

不同离焦镜片在延缓儿童青少年近视进展中的效果

梁玲玲¹, 郭瑞红², 张 亚², 王 铭³, 宫冬梅¹, 张俊英¹, 孙艳华¹

引用: 梁玲玲, 郭瑞红, 张亚, 等. 不同离焦镜片在延缓儿童青少年近视进展中的效果. 国际眼科杂志, 2026, 26 (10): 1831-1837.

基金项目: 河北省重点研发计划项目中医药创新专项 (No. 223777139D)

作者单位: ¹(050000) 中国河北省石家庄市, 石家庄爱尔眼科医院; ²(050000) 中国河北省石家庄市, 河北中医药大学第一附属医院眼科; ³(100000) 中国北京市, 北京爱尔英智眼科医院

作者简介: 梁玲玲, 女, 本科, 眼视光中级 (师), 研究方向: 眼视光。

通讯作者: 郭瑞红, 女, 本科, 主治医师, 研究方向: 眼视光. 839479166@qq.com

收稿日期: 2026-04-01 修回日期: 2026-08-24

摘要

目的: 比较高非球面微透镜设计镜片 (HAL)、多区正向光学离焦设计镜片 (DIMS) 与单光镜片 (SVL) 在延缓儿童青少年近视进展中的效果。

方法: 回顾性队列研究。选取 2023 年 1 月至 2023 年 6 月于本院视光科就诊并验配近视矫正眼镜的 6-16 岁儿童及青少年为研究对象。按照患者及监护人自主选择的矫正方式分为 HAL 组、DIMS 组、SVL 组。随访 12 mo, 比较三组患者戴镜 12 mo 后球镜、柱镜、等效球镜 (SE)、眼轴长度 (AL)、平坦角膜曲率 (K1)、陡峭角膜曲率 (K2)、平均角膜曲率及双眼视功能参数 [调节滞后量 (BCC)、负/正相对调节 (NRA/PRA)] 的变化情况。进一步将纳入患者按照年龄分为 ≤ 10 岁组、 > 10 岁组, 探讨年龄对离焦镜片近视防控效果的影响。

结果: 本研究共纳入近视患者 159 例 159 眼 (均选取右眼入组); HAL 组 55 例中男 24 例, 女 31 例, 平均年龄 10.07 ± 2.14 岁, DIMS 组 60 例中男 33 例, 女 27 例, 平均年龄 10.02 ± 1.88 岁; SVL 组 44 例中男 21 例, 女 23 例, 平均年龄 10.59 ± 1.93 岁。三组患者戴镜 12 mo 后 K1、K2、平均角膜曲率、NRA、BCC 及 PRA 比较均无差异 (均 $P > 0.05$), 球镜、柱镜、等效球镜、AL 变化量比较均有差异 (均 $P < 0.05$), HAL 组和 DIMS 组球镜、等效球镜、AL 变化量均显著低于 SVL 组 (均 $P < 0.0167$), 且 DIMS 组柱镜变化量小于 SVL 组 ($P < 0.0167$)。在 ≤ 10 岁组患者中, 戴镜 12 mo 后 HAL 组球镜变化量均小于 DIMS 组和 SVL 组 (均 $P < 0.0167$); DIMS 组柱镜变化量小于 SVL 组 (均 $P < 0.0167$)。在 > 10 岁组患者中, 戴镜 12 mo HAL 组与 DIMS 组球镜、等效球镜、AL 变化量均小于 SVL 组 (均 $P < 0.0167$)。

结论: HAL 与 DIMS 均可有效地延缓儿童青少年近视屈光度进展与 AL 增长, 且对双眼视功能无显著不良影响; 在 ≤ 10 岁组患者中 HAL 镜片的球镜度控制效果更优, DIMS 镜片的散光控制效果较 SVL 更佳。

关键词: 儿童青少年近视; 近视防控; 离焦镜片; 眼轴长度; 屈光度; 双眼视功能

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2026.10.24

Efficacy of different spectacle lenses in slowing myopia progression among children and adolescents

Liang Lingling¹, Guo Ruihong², Zhang Ya², Wang Ming³, Gong Dongmei¹, Zhang Junying¹, Sun Yanhua¹

Foundation item: Hebei Province Key R&D Program—Traditional Chinese Medicine Innovation Special Project (No.223777139D)

¹Shijiazhuang Aier Eye Hospital, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China; ²Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China; ³Beijing Aier Yingzhi Eye Hospital, Beijing 100000, China

Correspondence to: Guo Ruihong. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Hebei University of Chinese Medicine, Shijiazhuang 050000, Hebei Province, China. 839479166@qq.com

Received: 2026-04-01 Accepted: 2026-08-24

Abstract

• **AIM:** To compare the efficacy of highly aspherical lenslets (HAL), defocus incorporated multiple segments (DIMS), and single-vision spectacle lenses (SVL) in slowing myopia progression in children and adolescents.

• **METHODS:** In this retrospective cohort study, myopic children and adolescents aged 6-16 y who were prescribed spectacle lenses at the hospital between January 2023 and June 2023 were included. Participants were divided into the HAL, DIMS, and SVL groups according to the correction modality voluntarily selected by participants and their guardians. The follow-up duration was 12 mo. After 12 mo of wear, changes from baseline in sphere, cylinder, spherical equivalent (SE), axial length (AL), flat corneal curvature (K1), steep corneal curvature (K2), mean corneal curvature, and binocular visual function [binocular cross-cylinder (BCC), negative/positive relative accommodation (NRA/PRA)] were compared among the three groups after 12-month spectacle wear. Three groups were further stratified by age into age ≤ 10 y and age > 10 y subgroups to explore the effect of age on myopia control efficacy of defocus lenses.

