

反器材槍械人因工程評估之研究

張鵬祥^{1*} 郭承亮² 袁正綱³

¹陸軍軍官學校管理科學系

²中華科技大學工業工程與管理學系

³龍華科技大學企業管理系

摘 要

為探究符合國人體型之反器材槍械適配性設計，本研究根據目標顧客需求方向選定美國 Barrett M82A1 反器材槍為人槍介面研究參考對象，運用人因工程方法，透過人體測計並結合人因工程實驗方法，探討持槍長度與觀測時間、觀測正確性、姿勢調整次數、主觀評比、人槍角度、頭部側轉角度等實驗變項之操作績效關連性；研究結果顯示反器材槍持槍長度設定於 35~37 cm 間，觀測正確性及姿勢調整次數之變異性較小且主觀評比較佳。本研究結果可作為國內發展反器材槍械之人槍介面構型設計參考。

關鍵詞：反器材槍械，持槍長度，人因工程

Ergonomic Evaluation for Anti-Material Rifles

Peng-Hsiang Chang^{1*}, Cheng-Liang Kuo², and Cheng-Kang Yuan³

¹ Management Sciences Department, Chinese Military Academy

² Department of Industrial Engineering and Management, China University of Science and Technology

³ Department of Business Administration, Lunghwa University of Science and Technology

ABSTRACT

In order to investigate the appropriate anti-material rifle (AMR) design which fit compatriots' figures, this study applies human-factor engineering approach that chooses the reference object, American Barrett M82A1 rifle, based on the target clients' demand and integrates the experimental method through anthropometry to discuss the effect relatedness between length of pull (LOP) and experimental variables-observation time, accuracy, frequency of posture adjustment, subjective comparison, head rotational angle, and angle of the rifle. The result shows that the length of pull of anti-material rifle set between 35~37cm presents better subjective comparison and less variability on observation accuracy and frequency of posture adjustment. The study result can be the reference of rifle interface design of AMR.

Keywords: anti-material rifle, length of pull, human factors engineering

一、前言

反器材槍械(Anti-material Rifle; AMR)在多次的實戰任務中證明對於遠距停機坪上的飛機、盤旋的直升機、輕型裝甲車輛、通信車、油庫、雷達、監測系統、砲兵陣地掩體、機場設施以及敵軍狙擊手等高價值目標，均能發揮遠距精準及殺傷力大的效果，且能對敵方造成極大的心理壓力，因此迄今有許多國家投入反器材槍械研發。根據詹氏年鑑資料顯示，目前大概有美國等 15 個國家生產製造各式不同口徑及型的反器材槍械，其中美國 Barrett 公司生產的 12.7mm M82A1M 反器材狙擊槍及其衍生型由於實際戰役表現及人槍介面設計的優越性，已在美國、英國、法國、比利時、意大利、荷蘭等 34 個國家軍隊或警察單位服役，是目前市場佔有率最高的槍枝。

目前國內外有關槍械操作人因介面相關文獻，在射擊姿勢之相關研究中，大多針對運動射擊項目有不同研究探討。如舉槍穩定性、協調性、持久性及平衡能力，必須做到人槍一體，身心協調，技術動作一致，才能保證射出高環數[1,2]。能掌握持槍姿勢穩固、瞄準精確、擊發正確之基本射擊技術，在性能良好的槍彈等條件配合之下，相對地能獲得較優異的成績[3]。在屬於立姿射擊的項目中，對受試者的協調性、一致性、穩定性和持久性，更是高標準的要求[4]。

在槍械握持方式相關研究方面，李齊茹、石玉琴[5]以紅外光點攝影系統，對中國大陸四名優秀手槍慢射選手，從舉槍、瞄準、擊發及恢復、保持和收槍五個階段的射擊動作過程，來分析射擊動作技術及槍枝晃動的情形。結果發現：射擊選手保持持槍臂在肩關節處側平舉狀態，協調配合的難度加大，需要不斷調整力量的大小和方向，因而產生上臂的抖動。

在探討射擊績效之相關研究中，針對不同之研究目的而有不同研究之方法。Bird[6]、王惠民、劉淑慧[7]等以 EMG 肌電儀(Electromyography's)、EEG 腦波儀(Electroencephalograph)及問卷等，調查射手賽前心理生理致動對成績表現之影響。王進、馬進才[8]以上肢段操作姿勢評估對射擊績效之影響，Iskra et al.[9]、盧德民等[10,11]、陳偉等[12]以動作分析系統及測力板等檢測人槍系統合重心及瞄準點之晃動量，以作為評估射

手瞄準穩定性之準據。

在輕兵器射擊準確度相關研究方面，盧德明等[10,11]與 Zatsiorsky and Aktov[13]等以瞄準點及人槍系統幾何重心之晃動，評估射手瞄準穩定性或人槍系統之穩定性，其研究結果顯示，素質較高射手，其瞄準點及人槍系統重心之晃動量小，則瞄準穩定性越佳，所得之射擊成績也越高。徐照麟[14]探討人員於操作步槍射擊時與槍枝間之關係介面，再依據所得結果規劃設計一射擊實驗，以研究各項動作及施力與實際射擊績效的關聯性。

在槍械人槍介面設計相關研究方面，馬式曾[15]提出因步槍持槍長度(Length of Pull; LOP)設計將影響操作適配性及穩定控制性，經實際量測數種槍型之操作長度後，建議持槍長度之設計應在 32~35cm 之範圍間。另外，Saran[16]、Drury[17] 等建議握把之角度應與工具施力軸呈 60 度設計；但馬式曾[15]與姜守芳[18]等人卻建議適合握持之角度應接近垂直之 70-90 度間。Drury[17]強調正確之腕部工作姿勢，應保持在 5 度橈偏與 10 度尺偏間，如握把設計不當，將造成操作者為避免腕部過度橈偏之不適。Anderson[19]提出槍械性能可分為主觀與客觀兩種衡量或評估準據。舉凡槍械之精準度，重量，長度，機械可靠度等能以實際量測數據比較分析者，為客觀準據；至於主觀準據，則牽涉到人槍（操作）介面諸如槍托、握把、護手、貼腮等設計之直接操作感受。此外，槍械主觀性能也會影響客觀操作性能，且因人而異。

