

# SMILE 来源的角膜基质透镜研究进展

刘雪珂<sup>1,2</sup>, 李霞<sup>2</sup>, 刘毅<sup>2</sup>

引用: 刘雪珂, 李霞, 刘毅. SMILE 来源的角膜基质透镜研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(12):1997-2000

基金项目: 新疆军区总医院北京路医疗区重点扶持科研项目 (No.2021jzj1001)

作者单位:<sup>1</sup>(830000) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 新疆医科大学研究生学院;<sup>2</sup>(830013) 中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市, 新疆四七四医院眼科

作者简介: 刘雪珂, 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 角膜病、青光眼。

通讯作者: 李霞, 女, 毕业于石河子大学, 硕士, 主任医师, 副主任, 硕士研究生导师, 研究方向: 眼外伤、角膜病、青光眼. lilixia5010@sina.com

收稿日期: 2022-02-05 修回日期: 2022-11-01

## 摘要

自飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 普遍开展以来, 术中取出的角膜基质透镜作为副产品已得到广泛的研究和应用, 其作为一种良好的生物材料可以在一定程度上弥补角膜材料的匮乏。本文针对 SMILE 来源的角膜基质透镜的结构特征, 各种保存方法如冷冻保存法、无水氯化钙法、甘油保存法等对其厚度、透明度、机械性能等方面的影响, 及其在矫正远视和散光, 治疗圆锥角膜、角膜穿孔、Mooren 溃疡和翼状胬肉共存、角膜皮样瘤、准分子激光角膜原位磨镶术后角膜扩张、青光眼等眼科疾病中的相关应用进行综述, 以期为深入研究及临床应用提供参考。

**关键词:** 角膜基质透镜; 保存方法; 角膜病; 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE)

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.12.12

## Research progress on small incision lenticule extraction - derived corneal stromal lenticule

Xue-Ke Liu<sup>1,2</sup>, Xia Li<sup>2</sup>, Yi Liu<sup>2</sup>

**Foundation item:** Key Supported Scientific Research Project in Xinjiang Military District General Hospital of Chinese People's Liberation Army (No.2021jzj1001)

<sup>1</sup>Graduate School of Xinjiang Medical University, Urumqi 830000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, Xinjiang 474 Hospital, Urumqi 830013, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China

**Correspondence to:** Xia Li. Department of Ophthalmology, Xinjiang 474 Hospital, Urumqi 830013, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. lilixia5010@sina.com

Received: 2022-02-05 Accepted: 2022-11-01

## Abstract

• Since small incision lenticule extraction (SMILE) was universally performed, intraoperative corneal stromal lenticules as a by-product of SMILE has been widely studied and applied. As a good biomaterial, it can make up for the lack of corneal material to some extent. In this review, we describe the structural features of the corneal stromal lenticules derived from SMILE, summarize the impact of various preservation methods such as freezing preservation, anhydrous calcium chloride preservation and glycerin preservation upon its thickness, transparency and mechanical properties, and discuss its related applications in treating hyperopia and astigmatism, keratoconus, corneal perforation, Mooren's ulcer coexisting with a pterygium, corneal dermoid, corneal ectasia after laser *in situ* keratomileusis, glaucoma and other ophthalmic diseases, so that we can provide references for in-depth study and clinical application.

• **KEYWORDS:** corneal stromal lenticule; preservation method; corneal disease; small incision lenticule extraction (SMILE)

**Citation:** Liu XK, Li X, Liu Y. Research progress on small incision lenticule extraction-derived corneal stromal lenticule. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(12):1997-2000

## 0 引言

自 2011 年以来, 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 得到了广泛的开展<sup>[1]</sup>。SMILE 是利用飞秒激光精准聚焦定位的立体切割技术, 在角膜基质层内进行两次不同深度的扫描, 切割出具有一定大小和厚度的片状角膜组织, 这片被取出的角膜组织即角膜基质透镜。由于角膜基质透镜来源于活体, 取材方便, 近年来一些学者开始探索和利用它们。随着研究的深入, 角膜基质透镜得到广泛的应用, 本文就角膜基质透镜的结构特点、保存方法及其在眼科中的应用进行综述。

