

## · 屈光手术与视觉质量 ·

## LASIK 术后出现视觉不良症状者的高阶像差分析

樊容 邱岩 邱玉兰 翟国光 何涛 李耀宇

**【摘要】** 目的 分析经传统准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)或者波前像差引导的 LASIK 术后患者中(除外过矫、欠矫和眼部疾患导致的视力下降),出现视觉不良症状者的高阶像差分布特征。方法 回顾性病例对照研究。本研究回顾了北京军区总医院 2006 年 1 月 1 日至 2010 年 3 月 31 日期间经初次 LASIK 术后(包括传统组和波前像差引导组),除外过矫、欠矫和眼表及眼内疾患导致的视力下降,出现重影和星芒等视觉症状患者总 40 例(48 眼),传统 LASIK 组 18 例(23 眼),波前像差引导的 LASIK 组 22 例(25 眼)。两组患者术后均复诊 3 个月以上,屈光度稳定在 $\pm 1.00$  D 以内。所有患者采用 WaveScan 3.62 版波前像差仪,在自然瞳孔下行波前像差检查,提取 4 mm 瞳孔直径高阶像差结果。采用配对样本  $t$  检验、配对样本秩和检验、独立样本  $t$  检验、独立样本秩和检验及卡方检验对数据进行比较。结果 波前像差引导 LASIK 组高阶像差手术前后比较差异均有统计学意义:总高阶像差均方根(RMS)值术后增加了 1.18 倍( $t=-11.485, P<0.01$ );三阶像差 RMS 值术后增长了 1.25 倍( $Z=-6.125, P<0.01$ );四阶像差 RMS 值术后增长了 0.93 倍( $Z=-6.154, P<0.01$ );五阶像差增长了 1.35 倍( $Z=-6.154, P<0.01$ );六阶像差增长了 1.14 倍( $t=-21.080, P<0.01$ )。垂直彗差增加了 1.43 倍( $Z=-6.154, P<0.01$ )、水平彗差增加了 93%( $Z=-6.154, P<0.01$ )、球差增加了 89%( $t=-19.659, P<0.01$ )。但术后 30 度三叶草仅增加了 5%( $Z=-6.154, P<0.01$ )、0 度三叶草增加了 35%( $Z=-6.154, P<0.01$ )。波前像差引导组术后与传统组术后的比较:总高阶像差、三阶像差、四阶像差、垂直彗差、水平彗差、球差、30 度三叶草和 0 度三叶草比较差异无统计学意义。但两组术后五阶像差( $Z=-2.033, P=0.042$ )、六阶像差( $Z=-2.631, P=0.009$ )比较差异有统计学意义。另外,两种 LASIK 术后总高阶像差中,三阶像差所占的比重最大,四阶像差占总高阶像差比例居于第二位,两组比较差异无统计学意义。但两组的五阶像差占总高阶像差比例( $Z=-2.053, P=0.040$ )和六阶像差占总高阶像差比例( $Z=-2.012, P=0.044$ )差异有统计学意义。波前引导组手术前后彗差占三阶像差的 56%左右,球差占四阶像差的 78%左右,手术前后保持稳定;但三叶草占三阶像差的比例由术前的 43%降至术后的 36%,手术前后比较差异有统计学意义( $t=2.285, P=0.027$ )。主导像差分布:波前引导组术后垂直彗差为 44%、水平彗差为 12%、球差为 40%,与术前差异有统计学意义( $\chi^2=7.891, P=0.048$ )。传统组术后垂直彗差占 30%、水平彗差占 34%、球差为 21%,与波前引导组比较差异无统计学意义。结论 LASIK 术后出现的视觉主诉与高阶像差均方根值增加密切相关。此类患者术后总高阶像差和各类高阶像差的均方根值较术前普遍增加 1 倍左右(三叶草像差增长较少)。总高阶像差中以三阶像差和四阶像差为主,其中三阶彗差和四阶球差所占的比重最大,三叶草像差所占的比重较小且手术前后有变化。传统 LASIK 对五阶像差和六阶像差的消融要优于波前像差引导 LASIK。LASIK 术后的视觉质量下降患者的主导像差类型以彗差和球差居多。