目前國造輕兵器之發展，經 T-65 系列步槍、T-86 及 T-91 等新型戰鬥步槍之研製歷程後，發展單兵或狙擊小組用高精準度、長射程之反器材槍械 (Anti-material Rifle; AMR)已屬必然之進程。上述文獻雖然已有學者研究槍械基本射擊姿勢、握持方式、射擊績效、射擊準確度及人槍介面尺寸之設計等方向進行分析探討，但目前尚未有針對國人體型相關之反器材槍械人槍介面研究。然國造輕兵器於產品概念發展階段，除執行戰術需求觀點調查之外，另須適配國人使用之人因工程設計，以確保產品研發之成果確能符合顧客之未來需求，基於此，以顧客需求為導向之人因工程的研究就顯得格外的重要。因目前國內未有相關反器材槍械之人槍介面及人因工程等設計考量之研究，因此本研究將根據兵監單位需求方向選定

美國 Barrett M82A1M 反器材狙擊槍為人槍介面研究參考對象，運用人因工程方法，透過人體測計量測操作人員人體參數，並結合人因工程實驗方法，探討持槍長度與觀測時間、觀測正確性、姿勢調整次數、主觀評比、人槍角度、頭部側轉角度等實驗變項之操作績效關連性，作為國內發展反器材槍械之人槍介面構型設計參考。

二、研究方法

本研究運用人體測計及人槍介面實證實驗等研究方法，瞭解反器材槍械使用者操作相關尺寸（一般、操作性測計），同時透過觀測時間、觀測正確性、姿勢調整次數、主觀評比、人槍角度、頭部側轉角度等實驗參數之操作績效，探討國人體型與反器材槍械適配性。茲將本研究方法說明如次：

2.1 人體測計

因人體組織本身即具備彈性與變動性，另因量測姿勢、量測者、及量測器具等都會影響量測之精度。本研究於執行實際人體測計項目量測前，所有量測者均經過說明與訓練，盡量確保量測者之一致性與穩定性。至於量測程序、量測姿勢、及量測儀器等，均予程序標準化與一致化，使量測誤差減至最低程度。

因反器材狙擊槍要求射擊高精準度高，系統操作人槍介面要求亦有異於一般步機槍，因此現行之一般人體測計資料庫系統，不見得適用於狙擊手體型特殊狀況要求，為探究未來反器材槍械之狙擊手體型適配性設計，本研究針對符合狙擊特勤體格人員 78 員執行一般及操作性人體測計資料之量測與分析。故本研究針對反器材槍械之特定操作姿勢，區分臉部（頰高、頰長、頰寬）、肩臂部（眼頸高、頰頸高、頰肩距、上臂長、前臂長）及手部（手長、掌長、掌寬、扳機指長）進行測計，各項長度及高度測計資料量測精度至公厘，並由實驗者推估至下一位。茲將本研究人槍操作介面中之操作性人體測計資料項目定義如下。

