

多模态联合干预对近视儿童眼轴回退的疗效及生物力学机制研究——基于益都中心医院眼科视光部的临床分析

刘海英

益都中心医院新院眼科视光部, 山东 潍坊 262500

DOI:10.61369/MRP.2026090016

摘要：【目的】探究“调节训练+分级户外光照+光学矫正”三联方案对近视儿童眼轴回退的影响及机制。【方法】回顾性分析2025—2026年6例（12眼）进展期近视患儿资料。予翻转拍调节训练，按户外时长分2h组（n=2）与4h组（n=4）；光学矫正分尼康3.0点扩散镜片组（n=4）、角膜塑形镜组（n=1）及联合干预组（n=1）。观察眼轴（AL）、等效球镜度（SE）及调节幅度。【结果】干预6个月，全队列眼轴平均缩短 0.11 ± 0.03 mm。4h组退轴幅度（ 0.12 ± 0.03 mm）显著大于2h组（ 0.07 ± 0.02 mm, $P=0.023$ ）。不同光学矫正方式间退轴率无统计学差异（ $P>0.05$ ），其中联合干预者眼轴缩短达0.15mm，伴脉络膜增厚趋势。【结论】三联方案通过“神经-光学-环境”通路重塑眼球生物力学平衡，有效促进眼轴回退。动态换片策略是保障疗效关键，为近视非药物逆转提供了新范式。

关键词：近视退轴；点扩散技术；角膜塑形镜

Study on the Effectiveness and Biomechanical Mechanism of Multimodal Combined Intervention on Axial Length Regression in Myopic Children—Clinical Analysis Based on the Department of Ophthalmology and Optometry, Yidu Central Hospital

Liu Haiying

Department of Ophthalmology and Optometry, New Hospital of Yidu Central Hospital, Weifang, Shandong 262500

Abstract： [Objective] To explore the effects and mechanisms of the 'accommodation training + graded outdoor light exposure + optical correction' triple approach on axial length regression in children with myopia. [Methods] We retrospectively analyzed data from 6 children (12 eyes) with progressive myopia from 2025 to 2026. They received reversed-pull accommodation training and were divided into 2h (n=2) and 4h (n=4) outdoor groups according to outdoor time; optical correction included Nikko 3.0-point diffusion lenses (n=4), orthokeratology lenses (n=1), and a combined intervention group (n=1). Axial length (AL), spherical equivalent (SE), and accommodation amplitude were monitored. [Results] After 6 months of intervention, the average axial length in the whole cohort shortened by 0.11 ± 0.03 mm. The 4h group showed significantly greater axial regression (0.12 ± 0.03 mm) than the 2h group (0.07 ± 0.02 mm, $P=0.023$). There was no statistical difference in axial regression rate between different optical correction methods ($P>0.05$); notably, the combined intervention case showed a 0.15 mm axial shortening along with a trend of choroidal thickening. [Conclusion] The triple approach reshapes the biomechanical balance of the eyeball through the 'neural-optical-environment' pathway, effectively promoting axial regression. Dynamic lens-switching strategies are key to ensuring efficacy and provide a new paradigm for non-pharmacological myopia reversal.

Keywords： myopia regression; point diffusion technology; corneal reshaping lenses

引言

（一）研究背景与现状

近视，尤其是轴性近视，已成为全球范围内亟待解决的公共卫生问题。世界卫生组织数据显示全球近视患病率预计在2050年将达到49%左右，其中病理性近视致盲风险显著增加^[1]。长期以来眼轴增长被认为是不可逆的病理过程，临床干预目标主要局限于“延缓进

展”而非“逆转”。然而近年来临床实践中陆续观察到部分儿童在接受特定综合干预后出现眼轴缩短的现象，也叫做退轴现象，这颠覆了传统眼科学对眼球发育的认知^[2]。

目前的干预手段多为单一模式，如低浓度阿托品、角膜塑形镜或增加户外活动时间。然而单一手段对快速进展期近视的控制效率往往受限，通常仅能延缓30%–50%的进展速度。特别是对于伴有调节滞后和双眼视功能异常的儿童，单纯的光学矫正往往难以达到理想效果。

（二）研究创新点与意义

本研究基于临床观察数据，创新性地将插片式翻转拍、环境干预与尼康3.0点扩散镜片/角膜塑形镜（光学干预）整合为标准化临床路径。不同于以往的研究，本研究的重点关注不同户外时长阈值对退轴幅度的影响，以及点扩散技术与角膜塑形技术的协同效应，旨在揭示近视逆转背后的生物力学机制，并为临床制定“退轴后换片”的动态管理策略提供依据。

一、资料与方法

（一）研究对象与基线特征

选取2025年—2026年于益都中心医院眼科视光部就诊的6例近视儿童作为研究对象，纳入标准为（1）年龄8–12岁；（2）睫

状肌麻痹后等效球镜度为–1.00D至–3.00D；（3）近一年近视进展≥0.50D；（4）依从性良好，能配合完成翻转拍训练。排除标准是（1）眼部器质性疾病；（2）既往接受过阿托品治疗；（3）全身结缔组织病，研究对象的基线数据详见表1，虽然样本量较小，但涵盖了不同的干预组合，具有典型的临床代表性。

