

# 巩膜镜治疗严重眼表疾病的有效性和安全性

李语辰<sup>1</sup>, 王旭<sup>2</sup>

1. 山东第二医科大学临床医学院, 山东 潍坊 261000

2. 济南市第二人民医院 眼表疾病科, 山东 济南 250000

**摘要:** 巩膜接触镜通常称为巩膜镜, 是一种新型的大直径高透氧性硬性眼表接触镜, 能够覆盖角膜、角膜缘及部分巩膜。与传统的角膜接触镜(rigid gas permeable, RGP)相比, 巩膜镜具有广泛的适应症, 能有效减轻疼痛和刺激、维持眼表湿润、促进角膜上皮修复、并延长药物作用时间。这些特性使其在治疗圆锥角膜、干眼症、角膜移植后散光、屈光不正、角膜退化或营养不良以及角膜外伤等眼表疾病方面展示出显著的临床疗效, 解决了传统 RGP 难以克服的问题。本文主要对巩膜镜在眼表疾病治疗中的治疗原理、有效性、安全性以及临床治疗中的优势与局限进行了详细总结, 旨在更全面地发挥其在临床上的治疗价值。

**关键词:** 巩膜镜; 眼表疾病; 圆锥角膜; 干眼症; 角膜移植术后

**中图分类号:** R778.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3770(2026)01-0149-06

**引用格式:** 李语辰, 王旭. 巩膜镜治疗严重眼表疾病的有效性和安全性[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2026, 40(1):149-154.  
LI Yuchen, WANG Xu. The efficacy and safety of scleral lenses in treating severe ocular surface disease[J]. Journal of Otolaryngology and Ophthalmology of Shandong University, 2026, 40(1):149-154.

## The efficacy and safety of scleral lenses in treating severe ocular surface disease

LI Yuchen<sup>1</sup>, WANG Xu<sup>2</sup>

1. Shandong Second Medical University, Weifang 261000, Shandong, China

2. Department of Ocular Surface Diseases, Jinan Second People's Hospital, Jinan 250000, Shandong, China

**Abstract:** Scleral contact lens, commonly called scleral lens, is a new type of large-diameter, highly oxygen-permeable, rigid ocular surface contact lens that can cover the cornea, limbus and part of the sclera. Compared to the traditional rigid gas permeable (RGP) corneal contact lens, the scleral lens has a wide range of indications and can effectively reduce pain and irritation. It also has advantages in maintaining ocular surface hydration, promoting corneal epithelial repair and prolonging drug action. These properties enable it to demonstrate significant clinical efficacy in the treatment of ocular surface diseases such as keratoconus, dry eye, post-keratoplasty astigmatism, refractive errors, corneal degeneration or dystrophy and corneal trauma. What's more, scleral lenses can solve problems that are difficult to overcome with traditional RGPs. This article mainly provides a detailed summary of the treatment principles, efficacy and safety of scleral lenses in the treatment of ocular surface diseases, as well as the advantages and limitations of clinical treatment, with the aim of giving full play to their clinical therapeutic value.

**Key words:** Scleral lens; Eye surface diseases; Conus cornea; Dry eye disease; After corneal transplantation

巩膜镜的临床应用范围已经逐渐扩展, 特别是在治疗角膜不规则散光、辅助干眼症及改善角膜营养不良、屈光不正等眼表疾病方面展现出了其独特的治疗优势。与传统的角膜绷带镜相比, 其具有透氧度高、接触范围大、适应症广、舒适性好、支撑作用强、具有显著的稳定性等明显优势。巩膜镜的独特之处在于其镜片不直接接触角膜, 而是通过拱桥状的设计定位在巩膜上。佩戴过程中巩膜镜通过填充生理盐水的方式与角膜间接接触, 能够很好地起到