2.1.1 臉部

量測頰高、頰長、頰寬等三項測計資料，如圖 1 所示。

頰高：臉部右側顴骨最突出點距右眼角之垂直距離。

頰長：臉部右側顴骨最突出點距右耳垂凹陷處之水平距離。

頰寬：臉部右側顴骨最突出點距鼻中線之水平距離。

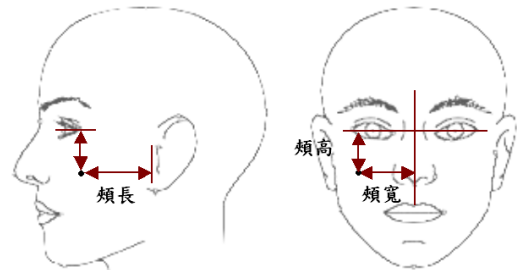


圖 1. 臉部測計資料項目

2.1.2 肩臂部

量測眼頸高、頰頸高、頰肩距、上臂長、前臂長等五項測計資料，如圖 2 所示，量測時，受試者採站姿，右臂平舉，手掌自然平伸。

眼頸高：兩眼瞳水平線距右肩臂接和凹陷處之垂直距離。

頰頸高：臉部右側顴骨最突出點距右肩臂接和凹陷處之垂直距離。

頰肩距：臉部右側顴骨最突出點距右肩臂接和凹陷處之水平距離。

上臂長：右肩臂接和凹陷處距右肘關節凹陷處之斜距。

前臂長：右肘關節凹陷處距右腕關節凹陷處之斜距。

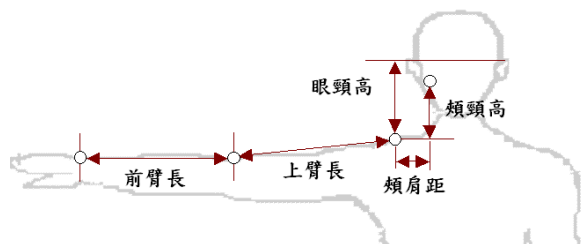


圖 2. 肩臂部測計資料項目

2.1.3 手部

量測手長、掌長、掌寬、扳機指長等四項測計資料，如圖 3 所示。量測時，受試者採坐姿，右前臂自肘部以上自然置於於桌面上，手掌自然平伸、掌心向上。

手長：右腕線至右手中指頂端之斜距。

掌長：右腕線至右手中指與掌部接和線間之斜距。

掌寬：右食指與腕部接和關節最突出點至右掌刀最突出處之斜距。

扳機指長：右手拇指虎口接合處至右食指第一、二指節線間之斜距。

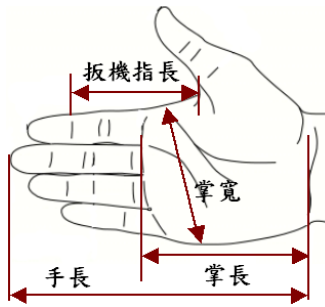


圖 3. 手部測計資料項目

2.2 人因工程實證實驗

本研究實驗目的在瞭解受試者實際在操作模型槍時，根據實驗控制變項與自變項之設計，瞭解持槍長度與觀測時間、觀測正確性、姿勢調整次數、主觀評比、人槍角度、頭部側轉角度等操作績效關連性。實證實驗共執行教官組 8 員，特勤組 20 員合計 28 員受試者，教官組人員具狙擊槍射擊及教學經驗，特勤組人員具狙擊槍射擊經驗。

本研究製做可調「持槍長度」(Length of Pull; LOP)模型槍，LOP 長度設定參考馬式曾 [15] 建議步槍持槍長度 32~35cm 範圍，以及實際量測美製 M82A1M 反器材狙擊槍持槍長度為 37.8 cm，將可調範圍設定為最短 32 cm 至最長 39 cm，並以 1 cm 為間隔區分八段可調，模型槍相關固定與可調機制，如圖 4 所示。實證實驗設計、執行程序及實驗場景等規劃，分述如次。



圖 4. 持槍長度可調機制設定示意圖

2.2.1 實驗設計

控制變項：本研究將操作姿勢區分為臥姿與立姿等兩個姿勢作為實驗控制變項。

自變項：本研究將持槍長度，區分最短 (32 cm)、最長 (39 cm) 兩個固定水準及受試者自選一個變動水準等三個長度作為實驗自變項。

根據實驗控制變項與自變項之設計，本研究實證實驗共計有六個操作構型組合，實驗設計如表 1 所示：

表 1. 實證實驗實驗設計

自變項 實驗次序		持槍長度 (自變項)		
		最短	最長	自選
操作 姿勢	臥姿	1	2	3
	立姿	4	5	6

觀測時間：本研究針對六種操作構型，各設計四個觀測標靶，其中可能含或不含敵目標。標靶於實驗中以投影方式供射手模擬觀測，射手於每個實驗構型觀測四個標靶並記錄觀測情形所耗用之總時間。

人槍角度：受試者持槍觀測時，身體軀幹與槍身軸線之夾角(單位：度，如圖 5 所示)，於受試者調整姿勢完成後由實驗者實際量測。

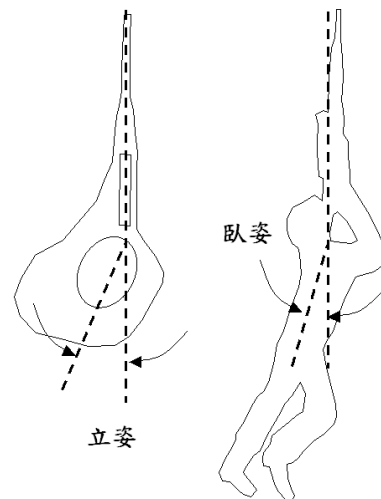


圖 5. 人槍角度示意圖

觀測正確性：受試者觀測標靶後回報觀測情形，正確描述即得一分，各操作構型之觀測正確性得分範圍為 0~4。

姿勢調整次數：受試者執行各操作構型之

觀測過程中，記錄姿勢調整次數，以為操作適配性之評估準據之一。

主觀評比：受試者執行各操作構型觀測任務後，記錄由射手口頭回報對該構型操作時之人槍操作介面整體適配性之主觀評比。評比尺度 0~10，0 為極端負面評價，10 則為極端正面評價，5 為中性或無意見。

頭部側轉：受試者持槍觀測時，頭部與身體軀幹軸線之夾角（單位：度），如圖 6 所示，於受試者調整姿勢完成後由實驗者實際量測。

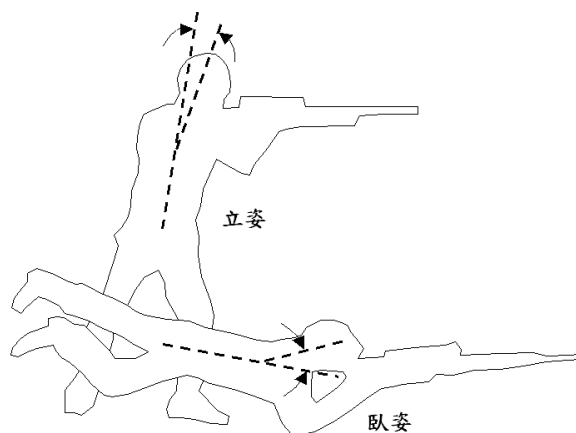


圖 6. 頭部側轉角度示意圖

2.2.2 實驗場景

由於實際環境限制本研究模擬狙擊觀測任務，採室內模擬實驗，受試者執行模擬狙擊觀測任務。觀測標的以投影方式製做之標靶並投射在牆面上模擬之。標靶至射手（以觀測目鏡處為基準）之距離設定為 10 公尺。實驗場景配置如圖 7 所示。

