

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

減壓症聽力損失之調查研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2320-B-041-002-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：嘉南藥理科技大學職業安全衛生系

計畫主持人：魏榮男

共同主持人：蕭景祥，宋鴻樟

計畫參與人員：尤俊輝 馬金足

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中華民國 94 年 10 月 28 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

(計畫名稱)

減壓症聽力損失之研究

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 93 - 2320 - B - 041 - 002
執行期間： 93 年 08 月 1 日至 94 年 07 月 31 日

計畫主持人：魏榮男
共同主持人：宋鴻樟、蕭景祥
計畫參與人員： 尤俊輝、馬金足

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：
赴國外出差或研習心得報告一份
赴大陸地區出差或研習心得報告一份
出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢
涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：嘉南藥理科技大學

中 華 民 國 94 年 10 月 28 日

摘要

研究目的 – 潛水引起的減壓症的研究已經許多，但有關於潛水引起的聽力損失與減壓症治療以後的健康影響的追蹤研究卻非常少，所以本研究目的主要有

- (1)、追蹤了解減壓症患者接受高壓氧治療後的健康狀態
- (2)、評估調查潛水人員和罹患減壓症患者的聽力損失現況

材料與方法 – 以曾經在澎湖國軍醫院接受高壓氧治療的減壓症患者為對象，總共約 300 人。對照組則從澎湖縣潛水捕撈漁民和潛水協會會員不曾罹患減壓症的人隨機抽出 200 人。針對研究對象進行問卷調查，調查的內容包括基本人口特性、職業史、疾病史、減壓症、醫院生理生化基本資料。所有的研究對象皆由專業醫師與聽力檢查師在聽力檢查室中檢查各頻率帶的純音的聽力損失。

統計分析方法-描述性資料的連續變項，以平均值與標準差表示，連續變項以變異數分析 (ANOVA)、t-test 檢定，類別變項以卡方檢定方法。探討聽力損失相關因子，以逐步迴歸方法，分析影響聽力損失大小的因素。另外本研究也將同時探討減壓症的相關因子，分析方法以單變項與多變項邏輯式迴歸方法分析，估計各相關因子的勝算比。本研究將以 SPSS 套裝軟體進行分析，統計差異顯著水準(p value)為 5%。

結果：本研究共追蹤到 154 名曾經接收高壓氧治療患者。卡方分析及 t 檢定結果，發現單次發病組與重複發病組之間的年齡、體質量比、教育程度、專業別、抽菸、飲酒等均無顯著差異，逐步複迴歸分析結果發現只有最大潛水深度單項與減壓病復發次數有顯著關聯，相關係數為 0.23。值得注意的是，所有研究對象中僅有 3 位潛水上昇時執行減壓程序，未進行減壓停留者佔 98%強。另隨機抽樣的 138 名潛水人員，經量測其聽力，發現在語言區頻帶 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 當以優耳六分法評估其平均聽閾值時，結果與對照組公務人員之平均聽閾值有顯著差異， $p < 0.0001$

結論：減壓症可能對聽力有負面影響。

關鍵詞：減壓症、聽力損失

ABSTRACT

OBJECTIVE – Decompression sickness (DCS) have been well described for divers. However, the injury about hearing loss in divers with DCS and health effect after being treated by hyperbaric therapy have rarely been investigated. The purposes of this study are

- to surveillance the long term health effects of decompression sickness.
- To surveillance and evaluate the hearing loss on divers who with DCS.

RESEARCH DESIGN AND METHODS – A total of 300 divers with DCS, who were ever treated by hyperbaric therapy in Peng-Hu hospital, were recruited. we will performed questionnaire interviews with divers regarding demographic, anthropometric and biochemical characteristics. To conduct case-control analysis, 200 divers without decompression sickness will be randomly selected for comparison from diving clubs and diving fishermen in Peng-Hu. Simultaneously, all subjects receive pure-tone hearing tests in audiometric examination room by physician.

Statistical Analysis - Analysis of variance (ANOVA) and Chi-square tests were used to determine the significance level of differences of each variable. Bonferroni method was used for post-hoc comparison in ANOVA. Univariate and multivariate logistic regression analyses for DCS vs. normal were performed to include all factors that were identified significantly associated with DCS in the cross-, and multivariate linear regression analyses for hearing loss will be performed. A p-value below 0.05 was considered significant. The statistical analyses were performed with SPSS statistical Package

Results and conclusion- A total 138 divers were recruited in this study. Hearing loss was 29.4 db and 4.0 db for divers and control cases respectively, and the difference was significant.

