

角膜生物力学分析仪评估 SMILE 与 FS-LASIK 术后角膜生物力学的变化

李文静^{1,2}, 刘洋², 王政来², 张金金², 马臻², 周玲婕², 蔡博², 庄文娟^{1,2}

引用: 李文静, 刘洋, 王政来, 等. 角膜生物力学分析仪评估 SMILE 与 FS-LASIK 术后角膜生物力学的变化. 国际眼科杂志 2023;23(11):1793-1797

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.82060182); 宁夏自然科学基金项目 (No.2021AAC03301)

作者单位:¹(750004) 中国宁夏回族自治区银川市, 宁夏医科大学第三临床医学院;²(750002) 中国宁夏回族自治区银川市, 宁夏回族自治区人民医院 宁夏眼科医院

作者简介: 李文静, 硕士, 住院医师, 研究方向: 眼屈光与白内障。

通讯作者: 庄文娟, 博士, 主任医师, 教授, 博士研究生导师, 研究方向: 眼屈光与白内障. zh_wenj@163.com

收稿日期: 2023-03-18 修回日期: 2023-10-11

摘要

目的: 利用角膜生物力学分析仪 (Corvis ST) 评估行飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE) 和飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术 (FS-LASIK) 治疗的中度屈光不正患者术后角膜生物力学的变化特征。

方法: 前瞻性队列研究。选取 2020-11/2021-11 在宁夏眼科医院视光中心拟行角膜屈光手术的中度近视患者 65 例 130 眼, 考虑双眼存在关联, 双眼同时满足条件选右眼进行研究, 其中 SMILE 组 30 眼, FS-LASIK 组 35 眼。应用 Corvis ST 观察两组患者术前、术后 1、3mo 角膜生物力学参数综合半径 (IR)、反向凹面半径 (ICR)、形变幅度比值 (DAR2)、硬度指数 (SP-A1)、相关厚度-水平方向 (ARTh) 和最大压陷曲率半径 (HC-Radius) 的变化。

结果: 两组间患者术前, 术后 1、3mo 生物力学参数比较均无差异 ($P>0.05$)。各组患者术后 1、3mo IR、ICR、DAR2 均较术前明显增加, SP-A1、ARTh、HC-Radius 均较术前明显降低 (均 $P<0.05$), 术后 1mo 与术后 3mo 生物力学参数比较无差异 ($P>0.05$)。两组患者术后 3mo 中央角膜厚度 (CCT) 与 ARTh 和 SP-A1 呈正相关 (FS-LASIK 组: $r=0.727, 0.819$, SMLIE 组: $r=0.683, 0.434$, 均 $P<0.05$), 与 IR 和 ICR 呈负相关 (FS-LASIK 组: $r=-0.697, -0.622$, SMLIE 组: $r=-0.447, -0.491$, 均 $P<0.05$)。

结论: 对于中度近视患者, SMILE 和 FS-LASIK 术后均可导致角膜生物力学稳定性降低, 两种手术方式对生物力学的影响无明显差异, 且在术后 1mo 时生物力学趋于稳定, 术后 CCT 与生物力学参数 ARTh、SP-A1、IR 和 ICR 存在相关性。

关键词: 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE); 飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术 (FS-LASIK); 角膜生物力学; 角膜生物力学分析仪

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.11.05

Changes in corneal biomechanics after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis evaluated by corneal visualization Scheimpflug technology

Wen-Jing Li^{1,2}, Yang Liu², Zheng-Lai Wang², Jin-Jin Zhang², Zhen Ma², Ling-Jie Zhou², Bo Cai², Wen-Juan Zhuang^{1,2}

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 82060182); Natural Science Foundation Project of Ningxia (No.2021AAC03301)

¹Third Clinical Medical College of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, Ningxia Hui Autonomous Region, China;

²Ningxia Eye Hospital, People's Hospital of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750002, Ningxia Hui Autonomous Region, China

