

## · 临床研究 ·

飞秒激光制瓣 LASIK 和 SBK 术后早期角膜  
后表面高度变化及相关因素分析

王同梅 廖荣丰

安徽医科大学第一附属医院眼科, 合肥 230022

通信作者: 廖荣丰, Email: liaorfyf@126.com

**【摘要】 目的** 比较飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术(FS-LASIK)和前弹力层下准分子激光角膜磨镶术(SBK)术后早期角膜后表面高度差值,探讨 FS-LASIK 术后角膜后表面稳定性及其相关影响因素。

**方法** 采用纵向观察研究设计。纳入 2016 年 1—4 月在安徽医科大学第一附属医院接受 LASIK 的近视及近视散光患者 46 例 91 眼,其中 FS-LASIK 组 27 例 53 眼,SBK 组 19 例 38 眼,分别于术前和术后 1 d、1 周及 1 个月用 Oculyzer 系统测量角膜顶点(中央区)和直径 2、4、6 mm 同心圆上(旁中央区、近周边区、周边区)共 27 个点的角膜后表面高度,比较 FS-LASIK 和 SBK 术后早期角膜后表面高度变化。**结果** FS-LASIK 组术后 1 d、1 周和 1 个月角膜后表面中央区高度差分别为  $(-0.924 \pm 1.859)$ 、 $(-1.151 \pm 1.586)$  和  $(-0.940 \pm 1.994) \mu\text{m}$ ,周边区高度差分别为  $(1.046 \pm 1.667)$ 、 $(1.172 \pm 1.566)$  和  $(1.023 \pm 1.622) \mu\text{m}$ ,旁中央区和近周边区发生极微后移和前凸;SBK 组术后 1 d、1 周和 1 个月角膜后表面中央区高度差分别为  $(-0.684 \pm 1.454)$ 、 $(-1.053 \pm 1.723)$  和  $(-0.553 \pm 1.572) \mu\text{m}$ ,周边区高度差分别为  $(1.207 \pm 1.317)$ 、 $(1.327 \pm 1.529)$  和  $(1.208 \pm 1.415) \mu\text{m}$ ,旁中央区及近周边区发生极微后移和前凸;2 个组术后各时间点角膜后表面中央区、旁中央区、周边区和旁周边区高度差比较,差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ );FS-LASIK 术后 1 个月角膜后表面中央区及旁中央区只有等效球镜度(SE)、手术切削深度(AD)2 个自变量进入回归方程,其他两区域自变量术前角膜中央最薄点厚度(TCT)、SE、AD、剩余角膜基质床厚度(RBT)、切削比(AD/TCT)均未进入回归方程。**结论** FS-LASIK 和 SBK 术后早期角膜后表面顶点发生轻微后移和周边部发生轻微前凸,术后 1 周时变化最明显,术后 1 个月时有所恢复。FS-LASIK 和 SBK 术后早期角膜后表面高度均发生轻微变化,但不足以引起角膜扩张,随着预矫正屈光度和 AD 增加,角膜后表面形态越容易受到影响。

**【关键词】** 近视; 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; 前弹力层下准分子激光角膜磨镶术; 角膜后表面高度; Oculyzer

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.02.008

## Early changes in posterior corneal elevation and related factors after femtosecond laser assisted LASIK and SBK

Wang Tongmei, Liao Rongfeng

Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei 230022, China

Corresponding author: Liao Rongfeng, Email: liaorfyf@126.com

**[Abstract] Objective** To compare the early change of posterior corneal elevation with femtosecond laser assisted laser in situ keratomileusis (FS-LASIK) and sub-Bowman keratomileusis (SBK) by Oculyzer and analyze the related factors after FS-LASIK. **Methods** A longitudinal observational study was designed. Ninety-one eyes of 46 patients with myopia or myopic astigmatism in the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University from January to April in 2016 were divided into FS-LASIK group (53 eyes of 27 patients), SBK group (38 eyes of 19 patients) according to the patients' wishes and each part of corneal elevation change values were explored after FS-LASIK and SBK surgeries. The posterior corneal elevation was measured at twenty-seven measuring points along the central, paracentral, midperipheral and peripheral zone (vertex and 1, 2 and 3 mm radius) using Oculyzer preoperatively, 1 day, 7 days and 1 month postoperatively, respectively. Written informed consent was obtained from each patient before the surgery. **Results** In the FS-LASIK group, the posterior corneal elevation difference values in the central zone were  $(-0.924 \pm 1.859)$ ,  $(-1.151 \pm 1.586)$  and  $(-0.940 \pm 1.994) \mu\text{m}$  1 day, 7 days and 1 month postoperatively,

