

《国际近视研究院近视防控白皮书Ⅲ》解读

何鲜桂^{1,2} 戚紫怡^{1,2} 许迅^{1,2}

¹上海市眼病防治中心 上海市眼科医院/上海市视觉健康中心,上海 201103;²上海交通大学医学院附属第一人民医院 国家眼部疾病临床医学研究中心,上海 200080

通信作者:何鲜桂,Email:xianhezi163.com

【摘要】 目前,近视的高发生率是全球范围内共同面临的公共卫生问题,近视相关并发症的发生风险日益凸显。国际近视研究院(IMI)于2015年成立,旨在推动近视防控领域的科学研究和临床实践,且已陆续发表了近视诊疗和管理的近视防控白皮书。IMI于2023年发布了第3系列近视防控白皮书,进一步加深和拓展了近视研究和管理的关键词,重点介绍了轴性近视眼的非病理性眼组织变化及脉络膜在眼球生长发育和近视防控管理中的作用,深入研究了不太典型人群(婴幼儿和青年成人)中近视的发病、进展和管理证据,调查报告了临床实践中近视管理的建议和策略,总结了自2019年以来近视研究中重要的新发现,并将其整合为IMI 2023文摘。本文对IMI第3系列近视防控白皮书的重点内容进行解读,帮助与近视防控相关的专业工作者了解国际相关研究提供的最新证据并优化近视相关疾病的防治策略,推动我国近视防控研究和管理工作的进展。

【关键词】 近视; 防控; 脉络膜; 国际近视研究院; 近视防控白皮书

基金项目: 上海市科委优秀学术带头人项目(22XD1422900); 上海市卫生健康委员会学科带头人计划项目(2022XD032); 科技部重点研发计划项目(2021YFC2702100、2021YFC2702104); 国家自然科学基金项目(82273648)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20230710-00034

Interpretation of the International Myopia Institute's White Papers on Myopia Prevention and Control III

He Xiangui^{1,2}, Qi Ziyi^{1,2}, Xu Xun^{1,2}

¹Shanghai Eye Disease Prevention and Treatment Center, Shanghai Eye Hospital, Shanghai Vision Health Center, Shanghai 201103, China; ²Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University School of Medicine, National Clinical Medical Research Center for Eye Diseases, Shanghai 200080, China

Corresponding author: He Xiangui, Email: xianhezi@163.com

【Abstract】 The high prevalence of myopia is a global public health concern, and the risk of associated complications is becoming increasingly apparent. The International Myopia Institute (IMI) was established in 2015 to promote scientific research and clinical practice in myopia control, and IMI published the White Paper on Myopia Prevention and Control on the diagnosis, treatment, and management of myopia. In 2023, the IMI released the series three of the White Paper on Myopia Prevention and Control, which delves deeper into key issues in myopia research and management. The white paper focuses on non-pathological changes observed in axial myopia, and the role of the choroid in eye growth and myopia management. It also reviews the evidence for myopia incidence, progression and management in atypical populations, such as infants, pre-school children, and young adults. It provides recommendations and strategies for clinical practice in myopia management and summarizes important new findings in myopia research since 2019, which are summarized into the IMI 2023 Digest. This article aims to interpret the key contents of the series three of the White Paper on Myopia Prevention and Control, to help professionals involved in myopia control to stay informed about the latest evidence from international research, to optimize strategies for preventing and treating myopia-related diseases, and ultimately to promote the development of myopia research and management in China.

【Key words】 Myopia; Prevention and control; Choroid; International Myopia Institute; White papers on myopia prevention and control

Fund program: Excellent Academic Leader of Shanghai Science and Technology Commission (22XD1422900); Talent Program of Shanghai Municipal Health and Health Commission (2022XD032); Key R&D Program of Ministry of Science and Technology (2021YFC2702100, 2021YFC2702104); National Natural Science Foundation of China (82273648)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20230710-00034

