不同程度近视患者 SMILE 手术前后视功能变化分析

张梅洛^{1,2}, 田春雨², 贾烈曦², 杨青华², 张鸿韬², 崔 卉², 彭梦雨², 魏瑞华¹

引用:张梅洛,田春雨,贾烈曦,等. 不同程度近视患者 SMILE 手术前后视功能变化分析. 国际眼科杂志, 2025,25(6):980-985.

作者单位:¹(300384)中国天津市,天津医科大学眼科医院 眼视光学院 眼科研究所 国家眼耳鼻喉疾病临床医学研究中心天津市分中心 天津市视网膜功能与疾病重点实验室;²(100039)中国北京市,解放军总医院第三医学中心眼科医学部

作者简介:张梅洛,本科,初级技师,研究方向:眼视光、屈光手术、眼科特检。

通讯作者:魏瑞华,博士,教授,主任医师,博士研究生导师,研究方向:屈光手术、青少年近视防控、干眼、角膜疾病. rwei@ttmu.edu.cn

收稿日期:2024-10-31 修回日期:2025-04-27

摘要

目的:分析不同程度近视患者飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)前后双眼视功能变化情况。

方法:前瞻性非随机对照研究。连续纳入2022年6月至2023年6月就诊于解放军总医院第三医学中心眼科医学部屈光门诊并自愿选择SMILE治疗近视患者94例188眼,按照近视程度分三组:低度近视组[-3.00 D<等效球镜(SE)≤-0.50 D]24例48眼、中度近视组(-6.00 D<SE≤-3.00 D)40例80眼、高度近视组(SE≤-6.00 D)30例60眼。比较三组患者术前,术后1 wk, 1, 3 mo SE和双眼视功能[远近水平隐斜、远近水平融像范围、集合近点(NPC)、正负相对调节(PRA/NRA)、调节反应(BCC)、单眼调节灵敏度(MAF/BAF)、调节幅度(AMP)]。

结果:术后1 wk, 1, 3 mo三组患者双眼SE均优于术前(均 $P<0.05$)。低度近视组患者远距正融像性聚散(BO)恢复点在术后先提高后下降至趋于术前($P=0.043$)。中度近视组患者远距BO破裂点术后逐渐下降($P=0.014$),术后3 mo最低(均 $P<0.05$);远距BO恢复点在术后先提高后下降至趋于术前($P=0.042$)。高度近视组患者术后远距水平隐斜较术前改善($P=0.01$);远距BO破裂点在术后逐渐降低($P=0.017$),术后3 mo最低;集合近点术后较术前先下降后上升($P=0.038$),且在术后3 mo较术后1 wk集合近点远移($P<0.008$);术后双眼调节灵敏度较术前逐渐提高($P=0.032$)。

结论:SMILE手术可以有效改善患者的近视性屈光不正,且具有良好的可预测性和稳定性;对低、中、高度近视的双眼视功能均有一定的改善作用,尤其是对于高度近视患者的调节和集合功能均有不同程度的改善。

关键词:角膜屈光手术;飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE);双眼视功能;调节功能;集合功能

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.20

Analysis of changes in visual function before and after small incision lenticule extraction in patients with different degrees of myopia

Zhang Meiluo^{1,2}, Tian Chunyu², Jia Liexi², Yang Qinghua², Zhang Hongtao², Cui Hui², Peng Mengyu², Wei Ruihua¹

¹Tianjin Medical University Eye Hospital; School of Optometry & Eye Institute; Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease; Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin 300384, China; ²Department of Ophthalmology, the Third Medical Center of the General Hospital of the PLA, Beijing 100039, China

Correspondence to: Wei Ruihua. Tianjin Medical University Eye Hospital; School of Optometry & Eye Institute; Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease; Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin 300384, China. rwei@ttmu.edu.cn

Received:2024-10-31 Accepted:2025-04-27

Abstract

• **AIM:** To analyze the changes in binocular visual function before and after small incision lenticule extraction (SMILE) in patients with different degrees of myopia.

• **METHODS:** A prospective non-randomized controlled study was conducted. A total of 94 patients (188 eyes) who visited the refractive outpatient department of the ophthalmology department of the General Hospital of the PLA from June 2022 to June 2023 and voluntarily chose SMILE were consecutively included. They were grouped according to the degree of myopia, including 24 cases (48 eyes) in the low myopia group ($-3.00 D<SE\leq-0.50 D$), 40 cases (80 eyes) in the moderate myopia group ($-6.00 D<SE\leq-3.00 D$), and 30 cases (60 eyes) in the high myopia group ($SE\leq-6.00 D$). The preoperative spherical equivalent (SE) and binocular visual function, including near and far horizontal phoria, near and far horizontal fusional range, near point of convergence (NPC), positive/negative relative accommodation (PRA/NRA), binocular cross-cylinder (BCC), monocular and binocular accommodative facility (M/BAF), and amplitude of accommodation (AMP), among the three groups of patients were compared.

