

周边微结构设计框架眼镜对儿童近视的控制效果

杨敏^{1,2*}, 黄再红^{1,2*}, 李利文¹, 杨思豪¹, 牟微其¹, 唐秀平¹

引用: 杨敏, 黄再红, 李利文, 等. 周边微结构设计框架眼镜对儿童近视的控制效果. 国际眼科杂志, 2026, 26(7): 1293-1298.

基金项目: 遂宁市社科规划项目 (No. SN24PJ003)

作者单位: ¹ (629000) 中国四川省遂宁市中心医院眼科; ² (637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光医学院

*: 杨敏和黄再红对本文贡献一致。

作者简介: 杨敏, 在读硕士研究生, 研究方向: 近视防控与斜视弱视; 黄再红, 在读硕士研究生, 研究方向: 近视防控与斜视弱视。

通讯作者: 唐秀平, 毕业于川北医学院, 硕士, 主管技师, 研究方向: 儿童近视防控与斜弱视. 814689664@qq.com

收稿日期: 2026-01-14 修回日期: 2026-05-25

摘要

目的: 评估 3 种不同周边微结构设计框架眼镜控制儿童近视进展的临床效果。

方法: 回顾性研究。收集 2023 年 1 月至 2024 年 8 月在遂宁市中心医院视光门诊初次验配框架眼镜并完成 1 a 随访的 6-12 岁近视患儿资料, 所有患者均取右眼数据纳入分析。根据患儿及家属自主选择的镜片类型分点扩散设计 (DOT)、同心环带柱镜 (CARE)、高度非球面微透镜 (HAL) 和单光 (SVL) 框架眼镜组。观察 4 组患儿戴镜 1 a 后眼轴长度 (AL) 和等效球镜度 (SE) 较基线的变化以及 3 种周边微结构设计框架眼镜较单光框架眼镜的变化, 分析不同设计框架眼镜对球镜度数、散光度数、角膜曲率、角膜散光、前房深度、晶状体厚度和玻璃体腔深度的影响。

结果: 本研究纳入近视患儿 118 例 118 眼, DOT 组 28 例 28 眼 [年龄 10(9, 12) 岁, 男 16 例, 女 12 例]; CARE 组 26 例 26 眼 [年龄 11(9, 12) 岁, 男 12 例, 女 14 例]; HAL 组 26 例 26 眼 [年龄 10(9, 11) 岁, 男 16 例, 女 10 例]; SVL 组 38 例 38 眼 [年龄 11(9, 12) 岁, 男 20 例, 女 18 例]。四组患儿年龄、性别以及戴镜前 AL 和 SE 均无差异 (均 $P > 0.05$)。戴镜 1 a 后, DOT 组患儿 AL 无增长且略有回退、SE 无进展且轻度回退, 与戴镜前相比无差异 (均 $P > 0.05$); CARE 组、HAL 组和 SVL 组患儿 AL 和 SE 较戴镜前均有不同程度增长 (均 $P < 0.01$)。各组间 AL 和 SE 变化量比较有差异 ($F = 22.819, 30.948$, 均 $P < 0.001$), DOT 组患儿 AL 和 SE 变化 (-0.034 ± 0.180 mm, 0.040 ± 0.243 D) 低于 CARE 组 (0.225 ± 0.174 mm, -0.375 ± 0.308 D) 和 HAL 组 (0.147 ± 0.130 mm, -0.255 ± 0.256 D), 三组患儿 AL 和 SE 变化均明显低于 SVL 组 (0.355 ± 0.240 mm, -0.891 ± 0.592 D) (均 $P < 0.05$)。

结论: 儿童短期配戴周边微结构设计框架眼镜的近视控制效果优于单光框架眼镜, DOT 框架眼镜的短期近视控制效果优于 CARE 框架眼镜及 HAL 框架眼镜。

关键词: 近视; 眼轴长度; 等效球镜度; 点扩散框架眼镜; 近视离焦眼镜

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.7.31

Peripheral microstructure designed spectacles for myopia control in children

Yang Min^{1,2*}, Huang Zaihong^{1,2*}, Li Liwen¹, Yang Sihao¹, Mou Weiqi¹, Tang Xiuping¹

