

配戴 Paragon CRT 角膜塑形镜后光学治疗区直径的相关因素

寇洒洒¹, 任亚茹¹, 庄歆予¹, 陈颖杰², 杨牧¹, 张晓峰^{1,2}

引用: 寇洒洒, 任亚茹, 庄歆予, 等. 配戴 Paragon CRT 角膜塑形镜后光学治疗区直径的相关因素. 国际眼科杂志 2023; 23(5): 867-872

作者单位:¹(215006) 中国江苏省苏州市, 苏州大学附属第一医院眼科;²(215125) 中国江苏省苏州市, 苏州大学附属独墅湖医院眼科

作者简介: 寇洒洒, 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 角膜、眼表疾病、屈光手术。

通讯作者: 张晓峰, 男, 博士, 主任医师, 副教授, 苏州大学附属独墅湖医院眼科主任, 博士研究生导师, 研究方向: 角膜、眼表疾病、屈光手术. zhangxiaofeng@suda.edu.cn

收稿日期: 2022-11-10 修回日期: 2023-04-10

摘要

目的: 探讨配戴 Paragon CRT 角膜塑形镜后光学治疗区直径的影响因素以及与眼轴增长量的关系。

方法: 回顾性临床研究。收集 2020-04/2022-09 配戴 Paragon CRT 角膜塑形镜近视患者资料 226 例 226 眼。分析戴镜后 1mo 光学治疗区直径的相关因素以及重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值与戴镜后 1a 眼轴增长量的关系。

结果: 戴镜后 1mo, 光学治疗区直径与中央角膜厚度呈负相关, 与平坦角膜偏心率呈正相关。戴镜后 1a, 小直径光学区组眼轴增长量 ($0.25 \pm 0.18\text{mm}$) 显著小于大直径光学区组 ($0.34 \pm 0.24\text{mm}$, $P=0.002$), 小面积比值组眼轴增长量 ($0.24 \pm 0.19\text{mm}$) 显著小于大面积比值组 ($0.35 \pm 0.23\text{mm}$, $P<0.001$)。多因素线性回归分析显示, 年龄及重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值两个因素影响眼轴增长 (均 $P<0.05$)。

结论: 中央角膜越厚、平坦角膜偏心率越小的配戴者光学治疗区直径更小, 且光学治疗区直径及重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值均与眼轴增长量相关。

关键词: 角膜塑形镜; 眼轴; 光学治疗区; 瞳孔

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.5.30

Related factors of treatment zone diameter after Paragon CRT orthokeratology

Sa-Sa Kou¹, Ya-Ru Ren¹, Xin-Yu Zhuang¹, Ying-Jie Chen², Mu Yang¹, Xiao-Feng Zhang^{1,2}

¹Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China;

²Department of Ophthalmology, Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou 215125, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Xiao - Feng Zhang. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215006, Jiangsu Province, China; Department of Ophthalmology, Dushu Lake Hospital Affiliated to Soochow University, Suzhou 215125, Jiangsu Province, China. zhangxiaofeng@suda.edu.cn
Received: 2022-11-10 Accepted: 2023-04-10

Abstract

• **AIM:** To explore the influence factors of the treatment zone diameter (TZD) and its correlation with axial length growth (ALG) after Paragon CRT orthokeratology.

• **METHODS:** Retrospective clinical study. The data of 226 myopic patients (226 eyes) wearing Paragon CRT orthokeratology from April 2020 to September 2022 were collect. The correlated factors of TZD after wearing lens for 1mo, and the relationship between the overlapping treatment zone/ pupil area ratio and the ALG after wearing lens for 1a were analyzed.

• **RESULTS:** After wearing lens for 1mo, the TZD was negatively correlated with central corneal thickness (CCT) and positively correlated with the flat corneal eccentricity. After wearing lens for 1a, the ALG of the small TZD group ($0.25 \pm 0.18\text{mm}$) was significantly smaller than that of the large TZD group ($0.34 \pm 0.24\text{mm}$, $P=0.002$), and the ALG of the small area ratio group ($0.24 \pm 0.19\text{mm}$) was significantly smaller than that of the large area ratio group ($0.35 \pm 0.23\text{mm}$, $P<0.001$). Age and overlapping treatment zone area/pupil area ratio were significantly associated with the ALG in multivariate linear regression (all $P<0.05$).

