

# 儿童近视进展与视功能相关性的研究

虞璐<sup>1</sup>, 黄廷楠<sup>1</sup>, 曲忆萌<sup>1</sup>, 陈沛<sup>1</sup>, 王颖<sup>1</sup>, 吕丹<sup>2</sup>, 周丽琴<sup>2</sup>, 王筝<sup>1</sup>

引用: 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. 国际眼科杂志, 2024, 24(5): 778-783.

基金项目: 嘉兴学院大学生科研训练计划基金项目 (No. 8517221141)

作者单位: <sup>1</sup>(314001) 中国浙江省嘉兴市, 嘉兴学院医学院; <sup>2</sup>(314001) 中国浙江省嘉兴市, 嘉兴学院附属第一医院眼科

作者简介: 虞璐, 在读本科, 研究方向: 青少年近视。

通讯作者: 王筝, 硕士, 副教授, 研究方向: 近视、弱视、视功能异常. zhengw0907@163.com

收稿日期: 2023-05-30 修回日期: 2024-03-21

## 摘要

我国青少年近视发病率逐年上升, 呈现逐渐低龄化的趋势。本文旨在系统梳理各个视功能对近视及其进展的影响, 聚焦调节功能、集合功能以及眼位这三个因素。通过对调节功能的调节幅度、调节灵敏度、调节反应、正相对调节和负相对调节等方面的深入研究, 探讨了调节功能对近视进展的影响; 同时, 从单纯性内、外隐斜, 集合不足和集合过度, 融像性功能聚散障碍, 散开不足和过度几个方面, 详细剖析了集合功能对近视进展的影响。最后通过对知觉性眼位和间歇性外隐斜两个方面介绍了眼位对近视进展的影响, 以及其他因素对其的影响。文章旨在揭示影响近视及其进展的多方面视功能因素, 明确调节功能、集合功能和眼位在其中的重要性。

关键词: 近视; 近视进展; 调节功能; 集合功能; 眼位

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2024.5.22

## Correlation between myopia progression and visual performance in children

Yu Lu<sup>1</sup>, Huang Tingnan<sup>1</sup>, Qu Yimeng<sup>1</sup>, Chen Pei<sup>1</sup>, Wang Ying<sup>1</sup>, Lyu Dan<sup>2</sup>, Zhou Liqin<sup>2</sup>, Wang Zheng<sup>1</sup>

Foundation item: Jiaxing University College Student Research Training Program Fund Project (No.8517221141)

<sup>1</sup>Medical College of Jiaxing University, Jiaxing 314001, Zhejiang Province, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, the No. 1 Affiliated Hospital of Jiaxing University, Jiaxing 314001, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Wang Zheng. Medical College of Jiaxing University, Jiaxing 314001, Zhejiang Province, China. zhengw0907@163.com

Received: 2023-05-30 Accepted: 2024-03-21

## Abstract

• The incidence of myopia among Chinese adolescents is progressively rising, indicating a distinct trend toward

younger age onset. This paper aims to comprehensively review the impact of various visual performance on myopia and its progression, with a specific emphasis on accommodative function, convergence function, and ocular position. A meticulous exploration of accommodation function, encompassing accommodative amplitude, accommodative facility, accommodative response, positive relative accommodation, and negative relative accommodation, has been undertaken to elucidate its contributory role in myopia progression. Concurrently, an exhaustive analysis of convergence function has been conducted including esotropia and exotropia, convergence insufficiency and convergence excess, fusional function vergence, divergence insufficiency, and excess, providing a nuanced understanding of convergence's implications for myopia advancement. Furthermore, the influence of ocular position on myopia progression, along with other factors affecting perceptual ocular position and intermittent exotropia, is discussed. The primary objective of this article is to unveil the multifaceted visual performance influencing myopia and its progression, elucidating the paramount significance of accommodative function, convergence function, and ocular position in this context.

• KEYWORDS: myopia; myopia progression; accommodative function; convergence function; ocular position

Citation: Yu L, Huang TN, Qu YM, et al. Correlation between myopia progression and visual performance in children. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2024, 24(5): 778-783.

## 0 引言

近视是一种常见的眼病, 其发病率目前居于世界范围内眼病发病率的首位。我国青少年近视发病率呈逐年上升趋势, 且有逐渐低龄化的特点<sup>[1]</sup>。近视的发病机制还没有统一确切的说法, 但多数研究表明视功能如调节功能、集合功能, 都与近视及近视进展有着密切联系, 视功能异常如调节不足、调节灵敏度下降, 均会影响人眼正常视力。近年来有关近视及近视进展的研究文献众多, 由于其他文献多为单个视功能对近视及近视进展的影响, 故本文通过梳理整合调节、集合、眼位以及其他因素对近视及近视进展的影响的相关文献, 综合分析各个因素对近视及近视进展的影响。以期能对近视及近视进展有更全面深入的认识。