保护角膜的作用, 同时提供比其他接触镜更优的舒适感<sup>[1]</sup>。

## 1 巩膜镜发展情况

1880 年巩膜镜第一次问世, 最初巩膜镜镜片由玻璃制成, 但存在质量较重、透氧率低等诸多问题。随后在 1939 年, 聚甲基丙烯酸甲酯 (polymethyl methacrylate, PMMA) 材料的引入为巩膜镜的发展带来新机遇, 但透气性、缺氧问题仍未得到解决<sup>[2]</sup>。

直到 1983 年, Fadel 等<sup>[3-4]</sup>改用硬性透气性材料制作巩膜镜, 有效减少了因角膜缺氧引起的并发症, 使现代巩膜镜在全球范围内得以推广, 大大推进了将巩膜镜应用于临床的步伐。巩膜镜最初主要用于矫正角膜不规则散光, 后来随着透镜材料和制造技术的进一步发展, 其应用范围扩展到更多眼部疾病和临床监测。

## 2 巩膜镜在临床治疗眼表疾病中的优势

巩膜镜<sup>[5]</sup>分为角膜巩膜镜和全巩膜镜, 其中全巩膜镜进一步分为小巩膜镜(直径 15.0~18.0 mm)和大巩膜镜(直径 18.0~25.0 mm)。这些镜片的大直径提供了优异的活动度、覆盖性和中心定位能力。巩膜镜的厚度在 0.25~0.4 mm 之间, 较传统 RGP 镜片厚, 确保了佩戴的稳定性。其含水量通常为 24%~50%, 在镜片和角膜之间形成的拱桥状储液区可促进药物吸收、延长作用时间、提高疗效。与早期 PMMA 镜片相比, 巩膜镜使用高透氧性材料如氟硅氧烷丙烯酸酯<sup>[6]</sup>, 透氧系数(Dk/t)通常在 88~180 之间<sup>[7]</sup>, 高透氧性材料可显著改善角膜的氧气供应, 减少过夜镜片磨损后角膜上皮的细菌粘附, 并可减少缺氧等并发症发生的可能性。

### 2.1 减轻疼痛刺激

巩膜镜通过覆盖角膜病变区域, 避免角膜直接受到机械性刺激, 从而保护角膜, 有效缓解患者的眼痛和异物感等症状, 提高临床疗效<sup>[8]</sup>。巩膜镜在治疗神经营养性角膜炎中有助于保持角膜上皮的完整性, 减少对角膜神经的刺激, 减少手术干预的需要。对于原发性干眼症患者, 巩膜镜通过维持角膜表面的湿润并隔离外界因素, 可有效缓解角膜神经性疼痛, 提供对症治疗效果<sup>[9]</sup>。

### 2.2 促进角膜上皮修复

巩膜镜设计呈拱桥形状, 避免直接与角膜接触, 从而保护受损的角膜并促进其修复。这种设计降低了新生角膜上皮细胞再次脱落的风险, 有效减少手术干预的需要<sup>[10]</sup>。巩膜镜通常用于角膜溃疡, 通常这些角膜溃疡属于就是由于角膜暴露所导致的, 而对于感染性角膜溃疡的活动期疗效尚未确定。多篇文献证明了巩膜镜对角膜的保护作用, 通过隔离外界直接刺激, 巩膜镜提供了一个安全且稳定的环境, 有利于角膜疾病的治疗和恢复。

