

# LASEK 和 TransPRK 及 FS-LASIK 术后角膜屈光力及视觉质量比较

方薇, 孙冉, 张伟, 陈旭

引用: 方薇, 孙冉, 张伟, 等. LASEK 和 TransPRK 及 FS-LASIK 术后角膜屈光力及视觉质量比较. 国际眼科杂志, 2024, 24(6): 870-875.

作者单位: (100053) 中国北京市, 首都医科大学宣武医院眼科  
作者简介: 方薇, 博士, 副主任医师, 副教授, 副主任, 研究方向: 眼视光、白内障、眼表疾病。  
通讯作者: 方薇. fw0202@163.com  
收稿日期: 2024-01-01 修回日期: 2024-05-06

## 摘要

**目的:** 比较准分子激光上皮下角膜磨镶术(LASEK)、经上皮准分子激光角膜切削术(TransPRK)、飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)三种角膜屈光手术术后角膜屈光力及视觉质量。

**方法:** 回顾性研究。选取 2021-01/2022-12 在我院择期行角膜屈光手术的 232 例 464 眼患者作为研究对象, 根据患者选择手术方式不同分为 LASEK 组 70 例 140 眼、TransPRK 组 76 例 152 眼、FS-LASIK 组 86 例 172 眼。比较三组患者术前, 术后 1、3 mo 时裸眼视力(UCVA)、视觉质量、生物力学稳定性、泪膜破裂时间(BUT)、泪液分泌试验(SIt)及生活质量变化情况。

**结果:** 术后 1、3 mo 三组患者裸眼视力较术前均改善, 全角膜总高阶像差、球差、水平彗差、垂直彗差均升高, 生物学稳定性均降低(均  $P < 0.05$ )。术后 3 mo, TransPRK 组、LASEK 组生物学稳定性均高于 FS-LASIK 组(均  $P < 0.05$ ), TransPRK 组生活质量评分较 LASEK 组及 FS-LASIK 组高( $P < 0.05$ )。手术前后三组患者 BUT、SIt 比较均无差异(均  $P > 0.05$ )。

**结论:** LASEK、TransPRK、FS-LASIK 三种角膜屈光手术治疗屈光不正疗效确切, 在改善裸眼视力和提高视觉质量方面结果相似, 但 TransPRK、LASEK 较 FS-LASIK 具有更稳定的生物力学性能, 且 TransPRK 组在改善患者生活质量方面具有更好的效果。

**关键词:** 准分子激光上皮下角膜磨镶术(LASEK); 经上皮准分子激光角膜切削术(TransPRK); 飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK); 角膜屈光手术; 角膜屈光力; 视觉质量

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.6.06

## Comparison of corneal refractive power and visual quality after LASEK, TransPRK or FS-LASIK

Fang Wei, Sun Ran, Zhang Wei, Chen Xu

Department of Ophthalmology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China

**Correspondence to:** Fang Wei. Department of Ophthalmology, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China. fw0202@163.com

Received: 2024-01-01 Accepted: 2024-05-06

## Abstract

• **AIM:** To compare the corneal refractive power and visual quality after three kinds of corneal refractive surgery: laser subepithelial keratomileusis (LASEK), transepithelial photorefractive keratectomy (TransPRK) and femtosecond laser assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK).

• **METHODS:** Retrospective study. A total of 232 patients (464 eyes) who underwent elective corneal refractive surgery in our hospital from January 2021 to December 2022 were selected as the study subjects. They were divided into the LASEK group of 70 cases (140 eyes), TransPRK group of 76 cases (152 eyes), and FS-LASIK group of 86 cases (172 eyes) according to the different surgical choices made by the patients. Uncorrected visual acuity (UCVA), visual quality, biomechanical stability, tear film break-up time (BUT), Schirmer I test (SIt) and quality of life were compared among the three groups at 1 and 3 mo postoperatively.

• **RESULTS:** The UCVA of the three groups significantly improved at 1 and 3 mo postoperatively, the total high-order aberrations, spherical aberration, horizontal coma, and vertical coma of the entire cornea were significantly increased, while the biomechanical stability in all three groups were significantly reduced (all  $P < 0.05$ ). At 3 mo postoperatively, the biomechanical stability in the TransPRK and LASEK groups were higher than those of the FS-LASIK group (all  $P < 0.05$ ), and the TransPRK group had higher quality of life scores than the LASEK group and FS-LASIK group ( $P < 0.05$ ). Furthermore, there was no significant difference in preoperative or postoperative BUT and SIt among the three groups (all  $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** In the treatment of ametropia, LASEK, TransPRK and FS-LASIK all have certain effects, and have similar results in improving UCVA and increasing visual quality. However, TransPRK and LASEK have more stable biomechanical properties than FS-LASIK, and have better efficacy in improving patients' quality of life.

