

学龄儿童近视前期危险因素列线图模型建立及平光离焦镜对其的防控效果

杜娟,林萍,赵益佳,么大勇

引用:杜娟,林萍,赵益佳,等. 学龄儿童近视前期危险因素列线图模型建立及平光离焦镜对其的防控效果. 国际眼科杂志, 2026,26(9):1524-1530.

基金项目:西安市卫生健康委员会科研项目 (No.2025yb23)
作者单位: (710000) 中国陕西省西安市儿童医院眼科
作者简介:杜娟,女,硕士,主治医师,研究方向:眼视光。
通讯作者:杜娟. cneh8895@163.com
收稿日期: 2026-03-09 **修回日期:** 2026-07-24

摘要

目的:分析学龄儿童近视前期的危险因素,基于危险因素构建其列线图模型,并探讨平光离焦镜对其的近视防控效果。

方法:本研究为前瞻性随机对照临床试验。选取 2024 年 7 月至 2025 年 1 月来本院体检的学龄儿童为研究对象,依据睫状肌麻痹后验光及眼轴测量结果将研究对象分为试验组(近视前期患儿)与对照组(正常屈光儿童)。收集两组临床资料,采用 Logistic 回归方程分析学龄儿童近视前期的危险因素,并基于其危险因素构建列线图模型。同时采用随机数字法将试验组患儿分为 A 组(标准行为+平光离焦镜干预)与 B 组(标准行为干预),对治疗前后的眼生物学参数、验光指标进行比较。

结果:本研究纳入学龄儿童 236 例,其中试验组 80 例(A 组 40 例,B 组 40 例),对照组 156 例。试验组年龄 8.88 ± 1.11 岁,男 27 例,女 53 例。对照组年龄 8.92 ± 1.05 岁,男 91 例,女 65 例。A 组年龄 8.79 ± 1.22 岁,男 14 例,女 26 例。B 组年龄 8.91 ± 1.07 岁,男 13 例,女 27 例。Logistic 多因素结果显示:父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长是学龄儿童近视前期的危险因素(均 $P < 0.05$);每日户外活动时间、每日睡眠时长是其保护因素(均 $P < 0.001$)。列线图模型的 AUC 为 0.970,95% CI: 0.951-0.990,灵敏度为 0.900,特异度为 0.942;校准曲线线性关联接近完美校准,拟合性较好;决策曲线示临床适用性高;SHAP 总结图示每日户外活动时间是影响学龄儿童近视前期发生的最关键因素。平光离焦镜干预后,A 组 AL 增长量显著低于 B 组($P < 0.05$),脉络膜厚度、睫状肌麻痹后球镜度数显著高于 B 组,裸眼远视力(LogMAR)显著低于 B 组(均 $P < 0.05$)。

结论:父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长是学龄儿童近视前期的危险因素,每日户外活动时间、每日睡眠时长是其保护因素,基于上述因素构建的列线图预测准确率较好,可用于早期筛查高风险儿童。平光离焦镜能够延缓近视前期学龄儿童眼轴进展,稳定屈光状态,发挥积极的近视防控效果。

关键词:近视前期;学龄儿童;平光离焦镜;列线图;近视防控
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.9.04

Development of a nomogram model for risk factors of pre-myopia in school-aged children and the myopia control efficacy of plano defocus lenses

Du Juan, Lin Ping, Zhao Yijia, Yao Dayong

Foundation item: Scientific Research Project of Xi'an Municipal Health Commission (No.2025yb23)
Department of Ophthalmology, Xi'an Children's Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China
Correspondence to: Du Juan. Department of Ophthalmology, Xi'an Children's Hospital, Xi'an 710000, Shaanxi Province, China. cneh8895@163.com
Received: 2026-03-09 Accepted: 2026-07-24

Abstract

• **AIM:** To analyze the risk factors for pre-myopia among school-aged children, develop a nomogram model based on these factors, and explore the efficacy of plano defocus lenses on myopia prevention and control.

• **METHODS:** A prospective randomized controlled clinical trial. School - aged children receiving physical examinations in the hospital between July 2024 and January 2025 were enrolled. All subjects were divided into the experimental group (children with pre-myopia) and the control group (children with normal refraction) according to the results of cycloplegic refraction and axial length measurement. Clinical data of the two groups were collected. Logistic regression analysis was adopted to identify the risk factors for pre - myopia, and a corresponding nomogram model was constructed. The children in the experimental group were further assigned to Group A (standard behavioral intervention + plano defocus lenses) and Group B (standard behavioral intervention alone) via the random number method. Ocular biological parameters and refractive indices before and after intervention were compared between groups.