### 2.3 角膜保湿作用

巩膜镜在角膜表面形成一个保湿的储液区, 避免角膜直接暴露于空气中。这有助于泪膜稳定, 减少泪液蒸发, 并增强保湿效果, 从而维护眼部的湿润

环境。巩膜镜独特的设计使眼表免受由于眼睑运动在角膜上产生的剪切力的作用, 并提供眼表的持续水合, 增强保湿作用。

### 2.4 加快药物输送, 延长药物作用时间

巩膜镜在加快药物输送、延长药物作用时间方面具有传统 RGP 达不到的、较为明显的优势。有研究表明<sup>[11]</sup>, RGP 在提高载药量和药物控释能力方面的作用具有一定的局限性, 对多种药物的搭载和输送作用仍需进一步研究。巩膜镜由于在角膜与镜片之间形成储液区可以延长人工泪液及其他药物的停留时间, 从而提高药物的生物利用率和作用时长, 增强治疗效果。Polania-Baron 等<sup>[12]</sup>将抗生素加入储液区治疗感染性角膜炎; Jacobs 等<sup>[13]</sup>研究表明, 通过巩膜镜输送贝伐单抗等药物治疗新生血管效果良好。此外, 巩膜镜的使用可以提高眼部给药的依从性, 实现连续给药, 减少药物副作用, 从而改善治疗效果和患者的生活质量<sup>[14]</sup>。由于屏障的阻隔作用, 传统的滴眼液渗透性差, 作用效果有限, 巩膜镜的独特拱桥设计促进了药物的渗透作用, 使得发挥最大药效作用, 临床效果远超预期。

## 3 巩膜镜在治疗眼表疾病中的有效性

常见的眼表疾病包括圆锥角膜、光学性角膜移植术后、重度干眼、角膜瘢痕、暴露性角膜炎和自体免疫性疾病等。研究表明, 巩膜镜已成为治疗这些眼表疾病的首选或辅助治疗方法, 其在多种眼表疾病治疗中扮演着关键角色<sup>[15]</sup>。这种镜片通过其独特的设计, 能有效保护眼表、减轻患者的不适感、支持眼表组织的修复与恢复。

### 3.1 巩膜镜在治疗圆锥角膜中的作用

巩膜镜与角膜之间填充的泪液间隙, 能有效中和角膜的不规则散光, 而且巩膜镜覆盖在不规则的角膜表面, 可以形成光滑的光学表面, 提高视觉质量。有研究表明巩膜镜最佳适应症是圆锥角膜, 并有临床报道证实了巩膜镜治疗圆锥角膜的临床效果。Pullum 等<sup>[16]</sup>在报告中指出, 佩戴巩膜镜可使 78.7% 的扩张性和术后不规则角膜的患者视力显著提高, 这为临床开展巩膜镜研究提供了依据。Kreps 等<sup>[17]</sup>研究显示, 坚持使用巩膜镜治疗的圆锥角膜患者中, 84.6% 的患者的视力得到提高。齐艳等<sup>[18]</sup>观察了 18 例(26 眼)圆锥角膜患者佩戴巩膜镜后的效果, 发现配戴巩膜镜后可有效提升矫正视力且舒适度良好。Koppen 等<sup>[19]</sup>发现, 超过一半以上的严重晚期圆锥角膜患者, 通过佩戴巩膜镜可减少其角膜移植需求, 延缓疾病进展。DeLoss 等<sup>[20]</sup>报道晚期

角膜扩张患者可通过验配巩膜镜改善症状提高视力,与角膜移植术相比,处于第 4 期角膜扩张的患者视力提高更显著。以上研究都为临床应用巩膜镜治疗圆锥角膜提供了可靠依据,巩膜镜是圆锥角膜患者一种有效的治疗方式,尤其适用于晚期圆锥角膜患者。

与传统软镜及 RGP 相比,巩膜镜的出现提供了一种全新的视觉解决方案,可适用于前者不适用的疾病。Ling 等<sup>[21]</sup>通过对圆锥角膜患者进行佩戴巩膜镜与佩戴 RGP 与未佩戴巩膜镜对照研究发现,巩膜镜可减少角膜移植术几率,同时可用于佩戴 RGP 不能改善症状的患者。圆锥角膜表面高度不规则产生高阶像差,导致视力下降,晚期角膜扩张患者很难用传统 RGP 完全矫正<sup>[22]</sup>。Navel 等<sup>[23]</sup>对圆锥角膜、穿透性角膜移植术后和其他不规则散光患者研究发现,患者在 RGP 验配失败后佩戴巩膜镜可显著提升视力。有调查显示,与配戴角膜接触镜相比,佩戴巩膜镜配戴的患者视力提升更佳,舒适度更优,巩膜镜更易于被接受<sup>[24]</sup>。因此,巩膜镜不仅可以减少或避免圆锥角膜患者进行角膜移植手术,还具有比传统 RGP 更多的优势,用于传统 RGP 改善不了的症状,不仅能有效矫正高阶像差,还能改善患者的视力质量,因此,在眼科临床治疗中,巩膜镜逐渐成为一种更优选择。

