DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025228

· 健康教育与健康促进 ·

卧室夜间光暴露与大学生客观睡眠参数的关联

张安慧[1],余敏[1],徐玉祥[2],孙莹[2]

1.安徽省芜湖市妇幼保健院儿童保健科,241000;2.安徽医科大学公共卫生学院儿少卫生与妇幼保健学系/出生人口健康教育部重点实验室/环境与人口健康安徽省重点实验室

【摘要】 **目的** 调查大学生卧室夜间光暴露与客观测量的睡眠参数的关联,为促进大学生睡眠健康提供参考。**方法** 2019 年 9—10 月,采用方便抽样法在安徽医科大学、安徽中医药大学 2 所高校招募 365 名健康的大学生,建立大学生队列。使用便携式照度计(TES-1339R;Taishi Corp,台湾,中国)连续 2 d 在个体水平上测量卧室夜间光暴露,通过腕戴式加速计(ActiGraph GT3X-BT, Pensacola, FL)连续 7 d 客观评估大学生睡眠参数。使用多元线性回归模型检验卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的关联。**结果** 相较于夜间平均光照强度较低(<3 lx)组,夜间平均光照强度较高(≥3 lx)组大学生睡眠效率更低[(93.5±2.7)%,(92.2±2.9)%,t=3.93]、入睡后觉醒时间更长[(24.7±10.3)(29.2±11.2)min,t=-3.66]、运动指数更高(11.0±3.6,12.2±3.8,t=-2.80)、睡眠碎片化指数更高(20.5±6.5,23.0±7.0,t=-3.24)(P 值均<0.01)。多元线性回归模型结果显示,在调整协变量后,相较于夜间平均光照强度较低组,夜间平均光照强度较高组的睡眠效率降低(β=-1.15,95%CI=-1.78~-0.52),入睡后觉醒时长、运动指数、睡眠碎片化指数均增加[β 值(95%CI)分别为 3.94(1.55~6.33),1.05(0.20~1.89),2.35(0.81~3.88)](P 值均<0.05)。**结论** 夜间光暴露影响大学生睡眠,卧室光照管理有助于提升青少年睡眠质量。

【关键词】 光;环境暴露;睡眠;精神卫生;回归分析;学生

【中图分类号】 R 179 Q 428 B 845.6 J 914 【文献标识码】 A 【文章编号】 1000-9817(2025)08-1098-04

Association between bedroom nocturnal light exposure and objective sleep parameters in college students

ZHANG Anhui*, YU Min, XU Yuxiang, SUN Ying

* *Department of Child Health, Wuhu Maternal and Child Health Hospital, Wuhu* 241000, *Anhui Province, China*

【**Abstract**】 **Objective** To investigate the cross-sectional association between bedroom nocturnal light exposure and objectively measured sleep parameters in college students, so as to provide evidence for promoting sleep health. **Methods** From September to October 2019, a convenience sampling method was used to recruit 365 healthy college students from two universities in Hefei, establishing a cohort. Bedroom nocturnal light exposure was measured at the individual level for two consecutive days using a portable illuminometer (TES-1339R; Taishi Corp, Taiwan, China). Sleep parameters were objectively measured over seven consecutive days using wrist-worn accelerometers (ActiGraph GT3X-BT, Pensacola, FL). Multiple linear regression models were employed to examine the association between nocturnal light exposure and sleep parameters. **Results** Compared to the low nocturnal light exposure (<3 lx) group, the high-exposure (≥3 lx) group exhibited significantly lower sleep efficiency[(93.5±2.7)%, (92.2±2.9)%, t=3.93], longer wake after sleep onset (WASO) [(24.7±90.3) (29.2±11.2) min, t=-3.66], higher movement index(11.0±3.6, 12.2±3.8, t=-2.80), and higher sleep fragmentation index(20.5±6.5, 23.0±7.0, t=-3.24) (all P<0.01). After adjusting for covariates, multiple linear regression showed that, compared to the low nocturnal light exposure group, the high-exposure group had reduced sleep efficiency (β=-1.15, 95%CI=-1.78 to -0.52), increased WASO [β(95%CI) = 3.94(1.55-6.33)], higher movement index[β(95%CI) = 1.05(0.20-1.89)], and elevated sleep fragmentation index[β(95%CI) = 2.35(0.81-3.88)] (all P<0.05). **Conclusions** Light exposure at night negatively impacts college students' sleep. Optimizing bedroom lighting management may improve sleep quality in adolescents.

