

SMILE 与 FS-LASIK 术后角膜上皮重塑的临床研究

张杨婧^{1,2}, 马立威^{1,3}, 张帆², 柯春梅², 王瑞夫², 祖丽皮娅²

引用:张杨婧,马立威,张帆,等. SMILE 与 FS-LASIK 术后角膜上皮重塑的临床研究. 国际眼科杂志, 2025,25(1):37-41.

基金项目:乌鲁木齐市卫生健康委科技计划项目支持(No. 202370)

作者单位:¹(230031)中国安徽省合肥市,安徽医科大学爱尔眼科医学中心;²(830000)中国新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市,乌鲁木齐爱尔眼科医院;³(110000)中国辽宁省沈阳市,沈阳爱尔卓越眼科医院

作者简介:张杨婧,女,硕士,主治医师,研究方向:屈光不正与屈光手术。

通讯作者:马立威,女,博士,博士研究生导师,主任医师,研究方向:晶状体及视网膜疾病的基础与临床研究. maliwei@aierchina.com

收稿日期:2024-06-04 修回日期:2024-11-26

摘要

目的:比较飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)与飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)术后角膜上皮厚度(CET)的变化特点。

方法:收集2022-12/2023-11在乌鲁木齐爱尔眼科医院接受屈光手术患者187例187眼。按手术方式分为SMILE组110例110眼和FS-LASIK组77例77眼。应用眼前节光学相干断层扫描技术(OCT)分别于术前和术后1wk,1,3,6mo测量患者的CET。

结果:比较术后6mo时角膜中央区、旁中央区、中周区角膜上皮厚度变化量(Δ CET),SMILE的特点为中央区增厚最明显,中周区上皮最少;FS-LASIK的特点为旁中央区增厚最明显,中周区最少。术后1wk,1,3,6mo时SMILE与FS-LASIK组角膜0-7mm范围的平均 Δ CET与术前等效球镜均具有相关性。

结论:SMILE和FS-LASIK术后6mo内上皮增厚程度随时间变化有相似的趋势和不同的特点,二者 Δ CET均与术前等效球镜正相关。

关键词:飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE);飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK);角膜上皮重塑;光学相干断层扫描技术(OCT)

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.1.07

Clinical research on corneal epithelium remodeling after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis

Zhang Yangjing^{1,2}, Ma Liwei^{1,3}, Zhang Fan², Ke Chunmei², Wang Ruifu², Zu Lipye²

Foundation item: Science and Technology Program of Urumqi Health Commission Project (No.202370)

¹Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China; ²Urumqi Aier Eye Hospital, Urumqi 830000, Xinjiang Uyghur Autonomous Region, China; ³Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110000, Liaoning Province, China

Correspondence to: Ma Liwei. Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China; Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110000, Liaoning Province, China. maliwei@aierchina.com

Received:2024-06-04 Accepted:2024-11-26

Abstract

• **AIM:** To compare the changes in corneal epithelial thickness (CET) after small incision lenticule extraction (SMILE) and femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK).

• **METHODS:** A total of 187 patients (187 eyes) who underwent either SMILE or FS-LASIK at Urumqi Aier Eye Hospital between December 2022 and November 2023 were collected. The patients were divided into SMILE group and FS - LASIK group according to surgical methods. The CET of the patients was measured by optical coherence tomography (OCT) system before surgery and at 1 wk, 1, 3, and 6 mo postoperatively.

• **RESULTS:** Changes in corneal epithelial thickness (Δ CET) in the central, paracentral, and mid-peripheral regions were compared at 6 mo postoperatively. The SMILE group was characterized by the most significant thickening in the central area and the least thickening in the mid-peripheral area; while the FS-LASIK group was characterized by the most significant thickening in the paracentral area and the least thickening in the mid-peripheral region. At 1 wk, 1, 3, and 6 mo postoperatively, within the 0 - 7 mm corneal area, the Δ CET for both the SMILE and FS - LASIK groups was correlated with the preoperative spherical equivalent.

• **CONCLUSION:** Within 6 mo postoperatively, both SMILE and FS-LASIK showed a similar trend in epithelial thickening but with distinct characteristics. The change in corneal epithelial thickness for both procedures was positively correlated with the preoperative diopter.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction (SMILE); femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis (FS - LASIK); corneal epithelium remodeling; optical coherence tomography(OCT)

Citation: Zhang YJ, Ma LW, Zhang F, et al. Clinical research on corneal epithelium remodeling after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025,25(1):37-41.

