混合性屈光参差角膜屈光术后双眼视力异步恢复的机制研究进展

李 发[1]，黄 立[2*]

[1] 济宁医学院临床医学院　山东济宁
[2] 济宁医学院附属医院眼科　山东济宁

【摘要】混合性屈光参差患者行角膜屈光手术后，双眼视力可出现“同步手术、异步恢复”的特点，即近视侧恢复较快，而远视侧视力波动及恢复滞后更为常见。其机制可能与近视和远视消融模式差异、远视侧角膜生物力学扰动及上皮代偿性重塑、高阶像差及 Kappa 角相关视觉质量下降、术后调节痉挛，以及双眼视融合重建过程中的中枢适应有关。本文围绕上述机制进行综述，并提出术前预期管理、术后散瞳验光鉴别、眼表及上皮重塑监测和个体化视功能康复策略，以期为混合性屈光参差患者角膜屈光术后的围手术期管理提供参考。

【关键词】屈光参差；飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术；角膜上皮重塑；调节痉挛；双眼视功能
【收稿日期】2026 年 8 月 5 日　【出刊日期】2026 年 9 月 3 日　【DOI】10.12208/j.ijcr.20260435

Mechanistic progress in asynchronous visual recovery between both eyes after corneal refractive surgery for mixed anisometropia

Fa Li[1], Li Huang[2]*

[1]School of Clinical Medicine, Jining Medical University, Jining, Shandong
[2]Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Jining Medical University, Jining, Shandong

【**Abstract**】Patients with mixed anisometropia may experience asynchronous visual recovery between both eyes after corneal refractive surgery, characterized by relatively rapid recovery in the myopic eye and more frequent visual fluctuation or delayed recovery in the hyperopic eye. The underlying mechanisms may be associated with differences in myopic and hyperopic ablation profiles, greater corneal biomechanical disturbance and compensatory epithelial remodeling in the hyperopic eye, reduced visual quality related to higher-order aberrations and angle kappa, postoperative accommodative spasm, and central adaptation during the reconstruction of binocular visual fusion. This review summarizes the above mechanisms and proposes perioperative management strategies, including preoperative expectation management, postoperative cycloplegic refraction for differential diagnosis, monitoring of the ocular surface and epithelial remodeling, and individualized visual function rehabilitation, with the aim of providing a reference for the perioperative management of patients with mixed anisometropia undergoing corneal refractive surgery.

【**Keywords**】Anisometropia; Femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis; Corneal epithelial remodeling; Accommodative spasm; Binocular visual function

混合性屈光参差是指一眼表现为近视、另一眼表现为远视的屈光状态。飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术（femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis, FS-LASIK）能够在一次手术中分别矫正双眼不同性质的屈光不正，从而改善双眼屈光状态不平衡的问题[1]。但在临床随访中，部分患者术后双眼视力恢复并不同步：近视眼通常较快获得较好的裸眼视力，而远视眼的视力和屈光状态可能在术后数周甚至数月内持续波动[2]。这种恢复差异不仅会影响患者的主观视觉体验，也容易使早期视力不佳被误认为远视矫正不足。目前，关于混合性屈光参差患者接受 FS-LASIK 后双眼视力恢复差异的研究相对有限。本文结合现有研究，重点讨论近视与远视消融方式的差异、角膜上皮重塑、高阶像差变化、调节状态以及双

*通讯作者：黄立

眼视觉适应等因素，并总结相应的临床评估与处理方法。

1 近视与远视消融模式差异

近视矫正主要采用中央切削模式，通过削薄中央角膜使前表面变平，整体上符合角膜“中央薄、周边厚”的解剖特点，对角膜结构扰动相对有限。远视矫正则以中周部环形切削为主，使中央角膜相对陡峭化以增加屈光力。由于角膜中周部为胶原纤维排列和力学传导的重要过渡区域，环形切削更容易引起局部基质水肿、胶原重排及生物力学恢复延迟[3,4]。因此，远视侧术后屈光状态往往更不稳定，是其视力恢复滞后的基础机制之一。

远视矫正还需要更大的消融直径和过渡区，以维持有效光学区并减少回退，但这也扩大了组织扰动范围[5]。远视矫正的消融区呈环形分布，最大消融深度位于中周部，中央区消融量极小甚至为零，形成一个旁中央消融凹槽。这种特殊的消融构型导致角膜前表面曲率分布出现复杂的梯度变化，使得术后有效光学区的稳定性远不如近视矫正理想[5]。

