

國立臺灣體育運動大學競技運動學系
碩士學位論文

國內優秀男子撐竿跳高選手
持竿助跑及起跳動作技術之分析

THE TECHNICAL ANALYSIS OF THE
APPROACH RUN-UP AND TAKE-OFF IN
ELITE MALE POLE-VAULTERS IN TAIWAN



研究生：謝佳翰 撰

指導教授：趙榮瑞 教授

中華民國 103 年 6 月

國內優秀男子撐竿跳高選手 持竿助跑及起跳動作技術之分析

摘要

本研究主要目的在分析男子撐竿跳高選手持竿助跑最後四步與起跳動作技術，探討持竿助跑速度與起跳動作技術對成績之影響，以及與國外優秀選手做分析比較，從中找出差異，進而提昇運動成績。研究對象以 2012 年全國田徑錦標賽前三名為研究對象，使用數位攝影機每秒 60 張畫面進行拍攝，擷取持竿助跑中最後四步及起跳之技術動作，透過 (APAS) 動作分析系統對影片進行數位化處理，取得相關運動學參數。研究結果發現：

- 一、國內選手在持竿助跑最後四步及起跳之速度和國外優秀選手有明顯的差距。
- 二、國內選手起跳點，踏在上手腕握竿位置之垂直線的前方，影響起跳時水平速度的損耗。
- 三、國內選手握竿高度較低以至於成績表現也不佳。
- 四、國內選手握竿磅數不足，無法讓竿子釋放更大的反彈位能。
- 五、國內 A 選手在各項數據都優於其他國內選手。
- 六、國內 B 選手在助跑的每一步及起跳之速度，均為三位國內選手中最差。
- 七、國內 C 選手助跑最高速出現在倒數第四步，而至起跳前竟遞減 0.21 (m/s)，為三位國內選手遞減最多的。

關鍵詞：撐竿跳高、持竿助跑速度、起跳動作

The Technical Analysis of the Approach Run-up and Take-off in Elite Male Pole-vaulters in Taiwan

Abstract

The purpose of the present study was to analyze the techniques that male pole-vaulters used for the final four strides of the approach run-up and take-off in order to examine the effect of different techniques on the sports performance. In addition, the techniques used by domestic and international pole-vaulters were compared and discussed. By comparing the various techniques adopted by these two groups of male pole-vaulters, objective suggestions for improving sports performance could be made. Data were collected from the top three male pole-vaulters in the 2012 National Track and Field Competition. Their movements of the final four strides of the approach run-up and take-off were filmed by a digital camera which took 60 pictures per second and were analyzed by using APAS motion analysis system. The results suggested that:

1. The speed of the final four strides of approach run-up and take-off in domestic pole-vaulters were significantly slower than that in international

pole-vaulters.

2. The take-off point of the domestic pole-vaulters was anterior to the vertical line of the grasping point of the upper hand, which in turn affected the loss of the horizontal speed at take-off.
3. The height of the hand-grasping point could affect sports performance. The grasping height of the domestic pole-vaulters was lower than that of the international pole-vaulters.
4. The weight of the pole was another factor affecting sports performance. The weight of the pole used by the domestic pole-vaulters was insufficient to release enough rebound energy for better performance.
5. The domestic pole-vaulter A had best performance for all the measures analyzed in the present study.
6. The domestic pole-vaulter B had the lowest speed for each of the final four strides and take-off.
7. The domestic pole-vaulter C had the greatest loss of speed during the approach run-up. The highest speed appears at the final fourth stride, and it lost 0.21 m/s before take-off.

