

# 角膜屈光手术后的屈光回退

贺 婷, 赵 炜, 惠延年

引用: 贺婷, 赵炜, 惠延年. 角膜屈光手术后的屈光回退. 国际眼科杂志 2021; 21(11): 1912-1917

作者单位: (710032) 中国陕西省西安市, 空军军医大学西京医院眼科 全军眼科研究所

作者简介: 贺婷, 女, 在读硕士研究生, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 赵炜, 男, 毕业于空军军医大学, 眼科学博士, 副教授, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术. weieye@126.com

收稿日期: 2020-12-11 修回日期: 2021-09-26

## 摘要

角膜屈光手术是指通过角膜手术矫正近视、远视以及散光等屈光不正的方法, 临床上经常可以见到术后屈光回退的现象, 即手术后又发生了屈光不正。屈光不正以及手术导致的欠佳的视觉质量经常会给患者带来困扰。截止目前, 不同种类以及方式的角膜屈光手术均存在屈光回退的问题。目前认为角膜屈光手术后发生的屈光回退主要和角膜上皮增厚以及角膜生物力学改变相关。屈光回退可以在术前通过患者的手术条件以及手术相关参数等危险因素进行预测和规避, 同时也可以通过选择合适的手术方式和药物方法进行预防。对于已经发生的屈光回退可选择非手术方法以及增效手术方法进行处理。

关键词: 屈光手术; 屈光回退; 预防; 增效手术

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.11.16

## Refractive regression after corneal refractive surgery

Ting He, Wei Zhao, Yan-Nian Hui

Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Institute of Ophthalmology of Chinese PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Wei Zhao. Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Air Force Medical University; Institute of Ophthalmology of Chinese PLA, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China. weieye@126.com

Received: 2020-12-11 Accepted: 2021-09-26

## Abstract

• Corneal refractive surgery is a method of correcting refractive errors such as myopia, hyperopia and astigmatism through corneal surgery. Refractive regression can often be seen in clinical practice, that is, refractive errors occur again after surgery. Refractive regression and the consequent poor visual quality often

trouble patients. So far, different types and methods of corneal refractive surgery have the problem of refractive regression. It is believed that refractive regression is mainly related with epithelium thickening and change of corneal biomechanics. Refractive regression could be predicted and avoided by preoperative risk factors such as preoperative conditions and operative parameters, and can also be prevented by selecting appropriate refractive surgery and using medicine. Non-operative and enhancement surgery can be used to treat refractive regression that has occurred.

• KEYWORDS: refractive surgery; refractive regression; prevention; enhancement surgery

Citation: He T, Zhao W, Hui YN. Refractive regression after corneal refractive surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(11): 1912-1917

## 0 引言

通过角膜屈光手术矫正屈光不正越来越成为一种大众接受的一种矫正方式。其安全性、有效性得到了众多研究以及时间的验证, 但是术后屈光回退现象却时有发生。屈光回退是指通过屈光手术矫正原有屈光不正后, 在排除眼轴、晶状体改变的情况下, 又逐渐发生屈光不正的现象<sup>[1]</sup>。屈光回退可影响手术结果的可预测性和稳定性, 损害患者的视觉质量和生活质量, 降低满意度。术后期望值高的患者, 可能还需要增效手术, 进一步增加患者的心理压力和经济负担。因此, 对于每一位屈光手术医生来说, 了解屈光回退有利于预测术后结果, 便于和患者良好沟通, 解释术后可能发生的问题, 降低医疗纠纷的发生。

## 1 屈光回退相关的手术方式及其流行病学

现有的各种角膜屈光手术普遍存在屈光回退的问题, 包括主流的手术方式如准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK)、飞秒激光小切口基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 及表层手术等。

1.1 板层手术 (LASIK 和 SMILE) 的屈光回退 在近视 LASIK 术后 3~6mo 即可发生, 一般可持续 3a<sup>[2]</sup>。Chen 等<sup>[3]</sup>认为近视 LASIK 回退率约为 21% (5.5%~22.7%)。通过对 LASIK 术后随访 10a 发现中度近视的平均年回退量为  $-0.10 \pm 0.18D$ , 高度近视的平均年回退量为  $-0.18 \pm 0.22D$ <sup>[2]</sup>。角膜板层刀制瓣的近视 LASIK (MM-LASIK) 要比飞秒制瓣的 LASIK (FS-LASIK) 回退率略高, Lin 等<sup>[4]</sup>估计术后 1a 时 MM-LASIK 和 FS-LASIK 的回退率分别为 66.9%、43.6%。同时, 远视 LASIK 的回退率比近视 LASIK 更高。据报道, 远视 LASIK 术后 1a 内回退的发生率约

30%, 10a 内低度远视患者平均年回退量为 +0.03 ~ +0.07D, 中度远视平均年回退量约 +0.15D, 高度远视平均年回退量约 +0.37D<sup>[2]</sup>。

