



營區內噪音及有機溶劑暴露 對官兵聽力損失影響之探討 ——以空軍聯隊為例

提要

邱魏順鑫、黃勝東

- 一、國內研究結果顯示，飛機修護屬於職場高噪音作業環境場所，在此高噪音環境工作下之官兵的確有顯著的聽力損失情況，近年來，有關聽力損失危害的研究已朝向噪音與有機溶劑暴露一併探討。過去已經有文獻指出，暴露於有機溶劑的作業環境中會與暴露噪音一樣引起聽力損失，而且許多的化學物質已經被證實為聽力毒性物質。
- 二、根據行政院勞工委員會資料顯示，飛機修護普遍使用的有機溶劑最常見的兩種分別為正己烷與丁酮。然而，至今尚未有官兵單純暴露正己烷或丁酮對聽力系統所造成的影響研究或調查。本研究的目的為：探討營區內噪音及有機溶劑暴露對官兵聽力損失影響。
- 三、由本研究發現，職業噪音及有機溶劑危害確實存在於飛機修護官兵，在工作時減少噪音、有機溶劑接觸與配帶相關防護裝備實為保護該工作之官兵主要的建設；另外，建議暴露於有機溶劑環境中的官兵也要納入聽力保護計畫內實施各項聽力保護措施。

關鍵詞：噪音、有機溶劑、聽力損失、正己烷、丁酮

壹、前言

航太工業屬於「附加價值高、產業關聯大、能源消耗低、公共危害低」的產業，已列為我國策略性十大新興工業之一，其中尤以飛機的修護測試及航空器的精密零組件製造，更是我國發展航太工業最具優勢與競爭之領域¹。目前我國直接從事飛機修護、製造之人力大約有上萬人²，因此飛機修護官兵的安全衛生問題將是未來值得注意的議題。

國內有研究結果顯示，飛機修護屬於職場高噪音作業環境場所，例如：航機起降、各種機體修護工作及地面試車等，在此高噪音作業環境工作下的確有比較顯著的聽力損失情況³。因此，噪音對官兵所造成健康上的危

害已經是營區內必須加以重視及關注的職業傷害，尤其是飛機修護。長期暴露於噪音的環境中會對人體健康造成許多不良的影響，生理上的影響包括聽力損失、失眠、加速脈搏跳動、血壓及肌肉緊張、注意力無法集中等；心理上的影響包括心理壓力增加、煩躁、驚恐等⁴。其中聽力損失危害是工業國家所有職業最重要也是最關心的問題^{5、6、7}，這亦是工業上最盛行的職業疾病之一。根據勞工安全衛生研究所於1999年對於從事噪音作業勞工聽力閾值監視系統的調查發現，有28.3%的勞工聽力損失介於30至40分貝之間，甚至有15.8%的勞工聽力損失達到45分貝以上⁸。噪音是一種職業上顯著性的危害，當作業場所8小時噪音暴露量超過85dB (decibel, dB)

- 1 臺灣區航太工業同業公會，「公會簡介」，<http://www.taia.org.tw/>，民國102年6月20日。
- 2 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，航太工業除漆及噴漆作業有機溶劑暴露評估技術手冊，臺北，民國92年2月。
- 3 Wu TN, Liou SH, Shen CY et al. Surveillance of noise-induced hearing loss in Taiwan, ROC: a report of the PRESS-NHL results. *Preventive Medicine* 1998; 27: 65-9.
- 4 Passchier WF, Passchier-Vermeer W et al. Noise exposure and public health. *Environmental Health Perspectives* 2000; 108 Suppl 1: 123-31.
- 5 Neitzel R, Seixas NS, Camp J et al. An assessment of occupational noise exposures in four construction trades. *American Industrial Hygiene Association Journal* 1999; 60: 807-17.
- 6 May JJ. Occupational hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine* 2000; 37: 112-20.
- 7 Palmer KT, Griffin MJ, Syddall HE et al. Occupational exposure to noise and the attributable burden of hearing difficulties in Great Britain. *Occupational & Environmental Medicine* 2002; 59: 634-9.
- 8 張淑如、陳秋蓉、邱士剛、宋鴻樟，紡織業勞工聽力損失評估研究，勞工安全衛生研究季刊，第11卷第3期，民國92年9月，第169-178。

時，會對作業勞工之聽力造成顯著性的危害⁹。勞工健康保護規則第二條也提到：「噪音在85分貝以上之作業為特別危害健康作業，會對勞工聽力造成傷害」，美國國家環境職業研究所規定，勞工在90分貝的作業環境下暴露不可持續超過8小時，95分貝則不可超過4小時，否則100%會有聽力損傷的危險。長期或過量的噪音暴露，會直接傷害耳蝸內可蒂氏體 (organ of Corti) 內的外毛細胞 (outer hair cells) 與立體纖毛 (stereocilia)，導致損傷退化，進而造成聽力損失¹⁰。尤其以聽覺4k Hz處附近開始發生且損失最為嚴重¹¹。國外研究調查發現，2001年在希臘認定罹患職業聽力損失危害當中有10%可歸因於職場

工作環境中噪音的暴露所引起¹²。1998年Hong等人針對韓國漢城機場進行研究，結果發現噪音暴露組之聽力損失比率顯著高於對照組¹³。

近年來，有關聽力損失危害的研究已朝向有機溶劑暴露對聽力損失的影響。飛機維護中普遍使用的有機溶劑，其中有大部分均為我國勞工安全衛生法規中指定之有害物¹⁴，如飛機之除漆、噴漆、零組件清洗及燃油清潔作業等。根據研究顯示，許多的化學物質已經被證實為聽力毒性物質¹⁵。也有研究指出，暴露於有機溶劑的作業環境中會與暴露噪音一樣引起聽力損失¹⁶。2006年Rabinowitz等學者針對美國一家鋁工廠工人進行調查，