Key words: Pole-vault, Approaching speed, Take off

謝誌

就讀研究所，是為了能學習更多的知識及延續運動生涯，也希望可以為學校爭取更多的榮譽，在求學期間，要兼顧學業及訓練，其實是辛苦的，但一點一滴的走過來，最後能夠完成碩士論文是相當有成就感的，內心的喜悅也是無法言喻。

感謝我的論文指導教授-趙榮瑞教授，以及高明峰教授和許弘恩教授，感謝各位教授在我論文撰寫的過程中，給予很多指導與鼓勵，不計辛勞的督促與教導，細心審閱、不斷的修正，使我獲益良多。也感謝我的團隊、同學及學長姐給予我很多資源上及知識上的協助與幫助，祝福各位畢業都能夠一帆風順。

最後要感謝的是一直在我背後默默支持的家人，家裡的經濟狀況並不好，但家人從不會要求我必須立即工作幫忙家裡分擔家計，反而時常鼓勵我專心把學業及訓練兼顧好，讓我非常的感動及不捨，希望畢業拿到碩士學位後，能尋找到一個良好的工作，然後好好孝敬父母，讓他們的辛苦不會白費。

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
謝誌	V
目 錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	IX
第壹章 緒論	1
第一節 問題背景	1
第二節 研究動機	3
第三節 研究目的	4
第四節 研究假設	4
第五節 研究範圍與限制	5
第六節 研究之重要性	6
第七節 名詞解釋	7
第貳章 文獻探討	11
第一節 持竿助跑速度	11
第二節 起跳動作技術	13
第三節 國外優秀選手運動參數	17
第四節 本章總結	19
第參章 研究方法與步驟	20
第一節 研究步驟	21
第二節 實驗對象	22

第三節	實驗時間與地點	23
第四節	實驗儀器與設備	23
第五節	實驗場地配置	24
第六節	實驗流程與步驟	25
第七節	資料處理與分析	27
第四章	結果與討論	30
第一節	國內優秀男子撐竿跳高選手最佳成績之運動學參 數	31
第二節	國內優秀男子撐竿跳高選手之個案討論	34
一、	A 選手個案討論	34
二、	B 選手個案討論	37
三、	C 選手個案討論	39
第三節	國內外優秀男子撐竿跳高選手之比較分析	41
一、	持竿助跑最後三步及起跳之速度分析	41
二、	持竿助跑最後四步步幅之分析	44
三、	起跳點之分析	45
四、	起跳角度之分析	47
五、	握竿高度之分析	48
六、	握竿磅數之分析	50
第五章	結論與建議	52
第一節	、結論	52
第二節	、建議	54
參考文獻	55
附錄	60

表目錄

表 2-1 烏克蘭-布卡選手各項運動參數	17
表 2-2 蘇聯-沃爾科夫選手各項運動參數	18
表 3-1 實驗受試者基本資料	22
表 4-1 持竿助跑最後四步及起跳之速度表	31
表 4-2 持竿助跑最後四步步幅長度表	32
表 4-3 起跳階段運動學參數表	33
表 4-4 A 選手各項運動參數表	34
表 4-5 B 選手各項運動參數表	37
表 4-6 C 選手各項運動參數表	39
表 4-7 A 選手與布卡持竿助跑最後三步及起跳之速度比較表	41
表 4-8 手舉高度與握竿高度之比較表	48
表 4-9 體重與握竿磅數之比較表	50

圖目錄

圖 1-1 撐竿跳高動作流程圖	2
圖 1-2 起跳點位置圖	7
圖 1-3 起跳角度圖	8
圖 1-4 步幅分解圖	9
圖 1-5 起跳動作圖	10
圖 3-1 研究步驟流程圖	21
圖 3-2 實驗場地配置圖	24
圖 3-3 實驗流程圖	25
圖 3-4 持竿助跑最後四步之步幅動作分解圖	27
圖 3-5 各關節點定義名稱之人體模型圖	28
圖 3-6 起跳角度圖	29
圖 4-1 持竿助跑最後四步及起跳之速度比較圖	31
圖 4-2 持竿助跑最後四步步幅長度比較圖	32
圖 4-3 起跳角度比較圖	33
圖 4-4 起跳點比較圖	33
圖 4-5 A 選手 5.22m 試跳成功與試跳失敗持竿助跑最後四步 及起跳之速度比較圖	36
圖 4-6 B 選手 4.60m 試跳成功與試跳失敗持竿助跑最後四步 及起跳之速度比較圖	38
圖 4-7 A 選手與布卡持竿助跑最後三步及起跳之速度比較圖	41
圖 4-8 A 選手持竿助跑最後四步步幅圖	44
圖 4-9 A 選手與布卡起跳點比較圖	45
圖 4-10 A 選手與布卡起跳角度比較圖	47

