

# SMILE 和 ICL 矫正中低度近视术后角膜前后表面和总角膜高阶像差的变化

李康骞<sup>1,2</sup>, 张凌子<sup>1</sup>, 宋小翠<sup>1</sup>, 李雅心<sup>1</sup>

作者单位:<sup>1</sup>(710000) 中国陕西省西安市, 西安爱尔眼科医院;  
<sup>2</sup>(410000) 中国湖南省长沙市, 中南大学爱尔眼科学院  
作者简介: 李康骞, 毕业于中山大学, 眼科学博士, 主治医师, 研究方向: 近视防治与屈光手术。

通讯作者: 李康骞. [kj4907630@foxmail.com](mailto:kj4907630@foxmail.com)

收稿日期: 2018-09-03 修回日期: 2018-11-01

## Changes of the anterior, posterior corneal surface and total cornea high order aberrations after SMILE or ICL correction for low and moderate myopia

Kang-Jun Li<sup>1,2</sup>, Ling-Zi Zhang<sup>1</sup>, Xiao-Cui Song<sup>1</sup>, Ya-Xin Li<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Xi'an Aier Eye Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China;

<sup>2</sup>The Aier School of Ophthalmology, Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China

Correspondence to: Kang-Jun Li. Xi'an Aier Eye Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China. [kj4907630@foxmail.com](mailto:kj4907630@foxmail.com)

Received: 2018-09-03 Accepted: 2018-11-01

### Abstract

• AIM: To compare and analyze the changes of the anterior corneal surface, posterior surface and total corneal high-order aberration between femtosecond small incision lenticule extraction (SMILE) and implantable collamer lens (ICL) in the correction of moderate and low myopia.

• METHODS: Retrospective Study. Patients underwent SMILE surgery ( $n = 35$ ) or ICL surgery ( $n = 35$ ) with moderate or low myopia were selected in the refractive center of the Xi'an Aier Eye Hospital from November 2017 to February 2018. Before and 1, 3 and 6mo after surgery, the Scheimpflug phase formation based on Ray Tracing technology was applied to evaluate the anterior corneal surface, posterior surface and total corneal high-order aberration with a diameter of 6mm. Repeated measurement ANOVA was used to analyze the mean square root of corneal coma, spherical aberration and total high-order aberration at different time points.

• RESULTS: The post-surgery uncorrected visual acuity of both the SMILE group and the ICL group at 1, 3, and 6mo reached or exceeded the pre-surgery best corrected

visual acuity, and the pre-surgery corneal aberrations of the two groups were not statistically significant ( $P > 0.05$ ). One month after surgery, the precorneal high-order aberration of the SMILE group was significantly increased ( $P < 0.05$ ), while the precorneal high-order aberration of the ICL group was unchanged ( $P > 0.05$ ). Post-corneal aberration of the two groups was not statistically significant ( $P > 0.05$ ). After surgery, and the differences of coma, spherical aberration and total high-order aberration between the two groups were not significantly ( $P > 0.05$ ).

• CONCLUSION: Compared with SMILE surgery, precorneal high-order aberration induced by ICL is less for moderate and low myopia in the short term.

• KEYWORDS: wave front aberration; corneal topography; corneal refractive surgery; intraocular refractive surgery

Citation: Li KJ, Zhang LZ, Song XC, *et al.* Changes of the anterior, posterior corneal surface and total cornea high order aberrations after SMILE or ICL correction for low and moderate myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2018;18(12):2289-2292

### 摘要

目的: 对比分析飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 和有晶状体眼人工晶状体植入术 (implantable collamer lens, ICL) 矫正中、低度近视术后角膜前表面、后表面和总角膜高阶像差的变化。

方法: 回顾性研究, 选取 2017-11/2018-02 在西安爱尔眼科医院屈光中心行 SMILE 手术及 ICL 手术矫正中、低度近视患者各 35 例 70 眼。术前及术后 1、3、6mo 应用基于 Ray Tracing 技术的 Scheimpflug 成像评估 6mm 直径的角膜前表面、后表面和总角膜高阶像差, 采用重复测量方差分析对不同时间点角膜彗差、球差和总高阶像差均方根进行比较。

结果: 术后 1、3、6mo SMILE 组和 ICL 组患者裸眼视力均达到或超过术前最佳矫正视力。术前两组患者各项角膜像差差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。术后 1mo, SMILE 组角膜前表面高阶像差较术前显著增加, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 而 ICL 组角膜前表面高阶像差无显著变化, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 术后两组患者角膜后表面高阶像差差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 两组间患者彗差、球差和总高阶像差比较差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

