

教育环境是学生近视发生发展的最强因素

吕帆^{1,2}

1. 温州医科大学附属眼视光医院(温州 325000); 2. 国家眼部疾病临床医学研究中心(温州 325000)

【摘要】 综合近视流行病学、基础实验和临床研究文献,有关近视问题呈现出几大特征:中小學生是高发人群并日趋严重;病因学探索中环境作用非常强势;临床矫正方法成熟但减缓近视进展存在诸多不确定性。学生近视已经成为国家近视防控的重中之重,如何从教育环境着手,探索学生近视发生和发展的具体防控措施,需要明确社会高度发展而致的教育需求增加,及其科技进步所营造的教育环境快速变化,对学生近视发生发展的多重影响效应。本文将从中小學生人群在发育和成长阶段、眼睛和视觉的特征入手,以及各个阶段所承受的学业负担,回溯近九十年来的历史文献和新冠肺炎疫情前后的队列研究数据,明确教育环境是学生近视发生发展的第一因素,充分认定近视防控中“教医协同”的科学性,以及如何在学生近视防控发挥具体的作用。

【关键词】 学生近视 教育环境 近视防控

Educational Environment: The Most Powerful Factor for the Onset and Development of Myopia among Students

LYU Fan^{1,2}. 1. Eye Hospital, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325000, China; 2. National Clinical Research Center for Ocular Diseases, Wenzhou 325000, China

【Abstract】 Based on the literature on myopia epidemiology, experiments of basic science, and clinical research, we have identified a number of major characteristics of the myopia problem. It was concluded that the student population of grades 1-12 showed high incidence of myopia and the problem was becoming increasingly more serious. Etiological investigations revealed the aggressive role played by environmental factors. Mature clinical correction methods were available, but there were still a multitude of uncertainties hampering the effort to slow the progression of myopia. Student myopia has become an issue of top concern in China's effort to prevent and control myopia. In order to approach the issue by dealing with problems in the educational environment and to explore for specific measures to prevent and control the onset and development of student myopia, it is important that we gain better understanding of the multiple effects on the onset and development of student myopia caused by the growing demand for education induced by high social development and the rapid changes in the educational environment caused by technological advancement. Approaching the problem from the perspective of the features of the eye and vision in the developmental stages of students of grades 1-12, and the study workload at each stage, this paper retrospectively reviewed the historical literature from the last 90 years and the data from cohort studies done before and after the outbreak of COVID-19. Identifying the education environment as the primary factor causing the onset and progression of student myopia, the paper fully recognizes the scientific rationality of and the specific role served by *education-medicine synergy* in student myopia prevention and control.

【Key words】 Student myopia Educational environment Myopia prevention and control

学生近视,特指近视在上学后发生、遗传倾向不明显、发生近视后近视度数进展的儿童青少年。2000年的一项世界联合横断面研究中,NEGREL等^[1]确定了近视的定义,即任何一只眼屈光度的等效球镜 ≥ 0.50 D; 2019年我国近视领域专家依据我国儿童近视进展特征,将进展性近视确定为年近视度数增长超过 0.50 D^[2-3]。目前在儿童青少年近视人群中,进展性近视占比高达98%,此人群即我国近视防控策略对象的重中之重。

1 眼球及眼屈光发育与近视的发生

在诸多与近视相关的专业术语或定义中,其中有一条与近视发生的年龄相关,即“早发性近视”与“迟发性近

视”,该定义以发生近视的年龄点作为一个界限,一般以14岁为界限^[4-5],14岁及以前属于早发性,14岁以后属于迟发性。人类从胚胎开始由神经外胚叶、脑神经嵴细胞、表皮外胚叶和中胚叶发育成胚眼,进而逐步形成眼球各组织及其附属器;出生后,在视觉环境的刺激下,人类的眼球各屈光成分互相协调发展,屈光状态由出生时的远视度数逐渐向零接近,进入眼内的平行光线聚焦平面也因此逐渐由视网膜后移至中心凹,最终发育成为正视眼,这个过程称之为“正视化”^[6-7]。在这个正视化过程中的“标签”就是与年龄匹配的远视度数^[8],见表1。

最近在近视研讨领域出现频率比较高的专有词汇为“远视储备”,即对于正常0~12岁儿童青少年而言,他们

表 1 正视化过程中的“标签”:与年龄匹配的远视度数

Table 1 The tag of emmetropization: age appropriate hyperopia

| Age/yr. | Hyperopia reserves (SER) |
|---------|--------------------------|
| 6 | +0.75 D |
| 7-8 | +0.50 D |
| 9-10 | +0.25 D |
| 11 | Emmetropia |

SER: Spherical equivalent refractive errors.

