

引文格式:魏瑞华,张红梅,刘盛鑫,刘桂华.加强我国儿童青少年近视的科学预防与控制[J].眼科新进展,2023,43

(1):1-6. doi:10.13389/j.cnki.rao.2023.0001

【述评】

# 加强我国儿童青少年近视的科学预防与控制<sup>△</sup>

魏瑞华 张红梅 刘盛鑫 刘桂华



作者简介:魏瑞华(ORCID:0000-0002-9708-0355),女,1974年8月出生,天津人,博士,主任医师,教授,博士研究生导师。研究方向:青少年近视防控,高度近视并发症诊治和隐形眼镜相关防治。E-mail:rwei@tmu.edu.cn

收稿日期:2021-08-15

修回日期:2021-11-15

本文编辑:申蓝

△基金项目:天津市高等学校本科教学质量与教学改革研究计划项目(编号:B201006202)

作者单位:300384 天津市,天津医科大学眼科医院,眼视光学院,眼科研究所

**【摘要】** 我国儿童青少年近视率居高不下,近视低龄化、重度化日益严重,已成为重要的公共卫生问题,儿童青少年近视防控也已上升为国家战略。目前,近视的病因尚未明确。因此,仍需深入探讨遗传和环境因素对近视的影响,进一步明确户外活动、角膜塑形镜、多焦点隐形眼镜、框架眼镜、阿托品滴眼液、重复低强度红光照射治疗等措施的优势及可能存在的局限性,综合考虑和应用现有的近视防控措施,制定科学有效的干预策略,加强我国儿童青少年近视的科学预防与控制。

**【关键词】** 近视;预防与控制;儿童青少年;干预措施

**【中图分类号】** R778.1

近视是全世界主要的公共卫生问题之一<sup>[1]</sup>。从全球来看,约有19.50亿人(28.30%世界人口)患有近视,2.77亿人(4.00%世界人口)患有高度近视。据预测,到2050年,世界上半的人口(约50亿人)将患近视,9.80%近视患者将成为高度近视<sup>[2]</sup>。近视,尤其是高度近视(超过-6.00D的近视)<sup>[3]</sup>将极大地增加眼部病变及视力受损的风险,引发诸如黄斑病、青光眼、脉络膜新生血管、视网膜萎缩、视网膜脱离和视神经病变等<sup>[4]</sup>。高度近视已经成为全世界人口视力损伤的主要原因之一。近视所导致的这些威胁视力的变化虽然主要发生在中老年期,但其背后的病因是在儿童青少年时期发展起来的。目前,我国已成为近视大国,儿童青少年近视呈现高发、低龄化趋势,不仅影响儿童青少年身心健康,更关乎国防安全,我国政府高度重视并已上升为国家战略。国家卫健委公布2020年我国儿童青少年总体近视率为52.70%,其中6岁儿童为14.30%,小学生为35.60%,初中生为71.10%,高中生为80.50%。因此,探讨遗传和环境对近视的影响,提出科学有效的干预策略和措施,加强我国儿童青少年近视的科学预防与控制势在必行。

## 1 遗传和环境因素与近视发生发展的复杂关系

近视形成的原因比较复杂,与遗传和环境因素密切相关。目前,已经从传统的分别探讨遗传因素和环境因素对近视影响的相对贡献,发展到承认遗传因素和环境因素两者共同作用的重要性。遗传风险评分(GRS)、环境风险评分(ERS)及基因-环境交互作用(G×E)与近视和轴率比(AL/CR)显著相关。GRS的预测值为0.67(95%CI:0.64~0.70),ERS的预测值为0.69(95%CI:0.66~0.72);加入G×E后,预测值显著提高至0.73(95%CI:0.70~0.75)<sup>[5]</sup>。如果一个孩子的父母双方均患有近视,则遗传基因的影响会使孩子患近视的概率增加大约60.00%;而如果通过改变环境因素,增加更多的户外活动时间(每周14h或每天2h)几乎可以中和遗传因素带来的风险,将患近视的概率降至约20.00%,这与父母无近视的孩子基本相同<sup>[6]</sup>。

环境影响近视的典型案例是在新型冠状病毒肺炎

情期间近视的进展。2019年新型冠状病毒肺炎(COVID-19)席卷全世界。为了减少传染,大多数国家采取了居家隔离政策,以室内活动为主,儿童、青少年和成年人把大量时间花在阅读书籍、看电视、玩电子游戏或使用电脑(包括平板电脑)和智能手机来访问在线媒体和社交网络,电子屏幕使用时间明显增加。在居家隔离期间,通过调查问卷评估了儿童的体育活动、户外活动时间、电子屏幕使用时间和社交媒体的使用情况,结果发现,8岁的孩子在隔离期间平均每天电子屏幕使用时间为5.14h,83.50%的孩子电子屏幕使用时间超过推荐的2h<sup>[7]</sup>。这种过度的近距离活动可能会带来更大的近视发生发展风险。其中,一项研究对我国广州12所小学的二年级学生观察1年,对暴露组和非暴露组学生进行详细的眼科检查并分析比较,以评估COVID-19暴发期间的环境变化与近视发展之间的关联,结果表明,COVID-19暴发期间,我国儿童的近视发展有所增加,近视患病率从13.30%增加到20.80%,近视儿童比例从31.10%增加到49.00%<sup>[8]</sup>。虽然目前全球COVID-

