· 综　　述 ·

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术术后角膜组织重建与增强术

赵武校　综述　李敏　审校
广西壮族自治区人民医院　广西视光中心　广西眼科中心，南宁 530021
通信作者：李敏，Email：limin00899@163.com

【摘要】 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术（SMILE）是一种相对较新的角膜屈光手术方式，近几年来迅猛发展。尽管角膜屈光手术成功率很高，但仍可能因欠矫、过矫、屈光回退等原因而需行增强术，其中角膜上皮和基质重建是屈光回退的主要原因。本文将围绕 SMILE 术后角膜上皮和基质重建特点、SMILE 术后增强术的危险因素、SMILE 术后增强术的补矫策略与临床疗效，以及增强术后的组织愈合特点与角膜生物力学差异等临床问题展开综述。

【关键词】 屈光手术；飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术；角膜重建；危险因素；增强术
基金项目：广西壮族自治区卫生健康委员会项目（Z2010242）
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.02.012

Corneal remodeling and enhancement after small incision lenticule extraction

Zhao Wuxiao, Li Min
Center for Optometry and Visual Science, Department of Optometry and Ophthalmology, the People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning 530021, China
Corresponding author: Li Min, Email: limin00899@163.com

[**Abstract**] Small incision lenticule extraction (SMILE) is a new option for corneal refractive surgery, which has developed quickly in recent years. Although modern corneal refractive surgery has reached a high success rate, enhancement may be required after refractive surgery. Reasons for enhancement include initial overcorrection or undercor rection and refractive regression, corneal epithelium and stromal remodeling are two main factors contributing to refractive regression. The corneal remodeling process and the risk factors of enhancement after SMILE, and the potential enhancement strategies and their effects, and wound healing process and corneal biomechanics after enhancement are important issues in clinic. This article reviewed relevant literatures and focused on the above issues.

[**Key words**] Refractive surgery procedures; Small incision lenticule extraction; Corneal remodeling; Risk factor; Enhancement
Fund program: Guangxi Zhuang Autonomous Region Health Commission Project (Z2010242)
DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.02.012

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术（small incision lenticule extraction，SMILE）是利用飞秒激光在角膜基质内制作一定屈光度的透镜，随后通过2 mm微切口将透镜取出，进而达到矫正屈光不正的角膜屈光手术方式[1]。作为一种创新的术式，SMILE 的临床研究及临床应用均发展迅速[1-4]。对于临床医生而言，认识屈光手术后角膜创伤愈合反应过程及其对角膜生物力学和屈光状态的影响，对于提高激光矫正近视的有效性和安全性有重要意义。尽管角膜屈光手术成功率很高，但仍可能因欠矫、过矫、屈光回退等原因导致患者术后视力不佳或术后不满意，进而需要通过二次屈光手术来改善或增强手术效果（增强术）。那么，SMILE 术后的角膜创伤愈合反应特点，特别是增强术的相关危险因素及治疗策略是临床关注的重点问题之一。本文就 SMILE 术后角膜组织重建与增强术的研究进展进行综述。

1　SMILE 术后角膜愈合特点

1.1　SMILE 术后角膜上皮重建

角膜上皮重建是角膜上皮层的一种潜能，是角膜上皮为补偿基质的不规则性或者基质表面形态改变而发生的厚度变化过程，旨在维持角膜光学面的完整性。临床上，此过程不仅见于圆锥角膜、屈光手术后的角膜扩张、角膜基质损伤和角膜交联术后，而且角膜屈光手术，如准分子激光角膜切削术

Q2xvdWRWZXJzaW9uLQo?

(photorefractive keratectomy, PRK)、准分子激光角膜原位磨镶术(laser-assisted in situ keratomileusis, LASIK)、SMILE 术后也都观察到了角膜上皮层的厚度的变化。

基于频域光相干断层扫描(spectral-domain optical coherence tomography, SD-OCT)和超高频率超声检测设备的研究均发现,SMILE 术后角膜顶点上皮厚度增加[5-6]。在这一发现的提示下,Luft 等[7]借助 SD-OCT 首次对 23 例 46 眼近视患者 SMILE 术后的角膜中央5 mm范围内的上皮层厚度进行了随访观察,发现 SMILE 术后 6 个月的随访期内,角膜上皮层厚度在术后呈增加趋势,术后 3 个月开始趋向稳定;术后 6 个月较术前基线值增厚 10.3%(约5.4 μm);角膜顶点的上皮厚度与 SMILE 透镜的等效球镜度(spherical equivalent, SE)呈正相关,但角膜上皮厚度增加量与术后屈光度偏差(目标屈光度与实际屈光度差值)之间无相关性。

