

# 化纤企业倒班工人睡眠障碍预测模型研究

沈丽丽, 潘亚慧, 冯佳峰

嘉兴市康慈医院, 浙江 桐乡 314500

**摘要:** **目的** 建立化纤企业倒班工人睡眠障碍预测模型, 为早期发现和预防倒班工人睡眠障碍提供依据。**方法** 于2022年8月—2024年7月, 采用整群抽样方法抽取浙江省桐乡市某化纤企业倒班工人为研究对象, 通过问卷调查收集人口学信息、工龄和周均工作时长等资料; 采用病人健康问卷、广泛性焦虑障碍量表和匹兹堡睡眠质量指数量表分别评估抑郁症状、焦虑症状和睡眠障碍。按照7:3的比例将倒班工人随机分为训练集和验证集。基于训练集数据采用多因素logistic回归模型筛选预测因子并建立列线图; 基于训练集和验证集数据采用受试者操作特征(ROC)曲线和校准曲线评估预测效果。**结果** 纳入倒班工人673人, 年龄 $M(Q_R)$ 为32(12)岁; 男性493人, 占73.25%。训练集471人, 占69.99%; 验证集202人, 占30.01%。有睡眠障碍274人, 占40.71%。预测模型为 $\ln[p/(1-p)] = -8.391 + 1.906 \times \text{周均工作时长} + 1.822 \times \text{抑郁症状} + 1.667 \times \text{焦虑症状}$ 。训练集和验证集ROC曲线下面积分别为0.769(95%CI: 0.661~0.835)和0.655(95%CI: 0.593~0.737); Hosmer-Lemeshow检验结果显示模型拟合优度较好(均 $P > 0.05$ )。**结论** 通过周均工作时长、抑郁症状和焦虑症状3个预测因子构建的列线图可用于预测化纤企业倒班工人睡眠障碍风险。

**关键词:** 化纤企业; 倒班工人; 睡眠障碍; 列线图

中图分类号: R135 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087(2025)01-0051-04

## A prediction model for sleep disorders in shift workers of a chemical fiber enterprise

SHEN Lili, PAN Yahui, FENG Jiafeng

Kangci Hospital of Jiaxing, Tongxiang, Zhejiang 314500, China

**Abstract: Objective** To construct a prediction model for sleep disorders in shift workers of a chemical fiber enterprise, so as to provide the basis for early identification and prevention of sleep disorders in shift workers. **Methods** Shift workers were sampled from a chemical fiber enterprise in Tongxiang City, Zhejiang Province using a cluster sampling method from August 2022 to July 2024. Demographic information, length of service and average weekly working hours were collected through questionnaire surveys. Depressive symptoms, anxiety symptoms and sleep disorders were evaluated using the Pittsburgh Sleep Quality Index, Patient Health Questionnaire and Generalized Anxiety Disorder Questionnaire, respectively. The shift workers were randomly divided into a training set and a validation set at a ratio of 7:3. Predictive factors were selected using a multivariable logistic regression model based on the training set, and a nomograph model for prediction of sleep disorders in shift workers was established. The predictive values of the model were evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve and calibration curve based on the training set and validation set. **Results** Totally 673 shift workers were included, with a median age of 32 (interquartile range, 12) years. There were 493 males, accounting for 73.25%. There were 471 (69.99%) workers in the training set and 202 (30.01%) workers in the validation set. There were 274 workers with sleep disorders, accounting for 40.71%. The equation for the prediction model was  $\ln[p/(1-p)] = -8.391 + 1.906 \times \text{average weekly working hours} + 1.822 \times \text{depressive symptoms} + 1.667 \times \text{anxiety symptoms}$ . The area under the ROC curve was 0.769 (95%CI: 0.661~0.835) for the training set and 0.655 (95%CI:

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2025.01.011

基金项目: 桐乡市科学技术局项目(202202333)

作者简介: 沈丽丽, 本科, 副主任医师, 主要从事精神疾病基于药物治疗联合心理治疗工作

通信作者: 潘亚慧, E-mail: 3037566956@qq.com

0.593–0.737) for the validation set, and Hosmer–Lemeshow test showed a good fitting effect (both  $P>0.05$ ). **Conclusion** The nomograph model constructed by average weekly working hours, depressive symptoms and anxiety symptoms can be used to predict the risk of sleep disorders in shift workers of a chemical fiber enterprise.

