

角膜屈光术后眼调节灵敏度的变化及影响因素

李建冲¹, 吴峥峥², 刘治容², 邓铂林², 陈波², 杨平², 关敏², 张瑞帆²

1. 成都中医药大学, 四川 成都 610075; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)眼科, 四川 成都 610072

【摘要】目的 系统评估手术方式、屈光程度、屈光参差状态、术前矫正史及矫正准确性对角膜屈光术后调节灵敏度的影响。**方法** 纳入 2023 年 2 月至 2024 年 7 月接受手术的 85 例(170 眼)近视患者,按照手术方式分为飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)组 49 例与飞秒激光制瓣联合准分子激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK)组 36 例;按照屈光程度分为中低屈光度组 58 例,高屈光度组 27 例;按照屈光参差状态分为屈光参差组 5 例,非屈光参差组 80 例;按照术前矫正史分为长期戴镜组 61 例,非长期戴镜组 24 例;按照矫正准确性分为足矫组 68 例,非足矫组 17 例。采用 iFLIP 智能反转拍系统定量检测术前及术后 1 天、1 月、3 月的单眼(主视眼/非主视眼)及双眼调节灵敏度(MAF/BAF)。**结果** 术式差异:SMILE 组主视眼 MAF 术后 1 天显著下降($P<0.001$),术后 1 月恢复,术后 3 月达峰值,较术前提升($P=0.012$);FS-LASIK 组主视眼 MAF 术后 1 天短暂升高($P=0.007$),术后 3 月显著提升($P<0.001$)。SMILE 组术后 3 月 MAF 及 BAF 均显著优于 FS-LASIK 组($P<0.05$)。屈光程度:中低度组主视眼 MAF 术后 1 月即稳定($P<0.05$);高度组延迟至 3 月恢复($P=0.001$),且仅达中低度组术后 1 月水平。术前矫正史:长期戴镜组术后 3 月主视眼 MAF 显著优于非长期组($P=0.028$)。其他因素:屈光参差状态及矫正准确性对调节灵敏度无显著影响($P>0.05$)。**结论** SMILE 术在调节功能恢复的时效性和稳定性方面具有优势,屈光度是影响恢复进程的关键因素,术前长期光学矫正可增强术后调节适应性。

【关键词】 角膜屈光手术;调节功能;屈光不正

【中图分类号】 R772.2

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2026)02-0101-05

Changes and influencing factors of ocular accommodation sensitivity after corneal refractive surgery

LI Jian-chong¹, WU Zheng-zheng², LIU Zhi-rong², DENG Bo-lin², CHEN Bo², YANG Ping², GUAN Min², ZHANG Rui-fan² 1. Department of Ophthalmology, Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610075, China; 2. Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital(Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, China

【Corresponding author】 ZHANG Rui-fan

【Abstract】Objective To systematically evaluate the effects of surgical methods, refractive status, anisometropia, preoperative correction history, and correction accuracy on accommodative facility after corneal refractive surgery. **Methods** Eighty-five myopic patients (170 eyes) undergoing surgery from February 2023 to July 2024 were included. According to the surgical methods, the patients were divided into a femtosecond laser small incision corneal stromal lens extraction (SMILE) group and a femtosecond laser flap preparation combined with excimer laser in situ keratomileusis (FS-LASIK) group. The SMILE group had 49 patients and the FS-LASIK group had 36 patients. According to the degree of refractive error, the patients were divided into a low refractive power group ($n=58$) and a high refractive power group ($n=27$). According to the status of anisometropia, the patients were divided into an anisometropia group ($N=5$) and a non-anisometropia group ($n=80$). According to the preoperative correction history, the patients were divided into a long-term glasses wearing group ($n=61$) and a non-long-term glasses wearing group ($n=24$). According to the accuracy of correction, the patients were divided into a sufficient correction group ($n=68$) and a non-sufficient correction group ($n=17$). Monocular (dominant/non dominant) and binocular adjustment sensitivity (MAF/BAF) before and after 1 day, 1 month, and 3 months of surgery were quantitatively detected by using the iFLIP intelligent reversal camera system. **Results** For surgical methods, the SMILE group showed significant monocular accommodation facility (MAF) decline in dominant eyes after 1 day of operation ($P<0.001$). Recovery was achieved after one month of surgery, and the peak recovery was reached after three months of surgery. There was an improvement compared to preoperative levels ($P=0.012$). The FS-LASIK group exhibited transient MAF elevation in dominant eyes after 1 day ($P=0.007$). A significant improvement was achieved after 3 months ($P<0.001$). The SMILE group demonstrated superior MAF and binocular accommodation facility (BAF) compared to FS-LASIK after 3 months ($P<0.05$). For refractive degree, The low-moderate group achieved MAF stabilization after 1 month ($P<0.05$), while the high myopia group required 3 months ($P=0.001$) to reach equivalent levels. For preoperative correction, the long-term correction group showed better MAF after 3 months than non-long-term group ($P=0.028$). For other factors, anisometropia and correction accuracy showed no significant impacts ($P>0.05$). **Conclusions** SMILE demonstrates temporal advantages and stability in accommodative function recovery. Refractive error severity is a critical determinant of recovery progression. Preoperative long-term optical correction enhances postoperative accommodative adaptation.

