

· 论著 ·

· 准分子激光与视觉质量 ·

# Q 值引导及 Kappa 角调整后 SBK 和飞秒 LASIK 术后高阶像差的对比

梁刚 查旭 张丰菊

**【摘要】** 目的 比较在 Q 值引导及 Kappa 角调整的准分子切削模式下,机械刀制瓣 SBK(OUP-SBK)和飞秒制瓣 LASIK(FS-LASIK)2 种手术方式对术眼的高阶像差的影响。方法 回顾性病例对照研究。43 例患者(86 眼)根据制瓣方式不同分为 2 组:SBK 组(23 例 46 眼)和 FS 组(20 例 40 眼),均采用 Q 值引导及 Kappa 角调整的准分子切削模式手术,分别于术前、术后 1 个月、术后 3 个月测量术眼的总高阶像差及各单项高阶像差。应用方差分析和独立样本  $t$  检验分析高阶像差在不同时间点的变化以及 2 组间的差异。结果 SBK 组和 FS 组的总高阶像差均方根(RMS)值在术后 1 个月和 3 个月时均较术前增加( $F=14.935, 6.498, P<0.01$ );SBK 组  $C_4^0, C_4^2, C_4^4$  较术前有增加( $F=8.326, 3.202, 6.195, P<0.01$ )。FS 组只有球差  $C_4^0$  较术前有增加( $F=9.045, P<0.01$ )。2 组的比较:术后 1 个月、3 个月时 SBK 组和 FS 组的总高阶像差 RMS 值( $t=0.26, 0.88, P>0.05$ )以及 RMS 增加量( $t=0.74, 1.24, P>0.05$ )比较差异均无统计学意义,但在 1 个月时  $C_4^4$ ( $t=3.08, P<0.01$ ),在 3 个月时  $C_4^{-2}$ ( $t=-2.34, P<0.05$ )、 $C_4^4$ ( $t=2.78, P<0.01$ ) 2 组间差异有统计学意义。结论 Q 值引导及 Kappa 角调整后,SBK 和 FS 制瓣的 LASIK 手术后术眼总高阶像差均有增加,但高阶像差的增加量两者并无差异,但个别的单项高阶像差存在差异。

**【关键词】** 角膜磨镶术,前弹力层下; 飞秒激光; 角膜磨镶术,激光原位; 波前像差

**A clinical study comparing the changes in higher-order aberrations following SBK and femtosecond laser LASIK with a customized Q-factor and Kappa adjustment** Liang Gang,

Zha Xu, Zhang Fengju. Beijing Tongren Eye Center, Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University, Beijing Ophthalmology & Visual Sciences Key Lab, Beijing 100730, China

Corresponding author: Zhang Fengju, Email: wxw93@hotmail.com

**【Abstract】 Objective** To compare the changes in higher-order aberrations following microkeratome SBK (OUP-SBK) and femtosecond laser LASIK (FS-LASIK) with customized Q-factor and Kappa adjustment. **Methods** This was a retrospective clinically controlled study. Forty-three patients (86 eyes) were divided into two groups: one group (46 eyes of 23 cases) was treated with the Moria One Use-Plus SBK and the other group (40 eyes of 20 cases) with a VisuMax FS-LASIK. Both groups had customized Q-factor and Kappa adjustment during laser ablation. Higher-order aberrations were measured preoperatively and 1 month and 3 months postoperatively. An analysis of variance and independent  $t$  test were used to analyze the changes in higher-order aberrations after FS-LASIK and SBK. **Results** At the 1st and 3rd month postoperatively, there was an increase in all higher-order aberrations in both groups ( $F=14.935, 6.498, P<0.01$ ). In the SBK group, spherical aberrations ( $C_4^0$ ) and 4th order aberrations ( $C_4^2, C_4^4$ ) had increased on the 1st and 3rd months ( $F=8.326, 3.202, 6.195, P<0.01$ ). The  $C_4^0$  in the FS-LASIK group had increased on the 1st and 3rd months ( $F=9.045, P<0.01$ ). A comparison of the SBK and FS-LASIK groups showed there were no significant differences when higher-order aberration ( $t=0.26, 0.88, P>0.05$ ) and changes ( $t=0.74, 1.24, P>0.05$ ) were compared postoperatively at 1 and 3 months. There were significant differences in aberration  $C_4^4$  in the

