

SMILE 手术治疗近视及近视合并散光术后 1a 视觉质量分析

杨琳娟¹, 薛玉坤², 吴红芳¹, 李咪咪¹, 米生健¹

引用:杨琳娟,薛玉坤,吴红芳,等. SMILE 手术治疗近视及近视合并散光术后 1a 视觉质量分析. 国际眼科杂志 2021;21(8):1494-1498

作者单位:¹(710061)中国陕西省西安市,西安交通大学第一附属医院眼科;²(710000)中国陕西省西安市第一医院眼科

作者简介:杨琳娟,毕业于西安交通大学,硕士,主管护师,研究方向:眼视光学、屈光手术。

通讯作者:米生健,主任医师,研究方向:眼科屈光手术. mishengjian@sina.com

收稿日期:2021-01-14 修回日期:2021-07-07

摘要

目的:探讨飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)治疗近视及近视合并散光术后 1a 视觉质量的变化特点。

方法:回顾性研究。纳入 2019-07/12 行 SMILE 手术的近视及近视合并散光患者 85 例 85 眼,术后随访 1a,观察裸眼远视力(UDVA)、矫正远视力(CDVA)、等效球镜度(SE)等情况,评估手术的有效性、安全性及可预测性,并测量全角膜高阶像差及客观视觉质量。

结果:术后 1a,本组患者 SMILE 手术有效性指数 1.08,其中 84 眼 UDVA (99%) 达到或高于术前 CDVA, 22 眼 (26%) UDVA 高于术前 CDVA 1 行;手术安全性指数 1.04,其中 59 眼 (69%) CDVA 与术前 CDVA 一致, 24 眼 (28%) CDVA 较术前 CDVA 增加 1 行, 2 眼 (2%) CDVA 较术前 CDVA 增加 2 行; 85 眼 (100%) 等效球镜度均在 $\pm 0.50D$ 范围内;术前预期矫正 SE 与术后实际矫正 SE 呈高度线性相关 ($Y=0.9949X-0.0033; R^2=0.9977$);本组患者 6mm 瞳孔直径下全角膜总高阶像差(HOA)、球差、彗差均较术前增加 ($P<0.001$);调制传递函数截止频率 (MTF_{cutoff}) 和斯特列尔比(SR)均高于术前 ($P<0.05$)。

结论:SMILE 手术治疗近视安全、有效、稳定、预测性良好,矫正中低度散光准确性好,术后视网膜成像质量优于术前。

关键词:近视;飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;角膜高阶像差;视觉质量

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.8.38

Analysis of visual quality of myopia and myopia combined with astigmatism after SMILE surgery for 1a

Lin-Juan Yang¹, Yu-Kun Xue², Hong-Fang Wu¹, Mi-Mi Li¹, Sheng-Jian Mi¹

¹Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xi'an

Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China; ²Department of Ophthalmology, the First Hospital of Xi'an, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Sheng-Jian Mi. Department of Ophthalmology, the First Affiliated Hospital of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710061, Shaanxi Province, China. mishengjian@sina.com

Received:2021-01-14 Accepted:2021-07-07

Abstract

• **AIM:** To present the visual quality and refractive outcomes obtained in small incision lenticule extraction (SMILE) refractive surgeries, and observe the follow-up of patients over 1a period.

• **METHODS:** Retrospective comparative analysis of 85 patients (85 eyes) were treated with SMILE between July and December 2019. Pre- and postoperative uncorrected distance visual acuity (UDVA), corrected distance visual acuity (CDVA), spherical equivalent refraction (SE) were all observed, to evaluate the efficacy, safety and predictability after SMILE refractive surgery. Total corneal higher-order aberrations (HOAs), modulation transfer function cut-off (MTF_{cutoff}), strehl ratio (SR), and objective scattering index (OSI) were evaluated.

• **RESULTS:** One year after SMILE refractive surgery, the efficacy index was 1.08, 84 eyes (99%) reached an UDVA as or over CDVA preoperatively, 22 eyes (26%) gained one line of CDVA than preoperatively. The safety index was 1.04, 59 eyes (69%) of the treated eyes had an unchanged CDVA postoperatively, 24 eyes (28%) gained one line of CDVA, 2 eyes (2%) gained two lines of CDVA. 85 eyes (100%) were all within $\pm 0.50D$. The pre-correction is highly related with the actual correction of SE ($Y=0.9949X-0.0033; R^2=0.9977$). HOA, spherical aberration and coma were increased under pupil diameters of 6mm (all $P<0.001$). Both MTF_{cutoff} and SR were higher than that of SMILE preoperatively ($P<0.05$).