角膜上皮重建的机制尚不清楚。Patel 等[8]报道,PRK 和 LASIK 术后持续性角膜上皮增厚可长达 7 年;而 Luft 等[7]关于 SMILE 术后角膜上皮厚度的研究仅随访了 6 个月,尚不能判断 SMILE 术后角膜上皮重建是暂时性还是永久性变化。由于上皮厚度增加量与屈光矫正度数相关,故推测 SMILE 术后角膜上皮重建可能是由基质层的曲率变化所驱动的[7]。由于 SMILE 术后早期角膜上皮增厚对术后屈光结果无影响,故不会导致屈光回退[7]。

Ryu 等[9]进行的对照研究结果显示,尽管 SMILE 和飞秒激光辅助准分子激光角膜原位磨镶术(femtosecond laser-assited in situ keratomileusis, FS-LASIK)术后均发现角膜上皮增厚与患者近视屈光度相关,但 2 种手术的角膜上皮重建过程存在差异:SMILE 术后 1 个月角膜中央2 mm区和旁中央2 ~ 5 mm区上皮层厚度即开始稳定,而 FS-LASIK 术后 3 个月角膜上皮层仍在继续增厚;术后 1 个月和 3 个月,SMILE 组角膜中央2 mm区和旁中央2 ~ 5 mm区的上皮厚度增加量均明显低于 FS-LASIK 组,但 2 个组角膜中周部5 ~ 6 mm区的变化则是相反的。整体而言,与 FS-LASIK 相比,SMILE 组术眼角膜中央上皮更容易快速稳定下来。

1.2　SMILE 术后角膜基质重建

SMILE 术后角膜基质厚度变化即为角膜基质重建过程。Luft 等[10]借助 SD-OCT 对 21 例 42 眼近视患者 SMILE 术后角膜中央5 mm范围角膜基质厚度进行了 1 年的随访观察,结果发现 SMILE 术后 1 d 至术后 6 周,角膜基质厚度在角膜顶点、旁中央1.25 mm半径区、中周部2.5 mm半径区各检测点均显著变薄(考虑这一时期的厚度变化是由角膜水肿消退所致);术后 6 周、3 个月、6 个月、1 年,角膜顶点基质厚度则呈现出显著增厚趋势,但在旁中央1.25 mm半径区、中周部2.5 mm半径区角膜基质厚度均保持稳定;术后 1 年,角膜中央基质实际厚度变薄量显著低于期望的厚度变薄量,差值为(18.7±5.7)μm。中央角膜基质实际厚度变薄量与期望值之间高度相关($r=0.89$, $P<0.05$),这提示在高度近视眼,二者间的差值将会增大。

对于 SMILE,曾有研究使用激光扫描共焦显微镜和眼反应分析仪评估术后角膜超微结构和生物力学特性的变化情况[11-13]。Patel 等[8]采用自身对照设计,使用 Pentacam 观察发现术后早期 SMILE 组的角膜基质层后散射吸光度(A)值在各检测时间点均高于 FS-LASIK 组,其中术后 1 周、1 个月、3 个月 2 个组间 A 值比较差异有统计学意义,术后 6 个月 2 个组间 A 值比较差异无统计学意义,但 2 个组各时间点角膜层间交界面的反射颗粒数量比较差异均无统计学意义[8]。基于眼反应分析仪,Agca 等[9]采用前瞻性、随机化、自身对照设计方法研究中低度近视患眼的角膜生物力学,发现术前 SMILE 组和 FS-LASIK组 SE 相似,差异无统计学意义($P=0.852$),术后 2 个组的角膜生物力学参数角膜滞后量(corneal hysteresis, CH)和角膜阻力因子(corneal resistance factor, CRF)值均下降,但术后 1 个月与 6 个月 2 个组间 CH 值、CRF 值均无明显变化,并且 2 个组间术前、术后 1 个月、6 个月各时间点相互之间的差值比较差异均无统计学意义,即 SMILE 和FS-LASIK 2种术式对中低度近视眼角膜生物力学的影响无明显差异。近期,Wang 等[13]报道了 SMILE 与 FS-LASIK 在高度近视中的角膜生物力学对照研究结果:与术前相比,术后 2 个组均出现 CH、CRF 值下降;术前、术后 6 个月、12 个月各时间点 2 个组间 CH 和 CRF 值比较差异均无统计学意义,其中 2 个组间各时间点间 CH 值变化量比较差异均无统计学意义,但FS-LASIK组各时间点间 CRF 值的变化量高于 SMILE 组,差异有统计学意义($P<0.05$),即 SMILE 与 FS-LASIK 对高度近视眼角膜生物力学的影响相似。另有基于 Corvis ST 的前瞻性对照研究结果也提示,SMILE 与 FS-LASIK 术后 Corvis ST 生物力学参数比较,差异无统计学意义[14]。

