

· 论著 ·

DOI: 10.12464/j.issn.0253-9802.2025-0212

多焦点与单焦点硬性透气性角膜接触镜控制青少年高度近视进展的对比研究

杨静, 罗葭淇, 谢文娟, 杨诚, 李雨蔓, 黎峥, 曾锦✉

(南方医科大学附属广东省人民医院(广东省医学科学院)眼科, 广东 广州 510080)

【摘要】目的 比较多焦点硬性透气性角膜接触镜(MFRGP)与单焦点硬性透气性角膜接触镜(SVRGP)控制8~14岁高度近视青少年近视进展的有效性及其安全性。**方法** 纳入2021至2023年于广东省人民医院就诊的高度近视青少年患者120例。根据近视矫正方式分为MFRGP组(58例)和SVRGP组(62例)。随访1年,评估患者等效球镜度(SE)、眼轴长度(AL)年增长量、戴镜视力、残余SE,以及角膜不良反应发生率。**结果** 2组高度近视患者SE和AL均呈现增长趋势。MFRGP组SE增长量(-0.40 ± 0.31)D, AL增长量(0.25 ± 0.13)mm, SVRGP组SE增长量(-0.62 ± 0.37)D, AL增长量(0.38 ± 0.27)mm, 2组患者SE及AL的增长量变化组间及组内比较差异均具有统计学意义(均 $P < 0.05$)。12个月时MFRGP组戴镜视力好于SVRGP组[LogMAR: $+0.02 \pm 0.06$ vs. $+0.10 \pm 0.09$, $P < 0.001$],残余SE轻于SVRGP组[(-0.29 ± 0.31) D vs. (-0.78 ± 0.71) D, $P = 0.002$]。2组均未发生严重并发症,MFRGP组发生不良反应的概率略高于SVRGP组,但差异无统计学意义,经干预可缓解。**结论** MFRGP在控制青少年高度近视进展方面优于SVRGP,且安全性可控,MFRGP对近视防控具有较好的临床疗效。

【关键词】 高度近视;多焦点硬性透气性角膜接触镜;单焦点硬性透气性角膜接触镜;等效球镜度;眼轴长度

A comparative study on the control of high myopia progression in adolescents using multifocal and single-vision rigid gas permeable contact lenses

YANG Jing, LUO Jiaqi, XIE Wenjuan, YANG Cheng, LI Yuman, LI Zheng, ZENG Jin✉

(Department of Ophthalmology, Guangdong Provincial People's Hospital (Guangdong Academy of Medical Sciences), Southern Medical University, Guangzhou 510080, China)

Corresponding author: ZENG Jin, E-mail: syzengjin@scut.edu.cn

【Abstract】 Objective To compare the efficacy and safety of multifocal rigid gas permeable (MFRGP) lenses versus single-vision rigid gas permeable (SVRGP) lenses in controlling myopia progression in adolescents aged 8 to 14 with high myopia. **Methods** A total of 120 adolescent patients with high myopia, who visited the Guangdong Provincial People's Hospital between 2021 and 2023, were enrolled. Based on their myopia correction method, the patients were divided into the MFRGP group (58 cases) and the SVRGP group (62 cases). Follow-up was conducted for 1 year, during which we assessed their spherical equivalent (SE), annual increase of axial length (AL), visual acuity with lenses, residual SE, and the incidence of corneal adverse reactions. **Results** Both groups showed an increasing trend in SE and AL. In the MFRGP group, the SE change was (-0.40 ± 0.31) D and the AL growth was (0.25 ± 0.13) mm, while in the SVRGP group, the SE change was (-0.62 ± 0.37) D and the AL growth was (0.38 ± 0.27) mm. The differences in the SE and AL increment changes between and within the two groups were statistically significant (all $P < 0.05$). At 12 months, the MFRGP group had better corrected visual acuity than the SVRGP group [LogMAR: $+0.02 \pm 0.06$ vs. $+0.10 \pm 0.09$, $P < 0.001$], and the residual SE was significantly lower than that in the SVRGP group [(-0.29 ± 0.31) D vs. (-0.78 ± 0.71) D, $P = 0.002$]. No severe complications occurred in either group, and although the MFRGP group had a slightly higher probability of adverse reactions compared with the SVRGP group, the difference was not statistically significant and could be alleviated with intervention. **Conclusions** MFRGP is superior to SVRGP in controlling the progression of high myopia in adolescents, and its safety is controllable. MFRGP shows better clinical efficacy in myopia prevention and control.

