

# SMILE 术中应用十字定位法矫正低中度散光的临床效果

曹文佳, 申笛, 才俊, 韦伟

引用: 曹文佳, 申笛, 才俊, 等. SMILE 术中应用十字定位法矫正低中度散光的临床效果. 国际眼科杂志, 2024, 24(2):301-306.

基金项目: 陕西省科技厅自然科学基金 (No.2022SF-404)

作者单位: (710001) 中国陕西省西安市, 西北大学附属第一医院 西安市第一医院 陕西省眼科研究所 陕西省眼科学重点实验室 陕西省眼科疾病临床医学研究中心

作者简介: 曹文佳, 毕业于温州医科大学, 硕士, 主治医师, 研究方向: 屈光手术。

通讯作者: 韦伟, 毕业于哈尔滨医科大学, 硕士, 主任医师, 副院长, 研究方向: 眼视光学、屈光手术. wills2015@foxmail.com

收稿日期: 2023-07-13 修回日期: 2024-01-04

## 摘要

**目的:** 采用 Alpins 矢量分析法评估飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE) 术中应用十字定位法矫正低中度散光的临床效果。

**方法:** 前瞻性随机对照研究。纳入 2022-05/11 在西安市第一医院激光近视治疗中心进行 SMILE 手术且散光度数  $\leq 1.50$  D 的低中度顺规散光患者 50 例 81 眼, 依据随机表分为十字组患者 25 例 41 眼术中在进行标准 SMILE 程序之前术者根据十字交叉线调整患者头位, 使患者双眼外眦与水平线对齐, 眉心及鼻梁与垂直线对齐; 未用十字定位法的对照组 25 例 40 眼。观察两组患者术后 3 mo 视力及屈光情况, 采用 Alpins 矢量分析法对散光变化进行分析评估。

**结果:** 随访期间十字组失访 6 例 11 眼, 对照组失访 8 例 14 眼。最终十字组纳入 19 例 30 眼, 对照组纳入 17 例 26 眼。术后 3 mo, 两组患者术眼裸眼视力 (UCVA) 均  $\geq 1.0$ , 均未出现严重并发症, 两组间 UCVA、最佳矫正视力 (BCVA)、球镜度及等效球镜度比较均无差异 (均  $P > 0.05$ )。十字组柱镜度数  $0.00(0.00, 0.00)$  D 小于对照组  $-0.13(-0.50, 0.00)$  D ( $P=0.01$ )。矢量分析结果显示, 十字组的矢量误差 (DV) 低于对照组 [ $0.00(0.00, 0.00)$  vs  $0.13(0.00, 0.50)$ ,  $P=0.01$ ], 成功指数 (IOS) 优于对照组 [ $0.00(0.00, 0.00)$  vs  $0.18(0.00, 0.77)$ ,  $P < 0.01$ ]。术后 3 mo, 十字组和对照组角度误差 (AE) 在  $\pm 5^\circ$  内的眼数分别为 26 眼 (87%)、15 眼 (58%)。

**结论:** SMILE 术中应用十字定位法校准患者头位, 减小了 SMILE 矫正低中度散光的轴位误差, 提高 SMILE 矫正低中度散光的精确性。

**关键词:** 矢量分析; 十字定位法; 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (SMILE); 近视散光

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2024.2.23

## Clinical effect of cross positioning method for correcting low and moderate astigmatism during small incision lenticule extraction

Cao Wenjia, Shen Di, Cai Jun, Wei Wei

**Foundation item:** Natural Science Foundation of Shaanxi Provincial Department of Science and Technology (No.2022SF-404)

The First Affiliated Hospital of Northwestern University; Xi'an No.1 Hospital; Shaanxi Institute of Ophthalmology; Shaanxi Key Laboratory of Ophthalmology; Clinical Research Center for Ophthalmology Diseases of Shaanxi Province, Xi'an 710001, Shaanxi Province, China

**Correspondence to:** Wei Wei. The First Affiliated Hospital of Northwestern University; Xi'an No.1 Hospital; Shaanxi Institute of Ophthalmology; Shaanxi Key Laboratory of Ophthalmology; Clinical Research Center for Ophthalmology Diseases of Shaanxi Province, Xi'an 710001, Shaanxi Province, China. wills2015@foxmail.com  
Received: 2023-07-13 Accepted: 2024-01-04

## Abstract

• **AIM:** To evaluate the clinical outcomes of using the cross-positioning method for correcting low and moderate astigmatism during small incision lenticule extraction (SMILE) surgery with Alpins vector analysis.

