

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2025.08.015

文章编号: 1005-8982 (2025) 08-0086-06

临床研究·论著

视觉重塑治疗角膜塑形镜联合重复低强度红光照射治疗近视度数快速进展青少年近视患者的临床研究*

张恒¹, 巨根²

(宝鸡市人民医院 1.眼科, 2.视光屈光中心, 陕西 宝鸡 722300)

摘要: 目的 探究视觉重塑治疗(VST)角膜塑形镜联合重复低强度红光(RLRL)照射治疗近视度数快速进展青少年近视患者的临床效果。**方法** 回顾性分析2020年3月—2022年1月宝鸡市人民医院收治的75例(150眼)近视度数快速进展青少年近视患者的临床资料,根据治疗方法不同分为观察组(38例,76眼)与对照组(37例,74眼)。对照组接受VST角膜塑形镜治疗,观察组在对照组基础上接受RLRL照射治疗。对比两组裸眼视力、柱镜度数、等效球镜度、眼生物学参数、角膜内皮细胞面积与密度、角膜上皮染色情况、双眼调节功能参数及并发症。**结果** 观察组治疗前后裸眼视力、柱镜度数、等效球镜的差值均高于对照组($P<0.05$)。两组治疗前后前房深度、中央角膜厚度的差值比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。观察组治疗前后眼轴长度的差值高于对照组($P<0.05$)。观察组治疗前后角膜内皮细胞面积和密度的差值均高于对照组($P<0.05$)。观察组角膜上总皮染色率低于对照组($P<0.05$)。观察组治疗前后眼部正相对调节、眼部负相对调节、眼部调节幅度、眼部调节灵敏度的差值均高于对照组($P<0.05$)。两组并发症总发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论** VST角膜塑形镜联合RLRL照射治疗近视度数快速进展青少年近视患者效果确切,可改善双眼调节功能,延缓近视进展,控制近视快速增长,改善角膜功能,且不会明显增加并发症发生风险。

关键词: 青少年近视;视觉重塑治疗;角膜塑形镜;重复低强度红光照射;近视度数快速进展;并发症

中图分类号: R778.11

文献标识码: A

Clinical study of VST orthokeratology combined with repeated low-level red-light therapy in the treatment of rapidly progressive myopia in adolescents*

Zhang Heng¹, Ju Geng²

(1. Department of Ophthalmology; 2. Optometry Center, Baoji People's Hospital, Baoji, Shaanxi 722300, China)

Abstract: Objective To analyze the clinical effect of vision shaping treatment (VST) orthokeratology combined with repeated low-level red-light (RLRL) therapy on rapidly progressive myopia in adolescents. **Methods** The clinical data of 75 adolescent patients (150 eyes) with rapidly progressive myopia admitted to Baoji People's Hospital from March 2020 to January 2022 were retrospectively analyzed. They were divided into the observation group ($n = 38$, with 76 eyes) and the control group ($n = 37$, with 74 eyes) based on different treatment methods. The control group received VST orthokeratology and the observation group received RLRL therapy in addition to VST orthokeratology. Uncorrected visual acuity, cylindrical power, spherical equivalent, ocular biometric parameters, corneal endothelial cell area and density, corneal epithelial staining, binocular accommodative facility and

收稿日期: 2024-12-06

* 基金项目: 陕西省重点研发计划项目 (No: 2022SF-219)

[通信作者] 巨根, E-mail: jghot1234@163.com; Tel: 18191797567

complications were compared between the two groups. **Results** The differences of uncorrected visual acuity, cylindrical power and spherical equivalent before and after treatment in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). The differences of anterior chamber depth and central corneal thickness before and after treatment were not different between the two groups ($P > 0.05$). The difference of the axial length before and after treatment in the observation group was greater than that in the control group ($P < 0.05$). The corneal endothelial cell area and density in the observation group were higher than those in the control group both before and after treatment ($P < 0.05$). The overall rate of corneal staining in the observation group was lower than that of the control group ($P < 0.05$). The differences of positive relative accommodation, negative relative accommodation, amplitude of accommodation and accommodative facility before and after treatment in the observation group were higher than those in the control group ($P < 0.05$). There was no difference in the overall incidence of complications between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** The combination of VST orthokeratology and RLRL therapy is effective in treating adolescents with rapidly progressive myopia. It can improve binocular accommodative facility, slow myopia progression, control axial elongation, enhance corneal function, and does not significantly increase the risk of complications.