19 疫情日趋平稳, 社会秩序逐步恢复, 但未来仍需要更多的研究探索 COVID-19 暴发后近视流行病学的长期变化趋势。

## 2 近视的公共卫生和眼部健康问题

近视对个人和社会的负担都是巨大的。Fricke 等<sup>[9]</sup>的一项系统综述量化了与近视性黄斑病变相关的失明和视力损伤, 并预测了未来的全球趋势, 该研究估计到 2050 年, 视力损伤人数将增长到 5570 万, 其中 1850 万人将失明。近视性黄斑病变的风险及其对公共健康的影响并不限于高度近视患者。正如 Flitcroft 等<sup>[3]</sup>简述的那样“没有所谓安全的近视水平”, 每 1.00 D 都很重要。近视的风险会随着近视度数的增加而增加, 但绝大多数近视患者为中低度近视。在澳大利亚蓝山眼科研究中, 43% 的近视性黄斑病变患者是由 5.00 D 以下的近视造成的<sup>[10]</sup>。因此, 控制近视有可能降低近视患者普遍的视力受损风险。此外, 近视度数越低, 就越容易实现最小的残余屈光误差, 这是现代角膜屈光手术一个公认的特点。因此, 术前近视度数越低, 矫正后的视力越好, 需要二次加强手术的可能性越低; 术前近视度数越高, 术后视觉质量越差<sup>[11]</sup>。因此, 在近视向视力丧失发展的每一步中, 预防和控制措施都是必要的。其中, 一些旨在延缓近视发生发展的临床试验结果取得了一定进展。

## 3 近视的预防和控制

**3.1 户外活动** 2007 年, 一项近视队列研究首次证实了户外活动时间较长的小学生近视发生风险较低<sup>[6]</sup>。Wu 等<sup>[12]</sup>的研究来自一百多万名我国台湾儿童(7~12 岁)的数据, 从 2001 年到 2015 年, 每年两次测量受试者裸眼视力, 结果发现, 受试者裸眼视力低于 0.8 的比例从 2001 年的 35.00% 上升到 2011 年的 50.00%。2010 年, 我国台湾推行了一项“天天 120”的政策计划, 即鼓励学校将 120 min 的户外活动时间纳入到日常计划中, 在推行“天天 120”计划后逆转了之前 9 年近视进展的趋势, 2015 年儿童裸眼视力低于 0.8 的比例降至 46.00%。一项对 303 名青年人(25~30 岁)开展的近视研究(KYAMS)评估了受试者的近视状况, 并收集了受试者在儿童期(8~12 岁)和成年期户外活动时间的主观和客观测量数据, 结果发现, 在儿童青少年时期更多的户外活动时间与成年后的近视率较低有关<sup>[13]</sup>。Rose 等<sup>[14]</sup>对 1765 名 6 岁儿童(1 年级)和 2367 名 12 岁儿童(7 年级)在 2003 年至 2005 年期间开展了近视研究, 在调整了近距离工作、父母近视和种族因素后发现, 较高的户外活动时间而不是运动本身与较少的近视和较高的平均屈光度有关。该研究结论具有里程碑意义。

在动物实验方面, Yang 等<sup>[15]</sup>将 12 只 2 个月大

的恒河猴随机分为两组, 即人工光组和自然光组, 人工光组猴在人工(室内)照明下(08:00~20:00)饲养; 自然光组猴暴露在自然(室外)照明下 4 h(09:00~11:00 和 15:00~17:00)。实验结束后发现, 与人工光组猴相比, 自然光组猴的双眼均呈现明显的远视屈光和较短的玻璃体内深度, 这些结果与目前的临床研究结果一致, 即增加户外照射可以防止近视发展。

儿童户外活动时运动量更大, 或太阳的紫外线照射会产生更多的维生素 D, 这些均在某种程度上防止了儿童眼的异常生长和近视的发生, 而更主要的机制认为, 户外较亮的光线刺激了视网膜释放多巴胺, 随后激活启动了分子级联信号, 最终使眼的生长速度减慢, 近视的风险降低。此外, 户外活动时更明亮的光线、周边离焦减少、不同色光光谱、稳定的昼夜节律、较少的近距离工作和更高的空间频率能量对近视防控均有一定的作用<sup>[13]</sup>。

北京儿童眼病的研究提出了新的观点, 研究结果表明, 每天 30 min 的户外活动暂时降低了非近视儿童的近视发展, 但在项目结束后的 3 年内产生了完全的反弹效应, 373 名 6~7 岁(1 年级或 2 年级)的儿童从 2012 年至 2016 年每年接受全面的眼科检查和生物测量发现, 研究组儿童( $n=157$ )在学校每天进行 30 min 的慢跑运动, 而对照组儿童( $n=216$ )没有进行, 两组近视儿童的眼轴基线之间没有差异, 1 年后, 研究组儿童的眼轴增长率和近视屈光度数的增长明显低于对照组, 但在户外活动停止后的 1 年和 2 年内, 眼轴的增长明显高于其他组, 基线后 4 年, 研究组与对照组儿童的眼轴增长和屈光度变化均没有显著差异<sup>[16]</sup>。

