

SMILE联合角膜胶原交联术后角膜形态学变化

张睿倩¹, 付梦军², 王锐², 赵静静², 郭静¹, 张浩润²

引用:张睿倩,付梦军,王锐,等. SMILE联合角膜胶原交联术后角膜形态学变化. 国际眼科杂志 2020;20(2):290-293

作者单位:¹(264003)中国山东省烟台市,滨州医学院;
²(261000)中国山东省潍坊市,潍坊眼科医院

作者简介:张睿倩,在读硕士研究生,研究方向:眼视光学、白内障。

通讯作者:张浩润,毕业于潍坊医学院,硕士,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:眼视光学、白内障. Zhurun2516@sina.com

收稿日期:2019-07-30 修回日期:2020-01-07

摘要

目的:探讨飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)联合角膜胶原交联术(CXL)治疗屈光不正患者术后早期角膜形态学变化及可能影响因素。

方法:回顾性病例研究。选取2018-09/2019-03在我院接受SMILE手术的年龄偏小、度数较高、角膜偏薄或地形图显示形态欠规则的屈光不正患者39例76眼,按照治疗方式不同分为SMILE联合CXL术组患者17例32眼和仅行SMILE术组患者22例44眼。分别于术前、术后1mo测定两组术眼的角膜形态学参数。

结果:两组患者术眼K1、K2、Km、中央角膜厚度、角膜顶点后表面高度、最薄点前表面高度、最薄点后表面高度、D值和曲率对称性指数(IVA)的变化量间的比较均有差异($P < 0.05$),高度偏中心指数(IHD)的变化量间的比较无差异($P > 0.05$)。两组的前表面形态的部分参数变化量与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区间有相关性($P < 0.05$),后表面形态的部分参数变化量与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区间无明显相关性($P > 0.05$)。SMILE联合CXL术组的前后表面形态参数变化量与交联深度无明显相关性($P > 0.05$)。

结论:SMILE联合CXL术应用于年龄偏小、度数较高、角膜偏薄或地形图显示形态欠规则的患者安全有效,且对角膜的后表面形态没有显著影响,对前表面形态有影响,其影响因素可能与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区有关。

关键词:飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;交联;角膜形态学

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.2.22

Clinical study on the morphological changes of cornea after SMILE combined with corneal collagen cross-linking

Rui-Qian Zhang¹, Meng-Jun Fu², Rui Wang², Jing-Jing Zhao², Jing Guo¹, Hao-Run Zhang²

¹Binzhou Medical University, Yantai 264003, Shandong Province, China; ²Weifang Eye Hospital, Weifang 261000, Shandong Province, China

Correspondence to: Hao-Run Zhang. Weifang Eye Hospital, Weifang 261000, Shandong Province, China. Zhurun2516@sina.com
Received:2019-07-30 Accepted:2020-01-07

Abstract

• **AIM:** To investigate the early corneal morphological changes and the possible influenced factors of small incision lenticule extraction (SMILE) combined with corneal collagen cross-linking (CXL) in the treatment of refractive error.

• **METHODS:** This was a retrospective case study. The patients (76 eyes) with ametropia who had undergone SMILE surgery in our hospital from September 2018 to March 2019 were small age, high degree of severity, thin cornea or irregular shape. The patients were divided into the SMILE combined with CXL group with 17 patients (32 eyes) and the SMILE group with 22 patients (44 eyes). The corneal morphological parameters of the two groups were measured preoperatively and 1mo postoperatively.

• **RESULTS:** There were significant statistical differences in the changes of K1, K2, Km, central corneal thickness, posterior corneal elevation, anterior corneal elevation parameters, posterior corneal elevation parameters, the D value and index of vertical asymmetry (IVA) between these two groups ($P < 0.05$), while there were no significant statistical difference in the changes of index of highest decentration (IHD) ($P > 0.05$). The changes of some parameters of the corneal anterior surface morphology of the two groups were correlated with the corneal cutting depth, spherical equivalent and optical zone diameter ($P < 0.05$). While the changes of some parameters of the corneal posterior surface morphology were not correlated with the corneal cutting depth, spherical equivalent, and optical zone diameter ($P > 0.05$). There was no apparent correlation between the changes of corneal surface morphology and the cross-linking depth in SMILE combined with CXL group ($P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** SMILE combined with CXL was applied to the high-risk patients with small age, high degree of severity, thin cornea or irregular shape, which increased its safety and effectiveness. SMILE combined with CXL didn't make significant effects on the posterior surface morphology of the cornea, but it influenced the anterior surface morphology. The influenced factors may be related to the corneal cutting depth, the spherical equivalent and the optical zone diameter.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction; cross-linking; corneal morphology

