

# 波前像差引导联合非球面 LASIK 治疗近视散光术后疗效观察

赵晓彬, 李科军, 樊芳

基金项目: 河北省卫计委基金资助项目(No. 20150136)

作者单位: (050051) 中国河北省石家庄市, 河北省人民医院眼科  
作者简介: 赵晓彬, 博士研究生, 主治医师, 研究方向: 角膜屈光手术、白内障。

通讯作者: 赵晓彬. zhaoxiaobin8@163.com

收稿日期: 2016-06-23 修回日期: 2016-10-09

## Outcomes of combined wavefront-guided and aspheric LASIK for myopia and myopic astigmatism

Xiao-Bin Zhao, Ke-Jun Li, Fang Fan

**Foundation item:** Hebei Health and Family Planning Commission Funded Project(No. 20150136)

Department of Ophthalmology, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China

**Correspondence to:** Xiao-Bin Zhao. Department of Ophthalmology, Hebei General Hospital, Shijiazhuang 050051, Hebei Province, China. zhaoxiaobin8@163.com

Received: 2016-06-23 Accepted: 2016-10-09

### Abstract

• **AIM:** To evaluate the clinical outcomes of combined wavefront-guided and aspheric laser *in situ* keratomileusis (LASIK) to correct myopia and myopic astigmatism.

• **METHODS:** Prospective study. Forty-five patients (62 eyes) with myopia and myopic astigmatism were randomly divided into two groups: the wavefront-guided and aspheric LASIK group and the wavefront-guided LASIK group. Safety, efficacy, predictability, ocular higher order aberrations (HOAs), and contrast sensitivity under mesopic condition were compared at 6mo postoperatively.

• **RESULTS:** Both platforms had equal safety, efficacy and predictability. At 6mo after operation, total HOAs, spherical aberration and coma increased in both groups ( $P < 0.01$ ). The changes of total HOAs and spherical aberration in wavefront-guided and aspheric group were significantly less than those in wavefront-guided group ( $P < 0.05$ ), while the change of coma between two groups was not statistically significant ( $P = 0.657$ ). Contrast sensitivity in the wavefront-guided and aspheric group recovered to preoperative levels under mesopic conditions at all spatial frequencies ( $P > 0.05$ ), while contrast sensitivity in the wavefront-guided group recovered to preoperative levels at all spatial frequencies ( $P > 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** Wavefront-guided and aspheric LASIK

induced less HOAs and associated with better mesopic contrast sensitivity compared with wavefront-guided LASIK.

• **KEYWORDS:** laser *in situ* keratomileusis; wavefront aberration; myopia

**Citation:** Zhao XB, Li KJ, Fan F. Outcomes of combined wavefront-guided and aspheric LASIK for myopia and myopic astigmatism. *Guji Yanke Zazhi(Int Eye Sci)* 2016;16(11):2091-2094

### 摘要

**目的:** 观察波前像差引导联合非球面 LASIK 治疗近视散光眼的临床疗效。

**方法:** 前瞻性研究。选取拟行 LASIK 手术治疗的近视散光眼患者 45 例 62 眼, 随机分为两组, 分别接受波前像差引导联合非球面 LASIK 与波前像差引导 LASIK。观察术后 6mo 两组安全性、有效性、预测性、全眼高阶像差及暗光下对比敏感度的差异。

**结果:** 两种切削模式的安全性、有效性及预测性相似。术后 6mo, 两组各高阶像差均较术前增大, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ), 波前像差引导联合非球面组总高阶像差及球差的增幅小于波前像差引导组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ ), 两组术后彗差的增幅无统计学差异 ( $P = 0.657$ )。波前像差引导联合非球面组术后 6mo 暗光下对比敏感度在各个空间频率均恢复至术前水平, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ); 波前像差引导组除低空间频率外, 其余空间频率恢复至术前水平, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。

**结论:** 波前像差引导联合非球面 LASIK 较波前像差引导 LASIK 可更好地减少术后高阶像差的增加, 改善暗光下对比敏感度。

**关键词:** 激光原位角膜磨镶术; 波前像差; 近视

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2016.11.27

**引用:** 赵晓彬, 李科军, 樊芳. 波前像差引导联合非球面 LASIK 治疗近视散光术后疗效观察. 国际眼科杂志 2016;16(11):2091-2094

### 0 引言

传统的准分子激光角膜原位磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK) 在矫正低阶像差的同时, 也带来术后高阶像差尤其是球差及彗差的显著增加, 从而使部分患者尤其是高度近视患者术后出现夜间视力差、眩光、视物疲劳等视觉症状<sup>[1-2]</sup>。波前像差引导 LASIK 与非球面 LASIK 的出现, 为解决这一问题提供了有效的方法。波前像差引导 LASIK 以矫正正眼术前存在的高阶像差为目标, 非球面 LASIK 则可以减少手术引入的高阶像差<sup>[3-4]</sup>。因此, 理论上讲将两种切削模式联合起来, 可以更好地改

