

# SMILE 来源的角膜基质透镜临床再利用的研究进展

黄青,张奕霞,蹇骞

引用:黄青,张奕霞,蹇骞. SMILE 来源的角膜基质透镜临床再利用的研究进展. 国际眼科杂志, 2024,24(11):1759-1763.

基金项目:2021 年南岸区科卫联合医学科研项目 (No. 2021-25);2021 年爱尔眼科医院集团科研基金项目 (No.AF2116D6)

作者单位:(400060)中国重庆市,重庆南坪爱尔眼科医院屈光手术科

作者简介:黄青,女,硕士,主治医师,研究方向:屈光手术。

通讯作者:蹇骞,女,博士,副主任医师,研究方向:屈光手术、眼底病. lfjianqian@163.com

收稿日期:2023-12-27 修回日期:2024-09-13

## 摘要

随着飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE) 的普及,术中大量一片式角膜基质透镜被取出。角膜基质透镜作为手术的额外产物,对其进行基础研究及临床再利用已成为近年来的研究热点。角膜基质透镜薄而透明,来源丰富,成本低廉,具有低免疫源性及良好的组织相容性等优点,是研究细胞和角膜基质的重要来源,也可作为临床上角膜加固、补片移植、屈光矫正及泪道栓塞的良好生物材料。文章就 SMILE 手术来源的角膜基质透镜在治疗角膜相关疾病,矫治远视及老视,覆盖青光眼引流阀防止其暴露及用于泪道栓等方面的应用进行综述,旨在充分认识其在临床上的再利用,扩大其手术应用范围,为其他眼病的治疗及组织器官中的应用提供新方向。

**关键词:**飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE); 角膜基质透镜;再利用;角膜溃疡穿孔;远视;老视

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.11.13

## Research progress in clinical reuse of small incision lenticule extraction - derived lenticule

Huang Qing, Zhang Yixia, Jian Qian

**Foundation items:** 2021 Nan'an District Science and Health Joint Medical Research Project (No.2021-25); 2021 Scientific Research Foundation of Aier Eye Hospital Group (No.AF2116D6)

Department of Refractive Surgery, Chongqing Nanping Aier Eye Hospital, Chongqing 400060, China

**Correspondence to:** Jian Qian. Department of Refractive Surgery, Chongqing Nanping Aier Eye Hospital, Chongqing 400060, China. lfjianqian@163.com

Received:2023-12-27 Accepted:2024-09-13

## Abstract

• With the popularization of small incision lenticule extraction (SMILE), a large number of one-piece corneal stromal lenticules are removed during surgery. As an additional product of surgery, the experimental research and clinical reuse of extracted corneal stromal lenticules from SMILE have become a research hotspot in recent years. Corneal stromal lenticules are thin and transparent, rich in sources, low in cost, and have the advantages of low immunogenicity and good tissue compatibility, so they can be used as important source of cells and corneal stroma research, and also can be used as good biomaterials for corneal reinforcement, patch graft, refractive correction, and lacrimal duct embolization in clinical study. This article reviews the clinical application of SMILE-derived lenticule in the treatment of corneal-related diseases, correction of hyperopia and presbyopia, coverage of glaucoma drainage valve to prevent their exposure, and its use in lacrimal duct plug, aiming to fully recognize the reuse of lenticules in clinical practice, expand its surgical indication, and providing new directions for the treatment of other eye diseases and its application in tissues and organs.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction (SMILE); corneal stroma lenticule; reuse; corneal ulcer perforation; hyperopia; presbyopia

**Citation:** Huang Q, Zhang YX, Jian Q. Research progress in clinical reuse of small incision lenticule extraction-derived lenticule. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(11):1759-1763.