尽管众多学者认为 SMILE 回退率低, 但研究提示 SMILE 依然存在回退。Ağca 等<sup>[5]</sup>对近视 SMILE 术后患者随访 1、3、5a, 发现其等效球镜度逐渐增加。有研究对高度近视 SMILE 术后随访 3mo~3a, 发现存在显著的近视回退, 平均为  $0.36 \pm 0.29D$ <sup>[6]</sup>。对于远视 SMILE, Reinstein 等<sup>[7]</sup>发现术后 3mo 有 17% 的眼发生了 >0.50D 的屈光回退。

### 1.2 表层手术 (PRK 和 LASEK 及 TPRK) 的屈光回退

尽管表层手术激光消融层面更浅, 且术中可使用丝裂霉素 C (mitomycin C, MMC) 处理基质床, 但是表层手术后的屈光回退依然存在。Naderi 等<sup>[8]</sup>估计屈光性角膜切削术 (photorefractive keratectomy, PRK) 术后回退率约 19%, 其中女性 21.1%, 男性 15.9%, 30 岁以下人群的回退率为 17.4%, 30 岁以上人群为 21.4%。另外, 回退速率不均匀, 在第 1~3mo 和第 6~9mo 间尤为明显, 前 9mo 平均近视回退 >1.00D/mo<sup>[9]</sup>。Kocamış 等<sup>[10]</sup>对 20 例准分子激光角膜上皮瓣下磨镶术 (laser epithelial keratomileusis, LASEK) 术后残余角膜厚度低于小于 400 $\mu$ m 的患者进行随访, 平均随访时间  $45.00 \pm 11.80mo$ , 回退率为 16.7%, 从术后 3~12mo 平均近视偏移 -0.25D, 从 12mo 到随访结束平均近视偏移 -0.28D。LASEK 术后回退似乎持续存在, Lim 等<sup>[11]</sup>发现近视 LASEK 术后 10a 回退率为 73.0%, 平均近视变化 -1.34D。Kang 等<sup>[12]</sup>随访近视经上皮准分子激光屈光性角膜切削术 (transepithelial photorefractive keratectomy, TPRK) 术后 1mo~1a, 发现回退约  $0.15 \pm 0.27D$ , 角膜曲率变化  $0.47 \pm 0.49D$ 。Adib-Moghaddam 等<sup>[13]</sup>对远视 TPRK 患者进行术后随访, 1~6mo 平均回退约  $0.17 \pm 0.03D/mo$ ; 6mo 后回退速度减至  $0.004 \pm 0.01D/mo$ ; 前 6mo 的回退率显著高于后 6mo, 中度远视显示出更大的回退率。

### 1.3 其他手术的屈光回退

放射状角膜切开术 (radial keratotomy, RK) 作为最早一代的角膜屈光手术, 屈光回退发生率很高。Waring 等<sup>[14]</sup>对 341 只行 RK 手术的眼进行术后随访, 术后 2wk~3mo, 161 眼 (59%) 近视回退了 1.00D 或更多。热传导性角膜成型术 (conductive keratoplasty, CK) 主要用于远视治疗, 有研究显示轻至中度远视的术后回退率为 29%<sup>[15]</sup>。Ehrlich 等<sup>[16]</sup>也观察到了术后 6mo 存在 +0.018D/mo 的回退。这两种手术方式目前已经被市场淘汰。

## 2 屈光回退发生的原理和机制

### 2.1 板层及表层手术回退机制

#### 2.1.1 上皮与基质重塑

板层及表层手术通过降低中央角膜曲率来矫正近视。术后覆盖在治疗区的上皮细胞会逐渐增生, 导致上皮增厚, 而增厚的角膜上皮通常与屈光回退相关。在 LASIK 术后 3~6mo 和 PRK 术后 3a, SMILE、LASEK 术后 3mo 上皮增生会持续存在; LASIK 和 PRK 的上皮增厚程度在术后 36mo 左右趋近一致, 但 PRK 术后上皮的增厚率更高<sup>[17]</sup>。

近视 LASIK 术后, 增厚的角膜上皮会呈凸透镜样<sup>[18]</sup>或负性半月板样<sup>[19]</sup>, 从而导致屈光回退的发生。与近视

LASIK 术后不同, 远视 LASIK 术后的上皮增生为角膜中央变薄, 周边变厚<sup>[20]</sup>。

在 SMILE 相关研究中也发现类似发现, Ganesh 等<sup>[21]</sup>发现近视 SMILE 术后 3mo, 中央角膜厚度 (central corneal thickness, CCT) 平均增加了  $5.1 \pm 2.2\mu$ m。研究者认为, 上皮增厚和拟矫度数成正相关, 提示其可能会导致潜在的回退。此外, 有限的研究显示, 远视 SMILE 要比近视 SMILE 会有更高的屈光回退率, 原因是取出透镜后产生角膜更陡峭坡度的原因<sup>[22]</sup>。

