IOSH86-M122

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告

重覆性職業傷病監視研究：手－手臂振動作業暴露

A Study of Monitor on Repeatedly Occupational Trauma Hand-arm Vibration Works

研究主持人：何先聰教授、劉紹興教授、劉玉文教授
計劃主辦單位：行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所
計劃研究單位：嘉南藥理學院工業安全衛生系
研究期間：中華民國八十五年七月一日至八十六年六月三十日
印製日期：中華民國八十五年八月三十日

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 編印

IOSH86-M122

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告

重覆性職業傷病監視研究
手-手臂振動作業暴露

A Study of Monitor on Repeatedly Occupational Trauma Hand-arm Vibration Works

行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所 編印

摘 要

本研究目的在對台灣地區勞工職業性振動危害嚴重情形之調查，計畫主要分成兩部份同時進行，第一部份除現場對動力手工具的振動量測定外，篩選269名暴露組及69名對照組勞工進行自覺症狀調查與冷浸前後生理反應測定(末梢循環與末梢感覺機能)；第二部份經由問卷調查、專家判讀及現場訪視複查，探討目前勞工職業性振動暴露的盛行率。研究結果顯示：

1. 25種動力手工具運轉時，三軸向加權振動量大於10 m/s^2 者有手持式砸道機、平台式研磨機、氣動大型板手、氣錘、電鑽、重型機車、混凝土破碎機及鏈鋸等。
2. 269位暴露組勞工依振動症候群分級診視，有顯著症狀者有44位(16.4%)，其中2位勞工指尖偶而泛白。
3. 生理反應測定中，罹患振動症候群及50歲以上暴露組的勞工，其手指皮膚溫、振動覺閾值、兩點鑑別覺及高差鍵別覺在冷浸後的恢復情形不甚理想。
4. 不同行業間勞工生理反應比較，顯示鐵路道工、石作工人及營造工人的末梢循環機能及末梢感覺機能最差。
5. 台灣地區勞工職業性振動暴露盛行率爲35%。

關鍵詞：動力手工具，手-手臂振動，冷浸，振動症候群，盛行率。

Abstract

The purpose of this study was to investigate the hazard profile of occupational vibration in Taiwan. There are two parts in this study. In the first part , in addition to assessing the vibration exposure dose of workers operating power hand tools , 269 vibration exposed workers and 69 referent workers were recruited to participate questionaires and function tests including peripheral circulatory and sensory tests. In the second part , by using multi stage sampling , questionaire , specialist review and interview , the prevalence of occupational vibration exposure was estimated . The results were as followings :

1. The triaxial vibration level of 25 kinds of operating power hand tools were assessed . In these hand tools , the vibration a level of these eight kinds of hand tools , i.e. railroad crusher , platform grinder , pneumatic screw drive , pneumatic hammer , electric drill , heavy motorcycle , concrete breaker and chainsaw , were higher than 10 m/sec^2 .
2. In the vibration expoure group , 44 workers (16.4%) had vibration Syndrome (VS). In this VS group , two workers also suffered vibration-induced white finger (VWF) .
3. After cold immersion , the recovery rates of workers with VS were significantly lower than the referent group in the skin temperature , the vibratory sense threshold , the two point discrimination and the depth sensation .
4. The function tests of different groups of workers revealed thatrailroad crusher operators , stone drillers and construction workers suffered from more disturbances in the peripheral circulatory and senaony function .
5. The prevalence of occupational vibration expouse was 35% in Taiwan.

Key Words: Power hand tool , Hand-arm vibration , Immersion , Vibration syndrome (VS), Prevalence

目錄

圖目錄

表目錄

照片目錄

第一章 前言

第一節 研究背景及目的

長期工作暴露於嚴重振動的作業環境勞工較容易罹患中樞神經、末梢神經與循環機能等相關的職業病，情況嚴重者會影響該勞工之工作與正常生活。振動是以波動方式來傳遞其能量，從振動源藉由固體介質傳遞至暴露者的手-手臂系統，振動危害造成的病變無法藉由藥物治療而復原，且暴露劑量的危害屬於長期累積致使人們不知不覺中病變惡化[l-5]。隨著國內勞工政策漸受重視，政府與學術界正積極致力於作業環境改善之研究，本研究也就是在此背景下所擬定。從過去文獻[4]指出鏈鋸引起的手-手臂振動病變主要以末梢神經與循環系統病變爲主(白指病)，由於國內近年來已禁止伐木，各林場的業務僅限於植林，因此原有的伐木工人大部分已被解僱，但其他各行業如鐵路砸道工人、石材工人、營造工人、金屬鑄造工人、機械操作工人、汽車裝配工人、電子廠裝配工人等類型的勞工，雖所使用的動力手工具與鏈鋸類似，但其振動量大小、主要顯著頻率、每天直接振動暴露的時間、所處位置的溫濕條件，均有差異，在職業病防治受重視的今天，調查各產業使用動力手工具振動量及其暴露危害情形，是刻不容緩的。研究之執行除從相關法規標準比較勞工暴露情形，或從危害程度探討一般熟知的白指病外，亦可了解手臂骨骼及關節韌帶可能造成相當嚴重之危害(腕道症候群(carpal tunnel syndrome,CTS))及噪音暴露危害(重聽)。長期振動暴露病變的嚴重程度和工作年資與作業時間有其直接的關係，這些都值得我們更進一步深入探討。本研究的目的包括：

1.以流行病學原理，調查國內職業性振動危害暴露之情形。
2.國內常被使用的各種動力手工具的特性了解。
3.動力手工具運轉時，X、Y、Z等三軸向振動量及其顯著頻率之分析評估。
4.藉由專科醫師協助，調查暴露組勞工罹患振動症候群(vibration syndrome,VS)之比率。
5.了解暴露值勞工在冷浸試驗下，其循環機能與感覺機能之狀況。
6.以安全衛生的觀點探討振動症候群之防制建議。

第二節 手-手臂振動基本原理及其危害

振動可以認爲是一個系統的振盪性運動，系統的運動可能很簡單而規則，也可能極

端的複雜；此系統可能是氣態、液態或固態，但本文所討論的主要是指固態系統對人體的影響；系統的震盪可能爲週期性或完全隨意的，可能是穩定狀態或暫時性的。

1.振動的特性

(1)位移(displacement)—離開平衡位置的距離。

(2)速度(velocity)—單位時間內位移的變化。

(3)加速度(acceleration)—單位時間內速度的變化。

2.振動的強度

振動強度的大小，國際標準組織(ISO)之規定是以加速度表示，量測的結果表示有兩種，一爲在生理學上的研究，習慣直接以線性規則的g值來當作加速度的單位(m/s^2)表示；另外在處理對人體的影響時，常以對數規則的振動位準單位分貝(dB)表示。爲了分辨兩種不同的表示，振動位準以L(分貝)表示，ISO2631規定加速度參考值$a_0 = 10^{-6}(m/s^2)$，(但日本JIS規定$a_0 = 10^{-5}(m/s^2)$，其換算公式如式(1)。有些國家規定的參考值亦不同，故若採用振動位準(dB)表示時，需註明其參考值。振動評估方式均以振動量之實效能位準(L_{eq})爲基準時，與加速度RMS值(root mean square value，RMS)之關係如式(2)。

$$L_n = 20\log(a / a_0) \cdots\cdots (1)$$

$$L_{eq} = 20\log[\sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T \frac{a_{rms}(t)}{a_0} dt}] \cdots\cdots (2)$$

3.振動的方向

手-手臂振動的方向，依據ISO-5349規定振動傳遞到手的方向如圖1-1所示，其原點爲第三掌骨的頭，Z軸是此掌骨的縱軸，X軸是指當手在正常解剖位置時(手掌向前)，由原點指向背部方向的軸，而Y軸爲經過此原點與X軸垂直的方向，其中(a)爲手握半徑爲2cm之圓柱型物體情況而(b)爲手掌平放壓在半徑爲5cm球上之情況。

4.振動暴露之評估理論

有關人體暴露於振動的評估理論，國際標準組織(ISO)提出兩種不同的評估方式：

(1)分列理論(rating method)：分列理論是將振動波以1/3八音度頻率分析表示，以此加速度之頻譜和ISO建議不同的容許暴露時間的分列曲線進行比較，找出人體連續暴露於振動之容許時間。

(2)加權理論(weighting method)：由於分列理論之應用時，其頻譜的分析不易獲得，於是ISO又提出加權理論，其原理是利用電子網路對振動波予以加權，因加權理論較

分列理論簡單且又可得到近似的評估值，ISO-5349於1986年建議將此加權理論的評估方式適用於手-手臂振動的評估。但是於學術界上的研究或更精確的評估時，分列理論的頻譜分析仍被廣泛引用，本研究有關動力手工具振動量的評估採用兩種方式執行。

5.手-手臂振動及其危害

當手握動力工具(電動或氣動)時，振動能經由緊握工具的手及手臂傳到手-手臂系統，此種振動稱爲手-手臂振動(hand-arm vibration)亦稱爲局部振動。主要的手-手臂振動源有壓縮空氣方式及電動方式，常用的機械包括研磨機、鑽孔機、壓實機、混凝土破壞機、鏈鋸及砸道機等。動力手工具所造成最明顯的健康危害稱爲振動症候群(VS)，此種職業性傷病實際上包含下列不同系統障礙：

(1)循環障礙(寒冷引致手指血管痙攣，即手指局部或全部發白稱爲“白指症”)。

(2)感覺及運動障礙(手麻、手指協調及靈巧度喪失、笨拙、不能從事複雜的工作)。

(3)肌肉骨骼障礙(腕道症候群)。

第三節 研究方法

本研究之主要對象爲使用氣動手工具、振動手工具、鑽孔機具、研磨機具、混凝土破壞機及電動手工具的勞工爲對象，其行業分佈概略如表1-1所示，由於伐木已被禁止及電子工廠大部份爲女性勞工，因此未將這兩種勞工列作研究對象，僅對其工具進行振動量分析。研究對象勞工的工作年資與年齡層均分佈甚廣，故在此研究方法之確立就更加重要，以下就本文所擬定之研究方法作一說明。

1.資料蒐集。

2.調查表及問卷設計。

3.各種動力手工具之機體構造分析。

4.作業現場對不同動力手工具量測手-手臂振動量測與頻率分析。

5.暴露組與對照組勞工篩選。

6.暴露組勞工自覺症狀及醫師診視。

7.暴露組與對照組勞工手部循環與感覺機能測定。

8.協助振動症候群勞工至相關醫院進一步生理反應測定，確定其罹災嚴重度。

9.勞工職業性手-手臂振動暴露劑量與罹患振動症候群(Vs)機率之相關性探討。

10.各項測定值相關性之統計分析。

11.安全衛生管理制度之改善建議。

表1-1　手-手臂振動作業分佈概略表

工具類型 (振動來源)	分　　佈　　行　　業
1.氣動手工具	橡膠工人、石頭切割工、鍋爐製造工、造船工人、割草工、鉸釘工、汽車裝配工。
2.振動手工具	鋼鐵工人、機械加工、鐵路砸道工、郵差工(機車把手)。
3.鑽孔機具	營造工人(氣動鑽孔)、礦工(鑿岩機具)、家俱製造、水電工。
4.研磨機具	鑄造工人、石材加工、營造研磨工。
5.鏈　　鋸	伐木工人、木材加工。
6.破 碎 機	營造工人(混凝土破壞機)。
7.電動手工具	電子零件裝配工、機械維修工。

第四節 文獻回顧

近年來由於職業病之防治普遍受到產官學界的重視，對振動職業傷害的探討文獻愈來愈多，本文收集從1980年迄今之各國有關手-手臂振動作業文獻，依流行病學、振動量測與劑量評估、末梢循環機能探討、末梢感覺機能探討及振動症候群診斷等五大項彙整說明。

1.流行病學研究

主要探討不同產業勞工振動症候群的盛行率，並建立影響振動徵候相關因素的劑量-效應間關係爲主，如M.Futatsuka等人在日本作了一個三十年(1958-1988)的長期研究[6]，針對日本林業工人白指病的追蹤調查，其結果顯示由於機械設計的改變和減振材料的使用，使得工人白指病的罹患率由1973年的30.9％降到1988年的17.2％；H.Yoshida等人[7]針對日本10間私人林木會社使用鏈鋸作業的447名勞工進行手-手臂振動症候群罹患率作調查研究，發現工作年資三十年以上者，有20.9%的勞工罹患白指病及25.4%的勞工有手麻感覺機能偏差的跡象；瑞典T. Nilsson等人[8]研究金屬工人振動暴露和白指病之間的危險性評估時，發現當四小時時量加權之振動加速度值爲

4.6～4.7 m/s^2 時，金屬工人的白指病罹患率高達42%；義大利M.Bovenzi在調查噴漆作業勞工的白指病罹患率時[9]，發現長期使用氣動手工具噴漆作業的振動暴露劑量和白指病的嚴重程度呈現顯著的關係；M.Bovenzi又於1994年研究石作工人振動症候群與振動劑量-效應間的關係時[10]，發現570名受測勞工(鑽孔及石雕)中白指病的罹患率高達30.2%；M.Behrens對264位使用破碎機及研磨機的作業勞工進行振動症候群罹患率的調查研究[11]，經過4～5℃水溫冷浸一分鐘後，觀察其皮膚溫的恢復情況，發現依Taylor振動症候群分級屬第三級之受測勞工的恢復率僅爲對照組的30%；K.Miyashita在日本對2087名建築工人進行手-手臂振動職業暴露引發之自覺症狀問卷調查[12]，問卷中包含20個基本症狀項目，統計結果得知比例較高的症狀項目依序爲肩膀僵硬、下背痛及腸胃疾病；Y·Musson調查在荷蘭使用動力手工具的各行業[13]，發現169位勞工中白指病症候群的罹患率爲17%；日本S.M.Birbod等人調查各種工人使用振動手工具而引發白指病的罹患率[14]，發現當勞工長期暴露於手工具振動加速度爲1.1與2.5 m/s^2 時，白指病的罹患率分別爲0和4.8%；當振動加速度達到2.7～5.1 m/s^2 時，白指病的罹患率則爲9.6%而職業性雷諾(手麻)的罹患率高達30.4%，因此根據研究結果建議振動暴露的工作閾限時間分別爲2小時(加速度爲5.1 m/s^2)和4小時(加速度爲2.5 m/s^2)。

2.手-手臂振動量量測與暴露劑量評估

有關手-手臂振動之量測，主要以國際標準組織(ISO)於1986年公告ISO/DIS 5349[16]中的量測方法爲基準，有些國家亦設有自己的量測準則，如日本的JIS B4900文號[16]。G.Rasmussen[17]依照ISO之規定對研磨機手-手臂振動量的量測技術與劑量評估進行研究，對量測的技術及量測的設備作詳述的說明與介紹；德國J.Stelling等人[18]則對照ISO-5349之量測方式進行單軸向與多軸向(X、Y及Z軸)的評估，發現單軸向的量測無法完全適用在不同的動力手工具上，因此建議評估時採用三軸向加權方式可獲得較佳的適用性；有關暴露劑量及評估的文獻也出現在不同的研究刊物中，如L.Burstrom等人[19]研究有關機械振動波能量對人體手-手臂系統傳遞及吸收的情形，提出姿勢或握力的因素不若振動量本身對振動能吸收的影響來得大，並把振動能在人體手-手臂系統傳遞的情形作初步的探討；後來G.R. Rober等人[20]針對美國福特汽車廠內使用的動力手工具進行振動的調查，依照每一種動力手工具的機械特性來研究其負載時的振動量，並對工人每日的暴露時間作一推估，結果顯示大部分的

動力手工具操作勞工的振動劑量都超過暴露閾限值；P.L.Pelmear等人[21]探討手-手臂振動量測分析及振動量加權計算的適宜性；K.T. Robert等人[22]也試圖以噪音暴露的級數(level)來推估並量化林場伐木工人手-手臂振動量的大小，而後亦對於各產業在生產製造過程中，所使用的各式動力手工具建立許多參考的建議量值。此外在國內亦有學者針對鏈鋸[23]、機車[24]進行手-手臂振動的量測與評估，探討動力手工具的振動量與白指病罹患率的相關性，並依此結果與ISO 5349中白指病潛伏期比較，發現除鏈鋸外，使用其他手工具的勞工罹患白指病的時間與ISO 5349預測的暴露時間不甚符合，其原因可能是台灣地區氣候因素所致；除上述振動之量測技術及劑量評估外，主持人在行政院衛生署經費補助下[25]，針對國內產業界常用的動力手工具，量測其負載時的振動特性並選用不同的減振材料進行評估，以了解目前國內產業手-手臂振動之現況和各種減振材料之效果，並以提供防治職業性手-手臂振動傷害之參考。

3.末梢循環機能探討

長期暴露於手-手臂振動作業會傷害到勞工手部之血管及骨骼，同時也會影響到末梢神經、中樞神經及自主神經等之神經機能[26、27、28、29]；H.M.Tseng等人對台灣地區高山低溫林場作業中20位鏈鋸工人，觀測其手指皮膚溫在冷浸前後的恢復情形，與對照組比較，結果發現冷浸前、中、後鏈鋸工人的皮膚溫有顯著下降且冷浸後皮膚溫回升速度緩慢[30]；另主持人[3]曾對冷作工人進行一連串皮膚溫冷浸實驗，亦發現患有振動症候群之勞工，其冷浸後的手指皮膚溫恢復較對照組顯著遲緩；H.Nakamura等人[28]對22位正常人在有或無振動暴露下，以一定握力大小握住手工具把手10分鐘，比較其手指血流速率，發現暴露在手-手臂振動情況時，手指的血流速率較未暴露者來得緩慢，且其血漿的數量亦明顯較一般未暴露者來得少；G.S.Chen等人[26]針對台灣地區高海拔山區低溫環境的作業勞工罹患振動症候群及白指病的伐木工人進行皮膚微循環及皮膚交感神經反應(sympathetic skin response，SSR)等機能障礙之研究，發現該些伐木工人的手指微血管血球流速(capillary blood cell velocity，CBV)，不論在常溫(22-25℃)或冷空氣(10℃以下)中的微血管血球流速與對照組比較，有顯著變慢的現象，微血管因振動暴露而變形且其管徑於冷浸後明顯擴張。

4.末梢感覺機能探討

手-手臂振動所引起的振動症候群，並非單一器官或系統受到傷害，除了前述末梢循環機能障礙外，尚有肌肉、骨骼、關節及神經等之傷害。G.S.Chen等人[31]曾針

對振動症候群之暴露者與對照組進行皮膚交感神經反應(SSR)研究，發現振動症候群組的SSR與一般正常人有些微差異但不顯著。H.M.Tseng等人[30]曾對20位在-5～10℃下長期使用鏈鋸之男性勞工進行研究，結果發現有15位罹患有白指病，由勞工手部的X光片顯示一半以上之勞工有腕骨囊腫病變，且在神經傳導速度(nerve conduction velocity，NCV)之檢查，發現其反應振幅有下降及及潛伏期延長之情形。

5.振動症候群之診斷

有關手-手臂振動引起的振動症候群診斷，主要是根據研究對象過去手-手臂振動暴露的病歷史，先客觀地排除造成雷諾氏現象的相關因素後，如原發性的雷諾氏症候群(先天性的白指病、雷諾氏症)、末梢血管性疾病、手指指尖微血管局部傷害及藥物服用所造成的傷害等，方可進一步之診斷。手-手臂振動症候群的診斷因無絕對的評定標準，因此僅能以主觀症候判定及客觀檢查結果等兩種方式，而後者之診斷須有一定數量之正常人作爲對照組參考。主觀症候判定包括自覺症狀描述、專科醫師手部外觀診斷及簡易儀器測試；客觀的檢查包括指尖的振動覺閾值、兩點鑑別覺、高差鑑別覺、神經傳導速度、皮膚交感神經反應、手指血管流量..等嚴重程度之檢查[26、27、28、29、30、31、32]。至於手-手臂振動症候群的分級評估標準，首先是於1968年由Taylor-Pelmear所提出，其分級方式如表1-2所示，爾後1985年G.Gemne與P.L.Pelmear等人[33]，於斯德哥爾摩研討會議中提出新的分級參考表(如表1-3)，主要將末梢循環機能(手指變白之程度)及末梢感覺神經機能(手麻之程度)之障礙分級分開診斷，目前已逐漸爲學界、醫界普遍採用。

表1-2　Taylor振動症候群分期表

分期	手指狀況	工作及社交活動干擾
OO	無刺痛、麻或手指變白	無抱怨
OT	間歇性刺痛	對各項活動沒有干擾

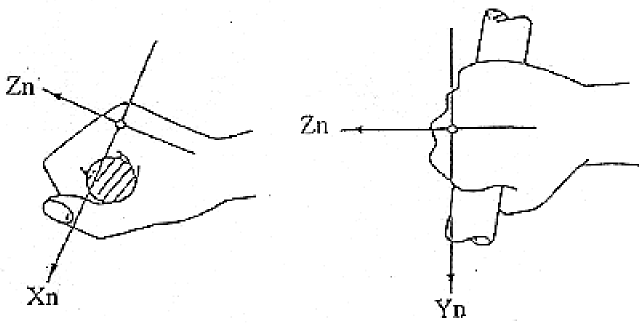
ON	間歇性麻	對各項活動沒有干擾
TN	間歇性刺痛及麻	對各項活動沒有干擾
1	一手指指尖變白，有或無刺痛，有或無麻	對各項活動沒有干擾
2	一隻或一隻以上手指指尖以外變白，通常冬天發作	對正常工作以外的活動可能有干擾
3	許多手指同時變白，在夏天及冬天經常發作	對工作、家庭及社交活動確有干擾，嗜好亦受限制
4	大部份手指廣泛變白，在夏天及冬天經常發作	由於嚴重的症狀及徵候必須改變職業暴露

表1-3　斯德哥爾摩會議修訂的振動症候群分級表

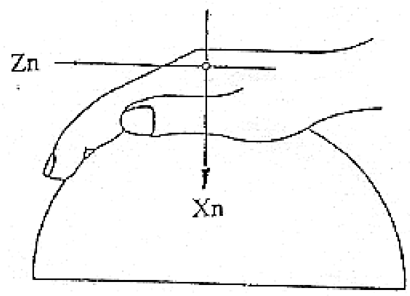
(a)　末梢循環機能障礙		
分級	嚴重程度	症狀描述
0		沒有症狀。
1	輕　度	偶爾手指變白，但僅一隻或多隻手指之指尖。
2	中　度	偶爾手指變白，一隻或多隻手指遠端及中段指節(少數也發生近端)。
3	重　度	經常手指變白，侵犯大多數手指的全部指節均罹患。
4	極重度	同3，但合併指尖皮膚營養性的變化。

(b)感覺神經症狀分級表	
分級	症狀描述
0SN	有振動暴露但無症狀。
1SN	間歇性麻，合併有或沒有手部刺痛。
2SN	間歇性或持續性麻，合併感覺遲鈍
3SN	間歇性或持續性麻，合併手部觸覺或靈巧度降低。

*此系統是兩隻手分開評估，嚴重程度的紀錄是先登記雙手等級，再登記每隻手被影響的手指數目，例如2L(2)/1R(1)，---/3R(4)等。



(a)"手握"位置(標準爲柱半經2公分圓柱型物體)



(b)"手掌平放"位置(手壓在半徑5公分的球上)。

圖1-1　手-手臂振動方向示意圖

第二章 動力手工具構造及量測儀器

第一節 前言

本章主要針對常被產業界使用的各種動力手工具進行振動量測與分析，首先利用各檢查所原有的檢查記錄或其他資訊，獲得目前正使用動力手工具的不同類型事業單位，先以普查問卷調查並初勘一次，確定勞工振動暴露情形，再排定振動手工具振動測定時間，量測過程儘可能不影響事業單位的工作，整個量測時間長達9個月。本研究至現場進行量測時，因儀器多且重，每次至少需要助理人員3-4人協助，以下說明即爲執行過程及其結果分析。

第二節 手-手臂振動之量測儀器

1.振動測定儀

本研究所使用之振動測定儀爲日本RION公司出品，型號VM-19，其外觀如照片2-1所示，具有下列之特性：

(1)可同時測定並顯示X、Y、Z三軸向之振動量。

(2)操作使用簡便。

(3)體積不大、攜帶方便。

(4)可採用直流電源，電力持久，更換新電池後，可連續使用100小時以上。

(5)測定頻帶範圍廣。

2.振動頻譜分析儀

本研究所使用之設備全名爲「1/3八音度頻帶實時間分析儀」，由RION公司出品，其機型爲SA-27型，外觀如照片2-2，常被用於音響或振動等研究時之頻率分析。分析結果可依柱狀圖或數字顯示於液晶銀幕面板或直接列印。以下爲其具有之特性：

(1)中心頻率可採用1/1八音度或1/3八音度，顯示頻率範圍在25Hz至20KHz，若使用外接濾波器，則分析頻率範圍可擴增至0.8Hz至80KHz。

(2)測定振波的最大值、功率平均值以及功率總值，皆可在每個頻帶同步量測。

(3)可由1/3八音度頻譜直接轉成1/1八音度頻譜。

(4)內藏印表機，可同時量測及列印所需資料。

(5)內部具有大容量記憶體，可儲存1000組測定數據資料。

(6)內部記憶體之資料可另轉存於記憶卡，以便永久記錄。

(7)另置RS-232介面或GP-IB介面，可與於電腦直接連結操作。

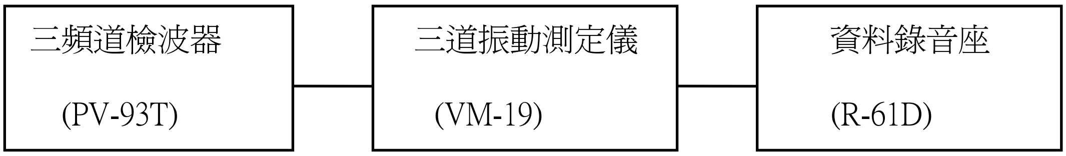
(8)依需要可設定測量振動值加權與否。

(9)可作速度與加速度(L_v & L_{av})振動分貝值。

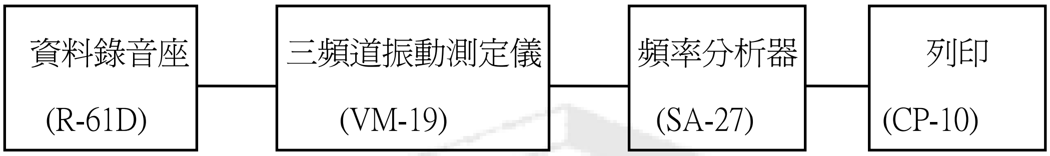
3.資料錄音座

由TEAC公司出品， R-61D機型錄音座(照片2-3)， 雖然SA-27分析儀之功能很多，但一次只能記錄一個軸方向的振動波，無法同時分析X、Y、Z三軸向之資料，若要分析X、Y、Z三方向的資料時，就得分成三次記錄，為節省現場測定及分析時間，於機具振動測試時，同時使用R-61D資料錄音座將所有測定過程的資料存錄起來，待回到實驗室後，再分析X、Y、Z三方向不同頻率的振動量。除可節省時間，又可確保實驗數據的準確性。有關R-61D錄音座與SA-27頻率分析儀、VM-19振動測定儀間的連接、儲存、及分析過程如下所示。

(1)儲存過程為：



(2)頻率分析過程爲：



第三節 動力手工具介紹

1.氣動手工具

氣動手工具常被機械工廠、鍋爐製造廠、汽機車裝配廠、電子工廠、造船廠、橡膠工廠、鞋廠等工作場所使用，其動力來源主要由空氣壓縮機提供加壓空氣(依工具需要而設置出氣量在200~1000 l/min，儲槽壓力約在10~25 kg/cm^2)，衝擊作業物體反推振盪而產生，由於氣動工具的動力來源安全穩定且價格低廉，是固定位置作業場所主要使用的原因。手工具的名稱依不同事業單位而有氣動板手、氣動起子、折邊機、擴管機及氣錘等。

2.手持式砸道機

目前鐵路局於舖設鐵軌或維修所採用的砸道工具分爲兩大類，一者爲大型砸道機，其外觀有如同一般火車頭，車體底部依軌距尺寸安裝8～10個砸道板，操作開關由一位技術工掌控，其他人員(3～4位)則在兩旁監視其落點位置並適度調整枕木水平位置，是目前台鐵主幹線區間路面調整、維修或新舖鐵軌之用；另一砸道工具爲手持式電動砸道機是屬個人使用型，大部分用於軌道行距或枕木水準之局部調整或維修之用。

手持式電動砸道機是專爲鐵路軌道枕木下之碎石夯實施工而設計的柴油電動機

械，其適用於郊外缺乏動力之場所，特別是在非常不良的地形環境下作業，更能顯出其靈巧的設計。其構造簡單、操作容易外，砸道機於作業時，能上下震動且可左右、前後的側面震動，使得鐵路枕木下的碎石，有效迅速又均勻的遍佈於枕木之下，達到鐵路下之枕木與碎石的接觸點、面均勻至理想效果，對提高鐵路的行車穩定性有重大的幫助。手持式電動砸道機由一台柴油發電機及兩台砸道鎬組成，機台間特製的12米長電纜導線(1.5cmφ)來傳輸電力[34]。

(1)柴油發電機

柴油發電機包括8.5馬力四衝程單缸直立式之噴射柴油引擎、4000W 輸出功率之永久磁鐵發電機、配電箱、皮帶輪護蓋及托車等四大部份。其中引擎是以柴油噴射泵及其他附件組成，每次使用前，先將空氣排出螺絲拆鬆將油管內空氣全部排出後再扭緊。發動時，先將油門加油桿下按至底部始動處，使自動扣住油桿為止，利用雙手緊握拉柄而左腳踩住托車架上，用力緩慢往後拉出捲索或360度旋轉發動把手(視各發電機種類之不同而定)，如此重複數次，引擎便可發動柴油引擎額定轉速為3300 RPM。每次加油不超過5公升且每50小時需更換一次30號機油，為避免柴油排煙及噪音汙染環境，原設計機體安裝有柴油濾油器及排氣消音器。永久磁場發電機的電極為四極，而其轉速在1800～2400 RPM，發電輸出電壓在110～145V，前端接上電源總開關(設有溫度保護及漏電監測斷路器)及電壓、電流表。配電箱設有砸道鎬三相開關及單相插座來控制傳輸線之電流。托車架主要考慮整個柴油引擎總重達130Kg，在搬運上相當不方便，因此加掛打氣輪胎兩只組合成一個托車架。引擎及發電機在運轉時，振動與噪音產生是無可避免的，為減少震動及噪音傳送及機體與車架間的共振效用，因此改良式機體的底座加上兩層式吸震器於拖車架四個角落。

(2)砸道鎬及其配件：

砸道鎬重量達30-40kg，包括馬達、砸道板、把手、及上下防震帶等四個部份，其中砸道鎬馬達是屬固定電流3.5A，內部線圈亦屬四極，電極維持在110～135V 之間；砸道板是本機體主要施力點，上部有2片砸道板保護片，底部刀頭呈U字開口以便操作時，能對枕木四周的卵石穩定方向施力。由於機體設計對碎石的施壓及砸實必須要有動態力矩，但也因此使得道工手持把手位置產生振動量，造成手部傷害。新改良式砸道機在馬達與把手間之操作柄加裝上下防震帶(橡膠製品)，再以

固定螺絲予以調整來降低振動量。另外原設計把手爲鋼管且中央安裝有開關盒以啓動碰道鎬，但引進鐵路局碰道工人使用一段時間，破壞率相當高，尤其開關盒經常被摔壞，後來自行改良將開關盒取消並將鋼管改用杉木棒較爲耐摔且據稱手感較佳。

手持式碰道機在功能設計上需要藉由碰道板與操作柄間不平衡震動扭矩(設計爲2.5cm-kg不平衡力矩)，而碰道鎬總重量30-40kg及引擎轉速在3300 RPM下，操作時將使把手引起共振加速度5～10 m/s^2 間於50～80Hz頻率。若轉換爲分貝量可達133dB～140dB間，設計者在把手及操作柄上裝設減震材料(軟膠套及吸震帶)可降低部份的之振動量。把手受激後在三個方向產生的振動量由於把手重量在整個碰道鎬重量所佔比例不高，因此在傳遞振動量的過程，會使把手除上下振盪(Z軸)外，在面方向(X軸與Y軸)也會有相當大的附隨振動量出現，這方面原機體設計時，以把手安裝略與機體成斜交(傾斜8-10°)來改良，但效果如何？本研究未作深入探討。

3.機車(振動工具)

機車因具有輕便、快速、易於操作、價格低廉等優點，由統計資料顯示目前台灣地區機車是主要的機動車輛，長期暴露於機車行駛振動者有郵差、送貨員及以機車爲交通工具跨縣市工作之勞工，機車依不同排氣量而分爲輕型及重型機車，傳動系統有V型皮帶無段自動變速或有段排檔[24]。目前郵務是配用的機車爲125cc及90 cc兩種有段排檔機車。

4.鑽孔機具

鑽孔機具依動力燃料分爲電動及柴油，前者用於傢俱製造或小型鋼製品工廠。操作時，利用鑽頭銳利邊緣或頭部的旋轉將鋼料以薄片長條方式挖除至需要的孔口； 後者則利用衝擊動力及旋轉力矩，將土石或岩片擊碎後，利用迴轉溝逆轉抽出底部的細土石而往下鑽孔，目前該類工具已改裝爲自動化工具，對手-手臂系統的振動危害甚微。電鑽被營造或水電工人使用於金屬或磚牆的鑽孔，依能量的需求不同而有直鑽式及振動式兩種。

5.研磨機具

利用砂輪式砂布對金屬或石材的磨平或角邊修整，整個機台有重達100kg如鑄造廠懸吊式研磨機，亦有僅30公克細桿軸式研磨機。研磨機的振動量大小隨接觸面的粗糙度及把手位置而有顯著的差異。大型研磨機由於重量大，加上振動衝擊，長期

暴露勞工常有腕道症候群(CTS)的現象，目前各石材廠及鑄造廠已將該類機具改良成懸吊系統或自走式研磨機，減少重量的負載及振動量。中小型研磨機因把手位置相當接近機體，振動量容易傳遞至手-手臂系統，對暴露者手部傷害最為嚴重。

6.混凝土破壞機

主要用於建築物之改建或整修局部結構物(混凝土或磚)移除或破壞，其原理是利用破壞機機體重量、本身振動加速度與振幅的合成效應。機體對結構物進行破壞時，部份能量為結構體吸收，另外部份能量以波的型式反射共振。破壞機分為大、中、小型機體，一般均有前後兩支把手裝置，前把手由於採用活動螺栓設計，除有利方向控制外，對降低振動傳遞的效果亦佳。

7.鏈鋸

鏈鋸主要用於伐木，盤鋸除用在木材加工外，亦用於石材的切割，這兩類手工具主要利用鋸齒狀金屬片前後拉動而切割木材或石材。在過去30年，台灣地區有許多伐木林場，由於在高山低溫環境工作且工作時間長，是罹患白指病的主要原因，最近政府已嚴禁伐木而將原有的伐木工人解僱。盤鋸仍為少數石材工人切割小型石材之用，大件石材的切割已改由自動切割，除免除振動危害外，亦可減少噪音之危害。

8.電動手工具

雖然大部分機械維修、汽車裝配、或電子零件工廠的手工具均採用氣動手工具，但部份需要較高扭力的板手或起子時，則仍須採用電動式板手或電動起子，電動起子之振動量一般比氣動起子高。

第四節 手-手臂振動量測之相關法規

1.國際標準組織(ISO)

ISO-5349:1986(E)，除了明確規範手-手臂振動的量測設備、標準、方法外，同時也提供振動暴露劑量(年資)與致病的機率參考對照圖(圖2-1)。另在其附錄A中提供一振動加權論(weighting method)而建議依每天4小時暴露於局部振動加權加速度實效值(weighted root mean square)及暴露時間(年)來預測罹患白指病之機率。其中振動加權加速度實效值的計算如下：

$$a_{eq} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad \text{……(3)}$$

爲了評估長期暴露於加權加速度值爲a_{eq}的局部振動，但每天暴露時間爲T小時(T≠4小時)的影響，則須先換算在4小時暴露週期產生等值能量得加速度實效值a_{eq}(4h)表示如下：

$a_{eq}(4T) = a_{eq} \times \sqrt{(T/4)}$ ……………………………………………………(4)

2.美國工業衛生技師評議會(ACGIH)

1996年ACGIH公告之物理、化學因子暴露閾限值及生物暴露指標(TLVs and BEIs 1996) [35]建議各種動力手工具運轉時，手-手臂振動量之量測必須採三軸(X、Y、Z-軸)方向加權計算，方能與其手-手臂振動之閾限值參考表(表2-1)作比較，才能合理地找出每日容許的暴露時間，此標準的訂定是基於預防暴露勞工手-手臂振動症候群的發生超過Stockholm scale分級表中的Stage 1和1SN。該法規最後亦將振動症候stockholm分級診斷症狀說明。