近视的高发生率已成为全球范围内的普遍公共卫生问题,其相关并发症的发生风险日益突出。为应对这一挑战并推动近视防控工作进展,2015 年著名眼科学家 Brien Holden 教授发起成立了国际近视研究院(International Myopia Institute, IMI),组织全球资深眼健康相关专业人士、研究人员和其他相关者共同开展近视研究,推动近视防控领域的科学研究和管理实践。2019—2021 年,IMI 相继发布了第 1、2 系列白皮书,分别提供了关于近视发展和管理的共识和指导文件,并全面探讨近视的负担、危险因素、调节与双眼视觉、病理性近视以及预防和控制方法。2023 年 IMI 发布第 3 系列白皮书,重点介绍与近视研究和管理相关的关键领域内容,包括轴性近视眼中的非病理性眼组织变化^[1]、脉络膜在眼球生长发育和近视防控管理中的作用^[2]、婴幼儿^[3]和青年人^[4]等人群近视的发病、进展和管理证据,以及关于临床实践中近视管理态度和策略的调查报告^[5]。此外,第 3 系列白皮书还总结了自 2019 年以来近视研究关键主题的新发现,并将其整合为 IMI 2023 文摘^[6]。本文对 IMI 第 3 系列近视防控白皮书的重点内容进行解读,帮助我国相关从业者了解国际相关研究的最新证据,以利于科学研究成果快速转化为有效的近视预防和控制策略。

1 近视的定义和分类

IMI 2023 文摘指出,采用固定阈值对近视进行定义存在局限性^[6],建议在不同性质的近视研究中调整相应的近视定义方法^[7],并强调改变近视的诊断阈值对非睫状肌麻痹的屈光度进行解释更为合理。此前的 IMI 白皮书中未将睫状肌麻痹作为近视定义的条件,仅强调了“眼部调节放松”的状态。近年大量近视研究中涉及了非睫状肌麻痹下的儿童屈光数据,这些研究越来越多地推荐采用等效球镜(spherical equivalent, SE)联合未矫正视力进行诊断^[8],此外,更复杂的校正分析对非睫状肌麻痹下近视患病率的估计可能更为有效。

学龄儿童在数年内屈光状态会发生变化,远视只是短暂的屈光状态。IMI 第 2 系列近视白皮书提出了近视前期的概念,可较好地解释幼儿正视化的动态过程,受到研究者的密切关注^[9-10],希望通过近视前期阶段的研究中能够预测近视的发生,为近视的早期防控干预提供机会。目前已有 2 项针对近视前期干预的随机对照研究结果证实了其有效性和可接受性^[11-12],未来还将有更多的相关研究报道为我们提供更多的有效干预方案。此外,后续的纵向研究有望进一步阐明从近视前期到近视形成的动态发展特征,并进一步确定

近视前期的定义,如对不同年龄段近视前期进行定义的屈光界值。

2 近视眼的组织变化及发病机制

2.1 非病理性眼部组织变化

第 3 系列近视白皮书详述了轴性近视眼的非病理性眼部组织变化特征^[1]。近视眼眼轴的伸长导致眼球由扁球形或球形变为长椭圆形,眼球的赤道后部是球壁扩张的中心,除轴向的伸长外,眼球的水平径和垂直径均稍增加^[13]。轴性近视眼的光感受器、视网膜色素上皮(retinal pigment epithelium, RPE)细胞密度和视网膜总厚度的下降在眼球赤道后部最为显著,后极部的黄斑区则不明显^[13],而脉络膜和巩膜的变薄以中心凹下区域最为明显^[14]。脉络膜的变化主要涉及大、中血管层,部分高度近视眼有脉络膜内视乳头旁腔。近视眼巩膜组织明显重塑,并伴有细胞外基质和巩膜成纤维细胞的改变,Bruch 膜的厚度与眼轴长度变化无关。

中度近视眼 Bruch 膜开口(Bruch membrane opening, BMO)在视乳头处扩大并向中心凹方向移动,构成视乳头管壁的 3 层结构(内层为 BMO,中层为脉络膜开口,外层为视乳头周巩膜缘穿透开口的筛板)发生错位(图 1)^[15],导致 Bruch 膜突出到视乳头鼻侧内区,而在颞侧视乳旁区缺失(γ 区)^[16],视盘呈尺寸偏小的垂直椭圆形。高度近视眼视盘增大并伴 BMO 扩大,使鼻侧突出的 Bruch 膜回缩至视乳头旁区,形成圆形的 γ 区, γ 区内视乳头周巩膜缘延长和变薄,构成视乳头旁 δ 区。随近视眼眼轴增长,颞侧 γ 区扩大,中心凹-视盘距离增加,但颞侧上下血管弓之间距离不变,故血管弓夹角(κ 角)减小,视乳头-黄斑的视网膜血管和神经纤维拉伸变直。这些变化对我们理解近视眼眼轴伸长的机制、病理性结构变化及近视对视功能的影响有重要帮助。