## 1 角膜基质透镜的特点

角膜基质透镜是角膜基质层中央区的前层组织, 由有序排列的胶原纤维构成, 其间无血管及淋巴组织, 其正常的解剖结构和生理功能对维持角膜透明度及生物具有重要意义。根据预计矫正的屈光度数的不同, 角膜基质透镜中央厚、周边薄, 直径 6.0~6.5mm, 厚度 60~130 $\mu$ m。Yin 等<sup>[2]</sup>描述了 SMILE 过程中提取的新鲜角膜基质透镜组织学和形态学特征, 在光学显微镜下, 角膜基质透镜横切面边缘可见部分毛刺和胶原纤维断裂, 肿胀的角膜基质纤维呈不规则分布。在电子显微镜下, 可看到用飞秒激光消融的透镜表面并不完全光滑, 前表面稍比后表面光滑, 表面

可见胶原纤维坏死、溶解,可见使用飞秒激光切割的角膜基质透镜的表面质量并不是最佳的。Bandeira 等<sup>[3]</sup>发现角膜基质透镜中神经突密度与其厚度呈负相关,而角膜基质中轴突总长度与厚度的关系不明显。兴奋性钙反应试验是评估角膜基质透镜中神经突的功能,经4℃和液氮保存后兴奋性钙反应明显减少,这可能是由于冷冻和解冻期间的低温效应影响神经突的活性,导致细胞内钙运动停止,因此进一步研究冷冻保存条件(包括冷冻保存介质的类型、冷冻和解冻时间,以及逐步的温度变化)可能会提供关于保存神经突活性的信息。透射电镜下可见施万细胞(Schwann cells, SCs)与神经突关系密切。在SCs和兴奋性钙反应的存在下,这些残留的神经突可以保留最低的功能,这可能是角膜基质透镜植入的潜在优势,可能会影响植入后的神经再支配。

## 2 角膜基质透镜保存方法

从SMILE术中取出的新鲜角膜基质透镜最大程度保留了原有的组织和结构,但因受时间、地点的限制,可能不能立即投入使用,我们可以先将其储存起来,以便以后需要时重新取出。不同的保存方法对角膜基质透镜的厚度、透明度、机械性能等改变也是不同的,因此无论是将角膜基质透镜用于基础实验还是临床研究,选择合理的储存方式显得尤为重要。

在SMILE开展之前,一些学者已经对角膜的保存进行研究<sup>[4]</sup>。Mohamed-Noriega 等<sup>[5]</sup>对保存在Optisol培养基的人体角膜行飞秒激光角膜基质透镜切除术,将提取的角膜基质透镜分为新鲜组和冷冻保存组,结果发现两组均可看到死亡的细胞,但冷冻保存组中有足够的活性角膜基质细胞,可以在保存1mo后分离和增殖。这种冷冻保存方式除了胶原纤维密度降低外,仍保持了角膜基质细胞的活性和整体胶原结构的完整性。Ganesh 等<sup>[6]</sup>对Mohamed-Noriega 等<sup>[5]</sup>的技术进行了改进,即用人组织培养液代替牛血清白蛋白,这是为了消除人畜共患病传播和牛血清引起不良反应的风险。

虽然已开发的冷冻保存方法可保存角膜基质透镜,但因技术复杂和成本较高,限制了应用。早在1954年,McNair 等<sup>[7]</sup>首次报道了用95%的甘油在真空下保持角膜脱水状态。范军华等<sup>[8]</sup>对传统甘油保存方法进行改良,通过电镜观察到这种方法保存的角膜结构完整。另外无水氯化钙法同甘油一样也属于干燥脱水法,通过临床观察发现在角膜透明度方面,无水氯化钙法优于甘油保存法<sup>[9]</sup>,透射电镜和组织切片可见经无水氯化钙保存后的角膜组织结构与新鲜的无明显差异,角膜基质层胶原纤维排列均匀<sup>[10]</sup>。

为了探究温度和辅助脱水剂对长期保存在甘油中的人角膜组织的作用,Tripathi 等<sup>[11]</sup>发现与-20℃或4℃相比,甘油保存的人角膜组织在-80℃具有更好的无菌性、厚度、光学透明度、机械强度和超微结构特征,且抗原性小。Romano 等<sup>[12]</sup>将刮除上皮和内皮的角膜基质放入硅胶中,在室温下保存2wk后复水,结果发现人体角膜基质可在脱水状态下保存2wk,脱水和复水过程对基质的厚度、透明度和生物力学性能没有明显的影响。