结论:相比 SMILE 手术,ICL 术矫正中、低度近视在短期内引入的角膜前表面高阶像差更小。

关键词:波前像差;角膜地形图;角膜屈光手术;眼内屈光手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2018.12.42

引用:李康霄,张凌子,宋小翠,等. SMILE 和 ICL 矫正中低度近视术后角膜前后表面和总角膜高阶像差的变化. 国际眼科杂志 2018;18(12):2289-2292

## 0 引言

随着科学技术发展和设备创新,近视矫正的新技术和新方法不断出现,近视屈光手术安全性和有效性日益提高<sup>[1]</sup>。当下,近视矫正屈光手术主要分为角膜及眼内屈光手术<sup>[1-3]</sup>。其中,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)因其稳定性和可预测性好,已成为角膜屈光手术的主要代表之一<sup>[4-5]</sup>。而有晶状体眼人工晶状体植入术(implantable collamer lens, ICL)作为眼内屈光手术代表,针对高度近视具有较好的矫正效果<sup>[3, 6-7]</sup>。随着近视人群手术期望日益提高,通过屈光手术消除低阶像差改善视力已不能满足患者需求,术后夜间视力下降、复视、眩光等高阶像差问题可影响患者术后的视觉质量<sup>[8]</sup>。分析、评估并减少高阶像差是患者和屈光手术医生的共同追求,故本研究通过对比分析 SMILE 手术及 ICL 手术治疗中、低度近视患者角膜高阶像差的变化情况,评估不同术式对患者视觉质量的影响。

## 1 对象和方法

1.1 对象 回顾性分析。选取 2017-11/2018-02 在西安爱尔眼科医院屈光中心行 SMILE 手术及 ICL 手术矫正中、低度近视患者(等效球镜度  $SE \leq 6.00D$ )各 35 例 70 眼。其中,SMILE 组男 16 例,女 19 例,年龄 18~35(平均  $29 \pm 2.54$ )岁,术前等效球镜  $-4.35 \pm 0.78D$ ,平均曲率  $43.28 \pm 1.12D$ ,低度近视( $-1.00D \leq SE < -3.00D$ )15 例,中度近视( $-3.00D \leq SE \leq -6.00D$ )20 例;ICL 组男 10 例,女 25 例,年龄 21~37(平均  $32 \pm 3.85$ )岁,术前等效球镜  $-4.58 \pm 0.55D$ ,平均曲率  $40.21 \pm 2.28D$ ,低度近视( $-1.00D \leq SE < -3.00D$ )10 例,中度近视( $-3.00D \leq SE \leq -6.00D$ )25 例。纳入标准:(1)年龄  $\geq 18$  岁(ICL 组  $\geq 21$  岁);(2)术前屈光状态稳定 2a 以上;(3)术前停戴角膜接触镜 2wk 以上;(4)具备 SMILE 或 ICL 手术指征;(5)自愿签署知情同意书;(6)本研究获取医院伦理委员会批准。排除标准:(1)合并其他眼科疾病如感染性角膜炎、角膜瘢痕、圆锥角膜、青光眼、白内障、视网膜病变等;(2)伴发全身结缔组织疾病、自身免疫性疾病;(3)合并高血压、心脏病、糖尿病等全身疾病;(4)妊娠或哺乳期妇女。术前两组患者性别、年龄、等效球镜、角膜平均曲率等基线资料比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ , 表 1)。

1.2 方法 两组患者术前均常规接受远视力、近视力、电脑及主觉验光、裂隙灯显微镜等检查。所有患者术前 3d 开始应用 5g/L 左氧氟沙星滴眼液,术时使用盐酸丙美卡

因滴眼液表面麻醉。采用 VisuMax 飞秒激光系统完成 SMILE 手术, V4cEVOICL 应用于 ICL 手术。术后常规滴用 5g/L 氯替泼诺混悬滴眼液抗炎(4 次/d), 3g/L 玻璃酸钠滴眼液(4 次/d)修复角膜上皮, 2wk 后停药,所有手术均由同一熟练术者完成。观察术前、术后 1wk, 1、3、6mo 随访并分别记录所有患者的裸眼视力(UCVA)、最佳矫正视力(BCVA)、眼压、屈光状态、裂隙灯显微镜检查,主觉验光和 Pentacam 眼前节分析测定角膜前表面、后表面及全角膜波前像差。

