

# 青少年近视影响因素及防控方法进展

李 遥, 周希媛\*

重庆医科大学附属第二医院眼科, 重庆

收稿日期: 2023年4月9日; 录用日期: 2023年5月3日; 发布日期: 2023年5月10日

## 摘 要

近视是一个全球性疾病, 青少年近视更是处于一个居高不下的占比。近视比例呈逐年上涨趋势, 且在各个国家占比不同。近视伴随眼轴增长, 在成年以后会出现各种眼部问题, 由于眼轴增加、视网膜变薄, 可能引起黄斑出血、新生血管、视网膜脱离等并发症。近视是由环境因素和遗传因素共同决定的, 其防控手段多种多样, 本文拟对青少年近视影响因素及防控方法进行讨论, 以早发现, 及时干预近视的发展。

## 关键词

青少年, 近视, 近视防控, 影响因素

# Progress in Influencing Factors and Prevention and Control Methods of Juvenile Myopia

Yao Li, Xiyuan Zhou\*

Department of Ophthalmology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: Apr. 9<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 3<sup>rd</sup>, 2023; published: May 10<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

Myopia is a global disease, and the proportion of adolescent myopia remains high. The proportion of myopia is increasing year by year, and the proportion varies from country to country. Myopia is associated with axial growth, which can lead to various eye problems in adulthood. Due to increased axial growth and thinning of the retina, complications such as macular hemorrhage, choroidal neovascularization, and retinal detachment may occur. Myopia is determined by both envi-

\*通讯作者。

ronmental and genetic factors, and its prevention and control methods are diverse. This article intends to discuss the influencing factors and prevention and control methods of juvenile myopia, in order to detect and timely intervene in the development of myopia.

## Keywords

Teenagers, Myopia, Myopia Prevention and Control, Influencing Factors

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近视是一个全球性的健康问题, 近视总体呈现出一个高增长、高进展以及低龄化趋势。2020 年我国儿童青少年总体近视率为 52.7% [1], 较 2019 年上升 2.5 个百分点, 较 2018 年下降 0.9 个百分点; 其中 6 岁儿童近视率为 14.3%, 小学生为 35.6%, 初中生为 71.1%, 高中生为 80.5%。随着电子产品的普及和多媒体教学的盛行, 近视低龄化和近视程度日益加重, 小学生平均每升高一个年级, 近视率增加 9.3%, 幼儿园和小学是我国近视防控重点年龄阶段; 此外, 青少年近视程度日益加重, 近 10% 近视学生为高度近视, 而且占比随年级升高而增长, 在幼儿园 6 岁儿童中有 1.5% 为高度近视, 高中阶段达到了 17.6%。

高度近视常常伴随眼轴增长、脉络膜厚度变薄, 长时间将会引发多种严重并发症, 比如并发性白内障[2] [3]、视网膜脱离[4]、高度近视脉络膜视网膜病变、视网膜脉络膜萎缩[5]、黄斑出血[6]、黄斑裂孔[7] [8]、青光眼[9] [10] [11]等问题。由此可见, 近视是导致可避免视力障碍和危害视力的眼部并发症(尤其是与高度近视相关的眼部并发症)的主要原因。除此之外, 视力不良或未矫正会影响儿童的学习成绩并造成心理压力, 近视及其相关并发症也会降低生活质量, 并且, 因为近视是持续性的, 它的直接成本(诊断、矫正、管理、通行和疾病治疗方面的支出)和生产力损失成本是巨大的[12]。因此, 为循序渐进近视的研究、患者管理和教育, 以防止未来因近视增加而导致视力损害和失明增加, 本文就青少年近视影响因素和近视防控方法进行综述。

## 2. 近视影响因素

近视的影响因素是多种多样的, 包括遗传因素、户外运动时间、近距离用眼时间、性别、年龄、BMI、身高, 除此之外, 还包括饮食、种族、居住地点(城市/农村)、楼层、父母文化程度、不良坐姿、睡眠时间等, 而且不同地区不同人群的近视影响因素不尽相同。

1) **每日户外运动时间:** 首都医科大学王宇教授指出, 每天 2 小时、每周 10 小时以上的户外活动, 可以让孩子的近视率发生降低 10% 以上。长时间的户外运动使视网膜光照时间增多, 光照刺激视网膜合成和释放多巴胺, 抑制眼轴增长, 一定程度上抑制近视发生发展[13] [14], 周翔天教授提出视网膜多巴胺通过激活 D1 和 D2 受体形成内稳态、维持正常屈光发育; 近视诱导时多巴胺减少, 由于多巴胺对 D2 受体亲和力大于 D1 受体, 首先减少对 D1 受体的激活, 破坏了内稳态平衡, 导致近视[15]。周佳[16]、蔡佳玉[17]、Deng-Juan Qian [18]-[24]等对中小学生学习调查显示, 户外活动是近视的保护性因素, 应引导孩子多进行户外运动。此外, 纵向队列研究[25] [26]也表明, 更多的户外活动对近视的发生有显著保护作用, 但对其进展无影响; 也就是说, 更多的户外活动时间只对没有近视的儿童有益, 但是对已经近视的

