

LASIK 术后全眼和角膜前表面球面像差的变化

武彬 孔珺 张劲松

Spherical aberration changes of eye and anterior surface of cornea after LASIK

WU Bin, KONG Jun, ZHANG Jin-Song

[Key words] laser in situ keratomileusis; spherical aberration; myopia

[Abstract] Objective To analyze the spherical aberration changes of the eye and anterior surface of cornea for myopia after laser in situ keratomileusis (LASIK) with OPD-SCAN. **Methods** Preoperative and postoperative aberration examinations were performed on 73 eyes of 40 myopia patients, which were continuously selected and assigned to three different groups according to the diopter: low diopter, media diopter and high diopter. The spherical aberration of the eye and anterior surface of cornea in 6mm pupil were computed. Comparison of the spherical aberration among preoperation, one week after operation and three months after operation were adopted with one-way ANOVA. Post Hoc Tests were used to compare every two groups of them. Linear correlation was used to analyze the relationship between the diopter before the surgery and the spherical aberration after the surgery. *t*-test was performed to analyze the differences of the spherical aberration of the eye and anterior surface of cornea between three months after LASIK and those of preoperation. **Results** Spherical aberration of eye and anterior surface of cornea showed significant differences among preoperation, one week and three months postoperatively in each group ($P < 0.01$). The spherical aberration RMS of the eye and anterior surface of cornea were directly correlated with the diopter before the surgery ($P < 0.01$). The differences of spherical aberration of eye and anterior surface of cornea between 3 months postoperation and preoperation in each group were statistically different. **Conclusion**

LASIK can induce the increasing of spherical aberration of the eye and anterior surface of cornea. And it has positive correlation with preoperative diopter. The

spherical aberration of anterior surface of cornea increases more than that of the eye.

[Rec Adv Ophthalmol 2008;28(1):49-51,54]

【中图分类号】 R779.6 【文献标识码】 A

【文章编号】 1003-5141(2008)01-0049-04

【关键词】 准分子激光原位角膜磨镶术;球面像差;近视

【摘要】 目的 利用 OPD-SCAN 波前像差分析仪检查和解析近视眼患者准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 术后全眼和角膜前表面球面像差的变化。**方法** 连续选取患者 40 例 73 眼进行手术前后波前像差检查,分低、中、高 3 个屈光度组,计算出 6 mm 瞳孔直径全眼和角膜前表面的球面像差值:(1)各组内术前、术后 1 周、术后 3 个月的球面像差比较采用单向方差分析,并用 Post Hoc Tests 进行两两比较;(2)术前屈光度和术后球面像差采用直线相关分析;(3)全眼和角膜前表面术后 3 个月球面像差较术前的变化采用 *t* 检验分析。**结果** 低、中、高度各组术前、术后 1 周和术后 3 个月全眼和角膜前表面球面像差均方根值经比较差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。术后 1 周和术后 3 个月的全眼和角膜前表面的球面像差均方根值均与术前屈光度 (绝对值) 呈正相关 ($P < 0.01$)。低、中、高度组全眼和角膜前表面术后 3 个月球面像差与术前球面像差的差值经比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。**结论** LASIK 术后全眼和角膜前表面的球面像差显著增加,并与术前屈光度 (绝对值) 呈正相关。LASIK 术后全眼和角膜前表面的球面像差的增加是不同步的,以角膜前表面的球面像差增加更为显著。

[眼科新进展 2008;28(1):49-51,54]

目前准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 可以使近视眼患者的裸眼视力明显提高,但同时也伴随着视觉质量上的问题,如夜间视力差、眩光、单眼复视等^[1]。已有文献报道 LASIK 术后波前像差增大,以球面像差增大率为最高^[2-3]。本研究采用 OPD-SCAN 波前像差仪检查近视眼患者术前、术后高阶像差,计算出 6 mm 瞳孔直径下全眼和角膜前表面球面像差的均方根值 (root mean square, RMS),分析了全眼和角膜前表面球面像差的变化。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2005 年 6 月至 2006 年 10 月在我院准分子治疗中心接受 LASIK 治疗的近视眼患者 40 例 73 眼,年龄 17 ~ 36 岁,平均 25.52 岁。术前屈光等效球镜 (spherical equivalent, SE) 范围为 -0.40 ~ -8.88 D,柱镜范围为 0 ~ -2.50 D。根据不同的屈光度,分为低、中、高度近视组。其中低度组