• **METHODS:** A total of 50 patients (81 eyes) with low and moderate astigmatism with the rule  $\leq 1.50$  D who underwent SMILE surgery at the laser myopia treatment center of Xi'an No.1 Hospital from May 2022 to November 2022 were included in the prospective randomized controlled study, and they were divided into two groups according to the random table, with 25 case (41 eyes) in cross-positioning group and 25 cases (40 eyes) in control group. In the cross-positioning group, the patients' head position was adjusted based on the cross intersection lines before the standard SMILE procedure, aligning the lateral canthi with the horizontal line and the midpoint of the eyebrows and the nose bridge with the vertical line. Postoperative visual acuity and refractive results at 3 mo were observed in both groups, and astigmatic changes were analyzed and evaluated using the Alpins vector analysis method.

• **RESULTS:** During the follow-up period, 6 cases (11 eyes) in the cross-positioning group were lost to follow-up, while in the control group, 8 cases (14 eyes) were lost to follow-up, with 19 cases (30 eyes) and 17 cases (26 eyes) finally included in the cross-positioning group and the control group, respectively. At 3 mo postoperatively, the uncorrected visual acuity (UCVA) of

both groups' operated eyes was  $\geq 1.0$ , and no serious complications occurred, with no significant differences in UCVA, best corrected visual acuity (BCVA), spherical power, and spherical equivalent between the cross-positioning group and the control group (all  $P > 0.05$ ). The cylindrical power in the cross-positioning group was 0.00 (0.00, 0.00) D, which was lower than  $-0.13$  ( $-0.50, 0.00$ ) D in the control group ( $P = 0.01$ ). The vector analysis results showed that the difference vector (DV) in the cross-positioning group was lower than that in the control group [ $0.00$  (0.00, 0.00) vs  $0.13$  (0.00, 0.50),  $P = 0.01$ ], and the index of success (IOS) was better than that of the control group [ $0.00$  (0.00, 0.00) vs  $0.18$  (0.00, 0.77),  $P < 0.01$ ]. At 3 mo postoperatively, 26 (87%) and 15 (58%) eyes in the cross-positioning group and control groups achieved an angle of error (AE) within  $\pm 5^\circ$ , respectively.

• **CONCLUSION:** The cross positioning method was used to calibrate the patients' head position during SMILE surgery, which reduced the axial position error and improved the accuracy of SMILE in correcting low and moderate astigmatism.

• **KEYWORDS:** vector analysis; cross positioning method; small incision lenticule extraction (SMILE); myopic astigmatism

**Citation:** Cao WJ, Shen D, Cai J, et al. Clinical effect of cross positioning method for correcting low and moderate astigmatism during small incision lenticule extraction. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2024,24(2):301-306.

## 0 引言

散光作为屈光不正的一种,普遍存在于人眼中,是影响人眼视觉质量的重要因素之一。轻微的散光通常不会引起人们视力改变,但当散光度数增大到一定程度时,患者就会出现视力下降、视疲劳等症状<sup>[1]</sup>。目前激光角膜屈光手术被广泛应用于矫正散光,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)作为目前主流的激光角膜屈光手术之一,由于缺少眼球追踪及虹膜定位等功能,所以其矫正柱镜的难度要大于对球镜的矫正<sup>[2]</sup>。如何提高 SMILE 矫正散光的精确性一直是屈光医生关注的重点之一。

有大量研究结果表明 SMILE 矫正低中度散光呈欠矫趋势,散光轴位误差是发生散光欠矫的主要原因<sup>[3]</sup>,该误差甚至会诱发高阶像差,导致患者术后视觉质量下降。因此,设法减小散光轴位偏差很重要。既往研究显示,在 SMILE 术中严格控制患者体位,避免其头部旋转可减小散光轴位偏差,改善 SMILE 矫正散光的效果<sup>[4]</sup>。然而目前 SMILE 术中对患者的头位调整仍依赖于外科医生的经验和主观对准,精确性不高。对此,本研究 SMILE 术中应用十字定位法校正患者头位,观察该方法是否能减小散光轴向误差,提高 SMILE 手术矫正散光的精准性,为 SMILE 手术更好地矫正散光提供参考依据。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 前瞻性随机对照研究。纳入 2022-05/11 在西安市第一医院激光近视治疗中心进行 SMILE 手术且散光

度数  $\leq 1.50$  D 的低中度顺规散光患者 50 例 81 眼。依据随机表分为十字组 25 例 41 眼中应用十字定位法和对照组 25 例 40 眼中未用十字定位法。纳入标准:(1)年龄大于 18 周岁;(2)屈光状态在术前 2 a 内基本稳定;(3)柱镜度数  $\leq 1.50$  D 的顺规散光;(4)软性角膜接触镜至少停戴 1 wk 以上,硬性角膜接触镜至少停戴 1 mo 以上。排除术前角膜地形图异常、全身系统疾病或者怀孕、哺乳期患者。本研究通过西安市第一医院伦理委员会批准,所有患者均详细术前谈话告知并签署手术同意书。

