

职业噪声暴露与石油工人肾功能损伤的关系

陈哲¹, 郑子薇¹, 王慧¹, 王学林¹, 司志康¹, 孟睿¹, 陈圆煜¹, 杨永忠¹, 王娇娇¹, 李超¹, 张璐², 武建辉¹

1. 华北理工大学, 公共卫生学院/河北省煤矿卫生与安全重点实验室, 河北 唐山 063210

2. 铜陵市疾病预防控制中心结核病防治科, 安徽 铜陵 244000



DOI 10.11836/JEOM21568

摘要:

[背景] 石油工人的工作性质决定其存在职业噪声暴露。在没有有效防护的情况下, 噪声会对工人身体各方面机能造成影响, 包括通过作用于肾上腺皮质系统, 引发肾功能受损。

[目的] 探讨噪声暴露及累积暴露量与石油工人肾功能损伤之间的关系。

[方法] 选取某医院集体体检的石油工人作为研究对象。依据 GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 第8部分: 噪声》对石油工人工作现场进行3次噪声暴露强度测量, 取平均值获得累积噪声暴露量(CNE)。采用问卷调查研究对象的一般情况, 包括社会人口学特征、家族史、生活行为史以及职业史等, 并检测空腹状态下的血生化指标水平, 根据肾小球滤过率判断肾功能损伤情况。对存在噪声暴露的工人使用受试者工作特征曲线图分析 CNE 与肾功能的关系。

[结果] 共纳入 2 917 名研究对象, 其肾功能损伤率为 14.2%。单因素结果提示, 是否患有高血压、性别、年龄、婚姻状况及吸烟、饮酒等生活习惯不同者之间, 其肾功能损伤率的差异有统计学意义($P < 0.05$); 尿酸、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白及空腹血糖异常者肾功能损伤率高于正常者($P < 0.05$); 按照等效声级 ≥ 80 dB(A) 的标准共有 1 565 人(53.7%)存在噪声暴露, 存在噪声暴露的工人其肾功能损伤率高于不存在噪声暴露的工人($P < 0.05$)。多因素研究结果显示, 女性($OR=2.811$, 95%CI: 1.960~4.030)、年龄 31 岁及以上($OR_{31-40}=3.502$, 95%CI: 1.402~8.751; $OR_{41-50}=4.255$, 95%CI: 1.759~10.291; $OR_{\geq 51}=7.179$, 95%CI: 2.864~17.996)、尿酸异常($OR=5.932$, 95%CI: 4.486~7.843)、患有高血压($OR=1.593$, 95%CI: 1.230~2.063)、饮酒($OR=2.648$, 95%CI: 1.346~5.212)、吸烟($OR=1.816$, 95%CI: 1.133~2.911)者发生肾功能损伤风险更高。暴露于噪声者发生肾功能损伤的风险是非暴露者的 1.351 倍(95%CI: 1.073~1.702 倍)。与接触噪声的肾功能正常组相比, 接触噪声的肾功能损伤组的噪声暴露强度和 CNE 均更高($P < 0.05$)。以 $CNE \leq 95.85$ dB(A)·年为参考, 当 $CNE > 95.85$ dB(A)·年时, 工人发生肾功能损伤的风险升高($OR=2.583$, 95%CI: 1.956~3.411)。

[结论] 接触噪声、噪声暴露强度和 CNE 可能与石油工人发生肾功能损伤有关。当石油工人 CNE 超过 95.85 dB(A)·年时, 肾功能损伤风险增加。

关键词: 噪声; 噪声暴露强度; 噪声累积暴露量; 肾功能; 石油工人

Relationship between occupational noise exposure and renal function impairment in oil workers CHEN Zhe¹, ZHENG Ziwei¹, WANG Hui¹, WANG Xuelin¹, SI Zhikang¹, MENG Rui¹, CHEN Yuanyu¹, YANG Yongzhong¹, WANG Jiaojiao¹, LI Chao¹, ZHANG Lu², WU Jianhui¹ (1. School of Public Health/Hebei Key Laboratory of Coal Mine Health and Safety, North China University of Science and Technology, Tangshan, Hebei 063210; 2. Department of Tuberculosis Prevention and Control, Tongling City Center for Disease Control and Prevention, Tongling, Anhui 244000, China)

Abstract:

[Background] The current oil production determines oil workers' occupational noise exposure. Without effective protection, noise will affect various aspects of worker's body functions, including acting on the adrenal cortex system and resulting in renal function damage.

