

缩小 CRT 与 VST 设计角膜塑形镜光学区后表面直径控制近视进展的疗效比较

荆思理, 万雅群, 陈丹, 陈媛媛, 王珏, 杨敏

引用: 荆思理, 万雅群, 陈丹, 等. 缩小 CRT 与 VST 设计角膜塑形镜光学区后表面直径控制近视进展的疗效比较. 国际眼科杂志, 2025, 25(3): 475-480.

基金项目: 西安市人民医院(西安市第四医院) 科研孵化基金资助课题(No.FZ-85)

作者单位: (710004) 中国陕西省西安市人民医院(西安市第四医院) 眼科

作者简介: 荆思理, 女, 博士, 主治医师, 研究方向: 屈光不正。

通讯作者: 万雅群, 女, 学士, 副主任医师, 研究方向: 眼视光. 18729061790@163.com

收稿日期: 2024-06-28 修回日期: 2025-02-07

摘要

目的: 对比分析缩小 CRT 与 VST 设计的角膜塑形镜光学区后表面直径(BOZD)对控制儿童青少年近视进展的有效性 & 安全性。

方法: 回顾性研究。研究对象为 2019-06/2022-05 就诊于我院角膜塑形镜验配中心的 8-16 岁近视患者 400 例 400 眼(纳入右眼数据分析)。按验配角膜塑形镜品牌以及 BOZD 分组: CRT-S 组(BOZD < 6.0 mm), CRT 组(BOZD = 6.0 mm), VST-S 组(BOZD < 6.2 mm), VST 组(BOZD = 6.2 mm), 每组各 100 例 100 眼。分别戴镜 1 d, 1 wk, 1, 6 mo, 1, 2 a 时收集分析各组配戴前后裸眼视力(UCVA)、角膜平坦 K 值、眼轴、屈光度数以及角膜损伤发生率有无差异。

结果: 戴镜 1 d 时, VST-S 组的 UCVA 提升最快, 但 1 wk 后, 各组均达到较好的 UCVA, 组间无显著差异。戴镜 6 mo, CRT-S 组的角膜平坦 K 值降幅最大, 戴镜 1 a 后, 各组的角膜平坦 K 值降幅无显著差异。在各时间点, 缩小同品牌的角膜塑形镜 BOZD 后, 眼轴增长均显著降低。戴镜 6 mo 时, CRT-S 组与 VST-S 组的眼轴增长量及离焦环直径无显著差异, 但在 1, 2 a 时, VST-S 组的眼轴增长量及离焦环直径显著低于 CRT-S 组。随访 2 a 时, 缩小同品牌的角膜塑形镜 BOZD 后, 球镜度数及等效球镜度数(SE)的增长均显著降低。VST-S 组球镜度数及 SE 变化最小, 近视控制效果最好。四组的柱镜度数变化值以及角膜损伤发生率无显著差异。

结论: 缩小角膜塑形镜光 BOZD 可有效控制眼轴增长及近视度数的进展; VST 设计原理的镜片缩小 BOZD 后近视控制效果优于 CRT 设计原理镜片; 缩小 BOZD 不会增加额外的角膜损伤风险。

关键词: 角膜塑形镜; 光学区后表面直径; 近视; 有效性; 安全性

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.3.25

Comparison of the effect of reducing the diameter of back optical zone diameter of CRT and VST designed orthokeratology lens in controlling myopia progression

Jing Sili, Wan Yaqun, Chen Dan, Chen Yuanyuan, Wang Jue, Yang Min

Foundation item: Research Incubation Fund of Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital) (No.FZ-85)

Department of Ophthalmology, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Wan Yaqun. Department of Ophthalmology, Xi'an People's Hospital (Xi'an Fourth Hospital), Xi'an 710004, Shaanxi Province, China. 18729061790@163.com

Received: 2024-06-28 Accepted: 2025-02-07

Abstract

• **AIM:** To compare and analyze the effectiveness and safety of reducing the diameter of the back optical zone diameter (BOZD) of orthokeratology lens designed by CRT and VST in controlling the progression of myopia in children and adolescents.

• **METHODS:** Retrospective study. The study subjects were 400 myopia patients aged 8-16 years who were admitted to the orthokeratology fitting center of our hospital from June 2019 to May 2022, with 400 eyes (including right eye data analysis). The subjects were divided into CRT-S group (BOZD < 6.0 mm), CRT group (BOZD = 6.0 mm), VST-S group (BOZD < 6.2 mm), VST group (BOZD = 6.2 mm) according to the brand of orthokeratology lens and BOZD group, with 100 cases in each group. Uncorrected visual acuity (UCVA), corneal flat K value, axial length, spherical equivalent, and incidence of corneal injury were collected and analyzed at 1 d, 1 wk, 1 and 6 mo, 1 and 2 a, respectively.