## 0 引言

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 自 2008 年开展以来备受眼科领域的关注,其手术原理是利用飞秒激光在角膜基质内制作透镜并通过小切口取出透镜,来达到矫正近视散光的目的<sup>[1]</sup>。因其无瓣、微创、安全、有效、稳定等优点,受到近视患者的广泛青睐。由于术中取出并丢弃的角膜基质透镜是一种天然富含胶原蛋白、机械强度高、光学透明、神经支配性强的组织,故引发了学者们“变废为宝”的思考。角膜基质透镜再利用的前提是有效的保存,现有的保存方法有低温湿房保存、冷冻保存技术、脱水剂及角膜保存液等<sup>[2]</sup>。目前对透镜的研究主要分为两个方面:基础研究围绕细胞和基质两个部分,主要从细胞生物学、免疫学及生物力学角度进行开展;临床应用则将透镜植入自体或异体角膜,用于治疗角膜相关疾病、矫治远视及老视,覆盖青光眼引流阀及作为泪道栓等,已获得了良好的术后效果。由此可见,角膜基质透镜植入是一种安全可行的增加角膜基

质厚度、改变角膜屈光度、垫压青光眼引流阀及阻塞泪液排出通道的有效方法。本文将针对 SMILE 来源的透镜在临床上的多功能应用进行综述,旨在扩大其手术应用范围,为其深入研究提供方向。

### 1 角膜基质透镜在角膜病治疗中的应用

近年来因角膜供体严重匮乏,将角膜基质透镜作为移植材料用于角膜病的治疗已屡见不鲜。透镜新鲜,污染风险小,术后并发症低。若合理安排手术时间,SMILE 透镜取出术能与透镜移植术同时段进行,避免了保存液引起的透镜感染问题。也可将透镜储存于透镜保存平台或眼库中,以备将来之需。研究表明透镜移植在缓解供体缺乏的同时,具有良好的安全性和有效性<sup>[2]</sup>。

**1.1 角膜溃疡穿孔** 角膜溃疡是一种常见的眼科疾病,如不及时治疗可导致角膜穿孔、角膜瘘、眼内炎等严重并发症。因此,把握时机修补溃疡,维持眼球的完整,避免并发症的发生,能为后续治疗奠定可靠的基础。临床上用于角膜溃疡穿孔修补的材料主要有角膜植片、结膜、羊膜及异体巩膜<sup>[3]</sup>。因角膜基质透镜能修补缺损,改善炎症反应,根据需求改变植片形状,提高手术效果。故在供体短缺的情况下,透镜移植被认为是在行穿透性角膜移植术之前,治疗角膜溃疡穿孔良好的替代方法<sup>[4]</sup>。

姚涛等<sup>[5]</sup>认为角膜基质透镜移植可用于各种角膜溃疡穿孔的手术治疗。SMILE 透镜直径多为 6.0–6.5 mm,对于小于 6 mm 的溃疡创面可采用一层或多层透镜移植治疗。由于羊膜能促进角膜上皮生长、抵抗溶解并减少瘢痕,且联合手术比单独使用透镜移植成功率更高,故大于 6 mm 的创面则建议采用多层透镜联合羊膜移植治疗。术中联合纤维蛋白胶黏合固定和吲哚菁绿染色利于手术的顺利进行,值得广泛推广。He 等<sup>[6]</sup>报道了 1 例 Mooren 溃疡和翼状胬肉共存的眼病,在保守治疗失败后行翼状胬肉手术联合透镜移植获得了良好的术后效果。此外,角膜基质透镜联合生物工程角膜移植用于溃疡穿孔的修补也是可取的治疗方案<sup>[7]</sup>。因脱细胞猪角膜基质自 2015 年以来,已被用作临床上治疗性板层角膜移植术中人角膜的替代品,故在供体短缺时,将小直径脱细胞猪角膜基质用于周边角膜溃疡的治疗也是较好的选择<sup>[8]</sup>。

