

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

赵晓彬, 李科军, 赵智华, 贾志暘

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: 2015-08-11 修回日期: 2015-11-17

Comparison the effectiveness of wavefront-guided and wavefront-optimized LASIK for myopia and myopic astigmatism

Xiao-Bin Zhao, Ke-Jun Li, Zhi-Hua Zhao, Zhi-Yang Jia

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

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

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

Received: 2015-08-11 Accepted: 2015-11-17

Abstract

• AIM: To compare the clinical outcomes of wavefront-guided and wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis (LASIK) to correct myopia and myopic astigmatism in patients with a preoperative total ocular higher-order aberrations (HOAs) lower than $0.3\mu\text{m}$.

• METHODS: In this prospective study, 60 eyes of 30 patients with myopia with or without astigmatism in our department were included. One eye of each patient was randomized to undergo wavefront-guided LASIK, and the fellow eye received wavefront-optimized LASIK. Postoperative outcome measures at 6mo included visual acuity, refraction, ocular HOAs, and contrast sensitivity under mesopic condition. Paired *t*-test and χ^2 test were used to analyze the data.

• RESULTS: Six months postoperatively, 93% of eyes in the wavefront-guided group and 90% in the wavefront-optimized group had uncorrected visual acuity of 5.0 or better; 87% and 83%, respectively, had a postoperative spherical equivalent refraction of $\pm 0.50\text{D}$ diopter. The differences were not statistically significant ($P > 0.05$). No eye in either group lost 2 lines or more BCVA. Total HOAs, spherical aberration and coma increased in both groups postoperatively ($P < 0.01$), with no statistical differences in HOA changes between groups ($P > 0.05$).

Contrast sensitivity under mesopic conditions in both groups recovered to preoperative levels at all spatial frequencies at 6mo postoperative ($P > 0.05$).

• CONCLUSION: For eyes with preoperative HOAs lower than $0.3\mu\text{m}$, wavefront-guided LASIK and wavefront-optimized LASIK can provide similar results in terms of visual acuity, refraction, HOAs, and contrast sensitivity.

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

Citation: Zhao XB, Li KJ, Zhao ZH, et al. Comparison the effectiveness of wavefront-guided and wavefront-optimized LASIK for myopia and myopic astigmatism. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2015;15(12):2130-2133

摘要

目的: 观察波前像差引导 LASIK 与波前像差优化 LASIK 对全眼高阶像差在 $0.3\mu\text{m}$ 以下近视散光眼的疗效差异。

方法: 前瞻性病例系列研究。收集在我院就诊拟行 LASIK 手术的近视散光患者 30 例 60 眼。每位患者随机选取一眼接受波前像差引导的 LASIK, 对侧眼接受波前像差优化的 LASIK。术后 6mo 观察患者的视力、屈光度、全眼高阶像差及暗光下对比敏感度。采用配对样本 *t* 检验和 χ^2 检验进行统计学分析。

结果: 术后 6mo, 波前像差引导组与波前像差优化组分别有 93% 及 90% 的术眼裸眼视力 ≥ 5.0 , 两组术后等效球镜值在 $\pm 0.50\text{D}$ 范围内的比例分别为 87% 及 83%, 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。两组术后均未出现最佳矫正视力丢失 2 行或以上的情形。两组术后总高阶像差、球差、彗差均较术前增大 ($P < 0.01$), 但增幅在两组间无统计学差异 ($P > 0.05$)。两组术后 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 ($P > 0.05$)。

结论: 对术前全眼高阶像差小于 $0.3\mu\text{m}$ 的近视散光眼, 波前像差引导 LASIK 与波前像差优化 LASIK 对术后视力、屈光度、全眼高阶像差及对比敏感度的影响无明显差异。

关键词: 激光原位角膜磨镶术; 波前像差; 近视

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2015.12.28

引用: 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

0 引言

随着角膜屈光手术的广泛开展, 术后视觉质量问题成为日益关注的焦点。传统的准分子激光角膜原位磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK) 在改善视力的同时也带来一系列视觉质量问题, 如眩光、光晕、夜视力下降等。