• **RESULTS:** After wearing lenses for 1 d, the UCVA of the VST-S group improved the fastest, but after 1 wk, all groups reached a good UCVA, and there was no significant difference between groups. The corneal flat K value of the CRT-S group decreased the most after wearing lenses for 6 mo, and there was no significant difference in the corneal flat K value of all groups after 1 year of lens wearing. At each time point, the axial length growth decreased significantly after reducing the BOZD of the same brand of orthokeratology lens. At 6 mo, there was no significant difference in the axial length growth and defocus ring diameter between the

CRT-S group and the VST-S group, but at 1 and 2 a, the VST-S group had significantly lower axial length growth and defocus ring diameter than the CRT-S group. The growth of the diopter sphere and spherical equivalent (SE) was significantly reduced when the BOZD of the same brand of orthokeratology lens was reduced at 2 a follow-up. The VST-S group had the smallest changes in the degree of SE and had the best myopia control effect. There was no significant difference in the change value of the diopter cylinder and the incidence of corneal injury among the four groups.

• **CONCLUSION:** Reducing the BOZD of the orthokeratology lens can effectively control the growth of the axial length and the progression of myopia degree. The myopia control effect of the VST lens is better than that of the CRT lens after reducing the BOZD. Reducing the BOZD of the orthokeratology lens does not increase the risk of additional corneal injury.

• **KEYWORDS:** orthokeratology lens; back optical zone diameter; myopia; efficacy; safety

Citation: Jing SL, Wan YQ, Chen D, et al. Comparison of the effect of reducing the diameter of back optical zone diameter of CRT and VST designed orthokeratology lens in controlling myopia progression. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25 (3): 475-480.

0 引言

近视的患病率逐年增高,而我国是近视患病率最高的国家之一^[1]。随着近视进展为高度近视,黄斑变性、视网膜脱离等致盲性并发症发生风险随之增高,近视防控工作刻不容缓^[2]。儿童青少年时期是防控近视进展的关键窗口^[3]。角膜塑形术作为一种非手术、可逆的物理性矫正屈光不正的方法,在控制儿童青少年近视进展方面的安全性和有效性得到了广泛验证^[4]。目前应用在临床上的角膜塑形镜片主要有 CRT 和 VST 两种不同的设计^[5]。两种设计的镜片都是通过逆几何设计使中央角膜平坦,周边角膜陡峭,从而形成视网膜周边近视性离焦从而控制近视进展^[6]。然而,两种不同设计的镜片也表现出诸多差异。CRT 镜片主要由基弧区、反转弧区、着陆角区三个区段组成,而 VST 镜片主要由基弧区、反转弧区、定位弧区、边弧区四个弧段拼接而成。角膜前表面中部形成的相对平坦的区域也被称为治疗区(TZD),多项研究证实,小的 TZD 有利于控制近视进展,而缩小光学区后表面直径(back optical zone diameter,BOZD)可以有效缩小 TZD^[7-8]。有研究报道,在其他验配参数相同的条件下,VST 设计的 TZD 比 CRT 设计的镜片更小^[9-10]。那么,是否意味着 VST 设计的镜片近视控制效果优于 CRT 设计?同样缩小 BOZD 后,两种设计的镜片近视控制效果及安全性是否存在差异?本研究拟围绕这一问题进行探讨,从而为临床提高角膜塑形术控制近视进展效果提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性研究,选取 2019-06/2022-05 于我院角膜塑形镜验配中心验配角膜塑形镜的 8-16 岁近视患者 400 例 400 眼,均纳入右眼数据进行分析。按验配角膜塑形镜品牌以及 BOZD 分组: CRT-S 组(BOZD<6.0 mm), CRT 组(BOZD=6.0 mm), VST-S 组(BOZD<6.2 mm), VST

组(BOZD=6.2 mm),每组各 100 例 100 眼。纳入标准:(1)年龄 8-16 岁;(2) $-1.0 D \leq SE < -6.0 D$,顺规散光 $<1.50 D$,逆规散光 $<0.75 D$,双眼 SE 差值 $<1.0 D$;(3)最佳矫正视力(best-corrected visual acuity,BCVA) >0.8 ,无眼部其他器质性疾病。排除标准:(1)有眼部器质性疾病、眼部手术、外伤史;(2)有全身其他系统性疾病;(3)有验配角膜塑形镜禁忌证者;(4)依从性差,不能连续戴镜和按时复诊;(5)联合使用其他近视控制治疗方法,如低浓度阿托品、哺光仪等。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,已通过西安市人民医院(西安市第四医院)伦理委员会审批(伦审号:20220051),参与者监护人均已签署知情同意书。

1.2 方法 本研究使用了两种不同设计的镜片,一种为 CRT 设计的镜片,镜片材料 PARAGON HDS 100,透氧系数 $75 \times 10^{-11} (\text{cm}^2/\text{s}) [\text{mLO}^2/(\text{mL} \cdot \text{hPa})]$ 。另一种为 VST 设计的镜片,镜片材料 Boston Equalens II,透氧系数 $95 \times 10^{-11} (\text{cm}^2/\text{s}) [\text{mLO}^2/(\text{mL} \cdot \text{hPa})]$ 。每位受试者进行视力、眼压、裂隙灯和激光扫描检眼镜的基础检查;使用角膜地形图仪测量角膜平坦 K 值(K1)、角膜陡峭 K 值和角膜 E 值;使用人工晶状体光学生物测量仪测量眼轴长度(axial length,AL);采用睫状肌麻痹验光获取球镜度数(diopter sphere,DS)、柱镜度数(diopter cylinder,DC),并利用公式等效球镜度数(spherical equivalent refraction,SE)=球镜度数+柱镜度数/2 计算 SE。镜片验配由同一位经验丰富的医师进行,参与者按照制造商的配戴指南配戴隐形眼镜。在配戴镜片 30 min 泪液相对稳定后,在裂隙灯下评估镜片配戴情况,如果观察到不良的拟合条件,则修改镜片处方。

