

# LASIK 术中实际角膜切削深度的临床研究

## A Clinical Study of Actual Corneal Ablation Depth in Laser in Situ Keratomileusis

钟广斌<sup>1</sup> 杨斌<sup>2</sup> 张敏<sup>1</sup> 黄国富<sup>2</sup> 江先明<sup>1</sup> 罗林翼<sup>1</sup>

1 东莞市人民医院眼科, 东莞 523018

2 中山大学中山眼科中心, 广州 510060

Guangbin Zhong, Bin Yang, Min Zhang, Guofu Huang, Xianming Jiang, Linyi Luo

1 Department of Ophthalmology, Dongguan City People's Hospital, Dongguan 523018, China

2 Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University Guangzhou 510060, Chian

**目的:** 观察 NIDEK EC5000 准分子激光治疗系统准分子激光原位角膜磨镶术(Laser in situ keratomileusis, LASIK)角膜切削深度的可预测性。

**方法:** 采用 NIDEK EC5000 准分子激光系统对 79 例近视和(或)近视散光患者进行标准 LASIK 手术,术中用超声角膜测厚仪分别测量制瓣后和激光切削后的剩余角膜床厚度,计算实际角膜切削深度,比较实际角膜切削深度同理论预测角膜切削深度的差异。

**结果:** LASIK 术中实际切削深度( $92.32\pm 29.86$ ) $\mu\text{m}$ , 预测切削深度( $74.16\pm 25.95$ ) $\mu\text{m}$ , 两者差值( $18.16\pm 14.71$ ) $\mu\text{m}$  有统计学意义( $P < 0.001$ )。实际切削深度与预测切削深度具有较好的相关性,相关系数为 0.87( $P < 0.001$ ),其直线回归方程为  $Y = 18.06 + 1.001X$ 。按术前角膜 K 值、术前等效球镜绝对值及术前中央角膜厚度值分组的实际切削深度与预测切削深度的差值均有统计学意义。实际切削深度与术前等效球镜有关,与术前中央角膜厚度和 K 值无关。实际切削深度与预测切削深度差值同 K 值、等效球镜、术前中央角膜厚度均无关。

**结论:** NIDEK EC5000 准分子激光系统 LASIK 术中实际角膜切削深度比预测角膜切削深度高( $18.16\pm 14.71$ ) $\mu\text{m}$ , 在手术设计时要考虑实际切削与机器标示值存在偏差,应尽可能多的预留剩余角膜基质床厚度,以提高手术安全性。《眼科学报》2010;25:11-15。

**关键词:** 准分子激光;角膜切削深度;中央角膜厚度

**Purpose:** To assess the predictability of corneal ablation depth in LASIK using NIDEK EC5000 excimer laser.

**Method:** Standard LASIK surgery was performed in 79 myopic patients with or without astigmatism with the NIDEK EC5000 excimer laser system. Ultrasonic corneal pachymetry was performed immediately after flap creation and after laser ablation during LASIK procedure, by which the actual corneal ablation depth was calculated. The values of actual and predicted ablation depth were compared.

**Results:** The actual ablation depth was ( $92.32\pm 29.86$ ) $\mu\text{m}$ , the predicted ablation depth was ( $74.16\pm 25.95$ ) $\mu\text{m}$ . The differences between them ( $18.16\pm 14.71$ ) $\mu\text{m}$  were statistically significance ( $P < 0.001$ ). Linear regression suggested that the actual ablation depth correlated closely with the predicted ablation depth ( $r = 0.87, P < 0.001$ ). The regression model was  $Y = 18.06 + 1.001X$ . The differences remained statistically significant

基金项目: 东莞市科技计划项目(2007105150007)

通讯作者: 钟广斌, E-mail: zhongguangbin@126.com

and were independent of the levels of preoperative corneal keratometry, absolute preoperative spherical equivalent and the preoperative central cornea thickness.

