

引文格式:张亚丽,曹丽君,徐湘辉,李招娜,刘蕾.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[J].眼科新进展,2019,39(4):354-357. doi:10.13389/j.cnki.rao.2019.0080

【应用研究】

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[△]

张亚丽 曹丽君 徐湘辉 李招娜 刘蕾

Effect of small incision lenticule extraction on anterior and posterior corneal asphericity

ZHANG Ya-Li, CAO Li-Jun, XU Xiang-Hui, LI Zhao-Na, LIU Lei

[Abstract] Objective To investigate the effect of small incision lenticule extraction (SMILE) on anterior and posterior corneal asphericity (Q-value). **Methods** Eighty one eyes of 81 patients were included in this study. All the patients accepted the surgery of SMILE and completed 3 months follow-up. The Q-values of the anterior and posterior corneal surface for different corneal diameters (6 mm, 7 mm, 8 mm and 9 mm) were measured with Pentacam before and 3 months after operation, and the changes in the Q-values and the factors were analyzed by Pearson. **Results** The Q-values of the anterior corneal surface from diameters of 6 mm, 7 mm, 8 mm and 9 mm were -0.29 ± 0.11 , -0.33 ± 0.11 , -0.35 ± 0.11 and -0.38 ± 0.11 , respectively; 3 months after operation, the values were 0.47 ± 0.34 , 0.51 ± 0.33 , 0.50 ± 0.31 and 0.43 ± 0.28 , respectively, and the differences were statistically significant by paired-samples *t* test ($t = -22.51, -24.75, -26.47, -27.49$, all $P < 0.05$). Pearson correlation analysis found a positive correlation between the changes of corneal anterior Q-values and the changes of anterior corneal curvature ($r = 0.89, P < 0.05$). The Q-values of the posterior corneal surface from diameters of 6 mm, 7 mm, 8 mm and 9 mm were -0.12 ± 0.18 , -0.21 ± 0.17 , -0.29 ± 0.16 and -0.38 ± 0.14 ; 3 months after operation, the values were -0.07 ± 0.18 , -0.16 ± 0.16 , -0.24 ± 0.15 and -0.35 ± 0.13 , respectively, and there were all significant differences between them ($t = -3.45, -5.11, -5.14, -3.51$, all $P < 0.05$). Pearson correlation analysis found a positive correlation between the changes of corneal posterior Q-values and the changes of posterior corneal curvature ($r = 0.56, P < 0.05$). **Conclusion** SMILE causes significant changes on the anterior and posterior corneal asphericity. The Q-values increased to positive values after SMILE surgery.

[Key words] femtosecond laser; small incision lenticule extraction; asphericity; Q-value; cornea

[摘要] 目的 研究飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)对角膜前后表面不同直径范围内非球面参数(Q值)的影响。方法 选择行SMILE治疗并定期随访3个月以上的近视患者81例81眼,使用Pentacam眼前节分析系统对患者术前和术后3个月角膜前后表面6 mm、7 mm、8 mm和9 mm直径范围的Q值进行测量,分析手术前后角膜前后表面Q值的变化规律,并对相关影响因素采用Pearson相关分析。结果 SMILE术前角膜前表面6 mm、7 mm、8 mm、9 mm直径范围内Q值分别为 -0.29 ± 0.11 、 -0.33 ± 0.11 、 -0.35 ± 0.11 和 -0.38 ± 0.11 ,术后3个月分别为 0.47 ± 0.34 、 0.51 ± 0.33 、 0.50 ± 0.31 和 0.43 ± 0.28 ,进行配对*t*检验,其差异均有统计学意义($t = -22.51, -24.75, -26.47, -27.49$,均为 $P < 0.05$)。Pearson相关分析发现:手术前后角膜前表面曲率变化与角膜前表面 ΔQ 值呈正相关($r = 0.89, P < 0.05$)。SMILE术前角膜后表面6 mm、7 mm、8 mm、9 mm直径范围内Q值分别为 -0.12 ± 0.18 、 -0.21 ± 0.17 、 -0.29 ± 0.16 和 -0.38 ± 0.14 ,术后3个月分别为 -0.07 ± 0.18 、 -0.16 ± 0.16 、 -0.24 ± 0.15 和 -0.35 ± 0.13 ,其差异均有统计学意义($t = -3.45, -5.11, -5.14, -3.51$,均为 $P < 0.05$)。Pearson相关分析发现:手术前后角膜后表面曲率变化与角膜后表面 ΔQ 值呈正相关($r = 0.56, P < 0.05$)。结论 SMILE手术改变了角膜前后表面的非球面特性,术后Q值均向正值方向变化。

