

# 中国 9 个省(自治区、直辖市)小学生户外时间对近视发生影响的队列研究

钟盼亮 刘云飞 马宁 党佳佳 董彦会 陈曼曼 马涛 马莹 陈力 师嫡 宋逸  
北京大学公共卫生学院/北京大学儿童青少年卫生研究所, 北京 100191  
通信作者: 宋逸, Email: songyi@bjmu.edu.cn

**【摘要】目的** 探索户外时间对小学生近视发生的影响,并评估其在不同年级学生中的差异,为预防近视相关政策制定提供依据。**方法** 本研究基于队列研究设计,在 2019 年调查了江苏、上海、福建、山西、河南、湖南、甘肃、重庆、广西 9 个省(自治区、直辖市)6 046 名 1~5 年级小学生,现场对其近视情况进行检查,并在 2020 年对该群体再次进行随访,现场检测近视发生情况,并在 2020 年视力测量后一周内对近视相关行为进行问卷调查。采用  $\chi^2$  检验、Cochran-Armitage 趋势检验比较组间差异,采用 Cox 比例风险回归模型检验户外时间与近视发生的关系。**结果** 在 2020 年,基线时为 1~5 年级的小学生近视发生率为 27.5%,其中,1~2 年级小学生近视发生率为 23.0%,3~5 年级小学生近视发生率为 31.7%。控制协变量后,在 1~2 年级小学生中,平均每天户外时间  $\geq 1$  h 学生近视发生风险是平均每天户外时间  $< 1$  h 学生的 0.76 倍(95%CI: 0.62~0.93,  $P=0.008$ );而对于 3~5 年级小学生,平均每天户外时间  $\geq 3$  h 才对近视发生有显著保护作用,其近视发生风险是平均每天户外时间  $< 3$  h 学生的 0.75 倍(95%CI: 0.61~0.93,  $P=0.007$ )。**结论** 1~2 年级小学生平均每天达到 1 h 户外时间可以降低近视发生率,而 3~5 年级小学生平均每天需达到 3 h 户外时间可能才会有效降低近视发生率。因此,针对不同年级小学生预防近视的户外时间推荐应有差异,年级越高,户外时间相应增加,降低其近视发生率。但同时,还要关注其他因素对近视的作用,采用综合手段防控近视的发生。

**【关键词】** 近视; 小学生; 户外时间

**基金项目:** 美国中华医学基金(21-434);首都卫生发展科研专项(首发 2022-1G-4251)

## Effect of outdoor time on the incidence of myopia among primary school students in 9 provinces of China

Zhong Panliang, Liu Yunfei, Ma Ning, Dang Jiajia, Dong Yanhui, Chen Manman, Ma Tao, Ma Ying, Chen Li, Shi Di, Song Yi

School of Public Health & Institute of Child and Adolescent Health, Peking University Health Science Center, Beijing 100191, China

Corresponding author: Song Yi, Email: songyi@bjmu.edu.cn

**【Abstract】Objective** We aimed to assess the effects of outdoor time in preventing incident myopia among primary school students and evaluate its differences among different grades to provide evidence for policy formulation related to myopia prevention. **Methods** This study is a cohort study. We investigated 6 046 grade 1 to 5 students in 9 provinces, Jiangsu, Shanghai, Fujian, Shanxi, Henan, Hunan, Gansu, Chongqing, and Guangxi. In 2019, we measured their myopia on site. In 2020, we did a follow-up visit on those students to detect the myopia incidence rate. Information regarding outdoor time and myopia-related behaviors were obtained from a questionnaire within one week of visual acuity measurement in 2020. The chi-square test and Cochran-Armitage trend

DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211111-00876

收稿日期 2021-11-11 本文编辑 万玉立

引用格式: 钟盼亮, 刘云飞, 马宁, 等. 中国 9 个省(自治区、直辖市)小学生户外时间对近视发生影响的队列研究[J]. 中华流行病学杂志, 2022, 43(7): 1099-1106. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211111-00876.

Zhong PL, Liu YF, Ma N, et al. Effect of outdoor time on the incidence of myopia among primary school students in 9 provinces of China[J]. Chin J Epidemiol, 2022, 43(7): 1099-1106. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20211111-00876.



test compared the differences between groups. The Cox proportional hazards risk model was used to test the relationship between outdoor time and myopia. **Results** In 2020, the overall myopia incidence rate of grade 1 to 5 students in the baseline was 27.5%; while 23.0% in grades 1 and 2 students and 31.7% in grades 3 to 5 students, respectively. After controlling for covariates, for students in grade 1 to 2, those with  $\geq 1$  hour of outdoor time per day were at 0.76 (95%CI: 0.62-0.93,  $P=0.008$ ) times risk of being myopia than that of students with  $< 1$  hour of outdoor time per day; while for students in grades 3 to 5, an average of  $\geq 3$  hours of outdoor time per day was required to have a significant protective effect on myopia. The students with  $\geq 3$  hours of outdoor time per day were less likely to be myopia ( $OR=0.75$ , 95%CI: 0.61-0.93,  $P=0.007$ ) than those students with  $< 3$  hours of outdoor time per day. **Conclusions** For grade 1 and 2 students, 1 hour of outdoor time per day could reduce the incidence of myopia, whereas for grade 3 to 5 students, 3 hours of outdoor time per day could effectively reduce the incidence of myopia. Therefore, the recommendations for outdoor time as myopia prevention should be different for different grades. The higher the grade is, the more outdoor time should be spent to reduce myopia incidence. Moreover, other factors that affect myopia's incidence should be also paid attention to, and a comprehensive approach should be adopted to prevent and control the incidence of myopia.

