

多区正向离焦镜片在近视防控领域的研究进展

沈诗薇, 蒋丽君, 朱永唯

引用: 沈诗薇, 蒋丽君, 朱永唯. 多区正向离焦镜片在近视防控领域的研究进展. 国际眼科杂志, 2025, 25(2): 270-273.

基金项目: 嘉兴市科技计划项目 (No.2023AD11033)

作者单位: (314000) 中国浙江省嘉兴市, 浙江中医药大学附属嘉兴中医院眼科

作者简介: 沈诗薇, 在读硕士研究生, 研究方向: 近视防控。

通讯作者: 朱永唯, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 屈光与白内障. zywei3950@sina.com

收稿日期: 2024-06-05 修回日期: 2024-12-18

摘要

近年来, 近视的发病率逐年升高, 人群基数逐年庞大, 并逐渐成为我国乃至世界范围内的一个重大公共卫生问题。近视人群眼轴变长, 可继发一系列结构和功能变化, 提高相关眼病的发生概率, 甚至致盲。近视一旦出现, 就不能逆转, 只有选择合适的治疗方案, 才能进一步控制近视的发生发展, 减少出现眼部并发症的概率。目前, 离焦理论是近视防控的一大热点, 文章通过系统性回顾相关文献, 阐述了离焦相关原理, 总结了多区正向离焦镜片 (DIMS) 的相关研究结果, 分析 DIMS 相较于当前已有的近视防控手段的优点与不足, 探讨了以 DIMS 为代表的离焦镜片的应用前景及方向, 以期为儿童青少年的近视防控提供参考依据和指导。

关键词: 近视; 防控; 多区正向离焦镜片

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.2.17

Research progress of defocus incorporated multiple segments lenses on the control of myopia

Shen Shiwei, Jiang Lijun, Zhu Yongwei

Foundation item: Science and Technology Planning Project of Jiaxing (No.2023AD11033)

Department of Ophthalmology, Jiaxing Traditional Chinese Medicine Hospital Affiliated to Zhejiang Chinese Medical University, Jiaxing 314000, Zhejiang Province, China

Correspondence to: Zhu Yongwei. Department of Ophthalmology, Jiaxing Traditional Chinese Medicine Hospital Affiliated to Zhejiang Chinese Medical University, Jiaxing 314000, Zhejiang Province, China. zywei3950@sina.com

Received: 2024-06-05 Accepted: 2024-12-18

Abstract

• In recent years, the incidence of myopia has been increasing alongside the growing global population, emerging as a significant public health challenge

worldwide. Individuals with myopia exhibit an elongated axial length, which leads to various structural and functional ocular changes, resulting in the risk of related eye diseases and, in severe cases, blindness. Unfortunately, once myopia develops, it is irreversible. The only way to prevent or slow its progression is through appropriate treatment. The current focal point in myopia prevention and control is the peripheral myopic defocus theory. This paper summarizes the relevant research on defocus incorporated multiple segments (DIMS) lenses, following a systematic analysis of the literature. It analyzes the advantages and disadvantages of DIMS compared to other myopia control methods, and discusses the application prospects and future directions of defocus lenses represented by DIMS, aiming to provide reference and guidance for the control of myopia progression in children and adolescents.

• KEYWORDS: myopia; prevention and control; defocus incorporated multiple segments

Citation: Shen SW, Jiang LJ, Zhu YW. Research progress of defocus incorporated multiple segments lenses on the control of myopia. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(2): 270-273.

0 引言

随着人们生活方式的改变, 如电子产品的过度使用、户外活动的减少等, 近视的发病率逐年升高, 并逐渐成为我国乃至世界范围内一个重大公共卫生问题。预计到2050年, 全球将有一半人数患近视, 其中高度近视人群占比将达10%^[1]。近视的危害不仅仅局限于进行性视远模糊和以突眼为代表的外观改变, 高度近视人群眼轴变长, 眼底结构发生变化, 导致近视性黄斑变性、青光眼以及白内障等眼病的发病风险显著提高^[2]。因此, 高度近视及其引起的病理变化是引起视力损伤甚至致盲的重要原因之一。此外, 高度近视人群在自然状态下瞳孔直径普遍增大, 也是导致视觉质量下降的重要因素。目前近视的治疗主要集中在矫正视力和延缓其进展, 以降低近视相关眼部并发症的发生率。近视一旦确诊, 即需进行矫正。目前, 干预近视进展的方式有多种, 包括改变用眼习惯 (如增加户外运动时间), 药物治疗 (如低浓度阿托品滴眼液) 和光学离焦等^[3]。本文简要介绍了周边离焦控制近视的原理, 列举了多区正向离焦镜片 (defocus incorporated multiple segments, DIMS) 对近视防控相关指标以及视觉质量等的影响, 分析了 DIMS 的优点与不足, 为儿童青少年近视防控提供参考和指导。

