



## 不同等級射箭選手回拉放箭動作之分析

<sup>1</sup>陳詩園、<sup>2</sup>林政賢、<sup>3</sup>邱炳坤、<sup>4</sup>黃宜富 <sup>1</sup>湯文慈\*

<sup>1</sup>國立體育大學競技與教練科學研究所、<sup>2</sup>國立體育大學陸上運動技術學系、<sup>3</sup>國立體育大學體育研究所、<sup>4</sup>新北市鶯歌國民小學

投稿日期：2019 年 06 月；通過日期：2019 年 09 月

### 摘要

**目的：**為比較優秀與次優秀射箭選手放箭時期肘部回拉放箭動作的差異，並探討回拉放箭與箭著位置及全項單局成績之相關性。**方法：**研究對象為優秀射箭選手 5 名，平均全項成績為  $1286.2 \pm 25.3$  分和次優秀射箭選手 5 名平均全項成績為  $1182.8 \pm 12.9$  分。利用 Trouble shooter 高速攝影機 (500Hz) 收集選手放箭拉弓臂手肘位移情形，並利用 Sony 數位攝影機 (60Hz) 收集選手每箭箭著位置，參數包含：回拉機率、回拉距離、回拉速度、回拉時間、放箭反應時間及箭著位置進行獨立樣本 t 檢定，考驗兩組不同等級選手回拉放箭技術參數在上肢運動學差異情形，並利用 Pearson 積差相關分析來探討拉弓臂手肘回拉放箭與箭著位置，以及拉弓臂手肘回拉放箭與全項成績之相關。**結果：**優秀組選手在回拉的機率、回拉距離及回拉時間均顯著低於次優秀組選手，優秀組選手的放箭反應時間顯著較次優秀組選手短。全項單局成績較佳的選手其拉弓臂手肘回拉機率、回拉距離及回拉時間都明顯較低，呈顯著負相關。**結論：**雖優秀選手仍有回拉動作，但降低回拉機率、回拉距離及回拉時間可有助於射箭表現。放箭反應時間較短有助於射箭成績表現，且利用高速攝影機拍攝與資料量化分析可作為有效檢測放箭反應時間之工具。

**關鍵詞：**射箭表現、放箭技術、高速攝影

### 壹、緒論

射箭是一項靜態和非接觸式運動，選手需要較高的穩定性及一致性以幫助獲得較高的得分 (Taha, Mat-Jizat, Abdullah, Musa, Abdullah, Ibrahim & Shaharudin, 2018)，而整體射箭動作流程包含站姿、握弓、勾弦、舉弓、拉弓、固定、放箭及餘姿等動作，其中在放箭技術部分國內、外皆有相關研究指出放箭的技術是反應射箭得分高低的一項重要指標。吳聰義、蔚順華、劉宇 (1998) 研究指出放箭時，左斜方肌持續用力與右斜方肌配合則可使射出的箭呈現較穩定狀態。姜倩、李良標 (1993) 的研究指出優秀射箭選手較一般選手的肌肉用力情形一致，優秀選手上半身肢段在固定 (Anchor) 至放箭 (Release) 階段的晃動幅度較少且肌電圖波動小。李良標、熊開宇、張士祥、呂維加、曲峰、潘慧矩與陳偉 (1992) 對 92 名中國射箭選手進行射箭時的肌電測試，結果發現技術水準較低的選手在放箭鬆弦時屈指肌保持用力狀態，導致放箭時手鬆不開弦造成放箭動作過於用力且不協

調，上述文獻顯示射箭的放箭技術對射箭得分表現的重要性。

放箭技術動作包含瞄準期結束後之伸展，經夾箭器釋放到手離弦。金亨鐸 (1990) 提出拉弓的手抵不過勾弦的力量而產生回拉的現象稱為 forward release (回拉鬆弦)，是最容易學習的動作，但不是好的鬆弦放箭動作，而鬆弦放箭也是射箭選手最容易發生失誤的階段。McKinney (1996) 書中提到 Richard Carella 是第一位將夾箭器聲響後至確實放箭之間的這段時間定義為「鬆弛時間」，因認為此段時間選手常因一過夾箭器導致許多肌群放鬆而有回拉動作，故認為這段時間越短越好，以避免影響到放箭品質。且放箭時間過長很可能會造成放箭動作產生回拉。Deborah (2015) 書中提到，若是將注意力集中於放箭動作上，反倒會讓放箭動不佳，造成更多的回拉鬆弦的結果。雖上述文獻皆指出放箭鬆弛時間短有助於射箭表現，但未有研究進行驗證。

