鎚擊式釘槍握把形態及握持舒適性評量之研究

胡祖武* 王正明** 楊逸帆*** 鄭宇揚****

* 朝陽科技大學設計研究所
e-mail:hutw@cyut.edu.tw

** 朝陽科技大學工業設計系
e-mail:jmwang@cyut.edu.tw

*** 朝陽科技大學設計研究所
e-mail:s9131606@cyut.edu.tw

**** 朝陽科技大學設計研究所
e-mail:jkplayer2002@yahoo.com.tw

（收件日期:94年10月31日；接受日期:95年03月25日）

摘要

對於木工裝潢及營造廠等作業員而言，鎚擊式釘槍(Hammer Tacker)乃是必備的工具。當不良的握把形態與握持方式的長時間使用狀態之下，容易造成手腕尺偏與橈偏，進而形成累積性傷害。本研究以”彎曲握柄以保持使用者手腕中直”的工具設計原則，提出15°、20°、35°、50°四種握持角度，及適合強力施力的握把形態。針對垂直式及水平式槌擊兩項典型工作項目，以EMG生理肌電圖紀錄實驗過程中，受測者手部各肌群之肌電訊號變化，並於實驗後填寫主觀評量表。分析結果發現：(1)各部位肌力變化中，普遍顯示5°～20°區間肌力負荷有較大降幅，當20°～35°區間則無顯著差異性，直到35°～50°區間肌力負荷才又出現下降的趨勢。可知當四種握持角度的鎚擊式釘槍中，操作50°握持角度肌力負荷爲最低。(2)以迴歸分析推估大於握持角度50°的%MVC變化中發現，平面與垂直式打擊作業各部位%MVC最低點落在52°～62°之間。(3)當主觀手部酸痛程度與操作滿意度分析結果發現，一致顯示操作50°鎚擊式釘槍有較低的酸痛程度及較高的滿意度。但當觀察受測者實驗前的嘗試揮擊過程中發現，一般的受測者對於現有直式榔頭的打擊作業方式已習以爲常，當操作過程中彎屈手腕來適應手工具已成爲一種習慣。因此，當與受測者說明實驗過程與實驗目的同時，先行教育使用者正確的操作方式，避免以彎曲手腕進行打擊，受測者便能逐漸適應其施力方式，並發覺其中之差異性。

關鍵詞：鎚擊式釘槍、手工具、彎曲握柄、EMG生理肌電圖

一、前言

手工具的握持與人因工程學有著密切的關係，如何讓手工具能夠容易操作同時提升其操作的舒適性呢？此點可以運用人因工程學的觀點從以下二個層面著手研究與探討。(1)形態學〔物理學〕：透過靜態與動態的人體計測技術，了解與操作相關之人體各部尺寸、作業範圍、關節可動範圍與肌肉的出力等，進而運用相關資料與知識於產品設計上，使得產品更容易操作。(2)生理學：從生理人類學的觀點，探討工具及機械使用時，人體相關機能的反應。透過肌電圖、壓力分布、心跳、血壓、腦波、血液流量及新陳代謝等人體機能反應水準的量測，可以得知使用機具時的負荷與疲勞程度等，而將之運用於產品設計

上，即可以提升產品操作的舒適性與滿意度。

對於木工裝潢及營造廠鋪設等作業員而言，鎚擊式釘槍乃是必備的工具。使用鎚擊式釘槍需要較大的力量，敲擊到建材板面後所傳回來的振動，容易造成手部的疲勞與傷害。當長時間的使用之下，不正確的把手形態與握持方式會引起手腕尺偏橈偏，壓迫到手掌的肌肉與神經，並產生累積性的傷害如腕道症候群。由於釘槍工作類型的不同，有許多不同的需求，因此，如何運用人因工程學的觀點與技術，評量握把造形及其握持舒適性進而設計適當的釘槍，提升其操作的舒適性、滿意度及使用績效，乃是一項人因設計上的重要議題。鎚擊式釘槍雖是木工裝潢及營造廠鋪設等常被使用的工具，但一般人因缺乏相關的知識，不論在選用和操作上都會有不正確的情況產生。因此，如何設計好的釘槍以提升其操作的舒適性、滿意度及使用績效，並幫助使用者選購適當的釘槍，避免操作的傷害與病變，這也正是設計師可以貢獻的地方。製造商也有義務與責任，在商品上標示操作和安全相關的資訊。就現況而言一般製造商在釘槍製造之前，並沒有進行徹底仔細的人因工程分析研究。因此，本研究以鎚擊式釘槍的握把造形及其握持舒適性評量爲題，進行探討與研究，希望能做爲鎚擊式釘槍進一步改良設計的基礎。

鎚擊式釘槍的功能是兼具鐵鎚的敲擊與訂書機的裝釘功能爲一體的一種敲擊裝訂工具，它的外型就如同裝置了鐵鎚握柄的大型訂書機。有別於鐵鎚將釘子與鐵鎚分開的使用功能，運用技巧，準確的用鐵鎚敲擊釘子，使釘子插入板面而達到固定的效果；鎚擊式釘槍是利用釘槍內所事先裝填的釘子（其形狀有如訂書針），利用鐵鎚敲擊的原理，將釘子固定在板面上。其用途一般是應用在固定地毯的襯墊、木質牆壁中的隔熱絕緣材料、與屋內的襯墊紙等，由於是應用在大面積的裝訂上，因此，不需要特別的技巧，即可輕易的操作使用。鎚擊式釘槍的類型依釘子裝填的方式，一般可分爲兩種（圖 1）：底部裝填式（Bottom Load）與尾部裝填式（Rear Load）。

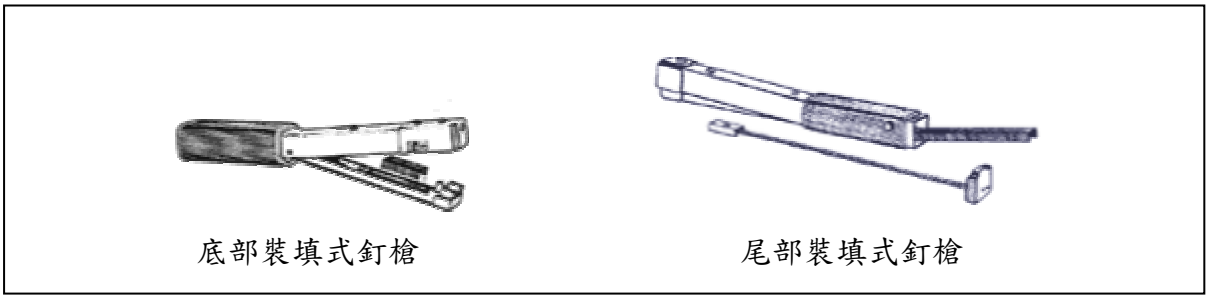

圖 1 鎚擊式釘槍的種類 取自參考文獻〔Rapid hammer tackers by Salco〕[15]

