

浙江省五家汽车制造企业接噪工人听力损失的流行病学特征

王旭波¹, 施志豪², 辛佳芮³, 高向景⁴, 周莉芳⁴, 谢红卫⁴, 钱佩谊³

1. 丽水学院, 浙江 丽水 323020

2. 宁波大学医学院, 浙江 宁波 315211

3. 杭州师范大学医学部, 浙江 杭州 310051

4. 浙江省疾病预防控制中心职业健康与辐射防护所, 浙江 杭州 310051

摘要:

[背景] 噪声是汽车制造业中存在最广泛、接触人数最多的职业危害因素。汽车制造业是噪声性听力损失的高危行业。

[目的] 了解汽车制造业接触噪声工人听力损失流行病学特征, 并探讨听力损失的影响因素。

[方法] 对 5 家汽车制造企业的噪声接触工人($n=656$)开展问卷调查、个体噪声录音和纯音测听, 获取年龄、性别、工龄、噪声强度、峰度、听力等数据, 统计高频听力损失(HFNIHL)检出率和语频听力损失(SFNIHL)检出率。比较是否 HFNIHL 人群的各相关因素水平。对不同年龄、性别、工龄、8 h 等效连续 A 计权声压级($L_{Aeq,8h}$)以及峰度分组与 HFNIHL 检出率进行卡方检验和趋势性分析。采用 logistic 回归分析 HFNIHL 和 SFNIHL 的影响因素。

[结果] 非稳态噪声接触率为 73.6%。HFNIHL 检出率为 32.6%(214 人), SFNIHL 检出率为 6.7%(44 人)。HFNIHL 组年龄、男性构成比、工龄、噪声强度($L_{Aeq,8h}$)以及峰度均高于非 HFNIHL 组($P<0.05$)。HFNIHL 检出率随着年龄、工龄、噪声强度以及峰度的增加均呈现上升趋势($\chi^2_{趋势-年龄}=49.25, P<0.001$; $\chi^2_{趋势-工龄}=22.19, P<0.001$; $\chi^2_{趋势-噪声强度}=6.91, P=0.009$; $\chi^2_{趋势-峰度}=8.56, P=0.003$)。logistic 回归显示年龄($OR=2.13, 95\%CI: 1.67\sim2.71, P<0.001$)、性别($OR=2.29, 95\%CI: 1.44\sim3.62, P<0.001$)、工龄($OR=1.43, 95\%CI: 1.11\sim1.85, P=0.006$)、 $L_{Aeq,8h}$ ($OR=1.37, 95\%CI: 1.08\sim1.76, P=0.011$)以及峰度($OR=1.37, 95\%CI: 1.14\sim1.63, P=0.001$)与 HFNIHL 发生风险相关, 而仅有年龄与 SFNIHL 发生风险相关($OR=2.15, 95\%CI: 1.33\sim3.33, P=0.001$)。

[结论] 汽车制造行业噪声接触工人听力损失风险高, 年龄、性别、工龄、噪声强度以及峰度均是高频听力损失的重要影响因素。

关键词: 听力损失; 非稳态噪声; 汽车制造业; 职业暴露; 峰度

Epidemiological characteristics of noise-induced hearing loss among workers in five automobile manufacturing enterprises in Zhejiang Province WANG Xubo¹, SHI Zhihao², XIN Jiarui³, GAO Xi-angjing⁴, ZHOU Lifang⁴, XIE Hongwei⁴, QIAN Peiyi³ (1. Lishui University, Lishui, Zhejiang 323020, China; 2. School of Medicine, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China; 3. School of Medicine, Hangzhou Normal University, Hangzhou, Zhejiang 310051, China; 4. Occupational Health and Radiation Protection Institute, Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Hangzhou, Zhejiang 310051, China)

Abstract:

[Background] Noise is the most common occupational hazard in the automobile manufacturing industry with the most workers exposed. Automobile manufacturing industry is a high-risk industry for noise-induced hearing loss.

[Objective] To understand the epidemiological characteristics of noise-induced hearing loss among workers in automobile manufacturing industry and explore related influencing factors.