Kim 等[15]通过 Orbscan 角膜地形图观察发现,LASIK 和 LASEK 术后存在角膜后表面前膨的变化特征[15]。作为一种“无瓣”的新术式,SMILE 术后角膜后表面高度会怎样变化呢?由于 Pentacam 测量正常人眼后表面具有良好的重复性[16],近期 Zhao 等[17-18]采用该系统对 SMILE 术眼的后表面高度进行了动态观察,早期结果显示中、高度近视眼角膜后表面中央 4 mm区域在术后 1、3、6 和 12 个月后表面中央高度、后表面平均高度与术前值比较,差异均无统计学意义,即 SMILE 术后 1 年内后表面高度保持稳定;远期结果显示,SMILE 术后 3 年角膜后表面最大高度与术前值比较,差异无统计学意义,角膜后表面中央高度、最薄点高度较术前值明显降低;角膜后表面高度与切削深度、剩余基质床厚度、术前角膜最薄点厚度均无相关性。Wang 等[13]对高度近视眼 SMILE 与 FS-LASIK 术后角膜后表面高度变化进行对照研究发现,2 个组术后 3、6 和 12 个月 Pentacam 均检测到角膜后表面高度较术前稍微前膨,但 2 个组间术后 3、6 和 12 个月各时间点角膜后表面高度变化量比较差异均无统计学意义,组间比较仅见术后 12 个月 FS-LASIK 组角膜后,表面高度变化量高于 SMILE 组,差异有统计学意义($P=0.048$)。

PRK 引起的创伤愈合反应与角膜基质细胞凋亡、肌成纤维细胞迁移、转分化为肌成纤维母细胞,以及合成并分泌细胞外基质等细胞生物学行为有关[19];而角膜愈合反应的强度以及 haze 发生率则是由组织切削量决定的[20]。为了深入研究角膜

Q2xvdWRWZXJzaW9uLQo?

炎症反应水平与激光切削量之间的关系，Dong 等[21]对兔眼分别行 SMILE 和 FS-LASIK，结果显示与 FS-LASIK 组相比，SMILE 组术后角膜基质细胞凋亡、增生和炎症反应更少。Mastropasqua 等[22]利用活体共焦显微镜观察发现，SMILE 术后 1 周、1 个月、3 个月飞秒激光治疗的层间交界面反射强度与反射颗粒数量逐渐减少并保持稳定，其余角膜板层间则显示正常；不同屈光度患者（-3.75、-6.00 和-10.00 D）间的层间反应比较，差异无统计学意义。

2　SMILE 术后增强术的危险因素

角膜屈光手术后增强术的原因包括过矫、欠矫以及屈光回退等。Liu 等[23]完成的一项长达 4 年的前瞻性队列研究针对 SMILE 术后增强术的发生率、危险因素以及疗效进行了报道，结果显示 SMILE 术后增强术的发生率为 2.7%（1 年内为 2.1%，且 71.4% 的术眼发生在第 1 年，2 年内为 2.9%），而年龄>35 岁、术前 SE>6.00 D、术前高度近视（球镜度<-6.00 D）、高度散光（柱镜度>3.00 D）以及术中负压丢失等是 SMILE 术后增强术的危险因素，但 SMILE 术后增强术的比例无种族、性别差异。