- 9 陳秋蓉，飛機維修作業勞工健康情形調查，行政院勞工委員會勞工安全研究所http://www.iosh.gov.tw/book/Report_Publish.aspx?PID=650&UID=F989，民國102年6月20日。
- 10 Prasher D. New strategies for prevention and treatment of noise-induced hearing loss. *Lancet* 1998; 352: 1240-2.
- 11 杜宗陽，職業性聽力障礙，順風耳19期http://homepage.vghtpe.gov.tw/~ent/journal/journal_19.htm#Tu，民國102年6月20日。
- 12 Alexopoulos CG, Rachiotis G, Valassi M et al. Under-registration of occupational diseases: the Greek case.[erratum appears in *Occup Med (Lond)*. 2005 Mar;55(2):160 Note: Alexopoulos, CG [corrected to Alexopoulos, CG]]. *Occupational Medicine (Oxford)* 2005; 55: 64-5.
- 13 Hong OS, Chen SP, Conrad KM et al. Noise induced hearing loss among male airport workers in Korea. *AAOHN Journal* 1998; 46: 67-75.
- 14 同註2。
- 15 Morata TC, Fiorini AC, Fischer FM et al. Toluene-induced hearing loss among rotogravure printing workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1997; 23: 289-98.
- 16 Axelsson A, Barregard L et al. Is there an ototraumatic interaction between noise and solvents? *Scandinavian Audiology* 1984; 13: 151-5.

結果顯示多種混合溶劑暴露(甲苯、二甲苯、丁酮)會增加1.87倍罹患高頻聽力損失的危險¹⁷。有機溶劑已經知道是一項危害物質,最大的特性是容易揮發,它能引起人體中樞¹⁸和週邊¹⁹神經系統的危害,這意味著它能傷害耳蝸的感官細胞和週邊神經末梢,而且會影響腦部聽覺神經傳導的路徑²⁰。飛機修護工作的環境經常會接觸到有機溶劑,當中最常見的兩種有機溶劑分別為正己烷與丁酮。

正己烷在工業上是一種很好用且用途廣泛的溶劑及黏膠,容易經由呼吸道及皮膚進入人體。在飛機修護工作中常被用來當做除漆或清潔劑使用。勞工在高濃度暴露之下,會造成中樞與周圍神經病變;長期暴露於正己烷100ppm濃度的作業環境下,亦會引起不等程度的神經傷害。1960年代末期,在日本已有因正己烷暴露而引起週邊神經病變

(peripheral neuropathies)的案例發生;而美國第一個與正己烷有關聯的神經毒性疾病則在1970年代初出現。而臺灣的印刷業在1983年12月到1985年2月間,也爆發了正己烷中毒而引起的多發性神經病變,製球業也在1986年發生多發性神經病變的病例²¹。過去有研究指出,暴露於多種混合溶劑,包括:正己烷、甲苯、二甲苯的工人中,發現有聽力及中樞神經系統損傷的危害²²,但是尚未有官兵在作業場所單純暴露正己烷對聽力系統所造成的影響研究或調查。

丁酮也是國內工業界常用之溶劑,具有高揮發性,在飛機修護的工作中常使用於零組件清洗作業及噴射燃油清潔。暴露於100~200ppm丁酮的作業環境中會對眼睛、鼻子、喉嚨等黏膜造成刺激,高濃度暴露則會引起皮膚炎;長期暴露則會抑制中樞神經系

-
- 17 Rabinowitz PM, Galusha D, Slade MD et al. Organic solvent exposure and hearing loss in a cohort of aluminium workers.[see comment]. *Occupational & Environmental Medicine* 2008; 65: 230-5.
 - 18 Juntunen J, Hupli V, Hernberg S et al. Neurological picture of organic solvent poisoning in industry. A retrospective clinical study of 37 patients. *International Archives of Occupational & Environmental Health* 1980; 46: 219-31.
 - 19 Spencer PS, Schaumburg HH et al. The neurology and neuropathology of the occupational neuropathies. *Journal of Occupational Medicine* 1976; 18: 739-42.
 - 20 Fechter LD, Liu Y, Herr DW et al. Trichloroethylene ototoxicity: evidence for a cochlear origin. *Toxicological Sciences* 1998; 42: 28-35.
 - 21 葛謹,正己烷中毒之預防, <http://www.pcc.vghtpe.gov.tw/old/docms/30604.htm>,民國102年6月20日。
 - 22 Odkvist LM, Arlinger SD, Edling C et al. Audiological and vestibulo-oculomotor findings in workers exposed to solvents and jet fuel. *Scandinavian Audiology* 1987; 16: 75-81.

統，引起神經組織的中度麻醉、意識不明和精神錯亂等現象²³。但是目前對於丁酮暴露引起聽力系統的影響仍未有相關的研究。

目前國內有關飛機修護常見有機溶劑暴露對官兵聽力損失所造成影響之相關研究極少，且國外相關之研究報告亦不多見，尤其在工業上廣泛使用的正己烷與丁酮兩種有機溶劑與噪音暴露，對於人類聽力損失的交互作用影響之研究更是稀有。飛機修護任務有其特殊性與專一性，修護官兵需接受長期相關專業訓練，所費不貲，如果因噪音或有機溶劑暴露導致聽力受損，將無法發揮應有專業維修能力，降低整個修護過程的安全與品質，嚴重危及飛行安全，影響甚鉅。因此，本研究欲以空軍聯隊修護官兵為研究對象，探討官兵暴露噪音和有機溶劑情況下可能造成之聽力損失進行研究評估，最後針對研究結果提供適當防護措施建議，以確保人員健康。

