

SMILE术中不同激光能量设定对I期不透明气泡层及视觉质量的影响

王佼佼, 张楠, 周红, 韩茜

引用: 王佼佼, 张楠, 周红, 等. SMILE术中不同激光能量设定对I期不透明气泡层及视觉质量的影响. 国际眼科杂志 2021; 21(10):1782-1785

作者单位: (116001) 中国辽宁省大连市第三人民医院眼科

作者简介: 王佼佼, 毕业于山东省医学科学院, 硕士, 主任医师, 屈光副主任, 研究方向: 屈光手术、近视防控、硬镜验配、眼表疾病。

通讯作者: 王佼佼. kdxj655523@sina.cn

收稿日期: 2021-01-07 修回日期: 2021-09-06

摘要

目的: 探讨飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)中不同激光能量参数对I期不透明气泡层(OBL)及视觉质量的影响。

方法: 回顾性分析2018-07/2019-12来本院接受SMILE手术的216例432眼患者临床资料。根据是否发生I期OBL分为OBL组(42眼)和非OBL组(390眼), 比较两组年龄、视力参数、角膜参数、微透镜参数及能量参数, 采用多因素回归分析能量设置差异与I期OBL发生关联。比较130、135、140、145、150nJ能量参数患者术前、术后1mo的裸眼视力(UCVA)、最佳矫正视力(BCVA)、调制传递函数截止空间频率(MTF_{cut-off})、斯特列尔比(SR)和眼内容观散射指数(OSI)。分析能量参数与I期OBL、UCVA、BCVA、MTF_{cut-off}、SR、OSI的相关性。

结果: 多因素回归分析显示, 以5nJ为差异的能量设置未显现与I期OBL的关联。不同能量参数组中, 术后1mo UCVA(LogMAR)、MTF_{cut-off}、OSI均较术前改善($P < 0.05$), 组间有差异($F = 75.712, 15.304, 26.293$, 均 $P < 0.05$)。SMILE术中能量参数与术后1mo UCVA(LogMAR)、MTF_{cut-off}、OSI呈负相关($r_s = -0.272, -0.132, -0.151$, 均 $P < 0.05$)。

结论: 采用4.5 μ m的点间距时, 常用能量范围内, 越低能量的术后视觉质量更好, 但不明显影响I期OBL的发生。

关键词: 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE); 能量参数; 不透明气泡层; 视觉质量

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.10.24

Effect of different energy settings of SMILE on stage I opaque bubble layer and visual quality

Jiao-Jiao Wang, Nan Zhang, Hong Zhou, Qian Han

Department of Ophthalmology, Dalian Third People's Hospital, Dalian 116001, Liaoning Province, China

Correspondence to: Jiao-Jiao Wang, Department of Ophthalmology, Dalian Third People's Hospital, Dalian 116001, Liaoning Province, China. kdxj655523@sina.cn

Received: 2021-01-07 Accepted: 2021-09-06

Abstract

• **AIM:** To explore the effect of different energy parameters of femtosecond laser small incision lenticule extraction (SMILE) on stage I opaque bubble layer (OBL) and visual quality.

• **METHODS:** A retrospective analysis of the clinical data of 216 patients (432 eyes) who came to our hospital for SMILE surgery from July 2018 to December 2019. According to whether stage I OBL occurred, they were divided into OBL group (42 eyes) and non-OBL group (390 eyes). The age, visual acuity parameters, corneal parameters, microlens parameters and energy parameters were compared between the two groups, and multivariate regression analysis was used to analyze the relationship between the difference in energy settings and the OBL of stage I. The uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA), and modulation transfer function cut-off spatial frequency (MTF_{cut-off}), Strehl Ratio (SR) and Objective Scattering Index (OSI) with energy parameters of 130, 135, 140, 145, and 150 nJ before and 1mo after surgery were compared. The correlation between energy parameters and stage I OBL, UCVA, BCVA, MTF_{cut-off}, SR, OSI were analyzed.