SMILE 术后增强术的发生率随年龄的增长而增加[23]。这与 PRK 和 LASIK 术后增强术的观察结果相似[24-26]。推测这与高龄患者的角膜愈合反应以及生物力学特性有关：角膜屈光手术后，高龄患者通常基质层的细胞反应更强，导致不可预测性并产生屈光回退[27]。另外，年龄相关的角膜硬度改变可能会影响术中制作、分离出的基质层透镜的实际形状，进而对屈光结果产生影响[28]。

屈光度数较高的患者术后屈光回退的现象在 LASIK 较常见[29]，而 SMILE 术后发生屈光回退的原因可能与基质层制作、取出的透镜明显厚于低屈光度患者、基质层表面形态改变较大、光学区较多的基质细胞参与术后重建有关[1]。基质层较强的层间愈合反应使得屈光度数较高的患者术后预测性降低，最终导致屈光度数较高的患者 SMILE 术后增强术发生率增加。

Moshirfar 等[30]对文献报道的 SMILE 术后角膜扩张病例进行总结发现，这些患者术前已经存在亚临床期圆锥角膜的角膜地形图表现，遗憾的是未能及时、准确地筛查出来，而 SMILE 手术本身并非角膜扩张的根本原因，这说明进一步提高术前亚临床期圆锥角膜筛查的敏感性仍具有重要意义。

3　SMILE 术后增强术的临床策略与疗效

LASIK 术后增强术的发生率为 5% ~28%[31-35]。LASIK 术后增强术可采用将原有角膜瓣再次掀起、表层手术或重新制瓣等方式来进行补矫[35-36]。SMILE 术后增强术发生率目前报道较少，Siedlecki 等[37]报道 SMILE 术后增强术发生率为 2.2%（43/1 963）；Liu 等[23]的数据显示，SMILE 术后增强术发生率为 2.7%（14/524）。

3.1　SMILE 术后增强术的补矫策略

由于 SMILE 本身无角膜瓣，SMILE 术后增强术可采用不同的补矫策略。

3.1.1　VisuMax®CIRCLE 增强术（CIRCLE 辅助的准分子激光切削术）　VisuMax®CIRCLE 增强术是由 VisuMax®飞秒激光平台提供的一种帽改瓣的激光扫描技术，通过 CIRCLE 技术启动飞秒激光制瓣（正常负压吸引后，飞秒激光依次在指定深度的基质层进行一定宽度的环形扫描、沿环的外缘制作带蒂的角膜边切、沿环的内缘进行基质内连接性质的环切使之与原透镜边缘相通），掀瓣后使用准分子激光切削完成补矫。根据飞秒激光环形扫描深度与原 SMILE 帽深度的差异以及是否作环内缘连接性环切，ZEISS 公司将 CIRCLE 技术分为 A、B、C、D4 种模式供选择。已有两项前瞻性研究分别报道了兔眼和人眼 SMILE 术后 CIRCLE 技术制瓣的安全性[38-39]。

Siedlecki 等[40]报道了使用 ZEISS 公司推荐的 pattern D 模式（在原 SMILE 角膜帽相同的深度进行环形扫描、沿环的外缘制作角膜边切、沿环的内缘进行基质内环切）成功实施 SMILE 术后增强术的患者 22 眼，结果显示增强术前 SE 为（-0.51±1.08）D，增强术在 SMILE 术后（10.0±7.9）个月实施，术者均能顺利掀开角膜瓣，增强术后 3 个月 SE 为（0.18±0.31）D；术后屈光度在 0.50 D 范围内的比例从 31.8% 提高至 90.9%，在 1.00 D 范围内的比例从 77.3% 提高到 100%；所有术眼裸眼视力至少提高 1 行，有 2 眼矫正视力丢失 1 行，占 9.1%，无矫正视力丢失≥2 行者，增强术后 3 个月的安全性和有效性指数分别为 1.03 和 0.97。

3.1.2　帽下透镜取出术　Donate 等[41]于 2015 年首次报道了帽下透镜取出术（sub-cap lenticule-extraction technique，SubCap-LE），患者术后裸眼视力达到正常水平。手术原理为飞秒激光仅需完成透镜下方平面与边切的扫描，将初次 SMILE 术后形成的交界面作为透镜的上层，而分离出的透镜经原有的角膜切口取出即完成增强术。与经典的 SMILE 手术相比，SubCap-LE 不需制作透镜的上层，理论上避免了形成“夹层/错层”的风险，但患者角膜上皮层厚度的变异可能会影响手术效果的预测。因而在手术设计前需准确测量初次 SMILE 术后形成的角膜交界面深度以及角膜上皮层厚度。对于补矫度数较低者，可能面临透镜分离或取出困难。因此，尽管 SubCap-LE 作为 SMILE 术后增强术有可行性，但仍需进一步研究以提高其精准性。