儿童无益。在户外运动中, 视野将会较为开阔, 有利于眼部肌肉的调节放松, 缓解压力。阳光能够刺激视网膜中的多巴胺分泌, 调控眼轴增长, 从而预防近视[27]。

**2) 遗传因素[28]:** 研究表明[16]-[21] [24] [29] [30] [31] [32], 有血缘关系的父母是近视的重要危险因素, 这已成为公认的近视的影响因素, 且遗传因素在高度近视的发生起着至关重要的作用。近视分为单纯性近视和病理性近视, 病理性近视不仅有近视度增高, 还伴有明显眼底病变及其他并发症的近视。多项基因研究均证明了近视存在明显的遗传异质性[33], 人体 13 条染色体上共 16 个基因位点与近视有关[34] [35]。病理性近视与遗传因素关系较大, 主要为单基因遗传。在多个诱发近视的基因里, 只要其中一种基因被遗传下来, 都会引起病理性近视。有关研究发现[36] [37], 父母双方皆为病理性近视的, 子女发展为病理性近视的概率高达 93%; 父母有一方为病理性近视, 子女的发病率为 45.6%。和病理性近视不同, 单纯近视的遗传方式属于多基因遗传, 在诱发基因相互叠加时起到遗传影响。目前, 眼科学界一般认为, 遗传因素和环境因素对单纯性近视的影响率分别占 60%和 40% [36] [37]。但需要指出的是, 即使没有遗传因素参与, 环境因素也可以直接引起近视眼的发生[36] [37]。

**3) 性别:** 多项研究表明, 青少年近视患病率存在性别差异, 大多女性明显高于男性[16] [18] [19] [20] [22] [24] [38] [39] [40] [41] [42]。此现象可能是因为青春期女性生长发育相对男生较早较快, 其眼球的发育也相对较快。女性的近视率高于男生可能因为: 女性更加刻苦、兴趣爱好、男生更加喜欢室外活动[43]。此外, 激素水平可能对近视患病率有一定影响, 大多数研究显示女性较高的近视发病率为性激素作用引起。这些也在动物实验中得到证明[44]。

**4) 年龄、年级:** 近视率随着年龄、年级的增长而增高[16] [17] [18] [19] [21] [22] [25] [32] [38] [39] [40] [41] [42] [45] [46]。目前青少年近视已呈低龄化趋势, 且随着年龄增长, 近视的患病率不断提高, 并且在中高年级阶段, 近视患病率明显提升; 随着学习阶段的提高, 戴镜率不断增高[42], 并且高度近视所占的比例增高[21]。

**5) BMI、身高:** 近视的发生发展与儿童的生长发育密切相关, 学龄期儿童生长发育快, 近视进展快, 身高较高的儿童眼轴更长、玻璃体腔更长, 更容易趋于近视; 而 BMI 指数较高的儿童玻璃体腔更短, 更有远视的趋势。此外, 儿童青少年近视存在性别差异多是女生近视率高于男生, 多因为女生青春期生长发育较男生快, 眼球发育也相对较快且易受环境因素影响[20]。

**6) 近距离用眼时间:** 长时间的近距离用眼, 巩膜组织在眼外肌的长期机械压迫下, 球壁延伸、眼轴拉长, 近视程度也越来越深, 同时阅读距离减小, 会加重调节滞后[47]。长期在安静的环境下视近活动对晶状体的调节是不利的, 容易引发视力不良。若用近距离用眼时间更长, 近视发生频率更高[18] [19] [21] [22] [24] [42]。

**7) 母亲生育年龄:** 来自英国的大样本流行病学调查显示, 高龄产妇(年龄 > 35 岁)出生的子女近视患病率增加, 近视严重程度增加, 近视年龄也会提前。有报道称父母生育年龄的增加是近视进展的可能危险因素, 与全球日益增加近视趋势相一致。梁远波教授及团队[48]调查了北京市区学生屈光不正进展和父母生育年龄的关系, 发现母亲的生育年龄越大, 子女近视进展可能越快。该研究团队进行为期三年的调查, 对学生及其父母进行验光检查视力, 发现母亲的生育年龄大的儿童屈光度改变更多。

**8) 出生季节:** 上海的一项研究提示 12 月份出生的婴儿近视患病率低, 7 月份出生的婴儿近视患病率高, 这可能与夏季出生的婴儿因户外阳光炙热, 父母带出门接受自然光照时间减少。赵海岚等[20]发现杭州市拱墅区公立小学三年级小学生第 2 季度出生的研究对象近视患病率较第 1 季度出生( $\chi^2 = 4.30, P = 0.041$ )以及第 4 季度( $\chi^2 = 12.06, P < 0.001$ )出生的高。

**9) 智商:** 德国美因茨大学科学家指出, 近视度数与认知能力成正比, 近视严重的人智商可能更高; 研究人员为 3452 人提供视力及智力测试, 结果显示, 近视者拥有较高的认知水平, 智力测试的分数也与

近视度数成正比。3年前,英国《每日邮报》(DailyMail)报道,爱丁堡大学的研究人员指出,在深入分析英国超过30万人的基因数据后,他们发现智商较高的人患有遗传性视力疾病的可能性,比智商一般的人高出30% [49]。但是这些研究分析也有局限性,研究对象都是欧洲人。

**10) 月经初潮年龄:** 月经初潮年龄晚的女性高度近视的发生率较低[50],可能是因为雌激素影响人眼巩膜上基质金属蛋白酶(MMPs)含量,巩膜通过MMPs重构、组织增厚、抑制眼球扩张等。李艳辉等[51]将是否发生月经初潮或首次遗精作为青春期发育的指标,发现视力不良组学生已出现月经初潮或首次遗精的比例较高。伍晓艳等[52]对安徽省9~13岁汉族女童近视筛查,不同年龄月经初潮已来潮和未来潮组间,筛查性近视检出率在9和13岁女童中差异有统计学意义( $\chi^2$ 值分别为4.75, 11.22, P值均 $<0.05$ )。