[Methods] A questionnaire survey, individual noise recording, and pure tone audiometry were conducted among workers ($n=656$) exposed to noise from five automobile manufacturing enterprises. The data on age, sex, exposure duration, noise intensity, kurtosis, and hearing loss were obtained. The positive rates of high-frequency noise-induced hearing loss (HFNIHL) and speech-frequency noise-induced hearing loss (SFNIHL) were calculated, and each factor was compared



DOI 10.11836/JEOM22163

基金项目

浙江省重点研发项目(2015C03039); 2018 年度浙江省 151 人才工程培养项目(无编号); 2016 年度浙江省卫生创新人才培养项目(无编号); 浙江省医药卫生基金(2019KY057); 浙江省医药卫生基金(2021KY120); 职业健康标准前期研究项目(20210102); 浙江省教育厅一般科研项目(Y202147694)

作者简介

王旭波(1975—), 男, 学士, 讲师;
E-mail: wangxubo8008@163.com

通信作者

王旭波, E-mail: wangxubo8008@163.com

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2022-05-02

录用日期 2022-10-28

文章编号 2095-9982(2022)12-1386-06

中图分类号 R135

文献标志码 A

引用

王旭波, 施志豪, 辛佳芮, 等. 浙江省五家汽车制造企业接噪工人听力损失的流行病学特征 [J]. 环境与职业医学, 2022, 39(12): 1386-1390, 1397.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM22163

Funding

This study was funded.

Correspondence to

WANG Xubo, E-mail: wangxubo8008@163.com

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2022-05-02

Accepted 2022-10-28

To cite

WANG Xubo, SHI Zhihao, XIN Jiarui, et al. Epidemiological characteristics of noise-induced hearing loss among workers in five automobile manufacturing enterprises in Zhejiang Province[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2022, 39(12): 1386-1390, 1397.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM22163

between workers with and without HFNIHL. Chi-square test and analysis of trend were conducted among different groups of age, sex, exposure duration, A-weighted equivalent continuous sound pressure level normalized to a nominal 8-hour working day ($L_{Aeq,8h}$), and kurtosis. Logistic regression analysis was conducted to analyze the factors influencing the positive rates of HFNIHL and SFNIHL.

[Results] The exposure rates of non-Gaussian noise was 73.6%. The positive rates of HFNIHL and SFNIHL were 32.6% (214 workers) and 6.7% (44 workers), respectively. The HFNIHL workers showed older age, higher proportion of male, longer exposure duration, higher noise intensity ($L_{Aeq,8h}$), and increased kurtosis than those without HFNIHL ($P < 0.05$). The positive rates of HFNIHL increased with the increase of age, exposure duration, $L_{Aeq,8h}$ and kurtosis ($\chi^2_{trend-age}=49.25, P < 0.001$; $\chi^2_{trend-duration}=22.19, P < 0.001$; $\chi^2_{trend-LAeq}=6.91, P=0.009$; $\chi^2_{trend-kurtosis}=8.56, P=0.003$). The results of logistic regression showed that age ($OR=2.13, 95\%CI: 1.67-2.71, P < 0.001$), sex ($OR=2.29, 95\%CI: 1.44-3.62, P < 0.001$), exposure duration ($OR=1.43, 95\%CI: 1.11-1.85, P=0.006$), $L_{Aeq,8h}$ ($OR=1.37, 95\%CI: 1.08-1.76, P=0.011$), and kurtosis ($OR=1.37, 95\%CI: 1.14-1.63, P=0.001$) were factors associated with the risk of HFNIHL, while only age was associated with the risk of SFNIHL ($OR=2.15, 95\%CI: 1.33-3.33, P=0.001$).

[Conclusion] Workers exposed to noise in automobile manufacturing industry are at a high risk of hearing loss. Age, sex, exposure duration, $L_{Aeq,8h}$ and kurtosis are key influencing factors of hearing loss.

Keywords: hearing loss; non-Gaussian noise; automobile manufacturing industry; occupational exposure; kurtosis

随着工业化的发展,噪声已成为最常见的职业危害因素之一。长期的噪声暴露可对神经系统、消化系统、心血管系统、听觉系统等造成损伤,尤以对听觉系统的损伤最直接、最严重^[1]。噪声性听力损失(noise-induced hearing loss, NIHL)是国内外主要职业病之一。据统计,我国至少有 1000 万工人在噪声超标的环境中工作,数百万人患有不同程度的听力损失^[2],NIHL 检出率在 20%以上^[3-4]。NIHL 通常先表现为高频段听力受损,逐渐累及语言频段,严重的可导致职业性噪声聋^[5]。近年来,职业性噪声聋更是成为仅次于职业性尘肺病的第二大职业病^[6],且每年以超过 10%的速度递增^[7]。在汽车制造业中,噪声是存在最广泛、接触人数最多的职业危害,汽车制造业是 NIHL 的高危行业^[8]。本研究通过对 5 家汽车制造企业(生产轿车及其零部件)噪声作业工人开展横断面调查,了解其听力损失的流行病学特征,并探讨 NIHL 的影响因素,为企业职业性噪声危害控制及劳动者的听力保护提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究采用横断面调查的方法,调查时间为 2019—2020 年,选择浙江省 5 家汽车制造企业的接噪工人为调查对象,共 832 人,开展问卷调查、个体噪声记录及纯音测听。在 832 名参与调查的工人中,有 176 人因为既往有其他高水平噪声暴露的工作史、服兵役史、耳病史、耳外伤史、耳毒性药物使用史、听力损失史、听力损失家族史及其他原因引起的听力异常被排除,剩余的 656 人被纳入分析。研究对象分布在许多工种,典型的有冷镦、铆焊、冲压、打磨等。本调查已获所有参与者签署的知情同意书,本研究方案已

