

飞机维修男工噪声暴露与听力损失患病率的剂量-反应关系

吕旌乔¹, 邵良洪², 王建新³, 杨毅², 黄云兰², 祝文杰¹, 赵一鸣¹

(1. 北京大学第三医院, 北京 100083; 2. 北京飞机维修工程有限公司, 北京 100079; 3. 北京市疾病预防控制中心, 北京 100020)

摘要: 目的 探讨男性飞机维修人员噪声暴露与噪声性听力损失 (NIHL) 患病率之间的剂量-反应关系。方法 飞机维修人员按工作性质、地点、工种和班次分为不同亚组。每组选择 3~5 人, 用 SH126 个体计量仪测定工作班次噪声暴露。同时对 290 名男性飞机维修人员进行了问卷调查和听力检查。结果 飞机维修男工 8 h 连续等效 A 声级 ($L_{Aeq, 8h}$) 平均值为 89.1 dB (A)。经年龄、性别校正的高频听力损伤患病率为 48.6%, 语频听力损伤患病率为 6.6%。按噪声级分组, NIHL 患病率未表现出随剂量增加而升高的趋势。按噪声级与工龄合并后的累积噪声暴露量分组, 高频、语频听力损伤患病率均随噪声暴露增加而升高, 经卡方趋势检验发现, $CNE_{L_{Aeq, 8h}}$ 评价剂量-反应关系优于 $CNE_{L_{Aeq, 10min}}$ 。结论 飞机维修人员噪声暴露与 NIHL 患病率之间存在剂量-反应关系; $CNE_{L_{Aeq, 8h}}$ 是评价噪声暴露的良好指标, 在非稳态噪声评价中同样适用。

关键词: 飞机维修人员; 个体计量仪; 累积噪声暴露量; 噪声性听力损失; 剂量-反应关系

中图分类号: TB53 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2003)05-0277-03

The dose-response relationship between noise exposure and prevalence of noise-induced hearing loss in man aircraft maintenance workers

LU Jing-qiao¹, SHAO Liang-hong², WANG Jian-xin³, YANG Yi², HUANG Yun-lan², ZHU Wen-jie¹, ZHAO Yi-ming¹

(1. Peking University Third hospital, Beijing 100083, China; 2. Aircraft maintenance corporation of Beijing, Beijing 100079, China; 3. Center of disease control, Beijing 100020, China)

Abstract: **Objective** To study the dose-response relationship between noise exposure and prevalence of noise induced hearing loss (NIHL) in man aircraft maintenance workers. **Method** Two hundred and ninety man aircraft maintenance workers were categorized into subgroups according to their job type, location and shift. Three to five workers from each subgroup were selected to measure $L_{Aeq, 8h}$ and $L_{Aeq, 10min}$ in a shift on workdays with noise dosimeter SH126. Questionnaire survey and audiometric examination were carried out for them. **Result** $L_{Aeq, 8h}$ was 89.1 dB (A) in average in man aircraft maintenance workers. Prevalence of high frequency noise induced hearing loss (HFNIHL) and low (language) frequency hearing loss (LFNIHL) was 48.6% (141/290) and 6.6% (19/290), respectively, adjusted for age and gender. No increasing trend in prevalence of HFNIHL and LFNIHL with noise exposure level (both $L_{Aeq, 8h}$ and $L_{Aeq, 10min}$) was found. Prevalence of HFNIHL and LFNIHL increased with cumulative noise exposure, which combined with level of noise and length of employment, and $CNE_{L_{Aeq, 8h}}$ was better than $CNE_{L_{Aeq, 10min}}$ used in assessment for dose-response relationship, with a statistical significance by a trend χ^2 test. **Conclusion** There existed significant dose-response relationship between noise exposure and NIHL in man aircraft maintenance workers. $CNE_{L_{Aeq, 8h}}$ was a good index for assessment of non-stable noise.

