

筆刀握把之人因設計研究

The Ergonomic Study of the Handlebar of the Craft Knife

賴志純 連俊名 張聞珊

Chih-Chun Lai Chun-Ming Lien Wen-Shan Chang

摘要

本研究提出一個新型態的筆刀握把之設計概念，並實際針對此創新型態之筆刀握把進行握持舒適度的主觀評量，藉以了解不同的握把型態以及握把的彎曲角度對於使用者在操作筆刀時的舒適度與工作效率之差異，作為未來新型態筆刀握把設計之參考。由實驗後的主觀評量及統計檢定結果發現，新型態之筆刀握把角度對於手腕關節角度具有顯著效應。整體而言，以 45°為最佳，其次為 30°，而傳統的筆型筆刀握把 0°(180°)為最差。

關鍵詞：握把、筆桿角度、累積性工作傷害、筆刀

ABSTRACT

The study will propose an innovated craft knife handlebar design, in addition, carry out the subjective assessment of users' comfort levels of holding different craft knife handlebars to understand various handlebar types and the different angles on users' comfort levels and working efficiencies, when users are operating craft knife. The results of the study are for the reference of future designs of new craft knife handlebars. It is found from the results of the experimental subjective assessment and statistic test that the new-type craft knife handlebar angles of handle had significant influence on the objective measures of sawing performance. Overall, the optimal combination of the anterior handle was 45°, the second was 30°, and the worst was 0°(180°).

Keywords：Wrist、Pen angle、Cumulative Trauma Disorders (CTD)、Craft Knife

一、前言

目前一般市面上所販賣的筆刀由於延用筆的造型與操作模式並沒有考量人因工程方面的問題，然而實際上對於從事精細切割相關工作及創作者而言，人因工程所顯示出的問題是相當值得注意的。目前一些在市場上標榜著符合人因工程的少數產品並無數據或相關文獻的佐證，因此在成效與人體安全維護上仍待商榷。由數據顯示證實手工具的設計及使用方式的確存在著操作問題，且有日益嚴重的迫切性，為了針對這個問題做檢討與改良，對於在家使用筆刀的藝術工作者來說，要如何避免長時間使用而造成職業傷害，

是很重要的課題。一般而言藝術工作者在使用筆刀時受限於筆刀的造型常會使用不正確的手腕姿勢施力、高頻率的手部動作以及長時間作業等，都是造成藝術工作者容易出現的累積性傷害的問題點。因此，本研究主要針對市面上的筆刀握把進行改善，藉由整合人因工程之研究與產品設計的概念，設計開發出符合藝術工作者的概念產品，以達成下列目的：增加筆刀握持時的舒適度與靈活性，並改善尺偏、橈偏等現象。

二、文獻探討

由於經濟繁榮與工業的蓬勃發展，促使越來越多

的人力投入製造生產活動；同時在產品多樣化的情形下，更多類型供作業員進行加工生產使用的手工具亦應蘊而生；然而這些手工具再設計時往往著重於其機能面，導致使用者必須屈就現有手工具設備，而產生有關上肢的工作傷害。如王茂駿、蕭肅煌及張志宏等人(民國 85 年)即指出在高度專業分工的工作型態下造成累積效應性工作傷害急劇增加，而握柄大小是第一個影響握持的重要因子[1]。

1、累積性傷害發生之原因

手工具所引起之職業工作傷害可分為立即性傷害 (instantaneous trauma) 與累積性傷害 (cumulative traumadisorder, CTD, 或稱累積效應性傷害) 兩大類。累積性傷害導因於工具設計不當的潛襲後果，其主要症狀為肢體的痠、痛、麻或無法施力，如腕道症候群 (carpal tunnel syndrome) 的神經壓迫 (nerve entrapment)、手腕與手指之腱鞘炎 (tenosynovitis)、前臂腱鞘炎 (peritendinitis)、扳機指 (trigger finger)、和神經炎 (neuritis) 等 (Kurppa, Wari and Rokkanen, 1979[2], Armstrong, Foulke, Joseph, Goldstein, 1982[3], 許勝雄、彭游、吳水丕, 民國 89 年[4])。

而導致累積性傷害的主要職業因素則有不良的手腕及肩膀姿勢、過度的手部施力與高頻率的重複動作等三大因素[5](行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所編，民國 85 年)。

