

鈍劍握把角度最佳化之實驗研究

張志凌
修平技術學院
林房儼
國立台灣體育學院

摘要

本研究以 Emanuel 等人之手工工具與運動器材最佳化人機介面的理念，進行最佳化角度擊劍握把設計實驗，受試者來自大專院校男子鈍劍選手共8名，其中四名選手曾獲得大專院校錦標賽前3名成績，四名選手為全國運動會縣市代表隊選手。本實驗設計延用 Lin 和 Chang 研究之 3° 到 15° 劍身下壓角度的研究結果，保留 9° 和 15° 兩個角度，再結合 Emanuel 等人研究之 $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 最佳化角度，設計實驗角度為 9° 、 15° 、 18° 、 21° 、 24° 。實驗以鈍劍不同握把角度應用在甩劍刺擊的有效性、刺擊的準確性之綜合研究。研究發現， $19.5^{\circ} \pm 3^{\circ}$ 為鈍劍最佳握把角度的範圍，此範圍符合手工工具握把最佳角度 $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ 之原則。

關鍵詞：下壓角度、人機介面、甩刺、擊劍



壹、緒 論

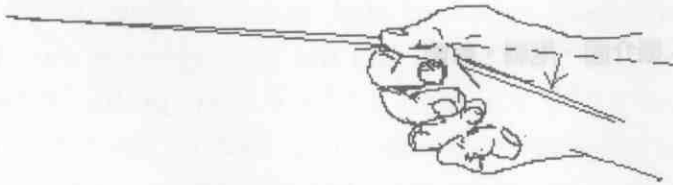
一、研究背景

鈍劍和銳劍最早期的握把都是法國的直柄式，目前則發展出多種形式的槍形握把。槍式握把與直式握把最大的差異如下：

- (一) 槍式握把：與持劍的手掌較貼切、較容易使力、力量較大、動作較快、不容易疲勞、相對的動作較大、動作較粗糙。
- (二) 直式握把：用劍動作較小、動作較靈活、用劍較有感覺、但不容易使力、容易疲勞。

鈍劍主要是用刺的比賽方式，但甩刺動作流行以後，便改變了打法與握把使用的習性。它是以槍式握把為主，一種由上而下，攻擊對手肩膀及背後的有效部位。根據林永昇等（1998）專家指出，甩刺是廿世紀七十年代出現的一種新的打法，目前國際比賽除了銳劍比賽以外，鈍劍比賽清一色全是槍式握把。

本研究為鈍劍握把下壓角度（如圖一）在擊劍運動績效的延伸探討，下壓角度是爲了減少刺擊對手肩、背所造成腕關節尺偏（ulnar deviation）總量所製造的握把角度，它是屬於尺偏也就是手腕關節往小指方向彎曲的動作。根據張志凌、林房儻（2001a）實驗研究，角度設計參考現役及國家代表隊選手所用鈍劍握把角度從 3° 到 15° 度，握把與劍條下壓角度訂定 3° 、 6° 、 9° 、 12° 、 15° 等五個實驗角度。研究結果下壓角度 9° 和 15° 對於鈍劍選手甩刺的有效刺擊、準確度和自覺滿意度都達到顯著水準，這也是大專院校選手鈍劍慣用的下壓角度。



圖一 劍身下壓角度

對於劍具與手之關係，就如同手與工具的結合，競技的劍就等於手工具，手工具與手就應考慮到人機介面（man-machine interface）的設計原理。因此，比賽劍具的設計應該像手工具的設計考慮到人性化的設計。在規則允許的範圍下如何針對劍具本身的特性，也就是對人的適用性和安全性，爲設計的思考主軸。運動器材的設計主要以「安全」和「運動績效」爲優先考量，因此，對於選手而言，運動能力的極致發揮以及避免因爲專業化、高強度訓練所帶來的運動傷害，如何以人因工程的觀點來做爲握把介面的設計考量，是本研究的主要動機。

