

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

上肢甩刺與下肢運動模式在人因工程之應用研究

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC92-2213-E-164-004-

執行期間：92年08月01日至93年07月31日

執行單位：修平技術學院通識教育中心

計畫主持人：張志凌

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 93 年 11 月 2 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

上肢甩刺與下肢運動模式在人因工程之應用研究

主持人：張志凌 修平技術學院

計畫編號：NSC 91-2213-E-164-004

執行期限：92 年 8 月 1 日至 93 年 7 月 31 日

摘要

本研究以大專院校擊劍代表隊，受試者皆有中等運動會前六名的成績，在甩刺的動作中以不同握把角度的肌力疲勞性檢測和握力分析，以及有效刺點和運動時間、手腕的加速度、手腕的加速度和受力分析，並以影片分析出有效刺擊中上肢與下肢各關節的最佳角度，提供教練與選手在訓練上或比賽上的最佳參考資料。

壹、前言

一、研究背景與動機

王茂駿等 (1996) 研究指出，手工具使用最主要集中在操作手工具的上肢，另頸、肩、等部位亦容易感到不適，擊劍持劍的運動亦有相同狀況。研究亦發現，引發工作疲勞、酸痛的原因，除了工作本身的重覆性之外，主要是手工具設計不良導致的工作姿勢不良與過度施力。因此，在擊劍運動上能加強良好的手工具（劍具，主要指握把）設計，避免不良的姿勢與過度的用力，以及減少重覆性的訓練動作，對於減少甚至預防類似手工具之慢性累積性傷害之發生應有很好的效果。

Marras et al. (1993)，Schoenmarklin et al. (1994) 研究發現，手腕移動角度與造成手腕累積性傷害有顯著關係，移動角度越大越容易造成傷害，手腕在掌屈偏差的角度越大，造成不舒服的感覺越大。手腕角速度與角加速度對於累積性傷害有顯著關係，手腕角速度與角加速度也是造成手腕疲勞的一個很重要的因子。

鈍劍重量 500 公克，要產生劍尖甩刺，肩或背超過 500 公克以上的力量 $F=ma$ ，製造手腕大角度的攻擊，手腕的負荷便成了上肢最容易受傷的部位，因為甩刺需要以腕關節角加速度及反作用力的受力。為了預防手腕的過度傷害，過去上肢在人機介面的握把角度研究方面，張志凌、林房儻 (2001a) 研究指出，選手採用自己的經驗值握把角度方面，握把的角度在刺點與準確性及自覺滿意度都達到顯著水準，以人因工程的觀點而言， 9° 和 15° 是最符合擊劍運動比賽或訓練所需要的握把角度。另外以 Emanuel et al. (1980) 一切工具與運動器材的握把都彎曲成 $19^\circ \pm 5^\circ$ 為最佳角度的理論研究，林房儻、張志凌 (2002) 研究結果發現，包括 18° 、 21° 、 24° ，對於有效刺擊及準確度都有顯著影響，實驗指出， 18° 、 21° 在準確度和有效刺擊的綜合表現，顯然都優於張志凌等 (2001a) 研究的最佳角度 9° 、 15° 。不管在選手比賽中的經驗值或是手工具的握把角度的研究，其目的都是在減少手腕尺偏 (ulna deviation)，預防腕道症

候群的發生。

在擊劍運動下肢研究方面，大陸擊劍（1996）文中提到，簡單長刺動作後腳最大蹬力平均為 802.3 牛頓，前進加上長刺動作後腳最大蹬力平均為 1051 牛頓，擊劍比賽當中平均一刺點要做 30 - 50 次的長刺動作，一場比賽勝點為 15 點，一場比賽平均要做 450 - 750 個的長刺動作，比賽一場時間為 9 分鐘分三小節，每小節三分鐘，也就是每分鐘平均要做 50 - 83 次左右，雖然其中未扣除裁判喊暫停的時間，但高頻率重覆性的動作對於選手的下肢負荷相當沉重。Bower（1985）研究指出，長刺是攻擊的基本動作之一，長刺能迅速縮短距離去刺擊對方，也可以快速恢復成起勢的姿勢，準備再次攻擊或防守。Alaux（1975）認為長刺是為製造攻擊最主要的腳步動作。如何減少長刺動作的次數，提高有效的刺擊能力，避免體力的浪費，如何速度的提昇，保持易攻易守的預備姿勢（起勢），將是本研究的主要課題。

