



朝陽科技大學
人因工程實驗室

清瀚企業有限公司委託

【螺絲起子作業之前臂肌群施力量測】

實驗報告書

實驗負責人：宋鵬程

量測人員：陳佑珊

中華民國 108 年 07 月 25 日

目 錄

壹、實驗目的	1
貳、實驗設備	1
2.1 螺絲起子	1
2.2 扭力感測器	1
2.3 肌電訊號量測記錄系統	3
參、實驗結果	5
3.1 螺絲起子最大力矩	5
3.2 螺絲起子作業之前臂肌群施力	6
3.3 螺絲起子使用滿意度	9
肆、結論	10
附錄 1	11

KINGHEART[®]

壹、實驗目的

本實驗目的為透過量測及比較三支螺絲起子之最大力矩及以定值力矩鎖緊時之前臂肌群施力(%maximum voluntary contractions, %MVC)，證明手柄內部具備特殊軟質結構的螺絲起子，可有效減少正常使用下手及前臂部位之施力負荷，進而降低使用螺絲起子造成肌肉痠痛的危害。

貳、實驗設備

2.1 螺絲起子

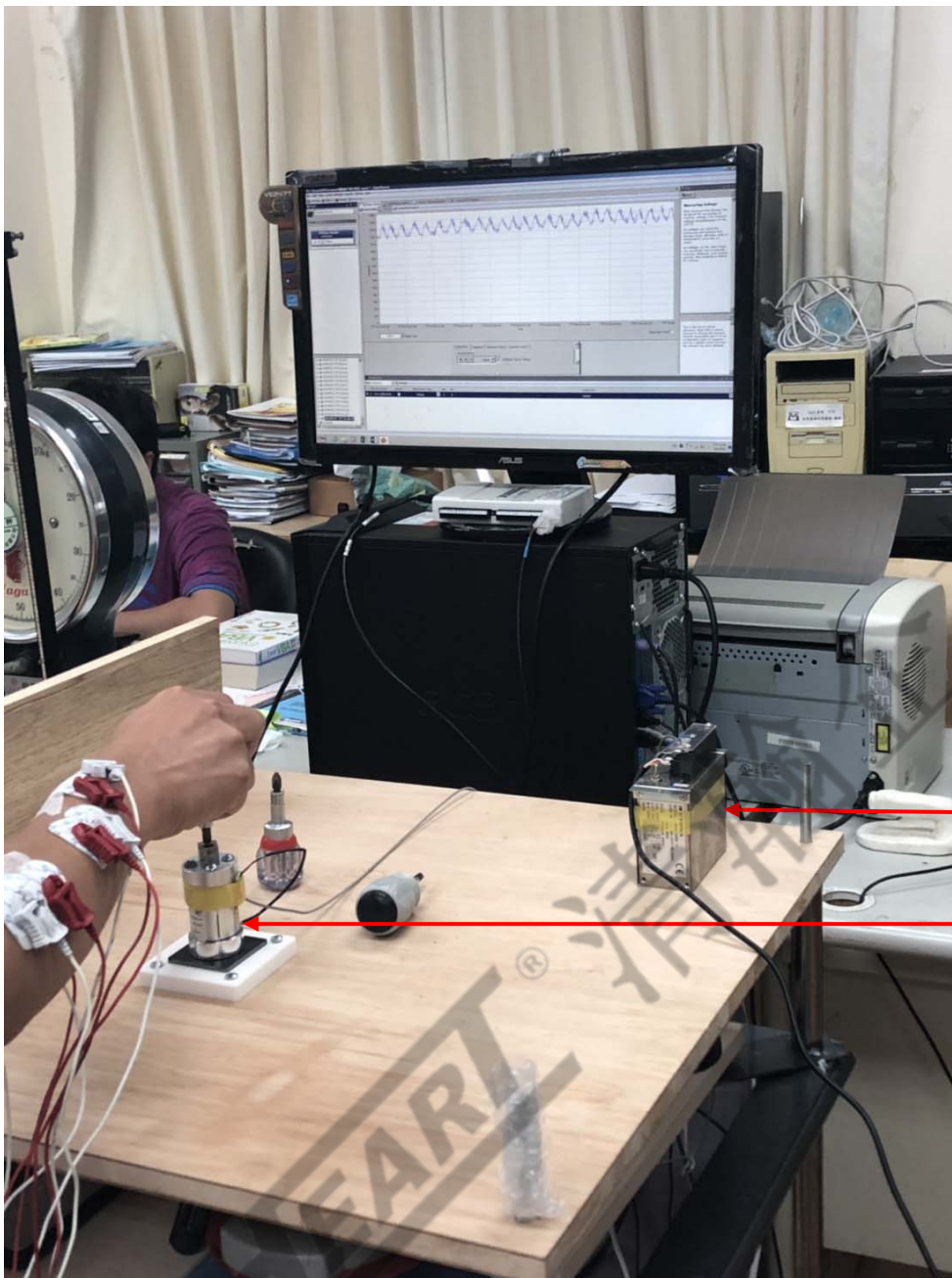
本實驗量測及評估之三支螺絲起子(非動力)如圖 1 所示，圖 1 左方為手柄內部具特殊軟質結構 (中華民國發明專利 I609747)之螺絲起子(以下簡稱 SD-1)，中間及右方為市售常見未具有特殊軟質結構之螺絲起子(以下簡稱 SD-2 及 SD-3)。三支皆為短柄十字螺絲起子，適用於狹隘/侷限作業空間。