收稿日期: 2025-07-08

基金项目: 广东省自然科学基金面上项目(2021A1515011822)

作者简介: 杨静, 技师, 研究方向: 眼视光学, E-mail: 13825099929@163.com; 曾锦, 通信作者, 主任医师, 研究方向: 眼视光学、屈光手术、眼科教育, E-mail: syzengjin@scut.edu.cn

【Key words】 High myopia; Multifocal rigid gas permeable contact lens; Single vision rigid gas permeable contact lens; Spherical equivalent; Axial length

近视已成为全球重大公共卫生挑战,呈现出发病低龄化、进展速度快的趋势^[1-2],预计至 2050 年,全球近视患者人数将攀升至 47.58 亿(约占全球人口的 49.8%),其中高度近视患者将达到 9.38 亿^[3-4]。中国是近视高发国家,国家卫生健康委员会最新统计表明,我国青少年近视患病情况极为严峻,总体患病率高达 51.9%,其中高度近视占 9.7%^[5],低龄近视患者更容易发展为高度近视,显著增加未来发生黄斑变性、视神经萎缩等不可逆致盲性眼病的风险^[6-7]。研究表明,近视度数每增加 1.0 D,病理性近视的患病率增加约 67%^[8],凸显了高度近视对视力健康的严重威胁。

近视进展的核心机制与视网膜周边离焦状态密切相关,周边视网膜的离焦状态主导眼轴生长方向,周边远视性离焦刺激眼轴增长,而周边近视性离焦则抑制眼轴增长^[9]。基于此原理,光学干预手段如角膜塑形镜(orthokeratology lens, OK 镜)通过重塑角膜形态诱导周边近视性离焦,在中低度近视防控中效果显著^[10],高度近视因超出生理安全范围的角膜形变需求以及适配复杂性增加,使角膜塑形镜的矫正和防控效果受限,多焦点离焦软性接触镜虽可弥补 OK 镜的上述局限,但对高度散光矫正效果欠佳且成本较高,相比之下,硬性透气性角膜接触镜(rigid gas permeable contact lens, RGP)无需依赖角膜形态重塑,而是直接通过镜片的光学矫正功能提供清晰视力,其高透氧材质可保障长时间佩戴的角膜供氧需求,减少角膜缺氧的并发症,为高度近视提供了更安全的矫正替代方案^[11-12];然而,传统单焦点硬性透气性角膜接触镜(single vision rigid gas permeable contact lens, SVRGP)虽能满足高度近视及不规则散光的视觉需求,但其缺乏主动的近视防控设计;近年研发的用于近视防控的多焦点硬性透气性角膜接触镜(multifocal rigid gas permeable contact lens, MFRGP),其设计融合了传统 SVRGP 的光学优势与周边离焦的近视防控理念,其原理在于中央光学区确保中心视力清晰,周边光学区则精准调控光线路径,在视网膜周边部形成持续、稳定的近视性离焦信号^[13],这种设计为近视尤其是高度近视的儿童青少年,提供了一种兼具视力矫正与近

视控制的光学矫正新方案。

目前关于 MFRGP 在青少年高度近视中的长期疗效及安全性的研究,特别是与 SVRGP 在近视控制效果上的直接对比证据较少。本研究旨在通过分析 MFRGP 与 SVRGP 控制高度近视青少年眼轴长度(axial length, AL)及等效球镜度(spherical equivalent, SE)进展的差异,评估离焦设计的控制效果,为该人群选择最佳矫正方案提供理论依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究为回顾性纵向研究,纳入 2021 年 1 月至 2023 年 12 月(结束随访时间为 2024 年 12 月)在广东省人民医院视光中心就诊的 8~14 岁的高度近视患儿作为研究对象。基于既往类似研究^[14]中眼轴长度变化量为 (0.18 ± 0.015) mm,设定 $\alpha=0.05$ 、 $\beta=0.20$,通过 PASS 15.0 计算得出每组需不少于 55 例,最终纳入 120 例患儿作为研究对象。为了避免双眼数据的互相干扰,仅纳入右眼数据作为分析。根据患儿矫正方式分为 2 组:MFRGP 组 58 例(58 眼),SVRGP 组 62 例(62 眼),纳入标准:①年龄 8~14 岁;②基线散瞳验光 SE $-6.00 \sim -10.00$ D,柱镜度数绝对值 ≤ 2.50 D;③双眼最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA) ≥ 0.8 (小数记录);④无角膜接触镜配戴禁忌证。排除标准:①既往眼部创伤或手术史、角膜疾病、眼底疾病等;②依从性差,未定期复查;③使用阿托品、低强度红光照射等其他近视防控手段;④存在护理液过敏史;⑤未坚持戴镜,自行随意停戴者;⑥配戴后卫生习惯差,镜片磨损明显者。本研究严格遵循《赫尔辛基宣言》,经广东省人民医院伦理委员会批准(批件号:KY2024-442-01),所有患者及法定监护人均已签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 验配前常规检查