**11) 心理因素:** 英国《观察家报》曾报道了一项对4000名青少年近视患者的抽样调查,发现青少年视力普遍下降与青少年的心理因素有着密切的关系。王丹发现乌鲁木齐市四至六年级近视学生抑郁检出率为12.32%;近视小学生抑郁量表得分高于正视小学生,差异有统计学意义( $P < 0.05$ ) [40]。孔令菊发现200例病理性近视患者中,有43例出现焦虑(21.50%);38例出现抑郁(19.00%);200例病理性近视患者SAS、SDS(焦虑与抑郁自评量表)评分结果均明显高于全国平均水平,数据比较差异显著( $P < 0.05$ ) [53]。

**12) 用眼习惯:** 一双未洗的手可能藏有几十万个细菌,这些细菌会引起各种眼科疾病。多项研究调查[19] [21] [22] [23] [24] [38] [39] [54]显示:写字时与书本距离加大、睡眠时间充足、作息规律、用眼主动休息、做眼保健操、桌椅较高是近视的保护因素,躺着或移动看书的习惯、长时间近距离用眼、视屏时间增加、握笔时距离笔末端太近、字迹过小以及字体歪斜等是近视的危险因素。读书或写作时,由于胸背部的自然松懈,颈部向前弯曲,颈部动脉受压,颈部和眼睛处于充血状态。时间过久就会造成眼压升高,眼球隆起,眼轴随之变化,最终出现眼部异常而导致近视[21]。

**13) 饮食习惯:** 多吃黄绿色蔬菜,如胡萝卜、玉米、西红柿、西兰花、猕猴桃等,含有丰富的叶黄素和玉米黄素,都有助于延缓眼睛的功能性改变。有研究指出裸眼远视力与血清锌、铜、硒含量呈正相关[55]。魔芋中富含微量元素硒,鸭胗、猪肝等食物富含微量元素锌,胡萝卜富含维生素A,玉米富含叶黄素和玉米黄素,这些元素能有效抗氧化,可以削弱紫外线对眼睛的危害[56]。而甜食、甜饮料是近视的危险因素,王琴等[42]对山西省高平市青少年儿童近视分析发现爱吃甜食的学生发生近视的风险是无甜食爱好者的1.696倍。

**14) 生活环境:** 城镇青少年近视患病率高于农村,多研究[16] [19] [38] [39] [45] [57]已证实,以重度为主并趋于低龄化,可能是城市学生过早接触电子产品,也可能是乡村学生教育水平落后导致近视检出率的降低。特别的是,社会经济地位较高的人近视患病率较高,社会经济地位较低的人患病率相对较低,这可能与社会经济地位带来的教育水平相关[58]。

**15) 睡眠时间:** 儿童青少年睡眠时间充足与不充足呈负相关[16] [19] [23] [42]。睡眠不足可引起植物神经功能紊乱,进一步影响眼睛局部的交感与副交感神经,使眼睛睫状肌调节功能紊乱,导致近视的形成。

**16) 父母的文化程度:** 父母对青少年近视防控知识的掌握程度对青少年近视程度有一定影响[16] [17] [23] [24] [29] [59],可能与父母是否能正确科学指导青少年用眼有关。家长督促孩子保护眼睛是近视发生的保护因素。视力不良与阅读行为差有关,其父母受教育程度影响着子女阅读习惯。

**17) 早产:** 蔡佳玉[17]等纳入湖北省孝感市675名一年级小学生,发现早产是近视的危险因素,早产儿较足月儿更容易患近视,近视进展更快,且早期出生孕龄小或出生体质过低的早产儿更趋于近视,早产儿的正视化过程早于足月儿。

**18) 体育锻炼:** 体育活动是增强体质、预防近视的有效手段。在乒乓球运动过程中,运动员视线随乒乓球运动轨迹进行上千次的远近交替,使睫状肌不断收缩和舒张,对放松眼睛、锻炼睫状肌、改善视

力有较好的作用[60] [61]。在跑步时, 眼球随着人们自身移动随之不断运动, 眼睛不断调节晶体屈光度, 使得眼睛晶体和睫状肌不断收缩和放松, 增强眼睛调节能力; 同时, 在跑步过程中, 户外阳光和绿树草坪等对眼睛有放松、缓解疲劳作用。同理, 在参与篮球运动过程中, 眼球不断进行上下、远近的调节和运动, 使眼部肌肉得到有效活动, 从而促进睫状肌的收缩与放松[62]。

**19) 种族因素:** 关于少数民族种族近视患病率的种族差异资料目前有限。Deng-Juan Qian 等[18]发现中国云南乡村不同民族近视患病率有差异, 纳入彝族、汉族、白族和傣族近视患儿, 傣族近视患病率最高(63.7%), 彝族学生近视患病率最低(36.6%)。国外有研究也发现亚洲人群近视率较高[63]。提示人种对近视患病率具有显著性差异。