表 1 波前像差引导组与波前像差优化组术前的视力及屈光度 $\bar{x}\pm s$

分组	BCVA	球镜值(D)	柱镜值(D)	等效球镜值(D)
WFG 组	5.08±0.07	-4.15±1.18	-0.73±0.48	-4.50±1.21
WFO 组	5.07±0.06	-4.07±1.07	-0.78±0.51	-4.45±1.10
<i>t</i>	0.402	0.980	0.510	0.715
<i>P</i>	0.691	0.335	0.614	0.480

注:WFG 组:波前像差引导组;WFO:波前像差优化组。

研究显示,这与术后高阶像差的增加密切相关^[1-2]。为降低术后高阶像差,改善视觉质量,出现了以波前像差为基础的个性化手术,包括波前像差引导的 LASIK 及波前像差优化的 LASIK。前者旨在消除术前存在的高阶像差,后者则是通过非球面切削,减少手术引入的高阶像差。本研究通过观察波前像差引导 LASIK 与波前像差优化 LASIK 在术后视力、屈光度、高阶像差及对比敏感度方面的差异,探讨两种切削模式的适宜人群,为角膜屈光手术的个性化选择提供临床依据。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性病例系列研究。连续收集 2013-01/12 在我院就诊拟行 LASIK 手术的近视散光患者 30 例 60 眼。采用随机数字表法将患者一眼随机纳入波前像差引导组,对侧眼纳入波前像差优化组,每组 30 眼。病例入选标准:(1)年龄 18 周岁以上,近视度数稳定 2a 以上;(2)停戴软性角膜接触镜 2wk,硬性角膜接触镜 4wk 以上;(3)显然验光球镜值 0~-8.00D,柱镜值 0~-3.00D;(4)术前最佳矫正视力 ≥ 5.0 ;(5)术前总高阶像差均方根值小于 $3.0\mu\text{m}$;(6)暗光下瞳孔直径大于 6.0mm。病例排除标准:(1)存在 LASIK 手术禁忌证如残余角膜基质床厚度不足、可疑圆锥角膜、严重干眼等;(2)既往有眼外伤或眼部手术史;(3)术中及术后出现并发症如角膜瓣异常、弥漫性层间角膜炎等。手术预期矫正目标为正视。所有患者均签署知情同意书并经医院医学伦理委员会批准。

1.2 方法 术前检查包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA)、非接触眼压、小瞳下及睫状肌麻痹下显然验光、角膜地形图、角膜厚度、波前像差、对比敏感度、裂隙灯检查、散瞳后间接检眼镜检查。术后 6mo 复查裸眼视力、最佳矫正视力、小瞳下显然验光、波前像差及对比敏感度。波前像差检查采用基于 Hartmann-Shack 原理设计的 WASCA 波前像差仪(德国 Zeiss 公司)。检查在暗室中进行,记录 6.0mm 瞳孔直径下全眼高阶像差,并计算总高阶像差、球差、彗差均方根值。对比敏感度检查采用 CSV-1000E 对比敏感度仪(美国 Vector Vision 公司)。测试距离为 2.5m,检测暗光下($3\text{cd}/\text{m}^2$)四个不同空间频率(3、6、12、18c/d)的对比敏感度,并转化为对数单位。

所有手术均由第一作者完成。采用 Moria M2 自动旋转式显微角膜刀 90 刀头(法国 Moria 公司)制作角膜瓣,蒂位于上方。翻转角膜瓣,暴露角膜基质床,采用 MEL80 准分子激光机(德国 Zeiss 公司)切削角膜基质,一眼采用波前像差引导的切削模式,另一眼采用波前像差优化的切削模式,光学区直径 6.0mm。切削完成后用平衡盐溶液冲洗角膜基质床及角膜瓣内面,并将角膜瓣复位。裂隙灯下检查确认角膜瓣复位良好、层间无异物后,结膜囊滴用妥布霉素地塞米松滴眼液 2 次,戴硬性眼罩 1d。术后常

表 2 波前像差引导组与波前像差优化组术前及术后的高阶像差

$(\bar{x}\pm s, \mu\text{m})$				
分组	时间	总高阶像差	球差	彗差
WFG 组	术前	0.23±0.07	0.06±0.05	0.10±0.08
	术后	0.43±0.12	0.21±0.09	0.18±0.09
<i>t</i>		7.487	6.377	4.389
<i>P</i>		0.000	0.000	0.000
WFO 组	术前	0.23±0.06	0.07±0.05	0.09±0.07
	术后	0.45±0.13	0.19±0.08	0.19±0.10
<i>t</i>		7.639	5.224	4.774
<i>P</i>		0.000	0.000	0.000

