

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.17.051

LASIK 术后高阶像差对视觉质量影响的研究进展

田海燕 王 彬 霍建新

(包头医学院第一附属医院眼科准分子 内蒙古 包头 014010)

摘要:随着屈光手术的发展,过去人们所追求的单纯裸眼视力的提高逐渐被追求视觉质量的提高所代替。LASIK 术后患者低阶像差减小,高阶像差进一步增加,虽然裸眼视力提高,但是对比敏感度下降,尤其是暗环境下和有眩光时视觉质量不能达到理想效果,因为高阶像差是影响视网膜成像的重要因素,对比敏感度是评价视网膜成像质量好坏的重要指标之一,所以探讨不同成分高阶像差以及它们之间适当组合对视觉质量的影响和 LASIK 术后各频段对比敏感度的变化,研究各项高阶像差与对比敏感度之间的关系可以为临床外科屈光医生提供一定的理论指导,进而解决 LASIK 术后的眩光、星形放射、暗视力差等问题。本文通过概括 LASIK 术后高阶像差和对比敏感度的变化,对它们之间关系的研究现状和进展作一综述。

关键词: LASIK;高阶像差;对比敏感度

中图分类号: R778.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-6273(2014)17-3393-03

Research Progress of the Effects of High Order Aberrations on Visual Quality after the LASIK

TIAN Hai-yan, WANG Bin, HUO Jian-xin

(The First Affiliated Hospital of Baotou Medical College, Inner Mongolia Autonomous Region, Baotou 014010, China)

ABSTRACT: With the development of refractive operation, instead of the past people pursuit of simple visual acuity improved gradually by the pursuit of improving the quality of vision. LASIK patients with low order aberration decreased, high order aberration increased further, the visual acuity increased, but the decrease of contrast sensitivity, especially the dark environment and glare visual quality can not achieve the desired effect, because the high order aberration is an important factor affecting the retinal imaging, contrast sensitivity is one of important index to evaluate the quality of retina imaging, so the study of higher order aberrations between different components and their appropriate combination effects on visual quality and changes in contrast sensitivity of each band after LASIK, study on the relationship between higher order aberrations and contrast sensitivity can provide some theoretical guidance for clinical surgical refractive doctor, and then solve the glare, the star radial, poor dark adaptation problems after LASIK. This paper summarizes changes of the high order aberration and contrast sensitivity after LASIK, current status and progress of research on the relationship between them are reviewed.

Key words: Laser in situ keratomileusis; Highorder aberration; Contrast sensitivity

Chinese Library Classification(CLC): R778.1 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)17-3393-03

LASIK 术的成熟发展,为很多患者解决了近视的问题,使得他们的裸眼视力提高,然而,随着时间的延长,越来越多的患者主诉 LASIK 术后有光晕、眩光、单眼复视、夜间驾车困难、夜视力水平下降等视觉不适症状,研究认为 LASIK 术后高阶像差的增加是造成术后视觉质量下降的主要原因,对比敏感度是评价视觉质量的有效指标之一,因而,研究高阶像差与视觉质量之间的相关性是很有必要的。

1 LASIK 术的高阶像差概述

像差存在于所有的光学系统中,人眼作为一种复杂的透镜系统,同样也存在像差。像差反映了整个人眼的屈光状态,是人

眼整体及其各成分光学性能敏感而全面的评价指标。光线经过屈光介质后,所有光线上有着共同位相点的轨迹组成了波阵面。实际波面与理想波面之间的光程差即称为波阵面像差,又称波前像差,通常用 Zernike 多项式表达,一般分为七阶 35 项,其中一阶、二阶属于低阶像差,三阶以上的像差表示高阶像差,对视网膜成像质量的好坏起着重大的作用^[1,2]。

LASIK 术后各项像差的改变,使得术后的视觉质量不能达到理想的期望值。Moreno-Barriusl 等^[3]认为高阶像差在术前主要以三阶慧差占多数比例,而术后则主要表现为三阶慧差及四阶球差的显著增加。Keir 等^[4]发现术后基本上所有高阶像差均较术前明显增高,只有 Z3-3 是减小的。Oshikar 等^[5]研究指出术后高阶像差的变化与瞳孔直径有密切关系,不同瞳孔直径下的高阶像差增加量有所不同,同时,他还认为, LASIK 术后高阶像差的增加量与手术所矫正的屈光度有关,屈光度越大,术后慧差和球差增加得也越多。由此可见, LASIK 术后高阶像差的改变主要以慧差和球差的增加为主,而这些像差的增加使得术后

作者简介:田海燕(1982-),女,硕士研究生,住院医师,主要研究准分子激光治疗,电话:15049338383,

E-mail: tian_haiyan@163.com

(收稿日期:2013-09-27 接受日期:2013-10-26)

