

FS-LASIK 和 SMILE 术后角膜前表面非球面性变化的比较

张亚丽, 徐湘辉, 刘 蕾, 李招娜

引用: 张亚丽, 徐湘辉, 刘蕾, 等. FS-LASIK 和 SMILE 术后角膜前表面非球面性变化的比较. 国际眼科杂志 2019; 19(12): 2107-2110

基金项目: 2018 年济南市卫生和计划生育委员会科技计划项目 (No.2018-1-11)

作者单位: (250001) 中国山东省济南市第二人民医院屈光手术中心

作者简介: 张亚丽, 博士, 副主任医师, 研究方向: 角膜屈光手术与视光学。

通讯作者: 张亚丽. 157184193@qq.com

收稿日期: 2019-05-13 修回日期: 2019-11-05

摘要

目的: 分析并比较飞秒激光制瓣联合准分子激光原位角膜磨镶术 (FS-LASIK) 与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE) 对角膜前表面非球面性的影响。

方法: 选取 2016-11/2017-09 在我院行 FS-LASIK 手术 (FS-LASIK 组) 和 SMILE 手术 (SMILE 组) 的近视患者各 60 例 60 眼, 术前和术后 3mo 使用 Pentacam 眼前节分析系统测量角膜前表面 6、7、8、9mm 直径范围 Q 值和角膜前表面像差。

结果: 术前, 两组患者角膜前表面各直径范围 Q 值均无差异; 术后 3mo, 均明显高于术前, 且 FS-LASIK 组患者角膜前表面 6mm 直径范围 Q 值明显高于 SMILE 组 (0.89 ± 0.43 vs 0.47 ± 0.32 , $P < 0.05$)。术前, 两组患者角膜总高阶像差和角膜球差均无差异; 术后 3mo, 两组患者角膜总高阶像差也无差异, 但 FS-LASIK 组患者角膜球差高于 SMILE 组 ($0.43 \pm 0.23 \mu\text{m}$ vs $0.31 \pm 0.11 \mu\text{m}$, $P < 0.05$)。

结论: FS-LASIK 和 SMILE 术均改变了角膜前表面非球面性, 术后角膜前表面 Q 值均向正值方向变化, 且 SMILE 术对角膜前表面 Q 值和角膜像差的改变均小于 FS-LASIK 术。

关键词: 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术; 飞秒激光制瓣联合准分子激光原位角膜磨镶术; 非球面; Q 值; 角膜 DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2019.12.25

Comparative research of FS - LASIK and SMILE on anterior corneal asphericity

Ya-Li Zhang, Xiang-Hui Xu, Lei Liu, Zhao-Na Li

Foundation item: Science and Technology Development Plan Project of Health and Family Planning Commission of Jinan Municipality (No.2018-1-11)

Department of Refractive Surgery Center, the Second People's Hospital of Jinan, Jinan 250001, Shandong Province, China

Correspondence to: Ya-Li Zhang. Department of Refractive Surgery Center, the Second People's Hospital of Jinan, Jinan 250001, Shandong Province, China. 157184193@qq.com

Received: 2019-05-13 Accepted: 2019-11-05

Abstract

• AIM: To investigate and compare the effect of femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis (FS - LASIK) and small incision lenticule extraction (SMILE) surgery on anterior corneal asphericity.

• METHODS: There were sixty eyes of 60 patients in FS-LASIK and SMILE group respectively from November 2016 to September 2017. The Q - values of anterior corneal surface for different diameters (6, 7, 8 and 9mm) and corneal aberrations were measured with Pentacam before and 3mo after operation.

• RESULTS: The Q - values of anterior corneal surface between FS - LASIK and SMILE were no significant differences. After 3mo operation, the values increased significantly; and the post-operative Q-values of 6mm in group SMILE was significant lower than group FS-LASIK (0.47 ± 0.32 vs 0.89 ± 0.43 , $P < 0.05$). The higher aberration and spherical aberration in FS-LASIK and SMILE were no significant differences before surgery; after 3mo operation, there were no significant difference between them. However, group FS - LASIK had significant higher spherical aberration than group SMILE ($0.43 \pm 0.23 \mu\text{m}$ vs $0.31 \pm 0.11 \mu\text{m}$, $P < 0.05$).