• **RESULTS:** A total of 159 myopic participants (159 eyes; only the right eye was included for each subject) were enrolled. In the HAL group (55 participants), there were 24 males and 31 females, with a mean age of 10.07 ± 2.14 y. The DIMS group consisted of 60 participants (33 males, 27

females), with a mean age of 10.02 ± 1.88 y. The SVL group included 44 participants (21 males, 23 females), with a mean age of 10.59 ± 1.93 y. There were no significant differences in K1, K2, mean corneal curvature, NRA, BCC, and PRA among the three groups after 12-month spectacle wear (all $P > 0.05$). There were statistically significant differences in the changes in sphere, SE, and AL (all $P < 0.05$). The changes in sphere, cylinder, SE, and AL in the HAL and DIMS groups were significantly lower than those in the SVL group (all $P < 0.0167$). The DIMS group showed a significantly smaller cylinder progression than the SVL group ($P < 0.0167$). In participants aged ≤ 10 y, the change in spherical power in the HAL group was significantly smaller than those in the DIMS group and SVL group after 12-month spectacle wear (all $P < 0.0167$). The change in cylindrical power in the DIMS group was smaller than that in the SVL group (all $P < 0.0167$). Among participants aged > 10 y, the changes in spherical power, SE, and AL in both the HAL group and DIMS group were significantly smaller than those in the SVL group after 12-month spectacle wear (all $P < 0.0167$).

• **CONCLUSION:** Both HAL and DIMS lenses can effectively slow the progression of refractive error and AL elongation in children and adolescents, without significant adverse effects on binocular visual function. Among children ≤ 10 y, HAL lenses yield superior spherical power control, whereas DIMS lenses provide better astigmatism control than SVL.

• **KEYWORDS:** myopia in children and adolescents; myopia prevention and control; defocus lens; axial length; diopter; binocular visual function

Citation: Liang LL, Guo RH, Zhang Y, et al. Efficacy of different spectacle lenses in slowing myopia progression among children and adolescents. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2026, 26(10): 1831-1837.

0 引言

近年来,全球儿童青少年近视患病率持续攀升,我国青少年总体近视患病率已达 51.9%,其中初中生、高中生近视率分别高达 71.1%、80.5%,呈现出显著的“低龄化”与“重度化”特征^[1],已成为亟待解决的全球性公共卫生问题。近视的持续进展不仅会导致矫正视力下降,更会显著增加成年后高度近视的发生风险,继而引发视网膜脱离、近视性黄斑病变等不可逆致盲性眼部并发症,严重威胁儿童青少年的视觉健康。

年龄是影响近视进展的关键因素,低龄儿童眼轴(axial length, AL)增长速率更快,近视进展伴随的 AL 病理性增长,是导致近视性黄斑变性、视网膜脱离等并发症的主要危险因素^[2-3],因此针对不同年龄层开展精准化近视防控成为当前眼视光领域的研究重点^[4-5]。

近年来,国内外针对儿童青少年近视的发生与进展,已开展了大量防控手段的相关研究,主流干预方案包括户外活动促进、药物治疗、角膜塑形镜、渐变焦与双焦眼镜、多点离焦眼镜等,国际近视研究院(International Myopia Institute, IMI)已对各类近视防控方法的临床证据与应用规范进行了详细阐述^[6]。光学矫正是近视防控的核心基

础干预方式,主要涵盖框架眼镜、离焦软镜、角膜塑形镜三大类;而近视防控干预若能实现微创甚至无创,更具临床推广优势,因此非侵入性的框架眼镜成为儿童青少年近视防控的一线优选方案。综合当前临床应用现状,低浓度阿托品滴眼液因兼顾确切疗效与良好安全性,在延缓近视进展中发挥着重要作用,光学矫正则是全程不可或缺的基础干预手段;临床实践中,可根据患者的年龄、屈光状态、用眼习惯等个体情况,将二者联合使用,以实现最大化的近视控制效果。