### 3. 近视防控方法及矫正方式

近视一旦发生, 我们应该及时矫正视力并控制近视度数的加深。

(一) 家庭: 家庭教育与家庭环境对青少年生长发育至关重要, 作为孩子行为的决策者, 父母近视知识的认知水平对其子女寻求视力健康服务有正面影响[17], 父母对视力健康知识的认知会影响他们对孩子的视力检查及配镜等视力健康寻求行为的决策。家长应了解科学护眼知识, 以身作则, 带动孩子养成良好科学的用眼习惯。并且, 家长应尽可能为青少年提供良好的居家环境。多抽时间陪孩子增加户外活动和锻炼, 在家控制电子产品的使用, 注意纠正孩子不良用眼习惯, 引导孩子走科学护眼路线, 做到“早发现早干预”, 若有异常及时医疗机构就诊。

(二) 学校: 积极对近视高危儿童建立精准的屈光发育档案, 把他们列为重点防控的对象, 践行预防与健康教育, 规律做眼保健操等。

1) 0~6岁: 从小就要建立视力档案。0~6周岁阶段, 孩子视觉系统处于从刚出生的“远视眼”向“正视眼”的快速发展的快速阶段, 也是早期近视防控的关键期。

2) 6~12岁: 要加强户外运动预防近视。每天坚持2小时, 每周坚持10小时以上的户外运动[64]。按时监测眼轴长度变化。眼轴是体现孩子发育的重要指标, 眼轴长度每增加1 mm, 近视度数增加约250~300度。

3) 12~18岁: 注意避免长时间近距离用眼, 保持恰当的视屏距离, 尽量选择大尺寸的屏幕, 保持50厘米以上的注视距离等。

(三) 医疗机构

1) 眼功能训练: “视觉训练”是指利用光学或心理物理等方法, 产生对眼睛视觉系统一定的认知负荷, 从而提高视觉系统的视觉功能、提高视觉舒适度, 改善及双眼视异常。视觉训练适合功能性视力下降人群、假性近视及小度数人群、弱视人群、外斜视术后双眼视康复人群。视功能训练是在专业人员的督促下完成的一系列个性化的、涉及“神经-感觉的”和“神经-肌肉的”训练活动。包括脱抑制训练、融合幅度训练、双眼视野下的单眼注视训练、调节训练、眼球运动训练等。视功能训练的具体方案通常要考虑患者的体征、主诉和相关视功能训练检查结果来制定, 训练过程中常常要考虑患者的年龄、理解能力、配合度和复查结果来及时调整方案, 或者改变训练方案的相应难度。

2) 滴眼液治疗: 0.01%低浓度阿托品滴眼液[65]就是把常用的1%的阿托品稀释100倍后使用, 以减少对眼睛的副作用。阿托品是一种M胆碱受体抑制剂。阿托品滴眼液因可使瞳孔括约肌和睫状肌松弛, 出现扩瞳、眼压升高和调节麻痹的作用, 在临床上主要用于散瞳验光。阿托品滴眼液的疗效虽然好, 但可能出现瞳孔放大、微光、视近模糊、紫外线暴露增加等问题。新加坡在2006年、2017年陆续开展了ATOM 2 [66]和ATOM 3 临床试验, 以评估不同浓度阿托品滴眼液的安全性和疗效, 其中ATOM 2 显示, 0.01%阿托品滴眼液具有最佳的获益风险比。但在LAMP III 期[67]研究中发现现在不同低浓度阿托品中,

0.05%浓度的近视控制效果较好, 停药后瞳孔大小、调节反应方面的不良反应都是可逆的。低浓度阿托品滴眼液作为一种能借助外力控制近视、既不耽误学习又能节省精力的近视防控方式, 用户接受度高。但是, 低浓度阿托品虽然可以延缓儿童近视的发展[68], 但并不能治疗近视。并且, 仍有一部分儿童, 即使点了阿托品滴眼液, 也不能有效控制近视的进展。目前低浓度阿托品只能作为院内制剂使用, 建议最好在医生的指导下使用[69]。

3) 佩戴光学镜片[70]: a) 角膜塑形镜(OK 镜), 通过每日夜间戴镜, 对角膜上皮层进行塑形, 改变角膜的屈光力达到暂时矫正近视的效果。其原理是因夜间眼睑闭合, 佩戴在角膜上的角膜塑形镜可使中央的角膜上皮细胞移行至中周区, 中央角膜相对变平坦。在近视防控方面, 角膜塑形镜被证明在控制眼轴增长方面起着一定的作用[71], 但其控制效果有一定的局限性, 在临床中配戴角膜塑形镜对青少年眼轴增长的控制存在个体差异。对于生长发育期的近视小朋友来说, 当停戴镜片一段时间后, 存在反弹效应。OK 镜不能治愈近视, 佩戴后除了遵医嘱随访近视控制效果, 还要关注戴镜安全性。b) 多焦点离焦眼镜, 佩戴后, 物体在眼内会形成一个聚焦像跟一个近视性离焦像, 通过离焦像来控制眼轴生长及延缓近视加深。离焦近视镜片既有框架眼镜简单方便的优势, 又有角膜塑形镜离焦原理控制近视进展的特点。c) 单焦点框架眼镜: 近视的常规治疗手段, 凭借框架眼镜使近视患者视物清晰, 减少疲劳用眼。d) 隐形眼镜是一种直接附在角膜表明泪液层上的镜片, 通过改变眼睛的屈光能力而达到矫正近视、远视、散光、以及治疗某些疾病的目的。

