

## 2 种不同飞秒激光术治疗薄角膜近视散光的效果分析

周传海, 王丽君, 何元旭, 覃冬

(四川省成都市第三人民医院 眼科, 四川 成都, 610000)

**摘要:** **目的** 探讨飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)治疗薄角膜近视散光的效果。**方法** 选取2022年9月—2023年9月本院收治的薄角膜近视散光患者128例为研究对象,随机分为FS-LASIK组(64例,128眼,接受FS-LASIK治疗)和SMILE组(64例,124眼,接受SMILE治疗)。比较2组患者术前及术后1年视力水平[未矫正视力(UCVA)、最佳矫正视力(BCVA)],术后3、6、12个月的屈光参数等效球镜(SE)水平,术前及术后1年角膜表面形态[角膜平均曲率值( $K_{Ave}$ )、角膜表面规则指数(SRI)、角膜表面不对称指数(SAI)],以及角膜生物力学参数[角膜扩张综合偏差分析指数(BAD-D)、角膜生物力学指数(CBI)、综合分析指数(TBI)]、角膜损伤程度[角膜内皮细胞计数、角膜内皮细胞大小变异系数(CV)]、术后散光矫正矢量指标[误差幅度(ME)、误差角度(AE)、矫正指数(CI)和成功指数(IOS)]的差异,并记录术后残余基质床厚度及并发症发生情况。**结果** 术后1年,2组UCVA和BCVA均较术前升高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后3、6、12个月,2组SE水平均高于术前,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间以上时点的SE水平比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后1年,2组角膜表面形态 $K_{Ave}$ 、SRI、SAI水平均较术前降低,且SMILE组低于FS-LASIK组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后1年,2组BAD-D和TBI均较术前升高,CBI均较术前降低,但SMILE组BAD-D和TBI低于FS-LASIK组,CBI高于FS-LASIK组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后1年,2组角膜内皮细胞计数均较术前降低,角膜内皮细胞大小CV较术前升高,但SMILE组角膜内皮细胞计数高于FS-LASIK组,角膜内皮细胞大小CV低于FS-LASIK组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。2组术后ME、AE、CI和IOS比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。术后FS-LASIK组残余基质床厚度为( $302.01 \pm 55.03$ )  $\mu\text{m}$ ,SMILE组为( $310.23 \pm 46.03$ )  $\mu\text{m}$ ,差异无统计学意义( $t = 1.284, P = 0.200$ );术后1年,FS-LASIK组发生干眼症5例,SMILE组2例,2组干眼症发生率比较,差异无统计学意义( $\chi^2 = 1.227, P = 0.268$ )。**结论** 对于薄角膜的近视散光患者,应用FS-LASIK和SMILE治疗均能取得满意的视力提升和屈光改善效果,但后者对角膜结构完整性、生物力学稳定性以及手术损伤程度的影响相对更小。

**关键词:** 飞秒激光辅助的原位角膜磨镶术;小切口微透镜提取术;薄角膜;近视;散光;视力水平

中图分类号: R 61; R 778.1; R 772.2 文献标志码: A 文章编号: 1672-2353(2024)20-048-07 DOI: 10.7619/jcmp.20242740

## Effects of two different femtosecond laser surgeries for the treatment of thin corneal myopic astigmatism

ZHOU Chuanhai, WANG Lijun, HE Yuanxu, QIN Dong

(Department of Ophthalmology, the Third People's Hospital of Chengdu of Sichuan Province, Chengdu, Sichuan 610000)

**Abstract:** **Objective** To explore the effect of femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK) and small incision lenticule extraction (SMILE) femtosecond laser in the treatment of myopic astigmatism with thin cornea. **Methods** From September 2022 to September 2023, 128 patients with thin cornea myopic astigmatism in the hospital were selected and randomly divided into FS-LASIK group (64 cases, 128 eyes, receiving FS-LASIK) and SMILE group (64 cases, 124 eyes, receiving SMILE). The visual acuity [uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA)] before surgery and at 1 year after surgery, refractive parameter spherical equivalent (SE) at 3, 6 and 12 months after surgery, corneal surface morphology [average corneal curvature ( $K_{Ave}$ ), surface regularity index (SRI), surface asymmetry index (SAI)] before surgery and at 1 year after surgery, corneal biomechanic indicators [corneal expansion comprehensive deviation analysis index (BAD-D), corneal biomechanical index (CBI), total biomechanical index (TBI)] and corneal injury