圖 1. 三支螺絲起子側視(左圖)及上視圖(右圖)，由左至右編號為 SD-1、SD-2、及 SD-3

2.2 扭力感測器

本實驗以 Futek T5162 扭力感測器量測三支螺絲起子最大力矩及鎖緊時之固定力矩。圖 2 為受測者於扭力感測器施行定值鎖緊力矩實驗圖，扭力感測器訊號經實驗室自製放大及同步接收器(與肌肉施力 EMG 訊號同步)收集，並顯示於電腦螢幕上讓受測者施行定值鎖緊力矩。



訊號放大及
同步接收器

扭力感測器

圖 2. 受測者於扭力感測器施行固定鎖緊力矩實驗圖

扭力感測器使用砝碼校正，力臂長度為 0.14 m (14 cm)，校正力矩值為 0、0.686 N-m、1.372 N-m、2.058 N-m、2.744 N-m、3.430 N-m、及 4.116 N-m，校正迴歸線如圖 3 所示，力矩預測方程式為 $Y(\text{N-m}) = -0.65078 + 7.72304 * X(\text{mV})$ ，決定係數為 $R^2 = 0.998218$ ($F = 3362.35$, $p < 0.00001$)，線性回歸模式可推估 99.82% 扭力感測器之力矩值。

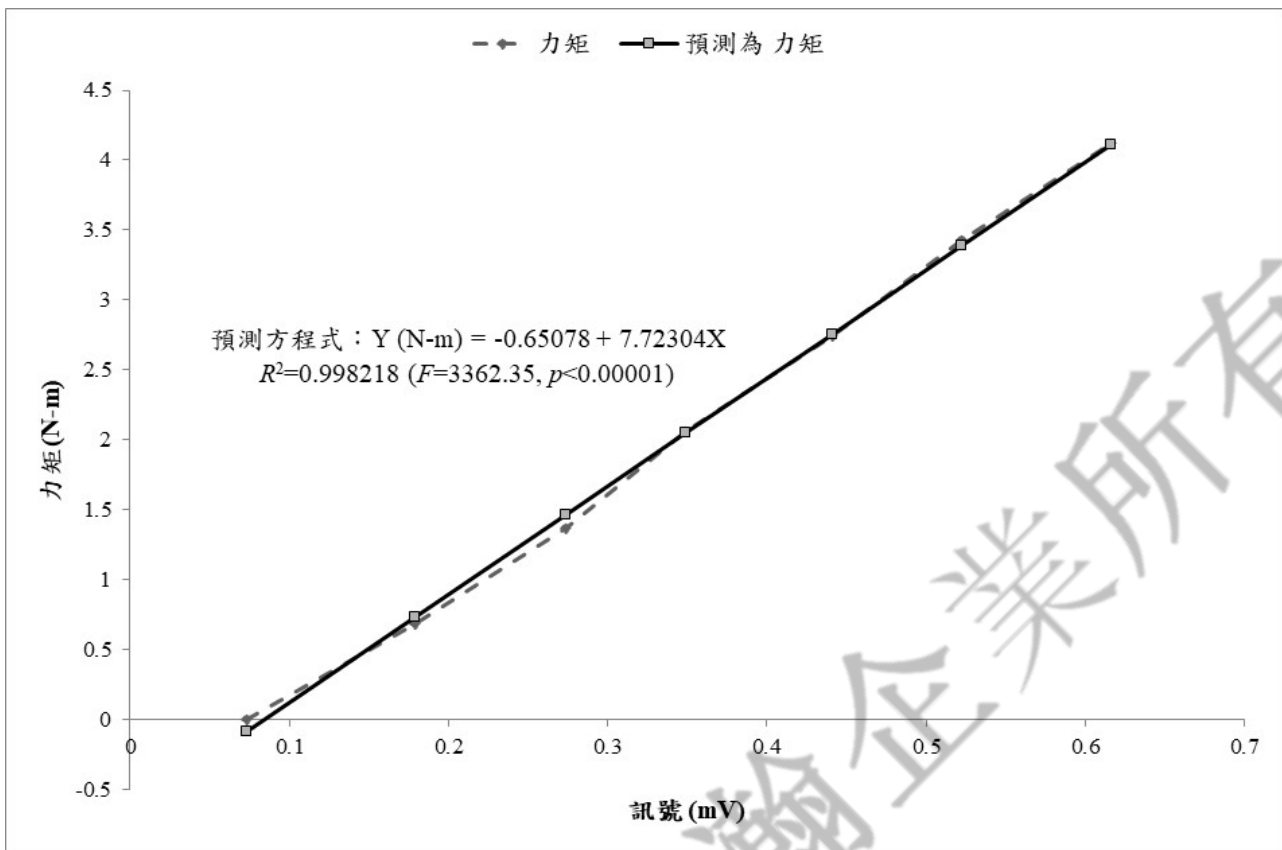


圖 3. 扭力感測器校正迴歸線

2.3 肌電訊號量測記錄系統

本研究使用 Biopac system, Inc., MP150 系統 (圖 4) 以及安裝在筆記型電腦中的數據採集軟體 (Acq Knowledge 3.7.2) 來收集肌電訊號。表面電極蒐集的原始肌電訊號會先經過前置放大器 (gain 為 5000Hz) 放大與 500 Hz 低通濾波器 (low-pass filter) 過濾，再透過類比-數位轉換器，以 1000 Hz 取樣頻率蒐集資料。量測時，使用酒精擦拭記錄部位後，將表面電極貼片 (圖 4) 貼於慣用手前臂的外展拇長肌 (abductor pollicis longus, APL)、屈指淺肌 (flexor digitorum superficialis, FDS)、橈側屈腕肌 (flexor carpi radialis, FCR)、及橈側伸腕長肌 (extensor carpi radialis longus, ECR) 4 肌群 (附錄 1)，接地電極則放置在受測者鎖骨處。