**【 Key words 】** Myopia; Primary school students; Outdoor time

**Fund programs:** China Medical Board (21-434); Capital's Funds for Health Improvement and Research (2022-1G-4251)

近视是指人眼在调节放松状态下,来自 5 m 以外的平行光线经眼球屈光系统后聚焦在视网膜之前的病理状态,一般表现为远视力下降<sup>[1]</sup>。近视已经成为全球关注的公共卫生问题<sup>[2]</sup>,预计到 2050 年,全球近视人数将从 2000 年的 14 亿增加到 50 亿,影响全球约 50% 的人口<sup>[3]</sup>。2020 年,中国儿童青少年总体近视率达到 52.7%<sup>[4]</sup>,近视人数已居全球第一<sup>[5]</sup>。近视往往发生、发展于儿童青少年时期,且儿童青少年时期的近视易发展为高度近视,增加日后发生青光眼、白内障、黄斑变性、视网膜脱离等眼部疾病的概率,甚至有视力丧失的风险<sup>[6]</sup>。已有研究发现户外时间对小学生近视发生有保护作用,但多为针对 1 年级小学生在单一地区进行的小样本研究<sup>[2,7-9]</sup>。本研究在江苏、上海、福建、山西、河南、湖南、甘肃、重庆、广西 9 个省(自治区、直辖市)6 046 名小学生中进行了为期一年的近视随访调查,分析户外时间对小学生近视发生的影响及其在不同人群中的差异,以期为预防近视发生的策略制定提供科学依据。

## 对象与方法

1. 研究对象:本研究是一项队列研究。2019 年 9-11 月选取江苏、上海、福建、山西、河南、湖南、甘肃、重庆、广西 9 个省(自治区、直辖市),将每个省(自治区、直辖市)根据社会经济情况划分为 3 个片区(“好”“中”“差”),每个片区选择城市、乡村各 1 所小学,将 1~5 年级学生按年级整班抽取样

本,每片每年级最少 50 人,其中男女生各半,城乡学生各半,共抽取 6 046 名小学生,对其进行现场近视检查,并在 2020 年 9-11 月对该群体再次进行随访,现场检测近视发生情况,并在 2020 年视力测量后一周内对近视相关行为进行问卷调查(该群体在 2020 年 9-11 月随访时已成为 2~6 年级学生,为防止误解并方便描述,本研究统一称其为 1~5 年级学生)。本研究将 2019 年未发生近视的 4 482 名小学生纳入分析,其中 529 名小学生由于 2020 年问卷调查相关信息回答不明确或缺失而被排除,其性别、居住地、年级分布、近视情况与其他小学生无显著差异。最终纳入 3 953 名小学生进行分析。

## 2. 指标测量:

(1) 视力测量和近视判定:所调查小学生视力情况由检测队指定专人进行检查。视力检测人员由至少 1 名持有眼视光相关的国家执业医师资格证书的眼科医师,以及若干眼视光相关的技师或持有护士资格证书的专业人员或学校卫生领域的专业人员组成。现场使用符合国家标准的 5 m 标准对数视力表进行裸眼远视力检查<sup>[10]</sup>,先左眼后右眼。屈光检测采用客观检查法,在非睫状肌麻痹(即非散瞳)条件下,使用台式自动电脑验光仪进行检测。每只眼测量 3 次,取平均值;如其中任意 2 次的球镜度数测量值相差  $\geq 0.50$  D,则进行额外测量,再取平均值。裸眼视力  $< 5.0$  且非睫状肌麻痹下电脑验光等效球镜度数(SE)  $< -0.50$  D (SE=球镜度数+柱镜度数/2)<sup>[11-12]</sup>则判定该眼近视。任意一只眼近视便判定为近视。本研究分别在 2019 年 9-11 月及

2020 年 9-11 月对受试小学生进行现场视力测量。

(2) 问卷调查及户外时间的判定:通过专家咨询、文献综述近视主要影响因素,并参考《2019 年学生体质与健康调研问卷》<sup>[12]</sup>自行设计《视力相关行为调研问卷》<sup>[13]</sup>。为保证问卷质量,调查 2 周后,本研究在重庆市、江苏省、上海市对 1~3 年级学生家长 101 人重复进行问卷调查,两次问卷的重测信度在 0.4~0.9 之间。使用探索性因子分析对问卷进行效度检验,KMO 值为 0.7,提取 9 个因子,总方差解释为 52.8%,因子负荷在 0.3~0.9 之间。本研究在 2020 年视力测量 1 周内对受试小学生进行问卷调查。基线时为 1~2 年级的小学生将问卷带回家,在家长指导下填写,并在第二天带回;基线时为 3~5 年级的小学生在学校填写。户外时间使用问题“过去 7 天中,你每天接触阳光时间是多少?(直接在阳光下活动的时间)”进行判定,选项:①每天 < 1 h;②每天 1~h;③每天 2~h;④每天 ≥3 h;⑤不知道。分析样本排除选项为“不知道”的学生。并通过问卷收集小学生社会人口学特征信息及视力相关行为信息,如性别、居住地、年级、视屏时间、眼保健操情况、躺着看书/视频(平板或手机)、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮、过去一周含糖饮料饮用情况等。