Keywords: myopia in adolescents; vision shaping treatment; orthokeratology lenses; repeated low-level red-light therapy; rapidly progressive myopia; complication

近视为常见的眼部屈光异常,是全球重大公共卫生问题^[1]。近年来,我国近视发生率的增长趋势较为迅速,已成为青少年视力低下的重要原因,给青少年的生活质量与学习带来严重影响,若进展为高度近视,可引起严重眼部并发症,甚至失明^[2]。临床研究发现,眼轴长度越长、初发近视度数越深、近视初发年龄越早,近视进展速度越快,未来发展为高度近视的风险越高^[3]。视觉重塑治疗(vision shaping treatment, VST)角膜塑形镜为公认的可有效控制近视进展的一种光学矫正干预措施,其可通过重塑角膜前表面来形成视网膜周边离焦状态并改变屈光力,从而延缓眼轴增长,矫正中央屈光不正,但用于治疗近视度数快速进展尚存在不足^[4]。重复低强度红光(repeated low-level red-light, RLRL)照射通过直接、反复、短时的视网膜照射,可抑制儿童青少年近视快速增长。但其辅助VST角膜塑形镜治疗近视度数快速进展青少年近视患者效果如何尚缺乏报道。鉴于此,本研究旨在探讨联合治疗的有效性与安全性。

1 资料与方法

1.1 一般资料

回顾性分析2020年3月—2022年1月宝鸡市人民医院收治的75例(150眼)近视度数快速进展青少年近视患者的临床资料,根据治疗方法不同分为观察组(38例,76眼)与对照组(37例,74眼)。对照组与观察组性别构成、年龄和病程比较,经

χ^2/t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。两组具有可比性。本研究经医院医学伦理委员会批准。见表1。

表1 两组患者一般资料比较

组别	n	男/女/例	年龄/(岁, $\bar{x} \pm s$)	病程/(年, $\bar{x} \pm s$)
对照组	37	20/17	11.23 ± 1.35	2.34 ± 0.42
观察组	38	26/12	11.61 ± 1.26	2.49 ± 0.46
t/χ^2 值		1.632	1.261	1.474
P值		0.201	0.211	0.145

1.2 纳入与排除标准

1.2.1 纳入标准 ①屈光检查显示近视^[5]; ②年龄8~14岁; ③近视度数快速进展:单位时间内等效球镜度数的变化量(spherical equivalent change over time, $\Delta SW/\Delta AT$) < -0.50 D/年^[3]; ④临床资料完整。

1.2.2 排除标准 ①双眼眼压不正常,存在弱视、斜视等其他眼部病理性改变; ②既往有角膜塑形镜使用史; ③存在RLRL照射禁忌证,如干燥综合征、红斑狼疮、白化病、黄斑疾病等; ④眼部存在活动性炎症; ⑤个人卫生不良、依从性较差; ⑥合并急慢性鼻窦炎; ⑦戴镜期间出现严重并发症,如虹膜炎、角膜炎等。