【Key words】 Corneal refractive surgery; Accommodative function; Refractive error

随着近视的患病率逐年提高,到 2050 年,世

界人口的一半将患有近视,约 10% 的世界人口将患有高度近视^[1]。飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small-incision lenticule extraction, SMILE)

【基金项目】 四川省科技厅重点研发项目(编号:23ZDYF1942)

【通讯作者】 张瑞帆

和飞秒激光制瓣联合准分子激光原位角膜磨镶术 (femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis, FS-LASIK) 是目前近视和散光矫正的两种主流手术方法, 具有较好的安全性、可预测性以及稳定性^[2-4]。调节眼睛的屈光力以使物体在视网膜上清晰成像的能力^[5]。单眼/双眼调节灵敏度 (Monocular accommodation facility, MAF/Binocular accommodation facility, BAF) 是调节功能的主要参数之一, 由于角膜屈光术后改变了患者的调节量, 对近处的调节需求高于术前, 不同的屈光手术方式对调节灵敏度有不同的影响^[6]。多数患者术后远期双眼视功能较术前有所改善, 改变的大小与术前屈光度及年龄密切相关^[7]。本研究旨在探究不同手术方式、不同屈光度、是否足矫、是否长期戴镜和是否屈光参差对角膜屈光术后双眼及单眼调节灵敏度影响的变化规律, 以提高角膜屈光术后医患沟通的质量和患者术后的满意度。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2023 年 2 月到 2024 年 7 月于四川省人民医院近视手术中心自愿选择行 SMILE 手术及 FS-LASIK 手术患者 85 例 (170 眼), 入选标准: ①年龄 18~46 岁, 有明确摘镜需求; ②屈光状态稳定 (近 2 年进展 ≤ 0.50 D); ③等效球镜度 (SE) $-7.50 \sim -1.25$ D, 散光 ≤ -3.50 D; ④最佳矫正视力 ≥ 0.8 。排除标准: ①角膜中央厚度 $< 480 \mu\text{m}$; ②进行性圆锥角膜等角膜病变; ③活动性眼表炎症; ④青光眼等影响视功能的眼部疾病。按照以下方式分组: ①术式分组: SMILE 组 (49 例) 与 FS-LASIK 组 (36 例); ②屈光度分组: 中低屈光度组 ($-6.00 \text{ D} \leq \text{SE}$) (58 例) 与高屈光度组 ($\text{SE} < -6.00 \text{ D}$) (27 例); ③屈光参差状态分组: 屈光参差组 (双眼 SE 差值 $\geq 1.50 \text{ D}$) (5 例) 与非屈光参差组 (双眼 SE 差值 $< 1.50 \text{ D}$) (80 例); ④术前矫正史分组: 长期戴镜组 (持续戴镜 ≥ 1 年) (61 例) 与非长期组 (24 例); ⑤矫正准确性分组: 足矫组 (验配误差 $\leq 0.50 \text{ D}$) (68 例) 与未足矫组 (17 例)。本研究获得四川省人民医院医学伦理委员会批准 (编号: 伦审 (研) 2024 年第 477 号), 并严格遵守赫尔辛基宣言。所有患者均符合手术指征, 且自愿接受 SMILE 手术或 FS-LASIK 手术并签署同意书。

1.2 方法

1.2.1 常规检查 对所有患者进行术前相关检查, 包括: 裸眼视力、最佳矫正视力, 电脑验光、主觉验光 (小瞳验光, 散瞳验光和复光)、角膜内皮细胞计数、眼压、裂隙灯、眼底、角膜地形图及角膜生物力