respectively. In the periphery zone, the elevation difference values were  $(1.046 \pm 1.667)$ ,  $(1.172 \pm 1.566)$  and  $(1.023 \pm 1.622) \mu\text{m}$ . In the paracentral and midperipheral zone, the cornea displayed slightly backward or forward shift. In SBK group, the posterior corneal elevation difference values of the vertex were  $(-0.684 \pm 1.454)$ ,  $(-1.053 \pm 1.723)$  and  $(-0.553 \pm 1.572) \mu\text{m}$  1 day, 7 days and 1 month after operation, respectively. In the paracentral and midperipheral zone displayed the same trend with FS-LASIK group, and in the periphery, the values were  $(1.207 \pm 1.317)$ ,  $(1.327 \pm 1.529)$  and  $(1.208 \pm 1.415) \mu\text{m}$ . There were no statistically significant differences in posterior corneal elevation between the two surgery modes among the three time points (all at  $P > 0.05$ ). At 1 month postoperatively, only two independent variables, which were spherical equivalent (SE) and ablation depth (AD) entered the regression in the central and paracentral zones. Independent variables, such as central thinnest corneal thickness (TCT), SE, AD, residual bed thickness (RBT) and the ratio of AD and TCT (AD/TCT) did not enter the regression in other two areas. **Conclusions** The posterior corneal elevation in the central 6 mm area shows tiny change in the early stage and the variation is larger 7 days after operation in the two groups, but it does not result in keratectasia. With the increase of SE and AD, the posterior corneal elevation is more likely to be affected.

**[Key words]** Myopia; Femtosecond laser assisted laser in situ keratomileusis; Sub-Bowman keratomileusis; Posterior corneal elevation; Oculyzer

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.02.008

随着准分子激光角膜屈光手术的发展,角膜刀制瓣逐渐被飞秒激光制瓣所取代,术后临床效果得到加强,但术后医源性角膜膨隆仍有发生<sup>[1]</sup>。研究表明,术后可能发生的医源性角膜膨隆、圆锥角膜的前驱表现即为角膜后表面逐渐向前膨隆<sup>[2]</sup>。研究表明,近视患者准分子激光角膜切削术后角膜后表面发生变化<sup>[1,3-7]</sup>,然而既往研究多采用 Orbscan 系统来获得眼前节参数<sup>[3-6]</sup>,该仪器测量的准确性尚存在争议<sup>[2]</sup>。研究发现,Orbscan 系统在测量准分子激光角膜原位磨镶术(laser in situ keratomileusis, LASIK)术后角膜厚度上存在明显偏差,可能影响其对角膜后表面的形态分析<sup>[8-9]</sup>。基于 Pentacam 原理的 Oculyzer(德国 Oculus 公司)对角膜后表面高度的测量优于 Orbscan 系统<sup>[2,10-12]</sup>。本研究比较飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术(femtosecond laser assisted laser in situ keratomileusis, FS-LASIK)和前弹力层下准分子激光角膜磨镶术(sub-Bowman keratomileusis, SBK)术后早期各时间点特定区域角膜后表面高度变化,并对 FS-LASIK 术后相关因素进行分析,有助于我们了解术后早期角膜稳定性及手术的安全性。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

采用纵向观察研究设计。收集 2016 年 1—4 月在安徽医科大学第一附属医院行角膜屈光手术的近视及近视散光患者 46 例 91 眼,根据患者近视及散光度数,在患者角膜厚度等条件允许的情况下,依据患者意愿分为 FS-LASIK 组和 SBK 组。FS-LASIK 组 27 例 53 眼,其中男 15 例,女 12 例;年龄 19 ~ 36 岁,平均

(23.43 ± 4.59) 岁;等效球镜度(spherical equivalent, SE)为 -1.75 ~ -9.62 D,平均(-5.776 ± 2.194) D;角膜中央最薄点厚度(central thinnest corneal thickness, TCT)为 484 ~ 590  $\mu\text{m}$ ,平均(537.0 ± 24.8)  $\mu\text{m}$ 。SBK 组 19 例 38 眼,其中男 13 例,女 6 例;年龄 19 ~ 34 岁,平均(23.8 ± 4.0) 岁;SE 为 -1.50 ~ -8.75 D,平均(-5.074 ± 1.742) D;TCT 为 505 ~ 578  $\mu\text{m}$ ,平均(534.2 ± 20.3)  $\mu\text{m}$ 。2 个组性别构成比、年龄、SE、TCT 比较,差异均无统计学意义( $\chi^2 = 0.779$ ,  $P = 0.379$ ;  $t = -0.271$ ,  $P = 0.788$ ;  $t = 1.635$ ,  $P = 0.106$ ;  $t = 0.572$ ,  $P = 0.569$ )。纳入标准:年龄满 18 周岁;佩戴软性角膜接触镜的患者应停戴 2 周以上;2 年内屈光度稳定(屈光度变化 ≤ 0.5 D)。排除标准:有系统性疾病、圆锥角膜等眼部病、眼部手术外伤史者。术前所有患者均经复戴镜片告知术后最佳矫正视力及手术方式和风险,所有患者均表示理解并自愿同意手术,均签署知情同意书。

