第壹章　序論

第一節、前言

對於亞洲選手來說，由於體型及肌力等先天因素不如西方選手，故以往田徑項目總是被認為較弱的一環。但由於運動科學的介入，亞洲選手在某些較偏重技術層面上的運動項目也開始有了成績上的突破。如 2004 年雅典奧運中國大陸的「劉翔」在 110 m 跨欄項目中以 12”91 平世界紀錄，且獲得了金牌。同樣的在該屆奧運會中，日本選手「室扶廣治」（Koji Murofuchi）在鏈球項目中以 84.86 m 的成績摘得金牌。

現在標槍世界紀錄保持人，同時也是三次奧運會冠軍（包含 2000 年雪梨奧運）捷克人 Jan Zelezny，他在 1996 年 5 月 25 日創下 98.48 m 的世界紀錄。亞洲區的紀錄則是由日本的 Kozuhiro Mizoguchi 於 1989 年 5 月 27 日加拿大擲出 87.60 m 的成績。而目前國內則是於 2005 年 5 月 3 日嘉義中正大學全國大專運動會，「周宜辰」選手擲出的 76.18 m 全國紀錄。由上述資料我們可以看出，國內標槍運動應該仍有很大的發展空間。

比較以往及現在的大專運動會大專男子甲組標槍決賽成績（表 1-1），似乎可以發現除了第一名以外，其他名次並沒有明顯進步。另外再觀察今年全國運動會的標槍決賽成績來看，第一名（周宜辰成績：74.23 m），和第二名（陳鈺文，成績：68.55 m）、第三名（吳宏政，成績：67.23 m）的成績差了 5.68 - 7 m，可看出有一段落差，而這除了可能因為國內標槍運動人

口不多外所導致，也可能是針對一般選手的分析、研究不足所導致，這對標槍運動的發展是有不良影響的。本研究不但希望結果能促使優秀選手成績更進一步，也希望提供更多的資訊給一般選手，幫助更多的基層選手克服難關。

表 1-1 民國 81 年與民國 95 年大運會男子甲組標槍決賽成績

	民國 81 年大運會	民國 95 年大運會	比較
第一名	呂景義 70.16 m	周宜辰 74.88 ｍ	↑
第二名	羅世相 67.58 m	林立軒 67.20 m	—
第三名	林義順 67.42 m	吳宏政 62.89 m	—
第四名	溫著光 65.96 m	方銘毅 61.78 m	—
第五名	孫嘉良 64.74 m	劉寶聖 61.54 m	—
第六名	林正義 64.34 m	陳崇定 60.62 m	—

民國 81 年大運會資料來自王建邦與洪得明（1992）。

第二節、問題背景

國際業餘田徑運動總會（International Amateur Athletic Federation, IAAF）規則規定標槍要能有效地投擲其中落地時必須要符合槍頭先著地的條件。投擲時如果力量分配不恰當，造成槍頭過度地朝上，不但使截面積增加，空氣阻力增加，飛行距離縮短，更重要的是可能無法槍頭先著地而造成失敗，此種情形偶爾可見於優秀選手中。又如果使槍頭過度地向下旋轉（常見於初學者），則可能使槍身滾轉進而使飛行距離縮短。故投擲時的力量分配格外重要。日本學者 Maeda, Shamoto, and Moriwaki（1999）即曾經表示標槍受力的測量將有助於模擬標槍的加速、飛行狀況，同時也能提供槍體設計甚至是實際訓練上重要的資訊。然而國內外相關文獻甚少探討或實際計算投擲時槍體的受力或受力矩，更不用說所施之力會對出手速度或成績造成何種影響？如此將無法更深入的對其施力型態作分析，在標槍動力學的研究上會有不利的影響。

標槍加速度的產生是由外力的大小及作用時間長短來決定的，而外力除了靠上肢段產生外，推蹬時的地面反作用力也是一個重要來源（Mero, Komi, Korjus, Navarro, & Gregor, 1994）。推蹬時的地面反作用力越大，則相對的傳達到槍體的能量也會越大；Korjus (1988)., Bartlett, Muller, Raschner, Lindinger, and Jordan (1995) 在其研究中表示成績越好的選手其足底推蹬力量也越大，且推蹬力量大小和出手速度之間有顯著正相關存在。故我們曉