相关研究表明, 在近视形成过程中, 中央视网膜上成像模糊, 光线在周边视网膜上则呈远视性离焦状态, 为获得清晰视力, 眼球向后生长, 导致眼轴增长, 从而导致近视或近视程度加深^[4]。在矫正视力时, 如果仅保证中心视力

清晰,光线在周边视网膜将仍会处于远视性离焦状态,眼球仍有向后生长的趋势。基于此,通过诱导视网膜周边近视性离焦来实现近视防控的镜片应运而生。本文主要介绍了一种离焦镜片——DIMS,它可减少视网膜周边远视性离焦从而进行光学干预。目前,大量临床试验表明,该镜片可较好地发挥延缓近视进展的作用。

1 近视及目前治疗手段

近视是指外界的平行光线经过眼的屈光系统后,焦点落在视网膜黄斑中心凹前方的屈光状态。正常人群中,当眼处于调节放松的状态时,外界的平行光进入眼内,其焦点正好落在视网膜上,从而形成清晰的像。而在近视人群中,平行光线进入眼内后,其焦点落在视网膜之前,导致视网膜上无法形成清晰的像。其原因包括眼轴过长和屈光介质屈光率过高等。据此可将近视分为轴性近视、屈光性近视和继发性近视。人群中最流行以及目前所讨论的近视防控均针对轴性近视。近视的发生由遗传和环境两方面因素共同作用引起^[1]。据报道,父母近视会增加子女患近视的概率,近视发病年龄早晚、不良的用眼习惯、缺乏户外活动等也会影响近视的发生及发展速度。为了获得清晰的图像,近视眼需进行矫正。

目前,控制近视进展的方法多种多样,包括药物治疗、光学矫正、增加户外运动和保持良好的用眼习惯等。在药物治疗中,低浓度阿托品效果较为显著。多项临床研究证实,0.01%浓度的阿托品可有效减缓近视的进展且副作用(瞳孔散大、眩光及视物模糊)较少^[5-6]。目前在阿托品浓度的选择以及使用时长仍有争议,需更多循证医学的证据。光学矫正方面,基于周边离焦原理、角膜塑形镜、周边离焦镜、非球面多环微柱镜和离焦软镜等产品相继出现。有报道指出,增加户外活动时间可降低近视的发生率并延缓其进展^[7]。此外,保持良好的用眼习惯也极为重要,需尽量减少长时间用眼、保证适当的阅读用眼距离、充足的睡眠以及用眼时柔和的照明光线等^[8]。

2 周边离焦防控近视的原理

1984年,Nathan等^[9]研究发现,凹透镜可在幼年猫视网膜上产生远视性离焦,进而引起巩膜与脉络膜的代偿性改变,最终引起眼轴增长,发展为近视。同一时期,Schaeffel等^[10]也基于光学离焦原理成功构建了小鸡的近视模型,证明光学离焦可调节眼球的发育。但当时未证明周边视网膜对眼球发育的重大影响。2005年,Smith等^[11]采用光凝法消融恒河幼猴的黄斑中心凹后观察其眼球发育变化,发现中心凹失去作用后,周边视网膜可以单独调节正视反应,并根据异常的视觉体验进展为屈光不正,证明了周边视网膜对眼球发育的重要作用。研究显示,周边视网膜是眼球重要的离焦控制区域,其可以改变眼睛的生长和屈光状态。表现为周边远视性离焦可导致轴性近视,而周边近视性离焦可导致轴性远视^[4]。2018年,Tkatchenko等^[12]利用大规模平行测序技术发现猕猴的视网膜通过激活或抑制不同的通路对近视性或远视性离焦信号作出反应,且这些基因与某些人类近视基因存在功能重叠,提供了治疗近视的相关可能靶点。2020年,Smith等^[13]在幼年恒河猴身上通过改变中央零度数区域的直径来观察不同离焦的偏心距下的近视性离焦信号对屈光发育的影响。结果表明,在近周边区域的近视性离焦可以减缓眼球的轴向增长,但是当离焦被强加在离中心凹大约20°以外的地方时,离焦信号对屈光发育的作用减弱。此