4) 手术治疗: 主要包括角膜屈光手术、眼内屈光手术和巩膜手术。角膜屈光手术指通过重塑角膜屈光的形状或改变角膜的屈光性达到矫正眼屈光状态的手术, 包括板层角膜屈光手术(准分子激光原地角膜消除术 laser-assisted in situ keratomileusis, LASIK、飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 small incision lenticule extraction, SMILE)和表层角膜屈光手术(激光光学角膜切削术 PhotoRefractive Keratectomy, PRK、经上皮的准分子激光屈光性角膜切削术 Trans-Epithelial photorefractive keratectomy, TPRK、准分子激光上皮下角膜磨镶术 Laser-assisted Subepithelial Keratomileusis, LASEK、上皮刀辅助的准分子激光上皮下瓣下角膜磨镶术 Epipolis laser in situ keratomileusis, Epi-LASIK)。眼内屈光手术主要有晶状体眼人工晶体术(intraocular lens, IOL)和屈光性晶状体置换术。巩膜手术包括后巩膜加固术、巩膜扩张术、巩膜交联术等。但是角膜屈光手术和眼内屈光手术都需要待成年以后, 近视度数稳定以后方可考虑执行。

5) 低长度单波长 650 nm 红光对近视的控制: 红光治疗弱视和控制近视的相关研究在临床上已有 20 多年的时间, 已有诸多学者及研究机构进行了大量的动物实验和临床研究[72]-[77], 低强度单波长红光是目前经过临床研究认可的有效缓解近视发展的方法之一, 且发表了专家共识[78]。此红光模拟了太阳光的红光, 眼睛在固定波长(630~650 nm)的红光照射下, 能刺激视网膜多巴胺的分泌, 促进脉络膜血液循环, 增加眼底供氧量, 脉络膜增厚, 有效缩短光学眼轴。近期, 中山大学眼科中心何明光教授及其团队发现在 8~13 岁近视儿童中, 重复低强度红光疗法可有效控制儿童近视的发展。该研究数据显示 12 月内观察对近视控制有效, 无严重的不良事件, 无最佳矫正视力下降, 在结构上无光学相干断层扫描能观察到的损伤, 但更长时间、更大样本的数据有待进一步观察[79] [80]。另外该研究仅是临床试验观察, 光化学对视网膜视细胞电镜下微细结构有无改变没有涉及, 长期应用有无蓄积反应等也需要重视。作为一种新的方法, 其长期有效性和安全性需要进一步探索, 需谨慎对待。

#### 4. 小结

目前所公认的, 近视的发展受遗传和环境因素的共同影响, 但其具体发展机制不详。近视仍被认为是一种可防、可控、不可治愈的疾病, 但低强度红光的出现可能逆转近视的所导致的眼轴变化和等效球镜度数的改变。近视的早发现、早干预仍然是有效控制近视的第一步, 但是这一步需要政府、学校、家