\*通訊作者：湯文慈 國立體育大學競技與教練科學研究所  
地址：333桃園市龜山區文化一路250號  
E-mail：wtang@ntsu.edu.tw

Weiss (1965) 將反應時間分為兩個階段：神經傳導至肌肉反應開始期間定義為前動作期 (premotor time, PMT)，以及肌肉反應開始至肢體動作開始定義為動作時間 (motor time, MT)。

Ertan、Kentel、Tuemer 與 Korkusuz (2003) 指出對優秀射箭選手與初學者進行肌電量測，並比較從夾箭器釋放到放箭的前動作 (premotor time, PT) 時間的比較，發現優秀選手聽到夾箭器夾箭器釋放到放箭屈指肌及伸指肌活化改變的前動作時間 (約為 100ms，而初學者則為 200 至 300ms 之間，這表示優秀選手其放箭反應時間會因技巧純熟而縮短。雖是有效檢測放箭技術的指標之一，但需要經過接觸性的黏貼量測，然而可以透過非接觸性的儀器，如高速攝影機，是否可藉由量測夾箭器釋放後於肘啟動的放箭反應時間，與肘回拉動作特徵，分類出放箭技術的等級，以作為放箭技術的指標之一，值得進一步驗證。

綜合上述研究發現放箭技術情形與射箭成績可能的關連性，但放箭動作包含許多參數在內，非由單一因素影響成績表現，因此難以從肉眼外在觀察到的放箭反應時間、回拉情形等層面去探討不同等級選手是否有差異，林國斌 (2005) 也指出放箭動作是影響箭是否射中目標的關鍵因素，但唯有透過高速攝影機等相關器材的輔助才可進一步的分析放箭時各項參數是否會影響成績高低。且由上段敘述所知，許多研究是以 EMG 來探討動作內部的肌肉活化情形，但對射箭瞬間動作的細節較少研究。故本研究目的針對優秀與次優秀選手探討其放箭手肘回拉動作技術特徵，及夾箭器釋放至放箭反應時間之差異，同時檢驗拉弓手臂手肘回拉放箭與箭著位置之相關與拉弓手臂手肘回拉放箭與全項成績之相關，並以非接觸性的高速攝影機進行運動學參數的量測與分析，以確定此儀器是否可作為辨識放箭技術之工具，期盼能提供給教練與選手在訓練上的幫助。

## 貳、方法

### 一、研究參與者

本研究是以國立體育大學10名男子射箭選手為對象，其中包含優秀選手組5名全項成績平均為1286分，以及次優秀選手組5名全項單局成績平均為1182分 (如表1)，測試地點於國立體育大學射箭場。

表1、受試者資料

	年齡 (yr)	身高 (cm)	體重 (kg)	射齡 (yr)	全項成績 (score)
優秀組 (n=5)	22.0 ± 4.3	174.2 ± 2.6	76.4 ± 6.1	9.6 ± 3.5	1286.2 ± 25.3
次優秀組 (n=5)	19.0 ± 1.4	176.6 ± 3.8	78.0 ± 15.6	7.2 ± 1.3	1182.8 ± 12.9

### 二、研究步驟

本研究經所有受試者同意後，開始編排受試者順序、充分熱身後先於30公尺進行試射，之後再進行30公尺測試，每人發射2趟每趟6箭共計12箭，並利用 Trouble Shooter高速攝影機 (500Hz) 收集選手放箭拉弓手臂肘位移情形，同時利用Sony數位攝影機 (60Hz) 收集選手每箭箭著位置，訊號同步器架設於夾箭器內側利用夾箭器釋放同時啟動LED訊號燈，作為夾箭器釋放前後期別分界之用。

