

噪音與振動對航太工業員工聽力之影響

劉秋松¹ 戴志展¹ 賴俊雄²

中國醫藥學院附設醫院 家庭醫學科 耳鼻喉部¹ 中國醫藥學院 職業安全學系²

背景 噪音暴露會對勞工聽力造成顯著影響。振動性暴露是另一常見之職業危害。在工業上，噪音與振動這兩種危害經常同時存在，此雙重暴露對聽力之影響是值得探討之問題。本研究之目的在瞭解勞工作業現場噪音及振動之暴露情形，並探討噪音與振動對勞工聽力損失之危害與相關性。

方法 以某航太工業噪音作業勞工為對象，將其分為噪音暴露組(332人)及噪音與振動暴露組(548人)，並以廠內未暴露之行政人員為對照組(122人)。以結構式問卷回溯性調查勞工之過去疾病、工作史及其它可能影響聽力之因素。以聽力檢查巡迴車進行純音聽力檢查。作業場所則進行噪音暴露量及振動暴露量之測量。勞工並接受醫師檢查以排除影響聽力之可能因素。所有資料在鍵入電腦檔後以SAS統計分析軟體分析。

結果 作業場所的噪音均能音壓範圍介於82-108 dBA，最大噪音量則介於86-130 dBA。振動性工具的振動加速度總和介於2.90-8.88 m/s²。有194位(27.8%)受檢者出現聽力損傷的情形。聽力損失的情形以高頻率(4k, 6kHz)最為明顯。以邏輯斯蒂迴歸模式分析，在控制年齡及性別等變項下，高噪音(> 90 dB)與中噪音(85-90 dB)暴露者比起低噪音(< 85 dB)暴露者，發生聽力損傷的危險性分別為32.6倍(95% CI: 13.0-81.7)及7.9倍(95% CI: 4.4-14.3)，高振動(> 5.0 m/s²)暴露者比起低振動(< 3.0 m/s²)暴露者者，發生聽力損傷的危險性為2.8倍(95% CI: 1.31-5.83)。

結論 航太工業作業場所的噪音暴露非常普遍且嚴重，振動暴露則在可接受範圍，員工出現聽力損傷的情況高達28%。建議要落實聽力保護計劃，減少職業性聽力損傷及其它健康危害的發生。(中台灣醫誌 2001;6:147-56)

關鍵詞

聽力損傷，噪音，振動

前言

暴露於過度的噪音環境下，在生理上會使人內分泌異常，引發頭痛、高血壓、腸胃功能失調等。在心理上造成易怒的情緒反應，失眠、易疲勞、妨礙思考等問題[1]；而其中最明顯的危害就是聽力障礙。根據衛生署檢疫總所通報系統[2]，

民國八十四年一月到十二月之勞工健檢個案聽力檢查資料進行分析，檢測頻率以4KHz之聽力損失為代表，則17%的勞工其左、右耳聽力損失達40分貝以上，顯見問題之嚴重性。

影響工人聽力的因素，除了年齡及個人之易感受性外，可分為兩大類[3]。第一大類是化學性因素：如藥物，抽煙，及耳毒性物質等，經由血循環及神經系統影響內耳；第二大類是物理性因素，如音能(全身振動、手-手臂振動、音壓)，輻射能(電磁波)，熱能。一般族群的聽力損失調查，其原因多半源自於老化，環境因素及噪音暴露。但即使在控制良好的研究中，仍可見到個體

聯絡作者：劉秋松

地址：404 台中市北區育德路2號

中國醫藥學院附設醫院 家庭醫學科

收文日期：2/14/2001 修改日期：4/24/2001

接受日期：6/23/2001

間有重大的差異性存在。其中尤以噪音與振動兩種危害的並存，使得勞工聽力的研究結果不易分析。

振動對聽力的影響，過去已有一些報告，但多偏重於林木工人長期暴露於噪音及鏈鋸之振動性危害之研究。Pyykko 等人[4]研究芬蘭林木工人因長期使用鏈鋸引起振動白指症(vibration white finger)者，發現有振動白指症之工人其聽力損失比非振動白指症之工人高出10dB。Iki 等人[5]研究日本林木工人使用鏈鋸也發現在振動白指症的工人其4KHz及8KHz處之聽力閾值比常人高。造成此聽力閾值改變之原因可能是振動造成內耳stria vascularis的血管過度振動，釋放出血管內皮活動物質，造成局部血管收縮所致[4]。

Okada 等人[6]在研究曳引機駕駛的全身振動與噪音之危害，發現在高頻聽力，尤其對6KHz的影響較明顯，約增加6dB的聽力損失。Seidel 等人[7]則指出在3KHz、4KHz、6KHz均有額外之聽力損失。Yokoyama 及 Manninen 等人[8]則發現全身振動的強度愈強，4KHz的暫時性聽力閾值改變(temporary threshold shift)受影響的程度就愈高。因此，不論是全身振動或是手-手臂振動皆會對聽力閾值有所影響，除了伐木工人及曳引機司機外，諸多工業的流程都會同時合併有噪音及振動之危害；尤其是使用電動性工具如電鑽及其它氣動工具者，經常會有這一類的雙重暴露，其對聽力的影響，除了受到噪音的音量及頻率影響外，不同的振動頻率及加速度與暴露時間對聽力的影響，也是值得探討的問題。本研究之目的在：1)瞭解航太工業作業現場噪音暴露量及振動暴露量之情形；2)探討這類職業勞工聽力損失與噪音暴露及振動暴露之相關性。