表1 波前像差引导联合非球面组与波前像差引导组术前及术后的高阶像差对比 ( $\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$ )

分组	时间	总高阶像差	球差	彗差
波前像差引导联合非球面组	术前	0.36±0.08	0.13±0.06	0.18±0.07
	术后	0.45±0.10	0.18±0.07	0.25±0.08
<i>t</i>		6.571	4.335	5.221
<i>P</i>		0.000	0.000	0.000
波前像差引导组	术前	0.35±0.07	0.12±0.06	0.19±0.07
	术后	0.51±0.10	0.23±0.06	0.26±0.08
<i>t</i>		9.063	7.795	5.544
<i>P</i>		0.000	0.000	0.000

善手术效果,提高视觉质量。本研究采用波前像差引导联合非球面 LASIK 治疗近视散光,并与波前像差引导的 LASIK 相比较,对其术后的疗效进行评估,为个性化角膜屈光手术的选择提供更多的临床依据。

### 1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性研究。选择 2014-01/12 在我院行 LASIK 手术治疗的近视散光患者 45 例 62 眼,其中男 24 例 34 眼,女 21 例 28 眼。采用随机分配原则将患者分为波前像差引导联合非球面 LASIK 组 23 例 32 眼,平均年龄 24.78±5.32 岁,术前最佳矫正视力 5.08±0.08,等效球镜值 -4.47±1.21D,柱镜值 -0.73±0.45D;波前像差引导 LASIK 组 22 例 30 眼,平均年龄 25.85±5.71 岁,术前最佳矫正视力 5.07±0.08,等效球镜值 -4.53±1.13D,柱镜值 -0.71±0.48D。入选标准:(1)年龄≥18 周岁,屈光度稳定 2a 以上;(2)等效球镜值 -1.0D ~ -8.0D,柱镜值 0 ~ -3.0D;(3)最佳矫正视力 ≥5.0;(4)全眼总高阶像差 >0.3μm;(5)无 LASIK 手术禁忌证如全身结缔组织病、圆锥角膜、青光眼等;(6)既往无眼外伤及眼部手术史。两组间年龄、最佳矫正视力、等效球镜值、柱镜值差异均无统计学意义 ( $t = 0.381, 0.305, 0.476, 0.404, P = 0.708, 0.764, 0.640, 0.691$ ),具有可比性。

**1.2 方法** 术前将全眼波前像差值通过专用 U 盘导入准分子激光机,生成切削数据备用,术中开启虹膜定位功能。4g/L 盐酸奥布卡因滴眼液表面麻醉后,采用 M2 一次性 90μm 刀头制作蒂位于上方的角膜瓣。掀开角膜瓣,嘱患者注视指示光,采用准分子激光切削角膜基质,光学区直径 6.0mm,过渡区 2.0mm。切削完成后用乳酸林格氏液冲洗层间碎屑,复位角膜瓣。术毕结膜囊滴用 1g/L 氟米龙及左氧氟沙星滴眼液各 1 次,戴透明眼罩。次日起滴用 1g/L 氟米龙滴眼液,第 1wk 4 次/d,以后每周递减 1 次;左氧氟沙星滴眼液 4 次/d,共 7d;聚乙二醇滴眼液 4 次/d,根据干眼情况滴用 1 ~ 3mo。所有手术均由经验丰富的同一医师完成。

术前及术后 6mo 分别观察裸眼视力、最佳矫正视力、裂隙灯检查、角膜荧光素染色、超声角膜测厚、角膜地形图、全眼波前像差、非接触眼压、眼底、小瞳孔及散瞳下显然验光、暗光下对比敏感度。采用 WASCA Analyser 波前像差仪(德国 Zeiss 公司)测量手术前后全眼波前像差。检查在暗室环境中进行,记录瞳孔直径为 6.0mm 时全眼总高阶像差、球差、彗差均方根值。采用 CSV-1000E 对比敏感度仪检测暗光下(3cd/m<sup>2</sup>)对比敏感度,测定空间频率为 3、6、12、18c/d。所有检查均由同一医师完成。

统计学分析:采用 SPSS 16.0 统计学软件。组内术前

与术后计量资料的比较采用配对样本 *t* 检验,组间计量资料的比较采用独立样本 *t* 检验,计数资料的比较采用 Fisher 确切概率法, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