2.2 脉络膜与近视的关系

脉络膜与近视的关系是近年来研究的热点之一,脉络膜厚度变化在近视发生和发展中的作用逐渐被揭示。脉络膜位于巩膜和 Bruch 膜之间,主要功能是为附近组织提供营养物质、清除废物、调节眼球温度、吸收杂散光线、调节眼压。脉络膜分泌多种因子,包括一氧化氮、多巴胺和乙酰胆碱等,在眼的正视化和眼球生长的抑制中发挥作用。视网膜和脉络膜均可合成一氧化氮,可抑制眼球的生长;多巴胺激动剂也有抑制眼球生长和诱导脉络膜增厚的作用;胆碱能拮抗剂阿托品等可导致脉络膜增厚。这些研究结果是脉络膜增厚与眼部生长抑制有关的支持证据^[2]。

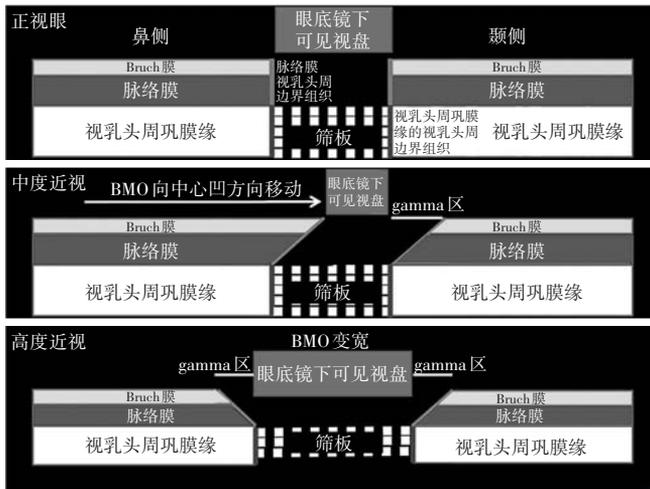


图 1 不同程度近视眼非病理性眼部组织变化示意图 视乳头管 3 层结构在正视眼中的排列正常,中度近视眼中 BMO 向颞侧方向移动,高度近视眼中 BMO 变宽^[15] BMO: Bruch 膜开口

既往已有多项动物实验探索了脉络膜变化与近视发生之间的关联,发现无论是形觉剥夺性近视还是负性眼镜片诱导的近视均与脉络膜变薄有关,反之亦然^[17]。此外,近视发展与脉络膜血管灌注改变也有关。研究显示,阿托品、强光等除可抑制近视发展外,还可增加脉络膜血流灌注,减少巩膜组织缺氧。研究表明,脉络膜血流减少、巩膜缺氧均与近视的形成存在一定关联^[2]。

多项临床研究发现脉络膜厚度与近视发展相关。对成人和儿童的研究发现,脉络膜变薄与较高近视度数、较长眼轴有关^[2],增加光照(即户外时间)和红光眼部照射疗法均与脉络膜厚度长期增加有关^[18]。近视儿童接受光学近视控制治疗后 1 个月脉络膜厚度显著增加,治疗后 12~24 个月脉络膜仍持续变厚^[19]。此外,研究发现配戴角膜塑形镜后 1 个月脉络膜厚度变化与受试眼 12 个月后眼轴增长程度相关,提示配戴角膜塑形镜 1 个月的脉络膜反应可能能够预测近视控制效果^[19]。脉络膜厚度也被认为是预测未来眼轴增长(从而预测近视发展)的生物标志物,眼轴增长减慢与脉络膜增厚(尤其颞侧)有关。但也研究结果报道不支持该结论,因此,有必要进一步研究脉络膜在人类近视眼发生和发展及其相关病理过程中的作用^[20]。

越来越多的证据表明,较厚的脉络膜与较短的眼轴或近视屈光度值较小有关,反之亦然。然而,脉络膜厚度变化与近视的发展是因果关系还是伴随关系、观察到的人类脉络膜厚度的短期变化是否可以转化为眼球生长速度的持久变化等问题仍待进一步探索。

2.3 动物模型研究

IMI 2023 文摘阐述了动物模型在近视研究中发挥

的重要作用^[6],通过动物模型研究我们已确认正视化是一种基于视觉反馈的主动过程^[21],并提供了形觉剥夺和离焦诱导实验性近视的框架用于研究视觉信号和药物对眼生长的影响,这些研究结果已转化为儿童近视控制的策略。