患者出现好多诸如眩光、光晕、夜间驾车困难、视觉对比度差、单眼复视等视觉质量下降的问题。

鉴于高阶像差对视觉质量的影响,临床上引进了波前像差引导的 LASIK 手术,主要以消除术前高阶像差为目的,并取得了一些可喜的结果。如: Seiler 等^[6]应用波前像差引导下的 LASIK 手术,患者从术前的最佳矫正视力 20/12 提高到术后的裸眼视力 20/10(超常视力)。Mrochen 等^[7]治疗 28 例 35 眼,亦得到了能增进视力、提高视觉质量尤其是暗视力的结果。尽管如此,波前像差引导的 LASIK 术后高阶像差仍然增加,总结文献可能与以下因素有关:(1)术中瞳孔大小的影响;(2)术后泪膜稳定性下降;(3)角膜瓣制作产生新的像差,Porter 等^[8]的研究表明,LASIK 术后 2 月,高阶像差大约增加 30%,与角膜瓣制作有关。Nordan 等^[9]采用激光制作 LASIK 角膜瓣,与机械角膜刀相比减小了术后的高阶像差;(4)术后角膜愈合过程中产生新的像差, Lee 等^[10]的研究发现,LASIK 后由于角膜变薄,眼内压对角膜的力学作用使得其后表面前凸,进而导致术后的高阶像差增加;(5)偏心切削,Mrochen 等^[11]报道,中心移位量即使小到 0.2mm 也会显著的增加术后高阶像差,而事实上,患者在手术过程中很难保证眼球一动不动;(6)激光切削致使术后角膜屈率减小,角膜表面变得扁平而呈现非球面改变,这是术后高阶像差,尤其是四阶球差增加的主要原因^[12]。

高阶像差不同的组成成分无疑对视觉质量有着很大的影响,那么各项高阶像差之间的相互组合会对视觉质量造成怎样的影响,这是屈光界手术医师需要进一步探讨的问题。在手术设计的时候,利用不同像差项之间的适当组合,采用“个性化”量体裁衣的方案将可以改善术后视觉质量。有学者提出,通过改进传统的切削模式,提高术中虹膜定位及追踪系统的灵敏度,减少由于手术本身增加的像差,防治术中术后各种并发症可以提高患者术后的视觉质量^[13,14]。

2 LASIK 术的对比敏感度概述

临床视觉功能定量检查方法常用对比敏感度评估视功能^[15-17]。对比敏感度(contrast sensitivity function, CSF)指在明亮对比变化下,人眼视觉系统对不同空间频率的正弦光栅视标的识别能力,相比较普通视力表,它对视功能中形觉功能的评价更精准全面,尤其是对 LASIK 术后一些对比度相对较低、边界相对不清晰的实物的评估就更是不可或缺了。暗环境下和眩光条件下的视功能在整体视觉质量的评估中更是非常重要,有研究表明,LASIK 术后视觉质量的下降主要表现为夜间中高频段对比敏感度的减低。

近年来,随着临床上角膜屈光手术的进一步成熟发展,无论是患者还是医生,大家关注的已不仅仅是术后裸眼视力的提高,取而代之的是视觉质量的满意度^[18,19]。LASIK 术后对比敏感度的变化成为 LASIK 术研究的热点之一,有学者认为,LASIK 术后早期对比敏感度(contrast sensitivity, CS)下降,3-6 个月时基本恢复到术前水平,但也有研究表明,LASIK 术后暗视力下降,尤其表现为眩光、光晕、夜间驾车困难等视觉不适,并且一直不能恢复。可见,关于 LASIK 术后对比敏感度的稳定性,目前临床上意见还没有完全统一,这有待于进一步研究探讨。

临床研究观察到多种因素会影响到 LASIK 术后夜间视觉

质量,诸如患者本身属高度近视、暗环境瞳孔直径大,手术设计光学区切削直径小、术中眼球转动、偏心切削、术后角膜的相对扁平,角膜瓣的轻微皱褶、不规则愈合、角膜上皮的代偿修复、高阶像差增大等,这些因素均会影响光路的顺利通过,增加光线通过角膜时的散射和层间反光,从而使视网膜成像质量模糊,对比度下降。同时,有研究证明,角膜瓣切削的厚度与对比敏感度有着一定的关系,Rosario 等^[20]已经证实角膜瓣厚度不同对术后对比敏感度产生重要影响,薄瓣明显优于厚瓣。

然而,导致暗环境下视觉质量下降确切的原因和形成机制仍不十分清楚^[21-23]。因此,LASIK 术后夜间 CS(对比敏感度)、GS(眩光敏感度)到底最佳能恢复到什么程度,能否解决术后患者的夜间视物不适现象,仍需要临床屈光医生的进一步研究和探讨。