### 3.2 巩膜镜在治疗干眼症中的作用

巩膜镜独特的拱桥状设计可以改善泪液渗透压,延长泪液在眼表的作用时间,有效补水。还能避免对角膜的刺激,广泛用于干眼症的治疗和眼表创伤的愈合。这种特点使巩膜镜成为治疗眼表问题的理想选择。Bavinger 等<sup>[25]</sup>和 Carracedo 等<sup>[26]</sup>的研究表明了巩膜镜在干眼治疗中的较好临床意义,且其针对不同类别干眼的治疗效果无统计学差异。La 等<sup>[27]</sup>研究使用巩膜镜治疗 25 例 41 眼中重度干眼患者发现,患者泪液渗透压值降低,角膜染色评分(van Bijsterveld)明显降低,最佳矫正视力得到显著提高,患者的干眼症状及生活质量得到显著改善。麻凯等<sup>[28]</sup>等在干眼症的临床应用进展中指出,巩膜镜对治疗干眼症有较好的临床疗效。干眼症群体日益扩大,巩膜镜的出现为治疗干眼症提供了一种具有优势的视觉解决方案,对保持眼表湿润、缓解干眼症状等方面具有明显优势。

### 3.3 巩膜镜在治疗角膜移植术后散光的作用

角膜移植术后常见的并发症之一是手术缝线引起的散光,或者在拆除缝线后仍存在的残余散光。刘洋等<sup>[29]</sup>研究者指出,使用巩膜镜可以有效地光学

矫正这类散光,且治疗效果显著。这得益于巩膜镜能在不直接接触角膜的情况下,改善眼部光学质量,为患者提供更清晰的视觉体验。

### 3.4 巩膜镜在治疗屈光不正手术后的增效手术的作用

部分行角膜屈光手术的患者矫正效果不佳需行二次增效手术,在增效手术之前,可应用巩膜镜来预测其增效手术屈光不正的手术效果,对手术者是否选择增效手术具有指导意义,以确定是否有二次手术的必要。如果患者在佩戴巩膜镜后感觉视觉症状明显改善,则有必要进行二次增效手术,也增强了患者对其后续手术的信心<sup>[30-31]</sup>。

### 3.5 其他

近年来,巩膜镜的临床应用范围不断扩展,已被用于矫正屈光不正、治疗大泡性角膜病变、减轻眼睑对角膜表面的持续摩擦带来的刺激,有效缓解眼部症状。它同样适用于眼睑闭合不全、上睑下垂矫正术后引起的角膜上皮干燥缺损,并对 Stevens-Johnson 综合征和包括 Sjögren 综合征在内的各种自身免疫性全身性疾病都有益<sup>[32]</sup>。此外,巩膜镜还被用于减轻无虹膜和白化病患者的眩光问题,以及提供水上运动和多尘环境中的眼部保护。其在整形方面的作用也逐渐显现<sup>[33]</sup>。巩膜镜片还可以避免由于长期使用滴眼液可能导致的药物性角膜上皮病变或角膜内皮细胞功能失代偿,例如晚期青光眼患者。