• **RESULTS:** Multivariate regression analysis showed that the energy setting with a difference of 5nJ did not show an association with stage I OBL. In the different energy parameter groups, LogMAR UCVA, MTF_{cut-off}, and OSI at 1mo after surgery were improved compared with preoperatively ($P < 0.05$), and the difference between the groups were statistically significant ($F = 75.712, 15.304, 26.293$, all $P < 0.05$). SMILE intraoperative energy parameters were negatively correlated with UCVA ($r = -0.272$), MTF_{cut-off} ($r = -0.132$), and OSI ($r = -0.151$) 1mo after surgery ($P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** When using a 4.5 μ m dot pitch, in the usual energy range, the lower the energy, the better the postoperative visual quality, but it does not significantly affect the incidence of stage I OBL during SMILE surgery.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction (SMILE); energy parameters; opaque bubble layer; visual quality

Citation: Wang JJ, Zhang N, Zhou H, et al. Effect of different energy settings of SMILE on stage I opaque bubble layer and visual quality. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(10):1782-1785

0 引言

角膜屈光手术在临床上开展已有约 30a, 技术成熟, 患者接受度高。飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 属于新型角膜屈光手术, 具有“无瓣”“微创”等优势而引起临床关注, 对近视有较好的矫正效果, 有利于维持角膜结构稳定性, 减少术后屈光回退和干眼, 且远期随访结果显示有较高的有效性和稳定性^[1]。SMILE 的手术效果与术中能量设定有关, 不同的能量参数会影响 I 期不透明气泡层 (opaque bubble layer, OBL) 的发生率及术后早期视觉质量^[2]。目前, SMILE 的术中能量参数通常设置在 130~150nJ。然而不同激光点间距亦能影响角膜组织上激光作用强度^[3], 因而分析点间距及能量参数的设置组合, 有利于实现 SMILE 手术效果获益的最大化, 降低术中 I 期 OBL 发生率。本研究以临床最常见的 4.5 μ m 作为点间距, 探讨与之最为匹配的能量参数, 现报道如下。

1 对象和方法

1.1 对象

选取 2018-07/2019-12 来本院接受 SMILE 手术的近视和近视散光患者进行回顾性分析, 根据纳入与排除标准, 最终 216 例 432 眼患者入组。其中男 115 例, 女 101 例; 年龄 18~32 (平均 24.22 \pm 4.06) 岁。其中 74 眼的 SMILE 能量参数为 130nJ, 散光 -3.42 \pm 0.49D, 球镜度 -4.28 \pm 0.11D, 眼压 14.65 \pm 2.06mmHg。90 眼采用 135nJ 的能量参数, 散光 -3.48 \pm 0.48D, 球镜度 -4.33 \pm 0.10D, 眼压 14.83 \pm 2.02mmHg。94 眼采用 140nJ 的能量参数, 散光 -3.45 \pm 0.45D, 球镜度 -4.30 \pm 0.12D, 眼压 14.87 \pm 2.01mmHg。96 眼采用 145nJ 的能量参数, 散光 -3.47 \pm 0.47D, 球镜度 -4.36 \pm 0.15D, 眼压 14.96 \pm 1.99mmHg。78 眼采用 150nJ 的能量参数, 散光 -3.44 \pm 0.46D, 球镜度 -4.34 \pm 0.13D, 眼压 14.79 \pm 1.95mmHg。不同能量参数组的散光、球镜度、眼压比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。纳入标准: (1) 年龄 18 岁以上; (2) 入组前至少 2a 的屈光度稳定 (在过去 2a 内屈光度变化 <0.50 D); (3) 眼压 10~21mmHg; (4) 裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA, LogMAR) ≥ 0.8 ; (5) 球镜度 <-10.0 D, 散光 <-4.0 D。排除标准: (1) 有眼部手术史或眼外伤史者; (2) 伴活动性眼部疾病者; (3) 角膜地形图中的圆锥角膜者等手术禁忌; (4) 伴免疫系统疾病。本研究获得医院伦理委员会批准, 患者均签署手术知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法

配戴硬性或软性角膜接触镜者术前停止戴镜至少 4wk 或 2wk (角膜塑形镜配戴患者停镜 3mo), 手术均由同一位眼科医生实施。术前使用 0.5% 左氧氟沙星滴眼液: 4 次/天连续 3d 或 6 次/天连续 2d。术前行 0.4% 盐酸奥布卡因滴眼液进行局部麻醉, 手术使用 VisuMax 飞秒激光平台 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, 500kHz) 制作角膜微透镜。术中用开睑器撑开睑裂, 以角膜顶点 (水印圆心) 为中心对准时施加负压吸引。微透镜下扫描, 按先外周角膜后中央角膜的顺序扫描微透镜后表面, 按先中心后周边的顺序扫描微透镜前表面。朝向角膜表面延伸以形成 12:00 方向的切口 (长度 2.00mm), 从中提取微透镜。用透镜分离器分离基质微透镜, 用透镜镊夹持透镜后移除。术后用 0.5% 左氧氟沙星滴眼 4 次/天, 连续 7d; 用妥