3. 统计学分析:采用频数和百分比(%)对研究对象的基本情况和近视发生情况进行描述,采用  $\chi^2$  检验、Cochran-Armitage 趋势检验比较组间差异,采用 Cox 比例风险回归模型,在调整性别、居住地、年级、视屏时间、眼保健操、躺着看书/视频(平板或手机)、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮和含糖饮料饮用情况<sup>[14-18]</sup>后,分析户外时间与近视发生的关系,并按照年级、性别、居住地分层,探讨户外时间与近视发生关系在不同人群中的差异。此外,还将户外时间分别以 1、2、3 h 为界划分为二分类变量进行统计分析。双侧检验,检验水准  $\alpha=0.05$ 。所有统计分析均使用 R 4.0.3 软件进行。

## 结 果

1. 基本情况:在 2019 年 3 953 名未发生近视的 1~5 年级小学生中,男生 1 980 名(50.1%),女生 1 973 名(49.9%);居住地在城市的小学生 2 008 名(50.8%),在乡村的小学生 1 945 名(49.2%);1~2 年

级小学生 1 914 名(48.5%),3~5 年级小学生 2 039 名(51.5%)。平均每天户外时间 <1 h 的小学生 879 名(22.3%),1~h 的小学生 1 724 名(43.6%),2~h 的小学生 610 名(15.4%),≥3 h 的小学生 740 名(18.7%),其中 1~2 年级小学生与 3~5 年级小学生户外时间分布差异有统计学意义( $P<0.001$ )。见表 1。

2. 近视发生情况:在 2020 年,基线时为 1~5 年级的小学生近视发生率为 27.5%,其中 1~2 年级小学生近视发生率为 23.0%,显著低于 3~5 年级小学生近视发生率(31.7%, $P<0.001$ )。与男生(24.1%)相比,女生近视发生率(30.9%)更高( $P<0.001$ )。近视发生率有随年级升高而上升的趋势(趋势检验  $P<0.001$ )。小学生近视发生率在户外时间 <1、1~、2~和 ≥3 h 的小学生中分别为 30.8%、27.1%、28.2%和 23.9%,随着户外时间的增加,小学生近视发生率总体有下降的趋势(趋势检验  $P=0.003$ )。见表 2。

3. 户外时间与近视发生的关系:在控制了性别、居住地、年级、视屏时间、眼保健操、躺着看书/视频、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮、含糖饮料饮用情况后,以平均每天户外时间 <1 h 的小学生为参照,对于基线时为 1~2 年级的小学生,平均每天户外时间达到 1~2 h 即观察到近视发生的保护效应( $HR=0.78$ , 95%CI: 0.62~0.97,  $P=0.029$ );而对于基线时为 3~5 年级的小学生,平均每天户外时间需达到 ≥3 h 才观察到近视发生的保护效应( $HR=0.71$ , 95%CI: 0.55~0.92,  $P=0.010$ )。若将户外时间划分为二分类变量,与前述结果相似,控制协变量后,在 1~2 年级小学生中,平均每天户外时间 ≥1 h 学生近视发生风险是平均每天户外时间 <1 h 学生的 0.76 倍(95%CI: 0.62~0.93,  $P=0.008$ );而对于 3~5 年级小学生,平均每天户外时间需达到 ≥3 h 才对近视发生有显著保护作用,其近视发生风险是平均每天户外时间 <3 h 学生的 0.75 倍(95%CI: 0.61~0.93,  $P=0.007$ )(表 3)。按性别、居住地进行分层分析发现,男生和乡村学生结果与总体结果类似,但女生与城市学生的结果与总体结果相比存在差异(1~5 年级女生中,发现 1~2 h 户外时间对近视发生有保护作用,但按年级分层后的女生、全体城市学生和按年级分层后的城市学生中均未发现户外时间与近视存在关联)(表 4,5)。