多少剂量的户外活动时间可以最大限度地防止近视的发生? 是每周 14 h 或每天 2 h 还是更多或更少? 不同年龄段的儿童是否需要相同的剂量? 近视发生是完全消除近视还是只是推迟? 这些问题仍然需要持续关注。

鼓励学龄儿童每天 2~3 h 的户外活动, 这种安全、无害的干预措施应该作为预防近视的首选措施。建议政府部门开展广泛合作, 尤其是教育和卫生健康部门, 制定并完善国家近视防控实施方案, 同时也可以解决其他与儿童有关的公共卫生问题, 如儿童肥胖症和心理健康等。此外, 建议加强对家长和教师的科普教育, 以提高其对近视、高度近视及其危害的认识, 普及防控近视发生发展的具体措施。如何说服家长在不影响孩子学业的情况下增加其户外活动时间是一个挑战, 也是未来工作的重点。国家政策、家庭引导、学校教育应互相配合, 形成合力, 这样才能有效降低我国儿童青少年近视率和高度近视患病率。

**3.2 角膜塑形镜** 现代 OK 镜是一种逆几何设计的硬性透气性角膜接触镜, 通过使角膜前表面中央变

平、周边变陡峭来重塑角膜<sup>[17]</sup>。通常在第2天仍然保持其重塑的形状,白天不需要配戴框架眼镜。在香港,Cho等<sup>[18]</sup>开展了OK镜延缓近视(ROMIO)的研究,102名6~10岁、近视屈光在-0.50 D和-4.00 D之间的儿童被随机分配到OK镜组和单光眼镜组,研究发现,OK镜组儿童眼轴增长为0.36 mm,明显低于单光眼镜组的0.63 mm;在OK镜治疗2年后,眼轴增长减少了43.00%;进一步分析表明,儿童的眼轴增长与初始年龄和治疗方式有关,而与初始近视程度无关。Chen等<sup>[19]</sup>比较了近视儿童使用4种不同品牌OK镜和单焦点框架眼镜后的眼轴增长情况,研究发现,OK镜组儿童眼轴增长速度均比对照组儿童慢( $P < 0.05$ ),不同品牌的OK镜在有效减缓近视儿童的眼轴增长方面差异较小。

为了阐明OK镜的长期有效性,日本开展了一项为期5年的OK镜有效性研究,该研究共有59名8~12岁的儿童参与,OK镜组在5年内儿童眼轴增长为0.99 mm,明显低于对照组(单焦眼镜)的1.41 mm;同时发现,OK镜的治疗效果在第1年更好,第2年儿童眼轴增长出现下降,在治疗的前3年,OK镜组和对照组儿童眼轴增长差异显著,但在治疗的第4年和第5年,两组儿童眼轴增长并无明显差异<sup>[20]</sup>。由此可见,OK镜的治疗效果可能仅限于治疗的前3年。

在中国,对65名接受OK镜治疗的儿童和63名接受单焦点眼镜矫正儿童的医疗记录进行分析,与之前提到的只涉及中低度近视儿童的研究不同,该研究最主要的优势是纳入了-10.00 D的高度近视儿童,研究发现,通过OK镜矫正儿童的近视度数降低6.00 D,而残余的近视则由眼镜来矫正;进一步分析显示,OK镜对低度近视者( $< -3.00 \sim -0.50$  D)、中度近视者( $> -6.00 \sim -3.00$  D)和高度近视者( $\leq -6.00$  D)近视控制率分别为49.00%、59.00%和46.00%,表明OK镜对低度至高度近视儿童的控制效果是一致的<sup>[21]</sup>。该结论与OK镜部分矫正高度近视(HM-PRO)研究结果相似<sup>[22]</sup>。

OK镜可以减缓近视患者眼轴的增长,可能是由于中周部角膜变陡峭引起的相对周边远视离焦减少造成的。尽管有关于OK镜治疗周边相对近视离焦的一致报告<sup>[23-24]</sup>,但目前还没有研究探索周边相对近视离焦的大小与近视延缓率之间的关系。因此,需要进一步研究以确定各种措施诱导的周边离焦变化与相应的近视延缓率或进展率之间的关联。

有研究通过对动物研究结果的推断发现,脉络膜厚度的急剧变化和脉络膜分泌的生长因子在儿童眼球的生长中起着重要作用<sup>[25]</sup>。此外,在配戴OK镜3周或6个月的儿童中也观察到了脉络膜增厚反应,由此可以认为OK镜治疗后脉络膜厚度变化与最终眼轴增长之间可能存在着因果关系<sup>[26]</sup>,但是,目前的研究关于脉络膜厚度变化观察时间较短,仍

