

噪声污染环境下失眠患者的临床睡眠及心理特征变化

叶清林¹, 蒋晓江², 郎莹¹, 毛丹丹¹, 陈向阳¹, 张远凤¹

摘要: **目的** 针对暴露于夜间相同的交通噪声环境在不同的人群会产生不同睡眠、心理影响结果,本文拟通过观察夜间相同交通噪声环境下的失眠人群和睡眠质量正常人群睡眠期脑电特征性差异,来解释噪声污染对人群差异性影响结果,从而为噪声污染敏感的失眠人群提供个体化的精准治疗方案。**方法** 我们选择在夜间睡眠时段(22:00-6:00 期间)长期居住在公路、铁道旁及飞机航线附近噪声暴露环境相对固定(50~60 分贝,每次持续时间 10~15 s 左右)条件下的(居住时间 6 个月以上)人群,使用匹兹堡睡眠质量表(PSQI)进行睡眠质量调查,纳入了 26 例睡眠质量正常人群和 30 例失眠人群,使用焦虑自评量表(SAS)和抑郁自评量表(SDS)评测,多导睡眠脑电图(PSG)监测,重点观察其睡眠期纺锤波密度指数,并分析比较两组人群的睡眠质量及心理情绪变化特点。**结果** 本组数据中,在相同夜间噪声暴露条件下的睡眠质量正常和失眠的两组人群之间,人口学特征统计学无差异。睡眠质量正常人群的焦虑抑郁发生率低于失眠人群($P < 0.01$),在 26 例睡眠质量正常人群的焦虑抑郁量表测评中有 5 例患有轻度焦虑(19.23%),没有出现中重度焦虑及抑郁症状,30 例失眠人群中患有轻度焦虑 6 例(20.00%),中度焦虑 15 例(50.00%),重度焦虑 4 例(13.33%);30 例的失眠人群中有 15 例患有抑郁(50.00%),其中轻度抑郁 3 例(10.00%),中度抑郁 9 例(30.00%),重度抑郁 3 例(10.00%)。尤其值得注意的是 PSG 监测中,反映出两组人群的睡眠纺锤波平均持续时间差异无统计学意义($P > 0.05$),但睡眠质量正常人群的睡眠纺锤波指数为 25.43 高于失眠人群的 16.60($P < 0.05$)。**结论** 夜间相同交通噪声环境下失眠人群的焦虑抑郁发生率高于睡眠质量正常人群,纺锤波密度指数降低者失眠患者噪声污染环境下睡眠质量更差。

关键词: 噪声; 睡眠纺锤波; 失眠; 焦虑抑郁

中图分类号: R338.63 **文献标识码:** A

Changes in sleep and psychological characteristics of patients with insomnia under exposure to noise pollution YE Qinglin, JIANG Xiaojiang, LANG Ying, et al. (Department of Neurology, Daping Hospital, Army Medical University, Chongqing 400042, China)

Abstract: **Objective** Exposure to nocturnal traffic noise at the same levels can produce different effects on sleep and psychological health in different populations. This study compared the electroencephalographic characteristics during sleep of people with insomnia and those with normal sleep quality under the same levels of nocturnal traffic noise exposure to elucidate the different effects of noise pollution on different populations, and to provide individualized precise treatment plans for people with insomnia who are sensitive to noise pollution. **Methods** We selected people who lived near highways, railways, and aircraft routes for more than six months where noise levels were relatively fixed (50–60 decibels, 10–15 seconds per time) during the nighttime sleep period (22:00–6:00). We included 26 people with normal sleep quality and 30 people with insomnia based on the Pittsburgh Sleep Quality Index. The Self-rating Anxiety Scale (SAS) and Self-rating Depression Scale (SDS) were administered. Polysomnography (PSG) was used to monitor the spindle density index during sleep. The sleep quality and psychological status of the two groups were compared. **Results** There were no significant differences in demographic characteristics between the two groups under the same nocturnal noise exposure conditions. The incidence of anxiety and depression was significantly lower in the people with normal sleep quality than in those with insomnia ($P < 0.01$). Among the 26 people with normal sleep quality, 5 (19.23%) had mild anxiety, and no one had moderate to severe anxiety or depression. Among the 30 people with insomnia, 6 (20.00%) had mild anxiety, 15 (50.00%) had moderate anxiety, and 4 (13.33%) had severe anxiety; 3 (10.00%) had mild depression, 9 (30.00%) had moderate depression, and 3 (10%) had severe depression. PSG showed that the sleep spindle index of the normal sleep group was significantly higher than that of the insomnia group (25.43 vs 16.60, $P < 0.05$), with no significant differences in the average duration of sleep spindles during sleep between the two groups ($P > 0.05$). **Conclusion** Under the same levels of nocturnal traffic noise exposure, people with insomnia have a higher incidence of anxiety and depression than people with normal sleep quality. Patients with insomnia with a reduced spindle density index have worse sleep quality under exposure to noise pollution.