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2014.01.006

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划子课题(2011BA11208);北京市卫生系统高层次卫生技术人才基金(2013-2-023)

作者单位:100730 首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁眼科中心 北京市眼科学与视觉科学重点实验室(梁刚、查旭、张丰菊);650021 昆明,云南省第二人民医院眼屈光中心(梁刚);650101 昆明医科大学第二附属医院眼科(查旭)

通信作者:张丰菊,Email:wxw93@hotmail.com

1st month ( $t=3.08$ ,  $P<0.01$ ) and  $C_4^{-2}$  and  $C_4^4$  in the 3rd month ( $t=-2.34$ ,  $2.78$ ,  $P<0.05$ ).

**Conclusion** With customized Q-factor and Kappa adjustment during laser ablation, higher-order aberrations increase with both mechanical microkeratome and VisuMax femtosecond flap creation. There is no significant difference in the total change in higher-order aberrations, but there is a difference in some single higher-order aberrations.

**【Key words】** Keratomileusis, sub-Bowman's; Femtosecond laser; Keratomileusis, laser in situ; Wavefront aberration

准分子激光手术经过了 20 年来的发展, 目前 LASIK 手术仍然主流术式, 无论是飞秒激光还是机械性的角膜板层刀, 制作一个优质角膜瓣是 LASIK 手术成功的关键一步, 角膜屈光手术的术后效果的评价也不仅考虑单一视力指标, 更要考虑眼的视觉质量。波前像差因其指标客观, 并且可以量化, 是目前较公认的视觉质量的评价指标。

本研究应用飞秒激光(femtosecond laser, FS)制瓣和机械刀制瓣, 2 种方式联合 Q 值引导及 Kappa 角调整的准分子切削模式, 检测手术眼术前及术后各时间点的总高阶像差和各单项高阶像差并进行对比, 分析 SBK 和 FS-LASIK 对视觉质量的影响及其差异性。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

入选标准: 角膜接触镜软镜停戴 1 周以上、硬镜停戴 3 周以上、角膜塑形镜停戴 3 个月以上, 且排除眼科相关疾病和全身结缔组织疾病和自身免疫性疾病等相关手术禁忌证者。

2012 年 8-12 月收集自愿要求手术矫正屈光不正患者 43 例(86 眼), 手术方式根据术前检查结果确定, 在 2 种手术方式均可以选择的条件下, 由患者自行选择并签署手术知情同意书。根据手术方式分为 2 组: SBK 组 23 例(46 眼), 男 14 例女 9 例, 年龄( $25.1\pm 5.8$ )岁(18~35 岁); FS 组 20 例(40 眼)男 12 例女 8 例, 年龄( $25.6\pm 5.3$ )岁(19~38 岁)。术前屈光状态: 球镜  $-3.25\sim -8.25$  D, 平均( $-5.85\pm 1.21$ )D; 柱镜  $0\sim 3.00$  D, 平均( $1.3\pm 0.17$ )D。最佳矫正视力 4.9~5.1, 角膜厚度 486~589  $\mu\text{m}$ 。术前 2 组的平均等效球镜度(spherical equivalent, SE)、瞳孔直径(pupil diameter, PD)、总高阶像差(higher-order aberration, HOA)和各单项高阶像差均方根(root mean square, RMS)值的比较差异均无统计学意义, 2 组的资料对比详见表 1。

### 1.2 术前检查

常规检查包括远近视力、综合验光、非接触眼

表 1 SBK 组和 FS 组患者术前屈光状态(SE)、瞳孔大小(PD)、波前像差的比较( $\bar{x}\pm s$ )