• **CONCLUSION:** SMILE demonstrated to be safe, effective, and predictable in the treatment of myopia and myopic astigmatism, and good accuracy in correcting medium and low astigmatism. The post-quality of retinal image is better than that of SMILE preoperatively.

• **KEYWORDS:** myopia; femtosecond laser small incision lenticule extraction; corneal higher-order aberration; visual quality

Citation: Yang LJ, Xue YK, Wu HF, et al. Analysis of visual quality of myopia and myopia combined with astigmatism after SMILE surgery for 1a. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(8):1494-1498

0 引言

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (femtosecond laser small incision lenticule extraction, SMILE) 作为近年新兴的一种屈光手术,因其无角膜瓣潜在风险、微创、角膜敏感性损失小、术后干眼症状轻等特点已在临床上广泛开展。相关研究已涉及到 SMILE 手术的安全性、有效性、稳定性及潜在的生物力学优势等^[1-4]。近年来,SMILE 术后如何早期快速恢复和有效提高远期视觉质量成为临床关注的焦点。本研究拟从全角膜高阶像差和眼内散射等客观视觉质量的角度对 SMILE 术前和术后 1a 的视觉质量进行比较分析,探讨改进和提高术后视觉质量的方法。

1 对象和方法

1.1 对象

回顾性研究。纳入 2019-07/12 在西安交通大学第一附属医院眼科屈光手术中心行 SMILE 手术的患者 85 例 85 眼(均选取右眼数据进行分析)为研究对象,其中近视患者 11 例 11 眼,近视伴散光患者 74 例 74 眼。纳入标准:(1)年龄 ≥ 18 岁;(2)术前最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;(3)球镜度 $\leq -8.00D$;(4)柱镜度 $\leq -3.00D$;(5)近 2a 内屈光度数稳定,每年增长 $\leq 0.50D$;(6)术前停戴角膜接触镜时间:软性球镜停戴 1wk 以上,软性散光镜及硬镜停戴 4wk 以上,角膜塑形镜停戴 3mo 以上;(7)预计透镜取出后,角膜中央最薄点残留基质床厚度 $>280\mu m$ 。排除标准:(1)球镜度 $> -8.00D$,柱镜度 $> -3.00D$;(2)妊娠期和哺乳期女性;(3)合并严重糖尿病、全身结缔组织疾病及自身免疫性疾病;(4)活动性眼病患者;(5)疑似和确诊的角膜扩张性疾病患者;(6)既往有角膜屈光手术史或眼部手术史。本研究经本院伦理委员会审查通过(伦理审批号 XJYFY-2019W20),遵循《赫尔辛基宣言》,术前均获得患者知情同意并签署手术知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法

术前所有患者均进行详细的眼部检查,排除活动性眼病等手术禁忌证。术前 1~3d 常规使用 3g/L 左氧氟沙星滴眼液、3g/L 玻璃酸钠滴眼液点眼。所有手术均由同一位高年资医生进行,预期术后目标屈光度为 0.00D。先使用设备额外预置的红外水平标志线将双眼调整至同一水平(图 1)。术中采用 Nomogram 调整方法:显然验光球镜 $\leq -5.00D$ 时,治疗球镜参数增加 $-0.50D$;显然验光球镜度 $\geq -5.25D$ 时,治疗球镜参数增加 10%;柱镜度不做调整。术前 3~5min 采用盐酸奥布卡因滴眼液进行眼结膜囊表面麻醉。手术采用 Visumax 3.0 飞秒激光系统,设置脉冲频率为 500kHz,能量为 130nJ。术前设计角膜帽厚 115~120 μm ,直径 7.0~7.5mm,角膜基质透镜光学区直径 6.0~6.5mm,基底厚度 10~15 μm 。角膜表面切口 2mm,位于 120°半子午线方向,预先参考角膜地形图 Kappa 角数据,在带患者注视目标的显微镜下定位角膜基质透镜中心,执行激光扫描并摘除角膜基质透镜。术毕滴用妥布霉素地塞米松滴眼液 1 次,戴无菌硬质眼罩。术后常规使用 3g/L 左氧氟沙星滴眼液 7d,每日 4 次;1g/L 氟米龙滴眼液 3wk,每日 4 次;3g/L 玻璃酸钠滴眼液 2wk,每日 4 次,2wk 后改用 1g/L 玻璃酸钠滴眼液,酌情使用 1~3mo。