本研究以人因工程的觀點探討上肢、下肢最佳化運動模式的建構，最佳運動模式的取得最主要之目的就是要提昇比賽的運動績效避免運動傷害，在擊劍運動得運動績效就是提昇有效刺擊，提高準確性及避免運動傷害。上肢在運動學所扮演的角色是非常重要的，本研究以甩刺動作做為探討上肢運動模式之動作，上肢是以持劍手上肢的關節，包括腕、肘、肩等關節的角度變化，以及相關肌肉包括拇指內收肌、尺側屈腕肌、橈側屈肌、肱二頭肌和肱三頭肌在訓練時肌肉疲勞程度的研究，如何在訓練當中減少手腕關節的受力以及瞬間角加速度的負荷，以甩刺背後動作，探討上肢各關節的角度變化，手腕甩刺的加速度、受力及有效性的關係研究。

在下肢的研究方面，選手在決定採取積極進攻或守勢時，起勢（on guard）便有所不同。擊劍 80% 左右的有氧運動（擊劍，1996），以選手個人不同的起勢角度（擊劍的預備姿勢 **On Guard**），包括髖關節、膝關節、踝關節等角度，以及上半身軀幹前傾角度等，如何去確認從不同起勢之關節角度在反應時間和動作時間比較其差異性與相關性，再從不同的反應時間和動作時間去探討和下肢雙腳之膝關節、髖關節、踝關節等關節角度在長刺動作的最佳組合。

二、研究目的

- （1）不同握把角度在連續性且長時間用力的 **EMG** 疲勞程度的差異性。
- （2）避免手腕的過度尺偏，建構出上肢在甩刺時各關節（腕、肘、肩）的最佳組合。
- （3）下肢各關節（踝、膝、髖）角度與運動時間（反應時間和動作時間）的相關性。
- （4）建構最佳起勢（**On Guard**）之下肢預備姿勢。

三、相關名詞定義

- （1）起勢（**On Guard**）：在擊劍訓練或比賽，不管是攻擊或防守，前進或後退，是選手最好的預備姿勢。
- （2）甩刺：它是一種來自多方角度的攻擊路線，也是一種大尺偏的動作，主要攻擊對手的肩膀及背後的有效部位，也就是用刺的動作無法有效得點的地方。
- （3）運動模式：針對特定動作，身體生體機能組合而成達到目的之一種型式的運動學。

(4) 尺偏：手掌向尺骨或小指的方向偏移（李開偉，1999）。

貳、文獻探討

一、握把對手部的影響

Terrell 與 Purswell (1976) 指出，當手腕往任何方向彎曲時，手的握力會因而減少。抓握力的減少會增加抓不牢工具，甚至掉落的可能，如果嘗試維持足夠的力量去抓，則容易產生疲勞，因此應注意當手拿握把時如何使手腕保持正直，以免壓迫到正中神經，由此可見手部的傷害是最常見的工作傷害之一。擊劍比賽為了達到瞬間最高效率，大部份時間都是持續握緊劍準備做攻擊或防守，因此容易產生疲勞，也是擊劍運動傷害主要部位之一。

Schoenmarklin 與 Marras (1989a、1989b) 在工具握把研究發現，生手們在使用 20° 或 40° 的彎柄鐵鎚時，比直柄鐵鎚的使用，造成較少尺偏總量，除此以外，與直柄相比較之下，彎柄並不影響打擊績效、前臂肌疲勞度或不舒適感評比。