## 4 巩膜镜在临床治疗眼表疾病中的不足

有研究表明,由于巩膜镜镜片过紧或移动度小可能造成患者角膜缺氧。还可能出现球结膜充血、结膜松弛及脱垂、沉淀物堆积、中央雾视等对眼表损害较小的情况<sup>[34-35]</sup>。此外,也可有严重并发症产生<sup>[34]</sup>,可能会出现周边角膜炎或角膜溃疡,这多是由于毒素反应或免疫反应所致。巩膜镜属于硬性眼表接触镜,故眼表结膜与巩膜受到巩膜镜压迫时可导致球结膜血管变细变白,长期佩戴可能导致结膜新生血管的产生,可能影响角膜缘氧供导致角膜缘干细胞代谢障碍甚至衰竭<sup>[36]</sup>。有研究显示,巩膜镜由于镜片厚、直径大佩戴操作困难程度(63%)高于硬性角膜镜(40%)<sup>[37]</sup>,这也是巩膜镜佩戴后脱落的主要原因<sup>[17,38]</sup>。

## 5 巩膜镜在治疗眼表疾病的安全性

随着巩膜镜技术的进步,特别是材料透氧性的增强,其在眼表疾病治疗中的应用变得更为安

全。这些技术改进大幅提升了巩膜镜的临床应用范围和效果,使其成为治疗各种复杂眼表问题的有效工具。Fuller 等<sup>[39]</sup>对 86 名患者(157 眼)佩戴巩膜镜后进行分析发现,戴镜后最佳矫正视力显著提高,出现严重角膜新生血管风险大大降低。Barnett 等<sup>[40]</sup>报道了佩戴巩膜镜的患者尽管可能会引起一些独特的生理反应,但在日常佩戴时通常是安全的,感染性角膜炎的发生率很低。因此巩膜镜可以被更好地应用于临床。蒋倩旒等<sup>[41]</sup>在通过对巩膜镜矫正屈光不正患者的有效性及安全性研究中发现,3 个月内无患者出现眼部相关并发症,这提示巩膜镜具有良好的配戴安全性,为巩膜镜应用于临床提供了有力的证据。

## 6 小结与展望

巩膜镜对于严重眼表疾病具有显著的治疗作用,尤其在处理不规则角膜、干眼症和角膜移植术后散光等疾病时。与传统的 RGP 相比,巩膜镜在稳定泪膜、促进角膜上皮修复、延缓药物作用时间、改善角膜散光等方面更具有优势,可以解决 RGP 不能解决的临床疾病。然而,目前尚未有统一标准指导各种疾病的巩膜镜治疗选择。因此,需要更多研究来优化巩膜镜的设计与应用,减少其潜在的不良反应,扩大其在更多眼病治疗中的效益。