## 1 调节功能与近视进展

目前诸多研究指出, 调节是影响近视进展的重要因素。相关研究表明某些眼调节参数的变化可以用来预测

近视的发生发展。影响近视进展的调节参数包括调节幅度 (amplitude of accommodation, AA)、调节灵敏度 (accommodation facility, AF)、调节反应 (binocular cross cylinder, BCC)、正相对调节 (positive relative accommodation, PRA)、负相对调节 (negative relative accommodation, NRA)。

**1.1 调节幅度** 调节幅度是注视远点时和注视近点的屈光力之差。有研究认为调节幅度与屈光度呈负相关,即近视程度越深,其调节幅度就越小,且与正视相比,近视的调节幅度更小<sup>[2-3]</sup>。这可能与调节幅度越小,视近时像呈现在视网膜后,人眼为了适应从而眼轴代偿拉长,进而促进近视的发展,或者是因为 AA 低下的近视患者视近时需要更多的调节储备,眼内外直肌对眼产生压力,使眼轴拉长。有学者进一步发现,调节幅度低的轻中度近视儿童配戴角膜塑形镜后,眼轴长度增长缓慢,调节幅度高的儿童,眼轴显著增长,猜测这可能与调节幅度低的轻中度近视儿童存在高的调节需求,角膜塑形镜使得调节力增强,延缓近视的发展有关<sup>[4-5]</sup>。

但与上述观点不同的是,陈洁等<sup>[6]</sup>通过研究不同屈光状态下眼的调节幅度,得出高调节幅度可能是引起近视的原因,其研究中近视组的调节幅度高于正视组。从解剖学角度来解释,弱的交感神经和强的副交感神经会引起高调节幅度,在视近时由副交感神经支配,长时间的近距离工作会使副交感神经增强,进而引起高调节幅度。由于几项研究所取的样本量都过少,无法准确体现近视过程中调节幅度的变化。

**1.2 调节灵敏度** AF 是指调节刺激在不同水平变化时做出的反应速度,即测量调节变化的灵敏度。AF 下降,对模糊像的调节能力降低。研究显示,近视眼的 AF 较正常眼低。Allen 等<sup>[7]</sup>指出,除调节滞后,AF 也可以作为近视进展独立预测因子。李静姣等<sup>[8]</sup>在对近视儿童的双眼及单眼调节灵敏度的研究中发现,近视发展较快的儿童双眼 AF 较近视发展较慢的儿童低,度数增长越快灵敏度越低,但单眼调节灵敏度无差异,可能是因为双眼还需要考虑融像和集合的因素。俞萍萍等<sup>[9]</sup>发现在近视发展过程的不同阶段中,初发近视、进展性近视 AF 较低,与稳定性近视的 AF 之间存在显著性差异,说明 AF 值的降低与近视发展有关,涂沧海等<sup>[10]</sup>也认为近视患者的调节功能不能持久,因此导致 AF 下降。

**1.3 调节反应** BCC 是指眼睛为了看清物体使用的实际调节量,对一定量的调节刺激,不同个体有不同的调节反应,当调节反应大于调节刺激时,则表现为调节超前,反之则是调节滞后。Cheng 等<sup>[11]</sup>将软性隐形眼镜的调节与近视进展联系起来,得出软性隐形眼镜与单焦点镜片相比,受试者调节能力普遍下降,调节反应的降低与近视进展密切相关。有研究指出近视眼的调节反应普遍存在调节滞后,调节滞后量与屈光度进展成正相关,这可能是因为调节滞后导致成像在视网膜后,导致远视性离焦,眼轴会代偿性地拉长,从而加快的近视的发展<sup>[12-13]</sup>,这一理论同时也在验证远视性离焦近视眼动物模型的研究上得到验证<sup>[14]</sup>。有研究发现,在近视患者中,调节滞后量与近视程

度和内隐斜度呈正相关,内隐斜的调节滞后量大于外隐斜,推测内隐斜更易引起近视发展,且内隐斜斜度越大,近视发展越快<sup>[15]</sup>。

目前大多数学者认为调节滞后与近视联系紧密,但也有学者提出,调节超前与近视的发展具有相关性。许雨敏等<sup>[16]</sup>发现合并间歇性外隐斜 (intermittent exotropia, IXT) 的近视患者其调节反应表现为调节超前,且年龄越大,调节反应值越小,进一步说明了随年龄增长,调节和辐辏能力下降,成人 IXT 患者融合性辐辏不足,动用调节性辐辏进而引起调节性近视。该结论与以往结论不同,这可能与研究对象有关,IXT 患者为维持双眼视轴平行会做出过度的调节。

