

噪声与甲苯、二甲苯联合暴露作业人员 听力损失特征及其影响因素

蒲立力¹, 彭晓莉², 胡伟江³, 贾晓东², 尹艳¹

(1. 上海市疾病预防控制中心/上海市预防医学研究院健康危害因素监测与控制所, 上海 200336; 2. 上海化工区医疗中心; 3. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所)

摘要: **目的** 探索噪声与甲苯、二甲苯联合暴露导致的作业人员听力损失特征及其影响因素, 为制定有针对性的防控策略与措施提供科学依据。**方法** 选择石油加工业、化学制品制造业、印刷业各 1 家大型企业, 将 2020—2021 年作业人员分为噪声与甲苯、二甲苯联合暴露组 (以下简称“联合暴露组”) 和单纯噪声暴露组 (以下简称“噪声组”); 两组均开展职业健康体检、问卷调查及作业岗位甲苯、二甲苯及噪声危害因素检测, 共计纳入研究对象 1 144 名。使用 EpiData 3.1 软件录入问卷, 使用 R 3.6.1 软件包进行 χ^2 检验、 t 检验, Logistic 回归分析研究对象听力损失特征和影响因素。**结果** 1 144 名研究对象中, 检出高频听力损失 236 人, 听力损失总检出率为 20.63%, 联合暴露组高频听力损失率高于噪声组 ($P<0.05$), 高频听力损失者接噪工龄 [(10.87±6.32) 年] 短于噪声组 [(13.16±8.42) 年] ($P<0.05$)。现场监测显示, 联合暴露岗位噪声声级水平和甲苯、二甲苯浓度水平均未超过国家职业接触限值。多因素 Logistic 回归分析显示, 工龄、吸烟、经常使用耳机、高血压、高血糖、高胆固醇血症、低密度脂蛋白胆固醇浓度升高以及甲苯、二甲苯暴露为噪声作业人员高频听力损失的危险因素 ($P<0.05$), 文化程度高、A 和 AB 血型 (较 O 型)、高密度脂蛋白胆固醇浓度升高为噪声作业人员高频听力损失的保护因素 ($P<0.05$)。**结论** 噪声作业人员高频听力损失是多种影响因素共同作用的结果, 在制定相应防控措施和工作场所职业病危害因素接触限值时应考虑此类因素的协同作用。

关键词: 噪声; 甲苯; 二甲苯; 听力损失; 影响因素

中图分类号: R135.8 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2022)05-0402-05 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2022.05.004

Characteristics and influencing factors of hearing loss caused by combined exposure to noise with toluene and xylene

PU Li-li*, PENG Xiao-li, HU Wei-jiang, JIA Xiao-dong, YIN Yan

(* Division for Health Hazards Monitoring and Control, Shanghai Municipal Institutes of Preventive Medicine/Shanghai Municipal Center for Disease Control and Prevention, Shanghai 200336, China)

Abstract: **Objective** To explore the characteristics and influencing factors of hearing loss in workers caused by combined occupational exposure to noise with toluene and xylene, thereby provide scientific basis for formulating targeted prevention and control strategies and measures. **Methods** A total of 1 144 workers from petroleum processing industry, chemical product manufacturing industry and printing industry were selected as survey subjects, who were divided into two groups: one was exposed to noise, toluene and xylene simultaneously (combined exposed group), the other was exposed to noise only (noise exposure group), both groups carried out occupational health examination, questionnaire survey and related hazards detection such as toluene, xylene and noise hazard factors in operation posts. The softwares EpiData 3.1 and R 3.6.1 were used for data logging, chi-square test and t -test, respectively; and the Logistic regression was used as well for multi-factor analysis on analysis of the characteristics and influencing factors of hearing loss. **Results** The results suggested that 236 workers were found high frequency hearing loss among 1 144 subjects, the total detection rate of hearing loss was 20.63%, the high frequency hearing loss rate in combined exposure group was higher than that of noise exposed group ($P<0.05$), and the length of noise exposure in workers with high frequency (10.87±6.32 years) was shorter than that of the workers only exposed to noise (13.16±8.42 years). The on-site monitoring showed that both noise exposure levels (dB) and the exposed levels of toluene and xylene (mg/m³) in combined exposure posts were all did not exceed the national occupational exposure limit recommended by GBZ 2.1. In addition, that working age, smoking, frequency of earphone using, hypertension, hyperglycemia, hypercholesterolemia, LDL-C and exposure to