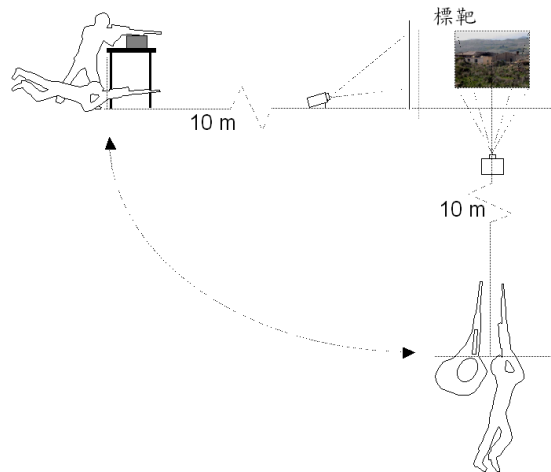


圖 7. 實驗場景配置示意圖

臥姿操作時使用固定高度兩腳架，立姿操作時不用兩腳架，於一般桌面上架設依托背包，使依托高度約略方便一般身高射手執行立姿操作。立姿操作之觀測距離與臥姿相同。另為避免實驗配置或程序所造成之實驗偏誤，實証實驗時槍枝位置、立姿依托高度、投影機投射之標靶高度、投影面大小、標靶出現次序、及實驗操作構型次序等均予固定。

2.2.3 實驗程序

教官組及特勤組所有受試者均單獨執行實驗，以避免學習效果，每名受試者之實驗程序如次：

- (1) 受試者執行操作實驗前，先由實驗者講解實驗程序，依序執行實驗步驟。
- (2) 按操作構型之次序規劃，先臥姿後立姿，臥或立姿各依序執行最短、最長、與自選等三種持槍長度之操作。
- (3) 臥姿與立姿操作時，受試者先行調適其與瞄準鏡間最適之接目距離，確定後由實驗者量測並記錄。
- (4) 實驗者設定持槍距離後（最短與最長兩種持槍長度由實驗者設定，自選持槍長度則由實驗者協助受試者調整之），受試者實施對標靶之觀測。實驗者計算受試者觀測過程中身體、頭、手等部位之調整次數並記錄之。
- (5) 受試者執行該操作構型四個標靶之觀測，並口述所觀測到的標靶情形，實驗者記錄其觀測正確性。受試者回報該標靶之觀測情形後，由實驗者操作投射下一標靶至四個標靶均完成觀測為止。第四個標靶完成回報後，實驗者記錄該實驗構型所有四個標靶之總觀測時間。
- (6) 受試者口述對該操作構型之整體操作適配性主觀評比，由實驗者記錄之。
- (7) 實驗者量測並記錄受試者操作該操作構型之人槍角度與頭部側轉角度。
- (8) 實驗者依最短、最長、自選次序設定（自選時協助受試者調整）持槍長度，重複(4)~(7)步驟至該姿勢（臥或立姿）下各操作構型完成為止。
- (9) 由臥姿改成立姿，重複(4)~(8)步驟。
- (10) 下一名受試者，重複執行(1)~(9)步驟。

三、結果與討論

3.1 人體測計資料敘述性分析

本研究執行 78 名受測者各一般及操作性人體測計項目之敘述性統計分析，如表 2 所示。

表 2. 人體測計項目描述性統計量彙整表

測計項目	平均值	標準差	最小值	最大值
年齡 yrs	21.4	1.8	20.0	29.0
身高 cm	172.00	5.40	159.50	184.70
體重 kg	64.5	8.0	45.5	89.0
頰高 cm	2.30	0.30	1.80	3.20
頰長 cm	7.50	0.50	6.50	8.70
頰寬 cm	7.0	0.4	6.0	8.5
眼頸高 cm	14.20	1.10	11.30	16.30
頰頸高 cm	12.50	1.10	10.00	14.60
頰肩距 cm	21.30	1.30	17.00	25.00
上臂長 cm	28.70	1.50	25.50	32.00
前臂長 cm	26.30	1.20	23.80	29.30
手長 cm	18.90	0.80	16.90	20.60
掌長 cm	10.80	0.40	10.00	12.10
掌寬 cm	9.10	0.40	8.00	10.00
扳機指長 cm	9.30	0.60	7.70	10.50

其中頰高、頰長及頰寬等臉部尺寸可作為貼腮部份尺寸設計的參考。眼頸高、頰頸高、頰肩距、上臂長及前臂長等肩背部尺寸可作為槍托長短、貼腮高低及持槍長度設計的參考。手長、掌長、掌寬、扳機指長等手部尺寸可作為握把及扳機尺寸設計的參考。

3.2 測計資料相關分析

為探討本研究一般及操作性人體測計項目間之相關性，區分一般人體測計資料(身高、體重)及操作性人體測計資料(臉部、肩臂部、手部)進行相關分析，相關係數以 Pearson γ 表示，相關係數 $\gamma=0.6$ 以上為高相關， $\gamma=0.8$ 以上為高度相關(具實際運用價值)。由表 3 相

關係數分析顯示，本研究受測群體身高與上臂長、前臂長及手長尺寸相關係數分別為 0.624、0.625 及 0.691 均屬高相關，但相關係數皆低於一般認定 $\gamma=0.8$ 可運用值以下。另體重與本研究定義之操作性測計項目間之相關性亦低於 $\gamma=0.8$ 可運用值以下。

表 3. 一般資料與各操作性測計項目相關分析

Pearson γ	身高	體重
頰長		.306
頰高		
頰寬		.252
眼頸高	.310	
頰頸高	.304	
頰肩距	.379	.224
上臂長	.624	.374
前臂長	.625	.393
手長	.691	.380
掌長	.585	.286
掌寬	.362	.609
扳機指長	.393	.322

另外，臉部(頰高、頰長、頰寬)、肩臂部(眼頸高、頰頸高、頰肩距、上臂長、前臂長)、及手部(手長、掌長、掌寬、扳機指長)各操作性測計項目之相關係數，如表 4 所示。