然而,在探讨 BCC 与近视的关系时,有两种观点:(1)认为 BCC 是近视发展的原因;(2)认为 BCC 是近视发展的结果。Thakur 等<sup>[17]</sup>指出眼轴拉长的幅度与较低的调节滞后有关,但与较高的调节滞后无显著关系,研究结果提示调节滞后不是眼轴拉长的重要影响因素。但也有研究表明,BCC 不能作为预测青少年近视进展的指标,BCC 在正常组与近视组无明显差异,经过视觉训练后,也无统计学意义<sup>[18]</sup>。Mutti 等<sup>[19-20]</sup>通过比较近视发展前后的调节滞后和 AC/A,发现 AC/A 比值增加是近视的早期迹象,与更大的调节滞后有关,但不影响近视进展的速度,调节滞后引起的远视离焦增加可能是近视的结果而不是原因,AC/A 比值的增加是由于每个调节屈光度需要有更多的神经参与。Koomson 等<sup>[21]</sup>对 10-15 岁儿童随访,同样也发现进展性近视儿童的调节滞后与近视进展无关。

**1.4 正相对调节和负相对调节** PRA 是在集合保持稳定的情况下眼球能做出的最大调节量。因此正相对调节量越多说明眼睛调节能力越强。王祎洁等<sup>[22]</sup>对不同视力情况的研究对象进行双眼调节功能 NRA、BCC、PRA 的比较,发现随着近视的进展,调节储备量减少,眼睛调节功能逐渐降低,近视程度越深,PRA 值越低。李静姣等<sup>[8]</sup>根据近视进展快速的儿童的 NRA 和 PRA 比进展缓慢的低这一现象,得出调节储备下降也是近视进展的特点之一。

杜金叶等<sup>[18]</sup>和于海宁等<sup>[23]</sup>指出 PRA 与近视发展呈负相关,但 NRA、BCC 与近视发展无关。在很多国外文献中,认为 NRA 与近视发展无关,在正常视力与近视患者中无明显差异。Allen 等<sup>[7]</sup>认为这可能与正负模糊对视阈影响的不对称性有关,与非近视眼相比,近视眼负相对调节对低、中频对比敏感度的影响要小得多,正相对调节对近视眼和非近视眼的对比敏感度产生了大致相等的下降。但与正视眼相比,近视眼的 PRA 和 PRA/NRA 比值下降,NRA 增大。然而,NRA 在近视的发展中发挥何作用还不清楚。

## 2 集合功能对近视进展的影响

集合是眼睛同时向相反方向运动以获得或保持单一双眼视觉。非斜视性集合功能异常包括单纯性外隐斜、单纯性内隐斜、集合不足、集合过度、融像性聚散功能障碍、散开不足、散开过度。集合功能异常可能会导致双眼不能保持单视,隐斜变为显斜,显斜导致视力下降<sup>[24]</sup>。在尼日利亚阿比亚州 10-16 岁的儿童中发现<sup>[25]</sup>,低怀疑、高怀



疑、明确集合不足的患病率分别为 9.6%、5.8%、4.1%，集合过度占 2.9%，外隐斜 1.7%，内隐斜 2.8%，散开不足 0.8%，散开过度 0.6%。艾丽珍等<sup>[26]</sup>在非斜视性视觉异常的患者中发现，87 例患者中集合不足 42 例 (48.28%)，集合过度 15 例 (17.24%)，散开过度 13 例 (14.94%)，单纯性外隐斜 4 例 (4.60%)，单纯性内隐斜 3 例 (3.45%)，融像性聚散功能减低 2 例 (2.30%)。上述数据提示，集合功能异常较为常见，主要以集合不足为主。

**2.1 单纯性隐斜视** 单纯性外隐斜是由于中枢集合兴奋不足，导致正性融像性聚散功能不足，故而为了看清前物患者将持续处于代偿状态，时间推移即可出现明显外隐斜症状。从解剖因素来说，是由于外直肌较强或附着点靠前，内直肌较弱或附着点靠后，节制韧带肌间膜解剖异常所致。内隐斜则相反。

近视患者在视近物时，调节和集合会发生矛盾，为了缓和这一矛盾<sup>[27]</sup>，可以增加调节，弥补集合，此时调节负担加重，近视程度更深；也可以减少集合，与调节相协调，但此时与眼外肌的运动不协调，会导致隐斜视。AC/A 比值偏高，表示集合过度，可发展为视近内斜视；AC/A 比值偏低，表示集合不足，可发展为视近外斜视。外隐斜的患者由于正融像性聚散范围变小，负融像性聚散范围变大，为了保持眼位处于正位状态，会过度使用调节和集合功能，此时的调节和集合功能处于联动状态，因此，外隐斜的近视患者会因为过度使用调节和集合功能从而导致近视进一步加深。

杨悦<sup>[24]</sup>发现在集合不足患者中主要表现近距离外隐斜，近隐斜的异常率最高正好与集合不足异常发生率最高一致。张琦等<sup>[28]</sup>认为在近视眼中，内隐斜的斜度与 AC/A 呈正相关，外隐斜则呈负相关，内隐斜比外隐斜更易加快近视发展，且内隐斜度越大，近视发展越快。然而 Hsu 等<sup>[29]</sup>却提出了相反的观点，在研究中发现斜视率随着近视发生而增加，斜视并不是引起近视的原因，近视导致斜视可能与减少调节负荷有关。两者的争议在于隐斜是近视的因还是果，需要更多的研究来证明。理论上讲，假设双眼处于一种缺乏调节适应的生理眼位，维持正视需要轻度调节集合。在无近视的情况下，基线眼部对齐与新的近视无关<sup>[29-30]</sup>。