统计学分析:选用统计学软件 SPSS18.0 分析和处理数据,计数资料采用率(%)表示,组间对比进行卡方检验;计量资料采用  $\bar{x} \pm s$  表示,手术前后比较采用配对样本  $t$  检验,两组间比较采用独立样本  $t$  检验,手术前后多个时间点重复测量差异比较采用重复测量方差分析,球形假设采用 Mauchly 球度检验,多个时间点差异的两两比较采用 LSD- $t$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 两组患者手术前后视力变化情况 两组患者视力(LogMAR)比较,其术前 UCVA(ICL:  $0.70 \pm 0.05$ ; SMILE:  $0.71 \pm 0.03$ )、BCVA(ICL:  $0.02 \pm 0.01$ ; SMILE:  $0.01 \pm 0.01$ )及屈光力比较差异无统计学意义( $t_{UCVA} = 0.232$ ,  $P_{UCVA} = 0.287$ ;  $t_{BCVA} = 0.324$ ,  $P_{BCVA} = 0.723$ ;  $t_{屈光力} = 0.285$ ,  $P_{屈光力} = 0.841$ )。两组患者术后 6mo UCVA(ICL:  $-0.05 \pm 0.01$ , SMILE:  $-0.06 \pm 0.01$ ;  $t = 0.284$ ,  $P = 0.143$ )、BCVA(ICL:  $-0.06 \pm 0.01$ , SMILE:  $-0.07 \pm 0.01$ ;  $t = 0.255$ ,  $P = 0.312$ )、屈光力( $t = 0.336$ ,  $P = 0.435$ )比较差异无统计学意义。术后 6mo, 两组患者 UCVA(ICL:  $t = -5.433$ ,  $P < 0.05$ ; SMILE:  $t = -4.523$ ,  $P < 0.05$ )、BCVA(ICL:  $t = -2.512$ ,  $P < 0.05$ ; SMILE:  $t = -2.213$ ,  $P < 0.05$ )及屈光力(ICL:  $t = -6.512$ ,  $P < 0.05$ ; SMILE:  $t = -6.322$ ,  $P < 0.05$ )均较术前差异有统计学意义。

2.2 两组患者手术前后角膜前表面、后表面和总角膜波前像差检测结果 不同时间点高阶像差比较通过 Mauchly 球度检验提示球型对称( $P > 0.05$ ),结果不需校正。两组患者角膜前表面、后表面和角膜总高阶像差、彗差(Z7, Z8)和球差(Z12)均方根值参见表 2。术前,两组患者角膜总高阶像差比较差异无统计学意义( $t = 2.882$ ,  $P = 0.882$ )。重复测量方差分析结果显示:两种术式的角膜前表面高阶像差比较差异有统计学意义( $F_{组间} = 20.991$ ,  $P_{组间} < 0.01$ ;  $F_{时间} = 21.553$ ,  $P_{时间} < 0.01$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 20.878$ ,  $P_{组间 \times 时间} < 0.01$ );两种术式的角膜后表面高阶像差( $F_{组间} = 0.991$ ,  $P_{组间} = 0.489$ ;  $F_{时间} = 1.553$ ,  $P_{时间} = 0.178$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 0.878$ ,  $P_{组间 \times 时间} = 0.521$ )、水平彗差( $F_{组间} = 0.985$ ,  $P_{组间} = 0.429$ ;  $F_{时间} = 1.331$ ,  $P_{时间} = 0.188$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 0.847$ ,  $P_{组间 \times 时间} = 0.506$ )、垂直彗差( $F_{组间} = 0.895$ ,  $P_{组间} = 0.535$ ;  $F_{时间} = 1.442$ ,  $P_{时间} = 0.185$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 0.953$ ,  $P_{组间 \times 时间} = 0.498$ )、球差( $F_{组间} = 0.876$ ,  $P_{组间} = 0.487$ ;  $F_{时间} = 1.532$ ,  $P_{时间} = 0.184$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 0.889$ ,  $P_{组间 \times 时间} = 0.536$ )及角膜总高阶像差( $F_{组间} = 0.992$ ,  $P_{组间} = 0.521$ ;  $F_{时间} = 2.468$ ,  $P_{时间} = 0.158$ ;  $F_{组间 \times 时间} = 0.996$ ,  $P_{组间 \times 时间} = 0.566$ )差异比较均无统计学意义。其中,术后 1mo, 两组患者的角膜前表面高阶像差差异有统计学意义( $t = -2.118$ ,  $P <$

表 1 两种术式人口学基线特征比较

分组	眼数	年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	男/女(例)	术前等效球镜( $\bar{x}\pm s$ ,D)	术前角膜平均曲率( $\bar{x}\pm s$ ,D)
ICL 组	70	32±3.85	10/25	-4.58±0.55	40.21±2.28
SMILE 组	70	29±2.54	16/19	-4.35±0.78	43.28±1.12
$t/\chi^2$		1.462	2.203	3.854	3.653
<i>P</i>		0.532	0.138	0.387	0.665