表层手术相关研究也支持该理论, Fu 等<sup>[23]</sup>对比 LASEK 矫正薄角膜高度近视患者术后屈光回退和 CCT, 发现 3a 来 CCT 增加了约 10%, 术后 3a CCT 明显高于术后 3mo, 但眼轴无变化, 认为 LASEK 术后上皮增殖引起的 CCT 增厚导致的角膜曲率改变是屈光回退的主要原因。

此外, 角膜基质约占角膜厚度的 90%, 在术后恢复过程中基质愈合也会影响角膜厚度从而影响到屈光回退。术后基质厚度变化的代偿反应分为两个阶段<sup>[17]</sup>: (1) 短暂性水肿可增加角膜厚度, 大约术后 1wk 消失。如果不使用糖皮质激素滴眼液治疗, 炎症过程可能延长基质肿胀反应, 导致早期短暂性近视; (2) 基质角化细胞活化、增生并分泌糖胺聚糖、纤维蛋白等细胞外基质成分, 糖胺聚糖可以改变角膜水化, 影响角膜曲率而造成屈光回退。

#### 2.1.2 生物力学机制

角膜组织不是一块塑料, 因此对其形态进行改变必将带来生物力学的变化。Randleman 等<sup>[24]</sup>发现人眼角膜不同深度基质的拉伸强度不同, 最大拉伸强度的位置接近 Bowman 层, 前 40% 基质具有较高的拉伸强度, 从 40% 到 90% 基质拉伸强度趋于稳定, 从 90% 到后弹力层拉伸强度迅速下降。理论上讲, 角膜屈光手术切削层面越靠近角膜前部, 基质床保留越厚, 手术效果越稳定。推测角膜的抗压能力可能因角膜完整性减弱而减弱, 使角膜后表面在眼压作用下向前膨隆<sup>[25]</sup>。Chan 等<sup>[26]</sup>对 FS-LASIK 术后患者随访 1a, 用光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 观察到轻微的角膜后表面前突。假设角膜厚度不变, 则也应发生相应的角膜前表面前突, 从而可以解释观察到的屈光回退。Kanellopoulos 等<sup>[27]</sup>观察到 LASIK 联合角膜胶原交联疗法 (corneal collagen cross-linking, CXL) 与单纯 LASIK 患者的角膜特性有明显差异, 进一步支持了生物力学机制在回退中的作用。

不同于 LASIK, SMILE 只有一个小切口, 对角膜组织破坏较小, 保存了较好的角膜生物力学。但是相比 LASIK 手术, 矫正相同的屈光度会切除更多角膜组织, 残留基质床厚度 (residual stromal bed thickness, RST) 更薄, 可能导致角膜后表面前移。黄云丽等<sup>[28]</sup>发现高度近视的组织切除量增加, 角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH) 和角膜阻力因子 (corneal resistance factor, CRF) 显著降低, 生物力学下降明显。表层手术也有类似发现, Miyata 等<sup>[29]</sup>发现 PRK 术后角膜后表面前移在术前角膜较薄、近视度数高的患者中更为显著, 并且近视回退量与角膜前移具有相关性。

#### 2.1.3 角膜上皮混浊

角膜上皮混浊 (haze) 往往合并有屈光回退。haze 在表层手术后常见, 是在角膜愈合过程中对损伤的反应造成, 主要由肌成纤维细胞激活和驱

动<sup>[30]</sup>,由角膜上皮及激光切削表面之间新的黏多糖、糖胺聚糖以及新生无序的胶原组成<sup>[31]</sup>。可分为短暂性 haze 和迟发性 haze,短暂性 haze 发生在术后 2~6wk,最多 1a 内恢复,迟发性 haze 发生在术后 2~5mo,可持续 3a,导致视力下降和近视回退。PRK 后 3~6mo haze 最重,并与近视矫正量和屈光回退量相关<sup>[32]</sup>。

**2.2 RK 回退机制** RK 的放射状角膜切口会减弱周边角膜的生物力学,导致周边角膜变陡和中央角膜曲率降低,但术后 1mo 随着角膜切口逐渐愈合,角膜变平趋势降低而发生回退。切口越多,伤口愈合导致的回退就越多<sup>[33]</sup>。此外,由于 RK 刀口几乎深入角膜 90% 的深度,严重影响角膜生物力学而造成回退。

**2.3 CK 回退机制** CK 后屈光回退的分子生物学机制尚未在人类中进行研究,但 Esquenazi 等<sup>[34]</sup>通过免疫组化发现,CK 处理的位置会发生角质细胞凋亡、肌成纤维细胞出现,硫酸软骨素、MMP-1 和 III 型胶原的表达上调,这些组织学改变可能和屈光回退有关。