Correspondence to: Wen-Juan Zhuang. Third Clinical Medical College of Ningxia Medical University, Yinchuan 750004, Ningxia Hui Autonomous Region, China; Ningxia Eye Hospital, People's Hospital of Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan 750002, Ningxia Hui Autonomous Region, China. zh_wenj@163.com

Received:2023-03-18 Accepted:2023-10-11

Abstract

• **AIM:** To evaluate the changes in corneal biomechanics of patients with moderate refractive error after receiving small-incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis (FS-LASIK) using the corneal visualization Scheimpflug technology (Corvis ST).

• **METHODS:** Prospective cohort study. A total of 65 moderate myopia patients (65 eyes) who were scheduled to undergo refractive surgery at the Ophthalmic Refractive Surgery Center of the Ningxia Eye Hospital from November 2020 to November 2021 were included in the study, and there were 30 eyes in the SMILE group and 35 eyes in the FS-LASIK group. The changes in corneal biomechanical parameters, including integrated radius (IR), inverse concave radius (ICR), deformation amplitude ratio 2mm (DAR2), stiffness parameter at first applanation (SP-A1), ambrosio relational thickness (ARTh) and the central curvature radius at highest concavity (HC-Radius) were observed by Corvis ST

between both groups preoperatively and 1 and 3mo postoperatively.

• **RESULTS:** There were no statistical significance in biomechanical parameters between two groups of patients 1 and 3mo postoperatively ($P>0.05$). IR, ICR and DAR2 of each groups of patients 1 and 3mo postoperatively were significantly increased than those preoperatively, and SP-A1, ARTh and HC-Radius were significantly decreased than those preoperatively (all $P<0.05$). The biomechanical parameters at 1mo and 3mo postoperatively showed no statistical significance ($P>0.05$). In addition, a positive correlation was found between central corneal thickness (CCT) and ARTh and SP - A1 of the two groups of patients at 3mo postoperatively (FS-LASIK group: $r=0.727, 0.819$, SMLIE group: $r=0.683, 0.434$, all $P<0.05$), while a negative correlation was found between CCT and IR and ICR at 3mo postoperatively. (FS - LASIK group: $r=-0.697, -0.622$, SMLIE group: $r=-0.447, -0.491$, all $P<0.05$).

• **CONCLUSION:** For patients with moderate myopia, both SMILE and FS-LASIK can reduce corneal biomechanical stability. Both surgeries showed no significant differences in the effect on biomechanical, and the biomechanical has been stabilized at 1mo postoperatively. A correlation was found between postoperative CCT and ARTh, SP-A1, IR and ICR.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction (SMILE); femtosecond laser - assisted laser *in situ* keratomileusis (FS - LASIK); corneal biomechanics; corneal visualization Scheimpflug technology (Corvis ST)

Citation: Li WJ, Liu Y, Wang ZL, *et al.* Changes in corneal biomechanics after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis evaluated by corneal visualization Scheimpflug technology. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(11):1793-1797

0 引言

近视是目前全球关注的一个重大公共卫生问题,全世界约有 14.06 亿人患有近视,约占世界人口的 22.9%^[1],而我国也是一个近视大国^[2],随着人们对生活质量的要求越来越高,更多的人会选择角膜屈光手术进行近视矫正。飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 和飞秒激光制瓣准分子激光原位角膜磨镶术 (femtosecond laser - assisted laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK) 作为目前临床上主流的角膜屈光手术得到越来越广泛的认可^[3],但术后由于角膜厚度变薄导致的生物力学稳定性降低而发生的医源性角膜扩张^[4]等严重并发症也同样被屈光医师越来越重视。关于 SMILE 和 FS-LASIK 术后的角膜生物力学特性的改变, Liu 等^[5] 研究发现两组患者术后角膜生物力学稳定性没有显著差异,而 He 等^[6] 发现与 FS-LASIK 相比, SMILE 术后角膜生物力学更加稳定,因此本研究通过可视化角膜生物力学分析仪 (Corvis ST) 对中度近视患者 SMILE 和 FS-LASIK