• **RESULTS:** A total of 236 school - aged children were enrolled in this study, including 80 children in the experimental group (40 cases in group A and 40 cases in group B) and 156 children in the control group. The age of

children in the experimental group was 8.88 ± 1.11 y, with 27 males and 53 females. The age of children in the control group was 8.92 ± 1.05 y, with 91 males and 65 females. Group A had an average age of 8.79 ± 1.22 y (14 males and 26 females), and group B had an average age of 8.91 ± 1.07 y (13 males and 27 females). Multivariate Logistic regression analysis revealed that parental myopia history, pencil-grip posture and duration of electronic device use were risk factors for pre-myopia among school-aged children (all $P < 0.05$); daily outdoor activity duration and daily sleep duration were protective factors (all $P < 0.05$). The nomogram model yielded an AUC of 0.970 (95% CI: 0.951-0.990), with a sensitivity of 0.900 and specificity of 0.942. The calibration curve indicated nearly perfect linear calibration and good fitting performance. Decision curve analysis demonstrated high clinical applicability. SHAP summary plots showed that daily outdoor activity duration was the most critical factor affecting the onset of pre-myopia in school-aged children. After intervention with plano defocus spectacles, the axial length elongation in group A was significantly lower than that in group B ($P < 0.05$). Choroidal thickness and cycloplegic spherical refraction were significantly higher, and uncorrected distance visual acuity (LogMAR) was significantly lower in group A compared with group B (all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Parental myopia history, pencil-grip posture, and duration of electronic device use are risk factors for pre-myopia in school-aged children, while daily outdoor activity duration and daily sleep duration are protective factors. The nomogram constructed based on the above factors exhibits favorable predictive accuracy and can be applied for early screening of high-risk children. Plano defocus spectacles can slow axial length progression, stabilize refractive status, and exert positive effects on myopia prevention in school-aged children with pre-myopia.

• **KEYWORDS:** pre-myopia; school-aged children; plano defocus lens; nomogram; myopia prevention and control

Citation: Du J, Lin P, Zhao YJ, et al. Development of a nomogram model for risk factors of pre-myopia in school-aged children and the myopia control efficacy of plano defocus lenses. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2026,26(9):1524-1530.

0 引言

近视好发于学龄儿童群体,且其发病率呈逐年攀升、低龄化加重趋势,严重威胁儿童青少年视觉健康^[1]。近视前期是指儿童眼球屈光状态出现异常偏移、远视储备不足,尚未发展为真性近视的临界阶段,该阶段虽无明显视力下降表现,却存在可检测的屈光与眼生物学参数异常,是近视防控的黄金干预窗口期^[2]。故探寻近视前期危险因素,对逆转屈光发育异常,阻止其进展为不可逆的真性近视具有重要意义^[3]。标准行为干预是近视前期的一线防控方案,但部分儿童因依从性不足等问题,防控效果欠佳^[4]。平光离焦镜作为新型光学防控手段,通过在视网膜周边形成近视性离焦,抑制眼轴(AL)过快增长,延缓近视

储备消耗,其防控效果已得到初步验证^[5]。但现有研究多局限于单一危险因素的相关性分析,且缺乏平光离焦镜对近视前期的具体防控效能研究。基于此,本研究旨在筛选近视前期的核心危险因素,构建可视化列线图预测模型,并探讨平光离焦镜的防控效果,以期为临床精准筛查、风险分层及个体化防控提供科学的理论依据与实用的临床方案。

1 对象和方法

1.1 对象 本研究为前瞻性随机对照临床试验。选取2024年7月至2025年1月来本院体检的学龄儿童为研究对象,依据睫状肌麻痹后验光及AL测量结果将研究对象分为试验组与对照组。参照《中国近视前期管理专家共识(2025年)》^[6]与睫状肌麻痹后验光及AL测量结果,将近视前期定义为睫状肌麻痹后球镜当量(SER,球镜+0.5×柱镜)介于-0.50~+0.75 D,伴随AL增长速率超出同龄生理阈值,尚未发展为真性近视的过渡状态。分组依据:(1)试验组(近视前期组):裸眼远视力 $\geq 4.9(0.8)$;睫状肌麻痹后电脑及检影验光SER, $-0.50 D < SER \leq +0.75 D$; AL监测发现年增加量 $\geq$ 生理性AL增加量:6-10岁为0.20 mm/a,10岁以上 < 0.20 mm/a。(2)对照组:裸眼远视力 $\geq 5.0(1.0)$;睫状肌麻痹后电脑及检影验光SER, $0.00 D < SER \leq 0.50 D$; AL长度处于同年龄组正常范围, $AL/CR \leq 3.0$ 。纳入标准:(1)年龄6-12岁;(2)全身状况良好,认知正常,可配合日常用眼行为记录。排除标准:(1)已确诊临床近视、中高度远视、中高度散光及屈光参差患儿^[7];(2)有影响屈光发育的全身及眼部疾病;(3)具有屈光不正矫正史或视功能异常的患儿;(4)近3 mo内有眼部手术史、眼外伤史,或使用影响睫状肌功能药物的患儿;(5)无法配合睫状肌麻痹验光、屈光指标检测及问卷调查的患儿。本研究已经医院医学伦理委员会审核批准(伦理批件号:2025-064-02),本研究实施前已充分告知监护人本研究相关内容,所有参与儿童监护人均自愿签署书面知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 收集临床资料 通过电子病历系统及电话随访记录患儿及家属的一般资料:年龄、性别、体质量、就读年级、有无父母近视家族史、父亲学历、母亲学历、家庭收入、家庭住址、出生季节、握笔姿势^[8](儿童在标准课桌椅上自然书写汉字,评估者站在侧前方观察,指腹相捏,无交叉包裹;中指托笔,笔杆贴指根;手腕自然,笔杆有夹角;头正眼远,握距适中,同时满足以上4项即为合格,任意1项不满足为不合格)、课后作业时间、有无参加课外辅导、电子产品使用时长、每日户外活动时长、每日睡眠时长、是否嗜好高糖饮食、有无坚持眼保健操。