3.勞工安全衛生設施規則

行政院勞工委員會於1994年6月15日所修正之勞工安全衛生設施規則[36]第302條中明確規範，勞工於從事手-手臂振動作業時，除應使勞工使用防振設備及其必需之安全衛生防護外，並應使作業勞工每天振動的暴露時間不得超過表2-2之規定。

第五節 手-手臂振動之測量與分析

1.手-手臂振動量之量測

手-手臂振動之方向係根據ISO 5349規定振動傳遞到手之方向，量測系統之原點定在第三掌骨之頭，Z軸是此掌骨之縱軸，X軸是指當手在正常解剖位置時(手掌向前)由原點指向背部方向之軸，而Y軸爲經過此原點與X軸垂直之方向。動力手工具負載時之手-手臂振動測量是對把手量測X，Y，Z三軸方之個別振動量(dB)，同時以Rion VM-l9A振動分析器與PV-93T 型檢波器取樣15-20分鐘，於正常作業中將訊號儲存於TEAC-6lD型資料記錄器之磁帶中。爲檢測方便，現場進行測定時，也將某一軸向之振動量同時進行頻率分析。

2.振動頻譜分析

手-手臂振動量測資料記錄完成，回實驗室後，將TEAC-R61D中的訊號重覆再生，經由Rion SA-27型1/3八音度數位型頻率分析器，於所有功能鍵設定後，便可得取單方向各頻率對應的振動量(dB)值，並直接列印，即得該軸向之頻率分析及全域總振

動量，至於三軸向的加權值是經由R61D重覆播放三次，分別分析列印X、Y、Z軸向之數值。

3.勞工暴露年資計算

本研究從暴露組勞工的基本資料及問卷中，僅能獲得每天操作手工具的概略時間，爲確實知悉勞工每天實際暴露振動的時間，在現場執行振動量測或生理反應測定時，指派一人在作業現場記錄勞工使用手工具的狀況，再由現場管理人員確認長時間的工作情形，可計算每年的總暴露時間後，利用每年工作時間爲2000小時(40小時×50週=2000小時)作爲基數，即可算出勞工實際暴露年資。

4.手-手臂振動量分析結果

每種動力手工具重覆監測5次，類似工廠使用相同型式但不相同廠牌者，亦視爲同型，經由SA-27分析器分析列印之振動量後，計算每個頻率的振動量平均值和標準差。氣動手工具的各軸全域加權後振動量如表2-3所示，而不同類型手工具三軸向振動頻率分析如圖2-2至2-7所示；振動工具如手持式砸道機及機車各軸全域加權振動量如表2-4，而三軸向振動頻率分析如圖2-8至2-10所示；研磨機具三軸全域加權振動量如表2-5所示，而三軸向振動頻率分析如圖2-11至2-18所示；混凝土破碎壞機三軸向全域加權振動量如表2-6，而三軸向振動頻率分析如圖2-19至2-20所示；電動手工具以大型及小型兩種電動起子爲例，其三軸向全域加權振動量如表2-7，而三軸向振動頻率分析如圖2-21至2-22所示；鏈鋸以西德製STILT出品V051型汽油動力鏈鋸之全域振動量如表2-7而三軸振動頻率分析如圖2-23所示。

5.手-手臂振動量評估

由表2-3至2-7分析所得各種振動手工具的振動量，因工具類型不同而差異甚大，若以ISO 5349建議振動暴露罹災機率(圖2-1)來評估時，先利用表中$a_{eq}(m/s^2)$值及各勞工每天暴露振動時間代入(2-2)式可得其加權加速度(weighted acceleration dose,WAS)

，代入圖2-1可得罹患振動症候群不同機率之工作年資，本研究採取保守值分析如表2-8所示，以最保守的罹災機率10%作基準。換言之，若某事業單位勞工暴露手-手臂振動下工作且每天工作超過4小時，則可依照表2-8所示罹患振動症候群容許工作年資來調班或調整工作時間。若依我國勞工安全衛生設施規則之規定(表2-2)，以三軸向全域振動量最大者爲評估依據。可獲得每天容許暴露時間如表2-8所示。

6.不同振動量測儀器之測定比較

市售有關手-手臂振動量測儀器，主要有符合日本JIS系統RION公司出品的VM-19A振動分析器，測定時檢波器(PV-93T)直接依振動方向固定在手工具把手上；另一種符合歐洲系統由B&K公司出品的2231振動測定器，該儀器測定手-手臂振動時，檢波器設計成一支座桿連結把手與暴露者手指並用布條綁住，模擬人手所接收的振動量大小。兩種量測儀器的差異除量測裝置不同外，後者僅執行全域振動量無法進行振動頻率分析，若接2522頻譜儀也僅能輸出單軸振動頻譜，還有分貝計算之基準值a_0亦不相同。爲比較兩者之差異，選擇幾種手工具運轉時，同時量測其振動量比較如表2-9所示，由表中顯示2231振動計所量得結果經轉換相同基準後，比VM-19A振動分析器略低2~3dB。

表2-1　ACGIH手-手臂振動作業每日容許暴露時間表[35]

每日容許暴露時間	均方加權之加速度值 a_k. (a_{keq})	
	m/s^2	g
四小時以上，未滿八小時	4	0.10
二小時以上，未滿四小時	6	0.61
一小時以上，未滿二小時	8	0.81
未滿一小時	12	1.22

表2-2　我國法規規定局部振動每日容許暴露時間[36]

每日容許暴露時間	水平及垂直各方向局部振動量最大加速度值 公尺/平方秒(m/s^2)
四小時以上，未滿八小時	4

二小時以上，未滿四小時	6
一小時以上，未滿二小時	8
未滿一小時	12

表2-3　氣動手工具三軸加權振動量

機具名稱	X-軸(m/s^2)	Y-軸(m/s^2)	Z-軸(m/s^2)	a_{eq}(m/s^2)
小型氣動板手	8.27	4.68	2.22	9.76
大型氣動板手	23.87	15.76	17.27	33.41
折邊機	3.89	2.15	1.52	4.70
氣錘	10.22	4.02	2.61	11.29
打包機	1.95	0.92	1.68	2.73
氣動起子	0.85	0.11	1.00	1.32

表2-4　振動手工具三軸加權振動量

機具名稱	X-軸(m/s^2)	Y-軸(m/s^2)	Z-軸(m/s^2)	a_{eq}(m/s^2)
砸道機	14.93	10.44	9.80	20.69
125cc郵務機車	7.62	10.14	14.8	19.49
89cc郵務機車	4.10	5.50	5.15	8.58

表2-5　研模機具三軸加權振動量

機具名稱	X-軸(m/s^2)	Y-軸(m/s^2)	Z-軸(m/s^2)	a_{eq}(m/s^2)
懸臂式研磨機	2.47	4.46	0.24	5.10
大型研磨機	4.22	1.10	0.90	4.45
汽車廠研磨機	4.32	0.25	0.29	4.34
小型研磨機	4.47	1.49	1.06	4.83
細桿研磨機	3.18	1.73	0.82	3.71
平台式研磨機	11.69	8.09	0.27	14.22

修邊研磨機	4.64	3.77	0.79	6.03

表2-6　混凝土破壞機與割草機三軸加權振動量

機具名稱	X-軸(m/s^2)	Y-軸(m/s^2)	Z-軸(m/s^2)	a_{eq}(m/s^2)
大型破壞機	3.96	27.77	2.18	28.06
中型破壞機	7.24	1.24	1.19	7.35
電鑽	30.30	20.62	6.40	37.19
割草機	1.01	0.68	1.53	1.95

表2-7　電動起子及鏈鋸三軸加權振動量

機具名稱	X-軸(m/s^2)	Y-軸(m/s^2)	Z-軸(m/s^2)	a_{eq}(m/s^2)
鏈鋸	19.95	5.62	79.43	80.09
大型電動起子	6.23	2.32	1.63	6.84
小型電動起子	0.72	0.61	1.18	1.51

表2-8　手-手臂振動作業振動暴露評估表

勞工類型	手工具類型	暴露時間(分/天)	WAS (m/s^2)	ISO容許暴露年資*1	a_{max} (m/s^2)	每日容許暴露時間(h)*2
鐵道工人	砸道機	180	17.92	1.5	14.93	<1.0
石作工人	平台式研磨機	180	12.31	2.5	11.69	1~2
	修邊研磨機	330	6.03	4.2	11.31	1~2
	大型研磨機	180	3.85	9.0	5.67	4~8
	小型研磨機	240	4.83	6.0	4.47	4~8
汽車裝配工	小型板手	180	8.63	3.5	8.27	1~2
	大型板手	60	16.7	1.5	23.8	<1.0
	折邊機	80	2.71	9.5	3.89	8.0
	氣動起子	400	1.32	22	1.01	8.0
	汽車廠研磨機	180	3.76	7.0	4.32	4~8
	懸臂式研磨機	120	3.61	8.5	4.46	4~8

機械鑄造工	細桿型研磨機	360	3.71	7.5	3.18	8.0
	氣錘	90	6.91	3.9	10.22	1~2
機械維修工	打包機	240	2.73	10	1.95	8.0
	大型研磨機	180	3.85	9.0	5.67	4~8
	小型研磨機	120	3.42	9.3	4.47	4~8
	電鑽	60	18.97	1.5	30.3	<1.0
郵務工	機車(125cc)	60	9.75	2.8	14.8	<1.0
	機車(89cc)	120	6.07	4.2	5.50	4~8
營造工	大型破碎機	120	19.84	1.3	27.77	<1.0
	中型破碎機	180	6.37	4.0	7.24	2~4
	割草機	360	1.95	16	1.53	8.0
電子工人	大型電動起子小	180	5.92	4.5	6.61	2~4
	型電動起子	360	1.31	22	1.18	8.0

*1容許暴露年資以ISO罹患振動症候群爲10%評估所得，若振動暴露屬間歇性可依暴露時間增大其容許暴露年資。

*2每日容許暴露時間是以我國勞工安全衛生設施規則評估。

表2-9　不同儀器執行手-手臂振動量測結果比較

手工具	VM-19A振動計		B&K 2231振動計	
	DB表示	m/s^2表示	dB表示	m/s^2表示
研磨機	105	1.78	125	1.78
89cc機車	131	35.48	147	22.39
中型破壞機	119	8.91	137	7.08
電動起子	113	4.47	131	3.55

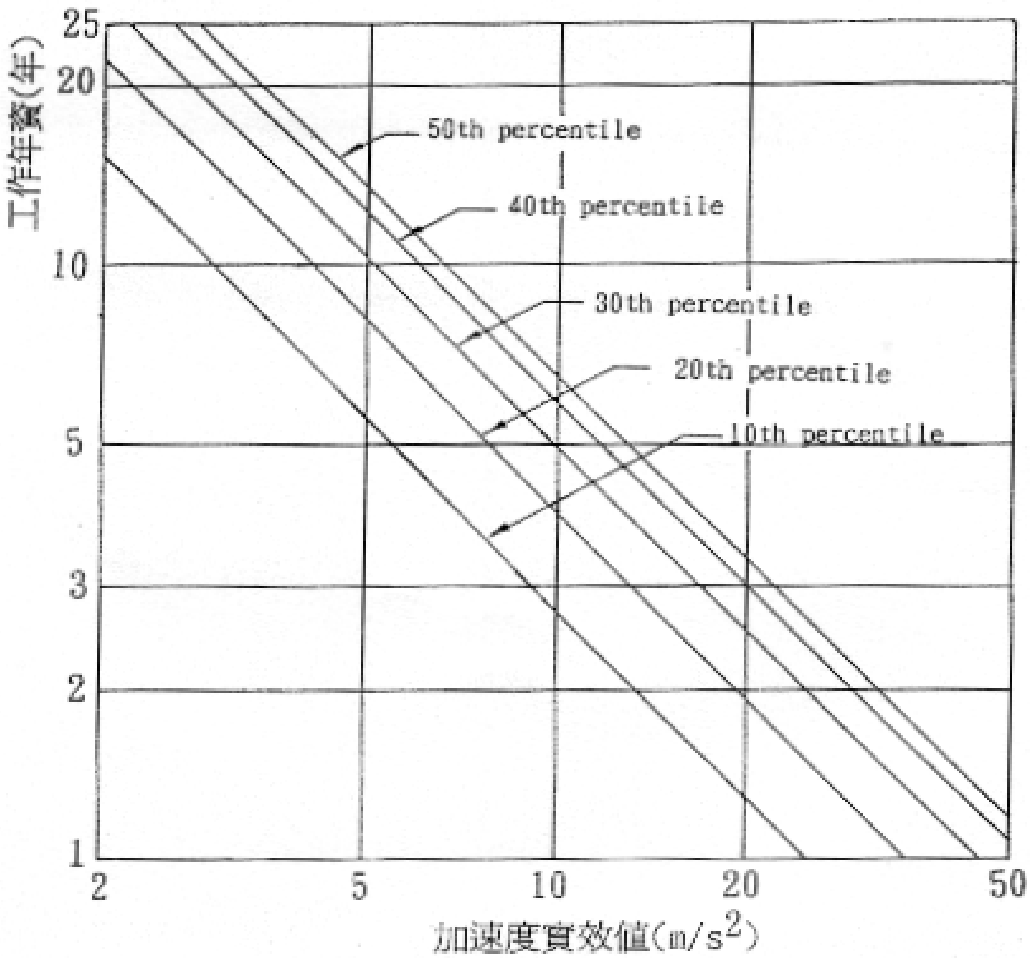


圖2-1　ISO振動暴露劑量與致病機率圖[5]