材料與方法

研究對象

本研究對象以中部地區某航太工業中心之員工為對象，研究對象之選取為該年接受健康檢查之員工全部納入本計劃之樣本，根據該中心八十五及八十六年度兩次在中國醫藥學院附設醫院之健康檢查報告，以及員工之工作內容，將員工區分為三組：1)噪音暴露但沒有使用振動性工具組，共332人；2)噪音與振動暴露組，共548人；3)對照組(行政人員)，共122人。

研究工具

噪音與聽力量測的儀器包括1)聽力檢查儀：檢查車上使用Mircale Ear ME-2 audiometer，機種系列號為ME-2 12582；耳機為TDH-39P。民國87年7月27日實施校正。2)噪音劑量計：B & K Noise Dose Meter Type 4436，依5分貝容許時間減半率，將80-140dB之噪音納入評估。3)音響校正器：電功率轉換式校準器，於1k Hz時之音量值為94 dB (1/2 inch microphone, B & K type 4230)。4)記錄器：RION CP-01 Printer 熱感應記錄器。

手臂振動量測儀器名稱如下：1)模組式聲壓級測試儀：B & K Type 2231；2)人體振動單元：B & K Type 2522；3)手-手臂換能器組：B & K Type 4392；4)加速規：B & K Type 4374。

研究方法

環境噪音及振動暴露量之測量是依工廠訪視結果，進行作業環境噪音測定。首先是到廠區實地了解工廠內環境噪音的情形，量測時間，以一個工作流程的時間為主。使用個人噪音劑量計讓作業勞工配戴，測量工作環境噪音情況，以得出各個工作環境噪音平均值。對於振動暴露之勞工，則進行振動頻率與加速度(m/s^2)之量測[9]，並評估其振動暴露量。局部振動的測量用金屬環將振動加速規固定在振動工具適當的位置以便記錄，加速規固定後可直接由振動分析器上讀出加速度，儀器之量測值為三軸之加權過之均方根加速度值(weighted root mean square acceleration in m/s^2) [9]。

受檢者均填寫一結構式問卷。內容包括個人基本資料，過去工作史，現在工作史，過去及現在之疾病史，藥物使用情形，目前個人之症狀及其它相關影響聽力之因素。

受檢者之聽力檢查一律在隔絕噪音之健檢巡迴車上的聽力檢查室檢查，為確保檢查結果之準確性，其背景噪音之音壓級符合美國國家標準局之標準0.5KHz：40分貝，1KHz：40分貝，2KHz：47分貝，4KHz：57分貝，8KHz：62分貝[10]。受檢者在受檢時一律要遠離80分貝以上之噪音源14小時以上，對於較慢受檢者，協調行政主管暫緩其進場工作或戴耳罩工作，以符合聽力檢查之要求。作聽力檢測時，由受過訓練之聽力檢查人員解釋測定程序及方法，使受測者明

瞭聽力檢測的程序及反應方式。以聽力檢測儀器分別給予受測者左右耳5種不同聽力測定值，包括0.5K、1K、2K、4K、6K，以左耳開始測量再測右耳，得到個人左右耳聽力值。檢測時以人的耳朵最為敏感的頻率：1KHz開始，40分貝為起始測定音壓級，採用進十退五的原則，實施各頻率之聽力檢測。檢測開始依序為1KHz→2KHz→4KHz→6KHz→1KHz→0.5KHz結束測量。若在1KHz前後聽力量測值差異達5分貝以上，則此受測者需重新測量其聽力值[11,12]。受檢者皆經醫師之耳道理學檢查，以排除可能影響聽力之耳朵疾患。

在本研究中，為探討噪音與振動對不同頻率聽力的影響，本研究採美國Occupational Safety and Health Administration (OSHA)聽力損失指標： $(0.5K+1K+2K)/3$ [13]，高頻的聽力損失指標 $(4K+6K)/2$ ，及 $(0.5K+1K+2K+4K)/4$ 當作聽力損失指標，以探討其對不同頻率的影響。至於"職業性聽力損傷"則以行政院衛生署職業性聽力損傷標準[2]：於0.5K、1K、2K、4KHz之平均聽力損失達30分貝以上，或4KHz的聽力損失達40分貝或以上者為聽力損傷之標準。

統計分析

以SAS統計分析軟體將環境噪音，振動暴露量，個人聽力檢查結果及問卷資料進行統計分析。由於行政人員亦可暴露於噪音，員工之工作暴露無法以工作性質區分，因此以環境測定將員工之噪音及振動暴露各分為三組分析。以皮爾遜相關係數探討噪音及振動和聽力之相關，再以複