**Conclusion:** The actual ablation depth was about  $(18.16 \pm 14.71) \mu\text{m}$  thicker than the predicted ablation depth in the NIDEK EC5000 excimer laser system. We may have to take into account this deviation in order to ensure sufficient thickness of residual stromal bed. *Eye Science 2010; 25: 11-15.*

**Key words:** Laser in situ keratomileusis; Ablation depth; Central corneal thickness; Ultrasound pachymeter

**准**分子激光原位角膜磨镶术(Laser in situ keratomileusis, LASIK) 是应用显微角膜板层刀或飞秒激光来制作板层角膜瓣, 然后在角膜瓣下做准分子激光的消融, 最后将角膜瓣复位的一种屈光手术。由于其术后眼部反应轻、视力恢复快、Haze 发生率低、可矫正的屈光度范围大、屈光回退少等优点使其成为目前屈光手术的主流术式<sup>[1]</sup>。为了保证 LASIK 手术的安全, 目前一般保留角膜瓣下剩余基质床厚度应大于  $250 \mu\text{m}$ <sup>[1-2]</sup>, 剩余基质床的厚度与术前角膜厚度、角膜瓣厚度及激光切削深度密切相关, 而实际激光切削深度往往不同于准分子激光机显示的预测切削深度<sup>[3]</sup>, 这就为 LASIK 的手术安全留下隐患, 也影响到手术方式的选择、手术的设计和术后的视觉质量等。所以我们对 LASIK 术中角膜实际切削深度和预测切削深度的差异进行了研究, 并分析了其中的相关影响因素, 以进一步提高 LASIK 手术安全性, 并为合理设计 LASIK 手术方案提供帮助, 更好地指导临床工作。

### 材料与方 法

#### 一、研究对象

连续选取 2007 年 1 月至 2007 年 3 月在东莞市人民医院眼科准分子激光治疗中心接受 LASIK 的近视和(或)近视散光患者 79 例(157 只眼), 其中男性 38 例(75 只眼), 女性例 41(82 只眼), 年龄 18~40 岁, 平均  $(25 \pm 4.66)$  岁, 术前球镜  $-0.5 \sim -9.00 \text{ D}$ , 平均  $(-5.28 \pm 3.05) \text{ D}$ , 术前柱镜  $0 \sim -3.0 \text{ D}$ , 平均  $(-1.63 \pm 0.79) \text{ D}$ 。术前角膜 K 值  $< 43 \text{ D}$  44 眼、 $43 \sim 45 \text{ D}$  100 眼、 $K > 45 \text{ D}$  13 眼, 预期矫正等效球镜度绝对值  $< 3 \text{ D}$  36 眼、 $3 \sim 6 \text{ D}$  96 眼、 $> 6 \text{ D}$  25 眼, 术前中央角膜厚度  $< 500 \mu\text{m}$  11 眼、 $500 \sim 550 \mu\text{m}$  100 眼、 $> 550 \mu\text{m}$  46 眼。所有选取患者均进行

了严格的术前筛选, 手术均由同一名医生在相同的环境下完成且手术过程顺利。术中角膜测厚由同一名熟练的医生完成并控制了相同的角膜水合程度。

#### 二、方 法

1. 术前检查: 所有选取患者均完成详细术前检查, 包括裸眼远视力及近视力、最佳矫正视力、主视眼测定、眼压、电脑验光、散瞳验光、明暗瞳孔直径、OPD-Scan 角膜地形图、泪液分泌试验、UP-1000A 型超声角膜测厚仪测量角膜中央厚度、三面镜眼底检查等。

2. LASIK 手术及术中角膜测厚方法: 采用法国 Moria M2 旋转式自动角膜板层刀, 110 刀头, 制作直径为 8 mm 的带蒂板层角膜瓣。翻转角膜瓣, UP-1000A 型超声角膜测厚仪测量剩余角膜床厚度后, NIDEK EC5000 准分子激光系统 simple 模式进行激光切削, 切削光区直径 6 mm, 过渡区 8 mm, 完成激光切削后再次测量剩余角膜床厚度, 复位角膜瓣完成手术。

#### 三、统计学方法

本研究数据分析采用 SPSS 17.0 统计软件, 采用了配对  $t$  检验、Pearson 相关和线性回归的统计分析方法。其中实际角膜切削深度=制作角膜瓣后剩余角膜床厚度-激光切削后剩余角膜床厚度, 以术前角膜 K 值  $< 43$ 、 $43 \sim 45$ 、 $K > 45$  分三组, 以预期矫正等效球镜度绝对值  $< 3 \text{ D}$ 、 $3 \sim 6 \text{ D}$ 、 $> 6 \text{ D}$  分三组, 以术前中央角膜厚度  $< 500 \mu\text{m}$ 、 $500 \sim 550 \mu\text{m}$ 、 $> 550 \mu\text{m}$  分三组, 检验水平设置在 0.05。

### 结 果

一、角膜实际切削深度与预测切削深度的差异  
实际切削深度  $(92.32 \pm 29.86) \mu\text{m}$ , 预测切削深度  $(74.16 \pm 25.95) \mu\text{m}$ , 两者差值平均为  $(18.16 \pm$