实验进一步明确了离焦信号发挥作用的具体区域,更精准地找到了核心离焦敏感区域,对离焦镜片的设计优化提供了理论依据。

3 多区正向离焦镜片的构造及原理

基于周边离焦原理,根据多区正向光学离焦设计、高非球微透镜星控技术等不同设计,离焦框架眼镜种类多样,主要包括DIMS框架眼镜、高非球面微透镜(highly aspherical lenslets, HAL)框架眼镜等^[14]。其中DIMS是目前主流离焦框架镜之一,于2018年上市,迄今为止已积累了大量的临床数据,证明其在控制近视进展方面的作用具有一定的可信性^[15]。

DIMS是由视远的中心区域和周围的多区离焦构成。中心区域直径9 mm,为视远清晰区,由配戴者的屈光度决定,用于校正屈光不正,确保配戴者可清晰视物。而中心区周围的多区离焦由396个六边形组成,总直径约33 mm,每个六边形区直径约1.03 mm,屈光度均为+3.50 D^[16]。在多区离焦区域之外的镜片周围部分与视远中心区域一样用于校正屈光度数^[17]。此设计在视网膜中心区域周围放置合适度数的微透镜,使光线在视网膜周边形成近视性离焦,从而能根据周边离焦原理延缓近视进展。在设计离焦镜片时,周边离焦区域的度数设置需要平衡其对视觉质量的影响和最大程度延缓近视进展的作用。临床数据证明多区正向离焦镜片配戴者能较好地适应该镜片且其近视进展能较好地被控制^[18]。

4 多区正向离焦镜片的近视防控作用

4.1 屈光度与眼轴 为探究DIMS的有效近视防控率,Lam等^[15]一项为期2 a的双盲随机对照试验结果显示,与单焦镜片(single-vision, SV)组相比,DIMS组的等效球镜度延缓率为52%,眼轴增长延缓率为62%。该研究延续到随访的第3 a,结果表明即使在年龄较大时开始配戴DIMS,也能有效控制近视进展,这一效果在从使用单光镜转变为使用DIMS的儿童中也同样显现^[19]。此项结果表明,多区正向离焦镜片的近视防控率在现有的近视防控手段中处上游水平,其防控效果与开始配戴年龄无明显相关性。此外,当配戴普通单焦镜片近视进展较快时,重新验配多区正向离焦镜片仍能有效控制近视。

后于DIMS出现的离焦镜片HAL 1 a的等效球镜度延缓率为67%,眼轴增长延缓率为64%^[20],2 a的等效球镜度延缓率55%,眼轴增长延缓率51%^[21],另有Guo等^[22]研究显示,DIMS的近视进展控制及眼轴生长控制方面弱于HAL,在1 a内,HAL组比DIMS组近视进展减少0.29 D,眼轴增长减少0.11 mm。综上表明,在1 a观察期内,DIMS的近视防控率稍弱于HAL。

Lam等^[23]关于DIMS的研究随访6 a后发现,停止配戴DIMS后近视患者近视情况没有反弹的迹象。而阿托品等药物停用后存在反弹效应^[24],需长期坚持使用,以避免出现反弹效应。这是多区正向离焦镜片在近视防控方面的优势之一。

一项纳入了10 476名中国青少年的大样本前瞻性研究探讨了DIMS在不同临床情况下的近视防控效果^[18]。该研究显示,第1 a DIMS组的等效球镜度延缓率为35.1%,2 a DIMS组的等效球镜度延缓率为28.5%。本研究中DIMS组的等效球镜度延缓率低于Lam等^[23]研究可能与其纳入高度近视人群有关,随着近视度数的增加,周边形成近视性离焦所需的离焦量也增加^[25],而对于高度

近视人群,+3.50 D可能不会产生足够的近视离焦。此外,2 a的近视进展延缓率较初戴1 a低,推测可能是由于眼球对离焦信号刺激发生适应有关。另有研究表明,DIMS组中65%眼的眼轴生长在生理性眼轴生长的水平,而SV组仅有16%,再一次证明了DIMS在控制近视进展方面的有效性^[26]。在与其他近视防控手段联用方面,多项研究发现DIMS联用0.01%阿托品相比单独配戴DIMS更能有效控制近视进展^[27-28]。可推测联合使用多种近视防控手段可进一步延缓近视进展。