• **RESULTS:** At 1 wk, 1 and 3 mo preoperatively, the SE of both eyes of the patients in the three groups was better than that before operation (all $P<0.05$). In the low myopia

group, the recovery point of the positive fusional convergence at a far distance first increased after the operation and then decreased to approach the level before the operation ($P=0.043$). In the moderate myopia group, the break point of the positive fusional convergence at a far distance gradually decreased after the operation ($P=0.014$), and it was the lowest at 3 mo after the operation (all $P<0.05$); the recovery point first increased after the operation and then decreased to approach the level before the operation ($P=0.042$). In the high myopia group, the horizontal phoria at a far distance after the operation was improved compared with that before the operation ($P=0.01$); the break point of the positive fusional convergence at a far distance gradually decreased after the operation ($P=0.017$), and it was the lowest at 3 mo after the operation; the NPC first decreased and then increased after the operation compared with that before the operation ($P=0.038$), and the NPC shifted farther at 3 mo after the operation compared with that at 1 wk after the operation ($P<0.008$); the BAF after the operation gradually increased compared with that before the operation ($P=0.032$).

• **CONCLUSION:** SMILE can effectively improve myopic refractive errors in patients and has good predictability and stability; it has a certain improvement effect on the binocular visual function of low, moderate, and high myopia, especially for the accommodative and convergence functions of patients with high myopia to varying degrees.

• **KEYWORDS:** corneal refractive surgery; small incision lenticule extraction (SMILE); binocular visual function; accommodative function; convergence function

Citation: Zhang ML, Tian CY, Jia LX, et al. Analysis of changes in visual function before and after small incision lenticule extraction in patients with different degrees of myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25(6):980-985.

0 引言

近年来,随着全球近视患病率的显著上升,近视问题已逐渐成为全球公共卫生领域的焦点之一,尤其是年轻人近视的高患病率引发了广泛关注^[1-4]。据估计,到2050年全球将有超过一半的人口受到近视的影响,大量近视患者面临视力健康威胁的同时,给社会医疗资源带来巨大压力,也给近视患者带来很多不便^[5-9]。因此由于戴镜的诸多不便以及手术技术的不断成熟,越来越多的成年患者选择以屈光手术的方式来获得满意的视力。尤其是近年来,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)以其微创、无瓣、创口小、安全性及有效性高、生物力学稳定等独特优势成为角膜屈光手术方式的首选^[10]。在手术矫治为患者带来满意视力的同时,术后良好的视觉质量和主观视觉感受也日益受到重视^[11]。研究发现部分患者角膜屈光术后会出现视物模糊、视力下降、视物不能持久以及近距离工作困难等视疲劳症状,然而却没有明显的术后并发症和眼部器质性改变,这可能是由双眼视觉的功能性异常引起的^[12-17]。双

眼视功能是视觉中枢将双眼视觉信号分析整合成一个清晰图像的能力,主要包括调节功能和聚散功能,也是评价视觉质量的重要指标^[18]。近年来,一些学者对角膜屈光手术相关的双眼视功能变化进行了研究,本研究在此基础上拟通过观察不同程度近视患者 SMILE 手术前后双眼视功能的变化,以期发现规律,为临床医生提供参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性非随机对照研究。连续纳入2022年6月至2023年6月就诊于解放军总医院第三医学中心眼科医学部屈光门诊并自愿选择 SMILE 治疗近视患者94例188眼,按照近视程度分三组:低度近视组 $[-3.00\text{ D}<\text{等效球镜(SE)}\leq-0.50\text{ D}]$ 24例48眼、中度近视组 $(-6.00\text{ D}<\text{SE}\leq-3.00\text{ D})$ 40例80眼、高度近视组 $(\text{SE}\leq-6.00\text{ D})$ 30例60眼。纳入标准:(1)年龄18-40岁;(2)屈光状态稳定2a以上;(3)近视度数 $-0.50\text{--}10.00\text{ DS}$,散光度数 $\geq-1.00\text{ DC}$;(4)屈光参差 $\leq 1.00\text{ D}$;(5)自愿接受 SMILE 手术且能按时完成复查者;(6)符合 SMILE 手术适应证者。排除标准:(1)圆锥角膜或角膜扩张疾病;(2)角膜中央厚度 $<440\text{ }\mu\text{m}$,切削后残余角膜厚度 $<280\text{ }\mu\text{m}$;(3)结膜炎、角膜炎等眼部感染性疾病活动期;(4)严重的眼表疾病、青光眼、白内障等影响屈光介质疾病;(5)瘢痕体质;(6)精神不稳定者;(7)弱视患者;(8)不能配合完成视功能检查者;(9)孕期、哺乳期者;(10)双眼屈光不正程度不一致者。本研究通过医院伦理审查委员会审批,遵循《赫尔辛基宣言》的原则。在术前和双眼视功能检查前由医务人员详细的向每位患者介绍了手术的风险以及双眼视功能检查的流程,并向患者承诺检查不会对手术效果造成不良影响,且有助于更好地了解眼部情况。在征得患者同意后,所有参与者均签署相应的知情同意书。