二、文獻探討

2-1 手工具操作的累積性傷害

針對打擊工作，因爲操作姿勢影響，容易形成上肢累積性傷害。其形成原因常由於不當壓迫上肢軟性組織所導致。這些組織包括肌腱、韌帶、神經與血管等。通常以職場工作所造成居多，包括反覆性施力、過度施力、靜態肌肉負荷以及震動等[1,2,5,7,8,16]。由於不良的工作姿勢，常使操作者必須以較大的體力或以危險的動作來操作工具，因而造成傷害。而不良的工作姿勢往往是由於工具設計的因素所造成[9]。

使手部維持在中間姿勢的工作方式，是一種可以減少手以及腕部造成累積性傷害的一種手段。手的中間姿勢是指伸直的，既不上彎亦不下曲，也不側彎亦不扭轉。中間姿勢和靜止姿勢並非同義，只要其動作是在中間姿勢的動作範圍內即可，如圖 2 所示[14]。手部動作在此範圍內，可以得到最小的動作關節角度，符合人體工學設計的手工具，可讓使用者在中間姿勢動作範圍內，以手最舒適的狀態下進行工作。

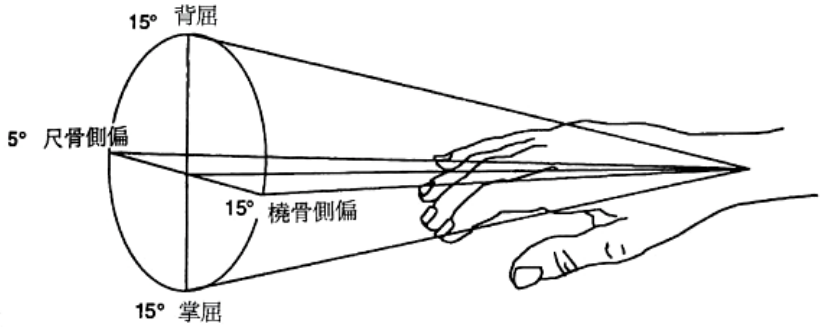

圖 2 手部動作的中間姿勢區域範圍圖

2-2 打擊作業分析

進行打擊作業時，肢體主要物理機械運動有二種，一爲肢體曲線(curvilinear)上任何點做來回反方向之平移運動，稱爲『交互運動』(reciprocating motion)；一爲肢體做來回反方向旋轉運動，稱之爲『擺動』(oscillatory motion)。以生物運動學而言，這兩種運動分別是肘屈曲與腕屈曲。交互運動由上臂肌群控制肘屈曲，主要由肱二頭肌群控制；擺動由下手臂肌群控制腕屈曲，主要由橈側伸腕肌、橈側屈腕肌、尺側伸腕肌、尺側屈腕肌等肌群控制[12]。本研究中主要探討手腕操作手工具時，所造成尺橈偏以及肌肉伸展與屈曲而形成的累積性傷害，因此從上述觀察對象中挑選最符合本研究主題的肱二頭肌、橈側伸腕肌及尺側屈腕肌作爲後續實驗資料擷取之選擇部位。

2-3 手工具設計原則

手工具必須能與手部配合，使保持適當手腕和手臂姿勢，並能安全牢握。當使用時，施力能量不會造成身體負荷過量。良好的手工具除了使用方便與有效之外，還能夠有效的降低工作上所造成的累積性傷害，以保護操作者個人的健康。而有關手工具設計已有人量化文獻可參考，因此經過歸納一些普遍性原則並敘述如下[4,5,6,9,11,16]：

1. 要可彎曲手工具的把柄，也不要彎曲手腕。
2. 把柄與手之間，形狀及摩擦力配合良好。
3. 選擇所需力量相配合的握把直徑與形狀。
4. 握把長度應大於 10cm 以上。
5. 減少對手部組織壓迫。
6. 手工具重量應保持在低水準。

2-4 手工具彎柄之人因改良個案

綜觀國內外手工具改良個案極多，其目的不外乎是符合手工具設計原則中「要可彎曲手工具的把柄，也不要彎曲手腕」此項人原則，以降低累積性傷害並提高工作效率。

有關與鎚擊式釘槍較爲近似的榔頭彎柄改良研究，Schuenmarklin 和 Marras[13]曾經研討過手柄彎曲的角度對水平與垂直的槌擊任務的效應。邀請八位慣用右手進行握力、振動力、尺偏、橈偏、伸展、屈

曲、打擊速率、失誤率等人因測試研究。腕頭手柄的彎曲角度分別爲 0°、20°與 40°。他們發現使用彎曲角度爲 40°的腕頭時手腕屈曲的程度最低，使用直柄 0°的屈曲程度最高。使腕部累積性疲勞傷害能有效降低，並且在使用滿意度上能有效提高。

2-5 最佳握把直徑建議

對於最佳的握把直徑，針對合適於強力握持之握把斷面直徑之研究結果綜整建議如表 1 所示[1,2,3,6,10,13]。

表 1 各學者建議之最佳握把直徑

研究者	建議直徑	說　明
Rigby(1973)	38~51mm	根據生理肌電圖顯示，握度爲38~51mm時，肌電活動力最低
Hsis 和 Drury(1986)	30-50mm	評估過 6 種握把直徑(10、20、30、40、50 及 60mm)。其結果顯示握把直徑在 30 至 50mm 時，手部對重量的感覺會比其他握把直徑感覺來的輕
Eastman Kodak 公司(1983)	40mm	推薦最佳握把直徑爲 40mm
Mital 和 Karwowski(1991)	20-50mm	一般從事力握時最佳握把直徑爲25-50mm
王茂駿(1992)	51mm	不論男女性，當握把在 51mm 以下時，主觀重量感會較其他大小的握把(25.4、31.8、38.1、44.5、及 57.2mm)來的輕
石裕川、傅鑫俊、王茂駿等(1996)	38-50.8mm	探討國人 18 至 30 歲之年輕男女在不同施力姿勢下對施力能力下之影響中發現，當握把間距在 38 至 50.8mm 時，男女性皆會產生較大握力