布霉素/地塞米松滴眼液 4 次/天, 连续 7d 后改用 0.1% 的氟米龙眼药水滴眼, 4 次/天, 1wk 后减至 3 次/天, 逐周递减至停药。

1.2.2 I 期 OBL 判定

I 期 OBL: 发生于微透镜后表面的不透明气泡层, 可根据不透明气泡最大覆盖距离进一步细分为 4 个等级: OBL 达透镜边缘内侧或外侧 0.5mm 以内, 为“+”; OBL 达透镜边缘内部的 0.5~1.0mm, 为“++”; OBL 达透镜边缘内侧 1.0~1.5mm, 为“+++”; OBL 超出透镜边缘内侧 1.5mm, 为“++++”^[4]。根据是否发生 I 期 OBL 将患者分为 OBL 组和非 OBL 组, 比较两组年龄、角膜参数 (球镜、柱镜、最大角膜曲率、最小角膜曲率、中央角膜厚度、残余基质厚度、角膜半径、切口宽度)、微透镜特征 (光学区、透镜厚度) 及能量参数。采用多因素 Logistic 回归分析确定 I 期 OBL 的影响因素。

1.2.3 视力恢复

术前, 术后 1mo 进行常规验光和睫状肌麻痹验光检查, 检测裸眼视力 (UCVA) 和最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA), UCVA、BCVA 统计时均换算为最小分辨角对数 (LogMAR) 视力。

1.2.4 视觉质量

采用 OQASTM II 客观视觉质量分析系统^[5]评价患者的视觉质量, 测评过程在暗室内完成。记录术前, 术后 1mo 的调制传递函数截止空间频率 (MTF_{cut-off})、斯特列尔比 (SR) 和眼内客观散射指数 (OSI)。

统计学分析: 采用 SPSS19.0 进行统计学分析。正态性检验使用 Kolmogorow-Sminov 检验, 计量资料 $\bar{x}\pm s$ 表示, 组内前后比较采取配对样本 *t* 检验; 多组间比较采取单因素的方差分析, 组间两两比较采取 LSD-*t* 检验; 采用多因素 Logistic 回归分析确定 I 期 OBL 的影响因素; 采用 Spearman 相关分析法进行相关性分析, 以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 OBL 组和非 OBL 组的单因素比较

纳入 216 例 432 眼中共 42 眼出现 I 期 OBL。两组最大角膜曲率、最小角膜曲率、角膜半径、切口宽度、微透镜光学区、能量参数比较, 差异均无统计学意义 ($P>0.05$); 两组年龄、球镜、柱镜、中央角膜厚度、残余基质厚度、微透镜厚度比较, 差异均有统计学意义 ($P<0.001$), 见表 1。

2.2 能量设置与 I 期 OBL 发生的多元回归分析

以 I 期 OBL 发生情况作为因变量进行多因素回归分析, 结果显示无论在原始模型, 还是在两种加入矫正不同混杂因素模型中, 以 5nJ 为差异的能量设置均未显现与 I 期 OBL 并发症的关联, 见表 2。

2.3 视力恢复

术后 1mo, 不同能量参数组的 UCVA 均较术前改善 ($P<0.05$), 组间差异也有统计学意义 ($P<0.05$)。术后 1mo, 不同能量参数组 BCVA 与术前比较无明显变化, 组间差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 3。

2.4 视觉质量

不同能量参数患者术后 1mo 的 MTF_{cut-off}、OSI 均较术前升高, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$); 且治疗 1mo 后的 MTF_{cut-off}、OSI 组间两两比较差异均有统计学意义 ($P<0.05$)。术后 1mo, 不同能量参数组 SR 与术前比较无明显变化, 组间差异无统计学意义 ($P>0.05$), 见表 4。

2.5 相关性分析

SMILE 术中能量参数与 I 期 OBL、SR、BCVA (LogMAR) 均无明显相关性 ($P>0.05$), 与 UCVA (LogMAR)、MTF_{cut-off}、OSI 均呈负相关 ($P<0.05$), 见表 5。