1.2.2 治疗方法 采用随机数字法将试验组儿童分为A组与B组。B组患儿采用标准行为干预:(1)增加户外自然光暴露,每日累计户外时长 ≥ 2 h,优先保证日间户外,尽量减少夜间户外活动,避免与近距离用眼连续进行。(2)严格控制近距离用眼负荷,每近距离用眼20 min,抬头看6 m外物体20 s,严控用眼距离与姿势,读写距离 ≥ 30 cm,坐姿为1拳、1尺、1寸,禁止躺着、趴着、走路、乘车时看书/用电子产品。(3)规范电子产品使用:低年级 ≤ 15 min,高年级 ≤ 30 min,睡前1 h完全禁止使用。(4)

优化日常视觉环境:优先使用自然光,自然光不足时开启主灯+桌面护眼台灯,光线照度 ≥ 300 Lx。(5)规范生活作息与营养:低年级每日睡眠 ≥ 10 h,高年级 ≥ 9 h,22:00前必须入睡,午休 ≤ 1 h,避免熬夜;饮食保证均衡膳食,多摄入富含维生素A、叶黄素、钙、锌、花青素的食物,严格控制高糖饮食。A组患儿在B组基础上予以平光离焦镜干预;完成基线筛查与配镜准备后,统一选用正规临床验证的统一品牌规格的0度多点微透离焦镜片,不依据个体屈光度数调整镜片球镜参数。镜架选择全框/半框轻量镜架,镜架尺寸与儿童面部匹配。让儿童试戴10–15 min,观察是否有头晕、视物变形、眼胀等不适,调试镜架鼻托、镜腿松紧,确保配戴舒适,无压迫感,离焦镜片中心与瞳孔中心精准对齐。每日有效配戴 ≥ 8 h,覆盖主要用眼时段,仅睡眠、洗漱、游泳及特殊情况时摘除,指导监护人正确清洁镜片,镜架定期清洁,避免镜片沾染油污、灰尘影响视觉质量。两组统一开展12 mo干预随访,随访期间每月记录用眼、作息、户外执行情况,每3 mo复查AL、脉络膜厚度、屈光度数等眼部生物学及验光指标。

1.2.3 观察指标 (1)采用标准对数远视力表评估干预前后患儿裸眼远视力。(2)于干预前后,采用IOL Master 500眼科光学生物测量仪检测患儿AL、角膜曲率(K1/K2)水平,单眼检测,每眼连续测量3次,取平均值作为最终结果。(3)采用OCT测量脉络膜厚度,单眼检测,每眼连续测量3次,取平均值作为最终结果。(4)患儿予以1%阿托品眼用凝胶,1滴/次,双眼滴用,3次/天,持续3 d,滴药后按压泪囊区5 min,于睫状肌麻痹后第4 d,待瞳孔散大至直径 ≥ 6 mm,睫状肌完全麻痹,采用睫状肌麻痹后电脑验光+主观插片复核检测患儿睫状肌麻痹后球镜度数、柱镜度数。所有观测指标均取双眼均值纳入统计。本研究学龄儿童统一采用阿托品慢散验光,该药可造成2–3 wk视近模糊、畏光,为避免干扰日常课业,全部散瞳用药与验光安排在寒暑假、节假日完成,避开在校学习时段;同时指导家长睡前给药,减轻日间近距离视物障碍,外出配戴遮阳镜缓解畏光,减少散瞳对患儿学习生活的影响。

统计学分析:采用SPSS26.0进行统计分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间用独立样本 t 检验;计数资料用 $n(\%)$ 表示,组间比较采用 χ^2 检验;利用Logistic回归进行多因素分析;预测模型采用R软件构建可视化列线图;采用受试者工作特征曲线(ROC)、校准曲线、决策曲线评估其预测价值。 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 临床资料对比 本研究纳入学龄儿童236例,其中试验组80例(A组40例,B组40例),对照组156例。参与儿童后续无失访。试验组与对照组性别、就读年级、父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长、每日户外活动时间、每日睡眠时长、坚持眼保健操比例对比,差异有统计学意义(均 $P<0.001$),年龄、体质量、父母学历等一般资料对比,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),见表1。