Foundation item: Suining Social Science Planning Project (No. SN24PJ003)

¹Department of Ophthalmology, Suining Central Hospital, Suining 629000, Sichuan Province, China; ²School of Ophthalmology and Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

* Co-first Authors: Yang Min and Huang Zaihong

Correspondence to: Tang Xiuping. Department of Ophthalmology, Suining Central Hospital, Suining 629000, Sichuan Province, China. 814689664@qq.com

Received: 2026-01-14 Accepted: 2026-05-25

Abstract

• **AIM:** To evaluate the clinical efficacy of three types of spectacle lenses with different peripheral microstructure designs in controlling myopia progression among children.

• **METHODS:** Retrospective case analysis was conducted. Children diagnosed with myopia aged 6 to 12 y who were received initial spectacle fitting and completed 1-year follow-up at the Optometry Clinic of Suining Central Hospital between January 2023 and August 2024 were enrolled. Only right eye data of all subjects were included for analysis. Based on the type of spectacle lenses independently selected by the children and their parents/guardians, they were divided into four groups: diffusion optics technology (DOT), cylindrical annular refractive element (CARE), highly aspherical lenslets (HAL), and single-vision lenses (SVL). Changes in axial length (AL) and spherical equivalent (SE) from baseline were observed after 1-year lens wear in four groups. Variations between three peripheral microstructure-designed spectacles and single-vision spectacles were compared. The effects of different lens designs on spherical power, astigmatism, corneal curvature, corneal astigmatism, anterior chamber depth, lens thickness, and vitreous cavity depth were analyzed.

• **RESULTS:** In this retrospective study, a total of 118 eyes from 118 myopic children were included. There were 28 eyes in 28 children in DOT group [16 males and 12

females, age 10 (9, 12) y]. CARE group contained 26 eyes in 26 children, [12 males and 14 females, age 11 (9, 12) y]. HAL group had 26 eyes in 26 children [16 males and 10 females, age 10 (9, 11) y]. SVL group included 38 eyes in 38 children [20 males and 18 females, age 11 (9, 12) y]. There were no significant differences in age, gender, baseline AL, or SE among the four groups (all $P>0.05$). After 1-year wearing, no increase and slight regression were observed in AL and SE in the DOT group, with no significant differences compared with baseline (all $P>0.05$). AL and SE increased to varying degrees in the CARE, HAL and SVL groups (all $P<0.01$). Significant inter-group differences were found in the changes of AL and SE ($F=22.820, 30.949$, both $P<0.001$). The mean changes in AL and SE for the DOT group (-0.034 ± 0.180 mm, 0.040 ± 0.243 D) were significantly smaller than those in the CARE group (0.225 ± 0.174 mm, -0.375 ± 0.308 D) and the HAL group (0.147 ± 0.130 mm, -0.255 ± 0.256 D). The changes of AL and SE in the three groups were significantly lower than those in the SVL group (0.355 ± 0.240 mm, -0.891 ± 0.592 D) (all $P<0.05$).

• **CONCLUSION:** In children, short-term wear of spectacles with peripheral microstructural design demonstrates better myopia control efficacy compared to single-vision spectacles. DOT lenses show superior short-term efficacy compared with CARE and HAL lenses.

• **KEYWORDS:** myopia; axial length; spherical equivalent; diffusion optics spectacle lenses; myopia defocus spectacles

Citation: Yang M, Huang ZH, Li LW, et al. Peripheral microstructure designed spectacles for myopia control in children. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026,26(7):1293-1298.