所有患者均需完成视力、眼压、泪液分泌试验(Schirmer I 试验)、眼位检查、眼底检查、角膜内皮细胞计数、裂隙灯显微镜等眼科检查。验

光检查遵循规范流程:使用复方托吡卡胺滴眼液进行睫状肌麻痹,每10 min 1滴,共4次,末次点眼15 min后,采用全自动电脑验光仪(NIDEK,日本)进行客观验光,并由视光师进行检影验光及主观验光,记录屈光度,并将其换算成SE。生物学参数检查包括:小瞳状态下,使用Lenstar(LS 900, Haag-streit, 瑞士)检查测量眼轴长度;Pentacam(Oculus, 德国)测量角膜形态数据,使用非接触眼压计(Canon, 日本)进行3次眼压测量,结果取均值记录。以上检查由1位视光师完成所有操作,做好记录。

1.2.2 镜片验配及复查

MFRGP组选择的品牌为梦戴维GP离焦RGP,材料为Boston XO,其透氧系数(DK)为 58×10^{-11} (cm^2/s) [$\text{mLO}_2/(\text{mL} \cdot \text{hPa})$], 镜片厚度0.13 mm, 四区设计, 标准片直径10.0 mm, 光学区直径约3.0~5.0 mm, 光学区精确矫正屈光不正, 离焦区1.0~1.5 mm, 定位区0.8~1.2 mm, 周边弧0.3 mm, 周边离焦量+9~+10 D。验配方法:根据角膜中央区平均K值,确定首片曲率选择;首先根据角膜地形图测量的中央区平均K值确定初始基弧曲率,同时参考6 mm直径处角膜e值计算周边弧面调节因子。试戴镜片约20 min待泪液稳定后,全面评估镜片动态参数,包括活动度理想值为1.5~2.0 mm,中心定位偏移量应 ≤ 0.5 mm,以及各弧段配适状态。采用荧光素染色法在钴蓝光下观察静态配适特征,光学区呈现均匀淡染提示泪液层厚度约10~20 μm ,离焦区为浓染形成有效离焦效应,定位区淡染表明适度接触,周边区可见完整的360度浓染环确保泪液循环。最后进行片上验光,以红绿双色试验达到平衡为终点,确定最终镜片处方参数。

SVRGP组选择的镜片品牌为Menicon,材料为氟硅丙烯酸酯,其透氧系数为 163×10^{-11} (cm^2/s) [$\text{mLO}_2/(\text{mL} \cdot \text{hPa})$], 镜片前后表面采用非球面设计,直径为9.0~9.6 mm,由光学区和边弧区组成。验配方法:根据角膜中央区平均K值,确定首片曲率选择;最后以镜片定位居中、染色均匀、移动度为1.5 mm左右为最佳配适,并根据追加片上光确定镜片定片参数。

在本研究中,2组受试青少年均完成了为期12个月的随访观察。根据原始病历记录,受试者在佩戴镜片期间严格遵循以下时间节点进行规范复查:首日、第1周、第2周、第1个月,以及

后续每3个月(即第3、6、9、12个月)。复查时,主要检查的项目包含戴镜视力、残余SE、眼表、上下眼睑有无滤泡、镜片配适、镜片清洁度等。所有检查项目均采用标准化检测流程,由操作熟练的视光医师操作完成,确保数据采集的规范性和可比性。