在姿勢對操作力量的影響方面，石裕川、傅鑫凌及王茂駿(民國八十五年)在針對國內年輕人在不同施力姿勢下之施力能力研究中，發現高度會顯著影響握力及扭力的施用，手腕伸展所產生的扭力優於手腕屈曲時所產生的扭力，且屈曲時的扭力約為伸展時的 2/3[6]。

根據 U. S. Department of Health and Human Services 在 1989 年出版的 "Carpal Tunnel Syndrom-Slected References" 指出：手工具和作業的設計應該避免腕部從一邊到另一邊的偏轉，以及過度的屈曲或伸展。腕部應該在手臂放鬆在身體側面時保持同樣的位置 (Silverstein, 1986)[7]

2、工具特徵

依照許勝雄、陳元和(民國 87 年)在「非動力手工具人因設計指引之編定」乙文中，將操作特徵、工具特徵、職業風險三大主題提出十九個項目 64 條指引[8]。

其中在”工具特徵—握把溝槽設計”(圖 1)中指出 a. 在握柄上設計手指放置的溝槽，是不當的設計；b. 需高握力操作之手工具，不能有深的 (超過 1/8 吋;約 3.2mm) 手指凹痕設計；c. 小刻痕的設計可提供較大的摩擦力以防止滑手。且較小溝槽會避免壓力集中。

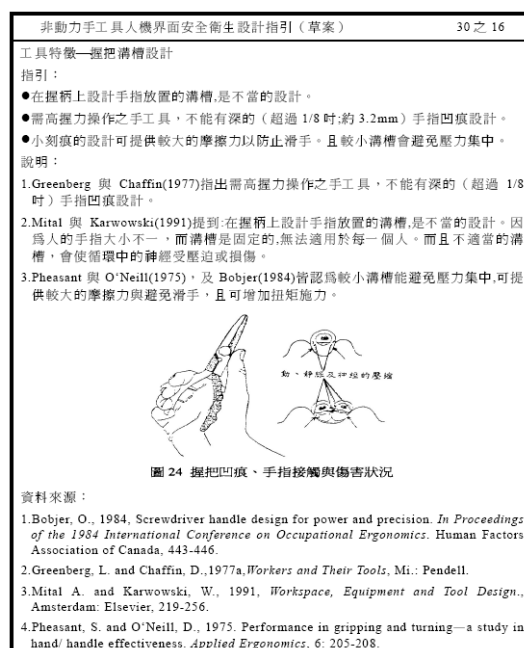


圖 1 非動力手工具安全衛生設計指引(張[8](許勝雄、陳元和，民國 87 年)

3、正確執筆方法及寫字姿勢要領

依據教育部針對教導學童正確書寫所制定的正確執筆方法及寫字姿勢要領[9](台(九〇)體字第九〇〇五五二一七號))中，定義正確的書寫姿勢如下：

身體姿勢：

- a、雙腳自然平放。
- b、全身重量平均座落臀部。

- c、腰幹挺直、不倚桌。
- d、前臂平放桌面、左掌五指分開平置以固定或移動簿本。
- e、兩肩持平、頭部端正。
- f、眼與簿面距離保持三十五公分以上。

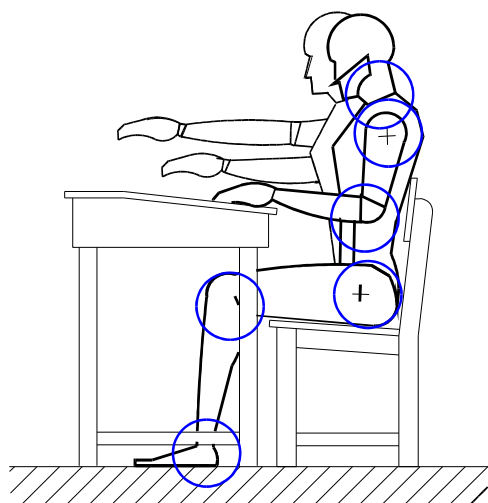
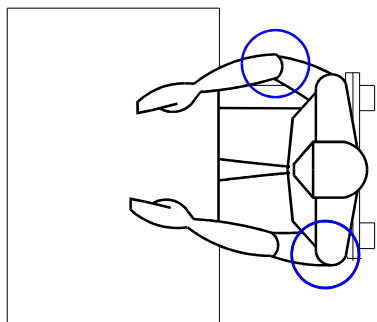