**Keywords:** chemical fiber enterprise; shift worker; sleep disorders; nomogram

睡眠障碍主要表现为入睡困难、睡眠质量及满意度下降,以及在睡眠中出现异常行为<sup>[1]</sup>。睡眠障碍会引起内分泌紊乱,增加糖尿病和高血压等慢性病的患病风险,引起抑郁、焦虑等心理健康问题<sup>[2-3]</sup>。研究表明,全球约有27%的人有睡眠障碍<sup>[4]</sup>,我国睡眠障碍发生率为38.2%<sup>[5]</sup>。倒班工人因工作性质特殊,昼夜节律冲突,常出现睡眠障碍,影响身心健康和工作效率<sup>[6-7]</sup>。因此,早期识别倒班工人睡眠障碍并及时干预对提高生活质量具有重要意义。本研究建立倒班工人睡眠障碍预测模型,为早期发现和预防睡眠障碍提供依据。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

于2022年8月—2024年7月,采用整群抽样方法抽取浙江省桐乡市某化纤企业倒班工人为研究对象。纳入标准:(1)年龄 $\geq 18$ 岁;(2)在岗工作时长 $\geq 12$ 个月;(3)连续参加倒班工作时长 $\geq 6$ 个月,倒班工作指除常规工作时间(8:00—18:00)外的工作,且每次 $\geq 8$ h;(4)无服用精神类药物史。研究对象均知情同意且自愿参加。本研究通过嘉兴市康慈医院伦理委员会审查,审批号:2022伦理第(036)号。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 问卷调查

自制一般资料调查问卷,收集年龄、性别、婚姻状况和文化程度等人口学信息,以及工龄、周均工作时长等工作情况。

采用病人健康问卷<sup>[8]</sup>评估抑郁症状。量表包括9个条目,各条目选项采用Likert 4级赋0~3分,总分0~27分, $\geq 5$ 分为存在抑郁症状。量表Cronbach's  $\alpha$ 为0.860。采用广泛性焦虑障碍量表<sup>[9]</sup>评估焦虑症状。量表包括7个条目,各条目选项采用Likert 4级赋0~3分,总分0~21分, $\geq 5$ 分为存在焦虑症状。量表Cronbach's  $\alpha$ 为0.892。

采用匹兹堡睡眠质量指数量表<sup>[10]</sup>评估睡眠障碍。量表包括主观睡眠质量、睡眠潜伏期、睡眠持续时间、睡眠效率、睡眠障碍、睡眠药物使用和日间功能障碍7个条目。各条目从“很好”到“很差”分别计0~3分,总分0~21分, $>7$ 分为存在睡

眠障碍。

#### 1.2.2 预测模型建立

按照7:3的比例将倒班工人随机分为训练集和验证集。基于训练集数据采用多因素logistic回归模型筛选倒班工人睡眠障碍预测因子,根据回归系数建立睡眠障碍预测列线图。预测模型的表达式为 $\ln [p/(1-p)] = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_m X_m$ ,  $p$ 为睡眠障碍发生概率, $\beta$ 为回归系数, $X$ 为预测因子。

#### 1.2.3 预测模型验证

基于训练集和验证集数据验证预测模型。绘制受试者操作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价预测效果,曲线下面积(area under the curve, AUC)越大说明模型区分度越好。绘制校准曲线,采用Hosmer–Lemeshow检验评估模型拟合优度, $P>0.05$ 提示拟合优度较好。

### 1.3 统计分析

采用SPSS 22.0软件和R 4.4.1软件统计分析。定量资料服从正态分布的采用均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x} \pm s$ )描述,组间比较采用 $t$ 检验;不服从正态分布的采用中位数和四分位数间距 $[M(Q_R)]$ 描述,组间比较采用Mann–Whitney  $U$ 检验。定性资料采用相对数描述,组间比较采用 $\chi^2$ 检验。采用R“pROC 1.18.0”软件包绘制ROC曲线;采用R“rms 6.2.0”软件包绘制列线图和校准曲线。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 基本情况

纳入倒班工人673人,其中男性493人,占73.25%;女性180人,占26.75%。年龄 $M(Q_R)$ 为32(12)岁。已婚347人,占51.56%。大专文化程度313人,占46.51%。工龄 $>5$ 年352人,占52.30%。周均工作时长为(44.59 $\pm$ 4.12)h。检出抑郁症状83人,占12.33%。检出焦虑症状95人,占14.12%。有睡眠障碍274人,占40.71%。