三、研究方法

3-1 鎚擊式釘槍實驗原型

本研究以彎曲握柄做爲改良鎚擊式釘槍的主軸。根據前述文獻及相關研究所得經驗，綜整鎚擊式釘槍實驗原型改良製作如下：

1.握把直徑設定爲寬 38mm 高 45mm 之橢圓形。

2.握把長度參考廠商提供之現有形式，並進行改良爲 14.5cm，有流線造形，提供舒適的手部握持。

3.握把爲 PVC 軟質材料，表面有止滑線設計。

4.握把尾端有突出部份，以防止打擊作業時工具從手中滑落。

5.因尾部裝填式釘槍必須由尾部裝填釘針，而不利於握把彎曲的改良，因此將底部裝填式鎚擊式釘槍設定爲改良之標的物。

6.實驗用鎚擊式釘槍原型之握把彎曲角度定爲 5°、20°、35°、50°四種。

7.實驗用鎚擊式釘槍原型總重量爲 700 克，材質爲耐龍。相較於原先鋅合金材質，耐龍的質輕、堅固與能降低使用者握持負重。

8.實驗用鎚擊式釘槍原型因握持角度變化而導致重量不同，其中以 50°彎曲的角度最大，重量也最重。因此於 5°、20°、35°握把中分別放置了大小不同的鐵塊，將重量調整至與 50°者相同。

四種不同握持角度的實驗用鎚擊式釘槍原型，如圖 3 所示：

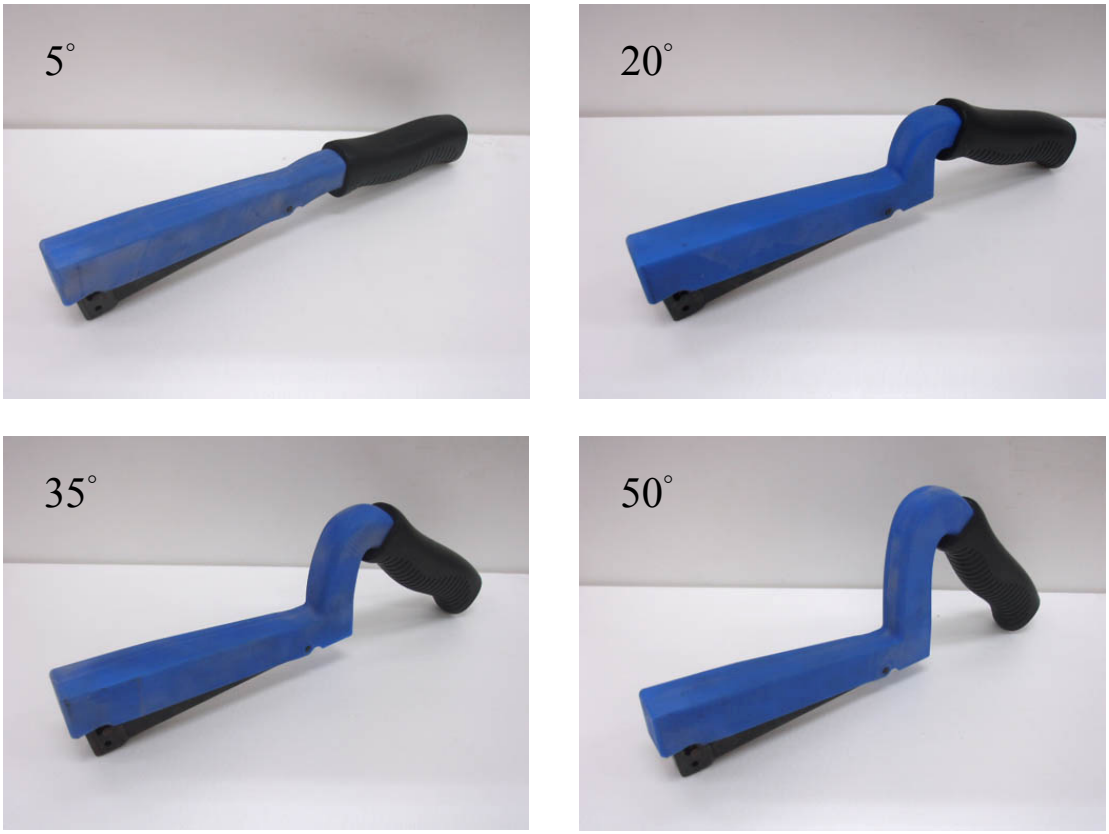

圖 3 四種握持角度的鎚擊式釘槍實驗原型

3-2 實驗規劃

為了瞭解受測者操作四種不同握持角度的鎚擊式釘槍間肌肉負荷的差異，因此選擇以 EMG 生理肌電圖，紀錄各受測者於實際打擊作業時手部肌肉的活動變化。本研究採用的 EMG 資料擷取設備係由本校工業工程與管理系自行開發的 14 通道 1000Hz 取樣頻率之可攜式 EMG 紀錄器，搭配 Viewlog 自動分析軟體。除了以 EMG 客觀的方式評量四種鎚擊式釘槍原型的優劣之外，另以問卷方式詢問受測者對於操作不同角度鎚擊式釘槍時，各部位肌肉的酸痛程度及主觀舒適性評量。藉由主觀與客觀兩方面實驗所得數據資料，最後以統計分析方式找出最佳鎚擊式釘槍握持角度。

與鎚擊式釘槍製造商訪談中得知，鎚擊式釘槍是木工裝潢及營造廠經常被使用的工具。其用途一般是應用在固定地毯的襯墊、木質牆壁中的隔熱絕緣材料與屋內的襯墊紙等，經常應用於大面積裝釘上，且垂直與水平的槌擊方式較為普遍。因此，將垂直工作項目設定為平台式與直立式兩項垂直工作進行，如圖 4、圖 5 所示。

目前鎚擊式釘槍商品在國內並不普及，因此本研究將受測者範圍鎖定於有榔頭使用經驗，朝陽科技大學 30 位慣用右手之男性學生，其中八位擷取 EMG 生理肌電圖進行分析。為了確保實驗的安全與資料擷取的正確性，在篩選受測者過程中必須確認受測者本身是手部相關骨骼肌肉病狀方可參與本實驗。而所有受測者均於槌擊實驗結束後進行主觀舒適性問卷評量調查。