迴歸建立以噪音及振動預估聽力值之統計模式。在此統計模式下，將可控制年齡、工作年資及生活型態等變項之干擾效應。以變異數分析探討不同噪音與振動暴露組之聽力障礙是否有顯著差異，再以邏輯斯蒂迴歸(logistic regression)模式建立以噪音及振動預估聽力障礙之統計模式。對於有三個類別的變項在迴歸分析時是以虛擬(dummy)方式處理，即設定參考組(reference group)後，再設定兩個虛擬變項進行分析。

結果

基本資料

應受檢員工1002人，實際受檢者共有982人，其中有886人接受純音聽力檢查。男性員工882人(89.8%)，女性員工100人(10.2%)，平均年齡為 39.0 ± 6.3 歲，年齡範圍為18歲至60歲。員工的教育程度以大專程度最多有514人(佔53.0%)，其次為高中、高職程度有417人(佔43.0%)，研究所程度有21人(2.2%)，國中、初中以下有17人(1.8%)最少。受檢者的噪音環境工作年資平均為 10.0 ± 5.8 年(最高為29年，最低為3個月)，振動環境工作年資平均為 8.0 ± 5.5 年(最高27年，最低為3個月)。將工作年資小於2年(103人)，經診斷有耳朵疾患(85人)及缺聽力檢查資料者(96人)排除，最後有698人進入統計分析。缺聽力檢查資料者在性別、年齡、教育程度及工作年資等變項與最後進入統計分析者並沒有顯著的差異，因此不致影響結果之正確性。

環境噪音與個人振動暴露

各種工作性質不同的製造工廠，其工作環境

表1 各廠區員工之噪音暴露值

廠區別	樣本數	個人暴露劑量	
		Lmax (dBA)	Leq (dBA)
工具工廠	7	116.3 ± 9.6	87.2 ± 6.2
管焊工廠	8	110.0 ± 4.6	86.8 ± 5.3
白鐵工廠	6	128.2 ± 10.8	95.1 ± 4.8
膠合工廠	9	123.3 ± 11.8	89.3 ± 5.5
處理工廠	8	125.7 ± 9.5	92.2 ± 5.8
結構組裝工廠	8	120.9 ± 13.9	88.7 ± 8.9
編織工廠	6	107.2 ± 2.7	87.2 ± 0.4
發動機工廠	7	124.1 ± 10.7	108.4 ± 3.4
機工工廠	5	105.9 ± 10.7	84.4 ± 3.0
鍛鑄工廠	8	127.5 ± 2.9	92.5 ± 1.9
航電處	5	86.7 ± 3.2	81.5 ± 2.6

表2 各種振動性工具之振動暴露值

工具種類	X 軸 (m/s ²)	Y 軸 (m/s ²)	Z 軸 (m/s ²)	主頻率(範圍) (Hz)	Weighted Root Mean Square (m/s ²)	勞工平均每天 暴露時間 (hr)
電動砂輪機	2.54	2.41	1.44	220 (150-310)	3.99	4
手提砂輪機	1.28	2.08	1.54	80 (70-110)	2.90	0.5
7吋砂輪機	4.90	3.73	4.71	110 (90-150)	8.03	4
電鋸	8.04	3.50	1.81	350 (330-450)	8.88	3
氣動銼刀	3.96	5.44	2.22	180 (160-230)	7.08	4
氣動螺絲槍	3.14	1.77	1.83	280 (240-350)	4.10	4
氣動鉚釘槍	5.16	2.99	2.60	310 (290-390)	6.60	2
5號鉚釘槍	2.28	1.96	1.75	260 (230-330)	3.50	4
氣動打模機	2.89	1.49	2.07	230 (190-270)	3.92	0.3

表3 員工暴露於不同噪音及振動的情形

暴露種類	男性 N (%)	女性 N (%)	p 值	
噪音	低(<85分貝)	272 (43.4)	46 (63.9)	<0.001
	中(85-90分貝)	317 (50.7)	21 (29.2)	
	高(>90分貝)	37 (5.9)	5 (6.9)	
振動	低(<3.0 m/s ²)	119 (19.0)	27 (37.5)	<0.001
	中(3.0-5.0 m/s ²)	361 (57.7)	34 (47.2)	
	高(>5.0 m/s ²)	146 (23.3)	11 (15.3)	

噪音之程度，以均能音量(Leq)和最大音量(Lmax)來表示。表1結果顯示膠合工廠、白鐵工廠、結構組裝次組裝廠、發動機工廠、鍛鑄廠及處理廠的噪音較大。而航電處、機工工廠及管焊工廠噪音較小。以發動機工廠及白鐵工廠噪音最大，平均在95分貝以上，最大值可達125分貝以上。另外，白鐵工廠落錘區可引起衝擊性之噪音強度可達130分貝以上。

個人振動暴露情形，以各振動工具，用加速度平均值來表示其振動量(m/s²)。表2結果顯示鍛鑄廠所使用的電鋸、7吋砂輪機及結構組裝次組裝所使用的氣動鉚釘槍的振動暴露量最高。而設計性工具工廠的手提砂輪機的振動量最低，惟員工暴露的時間變化很大，但都在每日4小時以內。