获浙江省疾病预防控制中心伦理委员会批准(编号:ZJCDC-T-043-R-20141211)。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 问卷内容包括研究对象所在车间、工种、年龄、性别、本岗位工龄(在该企业该岗位工作的时间,单位:年)、一般健康信息、听力损失及其医疗史、耳毒性药物服用史、噪声接触职业史、非职业噪声接触情况等。

1.2.2 个体噪声波形记录及分析 调查当天,要求企业保持平时的工作场所环境,工人处于正常的生产工作状态,接触的噪声为平时工作接触的噪声,调查开始前由调查员向企业负责人和工人进行确认。使用高保真噪声录音仪(ASV5910-R,中国杭州爱华仪器有限公司)记录每个研究对象正常劳动过程中一个班次的噪声录音(一般为 8 h),采样频率为 48 kHz。录音完成后将数据导入电脑中,用 Matlab 2018b 软件编制程序,对所记录噪声的波形进行分析,计算得出 8 h 等效连续 A 计权声压级(A-weighted equivalent continuous sound pressure level normalized to a nominal 8-hour working day, $L_{Aeq,8h}$),并用 40 s 计算窗口对噪声录音进行无重叠峰度计算,求出峰度均值作为噪声时域结构的特征性指标^[9]。

峰度本是一个统计量,是表征某变量概率密度分布曲线在平均值处峰值高低的特征数,反映了峰部的尖度,被定义为四阶中心矩除以二阶中心矩的平方,计算公式如下^[10]:

$$\beta = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4 / \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^2$$

式中: β 为峰度; x_i 是第 i 个值, $\bar{x}$ 是样本均值。Erdreich 提出可以用峰度来反映非稳态噪声的时域结

构,对稳态噪声和非稳态噪声加以区别^[9]。在实际生产中,稳态环境较少,峰度 3~10 的准稳态环境多,其能量分布也接近于正态分布。Davis 等^[11]的研究给出了更适合的定义,即平均峰度 ≥ 10 定义为非稳态噪声,平均峰度 < 10 定义为稳态噪声。

1.2.3 纯音测听 由经验丰富的耳鼻喉科医师参照 GBZ 49—2014《职业性噪声聋诊断标准》的要求,应用电测听仪(SM960-C,丹麦麦迪克公司)在隔音室中对工人进行纯音听力测试,对所有研究对象进行左右耳 0.5、1、2、3、4、6 和 8 kHz 共 7 个频率的纯音气导听阈测试,并由医师进行耳科检查,以排除耳朵的传导性听力障碍。所有对象在进行听力检查前必须脱离噪声环境 14~16 h。纯音测听结果按 GBZ 49—2014 附表 A.1 进行年龄性别修正后,任意耳高频(3 000、4 000 和 6 000 Hz)平均听阈 ≥ 30 dB 定义为高频听力损失(high-frequency noise-induced hearing loss, HFNIHL),较好耳语频(500、1 000、2 000 和 4 000 Hz)平均听阈加权值 ≥ 26 dB 定义为语频听力损失(speech-frequency noise-induced hearing loss, SFNIHL)。

1.3 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。计量资料(年龄、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度)满足正态分布的以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不满足正态分布的以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示。HFNIHL 组与非 HFNIHL 组的影响因素比较时,对计量资料采用 t 检验或 Mann-Whitney U 检验,计数资料采用卡方检验。对年龄、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度进行分层分析时,做趋势性卡方检验。纳入年龄、性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度构建多因素 logistic 回归模型,分析 HFNIHL 和 SFNIHL 的影响因素。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 噪声作业工人的一般情况

