

近视患者角膜屈光术后集合功能与立体视变化

姜辰鸿, 王青*

青岛大学附属医院眼科, 山东 青岛

收稿日期: 2026年4月28日; 录用日期: 2026年5月22日; 发布日期: 2026年6月1日

摘要

目的: 探讨近视患者角膜屈光手术后早期集合功能与立体视变化。方法: 纳入2025年3月至2025年10月因近视在青岛大学附属医院眼科就诊, 根据检查结果自愿选择接受SMILE、FS-LASIK手术治疗的患者73例(146眼), 分别于术前、术后1周、术后1月、术后3~6个月检查集合功能及立体视。使用SPSS 26.0软件进行统计分析。结果: 远/近正融像性范围破裂点及恢复点(FPFV/NPFV_(break/recovery))在术后逐渐减小, 差异具有统计学意义($P < 0.05$)。远/近负融像性范围的破裂点及恢复点(FNFV/NNFV_(break/recovery))在术后表现逐渐下降, 变化无统计学意义($P > 0.05$)。结论: 角膜屈光术后早期集合功能及立体视明显改善, 视觉系统建立新的平衡。

关键词

近视, 角膜屈光手术, 集合功能

Changes in Convergence Function and Stereopsis Following Corneal Refractive Surgery in Myopia

Chenhong Jiang, Qing Wang*

Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Qingdao University, Qingdao Shandong

Received: April 28, 2026; accepted: May 22, 2026; published: June 1, 2026

Abstract

Objective: To investigate early changes in convergence function and stereopsis after corneal refractive

*通讯作者。

surgery in myopia. Methods: 73 myopic patients (146 eyes) who underwent SMILE or FS-LASIK at the Affiliated Hospital of Qingdao University from March to October 2025 were enrolled. Convergence function and stereopsis were examined preoperatively, at 1 week, 1 month, and 3~6 months postoperatively. SPSS 26.0 was used for analysis. **Results:** Break/recovery points of far/near positive fusional vergence (FPFV/NPFV_(break/recovery)) decreased after surgery ($P < 0.05$). Those of far/near negative fusional vergence (FNFV/NNFV_(break/recovery)) also decreased, but without statistical significance ($P > 0.05$). **Conclusion:** Convergence function and stereopsis improve significantly in the early period after corneal refractive surgery, indicating establishment of a new visual balance.

Keywords

Myopia, Corneal Refractive Surgery, Convergence Function

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近视患病率居高不下,已成为全球化的医学社会问题,据预测,2050年近视全球患病率将达到50%,其中高度近视比例将高达10% [1]。在众多矫正手段中,角膜屈光手术(CRS),尤其是微小切口基质透镜取出术(SMILE)与飞秒激光辅助的激光原位角膜磨镶术(FS-LASIK),通过精确重塑角膜曲率,为患者提供了脱离眼镜或隐形眼镜依赖的可能性,显著提升了生活便利性与主观满意度[2]。

近视与双眼集合功能之间存在密切的生理病理联系。集合功能是指双眼内转以维持单一视觉的能力,与调节功能形成“调节-集合联动”系统。近视患者,尤其是轴性近视,常伴随调节功能异常(如调节滞后、调节幅度下降),进而影响集合功能。调节滞后、集合功能异常等双眼视功能障碍不仅与视觉疲劳、注意力下降及阅读困难密切相关[3],其长期存在可能通过模糊视网膜成像质量或异常的视觉反馈信号,间接影响近视的发生与发展[4]。研究表明,近视患者近距离用眼负荷大,长期处于高调节需求状态,可打破调节与集合的正常匹配,引起正融像性集合范围减小、集合近点远移。此外,屈光矫正(如框架眼镜、角膜屈光手术)后,调节需求改变,集合功能可出现动态调整甚至显著改善[5]。

本研究在既往研究基础上,进一步探究行角膜屈光手术的近视患者术前、术后双眼集合功能与立体视变化,为屈光手术前后集合功能变化以及干眼的预防和治疗提供依据。

2. 资料与方法

2.1. 研究对象

纳入于2025年3月至10月在青岛大学附属医院行SMILE或FS-LASIK手术的近视散光患者。纳入标准:①年龄17~40岁;②等效球镜度 ≥ -11.00 D;③术前及术后BCVA ≥ 1.0 ;④屈光状态稳定至少2年(近2年近视度数增长 ≤ 0.50 D/年);⑤CCT ≥ 460 μ m;⑥既往无眼部手术史、无感染性全身疾病、结缔组织病或免疫性疾病病史、无瘢痕体质者。