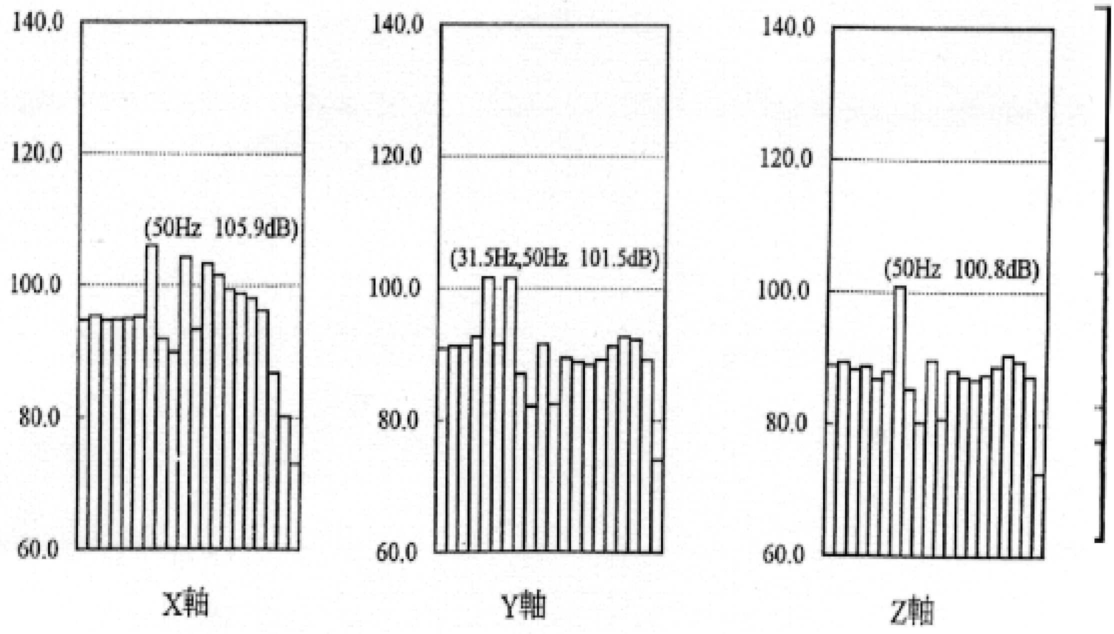


圖2-4　氣動折邊機三軸向振動頻率分析圖

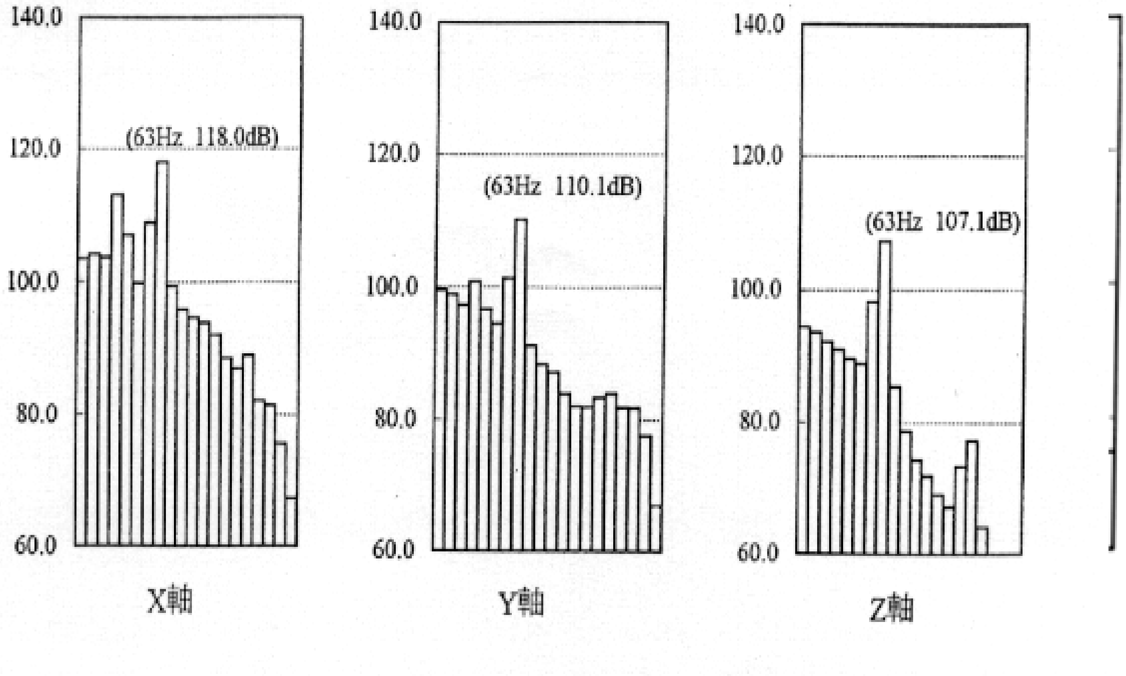


圖2-5　氣鎚三軸向振動頻率分析圖

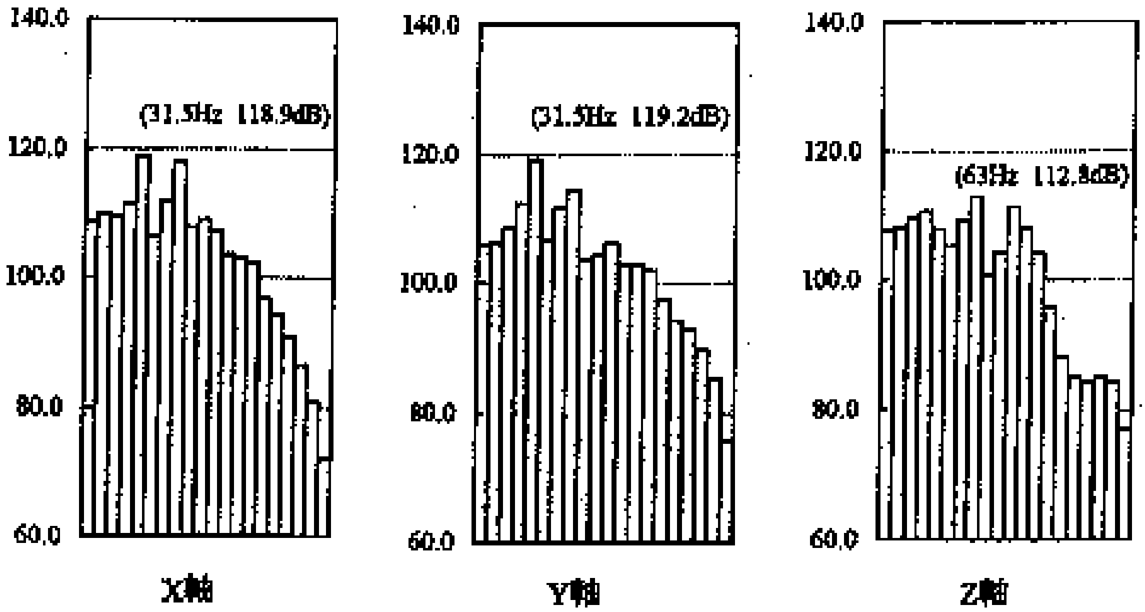


圖2-8　手持式硒道機三軸向振動頻率分析圖

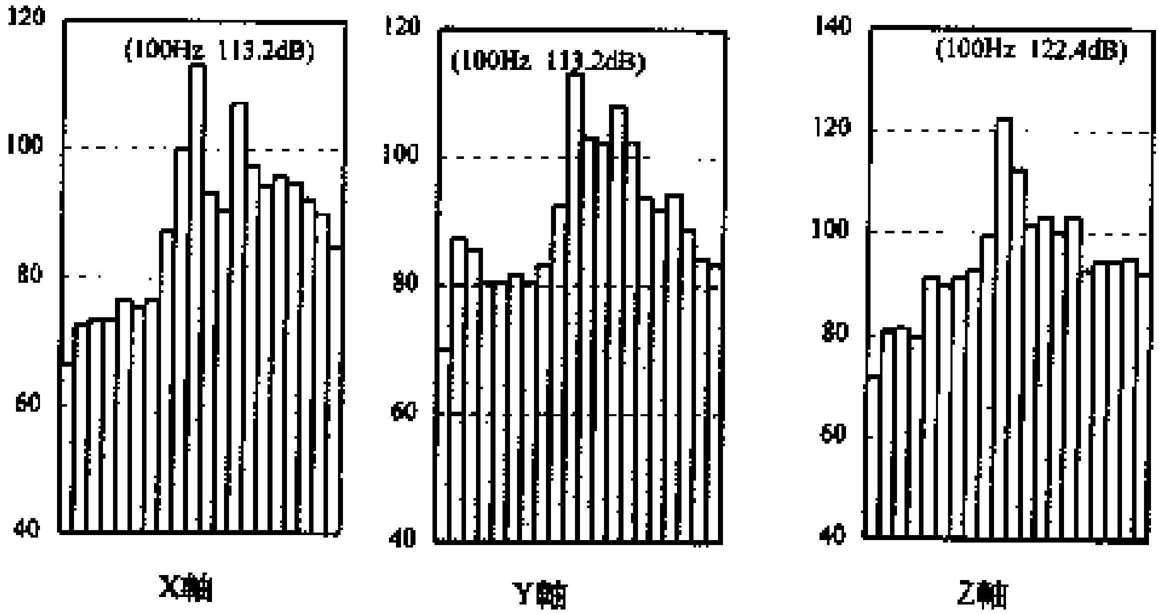


圖2-9　125cc郵務機車三軸向振動頻率分析圖

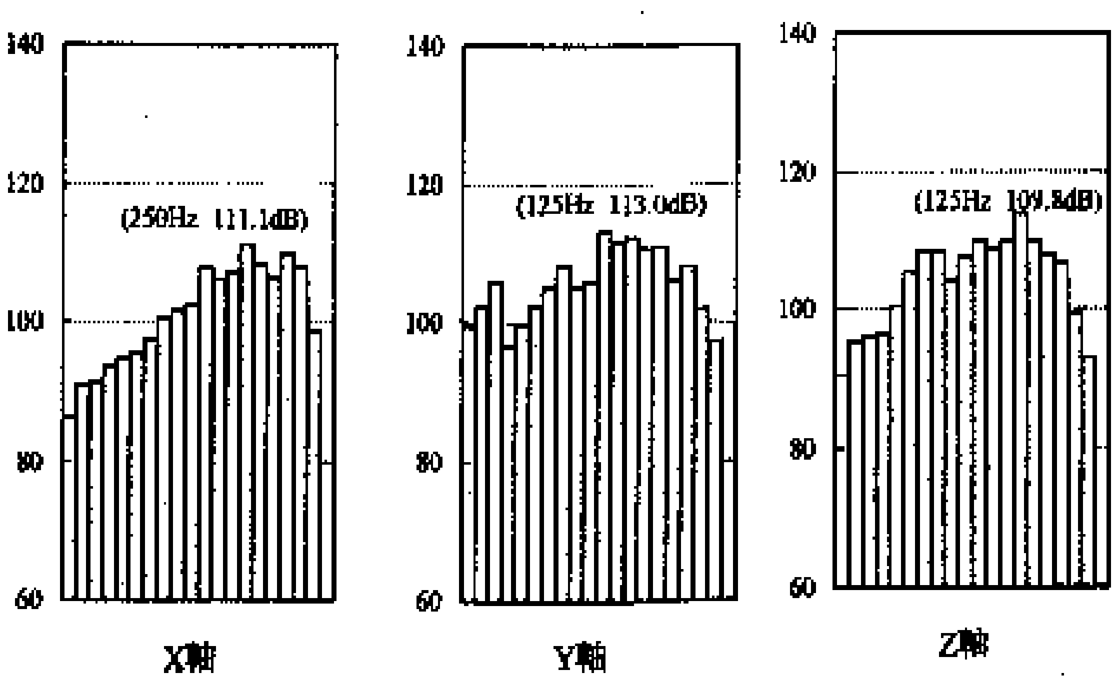


圖2-10 89cc郵務機車三軸向振動頻率分析圖

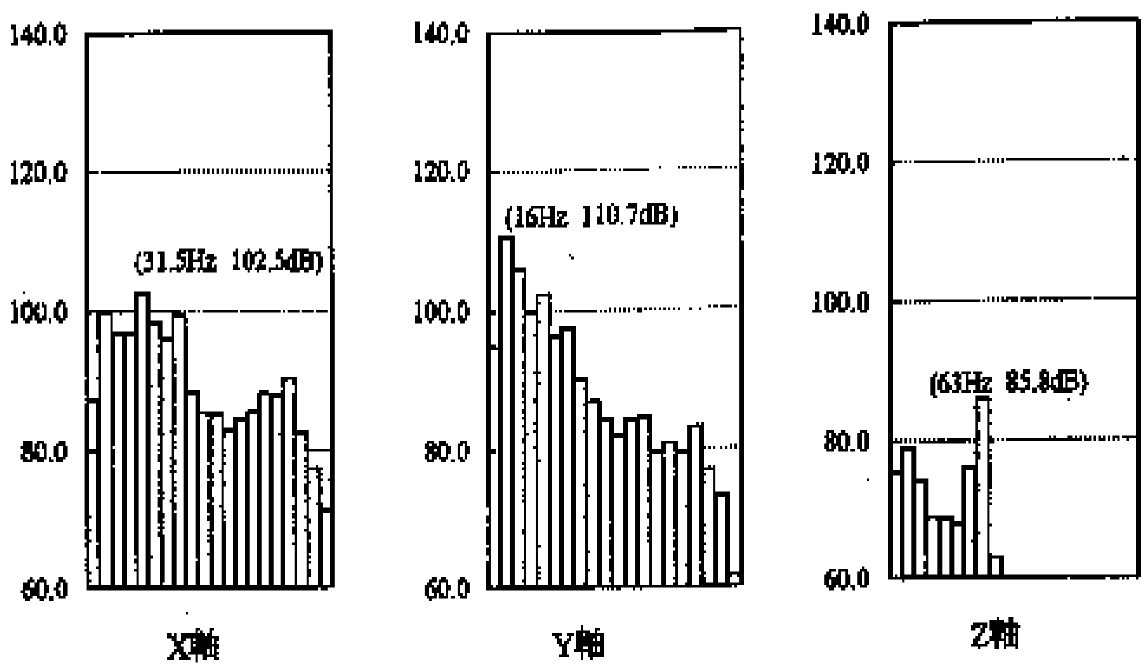


圖2-11 懸吊式研磨機三軸向振動頻率分析圖

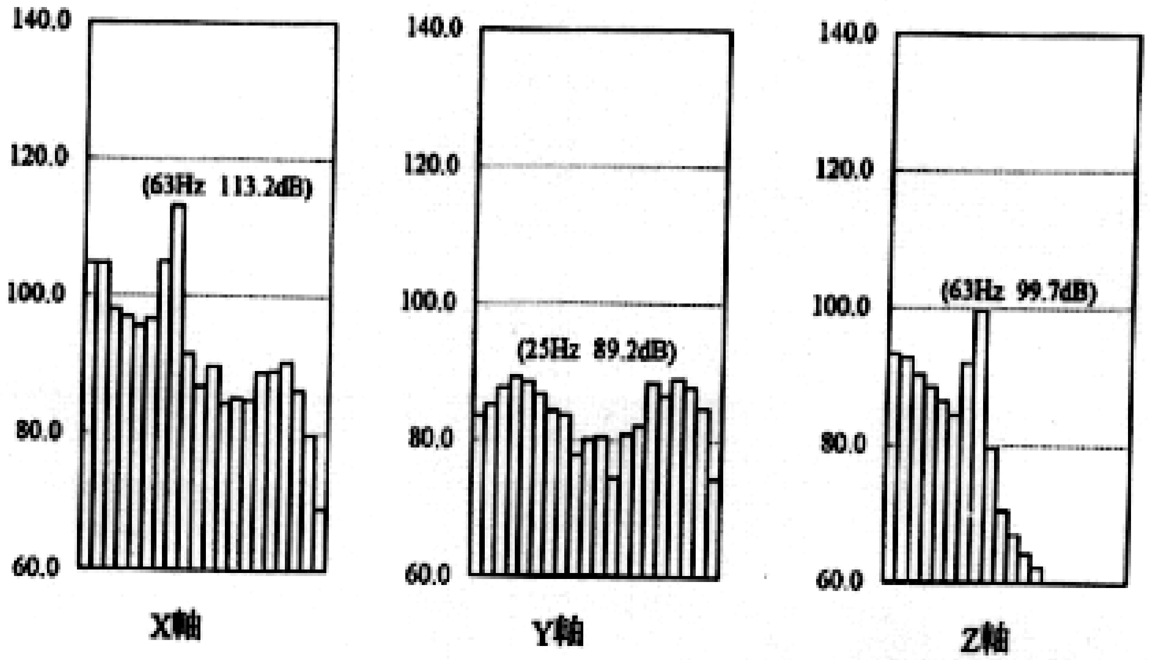


圖2-12 大型研磨機前把手三軸向振動頻率分析圖

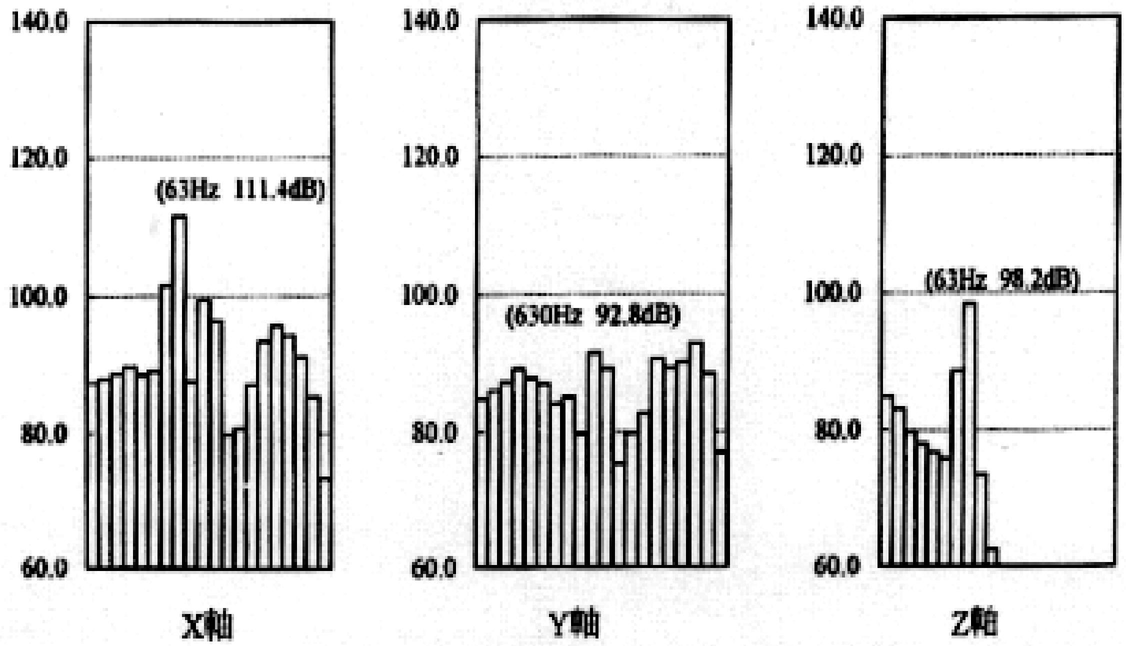


圖2-13 大型研磨機後把手三軸向振動頻率分析圖

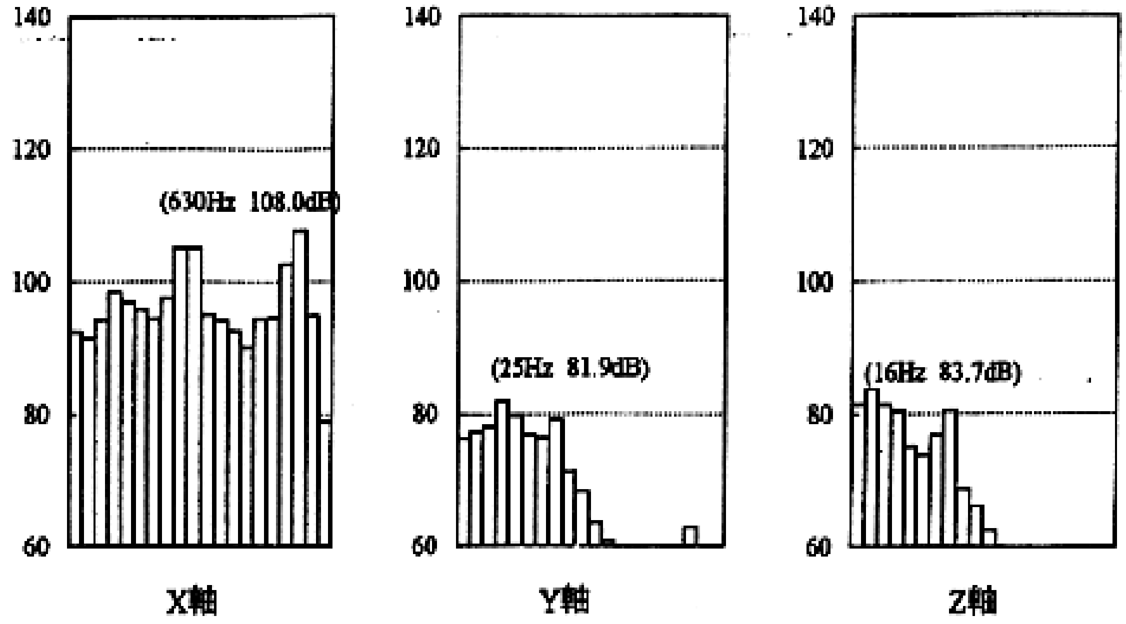


圖2-14　汽車廠大型研磨機三軸向振動頻率分析圖

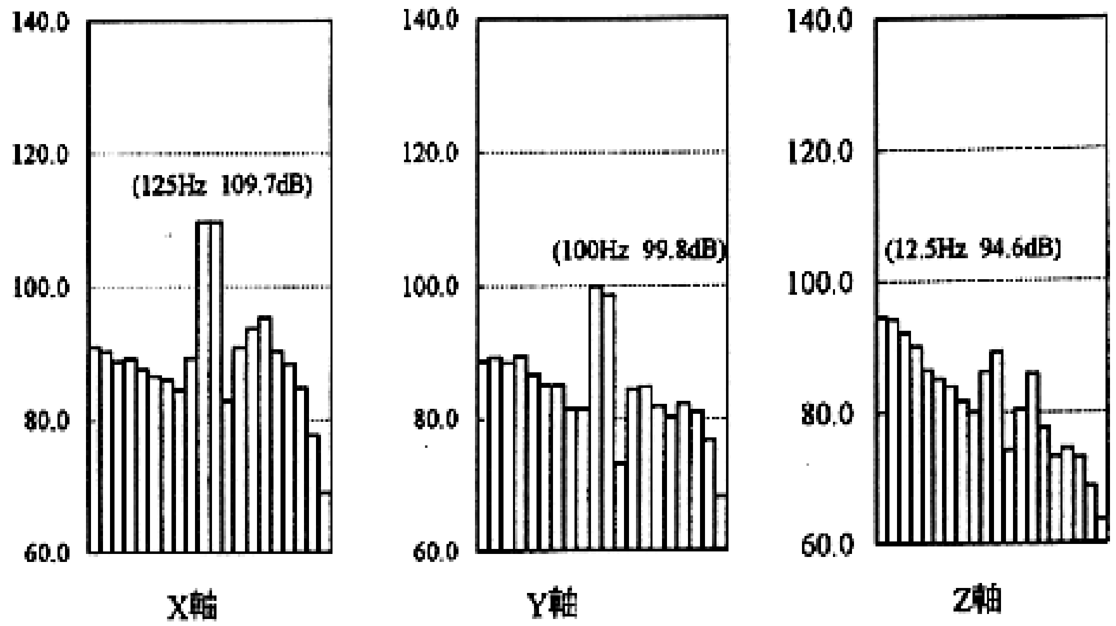


圖2-15　小型研磨機三軸向振動頻率分析圖

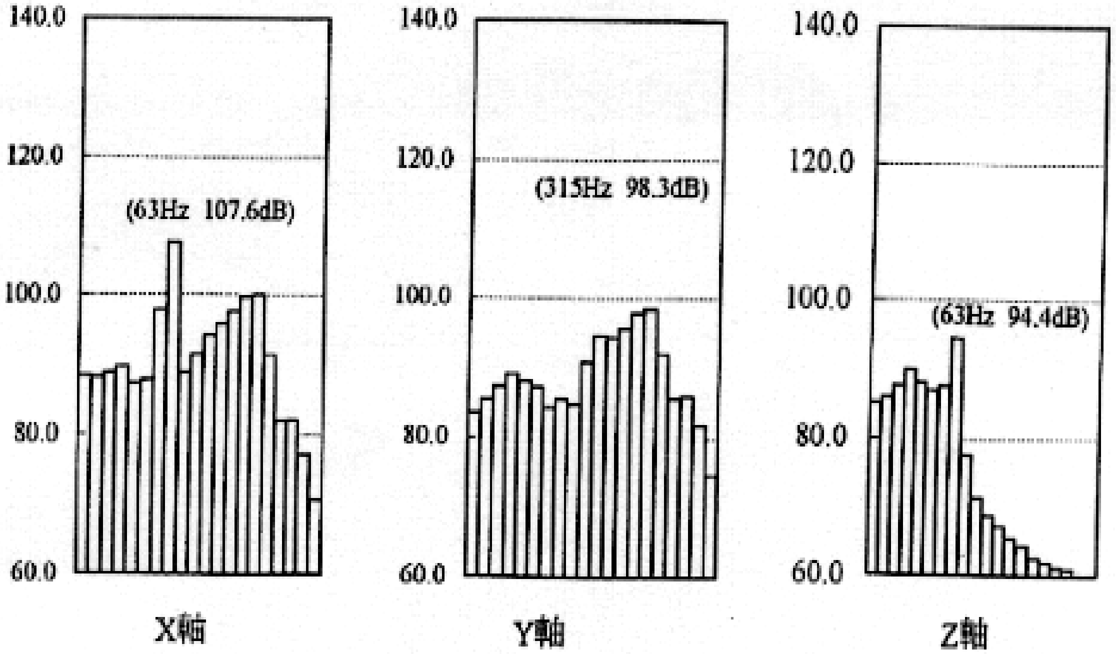


圖2-16　細桿狀研磨機三軸向振動頻率分析圖

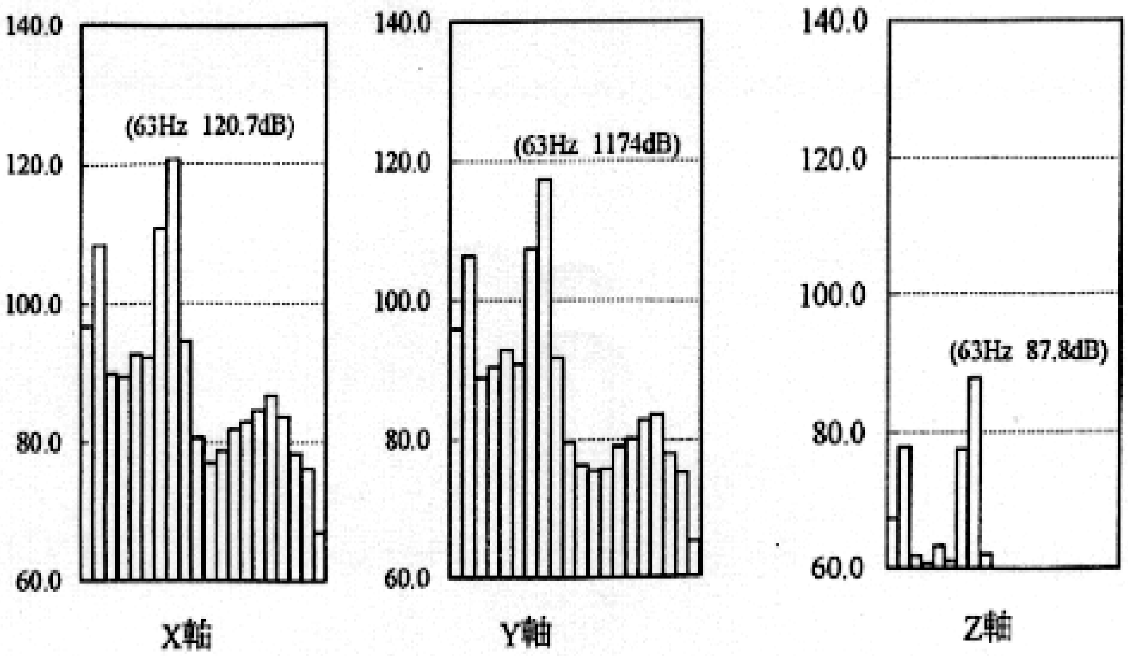


圖2-17　平台式石材研磨機三軸向振動頻率分析圖

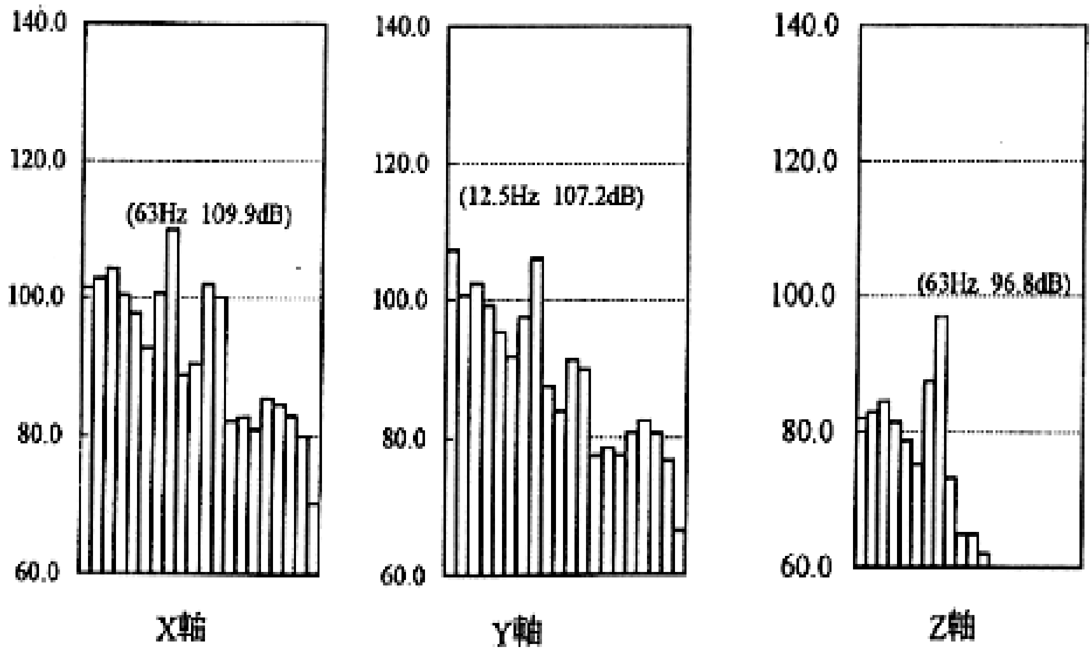


圖2-18　石材修邊研磨機三軸向振動頻率分析圖

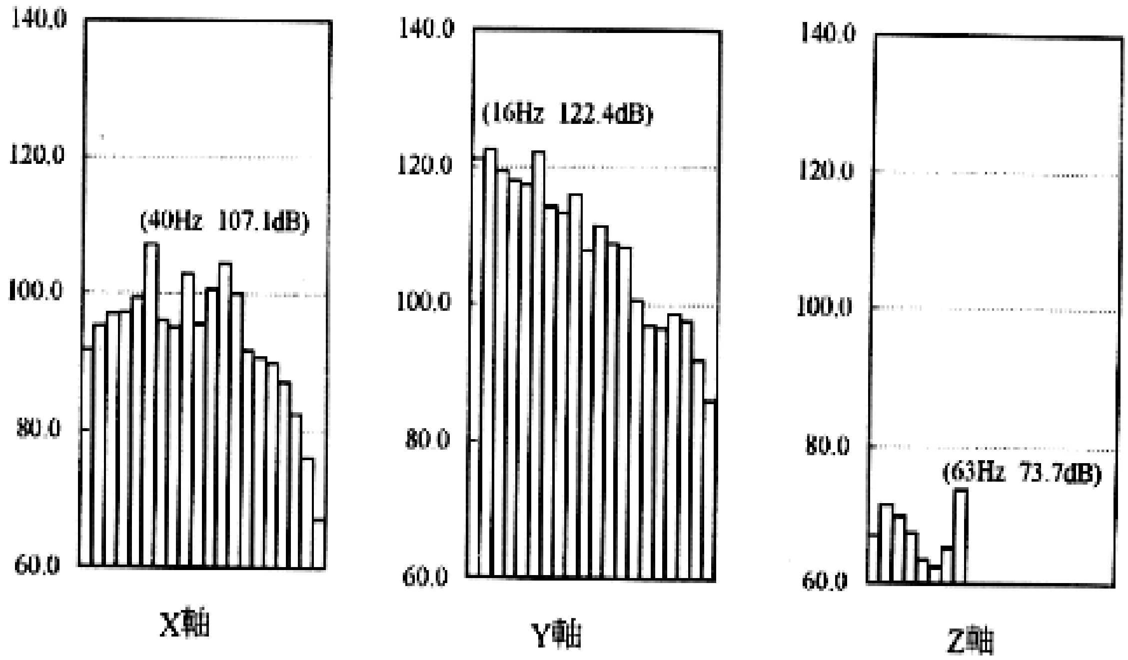
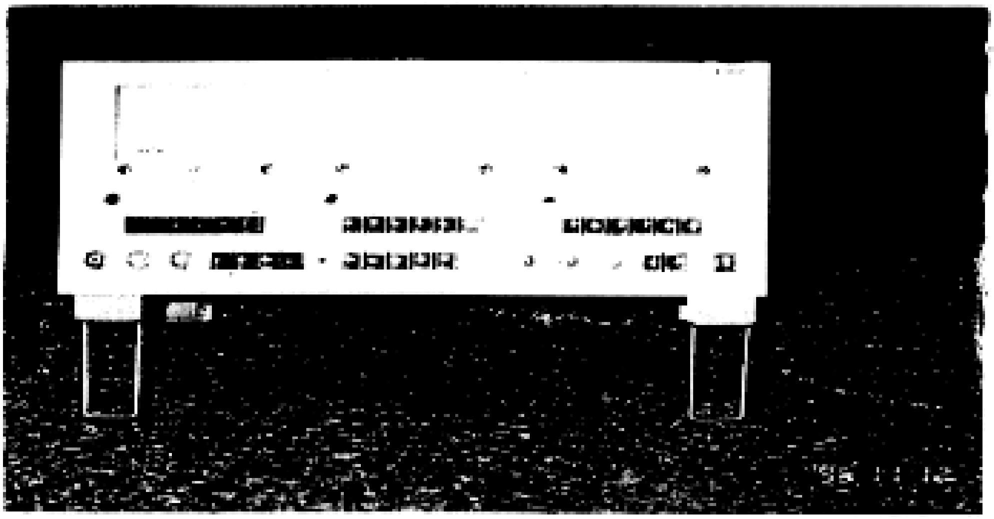
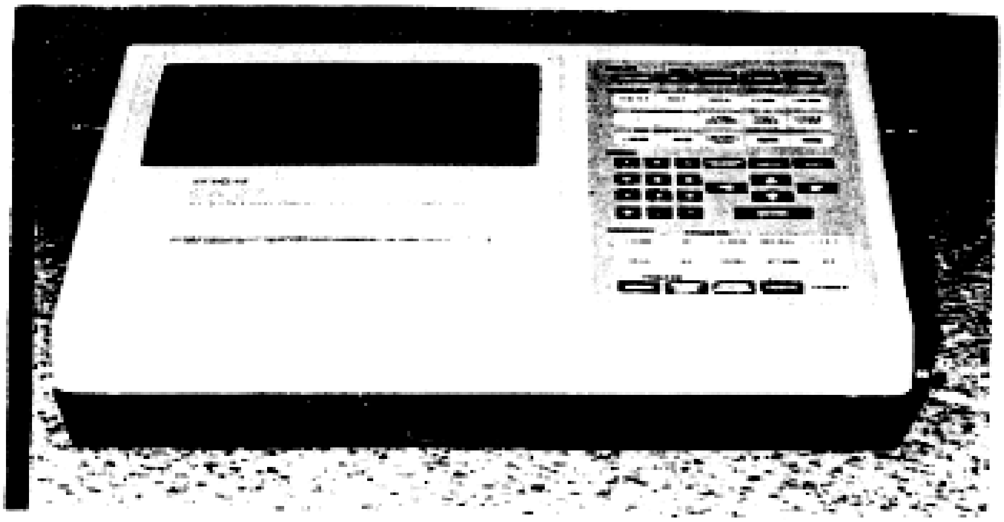


圖2-19　大型混凝土破碎機三軸向振動頻率分析圖



照片2-1　手-手臂振動量測儀器－VM-19型



照片2-2　振動頻率分析儀－SA-27型

圖2-23　小型電動起子三軸向振動頻率分析圖

照片2-3　振動資料記錄器－TEAC-R61D型

第三章 生理反應測試與資料分析

勞工作業時爲求達到作業之效果，使用機具高速運轉負載且有不平衡力矩的作用，常造成手把的強力振動，當勞工長期的握住手工具把手作業時，會使本身的末梢循環與末梢感覺機能衰退，在在實務上常有勞工抱怨手麻及手指指尖刺痛。本研究爲瞭解該類勞工長期暴露手-手臂振動後末梢循環與感覺機能衰退的情形，設計本生理反應測試，其內容包括暴露組與對照組篩選、測試前問卷調查、冷浸前後末梢循環機能與感覺機能測定、專科醫師協助診視，已達振動症候群(VS(+))者協助送至高雄醫學院皮膚科及神經內科更進一步檢查等。

第一節 受測對象之篩選

1.暴露組之選擇

暴露組的篩選主要是以鐵路局、石作工會、營造工會、汽車製造業、造船廠、機械工廠及伐木業等爲主要研究對像。但由於伐木作業勞工尋覓不易，故不予討論。關於資格限制則工作年資應爲七年以上，使用振動手工具之年資5年以上，且測試前三個月仍繼續使用振動工具者(每星期作業三天以上，每日至少暴露二小時)，若有身體健康情況不良的情形則需排除，如高血壓、糖尿病、先天性雷諾氏症、手指末稍血管受損等，合乎上述條件者方可列爲暴露組之研究對象。

2.對照組之選擇

對照組的選擇，限制資格爲過去未曾暴露於職業性振動環境的男性且上述產業的作業勞工或辦公室行政人員。

3.暴露組與對照組之人數

(1)暴露組的人數：從全省六個產業別(鐵路局、石作工會、營造工會、汽車製造業、機械加工業及造廠業)勞工工會的普查統計資料，加上與上述相關產業之公司、工會協調後同意提供，鐵路工人120人，石作工人40人、汽車裝配工70人，機械操作工50人、營造工人40人，共計320人進行調查研究。

(2)對照組之人數：與上述產業之代表溝通協調後，同意提供80名符合條件之男性勞工配合研究。

4.暴露組與對照組之分組情形

(1)暴露組320名員工經由現場訪談、問卷、醫師診視後，只剩269名符合條件之勞工(鐵路砸道工102人、石作工37人、汽車裝配工60人、機械操作工40人、營造工人30人)平均年齡44.4±5.3歲，作業年資為15.7±6.8年，其中44名經醫師診斷及自覺症狀已有振動症候群(VS)之現象。為配合實驗與統計分析，將其分為四組，其中"VS(+)"組為有振動暴露且已有明顯振動症候群表徵者；"VS(-)$_1$"組為50歲以上年齡，有振動暴露但無振動症候現象；"VS(-)$_2$"組為40~50歲年齡,有振動暴露但無振動症候現象；"VS(-)$_3$"組為40歲以下年齡,有振動暴露但無振動症現象者。

(2)對照組原為80名勞工，受限於客觀環境及配合年齡層分佈無法全部配合，其有效樣本人數為69人，平均年齡為42.6±4.7齡，對照組(CON組)以全部人數為一組。

(3)暴露組與對照組分組情況，經由差異性的檢定後，其差異並不顯著($p<0.01$)，故將該二組群的分組依上述指述的情況，全部分為VS(+)組、VS(-)$_1$組、VS(-)$_2$組、VS(-)$_3$組、CON組，其相關各項基本資料如表3-1～3-2所示。其中暴露組勞工269人的年齡平均為44歲而平均工作年資為15.7年，各組人數分佈分別為44、56、77、92人，而對照組勞工69人的年齡平均為42.6歲。

第二節 問卷之設計及資料統計

1.問卷之設計

本次研究因實際需要共設計三份問卷資料，包括基本資料、各產業勞工使用振動工具及自覺症狀調查、暴露組勞工接受專科醫師診斷表等。

(1)基本資料問卷調查表：

本問卷主要是針對暴露組勞工的篩選及各作業場所使用振動機具之調查而設計，設計的考量是以簡單並使填寫者易懂為原則，內容包括了鐵路局道班工基本資料(班別、出生日期、服務期間及使用砸道機情形) ，及各工廠使用動力手工具的類型、數量及振動暴露勞工數量等，主要提供本計畫前往現場調查之參考。

(2)各產業勞工使用振動工具及自覺症狀調查：

為能確實掌握與了解受測對象的個人詳細資料，以利結果之判別，設計時參考主持人過去對伐木工人之研究所設計之格式，並請益國內相關的學者、醫師逐項修定，配合外業測定的所需而設計之問卷調查記錄表。內容包括職業調查、振動機械使用調查、過去罹患之傷病記錄、自覺症狀調查、手指皮膚溫記錄、振動

覺閾值測試、兩點及高差鑑別覺測試等。

(3)專科醫師診斷表：

配合專科醫師問診所需及依Stockholm振動症候群山(VS)的分級表而設計，其內容包括與振動症候群相關過去病史之紀錄，腕道症候群(CTS)診斷及Stockholm手-手臂振動症候群(HAVS)分級診斷(末梢循環與末梢感覺)等。

2.問卷之執行

實施問卷之人員，分別依專業程度不同而有所差別，下列爲問卷實施的方式與人員說明。

(1)基本資料問卷調查表：

實施方式由研究人員依台鐵工程處所提供的各工務段地址，或各區勞工檢查所提供工廠及各種行業工會等之住址、電話，篩選調查對象後，一一將問卷資料依其所提供的住址寄發問卷表後，並依路程遠近以電話或親自拜訪解說，告知基本問卷資料的填寫方式、注意事項以及問卷回收之時間等。

(2)各產業勞工使用振動工具及自覺症狀調查表：

實施的方式爲依與各產業的代表協調聯繫後，分別安排前往各產業之作業現場進行手工具振動量測的同時，另一組人則針對暴露組勞工量測其冷浸前後之反應，依受測人員到達順序，由事先經過問卷實施訓練的專業研究人員，依問卷設計表的各項基本資料一一詢問與記錄，其實施情形如照片3-1所示。

(3)暴露組勞工受專科醫師之診斷：

實施方式同前項的順序，由專科醫師依其專業及問卷表實施診視，結果並記錄於問卷表中所示。

3.問卷之結果分析

本階段之工作主要是將前面所實施的許許多多問卷，依研究所需的各項資料進行結果分析，其分析結果如下所示：

(1)鐵路道工基本問卷：

本次共寄發1080份基本資料，實際回收852份，依年資、年齡等統計方式，彙整如表3-3所示。其中50歲以上佔27.1%，40～50歲者佔44.1%，而20年以上年資佔31.3%，10～20年年資佔39.9%顯示該行業工作勞工年齡及工作年資均偏高。

(2)各產業勞工暴露組問卷：

此次有關暴露組之對象，計320名扣除條件不符要求後，有效問卷為269名。除了已於第一節已說明的分析表及末梢循環機能與感覺機能的測試資料於下一節討論外，本部份針對勞工自覺症狀的問卷作一分析，其結果如圖3-1～圖3-6所示。其中鐵路砸道工以胃痛、腰酸、頸部凝結及目眩所佔比例最高，石作工人以耳重、手指發麻、肩膀酸疼及腰酸所佔比例最高，汽車裝配工以腰酸、肩膀酸疼、耳鳴及易疲勞所佔比例最高，機械操作工人以腰酸、易疲勞、手腕酸及肩膀酸疼所佔比例最高，營造工人則以肩膀酸疼、腰酸、易疲勞及手腕酸所佔比例最高。

(3)醫師診斷之統計：

對象同前，亦為269名的暴露組，其診斷後的相關統計資料依Stockholm的分級方式進行，所得結果如表3-4所示。其中無明顯症狀者225人；循環機能衰退顯著症狀者2人，感覺機能症狀1SN者26人，2SN者6人而3SN者12人。

第三節 生理反應量測儀器

1.手指末梢循環機能量測儀器

手-手臂振動會引起皮膚溫下降，遇寒冷刺激後，皮膚溫不容易恢復，振動亦會引起手指動脈強烈收縮，手指動脈阻力增加及血流減少，嚴重時會導致白指病發作。病理學發現白指病患者手指動脈的中膜肥厚，內膜狹窄。下列為末梢循環機能測定設備之介紹：

(1)手指皮膚溫測定器

廠牌LUTRON、機型TM-905(照片3-3)，其測定原理為溫度感應器接受後傳至訊號處理器，最後在面板上顯示測定的溫度數值。具有雙感應頭，可同時測定雙手手指之皮膚溫度，其精度為0.1℃，誤差±0.5℃，反應時間小於3秒，為一反應速度快、體積小、攜帶容易及操作簡便之測定儀器。其量測方法是將此設備之二條感應線前端，以防水之透氣膠帶分別黏貼於受測者之雙手食指前內側，待數秒穩定後，即可立刻讀取受測者手指皮膚之溫度。

(2)冷浸水槽

本研究最理想的測試條件，應使用低溫恆溫水槽，但礙於設備笨重、電力來源等問題，而以最為傳統的方式「冰塊」取代，因其取得容易，且攜帶簡便，只需一行動冰箱即可，提供本研究之所需。冷浸水槽的溫度維持在12.5±1.0℃，且

槽壁材料考慮溫度擴散慢者爲佳(照片3-4)，冷浸時，緩慢攪動水，使其溫度均勻。

(3)電暖爐

在第一章曾提到，本研究現場作業易受氣溫條件的影響，因此爲控制受測場所測定條件的一致性，對於測定當時室內溫度過低(25℃以下)時，利用電暖爐(國際牌旋轉式雙加溫管型電暖爐如照片3-5)來使改場所的溫度達到假設狀況，以減少實驗之誤差。

2.手指感覺機能之測定儀器

手-手臂振動所引起的神經系統障礙，除直接握住手工具的末梢神經受傷外，振動更由此傳遞全身而引起中樞神經的障礙。其主要症狀包括：

(1)中樞神經機能異常如失眠、易怒、不安、性無能

(2)交感神經緊張性增高

(3)神經傳導速度減慢

(4)末梢神經病變

(5)感覺障礙如振動覺及痛覺閾值昇高，兩點鑑別覺減弱。

本文主要爲介紹第5項感覺機能測定需使用之設備，其說明如下：

(1)振動覺閾值測定器

廠牌RION、機型AU-02A(照片3-6)。本設備之主要功能爲一可調式振動源(63Hz、125Hz、250Hz)之設備，其強度範圍爲-10dB～40DdB，其測定方法爲受測者將一手之中指分別置放於振動接收器上，另一手握住訊息傳送器，待受測者之手指有感覺輕微振動時，另一手即按下訊息傳送器，此時施測人員即可掌握受測者之狀況。

(2)兩點鑑別覺及高低差鑑別覺測定儀

本設備主要量測勞工長期暴露振動後，兩點鑑別與高差鑑別能力衰退的情形，由於暴露組與對照組比對要求在等速及恆溫下測定，因此本計畫依此條件設計兩組不同控制鑑別板來達成測定目標。設備中包括電力驅動裝置、傳動調整制動與微動、溫控單元、速控單元、高低及兩點鑑別覺測試本體等。儀器傳動速度調整在0.25~4.6 cm/s ，測試板溫度可依需要調整設定在0~30℃，且爲避免測試控制復位及更換測試板，採用面板鍵盤與外接按鍵控制(照片3-7)。使用方法爲受測者一手中指放於測定處，另一手握住電源感應器，待受測者按下電源感應器後，

模板(兩點覺或高低差覺模板)即被驅動。若受測者如有感覺模板高低差或分成二列時，鬆開電源感應器，則模板不再驅動而停止，此時即可記錄其刻度值(兩點覺及高低差覺模之刻度爲0~15cm，精確度0.1cm)。

第四節 末梢循環機能之測試

1.測試原理說明

本次研究有關末梢循環機能的測試，包括冷浸試驗及手指皮膚溫之測定兩大部份，受測的對象及分組情況，則如第一節所示，下列就冷浸試驗及手指皮膚測定的原理作一說明：

(1)冷浸試驗：

從過去文獻可了解長期使用振動手工具時，其末稍循環機能與感覺機能均有變差的趨勢，前述機能之檢測可經由觀察8~12℃的水冷浸前後及其恢復率的過程得知，此過程稱爲冷浸試驗。本研究冷浸試驗進行時，冷浸水槽維持在10℃±1℃，使受測勞工左右手同時冷浸10分鐘，冷浸完後用毛巾輕輕將手中的水滴擦掉。在冷浸前、冷浸中、冷浸後依實驗設定的時間記錄手指皮膚溫或測定其振動閾值。冷浸試驗之場所一般維持在25±1℃(溫度高時以電風扇或冷氣使空氣降低，溫度低時以加熱爐或暖氣加溫)，以避免分析上的困擾，受測勞工在到達測定場所後，先休息20分鐘，經研究人員現場訪談與問卷後，再予以測試。照片3-8爲研究工作人員教導受測勞工如何配合測試，而照片3-9爲冷浸過程。另外冷浸尚有有一限制，爲受測勞工於冷浸試驗前12小時，不得操作任何振動手工具。

(2)手指皮膚溫測定：

一般末梢循環機能症狀之診斷，大都以冷浸前、中、後皮膚溫變化及恢復速率來評估，皮膚溫的量測是將皮膚溫測定器的二感應線端以透氣防水膠布黏貼於食指內側，測定過程分別記錄冷浸前、冷浸中3、5、8及10分鐘、及冷浸完成之皮膚溫變化，冷浸後3、5、7、10、15、及20分鐘之皮膚溫恢復情形，來初步判斷受測勞工有否罹患振動症候群之參考。溫度的記錄，是由專人以碼表依實驗設定的時間執行記錄之。

2.皮膚溫測定結果

冷浸前皮膚溫在27.7～32.3℃之間，當兩手浸入10℃的冷水槽時，手指皮膚溫會急速下降至水溫附近，血管會因此激烈收縮，待五～八分鐘後會因個人體質或振動

症候群嚴重程度而有不同的回升，部份暴露組勞工甚至有再下降的現象。冷浸10分鐘用毛巾輕輕擦乾，繼續監測皮膚溫恢復情形，末梢循環機能正常者快速恢復，至7分鐘時的平均恢復率達約67%，表3-5～3-10爲對照組及各產業暴露組勞工的統計資料，表3-11爲所有受測者暴露組勞工不同組別(VS(+)，$VS(-)_1$，$VS(-)_2$，$VS(-)_3$)的食指皮膚溫變化的平均值。各產業不同組別左右手食指的皮膚溫變化與對照組比較如圖3-7～圖3-16所示，而圖3-17及圖3-18爲所有受測者的比較情況。利用T-test檢定其間差異顯著性除VS(-)組與CON組之冷浸前及冷浸過程3~10分鐘的差異性較差(P=0.1~0.3)以外，其他各測點均達1%之顯著水準。另外左手皮膚溫變化或恢復率比右手差超過3℃或10%者經詢問都是屬於採用左手作業的勞工。

第五節 感覺機能之測試

1.測試原理說明

本實驗有關感覺機能之測試包括冷浸試驗、振動覺閾值、兩點鑑別覺及高低差覺等四部份，各相關測試之原理說明如下：

(1)冷浸試驗：

本研究中的感覺機能與末梢循環機能其冷浸的試驗是同一時間實施，其測試原理如第四節所述。

(2)振動覺閾值測試：

本研究以125Hz及250Hz頻率振波測定勞工之振動覺閾值來評估。其感覺機能以振動覺閾值測定器(Rion AU-O2型)對受試者中指於冷浸前、冷浸剛完、冷浸後5及10分鐘之振動覺閾值測定如照片3-10所示。採用每次2.5分貝的上昇法測定，測定範圍由-10至40分貝(-10分貝表示振動覺最靈敏，40分貝表示最遲鈍)，其測定方法是受測者將一手的中指輕輕置放於振動產生器上，另一手握住訊號傳送器，此時施測者給予一振動源5秒，若受測者手指感覺振動時，即按下訊息傳送器後，施測者即可明瞭狀況。

(3)兩點鑑別覺及高低差覺測試：

從過去文獻得知，評估感覺機能之情形，除了從振動覺閾的測試外亦可藉由手指指端之兩點鑑別覺及高差鑑別覺的測試得知，測試情況如照片3-11所示，測試的方法爲受測者一手置放於測定儀之受測處，另一手握住電源感應器，待受測

者持續押下電源感應器後，模板(兩點覺或高低差模)即同步被驅動，若受測者如手指有感覺模板高低或分叉成二列時，鬆開電源感應器，則模板不再驅動而停止，此時即可記錄其刻度的數值。

2.感覺機能測定結果

(1)振動覺閾值測定結果：

長期暴露於振動手工具會引起振動覺閾值的變動，因此又可稱爲永久性振動覺閾值損失(PTSv,permanental thresh- old shift of vibratory sensation)，暴露組與對照組勞工分別在冷浸前、冷浸結束、冷浸後 5分鐘、冷浸後10分鐘，測定其125Hz及250Hz兩種頻率的振動覺閾值如表3-12~表3-24爲對照組與各產業暴露組勞工的振動閾值統計資料，而不分行業所有暴露組勞工反應資料比較表3-18及表3-24。125Hz頻率震波輸入時，不同產業暴露組勞工中指振動覺閾值比較如圖3-19至3-28所示，不分業別暴露組勞工振動覺閾值比較如圖3-29及3-30所示。其中對照組冷浸後提高約8dB，而冷浸後10分鐘則幾乎恢復其閾值，但疑似振動症候群(VS(+)組)在冷浸後則提高在13Db左右，而冷浸後15分鐘仍未恢復其原有之閾值。250Hz頻率震波輸入時，不同產業暴露組勞工中指振動覺閾值比較如圖3-31至3-40所示，不分業暴露組勞工振動覺閾值比較如圖3-41及3-42所示。各組間的差異與125Hz震波類似。測定結果是以Students T-test來檢定其差異是否顯著時，振動覺閾值因爲有負值，故將這些閾值改用排列(rank)系統處理，即-lOdB、-7.5dB、-5dB、-2.5dB、OdB分別以19、18、17、16、15分對應，依序遞減，而35dB可得 2分，再利用這些得分進行統計分析。利用T-test檢定期間之差異性，結果VS(-)、VS(+)與CON組各點之比較均達1%以上之顯著水準，若以125Hz與250Hz兩種頻率的振動覺閾值比較，則更明顯採用250Hz比較具有代表性。

(2)兩點鑑別覺：

兩點鑑別覺的測定是將暴露組與對照組勞工其左右手於冷浸前、冷浸結束、冷浸後5分鐘、10分鐘、15分鐘之兩點鑑別覺的變化情況分別記錄，對照組勞工冷浸前後中指之兩點及高差鑑別覺如表3-25所示，有關不同產業暴露組勞工的兩點鑑別覺測定結果如表3-26至3-30所示，不分業暴露組勞工的測定統計資料如表3-31；而各產業間不同組暴露勞工的反應值比較如圖3-43和圖3-52所示，各組間的比較如圖3-53至圖3-54，其中各組勞工冷浸後之兩點覺增加至4cm而後逐漸恢復，

利用利用T-test檢定其間之顯著差異性，在冷浸完成及冷浸後5分鐘及10分鐘已達1％之顯著水準，而其他各點則不具顯著性。

(3)高低差鑑別覺：

高差鑑別覺的測定是同兩點鑑別覺的方式進行，分別記錄暴露組與對照組勞工其左右手於冷浸前、冷浸結束、冷浸後5分鐘、10分鐘、15分鐘之高差鑑別覺值，不同產業暴露組勞工高低差鑑別覺測定結果如表3-32至3-36，而不分業暴露組勞工之高低差鑑別覺測定資料如表3-37所示；不同產業暴露組勞工的高低差鑑別覺資料比較如圖3-55至圖3-64所示，而不分業暴露組勞工的高低差鑑別覺比較如圖3-65及圖3-66。亦採用T-test進行檢定其間之顯著差異性，在冷浸完成及冷浸後5分鐘、10分鐘、15分鐘亦具顯著差異之水準。

第六節 討論

1. 手指皮膚溫分析測定結果

(1)冷浸過程之比較：在VS(-)、VS(+)與CON組於10分鐘的冷浸過程中進行比較，得到VS(-)、VS(-)比CON分別降低約VS(-)組2.4℃、VS(+)組4.5℃。

(2)冷浸後恢復率之比較：三組冷浸後10分鐘後的恢復率分別爲VS(-)組82.7%、VS(+)組67.7%、CON組95.5%。

(3)各產業間冷浸恢復情況之比較：從研究的五種產業別冷浸後的恢復情況進行比較，則得知鐵道工人及石作工人的皮膚溫恢復情況較差。

2.振動覺閾值分析測定結果

實驗的進行是以125Hz.250Hz兩種頻率的震波對受測者施測，從彙整統計的資料發現，冷浸10分鐘後，在125Hz頻率三組的振動覺閾值提高率分別爲VS(-)組11.8dB，VS(+)組14dB、CON組7dB；而250Hz則爲VS(-)組15dB，VS(+)組17dB、CON組11.3dB，由此可知250Hz頻率的振動覺閾值的結果其差異性較具代表性。另外振動覺閾值的恢復情況，在冷浸完後5分鐘125Hz的恢復率三組分別爲：VS(-)組84.4%，VS組(+)71.8%、CON組94.4%；另250Hz之5分鐘恢復率分別爲：VS(-)組79.1%，VS(+)組44.3%、CON組84.4%，由結果可知VS(+)組的振動覺閾值的恢復情況不甚理想。對各產業間恢復效果進行比較，則發現鐵路道工及石作工人其振動覺閾值的恢復情況較差。

3.兩點鑑別覺分析測定結果

(1)冷浸前之比較：以VS(-)、VS(+)與CON組於冷浸前進行比較，則可得知VS(-)較CON組高出1.1公分，VS(+)較CON組高出2.9公分。

(2)冷浸後之提升比較：以VS(-)、VS(+)與CON組於冷浸後10分鐘進行比較，則VS(-)較CON組高出1.7公分，VS(+)較CON組高出3.4公分。

(3)各產業間的比較：在五種產業中，以汽車裝配工人的感覺機能較好。

4.高差鑑別覺分析測定結果

(1)冷浸前之比較：以VS(-)、VS(+)與CON組於冷浸前進行比較，得知VS(-)較CON組高出1.3公分，VS(+)較CON組高出2.5公分。

(2)冷浸後之比較：以VS(-)、VS(+)與CON組於冷浸後10分鐘進行比較，則VS(-)較CON組高出1.1公分，VS(+)較CON組高出3.2公分。

(3)冷浸後的恢復率比較：三組於冷浸後5分鐘之恢復率分別爲VS(-)88％、VS(+)74.7％、CON組88.6％。

(4)各產業間的比較：在五種產業中，以鐵道工人的感覺較差。

第七節 感覺機能與末梢微循環異常之後送檢查

本節的目的是將前面所得的結果，針對醫師問診確定有疑似罹患VS且依stockholm scale 分級屬3SN者，自覺症狀有手麻、白指常有手指泛白等症候，且振動覺閾值反應不佳，冷浸後皮膚溫恢復不理想的暴露組勞工共計有15名，爲求進一步確認該些員工的情況，特安排該15名員工分別前往高雄醫學院、台北榮民總醫院做進一步的生理檢查，高雄醫學院檢查內容包括兩個科別，分別神經科檢查項目爲皮膚神經傳導速率(NCV)、皮膚交感神經反應(SSR)；及皮膚科檢查項目爲皮膚溫、皮膚脂肪、皮膚PH值、血流速度、血管螢光通透度等檢測項目。另外經台北榮民總醫院陳昌明醫師協助，對中船三位感覺機能差的鑄造工至榮總神經內科作進一步檢查。由於本節原未列入本文的研究項目內，但基於研究的精神，欲進一步了解本研究的設計與執行所得的結果與醫院的生理檢查是否符合，有關勞工前往醫院檢查時的相關情形如照片3-12及3-13。