训练集471人,占69.99%;验证集202人,占30.01%。训练集和验证集的年龄、性别、婚姻状况、文化程度、工龄、周均工作时长、抑郁症状和焦虑症状检出情况比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$ ),

满足构建预测模型的基本要求。见表1。

表1 训练集与验证集的基本情况比较

**Table 1** Comparison of baseline characteristics between the training set and the validation set

项目	训练集	验证集	Z/ $\chi^2/t$ 值	P值
年龄/岁 <sup>①</sup>	33 (12)	32 (12)	1.434	0.172
性别 <sup>②</sup>			1.311	0.252
男	339 (71.97)	154 (76.24)		
女	132 (28.03)	48 (23.76)		
婚姻状况 <sup>②</sup>			0.020	0.886
已婚	242 (51.38)	105 (51.98)		
未婚/离异/丧偶	229 (48.62)	97 (48.02)		
文化程度 <sup>②</sup>			3.963	0.138
中专及以下	123 (26.11)	68 (33.66)		
大专	226 (47.98)	87 (43.07)		
本科及以上	122 (25.91)	47 (23.27)		
工龄/年 <sup>②</sup>			0.156	0.693
≤5	227 (48.20)	94 (46.53)		
>5	244 (51.80)	108 (53.47)		
周均工作时长/h <sup>③</sup>	45.53±4.93	43.15±4.01	1.216	0.382
抑郁症状 <sup>②</sup>			1.001	0.317
有	62 (13.16)	21 (10.39)		
无	409 (86.84)	181 (89.61)		
焦虑症状 <sup>②</sup>			1.189	0.276
有	71 (15.07)	24 (11.88)		
无	400 (84.93)	178 (88.12)		

注：①采用M(Q<sub>k</sub>)描述，组间比较采用Mann-Whitney U检验；②采用n(%)描述，组间比较采用 $\chi^2$ 检验；③采用 $\bar{x}\pm s$ 描述，组间比较采用t检验。

### 2.2 倒班工人睡眠障碍预测列线图建立

训练集有睡眠障碍192人，占40.76%。睡眠障碍组和非睡眠障碍组的年龄、性别、文化程度、工龄、周均工作时长、抑郁症状和焦虑症状检出情况比较，差异有统计学意义(均P<0.05)。见表2。

以睡眠障碍为因变量(0=否, 1=是)，以表2中P<0.05的变量为自变量进行多因素logistic回归分析，筛选出周均工作时长、抑郁症状和焦虑症状3个预测因子。建立倒班工人睡眠障碍预测列线图， $\ln [p/(1-p)] = -8.391 + 1.906 \times \text{周均工作时长} + 1.822 \times \text{抑郁症状} + 1.667 \times \text{焦虑症状}$ 。见图1。

### 2.3 倒班工人睡眠障碍预测列线图验证

训练集AUC值为0.769(95%CI: 0.661~0.835)，灵敏度为0.790，特异度为0.618；验证集AUC值为0.655(95%CI: 0.593~0.737)，灵敏度为0.723，特异度为0.662。训练集( $\chi^2=6.286, P=0.307$ )和验证

表2 训练集倒班工人睡眠障碍的单因素分析

**Table 2** Univariable analysis of sleep disorders in shift workers in the training set

项目	睡眠障碍组	非睡眠障碍组	Z/ $\chi^2/t$ 值	P值
年龄/岁 <sup>①</sup>	38 (12)	27 (11)	8.512	0.007
性别 <sup>②</sup>			12.882	<0.001
男	121 (63.02)	218 (78.14)		
女	71 (36.98)	61 (21.86)		
婚姻状况 <sup>②</sup>			1.902	0.168
已婚	106 (55.21)	136 (48.75)		
未婚/离异/丧偶	86 (44.79)	143 (51.25)		
文化程度 <sup>②</sup>			10.919	0.004
中专及以下	51 (26.56)	72 (25.81)		
大专	106 (55.21)	120 (43.01)		
本科及以上	35 (18.23)	87 (31.18)		
工龄/年 <sup>②</sup>			155.899	<0.001
≤5	26 (13.54)	201 (72.04)		
>5	166 (86.46)	78 (27.96)		
周均工作时长/h <sup>③</sup>	51.31±5.66	40.52±4.45	14.631	<0.001
抑郁症状 <sup>②</sup>			63.474	<0.001
有	54 (28.13)	8 (2.87)		
无	138 (71.87)	271 (97.13)		
焦虑症状 <sup>②</sup>			75.054	<0.001
有	62 (32.29)	9 (3.23)		
无	130 (67.71)	270 (96.77)		