目前,基于视网膜周边近视性离焦理论的光学矫正技术是近视防控领域的研究热点,框架眼镜因无创、非侵入性、依从性易管理的优势,成为儿童青少年近视防控的首选选择。临床常用的高非球面微透镜设计镜片(highly aspherical lenslets, HAL)、多区正向光学离焦设计镜片(defocus incorporated multiple segments, DIMS),虽均基于近视性离焦理论设计,但在微透镜排布、离焦分布模式上存在显著差异。基于此,本研究通过 12 mo 的回顾性临床观察,结合年龄分层对比分析 HAL 镜片、DIMS 镜片与单光眼镜对青少年近视屈光度、AL 及双眼视功能的影响,旨在为临床儿童青少年近视防控方案的个性化选择提供真实世界数据支持。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为回顾性队列研究,选取 2023 年 1 月至 2023 年 6 月于本院视光科就诊并验配近视矫正眼镜的 6-16 岁儿童及青少年为研究对象。纳入标准:(1)年龄 6-16 岁;(2)等效球镜度(spherical equivalent, SE) $-0.50 \sim -8.50$ D;(3)柱镜度绝对值 ≤ 3.25 DC;(4)双眼最佳矫正视力均 ≥ 1.0 ;(5)平均角膜曲率为 $38.61 \sim 47.70$ D;(6)配戴时长依靠标准化问诊回顾记录,为减少偏倚混杂效应,严格筛选高依从性人群纳入疗效分析^[7]。病历资料完整,随访依从性良好,每日配戴时长 ≥ 12 h。排除标准:(1)存在显性斜视或双眼视功能严重异常者;(2)有病理性高度近视、圆锥角膜等眼病家族史者;(3)纳入研究前 6 mo 内,有角膜塑形镜、硬性透气性角膜接触镜配戴史,或低浓度阿托品等近视防控相关药物使用史,及其他近视防控干预措施应用史(通过本院电子病历系统、既往验光处方及就诊记录回溯确认,无法提供完整既往干预史者亦予以排除);(4)双眼屈光参差 ≥ 2.50 D 者;(5)合并弱视、先天性白内障、青光眼、视网膜病变等可能影响屈光发育的眼部器质性疾病者;(6)有眼部手术史者;(7)随访数据缺失,未按要求完成 3、6、12 mo 全节点复查者。本研究严格遵循《赫尔辛基宣言》原则,所有患者及监护人均对治疗方案知情并同意。通过石家庄爱尔眼科医院伦理委员会审批(伦理批号:SJZAE-IRB-2026-001),批准本回顾性研究的实施及知情同意豁免。

1.2 方法 所有患者的全套检查均由同一名经过规范化培训的资深视光医师完成,检查前嘱患者充分休息 5 min,避免近距离用眼对检查结果造成干扰。

1.2.1 检查方法 (1)采用主客观结合验光法:1)客观验光:使用电脑验光仪完成初始屈光度数筛查,结合带状光检影镜行视网膜检影,确定客观屈光状态;2)主观验光:在客观验光结果基础上,采用综合验光仪完成规范主观验光(包括球镜、柱镜,等效球镜=球镜+1/2 柱镜),全程遵循最佳矫正视力最高正镜度(maximum plus to maximum visual acuity, MPMVA)原则,同步完成红绿平衡、双眼平

衡检测,最终确定患者的最佳矫正屈光处方。采用国际标准对数视力表完成裸眼视力与最佳矫正视力检查。(2) AL与角膜曲率(K)测量:使用扫频光学生物测量仪测量AL和角膜曲率(平坦K即K1,陡峭K即K2,平均角膜曲率),AL测量范围为角膜前表面至视网膜色素上皮层的直线距离。每眼连续测量5次,剔除眨眼、固视不良、黄斑中心凹偏离的无效测量图像,以信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)>2.0为测量有效标准,取所有有效测量值的平均值纳入统计分析。(3) 双眼视功能检查:所有指标均采用上述同型号综合验光仪,在屈光全矫状态下完成检测。远(5 m)、近(40 cm)水平隐斜采用Von Graefe法测量(分离棱镜:12^Δ基底向内/6^Δ基底向上);调节滞后量(binocular cross-cylinder, BCC)在暗室环境下使用±0.50 D交叉柱镜测定;负相对调节(negative relative accommodation/positive relative accommodation, NRA)、正相对调节(positive relative accommodation, PRA)以0.25 D级差增减球镜,直至视标出现首次持续模糊,记录最终增减的球镜总量。

1.2.2 配镜与随访 所有镜片均由同一名资深加工师采用同一台全自动镜片磨边机完成标准化加工。所有患者均严格按照标准制定的屈光处方,定制对应组别镜片并规范配镜。配镜当日予一对一配戴指导,明确配戴时长需≥12 h/d,同步完成系统化用眼卫生宣教,详细告知随访流程、复查项目与近视进展监测的临床意义。本研究随访周期为12 mo,设定配镜后3、6、12 mo为固定复查节点,各节点复查项目与基线检查完全一致;每次复查时通过标准化问诊确认并记录患者每日配戴时长,若出现矫正视力下降、SE变化>0.50 D^[8],及时就诊更换镜片,排除屈光欠矫对近视进展的干扰。变化量=戴镜12 mo-戴镜前。

统计学分析:采用SPSS 25.0统计软件进行数据分析。计量资料先行Shapiro-Wilk正态性检验,符合正态分布者以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用单因素方差分析;不符合正态分布数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,多组间比较采用

Kruskal-Wallis H 检验;进一步两两比较采用 Bonferroni 校正($P<0.0167$)。计数资料以 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者戴镜前一般资料比较 本研究共纳入近视患者159例159眼(均选取右眼入组),按照患者及监护人自主选择的矫正方式分为三组:HAL组55例,DIMS组60例,SVL组44例。三组患者戴镜前一般资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$),具有可比性,见表1。

2.2 三组患者戴镜12 mo后各参数变化量比较 三组患者戴镜12 mo K1、K2、平均角膜曲率、NRA、BCC及PRA变化量比较差异均无统计学意义($P>0.05$),球镜、柱镜、等效球镜、AL变化量比较差异均有统计学意义($P<0.05$),进一步两两比较结果见表2。

2.3 不同镜片在年龄亚组中的防控效果比较

2.3.1 不同镜片在≤10岁组和>10岁组患者戴镜前一般资料比较 不同镜片在≤10岁组和>10岁组患者戴镜前一般资料比较差异均无统计学意义($P>0.05$),见表3、4。