Liu 等<sup>[13]</sup>发现保存于磷酸盐缓冲溶液、DMEM、Optisol GS和100%无水甘油的角膜基质透镜均能保持其透明度

和完整的结构,同时具有较低的免疫原性。Liang 等<sup>[14]</sup>比较了99%无水甘油、变色硅胶和Optisol培养基的保存效果,发现经这三种方法保存后水肿程度和胶原纤维密度随着时间的推移逐渐恶化,无水甘油中较为明显。在角膜透明度方面,Optisol组最好,硅胶组次之。在Optisol组中细胞活性和胶原纤维结构的完整性在保存前后保持不变。Xia 等<sup>[15]</sup>进行了类似的研究,两者<sup>[14-15]</sup>除保存时间不同外,均发现甘油保存的角膜基质透镜比其他组有更严重的水肿和更低的胶原纤维密度。Shang 等<sup>[16]</sup>研究发现-78℃无水甘油保存不仅可以达到0.1%十二烷基硫酸钠(sodium dodecyl sulfate, SDS)降低抗原的效果,而且可以避免其对正常胶原纤维结构和角膜基质的光学和力学性能的破坏,是获得高质量移植植物较为理想的方法。

甘油是一种无味、无色的黏性液体,具有优异的脱水和抗菌性能,并且可以维持角膜的结构,其用途已得到广泛证实。硅胶是一种非活性防腐保存技术,通过去除角膜组织中的水分,防止细胞酶失活,抑制组织细胞自溶,从而保持组织细胞的完整性。无水氯化钙是一种吸水性很强的干燥剂,能迅速吸收角膜中的水分,完整地保存具有一定活性的角膜组织,是眼库长期保存角膜的方法之一。Optisol是目前国际上最常用的中期保存液,可安全有效保存角膜组织。但Optisol成本高,与Optisol相比,甘油大大降低了成本,而且甘油可以很明显地降低角膜组织中的细胞密度和抗原性,最大限度地减少免疫排斥反应,加上操作简单易行,在我国许多基层医院仍为实用性较强的保存方法。

## 3 角膜基质透镜的应用

### 3.1 矫正远视及散光

已有报道证实使用SMILE来源的自体或同种异体角膜基质透镜植入术均可以矫正远视<sup>[17-18]</sup>。虽然发现同种异体角膜基质透镜植入术出现过少数排斥反应,但其手术的可预测性和稳定性优于传统的准分子激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis, LASIK),为中高度远视患者提供了一个更安全、有效的手术方式。Liu 等<sup>[19]</sup>第一次对SMILE、LASIK、自体角膜基质透镜植入术三种远视矫正方式进行比较评估,发现在低度远视治疗中,角膜基质透镜植入术在高阶像差方面有良好的发展趋势。

在前期研究的基础上,Zhang 等<sup>[20]</sup>首次报道了使用SMILE联合角膜基质透镜植入术治疗远视合并散光的患者。该手术最关键的一步是保证术中中心对齐,术中用核黄素溶液进行等心定位。随访1a后所有角膜均保持透明,术中、术后未出现并发症。凌玲等<sup>[21]</sup>提出一种角膜基质透镜散光标记盘,用于透镜的盛载检查、标记和定型。该方法可有效矫正散光,部分患者术后仍存在散光,可能与角膜愈合的不确定性、散光轴向的手工定位及标记等因素有关,尽管如此,散光标记器还是为远视伴散光患者提供了新的、有效的手术方式。

### 3.2 角膜病

角膜病是我国的第二大致盲眼病,目前角膜盲最难解决的瓶颈问题是角膜供体严重不足。面对日益增长的需求与角膜供体材料短缺之间的矛盾,寻找新的角膜材料来源是目前解决这一问题的重要手段。SMILE来源的角膜基质透镜在一定条件下可以替代角膜植片,用于一些角膜相关疾病的治疗。