貳、本文

一、研究對象

本研究選自空軍聯隊男性工作人員共153人作為研究對象，其中飛機修護官兵105人，行政人員48人。在官兵的選擇上有幾項依據：未有中耳相關病史及鼓膜異常或損傷之情形。首先針對該聯隊作業環境作全面性的現

地訪查瞭解，收集官兵每日工作內容及各工廠有機溶劑使用種類、頻率、消耗量資料，並實施作業場所噪音暴露劑量測量及問卷調查，再依據官兵個別噪音與有機溶劑暴露的情況，分為單純噪音暴露組45人、單純正己烷暴露組37人、單純丁酮暴露組23人、對照組48人共4組。

二、問卷調查

研究對象均接受問卷調查(如附錄)，內容包括：基本資料、工作類別、工作年資、職業暴露史、健康史、抽菸、飲酒習慣、輪班頻率與防音防護具使用情況等。利用問卷調查來初步瞭解及判斷研究對象的噪音、有機溶劑暴露情形和醫藥、聽覺功能病史及官兵工作防護狀況、生活習慣等資訊。問卷通過人體試驗委員會審查並核發同意書，編號DMR97-IRB-179，且研究對象均知情同意並簽署同意書。

三、使用材料與評估作為

(一)噪音暴露評估

1.作業環境區域測定

噪音測定之目的在於評估、預測及控制噪音，將各作業場所等間距離畫橫縱線，於其交點且離地面150公分高度進行測定，將測定結果畫出作業場所之噪音分布圖，進一步表示作業場所內不同噪音區域的音壓級，藉以瞭解噪音之分布情形，區分官兵噪音暴露的狀況。而且針對各作業場所8小時不同工

23 周瑞淑，丁酮暴露生物偵測技術研究，勞工安全衛生簡訊，第32期，民國87年12月。

作內容與時間進行調查並加以測量音壓級，將官兵各作業點之音壓級與作業時間加權計算，求得官兵作業時間之噪音暴露劑量。儀器時間加權設定選擇快動特性，頻率加權設定選擇A權衡電網，測定地點需注意不能有遮蔽音源的物體阻隔而影響測量結果的準確性。

2.作業場所噪音暴露界定

根據勞工安全衛生設施規則第300條規定，勞工工作日暴露於二種以上之連續性或間歇性音壓級之噪音時，其暴露劑量之計算方法為：

$$\frac{\text{第一種噪音音壓級之暴露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許暴露時間}} + \frac{\text{第二種噪音音壓級之暴露時間}}{\text{該噪音音壓級對應容許暴露時間}} + \dots = 1$$

其和大於1時，即超過暴露劑量。本研究請單位提供官兵每日工作內容及其相關工作暴露時間，並使用此計算方法，將各作業場所每日不同工作暴露時間及所測量之噪音暴露劑量對應容許暴露時間帶入換算，所得分數則作為該作業場所噪音暴露有無分組之依據。

(二)有機溶劑暴露評估

研究對象的工作環境均為開放式飛機修護工廠，工作環境是屬於室內之停機坪（機棚），通風性高不易進行環境採樣。針對各工廠官兵作業中所使用之所有化學品實施現地訪查，並利用問卷調查及工廠提供之官兵每日工作內容紀錄，確認使用之有機溶劑種類單純（純度高達90%以上之正己烷、丁酮），

各工廠官兵作業中使用有機溶劑（正己烷、丁酮）的時間、頻率、種類均遵照標準作業程序及步驟執行，有機溶劑（正己烷、丁酮）暴露項目明確且穩定。調查結果作為該作業場所所有有機溶劑（正己烷、丁酮）暴露有無分組之依據。

(三)聽力檢查測定

官兵在進行聽力檢查之前均依規定停止噪音暴露至少14小時，聽力檢查測定皆使用國軍醫院標準的聽力檢查室，並且由醫院醫師先行實施耳道理學檢查，如有耳垢阻塞耳道，清除後再執行純音聽力檢查。參考行政

院勞工委員會勞工安全衛生研究所建立的通則，檢查前對受測官兵實施操作程序指導，將

紅色的耳機戴於右耳，藍色於左耳，假如兩耳聽力不同，先測好耳；否則先測右耳，再測左耳，標準測量順序為1k、2k、3k、4k、6k、8k、0.5k Hz頻率，測量其聽力閾值數(dB)。

(四)聽力異常判定

由醫院醫師依據行政院衛生署國民健康局「特別危害健康作業健康檢查指引」執行官兵聽力異常結果判定，判定標準如下：

- 1.任一音頻聽力閾值 ≥ 25 分貝
- 2.(0.5k Hz+1k Hz+2k Hz)/3 ≥ 25 分貝

又94年2月勞工健康保護規則第8次修訂，將聽力健康檢查結果管理分級由原本的三級管理修改為四級管理：

1. 第三級管理：特殊健康檢查或健康追

蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師綜合判定為異常，且可能與職業原因有關者。

2. 第四級管理：特殊健康檢查或健康追蹤檢查結果，部分或全部項目異常，經醫師綜合判定為異常，且與職業原因有關者。

因此，聽力異常人員進一步經醫師綜合判定為第三、四級管理者，作為本研究聽力損失人員。

(五)統計方法

所有數據採用 Statistica 6.0 for Windows 統計套裝軟體進行分析，利用平均值、標準差、中位數、最大值、最小值、95%信賴區間與百分比對所有研究樣本的基本資料、問卷內容、右耳與左耳各頻率之聽力閾值分別進行描述性分析探討。針對檢定變項是否為常態分佈採用 Shapiro-Wilk's W test 統計方法進行檢定。在常態分佈下，以 one-way ANOVA 統計方法，檢定聽力損失閾值在各暴露組別之間是否有統計上顯著性差異，再以 Tukey unequal N test 事後檢定方法來分析判斷兩兩組別間之差異情況。以卡方檢定統計方法，檢定聽力損失人數在各暴露組別之間是否有統計上顯著性差異。