【**Keywords**】 Light; Environmental exposure; Sleep; Mental health; Regression anlaysis; Students

睡眠是一个重要的生理过程,人类一生中约 1/3 的时间处于睡眠状态[1],健康的睡眠对人类健康和福祉至关重要[2-3]。然而,睡眠问题的患病率在全球范围内不断上升,已成为重要的公共卫生问题之一[4-5]。中国睡眠研究会报告显示,目前有 3 亿多中国居民有某种类型的睡眠问题,高达 38.2% 的成年人患有失眠[6]。有证据表明,睡眠问题与死亡风险增加[7]及多种不良健康结局有关,如心理健康问题[8]、心血管代

【基金项目】 国家自然科学基金项目(82373591)

【作者简介】 张安慧(1978-),女,安徽繁昌人,硕士,副主任医师,主要从事儿童保健工作。

【通信作者】 孙莹,E-mail:yingsun@ ahmu.edu.cn

谢性疾病[9]和癌症[10]等。值得注意的是,尽管流行病学研究已经确定了部分睡眠问题风险增加的危险因素,如社会心理应激、吸烟、饮酒和缺乏运动等,但这些危险因素并不能完全解释睡眠问题的发生发展[11]。因此,识别新的可修饰危险因素(如光暴露),对于降低睡眠问题的患病率至关重要。

自电灯发明以来,室内光环境发生了显著改变,人类过多地暴露于夜间光照下[12]。一项 Meta 分析表明,较高强度的夜间光暴露与睡眠问题风险增加显著相关,且室内夜间光暴露的危害效应高于户外夜间光暴露[13]。为此,课题组通过便携式照度计和加速度计客观测量大学生晚间个体水平的卧室夜间光暴露和 7 d睡眠参数,调查真实环境多时段卧室夜间光暴露与大学生客观测量的睡眠参数的潜在关联。

1　对象与方法

1.1　对象　2019 年 9—10 月,采用方便抽样方法在安徽医科大学、安徽中医药大学招募大一、大二健康大学生 520 名,建立大学生队列。其中 484 名同意参加研究者中,有 389 名完成 7 d 加速度计的评估,400 名完成 2 晚卧室夜间光暴露的评估。最终 365 名具有完整夜间光暴露和加速度计数据的参与者被纳入分析,其中男生 125 名,女生 240 名;平均年龄为(18.7±0.9)岁。本研究获得安徽医科大学伦理委员会的批准(批准编号:20180082),且所有受试者提供了书面知情同意书。

1.2　方法

1.2.1　睡眠参数评估　通过腕带式加速度计(ActiGraph GT3X-BT, Pensacola, FL),以 1 min 为间隔,连续评估参与者 7 d 的睡眠参数。有效评估天数≥4 d(包括至少 1 d 周末)的睡眠数据被纳入分析。睡眠—觉醒状态通过 ActiLife 软件(6.13.4 版本)自动检测,计算方法基于经过验证的 Sadeh 算法[14]。最终,共计算 5 个客观的睡眠参数:睡眠效率(sleep efficiency, SE)、总睡眠时长(total sleep time, TST)、入睡后觉醒(wake after sleep onset, WASO)、运动指数(movement index, MI)、睡眠碎片化指数(sleep fragmentation index, SFI)。MI 和 SFI 是睡眠不安的指标,其数值越高,睡眠中断越多。