收稿日期:2007-08-10 修回日期:2007-11-01 本文编辑:付中静

作者简介:武彬,女,1981 年 2 月出生,辽宁人,硕士,研究方向为视光学。联系电话:024-82001725;E-mail:syykwubin@126.com

作者单位:110005 辽宁省沈阳市,中国医科大学附属第四临床医院眼科

通讯作者:孔珺,E-mail:kongjun1975@sina.com

Received date: Aug 10, 2007 Accepted date: Nov 1, 2007

From the Department of Ophthalmology, the Fourth Affiliated Hospital of China Medical University, Shenyang 110005, Liaoning Province, China

Responsible author: KONG Jun, E-mail: kongjun1975@sina.com

21 眼,平均屈光度为 $-2.25 \text{ D} \pm 0.87 \text{ D}$ ($-0.40 \sim -3.00 \text{ D}$);中度组 32 眼,平均屈光度为 $-4.54 \text{ D} \pm 0.84 \text{ D}$ ($-3.15 \sim -5.85 \text{ D}$);高度组 20 眼,平均屈光度为 $-7.47 \text{ D} \pm 0.81 \text{ D}$ ($-6.25 \sim -8.88 \text{ D}$)。所有患眼最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA) 在 4.8 或以上 (标准对数视力表)。泪液分泌试验:每 5 min $\geq 10 \text{ mm}$,泪膜破裂时间: $\geq 5 \text{ s}$,既往无眼部手术史,无角膜瘢痕和角膜疾病,未曾配戴角膜接触镜或硬性角膜接触镜停戴 3 周以上、软性角膜接触镜停戴 2 周以上,并排除眼部其他疾患。

1.2 检查 术前常规检查包括裸眼视力、裂隙灯检查 (SL-1E, Topcon, Japan)、非接触式眼压计测量眼压 (CT280, Topcon, Japan)、小瞳孔和散瞳验光、BCVA 视力、泪液分泌试验、泪膜破裂时间、间接检眼镜和三面镜行眼底检查、超声角膜测厚仪 (UP-1000, Nidek, Japan) 检查、OPD-SCAN (optical path difference scanning system; ARK10000, Nidek, Japan) 波前像差分析仪检查波前像差和角膜地形图,检查在暗室环境、自然状态下,瞬目后立即检查,每眼检查 3 次。分别于术后 1 d、1 周、1 个月、3 个月复查视力、屈光度等,于术后 1 周及 3 个月行波前像差检查。

1.3 治疗 手术在表面麻醉下进行。术前 3 min $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 盐酸丙美卡因眼液 (Alcon, 美国) 滴眼 2 次。开睑器开睑,用微形角膜刀 (MK-2000, Nidek, Japan) 做角膜板层切开,角膜瓣的蒂保留在鼻侧,瓣厚度为 $130 \mu\text{m}$,掀开瓣后,行准分子激光切削术 (EC-5000, Nidek, Japan),其切削直径均为 6 mm 。激光发射频率 40 Hz ,每个脉冲切削深度为 $0.25 \mu\text{m}$ 。激光切削完毕后,将角膜瓣复位,以必施液冲洗角膜瓣下的碎屑。术后氧氟沙星眼液滴眼预防感染, $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 氟甲松龙眼液滴眼减轻术后炎症反应, $10 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 玻璃酸钠滴眼液缓解干眼症状。 $1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 氟甲松龙滴眼液前 3 d 每天 4 次,每 3 d 减量 1 次,12 d 后停用。

