

· 临床研究 ·

优化单眼视 LASIK 矫正年龄相关性调节不足伴近视对调节功能的影响

孙燕¹ 王海燕¹ 刘泉²¹兰州普瑞眼视光医院, 兰州 730000; ²广州番禺普瑞眼科医院, 广州 511400

通信作者: 刘泉, Email: drliuquan@163.com

【摘要】 目的 评价优化单眼视准分子激光角膜原位磨镶术(LASIK)治疗年龄相关性调节不足伴近视对调节功能的影响。**方法** 采用队列研究,连续纳入2019年10月至2021年10月在兰州普瑞眼视光医院进行优化单眼视LASIK治疗年龄相关性调节不足伴近视患者74例74眼,均纳入非主视眼数据进行分析。采用随机数字表法分为对照组和优化调整组,各37例37眼,对照组采用FS-LASIK治疗,优化调整组采用Q值调整联合单眼视FS-LASIK治疗,收集2个组术眼前及术后1年内裸眼远视力、近视力、角膜中央3mm等效球镜度(SE)、角膜前表面Q值、调节幅度(AMP)、正相对调节(PRA)、晶状体厚度(LT)值,比较2个组不同时间点各指标差异。优化调整组非主视眼近视力、PRA和LT与AMP的相关性分析采用Pearson相关性分析。**结果** 2个组患者非主视眼手术前后远视力、近视力、Q值和SE时间效应总体比较差异均有统计学意义($F_{\text{时间}}=244.98, 69.00, 843.65, 454.80$, 均 $P<0.05$),Q值组别效应总体比较差异均有统计学意义($F_{\text{组别}}=2.49, P<0.05$),其中与术前比较,2个组患者术后远视力、近视力均提高,Q值增大、SE减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);优化调整组术后1年Q值优于对照组,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。2个组患者非主视眼手术前后AMP和PRA总体比较差异均有统计学意义(AMP: $F_{\text{组别}}=19.03, P<0.05$; $F_{\text{时间}}=4.99, P<0.05$; PRA: $F_{\text{组别}}=42.67, P<0.05$; $F_{\text{时间}}=28.64, P<0.05$),其中术后1个月、6个月和1年,优化调整组AMP均较对照组增大,PRA均较对照组增强,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);优化调整组术后不同时间点AMP均较术前增大,PRA均较术前增强,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。2个组患者非主视眼手术前后LT时间效应总体比较差异有统计学意义($F_{\text{时间}}=4.94, P<0.05$),其中优化调整组术后不同时间点LT均较术前变薄,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。优化调整组患者术后1年非主视眼近视力与AMP呈正相关($r=0.269, P<0.05$),PRA与AMP呈负相关($r=-0.601, P<0.05$),术前LT与术前AMP呈正相关($r=0.276, P<0.05$)。**结论** 优化单眼视LASIK治疗年龄相关性调节不足伴近视对近视力相关调节参数AMP、PRA、LT改善显著。

【关键词】 老视; 近视; 单眼视; 年龄相关性调节不足; 调节功能; 准分子激光角膜原位磨镶术

基金项目: 国家自然科学基金(82260965); 兰州市科技计划(2022-3-67、2022-3-20); 甘肃省科协创新驱动助力工程项目(GXH20240328-2); 兰州市卫生健康行业科研项目(A2024027); 甘肃省科协“陇企之星”企业青年人才项目(GXHRC20250325-4)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20231027-00155

Effect of LASIK surgery for optimized monovision correction of age-related accommodation deficiency with myopia on regulatory function

Sun Yan¹, Wang Haiyan¹, Liu Quan²¹Lanzhou Bright Eye Hospital, Lanzhou 730000, China; ²Guangzhou Fangu Purui Bright Eye Hospital, Guangzhou 511400, China

Corresponding author: Liu Quan, Email: drliuquan@163.com

[Abstract] Objective To evaluate the effect of laser-assisted laser in situ keratomileusis (LASIK) surgery for optimized monovision correction in the treatment of age-related accommodative deficiency with myopia on regulatory function. **Methods** A cohort study was conducted. A total of 74 consecutive patients (74 eyes) with age-related accommodative insufficiency and myopia who underwent optimized monovision LASIK at Lanzhou Bright Eye Hospital from October 2019 to October 2021 were enrolled. Only non-dominant eye data were analyzed. Patients