表3-1 受測勞工基本資料分析表

行業	組別	人數	年齡±S.D	工作年資±S.D
鐵路砸道工人(102)	VS(+)	24	50.8±4.0	22.9±2.7
	$VS(-)_1$	43	53.0±2.0	23.6±3.2
	$VS(-)_2$	28	45.4±4.6	19.3±5.1
	$VS(-)_3$	7	34.4±4.1	9.9±2.4
石作工人(37)	VS(+)	12	46.5±8.3	17.5±5.8
	$VS(-)_1$	3	56.3±0.5	23.3±0.4
	$VS(-)_2$	9	44.6±3.0	19.3±5.8
	$VS(-)_3$	13	31.9±6.2	6.7±3.1
汽車裝配(60)	VS(+)	0	-	-
	$VS(-)_1$	0	-	-
	$VS(-)_2$	21	42.5±2.1	13.9±4.6
	$VS(-)_3$	39	34.0±2.4	7.8±3.9
機械操作工(40)	VS(+)	2	46.0±0.6	10.6±4.6
	$VS(-)_1$	6	54.4±2.9	17.2±9.1
	$VS(-)_2$	8	44.9±3.1	13.9±6.4
	$VS(-)_3$	24	31.7±3.9	5.5±2.1
營造工人(30)	VS(+)	6	44.8±5.8	16.8±5.3
	$VS(-)_1$	4	51.2±1.9	21.6±3.8
	$VS(-)_2$	11	43.7±3.8	14.5±8.4
	$VS(-)_3$	9	35.6±4.3	10.3±4.9

表3-2 暴露組與對照組勞工基本資料分析表

行業	組別	人數	年齡±S.D	工作年資±S.D
暴露組	VS(+)	44	48.6±6.8	20.1±5.9
	$VS(-)_1$	56	53.2±2.1	22.8±6.3
	$VS(-)_2$	77	44.2±3.3	17.0±6.6
	$VS(-)_3$	92	33.3±4.7	7.5±4.8
	Total	269	44.4±5.3	15.7±6.8
對照組	CON_1	18	52.3±1.4	-
	CON_2	21	45.8±4.1	-
	CON_3	30	34.6±4.2	-
	Total	69	42.6±4.7	-

表3-3 全省鐵路局砸道工人年齡與年資分析(問卷寄發1080份，回收852份)

年齡	人數(%)	年資	人數(%)
50歲以上	231(27.1)	20年以上	263(31.3)
40~50歲	376(44.1)	10~20年	340(39.9)
30~40歲	170(20.0)	5~10年	80(9.4)
30歲以下	75(8.8)	5年以下	165(19.4)

表3-4 振動症候群勞工(VS(+))之stockhlom分級

作業別	無症狀	循環機能				感覺機能		
		1	2	3	4	1SN	2SN	3SN
鐵路砸道工人	78	1	1	-	-	11	4	9
石作工人	25	-	-	-	-	7	2	3
汽車裝配工	24	-	-	-	-	6	0	0
機械操作工	38	-	-	-	-	2	0	0
營造工人	60	-	-	-	-	-	-	-
累計	225	1	1	0	0	26	6	12

表3-5　對照組勞工冷浸前後食指皮膚溫變化分析（單位℃）

時間 左右手	0分	3分	5分	8分	10分	11分	13分	17分	20分	25分	30分
左手皮膚溫	33.5±1.7	15.6±1.2	14.6±0.5	12.9±0.4	13.1±0.8	18.4±2.1	24.8±3.4	30.2±3.5	32.1±1.9	32.9±1.2	33.3±1.3
右手皮膚溫	33.2±1.9	15.2±0.9	14.5±0.5	12.5±0.6	12.6±0.5	18.1±3.2	24.7±3.8	30.1±4.1	31.6±2.8	32.6±2.1	33.2±1.9

表3-6鐵路砸道工人冷浸前後食指皮膚溫變化統計表（單位:℃）

時間 組別		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	28.0±4.1	14.7±0.6	13.5±0.5	12.9±0.6	12.7±0.6
	VS(-)$_1$	32.1±2.4	14.9±0.9	13.7±0.9	12.8±0.9	12.7±1.0
	VS(-)$_2$	30.6±3.1	14.5±1.2	13.2±1.0	12.6±1.1	12.4±1.0
	VS(-)$_3$	31.9±2.7	15.2±1.1	14.1±1.0	13.6±1.3	13.7±1.6
右手	VS(+)	28.1±4.1	14.3±0.8	13.3±0.8	12.5±0.8	12.2±0.7
	VS(-)$_1$	31.8±2.7	14.4±0.9	13.6±1.0	12.9±0.9	12.5±0.9
	VS(-)$_2$	31.0±3.1	14.7±1.2	13.5±1.0	12.7±0.9	12.5±0.9
	VS(-)$_3$	31.5±4.0	15.3±0.6	14.2±0.6	13.8±0.9	14.0±1.4

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(+)	14.2±0.9	16.0±1.7	17.5±2.0	18.8±3.2	19.9±4.4	21.6±4.4
VS(-)$_1$	16.1±2.4	19.7±3.7	23.1±4.7	25.4±4.7	27.3±4.6	28.9±4.2
VS(-)$_2$	13.9±2.6	15.7±4.4	17.1±5.0	18.4±5.3	19.0±4.9	20.5±4.9
VS(-)$_3$	16.2±2.5	20.2±4.1	23.3±4.8	25.7±5.0	27.7±4.7	29.4±4.6
VS(+)	18.4±3.0	25.1±4.0	29.8±3.7	31.5±2.7	32.9±1.9	33.6±1.8
VS(-)$_1$	15.8±1.7	19.2±2.7	23.0±4.3	25.8±4.5	28.3±3.9	29.4±3.4
VS(-)$_2$	16.2±1.1	19.9±1.3	23.5±1.9	26.0±2.2	28.4±3.1	29.6±3.3
VS(-)$_3$	14.0±0.7	15.7±0.6	16.9±0.5	18.2±0.9	19.7±0.9	20.6±1.3

表3-7石作工人冷浸前後食指皮膚溫變化統計表 (單位:℃)

組別＼時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	25.9±2.6	14.2±1.3	12.7±0.9	11.7±0.5	11.5±0.5
	VS(-)$_1$	30.4±1.5	14.7±0.3	12.8±0.2	11.9±0.4	12.1±0.6
	VS(-)$_2$	30.2±1.5	14.3±0.7	12.7±0.5	12.1±0.4	12.2±0.5
	VS(-)$_3$	31.4±1.6	14.7±0.2	12.7±0.3	12.1±0.4	12.3±1.1
右手	VS(+)	25.7±2.7	13.8±0.6	12.6±0.5	11.7±0.5	11.6±0.4
	VS(-)$_1$	33.5±4.4	14.4±1.1	12.8±1.3	11.8±0.8	11.6±0.6
	VS(-)$_2$	30.2±1.5	13.8±0.7	12.7±0.6	12.1±0.6	12.0±0.6
	VS(-)$_3$	31.3±1.5	14.7±0.7	13.4±0.5	12.6±0.4	12.0±0.4

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(+)	13.4±0.7	15.8±1.1	17.3±1.1	18.7±1.1	19.7±1.4	21.0±1.4
VS(-)$_1$	14.2±0.2	17.4±0.5	19.0±0.6	22.2±2.0	25.6±2.4	28.1±2.1
VS(-)$_2$	14.6±1.0	17.8±1.1	21.0±1.5	24.0±2.6	26.3±1.9	28.5±1.4
VS(-)$_3$	14.9±1.6	18.1±1.4	12.2±2.5	24.4±2.4	27.3±2.6	29.9±1.9
VS(+)	13.4±1.2	15.4±1.6	16.8±1.9	18.1±2.6	19.1±3.0	19.8±3.2
VS(-)$_1$	14.2±1.5	16.8±2.1	20.2±1.4	24.3±1.6	27.1±1.6	29.0±2.5
VS(-)$_2$	15.2±1.0	17.9±1.2	21.0±2.0	23.4±2.5	25.8±2.6	27.8±2.2
VS(-)$_3$	15.0±0.6	18.3±0.9	21.8±1.1	24.9±2.2	27.4±2.2	29.8±1.3

表3-8　汽車裝配工冷浸前後食指皮膚溫變化統計表（單位:℃）

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(-)$_2$	31.1±2.9	14.7±0.9	13.2±0.4	12.7±0.7	12.7±1.1
	VS(-)$_3$	32.6±2.8	14.6±0.9	13.5±0.5	12.9±0.7	13.2±0.9
右手	VS(-)$_2$	31.0±3.1	14.7±1.2	13.5±1.0	12.7±0.9	12.5±0.9
	VS(-)$_3$	31.5±4.0	15.3±0.6	14.2±0.6	13.8±0.9	14.0±1.4

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(-)$_2$	16.4±1.9	18.8±2.7	21.3±2.4	25.5±2.2	28.4±3.3	30.3±1.4
VS(-)$_3$	16.9±2.3	20.6±3.9	24.8±2.8	28.6±3.1	31.9±1.8	32.1±2.9
VS(-)$_2$	15.7±3.5	18.6±3.1	22.5±2.7	25.9±2.4	28.8±2.7	30.4±1.4
VS(-)$_3$	15.1±2.6	19.2±2.9	23.6±1.8	27.8±3.3	30.9±1.8	31.8±2.9

表3-9　機械操作工人冷浸前後食指皮膚溫變化統計表（單位:℃）

時間 組別		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	29.4±1.4	14.1±1.1	13.3±0.7	12.4±1.1	12.1±0.4
	VS(-)$_1$	30.8±2.7	14.5±0.9	13.2±0.7	12.8±0.8	12.7±0.8
	VS(-)$_2$	32.1±2.6	14.7±1.3	13.3±0.8	12.9±1.0	12.4±0.9
	VS(-)$_3$	32.2±2.9	14.6±0.8	13.8±0.7	13.0±0.8	13.3±0.5
右手	VS(+)	28.7±2.1	14.0±1.2	13.2±0.9	12.7±1.1	12.4±0.4
	VS(-)$_1$	30.6±2.9	14.4±0.9	13.6±0.7	13.1±0.9	13.0±0.7
	VS(-)$_2$	32.0±2.6	14.6±1.3	13.7±0.8	13.3±1.0	13.5±1.0
	VS(-)$_3$	32.8±2.8	14.7±0.8	13.9±0.7	13.4±0.7	13.4±0.5

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(+)	12.9±1.6	14.3±2.9	16.7±1.2	19.6±1.8	21.9±1.6	23.6±1.3
VS(-)$_1$	15.8±2.2	17.9±1.9	21.5±2.6	25.6±2.3	28.3±2.2	30.5±1.4
VS(-)$_2$	16.1±2.8	18.3±2.1	22.7±1.8	27.0±2.5	30.9±1.4	32.0±1.9
VS(-)$_3$	16.3±3.1	19.4±2.6	23.6±2.1	27.9±1.3	31.1±1.8	32.9±2.5
VS(+)	13.2±1.6	14.5±2.9	16.1±1.1	19.1±1.8	21.0±1.7	23.3±1.1
VS(-)$_1$	16.3±2.2	18.6±3.4	20.8±2.3	25.9±2.5	28.9±2.4	30.5±2.2
VS(-)$_2$	16.7±2.1	18.8±2.3	23.3±2.5	27.6±2.5	30.8±1.2	31.2±1.8
VS(-)$_3$	17.2±1.8	20.3±1.9	24.1±2.5	28.3±1.6	31.9±1.7	32.7±1.6

表3-10　營造工人冷浸前後食指皮膚溫變化統計表 (單位:℃)

組別 \ 時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	30.2±2.4	13.9±0.7	12.9±0.8	12.7±0.6	12.2±0.6
	VS(-)$_1$	32.1±1.8	14.5±0.9	13.6±0.7	13.2±0.7	12.8±0.9
	VS(-)$_2$	33.2±3.6	15.1±0.6	13.6±0.9	13.0±0.7	12.8±0.5
	VS(-)$_3$	33.42.9	14.9±1.1	13.9±0.4	13.1±0.4	13.4±1.1
右手	VS(+)	29.6±2.3	13.6±1.7	12.9±0.9	12.5±0.4	12.2±0.4
	VS(-)$_1$	31.9±1.6	14.1±0.6	13.3±0.8	12.9±0.7	12.8±0.7
	VS(-)$_2$	33.4±3.5	14.9±0.6	13.5±0.8	12.9±0.8	13.0±0.9
	VS(-)$_3$	33.1±2.8	15.1±1.0	13.8±0.5	13.0±0.5	13.2±0.6

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(+)	12.5±1.8	15.8±1.7	17.9±1.9	20.9±2.2	25.1±1.8	27.4±2.6
VS(-)$_1$	14.3±1.6	17.4±1.2	21.8±1.9	25.4±1.6	28.9±1.7	32.8±2.1
VS(-)$_2$	14.3±1.1	17.9±1.5	22.5±2.3	26.9±1.8	30.1±2.1	32.9±1.3
VS(-)$_3$	15.9±0.8	18.6±2.6	23.6±1.9	28.2±2.2	32.0±2.8	33.2±2.6
VS(+)	13.3±0.7	15.3±1.5	17.8±1.9	20.6±1.9	23.7±2.1	26.8±2.2
VS(-)$_1$	14.2±1.9	17.3±0.8	21.9±1.9	26.8±1.6	28.6±1.6	32.9±1.9
VS(-)$_2$	14.7±1.2	18.3±1.3	23.7±2.4	27.1±1.5	30.2±1.7	32.8±1.5
VS(-)$_3$	15.7±1.0	18.5±2.3	23.2±1.6	27.9±2.2	31.0±2.6	33.4±2.7

表3-11 不分業暴露組勞工冷浸前後食指皮膚溫變化分析表(單位：℃)

組別 \ 時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	27.8±3.4	14.4±2.3	13.2±1.8	12.6±1.7	12.3±2.5
	$VS(-)_1$	31.9±2.7	14.7±2.3	13.6±1.5	12.8±1.8	12.7±2.1
	$VS(-)_2$	31.2±3.5	14.6±2.5	13.2±1.7	12.6±1.7	12.5±1.7
	$VS(-)_3$	32.4±3.1	14.7±2.3	13.6±1.8	12.9±2.1	13.2±1.9
右手	VS(+)	27.7±3.4	14.1±2.2	13.1±1.8	12.3±1.9	12.1±1.9
	$VS(-)_1$	31.8±2.9	14.4±2.1	13.5±1.7	12.9±2.2	12.5±1.5
	$VS(-)_2$	31.3±3.2	14.6±2.3	13.4±1.6	12.6±2.3	12.6±1.8
	$VS(-)_3$	32.3±2.7	14.7±2.2	13.6±1.8	13.1±1.9	13.2±1.9

組別	11分	13分	17分	20分	25分	30分
VS(+)	13.8±2.3	15.8±2.4	17.5±2.7	19.1±2.2	20.6±1.9	22.3±1.6
$VS(-)_1$	15.8±1.9	19.2±2.3	22.6±2.3	25.3±2.3	27.4±1.7	29.3±1.8
$VS(-)_2$	15.6±1.7	18.9±2.1	22.1± 2.3	25.5±2.1	28.2±1.5	29.9±1.5
$VS(-)_3$	16.4±1.8	19.9±2.4	23.9±2.2	27.8±1.4	31.0±1.5	32.2±1.4
VS(+)	13.7±2.5	15.5±2.6	17.0±2.4	18.5±2.3	20.1±1.9	21.4±1.7
$VS(-)_1$	15.7±2.0	18.9±2.1	22.5±2.4	25.8±2.1	28.3±1.8	29.8±1.7
$VS(-)_2$	15.7±1.8	18.9±2.4	22.8±2.2	25.8±2.0	28.5±1.5	30.2±1.9
$VS(-)_3$	16.0±2.0	19.6±2.0	23.7±2.4	27.6±1.5	30.7±1.3	32.5±1.4

表3-12　對照組勞工冷浸前後中指振動覺閾值 (單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	125Hz	16.3±1.8	13.4±1.7	15.2±2.3	15.8±1.8	15.9±2.1
	250Hz	14.9±2.2	10.9±1.9	12.7±2.3	14.5±1.9	14.9±1.3
右手	125Hz	15.8±1.6	13.1±1.4	15.2±1.6	15.8±2.1	15.8±1.6
	250Hz	15.0±1.9	10.8±2.1	13.2±2.5	14.4±2.1	14. 7±2.3

表3-13 鐵路砸道工冷浸前後125Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	12.8±3.1	7.3±1.9	8.8±2.5	10.3±2.7	11.5±2.8
	$VS(-)_1$	14.3±3.1	9.7±3.0	12.0±4.2	13.8±3.3	14.6±3.7
	$VS(-)_2$	15.2±2.3	10.8±3.1	13.2±3.1	14.5±3.0	15.0±3.2
	$VS(-)_3$	18.1±1.7	13.1±3.3	16.2±3.4	17.1±2.8	17.8±2.8
右手	VS(+)	12.8±3.5	7.2±2.9	9.4±2.6	10.9±2.7	11.4±3.1
	$VS(-)_1$	14.6±2.8	10.4±3.7	11.9±3.0	13.5±3.1	14.2±2.7
	$VS(-)_2$	14.4±1.9	11.7±3.4	13.3±3.1	14.2±3.3	14.9±3.2
	$VS(-)_3$	18.2±3.1	13.6±3.7	15.8±3.5	17.0±3.3	17.4±3.0

表3-14　石作工人冷浸前後125Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	13.9±1.3	7.9±1.4	8.9±2.3	10.2±2.4	11.6±3.6
	$VS(-)_1$	17.3±3.1	7.7±0.6	10.3±0.6	11.7±1.5	15.7±1.2
	$VS(-)_2$	16.6±3.1	10.4±1.9	12.0±2.3	14.0±2.3	15.3±2.2
	$VS(-)_3$	17.7±3.0	11.5±3.0	13.0±3.3	15.5±3.1	16.5±2.8
右手	VS(+)	12.9±2.7	8.5±2.7	9.1±2.4	10.4±2.5	11.0±2.9
	$VS(-)_1$	17.0±2.6	9.0±2.6	12.0±0.2	13.3±2.3	14.7±1.2
	$VS(-)_2$	17.0±3.2	10.3±1.6	12.9±2.0	14.9±2.4	15.9±2.7
	$VS(-)_3$	15.8±3.4	9.8±1.9	12.0±2.7	13.5±1.9	15.2±2.7

表3-15 汽車裝配工冷浸前後125Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	$VS(-)_2$	1.59±2.5	12.1±3.2	13.1±2.8	14.4±3.0	15.2±2.8
	$VS(-)_3$	16.1±2.4	13.0±1.8	14.7±2.6	15.3±2.6	15.9±3.5
右手	$VS(-)_2$	15.5±3.0	11.5±2.4	12.5±2.8	14.1±2.9	14.8±3.0
	$VS(-)_3$	15.6±2.9	12.8±2.7	13.8±3.1	14.6±3.1	15.4±2.8

表3-16 機械操作工冷浸前後125Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	13.3±2.0	9.9±1.7	12.2±1.5	13.3±1.9	13.7±2.0
	$VS(-)_1$	15.5±2.8	10.9±2.1	12.7±2.2	13.6±3.0	14.7±2.4
	$VS(-)_2$	15.4±1.7	11.6±1.9	13.7±2.6	14.5±2.8	15.2±2.8
	$VS(-)_3$	15.7±2.1	13.1±1.8	14.6±3.1	15.5±3.0	15.6±3.0
右手	VS(+)	13.1±1.8	9.6±2.0	12.5±1.4	12.6±1.8	13.5±1.5
	$VS(-)_1$	14.8±2.7	10.8±2.1	12.6±2.9	13.5±3.0	14.6±2.5
	$VS(-)_2$	15.4±2.9	10.9±2.3	13.9±3.0	14.5±2.7	15.2±3.0
	$VS(-)_3$	15.6±2.8	12.9±3.0	14.4±2.7	15.3±2.5	15.6±2.7

表3-17 營造工人冷浸前後125Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	13.4±2.8	7.4±2.1	9.4±2.2	11.1±2.5	12.2±2.5
	$VS(-)_1$	14.3±2.9	8.6±1.9	11.5±2.6	12.5±1.9	13.2±3.1
	$VS(-)_2$	15.0±3.1	9.0±2.1	12.1±2.5	14.1±2.2	14.0±2.9
	$VS(-)_3$	15.8±2.7	12.5±3.1	13.6±2.8	14.8±2.7	15.5±2.3
右手	VS(+)	13.2±2.9	7.2±2.5	10.3±2.9	11.2±2.6	11.9±2.4
	$VS(-)_1$	14.2±2.7	8.2±2.9	10.8±2.5	12.4±3.3	13.6±2.9
	$VS(-)_2$	15.1±3.3	9.1±1.9	12.0±2.4	13.1±2.9	13.5±2.6
	$VS(-)_3$	15.7±2.5	14.2±2.6	13.5±2.7	14.6±2.5	15.2±3.3

表3-18 暴露組勞工冷浸前後125Hz中指振動覺變化分析表(單位:積分)

時間 組別		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	13.2±2.7	7.6±1.8	9.1±1.7	10.5±2.3	11.7±2.7
	VS(-)$_1$	14.6±2.3	9.6±1.4	11.9±1.6	13.6±2.1	14.6±2.0
	VS(-)$_2$	15.6±2.1	10.9±1.3	12.9±1.5	14.4±1.7	15.0±1.9
	VS(-)$_3$	16.6±2.1	10.2±1.5	14.4±1.4	15.5±2.2	16.0±2.0
右手	VS(+)	12.9±3.1	7.7±1.7	9.6±2.4	10.9±2.5	11.5±2.7
	VS(-)$_1$	14.7±2.8	10.2±1.4	11.9±1.9	13.4±2.0	14.2±2.4
	VS(-)$_2$	15.2±2.3	11.0±1.2	12.9±2.1	14.1±1.9	14.8±1.9
	VS(-)$_3$	15.8±2.0	12.4±1.4	13.8±2.0	14.8±2.3	15.6±2.1

表3-19 鐵路砸道工冷浸前後250Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

時間 組別		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	10.1±0.8	3.2±2.1	4.1±3.4	5.3±3.5	6.5±1.9
	VS(-)$_1$	12.2±2.8	4.3±4.1	7.6±4.2	9.6±3.6	10.9±3.1
	VS(-)$_2$	11.7±2.9	6.1±4.2	8.7±5.0	10.6±5.3	11.2±5.5
	VS(-)$_3$	15.6±3.3	7.7±3.9	12.9±4.6	14.2±4.3	14.8±4.2
右手	VS(+)	9.0±4.1	2.0±2.8	3.2±2.7	4.6±3.3	6.2±2.4
	VS(-)$_1$	12.5±3.5	5.7±3.9	7.7±3.9	10.6±3.8	11.0±3.1
	VS(-)$_2$	11.9±3.7	7.2±3.7	9.6±2.5	10.8±3.2	11.6±2.7
	VS(-)$_3$	15.8±2.8	6.9±2.9	12.6±3.1	14.0±2.8	14.7±2.8

表3-20　石作工人冷浸前後250Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	9.6±2.6	2.7±1.7	4.5±2.1	5.5±2.3	6.6±2.8
	$VS(-)_1$	13.7±2.3	3.6±0.7	4.7±1.2	7.2±2.1	10.0±3.5
	$VS(-)_2$	12.4±3.8	4.6±2.4	7.3±2.6	9.4±2.6	11.0±3.2
	$VS(-)_3$	14.7±2.7	7.6±2.0	9.6±2.0	11.3±1.6	13.5±2.3
右手	VS(+)	8.8±3.2	3.6±3.2	5.4±1.8	6.3±2.2	7.2±2.8
	$VS(-)_1$	11.7±2.5	5.3±2.3	6.7±3.1	8.9±3.7	9.7±3.5
	$VS(-)_2$	12.0±2.8	5.0±2.3	7.6±2.2	9.6±2.9	11.9±3.2
	$VS(-)_3$	11.7±4.7	5.3±2.1	8.0±2.4	9.7±2.3	12.3±4.3

表3-21 汽車裝配工冷浸前後250Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	$VS(-)_2$	13.0±3.1	7.7±2.6	9.8±2.8	11.7±3.0	13.4±2.8
	$VS(-)_3$	14.1±2.4	9.1±2.4	11.4±2.9	12.1±2.8	12.7±3.3
右手	$VS(-)_2$	13.1±2.7	6.6±2.9	9.2±2.6	11.6±3.0	12.7±2.6
	$VS(-)_3$	13.2±3.1	7.7±2.7	9.8±2.9	11.9±2.7	13.3±3.2

表3-22 機械操作工冷浸前後250Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	10.2±1.8	3.1±1.9	4.9±1.6	6.3±2.1	7.1±1.9
	$VS(-)_1$	13.2±2.7	6.2±1.7	7.5±1.9	9.9±1.8	11.7±2.2
	$VS(-)_2$	13.7±3.0	9.0±1.6	11.5±1.8	12.6±2.8	12.9±2.3
	$VS(-)_3$	14.4±2.5	10.3±1.8	12.5±2.9	13.9±3.0	14.3±1.9
右手	VS(+)	9.6±1.7	3.4±2.1	4.8±1.9	6.6±1.7	7.4±2.1
	$VS(-)_1$	12.7±2.9	5.9±1.9	7.7±2.0	9.4±1.8	11.5±2.2
	$VS(-)_2$	13.6±2.8	8.5±1.7	11.4±1.8	12.4±3.0	13.0±1.7
	$VS(-)_3$	14.4±3.1	10.3±1.9	12.6±3.0	13.5±2.8	14.0±2.8

表3-23　營造工人冷浸前後250Hz中指振動覺閾值變化表(單位:積分)

組別 \ 時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(+)	11.0±3.1	3.3±1.4	5.4±1.9	6.9±2.0	9.0±2.4
	$VS(-)_1$	12.0±2.8	4.7±1.6	6.0±2.0	7.9±1.9	9.9±1.9
	$VS(-)_2$	12.4±2.5	6.5±2.3	9.0±1.9	9.9±2.3	11.3±3.2
	$VS(-)_3$	14.0±2.8	9.5±3.5	10.9±2.5	11.9±2.6	13.1±2.2
右手	VS(+)	10.9±2.9	3.0±1.3	4.6±1.9	6.2±1.9	8.6±2.1
	$VS(-)_1$	11.6±2.3	4.3±1.8	6.1±1.9	7.3±2.0	10.7±2.5
	$VS(-)_2$	12.2±2.8	7.0±1.9	8.0±2.1	9.5±1.9	11.7±2.9
	$VS(-)_3$	13.6±2.9	8.5±2.3	11.9±2.4	12.5±2.8	13.1±2.3

表3-24　不分業暴露組勞工冷浸前後250Hz中指振動覺變化分析表(單位:積分)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	10.1±2.8	3.1±1.7	4.4±1.7	5.6±1.9	6.9±2.3
	$VS(-)_1$	12.4±2.2	4.5±1.4	7.3±2.3	9.4±2.3	10.9±2.5
	$VS(-)_2$	12.4±1.9	6.7±1.3	9.2±1.5	10.9±1.9	12.0±2.0
	$VS(-)_3$	14.4±2.1	9.1±1.8	11.5±1.9	12.6±2.1	13.4±2.4
右手	VS(+)	9.2±2.7	2.6±1.8	4.1±1.9	5.4±1.8	6.9±2.4
	$VS(-)_1$	12.4±2.4	5.6±1.5	11.9±1.6	10.1±1.9	11.0±2.1
	$VS(-)_2$	12.5±2.1	6.9±1.4	9.2±1.8	10.9±2.0	12.1±1.9
	$VS(-)_3$	13.5±2.0	8.3±1.5	10.7±1.8	12.2±2.2	13.4±2.1

表3-25　對照組勞工中指兩點及高差鑑別覺變化分析表 (單位:cm)

組別 \ 時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	兩點覺	4.4±2.6	6.8±2.9	5.3±2.6	3.9±2.3	3.4±2.3
	高差覺	3.2±1.3	5.1±2.1	3.5±1.8	3.1±1.4	2.8±1.2
右手	兩點覺	4.2±2.1	6.9±2.7	5.5±2.3	3.6±2.3	3.2±2.0
	高差覺	3.0±1.6	5.2±2.4	3.5±1.7	2.8±1.7	2.6±1.4

表3-26　鐵路砸道工冷浸前後中指兩點鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	7.8±2.8	10.6±2.1	8.6±3.0	7.6±3.2	6.3±3.1
	$VS(-)_1$	6.6±3.1	9.1±2.3	7.0±2.5	6.1±2.4	5.8±2.3
	$VS(-)_2$	6.0±1.9	8.2±2.3	5.8±2.0	5.4±2.3	4.8±2.2
	$VS(-)_3$	5.3±2.1	8.7±2.3	6.3±2.1	5.7±2.4	5.5±1.9
右手	VS(+)	6.9±3.3	10.6±2.6	8.3±2.8	6.8±3.0	6.1±3.5
	$VS(-)_1$	6.8±3.2	9.7±2.6	7.0±2.8	6.8±2.9	5.9±2.7
	$VS(-)_2$	5.8±2.1	9.1±2.6	6.2±2.1	6.0±2.5	5.0±2.3
	$VS(-)_3$	6.2±2.4	8.9±2.1	5.9±2.3	5.0±2.1	4.8±1.8

表3-27　石作工人冷浸前後中指兩點鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	6.5±1.8	9.1±1.0	7.1±1.6	6.4±1.9	5.7±1.8
	$VS(-)_1$	5.4±0.7	8.0±1.7	5.6±1.7	5.4±2.2	4.4±1.0
	$VS(-)_2$	5.1±1.9	7.4±1.7	6.8±2.9	5.8±2.9	5.3±2.9
	$VS(-)_3$	4.6±2.0	6.9±1.9	5.1±2.4	5.2±1.8	4.3±2.1
右手	VS(+)	6.3±1.3	8.9±0.8	7.5±1.2	6.6±1.7	5.8±1.6
	$VS(-)_1$	5.6±1.3	8.4±1.3	7.1±1.5	6.3±1.7	5.0±2.1
	$VS(-)_2$	5.2±1.8	7.6±1.5	6.7±2.0	6.1±1.9	5.3±1.7
	$VS(-)_3$	4.2±2.0	7.1±1.6	5.5±1.9	4.0±1.8	5.8±1.6

表3-28　汽車裝配工冷浸前後中指兩點鑑別覺分析表　(單位:cm)

組別	時間	0分	3分	5分	8分	10分
左手	VS(-)$_2$	4.6±1.6	7.4±2.1	5.9±1.7	4.7±2.2	4.1±1.8
	VS(-)$_3$	4.2±1.9	6.8±2.3	5.2±2.1	4.3±1.6	3.9±2.0
右手	VS(-)$_2$	4.3±1.7	7.6±2.3	6.2±2.1	5.1±1.8	3.9±1.6
	VS(-)$_3$	4.3±2.1	7.2±1.9	5.8±1.6	4.2±2.2	3.6±2.1

表3-29 機械操作工冷浸前後中指兩點鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

組別	時間	0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	6.8±2.4	10.2±1.7	8.3±2.1	7.4±1.9	6.4±1.6
	VS(-)$_1$	5.7±2.0	8.9±1.6	7.2±2.3	6.6±1.8	6.2±2.1
	VS(-)$_2$	4.2±1.4	6.8±2.3	5.8±2.4	4.2±1.8	3.5±2.1
	VS(-)$_3$	3.9±1.9	6.7±2.0	5.2±1.8	4.4±2.1	3.6±1.7
右手	VS(+)	6.8±2.3	9.9±1.9	8.5±2.0	7.2±2.1	6.8±2.0
	VS(-)$_1$	6.1±2.3	9.2±2.4	6.8±1.8	6.7±2.1	5.9±1.8
	VS(-)$_2$	4.4±1.9	7.3±1.9	6.2±2.1	4.8±1.7	3.8±2.1
	VS(-)$_3$	4.1±2.1	6.6±1.6	5.6±2.3	4.4±1.9	3.9±1.7

表3-30　營造工人冷浸前後中指兩點鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

組別	時間	0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	8.3±2.8	12.6±3.7	10.8±2.1	8.8±2.5	8.4±2.6
	VS(-)$_1$	6.9±2.4	9.3±2.8	8.1±2.4	7.5±1.8	7.3±1.8
	VS(-)$_2$	6.8±2.3	8.2±2.6	7.6±1.9	6.6±2.3	5.1±1.9
	VS(-)$_3$	4.6±1.7	7.3±2.1	5.8±1.8	4.7±1.6	4.5±1.3
右手	VS(+)	7.9±2.7	13.1±3.2	10.5±2.9	8.7±2.8	8.5±1.9
	VS(-)$_1$	6.8±2.1	9.8±2.9	8.3±1.5	7.8±2.1	6.9±1.7
	VS(-)$_2$	7.1±2.6	8.4±1.9	7.8±2.3	6.9±1.8	5.6±2.0
	VS(-)$_3$	4.5±2.2	6.9±2.3	6.1±2.0	5.2±2.1	4.4±1.7

表3-31 受測組勞工冷浸前後中指兩點鑑別覺變化分析表 (單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	7.5±2.8	10.1±3.4	8.4±2.9	7.4±2.6	6.4±3.1
	$VS(-)_1$	6.4±2.3	9.3±2.8	7.0±2.2	6.2±2.4	5.8±2.9
	$VS(-)_2$	5.4±1.9	7.7±2.3	6.2±1.9	5.3±2.0	4.5±2.1
	$VS(-)_3$	4.3±2.4	6.9±2.3	5.3±2.1	4.6±2.2	4.1±2.4
右手	VS(+)	6.9±2.9	10.4±3.1	8.4±3.0	7.0±2.9	6.4±2.9
	$VS(-)_1$	6.6±2.2	9.6±2.7	7.1±2.3	6.8±2.4	5.9±3.0
	$VS(-)_2$	5.3±2.0	8.2±2.4	6.4±2.2	5.7±1.9	5.1±2.3
	$VS(-)_3$	4.4±2.2	7.1±2.3	5.7±2.6	4.4±2.3	4.0±2.5

表3-32 鐵路砸道工冷浸前後中指高差鑑別覺分析表 (單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	6.1±2.9	10.3±2.8	8.0±3.2	6.5±3.2	5.6±3.4
	$VS(-)_1$	5.4±3.1	8.1±3.1	6.1±2.5	4.9±2.5	4.4±2.2
	$VS(-)_2$	5.5±2.1	8.7±2.3	5.8±2.0	4.1±2.0	3.5±2.0
	$VS(-)_3$	4.3±2.2	7.8±1.9	5.6±2.3	4.8±2.4	4.1±2.2
右手	VS(+)	4.9±2.8	10.2±2.1	8.1±2.5	6.4±2.9	5.2±2.8
	$VS(-)_1$	5.0±2.2	8.4±2.5	6.1±2.9	4.9±2.7	4.8±2.5
	$VS(-)_2$	4.5±2.0	7.1±2.3	5.3±2.1	4.5±1.8	3.4±1.4
	$VS(-)_3$	4.2±1.9	8.1±2.3	5.9±2.3	4.6±1.7	4.6±2.3

表3-33　石作工人冷浸前後中指高差鑑別覺分析表 (單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	4.5±1.8	6.5±1.6	4.9±1.4	4.5±1.6	3.9±1.6
	$VS(-)_1$	3.6±0.5	4.9±1.1	3.5±1.9	3.2±1.1	3.1±1.1
	$VS(-)_2$	3.6±0.9	5.8±1.8	4.7±2.1	4.0±2.2	3.3±2.0
	$VS(-)_3$	2.8±1.2	3.9±1.9	3.3±1.8	3.5±1.9	2.6±1.6
右手	VS(+)	5.0±1.5	8.0±1.2	6.0±1.5	5.3±1.6	4.4±1.6
	$VS(-)_1$	3.2±1.1	5.4±0.9	4.3±1.3	4.0±1.5	3.3±1.3
	$VS(-)_2$	4.1±2.9	6.5±2.0	5.1±2.1	4.3±1.2	3.8±1.7
	$VS(-)_3$	3.2±1.2	4.9±1.2	3.0±1.2	3.0±1.6	2.6±1.3

表3-34　汽車裝配工冷浸前後中指高差鑑別覺分析表　(單位:cm)

組別 \ 時間		0分	3分	5分	8分	10分
左手	$VS(-)_2$	4.2±1.5	6.4±2.2	4.2±1.5	3.7±1.9	3.3±1.6
	$VS(-)_3$	3.9±1.9	5.7±2.3	4.3±1.8	3.7±2.1	3.6±1.9
右手	$VS(-)_2$	4.3±1.8	6.6±1.9	4.5±2.1	3.8±2.1	3.6±1.8
	$VS(-)_3$	4.2±2.1	6.0±2.1	4.4±1.9	3.9±2.4	3.3±2.0