项目	SBK 组(46 眼)	FS 组(40 眼)	t 值	P 值
SE(D)	-4.81±1.38	-5.87±2.07	1.94	>0.05
PD(mm)	6.37±0.65	6.33±0.47	0.19	>0.05
HOA( $\mu\text{m}$ )	0.38±0.14	0.41±0.12	-0.71	>0.05
$C_3^{-3}$ ( $\mu\text{m}$ )	0.07±0.45	-0.10±0.40	1.26	>0.05
$C_3^{-1}$ ( $\mu\text{m}$ )	-0.07±0.35	-0.05±0.55	-0.19	>0.05
$C_3^1$ ( $\mu\text{m}$ )	0.37±0.35	0.52±0.36	-1.35	>0.05
$C_3^3$ ( $\mu\text{m}$ )	0.14±0.43	0.17±0.38	-0.21	>0.05
$C_4^{-4}$ ( $\mu\text{m}$ )	0.00±0.18	0.05±0.15	-0.79	>0.05
$C_4^{-2}$ ( $\mu\text{m}$ )	-0.01±0.21	-0.00±0.16	-0.15	>0.05
$C_4^0$ ( $\mu\text{m}$ )	-0.22±0.32	-0.14±0.37	-0.71	>0.05
$C_4^2$ ( $\mu\text{m}$ )	0.10±0.37	0.09±0.26	0.06	>0.05
$C_4^4$ ( $\mu\text{m}$ )	-0.05±0.30	-0.20±0.36	1.38	>0.05

压、A 超角膜测厚、裂隙灯、Ocular 眼前节分析系统、散瞳验光和散瞳眼底检查等, 手术前后固定人员检查。

### 1.3 像差检查

**1.3.1 原理** 采用德国蔡司 WASCA 波前像差仪, 通过 Shack-Hartmann 感受器来测量人眼的波前像差, 通过装在摄像机前面的一组微透镜组来接收波前图形。视网膜上的点光源发出的光通过没有像差的人眼射出(根据光路可逆原理), 其出射的波阵面应该是平面波; 如果出射的波面发生扭曲, 不是平面波, 证明有像差存在, 通过分析扭曲的点阵图形, 可以获得瞳孔区每个对应点的波前像差和屈光度的值, 并且像差的测量结果包含人眼屈光异常的全部信息, 可以对人眼整个屈光系统的光学特性进行分析。

**1.3.2 方法** 患者在暗室适应 10 min 左右, 瞳孔自然放大的情况下进行测量, 每眼每次测量 5~8 次, 选取虹膜纹理清楚、重复性好的、屈光度与显然验光结果接近的结果进行分析, 由同一经验丰富的技术员操作完成。

### 1.4 手术设备及参数选择

准分子切削程序: 选择德国 Wavelight 公司生产的 Allegretto wave/eye-Q(鹰视酷眼)激光系统, 切削方式为: Q 值引导和 Kappa 角调整 Q 值设为 -0.26,

术中根据患者术前检查(坐位)和准备手术时(卧位)的 Kappa 角检查结果调整,调整的量约为差异量的 80%。切削光区为 6.5 mm;过渡区为 8.5~9.0 mm。

**SBK 组:**采用法国 Moria One Use-Plus SBK 一次性 90 刀头,制作角膜瓣大小 8~9 mm,蒂位于鼻侧角膜缘。

**FS 组:**采用德国蔡司公司 Visual Max 飞秒激光系统,激光参数:能量:170 nJ,点间距 4.5 μm,角膜瓣厚:100 μm,角膜瓣直径设定:8.0 mm,蒂位于上方角膜缘,蒂宽 60°。

### 1.5 手术流程

2 组手术均由同一熟练医生操作,手术中均选择 Q 值引导结合 Kappa 角调整,所有病例均按照标准程序完成,每眼手术时间约 4 min,手术过程顺利。

术中情况:手术眼未发生不良角膜瓣(如钮扣瓣、不完全瓣)等情况,发现角膜瓣缘渗血共 8 眼,其中 SBK 组 5 眼,FS 组 3 眼,均发生在角膜上方血管翳明显患者。术后均无角膜层间血染及层间积血,FS 组 5 眼发生不透明气泡层(opaque bubble layer, OBL),均为轻度,主要在角膜瓣边缘区,无瞳孔中央区 OBL,无术中负压脱吸情况。

### 1.6 术后复查

术后常规抗生素和糖皮质激素眼药水点眼,术后 1 d、7 d、1 个月、3 个月定期随访。术后患者均填写术后满意度调查的问卷,2 组间无差异。

### 1.7 统计学方法

回顾性病例对照研究。使用 SPSS 17.0 软件,组内不同时间点比较采用方差分析,有差异时运用 LSD-t 检验进行两两比较;2 组间比较采用独立样本 t 检验。以 P<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 术后一般情况