1.2.3 评估指标

1) 主要评估指标

SE:戴镜1年后,需停戴1周接触镜后,重新用复方托吡卡胺散瞳,睫状肌麻痹下采用全自动电脑验光仪进行客观验光,联合视光师检影验光测定出屈光度,并换算成SE。

AL:2组青少年在随访期间需要每3个月复查眼轴,眼轴测量需要在裸眼状态下进行。

2) 次要评估指标

戴镜视力:采用标准对数视力表测量视力,记录小数视力值,并转换为LogMAR值进行统计分析,记录2组戴镜后3个月、12个月视力情况。

残余SE:戴镜状态下测量,比较2组戴镜后3个月、12个月残余SE的差异。

3) 安全性指标

每次随访采用荧光素染色评估角膜上皮损伤情况,裂隙灯检查记录结膜滤泡、巨乳头结膜炎及角膜浸润事件。

1.3 统计学方法

采用SPSS 27.0进行数据分析,经K-S正态检验,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较使用独立样本 t 检验,前后比较采用配对样本 t 检验。定性资料采用 $n(\%)$ 进行统计描述,组间比较采用Pearson χ^2 、Yates校正 χ^2 或Fisher确切概率法。以双侧 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结 果

2.1 基本资料

SVRGP组62例(62眼),其中男性26例,女性36例,年龄(11.97 ± 1.83)岁,SE为(-7.06 ± 1.77)D,AL为(26.10 ± 0.93)mm。MFRGP组58例(58眼),男性26例,女性32例,年龄(12.00 ± 1.65)岁,SE为(-7.03 ± 1.00)D,AL为(26.10 ± 0.85)mm;2组间基线资料差异无统计学意义(均 $P > 0.05$),具有可比性,见表1。

表 1 MFRGP 组与 SVRGP 组的基线特征比较
Table 1 Baseline characteristics of MFRGP group and SVRGP group

临床特征	SVRGP 组 (n=62)	MFRGP 组 (n=58)	χ^2/t 值	P 值
男 / 女	26/36	26/32	0.051	0.821
年龄 / 岁	11.97 ± 1.83	12.00 ± 1.65	-0.071	0.943
SE/D	-7.06 ± 1.77	-7.03 ± 1.00	-0.116	0.908
AL/mm	26.10 ± 0.93	26.10 ± 0.85	-0.029	0.977

2.2 等效球镜度增长量比较

2 组患者配戴 1 年后, SE 均呈现进展 (均 $P < 0.001$)。MFRGP 组与 SVRGP 组 SE 变化量差异有统计学意义 ($P < 0.001$), MFRGP 组的 SE 变化量较 SVRGP 组平均减少 0.22 D (降幅 35.4%)。见表 2。

2.3 眼轴长度增长量的比较

戴镜 1 年后, 2 组眼轴均增长 (均 $P < 0.001$)。与基线相比: MFRGP 组与 SVRGP 组 AL 增长量差异有统计学意义 ($P < 0.001$); MFRGP 组的 AL 增长量较 SVRGP 组平均减少了 0.13 mm (降幅 34.2%)。见表 3。

2.4 戴镜视力与残余等效球镜度

视力方面: 戴镜 3 个月时, SVRGP 组与 MFRGP 组视力情况差异无统计学意义 ($P = 0.280$)。至 12 个月时, MFRGP 组 LogMAR 视力优于 SVRGP 组,

2 组视力差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。见表 4。

残余 SE: 戴镜 3 个月时, MFRGP 组残余 SE 偏向远视离焦, 而 SVRGP 组呈轻度近视离焦状态, 组间差异具有统计学意义 ($P < 0.001$)。至 12 个月时, 2 组的残余 SE 均表现为近视性离焦, MFRGP 组轻于 SVRGP 组 ($P = 0.002$)。见表 4。

2.5 安全性分析

MFRGP 组与 SVRGP 组患儿在佩戴期间均观察到不良反应, 见表 5。MFRGP 组角膜 1 级和 2 级点染发生率高于 SVRGP 组, 但差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。MFRGP 组 (13.8%) 结膜滤泡发生率略高于 SVRGP 组 (8.1%), 但差异无统计学意义 ($P = 0.313$)。2 组巨乳头结膜炎发生率均较低 (MFRGP 组 3.4% vs. SVRGP 组 1.6%), 且差异无统计学意义。2 组患者均未发生角膜浸润等不良反应。

表 2 MFRGP 组与 SVRGP 组 SE 1 年增长量的比较
Table 2 Comparison of one-year SE growth between MFRGP group and SVRGP group

组 别	n	基线 SE/D	1 年 SE/D	差值 /D	t 值	P 值
SVRGP 组	62	-7.06 ± 1.77	-7.68 ± 1.76	-0.62 ± 0.37	-13.428	<0.001
MFRGP 组	58	-7.03 ± 1.00	-7.43 ± 0.99	-0.40 ± 0.31	-9.720	<0.001
t 值		-0.116	-0.975	-3.552		
P 值		0.908	0.332	<0.001		

