行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※
※　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　※
※　　　　上肢姿勢對動態握持力的影響　　　　　　　※
※　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　※
※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別：ο**個別型計畫**　　□**整合型計畫**

計畫編號：NSC 89－2213－E－041－010－

執行期間：89 **年** 08 **月** 01 **日至** 90 **年** 07 **月** 31 **日**

計畫主持人：江昇修

共同主持人：

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**

執行單位：嘉南藥理科技大學

中　華　民　國 90 **年** 10 **月** 31 **日**

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

上肢姿勢對動態握持力的影響

The effects of the posture of the upper limb on the grip forces

計畫編號：NSC 89-2213-E-041-010

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 8 月 31 日

主持人：江昇修　　嘉南藥理科技大學工業安全衛生系

一、中文摘要

本計劃要模擬上肢在抬舉物件與使用手工具時的姿勢，量測手/握把或手/物件介面的三維方向的力量，探討此動態力量在不同的上肢關節角度組合下的變化情形，了解何種上肢姿勢最會影響握力。由於市面上尚無儀器設備可量測三維方向握力，本計劃將以應變規(strain gauge)設計一裝置來量測三維方向握力。

關鍵詞：握力、累積性傷害、手工具

Abstract

This project is going to explore how the complex wrist/forearm posture affects the dynamic three axis grasp forces between hand/handle interface. A designed fixture is going to provide accurate and reliable measurements of the angular displacements of complex wrist/forearm posture. Because there is no instrument available to measure three axis grasp forces, we are going to design an instrument by using three orthogonal strain gauges attached on both end of the handle.

Keywords: grasp forces、cumulative trauma disorders、hand tools

二、緣由與目的

個人在日常生活當中或工人在工廠裡常常必須使用雙手從事搬運的工作，例如裝卸貨物、存取物料、從儲存櫃裡存取中小型物品等。不管使用工具或抬舉物件，手部需產生適當的握力以握持物件、控制物件的運動，此握力大小受到上肢關節位置的影響。

手工具的使用在人類發展史上是非常普遍的一件事，被認為是理所當然的事，因而忽略了手工具與手介面器物的設計，無法令人安全有效地使用手工具，尤其在重複性作業場合。使用設計不當的手工具時會造成事故與傷害，有兩種可能的傷害類型：立即性傷害(instant trauma)，例如割傷、刺傷、切傷或立即性的扭傷，與累積性傷害(cumulative trauma disorders, CTD)。國外學者[1] 指出上肢的累積性傷害是僅次於背部傷害，國內學者[2] 亦針對國內不同產業員工使用手工具產生的累積性傷害分布的研究。

手部的累積性傷害可分為三種基本形態：肌腱傷害(tendon disorders)，如肌腱炎(tendinits)、高爾夫球肘(golfer’s elbow)，神經傷害(nerve disorders)，如腕道症候群(carpal tunnel syndrome)，與神經血管傷害(neurovascular disorders)，如白指症(white finger)，導致這些累積性傷害的危險因子可歸類為：不良的腕部或肩膀姿勢、過度的施力與高頻率的重覆動作[3] 。不當的手工具設計使腕部在不良的姿勢下施力會造成上肢肌肉或周圍組織過度緊張，腕部的過度伸展或屈曲會使前臂的曲肌(flexors)或伸肌(extensors)產生肌腱炎；德奎緬疾病(De Quervain's disease)是由於腕部過度的尺偏或橈偏。從事重負荷的工作時，肌肉的張力會增加，降低肌肉血液循環使肌肉更容易疲勞，如果沒有足夠的恢復時間則會造成傷害，另外手指接觸不圓滑又硬的物件時，外力會經由皮膚傳到內部的肌肉或肌腱造成傷害，例如板機指(trigger finger)是手指頭重覆操控不圓滑又硬的開關造成的。高度重覆的動作意味著更迅速更多的肌肉收縮，快速收縮的肌肉所產生的肌肉張力比慢速收縮的肌肉所產生的肌力小，

