

引文格式: 季鹏, 毕宏生, 王兴荣, 马晓华, 范华, 王静波. LASIK 治疗近视散光术后高阶像差变化的多因素分析[J]. 眼科新进展, 2014, 34 (4): 352-354. doi: 10. 13389/j. cnki. rao. 2014. 0095

【应用研究】

LASIK 治疗近视散光术后高阶像差变化的多因素分析

季鹏 毕宏生 王兴荣 马晓华 范华 王静波

作者简介: 季鹏, 男, 1976 年 1 月出生, 江苏海安人, 在读博士研究生, 主治医师。联系电话: 0531-58859606; E-mail: ji6605@126.com

About JI Peng: Male, born in January, 1976. Postgraduate doctoral student, attending doctor. Tel: + 86-531-58859606; E-mail: ji6605@126.com

收稿日期: 2013-05-20

修回日期: 2013-09-28

本文编辑: 周志新

作者单位: 250002 山东省济南市, 山东中医药大学附属医院

通讯作者: 毕宏生, E-mail: ji6605@126.com

Received date: May 20, 2013

Accepted date: Sep 28, 2013

From the Ophthalmologic Hospital of Shandong University of TCM, Jinan 250002, Shandong Province, China

Responsible author: BI Hong-Sheng, E-mail: ji6605@126.com

Multiplicity of high order aberration changes after LASIK for myopia and astigmatism

JI Peng, BI Hong-Sheng, WANG Xing-Rong, MA Xiao-Hua, FAN Hua, WANG Jing-Bo

【Key words】 LASIK; high order aberrations; ablation depth; optic zone; posterior corneal surface protrusion

【Abstract】 **Objective** To analyze the correlation of higher order aberration changes with ablation depth, optic zone diameter and posterior corneal surface protrusion after LASIK for myopia and astigmatism. **Methods** This prospective study comprised 138 eyes of 69 patients treated with wavefront-guided LASIK who were available for evaluation at 6 months. The total high order aberrations, posterior corneal surface protrusion, ablation depth and optic zone diameter were measured before and after 6 months postoperatively. Multiple regression analysis was used to assess the factors that affect the change of the higher order aberrations after LASIK. **Results** The intra-operative ablation depth was $(96.26 \pm 25.14) \mu\text{m}$, the optic zone diameter was $(6324.00 \pm 297.00) \mu\text{m}$, the posterior corneal surface protrusion at postoperative 6 months was $(47.62 \pm 15.00) \mu\text{m}$. At postoperative 6 months, the total higher order aberrations root mean square (HOARMS) and without spherical aberration HOARMS at 6 mm pupil size were $(0.78 \pm 0.26) \mu\text{m}$, $(0.56 \pm 0.23) \mu\text{m}$, which were higher than pre-operation $(0.49 \pm 0.21) \mu\text{m}$ and $(0.45 \pm 0.22) \mu\text{m}$, there were significant differences (all $P < 0.01$). Both ablation depth ($r = 0.62, 0.46$, all $P < 0.01$) and posterior corneal surface protrusion ($r = 0.49, 0.45$, all $P < 0.01$) showed positive linearity correlations with the total HOARMS and despherical aberration HOARMS. There was a negative linearity correlation between optic zone diameter and total HOARMS, without spherical aberration HOARMS ($r = -0.56, -0.47$, all $P < 0.01$). **Conclusion** The postoperative higher order aberration is higher than pre-operation after LASIK for myopia and astigmatism, which are positive linearity correlated with ablation depth, posterior corneal surface protrusion, and negative linearity correlated with optic zone diameter.