得推蹬力量是影響成績的一個重要因素，然而出槍時交叉步的成功與否並不能完全由力量大小來決定，如果不能和出槍動作巧妙的配合，導致下肢動力鏈的不協調，則就算推蹬力量再大傳達到槍體的能量也是有限。然而上述文獻皆僅針對推蹬時的力量大小作探討，至於和出槍動作或是出槍時機之間的配合則甚少提及，故本研究將針對測力板參數、槍體受力及出槍時機之間的關係進行探討，希望能對制動腳著地到出槍動作這段期間的動作技術有更進一步的瞭解。

根據動作學習理論（motor learning theory）表示，透過長時間的練習（practice）及回饋（feedback），選手的動作表現會改變且變得更好（Schmidt, 1998., Magill, 1993）。本研究中的優秀選手其訓練、參賽經驗及成績皆屬國內頂尖水準，且領先一般選手有一大段距離。故希望藉著比較兩組選手，除了幫助優秀選手更瞭解自己的投擲技術，也希望提供更多的資訊給一般選手，幫助更多的基層選手克服難關。畢竟標槍運動的推廣不能光靠少數優秀選手或是教練，必須有更多基層選手甚是運科人員投入才能使國內標槍環境更為成熟。

第三節、研究目的

英國學者 Morriss and Bartlett（1996）指出，一個優秀的標槍選手，其標槍有 70%的速度是在出槍前 0.1 sec 內所產生。這短短的時間內要完成複雜的制動、出槍及推蹬等動作並不容易，許多細部的技術項目也不容易用肉眼觀察出，故本研究將運用高速攝影機、測力板及三維動力學逆過程來作進一步瞭解。

綜合上述所提出的問題，本研究主要目的有下列幾項：

（一） 觀察優秀選手與一般選手在最後一步交叉步過程中槍體及身體之各項運動學、動力學及測力板參數之差異，並進一步探討造成差異的原因及對成績的影響。

（二） 針對優秀受試者「周宜辰」（目前為止全國紀錄保持人）做其個案分析，觀察影響其投擲好壞的因素為何。

（三） 透過各項運動學及動力學參數對成績之相關，希望找出影響成績的主要因素，並對先前兩組比較的結果做一驗證。

■ 本研究分析的運動學參數有：

身體部分：上肢各關節之線速度變化

上肢各關節之角度、角速度變化

下肢各關節角度變化

槍體部分：出槍瞬間之速度、飛行角度、槍體角、攻擊角、槍體角速度及質心高度

飛行距離（指成績）

■ 本研究分析的動力學參數有：

身體部分：制動腳髖、膝及踝關節受力

制動腳髖、膝及踝關節受力矩

制動腳髖、膝及踝關節淨功率

槍體部分：出槍前施予槍體之軸向力、側向力、軸向力矩及側向力矩

測力板部分：制動期、推蹬期時間

制動期及推蹬期各方向之地面反作用力 F_x、F_y、F_z

制動期及推蹬期各方向之衝量 P_x、P_y、P_z

註：x 方向是左右方向，y 方向是前後方向，z 方向是上下

第四節、名詞操作性定義

1. 優秀選手（elite group）：大專院校大專男子標槍甲組選手。
2. 一般選手（general group）：大專院校大專男子標槍乙組選手。
3. 腕關節角度（wrist angle）：手部與前臂間的夾角，如圖 1-1 所示。