基金项目: 上海市公共卫生体系建设三年行动计划 (2020—2022 年) 重点学科建设项目 (GWV-10.1-XK11)

作者简介: 蒲立力 (1981—), 男, 副主任医师, 研究方向: 职业健康与中毒控制。

通信作者: 尹艳, 主任医师, E-mail: yinyan@scdc.sh.cn

toluene or xylene were the risk factors of high frequency hearing loss ($P < 0.05$), while the education level, type A and AB blood groups (compared to type O), and HDL-C were the protective factors for high-frequency hearing impairment ($P < 0.05$).

Conclusion The results suggested that high-frequency hearing loss was the results multiple influencing factors, the synergy of these factors should be taken into account when formulating corresponding prevention and control measures and occupational exposure limits of these hazards in workplace.

Keywords: noise; toluene; xylene; hearing loss; influencing factor

目前,职业性噪声引起的听力损失(occupational noise-induced hearing loss, ONIHL)是全球性的职业卫生问题^[1]。据报道,全球 16% 的成年人听力损失是由职业性噪声暴露引起^[2]。有研究发现^[3],高浓度的甲苯、二甲苯与噪声联合暴露会增加听力损失的风险。近年来,上海市职业病报告中噪声聋已经跃居于首位;同时上海市工作场所职业病危害因素监测发现,噪声已经成为主要职业病危害因素。随着含苯有机溶剂使用日益减少,含甲苯、二甲苯的有机溶剂使用量增多,尤其是在石油加工业、化学制品制造业、印刷业,噪声与甲苯、二甲苯大多共存于同一作业岗位,严重威胁相关职业人群的健康。本研究拟对噪声与甲苯、二甲苯联合暴露导致作业人员听力损失特征及其影响因素进行调查分析,以期为制定有针对性的防控策略与措施提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 数据来源 根据历年上海市工作场所职业病危害因素监测结果,选择石油加工业、化学制品制造业、印刷业各 1 家大型企业,对其 2020—2021 年接触噪声和甲苯、二甲苯的作业人员开展问卷调查和职业健康体检,对所涉及的作业岗位开展甲苯、二甲苯及噪声检测。

研究对象纳入标准:接噪工龄 ≥ 1 年,无服役史,无耳部疾病、耳部外伤、家族遗传性听损等病史。共纳入研究对象 1 144 人,均签署知情同意书。本研究已获上海市疾病预防控制中心伦理审查委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 问卷调查 内容包括性别、年龄、教育程度等一般人口学信息,听力损失和相关生化指标信息,吸烟、饮酒、耳机使用等个人行为信息,既往病史与家族史情况,工种、工龄、职业暴露史、个人防护设备使用情况等职业相关信息。

1.2.2 危害因素检测 甲苯、二甲苯按照《工作场所空气中有害物质监测的采样规范》(GBZ 159)对相关作业岗位进行定点采样,按照《工作场所空气有毒物质测定》(GBZ/T 160)进行检测;噪声采用

《工作场所物理因素测量 第 8 部分:噪声》(GBZ/T 189.8)进行相关作业岗位定点检测。

1.2.3 纯音测听 由职业健康体检专业医生按照《声学测听方法 纯音气导和骨导听阈基本测听法》(GB/T 16403—1996)进行纯音测试,测试结果依据《声学听阈与年龄关系的统计分布标准》(GB/T 7582—2004)进行修正。

1.2.4 判定指标标准 高频听力损失判定参照《职业性噪声聋的诊断》(GBZ 49—2014),双耳高频平均听阈 ≥ 40 dB(HL)定义为高频听阈损失。高血压判断参照《高血压基层诊疗指南(2019 年)》^[4]。高血糖诊断标准为空腹血糖(GLU)6.1~<7.0 mmol/L,糖负荷 2 h 血糖<7.87 mmol/L^[5];高胆固醇判断标准为血总胆固醇(TC) ≥ 5.2 mmol/L,高甘油三酯判断标准为血甘油三酯(TG) ≥ 1.7 mmol/L^[5];肝功能指标选择血丙氨酸氨基转移酶(ALT) > 40 U/L^[6]。