Key words: Aircraft maintenance worker; Noise dosimetric; Cumulative noise exposure; Noise-induced hearing loss; Dose-response relationship

机场是典型的高噪声环境。长期在机场工作的机务、地勤人员可发生噪声性听力损失 (noise-induced hearing loss, NIHL), 其中高频听力损失 (high frequency noise-induced hearing loss, HFNIHL) 患病率可达 65.2%^[1]。已知噪声对听力的损害具有累积效应,

NIHL 患病率随着噪声暴露量增加而升高, 稳态纺织噪声的累积噪声暴露量与 NIHL 患病率具有明确的剂量-反应关系^[2]。但是, 机场噪声对工作人员听力的损害是否具有类似的剂量-反应关系尚无报道, 推测与机场环境噪声复杂、测量评价困难有关。本文针对机场复杂噪声环境的问题, 提出采用个体计量仪进行噪声测量的解决方案, 测量了飞机维修工人的个体噪声暴露, 并探讨噪声暴露与 NIHL 患病率的剂量-反应关系。

收稿日期: 2003-04-10; 修回日期: 2003-06-20

基金项目: 北京大学人类疾病基因研究中心“985”A023项目; 国家自然科学基金资助项目 (30271112)

作者简介: 吕旌乔 (1972-), 男, 浙江永康人, 博士研究生, 从事噪声对机体损害的研究。

1 对象与方法

研究对象为某大型机场飞机维修公司男工，工龄 ≥1 年，从事飞机维修、文件传送、协调、车辆驾驶等工作。工作区域为机场停机坪、机库和维修车间，暴露于飞机起降和维修飞机时产生的噪声。

研究对象由经过统一培训的劳卫医师行听力学检查和问卷调查，收集噪声暴露职业史、个人防护、不良生活习惯、疾病史及家庭史等资料。共调查 319 人，剔除非噪声性听觉疾病患者 29 人，最终确定研究对象 290 人；平均年龄 (33.4 ± 10.3) 岁，平均工龄 (14.5 ± 11.2) 年。

噪声暴露测量采用国产 SH126 个体计量仪。该计量仪随身携带，测定时探头固定于衣领，每 0.2 s 采集 1 次噪声数据，每隔 10 min 记录 1 组数据，连续测定 10 h^[4]。测量中采用分组抽样法，将工作地点一致、工作内容及性质相似者划为一组，每组中抽取 3~5 人于不同工作班次佩带个体计量仪。采样数据通过 RS232 线转入计算机，使用 SH126 软件计算每名受试者的 8 h 等效连续 A 声级 (L_{Aeq} 8 h)，在证明组内工人间噪声暴露水平差异无显著性 (方差分析) 的基础上，取其均值作为同组人员该班次的噪声暴露水平。由于安全原因，研究人员无法进入机场用计量仪按常规方法测量飞机维修人员的环境噪声。为获取短时间的噪声暴露数据，从工作期间个体计量仪的噪声暴露数据中随机抽取一段 10 min 的等效连续 A 声级 (L_{Aeq} 10 min)，以模拟普通计量仪测量结果。依据等能量原理，分别将 L_{Aeq} 10 min 和 L_{Aeq} 8 h 噪声作业工龄按下述公式合并为累积噪声暴露量 (cumulative noise exposure, CNE):

$$CNE_{L_{Aeq} 10 \text{ min}} = 10 \times \log \left\{ \sum_{i=1}^n 10^{L_{Aeq} 10 \text{ min } i \times 0.1} \times T_i \right\} \quad (1)$$

$$CNE_{L_{Aeq} 8 \text{ h}} = 10 \times \log \left\{ \sum_{i=1}^n 10^{L_{Aeq} 8 \text{ h } i \times 0.1} \times T_i \right\} \quad (2)$$

式中: *i* 为从事过的噪声接触工种, *T_i* 为从事每一工种的年限。

按 GB7583-87 的要求, 用丹麦产 ND-2 听力计在研究对象脱离噪声环境 16 h 后测定左、右耳 500 Hz ~ 6 kHz 纯音气导听阈。用 ISO 1999:1990 (E)^[3] 附录 A 中不接触噪声人群不同年龄、性别各频率的平均听阈对测得听阈加以校正。500 Hz、1 kHz 和 2 kHz 校正后听阈左、右耳均 > 25 dB 者诊断为语频听力损失 (low frequency noise-induced hearing loss, LFNIHL); 3、4、6 kHz 中任一频率校正后听阈 ≥ 25 dB 者诊断为 HFNIHL。

调查及体检所得数据经数量化后用 Epi info 软件二次录入计算机并进行核对。连续变量统计计算均数、标准差、最大值、最小值, 分类变量计算例数、患病率, 剂量-反应关系分析采用趋势 χ^2 检验。所有统计检验均使用 SPSS 10.0 软件。