需要长期随访观察。

**3.3 多焦点隐形眼镜** 近年来,软性多焦点隐形眼镜(MFCLs)对近视的控制效果得到较广泛的关注,这些镜片包括有同心环的镜片,周边区域近附加设计的镜片以及具有渐进性近附加设计的镜片。一项对软性MFCLs(MiSight)的随机对照试验表明,MiSight(中心视力清晰,周边正附加)组与对照组受试者的3年等效球镜度数分别为( $-0.51 \pm 0.64$ ) D和( $-1.24 \pm 0.61$ ) D(减少了59.00%),眼轴长度分别为( $0.30 \pm 0.27$ ) mm和( $0.62 \pm 0.30$ ) mm(减少了52.00%)<sup>[27]</sup>。基于这项多中心、随机、为期3年的临床试验结果,美国食品和药物管理局批准了日抛型MiSight用于延缓儿童近视。

Przekoracka等<sup>[28]</sup>评估了不同近附加的MFCLs的视觉性能,研究显示,与中心区直径为4.50 mm镜片相比,中心区直径为3.00 mm和高附加(Add + 4.00 D)的MFCLs会略微降低远视力,但在中等近附加的MFCLs(Add + 2.00 D)中无远视力下降,中央对比敏感度仅受到低附加(Add + 2.00 D)的MFCLs的损害,两种近附加的MFCLs对周边对比敏感度的降低程度相似。

家长在使用隐形眼镜时,总是会担心隐形眼镜是否会对眼造成潜在的伤害。研究者对日抛型软镜、可重复使用型软镜和OK镜的微生物角膜炎(MK)的绝对风险进行了分析,计算了儿童期(8~18岁)和终生(8~65岁)配戴软镜和OK镜的绝对风险,研究发现,眼轴超过26.00 mm且近视度数超过6.00 D的患者,其视力受损的终生风险比任何隐形眼镜的MK终生风险都要更大,成人长戴型软镜除外;如果眼轴低于26.00 mm,近视度数低于3.00 D,则终生配戴角膜接触镜的风险更大,但日抛型镜片情况除外;儿童期配戴任何方式的OK镜10年,出现MK的可能性均比视力损伤风险低<sup>[29]</sup>。因此,从8岁开始配戴隐形眼镜控制近视的终身风险低于近视超过6.00 D或眼轴超过26.00 mm时视力损伤的终身风险;如果只考虑儿童时期配戴控制近视的隐形眼镜,隐形眼镜的积极作用更强,尤其是日抛型镜片。临床医生应该有信心主动向年幼的儿童推荐近视控制型隐形眼镜,其安全性和潜在的益处均是显而易见的。

隐形眼镜(如OK镜和MFCLs)可以减缓近视的发展和眼轴的增长。但仍有一些问题尚待解决,镜片的最佳屈光力分布?如何在不影响视力的情况下最大限度地减缓近视的发展?角膜接触镜治疗应该持续多长时间?是否存在反弹效应?该为哪些人以及何时提供这种治疗?这些问题还需要更多研究进行探讨。目前医师面临的问题是需要仔细指导和建议家长是否需要这些干预以及何时进行这些干预,因为这些治疗时间相对漫长,花费较高。

**3.4 框架眼镜** 框架眼镜因其配戴方便,价格便

宜,安全性高被大众广泛接受。近来非球面镜片、周边离焦镜片被广泛应用。Bao等<sup>[30]</sup>通过对157名儿童进行随机临床试验,评价与传统的单光镜片相比,高度非球面镜片和轻微非球面镜片在控制近视方面的效果,结果发现,高度非球面镜片和轻微非球面镜片在2年内降低了近视的发展速度和眼轴增长,高度非球面镜片的效果更好,且配戴时间越长,高度非球面镜片的近视控制效果越好。香港理工大学新开发的多区正向光学离焦(DIMS)镜片可以显著延缓近视的发展和眼轴增长<sup>[31-32]</sup>。DIMS镜片是定制的眼镜片,中心光区直径为9.00 mm,用于矫正远距离屈光不正,而环形区包括多个直径约为1.00 mm的圆形凸透镜区段。这样的光学设计同时允许清晰的中心视力,并在周边视网膜上引入近视离焦。在一项为期2年的160名8~13岁中国近视儿童的双盲随机试验中,DIMS组的平均近视度数发展速度 $[( -0.41 \pm 0.06) D]$ 要比配戴单焦眼镜的对照组 $[( -0.85 \pm 0.08) D]$ 低,DIMS组平均眼轴增长 $[(0.21 \pm 0.02) mm]$ 也低于单焦眼镜的对照组 $[(0.55 \pm 0.02) mm]$ 。

**3.5 阿托品滴眼液** 1989年,Yen等<sup>[33]</sup>在第一个随机、安慰剂对照的阿托品控制近视试验中指出,10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品使用1年组,近视进展最不明显,为每年 $( -0.22 \pm 0.54) D$ ,而使用安慰剂滴眼液的对照组近视进展为每年 $( -0.91 \pm 0.58) D$ 。由于阿托品引起的畏光和视近模糊等副作用,该研究结果最终没有被转化为临床干预方法。