1.3 治疗方法

对照组接受VST角膜塑形镜治疗。配镜前常规检查,包括裂隙灯显微镜检查眼表、FT-1000型非接触眼压计(上海朗逸医疗器械有限公司)检测

眼压、客观验光、主观验光等。对于常规检查符合配镜标准者,按照角膜直径等综合指标选取适合的角膜塑形镜。本研究选择 VST 设计 Dreamlite 镜片(荷兰 Dreamlite 公司),镜片中央厚度为 0.22 mm,材料为 Boston Equalensm II,4 区设计。由专业的配镜医师指导患者镜片的佩戴方法与保养方法,告诉患者随访时间及复查注意事项。观察组在对照组基础上接受 RLRL 照射治疗,红光波长为 650 nm,输出功率(2.0±0.5) mW,半导体激光。自然瞳孔状态下,RLRL 照射 2 次/d,3 min/次,2 次治疗间隔时间>4 h。持续治疗 1 年,于角膜塑形镜摘取后实施 RLRL 照射。

1.4 观察指标

1.4.1 裸眼视力、柱镜度数、等效球镜度 治疗前后采用国际标准视力表测量患者裸眼视力,通过 SJR-9900A 型电脑验光仪(上海沫锦医疗器械有限公司)测定柱镜度数、等效球镜度。

1.4.2 眼生物学参数 治疗前后通过 IOL Master-700 型光学生物测量仪(德国蔡司公司)测量前房深度、中央角膜厚度与眼轴长度。

1.4.3 角膜内皮细胞面积与密度 治疗前后通过 SP-3000P 角膜内皮镜(日本 Topcan 公司)检测角膜内皮细胞面积与密度。

1.4.4 角膜上皮染色情况 治疗 1 年后实施荧光素角膜染色检查,将 1 滴 1%~2% 荧光素钠滴入患者角膜囊内,眨眼 3 或 4 次,使荧光素均匀分布于角膜,接着通过裂隙灯钴蓝光测定角膜上皮染色情况,具体分级参考文献[6]。

1.4.5 双眼调节功能参数 治疗前后采用双眼前增减凹凸透镜测定眼部正相对调节(positive relative accommodation, PRA)、眼部负相对调节(negative relative accommodation, NRA),推进法测定眼部调节幅度(amplitude of accommodation, AMP),翻转拍法测定眼部调节灵敏度(accommodative facility, AF)。

1.4.6 并发症 统计两组治疗期间内并发症,如角膜浅层基质层混浊浸润、点状角膜上皮染色、结膜炎等发生情况。

1.5 统计学方法

数据分析采用 SPSS 22.0 统计软件。计数资料以构成比或率(%)表示,比较用 χ^2 检验;计量资

料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较用 t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组治疗前后裸眼视力、柱镜度数、等效球镜度的变化

对照组与观察组治疗前后裸眼视力、柱镜度数、等效球镜度的差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);观察组治疗前后裸眼视力、柱镜度数、等效球镜的差值均高于对照组。见表 2。

表 2 两组治疗前后裸眼视力、柱镜度数和等效球镜度的差值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	裸眼视力差值/ LogMAR	柱镜度数 差值/DS	等效球镜度 差值/D
对照组	74	0.42 ± 0.09	0.29 ± 0.05	3.27 ± 0.41
观察组	76	0.67 ± 0.14	0.38 ± 0.07	4.46 ± 0.58
t 值		12.971	9.040	14.475
P 值		0.000	0.000	0.000

2.2 两组治疗前后眼生物学参数的变化

对照组与观察组治疗前后前房深度、中央角膜厚度的差值比较,经 t 检验,差异均无统计学意义($P > 0.05$)。对照组与观察组治疗前后眼轴长度的差值比较,经 t 检验,差异有统计学意义($P < 0.05$);观察组治疗前后眼轴长度的差值高于对照组。见表 3。

表 3 两组治疗前后眼生物学参数的差值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	前房深度 差值/mm	中央角膜厚 度差值/ μm	眼轴长度 差值/mm
对照组	74	0.06 ± 0.01	2.31 ± 0.40	1.09 ± 0.28
观察组	76	0.06 ± 0.02	2.37 ± 0.38	1.45 ± 0.34
t 值		0.000	0.942	7.069
P 值		1.000	0.348	0.000