**【关键词】** 角膜磨镶术,激光原位; 高阶像差; 视觉障碍; 病例对照研究

## Higher-order aberrations in eyes with visual symptoms after LASIK

FAN Rong,

QIU Yan\*, QI Yu-lan\*, ZHAI Guo-guang\*, HE Tao\*, LI Yao-yu\*. \* Department of Ophthalmology, General Hospital of Beijing Command Area of PLA, Beijing 100700, China

Corresponding author: LI Yao-yu, Email: liyaoyu63@sina.com

**【Abstract】 Objective** To investigate the distribution of the eye's higher order aberrations in post-laser in situ keratomileusis (LASIK) patients with visual complaints, excluding patients whose complaints were due to overcorrection, undercorrection and eye disease. **Methods** Refractive surgery was performed on 17 625 eyes of 8848 patients from January 1, 2006 to March 31, 2010 in Beijing

DOI:10.3760/ema.j.issn.1674-845X.2012.01.005

作者单位:100007 北京军区总医院眼科(邱岩、邱玉兰、翟国光、何涛、李耀宇);030001 太原,山西医科大学(樊容为研究生,现在煤炭总医院工作)

通信作者:李耀宇,Email:liyaoyu63@sina.com

Military General Hospital. In this retrospective case-control study, a total of 48 eyes of 40 cases with double vision, glare and other visual symptoms after LASIK (including the traditional group and wavefront-guided group), excluding cases of overcorrection, undercorrection and eye disease were reviewed. As a result, there were 23 eyes of 18 cases in the traditional LASIK group and 25 eyes of 22 cases in the wavefront-guided LASIK group. Patients were observed for more than 3 months and refractive power stability was within the  $\pm 1.00$  D range in both groups. The observation period for the wavefront-guided group was 10 months (4–26 months) and was 23 months for the traditional group (5–72 months). All patients were measured using a Hartmann-Shack wavefront sensor. The results for higher-order aberrations with 4-mm pupils were analyzed. The preoperative and postoperative results of the wavefront-guided LASIK group were compared (using a paired samples *t* test and Wilcoxon signed ranks test). The results between the wavefront-guided LASIK and traditional LASIK groups were also compared (using independent samples *t* tests and the Mann-Whitney test) to test for higher-order aberration root mean square (RMS) values, the distribution ratio of different aberration types in total higher-order aberrations and the dominant aberration changes (chi-square test). **Results** There were significant differences in higher-order aberrations in the wavefront-guided LASIK group when aberrations were compared before and after surgery; there was an 118% increase in total higher order aberrations ( $t=-11.485$ ,  $P<0.01$ ); there was a 125% increase in third order aberration RMS values ( $Z=-6.125$ ,  $P<0.01$ ); there was a 93% increase in fourth order aberration RMS values ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ); there was a 135% increase in fifth order aberrations ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ); there was a 114% increase in sixth order aberrations ( $t=-21.080$ ,  $P<0.01$ ). Vertical coma increased by 143% ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ), horizontal coma increased by 93% ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ), and spherical aberrations increased by 89% ( $t=-19.659$ ,  $P<0.01$ ). Trefoil varied less than the other types.  $30^\circ$  trefoil increased by 5% ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ) and  $0^\circ$  trefoil increased by 35% ( $Z=-6.154$ ,  $P<0.01$ ). The results for the wavefront-guided LASIK group and the traditional LASIK group were also compared. Differences in total higher-order aberrations, third order aberrations, fourth order aberrations, vertical coma, horizontal coma, spherical aberration,  $30^\circ$  trefoil and  $0^\circ$  trefoil were not statistically significant. But the postoperative fifth order aberrations ( $Z=-2.033$ ,  $P=0.042$ ) and sixth order aberrations ( $Z=-2.631$ ,  $P=0.009$ ) showed statistically significant differences when the two groups were compared. In addition, the proportion of third order aberrations was the highest among total higher-order aberrations and fourth order aberrations were second after LASIK. The differences between the two groups were not significant. But the differences in the proportion of fifth order aberrations ( $Z=-2.053$ ,  $P=0.040$ ) and sixth order aberrations ( $Z=-2.012$ ,  $P=0.044$ ) were statistically significant between the two groups. Coma aberrations accounted for 56% of the third order aberrations and spherical aberration accounted for 78% of the fourth order aberrations before and after wavefront-guided LASIK. But trefoil decreased significantly from 43% to 36% of the third order aberrations after wavefront-guided LASIK ( $t=2.285$ ,  $P=0.027$ ). The proportion of vertical coma was 44%, horizontal coma was 12% and spherical aberration was 40% among the dominant aberrations after wavefront-guided LASIK and the differences between preoperative and postoperative levels were statistically significant ( $\chi^2=7.891$ ,  $P=0.048$ ). The proportion of vertical coma was 30%, horizontal coma was 34% and spherical aberration was 21% among the dominant aberrations after traditional LASIK. There were no statistically significant differences between the two groups. **Conclusion** Visual complaints after LASIK are closely related to the increase in higher-order aberrations. The RMS values of higher-order aberrations are generally higher than preoperative levels except for trefoil aberrations. The third order aberrations and the fourth order aberrations account for a large proportion of the higher-order aberrations. Coma and spherical aberration are especially important. Trefoil varies less than other types. Traditional LASIK is superior to wavefront-guided LASIK on the ablation of fifth order and sixth order aberrations. Coma and spherical aberration are the dominant aberrations in patients with visual symptoms after LASIK.