圖 2 參考教育部針對教導學童正確書寫姿勢所設定的標準姿勢

執筆方式：

- a、前臂全部平放桌面以維持穩定性。
- b、以大拇指、食指、中指握在筆桿等高的同一環節上距筆尖二~三公分處，筆桿自然靠在虎口處。
- c、筆桿與簿面成四十五度角，眼睛需能看到筆尖。

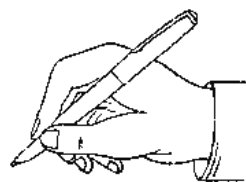


圖 3 標準執筆姿勢

三、實際使用情境觀察

Skerik and colleagues (1971)將手部握持方式分為兩類，第一類為粗略握持(Gross Grips)，又可分為強握力(Power Grip)及鉤握(Hook Grip)。用力抓握為工具軸垂直於作業員前臂軸，握拳四指與大拇指各握工具之一邊，此種握法主要使用於需施力大的工作。根據其施力的方向，分為三種不同的握法：

- 1、力平行於前臂(鋸子.銼刀)
- 2、力與前臂成一角度(鐵鎚.拖把.鍋鏟)
- 3、前臂產生扭矩(螺絲起子)

第二類為精密握持，係以手指捏住工具。又可分為指尖對指尖的捏握(Tip-to-tip Pinch)、二點捏持(Two-point Pinch)、三點捏持(Three-point Pinch)及側捏(Lateral Pinch)(如圖 4)。此種握法用於不需大施力的精密工作，若再細分又可分為兩種握法：

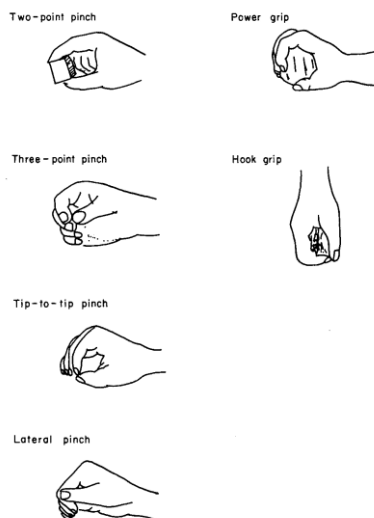


圖 4 手部握持方式

1、內部精密抓握(工具柄在手掌內部，如：捏握小刀)

2、外部精密抓握(工具柄在手掌外部，如：握筆)

而筆刀正是結合了內部與外部精密抓握的特性產品，而在經過使用情境的觀察(圖 5)後，發現腕關節的活動必然引起手指的曲伸，使動作難以協調，增加了手腕移動難度和疲憊的程度。腕、指的活動又因相互影響而牽動，屈腕必然伴隨伸指，伸腕必然伴隨屈指；屈腕伴隨手的尺偏，伸腕伴隨手的橈偏。

調查中發現，由於筆刀的刀面具有方向性，使得使用者在操作的時候常常會為了牽就刀面之位置而使手腕做出不自然的彎曲，及產生尺偏及橈偏的問題。依照先前之文獻探討，此種不良手腕姿勢在長時間及高頻率的重複動作之下，極易造成手部累積性傷害等的慢性疾病的發生。

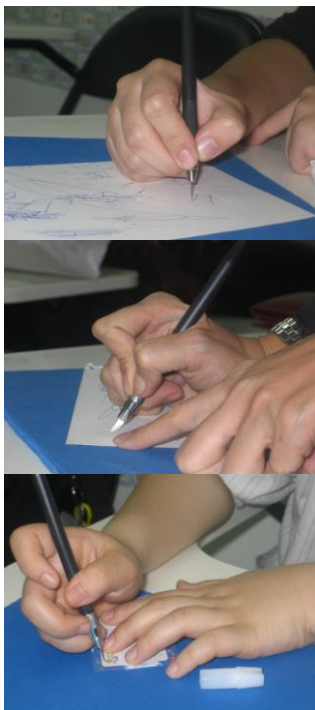


圖 5 幾種筆刀的使用情境

四、市場調查分析

一般市面上的筆刀樣式種類有限，因此除了市面上的筆刀外再加上各式筆種做比較參考，發現一般市面上的各式筆種皆為在筆桿握柄部分加上防滑墊以及顆粒與凹槽的設計，較少使用刻痕設計

來防止手滑；與學者許勝雄、陳元和(民國 87 年)在”非動力手工具安全衛生設計指引樣張”[8]中指出，在握柄上設計手指放置的溝槽，是不當的設計；較佳的設計為小刻痕的設計，可提供較大的摩擦力以防止滑手、避免壓力集中有相當大的出入。