工具的握把包括鐵鎚、刀斧、鋤、鏟與大剪刀等，文獻證明，彎柄的握把確實可以減低尺偏的總量，但是不影響打擊績效，不會增加前臂肌疲勞度或減低使用滿意度的評比。Emanuel、Mills 和 Bennett (1980) 研究發現許多工具與運動器材握把最佳的角度為 $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ ；Krohn、Konz (1982) 發現彎曲 10° 的鎚柄優於傳統的直柄鐵鎚；Schoenmarklin 與 Marras (1989a, 1989b) 的研究發現，生手們在使用 20° 或 40° 的彎柄鐵鎚時，造成較少尺偏總量；Knowlton 與 Gilbert (1983) 也發現使用直柄的鐵鎚會引起較大的尺偏。

工作目的不同，使用的工具也不同，但是，工具改良的目的就是要提昇工作績效，避免工作中的傷害或是工作所造成的 CTDs。從文獻發現，手工具握把的改良，握把角度的取得，對於工作效率的提昇、尺偏總量的減少、甚至對準確性的提昇都有顯著的幫助，對於受試者的自覺性滿意評量皆有顯著差異。根據 Armstrong et al. (1986) 研究，導致 CTDs 的主要風險因子 (risk factors) 包括工作姿勢 (Posture)、施力大小 (Force) 與重複性 (Repetition)。一般相信，工作姿勢 (Posture)、施力大小 (Force) 與重複性等組合因素才是導致 CTDs 的主要原因。

彎柄握把的使用，大部份在敲擊力量的使用，對於準確度的要求並不是很高，它是一種屬於連續性長時間的敲打作用。在運動器材擊劍的握把研究方面，不同握把角度對於擊劍的刺擊有效性、刺擊準確度以及受試者理想滿意度都達到顯著差異 (張志凌，2001)。手腕在擊劍格鬥比賽中，除了支撐 110 公分長劍的重量外，更要肩負激烈敲擊與防禦格鬥的任務。防禦動作需要速度性的力量抗衡，在高速持劍敲擊的訓練和比賽，就好像手與工具的傷害研究一樣重要。

張志凌、林房儻 (2001a) 以人因觀點對劍身角度的研究中發現，劍身下壓角度為 9 度時，對於甩劍的刺擊和準確度都有極顯著差異。下壓角度愈大 (實驗中最大為 15 度) 在主觀的理想滿意評量中平均數最高，也達顯著水準。手腕持劍比賽也是一種長時間持續相同動作的運動，選手如何選擇適合自己的握把，或者設計出適合自己使

用的握把，結合劍身的下壓角度，對於手腕累積性的傷害預防將有直接的幫助。

文獻證明，手工具的握把角度能減少手腕的累積性傷害，擊劍握把適當角度對於刺擊的有效性及準確性都達到顯著水準，也可減少尺偏角度。

二、運動姿勢與下肢腳步的探討

運動或訓練因為不同動作下肢力量的承受大小就不一樣，相子元等（1998a）研究中，下肢動作在步行、慢跑、快跑、跳等動力學分析中，以測力板做地面反作用力的測驗，研究發現慢跑最大受力約為體重的 2.5 倍，快跑約為體重的 3-4 倍，在跳躍的動作中離地瞬間受力約為體重的 3 倍，著地約為體重的 5 倍以上，鞋底的設計應在結構或材質可以有效減少力量的負荷。不同的運動項目也應有不同之設計需求，擊劍運動是以躍、蹬、跳及滑步較多的運動，步法急停改變前進或後退的頻率比其它運動項目還高，前進和後退是以類似滑步的動作，鞋子抓地磨擦力要求較高。在攻擊長刺動作是比賽最常出現的動作，這些是屬於蹬、跳的動作。

相子元等（1998b）的研究發現，以運動學的觀點，不同的下肢動作形式，會造成踝關節角度不同的變化，起跳前和前滑前的踝關節動作的活動度便是屬於最小和最大的，鞋子的設計便應該考量到足夠的變形量，如此才能較好的能量反彈功能。黃景鶴（1999）研究發現，下肢肌力強對加速或減速，攻或守的技巧性動作皆能有效掌控，下肢肌力強在閃躲較容易，不易與對手相撞，且技巧性動作較能運用自如。