表 3 MFRGP 组与 SVRGP 组 AL 1 年增长量的比较
Table 3 Comparison of one-year AL growth between MFRGP group and SVRGP group

组 别	n	基线 AL/mm	1 年 AL/mm	差值 /mm	t 值	P 值
SVRGP 组	62	26.10 ± 0.93	26.48 ± 0.89	0.38 ± 0.27	11.307	<0.001
MFRGP 组	58	26.10 ± 0.85	26.35 ± 0.86	0.25 ± 0.13	14.356	<0.001
t 值		-0.029	0.806	3.496		
P 值		0.977	0.422	<0.001		

表 4 MFRGP 组与 SVRGP 组视力与残余 SE 的比较
Table 4 Comparison of visual acuity and residual SE between MFRGP group and SVRGP group

指 标	时间	SVRGP (n=62)	MFRGP (n=58)	t 值	P 值
LogMAR 视力	3 个月	-0.02 ± 0.06	-0.04 ± 0.06	1.091	0.280
	12 个月	+0.10 ± 0.09	+0.02 ± 0.06	3.898	<0.001
残余 SE/D	3 个月	-0.10 ± 0.28	+0.25 ± 0.34	-4.137	<0.001
	12 个月	-0.78 ± 0.71	-0.29 ± 0.31	-3.285	0.002

表 5 MFRGP 组与 SVRGP 组不良反应发生情况
Table 5 Incidence of adverse reactions in MFRGP group and SVRGP group

不良反应	SVRGP (n=62)	MFRGP (n=58)	P 值
角膜点染 /n (%)			
1 级	14 (22.6)	18 (31.0)	0.295
2 级	2 (3.2)	4 (6.9)	0.615
结膜滤泡 /n (%)	5 (8.1)	8 (13.8)	0.313
巨乳头结膜炎 /n (%)	1 (1.6)	2 (3.4)	0.953
角膜浸润 /n (%)	0 (0)	0 (0)	—

以上不良反应经适应期调整及人工泪液 / 抗炎滴眼液干预后症状有效缓解，建议青少年继续戴镜。

3 讨 论

本研究对 MFRGP 与 SVRGP 在高度近视青少年中的防控效果进行头对头比较，结果显示，MFRGP 组在延缓 SE 进展（降低 35.4%）和眼轴增长（减缓 34.2%）方面优于 SVRGP 组。这一发现揭示了离焦信号在 RGP 这一特定矫正方式中对近视进展控制的关键作用，为高度近视患者的光学干预策略提供了直接循证证据。既往关于近视防控的研究广泛证实了角膜塑形镜、离焦软镜、离焦框镜在延缓近视进展方面优于传统的单焦点框架眼镜（single-vision spectacles, SVL）^[15-16]，文献报道不同干预方法延缓近视进展的幅度介于 20%~90%^[17]。关于 MFRGP 与 SVRGP 对近视的控制的研究较少，且多数研究是以 SVL 作为对照，缺乏 2 种方法直接比较的研究报道，Zhang 等^[14]进行了采用 MFRGP 和 SVL 的随机对照试验，结果发现 1 年后 AL 变化量 MFRGP 组（0.18±0.015）mm 显著低于 SVL 组（0.33±0.018）mm，眼轴减缓率达到 46%；胡安琪等^[18]的研究显示，佩戴 MFRGP 的 8~13 岁高度近视儿童，其 AL 年增长量比佩戴 SVL 组减缓 41.8%。既往关于 SVRGP 近视防控效果的研究存在结论分歧，王宏^[19]的一项为期 2 年的随机对照试验显示，佩戴 SVRGP 的患者眼轴增速较 SVL 组减缓了 21.9%。Katz 等^[20]的研究通过对比 SVRGP 与 SVL 在 2 年的 SE 与 AL 变化，结果发现 SE 变化分别为 -1.28 D 和 -1.33 D，AL 增长量分别为 0.79 mm 和 0.84 mm，其研究结果提示 SVRGP 不能减缓近视的进展速度。