根據前述文獻描述，對於 EMG 生理肌電圖適合本研究量測肌群對象有：肱二頭肌、橈側伸腕肌與尺側屈腕肌，如圖 6 所示。實驗地點選擇於朝陽科技大學工業設計系模型工廠，設有平台式與直立式兩

具典型工作平台。打擊作業實驗程序簡述如下：1.將實驗設備及儀器設置妥當 2.安裝可攜式 EMG 肌電儀與校正 3.與受測者說明實驗過程與實驗目的 4.進行打擊實驗流程(圖 7) 5.進行實驗記錄並計算總實驗時間 6.EMG 訊號資料處理。

圖 4 平台式打擊實驗

圖 5 垂直式打擊實驗

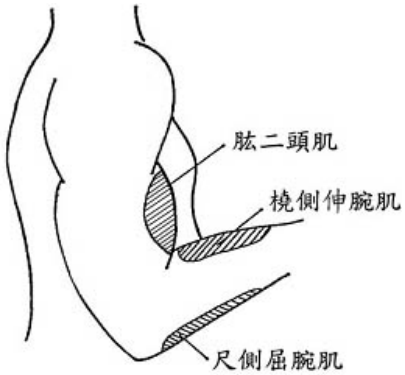

圖 6 實驗資料擷取部位

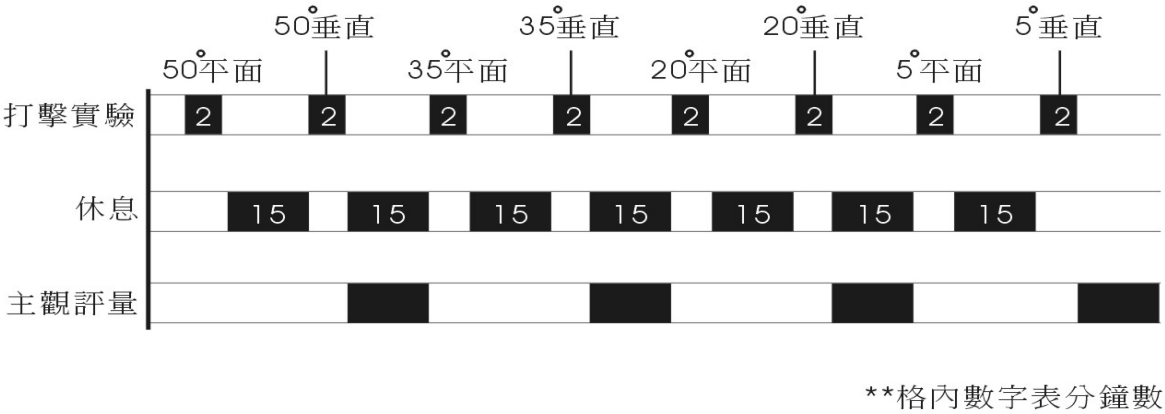

圖 7 打擊實驗流程圖

四、實驗結果與分析

將EMG訊號經由分析軟體Viewlog進行打擊週期判定，並換算爲%MVC後輸出。所得每兩分鐘的打擊作業資料約108筆左右，針對每次打擊作業，每一位受測者皆擷取其中100筆資料，以平均值計算並進行後續統計分析作業。所謂%MVC係指將所記錄之肌電訊號之均方根值依下列公式轉換成%MVC值。

%MVC = (EMG – Rest) / (EMGmax – Rest)

MVC：最大自主收縮　　EMG：操作時肌電訊號之均方根值

Rest：休息時肌電訊號之均方根值　　EMGmax:最大施力下肌電訊號之均方根值

4-1 平面式打擊作業握持角度與肌力間效應分析

從八位受測者平面式打擊作業中，橈側伸腕肌、尺側屈腕肌及肱二頭肌的四種握持角度%MVC平均

值(表2)普遍顯示，操作5°的握持角度所造成的肌力負荷爲最高，而50°爲最低。可推測其原因爲操作員以握把鎚擊式釘槍所形成的手部尺、橈偏現象爲最劇烈，相對增加手部各部位的肌力負荷。但隨著握持角度的提升，肌力負荷便隨之降低。而橈側伸腕肌、尺側屈腕肌及肱二頭肌的四種握持角度%MVC平均值趨勢顯示，橈側伸腕肌平面打擊作業中普遍有較大出力的情形，其次爲肱二頭肌，最小爲尺側屈腕肌。觀察各部位平均值的趨勢可發現隨著握持角度的上昇，肌力負荷便隨之下降的共同線性關係。其中5°與20°間的差異最爲顯著，但由20°與35°間無顯著的落差，到50°則出現肌力負荷下降的現象。

表2 平面打擊作業各肌群%MVC平均值及標準差統計表

	橈側伸腕肌		尺側屈腕肌		肱二頭肌	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
平面打擊作業5°	36.62	10.26	14.89	6.55	25.93	9.92
平面打擊作業20°	27.46	6.69	11.07	4.65	20.37	7.14
平面打擊作業35°	26.98	8.53	11.97	5.93	20.39	8.49
平面打擊作業50°	21.91	4.99	9.56	4.33	16.12	7.02

以重複量數LSD法效應多重比較分別檢定平面式打擊作業中橈側伸腕肌、尺側屈腕肌及肱二頭肌，對於操作四種握持角度間實驗用鎚擊式釘槍原型所形成的肌力負荷，檢測其是否具有統計上的顯著差異存在。以驗證改變握持角度，確實能夠有效減低操作時手部各部位的肌力負荷。