高速攝影機 (Trouble Shooter) 架設於發射線後方3公尺處並與發射線垂直90度，攝影機高度與受試者手肘鷹嘴突高度位置相同，Sony數位攝影機架設於靶前10公尺處；距離地面高度50公分 (如圖1)。

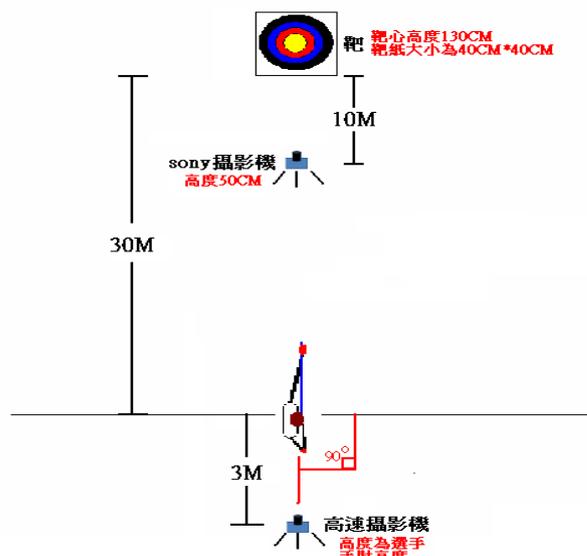


圖1、實驗場地佈置示意圖

### 三、研究工具

- (一) Trouble shooter 高速攝影機：拍攝頻率設定為 500Hz，收集選手放箭時拉弓手臂移動情形。
- (二) Sony 數位攝影機：HDR-SR12 硬碟式攝影機取樣頻率為 60Hz，此攝影機作為收集選手得分情形之用。
- (三) 弓箭器材：選手自備，平日訓練所使用之器材。
- (四) 訊號同步器：利用夾箭器釋放時啟動開關使 LED

發亮作為夾箭器釋放前後期別分界之用。

(五)Kwon3D 3.1：分析選手放箭時拉弓臂手肘位移位置座標，以及箭著位置座標。

(六)Microsoft Excel：作為資料處理分析之用。

(七)校正架：邊長各為22.5cm之立方體。

#### 四、資料蒐集與處理

(一)資料蒐集部分包括放箭時拉弓手臂手肘位移情形及箭著位置，其收集方法如下：

1. 拉弓手臂手肘位移情形：將Trouble shooter所拍攝之影像利用Kwon3D 3.1影像分析軟體分析出拉弓臂手肘在夾箭器釋放後500 ms(即250 frames)的拉弓手鷹嘴突位置座標。
2. 箭著位置：將Sony數位攝影機所拍攝之影像利用Kwon3D 3.1影像分析軟體分析出箭落於靶上箭著位置座標。

(二)本研實驗之參數分析計算方式如下：

1. 回拉機率：每位受試者在本次實驗12箭中發生回拉放箭的次數，以百分比表示。
2. 回拉距離：手肘鷹嘴突位置向X軸正向（人體前側）移動的距離。
3. 回拉時間：手肘鷹嘴突位置向X軸正向（人體前側）移動的時間。
4. 回拉速度：手肘鷹嘴突位置向X軸正向（人體前側）移動的速度。
5. 放箭反應時間：手肘鷹嘴突位置從夾箭器釋放至開始向X軸（人體前側）方向移動的時間。
6. 箭著位置：箭孔位置相對於12箭箭群中心點的方向位置，故分成X軸水平偏差距離及方向與Y軸垂直偏差距離及方向。

各期別之界定時間點（如圖2），分為夾箭器釋放、回拉開始、回拉結束、放箭開始，其中夾箭器釋放至放箭手肘鷹嘴突位移開始為放箭反應階段，此階段所經歷的時間為放箭反應時間；回拉開始至回拉結束為回拉階段，此階段所經歷的時間即為回拉時間；回拉開始為手肘鷹嘴突位置向X軸開始向正向移動的時間；回拉結束及放箭開始為手肘鷹嘴突位置X軸向負向移動的時間。