双眼球镜屈光度数(衡量眼屈光水平的参数,0表示正视水平,正值表示远视水平,负值表示近视水平)最好应呈正值状态。随着年龄的增长,儿童青少年只有拥有与年龄匹配的远视储备,才能有效应对眼球正视化这一眼球发育的必经过程,以防控近视的发生。

如前所述,从出生到青春期,儿童青少年的眼球经历了一个正视化的过程。在出生后的眼睛生长过程中,尽管由于远视储备,眼球的屈光度数处于正值,但由于眼轴长度(角膜前表面沿视轴到视网膜的距离)与眼睛的光学能力(角膜曲率、晶状体屈光力)精确匹配与高度协调,即角膜和晶状体的光学能力依据眼轴长度进行主动调节,使眼睛能够保持正视^[7]。倘若“结构变化”太快而造成这些高度协调的眼部变化受到破坏,则提早出现的正视化,就会带来“近视”的提前发生以及“进展性”加速等后果。

2 教育环境是启动儿童青少年近视发生发展的最强“力量”

早在上个世纪八九十年代,研究已经确定父母近视增加子女近视患病风险,发现与人类近视相关的基因或

易感基因。截止目前通过全基因组关联研究(genome-wide association study, GWAS)累计获得284个近视易感基因,却只能解释不到10%的近视人群发病^[9]。但是,从文献报道的284个近视易感基因中,研究发现了其中61个显著富集于核心功能模块互作网络,通过HIF1 α 信号通路,发生成纤维细胞转分化和细胞外基质重塑^[9],这些研究发现都证明了遗传与环境的交互作用。

根据六十年代至今有关中国学生人群近视流行病学调查的报告和数据^[10],本研究拟合了我国不同学龄阶段近视患病率的曲线(图1),横轴为年代,纵轴为近视患病率,三条不同颜色曲线分别为小学、初中和高中学生中当时的近视现患率。本文根据文献资料^[11-17],在横轴上选取了4个时间点:六十年代、2000年、2010年、2020年对全国近视患病率进行了估计,从图中可以看出中国学生人群近视患病率逐年升高,且几乎随着学年的增长而成倍增长。时间点的划分基于一个重要的现实,即中国社会发展和对教育关注度的变化:①六十年代,中国以农业社会为主,教育尚未普及;②2006年《中华人民共和国义务教育法》经过修订后,普及、强制、免费的九年制义务教育在我国全面实施;③2010年代,整个国家经济和社会事业发展显著,中小学生的课业压力在这个时代明显加重;④现阶段:教育形式更为多元化,智能设备渗入到教育体系。以此将学生近视“提速”归结到我国社会与经济发展过程当中,教育在其中起到重要作用。我国教育部领导以及教育专家也非常认可,教育发展和教育指挥棒在这个系统中的影响。2020年9月19日,中央广播电视总台“对话”栏目邀请健康中国行动推进委员会办公室、国家