动物模型研究还发现一些信号通路在眼球生长中对 RPE、脉络膜和巩膜组织变化发挥调控作用,如炎症细胞因子白细胞介素 6 在眼球生长中起重要作用,而 lumican 过度表达可导致巩膜成纤维细胞凋亡。此外,近期的研究发现表皮生长因子 1 在视网膜网络中发挥重要作用。未来的研究将进一步阐明视网膜到巩膜之间与近视发展相关的信号调控通路,以加深对近视形成机制的认识并进一步开发新的近视干预策略。

动物模型研究结果还验证了多种潜在近视控制方法的有效性。在药物治疗研究方面,外用咖啡因、口服 7-甲基黄嘌呤、左旋多巴与卡比多巴胺的联合使用以及黑视素均可有效减缓近视进展。昼夜节律、多巴胺和照明强度对眼球的生长均有影响。眼组织中的多巴胺在白天释放,可减缓眼的近视倾向;高强度光在正视化中发挥重要作用,低光照强度可能降低正视化能力;纵向色差、窄带环境照明和视网膜光感受器传递的 ON/OFF 通路也与眼球生长和近视形成有关。此外,巩膜交联是控制近视进展的一种潜在手段,但其安全性和有效性仍需进一步研究。

3 近视干预的进展和临床管理指南

新的眼镜镜片设计、角膜塑形镜和药物治疗等近视干预措施的研究进展为近视控制提供了更多新的选择,IMI 2023 文摘总结归纳了近期高质量近视干预方法研究的结果^[6]。

在眼镜镜片的设计方面,多区正向光学离焦镜片、外周有较低或较高的非球面微透镜片(分别为 SAL 和 HAL)、扩散光学技术镜片控制近视的有效性均得到证实,近年来也证实了多种设计的软性角膜接触镜(soft contact lens, SCL),如双焦点 SCL、景深扩展 SCL 和 MiSight SCL 可有效延缓近视的进展。角膜塑形镜通过一些新型的镜片设计,如多焦点角膜塑形镜、减小角膜塑形镜的后视区直径以及调整压缩系数等也进一步优化了其作用。

目前关于药物干预近视的方法研究仍然有限,除在部分地区使用的咖啡因以及其相关药物 7-甲基黄嘌呤外,局部应用的阿托品仍是疗效确定的近视控制药物。最近的资料表明,年龄较小的儿童需要更高浓度的阿托品以达到类似的近视进展控制效果。值得注

意的是,局部阿托品的应用与其他光学干预的联合试验对近视的防控产生了多元效果。

近年来,低水平红光(low level red light, LLRL)开始用于近视的治疗^[18,22-25],其较好的治疗效果引起广泛关注,虽然光疗法有望为近视防控打开新局面,但其作用机制、反弹效应、安全性等仍需深入研究。另外,还有一项研究探讨了紫外光的作用^[26]。

在近视的临床管理方面,目前建议将眼轴伸长的累积绝对量减少(cumulative absolute reduction in axial elongation, CARE)作为评估治疗效果的替代方案^[27]。同时研究也发现,各类眼镜的配戴时间和近视者对治疗的依从性可潜在影响近视治疗效果^[28]。即使是年龄较大的儿童接受近视控制措施也可受益,治疗中除要考虑改善视力外,还应考虑其他视觉功能、主观视觉质量和生活质量的改善,但目前这些研究鲜有涉及。

关于近视干预措施的研究目前仍致力于新的治疗方法、治疗效果和安全性评估的探索。目前采用的干预措施具有良好的效果且安全性较好。然而,由于大部分临床试验观察时间有限,因此一些干预方法的长期安全性仍需进一步验证。近视干预措施的持续改进和临床管理指南的修订将为近视患者提供更有效、更安全和个性化的治疗选择。

4 婴幼儿高度近视的管理和研究

学龄前儿童中高度近视患病率低于 1%^[29],婴幼儿高度近视主要为早产(包括早产儿视网膜病变)及遗传引发的继发性改变^[30-31],其中伴有广泛的眼部和眼外临床症状的单基因型高度近视称为综合征性近视。

对婴幼儿高度近视的临床评估包括综合征性近视的识别、进行光学矫正和控制近视加深等。儿童诊断为高度近视后的首要任务是对综合征性近视的常见特征进行临床评估,确定是否存在对儿童全身健康有更大影响的疾病,包括详细询问病史以识别可能的遗传模式和综合征性近视的症状,对角膜、晶状体、玻璃体和视网膜进行详细的眼部检查,眼轴长度、角膜曲率等生物学参数测量以辨别近视类型,以及对结缔组织病非眼部体征的检查等,如果疑似儿童单基因或综合征性近视,则可能需要临床遗传学家和儿科医生共同检查。作为儿科医生或学校视力筛查后的第一道防线,初级眼保健机构需识别儿童综合征性近视的危险因素,以便及时和适当转诊以进行进一步检查。

