

中重度圆锥角膜患者巩膜镜试戴效果评估

范棋 杨凯丽 任胜卫

河南省人民医院眼科 河南省立眼科医院 郑州大学人民医院 河南大学人民医院, 郑州 450003

通信作者: 任胜卫, Email: shengweiren1984@163.com

【摘要】 **目的** 比较硬性透气性接触镜 (RGPCL) 和巩膜镜在中重度圆锥角膜患者中的试戴效果。**方法** 采用横断面研究方法, 纳入 2022 年 9 月至 2023 年 9 月于河南省立眼科医院圆锥角膜门诊就诊的患者 42 例 52 眼。依据陡峭角膜曲率 (K_s) 值将圆锥角膜分为中度组 ($48 \text{ D} \leq K_s < 55 \text{ D}$) 28 眼和重度组 ($K_s \geq 55 \text{ D}$) 24 眼。对所有眼分别规范试戴 RGPCL 和巩膜镜, 在裂隙灯显微镜下进行荧光素染色观察及眼前节光学相干断层扫描检查, 观察镜片中央和旁中央与角膜之间的距离、镜片中央定位、活动度及周边配适情况; 记录最佳矫正视力 (BCVA) (LogMAR 视力) 以及戴镜舒适度、湿润度和视觉清晰度评分。比较同一患者试戴 RGPCL 和巩膜镜后 BCVA、舒适度、湿润度和视觉清晰度评分差异及中度和重度圆锥角膜组间患者 BCVA、舒适度、湿润度、视觉清晰度评分和改善值差异。**结果** 所有患者试戴 RGPCL 后平均 BCVA 为 0.19 (0.10, 0.30), 舒适度、湿润度和视觉清晰度评分分别为 5.5 (3.0, 7.0)、7.0 (5.0, 8.0) 和 7.0 (4.0, 8.0) 分。试戴巩膜镜后 BCVA 为 0.10 (0.00, 0.10), 其舒适度、湿润度和视觉清晰度评分分别为 8.0 (8.0, 9.0)、8.0 (8.0, 9.0) 和 8.0 (6.0, 9.0) 分。与试戴 RGPCL 比较, 患者试戴巩膜镜后 BCVA、舒适度、湿润度和视觉清晰度评分显著提高, 差异均有统计学意义 ($Z = -5.887, -6.064, -5.705, -5.516$, 均 $P < 0.001$)。试戴巩膜镜后 BCVA 与 K_{\max} 呈中等强度正相关 ($r_s = 0.519, P < 0.001$), 与 TCT 呈中等强度负相关 ($r_s = -0.535, P < 0.001$)。试戴巩膜镜的清晰度评分与 TCT 呈中等强度正相关 ($r_s = 0.303, P = 0.029$)。中度和重度亚组分析中, 试戴巩膜镜后 BCVA 优于 RGPCL 配适, 舒适度、湿润度和视觉清晰度评分高于 RGPCL, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。与中度组比较, 重度组清晰度评分改善更为明显, 差异有统计学意义 ($Z = -3.100, P = 0.002$)。**结论** 中重度圆锥角膜患者试戴 RGPCL 提高 BCVA 的水平有限, 试戴巩膜镜在提高患者 BCVA 的同时, 可以显著改善患者的舒适度、湿润度和视觉清晰度。

【关键词】 圆锥角膜; 治疗; 视力; 巩膜镜; 硬性透气性接触镜; 清晰度

基金项目: 国家自然科学基金青年科学基金项目 (81200664); 河南省自然科学基金面上项目 (222300420536); 河南省医学科技攻关计划省部共建重点项目 (SBGJ202002028); 河南省中青年卫生健康科技创新杰出青年人才培养项目 (YXKC2020023); 河南省立眼科医院基础研究重点专项 (20JCZD003)

临床试验注册: <https://www.chictr.org.cn/>, ChiCTR1900023046

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20230911-00094

Fitting effect of scleral lens for moderate and severe keratoconus

Fan Qi, Yang Kaili, Ren Shengwei

Department of Ophthalmology, Henan Provincial People's Hospital, Henan Eye Hospital, Zhengzhou University People's Hospital, Henan University People's Hospital, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Ren Shengwei, Email: shengweiren1984@163.com

[Abstract] **Objective** To compare the fitting effect between rigid gas-permeable contact lens (RGPCL) and scleral lenses (SLs) in moderate and severe keratoconus eyes. **Methods** A cross-sectional study was performed. Fifty-two eyes of 42 keratoconus patients were recruited in Henan Eye Hospital from September 2022 to September 2023. Based on steep keratometry (K_s) value, patients were divided into moderate stage ($48 \text{ D} \leq K_s < 55 \text{ D}$, 28 eyes) and severe stage ($K_s \geq 55 \text{ D}$, 24 eyes). RGPCL and SLs were fitted normatively in all eyes. Fluorescein staining and anterior segment optical coherence tomography were performed under a slit lamp. The distance between the central and lateral centers of the lenses and the cornea, the centering of the lenses, the mobility of the lenses and the peripheral fit of the lenses were observed. Best corrected visual acuity (BCVA) converted to logarithmic minimum angle of resolution, comfort score, wetness score and clarity score were recorded. Differences in the above parameters of each patient between RGPCL and SLs wear were compared. The improvement of the above parameters after RGPCL and SLs

wear was compared in moderate and severe patients. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Henan Eye Hospital (No. HNEECKY-2019 [5]-04). Written informed consent was obtained from each patient before any medical examination. **Results** After RGPCL wear, the mean BCVA, comfort, wetness, and clarity score were 0.19 (0.10, 0.30), 5.5 (3.0, 7.0) points, 7.0 (5.0, 8.0) points and 7.0 (4.0, 8.0) points, respectively. After SLs wear, the mean BCVA, comfort score, wetness score and clarity score were 0.10 (0.00, 0.10), 8.0 (8.0, 9.0) points, 8.0 (8.0, 9.0) points and 8.0 (6.0, 9.0) points, respectively. Compared with RGPCL wear, the BCVA, comfort score, wetness score and clarity score of SLs were significantly improved ($Z = -5.887, -6.064, -5.705, -5.516$; all at $P < 0.001$). There was a moderate positive correlation between BCVA and Kmax after SLs wearing ($r_s = 0.519, P < 0.001$), and had a moderate negative correlation with TCT ($r_s = -0.535, P < 0.001$). There was a moderate positive correlation between the clarity score of the SLs and TCT ($r_s = 0.303, P = 0.029$). In the moderate and severe subgroup analysis, BCVA, comfort score, wetness score and clarity score were significantly improved after SLs wear compared to RGPCL (all at $P < 0.05$). In addition, the clarity score was significantly improved in severe keratoconus compared to moderate keratoconus ($Z = -3.100, P = 0.002$). **Conclusions** In patients with moderate to severe keratoconus, RGPCL can improve BCVA to a limited extent. SLs can significantly improve patients' comfort, wetness and visual clarity while improving their BCVA.