蒐集到的肌電訊號數據使用公式 1 轉換為均方根值 (Root Mean Square, RMS)，以正規化肌電訊號。為了量測實驗中各肌肉部位的施力，首先會蒐集受測者實驗開始前的休息狀態肌電訊號，休息狀態肌電訊號正規化後之數據定義為 RMS_{rest} 。之後測量各肌肉部位的最大自主收縮 (Maximum Voluntary Contraction, MVC) 肌電訊號，最大自主收縮肌電訊號正規化後之數據定義為 RMS_{MVC} 。最後進行各螺絲起子鎖緊作業組合，以獲得各肌肉部位之肌電訊號，各肌肉部位肌電訊號正規

化後之數據定義為 RMS_{task} 。最後將 RMS_{rest} 、 RMS_{MVC} 、 RMS_{task} 帶入公式 2，以計算各部位肌肉最大自主收縮百分比(%MVC)。



圖 4. BioPac MP150 肌電訊號量測記錄系統



圖 5. 表面電極貼片

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n X_i^2}{n}}, i = 1, 2, 3 \dots n \quad (\text{公式 1})$$

其中，n：為肌電訊號總個數

X_i ：為肌電訊號中第 i 筆資料值

$$\% MVC = \frac{RMS_{task} - RMS_{rest}}{RMS_{MVC} - RMS_{rest}} \times 100\% \quad (\text{公式 2})$$

RMS_{task} ：鎖緊作業期間之 RMS 值。

RMS_{rest} ：基礎休息狀態之 RMS 值。

RMS_{MVC} ：2 次最大自主施力之 RMS 平均值。

參、實驗結果

3.1 螺絲起子最大力矩

本實驗量測 12 位男性受測者使用螺絲起子於水平面(horizontal, H)及垂直面(Vertical, V)進行鎖緊作業時可施行之最大力矩。量測結果如圖 6 所示，水平面作業可施行之最大力矩分別為 3.63 N-m (SD-1)、1.31 N-m (SD-2)、及 2.25 N-m (SD-3)，手柄內部具特殊軟質結構之 SD-1 螺絲起子可施行之最大力矩較其他二款高 2.77 (SD-2)及 1.61 (SD-3)倍。垂直面作業可施行之最大力矩分別為 3.21 N-m (SD-1)、1.33 N-m (SD-2)、及 2.21 N-m (SD-3)，手柄內部具特殊軟質結構之 SD-1 螺絲起子可施行之最大力矩較其他二款高 2.41 (SD-2)及 1.45 (SD-3)倍。使用三款螺絲起子以最大力矩進行鎖緊作業時，手及手腕部位之負荷量應相近。故以小於最大力矩之定值力矩進行鎖緊作業時，手柄內部具特殊軟質結構之 SD-1 螺絲起子可較另二款螺絲起子降低手及手腕部位之負荷量。