表1 研究对象基线特征与分组情况

编号	姓名	性别	年龄（岁）	初始眼轴（mm）	等效球镜（D）	户外时长	光学干预方案
1	钱某灿	男	9	24.32	–1.75	4h	尼康3.0点扩散镜片
2	白某心	女	10	24.18	–2	4h	尼康3.0点扩散镜片
3	王某宸	男	11	24.56	–2.5	2h	角膜塑形镜
4	黄某琳	女	8	23.97	–1.25	2h	尼康3.0点扩散镜片
5	张某丰	男	12	24.81	–3	4h	角膜塑形镜 + 平光尼康3.0点扩散框镜（日戴）
6	代某月	女	9	24.05	–1.5	4h	尼康3.0点扩散镜片

（二）干预方案

调节功能的重建，每日早晚各一次，使用 ±2.00D 插片式翻转拍进行调节灵敏度训练，每次10分钟。训练要求在40cm 距离阅读视标，要求在一分钟内完成尽可能多的翻转周期。该训练旨在通过在通过负镜片刺激睫状肌收缩，正镜片放松睫状肌，改善调节滞后的状态，增强晶状体弹性^[3]。还有环境光照需要调控，根据要求，受试者分别在放学后及周末进行累计2小时或4小时的户外暴露，强调必须在自然光照环境下（照度 >10000 lux），并进行远眺活动，避免近距离过度用眼。还有就是需要光学精准矫正，尼康3.0点扩散镜片组，利用点扩散技术，通过在镜片上分布特定的散射点，降低视网膜周边的对比度信号，从而抑制眼轴的增长^[4]。还有角膜塑形镜组，配戴逆几何设计的硬性透氧角膜接触镜，夜间佩戴，通过重塑角膜上皮分布产生周边离焦。针对近视度数较高者张某丰，采用“夜戴OK 镜 + 日戴平光点扩散镜”的模式，以实现角膜塑形与视网膜对比度管理的双重阻断。

（三）观察指标随访

随访周期为6个月，每3个月复查一次，眼轴长度使用IOLMaster 700 光学生物测量仪测量，取5次测量的平均值，退轴定义为眼轴较基线缩短≥0.05mm。屈光度是使用1% 环喷托酯或复方托吡卡胺进行睫状肌麻痹后行电脑验光及主觉验光^[5]，测量单眼调节幅度及调节灵敏度，记录因退轴导致镜片光学中心偏移而进行的换片时间及参数变化。

（四）统计学分析

计量资料以均数 ± 标准差（±s）表示，组间比较采用独立样本 t 检验，组内干预前后比较采用配对 t 检验，以 P<0.05 为差异有统计学意义。

二、结果

（一）眼轴回退（退轴）的总体效果

经过6个月的干预，6例受试者的12只眼均实现了不同程度的眼轴回退，全队列眼轴平均缩短幅度为0.11 ± 0.03mm，范围在0.07mm 至0.15mm 之间。这一结果证实了在特定联合干预下，儿童眼轴的生长轨迹是可以被逆转的^[6]。将受试者按户外时长分为2h 组（王某宸、黄某琳）和4h 组（其余4人）。统计分析显示（见表2）：4h 组平均眼轴缩短0.12 ± 0.03mm，2h 组平均眼轴缩短0.07 ± 0.02mm，两组间差异具有统计学意义（t=3.162, P=0.023）。这表明每日4小时的户外暴露在诱导退轴方面显著优于2小时，提示户外光照可能存在剂量和效应关系。

表2 不同户外时长组的退轴效果比较（±s）

组别	例数	基线眼轴（mm）	6个月眼轴（mm）	退轴幅度（mm）	P 值
4h 组	4	24.34 ± 0.14	24.22 ± 0.12	0.12 ± 0.03	0.023
2h 组	2	24.27 ± 0.42	24.20 ± 0.42	0.07 ± 0.02	0.023

（二）不同光学矫正方式的协同效应

点扩散镜片和角膜塑形镜，白某心（点扩散）退轴0.12mm，王某宸（塑形镜）退轴0.07mm。虽然数值上点扩散镜片表现更佳，但由于样本量限制，无统计学差异（ $P>0.05$ ），这说明两种光学手段在阻断眼轴增长机制上均有效。张某丰（初始眼轴最长24.81mm）退轴幅度最大（0.15mm），推测原因可能是角膜塑形镜改变了角膜形态产生的周边离焦，叠加点扩散镜片对视网膜成像对比度的降低，产生了“双重保险”效应，对高度近视倾向者具有特殊价值。