注:WFG 组:波前像差引导组;WFO:波前像差优化组。

表 3 波前像差引导组与波前像差优化组手术诱导产生的高阶像差 $(\bar{x}\pm s, \mu\text{m})$

分组	总高阶像差	球差	彗差
WFG 组	0.20±0.09	0.14±0.07	0.09±0.05
WFO 组	0.22±0.08	0.12±0.06	0.10±0.06
<i>t</i>	0.758	0.997	0.620
<i>P</i>	0.459	0.327	0.540

注:WFG 组:波前像差引导组;WFO:波前像差优化组。

规滴用 5g/L 左氧氟沙星滴眼液 4 次/d,共 7d;1g/L 氟米龙滴眼液,从 4 次/d 开始,每周递减 1 次,共 4wk;人工泪液酌情滴用 1~3mo。

统计学分析:采用 SPSS16.0 软件对获得的数据进行统计学分析。两组间及组内计量资料的比较采用配对样本 *t* 检验,两组间计数资料的比较采用 χ^2 检验, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者的一般情况 纳入研究的患者共 30 例 60 眼,其中男 17 例,女 13 例,年龄为 18~39(平均 26.70 ± 5.38)岁。两组术前的最佳矫正视力、球镜值、柱镜值及等效球镜值差异均无统计学意义(表 1)。

2.2 术后视力及屈光度

2.2.1 安全性 两组术中及术后均未发生影响视力的严重并发症。术后 6mo,每组中有 1 眼(3%)丢失 1 行最佳矫正视力,两组中均未发生最佳矫正视力丢失 2 行或以上的情形。

2.2.2 有效性 术后 6mo,波前像差引导组与波前像差优化组的裸眼视力分别为 5.06 ± 0.08 与 5.04 ± 0.09 ,差异无统计学意义($t=0.947, P=0.351$)。波前像差引导组有 28 眼(93%)、波前像差优化组有 27 眼(90%)的裸眼视力 ≥ 5.0 ,差异无统计学意义($\chi^2=0.218, P=0.640$)。

2.2.3 预测性 术后 6mo,波前像差引导组与波前像差优

表4 波前像差引导组与波前像差优化组术前及术后的对比敏感度 $\bar{x} \pm s$

分组	时间	3c/d	6c/d	12c/d	18c/d
WFG 组	术前	1.79±0.13	1.90±0.11	1.67±0.17	1.32±0.12
	术后	1.77±0.15	1.88±0.13	1.65±0.18	1.29±0.14
<i>t</i>		0.830	0.671	0.809	0.969
<i>P</i>		0.413	0.508	0.425	0.341
WFO 组	术前	1.78±0.12	1.89±0.11	1.68±0.15	1.31±0.14
	术后	1.76±0.13	1.87±0.14	1.65±0.16	1.28±0.16
<i>t</i>		0.772	0.729	0.878	0.924
<i>P</i>		0.446	0.472	0.387	0.363

注:WFG 组:波前像差引导组;WFO:波前像差优化组。

化组的等效球镜值分别为 -0.26 ± 0.35 与 -0.29 ± 0.38 D, 差异无统计学意义($t=0.285, P=0.778$)。两组术后等效球镜值在 ± 0.50 D 范围内的眼数分别为26眼(87%)及25眼(83%), 差异无统计学意义($\chi^2=0.131, P=0.718$)。两组术后所有术眼等效球镜值均在 ± 1.00 D 范围内。

2.3 全眼高阶像差 (1)术前两组间总高阶像差、球差、彗差差异均无统计学意义($t=0.653, 0.678, 0.814, P=0.519, 0.503, 0.427$)。术后6mo, 波前像差引导组与波前像差优化组各高阶像差均较术前增加, 差异有统计学意义($P<0.01$), 见表2。(2)术后与术前高阶像差的差值为手术诱导产生的高阶像差, 两组手术诱导产生的各高阶像差差异无统计学意义($P>0.05$), 见表3。

2.4 暗光下对比敏感度 术前两组间对比敏感度在各个空间频率(3、6、12、18c/d) 差异均无统计学意义($t=0.456, 0.381, 0.485, 0.528, P=0.652, 0.706, 0.631, 0.601$)。术后6mo, 波前像差引导组与波前像差优化组对比敏感度在各个空间频率(3、6、12、18c/d) 均恢复至术前水平, 差异无统计学意义($P>0.05$), 见表4。