## 1.2 方法

**1.2.1 术前检查** 术前检查包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)、眼压、主导眼、主觉验光、瞳孔直径、非侵袭性泪液分析、角膜厚度测量、角膜地形图、散瞳验光及眼底检查。

**1.2.2 手术方法** 手术均由同一名经验丰富的医生完成。患者常规手术消毒,术前行 0.4% 盐酸奥布卡因滴眼液进行角膜表面麻醉,手术采用 500 kHz VisuMax 飞秒激光系统。十字组患者闭眼躺下后,打开十字激光灯,术者根据十字交叉线调整患者头位,使水平线对准患者双眼外眦,垂直线对准眉心、鼻梁中线。对照组患者根据术者经验常规调整头部位置。两组患者启动负压吸引后,进行飞秒激光扫描,其中光学区设为 6.5 mm;角膜帽厚度设为 130  $\mu\text{m}$ ;散光过渡带设为 0.1 mm。切口设定在角膜 120° 方向,宽度为 2.5 mm。扫描完成后解除负压吸引,分离并取出透镜,确认透镜完整后适当冲洗角膜表面。术后给予 0.1% 氟米龙滴眼液每日 6 次,每 5 d 递减 1 次,持续 1 mo,0.3% 加替沙星滴眼液每日 4 次、小牛血去蛋白提取物滴眼液每日 4 次、0.1% 溴芬酸钠滴眼液每日 2 次,持续 1 wk。羟丙甲纤维素滴眼液每日 4 次,持续 3 mo;0.05% 环孢素滴眼液每日 3 次,持续 3 mo。

**1.2.3 观察指标** 所有患者均于术后 1 d, 1 wk, 1, 3 mo 进行随访观察。术后复查包括 UCVA、BCVA、眼压、电脑验光、主觉验光、角膜地形图及裂隙灯显微镜眼前节检查。

**1.2.4 散光矢量分析** 将主觉验光结果根据镜眼距(12 mm)转换至角膜平面,将左眼术前及术后的散光轴向翻转,即 180°-原轴向,轴向角加倍。采用 Alpíns 矢量分析法<sup>[5]</sup>对术前和术后的散光进行矢量分析,评估散光的矫正情况。评估指标有:(1)目标矫正散光(target induced astigmatism, TIA):即手术预期矫正的散光,是术后目标散光与术前散光的矢量差。(2)手术矫正散光(surgically induced astigmatism, SIA):即手术实际矫正的散光,是术后实际散光与术前散光的矢量差。(3)矢量误差(difference vector, DV):为 TIA 与 SIA 的矢量差,理想值为 0。(4)矫正指数(correction index, CI):其值 =  $|SIA|/|TIA|$ ,理想参考值为 1,  $CI < 1$  表示欠矫,  $CI > 1$  表示过矫。(5)误差量(magnitude of error, ME): $ME = |SIA| - |TIA|$ ,理想参考值为 0,  $ME < 0$  表示欠矫,  $ME > 0$  表示过矫。(6)误差角(angle of error, AE):为 SIA 与 TIA 间的角度差。理想值为 0,  $AE > 0$  表明 SIA 在 TIA 逆时针方向,  $AE < 0$  表明 SIA 在 TIA 顺时针方向。(7)成功指数(index of success, IOS): $IOS = |DV|/|TIA|$ ,是反映手术成功与否的相关测量指标,理想参考值为 0。

统计学分析:应用 SPSS22.0 软件进行统计分析。正态性检验采用 Kolmogorov-Smirnov 检验,符合正态分布的计量资料用  $\bar{x}\pm s$  描述,采用独立样本  $t$  检验,不符合正态分布的计量资料用  $P_{50}(P_{25}, P_{75})$  描述,采用 Mann-Whitney  $U$  检验。计数资料用  $n$  描述,采用  $\chi^2$  检验。实际矫正散光度与预期矫正散光度之间进行回归分析。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 两组患者术前一般资料比较** 本研究共纳入行 SMILE 手术患者 50 例 81 眼。随访期间十字组失访 6 例 11 眼,对照组失访 8 例 14 眼,最终十字组纳入 19 例 30 眼,对照组纳入 17 例 26 眼。两组患者术前一般资料比较差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表 1。

**2.2 两组患者术后视力情况** 术后 3 mo,两组患者术眼 UCVA 均  $\geq 1.0$ ,未出现严重并发症。术后 3 mo BCVA 十字组患者 19 眼(63%)、对照组 17 眼(65%)与术前相同,分别有 10 眼(33%)、7 眼(27%)较术前提高 1 行及以上,分别有 1 眼(3%)、2 眼(8%)下降 1 行,两组均无下降 2 行及以上者。