## 参考文献:

- [1] Bergmanson JPG, 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
- [2] El Bahloul M, Bennis A, Chraïbi F, et al. Scleral contact lenses: Visual outcomes and tolerance. A prospective study about 98 eyes[J]. *J Fr Ophtalmol*, 2021, 44(4): 549-558. doi:10.1016/j.jfo.2020.08.016
- [3] Fadel D, Ezekiel DF. Fenestrated scleral lenses: back to the origins? review of their benefits and fitting techniques [J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97(9): 807-820. doi:10.1097/OPX.0000000000001562
- [4] Fadel D, Kramer E. Potential contraindications to scleral lens wear[J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2019, 42(1): 92-103. doi:10.1016/j.clae.2018.10.024
- [5] 钟宇玲, 薛劲松, 徐英男, 等. 巩膜镜的临床研究进展 [J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(12): 2109-2112. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.17  
ZHONG Yuling, XUE Jinsong, XU Yingnan, et al. Clinical research advance of scleral lenses [J]. *International Eye Science*, 2021, 21(12): 2109-2112. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.17
- [6] Schornack M, Nau C, Nau A, et al. Visual and physiological outcomes of scleral lens wear[J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2019, 42(1): 3-8. doi:10.1016/j.clae.2018.07.007
- [7] Jedlicka J. Initial lens selection. Contemporary scleral lenses: theory and application Sharjah [J]. Bentham Science Publishers, 2017, 183-200. doi: 10.2174/97816810856611170401
- [8] Golebiowski B, Papas EB, Stapleton F. Corneal and conjunctival sensory function: the impact on ocular surface sensitivity of change from low to high oxygen transmissibility contact lenses [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(3): 1177-1181. doi:10.1167/iovs.11-8416
- [9] Chaudhary S, Ghimire D, Basu SY, et al. Contact lenses in dry eye disease and associated ocular surface disorders [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2023, 71(4): 1142-1153. doi:10.4103/IJO.IJO\_2778\_22
- [10] Ma F, Xu M, Qian YF, et al. Impact of long-term soft contact lens wear on epithelial flap production and post-operative recovery in laser-assisted subepithelial keratomileusis [J]. *Acta Ophthalmol*, 2015, 93(1): e67-73. doi:10.1111/aos.12499
- [11] 付燕, 陈曦, 郑媛媛, 等. 角膜接触镜在眼部药物递送中的研究进展 [J]. *中国现代医生*, 2024, 62(12): 104-108. doi: 10.3969/j.issn.1673-9701.2024.12.025  
FU Yan, CHEN Xi, ZHENG Yuanyuan, et al. Research progress of contact lens in ophthalmic drug delivery [J]. *China Modern Doctor*, 2024, 62(12): 104-108. doi: 10.3969/j.issn.1673-9701.2024.12.025
- [12] Polania-Baron EJ, Santana-Cruz O, Lichtinger A, et al. Treatment of severe infectious keratitis with scleral contact lenses as a reservoir of moxifloxacin 0.5 [J]. *Cornea*, 2021, 40(7): 831-836. doi: 10.1097/ICO.0000000000002482
- [13] Jacobs DS. Update on scleral lenses [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2008, 19(4): 298-301. doi: 10.1097/icu.0b013e328302cc4f
- [14] 陈欣怡, 何婷, 沈婷. 眼部给药方式研究进展 [J]. *国际眼科纵览*, 2023, 47(3): 210-217. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2023.03.003  
CHEN Xinyi, HE Ting, SHEN Ting. Research progress on ocular administration methods [J]. *International Review of Ophthalmology*, 2023, 47(3): 210-217. doi: 10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2023.03.003
- [15] Scanzera AC, Bontu S, Joslin CE, et al. Prevalence of ocular surface disease and corneal irregularity and outcomes in patients using therapeutic scleral lenses at a tertiary care center [J]. *Eye Contact Lens*, 2020, 46(6): 364-367. doi:10.1097/ICL.0000000000000679