因此高度重覆動作的工作需要更多的肌肉力量，易使肌肉疲勞。腕道症候群的主要成因是重複性的動作而不是力量大小，如打字動作。

根據手部的結構，其施力方式可分為握力(grasp)、捏力(pinch)、與扭力(torque)，在各種施力型態中，握力是最常被使用的，而且也是用來產生其他較大型施力型態的基礎，例如抬舉物件或操作手工具，會透過物件或工具上的握把而施以握力握持固定物件並傳達力量，因此需要了解有那些因素會影響握力，有下列因素會影響握力：握把的直徑或間距、腕部姿勢、手套的使用。握把的大小會改變手指與手掌間抓握的距離，握把的直徑在 30 至 50 毫米時會產生最大的握力[4]，國內學者的研究發現握把間距介於 38 至 51 毫米之間時，的確會產生較其他間距為大的握力[5]。當使用手工具或握持物件時，不正確的握把角度或手柄角度無法使手腕保持正直，有研究指出手腕的屈曲/伸展會減低握力和捏力[6]，此外手腕的橈偏或尺偏一樣會造成捏力的減少[7]，肘關節的位置亦會影響握力[8]，腕部和前臂的姿勢除了會影響握力外也會影響腕部的活動範圍[9]。手套在工業界的應用非常地廣泛，戴手套的主要目的是為了保護手部免於工作時所引起的各種傷害，但是戴上手套以後也會產生負面的影響，例如會降低手部的靈敏性及手指間的動作靈活度，另外會造成握力的降低，戴手套以後的握力降福高達空手時握力的 12%至 24%[10]。亦有學者指出握把表面紋路的粗造度會影響握力[11]，施力高度也是影響握力的另外一個因素，不論性別，當施力高度為肩高時握力最大，當施力高度為肘高與指節高時握力差異很小[5]。

前文對影響握力因素的探討大部分侷限於單一軸向力量、瞬間極大值、單一獨立關節運動與靜態狀態，這些實驗並未考慮到實際工作狀況，手/握把或手/物件介面的力量不是只有單一軸向力而是三個垂直方向的力量；此力量不是瞬間的力量而是根據工作的需要持續一段時間；手的末端位置是由上肢關節，腕關節、肘關節與肩關節互相協調而決定的，並不是單獨由腕關節的運動而決定。本計劃要模擬上肢在抬舉物件與使用手工具時的姿勢，量測手/握把或手/物件介面的三維方向的力量，探討此動態力量在不同的上肢關節角度組合下的變化情形，亦要觀察在固定某一上肢姿勢下，持續握持某一物件經過一段時間後或者重覆某一動作後此動態握力值是如何遞減。由於市面上尚無儀器設備可量測三維方向握力，本計劃將以應變規(strain gauge)設計一裝置來量測三維方向握力。本計劃量測的動態三軸向握力值是抬舉作業正向分析模式不可或缺的數據，可以精確得到 L5/S1 關節面的力量；了解重覆動作次數對動態握力值的影響，可作為使用手工具時預防累積性傷害的參考依據。

三、應變規的原理

應變規是一種電阻零件，電阻的大小和長度成正比與截面積成反比，應變規受拉力的作用會伸長，量測應變規端點的電壓變化可以知道受力的大小。在工程上的應用，為了增加應變規的靈敏度，將成對的應變規黏在物件的表面上構成 Wheatstone bridge 如圖 1 所示。

圖 1．Wheatstone bridge 電路

輸出電壓為

$$V_o = V_e\left(\frac{R_2}{R_2+R_4} - \frac{R_1}{R_1+R_3}\right)$$

若電阻 R3 與 R4 為固定電阻則構成 half-bridge 電路，輸出電壓為:

$$V_o \approx -V_e\frac{\Delta R}{2R_o}$$

若應變規 R1 與 R3 黏在物件的上面而

應變規 R2 與 R4 黏在物件的下面，則構成 full-bridge 電路，可以提高靈敏度，輸出電壓為:

$$V_o \approx V_e \frac{\Delta R}{R_o}$$

四、應變規在量測握力的應用

當握力計(dynamometer)的量測原理是藉著應變規感應彎矩所產生的力量時，所量測的力量會因為手部作用在握把位置不同而有不同的數據，Radwin[12] 設計的握力計是利用應變規感應剪應力，所量測的握力和作用位置無關。