擊劍（1996）一文提到，擊劍比賽當中平均一刺點要做 30 - 50 次的長刺動作，簡單長刺動作後腳最大蹬力平均為 802.3 牛頓，前進加上長刺動作後腳最大蹬力平均為 1051 牛頓。一場比賽勝負點為 15 點，平均要做 450 - 750 的長刺動作，比賽一場時間為 9 分鐘分三小節，每小節三分鐘，也就是每分鐘平均要做 50 - 83 次左右，雖然其中未扣除裁判喊暫停的時間，高頻率重覆性的動作對於選手的腿部負荷也是相當沉重。張志凌（1995）研究指出，銳劍在比賽中所有得點的步法中，長刺的步法佔 51.67%，可見長刺步法在比賽中之重要。

三、肌電圖在檢測肌肉疲勞應用

黃勝裕（2000）研究指出，肌肉疲勞時，因神經傳導速率下降和不同運動單元的交替，肌電訊號將顯著轉變為低頻特性，肌電圖經快速傅立葉轉換（FFT）的訊號頻譜分析，可得到評估肌肉週邊疲勞之指標。黃君又指出，肌肉大致可分為快肌、慢肌，快肌力大但容易疲勞，因此一旦疲勞發生，通常剩下較多的慢肌在維持力量輸出，慢肌大部份傾向低頻特性，因此會使整個頻譜向低頻擠壓。許君柔等（1993）研究發現，在辨別肌電圖訊號時，以分開式電極貼法，較優於電極貼在一處者佳。Schoenmarklin et al.（1989）以肌電訊號的中位頻率來估計疲勞比例值，結果發現手腕在尺偏方向的工作會顯著影響手腕的疲勞。

參、研究方法

本研究針對研究目的，以二個實驗來探討不同握把角度手腕握劍時橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱二頭肌和肱三頭肌，在連續性不同肌肉疲勞程度的差異性分析，以及

製造有效刺擊對手背的手腕甩劍的加速度與反作用，了解手腕瞬間的受力。

實驗一：不同握把角度在長時間且連續性的拇指內收縮肌、橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱二頭肌和肱三頭肌的疲勞程度差異性。

一、受試者

以國內大專院校鈍劍選手 7 名，男女選手各為 4、3 名，選手都曾獲得大專院校擊劍賽或全國中等學校運動會前六名成績。

表 3-1 男性受試者個人基本資料 (N=4)

項目	平均值	標準差	最大值	最小值
年齡 (年)	19.98	1.04	21.17	19.08
身高 (公分)	170.75	5.68	177	165
體重 (公斤)	67	12.19	82	67
劍齡 (年)	4.69	0.63	5.5	4.0

表 3-2 女性受試者個人基本資料 (N=3)

項目	平均數	標準差	最大值	最小值
年齡 (歲)	18.94	4.16	19.33	18.67
身高 (公分)	162.33	8.62	170	153
體重 (公斤)	51.33	1.15	52	50
劍齡 (年)	4.42	0.38	4.75	4

二、實驗設備

- (一) Biometrics Ltd 生產之 LS800 Laboratory systems 及 EMG 肌電訊號感應片六組。
- (二) SiliconCoach 影像分析系統乙組。
- (三) 握把角度各為 9、12、15、18、21、24 度等六把同規格，不同握把角度的劍。
- (四) 甩刺站立人靶：皮製，調整固定高度為 172 公分，側身角度（面對受試者右肩在前左肩在後）身體前胸線與受試者角度約 135 度。
- (五) 節拍器一台。

三、實驗設計

- (一) 將 EMG 感應片貼在拇指內收縮肌、橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱三頭肌和肱二頭肌之皮膚表面，並連接在 LS800 Laboratory systems。
- (二) 在實驗前先記錄受試者最大自主收縮值 (MVC)、休息時的肌電值。
- (三) 以每秒做一次敲劍手伸直刺的動作，節奏控制以節拍器輔助。連續三分鐘，之後再讓受試者休息五分鐘後，重複前項動作，並利用 EMG 記錄過程肌電值。
- (四) 資料收集與分析