学、瞳孔直径。

1.2.2 调节灵敏度检查 采用 iFLIP 智能反转拍系统 (美国 Visionix 公司) 进行调节功能评估: 检测条件: 标准照明环境 (300~500 lux), 视标 (20/30) 置于 40 cm 处; 单眼检测: 遮盖非检测眼, 记录 $\pm 2.00 \text{ D}$ 反转状态下 1 分钟内的调节周期数 (cpm); 双眼检测: 不遮盖双眼, 同步记录集合/散开相关性等参数。

1.3 手术方法 所有患者手术均由我院三位经验丰富的医生完成。SMILE 手术使用 VisuMax 飞秒激光制作角膜透镜并取出; FS-LASIK 手术使用 VisuMax 飞秒激光制作角膜瓣, SCHWIND AMARIS 1050RS 准分子激光系统进行角膜消融。

1.4 术后处理 所有患者分别于术后 1 天、10 天、1 月、3 月行术眼裸眼视力、最佳矫正视力、验光、裂隙灯检查、矫正眼压、调节灵敏度检查。

1.5 统计学方法 应用 SPSS 27.0 统计学软件对数据进行分析。符合正态分布的计量资料以均数 \pm 标准差表示, 比较采用重复测量方差分析; 不符合正态分布的以中位数 (P25, P75) 表示, 采用非参数检验 K 个相关样本 Friedman 检验, 如组内有显著差异, 再通过 Bonferroni 校正法进行两两比较; 组间比较采用独立样本 *t* 检验或 Mann-Whitney 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者一般资料 本研究共纳入 85 例 (170 眼) 近视患者, 其中男 49 例 (57.6%), 女 36 例 (42.4%), 年龄 18~38 岁 [(24.10 ± 5.41) 岁]。按照手术方式、屈光度、屈光参差状态、术前矫正史及矫正准确性分为 5 组, 各组内主视眼与非主视眼之间差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。见表 1。

2.2 不同手术方式组调节灵敏度比较

2.2.1 组内比较 SMILE 组: 主视眼术后 3 个月调节灵敏度显著高于术前 ($P = 0.012$)、术后 1 天 ($P < 0.001$) 及术后 1 月 ($P = 0.011$)。非主视眼术后 3 月较术前显著提升 ($P = 0.007$), 术后 1 天短暂下降 ($P = 0.004$), 但术后 1 月恢复, 高于术后 1 天 ($P = 0.001$)。双眼调节灵敏度术后 3 月达峰值, 较术前显著提升 ($P = 0.009$), 且显著高于术后 1 天 ($P < 0.001$) 及 1 月 ($P = 0.001$)。FS-LASIK 组: 主视眼术后 1 天调节灵敏度短暂升高 ($P = 0.007$), 术后 3 月达最高值, 显著高于术前 ($P < 0.001$)。非主视眼术后 3 月较术后 1 天提升 ($P = 0.049$)。双眼术后 3 月显著优于术前 ($P < 0.001$) 及术后 1 天 ($P = 0.016$), 术后 1 月高于术前 ($P = 0.008$)。

表 1 患者一般资料比较

组别	例数	主视眼 SE(D)	非主视眼 SE(D)	t	P
SMILE 组	49	-4.37±1.17	-4.27±1.22	-0.71	0.482
FS-LASIK 组	36	-5.92±1.34	-5.81±1.36	-0.74	0.458
中低屈光度组	58	-4.32±1.13	-4.19±1.17	-1.02	0.308
高低屈光度组	27	-6.54±0.76	-6.49±0.63	-0.31	0.761
屈光参差组	5	-5.42±1.58	-3.65±1.33	-2.05	0.109
非屈光参差组	80	-5.00±1.46	-5.00±1.47	-0.37	0.771
长期戴镜组	61	-4.87±1.51	-4.80±1.54	-0.61	0.545
非长期戴镜组	24	-5.42±1.26	-5.23±1.33	-0.96	0.346
足矫组	68	-4.87±1.39	-4.84±1.46	-0.28	0.777
未足矫组	17	-5.65±1.56	-5.25±1.61	-1.32	0.206