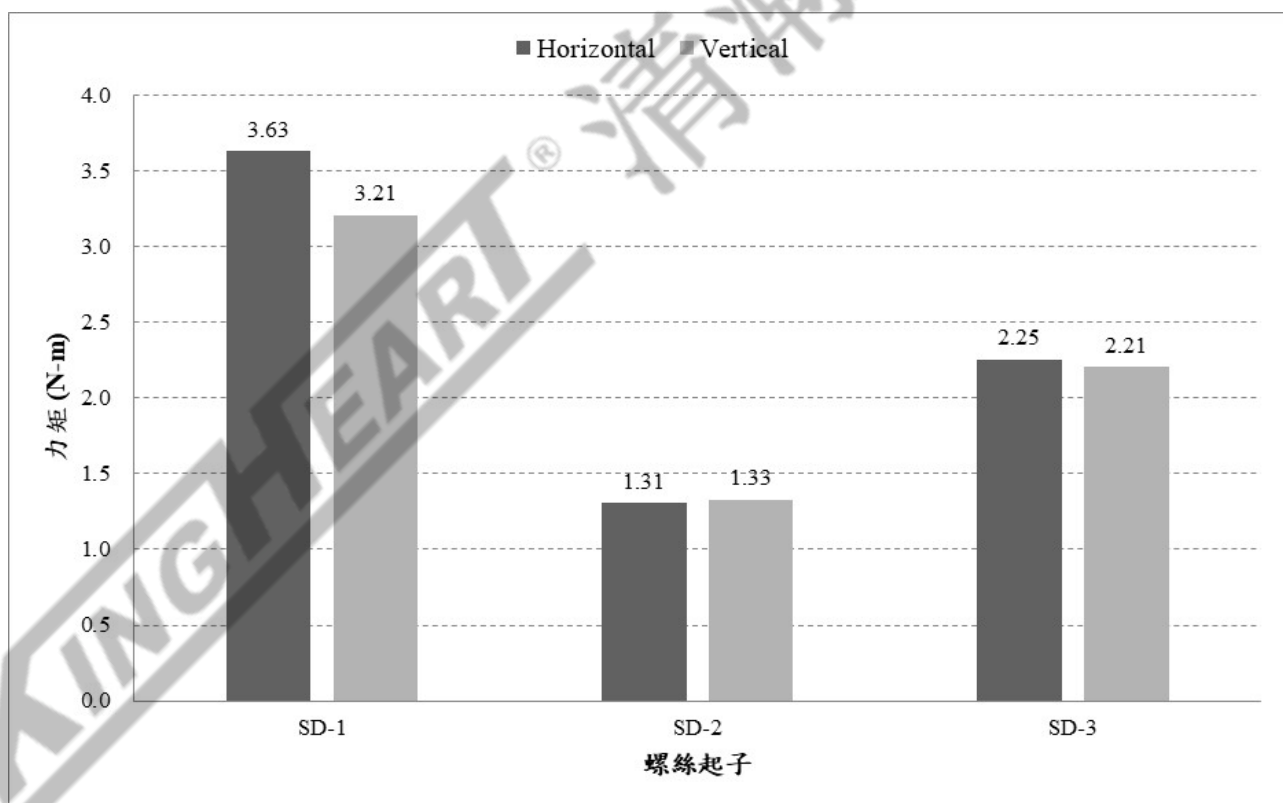


圖 6. 三支螺絲起子量測之最大力矩圖

3.2 螺絲起子作業之前臂肌群施力

本實驗 12 位男性受測者使用螺絲起子，以定值力矩於水平面(horizontal, H)及垂直面(Vertical, V)施行鎖緊作業，同時以表面電極貼片量測前臂四條肌群之施力。作業之定值力矩為 SD-2 螺絲起子最大力矩之 50%及 75%力矩，水平面力矩分別為 0.65 N-m 及 0.95 N-m，垂直面力矩分別為 0.67 N-m 及 1.00 N-m。

量測之四條肌群施力百分比(%MVC)如圖 7 至圖 10 所示，以 SD-1 螺絲起子施行鎖緊作業時，橈側屈腕肌(flexor carpi radialis, FCR)為主要施力肌群，水平面作業之施力百分比較垂直面為高(圖 9)。以 SD-2 螺絲起子施行鎖緊作業時，屈指淺肌(flexor digitorum superficialis, FDS)及橈側屈腕肌(flexor carpi radialis, FCR)為主要施力肌群，水平面作業之施力百分比亦較垂直面為高(圖 8 及 9)。以 SD-3 螺絲起子施行鎖緊作業時，外展拇長肌(abductor pollicis longus, APL)及橈側屈腕肌(flexor carpi radialis, FCR)為主要施力肌群，水平面作業之施力百分比亦較垂直面為高(圖 7 及 9)。

比較三支螺絲起子相同、主要施力肌群(橈側屈腕肌)之肌群施力百分比(%MVC)，圖 9 顯示以 50%力矩鎖緊施力時，SD-1 及 SD-3 於水平面作業之施力百分比相近(10.99%及 11.23% MVC)，二款螺絲起子較 SD-2 之施力百分比(27.00% MVC)約低 16%施力；SD-1 於垂直面作業時之施力百分比(5.76% MVC)分別較 SD-2(18.69% MVC)及 SD-3(13.18% MVC) 低 12.93%及 7.42%之施力。以 75%力矩鎖緊施力時，SD-1 於水平面作業時之施力百分比(18.23% MVC)分別較 SD-2(50.59% MVC)及 SD-3(22.55% MVC) 低 32.36%及 4.31%之施力；SD-1 於垂直面作業時之施力百分比(8.51% MVC)分別較 SD-2(34.05% MVC)及 SD-3(18.73% MVC) 低 25.54%及 10.21%之施力。

以各定值力矩施行鎖緊作業時，SD-1 螺絲起子四條肌群之肌群施力百分比(%MVC)皆較其他二款螺絲起子低，顯示手柄內部具特殊軟質結構之螺絲起子(SD-1)於水平面及垂直面作業時，較其他二款螺絲起子，皆可有效降低前臂肌群施力。