0 引言

当角膜基质层形状不规则时角膜上皮可以通过改变自身的厚度来恢复光滑、对称的光学面,这种补偿性的自我修复被称为角膜上皮的重塑^[1]。近年来随着眼前节光学相干断层扫描技术(OCT)的不断发展,角膜上皮厚度(corneal epithelial thickness, CET)的测量越来越精准化,关于角膜激光矫正术后上皮重塑的研究也逐渐深入。角膜上皮重塑不仅发生于损伤角膜上皮的表层手术后,还发生在角膜中央上皮层完整的板层手术后^[2]。角膜激光矫正术后上皮厚度的变化反映了角膜的重塑过程,是评估角膜愈合程度的重要指标。术后显著的上皮增厚可能影响长期屈光矫正效果的稳定性,甚至导致远期屈光回退的发生^[3]。飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)及飞秒激光辅助准分子激光角膜原位磨镶术(femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)后 CET 的变化规律是近年来屈光医生关注的热点之一。本文使用频域 OCT 测量 SMILE 及 FS-LASIK 术后角膜 7 mm 范围内 17 个区域的上皮厚度并探讨两种手术方式术后 CET 的变化特点。

1 对象和方法

1.1 对象

1.1.1 分组 病例对照研究。收集 2022-12/2023-11 在乌鲁木齐爱尔眼科医院接受 SMILE 或 FS-LASIK 的近视或近视复合散光患者 187 例 187 眼,其中 SMILE 组 110 例 110 眼,FS-LASIK 组 77 例 77 眼,所有患者均取右眼进行分析。两组分别根据术前综合验光计算等效球镜度数(SE)。应用 OCT 分别于术前,术后 1 wk,1,3,6 mo 测量患者的角膜上皮厚度。

1.1.2 纳入及排除标准 纳入标准:(1)年龄 18-45 岁;(2)屈光状态相对稳定(过去 1 a 内屈光度数变化 ≤ -0.50 D),球镜度数为 -1.00 -- -9.00 D,且柱镜度数 ≤ -3.00 D;(3)角膜透明,术前对手术有合理的预期值且理解手术可能的并发症;(4)无中重度干眼、圆锥角膜或其他眼科疾病,既往无眼科手术或外伤史;(5)没有严重的精神疾病、自身免疫性疾病或诸如缔结组织疾病此类的全身系统性疾病;(6)手术前停戴软性隐形眼镜至少 1 wk、停戴硬性透氧性角膜接触镜至少 1 mo、停戴角膜塑形镜 3 mo。排除标准:(1)患者未按规定术后用药方法点药;(2)出现术后高眼压或角膜瓣皱褶等其他术后并发症;(3)随访数据丢失。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,经过乌鲁木齐爱尔眼科医院伦理委员会批准(审批号:20230001)。术前跟参与者进行充分沟通,所有参与者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 所有患者术前 3 d 给予 0.5% 左氧氟沙星滴眼液及 0.1% 玻璃酸钠滴眼液各 4 次/日。术前检查裸眼视力(UCVA)、最佳矫正视力(BCVA)、主客观验光、显

然验光、散瞳验光、非接触式眼压测量、裂隙灯显微镜检查眼前节、间接眼底镜检查及眼底照相、眼底 OCT 检查黄斑及视盘, Pentacam 眼前节分析仪测量角膜中央厚度(CCT), OCT 测量 CET。所有手术均由同一名医生完成。所有病例均先做右眼,后做左眼。SMILE 使用 VisuMax 飞秒激光系统。参数设计:角膜透镜直径 6.3-6.8 mm,过渡区为 0.1 mm,透镜边缘厚度设为 10-20 μ m,角膜帽直径 7.3 mm、帽厚度 120 μ m,切口长 2 mm,切口位置在 120°,边切角 90°。FS-LASIK 使用 VisuMax 飞秒激光系统制作角膜瓣。角膜瓣直径 8.1 mm,瓣厚度为 100 μ m,蒂部长 4 mm,蒂部位置在 90°,角膜瓣切口边切角 60°。掀瓣后,使用 AMARIS 1050RS 准分子激光系统对角膜基质进行切削,激光切削直径 6.3-6.8 mm。术毕即刻滴妥布霉素地塞米松滴眼液 6 次,5 min 1 次。术后次日起滴 0.5% 左氧氟沙星滴眼液 1 mo,4 次/日;0.1% 玻璃酸钠滴眼液 1 mo,4 次/日;0.1% 氟米龙滴眼液术后次日起 4 次/日,此后每周递减 1 次,共使用 28 d。术后 1 wk,1,3,6 mo 检查 UCVA、眼压、屈光度、CET、 Δ CET=术后 CET-术前 CET。**1.2.2 CET 检查方法** 使用 CIRRUS HD-OCT 5000 检查 CET。系统内置的卡尺工具及内置软件的算法可自动计算 CET 并生成图像,图像被八分圆环分为 2、5、7、9 mm 范围的扇形区域,分别记录为:上方(S)、鼻上方(SN)、鼻侧(N)、鼻下方(IN)、下方(I)、颞下方(IT)、颞侧(T)、颞上方(ST)。将中央区(≤ 2 mm)、旁中央区(>2 mm 且 ≤ 5 mm)、中周区(>5 mm 且 ≤ 7 mm)共 17 个区域的上皮厚度测量平均值纳入研究(图 1)。所有患者在术中和术后复查时均由同一人完成检查。