术后 1 d、7 d 复查视力、屈光状态及角膜裂隙灯。角膜透明,裂隙灯下隐见角膜瓣边缘,均无感染、瓣皱褶、上皮内生等,也无明显弥漫性板层角膜炎发生。1 个月、3 个月复查检查同前并增加波前像差检查、眼内压和眼前节分析等。术后无最佳矫正视力的丢失,裸眼视力低于术前最佳矫正视力一行 2 组各有 1 眼,超过最佳矫正视力 SBK 组 10 眼,FS 组 13 眼,其余眼裸眼视力均达到术前最佳矫正视。

### 2.2 SBK 组手术前后高阶像差

SBK 组总高阶像差 RMS 值术后 1 个月、3 个月较术前增加,差异有统计学意义;单个像差的增加表现在 C<sub>4</sub><sup>0</sup>、C<sub>4</sub><sup>2</sup>、C<sub>4</sub><sup>4</sup>(见表 2)。

表 2 SBK 组手术前后高阶像差各 Zenike 项的变化(μm,  $\bar{x} \pm s$ , 46 眼)

项目	时间			F 值	P 值
	术前	术后 1 个月	术后 3 个月		
HOA	0.38±0.14	0.64±0.22 <sup>b</sup>	0.66±0.21 <sup>b</sup>	14.935	<0.01
C <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	0.07±0.45	0.08±0.55	-0.00±0.66	0.144	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	-0.07±0.35	0.02±0.72	-0.03±0.77	0.139	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>1</sup>	0.37±0.35	0.64±0.66	0.59±0.61	1.588	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>3</sup>	0.14±0.43	0.12±0.55	0.15±0.50	0.022	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>-4</sup>	0.00±0.18	0.02±0.21	0.07±0.21	0.598	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-0.01±0.21	-0.04±0.21	-0.07±0.19	0.534	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>0</sup>	-0.22±0.32	-0.76±0.37 <sup>b</sup>	-0.66±0.69 <sup>b</sup>	8.326	<0.01
C <sub>4</sub> <sup>2</sup>	0.09±0.37	-0.18±0.34 <sup>a</sup>	-0.09±0.44	3.202	<0.05
C <sub>4</sub> <sup>4</sup>	-0.05±0.30	0.31±0.46 <sup>b</sup>	0.20±0.31 <sup>a</sup>	6.195	<0.01

注:<sup>a</sup> P<0.05, <sup>b</sup> P<0.01; HOA: 术后 1 个月 vs. 术前 t=4.55, 术后 3 个月 vs. 术前 t=4.89; C<sub>4</sub><sup>0</sup>: 术后 1 个月 vs. 术前 t=3.85, 术后 3 个月 vs. 术前 t=3.10; C<sub>4</sub><sup>2</sup>: 术后 1 月 vs. 术前 t=2.48; C<sub>4</sub><sup>4</sup>: 术后 1 个月 vs. 术前 t=3.44, 术后 3 个月 vs. 术前 t=2.38

### 2.3 FS 组手术前后高阶像差

FS 组总像差术后较术前增加,统计学比较有显著差异,单个高阶像差的变化只表现在球差 C<sub>4</sub><sup>0</sup> 有统计学差异(见表 3)。

表 3 FS 组手术前后高阶像差各 Zenike 项的变化(μm,  $\bar{x} \pm s$ , 40 眼)

项目	时间			F 值	P 值
	术前	术后 1 个月	术后 3 个月		
HOA	0.41±0.12	0.62±0.16 <sup>b</sup>	0.59±0.24 <sup>b</sup>	6.498	<0.01
C <sub>3</sub> <sup>-3</sup>	-0.10±0.40	-0.03±0.41	-0.00±0.39	0.249	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	-0.05±0.55	0.13±0.74	0.15±0.71	0.413	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>1</sup>	0.52±0.36	0.86±0.65	0.86±0.58	2.105	>0.05
C <sub>3</sub> <sup>3</sup>	0.17±0.38	0.26±0.25	0.27±0.38	0.441	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>-4</sup>	0.05±0.15	-0.05±0.17	-0.02±0.14	1.513	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	-0.00±0.16	-0.02±0.14	0.05±0.14	1.103	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>0</sup>	-0.14±0.37	-0.70±0.41 <sup>b</sup>	-0.73±0.53 <sup>b</sup>	9.045	<0.01
C <sub>4</sub> <sup>2</sup>	0.09±0.26	-0.03±0.22	-0.06±0.19	2.023	>0.05
C <sub>4</sub> <sup>4</sup>	-0.20±0.36	-0.09±0.30	-0.03±0.13	1.450	>0.05

