

# 实时虹膜识别联合波前引导 LASIK 治疗中高度近视性散光

揭黎明, 王 骞, 郑 林

作者单位: (361001) 中国福建省厦门市, 厦门大学附属厦门眼科中心视光科

作者简介: 揭黎明, 副主任医师, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 揭黎明. jieliming@sina.cn

收稿日期: 2012-07-09 修回日期: 2012-08-15

## Real-time iris recognition combined with wavefront aberration guided LASIK for the correction of moderate or high myopic astigmatism

Li-Ming Jie, Qian Wang, Lin Zheng

Department of Optometry, Xiamen Eye Center of Xiamen University, Xiamen 361001, Fujian Province, China

**Correspondence to:** Li - Ming Jie. Department of Optometry, Xiamen Eye Center of Xiamen University, Xiamen 361001, Fujian Province, China. jieliming@sina.cn

Received: 2012-07-09 Accepted: 2012-08-15

### Abstract

• **AIM:** To assess efficacy, stability, and change in cylindrical degree and axis after real-time iris recognition combined with wavefront guided laser *in situ* keratomileusis (LASIK) for the correction of moderate or high myopic astigmatism.

• **METHODS:** In this prospective contrast study, 115 patients (211 eyes) with moderate or high myopic astigmatism were randomly divided into two groups: the experimental group (57 cases, 104 eyes) received real-time iris recognition combined with wavefront guided LASIK, and the control group (58 cases, 107 eyes) received conventional wavefront guided LASIK. The naked visual acuity, best-corrected visual acuity (BCVA), the degree and axis of astigmatism, wavefront aberration were compared between two groups at postoperative 1 month, 3 months and 6 months.

• **RESULTS:** In experimental group, static iris recognition detected that eye cyclotorsional misalignment was  $2.61^{\circ} \pm 2.08^{\circ}$ , dynamic iris recognition detected that the intraoperative cyclotorsional misalignment range was  $0^{\circ} - 5^{\circ}$ . Six months after operation, the naked vision of 96 eyes (92.3%) in experimental group and 78 eyes (72.9%) surpassed the preoperative BCVA of each group ( $P < 0.01$ ); the degree of astigmatism in experimental group ( $-0.28 \pm 0.26D$ ) was significantly lower than that in the control group ( $-0.44 \pm 0.35D$ ) ( $P < 0.05$ ). In experimental group, 49 eyes became non-astigmatism 6 months after

operation and in control group 31 eyes. At 6mm pupil size, there was significant different in third order coma aberration between experimental group and control group ( $P < 0.01$ ).

• **CONCLUSION:** Real-time iris recognition can compensate deviation from eye cyclotorsion and pupil centroid shift, more precise treatment for the degree and axis of astigmatism, and increase visual quality in LASIK.

• **KEYWORDS:** iris recognition; eye cyclotorsion; astigmatism; wavefront aberration; keratomileusis; laser *in situ*

**Citation:** Jie LM, Wang Q, Zheng L. Real-time iris recognition combined with wavefront aberration guided LASIK for the correction of moderate or high myopic astigmatism. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2012;12(9):1677-1679

### 摘要

**目的:** 评价实时虹膜识别技术应用在波前引导准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK) 治疗中高度近视性散光中的准确性、稳定性。

**方法:** 采用随机对照研究, 接受实时虹膜识别联合波前引导 LASIK 手术的近视性散光患者 57 例 104 眼作为试验组, 接受常规波前引导 LASIK 手术的近视性散光患者 58 例 107 眼作为对照组, 对两组患者术后 1, 3, 6mo 的裸眼视力、最佳矫正视力、散光度、散光轴向、波前像差等进行比较。

**结果:** 静态虹膜识别检测出眼球旋转偏移角度为  $2.61^{\circ} \pm 2.08^{\circ}$ , 动态虹膜识别检测眼球旋转变化范围为  $0^{\circ} \sim 5^{\circ}$ 。术后 6mo 时, 试验组裸眼视力  $\geq$  术前最佳矫正视力的患者 (96 眼, 92.3%) 多于对照组 (78 眼, 72.9%), 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ ); 试验组的平均散光 ( $-0.28 \pm 0.26D$ ) 低于对照组 ( $-0.44 \pm 0.35D$ ), 差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )。术后 6mo, 试验组无散光眼 (49 眼, 47.1%) 多于对照组 (31 眼, 29.0%), 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。当瞳孔直径为 6mm 时, 试验组彗差的增加少于对照组, 差异有统计学意义 ( $P < 0.01$ )。