2.2.2 组间比较 双眼调节灵敏度在手术前后各时间点的差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 20.64, P < 0.001; F_{\text{组别}} = 5.164, P = 0.026; F_{\text{交互}} = 4.194, P = 0.008$)。SMILE 组术前的双眼调节灵敏度显著高于 FS-LASIK 组 ($t = 3.87, P < 0.001$)。主视眼调节灵敏度比较: SMILE 组在术前和术后 3 月的调节灵敏度均显著高于 FS-LASIK 组 ($Z = -3.47, P < 0.001; Z = -2.06, P = 0.039$)。非主视眼调节灵敏度比较: SMILE 组在术前、术后 1 月和术后 3 月的调节灵敏度显著高于 FS-LASIK 组 ($Z = -2.68, P = 0.007; Z = -2.36, P = 0.020; Z = -2.98, P = 0.003$)。见表 2。

表 2 SMILE 组和 FS-LASIK 组术前术后调节灵敏度比较 (cpm)

调节灵敏度	SMILE 组	FS-LASIK 组	统计量	P
MAF(D)				
术前	7.46±2.84	5.35±2.49	$Z = -3.47$	<0.001
术后 1 天	6.09±2.93*	5.59±2.75*	$t = -0.88$	0.381
术后 1 月	7.77±2.94	6.61±3.47+	$Z = -1.96$	0.050
术后 3 月	8.88±3.00*##	7.54±3.23##	$t = -2.06$	0.039
MAF(N)				
术前	7.73±2.79	6.05±2.41	$t = -2.68$	0.007
术后 1 天	6.18±2.96*	5.89±3.29	$Z = -0.57$	0.566
术后 1 月	7.86±2.95+	6.45±3.35	$Z = -2.36$	0.020
术后 3 月	8.94±3.01*##	7.08±2.94+	$t = -2.98$	0.009
BAF				
术前	8.21±2.74	6.17±1.81	$t = 3.87$	<0.001
术后 1 天	7.58±2.69*	7.33±2.48	$t = 0.43$	0.669
术后 1 月	9.22±2.29+	8.24±2.26*	$t = 1.94$	0.055
术后 3 月	9.39±2.22*##	8.99±2.32**	$Z = 0.81$	0.419

MAF(D): 主视眼单眼调节灵敏度; MAF(N): 非主视眼单眼调节灵敏度; BAF: 双眼调节灵敏度。* 与术前比较, $P < 0.05$; + 与术后 1 天比较, $P < 0.05$; # 与术后 1 月比较, $P < 0.05$

2.3 不同屈光度组调节灵敏度比较

2.3.1 组内比较 中低度屈光度组: 主视眼、非主视眼及双眼术后 3 月和 1 月的调节灵敏度高于术前和术后 1 天 ($P < 0.05$)。非主视术后 1 天低于术前 ($P = 0.030$)。高度屈光度组: 主视眼术后 3 月的调节灵

敏度明显高于术前、术后 1 天和术后 1 月 ($P = 0.007, 0.004, 0.031$)。非主视眼术后 3 月的调节灵敏度高于术后 1 天 ($P = 0.013$)。双眼术后 3 月和 1 月的调节灵敏度高于术前和术后 1 天 ($P = 0.003, 0.011$)。

2.3.2 组间比较 中低度屈光度组和高度屈光度组主视眼和非主视眼调节灵敏度在手术前后各时间点的组间差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。中低屈光度组术前及术后 1 月的主视眼调节灵敏度高于高屈光度组, 差异有统计学意义 ($Z = -3.04, P = 0.002; Z = -2.39, P = 0.016$); 中低屈光度组术前及术后 3 月的非主视眼调节灵敏度高于高屈光度组 ($Z = -2.08, P = 0.038; Z = -2.11, P = 0.034$)。见表 3。

表 3 中低屈光度组和高屈光度组术前术后调节灵敏度比较 (cpm)

调节灵敏度	中低屈光度组	高屈光度组	统计量	P
MAF(D)				
术前	7.14±2.77	5.33±2.77	$t = -3.04$	0.002
术后 1 天	6.06±2.88	5.50±2.79	$Z = -0.98$	0.331
术后 1 月	7.81±3.12**	6.14±3.16	$Z = -2.39$	0.016
术后 3 月	8.52±3.24**	7.86±2.96*##	$t = -0.93$	0.355
MAF(N)				
术前	7.42±2.74	6.16±2.62	$t = -2.08$	0.038
术后 1 天	6.20±3.02*	5.77±3.27	$Z = -0.78$	0.436
术后 1 月	7.62±3.21**	6.49±3.07	$Z = -1.65$	0.98
术后 3 月	8.59±3.19**	7.19±2.71+	$t = -2.11$	0.034
BAF				
术前	7.68±2.62	6.62±2.40	$t = 1.78$	0.078
术后 1 天	7.58±2.69	7.23±2.37	$t = 0.59$	0.559
术后 1 月	9.06±2.39**	8.26±2.08**	$t = 1.50$	0.137
术后 3 月	9.35±2.38**	8.93±1.97**	$t = 0.80$	0.424