Terrell與Purswell (1976) 研究指出，當手腕往任何方向彎曲時，手的握力會因而減少，抓握力的減少會產生不易抓緊，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，因此要長時間的比賽與訓練，手腕維持中性位置 (neutral position) 也就是劍條與小臂成一直線是必要的。Krohn and Konz (1982) 也發現彎曲 10° 的鏈柄優於傳統的直柄鐵鏈，此角度也符合張志凌等研究結果。Schoenmarklin and Marras (1989a、1989b) 在工具握把研究發現，生手們在使用 20° 或 40° 的彎柄鐵鏈時，比直柄鐵鏈的使用，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，因此，雖然選手的下壓角度平均數維持在 15° 以下，Schoenmarklin 等的研究角度包括 20° 、 40° 都有良好績效，選手劍身握把角度應有加大的空間。

下壓角度可以減少手腕尺偏的總量，使手腕保持中性或接近中性的角度，減少手腕尺偏的角度，就可能避免手腕的工作傷害的機會 (張志凌、林房儂，2001b)。鈍劍在甩刺時瞬間的劍尖力量至少要大於500公克，才能製造有效的刺擊。本研究延續張志凌等「鈍劍劍身下壓角度對甩劍之影響」的研究，保留有效刺點、準確性實驗平均數最高的 9° ，和準確性、整體滿意度實驗平均數最高的 15° ，以 9° 、 15° 兩個角度再結合Emanuel et al. (1980) 研究結果之 $19^\circ \pm 5^\circ$ 的最佳角度做為實驗角度的設計，來探討手工具最佳握把角度在鈍劍下壓角度也就是握把角度的應用成效，與張志凌等研究結果之效益比較，提供給選手及教練做比較。

二、研究目的

本研究的主要目的在於：

- (一) 劍身最大角度對於運動績效提昇的分析。
- (二) 驗證 Emanuel 等手工具握把最佳角度 $19^\circ \pm 5^\circ$ 度 (下壓減少尺偏之角度) 在擊劍的有效刺擊、準確性在實驗上之適用性與有效性。

三、名詞解釋

- (一) 下壓角度：主要是為了刺擊對方持劍手肩膀延伸至背後有效部位的點，對鈍劍特有的「甩刺」也就是大陸的「劈劍」有很大的幫助，它是屬於尺偏的一種運動 (張志凌等，2001a)。
- (二) 內偏角度：這是為了取得與軀幹刺擊面的較佳刺擊角度，在比賽攻擊那一剎那，不用特意再去作內扣的角度，但是一般選手在比賽都會習慣用手腕內曲去製造內偏角度 (張志凌等，2001a)。
- (三) 尺偏和橈偏：手腕關節的結構形態，僅容許兩個平面的運動，這兩個平面大致成 90° 角。如以姆指朝上來說，朝姆指方向的運動就是橈偏；往尾指下扣的方向運動就是尺偏 (張志凌等，2001a)。

(四) 撥擋 (Parry)：當對手發動攻擊且在威脅的擊劍距離 (fencing distance)，被攻擊的選手就有義務以劍的強部位去擋或敲開對方的劍，這也是攻擊權 (attack right) 的定義。針對對手做出的攻擊路線，一般將攻擊路線歸納為二、四、六、七、八等分位，撥擋就有二、四、六、七、八分位撥擋。

(五) 反擊 (Riposte)：撥擋對手的攻擊後所做連接的反攻擊動作，它必須是成功撥擋後所接的攻擊動作。

(六) 二、四、六、七、八分位攻擊：各分位攻擊的劃分，主要是給選手和教練在訓練和教學上容易區分。各分位的劃分，以防守者劍的位置所在為基準，再以防守者手部的動作來定義 (張志凌等, 2001a)。