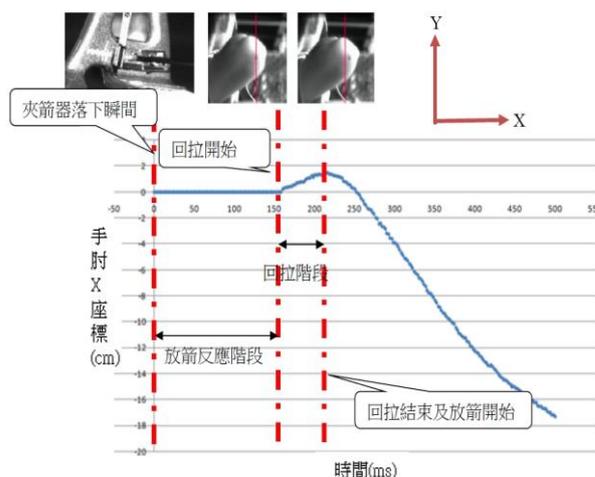


圖2、本實驗各期別示意圖

#### 五、統計分析

本研究中之自變項分別為：組別。依變項分別為：回拉機率、回拉距離、回拉速度、回拉時間、放箭反應時間、箭著位置，所使用之資料處理和統計分析方法如下：

資料收集和處理後，以SPSS for Windows 12.0版統計套裝軟體進行分析。所有數值皆以平均數±標準差表示，顯著水準為 $\alpha = .05$ 。以獨立樣本t檢定，考驗兩組不同等級選手之參數差異情形，包括放箭回拉機率、回拉距離、回拉速度、回拉時間、放箭反應時間、箭著位置。並利用Pearson積差相關分析，探討拉弓臂手肘回拉放箭與所有箭數之箭著位置，以及拉弓臂手肘回拉放箭與全項成績之相關。

#### 參、結果

本研究所探討之參數包括回拉機率、回拉距離、回拉速度、回拉時間、放箭反應時間、箭著位置。以獨立樣本t檢定考驗優秀與次優秀組選手之各項參數差異情形。

##### 一、優秀與次優秀選手放箭回拉動作之差異

回拉機率平均數各為 $60 \pm 27$ 與 $100 \pm 0$ 檢定結果 $t = -3.38, p = .01$ ，考驗結果達顯著，由平均數大小可以得知優秀組的回拉機率較小（如圖3）。回拉距離平均數各為 $0.17 \pm 0.08$ 與 $0.69 \pm 0.19$ 檢定結果 $t = -5.62, p = .00$ ，考驗結果達顯著，由平均數大小可以得知優秀組的回拉距離較短（如圖4）。回拉時間平均數各為 $7.80 \pm 4.13$ 與 $46.60 \pm 9.57$ 檢定結果 $t = -8.33, p = .00$ ，考驗結果達顯著，由平均數大小可以得知優秀組的回拉時間較短（如圖5）。

