

标准及波前像差引导 LASIK 对高阶像差影响的对比研究

樊琪, 张建华, 郑磊, 冯华章, 王红英

作者单位:(200433) 中国上海市, 第二军医大学附属长海医院眼科

作者简介:樊琪,女,在读硕士研究生,研究方向:屈光不正及小儿斜弱视。

通讯作者:张建华,博士,教授,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:屈光不正及小儿斜弱视. chlasik@163.com

收稿日期:2010-06-07 修回日期:2010-06-11

Higher-order aberrations after wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis compared to standard LASIK

Qi Fan, Jian-Hua Zhang, Lei Zheng, Hua-Zhang Feng, Hong-Ying Wang

Department of Ophthalmology, Changhai Hospital, the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China

Correspondence to: Jian-Hua Zhang, Department of Ophthalmology, Changhai Hospital, the Second Military Medical University, Shanghai 200433, China. chlasik@163.com

Received: 2010-06-07 Accepted: 2010-06-11

Abstract

• AIM: To evaluate clinical efficacy of wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis (LASIK) compared to standard LASIK for moderate and high myopia correction in the aspects of higher-order aberrations.

• METHODS: One hundred and twenty eyes of 60 subjects were studied from December 2008 to May 2009 at Ophthalmic Refractive Surgery Center (department of Ophthalmology in Changhai Hospital). The subjects were divided into 2 groups: wavefront-guided LASIK group and standard LASIK group, 60 eyes of 30 subjects were enrolled in each group respectively. Ocular higher-order aberrations were evaluated by WaveScan WaveFront™ System (AMO Co., USA) before and 6 months after operation. The change of the ocular higher-order aberrations was calculated.

• RESULTS: After operation, all subjects had uncorrected visual acuity of 20/20 or better 6 months postoperatively, and they had no complications. It had shown an increase in ocular higher-order aberrations both in two groups, especially in comalike aberration and spherical-like aberration. The increase of total higher-order aberration, vertical comalike aberration, horizontal comalike aberration and spherical-like aberration were increased by 73.2%, 64.1%, 128.9% and 139.5% ($P < 0.05$) in wavefront-guided LASIK group, while they were increased by 98.3%, 149.1%, 193.2% and 107.8% ($P < 0.05$) in standard LASIK group. The change of HOAROM, Z6, Z7 and Z8 in wavefront-guided LASIK group was superior to

that in standard LASIK group.

• CONCLUSION: Wavefront-guided LASIK has better control of the increase in higher-order aberrations than standard LASIK group, and it can help patients get better visual quality than standard LASIK.

• KEYWORDS: LASIK; wavefront; higher-order aberration

Fan Q, Zhang JH, Zheng L, *et al.* Higher-order aberrations after wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis compared to standard LASIK. *Int J Ophthalmol (Guji Yanke Zazhi)* 2010; 10(7):1310-1313

摘要

目的:比较常规准分子激光原位角膜磨镶术(标准 LASIK)和波前像差引导的个体化准分子激光原位角膜磨镶术(波前像差引导 LASIK)矫正中高度近视后高阶像差的变化情况。

方法:选取 2008-10/2009-05 在我院行准分子激光手术者共 60 例 120 眼。按手术方式不同分为两组:波前组,接受波前像差引导的个体化准分子激光原位角膜磨镶术 30 例 60 眼;标准组,接受常规准分子激光原位角膜磨镶术 30 例 60 眼。所有患者于术前与术后 6mo 行波前像差(WaveScan WaveFront™ System, AMO Co., USA)检查,观察两组术前术后高阶像差的变化,并比较两组的差别。

结果:所有患者无手术并发症,矫正视力 ≥ 1.0 。波前组和标准组高阶像差均呈增加趋势,以彗差和球差增加为主。波前组 HOAROM, Z7, Z8, Z12 分别显著增加了 73.2%, 64.1%, 128.9% 和 139.5% ($P < 0.05$),标准组 HOAROM, Z7, Z8, Z12 分别显著增加了 98.3%, 149.1%, 193.2% 和 107.8% ($P < 0.05$)。波前组在总高阶像差(HOAROM)、30°三叶草(Z6)、垂直彗差(Z7)和水平彗差(Z8)高阶像差的改变显著优于标准组($P < 0.05$)。