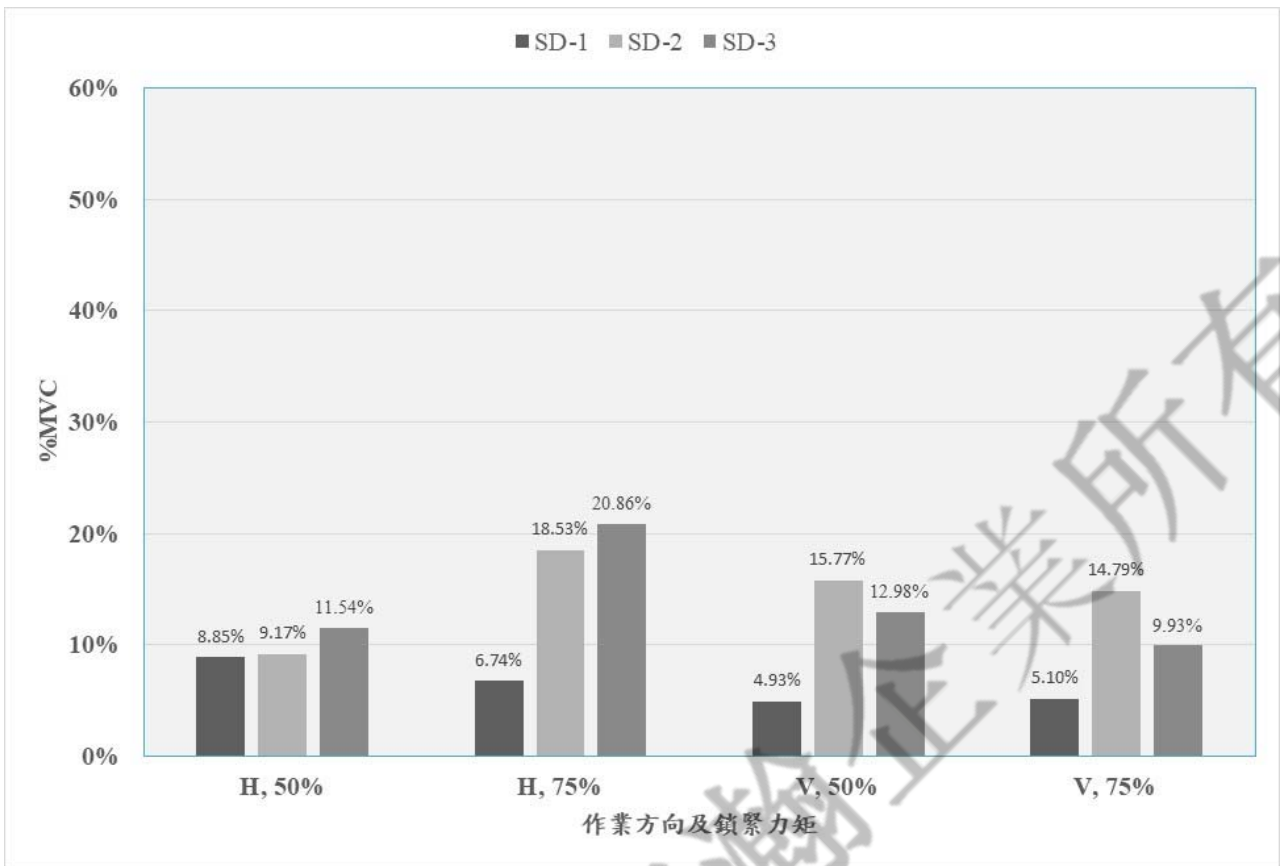


圖 7. 外展拇長肌(abductor pollicis longus, APL)肌群施力百分比(%MVC)

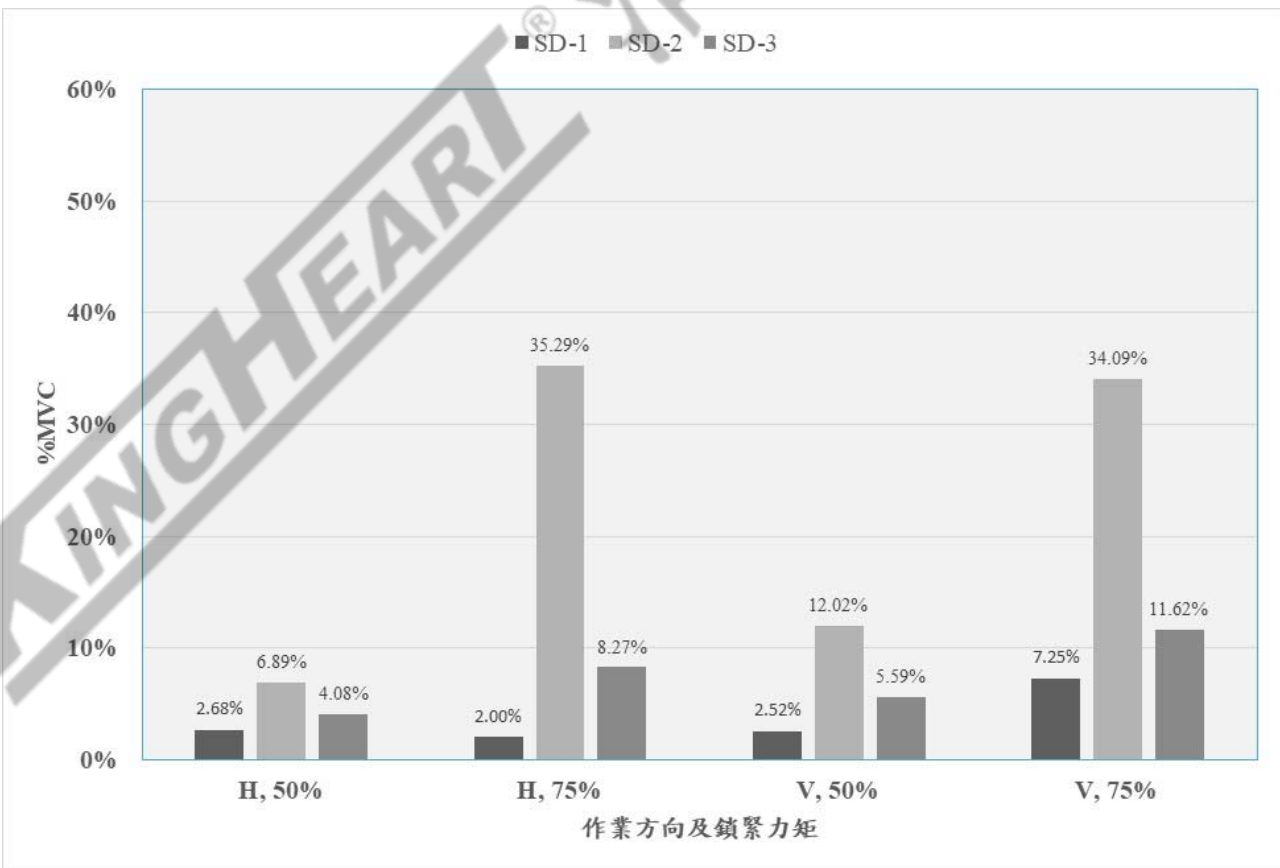


圖 8. 屈指淺肌(flexor digitorum superficialis, FDS)肌群施力百分比(%MVC)