**2.3 两组患者术后 3 mo 视力和屈光度比较** 术后 3 mo 两组患者 UCVA、BCVA、球镜度数、等效球镜度(SE)比较差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ ),十字组柱镜度数小于对照组,差异有统计学意义( $P=0.01$ ),见表 2。

**2.4 两组患者术后散光矫正效果** 术后 3 mo,十字组和对对照组分别有 27 眼(90%)、17 眼(65%)柱镜度数为  $\pm 0.25$  D,30 眼(100%)、23 眼(88%)柱镜度数为  $\pm 0.50$  D,

两组所有术眼柱镜度数均在  $\pm 1.00$  D 之间。十字组柱镜的矫正呈现轻微欠矫趋势( $y=0.98x+0.001$ ,  $R^2=0.96$ ),对照组柱镜欠矫趋势更明显( $y=0.86x+0.01$ ,  $R^2=0.77$ ),见图 1。

**2.5 两组患者术后散光矢量分析** 术后 3 mo,两组患者散光矢量分析结果显示,十字组的 DV 值和 IOS 值均小于对照组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),表明十字组的散光矫正精确性高于对照组(表 3)。基于 Alpins 矢量分析法得到两组患者单倍角极坐标图(图 2,3)。十字组和对对照组的 CI 平均值分别为 0.99、0.96,表明两组散光矫正效果均呈轻微欠矫趋势。十字组有 26 眼(87%)AE 为  $\pm 5^\circ$ ,29 眼(97%)AE 为  $\pm 15^\circ$ 。对照组有 15 眼(58%)AE 为  $\pm 5^\circ$ ,21 眼(81%)AE 为  $\pm 15^\circ$ (图 4)。

## 3 讨论

近年来散光矫正备受人们关注,SMILE 作为目前主流的角膜激光屈光手术之一,被越来越多地应用于矫正近视散光。以往有研究显示 SMILE 手术能安全、有效地矫正散光,具有良好的可预测性<sup>[6-7]</sup>,但其矫正散光的效果趋向欠矫,且散光度数越大欠矫越明显<sup>[8]</sup>。散光欠矫主要与轴向误差相关<sup>[3, 9-12]</sup>,术中患者体位的改变、头位不正、术眼旋转等因素都会导致散光轴位偏转角度增大,降低患者的术后视觉质量。Alpins<sup>[5]</sup>认为散光轴偏转  $15^\circ$  时,散光矫正效果下降 13%,偏转  $30^\circ$  时,矫正效果会下降一半,当偏转角度增大至  $45^\circ$  时,矫正效果几乎为零。因此,对散光轴位的旋转进行调整显得尤为重要。

表 1 两组患者术前一般资料比较

分组	例数 (眼数)	性别 (男/女,例)	年龄 ( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	BCVA [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ , LogMAR]	球镜 ( $\bar{x}\pm s$ , D)	柱镜 [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ , D]	SE ( $\bar{x}\pm s$ , D)
十字组	19(30)	10/9	24.33 $\pm$ 5.27	-0.08(-0.08, 0)	-4.85 $\pm$ 1.50	-0.75(-0.81, -0.5)	-5.20 $\pm$ 1.49
对照组	17(26)	9/8	25.45 $\pm$ 4.93	-0.08(-0.08, 0)	-4.46 $\pm$ 1.33	-0.75(-0.81, -0.5)	-4.82 $\pm$ 1.26
$\chi^2/t/Z$		0.18	-0.71	-0.69	-1.02	-0.20	-1.04
$P$		0.68	0.48	0.49	0.31	0.84	0.30

注:对照组:术中未用十字定位法。

表 2 两组患者术后 3 mo 视力和屈光度比较

分组	眼数	UCVA [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ , LogMAR]	BCVA [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ , LogMAR]	球镜 ( $\bar{x}\pm s$ , D)	柱镜 [ $P_{50}(P_{25}, P_{75})$ , D]	SE ( $\bar{x}\pm s$ , D)
十字组	30	-0.08(-0.08, 0.00)	-0.08(-0.08, -0.08)	0.30 $\pm$ 0.42	0.00(0.00, 0.00)	0.26 $\pm$ 0.40
对照组	26	-0.08(-0.08, 0.00)	-0.08(-0.08, 0.00)	0.26 $\pm$ 0.46	-0.13(-0.50, 0.00)	0.13 $\pm$ 0.42
$Z/t$		-0.40	-1.22	0.35	-2.52	1.17
$P$		0.69	0.22	0.73	0.01	0.25