圖 4-11 握竿高度-手舉高度 x2 之比較圖	48
圖 4-12 體重與握竿磅數差距之比較圖	50

第壹章 緒論

第一節 問題背景

撐竿跳高運動源於古代，至今已經歷史悠久，自十九世紀至今一百多年來，撐竿跳高運動發展迅速，除了田徑運動項目各種成績共同突破增長外，還與撐竿的演變及技術發展迅速有密切的關係。由於科技發達與科學研究人員及教練不斷研究創新的情況下，撐竿的材質一直不斷的研發更新，演變過程由木竿、竹竿、鐵竿、鋁竿至今全世界所有選手廣泛使用的玻璃纖維竿（Glass fiber Pole），此項材質的撐竿可利用助跑所獲得的速度產生動能，加上良好的起跳角度及技術，使插竿起跳後的動能能夠完整轉移至撐竿上，而使竿子彎曲弧度大量增加，以儲存更多的能量，並在最大彎曲後反彈且釋放出高的位能，將人體拋向更高，越過橫竿的高度。如何在每個動作流程中都能夠掌握更好的技術表現，使得技術及訓練方式不斷更新改進，這些轉變促使撐竿跳高運動成績大幅的提昇。男子撐竿跳高室外最高記錄由烏克蘭選手 Sergey Bubka 於 1994 年 07 月 31 日所創的成績為 6.14 公尺，而國內男子撐竿跳高室外最高紀錄由謝佳翰選手於 2013 年 04 月 30 日所創的成績為 5.32 公尺。

撐竿跳高運動是田徑運動項目中困難度最高，也是亞洲運動會和奧林匹克運動會競賽中，田徑跳躍項目中技術最為複雜的運動項目，在教學和訓練上需要經過細膩且完整的動作分析後逐步執行，才能達到試跳者和撐竿完整結合的境界。撐竿跳高運動中，由持竿助跑、插竿起跳、懸垂擺體、

捲體倒立、推竿到過竿著墊（圖 1-1）。每個動作關係著整個過程之完整性，因此，在表現運動技術過程中，能夠呈現出力與美的動作結合，然而，撐竿跳高也是田徑跳躍運動之中，唯一需要藉由器具的結合來完成整個動作流程的跳躍項目，且最具困難與技巧性的項目。其它跳躍項目中如跳遠、跳高和三級跳只有徒手助跑，所以在撐竿跳高首要階段的持竿助跑過程中，選手必須在持竿負重的情況下，維持最高的可控制助跑速度，這將會是決定成績的重要關鍵。