從受檢者問卷資料有關工作暴露的情形看來，自認為沒有噪音與振動暴露者有63人(9.0%)，僅有噪音暴露者240人(34.4%)，同時有噪音及振動暴露者395人(56.6%)。

依據環境測量的結果來看，暴露在高噪音

(90分貝以上)者有42人(6.0%)，中噪音(85-90分貝)者有338人(48.4%)，低噪音(小於85分貝)者有318人(45.6%)。以個人總振動量(sum，為三軸之加權均方根加速度值的總和)來看，暴露在高振動(大於5.0 m/s²)者有157人(22.5%)，中振動(3.0-5.0 m/s²)者有395人(56.6%)，低振動(小於3.0 m/s²)者有146人(20.9%)。不同性別員工暴露於高、中、低噪音及振動的情形如表3，男性員工較女性有較高的比率暴露於高噪音及高振動的環境。

個人聽力測量值分析

受檢個案之各測定頻率聽力損失值分析，顯示在各耳(左耳、右耳、較差耳)中，高頻率(4K, 6KHz)之聽力損失平均值均明顯高於低頻率(0.5K, 1K, 2KHz)之聽力損失平均值達6.8分貝之多(表4)。分析各頻率之聽力損失平均值，結果發現4KHz其聽力損失平均值在各耳間均大於23分貝，較差耳更高達27分貝。以配對t檢定比較兩耳之聽力損失之差異情形，結果顯示

表4 在698名受檢者的左右兩耳及較差耳在各頻率之聽力

頻率 (Hz)	右耳	左耳	較差耳
0.5K	23.1 ± 9.1*	22.0 ± 8.0	25.0 ± 9.2
1K	18.9 ± 9.2	18.4 ± 7.6	20.9 ± 9.3
2K	15.2 ± 10.7	14.4 ± 9.6	17.2 ± 11.2
4K	23.9 ± 18.8	23.4 ± 17.2	27.7 ± 18.7
6K	25.9 ± 18.8	26.5 ± 17.8	30.8 ± 19.3
(0.5K+1K+2K+4K)/4	20.3 ± 9.6	19.5 ± 8.5	21.9 ± 9.8
(0.5K+1K+2K)/3	19.1 ± 8.6	18.3 ± 7.2	20.5 ± 8.8
(4K+6K)/2	24.9 ± 17.4	24.9 ± 16.4	28.6 ± 18.0
(0.5K+1K+2K+4K+6K)/5	21.4 ± 10.7	20.9 ± 9.6	23.3 ± 10.9

* 數據係以平均值±標準差來表示，單位為 dB。

表5 較差耳在不同頻率與噪音暴露下的聽力測量值

頻率(Hz)	低噪音* (N=318)	中噪音 (N=338)	高噪音 (N=42)	<i>p</i> 值 [†]
0.5K	22.8 ± 7.1 [†]	26.0 ± 9.6	32.5 ± 13.7	<0.0001
1K	19.2 ± 6.9	21.5 ± 9.4	28.9 ± 16.4	<0.0001
2K	14.8 ± 7.9	17.9 ± 10.8	28.7 ± 21.6	<0.0001
4K	20.3 ± 10.7	31.1 ± 19.2	54.3 ± 26.4	<0.0001
6K	24.3 ± 13.7	34.1 ± 20.1	52.5 ± 25.4	<0.0001
(0.5K+1K+2K+4K)/4	18.6 ± 6.1	23.3 ± 9.7	35.4 ± 16.7	<0.0001
(0.5K+1K+2K)/3	18.4 ± 6.0	21.3 ± 8.7	29.4 ± 16.8	<0.0001
(4K+6K)/2	21.7 ± 10.8	31.9 ± 18.6	52.4 ± 25.4	<0.0001

* 低噪音: < 85 dB，中噪音: 85-90 dB，高噪音: > 90 dB；[†]採用Scheffe氏檢定；[†]數據係以平均值±標準差來表示；單位為 dB。

在低頻率處兩耳的聽力平均值差異為4.5分貝，高頻率的兩耳聽力平均值差異為8.5分貝，均小於15分貝，顯示噪音對耳朵之影響是雙側性的。

從聽力與個人特質之分析來看，我們以4KHz較差耳之聽力損失平均值作為依變項來分析。顯示在性別方面，男性約高出女性15分貝，達到統計上的顯著差異($p < 0.001$)。隨著年齡之增加，聽力損失有很明顯的增加趨勢，50歲以上與29歲以下的4KHz聽力損失值平均相差達32分貝。工作年資也是影響聽力損失的重要因子，然而工作年資小於5年與工作年資為5-9年者，其聽力損失並沒有明顯的差異。而工作年資在10年以上的與10年以下的聽力損失在統計上則有顯著的差異(Scheffe氏檢定， $p < 0.0001$)。