注：①采用M(Q<sub>k</sub>)描述，组间比较采用Mann-Whitney U检验；②采用n(%)描述，组间比较采用 $\chi^2$ 检验；③采用 $\bar{x}\pm s$ 描述，组间比较采用t检验。

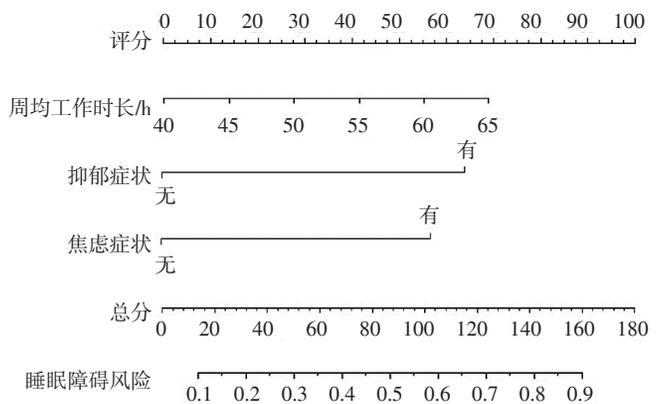


图1 倒班工人睡眠障碍预测列线图

**Figure 1** A nomogram predicting sleep disorders in shift workers

集( $\chi^2=5.627, P=0.421$ ) Hosmer-Lemeshow 检验结果显示模型拟合优度较好。

### 3 讨论

本研究纳入化纤企业倒班工人673人，274人存在睡眠障碍，占40.71%，高于任月萍等<sup>[11]</sup>对煤矿倒

班工人分析的结果(30.95%),可能与不同行业的工作内容、强度及环境存在差异有关,化纤企业工人可能接触更多化学物质、噪声及高强度的生产线作业。研究表明,倒班工作会扰乱昼夜节律,降低夜间褪黑素的分泌,直接引起夜班工人白天睡眠障碍,睡眠时长减少且睡眠质量降低,可能进一步引发高血压、糖尿病等<sup>[12]</sup>。

结果显示,周均工作时长、抑郁症状和焦虑症状是影响倒班工人睡眠障碍的因素,与武陈陈等<sup>[13]</sup>研究结果相近。随着工作时长延长,倒班工人面临更高的睡眠障碍风险。长时间工作不仅造成工人身体疲劳,还会带来精神压力,两者共同作用,严重影响工人的睡眠质量。抑郁症状可能会引起工人情绪低落,直接影响睡眠生理机制,导致睡眠障碍的发生或加剧<sup>[14]</sup>。焦虑症状可能引起入睡困难、睡眠深度不足等,增加睡眠障碍风险<sup>[14]</sup>。也有研究指出,睡眠障碍可能会加重工人的焦虑、抑郁症状<sup>[15]</sup>,消极情绪和睡眠障碍互为因果,相互影响。因此,企业应重视倒班工人的睡眠及心理健康,合理安排工作时长,提供心理支持和干预,降低睡眠障碍风险,提高工作效率。

基于以上3个预测因子建立的倒班工人睡眠障碍预测列线图,经验证,区分度和拟合优度均提示该模型对预测倒班工人睡眠障碍有一定辅助作用。模型在验证集上的区分度不如训练集,可能是模型学习到训练集的噪声和异常值,过度拟合导致其在验证集上的泛化能力下降,AUC值相应降低。