[Key words] Keratoconus; Therapy; Visual acuity; Scleral lens; Rig gas-permeable contact lens; Clarity

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81200664); General Project of Natural Science Foundation of Henan Province (222300420536); Henan Provincial Medical Science Building Key Program (SBGJ202002028); Henan Young Health Science and Technology Innovation Outstanding Program (YXKC2020023); Special Program for Basic Research of Henan Eye Hospital (20JCZD003)

Trial registration: <https://www.chictr.org.cn/>, ChiCTR1900023046

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20230911-00094

圆锥角膜是一种不断进展的致盲眼病,其特征是角膜变薄和突起,伴有不规则散光和视力低下^[1]。圆锥角膜一般于青春期开始发病,患者发病年龄小,视力下降较为明显,明显影响患者的学习和生活质量,因此,圆锥角膜患者视力矫正的相关研究备受关注^[2-3]。圆锥角膜早期阶段角膜不规则散光不明显,可以用框架眼镜矫正;中晚期不规则散光加重,框架眼镜矫正效果不佳,角膜接触镜成为改善视力的必要手段并发挥主要作用^[4]。硬性透气性角膜接触镜(rig gas-permeable contact lens, RGPCL)可以明显提高早期圆锥角膜患者的矫正视力,但中晚期患者角膜显著陡峭, RGPCL 仅可部分提高患者视力,会出现部分顶点与镜片接触及周边翘边等现象,很难达到完全配适,且患者自诉异物感、不适感和干眼症状较明显,患者运动或瞬目时镜片会有丢失风险,使得患者对 RGPCL 配适的总体满意度降低^[5-7]。巩膜镜可跨过角膜缘在巩膜上着陆,不接触角膜上的致密神经丛,因此患者舒适度明显改善^[8]。巩膜镜可明显改善患者的矫正视力、舒适度和满意度^[9-10],在国外应用较广,然而国内对于巩膜镜在圆锥角膜中的临床应用研究仍十分有限。本研究拟通过比较 RGPCL 和巩膜镜矫治中重度圆锥角膜效果,探讨巩膜镜矫治中重度圆锥角膜患者的视力、舒适度、湿润度及视觉清晰度评分,以为患者提供新的视力矫正方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究方法,纳入 2022 年 9 月至 2023 年 9 月就诊于河南省立眼科医院圆锥角膜门诊的患者。参照齐艳等^[11]研究中报道的 RGPCL 和巩膜镜的最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)分别为 0.15(0, 0.30)和 0.10(0, 0.22)(LogMAR 视力),基于 $\alpha = 0.05, \beta = 0.1$, RGPCL 和巩膜镜的矫正视力差值预估为 0.05,标准差预估为 0.1,通过 PASS 软件配对设计方案计算所需的样本量为 44,本研究纳入 42 例圆锥角膜患者 52 眼进行分析,满足研究设计的样本量需求。圆锥角膜的诊断标准如下^[1,12-14]:(1)具有典型的临床体征,即角膜前凸变薄、Fleischer 环、Vogt 线、Munson 征、角膜瘢痕至少一项阳性;(2)角膜地形图提示角膜前后表面异常抬高等。纳入标准:中重度圆锥角膜,陡峭角膜曲率(steepest keratometry, Ks) $\geq 48 D$ ^[15]。排除标准:(1)有角膜炎病史及其他眼病;(2)有角膜外伤或手术史;(3)伴有自身免疫性疾病、21 三体综合征等全身疾病史。询问患者既往矫治情况,所有患者均有框架眼镜配戴史,无接触镜配戴史,且均为首次试戴 RGPCL 和巩膜镜。42 例圆锥角膜患者中男性占 69.2%,患者平均年龄为 22(20, 23)岁,角膜参数中 Ks、最大角膜曲率(maximum keratometry, Kmax)和最薄点角膜厚度(thinnest corneal thickness, TCT)的平均

值分别为 (56.8 ± 9.3) D、(66.5 ± 11.2) D 和 (427.0 ± 54.8) μm, 中位数值分别为 53.3 (50.6, 58.2) D、63.1 (58.7, 71.7) D 和 442.5 (409.0, 460.0) μm。采用文献 [13, 15-17] 的方法, 根据 Ks 值将圆锥角膜患者分为中度组 (48 D ≤ Ks < 55 D) 20 例 28 眼和重度组 (Ks ≥ 55 D) 组 24 例 24 眼, 2 个组间患者基线特征比较见表 1。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 研究方案经河南省立眼科医院伦理委员会批准 [批文号: HNEECKY-2019(5)-04]。所有受试者或未成年患者的监护人均知晓研究目的和意义并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 配适前眼科检查 每项相关检查均由经验丰富且经专业培训合格的医师或专业技师按照标准化操作完成。(1) 采用裂隙灯显微镜 (日本 Topcon 公司) 检查并记录眼前节及小瞳下眼底情况。(2) 采用综合验光仪 (RT-5100, 日本 NIDEK 公司) 进行主觉验光, 记录患者球镜度、柱镜度、散光轴向及矫正视力。(3) 采用全自动非接触式眼压计 (NT-530, 日本 NIDEK 公司) 测量眼压, 每眼连续测量 3 次, 确保 3 次测量结果差异小于 3 mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa), 取平均值。(4) 采用 Pentacam HR (德国 Oculus 公司) 行角膜地形图检查, 采集成像质量为“OK”的测量结果, 记录患者角膜 Ks、Kmax 和 TCT。(5) 采用光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 仪 (CASIA2, 日本 TOMY 公司) 的眼前节模式测量, 采集成像质量为“OK”的测量结果, 测量水平基准线为 13.5 mm 处矢高。

1.2.2 RGPCL 配适 根据配适眼角膜地形图检查的平均角膜曲率半径陡 0.2 mm 作为首试戴片, 试戴 10~20 min 使泪液稳定, 荧光素染色后进行动态评估和静态评估。动态评估包括: (1) 瞬目运动; (2) 镜片活动情况 眼球活动时 RGPCL 镜片不能超过角膜缘, 瞬目时 RGPCL 镜片被牵引向角膜上方, 然后下降并稳定于中央略下方, 运动不可过快或过慢; (3) 镜片的中

心定位 镜片能稳定在角膜中央, 光学区覆盖瞳孔区。静态评估包括: (1) 行荧光素染色显像, 以观察并调整镜片中央、旁中央、周边弧与角膜间的间隙距离; (2) 行主觉验光, 记录 BCVA。