**1.2 圆锥角膜** 圆锥角膜是一种表现为局限性角膜圆锥样突起,伴突起区基质变薄的致盲性眼病。属常染色体显性或隐性遗传,多见于青春期,可引起高度不规则散光和渐进性视力下降。目前常通过配戴框架眼镜或硬性透气性角膜接触镜、角膜胶原交联术 (corneal collagen cross-linking, CXL) 及角膜移植术治疗<sup>[9]</sup>。CXL 的原理是利用 370 nm 波长的紫外光照射被核黄素浸润的角膜,诱导胶原纤维进行交联反应,使胶原纤维直径增粗、提高基质对降解酶的抵抗力,改善角膜硬度、强度及生物力学特性,从而控制或延缓圆锥角膜及角膜屈光术后角膜异常膨隆等扩张性病变的进展<sup>[10]</sup>。但其要求角膜厚度在 400 μm 以上才能避免紫外线对角膜内皮及晶状体的损伤,限制了薄角膜的圆锥治疗。因此,寻找改良术式或增加角膜总厚度的方法已成为新的研究方向。因角膜基质透镜移植可增加角膜厚度,维持生物力学,降低了角膜穿孔的风险,使后续屈光手术及 CXL 成为可能;同时可改变角膜曲率,改善隐形眼镜贴合度,避免了角膜移植的需要;还能促进参与

基质再生中健康角膜细胞及 telocyte 样细胞的再生,故其已成为治疗进展期圆锥角膜可取的手术方式<sup>[11–12]</sup>。此外,角膜基质透镜移植联合 CXL 也是治疗圆锥角膜安全可靠的手术方案,联合手术虽限制了基质透镜对受体角膜组织重塑的灵活性,但术后屈光状态较快得到稳定,屈光回退的发生也更少<sup>[13]</sup>。

因脱细胞猪角膜基质透镜具有免疫安全性及良好的耐受性,故在供体短缺时,可将其用于晚期圆锥角膜及屈光术后角膜扩张的手术治疗<sup>[14]</sup>。虽有文献表明脱细胞猪角膜基质透镜移植的安全性,但 Berger 等<sup>[15]</sup>仍报道了 1 例圆锥角膜患者在植入脱细胞猪角膜基质透镜后出现严重溃疡性角膜病变的病例。因此,在面对不同病情的患者时,应准确把握手术适应证,选择合适的供体材料及最佳的手术方式,尽量避免并发症的发生。

**1.3 角膜扩张** 角膜扩张是准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK)、放射性角膜切开术及 SMILE 等屈光手术后严重并威胁视力的并发症。其临床表现与进展期圆锥角膜相似,表现为近视及不规则散光加深、最佳矫正视力下降、角膜变陡、厚度降低、生物力学强度下降等<sup>[16]</sup>。角膜屈光术后基质层变薄导致角膜生物力学下降及角膜抗张力改变是其发生的主要危险因素。CXL 被认为是阻止角膜扩张、避免角膜移植的有效治疗方法<sup>[17]</sup>。Li 等<sup>[18]</sup>曾将角膜基质透镜植入 LASIK 术后发生角膜扩张眼的角膜瓣下,术后 10 mo 未见角膜混浊及排斥反应,患者视觉满意度高,表明角膜基质透镜植入用于屈光术后角膜扩张治疗的可行性。术中联合 CXL 还能提高角膜生物力学强度,降低继续扩张的风险。Ganesh 等<sup>[19]</sup>曾报道了 3 例因 SMILE 术后角膜扩张行角膜基质透镜植入联合 CXL 治疗的病例,患者术后效果良好,最佳矫正视力提高,散光及高阶像差降低。由此可见,角膜基质透镜植入联合 CXL 在治疗屈光术后角膜扩张时具有很大的优势。