共 656 名噪声作业工人作为研究对象被纳入分析,其中男性 512 人,女性 144 人,年龄 19~59(34.3 $\pm$ 8.8)岁;接噪工龄的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 3.0(1.0, 5.0)年。 $L_{Aeq,8h}$ 为(88.3 $\pm$ 4.8) dB(A),其中 521 名工人接触的 $L_{Aeq,8h}$ 超过 85 dB(A),超标率为 79.4%。噪声峰度的 $M(P_{25}, P_{75})$ 为 16.5(9.8, 30.7),有 483 名工人峰度大于 10,即所接触噪声类型为非稳态噪声,非稳态噪声接触率为 73.6%。所有研究对象中 HFNIHL 检出率为 32.6%(214 人),SFNIHL 检出率为 6.7%(44 人)。

2.2 HFNIHL 与否人群的听力损失相关因素水平比较

相较于非 HFNIHL 人群, HFNIHL 者年龄较大,男性

构成比较高,工龄较大, $L_{Aeq,8h}$ 更大,噪声峰度更高($P<0.001$ 或 $P<0.05$)。见表 1。

表 1 HFNIHL 组与非 HFNIHL 组的各因素水平比较

Table 1 Comparisons of potential influencing factors between workers with HFNIHL and without HFNIHL

人群	年龄/岁 $\bar{x} \pm s$	男性 $n(\%)$	工龄/年 $M(P_{25}, P_{75})$	$L_{Aeq,8h}/dB(A)$ $\bar{x} \pm s$	峰度 $M(P_{25}, P_{75})$
HFNIHL者($n=214$)	38.1 $\pm$ 8.6	177(82.7)	3.3(2.0, 8.0)	89.1 $\pm$ 4.7	18.0(11.3, 34.9)
非HFNIHL者($n=442$)	32.5 $\pm$ 8.4	335(75.8)	3.0(1.0, 5.0)	87.9 $\pm$ 4.8	15.3(9.3, 28.0)
$t/\chi^2/z$	-8.03	4.03	-3.78	-2.93	-2.60
P	< 0.001	0.045	< 0.001	0.004	0.009

2.3 分层分析

表 2 展示了不同年龄、性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 以及峰度分组下的 HFNIHL 患病情况。男性工人 HFNIHL 检出率比女性工人高,差异具有统计学意义(34.6% vs. 25.7%, $\chi^2=4.03$, $P=0.045$)。趋势性卡方检验显示,随着年龄、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 以及峰度的增加, HFNIHL 检出率呈上升趋势,差异均具有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 年龄、性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 以及峰度与 HFNIHL 的关系($n=656$)

Table 2 The relationships of the prevalence of HFNIHL with age, sex, working duration, $L_{Aeq,8h}$, and kurtosis ($n=656$)

因素分组	赋值	人数	HFNIHL		χ^2 趋势	P
			人数	检出率/%		
年龄/岁					49.25	<0.001
< 30	1	227	38	16.7		
30~	2	239	83	34.7		
40~	3	190	93	48.9		
性别					—	—
男	1	512	177	34.6		
女	0	144	37	25.7		
工龄/年					22.19	<0.001
< 5	1	439	124	28.2		
5~	2	147	48	32.7		
10~	3	70	42	60.0		
$L_{Aeq,8h}/dB(A)$					6.91	0.009
<85	1	135	33	24.4		
85~	2	297	96	32.3		
90~	3	224	85	37.9		
峰度					8.56	0.003
< 10	1	173	42	24.3		
10~	2	276	93	33.7		
25~	3	114	40	35.1		
50~	4	93	39	41.9		

2.4 多因素 logistic 回归分析

表 3 为以是否患 HFNIHL 为应变量,纳入年龄、性

别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度构建的多因素 logistic 回归模型,结果显示:年龄越大 HFNIHL 发生风险越高($OR=2.13$, $95\%CI: 1.67\sim 2.71$, $P<0.001$);男性发生 HFNIHL 的风险是女性的 2.29 倍($OR=2.29$, $95\%CI: 1.44\sim 3.62$, $P<0.001$);工龄越大 HFNIHL 发生风险越高($OR=1.43$, $95\%CI: 1.11\sim 1.85$, $P=0.006$); $L_{Aeq,8h}$ 越高发生 HFNIHL 风险越大($OR=1.37$, $95\%CI: 1.08\sim 1.76$, $P=0.011$);峰度越高 HFNIHL 发生风险越高($OR=1.37$, $95\%CI: 1.14\sim 1.63$, $P=0.001$)。