• **KEYWORDS:** laser subepithelial keratomileusis (LASEK); transepithelial photorefractive keratectomy (TransPRK); femtosecond laser assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK); corneal refractive surgery; corneal refractive power; visual quality

**Citation:** Fang W, Sun R, Zhang W, et al. Comparison of corneal refractive power and visual quality after LASEK, TransPRK or FS-LASIK. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024, 24(6): 870-875.

## 0 引言

角膜屈光手术是应用准分子激光技术通过对角膜组织的消融改变角膜曲率和厚度,或者移出通过飞秒激光切削角膜组织形成的组织透镜,达到矫正屈光不正的方法。角膜屈光手术是目前纠正屈光不正的主要方法之一,随着眼外科技术的不断改进,越来越多的患者选择接受角膜屈光手术来提高视力<sup>[1]</sup>。目前常见的角膜屈光手术方式包括准分子激光上皮下角膜磨镶术(laser subepithelial keratomileusis, LASEK)、经上皮准分子激光角膜切削术(transepithelial photorefractive keratectomy, TransPRK)、飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser assisted *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)等,均通过改变角膜形状纠正屈光不正<sup>[2-3]</sup>。LASEK手术主要通过降低角膜瓣厚度而保留角膜基质床厚度,并可结合虹膜定位、眼球旋转调整和波前像差引导,对于散光轴向的控制更为准确<sup>[4]</sup>。TransPRK属于表层手术,手术主要特点是采用一种准分子激光同时去除角膜上皮和前部角膜基质层,完成对角膜曲率的改变,并可保留较多的角膜基质床厚度,对角膜损伤较小<sup>[5]</sup>。FS-LASIK手术是目前普及率较高的主流术式,飞秒激光制作的角膜瓣可保证术后角膜平滑,术后短期视力恢复快<sup>[6]</sup>。有研究发现, LASEK、TransPRK、FS-LASIK三种角膜屈光手术在治疗屈光不正方面均起到一定效果,但不同的术式对患者的视觉质量、角膜屈光力、生活质量等影响不同<sup>[7-8]</sup>。本研究选取2021-01/2022-12在我院择期行角膜屈光手术的患者,通过观察不同角膜屈光手术对患者角膜屈光力、视觉质量、生物力学稳定性及生活质量变化,为临床屈光不正患者的治疗提供参考。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 回顾性研究。选取2021-01/2022-12在我院择期行角膜屈光手术的患者232例作为研究对象,根据患者选择手术方式不同分为LASEK组70例140眼、TransPRK组76例152眼、FS-LASIK组86例172眼。纳入标准:(1)患者均符合手术相关指征,年龄18-35岁;(2)眼压10-21 mmHg;(3)屈光状态稳定至少2 a及以上(平均每年增长度数不超过-0.50 D);(4)软性隐形眼镜停戴

2 wk以上,硬性角膜接触镜停戴3 mo以上;(5)术前最佳矫正视力 $\geq 0.8$ ;(6)患者具有自主能力,能理解手术,并对手术有正确预期;(7)无精神疾病史或精神障碍。排除标准:(1)存在严重的眼部疾病或既往接受过眼部相关手术;(2)合并眼睑缺损、眼睑畸形以及慢性泪囊炎等严重的眼附属器病变者;(3)疑似或确诊的圆锥角膜或其他角膜扩张性疾病者;(4)术前角膜中央厚度低于500  $\mu\text{m}$ ;(5)合并重度干眼患者;(6)合并结缔组织疾病及自身免疫性疾病的患者;(7)全身感染性疾病者;(8)术后无法完成随访患者。本研究经过医院伦理委员会同意批准且符合医学伦理学原则。所有患者术前均签署知情同意书。

**1.2 方法** 所有患者均完善术前检查,包括眼压、中央角膜厚度、术前主觉验光球镜、术前主觉验光柱镜、预计剩余角膜厚度、预设光学区。

**1.2.1 LASEK组** 术前3 d双眼滴左氧氟沙星滴眼液和重组牛碱性成纤维细胞生长因子滴眼液(均为4次/日)。盐酸奥布卡因滴眼液表面麻醉,以瞳孔为中心将直径为8.5 mm的酒精罩杯放置在角膜表面,注入20%乙醇,浸泡约20s,将残液吸尽,平衡盐溶液(balanced salt solution, BBS)彻底冲洗角膜表面及结膜囊,分离角膜上皮至上方,使用AMARIS准分子激光仪切削角膜基质,激光频率750 Hz,平衡盐溶液冲洗清理角膜基质,复位角膜瓣,配戴绷带镜,结膜囊滴左氧氟沙星滴眼液1次<sup>[9]</sup>。