- [16] Pullum KW, Whiting MA, Buckley RJ. Scleral contact lenses: the expanding role [J]. *Cornea*, 2005, 24(3): 269-277. doi:10.1097/01.ico.0000148311.94180.6b
- [17] 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
- [18] 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 Yan, HU Yan, XU Shanshan, et al. Clinical effect of the scleral lens in the treatment of keratoconus [J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2022, 24(5): 364-369. doi: 10.3760/cma.j.cn115909-20210913-00383
- [19] 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
- [20] DeLoss KS, Fattah 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
- [21] Ling JJ, Mian SI, Stein JD, et al. Impact of scleral contact lens use on the rate of corneal transplantation for keratoconus [J]. *Cornea*, 2021, 40(1): 39-42. doi: 10.1097/ICO.0000000000002388
- [22] Serdarogullari H, Tetikoglu M, Karahan H, et al. Prevalence of keratoconus and subclinical keratoconus in subjects with astigmatism using pentacam derived parameters [J]. *J Ophthalmic Vis Res*, 2013, 8(3): 213-219.
- [23] Navel V, Barriere JV, Joubert R, et al. Irregular astigmatism management using SPOT scleral lenses in the treatment of corneal ectasia and penetrating keratoplasty [J]. *Eye Contact Lens*, 2021, 47(7): 401-407. doi:10.1097/ICL.0000000000000792
- [24] Scanzera AC, Deeley M, Joslin C, et al. Contact lens prescribing trends for keratoconus at an academic medical center: increased utilization of scleral lenses for severe disease [J]. *Eye Contact Lens*, 2022, 48(2): 58-62. doi:10.1097/ICL.0000000000000869
- [25] Bavinger JC, DeLoss K, Mian SI. Scleral lens use in dry eye syndrome [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2015, 26(4): 319-324. doi:10.1097/ICU.0000000000000171
- [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] La Porta Weber S, Becco de Souza R, Gomes JÁP, et al. The use of the esclera scleral contact lens in the treatment of moderate to severe dry eye disease [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 163: 167-173. e1. doi: 10.1016/j.ajo.2015.11.034
- [28] 麻凯, 李青松, 张振永, 等. 干眼症的物理治疗研究进展 [J]. *国际眼科杂志*, 2018, 18(4): 660-663. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.4.16  
 MA Kai, LI Qingsong, ZHANG Zhenyong, et al. Research progress in physical therapy for dry eye [J]. *International Eye Science*, 2018, 18(4): 660-663. doi:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.4.16
- [29] 刘洋, 赵少贞, 杨瑞波. 穿透性角膜移植术后的散光矫治 [J]. *国际眼科纵览*, 2016, 40(1): 36-40. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2016.01.008  
 LIU Yang, ZHAO Shaozhen, YANG Ruibo. Management of postpenetrating keratoplasty astigmatism [J]. *International Review of Ophthalmology*, 2016, 40(1): 36-40. doi:10.3760/cma.j.issn.1673-5803.2016.01.008
- [30] Shetty R, Lalgudi VG, Kaweri L, et al. Customized laser vision correction for irregular Cornea post-refractive surgery [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2020, 68(12): 2867-2879. doi:10.4103/ijo.IJO\_2793\_20
- [31] Manche E, Roe J. Recent advances in wavefront-guided LASIK [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2018, 29(4): 286-291. doi:10.1097/ICU.0000000000000488
- [32] Barnett M, Carrasquillo KG, Schornack MM. Clinical outcomes of scleral lens fitting with a data-driven, quadrant-specific design: multicenter review [J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97(9): 761-765. doi:10.1097/OPX.0000000000001576
- [33] Chahal HS, Estrada M, Sindt CW, et al. Scleral contact lenses in an academic oculoplastics clinic: epidemiology and emerging considerations [J]. *Ophthalmic Plast Reconstr Surg*, 2018, 34(3): 231-236. doi:10.1097/IOP.0000000000000929
- [34] van der Worp E, Bornman D, Ferreira DL, et al. Modern scleral contact lenses: a review [J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2014, 37(4): 240-250. doi: 10.1016/j.clae.2014.02.002
- [35] Fadel D. Scleral lens issues and complications related to a non-optimal fitting relationship between the lens and ocular surface [J]. *Eye Contact Lens*, 2019, 45(3): 152-163. doi:10.1097/ICL.0000000000000523
- [36] Cheung AT, Hu BS, Wong SA, et al. Microvascular abnormalities in the bulbar conjunctiva of contact lens users [J]. *Clin Hemorheol Microcirc*, 2012, 51(1): 77-86. doi:10.3233/CH-2011-1513
- [37] Shorter E, Schornack M, Harthan J, et al. Keratoconus patient satisfaction and care burden with corneal gas-per-