抽煙與喝酒習慣的有無也對聽力產生影響。抽煙者比起不抽煙者的平均聽力損失值高出6分

貝，達到統計上的顯著差異(Scheffe氏檢定， $p < 0.0001$)。而經常喝酒者其聽力損失平均值比起不喝酒或偶爾喝酒者亦高出10分貝左右，達到統計上的顯著差異(Scheffe氏檢定， $p < 0.0001$)。

聽力測量值與工作暴露的相關性

表5顯示不同頻率在較差耳的聽力測量值與工作噪音暴露的變異數分析，從低頻率到高頻率的聽力測量值均顯示隨著工作環境噪音的增加，其聽力損失值有增加的趨勢。尤其是在高頻率的聽力損失更是明顯，(4K+6KHz)的平均聽力損失值在高、低噪音之間相差達31分貝，而(0.5K+1K+2KHz)的平均聽力損失值在高、低噪音之間僅相差9分貝。

表6顯示不同頻率在較差耳之聽力測量值與振動暴露的變異數分析。結果顯示振動暴露愈嚴重者，其聽力損失的情形愈明顯。高頻率聽力損

表6 較差耳在不同頻率與振動暴露下的聽力測量值

頻率(Hz)	低振動* (N=146)	中振動 (N=395)	高振動 (N=157)	<i>p</i> 值 [†]
0.5K	22.2 ± 6.3 [†]	24.7 ± 8.5	28.1 ± 11.9	<0.0001
1K	19.0 ± 6.3	20.6 ± 8.3	23.5 ± 13.0	<0.0001
2K	14.6 ± 8.2	16.6 ± 10.1	20.9 ± 14.7	<0.0001
4K	21.4 ± 15.0	27.1 ± 17.8	35.2 ± 21.2	<0.0001
6K	25.4 ± 17.3	30.0 ± 18.3	38.0 ± 21.5	<0.0001
(0.5K+1K+2K+4K)/4	18.6 ± 6.7	21.6 ± 8.8	26.0 ± 12.9	<0.0001
(0.5K+1K+2K)/3	18.2 ± 5.6	20.2 ± 7.8	23.6 ± 12.3	<0.0001
(4K+6K)/2	22.9 ± 14.9	27.9 ± 16.9	35.7 ± 20.7	<0.0001

*低振動： $< 3.0 \text{ m/s}^2$ ，中振動： $3-5 \text{ m/s}^2$ ，高振動： $> 5 \text{ m/s}^2$ ；[†]採用Scheffe氏檢定；[†]數據係以平均值±標準差來表示；單位為dB。

表7 受檢者較差耳不同頻率聽力損失之多變項迴歸分析

變項	4K β (SE)	(0.5K+1K+2K+4K)/4 β (SE)	(0.5K+1K+2K)/3 β (SE)	(4K+6K)/2 β (SE)
截距	10.0 (2.6)	14.7 (1.4)	16.3 (1.3)	10.4 (2.6)
年齡 (< 35 歲為參考組)				
35-49 歲	6.6 (1.6)*	2.4 (0.8)*	1.3 (0.8) [†]	7.0 (1.5)*
≥ 50 歲	19.3 (3.0)*	9.9 (1.6)*	7.0 (1.5)*	21.7 (2.9)*
年資 (< 5 年為參考組)				
5-9 年	-2.1 (1.9)	-0.9 (1.0)	-0.3 (1.0)	-1.6 (1.9)
≥ 10 年	-0.2 (1.9)	0.1 (1.0)	0.3 (1.0)	-0.3 (1.8)
性別 (女 = 0)	5.5 (2.3) [†]	1.0 (1.2)	-0.3 (1.1)	5.9 (2.2)*
噪音 (低噪音組為參考組) [†]				
中噪音	11.8 (1.5)*	5.4 (0.8)*	3.7 (0.8)*	11.5 (1.5)*
高噪音	29.9 (2.7)*	13.9 (1.4)*	8.4 (1.4)*	26.1 (2.6)*
振動 (低振動組為參考組) [§]				
中振動	-3.6 (1.9)	-1.3 (1.0)	-0.8 (0.9)	-4.2 (1.8)
高振動	5.9 (1.9)*	3.6 (1.0)*	2.9 (1.0)*	5.2 (1.9)*
抽煙 (無 = 0)	2.0 (1.4)	1.0 (0.7) [†]	0.6 (0.7)	1.5 (1.3)
喝酒 ^{**} (不喝酒為參考組)				
偶而喝酒	-0.5 (1.3)	0.1 (0.7)	0.1 (0.7)	0.6 (1.3)
經常喝酒	1.5 (3.3)	0.6 (1.7)	0.2 (1.7)	4.6 (3.3)
戴耳機聽隨身聽 (無 = 0)	4.7 (3.4)	1.2 (1.8)	0.7 (1.7)	4.6 (3.3)
常去吵雜娛樂場所 (無 = 0)	-1.0 (2.9)	0.5 (1.4)	0.5 (1.7)	-2.2 (2.8)