2.3.2 不同镜片在≤10岁组和>10岁组患者戴镜12 mo后各参数变化量比较 在≤10岁组患者中,戴镜12 mo后K1、K2、平均角膜曲率、NRA、BCC、PRA变化量比较差异均无统计学意义($P>0.05$),球镜、柱镜、等效球镜、AL比较差异均有统计学意义($P<0.05$),进一步两两比较结果见表5。在>10岁组患者中,戴镜12 mo后柱镜、K1、K2、平均角膜曲率、NRA、BCC、PRA变化量比较差异均无统计学意义($P>0.05$),球镜、等效球镜、AL比较差异均有统计学意义($P<0.05$),进一步两两比较结果见表6。

3 讨论

儿童青少年是近视管理的主要目标人群。2022年,中国儿童青少年近视率为51.9%,其中高度近视率为9.7%^[9]。如何有效地遏制近视发病、延缓屈光度进展、降低病理性近视相关的不可逆视功能损伤与致盲风险,已成为当前眼视光领域的核心课题。DIMS镜片与HAL镜片

表1 三组患者戴镜前一般资料比较

分组	例数(眼数)	性别(男/女,例)	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	AL($\bar{x}\pm s$, mm)	K1($\bar{x}\pm s$,D)	K2($\bar{x}\pm s$,D)	平均角膜曲率($\bar{x}\pm s$,D)
HAL组	55(55)	24/31	10.07±2.14	24.48±1.10	42.99±1.49	44.27±1.63	43.64±1.52
DIMS组	60(60)	33/27	10.02±1.88	24.47±1.06	42.55±1.66	43.83±1.68	43.19±1.64
SVL组	44(44)	21/23	10.59±1.93	24.42±1.00	42.85±1.36	44.31±1.57	43.58±1.43
$\chi^2/F/H$		1.526	1.216	0.049	1.371	1.467	1.403
P		0.466	0.299	0.952	0.271	0.234	0.249

分组	例数 (眼数)	球镜 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	柱镜 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	等效球镜 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	NRA [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	BCC [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	PRA [$M(P_{25}, P_{75})$, D]
HAL组	55(55)	-2.00 (-3.25, -1)	-0.50 (-0.75, -0.25)	-2.37 (-3.25, -1.50)	2.50 (2.25, 2.50)	0.00 (0.00, 0.00)	-1.50 (-2.75, -1.00)
DIMS组	60(60)	-1.75 (-3.25, -1.25)	-0.50 (-0.75, 0)	-2.00 (-3.46, -1.37)	2.50 (2.25, 2.68)	0.00 (0.00, 0.00)	-1.75 (-2.43, -1.25)
SVL组	44(44)	-2.00 (-2.25, -1.31)	-0.50 (-1.25, -0.25)	-2.13 (-2.72, -1.75)	2.50 (2.25, 2.75)	0.00 (0.00, 0.00)	-2.00 (-2.43, -1.50)
$\chi^2/F/H$		0.296	3.252	0.306	0.581	1.652	2.098
P		0.862	0.197	0.858	0.748	0.438	0.350

表2 三组患者戴镜12 mo后各参数变化量比较						$M(P_{25},P_{75})$
分组	眼数	球镜(D)	柱镜(D)	等效球镜(D)	AL(mm)	K1(D)
HAL组	55	-0.25(-0.50,0)	-0.25(-0.50,0)	-0.37(-0.62,-0.12)	0.21(0.13,0.37)	-0.14(-0.23,0)
DIMS组	60	-0.50(-0.75,-0.06)	0(-0.25,0)	-0.50(-0.75,-0.25)	0.31(0.21,0.40)	-0.07(-0.16,0.04)
SVL组	44	-1.0(-1.43,-0.75) ^{a,b}	-0.25(-0.50,0) ^b	-1.12(-1.62,-0.75) ^{a,b}	0.43(0.33,0.60) ^{a,b}	-0.04(-0.14,0.09)
H		51.563	6.722	50.780	31.976	5.530
P		<0.001	0.035	<0.001	<0.001	0.063
分组	眼数	K2(D)	平均角膜曲率(D)	NRA(D)	BCC(D)	PRA(D)
HAL组	55	0.09(-0.04,0.23)	-0.02(-0.1,0.09)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0.25)	-0.25(-0.75,0)
DIMS组	60	0.01(-0.13,0.19)	-0.02(-0.10,0.06)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0.18)	-0.50(-1.0,0)
SVL组	44	0.12(-0.02,0.22)	0.03(-0.08,0.14)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0)	-0.25(-0.75,0.25)
H		4.996	4.328	2.784	0.290	1.340
P		0.082	0.115	0.249	0.865	0.512