1.3 统计分析 采用 EpiData 3.1 软件录入调查问卷信息和数据资料,使用 R 3.6.1 进行 χ^2 检验、 t 检验及 Logistic 回归分析, $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 基本情况 本研究选择的 3 家企业均为大型企业,2019—2021 年均未发生过噪声及甲苯、二甲苯所致的职业病及疑似职业病报告。石油加工企业涉及脱水、检尺、化验、采样、外操、内操等岗位,化学制品制造企业涉及化验、采样、外操等岗位,印刷企业涉及印刷、调油、点胶、清洗、粘合、覆膜等岗位,根据历年工作场所职业危害因素监测结果,其接触噪声为非稳态噪声(以下简称“噪声”)。

以主要职业危害因素为噪声和甲苯、二甲苯的 441 名作业人员作为联合暴露组,以主要职业危害因素为噪声的 703 名作业人员作为噪声组。1 144 名调查人员中,男 1 099 人(占 96.07%)、女 45 人(占 3.93%),工龄 1~40 年、平均工龄(15.18 $\pm$ 7.28)年,年龄 19~59 岁、平均年龄(39.92 $\pm$ 8.17)岁,文化程度以大专人数最多,血型 O 型最多。调查对象的基本情况详见表 1。

表 1 调查对象基本情况

特征因素	人数	构成比 (%)
性别		
男	1 099	96.07
女	45	3.93
文化程度		
中学	390	34.09
大专	510	44.58
本科及以上	244	21.33
血型		
A	270	23.60
B	323	28.23
AB	128	11.19
O	423	36.98
危害因素		
联合暴露	441	38.55
噪声	703	61.45

2.2 职业危害因素监测 基于近年来工作场所职业危害监测工作基础,确定其职业危害因素为甲苯、二甲苯和噪声,现场采样、检测包含存在确定危害因素的全部岗位。结果显示,联合暴露组岗位甲苯、二甲苯检测结果均未超标,甲苯 $C_{TWA} 0.8 \sim 3.7 \text{ mg/m}^3$ 、二甲苯 $C_{TWA} 1.1 \sim 5.5 \text{ mg/m}^3$,噪声 8 h 等效声级 $L_{EX,8h} 80.2 \sim 82.6 \text{ dB(A)}$;噪声组岗位 8 h 等效声级 $L_{EX,8h} 85.2 \sim 99.8 \text{ dB(A)}$ 。

2.3 听力损失情况 1 144 名研究对象检出高频听力损失作业人员 236 人,听力损失总检出率为 20.63%,联合暴露组高频听力损失率高于噪声组 ($P < 0.05$)。联合暴露组高频听力损失者接噪工龄短于噪声组 ($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 两组作业人员听力损失情况

组别	高频听力损失 (人)	工龄 (年)
联合暴露组	170	10.87±6.32
噪声组	66	13.16±8.42
χ^2/t 值	140.74	2.25
P 值	<0.05	<0.05

2.4 高频听力损失单因素分析 高频听力损失作业人员吸烟、使用耳机、血压 (BP) 异常、GLU 异常、TC 异常发生率及工龄、低密度脂蛋白胆固醇 (LDL-C) 浓度均高于听力正常作业人员,高密度脂蛋白胆固醇 (HDL-C) 浓度低于听力正常作业人员。见表 3。

2.5 高频听力损失影响多因素分析 将有统计学意义的因素作为自变量进行多因素分析,工龄、HDL-C、LDL-C 作为连续变量,其他影响因素作为分类变量,进行多因素 Logistic 回归分析。结果显示,工龄、吸烟、经常使用耳机、高血压、高血糖、高胆固醇血症、