1.2 方法 术前完成常规检查,应用 VisuMax3.0 飞秒激光制作角膜透镜和角膜帽,飞秒激光脉冲频率500 kHz,能量135 nJ,角膜帽厚度设置为120 μm ,角膜帽直径7.5 mm,透镜直径6.5 mm,在角膜上方120°方位做2 mm切口。激光扫描后,分离取出透镜。所有手术均由同一名有经验的医生完成。由同一名有经验的眼科技师在术前,术后1 wk, 1, 3 mo对所有患者进行双眼的远近裸眼视力、远近最佳矫正视力、远近综合验光、眼压、角膜内皮、Pentacam 角膜地形图、裂隙灯显微镜、眼底检查。使用全自动综合验光仪或者相应检查仪器在最佳矫正视力最大正镜矫正的基础上行双眼视功能检查,检查内容包括:(1)采用 Von Graefe 测量联合遮盖-去遮盖法检查远近水平隐斜;(2)采用 Risley 可变棱镜法检查远近水平融像范围(BI:负融像性聚散;BO:正融像性聚散);(3)采用移近法检查集合近点(near point of convergence, NPC);(4)采用球镜法检查正负相对调节(positive/negative relative accommodation, PRA/ NRA);(5)采用交叉柱镜法检查调节反应(binocular cross-cylinder, BCC);(6)采用移近法检查调节幅度(amplitude of accommodation, AMP);(7)采用 $\pm 2.00\text{ D}$ 翻转拍检查单眼调节灵敏度(monocular/binocular accommodative facility, MAF/BAF)。

统计学分析:应用 SPSS 27.0 软件对数据进行分析。采用了多重填补法处理缺失数据。符合正态分布的计量资料用 $\bar{x}\pm s$ 描述,三组间比较采用单因素方差分析,重复

测量数据使用重复测量方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验;不符合正态分布的计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述,使用非参数检验中的 K 个相关样本 Friedman 检验,进一步两两比较通过 Bonferroni 矫正(检验水准为 $P < 0.008$)。计数资料用 $n(\%)$ 描述,采用卡方检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 三组患者术前一般资料比较 所有患者手术顺利,低度近视组患者术后 1 wk, 1, 3 mo 按时完成复查者分别为 23、20、18 例,失访率分别为 4.2% (1/24)、16.7% (4/24)、25% (6/24);中度近视组患者术后 1 wk, 1, 3 mo 按时完成复查者分别为 38、35、32 例,失访率分别为 5% (2/40)、12.5% (5/40)、20% (8/40);高度近视组患者术后 1 wk, 1, 3 mo 按时完成复查者分别为 29、26、24 例,失访率分别为 3.4% (1/30)、13.3% (4/30)、15% (6/30)。三组患者术前的眼轴长度比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$),且两两比

较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。其他参数三组间比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 1。

2.2 三组患者手术前后各参数比较

2.2.1 低度近视组患者手术前后各参数比较 低度近视组患者手术前后右眼 SE、左眼 SE、远距 BO 恢复点比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),其余参数手术前后比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 2。

2.2.2 中度近视组患者手术前后各参数比较 中度近视组患者手术前后右眼 SE、左眼 SE、远距 BO 破裂点、远距 BO 恢复点比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),其余参数手术前后比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 3。

2.2.3 高度近视组患者手术前后各参数比较 高度近视组患者手术前后右眼 SE、左眼 SE、远距水平隐斜、远距 BO 破裂点、集合近点、双眼调节灵敏度比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),其余参数手术前后比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 4。

表 1 三组患者术前一般资料比较

组别	例数(眼数)	性别(例,%)		年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	眼压 ($\bar{x} \pm s$, mmHg)	眼轴 ($\bar{x} \pm s$, mm)	角膜厚度 ($\bar{x} \pm s$, μm)
		男	女				
低度近视组	24(48)	13(54.2)	11(45.8)	29.58 $\pm$ 9.96	14.65 $\pm$ 3.31	25.07 $\pm$ 0.7	534.39 $\pm$ 29.67
中度近视组	40(80)	19(47.5)	21(52.5)	25.67 $\pm$ 6.28	14.67 $\pm$ 2.36	25.76 $\pm$ 1.01 ^a	534.41 $\pm$ 32.25
高度近视组	30(60)	9(30.0)	21(70.0)	28.73 $\pm$ 7.60	16.51 $\pm$ 2.25	26.38 $\pm$ 1.25 ^{a,c}	547.04 $\pm$ 25.69
χ^2/F		3.593		0.692	6.242	19.707	2.837
<i>P</i>		0.166		0.506	0.061	<0.05	0.064

注:低度近视组为 $-3.00 \text{ D} < \text{SE} \leq -0.50 \text{ D}$;中度近视组为 $-6.00 \text{ D} < \text{SE} \leq -3.00 \text{ D}$;高度近视组为 $\text{SE} \leq -6.00 \text{ D}$;^a $P < 0.05$ vs 低度近视组;^c $P < 0.05$ vs 中度近视组。