1.2.3 巩膜镜配适 患眼 RGPCL 配适后 3 h, 配戴直径为 14.5 mm 常规巩膜镜 (澳大利亚卡普科尼亚接触镜有限公司)。巩膜镜无环曲面及开窗设计, 镜片材料为 Boston XO2, 透氧系数 (DK 值) 为 141, 巩膜镜矢高为 3 200~4 400 μm, 后顶焦度为 -35.00~+35.00 D。根据患者眼前节 OCT 影像结果, 做 13.5 mm 的水平基准线, 与虹膜平行, 两端分别与角巩膜过渡区相交, 从角膜顶点到基准线做垂直线以测量矢高 (图 1), 在矢高基础上加 200 μm 作为首试戴片的大小, 根据计算结果取出相应镜片, 用护理液放射状清洗 3 次, 用不含防腐剂的 0.9% 氯化钠溶液清洗 3 次并注满镜片, 嘱患者取坐位, 面部与桌面平行并注视前方, 镜片戴入眼内时确保镜片下无气泡, 试戴 5 min 使泪液稳定, 分别行裂隙灯显微镜和眼前节 OCT 检查, 评估镜片中央区和旁中央区与角膜之间的距离, 以及着陆区对结膜压迫状态和定位等情况。中央区间隙 ≥ 250 μm, 角巩膜缘区 ≥ 150 μm, 着陆区无压迫或镜片翘边现象, 定位良好, 镜片活动度小。配戴合适镜片后行主觉验光, 4 h 后进一步观察镜片中央区和旁中央区与角膜之间的距离、着陆区对结膜压迫状态和定位等情况。中央区间隙 ≥ 100 μm, 角巩膜缘区 ≥ 80 μm, 着陆区对结膜无压迫状态及翘边现象, 定位良好, 镜片活动度小。给予主觉验光, 记录 BCVA。

1.2.4 评价指标 (1) 基本指标 包括患者年龄、性别、眼压、校正眼压 (采用 Dresden 法计算: 校正眼压 = 眼压 + 0.040 × [550 - 中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT)])^[18]、球镜度数、柱镜度数、等效球镜度 (spherical equivalent, SE) (等效球镜度 = 球镜度 + 柱镜度 / 2)、框架眼镜 BCVA (LogMAR)、Ks、Kmax、TCT

表 1 2 个组患者基线资料比较
Table 1 Comparison of baseline data between two groups

组别	例数/ 眼数	年龄 [M(Q ₁ , Q ₃), 岁] ^a	性别 (男/女, n)	校正眼压 [M(Q ₁ , Q ₃), mmHg] ^a	Ks [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	Kmax [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	TCT [M(Q ₁ , Q ₃), μm] ^a	球镜度 [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	柱镜度 [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	SE [M(Q ₁ , Q ₃), D] ^a	BCVA [M(Q ₁ , Q ₃), LogMAR] ^a
中度组	20/28	22.0(20.0, 23.0)	18/2	16.2(15.0, 18.4)	50.9(49.2, 51.7)	58.7(55.4, 59.8)	460.0(446.0, 477.0)	-3.5(-6.0, -1.0)	-5.3(-6.0, -2.8)	-5.6(-9.0, -3.0)	0.2(0.1, 0.2)
重度组	24/24	21.0(17.5, 23.0)	18/6	17.4(15.4, 19.3)	60.6(56.4, 72.8)	72.5(67.3, 83.9)	411.5(338.8, 424.0)	-2.0(-6.7, 0.0)	-6.0(-6.0, -3.0)	-4.1(-8.8, -3.0)	0.4(0.4, 0.7)
Z/A ² 值		-1.263	0.573	0.661	-6.174	-6.025	-5.254	-0.664	-0.994	-0.074	-5.546
P 值		0.207	0.449	0.508	<0.001	<0.001	<0.001	0.507	0.320	0.941	<0.001

注: (a: Mann-Whitney U 检验; b: χ² 检验) Ks: 陡峭角膜曲率; Kmax: 最大角膜曲率; TCT: 最薄点角膜厚度; SE: 等效球镜度; BCVA: 最佳矫正视力 1 mmHg = 0.133 kPa

Note: (a: Mann-Whitney U test; b: χ² test) Ks: steep keratometry; Kmax: maximum keratometry; TCT: thinnest corneal thickness; SE: spherical equivalent; BCVA: best corrected visual acuity 1 mmHg = 0.133 kPa

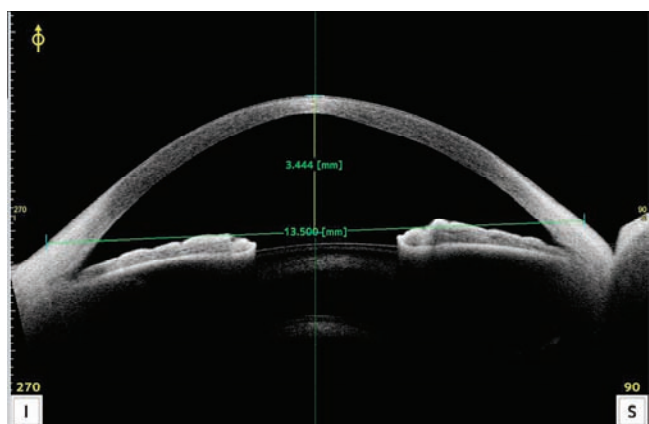


图 1 配戴巩膜镜前根据 OCT 影像绘制基准线及矢高测量示意图
Figure 1 Diagram of baseline and sagittal height measurements in an OCT image before scleral lenses prescription

等参数。(2) 视力评价指标 采用 LogMAR 视力记录试戴 RGPCL 和巩膜镜后的 BCVA。(3) 感觉相关评分指标 采用文献[19]中自填式量表对试戴 RGPCL 和巩膜镜舒适度、湿润度及视觉清晰度进行评分, 赋值为 0~10 分, 0 分为完全不能接受, 10 分为感觉极佳。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行统计分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对计量资料进行正态性检验, 框架眼镜 BCVA (LogMAR)、眼压、Ks、Kmax、TCT 及各项评分等均不符合正态分布, 以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。采用 Wilcoxon 符号秩检验比较同一患眼试戴 RGPCL 与巩膜镜后 BCVA 和患者感觉相关评分差异。采用 Spearman 秩相关分析评价 Kmax、TCT 和 2 种接触镜配戴后 BCVA、感觉相关评分的相关性。采用混合效应模型分析不同严重程度圆锥角膜亚组间 RGPCL 与巩膜镜试戴后 BCVA 及感觉相关评分的差异; 采用 Mann-Whitney U 检验比较中度组与重度组间 BCVA 及感觉相关评分改善值的差异。计数资料数据以频数和百分比表示, 2 个组间性别构成比比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 RGPCL 与巩膜镜试戴后患眼 BCVA 及感觉评分比较