基线时,收集以下数据:姓名、档案编号、性别、年龄、裸眼视力(uncorrected visual acuity,UCVA)、BCVA、DS、DC、SE、AL、K1。在戴镜 1 d,1 wk,1,6 mo,1,2 a 时,收集 UCVA、K1 值,其他数据用于基线分析和参与者排除。在随后的 6 mo,1,2 a 时,收集 AL 及角膜地形图测量下的离焦环直径;在戴镜 2 a 时,收集停戴 1 mo 后的睫状肌麻痹验光度数及 AL。

统计学分析:使用 SPSS 25.0 进行统计分析,使用 GraphPad Prism 6.01 绘制统计图。四组间比较采用方差分析,进一步的两两比较采用 LSD-t 检验;重复测量数据采用重复测量数据的方差分析,进一步的两两比较采用 LSD-t 检验;计数资料采用卡方检验, $P < 0.05$ 认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料比较 四组受试者的性别构成比、年龄、UCVA、DS、DC、SE、AL、K1 比较,差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。

2.2 戴镜后 UCVA 变化 各组不同时间 UCVA 比较,差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 1.529, P_{\text{时间}} = 0.09; F_{\text{组间}} = 531.56, P_{\text{组间}} < 0.001$)。对比分析各时间点的 UCVA 与基线 UCVA 的差值,发现戴镜 1 d 后,UCVA 即显著提升,VST-S 组提升最快(均 $P < 0.01$);戴镜 1 wk 时四组 UCVA 提高值达到巅峰,各组间无显著差异(均 $P > 0.05$)。戴镜 1 wk 后 UCVA 的增加幅度明显减缓,各组间无显著差异(均 $P > 0.05$),见表 2,图 1。

2.3 戴镜后 K1 变化 各组不同时间 K1 比较,差异有统计

学意义 ($F_{\text{时间}} = 41.15, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间}} = 2084.91, P_{\text{组间}} < 0.001$)。对比分析各时间点的 K1 与基线 K1 的差值,发现戴镜 1 d 后, K1 值显著降低,其中配戴 CRT 镜片的 K1 比配戴 VST 镜片降低幅度更大,且 CRT-S 组降低最显著 (均 $P < 0.01$);戴镜 6 mo 时,相较于基线,四组 K1 下降显著, CRT-S 组降低最显著 (均 $P < 0.01$), CRT-S 与 VST-S 组差异显著 ($P < 0.01$),而 CRT 组与 VST 组 ($P = 0.108$)、CRT-S 与 CRT 组 ($P = 0.103$)、VST-S 与 VST 组 ($P = 0.368$) 无显著差异;戴镜 1、2 a 时,各组差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$),见表 3,图 2。

2.4 角膜地形图测量下的离焦环直径比较 各组不同时间

间离焦环直径比较,差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 12101.03, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间}} = 50.58, P_{\text{组间}} < 0.001$)。对比各组戴镜 6 mo, 1、2 a 时的角膜地形图测量下的离焦环直径,发现在各个时间段,缩小同品牌的角膜塑形镜 BOZD 后,实际发挥近视控制效果的离焦环直径大小均显著缩小 (均 $P < 0.001$)。戴镜 6 mo 时, CRT-S 组与 VST-S 组的离焦环直径无显著差异 ($P = 0.078$);戴镜 1 a 时, VST-S 组的离焦环直径 ($2.32 \pm 0.28 \text{ mm}$) 显著小于 CRT-S 组的离焦环直径 ($2.43 \pm 0.29 \text{ mm}, P = 0.006$);戴镜 2 a 时, VST-S 组的离焦环直径 ($1.94 \pm 0.27 \text{ mm}$) 同样显著小于 CRT-S 组的离焦环直径 ($2.17 \pm 0.29 \text{ mm}, P < 0.001$),见表 4,图 3。