Conclusion- This prospective finding indicate that divers who with decompression sickness is an independent risk factor for hearing loss.

Keywords: decompression sickness, hearing loss.

(二) 研究計畫之背景及目的

1、研究計畫之背景與文獻探討

減壓症(decompression sickness)又稱為潛水伏病(Diver's disease)、沉箱症(Caisson Disease)或彎身(The bends)[1]。最早的減壓症病例報告是在 1841 年法國建造一座跨河(Loire river)大橋, Triger 設計一個裝載工人的潛水沉箱, 用來協助將石塊沉放於正確位置, 兩名工人於工作 7 小時後, 手腳大關節產生劇烈的疼痛[2]。在法國病例報告之前, 其實英國已經有減壓症的發生, 因為英國停放在樸茲茅斯港(Porsmouth)的船錨被海底的殘骸纏住, 於是就指派 Willian Pasely 處理, 他把握這個機會測試評估他設計的潛水設備, 結果得到非常大的成功, 但這些潛水 65 英尺, 每天工作長達 7 小時的潛水人員, 沒有一人倖免於風濕病(rheumatism), 後來證實這就是眾所週知的減壓症[1]。爾後, 法國才發展出更大的潛水鐘, 使人能不接觸水在潛箱內工作, 所以才會有潛水伏病、沉箱症的名稱。”彎身”這個名稱的由來, 是 1894 年美國建造紐約布魯克林大橋的潛水工程人員, 經常患有下之大關節的疼痛現象, 為了減緩疼痛, 潛水人員常常彎躬著身子, 所以彎身就變成潛水界對減壓症的俗稱[2]。

減壓症發生的原因是在高壓環境下轉換到較低的壓力環境時, 由於血液中原本被壓縮的氣體, 尤其是氮氣, 因外來壓力下降而膨脹, 導致在血中與組織中產生氣泡, 這些氣泡會產生各種危害, 病情輕者僅有四肢關節疼痛、病情重者可造成呼吸和循環系統衰竭、甚至死亡, 主要發生在潛水人員、地下工程、潛盾式作業。其臨床上主要分為三型, 第一型會影響關節及皮膚, 會造成四肢大關節的急性疼痛, 皮膚出現尋麻疹一樣的疹塊。第二型的危害包含中樞神經與周邊神經系統, 其臨床症狀包括胸痛、呼吸困難、咳嗽、高血壓、心率不整、頭痛甚至昏迷。第三型的特色是骨端無菌性壞死, 常發生於髓骨、脛骨及肱骨[3]。目前國內可能暴露於減壓症危害的職業, 主要有 1、海底水下工程作業: 如海底電纜施放、中油深海鑽探、沉箱作業。2、地下捷運工程。3、漁民潛水捕撈作業。4、休閒潛水與 5、學術單位海下科技研究[4]。

根據行政院衛生署[職業相關疾病通報系統]統計, 自 84 年六月至 87 年三月, 通報之減壓症案例有 1822 例[5]。台灣近年由於許多工程地下化, 高壓環境作業人口越來越多, 但台灣至今有關減壓症的研究屈指可數。民國八十五年陳秋蓉等人針對台北捷運板橋線 83 人作調查, 發現其中 50 人(60.2%)曾因減壓症接受加壓治療[6]。李惠傑等人[7]曾經針對澎湖吉貝的漁民潛水特性作調查, 發現該區的漁民潛水時間過長、重複潛水與沒有適當減壓程序可能是導致該區漁民罹患減壓症的主要原因。賴朝英等人曾經針對 231 名潛水作業勞工進行問卷調查[8], 發現減壓症的相關因子有年齡、專兼職、平均下潛次數、水底作業時間、不知道減壓程序等因素。牛柯琪等人[4]曾經針對漁民潛水、休閒潛水與科技潛水等族群探討減壓症的相關因子, 其相關因子有肥胖、年齡、平均下潛次數、抽菸等。黃耀興等人曾經針對 123 名海軍潛水人員作調查[9], 發現罹患減壓症的盛行率才 1.6%, 其原因可能是推測可能與年紀輕、水下停留時間短、完整的潛水訓練有關。以上國內這些文獻, 只有劉朝英等人[8]與牛柯琪[4]等人所作兩篇研究有對照組, 統計分析時有估算出相關因子的勝算比, 其他都只是橫斷式研究, 只有針對罹患減壓症的特性描述, 無法推論統計因果相關。