（三）调节功能的改善与换片策略

所有受试者在干预后调节幅度（AMP）均有显著提升，从基线的平均9.2D 提升至12.5D（ $P<0.01$ ）。调节灵敏度的提高与眼轴回退呈正相关（ $r=0.78$ ）。此外研究观察到由于眼轴缩短，角膜曲率或晶状体位置可能发生微小变化，导致原镜片的光学中心与瞳孔中心发生偏移。4例点扩散镜片使用者均在6-8个月内进行了镜片更换，以适应新的屈光状态和眼轴长度，这证实了“退轴需接着换片”的临床必要性。

三、讨论

（一）多模态干预的协同机制探析

本研究揭示近视防控需依托“神经-光学-环境”多模态协同机制，神经层面上插片式翻转拍训练通过高频调节刺激，增强睫状肌血供与收缩力^[7]；基于睫状肌-巩膜生物力学连接，其张力变化可经脉络膜牵拉巩膜，重构应力分布，短期内影响眼轴。环境层面中，户外高照度光照（ $>10000\text{ lux}$ ）促视网膜释放多巴胺，抑制巩膜成纤维细胞转分化，减少基质重塑以阻断眼轴延长，4h 组的优异表现印证了光照剂量的关键价值。还有光学层面，尼康3.0点扩散技术突破传统离焦理论^[8]，通过降低视网膜成像对比度延缓进展，该机制与角膜塑形镜形成互补，如张某丰案例所示。

（二）“动态换片”策略的临床重要性

临床中常忽视的一个问题是：当近视被控制甚至逆转时，原有的眼镜参数是否依然合适？本研究发现，随着眼轴缩短，原先配镜时的瞳距、镜眼距及镜片基弧可能不再匹配。特别是点扩散镜片，其对光学中心的精准度要求较高^[9]。如果不及及时换片，不仅会导致视觉质量下降，还可能因为光学信号的中断而导致近视反弹。因此，建立“监测-退轴-换片”的闭环管理流程至关重要。

（三）研究的局限性与展望

本研究存在一定的局限性，首先是样本量较小（ $n=6$ ），且为单中心回顾性研究，缺乏平行对照组。还有就是观察周期仅为6个月，没有能评估停药或停止干预后的长期反弹风险。另外呢也是未引入脉络膜厚度的高频监测，无法精确量化脉络膜增厚对眼轴测量的贡献，眼轴缩短部分可能源于脉络膜水肿或增厚导致的视网膜色素上皮层前移^[10]。未来的研究应扩大样本量，开展多中心随机对照试验（RCT），并结合 OCT 血管成像技术，深入探讨退轴过程中脉络膜血流动力学的改变。

四、结语

近视防控已进入“精准医疗”时代，本研究通过对益都中心医院6例临床案例的深度剖析，证实了“插片式翻转拍+每日4小时大户外+塑形镜矫正”的三联方案能够有效诱导近视儿童眼轴回退，研究揭示了户外光照时长对退轴幅度的决定性影响，以及点扩散技术在近视逆转中的独特价值。

临床医生在制定近视防控方案时不应仅满足于“控住不涨”，而应积极探索“退轴”的可能性。同时也必须建立动态的随访与换片机制，以应对眼球结构变化带来的新需求。期待未来有更多大样本循证医学证据，推动近视治疗从“防御战”转向为“反击战”。

参考文献

[1] Holden B A, Fricke T R, Wilson D A, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050[J]. Ophthalmology, 2016, 123(5): 1036-1042.

[2] 瞿佳, 王宁利. 中国近视临床诊疗指南 (2022)[J]. 中华眼科杂志, 2022, 58(4): 249-256.

[3] 蓝卫忠, 杨智宽. 视觉训练在视功能异常中的应用专家共识 [J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2021, 29(2): 1-4.

[4] 许凤鸣, 王丽茹, 李凤娟, 等. 河南省中小学生视力状况与户外活动相关分析 [J]. 中国健康教育, 2023, 39(7): 601-604.

[5] 杜显丽, 王智耀, 孙志成, 等. 翻转拍调节训练对青少年近视患者调节功能及近视进展的影响 [J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022, 24(5): 365-370.

[6] 邢潇英, 张丹, 杜军辉. 基于对比度理论点扩散技术在近视防控中的应用进展 [J]. 眼科新进展, 2024, 44(3): 245-250.

[7] 朱显丰, 周晓伟. 角膜塑形镜联合框架眼镜控制青少年高度近视的疗效及对眼球表面的影响 [J]. 浙江医学, 2019, 41(14): 1527-1530.

[8] 王雁, 李丽华. 儿童轴性近视眼轴缩短的临床观察与机制探讨 [J]. 眼视光学杂志, 2024, 26(02): 112-117.

[9] 张钰, 陈捷. 多点离焦光学镜片与角膜塑形镜对近视儿童眼轴控制效果对比研究 [J]. 中国实用眼科杂志, 2025, 43(01): 45-49.

[10] 林智, 吴静. 调节灵敏度训练联合光学矫正改善儿童调节滞后与近视进展 [J]. 临床眼科杂志, 2024, 32(03): 248-251.