* 与术前比较, $P < 0.05$; + 与术后 1 天比较, $P < 0.05$; # 与术后 1 月比较, $P < 0.05$

2.4 不同术前矫正史组调节灵敏度比较 长期戴镜组和非长期戴镜组主视眼调节灵敏度在术前术后各时间点的组间比较差异有统计学意义 ($P < 0.05$), 长期戴镜组术后 3 月主视眼调节灵敏度高于非长期戴镜组 ($Z = -2.20, P = 0.028$)。见表 4。

表 4 长期戴镜组和非长期戴镜组术前术后调节灵敏度比较 (cpm)

调节灵敏度	长期戴镜组	非长期戴镜组	统计量	P
MAF(D)				
术前	6.48±2.94	6.79±2.76	$t=-0.29$	0.770
术后 1 天	5.98±2.96	5.64±2.58	$t=-0.31$	0.758
术后 1 月	7.37±3.38	7.04±2.78	$Z=-0.27$	0.788
术后 3 月	8.79±2.99	7.07±3.25	$t=-2.20$	0.028
MAF(N)				
术前	6.98±2.75	7.12±2.82	$t=-0.02$	0.984
术后 1 天	6.13±3.01	5.89±3.34	$Z=-0.44$	0.664
术后 1 月	7.49±3.27	6.68±2.94	$Z=-0.98$	0.326
术后 3 月	8.33±3.06	7.70±3.23	$t=-0.97$	0.334
BAF				
术前	7.26±2.76	7.57±2.09	$t=-0.51$	0.616
术后 1 天	7.37±2.69	7.74±2.35	$Z=-0.60$	0.550
术后 1 月	8.90±2.48	8.54±1.84	$t=0.67$	0.508
术后 3 月	9.23±2.35	9.20±2.05	$t=0.05$	0.962

2.5 不同矫正准确性组调节灵敏度比较 足矫组与未足矫组各时间点调节灵敏度比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 5。

表 5 足矫组和未足矫组术前术后调节灵敏度比较 (cpm)

调节灵敏度	足矫组	未足矫组	Z	P
MAF(D)				
术前	6.83±2.91	5.51±2.55	-1.77	0.077
术后 1 天	5.78±2.99	6.29±2.24	-1.07	0.284
术后 1 月	7.32±3.20	7.13±3.32	-0.37	0.713
术后 3 月	8.32±3.19	8.25±3.06	-0.005	0.996
MAF(N)				
术前	7.13±2.72	6.58±2.90	-0.03	0.974
术后 1 天	6.11±3.19	5.87±2.69	-0.48	0.629
术后 1 月	7.33±3.15	6.99±3.45	-0.319	0.750
术后 3 月	8.20±3.13	7.95±3.07	-0.76	0.445
BAF				
术前	7.43±2.56	6.99±2.74	-0.91	0.362
术后 1 天	7.72±2.68	6.49±1.93	-1.91	0.056
术后 1 月	8.93±2.35	8.29±2.16	-1.14	0.255
术后 3 月	9.30±2.25	8.88±2.33	-0.56	0.575

2.6 屈光参差状态组调节灵敏度比较 屈光参差组与非屈光参差组各时间点调节灵敏度比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 6。

表 6 屈光参差组和非屈光参差组术前术后调节灵敏度比较 (cpm)

调节灵敏度	屈光参差组	非屈光参差组	Z	P
MAF(D)				
术前	6.64±3.47	6.56±2.87	-0.15	0.892
术后 1 天	7.42±2.37	5.79±2.86	0.173	0.181
术后 1 月	7.20±2.89	7.29±3.24	-0.02	0.993
术后 3 月	9.08±2.86	8.26±3.18	0.56	0.580
MAF(N)				
术前	7.74±2.47	6.04±3.13	-0.59	0.567