Key words: Noise; Sleep spindle; Insomnia; Anxiety and depression

收稿日期:2023-05-11;修订日期:2023-06-22

基金项目:重庆市卫健委医学科科研项目(2022WSJK043)

作者单位:(1.陆军军医大学大坪医院神经内科,重庆 400042;2.重庆市西区医院,重庆 400052)

通信作者:张远凤,E-mail:zyf200906@126.com

睡眠是一种不可或缺的生理需要,其对声音、光线、空气质量和睡眠空间周围的背景特征等外部环境敏感^[1]。由国家睡眠基金会进行的一项睡眠环境评估表明,拥有安静、黑暗、凉爽的卧室环境是保证睡眠质量的重要因素^[2]。交通噪声是城市环境污染的一个主要来源之一,长期暴露于夜间交通噪声下可能造成人们睡眠紊乱,严重威胁了公众的身心健康^[3]。长期暴露在夜间交通噪声下干扰了糖代谢,激素释放和心血管功能调节,影响了肥胖、糖尿病、高血压、动脉粥样硬化等疾病的发生发展^[4,5]。此外失眠会导致白天嗜睡和疲倦、认知能力下降、情绪变化以及幸福感缺失^[6]。失眠对焦虑、抑郁等精神类疾病影响是双向的,有报告指出噪声暴露下焦虑也可导致睡眠质量不佳^[6,7]。

睡眠可以大致分为清醒期(W)、非快眼动期(NREM)和快眼动期(REM),NREM期又可分为N1期、N2期和N3期^[8]。睡梭(又名睡眠纺锤波)主要在NREM睡眠的第2阶段中周期性地出现,并与整个丘脑-皮质系统的神经元节律性放电有关^[9]。丘脑在觉醒状态下将感觉信息传递给大脑皮质的皮质下区域,在睡眠期间会发生改变,这种改变的网络状态也体现在脑电活动的记录中,睡眠中大脑会产生缓慢、高振幅的波和偶尔爆发的高频活动的睡眠纺锤波,出现时可以阻断丘脑和皮质之间交流^[9,10]。人类的听觉系统在睡眠时仍然活跃,因此可能会对干扰性噪声有关的信号作出反应,睡眠时身体对噪声的反应概率随声刺激的声压水平而增加^[11]。研究表明:睡眠中睡梭密度与机体抗噪能力呈正相关,即睡梭密度降低者在噪声干扰时睡眠质量更差^[12]。本文采集了在噪声污染下居民的睡眠情况,并对其临床特征、睡眠纺锤波特点等进行分析。

1 对象与方法

1.1 研究对象 遴选入住公路、铁道旁及飞机航线附近在夜间睡眠时段(22:00-6:00期间)处于噪声暴露环境相对稳定(50~60分贝,每次持续时间10~15s左右)居住时间6个月以上人群作为观察对象,通过匹兹堡睡眠质量量表(PSQI)进行初步睡眠质量筛选。其中26例睡眠质量正常人群和30例失眠人群入组。研究得到了陆军特色医学中心伦理委员会批准。