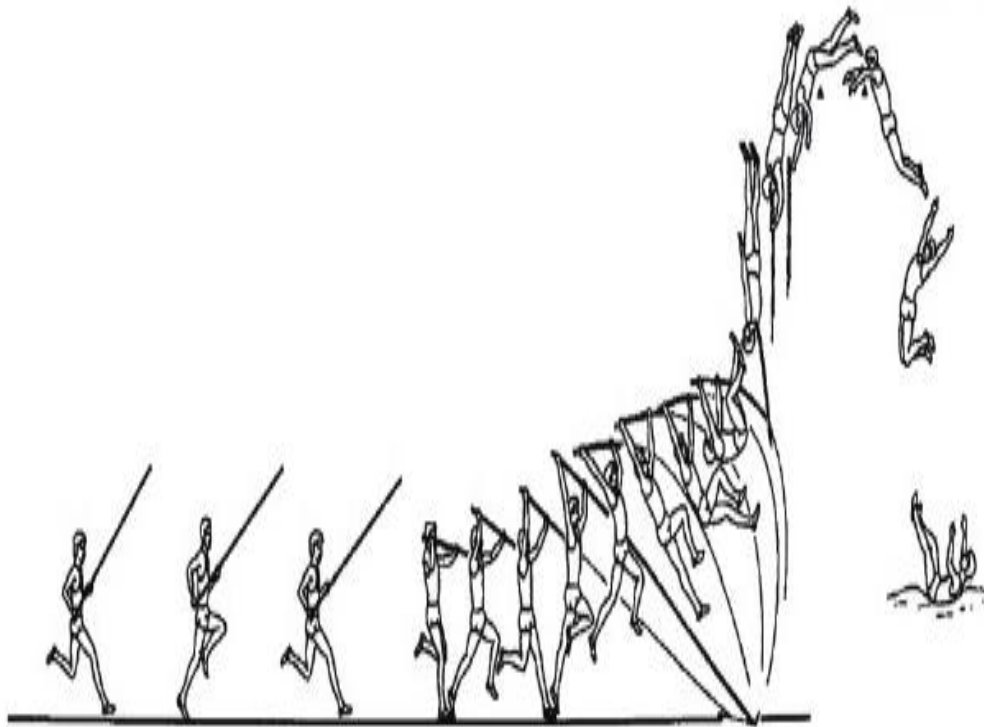


圖 1-1. 撐竿跳高動作流程圖

（資料來源：田徑指導手冊）

第二節 研究動機

在任何競技運動項目中，速度的快慢往往會是決定結果的重要因素，在田徑運動跳躍項目中，也不例外，利用助跑所產生的動能往往也是影響成績的主要關鍵。因此，持竿助跑之速度在撐竿跳高項目中與成績表現的高低有著顯著相關(田文政，1981)。研究指出，世界頂尖的撐竿跳高選手，持竿助跑最後階段的速度已達到 9.8-10 (m/s) (張武紀、王代才，1994)；而國內選手助跑最後階段的速度為 7.74 (m/s) (黃宏春、游正忠，1996)，世界頂尖選手與國內選手在助跑最後階段的速度相差 2.16 (m/s)。由此可見，我國的撐竿跳高選手若能提昇助跑水平速度方面的發展，對於成績一定有非常大的成長空間。

多位學者專家認為起跳的水平速度是影響撐竿跳高成績的主要因素 (Brian, 1998; Steben, 1970)，而起跳的速度又是從助跑速度轉換而來的，所以在快速的助跑速度中應如何在起跳時減少速度的損失，才能產生較良好的起跳速度 (Steben, 1970)，這也是技術上所需要突破的。另外，在助跑的前半段，選手必須保持穩定的加速狀態，直到起跳前幾步才達到最高可控制速度準備起跳，所以持竿助跑和起跳動作對撐竿跳高顯得格外重要。基於此，本研究想利用客觀的運動生物力學測量，透過參數分析持竿助跑最後四步 (助跑速度、步幅) 及起跳動作技術 (起跳點、起跳角度、起跳速度)，希望能幫助國內優秀撐竿跳高選手了解自我動作的缺失，再與國外優秀選手做比較分析，以提供改進之參考。往後若能在訓練中針對持竿助跑和起跳動作技術做加強改善，

進而提昇持竿助跑和起跳之速度必定有助於國內撐竿跳高成績之提昇，此乃為本研究主要動機。

第三節 研究目的

本研究是以國內三名優秀撐竿跳高選手以持竿助跑最後四步和起跳動作進行分析，進而從中找出差異，提昇運動成績，其主要探討目的有以下三點：

- 一、探討國內外優秀男子撐竿跳高選手持竿助跑速度及起跳動作技術之差異。
- 二、探討持竿助跑水平速度及起跳速度對成績之影響。
- 三、探討受試者成功與失敗的試跳中，持竿助跑速度和起跳動作技術之參數的差異。

第四節 研究假設

- 一、探討國內外優秀男子撐竿跳高選手持竿助跑速度及起跳動作技術，均出現顯著差異。
- 二、探討持竿助跑水平速度及起跳速度對成績之影響，均出現顯著差異。
- 三、探討受試者成功與失敗的試跳中，持竿助跑速度和起跳動作技術之參數，均出現顯著差異。

