

# 术前不同角膜曲率对 SMILE 术后光学形变区大小的影响

杜咏仪

引用:杜咏仪. 术前不同角膜曲率对 SMILE 术后光学形变区大小的影响. 国际眼科杂志 2023;23(6):1049-1052

作者单位:(511400)中国广东省广州市,番禺区中心医院眼科  
作者简介:杜咏仪,女,硕士研究生,主治医师,研究方向:近视激光治疗及糖尿病视网膜病变。

通讯作者:杜咏仪. guangguang954@163.com

收稿日期:2022-07-29 修回日期:2023-05-12

## 摘要

目的:探究术前不同角膜曲率对飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)后光学形变区大小的影响。

方法:前瞻性研究。选取 2021-02/2022-01 按顺序于我院接受 SMILE 手术患者 108 例,考虑双眼存在关联,仅对每例患者的左眼进行研究。根据患者术前角膜前表面平均曲率分组:角膜曲率较平组 30 眼; $K_m < 42.0D$ ,角膜曲率较陡组 26 眼; $K_m > 47.0D$ ;常规角膜曲率组 52 眼; $42.0D \leq K_m \leq 47.0D$ 。所有患者均接受标准化的 SMILE 手术,其中激光切削直径均为 6.5mm。术后 6mo 复查,比较三组患者的术后光学形变区直径大小。

结果:三组患者术前基线资料(除角膜曲率外)比较均无差异(均  $P > 0.05$ )。术后 6mo,三组患者 UDVA 和主观验光比较均无差异(均  $P > 0.05$ ),角膜曲率较平组、角膜曲率较陡组、常规角膜曲率组光学形变区直径分别为  $6.54 \pm 0.14$ 、 $6.32 \pm 0.13$ 、 $6.45 \pm 0.15$ mm ( $F = 19.238$ ,  $P < 0.05$ ),角膜曲率较平组光学区直径大于常规角膜曲率组和角膜曲率较陡组 ( $P < 0.05$ ),常规角膜曲率组光学区直径大于角膜曲率较陡组 ( $P < 0.05$ )。

结论:当预设的激光切削直径相同时,术前角膜曲率越陡,术后光学形变区恢复越多,有效光学区直径越小。

关键词:飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE);角膜曲率;光学形变区;有效光学区

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.6.33

## Influence of different preoperative corneal curvature on the size of optical deformation area after femtosecond laser small incision lenticule extraction

Yong-Yi Du

Department of Ophthalmology, Panyu District Central Hospital, Guangzhou 511400, Guangdong Province, China

Correspondence to: Yong-Yi Du. Department of Ophthalmology, Panyu District Central Hospital, Guangzhou 511400, Guangdong Province, China. guangguang954@163.com

Received:2022-07-29 Accepted:2023-05-12

## Abstract

• AIM: To investigate the effect of different preoperative corneal curvature on the size of optical deformation area after femtosecond laser small incision lens extraction (SMILE).

• METHODS: A prospective study was conducted on 108 consecutive patients who underwent SMILE surgery in our hospital from February 2021 to January 2022. Considering the association between both eyes, only the left eye of each patient was studied. According to the average anterior corneal surface curvature in preoperative, the patients were divided into three groups:  $K_m < 42.0D$  group ( $n = 30$ ),  $K_m > 47.0D$  group ( $n = 26$ ) and conventional corneal curvature group ( $n = 52$ ) with  $42.0D \leq K_m \leq 47.0D$ . All patients underwent standardized SMILE surgery, and the laser ablation diameter was 6.5mm. The diameters of optical deformation areas in the three groups were compared at 6mo after operation.

• RESULTS: There was no significant difference in preoperative data among the three groups except for the mean curvature of the anterior corneal surface (all  $P > 0.05$ ), and there was no significant difference in uncorrected distance visual acuity (UDVA) and subjective refraction at 6mo after operation (all  $P > 0.05$ ). The diameters of the optical deformation zone in the  $K_m < 42.0D$  group,  $K_m > 47.0D$  group and the conventional corneal curvature group were  $6.54 \pm 0.14$ ,  $6.32 \pm 0.13$ ,  $6.45 \pm 0.15$ mm respectively ( $F = 19.238$ ,  $P < 0.05$ ). The optical area diameter of the group with flat corneal curvature was larger than that of the group with conventional corneal curvature and the group with steeper corneal curvature ( $P < 0.05$ ). The diameter of optical zone in the conventional curvature group was larger than that in the  $K_m > 47.0D$  group ( $P < 0.05$ ).

