

# SMILE 与 FS-LASIK 术后眼压和角膜生物力学指标的变化比较

李福生<sup>1</sup>, 陶冶<sup>1</sup>, 尹鸿芝<sup>1</sup>, 汪丽<sup>1</sup>, 周跃华<sup>2</sup>

作者单位:<sup>1</sup>(100062) 中国北京市, 北京茗视光眼科诊所;  
<sup>2</sup>(100730) 中国北京市, 首都医科大学附属北京同仁眼科中心  
作者简介: 李福生, 男, 硕士, 副主任医师, 业务院长, 研究方向:  
角膜屈光手术、角膜病、白内障。

通讯作者: 李福生. eyedoctor1973@sina.com

收稿日期: 2017-07-18 修回日期: 2017-11-30

## Comparison of IOP and corneal biomechanical changes after SMILE and FS-LASIK

Fu-Sheng Li<sup>1</sup>, Ye Tao<sup>1</sup>, Hong-Zhi Yin<sup>1</sup>, Li Wang<sup>1</sup>, Yue-Hua Zhou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Ming Vision Ophthalmology, Beijing 100062, China; <sup>2</sup>Tongren Eye Center, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing 100730, China

**Correspondence to:** Fu-Sheng Li. Department of Ming Vision Ophthalmology, Beijing 100062, China. eyedoctor1973@sina.com  
Received: 2017-07-18 Accepted: 2017-11-30

### Abstract

• **AIM:** To evaluate the influence on corneal biomechanics after small incision lenticule extraction (SMILE) and Femto LDV laser flapping in laser *in situ* keratomileusis (FS-LASIK).

• **METHODS:** Preoperatively, 1mo after surgery, 101 patients (202 eyes) with myopia in each group respectively by SMILE and FS-LASIK were examined by ocular response analyzer (ORA). Parameters were compared between postoperative (1mo) and preoperative. Comparisons included the corneal thickness and corneal compensated intraocular pressure (IOPcc), Goldmann correlated IOP value (IOPg), corneal resistance factor (CRF), corneal hysteresis (CH).

• **RESULTS:** SMILE group: IOPcc, IOPg (1mo postoperatively,  $13.84 \pm 2.22$ ,  $10.81 \pm 2.52$  mmHg) significantly changed comparing with preoperative ( $16.15 \pm 2.90$ ,  $15.95 \pm 3.08$  mmHg;  $t = -13.58$ ,  $-32.91$ ; both  $P < 0.01$ ). CRF and CH (1mo postoperatively,  $7.52 \pm 1.41$ ,  $8.66 \pm 1.19$  mmHg) significantly changed comparing with preoperative ( $10.72 \pm 1.61$ ,  $10.60 \pm 1.43$ ;  $t = -41.21$ ,  $-24.03$ ; both  $P < 0.01$ ). The difference were  $3.19 \pm 1.10$ ,  $1.93 \pm 1.14$  mmHg respectively. FS-LASIK group: IOPcc and IOPg (1mo postoperatively,  $13.99 \pm 2.33$ ,  $10.10 \pm 2.55$  mmHg) significantly changed comparing with preoperative ( $15.88 \pm 3.29$ ,  $14.86 \pm 3.34$  mmHg;  $t = -10.09$ ,

$-23.00$ ; both  $P < 0.01$ ). CRF, CH (1mo postoperatively,  $6.68 \pm 1.14$ ,  $7.90 \pm 1.27$  mmHg) significantly changed comparing with preoperative ( $9.93 \pm 1.85$ ,  $9.98 \pm 1.60$  mmHg;  $t = -24.84$ ,  $-18.90$ ; both  $P < 0.01$ ). The difference were  $3.25 \pm 1.86$ ,  $2.08 \pm 1.57$  mmHg respectively. Changes of CRF and CH were significantly different between two groups ( $t = -0.351$ ,  $-1.081$ ; both  $P < 0.01$ ).

• **CONCLUSION:** The postoperative corneal biomechanics and IOP measurements are lower than preoperative. SMILE are lower than FS-lasik in changes of CRF, CH.