1.2.2 观察指标

1.2.2.1 手术情况评估

术后随访 1a,观察裸眼远视力 (uncorrected distance visual acuity, UDVA)、矫正远视力



图 1 术前使用设备额外预置的红外水平标志线将双眼调整至同一水平。

(corrected distance visual acuity, CDVA) 及等效球镜度 (spherical equivalent refraction, SE) 等情况,其中 UDVA 为 5m 处自然光线下采用“E”字视力表测得的视力;CDVA 为自然瞳孔下显然验光结果;SE 为自然瞳孔显然验光的屈光度结果(球镜度+1/2 柱镜度)。对手术前后 UDVA、CDVA 进行比较以评估手术的有效性和安全性,其中有效指数=术后 UDVA/术前 CDVA;安全指数=术后 CDVA/术前 CDVA。根据术后不同时间点 SE 情况评估手术的稳定性,将术后实际矫正 SE 与术前预期矫正 SE 进行线性拟合,以评估手术的可预测性。

1.2.2.2 全角膜高阶像差

术前、术后 1a 分别经断层角膜地形图(Sirius)检查记录 6mm 瞳孔直径下全角膜高阶像差的 Zernike 系数值,包括总高阶像差 (higher order aberration, HOA)、球差、彗差和三叶草的均方根值 (root means square of high order, RMS)。

1.2.2.3 客观视觉质量

术前、术后 1a 分别应用基于双通道视网膜成像技术的光学质量分析系统(OQAS II)定量分析视网膜成像和眼内散射情况,观察指标包括调制传递函数截止频率(MTF_{cutoff})、斯特列尔比(SR)及眼内客观散射指数(OSI)。所有测量均在半暗室环境下进行。

统计学分析:采用 SPSS 23.0 对数据进行整理和分析。计数资料采用频数和百分比进行统计描述。计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 法检验均符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 进行描述,手术前后的比较采用配对样本 *t* 检验。采用双侧检验,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

本研究纳入患者 85 例 85 眼,其中男 40 例(47%),女 45 例(53%);年龄 20~39(平均 28.4 \pm 5.22)岁;术前 SE -2.50~-7.75(平均-5.02 \pm 1.28)D,柱镜度 0~-2.25(平均-0.71 \pm 0.51)D,角膜厚度 495~590(平均 532.12 \pm 20.95) μm ;设计角膜基质透镜直径 6.0~6.5(平均 6.33 \pm 1.83)mm。所有患者术程顺利,无术中失吸、黑区、透镜残留等并发症发生。术后随访期间无感染、角膜上皮愈合不良、偏心切削、弥漫性层间角膜炎(diffuse lamellar keratitis, DLK)、角膜帽皱褶、上皮植入等并发症发生。

2.2 手术安全性和有效性

术后 1a,本组患者 UDVA ≥ 1.0 者 84 眼(99%), ≥ 1.2 者 72 眼(85%),1.5 者 20 眼(24%),见图 2A。手术有效性指数 1.08,其中 84 眼(99%)UDVA 达到或高于术前 CDVA,22 眼(26%)UDVA 高于术前 CDVA 1 行;手术安全性指数 1.04,其中 59 眼(69%)CDVA 与术前