• CONCLUSION: When the preset laser cutting diameter is the same, the steeper the corneal curvature before operation, the smaller the diameter of the optical deformation area after operation.

• KEYWORDS: femtosecond laser small incision lenticule extraction(SMILE); corneal curvature; optical deformation area; effective optical zone

Citation: Du YY. Influence of different preoperative corneal curvature on the size of optical deformation area after femtosecond laser small incision lenticule extraction. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(6):1049-1052

## 0 引言

国内外研究已经证实,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术(femtosecond laser small incision lenticule extraction,

SMILE)矫正近视和复性近视散光具有安全、有效、稳定及可预测性<sup>[1-3]</sup>。但是,偶有少量患者在术后会出现暗环境下视觉质量不佳的情况,表现为夜视力降低、眩光、对比敏感度下降等<sup>[4-5]</sup>,有数据表明这些症状可能与术后有效光学区(effective optical zone, EOZ)的大小有关,当光学区直径不能覆盖瞳孔区域时,上述并发症的发生概率增加<sup>[6-7]</sup>。因此,实现足够大小的术后光学区直径,是保证SMILE手术效果的重要指标之一。

患者术前的角膜曲率可能对术后光学区直径的大小产生影响。在SMILE手术中,负压吸引环将患者的角膜吸引并压平后进行激光切削<sup>[8]</sup>,术后患者的角膜回弹至原有的曲率后,实际的光学区直径面积可能发生变化,这种角膜“光学形变区”造成的光学区直径改变是影响SMILE疗效的因素之一。然而,目前关于术前角膜曲率与术后光学形变区大小之间的相关报道较少。因此,本课题开展了一项前瞻性研究进行探讨。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性研究。选取2021-02/2022-01按顺序于我院接受SMILE手术患者108例,考虑双眼存在关联,仅对每例患者的左眼进行研究。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁,自愿接受SMILE手术;(2)角膜透明,无云翳、斑翳、白斑;(3)近2a内屈光状态变化 $\leq 1D$ ;(4)停戴角膜接触镜至少4wk以上;(5)暗环境下瞳孔直径 $< 6.5mm$ 。排除标准:(1)患者有眼外伤或眼部手术史;(2)患者有眼内疾病,如玻璃体混浊、视网膜疾病等;(3)患者患有结缔组织或自身免疫性疾病,如瘢痕体质等。本研究经医院伦理委员会审核通过,所有受试者均签署知情同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 术前检查** 术前行裂隙灯检查、裸眼远视力(uncorrected distance visual acuity, UDVA)、矫正远视力(corrected distance visual acuity, CDVA)、散瞳眼底检查、眼压、验光、Pentacam眼前节检查、瞳孔计检查。

**1.2.2 手术方法** 由同一名娴熟的屈光医生对全部患者进行手术。所用设备为VisuMax飞秒激光系统,使用统一的参数:激光能量115nJ,点间距 $4.5\mu m$ ,点直径 $1.5\mu m$ ,角膜帽厚度 $120\mu m$ ,光学区直径 $6.5mm$ ,角膜帽直径 $7.5mm$ ,边切角 $90^\circ$ ,于12:00方向进行侧切口,长 $2mm$ ,负压吸引环开口曲率半径 $5.8mm$ 。按患者个体数据输入屈光数据。

**1.2.3 术后处理** 术后第1d起,使用左氧氟沙星滴眼液及妥布霉素地塞米松滴眼液7d,小牛血去蛋白提取物滴眼液20d,玻璃酸钠滴眼液30d;术后第7d起开始用0.1%氟米龙滴眼液20d;以上所有滴眼液的使用频率都是每日点眼4次,同时监测眼压。术后随访6mo,重复以上检查。

**1.2.4 光学形变区大小的测量方法** 使用Pentacam在手术前后分别对患者的角膜前表面曲率进行测量。Pentacam具有将两幅图对应点数据相减以生成差值图(differencemap)的功能,在术前-术后角膜前表面切向曲率差值图中,中心部分差值较大,为激光切削区域,周边部分差值减小,而差值为0处,即为激光切削的边缘,也即光学形变区大小的边缘。为计算光学形变区大小的直径,首先,在Pentacam的差值图上移动光标,沿径线自中心向周边移动,当差值为OD时,即表示已触及光学形变区边