此外，市售筆刀握把轉折角度普遍為 0 度(180 度)與 15 度，與 John Bennett(1980)「一切工具與運動器材的把柄都彎曲成 $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 」[10]、Schoenmarklin 和 Marras 所提出使用 20° 或 40° 的彎柄鐵鎚比直柄鐵鎚的使用造成較少的尺偏總量(1989a[11],1989b[12])有所出入，因此該設計是否適當，將在實驗設計中一併探討。



圖 6 市售之筆刀

五、方法

1.實驗假設：

假設筆刀之角度大於零度可以解決尺偏及橈偏，依據書寫之標準握姿與現有筆刀角度，設定本實驗筆刀模型之固定尺寸為長度 12cm，握徑 1cm(筆刀握徑在 0.5cm~1.2cm 且長度應大於 10cm 且避免組織肌肉壓迫及防滑之刻痕介於 11.5cm~12cm)，而筆刀角度為實驗自變數(independent variables)，其值介於零度至 45 度。

將受測者的靜態尺寸資料以及動態角度的計測資料，以統計學做計測分析，驗證假設握把角度大於零度且小於 45 度時，本實驗因變數(dependent variables)之握持時手腕角度可以獲得改善，解決尺偏及橈偏的現象；若此假設成立，依據此數據資料顯示適當握把角度，來發展更符合人因工程

的新型態筆刀。

2. 受測者與受測環境：

本實驗針對大同大學工業設計系從事設計學習且篩選模型製作精緻度及手工具操作穩定性較高之 8 位慣用右手學生。為避免造成實驗時受測者之壓力，特利用大同大學工業設計系一般教室，使用標準課桌椅之環境。並依文獻探討中教育部所頒訂之正確書寫姿勢與握筆方式為標準操作模式。

3. 實驗設備與材料：

實驗設備計有 a.長尺， b.量角器， c.筆， d.體重器， e.身高計， f.計測模型， g.標記貼紙。



圖 7 計測模型與工具

而計測模型共有四個，除傳統筆刀之筆桿為 0 度外，其握把彎曲角度從 15 度到 45 度，以 15 度為一間隔。

4. 實驗設計與步驟

(1) 基本資料收集

A. 受測者基本資料：

包括 a.年齡 c.性別 d.身高 e.體重。

B. 靜態尺寸量測：

依照握筆姿勢所需之手部位置量測相關靜態尺寸，藉以規範計測模型之尺寸依據。將手掌受到壓迫的位置標示出 3 個接觸點及壓迫點，並依據其在手部的位置，測量 a、b、c 三段距離。

a：拇指第一節中端至拇指末端

b：食指前端至食指尾端

c：中指第一節中端至中指末端

將雙手併攏平放於方格紙上，畫下標記並用尺測量長度。(如圖 9 所示)

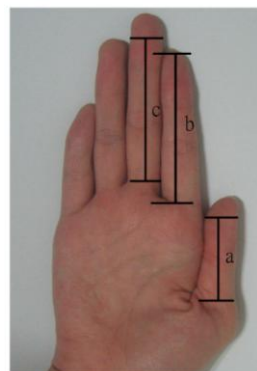


圖 8 計測項目：a、b、c

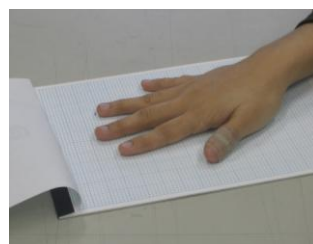


圖 9 靜態計測

C. 動態角度計測

分別以傳統筆刀與新型態筆刀的計測模型，模擬使用筆刀時的動作，並測量其中的四個角度，觀察其尺偏之問題改善情況。一個計測模型有四個動態角度。每位受測者需要做 16 個動態角度計測。

請受測者在實驗環境下割出一個圓，並在每 90 度時，測量當時手軸與手掌之角度。(如圖 10 所示)