• CONCLUSION: FS - LASIK and SMILE cause significant changes of anterior corneal asphericity, Q - values all increased to positive values after surgeries; and there have less changes of Q - value and corneal aberration in SMILE than in FS-LASIK surgery.

• KEYWORDS: small incision lenticule extraction; femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis; asphericity; Q-value; cornea

Citation: Zhang YL, Xu XH, Liu L, et al. Comparative research of FS-LASIK and SMILE on anterior corneal asphericity. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2019; 19(12): 2107-2110

0 引言

角膜的非球面性即 Q 值, 描述角膜曲率由中央到周边的变化趋势。常规的角膜屈光手术后 Q 值发生改变, 引起术后高阶像差, 尤其是正球差的显著增加, 导致视觉质量降低^[1-2]。近年飞秒激光小切口角膜基质透镜取出

表1 两组患者术前基本资料比较

组别	眼数	男/女(例)	年龄(岁)	角膜厚度(μm)	角膜曲率(D)
SMILE组	60	29/31	23.65 \pm 4.38(18~34)	566.92 \pm 23.15(534.00~617.00)	42.96 \pm 1.05(39.75~44.50)
FS-LASIK组	60	32/28	23.40 \pm 4.76(18~34)	561.94 \pm 25.65(529.00~641.00)	43.19 \pm 1.60(39.25~46.00)
t/χ^2		0.30	-0.30	1.05	-1.37
P		0.58	0.26	0.98	0.07

组别	眼数	球镜度数(D)	柱镜度数(D)	等效球镜度(D)	BCVA(LogMAR)
SMILE组	60	-4.77 \pm 1.26 (-2.50~-7.25)	-0.47 \pm 0.48 (-1.75~0.00)	-5.01 \pm 1.32 (-2.88~-7.88)	0.01 \pm 0.04 (-0.10~0.10)
FS-LASIK组	60	-5.12 \pm 1.42 (-1.50~-8.50)	-0.48 \pm 0.57 (-2.00~0.00)	-5.36 \pm 1.51 (-1.50~-8.50)	0.01 \pm 0.04 (-0.10~0.10)
t		1.31	0.10	1.25	0.21
P		0.94	0.20	0.97	0.84

术(small incision lenticule extraction, SMILE)以其切口小, 无需制作角膜瓣, 视力恢复快等特点, 成为众多眼科专家研究的热点^[3-4]。本研究拟分析比较 SMILE 和飞秒激光制瓣联合准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis, FS-LASIK)术后3mo角膜前表面Q值和球差的变化, 并对其相关因素进行分析。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性临床对照研究。选取2016-11/2017-09在我院行FS-LASIK手术(FS-LASIK组)和SMILE手术(SMILE组)的近视患者各60例60眼(均纳入右眼数据进行研究)。纳入标准:(1)年龄 \geq 18周岁;(2)屈光状态稳定2a以上;(3)术前停戴隐形眼镜2wk以上;(4)无全身性和其它眼部疾病;(5)术后角膜基质床厚度大于280 μm ;(6)术后遵医嘱定期随诊3mo以上。排除标准:(1)存在全身结缔组织疾病或自身免疫性疾病;(2)孕期和哺乳期女性;(3)活动性眼部疾病, 角膜斑翳, 圆锥角膜或可疑圆锥角膜等患者。两组患者性别构成比、年龄、术前球镜度数、柱镜度数、等效球镜度、最佳矫正视力(BCVA)、角膜厚度、角膜曲率等基本资料比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$, 表1), 具有可比性。本研究通过了医院伦理委员会审查, 所有检查项目均在被检查者知情同意的基础上进行。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 所有患者术前均进行系统的眼科检查, 包括裸眼远近视力、最佳矫正远近视力、裂隙灯、散瞳眼底检查、电脑散瞳验光、主觉验光、眼内压测定、角膜测厚、角膜地形图等, 并采用Pentacam三维眼前节分析系统测量角膜非球面性和角膜前表面像差, 其中角膜非球面性检测包括角膜前表面6、7、8、9、10mm直径范围Q值, 但由于10mm范围Q值存在变异性, 可重复性较差, 本研究未纳入分析; 角膜前表面像差检测包括角膜总高阶像差和角膜球差。Pentacam检查在暗室自然瞳孔状态下进行, 取成像质量结果显示为OK, 并且角膜暴露区域大于9mm的检测结果。