表 2 低度近视组患者手术前后各参数比较

参数	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	<i>F/Z</i>	<i>P</i>
右眼 SE ($\bar{x} \pm s$, D)	-2.84 $\pm$ 1.14	-0.07 $\pm$ 0.57 ^a	0.26 $\pm$ 0.53 ^a	-0.16 $\pm$ 0.49 ^a	16.445	0.001
左眼 SE ($\bar{x} \pm s$, D)	-2.81 $\pm$ 0.74	0.09 $\pm$ 0.39 ^a	0.28 $\pm$ 0.39 ^a	-0.45 $\pm$ 0.46 ^a	108.585	<0.001
右眼最佳矫正视力 ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	1.05 $\pm$ 0.10	1.10 $\pm$ 0.11	1.10 $\pm$ 0.11	1.10 $\pm$ 0.11	1.00	0.500
左眼最佳矫正视力 ($\bar{x} \pm s$, LogMAR)	1.05 $\pm$ 0.10	1.10 $\pm$ 0.11	1.15 $\pm$ 0.10	1.20 $\pm$ 0	3.00	0.088
远距水平隐斜 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	-0.75(-2.875, -0.125)	0(-1.125, -0.75)	-0.25(-1.75, -0.875)	-0.25(-3.125, 0)	5.735	0.125
远距 BI 破裂点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	7.75 $\pm$ 2.06	8.25 $\pm$ 3.40	7.25 $\pm$ 2.21	9.00 $\pm$ 3.16	0.4455	0.720
远距 BI 恢复点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	4.00 $\pm$ 1.82	3.25 $\pm$ 0.95	4.00 $\pm$ 2.44	5.00 $\pm$ 2.94	0.382	0.768
远距 BO 模糊点 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	7.00(5.00, 7.00)	12.00(7.00, 16.00)	10.00(4.00, 12.00)	5.00(5.00, 10.00)	1.607	0.658
远距 BO 破裂点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	21.75 $\pm$ 14.97	22.87 $\pm$ 12.23	17.50 $\pm$ 12.01	9.00 $\pm$ 3.16	1.830	0.212
远距 BO 恢复点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	8.75 $\pm$ 5.12	13.50 $\pm$ 3.10	8.25 $\pm$ 4.57	8.00 $\pm$ 2.16	4.114	0.043
近距水平隐斜 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	-2.75(-5.00, -0.50)	-1.875(-3.00, -0.75)	-1.25(-7.125, -0.125)	-3.75(-7.00, -0.875)	2.692	0.442
近距 BI 模糊点 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	10.00(5.00, 18.00)	8.00(6.00, 11.00)	6.00(5.00, 12.00)	6.00(6.00, 8.00)	0.724	0.868
近距 BI 破裂点 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	20.50(14.75, 21.00)	14.50(13.25, 16.50)	11.00(8.75, 12.50)	14.00(11.75, 14.75)	6.692	0.082
近距 BI 恢复点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	11.25 $\pm$ 2.50	6.75 $\pm$ 3.30	8.25 $\pm$ 3.50	9.00 $\pm$ 2.44	1.720	0.232
近距 BO 模糊点 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	15.00(11.00, 20.00)	9.00(5.00, 15.00)	8.00(3.00, 9.00)	12.00(6.00, 12.00)	3.321	0.345
近距 BO 破裂点 ($\bar{x} \pm s$, $^\Delta$)	24.75 $\pm$ 11.11	26.00 $\pm$ 5.59	17.00 $\pm$ 15.12	16.25 $\pm$ 4.50	1.581	0.261
近距 BO 恢复点 [$M(P_{25}, P_{75})$, $^\Delta$]	12.00(9.00, 12.00)	13.00(13.00, 21.00)	13.00(12.00, 26.00)	8.00(7.00, 18.00)	1.80	0.615
集合近点 ($\bar{x} \pm s$, cm)	4.25 $\pm$ 2.75	4.50 $\pm$ 2.38	3.50 $\pm$ 2.38	4.00 $\pm$ 2.58	0.267	0.847
负相对调节 ($\bar{x} \pm s$, D)	1.62 $\pm$ 0.96	1.81 $\pm$ 0.71	1.87 $\pm$ 1.05	2.43 $\pm$ 0.37	1.259	0.345
调节反应 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	0.50(0.125, 0.6875)	0(-0.4375, 0.4375)	0.25(-0.3125, 0.4375)	0.375(0.25, 0.50)	5.909	0.116
正相对调节 ($\bar{x} \pm s$, D)	-1.06 $\pm$ 0.42	-1.81 $\pm$ 1.14	-1.81 $\pm$ 1.14	-2.06 $\pm$ 0.68	0.824	0.513
调节幅度 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	15.555(9.595, 23.75)	12.70(9.025, 14.290)	11.11(10.2775, 16.4125)	13.81(10.4725, 15.1075)	3.171	0.366
右眼调节灵敏度 ($\bar{x} \pm s$, D)	4.50 $\pm$ 1.29	5.75 $\pm$ 3.68	7.87 $\pm$ 1.49	7.75 $\pm$ 3.27	2.991	0.088
左眼调节灵敏度 ($\bar{x} \pm s$, D)	5.25 $\pm$ 1.84	5.25 $\pm$ 3.22	7.25 $\pm$ 1.55	5.87 $\pm$ 2.83	1.684	0.239
双眼调节灵敏度 [$M(P_{25}, P_{75})$, D]	4.00(3.25, 10.375)	9.25(3.75, 12.50)	9.00(4.50, 12.0)	7.75(3.25, 15.25)	2.447	0.485