**2.2 集合不足与集合过度** 集合不足 (convergence insufficiency, CI)、集合过度 (convergence excess, CE) 这两类视功能异常表现出近眼位明显异常。相比较而言，集合不足在人群中更为常见。有些研究中发现集合不足与屈光不正人群中都有很高的患病率，而且集合不足和近视显著相关，在成年人中，功能性集合不足被认为是由于调节集合机制的异常造成的，这样的异常是长时间视觉要求的表现，近距离工作如阅读、写作或计算机工作<sup>[31-32]</sup>。

刘瑞林<sup>[33]</sup>通过对 81 例成人近视者集合功能数据的分析，得出集合功能异常发生率为 34.56%，以集合不足为主。异常人群占总体人数一半，说明异常发病率比较高，但该研究并未比较不同近视程度与集合功能的关系。杨悦<sup>[24]</sup>也发现在近视人群中，集合功能异常的发生率为 36.71%，集合不足的发生率为 22.78%，该数据与刘瑞

林<sup>[33]</sup>得出的结果类似。通过比较中低度近视与高度近视之间的集合不足发生率，说明高度近视的集合功能更差，由此推断集合不足可能导致视疲劳和功能性视力下降。集合不足导致视疲劳，长时间的疲劳会导致视功能下降，甚至近视患者会加重近视的程度。AC/A 显示出较高异常率，AC/A 是调节性集合与调节的比值，视近物时，只有两者共同协调才有可能实现舒适及完善的视功能，集合不足表现为较低的 AC/A。

对中国高中生的研究中发现<sup>[34]</sup>，1 型集合不足占 32.6%，2 型集合不足占 12.8%，3 型集合不足占 2.7%，无集合不足占 51.8%，集合不足与调节适应不足、折射误差、性别有关。在葡萄牙<sup>[35]</sup>的一项研究中，10-14 岁儿童的集合不足率仅 6.8%，同时指出调节不足 (伴有或不伴有集合不足) 发生率都高于单纯集合不足。与上述集合不足的发生率有很大差别，可能和不同地理区域、人口特征 (例如年龄)、排除标准、测量方法以及研究中诊断集合不足的标准不同有关。

IXT 患者中集合不足型的球镜屈光度明显低于基本型和分开过强型，推测集合不足型较基本型和分开过强型 IXT 儿童更容易近视<sup>[36]</sup>。近年来有研究进一步指出集合不足型 IXT 的调节幅度、调节灵敏度低于其他两组，集合近点大于其他两组<sup>[37]</sup>。这是因为集合不足型 IXT 患者 AC/A 常较低或缺乏，需要动用更多调节产生相应的调节性集合从而控制双眼正位，较低调节刺激引起较高的调节反应，即调节超前。张巍巍等<sup>[38]</sup>也提出相同观点，集合不足型外斜视视近外斜角大于视远，为维持视近的眼球正位需要更多的调节和集合。两者的观点相似，都指出集合不足导致视功能损害与 AC/A 有关。

CE 是指远距离眼位正常，近距离高度内隐斜，近距离负相对集合降低，近距离正相对调节相应降低，AC/A 比值高。Garretty<sup>[39]</sup>发现 9% 集合过度会导致失代偿性内隐斜。该研究概述了集合过度内斜视的进展，纳入的一些患者最初表现为完全适应，随后视力逐渐下降直至接近集合过度内斜视，这种失代偿发生的平均年龄大约是英国儿童开始学习的年龄。在治疗集合过度内隐斜上，有学者采用了双侧改良 Y 型分裂后徙术和内直肌后徙的技术，并发现在长期随访中具有较好的疗效<sup>[40]</sup>。

**2.3 融像性功能聚散障碍** 融像性功能聚散障碍 (fusional vergence dysfunction, FVD) 患病率都远低于集合不足和集合过度，其诊断也比集合不足、集合过度困难，临床上表现为 AC/A 正常，视远与视近的隐斜在正常范围内，融像的灵活度可能有问题。在伊朗人群中<sup>[41]</sup>，FVD 的发生率为 3.2%，FVD 患者近视发生率 11.1%，无 FVD 患者近视发生率 16.7%，经分析后仅显示年龄与 FVD 显著相关，随着年龄增长患病风险呈线性增长，但与性别、屈光不正度数无关。融像幅度与视疲劳有一定的关系，在长时间观影下，会出现视疲劳从而出现融像幅度下降，而融像幅度的变化与自身的融像性聚散能力有关。这些文献比较局限，样本量小，年龄范围有限，因此这种异常的性质、危险因素以及对近视的发展是未知的。

