

握把形狀與大小對腕部關節力的影響

The effects of the shape and size of handle on the force of wrist joint

計畫編號：NSC 90-2213-E-041-003

執行期限：88 年 8 月 1 日至 89 年 7 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、摘要

有許多學者研究影響握力的因素，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，本計劃模擬上肢在抬舉物件與使用手工具時的姿勢，量測手/握把介面的三維方向的力量與計算腕部關節面的三維方向力量，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；亦要觀察在固定某一上肢姿勢下，肌肉在動態收縮與靜態收縮下，握力與腕部關節力如何變化，了解握持的持續時間對動態握力的影響；握把間距與外型對動態握力的影響亦是觀察重點。結果可作為上肢姿勢、握把間距與外型的選擇以使最大握力能持續較長的時間並能達到減少腕部關節面的力量。

關鍵詞：抬舉作業、握力、腕部關節

二、緣由與目的

人為萬物之靈成為地球的主宰者，最主要的原因是人有靈巧的雙手，藉著雙手使用工具，原始時代使用石頭、石斧、石刀等；農牧時代使用鋤頭、鏟子、犁等；工業革命時代使用手工具與動力手工具等做槌搗、挖掘、刮擦及切割等動作，以創新物件，改善工作方式，提高工作效率，或完成純人力所無法完成的工作。另外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。固定

物件、控制物件的運動，此握力大小受到上肢姿勢、握把性質（如大小、角度、形狀、表面粗糙度等）、手/握把耦合程度等因素的影響，腕部關節面的三維方向的力量亦隨之受到影響。

抬舉作業是包含腿部、背部和手部肌力的協調，不當抬舉姿勢或負荷，除了會增加脊椎 L5/S1 的壓力，造成背部傷害外[1]，亦有可能造成腕部傷害[2]。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[3]指出上肢的累積性傷害是僅次於背部傷害，國內學者[4]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做研究。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。

本計劃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,亦即觀察手部肌肉在靜態收縮與動態收縮的兩種情況下的疲勞程度。

三、理論基礎

(a) 手部座標系

如圖 2-3 所示,以左手為例,身體呈解剖學姿勢,亦即人體直立,面向前方,兩眼平視,兩腳並立,腳尖向前,兩手貼身且手掌面向前。由貼附於手部的三個反光球 a、b、c 決定手部座標系, a、b、c 的解剖位置如下所述:

- a: 尺骨莖突(ulnar styloid process)
- b: 橈骨莖突(radial styloid process)
- c: 第三掌骨頭(3rd metacarpal head)

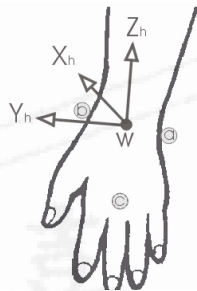


圖 3-1 手部座標系

設 $\vec{P}_a, \vec{P}_b, \vec{P}_c$ 分別表示 a、b、c、w 四點之位置向量, 其中 w 為 a 點和 b 點的中點,

$$\left. \begin{aligned} \vec{P}_w &= \frac{\vec{P}_a + \vec{P}_b}{2} \\ \vec{z}_h &= \frac{\vec{P}_w - \vec{P}_c}{|\vec{P}_w - \vec{P}_c|} \\ \vec{x}_h &= \frac{(\vec{P}_b - \vec{P}_a) \times \vec{z}_h}{|(\vec{P}_b - \vec{P}_a) \times \vec{z}_h|} \\ \vec{y}_h &= \vec{z}_h \times \vec{x}_h \end{aligned} \right\} (3-1)$$

\vec{x}_h 、 \vec{y}_h 、 \vec{z}_h 為單位向量, (3-1) 定出手部肢段的局部座標系。以左手為例時: \vec{z}_h 的方向由遠端指向近端、 \vec{y}_h 的方向指向外側、 \vec{x}_h 的方向指向前方 (以解剖學姿勢來看)。

以右手為主時: \vec{z}_h 、 \vec{y}_h 之式子與 (3-1)

中 \vec{z}_h 、 \vec{y}_h 之式子相同, 主要差別在於 \vec{x}_h 的求法 (見下式), 亦即 \vec{y}_h 的方向指向內側:

$$\vec{x}_h = \frac{(\vec{P}_a - \vec{P}_b) \times \vec{z}_h}{|(\vec{P}_a - \vec{P}_b) \times \vec{z}_h|}$$