排除标准:①可疑或确诊的圆锥角膜或其他角膜扩张性疾病;②软性角膜接触镜停戴 ≤ 7 d或硬性角膜接触镜停戴 ≤ 3 个月;③重度干眼;④视网膜病变情况;⑤焦虑、抑郁等严重心理或精神疾病;⑥手术配合度差或眼球明显旋转。

2.2. 检查方法

2.2.1. 一般眼部检查

所有患者术前均行全面的眼科术前检查, 包括视力、眼压、睫状肌麻痹验光、显然验光、眼位、裂隙灯显微镜、眼底及 Pentacam 眼前节分析检查, 依据每例患者的具体检查结果设计个性化手术方案。

2.2.2. 集合功能检查

于术前、术后 1 周、术后 1 月、术后 3~6 月对患者进行双眼集合功能的检查, 所有集合检查均在屈光矫正的前提下进行, 以保证检查时患者处于正视状态。使用综合验光仪(NIDEK RT-5100)进行检测, 检查内容包括远/近正/负融像性聚散范围。

远距正融像性聚散范围: 用投影仪在 6 m 处投射单行视标, 保证视标清晰、单一, 同步向双眼添加底朝外(BO)棱镜, 采用梯度增加法: 先以 2Δ /次的幅度递增, 当患者报告视标变模糊时, 改为 1Δ /次递增。记录 3 个关键临界点: 模糊点(Blur Point): 患者首次报告视标变模糊但未出现复视时的棱镜度数; 破裂点(Break Point): 继续增加 BO 棱镜, 患者报告视标出现复视时的棱镜度数; 恢复点(Recovery Point): 在破裂点基础上增加 2Δ 后, 缓慢减少 BO 棱镜, 患者报告复视消失、视标恢复单一时的棱镜度数。近距正融像性聚散范围: 注视 40 cm 处近用视力表, 确保视标清晰, 采用相同方法进行测量, 记录模糊点、破裂点、恢复点。

负融像性聚散范围的测量方法与正融像性聚散范围类似, 不同之处在于将上述 BO 棱镜转换为 BI 棱镜(底朝内棱镜)。

2.2.3. 立体视检查

使用《立体视觉检查第三版》检查近立体视锐度。嘱受试者在明亮的环境下, 阅读 40 cm 处立体视图谱, 检查者记录阅读结果。近立体视的评价标准: 黄斑中心凹立体视, 视差为 $\leq 60''$, 将 $\leq 60''$ 作为正常立体视, $>60''$ 为异常。

所有集合功能检查及立体视检查, 均由第一作者独立收集及指导。

2.3. 手术方法

2.3.1. SMILE 术式

采用 VisuMax 飞秒激光设备(德国 Zeiss 公司)进行基质透镜的切削。在患者角膜上制作厚度 110~120 μm 、直径范围 7.1~7.9 mm 的角膜帽, 光学区直径范围根据患者角膜情况设定为 6.0~6.9 mm, 在 12 点钟方位行 2.0 mm 微切口用于取出基质透镜。

2.3.2. FS-LASIK 术式

首先使用 VisuMax 飞秒激光设备(德国 Zeiss 公司)在角膜上制作位于 12 点钟方位、边切角度为 60° 、厚度为 100~110 μm 、直径为 8.1 mm 的角膜瓣。掀开角膜瓣, 使用 WaveLight EX500 准分子激光机(德国 WaveLight 公司)对角膜基质进行消融, 冲洗后将角膜瓣复位。

2 种手术均由同一位经验丰富的屈光医师完成, 各术式的光学区直径范围根据患者角膜情况设定为 6.0~6.9 mm。手术过程顺利, 未出现并发症。

2.4. 统计学方法

前瞻性临床研究。采用 SPSS 26.0 统计软件包进行统计学分析。集合功能参数符合正态分布, 用均数 \pm 标准差表示, 数据比较使用重复测量方差分析。立体视不符合正态分布, 使用 M(Q1, Q3), 数据组内比较使用 Friedman 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

3. 结果

3.1. 一般资料

共纳入患者 73 例(146 只眼), 其中男 47 例(94 眼), 女 26 例(52 眼), 年龄 17~40 (19.76 ± 4.07) 岁。术前 SE 为 $-10.25 \sim -0.00$ (-4.79 ± 2.26) D (见表 1)。46 例主导眼为右眼, 27 例主导眼为左眼。所有 73 位患者均完成集合功能与立体视检查。