2.2 学龄儿童近视前期的多因素分析 以学龄儿童是否发生近视前期为因变量(试验组=1,对照组=0),以表1中具有统计学意义的性别(男=1,女=0)、就读年级(1–3年级=1,4–6年级=0)、父母近视家族史(有=1,无=0)、

握笔姿势(不合格=1,合格=0)、电子产品使用时长(连续变量)、每日户外活动时间(连续变量)、每日睡眠时长(连续变量)、坚持眼保健操(有=1,无=0)作为自变量,采用全变量进入法归类于Logistic回归模型。多因素结果显示:父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长是学龄儿童近视前期的危险因素(均 $P<0.001$);每日户外活动时间、每日睡眠时长是其保护因素(均 $P<0.001$),见表2。

2.3 学龄儿童近视前期列线图模型的构建 根据多因素Logistic回归分析构建学龄儿童近视前期的列线图模型,见图1;结果显示,父母近视家族史赋值10.0分,握笔姿势赋值15.0分,电子产品使用时长赋值100.0分,每日户外活动时间赋值100.0分,每日睡眠时长赋值57.50分;总分在预测轴的对应值表示学龄儿童近视前期的发生概率。

2.4 学龄儿童近视前期列线图模型的评价 绘制学龄儿童近视前期列线图模型的ROC曲线,AUC为0.970,95%CI:0.951–0.990,灵敏度为0.900,特异度为0.942;采用校准曲线进行验证,H–L拟合优度检验结果显示: $\chi^2=7.086,P=0.527$,该模型预测概率接近学龄儿童近视前期的实际概率,线性关联接近完美校准,提示该模型拟合性较好;决策曲线显示,预测风险阈值大于0.03时,该模型可获得净收益,临床适用性较高,见图2。从SHAP值的分布范围与峰值来看,各变量的影响强度排序为:每日户外活动时间>电子产品使用时长>每日睡眠时长>父母近视家族史>握笔姿势,其中每日户外活动时间是影响学龄儿童近视前期发生的最关键因素,见图3。

2.5 平光离焦镜治疗前后各指标变化情况 A组年龄 8.79 ± 1.22 岁,男14例,女26例。B组年龄 8.91 ± 1.07 岁,男13例,女27例。两组一般资料对比,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),具可比性。组内对比显示:两组AL均呈生理性增长(均 $P<0.05$);A组脉络膜厚度、睫状肌麻痹后球镜度数较干预前明显提升,裸眼远视力(LogMAR)较干预前明显降低(均 $P<0.05$);B组脉络膜厚度有所下降,裸眼远视力(LogMAR)有所上升(均 $P<0.05$);角膜曲率、柱镜度数组内均无显著变化(均 $P>0.05$)。组间对比显示:干预后,A组AL增长量(0.11 ± 0.34 mm)显著低于B组(0.29 ± 0.28 mm)($P<0.05$),A组脉络膜厚度、睫状肌麻痹后球镜度数显著高于B组,裸眼远视力(LogMAR)显著低于B组,差异有统计学意义(均 $P<0.05$);两组K1/K2、柱镜度数未见明显组间差异(均 $P>0.05$),见表3。

3 讨论

近视前期指6–12岁学龄儿童经睫状肌麻痹验光排除临床近视,裸眼远视力未达正常正视标准,球镜当量出现轻度近视性偏移,且AL或AL/CR超出同年龄组正常范围的屈光发育异常状态,该阶段眼部无器质性病变,屈光及AL的异常改变可通过干预逆转,是预防儿童发展为临床近视的关键时期^[9]。本研究结果显示,父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长是学龄儿童近视前期的危险因素,且每日户外活动时间、每日睡眠时长是其保护因素。邓益斌等^[10]研究结果亦显示,父母至少一方近视与近视前期发生正性相关,近视属于多基因遗传病,近视易感基因可影响睫状肌的收缩与舒张功能及晶状体的弹性,使有家族史的儿童更易出现调节灵敏度下降、调节痉挛,在近距离用眼时,睫状肌无法及时放松,长期处于紧张