患者试戴 RGPCL 和巩膜镜后眼前节分析和大体染色见图 2。患者试戴巩膜镜后周边状态良好 (图 3)。试戴巩膜镜与 RGPCL 后患眼 BCVA、舒适度、湿润度和视觉清晰度评分差值分别为 -0.12 (-0.18, -0.08)、2.0 (1.0, 4.0) 分、2.0 (1.0,

3.0) 分和 1.0 (0.0, 2.0) 分。与试戴 RGPCL 比较, 试戴巩膜镜后患眼 BCVA 明显改善, 舒适度、湿润度和视觉清晰度评分均明显提高, 差异均有统计学意义 ($Z = -5.887, -6.064, -5.705, -5.516$, 均 $P < 0.001$) (表 2)。

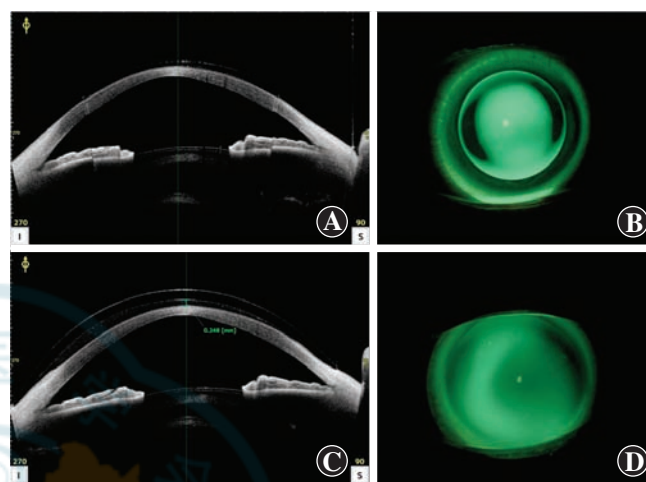


图 2 RGPCL 和巩膜镜配适比较 A: 试戴 RGPCL 后眼前节分析 B: 试戴 RGPCL 后荧光素大体染色 C: 试戴巩膜镜后眼前节分析 D: 试戴巩膜镜后荧光素大体染色
Figure 2 Comparison between RGPCL and scleral lenses fitting A: Anterior segment analysis after RGPCL wear B: Fluorescein staining after RGPCL wear C: Anterior segment analysis after scleral lenses wear D: Fluorescein staining after scleral lenses wear

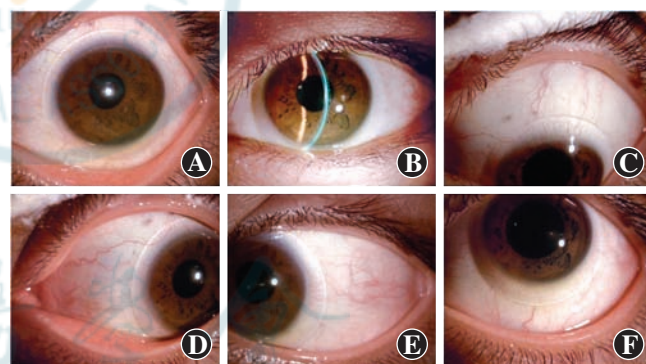


图 3 巩膜镜配适中心定位及周边状态 A: 巩膜镜中心定位 B: 荧光素裂隙 C: 巩膜镜上方配适状态 D: 巩膜镜鼻侧配适状态 E: 巩膜镜颞侧配适状态 F: 巩膜镜下方配适状态
Figure 3 Centering and peripheral state of scleral lenses fitting A: Scleral lenses centering B: Fluorescein fissure C: Upper fit state of scleral lenses D: Nasal fit state of scleral lenses E: Temporal fit state of scleral lenses F: Inferior fit state of scleral lenses

表 2 RGPCL 与巩膜镜试戴后患眼 BCVA 及感觉相关评分比较 [$M(Q_1, Q_3)$]
Table 2 Comparison of BCVA and sense score between RGPCL and scleral lenses wear [$M(Q_1, Q_3)$]

接触镜类型	眼数	BCVA	舒适度(分)	湿润度(分)	清晰度(分)
RGPCL	52	0.19(0.10, 0.30)	5.5(3.0, 7.0)	7.0(5.0, 8.0)	7.0(4.0, 8.0)
巩膜镜	52	0.10(0.00, 0.10)	8.0(8.0, 9.0)	8.0(8.0, 9.0)	8.0(6.0, 9.0)
Z 值		-5.887	-6.064	-5.705	-5.516
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注: (Wilcoxon 符号秩检验) RGPCL: 硬性透气性角膜接触镜; BCVA: 最佳矫正视力

Note: (Wilcoxon rank sum test) RGPCL: rig gas-permeable contact lens; BCVA: best corrected visual acuity

2.2 不同接触镜试戴后 BCVA 及感觉相关评分与 Kmax 和 TCT 的相关性

试戴 RGPCL 后 BCVA 与 Kmax 呈强正相关($r_s = 0.724, P < 0.001$), 与 TCT 呈强负相关($r_s = -0.717, P < 0.001$)。试戴巩膜镜后的 BCVA 与 Kmax 呈中等强度正相关($r_s = 0.519, P < 0.001$), 与 TCT 呈中等强度负相关($r_s = -0.535, P < 0.001$)。试戴 RGPCL 后清晰度评分与 Kmax 呈中等强度负相关($r_s = -0.424, P = 0.002$), 与 TCT 呈中等强度正相关($r_s = 0.588, P < 0.001$)。试戴巩膜镜后清晰度评分与 TCT 呈中等强度正相关($r_s = 0.303, P = 0.029$)。试戴 RGPCL 和巩膜镜后眼球湿润度和舒适度评分与 Kmax 和 TCT 均无明显相关性(均 $P > 0.05$)(表 3,4)。

表 3 试戴 2 种接触镜后 Kmax 与 BCVA 及感觉相关评分的相关性

Table 3 Correlation between Kmax and BCVA and sense score after wearing two types of contact lenses

参数	试戴 RGPCL 后 Kmax		试戴巩膜镜后 Kmax	
	r_s 值	P 值	r_s 值	P 值
BCVA	0.724	<0.001	0.519	<0.001
清晰度评分	-0.424	0.002	-0.117	0.410
湿润度评分	0.013	0.925	0.198	0.160
舒适度评分	0.159	0.262	0.211	0.134