2.3 两组治疗前后角膜内皮细胞面积与密度的变化

对照组与观察组治疗前后角膜内皮细胞面积和密度的差值比较,经 t 检验,差异均有统计学意义($P < 0.05$);观察组治疗前后角膜内皮细胞面积和密度的差值均高于对照组。见表 4。

表 4 两组治疗前后角膜内皮细胞面积和密度的差值比较

($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	角膜内皮细胞面积差值/mm ²	角膜内皮细胞密度差值/(cells/mm ²)
对照组	74	28.41 ± 4.62	271.06 ± 29.13
观察组	76	35.24 ± 5.73	325.64 ± 38.75
<i>t</i> 值		8.024	9.731
<i>P</i> 值		0.000	0.000

2.4 两组角膜上皮染色情况比较

对照组与观察组角膜上皮总染色率比较, 经 χ^2 检验, 差异有统计学意义 ($\chi^2=9.294, P=0.002$); 观察组角膜上皮总染色率低于对照组。见表 5。

2.5 两组治疗前后双眼调节功能参数的变化

对照组与观察组治疗前后 PRA、NRA、AMP、AF 的差值比较, 经 *t* 检验, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$); 观察组治疗前后 PRA、NRA、AMP、AF 的差值均高于对照组。见表 6。

表 5 两组角膜上总皮染色率比较 例(%)

组别	眼数	0级	1级	2级	3级	4级	总染色率
对照组	74	61(82.43)	8(10.81)	2(2.70)	1(1.35)	2(2.70)	13(17.57)
观察组	76	74(97.37)	2(2.63)	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)	2(2.63)

表 6 两组治疗前后双眼调节功能参数的差值比较 ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	PRA 差值/D	NRA 差值/D	AMP 差值/D	AF 差值/cpm
对照组	74	0.34 ± 0.05	0.42 ± 0.11	2.67 ± 0.32	3.11 ± 0.52
观察组	76	0.45 ± 0.08	0.58 ± 0.14	3.75 ± 0.43	4.65 ± 0.79
<i>t</i> 值		10.067	7.769	17.414	14.063
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000	0.000

2.6 两组并发症发生情况

两组并发症总发生率比较, 经 χ^2 检验, 差异

无统计学意义 ($\chi^2=0.071, P=0.789$)。见表 7。

表 7 两组并发症发生率比较 例(%)

组别	眼数	角膜浅层基质层混浊浸润	点状角膜上皮染色	结膜炎	总发生率
对照组	74	2(2.70)	2(2.70)	1(1.35)	5(6.76)
观察组	76	3(3.95)	2(2.63)	1(1.32)	6(7.89)

3 讨论

近视在全球范围内呈大流行趋势, 预计 2050 年全球将有 47.58 亿人出现近视, 其中高度近视 9.38 亿^[7]。报道指出, 我国现阶段青少年近视率不断增加, 并且呈向高度近视发展和低龄化趋势^[8]。目前临床多采用滴用低浓度阿托品、佩戴 VST 角膜塑形镜等方法防控近视, 虽均可延缓近视进展, 但会存在一定的不足, 如局部应用低浓度阿托品会引起一系列不良反应, 如过敏性结膜炎、畏光、瞳孔散大等, 其长期应用的安全性尚缺乏报道^[9]。佩戴 VST 角膜塑形镜需要患者的依从性高、精准的医学

验配, 并可能并发一系列并发症, 如结角膜炎、角膜外伤等^[10]。因此, 寻求一种有效的方式用于辅助 VST 角膜塑形镜治疗近视度数快速进展青少年近视患者具有重要的临床意义。