### 3 屈光回退的危险因素

#### 3.1 患者因素

**3.1.1 术前屈光度** 术前屈光度越高,角膜切削越多,越容易回退。Magallanes 等<sup>[35]</sup>对近视 LASIK 患者随访发现超高度近视屈光回退明显多于高度近视,Jin 等<sup>[36]</sup>也发现 SMILE 对中高度近视的角膜后表面屈光力和非球面度影响大于低度近视,可能因为矫正度数越高,对角膜的损伤越大,角膜生物力学稳定性越差,角膜重塑越多。远视术后回退也是如此。Jaycock 等<sup>[37]</sup>发现高度远视 LASIK 术后屈光回退多于低、中度远视,回退可持续 12mo。Adib-Moghaddam 等<sup>[13]</sup>发现远视 TPRK 术后 6mo 内或 6mo 后中度远视患者的回退率均更高。此外,由于屈光度越高,切削更多的角膜组织会增加 haze 风险,而 haze 本身也可造成屈光回退。

**3.1.2 性别** 女性的屈光回退率略高于男性<sup>[38]</sup>。Strobbe 等<sup>[39]</sup>发现在健康人群中女性比男性的 CH 和 CRF 更低,且发现 CH 和 CRF 与 CCT 有较强的相关性,这可能是女性回退风险较高的原因,但这个结论存在一定争议。

**3.1.3 年龄** 有研究发现年龄较大的高度近视患者比年龄较小的患者更容易发生屈光回退<sup>[40]</sup>。推测原因有两种:(1)对于 40 岁左右的近视并老视患者,医生倾向于欠矫,而对年轻患者倾向过矫;(2)老年患者已出现晶状体硬化并伴有近视漂移。但 Kim 等<sup>[41]</sup>却发现近视 LASIK 和 PRK 术后年龄较大的组(>45 岁)比年龄较小的两组(<35 岁和 35~45 岁)的回退率低,认为是随年龄升高,晶状体调节能力降低,导致远视漂移,抵消了近视回退,所以回退率低。

**3.1.4 慢性干眼** 角膜屈光手术会损伤角膜神经造成干眼症状,大多数随着神经恢复会逐渐缓解,但慢性干眼则可能导致术后视力下降。在 Albiets 等<sup>[42]</sup>研究中,近视 LASIK 27%慢性干眼患者和 7%非干眼患者出现了屈光回退,远视 LASIK 12mo 的回退率为 32%,慢性干眼患者和非干眼患者的回退率分别为 50%、22%<sup>[43]</sup>。

**3.1.5 术前角膜曲率** 研究表明过高或者过低的角膜曲率都有可能引起屈光回退。Chen 等<sup>[3]</sup>和 Zhou 等<sup>[38]</sup>发现术

前角膜曲率高显著降低了回退的风险,角膜平坦增加了回退的风险。然而,Pokroy 等<sup>[44]</sup>却发现较高的角膜曲率会增加回退几率,并认为陡峭的角膜不太稳定,更容易回退或者发生角膜扩张,而平坦的术前角膜曲率足够稳定,可抵挡角膜扩张,因此回退较少。

#### 3.2 手术相关因素

**3.2.1 MM-LASIK 与 FS-LASIK** FS-LASIK 的回退率比 MM-LASIK 低,因为飞秒激光能够制作更薄更均匀的角膜瓣。不均匀角膜瓣的上皮增生可能导致中央角膜曲率变陡,这可能解释 MM-LASIK 中较高的回退率<sup>[4]</sup>。另外,Netto 等<sup>[45]</sup>认为 MM-LASIK 较 FS-LASIK 导致的角膜基质炎症更轻,而晚期角膜基质黏连更弱是导致回退率较高的另一个原因。

**3.2.2 RST 和瓣厚度** 在矫正相同屈光度的情况下,瓣越薄则 RST 会越厚。而较薄的 RST 容易导致角膜膨隆,从而产生更大的回退。Alio 等<sup>[46]</sup>对近视 LASIK 术后患者随访 15a,发现薄角膜及低 RST 是屈光回退的危险因素。Lim 等<sup>[11]</sup>也发现与非回退组相比,回退组 LASIK 患者的 RST 更薄,回退组 LASEK 患者术后 CCT 更小。此外还发现,瓣越薄,保留 RST 越厚,术后的效果更佳。Ogasawara 等<sup>[47]</sup>对比了 RST<350 $\mu$ m 和  $\geq$ 350 $\mu$ m 患者,发现前者角膜曲率逐年增加,视力下降明显,和回退显著相关。