**3.2.1 圆锥角膜** Ganesh 等<sup>[22]</sup>首次采用飞秒激光辅助角膜基质透镜植入联合加速胶原交联术 (collagen crosslinking, CXL), 研究其在进展性圆锥角膜 (keratoconus, KC) 和角膜塑形镜不耐受患者中的扁平化效果、屈光状态和安全性结果, 术后所有患者均未出现排斥反应, 裸眼远视力、矫正远视力和等效球镜均改善, 角膜厚度均增加, 只有 1 眼角膜曲率未下降, 可能因其是晚期 KC。Doroodgar 等<sup>[23]</sup>报道了一种治疗晚期 KC 的新方法, 即定制角膜基质透镜植入术, 将定制的复合型 (项链型 +120°戒指型) 或项链形状的透镜植入晚期 KC, 术后 6mo 最佳矫正视力均提高, 角膜总屈光度下降, 角膜厚度增加。总之, 角膜基质透镜植入术是矫正 KC 患者的屈光度、增加角膜厚度、调节角膜曲率的一种可行的治疗方案, 但是否需要联合 CXL 以及术后屈光结果的准确性和可预测性仍然需要进一步研究<sup>[24]</sup>。

**3.2.2 角膜穿孔** Wu 等<sup>[25]</sup>第一个成功将-80℃保存的角膜基质透镜用于治疗疑难、紧急角膜穿孔患者, 该研究认为角膜基质透镜可能是立即闭合角膜穿孔损伤的最佳选择。Jiang 等<sup>[26]</sup>也得出同样结论。由于单个透镜厚度较薄且韧性有限, 不利于术中辨识和操作, 几个透镜联合移植操作困难且耗时, 叠加对位不准确或比较松散时, 有可能导致植片结构不稳定, 延迟角膜上皮愈合。姚涛等<sup>[27]</sup>使用吲哚菁绿染色剂将基质透镜染色后再置于-40℃保存, 并将其用于治疗角膜穿孔患者, 术中应用纤维蛋白胶黏合多层角膜基质透镜后, 再用 10-0 尼龙线间断缝合固定。所有患者术中操作顺利, 术后发现染色剂可被迅速代谢, 对角膜上皮愈合无影响。所有患者均在 1wk 内完全上皮化, 未出现移植植物融解等并发症。联合应用纤维蛋白胶和吲哚菁绿染色, 可方便手术操作, 提高手术成功率。王曙亮等<sup>[28]</sup>的实验研究中再次证明用纤维蛋白胶构建的角膜基质植片能安全、可靠且有效地修复前部受损角膜, 为角膜穿孔的治疗提供了新途径。

**3.2.3 Mooren 溃疡和翼状胬肉共存** He 等<sup>[29]</sup>报道了第一例使用角膜基质透镜治疗 Mooren 溃疡和翼状胬肉共存的病例。1 例 61 岁女性患者在接受了近 3mo 的局部免疫抑制和抗感染治疗后, 眼部症状和体征并没有明显改善。在保守治疗失败后, 使用低温保存的 SMILE 来源的角膜基质透镜行板层角移, 并行翼状胬肉切除联合自体结膜移植术。该手术是为了维持角膜结构、防止疾病进展。手术的成功表明, 如果保守治疗失败, 联合手术可能是治疗 Mooren 溃疡和翼状胬肉共存的有效方法。

**3.2.4 角膜皮样瘤** 李世洋等<sup>[30]</sup>采用 SMILE 术获得的角膜基质透镜作为板层角膜移植材料, 并联合羊膜移植治疗角膜皮样瘤, 取得满意效果。在前人的基础上, 苏红等<sup>[31]</sup>进一步尝试在不使用羊膜移植的情况下, 也取得了满意的效果。为了美观, Jacob 等<sup>[32]</sup>切除病变组织后, 用染料在预定的角膜缘染色, 再使用纤维蛋白胶黏贴角膜基质透镜和结膜, 术后患者对外观和屈光效果均较满意。角膜染色被认为是一种安全有效的技术, 但也报道过各种并发症, 如严重的毒性反应、角膜融化、肉芽肿性角膜炎、持续性上皮缺损等。Pant 等<sup>[33]</sup>使用 10-0 尼龙缝线替代纤维蛋白胶最大限度地降低了移植植物复发、角膜上皮糜烂和肉芽肿性角膜炎等风险, 这些在使用纤维蛋白胶时常见。Wan

等<sup>[34]</sup>也使用 10-0 尼龙缝线间断缝合角膜基质透镜, 尽管这会增加手术时间, 导致不规则散光, 但它比纤维蛋白胶更加固定, 随访期间所有患者的视力和散光均有改善的趋势。