手長與前臂長及扳機指長相關係數分別為 0.602 及 0.67 均屬高相關，但相關係數皆低於一般認定 $\gamma=0.8$ 可運用值以下。手長與掌長之相關係數 $\gamma=0.85$ 具實際運用價值，可將手長或掌長之量測結果相互參考。

表 4. 各操作性測計項目間相關分析表

Pearson γ	頰長	頰高	頰寬	手長	掌長	掌寬	扳機指長
眼頸高							.254
頰頸高							.260
頰肩距				.445	.373	.339	.287
上臂長			.286	.535	.436		.281
前臂長				.602	.452	.359	.376
頰長			-.290				
手長					.850	.494	.671
掌長						.412	.516
掌寬							.475

肩臂部各測計項目間之自相關係數，如表 5 所示，由表相關係數分析顯示，本研究受測群體肩臂部各測計項目間之自相關中，眼頸高

與頰頸高測計項目間相關係數 $\gamma=0.93$ 達統計顯著性且具實際運用價值，可將眼頸高或頰頸高之量測結果相互參考。

表 5. 肩臂部各測計項目間自相關分析表

Pearson γ	眼頸高	頰頸高	頰肩距	上臂長	前臂長
眼頸高		.929			
頰肩距					.380
上臂長					.524

3.3 人因工程實驗資料分析

3.3.1 接目距離

由表 6 分析結果顯示，本研究受試者群體之立姿接目距離平均值都大於臥姿接目距離，且受試者由臥姿轉換成立姿瞄準時，其接目距離平均均向後修正 6~8 公厘。

本研究受試者群體之接目距離平均值為 68.4 公厘，此尺寸可作為狙擊鏡位置設計的參考。另外若槍托長短已經固定不可調整，建議狙擊鏡與槍枝結合介面可採戰術滑軌設計，俾提供接目距離 45~90 公厘彈性調整運用，提高整體操作適配性。

表 6. 受試者群體接目距離與調整比較表 單位:mm

受試者群體	特勤組	教官組
臥姿接目距離平均值	64.1	66.1
立姿接目距離平均值(標準差)	72.1	72.1
臥轉立姿接目距離調整平均值	-8	-6.0

3.3.2 觀測時間

本研究受試者完成四個標靶之立姿操作觀測時間平均值(標準差)為 43.3(16.7) sec 比臥姿操作觀測時間平均值(標準差) 48.0(17.7)sec 少了 4.7sec 左右。為探討不同受試者群體、操作姿勢、及持槍長度等實驗變項設定對觀測時間是否有差異影響，本研究執行各實驗設定變項相對於觀測時間之單因子變異數分析。

區分受試者群體與觀測時間之影響進行

變異數分析，結果顯示不同受試者群體在觀測時間有顯著差異 ($F = 11.05, p < 0.001$)，且教官組平均觀測時間均比比特勤組快約 10sec 左右，如圖 8 所示。

區分受試者操作姿勢對觀測時間之影響進行變異數分析，結果顯示不同操作姿勢在觀測時間有顯著差異 ($F = 4.57, p < 0.034$)，立姿操作之平均觀測時間比臥姿少了約 5 sec，如圖 8 所示。

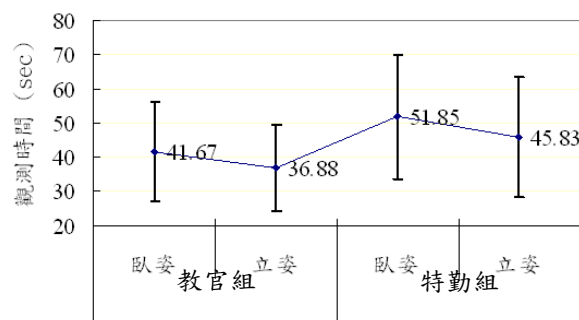


圖 8. 不同群體與操作姿勢對觀測時間影響誤差折線圖

本研究將受試者自選持槍長度視為一實驗水準，與最短及最長持槍長度構成三個實驗水準，執行變異數分析。分析結果顯示，持槍長度之設定，對觀測時間並無顯著影響 ($F = 2.83, p > 0.061$)。為探討受試者自選持槍長度對觀測時間之影響情形，本研究以持槍長度為類別區分，繪製各持槍長度觀測時間盒形圖。由圖 9 中發現持槍長度持槍長度設定 1~2 間 (33~34 cm) 之變異性較小。