**1.4 角膜营养不良** 角膜营养不良是一组具有病理组织学特征改变的原发性、遗传性眼病。根据其类型不同,表现也不尽相同,可致不同程度的视力损害<sup>[20]</sup>。药物治疗、准分子激光治疗性角膜切削术 (phototherapeutic keratectomy, PTK)、板层角膜移植术及穿透性角膜移植术是其主要治疗方式。生物工程人工角膜、干细胞培养角膜移植、基因治疗等也将成为新的治疗手段<sup>[21]</sup>。角膜营养不良曾以 PTK 治疗为主,但 PTK 对角膜厚度有限制,且术后效果欠佳。Zhao 等<sup>[22]</sup>对 6 例角膜营养不良患者行 PTK 联合基质透镜移植术,刮除角膜上皮后行 PTK,再将基质透镜移植到角膜表面,最后配戴绷带镜。术后 6 mo–1 a 所有患者视力均提高,未见并发症及复发。表明角膜基质透镜移植联合 PTK 是治疗角膜营养不良中薄角膜者的一种较好选择。

**1.5 大泡性角膜病变** 大泡性角膜病变是由于各种原因损毁角膜内皮细胞,致内皮细胞失代偿而失去正常泵功能,引起基质水肿和上皮下水疱的疾病。常见于白内障术后、绝对期青光眼、创伤、病毒感染及先天性角膜内皮营养不良等。患者除视力急剧下降外,还伴有疼痛流泪等严重的眼部刺激症状<sup>[23]</sup>。主要通过药物、PTK 及角膜移植术等方式治疗<sup>[24]</sup>。在某些特殊情况下也可采用结膜瓣遮盖

术、羊膜移植术、角膜前基质穿刺术、前房注射角膜内皮细胞、CXL 等替代方式治疗<sup>[25]</sup>。Song 等<sup>[26]</sup>曾用角膜基质透镜覆盖 1 例眼部严重黏连的大泡性角膜病变患者,术后 3 mo 随访效果良好,植片完整在位,眼部症状也减轻。证实了角膜基质透镜作为补片用于大泡性角膜病变治疗的安全性及有效性。

**1.6 角膜皮样瘤** 角膜皮样瘤是一种先天性迷芽瘤,为圆形淡黄色实性肿物,外表色如皮肤,边界清晰,有的表面可见纤细的毛发。一般出生时即存在,多位于角膜颞下方,可引起角膜散光,影响视觉发育及外观。其治疗以单纯肿瘤切除、板层角膜移植、羊膜移植及穿透性角膜移植等术式为主<sup>[27]</sup>。角膜皮样瘤一般侵及基质层,故肿瘤切除联合板层角膜移植术是其主流手术方式。近年来,因角膜基质透镜移植可迅速重建眼表,恢复角膜厚度,且排斥反应小,复发率低,故其已成为治疗角膜皮样瘤的新方法。Liu 等<sup>[28]</sup>报道角膜皮样瘤通过手术切除联合透镜板层移植并辅以纤维蛋白胶黏合固定后,植片透明,未见移位,患者视力提高并对眼部外观的改善感到满意。Wan 等<sup>[29]</sup>认为透镜移植术在保持眼球完整性的同时还能减少角膜瘢痕形成、角膜缘扩张等并发症的风险,是治疗角膜皮样瘤安全有效的手术方法。

**1.7 复发性翼状胬肉** 翼状胬肉是一种慢性炎症性病变,临床上尽管手术方式较多,但术后复发仍是眼科医生面临的一大挑战。全世界翼状胬肉术后复发率为 5%–15%,多发生于术后 3–6 mo<sup>[30]</sup>。术者经验、手术技巧、术后炎症控制不佳、形态学分级较高、原发性翼状胬肉严重血管化、年龄小及黑种人是复发的高危因素。多数学者认为治疗复发性翼状胬肉最有效的方法是再次切除胬肉联合自体结膜移植术<sup>[31]</sup>。但再次切除会引发角膜瘢痕广泛形成、角膜变薄及角膜穿孔等问题,严重时还需用角膜材料进行修补。Pant 等<sup>[32]</sup>曾将角膜基质透镜联合羊膜用于治疗周边角膜薄的复发性翼状胬肉眼,术后 2 wk 羊膜溶解,术后 8 mo 透镜仍完好,胬肉未复发。因此,对于多次手术的薄角膜和瘢痕化角膜,角膜基质透镜移植在增加角膜厚度的同时还能减少胬肉复发的风险,是治疗复发性翼状胬肉的有效术式。