注:^a $P<0.0167$ vs HAL组;^b $P<0.0167$ vs DIMS组。

表3 不同镜片在≤10岁组患者戴镜前一般资料比较							
分组	例数(眼数)	性别(男/女,例)	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	AL($\bar{x}\pm s$, mm)	K1($\bar{x}\pm s$, D)	K2($\bar{x}\pm s$, D)	平均角膜曲率($\bar{x}\pm s$, D)
HAL组	31(31)	16/15	8.58±1.29	24.03±0.86	43.03±1.62	44.29±1.72	43.66±1.63
DIMS组	37(37)	18/19	8.84±1.17	24.13±1.80	42.82±1.53	44.07±1.54	43.45±1.51
SVL组	22(22)	10/12	9.09±0.97	24.27±0.69	42.63±1.44	44.18±1.74	43.41±1.56
$\chi^2/F/H$		0.197	1.247	0.571	0.422	0.153	0.217
P		0.906	0.292	0.567	0.657	0.859	0.806
分组	例数 (眼数)	球镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	柱镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	等效球镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	NRA [$M(P_{25},P_{75})$, D]	BCC [$M(P_{25},P_{75})$, D]	PRA [$M(P_{25},P_{75})$, D]
HAL组	31(31)	-1.50 (-2.25,-1.00)	-0.50 (-0.75,0.00)	-1.50 (-2.38,-1.00)	2.50 (2.00,2.75)	0.00 (0.00,0.50)	-1.50 (-2.50,-1.00)
DIMS组	37(37)	-1.75 (-2.63,-1.25)	-0.50 (-0.88,0.00)	-2.00 (-2.82,-1.44)	2.50 (2.25,2.63)	0.00 (0.00,0.25)	-1.75 (-2.25,-1.00)
SVL组	22(22)	-2.00 (-2.25,-1.19)	-0.63 (-1.50,-0.00)	-2.00 (-2.53,-1.60)	2.50 (2.25,2.75)	0.00 (0.00,0.25)	-2.00 (-2.56,-1.25)
$\chi^2/F/H$		2.297	2.645	3.586	1.302	1.473	0.848
P		0.317	0.266	0.166	0.522	0.479	0.654

表4 不同镜片在>10岁组患者戴镜前一般资料比较							
分组	例数(眼数)	性别(男/女,例)	年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	AL($\bar{x}\pm s$, mm)	K1($\bar{x}\pm s$, D)	K2($\bar{x}\pm s$, D)	平均角膜曲率($\bar{x}\pm s$, D)
HAL组	24(24)	11/13	12.00±1.32	25.08±1.12	42.97±1.34	44.25±1.54	43.61±1.41
DIMS组	23(23)	12/11	11.91±1.08	25.01±1.21	42.10±1.80	43.46±1.85	43.78±1.80
SVL组	22(22)	11/11	12.09±1.41	24.57±1.24	43.07±1.27	44.43±1.41	43.75±1.30
$\chi^2/F/H$		0.196	0.109	1.191	2.889	2.387	2.732
P		0.907	0.897	0.310	0.063	0.100	0.072
分组	例数 (眼数)	球镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	柱镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	等效球镜 [$M(P_{25},P_{75})$, D]	NRA [$M(P_{25},P_{75})$, D]	BCC [$M(P_{25},P_{75})$, D]	PRA [$M(P_{25},P_{75})$, D]
HAL组	24(24)	-3.13 (-2.44,-2.06)	-0.50 (-1.00,0.31)	-3.26 (-5.04,-2.50)	2.50 (2.50,2.50)	0.00 (0.00,0.25)	-1.50 (-2.75,-1.00)
DIMS组	23(23)	-2.00 (-4.00,-1.25)	-0.50 (-0.75,0.00)	-2.25 (-4.38,-1.25)	2.50 (2.25,2.75)	0.00 (0.00,0.25)	-1.50 (-2.75,-1.25)
SVL组	22(22)	-2.00 (-3.00,-1.69)	-0.50 (-1.25,-0.25)	-2.19 (-3.29,-1.97)	2.50 (2.19,2.75)	0.00 (0.00,0.25)	-2.00 (-2.38,-1.50)
$\chi^2/F/H$		6.208	1.816	5.239	0.017	0.943	1.320
P		0.055	0.403	0.073	0.991	0.624	0.517

均为国内临床一线应用的近视防控光学产品,二者均基于视网膜周边近视性离焦理论设计,核心光学结构存在显著差异;DIMS 镜片于中央视远光学区外围均匀排布 396 个+3.33 D 微透镜,可在视网膜上形成稳定的持续性近视性

表 5 不同镜片在≤10 岁组患者戴镜 12 mo 后各参数变化量比较

$M(P_{25},P_{75})$

分组	眼数	球镜(D)	柱镜(D)	等效球镜(D)	AL(mm)	K1(D)
HAL 组	31	-0.25(-0.50,0)	-0.25(-0.50,0)	-0.37(-0.62,-0.25)	0.28(0.14,0.44)	-0.16(-0.19,0.02)
DIMS 组	37	-0.50(-0.75,-0.25) ^a	0(-0.25,0) ^a	-0.62(-0.75,-0.37)	0.37(0.28,0.43)	-0.10(-0.17,0.05)
SVL 组	22	-0.88(-1.50,-0.75) ^{a,b}	-0.25(-0.75,0)	-1.19(-1.66,-0.72) ^{a,b}	0.49(0.38,0.70) ^{a,b}	-0.06(-0.16,0.06)
<i>H</i>		27.136	7.328	23.257	17.443	1.317
<i>P</i>		<0.001	0.026	<0.001	<0.001	0.518
分组	眼数	K2(D)	平均角膜曲率(D)	NRA(D)	BCC(D)	PRA(D)
HAL 组	31	0.07(-0.05,0.23)	-0.01(-0.14,0.11)	0.25(-0.25,0.50)	0(-0.25,0.25)	-0.25(-0.50,0)
DIMS 组	37	0.05(-0.13,0.19)	-0.03(-0.10,0.09)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0.38)	-0.50(-1.13,0)
SVL 组	22	0.14(-0.01,0.31)	0.04(-0.06,0.16)	0(-0.25,0)	0(-0.25,0.06)	-0.25(-0.75,0.25)
<i>H</i>		2.443	2.711	4.746	0.250	1.885
<i>P</i>		0.295	0.258	0.093	0.882	0.390