表 3 影响 HFNIHL 的多因素 logistic 回归结果

Table 3 The results of logistic regression analysis for HFNIHL

变量	<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
年龄	0.76	0.12	37.86	< 0.001	2.13	1.67~2.71
性别	-0.83	0.24	12.41	< 0.001	2.29	1.44~3.62
工龄	0.36	0.13	7.48	0.006	1.43	1.11~1.85
$L_{Aeq,8h}$	0.32	0.13	6.44	0.011	1.37	1.08~1.76
峰度	0.31	0.09	11.71	0.001	1.37	1.14~1.63
常数	-4.51	0.51	79.58	< 0.001	0.01	—

[注]应变量赋值为患 HFNIHL=1,未患 HFNIHL=0。自变量赋值见表 2。

表 4 为以是否患 SFNIHL 为应变量,纳入年龄、性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度构建的多因素 logistic 回归模型,结果显示,性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度不是 SFNIHL 的影响因素,而年龄越大 SFNIHL 发生风险越高($OR=2.15$, $95\%CI: 1.39\sim 3.33$, $P=0.001$)。

表 4 影响 SFNIHL 的多因素 logistic 回归结果

Table 4 The results of logistic regression analysis for SFNIHL

变量	<i>b</i>	<i>S_b</i>	Wald χ^2	<i>P</i>	<i>OR</i>	95% <i>CI</i>
年龄	0.77	0.22	11.84	0.001	2.15	1.39~3.33
性别	0.70	0.44	2.57	0.109	2.01	0.86~4.72
工龄	0.07	0.22	0.09	0.764	1.07	0.70~1.64
$L_{Aeq,8h}$	-0.25	0.22	1.34	0.246	0.78	0.51~1.19
峰度	0.00	0.16	0.00	0.979	1.00	0.73~1.37
常数	-4.40	0.85	26.89	< 0.001	0.01	—

[注]应变量赋值为患 SFNIHL=1,未患 SFNIHL=0。自变量赋值见表 2。

3 讨论

本研究对 5 家汽车制造企业开展了横断面调查,结果显示 HFNIHL 检出率为 32.6%,与 2016 年在重庆某汽车制造公司开展的听力损失调查结果(34.26%)相近^[12],高于 2017 年对广州某汽车制造厂 662 名男性噪声作业工人开展的调查结果(20.2%)^[13],这可能是因为本研究中噪声 $L_{Aeq,8h}$ 相对较高,且工人自我防护意识差,普遍未佩戴个人防护用品。NIHL 早期以 HFNIHL

为主,逐渐累及语频^[5]。本研究中 HFNIHL 检出率高于 SFNIHL 检出率可能是因为绝大多数工人接噪时间小于 5 年,尚处在噪声对听力影响的早期阶段。针对 SFNIHL 影响因素的 logistic 回归分析显示除年龄外,性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 、峰度等因素对 SFNIHL 并没有影响,可能也是 SFNIHL 检出人数较少的原因。鉴于 HFNIHL 是 NIHL 的早期敏感指标,以及 SFNIHL 的检出人数较少,因此主要针对噪声作业工人的 HFNIHL 进行分析。高频段听力下降时病人主观无耳聋感觉,交谈和社交活动能够正常进行,因此早期听力损失较难察觉。当病损程度逐渐加重,累及语言频段听力时,会出现语言听力障碍,听力损失才易被察觉,但此时的听力损失已经不可逆,难以恢复到正常听阈水平^[1]。因此,定期进行职业健康检查对 NIHL 的及早发现和诊治有重要意义。

本研究发现 HFNIHL 组平均年龄、男性构成比、工龄、接触的噪声 $L_{Aeq,8h}$ 、峰度均高于非 HFNIHL 组,logistic 回归证明了年龄、性别、接噪工龄、噪声的 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度均是 HFNIHL 的影响因素。本研究中,男性工人的 HFNIHL 检出率高于女性工人,logistic 回归结果也显示相对女性,男性发生 HFNIHL 的风险增加。许多研究也有一致的发现,Zhao 等^[14]调查了浙江省 17 家企业的 1113 名接触非稳态噪声的工人,也发现男性的听力损失率高于女性。这可能与男性工人的个人防护意识差,吸烟、饮酒等不良习惯有关^[15]。logistic 回归结果表明年龄增加也会增加 HFNIHL 的风险,趋势性卡方检验显示年龄越大,HFNIHL 检出率越高,与许多研究发现一致^[16-17]。此外,年龄大的工人除了面对噪声性听力损失这一风险外,还有年龄相关的听力损失,即随着年龄的增大,即使没有其他听力有害因素,发生听力损失的风险也在增大^[18]。因此,要关注年龄大的工人的听力健康。