**3.2.3 光区与过渡区大小** 光区(optical zone, OZ)越小越容易回退。Chen 等<sup>[3]</sup>发现近视 LASIK 手术小 OZ(直径 <6.0mm)比大 OZ(直径  $\geq$ 6.0mm)的眼更易发生回退。远视 LASIK 也有类似情况,Argento 等<sup>[48]</sup>发现较大 OZ 会有更稳定的结果。而在表层手术上的研究提示,较少的近视回退往往和较大 OZ、平滑的过渡区(transitional zone, TZ)引起较小的周边曲率变化有关<sup>[40]</sup>。Pokroy 等<sup>[44]</sup>研究认为小 OZ 也是 PRK 术后回退的危险因素。

#### 4 屈光回退的预防

**4.1 手术方式的选择** 针对手术条件,规避一些患者危险因素,选择合理的手术方式,可以有效预防屈光回退的发生。比如,对于中低度近视、薄角膜、无瘢痕体质、运动强度大或从事易外伤职业的患者,如依从性好,可选择表层手术<sup>[49]</sup>;对于术前等效球镜度(spherical equivalent, SE)为 -2.00~-12.00D,需要尽快恢复视力、避免疼痛及不便于定期随访的患者,如角膜较厚可选择板层手术<sup>[50]</sup>;角膜相对较薄的高度、超高度近视,以及角膜过薄的中低度近视患者,可选择有晶状体眼人工晶状体植入术<sup>[49]</sup>。

#### 4.2 药物预防

**4.2.1 降眼压药物的提前应用**  $\beta$ 受体阻滞剂通过减少房水生成降低眼压,从而减少角膜前突。刘丹等<sup>[51]</sup>将近视 LASIK 患者分为两组,试验组术后 1d 使用马来酸噻吗洛尔滴眼液,对照组术后 8d 使用,1 次/天,连续用药 2mo 后发现两组裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)及 SE 差异均有统计学意义。牟章兵等<sup>[52]</sup>给近视 LASIK 术后试验组使用盐酸卡替洛尔,2 次/天,持续 2wk,然后改为 1 次/天,再滴 2wk,发现试验组屈光度及角膜曲率都更稳定。推断术后应用降眼压药物可预防屈光回退,早期应用效果更佳。

**4.2.2 抑制 haze 形成的药物使用** 有研究表明可使用

MMC、糖皮质激素及维生素来降低表层手术中 haze 的形成,从而预防屈光回退的发生。Shojaei 等<sup>[53]</sup>在术中短期使用 0.02% MMC 可防止轻度 haze。使用 MMC 时需注意控制剂量和作用时间。也有研究者对远视 LASIK 患者基质床上应用 0.02% MMC 持续 10s,术后复查角膜地形图稳定,屈光回退较少<sup>[54]</sup>。

术后局部使用糖皮质激素滴眼液可在术后 1~3mo 预防 haze,但对预防迟发性 haze 无效<sup>[55]</sup>。Vetruigno 等<sup>[56]</sup>在近视 PRK 术后 1d 即给予试验组氟米龙滴眼液,对照组使用非甾体消炎滴眼液,待上皮愈合后两组均使用糖皮质激素滴眼液,中度近视用氟米龙滴眼液,高度近视用地塞米松滴眼液。两种糖皮质激素均使用 1mo,4 次/天,然后每 3wk 递减一次。随访发现试验组近视回退率更低,高度近视患者 haze 发生率更少。

用于抑制 haze 常用的维生素有维生素 A、E 和 C。Vetruigno 等<sup>[57]</sup>给近视 PRK 试验组补充大剂量的维生素 A 和 E,发现试验组上皮愈合更快,haze 形成和回退发生更少。Stojanovic 等<sup>[58]</sup>给近视 PRK 试验组从术前 1wk 至术后 2wk 口服 500mg 维生素 C,2 次/天,haze 发生也明显减少。推测维生素 A、E、C 可阻止紫外线损伤,减少角膜细胞活化,防止氧自由基的形成,从而抑制 haze 的发生。

**4.3 CXL** CXL 可联合应用于角膜屈光手术,增加角膜基质的拉伸强度和稳定性,从而预防屈光回退。Kanellopoulos 等<sup>[59]</sup>对 65 眼行近视 LASIK-CXL,75 眼行 LASIK,术后 2a CXL 组屈光稳定性更佳。Kanellopoulos 等<sup>[27]</sup>对 34 例患者行远视 LASIK,随机选择一只眼进行预防性 CXL,2a 后发现未联合 CXL 的眼回退更明显。此外,CXL 有可能抑制角膜上皮增生,这也许是 CXL 预防回退的原因之一<sup>[12]</sup>。