3.1.3　表层手术　Liu 等[21]对 307 例 524 眼 SMILE 术后患者中需行增强术的 14 眼进行治疗：采用酒精辅助的 PRK 术式联合使用丝裂霉素 C，术前 UCVA 为 0.25 ~0.8，屈光度为（-0.50±0.86）D，术后 92.9% 的术眼裸眼视力得到提高。Siedlecki 等[37]对1 963眼 SMILE 术后需行增强术的 43 眼（占 2.2%）进行回顾性研究，最终纳入 28 例 40 眼进行为期 3 个月的观察，结果显示患者年龄为（38.4±9.4）岁，所有术眼术前 SE 为（-0.86±0.43）D，采用 LASEK 术式在 MEL80 或 MEL90 准分子激光完成补矫，目标屈光度设定为 0，增强术在 SMILE 术后（9.82±5.27）月实施，术中联合使用丝裂霉素 C；术后 3 个月 SE 为（0.03±0.57）D，裸眼视力（LogMAR 视力）从 0.23±0.20 提高至 0.08±0.15，65% 的术眼裸眼视力至少提高 1 行，增强术后矫正视力保持不变，安全性和有效性指数分别为 1.06 和 0.90。

3.2　SMILE 术后增强术的组织愈合特点和角膜生物力学差异

中华医学会杂志社 版权所有 Q2xvdWRWZXJzaW9uLQo?

Riau 等[42]通过动物实验研究上述 3 种不同的 SMILE 术后增强术的组织愈合特点，结果发现每种术式均有独特的组织愈合反应。其中，作为一种“无瓣”的术式，SubCap-LE 术后发生的炎症反应最轻、细胞凋亡最少；但与 VisuMax® CIRCLR 技术或表层手术相比，SubCap-LE 会受增强术所需补矫屈光度的限制（可能因透镜过薄而难以分离取出）。而表层手术相对于其他 2 种术式更加简便易行，但需要注意调控术后愈合反应和 haze 形成。

Kling 等[43]研究发现，SubCap-LE 和 PRK 这 2 种术式作为 SMILE 术后增强术，对角膜生物力学特性的整体影响较 VisuMax® CIRCLR 技术更小；3 种术式使角膜弹性模量平均降低 7%，而角膜交联术可使增强术后的角膜弹性模量增加 20%。

4　小结与展望

角膜屈光手术后增强术的原因包括过矫、欠矫以及屈光回退等，其发生率受屈光度数、患者期望值、激光能量、经验值以及手术医生经验等因素影响。SMILE 无角膜瓣制作和准分子激光切削过程，术后角膜上皮重建和基质层的愈合反应较小[6,44]；与 FS-LASIK、PRK 相比，术后较少引起细胞凋亡和基质细胞活化、增生、炎症反应更轻[21,45]。因此 SMILE 术后增强术发生率可能较 LASIK 更低。

综上所述，患者年龄偏大、高度屈光不正、术中负压丢失是 SMILE 术后增强术的主要危险因素。屈光手术医师在积累临床经验的基础上，充分认识 SMILE 术后角膜创伤愈合反应特点，可能会有效降低 SMILE 术后增强术的发生率。而对 SMILE 术后需行增强术的患者，掌握并选择性使用 VisuMax® CIRCLE 技术、SubCap-LE 技术、LASEK 等，争取使患者获得满意的术后效果。

志谢　衷心感谢复旦大学附属眼耳鼻喉科医院周行涛教授和重庆医科大学附属第二医院杜之渝教授在本人 SMILE 学习与论文撰写过程中提供的帮助

参考文献

[1] Qin B, Li M, Chen X, et al. Early visual outcomes and optical quality after femtosecond laser small-incision lenticule extraction for myopia and myopic astigmatism correction of over -10 dioptres[J/OL]. Acta Ophthalmol, 2018, 96(3): e341-e346[2018-05-23]. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/aos.13609. DOI: 10.1111/aos.13609.