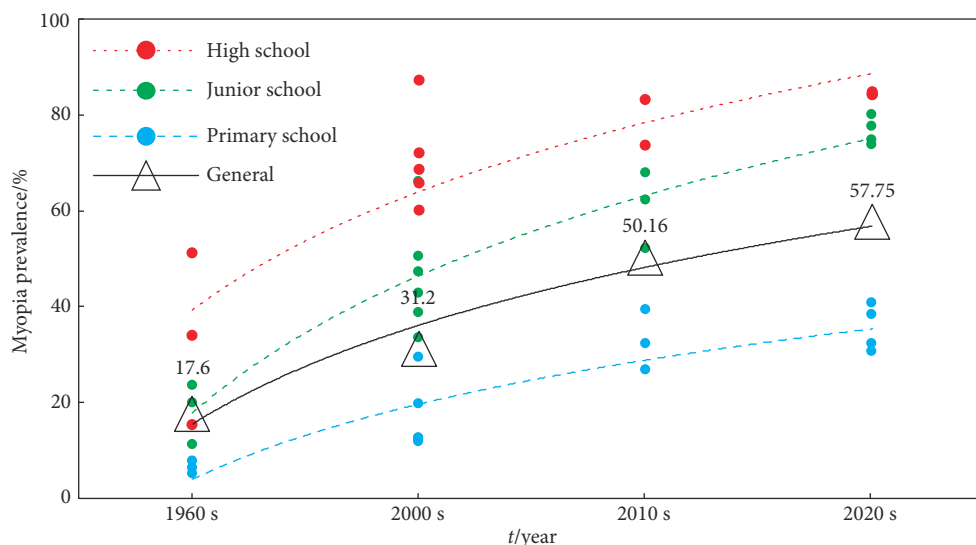


图 1 1960年至2020年中国学生人群近视患病率

Fig 1 The prevalence of myopia among Chinese students from 1960 s to 2020 s

卫生健康委员会、教育部、国家体育总局等部门联合制作了一期以“小眼镜背后的大改革”为主题的近视防治专题电视节目。节目中,教育部体育卫生与艺术教育司王登峰司长说了一段话,作者认为非常重要,他说:“这就是牵涉到我们的评价体系的问题,……,就是因为我们这样一个升学的评价体系也造就了整个社会的评价体系跟着跑偏了,也就是说我们的那个德智体美劳没有全面的均衡的得到对待”。

另有一项真实世界数据资料再次证明了“环境”的强度,即2020年疫情期间的全面在线教育,它几乎可以被称之为“一场准自然近视实验”。所有内在因素,如遗传、家庭、生活条件、气候等,都没有变化,唯一变化的就是教学形式,仅仅3~5个月,全国抽样调查发现中小學生新增近视11.7%,其中小学生近视率增加了15.2%、初中生近视率增加了8.2%,高中生近视率增加了3.8%^[18]。

本作者团队针对温州百万儿童青少年近视普查队列研究情况进行采集分析^[19],发现疫情后其近视患病率从2019年12月的53.9%上升至59.35%(2020年6月),高度近视患病率也从4.21%(2019年12月)上升至4.99%(2020年6月)。近视的患病率随着年级的增加而逐步增加,而不受学生出生月份的影响。这一结果提示教育负担的增加对近视发展的影响大于年龄,且1~6年级为近视敏感阶段,7~12年级为高度近视敏感阶段。此外,疫情期间近视眼半年发病率从隔离前的8.5%(2019年6月-2019年12月)上升到隔离后的13.62%(2019年12月-2020年6月),半年近视进展程度是疫情前的1.5倍,进一步表明了疫情期间的教学形式对近视的影响。

3 近视防控, 教医协同, “教在先”是硬道理

2018年8月30日教育部会同国家卫生健康委员会等八部门制定颁布的《综合防控儿童青少年近视实施方案》(以下简称《实施方案》)中,明确表达了近视防控中的“教医协同”,把“教”放在“医”前面,是有科学道理的。基础机理探索和临床对照研究从各自不同方向验证了自然界中阳光对近视防控的有效性。基础研究发现了近视发生发展过程中,从视网膜多巴胺等生物物质的变化,到脉络膜血流供应,及与巩膜胶原纤维变化相关的机理,确立了阳光照明在这个过程中的正向作用^[20]。与此同时,学生人群的临床队列研究也分别在中国、美国、澳大利亚和新加坡等国开展,重复证实了增加户外活动对儿童青少年近视防控的有效作用^[21-23]。本文作者团队也分别在2019年博鳌宣言、近视防控白皮书等以专家共识方式,明确提出每天户外2h的防控实施措施^[2]。

学习行为与近视密切相关。早在1989年,PARSSINEN等^[24]就曾报道,阅读距离和阅读强度与近视的关联。一项澳大利亚的研究表明30 cm以内的阅读距离较更远的阅读距离,其近视患病风险将增加2.5(1.7~4.0)倍,连续阅读30 min以上,其近视患病风险将增加1.5(1.05~2.1)倍^[25]。一项关于近距离工作时姿势习惯对中国近视儿童影响的研究发现,儿童用眼距离、头位角与眼位角会随着工作时长和任务(阅读、玩游戏、看视频)发生改变,进而影响近视进展^[26]。