• **CONCLUSION:** The wearers with thicker CCT and smaller flat corneal eccentricity usually had smaller TZD, and both the TZD and the overlapping treatment zone area/pupil area ratio were correlated with the ALG.

• **KEYWORDS:** orthokeratology; axial length; optic treatment zone; pupil

Citation: Kou SS, Ren YR, Zhuang XY, et al. Related factors of treatment zone diameter after Paragon CRT orthokeratology. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(5):867-872

0 引言

随着全球近视患病率迅速增加, 近视人数将占全球总人数的 49.8%^[1-2], 这会导致严重的社会经济损失。因此,

延缓近视发生年龄和减缓近视进展速度已经成为一项亟待解决的社会问题。多项研究已证实,角膜塑形镜可以减缓眼轴的增长,达到控制青少年近视进展速度的目的^[3-4]。在角膜塑形镜片基弧段的压力下,角膜前表面中央部形成较为平坦的区域,称为光学治疗区^[5]。以往的研究表明,光学治疗区的直径对视觉质量可产生影响^[6-7]。目前对影响光学治疗区直径的因素以及光学治疗区覆盖瞳孔范围对控制眼轴增长是否产生影响尚缺乏深入研究。本研究旨在观察并探讨配戴 Paragon CRT 角膜塑形镜后光学治疗区直径的影响因素以及重叠光学治疗区面积/瞳孔面积与眼轴增长量的关系,为增加 Paragon CRT 角膜塑形镜控制眼轴增长的可预测性及镜片参数设计提供临床依据。

1 对象和方法

1.1 对象

采用回顾性临床研究方法,收集 2020-04/2022-09 于苏州大学附属第一医院眼科配戴角膜塑形镜随访 1a 以上的近视患者资料(均取右眼)。入选标准:(1)持续配戴角膜塑形镜(每日戴镜时间 8~10h,每周戴镜时间 $\geq 6d$)且能定期随访,随访时间 1a 以上;(2)年龄:8~14 周岁;(3)最佳矫正视力 ≤ 0.1 (LogMAR 值);(4)初始等效球镜度 $-1.00\sim -4.25D$,双眼球镜度数差 $\leq 1.00D$;(5)平坦角膜曲率 $\geq 41.00D$,陡峭角膜曲率 $\leq 46.00D$,同时角膜散光 $\leq 2.00D$;(6)中央角膜厚度 $>450\mu m$;(7)无角结膜疾病及其他眼部疾病;(8)无影响角膜塑形镜验配的全身性疾病。排除标准:(1)近视等效球镜度 $< -1.00D$,或 $> -4.25D$;(2)平坦角膜曲率 $< 41.00D$,陡峭角膜曲率 $> 46.00D$,角膜散光 $> 2.00D$;(3)每日戴镜时间 $< 8h$,每周戴镜时间 $< 6d$;(4)随访期内使用阿托品滴眼液等对屈光度产生影响的药物;(5)不能按时随访。该项研究符合《赫尔辛基宣言》,研究方案经苏州大学附属第一医院伦理委员会批准[审批号:(2022)伦研批第 181 号]。所有青少年及其监护人在获得充分解释后,由监护人代表患者签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 角膜塑形镜及验配方法