## 5 屈光回退的处理

对已经发生的屈光回退,目前可采取非手术(降眼压药物、角膜塑形镜)和增效手术的方法处理。目前用于近视回退的常用降眼压药物有尼普地洛、噻吗洛尔等。Kamiya 等<sup>[60]</sup>使用尼普地洛,2 次/天,使用  $9.4 \pm 2.8$ mo,发现 85% 和 59% 近视 LASIK 屈光回退可以分别改善 0.25D 和 0.50D 以上。Qi 等<sup>[61]</sup>使用 0.5% 噻吗洛尔滴眼液,每日 2 次,使用 3mo,El-Awady 等<sup>[62]</sup>使用 0.1% 噻吗洛尔凝胶,每日 1 次,连续 1a,均达到改善屈光回退的作用。Ryu 等<sup>[63]</sup>给 FS-LASIK 术后发生屈光回退的患者使用噻吗洛尔滴眼液合并糖皮质激素滴眼液,发现经过药物治疗后屈光回退显著改善。认为用药后角膜上皮厚度的降低是屈光回退改善的主要原因。此外,也有学者将角膜塑形镜(orthokeratology,OK)用于近视回退患者<sup>[64]</sup>。但是,非手术方法并不能一劳永逸地解决问题,而且大多数屈光回退的患者还存在视觉质量不佳的问题,无法通过点药或者戴角膜塑形镜改善,因此需要增效手术来处理。增效手术相比初次手术的术前评估和检查更加复杂,需要了解患者完整的病历资料,比初次手术更加详细的眼部检查,合理的个性化手术方案以及术式选择,才能达到较好的结果。

## 6 结论

屈光回退是角膜屈光手术后一个较为普遍的问题,尽管其确切的发生机制还有待进一步研究,但是临床医生可

以在术前通过患者年龄、屈光度、预设 OZ 直径以及预测 RST 大小等来预判术后发生近视回退的风险,选择合理的手术方式,同时可以使用降眼压药物以及联合 CXL 对高危病例进行预防;在确定屈光回退后,可以通过非手术以及增效手术的方法进行处理。屈光手术医生应充分认识屈光回退的问题,在术前及术后跟高风险患者良好沟通,从而让患者达到合理的期望值,获得更佳的生活质量。

## 参考文献

- 1 Yan MK, Chang JS, Chan TC. Refractive regression after laser *in situ* keratomileusis. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(8):934-944
- 2 Moshirfar M, Jehangir N, Fenzl CR, et al. LASIK enhancement: clinical and surgical management. *J Refract Surg* 2017;33(2):116-127
- 3 Chen YI, Chien KL, Wang IJ, et al. An interval-censored model for predicting myopic regression after laser *in situ* keratomileusis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(8):3516-3523
- 4 Lin MY, Chang DC, Hsu WM, et al. Cox proportional hazards model of myopic regression for laser *in situ* keratomileusis flap creation with a femtosecond laser and with a mechanical microkeratome. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(6):992-999
- 5 Ağca A, Çakır i, Tülü Aygün B, et al. Visual and refractive outcomes of small-incision lenticule extraction in high myopia: 5-year results. *J Ophthalmol* 2018;2018:5893126
- 6 Pedersen IB, Ivarsen A, Hjortdal J. Three-year results of small incision lenticule extraction for high myopia: refractive outcomes and aberrations. *J Refract Surg* 2015;31(11):719-724
- 7 Reinstein DZ, Pradhan KR, Carp GI, et al. Small incision lenticule extraction for hyperopia: 3-month refractive and visual outcomes. *J Refract Surg* 2019;35(1):24-30
- 8 Naderi M, Sabour S, Khodakaram S, et al. Studying the factors related to refractive error regression after PRK surgery. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):198
- 9 Haw WW, Manche EE. Excimer laser retreatment of residual myopia following photoastigmatic refractive keratectomy for compound myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(5):660-667
- 10 Kocamış Si, Çakmak HB, Gerçeker S, et al. Long-term clinical outcomes of myopic patients having thin residual corneal thickness after excimer laser surface ablation. *Semin Ophthalmol* 2017;32(4):474-481
- 11 Lim SA, Park Y, Cheong YJ, et al. Factors affecting long-term myopic regression after laser *in situ* keratomileusis and laser-assisted subepithelial keratectomy for moderate myopia. *Korean J Ophthalmol* 2016;30(2):92-100
- 12 Kang DSY, Kim SW. Effect of corneal cross-linking on epithelial hyperplasia and myopia regression after transepithelial photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 2019;35(6):354-361
- 13 Adib-Moghaddam S, Arba-Mosquera S, Walter-Fincke R, et al. Transepithelial photorefractive keratectomy for hyperopia: a 12-month bicentral study. *J Refract Surg* 2016;32(3):172-180
- 14 Waring GO, Lynn MJ, Strahlman ER, et al. Stability of refraction during four years after radial keratotomomy in the prospective evaluation of radial keratotomomy study. *Am J Ophthalmol* 1991;111(2):133-144
- 15 Lin DY, Manche EE. Two-year results of conductive keratoplasty for the correction of low to moderate hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(12):2339-2350
- 16 Ehrlich JS, Manche EE. Regression of effect over long-term follow-up of conductive keratoplasty to correct mild to moderate hyperopia. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(9):1591-1596
- 17 Moshirfar M, Desautels JD, Walker BD et al. Mechanisms of Optical