从眼球的解剖形态来看, 前房深度、角膜曲率、眼轴长度、晶状体调节力和曲率与眼球屈光状态密切相关, 其中眼轴长度为决定屈光状态的重要因素^[11]。本研究中, 观察组治疗前后裸眼视力、柱镜度数、等效球镜、眼轴长度的差值均高于对照组。VST 角膜塑形镜通过眼睑压力与配镜时镜片使角膜中央光学区变平, 同时改变角膜形态, 使角膜中央光学区能够稳定居中, 从而改善眼轴

长度等生物学指标与验光指标^[12]。相关研究表明,近视的主要特征为血流量减少与脉络膜变薄,能够造成巩膜缺氧,影响细胞外基质重塑,造成眼轴明显增加,加速近视进展^[13]。RLRL照射可增加脉络膜血流量,改善局部缺氧环境,从而增加脉络膜厚度,抑制眼轴过快增长,进而延缓近视进展^[14]。马根方等^[15]研究表明,RLRL照射可有效控制青少年近视眼轴增长,疗效确切,与本研究结果一致。角膜内皮状态常用于评估角膜功能稳定性与角膜生理代谢活动。本研究中,观察组治疗前后角膜内皮细胞面积和密度的差值均高于对照组,提示VST角膜塑形镜联合RLRL照射可改善青少年近视患者角膜功能。丁磊等^[16]报道指出,佩戴VST角膜塑形镜可改善青少年近视患者角膜功能,与本研究结果相符。RLRL照射可能有助于促进角膜细胞的新陈代谢,增加角膜细胞的能量产生和废物清除,从而改善患者角膜功能。本研究中,观察组角膜上皮染色率低于对照组。分析其原因为长时间戴镜后护理镜片不当可能会污染镜片,配适不当能够造成过松或过紧,2种情况均可损伤角膜上皮细胞,从而增加角膜上皮染色率^[17],而联合RLRL照射可改善患者角膜功能,减轻角膜损伤,从而降低角膜上皮染色率。本研究中,观察组治疗前后PRA、NRA、AMP、AF的差值均高于对照组,提示VST角膜塑形镜联合RLRL照射可改善患者双眼调节功能。VST角膜塑形镜在控制患者视力的同时,能够改善周边的远视性离焦状态,能够使物体清晰地落于视网膜上,同时能够消除佩戴框架眼镜造成的三棱镜效应与图像缩小,从而改善眼部调节功能^[11, 18]。RLRL照射后患者多巴胺分泌增多,使调控进入脉络膜小叶血量的的小动脉扩张,引起脉络膜循环血流量增加,改善局部缺氧环境,从而改善患者眼部调节功能^[19]。张红梅等^[20]报道指出,相比于单焦点框架眼镜,联合RLRL照射可有效控制儿童近视进展,与本研究报道相似。本研究中,两组并发症总发生率无明显差异,提示VST角膜塑形镜联合RLRL照射不会明显增加并发症发生率。现有文献报道,在1年研究周期内,RLRL照射辅助治疗近视尚无眼组织结构和功能性损伤的报道^[21]。长期RLRL照射是否会造成对比敏感度、视网膜电生理等功能改变或产

生累积的视网膜结构损伤尚无研究报道,后续可进一步进行探讨VST角膜塑形镜联合RLRL照射治疗的远期安全性。

综上所述,VST角膜塑形镜联合RLRL照射治疗近视度数快速进展青少年近视患者效果确切,可改善双眼调节功能,延缓近视进展,控制近视快速增长,改善角膜功能,且不会明显增加并发症发生风险。

参 考 文 献 :