统计学方法:采用 SAS 9.4 和 R4.3.3 进行数据管理和统计分析。定性资料采用频数与百分比 [$n(\%)$] 进行描述,组间比较采用卡方检验;采用 Shapiro-Wilk 检验和 P-P 图综合判断变量是否服从正态分布,服从正态分布的定量资料采用均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 进行描述,组间比较采用独立样本 t 检验,重复测量数据的方差分析比较 CET,进一步两两比较采用 LSD- t 检验。Pearson 积矩相关系数进行角膜上皮厚度与术前等效球镜的相关性分析。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

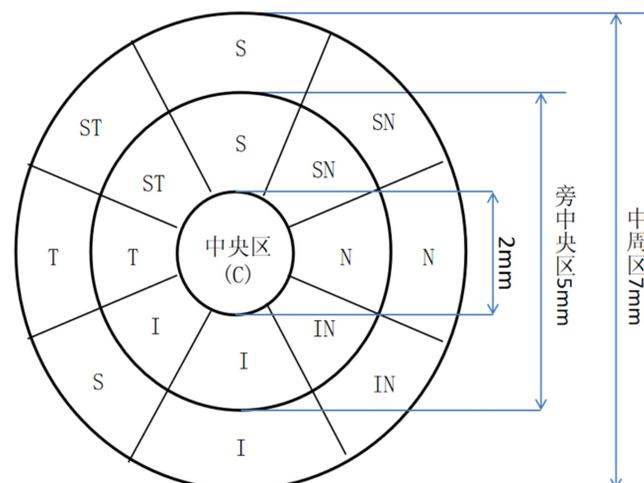


图 1 OCT 测量右眼角膜直径 7 mm 范围内 17 个区域的示意图。

2 结果

2.1 术前检查结果 本研究共纳入患者 187 例 187 眼,其中 SMILE 组平均年龄 18-41 (29.8±6.92) 岁,术前 SE -2.00--7.75 (-4.90±1.36) D; FS-LASIK 组平均年龄 18-40 (30.58±5.83) 岁,术前 SE -2.50--9.00 (-5.49±1.34) D。SMILE 组和 FS-LASIK 组性别构成比、年龄、术前 SE、BCVA、CCT、平均 CET 比较,差异无统计学意义(均 $P > 0.05$, 表 1)。初始眼的 17 个区域平均角膜上皮厚度分布见图 2。

2.2 SMILE 术后 CET 变化规律 SMILE 手术前后角膜中央区、旁中央区、中周区上皮厚度见表 2。手术前后不同区域 CET 变化时间和组间差异有统计学意义 ($F_{时间} = 16.49, P_{时间} < 0.001; F_{组间} = 2.39, P_{组间} = 0.04$),交互无统计学

意义 ($F_{交互} = 0.06, P_{交互} > 0.05$)。SMILE 术后 1 wk, 3, 6 mo 时角膜中央区、旁中央区、中周区上皮厚度与术前相比差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表 2。

SMILE 术后角膜中央区、旁中央区、中周区 Δ CET 见表 3,在术后 6 mo 时,角膜中央区与旁中央区、中周区 Δ CET 比较差异有统计学意义 ($t = 3.45, P = 0.044; t = 1.18, P = 0.029$),旁中央区与中周区 Δ CET 比较差异有统计学意义 ($t = 2.51, P = 0.032$);中央区 CET 增厚最多,中周区 CET 增厚最少,见表 3。上皮厚度变化量 (Δ CET) = 术后 CET - 术前 CET。