Table 1. Comparison of refractive status before and after refractive surgery in myopic patients (D)

表 1. 近视患者行屈光手术前、术后屈光状态比较(D)

项目	术前*	术后			F	P
		1 周*	1 月*	3~6 月**		
球镜	-4.31 ± 2.18	0.05 ± 0.34	0.06 ± 0.47	0.03 ± 0.46	226.62	<0.001
柱镜	-0.95 ± 0.81	-0.11 ± 0.45	-0.23 ± 0.44	-0.32 ± 0.57	27.78	<0.001
等效球镜度	-4.79 ± 2.26	0.01 ± 0.46	-0.06 ± 0.56	-0.13 ± 0.59	257.43	<0.001

*n = 73 例(146 眼)。**n = 28 例(56 眼)。数据用(均数 \pm 标准差)表示。数据分析使用重复测量方差分析。

3.2. 集合功能变化

因较多患者无法明确分辨远/近正/负融像性范围的模糊点, 各融像性范围的模糊点数据缺失量均较大, 我们仅纳入各融像范围的破裂点、恢复点数据进行分析比较。

远距正融像性范围破裂点及恢复点(FPFV_(break/recovery))在术后逐渐减小, 术后 3~6 月时上升, 差异具有统计学意义($P_{(break)} = 0.007$, $P_{(recovery)} = 0.001$)。近距正融像性范围破裂点及融合点(NPFV_(break/recovery))在术后减小, 在术后 3~6 月时上升, 差异无统计学意义($P > 0.05$)。远/近距负融像性范围的破裂点及恢复点在术后早期均表现出轻微下降的趋势, 术后 3~6 月时会上升甚至高于术前, 变化无统计学意义($P > 0.05$) (见表 2)。

Table 2. Changes in convergence function before and after refractive surgery

表 2. 屈光手术前后集合功能变化

项目	术前*	术后			F	P
		1 周*	1 月*	术后 3~6 月**		
FPFV (break)	26.6 ± 9.99	24.58 ± 7.14	23.28 ± 7.7^a	25.33 ± 8.24	5.094	0.007
FPFV (recovery)	12.56 ± 10.64	11.6 ± 7.94	9.49 ± 4.34	13.33 ± 7.56	6.637	0.001
FNFV (break)	11.36 ± 5.69	10.64 ± 4.55	10.91 ± 4.26	11.83 ± 4.64	0.855	0.412
FNFV (recovery)	6.56 ± 5.65	5.87 ± 3.94	5.64 ± 3.42	6.61 ± 4.43	1.580	0.213
NPFV (break)	29.73 ± 8.57	27.12 ± 8.44	27.96 ± 7.5	30.5 ± 7.69	1.299	0.285
NPFV (recovery)	21.19 ± 11.72	18.09 ± 9.27	19.4 ± 8.47	20.89 ± 8.7	0.715	0.504
NNFV (break)	19.84 ± 8.83	18.55 ± 6.95	18.23 ± 5.79	20.28 ± 7.27	1.909	0.152
NNFV (recovery)	13.63 ± 7.78	12.56 ± 6.82	12.82 ± 6.08	14.28 ± 6.58	0.771	0.464

*n = 73 例(146 眼)。**n = 28 例(56 眼)。数据用均数 \pm 标准差表示。a, 与术前相比, $P < 0.05$; b, 与术后 1 周相比, $P < 0.05$ 。FPFV: 远距正融像范围; FNFV: 远距负融像范围; NPFV: 近距正融像范围; NNFV: 近距负融像范围。

3.3. 立体视变化

结果显示术后1周、术后1月、术后3~6月时, 立体视正常的患者占比逐渐增多, 术后1月时与术前比较差异具有统计学意义($P < 0.05$)。见表3及图1。

Table 3. Changes in stereopsis before and after refractive surgery
表 3. 屈光手术前后立体视变化

术前*	术后			H	P
	1周*	1月*	3~6月**		
60 (40, 60)	60 (40, 60)	40 (40, 60) ^a	50 (40, 60)	11.896	0.004