[Objective] To evaluate the associations of noise exposure and its cumulative exposure level with renal function impairment of oil workers.

[Methods] Oil workers from a collective medical examination in a hospital were selected as the

基金项目

河北省高等学校基本科研业务费项目(JYG2019002); 国家科技部重点研发项目(2016 YFC0900605)

作者简介

陈哲(1998—), 女, 硕士生;
E-mail: 15554454030@163.com

通信作者

武建辉, E-mail: wujianhui555@163.com

伦理审批

已获取
利益冲突 无申报
收稿日期 2021-11-28
录用日期 2022-04-19

文章编号 2095-9982(2022)07-0758-05

中图分类号 R181.3

文献标志码 A

►引用

陈哲, 郑子薇, 王慧, 等. 职业噪声暴露与石油工人肾功能损伤的关系 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(7): 758-762.

►本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM21568

Funding

This study was funded.

Correspondence to

WU Jianhui, E-mail: wujianhui555@163.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2021-11-28

Accepted 2022-04-19

► To cite

CHEN Zhe, ZHENG Ziwei, WANG Hui, et al. Relationship between occupational noise exposure and renal function impairment in oil workers[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(7): 758-762.

► Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM21568

study subjects. In accordance with the national standard *Measurement of Physical Agents in the Workplace Part 8: Noise* (GBZ/T 189.8—2007), noise exposure was measured three times at the oil workers' work site, and their average value was calculated to obtain the cumulative noise exposure (CNE). A questionnaire survey was conducted to collect general information such as socio-demographic characteristics, family history, lifestyles, and occupational history. All blood biochemical indicators were measured in the fasting state. Renal function impairment was judged based on the glomerular filtration rate. The relationship between CNE and renal function was analyzed using receiver operating characteristic curve (ROC) for workers with noise exposure.

[Results] A total of 2 917 subjects were included in the study and their prevalence of renal function impairment was 14.2%. The univariate analysis results suggested statistically significant differences in the prevalence of renal function impairment among the oil workers grouped by having hypertension or not, gender, age, marital status, smoking, and alcohol consumption ($P < 0.05$); the prevalence of renal impairment was significantly higher in those with abnormal values of uric acid, total cholesterol, triglycerides, high-density lipoprotein, and fasting glucose than in those with normal values ($P < 0.05$); the oil workers with noise exposure [$n=1565$, 53.7%, equivalent sound level ≥ 80 dB(A)] showed a higher prevalence of renal function impairment than those without ($P < 0.05$). The results of multiple logistic regression analysis showed that being female ($OR=2.811$, 95%CI: 1.960-4.030), age at 31 years and above ($OR_{31-40}=3.502$, 95%CI: 1.402-8.751; $OR_{41-50}=4.255$, 95%CI: 1.759-10.291; $OR_{\geq 51}=7.179$, 95%CI: 2.864-17.996), showing abnormal uric acid ($OR=5.932$, 95%CI: 4.486-7.843), having hypertension ($OR=1.593$, 95%CI: 1.230-2.063), alcohol consumption ($OR=2.648$, 95%CI: 1.346-5.212), and smoking ($OR=1.816$, 95%CI: 1.133-2.911) had higher risks of developing renal function impairment; besides, those exposed to noise had 1.351 times (95%CI: 1.073-1.702) higher risks of developing renal function impairment than non-exposed individuals. Noise-exposed oil workers in the renal impairment group had higher noise exposure intensity and CNE compared to the noise-exposed oil workers in the normal renal function group ($P < 0.05$), and the workers had an increased risk of renal function impairment when the CNE was > 95.85 dB(A)-year versus CNE ≤ 95.85 dB(A)-year ($OR=2.583$, 95%CI: 1.956-3.411).

[Conclusion] Exposure to noise, higher noise exposure intensity, and higher level of CNE may be associated with developing renal function impairment in oil workers. Oil workers with CNE above 95.85 dB(A)-year are at an increased risk of renal impairment.