此外，远视患者常伴较大的正 Kappa 角（即视轴与瞳孔轴之间的夹角）。既往研究表明，若角膜屈光手术中仅以瞳孔中心为切削中心而未对 Kappa 角进行有效补偿，极易导致有效光学区偏离视轴，造成光学区与视轴不一致，增加彗差等不对称高阶像差，从而引起光晕、重影及主观清晰度下降[6]。但对于 Kappa 角处于正常范围者，该因素对恢复差异的贡献相对有限。

2 角膜上皮代偿性重塑

角膜上皮层具有强大的再生能力和重建平滑光学表面的生物学特性。激光消融改变了角膜基质前表面曲率后，上皮层会通过厚度的重新分布来代偿基质表面的不规则性，这一过程被称为上皮代偿性重塑[7,8]。近视矫正后，中央基质变平，上皮多表现为相对规则的中央增厚，通常在术后早期趋于稳定[7,9]。

远视矫正术后的上皮重塑过程则更加复杂且持续时间更长。由于远视矫正的消融模式呈环形分布于角膜中周部，形成了一个旁中央切削凹槽。术后角膜上皮细胞在感知到基质表面曲率梯度的剧烈变化后，启动代偿性重塑机制：相比之下，远视切削形成中周部消融凹槽和中央相对陡峭化，上皮在中周部增厚、中央相对变薄，容易形成具有负屈光力的“上皮透镜”，部分抵消远视矫正效果并造成屈光回退或波动。

上皮重塑还会与泪膜稳定性相互影响。术后早期角膜表面微不规则可破坏泪膜均匀性，增加光散射和不规则散光；而较大角膜瓣及神经损伤又可能加重干眼，使远视侧视觉质量进一步下降[11,12]。因此，术后眼表管理和上皮厚度动态监测对于判断远视侧恢复过程具有实际意义。

3 高阶像差与术后调节痉挛

近视和远视 FS-LASIK 对角膜高阶像差的影响并不相同。近视矫正多增加正球差，而远视矫正由于周边切削及角膜形态“超前凸化”，可显著增加负球差[13]。高阶像差不仅降低暗视觉和中间视觉质量，也会改变视网膜模糊信号的性质，使患者表现为裸眼视力尚可但主观清晰度欠佳[7,12]。

调节痉挛是指睫状肌持续性过度收缩导致晶状体屈光力异常增加的功能性障碍，是远视术后需重点鉴别的功能性问题，表现为小瞳验光出现负球镜度数增加、裸眼远视力下降，而睫状肌麻痹验光后负球镜明显减少甚至消失。远视矫正后球差符号和模糊信号改变，可能诱发“感知模糊—调节增强—像差加重”的正反馈环路。对于年轻患者或高度远视矫正者，若术后 1～4 周出现近视漂移，应优先行散瞳验光，以避免将调节痉挛误判为手术欠矫。确诊后通常可采用短效睫状肌麻痹剂、减少近距离用眼及调节放松训练，症状多在数周至数月内逐渐缓解[12]。

人眼调节系统不仅依赖视网膜离焦信号，还依赖球差的符号与大小来判断调节的方向和幅度。正常状态下，角膜的正球差为调节系统提供了稳定的参考信号。远视矫正术后角膜正球差转变为负球差，这一光学特性的突变导致视网膜成像的模糊特征发生质变——模糊信号不再单纯源于离焦，还来自于像差改变导致的非离焦性模糊。

对于混合性屈光参差患者，调节痉挛的发生还可能与双眼视功能重建过程中的中枢神经应激有关。术前长期存在的混合性屈光参差使视觉中枢形成了特定的感觉融像模式和调节—集合（AC/A）比率。FS-LASIK 术后双眼屈光状态的瞬时改变打破了原有的神经适应平衡。在中枢重建双眼单视的过程中，处于视觉劣势的远视侧眼可能为了克服眼间抑制或适应新的 AC/A 比率，产生了过度的调节应激反应。

4 双眼视融合与中枢神经适应

混合性屈光参差患者术前长期存在双眼屈光状态、视网膜像大小和清晰度差异。角膜屈光术虽可减少框架眼镜相关物像不等，但术后双眼屈光状态的瞬时改变仍需要视觉皮层重新建立双眼平衡[14]。在这一过程中，若近视侧率先获得清晰成像而远视侧仍处于波动

状态，双眼信号差异可增强眼间抑制，使患者主观上感觉远视侧恢复更慢。既往研究提示，屈光参差患者立体视和双眼视功能恢复可能滞后于单眼裸眼视力恢复。因此，术后评价不应仅关注单眼视力，还应结合融合功能、立体视及眼间抑制情况进行综合判断[15]。

5 临床管理策略

首先，应加强术前教育和预期管理。对于混合性屈光参差患者，术前应明确告知远视侧恢复可能较近视侧延迟，部分患者可出现 1～3 个月的视力波动，从而降低术后焦虑。其次，术中设计需重视 Kappa 角、光学区和过渡区的个体化处理，在矫正效果和生物力学扰动之间取得平衡。