收稿日期: 2024-06-28 修回日期: 2024-10-10

基金项目: 四川省自然科学基金项目(2022NSFSC1331)

通信作者: 覃冬, E-mail: 278270980@qq.com

degree [ corneal endothelial cell count, corneal endothelial cell size, coefficient of variation (CV) ] and differences in postoperative astigmatism correction vector indicators [ magnitude of error (ME), angle of error (AE), correction index (CI), and index of success (IOS) ] were compared. Residual stromal bed thickness and the incidence of complications after surgery were recorded. **Results** One year after surgery, both UCVA and BCVA in both groups were improved compared with preoperation ( $P < 0.05$ ), but there were no significant between-group differences ( $P > 0.05$ ). At 3, 6, and 12 months postoperatively, the SE levels in both groups were higher than preoperation ( $P < 0.05$ ); however, there were no statistically significant differences in SE levels between the groups at above time points ( $P > 0.05$ ). One year after surgery,  $K_{Ave}$ , SRI, and SAI in both groups were lower than preoperative levels, and the SMILE group was lower than those in the FS-LASIK group ( $P < 0.05$ ). One year after operation, BAD-D and TBI in both groups were higher than preoperative levels, while CBI was lower than preoperative levels; however, BAD-D and TBI in the SMILE group were lower than those in the FS-LASIK group, and CBI was higher than that in the FS-LASIK group ( $P < 0.05$ ). One year after surgery, corneal endothelial cell counts in both groups were lower than preoperative levels, and CV of corneal endothelial cell size was higher than preoperative levels; however, corneal endothelial cell count in the SMILE group were higher than those in the FS-LASIK group, and the CV of corneal endothelial cell size was lower than that in the FS-LASIK group ( $P < 0.05$ ). There were no statistically significant differences in ME, AE, CI, and IOS between the two groups ( $P > 0.05$ ). The residual stromal bed thickness was  $(302.01 \pm 55.03) \mu\text{m}$  in the FS-LASIK group and  $(310.23 \pm 46.03) \mu\text{m}$  in the SMILE group after surgery, with no statistically significant between-group difference ( $t = 1.284, P = 0.200$ ). One year after surgery, there were 5 cases of dry eye in the FS-LASIK group and 2 cases in the SMILE group, with no statistically significant difference in incidence of dry eye between the two groups ( $\chi^2 = 1.227, P = 0.268$ ). **Conclusion** For patients with myopic astigmatism with thin cornea, both FS-LASIK and SMILE can achieve satisfactory improvement in visual acuity and refractive state, and the latter one has a relatively small impact on the integrity of corneal structure, biomechanical stability and surgical injury.

**Key words:** femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis; small incision lenticule extraction; thin cornea; myopia; astigmatism; visual acuity

近视合并散光是当今世界范围内最常见的视力问题,其中薄角膜近视散光患者的角膜中央厚度过薄,常伴有高度近视和不规则散光、视力质量差、眩光及夜间视力障碍等临床表现<sup>[1]</sup>。传统矫正方式主要包括佩戴框架眼镜和角膜接触镜,但无法根治。随着激光手术技术的不断发展和成熟,飞秒激光角膜手术逐渐成为治疗薄角膜近视散光眼的新选择<sup>[2]</sup>,其中,飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)凭借微创、安全、高效等优势,已在治疗正常角膜厚度矫正低度近视散光患者中显示出卓越的临床疗效<sup>[3]</sup>。FS-LASIK采用激光技术替代传统的机械刀片来制作角膜瓣,即在角膜上利用激光精确塑造一个伞盖形状的瓣膜,随后在该瓣膜下方进行精准的

激光切削。FS-LASIK后患者的角膜上皮组织出现增厚现象,该现象与多种因素有关,包括年龄、角膜曲率、手术前角膜切削深度、切削比以及等效球镜(SE)度。光学区直径是影响角膜上皮增厚的重要因素,这些因素共同作用,可能会对术后的角膜恢复和视觉效果产生显著影响<sup>[4]</sup>。SMILE则是利用飞秒激光在角膜基质层内部精准雕刻出一个透镜状结构,并通过微小切口将其取出,从而消除或减轻角膜的屈光异常<sup>[5]</sup>。这2种技术均属于非切削性激光手术范畴,具有创伤小、恢复快的优点,能有效避免机械刀片切削可能带来的潜在并发症。然而,针对薄角膜近视散光患者,2种手术方法是否同样安全高效的研究尚显不足。本研究比较FS-LASIK和SMILE在视力水平、屈光参数、角膜生物力学等方面的差异,现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