在2006年进行阿托品治疗儿童近视研究(ATOM-1)中<sup>[34]</sup>,10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组2年内儿童近视度数进展 $[( -0.28 \pm 0.92) D]$ 明显低于安慰剂组 $[( -1.20 \pm 0.69) D]$ ;通过超声测量,10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组2年内儿童眼轴保持不变,为 $( -0.02 \pm 0.35) mm$ ,而安慰剂组儿童存在明显的眼轴增长,为 $(0.38 \pm 0.38) mm$ ,且与安慰剂组相比,10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组儿童近视的平均进展减少77.00%,但在停止使用10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品后有明显的反弹效应,在停止治疗1年后,10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组的儿童近视度数增加了 $( -1.14 \pm 0.8) D$ ,对照组儿童近视度数增加了 $( -0.38 \pm 0.39) D$ 。

随后,2012年发表的ATOM-2研究发现,使用5.0 g·L<sup>-1</sup>%、1.0 g·L<sup>-1</sup>%和0.1 g·L<sup>-1</sup>的低浓度阿托品后,受试者2年内近视度数增长分别为 $( -0.30 \pm 0.60) D$ 、 $( -0.38 \pm 0.60) D$ 和 $( -0.49 \pm 0.63) D$ ,眼轴增长分别为 $(0.27 \pm 0.25) mm$ 、 $(0.28 \pm 0.28) mm$ 和 $(0.41 \pm 0.32) mm$ ,瞳孔大小分别增加3.11 mm、2.42 mm和0.91 mm,调节幅度减少分别为11.70 D、6.00 D和3.60 D;0.1 g·L<sup>-1</sup>阿托品组中的反弹效应明显低于1.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组和5.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组;经过1年的洗脱期,5.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组、1.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品组和0.1 g·L<sup>-1</sup>阿托品组受

试者近视度数分别增加了 $( -0.87 \pm 0.52) D$ 、 $( -0.68 \pm 0.45) D$ 和 $( -0.28 \pm 0.33) D$ ,眼轴增长分别为 $(0.26 \pm 0.23) mm$ 、 $(0.24 \pm 0.21) mm$ 和 $(0.19 \pm 0.18) mm$ ;将2年治疗期和第3年的洗脱期合并分析发现,受试者近视的总体进展情况在0.1 g·L<sup>-1</sup>阿托品组中是最小的,为 $( -0.72 \pm 0.72) D$ 。因此,基于该研究,0.1 g·L<sup>-1</sup>阿托品滴眼液可以在临床上被广泛用于预防近视进展<sup>[35]</sup>。

在香港也有对4~12岁儿童进行低浓度阿托品控制近视进展(LAMP)的研究,对近视度数 $\geq -1.00 D$ 的儿童随机分组后,每天分别使用0.50 g·L<sup>-1</sup>阿托品、0.25 g·L<sup>-1</sup>阿托品、0.10 g·L<sup>-1</sup>的阿托品和安慰剂滴眼液,1年后儿童屈光度的变化分别为 $( -0.27 \pm 0.61) D$ 、 $( -0.46 \pm 0.45) D$ 、 $( -0.59 \pm 0.61) D$ 和 $( -0.81 \pm 0.53) D$ ,眼轴变化分别为 $(0.20 \pm 0.25) mm$ 、 $(0.29 \pm 0.20) mm$ 、 $(0.36 \pm 0.29) mm$ 和 $(0.41 \pm 0.22) mm$ ;在为期2年的随访中,0.50 g·L<sup>-1</sup>阿托品组、0.25 g·L<sup>-1</sup>阿托品组和0.10 g·L<sup>-1</sup>阿托品组儿童近视屈光度的进展分别为 $(0.55 \pm 0.86) D$ 、 $(0.85 \pm 0.73) D$ 和 $(1.12 \pm 0.85) D$ ,眼轴增长分别为 $(0.39 \pm 0.35) mm$ 、 $(0.50 \pm 0.33) mm$ 和 $(0.59 \pm 0.38) mm$ ;该研究发现,在减少近视发展的2年随访中,0.50 g·L<sup>-1</sup>阿托品滴眼液的疗效是0.1 g·L<sup>-1</sup>阿托品滴眼液的2倍,0.50 g·L<sup>-1</sup>阿托品是减缓近视发展的最佳浓度<sup>[36]</sup>。

Foo等<sup>[37]</sup>对166例近视患者进行回顾性研究,确定每周使用1次、2次和3次10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品的有效性,3组患者之间在基线上没有显著差异,所有患者均进行至少15个月的随访,在随访期间,每周使用1次、2次和3次患者的屈光度变化分别为 $(0.26 \pm 0.70) D$ 、 $(0.51 \pm 0.70) D$ 和 $(0.46 \pm 0.76) D$ ,屈光度变化没有显著差异( $P=0.342$ ),10.0 g·L<sup>-1</sup>阿托品部分时间使用提供了一种治疗近视患者的替代方案。

迄今为止,阿托品滴眼液是减缓近视发展的有效干预措施<sup>[38]</sup>。在未来的研究中,需要解决的问题包括何时开始使用阿托品治疗,阿托品滴眼液的最佳剂量,使用频率和时间(夜间,每周),治疗的持续时间,停止治疗后的潜在反弹现象,高浓度阿托品如何减量,在哪个年龄段可以停止治疗,阿托品的长期安全性,不同种族对阿托品反应的影响等。持续密切关注药物的安全性和有效性才能为儿童青少年推荐最合适的近视防控方法。