四、結果

(一)暴露描述

本研究以空軍聯隊飛機修護男性官兵做為研究對象，依據其工作內容區分為以下三

組不同之暴露分組，分述如下：

1. 單純噪音暴露組：從事各型空用地面動力裝備（氣源車、電源車、液壓車、氣電源車等）試車、維修工作或發動機檢試作業。
2. 單純正己烷暴露組：從事飛機機體及各項零組件油漬清潔工作。
3. 單純丁酮暴露組：從事飛機零組件除漆、防銹處理及清洗工作。

(二)噪音暴露評估

針對官兵的暴露項目進行作業場所（噪音工廠、正己烷工廠、丁酮工廠、行政大樓共計4個）區域噪音採樣測定。本研究噪音工廠採樣36個點，最高音壓級達115dBA（decibel A權網，dBA），工廠內官兵8小時時量平均音壓級為89.4dBA，工作日暴露劑量已超出容許暴露劑量（暴露劑量和為6）；正己烷工廠採樣24個點，最高音壓級76dBA，工廠內官兵8小時時量平均音壓級為72.1dBA；丁酮工廠採樣28個點，最高音壓級78dBA，工廠內官兵8小時時量平均音壓級為74.1dBA；行政大樓採樣20個點，最高音壓級72dBA，官兵8小時時量平均音壓級為62dBA（如表一）。

(三)官兵基本資料：如表二

1.單純暴露

飛機修護工廠官兵單純暴露三組間基本資料比較，在年齡部分，單純噪音暴露組30.9歲，單純正己烷暴露組28.6歲，單純丁酮暴露組33歲，三組年齡有顯著不同（ $p=0.038$ ），

表一 官兵作業場所噪音暴露評估結果

工廠類型	採樣點數	噪音						
		平均	標準差	中位數	最小	最大	8小時時量	日暴露劑量
噪音	36	80.11	26.72	81	50	115	89.40	6
正己烷	24	57.00	10.90	54	46	76	72.10	<1
丁酮	28	63.46	9.68	64	52	78	74.10	<1
行政大樓	20	61.90	5.85	63	52	72	62.00	<1

表二 官兵單純暴露與對照組基本資料比較

character	group	N	Mean (SD)	Median	Min	Max	p-value (噪、正、丁)	p-value
年齡(y)	噪音	45	30.9(6.6)	30.0	24.0	59.0	0.038*	0.020*
	正己烷	37	28.6(5.7)	28.0	21.0	45.0		
	丁酮	23	33.0(7.0)	32.0	24.0	55.0		
	對照組	48	29.2(4.0)	28.5	23.0	42.0		
年資(y)	噪音	45	13.0(6.0)	13.0	2.0	32.0	0.070	0.030*
	正己烷	37	10.6(7.6)	8.0	1.0	30.0		
	丁酮	23	14.6(6.4)	14.0	6.0	36.0		
	對照組	48	10.8(4.6)	10.0	4.0	23.0		
身體質量指數 (BMI)	噪音	45	26.0(3.6)	26.0	18.3	32.5	0.103	0.177
	正己烷	37	24.4(3.5)	24.3	17.7	31.8		
	丁酮	23	24.5(3.1)	24.2	17.1	31.2		
	對照組	48	25.0(3.1)	25.3	16.7	32.1		
暴露時間	噪音	45	5.9(1.5)	6.0	2.0	9.0	0.430	0.001*
	正己烷	37	5.6(1.6)	6.0	3.0	10.0		
	丁酮	23	5.4(1.6)	5.0	3.0	8.0		
	對照組	48	0	0	0	0		
One-way ANOVA test * P<0.05								

以單純丁酮暴露組為最高，單純正己烷暴露組為最低。工作年資部分，單純噪音暴露組13年，單純正己烷暴露組10.6年，單純丁酮暴露組14.6年，三組年資無顯著差異。身體質量指數(BMI)部分，單純噪音暴露組 25.9kg/m^2 ，單純正己烷暴露組 24.4kg/m^2 ，單純丁酮暴露組 24.5kg/m^2 ，三組身體質量指數無顯著差異。暴露時間部分，單純噪音暴露組5.9小時，單純正己烷暴露組5.6小時，單純丁酮暴露組5.4小時，三組暴露時間無顯著不同。

2.對照組

由飛機修護官兵單純暴露與非暴露基本資料比較，在年齡部分，非暴露組29.2歲，與單純暴露間有顯著不同($p=0.020$)。工作年資部分，非暴露組年資為10.8年，與單純暴露間有顯著不同($p=0.030$)。身體質量指數(BMI)部分，非暴露組 25kg/m^2 ，與單純暴露間無顯著不同。

(四)官兵生活習慣：如表三

1.單純暴露

飛機修護工廠官兵單純暴露三組間生活習慣比較，有抽菸習慣部分，以單純噪音暴露組為最高(27/45, 60.0%)，單純正己烷暴露組最低(16/37, 43.2%)，三組抽菸習慣無顯著不同。有飲酒習慣部分，以單純噪音暴露組為最高(24/45, 53.3%)，單純正己烷暴露組最低(14/37, 37.8%)，三組飲酒習慣無顯著不同。有嚼檳榔習慣部分，以單純噪音暴露組為最高(12/45, 26.7%)，單純正己烷暴露組最低(6/37, 16.2%)，三組嚼檳榔習慣無顯著不同。