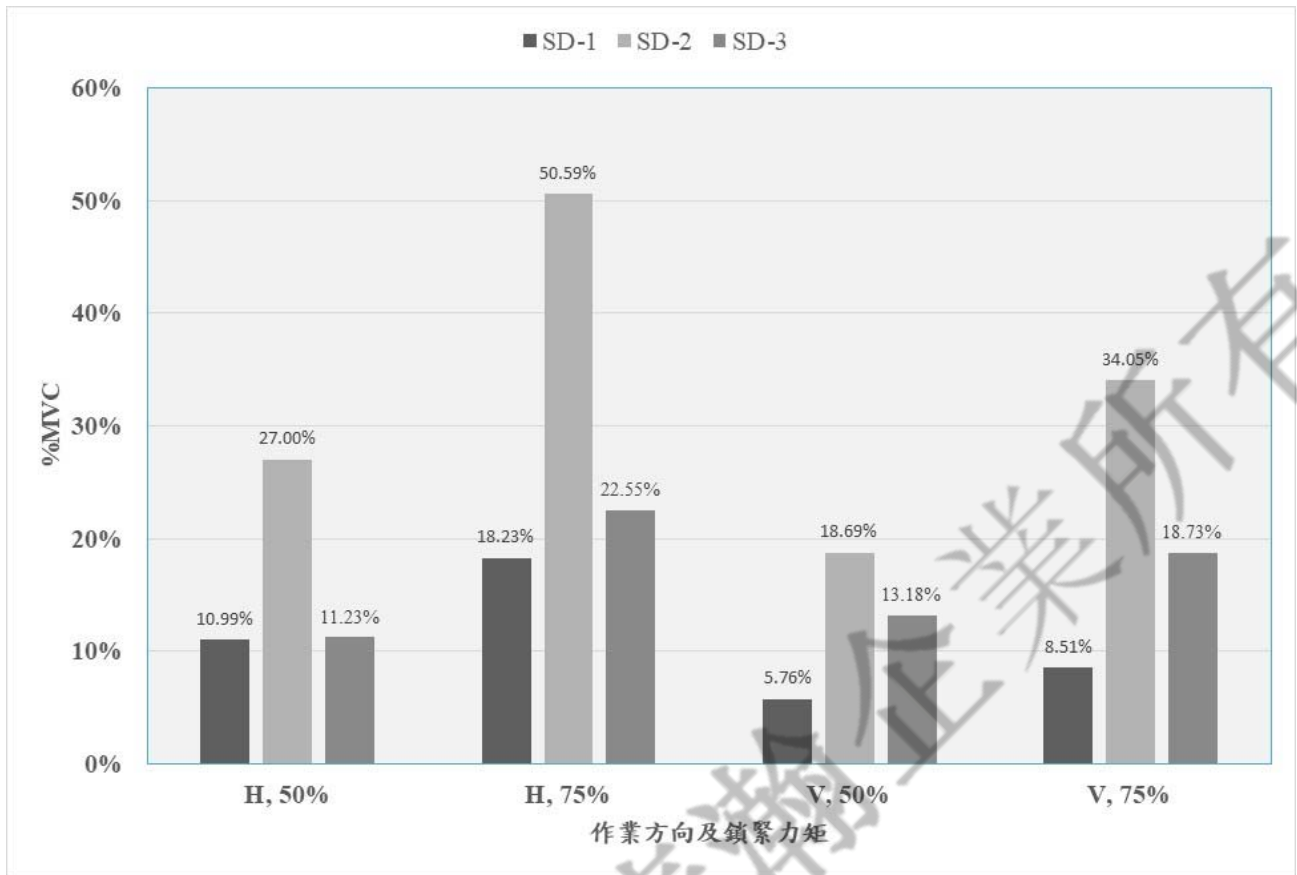


圖 9. 橈側屈腕肌(flexor carpi radialis, FCR)肌群施力百分比(%MVC)