**1.2.2 TransPRK组** 术前用药和麻醉同LASEK。使用准分子激光仪完成角膜上皮及前部基质切削,使用平衡盐溶液冲洗基质床,配戴绷带镜,结膜囊滴左氧氟沙星滴眼液1次<sup>[10]</sup>。

**1.2.3 FS-LASIK组** 术前用药和麻醉同LASEK。使用Ziemer飞秒激光系统制作角膜上皮瓣,厚度100或110  $\mu\text{m}$ 、直径8.5-9.0 mm、位置切角90°,将角膜上皮瓣掀起,充分暴露角膜基质床,使用准分子激光仪对角膜基质进行切削,激光频率750 Hz,切削区域直径6.3 mm,使用平衡盐溶液冲洗基质床,复位角膜瓣使其对位良好,并确保层间无异物残留,配戴绷带镜,结膜囊滴左氧氟沙星滴眼液一次<sup>[11]</sup>。

**1.2.4 术后用药** LASEK和TransPRK组患者术后6 d使用妥布霉素地塞米松滴眼液(4次/日),术后7 d改为1%氟米龙滴眼液(4次/日),其后每2 wk减量1次,共用3 mo,患者术后根据眼压及haze反应情况调整激素用量和时间,必要时加用降眼压的药物;术后7 d开始加用左氧氟沙星滴眼液(4次/日),重组牛碱性成纤维细胞生长因子滴眼液(4次/日),均用至术后3 mo,更昔洛韦凝胶(1次/日)用至术后1 mo。FS-LASIK组患者术后使用1%氟米龙滴眼液(4次/日),其后规律减量,共用1 mo,左氧氟沙星滴眼液(4次/日)用至1 mo,重组牛碱性成纤维细胞生长因子滴眼液(4次/日)用至术后3 mo,更昔洛韦凝胶(1次/日)用至术后10 d。

**1.2.5 观察指标** 术前,术后1、3 mo检查以下指标:(1)使用标准对数视力表检查裸眼视力;(2)采用Pentacam三维眼前节分析诊断系统检查视觉质量变化,包括全角膜总高阶像差、球差、水平彗差、垂直彗差;(3)采用眼反应分析

仪检查生物力学稳定性,主要参数包括角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH)、角膜阻力因子 (corneal resistance factor, CRF)、第一次压平时间 (time first appplanation, A1T)、第二次压平时间 (time second appplanation, A2T)、最大压陷深度 (maximum deformation amplitude of highest concavity, HCDA)、两峰间距 (distance between both non-deformed peaks, PD);(4)泪膜破裂时间 (break-up time, BUT);将标准荧光滤纸放在下眼睑结膜囊处,眨眼3-5次后取下。将其放在裂隙灯下,在蓝光下仔细观察。使用秒表记录患者最后眨眼的时间,直到泪膜上出现干斑,连续测量3次后,计算平均值;(5)泪液分泌试验 (Schirmer I test, S I t);将泪液检测滤纸条 (规格:5 mm×5 mm) 折叠,一端5 mm,放置在下眼睑边缘中外三分之一处,引导患者轻轻闭上眼睛,5 min后,取出放置的滤纸并测量浸湿长度;(6)采用屈光矫正者生活质量问卷检测生活质量情况,包括视功能、精神等20项,每项分值0-5分,分值越高表示患者生活质量越高。

统计学分析:采用SPSS22.0软件进行统计学数据分析,计数资料以[例(%)]表示,采用 $\chi^2$ 检验。符合正态分布的计量资料均采用 $\bar{x}\pm s$ 表示,三组间数据的比较采用单因素方差分析,重复测量数据采用重复测量方差分析,两两比较进一步行SNK- $q$ 检验法, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 三组患者一般资料比较 三组患者一般资料比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表1。

2.2 三组患者手术前后裸眼视力比较 三组患者手术前后裸眼视力组间和交互比较差异均无统计学意义( $F_{\text{组间}} =$

$0.975, P_{\text{组间}} = 0.329; F_{\text{交互}} = 1.146, P_{\text{交互}} = 0.287$ );时间比较差异有统计学意义( $F_{\text{时间}} = 4025.364, P_{\text{时间}} < 0.001$ ),各组内进一步两两比较结果见表2。

2.3 三组患者手术前后视觉质量比较 三组患者手术前后全角膜总高阶像差、球差、水平彗差、垂直彗差组间和交互作用比较差异均无统计学意义(全角膜总高阶像差: $F_{\text{组间}} = 1.141, P_{\text{组间}} = 0.256; F_{\text{交互}} = 1.761, P_{\text{交互}} = 0.081$ ;球差: $F_{\text{组间}} = 0.187, P_{\text{组间}} = 0.852; F_{\text{交互}} = 0.417, P_{\text{交互}} = 0.519$ ;水平彗差: $F_{\text{组间}} = 0.476, P_{\text{组间}} = 0.490; F_{\text{交互}} = 1.895, P_{\text{交互}} = 0.079$ ;垂直彗差: $F_{\text{组间}} = 1.022, P_{\text{组间}} = 0.324; F_{\text{交互}} = 1.507, P_{\text{交互}} = 0.154$ );时间比较差异均有统计学意义(全角膜总高阶像差: $F_{\text{时间}} = 425.360, P_{\text{时间}} < 0.001$ ;球差: $F_{\text{时间}} = 578.421, P_{\text{时间}} < 0.001$ ;水平彗差: $F_{\text{时间}} = 845.067, P_{\text{时间}} < 0.001$ ;垂直彗差: $F_{\text{时间}} = 758.610, P_{\text{时间}} < 0.001$ ),各组内进一步两两比较见表3-6。