   肘關節角度（elbow angle）：前臂與上臂間的夾角，如圖 1-1 所示。

   肩關節角度（shoulder angle）：軀幹與上臂間的夾角，如圖 1-1 所示。

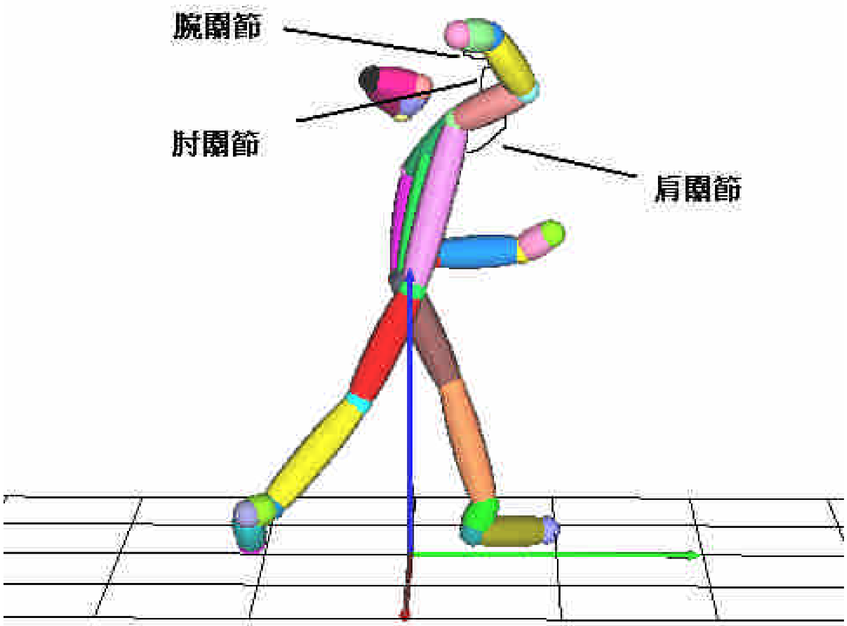


圖 1-1 上肢各關節角度示意圖

4. 軀幹左右扭轉角度：指兩肩軸繞著 Global Z 軸所旋轉的角度（即投影在 X-Y 平面上），算法為制動腳著地時的角度減去出槍時的角度。

5. 軀幹前後傾角度：制動腳著地時左髖角度減去出槍時左髖角度

6. 地面座標系統或攝影機座標系統（參考座標系統，global coordinate system）：選手助跑時左右方向設為 X 軸，助跑方向（即跑道方向）設為 Y 軸，垂直地面方向設為 Z 軸（參見圖 1-2 右）。

7. 測力板座標系統：測力板的座標系統則是平行跑道方向定為 Y_p 軸，朝跑道右側且垂直跑道方向定為 X_p 軸，Z_p 軸為垂直地面。故攝影機及測力板的座標系統是相同的且固定不變。

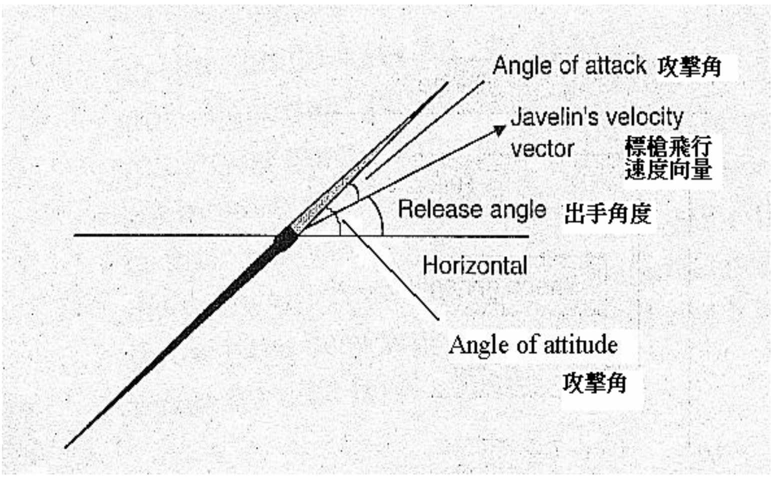
8. 槍體座標系統（局部座標系統，local coordinate system）：本研究中以標槍縱軸設為 z 軸，而 x 及 y 軸則垂直槍體縱軸（圖 1-2 右）。

9. 出手速度（release velocity）：標槍出手後瞬間，槍體重心移動的合速度。

10. 出手角度（release angle）：標槍出手後瞬間槍體重心之飛行角度，槍體重心移動方向與水平軸的夾角。計算方式是以出槍時重心之垂直分速除以水平分速（圖 1-2）。

