

射箭技術與生物力學探討

張吉堯¹、張怡潔²、吳聰義³、何金山^{1*}

¹ 國立體育大學運動科學所

² 中山醫學大學體育中心

³ 國立臺灣體育運動大學

摘要

射箭運動屬於穩定度、技術層面高的項目。優秀射箭選手須擁有良好的肌力、平衡、協調性等各項能力，才能於賽會中有良好的表現成績。爲了提升射箭的動作穩定度，透過運動生物力學應用於射箭動作中，並由儀器找出動作過程中的特徵點，瞭解射箭動作的過程問題，並回饋動作分析與量化的數據，能有效針對訓練方式進行改善。許多研究中發現：瞄射時間、放箭時間、身體穩定度等因素將會影響比賽結果，因此定量進行動作量化的分析，能準確收集動作過程運動學參數，並加以進行探討。本文章以文獻回顧方式針對射箭技術穩定度與運動生物力學探討進行分析，藉此希望能提供給教練和選手最好的訓練指標。

關鍵字：穩定度、運動學、訓練指標

*通訊作者：

聯絡地址：333 桃園市龜山區文化一路 250 號

Tel：03-328-3201 Ext 2507

手機：0953-054-765

E-mail：kilmur33@gmail.com

壹、前言

射箭發展起源於原始時代已經成爲人類生活技能之一，西元 1676 年射箭於成立蘇格蘭王的首支御用射箭隊，並隨著時代的演變射箭成爲英國貴族平日休閒運動與競賽，射箭於 1900 年第二屆奧林匹克運動會成爲比賽項目之一，然而射箭項目於後續幾屆賽會中因沒有制定的比賽規則而被奧運會移除，也在 1972 年慕尼黑奧運會將射箭恢復爲正式比賽項目。台灣射箭在國際賽會中的表現一直維持相當優異水準，中華代表隊屢屢能在每次國際賽會中射出亮眼的佳績爲國爭光，而臺灣射箭在世界水準已達一定的水準。

射箭運動爲一項自我控制強且高技術的運動，射箭技能中包括：肌力、平衡能力、穩定性等因素，這些條件在射箭項目中都扮演著重要的角色。射箭選手的雙手分別作爲持弓手及拉弓手，在射箭過程中持弓手對準所要靜止不動的靶，後續利用拉弓手將弓身上箭座的箭，延續拉置過箭位置進行瞄準，當箭座上的箭通過“夾箭片”產生清脆聲響即可進行放箭。過去研究中指出射箭動作可分爲拉弓、瞄準、放

箭三個階段，進一步劃分可列成舉弓、拉弓、拉滿弓、瞄準、放箭、餘姿這六個動作（McKinney & McKinney, 1997; Nishizono, A., Shibayama, H., Izuta, T., & Saito, K, 1987）。射箭比賽中選手的穩定度及動作的一致性於比賽中扮演了相當重要的角色，射箭選手每一次射擊每支箭都能夠維持固定放箭位置、時間將能提高比賽中分數的穩定較不會有落差，在進行每一支箭的射擊時如雙手角度、拉弓及放箭花費的時間、及身體的穩定度都會是影響所飛出去箭的速度和方向以及任何的因數，也能在比賽中讓選手有良好的佳績（Soylu, Ertan, & Korkusuz, 2006）。

射箭技術穩定將會對最終成績造成直接影響，在現今科技日新月異社會中，利用科學儀器加入訓練中相當廣泛，而透過科學儀器測量與運動生物力學觀點能有效提升選手表現。Heller (2012) 研究中利用弓上的夾箭片所製造的聲音也是能去判斷選手反應能力是否良好，隨著聲音出現做出放箭的動作，隨著動作的變化和弓與箭細微改變的增加，應透過高精準的測量儀器來進行射箭運動時的動作分析。比賽中所射出的箭離箭靶中心距離越近代表擁有良好