* $p < 0.01$, [†] $p < 0.05$ ；[†]低噪音： $< 85 \text{ dB}$ ，中噪音： $85-90 \text{ dB}$ ，高噪音： $> 90 \text{ dB}$ ；[§]低振動： $< 3.0 \text{ m/s}^2$ ，中振動： $3-5 \text{ m/s}^2$ ，高振動： $> 5 \text{ m/s}^2$ ；^{**}偶而喝酒：少於每週一次(含)，經常喝酒：每週一次以上。

失平均值(4K+6KHz)在高低振動暴露間差異為 13 分貝(Scheffe 氏檢定， $p < 0.0001$)，低頻率聽

力損失平均值(0.5K+1K+2KHz)在高低振動暴露間之差異為 5 分貝(Scheffe 氏檢定，

表8 影響受檢者有否聽力損傷因素的邏輯斯蒂迴歸分析*

變項及分組	係數	標準誤	對比值	95%信賴區間
截距	-4.47	0.83		
年齡			1.00	
<35歲				
35-49歲	1.00	0.30	2.73	1.52-4.90
≥50歲	2.90	0.51	18.29	6.72-49.78
年資			1.00	
<5年				
5-9年	-0.49	0.34	0.61	0.31-1.20
≥10年	-0.31	0.33	0.74	0.38-1.41
性別			1.00	
女				
男	1.21	0.75	3.34	0.76-14.68
噪音 [†]			1.00	
低噪音				
中噪音	2.07	0.29	7.92	4.44-14.13
高噪音	3.48	0.47	32.65	13.05-81.69
振動 [‡]			1.00	
低振動				
中振動	-0.21	0.38	0.81	0.38-1.70
高振動	1.02	0.38	2.77	1.31-5.83
抽煙			1.00	
無				
有	0.51	0.22	1.67	1.08-2.58
喝酒 [§]			1.00	
無				
偶而喝酒	-0.06	0.22	0.94	0.60-1.46
經常喝酒	0.06	0.53	1.06	0.38-2.98

* 聽力損傷之定義為任一耳0.5K、1K、2K、4KHz之平均聽力損失達三十分貝或以上，或4KHz的聽力損失達40分貝或以上者；[†]低噪音：< 85 dB，中噪音：85-90 dB，高噪音：> 90 dB；[‡]低振動：< 3.0 m/s²，中振動：3-5 m/s²，高振動：> 5 m/s²；[§]偶而喝酒：少於每週一次(含)，經常喝酒：每週一次以上。以maximum likelihood方法求得， $\chi^2 = 214.4$ ，d.f. = 10； $p = 0.0001$ ； $n = 698$ 。

$p < 0.0001$)。

將可能影響聽力測量值的因素如年齡、工作年資、性別、噪音、振動及抽煙、喝酒等放入多變項迴歸模式分析。結果顯示，以年齡小於35歲為參考組，年齡大於50歲者在高頻率(4K+6KHz)及低頻率(0.5K+1K+2KHz)的聽力損失 β 值均顯著高於35至49歲組，尤其高頻率較顯著。工作年資分組、抽煙與喝酒對聽力的影響並沒有顯著的意義。而噪音環境對聽力的影響則相當顯著，以噪音環境小於85分貝者當參考對照組，則噪音在85-90分貝及90分貝以上者其高頻率的聽力損失的 β 值分別為12.4與27.4；而低頻率的聽力損失的 β 值分別為4.0與9.3。振動暴露對聽力的影響則不若噪音明顯。以振動暴露小於3.0m/s²當參考對照組。僅振動暴露大於5.0m/s²者對聽力有顯著的影響，其在高頻率的聽力損失 β 值為5.9在低頻率的聽力損失 β 值為

3.4(表7)。戴耳機聽隨身聽的習慣，與平日經常到舞廳、保齡球館、卡拉OK店或電玩、小鋼珠店等吵雜場所不管是在低頻率或高頻率的聽力都沒有顯著的差異。噪音與工作年資的交互作用經檢定後並未達統計上的顯著意義，因此未列入最後的分析模式中。

以行政院衛生署職業性聽力損傷通報標準：於任一耳0.5K、1K、2K、4KHz之平均聽力損失達三十分貝或以上，或4KHz的聽力損失達40分貝或以上者為聽力損傷之標準，有194位(27.8%)出現聽力損傷之情形。將年齡、工作年資、性別、噪音、振動、抽煙、喝酒等變項以邏輯迴歸模式來分析。表8的結果顯示：工作年資分組、性別與喝酒習慣對是否會造成聽力損傷沒有顯著的差異。在50歲以上者聽力損傷的危險性為35歲以下者的18.29倍(95% CI：6.72-49.78)，而35至49歲者聽力損傷的危險性為35

歲以下者的2.73倍(95% CI: 1.52–4.90)。噪音暴露是造成聽力損傷的最重要因素，高噪音環境下(>90分貝)造成聽力損傷的危險性是低噪音環境(<85分貝)的32.65倍(95% CI: 13.05–81.69)，而中等噪音環境(85–89分貝)造成聽力損傷的危險性是7.92倍(95% CI: 4.44–14.13)。在控制年齡，噪音等因素的情況下，高振動環境(>5.0m/s²)造成聽力損傷的危險性是低振動環境(<3.0m/s²)的2.77倍(95% CI: 1.31–5.83)。