注:<sup>b</sup> P<0.01; HOA: 术后 1 个月 vs. 术前 t=3.31, 术后 3 个月 vs. 术前 t=2.89; C<sub>4</sub><sup>0</sup>: 术后 1 个月 vs. 术前 t=3.59, 术后 3 个月 vs. 术前 t=3.77

### 2.4 术后 1 个月时 2 组总高阶像差的比较

SBK 组和 FS 组总高阶像差差异无统计学意义,术前术后总像差增加的量 2 组比较差异无统计学意义;水平方向四叶草 C<sub>4</sub><sup>4</sup> SBK 组较 FS 组明显增加,差异有统计学意义(见表 4)。

### 2.5 术后 3 个月 2 组总高阶像差的比较

SBK 组和 FS 组差异无统计学意义,术前术后总像差增加的量 2 组比较差异无统计学意义; C<sub>4</sub><sup>4</sup> 和 C<sub>4</sub><sup>-2</sup> 2 组比较差异均有统计学意义,SBK 组较 FS 组明显增加(见表 5)。

表 4 SBK 组和 FS 组术后 1 个月高阶像差各 Zenike 项的变化 ( $\mu\text{m}, \bar{x} \pm s$ )

项目	SBK 组 (46 眼)	FS 组 (40 眼)	t 值	P 值
HOA	0.64±0.22	0.62±0.16	0.26	>0.05
HOA 变化	0.26±0.23	0.21±0.15	0.74	>0.05
$C_3^{-3}$	0.08±0.55	-0.03±0.41	0.66	>0.05
$C_3^{-1}$	0.02±0.72	0.13±0.74	-0.45	>0.05
$C_3^1$	0.64±0.66	0.86±0.65	-1.03	>0.05
$C_3^3$	0.12±0.55	0.26±0.25	-0.97	>0.05
$C_4^{-4}$	0.02±0.21	-0.05±0.17	1.05	>0.05
$C_4^{-2}$	-0.04±0.21	-0.02±0.14	-0.33	>0.05
$C_4^0$	-0.76±0.37	-0.70±0.41	-0.47	>0.05
$C_4^2$	-0.18±0.34	-0.03±0.22	-1.57	>0.05
$C_4^4$	0.31±0.46	-0.09±0.30	3.08	<0.01

表 5 SBK 组和 FS 组术后 3 个月高阶像差各 Zenike 项的变化 ( $\mu\text{m}, \bar{x} \pm s$ )

项目	SBK 组 (46 眼)	FS 组 (40 眼)	t 值	P 值
HOA	0.66±0.21	0.59±0.24	0.88	>0.05
HOA 变化	0.28±0.23	0.18±0.23	1.24	>0.05
$C_3^{-3}$	-0.00±0.66	-0.01±0.39	0.03	>0.05
$C_3^{-1}$	-0.03±0.77	0.15±0.71	-0.76	>0.05
$C_3^1$	0.59±0.61	0.86±0.58	-1.35	>0.05
$C_3^3$	0.15±0.50	0.27±0.38	-0.86	>0.05
$C_4^{-4}$	0.07±0.21	-0.02±0.14	1.41	>0.05
$C_4^{-2}$	-0.07±0.19	0.05±0.14	-2.34	<0.05
$C_4^0$	-0.66±0.69	-0.73±0.53	0.37	>0.05
$C_4^2$	-0.09±0.44	-0.06±0.19	-0.25	>0.05
$C_4^4$	0.20±0.31	-0.03±0.13	2.78	<0.01