### 2 结果

#### 2.1 安全性、有效性及预测性情况

**2.1.1 安全性** 术后最佳矫正视力与术前最佳矫正视力的比值为安全性指数。术后 6mo,波前像差引导联合非球面组的最佳矫正视力为 5.11±0.07,波前像差引导组为 5.10±0.06。两组的安全性指数分别为 1.01±0.04 与 1.01±0.05,差异无统计学意义( $t = 0.336, P = 0.741$ )。

**2.1.2 有效性** 术后裸眼视力与术前最佳矫正视力的比值为有效性指数。术后 6mo,波前像差引导联合非球面组的裸眼视力为 5.01±0.07,波前像差引导组为 4.98±0.09。两组的有效性指数分别为 0.99±0.06 与 0.98±0.07,差异无统计学意义( $t = 0.851, P = 0.406$ )。

**2.1.3 预测性** 可预测性指手术拟矫正等效球镜值与实际矫正等效球镜值相差在±0.5D 范围内术眼的百分比。由于本研究中所有术眼均设计为全矫,因此可预测性即为术后等效球镜值在±0.5D 范围内的比例。术后 6mo,波前像差引导联合非球面组的等效球镜值为 -0.14±0.35D,波前像差引导组为 -0.17±0.39D。两组术后等效球镜值在±0.5D 范围内的比例分别为 94% (30 眼)与 90% (27 眼),差异无统计学意义( $P = 0.667$ )。

**2.2 全眼高阶像差** 两组术前全眼总高阶像差、球差、彗差差异均无统计学意义( $t = 0.353, 0.653, 0.410, P = 0.728, 0.522, 0.687$ )。与术前相比,术后 6mo 两组各高阶像差均明显增大,差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),见表 1。波前像差引导联合非球面组总高阶像差及球差的增幅小于波前像差引导组,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),两组彗差的增幅无统计学差异( $P = 0.657$ ),见表 2。

**2.3 暗光下对比敏感度** 术前两组暗光下各空间频率对比敏感度差异均无统计学意义( $t = 0.503, 0.335, 0.435, 0.619, P = 0.621, 0.742, 0.669, 0.544$ )。术后 6mo,波前像差引导联合非球面组对比敏感度在各个空间频率均恢复至术前水平,差异无统计学意义( $P > 0.05$ );波前像差引导组在中、高空间频率恢复至术前水平,差异无统计学意义( $P > 0.05$ ),在低空间频率仍较术前略低,差异有统计学意义( $P = 0.017$ ),见表 3。

### 3 讨论

波前像差技术在角膜屈光手术领域中的应用,为改善屈光手术患者术后视觉质量掀开了新的篇章。该技术主要包括两种切削模式,波前像差引导切削模式与非球面切削模式。前者根据患眼术前存在的全眼波前像差建立切

表2 波前像差引导联合非球面组与波前像差引导组术后各高阶像差增幅 ( $\bar{x}\pm s, \mu\text{m}$ )

分组	总高阶像差	球差	彗差
波前像差引导联合非球面组	0.09±0.06	0.05±0.06	0.06±0.06
波前像差引导组	0.15±0.06	0.10±0.06	0.07±0.06
<i>t</i>	2.487	2.607	0.452
<i>P</i>	0.023	0.018	0.657

表3 波前像差引导联合非球面组与波前像差引导组术前及术后对比敏感度比较  $\bar{x}\pm s$ 

分组	时间	3c/d	6c/d	12c/d	18c/d
波前像差引导联合非球面组	术前	1.79±0.12	1.91±0.11	1.65±0.15	1.32±0.13
	术后	1.80±0.15	1.92±0.14	1.67±0.18	1.34±0.14
<i>t</i>		0.421	0.557	0.828	0.725
<i>P</i>		0.677	0.582	0.414	0.474
波前像差引导组	术前	1.78±0.12	1.90±0.11	1.66±0.14	1.31±0.13
	术后	1.71±0.16	1.88±0.16	1.64±0.17	1.28±0.16
<i>t</i>		2.520	0.691	0.759	0.703
<i>P</i>		0.017	0.495	0.454	0.487

削模型,依据模型对角膜组织进行精确切削,从而达到消除个体术前低阶及高阶像差的目标;后者则是使用内部特定的计算公式,通过增加对周边角膜组织的切削量,减少医源性像差的引入,使术后角膜仍维持术前的非球面性<sup>[3-4]</sup>。