本研究结果进一步支持了视网膜周边离焦理

论的核心机制^[9]，即周边离焦可有效减缓眼轴的增长。SVRGP 通过泪液透镜改善不规则散光并减少像差，从而提高优于框镜的视觉质量^[21]，但其单焦点设计本身缺乏近视性离焦的能力，控制近视进展的作用有限。相比之下，MFRGP 采用创新的分区光学设计^[22]，中央光学区精确矫正屈光不正确保中心视力清晰，离焦区施加 +9~+10 D 正附加度数使光线聚焦于视网膜前方，形成稳定的近视性离焦信号，主动将自然状态下的周边远视性离焦转化为具有保护作用的近视性离焦，从而有效延缓近视度数的增加和眼轴长度的增长，有效弥补了 SVRGP 在此方面的不足^[23]。Pauné 等^[24]研究证实，MFRGP 产生的周边近视离焦量显著高于 SVRGP，为本研究的临床差异提供了光学理论基础。因此，对于因近视度数过高超出 OK 镜安全塑形范围或角膜散光大的高度近视青少年而言，MFRGP 凭借其不依赖角膜塑形、直接通过光学设计产生强效周边近视离焦的能力，成为兼具视力矫正和近视控制双重功能的理想选择。

本研究次要结局指标显示 MFRGP 对视觉质量的积极影响。12 个月时 MFRGP 组视力优于 SVRGP 组，佐证了 MFRGP 在控制近视进展的同时，未牺牲视觉质量，甚至因延缓近视进展而获得远期视力优势。戴镜 3 个月时 MFRGP 组呈轻度远视离焦（+0.25±0.34）D，而 12 个月时，MFRGP 组的残余 SE 所代表的近视程度轻于 SVRGP 组，提示其光学设计可维持长期屈光稳定性。

安全性分析显示，MFRGP 与 SVRGP 在 1 年配戴中的不良反应发生率无统计学差异。2 组均以轻度角膜上皮点染 1 级为主，未观察到角膜浸润等严重并发症。值得注意的是，MFRGP 组在 2 级点染、结膜滤泡和巨乳头结膜炎的数值上略高于 SVRGP 组，可能与多焦点镜片更复杂的边缘设计对眼睑的机械刺激相关^[25]，但差异未达统计学显著水平。所有不良反应均通过调整护理流程或短期使用人工泪液 / 抗炎滴眼液等方式有效缓解，未出现长期停戴。这一结果表明，MFRGP 在保留 SVRGP 安全性的同时，通过离焦设计实现了近视防控效能的提升。但需关注长期佩戴中多焦点设计对泪膜稳定性的潜在影响，未来需延长随访时间以评估慢性眼表反应的累积风险。

本研究亦存在其局限性，首先，回顾性设计可能导致选择偏倚，纳入对象集中于依从性良好的复诊患者，且未量化关键混杂因素如遗传背景

中的父母近视史、环境因素中的日均户外活动时长和近距离用眼强度。其次,样本量较小且随访周期仅 1 年,难以评估长期疗效。第三,依从性依赖复诊记录,未客观监测戴镜时长等。最后,机制研究深度不足,缺乏对调节功能、周边屈光状态及脉络膜厚度及巩膜生物力学等参数等指标的动态监测,有研究证实近视性离焦与远视性离焦可分别诱导脉络膜发生显著增厚或变薄^[26],而这一改变可能通过调控巩膜缺氧信号抑制眼轴增长^[27]。未来研究需开展大样本前瞻性队列研究,延长随访至 3 年以上,系统记录遗传与环境混杂因素;同步整合脉络膜厚度、周边屈光、调节等生物参数监测;结合巩膜生物力学深入探索 MFRGP 的作用靶点。

综上所述,对于高度近视青少年患者,MFRGP 控制 SE 和 AL 的效果优于 SVRGP,且 MFRGP 表现出良好的安全性,基于现有证据,MFRGP 可被视为高度近视青少年患者兼具视力矫正和近视控制双重功能的优选干预方案。