表 1 两组临床资料对比

指标		试验组 (<i>n</i> = 80)	对照组 (<i>n</i> = 156)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)		8.88±1.11	8.92±1.05	0.272	0.786
性别(例,%)	男	27(33.8)	91(58.3)	12.783	<0.001
	女	53(66.2)	65(41.7)		
体质量($\bar{x}\pm s$,kg/m ²)		17.64±1.28	17.55±1.19	0.536	0.593
就读年级(例,%)	1–3 年级	15(18.8)	68(43.6)	14.310	<0.001
	4–6 年级	65(81.2)	88(56.4)		
父母近视家族史(例,%)	有	43(53.8)	45(28.8)	14.025	<0.001
	无	37(46.2)	111(71.2)		
父亲学历(例,%)	初中及以下	28(35.0)	49(31.4)	0.310	0.578
	高中及以上	52(65.0)	107(68.6)		
母亲学历(例,%)	初中及以下	21(26.2)	43(27.6)	0.046	0.830
	高中及以上	59(73.3)	113(72.4)		
家庭月收入(例,%)	≥5 000 元	60(75.0)	100(64.1)	2.876	0.090
	<5 000 元	20(25.0)	56(35.9)		
家庭住址(例,%)	城市	42(52.5)	81(51.9)	0.007	0.933
	乡镇	38(47.5)	75(48.1)		
出生季节(例,%)	春	25(31.2)	45(28.8)	1.224	0.747
	夏	16(20.0)	38(24.4)		
	秋	28(35.0)	47(30.1)		
	冬	11(13.8)	26(16.7)		
握笔姿势(例,%)	合格	8(10.0)	49(31.4)	13.233	<0.001
	不合格	72(90.0)	107(68.6)		
课后作业时间($\bar{x}\pm s$,h)		1.28±0.28	1.23±0.27	1.330	0.185
课外辅导(例,%)	有	48(60.0)	84(53.8)	0.812	0.367
	无	32(40.0)	72(46.2)		
电子产品使用时长($\bar{x}\pm s$,h/d)		2.56±0.48	2.02±0.37	9.567	<0.001
每日户外活动时长($\bar{x}\pm s$,h)		2.62±0.51	3.27±0.47	9.769	<0.001
每日睡眠时长($\bar{x}\pm s$,h)		7.96±0.40	8.51±0.63	7.105	<0.001
高糖饮食(例,%)	是	28(35.0)	47(30.1)	0.579	0.447
	否	52(65.0)	109(69.9)		
坚持眼保健操(例,%)	有	14(17.5)	64(41.0)	13.227	<0.001
	无	66(82.5)	92(59.0)		

注:试验组为近视前期患儿;对照组为正常屈光儿童。

表 2 学龄儿童近视前期的多因素分析

指标	<i>B</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
性别	0.886	0.537	2.722	0.099	2.425	0.847–6.943
就读年级	1.030	0.600	2.950	0.086	2.801	0.865–9.070
父母近视家族史	1.567	0.582	7.249	0.007	4.791	1.531–14.987
握笔姿势	2.206	0.767	8.279	0.004	9.079	2.020–40.799
电子产品使用时长	4.883	0.947	26.586	<0.001	1.966	1.626–4.306
每日户外活动时长	–4.091	0.802	26.042	<0.001	0.017	0.003–0.080
每日睡眠时长	–2.302	0.596	14.895	<0.001	0.100	0.031–0.322
坚持眼保健操	0.025	0.613	0.002	0.967	1.026	0.309–3.409
常量	15.332	5.137	8.907	0.003	4.386	

状态,会进一步推动 AL 增长和屈光向近视偏移^[11]。另合格的握笔姿势是头正、身直、眼远的基础,而不良握笔姿势会因手部视野遮挡和书写力学失衡,迫使儿童做出代偿性的头眼位偏移,近距离用眼时,视网膜周边部会出现离焦性形觉剥夺,而儿童的巩膜仍处于发育阶段,形觉剥夺会刺激细胞因子分泌调控巩膜胶原代谢,导致巩膜变薄、AL

增长,最终使 AL 超出同年龄组正常阈值。长期睫状肌痉挛还会导致睫状肌–巩膜的牵拉力异常,使眼球前后径延长,AL 缓慢增长,同时屈光状态从正视逐渐向近视前期偏移,若未及时矫正握笔姿势,AL 会持续增长,最终发展为临床近视^[12]。此外,普通电子产品屏幕存在低频率频闪,而儿童的视觉系统对光线变化的敏感度远高于成人,这种