表3 平面打擊作業各肌群LSD多重比較表

(I)工作/部位/角度	(J)工作/部位/角度	平均值差異(I-J)	標準誤	顯著性
平面I/伸腕肌5°	平面I/伸腕肌20°	9.164*	1.547	.001
	平面I/伸腕肌35°	9.648*	1.109	.000
	平面I/伸腕肌50°	14.709*	2.854	.001
平面I/伸腕肌20°	平面I/伸腕肌35°	.484	1.245	.709
	平面I/伸腕肌50°	5.545*	1.824	.019
平面I/伸腕肌35°	平面I/伸腕肌50°	5.061	2.200	.055
平面I/屈腕肌5°	平面I/屈腕肌20°	3.819*	.789	.002
	平面I/屈腕肌35°	2.915*	.934	.017
	平面I/屈腕肌50°	5.329*	1.180	.003
平面I/屈腕肌20°	平面I/屈腕肌35°	-.904	.590	.169
	平面I/屈腕肌50°	1.510*	.582	.036
平面I/屈腕肌35°	平面I/屈腕肌50°	2.414*	.904	.032
平面I/二頭肌5°	平面I/二頭肌20°	5.555*	1.241	.003
	平面I/二頭肌35°	5.538*	1.592	.010
	平面I/二頭肌50°	9.810*	2.226	.003
平面I/二頭肌肌20°	平面I/二頭肌35°	-1.750E-02	.980	.986
	平面I/二頭肌50°	4.255*	1.277	.013
平面I/二頭肌肌35°	平面I/二頭肌50°	4.272*	.878	.002

橈側屈腕肌LSD法效應多重比較檢定發現5°>20°、20°>50°都達到統計顯著差異〈$p<0.05$〉。而尺側屈腕肌與肱二頭肌中，一致顯示5°>20°、35°>50°都達統計顯著差異(表3)。此兩肌群中20°、35°與橈側伸腕肌相同，未出現顯著差異。由此可証實改變握持角度，對於平面打擊作業時手部各肌群的肌力活動具有顯著相關性。都由隨著握持角度的提昇，手部各肌群的肌力負荷亦隨之下降。尤以握持角度越小，與其他握持角度的顯著差異越大。

針對打擊作業中與手部尺、橈偏現象對應的橈側伸腕肌與尺側屈腕肌兩肌群%MVC平均值，以二次曲線迴歸推估各部位在不同握持角度的情況下肌力負荷情形(圖8、9)。

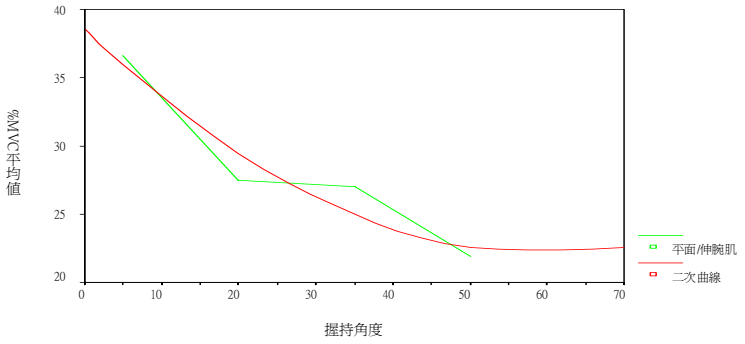

圖8 平面打擊作業橈側伸腕肌迴歸分析圖

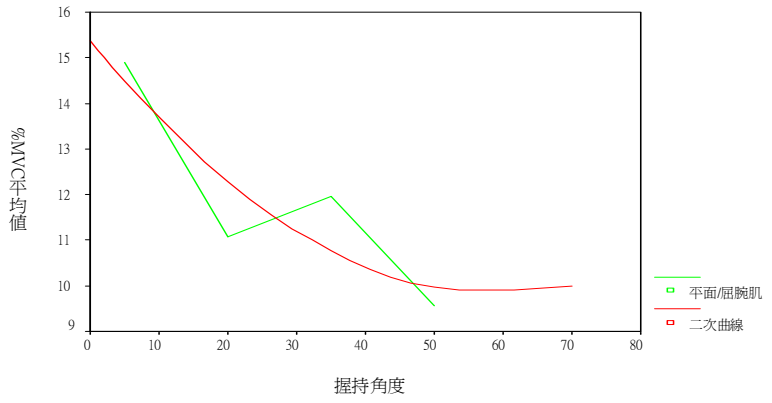

圖9 平面打擊作業尺側屈腕肌迴歸分析圖

各部位曲線函數如表4所示。並以曲線公式 $y=b0+b1x+b2x^2$〈y=%MVC平均值；x=握持角度〉推算出%MVC值之最低點之握持角度為何？其中橈側伸腕肌於61° %MVC推估值達到最低點，尺側屈腕肌為58°（表5）。

表4 平面打擊各部位曲線函數表

	b0	b1	b2
橈側伸腕肌	38.5796	-0.5473	0.0045
尺側屈腕肌	15.3832	-0.1868	0.0016

表5 平面打擊各部位%MVC最低值與握持角度比較表

部位	橈側伸腕肌			尺側屈腕肌		
握持角度	60	61＊	62	57	58＊	59
%MVC推估值	21.9416	21.9388	21.9450	9.9340	9.9312	9.9316

＊表%MVC最低值

4-2 垂直式打擊作業握持角度與肌力間效應分析

從垂直式打擊作業中握持角度與各肌群%MVC平均值趨勢來看，與平面式打擊作業具有相同的效應。各肌群一致顯示操作5°的握持角度所造成的肌力負荷皆爲最高，而50°爲最低(表6)。從各肌群%MVC平均值可看出在垂直式打擊作業中，橈側伸腕肌與平面式打擊作業中相同有較大的出力情形，而尺側屈腕肌與肱二頭肌之間較無顯著差異。但二個肌群仍有隨著握持角度的上昇，肌力負荷便隨之下降的共同線性關係。其中5°與20°間差異最爲顯著，20°與35°則無顯著落差，直到50°才又出現肌力負荷下降現象。

表6 垂直打擊作業各肌群%MVC平均值及標準差統計表

	橈側伸腕肌		尺側屈腕肌		肱二頭肌	
	平均值	標準差	平均值	標準差	平均值	標準差
垂直打擊作業5°	29.17	10.09	21.69	4.86	19.53	8.03
垂直打擊作業20°	21.49	7.24	15.95	4.25	14.99	5.72
垂直打擊作業35°	20.25	7.00	15.02	3.97	14.59	6.51
垂直打擊作業50°	17.05	7.86	12.30	3.91	12.00	6.46

將垂直式打擊作業所得%MVC平均值，以重複量數中LSD法效應多重比較，分別檢定橈側伸腕肌、尺側屈腕肌及肱二頭肌，對於操作四種握持角度間所形成的肌力負荷，是否具有統計上的顯著差異存在(表7)。