手术前后角膜生物力学相关参数进行观察,分析两种手术后生物力学的变化特点,试图为临床上个性化的屈光手术方式选择提供更多的理论依据。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性研究。选取 2020-11/2021-11 在宁夏眼科医院视光中心就诊且行 FS-LASIK 或 SMILE 中度近视患者 65 例 130 眼作为研究对象,考虑双眼存在关联,双眼同时满足条件选右眼进行研究,按照患者自愿选择手术方式的不同,分为 SMILE 组 30 眼, FS-LASIK 组 35 眼。纳入标准: (1) 年龄: 18~45 岁; (2) 术前等效球镜 -3.00~-6.00D; (3) 1a 以内屈光度变化 $\leq 0.5D$; (4) 术前最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) ≥ 0.8 ; (5) 术前软性角膜接触镜停戴 2wk 以上, 硬性角膜接触镜停戴 4wk 以上, 角膜塑形镜停戴 3mo 以上。排除标准^[7]: (1) 术前角膜厚度 $< 480\mu m$, 预计术后角膜残留基质床厚度 $< 280\mu m$; (2) 严重的角膜疾病, 任何眼手术史、眼肿瘤史、眼前节疾病、活动性眼部病变或感染、眼底病变者; (3) 处于妊娠期和产后哺乳期。本研究符合《赫尔辛基宣言》, 已获得本院伦理委员会批准 (批准号: 2020 - KY - CZR019), 所有患者均签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者术前均行裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA)、综合验光、非接触式眼压、裂隙灯检查、三面镜眼底检查、眼轴、OCT、角膜地形图 (Pentacam) 和新型可视化角膜生物力学分析仪 (Corvis ST) 等常规检查。术前常规冲洗结膜囊、消毒, 采用 4g/L 盐酸奥布卡因表面麻醉。手术室的温度和湿度均控制在机器要求的正常范围之内, 术前机器均完成能量测试。所有患者手术均由同一位有经验的医生完成。

1.2.1 SMILE 手术方法 采用 Visu Max 飞秒激光机器。(1) 患者仰卧位, 头位固定后铺无菌洞巾, 嘱患者注视固视灯, 行双眼中心定位后非压平锥镜吸引并固定眼球; (2) 透镜和角膜帽参数设定为: 透镜直径为 6.0~6.5mm, 角膜帽厚度为 120 μm , 直径大于透镜 1mm; (3) 激光扫描的顺序为透镜后表面、透镜边切及前表面, 最后在 120° 位置形成角膜小切口, 宽度 2.0mm; 扫描完成后经小切口分离并取出透镜, 术毕妥布霉素地塞米松滴眼液点眼。

1.2.2 FS-LASIK 手术方法 采用 Wavelight FS200 联合 Wavelight EX500 准分子激光系统。(1) 患者仰卧位, 固定头位, 铺无菌洞巾, 负压环检测完成后负压环吸引眼球形成第一负压, 显微镜下将术眼角膜置于视野中央移动手柄形成第二负压飞秒激光扫描制作角膜瓣, 角膜瓣参数设置为厚度 100~105 μm , 大小依据术前患者角膜及屈光度个性化设置; (2) 虹膜恢复器钝性分离并掀开角膜瓣, Wavelight EX500 准分子激光切削角膜组织, 平衡盐溶液冲洗角膜基质面, 复位角膜瓣, 术毕妥布霉素地塞米松滴眼液点眼。

1.2.3 术后用药 所有患者术后使用 0.3% 左氧氟沙星滴眼液 4 次/天, 共 2wk; 0.1% 氟米龙滴眼液 4 次/天, 每周递减 1 次, 共 1mo; 0.1% 玻璃酸钠滴眼液 4 次/天, 共 1mo, 个别患者根据术后复查情况药物有所调整。