注:对照组:术中未用十字定位法。

表 3 两组患者术后 3mo 散光矫正评价指标的比较

分组	眼数	TIA(D)	SIA(D)	DV	ME(D)	AE( $^\circ$ )	IOS
十字组	30	0.63(0.44, 0.76)	0.63(0.44, 0.69)	0.00(0.00, 0.00)	0.00(0.00, 0.00)	0.00(0.00, 0.00)	0.00(0.00, 0.00)
对照组	26	0.66(0.44, 0.73)	0.61(0.45, 0.86)	0.13(0.00, 0.50)	0.00(-0.09, 0.05)	0.00(-8.25, 0.00)	0.18(0.00, 0.77)
$Z$		-0.31	-0.30	-2.47	-0.21	-1.31	-2.86
$P$		0.75	0.77	0.01	0.83	0.20	<0.01

注:对照组:术中未用十字定位法。

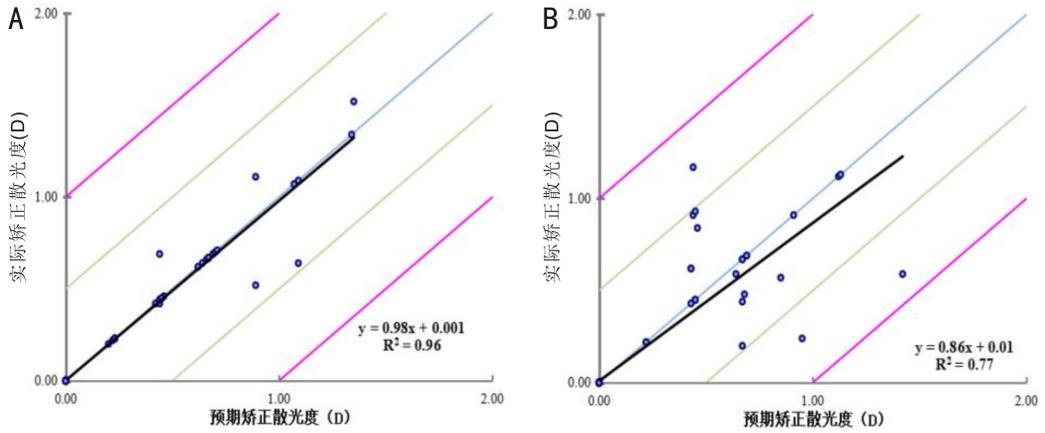


图1 两组患者术后散光矫正效果 A:十字组;B:对照组。

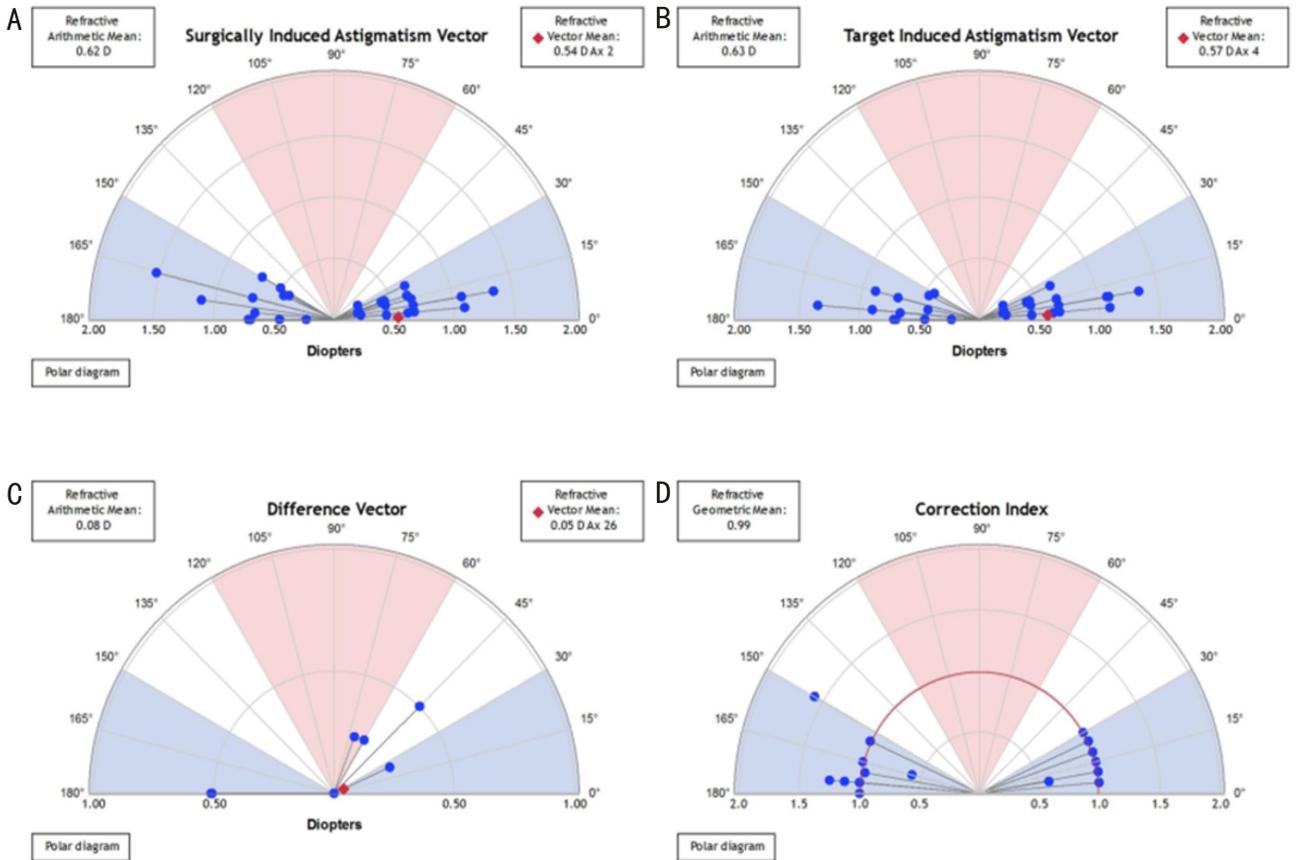


图2 十字组患者单倍角极坐标图 A:SIA;B:TIA;C:DV;D:CI。

以往有研究使用角膜或角膜缘标记进行手动旋转补偿<sup>[13]</sup>,罗珍等<sup>[14]</sup>研究结果显示旋转补偿组术后AE值较未补偿组小,AE在 $\pm 5^\circ$ 以内的患者眼数占比为85%。Ganesh等<sup>[15]</sup>研究结果显示补偿组AE在 $\pm 5^\circ$ 以内的患者眼数占比为81%。