0 引言

近视因其严重的并发症^[1-2]和逐年上升的发病率^[3-4],已成为影响全球眼健康的公共卫生问题之一^[5]。近视防控在我国不仅受到国家层面的重视,也激起民众的高度关注。儿童青少年作为近视的高发人群^[6],其近视进展速度快、防控窗口期短,选择安全有效的干预方式尤为关键。目前,针对儿童的近视防控方式众多,其中框架眼镜因安全、方便、配戴依从性高、无明显副作用等优势,一直是家长 and 低龄儿童更愿选择和坚持的方式之一^[7]。得益于当前近视防控机制研究成果提供的思路,通过优化周边光学性质实现近视控制的周边微结构框架眼镜已逐渐成为低龄近视儿童更倾向选择的减缓近视进展手段^[7-8]。为更好地指导临床近视防控管理,本文探讨了点扩散技术(diffusion optics technology, DOT)、同心环带柱镜(cylindrical annular refractive element, CARE)技术以及高度非球面微透镜(highly aspherical lenslets technology, HAL)技术三种不同近视防控理念设计的微结构框架眼镜对儿童近视控制的临床效果。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性研究。收集2023年1月至2024年8月在遂宁市中心医院视光门诊首次验配框架眼镜并完成1 a随访的近视患儿资料,所有患儿取右眼数据纳入分析。纳入标准:年龄6-12岁、等效球镜 ≤ -0.50 D、柱镜 ≤ -2.00 D且双眼球镜差异 <1.50 D、无外伤史和眼部器质性病变史的近视儿童。根据患儿及家属自主选择的镜片类型分DOT框架眼镜组、CARE框架眼镜组、HAL框架眼镜组和单光框架眼镜组(SVL组)。排除标准:弱视、斜视、眼球运动功能障碍、角膜病变、眼底病变、既往眼部手术病史、曾使用或正在使用低浓度阿托品、重复性低强度红光照射等其他近视防控干预措施的儿童。本研究取得遂宁市中心医院医学伦理委员会审查批准(批准号: KYLLKS20260068),所有参与者监护人均签署知情同意书。

1.2 方法 对患儿进行常规检查:视力、双眼眼位、眼球运动、裂隙灯眼前节和眼后节检查、眼压、屈光度以及眼部生物测量。屈光度数测量:采用0.5%托吡卡胺滴眼液进行睫状肌麻痹验光,每5 min 1次,连用3次后休息30 min,待睫状肌充分麻痹后用电脑验光仪检查得到初始屈光度,再由验光师在综合验光仪(Topcon-8100)上进行检影验光及主观验光,确定屈光度。次日根据眼视功能及用眼需求给予足矫度数,并进行10 min试戴,除个别不能适应的患者,均给予近视度数完全矫正。眼部生物测量:采用光学生物测量仪(SW-9000)内置软件依据自动提取的数据进行计算,每个数据测量至少5次,剔除异常值后取平均,包括角膜曲率、角膜散光、眼轴长度(axial length, AL)、前房深度、晶状体厚度、玻璃体腔深度。完成配镜的患儿要求每6 mo复查1次,1 a完成全套基线检查项目复测,以了解屈光状态和眼部生物参数的变化。等效球镜度(equivalent spherical, SE)以配镜参数的球镜度数+1/2散光度数表示。

统计学分析:采用SPSS22.0统计学软件进行数据分析。计量数据符合正态分布用均数 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用LSD- t 检验,组内戴镜前后的变化采用配对样本 t 检验;计量数据不符合正态分布采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表达,各组比较采用Kruskal-Wallis H 检验。计数资料采用 χ^2 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况 本研究纳入近视患儿118例118眼, DOT组28例28眼, CARE组26例26眼, HAL组26例26眼, SVL组38例38眼。四组患儿年龄、性别比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$,表1),具有可比性。

2.2 戴镜前和戴镜1 a后四组患儿SE和AL的比较 戴镜前,各组间SE和AL差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。戴镜1 a后, DOT组SE、AL与戴镜前比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$); CARE组、HAL组、SVL组SE和AL较戴镜前均有明显的增长(均 $P<0.001$)。戴镜1 a后,各组

间 SE 和 AL 差异有统计学意义 ($F = 3.518, P = 0.017; F = 4.001, P = 0.009$), DOT 组患儿 SE 和 AL 明显低于 CARE、HAL 组与 SVL 组, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$); CARE 组与 HAL 组 SE 和 AL 差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 均明显低于 SVL 组 (均 $P < 0.05$), 见表 2。

2.3 戴镜 1 a 各组 SE 和 AL 的增长变化分析 戴镜 1 a, 各组间 SE 和 AL 的变化量差异有统计学意义 ($F = 30.948, 22.819$, 均 $P < 0.001$)。DOT 组患儿出现 SE 减少和 AL 回退的临床变化, 较 CARE、HAL 和 SVL 组变化差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。CARE 组、HAL 组患儿 SE 和 AL 增长幅度较 SVL 组患儿缓慢, 差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。CARE 组与 HAL 组 SE 和 AL 变化量比较, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 3, 图 1。