第五節 研究範圍與限制

一、研究範圍

以參加 2012 年全國田徑錦標賽前三名為受試者，為實驗樣本收集之對象，於比賽中進行錄影拍攝，並以相關參數進行分析，而起跳後續之空中過竿動作等則不在本研究之範圍。

二、研究限制

- (一)、本研究在整個研究實驗過程必須在室外進行，因此風向、風速、濕度、溫度及空氣阻力等相關氣候因素為不可控制的變因，所以這些外在條件均不考慮。
- (二)、本研究僅針對國內三名男子優秀選手為對象，做為研究結果之應用，若非本研究之實驗對象在訓練時應慎加考慮。

第六節 研究之重要性

撐竿跳高運動是田徑運動項目中困難度最高，也是田徑跳躍運動之中，唯一需要藉由器具的結合來完成整個動作流程的跳躍項目，且最具困難與技巧性的項目。撐竿跳高動作的呈現無論是在藝術的展現、力與美的結合、難度的精準、空間使用之流暢，每個環節的重要性都是很高的，如何能夠在這麼繁雜的技術中把動作表現的明確、穩定就會顯得相當重要。特別是在最後持竿助跑和起跳動作的階段，選手必須在持竿負重的情況下維持最高的可控制助跑速度，這將會是決定成績的重要關鍵。然而，所需要的知識除了對撐竿跳高技術的認識外，瞭解力學參數，對解釋動作及實施要點具備科學之依據，在訓練上能使選手更精確的掌握自己的動作並且做的更好，更能使選手避免產生不必要之動作，以利於提昇成績且降低受傷的可能性。

第七節 名詞解釋

- 一、國內優秀男子撐竿跳高選手：2012年全國田徑錦標賽撐竿跳高項目前三名選手。
- 二、助跑速度：持竿助跑階段身體重心之水平速度。
- 三、起跳速度：起跳腳蹬離地面瞬間身體重心之水平速度。
- 四、握竿高度：試跳時，竿頭位置起至上手腕握竿位置之長度。
- 五、起跳點：起跳時，上手腕握竿位置之垂直線，與起跳腳腳尖位置的水平距離，往前方為正，往後方為負（圖 1-2）。