### 1.2 方法

**1.2.1 FS-LASIK、SBK 手术及随访** 术前 3 d,双眼点用左氧氟沙星滴眼液,每日 4 次。FS-LASIK 组采用 WaveLight FS200 飞秒激光(德国鹰视公司)制作角膜瓣,SBK 组采用 90°自动旋转式显微角膜板层刀(法国 Moria 公司)制作角膜瓣,2 个组激光消融均采用准分子激光系统(美国鹰视酷眼)结合方式准分子激光切削,平衡盐溶液瓣下冲洗,复位角膜瓣。2 种术式中预设角膜瓣厚度均为 110  $\mu\text{m}$ ,切削光学区直径均为 6.5 mm,手术均由同一经验丰富的医师完成,所有病例手术顺利,术中未发生并发症。术后嘱患者点用左氧氟沙星滴眼液每日 4 次,连用 1 周;质量分数 0.1% 氟米龙滴眼液每日 4 次,每周减 1 次,共 4 周;玻璃酸

钠滴眼液每日 3 次,根据病情需要可用药至术后 3 个月。术后随访时间为术后 1 d、1 周、1 个月和 6 个月。术后 1 d,记录裸眼视力、裂隙灯显微镜检查及 Oculyzer 检查结果。术后 1 周、1 个月时记录裸眼视力、电脑验光、非接触式眼压计测量眼压、裂隙灯显微镜检查及 Oculyzer 检查结果。所有随访内容均由同一位技术熟练医师完成。

**1.2.2 Oculyzer 系统检查** 采用 Oculyzer 系统(德国 Oculus 公司)进行检查,均以术前最佳拟合球面为同一参照体测量,采集角膜中央 8 mm 区域高度。观察术后与术前的后表面高度差,在比较图中(Difference A-B)读取数据(差值),术后值与术前值的差值为正表示角膜后表面前凸。在角膜中央直径 6 mm 区域选择一些特定点,如中央区(角膜顶点)、旁中央区(直径 2 mm 同心圆上采集固定对称 4 个点)、近周边区(直径 4 mm 同心圆上采集固定对称的 8 个点)、周边区(直径 6 mm 同心圆上采集固定对称的 14 个点)进行分析。

### 1.3 统计学方法

采用 SPSS 16.0 统计学软件进行统计分析。2 个组性别构成比的比较采用  $\chi^2$  检验。计量资料经 K-S 检验,证实呈正态分布,以  $\text{mean} \pm \text{SD}$  表示。2 个组年龄和术前 SE、TCT,以及术前中央区、旁中央区、近周边区、周边区角膜后表面高度值,术中切削深度(ablation depth, AD)、剩余角膜基质床厚度(residual bed thickness, RBT)、切削比的比较均采用独立样本  $t$  检验。各组患者术后不同时间点角膜后表面高度差值的比较采用重复测量两因素方差分析,采用双尾检测法,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。角膜后表面变化量与 TCT、SE、AD、RBT、AD/TCT 之间的关系采用多元线性回归分析。  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 2 个组术前角膜后表面高度值的比较

FS-LASIK 组术前中央区、旁中央区、近周边区、周边区角膜后表面高度值分别为  $(1.019 \pm 2.249)$ 、 $(1.726 \pm 1.388)$ 、 $(-0.274 \pm 1.257)$  和  $(-4.054 \pm 2.186) \mu\text{m}$ , SBK 组分别为  $(0.816 \pm 2.921)$ 、 $(1.809 \pm 1.816)$ 、 $(-0.326 \pm 1.376)$  和  $(-4.016 \pm 2.804) \mu\text{m}$ , 2 个组比较差异均无统计学意义( $t = 0.359, P = 0.721; t = -0.236, P = 0.814; t = 0.185, P = 0.854; t = -0.069, P = 0.945$ )。

### 2.2 2 个组术中 AD、RBT、切削比比较

FS-LASIK 组 AD 为  $(91.92 \pm 27.11) \mu\text{m}$ , RBT 为  $(335.15 \pm 32.95) \mu\text{m}$ , 切削比为  $(17.11 \pm 4.95) \%$ ; SBK 组 AD 为  $(82.50 \pm 24.52) \mu\text{m}$ , RBT 为  $(341.73 \pm 33.88) \mu\text{m}$ ,

切削比为  $(15.48 \pm 4.66) \%$ , 2 个组间 AD、RBT 和切削比的比较差异均无统计学意义( $t = 1.701, P = 0.092; t = -0.929, P = 0.355; t = 1.579, P = 0.118$ )。