說明：1.圖二為右手持劍選手，劍的前視圖。

2.圓圈為劍的護盤，箭頭是劍條及劍尖的方向。

3.以護盤的中心點為坐標，劃分出二、四、六、七、八等分位，八、二分位攻擊實屬同一坐標區，其差異只是防守動作不同而已。

圖二 各分位撥擋前視圖

(七) 長刺 (lunge)：是一種攻擊步法，完成的動作類似弓箭步 (前弓後劍)，它是屬於單一節奏的步法，也是攻擊主要步法 (張志凌、林房儂, 2001c)。

貳、研究方法與步驟

一、研究對象

本研究受試者目前為大專院校擊劍代表隊選手，男子鈍劍選手共有8名，平均年齡為 18 ± 1.6 歲，身高平均為 172.88 ± 5.25 公分，體重為 64.25 ± 6.45 公斤。其中4名選手在大專院校錦標賽曾獲得前3名成績，4名選手為全國運動會縣市代表隊選手。

二、實驗設計

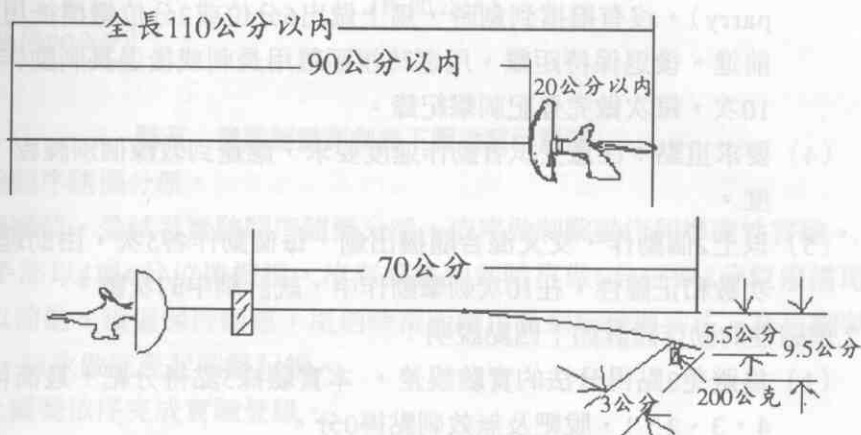
(一) 劍身角度的設計

張志凌等研究指出符合人因觀點且是最佳擊劍握把角度為 9° 、 15° ，及配合 Emanuel 等研究理論，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，也就是 14° 至 24° 應是最佳角度範圍。配合最佳擊劍握把角度為 9° 、 15° ，每實驗角度相差3度，綜合實驗角度為 9° 、 15° 、 18° 、 21° 、 24° 。延伸角度的研究，可進一步瞭解劍身角度越大 (或是最大角度的極限) 對選手運動績效的影響。

(二) 實驗器材

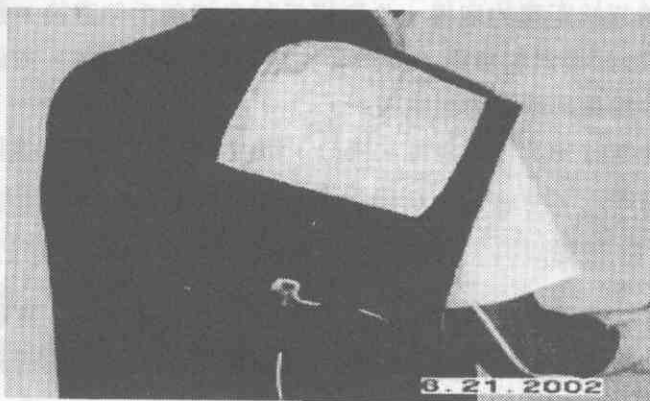
主要器材有劍條、刺靶一組、金屬感應片等，說明如下：

1. 選用法國伏瑞斯類姆斯 (France Lames) 廠製國際比賽劍條，劍刃長度為90公分以內，握把20公分，總長度不得超過110公分 (如圖三上)。劍的彈性測試方法，從劍頭至70公分處固定，距離劍尖3公分處懸吊200公克重量，劍尖下垂彈性應介於5.5~9.5公分，過高或過低皆不被允許，參考圖三下。