#### 参考文献

- [1] TROYNIKOV O, WATSON C G, NAWAZ N. Sleep environments and sleep physiology: a review [J]. *J Therm Biol*, 2018, 78: 192-203.
- [2] DUVAL F, MOKRANI M C, ERB A, et al. Thyroid axis activity and dopamine function in depression [J/OL]. *Psychoneuroendocrinology*, 2021, 128 [2024-12-05]. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2021.105219>.
- [3] 李秋红, 左月, 任衍开. 老年昼夜节律睡眠障碍原因及治疗现状的研究进展 [J]. *世界睡眠医学杂志*, 2024, 11 (5): 1054-1056. LI Q H, ZUO Y, REN Y K. Research progress on the causes and treatment of circadian rhythm sleep disorders in the elderly [J]. *World J Sleep Med*, 2024, 11 (5): 1054-1056. (in Chinese)
- [4] WICKWIRE E M, SHAYA F T, SCHARF S M. Health economics of insomnia treatments: the return on investment for a good night's sleep [J]. *Sleep Med Rev*, 2016, 30: 72-82.
- [5] 黄鑫, 李苏宁, 尹军祥, 等. 我国睡眠障碍防控研究现状及建

议 [J]. *四川大学学报(医学版)*, 2023, 54 (2): 226-230.

- HUANG X, LI S N, YIN J X, et al. Research status of and recommendations for prevention and control of sleep disorders in China [J]. *J Sichuan Univ (Med Sci)*, 2023, 54 (2): 226-230. (in Chinese)
- [6] KHORASANIHA R, SOTOUDEH G, MILAJERDI A, et al. The relationship between dietary patterns and sleep disorders in shift workers [J]. *Work*, 2022, 73 (2): 667-673.
- [7] LEE S, LEE J, JEON S, et al. Sleep disturbances and depressive symptoms of shift workers: effects of shift schedules [J]. *J Psychiatr Res*, 2023, 161: 371-376.
- [8] WANG W Z, BIAN Q, ZHAO Y, et al. Reliability and validity of the Chinese version of the Patient Health Questionnaire (PHQ-9) in the general population [J]. *Gen Hosp Psychiatry*, 2014, 36 (5): 539-544.
- [9] SPITZER R L, KROENKE K, WILLIAMS J B, et al. A brief measure for assessing generalized anxiety disorder: the GAD-7 [J]. *Arch Intern Med*, 2006, 166 (10): 1092-1097.
- [10] BUYSSE D J, REYNOLDS C F 3rd, MONK T H, et al. The Pittsburgh Sleep Quality Index: a new instrument for psychiatric practice and research [J]. *Psychiatry Res*, 1989, 28 (2): 193-213.
- [11] 任月萍, 杨智仲, 李志杰, 等. 倒班煤矿工人睡眠质量和知觉压力的现状探讨 [J]. *山西医药杂志*, 2021, 50 (6): 927-930. REN Y P, YANG Z Z, LI Z J, et al. Exploration into the current status of sleep quality and perceived stress among shift coal mine workers [J]. *Shanxi Med J*, 2021, 50 (6): 927-930. (in Chinese)
- [12] ZHAO H T, ZHANG T, ZHANG H J, et al. Exercise-with-melatonin therapy improves sleep disorder and motor dysfunction in a rat model of ischemic stroke [J]. *Neural Regen Res*, 2024, 19 (6): 1336-1343.
- [13] 武陈陈, 杨晓萍, 任伟, 等. 倒班对某部队医院 ICU 护士心理健康及睡眠质量影响的调查 [J]. *工业卫生与职业病*, 2021, 47 (1): 34-36, 39. WU C C, YANG X P, REN W, et al. Investigation on the effect of shift work on mental health and sleep quality of ICU nurses in a military hospital [J]. *Ind Hlth & Occup Dis*, 2021, 47 (1): 34-36, 39. (in Chinese)
- [14] 刘倩倩, 江丽丽, 叶佳欣, 等. 三甲医院医务人员轮班工作与睡眠障碍的相关性 [J]. *环境与职业医学*, 2021, 38 (1): 76-82. LIU Q Q, JIANG L L, YE J X, et al. Correlation between shift work and sleep disorders of medical staff in tertiary hospitals [J]. *J Environ Occup Med*, 2021, 38 (1): 76-82. (in Chinese)
- [15] 张文丽, 张丽, 胡在方, 等. 北京市某区制造业工人抑郁、焦虑症状调查 [J]. *预防医学*, 2024, 36 (9): 796-800. ZHANG W L, ZHANG L, HU Z F, et al. Depression and anxiety symptoms among manufacturing workers in a district of Beijing Municipality [J]. *Chin Prev Med J*, 2024, 36 (9): 796-800. (in Chinese)

收稿日期: 2024-08-08 修回日期: 2024-12-05 本文编辑: 古兰芳