以往研究显示,波前像差引导模式适用于术前全眼高阶像差较高的患者,而非球面切削模式由于仅为减少手术源性像差,因此适用于多数屈光不正患者<sup>[5-6]</sup>。由于设备的限制,大多数准分子激光机只能提供两种切削模式中的一种,因此关于两种切削模式联合应用的报道较少。蔡司 MEL80 准分子激光系统可以将两种切削模式联合起来,即波前像差引导的非球面切削模式。该模式理论上不仅可以减少术前存在的高阶像差,还可以减少手术引入的高阶像差,从而更好的改善患者术后的视觉质量。为评估这一切削模式的实际疗效,我们选取术前全眼高阶像差在 0.3 $\mu\text{m}$  以上的近视散光眼,随机分为两组,分别施行波前像差引导的非球面 LASIK 与波前像差引导的 LASIK,观察两组术后安全性、有效性、预测性、全眼高阶像差及对比敏感度的差异。

安全性指数、有效性指数及可预测性是衡量角膜屈光手术疗效的重要指标。安全性指数为术后最佳矫正视力与术前最佳矫正视力的比值,有效性指数为术后裸眼视力与术前最佳矫正视力的比值,可预测性指手术拟矫正等效球镜值与实际矫正等效球镜值相差在  $\pm 0.5\text{D}$  范围内术眼的百分比<sup>[7-8]</sup>。本研究中,波前像差引导联合非球面组与波前像差引导组术后 6mo 的安全性指数分别为 1.01±0.04 及 1.01±0.05,有效性指数分别为 0.99±0.06 及 0.98±0.07;两组术后 6mo 的可预测性分别为 93.8% 及 90.0%,差异均无统计学意义。提示此两种切削模式的安全性、有效性、预测性相似,二者均可安全、有效的治疗近视散光,患者术后可获得较好的裸眼视力,效果明确、可靠。

波前像差为实际波阵面与理想波阵面之间的差异,3 阶及以上的波前像差称为高阶像差,可客观反映人眼的视觉质量。本研究发现,波前像差引导联合非球面组与波前像差引导组术后全眼总高阶像差均较术前增大,但波前像

差引导联合非球面组增幅小于波前像差引导组,差异有统计学意义。这与刘苏冰等<sup>[9]</sup>及 Taneri 等<sup>[10]</sup>的研究结果相似。刘苏冰等<sup>[9]</sup>对波前像差引导、非球面、波前像差引导联合非球面三种切削模式的观察发现,波前像差引导联合非球面切削模式术后全眼总高阶像差增幅小于另外两种切削模式。Taneri 等<sup>[10]</sup>的研究显示,与术前相比,波前像差引导联合非球面 LASIK 术后全眼总高阶像差无明显变化,而波前像差引导 LASIK 术后全眼总高阶像差则明显增大。这些研究均表明与波前像差引导的 LASIK 相比,波前像差引导联合非球面 LASIK 更能减少术后高阶像差的增加。在各高阶像差中,对视觉质量影响最大的是球差和彗差<sup>[1,11]</sup>。因此,除总高阶像差外,我们还观察了两组手术前后球差和彗差的变化。结果显示,两组术后球差及彗差均较术前增大,但波前像差引导联合非球面组球差的增幅小于波前像差引导组,两组彗差的增幅无显著性差异。传统的切削模式基于 Munnerlyn 公式,激光切削后使角膜前表面由长椭球形向横椭球形转变,从而导致球差的显著增加<sup>[12-13]</sup>,非球面切削模式的引入使得术后球差的增加明显降低<sup>[4,14]</sup>。本研究中,波前像差引导联合非球面组较波前像差引导组诱导产生更少的球差,充分证明了将波前像差引导与非球面两种切削模式联合起来,不仅可以减少术前存在的高阶像差,还可以减少手术引入的球差。此外,彗差的增加主要与激光切削过程中因眼球旋转等原因造成的临床或亚临床偏中心切削有关<sup>[15-16]</sup>,术中启动虹膜定位功能可明显减少彗差的诱导<sup>[17-18]</sup>。本研究中两组均采用了虹膜定位功能,因此,两组手术前后彗差的变化无显著性差异。

对比敏感度检查可以评价视觉系统在不同亮度及对比度情况下对正眩光栅的识别能力,更接近人眼所处的实际环境,较视力检查能更准确、全面地反映视功能变化。以往研究表明,LASIK 术后视觉质量的下降主要表现在夜间<sup>[19]</sup>,因此我们观察了两组在暗光环境下对比敏感度的变化。结果显示,波前像差引导联合非球面组术后 6mo 各空间频率对比敏感度均恢复至术前水平,波前像差引导组在中、高空间频率恢复至术前水平,在低空间频率仍较