• **KEYWORDS:** femtosecond laser; small incision lenticule extraction; corneal biomechanics

**Citation:** Li FS, Tao Y, Yin HZ, *et al.* Comparison of IOP and corneal biomechanical changes after SMILE and FS-LASIK. *Guoji Yanke Zazhi* 2018;18(1):185-187

### 摘要

**目的:** 比较飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE)、飞秒辅助 LASIK 术 (FS-LASIK) 两种手术方式术后眼压和角膜生物力学指标的变化。

**方法:** 选取我院自愿接受 SMILE 手术 101 例 202 眼和 FS-LASIK 手术 101 例 202 眼近视患者, 分别于术前、术后 1mo 应用眼反应分析仪 (ocular response analyzer, ORA) 检测角膜补偿眼压 (corneal compensated intraocular pressure, IOPcc)、模拟 Goldmann 眼压 (Goldmann correlated IOP value, IOPg)、角膜阻力因子 (corneal resistance factor, CRF)、角膜滞后量 (corneal hysteresis, CH)。比较术后 1mo 与术前测量值的差异, 两组 CRF、CH 降低值的差异。

**结果:** 术后 1mo SMILE 组 IOPcc、IOPg 分别为  $13.84 \pm 2.22$ 、 $10.81 \pm 2.52$  mmHg, 较术前  $16.15 \pm 2.90$ 、 $15.95 \pm 3.08$  mmHg 显著降低 ( $t = -13.58$ 、 $-32.91$ , 均  $P < 0.01$ )。CRF、CH 术后测量值  $7.52 \pm 1.41$ 、 $8.66 \pm 1.19$  mmHg 较术前  $10.72 \pm 1.61$ 、 $10.60 \pm 1.43$  mmHg 显著降低 ( $t = -41.21$ 、 $-24.03$ , 均  $P < 0.01$ )。CRF、CH 分别较术前降低  $3.19 \pm 1.10$ 、 $1.93 \pm 1.14$  mmHg。FS-LASIK 组术后 1mo IOPcc、IOPg 分别为  $13.99 \pm 2.33$ 、 $10.10 \pm 2.55$  mmHg, 较术前  $15.88 \pm 3.29$ 、 $14.86 \pm 3.34$  mmHg 显著降低 ( $t = -10.09$ 、 $-23.00$ , 均  $P < 0.01$ )。CRF、CH 术后测量值  $6.68 \pm 1.14$ 、 $7.90 \pm 1.27$  mmHg 较术前  $9.93 \pm 1.85$ 、 $9.98 \pm 1.60$  mmHg 显著降低 ( $t = -24.84$ 、 $-18.90$ , 均  $P < 0.01$ )。CRF、CH 分别较术前降低  $3.25 \pm 1.86$ 、 $2.08 \pm 1.57$  mmHg。CRF、CH 术后降低值 SMILE 组显著小于 FS-LASIK 组 ( $t = -0.351$ 、 $-1.081$ , 均  $P < 0.01$ )。

结论:两种手术方式术后角膜生物力学和眼压测量值均较术前显著降低。CRF、CH 术后降低值,SMILE 组显著低于FS-LASIK 组。

关键词:飞秒激光;飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;角膜生物力学

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.1.48

引用: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

## 0 引言

飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)可使 LASIK 手术的精确性和安全性得到较大提高<sup>[1-2]</sup>。但是 FS-LASIK 手术术后角膜生物力学仍有降低<sup>[3]</sup>。近年来,飞秒激光小切口基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)的出现,体现小切口,手术当中不需掀开角膜瓣,整个过程由飞秒激光来完成,术后屈光状态稳定等优势。但其术后角膜厚度、角膜曲率、角膜生物力学改变,对术后眼压测量会产生影响。本研究目的是了解目前主流激光屈光手术术后角膜生物力学和眼压改变,避免术后局部糖皮质激素长期应用引起眼压升高,甚至青光眼。避免漏诊,及时发现屈光术后青光眼患者,提供临床参考。