2.3 FS-LASIK 术后 CET 变化规律 FS-LASIK 手术前后角膜中央区、旁中央区、中周区上皮厚度见表 4。手术前后不同区域 CET 变化时间和组间差异有统计学意义

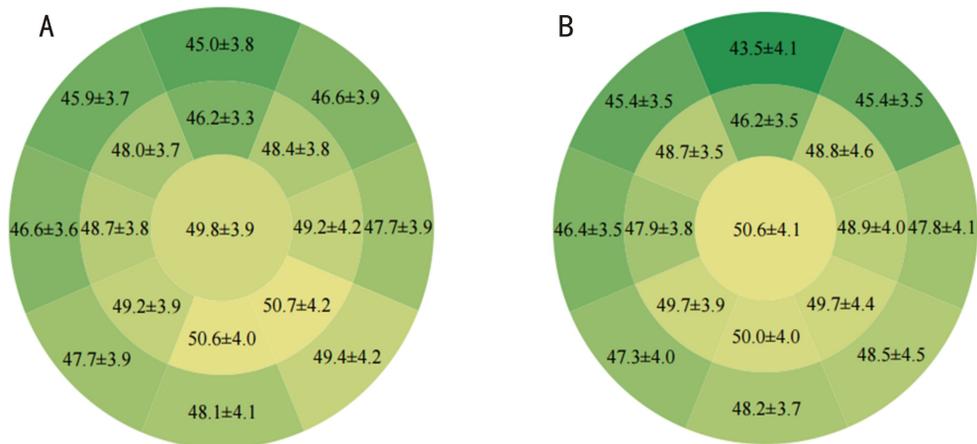


图 2 SMILE 组和 FS-LASIK 组患者术前角膜上皮厚度分布图 均左侧为颞侧,右侧为鼻侧。A: SMILE 组; B: FS-LASIK 组。

表 1 SMILE 组和 FS-LASIK 组患者术前一般资料比较

组别	例数(眼数)	性别(例,%)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	SE ($\bar{x} \pm s$, D)	BCVA ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	CCT ($\bar{x} \pm s$, μm)	CET ($\bar{x} \pm s$, μm)
		男	女					
SMILE 组	110(110)	61(32.6)	49(26.2)	29.8±6.92	-4.90±1.36	0.987±0.011	537.93±29.2	48.2±1.1
FS-LASIK 组	77(77)	44(23.6)	33(17.6)	30.58±5.83	-5.49±1.34	0.989±0.015	538.1±18.6	47.8±0.9
χ^2/t		0.819		0.88	1.55	0.25	0.15	1.22
P		0.052		0.428	0.169	0.796	0.776	0.248

表 2 SMILE 组患者术后不同时间 CET 比较

范围	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	术后 6 mo
中央区	49.8±3.99	52.0±6.01 ^a	51.5±5.22 ^a	52.8±3.93 ^{a,c}	52.9±3.62 ^{a,c}
旁中央区	48.9±3.56	51.6±5.88 ^a	50.9±4.82 ^a	51.8±3.55 ^a	51.8±2.94 ^a
中周区	47.0±3.44	49.5±5.58 ^a	48.3±4.54 ^{a,c}	48.9±3.01 ^a	48.6±2.51 ^a
总平均	48.1±3.42	50.7±5.65 ^a	49.7±4.65 ^{a,c}	50.5±3.14 ^a	50.4±2.53 ^a

注:^a $P < 0.05$ vs 同组术前;^b $P < 0.05$ vs 同组术后 1 wk;^c $P < 0.05$ vs 同组术后 1 mo,总平均为 0-7 mm 范围角膜上皮平均厚度。

表 3 SMILE 组患者术后不同时间 Δ CET 比较

范围	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	术后 6 mo
中央区	2.19±5.73	1.77±4.72	3.04±4.20	3.13±4.36
旁中央区	2.76±5.41	2.08±4.25	2.95±3.43	2.94±3.37
中周区	2.41±5.22	1.15±4.33	1.74±3.34	1.49±3.13
总平均	2.56±5.25	1.63±4.20	2.39±3.23	2.27±3.08