正確相對位置



錯誤相對位置

圖一 弓身、弓臂與身體相對位置正確與錯誤示意圖

的運動表現，而過去研究中發現拉弓時弓身、弓臂與身體的是否於相對位置也成為比賽結果重要因素之一，如圖一，利用攝影機發現弓身與人如果沒有於相對位置上將會使肌肉花費更多的力量在進行每一支箭上，選手將力量作用在整個射箭動作，不同的力量會明顯在技術上看的出選手的表現，在每次放箭的節奏也是可以去分辨出選手之間的水平（Ahmad, Z., Taha, Z., Hassan, H. A., Hisham, M. A., Johari, N. H., & Kadirgama, K., 2014）。科學方式運用於射箭動作分析能精準找出運動過程中特徵點並改善使成績提升。

科學儀器加入與運動生物力學觀點應用於射箭運動中能精準且有效了解選手問題所在，並針對動作特徵進行修正，以利於賽會中發揮實力獲得佳績。因此本研究目的旨在以文獻回顧方式探討生物力學應用於射箭技術中，探討運動時相關參數並提升選手表現。

貳、射箭動作技術

射箭項目為相當費時費力的運動，每位選手都有個人習慣的固定拉弓、瞄準、放箭時間的節奏，而每支箭瞄準時間相異可能會影響到選手的肌力與成績，選手動作姿勢於比賽中為致勝關鍵點之一，將入門時的基礎動作依照體型與習慣差異對選手動作過程中進行修改與調整，維持動作型態以規律性方式連貫做出一致動作能有效完成每次射擊。過去研究許多研究中提出射箭過程中，當瞄準目標物時間越長所造成的成績則是低分，反之瞄準時間越短成績則是越高分（林國斌，2005；邱文信、謝明達，2011；李佳倫、石罕池，2013）。Keast與Ellott（1990）觀察四名澳洲優秀選手對於瞄準時間與表現成績進行探討，結果中發現2位選手瞄準時間花費較長的時間導致成績下降，而由另外兩位選手結果中發現瞄準時間縮短使表現成績較好，並由結果提出瞄準時間長短對於

表現的重要性。射箭動作中瞄準時間將會對比賽最終成績造成直接性的影響，因此每次射擊的瞄準時間相同將會對選手運動表現有良好的幫助。

射箭為一項人與器材結合一起完成的運動，射箭過程中的肌力會直接對比賽成績造成影響，當無法利用短時間完成一個動作，將會消耗更多的體力，而到比賽後半段選手也較不易進行瞄準及射擊動作（林國斌、黃啓光、王智弘，2010）。吳榮文與劉從國（2004）提出射箭運動為一項整體循環且需要良好節奏性的運動，比賽中需要保持連貫性且良好的動作射出每支箭，才有辦法使每支箭於前方靶上，並距離相當接近靶中心，直到比賽最後一刻才有機會在賽會中獲得佳績。射箭運動分為兩個重要的決策，選手的動作穩定度與成績的穩定性，而在射箭站姿可分為：平行是站姿、開放式站姿與閉鎖式站姿，教練會因選手身體條件不同給予正確的站姿，而在基礎動作中最重要就是選手最初由教練給予的站姿動作，當教練與選手在站姿下了決策時，下半身動作穩定度將會更加提升（邱炳坤、王麗鈞、陳詩園，2011）。邱炳坤等人（2011）指出射箭選手動作過程的穩定度及最終成績結果，這兩種因素為射箭項目中重點，在射箭最初教學中，教練會因選手體態的不同而去設定適合選手站姿方式，因此在最初訓練之中就重點因素發展的開始。後續訓練中選手站姿將會與拉弓中每階段動作都環環相扣，當選手站姿固定後教練接著就能對選手後續的動作進行調償藉A基本動作的設立完成選手自然能在平時訓練終將動作做至最順暢和選手自己習慣的放箭節奏性，當一切動作、節奏固定後便能完成選手最終訓練課表，而在競賽中更能穩定的射出每支箭，並於比賽中發揮選手本身最良好的運動表現。射箭為戶外型的運動，儘管天候不穩定比賽依然要照樣進行，風、雨、地形會使選手比賽受到影響，而林靜宜與邱文信（2010）對於射箭選手