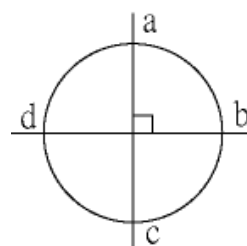


圖 10 受測者在紙上切割一個圓，並於起始點 a 及過程 b、c、d 位置時記錄計測結果。

- a、受測者之手腕上貼上標記貼紙，做為基準點。
- b、受測者右手以標準握筆姿勢拿著筆刀之計測模型(握把角度 0 度)測量受測者於圓弧切割起始點 a，且調整至較舒適角度時，記錄所產生之尺偏角度。
- c、以相同的方式繼續量測自 a 點切割至 b、c、d 三點所產尺偏之角度。
- d、重複前述步驟，針對握持角度 15 度、30 度和 45 度的計測模型，分別進行尺偏角度之測量，每位受測者共模擬使用 3 個不同角度計測模型，一共有 12 個動態角度測量記錄。(其測量及記錄之圖如圖 11、12、13 所示)



圖 11.動態計測基準點



圖 12.測量尺偏角度

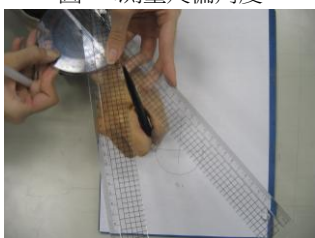


圖 13.測量與記錄

六、結果統計與分析

1、基本資料

大同大學工業設計系 8 位皆為慣用右手之受測者(五男三女)，年齡 21.63 ± 0.52 歲，身高 167.5 ± 4.17 公分，體重 62.25 ± 9.48 公斤。

2、靜態尺寸

依照握筆姿勢所需之手部位置量測相關靜態尺寸分析:

- (1) 拇指第一節中端至拇指末端，平均數 3.70 標準差:0.5489
- (2) 食指前端至食指尾端，平均數 8.1 標準差 0.6024
- (3) 中指第一節中端至中指末端，平均數:6.90 標準差:0.5398。

3、動態角度計測

使用 4 個計測模型(握把角度 0 度、15 度、30 度、45 度)時，個別測量在半徑 3cm 的圓上，以 90 度分割為 a、b、c、d 四點，並在 a、b、c、d 四點時，紀錄尺偏及橈偏的角度。

為避免實驗準確性受到受測者個人操作姿勢習慣之影響，首先先以握把角度為 0 度的一般筆刀進行操作量測(見表 1)。

表 1 八位受測者運用一般筆刀在 a、b、c、d 四個位置點的尺偏及橈偏角度

受測者	位置	a	b	c	d
1		30	35	40	20
2		45	30	40	40
3		30	25	0	10
4		0	35	10	20
5		20	40	0	15
6		0	25	40	25
7		10	25	0	40
8		10	10	25	20

由於在量測過程中發現受測者在部分位置時之操作姿勢似乎受到個人習慣之影響而有明顯的數據差異，因此如表 2 所示，依據描述統計的結果在 b 點時的標準差(9.23406)最低，顯示在此位置時不同的受測者之個人姿勢變化差異性較低。

表 2 不同位置點時之受測者操作角度之差異

位置點	平均數	標準差	變異數
a	18.125	16.02175	256.6964
b*	28.125	9.23406	85.26786
c	19.375	18.98072	360.2679
d	23.75	10.93814	119.6429

因此實驗修正以筆刀自 a 點切割至 b 點為操作動作，並以切割至 b 點時測量相關數據，針對三個模型的計測及數值分析的比較，結果如表 3 所示。

表 3 ANOVA 變異數分析

	平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
15 度					
組間	355.208	4	88.802	0.999	0.521
組內	266.667	3	88.889		
總和	621.875	7			
30 度					
組間	696.875	4	174.219	0.871	0.568
組內	600.000	3	200.000		
總和	1296.875	7			
45 度					
組間	683.333	4	170.833	1.922	0.309
組內	266.667	3	88.889		
總和	950.000	7			

根據分析的結果，P 值皆> α 值(0.05)，也就是三支不同角度之筆刀在切割時對於手腕所造成的橈偏或尺偏現象並沒有顯著差異。

再以 T 檢定分別探討零度與十五度、三十度、四十五度間在操作時是否否具有差異性(表 4)。

由零度與十五度、零度與三十度、零度與四十五度間的 T 檢定中發現，在操作具握持角度的筆刀之橈、尺偏現象與操作零度握桿時具有顯著差異。其中尤以零與四十五度的差異性(P=0.007)高於其他二者。故於本實驗中四十五度角為筆刀握把較佳的設定。