表7 垂直打擊作業各肌群的LSD多重比較表

(I)工作/部位/角度	(J)工作/部位/角度	平均值差異(I-J)	標準誤	顯著性
垂直/伸腕肌5°	垂直/伸腕肌20°	7.685*	1.242	.000
	垂直/伸腕肌35°	8.924*	1.740	.001
	垂直/伸腕肌50°	12.121*	1.166	.000
垂直/伸腕肌20°	垂直/伸腕肌35°	1.239	.731	.134
	垂直/伸腕肌50°	4.436*	.361	.000
垂直/伸腕肌35°	垂直/伸腕肌50°	3.197*	.625	.001
垂直/屈腕肌5°	垂直/屈腕肌20°	5.734*	.435	.000
	垂直/屈腕肌35°	6.666*	1.017	.000
	垂直/屈腕肌50°	9.384*	1.017	.000
垂直/屈腕肌20°	垂直/屈腕肌35°	.932	1.010	.386
	垂直/屈腕肌50°	3.650*	.927	.006
垂直/屈腕肌35°	垂直/屈腕肌50°	2.717*	.443	.000
垂直/二頭肌5°	垂直/二頭肌20°	4.534*	1.100	.004
	垂直/二頭肌35°	4.932*	.752	.000
	垂直/二頭肌50°	7.522*	.974	.000
垂直/二頭肌20°	垂直/二頭肌35°	.399	.857	.656
	垂直/二頭肌50°	2.989*	.880	.012
垂直/二頭肌35°	垂直/二頭肌50°	2.590*	.390	.000

經由LSD法效應多重比較檢定發現，在垂直式打擊作業中橈側伸腕肌、尺側屈腕肌與肱二頭肌，一致顯示5°>20°、35°>50°達統計顯著差異〈$p<0.05$〉，惟20°、35°間未出現顯著差異。由此可證實在垂直式打擊作業中，操作5°的鎚擊式釘槍所造成的肌力負荷爲最大，而50°則爲最小。由此可証實改

變握持角度，對於垂直打擊作業時手部各肌群的肌力活動具有顯著相關性。並且隨著握持角度的提昇，手部各肌群的肌力負荷亦隨之下降。尤以握持角度越小，與其他握持角度的顯著差異越大。

垂直打擊作業中，橈側伸腕肌與尺側屈腕肌%MVC平均值以二次曲線迴歸方式分析，以推估各部位在不同握持角度的情況下肌力負荷情形(圖10,11)。

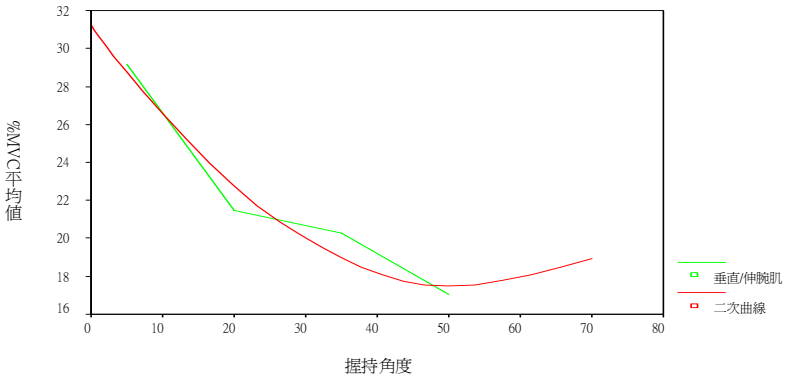

圖10 垂直打擊作業橈側伸腕肌迴歸分析圖

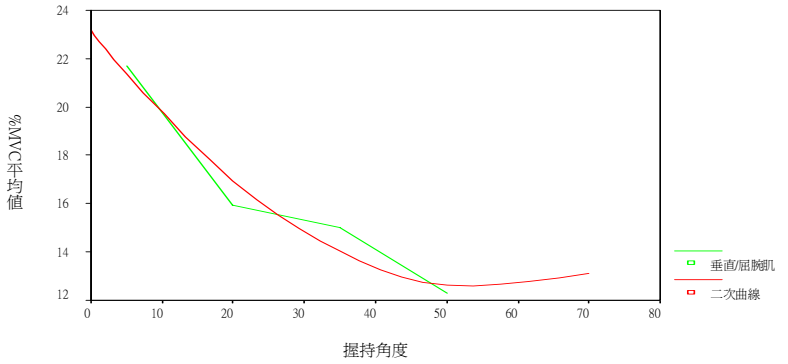

圖11 垂直打擊作業尺側屈腕肌迴歸分析圖

各部位曲線函數如表8所示；並以曲線公式 $y=b0+b1x+b2x^2$ 〈y=%MVC平均值；x=握持角度〉推算出%MVC值之最低點之握持角度爲何？其中橈側伸腕肌於52°時%MVC推估值達到最低點，尺側屈腕肌爲56°（表9）。

根據上述的分析中可以發現，無論平面式或垂直式打擊作業中，對於握持角度與肌力負荷間的關係，皆具有相同的效應存在。由量測各部位的肌力變化中顯示5°>20°、5°>35°、35°>50°，並達到統計中的顯著水準，唯20°、35°間無顯著差異。由此可推論操作50°的鎚擊式釘槍相較於其他二種握持角度，肌力負荷爲最低，並可証實隨著握持角度的提升，能夠有效的降低手部的尺橈偏總量，進而達到減少肌力負荷的效果。

綜合迴歸分析求於握持角度50°的%MVC變化所得結果，平面與垂直式打擊作業各部位%MVC最低點落在52°～62°間，爲推估最佳角度。

表8 垂直打擊各部位曲線函數表

	b0	b1	b2
橈側伸腕肌	31.2478	-0.5244	0.0050
尺側屈腕肌	23.1689	-0.3786	0.0034

表9 平面打擊各部位%MVC最低值與握持角度比較表

部位	橈側伸腕肌			尺側屈腕肌		
握持角度	51	52*	53	55	56*	57
%MVC推估值	17.5084	17.4990	17.4996	12.6309	12.6297	12.6353