4.2 相对周边屈光度 相对周边屈光度(relative peripheral refraction, RPR)是指眼睛周边区域相对于中心凹的屈光状态。Mutti等^[29]研究发现,RPR在即将发生近视的人群中的变化与眼轴长度和屈光度相似。Zhang等^[30]进行的一项为期2 a的观察性研究表明配戴DIMS的近视儿童相比于SV组的近视儿童RPR增长更慢,眼球发育更慢且更均匀。这提示了RPR作为预测近视发生和进展的重要指标的潜力,同时,也从侧面印证了DIMS能够延缓近视进展,并进一步降低眼部并发症发生概率的作用。

4.3 脉络膜厚度及血流 近年来,随着OCT技术的发展,脉络膜厚度与近视的关系逐渐被揭示:脉络膜厚度随近视程度的加深而明显变薄^[31]。当前“巩膜缺氧”学说在近视发展理论中备受关注,该理论认为,脉络膜血流减少是近视发生发展的重要因素^[32]。Chun等^[33]一项为期2 a的随机对照研究发现,配戴DIMS 1 wk时脉络膜厚度较基线增加 $6.75\pm 1.52\ \mu\text{m}$,而配戴SV脉络膜厚度较基线减少 $3.17\pm 1.48\ \mu\text{m}$,相应的脉络膜厚度变化可持续12 mo,甚至更久。12 mo后,DIMS组脉络膜厚度增加 $13.64\pm 2.62\ \mu\text{m}$,而SV组脉络膜减少 $9.46\pm 2.55\ \mu\text{m}$ 。该研究表明,2 a内脉络膜厚度的变化与近视进展程度呈负相关。Chiang等^[34]发现阿托品和光学离焦在影响脉络膜方面上具有累加效应,阿托品与远视离焦的共同作用比单独使用阿托品更能增加脉络膜厚度,并表明周边离焦和药物治疗相结合可能会提高临床近视控制的效果。综上,从脉络膜厚度和血流的角度来看,目前的证据表明DIMS可通过增加脉络膜厚度与血流有效控制近视进展。此外,脉络膜厚度也可作为一项判断近视控制水平的指标。

4.4 视功能与视觉质量 在视功能和视觉质量方面,Lam等^[35]研究配戴DIMS和SV 2 a后远距离及近距离的高、低对比度下视力、双眼视觉功能和调节能力变化,研究发现DIMS组表现出与SV组相同的视觉功能变化,配戴后均出现最佳矫正远距离高对比度视力和立体视觉分数的提高,以及调节滞后和单、双眼调节幅度的下降,表明DIMS在配戴过程中出现的视觉功能的变化与配戴单焦镜片相似。这可能是由于DIMS中心屈光度和周边微透镜填充比例相当,中央视野范围占主导地位,对视功能和视觉质量的影响与单焦镜片相似。一项关于非球面透镜与DIMS的研究表明^[36],在6-8 c/d空间频率中配戴DIMS者的对比敏感度比配戴低非球面透镜(slightly aspherical lenslets, SAL)者低,在高空间频率(>12 c/d)下对比敏感度均比配戴HAL、SAL者低。这表明,在高空间频率下,配戴DIMS者视觉质量相对于HAL更差。总体而言,DIMS对视功能和视觉质量的影响相对较小。

5 多区正向离焦镜片的优点与不足

DIMS在控制近视进展方面展现出其独特的优势,其近视防控有效率相对较高,且不易反弹,与其他近视防控

手段联用时可进一步增加效果。最新专家共识指出,在近视防控中应关注相关防控手段的安全性和舒适性^[37]。DIMS属于框架镜,与角膜接触镜相比,其配戴方便,且未直接接触角膜,不会出现角膜接触镜可能引发的角膜磨损、感染、蛋白沉积等问题,安全性高。此外,DIMS没有矫正度数的限制,而角膜塑形镜的验配受角膜形态限制,一般用于矫正近视度数低于-6.00 D的情况。

尽管DIMS相比现有近视防控手段具有许多优势,但也存在不足:(1)框架镜与角膜顶点有一定距离,度数高的镜片存在放大率的问题,对于高度近视的屈光参差者亦或是单眼屈光不正者因双眼放大率差异而难以适应。(2)DIMS等近视防控相关框架眼镜对眼镜配戴位置和时长有要求,不正确的配戴方式会影响其近视防控效果。(3)在视觉质量方面,应用周边离焦原理延缓近视进展的同时也会降低视觉质量,当配戴者没有从中心区域视物时,会产生视物模糊、头晕等不适症状。此外,近视形成后视网膜中心成像呈离焦状态,视网膜仅获得模糊图像,视觉质量下降,一般的近视矫正后往往只矫正了低阶像差,而高阶像差仍存在,影响光学成像与视觉质量^[38]。