Keywords: noise; noise exposure intensity; cumulative noise exposure; renal function; oil worker

职业性噪声暴露是石油企业工作环境中最常见的危害因素^[1]。在没有有效防护的情况下,长期接触噪声会对人体的多个系统造成伤害^[2-3]。噪声暴露可以通过作用于肾上腺皮质系统(下丘脑-垂体前叶-肾上腺皮质系统),使其处于异常调节状态,引发肾功能受损^[4]。肾功能损伤会影响人体废物排泄和毒素清理,从而引发肾脏疾病,严重者将威胁生命。肾功能损伤是慢性肾脏疾病的前期表现^[5]。目前国内外鲜有对石油工人接触噪声与肾功能关系的研究。关于噪声对人体健康影响的研究多集中在听力损伤,关于噪声对作业工人血脂、血糖影响的报道也较多,但是关于噪声对作业工人肾功能指标影响的研究报道较少,且多以实验性研究为主,关于噪声及其暴露程度与肾功能损伤的关系亟待研究。累积噪声暴露量(cumulative noise exposure, CNE)能很好地反映长期噪声暴露的剂量。因此本研究将以石油工人作为研究对象,探讨噪声及其累积暴露水平与肾功能的关系。

1 对象与方法

1.1 研究对象

基于京津冀地区职业人群健康效应队列研究(重点研究京津冀三地钢铁、煤炭、石油等支柱产业的职业暴露对健康的影响)的资料,选取在某医院体检的华北油田石油企业在岗工人(年龄 ≥ 18 岁)进行问卷调

查。排除未完成问卷调查内容及未完成相关体检项目者 134 人,本次研究共纳入 2 917 人。本研究获华北理工大学伦理委员会批准(审批号: 16040)。研究对象均签署知情同意书。

1.2 一般情况调查

经问卷调查,扫描问卷,建立数据库。一般情况调查包括社会人口学特征、家族史、生活行为史以及职业史等。

1.3 噪声测量及吸烟、饮酒定义

由中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司按照国标 GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 第 8 部分: 噪声》提供检测报告,采用资料存储型积分声级计 SoundPro SE/DL(美国 QUEST)对石油工人工作现场进行 3 次噪声暴露强度测量,依据国标 GBZ/T 229.4—2012《工作场所职业病危害作业分级 第 4 部分: 噪声》判定暴露于等效声级 ≥ 80 dB(A)环境下持续 $8\text{ h}\cdot\text{d}^{-1}$ 或 $40\text{ h}\cdot\text{周}^{-1}$ 且连续暴露 ≥ 1 年者,认为其存在噪声暴露,噪声暴露强度测量 3 次取均值为噪声暴露结果, CNE 以公式(1)计算。

$$V_{\text{CNE}} = 10 \lg \left(\sum 10^{0.1 \times V_{\text{噪声强度}}} \cdot V_{\text{噪声作业工龄}} \cdot t_{\text{工作小时}} / 8 \right) \quad (1)$$

(1)式中: V_{CNE} -CNE 值, dB(A)-年; $V_{\text{噪声强度}}$ -噪声暴露强度值, dB(A); $V_{\text{噪声作业工龄}}$ -噪声作业工龄, 年; $t_{\text{工作小时}}$ -每天接触时长, h。

1.4 血液样本检测

检测晨起空腹静脉血中肌酐、尿酸、总胆固醇、甘油三酯、总胆红素、高密度脂蛋白、低密度脂蛋白和空腹血糖等各血生化指标水平。肌酐浓度正常值范围：男性 54~133 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，女性 44~97 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。尿酸浓度正常值范围：男性 149.0~416.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ ，女性 89.0~357.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。总胆固醇浓度正常值范围：3.0~5.2 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。甘油三酯浓度正常值范围：<1.7 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。总胆红素浓度正常值范围：1.7~21.0 $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。高密度脂蛋白浓度正常值范围：0.7~2.0 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。低密度脂蛋白浓度正常值范围：<3.1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。空腹血糖浓度正常值范围：3.9~6.1 $\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。