*表%MVC最低值

4-3 受測者主觀舒適性評量分析

主觀評量問卷內容由各受測者對於握把握持的主觀感覺，以及各打擊作業中前臂、上臂與手腕酸痛程度，最後再針對各種不同角度的實驗用鎚擊式釘槍原型進行操作滿意度評量。

各握把握持舒適度方面可發現各實驗用鎚擊式釘槍原型負重方面，有21位受測者認為各重量方面是合適的，6位認為稍重，3位認為稍輕，因此可清楚的看出實驗用鎚擊式釘槍原型重量各大多數使用者可接受的範圍之內；握把的斷面握持舒適度中顯示，23位受測者認為粗度合適，7位認為稍粗。各前述文獻中提及：重度的手工具作業狀況下，握把需要有較多的面與手部接觸，以利進行強力的握持。從上述分析中顯示合適與稍粗的狀況下，與本研究改良後所預期獲得的結果相當。

30位受測者各進行四種握持角度的實驗用鎚擊式釘槍原型打擊作業後，手部各部位酸痛疲勞程度的主觀評比。並以加權方式計算出各部位肌肉加權積分後針對各角度進行總和評量；其中以〔很輕〕為1分、〔輕〕為2分、〔中等〕為3分、〔重〕為4分、〔很重〕為5分。由此可推測平均值越低者相對操作疲勞度也就越低；各項分數的平均值與標準差列於表10。由各部位之酸痛程度度平均值，普遍顯示5°酸痛程度為最高，50°為最低。且隨握持角度提升，肌肉疲勞程度亦隨之下降。

表10 主觀評量各部位酸痛程度平均值

	前　臂	上　臂	手　腕
握持角度	平均值(標準差)	平均值(標準差)	平均值(標準差)
5°握把	4.00(1.11)	3.93(0.94)	3.86(1.25)
20°握把	3.66(1.15)	3.76(1.10)	3.63(1.24)
35°握把	3.66(1.06)	3.20(1.29)	3.56(1.25)
50°握把	2.76(1.27)	3.16(1.31)	2.93(1.28)

從主觀評量前臂對於各握持角度酸痛程度的LSD檢定中，顯示5°>20°>50°達統計顯著差異水準〈$p<0.05$〉；各上臂中顯示5°>20°>35°>50°；各手腕顯示5°>35°>50°。由此可證實操作50°握把各受測者主觀認知中有較低的肌力負荷，並達統計顯著水準(表11)。

整理各角度實驗用鎚擊式釘槍原型操作滿意度評量。以加權方式進行統計分析。其中〔非常不滿意〕為1分、〔不滿意〕為2分、〔普通〕為3分、〔滿意〕為4分、〔非常滿意〕為5分。可推測平均值越高者操作滿意度亦越高。平均值與標準差列於表12。顯示50°滿意度為最高，5°則為最低。各主觀滿意度評量LSD檢定中，亦可發現各角度間皆達到顯著的差異水準〈$p<0.05$〉(表13)。

各手部酸痛程度與操作滿意度評量結果中，致顯示操作50°鎚擊式釘槍有較低的酸痛程度及較高的滿意度。但各觀察操作過程中發現，受測者對於直式榔頭的打擊作業方式已習以為常。因此各實驗前的嘗試揮擊過程中，仍會有短暫時間內不能適應的現象產生。因此，各與受測者說明實驗過程與實驗目的同時，先行教育使用者正確的操作方式，避免彎曲手腕進行打擊，使能讓受測者逐漸適應其施力方式，並發覺其中差異性。由此可知，各改良手工具的同時，針對使用者的教育也是相當重要的一環。

表11 主觀評量前臂酸痛程度LSD多重比較表

(I)部位/角度	(J)部位/角度	平均值差異(I-J)	標準誤	顯著性
前臂5°	前臂20°	.333*	.088	.001
	前臂35°	.333*	.088	.001
	前臂50°	1.233*	.133	.000
前臂20°	前臂35°	.000	.068	1.000
	前臂50°	.900*	.100	.000
前臂35°	前臂50°	.900*	.111	.000
上臂5°	上臂20°	.167*	.069	.023
	上臂35°	.733*	.095	.000
	上臂50°	.767*	.104	.000
上臂20°	上臂35°	.567*	.092	.000
	上臂50°	.600*	.091	.000
上臂35°	上臂50°	3.333E-02	.033	.326
手腕5°	手腕20°	6.667E-02	.046	.161
	手腕35°	.133*	.063	.043
	手腕50°	.767*	.092	.000
手腕20°	手腕35°	6.667E-02	.046	.161
	手腕50°	.700*	.098	.000
手腕35°	手腕50°	.633*	.089	.000

表12 主觀評量操作滿意度平均值

	滿意度
握持角度	平均值(標準差)
5° 握把	1.93(1.01)
20° 握把	2.60(1.00)
35° 握把	2.43(1.01)
50° 握把	2.73(0.98)

表13 主觀評量滿意度LSD多重比較表

(I)部位/角度	(J)部位/角度	平均值差異(I-J)	標準誤	顯著性
滿意度5°	滿意度20°	-.667*	.088	.000
	滿意度35°	-.500*	.093	.000
	滿意度50°	-.800*	.101	.000
滿意度20°	滿意度35°	.167*	.069	.023
	滿意度50°	-.133*	.063	.043
滿意度35°	滿意度50°	-.300*	.085	.001

五、研究結論

隨著時代的進步，新式手工具也隨著不同工作需求而陸續的出現。縱觀市面上眾多的手工具，雖然提供了工作上的便利，但卻也不可忽視許多設計不良手工具對使用者所造成的累積性傷害。手工具發展歷程中，諸多國內外學者提出了許多設計原則及相關研究。其目的不外乎是爲了找出一個最自然且最簡單的手工具操作方式，除了能達到工作需求之外，更能避免不必要的工作傷害發生。惟有一種手工具因爲用途以及特性而有其差異性存在，一些普遍性的設計原則並不能被廣泛運用在所有手工具上面，因

此針對單一特性的手工具進行深入研究探討實用其必要性。

本研究根據文獻及相關研究，以市售鎚擊式釘槍爲比較的標的物，提出改良的握把形態及四種不同握持角度的鎚擊式釘槍實驗原型，經由實驗之結果與比較分析後歸納以下幾點結論：

1.由握持角度 EMG 分析方面

根據 EMG 生理肌電圖所得統計結果，發現無論是平面式或垂直式打擊作業中，握持角度與肌力負荷間的關係，皆具有相同的效應存在。由肩測各部位的肌力變化中，普遍顯示 5°～20°區間肌力負荷有較大的降幅，但由 20°～35°區間則無顯著差異性，直到 35°～50°區間肌力負荷才又出現下降的趨勢。由此可知，由四種握持角度的鎚擊式釘槍中，操作 50°的握持角度肌力負荷爲最低，故爲最佳角度。