表 3 噪声作业人员高频听力损失单因素分析

特征因素	高频听力损失 (人)	听力正常 (人)	χ^2/t 值	P 值
性别			2.59	0.11
男	231	868		
女	5	40		
工龄 (年)	11.51±7.03	10.40±6.92	-2.17 ^a	0.03
文化程度			15.81	<0.05
中学	103	287		
大专	100	410		
本科及以上	33	211		
血型			10.66	<0.05
A	39	231		
B	64	259		
AB	32	96		
O	101	322		
吸烟			8.83	<0.05
是	125	383		
否	111	525		
饮酒			3.33	0.07
是	128	432		
否	108	476		
BP			8.67	<0.05
正常	147	655		
异常	89	253		
经常使用耳机			8.14	<0.05
是	97	284		
否	139	624		
个人听力防护设备			485.60	<0.05
使用	38	796		
不使用	198	112		
ALT 水平			0.07	0.79
正常	207	802		
异常	29	106		
GLU 水平			20.21	<0.05
正常	144	687		
异常	92	221		
TG 水平			0.79	0.37
正常	127	459		
异常	109	449		
TC 水平			29.71	<0.05
正常	132	673		
异常	104	235		
HDL-C (mmol/L)	1.39±0.23	1.45±0.33	3.31 [*]	<0.05
LDL-C (mmol/L)	3.16±0.75	3.04±0.69	-3.52 [*]	<0.05

注: a, 为 t 值。

LDL-C 升高以及甲苯、二甲苯暴露为噪声作业人员高频听力损害的危险因素 ($P < 0.05$),文化程度高、血型 A 和 AB 型 (较 O 型)、HDL-C 升高为噪声作业人员高频听力损害的保护因素 ($P < 0.05$)。见表 4。

表 4 噪声作业人员高频听力损失影响因素分析

影响因素	β 值	SE 值	Wald χ^2 值	P 值	OR 值 (95%CI)
常数项	0.37	0.27	1.83	0.18	1.44
工龄	0.05	0.01	90.21	<0.05	1.05 (1.04~1.06)
文化程度 大专	-0.75	0.07	126.54	<0.05	0.47 (0.41~0.54)
本科及以上	-2.23	0.09	683.86	<0.05	0.11 (0.09~0.13)
中学					
血型 A	-1.56	0.09	297.24	<0.05	0.21 (0.18~0.25)
B	0.05	0.08	0.45	0.50	1.05 (0.91~1.22)
AB	-0.41	0.09	19.98	<0.05	0.66 (0.56~0.79)
O					
吸烟	0.24	0.06	15.87	<0.05	1.27 (1.13~1.42)
BP	0.31	0.07	19.76	<0.05	1.36 (1.19~1.56)
经常使用耳机	0.20	0.07	8.55	<0.05	1.22 (1.07~1.40)
个人听力防护设备使用	0.47	0.08	13.21	<0.05	1.53 (1.19~1.69)
GLU 水平	0.41	0.09	20.05	<0.05	1.76 (1.55~1.79)
TC 水平	0.50	0.12	16.94	<0.05	1.65 (1.30~2.09)
HDL-C 水平	-1.27	0.12	105.95	<0.05	0.28 (0.22~0.36)
LDL-C 水平	0.34	0.05	45.34	<0.05	1.40 (1.27~1.55)
甲苯、二甲苯暴露	0.43	0.12	12.37	<0.05	1.54 (1.21~1.96)

注：变量赋值，文化程度，中学=0，大专=1，本科及以上=2；血型，O 型=0，A 型=1，B 型=2，AB 型=3；吸烟，否=0，是=1；BP，正常=0，升高=1；耳机使用，不经常=0，经常=1；个人听力防护设备使用，使用=0，不使用=1；GLU 水平，正常=0，升高=1；TC 水平，正常=0，升高=1；HDL-C 水平、LDL-C 水平以实际测定值代入计算；甲苯、二甲苯暴露，无=0，有=1。

3 讨论

本调查研究发现，相较于噪声单独暴露噪声与甲苯、二甲苯联合暴露作业人员高频听力损失率更高、接噪工龄更短 ($P<0.05$)，这与国外研究结果类似^[7]，说明甲苯、二甲苯能正向协同噪声危害，引起听力损失。研究发现，甲苯、二甲苯等有机溶剂对前庭系统有独立的耳毒性，能导致其功能紊乱，引起听力损失^[8]。根据上海市既往工作场所职业病危害因素监测结果看，石油、化工、印刷等行业同时接触噪声和甲苯、二甲苯的岗位较多，更容易引起作业工人听力损失。