**结论:** 实时虹膜识别技术能够有效校正 LASIK 术前和术中的眼球旋转偏差及瞳孔中心移位, 使散光度数和轴向的治疗更加精确, 同时提高视觉质量。

**关键词:** 虹膜识别; 眼球旋转; 散光; 波前像差; 角膜磨镶术; 激光原位

DOI: 10.3969/j.issn.1672-5123.2012.09.19

**引用:** 揭黎明, 王骞, 郑林. 实时虹膜识别联合波前引导 LASIK 治疗中高度近视性散光. 国际眼科杂志 2012;12(9):1677-1679

## 0 引言

随着波前引导准分子激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis, LASIK)的广泛开展,对于手术的精确性提出了更高的要求。虹膜识别技术通过对虹膜纹理和角膜缘的识别,确保术前检查得到的波前像差图像、散光轴向与术中激光切削部位相吻合,达到精确矫正高阶像差和散光的目的,已逐步应用于临床<sup>[1,2]</sup>,但局限于激光切削前静态的一次性的虹膜识别,而术中激光切削时,眼球旋转仍在不断变化<sup>[3,4]</sup>。为此,我们采用静态虹膜识别和术中动态虹膜识别相结合的波前引导 LASIK 手术治疗中高度近视性散光,并与常规波前引导 LASIK 手术的结果进行比较。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 本研究是在厦门眼科中心伦理委员会的许可下进行,所有患者均签署了知情同意书。2011-01/09 接受 LASIK 治疗的中高度近视性散光患者 115 例 211 眼,采用随机表分为两组,试验组(虹膜识别组)57 例 104 眼,男 30 例,女 27 例,18~33(平均 24.67±5.83)岁,术前球镜度数为 0~-6.00(平均-4.03±1.72)D,柱镜度数为-1.50~-5.50(平均-2.69±1.32)D;对照组(无虹膜识别组)58 例 107 眼,男 27 例,女 31 例,年龄 18~35(平均 26.12±4.96)岁,术前球镜度数为 0~-6.75(平均-4.18±1.34)D,柱镜为-1.50~-5.25(平均-2.56±1.41)D,两组年龄、性别、球镜、柱镜均值差异比较均无统计学意义( $P>0.05$ )。

## 1.2 方法

**1.2.1 术前检查** 裂隙灯、直接和间接眼底镜、综合验光、非接触眼压、超声角膜测厚、Orbscan 角膜地形图、Pentacam 眼前节全景仪、试验组应用 Zywave 波前像差仪进行波前像差检查。

**1.2.2 手术方法** 手术采用美国博士伦公司的 Technolas 217z100 准分子激光仪和该公司 XP 型角膜板层刀,所有手术均由同一医师完成。角膜瓣厚度为 120 $\mu$ m,直径为 8.5~9.5mm,有效光区为 5.8~7.0mm(不包括过渡区),术前设计剩余角膜基质床厚度 $\geq$ 280 $\mu$ m。试验组在激光切削前进行静态虹膜识别,自动记录和校正激光机所显示的眼球旋转类型及角度,激光切削时进行动态的虹膜识别,以 25Hz 的主动旋转跟踪频率校正眼球旋转、调整切削模式,对照组不启动虹膜识别功能。

**1.2.3 术后随访** 术后常规局部滴用 10g/L 氟米龙眼液,逐渐减量,共滴 2~3wk,于术后 1,3,6mo 复查患者裸眼视力、最佳矫正视力、散光度、波前像差、角膜地形图等。

统计学分析:采用 SPSS 17.0 统计软件包进行统计分析,配对设计均数采用配对  $t$  检验,两组间均数比较采用独立样本  $t$  检验,计数资料采用  $\chi^2$  检验,对多个构成比的比较采用 R $\times$ C 表卡方检验,以  $P<0.05$  为有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 眼球旋转及瞳孔中心移位** 试验组在掀瓣前进行静态虹膜识别,检测出眼球旋转为 2.61°±2.08°,掀瓣后激光切削时进行动态的虹膜识别、追踪,眼球旋转变化范围为 0~5°;瞳孔中心移位 X 轴方向 0.32±0.16mm, Y 轴方向 0.24±0.18mm。

**2.2 视力** 术后 6mo 时,所有患者裸眼视力均 $\geq$ 0.5。试验组 96 眼(92.3%)裸眼视力 $\geq$ 术前最佳矫正视力,对照组为 78 眼(72.9%),差异有统计学意义( $\chi^2=13.74, P<0.01$ )。试验组和对照组最佳矫正视力提高 1 行以上的患

者分别为 51 眼(49.0%)和 33 眼(30.8%),两者比较差异有统计学意义( $\chi^2=7.29, P<0.01$ )。

**2.3 散光度** 两组手术前后散光度变化见表 1,术后 6mo 两组散光度均较术前明显降低,试验组降低了 89.6%,对照组降低了 82.8%,比较差异有统计学意义( $t=3.76, P<0.05$ ),各组术后 1mo 散光度与术后 3,6mo 比较,差异无统计学意义。