were randomized into a control group (37 cases, 37 eyes) treated with FS-LASIK and an optimization adjustment group (37 cases, 37 eyes) treated with Q-value adjusted monovision FS-LASIK. Preoperative and postoperative (within 1 year) data were collected for both groups, including distance visual acuity, near visual acuity, central 3 mm corneal equivalent spherical refraction (SE), anterior corneal Q-value, amplitude of accommodation (AMP), monocular positive relative accommodation (PRA), and lens thickness (LT). The differences of different indicators (AMP, PRA, LT) related to accommodation power at different time points were compared between the two groups. The correlation between near visual acuity, PRA, LT and AMP in the optimized adjustment group was analyzed. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Lanzhou Bright Eye Hospital (No. LP-202302). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** There were significant overall differences in distance visual acuity, near visual acuity, Q value, and SE in non-dominant eyes at different time points in the two groups ($F_{\text{time}} = 244.98, 69, 843.65, 454.80$; all $P < 0.05$). There was a significant overall difference in Q value between the two groups ($F_{\text{group}} = 2.49, P < 0.05$). Compared with preoperative, the postoperative distance visual acuity and near visual acuity of patients in both groups were improved, with an increase in Q value and a decrease in SE, with statistically significant differences (all $P < 0.05$). One year after surgery, the near visual acuity and Q value of the optimized adjustment group were better than those of the control group, with statistically significant differences (both $P < 0.05$). There were significant differences in AMP and PRA in non-dominant eyes at different time points between the two groups (AMP: $F_{\text{group}} = 19.03, P < 0.05$; $F_{\text{time}} = 4.99, P < 0.05$. PRA: $F_{\text{group}} = 42.67, P < 0.05$; $F_{\text{time}} = 28.64, P < 0.05$). At 1 month, 6 months and 1 year after surgery, AMP and PRA increased in the optimization adjustment group compared with the preoperative and control group, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). There were significant differences in LT before and after surgery in non-dominant eye between the two groups ($F_{\text{time}} = 4.94, P < 0.05$). Among them, the LT in the optimization adjustment group became thinner at different time points after surgery than before surgery, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). In the optimization adjustment group, near visual acuity at 1 year after surgery in non-dominant eye was positively correlated with AMP ($r = 0.269, P < 0.05$), and PRA was negatively correlated with AMP ($r = -0.601, P < 0.05$), and preoperative LT was positively correlated with preoperative AMP ($r = 0.276, P < 0.05$). **Conclusions** Optimized monovision LASIK for the treatment of age-related accommodative insufficiency with myopia significantly improves the myopia-related accommodation parameters AMP, PRA, and LT.

[Key words] Presbyopia; Myopia; Vision, monocular; Age-related accommodative insufficiency; Accommodation function; Laser-assisted laser in situ keratomileusis

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82260965); Lanzhou Science and Technology Plan Project (2022-3-67, 2022-3-20); Lanzhou Health and Hygiene Industry Research Project (A2024027); Gansu Provincial Association for Science and Technology "Longqi Star" Enterprise Youth Talent Project (GXHRC20250325-4)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20231027-00155

老视是指 40 岁以上人群随年龄增长逐步产生眼调节能力减弱及渐进性视近困难,需在矫正原屈光不正基础上附加凸透镜方可获得较清晰近视力的现象^[1-2],其发病早期因尚存部分调节能力但又不能完全满足调节需求被称作伴年龄相关性调节不足。当前随着各国老龄化程度加重,老视发病率达 40%^[3],其中伴年龄相关性调节不足的屈光不正患者全球约有 20 亿,是患者产生远近视力不良的重要原因^[3]。这类患者除视远视近均困难外,常伴随由于睫状肌功能下降、晶状体弹性减退等眼部退行性变化产生的视疲劳、眼胀、头痛等症状,对中老年屈光不正患者产生持久负面效应^[4]。目前,临床治疗年龄相关性调节不足及老

视的方法主要有配镜治疗及手术治疗两大类^[3],其中手术治疗依部位不同分为角膜、晶状体及巩膜手术。配镜治疗存在影响美观及生活质量的情况,晶状体手术适用于晶状体混浊影响视力和年龄偏大的患者,巩膜手术常有效果不稳定和并发症较多的情况,故对于 40 岁以上尚存在部分调节功能的患者,适合角膜激光手术。

临床对于老视伴近视患者的手术治疗方法有晶状体超声乳化植入多焦晶状体、巩膜加固术、角膜基质环植入术等,大多存在术后远近视力难以兼顾,随年龄增长屈光度变化波动显著的现象。准分子激光角膜原位磨镶术 (laser-assisted laser in situ keratomileusis, LASIK) 用飞秒激光制作角膜瓣,并对特殊人群行激光

扫描形态设计是近年来屈光手术的重要进展^[5]。爱尔康飞秒激光 LASIK FS200+EX500 的手术平台可完成激光手术的角膜非球面性和多焦设计模式,并提供 Q 值优化调整策略在老视眼中采用增加景深的方法增加调节力,保证在提高远视力的同时显著改善近视力。Q 值是角膜非球面性参数,通过微单视联合 Q 值调整进行年龄相关性调节不足近视矫正,对非主视眼 3 mm 范围内的 Q 值向更负值调整后,可增加眼的焦深。与经典理论所认为的调节是指睫状肌进行收缩或舒张使悬韧带作用于晶状体,并发生屈光力改变的现象不同,这种调节力不依靠晶状体、悬韧带及睫状肌,也称作伪调节,与人工晶状体因缩瞳在眼内发生位移产生的伪调节力相似^[6],理论上可改善因老视后晶状体弹性日益下降产生的调节功能不足,适应后可兼顾远近视力。