表 1 患者戴镜前基线资料比较

组别	眼数	性别 (男/女,例)	年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	UCVA ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	DS ($\bar{x} \pm s$, D)	DC ($\bar{x} \pm s$, D)	SE ($\bar{x} \pm s$, D)	AL ($\bar{x} \pm s$, mm)	K1 ($\bar{x} \pm s$, D)
CRT-S 组	100	45/55	9.55±2.36	0.57±0.22	-3.05±1.24	-0.86±0.45	-3.37±1.34	24.69±0.85	42.78±1.53
CRT 组	100	51/49	9.69±1.81	0.61±0.25	-3.27±1.57	-0.86±0.55	-3.58±1.69	24.95±0.91	42.55±1.26
VST-S 组	100	42/58	9.82±1.92	0.54±0.20	-2.83±1.14	-0.79±0.61	-3.08±1.28	24.83±0.88	42.74±1.33
VST 组	100	37/63	9.67±2.08	0.61±0.23	-3.01±1.25	-0.84±0.57	-3.35±1.36	24.88±0.98	42.62±1.47
F_{χ^2}		0.169	0.329	2.692	0.122	0.857	0.106	0.236	0.654
P		10.36	1.149	0.05	1.941	0.256	2.055	1.422	0.542

注: CRT-S 组配戴 BOZD < 6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜; CRT 组配戴常规 (BOZD = 6.0 mm) CRT 设计塑形镜; VST-S 组配戴 BOZD < 6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组; VST 组配戴常规 (BOZD = 6.2 mm) VST 设计品牌塑形镜。

表 2 各组不同时间 UCVA 的比较

组别	眼数	基线	戴镜 1 d	戴镜 1 wk	戴镜 1 mo	戴镜 6 mo	戴镜 1 a	戴镜 2 a
CRT-S 组	100	0.57±0.22	0.16±0.18 ^b	0.003±0.10 ^b	0.003±0.08 ^b	0.03±0.09 ^b	0.02±0.09 ^b	0.02±0.09 ^b
CRT 组	100	0.61±0.25	0.18±0.19 ^b	0.03±0.11 ^b	0.019±0.13 ^b	0.02±0.13 ^b	0.04±0.13 ^b	0.04±0.12 ^b
VST-S 组	100	0.54±0.20	0.13±0.25 ^b	0.03±0.12 ^b	0.011±0.101 ^b	0.016±0.11 ^b	0.002±0.04 ^b	0.002±0.04 ^b
VST 组	100	0.61±0.23	0.17±0.9 ^b	0.03±0.10 ^b	0.016±0.084 ^b	0.004±0.08 ^b	0.02±0.12 ^b	0.02±0.12 ^b

注: CRT-S 组配戴 BOZD < 6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜; CRT 组配戴常规 (BOZD = 6.0 mm) CRT 设计塑形镜; VST-S 组配戴 BOZD < 6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组; VST 组配戴常规 (BOZD = 6.2 mm) VST 设计品牌塑形镜。^b $P < 0.01$ vs 基线。

表 3 各组不同随访时间 K1 的变化

组别	眼数	基线	戴镜 1 d	戴镜 1 wk	戴镜 1 mo	戴镜 6 mo	戴镜 1 a	戴镜 2 a
CRT-S 组	100	42.78±1.53	41.27±1.62	40.74±1.66	40.39±1.53	40.02±1.54	39.92±1.54	39.81±1.54
CRT 组	100	42.55±1.26	41.29±1.25	40.62±1.34	40.32±1.49	40.15±1.48	39.89±1.50	39.81±1.49
VST-S 组	100	42.74±1.33	42.07±1.45	41.59±1.33	41.26±1.44	40.88±1.48	40.53±1.48	40.42±1.48
VST 组	100	42.62±1.47	41.63±1.44	41.29±1.56	40.94±1.53	40.56±1.51	40.36±1.51	40.35±1.53

注: CRT-S 组配戴 BOZD < 6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜; CRT 组配戴常规 (BOZD = 6.0 mm) CRT 设计塑形镜; VST-S 组配戴 BOZD < 6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组; VST 组配戴常规 (BOZD = 6.2 mm) VST 设计品牌塑形镜。