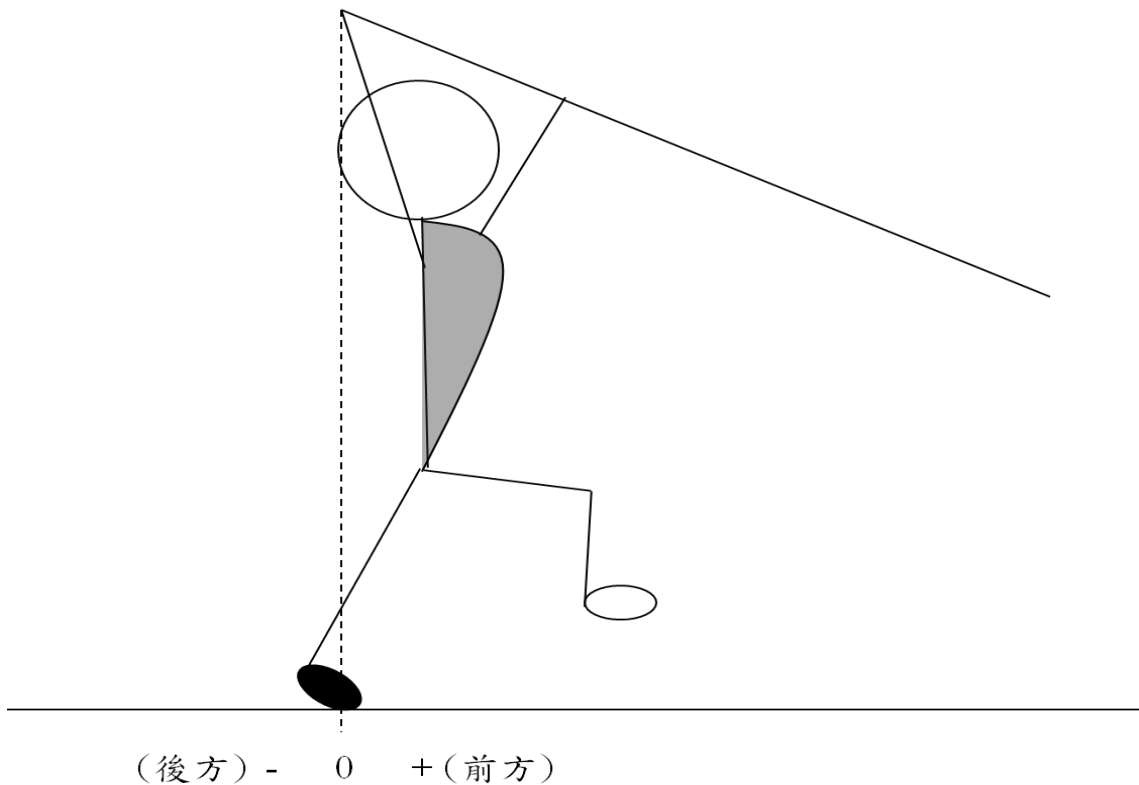


圖 1-2. 起跳點位置圖

六、起跳角度：起跳腳蹬離地面瞬間，身體重心移動方向和水平方向所形成的夾角（圖 1-3）。

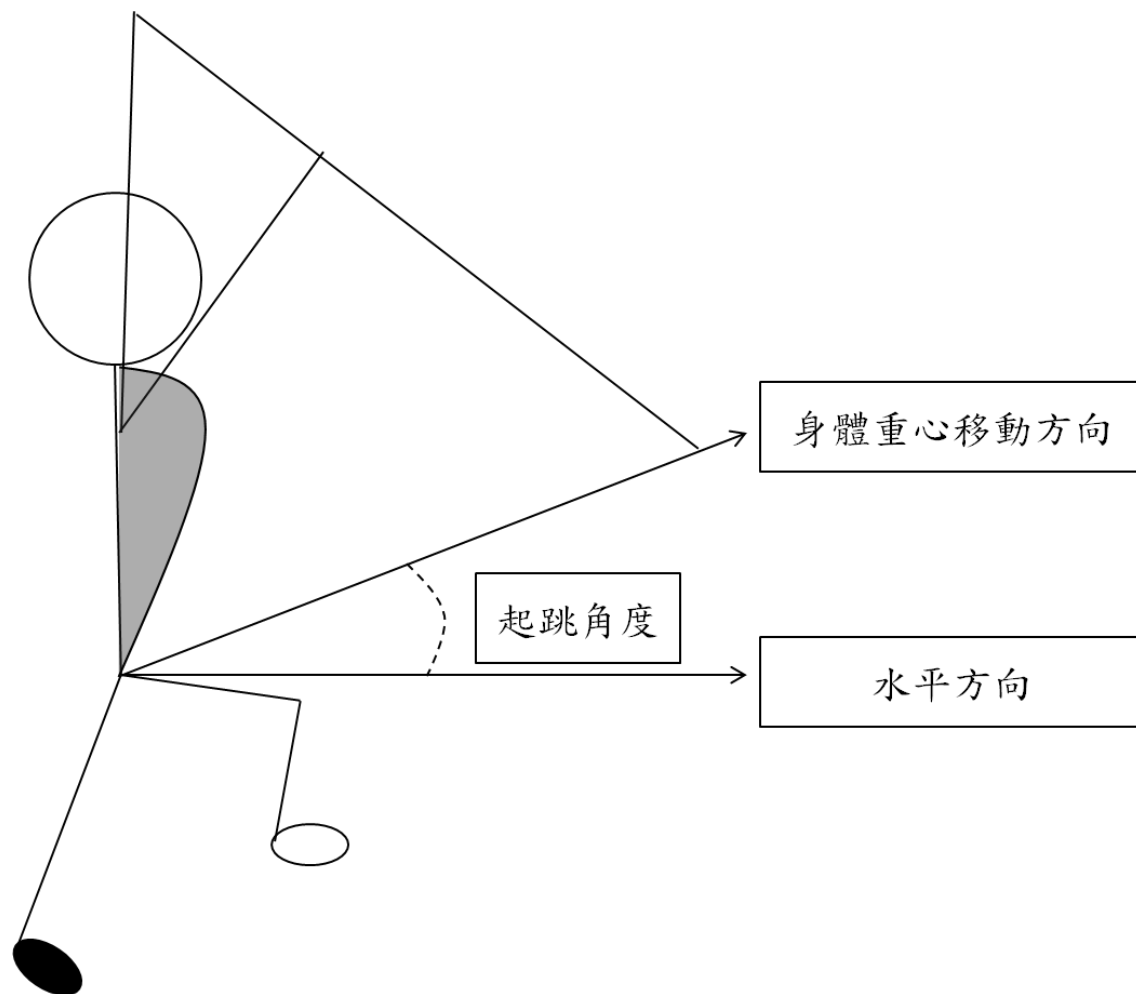


圖 1-3. 起跳角度圖