2.對照組

飛機修護官兵單純暴露與非暴露基本資料比較，有抽菸習慣部分，非暴露組15人(15/48, 31.3%)，與單純暴露間有顯著不同($p=0.03$)。有飲酒習慣部分，非暴露組14

表三 官兵單純暴露與對照組比較-生活習慣

Character	對照組(48)	噪音(45)	正己烷(37)	丁酮(23)	p-value (含control)	p-value
抽菸情形					0.03*	0.30
是(%)	15 (31.3%)	27 (60.0%)	16 (43.2%)	13 (56.5%)		
否(%)	33 (68.7%)	18 (40.0%)	21 (56.8%)	10 (43.5%)		
喝酒情形					0.08	0.33
是(%)	14 (29.2%)	24 (53.3%)	14 (37.8%)	12 (52.2%)		
否(%)	34 (70.8%)	21 (46.7%)	23 (62.2%)	11 (47.8%)		
嚼食檳榔情形					0.01*	0.52
是(%)	1 (2.1%)	12 (26.7%)	6 (16.2%)	5 (21.7%)		
否(%)	47 (97.9%)	33 (73.3%)	31 (83.8%)	18 (78.3%)		
※Chi-Square test * $P<0.05$						

人(14/48, 29.2%)，與單純暴露間無顯著不同。有嚼檳榔習慣部分，非暴露組1人(1/48, 2.1%)，與單純暴露間有顯著不同($p=0.01$)。

(五)防護具使用：如表四

飛機修護官兵單純暴露三組間防護具使用比較，在口罩防護上，使用的是雙罐半面式防毒口罩，以單純丁酮暴露組為最高(20/23, 87.0%)，三組口罩使用有顯著不同($p=0.001$)，其中單純正己烷暴露組與單純丁酮暴露組二組間無顯著不同。手套防護上，使用的是耐酸鹼橡膠手套，以單純丁酮暴露組為最高(17/23, 74.0%)，單純噪音暴露組最低(7/45, 15.6%)，三組手套使用有顯著不同($p=0.001$)，其中單純正己烷暴露組與單純丁酮暴露組二組間無顯著不同。耳塞防護上，使用的是耳罩加上3M耳塞，單純噪音暴露組使用耳塞有36人(佔80.0%)。

(六)飛機修護官兵單純噪音及有機溶劑暴

露，與非暴露官兵在聽力損失情況之比較

針對四組官兵實施左、右耳0.5k、1k、2k、3k、4k、6k、8k Hz頻率純音氣導聽力檢查，測量其原始聽力閾值並進行統計分析(如表五)，單純噪音暴露組、單純正己烷暴露組、單純丁酮暴露組三組左、右耳在各頻率之平均聽力閾值均顯著高於非暴露組，達統計上顯著差異，顯示三組左、右耳在各頻率均有聽力受損情形。

由於年齡因素導致的聽力損失是永久性的，將原始聽力閾值利用男性聽力常模表²⁴進行修正，表六即為扣除年齡老化因素之後，由職業暴露(噪音、有機溶劑)及其他影響因素所導致的聽力損失。結果顯示單純噪音暴露組左、右耳聽力損失介於3.1~9.0分貝；單純正己烷暴露組左、右耳聽力損失介於3.8~11.8分貝；單純丁酮暴露組左、右耳聽力損失介於2.8~8.8分貝，三組左、右耳在各頻率之聽力

表四 官兵單純暴露比較-防護具使用

Character	噪音 (45)	正己烷 (37)	丁酮 (23)	p-value	p-value (正己烷、丁酮)
口罩防護				0.001*	0.060
有 (%)	0 (0%)	24 (65.0%)	20 (87.0%)		
否 (%)	45 (100%)	13 (35.0%)	3 (13.0%)		
手套防護				0.001*	0.940
有 (%)	7 (15.6%)	27 (73.0%)	17 (74.0%)		
否 (%)	38 (84.4%)	10 (27.0%)	6 (26.0%)		
耳塞防護				0.001*	
有 (%)	36 (80.0%)	0 (0%)	0 (0%)		
否 (%)	9 (20.0%)	37 (100%)	23 (100%)		
※Chi-Square test *P<0.05					