目前对这类术式的研究大多集中在 Q 值调整后患者近视力与角膜 Q 值改变及术后像差改变的显著性及相关性等,但年龄相关性调节不足性屈光不正往往是调节、像质、视敏度等多因素参与的结果^[7]。人眼视觉工作中,各种调节参数相互影响,目前尚缺乏对于 Q 值调整的 FS-LASIK 手术前后调节功能多样性及复杂性变化的临床资料总结。本研究收集老视患者手术前后视力、屈光度、Q 值、调节幅度 (accommodative amplitude, AMP)、正相对调节 (positive relative accommodation, PRA) 及晶状体厚度 (lens thickness, LT) 值^[8],结合 Q 值改变进行调节功能分析,以期为术后该类患者获得长期的良好全程视力兼顾调节功能指明方向。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用队列研究方法,连续纳入 2019 年 10 月至 2021 年 10 月于兰州普瑞眼视光医院因伴年龄相关性调节不足行屈光手术治疗的患者 76 例 76 眼。纳入标准:(1)符合伴年龄相关性调节不足的屈光不正诊断标准,老视度数>0.25 D;(2)2 年内屈光度数变化相对稳定,球镜度≤-10.00 D,柱镜度≤-1.50 D;(3)非主视眼术前最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA)≥4.9;(4)非主视眼非矫正近视力 (近视足矫状态下)≤4.8;(5)术前停戴软性角膜接触镜 1 周、硬性角膜接触镜 1 个月、角膜塑形镜 3 个月。排除标准:(1)有眼部器质性疾病者,如圆锥角膜等;(2)既往有眼部手术史和外伤史及重度干眼史;(3)有可能出现眼部并发症的全身性疾病;(4)既往有神经科、精神科疾病史;(5)有其他角膜屈光手术禁忌证。采用随机数字表法将患者分为对照组和优化调整组,各 38 例 38 眼,均以非

主视眼入组。2 个组患者均因自行退出研究各脱落 1 例,最终分别纳入 37 例 37 眼。2 个组患者年龄、性别和眼别构成比、老视度数比较差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$) (表 1)。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经兰州普瑞眼视光医院伦理委员会批准 (批文号:2019-LP-006),所有患者术前均签署手术知情同意书。

表 1 2 个组患者术前基线资料比较					
Table 1 Comparison of baseline data between two groups					
组别	眼数	年龄 ($\bar{x}\pm s$, 岁) ^a	性别 (男/女) ^b	眼别 (左/右) ^b	老视度数 ($\bar{x}\pm s$, D) ^a
对照组	37	42.33±1.35	14/23	23/14	0.52±0.18
优化调整组	37	42.30±1.53	14/23	23/14	0.52±0.16
t/ χ^2 值		-0.107	0.023	0.023	0.096
P 值		0.915	0.879	0.879	0.924
注:(a:独立样本 t 检验;b: χ^2 检验)					
Note:(a:Independent samples t-test;b: χ^2 test)					

1.2 方法

1.2.1 手术方法 手术均由同一经验丰富的手术医师完成。术前 2 周采用左氧氟沙星滴眼液和玻璃酸钠滴眼液点眼,每日 4 次。术前常规消毒铺巾,冲洗结膜囊,并行表面麻醉。对照组采用 Wavelight FS200+EX500 进行飞秒激光角膜制瓣+准分子激光 WFO 模式扫描切削。角膜瓣厚度设定为 100 μm ,光区设定为 6.5 mm,EX500 激光切削后使用平衡盐溶液冲洗,行角膜瓣复位。考虑患者年龄、职业、用眼习惯并检查调节力,采用非主视眼欠矫、主视眼全矫的设计理念。以患者非主视眼接受预留度数 (-0.50~-1.50 D,约动用一半调节力),可正常双眼视为原则。术后采用加替沙星滴眼液点眼,每日 4 次,连续用药 1 周;妥布霉素地塞米松滴眼液点眼,每日 6 次,3 d 后减量为每日 5 次,3 d 后更换为氟米龙滴眼液点眼,每日 4 次,逐周减少给药次数,连续用药 1 个月。(2)优化调整组在对照组治疗基础上,术前依据 Pentacam 角膜地形图获得的角膜前表面 (20°) 3 mm 范围 Q 值,手术设计中以维持患者总屈光力不变为原则,将患者 Q 值设定为 0.3~0.6,以减少术后球差增加或保持球差不增加、调低目标球镜度数、切削深度在调整 Q 值前后尽量不变为目标,依据屈光度大小调整 Q 值。准分子激光治疗程序采用 Custom-Q 模式进行切削。

1.2.2 视力检查 采用《国际标准视力表》(KF-DX17,长沙市可孚科技股份有限公司)检查术前及术后非主视眼接受保留屈光度设计后 5 m、40 cm 的远视 LogMAR 视力。

1.2.3 角膜地形图检查 采用 Pentacam 角膜地形图仪(Pentacam 70700,广州欧科路光学仪器有限责任公司)测量患者术前、术后 1 年角膜前表面中央 3 mm 处质量因子非球面系数(Q 值),选取患者泪膜及眼表情况稳定的地形图图像(Q 值>95%表明测量结果可靠)。

1.2.4 验光检查 使用电脑验光仪(Nidek AR-1,日本尼德克有限责任公司)对患者进行多次验光,参考其结果,使用综合电脑验光仪(Nidek RT-5100+CP-770,日本尼德克有限责任公司)进行扩瞳前后综合验光。以标准近视力表 40 cm 处最佳视力上一行视标逐次增加+0.25 视标至视标出现首次持续性模糊获得 Add 值,附加与原远用屈光度值为老视度数,并进行调整及试戴,非主视眼度数参考患者平时用眼习惯,预计患者术后视近时动用一半调节力并用眼舒适持久^[9]。