1.4 数据处理及分析 OPD-SCAN 波前像差分析仪可以利用 Zernike 多项式获取 8 阶 44 级波前像差 RMS 值,并计算出 6 mm 瞳孔直径下全眼和角膜前表面球面像差的 RMS 值。对获取的数据用 SPSS 11.5 统计软件进行分析, $P < 0.05$ 有统计学意义。各组内术前、术后 1 周、术后 3 个月的球面像差比较采用单向方差分析,并用 Post Hoc Tests 进行两两比较。术前屈光度和术后球面像差采用直线相关分析。全眼和角膜前表面术后 3 个月球面像差与术前球面像差差值的变化采用 t 检验。

2 结果

3 组全眼和角膜前表面术前与术后的球面像差比较见表 1、2。由表可知,低度组术前、术后 1 周和术后 3 个月全眼球面像差 RMS ($F = 8.524, P <$

0.01) 和角膜前表面球面像差 RMS ($F = 11.646, P < 0.01$) 经比较差异有统计学意义;中度组术前、术后 1 周和术后 3 个月全眼球面像差 RMS ($F = 5.928, P < 0.01$) 和角膜前表面球面像差 RMS ($F = 21.382, P < 0.01$) 经比较差异有统计学意义;高度组术前、术后 1 周和术后 3 个月全眼球面像差 RMS ($F = 9.803, P < 0.01$) 和角膜前表面球面像差 RMS ($F = 32.116, P < 0.01$) 经比较差异有统计学意义。低、中度组术前、术后 1 周、术后 3 个月全眼和角膜的球面像差 RMS 值表现为持续上升的趋势,而高度组表现为先增加后下降的趋势。

表 1 全眼术前与术后球面像差 RMS 比较

Table 1 Spherical aberration of the eye before and after LASIK in each group ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

Group	Preoperative	Postoperative	
		1 week	3 months
Low	0.103 ± 0.653	$0.216 \pm 0.116^*$	$0.218 \pm 0.120^*$
Moderate	0.135 ± 0.929	$0.229 \pm 0.157^*$	$0.240 \pm 0.142^*$
High	0.127 ± 0.065	$0.302 \pm 0.174^*$	$0.302 \pm 0.168^*$

Note: Compared with preoperation, * $P < 0.05$

表 2 角膜前表面术前与术后球面像差 RMS 比较

Table 2 Spherical aberration of anterior surface of cornea before and after LASIK in each group ($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

Group	Preoperative	Postoperative	
		1 week	3 months
Low	0.235 ± 0.983	$0.383 \pm 0.163^*$	$0.427 \pm 0.135^*$
Moderate	0.248 ± 0.109	$0.432 \pm 0.158^*$	$0.460 \pm 0.149^*$
High	0.199 ± 0.092	$0.641 \pm 0.276^*$	$0.621 \pm 0.178^*$

Note: Compared with preoperation, * $P < 0.05$

术后 1 周和术后 3 个月的全眼和角膜前表面的球面像差 RMS 与术前屈光度 (绝对值) 相关分析见图 1。由图 1 可知,术后 1 周和术后 3 个月的全眼和角膜前表面的球面像差 RMS 均与术前屈光度 (绝对值) 呈正相关 ($P < 0.01$)。

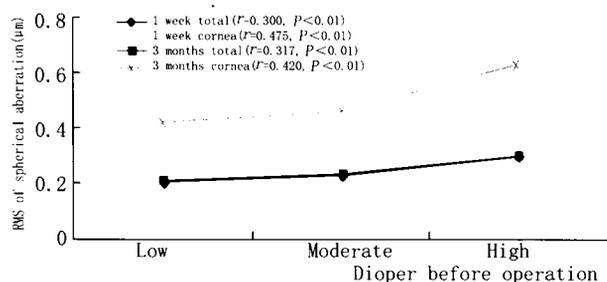


Figure 1 Correlation between spherical aberration RMS of the eye and anterior surface of cornea at 1 week and 3 months after LASIK
术后 1 周、术后 3 个月全眼和角膜前表面球面像差 RMS 与术前屈光度相关曲线

全眼和角膜前表面术后 3 个月与术前球面像差的差值见表 3。由表 3 可知,不同屈光度组全眼和角膜前表面术后 3 个月球面像差与术前球面像差的差

值差异均有统计学意义($P < 0.05$),尤以角膜变化更为显著。

表3 角膜前表面和全眼术后3个月与术前球面像差RMS的差值比较

Table 3 Differences of ocular and corneal RMS between 3 months after LASIK and before LASIK