穩定度進行探討，並由研究指出射箭選手每一階段動作都會產生身體重心的變化，而身體重要不穩定擺盪可能與運動表現造成直接的影響，因此能發現射箭動作技術於每個階段都相當重要，對於選手訓練時應該對於射箭時每個階段都應該謹慎完成，所以身體重要穩定度在技術中也扮演重要的角色。吳聰義（2004）對於射箭三種不同站姿中提出了壓力分佈配置的比例，平行站姿法重心分配應為腳踝前後各50%的分配，開放式站姿方式重心分配為腳踝前方70%與腳踝後方30%為正確比例，封閉式站姿為腳踝前方30%而腳踝後方70%。

由上述射箭動作各階段能知種種因素都將會對最終競賽中造成很大的影響，動作技術中在整體相當關鍵，瞭解射箭能力並提升是必要的，而傳統的方式進行訓練較難準確指出動作問題的所在，在現在科技發展蓬勃的階段中，利用科學化的方式找出動作特徵進行修正，能有效針對問題點提升能力並有效使運動表現更佳良好。

參、射箭動作之運動生物力學探討

射箭成績與動作的穩定性有很大的直接關聯，目前很多文獻針對影響射箭成績的關鍵因素作分析研究，例如：瞄射時間、瞄準軌跡、放箭時間、持弓手的肌耐力、身體穩定度等（林靜宜&邱文信，2010；Ertan, H., Kentel, B., T?mer, S. T., & Korkusuz, F. 2003；Ganter, N., Matyschiok, K. C., Partie, M., Tesch, B., & Edelmann-Nusser, J. 2010；Tinazci, C. 2011），由作者彙整資料如表一。射箭運動中分析人體的關節活動與角度也是相當重要，能有效了解動作錯誤在問題與運動傷害出現原因，並且能有效的進行修改與避免（Kristianslund, Krosshaug, & Bogert, 2012）。選手在拉弓過程中將身體關節的角度進行改變使肌肉作用的力減少並且能降低疲勞，因為在拉弓過程中關節肢段角度的改

變感受到的疲勞並不會大於肌肉的，因此能讓選手較不易疲勞。Ahmad 等（2014）利用高速攝影機進行影像分析拉弓時所產生拉力線（Draw force line, DFL）中角度，並於結果顯示選手肘關節角度在水平面的投影角度應該為45度，而手肘的角度和位置應該與弓身、拉力線呈現平行對齊狀態，平行對齊的狀態會使肩膀再出手的動作不穩定且不會太大伸展，如果肘關節位置不正確會導致選手肌肉疲勞，長期持續不正確的動作可能會使成績受到時 v 響。Ertan 等（2003）研究中探討不同層級選手於放箭時間的差異性，由結果中觀察出初學者放箭時間約200毫秒至300毫秒之間，而優秀選手放箭時間則約100毫秒，經由研究結果可知優秀選手因技術較熟練，當箭通過夾箭片時反應時間自然與初學選手相比時所花費時間較短。較短的反應時間是優秀選手的特徵。李佳倫與石罕池（2013）於射箭競賽時利用高速攝影機進行拍攝，選手為四位臺灣國家代表隊選手，由結果發現四位選手於比賽144支箭中瞄準時間（秒）與成績（分）平均值各為：A 選手瞄準時間為 3.16 ± 1.45 ，成績為 8.99 ± 1.04 ；B 選手瞄準時間為 5.35 ± 1.70 ，成績為 9.11 ± 0.80 ；C 選手瞄準時間為 5.01 ± 1.12 ，成績為 9.10 ± 0.72 ；D 選手瞄準時間為 4.42 ± 1.79 ，成績為 9.26 ± 0.84 ；全體576支箭瞄準時間為 4.11 ± 1.79 、成績為 9.12 ± 0.90 ，經資料處理後發現只有D選手與全體時間呈顯著負相關，並由分析結果指出選手瞄準時間越短成績越好，而瞄準時間的不一致可能造成比賽成績影響。

射箭運動在競賽中是需要站立非常長時間的運動，因此站立正確的姿勢有助於成績穩定（Tinazci, 2011），選手站立時重心的穩定性越高在瞄準目標會明顯的提升最終比賽結果，當身體重心穩定在瞄準目標放箭動作也會有所一致性，而在較長的時間擁有良好的平衡能力的穩定度更是能在比賽中是相當重要的。林威秀等人（2009）利用三軸測力板測試19選手運動