选取 2022 年 9 月—2023 年 9 月本院收治的

薄角膜近视散光患者 128 例为研究对象,将其随机分为 FS-LASIK 组(64 例,128 眼)和 SMILE 组(64 例,124 眼)。2 组一般资料比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。

表 1 2 组一般资料比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	男/例	女/例	男眼数/眼	女眼数/眼	年龄/岁	球镜度/D	散光度/D	散光轴位/°	最薄角膜基质床厚度/ $\mu\text{m}$
FS-LASIK 组	27	37	55	73	27.11 ± 2.15	-5.27 ± 0.83	1.24 ± 0.54	100.11 ± 15.65	476.12 ± 5.33
SMILE 组	29	35	56	68	28.02 ± 4.36	-5.41 ± 0.35	1.33 ± 0.49	101.34 ± 20.11	477.45 ± 5.11

纳入标准:① 满足近视合并散光诊断标准<sup>[6]</sup>,且患者角膜厚度  $> 450 \mu\text{m}$ (中央角膜厚度  $< 500 \mu\text{m}$  视为薄角膜)者;② 过去 24 个月屈光度数保持稳定无显著变化者;③ 最佳矫正视力达到或超过 1.0 者;④ 角膜透明且角膜地形图检查形态正常者;⑤ 佩戴软性角膜接触镜,且停止佩戴至少 2 周者,佩戴硬性角膜接触镜,停止佩戴至少 4 周者;⑥ 眼压  $< 21 \text{ mmHg}$ ( $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ )者;⑦ 球镜度  $\leq -8.00 \text{ D}$  者;⑧ 对手术风险有充分认识,了解本研究并签署知情同意书者。排除标准:① 其他眼部疾病或全身性器官的实质性病变者;② 既往存在眼部手术或眼部外伤史者;③ 暗光条件下瞳孔直径  $> 7 \text{ mm}$  者;④ 角膜存在明显云翳或斑翳或具有圆锥角膜倾向者。

### 1.2 方法

① 术前检查:所有患者术前均通过标准对数视力表对视力进行评估,采用非接触式眼压仪(Reichert 7, Reichert Inc.)测量眼内压力水平,利用裂隙灯显微镜(SL-2G,株式会社拓普康)对眼前节结构进行详细检查,术前综合验光系统(VT-10 型,株式会社拓普康)和欧堡激光扫描检眼镜[Daytona(P200T),OPTOS PLC 欧堡]用于评价眼底情况,通过 Pentacam 角膜地形图系统(HR 型,德国 Oculus 公司产品)测量角膜厚度并评估角膜形态学参数,为手术提供重要依据。

② 所有手术均由同一名医生主刀。FS-LASIK 组接受 FS-LASIK 手术,使用德国卡尔蔡司公司的 VisuMax 飞秒激光系统来创建角膜瓣。角膜瓣直径  $8.1 \sim 8.5 \text{ mm}$ ,厚度为  $110 \mu\text{m}$ ,蒂部长度  $4.0 \sim 4.2 \text{ mm}$ ,蒂部位于角膜的  $90^\circ$  位置。手术时,患者需注视绿色瞄准光,确保其与瞳孔中心对齐。通过负压吸引系统稳定眼球后,启动飞秒激光来完成角膜瓣的制作。瓣膜翻转后,清除角膜基质床上的残留液体。根据 Pentacam 角膜地形

图系统(HR 型,德国 Oculus 公司产品)的测量数据,光学区直径设置为  $6.0 \sim 6.3 \text{ mm}$ ,调整偏移量,并采用地形图引导模式,将这些参数传输至 ALLERETTO WAVE EYE-Q 准分子激光系统。手术过程中,确保患者头部保持正位,瞄准光精确对焦,并启动眼球追踪系统以自动执行准分子激光的切削。整个过程中,密切监测患者的眼位和角膜基质床的状况,必要时暂停并进行调整,然后继续切削。切削完成后,将角膜瓣复位,并使用生理盐水冲洗瓣下区域,吸净残留液体,确保角膜瓣正确贴合后移除开睑器。