[Rec Adv Ophthalmol. 2014, 34 (4): 352-354]

【关键词】 准分子激光原位角膜磨镶术; 高阶像差; 切削量; 治疗光区; 角膜后表面前凸

【摘要】 **目的** 探讨 LASIK 治疗近视散光术后高阶像差变化与切削量、治疗光区直径和术后角膜后表面前凸值的相关性。 **方法** 随机选取采用飞秒激光制瓣波前像差引导 LASIK 治疗的近视散光患者 69 例 (138 眼), 采集患者术前和术后 6 个月的高阶像差值、角膜后表面前凸值, 记录患者的治疗光区直径和切削量, 采用多元逐级回归分析探讨手术切削量、治疗光区直径和术后角膜后表面前凸值与术后高阶像差的相关性。 **结果** 术中手术切削量为 $(96.26 \pm 25.14) \mu\text{m}$, 治疗光区直径为 $(6324.00 \pm 297.00) \mu\text{m}$, 术后 6 个月角膜后表面前凸值为 $(47.62 \pm 15.00) \mu\text{m}$; 术后 6 个月瞳孔直径 6 mm 区的总体高阶像差和去球差高阶像差均方根值分别为 $(0.78 \pm 0.26) \mu\text{m}$ 、 $(0.56 \pm 0.23) \mu\text{m}$, 术前为 $(0.49 \pm 0.21) \mu\text{m}$ 、 $(0.45 \pm 0.22) \mu\text{m}$, 差异均有统计学意义 (均为 $P < 0.01$)。术后 6 个月瞳孔直径 6 mm 区的总体高阶像差和去球差高阶像差均方根值与手术切削量 ($r = 0.62, 0.46$, 均为 $P < 0.01$)、术后角膜后表面前凸值 ($r = 0.49, 0.45$, 均为 $P < 0.01$) 均呈正线性相关, 与治疗光区直径 ($r = -0.56, -0.47$, 均为 $P < 0.01$) 均呈负线性相关。 **结论** LASIK 治疗近视散光术后高阶像差较术前增大, 术后高阶像差增加与手术切削量、术后角膜后表面前凸值呈正线性相关, 与治疗光区直径呈负线性相关。

[眼科新进展, 2014, 34 (4): 352-354]

准分子激光原位角膜磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 能有效地矫正近视、散光等低阶像差, 但术后会造成术眼高阶像差增加, 影响术后患者的视觉质量^[1-2]。近年来随着波前像差技术、飞秒激

光制瓣技术在 LASIK 手术中的应用, 与传统 LASIK 相比能有效减少术后高阶像差的产生^[3-6], 但手术切削量、治疗光区大小及术后角膜生物力学变化是否与术后高阶像差的增加有关的报道较少。本研究采

用多元逐级回归分析探讨术后高阶像差与上述因素的相关性,现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 随机选取2011年3月至6月在我院接受飞秒激光制瓣波前像差引导LASIK治疗的近视散光患者69例(138眼),其中男32例(64眼),女37例(74眼),年龄18~30(23.5 ± 4.7)岁;术前球镜度(-5.69 ± 1.83)D,柱镜度(-0.68 ± 0.61)D,等效球镜度(-6.05 ± 1.84)D,最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)均 ≥ 0.8 。术前检查各项条件均符合手术标准。

1.2 手术方法 角膜瓣制备均采用TECHNOLAS®-520 F飞秒激光机完成,厚度设定为110 μm ,角膜瓣制备完成后采用TECHNOLAS® 217z-100P型准分子激光机(TPV GmbH公司,德国)进行手术,根据患者夜视下瞳孔直径大小并结合患者的屈光度设计手术治疗光区直径,虹膜识别成功后采用频率为100 Hz、光斑直径为2 mm和1 mm的小光斑飞点激光扫描,全程三维眼球跟踪器系统跟踪眼球运动,所有手术均由同一医师完成。

1.3 观察指标 观察术前和术后6个月裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、BCVA和屈光度;记录手术参数包括切削量、治疗光区直径;术后角膜生物力学变化观察选取角膜后表面前凸值表示,采用Orbscan-IIz角膜地形图采集术前和术后6个月的角膜后表面高度图,用该系统的different map程序测算出术后角膜后表面的前凸值;手术前后的高阶像差值采用Zywave波前像差检查,如果患者瞳孔直径小于6 mm,采用非调节麻痹性散瞳剂散瞳后检测。