在不同握把角度中橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱二頭肌和肱三頭肌的肌肉疲勞性

檢測方面，肌電訊號用來分析肌肉疲勞狀態的方法，有原始肌電訊號均方根、肌電訊號中位頻率平移之分析等方法，本研究先以原始肌電訊號的均方根，也就是以動作後 5 秒鐘之均方根減去動作前 5 秒鐘均方根；中位頻動作後 5 秒鐘平均數減去動作前 5 秒鐘平均數，以中位頻平均數之差值，來判斷橈側屈肌、尺側屈肌、肱二頭肌、肱三頭肌持劍刺擊防禦動在不同劍身握把角度原始資料的均方根、中位頻譜以及高低頻位移的差異分析，了解肌肉的疲勞性及施力大小之差異比較。

實驗二：甩刺上肢、下肢的關節角度與手腕關節受力研究

以上肢的甩刺而言，有效刺點劍頭壓力要大於 500 公克以上，加上劍刃 170 公克時的手腕受力。本實驗以同批號出廠的劍條在握把與劍刃接點處齊平切斷，量測其重量為 170 公克，測出劍刃重心點安裝加速規，並加以固定。以加速規記錄甩刺時的加速度與反作用力，再換算手腕受力，此為下肢位移的作用力加上肢甩刺的加速度，本研究以動態手腕甩刺的加速度稱之。

一、受試者：

以國內大專院校鈍劍選手 8 名，選手都曾獲得全國運動會銀牌、大專院校擊劍賽或全國中等學校運動會前三名的成績。

表3-3 受試者個人資料敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
年齡（年）	8	19.50	22.80	20.9375	1.2928
身高（公分）	8	167	183	175.13	4.79
體重（公斤）	8	52.00	83.00	66.2500	9.7797
劍齡（年）	8	3.00	8.00	6.0625	1.6995

二、實驗設備

- （一）Biometrics Ltd 的加速規和 LS800 Laboratory systems 生物訊號擷取系統。
- （二）SiliconCoach 影像分析系統乙組。
- （三）Sony DRV-950 數位攝影機一部。
- （四）甩刺站立人靶：皮製，調整固定高度為 172 公分，側身角度（面對受試者右肩在前左肩在後）身體前胸線與受試者角度約 135 度。

三、實驗設計

本實驗探討上肢、下肢關節角度主要目的是以運動力學的觀點，輔之運動動作分析系統，找出甩刺長刺時腕關節、肘關節、肩關節最佳化的運動模式組合。在相同刺擊條件下，以運動力學的觀點，找出膝關節、肘關節、肩關節最佳化運動模式組合。

（一）每人做長刺（lunge）動作 15 次，登錄如下記錄：

- 1、運動時間：受試者看燈訊亮時，做長刺動作甩刺號背後的動作。
- 2、有無刺中目標。
- 3、同步攝影，並置放校正尺（2 公尺），以便校正測量上肢關節與手腕橈偏角度，下肢各關節角度。

(二) 記錄動作時間與上、下肢關節角度、軀幹和大腿髖關節角度的變化。

(三) 比較起勢、動作時間的關節角度變化。

肆、結果與討論

一、不同握把角度在長時間且連續性的橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱二頭肌和肱三頭肌的疲勞程度差異性

握力與握把工作時間的疲勞性相當程度的關係，根據Sanders和McCormick (1998) 指出，工作或運動時約使用最大肌力25%左右，則可維持較長的工作時間（10分鐘以上）。本實驗前、後檢測不同握把角度（9°、12°、15°、18°、21°、24°）的最大握力，如表4-1。

表4-1 不同握把角度握力差敘述統計表

握把角度	實驗前平均握力	實驗後平均握力	實驗前後平均握力差
9	46.161	41.164	4.69
12	41.697	36.171	5.229
15	39.074	38.475	5.884
18	42.931	36.327	6.606
21	45.491	37.406	10.330
24	43.721	35.057	8.664