Regression Following Corneal Laser Refractive Surgery: Epithelial and Stromal Responses. *Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol* 2018;7:1-9

18 Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Change in epithelial thickness profile 24 hours and longitudinally for 1 year after myopic LASIK; three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg* 2012;28(3):195-201

19 Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Longitudinal postoperative lasik epithelial thickness profile changes in correlation with degree of myopia correction. *J Refract Surg* 2014;30(3):166-171

20 Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, et al. Epithelial thickness after hyperopic LASIK; three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg* 2010;26(8):555-564

21 Ganesh S, Brar S, Relekar KJ. Epithelial thickness profile changes following small incision refractive lenticule extraction (SMILE) for myopia and myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2016;32(7):473-482

22 Moshirfar M, Bruner CD, Skanchy DF, et al. Hyperopic small-incision lenticule extraction. *Curr Opin Ophthalmol* 2019; 30(4):229-235

23 Fu D, Zhang ZY, Wang L, et al. Refractive regression and changes in central corneal thickness three years after laser-assisted subepithelial keratectomy for high myopia in eyes with thin corneas: a retrospective study. *Semin Ophthalmol* 2017;32(5):631-641

24 Randleman JB, Dawson DG, Grossniklaus HE, et al. Depth-dependent cohesive tensile strength in human donor corneas: implications for refractive surgery. *J Refract Surg* 2008;24(1):S85-S89

25 高晶, 孙熠, 温嗣, 等. 中高度近视患者 LASIK 术后屈光回退的临床分析. *国际眼科杂志* 2019;19(4):614-618

26 Chan TC, Liu D, Yu M, et al. Longitudinal evaluation of posterior corneal elevation after laser refractive surgery using swept-source optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2015;122(4):687-692

27 Kanellopoulos AJ, Kahn J. Topography-guided hyperopic LASIK with and without high irradiance collagen cross-linking: initial comparative clinical findings in a contralateral eye study of 34 consecutive patients. *J Refract Surg* 2012;28(11 Suppl):S837-S840

28 黄云丽, 王雁, 窦瑞, 等. SMILE 术后角膜形变与角膜生物力学变化的研究. *中华眼科杂志* 2017;53(1):11-17

29 Miyata K, Kamiya K, Takahashi T, et al. Time course of changes in corneal forward shift after excimer laser photorefractive keratectomy. *Arch Ophthalmol* 2002;120(7):896-900

30 Majmudar PA, Schallhorn SC, Cason JB, et al. Mitomycin-C in corneal surface excimer laser ablation techniques: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2015; 122(6):1085-1095

31 Tuft SJ, Zabel RW, Marshall J. Corneal repair following keratectomy. A comparison between conventional surgery and laser photobleaching. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1989;30(8):1769-1777

32 Margo JA, Munir WM. Corneal haze following refractive surgery: a review of pathophysiology, incidence, prevention, and treatment. *Int Ophthalmol Clin* 2016;56(2):111-125

33 Ghanem RC, Ghanem VC, de Souza DC et al. Customized topography-guided photorefractive keratectomy with the MEL-70 platform and mitomycin C to correct hyperopia after radial keratotomy. *J Refract Surg* 2008;24(9):911-922

34 Esquenazi S, He JC, Kim DB, et al. Wound-healing response and refractive regression after conductive keratoplasty. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(3):480-486

35 Magallanes R, Shah S, Zadok D, et al. Stability after laser in situ keratomileusis in moderately and extremely myopic eyes. *J Cataract*

*Refract Surg* 2001;27(7):1007-1012

36 Jin HY, Wan T, Wu F, et al. Comparison of visual results and higher-order aberrations after small incision lenticule extraction (SMILE): high myopia vs mild to moderate myopia. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):118

37 Jaycock PD, O'Brart DPS, Rajan MS, et al. 5-year follow-up of LASIK for hyperopia. *Ophthalmology* 2005;112(2):191-199

38 Zhou JH, Gao Y, Li SW, et al. Predictors of myopic regression for laser-assisted subepithelial keratomileusis and laser-assisted in situ keratomileusis flap creation with mechanical microkeratome and femtosecond laser in low and moderate myopia. *Ophthalmic Epidemiol* 2020;27(3):177-185

39 Strobbe E, Cellini M, Barbaresi U, et al. Influence of age and gender on corneal biomechanical properties in a healthy Italian population. *Cornea* 2014;33(9):968-972