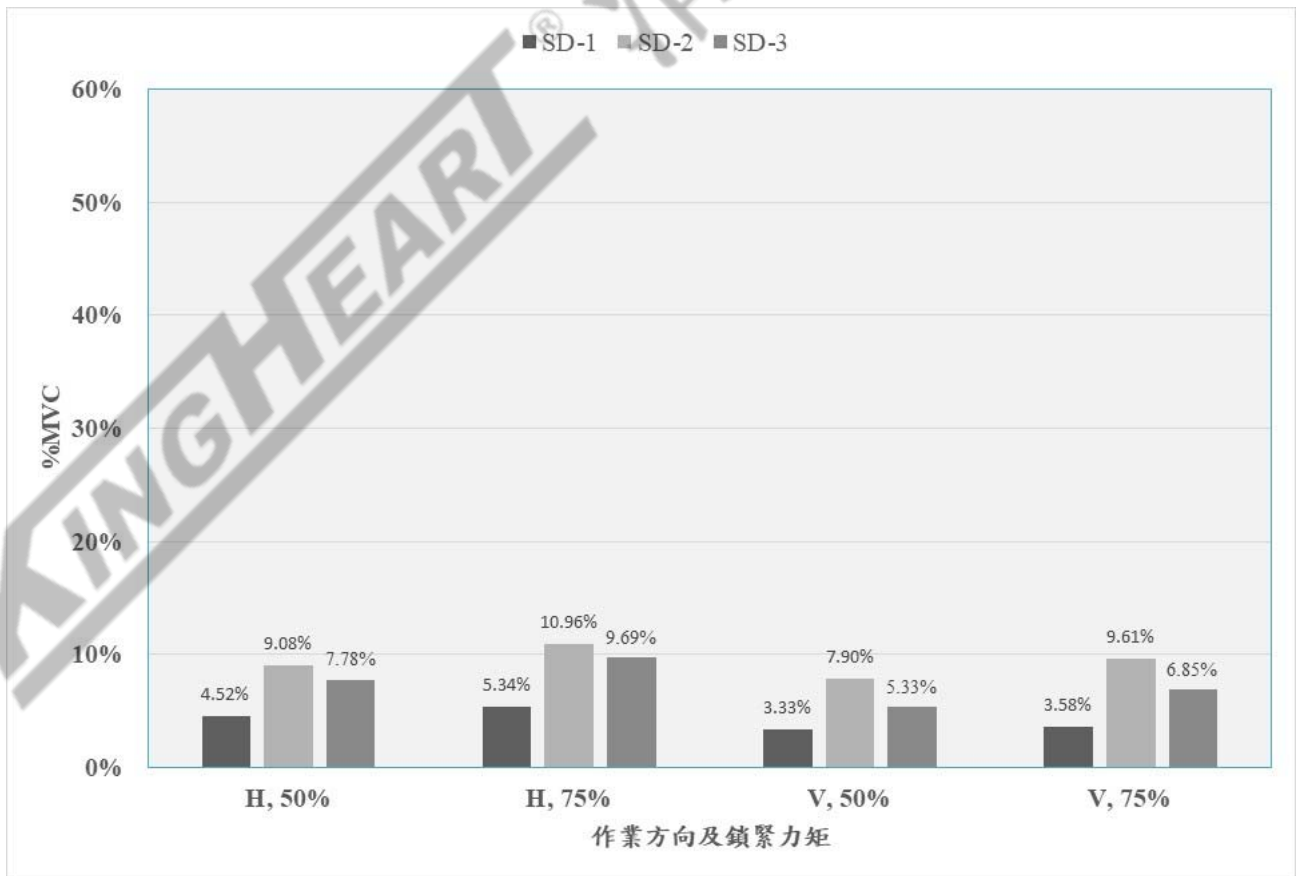


圖 10. 橈側伸腕長肌(extensor carpi radialis longus, ECR)肌群施力百分比(%MVC)

3.3 螺絲起子使用滿意度

本實驗以李克式五點量表評估 12 位男性受測者使用三款螺絲起子，於水平面及垂直面施行 50%及 75%鎖緊力矩之滿意度，結果如圖 11 所示。受測者使用 SD-1 螺絲起子之滿意度皆為 5 分(非常滿意)，使用 SD-2 螺絲起子之滿意度介於 2.42 分(水平作業，75%力矩)至 3.58 分(垂直作業，50%力矩)之間，使用 SD-3 螺絲起子之滿意度介於 2.50 分(水平作業，75%力矩)至 4.25 分(水平作業，50%力矩)之間。受測者使用 SD-1 螺絲起子之滿意度較使用 SD-2 及 SD-3 高 1.42-2.58 分及 0.75-2.50 分，顯示受測者使用手柄內部具特殊軟質結構之螺絲起子於水平面及垂直面作業之滿意度較其他二款螺絲起子為高。

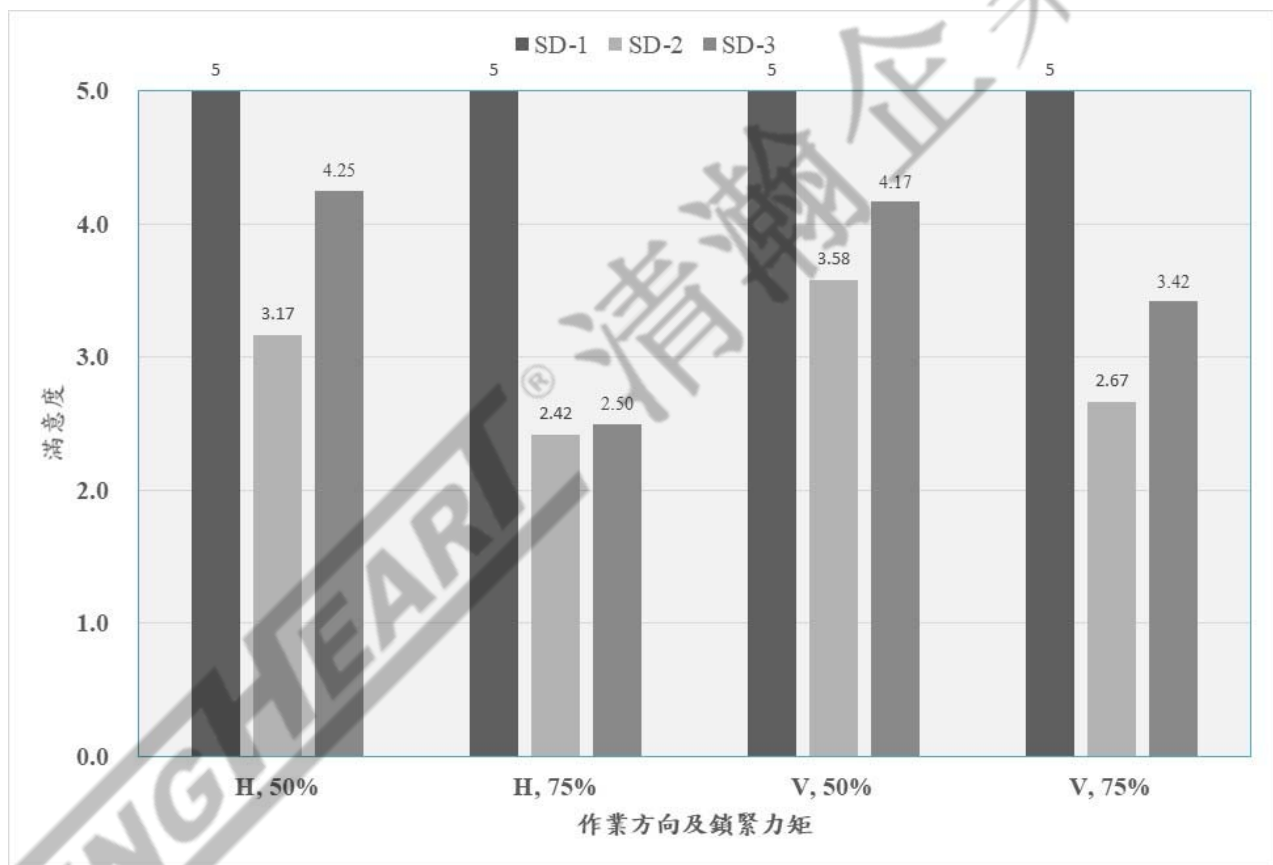


圖 11. 使用螺絲起子之主觀滿意度

肆、結論

最大力矩量測方面，手柄內部具特殊軟質結構之 SD-1 螺絲起子於水平面可施行之最大力矩較其他二款高 2.77 (SD-2)及 1.61 (SD-3)倍；於垂直面可施行之最大力矩較其他二款高 2.41 (SD-2)及 1.45 (SD-3)倍。