缘,此时停止移动,记录该点的坐标(x,y)。然后,分别在 $0^\circ \sim 330^\circ$ 半径线上,每间隔 $30^\circ$ 测量1次,共得到12个边缘点的坐标。最后,按照公式 $R = \sqrt{x^2 + y^2}$ ,计算出每条光学区半径线长度,对这些半径求取平均值后,再乘以2,即可得到该光学区的平均直径<sup>[9-10]</sup>,见图1、2。

统计学分析:采用SPSS 25.0统计软件进行分析。计数资料以频数(百分比)表示,采用 $\chi^2$ 检验,计量资料以均值 $\pm$ 标准差表示,多组间数据采用单因素方差分析进行比较, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,进一步两两比较采用Bonferroni事后检验,检验水准是 $\alpha = 0.05$ 。

## 2 结果

**2.1 三组患者术前基线资料比较** 本研究共纳入患者108例108眼,所有患者术前CDVA均 $\leq 0.1$ (LogMAR),平均眼轴为 $23.5 \pm 0.5mm$ ,最佳矫正视力均 $\geq 1.0$ (小数视力)。根据Pentacam测得的术前角膜前表面平均曲率(Km),将患者分为三组:角膜曲率较平组30眼;Km $< 42.0D$ ,角膜曲率较陡组26眼;Km $> 47.0D$ ;常规角膜曲率组52眼;42.0D $\leq$ Km $\leq$ 47.0D<sup>[11]</sup>。三组患者术前基线资料比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表1。

**2.2 三组患者术后6mo UDVA和主觉验光及光学形变区直径比较** 三组患者术后6mo UDVA和主觉验光比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),光学形变区直径比较差异有统计学意义( $P < 0.001$ ),两两比较差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),见表2。

## 3 讨论

在SMILE手术设计中,光学区直径是一项重要的指标。以往的研究显示,若术后光学区直径小于瞳孔直径,则会增加术后眼的高阶像差<sup>[12]</sup>,造成夜视力下降、眩光、光晕等并发症风险大大增加<sup>[13]</sup>。在现在的临床实践中,SMILE手术时需要在VisuMax手术平台输入“光学区直径”<sup>[14]</sup>。然而,该“光学区直径”是术中角膜被负压吸引环吸附并压平之后的激光切削范围<sup>[15]</sup>,并非真实的术后光学区直径。当术后角膜回弹为自然形态后,实际的光学区直径将会有所变化。

本研究通过纳入术前不同角膜曲率患者进行前瞻性的观察,证实了在术中所设“光学区直径”均为 $6.5mm$ 的情况下,实际的术后光学区直径发现角膜曲率较平组大于常规角膜曲率组和角膜曲率较陡组,常规角膜曲率组光学区直径大于角膜曲率较陡组。研究结果提示,较陡的角膜曲率,其术后光学区直径可能小于预设的切削直径。目前认为,造成这种现象的原因可能是术中角膜曲率因负压吸引环而发生较大的形变,而术后角膜恢复生理弹性后角膜曲率会再次发生形变,这是角膜曲率过高或过平坦的患者术后光学区变化较大的机械影响因素。常规曲率的角膜,其本身可较好地贴附负压吸引环<sup>[16]</sup>,因此术中不产生较大的形变,故术中的切削直径与术后的光学区直径无明显不同见图3;而对于较平曲率的角膜,其在术中负压吸引环吸附后,处于拱起、弯曲的状态,在按照预设直径进行切削后,其术后又回弹至相对扁平的状态,切削区域被“拉长”,因此术后光学区直径较术中设定的切削区域大;对于较陡曲率的角膜,其在术中负压吸引环压平,术后相较于术中属于“弯曲”状态,因此术后光学区的直径较术中设定的切削直径更小<sup>[17]</sup>。