2.4 戴镜前后眼部其他生物参数的分析 戴镜 1 a, 四组患儿的角膜曲率、角膜散光、前房深度以及晶状体厚度较戴

镜前均无显著变化 (均 $P > 0.05$); CARE 组、HAL 组和 SVL 组患儿球镜度数以及玻璃体腔深度较戴镜前均有显著增长 (均 $P < 0.001$), HAL 组和 SVL 组患儿的柱镜度数较戴镜前亦有显著增长 (均 $P < 0.05$); DOT 组患儿球镜度数、柱镜度数以及玻璃体腔深度较戴镜前无显著变化 (均 $P > 0.05$), 见表 4。

表 1 四组患儿一般情况比较

组别	例数	年龄 [$M(P_{25}, P_{75})$, 岁]	性别 (男/女, 例)
DOT 组	28	10(9, 12)	16/12
CARE 组	26	11(9, 12)	12/14
HAL 组	26	10(9, 11)	16/10
SVL 组	38	11(9, 12)	20/18
H^2		5.824	1.366
P		0.121	0.714

表 2 戴镜前和戴镜 1 a 后四组患儿 SE 和 AL 的比较

指标	DOT 组	CARE 组	HAL 组	SVL 组	F	P
SE(D)						
戴镜前	-2.460±1.919	-2.606±1.151 ^{a,c}	-3.096±1.750 ^{a,c}	-2.796±1.455 ^c	0.804	0.494
戴镜 1 a	-2.420±1.830	-2.981±1.203 ^{a,c}	-3.351±1.827 ^{a,c}	-3.688±1.553 ^c	3.518	0.017
t	-0.875	6.204	5.073	9.280		
P	0.389	<0.001	<0.001	<0.001		
AL(mm)						
戴镜前	24.517±1.048	24.802±0.609 ^{a,c}	24.674±0.574 ^{a,c}	24.767±0.783 ^c	0.757	0.520
戴镜 1 a	24.483±1.016	25.027±0.631 ^{a,c}	24.821±0.603 ^{a,c}	25.122±0.774 ^c	4.001	0.009
t	0.986	6.593	-5.772	-9.125		
P	0.333	<0.001	<0.001	<0.001		

注: ^a $P < 0.05$ vs SVL 组; ^c $P < 0.05$ vs DOT 组。

表 3 戴镜 1 a 各组间 SE 和 AL 的增长变化分析

组别	例数	SE 变化量 (D)	AL 变化量 (mm)
DOT 组	28	0.040±0.243	-0.034±0.180
CARE 组	26	-0.375±0.308 ^{a,c}	0.225±0.174 ^{a,c}
HAL 组	26	-0.255±0.256 ^{a,c}	0.147±0.130 ^{a,c}
SVL 组	38	-0.891±0.592 ^a	0.355±0.240 ^a
F		30.948	22.819
P		<0.001	<0.001

注: ^a $P < 0.05$ vs DOT 组; ^c $P < 0.05$ vs SVL 组。

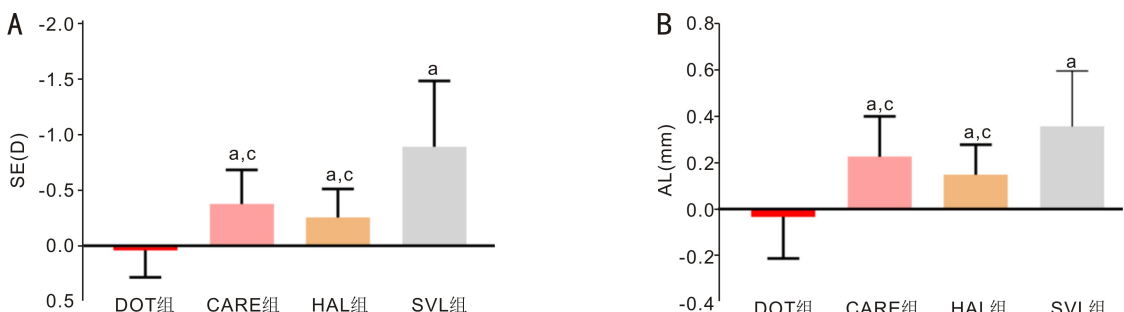


图 1 戴镜 1 a 各组间 SE 和 AL 变化量比较 A: SE 变化量; B: AL 变化量。^a $P < 0.05$ vs DOT 组; ^c $P < 0.05$ vs SVL 组。