## 2 角膜基质透镜在远视矫治中的应用

远视是临床上常见的屈光不正,既往以经上皮准分子激光屈光性角膜切削术及飞秒激光制瓣准分子激光原位角膜磨镶术两种方式矫正为主。前者需切削角膜上皮层及前弹力层,后者可导致生物力学下降及瓣相关的并发症。因 SMILE 能避免这两种术式的不足,还具有切口小、无瓣、微创等独特优点,故其逐渐被探索并应用于远视矫正中。特别是飞秒激光辅助的角膜基质透镜植入术 (femtosecond laser - assisted intrastromal lenticular implantation, FILI) 将近视眼角膜基质透镜植入远视眼角膜基质囊袋中,实现了远视矫正手术由减法变为加法的可能,扩大了手术适应人群,为远视患者带来了福音,已成为远视矫正的良好选择<sup>[33]</sup>。透镜厚度及直径由近视患者的屈光状态决定,若术中能植入与远视患者情况相匹配的近视透镜便能提高远视手术的可预测性,故在透镜植入前可通过激光消融实现其个性化重塑,提高应用率。

在矫正低度远视时, FILI 较远视 SMILE、远视 LASIK

相比引入的高阶像差更少<sup>[34]</sup>。矫正中高度远视时,角膜基质透镜植入术较远视 LASIK 具有更好的屈光矫正效果<sup>[35–37]</sup>。且 SMILE 联合同种异体角膜基质透镜植入术在矫正远视散光方面也具有良好的安全性、有效性及可重复性<sup>[38]</sup>。由此可见,角膜基质透镜植入术已成为矫正不同程度远视的有效方式。

## 3 角膜基质透镜在老视矫治中的应用

老视是一种随年龄增长出现的眼调节功能逐渐下降的生理现象,可通过戴镜、角膜手术、晶状体手术、巩膜手术、药物及睫状肌电刺激等方式矫正<sup>[39]</sup>。各种术式中,人工晶状体植入存在眼内手术的风险,且人工晶状体价格昂贵,调节幅度有限;LASIK 缺少治疗老视的精准切削模式;角膜镶嵌术多使用合成材料,可出现角膜内沉积、角膜混浊及视觉相关的并发症;人工角膜透镜植入又存在移位、排斥等风险;相较而言,将角膜基质透镜作为移植术更具优势。

Jacob 等<sup>[40]</sup>对 4 例老视患者行角膜基质透镜植入术,术后随访 6 mo,透镜完好,患者视力提高,无夜间眩光、光晕的困扰,表明角膜基质透镜植入术是矫正老视安全可行的方案。Liu 等<sup>[41]</sup>曾报道了一项角膜基质透镜植入术治疗老视的动物研究,将自体透镜、脱细胞同种异体透镜和未脱细胞同种异体透镜分别植入各组猴眼,发现自体透镜和脱细胞同种异体透镜植入组生物相容性好,术后中央角膜变陡,未发生角膜混浊、角膜溶解等并发症。因脱细胞同种异体透镜来源广,排斥风险小,疗效与自体透镜相似,被认为是矫正老视的最佳选择。