過程中擷取不同距離測試之腳壓中心 (center of pressure, COP) 的變化，實驗中分為優秀選手與一般選手進行比較，並由結果顯示，優秀選手 COP 半徑 (mm) 為 0.62 ± 0.27 ，COP (mm/s) 速度為 3.53 ± 0.75 ，COP (mm) 面積為 2.98 ± 1.43 ；一般選手 COP 半徑 (mm) 為 0.77 ± 0.29 ，COP (mm/s) 速度為 4.42 ± 0.93 ，COP (mm) 面積為 6.50 ± 4.16 ，而由選手分數結果中進行歸類出高分箭與低分箭時 COP 的變化結果顯示，高分箭 COP 半徑 (mm) 為 0.68 ± 0.33 ，COP (mm/s) 速度為 3.92 ± 0.96 ，COP (mm) 面積為 4.49 ± 3.70 ；低分箭 COP 半徑 (mm) 為 0.72 ± 0.34 ，COP (mm/s) 速度為 4.15 ± 1.11 ，COP (mm) 面積為 5.30 ± 4.29 ，由結果中發現優秀選手於 COP 半徑、速度、面積都低於一般選手，而高分箭 COP 結果也好於低分箭。由此可知射箭過程中選手穩定度將會對成績帶來影響，而選手腳壓中心穩定度也是刷擲 n 重視的部分。並指出在射箭過程中優秀與一般選手平衡能力差異，在實驗結果中發現優秀選手在進行射箭動作時腳壓中心的移動能保持較小的區域範圍在力學上驗證選手射箭過程中腳壓中心分佈顯著集中，能顯示出優秀選手

在過程中身體平衡控制能力較佳，平衡能力的好壞會直接對運動表現造成影響。

射箭動作各項技術穩定度在比賽結果中扮演相當重要的角色，而利用運動生物力學的針對問題特徵點進行分析，儀器的輔助於動作上，並修改訓練課程內容，動作分析中所收集數據進行探討，將技術問題提供給教練及選手，修正未來訓練課程內容並有效發揮表現，由此可知運動生物力學的應用將在訓練中能提升運動表現，並在賽會中榮獲佳績。

肆、結論

射箭為一項需要高穩定性且比賽時間長的運動，而在射箭動作中每一個階段的動作程序都扮演相當重要的關鍵點，每位選手身體條件都不同，因此無法利用同樣的訓練法應用於所有選手上，當選手訓練方式沒有修改為適合的方式將在競賽無法發揮高水準的表現。運動生物力學可以有效應在射箭運動上，科學儀器的輔助能尋找出選手動作特徵點，並能幫助選手動作穩定度提升且達成一致動作節奏，更能減少射箭時疲勞產生與傷害的避免。本文透過文

表一 射箭相關生物力學研究

作者	受試者	方法	結果
林威秀等人 (2011)	9 位優秀選手與 10 位一般選手。	利用測力板評估腳壓中心差異。	優秀選手於瞄準情境十重心晃動與涵蓋面積相較一般選手小。
李佳倫等人 (2013)	4 位優秀選手。	透過高速攝影機探討優秀選手瞄準時間與成績的關係。	結果顯示具有低相關，而瞄準時間不同容易造成成績影響。
Ertan et.al (2003)	優秀選手、初學者與未接觸過的人各 5 男 5 女。	利用肌電圖黏貼於伸指肌與屈指肌觀察放箭時間差異。	優秀選手放箭時間相較於其他選手短。
Tinazci (2011)	4 位優秀選手。	利用自製放箭偵測裝置評估選手穩定性。	優秀選手放箭時間越短成績越好。

獻回顧，綜合上述對於射箭動作的技巧與需注意的細節中，發現透過運動生物力學能提升選手表現，未來更是能將射箭時得到的各階段運動學參數，並提供給教練及選手，以利於未來賽事中表現更優異。