表4 戴镜前后眼部其他生物参数的分析

参数	DOT组	CARE组	HAL组	SVL组
$\bar{x} \pm s$				
球镜(DS)				
戴镜前	-2.134±1.731	-2.202±1.208	-2.625±1.525	-2.329±1.388
戴镜1 a	-2.089±1.638	-2.539±1.252	-2.846±1.609	-3.046±1.466
<i>t</i>	-0.926	6.278	4.738	7.087
<i>P</i>	0.362	<0.001	<0.001	<0.001
柱镜(DC)				
戴镜前	-0.652±0.664	-0.840±1.082	-0.942±0.928	-0.934±0.779
戴镜1 a	-0.661±0.674	-0.920±1.067	-1.010±0.907	-1.283±0.782
<i>t</i>	0.327	1.777	2.573	9.093
<i>P</i>	0.745	0.088	0.016	<0.001
角膜曲率(D)				
戴镜前	43.584±1.938	43.041±1.317	43.838±1.127	43.462±1.075
戴镜1 a	43.503±2.024	42.988±1.355	43.883±1.070	43.165±1.587
<i>t</i>	1.308	1.464	-1.050	1.645
<i>P</i>	0.202	0.155	0.303	0.108
角膜散光(DC)				
戴镜前	-1.396±0.586	-1.295±0.858	-1.364±0.742	-1.635±0.821
戴镜1 a	-1.409±0.614	-1.353±0.882	-1.458±0.638	-1.727±0.847
<i>t</i>	0.259	0.869	1.231	1.428
<i>P</i>	0.797	0.392	0.229	0.161
前房深度(mm)				
戴镜前	3.332±0.246	3.224±0.212	3.397±0.194	3.262±0.199
戴镜1 a	3.314±0.232	3.215±0.198	3.390±0.201	3.260±0.176
<i>t</i>	0.789	0.646	0.759	0.106
<i>P</i>	0.437	0.524	0.454	0.915
晶状体厚度(mm)				
戴镜前	3.385±0.132	3.423±0.136	3.417±0.158	3.385±0.099
戴镜1 a	3.417±0.124	3.431±0.154	3.395±0.088	3.366±0.112
<i>t</i>	-1.016	-0.389	0.823	1.437
<i>P</i>	0.319	0.700	0.417	0.158
玻璃体腔深度(mm)				
戴镜前	17.260±0.959	17.610±0.590	17.283±0.650	17.591±0.768
戴镜1 a	17.213±0.932	17.835±0.611	17.490±0.617	17.983±0.769
<i>t</i>	1.210	6.293	-4.085	-10.127
<i>P</i>	0.874	<0.001	<0.001	<0.001

3 讨论

周边微结构设计框架眼镜作为目前近视管理的主要手段之一,得益于当前近视防控机制相关研究成果提供的思路,设计有不同类型的镜片。周边视网膜离焦机制作为目前相对成熟的调控眼球增长的机制之一^[9-11],HAL框架眼镜便是基于此机制设计而成,通过在镜片中周部添加不同数量的HAL来调控镜片中周部对光线的折射能力,以期在视网膜中周部产生近视离焦信号来达到延缓近视进展的效果^[12-14]。我们的研究显示,近视患儿配戴HAL框架眼镜1 a眼轴增长0.147±0.130 mm,近视进展-0.255±0.256 D,相比SVL框架眼镜(0.355±0.240 mm, -0.891±0.592 D)有明显的延缓趋势,差异有统计学意义(均 $P < 0.05$)。我们的研究结果与该机制理论相符,印证了基于