### 2.3 2 个组术后不同时间点角膜后表面高度与术前高度差的比较

FS-LASIK 组和 SBK 组术后角膜后表面均表现为术后 1 d 角膜轻微变化,术后 1 周时变化量较大,术后 1 个月时变化量略有减小,其中角膜后表面中央区和旁中央区变化量均为负值,近周边区和周边区变化量几乎均为正值。FS-LASIK 组和 SBK 组术后 1 d、1 周、1 个月角膜后表面中央区、旁中央区、近周边区和周边区高度差值比较,差异均无统计学意义(中央区:  $F_{\text{时间}} = 1.636, P = 0.199; F_{\text{分组}} = 0.980, P = 0.325$ 。旁中央区:  $F_{\text{时间}} = 1.198, P = 0.304; F_{\text{分组}} = 0.002, P = 0.969$ 。近周边区:  $F_{\text{时间}} = 2.506, P = 0.085; F_{\text{分组}} = 2.942, P = 0.090$ 。周边区:  $F_{\text{时间}} = 0.565, P = 0.563; F_{\text{分组}} = 0.343, P = 0.559$ ) (表 1~4)。

表 1 2 个组术后各时间点与术前角膜后表面中央区高度差值比较 ( $\text{mean} \pm \text{SD}, \mu\text{m}$ )

| 组别         | 眼数 | 不同时间点角膜后表面中央区高度差   |                    |                    |
|------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|
|            |    | 术后 1 d             | 术后 1 周             | 术后 1 个月            |
| FS-LASIK 组 | 53 | $-0.924 \pm 1.859$ | $-1.151 \pm 1.586$ | $-0.940 \pm 1.994$ |
| SBK 组      | 38 | $-0.684 \pm 1.454$ | $-1.053 \pm 1.723$ | $-0.553 \pm 1.572$ |

注:  $F_{\text{时间}} = 1.636, P = 0.199; F_{\text{分组}} = 0.980, P = 0.325$  (重复测量两因素方差分析) FS-LASIK: 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; SBK: 前弹力层下准分子激光角膜磨镶术

表 2 2 个组术后各时间点与术前角膜后表面旁中央区高度差值比较 ( $\text{mean} \pm \text{SD}, \mu\text{m}$ )

| 组别         | 眼数 | 不同时间点角膜后表面旁中央区高度差  |                    |                    |
|------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|
|            |    | 术后 1 d             | 术后 1 周             | 术后 1 个月            |
| FS-LASIK 组 | 53 | $-0.578 \pm 1.426$ | $-0.821 \pm 1.359$ | $-0.750 \pm 1.472$ |
| SBK 组      | 38 | $-0.645 \pm 1.004$ | $-0.809 \pm 1.644$ | $-0.664 \pm 1.370$ |

注:  $F_{\text{时间}} = 1.198, P = 0.304; F_{\text{分组}} = 0.002, P = 0.969$  (重复测量两因素方差分析) FS-LASIK: 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; SBK: 前弹力层下准分子激光角膜磨镶术

表 3 2 个组术后各时间点与术前角膜后表面近周边区高度差值比较 ( $\text{mean} \pm \text{SD}, \mu\text{m}$ )

| 组别         | 眼数 | 术后不同时间点角膜后表面近周边区高度差 |                   |                   |
|------------|----|---------------------|-------------------|-------------------|
|            |    | 术后 1 d              | 术后 1 周            | 术后 1 个月           |
| FS-LASIK 组 | 53 | $0.288 \pm 0.948$   | $0.443 \pm 1.094$ | $0.350 \pm 1.036$ |
| SBK 组      | 38 | $-0.019 \pm 0.630$  | $0.224 \pm 0.924$ | $0.013 \pm 0.805$ |

注:  $F_{\text{时间}} = 2.506, P = 0.085; F_{\text{分组}} = 2.942, P = 0.090$  (重复测量两因素方差分析) FS-LASIK: 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; SBK: 前弹力层下准分子激光角膜磨镶术

**表 4 2 个组术后各时间点与术前角膜后表面周边区高度差值比较 (mean±SD, μm)**

| 组别         | 眼数 | 不同时间点角膜后表面周边区高度差 |             |             |
|------------|----|------------------|-------------|-------------|
|            |    | 术后 1 d           | 术后 1 周      | 术后 1 个月     |
| FS-LASIK 组 | 53 | 1.046±1.667      | 1.172±1.566 | 1.023±1.622 |
| SBK 组      | 38 | 1.207±1.317      | 1.327±1.529 | 1.208±1.415 |

注:  $F_{\text{时间}} = 0.565, P = 0.563; F_{\text{分组}} = 0.343, P = 0.559$  (重复测量两因素方差分析) FS-LASIK: 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; SBK: 前弹力层下准分子激光角膜磨镶术