由此带动了科学的“溢出”措施,如教室照明、阅读界面、课桌椅调整等。研究表明光照的波长、强度、节律以及频率等特征均与近视的发生发展密切相关^[27],教室照明作为学生最为常接收的环境光,更需要进行科学合理的设置。过去有研究发现提高教室中的光照强度能有效延缓近视的发生发展,且能有效提高学生的学习效率^[28]。此外,阅读习惯“20-20-20”〔看20 min,眺望20英尺(6 m)20 s〕原则以及读写姿势“一尺一拳一寸”原则也由专家提出并推广。

因此,《实施方案》的举措核心是“增加户外活动,减少学业压力”(简称“一增一减”),其科学支撑是非常充分的。但是切实执行并落地“一增一减”非常难得,这需要整个社会对孩子的教育有新的认知,教育部门的指挥棒需要重新调整。2021年7月24日,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》(简称“双减”),并发出通知,要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。这一政策的发布与落地,为《实施方案》落实“一增一减”举措提供了具体实现方法。

为贯彻落实习近平总书记关于儿童青少年近视防控工作系列重要指示批示精神,提供更加精准、有效的防控指引,教育部委托国家眼部疾病临床医学研究中心、全国综合防控儿童青少年近视专家宣讲团牵头单位温州医科大学研制了《不同学段近视防控指引》,并于2021年5月11日发布了《教育部办公厅关于印发〈学前、小学、中学等不同学段近视防控指引〉的通知》(教体艺厅函〔2021〕24号)。该指引根据人类从出生进入学生期的视力和眼球发育的特点,分为三个阶段,主要面向学生、家长及教师进行宣讲。第一个阶段就是学龄前,也就是6、7岁之前,因为这是学龄前儿童眼球屈光发育的关键期,责任主体是孩子的家长,以快乐健康成长、少接触电子阅读产品为目标。第二个阶段为小学期间,这个时期是近视防控的黄金期,它的责任主体是家长、老师和学生,以培养良好的学习习惯为主要目标。第三阶段,初中和高中,这个

时期面临最繁重的学习的压力,是用眼高峰期,责任主体是学生自己,以学习和全方位健康成长相互协调为大前提,共同呵护眼健康。

4 矫正近视与减缓进展的临床干预方法存在的确定性与不确定性

儿童青少年近视需要早发现、精准诊断、合理选择矫正的方法。在临床矫正方法选择上有一个不可回避的“焦点”问题,即,是否有这样的方法,既能矫正近视,获得清晰视觉,又能缓解近视进展,避免进入高度近视可能带来的视觉损伤?

目前临床上矫正近视的成熟方法有三大部分:角膜接触镜、框架眼镜、屈光手术(屈光手术一般情况下不宜在儿童等未成年者进行)。就其接触镜和框架眼镜,根据目前的近视防控研究资料的综合,它们各自都拥有“矫正近视+缓解近视进展”的效能,但各自又存在诸多的局限和不确定性。此外,近年来低浓度阿托品在延缓近视进展方面的有效应用也逐渐受到近视防控领域的关注。

4.1 角膜塑形镜

角膜塑形镜,简称OK镜,通过特殊设计的硬性镜片,与角膜之间相互作用,将角膜前表面的形态变平坦,从几何光学角度实现近视度数的下降。受角膜形态本身的限制,角膜塑形镜能降低的近视度数一般在 -6.00 D以内。角膜具有一定的记忆性,不戴镜片后下降的近视度数会恢复,这也被称之为角膜塑形镜的“暂时性”和“可逆性”。

在角膜塑形镜的临床研究随访研究中发现^[29],配戴OK镜两年后玻璃体腔长度增加 $0.23\text{ mm}\pm 0.25\text{ mm}$,而配戴普通框架眼镜的对照组增加 $0.48\text{ mm}\pm 0.23\text{ mm}$ 。此外,研究结果显示戴OK镜的儿童与戴普通框架眼镜的儿童在2年复查时眼轴增长分别为 0.29 mm 与 0.54 mm ,该现象当时被研究团队认为角膜塑形镜可能同时具有矫正近视和预防近视发展的作用。后续类似研究重复证明了这个现象^[30-31],佩戴角膜塑形镜能够减少每年眼轴增长量,其综合缓解近视进展效果大约在 $40\%\sim 60\%$ 。其机理尚不明确,根据相关的基础研究和临床初步测试,目前大多数科学家倾向以周边近视性离焦为其机理所在。