2.4 三组患者手术前后角膜生物力学稳定性比较 三组患者手术前后CRF、CH、A1T、A2T、HCDA、PD组间、时间和交互作用比较差异均有统计学意义(CRF: $F_{\text{组间}} = 12.325, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 10.256, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 17.856, P_{\text{交互}} < 0.001$ ;CH: $F_{\text{组间}} = 45.236, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 9.887, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 41.236, P_{\text{交互}} < 0.001$ ;A1T: $F_{\text{组间}} = 79.421, P_{\text{组间}} < 0.001; ; F_{\text{时间}} = 15.241, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 26.321, P_{\text{交互}} < 0.001$ ;A2T: $F_{\text{组间}} = 11.068, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 1.564, P_{\text{时间}} = 0.119; F_{\text{交互}} = 174.264, P_{\text{交互}} < 0.001$ ;HCDA: $F_{\text{组间}} = 74.608, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 0.752, P_{\text{时间}} = 0.455; F_{\text{交互}} = 35.162, P_{\text{交互}} < 0.001$ ;PD: $F_{\text{组间}} = 36.965, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 0.623, P_{\text{时间}} = 0.887; F_{\text{交互}} = 38.021, P_{\text{交互}} < 0.001$ ),进一步两两比较见表7-12。

表1 三组患者一般资料比较

分组	例数 (眼数)	男/女 (例)	年龄 (岁)	眼压 (mmHg)	中央角膜厚度 ( $\mu\text{m}$ )	术前主觉验光		预计剩余角膜 基质厚度( $\mu\text{m}$ )	预设光学区 (mm)
						球镜(D)	柱镜(D)		
LASEK组	70(70)	30/40	28.35±5.05	17.52±2.79	539.25±38.72	-6.53±0.82	-0.97±0.59	306.26±30.12	6.50±0.97
TransPRK组	76(76)	32/44	27.88±4.26	16.28±3.70	540.25±35.26	-6.49±0.97	-0.95±0.64	310.24±20.77	6.40±0.69
FS-LASIK组	86(86)	30/56	27.18±3.39	15.95±5.36	541.19±38.82	-6.42±0.75	-0.93±0.66	308.60±25.32	6.42±0.48
$F/\chi^2$		1.309	1.52	2.92	0.05	0.34	0.08	0.45	0.39
$P$		0.520	0.221	0.056	0.950	0.712	0.926	0.641	0.679

表2 三组患者手术前后裸眼视力比较 ( $\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$ )

分组	眼数	术前	术后1 mo	术后3 mo
LASEK组	70	0.33±0.06	-0.004±0.04 <sup>a</sup>	-0.025±0.07 <sup>a,c</sup>
TransPRK组	76	0.32±0.07	-0.003±0.06 <sup>a</sup>	-0.023±0.04 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK组	86	0.31±0.05	-0.010±0.04 <sup>a</sup>	-0.025±0.07 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 同组术后1 mo。

表3 三组患者手术前后全角膜总高阶像差比较 ( $\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$ )

分组	眼数	术前	术后1 mo	术后3 mo
LASEK组	70	0.45±0.11	0.54±0.16 <sup>a</sup>	0.56±0.14 <sup>a,c</sup>
TransPRK组	76	0.43±0.15	0.53±0.17 <sup>a</sup>	0.58±0.15 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK组	86	0.42±0.13	0.54±0.10 <sup>a</sup>	0.56±0.10 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 同组术后1 mo。

表4 三组患者手术前后球差比较 ( $\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$ )

分组	眼数	术前	术后1 mo	术后3 mo
LASEK组	70	0.10±0.06	0.21±0.05 <sup>a</sup>	0.20±0.06 <sup>a,c</sup>
TransPRK组	76	0.09±0.05	0.19±0.06 <sup>a</sup>	0.21±0.08 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK组	86	0.08±0.03	0.17±0.08 <sup>a</sup>	0.20±0.02 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 同组术后1 mo。

表5 三组患者手术前后垂直彗差比较 ( $\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$ )

分组	眼数	术前	术后1 mo	术后3 mo
LASEK组	70	0.21±0.12	0.26±0.11 <sup>a</sup>	0.30±0.10 <sup>a,c</sup>
TransPRK组	76	0.20±0.13	0.27±0.13 <sup>a</sup>	0.31±0.13 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK组	86	0.19±0.10	0.25±0.11 <sup>a</sup>	0.30±0.10 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P<0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P<0.05$  vs 同组术后1 mo。