## 2.4 FS-LASIK 术后 1 个月时角膜后表面高度差值与多个自变量的关系

采用逐步回归方法纳入自变量 TCT、SE、AD、RBT、AD/TCT, 经多元线性回归分析逐步回归法分析可知, FS-LASIK 术后 1 个月角膜后表面中央区及旁中央区只有 SE、AD 2 个自变量进入回归方程, 近周边区和周边区没有自变量进入回归方程 (表 5)。

**表 5 FS-LASIK 术后 1 个月各区角膜后表面高度差与 TCT、SE、AD、RBT、AD/TCT 的多元线性回归分析**

| 因变量          | 自变量 | 非标准化偏回归系数 |       | 标准化回归系数        |        | t 值   | P 值 |
|--------------|-----|-----------|-------|----------------|--------|-------|-----|
|              |     | 参数估计 (B)  | 标准误差  | 标准化回归指数 (Beta) |        |       |     |
| 中央区角膜后表面高度差  | SE  | -1.038    | 0.461 | -1.142         | -2.250 | 0.029 |     |
|              | AD  | 0.089     | 0.037 | 1.214          | 2.393  | 0.021 |     |
| 旁中央区角膜后表面高度差 | SE  | -0.776    | 0.336 | -1.177         | -2.311 | 0.025 |     |
|              | AD  | 0.059     | 0.027 | 1.110          | 2.180  | 0.034 |     |

注: FS-LASIK: 飞秒激光制瓣准分子激光角膜原位磨镶术; TCT: 角膜最薄点厚度; SE: 等效球镜度; AD: 切削深度; RBT: 剩余角膜基质床厚度; AD/TCT: 切削比 (逐步回归法)

## 3 讨论

角膜前表面的检查受泪膜、上皮水肿、激光切削、角膜瓣、创面愈合等因素影响, 角膜后表面的检查不易受这些因素影响, 能更好地反映角膜的前凸程度, 所以对激光术后早期角膜后表面高度进行精准测量具有重要意义, 是早期发现角膜扩张的关键<sup>[13]</sup>。杜特新等<sup>[14]</sup>提出高度近视患者切削的角膜组织较多, 术后角膜后表面亦向前膨隆, 易引起屈光迅速回退和欠矫, 这种变化往往会发生在术后早期, 即术后 1 周~1 个月。严重的角膜后表面前凸会导致屈光回退, 甚至可能会导致继发性圆锥角膜, 影响术后视力。既往研究多是对角膜后表面高度的研究或只是对顶点的研究, 并且大多用 Orbscan 系统测量, 研究的术式多为传统的 LASIK 手术。本研究中采用基于 Pentacam 原理的 Oculyzer 对 FS-LASIK 和 SBK 术前和术后多次角膜后

表面高度进行测量, 采集角膜后表面顶点 (中央区) 和直径 2、4 和 6 mm 同心圆上 (旁中央区、近周边区和周边区) 的高度与术前高度差值, 分析 2 种薄瓣 LASIK 术后早期角膜后表面各区域高度与术前相比前凸还是后移, 并分析 FS-LASIK 术后早期自变量 TCT、SE、AD、RBT、AD/TCT 对角膜后表面变化的影响程度, 为临床筛选手术患者、设计手术方案等提供指导。有研究表明, 近视患者屈光术后角膜的光学特性发生改变, 可能会影响光学系统对角膜厚度的测量, Pentacam 眼前节测量系统较 Orbscan 眼前节系统受到的影响小<sup>[8-9]</sup>。Oculyzer 采用 Sheimpflug 光学原理对角膜进行 360° 旋转断层扫描, 能更加准确地展现出角膜前后表面的真实形态。飞秒激光是一种红外线激光, 采用光爆破作用将组织气化, 产生气泡将角膜瓣和基质床分开。多数研究表明, 飞秒激光制作的角膜瓣在均一性和可预测性方面均优于角膜板层刀<sup>[15-17]</sup>。翟长斌等<sup>[16]</sup>研究显示, 飞秒激光制作的角膜瓣厚度在每个测量点波动均很小, 全角膜瓣呈平板型, 而刀头制作的角膜瓣呈中间薄两边厚的“新月形”, 2 种术式角膜瓣制作比较得出, 每组 30 眼 300 个测量点中角膜瓣实际厚度和预计厚度 (110 μm) 的平均差值分别为 (3±4) μm 和 (17±10) μm, 差异有统计学意义 ( $P = 0.009$ )。所以考虑到 2 种手术 110 μm 角膜瓣制作精准性差异, 直接选用 FS-LASIK 组的 RBT [估算的  $RBT = TCT_{A\text{型超声}} - AD - \text{角膜瓣厚度} (110 \mu\text{m})$ ] 及其他变量来做角膜后表面高度变化的多元线性回归分析, 更精准和完善的研究有待设备的完善, 如眼前节光相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT), 以及更长期的观察。