圖三 鈍劍長度與劍刃彈性

2. 自製刺靶1組。
3. 銅質金屬感應電衣，長寬為約20*16公分大小，並黏貼於教練衣右肩肩線背後的有效區域 (如圖四)。



圖四 右背白色部分為有效刺點感應區

(三) 實驗動作設計

實驗動作有兩組，一為有效刺點也就是總刺點數，二為準確性的動作設計，實驗動作結構、流程及注意事項，說明如下：

1. 有效刺點的動作設計如下五點說明：

- (1) 擔任主導受試者刺擊實驗為擊劍資深教練，裝備如一般訓練裝備，教練衣肩背處有20*16公分之金屬感應片，確定受試者有無擊中有效部位。
- (2) 以張志凌等下壓角度所採用的實驗動作，教練與選手保持距離，教練主動且採前進(advance)、後退(retreat)步法，選手保持距離，看教練信號做動作。
- (3) 受試者看教練攻擊的分位為4或6分位後，立即做出6或4分位捲撥擋(counter parry)，沒有撥擋到劍時，馬上做出6分位或2分位撥擋後甩劍刺擊。腳步以前進、後退保持距離，甩劍時視距離用長刺或後退長刺動作。甩劍刺擊動作10次，每次做完登記刺擊紀錄。
- (4) 要求重點：注意受試者動作速度要求，應達到教練個別課程(lesson)時的速度。
- (5) 以上2個動作，交叉混合隨機出劍，每個動作各5次，由助理登錄並監督動作次數和正確性，在10次刺擊動作中，統計刺中的次數。

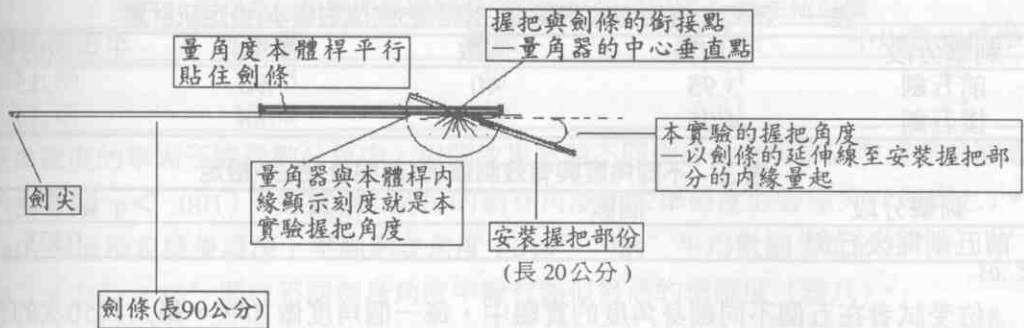
2. 準確性的動作設計如下四點說明：

- (1) 為避免3點得分法的實驗誤差，本實驗採5點得分靶，最高得點5分，依序為4、3、2、1，脫靶及無效刺點得0分。
- (2) 刺擊的目標以圓形的皮質練習刺靶，刺中內圈3公分直徑的圓得5分，刺中圓心直徑3-5公分區域得4分，刺中圓心直徑5-7公分的區域得3分，刺中圓心直徑7-9公分的區域得2分，刺中圓心直徑9-11公分的區域得1分，刺中圓心直徑11公分以外的區域或無效刺擊得0分。
- (3) 受試者實驗起始距離的取得，先取得受試者持劍手伸直後，劍尖碰到刺靶的距離，再取2個後退的步距，受試者先試做3次調整距離，並做記號，並測量其距離，做為長刺劍靶的起始線。
- (4) 以上刺擊動作做10次，記錄每次得分，每做刺擊1次，雙腳退回起始線，再進行下一個動作。

三、實驗步驟

實驗設計與實驗器材準備完成後，實驗步驟大致如下七個程序，實驗動作如設計要求，工作人員在工作分配後，確認器材與設備。實驗當中逐項記錄所得結果，並確認記錄避免錯誤。實驗步驟如下說明：

- (一) 向受試者說明實驗目的、方法及注意事項說明。
- (二) 以量角器固定劍身下壓 9° 、 15° 、 18° 、 21° 、 24° 等5個角度(如圖五)，實驗劍組從1-5隨機編號，5把隨機編號的劍身角度，在實驗前對受試者的注意事項說明中，但每把劍的實際握把角度不向受試者說明。