表1 OBL组和非OBL组的单因素比较

指标	OBL组(42眼)	非OBL组(390眼)	<i>t</i>	<i>P</i>	$\bar{x} \pm s$
年龄(岁)	25.29±3.76	23.03±3.20	4.272	<0.001	
球镜(D)	-3.61±0.92	-4.75±1.01	7.007	<0.001	
柱镜(D)	-0.35±0.09	-0.68±0.18	11.715	<0.001	
最大角膜曲率(D)	43.86±2.54	43.77±2.28	0.240	0.810	
最小角膜曲率(D)	42.93±2.36	42.66±2.23	0.741	0.459	
中央角膜厚度(μm)	579.44±31.79	555.48±37.65	3.973	<0.001	
残余基质厚度(μm)	358.06±28.58	328.78±30.44	5.957	<0.001	
角膜半径(mm)	7.79±0.23	7.85±0.26	1.436	0.152	
切口宽度(mm)	3.00±0.08	3.02±0.09	1.382	0.168	
微透镜光学区(mm)	6.59±0.21	6.56±0.19	0.962	0.337	
微透镜厚度(μm)	76.26±17.49	98.79±22.13	6.384	<0.001	
能量参数(nJ)	132.12±4.53	131.06±3.89	1.650	0.100	

表2 能量设置与I期OBL发生的多元回归分析

变量	原始模型		模型1 [*]		模型2 [#]	
	OR(95%CI)	<i>P</i>	OR(95%CI)	<i>P</i>	OR(95%CI)	<i>P</i>
能量设置(5nJ)	1.18(0.58~1.77)	0.82	0.95(0.66~1.29)	0.63	1.04(0.72~1.40)	0.76

注: * : 矫正年龄、球镜、柱镜、角膜曲率; # : 矫正球镜、柱镜、中央角膜厚度、残余基质厚度和微透镜厚度。

表3 不同能量参数患者的视力恢复比较

组别	眼数	UCVA		BCVA	
		术前	术后1mo	术前	术后1mo
130nJ组	74	1.01±0.07	-0.23±0.03 ^{a,c,e,g,i}	-0.21±0.05	-0.20±0.05
135nJ组	90	1.03±0.08	-0.21±0.04 ^{a,c,g,i}	-0.22±0.06	-0.21±0.04
140nJ组	94	1.02±0.08	-0.18±0.03 ^{a,c,g,i}	-0.21±0.05	-0.20±0.06
145nJ组	96	1.03±0.09	-0.16±0.04 ^{a,c,e,i}	-0.21±0.06	-0.20±0.05
150nJ组	78	1.03±0.08	-0.13±0.04 ^{a,c,e,g}	-0.22±0.06	-0.21±0.05
<i>F</i>		1.230	75.712	1.143	0.873
<i>P</i>		0.299	<0.001	0.332	0.455

注: ^a*P*<0.05 vs 治疗前; ^c*P*<0.05 vs 135nJ组; ^e*P*<0.05 vs 140nJ组; ^g*P*<0.05 vs 145nJ组; ⁱ*P*<0.05 vs 150nJ组。

表4 不同能量参数患者的视觉质量比较

组别	眼数	MTF _{cut-off} (c/d)		SR		OSI	
		术前	术后1mo	术前	术后1mo	术前	术后1mo
130nJ组	74	34.64±5.34	41.85±4.34 ^{a,c,e,g,i}	0.19±0.04	0.20±0.03	0.66±0.15	0.87±0.14 ^{a,c,e,g,i}
135nJ组	90	35.21±5.48	39.63±4.86 ^{a,c,g,i}	0.20±0.05	0.21±0.04	0.67±0.14	0.83±0.15 ^{a,c,g,i}
140nJ组	94	33.98±5.06	38.06±5.03 ^{a,c,g,i}	0.19±0.04	0.20±0.05	0.65±0.13	0.78±0.14 ^{a,c,g,i}
145nJ组	96	34.89±4.94	37.11±4.89 ^{a,c,e,i}	0.20±0.05	0.21±0.06	0.65±0.12	0.73±0.13 ^{a,c,e,i}
150nJ组	78	34.01±4.75	36.22±4.51 ^{a,c,e,g}	0.20±0.05	0.21±0.05	0.64±0.14	0.69±0.13 ^{a,c,e,g}
<i>F</i>		0.934	15.304	1.419	1.316	0.464	26.293
<i>P</i>		0.424	<0.001	0.237	0.269	0.707	<0.001