1.2.2　卧室夜间光暴露评估　使用便携式照度计(TES-1339R;Taishi Corp,台湾,中国),以 1 min 为间隔,连续 2 晚收集参与者多时段卧室夜间光暴露。照度计的传感器(测量范围为 0~99 990 lx)放置在枕边,与眼睛齐平。光暴露记录时间从就寝时间到起床时间(根据睡眠日记确定)。最终,使用 2 晚光暴露数据的均值且计算 5 个光暴露指标:就寝后 1 和 4 h 的平均光照强度(1 h- and 4 h-average intensity of post-bedtime light, PBL-1 h/-4 h);就寝时间到起床时间的平均光照强度(light average night, LANavg);觉醒前 1 和 2 h 的平均光照强度(1 h- and 2 h-average intensity of pre-awake light, PAL-1 h/-2 h)。

1.2.3　协变量　(1)通过自编问卷获得大学生年龄、性别、自评家庭经济地位(低、中、高)、吸烟状态(从不、先前、当前吸烟)、饮酒状态(从不、先前、当前饮酒)、睡前电子产品使用(是或否)、吃夜宵(是或否)、自评环境噪音水平(安静、一般、吵闹);(2)通过体格检查获得参与者体质量指数(body mass index, BMI)和体脂百分比(percentage of body fat, PBF);(3)通过加速度计评估参与者的体力活动。

1.3　质量控制　本研究的所有受试者均通过线上(QQ、微信)和线下(海报展板、宣传单)的方式随机招募,样本代表性较好,问卷采用在教室集中式填写的方式,2 名研究人员现场监督与解答疑问;问卷数据由 2 名研究人员进行双录入,如发现选项漏填等问题时,负责人及时联系受试者进行补充填写,保证数据的一致性和准确性。体格检查时,每个项目均由 2 名受过培训的研究人员进行检查,保证了身高、体重、血压及体成分测量的准确性。便携式照度计和加速度计发放后由经过培训的技术人员进行现场指导,直至每位受试者会使用仪器并清楚注意事项,同时发放仪器操作视频。此外,技术人员通过 QQ、微信等联系方式及时为测量过程中遇到问题的受试者进行网络指导,确保测量的准确性。仪器归还时,技术人员现场导出数据,如发现数据测量有问题者,则重新发放仪器再次测量,保证测量数据的真实性和有效性。

1.4　统计学分析　问卷、体格检查和客观睡眠数据由 2 名研究人员使用 EpiData 3.1 软件进行双录入,然后转至 SPSS 27.0 中进行数据整理与清洗和统计分析。通过 t 检验和 χ^2 检验分析不同夜间光暴露强度组(LANavg≥3 lx, LANavg<3 lx)大学生人口统计学指标、生活方式、肥胖及睡眠参数的组间差异。采用 Spearman 相关分析探索多时段卧室夜间光暴露与睡眠参数间的相关性。采用多元线性回归模型探讨多时段卧室夜间光暴露(连续变量)和不同夜间光暴露强度(分类变量)与睡眠参数之间的关联。其中,多元线性回归模型调整年龄、性别、家庭经济情况、BMI、PBF、吸烟和饮酒状态、体力活动、睡前电子产品使用、夜宵、自评环境噪声水平。检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　不同夜间光暴露强度组大学生基本特征比较　大学生的平均 BMI、PBF、睡眠效率、总睡眠时长、入睡后觉醒、运动指数、睡眠碎片化指数分别为(21.6±3.2) kg/m^2,(28.1±7.1)%,(93.2±2.8)%,(378.5±63.7) min,(26.0±10.8) min,(11.3±3.7)(21.2±6.7)。相较于夜间平均光照强度较低组(<3 lx),夜间平均光照强

度较高组(≥3 lx)大学生睡眠效率更低、入睡后觉醒时间更长、运动指数更高、睡眠碎片化指数更高(P 值均<0.01)。见表 1。

表 1 不同夜间光暴露强度组大学生体格检查指标和睡眠参数比较($\bar{x}\pm s$)

Table 1 Comparison of physical examination indicators and sleep parameters among college student groups with different light at night exposure intensities($\bar{x}\pm s$)