1.2.4 观察指标 分别于术后 1、3mo 对所有患者进行 UCVA、眼压 (intraocular pressure, IOP)、电脑验光、裂隙灯

显微镜、角膜生物力学检查。每种设备检查均由同一位专业熟练的技师完成。Corvis ST 检查过程:受检者将下颌置于下颌托上,前额紧贴额托,多次眨眼后睁开双眼注视红色固视目标,直到屏幕中4条线交叉处的圆圈中间显示“+”字,自动检测并获得测量结果。每例患者每眼测量3次质量“OK”后取平均值进行统计分析。所得生物力学参数包括中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、综合半径(integrated radius, IR)、反向凹面半径(inverse concave radius, ICR)、最大压陷曲率半径(central curvature radius at highest concavity, HC-Radius)、形变幅度比值(deformation amplitude ratio 2mm, DAR2)、硬度指数(stiffness parameter at first applanation, SP-A1)、相关厚度-水平方向(ambrosio relational thickness, ARTh)值。

统计学分析:采用 SPSS26.0 进行统计分析。使用 Shapiro-Wilk 对所有数据进行正态性检验,符合正态分布的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,重复测量数据比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 法。两组间比较采用独立样本 *t* 检验。计数资料用例数(%)描述,组间比较采用 χ^2 检验。采用 Pearson 积差相关分析法进行参数之间的相关性分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者术前基线资料比较 本研究收集中度近视患者 65 例 65 眼,FS-LASIK 组 35 例 35 眼,年龄 18~37 岁,等效球镜-3.00~-5.75D;SMILE 组 30 例 30 眼,年龄 18~39 岁,等效球镜-3.00~-5.50D。两组患者术前基线资料以及角膜生物力学指标比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表1~7。

2.2 两组患者手术前后角膜生物力学参数比较

2.2.1 两组患者手术前后 IR 比较 两组患者手术前后 IR 组间比较差异无统计学意义($F_{\text{组间}} = 1.956, P_{\text{组间}} = 0.167$),时间和交互作用比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 186.149, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{交互}} = 4.286, P_{\text{交互}} = 0.018$)。SMILE 组术后 1、

3mo IR 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 0.161$)。FS-LASIK 组术后 1、3mo IR 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 0.533$),见表 2。

2.2.2 两组患者手术前后 ICR 比较 两组患者手术前后 ICR 组间和交互作用比较差异均无统计学意义($F_{\text{组间}} = 0.002, P_{\text{组间}} = 0.965; F_{\text{交互}} = 1.533, P_{\text{交互}} = 0.223$),时间比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 48.954, P_{\text{时间}} < 0.001$)。SMILE 组术后 1、3mo ICR 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 0.227$)。FS-LASIK 组术后 1、3mo ICR 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 0.528$),见表 3。

2.2.3 两组患者手术前后 DAR2 比较 两组患者手术前后 DAR2 组间和交互作用比较差异均无统计学意义($F_{\text{组间}} = 0.562, P_{\text{组间}} = 0.456; F_{\text{交互}} = 0.614, P_{\text{交互}} = 0.544$),时间比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 129.026, P_{\text{时间}} < 0.001$)。SMILE 组术后 1、3mo DAR2 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 1.000$)。FS-LASIK 组术后 1、3mo DAR2 值均较术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 1.000$),见表 4。

2.2.4 两组患者手术前后 SP-A1 比较 两组患者手术前后 SP-A1 组间和交互作用比较差异均无统计学意义($F_{\text{组间}} = 0.000, P_{\text{组间}} = 0.997; F_{\text{交互}} = 1.492, P_{\text{交互}} = 0.233$),时间比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}} = 108.967, P_{\text{时间}} < 0.001$)。SMILE 组术后 1、3mo SP-A1 值均较术前明显降低,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 0.728$)。FS-LASIK 组术后 1、3mo SP-A1 值均较术前明显降低,差异均有统计学意义($P < 0.001$),术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义($P = 1.000$),见表 5。