本研究结果显示, FS-LASIK 术后 1 d、1 周和 1 个月时角膜顶点后表面高度与术前的高度差值均数分别为 -0.924、-1.151 和 -0.940 μm; SBK 术后角膜顶点各时间点差值均数分别为 -0.684、-1.053 和 -0.553 μm; 2 个组术后角膜后表面顶点均发生后移, 与既往研究显示近视眼术后角膜后表面顶点后移的变化一致<sup>[18-20]</sup>。2 个组术后角膜后表面周边区变化量均较大, FS-LASIK 组角膜后表面周边区术后 1 d、1 周及 1 个月时的高度差值均数分别为 1.046、1.172 和 1.023 μm, SBK 组术后角膜顶点各时间点差值均数分别 1.207、1.327 和 1.208 μm, 角膜发生前凸, 且各时间点 SBK 前凸的量大于 FS-LASIK 组, 但这种前凸并不明显, 不足以引起角膜扩张等不良反应, 说明 2 种手术均很安全且飞秒激光手术的安全性略优于 SBK。FS-LASIK 组和 SBK 组术后早期角膜 4 个区域均以术后 1 周时后移或前凸最明显, 这可能与角膜不同时间的愈

合程度及生物力学变化有关<sup>[21]</sup>。术后无论哪种手术,从角膜中央区-旁中央区-近周边区-周边区角膜后表面高度发生的变化均是后移量微小-后移量极微-前凸极微-前凸轻微,这区域性的变化特征可能与术后角膜不同部位的溶胀特性和术后角膜不同部位胶原纤维愈合反应的差异有关。本研究结果与薛超等<sup>[21]</sup>研究认为的术后角膜顶点区前移、角膜周边区后移及 Zhang 等<sup>[22]</sup>研究中术后角膜后表面高度变化的区域性变化趋势有所差异,这可能与使用的测量角膜后表面高度的仪器不同或所研究的手术方式或术后用药方案不同等有关。本研究中缺乏术后长期的研究数据。Queirós 等<sup>[23]</sup>研究认为,传统和标准 LASIK 术后 3 个月时角膜后表面高度变化差异均无统计学意义。Grewal 等<sup>[24]</sup>认为,术后 18 个月时飞秒激光制瓣、手术刀制瓣和准分子激光上皮下角膜磨镶术 3 种屈光手术角膜后表面高度变化差异无统计学意义。根据 Oculyzer 操作说明书,Oculyzer 系统操作允许的误差在 $\pm 5 \mu\text{m}$ 范围内,没有临床意义。

本研究中将可能影响角膜后表面高度差的因素,包括 TCT、SE、AD、RBT 和 AD/TCT 作为自变量,经多元线性回归分析逐步回归法分析发现,FS-LASIK 术后 1 个月角膜后表面中央区及旁中央区只有 SE 和 AD 2 个自变量进入回归方程,这可能与本研究中选择近视激光患者时的严格把关和谨慎设计手术方案密不可分。筛选手术患者时,患者要具有能矫正其屈光度所需角膜厚度,同时设计手术方案时给患者保留足够安全的 RBT,相关研究表明 LASIK 术后 RBT $>300 \mu\text{m}$ 时,术后角膜后表面高度变化差异无统计学意义<sup>[5]</sup>。研究中估算的平均 RBT 为 $335.15 \mu\text{m}$ ,保留了足够的 RBT。手术控制切削比 AD/TCT 在 30% 以内(本研究中平均为 17.11%,最大为 25.99%),这些可能限制了对 TCT、RBT、AD/TCT 是不是角膜后表面高度变化影响因素的研究条件。飞秒激光术后 1 个月时角膜后表面中央区及旁中央区高度变化与 SE 及 AD 关系密切,表明随着角膜预矫正度数的增高,需要消融的角膜组织越多,角膜后表面高度差值变化越大,对角膜后表面形态的影响越大,所以临床对高度近视患者进行激光手术时需谨慎。本研究中尚存在一些不足,RBT 并非眼前节 OCT 测量所得而是估算的,估算的 RBT = TCT<sub>A 型超声</sub> - AD - 角膜瓣厚度( $110 \mu\text{m}$ ),估算的 RBT 存在误差,并不完全精准。此外,本研究术后观察时间短,仅收集了术后 1 个月的完整资料,研究病例数较少,角膜后表面高度变化与角膜扩张或圆锥角膜的关系,仍需要更长期的大数据研究。

本研究结果提示,FS-LASIK 和 SBK 术后早期角膜后表面发生区域性的变化,较术前发生轻微后移或前凸,且变化以术后 1 周时较明显,术后 1 个月时有所恢复,但变化较轻微,不足以引起角膜扩张,2 种手术术后早期均具有良好的安全性。近视度数的大小和切削角膜组织的多少影响角膜后表面的形态,对高度近视患者进行近视激光手术前需谨慎选择,设计手术方案时应注意适当的角膜切削量,从而保留足够的 RBT,增加角膜屈光手术后的安全性。本研究样本量较小,未来仍需扩大样本量进行长期研究。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

