四川大学学报(医学版), 2021, 52(6): 901-906. doi: 10.12182/20211160205
- ZHU Qiurong, LIU Longqian. Relationship between Myopia and light exposure[J]. J Sichuan Univ (Med Sci), 2021, 52(6): 901-906. doi:10.12182/20211160205
- [6] 陈培正, 张宏亮, 王晶晶, 等. 艾尔兴哺光仪控制青少年、儿童近视疗效分析[J]. 实用中西医结合临床, 2018, 18(10): 63-64, 106. doi: 10.13638/j.issn.1671-4040.2018.10.030
- CHEN Peizheng, ZHANG Hongliang, WANG Jingjing, et al. Analysis of therapeutic effect of Aierxing light feeding instrument on myopia control of teenagers and children [J]. Practical Clinical Journal of Integrated Traditional Chinese and Western Medicine, 2018, 18(10): 63-64, 106. doi: 10.13638/j.issn.1671-4040.2018.10.030
- [7] Xiong F, Mao T, Liao HF, et al. Orthokeratology and low-intensity laser therapy for slowing the progression of Myopia in children[J]. Biomed Res Int, 2021, 2021: 8915867. doi:10.1155/2021/8915867
- [8] Lin ZH, Tao ZY, Kang ZF, et al. A study on the effectiveness of 650-nm red-light feeding instruments in the control of Myopia[J]. Ophthalmic Res, 2023; 641-648. doi:10.1159/000529819
- [9] Chen HY, Wang W, Liao Y, et al. Low-intensity red-light therapy in slowing myopic progression and the rebound effect after its cessation in Chinese children: a randomized controlled trial[J]. Albrecht Von Graefes Arch Fur Klinische Und Exp Ophthalmol, 2023, 261(2): 575-584. doi:10.1007/s00417-022-05794-4
- [10] Kinoshita N, Konno Y, Hamada N, et al. Additive effects of orthokeratology and atropine 0.01% ophthalmic solution in slowing axial elongation in children with myopia: first year results[J]. Jpn J Ophthalmol, 2018, 62(5): 544-553. doi:10.1007/s10384-018-0608-3
- [11] Tan Q, Ng AL, Choy BN, et al. One-year results of 0.01% atropine with orthokeratology (AOK) study: a randomised clinical trial[J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2020, 40(5): 557-566. doi:10.1111/opo.12722
- [12] Chen YX, Xiong RL, Chen X, et al. Efficacy comparison of repeated low-level red light and low-dose atropine for Myopia control: a randomized controlled trial[J]. Transl Vis Sci Technol, 2022, 11(10): 33. doi:10.1167/tvst.11.10.33
- [13] Jiang Y, Zhu ZT, Tan XP, et al. Effect of repeated low-level red-light therapy for Myopia control in children: a multicenter randomized controlled trial[J]. Ophthalmology, 2022, 129(5): 509-519. doi:10.1016/j.ophtha.2021.11.023
- [14] Tian L, Cao K, Ma DL, et al. Six-month repeated irradiation of 650nm low-level red light reduces the risk of myopia in children: a randomized controlled trial[J]. Int Ophthalmol, 2023; 1-10. doi:10.1007/s10792-023-02762-7
- [15] Li W, Jiang R, Zhu Y, et al. Effect of 0.01% atropine eye drops on choroidal thickness in myopic children[J]. J Fr Ophthalmol, 2020, 43(9): 862-868. doi:10.1016/j.jfo.2020.04.023
- [16] HAO Qian, ZHAO Qi. Changes in subfoveal choroidal thickness in myopic children with 0.01% atropine, orthokeratology, or their combination[J]. Int Ophthalmol, 2021, 41(9): 2963-2971. doi: 10.1007/s10792-021-01855-5
- [17] Xiong RL, Zhu ZT, Jiang Y, et al. Longitudinal changes and predictive value of choroidal thickness for Myopia control after repeated low-level red-light therapy[J]. Ophthalmology, 2023, 130(3): 286-296. doi: 10.1016/j.ophtha.2022.10.002
- [18] Wu JF, Fang WX, Xu HW, et al. The biomechanical response of the Cornea in orthokeratology[J]. Front Bioeng Biotechnol, 2021, 9: 743745. doi:10.3389/fbioe.2021.743745
- [19] 陈志, 瞿小妹, 周行涛. 角膜塑形镜对周边屈光度的影响及其作用机制[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2012, 14(2): 74-78. doi: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2012.02.003
- CHEN Zhi, QU Xiaomei, ZHOU Xingtao. Effects of orthokeratology on peripheral refraction and its mechanism [J]. Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science, 2012, 14(2): 74-78. doi: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2012.02.003
- [20] Lau JK, Vincent SJ, Cheung SW, et al. Higher-order aberrations and axial elongation in myopic children treated with orthokeratology[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2020, 61(2): 22. doi:10.1167/iov.61.2.22