Group	$(\bar{x} \pm s, \mu\text{m})$			
	Corneal change	Total change	t	P
Low	0.191 ± 0.130	0.115 ± 0.113	2.137	<0.05
Moderate	0.211 ± 0.146	0.104 ± 0.095	3.359	<0.01
High	0.422 ± 0.171	0.175 ± 0.149	7.775	<0.01

3 讨论

波前像差可用像差图和 Zernike 多项式表达。其中 Zernike 多项式可对波前像差进行定量分析而最为常用。一阶和二阶表示低阶像差,可以用球柱镜矫正,三阶以上表示高阶像差,无法用球柱镜矫正。高阶像差的测量依靠波前像差仪。本研究采用的 OPD-SCAN 波前像差分析仪,是一种以 Scheiner-Sminov 理论为基础的一种客观式波前像差分析仪,它可以同时获取波前像差和角膜地形图,依据角膜地形图计算出角膜前表面的像差值。

有文献报道^[2,4],LASIK 术后高阶像差有显著增加,尤以第三阶的彗差和第四阶的球面像差增加为主;Moreno-Barriuso 等^[3]报道,6.5 mm 瞳孔直径下,总波前像差增大 1.9 倍,3 mm 瞳孔直径下,增大 1.74 倍,均以球差增大倍率为最高。本研究结果表明,在 6 mm 瞳孔直径下 LASIK 术后全眼和角膜前表面的球面像差都有显著的增加。Moreno-Barriuso 等^[3]认为 LASIK 术后角膜的非球性改变是术后像差改变的原因之一。正常的角膜是非球面的,周边的曲率小于中央的曲率,这可以补偿正常眼的球面像差,而屈光手术后周边的曲率比中央变陡。在正常眼中,轴旁光线聚焦在周边光线前,屈光手术后轴旁光线聚焦在周边光线后,这些改变使得术后球差增大,在切削与非切削区交界处,光线可发生漫反射,致使各项像差增加,使眼底成像模糊。

本研究结果显示 6 mm 瞳孔直径下术后的球面像差大小与术前屈光度(绝对值)呈正相关,Schwiegerling 等^[5]指出术前屈光度与球面像差高度相关,因而术后屈光度的改变使得术前以彗差为主的高阶像差转变为术后以球面像差为主的高阶像差,所致的球面像差随矫正的屈光度数增大(即切削深度加深)而增加。此结果与本文研究的结果相一致。

有争议的是,Pallikaris 等^[6]对 15 例近视患者制作留蒂于鼻侧的单纯板层角膜瓣,术后 2 个月检查发现,患者的视力和屈光不正并无变化,但总高阶像差较术前增高,尤其是沿角膜带轴上的球面像差和彗差,他们认为,鼻侧的角膜瓣也是影响术后视觉质量的因素。但 Zadok 等^[7]用 Nidek MK-2000 微型角

膜刀制作鼻侧角膜瓣后未做激光切削,1 周后检查全眼高阶像差各阶的 RMS 与术前相比差异无统计学意义。Porter 等^[8]报道用 Hansatome 微型角膜刀制作上方角膜瓣后 2 个月,用 Zywave 未检测到全眼球面像差的显著增加,而显著的球面像差的增加是由激光切削引起的,而非由于角膜瓣的制作。