在视网膜中周部产生近视离焦信号设计的HAL框架眼镜在儿童近视防控中的有效性。既往也有研究提示配戴HAL框架眼镜能有效降低近视眼轴增长率和近视进展率^[15-17]。Zhai等^[18]的研究结果显示,近视患儿配戴HAL框架眼镜1 a眼轴增长稳定在0.10±0.15 mm。Liu等^[19]的研究则显示近视患儿配戴HAL框架眼镜1 a眼轴增长0.16±0.19 mm。我们的研究与以上结果相似,均提示配戴离焦框架眼镜可有效控制青少年近视患者SE和AL进展,疗效优于SVL框架眼镜。

CARE镜片设计是基于高阶像差理论^[20-21]而成,该镜片的周边设计借鉴了角膜塑形镜在角膜表面形成环带微柱镜结构的原理,并将其转化为框架眼镜上同心圆形式分布的环带微柱镜。当眼球运动时,这些微柱镜会在视网膜

周边形成动态变化的高阶像差,从而达到控制 AL 增长的效果。我们的研究显示,近视患儿配戴 CARE 框架眼镜 1 a AL 增长 0.225 ± 0.174 mm,近视加深 -0.375 ± 0.308 D。相比 SVL 框架眼镜,配戴 CARE 框架眼镜的患儿 AL 增长更少,近视进展也更平稳(均 $P < 0.05$)。既往有研究显示,8-12 岁患儿配戴 CARE 框架眼镜 1 a AL 增长 0.21 mm,近视进展 -0.36 D^[22],后续随访 2 a 结果显示 CARE 镜片能降低近视快速进展的风险,相似的结果也被更多的研究所证实^[23-24],表明 CARE 镜片可以有效控制儿童近视患者近视进展和 AL 进展。我们的研究与其相符,印证了基于高阶像差理论设计的 CARE 框架眼镜在儿童近视防控中的有效性。

基于近视基因研究成果,近视基因 *MYP1* 突变的患儿视网膜对比度信号会异常增高,进而影响 AL 增长^[25-26]。DOT 近视防控镜片便是得益于该成果。该镜片通过在镜片周边添加微小的光扩散点来散射光线使其在视网膜上形成均匀的“低对比度光斑”,进而减少邻近视锥细胞接收的光度信号差异,从而达到延缓近视进展的目的^[27]。我们的研究显示,配戴 DOT 框架眼镜 1 a 后,患儿的 AL 和 SE 与戴镜前无显著变化($P > 0.05$),反而出现了眼轴轻微回退(-0.034 ± 0.180 mm)和近视度数回退(0.040 ± 0.243 D)的趋势(图 1),相比 SVL 框架眼镜近视控制效果显著(均 $P < 0.05$);相比 HAL 和 CARE 框架眼镜,DOT 框架眼镜也表现出更好的近视控制效果(图 1)。Rappon 等^[28]针对 256 例 6-10 岁近视儿童的随机对照临床试验研究显示:配戴 DOT 框架眼镜第 I 期临床结果相比普通 SVL 框架眼镜,DOT 框架眼镜能明显延缓儿童近视进展及 AL 增长,第 2 期临床研究显示其 AL 和 SE 相比基线数据不仅没有增长,反而出现了回退的趋势(眼轴变化 -0.13 mm,SE 改变 0.33 DS)^[29]。其分析认为第 I 期临床试验刚好处在新冠病毒流行期间,突然改变的长时间室内环境和近距离用眼可能降低了第 I 期的治疗效果。我们的研究与其第 II 期临床结果相符,印证了基于视网膜对比度轻度降低的 DOT 设计框架眼镜在儿童近视防控中的有效性。既往有研究显示,调节功能的变化^[30]和脉络膜厚度的改变^[31]可在短期内影响 AL 的变化,DOT 组患儿短期的 AL 回退是否与眼内调节状态稳定或者脉络膜厚度变化相关,以及其长期稳定性仍需随访验证。