表 1 3 953 名 1~5 年级小学生的基线特征

组 别	合计	1~2 年级	3~5 年级	P 值 <sup>a</sup>
性别				0.438
男	1 980(50.1)	946(49.4)	1 034(50.7)	
女	1 973(49.9)	968(50.6)	1 005(49.3)	
居住地				0.006
城市	2 008(50.8)	1 016(53.1)	992(48.7)	
乡村	1 945(49.2)	898(46.9)	1 047(51.3)	
年级				
1	1 058(26.8)	1 058(55.3)		
2	856(21.7)	856(44.7)		
3	819(20.7)		819(40.2)	
4	697(17.6)		697(34.2)	
5	523(13.2)		523(25.6)	
户外时间(h)				<0.001
<1	879(22.3)	482(25.2)	397(19.5)	
1~	1 724(43.6)	861(45.0)	863(42.3)	
2~	610(15.4)	257(13.4)	353(17.3)	
≥3	740(18.7)	314(16.4)	426(20.9)	
视屏时间(h)				<0.001
<1	2 569(65.0)	1 370(71.6)	1 199(58.8)	
1~	1 020(25.8)	436(22.8)	584(28.6)	
2~	232(5.9)	78(4.1)	154(7.6)	
2.5~	86(2.2)	23(1.2)	63(3.1)	
≥4	46(1.1)	7(0.3)	39(1.9)	
眼保健操(次/d)				<0.001
0	88(2.2)	53(2.8)	35(1.7)	
1	1 228(31.1)	672(35.1)	556(27.3)	
2	2 388(60.4)	1 074(56.1)	1 314(64.4)	
≥3	249(6.3)	115(6.0)	134(6.6)	
躺着看书/视频(平板或手机)				0.699
从未	1 836(46.4)	897(46.9)	939(46.0)	
偶尔	1 995(50.5)	962(50.2)	1 033(50.7)	
经常	122(3.1)	55(2.9)	67(3.3)	
关灯后继续看手机或者平板				<0.001
从未	3 338(84.4)	1 675(87.5)	1 663(81.6)	
偶尔	567(14.4)	222(11.6)	345(16.9)	
经常	48(1.2)	17(0.9)	31(1.5)	
父母或老师提醒读写姿势				<0.001
从未	532(13.5)	167(8.7)	365(17.9)	
偶尔	1 491(37.7)	623(32.6)	868(42.6)	
经常	1 930(48.8)	1 124(58.7)	806(39.5)	
晚上学习灯光足够明亮				0.013
是	3 822(96.7)	1 865(97.4)	1 957(96.0)	
否	131(3.3)	49(2.6)	82(4.0)	
含糖饮料饮用(次/d)				0.002
0	1 208(30.6)	624(32.6)	584(28.6)	
<1	2 369(59.9)	1 134(59.2)	1 235(60.6)	
≥1	376(9.5)	156(8.2)	220(10.8)	
合 计	3 953(100.0)	1 914(48.4)	2 039(51.6)	

注:括号外数据为人数,括号内数据为构成比(%);<sup>a</sup>使用 $\chi^2$ 检验,P值用于比较1~2年级与3~5年级小学生不同亚组的构成比差异

## 讨 论

儿童青少年时期是近视发生最多、发展最快的时期,且其正处于学校学习阶段,易进行群体性干预,对儿童青少年进行近视预防是最合理、可行的选择。本研究利用中国多地区随访数据,报告了2019-2020年中国小学生近视发生率。结果显示,在过去一年中,中国1~5年级小学生近视发生率为27.5%,其中1~2年级小学生近视发生率为23.0%,3~5年级小学生近视发生率为31.7%。本研究结果接近2021年发表的中国香港地区一项队列研究,新型冠状病毒肺炎疫情期间709名6~8岁儿童8个月近视发生率为19.44%<sup>[19]</sup>。

本研究发现增加户外时间能降低近视发生率,与先前研究一致<sup>[17-18,20]</sup>。既往研究表明,新型冠状病毒肺炎疫情期间,中国学龄儿童近视发生率增加,这可能是因疫情居家学习导致户外时间减少<sup>[21]</sup>。然而,本研究发现,1~2年级小学生与3~5年级小学生对户外时间敏感度可能不同,1~2年级小学生平均每天户外时间达到1h即可有效降低近视发生,延长户外时间至2、3h并未显著增加近视发生的保护作用;而3~5年级小学生需达到平均每天3h的户外时间才能有效降低近视的发生。按性别、居住地进行分层分析后,发现在男生和乡村学生中得到类似的结果,而在女生和城市学生中,未发现户外时间与近视存在关联,可能的原因是女生和城市学生近距离用眼时间更长,教育压力更大<sup>[14,17]</sup>。

既往研究指出,户外时间和教育水平是近视发生最主要、最明确的2个环境因素<sup>[22]</sup>。户外时间对近视发生的保护作用可能与光照提高了视网膜内多巴胺的水平有