## 1 对象和方法

1.1 对象 选取 2015-05/2016-05 本院眼科行 FS-LASIK 和 SMILE 的近视患者 202 例 404 眼,男 78 例 156 眼,女 124 例 248 眼,年龄 18~48(平均 27.40±6.95)岁,等效球镜为-1.25~-8.00(平均-4.88±1.40)D,散光度数 0.00~-2.00D。术前矫正视力≥1.0。

## 1.2 方法

1.2.1 手术方法 FS-LASIK 组患者均采用达芬奇飞秒激光(Femtosecond Laser LDV)制作角膜瓣,频率 5MHz,设定角膜瓣直径 9.0~9.5mm,切削厚度 110μm,蒂位于上方;制瓣后均行标准 LASIK 术,采用 VISX S4 IR 准分子激光机完成角膜瓣下切削。SMILE 组患者采用 VisuMax 全飞秒激光完成透镜切削,频率 500kHz,帽 110μm,直径 7.0~7.2mm。透镜直径 6.2~6.5mm。手术均由同一名医生完成。

1.2.2 检查仪器及方法 眼反应分析仪检查方法:额头靠紧额托,眨眼后注视机器孔内绿色固视灯。测压头对准角膜后自动发出一股柔和脉冲气流,选择波形得分最高留存分析。分别于术前、术后 1mo 应用眼反应分析仪(ocular response analyzer, ORA)检测角膜补偿眼压(corneal compensated intraocular pressure, IOPcc)、模拟 Goldmann 眼压(Goldmann correlated IOP value, IOPg)、角膜阻力因子(corneal resistance factor, CRF)、角膜滞后量(corneal hysteresis, CH)。检查均由一名熟练技师操作。

统计学分析:使用 PASW Statistics 18.0(SPSS)软件包对所得数据 IOPcc、IOPg、CRF、CH 术前术后进行配对样本 *t* 检验,FS-LASIK 组与 SMILE 组术后 1mo CRF 和 CH 降低值比较,采用独立样本 *t* 检验。以 *P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

术后 1mo FS-LASIK 组和 SMILE 组 IOPcc、IOPg、

表 1 飞秒辅助 LASIK 组 ORA 测量值术后 1mo 与术前比较 ( $\bar{x}\pm s$ , mmHg)

时间	IOPcc	IOPg	CRF	CH
术前	15.88±3.29	14.86±3.34	9.93±1.85	9.98±1.60
术后 1mo	13.99±2.33	10.10±2.55	6.68±1.14	7.90±1.27
差值	2.07±2.70	5.02±2.96	3.25±1.86	2.08±1.57
<i>t</i>	-10.09	-23.00	-24.84	-18.90
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 2 SMILE 组 ORA 测量值术后 1mo 与术前比较 ( $\bar{x}\pm s$ , mmHg)

时间	IOPcc	IOPg	CRF	CH
术前	16.15±2.90	15.95±3.08	10.72±1.61	10.60±1.43
术后 1mo	13.84±2.22	10.81±2.52	7.52±1.41	8.66±1.19
差值	2.31±2.42	5.14±2.22	3.19±1.10	1.93±1.14
<i>t</i>	-13.58	-32.91	-41.21	-24.03
<i>P</i>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 3 飞秒辅助 LASIK 组与 SMILE 组术后 CRF、CH 降低值比较 ( $\bar{x}\pm s$ , mmHg)

组别	CRF 降低值	CH 降低值
FS LASIK 组	3.25±1.86	2.08±1.57
SMILE 组	3.19±1.10	1.93±1.14
<i>t</i>	-0.351	-1.081
<i>P</i>	0.002	0.003

CRF、CH 较术前显著降低,差异均有统计学意义(*P*<0.01),见表 1、2。与术前比较,CRF、CH 术后降低值 SMILE 组显著小于 FS-LASIK 组,差异有统计学意义(*t*=-0.351、-1.081, *P*=0.002、0.003,表 3)。