表 1 两组患者术前基线资料比较

分组	例数(眼数)	性别(男/女,例)	年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	SE($\bar{x} \pm s$,D)	CCT($\bar{x} \pm s$, μm)	IOP($\bar{x} \pm s$,mmHg)
SMILE 组	30(30)	11/19	28.12 \pm 4.28	-4.83 \pm 0.67	540.15 \pm 25.80	16.91 \pm 2.14
FS-LASIK 组	35(35)	13/22	26.42 \pm 4.68	-4.78 \pm 0.69	526.00 \pm 25.00	17.42 \pm 2.38
t/χ^2		0.071	1.890	0.220	2.260	-0.927
<i>P</i>		0.372	0.560	0.740	0.984	0.357

表 2 两组患者手术前后 IR 比较

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	7.26 \pm 0.83	9.96 \pm 1.14	9.60 \pm 0.91
FS-LASIK 组	35	7.30 \pm 0.93	9.57 \pm 1.43	9.32 \pm 1.15

表 3 两组患者手术前后 ICR 比较

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	0.16 \pm 0.02	0.20 \pm 0.02	0.20 \pm 0.01
FS-LASIK 组	35	0.16 \pm 0.02	0.20 \pm 0.06	0.19 \pm 0.02

表 4 两组患者手术前后 DAR2 比较

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	4.14 \pm 0.31	5.28 \pm 0.65	5.32 \pm 0.08
FS-LASIK 组	35	4.09 \pm 0.41	5.20 \pm 0.74	5.12 \pm 0.75

表 5 两组患者手术前后 SP-A1 比较

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	97.23 \pm 10.00	76.76 \pm 11.27	74.50 \pm 11.34
FS-LASIK 组	35	100.87 \pm 13.11	75.02 \pm 15.33	75.33 \pm 15.31

2.2.5 两组患者手术前后 ARTh 比较 两组患者手术前后 ARTh 组间和交互作用比较差异均无统计学意义 ($F_{\text{组间}} = 1.169, P_{\text{组间}} = 0.284; F_{\text{交互}} = 0.864, P_{\text{交互}} = 0.426$), 时间比较差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 243.832, P_{\text{时间}} < 0.001$)。SMILE 组术后 1、3mo ARTh 值均较术前明显降低, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义 ($P = 1.000$)。FS-LASIK 组术后 1、3mo ARTh 值均较术前明显降低, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义 ($P = 0.838$), 见表 6。

2.2.6 两组患者手术前后 HC-Radius 比较 两组患者手术前后 HC-Radius 组间和交互作用比较差异均无统计学意义 ($F_{\text{组间}} = 0.247, P_{\text{组间}} = 0.621; F_{\text{交互}} = 0.910, P_{\text{交互}} = 0.408$), 时间比较差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 68.691, P_{\text{时间}} < 0.001$)。SMILE 组术后 1、3mo HC-Radius 值均较术前明显降低, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义 ($P = 0.052$)。FS-LASIK 组

术后 1、3mo HC-Radius 值均较术前明显降低, 差异均有统计学意义 ($P < 0.001$), 术后 3mo 与术后 1mo 比较差异无统计学意义 ($P = 1.000$), 见表 7。

2.3 两组患者术后 3mo CCT 与生物力学参数相关性分析

两组患者术后 3mo CCT (FS-LASIK 组: $438.47 \pm 29.69 \mu\text{m}$; SMILE 组: $453.56 \pm 32.82 \mu\text{m}$) 与 SP-A1、ARTh 均呈正相关, 与 IR 和 ICR 均呈负相关 ($P < 0.05$), 见图 1、表 8。