1.4 统计学分析 采用SPSS 13.0统计软件包对数据进行处理,计量资料比较采用 t 检验,相关性分析采用Bivariate Pearson相关检验,检验标准双尾检验 α 取0.01,对影响术后高阶像差变化的多个变量采用多元逐级回归法分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 视力和屈光度 术后6个月时,所有患者UCVA均超过0.5,131眼(94.9%) UCVA ≥ 1.0 ;术后BCVA与术前比较均未降低,BCVA较术前提高1行及以上者54眼(39.1%),提高2行及以上者20眼(14.5%)。术后6个月球镜度(-0.11 ± 0.45)D,柱镜度(-0.17 ± 0.33)D,等效球镜度(-0.20 ± 0.45)D,与术前比较差异均有统计学意义(均为 $P < 0.01$)。

2.2 手术参数、术后角膜后表面前凸值和高阶像差检测结果 术中手术切削量(96.26 ± 25.14) μm ,治疗光区直径(6324.00 ± 297.00) μm ,术后6个月角膜后表面前凸值(47.62 ± 15.00) μm 。术前瞳孔直径6 mm区的总体高阶像差(HOARMS 6 mm)、去球差高阶像差均方根值(HOAw/oRMS 6 mm)分别为

(0.49 ± 0.21) μm 、(0.45 ± 0.22) μm ,术后6个月分别为(0.78 ± 0.26) μm 、(0.56 ± 0.23) μm ,手术前后比较差异均有统计学意义($t = -10.61$ 、 -4.54 ,均为 $P < 0.01$)。

2.3 术后HOARMS 6 mm、HOAw/oRMS 6 mm与手术切削量、治疗光区直径及角膜后表面前凸值的相关性 术后HOARMS 6 mm与手术切削量和角膜后表面前凸值呈正线性相关($r = 0.62$ 、 0.49 ,均为 $P < 0.01$),而与治疗光区直径呈负线性相关($r = -0.56$, $P < 0.01$)。术后HOAw/oRMS 6 mm与手术切削量和角膜后表面前凸值均呈正线性相关($r = 0.46$ 、 0.45 ,均为 $P < 0.01$),而与治疗光区直径呈负线性相关($r = -0.47$, $P < 0.01$)。

2.4 术后高阶像差均方根值与手术切削量、治疗光区直径和角膜后表面前凸值多元逐级回归法分析结果 术后6个月HOARMS 6 mm与手术切削量和治疗光区直径及角膜后表面前凸值逐级回归模型的调整相关系数 $R^2 = 0.515$,因变量HOARMS 6 mm与上述自变量间存在线性关系见表1,治疗光区直径与切削量进入逐级回归方程中($P < 0.01$),术后角膜后表面前凸值经分析与其他变量(治疗光区直径与切削量)有多元共线性($P = 0.174$)没有进入回归方程中,其回归方程 $\text{HOARMS 6 mm}(\mu\text{m}) = 2.511 + 0.05 \times \text{切削量} - 0.00035 \times \text{治疗光区直径}$ 。切削量的标准化偏回归系数(Beta)为0.487,治疗光区直径为 -0.396 ,说明切削量对术后HOARMS 6 mm的影响最大,治疗光区直径次之,且两者的作用相反。

表1 术后6个月HOARMS 6 mm与切削量、治疗光区直径和角膜后表面前凸值多元逐级回归法分析结果

Table 1 Regression analysis results of HOARMS at 6 mm pupil size with ablation depth, optic zone diameter and posterior corneal surface protrusion at 6 months after LASIK