考虑到视觉发育问题并避免弱视发生,对罹患高度近视的婴幼儿进行光学矫正至关重要。除考虑主要的矫正方法,即配戴眼镜外,配戴角膜接触镜更有助于

有屈光参差或配戴传统眼镜有困难儿童生活质量和视力的改善。对存在光学矫正特别困难的神经行为异常等儿童是否选择屈光手术仍然存在争议^[32]。目前由于幼儿高度近视干预疗效仍存在临床异质性,疗效的评估仍缺乏证据,因此这类儿童的近视控制干预措施选择需根据具体情况制定个性化方案。高度近视婴幼儿的诊疗及管理指南见图 2。

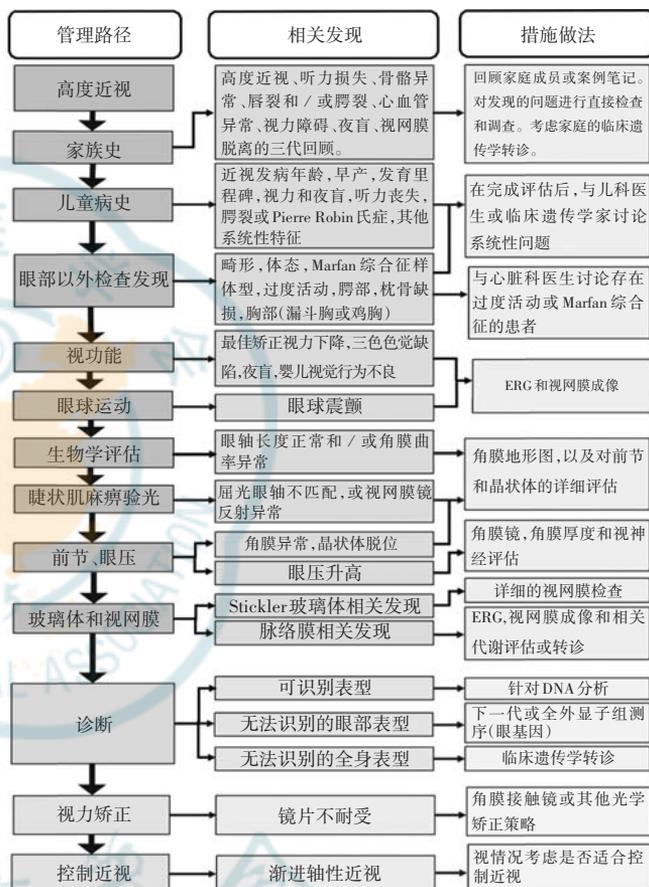


图 2 医院环境下婴幼儿高度近视的评估、检查、诊断和管理的综合指南 ERG: 视网膜电图

5 青年人近视发生和发展的特点及其管理

近视的发生和进展并非仅限于儿童时期, 成年期也存在近视的风险^[4], 了解青年人近视的发展特点和管理方式对于近视防控实践具有重要意义。尽管大多数近视发生于儿童时期且在 18 岁时稳定, 但部分人在成年后才发生近视。不同职业群体的成年近视患病率有所不同, 其中医科、工科、艺术系学生等近视发生率较高, 青年人近视年发生率为 10%~24%, 多数报道在 5%~14%。

青年人近视的进展速度较慢, 但仍可能持续进展。大学生的近视进展较为明显, 18~25 岁的近视患者近视进展速率为 -0.1~-0.2 D/年, 平均 -0.14 D/年; 而

25~40 岁近视患者近视进展常低于 -0.1 D/年 。眼轴伸长是成人近视进展的原因之一,18~25 岁近视患者眼轴伸长速率为 $0.05\sim 0.1\text{ mm/年}$,平均 0.07 mm/年 ,平均年近视进展速度与眼轴增长速度之比约为 -2 D/mm 。此外,接受角膜屈光手术的成年近视患者术后仍可能出现近视度数变化和眼轴延长,术前近视度数较高者术后更容易出现近视进展^[33]。