14.71)  $\mu\text{m}$ , 其差值有统计学意义(配对  $t$  检验,  $t = 15.47, P < 0.001$ ), 其 95% 可信区间为(15.84 ~ 20.48)  $\mu\text{m}$ 。

实际切削深度与预测切削深度的差值波动范

围为 -26.7 ~ 67.9  $\mu\text{m}$ , 其中 147 眼(93.63%) 的实际切削深度大于预测切削深度, 93 眼(59.24%) 切削深度差值在 10 ~ 30  $\mu\text{m}$  范围, 26 眼(16.56%) 切削量差值大于 30  $\mu\text{m}$ (表 1 和图 1)。

表 1 切削深度差值分布表

差值 ( $\mu\text{m}$ )	<-20	-19.9~-10	-9.9~0	0.1~10	10.1~20	20.1~30	30.1~40	40.1~50	50.1~60	60.1~70
眼数	1	4	5	28	61	32	14	4	7	1
百分比	0.64%	2.55%	3.18%	17.83%	38.85%	20.38%	8.92%	2.55%	4.46%	0.64%

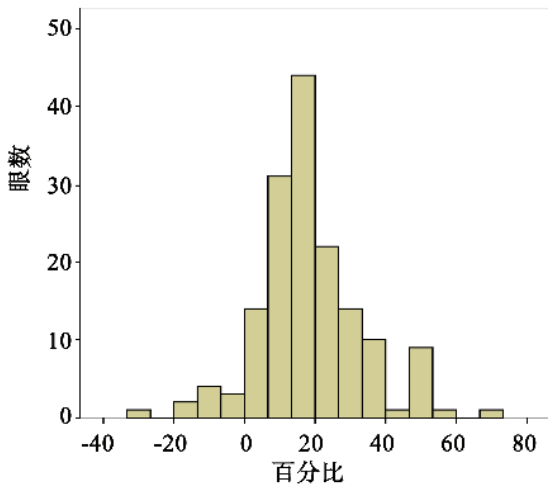


图 1 切削深度差值分布图

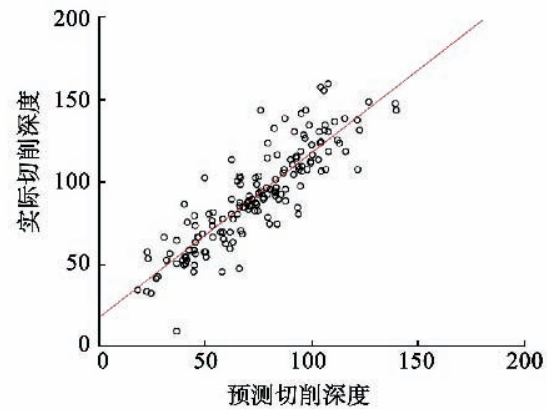


图 2 角膜实际切削深度与预测切削深度的相关散点图

### 二、角膜实际切削深度与预测切削深度的线性相关和回归分析

实际切削深度与预测切削深度具有较好的相关性, 相关系数为 0.87 ( $P < 0.001$ ), 散点图如图 2。其直线回归方程为  $Y = 18.06 + 1.001X$ , 经  $F$  检验和  $t$  检验回归方程成立。

### 三、角膜实际切削深度与预测切削深度的分组统计结果

按术前角膜 K 值、术前等效球镜绝对值及术前中央角膜厚度值分组的实际切削深度与预测切削深度的差值均有统计学意义, 统计量与  $P$  值(见表 2), 按术前等效球镜绝对值分组比较(见表 3), 按术前中央角膜厚度分组比较(见表 4)。

表 2 不同术前角膜 K 值分组之间的比较

角膜 K 值(D)	例数	差值 ( $\mu\text{m}$ )	$t$	$P$	95% 可信区间 ( $\mu\text{m}$ )
<43	44	17.37 $\pm$ 12.35	9.333	.000	13.62 $\pm$ 21.12
43~45	100	18.78 $\pm$ 15.49	12.122	.000	15.71 $\pm$ 21.85
>45	13	16.09 $\pm$ 16.69	3.476	.005	6.01 $\pm$ 26.18

表 3 不同术前等效球镜绝对值分组之间的比较

等效球镜(D)	例数	差值( $\mu\text{m}$ )	$t$	$P$	95% 可信区间 ( $\mu\text{m}$ )
<3	36	14.82 $\pm$ 9.39	9.470	.000	11.64 $\pm$ 17.99
3~6	96	15.59 $\pm$ 12.90	11.841	.000	12.98 $\pm$ 18.21
>6	25	32.84 $\pm$ 18.77	8.748	.000	25.09 $\pm$ 40.59