2.由握持角度迴歸分析方面

根據平面式及垂直式所得手部各部位%MVC 平均值進行二次曲線迴歸分析結果發現，兩種平台的打擊作業所獲得手部各部位的%MVC 推估值最低點之握持角度範圍非常接近，約落由 52°～62°之間。

3.生觀舒適性評量方面

由生觀手部酸痛程度與操作滿意度分析結果發現，一致顯示操作50°鎚擊式釘槍有較低的酸痛程度及較高的滿意度。但由觀察受測者實驗前的嘗試揮擊過程中發現，一般的受測者對於垂直式榔頭的打擊作業方式已習以爲常，由操作過程中彎屈手腕來適應手工具已成爲一種習慣。因此，受測者乍由打擊變換實驗用鎚擊式釘槍原型時，會有短時間內不能適應。其中原因爲部份受測者不知該如何施力及手腕也會不自覺的彎曲的情況產生。因此，由與受測者說明實驗過程與實驗目的同時，先行教育使用者正確的操作方式，避免以彎曲手腕進行打擊，受測者便能逐漸適應其施力方式，並發覺其中差異性。

根據以上生觀以及客觀的結果，可以證實隨著握持角度的提升，能夠有效降低手部的尺、橈偏總量，進而達到減少肌力負荷的效果及引發累積性傷害的機率。惟手工具的使用不單單只考量生理層面因素，新式的手工具無法被接受的原因，自自由於使用者對於一般性的手工具已經形成普遍性的操作習慣，進而難以接受新的操作方式。因此除了著重於改良手工具之外，針對使用者教育也是相當重要的一環。

參考文獻

1.王茂駿、楊龍煌、張志弘，1996，手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，pp.19-29。

2.石格川、傅鑫凌、王茂駿，1996，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，pp.43-58。

3.白宜剛，2002，鍋鏟手柄彎曲角度之人因研究，碩士論文，靜宜大學工業管理學研究所，台北。

4.李芝慧，2000，手工具設計評估-以鐵絲綑綁作業為例，碩士論文，中華大學工業工程與管理研究所，新竹。

5.林台懿，2002，透過人機介面探討鄉頭工作模式與績效之關係-以避雷鄉頭為例，碩士論文，交通大學應用藝術研究所，新竹。

6.林碧璋，1999，掌上型園藝剪握把之人因設計因素研究，碩士論文，大葉大學工業設計研究所，彰化。

7.陳碧足、莊明振，2002，鐵鎚的人因設計初探—手角鎚的分析，工業設計，Vol.32 N0.2，pp.97~106。

8.陳信弘、許鳳火，2003，裝訂機握把與手掌使用舒適度之研究，工業設計，Vol.31 N0.2，pp.186~193。

9.楊墩義，2002，新型木工手鋸握把之設計研究，碩士論文，大同大學工業設計研究所，台北。

10. Emanual, J., Mills, S., and Bennett, J., 1980, In seach of a better handle, Proceeding of the Human Factors and Industrial Design in Consumer Products, Tuft University. Medford, Mass.

11. Grieves, J., 1999, “How to Hit Your Left thumb: Designing a Better Hammer”, Design Management Journal, Spring 1999, pp.49-53.

12. Kroemer, K., 劉仁男譯，2002，人體工學—容易與有效的設計法，六合出版社，台北。

13. Schoenmarklin R. W., and Marras, W. S., 1989, “Efferts of handle angle and work orientation on hammering: I: wrist motion and hammering performance”, Human Factors, pp.391-411.

14. Stanton, N., 張文德譯，2003，消費商品之人因工程，六合出版社，台北。

15. Salco, Rapid hammer tackers, http://www.stapleheadquarters.com/rapid-hammer-tackers.html

16. Sander, M. S., and McCormice, E. J., 1987, Human Factor in Engineering and design, 6th ed, McGraw Hill, New York, USA.

誌謝

本文得以順利完成有賴國科會的研究補助，研究計畫編號：NSC93-2622—324-013-CC3，以及本校工業工程管理系設備與人員的協助，謹此致謝。

Evaluation on Handle Design and Gripping Comfort of Hammer Tacker

Tsu-Wu Hu* Jeng-Ming Wang** I-Fen Yang*** Yu-Yang Jeng****

* Graduate Institute of Design, Chaoyang University of Technology
e-mail:hutw@cyut.edu.tw

** Department of Industrial Design, Chaoyang University of Technology
e-mail:jmwang@cyut.edu.tw

*** Graduate Institute of Design, Chaoyang University of Technology
e-mail:s9131606@cyut.edu.tw

**** Graduate Institute of Design, Chaoyang University of Technology
e-mail: jkplayer2002@yahoo.com.tw

(Date Received : October 31, 2005 ; Date Accepted : March 25, 2006)

Abstract

A hammer tacker is an essential tool for workers in the fields of carpentry, interior decoration, and construction. Improper handle design and prolonged use may cause damage to the arm and wrist, resulting in cumulative trauma disorders. This study evaluated the handle design of hammer tacker that aims to provide gripping comfort and avoid physical harm. Hammer tacker of four different gripping angles, 5°, 20°, 35° and 50° and with handle design suitable for applying strong force were tested. Hammer use in two typical working processes, vertical and horizontal orientation, were examined. In the experiment, changes in EMG signals measured from the subject's hand while using the hammer tacker were recorded. After the experiment, subjects were asked to fill out a questionnaire concerning gripping comfort. Results of the analysis on the changes in muscle strength show the following. (1) Muscle strength required for working drops obviously in the zone between 5°and 20°, followed by no significant difference between 20° and 35°, and drops again in the zone between 35° and 50°. These findings imply that hammer tacker with gripping angle of 50° required the least muscle strength for working. (2) Regression analysis on the changes in %MVC variation for angles exceeding 50° reveals that the minimum %MVC falls between 52° and 62° in both vertical and horizontal orientations. (3) Subjective responses collected by the questionnaire survey show that gripping angle of 50° requires the least muscle strength of the wrist and hand for working while giving the greatest comfort. Hence, both experimental findings and survey results agree that the optimum gripping angle for the hammer tacker handle should be 50°.

Keywords: Hammer tacker, Hand tool, Handle bend, EMG