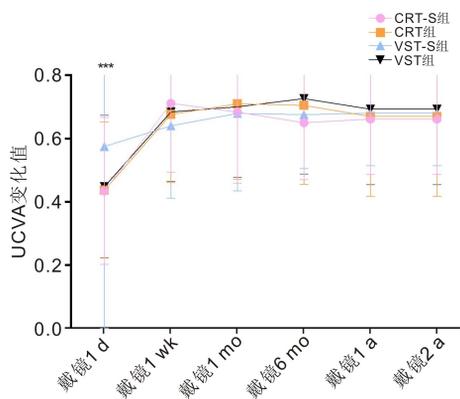


图 1 不同随访时间 UCVA 较基线的变化比较 ***: 四组组间比较有差异。

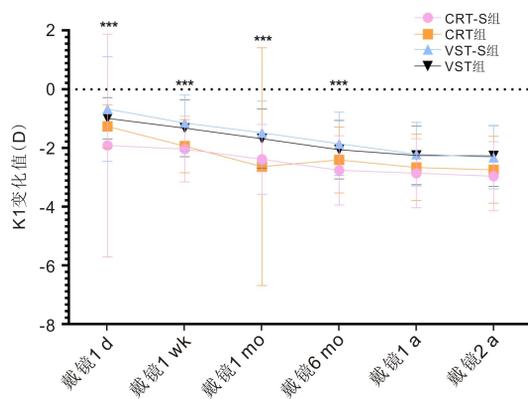


图 2 不同随访时间 K1 较基线的变化比较 ***: 四组组间比较有差异。

2.5 AL 增长比较 各组不同时间 AL 比较,差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 10.66, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间}} = 3.40, P_{\text{组间}} = 0.018$)。对比各组戴镜 6 mo, 1, 2 a 时的 AL 较基线时的增长,在各时间段,缩小同品牌的角膜塑形镜 BOZD 后,AL 增长均显著降低。CRT-S 组的 AL 增长较 CRT 组显著降低(均 $P < 0.001$),VST-S 组的 AL 增长较 VST 组显著降低(均 $P < 0.001$)。戴镜 6 mo 时,CRT-S 组与 VST-S 组的 AL 增长量无显著差异,但戴镜 1, 2 a 时,VST-S 组的 AL 增长量显著低于 CRT-S 组(均 $P < 0.001$),见表 5,图 4。

2.6 验光度数变化比较 随访 2 a 时,VST-S 组 DS 及 SE 变化最小(均 $P < 0.001$),CRT-S 组较 CRT 组 DS ($P = 0.058$)及 SE ($P = 0.002$)增加差值显著减小,CRT 组与 VST 组 DS 及 SE 变化无显著差异(均 $P > 0.05$),四组柱镜度数变化无显著差异($P = 0.084$),见表 6。

2.7 角膜损伤对比 分析在 2 a 的观察期内,CRT-S 组角膜损伤 6 眼,CRT 组角膜损伤 8 眼,VST-S 组角膜损伤 10 眼,VST 组角膜损伤 9 眼,差异无统计学意义($\chi^2 = 1.156, P = 0.764$)。

表 4 四组不同随访时间的离焦环直径比较

组别	眼数	戴镜 6 mo	戴镜 1 a	戴镜 2 a
CRT-S 组	100	2.88±0.27	2.43±0.29	2.17±0.29
CRT 组	100	3.14±0.32	2.64±0.32	2.34±0.32
VST-S 组	100	2.95±0.30	2.32±0.28	1.94±0.27
VST 组	100	3.08±0.32	2.58±0.32	2.30±0.31

注:CRT-S 组配戴 BOZD<6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜;CRT 组配戴常规(BOZD=6.0 mm)CRT 设计塑形镜;VST-S 组配戴 BOZD<6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组;VST 组配戴常规(BOZD = 6.2 mm)VST 设计品牌塑形镜。

表 5 四组不同随访时间的 AL 比较

组别	眼数	基线	戴镜 6 mo	戴镜 1 a	戴镜 2 a
CRT-S 组	100	24.69±0.85	24.81±0.83	24.90±0.85	25.13±0.84
CRT 组	100	24.95±0.91	25.14±0.89	24.94±2.68	25.26±2.70
VST-S 组	100	24.83±0.88	24.92±0.89	24.94±0.86	25.16±2.71
VST 组	100	24.88±0.98	25.06±0.95	25.15±0.92	25.41±1.02

注:CRT-S 组配戴 BOZD<6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜;CRT 组配戴常规(BOZD = 6.0 mm)CRT 设计塑形镜;VST-S 组配戴 BOZD<6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组;VST 组配戴常规(BOZD=6.2 mm)VST 设计品牌塑形镜。

表 6 各组随访 2 a 时验光度数变化值比较($\bar{x} \pm s, D$)

组别	眼数	DS	DC	SE
CRT-S 组	100	-1.34±0.36	-0.40±0.38	-1.57±0.50
CRT 组	100	-1.70±0.62	-0.49±0.10	-1.95±0.63
VST-S 组	100	-0.75±0.74	-0.48±0.30	-1.01±0.74
VST 组	100	-1.47±1.38	-0.50±0.40	-1.72±1.38
<i>F</i>		22.42	2.32	20.77
<i>P</i>		<0.001	0.084	<0.001

注:CRT-S 组配戴 BOZD<6.0 mm 的 CRT 设计塑形镜;CRT 组配戴常规(BOZD=6.0 mm)CRT 设计塑形镜;VST-S 组配戴 BOZD<6.2 mm 的 VST 设计塑形镜组;VST 组配戴常规(BOZD = 6.2 mm)VST 设计品牌塑形镜。

3 讨论

近年来,近视患病率的逐年增高已成为我国亟待解决的重大公共卫生问题,随着近视进展为高度近视,视网膜脱离、黄斑病变等致盲性眼病的发生率大大增高。儿童青少年时期是防控近视进展的关键时间窗口。角膜塑形镜作为目前公认的较为有效、安全的近视防控手段,如何在保障安全性的前提下,优化镜片设计,提高近视防控效果是需要不断探索的关键临床问题。

目前,有关于角膜塑形镜控制近视的原理仍存在许多争议。其中被普遍认可的是“周边离焦学说”和“像差学说”^[11-12]。“周边离焦学说”认为:近视眼的周边屈光状态常常表现为远视性离焦,而正视眼的周边屈光状态则表现为近视性离焦,通过光学手段提高近视性离焦被认为可有效控制近视进展。配戴角膜塑形镜后,角膜中央部凹陷,周边部相对陡峭,可诱导形成周边近视离焦信号^[13]。在相同的瞳孔直径条件下,缩小角膜塑形镜 BOZD 后,周边环形陡峭区域相对更多的进入瞳孔,使得更多的近视离焦信号通过瞳孔进入到眼内,从而达到更好的近视控制效