1.2.2 手术方法 手术均由同一位资深医师完成。(1)FS-LASIK术: 采用Intralase飞秒激光系统制作角膜瓣, 蒂部位于上方, 直径8.30~8.50mm, 厚度105~110 μm ; 采用Eye-Q 400Hz准分子激光系统行角膜切削, 目标Q值为 $Q_{\text{术前}}-0.1$, 光学区6.00~6.60mm, 过渡区为1.00mm。(2)

SMILE术: 采用VisuMax飞秒激光仪进行激光扫描, 帽直径7.30~7.50mm, 厚度120~130 μm , 透镜直径6.30~6.50mm, 手术切口位于11:00位, 长度2.50mm, 扫描完成后钝性分离基质透镜的上下表面并取出。术后第1d, 两组患者均采用皮质类固醇滴眼液、抗生素滴眼液、人工泪液点眼, 4次/d; 7d后皮质类固醇滴眼液减量至3次/d, 持续使用4wk, 同时停用抗生素滴眼液, 酌情使用人工泪液。

1.2.3 术后随访 术后1d, 1wk, 1, 3mo进行视力、裂隙灯眼前节检查、主觉验光、眼压等眼科检查, 术后3mo采用Pentacam眼前节分析系统检测角膜非球面性和角膜前表面像差。

统计学分析: 应用SPSS 24.0统计软件进行数据分析。计量资料采用 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组间比较采用独立样本 t 检验, 手术前后比较采用配对样本 t 检验。计数资料的组间比较采用卡方检验。相关性分析采用Pearson相关分析法。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者手术情况 两组患者均顺利完成手术, 术中和术后均无严重并发症发生, 术后均达到术前预矫效果。FS-LASIK组和SMILE组切削深度分别为77.70 \pm 16.20、101.60 \pm 21.91 μm , 差异有统计学意义($t=7.30, P<0.001$)。术后3mo, FS-LASIK组和SMILE组患者裸眼视力(LogMAR)分别为-0.07 \pm 0.06和-0.05 \pm 0.07, 差异无统计学意义($t=0.43, P>0.05$)。

2.2 两组患者手术前后角膜前表面Q值情况 术前, 两组患者角膜前表面6、7、8、9mm直径范围Q值差异均无统计学意义($P>0.05$); 术后3mo, FS-LASIK组患者角膜前表面6mm直径范围Q值明显高于SMILE组, 差异有统计学意义($P<0.05$), 其余各角膜前表面直径范围内Q值两组间差异均无统计学意义($P>0.05$)。两组患者术后3mo角膜前表面各直径范围Q值均明显高于术前, 差异均有统计学意义($P<0.05$), 见表2, 图1。Pearson相关分析结果显示, FS-LASIK组和SMILE组患者手术前后角膜前表面6mm直径范围 ΔQ 值($Q_{\text{术后3mo}}-Q_{\text{术前}}$)和切削深度均呈正相关($r=0.726, 0.835$, 均 $P<0.01$)。

2.3 两组患者手术前后角膜前表面像差情况 术前, 两组患者角膜总高阶像差和角膜球差差异均无统计学意义($P>0.05$); 术后3mo, 两组患者角膜总高阶像差差异无统

表 2 两组患者手术前后角膜前表面 Q 值比较

范围	组别	术前	术后 3mo	t	P
6mm	SMILE 组	-0.27±0.08	0.47±0.32	-16.27	<0.001
	FS-LASIK 组	-0.26±0.07	0.89±0.43	-20.39	<0.001
	t	-0.80	-5.63		
	P	0.13	0.03		
7mm	SMILE 组	-0.30±0.09	0.50±0.32	-18.16	<0.001
	FS-LASIK 组	-0.29±0.07	0.83±0.37	-22.54	<0.001
	t	-0.53	-4.67		
	P	0.38	0.35		
8mm	SMILE 组	-0.33±0.10	0.49±0.30	-19.37	<0.001
	FS-LASIK 组	-0.32±0.09	0.72±0.31	-24.59	<0.001
	t	-0.42	-3.80		
	P	0.86	0.80		
9mm	SMILE 组	-0.35±0.11	0.41±0.28	-19.79	<0.001
	FS-LASIK 组	-0.36±0.10	0.53±0.27	-23.71	<0.001
	t	0.14	-2.05		
	P	0.81	0.36		