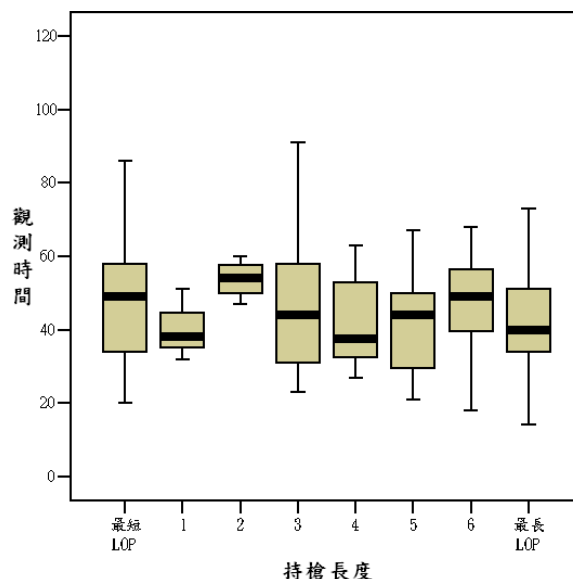


圖 9. 持槍長度對觀測時間影響盒形圖

根據不同受測群體與射擊姿勢對觀測時間長短的影響，建議完成四個標靶總觀測時間臥姿低於 70 秒，立姿低於 62 秒，研究結果可提供專業訓練單位，編定相關準則參考。

3.3.3 觀測正確性

受試者完成四個目標觀測正確性試驗，其觀測正確性指標值平均值(標準差)為 2.0(1.0)。

區分受試者群體與操作姿勢對觀測正確性之影響進行變異數分析，雖然未達統計上之顯著差異效果。但由圖 10 中可發現教官組比特勤組有稍高之觀測正確性，且變異較小。

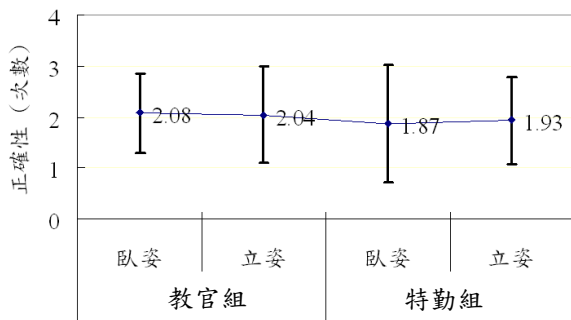


圖 10. 不同群體與操作姿勢對觀測正確性影響誤差折線圖

為探討受試者自選持槍長度對觀測正確性之影響情形，本研究以持槍長度為類別區分，繪製各持槍長度觀測正確性盒形圖。由圖 11 中可發現持槍長度設定 3~5 間 (35~37 cm) 之變異性較小。

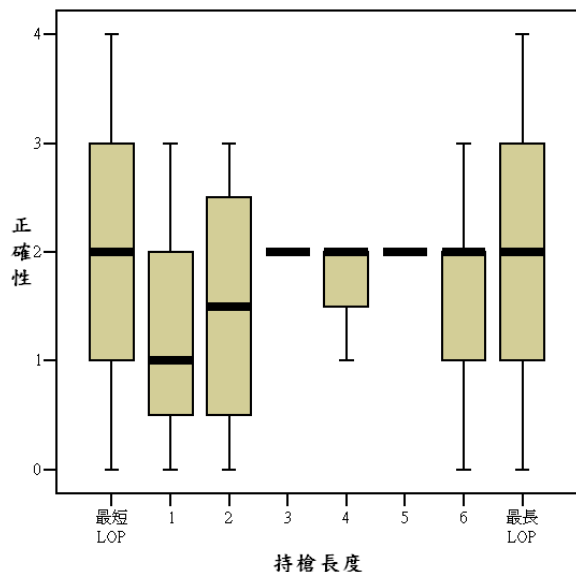


圖 11. 持槍長度對觀測正確性影響盒形圖

3.3.4 姿勢調整次數

本研究受試者於觀測過程中之姿勢調整次數平均值(標準差)為 2.8(2.3)次。

區分受試者群體與姿勢調整次數之影響進行變異數分析結果顯示，不同受試者群體在觀測時調整姿勢之次數，有顯著差異 ($F = 4.00, p < 0.047$)，教官組之平均調整次數比特勤組少。

區分操作姿勢與姿勢調整次數之影響進行變異數分析結果顯示，不同操作姿勢對觀測時姿勢調整次數亦有統計顯著差異 ($F = 4.04, p < 0.046$)，立姿操作時之平均調整次數較臥姿少。

以持槍長度為類別區分，繪製各持槍長度設定下操作之姿勢調整次數盒形圖，由圖 12 中可發現持槍長度設定在 3~6 (35~38 cm) 之間變異性較小，且操作之調整次數亦較少。

美製 M82A1M 反器材狙擊槍為固定式槍托設計，實際量測其持槍長度為為 37.8 cm，落於本研究操作調整次數較少之區間內。

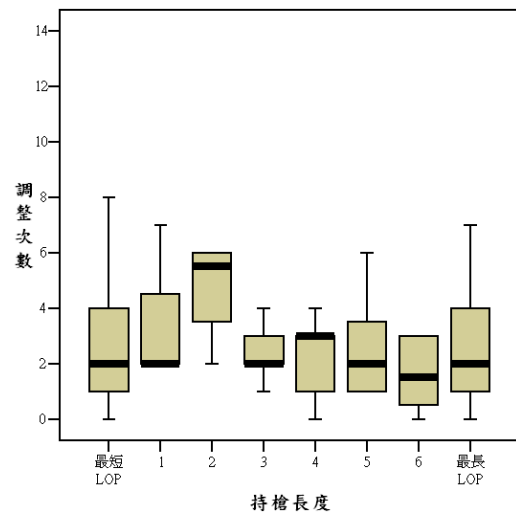


圖 12. 持槍長度對姿勢調整次數影響盒形圖

3.3.5 主觀評比

受試者對本研究實驗設定構型之主觀評比平均值(標準差)為 6.5(1.7)，偏向正面評價，由圖 13 可知受試者對本研究持槍長度之調整設定多為正面評價 (> 5.0)，若考慮最佳持槍長度設定區間，應在持槍長度設定 3~6 間，換算成實際持槍長度則為 35~38 cm 間。較馬式曾[15]提出步槍持槍長度範圍 32~35 cm 長。另外，美製 M82A1M 反器材狙擊槍持