夜间平均光照强度	人数	BMI/(kg·m^{-2})	体脂百分比/%	睡眠效率/%	总睡眠时长/min	入睡后觉醒/min	运动指数	睡眠碎片化指数
较低	264	21.5±3.0	28.4±7.4	93.5±2.7	379.4±64.1	24.7±10.3	11.0±3.6	20.5±6.5
较高	101	21.7±3.5	27.6±6.4	92.2±2.9	376.0±62.7	29.2±11.2	12.2±3.8	23.0±7.0
t 值		0.44	0.92	3.93	0.46	−3.66	−2.80	−3.24
P 值		0.66	0.36	<0.01	0.65	<0.01	<0.01	<0.01

2.2 多时段卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的相关性分析 Spearman 相关分析显示,PBL−1 h、PBL−4 h及 LANavg 与 SE 均呈负相关,与 WASO、MI、SFI 均呈正相关,PAL−1 h 和 PAL−2 h 与 WASO 均呈正相关(P 值均<0.05)。见表 2。

表 2 多时段卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的相关性分析(r 值,n=365)

Table 2 Correlational analysis of multi-period bedroom light at night with sleep parameters among university students(r, n=365)

变量	PBL−1 h	PBL−4 h	LANavg	PAL−2 h	PAL−1 h	SE	TST	WASO	MI
PBL−4 h	0.99**								
LANavg	0.84**	0.85**							
PAL−2 h	0.15**	0.16**	0.48**						
PAL−1 h	0.15**	0.16**	0.48**	0.99**					
SE	−0.14**	−0.12*	−0.14**	−0.09	−0.09				
TST	0.06	0.06	0.07	0.11*	0.10	0.39**			
WASO	0.16**	0.14**	0.16**	0.11*	0.11*	−0.92**	−0.18**		
MI	0.16**	0.15**	0.11*	−0.03	−0.02	−0.71**	−0.26**	0.70**	
SFI	0.18**	0.17**	0.14**	0.01	0.01	−0.73**	−0.23**	0.70**	0.81**

注:* P<0.05, ** P<0.01。

2.3 多时段卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的多元线性回归分析 结果显示,在调整年龄、性别、家庭经济情况、BMI、PBF、吸烟和饮酒状态、体力活动、睡前电子产品使用、夜宵和自评环境噪声水平后,PBL−1 h强度增加与大学生 SE 降低、WASO 增加、MI 增加、SFI 增加均相关(P 值均<0.01);PBL−4 h 强度增加与大学生 SE 降低、WASO 增加、MI 增加、SFI 增加均相关(P 值均<0.05);LANavg 强度增加与大学生 SE 降低、WASO 增加、MI 增加、SFI 增加均相关(P 值均<0.05);PAL−1 h 及 PAL−2 h 与大学生睡眠参数的关联均无统计学意义(P 值均>0.05)。见表 3。

表 3 多时段卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的多元线性回归分析(n=365)

Table 3 Multivariate linear regression analysis of multi-period bedroom light at night with sleep parameters among university students(n=365)

自变量	SE		TST		WASO		MI		SFI	
	β 值(95%CI)	P 值	β 值(95%CI)	P 值	β 值(95%CI)	P 值	β 值(95%CI)	P 值	β 值(95%CI)	P 值
PBL−1 h	−0.48(−0.76~−0.20)	<0.01	−2.37(−9.02~4.28)	0.48	1.89(0.83~2.95)	<0.01	0.61(0.24~0.98)	<0.01	1.20(0.52~1.88)	<0.01
PBL−4 h	−0.37(−0.65~−0.08)	0.01	−2.16(−8.85~4.52)	0.53	1.31(0.23~2.39)	0.02	0.47(0.10~0.85)	0.01	1.06(0.38~1.75)	<0.01
LANavg	−0.32(−0.61~−0.03)	0.03	−2.14(−8.89~4.60)	0.53	1.20(0.08~2.31)	0.04	0.43(0.04~0.82)	0.03	0.80(0.11~1.50)	0.02
PAL−2 h	−0.06(−0.36~0.23)	0.67	−1.58(−8.42~5.27)	0.65	−0.15(−1.26~0.96)	0.79	−0.10(−0.49~0.29)	0.62	−0.19(−0.90~0.52)	0.60
PAL−1 h	−0.02(−0.32~0.28)	0.90	0.22(−6.69~7.11)	0.95	−0.31(−1.43~0.81)	0.59	−0.08(−0.48~0.31)	0.68	−0.12(−0.83~0.60)	0.75