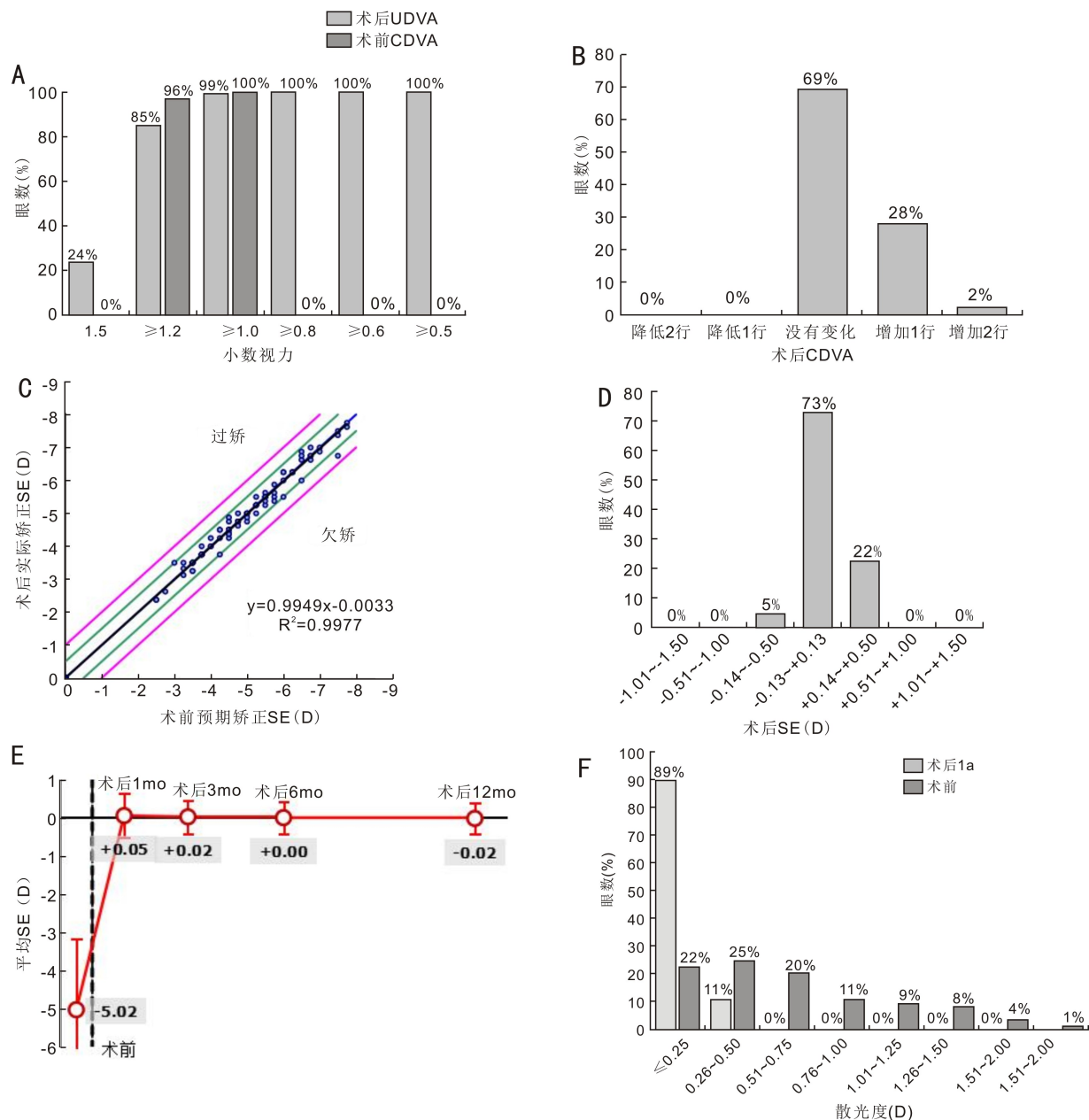


图2 SMILE 术前后和术后 1a 各观察指标的变化情况 A: 术后 UDVA 与术前 CDVA 情况; B: 术后 CDVA 变化情况; C: 术后实际矫正 SE 与术前预期矫正 SE 比较; D: 术后 SE; E: 术后不同时间点 SE 变化情况; F: 手术前后散光情况。

表1 手术前后 6mm 瞳孔直径下全角膜高阶像差比较

时间	眼数	总高阶像差	总球差	总彗差	三叶草像差
术前	85	0.234±0.060	0.129±0.064	0.083±0.031	0.122±0.064
术后 1a	85	0.413±0.106	0.296±0.120	0.191±0.082	0.119±0.065
<i>t</i>		-12.335	-10.698	-10.685	0.212
<i>P</i>		<0.001	<0.001	<0.001	0.833