调节灵敏度	屈光参差组	非屈光参差组	Z	P
MAF(D)				
术后 1 天	6.44±2.47	6.04±3.13	-0.42	0.674
术后 1 月	6.44±1.82	7.32±3.26	-0.50	0.614
术后 3 月	7.72±3.09	8.18±3.12	-0.27	0.793
BAF				
术前	8.04±2.86	7.30±2.58	-0.58	0.580
术后 1 天	6.52±2.07	7.53±2.61	-0.99	0.337
术后 1 月	8.10±2.13	8.85±2.33	-0.813	0.428
术后 3 月	7.74±1.72	9.31±2.26	-1.59	0.112

3 讨论

角膜屈光手术是矫正近视患者屈光不正有效的方式,伴随出现的调节功能改变可能引起患者视功能异常,屈光手术对术后调节灵敏度的影响尤为明显,不同的手术方法也有所不同^[7]。近视患者在准分子激光屈光性角膜切削术(photorefractive keratectomy, PRK)后 1 个月的调节能力增加。调节幅度和调节灵敏度最终会较术前升高^[8]。

3.1 关于 SMILE 术与 FS-LASIK 术后调节灵敏度的研究 目前的研究发现:SMILE 术的单眼调节灵敏度术后 1 周轻微下降,术后 3 个月与术前相比显著增加^[9]。也有研究发现低中度近视患者 SMILE 术后 1 周、1 月、3 月双眼调节灵活度较术前增大,而高度近视患者术前与术后调节灵敏度无明显变化^[10,11]。一项关于中高度近视患者 SMILE 术后和 FS-LASIK 术后的调节研究显示:SMILE 术后 1 月单眼及双眼调节灵敏度高于术前,FS-LASIK 术后各时间点双眼调节灵敏度均高于术前,术后 3 月显著高于术前及术后 1 周;术后 1 月时,SMILE 组的左右眼及双眼调节灵敏度高于 FS-LASIK 组^[12]。角膜屈光术后改变了患者视近时的调节量,看近的调节需求高于术前,视近困难不仅与调节幅度有关,还和调节灵敏度、调节需求增加、调节痉挛、调节不持久有关^[6]。

3.2 术式差异的调节功能响应机制 SMILE 术后的调节灵敏度变化和前面的研究结果相似^[9,10]。FS-LASIK 术后调节灵敏变化趋势和 SMILE 术后基本一致,与其他研究结果相似^[13,14]。SMILE 组术后 1 天主视眼调节灵敏度短暂下降,可能与早期角膜水肿或神经损伤相关,FS-LASIK 组术后 1 天 MAF 短暂升高,早期调节功能可能因角膜形态改变短暂增强。SMILE 组术前调节灵敏度显著高于 FS-LASIK 组(双眼及单眼),这一差异可能是由于 SMILE 组的平均屈光度低于 FS-LASIK 组,有研究显示儿童双眼调节灵敏度与近视增长程度相关^[15],双眼近视增长得越快,其调节灵敏度越差。近视患者由于看近时很少或根本不动用调节,睫状肌因调节功能长期缺乏足够的刺激而发生退行性改变,从

而导致调节功能下降^[7]。高度近视眼经常会出现术前矫正不足的情况,由于后顶点眼镜的影响,术前调节需求显著减少^[16]。

3.3 屈光度的调节恢复梯度效应 在本研究中,中低度组术后 1 月单眼调节灵敏度即达稳定,与杜凯旋^[11]和 Zhou 等^[17]报道的低中度患者术后调节改善趋势一致,可能因残余调节储备充足(平均调节幅度 >5 D),能快速适应术后调节需求变化。高度组术后 3 月单眼调节灵敏度方显著高于术前,恢复延迟 2 个月,可能与高度近视患者术前长期调节抑制(调节滞后量 >1.00 D)导致睫状肌功能重塑缓慢有关。

3.4 术前矫正史的适应性影响 长期戴镜组术后 3 月主视眼单眼调节灵敏度显著优于非长期戴镜组,支持“光学矫正预适应”假说。长期规范戴镜可能通过维持视网膜成像质量,减少中枢神经对模糊像的抑制,从而保留调节神经通路的可塑性。马可等^[18]的研究也指出,未矫正或欠矫正的近视患者因长期缺乏调节刺激,易导致调节功能下降。因此,术前建议患者规范戴镜,可能有助于术后调节功能的快速恢复。