握力差以單因子變異數分析，不同劍身握把角度，在經過 120 次的重複刺擊防禦動作以後，不同劍身握把角度對於握力差達到顯著差異水準，如表 4-2，F 檢定值為 2.844 ($p < .05$)，達到顯著差異。再以 Duncan 分組事後檢定發現，21°劍身握把角度對其它握把角度達到顯著差異，為平均數最高的群組 (grouping)，24°、18°平均數則介於 A、B 群族之間，9°則屬於 C 群族，如表 4-3。不同握把角度對握力差達顯著差異，大角度握把會影響握力，握把角度的選擇應有助於擊劍訓練或比賽減緩疲勞的產生。從握力檢測發現，21°握把角度對於其它握把角度達到顯著水準，也就是在相同工作時間內最容易（最快）出現疲勞的握把角度。根據 Lin (2004) 研究發現，21°、18°握把角度在有效刺擊和準確度的實驗具有最佳表現的兩個角度，因此為了求取比賽的最後勝利，平時訓練應加強 21°握把的肌耐力訓練，一旦與實力旗鼓相當的對手遭遇時，在長時間或高強度的比賽獲得最佳的優勢。

表 4-2 握力實驗前後差變異分析摘要表

變異來源	自由度	平方和	平均平方和	檢定	顯著性
組間	5	130.297	26.059	2.844	.029*
組內	36	329.827	9.162		
總和	41	460.124			

* $p < .05$ ，** $p < .01$

表4-3 握力實驗前後差鄧肯分組表

鄧肯分組	平均數	N	劍身角度
A	9.5171	7	21°
A B	8.6643	7	24°
A B C	6.6057	7	18°
B C	5.8857	7	15°
B C	5.2400	7	12°
C	4.6786	7	9°

* 顯示的是同質子集的平均數

在不同握把角度中橈側屈腕肌、尺側屈腕肌、肱二頭肌和肱三頭肌的肌肉疲勞性檢測方面，經原始肌電訊號均方根、肌電訊號中位頻率平移和低頻位移的差異分析，四條肌肉都沒由達到顯著水準。進一步研究發現未達顯著可能原因有二，一是握把角度的間距每個水準為 3 度，3 度可能間距過小，不易產生明顯的間距疲勞性。第二個原因可能是動態的肌電訊號疲勞性檢測本來難度就很高，包括受試者本身個人的生理差異等，加上握把角度 3 度的水準可能差異不大，因此不容易檢測出差異性。

握力是擊劍很重要的條件，尤其在準確度和有效刺擊方面，握力在出劍速度應是很重要的因子之一，雖然擊劍不只是單純的肌力、準確度和肌耐力的比賽，事實上它是一項開放性技術的競技項目，觀察能力、冷靜判斷、第一時間反應的控制等，以及戰術的形成和執行等，但事實上沒有握力，就沒有速度，沒有準確度，也就沒有主動的權力，對於擊劍運動而言，握力應是很重要的致勝條件。

二、甩刺上肢、下肢關節角度與手腕關節受力研究

(一) 手腕甩刺受力以及上肢關節的研究

表 4-4 手腕力量與受力的敘述統計

	個數	最小值	最大值	平均術	標準差
甩刺加速度	120	35.90	80.00	63.18	10.43
甩刺的反加速度	120	56.60	84.45	65.56	5.24
手腕受力	120	6.23	13.88	10.96	1.81
手腕反加速度的受力	120	9.82	14.65	11.37	.90
最大握力	120	37.35	63.78	51.29	7.95
靜態手腕加速度	120	29.45	72.36	44.11	12.27
靜態手腕加速度的反作用力	120	47.23	80.15	58.46	9.65

受力與握力單位：牛頓

本實驗分析發現，當手腕施力甩刺的瞬間，動態(包括身體與上肢對劍的加速度)、靜態(單純上肢對甩劍的加速度)加速度的反作用力、有效擊中的點數、最大握力經過t檢定結果發現，除了手腕受力與有效擊中沒有達到顯著水準以外，選手的最大握力與手腕受力、有效擊中、靜態手腕受力都到顯著差異，請參考表4-5。