($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

CDVA 一致, 24 眼(28%) CDVA 较术前 CDVA 增加 1 行, 2 眼(2%) CDVA 较术前 CDVA 增加 2 行, 见图 2B。

2.3 手术可预测性 对 SMILE 术前预期矫正 SE 与术后实际矫正 SE 做线性拟合, 其方程为 $Y=0.9949X-0.0033$, $R^2=0.9977$, 显示术前预期矫正 SE 与术后实际矫正 SE 呈高度线性相关, 表明 SMILE 术具有良好的可预测性, 见图 2C。

2.4 手术稳定性 术后 1a, 85 眼(100%) SE 均在 $\pm 0.50\text{D}$ 范围内, 见图 2D; 术后 1、3、6mo, 1a, 本组患者平均 SE 分

别为 0.05 ± 0.30 、 0.02 ± 0.20 、 0.00 ± 0.19 、 $-0.02 \pm 0.21\text{D}$, 术后 1a 内 SE 变化平稳, 既无明显远视漂移, 也无屈光回退现象, 见图 2E。术后 1a, 本组患者平均残余散光度为 $-0.11 \pm 0.18\text{D}$, 其中 50 眼(59%) 残余散光度 0D, 76 眼(89%) 残余散光度 $\leq 0.25\text{D}$, 9 眼(11%) 残余散光度 0.26~0.50D, 见图 2F。

2.5 手术前后全角膜高阶像差比较 与术前相比, 术后 1a 本组患者 6mm 瞳孔直径下全角膜总高阶像差、总球差、总彗差均有增加, 差异有统计学意义(均 $P < 0.001$); 三叶草像差略有减小, 差异无统计学意义($P > 0.05$), 见表 1。

表2 手术前后客观视觉质量比较

时间	眼数	OSI	MTF _{cutoff} (c/deg)	SR	$\bar{x} \pm s$
术前	85	0.708±0.437	37.014±8.568	0.196±0.055	
术后 1a	85	0.761±0.373	39.774±9.294	0.226±0.063	
<i>t</i>		-0.999	2.473	4.236	
<i>P</i>		0.321	0.016	<0.001	

2.6 手术前后客观视觉质量比较 与术前相比,术后 1a 本组患者 OSI 均在正常值范围内,差异无统计学意义($P=0.321$);MTF_{cutoff}和 SR 均提高,差异有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 2。

3 讨论

SMILE 手术作为近年来一种新型的激光角膜屈光手术方式,避免了角膜瓣和准分子激光的相关潜在风险,它的出现将激光矫正屈光不正手术推向一个更精确、更快捷、更稳定的新境界,同时也将角膜屈光手术带到了微创手术的新时代^[5]。

手术后良好的视力、视觉质量、屈光矫正的可预测性、稳定性和安全性是屈光手术成功的关键指标^[6]。诸多文献均显示 SMILE 治疗近视和近视合并散光显示出良好的有效性、安全性、稳定性和可预测性^[7-10]。屈光手术后裸眼视力直接影响患者对手术的满意度,同时也是评价手术疗效和随访的重要指标之一。Kim 等^[7]研究显示高度近视组($-7.67 \pm 1.01D$) SMILE 术后 1a,78.4%的患者 UDVA ≥ 1.0 ;43.2%的患者 CDVA 与术前一致,47.2%的患者 CDVA 增加 1 行,6.4%的患者 CDVA 增加 2 行;术后 1a SE 为 $-0.25 \pm 0.35D$ 。本研究纳入 SMILE 术后 1a 患者,84 眼(99%) UDVA 达到或高于术前 CDVA,22 眼(26%) UDVA 高于术前 CDVA 1 行;术后 1a CDVA 与术前 CDVA 相比,59 眼(69%)与术前一致,24 眼(28%)增加 1 行,2 眼(2%)增加 2 行;术后 1a SE 为 $-0.02 \pm 0.21D$ 。本研究中视力指标与 SE 好于上述研究,可能与本组患者术前平均屈光度较低($-5.02 \pm 1.28D$)有关。Reinstein 等^[11]报道 SMILE 术后 1a,SE 在 $\pm 0.5D$ 范围内眼数为 84%, $\pm 1.0D$ 范围内眼数为 99%。陈祥菲等^[12]发现 SMILE 术后 1a,SE 在 $\pm 0.5D$ 范围内眼数为 92 眼(89%), $\pm 1.00D$ 范围内眼数为 102 眼(99%)。本组患者术后 1a SE 在 $\pm 0.50D$ 范围内者 85 眼(100%),优于上述研究结果。显示 SMILE 手术具有安全、有效及良好的预测性,同时提示我们使用的屈光度调整 Nomogram 效果优异。