注:^a $P<0.0167$ vs HAL 组;^b $P<0.0167$ vs DIMS 组。

表 6 不同镜片在>10 岁组患者戴镜 12 mo 后各参数变化量比较

$M(P_{25},P_{75})$

分组	眼数	球镜(D)	柱镜(D)	等效球镜(D)	AL(mm)	K1(D)
HAL 组	24	-0.25(-0.50,0)	-0.25(-0.43,0)	-0.37(-0.59,-0.12)	0.17(0.10,0.29)	-0.14(-0.23,0)
DIMS 组	23	-0.25(-0.75,0)	0.25(-0.25,0)	-0.25(-0.75,-0.12)	0.21(0.11,0.31)	-0.05(-0.13,0.02)
SVL 组	22	-1.0(-1.31,-0.75) ^{a,b}	-0.25(-0.50,0)	-1.13(-1.53,-0.75) ^{a,b}	0.39(0.33,0.55) ^{a,b}	-0.26(-0.1,0.12)
<i>H</i>		26.054	0.597	27.521	20.210	5.510
<i>P</i>		<0.001	0.742	<0.001	<0.001	0.064
分组	眼数	K2(D)	平均角膜曲率(D)	NRA(D)	BCC(D)	PRA(D)
HAL 组	24	0.10(0,0.21)	-0.03(-0.09,0.08)	0(-0.25,0.25)	0(-0.19,0.25)	-0.25(-1.25,0)
DIMS 组	23	0.01(-0.17,0.19)	-0.01(-0.09,0.04)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0)	-0.50(-0.75,0)
SVL 组	22	0.03(-0.02,0.20)	0.02(-0.09,0.15)	0(-0.25,0.25)	0(-0.25,0)	-0.25(-1.0,0)
<i>H</i>		4.057	1.733	0.761	1.863	0.284
<i>P</i>		0.132	0.420	0.683	0.394	0.868

注:^a $P<0.0167$ vs HAL 组;^b $P<0.0167$ vs DIMS 组。

离焦信号;HAL 镜片采用星环式布局设计,在光学区外围排布 1 021 枚高非球面微透镜,可形成覆盖范围更广的梯度化近视性离焦效应^[10-15]。本研究通过 12 mo 的回顾性队列分析,证实 DIMS 与 HAL 均可有效延缓儿童青少年近视屈光度进展与 AL 增长,且对双眼视功能无不良影响,可为临床个体化近视防控提供参考。这与郝晶晶等^[9]的研究结论一致。

本研究结果显示,戴镜 12 mo 后,DIMS 组与 HAL 组的球镜、柱镜、等效球镜、AL 增长幅度均显著低于 SVL 组,与既往临床研究结论一致^[10,16]。视网膜周边近视性离焦理论是离焦镜片防控近视的核心机制,既往研究已证实,视网膜前的近视性离焦信号可有效抑制 AL 的异常增长^[17-18]。本研究中两种镜片虽光学设计不同,但均可通过特殊的微透镜结构在视网膜前形成稳定的近视性离焦信号,进而调控眼球生长,实现近视防控效果。

本研究发现,SVL 组柱镜增长幅度显著高于 DIMS 组,这一结论与王义辉等^[19]的研究结果相符。目前关于离焦镜片对散光进展的影响机制尚未完全明确,散光的变化可能来源于角膜后表面、眼睑张力或调节微波动,既往研究显示,近视进展期 AL 过度延长可诱发晶状体代偿性变薄与形态改变,是眼内散光进展的核心诱因^[20-21]。本研究中三组患者 K1、K2、平均角膜曲率值随访期间无显著变化,提示散光变化并非源于角膜形态的改变,但具体机

制(如晶状体变化)仍需后续研究通过测量晶状体形态等直接证据来验证。

年龄亚组分析显示,三组镜片患者戴镜 12 mo 后球镜、等效球镜、AL 变化量比较均有差异,其中两种离焦镜片的防控效果存在年龄特异性差异。对于≤10 岁低龄儿童,HAL 镜片在球镜度数控制方面更具优势,这与低龄儿童眼球壁可塑性强、AL 增长潜力大的生理特点高度契合,可更有效地降低其进展为高度近视的风险。沈诗薇^[22]分析显示在 1 a 观察期 DIMS 的近视防控率稍弱于 HAL,与本研究结果存在一定差异,且需要更深入的多维度比较。熊燕等^[23]的回顾性队列研究显示,低龄儿童配戴 HAL 镜片 12 mo 的 AL 增长量为 0.17±0.19 mm,显著优于 DIMS 镜片的 0.29±0.22 mm,与本研究结果趋势一致;该研究同时发现 HAL 镜片的 AL 控制效果甚至优于角膜塑形镜,提示其可作为眼轴增长迅速、不适合配戴角膜塑形镜的低龄患儿的优选方案。而对于 11-16 岁患者,两种镜片控制效果相近,未观察到统计学差异。Lam 等^[12]随机对照研究证实 DIMS 镜片可使近视患者球镜进展减缓 52%、眼轴增长减缓 62%,在 10-13 岁患者中仍保持稳定的防控效能。本研究中>10 岁患者 HAL 组 AL 增长量 0.17(0.10,0.29) mm 略低于 DIMS 组 0.21(0.11,0.31) mm,但组间差异无统计学意义,其原因可能与两种镜片的光学设计差异相关;HAL 镜片的梯度离焦设计更契合视网膜周