以上结果表明该方法确实能在一定程度上减小SMILE矫正散光的轴向误差,但该方法仍存在其局限性。有学者发现,人工标记的水平线与参考线之间存在一定角度偏差,平均偏差值为 $3.66^\circ$ <sup>[16]</sup>,而SMILE术中患者眼球旋转的平均角度仅为 $5.63^\circ$ <sup>[15]</sup>。此外,该方法可能存在角膜感染、角膜标记模糊以及旋转吸锥时失吸等风险。在本研究中,我们采取了一种更为简便且无创的方法,通过在SMILE术中运用十字定位法校准患者头位来补偿患者的眼球旋转。

本研究结果显示,术后3 mo两组患者全部术眼(100%)的UCVA均 $\geq 1.0$ 。十字组和对照组分别有29眼(97%)、24眼(92%)BCVA较术前无改变或提高1行及以上,两组均未出现BCVA下降超过1行的病例。十字组有30眼(100%)、对照组有23眼(88%)柱镜度数在 $\pm 0.50$  D之间。说明在SMILE术中应用十字定位法矫正低中度散光有良好的有效性、安全性和可预测性。散光矢量分析结果显示,十字组和对照组的CI值分别为:0.99、0.96,说明十字法的应用不仅减小了SMILE矫正低中度散光的欠矫量,而且矫正效果接近于全矫。术后3 mo,十字组DV值低于对照组,IOS值优于对照组。此外,十字组有26眼(87%)、对照组有15眼(58%)AE在 $\pm 5^\circ$ 之内,与Li等<sup>[17]</sup>及Chuckpaiwong等<sup>[18]</sup>研究结果相似。这表明十字定位法