**3.6 重复低强度红光照射治疗** 重复低强度红光(RLRL)照射治疗是近两年在我国开展的一项可用于辅助儿童青少年近视防控的方法<sup>[39-41]</sup>。RLRL照射辅助治疗的提出基于前文所述光照与近视预防的关系,采用低强度红光(单波长650 nm)直接照射局部眼底的方式,作为增加环境强光照射的替代方案。通过此方法可使相对较高能量的有效光在较短的曝

光时间内在眼内传递,从而达到控制近视的目的。

关于 RLRL 延缓近视发展的原理目前尚未完全明确。Wu 等<sup>[42]</sup>的研究指出,缺氧在巩膜细胞外基质重塑和近视发展中具有重要作用,巩膜缺氧微环境诱导巩膜成纤维细胞向肌成纤维细胞分化,导致巩膜细胞外基质重塑,巩膜强度和厚度同时下降,这是引起眼轴增长和近视形成的关键因素。而目前的研究显示,近视儿童青少年 RLRL 治疗后,脉络膜厚度增加,推测该治疗可以促进脉络膜血液循环,进而增加脉络膜厚度和供血量,改善巩膜缺氧并恢复巩膜胶原水平,抑制眼轴增长,达到延缓近视进展的作用<sup>[39-40,43]</sup>。

Xiong 等<sup>[43]</sup>的研究对比了低强度激光治疗、OK 镜和框架眼镜的近视控制效果,结果显示,治疗 6 个月后三种治疗方式的眼轴变化分别为 ( $-0.06 \pm 0.15$ ) mm、( $0.06 \pm 0.15$ ) mm 和 ( $0.23 \pm 0.06$ ) mm,而且低强度激光治疗短期内可有效延缓近视发展,且效果优于 OK 镜。Zhou 等<sup>[39]</sup>的低强度红光治疗(LLRT)研究指出,与框架眼镜相比,LLRT 治疗 9 个月后的患者眼轴增长可得到有效延缓,并提出,对于近视儿童青少年,较高的年龄(8~14 岁 vs. 4~7 岁)以及基础眼轴较长( $>24$  mm vs.  $\leq 24$  mm)的受试者表现出更好的近视控制效果。Jiang 等<sup>[40]</sup>的多中心随机对照研究显示,经过为期 1 年的 RLRL 治疗后,RLRL 组较对照组近视患者眼轴增长延缓 69.40%,屈光度进展减少了 76.60%,表现出了较好的近视控制效果,且在 1 年的治疗过程中,未出现严重不良事件。

但值得注意的是,目前最长的临床观察周期仅为 1 年,尚没有眼部组织结构和功能损伤的报道,个别儿童照射后出现后像反应,其长期治疗的有效性和安全性目前尚未明确,仍需进一步研究验证。另外,该治疗的作用机制、起效阈值、单次曝光时间、治疗频率、最佳适用对象、停用时机、停用方式、停用后是否发生回弹及安全界值等问题仍亟待确认。

**3.7 联合治疗** 当前综合使用各种治疗方法可以最大限度地发挥干预措施对近视控制的治疗效果,如 OK 镜和  $0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  阿托品联合治疗近视可能会产生更好的治疗效果,同时也保持了它们自身作为单一治疗方法的优点。一项荟萃分析共纳入 267 名受试者,该研究显示,在相对较短的治疗时间内,试验组(OK 镜和  $0.1 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$  阿托品的联合治疗)受试者的平均眼轴比对照组(OK 镜单项治疗)减少 0.09 mm,联合治疗比 OK 镜单项治疗对减缓近视儿童的眼轴增长更为有效<sup>[44]</sup>。此外,联合治疗对裸眼视力、角膜内皮细胞密度和眼压没有负面影响,但治疗方法的叠加可能会使副作用也叠加,因此,需要更多的研究提供进一步的证据。

## 4 小结

迄今为止,近视的发病机制尚不明确,是多因素

导致的常见眼部疾病。近视呈现高发、低龄化的趋势,低龄儿童面临近视进展速度快、病程长、高度近视发病危险高的挑战,人群中高度近视比例和基数不断增加。增加户外活动时间是目前已知的唯一能预防近视发病的干预措施,近视防控应重视节点前移,重点做好学龄前和小学生视力保护。针对已经近视的儿童,视光医生应科学、与时俱进地掌握各种矫正和控制手段的机制和特性,综合考虑,个性化施治,不能一刀切地向所有近视儿童推荐单项控制近视疗法。在选择近视防控方法如阿托品、OK 镜、周边离焦框架眼镜或隐形眼镜时,需定期监测儿童近视屈光度和眼轴发展情况,排除生理性眼轴增长,客观准确了解进展速度,审慎决定进行长期的、复杂的、耗费大量时间和金钱的干预措施。