3 讨论

本研究应用 Corvis ST 观察中度近视患者 SMILE 和 FS-LASIK 术后角膜生物力学参数的变化, 研究结果显示 SMILE 组与 FS-LASIK 组术后生物力学稳定性均下降, 与既往报道^[8]相一致。

本研究发现 FS-LASIK 术后 IR、ICR 和 DAR2 值较术前增加, SP-A1、ARTh 和 HC-Radius 值较术前降低, 表明 FS-LASIK 术后角膜生物力学稳定性下降。FS-LASIK 制作角膜瓣时切断周边部纤维组织连接只保留角膜瓣蒂所

表 6 两组患者手术前后 ARTh 比较

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	494.87±76.36	191.89±70.97	191.30±101.40
FS-LASIK 组	35	526.18±113.71	205.97±90.79	193.76±67.87

表 7 两组患者手术前后 HC-Radius 比较 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)

分组	眼数	术前	术后 1mo	术后 3mo
SMILE 组	30	7.84±0.81	6.32±0.64	6.34±0.13
FS-LASIK 组	35	7.70±1.00	6.50±0.85	6.48±0.54

表 8 两组患者术后 3mo CCT 与生物力学参数相关性分析

分组	SP-A1		ARTh		IR		ICR	
	r	P	r	P	r	P	r	P
SMILE 组	0.434	0.010	0.683	0.001	-0.447	0.008	-0.491	0.003
FS-LASIK 组	0.819	<0.001	0.727	<0.001	-0.697	<0.001	-0.622	0.001