Variable	Unstandardized Coefficients (B)	Standardized Coefficients (Beta)	t	P
Constant	2.511		6.561	0.000
Ablation depth	0.005	0.483	7.607	0.000
Optical zone	-0.00035	-0.396	-6.244	0.000
Posterior corneal surface protrusion	0.105	0.117	1.368	0.174

术后6个月HOAw/oRMS6 mm与切削量和治疗光区直径及角膜后表面前凸值逐级回归模型的调整相关系数 $R^2 = 0.332$,因变量HOAw/oRMS6 mm与上述自变量间存在线性关系见表2,上述三个自变量均进入最终回归方程中, $\text{HOAw/oRMS 6 mm}(\mu\text{m}) = 1.828 - 0.00025 \times \text{治疗光区直径} + 0.002 \times \text{切削量} + 0.003 \times \text{角膜后表面前凸值}$ 。治疗光区直径的标准化偏回归系数(Beta)值为 -0.325 ,切削量为0.209,角膜后表面前凸值为0.218,治疗光区直径对术后HOAw/oRMS 6 mm的影响最大,角膜后表面前凸和切削量次

之,且二者与治疗光区直径的作用相反。

表2 术后6个月HOAw/oRMS 6 mm与切削量、治疗光区直径和角膜后表面前凸值多元逐级回归法分析结果

Table 2 Regression analysis results of HOAw/oRMS at 6 mm pupil size with ablation depth, optic zone diameter and posterior corneal surface protrusion at 6 months after LASIK

Variable	Unstandardized Coefficients (B)	Standardized Coefficients (Beta)	t	P
Constant	1.828		4.528	0.000
Ablation depth	-0.000 25	-0.325	-4.322	0.000
Optical zone	0.002	0.209	2.400	0.018
Posterior corneal surface protrusion	0.003	0.218	2.280	0.024

3 讨论

LASIK术后会造成术眼高阶像差增加,影响术后患者的视觉质量^[1-3],目前研究认为手术的制瓣、切削光区范围、切削平滑度,术中角膜基质的水合状态、眼球的旋转、亚临床型偏中心切削及术后愈合过程中生物力学变化等均可能是造成术后高阶像差增加的原因^[7-8]。本研究采用飞秒激光制瓣波前像差引导的LASIK对近视散光眼进行治疗,术前进行虹膜识别确定平卧位眼球旋转和瞳孔偏移并加以补偿并结合每个患者不同瞳孔直径和波前像差值进行个体化LASIK手术,术中采用小光斑飞点扫描,理论上这种手术可以降低术后的波前像差并提高视觉质量,术后患者裸眼视力及屈光度矫正均获得良好的效果,但高阶像差仍比术前增加,说明目前的手术技术尚不能完全减低术后高阶像差的增加。

手术切削量和治疗光区直径是LASIK手术必须考虑的两个参数,决定了术后角膜形态的改变量,本研究通过对二者与术后HOARMS 6 mm和HOAw/oRMS 6 mm进行相关性分析,提示术后高阶像差与切削量和角膜后表面前凸值呈正线性相关,而与治疗光区直径呈负线性相关,说明过多的角膜切削会导致术后高阶像差的增加,而较大的治疗光区直径可以减少术后高阶像差的产生。

LASIK术后角膜生物力学稳态会有一个重构的过程,其中术后角膜后表面前凸过程就是生物力学变化的一部分,这种变化是否会导致术后高阶像差变化,本研究也对角膜后表面前凸值进行了检测,有研究表明正常术后角膜后表面形态半年可达到相对稳态^[8],所以本研究于术前和术后6个月采用Orbscan-II角膜地形图检测角膜后表面高度图,用different map程序计算出角膜的前凸值,其中最佳拟合平面选用周边7~10 mm区角膜,因为该周边区受激光治疗的影响较小,测出的前凸值与实际更为接近^[9-10],相关性结果提示术后6个月的角膜后表面前凸值与术后高阶像差呈正线性相关,说明术后角膜