討論

從聽力檢測的結果可以發現已經有27.7%的員工出現符合衛生署檢疫總所有關聽力損傷通報標準的情形，顯見員工因工作場所噪音出現聽力障礙的嚴重性，這些聽力損傷個案有66%仍在噪音的環境下工作，從問卷資料顯示這些聽力損傷尚屬早期的聽力損傷，僅有五分之一會影響正常交談。目前員工自覺聽力狀況變差的情況(78%)遠超過聽力損傷通報標準的比率，顯見應將通報標準更降低，工廠若能定期實施聽力檢查，除了能監測聽力的變化作為改善工作環境的參考外，更能讓員工瞭解實際情形，增加工作滿意度。

本研究顯示工作年資十年以下的其4KHz的聽力損失值在25分貝左右，工作年資在10–19年者在31分貝，20年以上者為37分貝，顯示隨著暴露年資的增加，聽力損失也隨之增加的趨勢。然而在控制其他變項之下，從多變項迴歸分析及邏輯迴歸分析結果看來，並未達統計上的差異，可能是噪音及振動的影響太大，使得工作年資的效應變得不明顯；年齡老化導致之聽力損失以中高頻率的損失較為明顯[14]，年齡老化的因素也使得工作年資的效應變得不明顯。年齡與工作年資的皮爾森相關係數為0.4(遠小於0.7)，因此並不考慮其共線性的問題。

工作中的噪音暴露造成之聽力損失在文獻上已多所論述。振動本身也會產生噪音影響聽力，然振動本身產生的物理效應是否對聽力損失也有影響值得重視。本研究結果顯示在中、高噪音的環境下，比起在法定85分貝標準以下的環境工作者，其聽力損失值不管在低頻率或高頻率均有顯著的差異，尤其在高頻率的聽力損失更是明顯。而隨著噪音暴露的程度增加，聽力損失的情形愈嚴重，Osibogun A[15]及Stewart M[16]等人亦有相似的報告。而依不同振動暴露情形來

看，高振動者較低振動者亦出現聽力損失有明顯差異的現象，由多變項迴歸分析看來，在控制年齡及噪音等變項之下，在不同頻率的聽力損失值均有顯著增加的現象。而邏輯迴歸分析亦顯示在控制噪音及年齡等變項下，暴露在高振動者出現聽力損傷的危險性為低振動暴露者的2.8倍，顯見振動本身對聽力損失的影響。振動本身造成聽力損失除了噪音之外，振動導致內耳的stria vascularis的收縮使耳蝸部循環障礙而影響聽力也是可能的原因[4]。

員工每天戴耳機聽隨身聽或平日經常到舞廳、保齡球館、卡拉OK店或電玩、小鋼珠店等吵雜場所者雖然不多，且聽力損失的情形並沒有顯著的差異，但是從蘇氏[17]及鄒氏[18]的報告顯示噪音造成聽力喪失的原因除了職業性的因素外，娛樂性的因素也佔有重要的角色，仍然值得注意。

從環境偵測的結果看來，噪音暴露的情形普遍且嚴重，按照我國法規規定，暴露在95分貝以上的環境下每日不能超過4小時，暴露在100分貝以上的環境下，每日不能超過2小時。然而，實際上勞工暴露於噪音的工作時數，常常大於上述之容許時間。因此，強迫勞工佩戴有效之耳塞、耳罩等噪音防護具為當務之急。從問卷調查資料得悉，絕大部份員工(98%)都擁有自用的防護具，但僅有一半的員工是經常或整天佩戴耳塞或耳罩，其可能原因是戴了以後會有不舒服，皮膚癢的感覺(49%)，另有62%的人認為會影響交談。這種情況可能間接影響溝通及造成人際關係的疏離，甚至聽不到危險的警報聲，值得注意。

振動工具的使用在航太工業非常普遍，振動性工具容易產生噪音，引起暫時性聽力閾值的改變，甚至影響視力及血液流體動力學的改變。在本研究中並未出現有振動白指症(vibration white finger)的現象。從所使用振動工具的檢測看來，X、Y、Z軸的振動加速度值大多在4m/s²以下，而暴露的時間每天均在4小時以內，並未超過ACGIH[19]所建議的閾限值(threshold limit value, TLV)。因此，表現出來的效應以聽力損傷為主，並未有明顯的振動白指症。