注:(Spearman 秩相关分析, $n = 52$) Kmax: 最大角膜曲率; BCVA: 最佳矫正视力; RGPCL: 硬性透气性角膜接触镜

Note: (Spearman rank correlation analysis, $n = 52$) Kmax: maximum keratometry; BCVA: best corrected visual acuity; RGPCL: rig gas-permeable contact lens

表 4 试戴 2 种接触镜后 TCT 与 BCVA 及感觉相关评分的相关性

Table 4 Correlation between TCT and BCVA and sense score after wearing two types of contact lenses

参数	试戴 RGPCL 后 TCT		试戴巩膜镜后 TCT	
	r_s 值	P 值	r_s 值	P 值
BCVA	-0.717	<0.001	-0.535	<0.001
清晰度评分	0.588	<0.001	0.303	0.029
湿润度评分	0.130	0.359	0.024	0.866
舒适度评分	-0.100	0.481	0.040	0.780

注:(Spearman 秩相关分析, $n = 52$) TCT: 最薄点角膜厚度; BCVA: 最佳矫正视力; RGPCL: 硬性透气性角膜接触镜

Note: (Spearman rank correlation analysis, $n = 52$) TCT: thinnest corneal thickness; BCVA: best corrected visual acuity; RGPCL: rig gas-permeable contact lens

2.3 不同程度圆锥角膜患者试戴 RGPCL 与巩膜镜后 BCVA 及感觉相关评分比较

中度和重度亚组分析中, 试戴巩膜镜后 BCVA 优于 RGPCL, 舒适度、湿润度和视觉清晰度评分高于

RGPCL, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)(表 5,6)。进一步比较不同程度圆锥角膜组间试戴巩膜镜与试戴 RGPCL 后 BCVA 及感觉评分改善的差异, 结果显示与中度组比较, 重度组清晰度评分改善更为明显, 差异有统计学意义($Z = -3.100, P = 0.002$), BCVA、湿润度和舒适度评分改善方面差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)(表 7)。

2.4 不良反应评价

试戴结果显示, 巩膜镜中心定位与着陆区配适良好, 巩膜镜与角膜无接触, 镜片活动度小, 配戴后稳定性良好, 未出现配适不佳等不良反应, 如镜下气泡的产生、角膜染色、结膜充血、结膜白化及染色、沉积物堆积及中央雾视等。

3 讨论

圆锥角膜常于青春期发病, 不断进展, 中晚期患者常伴有高阶像差和视力的丧失, 单靠框架眼镜无法矫正, 严重影响患者的学习、工作和心理健康, 产生严重的社会负担^[1,12,20]。目前, 该病病因尚不完全清楚, 尚无根治的方法。本研究结果显示, 与 RGPCL 相比, 巩膜镜可显著提高中重度圆锥角膜患者的 BCVA、舒适度、湿润度和视觉清晰度评分。

RGPCL 通过创造镜片与角膜前表面形成泪液镜可有效中和角膜不规则散光, 是目前圆锥角膜患者矫正视力的主要方式^[5]。尽管视力有了显著改善, 但患者在长期使用存在舒适度欠佳的问题。在早期圆锥角膜患者中, 角膜锥顶陡峭不明显, 配戴 RGPCL 镜片可以获得较满意的矫正视力, 配戴过程中会有异物感和点染, 但均能接受, 未见其他并发症^[21]。但对中晚期圆锥角膜患者, 角膜锥顶陡峭明显, 配戴 RGPCL 矫正视力有限, 且往往不能达到良好的配适状态, 戴镜舒适度和稳定性明显下降, 甚至加重角膜瘢痕的形成^[4,22]。本研究评估 RGPCL 试戴后患者的视力矫正情况和配适的满意度, 未进行长时间的配戴效果观察, 可能低估了中重度患者 RGPCL 视力矫正和配适的满意度评价, 后期课题组会进一步观察中重度患者长时间配戴 RGPCL 的效果。此外, 既往文献报道配戴 RGPCL 时可能会出现镜片过度移动或自发性脱位、异物感、不适感等问题, 角膜严重不规则往往很难适配到非常合适的 RGPCL, 不适配的镜片可致新生血管、角膜炎和上皮缺损等角膜并发症的发生风险增加^[7,23-24]。

巩膜镜可以通过中和光学像差, 为角膜不规则患者提供较清晰、稳定的视力, 且可以有效治疗各种眼表疾病, 因此成为一种新型的眼表疾病治疗手段^[25]。巩

表 5 中度圆锥角膜 RGPCL 与巩膜镜试戴后 BCVA 及感觉相关评分比较 [M(Q₁, Q₃)]
Table 5 Comparison of BCVA and sense score between RGPCL and scleral lenses wear in moderate keratoconus [M(Q₁, Q₃)]

接触镜类型	眼数	BCVA	舒适度(分)	湿润度(分)	清晰度(分)
RGPCL	28	0.10(0.10,0.22)	7.0(5.0, 8.0)	6.0(3.0,7.0)	7.5(6.0,8.0)
巩膜镜	28	0.05(0.00,0.10)	8.0(7.0,10.0)	8.0(7.0,9.0)	8.0(6.0,9.0)
t 值		38.178	45.205	36.421	9.537
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	0.003

注:(混合效应模型) RGPCL:硬性透气性角膜接触镜;BCVA:最佳矫正视力
Note:(Mixed effect model) RGPCL:rig gas-permeable contact lens;BCVA:best corrected visual acuity

表 6 重度圆锥角膜 RGPCL 与巩膜镜试戴后 BCVA 及感觉相关评分比较 [M(Q₁, Q₃)]
Table 6 Comparison of BCVA and sense score between RGPCL and scleral lenses wear in severe keratoconus [M(Q₁, Q₃)]

接触镜类型	眼数	BCVA	舒适度(分)	湿润度(分)	清晰度(分)
RGPCL	24	0.26(0.15,0.40)	6.0(5.3,8.0)	6.0(3.5,7.8)	6.0(3.3,7.0)
巩膜镜	24	0.10(0.06,0.21)	8.5(8.0,9.0)	8.0(8.0,9.0)	8.0(6.3,8.8)
t 值		35.305	44.178	24.794	24.615
P 值		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:(混合效应模型) RGPCL:硬性透气性角膜接触镜;BCVA:最佳矫正视力
Note:(Mixed effect model) RGPCL:rig gas-permeable contact lens;BCVA:best corrected visual acuity

表 7 不同程度组 RGPCL 与巩膜镜试戴后患眼 BCVA 及感觉相关评分差值比较 [M(Q₁, Q₃)]

Table 7 Comparison of BCVA and sense score differences between RGPCL and scleral lenses wear in patients with different severities [M(Q₁, Q₃)]