- [1] MEDINA A. The cause of myopia development and progression: theory, evidence, and treatment[J]. *Surv Ophthalmol*, 2022, 67(2): 488-509.
- [2] ZHU Z T, CHEN Y X, TAN Z, et al. Interventions recommended for myopia prevention and control among children and adolescents in China: a systematic review[J]. *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(2): 160-166.
- [3] 林俊宇. 配戴角膜塑形镜前后眼部生物学参数变化的相关性研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2023.
- [4] LI J X, HU J, LI X W, et al. Long-term variations and influential factors of the treatment zone of wearing orthokeratology lenses[J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2023, 46(4): 101867.
- [5] «重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022)»专家组. 重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022)[J]. *中华实验眼科杂志*, 2022, 40(7): 599-603.
- [6] 田琴, 刘兴德, 万俊梅. 夜戴型角膜塑形镜与框架眼镜治疗青少年近视疗效比较[J]. *国际眼科杂志*, 2023, 23(4): 660-664.
- [7] HAN X T, LIU C, CHEN Y X, et al. Myopia prediction: a systematic review[J]. *Eye (Lond)*, 2022, 36(5): 921-929.
- [8] LANDRENEAU J R, HESEMANN N P, CARDONELL M A. Review on the myopia pandemic: epidemiology, risk factors, and prevention[J]. *Mo Med*, 2021, 118(2): 156-163.
- [9] YAM J C, ZHANG X J, ZHANG Y Z, et al. Effect of low-concentration atropine eyedrops vs placebo on myopia incidence in children: the LAMP2 randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2023, 329(6): 472-481.
- [10] MENG Z Q, CHEN S P, ZHE N, et al. Short-term changes in epithelial and optical redistribution induced by different orthokeratology designs[J]. *Eye Contact Lens*, 2023, 49(12): 528-534.
- [11] WANG A K, YANG C H, SHEN L, et al. Axial length shortening after orthokeratology and its relationship with myopic control[J]. *BMC Ophthalmol*, 2022, 22(1): 243.
- [12] 李浩. 关于配戴角膜塑形镜对青少年近视患者眼表影响的研究[D]. 汕头: 汕头大学, 2022.
- [13] DONG J, ZHU Z T, XU H F, et al. Myopia control effect of repeated low-level red-light therapy in Chinese children: a randomized, double-blind, controlled clinical trial[J]. *Ophthalmology*, 2023, 130(2): 198-204.

- [14] XIONG R L, ZHU Z T, 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.
- [15] 马根方, 颜世传, 赵光辉, 等. 重复低强度红光照射和 0.01% 阿托品滴眼液对儿童青少年近视防控效果的比较[J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2023, 45(8): 561-565.
- [16] 丁磊, 张清生, 韩二营, 等. 配戴不同角膜塑形镜矫正近视的效果比较[J]. *中华眼外伤职业眼病杂志*, 2023, 45(4): 267-273.
- [17] RUIZ-LOZANO R E, GOMEZ-ELIZONDO D E, COLORADO-ZAVALA M F, et al. Update on indications, complications, and outcomes of scleral contact lenses[J]. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*, 2021, 10(4): 165-178.
- [18] ZHANG K Y, LYU H B, YANG J R, et al. Efficacy of long-term orthokeratology treatment in children with anisometropic myopia[J]. *Int J Ophthalmol*, 2022, 15(1): 113-118.
- [19] ZHU Q, CAO X J, ZHANG Y, et al. Repeated low-level red-light therapy for controlling onset and progression of myopia-a review[J]. *Int J Med Sci*, 2023, 20(10): 1363-1376.
- [20] 张红梅, 朱云, 刘盛鑫, 等. 重复低强度红光照射对儿童近视进展控制效果的 Meta 分析[J]. *中华实验眼科杂志*, 2023, 41(4): 357-365.
- [21] JIANG Y, ZHU Z T, TAN X P, 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.

(童颖丹 编辑)

本文引用格式: 张恒, 巨根. 视觉重塑治疗角膜塑形镜联合重复低强度红光照射治疗近视度数快速进展青少年近视患者的临床研究[J]. *中国现代医学杂志*, 2025, 35(8): 86-91.

Cite this article as: ZHANG H, JU G. Clinical study of VST orthokeratology combined with repeated low-level red-light therapy in the treatment of rapidly progressive myopia in adolescents[J]. *China Journal of Modern Medicine*, 2025, 35(8): 86-91.