[关键词] 飞秒激光;小切口角膜基质透膜取出术;非球面性;Q值;角膜

[中图分类号] R778

作者简介:张亚丽,女,1978年6月出生,山东济南人,博士,副主任医师。研究方向:角膜屈光手术与视光学。联系电话:0531-87919881;E-mail:157184193@qq.com;ORCID:0000-0001-7716-0262

作者简介:曹丽君,女,1975年8月出生,山东济南人。研究方向:角膜屈光手术。E-mail:1120059538@qq.com;ORCID:0000-0002-0851-3025

注:张亚丽和曹丽君同为第一作者。

About ZHANG Ya-Li: Female, born in June, 1978. Doctoral degree. E-mail:157184193@qq.com;ORCID:0000-0001-7716-0262

About CAO Li-Jun: Female, born in August, 1975. E-mail:1120059538@qq.com;ORCID:0000-0002-0851-3025

收稿日期:2018-05-09

修回日期:2018-11-20

本文编辑:申蓝

△基金项目:济南市卫生和计划生育委员会科技发展计划项目(编号:2016-1-05)

作者单位:250001 山东省济南市,济南市第二人民医院屈光手术中心
通讯作者:刘蕾, E-mail:1042659078@qq.com;ORCID:0000-0003-0356-1201

Received date: May 9, 2018

Accepted date: Nov 20, 2018

Foundation item: Science and Technology Development Plan Project of Health and Family Planning Commission of Jinan Municipality (No:2016-1-05)

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

Responsible author: LIU Lei, E-mail:1042659078@qq.com;ORCID:0000-0003-0356-1201

科技发展日新月异,角膜屈光手术亦在寻求更安全、更微创的手术技术道路上砥砺前行。近几年飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(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。已有研究显示了该手术的安全性和有效性^[1-2];而且关于术后视觉质量和角膜生物力学的研究亦越来越多^[3-6];但关于角膜非球面性变化的研究相对较少^[7]。角膜的非球面性即Q值,描述角膜曲率由中央到周边变化趋势。常规的角膜屈光手术后角膜前表面Q值通常由负值变为正值,从而引起术后高阶像差,特别是正球差的显著增加,可导致视觉质量降低^[8]。本研究拟分析SMILE术后3个月的角膜前后表面Q值变化,并对其相关因素进行分析。

1 资料与方法

1.1 一般资料 病例选择2016年10月至2017年9月在我院行SMILE手术治疗并定期随访3个月以上的近视患者共81例81眼,其中男41例41眼,女40例40眼。所有患者均取右眼作为研究眼。纳入标准:年龄大于18周岁,屈光状态稳定2a以上,角膜接触镜停戴2周,术后基质床厚度大于280 μm,并能按医嘱完成复查。排除标准:存在全身结缔组织疾病或自身免疫性疾病,孕期和哺乳期,活动性眼部疾病、角膜斑翳、圆锥角膜或可疑圆锥角膜等的患者。

1.2 术前检查 术前所有病例均作系统的眼科检查,包括裸眼远视力、最佳矫正视力、裂隙灯、散瞳眼底检查、电脑散瞳验光、主觉验光、眼压测量、角膜厚度测量、角膜地形图等。采用Pentacam(Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany)三维眼前节分析系统测量并获取角膜前后表面Q值;Pentacam应用Scheimpflug摄像机旋转摄像获取眼前节多个图像,产生眼前节三维立体图,其系统基于测量的数据对角膜非球面性进行分析,可获取角膜前后表面6 mm、7 mm、8 mm、9 mm、10 mm直径下的角膜前后表面Q值,其中10 mm Q值变异性与可重复性较差,在此不作分析。检查在暗室自然瞳孔状态下进行,只取成像质量结果显示为OK,并且角膜暴露区域大于9 mm的检测结果。