1.2.5 调节功能检查 以综合电脑验光仪 40 cm 处最佳近视力的上一行视标为注视视标,遮盖主视眼将-0.25 D 的镜片逐渐增加至视标首次持续性模糊,此绝对值加 2.50 D 的工作距离所需调节量为非主视眼 AMP;增加-0.25 D 镜片视标出现首次持续性模糊时镜片增加的负屈光度为 PRA。

1.2.6 LT 测量 采用 IOLMaster 700 测量仪(德国蔡司公司),扫描经过黄斑中心凹区域,选择 3 次测量结果相近且信噪比>2.0 的数据,取平均值,获得 LT 数据。

1.2.7 评价指标 术后随访 1 年,收集 2 个组术前及术后 1 年远视力、近视力、角膜中央 3 mm 等效球镜度(spherical equivalent, SE)、角膜前表面 Q 值和术前及术后 1 个月、6 个月、1 年 AMP、PRA 和 LT。以近视力相关近用调节功能参数(AMP、PRA、LT)为主要评价指标^[10]。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Shapiro-Wilk 检验证实符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示;2 个组年龄和老视度数比较采用独立样本 *t* 检验;2 个组手术前后不同时间点各指标总体比较采用重复测量两因素方差分析,两两比较采用 LSD-*t* 检验。计数资料数据以频数表示,2 个组性别和眼别构成比较采用 χ^2 检验。优化调整组非主视眼近视力、PRA 和 LT 与 AMP 的相关性分析采用 Pearson 相关分析。采用双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 2 个组患者非主视眼手术前后远视力、近视力、Q 值和 SE 比较

2 个组患者非主视眼手术前后远视力、近视力、Q 值和 SE 时间效应总体比较差异均有统计学意义($F_{\text{时间}} = 244.98, 69.00, 843.65, 454.80$, 均 $P < 0.05$),Q 值组别效应总体比较差异均有统计学意义($F_{\text{组别}} = 2.49, P < 0.05$),其中与术前比较,2 个组患者术后远视力、近视力均提高,Q 值增大,SE 减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);优化调整组术后 1 年 Q 值优于对照组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。远视力、近视力和 SE 组别效应总体比较差异均无统计学意义($F_{\text{组别}} = 0.07, 2.14, 0.79$, 均 $P > 0.05$)(表 2)。

2.2 2 个组患者非主视眼手术前后不同时间点 AMP、PRA 和 LT 比较

2 个组患者非主视眼手术前后 AMP 和 PRA 总体比较差异均有统计学意义(AMP: $F_{\text{组别}} = 19.03, P < 0.05$; $F_{\text{时间}} = 4.99, P < 0.05$. PRA: $F_{\text{组别}} = 42.67, P < 0.05$;

表 2 2 个组患者非主视眼手术前后远视力、近视力、Q 值和 SE 比较($\bar{x} \pm s$)

Table 2 Comparison of distance visual acuity, near visual acuity, Q value and SE before and after surgery in non-dominant eyes of patients between two groups ($\bar{x} \pm s$)

组别	眼数	远视力		近视力		Q 值		SE(D)	
		术前	术后 1 年	术前	术后 1 年	术前	术后 1 年	术前	术后 1 年
对照组	37	-0.67±0.19	-0.04±0.06 ^b	-0.09±0.09	-0.05±0.07 ^b	-0.42±0.25	2.19±0.34 ^b	-8.10±0.76	-0.68±0.26 ^b
优化调整组	37	-0.68±0.20	-0.04±0.06 ^b	-0.09±0.09	-0.02±0.05 ^b	-0.31±0.19	1.81±0.46 ^{ab}	-8.32±0.75	-0.69±0.25 ^b

注:远视力: $F_{\text{组别}} = 0.07, P = 0.93$; $F_{\text{时间}} = 244.98, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 0.47, P = 0.63$. 近视力: $F_{\text{组别}} = 2.14, P = 0.13$; $F_{\text{时间}} = 69.00, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 70.00, P = 0.12$. Q 值: $F_{\text{组别}} = 2.49, P < 0.05$; $F_{\text{时间}} = 843.65, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 22.41, P < 0.05$. SE: $F_{\text{组别}} = 0.79, P = 0.46$; $F_{\text{时间}} = 454.80, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 0.73, P > 0.05$. 与对照组比较, ^a $P < 0.05$;与术前比较, ^b $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, LSD-*t* 检验) SE:等效球镜度

Note: Distance visual acuity: $F_{\text{group}} = 0.07, P = 0.93$; $F_{\text{time}} = 244.98, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 0.47, P = 0.63$. near visual acuity: $F_{\text{group}} = 2.14, P = 0.13$; $F_{\text{time}} = 69.00, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 70.00, P = 0.12$. Q value: $F_{\text{group}} = 2.49, P < 0.05$; $F_{\text{time}} = 843.65, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 22.41, P < 0.05$. SE: $F_{\text{group}} = 0.79, P = 0.46$; $F_{\text{time}} = 454.80, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 0.73, P > 0.05$. Compared with control group, ^a $P < 0.05$; compared with preoperative, ^b $P < 0.05$ (Two-way repeated measures ANOVA, LSD-*t* test) SE: spherical equivalent