2 结果

该公司飞机维修人员工作区域包括两大部分: 从事协调、机械、司机、文件准备等工种者主要在停机坪活动, 暴露于飞机起降噪声; 其余工种在位于跑道一侧的维修车间内工作, 主要暴露于飞机维修过程中的机械噪声, 同时也受到起降噪声的影响。从表 1 可以看出, 该公司飞机维修人员噪声暴露 CNE_{L_{Aeq} 10 min} > CNE_{L_{Aeq} 8 h} > L_{Aeq} 10 min > L_{Aeq} 8 h, 其中 L_{Aeq} 8 h 均值为 89.1 dB (A), 已经超过了《工业企业职工听力保护规范》中 85 dB (A) 的限值, 提示该人群处于超标的噪声工作环境。

表 1 290 名飞机维修男工噪声暴露水平和累积噪声暴露量 dB (A)

噪声暴露评价指标	$\bar{x} \pm s$	最小值	最大值
L _{Aeq} 10 min	92.6 ± 5.2	84.8	106.3
L _{Aeq} 8 h	89.1 ± 3.9	79.0	98.8
CNE _{L_{Aeq} 10 min}	101.3 ± 8.5	84.8	120.4
CNE _{L_{Aeq} 8 h}	97.8 ± 5.7	85.1	112.3

表 2 4 种指标评价飞机维修男工噪声暴露与 HFNIHL 患病率的剂量-反应关系

噪声 dB (A)	L _{Aeq} 10 min *		L _{Aeq} 8 h **		CNE _{L_{Aeq} 10 min} △		CNE _{L_{Aeq} 8 h} ▲	
	患病人数	患病率 (%)	患病人数	患病率 (%)	患病人数	患病率 (%)	患病人数	患病率 (%)
< 85	19	35.8	2	40.0	2	20.0	—	—
85 ~ 90	24	52.2	83	51.6	6	37.5	7	25.0
90 ~ 94	55	50.5	53	49.1	21	38.9	22	36.1
95 ~ 99	38	54.3	3	18.8	18	39.1	42	45.2
100 ~ 104	—	—	—	—	26	48.1	47	60.3
105 ~ 109	5	41.7	—	—	41	59.4	17	70.8
110 ~ 114	—	—	—	—	17	60.7	6	100.0
> 115	—	—	—	—	10	76.9	—	—

注: * $\chi^2_{趋势} = 1.662, P > 0.05$; ** $\chi^2_{趋势} = 2.009, P > 0.05$; △ $\chi^2_{趋势} = 15.334, P < 0.01$; ▲ $\chi^2_{趋势} = 24.900, P < 0.01$ 。

体检发现 290 名研究对象中 141 人患 HFNIHL, 患病率为 48.6%; 其中 19 人 (6.6%) 已经出现 LFNIHL。依据表 1 中 4 种不同噪声暴露评价指标, 将所有研究对象按 5 dB (A) 为 1 组做分层分析, 比较不同噪声评价指标与 HFNIHL 患病率 (表 2) 和 LFNIHL 患病率 (表 3) 的剂量-反应关系, 并用趋势

卡方检验评价剂量-反应关系的差异有无显著性。结果显示, 等效声级 ($L_{Aeq^*10\text{ min}}$ 、 $L_{Aeq^*8\text{ h}}$) 与听力损失患病率之间没有明显的剂量-反应关系, $P > 0.05$; 累积噪声暴露量 ($CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ 、 $CNE_{L_{Aeq^*8\text{ h}}}$) 与听力损失患病率之间存在明确的剂量-反应关系, $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 。从趋势卡方的数值看, HFNIHL 和 LFNIHL 在 $CNE_{L_{Aeq^*8\text{ h}}}$ 组均高于 $CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ 组, 提示个体计量仪收集的 8 h 等效声级与工龄合并的 CNE 是评价飞机维修男工噪声暴露的最佳指标。

表 3 4 种指标评价飞机维修男工噪声暴露与 LFNIHL 患病率的剂量-反应关系

噪声 dB (A)	$L_{Aeq^*10\text{ min}}$ *		$L_{Aeq^*8\text{ h}}$ **		$CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ △		$CNE_{L_{Aeq^*8\text{ h}}}$ ▲	
	患病 人数	患病率 (%)	患病 人数	患病率 (%)	患病 人数	患病率 (%)	患病 人数	患病率 (%)
< 85	0	0	0	0	0	0	—	—
85~90	5	10.9	12	7.5	0	0	0	0
90~94	7	6.4	7	6.5	2	3.7	2	3.3
95~99	7	10.0	0	0	2	4.3	4	4.3
100~104	—	—	—	—	3	5.6	9	11.5
105~109	0	0	—	—	7	10.1	3	12.5
110~114	—	—	—	—	4	14.3	1	16.7
> 115	—	—	—	—	1	7.7	—	—