散光是既有大小又有方向的矢量,因此屈光手术中散光的矫正难于离焦。本研究显示,SMILE 术后 1a,残余散光度平均 $-0.11 \pm 0.18D$,其中 50 眼(59%)残余散光度 0D,76 眼(89%)残余散光度 $\leq 0.25D$,9 眼(11%)残余散光度 $0.26 \sim 0.50D$,好于 Han 等^[13]和 Taneri 等^[14]研究结果。SMILE 手术平台缺乏虹膜识别跟踪及眼球自旋补偿系统,其矫正散光难度有所增加,但由于其飞秒激光系统激光发射口通过弧形压平锥与角膜连接耦合,激光发射的距离明显缩短且规避了激光发射中患者配合不良的因素,在患者眼球自旋度较小的前提下,SMILE 手术治疗散光的精确性是值得肯定的,此外在手术开始前,我们使用设备额外预置的红外水平标志线将双眼调整至同一水平和手术前定位透镜中心的方法也是本研究散光矫正良好的重要原因。

本研究还发现,SMILE 术后 1、3、6mo,1a 屈光度非常稳定,既无明显的远视漂移,也无屈光回退现象,表明其稳定性良好,可能是由于 SMILE 术后角膜 Bowman 膜和浅基质层更加完整,较好地保持了角膜的生物力学稳定性^[15],也可能与 SMILE 术后角膜中央上皮增殖在手术 3mo 后趋于稳定有关^[16]。

本研究显示 SMILE 术后 1a,6mm 瞳孔直径下全角膜 HOA、球差、彗差均有增加,但三叶草像差未见增加。Zhu 等^[10]和 Yu 等^[17]研究发现 SMILE 术后 3mo,1a HOA、球差、彗差均增加,与本研究结果基本一致。究其原因,角膜基质透镜偏中心、功能光学区过小及透镜散光轴向偏位是主要原因^[14,18]。此外,术后角膜屈光度降低,角膜表面变平坦,角膜上皮重塑及透镜取出后的炎症反应和基质伤口的愈合均会使高阶像差增加^[19]。但 Tan 等^[20]发现 SMILE 术后 6mo 内高阶像差增加,术后 6mo~1a 高阶像差会逐渐恢复至术前水平,这与本研究结果存在差异,分析认为 SMILE 术后高阶像差及视觉质量的恢复还需要更长时间,更大样本的研究证实。

双通道客观视觉质量分析系统的原理是点光源通过人眼的屈光介质到达视网膜为单通道,而光线从视网膜再反射回来并被系统收集则形成双通道系统,通过对点光源在视网膜上的成像形状及不同区域的能量分布进行分析,可得到 OSI、MTF_{cutoff}、SR 及其他视觉质量相关参数^[21-22]。客观视觉质量分析系统是目前唯一可量化散射、像差和衍射综合影响的仪器,有效避免了以往波前像差仪因忽略散射和衍射而高估视功能的缺点^[23]。本研究显示,术后 1a 眼内 OSI 与术前相比未见增加,均在正常值范围内;MTF_{cutoff}和 SR 均高于手术前,提示 SMILE 术后视网膜成像质量较好,与以往同类研究结果基本一致^[10,24-25],进一步证实 SMILE 术后患者具有良好的视觉质量。

综上所述,本研究结果表明,SMILE 手术治疗近视安全、有效、稳定、预测性良好,矫正中低度散光准确性好,视网膜成像质量优于术前。然而,本研究属于术后视觉质量的回顾性研究,样本量较少,也未进行主观视觉质量评分量表调查及对比敏感度检查,研究结论仍需后续增加样本量并进行进一步研究。

参考文献

- 1 Pedersen IB, Ivarsen A, Hjortdal J. Changes in astigmatism, densitometry, and aberrations after SMILE for low to high myopic astigmatism: a 12-month prospective study. *J Refract Surg* 2017; 33(1): 11-17
- 2 Chan TCY, Ng ALK, Cheng GPM, et al. Vector analysis of astigmatic correction after small-incision lenticule extraction and femtosecond-assisted LASIK for low to moderate myopic astigmatism. *Br J Ophthalmol* 2016; 100(4): 553-559
- 3 Zhang JM, Wang Y, Chen XQ. Comparison of moderate- to high-astigmatism corrections using WaveFront-guided laser *in situ*