## 3 讨论

近年来,随着飞秒激光在眼科的广泛应用,手术逐渐从有刀的 LASIK 术朝向无刀的 FS-LASIK,甚至 SMILE 发展。2007 年 Carl Zeiss 推出了应用飞秒制作角膜基质透镜并于角膜层间分离取出的方法矫正屈光不正。2008 年 Sekundo 等<sup>[4]</sup>率先报道了 SMILE 手术患者术后情况观察,证实了 SMILE 手术的安全性及有效性。Ivarsen 等<sup>[5]</sup>针对 SMILE 术后 1800 眼的大样本观察研究证实,SMILE 手术术中及术后并发症发生率低,术后视力恢复稳定。SMILE 术在保留基质手术视力恢复快、舒适度好的同时,又避免了角膜瓣的风险。尽管如此,两者矫正屈光不正的原理是一样的,均需要切削角膜厚度来改变角膜曲率和角膜屈光度,最终矫正屈光不正。而切削一定的角膜组织势必对角膜生物力学产生影响。本文对目前主流的两种手术方式术后 ORA 测量值进行比较,为临床提供参考。

青光眼是一组以视神经凹陷性萎缩和视野缺损为特征的疾病。眼压升高为目前青光眼公认的危险因素<sup>[6]</sup>。屈光术后眼压测量值下降。无论飞秒激光小切口的基质透镜取出术还是飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术,均改变中央角膜厚度、角膜曲率、角膜生物力学特性。目前,ORA 和气动非接触眼压计(NCT)均利用气体脉冲将角膜压平一个恒定面积的原理测量眼压。角膜厚

度、角膜曲率、角膜生物力学降低会使眼压测量时,角膜更容易压平,弹性回缩力下降,眼压测量值下降<sup>[7]</sup>。既往研究证实 FS-LASIK 术后 IOPcc、IOPg 测量值较术前显著降低<sup>[3]</sup>。本研究同样证实,SMILE 术后存在眼压测量值降低。两者手术方式术后 ORA 眼压测量值存在低估。所以,对于术后复诊患者 ORA 测量 IOPcc、IOPg 值应进行进一步校正,以免漏诊屈光术后潜在的原发性青光眼或激素性青光眼患者。屈光角膜术后眼压评估,除了考虑术前基础眼压外,同时结合术后角膜厚度及切削厚度来综合评估患者术后眼压测量值。术后测量值需要加上切削厚度的影响,才能得到患者的真实眼压状态。屈光手术后激素的应用,个别患者会眼压升高,甚至发生激素性青光眼,而眼压仍然在 20mmHg 以下。单凭术后测量值无法评估术后眼压真实状态,容易漏诊青光眼。

理论上,SMILE 不制作角膜瓣,切口 2~4mm,在制作的角膜帽下进行闭合操作,角膜透镜一片式取出,相比于 FS-LASIK 角膜 330 弧度近 22mm 的切口,减少角膜切开可能引起角膜扩张的可能。既往研究,FS-LASIK 术后角膜生物力学与术前比较有下降<sup>[3]</sup>。本研究证实 SMILE 与 FS-LASIK,同样存在角膜生物力学下降。SMILE 与 FS-LASIK 比较,SMILE 生物力学指标下降低于 FS-LASIK 术。Reinstein 等<sup>[8]</sup>、Roy 等<sup>[9]</sup>及 Wu 等<sup>[10]</sup>研究均证实,角膜生物力学下降 SMILE 优于 LASEK 和 LASIK。Reinstein 等<sup>[8]</sup>研究显示 LASIK 手术每切削 1 $\mu$ m 角膜厚度,患者术后角膜生物力学强度平均下降 0.22%,而同样的切削水平 SMILE 手术患者术后角膜生物力学强度仅下降 0.08%。其通过构建数学模型预测同样的角膜生物力学强度下,SMILE 手术患者可较 LASIK 手术患者多切削 100 $\mu$ m 角膜厚度(约为 7.75D 等效球镜矫正手术量),仍可与 LASIK 手术患者保持同样的角膜生物力学强度,证实无瓣制作的 SMILE 手术在屈光不正矫正术后患者角膜生物力学强度保持方面存在明显优势。Wu 等<sup>[10]</sup>研究显示 SMILE 手术术后患者 CRF 值平均降低 3.14 $\pm$ 1.06mmHg、CH 值平均降低 1.86 $\pm$ 1.13mmHg,而 LASIK 术后 CRF 值则平均降低 3.80 $\pm$ 1.53mmHg、CH 值平均降低达 2.23 $\pm$ 1.33mmHg。研究证实 LASIK 术后患者代表角膜生物力学强度指标的角膜硬度参数 CRF 及代表角膜生物黏滞性的参数 CH 均较 SMILE 术后显著降低,提示 SMILE 术后患者角膜生物力学稳定性更高。