表4 不同术前中央角膜厚度分组之间的比较

中央角膜厚度(μm)	例数	差值(μm)	t	P	95%可信区间(μm)
<500	11	17.40±11.81	4.888	.000	9.47±25.33
500~550	100	18.66±15.27	12.22	.000	15.63±21.22
>550	46	17.27±14.33	8.173	.000	13.01±21.53

四、角膜实际切削深度及与预测切削深度差值与各个指标之间的相关关系  
等效球镜与实际切削深度有相关,术前中央

角膜厚度和K值与实际切削深度没有相关。实际切削深度与预测切削深度差值同K值、等效球镜、术前中央角膜厚度均无关(见表5)。

表5 实际切削深度及与预测切削深度的差值与术前各个指标之间的相关

	例数		K值	等效球镜	术前角膜厚度
实际切削深度	157	Pearson 相关系数	0.120	0.837	0.115
		P值	0.134	0.000	0.151
实际切削深度与预测切削深度差值	157	Pearson 相关系数	0.078	0.015	0.044
		P值	0.332	0.850	0.585

### 讨 论

一、角膜厚度的测量方法及剩余角膜基质床厚度对准分子激光手术的重要性

精确的角膜厚度的测量随着角膜屈光手术的不断发展和有着越来越重要的意义。目前,能测量角膜厚度的仪器有很多种,虽然很多仪器都已经有了很好的重复性和准确性,但超声测厚法仍然是目前临床和科研中角膜厚度测量的主要方法<sup>[4]</sup>。另外对术中角膜测量厚度,选择A型超声测厚仪也比较方便可行,所以本研究选择了A型超声测厚仪来测量术前术中的角膜厚度。

LASIK术后最严重的并发症之一就是继发性圆锥角膜,又称医源性角膜扩张,严重影响LASIK术后患者的视力。对于LASIK术后继发性圆锥角膜的发生机制一般认为可能与术前未发现的早期圆锥角膜、术后剩余角膜基质床厚度、眼内压和角膜生物力学特性等因素有关,可能是由于术后角膜尤其是剩余角膜基质床的抗张力不足以抵御正常眼内压的作用而发生继发性角膜膨隆、扩张,严重时形成继发性圆锥角膜<sup>[5]</sup>。王铮等<sup>[2]</sup>发现术后剩余角膜基质床厚度在250 μm以下组的角膜后表面的膨隆程度显著大于术后剩余角膜基质床厚度在250 μm以上组,认为术后剩余角膜基质床厚度小于250 μm时发生角膜扩张的危险性增加。Seiler等<sup>[6]</sup>认为LASIK术后剩余角膜基质床厚度

必须大于250 μm才能尽量减少发生LASIK术后角膜扩张的可能。Pallikaris等<sup>[7]</sup>发现继发性圆锥角膜的发生与术后剩余角膜基质床厚度呈正相关,认为应该保留术后剩余角膜基质床厚度大于250 μm或原角膜厚度的55%。Guirao等<sup>[8]</sup>认为角膜厚度低于500 μm或眼压过高、术前屈光度较高而角膜较薄者均不适合LASIK。所以术后剩余角膜基质床厚度决定了LASIK术后角膜的抗张能力,它是LASIK术后安全性的一个标志性指标。

二、角膜实际切削深度的影响因素及与预测切削深度的比较

角膜的实际切削深度可能受到多种因素影响:屈光度数、角膜组织的含水量、角膜的非球面形态、激光手术系统品牌、扫描模式、切削面积、工作气体、周围环境因素等等。本研究显示实际切削深度与术前等效球镜有相关,而与术前K值和术前中央角膜厚度则无相关。

本研究显示用NIDEK EC5000准分子激光系统simple模式,切削区直径6 mm,过渡区8 mm,完成角膜瓣下基质层激光切削矫正近视或/和近视散光,用超声法测得的激光实际切削深度比激光系统显示的预测切削深度平均增加(18.16±14.71) μm,95%可信区间为(15.84~20.48) μm,且实际切削深度与预测切削深度具有较好的相关性,其直线回归方程为Y=18.06+1.001X。另外实际切削深度与预测切削深度差值同术前K值、术前等