整个眼的高阶像差主要由角膜前表面、角膜后表面和眼内 3 个部分组成。本研究结果显示,虽然 6 mm 瞳孔直径下角膜前表面和全眼在术后 3 个月和术后 1 周的球面像差变化趋势基本一致,但角膜前表面和全眼术后 3 个月与术前球面像差的差值之间存在差异,且角膜前表面的变化显著。LASIK 术后角膜地形图的变化可能与角膜的生物愈合机制有关^[9]。LASIK 术后角膜瓣周边上皮的基底细胞排列不规则,核大、深染,这种改变在术后 1 个月时最明显,3 个月减轻,6 个月恢复正常。超声研究发现角膜瓣的中央上皮细胞层于术后 2 周增厚,1~3 个月最厚,以后逐渐稳定。此外,基质重构是极其复杂的,共焦显微镜观察到术后 1 周时,角膜瓣与植床交界面两侧的基质表达活性角膜细胞,术后 3 个月活性细胞消失,细胞形态恢复正常。Marcos 等^[10]提出,LASIK 近视矫治术后全眼高阶像差和角膜高阶像差都有显著增加,且高度相关,提示我们 LASIK 手术改变角膜前表面形态,整个眼像差变化也主要是由角膜前表面像差变化引起,但后者变化系数明显高于前者,此结果与本研究的结论一致。角膜前表面球面像差比整个眼球面像差增加更明显,揭示角膜后表面亦有球面像差变化。由于术后角膜前表面和全眼的球面像差变化的不一致性,通过角膜像差的测量来代表人眼的视觉质量是具有局限性的。尽管我们希望屈光手术之后眼内的变化越小越好,但人眼整体像差成分间的交互作用对手术效果仍然具有影响。

如果能够模拟并预测角膜术后的愈合反应,并且限制手术和环境对术后效果的影响,通过逐个研究某一影响因素对术后效果的影响,我们可能会更透彻的理解各因素以及相互间作用,从而达到优化个性化矫治的目的。

参考文献

- 1 Miller JM, Anwaruddin R, Straub J, Schwiegerling J. Higher order aberration in normal, dilated, intraocular lens, and laser in situ keratomileusis cornea[J]. *J Refract Surg* 2002;18(5):S579-583.
- 2 Oshika T, Klyce SD, Applegate RA, Howland HC, El Dana-soury MA. Comparison of corneal wavefront aberrations after photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis[J]. *Am J Ophthalmol* 1999;127(1):1-7.
- 3 Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, Navarro R, Llorente L, Barbero S. Ocular aberrations before and after myopic corneal refractive surgery: LASIK-induced changes measured with laser ray tracing[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42(6):1396-1403.

(下转第 54 页)

增加。在硅油填充联合巩膜环扎术中这种改变更加明显。而且硅油取出后,眼轴的变化将持续存在。这种以术前测定的眼轴作为已发生变化的术后眼轴的替代值,存在着一定的误差;(3)对于健眼测定作为参考值,一方面,健眼与患眼之间本身就存在一定的误差,屈光度数越大,2者之间差异也就越大;另一方面,患眼往往经历了多次手术、眼内炎症、硅油填充影响,眼轴已发生改变,与健眼之间误差加大。本研究A组10眼,术后的屈光度与术前预期的屈光度(-1.5 D)之间差值较大,相差的均值约2.0 D,和B组相比(差值0.92 D)存在较大误差。

本研究根据硅油填充眼当前的情况,测量眼轴和角膜曲率,通过一定的数学矫正公式,得出实际的眼轴长,减少了上述误差。原理如下:通过矫正超声波传播速度来计算,通常以超声波在硅油中的平均传播速度 $990 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ^[4]进行计算,而在正常玻璃体中超声波仪的测量速度为 $1532 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,因此正确测定玻璃体腔深度(vitreous chamber depth, VCD)需要进行一些计算,应该用 $990 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 速度计算VCD实际值,实际VCD值 = $990/1532 \times$ 测量的VCD($1532 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 测量)。硅油眼的眼轴 = 实际VCD值 + 晶状体厚度 + 前房深度。本研究B组11眼患者,术后的屈光度与术前预期值(-1.5 D)之间相比,差值不到1.0 D,明显要优于A组。但是此公式使用时有一定局限性,临床上应注意选择应用。如:(1)此计算方法仅限于整个玻璃体内填充硅油的情况,如果部分玻璃体内硅油填充,则应分别测量,综合计算;(2)有的硅油填充眼超声波测量时由于超声在硅油内衰竭,视网膜声波波峰小,在屏幕上难以显示。眼球壁窥不清,眼轴测量容易产生误差。因此测量时应注意压缩超声波尺度,增强视网膜波峰可见性,增加系统敏感性等,和应用正确超声波速度,分别测量眼球各部分长度,如条件允许推荐应用光学相干生物测量仪(IOL Master);(3)硅油填充眼并发白内障时,患者的屈光功能