1.3 手术方法 所有手术均由同一资深医师完成。术眼表面麻醉,放置好开睑器后用VisuMax飞秒激光仪(Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany)进行激光扫描,频率为500 000 Hz,能量指数为27~29,帽直径为7.3~7.5 mm,厚度为120~130 μm,透镜直径为6.3~6.5 mm,手术的边切口位于11点钟位,长度为2.5 mm,激光扫描完成后,分离器分离基质透镜的上下表面,取出透镜。

1.4 术后用药和随访 术后第1天用皮质类固醇眼液、抗生素眼液和人工泪液滴眼,每天4次,连用

7 d;7 d后皮质类固醇眼液减量至每天3次,共4周,7 d停用抗生素滴眼液,酌情使用人工泪液。术后1 d、1周、1个月和3个月常规检查视力、裂隙灯眼前节检查、主觉验光和眼压等;术后3个月检查角膜地形图。

1.5 统计学方法 应用SPSS 24.0统计学软件进行数据分析。手术前后Q值的比较采用配对t检验进行分析;不同直径范围间Q值比较应用单因素方差分析;Pearson相关分析法进行相关影响因素的分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本资料比较 所有手术均顺利完成,无术中、术后并发症的发生。患者年龄为18~41(21.98 ± 5.66)岁,术前裸眼视力为0.30~2.00(0.88 ± 0.15) logMAR,最佳矫正视力为-0.10~0.10 logMAR,球镜度数为-2.50~-8.50(-5.03 ± 1.42) D,散光度数为0~-2.50(-0.59 ± 0.58) D,等效球镜度数为-2.88~-8.50 D(-5.33 ± 1.47) D,角膜中央厚度为529~617(567.84 ± 24.90) μm,切削深度为67~157(107.31 ± 23.99) μm,术前角膜前表面曲率(以角膜顶点为中心的3 mm直径范围)为40.20~45.10(43.34 ± 1.18) D,角膜后表面曲率(以角膜顶点为中心的3 mm直径范围)为-6.00~-6.70(-6.31 ± 0.20) D。

术后3个月裸眼视力为-0.10~0.10(-0.06 ± 0.07) logMAR,等效球镜度数为-0.50~0.50(-0.05 ± 0.44) D,均达到预期结果。术后角膜前表面曲率为36.40~42.60(39.31 ± 1.45) D,与术前相比显著降低($t = 30.97, P < 0.05$);角膜后表面曲率为-6.60~-5.90(-6.30 ± 0.20) D,与术前相比差异无统计学意义($t = -1.00, P > 0.05$)。

2.2 SMILE手术前后角膜前表面Q值结果比较 对手术前后角膜前表面不同直径范围Q值进行比较,结果可见,术后角膜前表面Q值均向正值变化,各直径范围差异均有统计学意义(均为 $P > 0.05$,见表1)。术前角膜前表面Q值由中央至周边向负值方向变大,而术后由角膜中央至周边的Q值呈现出先向正值方向变大、后变小的趋势,与术前不同。

对手术前后角膜前表面不同直径范围 ΔQ 值($Q_{\text{术后}} - Q_{\text{术前}}$)进行单因素方差分析发现,6 mm直径和8 mm直径范围的 ΔQ 值差异均有统计学意义(均为 $P < 0.05$),其他各组间差异均无统计学意义(均为 $P > 0.05$)。

用多元回归分析来分析患者年龄、术前眼压、角膜中央厚度、屈光度数、中央切削深度、切削比率(切削深度/角膜中央厚度),术前和术后角膜前后表面曲率(以角膜顶点为中心的3 mm直径范围),术前和术后角膜前后表面高度(以角膜顶点为中心的8

mm 直径范围),手术前后角膜前表面曲率变化量和手术前后角膜后表面曲率变化量等因素对 6 mm 和 8 mm 直径范围角膜前表面 Q 值变化的影响发现,与 ΔQ 值相关的主要因素为:手术前后角膜前表面曲率变化量、屈光度数、中央切削深度、切削比率(切削深度/角膜中央厚度), Pearson 相关系数分别为 (0.88、0.90, -0.83、-0.86, 0.77、0.83, 0.76、0.82)。

2.3 SMILE 手术前后角膜后表面 Q 值结果比较

对手术前后角膜后表面不同直径范围 Q 值进行比较发现,术后角膜后表面 Q 值均向正值方向发展,与术前各直径范围相比差异均有统计学意义(均为 $P < 0.05$,见表 2)。术前角膜后表面 Q 值由中央至周边向负值方向变大,术后亦保持这一趋势。