1.5 肾功能损伤定义

采用简化肾脏病膳食改良试验计算肾小球滤过率(estimated glomerular filtration rate, eGFR)^[6]。男性： $V_{\text{eGFR}}=175\cdot V_{\text{Scr}}^{-1.234}\cdot V_{\text{年龄}}^{-0.179}$ ；女性： $V_{\text{eGFR}}=175\cdot V_{\text{Scr}}^{-1.234}\cdot V_{\text{年龄}}^{-0.179}\cdot 0.79$ 。式中：Scr，血肌酐； $\text{eGFR}\geq 60\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ 定义为肾功能正常， $\text{eGFR}< 60\text{ mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot(1.73\text{ m}^2)^{-1}$ 定义为肾功能损伤。

1.6 质量控制

问卷扫描核对由专业人员经培训后采用双录入法录入。实验室检测由专业医生采用 CS-1200 全自动生化分析仪(中国迪瑞)进行检测。

1.7 统计学方法

数据分析使用 SPSS 22.0 统计学软件。计量资料用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示，组间比较采用非参数检验；计数资料用率和构成比表示，组间比较采用 χ^2 检验；采用非条件多因素 logistic 回归模型进行相关性分析。使用受试者工作特征曲线(receiver operating characteristic curve, ROC)分析 CNE 与肾功能的关系。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 基本情况

研究对象包括男性 1 960 人(67.2%)，女性 957 人(32.8%)，年龄 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 44(40, 48) 岁；其中肾功能损伤人数为 413 人，损伤率为 14.2%，男性损伤率为 11.0%(215/1 960)，女性为 20.7%(198/957)。是否患有高血压、性别、年龄、婚姻状况及吸烟、饮酒等生活习惯不同者之间，其肾功能损伤率的差异具有统计学意义($P<0.05$)。血生化数据分析显示，尿酸、总胆固醇、甘油三酯、高密度脂蛋白及空腹血糖异常者肾功能损伤率高于正常者($P<0.05$)。而总胆红素及低密

度脂蛋白浓度正常与否者之间，其肾功能损伤的差异没有统计学意义($P>0.05$)。按照等效声级 $\geq 80\text{ dB(A)}$ 的标准共有 1 565 人(53.7%)存在噪声暴露，存在噪声暴露的工人其肾功能损伤率高于不存在噪声暴露的工人($P<0.05$)，是否接触高温的工人之间，其肾功能损伤率的差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。

表 1 石油工人一般情况及肾功能损伤情况($n=2917$)
Table 1 General information and renal function impairment of oil workers ($n=2917$)

特征	分组	n (构成比/%)	肾损伤人数	损伤率/%	χ^2	P
性别	男	1 960(67.2)	215	11.0	49.989	<0.001
	女	957(32.8)	198	20.7		
年龄/岁	≤ 30	276(9.5)	9	3.3	45.235	<0.001
	31~	443(15.2)	43	9.7		
	41~	1 746(60.0)	278	15.9		
	51~60	452(14)	83	18.3		
婚姻状况	未婚	189(6.5)	10	5.2	13.075	<0.001
	已婚及其他	2 728(93.5)	403	14.7		
吸烟与否	否	1 691(58.0)	202	11.9	16.209	<0.001
	是	1 226(42.0)	211	17.2		
饮酒与否	否	1 867(64.0)	233	12.5	13.903	<0.001
	是	1 050(36.0)	180	17.1		
高血压	无	2 083(71.4)	220	10.6	77.545	<0.001
	有	834(28.6)	193	23.1		
尿酸浓度*	正常	2 260(77.8)	196	8.7	250.564	<0.001
	异常	646(22.2)	215	33.3		
总胆固醇浓度*	正常	2 127(73.8)	257	12.1	10.344	0.001
	异常	754(26.2)	126	16.7		
甘油三酯浓度*	正常	2 034(70.6)	234	11.5	19.222	<0.001
	异常	847(29.4)	149	17.6		
总胆红素浓度*	正常	2 518(87.3)	323	12.8	2.475	0.116
	异常	367(12.7)	58	15.8		
高密度脂蛋白浓度*	正常	1 258(43.3)	150	11.9	9.117	0.003
	异常	1 645(56.7)	261	15.9		
低密度脂蛋白浓度*	正常	541(18.8)	82	15.2	2.168	0.141
	异常	2 340(81.2)	299	12.8		
空腹血糖浓度*	正常	2 294(79.6)	274	11.9	15.258	<0.001
	异常	587(20.4)	106	18.1		
噪声暴露	否	1 352(46.3)	170	12.6	5.205	0.023
	是	1 565(53.7)	243	14		
高温暴露	否	2 417(82.9)	334	13.8	1.388	0.247
	是	500(17.1)	79	15.8		