组别	眼数	BCVA 差值	舒适度评分差值	湿润度评分差值	清晰度评分差值
中度组	28	-0.10(-0.18,-0.05)	2.5(2.0,4.0)	2.0(1.0,3.0)	1.0(0.0,1.0)
重度组	24	-0.15(-0.20,-0.11)	2.0(1.0,4.5)	2.0(0.3,3.0)	2.0(1.0,2.0)
Z 值		-1.846	-0.860	-0.414	-3.100
P 值		0.065	0.390	0.679	0.002

注:(Mann-Whitney U 检验) RGPCL:硬性透气性角膜接触镜;BCVA:最佳矫正视力
Note:(Mann-Whitney U test) RGPCL:rig gas-permeable contact lens;BCVA:best corrected visual acuity

膜镜改善视力的机制与 RGPCL 相似,且与 RGPCL 相比有一定的优势。由于巩膜镜是一种大直径、横跨角膜着陆于巩膜上、形成拱形凸起的高透氧性接触镜,因此,镜片过度移动和镜片丢失较罕见,为患者提供了更稳定和安全的配适方案。巩膜镜避开了密集的角膜神经丛,患者舒适度更好,并可显著提高患者的视觉质量和生活水平^[5,11]。一项纳入 24 例圆锥角膜患者的队列研究结果显示,这些患者配戴前很多有干眼症状,患者配戴巩膜镜后有好的视力以及舒适度^[8]。Carracedo 等^[26]报道圆锥角膜患者配戴巩膜镜后 6~9 h 干眼症状得到显著改善,泪液中基质金属蛋白酶浓度增加,可能是由于泪膜停滞和巩膜镜镜片配戴时通过生理盐水溶液填充所致。在巩膜镜普及之前,无明显角膜混浊的重度圆锥角膜患者可能需要角膜移植

来恢复视力,巩膜镜的出现解决了因角膜高度不规则散光配戴接触镜困难的问题。巩膜镜可以通过改变视区的拱顶来适应几乎任何程度的角膜扩张^[27-28]。重度圆锥角膜患者如果通过巩膜镜进行干预,可能会推迟,甚至避免手术,从而减少角膜移植的需求^[29]。在一项研究中,51 例患者 75 眼均患有重度圆锥角膜,其中有 40 眼成功验配巩膜镜后角膜磨损减少,视力得到提高,通过这种方式,圆锥角膜患者的角膜移植需求减少了一半以上^[30]。

巩膜镜有效结合了 RGPCL 材料的光学性能优势与软性接触镜相关的更大镜片直径的舒适度和稳定性的优势。巩膜镜的大直径提高了镜片配戴的稳定性,其跨过角膜在巩膜上着陆,通过生理盐水填充巩膜镜镜片与角膜之间的间隙,形成适当厚度的水液层,使得角膜的平整性得以恢复,进一步提高了圆锥角膜患者的舒适度及清晰度^[28,31]。Yan 等^[32]研究发现,91%的圆锥角膜患者表示白天戴 10 h 巩膜镜仍自诉无不适感。在另一项评估巩膜镜配戴后患者满意度的研究中,93.8%患者无不适感,92.4%患者视觉质量和 88.1%患者总体满意度较好^[33]。因此巩膜镜在圆锥角膜的非手术治疗中越来越受到重视。Shorter 等^[5]报道 8%(12/152)的圆锥角膜患者首选的矫正方式是巩膜镜,51%(78/152)的患者在首次配戴 RGPCL 后选择配戴巩膜镜。Rose K2XL 巩膜镜是一种新型巩膜镜,为角膜不规则患者提供了良好的视力和舒适度,其 BCVA(LogMAR)可达 0.09^[34]。Baudin 等^[9]研究发现,24 例患者 41 眼成功适配巩膜镜,使用后 LogMAR 视力提高了-0.40±0.52;视力改善值随角膜曲率和疾病严重程度的增加而显著增加;视功能量表评分增加(19.5±19.1)分,患者的视功能明显改善。齐艳等^[11]研究发现,配戴巩膜镜后 BCVA 较裸眼视力、配戴框架眼镜视力明显改善,差异均有统计学意义;而巩膜镜配戴后 BCVA 与 RGPCL 配戴后差异无统

计学意义。本研究通过试戴不同接触镜研究发现,巩膜镜配适后 BCVA 显著优于 RGPCL,可能与纳入研究对象的严重程度有关。试戴 RGPCL 和巩膜镜后的 BCVA 均与 Kmax 呈强正相关,与 TCT 呈强负相关;清晰度评分与 TCT 呈中等强度正相关,因此圆锥角膜患者在接触镜试戴前可以通过 Kmax 和 TCT 评估患者的试戴效果。因考虑巩膜镜成本较高,本研究中仅对中重度圆锥角膜患者进行试戴分析,未对轻度圆锥角膜患者进行分析。此外,试戴巩膜镜较 RGPCL 改善重度圆锥角膜患者清晰度评分优于中度患者,提示重度患者可以优先考虑巩膜镜,但不同严重程度之间舒适度和湿润度评分改善情况无明显差异,可能与不同亚组中样本量较小有关,需要在以后的研究中进一步增加样本量以验证结果的一致性。

RGPCL 可引起眼部刺激症状、眼干、不适和最终对镜片的耐受,其配戴更具有挑战性。在角膜明显不规则时,可能会出现频繁的偏心、完全脱位。不贴合的 RGPCL 还可能导致圆锥角膜患者出现角膜上皮缺损、角膜浸润、角膜血管化、加重角膜瘢痕、移植物排斥或移植失败等情况^[35-36]。巩膜镜采用高透氧性材料改善角膜氧供,在保证角膜安全的同时使得镜片稳定在中心位置,且随着镜片材料、设计的不断更新,巩膜镜的临床安全性不断提高,其应用范围也日渐广泛^[28]。由于巩膜镜刚刚在国内上市,尚未进行大规模临床应用,因此本研究仅是对患者进行试戴片评估,结果显示巩膜镜在中重度圆锥角膜患者的试戴中具有一定的有效性。但临床应用中巩膜镜的验配及使用较为复杂,配镜患者需要长期的随访和护理,并且巩膜镜的配戴中会出现一些不良反应。因巩膜镜在巩膜上着陆,巩膜上方有球结膜及丰富的血管,早期配戴过程中会对球结膜的微循环造成一定影响。一项包含 26 例圆锥角膜患者的短期临床试验结果显示,患者配戴巩膜镜后 6~9 h 结膜和角膜缘温度均高于中央角膜^[37]。此外,研究表明患者还会出现配适不佳等问题,如镜下气泡的产生、角膜染色、结膜充血、结膜白化及染色、沉积物堆积及中央雾视等,但这些情况多数不会造成持续性损害。镜片直径、矢高、陡峭程度不匹配,则会造成严重并发症,如上皮大疱、上皮微囊、角结膜水肿、角膜新生血管、角膜炎等。与此同时,患者也会有巩膜镜配戴相关的主观抱怨,包括镜片戴入和取出困难、雾霭、模糊或光晕等^[38]。因此,验光师在临床工作中应根据患者自身情况个性化选择配适,严格遵循验配流程,配戴后对患者进行专业镜片护理培训,定期复查配戴情况,减少相关并发症的发生^[39]。