边光学特性,可产生更稳定的近视性离焦信号,连续环状平滑离焦过渡柔和,近距离用眼时离焦信号稳定;大龄儿童课业负担重,近距离用眼多,持续单光镜周边远视离焦会加重,而 DIMS 镜片的微透镜均匀恒定近视离焦量易适应同时持续提供反向离焦信号、脉络膜代偿反映依然存在,脉络膜厚度增加延缓眼轴增长,同时光学分布均匀覆盖对角膜形态不规则的适配性更佳,故在散光控制方面更具优势。此外,本研究 ≤ 10 岁组患者样本量较小,可能是导致两组间眼轴控制差异无统计学意义的重要原因,需后续扩大样本量进一步验证。

视觉安全性是儿童近视防控镜片临床应用的核心前提。本研究结果显示,三组患者戴镜 12 mo 后,BCC、PRA、NRA 双眼视功能参数均无显著异常变化,提示两种离焦镜片的光学设计未对儿童青少年的双眼视功能产生不良影响,具备良好的安全性。这一结果得到了既往多项研究的支持:李晓莹等^[24]研究证实,配戴 DIMS 镜片 1 a 后视功能表现与配戴 SVL 表现一致,对儿童长期视觉质量无明显不利影响;Li 等^[25]的研究显示,HAL 镜片配戴初期可能出现低对比度视力、立体视锐度的轻微波动,但随配戴时间延长可完全恢复,1 a 内调节功能与眼位均保持稳定;分析其原因,两种离焦镜片均设置了直径 9 mm 的中央视远光学区,可充分满足日常视物的视觉需求,避免调节系统的过度负荷;同时 Huang 等^[26]的研究发现,HAL 镜片可增加戴镜者的调节幅度,降低调节滞后量,这一效应可能进一步协同延缓近视进展。Gao 等^[27]报道此设计不影响周边运动感知觉及周边有效视野,同时保障了视觉功能的稳定,对于近视防控效果也起到一定的促进作用。

本研究存在一定局限性:(1)本研究为单中心回顾性非随机对照研究,分组依据患者及监护人的自主意愿确定,这种非随机分组不可避免地引入了一定的选择偏倚,选择配戴 HAL、DIMS 离焦镜片或 SVL 的家庭,在社会经济地位、对近视防控的重视程度等方面可能存在系统性差异。受限于回顾性研究的本质,本研究未能系统收集患儿的户外活动时间、近距离用眼时长以及父母近视遗传背景等重要的潜在混杂因素,因而无法通过多因素回归分析对这些变量进行统计学校正。尽管三组患者的基线临床参数具有良好的可比性,但上述未测量的混杂因素仍可能对结果的准确性造成潜在干扰;(2)随访周期仅为 12 mo,两种镜片的长期防控效果、安全性及停戴后的屈光度反弹风险仍需进一步观察验证;(3)戴镜依从性仅通过复查时的标准化问诊记录评估,缺乏内置传感器等客观监测数据,可能存在回忆偏倚。

未来研究可进一步完善:采用前瞻性、大样本、多中心、随机对照试验设计,扩大样本量并延长随访周期,系统纳入用眼行为等混杂因素进行多因素分析,提升研究结果的循证等级;引入客观监测设备精准评估戴镜依从性,减少主观偏倚;深入探索不同离焦镜片防控效果的年龄特异性机制,明确其最佳适用人群;同时开展降低对比敏感度、离焦镜片与低浓度阿托品、户外活动等干预手段的联合应用研究,不同屈光状态下周边视网膜离焦昼夜节律变化特征^[28],视网膜离焦与眼轴的关系^[29],不同年龄段儿童周边视网膜相对屈光度分析对近视发生发展的影响^[30],为制定更精准、高效的个性化近视防控方案提供坚实的循证医学依据;另外对于成人的近视进展也尤为关注,结合对成人近视视网膜周边离焦分布进行分析^[31]。

本研究证实,在戴镜 12 mo 的观察期内,DIMS 镜片与 HAL 镜片均可有效地延缓儿童青少年近视屈光度进展与 AL 增长,效果显著优于 SVL,且两种矫正方式均不会对患者的双眼视功能产生显著不良影响。近视已成为全球一个重大的公共卫生问题,避免儿童发展成高度近视以降低发生严重视力障碍的风险这是控制近视的主要目标,本研究年龄亚组分析显示,HAL 镜片在 ≤ 10 岁低龄儿童的球镜控制方面更具优势,DIMS 镜片在散光进展控制方面较 SVL 组表现更佳,该结论为低龄近视提供关键临床指导、明确多点离焦框架镜在大龄儿童进展性近视散光中的干预价值。临床实践中,可结合患者的年龄、屈光状态、双眼视功能及眼部生物学特征,选择个性化的矫正方案,以最大化近视防控效果,降低高度近视相关并发症的发生风险。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突