參考文獻

- 李佳倫、石罕池 (2013)。優秀射箭選手於競賽中之瞄準時間與射箭成績的關係。《文化體育學刊》，16，31-41。
- 邱炳坤、王麗鈞、陳詩園 (2011)。射箭教練選擇選手站姿之決策分析。《大專體育學術專刊》，209-216。
- 邱文信、謝明達 (2011)。青少年射箭選手在目標距離之瞄射時距。《大專體育學刊》，13 (1)，72-78。
- 吳榮文、劉從國 (2004)。射箭動作要領之介紹。《中華體育季刊》，18 (3)，64-71。
- 吳聰義 (2004)。《射箭專項訓練與實務》。中華民國射箭協會 93 年國家級教練講習會，高雄市：左營國家運動選手訓練中心。
- 林威秀、黃國堂、邱炳坤 & 黎俊彥 (2009)。不同等級大專射箭選手平衡控制能力之差異。《大專體育學刊》，11 (2)，85-96。
- 林國斌 (2005)。優秀射箭選手瞄射時間與箭著位置之探討。《大專體育學刊》，7 (1)，235-245。
- 林國斌、黃啓光、王智弘 (2010)。射箭技術訓練之探討。《淡江體育》，13，42-48。
- 林靜宜、邱文信 (2010)。射箭足底壓力之介紹。《長榮運動休閒學刊》，4，44-50。
- Ahmad, Z., Taha, Z., Hassan, H. A., Hisham, M. A., Johari, N. H., & Kadirgama, K. (2014). Biomechanics measurements in archery. *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, 6, 762-771.
- Ertan, H., Kentel, B., Tamer, S. T., & Korkusuz, F. (2003). Activation patterns in forearm muscles during archery shooting. *Human Movement Science*, 22(1), 37-45.
- Ganter, N., Matyschiok, K. C., Partie, M., Tesch, B., & Edelmann-Nusser, J. (2010). Comparing three methods for measuring the movement of the bow in the aiming phase of Olympic archery. *Procedia Engineering*, 2(2), 3089-3094.
- Heller, M. (2012). Evaluation of arrow release in highly skilled archers using an acoustic measurement system. *Procedia Engineering*, 34, 532-537.
- Keast, D., & Elliott, B. (1990). Fine body movements and the cardiac cycle in archery. *Journal of sports sciences*, 8(3), 203-213.
- Kristianslund, E., Krosshaug, T., & van den Bogert, A. J. (2012). Effect of low pass filtering on joint moments from inverse dynamics: Implications for injury prevention. *Journal of Biomechanics*, 45(4), 666-671.
- McKinney, W., & McKinney, M. (1997). *Archery*. London: Brown & Benchmark.
- McKinney, R. (2004)。《致勝關鍵—輕鬆射出好成績》(邱炳坤、林政賢、陳文詮、周明熙)。臺北市：師大書苑 (原著於 1996 年出版)。
- Nishizono, A., Shibayama, H., Izuta, T., & Saito, K. (1987). Analysis of archery shooting techniques by means of EMG. *International Society of Biomechanics in Sports Proceedings*.
- Soylu, A. R., Ertan, H., & Korkusuz, F. (2006). Archery performance level and repeatability of event-related EMG. *Human Movement Science*, 25(6), 767-774.
- Tinazci, C. (2011). Shooting dynamics in archery: A multidimensional analysis from drawing to releasing in male archers. *Procedia Engineering*, 13, 290-296.

A Study of Biomechanics of Archery Technique

Chi-Yao Chang, Yi-Chieh Chang, Tsung-Yi Wu, Chin-Shan Ho*

¹Graduate Institute of Sports Science, National Taiwan Sport University, Taoyuan, Taiwan

²Center of Physical Education, Chung Shan Medical University

³Department of Sport Performance, National Taiwan University of Sport

Abstract

Archery is one of the most difficult and stability event in sport items. To achieve a good performance in the competition, the archers are required to have good strength, balance and coordination, etc. To improve the performance of archery, tried to investigate the characteristics of movement by sports biomechanics analysis methods. By way of motion analysis, the researchers could provide quantitative data and process of sports technology to the archer or coaches to improve training in an efficient way. Many research results show effect competition's score will to aim's time, shot's time and archer's center of pressure, etc. Therefore, quantitative operates quantitative analysis of the course of action to collect accurate kinematic parameters, and to be discussed. This review paper was discussed the theory on archery and the biomechanical analysis of archery and we hope that can provide the references to coaches and archers when they are executing the specific training.

Keywords: stability, kinematic, training index