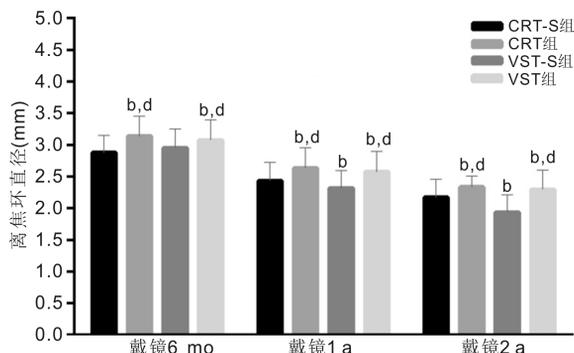


图 3 不同随访时间角膜地形图测量的离焦环直径比较 戴镜 6 mo 时:^b $P < 0.001$ vs CRT-S 组;^d $P < 0.01$ vs VST-S 组;戴镜 1, 2 a 时:^b $P < 0.01$ vs CRT-S 组;^d $P < 0.001$ vs VST-S 组。

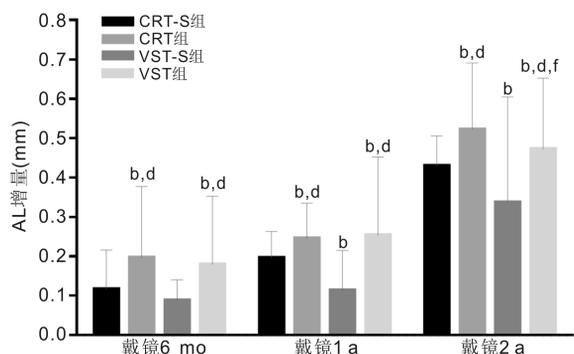


图 4 不同随访时间 AL 增量比较 戴镜 6 mo 时:^b $P < 0.001$ vs CRT-S 组;^d $P < 0.001$ vs VST-S 组;戴镜 1 a 时:^b $P < 0.01$ vs CRT-S 组;^d $P < 0.001$ vs VST-S 组;戴镜 2 a 时:^b $P < 0.001$ vs CRT-S 组;^d $P < 0.001$ vs VST-S 组;^f $P < 0.001$ vs CRT 组。

果^[14]。然而,有研究报道,近视离焦在不同人群中表现出不同作用^[15]。此外,有学者提出,远视离焦只是近视进展后表现出的结果,但并不是导致近视的原因^[16]。“像差学说”认为:配戴角膜塑形镜后,角膜上皮细胞重新分布,角膜形态重塑,可诱导产生角膜源性的高阶像差^[17]。高阶像差产生往往伴随调节需求的减弱,从而减少了睫状肌对脉络膜以及巩膜的轴向牵拉力,最终达到抑制 AL 增长、控制近视进展的作用^[18]。Hiraoka 等^[19]研究者通过对高阶像差进行定量分析,也证实了 AL 增长与高阶像差间的负相关关系。但也有研究者指出,高阶像差与 AL 增长并无显著相关性^[20]。高阶像差的准确测量难度大,受干扰因素多,如何客观、准确的量化高阶像差与 AL 增长的关系有待进一步研究。此外,高阶像差的增加往往带来较差的视觉体验,例如白天 UCVA 不佳、炫光等。因此,缩小 BOZD 的镜片设计应在合理的区间范围内,不能一味追求 AL 控制效果而忽略患者的视觉质量体验。

Li 等^[21]研究者发现,在 8-11 岁的人群中,与配戴 BOZD 为 6.2 mm 直径的镜片组相比,配戴 BOZD 为 5 mm 直径的镜片组 AL 增长率较慢。Gu 等^[22]在 2024 发表的 Meta 分析中也指出,多项研究证实缩小 BOZD 可以有效控制 AL 的增长、控制儿童青少年近视的进展。本研究同样证实,缩小角膜塑形镜 BOZD 后,AL 的增长及近视度数的进展有效降低。已有研究证实,瞳孔直径越大,近视控制效果越好^[23]。更大的瞳孔直径允许更多的光线进入眼睛,可能会增强近视离焦或高阶像差,特别是球差或彗差的变化,从而提高近视控制效果^[13,24]。因此,有理由认为,通过缩小 BOZD 可以增强近视离焦或高阶像差,从而达到与增大瞳孔直径相同的近视控制效果。在角膜塑形镜片的设计中,临床上最常见的 BOZD 设置在 6.0-6.2 mm^[25]。近期大量的研究显示,缩小 BOZD 可以有效地缩小 TZD 的大小,从而改变 TZD 与瞳孔大小之间的相对大小关系,使得正常或小瞳孔的戴镜者获得足够的视网膜离焦和像差,因此小的 TZD 有利于控制近视进展,有利于延缓角膜塑形镜配戴者的 AL 增长^[26]。Gifford 等^[26]研究发现,在只有 1 wk 的戴镜时间里,通过改变镜片的设计,就可以改变 TZD 的大小^[27-28]。因此,有理由认为,通过调整 BOZD 可以快速获得更小的 TZD,从而达到更好的近视控制效果。