[注]*: 数据存在缺失。

2.2 肾功能受损的影响因素

以是否发生肾功能受损为应变量，潜在影响因素为自变量，进行多因素 logistic 回归分析。所有自变量经检验均不存在共线性。结果显示：女性、年龄 31 岁

及以上、尿酸异常、存在噪声暴露、患高血压、吸烟、饮酒者发生肾功能损伤风险更高($P<0.05$)。详见表 2。

表 2 石油工人肾功能损伤影响因素 logistic 回归分析结果
Table 2 Logistic regression analysis results of factors affecting renal function impairment in oil workers

因素(对照)	<i>b</i>	<i>P</i>	OR	95%CI
性别(男)	1.033	<0.001	2.811	1.960~4.030
年龄(≤30)/岁				
31~	1.253	0.007	3.502	1.402~8.751
41~	1.448	0.001	4.255	1.759~10.291
51~60	1.971	<0.001	7.179	2.864~17.996
尿酸浓度(正常)	1.780	<0.001	5.932	4.486~7.843
噪声暴露(否)	0.301	0.011	1.351	1.073~1.702
患高血压(否)	0.466	<0.001	1.593	1.230~2.063
饮酒与否(否)	0.974	0.005	2.648	1.346~5.212
吸烟与否(否)	0.597	0.013	1.816	1.133~2.911
常量	-4.816	0.000	0.008	—

2.3 噪声暴露与石油工人肾功能的关系

在接触噪声的环境下,女性肾功能受损率为 20.3%(124/610),男性为 12.5%(119/955),差异有统计学意义($\chi^2=14.797, P<0.001$),女性肾功能受损的风险是男性 1.873 倍(95%CI: 1.356~2.588)。与接触噪声的肾功能正常组相比,接触噪声的肾功能损伤组的噪声暴露强度和 CNE 均更高($P<0.05$),日接触时长两组差别无统计学意义($P>0.05$)。见表 3。

表 3 存在噪声暴露的石油工人中肾功能损伤者和肾功能正常者的噪声暴露指标($n=1565$)

Table 3 Noise exposure indicators in oil workers with impaired or normal renal function in the presence of noise exposure ($n=1565$)

指标	肾功能损伤组 ($n=243$)	肾功能正常组 ($n=1322$)	<i>Z</i>	<i>P</i>
噪声暴露强度/dB(A)	86.70(83.88, 88.30)	83.60(80.31, 84.80)	10.332	<0.001
日接触时长/h	4.00(1.00, 8.00)	4.00(4.00, 8.00)	1.184	0.236
作业工龄/年	26.00(22.00, 29.00)	22.00(13.00, 27.00)	3.832	<0.001
CNE/[dB(A)·年]	101.03(95.61, 107.70)	94.72(88.95, 98.81)	9.992	<0.001

使用 ROC 曲线对 CNE 进行分析(图 1)。结果显示,当 $CNE=95.85$ dB(A)·年时,曲线下面积最大,为 0.806。以 $CNE\leq 95.85$ dB(A)·年为参考,当 $CNE>95.85$ dB(A)·年时,石油工人发生肾功能损伤的风险升高($OR=2.583$, 95%CI: 1.956~3.411)。见表 4。