③ SMILE 组使用 VisuMax 飞秒激光系统进行手术。手术中,微透镜和散光过渡区的直径为  $6.1 \sim 6.8 \text{ mm}$ ,角膜帽的厚度设定为  $120 \mu\text{m}$ 。手术切口在双眼均位于  $140^\circ$  方向,即右眼的颞侧上方或左眼的鼻侧上方,切口长度为  $2 \text{ mm}$ 。手术过程中,需确保患者头部保持中立位置,并要求患者注视绿色闪烁的定位光。通过直接对准瞳孔中心或使用共轴注视的方法进行精确定位。确认眼球固定和负压吸引正确后,启动飞秒激光进行角膜切口和基质透镜的制作。取出基质透镜后,需检查其完整性。随后,使用生理盐水冲洗角膜帽下区域,并仔细对齐角膜切口,最后移除开睑器完成手术。

④ 术后处理:术后当天开始采用质量分数为 0.1% 的氟米龙滴眼液和质量分数为 0.1% 的左氧氟沙星滴眼液滴眼,每天 4 次;1 周减量 1 次,术后 1 个月时停药。

### 1.3 观察指标

1.3.1 视力水平:术前及术后 1 年采用标准对数视力表小数记录法记录未矫正视力(UCVA)和最佳矫正视力(BCVA)。

1.3.2 屈光参数:采用电脑验光仪(RM-800,株式会社拓普康)记录术后 3、6、12 个月的屈光参数 SE 水平。

1.3.3 角膜表面形态:采用 Pentacam 角膜地形图系统(HR型,德国 Oculus 公司生产)记录术前及术后1年角膜平均曲率值( $K_{Ave}$ )、角膜表面规则指数(SRI)、角膜表面不对称指数(SAI)。

1.3.4 角膜生物力学参数:采用角膜生物力学测量仪记录术前及术后1年角膜扩张综合偏差分析指数(BAD-D)、角膜生物力学指数(CBI)、综合分析指数(TBI)。

1.3.5 角膜损伤程度:采用角膜内皮显微镜(SP 3000P,株式会社拓普康)测量术前及术后1年角膜内皮细胞计数和角膜内皮细胞大小变异系数(CV)。

1.3.6 术后散光矫正评价:应用 Alpins 矢量分析法对散光矫正效果进行分析评估,利用 OCASAN 软件及 AstigMATIC 软件(Gauvin & Wallerstein 2018)进行矢量计算,包括误差幅度(ME)、误差角度(AE)、矫正指数(CI)和成功指数(IOUS)。

1.3.7 术后残余基质床厚度及并发症发生情况:记录术后残余基质床厚度及并发症发生情况。对于 LASIK,残余基质床厚度 = 术前角膜厚度 - 角膜瓣厚度 - 切削深度;对于 SMILE,残余基质床厚度 = 术前角膜厚度 - 帽状切削厚度 - 切削深度。患者主诉有眼部干涩感、异物感、烧灼感、疲劳感、不适感、眼红、视力波动等主观症状之一,中

国干眼问卷量表评分  $\geq 7$  分或眼表疾病指数(OSDI)评分  $\geq 13$  分,泪膜破裂时间(BUT)  $\leq 5$  s 或非接触式泪膜破裂时间(NIBUT)  $< 10$  s 均为干眼症。

#### 1.4 统计学方法

采用 SPSS 22.0 软件对数据进行分析,计数资料以  $[n(\%)]$  描述,组间比较行  $\chi^2$  检验,计量资料以  $(\bar{x} \pm s)$  表示,组间比较行独立样本  $t$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 视力水平比较

术后1年,2组 UCVA 和 BCVA 均较术前升高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表2。

### 2.2 屈光参数比较

术后3、6、12个月,2组 SE 水平均高于术前,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间以上时点的 SE 水平比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表3。

### 2.3 角膜表面形态比较

术后1年,2组角膜表面形态  $K_{Ave}$ 、SRI、SAI 水平均较术前降低,且 SMILE 组低于 FS-LASIK 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表4。

表2 2组视力水平比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	UCVA		BCVA	
		术前	术后1年	术前	术后1年
FS-LASIK 组	128	0.42 $\pm$ 0.12	0.92 $\pm$ 0.15*	0.71 $\pm$ 0.11	1.06 $\pm$ 0.23*
SMILE 组	124	0.40 $\pm$ 0.13	0.94 $\pm$ 0.22*	0.73 $\pm$ 0.22	1.08 $\pm$ 0.21*

UCVA: 未矫正视力; BCVA: 最佳矫正视力。与术前比较, \* $P < 0.05$ 。

表3 2组 SE 水平比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	术前	术后3个月	术后6个月	术后12个月
FS-LASIK 组	128	-4.25 $\pm$ 1.02	-0.41 $\pm$ 0.31*	-0.24 $\pm$ 0.21*	-0.13 $\pm$ 0.12*
SMILE 组	124	-4.45 $\pm$ 1.15	-0.39 $\pm$ 0.28*	-0.20 $\pm$ 0.25*	-0.12 $\pm$ 0.16*