表 1 SMILE 手术前后角膜前表面不同直径范围 Q 值

时间	角膜前表面不同直径范围 Q 值			
	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm
术前	-0.29 ± 0.11	-0.33 ± 0.11	-0.35 ± 0.11	-0.38 ± 0.11
术后	0.47 ± 0.34	0.51 ± 0.33	0.50 ± 0.31	0.43 ± 0.28
t 值	-22.51	-24.75	-26.47	-27.49
P 值	0.00	0.00	0.00	0.00

表 2 SMILE 手术前后角膜后表面不同直径范围 Q 值

时间	角膜后表面不同直径范围 Q 值			
	6 mm	7 mm	8 mm	9 mm
术前	-0.12 ± 0.18	-0.21 ± 0.17	-0.29 ± 0.16	-0.38 ± 0.14
术后	-0.07 ± 0.18	-0.16 ± 0.16	-0.24 ± 0.15	-0.35 ± 0.13
t 值	-3.45	-5.11	-5.14	-3.51
P 值	0.00	0.00	0.00	0.00

对手术前后角膜后表面不同直径范围 ΔQ 值($Q_{\text{术后}} - Q_{\text{术前}}$)进行单因素方差分析发现,6 mm、7 mm、8 mm 和 9 mm 直径各组间 ΔQ 值差异无统计学意义($F = 0.728, P > 0.05$)。

用多元回归分析来分析患者年龄、术前眼压、角膜中央厚度、屈光度数、中央切削深度、切削比率(切削深度/角膜中央厚度),术前和术后角膜前表面曲率、术前和术后角膜后表面曲率、术前和术后角膜前表面高度、术前和术后角膜后表面高度、手术前后角膜前表面曲率变化量、手术前后角膜后表面曲率变化量等因素对 6 mm 直径范围角膜后表面 Q 值变化的影响发现,与 ΔQ 值相关的主要因素为:手术前后角膜后表面曲率变化量、手术前后表面曲率、中央切削深度, Pearson 相关系数分别为 0.56、-0.35 和 0.31。

3 讨论

描述角膜非球面形状的常用参数通常是角膜 Q 值,角膜 ecc 值,角膜 P 值和角膜 E 值,这几个参数

是可以相互转换的,其中最常用的就是角膜 ecc 值和角膜 Q 值。本研究中我们主要的研究参数就是角膜 Q 值,定量非球面性的程度;当 Q 值 = 0 时,角膜为完美的球面; Q 值 > 0 时,角膜为扁球型,表示角膜曲率由中心到周边逐渐变陡; Q 值 < 0 时,角膜为椭球型,表示角膜曲率由中心到周边逐渐扁平。

正常人群的角膜前表面形态是非球面的椭球型, Q 值为负值。本研究亦证明了这一点,术前各直径范围角膜前表面 Q 值为 -0.29 ~ -0.38,且从角膜中央至周边,其结果呈负性增加的趋势,与以往的研究结果是相符的^[9];而角膜屈光手术改变了角膜的非球面性,中央角膜曲率变平, Q 值增大(0.43 ~ 0.51)。Huang 等^[8]与 Zheng 等^[10]研究表明, Q 值引导的个性化角膜屈光手术,尽量减少手术对 Q 值的改变,减少球差的引入可以提高术后的视觉质量。

SMILE 手术是小切口,但仍然是改变了角膜中央的曲率,所以对角膜 Q 值的影响依然是存在的。本研究表明, SMILE 术后角膜前表面 6 mm、7 mm、8 mm 和 9 mm 直径范围内 Q 值均有显著性增加, ΔQ 值为 0.76 ~ 0.85,术后 Q 值均为正值,表明术后角膜形态变成了扁球型;而且术前角膜前表面 Q 值由中央至周边向负值方向变大,术后这种 Q 值变化的趋势也发生了改变,考虑与全飞秒手术光学区的设定有关,本研究中手术光学区设定为 6.30 ~ 6.50 mm,而过渡区为 0.10 mm,所以 7 mm 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,而越靠近周边影响相对越小。此研究结果与准分子激光原位角膜磨镶术(laser in situ peratomileusis, LASIK)不同,侯杰等^[11]研究发现 LASIK 后角膜前表面 Q 值比术前均有显著增加,但术后 Q 值从中央至周边是仍然呈向负值方向变大的趋势(0.95 ± 0.62、0.89 ± 0.52、0.78 ± 0.45、0.61 ± 0.39),该研究中手术光学区设定为 6.5 mm,而过渡区为 1.0 mm;两种研究结果存在差异的原因,可能除了手术切削区域的不同外,影响最大的就是手术方式的不同了。因为与 LASIK 相比, SMILE 手术是无需制作角膜瓣的,角膜瓣的制作是否影响了角膜前后表面的非球面性,需要我们进一步研究证实。