失眠纳入标准:(1)符合《精神疾病诊断与统计手册(DSM-IV)》中慢性失眠症的诊断标准;(2)年龄18~65岁;(3)近1个月内未进行抗焦虑、抑郁、镇静、催眠等精神类药物治; (4) 自愿参加本研究,并签署书面知情同意书。排除标准:(1)目前存在精神分裂症、双相障碍等重性精神疾病;(2)存在心、肝、肾功能不全、耳科疾病或其他不稳定的躯体

疾病;(3)既往癫痫病史、脑电图异常者;(4)患有睡眠呼吸暂停等其他类型睡眠障碍者。

1.2 研究方法 匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)^[13]:一份评估1个月内的主观睡眠质量量表,表中19个单独的项目被汇总成7个组成部分:主观睡眠质量、睡眠潜伏期、睡眠持续时间、睡眠效率、睡眠障碍、催眠药物和白天功能障碍。这7个组成部分的分数总和产生一个区分“好”和“差”睡眠者的全局分数。总分为21分,得分大于5且有抱怨夜间交通噪声影响睡眠质量的受试者被纳入失眠组;而小于等于5分且无抱怨夜间交通噪声影响睡眠质量的受试者则被纳入睡眠正常组。

焦虑自评量表(SAS):一份用于筛查焦虑症并测量焦虑症状的严重程度的量表^[14]。该量表由20个反映焦虑主观感受的项目组成,按症状出现的频度将每个项目分为四个等级评分,没有或很少时间为1分、小部分时间为2分、相当多的时间为3分、绝大部分或全部时间为4分,其中15个正向评分,5个反向评分。SAS标准分的分界值为50分,其中50~59分、60~69分、69分以上分别代表轻度焦虑、中度焦虑、重度焦虑。

抑郁自评量表(SDS):一份用于筛查抑郁症并测量抑郁症状的严重程度的量表^[15]。该量表由20个反映抑郁主观感受的项目组成,按症状出现的频度将每个项目分为四个等级评分,没有或很少时间为1分、小部分时间为2分、相当多的时间为3分、绝大部分或全部时间为4分,其中10个正向评分,10个反向评分。SDS标准分的分界值为53分,其中53~62分、63~72分、73分以上分别代表轻度抑郁、中度抑郁、重度抑郁。

对遴选入组的观察对象分别进行人口学信息统计、焦虑自评量表(SAS)、抑郁自评量表(SDS)评测。分别实施多导睡眠脑电监测(PSG),由重庆西区医院睡眠医学中心提供26例噪声下睡眠正常人群PSG监测,陆军特色医学中心提供30例噪声下失眠人群PSG监测,均为同一型号及厂家的PSG监测设备。校准由技术人员按照常规标准进行。根据AASM标准对睡眠阶段进行分期^[16],计算出观察对象睡梭指数,睡梭指数是指夜间睡眠中总的睡眠纺锤波次数除以总睡眠时间,评估睡梭指数与干扰性噪声易感人群的相关性,对比组间的差异,验证睡梭指数与个体抗噪能力是否相关。

1.3 统计分析 使用SPSS 24.0统计软件进行统计。率和构成比用百分数(%)表示。计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示。两组或多组之间比较用卡方检验、独立样本 t 检验和单因素ANOVA分析, $P < 0.05$ 认

为有统计学差异。

2 结果

这项研究共有 56 例受试者(见表 1),夜间交通噪声下睡眠质量正常组 26 例,夜间交通噪声下失眠组 30 例,其中 29 例(51.79%)为女性,27 例(48.21%)为男性。受访者的平均年龄分别为(45.1 ± 10.0)岁。在人口学特征中,夜间交通噪声下睡眠质量正常组和失眠组差异无统计学意义。夜间交通噪声下睡眠质量正常组的焦虑抑郁发生率低于失眠人群($P < 0.01$),在 26 例睡眠质量正常人群的焦虑抑郁量表测评中有 5 例(19.23%)患有轻度焦虑(见表 2),没有出现中重度焦虑及抑郁症状(见表 2、表 3),30 例失眠人群中患有焦虑共有 25 例,焦虑患病率为 83.33%(见表 2),其中轻度焦虑 6 例(20.00%),中度焦虑 15 例(50.00%),重度焦虑 4 例(13.33%);30 例的失眠人群中有 15 例患有抑郁(50.00%),其中轻度抑郁 3 例(10.00%),中度抑