本研究为横断面研究,由于巩膜镜尚未广泛应用于临床,患者均使用试戴片进行研究,并未进行长时间配戴效果观察,配戴舒适性及镜片移位、脱落并发症等问题仍需在长时间配戴中观察,既往研究显示,圆锥角膜患者配戴巩膜镜一段时间后,会出现角膜前表面曲率变平、高阶像差均方根减少、垂直彗差减少、对比敏感度提高、不同调节刺激的调节反应减弱,且角膜后表面曲率、角膜厚度及前房深度值也会发生一定变化^[40-42]。因此,随着巩膜镜临床应用的增多,应在以后进一步开展前瞻性队列研究,增加巩膜镜配戴后观察时长及角膜厚度、曲率、高阶像差、彗差、球差等多个参数的评估。

综上所述,对于中重度圆锥角膜患者,尤其是 RGPCL 不能耐受或适配欠佳的患者,巩膜镜在提高 BCVA 的同时,还具有舒适度好、湿润度高、异物感轻的优点,可以为患者提供一种新的视力矫正选择。在临床工作中,巩膜镜的验配需要以患者为中心,优化视力和眼部舒适度,以期更好地提高患者的视觉和生活质量。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 范棋:采集数据、起草文章、文章修改;杨凯丽:采集数据、分析/解释数据、文章修改;任胜卫:酝酿/设计试验、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅、文章定稿

参考文献

- [1] Gomes JA, Tan D, Rapuano CJ, et al. Global consensus on keratoconus and ectatic diseases [J]. *Cornea*, 2015, 34 (4) : 359-369. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000408.
- [2] Wang Y, Jacobs DS. Role of therapeutic contact lenses in management of corneal disease [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2022, 33 (4) : 306-310. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000859.
- [3] Lim L, Lim EWL. Current perspectives in the management of keratoconus with contact lenses [J]. *Eye (Lond)*, 2020, 34 (12) : 2175-2196. DOI: 10.1038/s41433-020-1065-z.
- [4] Rathi VM, Mandathara PS, Dumpati S. Contact lens in keratoconus [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2013, 61 (8) : 410-415. DOI: 10.4103/0301-4738.116066.
- [5] Shorter E, Schornack M, Harthan J, et al. Keratoconus patient satisfaction and care burden with corneal gas-permeable and scleral lenses [J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97 (9) : 790-796. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001565.
- [6] Itoi M, Itoi M. Management of keratoconus with corneal rigid gas-permeable contact lenses [J]. *Eye Contact Lens*, 2022, 48 (3) : 110-114. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000876.
- [7] Xue Y, Zhou J, Chen Z, et al. Factors affecting long-term compliance with rigid gas-permeable contact lens wear in patients with keratoconus [J]. *J Clin Med*, 2022, 11 (4) : 1091 [2023-07-26]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8878038/>. DOI: 10.3390/jcm11041091.
- [8] Bergmanson JP, Walker MK, Johnson LA. Assessing scleral contact lens satisfaction in a keratoconus population [J]. *Optom Vis Sci*, 2016, 93 (8) : 855-860. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000882.
- [9] Baudin F, Chemaly A, Arnould L, et al. Quality-of-life improvement after scleral lens fitting in patients with keratoconus [J]. *Eye Contact Lens*, 2021, 47 (9) : 520-525. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000821.
- [10] Kreps EO, Claerhout I, Koppen C. The outcome of scleral lens fitting for keratoconus with resolved corneal hydrops [J]. *Cornea*, 2019, 38 (7) : 855-858. DOI: 10.1097/ICO.0000000000001946.