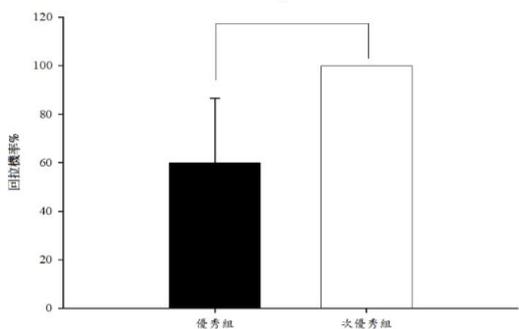


圖3、不同組別回拉機率直條圖

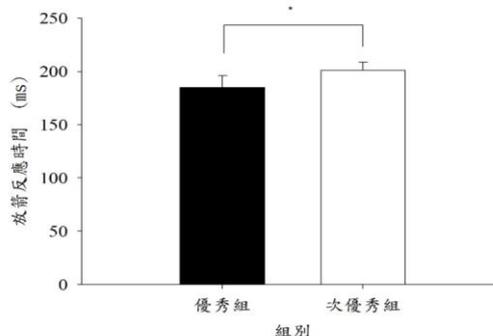


圖6、不同組別放箭反應時間直條圖

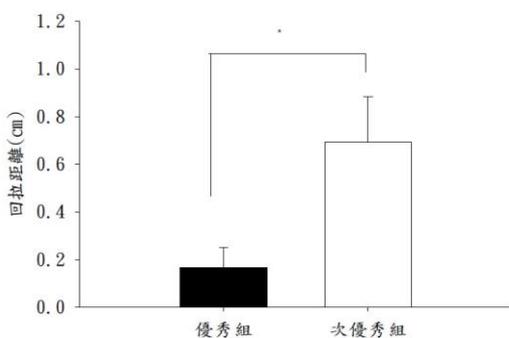


圖4、不同組別回拉距離直條圖

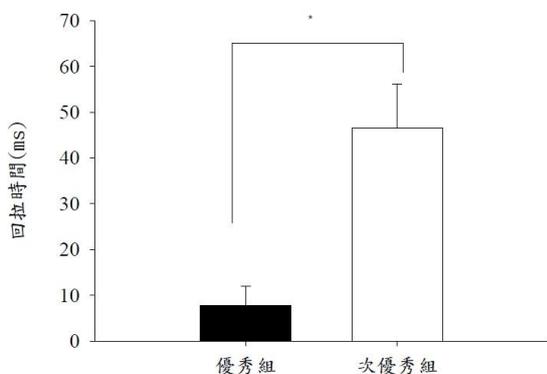


圖5、不同組別回拉時間直條圖

二、優秀與次優秀選手夾箭器釋放至放箭反應時間之差異

放箭反應時間平均數各為  $185.03 \pm 11.00$  與  $201.10 \pm 7.80$  檢定結果  $t = -2.67$ ,  $p = .03$ , 考驗結果達顯著, 由平均數大小可以發現優秀組選手放箭的反應時間顯著快於次優秀組的選手 (如圖6)。

三、拉弓臂手肘回拉放箭與箭著位置之相關

在探討拉弓臂手肘回拉放箭各參數 (回拉機率、回拉距離、回拉速度、回拉時間) 與箭著高、低偏差位置 (Y軸) 以及與箭著左、右偏差位置 (X軸) 相關情形, 發現僅有回拉距離與箭著左、右偏差位置 (X軸) 相關情形達到低度正相關 ( $R = 0.180$ ,  $p < .05$ )。而從 (如圖7) 中亦可發現回拉距離愈大箭著會有右偏之情形。

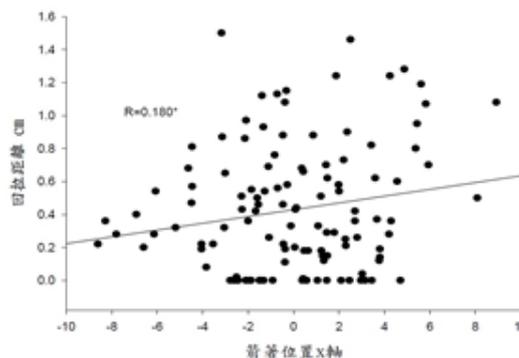


圖7、回拉距離與箭著位置X軸相關圖

四、拉弓臂手肘回拉放箭與全項成績之相關

本研究全項成績與回拉機率、回拉距離及回拉時間均達顯著相關性 (表2), 由相關分析發現全項成績與回拉機率之間達到顯著中度負相關 ( $R = -0.663$ ,  $p < .05$ ) (如圖8)。全項成績與回拉距離達顯著高度負相關 ( $R = -0.844$ ,  $p < .01$ ) (如圖9)。全項成績與回拉時間達顯著高度負相關 ( $R = -0.881$ ,  $p < .01$ ) (如圖10)。說明了回拉機率少、回拉距離短、回拉時間短可以獲得較高射箭成績表現。

表2、拉弓臂手肘回拉放箭與箭著位置之相關表

	回拉 機率	回拉 距離	回拉 時間	回拉 速度	全項 成績
回拉機率	—	.796**	.801**	.674*	-.664*
回拉距離		—	.896**	.458	-.844**
回拉時間			—	.256	-.881**
回拉速度				—	-.211
全項成績					—