## 4 其他应用

**4.1 覆盖青光眼引流阀防止其暴露** 青光眼引流阀植入术后,眼睑机械摩擦及免疫因素被认为是引流管暴露的高危因素<sup>[42]</sup>。故在选择引流管垫压物时需从生物相容性、免疫安全性、可用性、植片厚度等方面综合考虑。角膜基质透镜结构坚硬,不易融解,可完整覆盖导管前部易暴露部位,其透明性也利于引流管走行的观察,具有良好的远期疗效,是引流管垫压物的较好选择。Wang 等<sup>[43]</sup>认为将 2 层透镜 (240–300 μm) 用于垫压可减少导管暴露和排斥的风险,是最合适的厚度。Yin 等<sup>[44]</sup>在兔眼青光眼小梁切除术中发现,将脱细胞角膜基质透镜置于结膜下可显著提高滤过泡的存活率并降低术后眼压。表明脱细胞透镜能预防结膜黏连,有望成为一种新型的小梁切除术抗纤维化材料。

**4.2 泪道栓** 泪道栓是一种通过人为阻塞泪液引流通道的,增加泪液在眼表的停留时间,从而保持眼表湿润,减轻干眼症状及体征的医用植入物。其多由各种化学材料聚合而成,分为可降解和不可降解两类。角膜基质透镜泪道栓,即在不添加任何化学成分的情况下,通过物理加工将角膜基质透镜制成短棒状泪道栓植入泪道,具有低免疫源性 & 良好的组织相容性等优点。李娟等<sup>[45]</sup>认为角膜基质透镜泪道栓对兔干眼模型有一定的治疗作用,有望成为临床上治疗干眼安全有效的新方法。

## 5 小结

SMILE 属于减法类角膜屈光手术,术中取出的角膜基质透镜作为额外产物,若能“变废为宝”便具有得天独厚的优势。角膜基质透镜在治疗某些角膜病,矫治远视及老

视,覆盖青光引流阀及作为泪道栓材料等方面具有广泛的用途,但仍需更多研究来证实其长期的有效性。由于其独特的性质,透镜也可用于角膜缘干细胞缺乏症的支持细胞、角膜扩张症细胞治疗的支架、药物传递系统中的药物载体及绷带式隐形眼镜等用途。进一步研究透镜支架的再生疗法将有利于其在眼部更多疾病及皮肤、肌腱等其他组织器官中的应用。未来,透镜保存平台或眼库将提供一种标准化的技术来制备保存具有不同形状及屈光度的透镜,便于后续研究。随着透镜保存、定位、免疫排斥等问题的解决,及透镜移植术后精确性、预测性的改善,相信角膜基质透镜的再利用具有更广阔的未来。

#### 参考文献

[1] Aghamollaei H, Hashemi H, Fallahtafti M, et al. Applications of SMILE-extracted lenticules in ophthalmology. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(1):173-187.

[2] Zhang H, Deng YP, Li ZS, et al. Update of research progress on small incision lenticule extraction (SMILE) lenticule reuse. *Clin Ophthalmol*, 2023,17:1423-1431.

[3] Bidzan M, Eter N, Uhlig CE. Efficacy of emergency penetrating keratoplasty with cryopreserved human donor corneas. *Ophthalmol Ther*, 2024,13(4):979-994.

[4] Min Klimesova Y, Nemckova M, Netukova M, et al. Corneal stromal lenticule transplantation for the treatment of corneal ulcers. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*, 2024,168(1):55-61.

[5] 姚涛,何伟.角膜基质透镜染色联合纤维蛋白胶在角膜溃疡穿孔修复中应用的临床观察. *临床眼科杂志*, 2020,28(5):427-429.

[6] He N, Song W, Gao Y. Treatment of mooren's ulcer coexisting with a pterygium using an intrastromal lenticule obtained from small-incision lenticule extraction; case report and literature review. *J Int Med Res*, 2021,49(6):3000605211020246.

[7] 戴鹏飞,王玉倩,李晶,等.角膜基质透镜联合生物工程角膜移植治疗感染性角膜溃疡伴穿孔的临床观察. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2023,25(5):366-371.

[8] Liang T, Wang X, Wu J, et al. Small-diameter acellular porcine corneal stroma for peripheral corneal ulceration treatment. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(5):831-837.

