

# LASIK 和 LASEK 术后人眼波前像差的影响因素

## Influencing factors of human ocular wavefront aberrations after laser subepithelial keratectomy and laser *in situ* keratomileusis

李玉珍,魏锐利,朱 煌,蔡季平,马晓晔

(第二军医大学长征医院眼科,上海 200003)

**[摘要]** **目的:**研究准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)、准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术(LASEK)手术前后人眼波前像差的变化规律及影响因素,为个体化切削奠定基础。**方法:**对行 LASIK 或 LASEK 的患者 44 人(86 眼)于术前,术后 1、3 及 6 个月分别行波前像差检查,数据结果进行统计分析。**结果:**术后 1、3、6 个月(瞳孔直径 6 mm),总波前像差比术前分别减少约 61%、65%、62%;高阶像差增加 110%、76%、64%,其中球差增加最明显,为 285%、119%、125%。术后总波前像差和高阶像差随瞳孔直径的增加而增加。术后高阶像差的增加随切削量的增大而增加,随切削区直径的增大而减少。两种手术方式下,术后高阶像差均高于术前( $P < 0.05$ ),但两种手术方式对术后高阶像差的影响无显著差异。**结论:**LASIK 和 LASEK 手术均能降低总波前像差,增加高阶像差,其改变程度受瞳孔直径、手术切削量以及切削区直径等因素的影响。

**[关键词]** 波前像差;准分子激光原位角膜磨镶术;准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术

**[中图分类号]** R 779.63 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 0258-879X(2006)04-0440-03

准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术(laser subepithelial keratectomy,LASEK)是目前开展的一项最新的角膜屈光手术,因为缓解了 PRK 的疼痛、避免了准分子激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis,LASIK)角膜瓣的相关并发症等优势而备受关注。但是它也不能完全改变术后夜视力下降、眩光、单眼复视等视觉效能降低的问题<sup>[1]</sup>。目前,波前像差已成为眼视光学领域研究的新热点。随着波前理论研究的逐渐深入,有多篇文献报道 PRK、LASIK 术后高阶像差增加,而鲜有关于 LASEK 术后像差变化的报道<sup>[2]</sup>。为了全面评价 LASEK 治疗近视眼的临床疗效,本研究通过 Zywave 客观式波前像差分析仪比较和评估 LASIK 和 LASEK 手术对人眼波前像差的影响。全面分析术后波前像差的特点及其变化规律,期望能够为波前像差引导的角膜个体化切削及进一步改进和选择合适的手术方式提供临床依据。

### 1 资料和方法

**1.1 临床资料** 对 2004 年 6~12 月在我院进行准分子激光屈光手术的患者 44 人(86 眼)进行观察。术后 1 个月随访 43 人(84 眼),术后 3 个月随访 40 人(78 眼),术后 6 个月随访 34 人(66 眼)。手术方式有 LASIK 和 LASEK 两种。由同一位医师操作,各有 22 位患者(43 眼)参加手术。两组的平均年龄分别为(28.5±9.1)、(28.1±8.8)岁;平均等效球镜分别为(-4.91±1.96)、(-4.81±1.84)D;平均角膜厚度分别为(539.20±27.16)、(536.35±25.78)μm;2 组间各项指标均无统计学差异。患者为屈光度稳定 2 年以上,停戴角膜接触镜 2 周以上,屈光间质无混浊,无眼部其他病变,无眼部外伤和手术史,无全身结缔组织病变及严重自身免疫性疾病。手术采用美国博士伦公司 Technolas-217Z 准分子激光仪。

**1.2 波前像差检查方法** 采用 Zywave 波前像差仪(依据 Hartmann-Shack 原理设计,美国博士伦公司产品)进行波前

像差检查。方法:隔 5 min 滴用 5% 新福林眼液(盐酸去氧肾上腺素)散瞳 1 次,共 3 次,用药完毕后约 20 min,瞳孔直径 > 7.0 mm 时,行波前像差检查。所有检查均由同一人操作,每只眼重复检查 5 次,最后选择原始摄图对焦最理想、中心偏位最少、低阶像差(近视和散光)与散瞳验光误差最小、高阶像差图形和均方根(root mean square,RMS)值重复性最好的 1 次检查结果入围本次研究。Zywave 波前像差仪的软件功能可以在大瞳孔时检查 1 次,就既显示 5.0 mm 瞳孔直径时总波前像差、总高阶像差的 RMS 值;又显示 6.0 mm 瞳孔直径时总波前像差、总高阶像差和 3、4、5 阶各高阶像差的 RMS 值。

**1.3 术前常规屈光状态、角膜地形图检查** 检影或用电脑验光仪(Canon)作客观验光,再应用综合验光仪(Topcon)作主观验光。3 d 后复验。记录近视和散光度数及散光轴位,作为眼的总体屈光状态。其中近视屈光度数取绝对值记录。用 Obscan II 眼前节分析诊断系统进行检查。