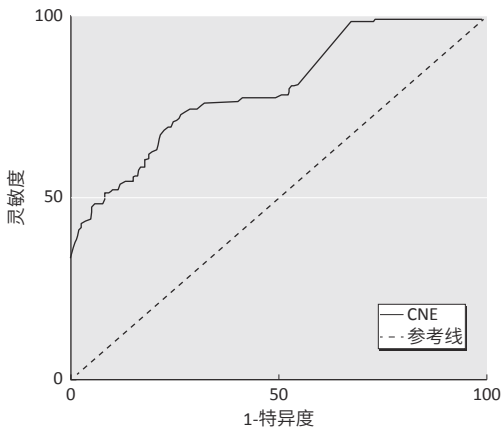


图 1 存在噪声暴露的石油工人累积噪声暴露量 ROC 曲线图
Figure 1 ROC of cumulative noise exposure in oil workers with noise exposure

表 4 存在噪声暴露的石油工人累积噪声暴露量分组分析结果($n=1565$)

Table 4 Results of subgroup analysis of cumulative noise exposure of oil workers with noise exposure ($n=1565$)

CNE/ [dB(A)·年]	调查 人数	肾功能 损伤, <i>n</i> (%)	肾功能 正常, <i>n</i> (%)	χ^2	<i>P</i>	OR(95%CI)
≥ 95.85	515	126(24.5)	389(75.5)	46.761	<0.001	2.583(1.956~3.411)
< 95.85	1050	117(11.1)	933(88.9)			

3 讨论

有数据显示,全球约有 8.5 亿人患有至少一种肾脏疾病,全球慢性肾病男、女性的患病率分别为 10.4%、11.8%。在中国,成人慢性肾病发病率为 10.8%^[7-9]。受内外各种因素的影响,石油工人的慢性肾病发病率较高。本次研究结果显示该石油企业工人肾功能损伤率为 14.2%。

本研究结果显示,噪声暴露者其发生肾功能损伤的风险是非暴露者的 1.351 倍。进一步比较接噪组的男女工人其肾功能受损率的差异,结果显示性别差异具有统计学意义($P<0.001$),在接触噪声的环境下,女性肾功能受损的风险是男性 1.873 倍。俞发荣等^[10]在实验中利用噪声对大鼠进行刺激,结果显示大鼠甘油三酯水平、肌酐水平均有所升高,说明噪声可影响大鼠的肾功能。有研究显示噪声暴露对于工人的心血管系统具有严重影响^[11],也有研究表示血压与噪声暴露无关^[12],赵颖慧^[13]的研究显示高温和噪声环境会影响灌装车间工人的部分肾功能指标。Dzhambov 等^[14]在研究中分析了肌酐、总胆固醇和血糖的水平,同时发现交通噪声的暴露会导致心血管疾病患者肾小球滤过率的下降。CNE 可直观反映工人长期噪声暴露情况,其水平过高会对听觉造成严重不良后果^[15]。桑传兰等^[16]发现当噪声 >60 dB 时对小鼠的肾功能有所损害。本

研究结果提示肾功能损伤组噪声暴露强度与 CNE 均明显高于肾功能正常组,当 CNE > 95.85 dB(A)·年时,石油工人的肾功能损伤风险明显增高。噪声暴露可通过神经系统影响肾上腺皮质系统(下丘脑-垂体前叶-肾上腺皮质系统),使其处于异常调节状态,引发肾功能受损^[4,17],但其作用机制尚未阐明。

本研究结果显示接触噪声、噪声暴露强度、CNE 可能与石油工人发生肾功能损伤有关,当石油工人 CNE 超过 95.85 dB(A)·年时,肾功能损伤风险增加。本研究为横断面研究,因此无法确定噪声暴露与肾功能损伤之间的因果关系,且尚未考虑入职前就存在肾脏疾病的工人以及工人工作环境的化学物质暴露情况,需在之后进行队列研究或采用巢式病例-对照研究来进一步探索噪声与肾功能损伤之间的因果关系。