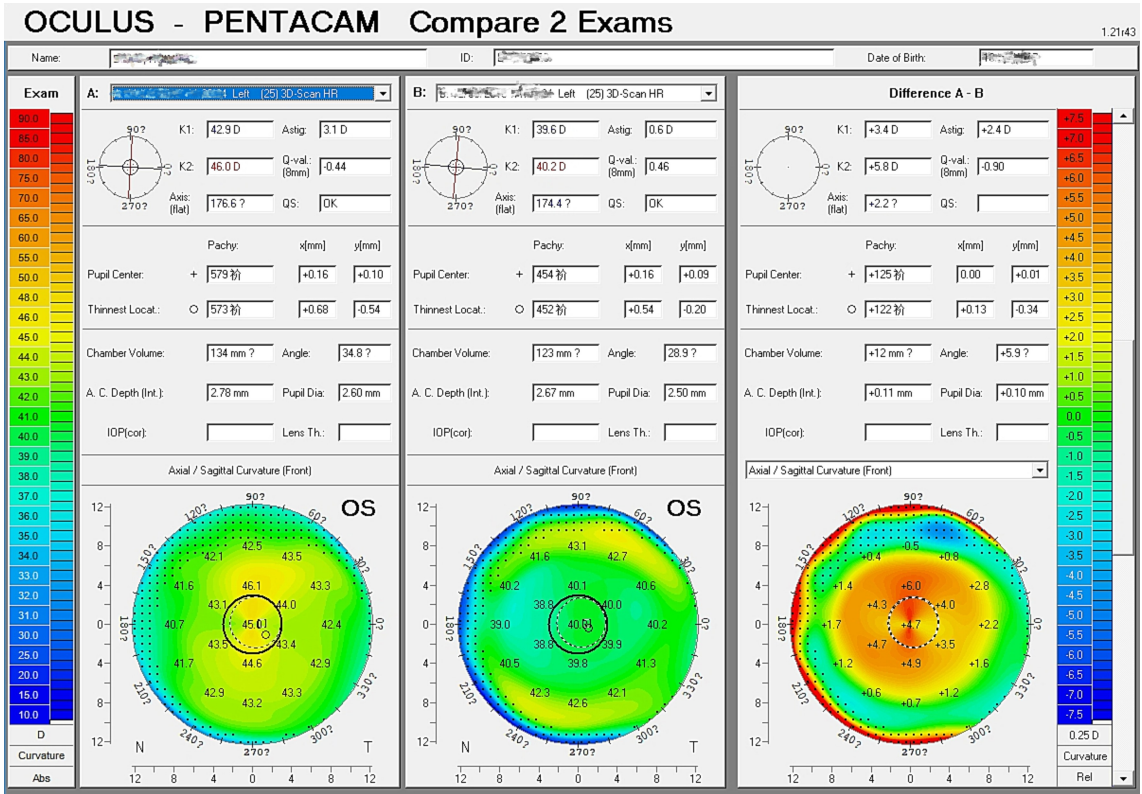


图 1 Pentacam 所测的患者术前-术后角膜前表面切向曲率对比图。

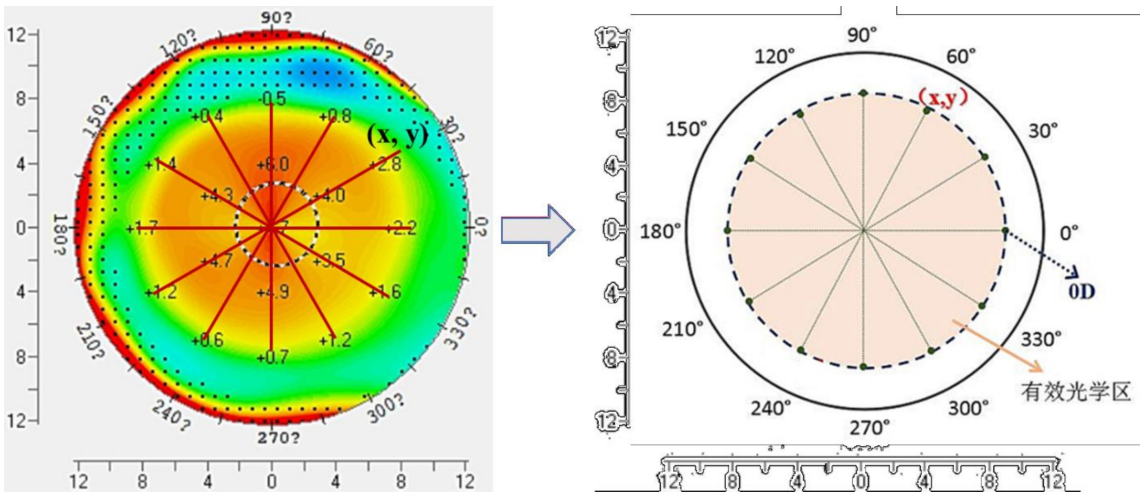


图 2 从 Pentacam 差异图中计算光学形变区大小的方法示意图。

表 1 三组患者术前基线资料比较

分组	例数(眼数)	女 (例,%)	年龄 ( $\bar{x} \pm s$ , 岁)	柱镜 ( $\bar{x} \pm s$ , D)	球镜 ( $\bar{x} \pm s$ , D)	中央角膜厚度 ( $\bar{x} \pm s$ , $\mu\text{m}$ )	等效球镜 ( $\bar{x} \pm s$ , D)
角膜曲率较平组	30(30)	14(46.7)	23.79 $\pm$ 4.67	-0.79 $\pm$ 0.56	-5.18 $\pm$ 1.52	552.51 $\pm$ 24.97	-5.48 $\pm$ 1.58
角膜曲率较陡组	26(26)	14(53.8)	23.06 $\pm$ 4.78	-0.63 $\pm$ 0.59	-5.17 $\pm$ 1.53	553.10 $\pm$ 24.98	-5.49 $\pm$ 1.59
常规角膜曲率组	52(52)	29(55.8)	23.83 $\pm$ 4.52	-0.67 $\pm$ 0.56	-5.15 $\pm$ 1.48	552.89 $\pm$ 24.13	-5.38 $\pm$ 1.65
$F/\chi^2$		0.648	0.542	1.631	0.257	0.072	0.037
$P$		0.723	0.589	0.104	0.794	0.941	0.968

注:角膜曲率较平组:  $K_m < 42.0D$ ; 角膜曲率较陡组:  $K_m > 47.0D$ ; 常规角膜曲率组:  $42.D \leq K_m \leq 47.0D$ 。