槍長度為為 37.8 cm，落於本研究主觀評比最佳之區間內。

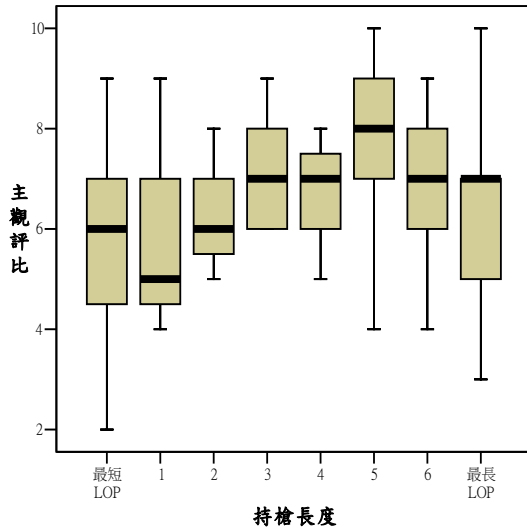


圖 13. 持槍長度設定對操作適配性主觀評比影響盒形圖

3.3.6 人槍角度

本研究受試者於觀測目標過程中之人槍角度平均值(標準差)為 40.5(13.7)度。

受試者群體間在人槍角度量測項目上，有顯著影響效果 ($F = 12.17, p < 0.001$)。教官組操作槍枝時之人槍角度比特勤組操作槍枝時角度小；另立姿操作時之人槍角度則較臥姿操作時角度大；且特勤組執行立姿操作時，其人槍角度明顯偏大且變異程度較大，如圖 14 所示。

根據不同受測群體與操作姿勢對人槍角度大小的影響，建議臥姿人槍角度 22~42 度，立姿人槍角度 31~68 度，研究結果可提供兵監及專業訓練單位，編定反器材狙擊槍訓練準則時參考。

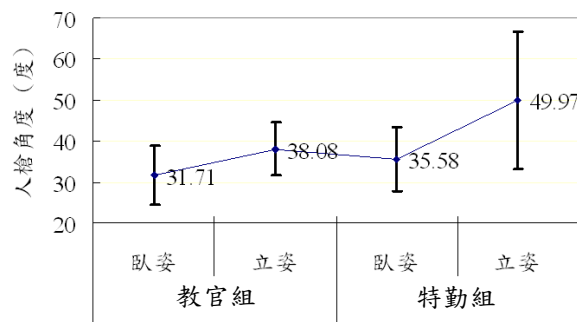


圖 14. 受試者群體與操作姿勢對人槍角度影響誤差折線圖

以持槍長度為類別區分，繪製各持槍長度之人槍角度盒形圖。由圖 15 中以持槍長度設定 3、5 (35、37 cm) 之人槍操作角度變異性較小。

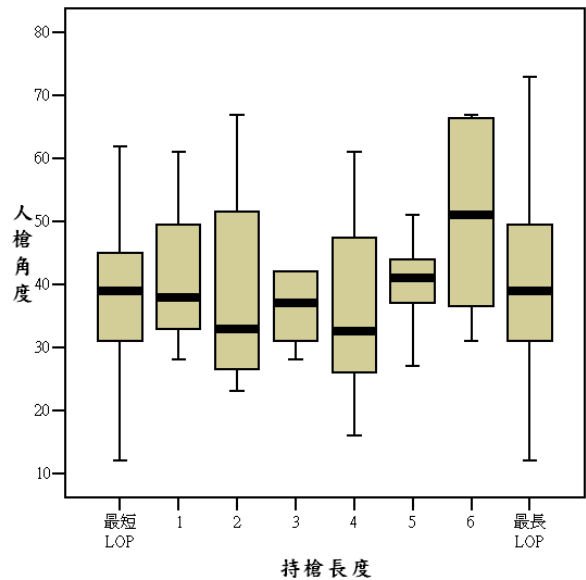


圖 15. 持槍長度設定對人槍角度影響盒形圖

3.3.7 頭部側轉角度

本研究受試者於觀測目標過程中之頭部側轉角度平均值(標準差)為 9.6(4.2)度。

受試者群體間在頭部側轉角度量測項目上，有顯著影響效果 ($F = 7.12, p < 0.008$)。教官組操作槍枝時之頭部側轉角度比特勤組操作槍枝時之頭部側轉角度稍大；另操作姿勢對射手觀測時之頭部側轉角度亦有統計上之顯著影響效果 ($F = 53.14, p < 0.001$)，立姿操作時之頭部側轉角度較臥姿操作時之頭部側轉角度為大；且無論教官組或特勤組，立姿操作時之頭部側轉角度均明顯大於臥姿操作之頭部側轉角度，變異程度亦較大，如圖 16 所示。

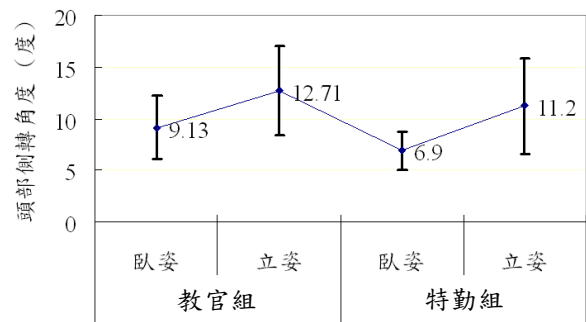


圖 16. 受試者群體與操作姿勢對頭部側轉角度影響誤差折線圖

根據不同受測群體與操作姿勢對頭部側轉角度大小的影響，建議臥姿頭部側轉角度 5~12 度，立姿臥姿頭部側轉角度 6~17 度，研究結果可提供兵監及專業訓練單位，編定反器材狙擊槍訓練準則時參考。