**3.2.5 准分子激光角膜原位磨镶术后角膜扩张** 已有研究表明角膜基质透镜用于治疗 LASIK 术后角膜扩张症是一种安全有效的手术方法。Li 等<sup>[35]</sup>第一个从细胞水平表征 LASIK 术后角膜扩张的同种异体基质内透镜植入后伤口愈合的过程。研究结果显示, 在受体角膜与植入基质透镜的交界处, 角膜基质细胞的密度和形态在初期减少和变形后又逐渐恢复, 还发现供体的角膜基质透镜神经纤维再生。

**3.3 角膜基质透镜在青光眼小梁切除术中的应用** Yin 等<sup>[36]</sup>将来源于 SMILE 新鲜的角膜基质透镜用氯化钠和核酸酶脱细胞后, 置于-80℃平衡盐溶液中保存备用, 对兔行小梁切除术, 将脱细胞的角膜基质透镜固定于结膜下间隙。术后观察到脱细胞角膜基质透镜可显著增加滤过泡存在时间, 降低眼压, 且无不良反应。组织病理学结果显示脱细胞组结膜下间隙较大, 结膜下纤维化较轻。本研究首次证实了脱细胞的角膜基质透镜可预防兔眼小梁切除术后结膜-巩膜黏连和纤维化, 这可能是小梁切除术中一种新的抗纤维化方法, 但其安全性和有效性仍需进行更大样本量和更长随访时间的研究。

#### 4 总结与展望

角膜基质透镜具有生物相容性好、易操作、成本低等优点, 在当前角膜组织供源远远供不应求的状况下, 选择 SMILE 来源的角膜基质透镜在某些情况下作为替代品也是一种不错的选择。虽然角膜基质透镜在治疗远视、散光、角膜穿孔和圆锥角膜等眼科疾病中有着不错的应用效果, 但角膜基质透镜矫正远视及散光、圆锥角膜术后视力的可预测性仍有待提高, 对于远视合并散光患者术中角膜基质透镜的定位是较为关键的步骤, 目前仍有待进一步研究。角膜基质透镜的表面质量也有待改善, 一旦角膜基质透镜具有更完美的表面质量, 更多角膜材料将用于治疗角膜疾病。角膜基质透镜的保存方法各有其特点, 选择合适的保存方法才能更好地用于临床。随着我们深入的研究, 角膜基质透镜有望能够在更多方面应用。

#### 参考文献

- 1 Sekundo W, Kunert KS, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. *Br J Ophthalmol* 2011;95(3):335-339
- 2 Yin YW, Hu T, Xiang AQ, et al. A microscopic study of the corneal stromal lenticules extracted during femtosecond laser-assisted small incision lenticule extraction. *Exp Ther Med* 2021;22(1):681
- 3 Bandeira F, Yam GHF, Liu YC, et al. Three-dimensional neurite characterization of small incision lenticule extraction derived lenticules. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(13):4408-4415
- 4 Kaufman HE, Escapini H, Capella JA, et al. Living preserved corneal tissue for penetrating keratoplasty. *Arch Ophthalmol* 1966;76(4):471-476
- 5 Mohamed-Noriega K, Toh KP, Poh R, et al. Cornea lenticule viability and structural integrity after refractive lenticule extraction (ReLEx) and cryopreservation. *Mol Vis* 2011;17:3437-3449

6 Ganesh S, Brar S, Rao PA. Cryopreservation of extracted corneal lenticules after small incision lenticule extraction for potential use in human subjects. *Cornea* 2014;33(12):1355-1362

7 McNair JN, King JH Jr. Preservation of cornea by dehydration; a preliminary report. *AMA Arch Ophthalmol* 1954;53(4):519-521

8 范军华, 李学喜, 潘栋平. 改良甘油长期冷冻保存角膜的超微结构及板层角膜移植. *国际眼科杂志* 2010;10(1):118-119

9 段亚东, 付田丽, 王皓, 等. 无水氯化钙法与甘油法保存角膜的临床应用效果比较. *吉林大学学报(医学版)* 2003;29(1):106

10 朱秀萍, 刘先宁, 银勇, 等. 干燥脱水法长期保存角膜及角膜膜植片的组织活性研究. *眼科研究* 2002;20(2):135-138

11 Tripathi H, Mehdi MU, Gupta D, et al. Long-term preservation of donor corneas in glycerol for keratoplasty: exploring new protocols. *Br J Ophthalmol* 2016;100(2):284-290