本研究结果显示, SMILE 术后角膜前表面 Q 值的变化与手术前后角膜前表面曲率变化量相关性较大, Q 值的计算公式从另一层面验证了此研究结果;而且矫正的屈光度数越高,中央切削深度越大,切削的比率越高, Q 值的变化越显著。所以对于高度近视,除了考虑切削深度对手术安全性的影响外, Q 值变化大对术后视觉质量的影响亦会增大,这一因素术前也应考虑在内。

通过对角膜后表面 Q 值的研究发现,角膜后表面 Q 值为负值,且随着测量直径的扩大,从中央至周边呈负值增加的趋势,此趋势同角膜前表面是一致

的。且术后角膜后表面 Q 值均较术前有显著增加, Q 值的变化量为 0.03 ~ 0.05。Yan 等^[12]、Khairat 等^[13]与侯杰等^[11]亦研究发现 LASIK 术后角膜后表面的 Q 值比术前也是有显著性增加。从 Q 值的计算公式我们可以看出,角膜 Q 值的计算主要与角膜平坦和陡峭轴的曲率半径相关,本研究中 81 例患者术后角膜基质床的厚度均大于 280.0 μm ,且无术后医源性角膜隆起的发生;手术前后角膜后表面曲率分别为 $(-6.31 \pm 0.20) \text{D}$ 和 $(-6.30 \pm 0.20) \text{D}$,其差异无统计学意义;所以 SMILE 术后角膜后表面 Q 值显著增加是需要引起我们关注的。分析原因可能为:(1)SMILE 手术影响了角膜后表面曲率,即使这种影响很轻微;统计分析发现,虽然相关系数较低 ($r=0.56$),与 ΔQ 值显著相关的是手术前后角膜后表面曲率的变化值。我们常规测量的是角膜中央 3 mm 直径范围前后表面的曲率半径,虽然这一范围曲率半径在手术前后没有显著性变化,并不代表角膜后表面 6 mm、7 mm、8 mm 和 9 mm 直径范围内未发生改变。Guirao^[14]指出 LASIK 术后角膜变薄,角膜生物力学发生改变,在眼压的作用下角膜的形态在术后会经历一个重塑的过程。Twa 等^[15]与 Kazunori 等^[16]通过研究也发现 LASIK 术后角膜后表面会发生比较轻微的角膜前凸的现象。所以,SMILE 手术后角膜的重塑是不是影响了角膜的后表面曲率需要我们进一步去研究证实。(2)Pentacam 系统对角膜后表面数据测量的精确性。2007 年 Jain 等^[17]研究指出,相对前表面角膜曲率,Pentacam 测量系统对 LASIK 术后角膜后表面曲率测量的重复性较差。Yoshida 等^[18]研究指出 LASIK 术后角膜后表面的前凸未能被检查仪器测量出来,可能与测量系统最佳拟合平面的设定相关。本研究进一步证实了 SMILE 术后角膜后表面 Q 值比术前有增加,引起变化的具体因素仍需要广大器械学、眼科学的专家继续研究探讨。

总之,SMILE 手术不仅改变了角膜前表面的非球面性,也对角膜后表面的非球面性产生了影响;术后角膜前后表面的 Q 值均向正值方向变化,即角膜形态均向扁球型改变;手术对角膜前表面 Q 值的影响较大,对角膜后表面 Q 值的影响相对较小。

参考文献

[1] SHEN Z, SHI K, YU Y, LIN Y, YAO K. Small incision lenticule extraction (SMILE) versus femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis (FS-LASIK) for myopia: a systematic review and meta-analysis [J]. *PLoS One*, 2016, 11(7): e0158176.
[2] CHANSUE E, TANEHSAKDI M, SWASDIBUTRA S, MCALIN-