**[Key words]** Keratomileusis, laser in situ; Higher-order aberrations; Vision disorders; Case-control studies

准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 是目前矫正屈光不正的主流手术, 屈光手术不仅要注重提高视觉质量, 而且要尽可能地减少手术并发症。随着角膜地形图、波前像差仪在临床应用及研究的不断深入, 屈光手术后的视觉质量也在不断提高。但是, 仍然有少数患者, 获得良好裸眼视力的同时出现了眩光、鬼影、视疲劳, 夜间驾车困难等视觉症状, 通过矫正亦无法改善。我们对 LASIK 术后存在视觉主诉患者进行了波前像差检查, 发现其共同的表现是术后高阶像差增大。本研究对这部分患者术后的高阶像差分布规律及特征进行了分析, 现报告如下。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

回顾性病例对照研究。北京军区总医院 2006 年 1 月 1 日至 2010 年 3 月 31 日期间行屈光手术患者总 8848 例 (17 625 眼), 其中传统 LASIK (LASIK 组) 手术 3592 例 (7150 眼), 波前像差引导 LASIK (简称波前引导 LASIK 组) 手术 5256 例 (10 475 眼)。本研究回顾了经两种方式 LASIK 术后, 除外欠矫和过矫及眼部疾患造成的视力下降, 出现眩光、重影、星芒等视觉症状的患者资料。入选标准: 患者经初次 LASIK 术后 3 个月以上, 裸眼视力 0.8 左右, 屈光度稳定 (初次 LASIK 术后球镜度  $\pm 1.00$  D 以内、柱镜度 1.00 D 以内), 排除眼表及眼内疾患引起的视觉质量问题, 主诉夜间视物不清晰, 有重影、眩光, 部分患者在白天也有症状, 视疲劳症状明显, 经休息、点用滴眼液和框架眼镜矫正无改善者。研究前均获得了患者的知情同意。两组视觉症状修复患者总 40 例 (48 眼)。传统 LASIK 组 18 例 23 眼 (其中 4 例 6 眼为外院转诊); 波前像差引导 (下文简称波前引导) LASIK 组 22 例 25 眼 (占波前引导组手术量的 0.238%)。本院初次 LASIK 手术以先右眼后左眼顺序进行, 应用美国 AMO 公司的 VISX Star S4-IR 激光机完成。角膜瓣的制作和手术前后处理措施两组相同。两组患者的年龄、性别、眼别、术前平均等效球镜度、初次 LASIK 术后球镜度和术后柱镜度比较差异均无统计学意义。

波前像差仪暗室下瞳孔直径测量: 传统组 (7.26 $\pm$ 0.76)mm, 波前引导组 (7.88 $\pm$ 0.72)mm, 两组比较差异有统计学意义 ( $t=2.853, P=0.007$ ), 暗室环境下波前引导组患者的瞳孔直径要大于传统组患者。复诊期限: 波前引导组为 (10.2 $\pm$ 5.2) 个月 (4~26 个月), 传统组为 (23.7 $\pm$ 19.3) 个月 (5~72 个月), 两组比较差异