表 2 3 953 名 1~5 年级小学生近视发生情况

组 别	合计			1~2 年级			3~5 年级		
	总人数	近视人数 (百分比, %)	P 值 <sup>a</sup>	总人数	近视人数 (百分比, %)	P 值 <sup>a</sup>	总人数	近视人数 (百分比, %)	P 值 <sup>a</sup>
性别			<0.001			0.001			<0.001
男	1 980	478(24.1)		946	187(19.8)		1 034	291(28.1)	
女	1 973	609(30.9)		968	253(26.1)		1 005	356(35.4)	
居住地			0.406			0.995			0.489
城市	2 008	540(26.9)		1 016	233(22.9)		992	307(30.9)	
乡村	1 945	547(28.1)		898	207(23.1)		1 047	340(32.5)	
年级 <sup>b</sup>			<0.001			0.003			0.362
1	1 058	218(20.6)		1 058	218(20.6)				
2	856	222(25.9)		856	222(25.9)				
3	819	262(32.0)					819	262(32.0)	
4	697	211(30.3)					697	211(30.3)	
5	523	174(33.3)					523	174(33.3)	
户外时间(h) <sup>b</sup>			0.003			0.007			0.012
<1	879	271(30.8)		482	134(27.8)		397	137(34.5)	
1~	1 724	467(27.1)		861	191(22.2)		863	276(32.0)	
2~	610	172(28.2)		257	49(19.1)		353	123(34.8)	
≥3	740	177(23.9)		314	66(21.0)		426	111(26.1)	
户外时间(h)			0.014			0.005			0.206
<1	879	271(30.8)		482	134(27.8)		397	137(34.5)	
≥1	3 074	816(26.5)		1 432	306(21.4)		1 642	510(31.1)	
户外时间(h)			0.102			0.061			
<2	2 603	738(28.4)		1 343	325(24.2)		1 260	413(32.8)	0.214
≥2	1 350	349(25.9)		571	115(20.1)		779	234(30.0)	
户外时间(h)			0.018			0.404			0.006
<3	3 213	910(28.3)		1 600	374(23.4)		1 613	536(33.2)	
≥3	740	177(23.9)		314	66(21.0)		426	111(26.1)	
视屏时间(h) <sup>b</sup>			0.290			0.264			0.810
<1	2 569	708(27.6)		1 370	320(23.4)		1 199	388(32.4)	
1~	1 020	273(26.8)		436	88(20.2)		584	185(31.7)	
2~	232	64(27.6)		78	20(25.6)		154	44(28.6)	
2.5~	86	27(31.4)		23	10(43.5)		63	17(27.0)	
≥4	46	15(32.6)		7	2(28.6)		39	13(33.3)	
眼保健操(次/d) <sup>b</sup>			0.993			0.647			0.991
0	88	21(23.9)		53	12(22.6)		35	9(25.7)	
1	1 228	312(25.4)		672	152(22.6)		556	160(28.8)	
2	2 388	675(28.3)		1 074	248(23.1)		1 314	427(32.5)	
≥3	249	79(31.7)		115	28(24.3)		134	51(38.1)	
躺着看书/视频(平板或手机) <sup>b</sup>			0.234			0.439			0.229
从未	1 836	492(26.8)		897	202(22.5)		939	290(30.9)	
偶尔	1 995	563(28.2)		962	228(23.7)		1 033	335(32.4)	
经常	122	32(26.2)		55	10(18.2)		67	22(32.8)	
关灯后继续看手机或者平板 <sup>b</sup>			0.034			0.087			0.262
从未	3 338	899(26.9)		1 675	376(22.4)		1 663	523(31.4)	
偶尔	567	173(30.5)		222	60(27.0)		345	113(32.8)	
经常	48	15(31.3)		17	4(23.5)		31	11(35.5)	
父母或老师提醒读写姿势 <sup>b</sup>			0.249			0.662			0.654
从未	532	157(29.5)		167	40(24.0)		365	117(32.1)	
偶尔	1 491	402(27.0)		623	135(21.7)		868	267(30.8)	
经常	1 930	528(27.4)		1 124	265(23.6)		806	263(32.6)	
晚上学习灯光足够明亮			0.616			0.342			0.900
是	3 822	1 054(27.6)		1 865	432(23.2)		1 957	622(31.8)	
否	131	33(25.2)		49	8(16.3)		82	25(30.5)	
含糖饮料饮用(次/d) <sup>b,c</sup>			0.131			0.053			0.639
0	1 208	312(25.8)		624	130(20.8)		584	182(31.2)	
<1	2 369	673(28.4)		1 134	270(23.8)		1 235	403(32.6)	
≥1	376	102(27.1)		156	40(25.6)		220	62(28.2)	
合 计	3 953	1 087(27.5)		1 914	440(23.0)		2 039	647(31.7)	<0.001

注: <sup>a</sup>使用  $\chi^2$  检验和 Cochran-Armitage 趋势检验, 合计一行的 P 值为比较 1~2 年级与 3~5 年级小学生近视发生率的差异, 其余 P 值为比较 1~5 年级、1~2 年级与 3~5 年级小学生分别在各亚组内近视发生率的差异; <sup>b</sup>使用 Cochran-Armitage 趋势检验, 其余使用  $\chi^2$  检验; 过去一周饮用情况, 0 次是每天都未饮用, <1 次是饮过, 但不是每天饮用