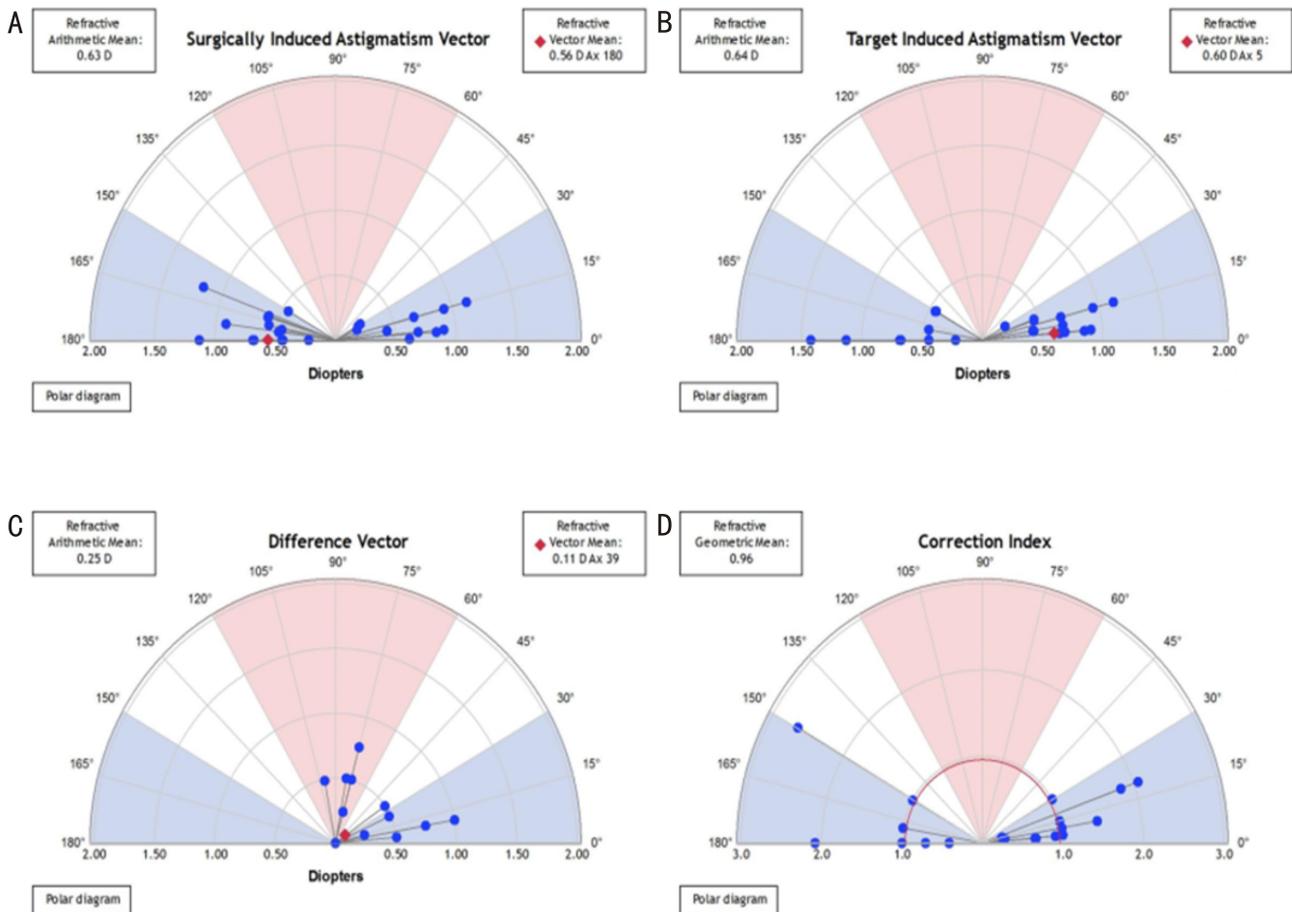


图3 对照组单倍角极坐标图 A: SIA; B: TIA; C: DV; D: CI.