术前略低。多数学者认为,角膜屈光手术后早期对比敏感度下降,但随时间延长,可逐渐恢复至术前水平<sup>[20-21]</sup>。本研究中,波前像差引导联合非球面组对比敏感度在低空间频率较波前像差引导组更快的恢复至术前水平,表明波前像差引导联合非球面 LASIK 较波前像差引导 LASIK 能更好的改善患者术后早期的视觉质量。

综上所述,与波前像差引导 LASIK 相比,波前像差引导联合非球面 LASIK 可更好地减少术后高阶像差的增加,改善暗光下对比敏感度,为患者带来更好的视觉质量。然而,LASIK 术后视觉质量受多种因素的影响,除切削模式外,还与手术的操作及术后角膜生物力学的改变密切相关<sup>[22]</sup>。如何有效消除像差,最大限度地提高患者术后的视觉质量,尚需更深入的研究。

#### 参考文献

- 1 Benito A, Redondo M, Artal P. Laser *in situ* keratomileusis disrupts the aberration compensation mechanism of the human eye. *Am J Ophthalmol* 2009;147(3):424-431
- 2 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(3): 447-453
- 3 Kim A, Chuck RS. Wavefront-guided customized corneal ablation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19(4): 314-320
- 4 Randleman JB, Perez-Straziota CE, Hu MH, *et al*. Higher-order aberrations after wavefront-optimized photorefractive keratectomy and laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35(2):260-264
- 5 Cheng AC. Wavefront-guided versus wavefront-optimized treatment. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(8):1229-1230
- 6 赵晓彬,李科军,赵智华,等.波前像差引导与波前像差优化 LASIK 治疗近视散光疗效的对比观察. *国际眼科杂志* 2015;15(12): 2130-2133
- 7 瞿佳,王勤美,周翔天.中国屈光手术安全性和有效性的多中心协同研究初步分析. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2008; 10(5):321-324
- 8 张丰菊,宋彦铮.角膜屈光手术 SMILE 的临床安全性、有效性及稳定性评估. *大连医科大学学报* 2015;37(6):521-525
- 9 刘苏冰,孙红燕,聂晓丽,等.波阵面像差引导的非球面准分子激光

- 原位角膜磨镶术后高阶像差变化的初步研究. *中华眼科杂志* 2014; 50(1):27-31
- 10 Taneri S, Oehler S, MacRae SM. Aspheric wavefront-guided versus wavefront-guided LASIK for myopic astigmatism with the Technolas 217z100 excimer laser. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013; 251(2): 609-616
- 11 Wan XH, Li SM, Xiong Y, *et al*. Ocular monochromatic aberrations in a rural chinese adult population. *Optom Vis Sci*2014;91(1):68-75
- 12 Bottos KM, Leite MT, Aventura-Isidro M, *et al*. Corneal asphericity and spherical aberration after refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(6):1109-1115
- 13 Kwon Y, Bott S. Postsurgery corneal asphericity and spherical aberration due to ablation efficiency reduction and corneal remodeling in refractive surgeries. *Eye* 2009; 23(9):1845-1850
- 14 Goyal JL, Garg A, Arora R, *et al*. Comparative evaluation of higher-order aberrations and corneal asphericity between wavefront-guided and aspheric LASIK for myopia. *J Refract Surg* 2014;30(11):777-784
- 15 侯杰,王雁.准分子激光原位角膜磨镶术手术源性高阶像差的研究进展. *国际眼科纵览* 2009;33(4):240-244
- 16 张幼梅.波前像差引导的准分子激光屈光手术像差研究. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2013;35(7):489-492
- 17 郭宁,周跃华,张丰菊,等.虹膜定位波前像差引导的 LASIK 治疗近视散光术后视觉质量的研究. *大连医科大学学报* 2009;31(6):675-678
- 18 夏丽坤,周晶,周佳子,等.虹膜定位技术主动校正 LASIK 术中眼球旋转对近视散光患者术后残余散光度数及高阶像差的影响. *眼科新进展* 2010;30(6):543-546
- 19 Solomon KD, Fernández de Castro LE, Sandoval HP, *et al*. LASIK world literature review: quality of life and patient satisfaction. *Ophthalmology* 2009;116(4): 691-701
- 20 Montés-Micó R, Charman WN. Choice of spatial frequency for contrast sensitivity evaluation after corneal refractive surgery. *J Refract Surg* 2001;17(6): 646-651
- 21 Chan JW, Edwards MH, Woo GC, *et al*. Contrast sensitivity after laser *in situ* keratomileusis: one-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28(10): 1774-1779
- 22 周跃华.如何引领角膜屈光手术的发展. *眼科* 2011;20(5):297-300