近视度数较高增加了近视相关眼部疾病和视力障碍的发生风险,因此该年龄组的近视患者需要持续进行管理。目前尚缺乏成年人近视干预疗效评估的研究数据,儿童近视干预的方法也可用于成年人,但其疗效难以预测。成人近视干预研究的可行性受研究所需时间、研究对象招募和保留等问题的限制,仍需进一步了解该人群近视的发生和进展情况开展临床试验,以评估成年近视人群的治疗效果。而在设计和实施这些试验时需充分应对一些困难并考虑个体的特点和需求,以制定有效的管理策略。

6 全球近视管理临床实践现状

全球眼科医生对于近视管理问题的关注程度一直很高,尤其是亚洲地区,这与亚洲地区的近视发生率高有关。虽然不同大洲、不同国家之间的近视关注程度和临床实践水平有所不同,但与 2015 年和 2019 年相比均有所提升^[34-35]。

不同地区采用的近视控制方法各不相同,但总体而言单光框架眼镜的配戴仍是最多使用的矫正方法。随着更多近视控制方法的出现和临床研究对其他措施有效性的验证,2019 年以来单光框架眼镜配戴的比例有所降低,而有近视控制效能的框架眼镜、角膜接触镜和联合矫正方法的选择则越来越普遍。研究表明,采用“欠矫”的方法对近视防控是无效的,甚至会增加儿童近视的发展速度^[36],然而一些地区的医生仍在应用(非洲 35.1%、南美洲 31.1% 的医生报告至少“有时”会用)。近年来“欠矫”配镜方法的采用率逐渐下降(2015、2019、2022 年分别为 27.3%^[34]、20.4%^[35] 和 16.9%)。

临床医生对不同近视控制方法风险收益比的顾虑较小,大大推进了近视管理的实施。然而,近视控制方法的可及性及患者的经济负担等问题仍存在,尤其在非洲和亚洲地区较为明显,而医生对相关医疗信息的快速获取在欧洲和北美洲较不平衡,大大影响了不同地区对近视的管理现状。就近视管理的认知维度而言,医生们认为联合疗法最有效,但临床实践中联合疗法使用率较低,主要与干预方法的可及性(尤其是阿

托品等药物的开具权限和可获取性)有关。因此需要政府及其他眼科相关行业与医院协同合作,以满足近视防控领域对经济、技术、资源配置等方面的迫切需求。

目前对于近视矫正方法的选择尚无统一标准,多数临床医生主要依据患者年龄、近视度数、近视进展速度、眼轴长度、近视风险程度和患者及家属偏好等因素选择干预方法,其中以年龄及近视度数为主,其次为近视风险因素(父母是否近视)和眼轴长度。眼轴变化是医生调整近视控制措施的主要考量,此外还有近视的进展程度和患者的依从性,这充分体现患者进行定期随访和建立屈光发育档案对近视管理的重要性。

7 总结及展望

第 3 系列的 IMI 白皮书依据近视眼组织形态学和临床研究描述了非病理性近视的眼球变化,对我们更好地理解近视眼轴增长机制、眼球病理结构变化及近视对视觉功能的影响具有重要意义。最新的近视白皮书还关注了脉络膜的解剖结构和功能及脉络膜与眼球生长调节和近视发生的关系,总结了人眼脉络膜厚度的量化方法和相关挑战,复习了与各种视觉刺激和屈光不正相关脉络膜变化的文献并阐述了这些变化对近视的潜在影响,并提出关于短期脉络膜厚度变化是否可以预测长期眼轴增长以及短期脉络膜增厚是否可以作为近视控制效果判断的生物标志物等问题,还需更多研究加以验证。

针对婴幼儿高度近视的研究,第 3 系列白皮书详细探讨了其流行病学及病因、评估及转诊、治疗与管理等方面的问题。婴幼儿高度近视是一种罕见疾病,其病因模式与大龄儿童不同。关于婴幼儿高度近视的检查、光学矫正和近视控制方法的临床管理过程比较复杂,需要多学科之间的交叉合作。同时,IMI 还关注了青年人近视的特点和管理方法,提出成年早期仍然存在有临床意义的近视进展问题,该年龄段的近视仍需继续关注 and 持续管理,儿童近视控制方法或许也适用于成年近视,但目前尚无法证实其疗效,仍需在更多的临床研究和临床实践中补充更多的证据。

第 3 系列白皮书还提供了近视临床管理指南的概述,回顾了全球近视管理临床实践的现状,强调近视防控的个体化评估和个性化治疗的重要性,鼓励眼科医生及时了解最新文献信息和研究进展动态,以便为近视患者选择最佳的个性化干预方式。未来研究需要进一步探索不同近视防控方法的作用、协同作用和效果,为近视防控策略的调整或方法的选择提供更好的证据。