后表面前凸可导致高阶像差的增加,有研究认为术后球差增加为高阶像差增加的主要原因^[11]。

通过多元逐级回归分析上述三个变量对术后高阶像差的影响,术后HOARMS 6 mm的增加主要受切削量的影响,而角膜后表面前凸值和切削量有多元共线性,最终没进入回归方程,治疗光区直径的增加能减少术后高阶像差的产生,但是切削量是由屈光度和治疗光区直径决定的,屈光度越高其切削量就越大,而治疗光区直径的增大也会导致切削量的增加,这提示高度近视患者术后高阶像差的增加会大于轻中度患者。上述三个变量对术后HOAw/oRMS 6 mm的影响经多元逐级回归分析后,提示HOAw/oRMS 6 mm增加受到切削量和角膜后表面前凸的共同作用,治疗光区直径与其呈负线性相关,再结合对术后HOARMS 6 mm多元逐级回归分析结果,说明切削量与各阶高阶像差均方根值均呈正线性相关,角膜后表面前凸则对除球差外其他高阶像差增加有正性作用,而治疗光区的增加能减少术后高阶像差的增加,这提示我们LASIK手术较小的切削量及适当大的治疗光区、术后稳定的角膜生物力学状态能有效减低术后高阶像差的增加,这说明了LASIK手术矫治轻中度近视的效果优于高度近视。

通过对LASIK手术治疗近视散光眼术后高阶像差变化与切削量、治疗光区直径和术后角膜后表面前凸值的相关性研究发现,LASIK术后高阶像差较术前增大,术后高阶像差增加与手术切削量、术后角膜后表面前凸值呈正线性相关,而与治疗光区直径呈负线性相关。

参考文献

- Seiler T, Kaemmerer M, Mierdel P, Krinke HE. Ocular optical aberrations after photorefractive keratectomy for myopia and myopic astigmatism [J]. *Arch Ophthalmol*, 2000, 118 (1): 17-21.
- Villa C, Gutierrez R, Jimenez JR. Night vision disturbances after successful LASIK surgery [J]. *Br J Ophthalmol*, 2007, 91 (8): 1031-1037.
- Fan-Paul NI, Li J, Miller JS, Florakis GJ. Night vision disturbances after corneal refractive surgery [J]. *Surv Ophthalmol*, 2002, 47 (6): 533-546.
- 范罕英, 张珂, 杜之渝. 飞秒激光与机械刀制瓣LASIK术后视觉质量的研究进展 [J]. *眼科新进展*, 2013, 33 (7): 697-700.
- 买志彬, 张金嵩, 刘苏冰. FEMTO LDV 飞秒激光制瓣LASIK术后像差的改变 [J]. *眼科新进展*, 2010, 30 (9): 869-875.
- Kim A, Chuck RS. Wavefront-guided customized corneal ablation [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2008, 19 (4): 314-320.
- Sharma M, Wachler BS, Chan CC. Higher order aberrations and relative risk of symptoms after LASIK [J]. *J Refract Surg*, 2007, 23 (3): 252-256.
- Wilson SE, Mohan RR, Hong JW, Lee JS, Choi R, Mohan RR. The wound healing response after laser in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy: elusive control of biological variability and effect on custom laser vision correction [J]. *Arch Ophthalmol*, 2001, 119 (6): 889-896.
- 季鹏, 李镜海, 毕宏生. LASIK术后角膜基质床厚度与后表面前凸相关性研究 [J]. *眼科新进展*, 2009, 29 (7): 533-535.
- Wang Z, Chen J, Yang B. Posterior corneal surface topographic changes after laser in situ keratomileusis are related to residual corneal bed thickness [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106 (2): 406-410.
- 季鹏, 毕宏生, 王兴荣. 影响准分子激光原位角膜磨镶术前后球差变化的诸因素分析 [J]. *眼视光学杂志*, 2008, 10 (5): 346-348.