表 6 三组患者手术前后水平彗差比较 ( $\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	0.16±0.19	0.25±0.07 <sup>a</sup>	0.34±0.08 <sup>a,c</sup>
TransPRK 组	76	0.17±0.16	0.23±0.08 <sup>a</sup>	0.36±0.07 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK 组	86	0.15±0.16	0.24±0.04 <sup>a</sup>	0.35±0.04 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同组术后 1 mo。

表 7 三组患者手术前后 CRF 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	7.96±1.62	4.70±1.79 <sup>a</sup>	6.52±1.58 <sup>a,c,e</sup>
TransPRK 组	76	7.81±1.80	4.79±2.34 <sup>a</sup>	6.26±1.53 <sup>a,c,e</sup>
FS-LASIK 组	86	7.80±1.68	4.46±1.58 <sup>a</sup>	5.29±1.46 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同组术后 1 mo;<sup>e</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

表 8 三组患者手术前后 CH 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{mmHg}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	9.28±1.27	6.25±1.49 <sup>a</sup>	7.71±1.87 <sup>a,c,e</sup>
TransPRK 组	76	9.20±1.19	6.55±1.63 <sup>a</sup>	7.69±1.64 <sup>a,c,e</sup>
FS-LASIK 组	86	9.10±1.35	6.41±1.33 <sup>a</sup>	6.82±1.66 <sup>a</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同组术后 1 mo;<sup>e</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

表 9 三组患者手术前后 A1T 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{ms}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	7.87±0.43	7.10±0.49 <sup>a</sup>	6.85±0.29 <sup>a,c,e</sup>
TransPRK 组	76	7.85±0.56	7.09±0.52 <sup>a</sup>	6.79±0.35 <sup>a,c,e</sup>
FS-LASIK 组	86	7.90±0.49	7.08±0.29 <sup>a</sup>	6.57±0.23 <sup>a,c</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同组术后 1 mo;<sup>e</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

表 10 三组患者手术前后 A2T 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{ms}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	24.05±0.87	21.63±0.92 <sup>a</sup>	21.05±0.97 <sup>a,c</sup>
TransPRK 组	76	24.09±1.03	22.98±1.06 <sup>a</sup>	22.69±1.29 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK 组	86	23.50±0.52	21.82±0.90 <sup>a</sup>	21.48±0.90 <sup>a</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

表 11 三组患者手术前后 HCDA 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{mm}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	1.53±0.87	1.10±0.15 <sup>a</sup>	1.16±0.12 <sup>a,c</sup>
TransPRK 组	76	1.52±0.65	1.12±0.10 <sup>a</sup>	1.15±0.06 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK 组	86	1.51±0.24	1.09±0.11 <sup>a</sup>	1.08±0.11 <sup>a</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

**2.5 三组患者手术前后 BUT 和 S I t 比较** 三组患者手术前后 BUT 和 S I t 比较差异均无统计学意义 (BUT:  $F_{\text{组间}} = 1.994, P_{\text{组间}} = 0.089; F_{\text{时间}} = 2.036, P_{\text{时间}} = 0.052; F_{\text{交互}} = 2.035, P_{\text{交互}} = 0.115; S I t: F_{\text{组间}} = 1.652, P_{\text{组间}} = 0.062; F_{\text{时间}} = 0.220, P_{\text{时间}} = 0.828; F_{\text{交互}} = 2.245, P_{\text{交互}} = 0.203$ ), 见表 13、14。

**2.6 患者手术前后生活质量分析** 三组患者手术前后生活质量评分比较差异具有统计学意义 ( $F_{\text{组间}} = 74.261, P_{\text{组间}} < 0.001; F_{\text{时间}} = 13.006, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 20.364, P_{\text{交互}} < 0.001$ ), 进一步两两比较见表 15。

表 12 三组患者手术前后 PD 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{mm}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	6.12±0.63	5.33±0.59 <sup>a</sup>	5.19±0.68 <sup>a,c</sup>
TransPRK 组	76	6.12±0.80	5.20±0.54 <sup>a</sup>	5.23±0.61 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK 组	86	6.09±0.63	5.11±0.44 <sup>a</sup>	5.02±0.30 <sup>a</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 FS-LASIK 组。

表 13 三组患者手术前后 BUT 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{s}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	14.85±7.35	10.63±5.38	12.15±5.06
TransPRK 组	76	14.29±8.49	11.75±4.36	11.98±6.01
FS-LASIK 组	86	14.11±6.68	12.33±5.24	13.96±5.63

表 14 三组患者手术前后 S I t 比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{mm}/5 \text{ min}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	18.74±5.33	17.98±6.21	17.10±6.29
TransPRK 组	76	19.21±7.16	18.30±5.44	17.60±7.30
FS-LASIK 组	86	18.63±6.80	17.49±4.15	16.44±6.60

表 15 三组患者手术前后生活质量评分比较 ( $\bar{x} \pm s, \text{分}$ )