表3-35 機械操作工冷浸前後中指高差鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

組別 \ 時間		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	7.1±1.8	9.8±2.5	8.1±2.3	6.8±1.8	5.1±2.1
	$VS(-)_1$	4.3±1.5	7.4±2.2	4.8±1.7	3.9±1.7	3.6±1.9
	$VS(-)_2$	3.5±1.8	6.2±1.9	4.2±1.6	3.8±2.0	3.2±1.6
	$VS(-)_3$	3.6±2.1	5.6±2.0	4.2±2.1	3.2±1.4	2.8±1.5
右手	VS(+)	5.9±2.2	8.7±1.9	7.9±1.8	6.6±2.1	6.0±1.8
	$VS(-)_1$	4.5±1.9	7.6±2.3	5.0±2.1	4.2±2.0	3.4±1.7
	$VS(-)_2$	4.1±2.2	6.8±1.9	4.4±1.8	2.5±1.7	3.0±1.9
	$VS(-)_3$	3.8±1.8	6.1±2.1	3.9±1.7	3.3±1.6	3.0±1.6

表3-36　營造工人冷浸前後中指高差鑑別覺變化分析表　(單位:cm)

時間 組別		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(+)	6.9±3.1	9.5±2.7	9.1±2.4	7.8±1.8	7.2±2.0
	VS(-)$_{1}$	4.3±2.3	6.4±2.5	5.1±1.8	4.7±1.6	4.2±1.9
	VS(-)$_{2}$	3.6±2.1	6.1±1.9	4.9±1.4	4.0±1.6	3.6±1.7
	VS(-)$_{3}$	3.9±1.9	5.7±2.1	4.8±1.7	3.8±1.9	2.7±1.8
右手	VS(+)	7.2±2.8	9.3±2.6	8.4±2.5	7.7±2.0	6.9±1.9
	VS(-)$_{1}$	4.5±1.9	6.7±2.2	5.6±2.1	5.2±1.7	4.8±2.3
	VS(-)$_{2}$	3.7±2.3	6.2±2.0	5.1±1.9	4.5±2.1	3.6±2.2
	VS(-)$_{3}$	3.7±1.6	5.6±1.8	4.8±1.5	4.1±1.8	3.1±1.6

表3-37 不分業暴露組勞工冷浸前後中指高差鑑別覺變化分析表 (單位：cm)

時間 組別		0分	10分	15分	20分	25分
左手	VS(＋)	5.8±2.3	9.1±3.4	7.3±3.0	6.1±2.9	5.3±3.0
	VS(－)$_{1}$	5.1±2.5	7.7±3.2	5.7±2.9	4.7±2.8	4.2±2.4
	VS(－)$_{2}$	4.4±2.1	7.1±2.4	4.9±1.9	3.9±1.9	3.4±1.9
	VS(－)$_{3}$	3.7±2.2	5.6±2.3	4.3±2.3	3.6±2.0	3.2±2.1
右手	VS(＋)	5.3±2.4	9.4±3.3	7.6±3.2	6.3±3.1	5.3±3.1
	VS(－)$_{1}$	4.8±2.3	8.0±3.0	5.9±2.8	4.8±2.6	4.6±2.6
	VS(－)$_{2}$	4.2±2.2	6.7±2.6	4.9±2.1	4.2±2.3	3.5±2.2

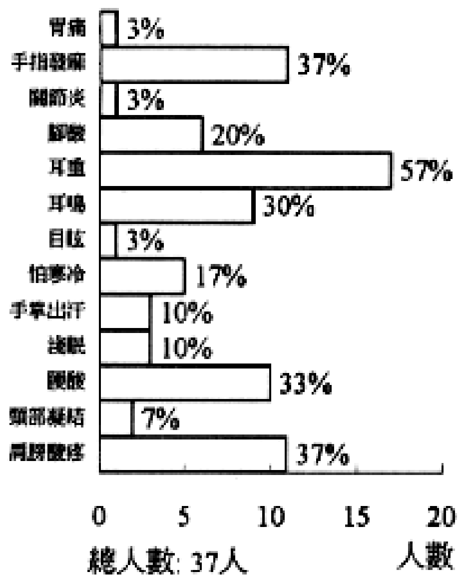


圖3-1 石作工人自覺症狀分析圖

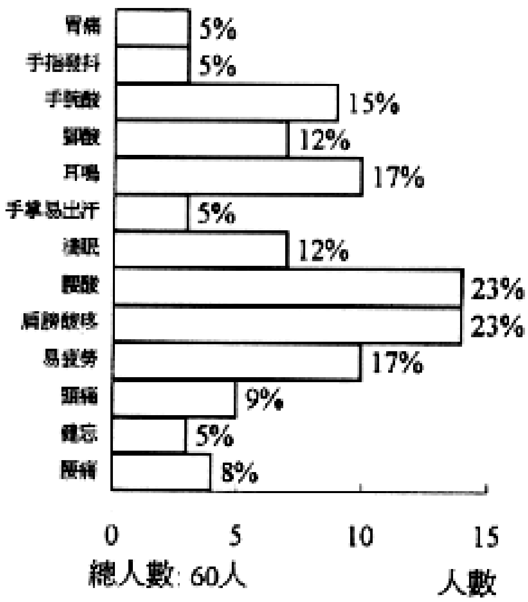


圖3-2 汽車裝配工自覺症狀分析圖

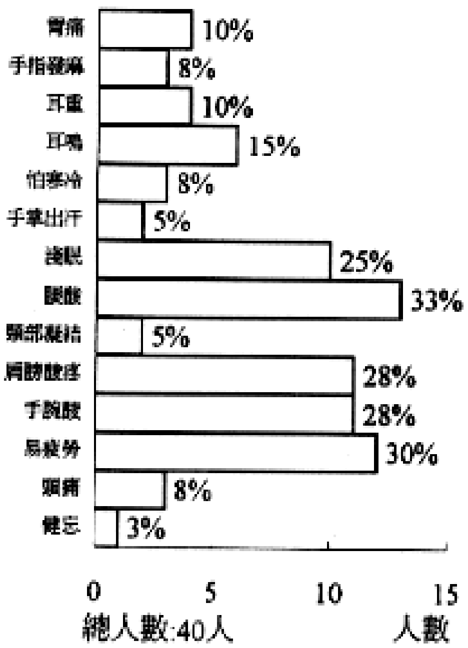


圖3-3 機械操作工人自覺症狀分析圖

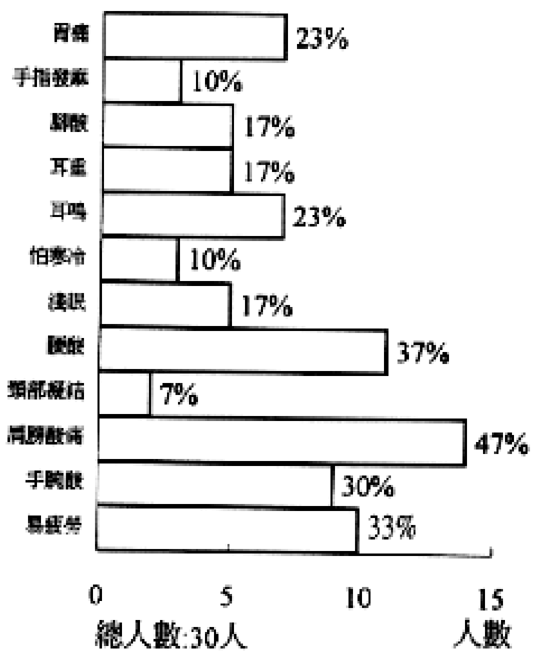


圖3-4 營造工人自覺症狀分析圖

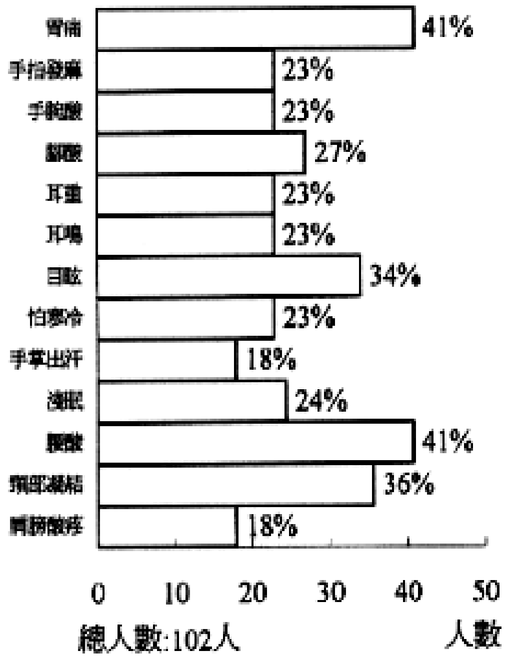


圖3-5 鐵路砸道工自覺症狀分析圖

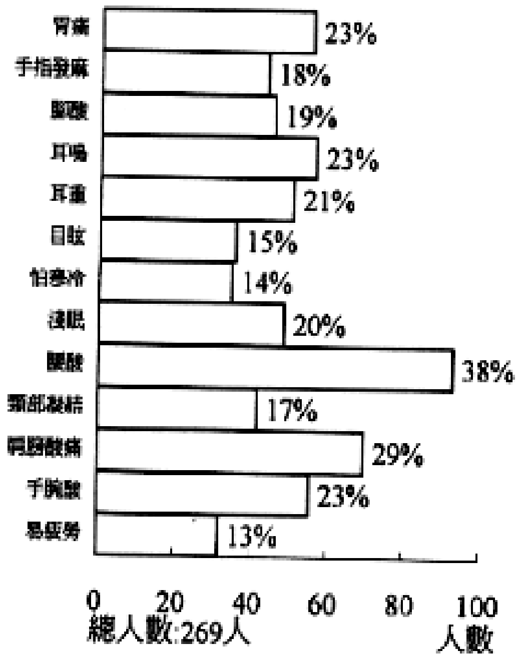


圖3-6 不分業暴露組勞工自覺症狀分析圖

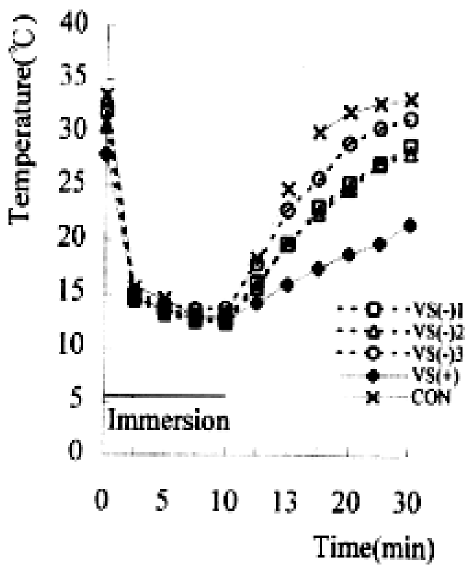


圖3-7 鐵路砸道工冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

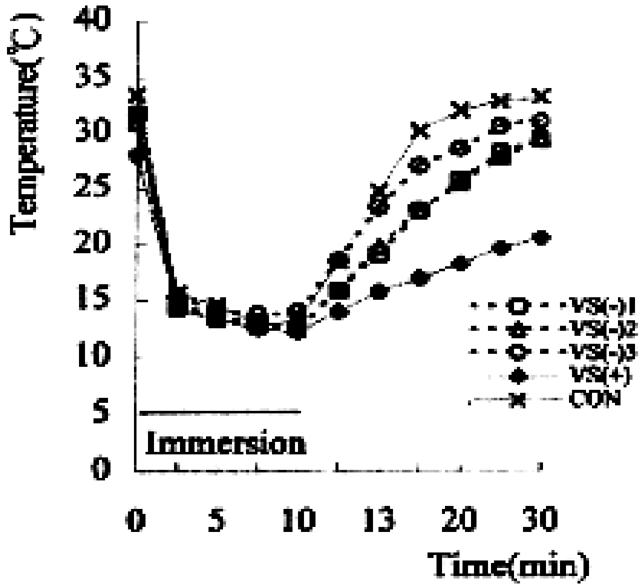


圖3-8 鐵路砸道工冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

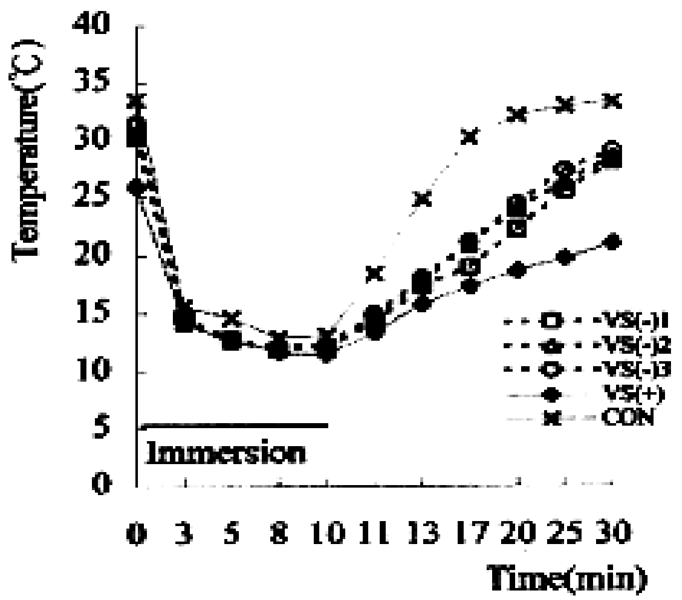


圖3-9 石作工人冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

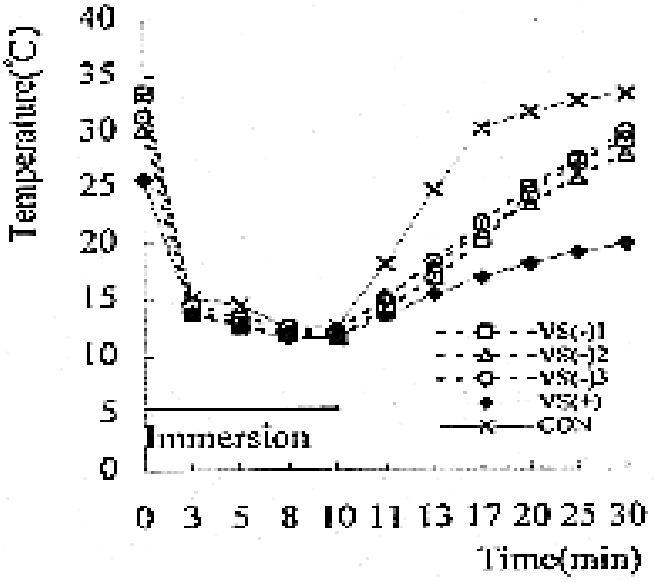


圖3-10　石作工人冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

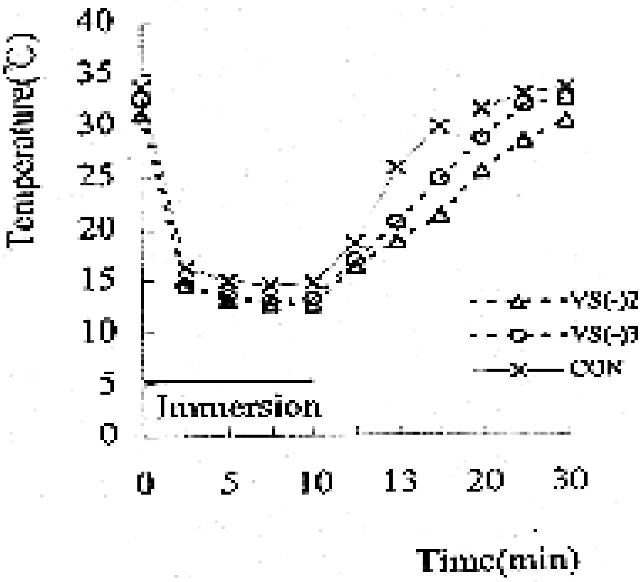


圖3-11　汽車裝配工冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

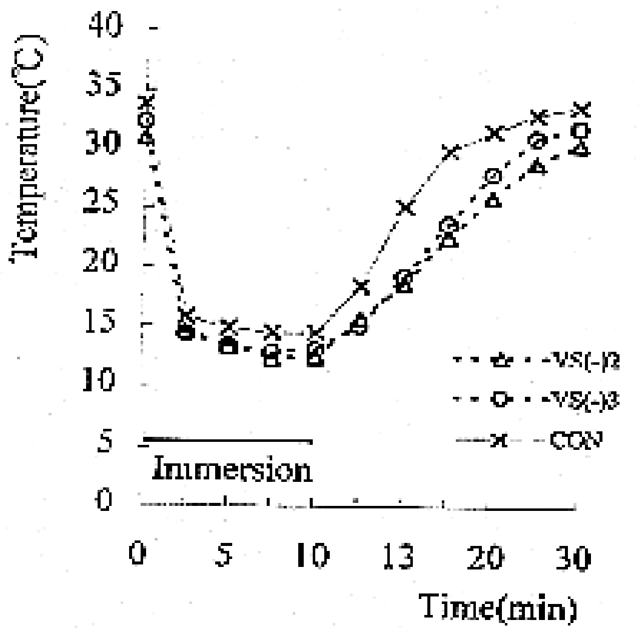


圖3-12　汽車裝配工冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

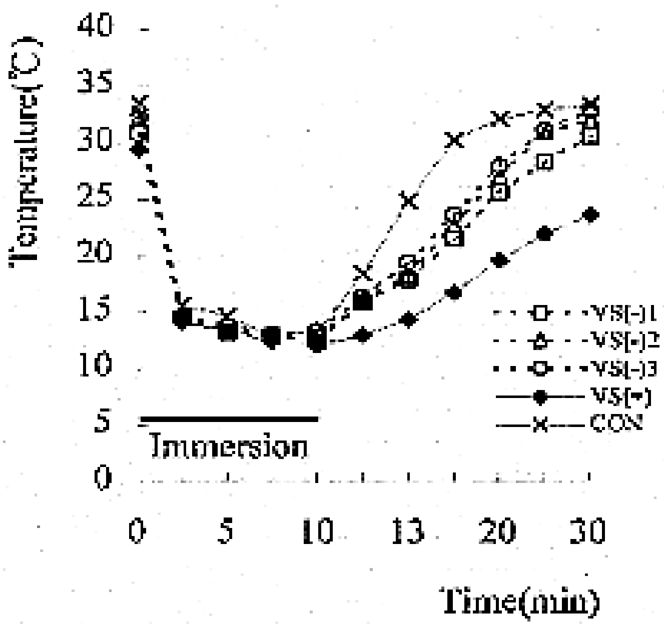


圖3-13　機械操作工冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

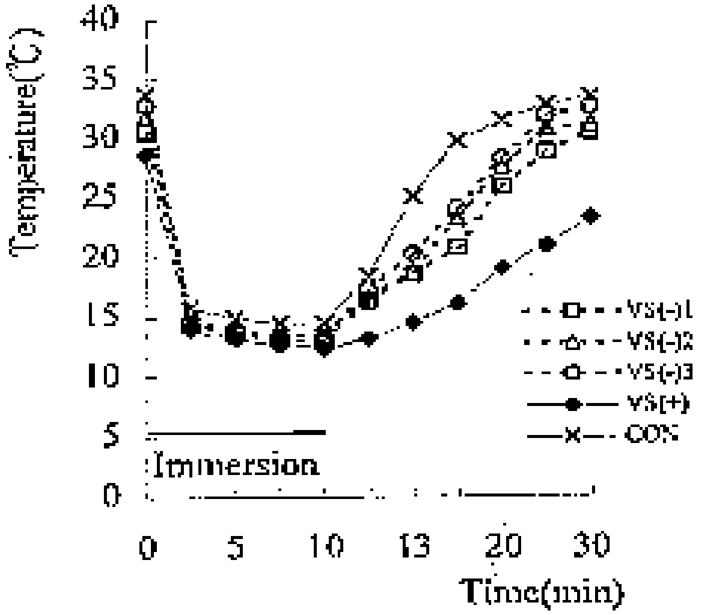


圖3-14　機械操作工冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

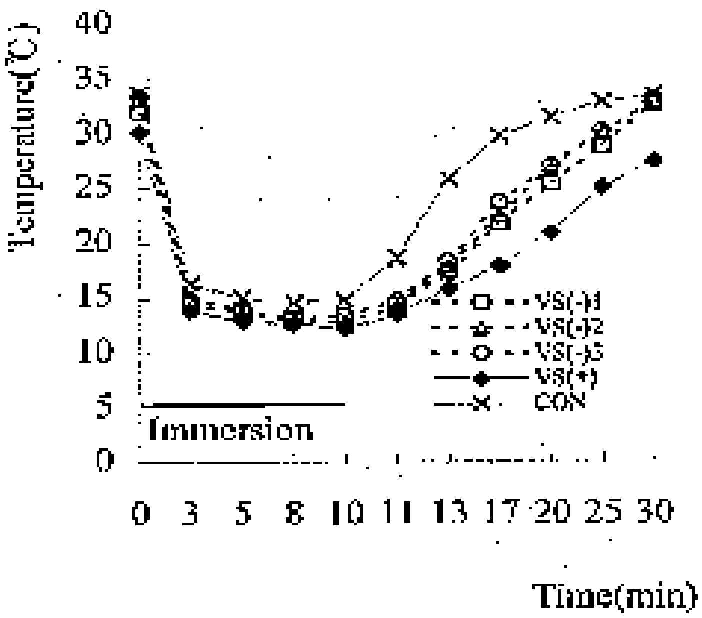


圖3-15　營造工人冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

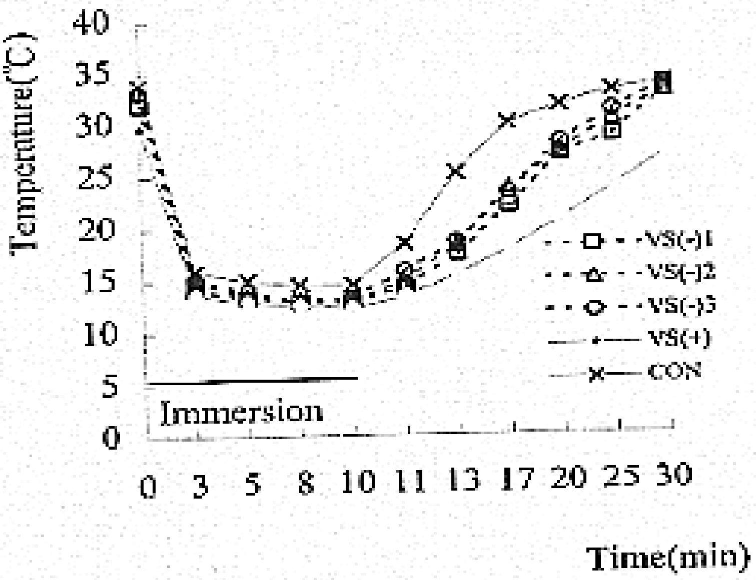


圖3-16　營造工人冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

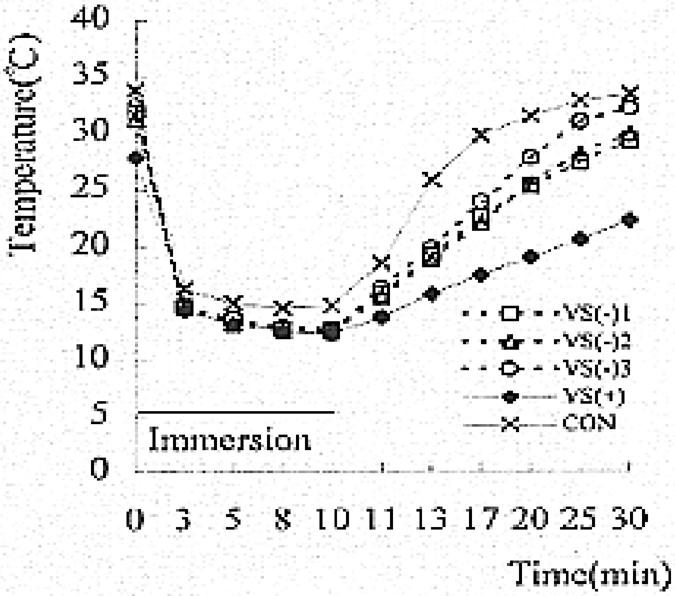


圖3-17　不分業暴露勞工冷浸前後左手食指皮膚溫變化比較

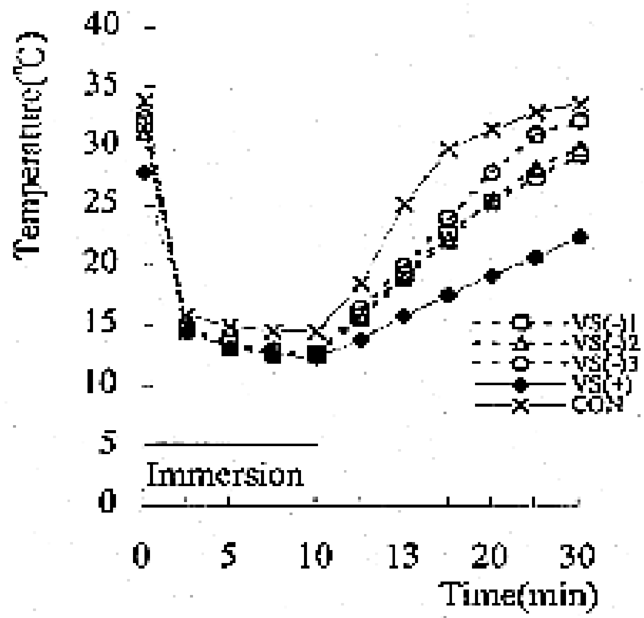


圖3-18 不分業暴露勞工冷浸前後右手食指皮膚溫變化比較

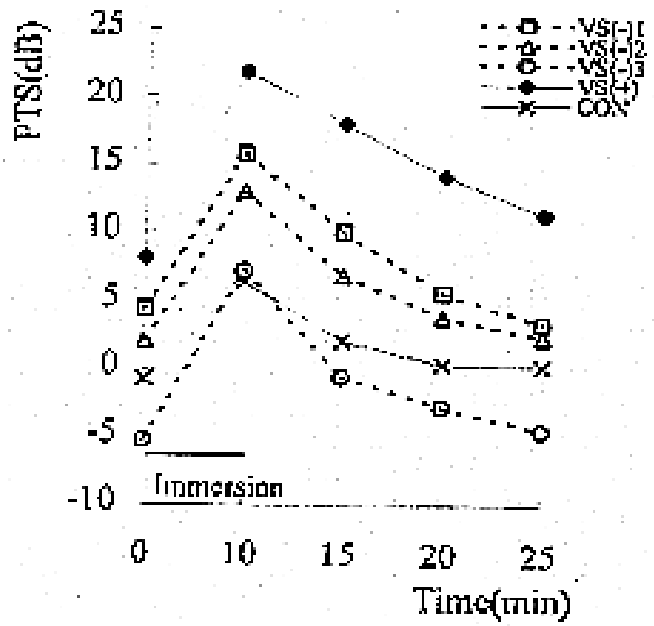


圖3-19 鐵路砸道工左手中指振動覺閾值比較(125Hz)

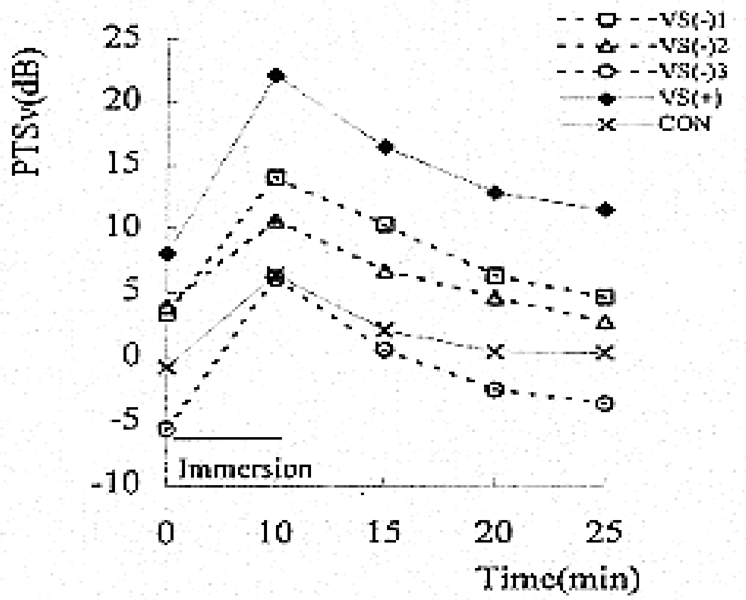


圖3-20　鐵路隧道工右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

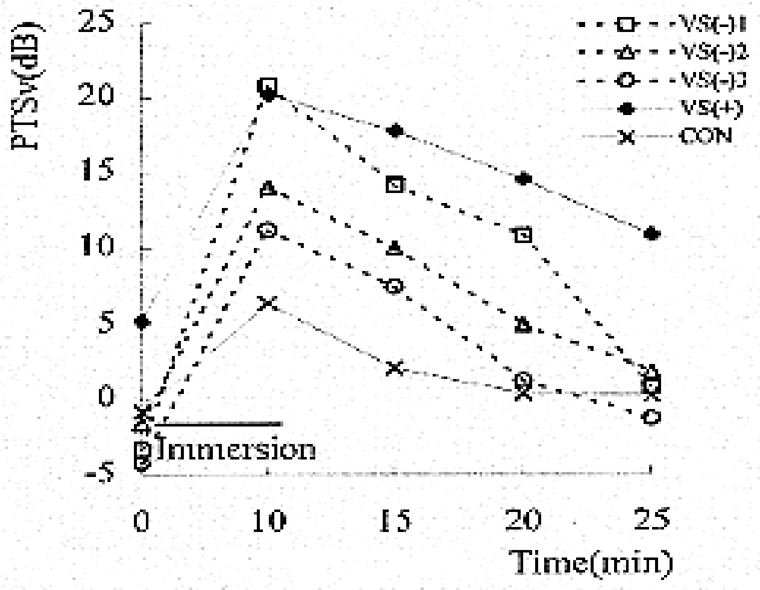


圖3-21　石作工人左手中指振動覺閾值比較(125Hz)

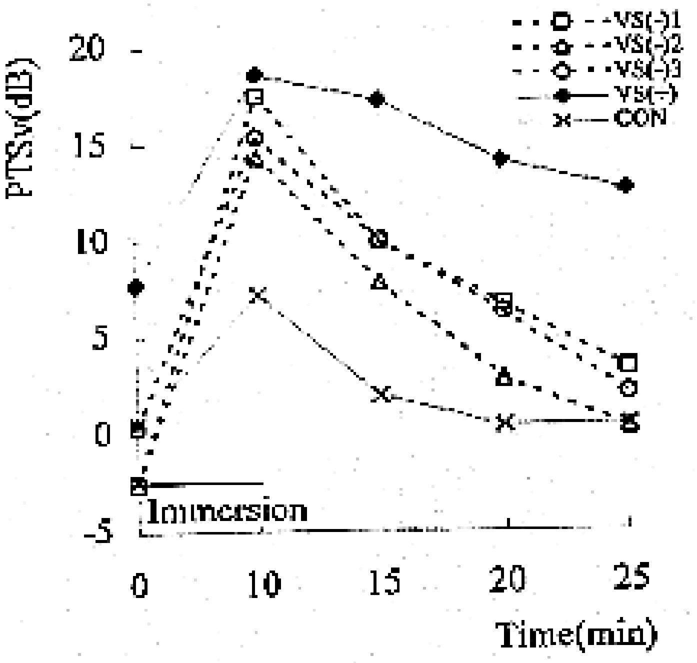


圖3-22　石作工人右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

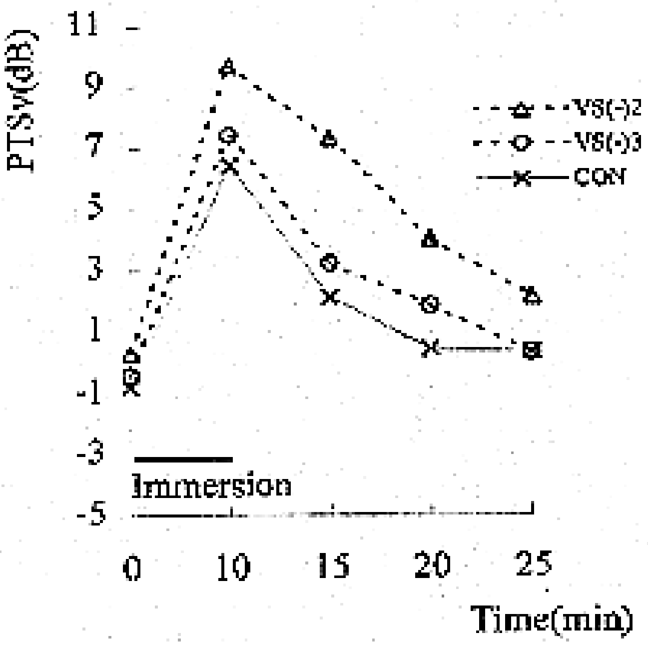


圖3-23　汽車裝配工左手中指振動覺閾值比較(125Hz)

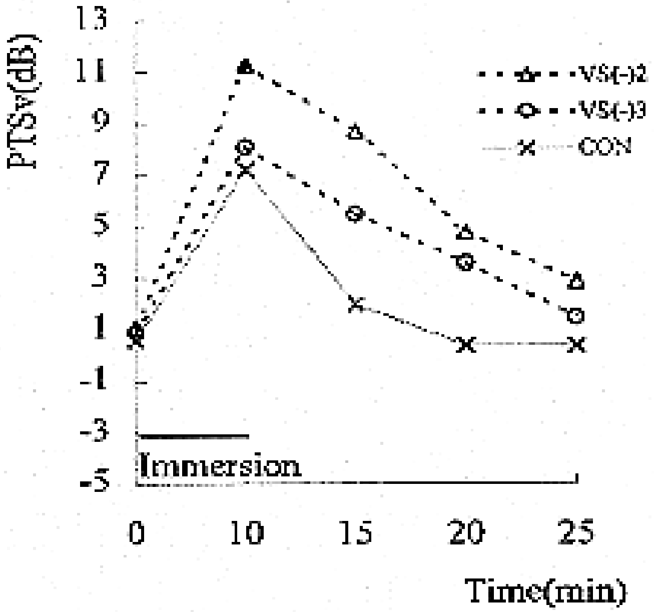


圖3-24　汽車裝配工右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

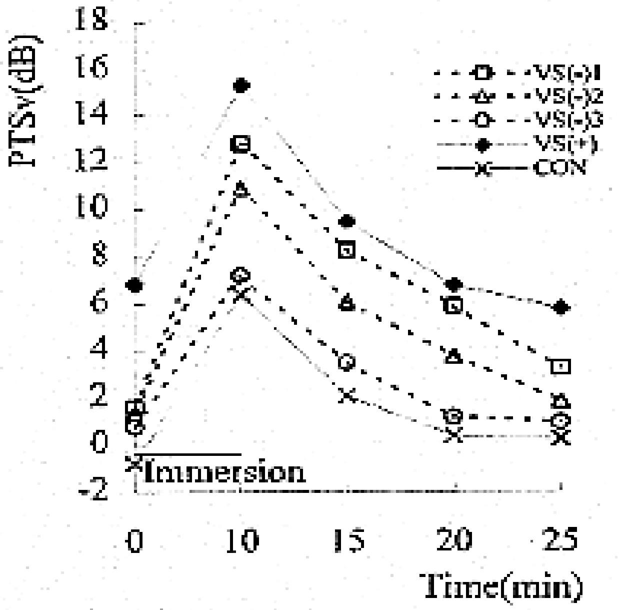


圖3-25　機械操作工左手中指振動覺閾値比較(125Hz)

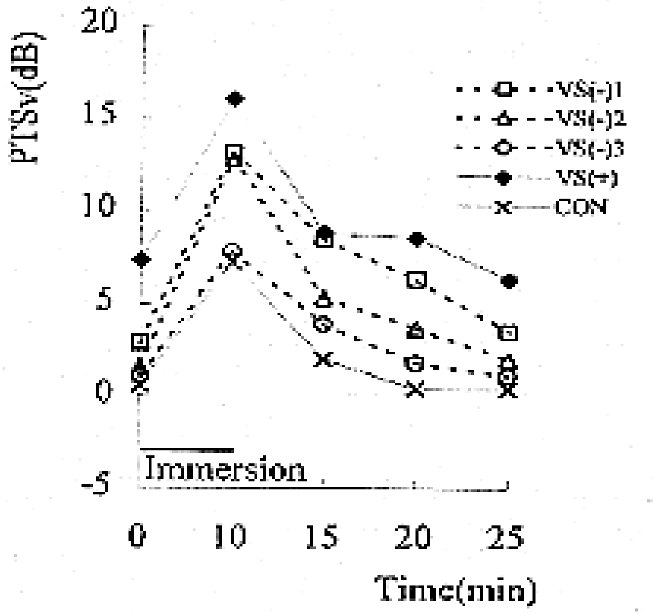


圖3-26　機械操作工右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

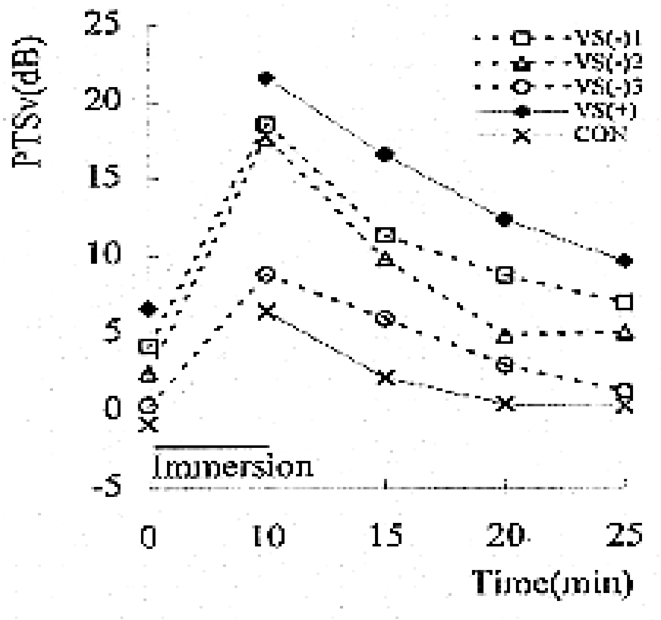


圖3-27　營造工人左手中指振動覺閾值比較(125Hz)