Citation: Zhang RQ, Fu MJ, Wang R, et al. Clinical study on the morphological changes of cornea after SMILE combined with corneal collagen cross-linking. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020; 20(2):290-293

0 引言

科技的创新推进了角膜屈光手术的发展,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction,

表1 Randleman 风险评分系统

参数	4分	3分	2分	1分	0分
角膜地形图	圆锥角膜	后表面高度高	-	不规则的地形图	正常
预留基质床厚度(μm)	<240	240~259	260~279	280~299	≥ 300
年龄(岁)	-	18~21	22~25	26~29	≥ 30
中央角膜厚度(μm)	<450	451~480	481~510	-	>510
等效球镜(D)	>-14.00	>-12.00~-14.00	>-10.00~-12.00	>-8.00~-10.00	≤ -8.00

注: 0~2分为低危;3分为中危; ≥ 4 分为高危;10分为最高分。

表2 两组患者基本资料比较

分组	眼数	裸眼视力 (LogMAR)	等效球镜 (D)	眼压 (mmHg)	切削深度 (μm)	光学区 (mm)	角膜帽厚度 (μm)	中央角膜厚度 (μm)	预留基质床 厚度(μm)	高危 (眼)	中危 (眼)
SMILE联合 CXL术组	32	1.10 \pm 0.37	-4.39 \pm 2.25	16.64 \pm 2.76	93.79 \pm 30.32	6.41 \pm 0.18	128.00 \pm 28.05	538.54 \pm 33.06	310.38 \pm 26.82	20	12
SMILE术组	44	0.95 \pm 0.30	-3.62 \pm 1.32	17.80 \pm 2.85	82.22 \pm 20.47	6.47 \pm 0.12	138.26 \pm 24.37	540.57 \pm 26.03	319.20 \pm 32.27	18	26
t/χ^2		1.950	-1.872	-1.775	1.987	-1.744	-1.700	-0.299	-1.261	3.455	
<i>P</i>		0.055	0.065	0.080	0.051	0.085	0.093	0.766	0.211	0.063	

SMILE)作为一种治疗屈光不正的微创手术目前已成为角膜屈光手术的主流术式。角膜胶原交联术(corneal collagen cross-linking, CXL)是将核黄素作为光敏剂滴到角膜上,利用360~380nm波长的紫外线A(ultraviolet A, UVA)照射,诱导角膜基质内胶原纤维间的共价键发生交联,以此增强基质层的机械强度,从而延缓甚至阻止角膜进一步扩张,有研究证实SMILE联合预防性CXL术安全稳定^[1-2],本研究通过观察SMILE联合CXL术和仅行SMILE术患者手术前后角膜形态学的变化及影响因素,以期为临床应用提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 回顾性病例研究。选取2018-09/2019-03在我院接受SMILE手术的年龄偏小、度数较高、角膜偏薄或地形图显示形态欠规则的屈光不正患者39例76眼。纳入标准^[3]:(1)所有患者术前矫正视力均 ≥ 1.0 (小数视力);(2)2a内屈光度数增加 $\leq 0.5\text{D}$;(3)软性角膜接触镜停戴2wk、硬性角膜接触镜停戴1mo以上;(4)Randleman评分^[4]为中高危风险(表1);(5)手术均顺利完成,术后复查均无影响视力的严重并发症出现。排除标准:中央角膜厚度 $<450\mu\text{m}$ 、圆锥角膜、远视、混合性散光、核黄素过敏史、眼部感染或化学损伤史、长期使用类固醇药物、孕妇或哺乳期女性^[1,5]。根据治疗方式不同分为SMILE联合CXL术患者17例32眼,其中男10例19眼,女7例13眼,年龄17~24(19 \pm 2.58)岁,术前等效球镜为-1.25~-9.13D;仅行SMILE术患者22例44眼,其中男14例28眼,女8例16眼,年龄17~33(21.14 \pm 4.59)岁,术前等效球镜为-1.00~-8.25D。两组患者基本资料比较差异无统计学意义($P>0.05$),见表2。该项研究经潍坊眼科医院伦理委员会认证和批准。所有患者或监护人术前均签署手术知情同意书。