## 参考文献

- [1] DOLGIN E. The myopia boom[J]. *Nature*, 2015, 519 (7543): 276-278.
- [2] HOLDEN B A, FRICKE T R, WILSON D A, JONG M, NAIDOO K S, SANKARIDURG P, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123 (5): 1036-1042.
- [3] FLITCROFT D I, HE M, JONAS J B, JONG M, NAIDOO K, OHNO-MATSUI K, et al. IMI-defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies [J]. *Investig Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(3): M20-M30.
- [4] BULLIMORE M A, BRENNAN N A. Myopia control: why each diopter matters [J]. *Optom Vis Sci*, 2019, 96(6): 463-465.
- [5] ENTHOVEN C A, TIDEMAN J W L, POLLING J R, TEDJA M S, RAAI H, IGLESIAS A I, et al. Interaction between lifestyle and genetic susceptibility in myopia: the generation R study [J]. *Eur J Epidemiol*, 2019, 34(8): 777-784.
- [6] JONES L A, SINNOTT L T, MUTTI D O, MITCHELL G L, MOESCHBERGER M L, ZADNIK K. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(8): 3524-3532.
- [7] KLAVER C C W, POLLING J R, ENTHOVEN C A. 2020 as the year of quarantine myopia [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2021, 139 (3): 300-301.
- [8] HU Y, ZHAO F, DING X, ZHANG S, LI Z, GUO Y, et al. Rates of myopia development in young Chinese schoolchildren during the outbreak of COVID-19 [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2021, 139(10): 1115-1121.
- [9] FRICKE T R, JONG M, NAIDOO K S, SANKARIDURG P, NADUVILATH T J, HO S M, et al. Global prevalence of visual impairment associated with myopic macular degeneration and temporal trends from 2000 through 2050: systematic review, meta-analysis and modelling [J]. *Br J Ophthalmol*, 2018, 102(7): 855-862.
- [10] VONGPHANIT J, MITCHELL P, WANG J J. Prevalence and progression of myopic retinopathy in an older population [J]. *Ophthalmology*, 2002, 109(4): 704-711.
- [11] BAILEY M D, OLSON M D, BULLIMORE M A, JONES L, MALONEY R K. The effect of LASIK on best-corrected high- and low-contrast visual acuity [J]. *Optom Vis Sci Off Publ Am Acad Optom*, 2004, 81(5): 362-368.
- [12] WU P C, CHEN C T, CHANG L C, NIU Y Z, CHEN M L, LIAO L L, et al. Increased time outdoors is followed by reversal of the long-term trend to reduced visual acuity in Taiwan primary school students [J]. *Ophthalmology*, 2020, 127(11): 1462-1469.
- [13] LINGHAM G, YAZAR S, LUCAS R M, MILNE E, HEWITT A W, HAMMOND C J, et al. Time spent outdoors in childhood is associated with reduced risk of myopia as an adult [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 6337.
- [14] ROSE K A, MORGAN I G, IP J, KIFLEY A, HUYNH S, SMITH W, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children [J]. *Ophthalmology*, 2008, 115(8): 1279-1285.
- [15] YANG X, YANG Y, WANG Y, WEI Q, DING H, ZHONG X. Protective effects of sunlight exposure against PRK-induced myopia in infant rhesus monkeys [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2021, 41(4): 911-921.