[9] Caruso C, D'Andrea L, Troisi M, et al. Corneal collagen cross-linking in patients with keratoconus from the Dresden protocol to customized solutions; theoretical basis. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(5):951-962.

[10] Alqudah N. Keratoconus; imaging modalities and management. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol*, 2024,13(1):44-54.

[11] Nubile M, Salgari N, Mehta JS, et al. Epithelial and stromal remodelling following femtosecond laser-assisted stromal lenticule addition keratoplasty (SLAK) for keratoconus. *Sci Rep*, 2021,11(1):2293.

[12] Semiz F, Lokaj AS, Tamriverdi G, et al. Fresh human myopic lenticule intrastromal implantation for keratoconus using SMILE surgery in a long-term follow-up study; ultrastructural analysis by transmission electron microscopy. *J Refract Surg*, 2022,38(8):520-528.

[13] El Zarif M, Alió JL, Alió Del Barrio JL, et al. Corneal stromal regeneration; a review of human clinical studies in keratoconus treatment. *Front Med*, 2021,8:650724.

[14] El-Massry A, Ibrahim O, Abdalla M, et al. Safety and indicative

effectiveness of porcine corneal lenticular implants in patients with advanced keratoconus and post lasik ectasia; a retrospective clinical study. *Clin Ophthalmol*, 2021,15:3165-3171.

[15] Berger T, Schlötzer-Schrehardt U, Flockerzi F, et al. Severe ulcerative keratopathy following implantation of an acellular porcine corneal stromal lenticule in a patient with keratoconus. *Contact Lens Anterior Eye*, 2024,47(3):102145.

[16] Bohac M, Biscevic A, Ahmedbegovic-Pjano M, et al. Management of post-LASIK ectasia. *Mater Sociomed*, 2023,35(1):73-78.

[17] Amaral DC, Menezes AHG, Vilaça Lima LC, et al. Corneal collagen crosslinking for ectasia after refractive surgery; a systematic review and meta-analysis. *Clin Ophthalmol*, 2024,18:865-879.

[18] Li MY, Zhao F, Li M, et al. Treatment of corneal ectasia by implantation of an allogenic corneal lenticule. *J Refract Surg*, 2018,34(5):347-350.

[19] Ganesh S, Brar S, Bowry R. Management of small-incision lenticule extraction ectasia using tissue addition and pocket crosslinking. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(3):407-412.

[20] Weiss JS, Rapuano CJ, Seitz B, et al. IC3D classification of corneal dystrophies-edition 3. *Cornea*, 2024,43(4):466-527.

[21] Kannabiran C, Chaurasia S, Ramappa M, et al. Update on the genetics of corneal endothelial dystrophies. *Indian J Ophthalmol*, 2022,70(7):2239-2248.

[22] Zhao J, Sun L, Shen Y, et al. Using donor lenticules obtained through SMILE for an epikeratophakia technique combined with phototherapeutic keratectomy. *J Refract Surg*, 2016,32(12):840-845.

[23] Cardascia N, Cassano F, Pastore V, et al. Donor characteristics in graft detachment after posterior lamellar keratoplasty for fuchs endothelial dystrophy and bullous keratopathy. *J Clin Med*, 2024,13(6):1593.

[24] Hart CT, Cleary G, Chan E. Long-term outcomes of phototherapeutic keratectomy for bullous keratopathy. *Cornea*, 2022,41(2):155-158.

[25] Singh M, Sinha BP, Mishra D, et al. Role of corneal collagen cross-linking in bullous keratopathy; a systematic review. *Indian J Ophthalmol*, 2023,71(5):1706-1717.

[26] Song YJ, Kim S, Yoon GJ. Case series: Use of stromal lenticule as patch graft. *Am J Ophthalmol Case Rep*, 2018,12:79-82.

[27] Xuan S, Pei X, Li Z. A retrospective analysis of corneal dermoid. *Cureus*, 2024,16(7):e64840.