利益冲突声明: 本研究未受到企业、公司等第三方资助,不存在潜在利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 何鲜桂,戚紫怡,许迅.《国际近视研究院近视防控白皮书 III》解读[J].中华实验眼科杂志,2023,41(8):801-806. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20230710-00034.
- [2] HE X G, QI Z Y, XU X. Interpretation of the International Myopia Institute's white papers on myopia prevention and control III [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2023, 41 (8): 801-806. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20230710-00034.
- [3] ALANAZI M, CAROLINE P, ALSHAMRANI A, et al. Impact of multifocal gas-permeable lens designs on short-term choroidal response, axial length, and retinal defocus profile [J]. Int J Ophthalmol, 2024, 17 (2): 247-256. DOI: 10.18240/ijo.2024.02.04.
- [4] HOLDEN B A, FRICKE T R, WILSON D A, 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.
- [5] QUEIRÓS A, BEAUJEU P, BLOISE L, et al. Assessment of the clinical effectiveness of DRL orthokeratology lenses vs. single-vision spectacles in controlling the progression of myopia in children and teenagers: 2 year retrospective study [J]. Children (Basel), 2023, 10 (2): 402. DOI: 10.3390/children10020402.
- [6] 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.近视管理白皮书(2025)[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2025,27(7):481-489. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20250401-00110.
- [7] Optometry Group of Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association, Ophthalmology and Optometry Committee of Ophthalmologist Association of Chinese Doctor Association, Ophthalmology and Optometry Group of Ophthalmologic Committee of Chinese Non-Government Medical Institutions Association. Expert Consensus on Myopia Management White Paper (2025) [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2025, 27 (7): 481-489. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20250401-00110.
- [8] JONAS J B, JONAS R A, XU J, et al. Prevalence and cause of loss of visual acuity and visual field in highly myopic eyes: the Beijing Eye Study [J]. Ophthalmology, 2024, 131 (1): 58-65. DOI: 10.1016/j.ophtha.2023.08.026.
- [9] SANZ DIEZ P, YANG L H, LU M X, et al. Growth curves of myopia-related parameters to clinically monitor the refractive development in Chinese schoolchildren [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2019, 257 (5): 1045-1053. DOI: 10.1007/s00417-019-04290-6.
- [10] BULLIMORE M A, BRENNAN N A. Myopia control: why each diopter matters [J]. Optom Vis Sci, 2019, 96 (6): 463-465. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001367.
- [11] 吴海燕,胡琦.视网膜周边离焦学说应用进展[J].中国斜视与小儿眼科杂志,2020,28(4):40-42,13,16. DOI: 10.3969/J.ISSN.1005-328X.2020.04.017.
- [12] WU H Y, HU Q. The application progress of peripheral retinal defocus theory [J]. Chin J Strabismus Pediatr Ophthalmol, 2020, 28 (4): 40-42, 13, 16. DOI: 10.3969/J.ISSN.1005-328X.2020.04.017.
- [13] HIRAOKA T. Myopia control with orthokeratology: a review [J]. Eye Contact Lens, 2022, 48 (3): 100-104. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000867.
- [14] 刘雪芬. RGPCl 与框架眼镜对高度近视和散光的矫正效果 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2020, 22 (7): 5. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20191024-00289.
- [15] LIU X F. The effect of refractive correction with RGPCl Lenses and frame glasses in patients with high myopia and astigmatism [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2020, 22 (7): 5. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20191024-00289.
- [16] LI Z, SUN L, SONG H, et al. Clinical effect of rigid gas permeable (RGP) contact lens in improving vision and controlling myopia progression of unilateral high myopic children [J]. Int Ophthalmol, 2022, 42 (11): 3511-3520. DOI: 10.1007/s10792-022-02349-8.
- [17] 陈柔安,郭滨,林潇.多焦点角膜接触镜的设计与应用研究进展[J].现代医学,2024,52(7):1140-1144. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7562.2024.07.025.
- [18] CHEN R A, GUO B, LIN X. Research progress in the design and application of multifocal contact lenses [J]. Mod Med J, 2024, 52 (7): 1140-1144. DOI: 10.3969/j.issn.1671-7562.2024.07.025.
- [19] ZHANG L, KANG Y, YU X, et al. Efficacy of multifocal rigid