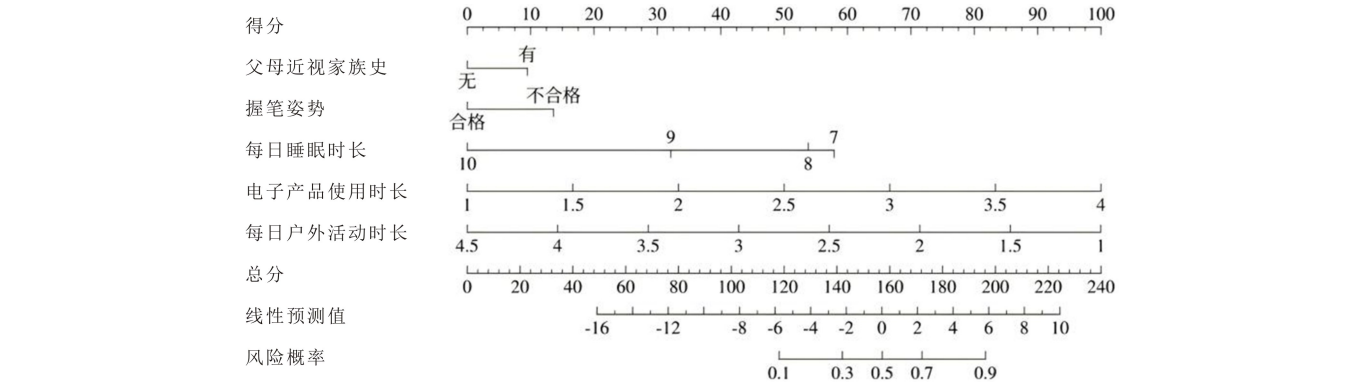


图1 学龄儿童近视前期的列线图模型。

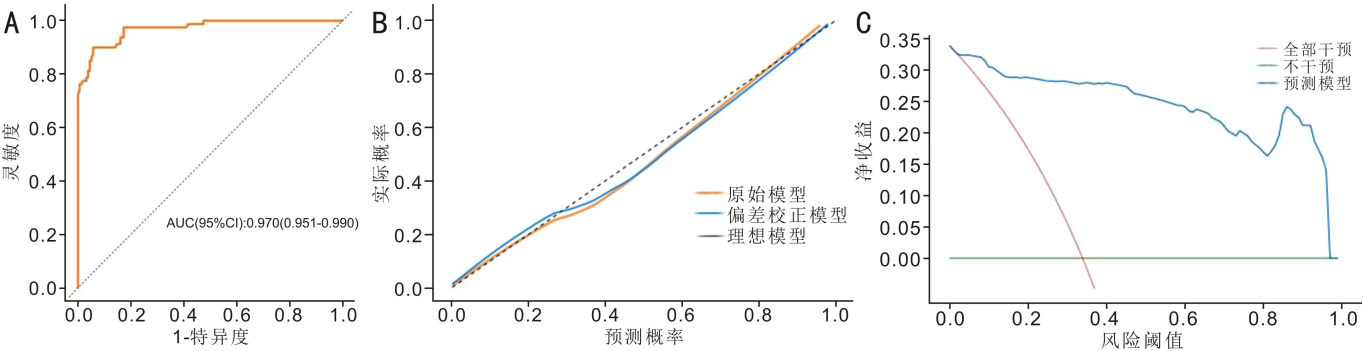


图2 学龄儿童近视前期列线图模型的内部验证 A:ROC 曲线;B:校准曲线;C:决策曲线。

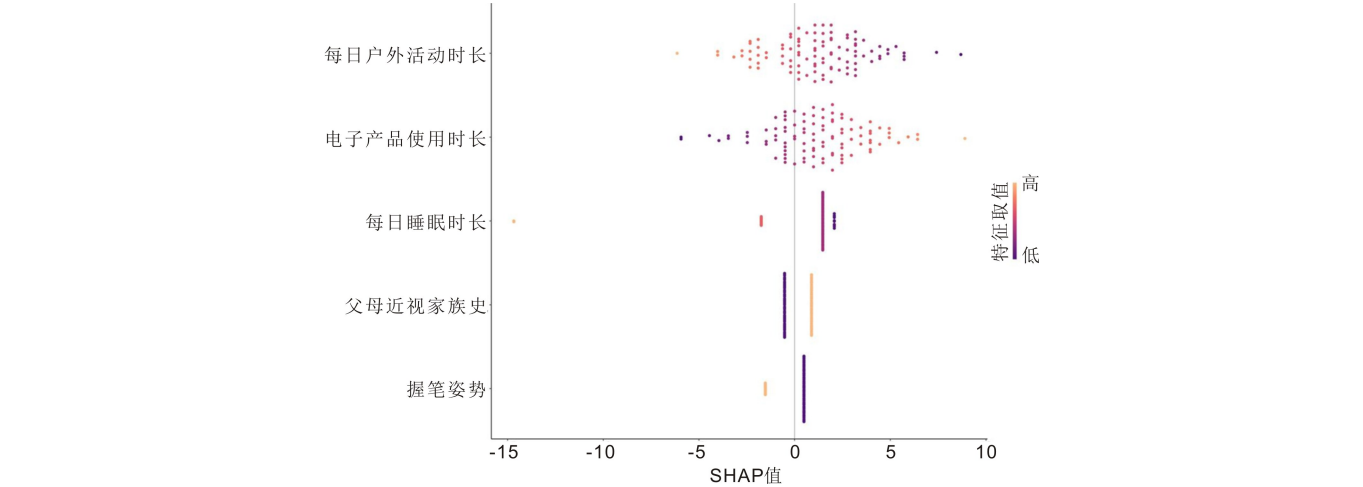


图3 学龄儿童近视前期列线图模型的 SHAP 图。

持续的亮度波动会迫使睫状肌反复收缩与舒张以调节晶状体焦距,长期下来睫状肌无法完全放松,引发调节痉挛。且电子产品屏幕发出的高能短波蓝光可穿透角膜和晶状体直达视网膜,可抑制视网膜中褪黑素的分泌,导致巩膜胶原合成紊乱、巩膜壁延展性增加,使 AL 更易出现异常增长^[13]。故握笔姿势、电子产品使用时长亦是学龄儿童近视前期的危险因素,与吴雨骁等^[8]、谢小莲等^[14]研究结果一致。