注: Δ CET = 术后 CET - 术前 CET。

($F_{\text{时间}} = 19.78, P_{\text{时间}} < 0.001; F_{\text{组间}} = 3.42, P_{\text{组间}} = 0.03$), 交互无统计学意义 ($F_{\text{交互}} = 0.11, P_{\text{交互}} > 0.05$)。FS-LASIK 术后 1 wk、3、6 mo 时角膜中央区、旁中央区、中周区上皮厚度与术前相比差异有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 见表 4。

FS-LASIK 手术前后角膜中央区、旁中央区、中周区 Δ CET 见表 5。在术后 6 mo 时, 角膜旁中央区与中央区、中周区 Δ CET 比较差异有统计学意义 ($t = 1.99, P = 0.032; t = 2.38, P = 0.019$), 中央区与中周区 Δ CET 比较差异有统计学意义 ($t = 2.02, P = 0.046$); 旁中央区 CET 增厚最多, 中周区 CET 增厚最少, 见表 5。

2.4 SMILE 和 FS-LASIK Δ CET 与术前 SE 的相关性 术后 1 wk、1、3、6 mo 时 SMILE 与 FS-LASIK 组角膜 7 mm 范围内的平均 Δ CET 与术前 SE 均具有相关性 (均 $P < 0.05$), 见表 6。

3 讨论

角膜上皮重塑的现象可发生在圆锥角膜、激光矫正远视或近视后^[2]、角膜塑形镜配戴后^[4]、角膜胶原交联治疗后以及眼表疾病、异维 A 酸等药物使用后^[5]。甚至质硬、较大、病程长的霰粒肿也可因压迫局部角膜引起角膜上皮重塑^[6]。角膜上皮重塑的机制暂不明确。目前认为角膜激光矫正近视术后上皮重塑的本质是角膜曲率的梯度变化, 即由于激光矫正后角膜曲率变平引起的上皮弥补性增厚^[1]。为了平滑具有高曲率梯度的区域, 角膜基质组织缺失区域上皮增厚, 而局部陡峭区域上皮较薄^[7]。本研究观察到的 SMILE 与 FS-LASIK 术后患者角膜上皮重塑特点也可用“曲率基质假说”解释。

本研究观察到初始眼的角膜不同区域上皮厚度并非均匀一致, 既往文献也有报道角膜上皮上方较下方偏薄^[8]。

这种上皮厚度区域差异的原因可能与眼睑摩擦角膜的不对称性有关。人在眨眼过程中, 眼睑摩擦压迫上方角膜的力大于下方, 并且由于人眼外眼角高于内眼角的生理结构特点, 眨眼时眼睑对角膜颞侧的摩擦可能大于鼻侧^[9]。这种动态摩擦的原因使角膜鼻下方的压迫及摩擦力最小, 可能是鼻下方区域成为角膜上皮最厚处的主要原因。也有可能与上方角膜的眼睑覆盖面积更大、相对降低氧水平从而对上方角膜的上皮厚度有关^[9]。术后角膜各区域上皮厚度也并非等量增加, 可能与基质消融、曲率变化及生物力学的影响有关^[10]。

本研究观察到 SMILE 和 FS-LASIK 术后角膜上皮重塑的模式有所不同。SMILE 术后角膜上皮增厚呈“凸透镜”形态。即角膜中央区 (≤ 2 mm) 上皮厚度增加最明显, 中周区 (> 5 mm 且 ≤ 7 mm) 增厚最少。此模式与手术中取出的基质透镜形态相符。这种变化与之前的报道一致^[11]。原因可能是 SMILE 基质透镜的制作过程没有额外的能量消耗, 光学区自中央至周边呈光滑过渡的趋势, 因此角膜上皮增厚值从中央向周边逐渐减少^[12]。

FS-LASIK 术后角膜上皮增厚呈“负半月板”形态, 即角膜旁中央区上皮厚度增加最明显, 中周区边缘较薄, 这种“负半月板”形态的变化与之前多数学者的研究一致^[13]。但也有研究报道 FS-LASIK 术后角膜上皮的增厚模式为“凸透镜”模式^[14]。出现不同的结论可能与球面/非球面的切削模式差异及光区大小有关, 本研究中 FS-LASIK 使用非球面切削模式。角膜上皮会在准分子激光切削更深的区域出现补偿性增厚, 因此会收到切削模式的影响。球面切削因周边能量的损耗, 切削的最深处位于角膜中央, 即准分子激光对中央区的作用时间长于周边