表 3 小学生户外时间与近视发生的关系

组别	合计		1~2 年级		3~5 年级	
	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值
未调整协变量模型 <sup>a</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	<b>0.86(0.74~1.00)</b>	0.046	<b>0.77(0.62~0.96)</b>	0.021	0.91(0.74~1.12)	0.377
2~	0.90(0.74~1.09)	0.278	<b>0.65(0.47~0.90)</b>	0.010	1.01(0.79~1.29)	0.924
≥3	<b>0.74(0.62~0.90)</b>	0.002	<b>0.73(0.54~0.97)</b>	0.033	<b>0.72(0.56~0.92)</b>	0.009
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	<b>0.84(0.73~0.96)</b>	0.012	<b>0.74(0.60~0.91)</b>	0.004	0.88(0.73~1.06)	0.185
户外时间(h)						
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	0.90(0.79~1.02)	0.098	0.81(0.66~1.01)	0.056	0.90(0.77~1.06)	0.201
户外时间(h)						
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	0.82(0.70~0.97)	0.017	0.89(0.68~1.15)	0.368	<b>0.75(0.61~0.92)</b>	0.006
调整协变量模型 <sup>b</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	<b>0.84(0.73~0.98)</b>	0.028	<b>0.78(0.62~0.97)</b>	0.029	0.90(0.73~1.11)	0.331
2~	0.88(0.72~1.06)	0.180	<b>0.70(0.50~0.98)</b>	0.035	1.01(0.79~1.29)	0.945
≥3	<b>0.71(0.59~0.86)</b>	<0.001	<b>0.74(0.55~1.00)</b>	0.046	<b>0.71(0.55~0.92)</b>	0.010
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	<b>0.82(0.71~0.94)</b>	0.005	<b>0.76(0.62~0.93)</b>	0.008	0.88(0.72~1.06)	0.180
户外时间(h)						
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	0.88(0.77~1.00)	0.051	0.84(0.68~1.05)	0.118	0.91(0.77~1.07)	0.252
户外时间(h)						
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	<b>0.80(0.68~0.94)</b>	0.007	0.89(0.68~1.16)	0.376	<b>0.75(0.61~0.93)</b>	0.007

注：<sup>a</sup>使用 Cox 比例风险回归模型，不调整协变量；<sup>b</sup>使用 Cox 比例风险模型，调整了性别、居住地、年级、视屏时间、眼保健操、躺着看书/视频、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮、含糖饮料饮用情况；加粗表示  $P < 0.05$

关<sup>[23]</sup>。多巴胺是视网膜光调节释放的神经递质，其合成与代谢有光依赖性，并且多巴胺不但参与视网膜神经元间信息传递，还能调控视网膜的发育<sup>[24]</sup>。本研究中不同年级小学生对户外时间与近视发生关联结果差异的可能原因是，通常情况下，3~5 年级小学生面临的教育压力增加，使得需要额外增加户外时间时长，以达到与 1~2 年级小学生相似的近视发生保护效应。因此，除了需要针对不同年级采取不同的户外时间时长推荐，还需要调节不同年级的教育压力，如落实国家最新发布的“双减”政策<sup>[25]</sup>，并与其他影响因素共同干预，采用综合措施对学生近视发生进行防控。

本研究存在一定局限性。首先，测量等效球镜度数是在非睫状肌麻痹条件下进行的，这可能会导致近视结局的错分，高估近视发生率；其次，小学生户外时间与其他视力相关行为通过问卷收集，无法避免回忆和报告偏倚，且自行设计问卷的信效度不

够高，可能会导致信息不够准确，未来可以通过专家咨询等方法，设计专业的量表收集学生视力相关行为；第三，本研究随访期内，调查学生经历过不同时长的居家网课学习，近视相关行为在居家期间与学校上课期间可能有较大差异，但本研究并未涉及疫情期间学生的行为变化，且 1~2 年级小学生问卷是在家长指导下填写，3~5 年级小学生是自行在学校填写，这可能也会导致信息准确度不足，未来可以使用更为精准的可穿戴监测技术，客观测量户外时间，对本研究结果进行进一步验证。

综上所述，增加户外时间能有效降低小学生近视发生率，1~2 年级小学生和 3~5 年级小学生分别需要达到平均每天 1 h 和 3 h。这提示针对不同年级小学生的户外时间推荐应有差异，年级越高，户外时间应相应增加，以降低其近视发生率。并且需要同时考虑教育因素对近视的作用，采用综合手段防控近视的发生。

表 4 小学生户外时间与近视发生的相关性分析

组别	1~5 年级小学生		1~2 年级小学生		3~5 年级小学生	
	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值
男生 <sup>a</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	0.90(0.71~1.14)	0.370	<b>0.69(0.49~0.98)</b>	0.036	1.11(0.80~1.54)	0.546
2~	0.81(0.60~1.09)	0.169	0.62(0.38~1.02)	0.059	1.02(0.69~1.51)	0.925
≥3	<b>0.63(0.47~0.85)</b>	0.003	<b>0.53(0.33~0.86)</b>	0.011	0.71(0.48~1.06)	0.092
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	0.81(0.65~1.01)	0.065	<b>0.64(0.47~0.89)</b>	0.007	0.97(0.71~1.32)	0.855
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	<b>0.77(0.63~0.93)</b>	0.008	0.73(0.52~1.02)	0.065	<b>0.78(0.61~1.00)</b>	0.048
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	<b>0.71(0.55~0.90)</b>	0.005	0.70(0.46~1.08)	0.109	<b>0.67(0.50~0.91)</b>	0.010
女生 <sup>a</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	<b>0.81(0.67~0.99)</b>	0.042	0.84(0.62~1.12)	0.236	0.79(0.60~1.05)	0.100
2~	0.93(0.72~1.21)	0.601	0.75(0.48~1.19)	0.221	1.05(0.76~1.46)	0.752
≥3	0.80(0.62~1.04)	0.099	0.90(0.62~1.33)	0.609	0.75(0.53~1.07)	0.110
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	0.83(0.69~1.00)	0.051	0.84(0.64~1.10)	0.199	0.84(0.65~1.08)	0.172
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	0.99(0.83~1.18)	0.886	0.93(0.70~1.25)	0.637	1.05(0.84~1.31)	0.699
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	0.91(0.73~1.13)	0.392	1.03(0.73~1.45)	0.861	0.84(0.63~1.13)	0.244