40 Zhou J, Gu W, Li S, et al. Predictors affecting myopic regression in -6.0D to -10.0D myopia after laser-assisted subepithelial keratomileusis and laser in situ keratomileusis flap creation with femtosecond laser-assisted or mechanical microkeratome-assisted. *Int Ophthalmol* 2020;40(1):213-225

41 Kim G, Christiansen SM, Moshirfar M. Change in keratometry after myopic laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(4):564-574

42 Albiets JM, Lenton LM, Franzco, et al. Chronic dry eye and regression after laser in situ keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(3):675-684

43 Albiets JM, Lenton LM, McLennan SG. Effect of laser in situ keratomileusis for hyperopia on tear film and ocular surface. *J Refract Surg* 2002;18(2):113-123

44 Pokroy R, Mimouni M, Sela T, et al. Myopic laser in situ keratomileusis retreatment: Incidence and associations. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(10):1408-1414

45 Netto MV, Mohan RR, Medeiros FW, et al. Femtosecond laser and microkeratome corneal flaps: comparison of stromal wound healing and inflammation. *J Refract Surg* 2007;23(7):667-676

46 Alió JL, Soria F, Abbouda A, et al. Laser in situ keratomileusis for -6.00 to -18.00 diopters of myopia and up to -5.00 diopters of astigmatism: 15-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(1):33-40

47 Ogasawara K, Onodera T. Residual stromal bed thickness correlates with regression of myopia after LASIK. *Clin Ophthalmol* 2016; 10:1977-1981

48 Argento CJ, Cosentino MJ. Comparison of optical zones in hyperopic laser in situ keratomileusis: 5.9 mm versus smaller optical zones. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(8):1137-1146

49 李莹, 姜洋. 推论近视矫正眼外与眼内手术方式的选择. *山东大学耳鼻喉眼学报* 2020;34(2):1-6

50 Zhao W, Wu T, Dong ZH, et al. Comparison of visual acuity of the patients on the first day after sub-Bowman keratomileusis or laser in situ keratomileusis. *Int J Ophthalmol* 2016;9(3):448-452

51 刘丹, 陈金鹏. LASIK 术后不同时间应用噻吗洛尔对高度近视屈光回退的影响. *国际眼科杂志* 2019;19(5):826-829

52 牟章兵, 吴宁玲, 莫静, 等. 降压药预防 LASIK 术后屈光回退. *眼科新进展* 2012;32(6):539-542

53 Shojaei A, Ramezanzadeh M, Soleyman-Jahi S, et al. Short-time mitomycin-C application during photorefractive keratectomy in patients with low myopia. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(2):197-203

54 Moawad EM, Abd Elghany AA, Gab-Alla AA, et al. LASIK -

induced corneal changes after correction of hyperopia with and without application of Mitomycin-C. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):93

55 Kaiserman I, Sadi N, Mimouni M, *et al.* Corneal breakthrough haze after photorefractive keratectomy with mitomycin C: incidence and risk factors. *Cornea* 2017;36(8):961-966

56 Vetrugno M, Maino A, Quaranta GM, *et al.* The effect of early steroid treatment after PRK on clinical and refractive outcomes. *Acta Ophthalmol Scand* 2001;79(1):23-27

57 Vetrugno M, Maino A, Cardia G, *et al.* A randomised, double masked, clinical trial of high dose vitamin A and vitamin E supplementation after photorefractive keratectomy. *Br J Ophthalmol* 2001;85(5):537-539

58 Stojanovic A, Ringvold A, Nitter T. Ascorbate prophylaxis for corneal haze after photorefractive keratectomy. *J Refract Surg* 2003, 19(3):338-343

59 Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Combined laser *in situ* keratomileusis and prophylactic high-fluence corneal collagen crosslinking for high

myopia; two-year safety and efficacy. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(7):1426-1433

60 Kamiya K, Aizawa D, Igarashi A, *et al.* Effects of antiglaucoma drugs on refractive outcomes in eyes with myopic regression after laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2008;145(2):233-238

61 Qi H, Gao C, Li Y, *et al.* The effect of Timolol 0.5% on the correction of myopic regression after LASIK. *Medicine (Baltimore)* 2017;96(17):e6782

62 El-Awady HE, Ghanem AA, Gad MA. Evaluation of the role of timolol 0.1% gel in myopic regression after laser *in situ* keratomileusis. *Saudi J Ophthalmol* 2010;24(3):81-86

63 Ryu IH, Kim WK, Nam MS, *et al.* Reduction of corneal epithelial thickness during medical treatment for myopic regression following FS-LASIK. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):296

64 Park YM, Park YK, Lee JE, *et al.* Effect of orthokeratology in patients with myopic regression after refractive surgery. *Contact Lens Anterior Eye* 2016;39(2):167-171