根據統計分析發現，甩刺的加速度與有效擊中沒有顯著差異，受試者的握力大小與手腕受力以及是否能有效刺擊都達到顯著水準，因此握力的大小對選手的有效刺擊

及手腕受力都有決定性的影響。手腕甩刺加速度越大對於手腕的受力將會相對的增加，手腕的運動傷害也會相對的提高。因此甩刺應是一種技巧性的動作，上肢各關節的配合將是很重要的組合。

表4-5 手腕受力與握力及刺點有效性的成對樣本t檢定

	成對變異差異					t	自由度	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			
手腕受力 - 有效刺擊	-.4150	2.64	.93	-2.62	1.79	-.44	7	.670
有效刺擊 - 最大握力	-38.89	6.85	2.42	-44.61	-33.16	-16.06	7	.000
手腕受力 - 最大握力	-39.30	8.44	2.98	-46.36	-32.25	-13.18	7	.000
靜態手腕受力 - 最大握力	-42.61	8.02	2.84	-49.32	-35.90	-15.02	7	.000
有效刺擊 - 靜態手腕受力	3.72	3.29	1.16	.97	6.47	3.20	7	.015

(二) 有效刺點在不同預備姿勢（起勢）上肢和下肢關節與反應時間的研究

本實驗受試者，以『起勢』（on guard）預備，當信號（燈號）亮時，即迅速做出長刺甩刺動作，在15次甩刺動作平均有效刺擊為11.38，信度達0.758，可靠度應可接受。統計各關節在有效刺擊點的預備關節角度如表4-6。其中手腕尺偏/橈偏活動角度可達36°/21.5°，手腕屈/伸活動角度為76.4°/74.9°，為了製造甩劍的加速度，手腕橈偏的活動便轉向腕伸的動作，本實驗測得腕關節的角度值最高為54°，平均達39.75°。這對於手腕加速度受力幾近手腕最大握力25%的動作，極容易導致擊劍選手手腕的運動傷害，甩劍是最主要原因。

表4-6 有效刺點與各關節角、運動時間的成對樣本t檢定

	成對變異差異					t	自由度	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			
有效刺擊 - 動作時間	10.3625	2.5476	.9007	8.2326	12.4924	11.505	7	.000
有效刺擊 - 肩關節角度	-66.5412	15.4040	5.4461	-79.4193	-53.6632	-12.218	7	.000
有效刺擊 - 肘關節角度	-67.0750	18.8798	6.6750	-82.8589	-51.2911	-10.049	7	.000
有效刺擊 - 腕關節角度	-28.3750	8.7043	3.0774	-35.6520	-21.0980	-9.220	7	.000
有效刺擊 - 髖關節角度	-113.5500	8.5815	3.0340	-120.7243	-106.3757	-37.425	7	.000
有效刺擊 - 膝關節角度	-117.1500	12.3505	4.3666	-127.4753	-106.8247	-26.829	7	.000

甩刺所造成的受力對於手腕的傷害將是擊劍選手的致命傷，如何避免手腕的運動傷害，取得上肢與下肢的最佳角度將是最迫切的需要，本研究將有效刺點與各關節角、運動時間的資料經成對樣本t檢定後如表4-6。表4-7中，各關節將角度將可提供給教練與選手做為訓練和比賽的參考。

表4-7 有效刺點與各關節角、運動時間的關係表

	個數	最小值	最大值	平均數	標準差
有效刺點	8	8.00	15.00	11.38	2.50
運動時間	8	.79	1.16	1.01	.109
肩關節角度	8	56.33	100.20	77.92	14.24
肘關節角度	8	48.80	103.20	78.45	19.66
腕關節角度	8	32.00	54.00	39.75	7.96
髖關節角度	8	114.00	137.00	124.93	7.40
膝關節角度	8	112.00	143.20	128.53	11.24