有统计学意义 ( $Z=-3.064, P=0.002$ )。传统手术组的复诊期限要明显长于波前引导组。

### 1.2 检查方法

采用以 Hartmann-Shack 原理设计的 WaveScan 3.62 版波前像差仪 (美国 AMO 公司), 患者在暗室内适应 10 min 以上, 自然瞳孔下行波前像差检查。定期重复波前像差检查三次以上, 每次检查间隔 2~3 周。测量选取: 瞳孔中心、角膜中心及角膜顶点三点吻合最为接近一致, 虹膜纹理清晰, Hartmann-Shack 图像点阵完整、清晰、明亮, 重复性好的检查结果进行分析。波前引导 LASIK 组患者, 其术前具备同一 WaveScan 波前像差仪检查结果与术后结果进行比较分析。传统组患者术前不具备波前像差检查结果, 将传统组术后结果与波前引导组术后结果进行比较分析。手术前后波前像差数据均提取 4 mm 瞳孔直径的高阶像差均方根值 (root mean square, RMS)。

### 1.3 统计学方法

所有数据采用 SPSS 13.0 统计软件进行处理, 以  $P$  值  $< 0.05$  为差异有统计学意义。

1.3.1 定量资料 波前引导组与传统组患者的年龄、术前等效球镜度、瞳孔直径比较均采用独立样本  $t$  检验。术后球镜度和柱镜度采用独立样本的秩和检验。

波前引导组术前与术后的总高阶像差和球差的比较采用配对资料  $t$  检验, 三阶像差、四阶像差、五阶像差、六阶像差、垂直彗差、水平彗差以及 30 度和 0 度三叶草像差比较采用配对资料的秩和检验。

波前引导组术后与传统组术后的总高阶、四阶像差和球差比较采用独立样本  $t$  检验。三阶像差、五阶像差、六阶像差、垂直彗差、水平彗差以及 30 度和 0 度三叶草像差比较采用独立样本的秩和检验。

1.3.2 定性资料 患者的性别、眼别、主导像差变化采用卡方检验。

## 2 结果

### 2.1 高阶像差 RMS 值

2.1.1 波前引导组手术前后的变化 总像差术后降低了 80%。手术前后比较差异有统计学意义 ( $t=9.205, P<0.01$ )。波前引导组术后的像差 RMS 值与术前比较均有明显的增加: 总高阶像差 (total higher-order aberration, HOA) 增加了 1.18 倍 ( $t=-11.485, P<0.01$ ), 三阶像差增长了 1.25 倍 ( $Z=-6.125, P<0.01$ ), 四阶像差增长了 93% ( $Z=-6.154, P<0.01$ ), 五阶像差增长了 1.35 倍 ( $Z=-6.154, P<0.01$ ), 六阶像差增长

了1.14倍( $t=-21.080, P<0.01$ )。垂直彗差增加了1.43倍( $Z=-6.154, P<0.01$ )、水平彗差增加了93%( $Z=-6.154, P<0.01$ )、球差增加了89%( $t=-19.659, P<0.01$ )。但三叶草像差在术后的变化幅度明显小于其他类型的高阶像差:术后30度三叶草增加了5%( $Z=-6.154, P<0.01$ )、0度三叶草增加了35%( $Z=-6.154, P<0.01$ )。见表1。

**表1** 波前像差引导组手术前后像差均方根值比较( $\mu\text{m}, \bar{x}\pm s, n=25$ )

像差	术前	术后	增加百分比 (%)	t 值	P 值
总像差	9.479±0.572	1.870±0.137	-	9.205	0.000
总高阶像差	0.469±0.045	1.024±0.107	118	-11.485	0.000
三阶像差	0.386±0.458	0.867±0.112	125	-6.125*	0.000
四阶像差	0.213±0.023	0.411±0.029	93	-6.154*	0.000
五阶像差	0.081±0.009	0.191±0.032	135	-6.154*	0.000
六阶像差	0.058±0.005	0.124±0.008	114	-21.080	0.000
垂直彗差	0.163±0.029	0.396±0.067	143	-6.154*	0.000
水平彗差	0.124±0.019	0.239±0.040	93	-6.154*	0.000
30度三叶草	0.136±0.021	0.143±0.025	5	-6.154*	0.000
0度三叶草	0.099±0.016	0.134±0.019	35	-6.154*	0.000
球差	0.177±0.024	0.334±0.032	89	-19.659	0.000