我国工作场所化学、物理有害因素接触限值标准均是针对单一物质，未考虑到不同有害因素间的协同作用。本研究发现，联合暴露组所暴露的甲苯、二甲苯浓度与噪声声级水平均低于我国职业接触限值标准，对作业人员听力的损害却高于单纯超标噪声暴露，国外研究也有类似发现^[7]，故提示在今后制定/修订工作场所有害物质接触限值标准时，应考虑到工作场所职业病危害因素综合暴露的特点，尤其是未超标噪声与低浓度有机物协同作用对作业人员听力的损害，可通过建立权重矩阵的方式考虑多种职业危害因

素共存的情况，制定相应的接触限值修正标准。

吸烟、经常使用耳机是噪声作业人员听力损失的危险因素，也是非职业性的个人生活习惯。国外研究表明，吸烟可加重听力损害且对高频听力影响严重^[9,10]，这与本次研究结果一致。吸烟引起的烟碱乙酰胆碱受体在耳蜗底回外毛细胞表达，产生直接耳毒性作用导致高频听力受损；吸烟还可引起血液粘稠度增加，羧基血红蛋白浓度升高，导致耳蜗缺氧，发生缺血性功能损失^[11]。目前不科学地使用耳机是造成年轻人听力损害的重要原因之一^[12]，本研究结果提示，在对噪声作业人员开展健康宣教时应考虑纠正非职业性不良生活习惯。

国外研究报道^[13-15]，高血压为听力损失的危险因素，高血压是耳蜗病理生理过程的关键危险因素，可能会扰乱内耳钾离子的再循环；高血糖与噪声协同作用会引起以高频听力损失为主要表现的健康影响^[16]；上述报道与本研究结果一致。高胆固醇血症是噪声作业人员听力损失的危险因素，有研究认为可能是由于高胆固醇扰乱了内耳的内循环所致^[17]，有文献还发现高胆固醇饮食会导致听力损失^[18]，提示今后对噪声作业人员职业卫生宣教中，应加入对饮食控制方面的干预，降低发生听力损失的风险。此外，

LDL-C 升高作为听力损失的危险因素,可能是其造成内耳微循环血栓,引发微循环障碍,从而导致听力损失甚至突发性耳聋^[19]。

本研究结果显示,文化程度高是噪声作业人员高频听力损失的保护因素,这与文化程度高的作业人员职业健康相关知识的学习能力、个体防护设备的正确应用、自我健康保护意识较强有关。A 和 AB 血型较 O 型是噪声作业人员高频听力损失的保护因素,具体机制还需进一步研究。国外有文献报道,在工业噪声暴露后, O 型血作业人员较其他血型作业人员有更高的听力损失危险^[20,21]。有报道显示, HDL-C 升高对听力具有保护作用,其浓度降低会导致听力损失的风险增加^[22],本文结果与之一致。

综上,工龄、吸烟、经常使用耳机、不使用个人听力防护设备、高血压、高血糖、高胆固醇血症、LDL-C 升高以及甲苯、二甲苯暴露为噪声作业人员高频听力损失的危险因素,相关行业企业和卫生部门应针对性地采取职业健康干预和宣教。本研究为今后工作场所职业危害因素接触限值的制定/修订提出了新的思路,高频听力损失由多因素共同造成,既包括职业性的因素,也包括非职业性因素,同时还与研究对象生物特征因素相关。本研究所选企业接噪人群中女性作业人员偏少,且均为大型企业,未涉及中小微型企业,样本量和代表性存在局限和不足;本研究是横断面研究,对相关影响因素与听力损失结局的因果关系说服力不及队列研究;在下一步研究计划中,拟对上述企业进行持续关注,同时纳入不同规模企业,构建稳定的研究队列,进一步全面探讨作业人群听力损失的影响因素。