12 Romano V, Levis HJ, Gallon P, et al. Biobanking of dehydrated human donor corneal stroma to increase the supply of anterior lamellar grafts. *Cornea* 2019;38(4):480-484

13 Liu YC, Williams GP, George BL, et al. Corneal lenticule storage before reimplantation. *Mol Vis* 2017;23:753-764

14 Liang G, Wang L, Pan ZQ, et al. Comparison of the different preservative methods for refractive lenticules following SMILE. *Curr Eye Res* 2019;44(8):832-839

15 Xia F, Zhao J, Fu D, et al. Optical transmittance and ultrastructure of SMILE-derived lenticules subjected to three different preservative methods. *Exp Eye Res* 2020;201:108357

16 Shang YF, Li Y, Wang ZQ, et al. Risk evaluation of human corneal stromal lenticules from SMILE for reuse. *J Refract Surg* 2021;37(1):32-40

17 Sun L, Yao PJ, Li MY, et al. The safety and predictability of implanting autologous lenticule obtained by SMILE for hyperopia. *J Refract Surg* 2015;31(6):374-379

18 张晶, 翟长斌, 郑燕, 等. 全飞秒激光角膜基质透镜植入术矫治中高度远视的一年随访研究. *中华实验眼科杂志* 2018;36(5):355-359

19 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

20 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

21 凌玲, 陈敬旺, 姚玲, 等. 角膜基质透镜散光标记器在角膜基质透镜植入术矫正远视及散光中的应用. *眼科新进展* 2021;41(9):861-864

22 Ganesh S, Brar S. Femtosecond intrastromal lenticular implantation

combined with accelerated collagen cross-linking for the treatment of keratoconus—initial clinical result in 6 eyes. *Cornea* 2015;34(10):1331-1339

23 Doroodgar F, Jabbarvand M, Niazi S, et al. Customized stromal lenticule implantation for keratoconus. *J Refract Surg* 2020;36(12):786-794

24 Riau AK, Htoon HM, del Barrio JLA, et al. Femtosecond laser-assisted stromal keratophakia for keratoconus: a systemic review and meta-analysis. *Int Ophthalmol* 2021;41(5):1965-1979

25 Wu F, Jin XM, Xu YS, et al. Treatment of corneal perforation with lenticules from small incision lenticule extraction surgery: a preliminary study of 6 patients. *Cornea* 2015;34(6):658-663

26 Jiang Y, Li Y, Liu XW, et al. A novel tectonic keratoplasty with femtosecond laser intrastromal lenticule for corneal ulcer and perforation. *Chin Med J (Engl)* 2016;129(15):1817-1821

27 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

28 王曙亮, 张晓宇, 艾明. 应用纤维蛋白胶粘合多层角膜基质透镜治疗真菌性角膜溃疡并发穿孔的实验研究. *中华眼科医学杂志(电子版)* 2021;11(2):82-87

29 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

30 李世洋, 邢星, 肖建和, 等. 角膜基质透镜联合羊膜移植治疗角膜溃疡等13例分析. *人民军医* 2015;58(9):1094-1095

31 苏红, 李世洋, 马红利, 等. 异体角膜基质透镜移植治疗角膜皮样瘤. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2019;41(2):122-125

32 Jacob S, Narasimhan S, Agarwal A, et al. Combined interface tattooing and fibrin glue-assisted sutureless corneal resurfacing with donor lenticule obtained from small-incision lenticule extraction for limbal dermoid. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(11):1371-1375

33 Pant OP, Hao JL, Zhou DD, et al. Lamellar keratoplasty using femtosecond laser intrastromal lenticule for limbal dermoid: case report and literature review. *J Int Med Res* 2018;46(11):4753-4759

34 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

35 Li MY, Wei RY, Yang WM, et al. Femtosecond laser-assisted allogenic lenticule implantation for corneal ectasia after LASIK: a 3-year *in vivo* confocal microscopic investigation. *J Refract Surg* 2020;36(11):714-722

36 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