总体而言,近几年近视防控研究快速发展且不断

演进,持续的研究有助于我们更好地理解近视的发病机制,并为提出精准的近视防控策略奠定基础。

利益冲突 所有作者均声明不存在任何利益冲突

志谢 感谢龚蔚、赵文辰、陈玳西、章歆梓和赵灵逸为撰写本文提供翻译资料

参考文献

- [1] Jonas JB, Spaide RF, Ostrin LA, et al. IMI-nonpathological human ocular tissue changes with axial myopia[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 5 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126358/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.5.
- [2] Ostrin LA, Harb E, Nickla DL, et al. IMI-the dynamic choroid: new insights, challenges, and potential significance for human myopia[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 4 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126359/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.4.
- [3] Flitcroft I, Ainsworth J, Chia A, et al. IMI-management and investigation of high myopia in infants and young children[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 3 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126360/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.3.
- [4] Bullimore MA, Lee SS, Schmid KL, et al. IMI-onset and progression of myopia in young adults[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 2 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126362/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.2.
- [5] Wolffsohn JS, Whayeb Y, Logan NS, et al. IMI-global trends in myopia management attitudes and strategies in clinical practice-2022 update[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 6 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126357/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.6.
- [6] Sankaridurg P, Berntsen DA, Bullimore MA, et al. IMI 2023 digest[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(6) : 7 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37126356/>. DOI: 10.1167/iavs.64.6.7.
- [7] Flitcroft DI, He M, Jonas JB, et al. IMI-defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2019, 60(3) : M20-M30. DOI: 10.1167/iavs.18-25957.
- [8] Jong M, Jonas JB, Wolffsohn JS, et al. IMI 2021 yearly digest[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021, 62(5) : 7 [2023-06-20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33909031/>. DOI: 10.1167/iavs.62.5.7.
- [9] Wang CY, Hsu NW, Yang YC, et al. Premyopia at preschool age: population-based evidence of prevalence and risk factors from a serial survey in Taiwan[J]. Ophthalmology, 2022, 129(8) : 880-889. DOI: 10.1016/j.ophtha.2022.03.017.
- [10] Liu L, Li R, Huang D, et al. Prediction of premyopia and myopia in Chinese preschool children: a longitudinal cohort[J/OL]. BMC Ophthalmol, 2021, 21(1) : 283 [2023-06-20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34289821/>. DOI: 10.1186/s12886-021-02045-8.
- [11] Yam JC, Zhang XJ, Zhang Y, et al. Effect of low-concentration atropine eyedrops vs placebo on myopia incidence in children: the LAMP2 randomized clinical trial[J]. JAMA, 2023, 329(6) : 472-481. DOI: 10.1001/jama.2022.24162.
- [12] He X, Wang J, Zhu Z, et al. Effect of repeated low-level red light on myopia prevention among children in China with premyopia: a randomized clinical trial[J/OL]. JAMA Netw Open, 2023, 6(4) : e239612 [2023-07-05]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37099298/>. DOI: 10.1001/jamanetworkopen.2023.9612.
- [13] Jonas JB, Xu L, Wei WB, et al. Retinal thickness and axial length[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2016, 57(4) : 1791-1797. DOI: 10.1167/iavs.15-18529.
- [14] Wei WB, Xu L, Jonas JB, et al. Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study[J]. Ophthalmology, 2013, 120(1) : 175-180. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.07.048.
- [15] Jonas JB, Jonas RA, Bikbov MM, et al. Myopia: histology, clinical features, and potential implications for the etiology of axial elongation[J/OL]. 2022 : 101156 [2023-06-20]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36585290/>. DOI: 10.1016/j.pretyeres.2022.101156.
- [16] Jonas JB, Jonas SB, Jonas RA, et al. Parapapillary atrophy: histological gamma zone and delta zone[J/OL]. PLoS One, 2012, 7(10) : e47237 [2023-06-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23094040/>. DOI: 10.1371/journal.pone.0047237.
- [17] Nickla DL, Wallman J. The multifunctional choroid[J]. Prog Retin Eye Res, 2010, 29(2) : 144-168. DOI: 10.1016/j.pretyeres.2009.12.002.