- keratomileusis and small-incision lenticule extraction. *Cornea* 2016; 35(4): 523-530
- 4 Ganesh S, Brar S, Pawar A. Results of intraoperative manual cyclotorsion compensation for myopic astigmatism in patients undergoing small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017; 33(8): 506-512
- 5 Ryu IH, Kim BJ, Lee JH, et al. Comparison of corneal epithelial remodeling after femtosecond laser-assisted LASIK and small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017; 33(4): 250-256
- 6 吕帆, 王勤美, 瞿佳. 进一步重视屈光手术的安全性和有效性研究. *中华眼科杂志* 2005; 6: 482-485
- 7 Kim JR, Kim BK, Mun SJ, et al. One-year outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE): mild to moderate myopia vs. high myopia. *BMC Ophthalmol* 2015; 15: 59
- 8 Blum M, Täubig K, Gruhn C, et al. Five-year results of small incision lenticule extraction (ReLex SMILE). *Br J Ophthalmol* 2016; 100(9): 1192-1195
- 9 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Visual and refractive outcomes of small incision lenticule extraction for the correction of myopia: 1-year follow-up. *BMJ Open* 2015; 5(11): e008268
- 10 Zhu XY, Zou LL, Yu MR, et al. Comparison of postoperative visual quality after SMILE and LASEK for high myopia: a 1-year outcome. *PLoS One* 2017; 12(8): e0182251
- 11 Reinstein DZ, Carp GI, Archer TJ, et al. Outcomes of small incision lenticule extraction (SMILE) in low myopia. *J Refract Surg* 2014; 30(12): 812-818
- 12 陈祥菲, 陆燕, 王春红, 等. SMILE 与改良去瓣 Epi-LASIK 矫正近视的疗效比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2018; 20(5): 297-305
- 13 Han T, Shang JM, Zhou XY, et al. Refractive outcomes comparing small-incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis for high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2020; 46(3): 419-427
- 14 Taneri S, Kiebler S, Rost A, et al. Small-incision lenticule extraction for the correction of myopic astigmatism. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(1): 62-71
- 15 Chen M, Yu M, Dai J. Comparison of biomechanical effects of small incision lenticule extraction and laser-assisted subepithelial keratomileusis. *Acta Ophthalmol* 2016; 94(7): e586-e591
- 16 Kanellopoulos AJ. Comparison of corneal epithelial remodeling over 2 years in LASIK versus SMILE: a contralateral eye study. *Cornea* 2019; 38(3): 290-296
- 17 Yu MR, Chen MJ, Wang BJ, et al. Comparison of visual quality after SMILE and LASEK for mild to moderate myopia. *J Refract Surg* 2015; 31(12): 795-800
- 18 Damgaard IB, Ang M, Mahmoud AM, et al. Functional optical zone and centration following SMILE and LASIK: a prospective, randomized, contralateral eye study. *J Refract Surg* 2019; 35(4): 230-237
- 19 Kwon Y, Bott S. Postsurgery corneal asphericity and spherical aberration due to ablation efficiency reduction and corneal remodelling in refractive surgeries. *Eye* 2009; 23(9): 1845-1850
- 20 Tan DKL, Tay WT, Chan C, et al. Postoperative ocular higher-order aberrations and contrast sensitivity: Femtosecond lenticule extraction versus pseudo small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(3): 623-634
- 21 Piñero DP, Teus MA. Clinical outcomes of small-incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(7): 1078-1093
- 22 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Clinical evaluation of optical quality and intraocular scattering after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53(6): 3161
- 23 Cabot F, Saad A, McAlinden C, et al. Objective assessment of crystalline lens opacity level by measuring ocular light scattering with a double-pass system. *Am J Ophthalmol* 2013; 155(4): 629-635
- 24 Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Effect of femtosecond laser setting on visual performance after small-incision lenticule extraction for myopia. *Br J Ophthalmol* 2015; 99(10): 1381-1387
- 25 Artal P, Benito A, Pérez GM, et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts. *PLoS One* 2011; 6(2): e16823