郁 9 例(30.00%),重度抑郁 3 例(10.00%)(见表 3)。

在睡眠结构中(见表 4),夜间交通噪声下睡眠质量正常人群平均入睡时间为 12.71 min 短于失眠人群的 53.32 min($P < 0.01$)。睡眠质量正常人群和失眠人群的 N2 期平均睡眠时间为分别 236.4 min、191.4 min,睡眠质量正常人群的 N2 期平均睡眠时间长于失眠人群($P < 0.01$)。在 N3 睡眠中,睡眠质量正常人群平均睡眠时间也多于失眠人群($P < 0.01$),在睡眠纺锤波中,夜间交通噪声下睡眠质量正常人群的睡眠期纺锤波次数平均 179,高于失眠障碍人群的 87.37,差异具有统计学意义($P < 0.01$);两组人群的睡眠纺锤波平均持续时间差异无统计学意义($P > 0.05$);但在噪声下睡眠质量正常人群的睡眠纺锤波指数为 25.43,高于失眠人群的 16.6($P < 0.05$)。

表 1 人口学特征及睡眠质量、焦虑抑郁分数

项目	睡眠质量正常组(n=26)	失眠组(n=30)	统计值	P 值
性别[n(%)]			$\chi^2 = 0.083$	0.774
男	12(46.15%)	15(50.00%)		
女	14(53.85%)	15(50.00%)		
体重指数($\bar{x} \pm s, \text{kg/m}^2$)	22.65 ± 3.45	23.52 ± 3.53	$t = 0.922$	0.361
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	43.42 ± 10.92	46.53 ± 9.07	$t = 1.164$	0.249
PSQI($\bar{x} \pm s$, 分数)	2.14 ± 1.10	15.73 ± 1.85	$t = 13.320$	<0.001*
SAS($\bar{x} \pm s$, 分数)	17.65 ± 20.74	55.03 ± 19.68	$t = 6.913$	<0.001*
SDS($\bar{x} \pm s$, 分数)	15.73 ± 15.84	45.40 ± 23.13	$t = 5.513$	<0.001*

PQSI,匹兹堡睡眠指数量表;SAS,焦虑自评量表;SDS,抑郁自评量表; * $P < 0.05$ 有统计学意义。

表 2 夜间交通噪声下睡眠质量正常组和失眠组焦虑情况[n(%)]

项目	轻度焦虑	中度焦虑	重度焦虑	焦虑率
睡眠质量正常组(n=26)	5(19.23%)	0	0	19.23%
男	2(7.69%)			7.69%
女	3(11.54%)			11.54%
失眠组(n=30)	6(20.00%)	15(50.00%)	4(13.33%)	83.33%
男	2(6.67%)	6(20.00%)	1(3.33%)	30.00%
女	4(13.33%)	9(30.00%)	3(10.00%)	53.33%

表 3 夜间交通噪声下睡眠质量正常组和失眠组抑郁情况[n(%)]

项目	轻度抑郁	中度抑郁	重度抑郁	抑郁率
睡眠质量正常组(n=26)	0	0	0	0
失眠组(n=30)	3(10.00%)	9(30.00%)	3(10.00%)	50.00%
男	2(6.67%)	2(6.67%)	0	13.33%
女	1(3.33%)	7(23.33%)	3(10.00%)	36.67%

表4 睡眠结构及睡眠纺锤波($\bar{x} \pm s$)