注：<sup>a</sup>使用Cox比例风险回归模型，调整居住地、年级、视屏时间、眼保健操情况、躺着看书/视频、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮、含糖饮料饮用情况；加粗表示P<0.05

表 5 城乡小学生户外时间与近视发生的相关性分析

组别	1~5 年级小学生		1~2 年级小学生		3~5 年级小学生	
	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值	HR 值(95%CI)	P 值
城市 <sup>a</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	0.88(0.72~1.10)	0.262	0.82(0.61~1.12)	0.213	0.98(0.72~1.31)	0.868
2~	0.86(0.65~1.15)	0.319	0.75(0.46~1.23)	0.252	0.96(0.66~1.38)	0.809
≥3	0.76(0.58~1.01)	0.059	0.79(0.52~1.21)	0.286	0.76(0.52~1.11)	0.153
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	0.86(0.70~1.04)	0.122	0.81(0.61~1.08)	0.143	0.92(0.70~1.21)	0.553
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	0.88(0.72~1.06)	0.177	0.88(0.64~1.20)	0.414	0.87(0.68~1.11)	0.256
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	0.84(0.66~1.06)	0.147	0.92(0.63~1.33)	0.655	0.78(0.57~1.06)	0.115
乡村 <sup>a</sup>						
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
1~	0.81(0.65~1.00)	0.055	0.73(0.53~1.03)	0.071	0.87(0.65~1.17)	0.359
2~	0.89(0.68~1.16)	0.394	0.66(0.42~1.04)	0.073	1.08(0.76~1.52)	0.682
≥3	<b>0.66(0.51~0.87)</b>	0.003	0.68(0.44~1.05)	0.083	<b>0.69(0.48~0.98)</b>	0.039
户外时间(h)						
<1	1.00		1.00		1.00	
≥1	<b>0.79(0.64~0.96)</b>	0.019	<b>0.71(0.52~0.96)</b>	0.024	0.86(0.65~1.13)	0.281
<2	1.00		1.00		1.00	
≥2	0.88(0.73~1.05)	0.160	0.81(0.59~1.10)	0.170	0.93(0.75~1.17)	0.555
<3	1.00		1.00		1.00	
≥3	<b>0.76(0.61~0.96)</b>	0.019	0.85(0.58~1.25)	0.417	<b>0.73(0.55~0.97)</b>	0.028

注：<sup>a</sup>使用Cox比例风险回归模型，调整性别、年级、视屏时间、眼保健操情况、躺着看书/视频、关灯后是否继续看手机或者平板、父母或老师提醒读写姿势情况、晚上学习灯光是否足够明亮、含糖饮料饮用情况；加粗表示P<0.05

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 钟盼亮:分析/解释数据、撰写论文、统计分析;刘云飞:分析/解释数据、对论文的知识性内容作批评性审阅、统计分析、指导;马宁、党佳佳、董彦会、陈曼曼、马涛、马莹、陈力、师婧:分析/解释数据;宋逸:酝酿和设计实验、获取研究经费、指导