**志谢** 感谢安徽医科大学第一附属医院眼科检查室夏卫东主任在论文完成过程中的悉心指导和无私帮助

**作者贡献声明** 王同梅:课题设计,收集数据,资料分析及解释,撰写论文,论文修改;廖荣丰:手术操作,参与修改论文中关键性结果讨论

## 参考文献

- [1] 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.
- [2] Sun HJ, Park JW, Kim SW. Stability of the posterior corneal surface after laser surface ablation for myopia[J]. Cornea, 2009, 28(9): 1019-1022. DOI:10.1097/ICO.0b013e3181a06fle.
- [3] Kamiya K, Oshika T. Corneal forward shift after excimer laser keratorefractive surgery[J]. Semin Ophthalmol, 2003, 18(1): 17-22.
- [4] Vajpayee RB, Sinha R, Sharma N, et al. Posterior corneal ectasia following LASIK[J]. Klin Oczna, 2005, 107(1-3): 46-48.
- [5] Martin R, Rachidi H. Stability of posterior corneal elevation one year after myopic laser in situ keratomileusis[J]. Clin Exp Optom, 2012, 95(2): 177-186. DOI:10.1111/j.1444-0938.2011.00665.x.
- [6] Lee DH, Seo S, Jeong KW, et al. Early spatial changes in the posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis[J]. J Cataract Refract Surg, 2003, 29(4): 778-784.
- [7] Vicente D, Clinch TE, Kang PC. Changes in posterior corneal elevation after laser in situ keratomileusis enhancement[J]. J Cataract Refract Surg, 2008, 34(5): 785-788. DOI:10.1016/j.jcrs.2007.12.040.
- [8] Giessler S, Duncker GI. Orbscan pachymetry after LASIK is not reliable[J]. J Refract Surg, 2001, 17(3): 385-387.
- [9] 汪亮,郭海科,曾锦,等. LASIK 术后角膜后表面稳定性分析[J]. 国际眼科杂志, 2012, 12(1): 52-54. DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2012.01.16.
- [10] Wang L, Guo HK, Zeng J, et al. Stability of the posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis for myopia[J]. Int J Ophthalmol, 2012, 12(1): 52-54. DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2012.01.16.
- [11] Chen D, Lam AK. Intrasession and inter-session 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.
- [12] 杜显丽,陈敏,马玲,等. Pentacam 及 Orbscan II 角膜地形图在可疑圆锥角膜的诊断特点分析[J]. 中华眼科杂志, 2012, 35(4): 323-329. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2012.04.008.
- [13] Du XL, Chen M, Ma L, et al. Comparison of Pentacam and Orbscan II systems for the diagnosis of keratoconus suspects[J]. Chin J Ophthalmol, 2012, 35(4): 323-329. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2012.04.008.
- [14] 杨照平,赵海霞,关文英,等. 亚临床期圆锥角膜在 Pentacam 和