睡眠阶段	睡眠质量正常组($n=26$)	失眠组($n=30$)	t 值	P 值
清醒期(min)	45.83 ± 26.27	136.30 ± 85.01	5.210	<0.010*
REM期(min)	76.58 ± 32.6	65.60 ± 40.62	1.104	0.267
N1期(min)	50.21 ± 21.73	60.28 ± 32.94	1.328	0.190
N2期(min)	236.40 ± 53.53	191.40 ± 60.42	2.933	0.005*
N3期(min)	64.98 ± 41.87	27.32 ± 31.05	3.855	<0.010*
入睡时间(min)	12.71 ± 9.91	53.32 ± 37.95	5.295	<0.010*
睡梭次数	179.00 ± 75.70	87.37 ± 52.61	5.580	<0.010*
睡梭平均持续时间(s)	0.84 ± 0.11	0.85 ± 0.13	0.457	0.649
睡梭指数(次数/h)	25.43 ± 12.15	16.60 ± 14.02	2.498	0.016*

REM期:快眼动期;N期:非快眼动期。* $P < 0.05$ 有统计学意义。

3 讨论

这项研究中,通过对受试者的匹兹堡睡眠质量指数(Pittsburgh Sleep Quality Index, PSQI)、焦虑自评量表(SAS)和抑郁自评量表(SDS)调查,发现夜间交通噪声下失眠人群相比睡眠质量正常者有更高的焦虑、抑郁发生率。长期暴露在交通噪声下会干扰日常活动、睡眠和休息、负面情绪反应和认知评估,会增加精神困扰和睡眠障碍,有较多的文献报告了交通噪声可能会对心理健康产生负面影响,特别是在较高水平噪声时增加了患焦虑、抑郁的风险^[17,18]。这种影响是相互的,焦虑、抑郁也可能增加对噪声的敏感性^[6,7,18]。Banerjee等人^[19]的研究认为与夜晚较安静的地区相比,夜间道路交通下的噪声与自我报告的睡眠障碍之间存在显著关联。失眠是最常见的睡眠障碍,焦虑、抑郁在失眠症患者表现明显,失眠症患者的焦虑、抑郁症状发生率及症状水平明显高于正常睡眠人群^[20]。失眠与抑郁症有着复杂的关联,失眠是抑郁发作的危险因素,也被认为是重度抑郁的前驱症状,失眠的非抑郁症患者患抑郁症的风险是没有睡眠障碍人群的两倍^[21],失眠合并有抑郁症状的人群可能会导致更高的焦虑发生率^[21,22],同时焦虑在失眠的发生、发展过程中起着潜移默化的作用,尤其是首次发病、病程较短的患者,随着时间的推移,焦虑症状会加重其失眠程度^[23]。失眠不仅仅存在睡眠生理紊乱,同时也存在着心理问题,故在临床治疗过程中,应注意加强适当的心理治疗^[20,24]。

我们使用多导睡眠脑电图(PSG)对睡眠进行监测,并分析了在夜间交通噪声暴露下人群中的睡眠结构及睡眠纺锤波的特点。夜间交通噪声下失眠组人群的睡眠潜伏期、觉醒次数、总觉醒时间多于睡眠质量正常组,N2、N3期睡眠时间少于睡眠质量正常者组,可见噪声下失眠人群睡眠较浅,容易觉醒,入睡较为困难,不容易进入深睡眠状态。入睡后觉醒

所形成的睡眠碎片化会引起白天疲劳、嗜睡、增加负面情绪,容易导致焦虑抑郁发生^[25]。深睡眠的减少可能使常在深睡眠阶段出现的睡眠纺锤波发生变化。

睡眠纺锤波是一种常在非快速眼动(NREM)睡眠期间观察到的频率范围在11~16 Hz之间,持续约0.5~3 s,形似纺锤状的神经元活动^[26]。睡眠纺锤波源于丘脑网状核(TRN)抑制性神经元与丘脑-皮质环路神经元的协调活动^[9,26]。睡眠的一个特征是无法感知或对外部刺激作出反应,睡眠纺锤波可能是造成这种感觉关闭的部分原因^[9,10,11,26]。其发生率虽然因人而异,但在夜间是稳定的^[27]。本项研究中我们发现在夜间交通噪声下的两组人群中,睡眠相关噪声敏感性表现出明显差异性,睡眠纺锤波指数(纺锤波数量/睡眠持续时间)更小的失眠组人群,唤醒阈值更低,睡眠质量更差。有文献报告了通过噪声事件下相关电位和相关脑电图/功能磁共振成像(EEG/fMRI)研究,证明了听觉刺激在睡眠纺锤波出现时发生差异性信息处理^[28,29]。一项动物实验中通过改变睡眠纺锤波次数,增加睡眠纺锤波指数,使NREM期更加稳定,听觉唤醒阈值升高,增强了睡眠中对噪声的抵抗力^[30]。有研究发现在安静的睡眠中产生更多睡眠纺锤波的人在随后的嘈杂睡眠中对噪声表现出更强的耐受性^[27]。但也有研究指出睡眠纺锤波在夜间交通噪声引起的睡眠中断中似乎没有起到睡眠保护作用,睡眠纺锤波指数降低更可能代表一种特征现象,很可能是噪声引起的睡眠改变的敏感指标^[31]。