圖五 量角器量測劍身下壓角度示意圖

- (三) 受試者實驗順序隨機分派。
- (四) 五把劍隨機編號，受試者實驗順序隨機分派，依序做刺擊動作和準確性實驗。
- (五) 刺擊動作手部以4或6分位捲撥擋，沒有撥擋到劍時再做6分位或2分位撥擋甩劍刺擊。腳步以前進、後退保持距離，甩劍時視距離用長刺或後退步法。在甩劍刺擊動作10次中，每次做完登記刺擊記錄。
- (六) 五組劍如上編號依序完成實驗登錄。
- (七) 準確性實驗以隨機編號的劍，受試者每一把劍刺擊10次，每做一次確認記錄。

四、資料收集與處理

收集本研究在甩劍有效果刺擊動作、長刺刺擊準確性得分進行統計分析。以SPSS 統計軟體進行ANOVA、T-test檢定，分析檢定如果有顯著水準時，再以Scheffe進行事後檢定。

參、結果與討論

為便於瞭解前5劍與後5劍受試者是否會受體力或學習效應之影響，受試者在所有有效刺擊和準確度的實驗記錄中，前後5次各分開登錄，再以成對t檢定檢驗受試者在不同劍身角度前、後5劍之差異。

一、不同角度與有效刺點的分析

有效刺擊之成對t檢定旨在檢驗受試者在不同劍身角度前、後5劍之差異性（參考表一），前、後5劍的平均數各為3.95和4.05，成對t檢定結果發現達顯著水準（ $p < .05$ ，如表二），其結果發現受試者在連續10次的長刺動作中應不受體力影響。出現後5劍的平均數比前5劍高的情況下，受試者可能受學習效果的效應，也就是在每一次甩劍動作累積經驗中調整或修正出最佳狀況，因此後5次有效刺擊的平均數就比前5次高。

表一 不同角度與有效刺擊前5劍與後5劍成對樣本t檢定統計量

刺擊分段	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前五劍	3.95	40	.96	.15
後五劍	4.05	40	.88	.14

表二 不同角度與有效刺擊前5劍與後5劍的t檢定

刺擊分段	個數	相關	顯著性
前五劍與後五劍	40	.339	.032*

* $p < .05$

8位受試者在五個不同劍身角度的實驗中，每一個角度做10次，每人共50次的長刺用劍。以One-way ANOVA分析後，劍身角度5個水準的平均數各為5.88、7.63、7.75、8.50、9.38，組間效果考驗達顯著水準（ $F = 11.70, p < .001$ ），表示不同劍身角度會影響用劍的有效刺擊，請參考表三。再以Scheffe事後檢定結果發現，不同劍身角度中的9° 顯著低於15°、21°、24°、18°，其中21°、24°、18°則在不同劍身角度中擁有最高的用劍有效刺擊（表四）。

表三 不同劍身角度與有效刺擊的變異數分析

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
有效刺擊	組間	53.650	4	13.413	11.699	.000*
	組內	40.125	35	1.146		
	總和	93.775	39			

* $p < .05$

表四 有效刺擊 Scheffe 事後檢定表

下壓劍身角度	個數	alpha = .05 子集*		
		1	2	3
9°	8	5.88		
15°	8		7.63	
18°	8		7.75	7.75
24°	8		8.50	8.50
21°	8			9.38

*顯示的是同子集的平均數

二、不同劍身角度的準確度分析

在準確度的實驗方面，八位受試者在5個不同劍身角度各做10次長刺步法的刺準動作，統計得分，在經過成對樣本t檢定後，前五劍與後五劍未達顯著水準（表五），前後五劍的平均數如表六。準確度的成對樣本t檢定未達顯著水準，表示對於受過二年以上擊劍訓練選手，準確度應不受體力或是腿部的肌力和受學習效應之影響。