6 总结与展望

近年来,随着人们生活方式的改变,近视人数骤升,全球对近视防控的关注度也日益提高,防控近视进展的方法也越来越多。随着延缓眼轴生长机制探索研究的深入,更多样的防控理念得以开发。周边离焦理论成为目前近视防控的研究热点之一。本研究总结了当前DIMS的相关临床研究数据,证明DIMS在近视控制效果上具有显著优势,且对于相对周边屈光度、脉络膜厚度等近视防控相关指标均有一定影响,为探究DIMS延缓近视进展的机制方面提供理论依据。然而,DIMS的近视控制效果受多种因素影响,包括年龄、初始近视时间、性别、父母近视情况、配戴位置和时长等^[26]。此外,DIMS在一定程度上影响了儿童青少年的光学视觉质量。

不同近视度数的患者周边离焦量存在差异,同一患者不同部位视网膜的周边离焦量也不同,因此,个人定制具有不同周边离焦量的离焦镜具有很大的发展前景。此外,目前也有部分研究针对视网膜核心离焦敏感区域理论进行探讨。总之,未来的离焦镜片设计朝向更精准、更高效的发挥周边离焦作用目标迈进。当前应综合看待DIMS的近视控制作用以及对视觉质量的影响,选择最适合儿童自身眼球条件的近视防控方法,关注近视儿童的视觉质量,提高综合防控水平。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 沈诗薇、蒋丽君论文选题与修改,初稿撰写;沈诗薇文献检索,数据分析;朱永唯、蒋丽君选题指导,论文修改。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016, 123(5):1036-1042.
- [2] Foreman J, Salim AT, Praveen A, et al. Association between digital smart device use and myopia: a systematic review and meta-analysis. *Lancet Digit Health*, 2021, 3(12):e806-e818.
- [3] Zhu ZT, Chen YX, Tan Z, et al. Interventions recommended for myopia prevention and control among children and adolescents in China:

a systematic review. *Br J Ophthalmol*, 2023,107(2):160–166.

[4] Benavente – Pérez A, Nour A, Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014,55(10):6765–6773.

[5] Pineles SL, Kraker RT, VanderVeen DK, et al. Atropine for the prevention of myopia progression in children: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology*, 2017,124(12):1857–1866.

[6] Huang Z, Chen XF, He T, et al. Synergistic effects of defocus – incorporated multiple segments and atropine in slowing the progression of myopia. *Sci Rep*, 2022,12(1):22311.

[7] Sherwin JC, Reacher MH, Keogh RH, et al. The association between time spent outdoors and myopia in children and adolescents: a systematic review and meta – analysis. *Ophthalmology*, 2012,119(10):2141–2151.

[8] Biswas S, El Kareh A, Qureshi M, et al. The influence of the environment and lifestyle on myopia. *J Physiol Anthropol*, 2024,43(1):7.

[9] Nathan J, Crewther SG, Crewther DP, et al. Effects of retinal image degradation on ocular growth in cats. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1984,25(11):1300–1306.

[10] Schaeffel F, Glasser A, Howland HC. Accommodation, refractive error and eye growth in chickens. *Vis Res*, 1988,28(5):639–657.

[11] Smith EL 3rd, Ramamirtham R, Qiao – Grider Y, et al. Effects of foveal ablation on emmetropization and form – deprivation myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007,48(9):3914–3922.

[12] Tkatchenko TV, Troilo D, Benavente – Perez A, et al. Gene expression in response to optical defocus of opposite signs reveals bidirectional mechanism of visually guided eye growth. *PLoS Biol*, 2018,16(10):e2006021.

[13] Smith Iii EL, Arumugam B, Hung LF, et al. Eccentricity – dependent effects of simultaneous competing defocus on emmetropization in infant Rhesus monkeys. *Vision Res*, 2020,177:32–40.

[14] 陈楠, 薛劲松, 蔡江怀, 等. 光学离焦技术控制近视的研究进展. *国际眼科杂志*, 2022,22(2):260–264.

[15] Lam CSY, Tang WC, Tse DY, et al. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2 – year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol*, 2020,104(3):363–368.