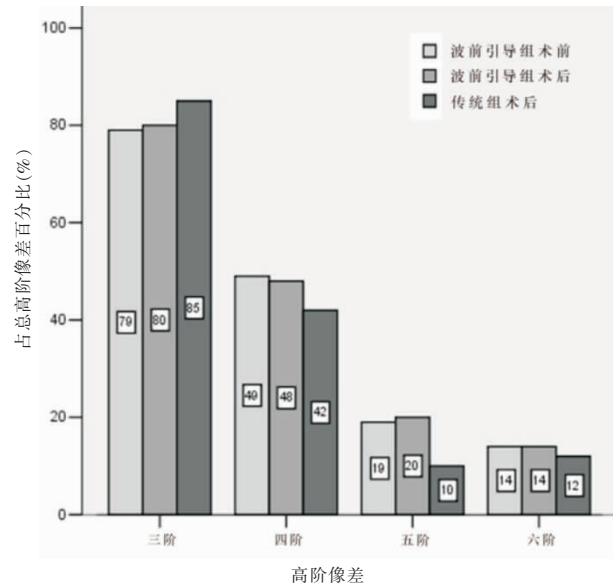
注:增加%=(术后均方根值-术前均方根值)/术前均方根值×100%; \*为Z值

**2.1.2 波前引导组术后与传统组术后的比较** 传统组术后总高阶像差为(1.010±0.083) $\mu\text{m}$ 、三阶像差为(0.884±0.088) $\mu\text{m}$ 、四阶像差为(0.392±0.035) $\mu\text{m}$ 、垂直彗差为(0.354±0.055) $\mu\text{m}$ 、水平彗差为(0.338±0.043) $\mu\text{m}$ 、球差为(0.324±0.039) $\mu\text{m}$ 、30度三叶草为(0.116±0.024) $\mu\text{m}$ 、0度三叶草为(0.133±0.021) $\mu\text{m}$ ，两组比较差异均无统计学意义。但传统组术后五阶像差为(0.140±0.017) $\mu\text{m}$ ( $Z=-2.033, P=0.042$ )、六阶像差为(0.104±0.151) $\mu\text{m}$ ( $Z=-2.631, P=0.009$ )，两组比较差异均有统计学意义。

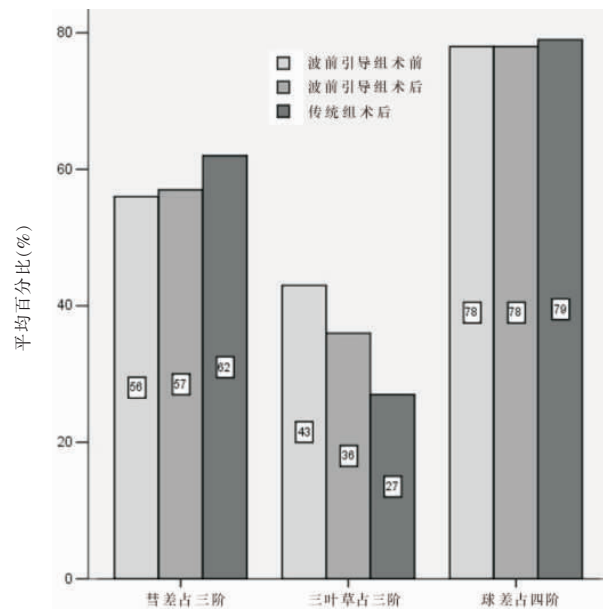
**2.2 高阶像差的比例分布**

**2.2.1 波前引导组手术前后的比例变化** 三阶像差、四阶像差、五阶像差和六阶像差手术前后占高阶像差的比例以及彗差占三阶的比例和球差占四阶的比例手术前后差异无统计学意义。但三叶草像差(取30度三叶草和0度三叶草均方根值)占三阶像差比例手术前后差异有统计学意义( $t=2.285, P=0.027$ )。见图1、图2。