3 讨论

传统的LASIK手术可以有效地治疗近视、远视及散光, 使患者获得良好的术后视力。然而, 其在治疗低阶像差的同时, 也引入了大量的高阶像差, 从而对患者术后的视觉质量造成一定的影响^[1-2]。为解决这一问题, 以波前像差为基础的个性化手术应运而生^[3-4]。波前像差引导的LASIK是通过数学建模, 将像差仪测得的全眼波前像差值转换为切削量, 对角膜表面进行非对称性消融, 目标是消除术前已存在的高阶像差。波前像差优化的LASIK则是将手术可能引起的球差和高阶散光纳入切削计算, 通过增加周边角膜组织的切削量, 从而减少手术引入的高阶像差。

两种切削模式分别以不同的方式减少术后高阶像差的增加, 二者各有优缺点^[5]。因此, 有必要对二者进行比较, 以帮助我们更好的选择个性化的角膜屈光手术。关于波前像差引导LASIK与波前像差优化LASIK对近视散光疗效的差异, 以往研究结论不一。部分研究认为波前像差引导LASIK的术后疗效优于波前像差优化LASIK^[6-9], 另有研究认为两种切削模式术后的疗效相同^[10-11]。然而, 这些研究多针对所有LASIK手术人群, 对全眼高阶像差在 $0.3\mu\text{m}$ 以下术眼采用两种切削模式的差异, 鲜有报道。Wang等^[12]及Stonecipher等^[13]的研究发现, 54%~83%的角膜屈光手术人群术前全眼高阶像差小于 $0.3\mu\text{m}$ 。因此, 本研究选取术前全眼高阶像差在 $0.3\mu\text{m}$ 以下的近视散光

眼, 观察对于多数角膜屈光手术患者来说, 两种切削模式在疗效上的差异。

本研究发现, 两种切削模式均有着很好的安全性、有效性及预测性。两组术后均未出现最佳矫正视力丢失2行或以上的情形, 波前像差引导组与波前像差优化组分别有93.3%及90%的术眼术后裸眼视力 ≥ 5.0 , 两组术后等效球镜值在 ± 0.50 D 范围内的比例分别为87%及83%, 差异无统计学意义。这与以往多数研究结果一致。在以往的研究中, 仅He等^[9]的研究表明, 波前像差引导的切削模式术后裸眼视力在5.0以上的比例及术后等效球镜值在 ± 0.50 D 范围内的比例高于波前像差优化的切削模式, 其余针对两种切削模式的研究均表明, 二者的安全性、有效性及预测性相似^[6-8, 10-11]。

与视力及屈光度相比, 手术前后全眼高阶像差的变化可以更好的反映两种切削模式的差异。本研究显示, 两种切削模式术后全眼总高阶像差、球差及彗差均较术前增大, 差异有统计学意义。球差的增加主要与激光切削对角膜非球面性的改变及术后角膜生物力学的改变有关^[14-15], 而彗差的增加则与角膜瓣的制作及术中眼球旋转、瞳孔中心移位等造成的亚临床偏中心切削有关^[16-17]。以往研究也显示, 尽管与传统的切削模式相比, 波前像差引导的或波前像差优化的切削模式诱导产生更少的高阶像差, 但仍不能完全避免术后高阶像差的增加^[3-4]。此外, 本研究发现, 两种切削模式诱导产生的各高阶像差差异无统计学意义。这与Perez-Straziota等^[10]及Stonecipher等^[13]的研究结果相似。Perez-Straziota等^[10]采用回顾性研究的方法观察了两种切削模式对全眼高阶像差的影响, 结果显示两种切削模式术后全眼各高阶像差的增加值无显著性差异。Stonecipher等^[13]对187例374眼进行的多中心研究显示, 对于术前全眼高阶像差低于 $0.3\mu\text{m}$ 的近视散光眼, 两种切削模式诱导产生的总高阶像差相似, 而对于术前全眼高阶像差高于 $0.3\mu\text{m}$ 的近视散光眼, 波前像差引导的切削模式诱导产生的总高阶像差小于波前像差优化的切削模式。因此, 尽管波前像差引导LASIK与波前像差优化LASIK分别针对不同起源的高阶像差, 但对术前全眼高阶像差在 $0.3\mu\text{m}$ 以下的近视散光眼, 两种切削模式对全眼高阶像差的影响相似。