- gas permeable contact lenses to control myopia progression[J]. *Sci Rep*, 2025, 15 (1): 17261. DOI: 10.1038/s41598-025-01058-3.
- [15] 王倩, 王秋轶, 吕刚, 等. 角膜塑形镜和多区正向光学离焦眼镜及单焦框架眼镜的近视控制效果比较[J]. *国际眼科杂志*, 2023, 23 (11): 1891-1895. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2023.11.24.
- WANG Q, WANG Q Y, (LÜ/LV/LU/LYU) G, et al. Comparison of the effects among orthokeratology lens, defocus incorporated multiple segments and single-vision spectacles for the control of myopia[J]. *Int Eye Sci*, 2023, 23 (11): 1891-1895. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2023.11.24.
- [16] 刘杨, 李梦迪, 李丽华, 等. 高度近视儿童青少年配戴多焦点软性接触镜延缓近视进展的有效性研究[J]. *眼科新进展*, 2023, 43 (5): 388-392. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2023.0078.
- LIU Y, LI M D, LI L H, et al. Effectiveness of multifocal soft contact lenses in slowing myopia progression of adolescents with high myopia[J]. *Recent Adv Ophthalmol*, 2023, 43 (5): 388-392. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2023.0078.
- [17] JONG M, JONAS J B, WOLFFSOHN J S, et al. IMI 2021 yearly digest[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021, 62 (5): 7. DOI: 10.1167/iovs.62.5.7.
- [18] 胡安琪, 戴徐昕, 马高恩. 多焦点硬性角膜接触镜治疗高度近视的临床效果[J]. *中国医药科学*, 2022, 12 (16): 8-12.
- HU A Q, DAI X X, MA G E. Clinical effect on the efficacy of multifocal rigid gas permeable contact lenses on high myopia[J]. *China Med Pharm*, 2022, 12 (16): 8-12.
- [19] 王宏. 硬性透气性角膜接触镜对高度近视患者的临床效果[J]. *中国眼镜科技杂志*, 2017 (21): 119-121.
- WANG H. Clinical effect of rigid breathable contact lens on patients with high myopia[J]. *China Glasses Sci Technol Mag*, 2017 (21): 119-121.
- [20] KATZ J, SCHEIN O D, LEVY B, et al. A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia[J]. *Am J Ophthalmol*, 2003, 136 (1): 82-90. DOI: 10.1016/s0002-9394 (03) 00106-5.
- [21] 阳汐阳, 徐莉, 曾锦. 动静态视知觉训练联合 RGPCL 矫正眼球震颤合并屈光不正 1 例[J]. *新医学*, 2023, 54 (6): 457-460. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2023.06.016.
- YANG X Y, XU L, ZENG J. Static and dynamic visual perception training combined with RGPCL for nystagmus complicated with ametropia: one case report[J]. *J New Med*, 2023, 54 (6): 457-460. DOI: 10.3969/j.issn.0253-9802.2023.06.016.
- [22] REMÓN L, PÉREZ-MERINO P, MACEDO-DE-ARAÚJO R J, et al. Bifocal and multifocal contact lenses for presbyopia and myopia control[J]. *J Ophthalmol*, 2020, 2020: 8067657. DOI: 10.1155/2020/8067657.
- [23] 郭玉娟, 袁正, 汪思瑶, 等. 基于周边离焦学说的儿童青少年近视矫正眼镜研究进展[J]. *玻璃搪瓷与眼镜*, 2022, 50 (9): 7-13. DOI: 10.13588/j.cnki.g.e.2096-7608.2022.09.002.
- GUO Y J, YUAN Z, WANG S Y, et al. Research progress of child and adolescent's myopia correction glasses based on peripheral retinal defocus theory[J]. *Glass Enamel Ophthalmic Opt*, 2022, 50 (9): 7-13. DOI: 10.13588/j.cnki.g.e.2096-7608.2022.09.002.
- [24] PAUNÉ J, QUEIROS A, LOPES-FERREIRA D, et al. Efficacy of a gas permeable contact lens to induce peripheral myopic defocus[J]. *Optom Vis Sci*, 2015, 92 (5): 596-603. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000582.
- [25] 代诚, 刘梦, 周桂梅, 等. 配戴单焦点与多焦点硬性角膜接触镜近视患者视觉质量对比分析[J]. *眼科新进展*, 2021, 41 (10): 960-964. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2021.0202.
- DAI C, LIU M, ZHOU G M, et al. Comparative study on visual quality of single vision and multifocal rigid gas permeable contact lenses[J]. *Recent Adv Ophthalmol*, 2021, 41 (10): 960-964. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2021.0202.
- [26] CHIANG S T, TURNBULL P R K, PHILLIPS J R. Additive effect of atropine eye drops and short-term retinal defocus on choroidal thickness in children with myopia[J]. *Sci Rep*, 2020, 10 (1): 18310. DOI: 10.1038/s41598-020-75342-9.
- [27] 李卓晓, 马楠. 离焦理论在轴性近视防控中的机制及应用[J/OL]. *空军军医大学学报*, 1-11 (2024-7-18) [2025-7-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1526.R.20240717.1003.002.html>.
- LI Z X, MA N. Mechanisms and applications of defocus theory in the prevention and control of axial myopia[J/OL]. *J Air Force Med Univ*, 1-11 (2024-7-18) [2025-7-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1526.R.20240717.1003.002.html>.

(责任编辑: 郑巧兰)