参考文献

- [1] 韩冬柏, 刘晓宇, 李娜, 等. 职业性噪声暴露对石油工人甲襞微循环的影响[J]. *环境与职业医学*, 2020, 37(4): 348-353.
HAN DB, LIU XY, LI N, et al. Effect of occupational noise exposure on nailfold microcirculation of petroleum workers[J]. *J Environ Occup Med*, 2020, 37(4): 348-353.
- [2] GUO L, LI PH, LI H, et al. Effects of environmental noise exposure on DNA methylation in the brain and metabolic health[J]. *Environ Res*, 2017, 153: 73-82.
- [3] BAUDIN C, LEFÈVRE M, CHAMPELOVIER P, et al. Aircraft noise and psychological ill-health: the results of a cross-sectional study in France[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(8): 1642.
- [4] STANSFELD S, CLARK C. Health effects of noise exposure in children[J]. *Curr Environ Health Rep*, 2015, 2(2): 171-178.
- [5] 孙晔. 血清胱抑素C评估肾功能损伤的研究[J]. *中国现代药物应用*, 2020, 14(1): 56-58.
SUN Y. Study on serum cystatin C in the evaluation of renal function injury[J]. *Chin J Mod Drug Appl*, 2020, 14(1): 56-58.
- [6] MA YC, ZUO L, CHEN JH, et al. Modified glomerular filtration rate estimating equation for Chinese patients with chronic kidney disease[J]. *J Am Soc Nephrol*, 2006, 17(10): 2937-2944.
- [7] American Society of Nephrology (ASN). The hidden epidemic: worldwide, over 850 million people suffer from kidney diseases[R]. Washington: American Society of Nephrology, 2018.
- [8] International Society of Nephrology. New global report highlights burden and neglect of kidney disease worldwide[R]. Douglas: Medical Xpress, 2017.
- [9] 张璐. 噪声、饮酒及其交互作用对石油企业工人肾功能的影响[D]. 唐山: 华北理工大学, 2020.
ZHANG L. Effect of Noise, drinking and their Interaction on kidney function of petroleum enterprise workers[D]. Tangshan: North China University of Science and Technology, 2020.
- [10] 俞发荣, 郭蕴萱, 连秀珍, 等. 噪声污染对大鼠肝肾功能的影响[J]. *生态科学*, 2017, 36(5): 211-214.
YU FR, GUO YX, LIAN XZ, et al. Effect of noise pollution on the function of liver and kidney of rats[J]. *Ecol Sci*, 2017, 36(5): 211-214.
- [11] YANG Y, ZHANG E, ZHANG J, et al. Relationship between occupational noise exposure and the risk factors of cardiovascular disease in China: a meta-analysis[J]. *Medicine (Baltimore)*, 2018, 97(30): e11720.
- [12] RAPISARDA V, LEDDA C, FERRANTE M, et al. Blood pressure and occupational exposure to noise and lead (Pb): a cross-sectional study[J]. *Toxicol Ind Health*, 2016, 32(10): 1729-1736.
- [13] 赵颖慧. 北京市密云县某企业高温噪声环境对作业工人肾功能水平的影响[J]. *职业与健康*, 2015, 31(20): 2759-2761.
ZHAO YH. Influence of high temperature and noise environment on renal function of workers in Miyun County of Beijing[J]. *Occup Health*, 2015, 31(20): 2759-2761.
- [14] DZHAMBOV AM, TOKMAKOVA MP, GATSEVA PD, et al. Community noise exposure and its effect on blood pressure and renal function in patients with hypertension and cardiovascular disease[J]. *Folia Med (Plovdiv)*, 2017, 59(3): 344-356.
- [15] ALMAAYEH M, AL-MUSA A, KHADER YS. Prevalence of noise induced hearing loss among Jordanian industrial workers and its associated factors[J]. *Work*, 2018, 61(2): 267-271.
- [16] 桑传兰, 王萧, 董浩然, 等. 光照和噪声对实验小鼠血液指标及肝肾功能的影响[J]. *动物医学进展*, 2012, 33(5): 64-68.
SANG CL, WANG X, DONG HR, et al. Effects of light and noise on haematological indexes and liver and renal functions in mice[J]. *Prog Vet Med*, 2012, 33(5): 64-68.
- [17] 陈抗松, 杨琨, 杨希林, 等. 噪声暴露下大鼠行为学和海马促肾上腺皮质激素释放因子蛋白表达的改变[J]. *中华耳科学杂志*, 2019, 17(1): 88-93.
CHEN KS, YANG K, YANG XL, et al. Noise induced behavior changes and expression of corticotropin-releasing factor in rat hippocampus[J]. *Chin J Otol*, 2019, 17(1): 88-93.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 王晓宇)