表 3 两组患者手术前后角膜前表面相差比较

组别	总高阶像差		t	P	球差		t	P
	术前	术后 3mo			术前	术后 3mo		
SMILE 组	0.41±0.08	0.72±0.21	-9.26	<0.001	0.18±0.08	0.31±0.11	-6.27	<0.001
FS-LASIK 组	0.41±0.09	0.83±0.27	-8.33	<0.001	0.20±0.07	0.43±0.23	-7.39	<0.001
t	0.55	-2.27			-1.54	-3.30		
P	0.13	0.07			0.53	<0.001		

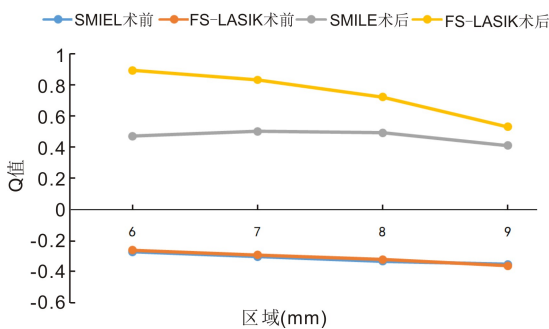


图 1 两组患者手术前后角膜前表面 Q 值变化趋势。

计学意义 ($P>0.05$), 但 FS-LASIK 组患者角膜球差高于 SMILE 组, 差异有统计学意义 ($P<0.01$), 见表 3。

3 讨论

角膜 Q 值是用来定量角膜非球面性程度的数值, 描述角膜前表面从顶点到周边的曲率变化趋势, 当 $Q=0$ 时, 角膜为完美的球面; 当 $Q>0$ 时, 角膜为扁球型, 表示角膜曲率由中心到周边逐渐变陡; 当 $Q<0$ 时, 角膜为椭球型, 表示角膜曲率由中心到周边逐渐扁平。Molchan 等^[5] 研究中, 不同屈光手术的近视患者术前 Q 值为 -0.32 ± 0.13 和 -0.31 ± 0.11 。Zhang 等^[6] 研究发现该值为 -0.22 ± 0.09 和 -0.25 ± 0.10 。苏小连等^[7] 研究发现, 近视患者术前角膜前表面 6~9mm 直径范围 Q 值约为 $-0.38\sim-0.24$ 。本研究发现, 术前 SMILE 组和 FS-LASIK 组角膜前表面 Q 值

分别为 $-0.35\sim-0.27$ 和 $-0.36\sim-0.26$, 与以往研究结果相似。

SMILE 手术于 2011 年由 Shah 等专家首次报道, 其安全性、可靠性已得到了广泛认可^[3-4]。本研究中, SMILE 组患者手术切口长度为 2.50mm, 术后角膜前表面 6、7、8、9mm 范围 Q 值均为正值 (0.41~0.50), 较术前显著增加。由此可见, SMILE 手术改变了角膜前表面的非球面性, 由术前的椭球型变为术后的扁球型, 术前角膜前表面由中央至周边 Q 值呈负性增加的趋势, 而术后这一趋势发生改变, 这与 Yu 等^[8] 和张亚丽等^[9] 研究结果相同, 但与苏小连等^[7] 研究结果有所不同, 考虑与手术方式和光学区的设定有关, 该手术无瓣, 手术光学区设定为 6.30~6.50mm, 过渡区为 0.1mm, 所以 7mm 左右的直径范围内应该是角膜曲率半径变化最大的区域, 对 Q 值的影响也应该是偏大的, 越靠近周边影响相对越小。以往研究表明, 角膜椭球型的非球面性 ($Q<0$) 与晶状体的扁球型的非球面性 ($Q>0$) 相互补偿, 从而得到眼球整体更小的球差, 更好的视觉质量^[10]。SMILE 手术改变了角膜的非球面性, 故手术引入了过多的像差, 从而影响了术后的视觉质量。本研究表明, 该组患者术前角膜总高阶像差和角膜球差分别为 0.41 ± 0.08 、 $0.18\pm0.08\mu\text{m}$, 术后 3mo 分别为 0.72 ± 0.21 、 $0.31\pm0.11\mu\text{m}$, 均显著增加。此外, 通过计算我们发现, 术后 3mo 球差占总高阶像差的比例并没有因手术而发生明显改变 (43.1% vs 43.9%), 推测手术导致了角膜总高阶