表 4 FS-LASIK 组术后不同时间 CET 比较

($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

范围	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	术后 6 mo
中央区	50.6±4.12	51.7±5.42 ^a	52.0±6.12 ^a	52.5±5.52 ^a	52.4±5.66 ^a
旁中央区	48.1±1.33	52.4±2.02 ^a	51.1±2.01 ^a	54.8±1.93 ^{a,c}	55.0±2.15 ^{a,c,e}
中周区	46.6±1.51	48.7±3.10 ^a	47.8±2.20	48.4±2.01 ^a	48.4±2.24 ^a
总平均	47.8±1.02	50.6±1.71 ^a	49.6±1.55 ^a	51.7±1.34 ^a	51.7±1.53 ^a

注: ^a $P < 0.05$ vs 术前; ^c $P < 0.05$ vs 同组术后 1 wk; ^e $P < 0.05$ vs 术后 1 mo, 总平均为 0-7 mm 范围角膜上皮平均厚度。

表 5 FS-LASIK 组术后不同时间 Δ CET 比较

($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

范围	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	术后 6 mo
中央区	2.84±4.35	2.05±4.27	3.32±3.97	3.42±3.98
旁中央区	3.64±2.05	2.36±1.81	6.07±1.76	6.28±1.88
中周区	1.53±2.49	1.23±1.66	1.86±1.52	2.21±1.71
总平均	2.78±1.48	1.76±1.14	4.14±1.02	4.23±1.06

注: Δ CET = 术后 CET - 术前 CET。

表 6 两组术后不同时间点 Δ CET 与术前 SE 的相关性

组别	眼数	术后 1 wk		术后 1 mo		术后 3 mo		术后 6 mo	
		r	P	r	P	r	P	r	P
SMILE	110	0.188	0.049	0.195	0.041	0.211	0.026	0.203	0.033
FS-LASIK	77	0.227	0.047	0.253	0.026	0.242	0.033	0.225	0.045

区,所以对角膜中央造成的创伤更大,中央区上皮重塑更多;而非球面切削模式为避免引入球差,在光学区周边的切削深度较深^[15]。

本研究观察到 SMILE 和 FS-LASIK 术后角膜上皮的增厚程度与术前 SE 呈正相关,既往也有文献报道高度近视比中低度近视术后上皮增厚更明显^[16-17]。原因考虑与角膜的愈合反应和曲率变化有关。角膜愈合是上皮和基质之间细胞相互作用的结果,需要角膜细胞的激活和增殖分化,还需要多个相关细胞因子的释放和细胞外基质的合成、重构等^[18]。消融深度高时角膜中央基质扩张和细胞因子分泌更多^[19],损伤愈合反应更强。另外,高度数相比中低度数角膜曲率的改变相对更多,术后的基质曲率梯度更大,根据“曲率梯度假说”梯度越大会导致更多的上皮增厚。因此手术前后屈光度变化越大、SMILE 透镜中央厚度或准分子激光切削深度越多、曲率变化越大,术后的角膜上皮增厚越明显。此外,术后角膜上皮的增厚程度与手术方式也有一定关系,有报道 FS-LASIK 比 SMILE 术后上皮增厚更明显^[20]。原因可能为角膜神经丛的损伤及上皮愈合的炎性反应会刺激角膜上皮的增厚^[21]。SMILE 手术全程仅有飞秒激光参与,角膜上皮几乎未受损伤,前弹力层及浅基质层也保持连续,最大程度上保留了角膜结构的完整性,而 LASIK 手术需要制作及掀开角膜瓣进行准分子激光消融。SMILE 与 FS-LASIK 相比,对角膜中央上皮基底膜下神经纤维损害更小、术后神经纤维密度更高、炎症反应更轻^[22]。因此 SMILE 术后角膜上皮增厚程度相对较少。