结论:术后 6mo 的随访结果表明,波前像差引导的 LASIK 可更好的控制术后高阶像差的增加,有助于患者获得更好的视觉质量。

关键词:LASIK;波前;高阶像差

DOI:10.3969/j.issn.1672-5123.2010.07.023

樊琪,张建华,郑磊,等.标准及波前像差引导 LASIK 对高阶像差影响的对比研究.国际眼科杂志 2010;10(7):1310-1313

0 引言

随着屈光手术的开展,LASIK 为广大屈光不正尤其是近视患者解决了配戴框架眼镜和隐形眼镜的困扰、提高生活质量的同时也带来了一系列新的问题。一部分患者虽然在日间的视力良好(视力表检查可达 1.0 甚或更高),但在夜间或暗环境下会出现视物模糊、复视、眩光、物周光晕或星形放射、对低对比度物体的辨识能力下降等不适症状^[1]。于是人们开始由追求裸眼视力的提高逐渐转向追求更高层次的视觉质量。随着研究的深入,人们意识到眼

表 1 术前等效球镜、瞳孔大小

分组	等效球镜(D)	瞳孔直径(mm)	光学切削区直径(mm)
LASIK	-6.05 ± 2.90	4.24 ± 0.64	6.44 ± 0.16
WG LASIK	-6.59 ± 2.17	4.50 ± 0.60	6.51 ± 0.29
P	0.251	0.026	0.134

表 2 术前术后两组波前像差值

分组	HOA ROM	Z6	Z7	Z8	Z9	Z12
LASIK 术前	0.37 ± 0.10	0.14 ± 0.07	0.14 ± 0.60	0.12 ± 0.08	0.10 ± 0.07	0.14 ± 0.09
WG LASIK 术前	0.37 ± 0.10	0.12 ± 0.10	0.15 ± 0.08	0.10 ± 0.08	0.10 ± 0.06	0.13 ± 0.10
P	0.978	0.175	0.206	0.160	0.504	0.553
LASIK 术后	0.73 ± 0.17	0.10 ± 0.076	0.34 ± 0.19	0.35 ± 0.17	0.12 ± 0.08	0.30 ± 0.19
WG LASIK 术后	0.64 ± 0.20	0.13 ± 0.085	0.25 ± 0.17	0.22 ± 0.14	0.09 ± 0.06	0.32 ± 0.16
P	0.006	0.083	0.010	0.000	0.028	0.513
LASIK 改变	0.36 ± 0.20	-0.04 ± 0.10	0.20 ± 0.21	0.23 ± 0.19	0.01 ± 0.09	0.16 ± 0.18
WG LASIK 改变	0.27 ± 0.24	0.007 ± 0.124	0.10 ± 0.21	0.13 ± 0.16	-0.009 ± 0.076	0.19 ± 0.17
P	0.022	0.024	0.007	0.002	0.180	0.321

波前像差的变化与术后视觉质量下降有紧密的关系,它也是引起对比敏感度下降、视觉干扰症状的重要原因。本研究观察波前像差引导的 LASIK 治疗近视(或合并近视散光)后高阶像差的改变,并与传统 LASIK 进行比较。

1 对象和方法

1.1 对象 选取 2008-10/2009-05 间来我院就诊的中高度近视患者共 60 例 120 眼,分为波前组和标准组,每组 30 例 60 眼,分别行波前像差引导的个体化准分子激光原位角膜磨镶术(波前像差引导 LASIK)和常规准分子激光原位角膜磨镶术(标准 LASIK)。波前组男 11 例,女 19 例,年龄 18~39(平均 25)岁,等效球镜(-6.59 ± 2.17)D;标准组男 8 例,女 22 例,年龄 18~46(平均 28)岁,等效球镜(-6.05 ± 2.9)D。所有患者术前停戴角膜接触镜 2wk 以上,无眼部或全身系统性疾病;术后矫正视力 ≥ 1.0,并能坚持随访 6mo。患者基本情况见表 1。