本研究中工人接触的个体噪声结果显示,平均噪声 $L_{Aeq,8h}$ 为(88.3±4.8) dB(A),超过我国噪声职业接触限值 85 dB(A),噪声超标率为 79.4%,噪声超标现象严重。噪声损伤听力具有累积效应,即 NIHL 的渐进过程与噪声的 $L_{Aeq,8h}$ 、接噪工龄有关^[19]。本研究证明了 $L_{Aeq,8h}$ 和工龄均是 HFNIHL 的影响因素。对 $L_{Aeq,8h}$ 和接噪工龄进行了分层分析,趋势性卡方检验显示随着 $L_{Aeq,8h}$ 和工龄的增加,HFNIHL 检出率呈升高趋势,其他学者也发现了累积噪声暴露量与 HFNIHL 存在剂量-反应关系^[20-21]。这符合“等能量学说”的内容,即噪声暴露对听力的影响与噪声能量呈正比^[22]。因此,降低工作场所

的噪声强度,缩短噪声接触时间对 NIHL 的预防能起到重要作用。建议在冲压机操作线两侧加装隔声降噪屏,或者使用无声或低声的设备代替;在车间墙壁和屋顶采用玻璃棉、矿渣棉等吸声材料装饰;在机器或振动体的基础与地面、墙壁连接处设隔振或减振装置;铆、钳、钻工工作时佩戴防噪声耳塞;调试工因工作需要而不能采用耳塞等防护用品,应加强技术训练,提高工作效率,缩短调试时间;在不同类型职业危害岗位之间采取轮班、轮岗制,合理布局车间,避免不同工种的交叉影响。

除了以上影响因素,听力损失还受到噪声时域结构的影响。随着工业化进展,非稳态噪声成为工业中常见的噪声类型^[19]。本研究中噪声峰度中位数为 16.5, 73.6%的人接触的噪声属于非稳态噪声,这与汽车制造业噪声源多样,产生的噪声更具脉冲性,以及工作场所复杂的声学环境有关。对峰度进行分层分析,发现峰度越大, HFNIHL 检出率越高, logistic 回归也显示峰度等级越高 HFNIHL 发生风险越高。国内研究团队进行人群调查也发现噪声接触人群的永久性听阈位移与峰度呈正相关^[23]。由此,学者们提出峰度作为噪声能量的辅助指标,用于非稳态噪声的测量和风险评估^[23-24]。

本研究也存在一些不足之处。因为汽车制造业工人存在流动性,接噪工龄大于 5 年的受试者较少,使得研究对象的接噪工龄较短,可能会影响工龄和听力损失的分析。此外,它可能也是 SFNIHL 检出人数较少的原因之一,会影响 SFNIHL 的 logistic 回归分析结果。

综上,这 5 家汽车制造企业接触噪声的工人患听力损失风险高,年龄、性别、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 以及峰度均是 HFNIHL 的重要影响因素。年龄、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和峰度与 HFNIHL 之间存在趋势性,等级越大, HFNIHL 发生风险越高。因此要关注年龄大的和接触非稳态噪声的工人的听力健康,降低工作场所的噪声强度,减少接触噪声的时间。