1.2 方法 所有患者术前均行屈光手术常规检查,术前3d滴左氧氟沙星滴眼液,4次/d。所有的手术均由同一位经验丰富的手术医生设计并实施。术中滴盐酸奥布卡因滴眼液2次行表面麻醉。采用频率为500kHz的VisuMax飞秒激光机,设定能量为140~150nJ,光斑大小1.5 μm ,点间距3.0 μm ,光学区为6.0~6.5mm,角膜帽直径为6.8~7.5mm,帽的厚度为130~140 μm ,基底加厚10 μm ,边切

2mm,切口位置为120度,扫描切割角膜顺序依次为透镜后表面、透镜边缘、透镜前表面和小切口,通过切口分离基质透镜的上下层,取出透镜,平衡盐液冲洗角膜帽下及眼表,术毕。SMILE联合CXL术组是在取出基质透镜后行跨上皮快速交联,通过边切口将常规ViberX Xtra核黄素注入角膜囊袋内浸透角膜基质床90s,用平衡盐液冲洗囊袋残留的核黄素后,设定Avedro快速交联仪参数,波长为365nm,照度30mW/cm²,照射总能量2.7J/cm²,照射时间90s,术毕。所有患者术后裂隙灯检查术眼无异常后滴左氧氟沙星滴眼液、妥布霉素地塞米松滴眼液各一次,透明眼罩包眼。术后1d,常规复查无异常后滴用左氧氟沙星滴眼液4次/d,用药1wk,滴用氯替泼诺混悬滴眼液4次/d,每周减量1次,用药1mo;滴用酒石酸溴莫尼定滴眼液2次/d,用药1mo;术后1wk开始滴用玻璃酸钠滴眼液4次/d,用药3mo。术后1mo复查Pentacam,测量值包括K1、K2、Km、中央角膜厚度、角膜顶点后表面高度、最薄点前表面高度、最薄点后表面高度、Belin角膜扩张分析D值、曲率对称性指数(index of vertical asymmetry, IVA)、高度偏中心指数(index of highest decentration, IHD),手术前后角膜形态学参数变化量用 Δ 表示,其计算方法为:术前数值-术后1mo数值。

统计学分析:采用SPSS 25.0软件进行统计分析。计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 表示,两组间基本资料及参数变化量的比较采用独立样本 t 检验,手术前后内皮细胞计数的比较采用配对样本 t 检验,计数资料的组间比较采用卡方检验。角膜形态学参数变化量与基本资料间的相关性用Pearson相关分析。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者手术前后角膜形态学参数变化量比较 SMILE联合CXL术组术后1mo通过行眼前节OCT检查得出胶原交联线深度为326.00 \pm 63.27 μm 。术后1mo时,两组患者K1、K2、Km、中央角膜厚度、最薄点前表面高度均较术前减小。SMILE联合CXL术组角膜顶点后表面高度、最薄点后表面高度术后较术前增大,仅行SMILE术组角膜顶点后表面高度、最薄点后表面高度术后较术前减小,两组差值分别比较均差异有统计学意义($P<0.05$)。两组患者D值和IVA术后均较术前增大;两组IHD术后均较术前增大,见表3。

表3 两组患者手术前后角膜形态学参数变化量比较

分组	眼数	ΔK1(D)	ΔK2(D)	ΔKm(D)	Δ中央角膜	Δ角膜顶点后	Δ最薄点前	Δ最薄点后	ΔD值	ΔIVA	ΔIHD
					厚度(μm)	表面高度(μm)	表面高度(μm)	表面高度(μm)			
SMILE联合 CXL术组	32	3.90±1.72	4.68±1.94	4.31±1.77	90.73±39.56	-3.67±6.15	6.17±3.97	-1.33±6.11	-2.60±1.62	-0.21±0.16	-0.01±0.01
SMILE术组	44	3.02±0.99	3.46±1.19	3.22±1.04	61.20±18.20	0.91±1.64	3.82±1.83	1.68±2.01	-1.56±0.79	-0.13±0.10	-0.01±0.01
<i>t</i>		2.816	3.390	3.368	4.365	-4.725	3.460	-3.055	-3.702	-2.678	0.000
<i>P</i>		0.006	0.001	0.001	<0.01	<0.01	0.001	0.003	<0.01	0.009	1.000