庭三方的共同努力。

## 参考文献

- [1] 我国儿童青少年总体近视率为 52.7% [J]. 初中生世界, 2021(46): 5.
- [2] 陈卉, 陈婉, 向武, 等. 飞秒激光辅助与常规白内障超声乳化手术的临床疗效比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2016, 18(11): 645-649.
- [3] 魏星. 高度近视并发白内障患者术后角膜曲率变化及视力影响因素研究[J]. 医学信息, 2023, 36(2): 120-123.
- [4] 严梦南, 燕振国, 杨磊. 高度近视并发症的研究进展[J]. 甘肃医药, 2021, 40(11): 974-977.  
<https://doi.org/10.15975/j.cnki.gsy.2021.11.005>
- [5] Hayashi, K., Ohno-Matsui, K., Shimada, N., *et al.* (2010) Long-Term Pattern of Progression of Myopic Maculopathy: A Natural History Study. *Ophthalmology*, **117**, 1595-1611. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.11.003>
- [6] You, O.S., Peng, X.Y., Xu, L., *et al.* (2014) Myopic Maculopathy Imaged by Optical Coherence Tomography: The Beijing Eye Study. *Ophthalmology*, **121**, 220-224. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.06.013>
- [7] Ohno-Matsui, K., Wu, P.C., Yamashiro, K., *et al.* (2021) IMI Pathologic Myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **62**, 5. <https://doi.org/10.1167/iovs.62.5.5>
- [8] DellOmo, R., Virgili, G., Bottoni, F., *et al.* (2018) Lamellar Macular Holes in the Eyes with Pathological Myopia. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **256**, 1281-1290.  
<https://doi.org/10.1007/s00417-018-3995-8>
- [9] Tham, Y.C., Aung, T., Fan, Q., *et al.* (2016) Joint Effects of Intraocular Pressure and Myopia on Risk of Primary Open-Angle Glaucoma: The Singapore Epidemiology of Eye Diseases Study. *Scientific Reports*, **6**, Article No. 19320.  
<https://doi.org/10.1038/srep19320>
- [10] Marcus, M.W., de Vries, M.M., Junoy Montolio, F.G., *et al.* (2011) Myopia as a Risk Factor for Open-Angle Glaucoma: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmology*, **118**, 1989-1994.  
<https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.03.012>
- [11] 杜非凡, 吴志鸿. 高度近视合并原发性开角型青光眼的临床特点研究进展[J]. 眼科新进展, 2017, 37(7): 697-700.
- [12] 王宁利, 李仕明, 魏士飞. 我国儿童青少年近视眼防控工作中的重点和难点[J]. 中华眼科杂志, 2021, 57(4): 241-244.
- [13] 翟露露, 伍晓艳, 许韶君, 万宇辉, 张诗晨, 徐亮, 刘婉, 马双双, 张辉, 陶芳标. 中学生户外活动与自我报告近视的关联研究[J]. 中华预防医学杂志, 2017, 51(9): 801-806.
- [14] Huang, P.C., Hsiao, Y.C., Tsai, C.Y., *et al.* (2020) Protective Behaviours of Near Work and Time Outdoors in Myopia Prevalence and Progression in Myopic Children: A 2-Year Prospective Population Study. *British Journal of Ophthalmology*, **104**, 956-961. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2019-314101>
- [15] Wang, L.S., Yang, Q.S., Li, Y.N., *et al.* (2018) Dopamine D1 Receptors Contribute Critically to the Apomorphine-Induced Inhibition of Form-Deprivation Myopia in Mice. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **59**, 2623-2634. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-22578>
- [16] 周佳, 马迎华, 马军, 邹志勇, 孟祥坤, 陶芳标, 罗春燕, 静进, 潘德鸿. 中国 6 省市中小学生近视流行现状及其影响因素分析[J]. 中华流行病学杂志, 2016, 37(1): 29-34. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.0254-6450.2016.01.006>
- [17] 蔡佳玉, 邢怡桥, 周炼红, 胡卫群, 刘钊臣. 湖北省孝感市小学生视力调查及近视相关因素分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2020, 22(3): 198-203. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115909-20190822-00233>
- [18] Qian, D.J., Zhong, H., Li, J., *et al.* (2016) Myopia among School Students in Rural China (Yunnan). *Ophthalmic and Physiological Optics*, **36**, 381-387. <https://doi.org/10.1111/opo.12287>
- [19] 范奕, 陈婷, 陈福辉, 张子华, 程慧健, 朱慧, 方晓艳. 江西省儿童青少年近视流行现状及影响因素[J]. 中国学校卫生, 2020, 41(9): 1413-1416. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.09.038>
- [20] 赵海岚, 余洁, 徐海铭. 杭州市拱墅区公立小学三年级小学生近视患病率及相关因素分析[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019(5): 321-326.
- [21] 张丹凤. 上海市浦东新区中小学生近视程度的影响因素[J]. 国际眼科杂志, 2016, 16(2): 327-330.
- [22] 冯秀琼, 陈维清. 广州市萝岗区儿童青少年近视影响因素调查分析[J]. 华南预防医学, 2018, 44(4): 331-337.  
<https://doi.org/10.13217/j.scjpm.2018.0331>
- [23] 韩霄, 马迎华, 陈辉, 马莉蓉. 北京市东城区小学生用眼行为及家长预防近视影响因素分析[J]. 中国学校卫生,