11. 槍體角（angle of attitude）：槍體長軸（longitudinal axis）和水平軸之間的夾角（圖 1-2）。

12. 攻擊角（angle of attack）：槍體角減去出手角度，正值表示槍體角大於出手角度，負值則表示槍體角小於出手角度（圖 1-2）。



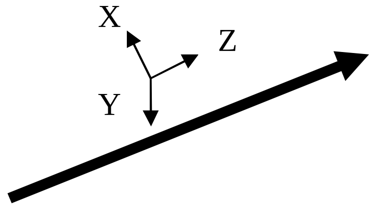


圖 1-2 標槍各角度及槍體局部座標示意圖（右）

13. 槍體角速度：槍體長軸和水平軸的夾角之時間變化率（對時間之微分）。

14. 出手高度（release height）：出手瞬間槍體質心距離地面之垂直高度。

15. 推蹬腳著地(R-toe)：出槍前最後一步交叉步推蹬腳腳尖著地（圖 1-3）。

16. 制動腳著地(L-heel)：出槍前最後一步交叉步制動腳腳跟著地（圖 1-3）。

17. 出槍瞬間(Release)：標槍離開手的瞬間（圖 1-3）。

R-toe ------------→ L-heel -------------→ Release

圖 1-3 最後一步交叉步階段分期示意圖

18. 軸向力（axial force）：選手沿標槍縱軸所施之分力 Fz，可使標槍在沿縱軸方向加速及前進。

19. 側向力（lateral force）：選手沿標槍側向所施之合力 Fxy，可使標槍在側向加速及前進。

20. 軸向力矩（axial torque）：選手施予一造成標槍繞縱軸旋轉的力矩 Tz。

21. 側向力矩（lateral torque）：選手施予一造成標槍繞橫軸旋轉的力矩，此一力矩可以說是槍體左右力矩及上下力矩的合力矩 Txy。

22. 制動腳著地時根據測力板地面反作用力可分為兩階段（圖 1-3）：(1) 制動期（Braking Phase）：測力板 Fy（前後方向，紅色虛線）力量開始到 Fy 力量為零這段期間。(2) 推蹬期（Propulsive Phase）：Fy 力量從零到腳離開測力板這段期間。

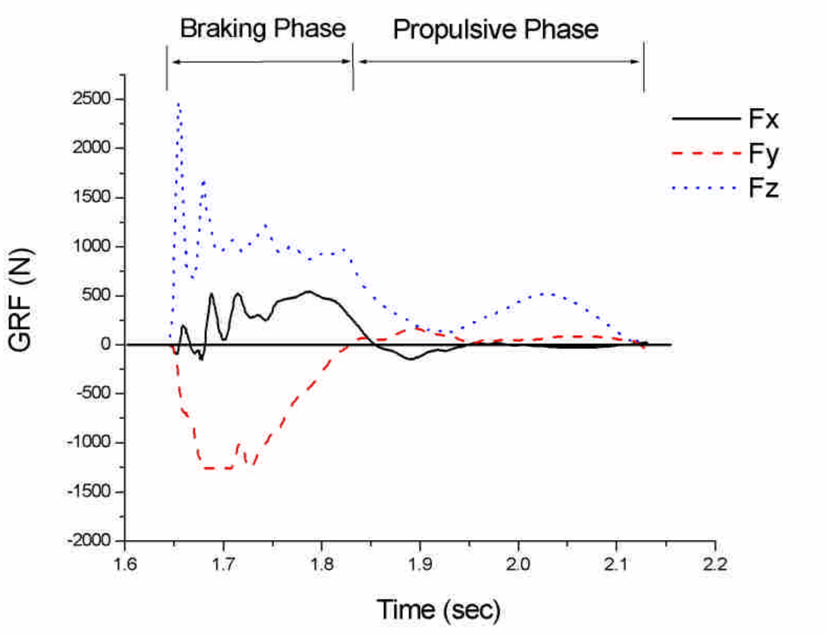


圖 1-4 制動期（braking phase）及推蹬期（propulsive phase）之說明圖

第五節、研究範圍

本研究中的優秀選手為師大、國立林口體院的甲組標槍選手，而一般選手為師大、國立台北教育大學及台大的乙組標槍選手。此外由於攝影機拍攝範圍有限，故本研究分析範圍主要集中在最後一步交叉步階段；從右腳推蹬、左腳向前支撐到出槍後之隨後動作。

第六節、研究限制

在槍體受力計算時是假設標槍為一剛體，但在實際投擲時槍體是會有某種程度的變形（deflection），如果變形的程度越多，則計算上所造成的誤差也會越大。此外實驗時當天天氣晴朗且僅有些微微風，為方便分析起見，在流體力學運算時是把氣體假設為靜止不動（即風速假設為 0 m/s），故本研究結果不一定能推論到有風速的狀況下。

而在測力板資料收集方面，由於標槍比賽並無像跳遠選手般需有踩板動作，故怕選手們為了刻意踩板而動作失真或嚴重影響成績本研究在前幾次投擲時會要求在不影響正常投擲表現下盡量試著踩板，但如果選手一直踩不到或是嚴重影響成績則不繼續要求其踩板。此外為了要計算標槍三維旋轉之角運動學參數，需在槍體上固定座標架以取得不共線三點，雖然該座標架的體積不大且位置的決定也有事先經過受試者實際投擲後決定，但仍難免會對受試者產生一些干擾，然對實驗的真實性應無重大影響。