3 LASIK 术后高阶像差对对比敏感度的影响

LASIK 手术原理相当于在眼球中植入一个凹透镜,使得角膜的表面变得扁平,通过改变角膜屈率而矫正球镜和柱镜,术后角膜及全眼的高阶像差明显增加,低阶离焦及 X 轴和 Y 轴的倾斜已不是主要像差,取而代之的是慧差、球差、三叶草差等高阶像差^[24]。这些像差的增加造成光学成像质量的下降,有研究认为,水平慧差和球差的增加对夜间低对比度视力有影响,从而降低暗环境对比敏感度。

研究证实,高阶像差对对比敏感度的影响主要表现在使 CSF 曲线的中高频区(6c/d, 12c/d 和 18c/d)下降,从而使视网膜对物像的成像质量下降而降低对比敏感度。中频区对比敏感度的高低与中心视功能的视觉质量有直接关系^[25],而正常人的视觉系统活动主要依赖于 CSF 的中频区。有文献报道,垂直慧差与对比敏感度之间有密切联系,垂直慧差绝对值越小,相对应的视力越好,对比敏感度也越高。超视力眼的飞行员,其高阶像差比正视眼的人群更高,主要表现在慧差上,以往也有研究提示治疗近视散光眼保留负向垂直慧差,消除正向垂直慧差,可以有目的地提高视觉质量^[26]。

有研究表明,位于 Zernike 金字塔分布中轴部的高阶像差对视觉质量的影响较周边明显^[27]。但该研究没有考虑到眼睛的高阶像差受多种因素影响,是处于不断变化当中,这对视敏度是有影响的。不同高阶像差项之间是相互影响的^[28],低阶离焦和四阶球差、散光和二阶像散之间对视敏度的作用可能有着相互抵消的关系,因此,用一定的方法排除了其他像差项,来研究某一单个像差项与视觉质量之间的关系,才能真正的解释像差对视觉质量的影响作用。这无疑是临床屈光医生的又一挑战。

综上所述,提高暗视下对比敏感度,改善患者视觉质量,需要降低某些高阶像差。由于人眼的复杂性与动态波动性,各频段对比敏感度反映不同的视觉活动,高阶像差某单一成分对视力的影响只是像差对视觉质量影响的一方面,不同高阶像差之间的组合对视觉质量的影响有待于进一步研究,单一成分高阶像差与低、中、高各频段对比敏感的相关性,不同像差模式之间适当组合后与各频段对比敏感度的相关性无疑对临床有极大的指导意义,确定有益成分且能提高对比敏感度的像差项,手术设计通过预先补偿这些像差项,将更有利于改善术后的视觉质量。

参考文献(References)