**2.2.2 波前引导组术后与传统组术后的比较** 三阶、四阶像差占高阶的比例,彗差占三阶像差的比例,三叶草占三阶像差比例以及球差占四阶像差的比



**图1** 患者LASIK手术前后三阶、四阶、五阶和六阶像差占总高阶像差比例



**图2** 患者LASIK手术前后彗差、三叶草占三阶像差比例,球差占四阶像差比例

例,两种术式比较差异无统计学意义。但五阶像差( $Z=-2.053, P=0.040$ )、六阶像差( $Z=-2.012, P=0.044$ )占高阶像差的比例,两组比较差异有统计学意义。见图1、图2。

**2.3 主导像差的变化**

波前引导组术前主导像差类型分布为:球差9眼(36%),垂直彗差4眼(16%),水平彗差6眼(24%),三叶草6眼(24%);术后为:球差10眼(40%),垂直彗差11眼(44%),水平彗差3眼(12%),三叶草1眼(4%)。手术前后比较差异有统计学意义( $\chi^2=7.891, P=0.048$ )。



传统组术后的主导像差类型分布为:球差 5 眼(21%),垂直彗差 7 眼(30%),水平彗差 8 眼(34%),三叶草 3 眼(13%)。两组比较差异无统计学意义。

### 3 讨论

波前像差的测量是为了分析眼部成像的视觉质量,Zernike 多项式是一系列正交归一的函数,用于描述眼部瞳孔区光学像差<sup>[1-2]</sup>。随着对眼部光学像差研究的不断深入,人们对于高阶像差愈加关注,高阶像差的变化对于眼部视觉质量的提升至关重要。Porter 等<sup>[3]</sup>研究了 109 名正常人,显示高阶像差占全眼总像差的 7%左右。本研究患者的术前资料中,低阶像差占全眼总像差的 95%,高阶像差占全眼总像差的 5%。在屈光手术前,低阶像差是影响患者视觉成像的主要问题。在本研究中,屈光手术后,总像差较术前降低了 80%。术后 56%术眼的等效球镜度在 $\pm 0.5$  D 之内,91%术眼 $\pm 1$  D 之内,矫正的结果与国外的研究<sup>[4-7]</sup>相似。但是在术后的随访中,仍然有少数患者抱怨视觉质量差、视物重影、视疲劳症状明显。有关研究表明准分子激光表面切削术后,30%的患者会发生夜间视力障碍,最常见的是眩光和光晕。而在 LASIK 术后,大约 12%的患者也会出现夜间视力障碍,主要是星芒,其次是光晕<sup>[8]</sup>。在对本组 LASIK 术后患者进行的波前像差检查发现,残存的总像差中,高阶像差所占的比例平均高达 55%。可以看出,视觉质量的评估不仅仅局限在低阶像差(离焦和散光)的矫正,视觉主诉的出现往往与术后高阶像差的增加密切相关。

#### 3.1 高阶像差 RMS 值

关于手术前后高阶像差 RMS 值变化,Zhang 等<sup>[9]</sup>报道了经历波前引导 LASIK 和传统 LASIK 两种术式后,无视觉质量主诉患者应用 Wavescan 检测的总高阶像差 RMS 值(6 mm 瞳孔):波前引导组术前为 $(0.33 \pm 0.11) \mu\text{m}$ ,术后增加到 $(0.53 \pm 0.17) \mu\text{m}$ ;传统组术前为 $(0.32 \pm 0.17) \mu\text{m}$ ,术后增加到 $(0.57 \pm 0.17) \mu\text{m}$ 。McCormick 等<sup>[10]</sup>应用博士伦公司的 Zywave 检测传统 LASIK 人群总高阶像差 RMS 值(6 mm 瞳孔):术前为 $(0.38 \pm 0.14) \mu\text{m}$ ;术后无视觉症状者为 $(0.58 \pm 0.21) \mu\text{m}$ ;有视觉症状者为 $(1.31 \pm 0.58) \mu\text{m}$ ,较术前增加了 3.46 倍。Sharma 等<sup>[11]</sup>应用爱尔康公司的 LADARWave 检测了传统 LASIK 术后伴有视觉症状者较波前引导 LASIK 术后视觉正常者总高阶像差 RMS 值增加 1.66 倍。本研究选取的患者均为术后有视觉症状者,波前引导组术前总高阶像差 RMS 值(4 mm 瞳孔)为 $(0.469 \pm 0.045) \mu\text{m}$ ,高于国内外的术前平均水平;术后