研究表明对于角膜曲率较陡的患者,仅按照瞳孔直径设定其切削直径可能已经不能满足患者的个体化解剖差异,避免术后光学形变区小于瞳孔直径,造成光学区直径较小,如何设定恰当的切削直径可能是未来 SMILE 手术的重要参考因素。除了光学区直径的变化对 SMILE 手术

设计产生影响,近年来研究发现屈光状态改变、瞳孔直径大小、角膜的厚度、切削中心的定位等因素也会对术后视觉状态情况的稳定性产生挑战<sup>[18-19]</sup>,故在确定手术基本参数的同时也需要关注角膜机械形变等造成的影响。

总体来看,本研究的结果还存在一定的局限性,对于

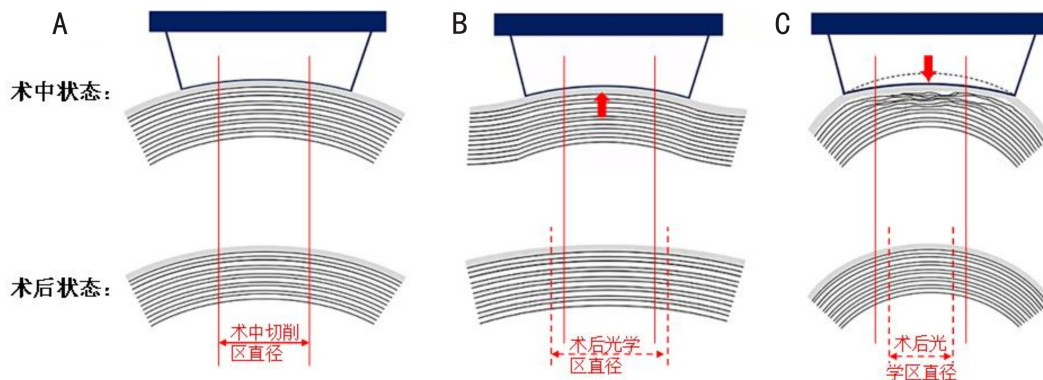


图3 术前不同角膜曲率对术后光学区直径的影响示意图 A:常规角膜曲率组;B:角膜曲率较平组;角膜术中变弯,术后相对变直,因此光学区直径增宽;C:角膜曲率较陡组;角膜术中压平,术后相对更弯,因此光学区直径变窄。

表2 三组患者术后6mo UDVA和主觉验光及光学形变区直径比较

分组	眼数	UDVA(LogMAR)	主觉验光(D)	光学形变区直径(mm)
角膜曲率较平组	30	-0.03±0.07	-0.06±0.17	6.54±0.14
角膜曲率较陡组	26	-0.02±0.09	-0.05±0.20	6.32±0.13 <sup>a</sup>
常规角膜曲率组	52	-0.02±0.07	-0.05±0.19	6.45±0.15 <sup>a,c</sup>
F		0.237	0.314	19.238
P		0.572	0.418	<0.001

注:角膜曲率较平组:Km<42.0D;角膜曲率较陡组:Km>47.0D;常规角膜曲率组:42.D≤Km≤47.0D。<sup>a</sup>P<0.05 vs 角膜曲率较平组;<sup>c</sup>P<0.05 vs 角膜曲率较陡组。