角膜屈光手术对视觉质量的影响主要表现在暗光环境下^[18], 因此, 我们观察了暗光下两组对比敏感度的差异。结果显示, 术后6mo, 两组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。以往研究表明, 角膜屈光手术对术眼对比敏感度有着普遍的, 非

永久性的影响,对比敏感度恢复的时间长短与所采用的切削模式有关^[19-20]。Montés-Micó等^[19]及Chan等^[20]报道角膜屈光手术后对比敏感度的恢复至少需要6mo的时间。本研究中,波前像差引导组与波前像差优化组对比敏感度在术后6mo均恢复至术前水平,表明两种切削模式对患者术后视觉质量的影响无明显差异。

本研究术后随访时间尚短,因而未能观察两种切削模式术后的长期稳定性,这是本研究的不足之处。此外,角膜神经及眼表泪膜功能的恢复需要1a甚至更长的时间^[21-22],而泪膜及眼表的不规则性可以导致高阶像差的增加^[23]。未来仍需进行更长时间及更大样本的观察,为角膜屈光手术的个性化选择提供更多的临床依据。

综上所述,对术前全眼高阶像差小于0.3 μm 的近视散光眼,波前像差引导LASIK与波前像差优化LASIK都具有很好的安全性、有效性及预测性,两种切削模式对术后视力、屈光度、全眼高阶像差及暗光下对比敏感度的影响无明显差异。鉴于波前像差引导的切削模式术前检查繁琐耗时,因此,对于术前全眼高阶像差小于0.3 μm 的近视散光眼,应首选波前像差优化的切削模式。

参考文献

- 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
- 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
- Kim A, Chuck RS. Wavefront-guided customized corneal ablation. *Curr Opin Ophthalmol* 2008;19(4):314-320
- 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
- Cheng AC. Wavefront-guided versus wavefront-optimized treatment. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(8):1229-1230
- Padmanabhan P, Mrochen M, Basuthkar S, et al. Wavefront-guided versus wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis: Contralateral comparative study. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(3):389-397
- Moshirfar M, Betts BS, Churgin DS, et al. A prospective, randomized, fellow eye comparison of WaveLight® Allegretto Wave® Eye-Q versus VISX CustomVue™ STAR S4 IR™ in laser *in situ* keratomileusis (LASIK): analysis of visual outcomes and higher order aberrations. *Clin Ophthalmol* 2011;5:1339-1347
- Sáles CS, Manche EE. One-year outcomes from a prospective, randomized, eye-to-eye comparison of wavefront-guided and wavefront-

- optimized LASIK in myopes. *Ophthalmology* 2013;120(12):2396-2402
- He L, Liu A, Manche EE. Wavefront-guided versus wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis for patients with myopia: a prospective randomized contralateral eye study. *Am J Ophthalmol* 2014;157(6):1170-1178
- Perez-Straziota CE, Randleman JB, Stulting RD. Visual acuity and higher-order aberrations with wavefront-guided and wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):437-441
- Mirafteb M, Seyedian MA, Hashemi H. Wavefront-guided vs wavefront-optimized LASIK: a randomized clinical trial comparing contralateral eyes. *J Refract Surg* 2011;27(4):245-250
- Wang L, Koch DD. Ocular higher-order aberrations in individuals screened for refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(10):1896-1903
- Stonecipher KG, Kezirian GM. Wavefront-optimized versus wavefront-guided LASIK for myopic astigmatism with the ALLEGRETTO WAVE: three-month results of a prospective FDA trial. *J Refract Surg* 2008;24(4):S424-S430
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- 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
- Calvillo MP, McLaren JW, Hodge DO, et al. Corneal reinnervation after LASIK: prospective 3-year longitudinal study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(11):3991-3996
- 姬红培,陈爱蔚,张唯伟,等. 准分子激光原位角膜磨镶术后1年内泪液中基质金属蛋白酶-9的动态变化. *南方医科大学学报* 2014;34(8):1079-1082
- Montés-Micó R, Cerviño A, Ferrer-Blasco T, et al. The tear film and the optical quality of the eye. *Ocul Surf* 2010;8(4):185-192