- [1] 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(3):447-453
- [2] Chalita MR, Krueger RR. Correlation of aberrations with visual acuity and symptoms[J]. *Ophthalmol Clin North Am*, 2004, 17(2):135-142
- [3] Moreno-Barriusl E, Lioves JM, Marcos S, et al. 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
- [4] Keir NJ, Simpson T, Jones LW, et al. Wavefront-guided LASIK for myopia: effect on visual acuity, contrast sensitivity, and higher order aberrations[J]. *Refract Surg*, 2009, 25(6):524-533
- [5] Oshika T, Miyata K, Tokunaga T. Higher order wavefront aberrations of cornea and magnitude of refractive correction in laser in situ keratomileusis [J]. *Ophthalmology*, 2002, 109(6):1154-1158
- [6] Morchen M, Kaemmerer M, Seiler T. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis: early results in three eyes [J]. *Refract Surg*, 2000, 16(2): 116-121
- [7] 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(2):201-207
- [8] Porter J, MacRae S, Yoon G, et al. Separate effects of the microkeratome incision and laser ablation on the eye's wave aberration [J]. *Am J Ophthalmol*, 2003, 136(2):327-337
- [9] Nordan LT, Slade SG, Baker RN, et al. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis: six-month follow-up of initial U.S. clinical series [J]. *Refract Surg*, 2003, 19(1):8-14
- [10] Lee DH, Seo S, Jeong KW, et al. Early spatial changes in the posterior corneal surface after laser in situ keratomileusis [J]. *Cataract Refract Surg*, 2003, 29(4):778-784
- [11] Mrochen M, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Increased higher-order optical aberrations after laser refractive surgery [J]. *Cataract Refract Surg*, 2001, 27(3):362-369
- [12] Moreno-Barriuso E, Lloves JM, Marcos S, et al. 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
- [13] 翟国光, 李耀宇, 邱岩, 等. 波前像差手术与传统手术的切削深度比较[J]. *国际眼科杂志*, 2008, 8(2):307-309
Zhai Guo-guang, Li Yao-yu, Qiu Yan, et al. Comparison of ablation depth between wavefront-guided LASIK and traditional LASIK [J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2008, 8(2): 307-309
- [14] 万川, 陶黎明. 近视性屈光不正 LASIK 手术前后对比敏感度的临床研究[J]. *国际眼科杂志*, 2008, 8(2):301-304
Wan Chuan, Tao Li-ming. Contrast sensitivity of myopic patients before and after laser in situ keratomileusis surgery [J]. *International Journal of Ophthalmology*, 2008, 8(2): 301-304
- [15] 雷蕾, 张建华, 郑磊, 等. 正视及低中度、高度近视人群明暗环境对比敏感度分析[J]. *眼科新进展*, 2008, 28(8):604-606, 609
Lei Lei, Zhang Jian-hua, Zheng Lei, et al. Contrast sensitivity of emmetropes and myopes in bright and dark circumstances [J]. *Recent Advances in Ophthalmology*, 2008, 28(8):604-606, 609
- [16] Amesbury EC, Schallhorn SC. Contrast sensitivity and limits of vision[J]. *Int Ophthalmol Clin*, 2003, 43(2):31-42
- [17] 朱双倩, 王勤美, 贺极苍. 正视眼和近视眼在明暗环境中不同对比度的视力比较[J]. *眼科新进展*, 2006, 26(7):529-531
Zhu Shuang-qian, Wang Qin-mei, He Ji-cang. Comparison of visual acuity between emmetropes and myopes in different contrast level in bright and dark background [J]. *Recent Advances in Ophthalmology*, 2006, 26(7): 529-531
- [18] Villa C, Gutiérrez R, Jiménez JR, et al. Night vision disturbances after successful LASIK surgery[J]. *Br J Ophthalmol*, 2007, 91(8): 1031-1037
- [19] Rosen ES. Night vision disturbance[J]. *Cataract Refract Surg*, 2005, 31(2):247-249
- [20] Rosario CS, Miguel A, Calvo BJ, et al. Thin flap laser in situ keratomileusis: analysis of contrast sensitivity, visual, and refractive outcomes[J]. *Cataract Refract Surg*, 2005, 31(7):1357-1365
- [21] Lee YC, Hu FR, Wang JJ. Quality of vision after laser in situ keratomileusis: influence of dioptric correction and pupil size on visual function[J]. *Cataract Refract Surg*, 2003, 29(4):769-777
- [22] 郑磊, 张建华, 王倩, 等. LASIK 手术切削区与瞳孔大小对术后夜间视觉质量的影响[J]. *眼外伤职业眼病杂志*, 2009, 31(11):848-851
Zheng Lei, Zhang Jian-hua, Wang Qian, et al. The effect of optical zone ablation diameter and pupil diameter on night vision quality after LASIK surgery[J]. *Chinese Journal of Ocular Trauma and Occupational Eye Disease*, 2009, 31(11): 848-851
- [23] 郑磊, 张建华, 王倩, 等. LASIK 术后夜间视觉质量与角膜非球面性关系的研究[J]. *眼科*, 2009, 18(3):180-183
Zheng Lei, Zhang Jian-hua, Wang Qian, et al. The relationship of night vision quality and corneal asphericity after LASIK surgery[J]. *Ophthalmology in China*, 2009, 18(3): 180-183
- [24] 朱丽丽, 楼定华, 杜特新. 近视性屈光参差患者高阶像差分析研究[J]. *中国实用眼科杂志*, 2008, 26(9):921-992
Zhu Li-li, Lou Ding-hua, Du Chi-xin. Clinical observation on higher order aberrations in myopic anisometropia [J]. *Chinese Journal of Practical Ophthalmology*, 2008, 26(9): 921-992
- [25] Marcos S, Barbero S, Llorente L, et al. Optical response to LASIK surgery for myopia from total and corneal aberration measurements [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2001, 42(13):3349-3356
- [26] 赵武校, 黄建忠, 刘伟明, 等. 常规 LASIK 术后早期近视患者波前像差变化研究[J]. *中国临床新医学*, 2009, 2(12):1247-1249
Zhao Wu-xiao, Huang Jian-zhong, Liu Wei-ming, et al. Study on the variation of myopic wavefront aberrations after conventional LASIK [J]. *Chinese Journal of New Clinical Medicine*, 2009, 2(12):1247-1249
- [27] Applegate RA, Sarver EJ, Khemsara V. Are all aberrations equal [J]. *Refract Surg*, 2002, 18 (5): S 556-562
- [28] Applegate RA, Marsack JD, Ramos R, et al. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance [J]. *Cataract Refract Surg*, 2003, 29(8):1487-1495