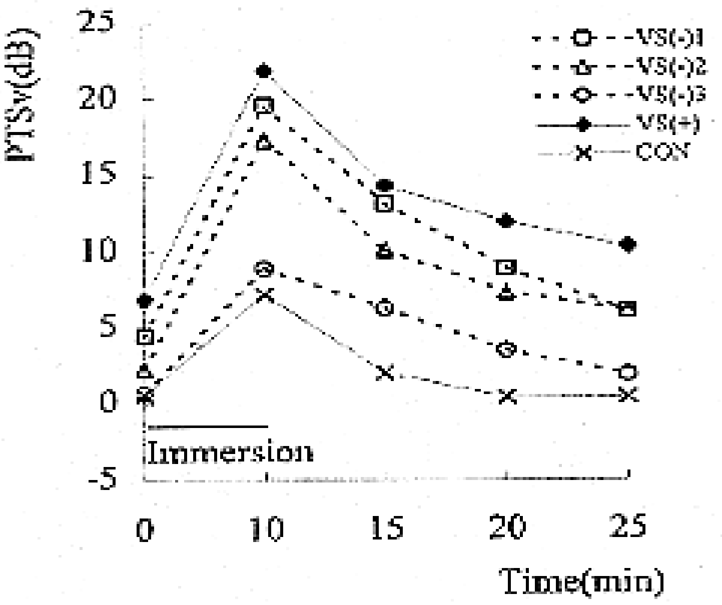


圖3-28　營造工人右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

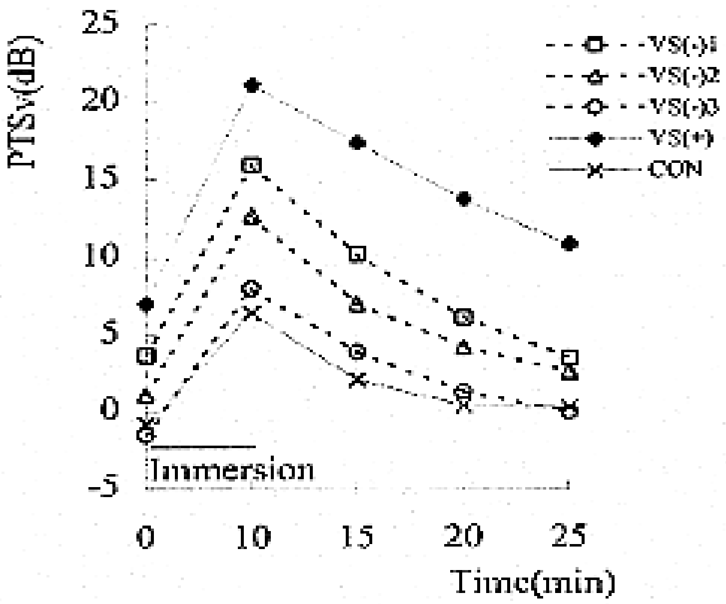


圖3-29　不分業暴露組勞工左手中指振動覺閾值比較(125Hz)

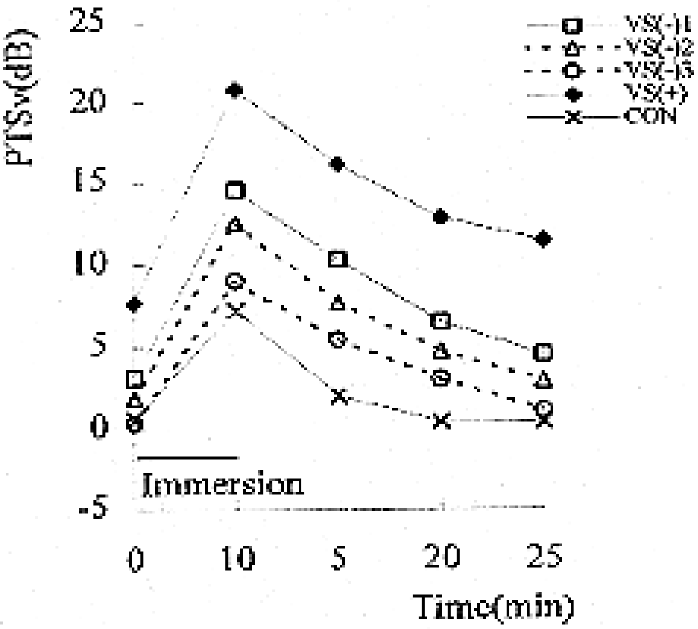


圖3-30 不分業暴露組勞工右手中指振動覺閾值比較(125Hz)

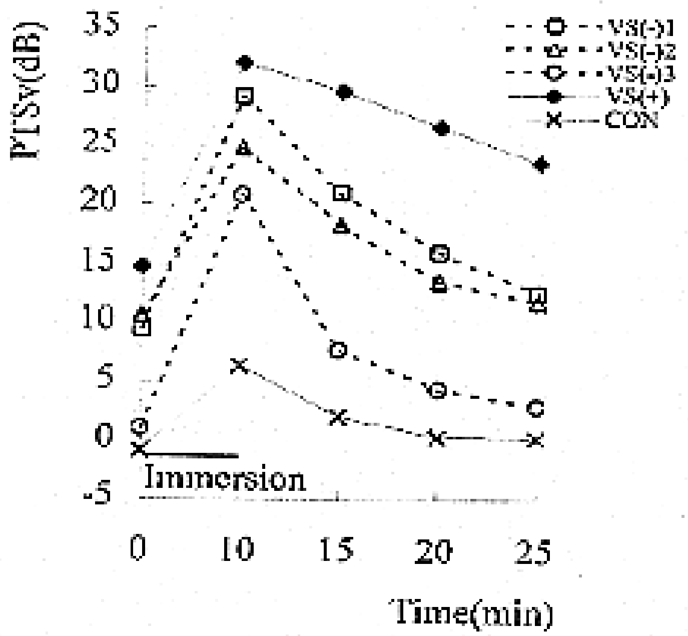


圖3-31 鐵路軌道工左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

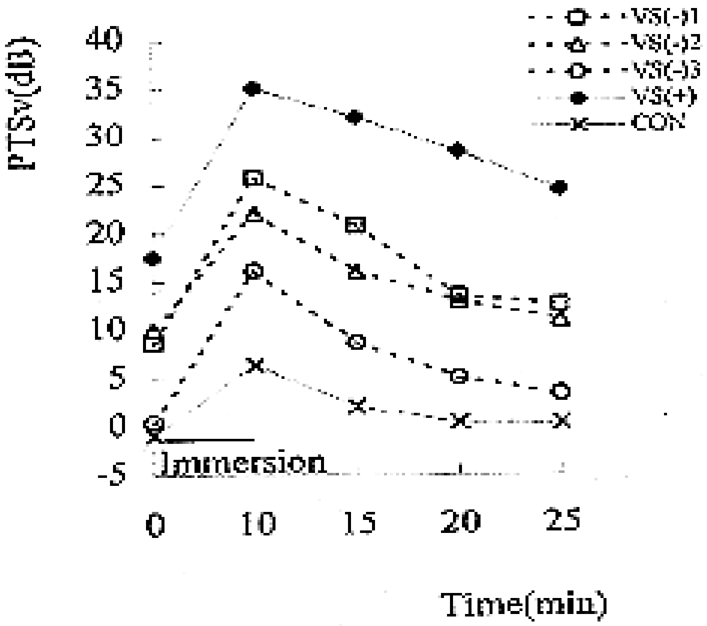


圖3-32 鐵路隧道工右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

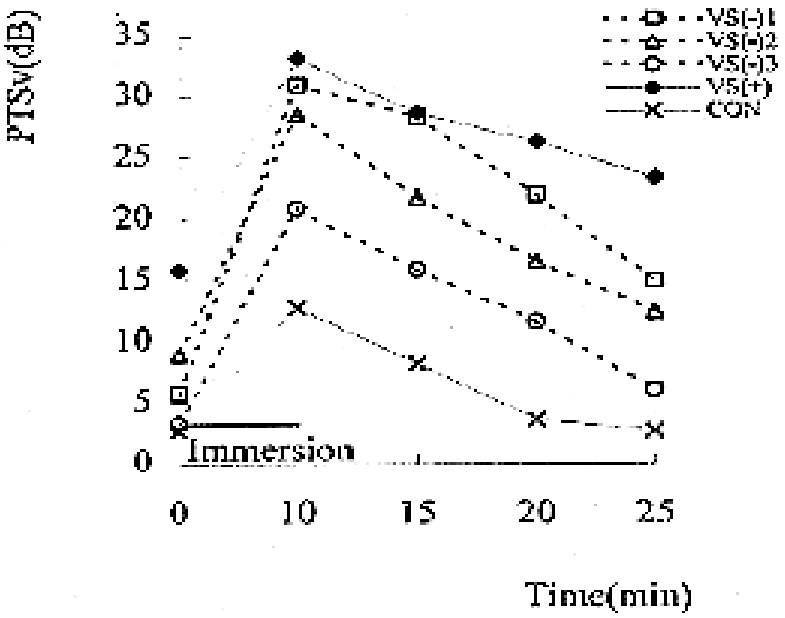


圖3-33 石作工人左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

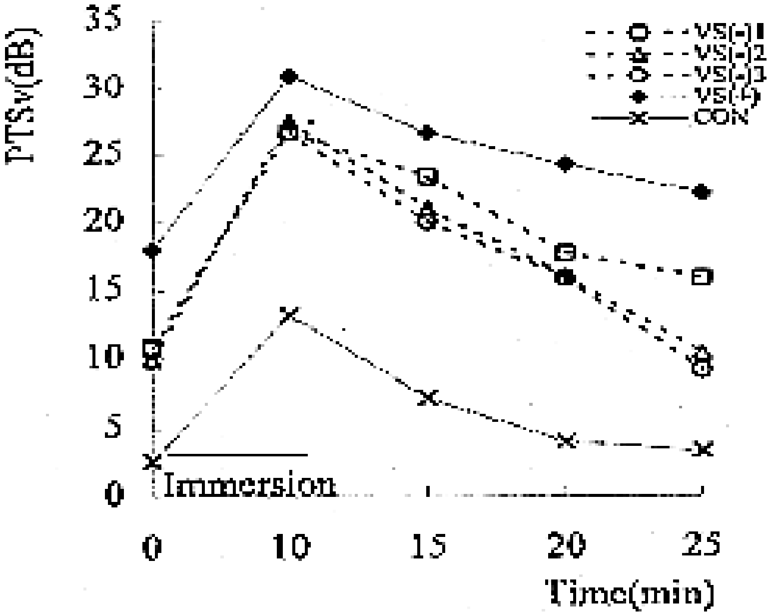


圖3-34 石作工人右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

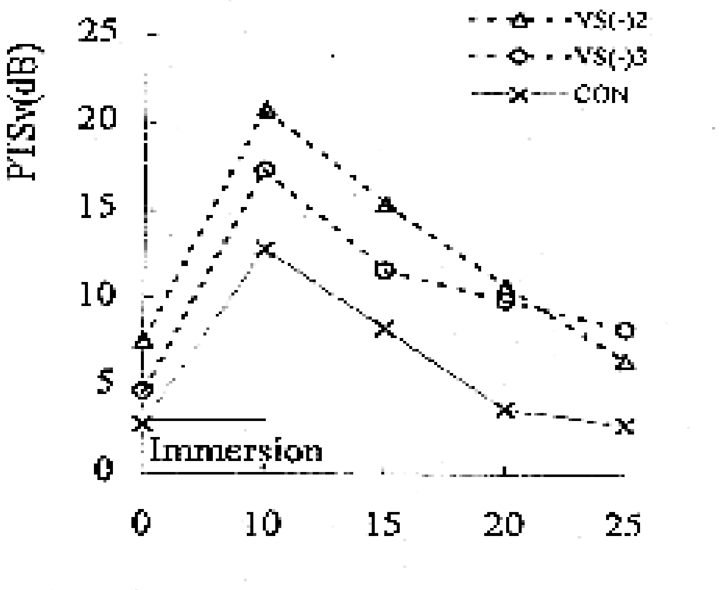


圖3-35 汽車裝配工左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

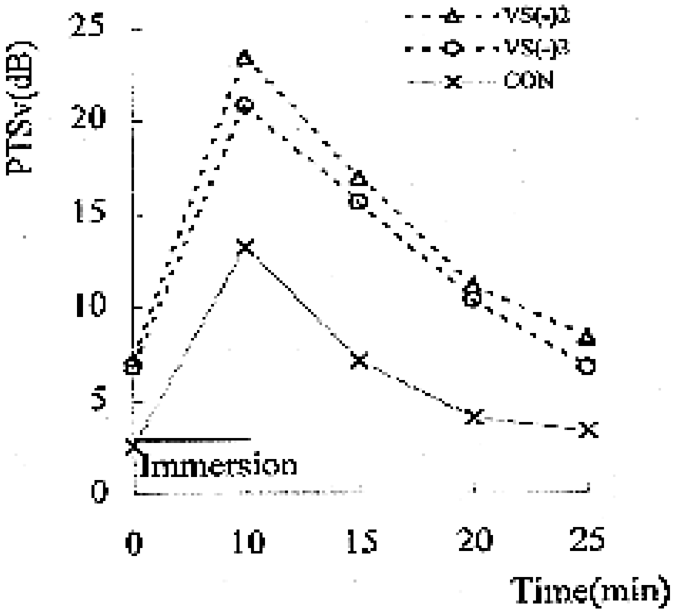


圖3-36　汽車裝配工右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

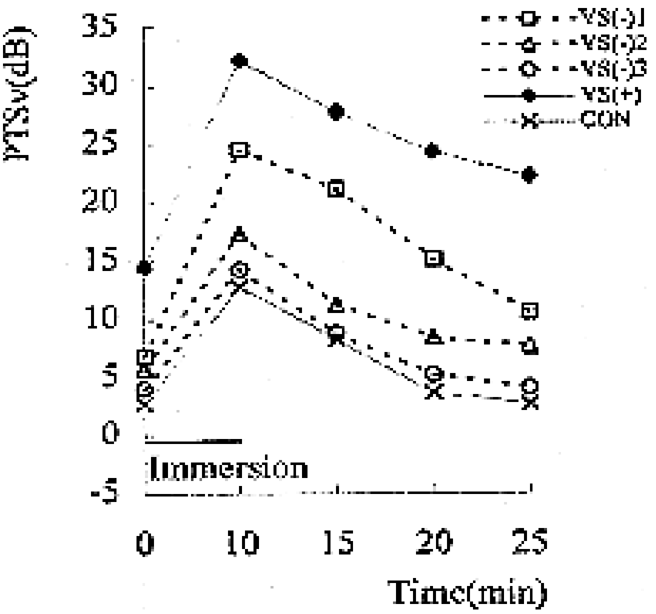


圖3-37　機械操作工左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

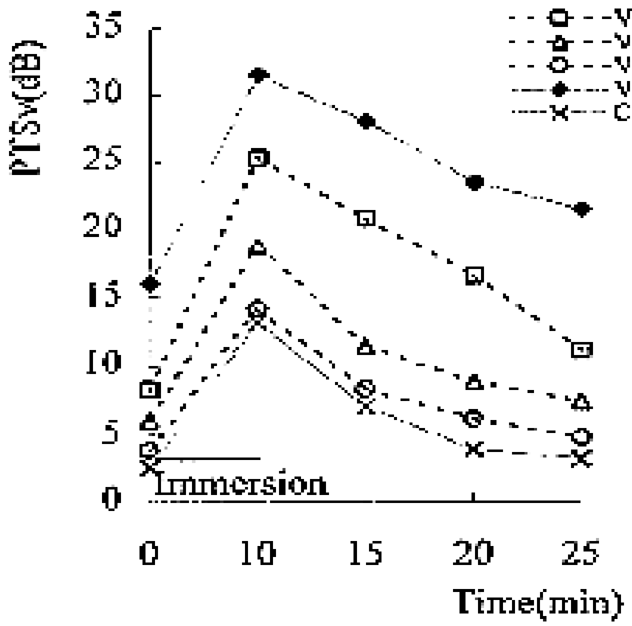


圖3-38 機械操作工右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

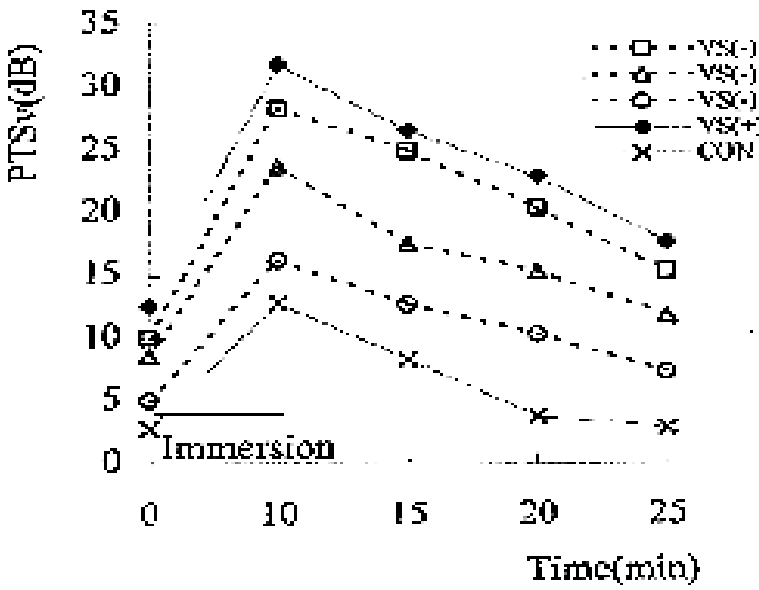


圖3-39 營造工人左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

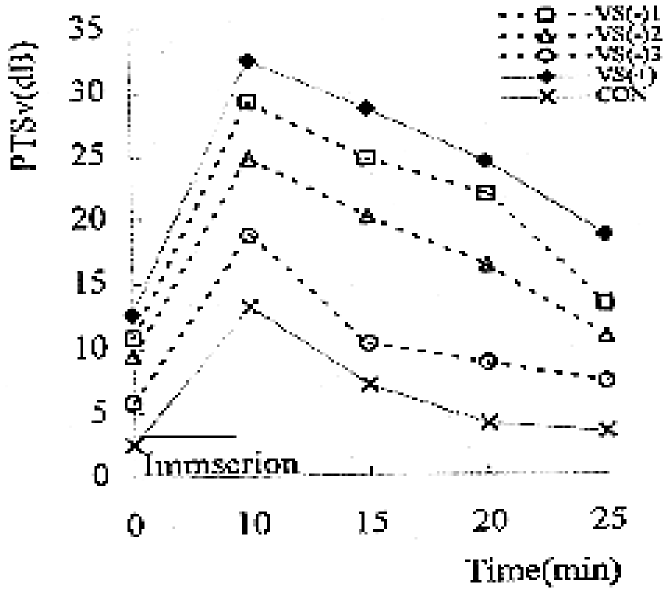


圖3-40　營造工人右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

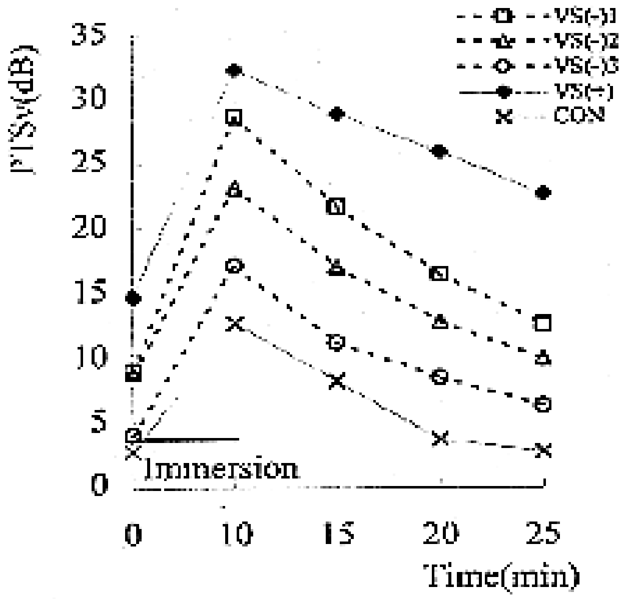


圖3-41　不分業暴露組勞工左手中指振動覺閾值比較(250Hz)

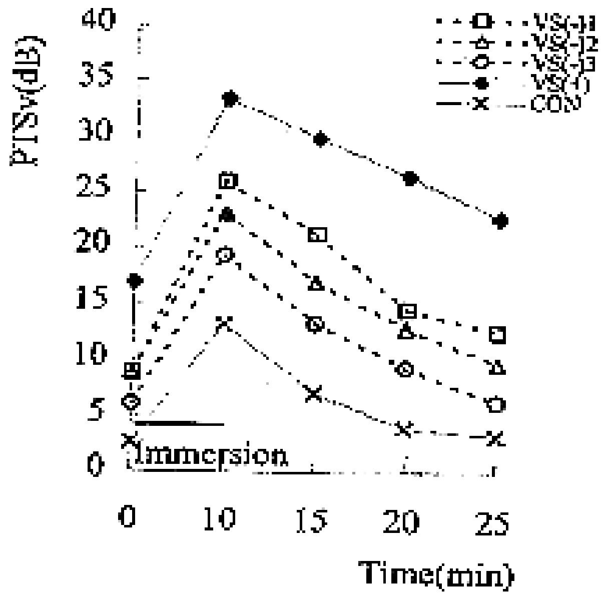


圖3-42　不分業暴露組勞工右手中指振動覺閾值比較(250Hz)