[2] 危平辉，王雁. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术手术设计对手术效果的影响[J]. 中华实验眼科杂志，2018，36(5)：393-397. DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.05.014.
Wei PH, Wang Y. Effects of operative design during small incision lenticule extraction on surgical outcomes[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2018, 36(5): 393-397. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2018.05.014.

[3] 窦瑞，王雁，吴文静，等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术术后角膜生物力学的影响因素分析[J]. 中华实验眼科杂志，2016，34(5)：448-455. DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.05.013.
Dou R, Wang Y, Wu WJ, et al. Influencing factors of corneal biomechanics following small incision lenticule extraction[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2016, 34(5): 448-455. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.05.013.

[4] 赵伟，王雁，李华，等. 不同程度近视和散光患者行飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术的早期临床疗效评估[J]. 中华实验眼科杂志，2017，35(4)：349-354. DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.04.013.
Zhao W, Wang Y, Li H, et al. Early clinical outcomes of small incision lenticule extraction for different refractive myopia and astigmatism[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2017, 35(4): 349-354. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.04.013.

[5] Vestergaard AH, Grauslund J, Ivarsen AR, et al. Central corneal sublayer pachymetry and biomechanical properties after refractive femtosecond lenticule extraction[J]. J Refract Surg, 2014, 30(2): 102-108. DOI: 10.3928/1081597X-20140120-05.

[6] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Lenticule thickness readout for small incision lenticule extraction compared to artemis three-dimensional very high-frequency digital ultrasound stromal measurements[J]. J Refract Surg, 2014, 30(5): 304-309. DOI: 10.3928/1081597X-20140416-01.

[7] Luft N, Ring MH, Dirisamer M, et al. Cornealepithelial remodeling induced by small incision lenticule extraction (SMILE)[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2016, 57(9): OCT176-183[2018-05-20]. https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2535985. DOI: 10.1167/iovs.15-18879.

[8] Patel SV, Erie JC, McLaren JW, et al. Confocal microscopy changes in epithelial and stromal thickness up to 7 years after LASIK and photorefractive keratectomy for myopia[J]. J Refract Surg, 2007, 23(4): 385-392.

[9] Ryu IH, Kim BJ, Lee JH, et al. Comparison ofcorneal epithelial remodeling after femtosecond laser-assisted LASIK and small incision lenticule extraction (SMILE)[J]. J Refract Surg, 2017, 33(4): 250-256. DOI: 10.3928/1081597X-20170111-01.

[10] Luft N, Priglinger SG, Ring MH, et al. Stromal remodeling and lenticule thickness accuracy in small-incision lenticule extraction: one-year results[J]. J Cataract Refract Surg, 2017, 43(6): 812-818. DOI: 10.1016/j.jcrs.2017.03.038.

[11] Agca A, Ozgurhan EB, Yildirim Y, et al. Corneal backscatter analysis by *in vivo* confocal microscopy: fellow eye comparison of small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK[J/OL]. J Ophthalmol, 2014, 2014: 265012[2018-05-16]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3964686/. DOI: 10.1155/2014/265012.

[12] Agca A, Ozgurhan EB, Demirok A, et al. Comparison of corneal hysteresis and corneal resistance factor after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK: a prospective fellow eye study[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2014, 37(2): 77-80. DOI: 10.1016/j.clae.2013.05.003.

[13] Wang B, Zhang Z, Naidu RK, et al. Comparison of the change in posterior corneal elevation and corneal biomechanical parameters after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK for high myopia correction[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2016, 39(3): 191-196. DOI: 10.1016/j.clae.2016.01.007.

[14] Sefat SM, Wiltfang R, Bechmann M, et al. Evaluation of changes in human corneas after femtosecond laser-assisted LASIK and small-incision lenticule extraction (SMILE) using non-contact Tonometry and ultra-high-speed camera (Corvis ST)[J]. Curr Eye Res, 2016, 41(7): 917-922. DOI: 10.3109/02713683.2015.1082185.

[15] Kim H, Kim HJ, Joo CK. Comparison of forward shift of posterior corneal surface after operation between LASIK and LASEK[J]. Ophthalmologica, 2006, 220(1): 37-42. DOI: 10.1159/000089273.