本研究所选择的角膜塑形镜均为 Paragon CRT 角膜塑形镜。镜片材料为 HDS100 pafllufcon D,透氧系数 100,折射率 1.442,湿润角 42° ,镜片总直径 10.0~12.0mm,镜片后表面光学区直径为 6mm,中心厚度 0.16mm。以主觉验光屈光度和角膜地形图上的平坦角膜曲率选择第一副试戴片进行试戴,在戴镜 30min 后进行初次评估,理想的适配要求镜片有良好的中心定位,正常瞬目时有 1~2mm 的活动度。达到理想适配后,进行片上验光并确定角膜塑形镜定片参数。患者在戴镜后 1d,1wk,1,3,6mo,1a 进行定期复查,复查内容包括裸眼视力和屈光度、Lenstar 900 光学生物测量仪检查、角膜地形图检查、裂隙灯显微镜检查、镜片适配评估、角膜荧光染色等。随访前夜患者戴镜至少 8h,并且在次日摘镜后 2h 内完成检查。

1.2.2 眼轴测量

采用 Lenstar 900 光学生物测量仪检测眼轴长度、中央角膜厚度、角膜横径,记录患者角膜塑形镜试戴前和戴镜后 1a(停戴 1wk)时测量的眼轴长度。

1.2.3 角膜地形图测量

采用 TMS-4 角膜地形图仪测量患者的平坦角膜曲率、陡峭角膜曲率、陡峭角膜偏心率、平坦角膜偏心率、角膜散光和瞳孔直径,检查均在光照度为 50lx 的房间内完成。

1.2.4 光学治疗区及重叠光学治疗区

选取戴镜前、戴镜后 1mo 的角膜地形图切向图构建切向差异图,用于计算光学治疗区的直径及偏心距离^[8]。具体方法为:在中央压平区边缘选取 8 个曲率变化值为 $(0\pm 0.05)D$ 的点(每个象限内均匀取 2 个点),记录 8 个点的坐标值,录入 Matlab 商业数学软件(Matlab R2018b),根据圆拟合函数计算出最佳拟合圆,最佳拟合圆直径视作光学治疗区直径,最佳拟合圆圆心视作光学治疗区中心,角膜顶点与光学治疗区中心的距离为偏心距离,见图 1。

本研究将光学治疗区覆盖瞳孔的区域定义为重叠光学治疗区。根据已测得的瞳孔直径、光学治疗区直径、光学治疗区偏心距离计算瞳孔面积与重叠光学治疗区面积。圆 1 视作瞳孔,圆 2 视作光学治疗区,蓝色区域视作重叠光学治疗区,瞳孔半径 $r_1 = \text{瞳孔直径}/2$,光学治疗区半径 $r_2 = \text{光学治疗区直径}/2$,光学治疗区偏心距离视作两圆心距离 d 。瞳孔面积 $=\pi r_1^2$ 。重叠光学治疗区面积的计算分 3 种情况:光学治疗区完全在瞳孔范围内时,重叠光学治疗区面积 $=\pi r_2^2$;光学治疗区完全在瞳孔范围外时,重叠光学治疗区面积 $=0$;光学治疗区部分覆盖瞳孔时, $\alpha_1 = \arccos[(r_1^2 + d^2 - r_2^2)/2r_1d]$, $\alpha_2 = \arccos[(r_2^2 + d^2 - r_1^2)/2r_2d]$,重叠光学治疗区面积 $=\alpha_1 r_1^2 + \alpha_2 r_2^2 - r_1 d \sin \alpha_1$,见图 2。

统计学分析:采用 SPSS25.0 统计学软件进行统计学分析。分类资料采用频数或百分比表示,计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验,正态分布数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,非正态分布数据以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。采用单因素线性回归分析分别研究眼轴增长量以及光学治疗区直径与不同因素的相关性,把 $P < 0.10$ 的相关因素纳入逐步多因素线性回归分析,使用回归系数、回归系数的 95% 置信区间、 R^2 值和 P 值表示重要变量的关联强度。正态分布数据两组间比较采用独立样本 t 检验,非正态分布数据两组间比较采用 Mann-Whitney U 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

患者 226 例 226 眼,其中男 108 例 108 眼,女 118 例 118 眼。患者戴镜前一般资料见表 1。戴镜前眼轴长度为 $24.56 \pm 0.62\text{mm}$,戴镜后 1a 眼轴长度为 $24.86 \pm 0.62\text{mm}$,较戴镜前平均增长 $0.30 \pm 0.22\text{mm}$,戴镜前后眼轴长度差异有统计学意义($t = -20.435, P < 0.001$)。