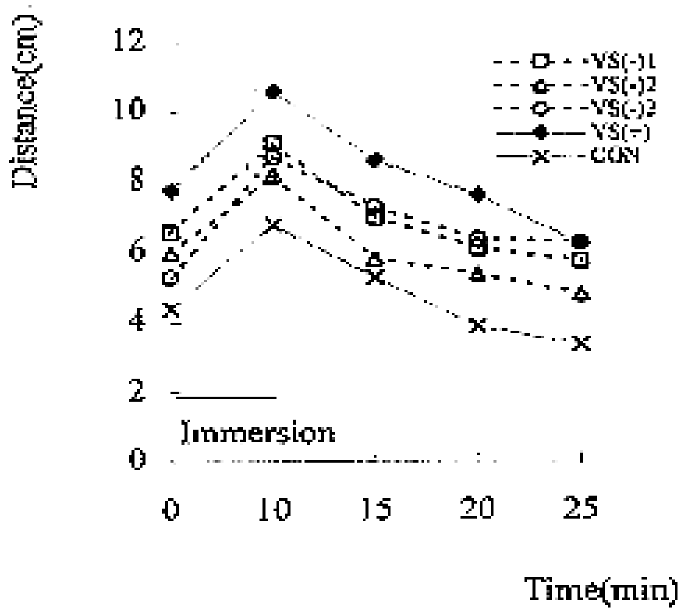


圖3-43　鐵路碰道工左手中指兩點鑑別覺比較

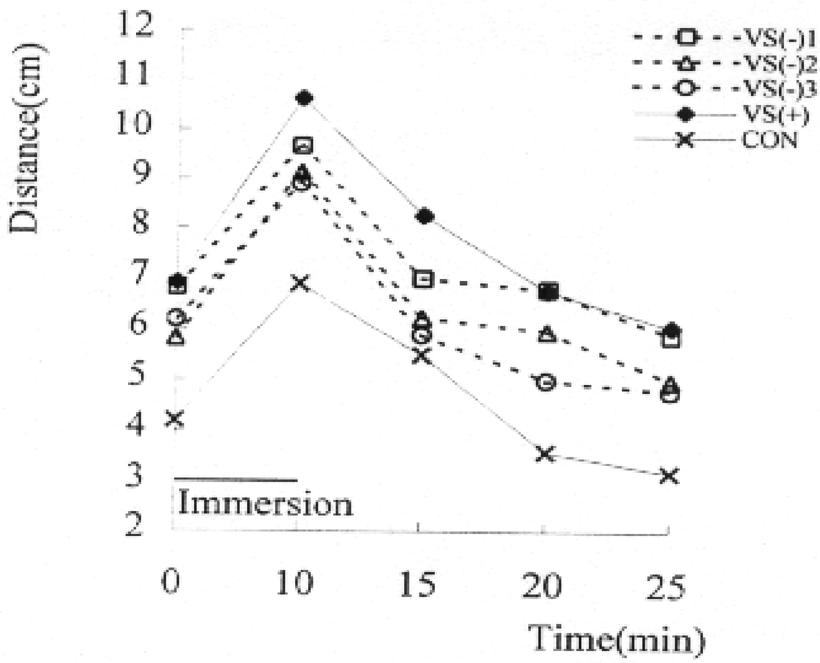


圖3-44　鐵路砸道工右手中指兩點鑑別覺比較

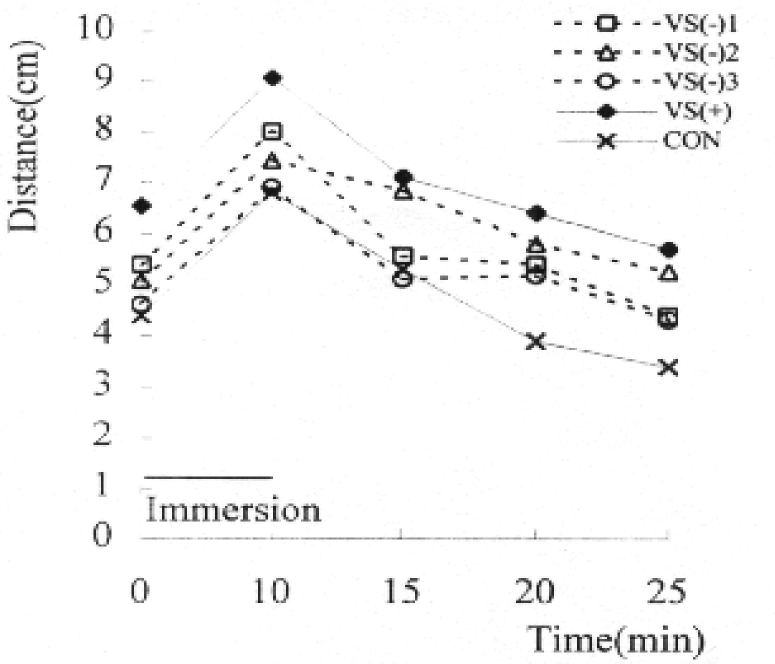


圖3-45　石作工人左手中指兩點鑑別覺比較

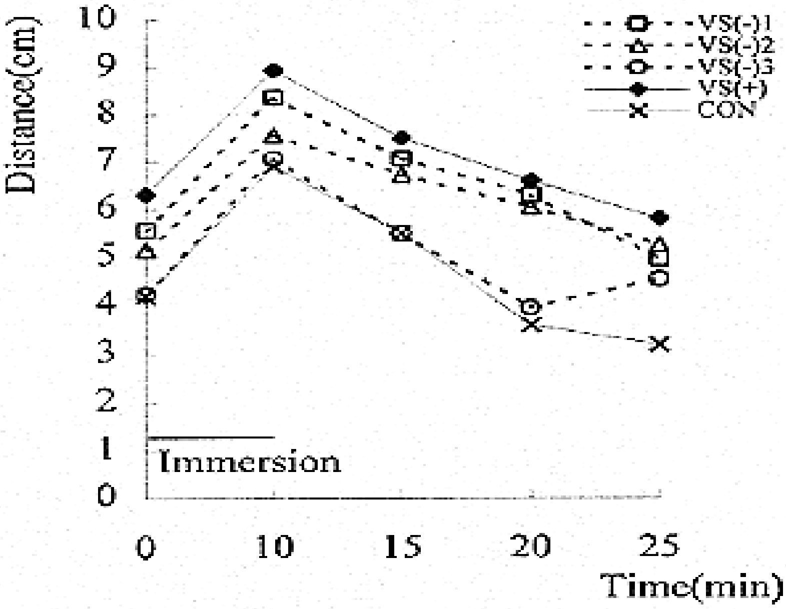


圖3-46　石作工人右手中指兩點鑑別覺比較

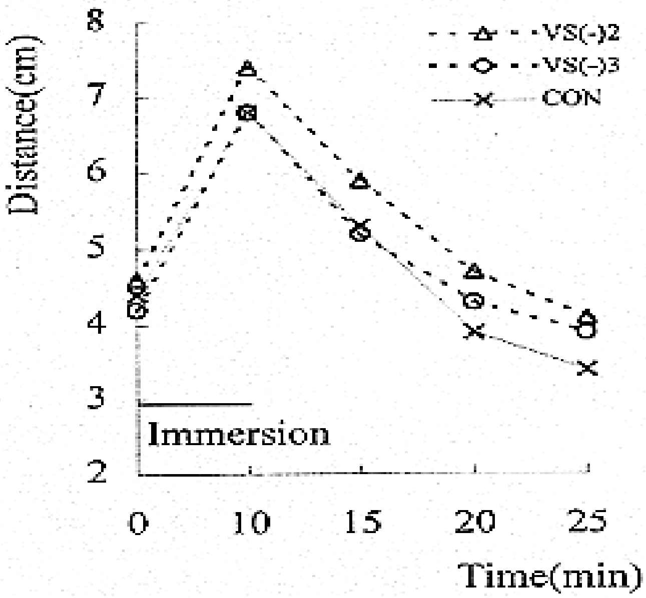


圖3-47　汽車裝配工左手中指兩點鑑別覺比較

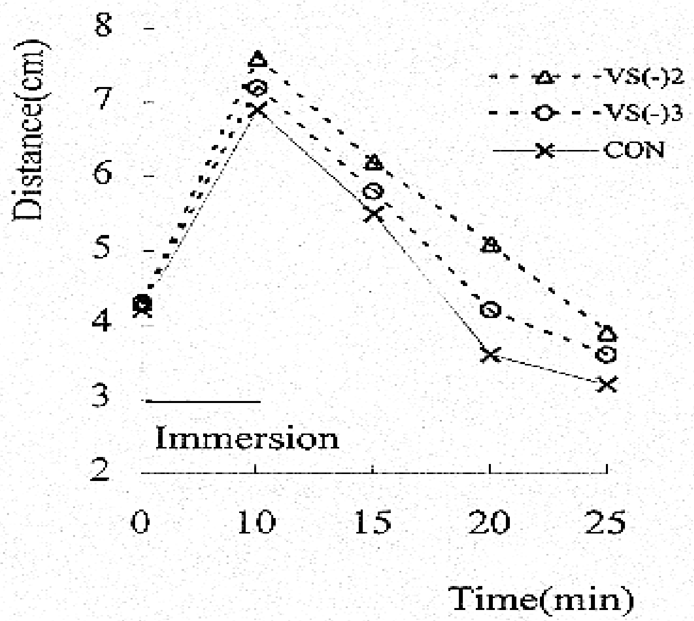


圖3-48　汽車裝配工右手中指兩點鑑別覺比較

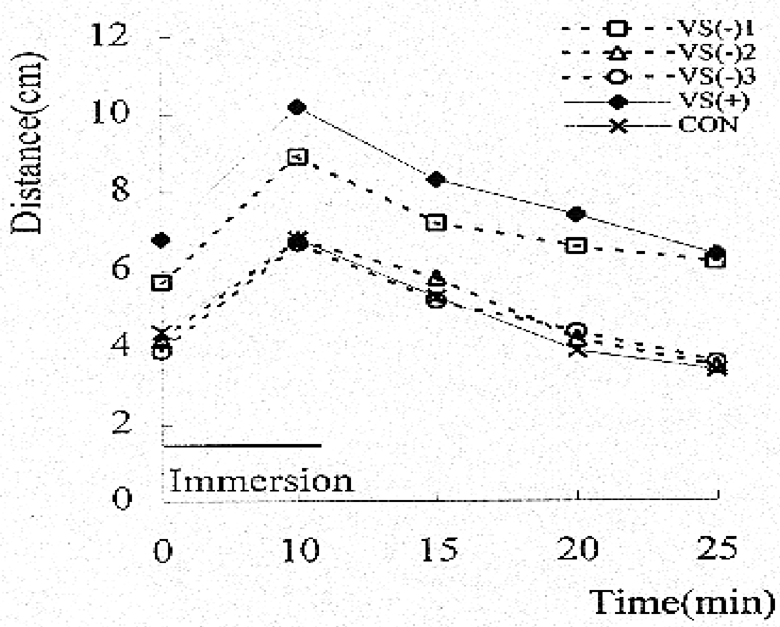


圖3-49　機械操作工左手中指兩點鑑別覺比較

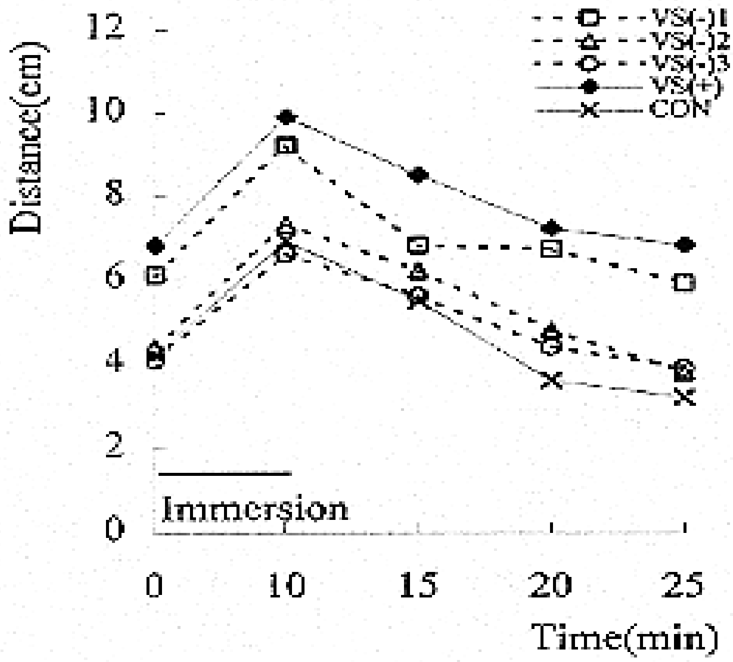


圖3-50　機械操作工右手中指兩點鑑別覺比較

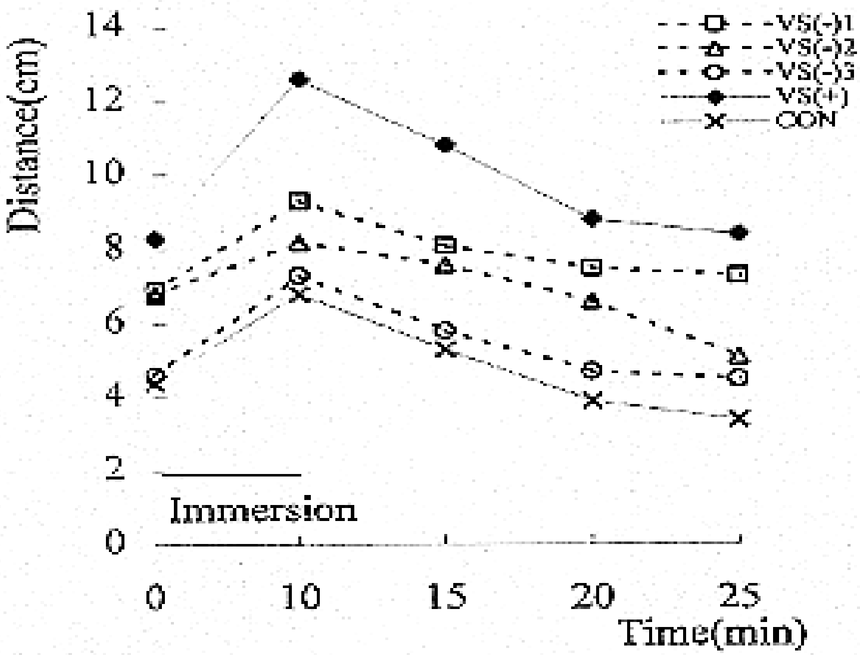


圖3-51　營造工人左手中指兩點鑑別覺比較

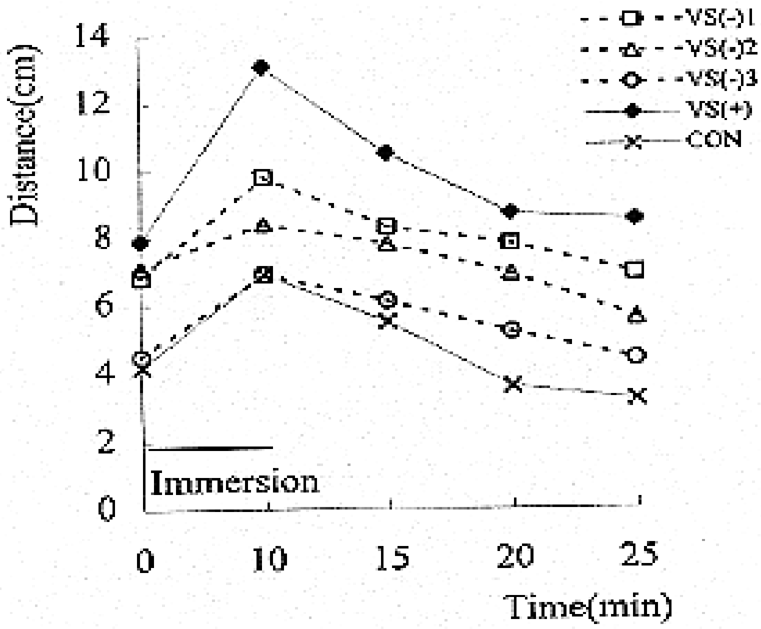


圖3-52 營造工人右手中指兩點鑑別覺比較

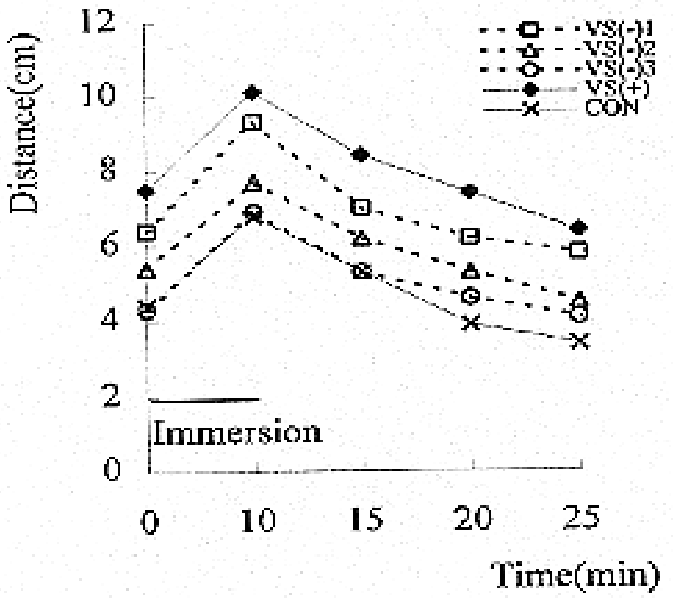


圖3-53 不分業暴露組勞工左手中指兩點鑑別覺比較

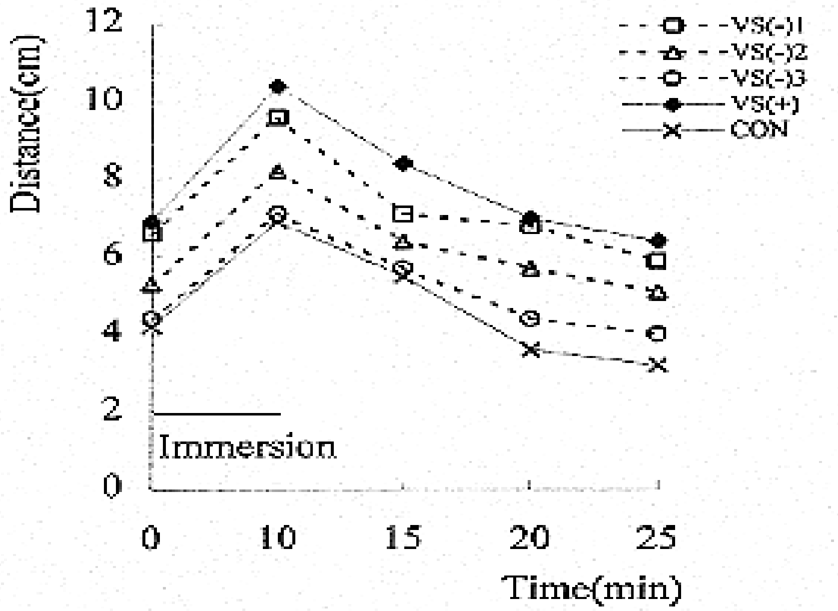


圖3-54　不分業暴露勞工右手中指兩點鑑別覺比較

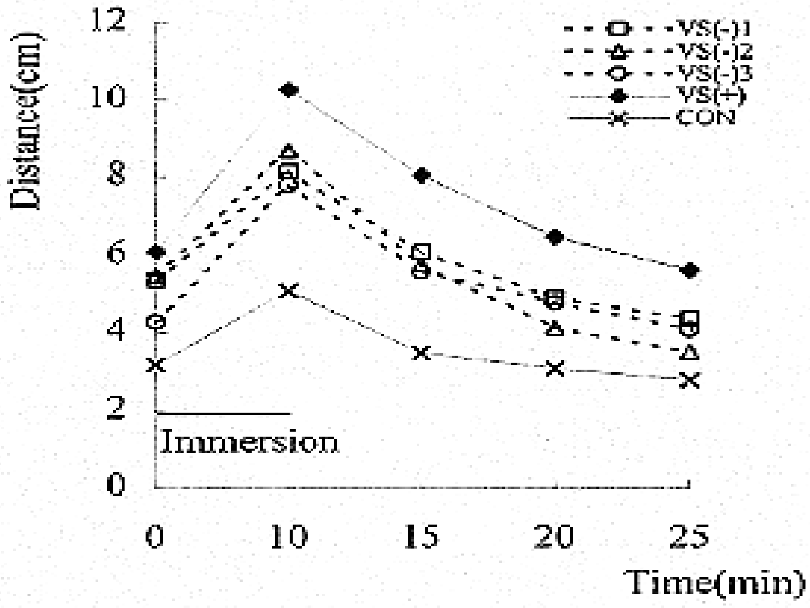


圖3-55　鐵路隧道工左手中指高低差鑑別覺比較

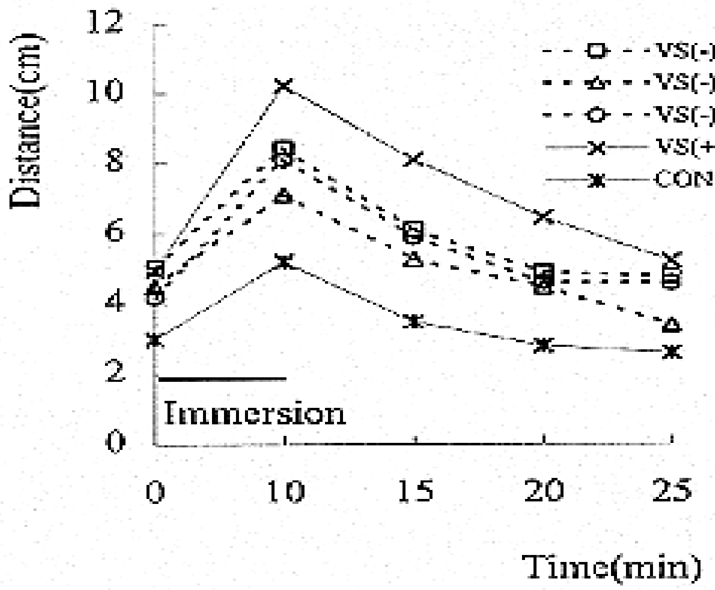


圖3-55　鐵路碰道工右手中指高低差鑑別覺比較

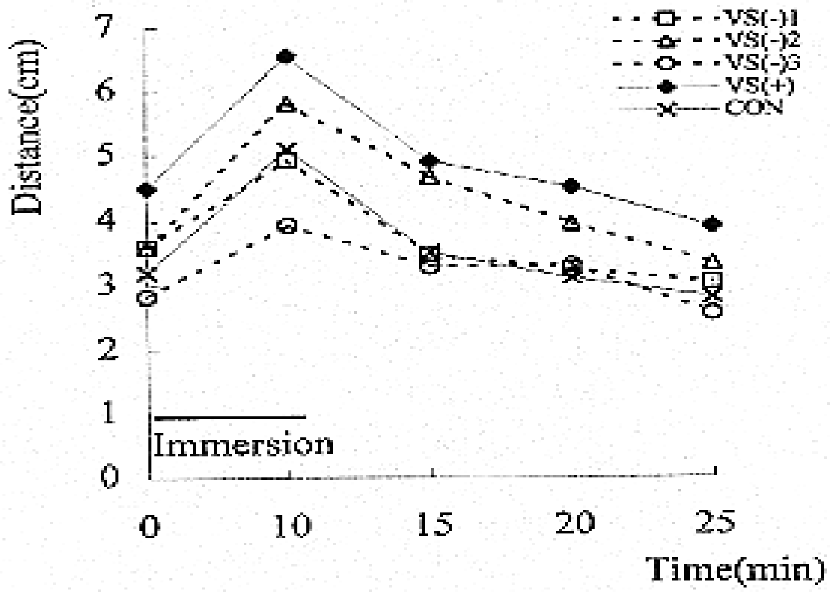


圖3-57　石作工人左手中指高低差鑑別覺比較

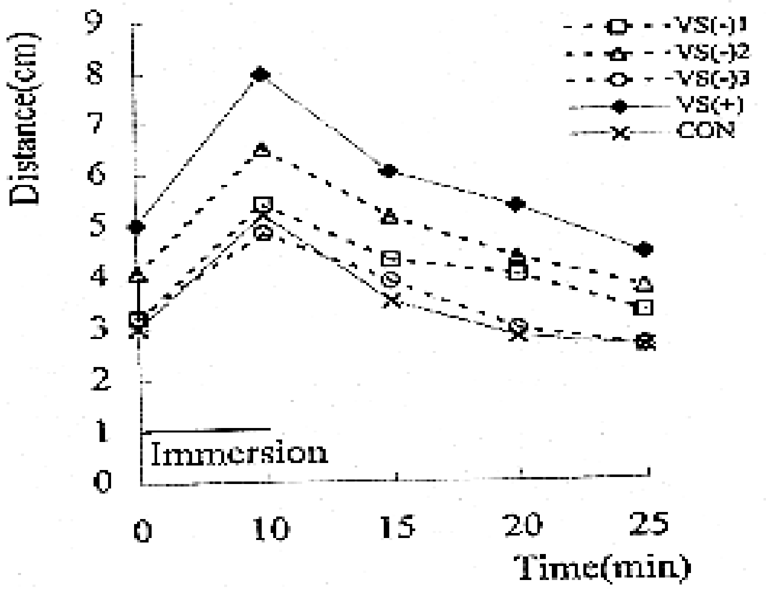


圖3-58　石作工人右手中指高低差鑑別覺比較

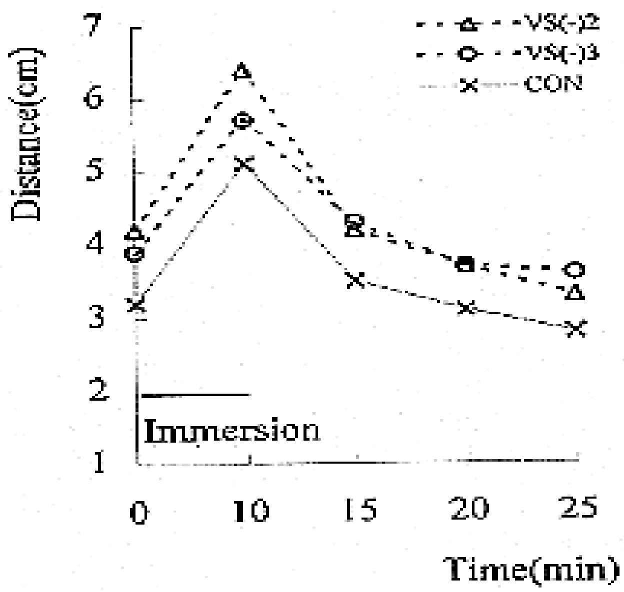


圖3-59　汽車裝配工左手中指高低差鑑別覺比較

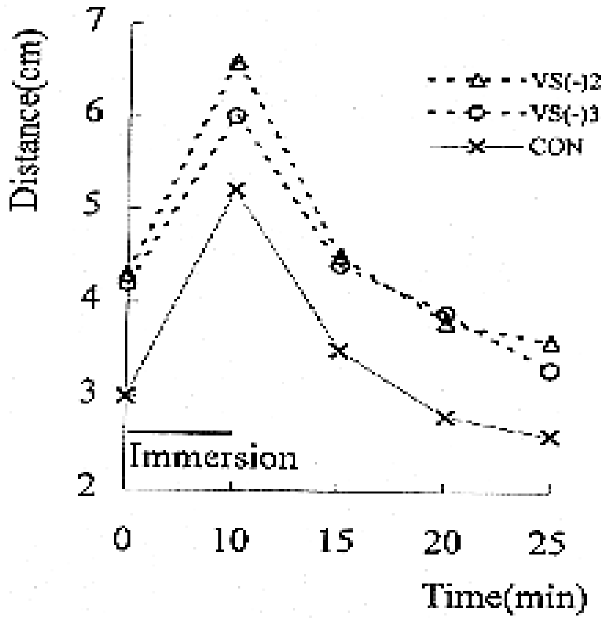


圖3-60　汽車裝配工右手中指高低差鑑別覺比較

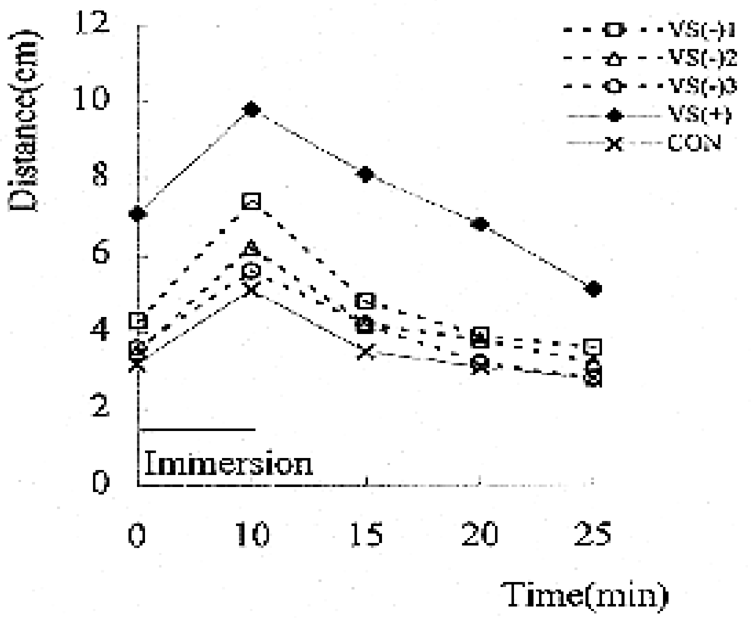


圖3-61　機械操作工左手中指高低差鑑別覺比較

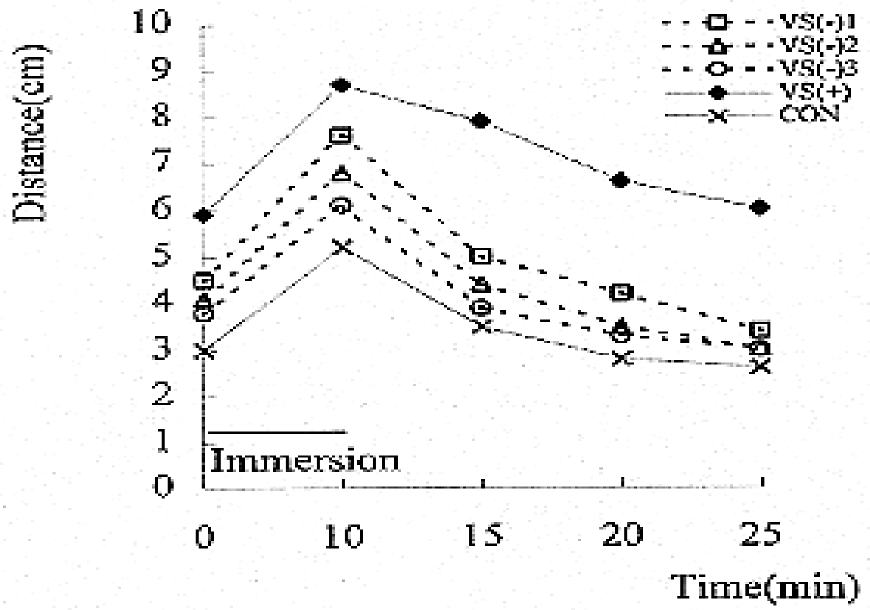


圖3-62　機械操作工叉手中指高低差鑑別覺比較

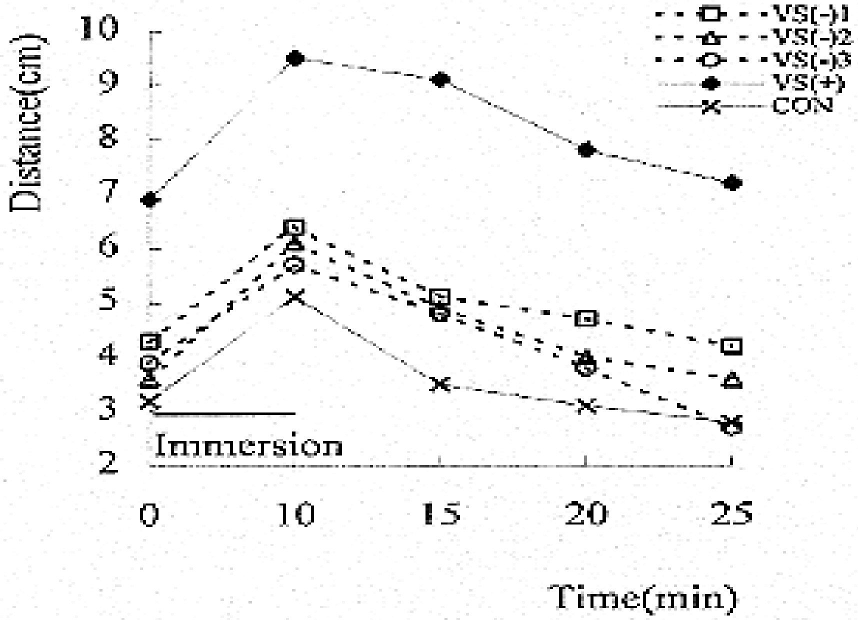


圖3-63　營造工人左手中指高低差鑑別覺比較

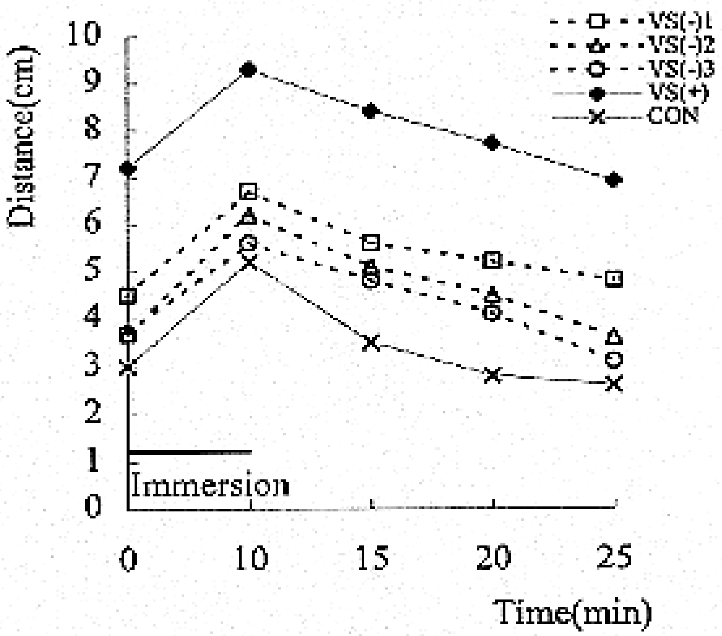


圖3-64　營造工人右手中指高低差鑑別覺比較

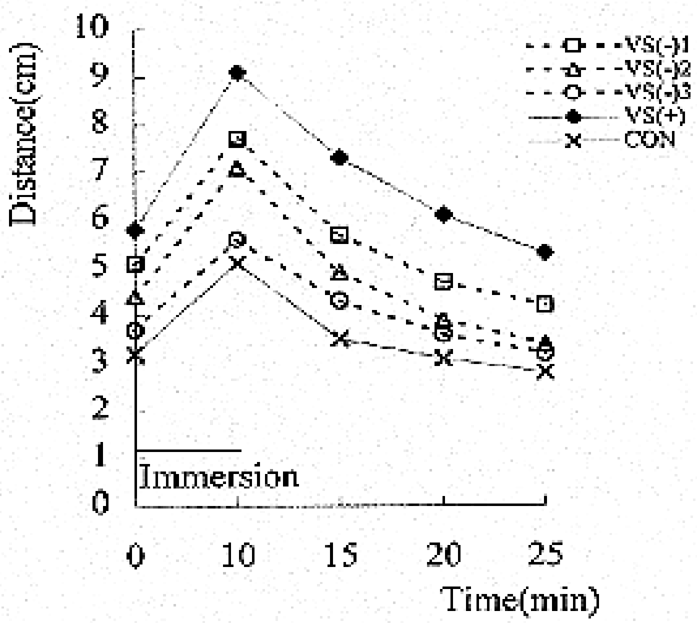


圖3-65　不分業暴露組勞工左手中指高低差鑑別覺比較

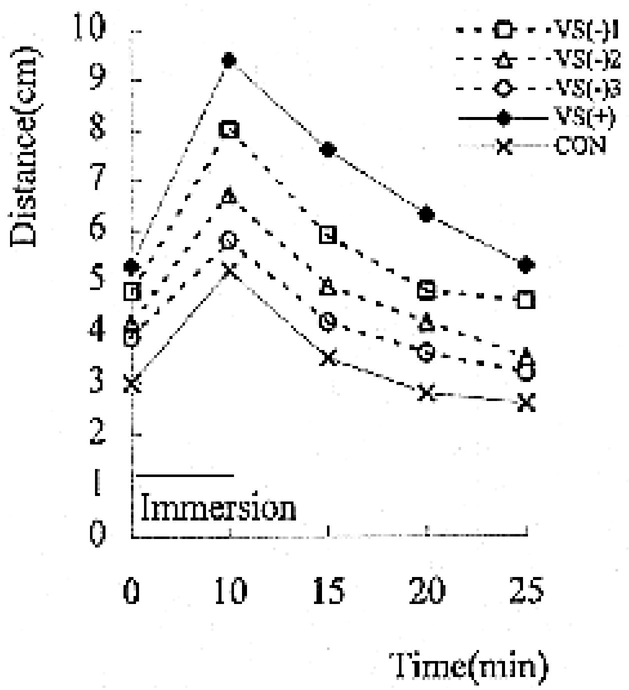
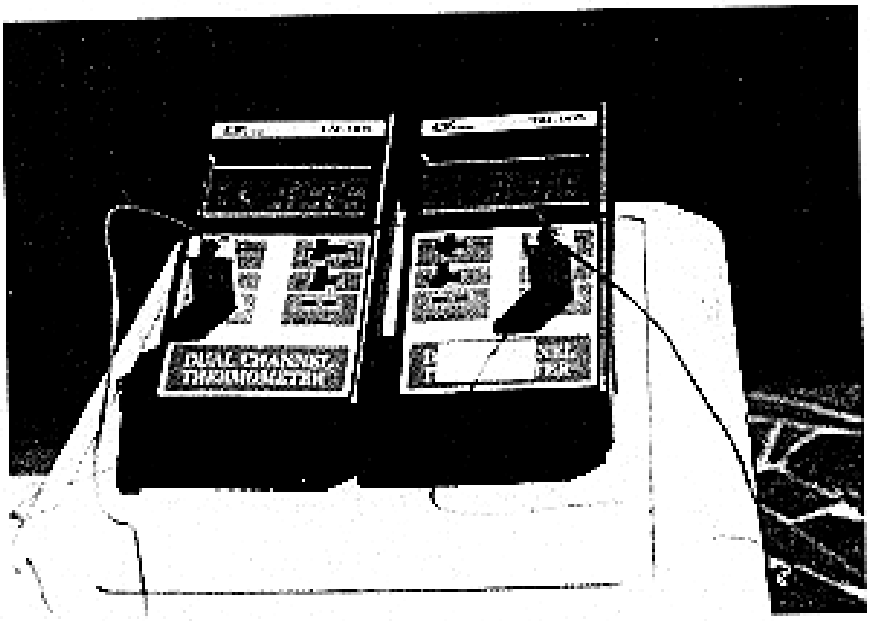
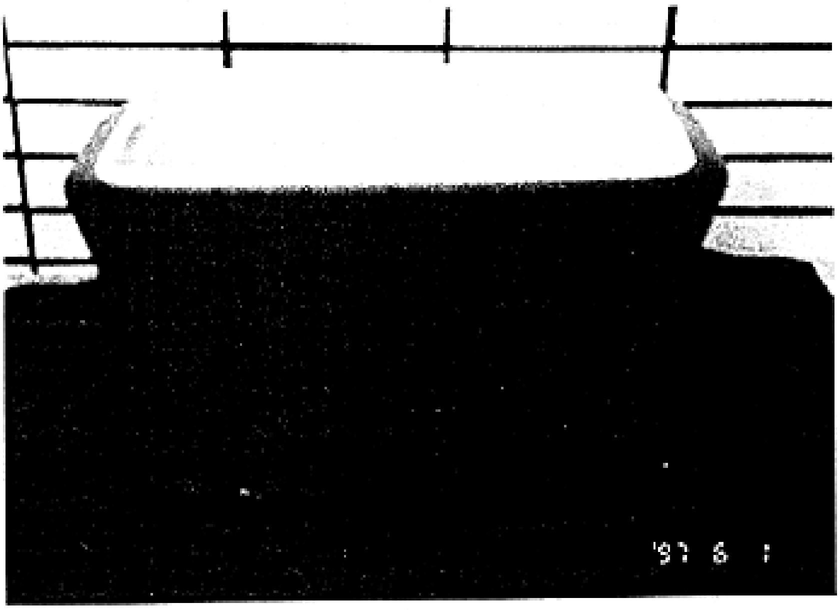


圖3-66　不分業暴露組勞工右手中指高低差鑑別覺比較

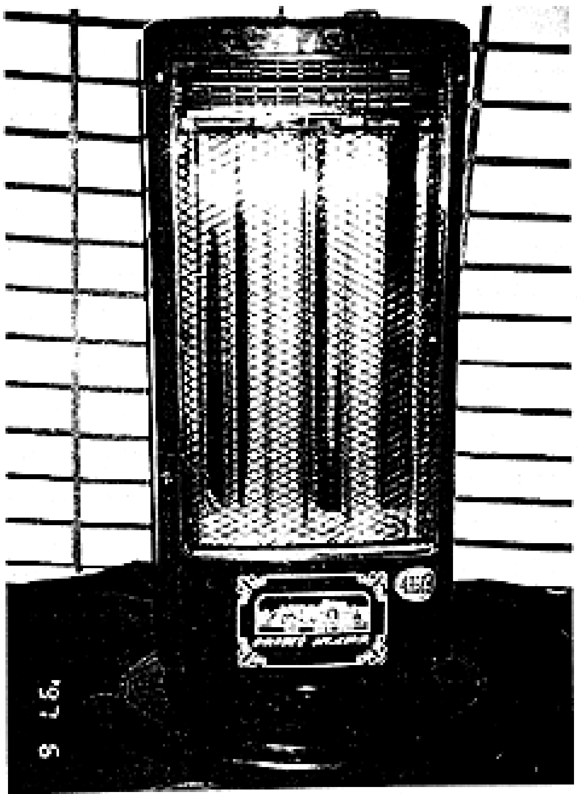
照片3-1　問卷調查情形



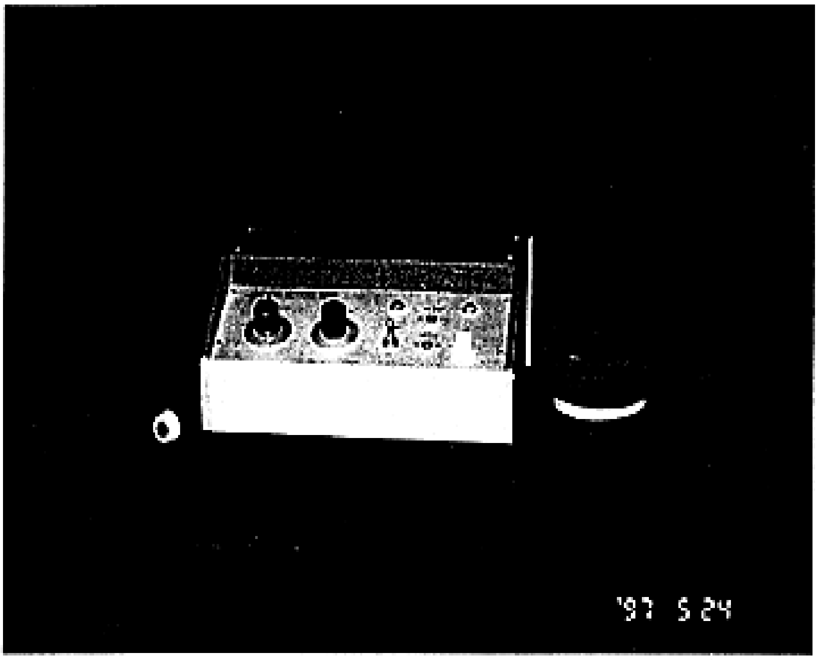
照片3-2 手指皮膚溫測定器



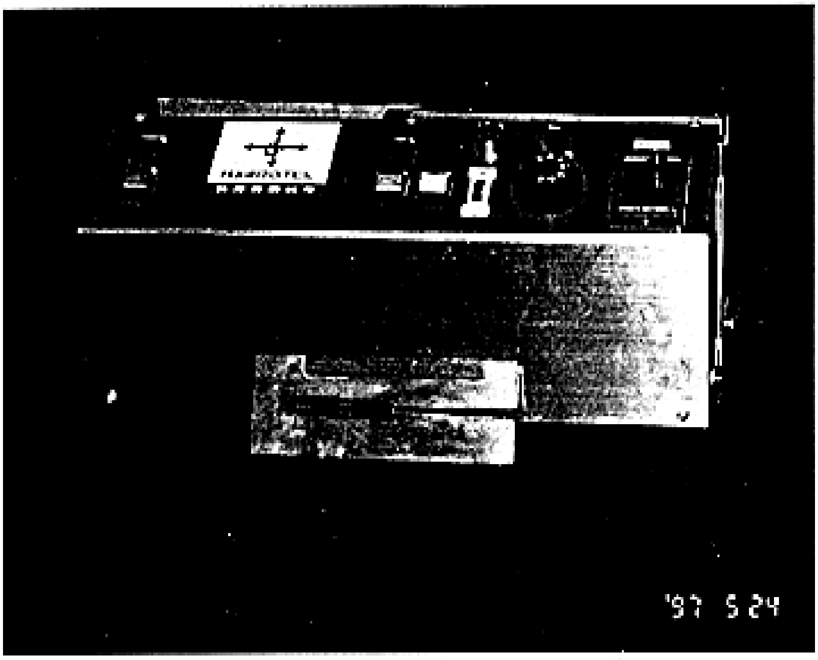
照片3-3　冷浸水槽



照片3-4 電暖爐



照片3-5　振動覺閾值測定器



照片3-6　高低差暨兩點鑑別覺測定器

照片3-7 研究人員教導受測勞工如何配合受測

照片3-8 冷浸過程

照片3-9　振動覺閾值測定情形

照片3-10　高低差暨兩點鑑別覺測定情形

照片3-11　高醫皮膚科檢查情形

照片3-12　高醫神經科檢查情形

第四章 職業性振動危害暴露之調查

爲了估計暴露於振動危害的勞工數，本研究利用抽樣方法抽出代表性的1500名勞工，利用問卷，電話訪問和實地訪視來收集勞工的工作項目中可能暴露的危害，並以此分率推估全國振動和噪音作業勞工人數。

第一節 調查方法與步驟

1.抽樣方法

以勞工保險保費計算檔的750萬現行投保勞工爲母群體，按行業別和工廠之大小排序(行業別按職災編號由小至大排序，工廠別按人數多寡由大至小排序，勞工個人按身份證字號由小至大排序)，利用系統抽樣方法抽出1500名研究樣本及3500名備份樣本[39]，此抽樣方式和推估之計算由勞保局資訊室和政大選舉中心的洪永泰主任協助處理。

2.研究對象名冊

抽出之1500人登錄其在保費檔中的姓名、身份證字號、生日、保險證號（工廠別）、公司地址及電話。

3.資料收集方法

首先郵寄問卷收集其行業別、職業別、工作內容的描述及時間分配，並登錄其工作場所及家中電話。回收問卷後再以電話訪問以確定問卷內容的正確性，若問卷無反應者，或被退回者，則根據工廠名錄、公會或工會、或電信局來查詢工廠之址址與電話，先用電話訪問，必要時由研究人員親自訪視，以減少無反應率。資料收集之流程如圖4-1。

4.危害暴露之評估

根據工作內容的描述及時間分配的記錄，聘請工業衛生專家來評估可能之振動或噪音暴露。若問卷或電話訪問回答有振動作業或疑似有振動作業者進行現場訪視，以確定其工作內容、振動工具種類及振動暴露危害情形。根據過去勞委會之問卷調查，回答有振動作業者約爲5%，因此實地訪視之人數約有75人。另外，問卷或電話訪問中回答沒有振動作業者中亦抽出75人進行現場訪視，以確定其正確性，並評估其錯誤率，以校正最後之分率。

5.振動作業人數之推估

根據問卷或電話訪問結果及實地訪視結果可計算問卷或電話訪問之敏感性與特異性，藉此效度來計算校正之振動和噪音作業分率，並以抽樣方法之統計分析來推估振動作業勞工數及其誤差。

第二節 研究結果

1.1500名抽樣樣本之特性分佈

本研究利用全國勞工投保檔抽出1500名勞工爲研究樣本。全國勞工及本研究抽樣樣本之性別與年齡分佈如表4-1。由於研究樣本中包括18名外勞，且其性別不詳，造成本研究抽樣樣本與全國勞工在性別與年齡分佈上有少許之差異，如男性在41-45，51-55及61-65歲組稍微偏低，而16-20和46-50歲組稍微偏高，女性則在41-45和6-50歲組偏高，而16-20，21-25和31-35歲組偏低。整體而言，本研究抽樣樣本之年齡與性別分佈與全國勞工勞之分佈類似。

本研究樣本職災行業別分佈與全國勞工行業別分佈之比較如表4-2。由表4-2可知二者之分佈非常類似，此爲系統抽樣之緣故。

2.研究樣本之來源及特性分佈

1500名抽樣樣本之資料來自勞保局之投保資料，但由於資料更新快速，致使抽樣樣本中之原始資料有347筆(23.1%)是地址和電話錯誤，另有178筆(11.9%)地址錯誤。若郵寄之問卷沒有回收，即利用電話催促問卷或補寄問卷，由於電話錯誤過多，浪費許多時間在確定抽中研究對象之現況。電話錯誤之處理流程見表4-3，若確定原抽中者之現況不正確，或三次電話無反應，或無法得到正確電話號碼，即由備份名單中替換，替換之原則是同一職災編號中最接近原抽中者之下一位。因此，1500名抽樣樣本中有640名(42.7%)是替換者，替換之原因見表4-4。其中電話錯誤，退保、公司倒閉等爲不可抗拒之因素，另外有94人(包括18名外勞)爲公司主動替換別人代答。工會中有251人是替換者，原因是勞保登記工會址地，郵寄到工會無法轉到抽中勞工家中。雖然利用勞委會公文要求工會提供抽中勞工住家之住址，但工會以不洩露機密爲理由，拒絕提供。最後要求工會提供任意兩倍於抽樣勞工人數之住址與電話，才得以郵寄問卷和電話訪問。這也是回收問卷超出三份而總計爲1503人之原因。

1503人中原抽中者863人(57.3%)，此863人之性別與年齡之分佈列於表4-1。與原抽

樣樣本和全國勞工之分佈比較，原抽中者在性別分佈上非常接近，但在年齡分佈上較短缺年青者，年長者卻過多。由於替換者在問卷上缺少年齡之變項，因此研究樣本之1503人無法與母群體比較在性別和年齡分佈上之差異。