[28] Liu JL, Ji JY, Ye Q, et al. Treatment of corneal dermoid with lenticules from small incision lenticule extraction surgery; a surgery assisted by fibrin glue. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(4):547-553.

[29] Wan Q, Tang J, Han Y, et al. Surgical treatment of corneal dermoid by using intrastromal lenticule obtained from small-incision lenticule extraction. *Int Ophthalmol*, 2020,40(1):43-49.

[30] Ghiasian L, Samavat B, Hadi Y, et al. Recurrent pterygium; a review. *J Curr Ophthalmol*, 2021,33(4):367-378.

[31] Allam WA, Alagorie AR, Nasef MH, et al. Safety and efficacy of pterygium extended removal followed by extended conjunctival transplant for recurrent Pterygia. *Int Ophthalmol*, 2022,42(7):2047-2053.

[32] Pant OP, Hao JL, Zhou DD, et al. A novel case using femtosecond laser-acquired lenticule for recurrent pterygium; case report and literature review. *J Int Med Res*, 2018,46(6):2474-2480.

[33] Hou J, Wang Y, Zhang J, et al. Corneal densitometry after allogeneic small-incision intrastromal lenticule implantation for hyperopia correction. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):286.

- [34] Liu YC, Wen JX, Teo EPW, et al. Higher-order aberrations following hyperopia treatment: small incision lenticule extraction, laser-assisted *in situ* keratomileusis and lenticule implantation. *Transl Vis Sci Technol*, 2018,7(2):15.
- [35] Liu ST, Wei RY, Choi J, et al. Visual outcomes after implantation of allogenic lenticule in a 100- $\mu$ m pocket for moderate to high hyperopia: 2-year results. *J Refract Surg*, 2021,37(11):734-740.
- [36] Brar S, Ganesh S, Sriganesh SS, et al. Femtosecond intrastromal lenticule implantation (FILI) for management of moderate to high hyperopia: 5-year outcomes. *J Refract Surg*, 2022,38(6):348-354.
- [37] Zhang L, Zhou YH, Zhai CB, et al. Comparison of clinical outcome of small-incision lenticule intrastromal keratoplasty and FS-LASIK for correction of moderate and high hyperopia. *Int J Ophthalmol*, 2022,15(5):780-785.
- [38] Zhang J, Zhou YH. Small incision lenticule extraction (SMILE) combined with allogeneic intrastromal lenticule inlay for hyperopia with astigmatism. *PLoS One*, 2021,16(9):e0257667.
- [39] Petkar S, Chaitra MC. Correction of presbyopia using 0.5% pilocarpine eye drops among Indians. *Bioinformation*, 2024, 20(5):532-536.
- [40] Jacob S, Kumar DA, Agarwal A, et al. Preliminary evidence of successful near vision enhancement with a new technique: PrEsbyopic allogenic refractive lenticule (PEARL) corneal inlay using a SMILE lenticule. *J Refract Surg*, 2017,33(4):224-229.
- [41] Liu YC, Teo EPW, Ang HP, et al. Biological corneal inlay for presbyopia derived from small incision lenticule extraction (SMILE). *Sci Rep*, 2018,8(1):1831.
- [42] Youn S, Yan DB. Five-year outcomes of graft-free tube shunts and risk factors for tube exposures in glaucoma. *J Glaucoma*, 2024,33(2):139-147.
- [43] Wang YH, Liu JK, Huang WY, et al. The best thickness of Cornea graft from SMILE surgery as patch graft in glaucoma drainage implant surgery. *Medicine*, 2021,100(20):e25828.
- [44] Yin HF, Chen XY, Hong XG, et al. Effect of SMILE-derived decellularized lenticules as an adhesion barrier in a rabbit model of glaucoma filtration surgery. *BMC Ophthalmol*, 2021,21(1):329.
- [45] 李娟,周颖,李康寓,等.角膜基质透镜泪道栓治疗兔干眼的实验研究. *眼科新进展*, 2019,39(11):1014-1018.