肌群施力量測方面，以各定值力矩施行鎖緊作業時，SD-1 螺絲起子四條肌群之肌群施力百分比(%MVC)皆較其他二款螺絲起子低，顯示手柄內部具特殊軟質結構之螺絲起子(SD-1)於水平面及垂直面作業時，較其他二款螺絲起子，皆可有效降低前臂肌群施力。

使用任一螺絲起子以最大力矩進行鎖緊作業時，手及手腕部位之負荷量應相近。故綜合最大力矩及肌群施力量測結果，以定值力矩進行鎖緊作業時，手柄內部具特殊軟質結構之 SD-1 螺絲起子，可有效減少正常使用下手及前臂部位之施力負荷，進而降低使用螺絲起子造成肌肉痠痛的危害。

附錄 1. 前臂四條肌群圖示 (源自維基百科, Wikipedia)

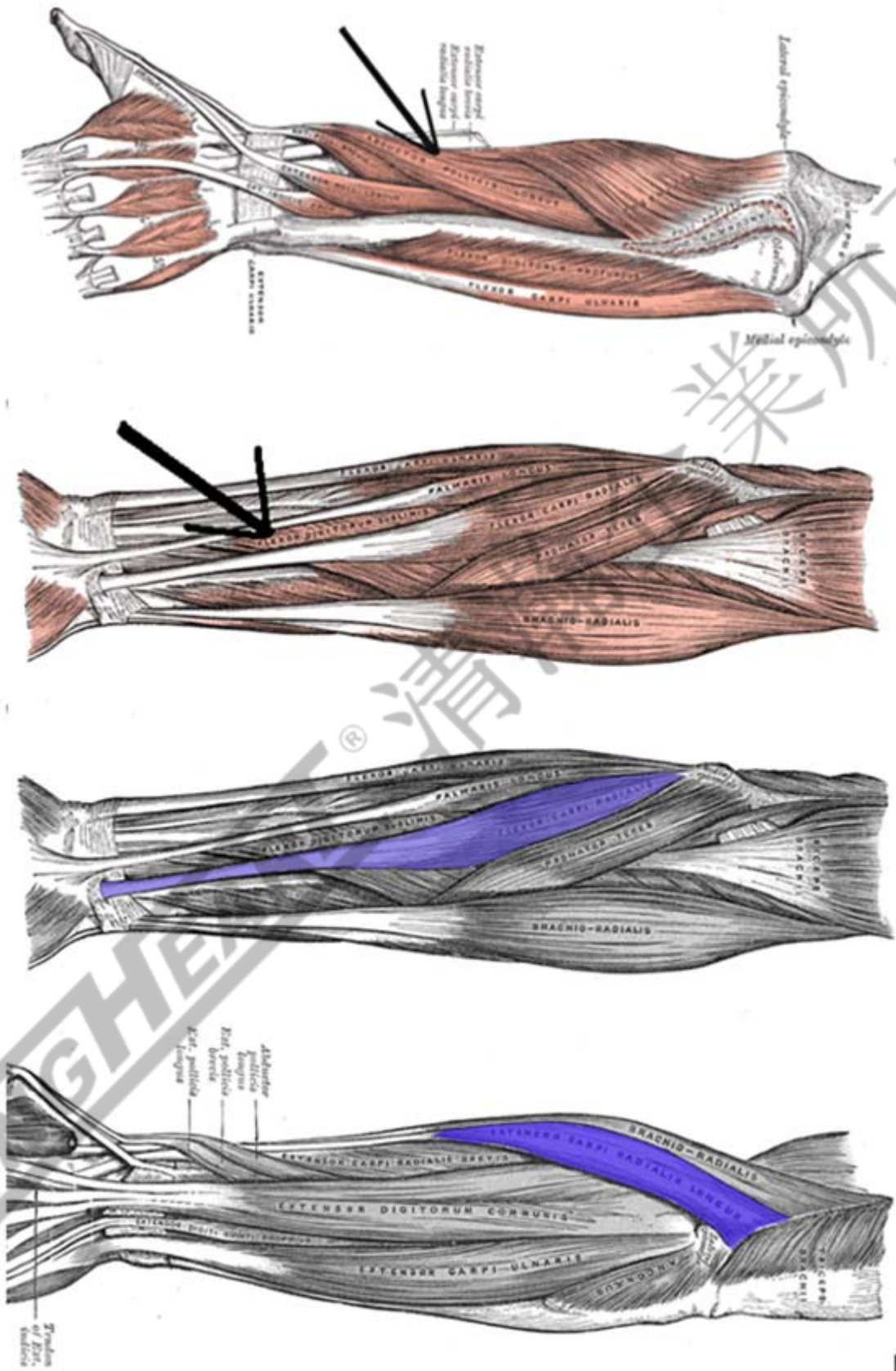


圖 12. 由上至下分別為外展拇長肌(abductor pollicis longus)、屈指淺肌(flexor digitorum superficialis)、橈側屈腕肌(flexor carpi radialis)、及橈側伸腕長肌(extensor carpi radialis longus)