$F_{\text{时间}} = 28.64, P < 0.05$), 其中术后 1 个月、6 个月和 1 年, 优化调整组 AMP 和 PRA 均较对照组增大, PRA 均较对照组增强, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 优化调整组术后不同时间点 AMP 均较术前增大, PRA 均较术前增强; 术后 6 个月和 1 年 AMP 高于术后 1 个月, PRA 强于术后 1 个月; 术后 1 年 AMP 高于术后 6 个月, PRA 强于术后 6 个月, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。2 个组患者非主视眼手术前后 LT 时间效应总体比较差异有统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 4.94, P < 0.05$), 其中优化调整组术后不同时间点 LT 均较术前变薄, 术后 6 个月和 1 年较术后 1 个月变薄, 术后 1 年较术后 6 个月变薄, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 2 个组内 LT 总体比较差异无统计学意义 ($F_{\text{组别}} = 1.11, P = 0.34$) (表 3)。

2.3 优化调整组非主视眼近视力、PRA 和 LT 与 AMP 的相关性

优化调整组患者术后 1 年非主视眼近视力与 AMP 呈正相关 ($r = 0.269, P < 0.05$), PRA 与 AMP 呈负相关 ($r = -0.601, P < 0.05$); 术前 LT 与术前 AMP 呈正相关 ($r = 0.276, P < 0.05$) (图 1)。

3 讨论

本研究基于年龄相关性调节不足患者改善远视力的同时需兼顾近视力的临床现状, 采用优化单眼视依据 Q 值进行 FS-LASIK 术式调整手术设计理论, 对比了优化调整组和对照组手术前后 SE、远视力、近视力等参数, 证实依据 Q 值进行 FS-LASIK 术式调整治疗效果显著。术后 1 年, 优化调整组 Q 值较对照组显著减小。研究表明, Q 值体现人眼角膜中间凸、周边平坦的非球面性, 标准 Q 值为 $-0.1 \sim -0.6$, 通常 FS-LASIK 术后 Q 值常随角膜形态的改变成为正值^[11], 而优化调整组 Q 值较对照组低, 说明优化调整组较对照组更可能获得优质的视觉质量; 术后 1 年 2 个组 AMP 值相比, 优化调整组较对照组显著增加, AMP 增大体现术后患者调节功能的改善, 目前大多数研究发现 LASIK 术后 AMP 随时间延长存在先下降后升高的现象^[12], 优化调整组调节功能改善优于对照组, 说明“伪调节”可在某种程度上补偿年龄增长造成的调节功能不足^[13], 这种现象存在随时间推移逐步显著改善的情况; 术后 1 年 2 个组 PRA 值相比, 优化调整组较对照组

增强, 意味着近调节功能显著增强。PRA 值是集合保持固定的情况下, 双眼随正镜片引起的调节刺激的增加而产生最大的调节反应。近视患者在视近时可能存在一种正视化机制产生低调节反应, PRA 通常较非近视人群低, 表示其调节储备降低, 在有调节需求时可动用的调节储备减少, 屈光度高者 PRA 更低^[14]。PRA 与患者增加调节的能力及融像性辐辏的量有关, PRA 较大则调节舒适, PRA 小被认为是调节不足或辐辏过强^[15]。当近视患者接受手术治疗后, 理论上患者调节功能会随着正视时间的持续发生改善, 若对角膜 Q 值的调整增加“伪调节”力, 理论上也可增加近视力, 改善调节功能。这可能是术后 PRA 值增大的原因。

本研究中, 2 个组 LT 术后均不同程度变薄, LT 体现了晶状体在调节状态下的厚度波动的特性。多项研究发现, 近视患者因

表 3 2 个组患者非主视眼手术前后不同时间点 AMP、PRA、LT 值比较 ($\bar{x} \pm s$)
Table 3 Comparison of AMP, PRA, and LT values at different time points before and after surgery in the non-dominant eyes of patients between two groups

组别	眼数	AMP			
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 1 年
对照组	37	2.92±0.48	2.64±0.41	2.72±0.42	2.86±0.53
优化调整组	37	2.97±0.52	3.34±0.55 ^{ab}	3.49±0.57 ^{abc}	3.75±0.63 ^{abcd}

组别	眼数	PRA			
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 1 年
对照组	37	-2.18±0.40	-2.01±0.44	-2.04±0.44	-2.06±0.46
优化调整组	37	-2.19±0.55	-2.90±0.63 ^{ab}	-3.34±0.66 ^{abc}	-3.63±0.82 ^{abcd}

组别	眼数	LT (mm)			
		术前	术后 1 个月	术后 6 个月	术后 1 年
对照组	37	3.59±0.29	3.42±0.45	3.47±0.33	3.42±0.27
优化调整组	37	3.68±0.29	3.51±0.24 ^b	3.44±0.23 ^{bc}	3.27±0.62 ^{bcd}