**1.4 统计学处理** 应用 SPSS 10.0 软件包处理数据,利用配对样本 *t* 检验、独立样本 *t* 检验和相关性分析。

### 2 结果

**2.1 术后总波前像差降低,高阶像差增加** 术后 1、3、6 个月(瞳孔直径 6 mm),总波前像差比术前分别减少约 61%、65%、62%;高阶像差增加 110%、76%、64%,其中球差增加最明显,为 285%、119%、125%( $P < 0.05$ )。独立样本 *t* 检验比较得出,术后 1、3、6 个月与术前的水平彗差、垂直彗差、球差 RMS 值有显著性差异( $P < 0.05$ )。术后 1 个月与术前的垂直三叶草 RMS 值有显著性差异( $P < 0.05$ ),但术后 3、6 个月与术前无显著性意义;术后 1、3、6 个月与术前的水平三叶草 RMS 值无显著性意义。详见表 1。

**[作者简介]** 李玉珍,硕士,讲师、主治医师。

表 1 术前和术后像差的 RMS 值

指标	$(\bar{x} \pm s, l/\mu\text{m})$			
	术前( $n=86$ )	术后 1 个月( $n=84$ )	术后 3 个月( $n=78$ )	术后 6 个月( $n=66$ )
总波前像差	5.038±3.111	1.962±1.380*	1.754±0.925*	1.858±0.903*
高阶像差	0.427±0.146	0.974±0.394*	0.795±0.246*	0.740±0.232*
水平彗差	0.199±0.146	0.430±0.322*	0.314±0.276*	0.307±0.282*
垂直彗差	0.103±0.085	0.315±0.280*	0.225±0.154*	0.228±0.241*
球差	0.166±0.128	0.523±0.267*	0.420±0.156*	0.440±0.224*

\*  $P < 0.05$  与该指标术前比较

2.2 总波前像差和高阶像差均随瞳孔直径的增加而增加。术前、术后 1、3、6 个月瞳孔直径 6 mm 时的总波前像差分别是瞳孔直径 5 mm 时的 1.44、1.7、1.8、1.8 倍。术前瞳孔直径 6 mm 时的高阶像差是瞳孔直径 5 mm 时的 1.7 倍；术后 1 个月是 2 倍；术后 3 个月是 1.9 倍；术后 6 个月是 1.8 倍。经配对样本  $t$  检验得出, 其差异均有显著性意义 ( $P < 0.05$ )。

2.3 术后高阶像差的增加和切削量的增加呈正相关关系 (瞳孔直径 6 mm) 高阶像差随切削量的增加而增加, 术后 1 个月:  $r = 0.661, P = 0.009$ ; 术后 3 个月:  $r = 0.588, P = 0.002$ ; 术后 6 个月:  $r = 0.514, P = 0.015$ 。

2.4 术后高阶像差的增加和手术切削区直径呈负相关关系 (瞳孔直径 6 mm) 高阶像差随切削区直径的增加而减少, 术后 1 个月:  $r = -0.604, P = 0.001$ ; 术后 3 个月:  $r = -0.431, P = 0.003$ ; 术后 6 个月:  $r = -0.415, P = 0.008$ 。

2.5 不同手术方式对术后高阶像差改变程度的影响 术后 1、3 个月, LASIK 术式组高阶像差 RMS 值稍低于 LASEK 术式组; 术后 6 个月, LASIK 术式组高阶像差 RMS 值稍高于 LASEK 术式组。但独立样本  $t$  检验比较结果显示: 两组间高阶像差的改变没有统计学意义。对不同手术方式的患者术前术后进行自身比较, 采用独立样本  $t$  检验来比较得出, 术后 1、3、6 个月与术前的高阶像差 RMS 值有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。详见表 2。

表 2 不同手术方式下术前、术后高阶像差的 RMS 值

时 间	$(\bar{x} \pm s, l/\mu\text{m})$			
	LASIK		LASEK	
	$n$	RMS	$n$	RMS
术前	43	0.431±0.192	43	0.428±0.154
术后 1 个月	41	0.896±0.398*	43	1.092±0.377*
术后 3 个月	37	0.763±0.269*	41	0.869±0.194*
术后 6 个月	31	0.753±0.275*	35	0.725±0.221*

\*  $P < 0.05$  与术前比较

### 3 讨 论

波前像差 (wavefront aberrations) 是衡量光学系统成像质量的重要指标。包括低阶和高阶像差。波前像差可用 Zernike 系数进行量化的描述。常用的为 7 阶 35 项的 Zernike 系数, 通过计算每一项波前像差的 RMS, 得到该眼整体波前像差的 RMS。