### 3 讨论

准分子激光角膜屈光手术目前仍然以 LASIK 手术为主流。随着认识的深入,考虑到角膜前基质层生物力学的重要性,制作一个前弹力层下优质的薄角膜瓣成为准分子激光手术的关键。自 2002 年飞秒激光开始在角膜屈光手术运用,其在角膜瓣的制作中较高的安全性、较理想的可预测性、较好的生物力学稳定性越来越得到广泛的认可<sup>[1]</sup>,十余年来飞秒激光角膜屈光手术的蓬勃发展,这不仅给手术医生和患者带来更多手术方式的选择,同时也为提高手术疗效、降低手术风险提供了可能。机械性角膜板层刀也随着发展从最早的 160 刀头、130 刀头、110 刀头到 90 刀头进入了 SBK 的时代。与此同时,对角膜屈光手术结果的关注也越来越精确,从最初仅仅对视力和屈光度的关注,逐渐发展为对视觉质量的关注,如何减少手术本身对视觉质量的影响成为屈光手术发展的一个方向,自 1997 年波前像差概念在临床工作中的引入,其成为了衡量视觉质量的一个

重要的客观指标之一<sup>[2]</sup>。

角膜屈光手术越来越关注个体化术式,其对于患者术后安全性和术后疗效的可预测性及获得良好的视觉质量非常重要<sup>[3]</sup>。无论是飞秒激光还是机械性的角膜板层刀,屈光手术后高阶像差的形成原因有:术前已经存在的高阶像差、手术操作中引入的高阶像差、术后角膜愈合基质重塑过程中产生的像差<sup>[4-5]</sup>。准分子激光手术后低阶像差减少高阶像差增加已经成为共识,但高阶像差增大的程度的影响因素仍在不断地完善和研究当中,研究者们尤其对新型手术方式术后高阶像差的变化也更为关注<sup>[6]</sup>。在既往的研究中,机械刀制瓣和飞秒制瓣的 LASIK 手术对术后眼高阶像差的影响有不同的结论<sup>[7-9]</sup>,可能是因为飞秒激光设备的不同,机械刀的刀头和制瓣方式(平推、旋转)差异,同时与准分子激光系统的光斑大小、光束形态、扫描模式不同有关,故如何在减少手术源性高阶像差成为研究的重点。

在本研究中,2 组手术均采用德国科医人公司 Allegretto wave/eye-Q (鹰视酷眼)激光系统,选择 Q 值引导及 Kappa 角调整的方式进行准分子切削,飞秒组采用德国蔡司 Visual Max 系统制作角膜瓣,机械刀组采用法国 Moria One Use-Plus SBK 一次性 90 刀头,于手术前、术后 1 个月、术后 3 个月分别对术眼进行波前像差的测量,比较这 2 种制瓣方式对术眼高阶像差可能造成的影响及其差异。

在总高阶像差方面,研究结果显示,2 组在术后 1 个月和 3 个月均较术前明显增加,而 SBK 组与 FS 组 2 组间比较术后 1 个月、3 个月总高阶像差和总高阶像差的变化量却差异无统计学意义。在单项高阶像差的变化,术后 2 组  $C_4^0$  明显增加,SBK 组  $C_4^2$  和  $C_4^4$  也表现出术后增加明显。

2 组的差异表现在一些单项高阶像差,如水平方向  $C_4^4$ ,在术后 1 个月和术后 3 个月时 SBK 组均表现较 FS 组增加明显,考虑可能与角膜瓣的制作方式不同所导致,FS 组边缘设计为 90°,机械刀的多为不可选择的锐角,瓣边缘的剪切力弱于前者,在早期角膜组织愈合过程中,位于鼻侧带的薄角膜瓣在瞬目的过程中眼睑的重力作用更有可能形成瓣外侧的细微变化,从而导致了早期单项高阶像差的变化。而  $C_4^{-2}$  在术后 3 个月时 SBK 组和 FS 组间差异也有统计学意义。

对人眼视觉质量影响较大的是彗差和球差,有文献显示单纯制瓣而不进行激光切削,10 周时测量高阶像差的变化,鼻侧带角膜瓣对水平彗差和球差影响较大,提示鼻侧带的角膜瓣更容易形成水平位

的高阶像差,而上方带的垂直彗差增加明显<sup>[10-11]</sup>。我们的研究结果,2 组  $C_3^{-1}$  和  $C_3^{-1}$  术后均有增加,但增加量差异均无统计学意义,其值本身术后 2 组间比较差异也没有统计学意义,从而进一步推测,尽管上方带更有可能引起垂直彗差,鼻侧带更容易引起水平彗差,但准分子进行角膜基质层切削时,合理地行个性化准分子切削模式的调整可以补偿角膜瓣所引出的单项高阶像差。而由不同的角膜瓣制作方式所产生的单项高阶像差变化所占的权重比较小<sup>[12]</sup>。