本研究也存在不足之处,只分析了夜间噪声污染环境失眠患者的心理特征及临床睡眠的变化,今后研究工作应该进一步探索如何提高对噪声污染敏感的失眠人群的睡眠期纺锤波密度指数,除传统药物因素外,直线晃动技术及闭环式睡眠期白噪声屏蔽技术均为值得研究的方法。最终目的是为广大

慢性失眠症患者提供更加精准的个体化治疗策略。

伦理学声明:本研究方案经由陆军军医大学大坪医院伦理委员会审批。患者均签署知情同意书。

利益冲突声明:本文不存在任何利益冲突。

作者贡献声明:叶清林负责设计论文框架、起草论文;郎莹负责研究过程的实施;陈向阳、毛丹丹负责收集数据、统计分析、绘制图表;蒋晓江负责论文修改;张远凤负责拟定写作思路、指导撰写论文并最后定稿。

[参考文献]

- [1] Billings ME, Hale L, Johnson DA. Physical and social environment relationship with sleep health and disorders[J]. *Chest*, 2020, 157(5): 1304-1312.
- [2] Grandner Michael A, Valencia Dora Y, Seixas Azizi A, et al. Development and initial validation of the assessment of sleep environment (ASE): Describing and quantifying the impact of subjective environmental factors on sleep[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2022, 19(20): 13599.
- [3] Evandt J, Oftedal B, Hjertager Krog N, et al. A population-based study on nighttime road traffic noise and insomnia[J]. *Sleep*, 2017, 40(2): zsw055-064.
- [4] Rojek M, Wojciechowska W, Januszewicz A, et al. The relation of nocturnal exposure to aircraft noise and aircraft noise-induced insomnia with blood pressure[J]. *Pol Arch Intern Med*, 2021, 131(1): 33-41.
- [5] 陈霞, 刘明亮, 左蕾, 等. 道路交通噪音对大鼠血压的影响及粪便代谢组学分析[J]. *中国动脉硬化杂志*, 2022, 30(11): 935-941.
- [6] Halperin D. Environmental noise and sleep disturbances: a threat to health[J]. *Sleep Sci*, 2014, 7(4): 209-212.
- [7] Frei P, Mohler E, Rössli M. Effect of nocturnal road traffic noise exposure and annoyance on objective and subjective sleep quality[J]. *Int J Hyg Environ Health*, 2014, 217(2-3): 188-195.
- [8] Moser D, Anderer P, Gruber G, et al. Sleep classification according to AASM and Rechtschaffen & Kales: effects on sleep scoring parameters[J]. *Sleep*, 2009, 32(2): 139-149.
- [9] Fernandez LMJ, Lüthi A. Sleep spindles: mechanisms and functions[J]. *Physiol Rev*, 2020, 100(2): 805-868.
- [10] Steriade M. Synchronized activities of coupled oscillators in the cerebral cortex and thalamus at different levels of vigilance[J]. *Cereb Cortex*, 1997, 7: 583-604.
- [11] Lustenberger C, Patel YA, Alagapan S, et al. High-density EEG characterization of brain responses to auditory rhythmic stimuli during wakefulness and NREM sleep[J]. *NeuroImage*, 2018, 169: 57-68.
- [12] Dang-Vu TT, McKinney SM, Buxton OM, et al. Spontaneous brain rhythms predict sleep stability in the face of noise[J]. *Curr Biol*, 2010, 20(15): R626-R627.
- [13] Buysse DJ, Reynolds CF, Monk TH, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research[J]. *Psychiatry Res*, 1989, 28(2): 193-213.
- [15] Zung WW. A self-rating depression scale[J]. *Arch Gen Psychiatry*, 1965, 12: 63-70.
- [14] Zung WW. A rating instrument for anxiety disorders[J]. *Psychosomatics*, 1974, 12(6): 371-379.