注: AMP: $F_{\text{组别}} = 19.03, P < 0.05$; $F_{\text{时间}} = 4.99, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 11.44, P < 0.05$ 。PRA: $F_{\text{组别}} = 42.67, P < 0.05$; $F_{\text{时间}} = 28.64, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 59.23, P < 0.05$ 。LT: $F_{\text{组别}} = 1.11, P = 0.34$; $F_{\text{时间}} = 4.94, P < 0.05$; $F_{\text{交互作用}} = 4.57, P < 0.05$ 。与同时点对对照组比较, ^a $P < 0.05$; 与组内术前比较, ^b $P < 0.05$; 与组内术后 1 个月比较, ^c $P < 0.05$; 与组内术后 6 个月比较, ^d $P < 0.05$ (重复测量两因素方差分析, LSD-*t* 检验) AMP: 调节幅度; PRA: 正相对调节; LT: 晶状体厚度
Note: AMP: $F_{\text{group}} = 19.03, P < 0.05$; $F_{\text{time}} = 4.99, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 11.44, P < 0.05$ 。PRA: $F_{\text{group}} = 42.67, P < 0.05$; $F_{\text{time}} = 28.64, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 59.23, P < 0.05$ 。LT: $F_{\text{group}} = 1.11, P = 0.34$; $F_{\text{time}} = 4.94, P < 0.05$; $F_{\text{interaction}} = 4.57, P < 0.05$ 。Compared with the control group at the same time point, ^a $P < 0.05$; compared with respective preoperative, ^b $P < 0.05$; compared with respective postoperative 1 month, ^c $P < 0.05$; compared with respective postoperative 6 months, ^d $P < 0.05$ (Two-way repeated measures ANOVA, LSD-*t* test) AMP: accommodative amplitude; PRA: positive relative accommodation; LT: lens thickness

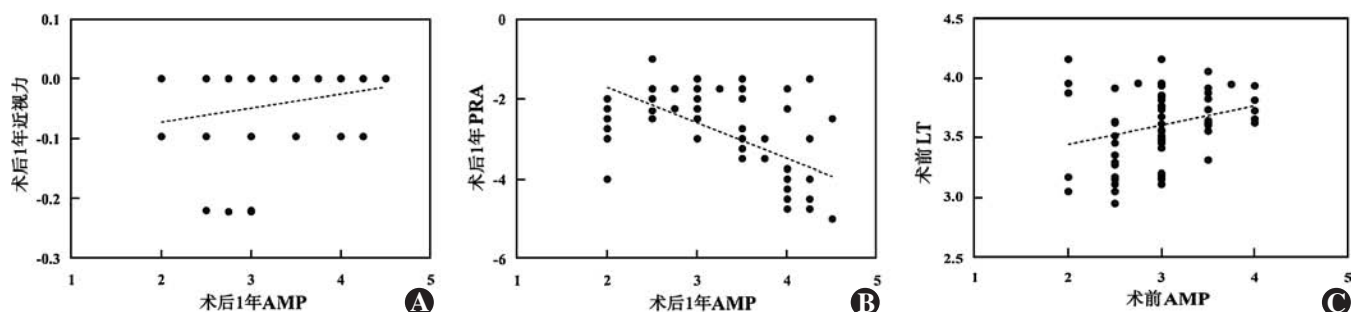


图1 优化调整组非主视眼近视力、PRA 和 LT 与 AMP 的相关性 (Pearson 相关分析, $n=37$) A: 术后 1 年近视力与 AMP 呈正相关 ($r=0.269$, $P<0.05$) B: 术后 1 年 PRA 与 AMP 呈负相关 ($r=-0.601$, $P<0.05$) C: 术前 LT 与 AMP 呈正相关 ($r=0.276$, $P<0.05$) PRA: 正相对调节; LT: 晶状体厚度; AMP: 调节幅度

Figure 1 Correlation between non-dominant eyenear visual acuity, PRA, LT and AMP in the optimization adjustment group (Pearson correlation analysis, $n=37$) A: Near visual acuity at 1 year after surgery was positively correlated with AMP ($r=0.269$, $P<0.05$) B: PRA at 1 year after surgery was negatively correlated with AMP ($r=-0.601$, $P<0.05$) C: LT at 1 year after surgery was positively correlated with AMP ($r=0.276$, $P<0.05$) PRA: positive relative accommodation; LT: lens thickness; AMP: accommodative amplitude

视近调节疲劳造成 LT 增厚, 调节每增加 1 D, LT 增加 (0.04 ± 0.01) mm^[16]。但优化 Q 值调整实际模拟了调节力增强训练^[17], 可使 LT 变薄^[18]。因此本研究中优化调整组术后 LT 较术前变薄。此外, 大多数年龄相关性调节不足患者总调节力在 4 D 左右, 术后伴随 Q 值调整及屈光度矫正, 调节力改善程度范围约为 1 D, 对应 LT 的厚度变薄程度较弱, 故推测此为组间差异不显著的原因。

本研究发现, 优化调整组术后 AMP 与术后 PRA 呈负相关。近视患者普遍近视程度加深、PRA 减小^[19], 近视患者 AMP 也较正常人低, 观察屈光手术后, PRA 与 AMP 的改善是否同步可以从另一个角度验证屈光手术后患者是否有调节力的增加, 这与本研究手术后患者 PRA 增强、AMP 增大的结果一致。Zhou 等^[20]研究表明, FS-LASIK 术后 AMP 与 PRA 均有变化, 但大多在术后 30 d 恢复至正常水平, 也反映了这些指标在近视矫正术后出现优化改良的现象。还有研究者发现, 激光近视矫正术后调节功能均有不同程度改善^[21], 与本研究结果一致。