[16] Li Y, Fu YF, Wang K, et al. Evaluating the myopia progression control efficacy of defocus incorporated multiple segments (DIMS) lenses and Apollo progressive addition spectacle lenses (PALs) in 6 – to 12 – year – old children: study protocol for a prospective, multicenter, randomized controlled trial. *Trials*, 2020,21(1):279.

[17] Carlà MM, Boselli F, Giannuzzi F, et al. Overview on defocus incorporated multiple segments lenses: a novel perspective in myopia progression management. *Vision*, 2022,6(2):20.

[18] Liu JX, Lu YQ, Huang D, et al. The efficacy of defocus incorporated multiple segments lenses in slowing myopia progression: results from diverse clinical circumstances. *Ophthalmology*, 2023,130(5):542–550.

[19] Lam CS, Tang WC, Lee PH, et al. Myopia control effect of defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lens in Chinese children: results of a 3 – year follow – up study. *Br JOphthalmol*, 2022,106(8):1110–1114.

[20] Bao JH, Yang A, Huang YY, et al. One – year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Br J Ophthalmol*, 2022,106(8):1171–1176.

[21] Bao JH, Huang YY, Li X, et al. Spectacle lenses with aspherical

lenslets for myopia control vs single – vision spectacle lenses: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2022,140(5):472–478.

[22] Guo H, Li XF, Zhang XX, et al. Comparing the effects of highly aspherical lenslets versus defocus incorporated multiple segment spectacle lenses on myopia control. *Sci Rep*, 2023,13(1):3048.

[23] Lam CSY, Tang WC, Zhang HY, et al. Long – term myopia control effect and safety in children wearing DIMS spectacle lenses for 6 years. *Sci Rep*, 2023,13(1):5475.

[24] Sánchez – Tena MÁ, Ballesteros – Sánchez A, Martínez – Pérez C, et al. Assessing the rebound phenomenon in different myopia control treatments: a systematic review. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2024,44(2):270–279.

[25] Wang SD, Lin ZH, Xi XY, et al. Two – dimensional, high – resolution peripheral refraction in adults with isomyopia and anisomyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(6):16.

[26] Graff B, Lam CSY, Vlasak N, et al. Age – matched analysis of axial length growth in myopic children wearing defocus incorporated multiple segments spectacle lenses. *Br J Ophthalmol*, 2024,108(8):1060–1066.

[27] Yu MR, Jiang LL, Chen MJ. Effect of atropine 0.01% on myopia control in children aged 6 – 13 years during the 2022 lockdown in Shanghai. *Front Public Health*, 2023,11:1074272.

[28] Nucci P, Lembo A, Schiavetti I, et al. A comparison of myopia control in European children and adolescents with defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacles, atropine, and combined DIMS/ atropine. *PLoS One*, 2023,18(2):e0281816.

[29] Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007,48(6):2510–2519.

[30] Zhang HY, Lam CSY, Tang WC, et al. Defocus incorporated multiple segments spectacle lenses changed the relative peripheral refraction: a 2 – year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020,61(5):53.

[31] 李疏凤, 李雪, 黄莹莹, 等. 儿童近视进展与眼底血流及脉络膜厚度的关系. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021,23(10):759–765.

[32] Zhou X, Zhang S, Yang F, et al. Decreased choroidal blood perfusion induces myopia in guinea pigs. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(15):30.

[33] Chun RKM, Zhang HY, Liu ZJ, et al. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses increase the choroidal thickness: a two – year randomized clinical trial. *Eye Vis*, 2023,10(1):39.

[34] Chiang ST, Turnbull PRK, Phillips JR. Additive effect of atropine eye drops and short – term retinal defocus on choroidal thickness in children with myopia. *Sci Rep*, 2020,10(1):18310.

[35] Lam CSY, Tang WC, Qi H, et al. Effect of defocus incorporated multiple segments spectacle lens wear on visual function in myopic Chinese children. *Transl Vis Sci Technol*, 2020,9(9):11.

[36] Li X, Ding CL, Li YH, et al. Influence of lenslet configuration on short – term visual performance in myopia control spectacle lenses. *Front Neurosci*, 2021,15:667329.

[37] 刘陇黔, 于翠, 毛欣杰, 等. 评估一款离焦微透镜设计镜片控制近视的有效性和安全性. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024,26(1):6–10.

[38] Hughes RP, Vincent SJ, Read SA, et al. Higher order aberrations, refractive error development and myopia control: a review. *Clin Exp Optom*, 2020,103(1):68–85.