24 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，勞工聽力常模值手冊，民國89年。

表五 官兵單純暴露與對照組平均聽力閾值關係比較表

	對照組	噪音暴露	正己烷暴露	丁酮暴露	p-value (control)	p-value
樣本數	48	45	37	23		
左耳	平均值±標準差	平均值±標準差	平均值±標準差	平均值±標準差		
0.5K	6.5±2.3	14.8±7.0	15.0±5.1	15.0±5.8	<0.001	0.983
1K	5.5±1.5	12.0±6.0	12.3±5.3	12.4±5.8	<0.001	0.924
2K	5.4±1.4	9.4±5.2	11.8±6.0	10.7±7.4	<0.001	0.231
3K	5.3±1.2	11.1±7.9	12.6±7.9	12.8±9.7	<0.001	0.635
4K	5.8±2.4	13.1±9.0	15.2±9.8	15.4±11.7	<0.001	0.590
6K	6.5±2.5	16.6±11.5	17.4±12.2	16.0±15.0	<0.001	0.890
8K	6.9±2.4	14.3±13.0	16.8±15.5	16.7±14.7	0.006	0.693
平均	6.0±1.3	13.0±6.1	14.4±6.7	14.1±8.3	<0.001	0.644
低頻平均 (0.5+1K+2K)	5.8±1.2	12.0±5.3	13.0±4.6	12.7±5.3	<0.001	0.674
高頻平均 (3K+4K+6K)	5.9±1.6	13.6±8.0	15.0±9.0	14.7±11.0	<0.001	0.770
右耳						
0.5K	6.4±2.2	17.0±12.1	16.5±6.0	17.6±5.6	<0.001	0.900
1K	5.4±1.4	14.0±12.0	15.7±6.9	14.3±5.9	<0.001	0.680
2K	5.0±0	11.2±10.5	10.1±5.7	9.3±4.6	<0.001	0.634
3K	5.2±1.0	11.0±11.3	13.0±8.0	11.0±6.3	<0.001	0.570
4K	5.7±2.5	12.6±10.6	14.5±10.5	11.5±9.1	<0.001	0.522
6K	5.8±2.3	15.2±14.0	18.2±12.9	13.0±12.0	<0.001	0.308
8K	7.0±2.9	14.8±14.5	15.1±12.7	15.0±13.1	0.001	0.992
平均	5.8±1.0	13.7±10.9	14.7±6.3	13.1±6.4	<0.001	0.751
低頻平均 (0.5+1K+2K)	5.6±1.0	14.0±11.3	14.1±5.3	13.8±4.2	<0.001	0.988
高頻平均 (3K+4K+6K)	5.6±1.5	13.0±11.1	15.2±9.2	11.8±8.1	<0.001	0.380
One-way ANOVA test						

表六 官兵單純暴露與對照組平均聽力閾值關係比較表(扣除年齡老化因素)

	對照組	噪音暴露	正己烷暴露	丁酮暴露	p-value (control)	p-value
樣本數	48	45	37	23		
左耳	平均值±標準差	平均值±標準差	平均值±標準差	平均值±標準差		
0.5K	0.3±0.7	6.3±6.4	7.0±4.9	6.4±5.1	<0.001	0.847
1K	0	3.6±4.9	3.8±4.6	3.4±4.5	<0.001	0.956
2K	0	3.1±4.6	5.6±5.8	3.8±6.9	<0.001	0.111
3K	0	4.1±6.7	5.5±6.7	5.0±8.4	<0.001	0.657
4K	0	6.3±7.5	8.4±8.9	7.8±10.8	<0.001	0.556
6K	0	8.7±11.1	10.3±11.3	7.3±14.0	<0.001	0.630
8K	0.6±1.1	8.7±12.6	11.8±15.4	10.0±13.8	<0.001	0.575
平均	0.1±0.2	5.8±5.4	7.5±6.3	6.2±7.7	<0.001	0.470
低頻平均 (0.5+1K+2K)	0.1±0.2	4.3±4.6	5.5±4.3	4.5±4.6	<0.001	0.490
高頻平均 (3K+4K+6K)	0	6.4±7.0	8.1±8.0	6.7±10.2	<0.001	0.627
右耳						
0.5K	0.3±0.7	8.6±11.9	8.4±5.6	8.8±4.7	<0.001	0.985
1K	0	5.2±11.4	6.9±6.4	4.7±4.8	<0.001	0.572
2K	0	4.8±10.3	4.2±5.3	2.8±3.6	0.002	0.596
3K	0	4.3±10.7	5.7±7.0	3.0±4.7	0.002	0.485
4K	0	5.8±10.2	8.0±9.5	4.8±6.7	<0.001	0.384
6K	0	7.8±13.2	11.0±11.9	5.0±9.9	<0.001	0.164
8K	0.5±1.0	9.0±14.3	10.1±12.4	8.3±12.0	<0.001	0.875
平均	0.1±0.2	6.5±10.7	7.8±5.7	5.4±5.1	<0.001	0.531
低頻平均 (0.5+1K+2K)	0.1±0.2	6.2±11.0	6.5±5.0	5.4±3.4	<0.001	0.878
高頻平均 (3K+4K+6K)	0	6.0±10.7	8.2±8.4	4.3±6.3	<0.001	0.244
One-way ANOVA test						

損失均顯著高於非暴露組，達統計上顯著差異，顯示三組左、右耳在各頻率均有聽力受損情形。單純噪音暴露組與單純丁酮暴露組在左、右耳均從3k Hz開始產生聽力損失至8k

Hz聽力損失最嚴重，單純正己烷暴露組則在6k Hz聽力損失最嚴重，三組在0.5k Hz也均有聽力損失情形。另外，單純正己烷暴露組左、右耳高頻率(3k+4k+6k)平均之聽力閾值

均高於低頻率(0.5k+1k+2k)平均之聽力閾值，顯示左、右耳在高頻率聽力受損情形均較低頻率嚴重。

單純暴露修護官兵與行政人員因職業因素導致聽力損失情形比較(如表七)，單純噪音暴露組聽力損失人數有15人(盛行率33.3%)，單純正己烷暴露組聽力損失人數有13人(盛行率35.0%)，單純丁酮暴露組聽力損失人數有5人(盛行率21.7%)，非暴露組官兵無聽力損失人員。單純噪音暴露組、單純正己烷暴露組、單純丁酮暴露組三組聽力損失人數均顯著高於非暴露組。另外，三組暴露組以單純噪音暴露組聽力損失人數最多，但單純正己烷暴露組盛行率最高。

針對噪音暴露對於聽力損失影響，控制其他相關影響因子(年資、身體質量指數、抽菸、飲酒習慣及耳塞防護具使用)，結果發現在左、右耳各頻率的聽力損失均與噪音暴露呈統計上顯著正相關，顯示噪音暴露會造成左、右耳各頻率聽力損失，尤其以高頻率(3k、4k、6k、8k Hz)影響最大。