飛行引起的減壓症發生率遠低於潛水或地下工作引起的減壓症，尤其現代飛行器的安全性已經大大提高，但若飛行高度超過 25000 英尺也有可能發生減壓症[10]。1988 年有一名 51 歲的飛行員在未加壓的環境下，飛行高度 8534 公尺 30 分鐘，結果產生致命的肺部減壓症，這是自 1959 年以來第二個因為飛行引起減壓症死亡的案例，這名死亡的案例，具有減壓症的危險因子有高年齡與肥胖[11]。雖然飛行引起減壓症死亡的報告很少，但潛水後馬上搭飛機，卻是減壓症的危險因子[12]。澳洲 Millar 以醫院的 44 名因為潛水後飛行高度在 100-2000 公尺的減壓症患者作研究[13]，建議潛水後飛行時的上升速率應該注意。雖然正確的減壓程序是預防減壓症重要的方法，但許多仍有許多文獻報告證實，潛水依照減壓程序依然可能發生減壓症[14-15]。

目前國內尚未見到有關飛行與減壓症相關的研究報告。

在不同壓力變換除了引起減壓症外，還有一個不可忽視的重要傷害，就是耳道損傷，一般潛水每下沉 10 公尺就增加一個大氣壓，相當於施加人體 17-18 公斤，如果壓力變換過快，就可能導致中、內耳損傷，如聽骨移位、窗膜破裂、蹬骨移動，嚴重可能造成永久性的耳聾[16]。另外沉箱或頭盔內通風或壓縮氣體產生的噪音可高達 100-120 分貝，也會造成噪音性的內耳損傷[16]。Taylor 等人以 709 名(346 澳洲人、363 名美國人)潛水人員作研究[17]，發現有 4.4% 曾經罹患減壓症，5.4% 內耳骨膜破裂，2.3% 有永久性的傷害，這些永久性傷害主要是聽力損失、耳鳴和平衡失調。Nachum 等人以 29 名娛樂潛水引起的減壓症患者為對象[14]，發現內耳損傷的比率很高(52%)，而且這些內耳損傷的患者高達 7 成有殘餘的傷害。Berger 等人對 120 位非爆炸性衝擊耳傷病例進行追蹤研究[18-19]，發現突然的氣壓改變會導致嚴重的傳音性聽力損失 (conductive hearing loss, CHL)，而且與鼓膜穿孔大小相關；另有少數約 20%病例同時出現感音性聽力損失 (sensorineural hearing loss, SHL)。Preyer 調查 128 位突發的原發性聽力損失病人，發現該病和氣壓及溫度改變有顯著相關[20]。Smith 指出[21]潛水引起的氣壓創傷 (barotrauma)，以中耳緊迫 (middle ear squeeze) 最為常見，少數病例在外耳或內耳亦出現氣壓創傷，病徵除耳漲、疼痛之外，還會導致傳音性聽力損失，一般損失值多小於 20dBA。發生中耳緊迫的主要原因為清耳不確實，使耳咽管 (Eustachian tube) 未能充分通氣。Westerman 曾報告一則高空耳炎的病例[22]，因氣壓的改變造成該病人永久的感音性聽力損失。Talmi 等人[23]指出高壓環境下，除了會改變聽覺靈敏度之外，還會引起中耳裂隙或鼓膜穿孔，嚴重者將有傳音性聽力損失。其他文獻也均指出高壓環境會引發內耳擠壓傷或內耳減壓病 (inner ear decompression sickness, IEDCS) [24-25]。所謂[聽力損失]是指人耳可聽見聲音的敏感度降低，可以概分為兩種[26]

(一)、感音性聽力損失：長期或過度噪音的暴露，導致內耳的柯氏器或毛細胞受損、退化，而造成聽力損失。感音性聽力損失又可分為三大類 1、暫時性聽力損失、永久性聽力損失、老年性聽力損失。

(二)傳音性聽力損失：由於疾病或外傷導致中耳或外耳，使得聲音無法有效傳達到內二的聽覺受器，因而造成聽力損失。

目前台灣有關於減壓症的內耳傷害的研究報告付之闕如。

國內有關減壓症的研究不多，有關減壓症合併產生的聽力損失研究更是稀少，所以本研究將針對潛水人員的聽力損失與減壓症患者，進行聽力檢查，以了解其職業造成的聽力損失，以期能對減壓症有更多的了解。此外，減壓症若是沒有痊癒，會造成用久性的關節傷害、慢性疼痛甚至腦部傷害引起中風)[27]，台灣這些減壓症治療的患者，目前皆沒有