\*\*  $p < .01$  \*  $p < .05$

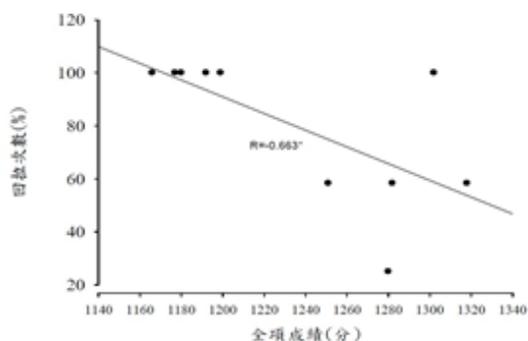


圖8、回拉機率與全項成績相關圖

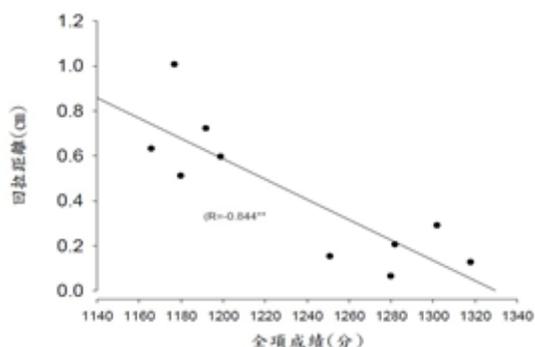


圖9、回拉距離與全項成績相關圖

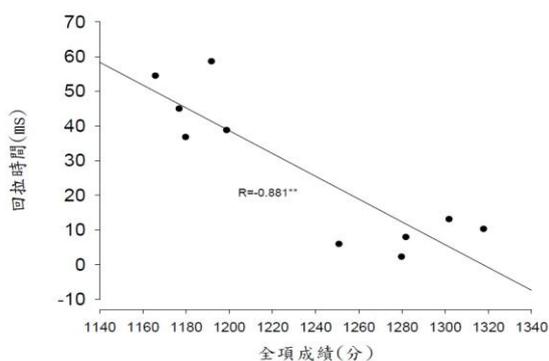


圖10、回拉時間與全項成績相關圖

## 肆、討論

### 一、拉弓臂手肘回拉放箭與箭著位置

圖3至圖6的結果說明了優秀選手能射出較佳的成績關鍵在於他們不容易出現回拉的情形，一旦出現回拉情形時，不論優秀或次優秀選手都會盡力使回拉的加速度不要持續增加，如McKinney (1996) 夾箭器落下後，肌肉會完全放鬆以便放箭，但時間過長很可能會造成放箭動作產生回拉，本研究結果與此趨勢亦同，次優秀組之放箭反應時間較長，而回拉距離與回拉出現機率也較多。另外，Ertan等人 (2003) 所指的放箭的前反應時間優秀組為100ms，初學組則為200-300ms，本研究文則是放箭反應時間，包含前反應時間與動作時間，時間長度應略增加，故優秀組為185±11ms，次優秀組為201.10 ms，與Ertan結果相符。雖然EMG所測得的資料為肌肉活化的情形能較早得知受試者反應，而在本實驗所使用高速攝影機只能夠判斷外在位移情形相對獲得資料時間較慢，但高速攝影機及EMG皆清楚顯示優秀選手放箭速度較快，但在反應時間顯示卻有所差異，未來若使用高速攝影機作為測量之儀器須注意反應時間的參考標準。

### 二、拉弓臂手肘回拉放箭與全項成績之相關

回拉時相關參數僅有回拉距離在箭著左右 (X軸) 方向呈現低度正相關，回拉距離愈大時會使箭著愈偏右，這個結果與林合營 (2006) 所談到回拉放箭動作會使箭著產生偏低現象有所不同。另外在回拉機率較少、回拉距離較短、回拉時間較短能夠獲得較佳全項成績，這結果與林國斌 (2005) 指出因力量的控制不穩定，將影響到箭著的準確度相符。此結果亦可以運用在射箭訓練觀察及加強之重點。

## 伍、結論

- (一) 優秀組選手在回拉機率、回拉距離及回拉時間均明顯低於次優秀組選手。
- (二) 優秀組選手的放箭反應時間較次優秀組選手快。
- (三) 拉弓臂手肘回拉機率、回拉距離及回拉時間與全項單局成績有顯著的相關性，全項單局成績較佳的選手其拉弓臂手肘回拉機率、回拉距離及回拉時間都明顯較低。