较术前增加了 1.18 倍,其增长幅度低于国外传统 LASIK 术后有视觉症状人群的结果。

波前引导组手术前后的高阶像差比较差异均有统计学意义,术后普遍增高 1 倍左右,但 30 度三叶草术后增加了 5%、0 度三叶草增加了 35%。表明高阶像差术后三叶草像差的增长最少。波前引导组术后与传统组术后的比较:总高阶像差、三阶像差和四阶像差、垂直彗差、水平彗差、球差、30 度三叶草和 0 度三叶草比较差异均无显著性。但两组术后五阶像差和六阶像差比较差异有显著性,传统组术后五阶像差和六阶像差的 RMS 值低于波前引导组术后,表明传统组对五阶和六阶像差的消除要优于波前引导组。

#### 3.2 高阶像差的比例分布

两种 LASIK 术三阶像差和四阶像差占总高阶像差的比重最大。五阶、六阶像差占总高阶像差比例两组差异有统计学意义,传统组中五阶和六阶像差所占的比例低于波前引导组。其结果与高阶 RMS 值的结果相一致。波前引导组手术前后彗差占三阶像差的比例为 58%左右,球差占四阶像差的比例为 78%左右,基本保持稳定。传统组术后较波前引导组术后彗差比例略有增加,但两组比较无统计学差异。波前引导组三叶草占三阶像差的比例术前为 52%,术后下降至 36%,手术前后比较差异有统计学意义。传统组术后与波前引导组术后比较差异无统计学意义,说明两种 LASIK 术后三叶草像差对眼部成像的影响明显降低,术后主要由球差和彗差影响视觉质量。

#### 3.3 主导像差

主导像差是指三阶像差至六阶像差中 Zernike 系数绝对值最大者,代表对视觉质量影响力最大的高阶像差。我们的研究中,三阶的彗差和四阶的球差术后变化对视觉质量影响是关注重点。波前引导组术后主导像差为垂直彗差的眼数明显增多,占 44%(11/25),球差居于第二位,占 40%(10/25),手术前后差异有统计学意义。传统组术后以垂直彗差(7/23)和水平彗差(8/23)最为多见,球差(5/23)居于其次。三叶草在波前引导组由术前的 6 眼减为术后的 1 眼;传统组术后三叶草为 3 眼,表明两种 LASIK 术后三叶草对视觉质量的影响作用明显减小。Chalita 等<sup>[12]</sup>的结果表明:重影与水平彗差相关联,眩光与总像差、球差相关联,星芒与球差相关联。早期的结果显示,LASIK 术中偏心切削是导致术后高阶像差和彗差增加的主要原因<sup>[13-14]</sup>,球差的出现则可能与术中的余弦效应有关,另外,术中角膜制瓣和术后伤口

的愈合都会对高阶像差的变化产生影响。因此,术前对患者眼部条件的认真评价,术中、术后对产生高阶像差的可能原因进行有效的预防和采取措施,是防止术后视觉质量发生下降的重要方法。