- meable and scleral lenses[J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97(9): 790-796. doi:10.1097/OPX.0000000000001565
- [38] Macedo-de-Araújo RJ, van der Worp E, González-Méijome JM. A one-year prospective study on scleral lens wear success[J]. *Cont Lens Anterior Eye*, 2020, 43(6): 553-561. doi:10.1016/j.clae.2019.10.140
- [39] Fuller DG, Wang YR. Safety and efficacy of scleral lenses for keratoconus[J]. *Optom Vis Sci*, 2020, 97(9): 741-748. doi:10.1097/OPX.0000000000001578
- [40] Barnett M, Courey C, Fadel D, et al. Bcla clear-scleral lenses[J]. *Contact Lens and Anterior Eye*, 2021, 44(2): 270-288. doi.org/10.1016/j.clae.2021.02.001
- [41] 蒋倩旎, 陈碧池, 周佳奇, 等. 巩膜镜与硬性透气性角膜接触镜矫正屈光不正的有效性及安全性比较[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2023, 25(10): 777-783. doi:10.3760/cma.j.cn115909-20230306-00054
- JIANG Qianni, CHEN Bichi, ZHOU Jiaqi, et al. The safety and efficacy of scleral lenses in the treatment of ametropia compared with rigid gas-permeable contact lenses[J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2023, 25(10): 777-783. doi:10.3760/cma.j.cn115909-20230306-00054

(编辑:李纬)

(上接第 141 页)

- [56] Safwat A, Sabry D, Ragiae A, et al. Adipose mesenchymal stem cells-derived exosomes attenuate retina degeneration of streptozotocin-induced diabetes in rabbits[J]. *J Circ Biomark*, 2018, 7: 1849454418807827. doi: 10.1177/1849454418807827
- [57] Zhang W, Dong X, Wang T, et al. Exosomes derived from platelet-rich plasma mediate hyperglycemia-induced retinal endothelial injury via targeting the TLR4 signaling pathway[J]. *Exp Eye Res*, 2019, 189: 107813. doi:10.1016/j.exer.2019.107813
- [58] Kamalden TA, Macgregor-Das AM, Kannan SM, et al. Exosomal microRNA-15a transfer from the pancreas augments diabetic complications by inducing oxidative stress [J]. *Antioxid Redox Signal*, 2017, 27(13): 913-930. doi:10.1089/ars.2016.6844

(编辑:李纬)

(上接第 148 页)

- [61] Zhang K, Sun CP, Zhang Q, et al. Sonic hedgehog-Gli1 signals promote epithelial-mesenchymal transition in ovarian cancer by mediating PI3K/AKT pathway [J]. *Med Oncol*, 2015, 32(1): 368. doi: 10.1007/s12032-014-0368-y
- [62] Wang JH, Zhan HY, Wang MM, et al. Correction for: Sonic hedgehog signaling promotes angiogenesis of endothelial progenitor cells to improve pressure ulcers healing by PI3K/AKT/eNOS signaling [J]. *Aging*, 2023, 15(24): 15703-15704. doi:10.18632/aging.205458
- [63] Zhang RY, Qiao ZY, Liu HJ, et al. Sonic hedgehog signaling regulates hypoxia/reoxygenation-induced H9C2 myocardial cell apoptosis[J]. *Exp Ther Med*, 2018, 16(5): 4193-4200. doi:10.3892/etm.2018.6678
- [64] Song ZD, Du YY, Tao Y. Blockade of sonic hedgehog signaling decreases viability and induces apoptosis in retinoblastoma cells; the key role of the PI3K/Akt pathway [J]. *Oncol Lett*, 2017, 14(4): 4099-4105. doi:10.3892/ol.2017.6701
- [65] Chen MJ, Qian YS, Dai JH, et al. The sonic hedgehog signaling pathway induces myopic development by activating matrix metalloproteinase (MMP)-2 in guinea pigs [J]. *PLoS One*, 2014, 9(5): e96952. doi:10.1371/journal.pone.0096952
- [66] 马飞. 视网膜 Sonic hedgehog 信号介导 PI3K/AKT 通路在豚鼠形觉剥夺性近视模型中的作用及机制研究 [D]. 上海: 复旦大学, 2014

(编辑:李纬)