**2.4 散开不足和过度** 散开不足表现为近眼位正常，远眼

位有内隐斜;散开过度则相反。国内外的研究中显示散开不足、过度的发生率都很低<sup>[25-26]</sup>。散开不足患者常表现为长时间远距用眼后复视、头疼、眼部不适<sup>[42]</sup>;散开过度患者表现为视疲劳症状早上较轻,午后逐渐加重。但目前并未有文献能证明散开不足、过度与近视进展有关。

### 3 眼位对近视进展的影响

眼位是指在眼科检查中眼球的位置,用来诊断是否患有斜视及斜视程度。眼球位置又分为正位视、隐斜视和显斜视。在一项回顾性研究中<sup>[36]</sup>,发现间歇性外斜视儿童近视患病率及近视程度均高于眼位正常组及外隐斜视组儿童,外隐斜高于眼位正常组,由此推测间歇性外隐斜较眼位正常和外隐斜儿童更容易近视,外隐斜比正常眼位儿童更容易近视。这可以用生理储备来解释,因为当生理远视储备不足时,即使未发展为近视也可能因为外隐斜控制眼位时产生的集合性调节改变双眼的屈光状态,更容易发展为近视。

**3.1 知觉眼位对近视进展的影响** 知觉眼位是一种视感知觉功能,反映了双眼分视条件下的眼位偏离状态,也就是在双眼视的状态下大脑中枢对眼球位置的控制能力。有学者发现近视程度的发展与认知感觉功能有关,尤其是近视发展快的患者双眼视感知觉层面损害更严重,其近距离知觉眼位水平偏移大<sup>[43]</sup>。沈燕燕等<sup>[44]</sup>通过比较不同程度近视患者的知觉眼位,阐明知觉眼位偏差是否与近视程度的发展有关,结果发现轻度近视、中度近视分别与高度近视之间患者的水平知觉眼位差异明显,但是垂直知觉眼位无统计学意义,由此说明水平知觉眼位像素可能与近视程度有关。Liu 等<sup>[45]</sup>进一步指出在低度近视组水平知觉眼位显著偏移,即使矫正至最佳视力仍存在一定脑视觉认知功能缺陷,并认为脑视觉中枢可能参与了近视发生发展。

总的来说,近视进展在一定程度上与知觉眼位的偏移有关,其中水平知觉眼位在不同近视程度的人群中有明显差异,但近视程度的大小与知觉眼位偏移度的具体关系还有待发掘。

**3.2 IXT 对近视进展的影响** 在讲述调节和集合时,也有许多文献表明斜视对近视的影响。此外,李静娇等<sup>[46]</sup>发现近距离用眼过程中,内隐斜视会发生漂移,随着近视程度的增加,融像性聚散范围减少,梯度性 AC/A 比值增高,推测这些变化导致视网膜像的远视性离焦,最终使眼轴增长和近视加深。根据上述推断,近视发展过程中,融像性聚散减少,意味着聚散功能受限,眼外肌的拮抗作用失平衡,从而使焦点偏离黄斑小凹。远视性离焦是指双眼在无调节状态下,远处物体产生的平行光线进入眼内,周边位置焦点落在视网膜后,因此加深了近视程度。

目前,很多学者认为 IXT 能促进近视的发展。IXT 是一种介于外隐斜和恒定性外斜视之间的一种斜视,看远时眼位发生偏斜。在一项以人群为基础的 IXT 儿童研究中<sup>[47]</sup>,计算出到 20 岁时,90% 以上的患者发生近视,虽然该研究并没有直接认为 IXT 导致近视,但可以看出 IXT 与近视有显著关联,IXT 是近视进展的危险因素。可能原因包括:(1)患 IXT 的儿童可能接受更频繁的眼科检查,会

导致更早的诊断和近视矫正,然而,这种密切的观察和早期的矫正对正视化产生不利影响;(2)IXT 患者的调节需求增加。有学者发现,IXT 组较对照组在各年龄段都向近视发展方向快,而且集合不足型 IXT 屈光度增加更严重,这可能与调节和集合的代偿过强,睫状肌收缩痉挛引起近视的发展有关<sup>[38,48]</sup>。由上述观点得知,IXT 患者过度发挥了调节或者调节和集合两者的作用,而之前的大量研究证实近视发展在某种程度上是与调节和集合有关,因此推测 IXT 患者在任何年龄段都易发展为近视的结论存在一定合理性。Moon 等<sup>[49]</sup>更是进一步指出 IXT 患者非优势眼近视进展快于优势眼,这与临床严重外斜视的偏斜量和控制程度有关,揭示了近视进展速度的潜在差异。这可能与非优势眼和优势眼之间 Kappa 角的大小不同有关,因为优势眼的 Kappa 角小于非优势眼,非优势眼的 Kappa 角越大越可能引起外隐斜,从而对近视影响的程度加深。