七、結論與建議

本實驗計測由於受測者之數量偏低，因此在受測

者之個人操作姿勢及習慣的排除上較有困難；因此藉由在不同位置點時所測得數據之標準差的大小來篩選動作行程以降低操作的誤差；爾後若能提高受測者的數量，配合對於筆刀操作時之切割範圍與線條的多樣性事前加以規劃與設計，將有助於實驗之完整性與客觀性。

由文獻資料及計測實驗驗證結果顯示筆刀之角度大於零度可以改善操作時之尺偏及橈偏現象。經本實驗探討，此角度介於零度至 45 度，且以 45 度為較佳角度。

因此，在筆刀的設計上本研究建議以四十五度角做為筆桿握把角度，將有助於改善尺偏及橈偏的現象。並在握把部分使用刻痕防止操作時之滑動現象，如圖 14 新型態的筆刀設計。

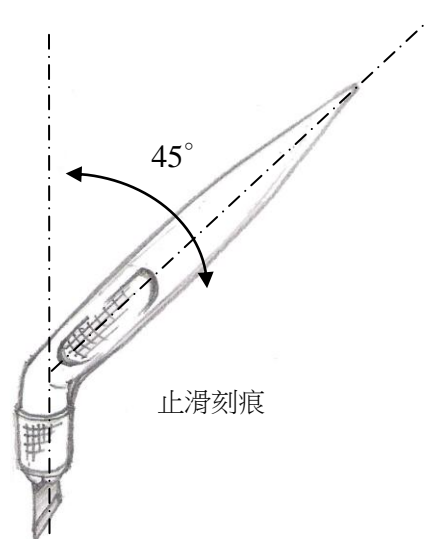


圖 14 呈 45° 筆刀握把之新型態設計案

表 4 筆刀握把 0 度與其他三種角度之成對樣本檢定

		成對變數差異			t	自	顯著性 (雙尾)	
		平均數	標準差	平均數的標準誤				差異的 95% 信賴區間 下界 上界
成對 1	模型 15 度	17.5000	16.0357	5.6695	4.0938 30.9062	3.087	7	.018
成對 2	模型 30 度	15.0000	11.9523	4.2258	5.0076 24.9924	3.550	7	.009
成對 3	模型 45 度	19.3750	14.7449	5.2131	7.0480 31.7020	3.717	7	.007

九、參考文獻

- [1] 王茂駿、蕭肅煌及張志宏等人，民國 85 年，手工工具使用與累積性工作傷害關聯性之探討—以一電機工廠為例，勞工安全衛生研究季刊，第四卷第三期，第 19-29 頁。
- [2] Kurppa, K., Wari, P., Rokkanen, P., 1979, Peritendinitis and Tenosynovitis: a Review, Scand. J. Work Environ. Health 5, pp. 19-24.
- [3] Armstrong, T., Foulke, J., Joseph, B., Goldstein, S., 1982, Investigation of Cumulative Trauma Disorders in a Poultry Processing Plant, AIHAJ, 43(2), pp.103-116.
- [4] 許勝雄、彭游、吳水丕，民國 89，人因工程，第二版，滄海書局，台中市，第 318 頁。
- [5] 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所編，民國 85 年，手工工具使用危害性之調查研究，IOSH84-H325。
- [6] 石裕川、傅鑫凌及王茂駿，民國八十五年，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，第 43-58 頁。
- [7] Silverstein, B.A., Fine, L.J. and Armstrong, T.J., 1986, "Hand Wrist Cumulative Trauma Disorders in Industry," Br J Ind Med Vol. 43, pp. 779-794.
- [8] 許勝雄、陳元和，民國 87 年，在非動力手工工具人因設計指引之編定，勞工安全衛生研究季刊，第六卷第一期，第 101-111 頁。
- [9] 教育部，民國 90 年，正確執筆方法及寫字姿勢要領，
http://www.edu.tw/EDU_WEB/EDU_MGT/PHYSICAL/EDU7663001/health/eyesight/eyes/book.htm。
- [10] Emanuel, J., Mills, S., and Bennett, J., 1980, In search of a better handle, Proceedings of the Symposium: Human Factors and Industrial Design in Consumer Products. Medford, MA: Tufts University.
- [11] Schoenmarklin, R., and Marras, W, 1989a, Effect of handle angle and work orientation on hammering: I. Wrist motion and hammering performance. Human Factors, 31(4), pp.397-411
- [12] Schoenmarklin, R., and Marras, W, 1989b, Effect of handle angle and work orientation on hammering: II. Wrist motion and hammering performance. Human Factors, 31(4), pp.413-420.