- 2015, 36(10): 1485-1488. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2015.10.017>
- [24] 谌丁艳, 李晓恒, 周丽, 李莹莹, 王赞, 罗青山, 黄园园, 吴宇. 深圳市中小学生学习近视影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2020, 41(4): 583-587. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2020.04.027>
- [25] Li, S.M., Li, H., Li, S.Y., et al. (2015) Time Outdoors and Myopia Progression over 2 Years in Chinese Children: The Anyang Childhood Eye Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **56**, 4734-4740. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-15474>
- [26] Jones-Jordan, L.A., Sinnott, L.T., Cotter, S.A., et al. (2012) Time Outdoors, Visual Activity, and Myopia Progression in Juvenile-Onset Myopes. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **53**, 7169-7175. <https://doi.org/10.1167/iovs.11-8336>
- [27] Ashby, R.S. and Schaeffel, F. (2010) The Effect of Bright Light on Lens Compensation in Chicks. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **51**, 5247-5253. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-4689>
- [28] 史浩楠, 刘晓静, 马少伟, 董惠娟, 姚健, 木日扎提·买买提, 王婷婷. 用眼习惯与遗传因素对乌鲁木齐市维吾尔族中学生近视的影响[J]. 中国预防医学杂志, 2021, 22(3): 161-165. <https://doi.org/10.16506/j.1009-6639.2021.03.001>
- [29] 徐燕, 叶剑, 孙强, 孙敏, 高凡. 重庆市城区小学生近视及影响因素分析[J]. 中国实用眼科杂志, 2014, 32(4): 517-520. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2014.04.030>
- [30] Tian, X., Zhang, B., Jia, Y., et al. (2018) Retinal Changes Following Rapid Ascent to a High-Altitude Environment. *Eye (London)*, **32**, 370-374. <https://doi.org/10.1038/eye.2017.195>
- [31] Li, W.B., Bai, C.X. and Liu, H. (2017) Genetic and Environmental-Genetic Interaction Rules for the Myopia Based on a Family Exposed to Risk from a Myopic Environment. *Gene*, **626**, 305-308. <https://doi.org/10.1016/j.gene.2017.05.051>
- [32] 唐冲, 廖梦霏, 张瑶, 宋胜仿, 刘世纯, 李华. 重庆市永川区 6-11 岁儿童近视状况及影响因素分析[J]. 中国医刊, 2019, 37(7): 791-794.
- [33] Tkatchenko, A.V., Walsh, P.A., Tkatchenko, T.V., et al. (2006) Form Deprivation Modulates Retinal Neurogenesis in Primate Experimental Myopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **103**, 4681-4686. <https://doi.org/10.1073/pnas.0600589103>
- [34] Wojciechowski, R. (2011) Nature and Nurture: The Complex Genetics of Myopia and Refractive Error. *Clinical Genetics*, **79**, 301-320. <https://doi.org/10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x>
- [35] Li, J., Jiao, X., Zhang, Q., et al. (2017) Association and Interaction of Myopia with SNP Markers s13382811 and rs6469937 at ZFH1B and SNTB1 in Han Chinese and European Populations. *Molecular Vision*, **23**, 588-604.
- [36] 李凤鸣, 谢立信. 中华眼科学[M]. 第3版. 北京: 人民卫生出版社, 2014: 2590.
- [37] 葛坚, 王宁利. 眼科学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2015.
- [38] 杨义, 张文芳, 李玉婷, 李春丽, 周然, 张金红, 田静, 张冬梅, 王燕云. 甘肃省城乡中小学生学习近视及影响因素的流行病学调查[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019, 21(5): 327-333. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2019.05.002>
- [39] 李黎明. 济宁市城乡中小学生学习近视现状调查及影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 济南: 山东大学, 2018.
- [40] 王丹. 乌鲁木齐市近视小学生视觉相关生活质量和心理健康现状及其影响因素研究[D]: [硕士学位论文]. 乌鲁木齐: 新疆医科大学, 2019.
- [41] 胡佳, 丁子尧, 韩迪, 海波, 尹洁云, 沈蕙. 苏州市中小学生学习近视的影响因素分析[J]. 预防医学, 2021, 33(3): 241-245. <https://doi.org/10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2021.03.006>
- [42] 王琴, 王春芳. 山西省高平市青少年儿童近视现状及影响因素分析[J]. 国际眼科杂志, 2020, 20(6): 1054-1058.
- [43] 汤晓佳, 董彬, 杨招庚, 等. 中国藏族学生视力现状及其影响因素分析[J]. 中国学校卫生, 2019, 40(2): 256-258.
- [44] Zhu, X., Lin, T., Stone, R.A., et al. (1995) Sex Differences in Chick Eye Growth and Experimental Myopia. *Experimental Eye Research*, **61**, 173-179. [https://doi.org/10.1016/S0014-4835\(05\)80037-5](https://doi.org/10.1016/S0014-4835(05)80037-5)
- [45] 孙艺, 林蓉, 熊莉华, 陈思宇, 林琳, 郭重山, 刘伟佳. 广州市学生视力不良与户外活动关系[J]. 中国学校卫生, 2019, 40(7): 997-1000. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2019.07.011>
- [46] 徐珊珊, 彭志行, 张秋阳, 周云帆, 陈辉, 李巧林, 许敏怡, 蒋沁. 南京市4所小学2010-2015年近视流行病学调查与相关分析[J]. 南京医科大学学报(自然科学版), 2020, 40(5): 720-724+736.
- [47] Li, S.M., Li, S.Y., Kang, M.T., et al. (2015) Near Work Related Parameters and Myopia in Chinese Children: The Anyang Childhood Eye Study. *PLOS ONE*, **10**, e0134514. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134514>