在屈光手术安全性方面,屈光术后角膜生物力学强度下降可引起屈光矫正手术最严重的并发症之一:术源性角膜扩张。Piñero 等<sup>[11]</sup>研究显示角膜生物硬度指标 CRF 较角膜生物粘滞性指标 CH 对圆锥角膜及角膜扩张症更具有诊断意义。SMILE 术后 CRF 值平均降低幅度明显小于 LASIK 术后 CRF 值平均降低幅度,证实 SMILE

手术在预防术源性角膜扩张方面存在明显的优势,有力保障了屈光患者长期的安全性。

在屈光矫正手术后视觉质量方面,既往研究认为,屈光术后角膜生物力学的稳定有助于避免术源性像差的引入,Wu 等<sup>[10]</sup>研究证实虽然 SMILE 术后患者及 LASIK 术后患者术后球差及彗差均有所升高,但 SMILE 术后像差增加情况明显低于 LASIK 术后患者术源性像差引入,从而有助于获得更优的术后视觉质量。

综上所述,ORA 在 FS-LASIK 和 SMILE 术后眼压测量值存在低估,需进一步校正。FS-LASIK 与 SMILE 术后角膜生物力学指标均降低,SMILE 较 FS-LASIK 对角膜生物力学影响较小,意味 SMILE 手术较 FS-LASIK 在屈光矫正视觉质量上更有优势。

#### 参考文献

- 1 Vestergaard A, Ivarsen A, Asp S, et al. Femtosecond (FS) laser vision correction procedure for moderate to high myopia: a prospective study of relex flex and comparison with a retrospective study of FS-laser *in situ* keratomileusis. *Acta Ophthalmol* 2013;91(4):355-362
- 2 Li H, Sun T, Wang M, et al. Safety and effectiveness of thin-flap LASIK using a femtosecond laser and microkeratome in the correction of high myopia in Chinese patients. *J Refract Surg* 2010;26(2):99-106
- 3 李福生,尹鸿芝,魏胜兰,等.飞秒激光 LASIK 术后角膜生物力学各指标和眼压改变. *眼科新进展* 2013;33(2):175-177
- 4 Sekundo W, Kunert K, Russmann C, et al. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1513-1520
- 5 Ivarsen A, Asp S, Hjortdal J. Safety and complications of more than 1500 small-incision lenticule extraction procedures. *Ophthalmology* 2014;121(4):822-828
- 6 Goldblum D, Kontiola AI, Mittag T, et al. Non-invasive determination of intraocular pressure in the rat eye: comparison of an electronic tonometer (TonoPen), and a rebound (impact probe) tonometer. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2002;240(11):942-946
- 7 李华,王雁,窦瑞,等.飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术后眼压及其影响因素. *中华眼科杂志* 2016;52(1):22-29
- 8 Reinstein DZ, Archer TJ, Randleman JB. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK, and small incision lenticule extraction. *J Refract Surg* 2013;29(7):454-460
- 9 Roy AS, Dupps WJ, Roberts CJ. Comparison of biomechanical effects of small-incision lenticule extraction and laser *in situ* keratomileusis: finite-element analysis. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(6):971-980
- 10 Wu W, Wang Y. The correlation analysis between corneal biomechanical properties and the surgically induced corneal high-order aberrations after small incision lenticule extraction and femtosecond laser *in situ* keratomileusis. *J Ophthalmol* 2015;2015:758196
- 11 Piñero DP, Alio JL, Barraquer RI, et al. Corneal biomechanics, refraction, and corneal aberrometry in keratoconus: an integrated study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51(4):1948-1955