2.2 光学治疗区直径影响因素及与眼轴增长量的关系

单因素线性回归分析显示:光学治疗区直径与中央角膜厚度、初始等效球镜度相关($P < 0.05$),见表 2。多因素线性回归分析显示,中央角膜厚度、平坦角膜偏心率是光学治疗区直径的影响因素($P < 0.05$,表 3)。以中央角膜厚度(X_1)和平坦角膜偏心率(X_2)预测戴镜后 1mo 光学治疗区直径(Y_1)的回归方程为: $Y_1 = 4.398 - 0.159X_1 + 0.130X_2$ ($R^2 = 0.104, P = 0.001$)。

表 1 患者 226 例戴镜前一般资料

参数	结果	范围
初始配戴年龄 [$M(P_{25}, P_{75})$, 岁]	9.73 (8.84, 11.46)	8.06~14.00
性别 (男/女, 例)	108/118	-
初始等效球镜度 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	-2.50 (-1.75, -3.13)	-1.00~-4.25
平坦角膜曲率 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	42.51 (41.87, 43.28)	41.00~44.97
陡峭角膜曲率 ($\bar{x} \pm s$, D)	43.77 \pm 1.04	41.22~45.97
平均角膜曲率 ($\bar{x} \pm s$, D)	43.19 \pm 0.98	41.06~45.37
平坦角膜偏心率 ($\bar{x} \pm s$)	0.53 \pm 0.08	0.32~0.79
陡峭角膜偏心率 ($\bar{x} \pm s$)	0.59 \pm 0.10	0.38~0.92
平均角膜偏心率 ($\bar{x} \pm s$)	0.57 \pm 0.09	0.36~0.83
角膜散光 ($\bar{x} \pm s$, D)	1.16 \pm 0.43	0.00~2.00
角膜横径 ($\bar{x} \pm s$, mm)	12.20 \pm 0.38	11.05~13.20
中央角膜厚度 ($\bar{x} \pm s$, μ m)	549.15 \pm 33.57	455.00~630.00
瞳孔直径 ($\bar{x} \pm s$, mm)	4.23 \pm 0.61	3.08~5.93

表 2 戴镜后 1mo 光学治疗区直径与不同因素的单因素线性回归分析

变量	R^2	标准回归系数 (β)	P	β 值的 95% 置信区间
初始配戴年龄	0.004	-0.163	0.114	-0.293~-0.034
初始等效球镜度	0.033	0.130	0.049	0.001~0.260
平均角膜曲率	-0.004	-0.060	0.368	-0.073~-0.047
平坦角膜偏心率	0.025	0.121	0.070	-0.026~0.268
陡峭角膜偏心率	-0.003	0.034	0.615	-1.548~1.616
角膜横径	-0.002	-0.051	0.447	-0.182~-0.081
中央角膜厚度	0.043	-0.151	0.023	-0.281~-0.021
瞳孔直径	-0.003	-0.037	0.582	-0.168~0.095

表 3 戴镜后 1mo 光学治疗区直径与不同因素的多因素线性回归分析

变量	非标准回归系数 (B)	标准回归系数 (β)	P	B 值的 95% 置信区间
常数	4.398	-	<0.001	3.361~5.435
中央角膜厚度	-0.159	-0.312	0.017	-0.228~-0.029
平坦角膜偏心率	0.130	0.186	0.034	0.001~0.260
最终模型	$R^2 = 0.104$	-	0.001	-