注:^a $P < 0.05$ vs 术前。

表 3 中度近视组患者手术前后各参数比较

参数	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	F/Z	P
右眼 SE($\bar{x}\pm s, D$)	-4.75±0.62	0.12±0.31 ^a	0.06±0.36 ^a	-0.01±0.35 ^a	69.334	<0.001
左眼 SE($\bar{x}\pm s, D$)	-4.60±0.84	0.30±0.55 ^a	0.21±0.63 ^a	0.05±0.64 ^a	173.553	<0.001
右眼最佳矫正视力($\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$)	1.03±0.81	1.10±0.10	1.13±0.10	1.16±0.81	2.00	0.292
左眼最佳矫正视力($\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$)	1.03±0.81	1.03±0.19	1.05±0.19	1.13±0.10	1.410	0.279
远距水平隐斜[$M(P_{25}, P_{75}), \Delta$]	-7.50(-13.75, 0)	-2.50(-10.00, -0.25)	-2.50(-5.00, 2.50)	0(-6.25, 0.25)	2.389	0.496
远距 BI 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	7.00±2.54	9.00±2.34	7.60±1.67	7.80±3.03	1.375	0.298
远距 BI 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	4.00±1.87	5.20±0.83	5.20±0.80	4.00±1.22	3.097	0.067
远距 BO 模糊点[$M(P_{25}, P_{75}), \Delta$]	8.00(6.50, 16.50)	7.00(7.00, 9.00)	8.00(6.00, 12.50)	10.00(5.00, 15.50)	0.783	0.854
远距 BO 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	20.80±9.41	20.60±6.26	19.20±10.13	17.80±3.03 ^{a,c,e}	5.393	0.014
远距 BO 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	10.60±3.78	16.00±7.21 ^a	9.00±3.74 ^c	10.20±6.26	3.733	0.042
近距水平隐斜($\bar{x}\pm s, \Delta$)	-1.50±2.23	-1.41±2.03	-2.83±2.76	-1.66±2.08	0.475	0.704
近距 BI 模糊点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	8.00±2.70	9.25±4.78	8.75±3.94	7.75±2.62	0.202	0.893
近距 BI 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	13.66±6.53	14.16±5.52	15.33±2.80	12.16±3.71	0.453	0.719
近距 BI 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	8.66±3.77	7.83±5.60	7.66±3.50	9.00±3.22	0.22	0.880
近距 BO 模糊点[$M(P_{25}, P_{75}), \Delta$]	20.00(17.00, 20.50)	15.00(14.50, 20.00)	13.00(7.50, 19.00)	11.00(10.50, 19.00)	4.932	0.177
近距 BO 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	25.83±6.33	26.50±4.92	24.16±8.93	21.66±5.16	1.243	0.329
近距 BO 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	17.83±4.49	19.66±5.50	16.66±6.12	16.33±3.26	0.713	0.559
集合近点($\bar{x}\pm s, \text{cm}$)	3.70±1.48	4.50±1.50	5.40±1.29	3.90±2.07	1.328	0.311
负相对调节[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	2.25(2.00, 2.50)	1.875(1.375, 2.3125)	2.00(1.6875, 2.375)	2.50(1.9375, 3.3125)	4.93332	0.177
调节反应($\bar{x}\pm s, D$)	0.20±1.88	0.16±0.37	0.16±0.34	0.08±0.34	0.274	0.843
正相对调节[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	-2.25(-2.50, -2.00)	-2.00(-2.315, -1.75)	-1.50(-2.25, -0.75)	-2.25(-2.75, -1.5625)	5.328	0.149
调节幅度[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	13.245(10.00, 21.25)	14.290(11.875, 17.5025)	13.395(9.7725, 15.7025)	13.81(11.6475, 23.865)	0.6	0.896
右眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	7.75±5.33	7.12±5.34	8.50±2.48	8.12±4.66	0.349	0.791
左眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	6.00±4.79	5.50±5.04	7.12±2.59	7.75±3.27	0.786	0.531
双眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	8.80±6.21	9.20±5.98	10.50±4.21	11.50±5.22	1.333	0.310