2.4 不同强度卧室夜间光暴露与大学生睡眠参数的多元线性回归分析 在调整年龄、性别、家庭经济地位、BMI、PBF、吸烟和饮酒状态、体力活动、睡前电子产品使用、夜宵和自评环境噪声水平后,相较于夜间平均光照强度较低组(<3 lx),夜间平均光照强度较高组(≥3 lx)的 SE 降低(β=−1.15, 95%CI=−1.78~−0.52)、WASO 增加(β=3.94, 95%CI=1.55~6.33)、MI 增加(β=1.05, 95%CI=0.20~1.89)、SFI 增加(β=2.35, 95%CI=0.81~3.88)(P 值均<0.05)。

3 讨论

本研究结果显示,真实环境的卧室夜间光暴露与客观测量的睡眠质量存在相关性。具体而言,较高水平的夜间光暴露与 SE 降低、WASO 增加、MI 增加和 SFI 增加有关。Mitsui 等[15]发现,夜间光暴露较高组的老年个体具有较低的 SE 和较长的 WASO。另一项针对 175 名双相情感障碍患者的横断面研究表明,夜间光暴露较高组的 SE 较低,WASO 较长[16]。此外,一项实验室研究表明,睡眠期间暴露于昏暗的夜间光

(如 5 lx)与 WASO 增加相关[17]。鉴于人类视网膜的功能和光敏性会随着年龄的增长而下降,所以青年个体比中老年人更容易受到夜间光暴露的影响[18-19]。未来需要更大样本量的研究,特别是纵向研究来验证本研究的发现。

夜间光暴露与睡眠质量差的关联可能涉及的潜在机制如下。首先,夜间光暴露会抑制褪黑素分泌并延迟昼夜节律时相,进而导致睡眠维持受损、睡眠效率降低和睡眠质量下降[20-21]。夜间光暴露对睡眠产生不利影响的另一种机制可能是夜间光照的警示作用。暴露在夜间光照下,尤其是短波长光,可以提高身体的警觉性,减少夜间困意,最终影响睡眠质量[22-23]。此外,电灯的发明将光周期延长到夜晚,允许人类在夜间工作和社交,这些行为改变对睡眠均有重大影响[24]。夜间光暴露与睡眠之间关联的具体机制需要进一步研究。

本研究也存在一定的局限性:首先,由于横断面研究设计的性质,无法得出因果推断;第二,研究仅纳入合肥市高校中健康的青年个体,结果可能无法推广到普通人群;第三,仅收集了 2 晚的卧室夜间光暴露数据,可能无法准确反映长期暴露水平,且无法捕捉季节差异;此外,研究中使用的光传感器只能检测光的强度,而不能检测光谱;最后,研究尽管调整了一些个体和环境层面的因素,但与睡眠质量相关的残余混杂因素(如空气污染)很可能存在,研究结果的外推需谨慎。

利益冲突声明　所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] COMAI S, GOBBI G. Melatonin, melatonin receptors and sleep: moving beyond traditional views[J]. J Pineal Res, 2024, 76(7): e13011.

[2] SONG F, LIN J, ZHANG H, et al. Long-term sleep deprivation-induced myocardial remodeling and mitochondrial dysfunction in mice were attenuated by lipoic acid and N-acetylcysteine[J]. Pharmaceuticals, 2023, 16(1): 51.

[3] GARCIA C M, SCHRIER E F, CAREY C, et al. Sleep quality among homeless-experienced older adults: exploratory results from the HOPE HOME study[J]. J Gen Intern Med, 2024, 39(3): 460-469.

[4] WANG Y, LI B, ZHANG C, et al. Group-based sleep trajectories in children and adolescents: a systematic review[J]. Sleep Med Rev, 2024, 75: 101916.

[5] PERLIS M L, POSNER D, RIEMANN D, et al. Insomnia[J]. Lancet, 2022, 400(10357): 1047-1060.