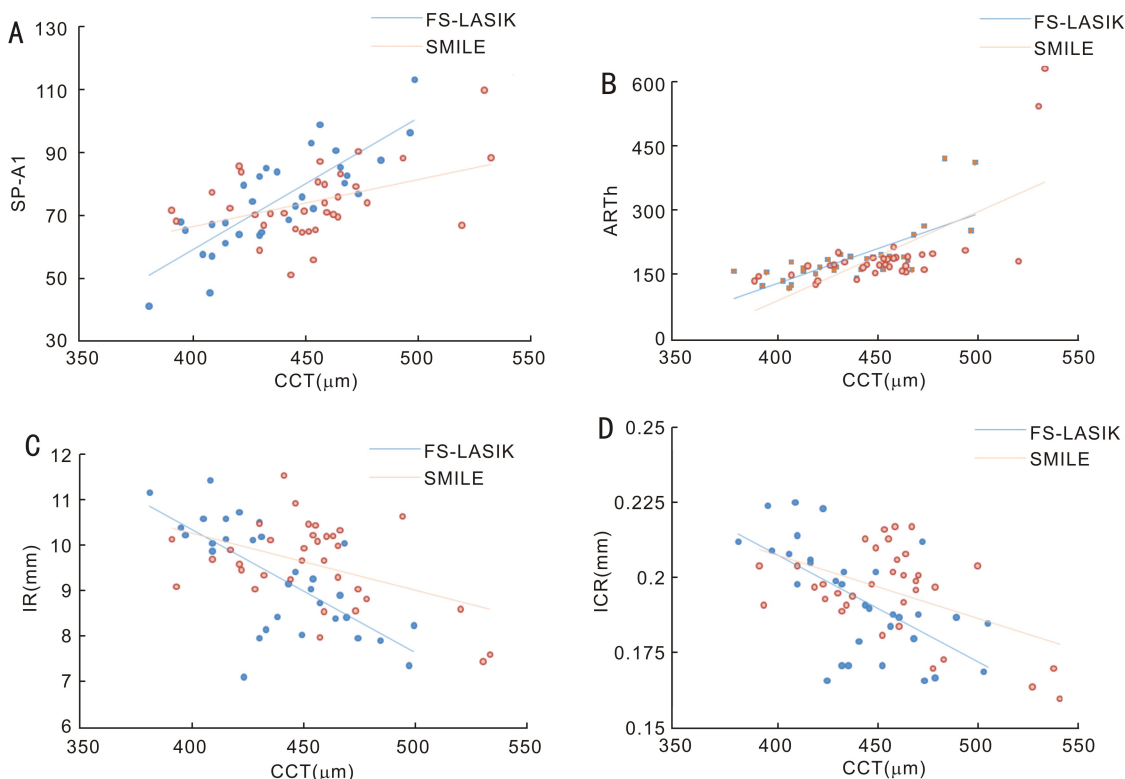


图 1 两组患者术后 3mo CCT 与生物力学参数相关性分析散点图 A: CCT 与 SP-A1 相关性分析; B: CCT 与 ARTh 相关性分析; C: CCT 与 IR 相关性分析; D: CCT 与 ICR 相关性分析。

在部位的胶原纤维,同时激光切削对基质层胶原纤维造成一定损伤,使得角膜黏度和弹性减弱,术后角膜的抗张力减小导致角膜生物力学稳定性下降。本研究发现 SMILE 术后 IR、ICR 和 DAR2 值明显增加,SP-A1、ARTh 和 HC-Radius 值明显降低表明 SMILE 术后角膜生物力学稳定性下降,与 Abd El-Fattah 等^[9] 研究结果相似。分析原因可能是 SMILE 术中飞秒激光制作基质透镜时切断角膜帽与残余基质间的胶原纤维,使得角膜基质中央区贴合较周边松弛,导致角膜的黏合力下降,生物力学稳定性降低;有研究者提出 SMILE 透镜取出后基质床与帽之间残留一个潜在的腔隙^[10],推测这个腔隙与角膜生物力学特性改变有关。Cao 等^[11]应用 Corvis ST 观察 SMILE 和 FS-LASIK 术中角膜生物力学变化,发现基质透镜制作和角膜瓣制作后生物力学参数较术前未见显著变化,当基质透镜取出及飞秒激光切削后 DAR2 和 ICR 值较术前明显下降,HC-Radius 值较术前明显增加,说明屈光术后角膜生物力学降低与基质透镜取出和飞秒激光切削有很大关系,这与我们的结果相符。ARTh 和 SP-A1 评估角膜硬度的重要参数,IR 和 ICR 反应角膜抵抗形变的能力。我们研究发现 ARTh 和 SP-A1 与术后 CCT 呈正相关,IR 和 ICR 与术后 CCT 呈负相关,这与之前的研究结果一致^[9]。可能角膜屈光术后 CCT 减少,使得角膜抗形变能力下降,从而导致生物力学稳定性下降。

研究发现,在中度近视患者中 SMILE 和 FS-LASIK 两组术后生物力学参数之间没有显著差异,这表明两种手术方式对角膜生物力学的影响没有差异。本研究结果与 Pedersen 等^[12] 相似,其应用 Corvis ST 对 SMILE 和 FS-LASIK 术后反向曲率半径、第一压平时间、第二压平时间等参数进行比较,同样发现两种手术术后角膜生物力学参数无明显差异。然而,有研究认为与 FS-LASIK 相比,SMILE 不掀开角膜瓣,使得前部基质胶原的连续性得到最大程度的保留^[13],具有更好的角膜生物力学性能^[14],与我们的结果不一致。可能由于两个研究使用的测量工具不同,李福生等^[14] 研究中采用的眼反应分析仪(ORA)测量工具不能观察角膜受外力作用时的动态变化过程,有学者认为 ORA 到目前还没有建立测量参数与经典生物力学参数之间的有效关系,无法直接反映角膜生物力学特性^[15]。也有可能是研究对象未进行屈光度的选择,角膜屈光术后生物力学的变化不仅与残余基质层厚度有关,还可能与术中激光切削量等因素有关^[16]。