- [16] GUO Y, LIU L, LV Y, TANG P, FENG Y, WU M, *et al.* Outdoor jogging and myopia progression in school children from rural Beijing; the Beijing children eye study[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2019, 8(3): 2.
- [17] CHO P, TAN Q. Myopia and orthokeratology for myopia control[J]. *Clin Exp Optom*, 2019, 102(4): 364-377.
- [18] CHO P, CHEUNG S W. Retardation of myopia in Orthokeratology (ROMIO) study; a 2-year randomized clinical trial[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(11): 7077-7085.
- [19] CHEN R, YU J, LIPSON M, CHEEMA A A, CHEN Y, LIAN H, *et al.* Comparison of four different orthokeratology lenses in controlling myopia progression[J]. *Contact Lens Anterior Eye*, 2020, 43(1): 78-83.
- [20] HIRAOKA T, KAKITA T, OKAMOTO F, TAKAHASHI H, OSHIKA T. Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia; a 5-year follow-up study[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(7): 3913-3919.
- [21] ZHU M J, FENG H Y, HE X G, ZOU H D, ZHU J F. The control effect of orthokeratology on axial length elongation in Chinese children with myopia[J]. *BMC Ophthalmol*, 2014, 14: 141.
- [22] CHARM J, CHO P. High myopia-partial reduction orthokeratology (HM-PRO): study design[J]. *Contact Lens Anterior Eye*, 2013, 36(4): 164-170.
- [23] KANG P, SWARBRICK H. Peripheral refraction in myopic children wearing orthokeratology and gas-permeable lenses[J]. *Optom Vis Sci*, 2011, 88(4): 476-482.
- [24] TICAK A, WALLINE J J. Peripheral optics with bifocal soft and corneal reshaping contact lenses[J]. *Optom Vis Sci*, 2013, 90(1): 3-8.
- [25] ZHOU X, ZHANG S, ZHANG G, CHEN Y, LEI Y, XIANG J, *et al.* Increased choroidal blood perfusion can inhibit form deprivation myopia in guinea pigs[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020, 61(13): 25.
- [26] LEE J H, HONG I H, LEE T Y, HAN J R, JEON G S. Choroidal thickness changes after orthokeratology lens wearing in young adults with myopia[J]. *Ophthalmic Res*, 2021, 64(1): 121-127.
- [27] CHAMBERLAIN P, PEIXOTO-DE-MATOS S C, LOGAN N S, NGO C, JONES D, YOUNG G. A 3-year randomized clinical trial of misight lenses for myopia control[J]. *Optom Vis Sci*, 2019, 96(8): 556-567.
- [28] PRZEKORACKA K, MICHALAK K, OLSZEWSKI J, ZERI F, MICHALSKI A, PALUCH J, *et al.* Contrast sensitivity and visual acuity in subjects wearing multifocal contact lenses with high additions designed for myopia progression control[J]. *Contact Lens Anterior Eye*, 2020, 43(1): 33-39.
- [29] GIFFORD K L. Childhood and lifetime risk comparison of myopia control with contact lenses[J]. *Contact Lens Anterior Eye*, 2020, 43(1): 26-32.
- [30] BAO J, HUANG Y, LI X, YANG A, ZHOU F, WU J, *et al.* Spectacle lenses with aspherical lenslets for myopia control vs single-vision spectacle lenses; a randomized clinical trial[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2022, 140(5): 472-478.
- [31] LAM C S, TANG W C, LEE P H, ZHANG H Y, QI H, HASEGAWA K, *et al.* Myopia control effect of defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lens in Chinese children; results of a 3-year follow-up study[J]. *Br J Ophthalmol*, 2022, 106(8): 1110-1114.
- [32] LAM C S Y, TANG W C, TSE D Y, LEE R P K, CHUN R K M, HASEGAWA K, *et al.* Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression; a 2-year randomised clinical trial[J]. *Br J Ophthalmol*, 2020, 104(3): 363-368.
- [33] YEN M Y, LIU J H, KAO S C, SHIAO C H. Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia[J]. *Ann Ophthalmol*, 1989, 21(5): 180-182, 187.
- [34] CHUA W H, BALAKRISHNAN V, CHAN Y H, TONG L, LING Y, QUAH B L, *et al.* Atropine for the treatment of childhood myopia[J]. *Ophthalmology*, 2006, 113(12): 2285-2291.
- [35] CHIA A, CHUA W H, CHEUNG Y B, WONG W L, LINGHAM A, FONG A, *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)[J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(2): 347-354.
- [36] YAM J C, JIANG Y, TANG S M, LAW A K P, CHAN J J, WONG E, *et al.* Low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: a randomized, double-blinded, placebo-controlled trial of 0.05%, 0.025%, and 0.01% atropine eye drops in myopia control[J]. *Ophthalmology*, 2019, 126(1): 113-124.
- [37] FOO L L, HTOON H, FAROOQUI S Z, CHIA A. Part-time use of 1% atropine eye drops for prevention of myopia progression in children[J]. *Int Ophthalmol*, 2020, 40(7): 1857-1862.
- [38] BRENNAN N A, TOUBOUTI Y M, CHENG X, BULLIMORE M A. Efficacy in myopia control[J]. *Prog Retin Eye Res*, 2021, 83: 100923.
- [39] ZHOU L, XING C, QIANG W, HUA C, TONG L. Low-intensity, long-wavelength red light slows the progression of myopia in children; an Eastern China-based cohort[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022, 42(2): 335-344.
- [40] JIANG Y, ZHU Z, TAN X, KONG X, ZHONG H, ZHANG J, *et al.* Effect of repeated low-level red-light therapy for myopia control in children: a multicenter randomized controlled trial[J]. *Ophthalmology*, 2022, 129(5): 509-519.
- [41] HUGHES R P J, READ S A, COLLINS M J, VINCENT S J. Axial elongation during short-term accommodation in myopic and nonmyopic children[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2022, 63(3): 12.
- [42] WU H, CHEN W, ZHAO F, ZHOU Q, REINACH P S, DENG L, *et al.* Scleral hypoxia is a target for myopia control[J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2018, 115(30): E7091-E7100.
- [43] XIONG F, MAO T, LIAO H, HU X, SHANG L, YU L, *et al.* Orthokeratology and low-intensity laser therapy for slowing the progression of myopia in children[J]. *Biomed Res Int*, 2021, 2021: 8915867.
- [44] WANG S, WANG J, WANG N. Combined orthokeratology with atropine for Children with myopia; a meta-analysis[J]. *Ophthalmic Res*, 2021, 64(5): 723-731.

## Necessity for scientific prevention and control of myopia in Chinese children and adolescents

WEI Ruihua, ZHANG Hongmei, LIU Shengxin, LIU Guihua

The Eye Institute, School of Optometry, Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China

**[Abstract]** Chinese children and adolescents show a high prevalence rate of myopia with lowering ages and increasing severity, which has become a significant public health problem. The prevention and control of myopia in children and adolescents have also become a national strategy. At present, the etiology of myopia is not yet clear. Therefore, it's necessary to further explore the influence of genetic and environmental factors on myopia, clarify the advantages and possible limitations of measures such as outdoor activities, orthokeratology lenses, multifocal contact lenses, spectacles, atropine eye drops and repeated low-level red-light, comprehensively apply the existing prevention and control measures of myopia, formulate scientific and effective intervention strategies, and strengthen the scientific prevention and control of myopia in Chinese children and adolescents.

**[Key words]** myopia; prevention and control; children and adolescents; interventions