使用手工具時易造成累積性傷害，其為害因子為過度用力、重複動作與不良姿勢，因此為了評估手工具的危害性，需要手與手工具介面的握力，Murphy[13] 分別在去骨刀、螺絲起子與鉗子等手工具上貼上不同形式的應變規以量測握力，並即時紀錄做為後續分析高峰值是否太大，重複動作的頻率等。McGorry[14] 亦曾使用類式設計評估去骨刀在肉品處理工廠的實際使用情形，了解握力的高峰值受到不同的切割肉類與刀子的使用技巧的影響。

在不同的低溫下使用冰淇淋杓子是否會影響抓握力是一個值得探討的議題，Dempsey[15] 使用貼上應變規的冰淇淋杓子探討握力與溫度的關係，建議溫度不要低於-14℃，否則手部肌肉的張力會急遽增加。McGorry[16] 將握把分成三個對稱的部分，在三個面上分別貼上兩個應變規，觀察工人使用去骨刀作細微與不細微動作時所產生的握力與力矩，發現細微動作的初始階段會有較大的力量與力矩。

從前面的敘述得知應變規成功的應用在量測作用在各種工具握把上的握力，本計畫的構想，在繼續的嘗試之下，亦將可應用在抬舉物件時手/握把介面力量的量測。

五、參考文獻

[1] Muggleton, Allen and Chappell, "Hand and arm injuries associated with repetitive manual work in industry: a review of disorders, risk factors and preventative measures", Ergonomics, Vol. 42, pp. 714~739, 1999.

[2] 葉文裕，陳志勇，王茂駿，楊肅煌，曾永輝，鮑正貞，"手更具使用危害性之調查研究", 勞委會八十三年度勞工安全衛生研究報告，1995。

[3] Anderson, V. P., "Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs", Taylor & Francis, 1994.

[4] Grant, K. A., Habes, D. J., Steeard, L. L., “An analysis of handle designs for reducing manual effort: the influence of grip diameter”, International Journal of Industrial Ergonomics, 10, pp199~206, 1992.

[5] 石裕川，傅鑫淩，王茂駿，“施力姿勢對手部握力、捏力與扭力之影響”， 勞工安全衛生研究季刊，第四卷第一期，pp44~38， 1996。

[6] Hallbeck, M. S., and McMullin D. L., “Maximal Power Grasp and Three-jaw Chuck Pinch of Wrist Position, Age, and Glove Type”, International Journal of Industrial Ergonomics, Vol. 11, pp.195~206, 1993.

[7] Imrhan, S. N., “The Influence of Wrist Position on Different Types of Pinch Strength”, Applied Ergonomics, 22(6), pp379~384, 1991

[8] 林昭宏，蘇純螢，廖麗君，李建宏，“肘關節位置對雙手舉物肌力的影響“，中華物療誌，第 20 卷，第 1 期，pp. 36~49，1995。

[9] Marshall, M. M., Mozrall, J. R., Shealy, J. E., “The effects of complex wrist and forearm posture on wrist range of motion", Human Factors, Vol. 41, No. 2, pp. 205~213,1999.

[10] 石裕川，傅鑫淩，王茂駿，“手套對工作中不同施力型態之影響”， 勞工安全衛生研究季刊，第三卷第一期，pp1~16，1995。

[11] Forssberg, H., Eliasson, A. C., Kinoshita, H., Westling, G., Johansson, R. S., “Development of human precision grip, IV. Tactile adaptation of isometric finger forces to the frictional condition”,

Experimental Brain Research., 104(2), pp323~330, 1995.

[12] Radwin, R. G., Masters, G. P., Lupton, F. W., “A linear force-summing hand dynamometer independent of point of application”, Applied Ergonomics, 22(5), 339-245,1991.

[13] Murphy, P., McGorry, R., Teare, P., Brogmus, G. “Design and performance of a manual task evaluator”, Int. J. of Ind. Erg., 25(3), 257-264, 2000.

[14] McGorry R. W., Young, S. L., Murphy, P., Brogmus, G., “Experimental Appraisal of a manual task evaluator”, Int. J. of Ind. Erg., 25(3), 265-274, 2000.

[15] Dempsey, P. G., McGorry, R. R.,Cotnam, J., Braun, T. W., “Ergonomics investigation of retail ice cream operations”. Applied Ergonomics, 31(2), 121-130, 2000.

[16] McGorry, R. W, “A system for the measurement of grip forces and applied moments during hand tool use”, Applied Ergonomics, 32(3), 271-279,2001.