SE: 等效球镜。与术前比较, \* $P < 0.05$ 。

表4 2组角膜表面形态比较( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	$K_{Ave}/D$		SRI		SAI	
		术前	术后1年	术前	术后1年	术前	术后1年
FS-LASIK 组	128	45.20 $\pm$ 1.46	38.39 $\pm$ 1.26*	1.24 $\pm$ 0.52	0.56 $\pm$ 0.22*	2.10 $\pm$ 0.48	0.76 $\pm$ 0.25*
SMILE 组	124	45.05 $\pm$ 1.35	38.01 $\pm$ 1.14*#	1.30 $\pm$ 0.40	0.48 $\pm$ 0.18*#	2.12 $\pm$ 0.55	0.69 $\pm$ 0.20*#

$K_{Ave}$ : 角膜平均曲率值; SRI: 角膜表面规则指数; SAI: 角膜表面不对称指数。与术前比较, \* $P < 0.05$ 。

## 2.4 角膜生物力学参数比较

术后 1 年, 2 组 BAD-D 和 TBI 均较术前升高, CBI 均较术前降低, 但 SMILE 组 BAD-D 和 TBI 低于 FS-LASIK 组, CBI 高于 FS-LASIK 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 5。

## 2.5 角膜内皮损伤程度比较

术后 1 年, 2 组角膜内皮细胞计数均较术前

降低, 角膜内皮细胞大小 CV 较术前升高, 但 SMILE 组角膜内皮细胞计数高于 FS-LASIK 组, 角膜内皮细胞大小 CV 低于 FS-LASIK 组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 见表 6。

## 2.6 术后散光矫正矢量比较

2 组术后 ME、AE、CI 和 IOS 比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 7。

表 5 2 组角膜生物力学参数比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	BAD-D		CBI		TBI	
		术前	术后 1 年	术前	术后 1 年	术前	术后 1 年
FS-LASIK 组	128	1.41 ± 0.57	1.58 ± 0.32*	0.46 ± 0.20	0.35 ± 0.12*	0.66 ± 0.25	0.87 ± 0.25*
SMILE 组	124	1.40 ± 0.54	1.50 ± 0.18*#	0.45 ± 0.21	0.39 ± 0.14*#	0.65 ± 0.23	0.77 ± 0.24*#

BAD-D: 角膜扩张综合偏差分析指数; TBI: 综合分析指数; CBI: 角膜生物力学指数。

与术前比较, \* $P < 0.05$ ; 与 FS-LASIK 组比较, # $P < 0.05$ 。

表 6 2 组角膜内皮损伤程度比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	角膜内皮细胞计数/(个/mm <sup>2</sup> )		角膜内皮细胞大小 CV/%	
		术前	术后 1 年	术前	术后 1 年
FS-LASIK 组	128	2 652.05 ± 212.28	2 312.44 ± 190.75*	33.75 ± 4.25	37.12 ± 3.65*
SMILE 组	124	2 695.15 ± 200.17	2 367.87 ± 194.42*#	34.05 ± 4.15	35.95 ± 3.82*#

CV: 变异系数。与术前比较, \* $P < 0.05$ ; 与 FS-LASIK 组比较, # $P < 0.05$ 。

表 7 2 组术后散光矫正矢量指标比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

组别	眼数	ME/D	AE/°	CI	IOS
FS-LASIK 组	128	-0.03 ± 0.12	2.78 ± 1.12	1.05 ± 0.89	0.42 ± 0.13
SMILE 组	124	-0.04 ± 0.22	2.66 ± 1.03	1.15 ± 0.65	0.39 ± 0.22

ME: 误差幅度; AE: 误差角度; CI: 矫正指数; IOS: 成功指数。

## 2.7 术后残余基质床厚度及并发症发生情况比较

术后 FS-LASIK 组残余基质床厚度为 (302.01 ± 55.03) μm, SMILE 组为 (310.23 ± 46.03) μm, 差异无统计学意义 ( $t = 1.284$ ,  $P = 0.200$ ); 术后 1 年, FS-LASIK 组发生干眼症 5 例, SMILE 组 2 例, 2 组干眼症发生率比较, 差异无统计学意义 ( $\chi^2 = 1.227$ ,  $P = 0.268$ )。