*n = 73 例(146 眼)。**n = 28 例(56 眼)。数据用均数±标准差表示。a, 与术前相比, $P < 0.05$ 。

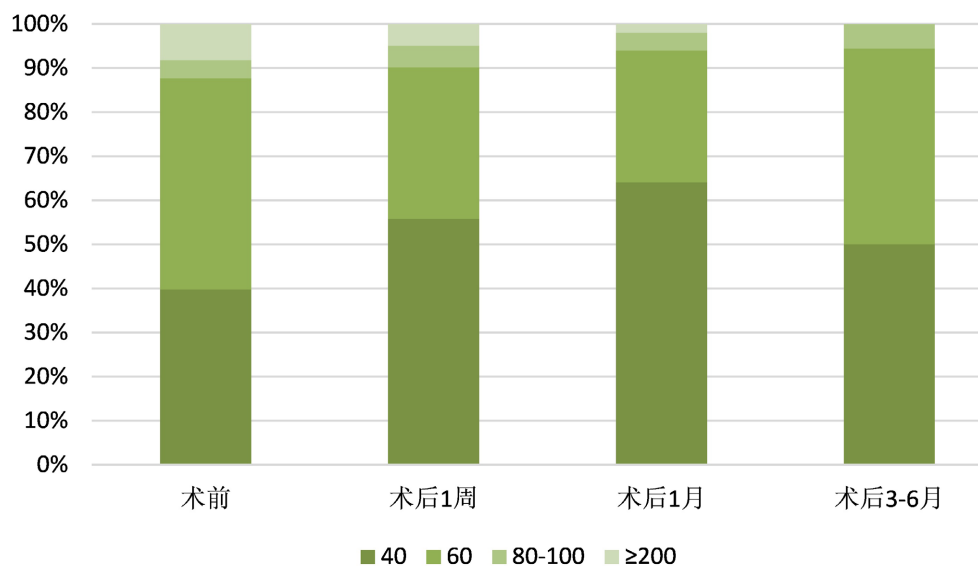


Figure 1. Changes in stereopsis after corneal refractive surgery
图 1. 角膜屈光术后立体视变化

4. 讨论

本研究中, 术后各时间点远/近正融像破裂点及恢复点(FPFV/NPFV_(break/recovery))较术前减小, 向正常范围移动, 这一结果与既往研究结果相同[6] [7]。出现这种结果的原因可能为: ① 术前近视患者长期佩戴眼镜, 为看清近处物体, 双眼调节常处于松弛状态, 导致调节性集合[8]相对较弱, 为保持正常双眼单视, 正融像性集合提高。角膜屈光术后近视状态消除, 调节功能较术前恢复, 调节性集合增加, 融像性集合相应减少。② 近视患者术前常伴有外隐斜状态[9], 为抵抗外隐斜眼位, 常需要更多的正融像集合代偿, 屈光术后外隐斜量减少, 集合需求降低, 正融像性破裂点及恢复点较术前下降。③ 长期以来中枢神经系统对近视戴镜状态下传入的模糊成像的耐受状态被打破[10], 对复视、视差敏感度突然提升, 过高的正融像性集合更容易引起复视, 进而导致新平衡状态下正融像破裂点及恢复点的降低。

而术后3~6月时, 远/近正/负融像各点较前升高, 提示术后早期集合功能的改变并非单向线性过程, 而是经历“适应性下调-再平衡”的动态调整阶段。这一波动性变化可能与中枢视觉系统对新的光学信号的重新校准有关。角膜屈光术后, 视网膜像差和离焦模式发生快速改变, 视觉中枢需要时间调整来自双眼的输入信号, 调整原有的集合-调节匹配关系。早期过高的正融像集合易引发复视或视觉不适, 因

此中枢主动降低集合反应阈值;随着神经适应完成,集合功能逐渐恢复至稳定水平。另外,术后3~6个月时,角膜上皮重塑[11],泪膜趋于稳定,高阶像差(尤其是球差)往往比术后1月时有所下降。当像差减少后,视网膜对离焦的敏感度下降,不再需要过度调节来对抗模糊[12]。

值得注意的是,负融像性集合范围(FNFV/NNFV)在各时间点虽有下降趋势但未达统计学意义,提示角膜屈光手术对负融像功能的影响相对较小。这可能因为负融像性集合主要依赖双眼散开能力,而近视患者术前散开功能储备通常较好,术后调节需求下降对其影响有限。

立体视以 $\leq 60''$ 为正常,本研究中术后立体视正常患者占比逐渐增多。既往研究结果显示,立体视视度的差异与近视与否无关,但与有无屈光参差有关[13]。而屈光参差患者在角膜屈光术后,双眼屈光度差异减小的情况下,立体视较术前改善的结论也有研究进行说明[14]。本研究结果提示双眼立体视正常患者数量较术前增多,这可能与纳入的部分术前存在屈光参差的患者在术后双眼屈光度趋于平衡有关。除此之外,我们发现部分患者术后立体视从 $60''$ 提升至 $40''$,立体视精度更高,这可能与屈光术后镜眼距的消失、双眼对外界图像信号的接收及处理精度提高、视网膜成像质量升高[15]、神经中枢接收到更加精细的图像有关。良好的立体视需依赖准确的双眼视差处理,术后高阶像差减少、对比敏感度提高,为视皮层提取精细视差信息提供了更优的输入信号。