### 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.《儿童青少年近视防控适宜技术指南(更新版)》及解读[EB/OL]. (2021-10-11) [2021-10-28]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899tg/202110/65a3a99c42a84e3f8a11f392d9fea91e.shtml>.
- [2] He MG, Xiang F, Zeng YF, et al. Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China a randomized clinical trial[J]. *JAMA*, 2015, 314(11): 1142-1148. DOI: 10.1001/jama.2015.10803.
- [3] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042. DOI:10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- [4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.国家卫生健康委员会 2021 年 7 月 13 日新闻发布会文字实录[EB/OL]. (2021-07-13) [2021-10-28]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s3574/202107/2fef24a3b77246fc9fb36dc8943af700.shtml>.
- [5] Sun HP, Li A, Xu Y, et al. Secular trends of reduced visual acuity from 1985 to 2010 and disease burden projection for 2020 and 2030 among primary and secondary school students in China[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2015, 133(3): 262-268. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2014.4899.
- [6] Morgan IG, Ohno-Matsui K, Saw SM. Myopia[J]. *Lancet*, 2012, 379(9827): 1739-1748. DOI: 10.1016/S0140-6736(12)60272-4.
- [7] Jones LA, Sinnott LT, Mutti DO, et al. Parental history of myopia, sports and outdoor activities, and future myopia [J]. *Invest Ophthalmol Visual Sci*, 2007, 48(8):3524-3532. DOI:10.1167/iovs.06-1118.
- [8] French AN, Morgan IG, Mitchell P, et al. Risk factors for incident myopia in Australian schoolchildren: the Sydney adolescent vascular and eye study[J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(10): 2100-2108. DOI: 10.1016/j.ophtha.2013.02.035.
- [9] Wu PC, Tsai CL, Wu HL, et al. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children[J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(5): 1080-1085. DOI:10.1016/j.ophtha.2012.11.009.
- [10] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 11533-2011 标准对数视力表[S]. 北京:中国标准出版社, 2012. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, China National Standardization Administration. GB/T 11533-2011 Standard for logarithmic visual acuity charts[S]. Beijing:China Standards Press, 2012.
- [11] Negrel AD, Maul E, Pokharel GP, et al. Refractive error study in children: sampling and measurement methods for a multi-country survey[J]. *Am J Ophthalmol*, 2000, 129(4):421-426. DOI:10.1016/s0002-9394(99)00455-9.
- [12] 中华人民共和国教育部.教育部等六部门关于开展 2019 年全国学生体质与健康调研及国家学生体质健康标准抽查复核工作的通知[EB/OL]. (2019-07-12) [2022-04-15]. [http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe\\_943/moe\\_946/201907/t20190724\\_392121.html](http://www.moe.gov.cn/srcsite/A17/moe_943/moe_946/201907/t20190724_392121.html).
- [13] 徐荣彬, 高迪, 王政和, 等. 2016 年中国学生户外活动时间现状分析[J]. *中国儿童保健杂志*, 2018, 26(3): 254-257. DOI:10.11852/zgetbjzz2018-26-03-07.
- Xu RB, Gao D, Wang ZH, et al. Analysis of the current status of outdoor activity time of Chinese students in 2016[J]. *Chin J Child Health Care*, 2018, 26(3): 254-257. DOI:10.11852/zgetbjzz2018-26-03-07.
- [14] 韩卫民, 陈晶琦. 北京通州区城区 2006-2010 年学生视力不良状况分析[J]. *中国学校卫生*, 2012, 33(4): 451-452. DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2012.04.029.
- Han WM, Chen JQ. Prevalence of poor eyesight among students of 4 schools from 2006 to 2010 in the urban area of Tongzhou district, Beijing[J]. *Chin J School Health*, 2012, 33(4): 451-452. DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2012.04.029.
- [15] Foster PJ, Jiang Y. Epidemiology of myopia[J]. *Eye (Lond)*, 2014, 28(2): 202-208. DOI:10.1038/eye.2013.280.
- [16] 田飞飞, 刘丽娟, 郭寅, 等. 眼保健操对初中生眼轴增长的影响[J]. *中华流行病学杂志*, 2021, 42(9): 1621-1627. DOI:10.3760/cma.j.cn112338-20201118-01338.
- Tian FF, Liu LJ, Guo Y, et al. Effects of eye exercises on axial eye elongation in junior students[J]. *Chin J Epidemiol*, 2021, 42(9): 1621-1627. DOI: 10.3760/cma.j.cn112338-20201118-01338.
- [17] 刘益帆, 贾智艳, 刘平. 青少年近视危险因素综述[J]. *国际眼科杂志*, 2016, 16(7): 1276-1278. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.7.17.
- Liu YF, Jia ZY, Liu P. Review of juvenile myopia risk factors [J]. *Int Eye Sci*, 2016, 16(7): 1276-1278. DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2016.7.17.
- [18] 闫瑾, 王莉, 杨扬. 近视的危险因素及流行病学研究进展[J]. *眼科新进展*, 2015, 35(9): 896-900. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0245.
- Yan J, Wang L, Yang Y. Recent advances in risk factors and epidemiology of myopia[J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2015, 35(9): 896-900. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2015.0245.
- [19] Zhang XJ, Cheung SSL, Chan HN, et al. Myopia incidence and lifestyle changes among school children during the COVID-19 pandemic: a population-based prospective study[J]. *Br J Ophthalmol*, 2021. DOI:10.1136/bjophthalmol-2021-319307.
- [20] Li SM, Li H, Li SY, et al. Time outdoors and myopia progression over 2 years in Chinese children: the Anyang childhood eye study[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2015, 56(8): 4734-4740. DOI: 10.1167/iovs.14-15474.
- [21] Hu Y, Zhao F, Ding XH, et al. Rates of myopia development in young Chinese schoolchildren during the outbreak of COVID-19[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2021, 139(10): 1115-1121. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2021.3563.
- [22] Morgan IG, Wu PC, Ostrin LA, et al. IMI Risk factors for myopia[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021, 62(5): 3. DOI: 10.1167/iovs.62.5.3.
- [23] 徐超立, 吴建峰, 毕宏生. 多巴胺在近视发生发展中的作用[J]. *眼科新进展*, 2014, 34(1): 86-90. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2014.0024.
- Xu CL, Wu JF, Bi HS. Role of dopamine in the development of myopia[J]. *Rec Adv Ophthalmol*, 2014, 34(1): 86-90. DOI: 10.13389/j.cnki.rao.2014.0024.
- [24] 瞿佳, 李瑾. 近视眼发生和发展机制研究的新进展[J]. *中华眼科杂志*, 2021, 57(4): 311-314. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20210208-00084.
- Qu J, Li J. New progress in the research on the mechanism of myopia occurrence and development[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2021, 57(4): 311-314. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20210208-00084.
- [25] 中华人民共和国教育部. 中共中央办公厅 国务院办公厅印发《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》[EB/OL]. (2020-07-24) [2021-11-12]. [http://www.moe.gov.cn/jyb\\_xxgk/moe\\_1777/moe\\_1778/202107/t20210724\\_546576.html](http://www.moe.gov.cn/jyb_xxgk/moe_1777/moe_1778/202107/t20210724_546576.html).