DEN C. Efficacy, predictability and safety of small incision lenticule extraction (SMILE) [J]. *Eye Vis (Lond)*, 2015, 2: 14.
[3] GANESH S, GUPTA R. Comparison of visual and refractive outcomes following femtosecond laser-assisted lasik with SMILE in patients with myopia or myopic astigmatism [J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(9): 590-596.
[4] LIN F, XU Y, YANG Y. Comparison of the visual results after SMILE and femtosecond laser-assisted LASIK for myopia [J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(4): 248-254.
[5] WANG D, LIU M, CHEN Y, ZHANG X, XU Y, WANG J, et al. Differences in the corneal biomechanical changes after SMILE and LASIK [J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(10): 702-707.
[6] DAMGAARD I B, IVARSEN A, HJORTDAL J. Refractive correction and biomechanical strength following SMILE with a 110- or 160- μm cap thickness, evaluated *ex vivo* by inflation test [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 59(5): 1836-1843.
[7] SU X L, WANG Y, WU W J, WU Z Q, WU Y N, YU C J. Comparison of the anterior corneal asphericity after small incision lenticule extraction and femtosecond laser in situ keratomileusis [J]. *Chin J Ophthalmol*, 2016, 52(9): 681-685.
苏小连, 王雁, 吴文静, 王志清, 吴雅楠, 于长江. 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 [J]. *中华眼科杂志*, 2016, 52(9): 681-685.
[8] HUANG H, YANG J, BAO H, CHEN S, XIA B, ZOU J. Retrospective analysis of changes in the anterior corneal surface after Q value guided LASIK and LASEK in high myopic astigmatism for 3 years [J]. *BMC Ophthalmol*, 2012, 12: 15.
[9] GONZÁLEZ-MÉLJOME J M, VILLA-COLLAR C, MONTÉS-MICÓ R, GOMES A. Asphericity of the anterior human cornea with different corneal diameters [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(3): 465-473.
[10] ZHENG H, SONG L. Visual quality of Q-value-guided LASIK in the treatment of high myopia [J]. *Eye Sci*, 2011, 26(4): 208-210, 216.
[11] HOU J, WANG Y, ZUO T, GENG W L, JIN Y, YANG X Y, et al. Short-term influence of LASIK on anterior and posterior corneal asphericity [J]. *Chin Ophthalmol Res*, 2010, 28(3): 261-266.
侯杰, 王雁, 左彤, 耿维莉, 金颖, 杨晓艳, 等. LASIK 手术对角膜前后表面非球面性的早期影响 [J]. *眼科研究*, 2010, 28(3): 261-266.
[12] YAN P, DU Z, WU N, ZHANG Y, XU Y. Minor influence of sub-bowman keratomileusis on the posterior corneal surface at early stage [J]. *Curr Eye Res*, 2013, 38(8): 871-879.
[13] KHAIRAT Y M, MOHAMED Y H, MOFTAH I A, FOUAD N N. Evaluation of corneal changes after myopic LASIK using the Pentacam [J]. *Clin Ophthalmol*, 2013, (7): 1771-1776.
[14] GUIRAO A. Theoretical elastic response of the cornea to refractive surgery: risk factors for keratectasia [J]. *J Refract Surg*, 2005, 21(2): 176-185.
[15] TWA M D, ROBERTS C, MAHMOUD A M, CHANG J S Jr. Response of the posterior corneal surface to laser in situ keratomileusis for myopia [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31(1): 61-71.
[16] KAZUNORI M, TADATOSHI T, MASAOKI N, SHINICHIRO O, TETSURO O. Residual bed thickness and corneal forward shift after laser in situ keratomileusis [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30(5): 1067-1072.
[17] JAIN R, DILRAJ G, GREWAL S P. Repeatability of corneal parameters with Pentacam after laser in situ keratomileusis [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2007, 55(5): 341-347.
[18] YOSHIDA T, MIYATA K, TOKUNAGA T, TANABE T, OSHIKATA T. Difference map or single elevation map in the evaluation of corneal forward shift after LASIK [J]. *Ophthalmology*, 2003, 110(10): 1926-1930.