然而,Shin 等<sup>[50]</sup>却指出 IXT 患者是否进行手术矫正不影响近视发展,且同时伴有 IXT 和近视的患者近视发生率与单纯近视患者无显著差异,也就意味着 IXT 与近视无关。与上述观点不同,可能与研究对象的选取范围,初始屈光状态,侧重方向不同有关,Shin 等<sup>[50]</sup>关注的是近视发展的速度不是近视的患病率。

### 4 其他影响近视进展的视功能相关参数

**4.1 融像与近视进展的关系** 目前并没有发现融像功能与高度近视之间的因果关系,但对于先天性融像功能障碍或由高度近视引发的眼部疾病导致融像功能障碍可以通过配戴角膜塑形镜而有效缓解。实践中发现<sup>[51]</sup>,存在隐性内斜视的近视眼患者普遍存在着融合范围减小,尤其是集合融像功能减退。李梅等<sup>[52]</sup>分析配戴角膜塑形镜的 41 例 82 眼外隐斜近视患者的临床资料发现角膜塑形镜可以有效使外隐斜的近视患者在配戴角膜塑形镜后正融像性集合增加,调节性集合减少,融合范围增加,接近正视者,因而眼位控制更好。

针对融像与近视关系的研究成果尚存一些不足:(1)无法确定融像功能损坏对青少年高度近视的增加是否有影响;(2)无法确定青少年高度近视是否会造成融像功能的损坏;(3)目前尚不可知后天造成的融像不足是否可以通过配戴角膜塑形镜等方式来修复。

**4.2 高阶像差与近视进展的关系** 研究表明,近视儿童角膜生物力学参数与角膜高阶像差存在相关性<sup>[53]</sup>,轴性高度近视患者中瞳孔直径越大高阶像差越高,瞳孔大小对眼高阶像差有明显的影响<sup>[54]</sup>,在高度近视患者中,高阶像差也会随着近视度数和散光度数的增加而增加<sup>[55]</sup>,朱映芳等<sup>[56]</sup>根据近视度数高低和年龄分别分组进行对比研究分析,得出低中度患者中,各高阶像差无明显相关性的结论。近视患者群体眼高阶像差以彗差和球差为主,但无年龄、眼别差异,且高度近视眼的球差和 2 次彗差比低中度近视眼大,但并没有说明中低度近视之间的高阶像差对近视的发展有影响,因此只能说高阶像差可能是引起高度近视的一种因素。高阶像差问题在近视人群中较为普遍,而且高阶像差难以通过传统戴镜矫正<sup>[57]</sup>。

李婧等<sup>[58]</sup>发现高阶像差中 3 阶、C7 项较高者近视发



展速度较快,推测高阶像差中某些成分较高可能是影响近视发展的因素之一。实验结果再次表明,总高阶像差会随着近视眼度数的增长而增大,并与眼轴成负相关,因而认为眼轴增加对降低总高阶像差有着很大影响,而眼轴的增加也可能作为降低高阶像差的一个代偿手段,从而可以促进近视的发生<sup>[52,59-60]</sup>。

现已确定高阶像差会进一步影响高度近视的发生,而在高度近视的人群里也会诱发高阶像差的进一步增加。高阶像差的产生和具体诱发高度近视的因素还需进一步研究。

**4.3 旁中心注视对近视进展的影响** 人眼的中心视力与黄斑区视锥细胞功能密切相关,黄斑中心凹视锥细胞密度最高,是视觉最敏感的地方,视网膜距中心凹越远的部位视锥细胞数目越少,视锐度明显下降<sup>[61]</sup>。旁中心注视是弱视眼的注视点偏离黄斑中心凹的一种异常的注视状态,注视点距黄斑中心凹越远,视力越差。如果旁中心注视性弱视眼不能转变为中心注视,则视力进步的可能性很小<sup>[62]</sup>。

## 5 小结

目前认为影响近视进展的因素主要有:调节储备下降、集合不足、水平知觉眼位像素等,在上述因素中,视功能既是其影响因素也是其发展结果。在儿童的近视防控措施及视光矫正的措施中,视功能的检查与干预是一项极其重要的环节。只有充分考虑儿童视觉发育特点,能够更好地控制儿童的近视进展。