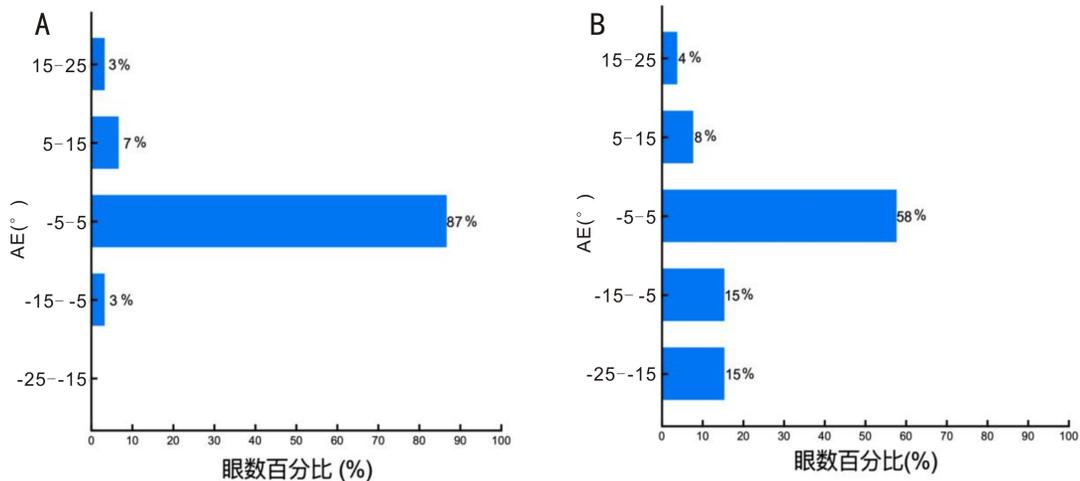


图4 预期矫正散光轴向与实际矫正散光轴向间度数差 A: 十字组; B: 对照组。

的应用减小了 SMILE 矫正散光的轴向误差, 提高了 SMILE 矫正散光的精确性。

SMILE 术中应用十字定位法能够明显减小散光轴向误差的原因可能为: 较明显的眼球旋转是由于体位及头位不正引起的, 即使大多数患者出现的静态眼球旋转量很小, 平均为  $2.59^{\circ} \pm 1.91^{\circ}$ <sup>[19]</sup>, 但 Chan 等<sup>[4]</sup>报道, 严格地控制患者体位避免头部旋转可改善 SMILE 散光矫正结果。因此, 本研究使用十字定位法可以校准患者的头部位置, 使得 SMILE 矫正散光的精确性提高。

综上所述, SMILE 术中应用十字定位法能安全、有效地矫正低中度散光, 具有良好的可预测性, 并且提高了精

确性。然而, 本研究样本量较少, 随访时间较短, 未来需要更大的样本量及更长的随访时间来进行评估。此外, 影响 SMILE 矫正效果的因素除了与术中患者头位、眼球旋转有关外, 还与术前散光度、主觉验光精确性以及患者年龄、角膜曲率等因素有关。因此在未来的研究中, 我们将进一步根据患者的个体参数设计手术方案, 完善 SMILE 手术的精准治疗。

参考文献

[1] Read SA, Vincent SJ, Collins MJ. The visual and functional impacts of astigmatism and its clinical management. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2014, 34(3):267-294.

- [2] Chow SSW, Chow LLW, Lee CZ, et al. Astigmatism correction using SMILE. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2019,8(5):391-396.
- [3] Hou XT, Du KX, Wen D, et al. Early visual quality outcomes after small-incision lenticule extraction surgery for correcting high myopic astigmatism. *BMC Ophthalmol*, 2021,21(1):48.
- [4] Chan TCY, Wang Y, Ng ALK, et al. Vector analysis of high ( $\geq 3$  diopters) astigmatism correction using small-incision lenticule extraction and laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2018,44(7):802-810.
- [5] Alpíns N. Astigmatism analysis by the Alpíns method. *J Cataract Refract Surg*, 2001,27(1):31-49.
- [6] Song JX, Cao HZ, Chen X, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) versus laser assisted stromal *in situ* keratomileusis (LASIK) for astigmatism corrections; a systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol*, 2023,247:181-199.
- [7] 马代金, 张青松, 蔡望, 等. 飞秒激光小切口基质透镜取出术治疗近视及散光. *国际眼科杂志*, 2017,17(5):937-940.
- [8] 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.
- [9] Ivarsen A, Hjortdal J. Correction of myopic astigmatism with small incision lenticule extraction. *J Refract Surg*, 2014,30(4):240-247.
- [10] 张佳媚, 王雁, 陈晓琴, 等. SMILE 与 LASIK 矫正低中度散光效果的矢量分析和比较. *中华实验眼科杂志*, 2016,34(5):432-437.
- [11] Khalifa MA, Ghoneim AM, Shaheen MS, et al. Vector analysis of astigmatic changes after small-incision lenticule extraction and wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2017,43(6):819-824.
- [12] 曹文佳. 矢量分析法评价 TransPRK 矫正散光效果的研究. 温州医科大学, 2020.
- [13] 陆志峰, 王子辰, 陆嘉君, 等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术中旋转补偿对散光矫正疗效的 Meta 分析. *国际眼科杂志*, 2023,23(5):797-803.
- [14] 罗珍, 齐文娟, 罗琰, 等. 手动旋转补偿法在 SMILE 手术矫正近视散光中的应用. *眼科新进展*, 2022,42(1):44-48.
- [15] 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.
- [16] Pallas A, Yeo TK, Trevenen M, et al. Evaluation of the accuracy of two marking methods and the novel toriCAM application for toric intraocular lens alignment. *J Refract Surg*, 2018,34(3):150-155.
- [17] Li FF, Yang YZ, Bao FJ, et al. Comparison of astigmatic correction with and without cross-axis alignment during small incision lenticule extraction. *J Refract Surg*, 2022,38(10):624-631.
- [18] Chuckpaiwong V, Chansue E, Lekhanont K, et al. 12-month outcomes of small incision lenticule extraction with proper head positioning but No reference marking for the correction of astigmatism. *J Refract Surg*, 2023,39(10):683-692.
- [19] Kim H, Joo CK. Ocular cyclotorsion according to body position and flap creation before laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*, 2008,34(4):557-561.