注:把单因素线性回归分析中 $P < 0.10$ 的相关因素纳入多因素线性回归分析。

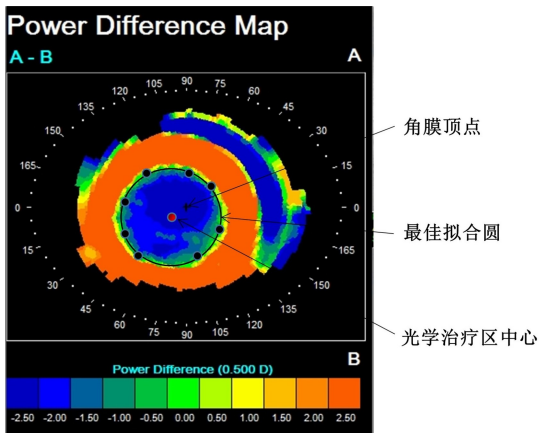


图 1 角膜地形图光学治疗区的测量示意图。

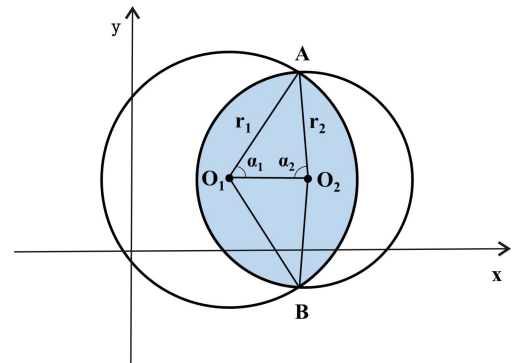


图 2 瞳孔面积与重叠光学治疗区面积的测量示意图 圆 1 视作瞳孔, O_1 视作瞳孔中心, r_1 表示圆 1 的半径, 角 AO_1O_2 为 α_1 , 圆 2 视作光学治疗区, O_2 视作光学治疗区中心, r_2 表示圆 2 的半径, 角 AO_2O_1 为 α_2 , 两圆相交于 A、B 两点, 蓝色区域表示重叠光学治疗区。

戴镜后 1mo, 光学治疗区直径整体服从正态分布 ($Z = 0.052, P = 0.200$), 光学治疗区直径平均值为 3.72 ± 0.37 mm。本研究以平均光学治疗区直径 3.72mm 为界, 把光学治疗区直径分为小直径光学区组 (0~3.72mm) 和大

直径光学区组 (>3.72mm)。小直径光学区组患者 109 例 109 眼, 光学治疗区直径为 3.41 ± 0.22 mm; 大直径光学区组

患者 117 例 117 眼,光学治疗区直径为 $4.00 \pm 0.22\text{mm}$ 。两组间初始配戴年龄 ($Z = -1.313, P = 0.189$)、初始等效球镜度 ($t = 1.173, P = 0.242$)、平均角膜曲率 ($t = 1.173, P = 0.242$)、平均角膜偏心率 ($t = 1.173, P = 0.242$)、角膜横径 ($t = 0.895, P = 0.372$)、瞳孔直径 ($t = -0.540, P = 0.591$) 差异均无统计学意义。

戴镜后 1a,小直径光学区组眼轴增长量为 $0.25 \pm 0.18\text{mm}$,大直径光学区组眼轴增长量为 $0.34 \pm 0.24\text{mm}$,两组间眼轴增长量差异有统计学意义 ($t = -3.108, P = 0.002$)。

2.3 重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值相关因素及与眼轴增长量的关系 戴镜后 1mo,重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值为 $0.72(0.59, 0.82)$ 。以重叠光学治疗区/瞳孔面积比值中位数 0.72 为界,把重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值分为小面积比值组 ($0.30 \sim 0.72$) 和大面积比值组 ($0.73 \sim 1.0$)。小面积比值组患者 113 例 113 眼,面积比为 $0.59(0.50, 0.68)$;大面积比值组患者 113 例 113 眼,面积比为 $0.82(0.77, 0.90)$ 。两组间初始配戴年龄 ($Z = -1.209, P = 0.227$)、初始等效球镜度 ($t = -0.322, P = 0.748$)、平均角膜曲率 ($t = 0.267, P = 0.790$)、平均角膜偏心率 ($t = -2.722, P = 0.173$)、角膜横径 ($t = 1.466, P = 0.144$) 差异均无统计学意义,两组间瞳孔直径 ($t = 11.994, P < 0.001$) 及光学治疗区直径 ($t = -6.023, P < 0.001$) 差异有统计学意义。