## 3 讨论

薄角膜与散光虽为 2 种不同的眼部状况, 但二者之间存在密切关联。角膜作为人眼的主要屈光介质, 其曲率和厚度对视物成像质量具有决定性影响。散光是由角膜曲率不均匀或表面不规则所致, 会引发视物变形、重影等视觉障碍<sup>[7]</sup>。而薄角膜则导致角膜生物力学性能减弱, 易发生不规则变形, 进而加剧散光。同时, 薄角膜本身也会影响正常视觉质量, 如出现角膜干扰环等像差。因此, 薄角膜与散光常相互促进、共存于同一患者

体内, 进一步加剧视觉障碍<sup>[8]</sup>。针对这一复合性眼部问题, 传统手术方式存在一定风险, 易导致术后角膜过薄、生物力学性能进一步下降等并发症。

FS-LASIK 运用飞秒激光技术精确制作一个薄角膜瓣, 随后翻开此瓣, 暴露角膜基质层, 再利用准分子激光对基质层进行精准切削; SMILE 则完全依赖于飞秒激光, 在角膜内部制作一个囊样透镜, 整个手术过程无需制作额外的角膜切口。2 种手术的核心机制都是通过重塑角膜曲率, 使视觉焦点精确落在视网膜上, 从而矫正近视和散光<sup>[9]</sup>。研究<sup>[10]</sup>表明, SMILE 与 FS-LASIK 在矫正近视及近视散光方面均展现出良好的安全性与有效性, 但 SMILE 后高阶像差的变化相对较小, 从而在视觉质量方面表现更优。然而, 针对薄角膜近视散光患者应用这 2 种方法的研究相对较少。因此, 本研究比较分析了 FS-LASIK 与 SMILE 在视力水平、屈光参数、角膜生物力学等方面的差异, 为薄角膜近视散光患者的手术方案选择提供

参考。

若视力水平和屈光状态无法得到理想矫正,患者将持续面临视物模糊、变形、重影等视觉障碍,影响正常生活和工作。此外,不佳的视力和屈光状态还可能导致眼睛出现酸胀、干涩、疲劳等不适症状,给患者身心带来双重困扰<sup>[11-12]</sup>。本研究结果显示,术后 1 年,2 组 UCVA 和 BCVA 均较术前升高,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ );术后 3、6、12 个月,2 组 SE 水平均高于术前,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),但组间以上时点的 SE 水平比较,差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。以上结果表明,FS-LASIK 与 SMILE 治疗薄角膜近视散光在改善视力水平和屈光状态方面的疗效相当,可能是因为 FS-LASIK 和 SMILE 均采用低能量飞秒激光在角膜基质层内部进行精准切割,产生的热效应极小。FS-LASIK 制作的角膜瓣切口虽无法完全避免,但其切口范围较小,相较于传统 LASIK 手术的近 10 mm 大切口,创伤程度显著减轻。FS-LASIK 和 SMILE 的角膜基质层的切削深度均可通过精密计算并由飞秒激光系统精确控制,从而最大限度保留足够的剩余角膜组织,对于薄角膜患者而言,有助于防止术后角膜过度变薄,从而促进视力和屈光状态的快速恢复。

理想的角膜表面应光滑规则、曲率均匀,但薄角膜患者因角膜生物力学性能下降,易出现表面不规则、高阶像差增加等问题,导致视物变形、视力下降<sup>[13]</sup>。薄角膜意味着角膜组织较薄、生物力学性能差,手术创伤后若角膜生物力学继续恶化,将加剧角膜形态紊乱,进一步影响视觉功能。内皮细胞状态不佳会引起角膜水肿、混浊,严重降低视力。薄角膜患者内皮储备少,手术导致的大量内皮细胞损伤会加速角膜失代偿<sup>[14-15]</sup>。本研究结果显示,术后 1 年,2 组角膜表面形态  $K_{ave}$ 、SRI、SAI 水平均较术前降低,且 SMILE 组低于 FS-LASIK 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 1 年,2 组 BAD-D 和 TBI 均较术前升高,CBI 均较术前降低,但 SMILE 组 BAD-D 和 TBI 低于 FS-LASIK 组,CBI 高于 FS-LASIK 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。术后 1 年,2 组角膜内皮细胞计数均较术前降低,角膜内皮细胞大小 CV 较术前升高,但 SMILE 组角膜内皮细胞计数高于 FS-LASIK 组,角膜内皮细胞大小 CV 低于 FS-LASIK 组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。以上结果表