像差的改变,其球差亦呈比例增加,并没有引入额外过多的球差,角膜基质透镜的设计本身就考虑了角膜非球面性这一因素,但尚需进一步研究。

传统的准分子激光切削在矫正屈光不正的同时,可导致球差和角膜非球面性增加,若伴有偏心,切削不规则,回退和角膜膨隆等情况,则更会引入过多的彗差和其它高阶像差^[2,11]。角膜非球面性的改变是引起屈光不正术后视功能降低的主要因素^[12],因而减少术源性 Q 值变化显得尤其重要。在临床治疗中,Q 值引导的屈光手术也取得了良好的效果^[1,5]。本研究中,FS-LASIK 组患者术前角膜前表面 6~9mm 范围 Q 值为-0.36~-0.26,术后均为正值(0.53~0.89),显著增加,这与 Huang 等^[1]研究结果相似,该研究中 LASIK 组和 LASEK 组患者平均 Q 值均从术前-0.35±0.15 增加到术后 0.79±0.33 和 0.79±0.30。Stojanovic 等^[13]研究结果显示,Q 值引导的切削模式对角膜非球面性的改变(术前 Q 值-0.36,术后 Q 值-0.03)显著低于像差引导模式(术前 Q 值-0.33,术后 Q 值 0.06),究其原因可能是由于目标 Q 值的设置不同。目前,目标 Q 值的设定尚无统一规定,缺乏规范性。在本研究中,目标 Q 值设定为 $Q_{\text{术前}} - 0.1$,Huang 等^[1]研究中目标 Q 值为 $Q_{\text{术前}}$,而 Stojanovic 等^[13]研究中目标 Q 值为 $Q_{\text{术前}} - 0.5$ 或 $Q_{\text{术前}} - 0.6$ 。Koller 等^[14]研究指出 $Q_{\text{术前}} - 0.4$ 在矫正近视散光中可以获得和波前像差引导手术一样的视觉效果。值得注意的是,目标 Q 值的设定并非是指使术后的 Q 值达到这一目标,而是指准分子激光对角膜从中央至周边的非球面切削模式的改变,Q 值改变越大,切削的角膜组织越多。Q 值引导的准分子激光手术,目标 Q 值的设定还有待改进、设计和完善,以达到预期的治疗效果。本研究结果表明,FS-LASIK 手术能够改变角膜前表面的非球面性,由术前的椭球型变为术后的扁球型,但术前角膜前表面由中央至周边 Q 值呈负性增加的趋势在术后未发生改变,这与侯杰等^[15]研究结果一致,考虑除了与切削区域有关外,亦可能与 FS-LASIK 手术角膜瓣的制作有关,但角膜瓣的制作是否影响角膜前表面的非球面性仍需进一步研究证实。角膜非球面性的改变必然会引入更多的高阶像差,本研究发现,FS-LASIK 组患者术前角膜总高阶像差和球差分别为 0.41 ± 0.09 、 $0.20 \pm 0.07 \mu\text{m}$,术后 3mo 为 0.83 ± 0.27 、 $0.43 \pm 0.23 \mu\text{m}$,显著增加,通过计算发现,术后 3mo 角膜球差占角膜总高阶像差的比例较术前稍有增加(51.8% vs 48.8%)。