戴镜后 1a,小面积比值组眼轴增长量为 $0.24 \pm 0.19\text{mm}$,大面积比值组眼轴增长量为 $0.35 \pm 0.23\text{mm}$,两组间眼轴增长量差异有统计学意义 ($t = -3.914, P < 0.001$)。

2.4 戴镜后 1a 眼轴增长量多因素相关分析 单因素线性回归分析显示:眼轴增长量与初始配戴年龄、初始等效球镜度、陡峭角膜偏心率、光学治疗区直径、重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值相关(均 $P < 0.05$),见表 4。

多因素线性回归分析显示,初始配戴年龄、重叠光学区面积/瞳孔面积比值是眼轴增长量的影响因素(均 $P < 0.05$),见表 5。以初始配戴年龄(X_3)和重叠光学治疗区/瞳孔面积比(X_4)预测戴镜后 1a 眼轴增长量(Y_2)的回归方程为: $Y_2 = 0.639 - 0.052X_3 + 0.202X_4$ ($R^2 = 0.203, P < 0.001$)。

3 讨论

角膜塑形镜作为一种非手术性、可逆性的物理矫治屈光不正的一种方法,其控制青少年近视进展的安全性和有效性已经得到了大量验证^[8-9]。目前国际上角膜塑形镜有两种设计类型,视觉重塑治疗(vision shaping treatment, VST)采用四区多弧段设计,角膜屈光矫治(corneal refraction therapy, CRT)采用三区设计,两种镜片均是通过其逆几何设计,使中央角膜变平坦,中周部角膜变陡峭,形成近视弧区,从而控制近视进展。在镜片基弧段的压力下角膜前表面中央部形成的较为平坦的区域称为光学治疗区。配戴角膜塑形镜后光学治疗区直径受多种因素影响,既往多项研究显示较小的镜片后表面光学区直径的角膜塑形镜可以形成较小的光学治疗区^[10-12]。光学治疗区直径除了受镜片本身设计影响外,与角膜生物力学、角膜形态、中央角膜散光^[13]等因素可能具有一定的相关性。

在本研究中,226 例患者均采用 Paragon CRT 角膜塑形镜,镜片后表面光学区直径均为 6mm ,患者配戴角膜塑形镜后 1mo 平均光学治疗区直径为 $3.72 \pm 0.37\text{mm}$ 。戴镜前中央角膜厚度越厚,戴镜后光学治疗区直径越小,这可能是由于较厚的角膜具有更强的抵抗能力,角膜更不易变形^[14]。另外,我们还发现光学治疗区直径与初始等效球镜度呈正相关,Sun 等^[15]得出了相同的结果。据我们推测,初始等效球镜度越高,需要矫正的屈光度越高,配戴角膜塑形镜所致的角膜形态变化越大,从而使中央角膜组织的张力降低,周边角膜对中央角膜组织的牵拉则越强,戴镜后光学治疗区直径也越小^[5,16]。多因素线性回归分析后,我们发现光学治疗区直径与平坦角膜偏心率具有一定的相关性,戴镜前角膜中央向周边变陡峭的趋势越显著,戴镜后光学治疗区直径越小,这可能与平坦角膜偏心率越小中周边角膜越陡峭有关。

Guo 等^[12]、Pauné 等^[17]和 Zhang 等^[18]通过减少 VST 设计角膜塑形镜镜片后表面光学区直径来获得较小的光学治疗区,结果显示配戴镜片后表面光学区较小直径的患者眼轴增长较慢。本研究中以平均光学治疗区直径 3.72mm 为界,把光学治疗区直径分为小直径光学区组和大直径光学区组,戴镜后 1a,小直径光学区组较大直径光学区组眼轴增长少。戴镜后光学治疗区直径越小,眼轴增长