明,与 FS-LASIK 比较,SMILE 治疗薄角膜近视散光对患者角膜表面形态、角膜生物力学的影响较小,损伤程度也相对较低,可能是因为角膜的生物力学性能主要取决于胶原纤维排列结构的完整性<sup>[16]</sup>。SMILE 采用小孔切割原理,在角膜基质层内部精确切削出轻度变形的透镜卷,避免切断过多胶原纤维束;FS-LASIK 需制作角膜瓣切口,使角膜上皮与基质间的粘连界面部分分离解,扰乱胶原纤维正常排列<sup>[17-18]</sup>。角膜内皮细胞对维持角膜透明性和代谢平衡至关重要,细胞计数低或形态变异大会影响细胞泵功能,导致角膜水肿、混浊。SMILE 在角膜基质层内切割,远离内皮细胞层,最大限度避免直接损伤内皮细胞,保留更多细胞且形态变异小。FS-LASIK 制作盖帽切口时,对内皮细胞的间接挤压及机械损伤风险更大,薄角膜患者更易受手术过程中的机械和热能影响,故术后细胞计数较少和 CV 较差。2 组术后散光矫正矢量指标 ME、AE、CI 和 IOS,术后残余基质床厚度以及干眼症发生率比较差异均不显著,可能是因为 2 种手术方式均具有较高的安全性,手术时考虑了患者角膜厚度、屈光度和预期切削深度,从而保证手术后角膜结构稳定性和安全性。2 组患者本身散光度数较低,主要切削来自球镜矫正,因此散光的矢量分析差异不显著。

综上所述,FS-LASIK 与 SMILE 治疗薄角膜近视散光患者的视力水平和屈光参数都具有优良的效果,但 SMILE 对患者角膜结构形态、稳定性及损伤程度的影响均较小。

#### 参考文献

- [1] 杜玉芹,周春阳,周跃华,等. 智能脉冲技术的 Trans-PRK 矫正近视散光术后角膜形态及视觉质量观察[J]. 中华实验眼科杂志, 2022, 40(11): 1078-1084.
- [2] 邹昊翰,王雁,崔彤,等. 飞秒激光小切口角膜透镜取出术前后主导眼变化及其影响因素[J]. 中华实验眼科杂志, 2022, 40(11): 1085-1089.
- [3] 徐恒,李飞,杨杰,等. FS-LASIK 与 SMILE 手术矫正低度近视散光的疗效比较[J]. 中国激光医学杂志, 2023, 32(5): 267-271, 299.
- [4] 许杨,牛晓光,刘莉,等. FS-LASIK 术后早期角膜上皮厚度变化特点及其相关影响因素分析[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(9): 1550-1554.
- [5] 王涛,崔月玲,宋钊曦,等. 不同角膜表面处理方式在全飞秒 SMILE 手术中的应用效果分析[J]. 现代生物医学进展, 2023, 23(14): 2741-2744, 2740.
- [6] 《眼科人工智能临床应用伦理专家共识(2023)》专家组,

中国医药教育协会数字影像与智能医疗分会, 中国医药教育协会智能医学专业委员会. 眼科人工智能临床应用伦理专家共识(2023)[J]. 中华实验眼科杂志, 2023, 41(1): 1-7.

[7] 苏哲, 卢艳, 袁青, 等. 近视患者角膜生物力学参数与像差的相关性分析[J]. 实用临床医药杂志, 2024, 28(6): 108-112.

[8] 宋耀文, 贺瑞, 周迎霞. 薄角膜的近视散光眼行准分子激光原位角膜磨镶术后角膜生物力学状态长期观察[J]. 中国激光医学杂志, 2017, 26(2): 74-79, 116.

[9] 李晖, 汪明红, 廖风玲, 等. FS-lasik 与 ICL 植入术治疗高度近视的效果及对术后高阶像差的影响[J]. 川北医学院学报, 2022, 37(12): 1579-1582.

[10] 谭倩, 马代金. SMILE 与 FS-LASIK 术后视觉质量比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2017, 19(8): 468-475.

[11] BAI H R, SUN J J, SHI X J, *et al.* Visual performance and rotational stability of a multifocal toric intraocular lens in myopic eyes[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2023, 261(9): 2557-2565.

[12] SIEDLECKI J, SCHMELTER V, SCHWORM B, *et al.* Corneal wavefront aberrations and subjective quality of vision after small incision lenticule extraction [J]. Acta Ophthalmol, 2020, 98(7): e907-e913.