針對正己烷暴露對於聽力損失影響，控

制其他相關影響因子(年資、身體質量指數、抽菸、飲酒習慣及口罩、手套防護具使用)，結果發現在左、右耳各頻率的聽力損失均與正己烷暴露呈統計上顯著正相關，顯示正己烷暴露會造成左、右耳各頻率聽力損失，尤其以右耳高頻率(3k、4k、6k、8k Hz)影響最大。

針對丁酮暴露對於聽力損失影響，控制其他相關影響因子(年資、身體質量指數、抽菸、飲酒習慣及口罩、手套防護具使用)，結果發現除了左耳4k、6k，右耳3k、6k外，各頻率的聽力損失均與丁酮暴露呈統計上顯著正相關，顯示丁酮暴露會造成左、右耳部分頻率聽力損失。

五、討論

本研究飛機修護官兵噪音作業環境之時量平均容許濃度(Time Weighted Average, TWA)介於87dBA~91.2dBA，最大噪音量介於112dBA~130dBA，工作日暴露劑量和達到3.32~6.6，已超出容許暴露劑量。1998年劉等人調查國內某大型航太工業勞工作業場所噪音時量平均容許濃度(TWA)介於89.6 dBA~117.7dBA，最大噪音量介於

表七 官兵單純暴露與對照組聽力損失人數比較

Character	對照組	噪音	正己烷	丁酮	Total
人數	48	45	37	23	153
聽力正常	48 (100%)	30 (66.7%)	24 (65.0%)	18 (78.3%)	120 (78.4%)
聽力損失	0	15 (33.3%)	13 (35.0%)	5 (21.7%)	33 (21.6%)
※Chi-Square test					
噪音、正己烷、丁酮三組間未達統計上顯著差異 p=0.52					

93.9dBA~132.4dBA²⁵；2004年Kim等學者量測韓國機場維修人員作業環境噪音時量平均容許濃度(TWA)介於86.8dBA~89.6dBA²⁶。本研究結果與國內其他研究相似，但是比國外高出許多，並且進一步提供官兵噪音相關作業環境之工作日暴露劑量，深具參考價值，目的在提醒並教育所有官兵，保護聽力除了音量降低外，暴露時間之長短，亦為聽力保護最重要控制因素之一。

官兵聽力損失除了因作業環境職業暴露（噪音、有機溶劑）引起外，是會隨著年齡的增長，聽力隨著變差。所以在聽力損失的探討尚須將年齡所造成的因素加以扣除，才能得到真正因職業暴露而導致的聽力損失值。故本研究均對研究對象之原始聽力閾值利用聽力常模表進行修正，結果發現三組暴露組官兵左、右耳皆有聽力損失情形，且以高頻率（4k、6k、8k Hz）聽力損失最嚴重，在控制

聽力損失相關影響因子後也發現，聽力損失與噪音、正己烷、丁酮暴露有顯著正相關。過去有許多文獻指出，噪音引起的聽力損失以4k、6k Hz的部分較為顯著，在6k Hz產生凹陷也可作為判斷是否為噪音所引起的聽力損失²⁷；而有機溶劑所造成的聽力損失亦從6k Hz附近開始發生²⁸。由上述研究結果顯示，飛機修護官兵之職業環境危害暴露的確會損害聽力。

本研究也發現三組暴露組在0.5k Hz附近也有聽力變差的情況，1992年Clark對噪音性聽力損失的演變指出，職業暴露時間超過了十年，除在4k Hz處的聽力損失會持續增加外，也會影響到較高頻率及較低頻率（0.5k~1k Hz）²⁹。倘若官兵一直持續暴露在噪音、有機溶劑環境下工作超過10年以上，可能會損害到更高頻率或較低頻率，如此便會影響到言語的交談，一直到這個階段，官兵才會

-
- 25 劉秋松、戴志展、賴俊雄，噪音與振動對航太工業員工聽力之影響，*Mid-Taiwan Journal of Medicine*，第6卷第3期，民國90年，第147-156。
- 26 Paik N, Yang S, Kim J, Park H, Ha E, Jung T et al: Combined effects of noise and mixed solvents exposure on the hearing function among workers in the aviation industry. *Industrial Health* 2005, 43(3):567-573.
- 27 吳聰能、莊弘毅、何啟功等，勞工化學因子暴露與聽力損失相關性研究(II)，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，民國92年。
- 28 Morata TC, Dunn DE, Kretschmer LW, Lemasters GK, Keith RW: Effects of occupational exposure to organic solvents and noise on hearing. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health* 1993, 19(4):245-254.
- 29 Hearing loss web, Work and noise induced hearing loss, <http://www.hearinglossweb.com/Medical/Causes/nihl/work/work.htm>.

自我察覺。因此，本研究會有如此的結果，可能與飛機修護官兵工作年資均在10年以上有關。

飛機修護官兵每年定期實施聽力健康檢查，發現聽力嚴重異常官兵（屬於健康管理第四級者）立即調整職務到行政部門工作，因此，本研究飛機修護官兵皆可能為年資較淺與聽力狀況較佳人員，健康工作者效應（healthy worker effects）則會造成人員在聽力損失結果上出現低估的情形。

參、結論與建議

一、職業噪音及有機溶劑危害確實存在於飛機修護官兵作業環境中，在工作時減少噪音及有機溶劑接觸與佩帶相關防護裝備實為保護該工作之官兵主要的建設。

二、本研究發現，官兵暴露正己烷、丁酮會與噪音一樣對聽力系統有損害的影響，建議暴露於有機溶劑環境中的官兵也要納入聽力保護計畫內實施各項聽力保護措施。

三、飛機修護官兵工作年資達10年以上，0.5k Hz附近有聽力變差的情況，針對持續暴露在噪音、有機溶劑環境下的官兵，實施聽力檢查時不只要注意較高頻率聽力損失的程度，更應該注意較低頻率聽力閾值的變化，作為聽力損失惡化早期指標，避免加速官兵聽力健康危害，保護長期暴露於此工作環境之官兵。