伍、結論

本實驗以SiliconCoach 影像系統分析發現，甩刺主要是運用手腕加速度前的反作用力動作，製造瞬間的力量，手腕尺偏的動作並不是很明顯。而橈偏的運動對於腕關節將是另一種對手腕產生的運動傷害。握力對於擊劍選手是一種必備的條件，最佳握力將產生最佳的爆發力，在速度及準確度才会有最佳表現，而本研究最加關節角度配合速度、肌耐力將是比賽獲得勝利的最佳利器。

引用文獻

- 王茂駿、楊肅煌、張志宏、葉文裕、陳志勇（1996）。手工具使用與累積性工作傷害關係性之探討 - 以一電機工廠為例。勞工安全衛生研究季刊，4。3。19-29。
- 李開偉（1999）。人因工程 - 基礎與應用。台北市：全華科技圖書股份有限公司。3-9。
- 林永昇（1999）。花劍防守還擊制勝法。亞太國際出版有限公司。
- 相子元、楊明恩、黃泰源、楊文賓（1998a）。下肢動作之動力學特性。協技通訊，74。84-87。
- 相子元、楊明恩、黃泰源、楊文賓（1998b）。下肢動作之運動學特性。協技通訊，73。88-91。
- 黃景鶴。（1999）。冰上曲棍球運動員的下肢肌力與頸部傷害之關係。國位臺灣體育學院學報，5。367-372。
- 黃勝裕（2000）。肌肉週邊疲勞之肌電圖判定。中華體育，14。1。109-115。
- 張一岑（1997）。人因工程學。台北市：揚智文化股份有限公司。
- 張志凌（1995）。銳劍攻擊戰術的研究分析。樹德學報，16。451-489。
- 張志凌、林房儻（2001a）。鈍劍劍身下壓角度對甩劍動作之影響。台中市：台灣體育學院學報，9。591-607。
- 張志凌、林房儻（2001b）。擊劍戰術對比賽勝負影響之統計分析。台中市：台灣體育

- 學院學報，8。239-251。
- 張志凌（2000）。擊劍戰術與劍具改良對運動績效之影響。台中市：國立台灣體育學院體育研究所，未出版的碩士論文。
- 張志凌、林房儼（2001c）。擊劍戰術對比賽勝負影響之統計分析。台中市：台灣體育學院學報，8。239-251。
- 張志凌、林房儼（2001c）。擊劍運動之長刺動作傷害分析研究。台中市：修平學報，3。239-250。
- 林房儼、張志凌（2002）。運動績效與運動傷害之人體工學應用研究 - 以擊劍運動為例。國科會專題研究計畫（計畫編號：NSC 90-2218-E-028-001）。
- 張志凌、褚曾文、林智隆（2004）。不同握把角度之握力績效檢測。台中市：修平學報，9。15-30。
- 許勝雄。（1991）。人因工程與體育運動。台北市：文化體育。48-51。
- 游志明。（1998）。手腕姿勢、施力與動作頻率對手腕疲勞之影響。中原大學工業工程學系碩士學位論文。
- 蘇木川。（1998）。老人用手杖之研究與設計。大同工學院工業設計研究所碩士論文，76-77。
- 擊劍。（1996）。人民體育出版社，北京。
- 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.
- Kroemer, K, H, e., 1970, Human Strength: Terminology, Measurement, and Interpretation of data, Human Factors, 12, 3.
- Lin, F. T., (2004). Optimal handle angle of the fencing foil for improved performance, Perceptual and Motor Skills, 98, 920-926.
- Lin, F. T., & Chang, C. L., (2001). An application for research of human factors on foil blade angle, The 6th Pan-Pacific Conference on Occupational Ergonomics, 351-354.
- Lin, F. T., & Chang, C. L., (2001). Human Factors Design and Application of Foil Blade Angle, Proceeding of 21st FISU Congress, 211-212.
- Marras, W. S., and Schoenmarklin, R. w., 1994, Wrist Motions in Industry, Ergonomics, 36, 341-351.
- Sanders, M. S. & McCormick E. J.,(1993). Human Factors in Engineering and Design(7th ed). Singapore: McGraw-Hill. 383-409