由於替換者均爲同一職災類別，因此職災行業別之分佈與母群體相似(表4-2)。

3.振動暴露之盛行率

利用問卷得到之振動暴露盛行率爲11.9%(179人)(表4-5)，其中手提迴轉式手工具振動爲7.3%，往返式手工具振動爲1.0%，研磨機振動爲1.3%，切削機振動爲0.5%。若僅對原抽中者分析，振動暴露之盛行率爲11.2%(表4-5)，振動工具類型與全部研究對象之分佈類似。

4.專家判讀之振動作業盛行率

回收問卷中的工作流程，工作項目，使用工具等工作性質資料分別由一位工業衛生專家及二位職業醫學醫師來判斷噪音與振動之可能暴露，若二位以上專家判定有暴露視爲有暴露。

由專家判讀之振動暴露盛行率也下降至9.8%(表4-5)，振動工具類型之分佈在各型工具之盛行率均下降，唯有其他振動工具增加，其原因是縫紉機或縫製機在本研究被認定爲振動作業，而勞工問卷中不認爲是振動作業。

5.振動作業之職業別分佈

利用問卷及專家判讀而得到的振動暴露職業別排序見表4-6，振動暴露盛行率較高的職業爲金屬機具處理製造工，固定生產設備操作工，營建工和其他技術工，這些職業均使用振動性手工具，如研磨機、電鑽、鎖螺絲機或混凝土破壞機。

6.問卷效度評估

若以專家判讀爲標準來評估問卷之效度，則問卷對振動作業暴露評估之敏感度爲64.8%，特異度爲93.7%(表4-7)，其中振動作業之敏感度和特異度偏高現象，但假陽性也偏高，可能係由於勞工誤會把全身振動當做是局部振動。

7.檢查員現場訪視結果

由1500份問卷中回答有振動暴露的研究對象中利用系統抽樣方法隨機抽取約75人，另從問卷回答沒有振動暴露的研究對象中利用系統抽樣方法亦隨機抽取75人，總共150人。委託台灣省北、中、南區勞工檢查所及台北市、高雄市勞工檢查所之檢查員，根據研究對象之工廠轄區至工作場所實地訪視，除了訪問研究對象之工作狀況

外，亦要求研究對象實地操作工作狀況，並拍照存證。若有噪音作業，則利用噪音計測量工作現場之噪音量。

150人中有21人已離職、查無此人或拒訪，因此訪視結果計有129人。若以現場訪視當做標準，問卷之效度結果見表4-8，其中問卷之敏感度爲75.9%，特異度爲50.7%，而專家判讀之敏感度爲58.6%，特異度爲71.8%。對於振動暴露問卷之特異度祇有50%，顯示問卷回答振動中約有一半爲假陽性，即經由訪視員訪視後，並振動暴露。問卷之敏感度對振動暴露有較高之敏感度，也就是較少之假陰性。對振動暴露，問卷之陽性預測值爲55.7%，陰性預測值爲72.0%。

8.振動作業勞工之推估

由於問卷之敏感度和特異度不高，表示假陽性和假陰性均存在，利用公式來校正母全體(1500人)之暴露分率。振動暴露之分率，原問卷結果爲11.9%，經由現場訪視來校正假陽性和假陰性後之分率爲35%(校正公式見表4-8)。也就是說750萬勞工中約有262萬勞工暴露於振動中。

第三節 討論

民國七十七年行政院勞委員進行台灣地區現場作業受僱勞工作業環境安全衛生狀況調查[40]，此次調查採郵寄問卷，回收率爲36%。調查結果發現振動作業勞工佔20.21%(約62萬人)，其中手提迴轉式手工具佔29%，往返手提式手工具佔18%，固定式研磨機佔13%，移動式研磨機佔10%，挫刀佔3%，其他者14%。而噪音作業勞工佔34%(約102萬人)，其中噪音音壓級在70-90dB者佔20%，90dB以上者佔9%；另外，噪音由爆炸聲構成者佔10%，衝擊聲者佔46%，汽笛聲者佔10%。

民國八十年及八十三年度又兩度利用「人力資源調查」時進行受雇者工作環境安全衛生狀況認知調查[41]。民國八十三年度調查發現工作環境中聲音很大而影響以正常音量與他人之間的交談者有23.43%，其中連續性聲音佔65%，間歇性聲音佔10%，二者均有者佔13%。而使用振動手工具者有5.35%。

本研究利用問卷調查得到振動暴露之分率爲11.9%，經由專家判讀後振動暴露之分率爲9.8%。委託檢查員進行工作現場訪視後，校正問卷之假陽性和假陰性，則振動暴露之分率達35%。此項振動暴露之盛行率較77及83年調查結果爲高。此差異可能來自問卷設計的不同致使勞工對振動暴露的認知不同，另外，本研究經由現場訪視來校正問卷之

假陽性和假陰性，其結果較前二次之問卷調查更正確。

本研究之問卷要求勞工描述其工作流程，工作項目及使用工具或物質，此問卷結果有利於勞工回答危害之正確性，也有利於專家判讀的正確性。由於問卷調查可能高估振動作業的盛行率，本研究以專家判讀為標準，估計問卷的敏感度數約為60%，特異度約為93%，可見假陽性達40%，即有高估的情形。振動作業也由問卷之11.9%降至專家判讀之9.8%。若由訪視結果再計算問卷之敏感度和特異度，雖然假陽性亦高達50%，但假陰性在振動暴露作業為24%，因此校正後之暴露分率反而顯得低估，即而振動暴露由問卷之11.9%增加35%。

雖然利用原抽中者推估振動之盛行率會較正確，但本研究由於不可抗拒的因素，如電話錯誤，退保或工會不提供勞工住址，而行替換，且替換者多為同一工作性質者，因此本研究利用全部1503人來估計全國勞工振動作業的盛行率。全部勞工之振動作業盛行率(11.9%)與原抽中者之盛行率(11.2%)亦非常類似(表4-5)。

本研究之反應率為57.3%，替換者達640人(42.7%)。本研究是首度利用投保資料檔來進行抽樣及收集資料，由此結果可知投保資料檔的個人資料無法及時的更新，致使公司地址和電話錯誤很多，甚至有人已更換一兩年之久者。由於需要正確地址與電話以連絡抽中勞工，花了許多時間查詢電信局，萬不得已才放棄而由備份名單中替換。退保之勞工也很多，本研究預計約有1%的勞工退保，此次研究亦發現有142人(約1%)已退保。另外，工會的投保制度亦使本研究增加困難度，工會組織是以工會地址為投保地址，無法獲得個人之住址；郵寄問卷也無法代轉；由於個人資料保護法之公佈，工會無法提供勞工之住址與電話，致使最後祇好以隨意取樣，選取同一工會之勞工來替換。因此，地址電話錯誤、退保及工會名單是利用投保資料檔必須克服的困難。

表4-1　全國勞工、抽樣樣本和原抽中者之性別及年齡分佈

	全 國 勞 工		本研究抽樣樣本			本研究原抽中者樣本			
年齡	男 n(%)	女 n(%)	男 n(%)	女 (%)	外勞	男	N(%)	女	N(%)
16-20	143751 (3.9)	188849 (5.1)	40 (5.3)	31 (4.2)		15	(3.5)	7	(1.6)
21-25	347383 (9.4)	508283 (13.7)	76 (10.1)	93 (12.7)	6	29	(6.7)	50	(11.6)
26-30	570661 (15.4)	585047 (15.8)	111 (14.8)	119 (16.2)	7	61	(14.2)	80	(18.5)
31-35	629768 (17.0)	600121 (16.2)	126 (16.8)	107 (14.6)	4	77	(17.9)	65	(15.0)
36-40	602014 (16.3)	566555 (15.3)	118 (15.8)	113 (15.4)	1	80	(18.6)	65	(15.0)
41-45	531879 (14.4)	496366 (13.4)	100 (13.4)	111 (15.1)		60	(13.9)	68	(10.2)
46-50	334487 (9.0)	309854 (8.4)	80 (10.7)	68 (9.3)		51	(11.8)	44	(6.3)
51-55	260382 (7.0)	243101 (6.6)	44 (5.9)	45 (6.1)		24	(5.6)	27	(4.6)
56-60	187655 (5.1)	137893 (3.7)	40 (5.3)	28 (3.8)		27	(6.3)	20	(0.9)
61-65	738582 (2.0)	57385 (1.5)	10 (1.3)	12 (1.6)		6	(1.4)	4	(0.2)
66-70	14671 (0.4)	12913 (0.3)	4 (0.5)	4 (0.5)		1	(0.2)	1	(0.2)
71-75	3168 (0.1)	2557 (0.1)	—	2 (0.3)		—		1	(0.2)
76-80	636 (0.1)	493 (0.1)	—	—		—		—	
Total	370037 (49.9)	3709417 (50.1)	749 (50.5)	733 (4905)	18	431	(50.0)	432	(50.0)

表4-2　全國勞工、抽樣樣本及本研究樣本職災行業別之分佈

職災行業別	全國勞工　n(%)		抽樣樣本　n(%)		本研究樣本n(%)	
1	63943	(0.88)	12	(0.80)	12	(0.80)
2	3282	(0.05)	1	(0.07)	1	(0.07)
3	970	(0.01)	-	-	-	-
4	19452	(0.27)	4	(0.27)	4	(0.27)
5	187052	(0.57)	36	(2.40)	36	(2.40)
6	654	(0.01)	-	-	-	-
7	1791	(0.02)	-	-	-	-
8	985	(0.01)	1	(0.07)	1	(0.07)
9	9505	(0.09)	1	(0.07)	1	(0.07)
10	718	(0.01)	-	-	-	-
11	2546920	(3.50)	51	(3.40)	51	(3.40)
12	12279	(0.17)	3	(0.20)	3	(0.20)
13	140574	(1.93)	29	(1.93)	29	(1.93)
14	64364	(0.89)	13	(0.87)	13	(0.87)
15	115530	(1.59)	24	(1.60)	24	(1.60)
16	63761	(0.88)	13	(0.87)	13	(0.87)
17	136192	(1.87)	27	(1.80)	27	(1.80)
18	15616	(0.21)	4	(0.27)	4	(0.27)
19	45679	(0.63)	9	(0.60)	9	(0.60)
20	55999	(0.77)	12	(0.80)	12	(0.80)
21	131805	(1.81)	28	(1.87)	28	(1.87)
22	195523	(2.69)	40	(2.67)	40	(2.67)
23	51959	(0.71)	11	(0.73)	11	(0.73)
24	48080	(0.66)	10	(0.67)	10	(0.67)
25	51755	(0.71)	10	(0.67)	10	(0.67)
26	9901	(0.14)	2	(0.13)	2	(0.13)
27	352306	(4.85)	73	(4.87)	73	(4.87)
28	191193	(2.63)	39	(2.60)	39	(2.60)

表4-2(續)

職災行業別	全國勞工　n(%)		抽樣樣本　n(%)		本研究樣本n(%)	
29	465339	(6.40)	98	(6.53)	98	(6.53)
30	128550	(1.77)	26	(1.73)	26	(1.73)
31	38036	(0.52)	8	(0.53)	8	(0.53)
32	58415	(0.80)	12	(0.80)	12	(0.80)
33	1493	(0.02)	30	(2.00)	30	(2.00)
34	30431	(0.42)	6	(0.40)	6	(0.40)
35	115177	(1.58)	24	(1.60)	24	(1.60)
36	339188	(4.67)	67	(4.47)	67	(4.47)
37	144443	(1.99)	29	(1.93)	29	(1.93)
38	93416	(1.29)	19	(1.27)	19	(1.27)
39	65844	(0.90)	14	(0.93)	14	(0.93)
40	794437	(10.28)	166	(11.07)	166	(11.07)
41	466668	(6.42)	97	(6.47)	97	(6.47)
42	253840	(3.49)	51	(3.40)	51	(3.40)
43	20072	(0.28)	4	(0.27)	4	(0.27)
44	20660	(0.28)	4	(0.27)	4	(0.27)
45	52913	(0.73)	11	(0.73)	11	(0.73)
46	167669	(2.31)	34	(2.27)	34	(2.27)
47	18013	(0.25)	4	(2.27)	4	(2.27)
48	45942	(0.63)	9	(0.60)	9	(0.60)
49	146931	(2.02)	30	(2.00)	30	(2.00)
50	1240168	(17.06)	252	(16.8)	252	(16.8)
51	238076	(3.28)	49	(3.27)	49	(3.27)
52	101155	(1.39)	3	(0.20)	3	(0.20)

表4-3　電話錯誤處理流程：

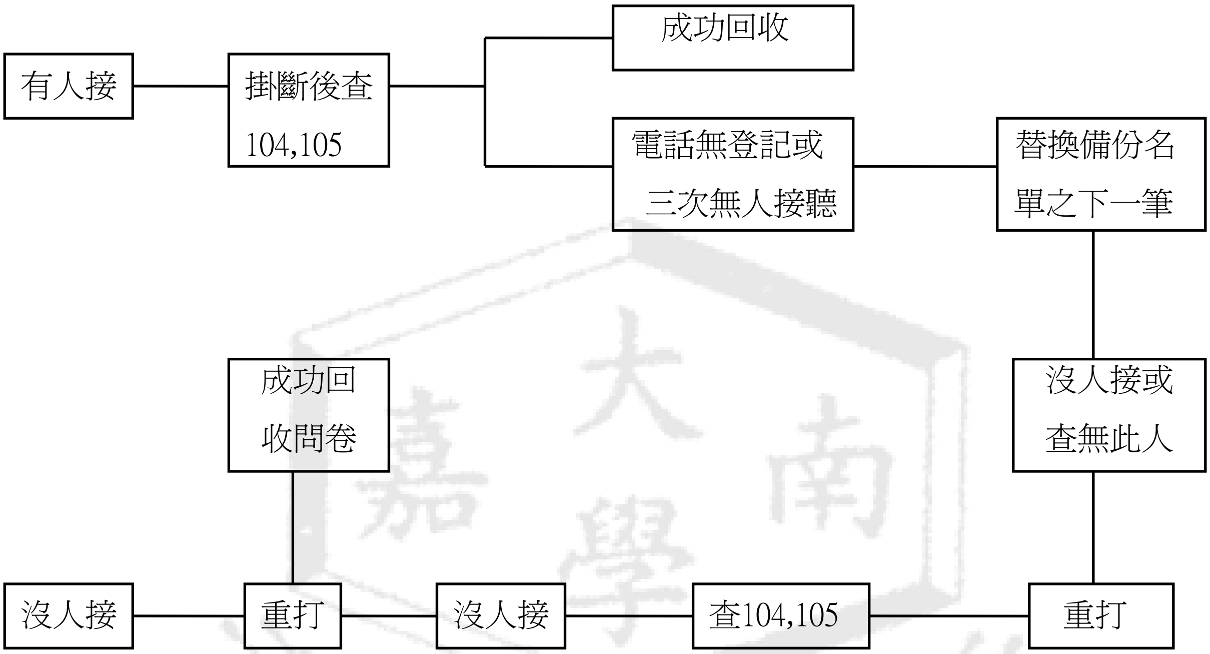


表4-4　研究對象替換的原因*

項　　　　目	人次	備　　　　　註
當兵	2	
拒答	4	
無法追查的電話錯誤	128	
公司倒閉	17	
勞工死亡	2	
勞工已退保	142	
商家、工會自行替換 (包含外勞18人)	94	
工會	251	
總計	640	

*其中原始資料電話有誤共計347筆(23.1%),原始資料地址有誤共計178筆(11.9%)

表4-5 振動暴露的盛行率

	問卷n (%)	專家判讀n (%)	原抽中者(n=863)n (%)
往返式手工具	15 (1.0)	11 (0.7)	10 (1.2)
手提迴轉式手工具	110 (7.3)	80 (5.3)	57 (6.6)
移動式研磨機	12 (0.8)	5 (0.3)	4 (0.5)
固定式研磨機	7 (0.5)	4 (0.3)	6 (0.7)
切削機	8 (0.5)	4 (0.3)	3 (0.3)
其他	27 (1.8)	43 (2.9)	17 (2.0)
合計	179 (11.9)	147 (9.8)	97 (11.2)

表4-6 振動暴露之職業別排序

職業別(中分類編號)	問卷n (%)	專家判讀n (%)
金屬機具處理製造工(72)	48 (47.5)	31 (30.7)
固定生產設備操作工(81)	18 (42.9)	16 (38.1)
採礦工及營建工(71)	22 (34.3)	15 (23.4)
印刷工(73)	9 (30.0)	4 (13.3)
組裝工(83)	13 (23.2)	11 (19.6)
其他技術工(79)	18 (19.1)	43 (45.7)
生物科技工(32)	2 (16.6)	1 (8.3)
機械操作工(82)	11 (15.3)	5 (6.9)
企業負責人(12)	4 (13.3)	2 (6.7)
生產作業經理(13)	3 (10.7)	1 (3.6)

表4-7 振動暴露問卷與專家之一致性

		專家判讀 有	無	
問卷	有	94	85	179
	無	51	1273	1324
		145	1358	1503

問卷敏感性： 94/145=64.8%

特 異 度： 1273/1358=94.7%

校正盛行率： $\dfrac{0.119-(1-0.937)}{(0.648+0.937)-1}=0.096$

表4-8　振動暴露現場訪視與問卷和專家判讀之一致性

		現場訪視 有	現場訪視 無	
問卷	有	44	35	79
	無	14	36	50
		58	71	129

問卷敏感性：　44/58=75.9%

特　異　度：　36/71=50.7%

校正盛行率：　(11.9%)

n=1500,m =179,n-m=1321,

m1=79 ,m2=50 ,k1=44　,k2=14

$$P=\frac{44/79*179+14/50*1321}{1500}$$

$$=\frac{99.7+369.9}{1500}=0.31 \quad (31\%)$$

		現場訪視 有	現場訪視 無	
專家	有	34	20	54
	無	24	51	75
		58	71	129

問卷敏感性：　44/58=75.9%

特　異　度：　36/71=50.7%

校正盛行率：　(11.9%)

n=1500,m =179,n-m=1321,

m1=79 ,m2=50 ,k1 =44　,k2=14

$$P=\frac{34/54*147+24/75*1353}{1500}$$

$$=\frac{92.5+433.0}{1500}=0.35 \quad (35\%)$$

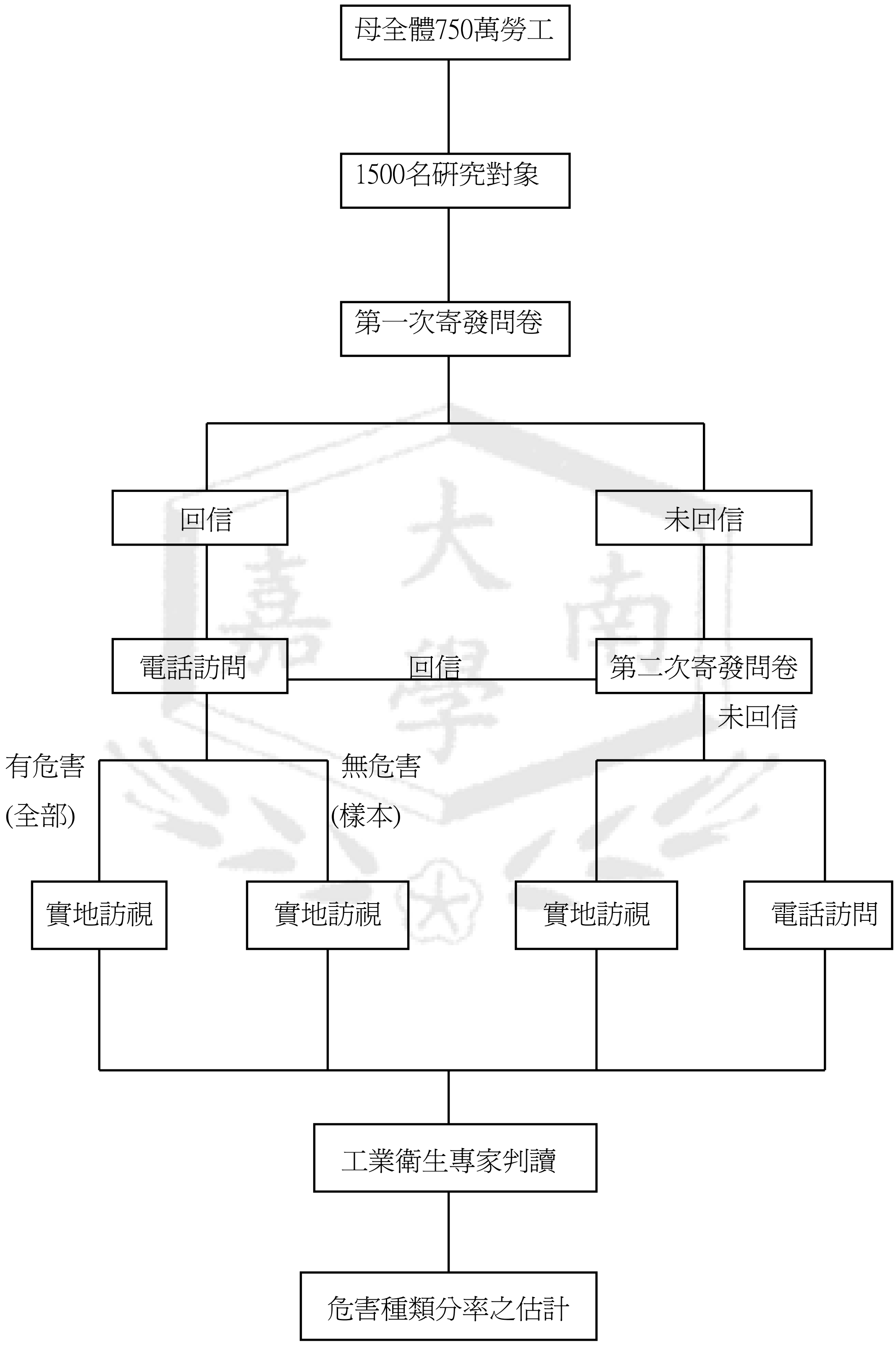


圖4-1　振動危害暴露調查之流程圖

第五章 結論與建議

第一節 結論

本研究對手-手臂振動作業之動力手工具之振動量量測、勞工生理機能反應測定分析、及振動危害暴露調查等三方向執行，獲得初步結論以下：

1.動力手工具之手-手臂振動量測

對不同作業類型勞工使用的25種動力手工具進行振動量測定及三軸向振動頻率分析，顯示振動量最高的手工具有手持式砸道機、平台式研磨機、氣動大型板手、氣鍾、電鑽、重型郵務機車(125 cc)、混凝土破碎機、鏈鋸等，其三軸向加權振動量均大於10 m/s^2 。

2.與相關法規比較

與ISO建議基準或我國勞工安全衛生設施規則比較(表2-8) ，顯示長期使用高振動量動力手工具從事職業工作時，每天暴露時間應予降低，且工作一定時間後應予調班或調整暴露時間，以避免罹患振動症候群。

3.對照組與暴露組之篩選

本研究依規劃對不同產業勞工篩選暴露組共269人，其中鐵路砸道工102人，石作工人37人，汽車裝配工60人，機械操作工40人，及營造工30人;對照組則依暴露組年齡分佈情形，在不同行業選出未振動暴露者共69人，其中暴露組與對照組勞工年齡間檢定呈不顯著。

4.振動症候群普及率

269位暴露組勞工經過專科醫師診視後，依Stockhlom手-手臂振動症候分級，有顯著症狀者共44位，普及率達16.4%，其中2位勞工指尖偶而泛白(循環機能病變)，其它勞工則屬手部間斷性或持續性麻(感覺機能病變)。

5.自覺症狀分析

由自覺症狀問卷所得結果對不同行業勞工的主要抱怨項目有些出入，但整體而言以腰酸、肩膀酸痛、手腕酸、胃痛、耳鳴、耳重等六項所佔比例最高。

6.暴露組分組及量測項目

暴露組勞工依振動症候群勞工(VS(+))、50歲以上未患VS之勞工VS(-)$_1$)、40歲至50歲且未患VS之勞工(VS(-)$_2$)、及40歲以下未患VS之勞工(VS(-)$_3$)等四組。生理測定中

末梢循環機能以食指皮膚溫在冷浸前後的變化作爲依據;末梢感覺機能則以中指在冷浸前後振動覺閾值、兩點鑑別覺、高差鑑別覺的變化作爲比對指標。

7.末梢循環機能分析

長期暴露於振動之勞工食指皮膚溫觀測結果,顯示冷浸前比對照組平均皮膚溫降低1.6℃左右;未罹患振動症候群勞工在冷浸5-8分鐘後,血管收縮調整而略回升但VS(+)組則不明顯;冷浸後15分鐘大部分正常的勞工手指皮膚溫恢復率已超過95%,但對VS(+)組勞工之皮膚溫恢復率則甚不理想。各行業勞工間之手指皮膚溫恢復率比較,顯示鐵路砸道工、石作工人、營造工人等較差,而汽車裝配工的恢復率最佳。顯示振動暴露劑量高的勞工,其末梢循環機能衰退較爲嚴重。

8.末梢感覺機能分析

振動覺閾值、兩點鑑別覺及高低鑑別覺三種測定結果,以250Hz振波之振動覺閾值作基準最爲顯著;冷浸10分鐘後,各組振動覺閾值顯著提高約10-15dB,然後逐漸恢復,但對VS(+)及$VS(-)_1$各組勞工,在冷浸後20分鐘,仍未恢復原來的敏感度。VS(+)組或VS(-)組的兩點鑑別覺及高差鑑別覺均比對照組高,但部份測定點則未達顯著性差異。從各組分析結果中顯示仍以鐵路砸道工、石作工人、及營造工人之感覺機能最差,且不同年齡間亦有相當顯著的差異。

9.較嚴重VS(+)之勞工協助至高醫及榮總作進一步檢查

對循環機能與感覺機能嚴重衰退的VS(+)組勞工願意配合下,砸道工人與石作工人送請高雄醫學院皮膚科與神經內科共同協助作進一步檢查,共15位勞工。而中船鑄造廠勞工兩位亦由陳昌明醫師協助,至台北榮總神經內科檢查。

10.振動危害暴露調查經由問卷調查、專家判讀後,委由檢查員進行工作現場訪問視校正得知振動暴露之分率爲35%,即750萬勞工中均有262萬勞工職業性暴露於振動中,振動暴露盛行率均較民國77年及83年調查結果高。其差異可能來自問卷設計的不同造成勞工對振動的認知不同。

11.問卷調查可能會高估振動作業的盛行率,因此專家判讀爲標準,估計問卷的暴露假陽性達50%而假陰性則爲24%,校正後振動暴露分率由問卷之11.9%敏感度約爲60%,特異度約爲93%,可見假陽性達40%而有高估情形。振動增加至35%。

第二節　建議

1.嚴重振動暴露之勞工全面調查

對鐵路砸道工、時作工人及營造工人的振動暴露劑量及其普及率調查顯示約有20-30%的勞工罹患不同程度的振動症候群，爲有效防治職業病的惡化，建議對三種行業勞工全面調查。

2.動力手工具安全作業標準訂定及教育宣導。

對操作動力手工具的勞工常有不正確的操作姿勢，尤其重量較大的砸道機或混凝土破碎機等操作勞工，常以身體緊靠機體或緊握把手，如此不正確姿勢下重複性作業，對下腹部及手腕增加負載，容易導致胃痛、腰酸腕道症候群等症狀。以安全管理的觀點，相關單位有必要訂定動力手工具安全作業標準，作爲教育訓練教材及作業守則，亦可提高勞工對作業安全之認識

3.振動暴露時間調整

對已罹患振動症候群(VS)的勞工則需調整其作業時間，以減低症狀之惡化機率。

4.動力手工具加強保養與維修

本研究曾對砸道機保養良好與否比較其振動量，良好的機體振動可降低5-10dB，因此加強保養與維修對振動量的降低有絕對的功效。

5.強制使用個人防護具

品質良好的防振手套不但可以降低手-手臂振動量的吸收，也可以讓手部保溫吸汗及防滑效果，從文獻[1，2]知手部保溫可延緩手指發白的速率。

6.增列振動暴露特殊健康檢查仍有其必要性

勞工使用加速度值超過4 m/s^2 之振動或氣動手工具從事作業，每天暴露時間超過3小時，有必要定期接受特別危害健康檢查，而其檢查項目可參酌美、日等先進國家的規定。

7.對砸道工神經機能及微循環機能測定

本研究已對較嚴重VS的砸道工13位送請高醫作微循環及神經機能反應測定，爲更瞭解暴露劑量對其系統之影響，建議研究所再續編預算，對中度、輕度、或無傷害之道工作進一步測定，如此可完整地收集不同程度傷害的勞工生理反應。

誌謝

本研究計畫除本所人員陳秋蓉組長、杜宗禮副研究員外，另包括嘉南藥理學院何先聰教授、劉玉文教授，國防醫學院劉紹興教授，政大選舉研究中心洪永泰教授，高雄醫學院余幸司教授，台北榮總陳昌明醫師之協助。此外，台灣省勞工檢查處北區、中區、南區檢查所，台北市勞工檢查處、高雄市勞工檢查所現場訪視之協助以及勞工保險局提供勞保資料，國防醫學院吳濤先生協助資料整理。謹表謝忱

參考文獻

[1] Ho,S.T. and Yu,H.S.,1986," A Study of Neurophysiological Measurements and Various Function Tests on Workers Occupationally Exposed to Vibration ", Int. Arch. Occup. Environ.Health,58:259-268.

[2] Taylor, J.S.,1985,"Vibration Syndrome in Industry：Dermatological Viewpoint," American J.of Industrial Medicine ,8:415-432.

[3] 何先聰,王昭雄,洪睦雁,1989,"冷作工人末梢神經機能障礙的研究"技術學刊,4(3):323-329.

[4] Yokoyama, S.K. , Aono, H. and Murata, K.,1988," Determination of The Distribution of Nerve Conduction Velocities in Chain Saw Operators ", British J. of Industrial Medicine , 45:41-344 .

[5] International Standard Organization (ISO), 1985," Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration" ,ISO 2631/1985(E).

[6] Futatsuka, M. , Ueno,T. and Sakurai,T.,1989,"Cohort Studies of Vibration- induced White Finger among Japanesc Forest Workers over 30 Years", Int. Arch. Occup. Environ. Hea- lth,61:503-506.

[7] Mirbod, M. , Yoshida, H. , Nagata, C. , Inaba, R. , Komura,Y. and Inata, H.,1992," Hand-arm Vibration Syndrome and Its Prevalence in The Present Status on Forestry Enterprises in Japan ", Int. Arch. Occup. Environ.Health 64:93-99.

[8] Nilsson, T. , Burstrom, L. and Hagberg, M.,1989,"Risk Assessment of Vibration Expo-sure and White Fingers among Platers", Int. Arch. Occup. Environ. Health 61:473-481 .

[9] Bovenzi, M. , Franzinelli, A. and Strambi, F.,1988,"Prevalence of Vibration-induced White Finger and Assessment of Vibration Exposure among Travertine works in Italy ",Int. Arch. Occup . Environ Health,61:25-34.

[10] Bovenzi,M.,1994," Hand-arm Vibration Syndrome and Dose-response Relation for Vib-raion Induced White Finger among Quarry Drillers and Stonecarvers ", Occup. Environ. Medicine,51;603-611.

[11] Behrens, M. and Robert, A.,1984," Vibration Syndrome in Chipping and Grinding

Workers ",Journal of Occup. Medicine,26(10):766-786.

[12] Miyashita, K. , Morioka, I. , Tanabe,T. , Iwata, H. and Takeda, S.,1992," Sympotms of Construction Workers Exposed to Whole Body Vibration and Local Vibration", Int. Arch. Occup. Environ.Health,l.64:347-351.

[13] Musson, Y. , Burdorf, A. and Drimmelen,D.,1989," Exposure to Shock and Vibration and Symptoms in Workers Using Impact Power Tools",Am. Occup. Hyg.,33(1):85 -96.

[14] Mirbod, S.M. , Yoshida, H. , Komura, Y. , Fujita, S. , Nagata, C. and Inaba,R. ,1994, "Prevalence of Raynaud`s Phenomenon in Diffrent Groups of Workers Operating Hand-held Vibrating Tools " ,Int. Arch. Occup. Environ.Health,66:13-22.

[15] Internation Standard Organization (ISO),1979," Mechanical Vibration-Guidelines for The Measurment and The Assessment of Human Exposur to Hand-transmitted Vibration ",ISO 5349-1986(E):1-12.

[16] 日本工業規格,1986,"手持動力手工具的振動測定方法, " ,JIS4900.

[17] Rasmussen,G. ,1984, "Measurement Techniques for Hand-arm Vibration" , Hand-arm Vibration Techinques,:173- 176.

[18] Stelling, J. and Dupuis,H. ,1996, " Different Acut Effects of Singleaxis and Multiaxis Hand-arm Vibration", Int. Arch.Occup. Environ.Health,68:236-242.

[19] Burstrom,L. and Lundstrom, R.,1988, " Mechanical Energy Absorption in Human Hand-arm Exposed to Sinusoidal Vibration", Int. Arch. Occup. Environ. Health, 61:213-216.

[20] Robert, G. R. , Thomas, J. A and Ernst V.,1990," Vibration Exposure for Selected Power Hand TooIs Used in Automobile Assembly",Am. Ind. Hyg. Assoc. J.,5l(9)510-518.

[21] Pelmear, P. L. , David, L. , Taylor, W. , Mappanar, N.and Fung, D.,1989,"Measurement of Vibration of Hand-held Tools：Weighted or Unweighted？", J. Occup. Medicine, 31:(11) 902-909

[22] Robert, K. T. , Brubaker, L. and Morrison, B.J."Using Noise Exposure Histories to Quantify Duration of Vibration Exposure in Tree Fallers",Am. Ind. Hyg. Assoc.J.,51(9)485-493.

[23] 胡世明,劉玉文,何先聰,1989,"動力手工具局部振動及其對人體危害評估",技術學刊,4(3):219-226.

[24] 劉玉文,胡世明,何先聰,1990,"行駛中機車把手之局部振動評估", 技術學刊,5(3):255-264.

[25] 何先聰,賴俊雄,1992,"振動徵候群的預防-動力手工具振動的特性與減震材料評估",行政院衛生署專題研究.

[26] Chen,G.S. , Yu, H.S. and Yang, S. A. and Chen, S. S." Respone of Cutanous Microcir Culation to Cold Exposure and Neuopathy in Vibration-induced White Figer ", Micro-vascular Research,47:21-30.

[27] Shirakami, A. , Toibbana, N. and Saito, S.,1991," Activation of Blood Coagulation and Fibrinolysis in Vibration Syndrome", Int. Arch. Occup.Environ. Health,63:295-298.

[28] Nakamur,H. , Okazawa, T. , Nagase, H. , Yoshida,M. , Arizu mi, M., and Okada, A.,1996, Chang in Digital Blood Flow with Simutaneous Reduction in Plasma Endothelin Induced by Hand-arm Vibration", Int. Arch. Occup. Environ.Health,68:115-119.

[29] Nishiyama, K.and Watabe, S.,1981," Temporary Thresold Shift of Vibration Sensation after Clasping A Vibrating Handle", Int. Arch. Occup.Environ. Health,49:21-33.

[30] Tseng,H.M. , Yu, F.S. , Ho, S. T. and Yao, T.H.,1986," Vibration Syndrome Pathophysi-ological and Electronmicroscopic Studies " , Reprinted from The Kaohsiung Journal of Medical Sciences,2(12):732-744.

[31] Muijser, H. , Hooisma, J. , Hoogendijk, M. G. and Twisk,A.M.,1986," Vibration Sensitivity as A Parameter for Detecting Peripheral Neuropathy " , Int. Arch. Occup. Environ. Health ,47:285-298.

[32] Nakamoto,M.,1991," Respones of Sympathetic Nervous System to Cold Exposure in Vibration Syndrome Subjects and Age Matched Healthy Controls", Int. Arch. Occup. Environ. Health,62:177- 181.

[33] Gemne, G. , Pyykko, I. , Taylor, W. and Pelmear, P. L.,1987," The Stockholm Workshop Scale for Classification of Cold-induced Raynaud's Phenomenon in The Hand-arm Vibration Syndrome(Revision of The Taylor-Pelmear scale)",Scand. J. Work

Environ. Health, 13:275-278。
[34] 大友機電企業有限公司,1986,"手持電動砸道機目錄說明與使用手冊".
[35] American Conference of Government Industrial Hyienists (ACGIH),1996," Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Biological Exposure Indices", ACGIH worldwide publication, second printing,85-88.
[36] 翔穩科技顧問有限公司,1996,"勞工法令彙編",:301-382.
[37] 藤本邦彥,1979,"防振,制振材料的選定效果"文報,13 (4):70-82.
[38] 行政院勞委會安全衛生研究所,1994," 簡易腕道症候群療效評估"勞工安全衛生簡訊,3:1-4.
[39] Levy,P.S. and Lemeshow,S.E.,1991,"Sampling of Populations : Methods and Applications. "John Wiley & Sons,Inc.New York.
[40] 行政院勞委會,1989,"台灣地區勞工工作環境安全衛生狀況調查報告—現場作業受僱勞工",行政院勞委會編印.
[41] 行政院勞委會,"工作環境安全衛生狀況調查報告—受顧者認知調查",行政院勞委會勞研所編印.