以持槍長度為類別區分，繪製各持槍長度操作時之頭部側轉角度盒形圖，由圖 17 中以持槍長度設定 1 (33 cm) 之頭部側轉角度變異性較小。

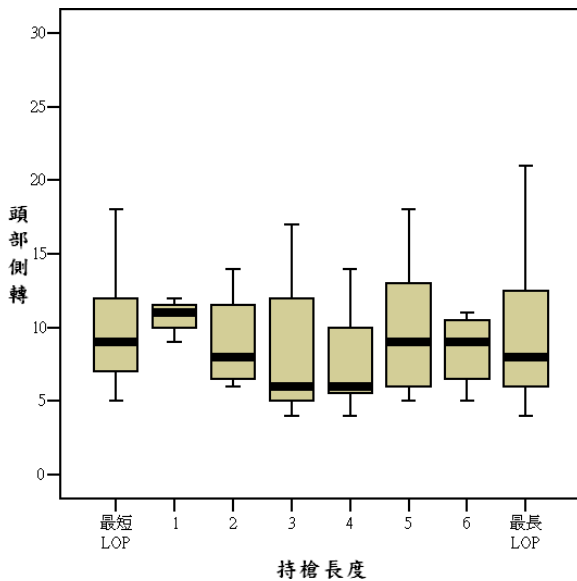


圖 17. 持槍長度設定對頭部側轉角度影響盒形圖

四、結 論

本研究運用人因工程方法，獲得適合國人使用之反器材槍操作介面設計參考，其結果及建議歸納如后：

- (1) 本文建議之反器材狙擊槍持槍長度範圍 35~37cm，可使觀測正確性高，操作調整次數少，且主觀評比較佳。
- (2) 本文建議步槍持槍長度範圍，較馬式曾[15]提出步槍持槍長度範圍 32~35 cm 長。其中 35 cm 的 LOP 於兩範圍中，可同時滿足兩者人槍介面需求。
- (3) 若槍托長短無法調整，設計時應先將 LOP 確定於 35~37cm 範圍內，同時建議狙擊鏡與槍枝結合介面採戰術滑軌設計，俾提供接目距離 45~90 公厘彈性調整運用，提高操作適配性。
- (4) 若狙擊鏡位置無法調整，建議採用槍托長短採可調式設計，除可調整接目距離，並可使射手視個人需求於 33~38cm 間調整持

槍長度。

- (5) 美製 M82A1M 反器材狙擊槍，槍托採固定式設計，狙擊鏡採可調式設計，持槍長度 37.8 公厘，因此在主觀評比及操作調整次數兩項落在本研究較佳區間內。
- (6) 觀測時間、觀測正確性、姿勢調整次數與對狙擊戰術熟悉度及訓練有密切相關，可能因教官組對狙擊戰術及相關準則較為熟悉，因此表現較佳。

誌 謝

本文承軍備局生產製造中心第 205 廠提供經費補助，特此誌謝。

參考文獻

- [1] 王義夫，“體會手槍射擊中的呼吸”，中國射擊射箭，第 101 期，第 42-43 頁，2004。
- [2] 張秋萍，“對王義夫雅典奧運會賽前準備的剖析”，中國射擊射箭，第 101 期，第 30-32 頁，2004。
- [3] 何明芳，“射擊業餘訓練選材探討”，體育科技，第 20 卷，第 1 期，第 14-15 頁，1999。
- [4] 于秋萍，“氣步槍訓練在步槍業餘訓練中的地位及作用”，體育科技，第 20 卷，第 1 期，第 62-63 頁，1999。
- [5] 李齊茹，石玉琴，“我國高水平手槍慢射運動員瞄準技術的生物力學研究”，成都體育學院學報，第 22 卷，第 3 期，第 51-57 頁，1996。
- [6] Bird, E. I., “Psycho physiological processes during rifle shooting,” *International Journal of Sport Psychology*, Vol. 18, pp. 9-18, 1987.
- [7] 王惠民、劉淑慧，“借助 EMG 值對優秀女子手槍運動員實施表象技能基礎訓練的初步研究”，中國體育科學學會學報，第 13 卷，第 1 期，第 81-88 頁 1993A。
- [8] 王進、馬進才，“多向飛碟射擊的右上臂外展角度與持槍姿勢關係的研究”，中國體育科學學會學報，第 12 卷，第 1 期，第 71-74 頁，1992。
- [9] Iskra, L., Gajewski, J., and Wit, A., “Spectral analysis of shooter-gun system,” Amsterdam Free University Press,

- Netherlands, pp. 913-919, 1988.
- [10] 盧德民、陳偉、黃宗成、朱嘉新，“女子運動手槍速射技術的研究”，中國國家體委體育科學研究所學報，2 卷，2 期，第 60-68 頁，1989。
- [11] 盧德民、陳偉、黃宗成，“步槍立姿的穩定性研究”，中國國家體委體育科學研究所學報，第 1 卷，第 1 期，第 15-50 頁，1988。
- [12] 陳偉、盧德民、黃宗成，“中國優秀手槍速射運動員的技術研究”，中國體育科學學會學報，第 12 卷，第 5 期，第 75-79 頁，1992。
- [13] Zatsiorsky, V. M. and Aktov, A. V., “Biomechanics of highly precise movements: The aiming process in air rifle shooting,” *J. Biomechanics*, Vol. 23, No. 1, pp. 35-41, 1990.
- [14] 徐照麟，人因介面與步槍射擊精準度之研究—以臥姿射擊為例，國防大學理工學院動力及系統工程學系兵器系統工程研究所碩士論文，桃園，2010。
- [15] 馬式曾，“現代步槍設計要求中國輕兵器精華本：目前形勢看中國輕兵器”，中國兵工學會輕武器學會，第 77-80 頁，1994。
- [16] Saran, C., “Biomechanical evaluation of T-handles for a pronation supination task,” *Journal of Occupational Medicine*, Vol.15, pp.712-716, 1973.
- [17] Drury, C. G, Begbie, K., Ulate, C., and Deeb, J. M., “Experiments on wrist deviation in manual materials handling,” *Ergonomics*, Vol.28, No. 3, pp. 577-589, 1985.
- [18] 姜守芳，對新研製步槍的幾點希望，中國輕兵器精華本：發展我國輕兵器之我見，中國兵工學會輕武器學會，第 18~20 頁，1992。
- [19] Anderson, D., “Size matters: many factors contribute to how a rifle handles,” *Guns Magazine*, Vol. 18, Issue 4, pp. 20-25, 2005.