[16] Chen D, Lam AK. Intrasession and intersession repeatability of the Pentacam system on posterior corneal assessment in the normal human eye[J]. J Cataract Refract Surg, 2007, 33(3): 448-454. DOI: 10.1016/j.jcrs.2006.11.008.

[17] Zhao Y, Li M, Zhao J, et al. Posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction for moderate and high myopia[J/OL]. PLoS One, 2016, 11(2): e0148370[2018-05-04]. https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0148370. DOI: 10.1371/journal.pone.0148370.

[18] Zhao Y, Jian W, Chen Y, et al. Three-year stability of posterior corneal elevation after small incision lenticule extraction (smile) for moderate and high myopia[J]. J Refract Surg, 2017, 33(2): 84-88. DOI: 10.3928/1081597X-20161117-01.

中华医学会杂志社 版权所有 Q2xvdWRWZXJzaW9uLQo?

[19] Shortt AJ, Allan BD, Evans JR. Laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for myopia [J/OL]. Cochrane Database Syst Rev, 2013, (1): CD005135[2018-06-01]. https://www.cochranelibrary.com/cdsr/doi/10.1002/14651858.CD005135.pub3/full. DOI:10.1002/14651858.CD005135.pub.
[20] Møller-Pedersen T, Cavanagh HD, Petroll WM, et al. Corneal haze development after PRK is regulated by volume of stromal tissue removal [J]. Cornea, 1998, 17(6): 627-639.
[21] Dong Z, Zhou X, Wu J, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser LASIK: comparison of corneal wound healing and inflammation[J]. Br J Ophthalmol, 2014, 98(2): 263-269. DOI:10.1136/bjophthalmol-2013-303415.
[22] Mastropasqua L, Calienno R, Curcio C, et al. *In vivo* and *ex vivo* evaluation of inflammation and apoptosis induced after SMILE procedures for different refractive error range[J]. Curr Eye Res, 2017, 42(5): 701-707. DOI:10.1080/02713683.2016.1231324.
[23] Liu YC, Rosman M, Mehta JS. Enhancement after small-incision lenticule extraction: incidence, risk factors, and outcomes[J]. Ophthalmology, 2017, 124(6): 813-821. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.01.053.
[24] Perlman EM, Reinert SE. Factors influencing the need for enhancement after laser in situ keratomileusis[J]. J Refract Surg, 2004, 20(6): 783-789.
[25] Hersh PS, Fry KL, Bishop DS. Incidence and associations of retreatment after LASIK[J]. Ophthalmology, 2003, 110(4): 748-754. DOI: 10.1016/S0161-6420(02)01981-4.
[26] Kruh JN, Garrett KA, Huntington B, et al. Risk factors for retreatment following myopic LASIK with femtosecond laser and custom ablation for the treatment of myopia [J]. Semin Ophthalmol, 2017, 32(3): 316-320. DOI:10.3109/08820538.2015.1088552.
[27] Netto MV, Mohan RR, Ambrósio R, et al. Wound healing in the cornea: a review of refractive surgery complications and new prospects for therapy[J]. Cornea, 2005, 24(5): 509-522.
[28] Hjortdal JØ, Vestergaard AH, Ivarsen A, et al. Predictors for the outcome of small-incision lenticule extraction for myopia[J]. J Refract Surg, 2012, 28(12): 865-871. DOI: 10.3928/1081597X-20121115-01.
[29] Hersh PS, Fry KL, Bishop DS. Incidence and associations of retreatment after LASIK[J]. Ophthalmology, 2003, 110(4): 748-754. DOI: 10.1016/S0161-6420(02)01981-4.
[30] Moshirfar M, Albarracin JC, Desautels JD, et al. Ectasia following small-incision lenticule extraction (SMILE): a review of the literature[J]. Clin Ophthalmol, 2017, 11: 1683-1688. DOI: 10.2147/OPTH.S147011.
[31] Durrie DS, Aziz AA. Lift-flap retreatment after laser in situ keratomileusis[J]. J Refract Surg, 1999, 15(2): 150-153.