- [18] Chen H, Wang W, Liao Y, et al. Low-intensity red-light therapy in slowing myopic progression and the rebound effect after its cessation in Chinese children: a randomized controlled trial[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2023, 261(2) : 575-584. DOI: 10.1007/s00417-022-05794-4.
- [19] Li Z, Hu Y, Cui D, et al. Change in subfoveal choroidal thickness secondary to orthokeratology and its cessation: a predictor for the change in axial length[J/OL]. Acta Ophthalmol, 2019, 97(3) : e454-e459 [2023-06-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30288939/>. DOI: 10.1111/aos.13866.
- [20] Tian F, Zheng D, Zhang J, et al. Choroidal and retinal thickness and axial eye elongation in Chinese junior students[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021, 62(9) : 26 [2023-06-21]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34279570/>. DOI: 10.1167/iavs.62.9.26.
- [21] Wiesel TN, Raviola E. Myopia and eye enlargement after neonatal lid fusion in monkeys[J]. Nature, 1977, 266(5597) : 66-68. DOI: 10.1038/266066a0.
- [22] Jiang Y, Zhu Z, Tan X, 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. DOI: 10.1016/j.ophtha.2021.11.023.
- [23] Zhou L, Xing C, Qiang W, et al. 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. DOI: 10.1111/opo.12939.
- [24] Dong J, Zhu Z, Xu H, et al. Myopia control effect of repeated low-level red-light therapy in Chinese children: a randomized, double-blind, controlled clinical trial[J]. Ophthalmology, 2023, 130(2) : 198-204. DOI: 10.1016/j.ophtha.2022.08.024.
- [25] Xiong R, Zhu Z, Jiang Y, et al. Sustained and rebound effect of repeated low-level red-light therapy on myopia control: a 2-year post-trial follow-up study[J]. Clin Exp Ophthalmol, 2022, 50(9) : 1013-1024. DOI: 10.1111/ceo.14149.
- [26] Mori K, Torii H, Hara Y, et al. Effect of violet light-transmitting eyeglasses on axial elongation in myopic children: a randomized controlled trial[J/OL]. J Clin Med, 2021, 10(22) : 5462 [2023-06-22]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34830743/>. DOI: 10.3390/jcm10225462.
- [27] Brennan NA, Toubouti YM, Cheng X, et al. Efficacy in myopia control[J/OL]. Prog Retin Eye Res, 2021, 83 : 100923 [2023-06-22]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33253901/>. DOI: 10.1016/j.pretyeres.2020.100923.
- [28] Bao J, Huang Y, Li X, 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. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2022.0401.
- [29] Ma Y, Qu X, Zhu X, et al. Age-specific prevalence of visual impairment and refractive error in children aged 3-10 years in Shanghai, China[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2016, 57(14) : 6188-6196. DOI: 10.1167/iavs.16-20243.
- [30] Haarman A, Thiadens A, van Tienhoven M, et al. Whole exome sequencing of known eye genes reveals genetic causes for high myopia[J]. Hum Mol Genet, 2022, 31(19) : 3290-3298. DOI: 10.1093/hmg/ddac113.
- [31] Flitcroft DI, Loughman J, Wildsoet CF, et al. Novel myopia genes and pathways identified from syndromic forms of myopia[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2018, 59(1) : 338-348. DOI: 10.1167/iavs.17-22173.
- [32] Daoud YJ, Hutchinson A, Wallace DK, et al. Refractive surgery in children: treatment options, outcomes, and controversies[J]. Am J Ophthalmol, 2009, 147(4) : 573-582. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.12.028.
- [33] Gab-Alla AA. Is the axial length a risk factor for post-LASIK myopic regression? [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2021, 259(3) : 777-786. DOI: 10.1007/s00417-020-04990-4.
- [34] Wolffsohn JS, Calossi A, Cho P, et al. Global trends in myopia management attitudes and strategies in clinical practice[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2016, 39(2) : 106-116. DOI: 10.1016/j.clae.2016.02.005.
- [35] Wolffsohn JS, Calossi A, Cho P, et al. Global trends in myopia management attitudes and strategies in clinical practice-2019 Update[J]. Cont Lens Anterior Eye, 2020, 43(1) : 9-17. DOI: 10.1016/j.clae.2019.11.002.
- [36] Logan NS, Wolffsohn JS. Role of un-correction, under-correction and over-correction of myopia as a strategy for slowing myopic progression[J]. Clin Exp Optom, 2020, 103(2) : 133-137. DOI: 10.1111/exo.12978.

(收稿日期:2023-07-10 修回日期:2023-07-13)

(本文编辑:尹卫靖 刘艳)