表4 两组患者角膜形态学参数变化量与基本资料相关性分析

参数	激光切削深度		术前等效球镜		光学区		交联深度
	SMILE联合 CXL术组	SMILE术组	SMILE联合 CXL术组	SMILE术组	SMILE联合 CXL术组	SMILE术组	SMILE联合 CXL术组
Δ角膜顶点后表面高度	-0.471/0.122	0.161/0.297	0.328/0.297	-0.158/0.306	0.038/0.907	-0.194/0.207	0.507/0.093
Δ最薄点后表面高度	-0.072/0.824	0.097/0.530	0.099/0.760	-0.064/0.679	0.000/1.000	0.076/0.623	0.333/0.290
Δ最薄点前表面高度	0.793/0.002	0.700/<0.01	-0.837/0.001	-0.785/<0.01	-0.691/0.013	-0.337/0.025	-0.230/0.471
ΔIVA	-0.788/0.002	-0.260/0.088	0.909/<0.01	0.435/0.003	0.817/0.001	0.395/0.008	0.172/0.593
ΔIHD	-0.787/0.002	-0.059/0.704	0.780/0.003	0.247/0.106	0.524/0.080	0.420/0.005	0.047/0.884

2.2 两组患者角膜形态学参数变化量与基本资料相关性分析 SMILE联合CXL术组患者的最薄点前表面高度、IVA和IHD变化量分别与激光切削深度、术前等效球镜间有相关性($P<0.05$);最薄点前表面高度、IVA变化量与光学区间有相关性($P<0.05$);角膜形态学参数变化量与交联深度无明显相关性($P>0.05$)。仅行SMILE术组患者的最薄点前表面高度变化量分别与激光切削深度、术前等效球镜度、光学区间有相关性($P<0.05$);IVA变化量与术前等效球镜度、光学区间有相关性($P<0.05$);IHD变化量与光学区间有相关性。其他无明显相关性($P>0.05$),见表4。

2.3 两组患者手术前后角膜内皮细胞计数变化 SMILE联合CXL术组术前角膜内皮细胞计数为 2706.87 ± 450.05 个/ mm^2 ,术后1mo为 2740.63 ± 467.34 个/ mm^2 ,差异无统计学意义($t=-0.480, P=0.640$)。

3 讨论

SMILE术是角膜屈光手术领域的重要革新,其“无瓣”、“微创”的特点给患者带来了良好的视力及舒适度。但是年龄偏小、度数较高、角膜偏薄或地形图显示形态欠规则的患者仍是SMILE术后发生屈光回退、角膜扩张的危险因素。研究发现,角膜胶原交联加固术加强的是角膜前基质层^[6],即SMILE手术中被削弱的部分,提高了高风险患者行SMILE术的安全性。

曾有研究表明CXL术在早期圆锥角膜的治疗中取得良好的疗效,其可以控制角膜的扩张,延缓疾病的进展^[7]。Wollensak等^[8]通过动物实验发现角膜经过交联术后,胶原纤维直径增大,生物力学稳定性增强。根据这一理论,可以将CXL术联合应用于角膜屈光手术中。先前有学者对PRK、LASIK以及FS-LASIK联合交联术做出研究,证实准分子激光联合交联术的良好效果^[9-11]。近年来,有学者对SMILE联合CXL术也做出相关研究,证明了其安全性及稳定性^[1-2]。Osman等^[1]通过2a的随访发现SMILE联合CXL术后角膜生物力学的角膜阻力因子(corneal resistance factor, CRF)增强,并且裸眼视力及矫正视力基本保持稳定。Kling等^[2]通过动物实验发现SMILE联合CXL术没有显著降低角膜的整体弹性模量,对角膜生物力学完整性的影响较小。我们通过比较SMILE联合CXL