注:^a $P<0.05$ vs 术前; ^b $P<0.05$ vs 术后 1 wk; ^c $P<0.05$ vs 术后 1 mo。

表 4 高度近视组患者手术前后各参数比较

参数	术前	术后 1 wk	术后 1 mo	术后 3 mo	F/Z	P
右眼 SE($\bar{x}\pm s, D$)	-7.19±1.25	0.07±0.55 ^a	0.32±0.44 ^a	0.03±0.61 ^a	83.343	<0.001
左眼 SE($\bar{x}\pm s, D$)	-6.98±1.56	-0.14±0.33 ^a	0.07±0.444 ^a	-0.26±0.52 ^a	106.849	<0.001
右眼最佳矫正视力($\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$)	1.05±0.09	1.05±0.09	1.09±0.10	1.08±0.10	0.176	0.911
左眼最佳矫正视力($\bar{x}\pm s, \text{LogMAR}$)	1.05±0.09	1.11±0.10	1.08±0.10	1.08±0.10	0.300	0.825
远距水平隐斜($\bar{x}\pm s, \Delta$)	-2.21±2.69	-1.21±1.77	-0.85±2.15 ^a	-0.57±2.45 ^a	8.00	0.01
远距 BI 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	8.57±2.07	7.85±1.67	7.85±2.79	8.28±3.19	0.152	0.927
远距 BI 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	6.00±2.16	5.42±1.81	5.14±2.11	4.85±1.57	1.111	0.371
远距 BO 模糊点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	8.66±3.93	7.33±6.65	7.00±3.16	6.66±2.50	2.354	0.250
远距 BO 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	22.71±12.33	15.85±11.61	13.00±6.21 ^a	8.28±3.19 ^a	4.451	0.017
远距 BO 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	9.33±2.06	7.00±3.94	7.83±4.83	8.33±3.20	0.799	0.513
近距水平隐斜($\bar{x}\pm s, \Delta$)	-5.21±6.97	-6.00±6.32	-2.71±3.60	-4.78±5.55	1.616	0.221
近距 BI 模糊点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	10.75±6.94	7.00±4.89	7.50±4.20	7.00±3.26	1.879	0.204
近距 BI 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	14.57±5.25	15.57±8.36	16.00±6.00	15.42±6.90	1.109	0.444
近距 BI 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	11.28±7.22	11.42±6.26	10.57±3.95	12.71±6.04	0.286	0.835
近距 BO 模糊点[$M(P_{25}, P_{75}), \Delta$]	11.00(5.50, 14.50)	4.00(3.50, 11.50)	10.00(4.50, 15.00)	11.00(7.00, 14.00)	2.362	0.501
近距 BO 破裂点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	18.71±7.06	22.85±12.58	21.00±9.60	18.57±4.11	0.704	0.562
近距 BO 恢复点($\bar{x}\pm s, \Delta$)	10.28±4.82	14.00±6.97	15.85±4.98	13.00±5.47	1.654	0.212
集合近点[$M(P_{25}, P_{75}), \text{cm}$]	5.00(3.00, 7.00)	4.00(3.00, 5.00)	5.00(2.00, 6.00)	6.00(5.00, 7.00) ^b	8.437	0.038
负相对调节($\bar{x}\pm s, D$)	2.00±0.28	2.03±0.33	2.10±0.45	2.21±0.36	0.735	0.545
调节反应[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	0.25(0.00, 0.25)	0.25(0.00, 0.25)	0(-0.25, 0.25)	0(0.025)	0.526	0.913
正相对调节($\bar{x}\pm s, D$)	-1.75±0.69	-1.25±0.73	-1.85±0.93	-2.17±1.26	1.812	0.181
调节幅度[$M(P_{25}, P_{75}), D$]	16.670(11.11, 25.00)	12.50(10.00, 16.67)	13.33(10.00, 16.67)	11.76(10.00, 20.00)	4.527	0.210
右眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	7.42±3.25	9.42±5.25	10.14±3.92	10.07±4.78	2.080	0.139
左眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	8.14±3.97	9.71±4.20	9.64±9.56	9.78±5.90	0.522	0.672
双眼调节灵敏度($\bar{x}\pm s, D$)	7.92±3.70	11.64±5.13 ^a	12.57±4.79 ^a	13.00±4.15 ^a	3.668	0.032

注:^a $P<0.05$ vs 术前; ^b $P<0.008$ vs 术后 1 wk。

3 讨论

SMILE 因其微创,角膜切口小,最大程度地保留角膜

的完整性,对角膜的生物力学影响较小,成为目前主流的角膜类屈光手术方式之一^[19-20]。视力和屈光度是手术前

后最为关注的问题,有研究显示术后患者可以获得良好的视力,且具有较高的稳定性、可预测性^[21]。本研究发现三组不同近视程度患者 SMILE 手术后双眼的 SE 较术前明显降低,表明 SMILE 手术对不同近视程度患者的屈光度数均有明显的改善作用。三组不同近视程度患者术后最佳矫正视力在术后较术前均未有明显差异,表明 SMILE 手术对不同近视程度患者的术后视力恢复效果良好,术后视力有很好的可预测性和稳定性,这与既往研究结果一致^[22]。

本研究发现,低度近视组患者的远距正融像性聚散的恢复点在术后先上升后下降至恢复术前,差异具有统计学意义,但两两比较差异无统计学意义,可能与术后存在失访、样本量较少等因素有关。本研究中中度近视组的远距正融像性聚散的恢复点在术后先上升后下降至恢复术前,且在术后 1 wk 较术前先短暂上升,后在术后 1 mo 逐渐下降,差异均具有统计学意义。近视患者易导致外斜视,为保持视物清晰、舒适、持久,要求正融像性聚散要尽可能大,正融像聚散储备越充足,双眼的集合能力就越强,对外隐斜越耐受。恢复点是重新恢复融像,重获双眼单视的能力。本研究表明,低、中度近视组术后患者的正融像性储备能力虽有波动,但是在术后 3 mo 基本趋于稳定,且与术前差异不大,术后短期内变化,长期来看基本恢复术前的变化趋势与既往文献报道相一致^[23]。本研究还发现,中度近视组患者远距正融像性聚散的破裂点在术后逐渐下降,其中术后 3 mo 较术前,术后 1 wk, 1 mo 均有所下降,差异具有统计学意义。破裂点是衡量双眼最大正融像能力的重要指标,本研究显示中度近视患者的正融像能力在术后较术前降低,可能与术后患者的外隐斜降低、动用的调节较少有关,双眼需要动用的集合能力减小,因此正融像性储备的能力就逐渐减小。这与既往研究结果不一致,唐敏等^[24]曾研究报道,SMILE 术后患者的远距正融像性聚散手术前后差异无统计学意义,造成此差异的原因可能为唐敏等^[24]研究为中高度近视,未根据屈光程度近视进一步分组,而本研究结果为中度近视患者。