切割深度、切割形态、前房深度、瞳孔大小等多种影响光学区直径的因素未进一步纳入分析,但也有临床数据表明SMILE适应证范围内,不同切割深度不会影响手术的安全性、稳定性及有效性<sup>[20]</sup>。目前国内外学者对SMILE术后高阶像差、调制传递函数截止频率、客观散射指数等客观视觉质量指标及其影响因素的认识还存在争议<sup>[21]</sup>,这也是进一步探索SMILE手术参数及影响因素具有价值的研究方向。

#### 参考文献

- 1 Wu F, Yin HF, Yang YB. Evaluation of the difference between predicted and measured central corneal thickness reduction after SMILE and femtosecond laser-assisted LASIK for myopia. *Curr Eye Res* 2021;46(8):1089-1095
- 2 Wu Y, Huang ZP. Comparison of early visual quality in patients with moderate myopia using different optical zones in small incision lenticule extraction (SMILE). *BMC Ophthalmol* 2021;21(1):46
- 3 张丰菊, 宋彦铮. 角膜屈光手术 SMILE 的临床安全性、有效性及稳定性评估. *大连医科大学学报* 2015;37(6):521-525
- 4 Zhao WX, Han T, Li MY, et al. Nighttime symptoms after monocular SMILE: a contralateral eye study. *Ophthalmol Ther* 2021;10(4):1033-1044
- 5 Han T, Xu Y, Han X, et al. Quality of life impact of refractive correction (QIRC) results three years after SMILE and FS-LASIK. *Health Qual Life Outcomes* 2020;18(1):107
- 6 Han T, Zhao F, Chen X, et al. Evaluation of disk halo size after small incision lenticule extraction (SMILE) reafes. *Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257(12):2789-2793
- 7 侯湘涛, 吴小影, 杜凯旋, 等. SMILE 术后不同瞳孔直径下视觉质量的比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2021;23(5):336-342
- 8 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 我国飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术规范专家共识(2018年). *中华眼科杂志* 2018;54(10):729-736

- 9 侯杰, 雷玉琳, 饶丰, 等. 角膜地形图与调制传递函数测量 SMILE 矫治近视术后有效光学区的比较. *中华实验眼科杂志* 2021;39(2):126-132
- 10 Fu D, Wang L, Zhou XT, et al. Functional optical zone after small-incision lenticule extraction as stratified by attempted correction and optical zone. *Cornea* 2018;37(9):1110-1117
- 11 Chuck RS, Jacobs DS, Lee JK, et al. Refractive errors & refractive surgery preferred practice pattern<sup>®</sup>. *Ophthalmology* 2018;125(1):1-104
- 12 Bühren J, Kühne C, Kohnen T. Influence of pupil and optical zone diameter on higher-order aberrations after wavefront-guided myopic LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(12):2272-2280
- 13 许多, 阚秋霞, 张国伟, 等. 飞秒透镜边缘阶梯对视觉质量的影响. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2014;16(4):206-210
- 14 李跃祖, 梁刚, 李俊, 等. 飞秒激光微小切口基质透镜取出术基质切削可预测性研究. *国际眼科杂志* 2021;21(11):1974-1979
- 15 Reinstein DZ, Archer TJ, Vida RS, et al. Suction stability management in SMILE: development of a decision tree for managing eye movements and suction loss. *J Refract Surg* 2018;34(12):809-816
- 16 杨颖, 左晶, 张传伟, 等. 不同角膜屈光手术对基底膜下神经的影响. *国际眼科杂志* 2015;15(8):1429-1431
- 17 Luft N, Siedlecki J, Reinking F, et al. Impact of extreme (flat and steep) keratometry on the safety and efficacy of small incision lenticule extraction (SMILE). *Sci Rep* 2021;11(1):17854
- 18 刘逾, 陈海婷, 牛广增, 等. SMILE 与 ICL V4c 植入术矫正高度近视的临床效果及视觉质量对比分析. *河北医科大学学报* 2021;42(2):186-191
- 19 Liu T, Yu T, Liu LN, et al. Corneal cap thickness and its effect on visual acuity and corneal biomechanics in eyes undergoing small incision lenticule extraction. *J Ophthalmol* 2018;2018:6040873
- 20 韩惠萍, 陆勤康, 查桂平, 等. 不同切割深度对 SMILE 术后治疗效果的影响. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2018;20(7):420-425
- 21 魏新龙, 吕洋, 郑鑫, 等. SMILE 术后视觉质量的研究进展. *国际眼科杂志* 2022;22(7):1113-1117