[32] Febbraro JL, Buzard KA, Friedlander MH. Reoperations after myopic laser in situ keratomileusis[J]. J Cataract Refract Surg, 2000, 26(1): 41-48.
[33] Hersh PS, Fry KL, Bishop DS. Incidence and associations of retreatment after LASIK[J]. Ophthalmology, 2003, 110(4): 748-754. DOI: 10.1016/S0161-6420(02)01981-4.
[34] Alió JL, Muftuoglu O, Ortiz D, et al. Ten-year follow-up of laser in situ keratomileusis for high myopia[J]. Am J Ophthalmol, 2008, 145(1): 55-64. DOI:10.1016/j.ajo.2007.08.035.
[35] Netto MV, Wilson SE. Flap lift for LASIK retreatment in eyes with myopia[J]. Ophthalmology, 2004, 111(7): 1362-1367. DOI: 10.1016/j.ophtha.2003.11.009.
[36] Davis EA, Hardten DR, Lindstrom M, et al. Lasik enhancements: a comparison of lifting to recutting the flap[J]. Ophthalmology, 2002, 109(12): 2308-2313; discussion 2313-2314.
[37] Siedlecki J, Luft N, Kook D, et al. Enhancement after myopic small incision lenticule extraction (SMILE) using surface ablation[J]. J Refract Surg, 2017, 33(8): 513-518. DOI: 10.3928/1081597X-20170602-01.
[38] Riau AK, Ang HP, Lwin NC, et al. Comparison of four different VisuMax circle patterns for flap creation after small incision lenticule extraction[J]. J Refract Surg, 2013, 29(4): 236-244. DOI:10.3928/1081597X-20130318-02.
[39] Chansue E, Tanehsakdi M, Swasdibutra S, et al. Safety and efficacy of VisuMax® circle patterns for flap creation and enhancement following small incision lenticule extraction[J/OL]. Eye Vis (Lond), 2015, 2: 21[2018-05-28]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4691292/. DOI:10.1186/s40662-015-0031-5.
[40] Siedlecki J, Luft N, Mayer WJ, et al. CIRCLE enhancement after myopic SMILE[J]. J Refract Surg, 2018, 34(5): 304-309. DOI: 10.3928/1081597X-20180308-02.
[41] Donate D, Thaëron R. Preliminary evidence of successful enhancement after a primary SMILE procedure with the sub-cap-lenticule-extraction technique[J]. J Refract Surg, 2015, 31(10): 708-710. DOI: 10.3928/1081597X-20150928-04.
[42] Riau AK, Liu YC, CHL L, et al. Retreatment strategies following small incision lenticule extraction (SMILE): *in vivo* tissue responses[J/OL]. PLoS One, 2017, 12(7): e0180941[2018-05-07]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5510831/. DOI:10.1371/journal.pone.0180941.
[43] Kling S, Spiru B, Hafezi F, et al. Biomechanical weakening of different re-treatment options after small incision lenticule extraction (SMILE)[J]. J Refract Surg, 2017, 33(3): 193-198. DOI: 10.3928/1081597X-20161221-01.
[44] Mohamed-Noriega K, Riau AK, Lwin NC, et al. Early corneal nerve damage and recovery following small incision lenticule extraction (SMILE) and laser in situ keratomileusis (LASIK)[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(3): 1823-1834. DOI: 10.1167/iovs.13-13324.
[45] Wei S, Wang Y, Wu D, et al. Ultrastructural changes and corneal wound healing after SMILE and PRK procedures[J]. Curr Eye Res, 2016, 41(10): 1316-1325. DOI:10.3109/02713683.2015.1114653.

（收稿日期：2018-09-20　修回日期：2018-12-04）

（本文编辑：刘艳）

读者·作者·编者

本刊对论文中关键词的著录要求

本刊投稿的论文请分别在中英文摘要下方标引 3～5 个关键词以便于编制文献索引。关键词应选取能反映文章主题概念的词或词组，中英文关键词应一致。投稿作者可登陆 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh 或 http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh 网站从美国国立医学图书馆的 MeSH 数据库中选取关键词，其中文译名可参照中国医学科学院信息研究所编译的《医学主题词注释字顺表》。未被词表收录的新的专业术语（自由词）可直接作为关键词使用，但应排序在最后。中医药关键词应从中国中医科学院中医药信息研究所编写的《中医药主题词表》中选取。关键词中的缩写词应按《医学主题词注释字顺表》还原为全称，各关键词之间用“；”分隔。

（本刊编辑部）

中华医学会杂志社 版权所有 违者必究　Q2xvdWRWZXJzaW9uLQo?