效球镜、术前中央角膜厚度均无关。

角膜实际切削深度与预测切削深度存在差异的原因可能是因为准分子激光机器系统预测的切削深度是假设每一脉冲激光切削深度稳定并叠加, 然后根据 Munnerlyn 公式计算出来的<sup>[9]</sup>, 但是实际上每一脉冲准分子激光切削深度都受到环境的湿度、温度和角膜组织含水量等各种因素影响而有一定的偏差, 最后导致预测的总切削深度出现偏差。本研究中 10 眼(6.37%)角膜实际切削深度比预测切削深度减少, 可能是因这种种因素影响导致, 另外, 手术中消融角膜组织形成的烟雾、角膜缘血管翳术中少量出血导致角膜组织表面血细胞存留等因素也可能影响角膜实际切削深度。

不同品牌的准分子激光机器的角膜实际切削深度与预测切削深度的差异可能各不相同。庞辰久等<sup>[3]</sup>报道应用博士伦 Technolas 217z 的 planoscan 模式行标准化 LASIK 时其角膜的实际切削深度比预测切削深度增加(27.37±18.02) μm。Munnerlyn 等<sup>[10]</sup>发现 Zeis-Meditec MEL 70 准分子激光机器的角膜实际切削深度比预测深度少 10 μm。另外不同品牌的准分子激光机器对相同的屈光度数显示的预测切削深度本就不同, 李海燕等<sup>[11]</sup>对不同光斑扫描模式的准分子激光机器上相同的近视球镜和柱镜的机器显示预测深度进行比较发现切削深度大小依次为: 大光斑<大小光斑结合<裂隙扫描<小光斑。

### 三、对临床工作的提示

综上所述, 鉴于多种准分子激光机器对角膜的实际切削深度大于机器显示的预测切削深度, 我们在行准分子激光手术设计时应该尽可能多的预留剩余角膜基质床厚度, 应提高目前保留剩余角膜基质床厚度至少 250 μm 的标准。用 NIDEK EC5000 准分子激光系统完成 LASIK, 术前设计手术方案时, 应该考虑到实际切削深度较系统预测切削深度增加的因素, 至少比系统显示切削深度增加 30 μm, 预留剩余角膜基质床厚度大于 280 μm, 以尽可能提高手术安全性。

另外, OCP 可以在准分子术中实时监测剩余角膜厚度, 在临床上得到应用的证明, 所以在准分子术中特别是对于角膜较薄或者高度近视的患者

可使用术中实时监测角膜厚度, 及时调整手术参数, 术中确认剩余角膜基质床厚度大于 250 μm, 从而进一步提高 LASIK 的安全性<sup>[12]</sup>。

### 参考文献

1. 王 铮, 陆文秀. 全国医用设备(准分子激光)使用人员上岗考试指南 [M]. 北京: 中华医学会继续教育部, 2009, 179-188.
2. Wang Z, Chen J, Yang B. Poster cornea surface topographic changes after laser in situ keratomileusis are related to residual corneal bed thickness [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106(2):406-409.
3. 庞辰久, 宋晓虹, 张 黎, 等. Technolas 217z 准分子激光角膜组织切削深度预测性的评价 [J]. *中国实用眼科杂志*, 2007, 25(3):320-323.
4. 江先明, 杨 斌, 王 铮, 等. 四种仪器测量中央角膜厚度的比较 [J]. *中国实用眼科杂志*, 2009, 27(5):467-471.
5. 陈跃国. 准分子激光角膜屈光手术专家释疑 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 2007, 133-140.
6. Seiler T, Koufala K, Richter G. Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis [J]. *J Refract Surg*, 1998, 14(3):312-317.
7. Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2001, 27(11):1796-1802.
8. Guirao A. Theoretical elastic response of the cornea to refractive surgery: risk factors for keratectasia [J]. *J Refract Surg*, 2005, 21(2):176-185.
9. Munnerlyn CR, Koons SJ, Marshall J. Photorefractive keratectomy: a technique for laser refractive surgery [J]. *J Cataract Refract Surg*, 1988, 14(1):46-52.
10. Munnerlyn CR, Koons SJ, Marshall J. Ultrasound evaluation of flap thickness, ablation depth, and cornea edema after laser in situ keratomileusis [J]. *J Refract Surg*, 2004, 20(3):279-281.
11. 李海燕, 孙 同, 李 莹, 等. 不同品牌准分子激光机对角膜切削深度的比较 [J]. *中外医疗*, 2007, 18:43-44.
12. Neuhann IM, Lege BA, Bauer M, et al. Online optical coherence pachymetry as a safety measure for laser in situ keratomileusis treatment in 1859 cases [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008, 34(8):1273-1279.

(收稿日期: 2010-05-26 编辑: 杨江瑜)