OK镜能有效延缓儿童青少年的近视进展,但其控制效果受诸多因素影响,且由于和角膜直接接触,若验配不当,使用不规范,会存在角膜损伤和感染的风险。因此,OK镜的使用对配镜从业者和配戴儿童及其家属均有较高要求,如配镜从业者需要严格把控适应证,规范检查选择适宜镜片;配戴者需要有良好的依从性,接受规范的宣教,并能够定期随访,从而保障OK镜的安全使用。

4.2 多焦点软镜

软性接触镜方面目前有两种设计可以实现周边近视性离焦。一是是渐变多焦点设计,二是同心圆设计。BERNTSEN等^[32]进行了临床验证,证明了这两种设计的软镜,能在实际中实现周边近视性离焦的成像效果。

LI等^[33]总结了近几年报告的研究文献(分析了5篇随机对照试验与3篇队列研究),同心圆设计多焦软镜相较于对照组一年减缓 0.31 D 屈光度增长,减缓 0.12 mm 眼轴增长;渐变多焦点设计多焦软镜相较于对照组一年减缓屈光度增长 0.22 D ,减缓眼轴增长 0.10 mm 。相对单光软镜或框架眼镜,这两种设计多焦软镜2年近视屈光度控制效果大约为 $30\%\sim 38\%$,眼轴控制效果为 $31\%\sim 51\%$ 。

MiSight多焦软镜在葡萄牙、英国、新加坡和加拿大4个国家进行了一项长达3年的双盲随机对照研究^[34],和单光软镜相比,MiSight对青少年的近视屈光度控制效果在1年、2年和3年分别达到 69% 、 59% 和 59% 。眼轴控制效果为 63% 、 53% 和 52% 。这项研究在种族、样本量、研究时长上较前人的研究都有较大的提升。因此,2019年底,FDA批准了MiSight多焦软镜可用于 $8\sim 12$ 岁儿童的近视控制,这也是首个获得FDA批准的近视控制产品。

软镜的特点是相对舒适、能日抛,简化护理程序,相对安全系数高,其多焦软镜能有效控制儿童青少年近视的增长,则为儿童青少年近视防控多了一项选择。但低龄儿童需要监护人的严格安全监护。

4.3 周边离焦设计的框架眼镜

随着科技的发展,实现周边离焦设计的光学镜片已经成熟。香港理工大学科研团队^[35]将160名中国近视儿童分为DIMS镜片治疗组(配戴多区正向光学离焦镜片)和对照组(佩戴单焦镜片),进行为期2年的双盲随机对照试验。结果发现,治疗组儿童在两年内近视平均增加 0.41 D ,眼轴平均增加 0.41 mm ,而对照组近视增加达 0.85 D ,平均眼轴增长 0.55 mm 。此外,研究发现与配戴普通单焦点镜片的试验对象相比,DIMS镜片控制近视度数增长的效果达 52% ,控制眼轴变长的效果达 62% 。

另一项温州医科大学附属眼视光医院针对高非球微透镜设计(Highly Aspheric Lenslet Target, H.A.L.T.)镜片的研究,对104名近视儿童进行了为期3年的双盲随机对照试验^[36]。参与者随机配戴H.A.L.T.镜片(研究组)或“单光镜片”(对照组)来矫正近视,根据目前2年临床试验的结果显示:研究组纳入54名近视儿童,对照组纳入50名近视儿童,研究发现在提供清晰视野和舒适配戴感的同时,对每天配戴H.A.L.T.镜片超过 12 h 的儿童而言,其近视发展平均水平较配戴单光镜片的儿童减缓了 67% ,其中超

过1/4的儿童在第一年中近视无进展,第三年的随访研究尚在进行中。

从便捷、安全、方式等方面考虑,框架眼镜仍然可能是很多家长和孩子的首选,因此探索更多有效方法来矫正、治疗或阻止近视的发生和发展,以及设计近视防控效果更佳的框架眼镜等,仍然是我们不断努力探索与奋斗的目标。

4.4 低浓度阿托品

阿托品是临床成熟的药物,针对预防近视研究,主要从“浓度”作为焦点,在有效性和副作用之间找到平衡点,经历了从1%-0.5%-0.25%-0.1%-0.05%-0.025%-0.01%的过程^[37-41]。从有效性、副作用少、反弹问题轻等多角度综合分析,目前锁定0.01%^[41-42]。但是其防控机理,是控制晶体厚度和眼轴增长,还是调节,亦或是通过抑制后极部巩膜重塑等,尚不清楚。