另外, 本研究表明术前 AMP 与 LT 呈正相关。Rohman 等^[22]采用 OCT 测量青年人和老年人在不同调节状态下的 LT, 发现在 AMP 最大时其微波动最大, 与本研究结果一致。Lossing 等^[23]关于晶状体动力学的研究发现, LT 厚度增厚与年龄相关性最强, 伴有调节能力变弱, 称“晶状体悖论”。本研究优化调整组术后 LT 变薄, 近视力改善, 推测这与优化调整组调节力改善相关。优化调整组术后近视力与 AMP 呈正相关, 表明优化调整治疗后用近调节力及 AMP 的同步改善, 趋近正常非近视人群, 也从侧面证实屈光手术可对调节力产生改善作用。

综上所述, 对于老视合并近视患者的非主视眼, Q 值调整的单眼视设计 LASIK 手术可使患者获得良好的近视力, 并兼顾远视力。可能与角膜 Q 值调整后表现出的“伪调节”弥补了调节力的不足有关。此外, 患者术后 AMP 及正相对调节等指标均有改善。本研究样本量较小, 下一步将增加样本量, 研究术后不同阶段调节功能的变化, 如 Q 值调整后 ΔQ 是否与调节指标存在相关性的问题, 进而探讨 FS-LASIK 改善老视调节功能的新方法。

利益冲突 所有作者均声明不存在任何利益冲突

作者贡献声明 孙燕: 试验设计、收集数据、撰写文章; 刘泉: 指导试验、审阅文章及定稿; 王海燕: 分析及解释试验数据

参考文献

- [1] Albou-Ganem C. Presbyopia and refractive surgery[J]. J Fr Ophthalmol, 2019, 42(7): 790-798. DOI: 10.1016/j.jfo.2018.08.009.
- [2] Kollbaum PS, Bradley A. Correction of presbyopia; old problems with old (and new) solutions[J]. Clin Exp Optom, 2020, 103(1): 21-30. DOI: 10.1111/cxo.12987.
- [3] 宋爽, 文丹, 尹叶薇, 等. 老视的矫治方法[J]. 中南大学学报(医学版), 2022, 47(10): 1454-1460. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220201.
- [4] Song S, Wen D, Yin YW, et al. Correction of presbyopia[J]. J Cent South Univ (Med Sci), 2022, 47(10): 1454-1460. DOI: 10.11817/j.issn.1672-7347.2022.220201.
- [5] Sánchez-González MC, Gutiérrez-Sánchez E, Sánchez-González JM, et al. Complications of small aperture intracorneal inlays: a literature review[J/OL]. Life (Basel), 2023, 13(2): 312 [2024-10-10]. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36836669/. DOI: 10.3390/life13020312.
- [6] 杜绍林, 郑文凯, 董秀清, 等. WaveLight FS200 飞秒激光角膜瓣瞳孔中心偏离与术后疗效的关系[J]. 中华实验眼科杂志, 2020, 38(2): 109-113. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2020.02.006.
- [7] Du SL, Zheng WK, Dong XQ, et al. Relationship between the offset of a laser-assisted flap using the WaveLight FS200 femtosecond laser and the clinical results[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2020, 38(2): 109-113. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2020.02.006.
- [8] 高钰昆, 王卓伟. Akreos MI60 型与 Akreos Adapt AO 型折叠人工晶