注: ^a*P*<0.05 vs 治疗前; ^c*P*<0.05 vs 135nJ组; ^e*P*<0.05 vs 140nJ组; ^g*P*<0.05 vs 145nJ组; ⁱ*P*<0.05 vs 150nJ组。

表5 SMILE术中能量参数与I期OBL、视力恢复及视觉质量的相关性

统计值	I期OBL	UCVA(LogMAR)	BCVA(LogMAR)	MTF _{cut-off}	SR	OSI
<i>r_s</i>	0.078	-0.272	0.111	-0.132	0.082	-0.151
<i>P</i>	0.106	<0.001	0.257	0.006	0.089	0.002

3 讨论

早期的准分子激光角膜表层屈光手术解决了更多屈光不正患者摘镜问题,但术后角膜上皮缺失、疼痛明显,恢复时间较长,在角膜表层屈光手术中的应用受到限制。准

分子激光原位角膜磨镶术可保留角膜上皮层,在基质层进行激光切削,可减轻术后炎症反应,提高患者舒适度。但仍存在引起角膜瓣制作不良、干眼、视觉质量下降、角膜瓣移位、继发角膜扩张等不足的风险^[6-7]。

SMILE 凭借恢复快、创伤小、微创、术中术后患者舒适度良好、接受度高,效果获得临床认可。飞秒激光是 SMILE 的核心,其功能参数(包括激光系统重复率、能量、点间距等)可能影响激光与角膜组织的相互作用,其中能量参数的设置尤为重要^[8]。以往研究发现^[9-10],能量参数会对飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术、飞秒微透镜切除术等手术造成影响,也会对 SMILE 术的 I 期 OBL、术后视觉质量造成影响。I 期 OBL 是 SMILE 术中的主要并发症之一,与角膜内飞秒激光的光学击穿作用产生的气泡未及时逃逸有关,这些气泡虽然持续时间不会太长,但不排除会扩散到角膜基质、结膜下间隙和前房等组织中^[11-12]。研究认为^[13],SMILE 术中 I 期 OBL 的发生可能会对飞秒激光的光破裂作用造成干扰,并影响角膜组织的分离等操作,不利于手术操作,从而影响手术效果。

目前有关 SMILE 术中 I 期 OBL 的危险因素尚不完全明确。本研究结果显示,OBL 组和非 OBL 组在年龄、球镜、柱镜、中央角膜厚度、残余基质厚度、微透镜厚度方面存在显著差异,但在多因素回归分析模型中,能量参数 5nJ 差异并未影响 I 期 OBL 的发生,这一结果与以往研究存在差异。如赵波等^[14]的研究表明,OBL 的发生与角膜厚度、激光能量等有关,与本研究结论差异较大,考虑与该研究并未对 OBL 进行分期,同时混杂了 I 期和 II 期 OBL 事件有关,而本文着重关注微透镜后表面 OBL(I 期)发生与能量设置关系。由于后表面扫描时出现的 OBL,会阻挡激光切削的硬性,因而临床手术中更加受到关注。同时本研究设置的能量参数在 130~150nJ, I 期 OBL 发生率较低,说明 130~150nJ 是 SMILE 的安全范围,因此 SMILE 术中能量参数的设置应谨慎,不宜轻易增大或减小过多,以免带来严重后果。

在视力恢复及视觉质量方面,随着能量参数的降低,术后 UCVA 及视觉质量均更好,呈显著负相关性,说明在有效、安全的前提下,相对较低的能量参数其术后视力恢复及视觉质量更高。国外研究认为^[15],高能量参数更容易引起透镜分离,并存在其他缺点,如显微镜下可观察到高能量参数易造成不规则后角膜微透镜。也有研究认为^[16],高能量参数会增加炎症反应风险,因此术后早期存在视物模糊,这是造成术后视力恢复及视觉质量不佳的主要原因。过度减少点间距可能会影响后续激光照射,这种影响与过高能量参数造成的影响一致,因此能量参数需要基于点间距进行设置^[17]。高能量或更窄的点间距可影响气泡空化和随后的激光照射,从而造成不太规则透镜切割,引起短暂不规则角膜形状,使术后视力恢复较差,需等到角膜上皮自然平滑后才能补偿^[18]。也有研究认为^[19-20],采取 SMILE 手术患者的屈光度数也可能影响术中 I 期 OBL,近视或散光系数较低更易引起术中 I 期 OBL,且与近视度数相比,同等度数的散光系数对 SMILE 手术患者 I 期 OBL 的影响程度更大,对于屈光度较低的患者,可适当加深术中激光扫描平面深度来降低 I 期 OBL,值得参考和借鉴。