[6] YANG Z K. Insomnia spreads among young Chinese[N/OL]. (2019-03-21)[2024-05-30]. https://www.chinadaily.com.cn/global/2019-03-21/content_37450197.htm.

[7] KRISTJÁNSSON T Ó, STONE K L, SORENSEN H B D, et al. Mortality risk assessment using deep learning-based frequency analysis of EEG and EOG in sleep[J]. Sleep, 2024, 48(2): zsae219.

[8] LIU X. Trajectories of sleep problems and the longitudinal associations with mental health difficulties among Chinese adolescents[J]. Soc Sci Med, 2024, 358: 117203.

[9] JASPAN V N, GREENBERG G S, PARIHAR S, et al. The role of sleep in cardiovascular disease[J]. Curr Atheroscler Rep, 2024, 26(7): 249-262.

[10] LANZA G, MOGAVERO M P, SALEMI M, et al. The triad of sleep, immunity, and cancer: a mediating perspective[J]. Cells, 2024, 13(15): 1246.

[11] SIEGEL J M. Sleep function: an evolutionary perspective[J]. Lancet Neurol, 2022, 21: 937-946.

[12] JÄGERBRAND A K, SPOELSTRA K. Effects of anthropogenic light on species and ecosystems[J]. Science, 2023, 380(6650): 1125-1130.

[13] XU Y X, ZHANG J H, TAO F B, et al. Association between exposure to light at night (LAN) and sleep problems: a systematic review and Meta-analysis of observational studies[J]. Sci Total Environ, 2023, 857(Pt 1): 159303.

[14] SADEH A, SHARKEY K M, CARSKADON M A. Activity-based sleep-wake identification: an empirical test of methodological issues[J]. Sleep, 1994, 17(3): 201-207.

[15] MITSUI K, SAEKI K, TONE N, et al. Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort[J]. Sleep Med, 2022, 90: 192-198.

[16] ESAKI Y, KITAJIMA T, OBAYASHI K, et al. Light exposure at night and sleep quality in bipolar disorder: the APPLE cohort study[J]. J Affect Disord, 2019, 257: 314-320.

[17] CHO C H, LEE H J, YOON H K, et al. Exposure to dim artificial light at night increases REM sleep and awakenings in humans[J]. Chronobiol Int, 2016, 33(1): 117-123.

[18] WALKER W N, BUMGARNER J R, BECKER-KRAIL D D, et al. Light at night disrupts biological clocks, calendars, and immune function[J]. Semin Immunopathol, 2022, 44(2): 165-173.

[19] ETO T, OHASHI M, NAGATA K, et al. Crystalline lens transmittance spectra and pupil sizes as factors affecting light-induced melatonin suppression in children and adults[J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2021, 41(4): 900-910.

[20] FATEMEH G, SAJJAD M, NILOUFAR R, et al. Effect of melatonin supplementation on sleep quality: a systematic review and Meta-analysis of randomized controlled trials[J]. J Neurol, 2022, 269(1): 205-216.

[21] CYR M, ARTENIE D Z, AL B A, et al. The effect of evening light on circadian-related outcomes: a systematic review[J]. Sleep Med Rev, 2022, 64: 101660.

[22] MEKSCHRAT L, STRABER T, GHASSABEI S, et al. Light exposure on alertness after wake-up in healthy men: comparing dim, bright, red, and blue light[J]. Neuropsychobiology, 2024, 83(5/6): 183-192.

[23] FIGUEIRO M G, SAHIN L, WOOD B, et al. Light at night and measures of alertness and performance: implications for shift workers[J]. Biol Res Nurs, 2016, 18(1): 90-100.

[24] LUNN R M, BLASK D E, COOGAN A N, et al. Health consequences of electric lighting practices in the modern world: a report on the national toxicology program's workshop on shift work at night, artificial light at night, and circadian disruption[J]. Sci Total Environ, 2017(607/608): 1073-1084.

收稿日期:2025-02-19　**修回日期**:2025-04-15　**本文编辑**:汤建军