此外,本研究发现,VST 设计原理的镜片缩小 BOZD 后近视控制效果优于 CRT 设计原理镜片,并且在未增加额外的角膜损伤风险的同时较快地提高裸眼视力。这些发现可为临床医生选择有效的近视控制策略提供指导。两组间 AL 控制效果差异的原因可能与两种角膜塑形镜的设计不同有关^[29]。戴镜后,角膜上皮细胞从中央部向中周部迁移、重新分布^[30],而不同反转带设计的镜片高度和宽度不同,也决定了上皮细胞的空间不同,从而形成不同的 TZD 和周边陡峭区,最终产生不同的周边近视离焦信号和不同的角膜高阶像差。

除了评估角膜塑形镜的治疗效果和近视控制效果外,还应考虑镜片设计变化引起的安全性问题。目前,随着诊断经验的提高和配戴标准的提高,配戴角膜塑形镜时最常见的安全问题主要集中在轻度的角膜上皮损伤^[31]。本研究纳入的患者均为中度至低度近视,四组患者大多对治疗满意,未见严重的角膜损伤或感染。本研究的结果与 Guo 等^[32]在 2021 年报道的结果相似,传统设计镜片与缩小

BOZD 设计镜片的角膜损伤率无显著差异。此外,本研究对比了两种不同设计的角膜镜片,结果显示 VST 设计与 CRT 设计的镜片之间角膜损伤发生率无显著差异。

本研究仍存在许多不足之处:(1)TZD 不仅受到镜片本身设计的影响,可能还与角膜生物力学、角膜形态、中央散光等因素有关^[33-35],本研究未能分析上述因素对 TZD 的影响。(2)本研究未能收集到瞳孔大小和镜片偏心的数据。不同个体的瞳孔大小、镜片离心和周围光学离焦可能不同,治疗区中心偏离瞳孔中心可能导致治疗区与瞳孔区域部分重叠,从而导致有效离焦光进入的量不同,因此塑形镜诱导的光学效应也可能因人而异^[36]。本研究只定量比较了角膜地形图测量下的离焦环直径,如何全面、客观地反映瞳孔面积、有效入瞳离焦量仍需进一步研究。

综上所述,本研究证实,缩小角膜塑形镜 BOZD 可有效控制 AL 增长及近视度数的进展;VST 设计原理的镜片缩小 BOZD 后近视控制效果优于 CRT 设计原理镜片;并且缩小 BOZD 不会增加额外的角膜损伤风险。本研究首次对比了两种不同设计原理的镜片缩小 BOZD 后控制近视的有效性及其安全性,这些发现可为临床医生选择有效的近视控制策略提供指导,同时可为角膜塑形镜的 BC 设计、参数优化提供新思路,以期最大程度提高儿童青少年近视防控的有效率。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:荆思理论文选题与修改,初稿撰写,数据分析;陈丹、陈媛媛、王珏、杨敏文献检索,数据收集;万雅群选题指导,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] Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Myopia. *Lancet*, 2012,379(9827):1739-1748.
- [2] Baird PN, Saw SM, Lanca C, et al. Myopia. *Nat Rev Dis Primers*, 2020,6(1):99.
- [3] Jonas JB, Ang M, Cho P, et al. IMI prevention of myopia and its progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):6.
- [4] Hiraoka T. Myopia control with orthokeratology: a review. *Eye Contact Lens*, 2022,48(3):100-104.
- [5] Kou SS, Ren YR, Zhuang XY, et al. Study on related factors of the treatment zone after wearing paragon CRT and Euclid orthokeratology lenses. *Eye Contact Lens*, 2023,49(12):521-527.
- [6] Vincent SJ, Cho P, Chan KY, et al. CLEAR - orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*, 2021,44(2):240-269.
- [7] Zhang Z, Chen Z, Chen ZY, et al. Change in corneal power distribution in orthokeratology: a predictor for the change in axial length. *Transl Vis Sci Technol*, 2022,11(2):18.
- [8] Carracedo G, Espinosa-Vidal TM, Martínez-Alberquilla I, et al. The topographical effect of optical zone diameter in orthokeratology contact lenses in high myopes. *J Ophthalmol*, 2019,2019:1082472.
- [9] Yang XY, Bi H, Li LH, et al. The effect of relative corneal refractive power shift distribution on axial length growth in myopic children undergoing orthokeratology treatment. *Curr Eye Res*, 2021,46(5):657-665.
- [10] Marcotte-Collard R, Simard P, Michaud L. Analysis of two orthokeratology lens designs and comparison of their optical effects on the Cornea. *Eye Contact Lens*, 2018,44(5):322-329.
- [11] Huang YY, Li X, Ding CL, et al. Comparison of peripheral

refraction and higher-order aberrations between orthokeratology and multifocal soft contact lens designed with highly addition. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022,260(5):1755-1762.