- orbcan-II 中角膜地形图指标的差异分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2015, 17(1): 31-35. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2015. 01. 008.
- Yang ZP, Zhao HX, Guan WY, et al. Differences in topographic map index analyses of normal and subclinical keratoconus eyes obtained with Pentacam and Orbscan-II [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2015, 17(1): 31-35. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2015. 01. 008.
- [13] Seitz B, Torres F, Langenbucher A, et al. Posterior corneal curvature changes after myopic laser in situ keratomileusis [J]. Ophthalmology, 2001, 108(4): 666-673.
- [14] 杜持新, 沈晔, 黄智敏, 等. 准分子激光原位角膜磨镶术后角膜后表面改变的特点及其影响因素[J]. 中华眼科杂志, 2005, 41(6): 488-491.
- Du CX, Shen Y, Huang ZM, et al. Characteristics and correlative factors of posterior corneal surface changes after laser in situ keratomileusis [J]. Chin J Ophthalmol, 2005, 41(6): 488-491.
- [15] Rosa AM, Neto MJ, Quadrado MJ, et al. Femtosecond laser versus mechanical microkeratomes for flap creation in laser in situ keratomileusis and effect of postoperative measurement interval on estimated femtosecond flap thickness [J]. J Cataract Refract Surg, 2009, 35(5): 833-838. DOI: 10. 1016/j. jcrs. 2008. 12. 038.
- [16] 翟长斌, 郝颖娟, 易省平, 等. 眼前节 OCT 测量法对 FS200 飞秒激光和 Moria 90 刀头行薄瓣 LASIK 中角膜瓣形态比较[J]. 中华实验眼科杂志, 2013, 31(8): 770-774. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2013. 08. 015.
- Zhai CB, Hao YJ, Yi SP, et al. Measurement and comparison of corneal flap thickness between Wavelight FS200 femtosecond laser and Moria 90 microkeratome LASIK by OCT [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2013, 31(8): 770-774. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2013. 08. 015.
- [17] 买志彬, 刘苏冰, 聂晓丽, 等. 飞秒激光与机械角膜刀制瓣准分子激光原位角膜磨镶术后视觉质量对比分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013, 15(7): 409-413. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 07. 007.
- Mai ZB, Liu SB, Nie XL, et al. Comparison of visual quality after laser in situ keratomileusis flap creation with a femtosecond laser and a mechanical microkeratome [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2013, 15(7): 409-413. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 07. 007.
- [18] 张佳, 夏哲人, 许琛琛, 等. 近视眼 SBK 术后角膜后表面高度变化及其与角膜生物力学改变的相关性[J]. 医学研究杂志, 2013, 42(1): 135-139. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-548X. 2013. 01. 042.
- Zhang J, Xia ZR, Xu CC, et al. Changes of posterior corneal elevation in myopia undergoing sbk and its correlation with corneal biomechanical parameters [J]. J Med Res, 2013, 42(1): 135-139. DOI: 10. 3969/j. issn. 1673-548X. 2013. 01. 042.
- [19] 熊世红, 王薇, 陆平, 等. LASIK 术后角膜后表面高度变化及影响因素[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013, 15(2): 112-115. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 02. 012.
- Xiong SH, Wang W, Lu P, et al. Changes in posterior corneal elevation and effected factors after LASIK [J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2013, 15(2): 112-115. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 1674-845X. 2013. 02. 012.
- [20] 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 [2017-02-22]. https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4749220/. DOI: 10. 1371/journal.pone.0148370.
- [21] 薛超, 王雁, 左彤, 等. 飞秒激光与常规刀片准分子激光术后角膜后表面高度早期变化的对照研究[J]. 中华实验眼科杂志, 2014, 32(3): 235-240. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2014. 03. 011.
- Xue C, Wang Y, Zuo T, et al. Comparison of early change of posterior corneal elevation after femtosecond laser flap creation, sub-Bowman keratomileusis, epipolis laser in situ keratomileusis [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2014, 32(3): 235-240. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2014. 03. 011.
- [22] Zhang L, Wang Y. The shape of posterior corneal surface in normal, post-LASIK, and post-epi-LASIK eyes [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2010, 51(7): 3468-3475. DOI: 10. 1167/iovs. 09-4811.
- [23] Queirós A, Villa-Collar C, Gutiérrez ÁR, et al. Anterior and posterior corneal elevation after orthokeratology and standard and customized LASIK surgery [J]. Eye Contact Lens, 2011, 37(6): 354-358. DOI: 10. 1097/ICL. 0b013e318232e32d.
- [24] Grewal DS, Brar GS, Grewal SP. Posterior corneal elevation after LASIK with three flap techniques as measured by Pentacam [J]. J Refract Surg, 2011, 27(4): 261-268. DOI: 10. 3928/1081597X-20100618-01.

(收稿日期: 2018-03-16 修回日期: 2019-01-02)

(本文编辑: 刘艳)

## 读者 · 作者 · 编者

## 本刊稿件处理流程

本刊实行以同行审稿为基础的三级审理制度(编辑初审、专家外审、编委会终审)稿件评审。编辑部在稿件审理过程中坚持客观、公平、公正的原则, 郑重承诺审稿过程中尊重和保护审稿专家、作者及稿件的私密权。专家审理认为不宜刊用的稿件, 编辑部将告知作者专家的审理意见, 对稿件处理有不同看法的作者有权向编辑部申请复议, 但请写出申请理由和意见。

稿件审理过程中作者可通过“中华医学会杂志社远程稿件管理系统”查询稿件的审理结果。作者如需要采用通知或退稿通知可与编辑部联系。编辑部发给作者修改再版的稿件, 如 2 个月没有修回, 视为作者自行撤稿。编辑部的各种通知将通过 Email 发出, 投稿后和稿件审理期间请作者留意自己的电子信箱。作者自收到采用通知之日起, 即视为双方建立合约关系, 作者如撤稿必须向编辑部申诉理由并征得编辑部同意。一旦稿件进入编排阶段, 作者不应提出自撤稿件, 在此期间因一稿两投或强行撤稿而给本刊造成不良影响和/或经济损失者, 编辑部有权给以公开曝光、通报并实施经济赔偿, 作者自行承担一切责任和后果。

根据《中华人民共和国著作权法》的相关条文, 本刊编辑可对待发表的来稿按照编辑规范和专业知进行文字加工、修改和删减, 修改后的稿件作者须认真校对核实, 修改涉及文章的核心内容时双方应进行沟通并征得作者同意。除了编辑方面的技术加工以外, 作者对已经发表论文的全部内容文责自负。稿件编辑流程中编辑退回作者修改的稿件逾期 2 个月不修回者, 视作自行撤稿。

(本刊编辑部)