术后管理的关键在于区分结构性问题和功能性问题。远视侧早期视力低于预期或出现近视漂移时，应优先进行睫状肌麻痹验光，避免过早判断为欠矫并实施二次增强手术。必要时可结合前节 OCT 或角膜上皮厚度地形图追踪上皮重塑，同时加强人工泪液治疗和眼表微环境维护。若术后 1 个月后仍存在明显双眼视不适、融合困难或眼间抑制，可考虑同视机训练、红绿立体图训练等双眼视功能康复，以促进视觉皮层适应新的双眼平衡状态。

6 总结与展望

混合性屈光参差角膜屈光术后双眼视力异步恢复是由角膜生物力学、上皮重塑、视觉光学、调节功能及中枢神经适应共同参与的多因素过程。与近视眼相比，远视眼术后恢复通常较慢，这可能与周边环形消融后角膜力学状态恢复较缓、角膜上皮持续重塑以及屈光状态反复波动有关。此外，负球差增加、消融偏心所致的高阶像差变化，也可能使患者在视力表检查结果改善的情况下，仍存在视物模糊、眩光或视觉质量欠佳。临床上应通过充分告知、动态监测、散瞳验光鉴别和个体化视功能康复，减少误诊和不必要的二次手术。未来可进一步开展前瞻性研究，结合上皮厚度地形图、客观调节功能检测和神经影像学技术，阐明不同机制在异步恢复中的相对贡献，并优化术后康复路径。

参考文献

[1] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会屈光手术学组. 中国角膜屈光手术围手术期干眼诊疗专家共识（2021 年）[J]. 中华眼科杂志, 2021, 57(9): 644-650.

[2] 吴保华, 孙燕, 郝颖娟, 等. 飞秒激光制瓣 LASIK 与前弹力层下 LASIK 矫正远视散光的效果比较[J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2015, 37(11): 840-844.

[3] Pniakowska Z, Jurowski P, Wierzbowska J. Corneal biomechanical changes after myopic and hyperopic laser vision correction[J]. OphthaTherapy, 2023, 10(1): 64-68.

[4] Ang M, Gatinel D, Reinstein DZ, Mertens E, Alió Del Barrio JL, Alió JL. Refractive surgery beyond 2020[J]. Eye, 2021, 35(2): 362-382. doi:10.1038/s41433-020-1096-5.

[5] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M, et al. Epithelial thickness after hyperopic LASIK: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound[J]. J Refract Surg, 2010, 26(8): 555-564.

[6] Arba-Mosquera S, de Ortueta D. LASIK for hyperopia using an aberration-neutral profile with an asymmetric offset centration[J]. J Refract Surg, 2016, 32(2): 78-83.

[7] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Change in epithelial thickness profile 24 hours and longitudinally for 1 year after myopic LASIK: three-dimensional display with Artemis very high-frequency digital ultrasound[J]. J Refract Surg, 2012, 28(3): 195-201.

[8] Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. Rate of change of curvature of the corneal stromal surface drives epithelial compensatory changes and remodeling[J]. J Refract Surg, 2014, 30(12): 800-802.

[9] Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Longitudinal postoperative LASIK epithelial thickness profile changes in correlation with degree of myopia correction[J]. J Refract Surg, 2014, 30(3): 166-171.

[10] 赵雪琪, 王慧娴, 张旭, 等. 近视与远视患者 FS-LASIK 术后角膜上皮重塑及其对视力的影响[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2024, 26(12): 888-896.

[11] Moshirfar M, et al. Dry Eye Post-Laser-Assisted In Situ Keratomileusis: Major Review and Latest Updates[J]. Journal of Ophthalmology, 2018, 2018: 4903831.

[12] Toda I. Dry eye after LASIK[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2018, 59(14): DES109-DES115.

[13] Salah-Mabed I, Debellemanière G, Rampat R, et al. High hyperopic LASIK with reduction of corneal prolateness to control-induced spherical aberration[J]. J Cataract Refract Surg, 2024, 50(9): 919-925.

[14] Milán-Castillo R, Cantó-Cerdán M, Alió JL, et al. Incidence

and risk factors of accommodative spasms after LASIK for hyperopia correction[J]. J Refract Surg, 2025, 41(12): e1319-e1329.

[15] Hynnekleiv L, Magno M, Vernhardsdottir R R, et al. Hyaluronic acid in the treatment of dry eye disease[J]. Acta ophthalmologica, 2022, 100(8): 844-860.

版权声明：©2026 作者与开放获取期刊研究中心（OAJRC）所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

OPEN ACCESS