参考文献

- [1] 郭堂春, 牛侨, 周志俊, 等. 职业卫生与职业医学[M]. 8版. 北京: 人民卫生出版社, 2017: 230-243.
WU T C, NIU Q, ZHOU Z J, et al. Occupational health and occupational medicine[M]. 8th ed. Beijing: People's Medical Publishing House, 2017: 230-243.
- [2] 中国职业安全健康协会. 中国职业安全健康协会噪声与振动控制专业委员会工作报告[EB/OL]. [2021-01-25]. <http://www.Cosha.Org.cn/103278/103316/103664/147841.html>.
China Occupational Safety and Health Association. Work report of noise and vibration control committee of China occupational safety and health association[EB/OL]. [2021-01-25]. <http://www.Cosha.Org.cn/103278/103316/103664/147841.html>.
- [3] 李艳红, 焦洁, 余善法. 噪声性听力损失影响因素的研究现状[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2014, 32(6): 469-473.
LI Y H, JIAO J, YU S F. Current status of influencing factors of noise-induced hearing loss[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2014, 32(6): 469-473.
- [4] ZHOU J, SHI Z, ZHOU L, et al. Occupational noise-induced hearing loss in China: a systematic review and meta-analysis[J]. BMJ Open, 2020, 10(9): e039576.
- [5] MCBRIDE D I, WILLIAMS S. Audiometric notch as a sign of noise induced hearing loss[J]. Occup Environ Med, 2001, 58(1): 46-51.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 2019年我国卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. [2021-05-27]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s10748/202006/ebfe31f24cc145b198dd730603ec4442.shtml>.
National Health Commission of the People's Republic of China. Statistical bulletin on health development in China in 2019[EB/OL]. [2021-05-27]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s10748/202006/ebfe31f24cc145b198dd730603ec4442.shtml>.
- [7] 聂武, 胡伟江. 船舶工业企业噪声危害调查[J]. 中国工业医学杂志, 2016, 29(3): 167-170.
NIE W, HU W J. Survey on noise hazard in shipbuilding industry[J]. Chin J Ind Med, 2016, 29(3): 167-170.
- [8] 广东省安全生产监督管理局, 广东省安全生产技术中心组织. 汽车制造业职业病预防控制与管理[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2015: 1-7.
Guangdong Administration of Work Safety, Organized by Guangdong Safe Production Technology Center. Prevention, control and management of occupational diseases in automobile manufacturing industry[M]. Beijing: China Renmin University Press, 2015: 1-7.
- [9] ERDREICH J. A distribution based definition of impulse noise[J]. J Acoust Soc Am, 1986, 79(4): 990-998.
- [10] JOANES D N, GILL C A. Comparing measures of sample skewness and kurtosis[J]. J Roy Stat Soc. Ser D: Stat, 1998, 47(1): 183-189.
- [11] DAVIS R I, QIU W, HAMERNIK R P. Role of the kurtosis statistic in evaluating complex noise exposures for the protection of hearing[J]. Ear Hear, 2009, 30(5): 628-634.
- [12] 何兴丽, 李飞辉, 夏安莉, 等. 某汽车制造公司噪声作业工人听力损失调查[J]. 中国工业医学杂志, 2017, 30(3): 198-200.
HE X L, LI F H, XIA A L, et al. Survey on hearing loss in noise exposed workers of an automobile manufacturing company[J]. Chin J Ind Med, 2017, 30(3): 198-200.
- [13] 苏艺伟, 郭尧平, 王建宇, 等. 某汽车制造厂噪声作业工人职业健康调查[J]. 职业卫生与应急救援, 2017, 35(5): 423-426, 440.
SU Y W, GUO Y P, WANG J Y, et al. Investigation on health status of workers occupationally exposed to noise in an automobile manufacturer[J]. Occup Health Emerg Rescue, 2017, 35(5): 423-426, 440.
- [14] ZHAO Y, LI J, ZHANG M, et al. Machine learning models for the hearing impairment prediction in workers exposed to complex industrial noise: a pilot study[J]. Ear Hear, 2019, 40(3): 690-699.
- [15] 陈健, 蔡日东, 香丽娟, 等. 噪声性听力损伤相关影响因素研究进展[J]. 中国职业医学, 2017, 44(2): 235-238.
CHEN J, CAI R D, XIANG L J, et al. Advances in research on influencing factors of noise-induced hearing loss[J]. China Occup Med, 2017, 44(2): 235-238.

(下转第 1397 页)