所以,本文强调,若长期使用低浓度阿托品,则要在专业机构和专业团队严格监控随访下进行。因为,从长期使用角度来看,特别是对于经阿托品治疗停止后近视程度加重的儿童青少年,阿托品的长期有效性和安全性仍不明确,尚缺乏有力的文献支撑。

5 总结

基础和临床研究提供了确凿科学证据,教育环境发展及其相伴的学业压力是促使学生群体近视高发的最重要因素,“一增一减”和“双减”是防控学生近视的第一举措。对于儿童青少年这样一个群体,关系到家庭的未来、国家的未来,其近视防控的安全、精准、有效是根本,其中安全永远是第一位。因此,在科技不断推陈出新的开放现代,我们一边要不断教育创新,让学生健康成长,减少近视的发生;另一方面,为孩子们找到更多更有效的近视防控技术和方法或药物,更加严谨地开展基础研究和实践探索,确保矫正近视和缓解近视进展这一长期过程的安全性。

* * *

致谢 感谢陈屹雅博士帮助收集大量文献资料和在构建文稿结构中做出的贡献,瞿佳教授对本稿的观点做出的科学支持。

利益冲突 作者声明不存在利益冲突

参 考 文 献

- NEGREL A D, MAUL E, POKHAREL G P, *et al.* Refractive error study in children: sampling and measurement methods for a multi-country survey. *Am J Ophthalmol*, 2000, 129(4): 421-426.
- 姜珺. 近视管理白皮书(2019). *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019, 21(3): 161-165.
- 杨晓, 陈燕先, 曾骏文, 等. 屈光门诊进行儿童近视眼控制应从证据到临床实践. *中华眼科杂志*, 2019, 55(2): 89-92.
- GOSS D A, WINKLER R L. Progression of myopia in youth: age of cessation. *Am J Optom Physiol Opt*, 1983, 60(8): 651-658.
- MCBRIEN N A, MILLODOT M. The effect of refractive error on the accommodative response gradient. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1986, 6(2): 145-149.
- BROWN N P, KORETZ J F, BRON A J. The development and maintenance of emmetropia. *Eye (Lond)*, 1999, 13(Pt1): 83-92.
- WALLMAN J, WINAWER J. Homeostasis of eye growth and the question of myopia. *Neuron*, 2004, 43(4): 447-468.
- ZADNIK K, SINNOTT L T, COTTER S A, *et al.* Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133(6): 683-689.
- TEDJA M S, WOJCIECHOWSKI R, HYSI P G, *et al.* Genome-wide association meta-analysis highlights light-induced signaling as a driver for refractive error. *Nat Genet*, 2018, 50(6): 834-848.
- 吕帆, 陈屹雅. 近视眼流行病学研究的迭代与意义. *中华眼科杂志*, 2021, 57(4): 245-250.
- 徐竇萃. 学校近视眼问题及学生近视患病率的调查分析. 哈尔滨医科大学学报, 1965(1): 96-104.
- HE M, ZENG J, LIU Y, *et al.* Refractive error and visual impairment in urban children in southern China. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2004, 45(3): 793-799.
- ZHAO J, PAN X, SUI R, *et al.* Refractive error study in children: results from Shunyi district, China. *Am J Ophthalmol*, 2000, 129(4): 427-435.
- WU J F, BI H S, WANG S M, *et al.* Refractive error, visual acuity and causes of vision loss in children in Shandong, China. the Shandong children eye study. *PLoS One*, 2013, 8(12): e82763[2021-07-01]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0082763>.
- YOU Q S, WU L J, DUAN J L, *et al.* Prevalence of myopia in school children in greater Beijing: the Beijing childhood eye study. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(5): e398-406[2021-07-01]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.12299>.
- QIAN D J, ZHONG H, LI J, *et al.* Myopia among school students in rural China (Yunnan). *Ophthalmic Physiol Opt*, 2016, 36(4): 381-387.
- CHANG P, ZHANG B, LIN L, *et al.* Comparison of the myopic progression before, during and after COVID-19 lockdown. *Ophthalmology*, 2021, 128(11): 1655-1657.
- 教育部. 第一场: 介绍2020年秋季学期学校疫情防控和教育教学工作有关情况. (2020-08-27) [2021-09-14]. <http://www.moe.gov.cn/fbh/live/2020/52320/>.
- XU L, MA Y, YUAN J, *et al.* COVID-19 quarantine reveals that behavioral changes have an effect on myopia progression. *Ophthalmology*, 2021, 128(11): 1652-1654.
- WU H, CHEN W, ZHAO F, *et al.* Scleral hypoxia is a target for myopia control. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2018, 115(30): E7091-E7100.
- GUGGENHEIM J A, NORTHSTONE K, MCMAHON G, *et al.* Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in