表五 不同劍身角度與準確度前五劍與後五劍的t檢定

劍身角度	個數	相關	顯著性
前五劍與後五劍	40	.206	.202

* $p < .05$

表六 不同劍身角度與準確度前5劍與後5劍成對樣本t檢定統計量

刺擊分段	平均數	個數	標準差	平均數的標準誤
前五劍	15.53	40	3.74	.59
後五劍	15.65	40	3.61	.57

在準確度的單因子變異數分析中，組間效果考驗不同劍身角度與準確度達非常顯著水準 ($F=6.45$, $p < .001$)，受試者所使用的劍身角度對於準確度影響極大 (如表七)。再以Scheffe事後檢定結果發現，不同劍身角度中的 9° 、 24° 平均數顯著低於 21° 、 18° ，其中 18° 、 21° 、 15° 則在不同劍身角度中擁有類似最高的準確度 (表八)。

表七 不同劍身角度準確度的變異數分析

		平方和	自由度	平均平方和	F 檢定	顯著性
有效刺點	組間	564.900	4	141.225	6.445	.001*
	組內	766.875	35	21.911		
	總和	1331.775	39			

* $p < .05$

表八 準確度 Scheffe 事後檢定表

下壓劍身角度	個數	alpha = .05 子集*		
		1	2	3
9°	8	26.75		
24°	8	28.00	28.00	
15°	8	33.50	33.50	33.50
21°	8		34.63	34.63
18°	8			36.25

*顯示的是同子集的平均數

四、綜合討論

5個角度在有效刺擊實驗中達到顯著差異， 18° 、 24° 、 21° 在不同劍身角度中擁有最高的甩劍有效刺擊角度。在準確度方面的實驗也達到顯著水準，經過Scheffe事後檢定結果， 9° 、 24° 的平均數顯著低於其它角度，其中 18° 、 21° 、 15° 則在不同劍身角度中擁有類似最高的準確度。綜合不同劍身下壓角度的有效刺擊和準確度的實驗後，發現 18° 、 21° 為具有最佳綜合績效的兩個實驗角度。

肆、結論與建議

Terrell and Purswell研究證明，手腕不管做掌屈/背屈或尺偏/橈偏，手握力都會減少，抓握力的減少會產生不易抓緊，且容易產生疲勞，要維持長時間工作，手腕維持中性位置是必要的，只是當手握劍為了使劍與小臂成一直線，尺偏角度就存在。為了保持腕關節中性位置，適當之劍身握把下壓角度，就可以減少手腕尺偏之總量。

Schoenmarklin and Marras在工具握把研究發現，使用 20° 或 40° 的彎柄鐵鎚時，比

直柄鐵鏈的使用，造成較少尺偏總量。此也證明握把角度可以減少尺偏總量，而且不影響打擊績效、前臂肌疲勞度或不舒適感評比。Krohn和Konz彎曲 10° 的鏈柄優於傳統的直柄鐵鏈，這些都肯定握把角度有助於手工工具的使用。從張志凌等研究發現，選手習慣用的握把角度從 $3^\circ \sim 15^\circ$ 中，在有效刺擊、準確度和主觀理想滿意度方面， 9° 與 15° 是表現最好的兩個角度。而在Emanuel等之 $19^\circ \pm 5^\circ$ 學理角度應用方面，大於 15° 以上的劍身角度，包括 18° 、 21° 、 24° ，在有效刺擊及準確度都有顯著影響。雖然實驗設計角度每隔 3° （實際延伸角度為原實驗角度的前後 1.5° ）， 3° 以下受試者的自覺度就很難區分。綜合 18° 、 21° 兩個角度在準確度和刺點方面，Scheffe事後檢定結果都屬於同子集最高平均數群。實驗結果發現，下壓角度越大（例如 24° ），有效刺點就越高，因為手腕不用再製造瞬間大尺偏的動作，因此手腕受傷的機會應該減少。但是因為下壓角度太大，在刺擊準確性的表現就很差（只比 9° 略佳）。 15° 在準確度實驗中表現最佳，在有效刺點表現與其它大角度比較起來卻不甚理想。