AL 变化作为评价近视控制效果的强有力指标,有研究显示 6-12 岁近视儿童 AL 年安全增长量可界定在 0.26 mm 以内^[32]。我们的研究显示,近视患儿配戴 DOT 框架眼镜短期内可实现超安全防控效果(眼轴变化为 -0.034 mm),配戴 CARE 和 HAL 设计框架眼镜短期内 AL 增长可维持在安全增长范围以内,分别是 0.225、0.147 mm,且均表现为玻璃体腔深度的增长(表 4)。3 种设计的框架眼镜均未影响患儿前房深度和晶状体厚度的变化,戴镜前后无显著差异(表 4)。既往有研究显示角膜塑形镜、离焦框架眼镜等具有近视控制效果的镜片也存在降低视网膜成像对比度的现象^[33-35],因此基于不同理念设计的镜片在防控近视进展过程中是否存在多理念叠加

的效应还有待更多的研究来证实。

总的来说,我们研究发现儿童短期配戴基于“周边近视离焦”“高阶像差调控”以及“视网膜对比度降低”理念设计的周边微结构框架眼镜的近视防控效果普遍优于 SVL 框架眼镜,其中基于“视网膜对比度降低”设计的 DOT 框架眼镜短期内较基于“周边近视离焦”设计的 HAL 框架眼镜和基于“高阶像差调控”设计的 CARE 框架眼镜表现出更好的防控效果,值得继续深入研究和探讨。但是我们的研究也存在样本数量偏少,研究时间短等缺点,后续仍需继续开展大样本、多中心随机对照试验,延长随访至 2-3 a,同时监测戴镜依从性、视功能及眼底变化,明确三种镜片的长期疗效与安全性,为临床精准选择近视防控方案提供依据。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 杨敏、黄再红、唐秀平论文选题与修改,初稿撰写;杨敏、黄再红、李利文、杨思豪、牟微其、唐秀平文献检索,数据分析;唐秀平选题指导,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] Russo A, Boldini A, Romano D, et al. Myopia: mechanisms and strategies to slow down its progression. *J Ophthalmol*, 2022, 2022:1004977.
- [2] Fang YX, Yokoi T, Nagaoka N, et al. Progression of myopic maculopathy during 18-year follow-up. *Ophthalmology*, 2018, 125(6): 863-877.
- [3] 国际近视研究院,高建华,刘康,等.国际近视研究院关于近视影响的报告. *中华实验眼科杂志*, 2021, 39(12): 1091-1103.
- [4] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042.
- [5] Bullimore MA, Richdale K. Myopia control 2020: where are we and where are we heading? *Ophthalmic Physiol Opt*, 2020, 40(3): 254-270.
- [6] 陈军,何鲜桂,王菁菁,等. 2021 至 2030 年我国 6~18 岁学生近视眼患病率预测分析. *中华眼科杂志*, 2021, 57(4): 261-267.
- [7] Carlà MM, Boselli F, Giannuzzi F, et al. Overview on defocus incorporated multiple segments lenses: a novel perspective in myopia progression management. *Vision (Basel)*, 2022, 6(2): 20.
- [8] Perea-Romero J, Signes-Soler I, Badenes-Ribera L, et al. Efficacy of spectacle lenses specifically designed for myopia control: systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2025, 263(4): 909-924.
- [9] Benavente-Pérez A, Nour A, Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(10): 6765-6773.
- [10] Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48(6): 2510-2519.
- [11] Huang J, Hung LF, Smith EL 3rd. Effects of foveal ablation on the pattern of peripheral refractive errors in normal and form-deprived infant Rhesus monkeys (*Macaca mulatta*). *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(9): 6428-6434.
- [12] Benavente-Perez A, Nour A, Troilo D. The effect of simultaneous

negative and positive defocus on eye growth and development of refractive state in marmosets. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53 (10): 6479-6487.

[13] Liu Y, Wildsoet C. The effect of two-zone concentric bifocal spectacle lenses on refractive error development and eye growth in young chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2011, 52(2):1078-1086.

[14] Taberner J, Vazquez D, Seidemann A, et al. Effects of myopic spectacle correction and radial refractive gradient spectacles on peripheral refraction. *Vision Res*, 2009, 49(17):2176-2186.

[15] Bao JH, Huang YY, Li X, et al. Spectacle lenses with aspherical lenslets for myopia control vs single-vision spectacle lenses: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2022, 140(5):472-478.