**2.4 散光轴向** 两组手术前后散光轴向变化分布情况见表 2。术后 6mo 时,试验组无散光眼为 49 眼,对照组为 31 眼,两组比较差异有统计学意义( $\chi^2=7.38, P<0.01$ )。试验组斜轴散光增加 2 眼(16.7%),对照组增加 7 眼(58.3%)。术后 6mo 试验组循规散光 27 眼,逆规散光 12 眼,斜轴散光 16 眼,对照组循规散光 39 眼,逆规散光 18 眼,斜轴散光 19 眼,两组构成比采用 R $\times$ C 表卡方检验差异无统计学意义( $\chi^2=0.26, P>0.05$ )。

**2.5 切削中心及高阶像差** 术后 6mo 时,试验组切削中心位于 0.2mm 以内者 99 眼(95.2%),对照组为 86 眼(80.4%),差异有统计学意义( $\chi^2=10.72, P<0.01$ )。试验组术后总高阶像差 RMS 为 0.417±0.152 $\mu$ m,对照组为 0.439±0.165 $\mu$ m,差异无统计学意义( $t=1.42, P>0.05$ )。三阶彗差试验组为 0.293±0.126 $\mu$ m,对照组为 0.354±0.182 $\mu$ m,差异有统计学意义( $t=2.76, P<0.01$ )。

## 3 讨论

目前的角膜屈光手术主要是以入射瞳中心作为检查和治疗的对准点。进行综合验光、波前像差等检查时,是在光线较暗、瞳孔较大的状态下,患者坐位检查,而进行波前引导 LASIK 手术时,是在光线较强、瞳孔较小的状态下,患者仰卧位手术。Erdem 等<sup>[5]</sup>发现瞳孔直径变化时,瞳孔并不是均匀地扩张,其中心会发生移位。多个研究<sup>[6,7]</sup>均发现 LASIK 手术时存在眼球的缓慢漂移和旋转;体位的变化可引起眼球轻至中度的旋转,68% 的患者存在 2° 以上的旋转。对于主要矫正近视的常规 LASIK 手术来说,并不影响手术效果,但对于散光的矫正或波前引导的 LASIK 手术,眼球旋转和瞳孔中心移位会引起散光轴向和波前检测对应点发生改变,造成散光和高阶像差不能完全矫正和产生新的像差。Swami 等<sup>[8]</sup>研究发现 4°~10° 的旋转将导致 14%~35% 散光度不能矫正。因此在进行波前引导的 LASIK 手术时,对切削区进行准确的定位非常重要,在手术时应该对瞳孔中心移位和眼球旋转进行相应的补偿。

虹膜识别技术的原理是手术前通过波前像差仪对虹膜进行照相并将该图像进行数字化处理,找出其中特征,手术时启动虹膜识别功能,计算机自动对比波前像差仪和激光机所获虹膜图像的特征点,激光机自动调整扫描镜片来补偿眼球旋转,确保准分子激光发射时患者眼睛的状态与术前检查时的状态相吻合,以达到精确瞳孔定位和切削的目的<sup>[9]</sup>。我们应用实时虹膜识别技术在掀瓣前进行静态的虹膜识别,以校正生理性眼球旋转,掀瓣后以 25Hz 主动旋转跟踪频率进行动态的虹膜识别,与三维眼球跟踪一起确保手术的精确性。本研究结果显示,静态虹膜识别定量检测出眼球旋转角度为 2.61°±2.08°,瞳孔中心移位 X 轴方向 0.32±0.16mm, Y 轴方向 0.24±0.18mm;激光切削时进行动态虹膜识别、跟踪,眼球旋转变化范围为 0°~5°。通过实时虹膜识别技术的应用,这些旋转和瞳孔中心移位,在激光切削时得以校正、补偿,从而使角膜切削更加精确。

表1 两组手术前后散光度的比较 ( $\bar{x} \pm s, D$ )

组别	眼数	术前散光度	术后散光度		
			术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo
试验组	104	-2.69±1.32	-0.30±0.27	-0.29±0.25	-0.28±0.26
对照组	107	-2.56±1.41	-0.44±0.38	-0.45±0.34	-0.44±0.35 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 试验组。

表2 手术前后两组散光轴向分布

组别	循规散光		逆规散光		斜轴散光		无散光	
	术前	术后 6mo	术前	术后 6mo	术前	术后 6mo	术前	术后 6mo
试验组	69	27	21	12	14	16	0	49
对照组	72	39	23	18	12	19	0	31 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> $P < 0.05$  vs 试验组。