1.2 方法 术前检查:除裸眼视力(UCVA)、最佳矫正视力(BSCVA)、散瞳后验光、眼压(IOP)、裂隙灯前节检查、眼底三面镜检查、超声角膜测厚(BIO&PACHY METER AL-3000)、角膜地形图(Orbscan II)等常规检查外,所有手术患者均于术前和术后 6mo 使用 WaveScan WaveFront™ System 波前像差仪(美国,AMO 公司)行波前像差检查。检查时,调节室内光线,控制患者瞳孔在 6.5mm 左右。所有患者使用 Zyoptix XP 120μm 角膜板层刀制作蒂位于上方的角膜瓣,根据角膜曲率选择不同大小的负压吸引环,使用 VISX Star S4 准分子激光机行角膜切削。波前组患者采用 2mm 过渡区,选取重复性、稳定性好的一幅波前像差图用于手术治疗,要求所选中的像差图像原始摄图对焦理想;角膜顶点、瞳孔中心和视轴三点的相关位置较固定;像差仪验光度数与主觉验光度数差异小(-0.50D 以内)。标准组患者采用 1.5mm 过渡区,根据不同屈光度进行切削。术后戴透明眼罩,次日换药,开始 1g/L 氟米龙滴眼液(FML)4 次/d,逐周递减一次,人工泪眼 4 次/d。所有手术由同一熟练术者完成,手术室温度(20~24℃)、湿度稳定(45%~55%),负压吸引设定值不变。

统计学分析:记录各项高阶像差 Zernike 多项式和均方根(root mean square of higher order aberrations, RMsh)用于统计分析。波前组患者记录选取治疗图像的 RMsh,标准组患者选取重复性、稳定性好的 3 幅图像,计算各项 RMsh

平均值,用于统计分析。主要记录总高阶像差均方根(HOAROM)、30°三叶草(Z6)、垂直彗差(Z7)、水平彗差(Z8)、0°三叶草(Z9)、球差(Z12)等数值大小。各项高阶像差的平均值行 t 检验比较差异。统计分析由 SPSS 15.0 软件进行, P < 0.05 认为差别有统计学意义。

2 结果

术后 2 组像差值见表 2。组内比较:波前组,术后 Z9 较术前下降 9.6%,未达到统计学意义(P > 0.05)。余各项高阶像差术后均高于术前:Z6 呈轻微上升,增加 5.9%,未达到统计学意义(P > 0.05);HOAROM, Z7, Z8, Z12 分别显著增加了 73.2%, 64.1%, 128.9% 和 139.5% (P < 0.05)。波前组高阶像差的增加以彗差(水平)与球差为主(图 1)。标准组,术后 Z6 较术前显著下降 27.5% (P < 0.05)。余各项高阶像差术后均高于术前:Z9 呈轻微上升,增加 10.3%,未达到统计学意义;HOAROM, Z7, Z8, Z12 分别显著增加了 98.3%, 149.1%, 193.2% 和 107.8% (P < 0.05)。标准组高阶像差的增加以彗差(水平和垂直)与球差为主(图 2)。组间比较:术前波前组和标准组各项高阶像差均无差异,术后波前组 HOAROM, Z7, Z8, Z9 高阶像差均显著低于标准组(P < 0.05),而 Z6 和 Z12 高阶像差则无明显差异(图 3,4)。比较每位患者术前术后各项高阶像差差值,波前组 HOAROM, Z6, Z7 和 Z8 高阶像差的改变显著优于标准组(P < 0.05),而 Z9 和 Z12 高阶像差波前组与标准组无显著差异(图 5)。

3 讨论

除初级像差离焦和像散之外,高级像差使视网膜图像质量有较大的下降。且 Zernike 前 6 级高级像差对视网膜成像质量的影响较大,不容忽视^[2]。大部分研究表明屈光手术可使眼部的高阶像差增大。屈光度越大,切削深度越深,对屈光系统改变越大,与角膜高阶像差的增加相关性越大。Moreno-Barriusl 等^[3]在对 22 眼 LASIK 手术前后的像差的检测中,得出其中 20 眼术后波前像差 RMS 值在 6.5mm 瞳孔时均增加,是术前的 1.9 倍,术前以彗差为主的波前像差,术后改变为彗差、球差都明显增大为特征,其中第 3 阶彗差增大 5.1 倍,第 4 阶球差增大 4.0 倍。Keir 等^[4]发现术后除 Z₃³ 下降外,其余高阶像差均显著增加。Oshikar 等^[5]报道 6mm 瞳孔直径时大光斑式切削 LASIK 术后,球差较术前增加了 9 倍,彗差增加 4 倍多,且瞳孔