- [11] 齐艳, 胡艳, 徐珊珊, 等. 巩膜镜矫正圆锥角膜的临床效果观察[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022, 24(5): 364-369. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210913-00383.
- Qi Y, Hu Y, Xu SS, et al. Clinical effect of the scleral lens in the treatment of keratoconus[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2022, 24(5): 364-369. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210913-00383.
- [12] 中华医学会眼科学分会角膜病学组. 中国圆锥角膜诊断和治疗专家共识(2019年)[J]. 中华眼科杂志, 2019, 55(12): 891-895. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2019.12.004.
- [13] 朱梦, 杨凯丽, 徐丽妍, 等. 圆锥角膜临床特征及其严重程度的影响因素分析[J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41(5): 484-492. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220811-00368.
- Zhu M, Yang KL, Xu LY, et al. Clinical features of keratoconus and influencing factors of disease severity[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2023, 41(5): 484-492. DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220811-00368.
- [14] 翟耀华, 庞辰久, 任胜卫, 等. 可视化角膜生物测量仪生物力学指标对圆锥角膜诊断的灵敏度和特异度评估[J]. 中华实验眼科杂志, 2019, 37(7): 527-531. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.07.007.
- Zhai YH, Pang CJ, Ren SW, et al. Evaluation of the sensitivity and specificity of corneal visualization scheimpflug technology biomechanical index in the diagnosis of keratoconus[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2019, 37(7): 527-531. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.07.007.
- [15] Yang K, Xu L, Fan Q, et al. Association between corneal stiffness parameter at the first applanation and keratoconus severity[J/OL]. J Ophthalmol, 2020, 2020: 6667507 [2023-07-26]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7726963/. DOI: 10.1155/2020/6667507.
- [16] Kymes SM, Walline JJ, Zadnik K, et al. Quality of life in keratoconus[J]. Am J Ophthalmol, 2004, 138(4): 527-535. DOI: 10.1016/j.ajo.2004.04.031.
- [17] Ling J, Qiao G, Iovieno A, et al. Visual outcomes of cataract surgery in patients with keratoconus using toric and non-toric lenses[J]. J Refract Surg, 2023, 39(5): 319-325. DOI: 10.3928/1081597X-20230301-01.
- [18] Chen Y, Rong H, Liu W, et al. Agreement of corrected intraocular pressure values between corvis st and pentacam in patients with keratoconus, subclinical keratoconus, and normal cornea[J]. Cornea, 2021, 40(11): 1426-1432. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002707.
- [19] Levit A, Benwell M, Evans B. Randomised controlled trial of corneal vs. scleral rigid gas permeable contact lenses for keratoconus and other ectatic corneal disorders[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2020, 43(6): 543-552. DOI: 10.1016/j.clae.2019.12.007.
- [20] Rijal S, Hastings GD, Nguyen LC, et al. The impact of misaligned wavefront-guided correction in a scleral lens for the highly aberrated eye[J]. Optom Vis Sci, 2020, 97(9): 732-740. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001577.
- [21] 蓝方, 刘伟民, 赵武校, 等. 非球面高透氧硬性透气性角膜接触镜矫正特殊类型屈光不正的临床评价[J]. 国际眼科杂志, 2010, 10(11): 2118-2120. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2010.11.024.
- Lan FF, Liu WM, Zhao WX, et al. Clinical evaluation of non-spherical rigid gas-permeable contact lens for ametropia[J]. Int Eye Sci, 2010, 10(11): 2118-2120. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2010.11.024.
- [22] 郭寅, 刘立洲, 彭丽, 等. 长期配戴硬性透气性角膜接触镜对不同程度圆锥角膜的矫正效果及安全性评价[J]. 中华实验眼科杂志, 2018, 36(2): 135-139. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.012.
- Guo Y, Liu LZ, Peng L, et al. Efficacy and safety of long-term wearing rigid gas permeable contact lens in different degrees of keratoconus eyes[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2018, 36(2): 135-139. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.02.012.
- [23] Yuksel Elgin C, Iskeleli G, Aydin O. Effects of the rigid gas permeable contact lens use on tear and ocular surface among keratoconus patients[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2018, 41(3): 273-276. DOI: 10.1016/j.clae.2017.12.013.
- [24] Saraç Ö, Kars ME, Temel B, et al. Clinical evaluation of different types of contact lenses in keratoconus management[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2019, 42(5): 482-486. DOI: 10.1016/j.clae.2019.02.013.
- [25] 朱琳, 张姝贤, 刘菁华, 等. 巩膜接触镜的临床应用及研究进展[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2023, 25(6): 476-480. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210527-00219.
- Zhu L, Zhang SX, Liu JH, et al. Clinical application and research progress of scleral contact lens[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2023, 25(6): 476-480. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210527-00219.
- [26] Carracedo G, Blanco MS, Martin-Gil A, et al. Short-term effect of scleral lens on the dry eye biomarkers in keratoconus[J]. Optom Vis Sci, 2016, 93(2): 150-157. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000788.
- [27] Kollros L, Lu N, Hillen M, et al. Scleral contact lenses fitted to extremely steep corneas[J/OL]. J Fr Ophthalmol, 2023, 46(2): e70-e74 [2023-08-03]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36670016/. DOI: 10.1016/j.jfo.2022.08.011.
- [28] 沙晓通, 吴志毅, 陈彬彬, 等. 巩膜接触镜在圆锥角膜治疗中的临床研究进展[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2023, 25(4): 312-316. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210129-00037.
- Sha XT, Wu ZY, Chen BB, et al. Clinical research progress of scleral contact lenses in treatment of keratoconus[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2023, 25(4): 312-316. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20210129-00037.
- [29] DeLoss KS, Fatteh NH, Hood CT. Prosthetic Replacement of the Ocular Surface Ecosystem (PROSE) scleral device compared to keratoplasty for the treatment of corneal ectasia[J]. Am J Ophthalmol, 2014, 158(5): 974-982. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.07.016.
- [30] Koppen C, Kreps EO, Anthonissen L, et al. Scleral lenses reduce the need for corneal transplants in severe keratoconus[J]. Am J Ophthalmol, 2018, 185: 43-47. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.10.022.
- [31] Kreps EO, Pesudovs K, Claerhout I, et al. Mini-scleral lenses improve vision-related quality of life in keratoconus[J]. Cornea, 2021, 40(7): 859-864. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002518.
- [32] Yan P, Kapasi M, Conlon R, et al. Patient comfort and visual outcomes of mini-scleral contact lenses[J]. Can J Ophthalmol, 2017, 52(1): 69-73. DOI: 10.1016/j.jcjo.2016.07.008.
- [33] Akkaya Turhan S, Özarslan Özcan D, Tokar E. Use of a mini-scleral lens in patients with keratoconus[J]. Turk J Ophthalmol, 2020, 50(6): 339-342. DOI: 10.4274/tjo.galenos.2020.56804.
- [34] Romero-Jiménez M, Flores-Rodríguez P. Utility of a semi-scleral contact lens design in the management of the irregular cornea[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2013, 36(3): 146-150. DOI: 10.1016/j.clae.2012.12.006.
- [35] Severinsky B, Behrman S, Frucht-Pery J, et al. Scleral contact lenses for visual rehabilitation after penetrating keratoplasty: long term outcomes[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2014, 37(3): 196-202. DOI: 10.1016/j.clae.2013.11.001.
- [36] 贾旭, 李志敏, 谷浩. 长期佩戴角膜接触镜对角膜上皮细胞凋亡的影响[J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31(7): 674-677. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.07.013.
- Jia X, Li ZM, Gu H. Effect of wearing of soft corneal contact lens for long term on apoptosis of corneal epithelial cell[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2013, 31(7): 674-677. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2013.07.013.
- [37] Carracedo G, Wang Z, Serramito-Blanco M, et al. Ocular surface temperature during scleral lens wearing in patients with keratoconus[J]. Eye Contact Lens, 2017, 43(6): 346-351. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000273.
- [38] Barnett M, Lien V, Li JY, et al. Use of scleral lenses and miniscleral lenses after penetrating keratoplasty[J]. Eye Contact Lens, 2016, 42(3): 185-189. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000163.
- [39] Vincent SJ, Fadel D. Optical considerations for scleral contact lenses: a review[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2019, 42(6): 598-613. DOI: 10.1016/j.clae.2019.04.012.
- [40] Severinsky B, Fadel D, Davelman J, et al. Effect of scleral lenses on corneal topography in keratoconus: a case series of cross-linked versus non-cross-linked eyes[J]. Cornea, 2019, 38(8): 986-991. DOI: 10.1097/ICO.0000000000002008.
- [41] Badrinarayanan A, Balakrishnan AC, Dutta R, et al. Impact of scleral lens front surface eccentricity on visual acuity, contrast sensitivity, and higher-order aberrations in eyes with keratoconus[J]. Eye Contact Lens, 2023, 49(9): 374-378. DOI: 10.1097/ICL.0000000000001007.
- [42] Serramito M, Carpena-Torres C, Carballo J, et al. Posterior cornea and thickness changes after scleral lens wear in keratoconus patients[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2019, 42(1): 85-91. DOI: 10.1016/j.clae.2018.04.200.

(收稿日期:2023-09-11 修回日期:2023-11-06)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