作者贡献声明:梁玲玲论文选题与修改,文献检索,初稿撰写;张亚、王铭数据分析;张亚、郭瑞红选题指导;宫冬梅、张俊英、孙艳华论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Pan Z, Xian HC, Li F, et al. Myopia and high myopia trends in Chinese children and adolescents over 25 years: a nationwide study with projections to 2050. *Lancet Reg Health West Pac*, 2025,59:101577.
[2] 冯卓堃, 马雅, 金子兵. 近视发生和发展的遗传学研究进展. *中华实验眼科杂志*, 2023,41(9):931-938.
[3] Bullimore MA, Ritchey ER, Shah S, et al. The risks and benefits of myopia control. *Ophthalmology*, 2021,128(11):1561-1579.
[4] 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, 等. 近视管理白皮书(2025). *中华眼视光学与视觉科学杂志* (中英文), 2025,27(7):481-489.
[5] Jonas JB, Ang M, Cho P, et al. IMI prevention of myopia and its progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):6.
[6] Bullimore MA, Saunders KJ, Baraas RC, et al. IMI-interventions for controlling myopia onset and progression 2025. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2025,66(12):39.
[7] 张巧, 王曦, 胡哲, 等. 近视眼儿童配戴框架眼镜依从性自评问卷的编制及信度效度检验. *中华眼科杂志*, 2025,61(10):799-807.
[8] 国家疾控局网站. 国家疾控局积极推进儿童青少年近视防控近视率呈下降趋势. (2024-03-13) (2025-04-24). https://www.gov.cn/lianbo/bumen/202403/content_6939270.htm
[9] 郝晶晶, 唐琰, 范春雷, 等. 两种近视离焦设计框架镜片对儿童近视控制效果的临床研究. *中国临床医生杂志*, 2021,49(9):1115-1117.
[10] 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.
[11] Li X, Huang YY, Yin ZA, et al. Myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets: results of a 3-year follow-up study. *Am J Ophthalmol*, 2023,253:160-168.
[12] Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, et al. Long-term myopia control effect and safety in children wearing DIMS spectacle lenses for 6 years. *Sci Rep*, 2023,13(1):5475.
[13] 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.
[14] 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.

[15] 朱广晶, 林海双, 余丰, 等. 两种不同原理的功能性框架眼镜对儿童近视的延缓效果比较. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2025, 47(7):481-486.

[16] Bao JH, Yang A, Huang YY, et al. One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. Br J Ophthalmol, 2022,106(8):1171-1176.

[17] 陈楠, 薛劲松, 蔡江怀, 等. 光学离焦技术控制近视的研究进展. 国际眼科杂志, 2022,22(2):260-264.

[18] Zhang HY, Lam CSY, Tang WC, et al. Defocus incorporated multiple segments spectacle lenses changed the relative peripheral refraction: a 2-year randomized clinical trial. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2020,61(5):53.

[19] 王义辉, 唐琰, 王浩宇, 等. 配戴不同设计的离焦镜片后散光度数变化的临床研究. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2025,33(3):27-30.

[20] 王义辉, 王浩宇, 胡兴潘, 等. 平光离焦镜防控正视眼儿童近视的临床效果. 玻璃搪瓷与眼镜, 2025,53(1):11-15.

[21] Jones LA, Mitchell GL, Mutti DO, et al. Comparison of ocular component growth curves among refractive error groups in children. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2005,46(7):2317-2327.

[22] 沈诗薇. 多区正向离焦镜片在近视防控领域的研究进展. 国际眼科杂志, 2025,25(2):270-273.

[23] 熊燕, 廖俊, 何光华. 佩戴角膜塑形镜与特殊设计框架眼镜对低龄近视儿童眼轴的控制效果比较. 中华眼外伤职业眼病杂志,

2024,46(11):836-842.

[24] 李晓莹, 马薇, 宋雨桐, 等. 多区正向光学离焦镜片对双眼视功能和视觉质量影响的随机双盲对照研究. 中华实验眼科杂志(中英文), 2025,43(2):130-137.

[25] Li X, Ding CL, Li YH, et al. Influence of lenslet configuration on short-term visual performance in myopia control spectacle lenses. Front Neurosci, 2021,15:667329.

[26] Huang YY, Li X, Wang C, et al. Visual acuity, near phoria and accommodation in myopic children using spectacle lenses with aspherical lenslets: results from a randomized clinical trial. Eye Vis, 2022,9(1):33.

[27] 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.

[28] 王纹姬, 曾颖, 赵洪超, 等. 近视与正视儿童眼球参数及视网膜离焦的昼夜变化特征. 中华眼视光学与视觉科学杂志(中英文), 2026,28(2):131-139.

[29] 黄瑞琴, 司静彬, 吕晗, 等. 屈光不正儿童青少年视网膜离焦与眼轴的相关性. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2024,26(5):368-373.

[30] 李芊蓉, 谢黎, 陈玲, 等. 4~10岁远视眼儿童周边视网膜相对屈光度分析. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2023,25(9):694-698.

[31] 曲诗佳, 宋芬, 李煜桐, 等. 成人近视眼视网膜周边离焦分布特征及其与屈光度的相关性分析. 中华实验眼科杂志, 2025,43(7):625-630.