四、本研究進一步提供官兵噪音相關作業環境之工作日暴露劑量，深具參考價值，目的在提醒並教育所有作業官兵，保護聽力除了音量降低外，暴露時間之長短，亦為聽力保護最重要控制因素之一。

五、除了上述所提到的聽力保護相關建議外，建立作業環境噪音、有機溶劑暴露量的測量、控制噪音的傳播與有機溶劑的接觸、落實安全衛生教育訓練及定期評估聽力保護計畫的成效亦是重要而且有效降低官兵聽力損失危害的防護措施。

作者簡介

空軍少校邱魏順鑫，國防醫學院公共衛生學系90年班、中國醫藥大學環境醫學研究所98年班、空軍航空技術學院後勤參謀正規班98年班；曾任一般軍醫官、預防醫學官，現任空軍司令部督察長室軍醫組航空生理官。

作者簡介

空軍上校黃勝東，國防醫學院藥學系86年班、國防醫學院藥學研究所88年班；曾任醫務中隊中隊長、衛保室主任、代理軍醫組組長，現任空軍司令部督察長室軍醫組上校軍醫行政官。

附錄

健康狀況問卷調查表

一、基本資料

- 1.姓名：_____
- 2.單位：_____
- 3.身分證字號：_____
- 4.出生日期：民國____年____月____日
- 5.婚姻狀況：☐未婚 ☐已婚
- 6.教育程度：☐小學 ☐國中 ☐高中(職) ☐大專或大專以上

二、工作概況

- 1.請問您入伍日期：民國____年____月____日
- 2.目前從事的工作性質為何？☐修護類 ☐補給類 ☐行政或管理類 ☐其他_____
- 3.何時開始本工作：民國____年____月____日
- 4.每天待辦公室的時間____小時，從事修護時間____小時
- 5.您從事的修護環境是否有以下暴露？(可複選)☐噪音(85分貝以上) ☐有機溶劑(丁酮) ☐有機溶劑(正己烷) ☐飛機燃油 ☐其他_____
- 6.工作時是否戴口罩？☐無 ☐約一半時間 ☐所有時間
- 7.工作時是否戴手套？☐無 ☐約一半時間 ☐所有時間
- 8.工作時是否戴耳塞或耳罩？☐無 ☐約一半時間 ☐所有時間

三、生活習慣

抽菸

- (1) 您有抽菸的習慣嗎？☐有 ☐有，但已戒菸 ☐沒有(跳答第2題)
- (2) 您幾歲開始抽菸____歲
- (3) 平均每天抽幾支____支(1包20支)
- (4) 您戒菸多久____年

2.喝酒

- (1) 您有喝酒的習慣嗎？(每週一天以上)☐有 ☐有，但已戒酒 ☐沒有(跳答第3題)
- (2) 您幾歲開始有喝酒的習慣____歲
- (3) 您平常常喝什麼酒？☐淡酒(例如：啤酒·水果酒等)
☐烈酒(例如：高粱酒·洋酒·紹興等)
- (4) 平均每次喝多少____西西(小酒杯30西西，罐裝350西西，瓶裝600西西)
- (5) 您戒酒多久____年

3.檳榔

- (1) 您有吃檳榔的習慣嗎？☐有 ☐有，但已戒檳榔 ☐沒有
- (2) 您現在或戒掉前一天約吃多少檳榔？____顆/天

4.喝茶

- (1) 您有喝茶的習慣嗎？☐有 ☐沒有
- (2) 每次約喝幾杯(小茶杯30西西)____杯(西西)

5.運動

- (1) 您平常有運動的習慣嗎？☐有 ☐沒有
- (2) 若有，一星期約：____天，一天約____小時

6.值勤狀況

- (1) 請問您值班的頻率為何？☐2天1次 ☐3天1次 ☐4天1次
☐每週1次 ☐其他_____
- (2) 您值班的睡眠型態為何？☐正常睡眠 ☐6~8小時
☐4~6小時 ☐2~4小時 ☐其他_____

四、健康狀況與病史

1. 您是否曾罹患過耳朵方面疾病？☐有____病 ☐沒有
2. 是否因耳部疾病就醫？☐有 ☐沒有
3. 您過去是否有經皮膚科醫師診斷出下列疾病？☐接觸性刺激性皮膚炎 ☐接觸性過敏型皮膚炎 ☐異位性皮膚炎 ☐牛皮癬 ☐魚鱗癬 ☐其他皮膚疾病____☐沒有
4. 您是否有進行以下的皮膚保養措施？☐防曬用品(防曬乳、膏等)☐護膚乳液 ☐其他保養品____☐沒有
5. 您最近半年就醫次數____次
6. 您是否有無家族過敏史_____
7. 近三個月是否感覺以下情形？(請在方格內打✓)

症狀	從不	偶爾	經常	每天
胸悶、呼吸困難				
頭痛、頭暈				
食慾不佳				
耳鳴				
皮膚癢或疼痛				
容易疲勞				
注意力不良				
記憶力減低				
容易發怒				
工作壓力大				

竭誠感謝您耐心為我們填寫這份問卷，您的寶貴資料可以幫助我們進一步瞭解您工作環境的情況和目前的身體狀況，問卷內容僅供學術研究參考，不做其他用途，並承諾保密您的資料，感激您的合作，謝謝。