## 参考文献

[1] 林凌莉,张潇涵. 儿童青少年近视患者屈光度与黄斑血流的相关性. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2021,23(4):272-276.  
[2] 董茗. 眼调节各因素与眼屈光不正的相关性分析. 健康必读, 2019,5:233-235.  
[3] 李云云,张丽军,贾亚丁. 近视与眼调节幅度的相关性. 中国药物与临床, 2012,12(8):1066-1067.  
[4] 宋艳霞,苏鸣,陈璐,等. 不同调节幅度对配戴角膜塑形镜轻度近视儿童控制效果及角膜功能的影响. 山东医药, 2019,59(34):18-21,25.  
[5] 朱梦钧,丁莉,李珊珊,等. 配戴角膜塑形镜后调节幅度的改变及其控制近视进展的临床观察. 国际眼科杂志, 2022,22(2):293-297.  
[6] 陈洁,吕帆,于旭东,等. 眼调节幅度与近视眼的关系研究. 中国实用眼科杂志, 2004,12:1010-1013.  
[7] Allen PM, O'Leary DJ. Accommodation functions: co-dependency and relationship to refractive error. *Vis Res*, 2006,46(4):491-505.  
[8] 李静姣,姜红,房晓敏,等. 调节功能在儿童近视进展中的变化. 临床眼科杂志, 2021,2:149-152.  
[9] 俞萍萍,孙朝晖. 青少年近视与调节灵敏度改变的相关性研究. 科技通报, 2008,24(6):839-841.  
[10] 涂沧海,张芳芳,沈惠萍. 角膜塑形镜与框架眼镜对近视矫正青少年眼调节功能影响的比较. 福建医药杂志, 2022,44(2):82-85.  
[11] Cheng X, Xu J, Brennan NA. Accommodation and its role in myopia progression and control with soft contact lenses. *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2019,39(3):162-171.  
[12] Ghouschi VP, Mompeán J, Prieto PM, et al. Binocular dynamics of accommodation, convergence, and pupil size in myopes. *Biomed Opt Express*, 2021,12(6):3282.

[13] Wolffsohn JS, Flitcroft DI, Gifford KL, et al. IMI - Myopia Control Reports Overview and Introduction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019,60(3):M1-M19.  
[14] 吕梦,马东丽. 远视性离焦对豚鼠屈光状态的影响. 眼科, 2013,22(3):189-194  
[15] 黄金鸥,乐园罗. 近距离工作眼动参数与青少年近视进展的相关性研究. 中国实用眼科杂志, 2008,26(9):910-912.  
[16] 许丽敏,王小娟,江洋琳,等. 间歇性外斜视与近视发展关系的研究. 中国全科医学, 2011,14(29):3334-3337.  
[17] Thakur S, Verkicharla PK. Greater axial elongation associated with low accommodative lag: new insights on accommodative lag theory for myopia. *Ophthalmic Physiologic Optic*, 2021,41(6):1355-1362.  
[18] 杜金叶,胡磊. 青少年近视与各调节参数的关系. 泰山医学院学报, 2017,38(5):544-546.  
[19] Mutti DO, Mitchell GL, Hayes JR, et al. Accommodative Lag before and after the Onset of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2006,47(3):837-846.  
[20] Mutti DO, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, et al. The Response AC/a Ratio Before and After the Onset of Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017,58(3):1594-1602.  
[21] Koomson NY, Amedo AO, Opoku-Baah C, et al. Relationship between reduced accommodative lag and myopia progression. *Optom Vis Sci*, 2016,93(7):683-691.  
[22] 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. 锦州医科大学学报, 2022,43(2):56-59.  
[23] 于海宁,杨积文,卜立敏,等. 调节对近视发展影响的临床观察. 中国实用眼科杂志, 2014,32(6):729-731.  
[24] 杨悦. 集合不足在近视人群中的发生率. 中国眼镜科技杂志, 2018,5:125-127.  
[25] Atowa UC, Wajuihian SO, Hansraj R. Vergence profile and prevalence of non-strabismic vergence anomalies among school children in Abia state, Nigeria. *Ophthalmic Epidemiol*, 2019,26(2):121-131.  
[26] 艾丽珍,刘艳. 非斜视性双眼视觉异常 87 例临床分析. 实用临床医学, 2015,16(11):71-72.  
[27] 施国荣. AC/A 比值在儿童青少年近视防控中的应用. 教育现代化, 2020,7(5):161-162.  
[28] 张琦,翁景宁,张俊华. 青少年隐斜视对近视眼发生发展的影响. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2013,15(4):243-246.  
[29] Hsu JH, Lai LJ, Tung TH, et al. Physiological exophoria did not increase the incidence of myopia in rural school children in Taiwan. *Medicine*, 2022,101(25):e29482.  
[30] 叶莹莹,吴筠倩,保金华,等. 中国温州学龄儿童近视进展的危险因素. 眼科学报, 2022,37(2):85-92.  
[31] Singh A, Garg P, Raj P, et al. A cross-sectional study on visual problems among zari artisans of North India. *J Surg Spec Rural Pract*, 2023,4(1):23.  
[32] Gupta DR, Sharma DB, Anand DR, et al. Association of Asthenopia and Convergence Insufficiency in Children with Refractive Error- A hospital based study. *Int J Med Res Rev*, 2013,1(5):222-227.  
[33] 刘瑞林. 成年近视患者集合与调节功能数据分析. 中国眼镜科技杂志, 2018,21:121-122.  
[34] Ma MML, Long W, She ZH, et al. Convergence insufficiency in Chinese high school students. *Clin Exp Optom*, 2019,102(2):166-171.  
[35] Nunes AF, Monteiro PML, Ferreira FBP, et al. Convergence insufficiency and accommodative insufficiency in children. *BMC Ophthalmol*, 2019,19(1):58.