表 2 两组患者手术前后角膜高阶像差结果分析

分组	眼数	时间	角膜前表面高阶像差	角膜后表面高阶像差	水平彗差 Z7	垂直彗差 Z8	球差 Z12	角膜总高阶像差
SMILE 组	70	术前	0.360±0.159	0.210±0.162	0.038±0.186	0.048±0.012	0.196±0.013	0.366±0.015
		术后 1wk	0.538±0.259	0.237±0.015	0.088±0.019	0.187±0.095	0.055±0.059	0.462±0.167
		术后 1mo	0.598±0.185	0.344±0.155	0.086±0.285	0.154±0.085	0.126±0.095	0.428±0.193
		术后 3mo	0.366±0.166	0.235±0.186	0.033±0.005	0.052±0.015	0.230±0.112	0.370±0.132
		术后 6mo	0.386±0.122	0.237±0.066	0.036±0.011	0.056±0.021	0.238±0.016	0.378±0.011
ICL 组	70	术前	0.416±0.221	0.237±0.121	0.035±0.022	0.225±0.031	0.175±0.102	0.427±0.023
		术后 1wk	0.386±0.125	0.244±0.021	0.022±0.012	0.191±0.123	0.233±0.142	0.359±0.221
		术后 1mo	0.400±0.252	0.233±0.125	0.024±0.017	0.133±0.105	0.237±0.025	0.440±0.135
		术后 3mo	0.418±0.123	0.249±0.085	0.005±0.001	0.226±0.124	0.259±0.156	0.394±0.165
		术后 6mo	0.359±0.152	0.227±0.107	0.068±0.031	0.173±0.102	0.193±0.132	0.324±0.153

0.05), SMILE 组角膜前表面高阶像差较术前显著增加, 差异有统计学意义( $P=0.002$ ), ICL 组角膜前表面高阶像差较术前差异无统计学意义( $P=0.132$ )。

### 3 讨论

目前近视矫正方法主要包括框架眼镜、角膜接触镜和屈光手术<sup>[9]</sup>。屈光手术可分为角膜屈光手术及眼内屈光手术。以有晶状体眼后房型人工晶状体植入术(ICL)为代表的眼内屈光手术过去广泛应用于高度及超高度近视患者<sup>[3,7]</sup>, 其以不受角膜厚度限制、术后保留晶状体调节功能等特点, 目前亦有越来越多中、低度近视患者首选 ICL 术<sup>[7]</sup>。研究不同屈光手术对角膜高阶像差的影响, 对其评估术后视觉质量具有重要意义及价值。

人眼像差可分为低阶像差和高阶像差两类<sup>[10]</sup>。二阶以下低阶像差对应于近视、散光等传统屈光不正, 而三阶以上为高阶像差, 虽其只占全部像差的 10% 左右, 但对视网膜图像质量有较大影响<sup>[11]</sup>。其中, 三阶彗样像差中的彗差(Z7、Z8)和三叶草样散光(Z6、Z9)可反映屈光非对称性; 四阶球样像差包括球差(Z12)、四叶草和二级散光, 球差对应于经瞳孔周边进入眼内光的聚焦点与经瞳孔中心的光线聚焦点的差异性; 其他高阶像差则反映了非系统化光学像差的存在, 反映波阵面的扭曲变形<sup>[12]</sup>。

目前有研究表明角膜屈光手术增大了术后角膜及全眼的高阶像差<sup>[10-11]</sup>, 患者术后早期出现光晕、眩光及夜间视力下降等症状均与术后高阶像差增加有关<sup>[11]</sup>。何书喜<sup>[13]</sup>通过对比飞秒激光制作角膜瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)、准分子激光上皮下角膜磨镶术(LASEK)和前弹力层下角膜磨镶术(SBK)三种术式人眼角膜高阶像差变化发现, 所有术式彗差、球差、角膜总高阶像差值术后均明显大于术前, 术后 1mo 时增幅最大, 3mo 时值稍下降, 提示随着术后恢复时间延长, 角膜修复、术后

视觉质量有进一步改善可能。角膜屈光手术术后高阶像差变化原因可包括偏心切削、角膜瓣蒂部的位置不同, 从而使角膜瓣和基质床表面凹凸不平, 角膜瓣和基质的贴附受影响<sup>[10-11]</sup>。本研究显示, SMILE 术后 1mo 患者角膜前表面差显著增加, 3mo 后角膜像差较术前无统计学差异, 考虑术后短期角膜帽下存在组织碎屑、角膜层间反应、负压吸引等原因, 均是造成 SMILE 术后患者短期角膜高阶像差增加的原因。