- childhood: A prospective cohort study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(6): 2856–2865.
- [22] HE M, XIANG F, ZENG Y, *et al.* Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China: a randomized clinical trial. *JAMA*, 2015, 314(11): 1142–1148.
- [23] WU P C, CHEN C T, LIN K K, *et al.* Myopia prevention and outdoor light intensity in a school-based cluster randomized trial. *Ophthalmology*, 2018, 125(8): 1239–1250.
- [24] PARSSINEN O, HEMMINKI E, KLEMETTI A. Effect of spectacle use and accommodation on myopic progression: final results of a three-year randomised clinical trial among schoolchildren. *Br J Ophthalmol*, 1989, 73(7): 547–551.
- [25] IP J M, SAW S M, ROSE K A, *et al.* Role of near work in myopia: findings in a sample of Australian school children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2008, 49(7): 2903–2910.
- [26] BAO J, DROBE B, WANG Y, *et al.* Influence of near tasks on posture in myopic Chinese schoolchildren. *Optom Vis Sci*, 2015, 92(8): 908–915.
- [27] 赵宏伟, 黄一飞. 光照与近视发生发展的关系. *国际眼科杂志*, 2016(1): 74–76.
- [28] HUA W J, JIN J X, WU X Y, *et al.* Elevated light levels in schools have a protective effect on myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2015, 35(3): 252–262.
- [29] CHO P, CHEUNG S W, EDWARDS M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Curr Eye Res*, 2005, 30(1): 71–80.
- [30] VANDERVEEN D K, KRAKER R T, PINELES S L, *et al.* Use of orthokeratology for the prevention of myopic progression in children: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology*, 2019, 126(4): 623–636.
- [31] YU L H, JIN W Q, MAO X J, *et al.* Effect of orthokeratology on axial length elongation in moderate myopic and fellow high myopic eyes of children. *Clin Exp Optom*, 2021, 104(1): 22–27.
- [32] BERNTSEN D A, KRAMER C E. Peripheral defocus with spherical and multifocal soft contact lenses. *Optom Vis Sci*, 2013, 90(11): 1215–1224.
- [33] LI S M, KANG M T, WU S S, *et al.* Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in school-aged children: a meta-analysis. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2017, 37(1): 51–59.
- [34] CHAMBERLAIN P, PEIXOTO-DE-MATOS S C, LOGAN N S, *et al.* A 3-year randomized clinical trial of MiSight lenses for myopia control. *Optom Vis Sci*, 2019, 96(8): 556–567.
- [35] LAM C S Y, TANG W C, TSE D Y, *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.
- [36] BAO J, YANG A, HUANG Y, *et al.* One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Brit J Ophthalmol*, 2021. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-318367.
- [37] HUANG J, WEN D, WANG Q, *et al.* Efficacy comparison of 16 interventions for myopia control in children: a network meta-analysis. *Ophthalmology*, 2016, 123(4): 697–708.
- [38] CHIA A, LU Q S, TAN D. Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01% eyedrops. *Ophthalmology*, 2016, 123(2): 391–399.
- [39] CHIA A, CHUA W H, CHEUNG Y B, *et al.* Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% doses (atropine for the treatment of myopia 2). *Ophthalmology*, 2012, 119(2): 347–354.
- [40] CHUA W H, BALAKRISHNAN V, CHAN Y H, *et al.* Atropine for the treatment of childhood myopia. *Ophthalmology*, 2006, 113(12): 2285–2291.
- [41] YAM J C, LI F F, ZHANG X, *et al.* Two-year clinical trial of the low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: phase 2 report. *Ophthalmology*, 2020, 127(7): 910–919.
- [42] CHIA A, CHUA W H, WEN L, *et al.* Atropine for the treatment of childhood myopia: changes after stopping atropine 0.01%, 0.1% and 0.5%. *Am J Ophthalmol*, 2014, 157(2): 451–457.e1.

(2021-07-01收稿, 2021-09-15修回)

编辑 姜 恬