綜合本實驗結果， 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研究的最佳角度 9° 、 15° 。對於擊劍運動握把最佳角度的範圍 $18^\circ \sim 21^\circ$ （ $\pm 1.5^\circ$ ）也就是 $19.5^\circ \pm 3^\circ$ 應是擊劍劍身握把較佳角度範圍。此劍身角度的範圍也符合Emanuel等一切工具與運動器材握把都彎曲成 $19^\circ \pm 5^\circ$ 為最佳角度之理念。

本研究之發現對於運動績效的提昇與運動傷害的預防相信會有很大的幫助，因此建議如後：1.最佳劍身角度的取得，除了有助於擊劍選手角度的取得以外，對於因為個人差異的特性，建議用最佳角度來做為調整的基礎，不需再耗時費力來修正角度。2.除了下壓角度的研究，應再加入內扣角度的交叉研究，研究出最佳比賽及訓練的角度，以提昇運動績效並減少運動傷害。

引用文獻

- 林永昇等（1999）。花劍防守還擊制勝法。亞太國際。
- 張一岑（1997）。人因工程學。台北市：揚智文化。
- 張志凌、林房儂（2001a）。鈍劍劍身下壓角度對甩劍動作之影響。國立台灣體育學院學報，9，591-607。
- 張志凌（2000）。擊劍戰術與劍具改良對運動績效之影響。未出版碩士論文，國立台灣體育學院，台中市。
- 張志凌、林房儂（2001b）。擊劍運動之長刺動作傷害分析研究。修平學報，3，239-250。
- 張志凌、林房儂（2001c）。擊劍戰術對比賽勝負影響之統計分析。國立台灣體育學院學報，8，239-251。

Physical Education Journal

National Society of Physical Education, Taipei, Taiwan

體育學報

中華民國體育學會

- 許勝雄 (1991)。人因工程與體育運動。文化體育, 10, 48-51。
- Emanuel, J., Mills, S., & 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. Cited from Sanders, M. S., & McCormick E. J. (1993). *Human factors in engineering and design*(7th ed). Singapore : McGraw-Hill. 388.
- Krohn, R. ., & Konz, S. (1982). Bent hammer handles, Proceedings of the Human Factors Society 26th Annual Meeting. Santa Monica, CA: *Human Factors Society*, 413-417.
- 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.
- Sanders, M. S., & McCormick E. J. (1993). *Human factors in engineering and design*(7th ed). Singapore : McGraw-Hill. 383-409.
- 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), 397-411.
- Terrell, R. and Purswell, J. (1976). The influence of forearm and wrists orientation on static grip strength as a design criterion for hand tools. Proceedings of the Human Factors Society 20th Annual Meeting. Santa Monica, CA: *Human Factors Society*, 28-32.

投稿日期：91年12月

審稿日期：91年12月

接受日期：92年 4月

An Experimental Study of Optimal Handle Angles of the Foil Blade

Chih-Lin Chang

Hsiuping Institute of Technology, Taichung, Taiwan

Fang-Tsan Lin

National Taiwan College of Physical Education

Abstract

This study adopted the optimization concept of the human machine interface of tools and sport instruments developed by Emanuel et al. to design an experiment on large angle fencing handles. Participants were eight male university students who are fencers. Four of the fencers had won the top three places in the college championship competition, and four fencers were representatives from their respective counties/cities in national competitions. This experiment adopted the study results of downward angles of $3^{\circ} \sim 15^{\circ}$ of Lin & Chang. This experiment reserved angles of 9° and 15° , and added the angles of $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ as suggested by Emanuel et al. Therefore, the angles used in this experiment were 9° , 15° , 18° , 21° , and 24° . This experiment comprehensively analyzed the efficiency of the whip hit from the application of different angles and the accuracy of the hit. This study found that $19.5^{\circ} \pm 3^{\circ}$ fell within range of the optimal handle angles of the foil. This range also met the optimal principle of optimal angles of $19^{\circ} \pm 5^{\circ}$ for hand tool handles.

Key words: downward angle, human machine interface, whip hit, fencing