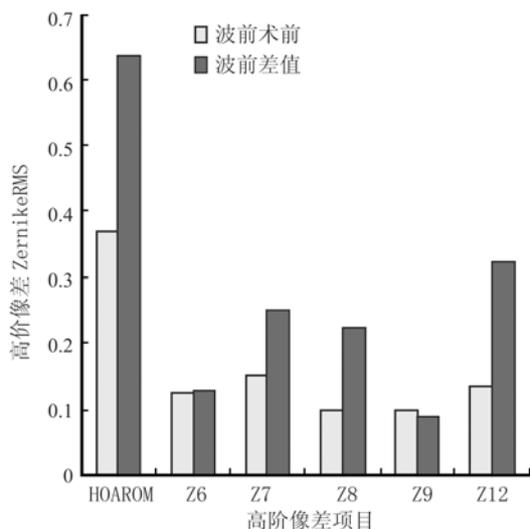


图1 波前组术前术后像差变化。

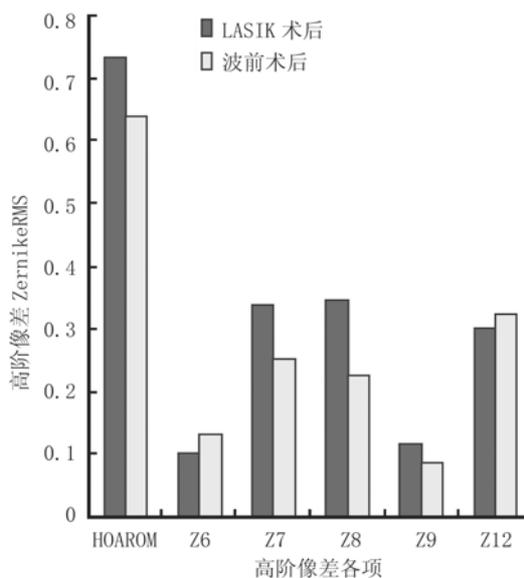


图4 术后两组高阶像差比较。

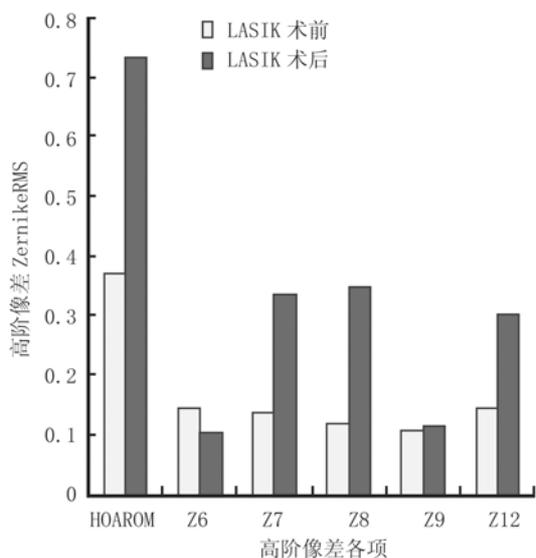


图2 标准组术前术后像差变化。

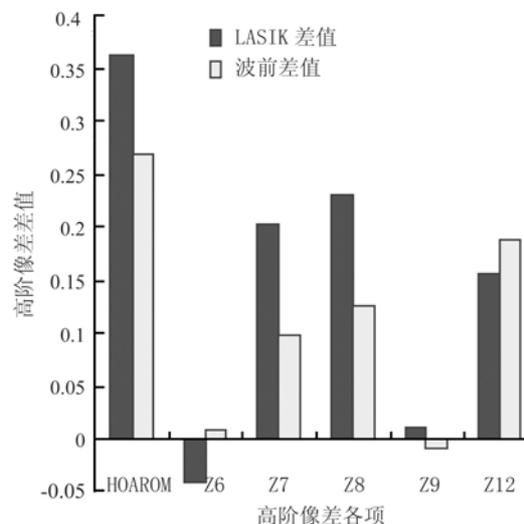


图5 两组高阶像差差值比较。

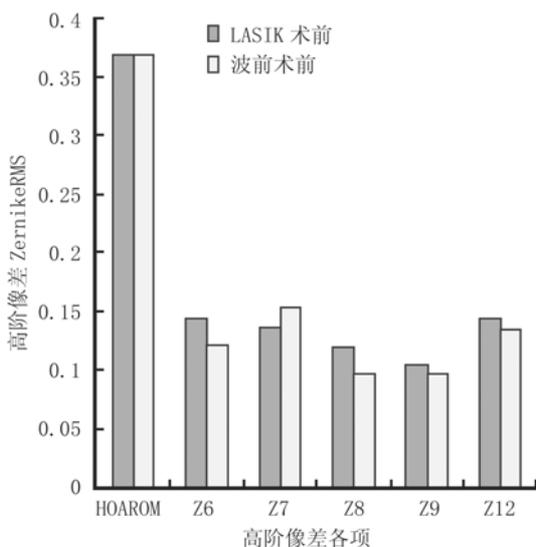


图3 术前两组像差比较。

直径不论3mm还是6mm,LASIK术后的彗差与球差的增加均与获矫量有相关性,获矫量越大,彗差与球差增加越多。

本研究中术后无论波前组还是标准组,术后高阶像差均显著增加。波前组在HOAROM,Z7,Z8,Z12分别显著

增加了73.2%,64.1%,128.9%和139.5%,标准组在HOAROM,Z7,Z8,Z12分别显著增加了98.3%,149.1%,193.2%和107.8%,术后高阶像差的变化主要是球差和彗差的增加及其比例的改变。分析像差增加的原因包括:(1)角膜的非球性改变。