从临床角度看,本研究提示角膜屈光术后早期是双眼视功能重建的关键期,部分患者可能出现暂时性的集合范围波动,但整体趋势向好。因此,术后若主诉视疲劳或近距离阅读不适,可优先观察而非急于干预,多数患者可在3~6个月内自行达到新的视觉平衡,若患者在术后6月之后仍诉存在不适症状,此时可结合患者视功能情况进行个性化的视觉训练或其他干预措施。未来研究应结合调节幅度、AC/A比率及主观视疲劳问卷,进一步揭示集合功能变化的因果路径,并延长随访时间以评估远期稳定性。

声明

本研究获得青岛大学附属医院伦理委员会批准(批件号: QYFY WZLL 50105),患者均签署知情同意书。

参考文献

- [1] Holden, B.A., Fricke, T.R., Wilson, D.A., Jong, M., Naidoo, K.S., Sankaridurg, P., *et al.* (2016) Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, **123**, 1036-1042. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.01.006>
- [2] Sandoval, H.P., Donnenfeld, E.D., Kohnen, T., Lindstrom, R.L., Potvin, R., Tremblay, D.M., *et al.* (2016) Modern Laser *In Situ* Keratomileusis Outcomes. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **42**, 1224-1234. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.07.012>
- [3] García-Muñoz, Á., Carbonell-Bonete, S. and Cacho-Martínez, P. (2014) Symptomatology Associated with Accommodative and Binocular Vision Anomalies. *Journal of Optometry*, **7**, 178-192. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2014.06.005>
- [4] Logan, N.S., Radhakrishnan, H., Cruickshank, F.E., Allen, P.M., Bandela, P.K., Davies, L.N., *et al.* (2021) IMI Accommodation and Binocular Vision in Myopia Development and Progression. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **62**, Article 4. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.5.4>
- [5] Horwood, A.M., Toor, S.S. and Riddell, P.M. (2014) Change in Convergence and Accommodation after Two Weeks of Eye Exercises in Typical Young Adults. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, **18**, 162-168. <https://doi.org/10.1016/j.jaapos.2013.11.008>
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 杨波. 两种屈光矫治方式对青少年近视眼调节及 AC/A 率的影响[D]: [硕士学位论文]. 衡阳: 南华大学, 2012.

- [9] 戴薇, 付晶, 洪洁, 等. 间歇性外斜视合并近视患者调节功能的评价[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2021, 23(1): 6-12.
- [10] Barbot, A., Park, W.J., Ng, C.J., Zhang, R., Huxlin, K.R., Tadin, D., *et al.* (2021) Functional Reallocation of Sensory Processing Resources Caused by Long-Term Neural Adaptation to Altered Optics. *eLife*, **10**, e58734. <https://doi.org/10.7554/elife.58734>
- [11] 侯杰, 王雁, 雷玉琳, 等. 准分子激光屈光性角膜切削术矫治近视术后角膜上皮的重塑及相关因素分析[J]. 中华实验眼科杂志, 2017, 35(12): 1104-1108.
- [12] Feng, Y., Wang, G., Wang, Y., Liang, X., Wang, Y. and Zhang, W. (2025) Effects of Orthokeratology in Patients with Convergence Insufficiency Exophoria and Myopia. *Journal of Pediatric Ophthalmology & Strabismus*, **62**, 252-257. <https://doi.org/10.3928/01913913-20250110-03>
- [13] 康龙丹, 谢姝, 邢骥, 等. 不同屈光状态在校大学生调节幅度和立体视的测定[J]. 国际眼科杂志, 2011, 11(10): 1746-1748.
- [14] 杨亮, 胡琦, 康杨, 等. 近视性屈光参差患者 lasik 术后双眼视功能评估[J]. 眼科, 2012, 21(3): 187-190.
- [15] Devi, P., Kumar, P., Marella, B.L. and Bharadwaj, S.R. (2022) Impact of Degraded Optics on Monocular and Binocular Vision: Lessons from Recent Advances in Highly-Aberrated Eyes. *Seminars in Ophthalmology*, **37**, 869-886. <https://doi.org/10.1080/08820538.2022.2094711>