* $\chi^2_{趋势} = 0.954$, $P > 0.05$; ** $\chi^2_{趋势} = 0.280$, $P > 0.05$; $\Delta\chi^2_{趋势} = 5.653$, $P < 0.05$; $\blacktriangle\chi^2_{趋势} = 8.272$, $P < 0.01$

3 讨论

飞机维修人员主要在机场及附近区域活动, 不仅接触维修过程中的机械噪声, 同时也受到机场环境噪声的影响。本次发现飞机维修男工 HFNIHL 患病率为 48.6%, 显示该人群噪声暴露水平较高, 听觉功能已经出现了明显损伤。

噪声测量是机场噪声防治工作的难点。作为复杂的噪声环境, 机场主要噪声源 (飞机) 位置不固定, 同时机场内还存在辅助车辆等间断性噪声源, 环境噪声波动性大, 具有非稳态噪声的特点。航空业噪声测量通常采用计权等效连续噪声级, 然而飞机维修人员时常在机场内移动, 周围环境噪声状态亦处于变化之中, 固定地点、单一时段的噪声测量很难准确地反映被测者的实际噪声暴露水平。本文采用由研究对象随身佩带的 SH126 个体计量仪, 连续记录被测者噪声接触水平, 其测量结果理论上更接近真实值。飞机维修男工 $L_{Aeq^*8\text{ h}}$ 均值为 89.1 dB (A), 已经超过《工业企业职工听力保护规范》中 85 dB (A) 的限值, 这一结果为飞机维修人员噪声防治提供了科学依据。

噪声对听力损害具有累积效应, 长期暴露后听力下降程度不仅取决于噪声水平, 接触噪声的时间长短同样重要; 噪声水平高、作业工龄长, 则发生听力减退者越多。累积噪声暴露量 (CNE)^[5] 是依据等能量原理提出的噪声暴露评价指标, 综合了噪声水平与暴露时间。本研究结果显示, 飞机维修男工 $CNE_{L_{Aeq^*8\text{ h}}}$ 、 $CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ 均与 HFNIHL 患病率呈良好的剂量-反应关系, 而单纯的噪声暴露等效声级 $L_{Aeq^*8\text{ h}}$ 、 $L_{Aeq^*10\text{ min}}$ 均无, 进一步证明 CNE 是合理的噪声暴露评价指标, 同时也显示出噪声暴露评价中兼顾噪声水平与暴露时间的重要性。

劳动者健康是职业卫生关注的最终目标。职业暴露评价指标与健康状况联系愈为紧密、则愈为切合要求。对于噪声性听力损害, 通过观察不同噪声测量和评价指标与 NIHL 患病率之间的关系, 可以比较不同指标的实际应用价值。本文发现飞机维修男工 $CNE_{L_{Aeq^*8\text{ h}}}$ 与 HFNIHL 患病率的剂量-反应关系较 $CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ 更为密切, 显示前者是评价该人群噪声暴露的更佳指标。 $CNE_{L_{Aeq^*10\text{ min}}}$ 效果略差, 推测与机场噪声波动较大, 短时测量难以反映工人噪声暴露全貌有关。

准确地测量和评价环境噪声是噪声防治工作的基础。本研究采用个体计量仪测量和评价了以飞机维修为代表的复杂噪声环境, 为今后解决复杂环境噪声的个体化测量积累了初步经验。为了检验采用个体计量仪测量复杂噪声的可行性、准确性和可重复性, 在今后工作中尚需扩大样本量, 并有必要将这种方法扩展到不同类型的现场加以验证。

参考文献:

- [1] Chen TJ, Chiang HC, Chen SS. Effects of aircraft noise on hearing and auditory pathway function of airport employees [J]. J Occup Med, 1992, 34 (6): 613-619.
- [2] 成小如, 陈山松, 李玉秦, 等. 两种测量方法评价稳态噪声暴露与 HFNIHL 的剂量-反应关系 [J]. 中国工业医学杂志, 2001, 14 (5): 263-265.
- [3] 赵一鸣, 陈山松, 成小如. 噪声个体计量仪的工作原理及其在噪声暴露评价中的应用 [J]. 中华预防医学杂志, 2000, 34 (4): 238-240.
- [4] ISO 1999: Acoustics-determination of occupational noise exposure and estimation of noise induced hearing impairment [Z]. 2nd ed. Geneva: ISO, 1990.
- [5] 赵一鸣, 程明昆. 噪声累积暴露研究的进展 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 1998, 16 (2): 123-124.