屈光手术后,角膜周边的曲率比中央变陡,周边光线聚焦在轴旁光线焦点之前,这些改变使得术后球差增大^[6]。(2)偏中心切削。切削时眼位的细微变化,瞳孔的非正圆形或缩小扩大时的偏移和旋转移位等,均可造成激光束偏中心,使术后高阶像差增加。Moreno-Barriusl等^[3]观察到2例术中失去主动跟踪的眼,术后彗差大于有主动跟踪的眼。Seiler等^[7]也报道,在其临床验证中,有2例术中失去主动跟踪的眼,术后的彗差大于有主动跟踪的眼。而现在越来越多的亚临床偏中心切削(<1.0mm)也是引起LASIK术后高阶像差增大的主要原因^[8]。(3)在LASIK手术过程中,角膜瓣的制作也会导致眼部高阶像差的变化。Palltikaris等^[9]观察发现,仅制作角膜瓣,不行激光切削,术后的屈光度虽然没有改变,但高阶像差RMS值是术前的1.3倍,证明了LASIK的角膜瓣会导致高阶像差的增大。(4)术后的像差还和角膜的不规则性有关。术后尽管尽量使角膜瓣复位,但还是不同程度的角膜瓣轻度移位和皱褶,改变了角膜原有的形

状,造成了一部分不规则散光。(5)角膜雾状混浊以及伤口的愈合反应都与术后像差的改变有关,角膜水肿和瓣下存在的组织碎屑和角膜层间反应等,均可对波前像差造成影响,特别是对彗差有影响。(6)LASIK 术后,眼表正常结构被破坏,泪膜不稳定也会导致像差增大。