表 4 戴镜后 1a 眼轴增长量与不同因素的单因素线性回归分析

变量	R^2	标准回归系数(β)	P	β 值的 95% 置信区间
初始配戴年龄	0.159	-0.403	<0.001	-0.524 ~ -0.283
初始等效球镜度	0.023	0.150	0.024	0.020 ~ 0.281
平均角膜曲率	0.006	-0.102	0.127	-0.233 ~ 0.029
平坦角膜偏心率	0.008	0.218	0.145	-0.076 ~ 0.513
陡峭角膜偏心率	0.022	0.150	0.024	0.019 ~ 0.280
角膜横径	0.001	-0.071	0.290	-0.202 ~ 0.061
中央角膜厚度	0.009	-0.001	0.119	-0.001 ~ 0.000
瞳孔直径	0.006	-0.100	0.134	-0.231 ~ 0.031
光学治疗区直径	0.033	0.182	0.006	0.053 ~ 0.312
重叠光学区面积/瞳孔面积比值	0.047	0.217	0.001	0.088 ~ 0.345

表 5 戴镜后 1a 眼轴增长量与不同因素的多因素线性回归分析

变量	非标准回归系数(B)	标准回归系数(β)	P	B 值的 95%置信区间
常数	0.639	-	<0.001	0.470~0.808
初始配戴年龄	-0.052	-0.396	<0.001	-0.068~-0.037
重叠光学区面积/瞳孔面积比值	0.202	0.261	0.001	0.084~0.320
最终模型	$R^2 = 0.203$	-	<0.001	-

注:把单因素线性回归分析中 $P < 0.10$ 的相关因素纳入多因素线性回归分析。

量越小。Zhang 等^[19]研究发现 VST 及 CRT 设计角膜塑形镜较小的光学治疗区都可以减缓近视儿童的眼轴增长,这与本研究结果一致。目前有两种可能的机制来解释光学治疗区直径与眼轴增长量的关系。由于较小的光学治疗区可以导致更大陡峭中周环的形成,使得周边视网膜的近视性离焦增强,从而提高了近视的控制效果^[20]。另外,戴镜后角膜光学治疗区直径不同,角膜的不对称性则不同,使得角膜高阶像差不同,从而达到不同的近视控制效果。但是,在多因素线性回归分析中,光学治疗区直径不再是眼轴增长量的影响因素,可能是由于光学治疗区直径对眼轴增长的影响受到了其它因素的干扰。

瞳孔直径可能是影响角膜塑形镜近视控制效果的潜在因素。多个文献报道了瞳孔直径与戴镜后眼轴增长量的相关研究,结果并不一致^[21-23]。本研究发现,瞳孔直径不是单独影响眼轴增长量的因素之一,但是不能忽视瞳孔中心与光学治疗区中心的偏离对眼轴增长产生的影响。当光学治疗区中心偏离瞳孔中心,造成光学治疗区与瞳孔区域部分重叠时,部分陡峭中周环将分布在瞳孔范围外。Pauné 等^[17]的研究中,陡峭中周环在瞳孔范围内比在瞳孔范围外眼轴增长减少 0.13mm/a。因此,并非所有的周边入射光线都能正常进入眼内聚焦在周边视网膜前,这在一定程度上受瞳孔直径大小及位置的影响^[24]。光学治疗区旁的中周部陡峭区以及瞳孔直径大小同时决定着有效离焦光线射入量。

本研究通过计算重叠光学治疗区面积与瞳孔面积的比值来研究光学治疗区与瞳孔区偏离对眼轴增长的影响。单因素线性回归分析和多因素线性回归分析均显示重叠光学治疗区面积与瞳孔面积的比值越小,眼轴增长量越小。在对重叠光学治疗区面积/瞳孔面积的比值进行分组后,我们发现戴镜后 1a,小面积比值组眼轴增长值小于较大面积比值组。这可能是由于重叠光学治疗区面积/瞳孔面积的比值比较小时,有更多的有效离焦光线通过瞳孔投射在周边视网膜前,周边视网膜近视性离焦效果增强,控制眼轴增长效果就较好。Li 等^[25]研究发现,配戴 VST 角膜塑形镜后,光学治疗区相对于瞳孔区越小,瞳孔内诱导的相对角膜屈光力分布越陡峭,导致角膜高阶像差以及水平慧差显著增加,从而获得了更好的近视控制效果,这与本研究结果相似。虽然本研究患者检查均在相同光照环境、相同仪器下由同一名操作员获得,最大限度减少影响因素,但是由于瞳孔直径影响因素非常复杂^[26-27],如何全面客观反映瞳孔面积仍然需要深入研究。