[16] Li X, Huang YY, Liu CY, et al. Myopia control efficacy of spectacle lenses with highly aspherical lenslets: results of a 5-year follow-up study. *Eye Vis*, 2025, 12(1):10.

[17] Zhang XJ, Zaabaar E, French AN, et al. Advances in myopia control strategies for children. *Br J Ophthalmol*, 2025, 109(2):165-176.

[18] Zhai J, Fang W, Zhang YJ, et al. Effects of orthokeratology and spectacle lenses with highly aspherical lenslets on unilateral myopic anisometropia control. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2024, 44 (7): 1407-1413.

[19] Liu QM, Chen YY, Feng YT, et al. Comparison of two-year myopia control efficacy between spectacle lenses with highly aspherical lenslets and orthokeratology lenses. *Cont Lens Anterior Eye*, 2025, 48(3):102376.

[20] Philip K, Sankaridurg P, Holden B, et al. Influence of higher order aberrations and retinal image quality in myopisation of emmetropic eyes. *Vision Res*, 2014, 105:233-243.

[21] Lau JK, Vincent SJ, Collins MJ, et al. Ocular higher-order aberrations and axial eye growth in young Hong Kong children. *Sci Rep*, 2018, 8(1):6726.

[22] Chen XQ, Wu M, Yu C, et al. Slowing myopia progression with cylindrical annular refractive elements (CARE) spectacle lenses-Year 1 results from a 2-year prospective, multi-centre trial. *Acta Ophthalmol*, 2025, 103(8):929-938.

[23] Liu XT, Wang PQ, Xie Z, et al. One-year myopia control efficacy of cylindrical annular refractive element spectacle lenses. *Acta Ophthalmol*, 2023, 101(6):651-657.

[24] Chen XQ, Wu M, Yu C, et al. Efficacy of cylindrical annular refractive elements (CARE) spectacle lenses in slowing myopia progression over 2 years. *Am J Ophthalmol*, 2025, 278:203-211.

[25] Greenwald SH, Kuchenbecker JA, Rowlan JS, et al. Role of a dual splicing and amino acid code in myopia, cone dysfunction and cone dystrophy associated with L/M opsin interchange mutations. *Transl Vis Sci Technol*, 2017, 6(3):2.

[26] Neitz M, Wagner-Schuman M, Rowlan JS, et al. Insight from OPN1LW gene haplotypes into the cause and prevention of myopia. *Genes*, 2022, 13(6):942.

[27] Neitz J, Neitz M. Diffusion optics technology (DOT): a myopia control spectacle lens based on contrast theory. *Transl Vis Sci Technol*, 2024, 13(10):42.

[28] Rappon J, Chung C, Young G, et al. Control of myopia using diffusion optics spectacle lenses: 12-month results of a randomised controlled, efficacy and safety study (CYPRESS). *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(11):1709-1715.

[29] Laughton D, Hill JS, McParland M, et al. Control of myopia using diffusion optics spectacle lenses: 4-year results of a multicentre randomised controlled, efficacy and safety study (CYPRESS). *BMJ Open Ophthalmol*, 2024, 9(1):e001790.

[30] 王正静, 赵粟, 谷浩, 等. 近视与调节功能的相关性研究现状. *国际眼科杂志*, 2024, 24(3):415-419.

[31] 杨叶, 林志阳, 周子微, 等. 儿童脉络膜血管指数日节律幅度与等效球镜度数及眼轴变化的相关性研究. *国际眼科杂志*, 2025, 25(5):858-862.

[32] Chen J, Liu S, Zhu ZT, et al. Axial length changes in progressive and non-progressive myopic children in China. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023, 261(5):1493-1501.

[33] Gao Y, Lim EW, Yang A, et al. The impact of spectacle lenses for myopia control on visual functions. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2021, 41(6):1320-1331.

[34] Chang CF, Cheng HC. Effect of orthokeratology lens on contrast sensitivity function and high-order aberrations in children and adults. *Eye Contact Lens*, 2020, 46(6):375-380.

[35] Nti AN, Gregory HR, Ritchey ER, et al. Contrast sensitivity with center-distance multifocal soft contact lenses. *Optom Vis Sci*, 2022, 99(4):342-349.