从以上分析看,术后高阶像差的增大不可避免。影响术后视觉质量的高阶像差包括术前已有的像差、手术引入的像差和角膜修复愈合过程中新产生的像差 3 个部分,目前的手术系统只能测量及矫正术前存在的像差,而对于两者并不能有效预防或矫正。但相对于标准 LASIK 手术,波前引导的 LASIK 可有效的控制术后高阶像差增大的幅度,其优势在于对术前高阶像差的矫正和术后高阶像差增加的控制。国内外大量研究证实,与传统 LASIK 手术相比,波前引导的手术可以相对地降低高阶像差。Mrochen 等^[10]报道了 3 例波前像差引导的个体化切削,术后高阶像差的 RMS 值下降 27%,术后 3mo 裸眼视力 2 例达到 20/10,1 例达到 20/20,取得令人振奋的结果。Zhang 等^[11]发现 Z_3^3 , Z_3^1 , Z_3^3 , Z_4^0 , Z_5^1 , Z_5^3 和 Z_6^6 的增加在波前组较标准组的增加要小。国内在此方面也有很多的研究:王铮等^[12]通过比较 Zyoptix 波前引导的 LASIK 术与传统 LASIK 手术治疗近视眼的疗效发现,Zyoptix 组术后裸眼视力高于术前最佳矫正视力的比例是普通 LASIK 组的 2 倍。术后普通 LASIK 组高阶像差 RMS 增加 100%,而 Zyoptix 组仅增加 35%。王红波等^[13]对 48 例 96 眼屈光度在 -1.5 ~ -8.0D 的患者实行波前像差引导下的 LASIK 手术,术前及术后 1,3d;1wk;1,3,6,12mo 进行视力、波前像差等检查,发现总像差和高阶像差的 RMS 值分别降至 61% 和 33%。本研究中,术后波前组 HOAROM, Z7, Z8, Z9 高阶像差均显著低于标准组,同时观察比较每位患者术前术后各项高阶像差改变的差值,波前组 HOAROM, Z7 和 Z8 增加的幅度显著低于标准组。其实像差引导的准分子屈光手术是以像差仪测得的像差值(提供 36 项 Zernike 系数)转换为切削量,采用高速自动跟踪技术,准确定位人眼,进行飞点式扫描切削角膜,达到矫正屈光不正和消除人眼像差的目的^[14]。Guirao 等^[15]研究显示 2mm 的光束能够矫正离焦和散光,直径 1mm 或以下的激光光束可以矫正至五阶像差。本研究中波前像差引导的切削模式采用智慧型大小光斑技术,光斑直径为 0.65 ~ 6.5mm,可以依据不同测量数据,根据需要自动调整光斑大小和形状,更好更精准地完成个性化的治疗方案。同时,因为亚临床的偏中心切削是导致屈光手术后彗差增大的主要原因,所以本研究中波前像差引导的 LASIK 采用虹膜定位技术,补偿波前像差检查和激光治疗之间发生的眼球旋转和瞳孔位移,使术中的中心和像差测定的中心问题位于视轴的中心,从而保证波前引导手术有理想的效果。可见波前像差引导的 LASIK 手术可针对性的矫正术前像差,控制术后高阶像差

的增大,从而较标准 LASIK 更能优化术后视觉质量。

总而言之,就目前结果来看,波前像差引导的 LASIK 用于治疗近视,在获得良好视力同时,术后的视觉质量要优于标准 LASIK。当然,其远期效果还需要进一步积累样本和延长随访时间来进行更全面、客观的评价和判断,在临床应用中还有值得探讨和需要改进的地方,相信随着技术的进步和经验的积累,波前像差引导的 LASIK 会给更多的患者带来更多的益处。

参考文献

- 1 Solomon KD, Luis E, de Castro F. LASIK World Literature Review: Quality of Life and Patient Satisfaction. *Ophthalmology* 2009; 16(4): 691-701
- 2 全薇, 凌宁, 王肇圻, 等. 高阶像差对人眼成像质量和视觉的影响. *光电工程* 2007; 3: 5-9
- 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. *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. *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 Mrochen M, Kaemmere M, Seiler T. Clinical results of wavefront-guided laser in situ keratomileusis 3 months after surgery. *Cataract Refract Surg* 2001; 27: 201-207
- 7 Seiler T, Kaemmerer M, Mierdel P, et al. Ocular optical aberrations after photorefractive keratectomy for myopic and myopia astigmatism. *Arch Ophthalmol* 2000; 118: 17-21
- 8 Mrochen M, Kaemmere M, Mierdel P. Increased higher-order optical aberrations after refractive surgery. *Cataract Refract Surg* 2001; 27: 406-413
- 9 Pallikaris IG, Kymionis GD, Panagopoulou SI. Induced optical aberrations following formation of a laser in situ keratomileusis flap. *J Refract Surg* 2002; 28: 1717-1718
- 10 Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis; early results in three eyes. *J Refract Surg* 2002; 16(2): 116-121
- 11 Zhang J, Zhou YH, Wang NL, et al. Comparison of visual performance between conventional LASIK and wavefront-guided LASIK with iris-registration. *Chin Med J (Engl)* 2008; 121(2): 137-142
- 12 王铮, 杨斌, 张醇, 等. Zyoptix 波前引导准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视眼的临床疗效分析. *中华眼科杂志*, 2004, 40(1): 9-12
- 13 王红波, 孙凤仙, 常宁. 波前像差引导的准分子激光角膜屈光手术. *中华现代眼科杂志* 2005; 2(30): 237-238
- 14 沈建新, 胡利刚, 廖文和. 真分子激光切削角膜的数学模型与切削技术研究. *激光生物学报* 2003; 12(1): 1-7
- 15 Guirao A, Williams DR, MacRae SM. Effect of beam size on the expected benefit of customized laser refractive surgery. *J Refract Surg* 2003; 19(1): 15-23