综上所述,采用 4.5 μ m 的点间距时,临床常用的能量参数范围内,能量越低,术后 UCVA 与视觉质量越好,但不明显影响术中 I 期 OBL 的发生。建议未来可开展多中心

试验,并采取更低能量参数设置对比,以确认常用的 4.5 μ m 点间距下最佳能量等级设置范围。

参考文献

- 姜黎,沈政伟,江文珊,等. SMILE 矫正近视术后一年临床疗效. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2019;21(1):14-22
- 刘太祥,蔡善君,宿罡. SMILE 治疗近视和近视散光术后 24h 内疗效. 中国激光医学杂志 2018;27(2):123-124
- Kunert KS, Blum M, Duncker GIW, et al. Surface quality of human corneal lenticules after femtosecond laser surgery for myopia comparing different laser parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249(9):1417-1424
- 马娇楠,王雁,宋一,等. 不透明气泡层在 SMILE 术中的产生及其与角膜生物力学相关影响因素的研究. 中华眼科杂志 2019;55(2):115-121
- 曾文慧,王华. 散光对低中度近视青年患者客观视觉质量的影响. 国际眼科杂志 2018;18(12):2293-2296
- 鲁元媛,王宏娜,万晓梅,等. 波前像差引导的准分子激光上皮瓣下角膜磨镶术后早期客观视觉质量的临床观察. 中国医科大学学报 2018;47(10):917-920
- 余兰. 飞秒激光近视手术系统中的关键技术研究. 现代科学仪器 2019(6):158-160
- 邢星,李世洋,赵爱红,等. 小切口角膜基质透镜取出术 1000 只眼并发症的观察. 中华眼外伤职业眼病杂志 2017;39(8):619-622
- Son G, Lee J, Jang C, et al. Possible risk factors and clinical effects of opaque bubble layer in small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017;33(1):24-29
- 张娜娜,燕振国. 高度近视 SMILE 术后眼压变化及其相关因素分析. 国际眼科杂志 2017;17(9):1646-1649
- Koh IH, Seo KY, Park SB, et al. Enhancement of refractive outcomes of small-incision lenticule extraction via tear-film control. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(11):2259-2268
- 张旭,王雁,徐路路. FS-LASIK 与 SMILE 矫正近视术后角膜后表面高度的变化. 眼科新进展 2020;40(5):435-438
- 袁倩,刘蕾,张亚丽,等. SMILE 和 FS-LASIK 对角膜光密度的影响. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2018;20(12):719-724
- 赵波,杨雪飞. 飞秒激光术中角膜基质不透明气泡层的相关因素及其对手术效果的影响. 中华眼外伤职业眼病杂志 2014;36(12):928-931
- Li L, Schallhorn JM, Ma J, et al. Risk factors for opaque bubble layer in small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017;33(11):759-764
- 李萌,周行涛. 近视散光患者 SMILE 术后眼内散射和视觉质量分析. 中国激光医学杂志 2016;25(5):322
- 卢玥浩,夏丽坤,于泳,等. 眼内散光对 SMILE 矫正近视散光术后视觉质量的影响. 中华眼视光学与视觉科学杂志 2020;22(10):728-737
- Ma J, Wang Y, Li L, et al. Corneal thickness, residual stromal thickness, and its effect on opaque bubble layer in small-incision lenticule extraction. *Int Ophthalmol* 2018;38(5):2013-2020
- Reinstein DZ, Vida RS, Archer TJ, et al. Aborted small-incision lenticule extraction resulting from false plane creation and strategy for subsequent removal based on corneal layered pachymetry imaging. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(6):872-877
- Demurashvili G, Davarpanah K, Szmukler - Moncler S, et al. Technique to obtain a predictable aesthetic result through appropriate placement of the prosthesis/soft tissue junction in the edentulous patient with a gingival smile. *Clin Implant Dent Relat Res* 2015;17(5):923-931