此外,通过对两组患者手术前后 Q 值进行对比发现,术前均无统计学差异,术后 3mo,SMILE 组患者 6mm 直径范围角膜前表面 Q 值显著低于 FS-LASIK 组,其它直径范围内 Q 值也是明显较低,但无统计学差异,表明 FS-LASIK 手术对角膜前表面非球面性的影响显著高于 SMILE 手术。我们也发现,FS-LASIK 组患者术后角膜总高阶像差和球差均高于 SMILE 组,在球差方面有显著性差异,表明 SMILE 手术对角膜高阶像差的影响小于 FS-LASIK 手术。Pearson 相关分析结果显示,两组患者角膜前表面 6mm 直径范围 ΔQ 值和切削深度均呈正相关,分析认为矫正的屈光度数越高,中央切削深度越大,Q 值的变化越显著。本

研究中,SMILE 组患者的切削深度显著高于 FS-LASIK 组,结合 Q 值和像差的分析结果,充分表明与 FS-LASIK 手术相比,SMILE 手术对角膜前表面 Q 值改变较小,这与苏小连等^[7]研究结果相符。

综上所述,FS-LASIK 手术和 SMILE 手术均改变了角膜前表面的非球面性,术后角膜前表面 Q 值均向正值方向变化,且 SMILE 手术对角膜前表面 Q 值和角膜像差的改变均小于 FS-LASIK 手术。

参考文献

- 1 Huang H, Yang J, Bao H, et al. Retrospective analysis of changes in the anterior corneal surface after Q value guided LASIK and LASEK in high myopic astigmatism for 3 years. *BMC Ophthalmol* 2012; 12: 15
- 2 Hersh PS, Fry K, Blaker JW. Spherical aberration after laser *in situ* keratomileusis and photorefractive keratectomy. Clinical results and theoretical models of etiology. *J Cataract Refract Surg* 2003; 29(11): 2096-2104
- 3 Breyer DRH, Beckers L, Hagen P, et al. Comparison of Long-term Results with Small Incision Refractive Lenticule Extraction (ReLEX SMILE) vs. Femto-LASIK. *Klin Monbl Augenheilkd* 2019; 236(10): 1201-1207
- 4 Sánchez - González JM, Alonso - Aliste F. Visual and refractive outcomes of 100 small incision lenticule extractions (SMILE) in moderate and high myopia; a 24-month follow-up study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019; 257(7): 1561-1567
- 5 Molchan RP, Taylor KR, Panday VA, et al. Retrospective Analysis Comparing the Preoperative and Postoperative "Q" Values for 2 Different Lasers in Refractive Surgery. *Cornea* 2015; 34(11): 1437-1440
- 6 Zhang H, Wang Y, Li H. Corneal Spherical Aberration and Corneal Asphericity after Small Incision Lenticule Extraction and Femtosecond Laser-Assisted LASIK. *J Ophthalmol* 2017; 2017: 4921090
- 7 苏小连,王雁,吴文静,等. SMILE 和飞秒激光制瓣的 LASIK 术后角膜前表面非球面性的对比研究. *中华眼科杂志* 2016; 52(9): 681-685
- 8 Yu M, Chen M, Liu W, et al. Comparative study of wave-front aberration and corneal Asphericity after SMILE and LASEK for myopia; a short and long term study. *BMC Ophthalmol* 2019; 19(1): 80
- 9 张亚丽,曹丽君,徐湘辉,等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术对角膜前后表面非球面性的影响. *眼科新进展* 2019; 39(4): 354-357
- 10 Atchinson D, Smith G. Optics of the Human Eye. Edinburgh, United Kingdom; Butterworth-Heinemann 2003; 11-20
- 11 Sharma M, Wachler BS, Chan CC. Higher-order aberrations and relative risk of symptoms after LASIK. *J Refract Surg* 2007; 23(3): 252-256
- 12 Holladay JT, Dudeja DR, Chang J. Functional vision and corneal changes after laser *in situ* keratomileusis determined by contrast sensitivity, glare testing, and corneal topography. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25(5): 663-669
- 13 Stojanovic A, Wang L, Jankov MR, et al. Wavefront optimized versus custom-Q treatments in surface ablation for myopic astigmatism with the WaveLight ALLEGRETTO laser. *J Refract Surg* 2008; 24(8): 779-789
- 14 Koller T, Iseli HP, Hafezi F, et al. Q-factor customized ablation profile for the correction of myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2006; 32(4): 584-589
- 15 侯杰,王雁,左彤,等. LASIK 手术对角膜前后表面非球面性的早期影响. *眼科研究* 2010; 28(3): 261-266