- [36] 于妮仙, 谢芳, 张伟. 眼位正常、外隐斜及间歇性外斜视儿童的近视患病率比较. 眼科新进展, 2017,37(5):438-441.
- [37] 李丹, 王晶, 李坤玲, 等. 不同类型间歇性外斜视儿童调节集合功能研究. 国际眼科杂志, 2021,21(7):1297-1300.
- [38] 张巍巍, 喻巍, 袁士仿, 等. 间歇性外斜视与学龄儿童近视相关性. 中国伤残医学, 2012,20(1):52-53.
- [39] Garretty T. Convergence excess accommodative esotropia: a descriptive review of patients presenting over a period of 10 years. Br Ir Orthopt J, 2011,8:23.
- [40] Bagheri A, Abbasnia E, Tavakoli M. Modified Y-split and recession of medial rectus muscles in convergence excess esotropia. Eur J Ophthalmol, 2021,31(6):3386-3393.
- [41] Hashemi H, Nabovati P, Khabazkhoob M, et al. The prevalence of fusional vergence dysfunction in a population in Iran. J Curr Ophthalmol, 2021,33(2):112-117.
- [42] 刘波, 杨莎, 陈俊国. 103例视疲劳患者的病因及治疗. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2012,14(6):344-346.
- [43] 孙国荣, 陈忠飞, 石秋梅, 等. 青少年近视进展与双眼视功能缺损关系研究. 临床眼科杂志, 2018,26(3):259-261.
- [44] 沈燕燕, 张玉秋, 任力杰, 等. 青少年不同近视程度知觉眼位的比较. 深圳中西医结合杂志, 2022,32(10):85-88.
- [45] Liu Y, Yan L, Chu H, et al. Evaluation of cerebral visual functions in low myopic adolescents. Int Eye Res, 2021,2(1):37-44.
- [46] 李静姣, 吴娅莉, 周华, 等. 不同程度近视青少年儿童双眼视功能的差异. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2016,18(2):111-114,120.
- [47] Ekdawi NS, Nusz KJ, Diehl NN, et al. The development of myopia among children with intermittent exotropia. Am J Ophthalmol, 2010,149(3):503-507.
- [48] 张薇. 儿童间歇性外斜视与近视屈光度增长的关系. 包头医学院学报, 2018,34(8):43-44.
- [49] Moon Y, Kim JH, Lim HT. Difference in myopia progression between dominant and non-dominant eye in patients with intermittent exotropia. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2020,258(6):1327-1333.
- [50] Shin KH, Hyun SH, Kim IN, et al. The impact of intermittent exotropia and surgery for intermittent exotropia on myopic progression among early school-aged children with myopia. Br J Ophthalmol, 2014,98(9):1250-1254.
- [51] 徐渊. 双眼融像与近视度增加. 2014浙江省眼科学术年会论文汇编, 2014.
- [52] 李梅, 张莉亚. 角膜塑形术对外隐斜近视患者正融像性集合和调节性集合的影响. 中外医学研究, 2019,17(32):163-165.
- [53] 高智奇, 刘珠珠, 刘桂华, 等. 近视儿童角膜生物力学参数与角膜高阶像差的相关性研究. 国际眼科杂志, 2022,22(9):1546-1549.
- [54] 席雷, 鲍永珍. 轴性高度近视眼高阶像差与眼轴长度及屈光度的相关性研究. 眼科新进展, 2018,38(10):913-916.
- [55] Choi SK, Chang JW. Higher order aberration and astigmatism in children with hyperopic amblyopia. Korean J Ophthalmol, 2016,30(1):53.
- [56] 朱映芳, 郭小健, 王华, 等. 近视患者眼高阶像差分析. 眼科新进展, 2005,25(3):254-256.
- [57] Thibos LN. Retinal image quality for virtual eyes generated by a statistical model of ocular wavefront aberrations. Ophthalmic Physiologic Optic, 2009,29(3):288-291.
- [58] 李婧, 熊瑛, 王进达, 等. 学龄期近视患者高阶像差与近视发展相关性研究. 眼科新进展, 2018,38(1):61-64.
- [59] 王倩茹, 李雪, 杨帆, 等. 青少年高度近视患者高阶像差和屈光度及眼部结构参数的相关性. 国际眼科杂志, 2020,20(5):860-864.
- [60] 赖文娟, 曾惠红, 梁堂钰, 等. 高度近视患者的高阶像差、屈光度、眼轴的相关性研究. 广东药科大学学报, 2022,38(4):110-114.
- [61] 李洁, 郝慧玲, 刘陇黔. 后像法治疗儿童旁中心注视弱视的疗效分析. 国际眼科杂志, 2009,9(5):996-997.
- [62] 阎海, 陈一兵, 王炜, 等. 红色滤光片加反转遮闭法矫治儿童旁中心注视性弱视. 中国实用眼科杂志, 2003,9:705-707.