分组	眼数	术前	术后 1 mo	术后 3 mo
LASEK 组	70	40.12±4.25	41.26±5.40 <sup>e</sup>	43.51±2.84 <sup>a,c,e</sup>
TransPRK 组	76	39.63±5.87	44.26±4.16	47.26±5.19 <sup>a,c</sup>
FS-LASIK 组	86	39.74±6.71	40.62±3.24 <sup>e</sup>	42.02±3.32 <sup>a,c,e</sup>

注:<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 同组术前;<sup>c</sup> $P < 0.05$  vs 同组术后 1 mo;<sup>e</sup> $P < 0.05$  vs 同时时间点 TransPRK 组。

### 3 讨论

近年来,随着 LASEK、TransPRK、FS-LASIK 等现代激光辅助屈光手术技术的发展,治疗成年人屈光不正具有一定优势<sup>[12-13]</sup>。LASEK 是一种表面消融过程,在没有角膜瓣的情况下,生物力学变化比其他激光手术小,节约了角膜组织。从长远来看,该术式可实现良好的裸眼视力恢复,但存在角膜皮下混浊和增殖、视力恢复缓慢、疼痛明显的风险<sup>[14]</sup>。FS-LASIK 是目前最常用的角膜屈光手术之一,主要通过飞秒激光制作皮瓣,纠正角膜基质层,可提供更快地视力恢复速度,从而达到治疗屈光不正的目的<sup>[15]</sup>。据报道,使用 FS-LASIK 手术治疗后,患者能够获得较为稳定的裸眼视力<sup>[16]</sup>。TransPRK 是近年来新发展的一种角膜屈光手术,能够非接触性的、连续的去角质膜上皮,且不需要制作角膜瓣,可使得角膜切削平面光滑,更有利于术后视觉质量的恢复。研究发现,TransPRK 手术在近视及散光的矫正中能够有效改善患者的视觉质量<sup>[17]</sup>。基于此本研究旨在分析 LASEK、TransPRK、FS-LASIK 三种角膜屈光手术术后角膜屈光力及视觉质量。

角膜屈光手术是通过改变角膜前表面曲率而达到治疗的目的,角膜屈光力的变化对判断患者的治疗情况具有重要意义<sup>[18]</sup>。本研究中发现,术后三组患者裸眼视力均较术前明显升高,但术后三组间裸眼视力无明显差异。提示三组术式术后视力恢复情况较好,具有较好的一致性。角膜组织的重塑对屈光系统成像可产生直接影响,据报道,术后视觉质量已成为患者满意度的重要因素,对

判断患者术后效果具有重要意义<sup>[19]</sup>。本研究结果发现,术后3 mo时三组患者球差、全角膜总高阶像差、水平和垂直彗差均明显高于术前,术后三组患者球差均升高的原因可能是由余弦效应引起的,在FS-LASIK手术中,当激光照射到角膜边缘时,会损失10%到15%的能量,导致术后由于周边矫正不足而导致球差增加。此外,由于角膜瓣的存在,术后早期的光散射和折射在穿过层间界面时发生,导致角膜瓣与基质床之间的黏附不完全,角膜瓣的形状和位置,以及角膜瓣蒂的方向,都可能影响像差的产生<sup>[20]</sup>。有研究发现<sup>[21]</sup>,FS-LASIK和TransPRK术后远期视力均较好,FS-LASIK组患者的总高阶像差及垂直彗差高于TransPRK组,且FS-LASIK安全性指数低于TransPRK。还有研究显示<sup>[22]</sup>,TransPRK和FS-LASIK在术后早期都显示出角膜后表面不同程度的前移位,其中FS-LASIK更为显著,这表明与角膜愈合反应有关。随着时间的推移,角膜伤口逐渐愈合,角膜张力增加,此后表面高度稳定。本研究三组患者球差、全角膜总高阶像差、水平和垂直彗差比较无差异,可能与纳入人群不同有关。LASEK术式是将角膜中央上皮浸泡在20%乙醇中,释放并形成带蒂的角膜上皮瓣,术后眼部疼痛症状轻微,术后视力恢复快。尽管TransPRK手术不需要制作角膜瓣,但角膜上皮的分布并不对称,因此对于TransPRK手术,当前设置上皮削厚度的固定模式可能会引入高阶像差<sup>[23]</sup>。此外,TransPRK手术属于表面消融手术,在角膜上皮的愈合过程中重塑上皮细胞,角膜透明度和泪膜稳定性对视觉恢复有影响,也可能导致高阶像差的增加。