進一步評估高壓氧治療以後健康追蹤，所以本研究將一併研究調查。

本研究計劃的目的有以下幾點

- (1)、追蹤了解減壓症患者接受高壓氧治療後的健康狀態
- (2)、評估調查潛水人員和罹患減壓症患者的聽力損失現況
- (3)、評估比較潛水人員的聽力損失與國人聽力常模的差異
- (4)、分析影響減壓症聽力損失的相關因子
- (5)、本研究為減壓症聽力損失的先驅型研究(pilot study)，將可作為將來探討與防治潛水人員聽力損失的重要參考依據

(三) 研究方法

1、研究對象

本研究研究減壓病復發影響因子部分以所有在近三年內至澎湖國軍醫院接受高壓氧治療的減壓症患者為對象。而在研究潛水活動對聽力之影響方面，自該群罹患減壓病之潛水人員中隨機抽樣作為暴露組，再從澎湖縣非從事噪音作業之公務人員隨機抽樣作為對照組，暴露組與對照組間進行年齡及性別（均為男性）配對。

2、研究資料收集方式

(1)問卷內容：

- a、基本資料：年齡、身高、體重、血壓、教育程度、職業別、抽菸、喝酒習慣、是否當過砲兵等
- b、工作資料：工作經歷、第一次潛水的年齡、兼職或專職、每次潛水的時間、是否重複潛水、等
- c、疾病史：現在與過去的疾病史，耳道的疾病、高血壓、糖尿病、中風、用藥史等
- e、潛水危害認知：是否認知異常氣壓危害、是否知道減壓程序、按正常程序進行減壓之頻率、有無定期健康檢查等
- f、減壓症既往病例資料：由研究工作人員會同澎湖國軍醫院醫師，抄錄病例組的高壓氧治療病例紀錄，包括治療的次數、日期

問卷的信度、效度：本研究於問卷初稿擬定之後，將邀請國內五位公共衛生、職業醫學、潛水醫學、生物統計等專家，針對內容正確性、適用性提供修正意見。

(2)純音聽力檢查 (pure tone audiometry): 針對病例組與對照組實施聽力檢查[26]

- a. 勞工進行聽力檢查前14 小時以上，需要睡眠充足，無酗酒情形，且應避免暴露於80 分貝以上噪音環境，故聽力檢查時機選擇在勞工上工前進行較佳。將勞工安全衛生研究所之移動型聽力室（已定期校正）運至工地附近僻靜之地點，聽力室周圍環境背景音壓級基本要求應符合現今國內聽力檢查室的背景噪音之要求，為全頻音小於45 分貝。為提高聽力檢查準確度，將儘量要求符合ISO 8253(1989)之標準。勞工受測前應提早20分鐘抵達現場，由測試員解說測試流程，為勞工清潔耳道，並設法勞工放鬆心情。本研究將以澎湖國軍醫院的聽力室作為聽力檢測場所。
- b. 參考ISO 8253(1989)之規範對個案進行聽力檢查。自1000Hz 開始，先測聽覺較優之耳，依頻率1000、2000、3000、4000、6000、8000、1000、500、250 Hz 順序檢查空氣傳導聽閾，其中二次1000Hz 的閾值差應小於10dB，閾值的確認自40dB 遞減，應用增10dB 減5dB 法來回進行，一耳做完檢查再換另一耳，全部測試宜在15 分鐘之內執行完成。若同一頻率之雙耳聽閾相差40dB 以上，則加做遮

蔽 (masking) 檢查。其後，再依頻率 500、1000、2000、4000 Hz 順序檢查骨傳導聽閾，若同一頻率，空氣與骨傳導聽閾相差 10dB 以上，則加做遮蔽檢查。本研究聽力檢查將由合格之耳鼻喉科醫師與經過之聽力檢查師負責。

(3)、聽力之評估：

a. 聽力圖：由各頻率測量的聽閾畫出聽力圖

b. 純音個別聽閾及平均聽閾 (pure tone average threshold, PTA)