术和仅行SMILE术手术前后角膜形态学参数的变化趋势,间接证明了SMILE联合CXL术治疗屈光不正术后早期效果的安全有效。

SMILE术是通过取出角膜基质透镜,导致术后中央区角膜变得相对平坦,减弱角膜前表面的屈光率,从而矫正屈光不正的手术。因此,角膜表面形态术后发生变化是必然的。但是联合CXL术后对于角膜表面形态的变化趋势有无影响却鲜有报道。本研究采用Pentacam眼前节分析仪对两组患者角膜形态学参数进行对比分析。Pentacam眼前节分析系统是根据Scheimpflug光学成像原理,采集25000个高度点^[12],可以对描述角膜形态的一些数据进行计算形成参数。

我们研究得到两组的K1、K2、Km、最薄点前表面高度术后均较术前减小。而圆锥角膜的特征是角膜变薄扩张突起呈锥形,使得前表面曲率变大、高度增加。因此SMILE联合CXL术组前表面曲率及高度相关值术后较术前下降程度均较仅行SMILE术组更明显,间接证明了联合CXL术后早期可以预防角膜扩张的有效性。但是我们研究发现SMILE联合CXL术组术后两个后表面取值点高度增加,这一结果与Konstantopoulos等^[13]相同。Koller等^[14]认为这种差异可能与CXL术后角膜雾状混浊及交联线干扰Pentacam的测量数据有关。IVA和IHD主要是反映角膜前表面对称性和规则性的重要指标。IVA以水平子午线为对称轴,比较角膜上下两部分的对称性。IHD则是测量垂直方向的高度数据轴位偏离程度。我们研究发现两组患者的IVA和IHD术后1mo均较术前增大,SMILE联合CXL术组的IVA变化量较仅行SMILE术组增大更明显,两组患者IVA变化量差异有统计学意义,IHD变化量差异无统计学意义。这间接说明SMILE联合CXL术后对角膜前表面对称性有影响,而对规则性没有明显的影响。这与以往文献报道的研究结果相似。郑燕等^[15]通过对比观察了LASIK联合CXL和LASIK组的角膜表面规则程度发现,联合CXL组的不对称指数大于LASIK组,与Tomita等^[16]一致认为这可能与核黄素进入基质层间诱导其交联,在使角膜硬度增加的同时也对角膜形态产生影响,从而影响角膜的对称性有关。

对早期角膜扩张进行筛查的主要指标还有D值,其

由 Pentacam 系统提供的 Belin 软件计算得出的综合数值,正常值低于 1.59。我们研究发现两组患者术后 D 值均显著增大,这可能与 Belin 软件有关,因为 D 值是通过角膜前后表面高度变化、角膜厚度变化、角膜最薄点变化以及角膜最薄点的移位进行综合计算的结果,其中角膜厚度分布占最大比重。而 SMILE 术会减少角膜厚度,因此术后 D 值会显著增大。两组患者 D 值和角膜中央角膜厚度变化量比较差异均有统计学意义,并且 SMILE 联合 CXL 术组术后角膜厚度较仅行 SMILE 术组显著降低,我们认为这可能与交联后角膜胶原纤维直径增大,纤维间隙减小有关,具体有待进一步研究。

于长江等^[17]通过研究说明 SMILE 术对角膜后表面的影响较小,且不大受术前等效球镜、眼压等的影响,证明了 SMILE 术对角膜后表面形态的稳定性。本研究对两组患者的角膜前后表面形态参数变化量与基本资料进行相关性分析,以探讨 SMILE 联合 CXL 术后早期角膜表面形态的稳定性,结果显示两组患者的前表面形态的部分参数变化量与激光切削深度、术前等效球镜和光学区间有相关性,后表面形态的部分参数变化量与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区间无明显相关性。SMILE 联合 CXL 术组患者的前后表面形态参数变化量与交联深度无明显相关性。这说明仅行 SMILE 术和 SMILE 联合 CXL 术术后角膜前表面形态变化受激光切削深度、术前等效球镜度和光学区的影响,后表面形态变化不太受其影响,证明了 SMILE 联合 CXL 术同仅行 SMILE 术一样,在角膜后表面形态中表现出了良好的稳定性,但是对角膜前表面形态有影响,影响因素可能与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区有关。