综上所述,SMILE 及 FS-LASIK 术后的角膜上皮重塑有相似的趋势但又有不同的特点,二者 CET 的变化量均与术前 SE 呈正相关。对角膜上皮重塑进行相关研究有助于屈光医生进一步理解术后角膜形态变化及视觉质量的改变。本研究不足之处为随访时间仅到术后 6 mo 且未按术前球镜及柱镜度数进一步分组观察,术后远期的变化规律有待研究。关于 CET 变化的具体机制、影响因素以及对术后角膜像差、视力稳定性的影响也值得进一步深入观察研究。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 张杨婧、马立威论文选题与修改,手术操作,初稿撰写;张帆协助选题;柯春梅文献检索,数据分析;王瑞夫、祖罗皮娅选题指导,数据分析,论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Rate of change of curvature of the corneal stromal surface drives epithelial compensatory changes and remodeling. *J Refract Surg*, 2014,30(12):799-802.
[2] 樊利敏,王铮. 角膜激光矫正术后上皮重塑的研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021,23(3):236-240.
[3] 高熙,刘嫣,陈跃国. 近视激光角膜屈光术后屈光回退机制与药物防治的研究进展. *国际眼科杂志*, 2023,23(10):1695-1698.

[4] Wang Y, Zhang XF, Yang XL, et al. Effects of long-term soft contact lens wear on corneal epithelial thickness after small incision lenticule extraction. *Exp Ther Med*, 2022,23(1):8.
[5] 赵雪琪,王慧娴,李文静. 角膜上皮重塑影响因素的研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024,26(2):156-160.
[6] Kalas T, Gunn D. Corneal epithelial remodeling as a cause of Chalazion-induced hypermetropia. *Cornea*, 2022,41(6):785-788.
[7] Sedaghat MR, Momeni-Moghaddam H, Gazanchian M, et al. Corneal epithelial thickness mapping after photorefractive keratectomy for myopia. *J Refract Surg*, 2019,35(10):632-641.
[8] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, et al. Epithelial thickness in the normal Cornea: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound. *J Refract Surg*, 2008,24(6):571-581.
[9] Buffault J, Zéboulon P, Liang H, et al. Assessment of corneal epithelial thickness mapping in epithelial basement membrane dystrophy. *PLoS One*, 2020,15(11):e0239124.
[10] 贺婷,申笛,孙西宇,等. 角膜基质透镜植入联合角膜胶原交联术治疗圆锥角膜术后角膜上皮重塑. *国际眼科杂志*, 2023,23(12):2070-2076.
[11] 杨哲,夏丽坤. SMILE 矫正近视术后功能性光学区与角膜上皮重塑的相关性. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2022,24(12):902-909.
[12] Yu N, Ye YM, Chen P, et al. Corneal epithelial thickness changes following SMILE for myopia with high astigmatism. *J Refract Surg*, 2021,37(4):224-230.
[13] Ryu IH, Kim BJ, Lee JH, et al. Comparison of corneal epithelial remodeling after femtosecond laser-assisted LASIK and small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg*, 2017,33(4):250-256.
[14] 陶冶,周跃华,李福生,等. FS-LASIK 与 SMILE 术后角膜上皮重塑的比较. *山东大学耳鼻喉眼学报*, 2020,34(2):61-66.
[15] Hou J, Wang Y, Lei Y, et al. Corneal Epithelial Remodeling and Its Effect on Corneal Asphericity after Transepithelial Photorefractive Keratectomy for Myopia. *J Ophthalmol*, 2016,2016:8582362.
[16] 李仲信,韦伟,段宇辉. FS-LASIK 矫正中高度近视术后 1 年屈光回退危险因素及其预测模型构建. *国际眼科杂志*, 2024,24(6):954-959.
[17] Zhu MM, Xin Y, Vinciguerra R, et al. Corneal epithelial remodeling in a 6-month follow-up period in myopic corneal refractive surgeries. *J Refract Surg*, 2023,39(3):187-196.
[18] 罗煜青,李霞. 角膜上皮和基质对角膜上皮基底膜再生的影响. *中华实验眼科杂志*, 2022,40(2):173-177.
[19] Tian G, Chen T, Liu X, et al. Comparison of central corneal thickness treated with small incision lenticule extraction, femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis, or laser-assisted subepithelial keratomileusis for myopia. *Lasers Med Sci*, 2023,38(1):198.
[20] Wilson SE. Coordinated modulation of corneal scarring by the epithelial basement membrane and descemet's basement membrane. *J Refract Surg*, 2019,35(8):506-516.
[21] Wang Y, Zhang XF, Qian YF, et al. Comparison of corneal epithelial remodeling after small incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted LASIK. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2020,56(2):93-102.
[22] Shetty R, Francis M, Shroff R, et al. Corneal biomechanical changes and tissue remodeling after SMILE and LASIK. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017,58(13):5703-5712.