由上述結果綜合而論，要提升射箭成績表現要減少回拉動作的情形產生，未來可以針對回拉動作產生之因素加以探討，並利用此研究之結果提供給教練與選手作為動作檢測之依據。

## 伍、參考文獻

- 吳聰義、蔚順華、劉宇(1998)。射箭選手放箭前後肌電圖與振幅之穩定性分析。《我國大專運動科學八十六學年度研究獎助專刊》，33-51。
- 李良標、熊開宇、張士祥、呂維加、曲峰、潘慧矩、陳偉 (1992)。射箭技術及其診斷指標。《北京體育學報》，15(4)，25-33。
- 林合營、邱文信(2006)。射箭技術關鍵因素分析探討。《大專體育》，38，178-183。
- 林國斌 (2005)。放箭技術之探討。《大專體育》，77，38-44。
- 金亨鐸 (1990)。《射箭基本教材(一)》。台北市：中華民國體育運動總會。
- 姜倩、李良標 (1993)。我國高水平射箭運動員瞄準時身體各環節運動規律的初步研究。《中國體育科學學會學報(體育科學)》，13(1)，70-76。
- Deborah, C. (2015). *Archery: Skills. Tactics. Techniques.* Wiltshire, England: Crowood.
- Ertan, H., Kentel, B., Tuemer, S.T., & Korkusuz, F. (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Human Movement Science*, 22, 34-45.
- McKinney, R. (1996). *The simple art of winning* (pp.59-60). Tokyo Shoseki Insatsu Co.,Ltd.
- Taha, Z., Mat-Jizat, J. A., Abdullah, M. A., Musa, R. M., Abdullah, M. R., Ibrahim, M. F., & Shaharudin, M. A. H. (2018). Integrated multi sensors and camera video sequence application for performance monitoring in archery. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 319.
- Weiss, A. D. (1965). The locus of reaction time change with set, motivation, and age. *Journal of Gerontology*, 20, 60-64.



## Analysis of the Action of Forward-Release for Different Level Archers

<sup>1</sup>Szu-Yuan Chen, <sup>2</sup>Chen-Hsien Lin, <sup>3</sup>Ping-Kun Chiu, <sup>4</sup>Yi-Fu Huang, <sup>1</sup>Wen-Tzu Tang\*

<sup>1</sup>Graduate Institute of Athletics and Coaching Science, National Taiwan Sports University, Taiwan

<sup>2</sup>Department of Sports Training Science - Athletic, National Taiwan Sports University, Taiwan

<sup>3</sup>Graduate Institute of Physical Education, National Taiwan Sports University, Taiwan

<sup>4</sup>Yingge Elementary School, New Taipei City

Accepted : 2019/09

### ABSTRACT

**Purpose:** The study was to compare the elbow kinematics between elite and sub-elite archers' Forward-Release of drawing arm, and the relationship of kinematic of elbow joint during release phase and FITA round scores. **Methods:** Five for elite archers, with an average FITA round score  $1286.2 \pm 25.3$  points and five for the sub-elite archers with an average FITA round score  $1182.8 \pm 12.9$  points. Trouble shooter speed camera (500Hz) were used for data collection of archer movement and the displacement of the elbow joint of drawing arm were calculated and the arrow accuracy were derived by using Sony digital camera (60Hz) recording each position of the arrow. The parameters included the occurring rate of Forward-Release, the translation bias of Forward-Release, the time of Forward-Release, the reaction time of Forward-Release and the accuracy of arrow point. Independent sample *t*-test were used to test two different levels of archers, and using Pearson product-moment correlation analysis to investigate the relationship of Forward-Release and FITA round scores. **Results:** The occurring rate of Forward-Release, translation bias of Forward-Release and the time of Forward-Release are negatively correlative to FITA Round scores. The occurring rate of Forward-Release, translation bias of Forward-Release and the time of Forward-Release in the elite archers is significantly lower than in the sub-elite archers. The reaction time of Forward-Release also showed significantly shorter in elite archers than sub-elite archers. **Conclusion:** By reduce the occurring rate of Forward-Release, translation bias of Forward-Release or the time of Forward-Release can help the archery performance. Shortening the reaction time of release can help the shooting performance, the high speed camera can be an effective tool for measure the reaction time of release.

**Keywords:** archery performance, release skill, high-speed camera