(b) 前臂座標系

如圖 3-2 由貼附於前臂的 4 顆反光標記球座標, 可求出其局部的座標系; 但因抬舉過程中皮膚和骨骼之間的滑動會造成計算上的誤差, 所以貼於肱骨內外髁的標記球在進行抬舉的過程必須拿掉, 分析時再利用靜態時上臂的 marker triad 與其相對位置來推算抬舉時肱骨內外髁標記球的位置。

a、b、d、e 的解剖位置如下所述:

- a: 尺骨莖突(ulnar styloid process)
- b: 橈骨莖突(radial styloid process)
- d: 肱骨內側上髁(medial epicondyle of humerus)
- e: 肱骨外側上髁(lateral epicondyle of humerus)

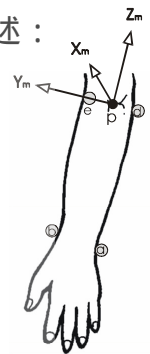


圖 3-2 前臂座標系

其中 p 為 d 與 e 之中點, 以 \vec{P}_d 、 \vec{P}_e 、 \vec{P}_p 分別表示 d、e、p 三點之位置向量,

$$\left. \begin{aligned} \vec{P}_p &= \frac{\vec{P}_d + \vec{P}_e}{2} \\ \vec{y}_m &= \frac{\vec{P}_e - \vec{P}_d}{|\vec{P}_e - \vec{P}_d|} \end{aligned} \right\} (3-2)$$

$$\vec{a}_p = \vec{P}_p - \vec{P}_a$$

$$\vec{x}_m = \frac{\vec{y}_m \times \vec{ap}}{|\vec{y}_m \times \vec{ap}|}$$

$$\vec{z}_m = \vec{x}_m \times \vec{y}_m$$

\vec{x}_m 、 \vec{y}_m 、 \vec{z}_m 為單位向量，(2-3)

訂定出前臂肢段的座標系；以左手為例時： \vec{z}_m 的方向沿著前臂的軸向指向近端、 \vec{y}_m 的方向指向外側、 \vec{x}_m 的方向指向前方(以解剖學姿勢來看)。以右手為主時： \vec{z}_m 、 \vec{x}_m 的式子與(2-3)中 \vec{z}_m 、 \vec{x}_m 的式子相同，主要差別在於 \vec{y}_m 公式求法(見下式)，亦即 \vec{y}_m 的方向指向內側：

$$\vec{y}_m = \frac{\vec{P}_d - \vec{P}_e}{|\vec{P}_d - \vec{P}_e|}$$

四、結果與討論

(一) 腕關節 Y 軸與 Z 軸的力量值變化

拾起重物時腕關節尺側及橈側方向的力量(Ulnar-radial force, F_y)如圖 4-1a、4-1b 所示，由最小值隨著抬舉動作的進行而上升，直到抬舉一定高度時力量到達最大值，然後在後抬舉時期變化就較為平穩。但腕關節軸向力(Axial force, F_z)如圖 4-2a、4-2b 所示，剛好與腕關節尺側及橈側方向的力量變化走勢相反，即最大值發生在拾起重物時，而從最大值隨著抬舉進行而下降，身體直立時到達最小值，後抬舉期的表現就較為平穩。

探討其原因應該是：當抬起時腕關節的 z 軸方向剛好與重力方向(也就是腕關節主要受力方向)的夾角比較小，所以受力會比較大；而腕關節 y 軸方向也就是尺側及橈側方向與重力方向的夾角比較大，又沒有像腕關節前後方向有受到重力以外的其他外力影響，所以受力比較小。當抬舉時腕關節 z 軸方向漸漸偏離重力方向，而腕關節 y 軸方向與重力方向的夾角卻漸漸變小，所以 z 方向所受到重力的分力越來越小，反之 y 方向的力量就越來越大。

(二) 腕關節 X 軸方向力量值的變化如圖 4-3a、4-3b 所示，腕關節前後方向力量值在握把內收 10 度、正中 0 度、外展 10 度時，雖然圖形的趨勢一致，但在身體直立到後抬舉期，其大小值方面卻有著明顯不同的變化，推論其原因應該是當握把在鉛直方向旋轉角改變時，使得腕關節 x 方向的角度在身體直立與後抬舉期時會有著明顯不同的變化，所以在握把內收與外展時的腕關節前後方向力量有著更明顯的差異。