参考文献

- [1] Chen KH, Su SB, Chen KT. An overview of occupational noise-induced hearing loss among workers: Epidemiology, pathogenesis, and preventive measures [J]. *Environ Health Prev Med*, 2020, 25 (1): 65.
- [2] Kerr MJ, Neitzel RL, Hong O, *et al.* Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States [J]. *Am J Ind Med*, 2017, 60 (6): 569-577.
- [3] Schaal NC, Slagley JM, Richburg CM, *et al.* Chemical-induced hearing loss in shipyard workers [J]. *J Occup Environ Med*, 2018, 60 (1): e55-e62.
- [4] 中华医学会, 中华医学杂志社, 中华医学会全科医学分会, 等. 高血压基层诊疗指南 (2019 年) [J]. *中华全科医师杂志*, 2019, 18 (4): 301-313.
- [5] 葛均波, 徐永健, 王辰. 内科学 [M]. 9 版. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 872.
- [6] 于佳妮, 王博, 景孟玲, 等. 山西地区健康成人血清 ALT 正常值参考范围的调查 [J]. *中华实验和临床感染病杂志 (电子版)*, 2013, 7 (2): 230-233.
- [7] Metwally FM, Aziz HM, Mahdy-Abdallah H, *et al.* Effect of combined occupational exposure to noise and organic solvents on hearing [J]. *Toxicol Ind Health*, 2012, 28 (10): 901-907.
- [8] 张明, 徐鹏, 顾清. 有机溶剂耳毒性及其致听力损伤的研究进展 [J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2016, 34 (11): 873-877.
- [9] Nomura K, Nakao M, Morimoto T. Effect of smoking on hearing loss: Quality assessment and meta-analysis [J]. *Prev Med*, 2005, 40 (2): 138-144.
- [10] Hu H, Sasaki N, Ogasawara O, *et al.* Smoking, smoking cessation, and the risk of hearing loss: Japan epidemiology collaboration on occupational health study [J]. *Nicotine & Tobacco Research*, 2019, 21 (4): 481-488.
- [11] Lustig LR. Nicotinic acetylcholine receptor structure and function in the efferent auditory system [J]. *Anat Rec A Discov Mol Cell Evol Biol*, 2006, 288 (4): 424-434.
- [12] 郭永滨. 浅析年轻人使用耳机对听力的影响 [J]. *中国伤残医学*, 2018, 26 (11): 92-94.
- [13] Padilha FYOMM, Oenning NSX, Santos IS, *et al.* ELSA-Brasil: A 4-year incidence of hearing loss in adults with and without hypertension [J]. *Rev Saude Publica*, 2022 (56): 28.
- [14] Przewoźny T, Gójska-Grymajło A, Kwarciany M, *et al.* Hypertension and cochlear hearing loss [J]. *Blood Press*, 2015, 24 (4): 199-205.
- [15] de Moraes Marchiori LL, de Almeida Rego Filho E, Matsuo T. Hypertension as a factor associated with hearing loss [J]. *Braz J Otorhinolaryngol*, 2006, 72 (4): 533-540.
- [16] 朱玲, 段传伟, 林毓婧, 等. 高血糖水平与工业噪声致听力损失的研究进展 [J]. *职业卫生与应急救援*, 2018, 36 (5): 411-414.
- [17] Demir MG, Aydin S. The effect of the cholesterol levels on noise-induced hearing loss [J]. *Int Arch Otorhinolaryngol*, 2018, 22 (1): 19-22.
- [18] Gopinath B, Flood VM, Teber E, *et al.* Dietary intake of cholesterol is positively associated and use of cholesterol-lowering medication is negatively associated with prevalent age-related hearing loss [J]. *J Nutr*, 2011, 141 (7): 1355-1361.
- [19] 陈鹏, 任金龙, 王银霞. 微循环障碍危险因素与突发性耳聋的研究进展 [J]. *河北医药*, 2022, 44 (4): 608-613.
- [20] Yang Y, Hood LJ, McPherson B. Association between ABO blood group status and cochlear/neural function: Auditory brainstem response findings [J]. *Acta Otolaryngol*, 2021, 141 (3): 273-278.
- [21] Chen WW, Chow KT, McPherson B. ABO blood group and cochlear status: Otoacoustic emission markers [J]. *Ear Hear*, 2018, 39 (3): 555-562.
- [22] Han X, Wang ZC, Wang J, *et al.* Metabolic syndrome is associated with hearing loss among a middle-aged and older Chinese population: A cross-sectional study [J]. *Ann Med*, 2018, 50 (7): 587-595.

(收稿日期: 2022-06-08; 修回日期: 2022-08-18)