据推测,角膜生物力学的改变可能在原发性和术后角膜扩张中起着关键作用。生物力学参数的测量对于早期角膜扩张的鉴别具有重要意义。角膜屈光手术为角膜中央的首选组织切除术,其可能对角膜的生物力学特性具有一定的影响<sup>[24]</sup>。有研究发现<sup>[25]</sup>,当进行角膜屈光手术后,患者角膜生物力学出现降低。据报道<sup>[26]</sup>,稳定的生物力学能够进一步提高屈光手术的有效性及安全性,因此,稳定的生物力学性能在治疗疾病方面能够起到不可忽视的作用。本研究结果发现,术后3 mo时三组患者CRF、CH、A1T、A2T、HCDA、PD均明显低于术前,但TransPRK组、LASEK组CRF、CH、A1T、A2T、HCDA、PD水平明显高于FS-LASIK组。说明,三种手术术后早期角膜生物力学性能降低,而TransPRK、LASEK手术对生物力学的影响较小,术后可具有较为稳定的生物力学性能。其可能是因为,角膜形状的改变可能会造成生物力学的改变,而TransPRK手术不需使用角膜板层刀或飞秒激光制做角膜瓣,亦避免了其他表层切削手术的机械或化学损伤,整个手术过程中无需任何器械接触角膜表面,一步完成角膜上皮和角膜基质的精确切削,节省了相对较多角膜组织,保留了角膜的生物力学强度,避免术后医源性角膜扩张的风险,提高了手术的安全性<sup>[27-28]</sup>。LASEK术式因有上皮瓣的保护,减少了因角膜上皮缺损与角膜伤口接触引起的刺激症状的发生,此外该术式还余留较多的角膜床,使得角膜生物力学性更好,提高远期的安全性<sup>[29]</sup>。有研究发现<sup>[30]</sup>,LASEK后角膜敏感性降低,其中角膜敏感性降低最显著的量与角膜中心有关,并在术后3 mo内达到术前水平。与本研究结果类似。此外本研究认为FS-LASIK对

角膜生物力学的影响可能是由于在角膜瓣的制作过程中,角膜瓣和基质床之间的胶原纤维连接被破坏,诱导细胞凋亡、增殖和炎症反应,使得角膜生物力学下降,从而永久性损害角膜的硬度和完整性<sup>[31]</sup>。

手术屈光手术的最终目的为提高视力与生活质量<sup>[32]</sup>。本研究结果发现,术后3 mo时,三组患者生活质量评分均明显高于术前、术后1 mo,且术后1、3 mo,TransPRK组生活质量评分较LASEK组及FS-LASIK组高。提示三种手术均可提高患者的生活质量。有研究发现<sup>[33]</sup>,TransPRK、FS-LASIK手术治疗后两组生活质量评分均较术前显著提高,差异有统计学意义,表明术后患者眩光的主观感受略有增加,但对术后视觉生活质量的总体评价明显高于术前,眩光症状并没有对患者总体视觉生活质量产生严重影响,与本研究结果一致。

综上所述,LASEK、TransPRK、FS-LASIK三种角膜屈光手术改善裸眼视力和提高视觉质量结果相似,但LASEK、TransPRK具有较FS-LASIK更稳定的生物力学性能,在改善患者生活质量方面TransPRK具有更好的效果。但本研究仍具有一定的局限性,术后随访时间过短,后期将进一步的前瞻性和多中心的研究,增加样本规模及长期随访期。

#### 参考文献

- [1] de Bernardo M, Pagliarulo S, Rosa N. Unexpected ocular morphological changes after corneal refractive surgery: a review. *Front Med*, 2022,9:1014277.
- [2] Yang YZ, Li FF, Wu SQ, et al. Comparison of myopic astigmatic correction after cross-assisted SMILE, FS-LASIK, and transPRK. *J Cataract Refract Surg*, 2023,49(12):1242-1248.
- [3] 李江峰,李慧,李金键,等.高度近视行不同激光角膜屈光术后角膜神经纤维的修复情况比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021,23(12):887-895.
- [4] 李江峰,侯辰宇,李金键,等.高度近视眼3种角膜屈光手术后角膜神经修复情况及角膜光密度的对比研究. *中华眼科杂志*, 2021,57(4):268-276.
- [5] de Ortueta D, von Rueden D, Arba Mosquera S. Symmetric offset versus asymmetric offset ablation with transepithelial refractive keratectomy. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):219.
- [6] 郎敏,张娇,陶露莎,等. SMILE与FS-LASIK矫正高度近视术后5年屈光结果及眼内散射分析. *第三军医大学学报*, 2021,43(24):2698-2704.
- [7] Xin Y, Lopes BT, Wang J, et al. Biomechanical effects of tPRK, FS-LASIK, and SMILE on the Cornea. *Front Bioeng Biotechnol*, 2022,10:834270.
- [8] Jiang JJ, Jhanji V, Sun LX, et al. Comparison of visual quality after Femto-LASIK and TransPRK in patients with low and moderate myopia. *Int Ophthalmol*, 2020,40(6):1419-1428.
- [9] 曹记红,蒋海翔,张丹. SMILE与LASEK术治疗高度近视对患者视力恢复及并发症的影响. *海南医学*, 2023,34(1):71-75.
- [10] Lv ZP, Ma K. A prospective, randomized, double-masked controlled clinical trial of postoperative pain after transepithelial photorefractive keratectomy (trans-PRK). *J Health Eng*, 2022,2022:2718785.
- [11] Katsanos A, Arranz-Marquez E, Cañones R, et al. Retinal nerve fiber layer thickness after laser-assisted subepithelial keratomileusis and femtosecond LASIK: a prospective observational cohort study. *Clin Ophthalmol*, 2018,12:1213-1218.