- [27] SUN Q, WANG W, CHEN C, et al. Acute effect of multiple ozone metrics on mortality by season in 34 Chinese counties in 2013–2015[J]. *J Intern Med*, 2018, 283(5): 484-488.
- [28] BELL M L, DOMINICI F, SAMET J M. A meta-analysis of time-series studies of ozone and mortality with comparison to the national morbidity, mortality, and air pollution study[J]. *Epidemiology*, 2005, 16(4): 436-445.
- [29] ITO K, DE LEON S F, LIPPMANN M. Associations between ozone and daily mortality: analysis and meta-analysis[J]. *Epidemiology*, 2005, 16(4): 446-457.
- [30] LEVY J I, CHEMERYSKI S M, SARNAT J A. Ozone exposure and mortality: an empiric Bayes metaregression analysis[J]. *Epidemiology*, 2005, 16(4): 458-468.
- [31] HUANGFU P, ATKINSON R. Long-term exposure to NO₂ and O₃ and all-cause and respiratory mortality: a systematic review and meta-analysis[J]. *Environ Int*, 2020, 144: 105998.
- [32] ZANOBETTI A, SCHWARTZ J. Mortality displacement in the association of ozone with mortality: an analysis of 48 cities in the United States[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2008, 177(2): 184-189.
- [33] 黄博雯. 深圳市大气污染物对居民死亡风险的影响[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.
- HUANG B W. The effect of ambient air pollution on the risk of death in Shenzhen[D]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology, 2019.
- [34] KÜNZLI N, JERRETT M, MACK W J, et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles[J]. *Environ Health Perspect*, 2005, 113(2): 201-206.
- [35] BELL M L, DOMINICI F. Effect modification by community characteristics on the short-term effects of ozone exposure and mortality in 98 US communities[J]. *Am J Epidemiol*, 2008, 167(8): 986-997.
- [36] CHEN R, YIN P, WANG L, et al. Association between ambient temperature and mortality risk and burden: time series study in 272 main Chinese cities[J]. *BMJ*, 2018, 363: k4306.
- [37] BELL M L, ZANOBETTI A, DOMINICI F. Who is more affected by ozone pollution? A systematic review and meta-analysis[J]. *Am J Epidemiol*, 2014, 180(1): 15-28.
- [38] JERRETT M, BURNETT R T, POPE III C A, et al. Long-term ozone exposure and mortality[J]. *N Engl J Med*, 2009, 360(11): 1085-1095.
- [39] ZHENG J, ZHONG L, WANG T, et al. Ground-level ozone in the Pearl River Delta region: analysis of data from a recently established regional air quality monitoring network[J]. *Atmos Environ*, 2010, 44(6): 814-823.
- [40] CAI J, YU S, PEI Y, et al. Association between airborne fine particulate matter and residents' cardiovascular diseases, ischemic heart disease and cerebral vascular disease mortality in areas with lighter air pollution in China[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2018, 15(9): 1918.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 丁瑾瑜)

(上接第 1390 页)

- [16] SRIOPAS A, CHAPMAN R S, SUTAMMASA S, et al. Occupational noise-induced hearing loss in auto part factory workers in welding units in Thailand[J]. *J Occup Health*, 2017, 59(1): 55-62.
- [17] NYARUBELI I P, TUNGU A M, MOEN B E, et al. Prevalence of noise-induced hearing loss among Tanzanian iron and steel workers: a cross-sectional study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2019, 16(8): 1367.
- [18] HEDERSTIERNA C, ROSENHALL U. Age-related hearing decline in individuals with and without occupational noise exposure[J]. *Noise Health*, 2016, 18(80): 21-25.
- [19] SUTER A H. Occupational hearing loss from non-Gaussian noise[J]. *Semin Hear*, 2017, 38(3): 225-262.
- [20] 王致, 陶志民, 周浩, 等. 广州市汽车整车制造企业噪声作业工人职业健康状况分析[J]. *中国卫生工程学*, 2016, 15(3): 209-211, 214.
- WANG Z, TAO Z M, ZHOU H, et al. Analysis of occupational health status of noise-exposed workers in Guangzhou automobile manufactories[J]. *Chin J Public Health Eng*, 2016, 15(3): 209-211, 214.
- [21] 谢红卫, 唐仕川, 周莉芳, 等. 非稳态噪声累积暴露量与听力损失的关系[J]. *环境与职业医学*, 2015, 32(1): 56-60.
- XIE H W, TANG S C, ZHOU L F, et al. Relationship between cumulative noise exposure and human hearing loss caused by non-stationary noise[J]. *J Environ Occup Med*, 2015, 32(1): 56-60.
- [22] 邱伟, 张美辨, 徐维超, 等. 峰度在评估复杂噪声所引起听力损失中的应用[J]. *中华耳科学杂志*, 2016, 14(6): 701-707.
- QIU W, ZHANG M B, XU W C, et al. The application of the kurtosis metric in evaluating hearing trauma from complex noise exposures[J]. *Chin J Otol*, 2016, 14(6): 701-707.
- [23] ZHANG M, GAO X, QIU W, et al. The role of the kurtosis metric in evaluating the risk of occupational hearing loss associated with complex noise—Zhejiang Province, China, 2010–2019[J]. *China CDC Wkly*, 2021, 3(18): 378-382.
- [24] XIE H W, QIU W, HEYER N J, et al. The use of the kurtosis-adjusted cumulative noise exposure metric in evaluating the hearing loss risk for complex noise[J]. *Ear Hear*, 2016, 37(3): 312-323.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 汪源)