- [16] Berry Richard B, Budhiraja Rohit, Gottlieb Daniel J, et al. Rules for scoring respiratory events in sleep; update of the 2007 AASM manual for the scoring of sleep and associated events. Deliberations of the sleep apnea definitions task force of the american academy of sleep medicine[J]. *J Clin Sleep Med*, 2012, 8: 597-619.
- [17] Hegewald J, Schubert M, Freiberg A, et al. Traffic noise and mental health: a systematic review and meta-analysis[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2020, 17(17): 6175.
- [18] Beutel ME, Brähler E, Ernst M, et al. Noise annoyance predicts symptoms of depression, anxiety and sleep disturbance 5 years later. findings from the Gutenberg health study[J]. *Eur J Public Health*, 2020, 30(3): 516-521.
- [19] Banerjee D. Road traffic noise and self-reported sleep disturbance: results from a cross-sectional study in western India[J]. *Noise Vib Worldw*, 2013, 44(2): 10-17.
- [20] 黄镇顺, 林丽华. 失眠症患者焦虑症状和抑郁症状的调查[J]. *中国民康医学*, 2011, 23(5): 600.
- [21] Nyer M, Farabaugh A, Fehling K, et al. Relationship between sleep disturbance and depression, anxiety, and functioning in college students[J]. *Depress Anxiety*, 2013, 30(9): 873-880.
- [22] Tiller JWG. Depression and anxiety[J]. *Med J Aust*, 2013, 199(S6): S28-S31.
- [23] Jansson M, Linton SJ. The development of insomnia within the first year: a focus on worry[J]. *Br J Health Psychol*, 2006, 11(Pt 3): 501-511.
- [24] 李融, 蔡志强, 侯钢, 等. 失眠症患者的焦虑、抑郁症状的调查[J]. *中国行为医学科学*, 2002, 5: 530-531.
- [25] 祝喜梅, 赛力克·塔巴拉克, 陈文浩, 等. 失眠患者睡眠结构及睡眠纺锤波的异常改变[J]. *中国药物依赖性杂志*, 2023, 32(1): 45-50.
- [26] Schönauer M, Pöhlchen D. Sleep spindles[J]. *Curr Biol*, 2018, 28(19): 1129-1130.
- [27] Dang-Vu TT, McKinney SM, Buxton OM, et al. Spontaneous brain rhythms predict sleep stability in the face of noise[J]. *Curr Biol*, 2010, 20(15): 626-627.
- [28] Cote KA, Epps TM, Campbell KB. The role of the spindle in human information processing of high-intensity stimuli during sleep[J]. *J Sleep Res*, 2000, 9(1): 19-26.
- [29] Schabus M, Dang-Vu TT, Heib DPJ, et al. The fate of incoming stimuli during NREM sleep is determined by spindles and the phase of the slow oscillation[J]. *Front Neurol*, 2012, 3: 40.
- [30] Wimmer RD, Astori S, Bond CT, et al. Sustaining sleep spindles through enhanced SK2-channel activity consolidates sleep and elevates arousal threshold[J]. *J Neurosci*, 2012, 32(40): 13917-13928.
- [31] Rudzik F, Thiesse L, Pieren R, et al. Sleep spindle characteristics and arousability from nighttime transportation noise exposure in healthy young and older individuals[J]. *Sleep*, 2018, 41(7): zsy077.

引证本文: 叶清林, 蒋晓江, 郎莹, 等. 噪声污染环境下失眠患者的临床睡眠及心理特征变化[J]. *中馈与神经疾病杂志*, 2023, 40(7): 647-651.