较差,不易配合。

通过本研究,我们的体会是硅油填充眼预设人工晶状体度数时,数学矫正公式为一种准确、有效的办法,值得推广,但是有一定的适用范围。所以,在临床实际操作中,建议将各种方法结合起来使用,相互之间进行比较。术者根据自身的经验,全面考虑患者的具体要求和患眼的具体情况,选择应用。由于硅油造成的屈光变化非常复杂^[5],而且患者术后屈光度的变化与多种因素均相关,包括术中是否有采用环扎带、术后有无晶状体存在、硅油充填量大小、眼压变化及眼轴测定时体位变化等因素。进一步的研究还包括提高手术技巧、晶状体囊膜对屈光影响、更精确测定硅油填充眼眼轴长度如激光多普勒、光学相干生物测量仪等,以提高患者仅存不多的视力,最大限度改善患者生活质量^[6]。

硅油取出联合白内障摘出及人工晶状体植入术是关联到前后节的联合手术,术者应具备白内障超声乳化及玻璃体切割术的理论知识及丰富的临床经验,能熟练应对手术出现的前后节各种情况。因此,严把联合手术适应证及具备相当的手术技巧,是手术成功的关键所在。

参考文献

- Meldrum LM, Aaberg TM, Patel A, Oavis JL. Cataract extraction after silicon oil repair of retinal detachments due to necrotizing retinitis [J]. *Arch Ophthalmol* 1996; 114: 885-892.
- 才娜, 卢苇, 牟雪松, 宁雪琴, 杨娜. 晶状体连续环形撕囊与囊袋阻滞综合征[J]. 眼科新进展 *Yanke Xinyinzhan* 2001; 21(3): 195-196.
- 谢江斌, 魏文斌. 硅油填充眼的白内障超声乳化联合硅油取出术[J]. 中国实用眼科杂志 2001; 19(7): 536-538.
- Hotta K, Sugitani A. Refractive changes in silicone oil-filled pseudophakic eyes [J]. *Retina* 2005; 25: 167-170.
- 赵明威, 蒋宇振, 黎晓新, 姜燕荣. 眼内硅油对屈光状态影响的理论推导与临床观察[J]. 眼科研究 2003; 21(4): 292-295.
- Chae JB, Park HR, Yoon YH. Axial length measurement in silicone oil filled eyes using laser Doppler interferometry [J]. *Retina* 2004; 24: 655-657.

(上接第51页)

- Oshika T, Miyata K, Tokunaga T, Samejima T, Amano S, Tanaka S, et al. Higher order wavefront aberrations of cornea and magnitude of refractive correction in laser in situ keratomileusis [J]. *Ophthalmology* 2002; 109(6): 1154-1158.
- Schwiegerling J, Snyder RW. Corneal ablation patterns to correct for spherical aberration in photorefractive keratectomy [J]. *J Cataract Refract Surg* 2000; 26(2): 214-221.
- Pallikaris IG, Kymionis GD, Panagopoulou SI, Siganos CS, Theodorakis MA, Pallikaris AI. Induced optical aberrations following formation of a laser in situ keratomileusis flap [J]. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(10): 1737-1741.
- Zadok D, Carrillo C, Missiroli F, Litwak S, Robledo N,

Chayet AS. The effect of corneal flap on optical aberrations [J]. *Am J Ophthalmol* 2004; 138(2): 190-193.

- Porter J, MacRae S, Yoon G, Roberts C, Cox IG, Williams DR. Separate effects of the microkeratome incision and laser ablation on the eye's wave aberration [J]. *Am J Ophthalmol* 2003; 136(2): 327-337.
- 于靖, 王方. 波前引导LASIK术后角膜地形图变化[J]. 眼科新进展 *Yanke Xinyinzhan* 2007; 27(2): 123-126.
- Marcos S, Barbero S, Llorente L, Merayo-Llones J. Optical response to LASIK surgery for myopia from total and corneal aberration measurements [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001; 42(13): 3349-3356.