本研究发现来把两组患者术后 1、3mo 角膜生物力学参数比较差异无统计学意义。Cao 等^[11] 应用 Corvis ST 随访观察 FS-LASIK 组和 SMILE 组各 30 例患者,发现术后 1mo ICR、DAR2 及 HC-Radius 值与术后 3mo 无差异,与我们的研究结果一致,说明两种术式术后 1mo 时角膜生物力学已趋于稳定。

本研究也有一定的局限性,样本量相对较小且观察时间较短,我们将继续扩大样本量并且延长随访时间观察角膜屈光术后生物力学特性和不同程度近视之间的相关性。在研究设计上,我们对角膜厚度、切削深度可以分组讨论,为临床上个性化的屈光手术方式的选择提供更多可参考

的理论依据。

综上所述本研究发现对于中度近视患者来说,SMILE 与 FS-LASIK 手术均会导致术后角膜生物力学稳定性降低,但两种手术方式对角膜生物力学的影响无明显差异,并且于术后 1mo 时已趋于稳定。

参考文献

- 1 Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- 2 Li Y, Liu J, Qi PC. The increasing prevalence of myopia in junior high school students in the Haidian District of Beijing, China: a 10-year population-based survey. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):88-95
- 3 魏新龙, 吕洋, 郑鑫, 等. SMILE 术后视觉质量的研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(7):1113-1117
- 4 Damgaard IB, Refatt M, Hjortdal J. Review of corneal biomechanical properties following LASIK and SMILE for Myopia and myopic astigmatism. *Open Ophthalmol J* 2018;12:164-174
- 5 Liu MN, Li N, Chen T, et al. Comparison of corneal biomechanics treated with femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis and small-incision lenticule extraction by new corneal biomechanical parameters of corvis ST II. *Cornea* 2022;11(13):1-7
- 6 He SY, Luo YQ, Ye YM, et al. A comparative and prospective study of corneal biomechanics after SMILE and FS-LASIK performed on the contralateral eyes of high myopia patients. *Ann Transl Med* 2022;10(13):730-739
- 7 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 我国飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术规范专家共识(2018年). 中华眼科杂志 2018;54(10):729-736
- 8 Guo H, Hosseini-Moghaddam SM, Hodge W. Corneal biomechanical properties after SMILE versus FLEX, LASIK, LASEK, or PRK: a systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):167-187
- 9 Abd El-Fattah EA, El Dorghamy AA, Ghoneim AM, et al. Comparison of corneal biomechanical changes after LASIK and F-SMILE with Corvis ST. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(4):1762-1770
- 10 Mohamed-Noriega K, Toh KP, Poh R, et al. Cornea lenticule via bility a - nd structural integrity after refractive lenticule extraction (ReLex) and cryopreservation. *Mol Vis* 2011;17(5):3437-3449
- 11 Cao KW, Liu LN, Yu T, et al. Changes in corneal biomechanics during small-incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond-assisted laser *in situ* keratomileusis (FS-LASIK). *Lasers Med Sci* 2020;35(3):599-609
- 12 Pedersen IB, Bak-Nielsen S, Vestergaard AH, et al. Corneal biomechanical properties after LASIK, ReLex flex, and ReLex smile by Scheimpflug-based dynamic tonometry. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2014;52(8):1329-1335
- 13 周行涛, 王晓瑛. 飞秒激光小切口透镜取出术 SMILE. 上海: 上海科学技术文献出版社 2014: 184-188
- 14 李福生, 陶冶, 尹鸿芝, 等. SMILE 与 FS-LASIK 术后眼压和角膜生物力学指标的变化比较. 国际眼科杂志 2018;18(1):185-187
- 15 McMonnies CW. Assessing corneal hysteresis using the ocular response analyzer. *Optom Vis Sci* 2012;89(3):E343-E349
- 16 Hashemi H, Roberts CJ, Elsheikh A, et al. Corneal Biomechanics After SMILE, Femtosecond-Assisted LASIK, and Photorefractive Keratectomy: A Matched Comparison Study. *Transl Vis Sci Technol* 2023;12(3):12