- [12] Sima G, Tătaru CI, Munteanu M. Evaluation of the efficiency and safety of TransPRK and FS-LASIK refractive procedures on patients with astigmatism and amblyopia. *Rom J Ophthalmol*, 2023,67(3):267-274.
- [13] 徐建龙, 马青. 经上皮准分子激光角膜切削术与准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术治疗中高度近视的疗效比较. *中国激光医学杂志*, 2020,29(1):1-5.
- [14] 李飞, 杨杰. SBK 和 LASEK 手术治疗高度近视的疗效和对眼表的影响. *中国激光医学杂志*, 2021,30(4):211-215.
- [15] Li JF, Hou CT, Li JJ, et al. Corneal nerve repair and optical density in patients with high myopia after three kinds of corneal refractive surgery. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2021,57(4):268-276.
- [16] 王萌萌, 王晶晶, 尹会, 等. Ziemer LDV Z6 飞秒激光机制作角膜瓣的 FS-LASIK 手术并发症处理和长期疗效评价. *眼科新进展*, 2021,41(3):227-230.
- [17] 袁正, 周春阳, 周跃华, 等. SPT 辅助的 1050 Hz 切削频率 TransPRK 与 SMILE 术后视觉质量的比较. *国际眼科杂志*, 2023,23(3):390-394.
- [18] Piao JJ, Wang S, Tao Y, et al. Corneal epithelial remodeling after femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis combined with intraoperative accelerated corneal collagen crosslinking for myopia: a retrospective study. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):349.
- [19] 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. *川北医学院学报*, 2022,37(12):1579-1582.
- [20] 郑燕, 周跃华, 张晶, 等. FS-LASIK、WF-LASIK 与 SMILE 术后视觉质量比较的研究. *中华眼科杂志*, 2020,56(2):118-125.
- [21] 何之城, 王亚茹, 王勇, 等. FS-LASIK 与智能脉冲技术的 TransPRK 矫正中度近视的疗效比较. *国际眼科杂志*, 2022,22(12):2054-2057.
- [22] 任雁琳, 史春生, 姜波. FS-LASIK 矫正不同程度近视术后角膜高阶像差的早期变化. *国际眼科杂志*, 2021,21(5):796-799.
- [23] Sun LX, Jhanji V, Li SM, et al. Vector analysis of astigmatic correction after single - step transepithelial photorefractive keratectomy and femtosecond-assisted laser *in-situ* keratomileusis for low to moderate myopic astigmatism. *Indian J Ophthalmol*, 2022,70(10):3483-3489.
- [24] Shang JM, Shen Y, Jhanji V, et al. Comparison of corneal biomechanics in post-SMILE, post-LASEK, and keratoconic eyes. *Front Med*, 2021,8:695697.
- [25] Bao F, Lopes BT, Zheng X, et al. Corneal biomechanics losses caused by refractive surgery. *Curr Eye Res*, 2023,48(2):137-143.
- [26] 王雁, 刘晶. 重视生物力学对于角膜屈光手术的作用. *中华眼科杂志*, 2021,57(2):81-85.
- [27] de Ortueta D, von Rueden D, Verma S, et al. TransPRK treatment for residual refractive error and induced aberrations in eye undergone SMILE treatment. *Eur J Ophthalmol*, 2021,31(6):NP22-NP25.
- [28] Liu C, Yu AM, Zhang C, et al. Structural and functional alterations in corneal nerves after single - step TransPRK. *J Cataract Refract Surg*, 2022,48(7):778-783.
- [29] Fu MJ, Li MY, Wei RY, et al. Long-term visual quality after small incision lenticule extraction ( SMILE ) and laser assisted subepithelial keratomileusis ( LASEK ) for low myopia. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):347.
- [30] Mirzajani A, Bouyeh A, Khezri F, et al. How long does the recovery of corneal sensitivity in different corneal regions take after LASEK? *Int J Ophthalmol*, 2023,16(12):2056-2062.
- [31] Du HY, Zhang B, Wang Z, et al. Quality of vision after myopic refractive surgeries: SMILE, FS-LASIK, and ICL. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):291.
- [32] Han T, Xu Y, Han X, et al. Quality of life impact of refractive correction ( QIRC ) results three years after SMILE and FS - LASIK. *Health Qual Life Outcomes*, 2020,18(1):107.
- [33] 唐恣, 马代金. 角膜地形图引导的 FS-LASIK 与常规 FS-LASIK 术后视觉质量比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2020,22(6):427-433.