本研究显示,高度近视组患者双眼调节灵敏度在术后较术前逐渐增加,且术后 1 wk, 1, 3 mo 较术前显著增加,差异均具有统计学意义,此研究结果与唐敏等^[24]研究结果相一致,但与杜凯旋等^[25]研究结果不一致。杜凯旋等^[25]研究显示,高度近视组患者双眼调节灵敏度在手术前后变化无统计学差异。分析造成此差异的原因可能与手术前患者的调节灵敏度状态有关,杜凯旋等^[25]入组患者在手术前双眼调节灵敏度高于正常值,但是本研究和唐敏等^[24]入组患者在手术前双眼调节灵敏度均略低于正常值。隐斜指的是能被融合的反射控制并保持双眼单视,两眼球保持在正位而不显现出偏斜。双眼融像被打破,偏斜的眼位就会表现出来。隐斜患者为了保持双眼视觉,在工作时间内眼肌持续工作,容易引起双眼视疲劳症状。本研究显示,高度近视组患者远距水平隐斜的外斜度数降低,且在术后 1, 3 mo 较术前明显降低,结果均具有统计学意义。推测外隐斜较少主要是由于屈光手术后患者的镜眼距消失,近处物体到眼镜的距离与近处物体到角膜的距离不同,由此引起患者的调节需求增加,从而引起调节性需

求增加,隐斜量减小,因高度近视的成像受镜眼距影响更大,所以高度近视组术后差异更明显。研究还发现高度近视患者的远距正融像聚散的破裂点在术后也逐渐下降,其中术后 1, 3 mo 较术前均明显下降,这可能与患者术后外隐斜减少有关,需要动用更少的正融像性聚散即可维持双眼单视。集合近点主要指融像保持的情况下双眼的会聚能力。本研究显示高度近视组的集合近点在术后先移近后远移,在术后 3 mo 较术后 1 wk 明显远移,差异均具有统计学意义,这与杜凯旋等^[25]研究结果类似。分析原因可能为术后外隐斜度数下降,集合需求降低,患者术前可能存在一定的融像过度,术后也得到了相应的改善,而且术后角膜的物像与像方主平面前移,物方焦点进前移^[26],因此导致集合近点远移;术后的远距正融像性聚散较少也可能是造成集合近点远移的原因;而患者术后的远视性漂移也可能是导致集合近点远移的因素。

本研究中其他参数手术前后差异不具统计学意义:负相对调节在手术前后差异无统计学意义,这与既往研究结果相一致^[25]。正相对调节在低度近视组正相对调节在术后各时间点持续提高,差异无统计学意义,但此变化趋势与其他研究结果相似^[25,27];中、高度近视组患者正相对调节术后较术前呈先下降后提高的趋势,差异无统计学意义,此变化趋势与陈晓琴等^[28]报道相一致。调节反应在不同屈光程度分组中手术前后差异无统计学意义,这与国外学者报道相一致^[29]。调节幅度在不同屈光程度分组中术后前后差异无统计学意义,这与唐敏等^[24]研究结果一致。单眼调节灵敏度在不同组别中术后较术前均有不同程度的增加,低度和中度近视组中双眼调节灵敏度在术后较术前也均有不同程度的增加,但结果均无统计学意义。远距水平隐斜在低度组和中度近视组、不同分组的近距水平隐斜变化无统计学差异,这与既往研究结果一致^[24-25]。近距正负融像性聚散范围在不同分组的各时间点差异也无统计学意义^[25]。

SMILE 手术前后视功能研究是当下的研究热门,但是针对不同屈光程度患者术后的视功能研究较少,本研究按照患者术前的屈光不正程度进行分组,研究不同层次近视患者的视功能情况,以期更加精准地为临床现象提供依据。然而,本研究存在一定的局限性:(1)本研究样本量相对较少,可能会对结果造成一定影响,且观察时间较短,因此在后续的研究中将加大样本量,严控失访率,延长观察时间,增加观察指标;(2)调节功能和集合功能受多种因素影响,文中在纳入患者时,未充分考虑年龄、术前矫正方式等因素影响,因此在后续研究中,将细化分组,且增加相应的问卷调查,结合患者的主观感受,进一步完善 SMILE 术后患者的不适症状与双眼视功能的相关性研究;而且在后续的研究中将加入视疲劳调查问卷,结合患者的主观感受,进一步深入研究双眼视功能与视疲劳的相关性。

综上所述,SMILE 手术在改善近视性屈光不正方面效果显著,具备良好的可预测性和稳定性;对低、中、高度近视患者的双眼视功能皆有一定的积极影响,特别是对高度近视患者的调节功能和集合功能均有不同程度的改善。本研究为不同程度近视患者 SMILE 手术后视功能的变化