在既往的球差比较研究中:有认为飞秒制瓣和机械刀制瓣的 LASIK 术后球差的增加差异无统计学意义<sup>[4,8,12]</sup>,也有的研究认为机械刀制瓣导致的球差更大<sup>[9]</sup>,这种研究结果的差异考虑可能与不同的飞秒激光系统、角膜板层刀和准分子激光设备等多因素均有关<sup>[13]</sup>。本研究中  $C_4^0$  在 SBK 组与 FS 组术后均有明显的增加,但 2 组间的比较差异却无统计学意义。

综上所述,Q 值引导及 Kappa 角调整后,SBK 和 FS-LASIK 手术后早期全眼总的高阶像差均有增加,但 2 种不同的制瓣方式所引起术后眼总高阶像差的增加量差异无统计学意义,球差  $C_4^0$  和彗差 ( $C_3^{-1}$ 、 $C_3^{-1}$ ) 的变化差异也无统计学意义,两者间的差异仅仅表现在四阶的单项高阶像差(如  $C_4^4$ 、 $C_4^{-2}$ )主要表现在外侧周边部的像差。本结果提示:一个优质的角膜瓣是 LASIK 手术成功的关键,不同的准分子切削模式对术后高阶像差有较大的影响,合理地行个性化的准分子切削模式可避免更多术后高阶像差的引入,从而提高视觉质量。

#### 参考文献:

- [1] 陈跃国. 飞秒激光制瓣技术的优势和相关并发症[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志,2013,15:385-387.
- [2] Liang J, Williams DR, Miller DT. Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics[J]. Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis,1997,14:2884-2892.
- [3] 李莹. 重视飞秒激光角膜屈光手术的个性化选择[J]. 眼科新进展,2013,3:201-203.
- [4] 鲍锡柳,王雁,杨晓艳. 飞秒激光和机械刀制瓣 lasik 术后高阶像差的特征性变化对比研究[J]. 中国实用眼科杂志,2012,30:543-548.
- [5] 李俏,李莹,龙琴,等. 准分子激光角膜表层手术和基质层手术对眼高阶像差的比较[J]. 国际眼科杂志,2011,11:51-55.
- [6] Chalita MR, Chavala S, Xu M, et. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography[J]. Ophthalmology,2004,111:447-453.
- [7] Zhou C, Chai X, Yuan L, et al. Corneal higher-order aberrations after customized aspheric ablation and conventional ablation for myopic correction[J]. Curr Eye Res,2007,32:431-438.
- [8] 买志彬,刘苏冰,聂晓丽,等. 飞秒激光和机械角膜刀制瓣准分子激光原位角膜磨镶术后视觉质量的对比分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志,2013,15:409-413.
- [9] 齐颖,周跃华,张晶. 飞秒激光与显微角膜板层刀制瓣的 LASIK 手术短期效果比较[J]. 眼科,2011,20:121-125.
- [10] Pallikaris IG, Kymionis GD, Panagopoulou SI, et al. Induced optical aberrations following formation of a laser in situ keratomileusis flap[J]. J Cataract Refract Surg,2002,28:1737-1741.
- [11] Porter J, MacRae S, Yoon G, et. Separate effects of the microkeratome incision and laser ablation on the eye's wave aberration[J]. Am J Ophthalmol,2003,136:327-337.
- [12] Buzzonetti Luca, Petrocelli Gianni, Valente Paola, et al. Comparison of corneal aberration changes after laser in situ keratomileusis performed with mechanical microkeratome and IntraLase femtosecond laser: 1-year follow-up[J]. Cornea,2008,27:174-179.
- [13] Durrie DS, Kezirian GA. Femtosecond laser versus mechanical keratome flaps in wavefront-guided laser in situ keratomileusis-Prospective contralateral eye study[J]. J Cataract Refract Surg,2005,31:120-126.

(收稿日期:2013-11-15)

(本文编辑:毛文明,季魏红)

[1] 陈跃国. 飞秒激光制瓣技术的优势和相关并发症[J]. 中华眼视光