本研究结果表明, 高阶像差随着瞳孔直径的增大而增

大。人眼屈光系统的成像质量主要受像差和光衍射的影响, 在瞳孔直径小于 3 mm 的范围内, 波前像差非常小, 主要是衍射造成视物模糊。但当瞳孔较大时, 明显的周边像差及衍射将相互作用, 严重影响视网膜成像质量。研究证实, 散瞳情况下波前像差及高阶像差均明显高于小瞳孔下的像差。因此, 当患者的瞳孔较大时, 矫正高阶像差就非常有意义<sup>[3]</sup>。故大瞳孔或较多从事夜间工作的患者, 更能从个体化角膜切削中受益。

一些研究显示高阶像差随着屈光矫正程度的增加而增加<sup>[4]</sup>。Oshika 等<sup>[5]</sup>报道了近视眼 LASIK 手术后, 彗差和球差有所增加, 且屈光矫正度数和所导致的角膜高阶像差呈正相关性, 在近视矫正度数达 9.0 D 或更多时尤为明显。随着需要矫正的屈光度数的增加, 切削深度也增加。本研究结果表明, 随着切削深度的增加, 术后高阶像差增加。从而验证了高阶像差随着屈光矫正程度的增加而增加的结论。术后像差增加最大的是球差, 可能是由于角膜切削的过渡区域引起。因随着切削深度的增加, 周边区域的过渡相对不平滑, 光线经过时会产生更大的折射效应, 因而球差的增加很明显, 当瞳孔增大时这种效应更加明显。

研究显示高阶像差随着手术切削区直径的增加而减少<sup>[6]</sup>。我们的结果也证实这一点。考虑在大瞳孔的情况下, 当切削区直径增加时, 光线通过角膜时可以避免经过切削过渡区, 从而降低了球差的产生。手术医师应该在角膜所允许的安全范围内, 适当的扩大切削区直径, 以减少术后高阶像差的增加。临床实践也证实, 准分子激光治疗近视中, 当角膜切削区较大时, 夜间视觉质量明显改善, 眩光和光晕的发生率明显下降<sup>[7]</sup>。

关于手术方式对于波前像差的影响, LASIK 的角膜瓣制作时可能造成角膜基质床的不规则; 切削结束后, 切削区域的表面积小于术前, 角膜瓣会产生轻微的小皱褶; 另外不恰当的外力会导致角膜瓣的移位, 这些因素都会影响角膜表面的规则性, 可能导致高阶像差的增大。而 LASIK 术制作角膜上皮瓣时, 需应用乙醇浸泡, 其浸泡的浓度及时间均可能影响角膜表面的规则性, 从而影响了术后早期的恢复; 术后角膜愈合过程中, 有成纤维细胞的增生及 TGF- $\alpha$  的分泌等, 这些因素均可能导致 LASEK 术后短期内患者的波前像差略高于 LASIK 术。总之, LASIK 与 LASEK 两种手术方法各有导致术后高阶像差增高的因素。随时间的进一步推移, 波前像差的变化趋势还需要进一步深入研究。

随着准分子激光仪的改善, 目前已经开展了波前像差引

导的角膜个性化切削<sup>[8]</sup>。它突破了以术前的屈光度为基础进行切削的模式,而是以波前像差为基础设计切削模式,这样可减少术后高阶像差的增加,从而达到改善术后视觉质量的目的。在个性化切削时代到来之际,希望本研究能够提供一些有实用价值的临床依据。

[参考文献]

[1] Yee RW, Yee SB. Update on laser subepithelial keratectomy (LASEK)[J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2004, 15: 333-341.

[2] Chalita MR, Chavala S, Xu M, et al. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography[J]. *Ophthalmology*, 2004, 111: 447-453.

[3] Ninomiya S, Fujikado T, Kuroda T, et al. Wavefront analysis in eyes with accommodative spasm[J]. *Am J Ophthalmol*, 2003, 136: 1161-1163.

[4] Hiatt JA, Grant CN, Boxer-Wachler BS. Establishing analysis

parameters for spherical aberration after wavefront LASIK[J]. *Ophthalmology*, 2005, 112: 998-1002.

[5] Oshika T, Miyata K, Tokunaga T, et al. Higher order wavefront aberrations of cornea and magnitude of refractive correction in laser *in situ* keratomileusis[J]. *Ophthalmology*, 2002, 109: 1154-1158.

[6] Mok KH, Lee VW. Effect of optical zone ablation diameter on LASIK-induced higher order optical aberrations[J]. *J Refract Surg*, 2005, 21: 141-143.

[7] Marcos S. Aberrations and visual performance following standard laser vision correction[J]. *J Refract Surg*, 2001, 17: S596-S601.

[8] Cosar CB, Saltuk G, Sener AB. Wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis with the Bausch & Lomb Zyoptix system[J]. *J Refrac Surg*, 2004, 20: 35-39.

[收稿日期] 2005-08-29 [修回日期] 2006-03-01  
 [本文编辑] 邓晓群