分析提供了参考依据,未来我们将持续深入探究 SMILE 手术对双眼视功能的长期影响,积极探索更为个性化的手术设计方案,力求更好地满足不同患者的个性化需求,为近视患者带来更加理想的视觉效果和治疗体验。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:张梅洛论文选题与修改,初稿撰写;田春雨手术操作;贾烈曦文献检索;杨青华、张鸿韬数据分析;崔卉、彭梦雨数据收集;魏瑞华选题指导,论文修改与审阅。所有作者阅读并同意最终文本。

参考文献

- [1] 朱伟根,陈海英,陈洁,等.多区正向离焦设计镜片和角膜塑形镜与单焦点镜片的近视控制效果比较.临床眼科杂志,2025,33(01):39-43.
- [2] Jonas JB, Ang M, Cho P, et al. IMI prevention of myopia and its progression. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(5):6.
- [3] 魏瑞华,李昊儒,隋金沅,等.国际近视研究院(IMI)关于不同年龄段近视患者的管理和研究热点解读.眼科新进展,2024,44(1):13-17,23.
- [4] Liu XN, Naduvilath TJ, Sankaridurg PR. Myopia and sleep in children—a systematic review. *Sleep*, 2023,46(11):zsad162.
- [5] 孔静,温莹.病理性近视特征性临床表现及其相关基因研究进展.国际眼科杂志,2025,25(4):620-626.
- [6] 王雪,吕洋.近视的危险因素、并发症及预防性治疗的最新研究进展.眼科新进展,2024,44(7):564-571.
- [7] Resnikoff S, Jonas JB, Friedman D, et al. Myopia—A 21st century public health issue. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(3):2.
- [8] 时雪静,郑天烁,王强.高度近视并发症眼底病变的研究进展.眼科新进展,2024,44(5):415-420.
- [9] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016,123(5):1036-1042.
- [10] 黎长金,杨翠,陆强.SMILE与FS-LASIK两种手术对角膜生物力学变化的评估.临床眼科杂志,2023,31(6):544-549.
- [11] 李静姣,姜红,房晓敏,等.不同矫正方式对近视患者双眼视功能的影响.国际眼科纵览,2021,45(1):76-80.
- [12] 王咏,陈琦.SMILE术后视觉质量及视功能评估的研究进展.微创医学,2023,18(2):233-237.

- [13] 汪育文,郑福浩,陈浩.聚散参数对集合不足患者视疲劳症状的影响.中华眼视光学与视觉科学杂志,2019,21(1):53-58.
- [14] 兰长骏,谭青青,廖莹.重视屈光手术相关的双眼视觉异常问题及其风险筛查.中华实验眼科杂志,2020,38(2):81-84.
- [15] 张悦,王雁,张琳.角膜屈光手术后视疲劳症状的研究进展.中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(4):317-320.
- [16] 熊玲,宋雨桐,杨必.视疲劳患者双眼视和调节功能分析.中国实用眼科杂志,2018,6:460-462.
- [17] 陈晓琴,王雁.角膜屈光手术后双眼视及调节功能变化研究进展.武警后勤学院学报(医学版),2019,28(3):77-80,84.
- [18] 高春婷,袁慧,杜军辉.双眼视功能异常在近视进展中作用的研究进展.医学研究与教育,2022,39(3):14-20.
- [19] Fang Z, He XY, Han W. Small incision lenticule extraction and femtosecond-assisted laser in situ keratomileusis in patients with deep corneal opacity: case series. *Int J Ophthalmol*, 2023,16(2):301-308.
- [20] Aghamollaei H, Hashemi H, Fallahtafti M, et al. Applications of SMILE-extracted lenticules in ophthalmology. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(1):173-187.
- [21] Sachdev G, Ramamurthy S. Decade - long journey with small incision lenticule extraction: The learnings. *Indian J Ophthalmol*, 2020,68(12):2705.
- [22] 张梅洛,田春雨,杨青华,等.SMILE术前屈光状态对术后调节功能变化的影响.国际眼科杂志,2025,25(2):323-327.
- [23] 鲁智莉,张丰菊,王岳秀.近视患者准分子激光原位角膜磨镶术后隐斜和聚散功能变化.眼科新进展,2010,30(6):540-541.
- [24] 唐敏,许亚菲,侯杰,等.中高度近视行SMILE或FS-LASIK术后双眼视功能比较.中华眼视光学与视觉科学杂志,2024,26(6):423-430.
- [25] 杜凯旋,吴小影,文丹,等.近视患者SMILE术后双眼视觉功能变化.中华眼视光学与视觉科学杂志,2019,21(7):521-526.
- [26] 邓国涛,贡雅洁.LASIK术后眼调节状态的改变及其与视疲劳的关系.中华眼视光学与视觉科学杂志,2012,14(3):169-172.
- [27] 王迪雅,张岩,张伊燕,等.角膜屈光手术对近视患者双眼视功能的影响.中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(9):647-655.
- [28] 陈晓琴,王雁,杨悦,等.SMILE术后调节功能变化.中华眼视光学与视觉科学杂志,2019,21(2):117-121.
- [29] Natarajan R, Dandapani SA, Hussaindeen JR. Comparison of binocular vision parameters pre - and post - EPILASIK laser vision correction surgery for myopia in a pilot study—can vision therapy augment refractive results? *Br Ir Orthopt J*, 2021,17(1):1-7.