自然光的光照度远高于室内人工光,这种高光照度是调控儿童 AL 发育的关键光学信号,高光照度会刺激视网膜分泌多巴胺,直接抑制 AL 的异常增长,且在户外活动中,儿童的用眼模式以远距离视物(>5 m)为主,与室内的近距离用眼形成鲜明对比,这种远眺模式能从根本上缓解眼部调节负荷,延缓远视储备的生理性耗竭^[15]。而睡眠是人体组织修复、生理功能调节的核心过程,褪黑素是调

控眼部发育的重要激素,学龄儿童睡眠时间长,褪黑素分泌量远高于成人,褪黑素可直接抑制 AL 异常增长,并因其强大的抗氧化作用,可保护视网膜感光细胞和神经节细胞的正常功能,避免视网膜功能受损导致的形觉剥夺,从而阻断形觉剥夺诱发的 AL 增长,减少近视前期的发生^[16]。故每日户外活动时长、每日睡眠时长是学龄儿童近视前期的保护因素,与霍环环等^[17]、刘俊杰等^[18]研究结果一致。

本研究结果显示列线图模型的 ROC 曲线,AUC 为 0.970,95%CI: 0.951-0.990,灵敏度为 0.900,特异度为 0.942;校准曲线拟合良好,决策曲线示临床适用性高,提示上述因素可作为学龄儿童近视前期的观测指标,且联合预测价值更高。SHAP 总结图示每日户外活动时长是影响学龄儿童近视前期发生的最关键因素,推测其原因为户外自然光可强效诱导视网膜分泌多巴胺,直接抑制 AL 异常增长,且其保护作用呈剂量依赖性,多维度阻断近视前

表 3 两组儿童干预前后各指标变化情况

$\bar{x} \pm s$

指标	A 组 (n=40)	B 组 (n=40)	t	P
AL (mm)				
干预前	23.04±0.23	23.06±0.22	0.397	0.692
干预后	23.15±0.24 ^a	23.35±0.23 ^a	3.805	<0.001
AL 增长量 (mm)	0.11±0.34	0.29±0.28	2.570	0.012
脉络膜厚度 (μm)				
干预前	263.88±20.79	262.40±22.72	0.304	0.762
干预后	277.73±15.65 ^a	258.03±18.15 ^a	5.199	<0.001
K1/K2 (D)				
干预前	42.93±0.35	42.90±0.38	0.367	0.714
干预后	43.17±0.38	43.13±0.45	0.430	0.669
睫状肌麻痹后球镜度数 (D)				
干预前	0.65±0.15	0.66±0.17	0.279	0.781
干预后	0.75±0.21 ^a	0.67±0.14	2.005	0.048
柱镜度数 (D)				
干预前	0.72±0.12	0.71±0.11	0.389	0.699
干预后	0.74±0.10	0.75±0.11	0.425	0.672
裸眼远视力 (LogMAR)				
干预前	0.046±0.012	0.049±0.013	1.073	0.287
干预后	-0.004±0.015 ^a	0.119±0.034 ^a	20.933	<0.001

注:A 组采用标准行为+平光离焦镜干预;B 组采用标准行为干预。^aP<0.05 vs 干预前。

期发病环节,还能有效拮抗遗传、不良用眼等危险因素的作用,在儿童屈光发育关键期作用尤为显著。本研究与既往两项同类横断面调查^[10-11]对比可见,三者结论存在共性与明显差异:父母近视、户外活动不足、电子产品久用均是高危因素;差异在于本研究细化出握笔姿势不良这一学龄儿童特有危险因素,证实充足睡眠为保护因素,而既往研究指标设置、调查年龄段不同造成结果区分,且既往仅做危险因素分析,本研究创新构建列线图模型,经 AUC、校准曲线、决策曲线及 SHAP 分析证实模型区分度、拟合度与临床实用性优异,并明确户外活动为核心影响因素,可为儿童近视高危人群分层防控提供量化工具。因此学龄儿童需保证每日户外累计活动≥2h,充分利用自然光的保护作用,同时配合控制电子产品使用、矫正不良用眼姿势、保证充足睡眠,形成综合防控策略,从根源降低近视前期发生风险。

本研究结果还显示,A 组 AL 增长量显著低于 B 组,脉络膜厚度、睫状肌麻痹后球镜度数显著高于 B 组,裸眼远视力(LogMAR)低于 B 组,提示平光离焦镜可有效遏制近视前期儿童 AL 异常增长,改善眼底脉络膜供血、稳固脉络膜厚度,更好留存远视储备,减缓屈光状态向近视方向转变,稳定儿童裸眼视力水平。分析其原因为:平光离焦镜中心为无度数平光光学区,远距离平行光线可精准聚焦于视网膜,稳固原有裸眼视力,同时避免屈光镜片过度矫正,减少眼部调节功能紊乱,有效留存远视储备,延缓屈光状态向近视偏移。镜片周边采用近视性离焦设计,让周边成像落于视网膜及其前方,阻断周边离焦诱发的 AL 代偿性增长,抑制巩膜结构异常改变,管控 AL 异常增速,维持眼球正常发育节奏;且合理离焦成像可修复视网膜正常光学信号,缓解异常离焦引发的血管收缩,促进脉络膜血