[13] BAO F J, LOPES B T, ZHENG X B, *et al.* Corneal biomechanics losses caused by refractive surgery [J]. Curr Eye Res, 2023, 48(2): 137-143.

[14] DIAS RATES E R, ALMEIDA C D, DE PAULA FIOD COSTA E, *et al.* Evaluation of biophysical alterations in the epithelial and endothelial layer of patients with Bullous Keratopathy[J]. Exp Eye Res, 2024, 240: 109791.

[15] FU D, ZHAO Y, ZHOU X. Corneal biomechanical properties after small incision lenticule extraction surgery on thin Cornea[J]. Curr Eye Res, 2021, 46(2): 168-173.

[16] CHOU C C, SHIH P J, JOU T S, *et al.* Corneal Biomechanical Characteristics in Osteogenesis Imperfecta With Collagen Defec[J]. Transl Vis Sci Technol, 2023, 12(1): 14.

[17] 蒋佳倩, 孙平, 陈放, 等. FS-LASIK 术后外伤性角膜瓣皱褶一例[J]. 眼科, 2023, 32(3): 263-264.

[18] 王萌萌, 王晶晶, 尹会, 等. Ziemer LDV Z6 飞秒激光机制角膜瓣的 FS-LASIK 手术并发症处理和长期疗效评价[J]. 眼科新进展, 2021, 41(3): 227-230.

(本文编辑: 周冬梅 钱锋; 校对: 陆文娟)

(上接第 47 面)

[2] 郭磊, 梁先军, 张希乔, 等. 飞秒激光白内障手术联合 PanOptix 三焦点人工晶状体植入术的疗效[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(2): 312-315.

[3] JOSHI R S. Visual satisfaction and spectacle independence with monofocal intraocular lens with enhanced intermediate vision and trifocal intraocular lenses in the prepresbyopic age group patients with cataracts[J]. Oman J Ophthalmol, 2023, 16(3): 482-488.

[4] 刘敏锐, 彭稚喜, 吴峥峥, 等. 连续视程人工晶状体与双焦点、单焦点人工晶状体植入术后患者视力、视觉质量及满意度对比分析[J]. 眼科新进展, 2023, 43(2): 127-130.

[5] ADAM T, BOUCENNA W, LUSSATO M, *et al.* Presbyopic LASIK using the Supracor algorithm and micromonovision in presbyopic myopic patients: 12-month visual and refractive outcomes[J]. J Cataract Refract Surg, 2023, 49(2): 195-200.

[6] 刘家琦, 李凤鸣. 实用眼科学[M]. 3 版. 北京: 人民卫生出版社, 2010: 216-219.

[7] 高蓉蓉, 郭燕, 陈海丝, 等. 中国版视功能指数量表的修订及其在白内障患者生活质量评估中的应用[J]. 中华实验眼科杂志, 2016, 34(9): 823-828.

[8] 郭榕, 李卓亚, 胡晓敏, 等. 连续视程人工晶状体和区域折射型人工晶状体植入术后视觉质量的对比分析[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(8): 1239-1244.

[9] 王广江, 刘志英, 冯月兰, 等. 高度近视合并白内障植入 Symphony 与 ZMB00 IOL 视觉质量比较[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(11): 1782-1787.

[10] 可殊瑞, 李灿. 三种人工晶状体植入术后静态视力和动态视力的评估及比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022, 24(12): 938-944.

[11] 朱晶, 鲁铭, 肖泽锋. 连续视程 IOL 植入术后患者主观视觉质量及阅读能力的临床观察[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(3): 452-456.

[12] 舒娜, 史春生. 白内障摘除术联合非球面单焦人工晶状体植入不同预留度数对患者视力和生活质量的影响[J]. 临床眼科杂志, 2023, 31(2): 147-150.

[13] 穆欣, 廖荣丰. 两种不同类型功能性人工晶状体植入术后视觉质量对比研究[J]. 临床眼科杂志, 2023, 31(4): 322-326.

[14] 张建峰, 单武强, 王立肖. 连续视程人工晶状体对高度近视合并白内障患者的应用效果及对视觉质量的影响[J]. 海南医学, 2023, 34(3): 371-376.

[15] 刘卫华, 赵岐, 钟丘, 等. 连续视程与多焦点 IOL 植入术在远中近视力中效果对比[J]. 现代科学仪器, 2023, 40(5): 150-153.

(本文编辑: 周娟 钱锋; 校对: 陆文娟)