平均聽閾的計算方法有以下幾種(單位為分貝)[27]，

$$\text{三分法各耳純音平均聽閾} = (500 \text{ Hz 聽閾} + 1000 \text{ Hz 聽閾} + 2000 \text{ Hz 聽閾}) \div 3$$

$$\text{六分法各耳純音平均聽閾} = (500 \text{ Hz 聽閾} + 2 \times 1000 \text{ Hz 聽閾} + 2 \times 2000 \text{ Hz 聽閾} + 4000 \text{ Hz 聽閾}) \div 6$$

$$\text{PTA} = (\text{較佳耳之純音平均聽閾} \times 5 + \text{較差耳之純音平均聽閾} \times 1) \div 6$$

本研究測得之聽力閾值將利用勞工安全衛生研究所開發之「勞工聽力閾值常模」進行年齡層之比較校正，以方便各年齡層進行基線比較[28]。

3、統計分析方法

描述性資料的連續變項，以平均值與標準差表示，例如年齡等因子。各組間差異的檢定，連續變項以 t-test 檢定，類別變項以卡方檢定方法。探討聽力損失相關因子，以逐步迴歸方法(stepwise multiple regression)，分析影響聽力損失大小的因素。

另外本研究也將同時探討減壓症的相關因子，分析方法以單變項與多變項邏輯式迴歸方法 (univariate and multivariate logistic regression) 分析，估計各相關因子的勝算比，並以 Hosmer- Lemeshow test 作適合度檢定(goodness of fit)，以 model 的標準差(SE)判斷各因子間是否有共線性的問題存在，以檢定此分析 model 是否合適。

本研究將以 SPSS 套裝軟體進行分析，統計差異顯著水準(p value)為 5%。

(四) 結果與討論

本研究在減壓病復發影響因子部分收集病患數 196 人，男性 182 人；女性 14 人。近三年內發生減壓病接受高壓氧治療人次數累積 573 人次，其中男性 544 人次；女性 29 人次。罹患之減壓病類型症狀輕度及第一型計 191 人，第二型及慢性型計 5 人。以發病頻次區分者，單次發病接受高壓氧治療計 106 人，復發重複接受高壓氧治療計 90 人，佔 45.9%。調查減壓病病患之主要潛水場址，顯示因漁源枯竭，是以活動範圍多未固定。各地區計未侷限區域者 121 人、馬公 22 人、湖西 12 人、白沙 13 人、吉貝 9 人，西嶼 5 人、望安 14 人。該類病患潛水業別，包括職業 125 人、業餘休閒 65 人、其他 6 人。其潛水供氣方式，包括水肺 86 人，閉氣 12 人及供氣管 98 人。詢問發病前浮上過程有無進行減壓安全停留，發現只有 3 人曾進行減壓程序，其餘 193 人均未落實減壓。減壓病病患年齡分佈之平均值與標準差分別為：41.1 歲、11.0 歲，其中單次診組之年齡平均值與標準差分別為：42.0 歲、11.9 歲；複診組之年齡平均值與標準差分別為：39.9 歲、9.8 歲，以 t 檢定分析，顯示二組之間在年齡上沒有顯著差異， $p=0.0944$ 。再將病患高壓氧治療次數作依變項，自變項包括發病前潛水最大深度、當時水底停留時間、及當日複潛次數等因子，進行逐步複迴歸分析，結果顯示僅有發病前潛水最大深度因子達顯著相關意義， $F=3.73$, $p < 0.01$ ，相關係數為 0.24。而在研究潛水活動對聽力之影響方面，隨機抽樣的 138 名潛水人員量測其聽力，因無基線資料，故以優耳六分法評估其語言區頻帶 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz 之平均聽

閾值時，結果顯示其平均值與標準差分別為 29.4dB, 16.3dB；對照組公務人員之優耳平均聽閾值的平均值與標準差分別為 11.9dB, 4.0dB，進行 t 檢定分析，結果顯示潛水人員的優耳平均聽閾值與對照組公務人員之優耳平均聽閾值有顯著差異， $p < 0.0001$ 。顯示潛水活動可能對聽力有負面影響。

對 196 位減壓病患者進行問卷訪視，回收率達 74.0%，受訪者回應有關建立安全潛水模式之有效方法，包括提供相關衛生教育（39%）、舉辦預防減壓病研習（29%）、印發宣導手冊（26%）及落實夥伴同潛制度（16%）等。回應有關減壓病預防座談期望聽講內容包括經驗分享（32%）、潛水物理（26%）、相關急救（20%）、潛水醫學（9%）、減壓計畫（9%）等課程。當問及自覺造成減壓病復發之主因時，受訪者回應包括潛水過深（29%）、個人疏失（24%）、未執行減壓（22%）及水底時間過長（22%）等。