管舒张,优化眼底微循环供血,保障脉络膜细胞营养供给、加快代谢废物排出,防止组织萎缩,进而稳固并小幅提升脉络膜厚度^[19-20]。但本研究为单中心取样,样本规模偏小,用眼行为等相关指标依靠问卷收集,易存在回忆偏倚,且随访周期较短,远期防控效果尚不明确,后续可扩充样本量、延长随访时长,搭配客观监测手段完善研究设计。

综上所述,父母近视家族史、握笔姿势、电子产品使用时长是学龄儿童近视前期的危险因素,每日户外活动时间长、每日睡眠时长是其保护因素,基于上述因素构建的列线图预测准确率较好。另平光离焦镜的设计完全契合近视前期学龄儿童的眼部生理特点,既通过周边离焦从根源上抑制 AL 增长,改善眼底脉络膜微循环灌注,又以平光中心区适配屈光状态、维持裸眼远视力,可抑制 AL 异常增长、延缓屈光近视性偏移。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。
作者贡献声明:杜娟论文选题与修改,初稿撰写及后续论文审阅;林萍、赵益佳、么大勇文献检索,数据分析。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Lorato MM, Yimer A, Kebede Bizueneh F. Prevalence of myopia in school-age children in Ethiopia: a systematic review and meta-analysis. SAGE Open Med, 2023,11:20503121231200105.

[2] 林奕彤, 陈子扬, 叶照达, 等. 近视前期的研究现状. 国际眼科杂志, 2024,24(7):1102-1105.

[3] Yu MK, Hu YY, Han M, et al. Global risk factor analysis of myopia onset in children: a systematic review and meta-analysis. PLoS One, 2023,18(9):e0291470.

[4] Jonas JB, Ang M, Cho P, et al. IMI prevention of myopia and its progression. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021,62(5):6.

[5] Lin ZH, Christaras D, Duarte - Toledo R, et al. Dynamic

accommodation responses in subjects wearing myopia control spectacles modifying peripheral refraction. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2025,66(1):55.

[6] 中国民族医药协会眼视光学分会, 北京眼视光学会. 中国近视前期管理专家共识(2025 年). *中华眼科杂志*, 2025, 61(12):957-967.

[7] 中国中西医结合学会, 中华中医药学会, 中华医学会. 儿童青少年近视中西医结合诊疗指南. *中华眼科杂志*, 2024,60(1):13-34.

[8] 吴雨骁, 陶政畅, 徐志容, 等. 学龄儿童握笔姿势及握力与近视的相关性研究. *中华实验眼科杂志*, 2024,42(9):827-833.

[9] Yin Y, Li LP, Wang T, et al. Establishment of noncycloplegic methods for screening myopia and pre-myopia in preschool children. *Front Med*, 2023,10:1291387.

[10] 邓益斌, 王晓银, 王惠敏, 等. 学龄前儿童近视临床前期相关因素分析. *中国学校卫生*, 2023,44(6):893-896.

[11] Deng YB, Wang XY, Xiao LG, et al. Analysis of risk factors associated with pre-myopia among primary school students in the Mianyang Science City. *J Eye Mov Res*, 2024,17(1):10.

[12] 董传菲, 刘钟铃, 彭绍通, 等. 上海地区学龄前儿童早期握笔及前书写能力评估的横断面研究. *教育生物学杂志*, 2025,13(5):325-330,335.

[13] Shi ZW, Yang LH, Xu T, et al. Development of a risk score for myopia: a cohort study conducted among school-aged children in China. *Indian J Ophthalmol*, 2024,72(Suppl 2):S265-S272.

[14] 谢小莲, 李莉萍, 王冰, 等. 列线图在学龄前儿童用眼行为与近视相关性研究中的应用. *眼科新进展*, 2025,45(7):539-545,553.

[15] Xu L, Zhang Y, Yang C, et al. Age-dependent and reversible refractive changes in 0-6 years old children associated with reduced outdoor activity: a six-year community-based study. *Sci Rep*, 2026,16(1):5719.

[16] Liu XN, Naduvilath TJ, Sankaridurg PR. Myopia and sleep in children—a systematic review. *Sleep*, 2023,46(11):zsad162.

[17] 霍环环, 李素云, 仇婷婷, 等. 近距离工作、视屏时间及户外活动时间与儿童近视的关联分析. *中华实验眼科杂志*, 2025,43(6):548-555.

[18] 刘骏杰, 朱彰灏, 方杨润东, 等. 睡眠时间与低学龄儿童近视的关联研究. *广西医科大学学报*, 2025,42(3):443-449.

[19] 王义辉, 王浩宇, 胡兴潘, 等. 平光离焦镜防控正视眼儿童近视的临床效果. *玻璃搪瓷与眼镜*, 2025,53(1):11-15.

[20] Erdinest N, London N, Lavy I, et al. Peripheral defocus and myopia management: a mini-review. *Korean J Ophthalmol*, 2023,37(1):70-81.