參考文獻

1. Dunn DE, Marenberg ME. Noise. In: Rosenstock L, Cullen MR, eds. Textbook of Clinical

- Occupational and Environmental Medicine. Philadelphia WB Saunders Co, 1995:673-80.
2. 行政院衛生署檢疫總所。聽力損失通報系統。台北：衛生署，1995。
 3. Pekkarinen J. Noise, impulse noise, and other physical factors: combined effects on hearing. [Review] *Occup Med* 1995;10:545-59.
 4. Pyykko I, Farkkila M, Inaba R, et al. Effect of hand-arm vibration on inner ear and cardiac function in man. *Nagoya J Med Sci* 1994;57 (Suppl):113-9.
 5. Iki M. Vibration-induced white finger as a risk factor for hearing loss and postural instability. *Nagoya J Med Sci* 1994;57(Suppl):137-45.
 6. Okada A, Miyake H, Yamamura K, et al. Temporal hearing loss induced by noise and vibration. *J Acoust Soc Am* 1972;51:1240-8.
 7. Seidel H, Harazin B, Pavlas K, et al. Isolated and combined effects of prolonged exposures to noise and whole-body vibration on hearing, vision and strain. *Int Arch Occup Environ Health* 1988;61:95-106.
 8. Yokoyama T, Osako S, Yamamoto K. Temporal threshold shifts produced by exposure to vibration, noise, and vibration-plus-noise. *Acta Otolaryngol* 1974;78:207-12.
 9. ISO 5349, 1972: Guidelines for the Measurement and Assessment of Human Exposure to Hand-Transmitted Vibration.
 10. American National Standards Institute. Maximum Permissible Ambient Noise Levels for Audiometric Test Rooms. (ANSI S3.1-1991). New York: ANSI.
 11. 勞工安全衛生研究所。勞工聽力保護計劃指引。台北：行政院勞委會，1997。
 12. 陳秋蓉，潘致弘，吳雨圭，等。勞工健檢聽力檢查指引之建立。 *勞工安全衛生研究季刊* 1997;5:73-88。
 13. Occupational Safety and Health Administration: Occupational exposure to ethylene oxide. Proposed rule and notice of hearing. *Fed Regist* 1983;48:17284-319.
 14. Gates GA, Schmid P, Kujawa SG, et al. Longitudinal threshold changes in older men with audiometric notches. *Hear Res* 2000;141: 220-8.
 15. Osibogun A, Igweze IA, Adeniran LO. Noise-induced hearing loss among textile workers in Lagos metropolis. *Niger Postgrad Med J* 2000;7:104-11.
 16. Stewart M, Konkle DF, Simpson TH. The effect of recreational gunfire noise on hearing in workers exposed to occupational noise. *Ear Nose Throat J* 2001;80:32-4.
 17. 蘇明川，楊怡和。聽性外傷與噪音性聽力損失。 *中耳醫誌* 1994;29:159-63。
 18. 鄒繼群，楊怡和。娛樂性活動與聽力損失。 *中耳醫誌* 1998;33:508-12。
 19. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH. 1996.

Combined Effect of Noise and Vibration on Hearing Loss of Aircraft Assembly Workers

Chiu-Shong Liu, Chih-Jaan Tai¹, Jim-Shoung Lai²

Department of Family Medicine and ¹Department of Otolaryngology, China Medical College Hospital; ²Institute of Environmental Medicine, China Medical College, Taichung, Taiwan, R.O.C.

Background. Hearing loss is a well documented occupational disorder among workers exposed to excessive vibration and noise levels greater than 85 dB. In many industries, the hazards of noise and vibration usually co-exist. The purpose of this study was to assess the exposure of noise and vibration in the aerospace industry and to investigate the combined effects of noise and vibration on hearing loss.

Methods. We conducted a cross-sectional study of employees working at an aircraft assembly factory in October 1998. The 1002 participants were divided into 3 groups according to the kinds of exposure: (a) noise and vibration (548), (b) noise only (332), (c) no exposure (122). Past medical history, occupational history and other factors which might affect hearing were recalled by questionnaire. Noise sound levels and vibration were assessed by standard methods in the workplace. The hearing threshold was measured by pure tone audiometry, and the methods used for statistical analysis included Chi-square, ANOVA, multiple regression analysis and logistic regression with the aid of an SAS package.

Results. The equivalent sound level (Leq) at various working places ranged from 82 to 108 dBA while the maximum sound level ranged from 86 to 130 dBA. A total of 194 (27.8%) subjects were diagnosed as having hearing impairments. Hearing loss at high frequencies (4K, 6K Hz) was considerably greater than that at low frequencies (0.5K, 1K, 2K Hz). After adjusting for age and sex, the risk of hearing impairment due to exposure to high noise levels (> 90 dB) and medium noise levels (85–90 dB) were 32.6 (95% CI: 13.0–81.7) and 7.9 (95% CI: 4.4–14.3) respectively. The risk of hearing impairment due to exposure to high vibration levels was 2.8 (95% CI: 1.3–5.8) compared with the low vibration level group.

Conclusions. The noisy environment of the aerospace industry is relatively severe. However, the vibration levels at the studied factory is still below the ACGIH recommended levels. The prevalence of hearing loss among the workers in our study was 28%. Control of the noise and vibration levels is necessary in order to prevent further health damage. (Mid Taiwan J Med 2001;6:147-56)

Key words

hearing impairment, noise, vibration

Received : February 14, 2001.

Revised : April 24, 2001.

Accepted : June 23, 2001.

Address reprint requests to : Chiu-Shong Liu, Department of Family Medicine, China Medical College Hospital, No 2, Yuh-Der Road, Taichung 404, Taiwan, R.O.C.