[12] Romashchenko D, Rosén R, Lundström L. Peripheral refraction and higher order aberrations. *Clin Exp Optom*, 2020,103(1):86-94.

[13] Pauné J, Fonts S, Rodríguez L, et al. The role of back optic zone diameter in myopia control with orthokeratology lenses. *J Clin Med*, 2021,10(2):336.

[14] Zhu MJ, Ding L, Du LL, et al. Photopic pupil size change in myopic orthokeratology and its influence on axial length elongation. *Int J Ophthalmol*, 2022,15(8):1322-1330.

[15] Leighton RE, Breslin KM, Richardson P, et al. Relative peripheral hyperopia leads to greater short-term axial length growth in White children with myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023,43(5):985-996.

[16] Lin ZH, Xi XY, Wen LB, et al. Relative myopic defocus in the superior retina as an indicator of myopia development in children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2023,64(4):16.

[17] Hughes RP, Vincent SJ, Read SA, et al. Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. *Clin Exp Optom*, 2020,103(1):68-85.

[18] Lau JK, Vincent SJ, Cheung SW, et al. Higher-order aberrations and axial elongation in myopic children treated with orthokeratology. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(2):22.

[19] Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, et al. Influence of ocular wavefront aberrations on axial length elongation in myopic children treated with overnight orthokeratology. *Ophthalmology*, 2015,122(1):93-100.

[20] Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Short-and long-term changes in corneal aberrations and axial length induced by orthokeratology in children are not correlated. *Eye Contact Lens*, 2017,43(6):358-363.

[21] Li N, Lin WP, Liang RX, et al. Comparison of two different orthokeratology lenses and defocus incorporated soft contact (DISC) lens in controlling myopia progression. *Eye Vis (Lond)*, 2023,10(1):43.

[22] Gu ZM, Yang RY, Wang CY, et al. Impact of back optic zone diameter (BOZD) in orthokeratology on axial length elongation: a meta-analysis and systematic review. *Cont Lens Anterior Eye*, 2025,48(1):102316.

[23] Chen Z, Niu LL, Xue F, et al. Impact of pupil diameter on axial growth in orthokeratology. *Optom Vis Sci*, 2012,89(11):1636-1640.

[24] Faria-Ribeiro M, Navarro R, González-Méijome JM. Effect of pupil size on wavefront refraction during orthokeratology. *Optom Vis Sci*,

2016,93(11):1399-1408.

[25] Lu WW, Ning R, Diao K, et al. Comparison of two main orthokeratology lens designs in efficacy and safety for myopia control. *Front Med (Lausanne)*, 2022,9:798314.

[26] Gifford P, Tran M, Priestley C, et al. Reducing treatment zone diameter in orthokeratology and its effect on peripheral ocular refraction. *Cont Lens Anterior Eye*, 2020,43(1):54-59.

[27] Gruhl J, Widmer F, Nagl A, et al. Factors influencing treatment zone size in orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye*, 2023,46(4):101848.

[28] Zhang Z, Zhou JQ, Zeng L, et al. The effect of corneal power distribution on axial elongation in children using three different orthokeratology lens designs. *Cont Lens Anterior Eye*, 2023,46(1):101749.

[29] Choo JD, Caroline PJ, Harlin DD, et al. Morphologic changes in cat epithelium following continuous wear of orthokeratology lenses: a pilot study. *Cont Lens Anterior Eye*, 2008,31(1):29-37.

[30] Xiang KD, Chen J, Zhao WC, et al. Changes of corneal biomechanics in children using orthokeratology and their roles in predicting axial length progression-a prospective 2-year study. *Acta Ophthalmol*, 2023,101(7):755-765.

[31] Li H, Xu Y, Li L. Efficacy and safety of orthokeratology lenses for the management of adolescent myopia: a meta-analysis. *Altern Ther Health Med*, 2023,29(7):172-177.

[32] Guo BY, Cheung SW, Kojima R, et al. One-year results of the variation of orthokeratology lens treatment zone (VOLTZ) study: a prospective randomised clinical trial. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2021,41(4):702-714.

[33] Sun LY, Li XW, Zhao H, et al. Biometric factors and orthokeratology lens parameters can influence the treatment zone diameter on corneal topography in Corneal Refractive Therapy lens wearers. *Cont Lens Anterior Eye*, 2023,46(1):101700.

[34] Tomiyama ES, Logan AK, Richdale K. Corneal elevation, power, and astigmatism to assess toric orthokeratology lenses in moderate-to-high astigmats. *Eye Contact Lens*, 2021,47(2):86-90.

[35] Tang WT, Zhang L, Zhang HD, et al. Orthokeratology with increased compression factor in adolescent myopia control: a 2-year prospective randomized clinical trial. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(5):770-777.

[36] Huang Z, Zhao W, Mao YZ, et al. Factors influencing axial elongation in myopic children using overnight orthokeratology. *Sci Rep*, 2023,13(1):7715.