參考文獻

1. Decompression sickness. <http://www.rescuediver.org/med/bends.htm>
- 2.張陸澎、卓勝賀、陳興漢、李惠傑：潛水減壓症之病因及理論。國防醫學 1988;7:84-88
- 3.郭育良等，第十五章 職業性物理傷害，職業病概論，第二版，台北 華杏出版，2002 年，360-364。
- 4.牛柯琪、何俊傑、陳秋蓉：潛水人員減壓症盛行率及其危險因子分析。勞工安全衛生研究季刊 2001;9:179-197
- 5.行政院衛生署檢疫總所：職業相關疾病通報系統，1998 年。
- 6.陳秋蓉、牛柯琪：壓氣工法勞工減壓症預防對策探討。行政院勞委會勞工安全衛生研究所，民國八十七年。
- 7.李惠傑、牛柯琪、陳興漢等：澎湖吉貝地區潛水減壓病高發生率之病因探討。醫學研究 1991;12:25-32
- 8.賴朝英、劉紹興、牛柯琪、顧天倫、林燈賦：台灣地區水下勞工潛水作業意外事故流行病學調查。中華職業醫學雜誌 1996;3:171-184
- 9.黃耀興、張陸澎：海軍潛水人員潛水型態與減壓病調查。中華職業醫學雜誌 2002;9:191-197
- 10.Sallusti R, Rerrau S, Lonzales VA, et al. Altitude decompression sickness. Case report. Minerva Anestesiol 2001;67:737-743
- 11.Neubauer JC, Dixon JP, Herndon CM. Fatal pulmonary decompression sickness: a case report. Aviat Space Environ Med 1988;59:1181-1184
- 12.Laursen SB, Gronfeldt W, Jacobsen E. Decompression sickness after diving and following flying. Ugeskr Laeger 1999;161:4293-4294
- 13.Millar I. Post diving altitude exposure. SPUMS J 1996;26:135-140
- 14.Nachum Z, Shupak A, Spitzer O, Sharoni Z, Doweck I, Gordon CR. Inner ear decompression sickness in sport compressed-air diving. Laryngoscope 2001;111:851-856
- 15.Aharon-Peretz J, Adir Y, Gordon CR, Kol S, Gal N, Melamed Y. Spinal cord decompression sickness in sport diving. Arch Neurol 1993;50:753-756

- 16.潛水性內耳損傷，37 度醫學網
- 17.Taylor DM, O' Toole KS, Ryan CM. Experienced scuba divers in Australia and the United States suffer considerable injury and morbidity. *Wilderness Environ Med* 2003;14:83-88
- 18.Berger G, Finkelstein Y, Harell M: Non-explosive blast injury of the ear. *J Laryngol Otol* 1994;108:395-398
- 19.Berger G, Finkelstein Y, Avraham S, Himmelfarb M: Patterns of hearing loss in non-explosive blast injury of the ear. *J Laryngol Otol* 1997;111:1137-1141
- 20.Preyer S: Effect of weather on the incidence of sudden deafness. *Laryngorhinootologie* 1996;75:443-446
21. Smith DJ: Physical and biological hazards of the workplace: High-pressure environments. John Wiley & Sons Inc., 2002, 161-188
22. Westerman ST, Fine MB, Gilbert L: Aerotitis: cause, prevention, and treatment. *J Am Osteopath Assoc* 1990;90:926-928
23. Talmi YP, Finkelstein Y, Zohar Y: Decompression sickness induced hearing loss. A review. *Scand Audiol* 1991;20:25-28
24. Pullen FW: Perilymphatic fistula induced by barotrauma. *Am J Otol* 1992;13:270 -272
- 25.Reissman P, Shupak A, Nachum Z, Melamed Y: Inner ear decompression sickness following a shallow scuba dive. *Aviat Space Environ Med* 1990;61:563-566
- 26.何先聰等：第五章 聲音的認識，甲級物理性因子勞工作業環境測定訓練教材，台北，行政院勞工委員會，民國 84 年，p129-163
- 27.Riddle J. Decompression sickness. <http://health.discovery.com/diseasesandcond/encyclopedia/3220.html>
- 28.張淑如、陳秋蓉、趙寶強、潘致宏、邱士剛：勞工聽力常模之研究。勞工安全衛生研究季刊 2001;9:199-209