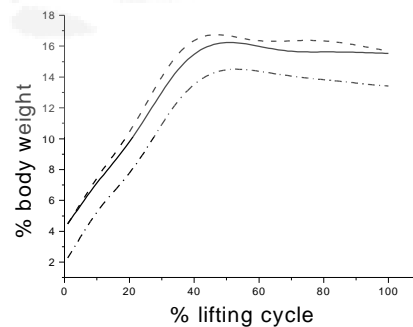


圖 4-1a 左手腕關節橈尺側受力圖形

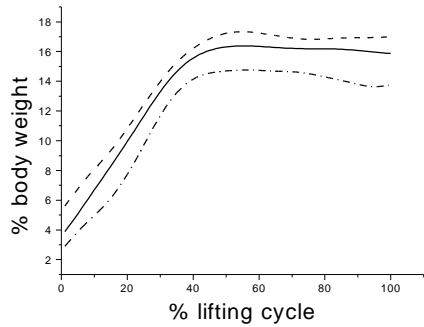


圖 4-1b 右手腕關節撓尺側受力圖形

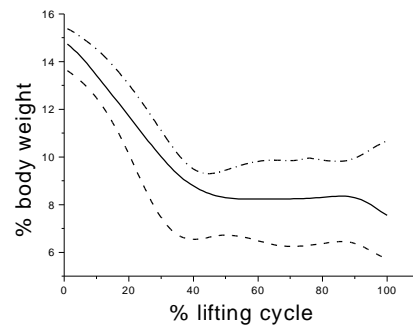


圖 4-3b 右手腕關節前後方向受力圖形

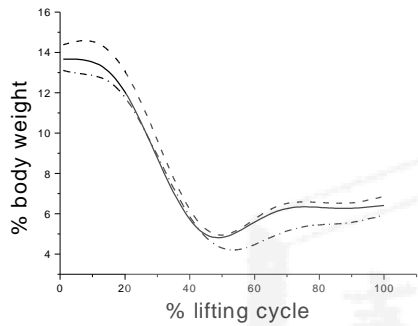


圖 4-2a 左手腕關節軸向受力圖形

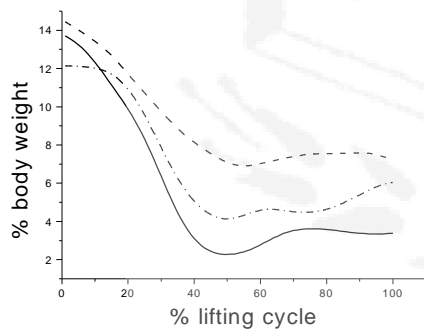


圖 4-2b 右手腕關節軸向受力圖形

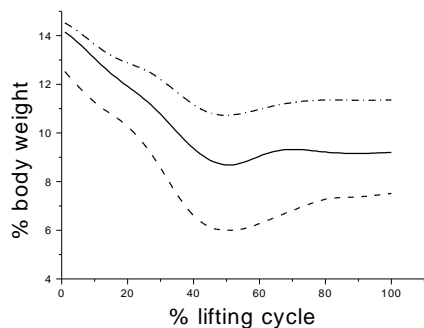


圖 4-3a 左手腕關節前後方向受力圖形

參考文獻

- [1] Ayoub, M. M., "Problems and Solutions in Manual Materials Handling: the state of the art", Ergonomics, 35(7), pp713~728, 1992.
- [2] Drury, C. G., Begbie, K., Ulate, C., and Deeb, J. M., "Experiments on wrist deviation in manual materials handling", Ergonomics, 28(3), pp. 577~589, 1985.
- [3] 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.
- [4] 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。
- [5] An, KN, Browne, AO, Korinek, S, Tanaka, S, and Morrey, BF, "Three-dimensional kinetics of glenohumeral elevation." Journal of Orthopaedic Research, 9: 143-149, 1991.

- [6] Anderson, V. P., "Cumulative trauma disorders: A manual for musculoskeletal diseases of the upper limbs", Taylor & Francis, 1994.
- [7] Grant, K. A., Habes, D. J., Steard, 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.
- [8] 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.
- [9] Winston, G. L., Narayan, C. V., "Design and sizing of ergonomic handles for hand tools", Applied Ergonomics, 24(5), pp351~356, 1993.
- [10] Bohlemann, J., Kluth, K., Kotzbauer, K., and Strasser, H., "Ergonomic assessment of handle design by means of electromyography and subjective rating", Applied Ergonomics, 25(6), pp 346-354, 1994.