本研究结果表明,两组对散光的矫正均取得了较好的效果,具有较高的有效性和安全性,但试验组要好于对照组。术后 6mo,试验组裸眼视力和最佳矫正视力均要优于对照组,比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ );试验组残留散光度为 $-0.28 \pm 0.26D$ ,较术前降低了 89.6%,比以往报道<sup>[10]</sup>要更好一些,可能与我们增加了术中动态的虹膜识别有关,和对照组比较差异有统计学意义( $P < 0.05$ )。说明实时虹膜识别技术能够更加精确地矫正散光。散光轴向的变化分布也同样印证了这一点,试验组无散光眼为 49 眼,对照组 31 眼,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ),说明 LASIK 手术不但可以降低散光还可以使部分患者彻底消除散光,虹膜识别技术的应用使得对散光的治疗更具精确性;术后 6mo 两组散光构成比差异无统计学意义,说明试验组并没有对何种轴向的散光更具优势。试验组斜轴散光眼增加 14.3%,而对照组为 58.3%,对照组斜轴散光的大量增加主要是因为部分顺规和逆规散光患者眼球旋转角度较大,矫正不足转化而来。对照组有 31 眼成为无散光眼也说明较小度数的旋转可能不会明显影响术后效果,有学者<sup>[11]</sup>认为 $<2^\circ$ 的旋转不会影响散光的矫正。而试验组仍有小部分患者残留散光则说明影响散光治疗的因素除了眼球旋转还有很多如偏中心切削、激光能量的波动、角膜的水化程度、角膜瓣的制作、角膜的愈合反应及生物力学变化等等,所以要完美的矫正散光还有很多问题需要探索。

除了残留散光,LASIK 术后视觉质量下降的另一重要原因是高阶像差的增加<sup>[12]</sup>。LASIK 术后角膜表面近周边变得相对陡峭,其非球面性发生改变,由椭球面变为扁椭球面,球差增加;角膜瓣的制作及愈合反应、亚临床偏中心切削导致彗差增加。术后 6mo,两组总高阶像差均有不同程度的增加,试验组增加幅度较小,但差异无统计学意义。两组亚临床偏中心切削的比例和三阶彗差的增加,对照组明显高于试验组,说明实时虹膜识别技术能够有效校正瞳孔中心移位和眼球旋转,减少偏中心切削,降低彗差的增加,提高视觉质量。但虹膜识别技术仅能确保术中切削的精确性,降低高阶像差的增加量,它所能减少的量相对于术中术后所产生的总高阶像差来说,有点微不足道,因而

如何进一步减少 LASIK 术后总高阶像差的增加仍任重道远。

总而言之,实时虹膜识别技术与波前像差技术的有机结合,能够有效校正体位改变引起的生理性眼球旋转和术中不断变化的眼球旋转以及瞳孔大小变化引起的瞳孔中心移位,使 LASIK 手术对散光轴向和度数的治疗更加精确,降低术后高阶像差特别是彗差的增幅,提高视觉质量。

#### 参考文献

- 1 刘建国,叶璐,万雅群,等. 虹膜定位联合波前像差引导 LASIK 与常规 LASIK 矫正重度散光的疗效对比分析. 国际眼科杂志 2010;10(7):1321-1323
- 2 蒋宏苏,伍卫华. 虹膜定位联合波前像差引导前弹力层下角膜磨镶术治疗近视的临床疗效分析. 临床眼科杂志 2012;20(2):140-143
- 3 Hori-Komai Y, Sakai C, Toda I, et al. Detection of cyclotorsional rotation during excimer laser ablation in LASIK. *J Refract Surg* 2007; 23(8):911-915
- 4 Chang J. Cyclotorsion during laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34(9):1720-1726
- 5 Erdem U, Muftuoglu O, Gundogan FC, et al. Pupil center shift relative to the coaxially sighted corneal light reflex under natural and pharmacologically dilated conditions. *J Refract Surg* 2008;24(4):530-538
- 6 Porter J, Yoon G, MacRae S, et al. Surgeon offsets and dynamic eye movements in laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(11):2508-2512
- 7 Ciccio AE, Durrie DS, Stahl JE, et al. Ocular cyclotorsion during customized laser ablation. *J Refract Surg* 2005;21(6):S772-S774
- 8 Swami AU, Steinert RE, Osborne WE, et al. Rotational malposition during laser *in situ* keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2002;133(4): 561-562
- 9 Park SH, Kim M, Joo CK. Measurement of pupil centroid shift and Cyclotorsional displacement using iris registration. *Ophthalmologica* 2009; 223(2):166-171
- 10 毕宏生,季鹏,王兴荣,等. 虹膜识别技术在准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视性散光中的临床研究. 中华眼科杂志 2007;43(4): 324-328
- 11 Chernyak DA. From wavefront device to laser: an alignment method for complete registration of the ablation to the cornea. *J Refract Surg* 2005;21(4):463-468
- 12 Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(2):313-331