综上,LASIK 术后出现的视觉主诉与高阶像差增加密切相关。此类患者术后总高阶像差和各类复合及分类 Zernike 多项式的 RMS 值较术前普遍增高 1 倍左右(三叶草增长较少)。总高阶像差中以三阶像差和四阶像差为主,其中三阶彗差和四阶球差所占的比重最大,三叶草所占的比重较小且手术前后变化不大。传统 LASIK 对五阶像差和六阶像差的消除要优于波前像差引导 LASIK。LASIK 术后的视觉质量下降患者的主导像差类型以彗差和球差居多。因此,LASIK 手术后,对于视觉质量较差或有视觉主诉的患者,应该常规进行波前像差检查。针对波前像差的检查结果进行波前引导的修复手术,目前认为是解决此类问题的有效手术方法<sup>[15-16]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] Maeda N. Wavefront technology in ophthalmology. *Cur Opin Ophthalmol*,2001,12:294-299.
- [2] Thibos LN, Applegate RA, Schwiegerling JT, et al. Standards for reporting the optical aberrations of eyes. *J Refract Surg*, 2002,18:S652-S660.
- [3] Porter J, Guirao A, Cox IG, et al. Monochromatic aberrations of the human eye in a large population. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis*,2001,18:1793-1803.
- [4] Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T. Clinical results of wavefront-guided laser in situ keratomileusis 3 months after surgery. *J Cataract Refract Surg*,2001,27:201-207.
- [5] Aizawa D, Shimizu K, Komatsu M, et al. Clinical outcomes of wavefront-guided laser in situ keratomileusis:6-month follow-up. *J Cataract Refract Surg*,2003,29:1507-1513.
- [6] Bababeygy SR, Zoumalan CI, Manche EE. Visual outcomes of wavefront-guided laser in situ keratomileusis in eyes with moderate or high myopia and compound myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg*,2008,34:21-27.
- [7] Moshirfar M, Chen MC, Espandar L, et al. Effect of iris registration on outcomes of LASIK for myopia with the VISX CustomVue platform. *J Refract Surg*,2009,25:493-502.
- [8] Alio JL, Azar DT. 屈光手术并发症的处理. 李耀宇译. 北京:人民军医出版社,2010:106-120.
- [9] Zhang J, Zhou YH, Wang NL, et al. Comparison of visual performance between conventional LASIK and wavefront-guided LASIK with iris-registration. *Chin Med J(Engl)*,2008,121:137-142.
- [10] McCormick GJ, Porter J, Cox IG, et al. Higher-order aberrations in eyes with irregular corneas after laser refractive surgery. *Ophthalmology*,2005,112:1699-1709.
- [11] Sharma M, Wachler BS, Chan CC. Higher order aberrations and relative risk of symptoms after LASIK. *J Refract Surg*, 2007,23:252-256.
- [12] Chalita MR, Chavala S, Xu M, et al. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. *Ophthalmology*,2004,111:447-453.
- [13] Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery: a problem of subclinical decentration. *J Cataract Refract Surg*, 2001,27:362-369.
- [14] Applegate RA, Sarver EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal? *J Refract Surg*,2002,18:S556-S562.
- [15] Netto MV, Dupps W Jr, Wilson SE, et al. Wavefront-guided ablation: evidence for efficacy compared to traditional ablation. *Am J Ophthalmol*,2006,141:360-368.
- [16] Alio JL, Montes-Mico R. Wavefront-guided versus standard LASIK enhancement for residual refractive errors. *Ophthalmology*, 2006,113:191-197.

(收稿日期:2010-06-09)

(本文编辑:季魏红)

## ·读者·作者·编者·

### 本刊关于关键词书写的规定

关键词是为了便于编制文献索引、检索和阅读而选取的能反映文章主题概念的词或词组。本刊规定论著、专家述评、临床研究、综述类文稿需标引 2~5 个关键词。关键词一般列于中、英文摘要下方,中、英文关键词应一致。关键词应尽量使用美国国立医学图书馆编辑的最新版《Index Medicus》中医学主题词表(MeSH)内所列的词。如果最新版 MeSH 中尚无相应的词,处理办法有:①可选用直接相关的几个主题词进行组配;②可根据树状结构表选用最直接的上位主题词;③必要时,可采用习用的自由词并排列于最后。关键词中的缩写词应按 MeSH 还原为全称,如“HBsAg”应标引为“乙型肝炎表面抗原”。各词汇之间用“;”隔开。应特别注意首标词的选用,该词应反映全文最主要的内容;切勿将副主题词当作关键词列出。未被词表收录的词(自由词),必要时可作为关键词使用,但排序应在较后面。

(郑俊海 整理)