- [48] Lin, Z., Mao, G.Y., Vasudevan, B., *et al.* (2015) The Association between Maternal Reproductive Age and Progression of Refractive Error in Urban Students in Beijing. *PLOS ONE*, **10**, e0139383. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139383>
- [49] 戴眼镜的人智商较高?遗传学有新发现[J]. 中国眼镜科技杂志, 2018(20): 115.
- [50] Wu, P.C., Huang, H.M., Yu, H.J., Fang, P.C. and Chen, C.T. (2016) Epidemiology of Myopia. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology (Phila)*, **5**, 386-393. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000236>
- [51] 李艳辉, 杨招庚, 董彬, 董彦会, 王西婕, 马军. 月经初潮/首次遗精与户外活动时间对学生视力的影响[J]. 中国学校卫生, 2018, 39(10): 1532-1535. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2018.10.026>
- [52] 伍晓艳, 万宇辉, 陶舒曼, 许韶君, 陶芳标. 女童月经初潮与筛查性近视的关联[J]. 中国学校卫生, 2022, 43(2): 284-287. <https://doi.org/10.16835/j.cnki.1000-9817.2022.02.028>
- [53] 孔令菊, 杨楠楠, 杨甜, 张红方. 病理性近视患者的心理健康状况调查研究及影响患者焦虑及抑郁情绪的相关影响因素分析[J]. 国际精神病学杂志, 2018, 45(6): 1088-1091. <https://doi.org/10.13479/j.cnki.jip.2018.06.039>
- [54] 禹溟然, 王晓丹, 金丽莹, 禹海. 沈阳市某重点中学近视患病情况调查及影响因素分析[J]. 中国实用眼科杂志, 2015, 33(z1): 85-88. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1006-4443.2015.z1.029>
- [55] 霍明章, 刘宏. 中学生视力与血清锌铜硒含量关系研究[J]. 中国学校卫生, 2006, 4(27): 318-319.
- [56] 韩宝瑞, 安刚. 魔芋的资源概况与应用研究[J]. 国际老年医学杂志, 2013, 31(2): 87-91.
- [57] 万文娟, 白岚, 魏芳, 冯学明, 马剑, 杜利平, 陈渝. 重庆酉阳县土家族青少年屈光不正及相关因素的流行病学调查[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2018, 20(6): 345-349. <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2018.06.005>
- [58] Wong, T.Y., Foster, P.J., Johnson, G.J. and Seah, S.K. (2002) Education, Socioeconomic Status, and Ocular Dimensions in Chinese Adults: The Tanjong Pagar Survey. *British Journal of Ophthalmology*, **86**, 963-968. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.9.963>
- [59] 易军晖, 李蓉蓉. 近距离工作和户外活动对学龄期儿童近视进展的影响[J]. 中国当代儿科杂志, 2011, 13(1): 32-35.
- [60] 宋绍兴, 王凤阳, 李颖. 乒乓球运动对青少年视力影响的对比研究[J]. 中国体育科技, 2002, 38(11): 18-19.
- [61] 马际栋. 乒乓球运动对学龄期青少年视力的影响[J]. 体育风尚, 2021(7): 7-8.
- [62] 胡朝霞. 乒乓球运动与篮球、中长跑运动对青少年视力影响的对比分析[J]. 当代体育科技, 2015, 5(1): 210-211. <https://doi.org/10.16655/j.cnki.2095-2813.2015.01.131>
- [63] Baird, P.N., Saw, S.M., Lanca, C., *et al.* (2020) Myopia. *Nature Reviews Disease Primers*, **6**, 99. <https://doi.org/10.1038/s41572-020-00231-4>
- [64] 李晨光, 包秀丽. 近视眼防控的研究进展[J]. 内蒙古医科大学学报, 2020, 42(5): 553-557. <https://doi.org/10.16343/j.cnki.issn.2095-512x.2020.05.029>
- [65] Tay, S.A., Farzavandi, S. and Tan, D. (2017) Interventions to Reduce Myopia Progression in Children. *Strabismus*, **25**, 23-32. <https://doi.org/10.1080/09273972.2016.1276940>
- [66] Chia, A., Chua, W.H., Cheung, Y.B., *et al.* (2012) 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*, **119**, 347-354. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.07.031>
- [67] Yam, J.C., Jiang, Y., Tang, S.M., *et al.* (2019) 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. *Ophthalmology*, **126**, 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.05.029>
- [68] Wei, S., Li, S.M., An, W., *et al.* (2020) Safety and Efficacy of Low-Dose Atropine Eye Drops for the Treatment of Myopia Progression in Chinese Children: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmology*, **138**, 1178-1184. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2020.3820>
- [69] Hieda, O., Hiraoka, T., Fujikado, T., *et al.* (2021) Efficacy and Safety of 0.01% Atropine for Prevention of Childhood Myopia in a 2-Year Randomized Placebo-Controlled Study. *Japanese Journal of Ophthalmology*, **65**, 315-325. <https://doi.org/10.1007/s10384-021-00822-y>
- [70] Walline, J.J., Lindsley, K.B., Vedula, S.S., *et al.* (2020) Interventions to Slow Progression of Myopia in Children. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **1**, CD004916.
- [71] 杨琳娟, 张小玲, 李文静, 赵亚玲, 史强, 吴捷. 青少年近视配戴角膜塑形镜前后眼轴长度的变化[J]. 国际眼科杂志, 2019, 19(5): 830-833.

- [72] 吴小兰, 邱良秀, 王双勇, 等. 650 nm 半导体激光照射豚鼠视网膜诱导细胞凋亡及 Fas 蛋白的表达[J]. 第三军医大学学报, 2010, 32(14): 1563-1565.
- [73] 闫艺, 薛文娟, 赵延军, 等. 650 nm 半导体激光控制青少年近视进展的研究[J]. 临床眼科杂志, 2021, 29(2): 132-137.
- [74] 陈培正, 张宏亮, 王晶晶, 等. 艾尔兴哺光仪控制青少年、儿童近视疗效分析[J]. 实用中西医结合临床, 2018, 18(10): 63-64, 106.
- [75] Heinig, N., Schumann, U., Calzia, D., *et al.* (2020) Photobiomodulation Mediates Neuroprotection against Blue Light Induced Retinal Photoreceptor Degeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, 2370. <https://doi.org/10.3390/ijms21072370>
- [76] Hung, L.F., Arumugam, B., She, Z., Ostrin, L. and Smith, E.L. (2018) Narrow-Band, Long-Wavelength Lighting Promotes Hyperopia and Retards Vision-Induced Myopia in Infant Rhesus Monkeys. *Experimental Eye Research*, **176**, 147-160. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2018.07.004>
- [77] Rojas, J.C. and Gonzalez-Lima, F. (2011) Low-Level Light Therapy of the Eye and Brain. *Eye Brain*, **3**, 49-67. <https://doi.org/10.2147/EB.S21391>
- [78] 《重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022)》专家组. 重复低强度红光照射辅助治疗儿童青少年近视专家共识(2022) [J]. 中华实验眼科杂志, 2022, 40(7): 599-603. <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn115989-20220616-00279>
- [79] Dong, J., Zhu, Z., Xu, H. and He, M. (2023) Myopia Control Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy in Chinese Children: A Randomized, Double-Blind, Controlled Clinical Trial. *Ophthalmology*, **130**, 198-204. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.08.024>
- [80] Jiang, Y., Zhu, Z., Tan, X., Kong, X., Zhong, H., Zhang, J., *et al.* (2022) Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy for Myopia Control in Children: A Multicenter Randomized Controlled Trial. *Ophthalmology*, **129**, 509-519. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2021.11.023>