3.5 其他影响因素与局限性 本研究中,屈光参差状态和术前是否足矫对调节灵敏度的影响无显著差异,可能与样本量较小有关。王迪雅等^[19]曾报道屈光参差患者调节功能较差,但本研究未观察到类似结果,未来需扩大样本进一步验证。此外,足矫组与未足矫组的调节灵敏度差异不显著,提示矫正准确性可能并非主要影响因素,但仍需结合更大样本和长期随访数据深入分析。

3.6 研究局限性与展望 本研究存在样本量较小(83 例)和随访时间较短(3 个月)的局限性。未来需扩大样本量,延长随访至 6 个月以上,以评估调节功能的长期稳定性。此外,可结合角膜神经密度、高阶像差等指标,进一步探讨调节功能恢复的生物学机制。智能反转拍(iFLIP)的应用虽提高了检测效率,但其与传统方法的对比数据仍需补充。

综上,SMILE 术在调节功能恢复的时效性和稳定性方面优于 FS-LASIK,尤其适用于对术后视觉质量要求较高的患者。屈光度是影响恢复进程的核心因素,高度近视患者需更长的康复周期。术前长期规范戴镜可增强术后调节适应性,临床中应重视术前矫正指导。研究结果为个性化手术方案制定和术后康复提供了重要依据,未来需通过多中心大样本研究进一步优化干预策略。

【参考文献】

[1] Holden AB, Fricke RT, Wilson AD, et al. Global prevalence of myo-

pia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5):1036-1042.

- [2] Faruk S, Sylva AL, Gulser C, et al. Perception of trifocal iol performance in young adults with high astigmatism and hyperopia and its improvement using small incision lenticule extraction. [J]. *Acta Informatica Medica*, 2021, 29(2):118-124.
- [3] Yesheng X, Yabo Y. Small-incision lenticule extraction for myopia: results of a 12-month prospective study [J]. *Optometry and Vision Science*, 2015, 92(1):123-31.
- [4] Moshirfar M, McCaughey VM, Reinstein ZD, et al. Small-incision lenticule extraction [J]. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2015, 41(3):652-665.
- [5] Ke Z, Tian H, Xingtao Z. Accommodative changes after SMILE for moderate to high myopia correction. [J]. *BMC Ophthalmology*, 2016, 16(1):173.
- [6] 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[J]. *武警后勤学院学报(医学版)*, 2019, 28(3):77-80, 84.
- [7] Can M, Yan Z, Shurong W. Changes in accommodation and convergence function after refractive surgery in myopic patients. [J]. *European journal of Ophthalmology*, 2022, 33(1):29-34.
- [8] Farid K, Alireza B, Abbas B, et al. Accommodative changes after photorefractive keratectomy in myopic eyes. [J]. *Optometry and Vision Science*, 2010, 87(11):833-838.
- [9] 陈晓琴,王雁,杨悦,等. SMILE 术后调节功能变化[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019, 21(2):117-121.
- [10] 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[J]. *国际眼科杂志*, 2025, 25(2):323-327.
- [11] 杜凯旋,吴小影,文丹,等. 近视患者 SMILE 术后双眼视觉功能变化[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019, 21(7):521-526.
- [12] 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[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024, 26(6):423-430.
- [13] 李姝燕,张敏,杜驰,等. 飞秒激光制瓣 LASIK 术对近视性屈光参差患者调节功能的影响[J]. *国际眼科杂志*, 2019, 19(2):332-334.
- [14] Allen P, Sivaraman V, Price H, et al. Nearwork-induced transient myopia and accommodation function before and after laser-assisted in situ keratomileusis surgery [J]. *Indian Journal of Ophthalmology*, 2021, 69(7):1707-1711.
- [15] 李静姣,姜红,房晓敏,等. 调节功能在儿童近视进展中的变化[J]. *临床眼科杂志*, 2021, 29(2):149-152.
- [16] Xu Z, Dong S, Yu S, et al. Evaluation of early accommodation outcomes following femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis and small incision lenticule extraction. [J]. *Seminars in Ophthalmology*, 2024, 40(3):1-8.
- [17] Zhou YM, Ou YX, Chin MP, et al. Transient change in the binocular visual function after femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis for myopia patients [J]. *Indian Journal of Ophthalmology*, 2023, 71(2):481-485.
- [18] 马可,刘陇黔. 青年人近视眼与各调节因素的关系[J]. *眼视光学杂志*, 2006, 8(2):85-87.
- [19] 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[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021, 23(9):647-655.

(收稿日期:2025-03-29;修回日期:2025-05-15)

(本文编辑:林 赞)