众多临床研究表明, ICL 植入术治疗高度近视安全有效, 可取得令人满意的视觉效果<sup>[7]</sup>。周妍妍<sup>[14]</sup>研究 ICL V4c 矫正超高度近视, 结果显示术后 1mo 患者的总高阶像、彗差、球差、二次彗差及二次球差均较术前降低, 考虑因术中角膜切口大小及位置几乎没有改变角膜和前房形态, 从而减小角膜像差。本研究显示, 中、低度近视 ICL 术后 1mo 患者的角膜总高阶像差基本不变, 术后 3、6mo, ICL 组与 SMILE 两组间的患者角膜像差较术前差异无统计学意义, 说明 ICL 植入术治疗中、低度近视同样可取得令人满意的视觉效果。

既往研究显示角膜屈光手术与眼内屈光手术对于高度近视矫正均达到显著效果<sup>[3, 15]</sup>, 而本研究显示对于中、低度近视矫正, 两种术式患者术后裸眼视力都有了明显提高。张雨霞<sup>[16]</sup>对比分析飞秒激光矫正术(LASIK)与 ICL 矫治高度近视手术前后角膜高阶像差的差异, 显示飞秒激光术后患者角膜球差、彗差均显著增加, 而 ICL 术后患者高阶像差无明显改变, 分析原因为 ICL 术未切削角膜组织, 患者角膜形态无明显改变, 该结果与本研究相符。故我们认为, ICL 植入术亦可作为中、低度近视矫正的一线选择。

本研究证明在术后 1mo 内, ICL 较 SMILE 术对角膜前表面高阶像差影响更小, 但对于更长时间的高阶像差变化应追踪随访, 针对不同患者进行个性化屈光手术定制, 进一步提高患者术后视觉质量。

### 参考文献

- 1 Damgaard IB, Reffat M, Hjortdal J. Review of corneal biomechanical properties following lasik and smile for myopia and myopic astigmatism. *Open Ophthalmol J* 2018;12(7):164-174
- 2 Krueger RR, Meister CS. A review of small incision lenticule extraction complications. *Curr Opin Ophthalmol* 2018;29(4):292-298
- 3 Wang X, Zhou X. Update on treating high myopia with implantable collamer lenses. *Asia Pac J Ophthalmol* 2016;5(6):445-449
- 4 Alio Del Barrio JL, Vargas V, Al-shymali O, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) in the correction of myopic astigmatism: outcomes and limitations—an update. *Eye Vis* 2017;26(4):1-8
- 5 Blum M, Kunert KS, Sekundo W. Historical overview of the clinical development of the small incision lenticule extraction surgery (SMILE). *Klin Monbl Augenheilkd* 2017;234(1):117-122
- 6 Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016;10(6):1059-1077
- 7 Awadein A, Habib AE. ICL versus Veriflex phakic IOL for treatment of moderately high myopia: randomized paired-eye comparison. *J Refract Surg* 2013;29(7):445-452
- 8 李康寓. 准分子激光原位角膜磨镶术患者的生命质量调查及影响因素分析. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2010;12(1):15-18
- 9 Heus P, Verbeek JH, Tikka C. Optical correction of refractive error for preventing and treating eye symptoms in computer users. *Cochrane Database Syst Rev* 2018;4(4):1-92
- 10 Kligman BE, Baartman BJ, Dupps WJ jr. Errors in treatment of lower-order aberrations and induction of higher-order aberrations in laser refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin* 2016;56(2):19-45
- 11 Valentina BS, Ramona B, Speranta S, et al. The influence of optical aberrations in refractive surgery. *Rom J Ophthalmol* 2015;59(4):217-222
- 12 Yamaguchi T, Satake Y, Dogru M, et al. Visual function and higher-order aberrations in eyes after corneal transplantation: how to improve postoperative quality of vision. *Cornea* 2015;34(Suppl 11):S128-135
- 13 何书喜. 不同屈光手术方式术后角膜高阶像差的相关研究. *国际眼科杂志* 2015;15(8):1382-1384
- 14 周妍妍. ICL V4 c 矫正超高度近视术后视觉质量的短期观察. *国际眼科杂志* 2015;15(9):1615-1617
- 15 Ganesh S, Brar S, Arra RR. Refractive lenticule extraction small incision lenticule extraction: A new refractive surgery paradigm. *Ind J Ophthalmol* 2018;66(1):10-19
- 16 张雨霞. 两种手术方式矫治高度近视后视觉质量及效果对比分析. *国际眼科杂志* 2016;16(6):1039-1042