综上所述,中央角膜越厚、平坦角膜偏心率越小的配

戴者光学治疗区直径更小,且光学治疗区直径及重叠光学治疗区面积/瞳孔面积比值均与眼轴增长量相关。本研究探讨了 Paragon CRT 角膜塑形镜配戴后光学治疗区直径的影响因素,但是 CRT 设计和 VST 设计角膜塑形配戴镜后光学治疗区直径是否存在差异,今后仍需要进一步随机对照研究。

参考文献

- 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
- Grzybowski A, Kanclerz P, Tsubota K, et al. A review on the epidemiology of myopia in school children worldwide. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):27
- Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, et al. Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(7):3913-3919
- VanderVeen DK, Kraker RT, Pineles SL, et al. Use of orthokeratology for the prevention of myopic progression in children: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology* 2019;126(4):623-636
- Swarbrick HA. Orthokeratology review and update. *Clin Exp Optom* 2006;89(3):124-143
- Hiraoka T, Mihashi T, Okamoto C, et al. Influence of induced decentered orthokeratology lens on ocular higher-order wavefront aberrations and contrast sensitivity function. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(11):1918-1926
- Gifford P, Swarbrick HA. The effect of treatment zone diameter in hyperopic orthokeratology. *Ophthalmic Physiol Opt* 2009;29(6):584-592
- Hiraoka T, Sekine Y, Okamoto F, et al. Safety and efficacy following 10-years of overnight orthokeratology for myopia control. *Ophthalmic Physiol Opt* 2018;38(3):281-289
- Lipson MJ. The role of orthokeratology in myopia management. *Eye Contact Lens* 2022;48(5):189-193
- 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
- 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
- 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
- Tomiya 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

14 Kotecha A, Elsheikh A, Roberts CR, et al. Corneal thickness- and age-related biomechanical properties of the cornea measured with the ocular response analyzer. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; 47(12):5337-5347

15 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

16 Hou J, Wang Y, Lei YL, et al. Comparison of effective optical zone after small-incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2018;44(10):1179-1185

17 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

18 Zhang Z, Chen Z, Zhou JQ, et al. The effect of lens design on corneal power distribution in orthokeratology. *Optom Vis Sci* 2022; 99(4):363-371

19 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
20 Lipson MJ, Brooks MM, Koffler BH. The role of orthokeratology in myopia control: a review. *Eye Contact Lens* 2018;44(4):224-230

21 Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Factors preventing myopia progression with orthokeratology correction. *Optom Vis Sci* 2013;90(11):1225-1236

22 Zhao YY, Hu PK, Chen DY, et al. Is it possible to predict progression of childhood myopia using short-term axial change after orthokeratology? *Eye Contact Lens* 2020;46(3):136-140

23 简嘉, 邹宏密, 胡蓉, 等. 瞳孔直径与角膜塑形镜近视控制效果的关系. *国际眼科杂志* 2018;18(4):668-670

24 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

25 Li N, Lin WP, Zhang KL, et al. The effect of back optic zone diameter on relative corneal refractive power distribution and corneal higher-order aberrations in orthokeratology. *Cont Lens Anterior Eye* 2023; 46(1):101755

26 Watson AB, Yellott JI. A unified formula for light-adapted pupil size. *J Vis* 2012;12(10):12

27 Fan XF, Miles JH, Takahashi N, et al. Sex-specific lateralization of contraction anisocoria in transient pupillary light reflex. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009;50(3):1137-1144