不过 CXL 术也有一定的风险,其最大的风险可能是诱导角膜基质细胞和内皮细胞的损伤与凋亡。但我们研究发现 SMILE 联合 CXL 术组的角膜内皮细胞计数术后与术前相比没有统计学差异,说明 SMILE 联合 CXL 术对角膜内皮影响小,间接证明该术式对眼内组织的安全性,与 Zhou 等^[18]结论相同。

综上所述,SMILE 联合 CXL 术应用于年龄偏小、度数较高、角膜偏薄或地形图显示形态欠规则的高风险人群,增加了其行 SMILE 术的安全有效性。SMILE 联合 CXL 术对角膜的后表面形态没有显著影响,对前表面形态有影响,其影响因素可能与激光切削深度、术前等效球镜度和光学区有关。但我们还需要更大样本和更远期的观察来证实 SMILE 联合 CXL 术对角膜形态的长期稳定性。

参考文献

1 Osman IM, Helaly HA, Abou Shousha M, et al. Corneal Safety and Stability in Cases of Small Incision Lenticule Extraction with Collagen Cross-Linking (SMILE Xtra). *J Ophthalmol* 2019;2019:6808062

2 Kling S, Spuru B, Hafezi F. Biomechanical Weakening of Different Re-treatment Options After Small Incision Lenticule Extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017;33(3):193-198

3 Binder PS. Evaluation of a risk factor scoring system for corneal ectasia after LASIK in eyes with normal topography. *J Refract Surg* 2010;26(4):241-250

4 Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115(1):37-50

5 Ganesh S. Clinical Outcomes of Small Incision Lenticule Extraction with Accelerated Cross-Linking (ReLEx SMILE Xtra) in Patients with Thin Corneas and Borderline Topography. *J Ophthalmol* 2015;2015:263412

6 Jinabhai A, O'Donnell C, Tromans C. Optical quality and visual performance with customised soft contact lenses for keratoconus. *Ophthalmic Physiol Opt* 2014;34(5):528-539

7 Malik S, Humayun S, Nayyar S. Determining the efficacy of corneal crosslinking in progressive keratoconus. *Pak J Med Sci* 2017;33(2):389-392

8 Wollensak G, Spoerl E. Stress-strain measurements of human and porcine corneas after riboflavin-ultraviolet-A-induced cross-linking. *J Cataract Refract Surg* 2003;29(9):1780-1785

9 Kanellopoulos AJ. Collagen cross-linking (CCL) with sequential topography-guided PRK: a temporizing alternative for keratoconus to penetrating keratoplasty. *Cornea* 2007;26(7):891-895

10 Kanellopoulos AJ. Long-term safety and efficacy follow-up of prophylactic higher fluence collagen cross-linking in high myopic laser-assisted *in situ* keratomileusis. *Clin Ophthalmol* 2012;6:1125-1130

11 李福生, 陶冶, 尹鸿芝, 等. FS-LASIK 联合胶原交联术后的早期临床观察. *国际眼科杂志* 2018;18(6):1149-1152

12 Romero-Jiménez M, Santodomingo-Rubido J. Keratoconus: a review. *Cont Lens Anterior Eye* 2010;33(4):157-166

13 Konstantopoulos A, Liu YC, Teo EP, et al. Corneal Stability of LASIK and SMILE When Combined With Collagen Cross-Linking. *Transl Vis Sci Technol* 2019;8(3):21

14 Koller T, Pajic B, Vinciguerra P. Flattening of the cornea after collagen crosslinking for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(8):1488-1492

15 郑燕, 周跃华, 张晶, 等. 准分子激光原位角膜磨镶术联合快速角膜交联术矫正薄角膜近视合并散光的早期疗效. *中华实验眼科杂志* 2016;34(5):460-465

16 Tomita M, Yoshida Y, Yamamoto Y, et al. *In vivo* confocal laser microscopy of morphologic changes after simultaneous LASIK and accelerated collagen crosslinking for myopia: one-year results. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(6):981-990

17 于长江, 王雁, 苏小连, 等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术后角膜后表面高度变化及其影响因素的研究. *中华眼科杂志* 2016;52(7):494-498

18 Zhou Y, Liu M, Zhang T, et al. *In vivo* confocal laser microscopy of morphologic changes after small incision lenticule extraction with accelerated cross-linking (SMILE Xtra) in patients with thin corneas and high myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(1):199-207