- 状态眼伪调节比较研究[J]. 中国药物与临床, 2017, 17(12): 1821-1822. DOI: 10.11655/zgywylc2017.12.045.
- [7] 中国医师协会眼科医师分会屈光手术学组. 中国伴年龄相关性调节不足屈光不正患者激光角膜屈光手术专家共识(2021年)[J]. 中华眼科杂志, 2021, 57(9): 651-657. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20210523-00246.
- Refractive Surgery Group of Chinese Ophthalmologist Association. Chinese expert consensus on laser corneal refractive surgery for correction of refractive errors with age-related accommodation deficiency (2021)[J]. Chin J Ophthalmol, 2021, 57(9): 651-657. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20210523-00246.
- [8] 瞿佳. 眼视光学理论和方法[M]. 3版. 北京: 人民卫生出版社, 2018: 18-96.
- [9] 张瑞钰, 陈跃国. 准分子激光角膜屈光手术矫治老视新进展[J]. 中华眼科杂志, 2022, 58(12): 1111-1116. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20211215-00586.
- Zhang RY, Chen YG. New progress of excimer laser corneal refractive surgery for presbyopia[J]. Chin J Ophthalmol, 2022, 58(12): 1111-1116. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20211215-00586.
- [10] Chang L, Song F, Qu S, et al. *In vivo* Brillouin analysis of lens nucleus and cortex in adult myopic eyes and their correlation with accommodation[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2025, 66(4): 6 [2025-05-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40172515/>. DOI: 10.1167/iovs.66.4.6.
- [11] 曹丽君, 张亚丽, 徐湘辉, 等. 经上皮准分子激光角膜切削术对角膜前表面参数的影响[J]. 国际眼科杂志, 2020, 20(4): 684-687. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2020.4.23.
- Cao LJ, Zhang YL, Xu XH, et al. Clinical observation of transepithelial photorefractive keratectomy on the anterior corneal surface parameters[J]. Int Eye Sci, 2020, 20(4): 684-687. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2020.4.23.
- [12] 陈西嘉, 易虹, 易妹. 1%阿托品眼用凝胶治疗早期近视青少年后双眼调节功能变化[J]. 重庆医学, 2022, 51(2): 234-238. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2022.02.011.
- Chen XJ, Yi H, Yi S. Changes of adolescent binocular regulatory function after 1% atropine eye gel in treating early myopia[J]. Chongqing Med, 2022, 51(2): 234-238. DOI: 10.3969/j.issn.1671-8348.2022.02.011.
- [13] 吴宪巍, 何伟. 人工晶状体眼伪调节及可调节人工晶状体研究进展[J]. 医学信息(手术学分册), 2008, 21(8): 733-736. DOI: 10.3969/j.issn.1006-1959-C.2008.08.025.
- [14] Pérez-Merino P, Velasco-Ocana M, Martínez-Enríquez E, et al. OCT-based crystalline lens topography in accommodating eyes[J]. Biomed Opt Express, 2015, 6(12): 5039-5054. DOI: 10.1364/BOE.6.005039.
- [15] 周少博, 李辉, 洪海峰, 等. 近视眼 LASIK 手术前后调节所致眼前段结构变化的比较[J]. 中国实用眼科杂志, 2014, 32(8): 984-987. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2014.08.015.
- Zhou SB, Li H, Hong HF, et al. Comparison of anterior segment changes resulted from accommodation before and after LASIK in myopia[J]. Chin J Pract Ophthalmol, 2014, 32(8): 984-987. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2014.08.015.
- [16] Neri A, Ruggeri M, Protti A, et al. Dynamic imaging of accommodation by swept-source anterior segment optical coherence tomography[J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41(3): 501-510. DOI: 10.1016/j.jcrs.2014.09.034.
- [17] 虞璐, 黄廷楠, 曲忆萌, 等. 儿童近视进展与视功能相关性的研究[J]. 国际眼科杂志, 2024, 24(5): 778-783. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.5.22.
- Yu L, Huang TN, Qu YM, et al. Correlation between myopia progression and visual performance in children[J]. Int Eye Sci, 2024, 24(5): 778-783. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.5.22.
- [18] Arcas-Carbonell M, Orduna-Hospital E, Oliete-Lorente S, et al. Structural and functional analysis of the eye according to the accommodation-age relationship[J/OL]. Vision Res, 2025, 230: 108596 [2025-05-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40209287/>. DOI: 10.1016/j.visres.2025.108596.
- [19] 王祎洁, 刘多, 田斌斌, 等. 双眼调节功能检查在儿童青少年近视防控中的应用[J]. 锦州医科大学学报, 2022, 43(2): 56-59. DOI: 10.13847/j.cnki.lnmu.2022.02.007.
- Wang YJ, Liu D, Tian BB, et al. The role of binocular adjustment function examination in the prevention and control of myopia in children and adolescents[J]. J Jinzhou Med Univ, 2022, 43(2): 56-59. DOI: 10.13847/j.cnki.lnmu.2022.02.007.
- [20] Zhou Y, Ou Y, Chin MP, et al. Transient change in the binocular visual function after femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis for myopia patients[J]. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(2): 481-485. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1611_22.
- [21] Zhou Y, Ou Y, Chin MP, et al. Transient change in the binocular visual function after femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis for myopia patients[J]. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(2): 481-485. DOI: 10.4103/ijo.IJO_1611_22.
- [22] Rohman L, Ruggeri M, Ho A, et al. Lens thickness microfluctuations in young and pre-presbyopic adults during steady-state accommodation[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(2): 12 [2024-10-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36753168/>. DOI: 10.1167/iovs.64.2.12.
- [23] Lossing LA, Sinnott LT, Kao CY, et al. Measuring changes in ciliary muscle thickness with accommodation in young adults[J]. Optom Vis Sci, 2012, 89(5): 719-726. DOI: 10.1097/OPX.0b013e318252cade.

(收稿日期: 2024-11-10 修回日期: 2025-05-16)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)

读者·作者·编者

本刊对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿及其流程

依据中华医学会系列杂志论文发表后撤稿的推荐规范, 如发生下列情况本刊将予以撤稿处理: (1) 编辑部收到举报并已经证实论文存在较严重的不可信、学术不端或非主观的错误, 以至于该论文所报道的发现和结果不可信。(2) 论文存在剽窃问题。(3) 论文所报道的研究违反医学伦理规范。(4) 未被允许的重复发表。(5) 在稿件发表流程中存在严重缺陷。上述问题经编辑部严格调查属实后将按照撤稿流程分别在纸版期刊、本刊网站刊登撤稿声明, 刊登前编辑部和所有作者就撤稿声明的内容达成一致, 以保证各方利益。但在无法就撤稿声明的内容与作者达成一致时, 如已有充足证据表明必须撤稿, 本刊将尽快刊出撤稿声明。撤稿声明对所有读者免费开放, 以最大限度地减少该论文发表带来的负面影响。编辑对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿拥有最终决定权。

(本刊编辑部)

中华医学会杂志社
Chinese Medical Association Publishing House

版权所有 违者必究