七、步幅：持竿助跑行進間腳掌著地時，支撐腳掌前緣到下一步支撐腳掌前緣之距離（圖 1-4）。

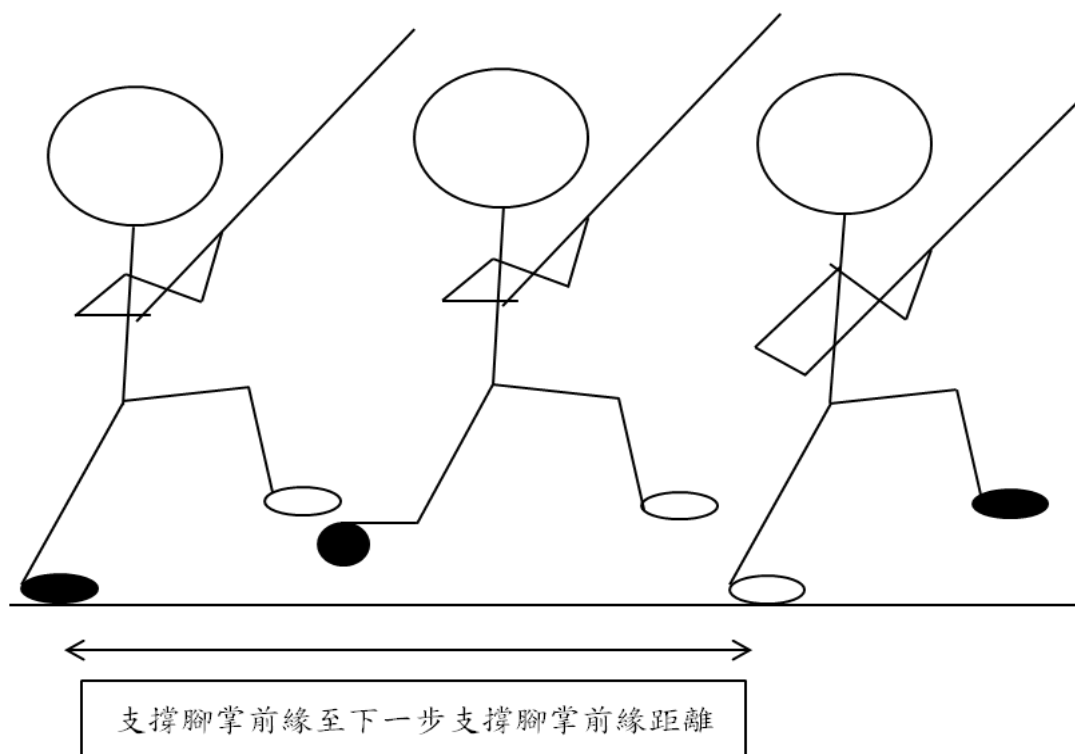


圖 1-4. 步幅分解圖

八、起跳動作：起跳腳踏上地面瞬間，至起跳腳推蹬離開地面瞬間之連貫動作（圖 1-5）。

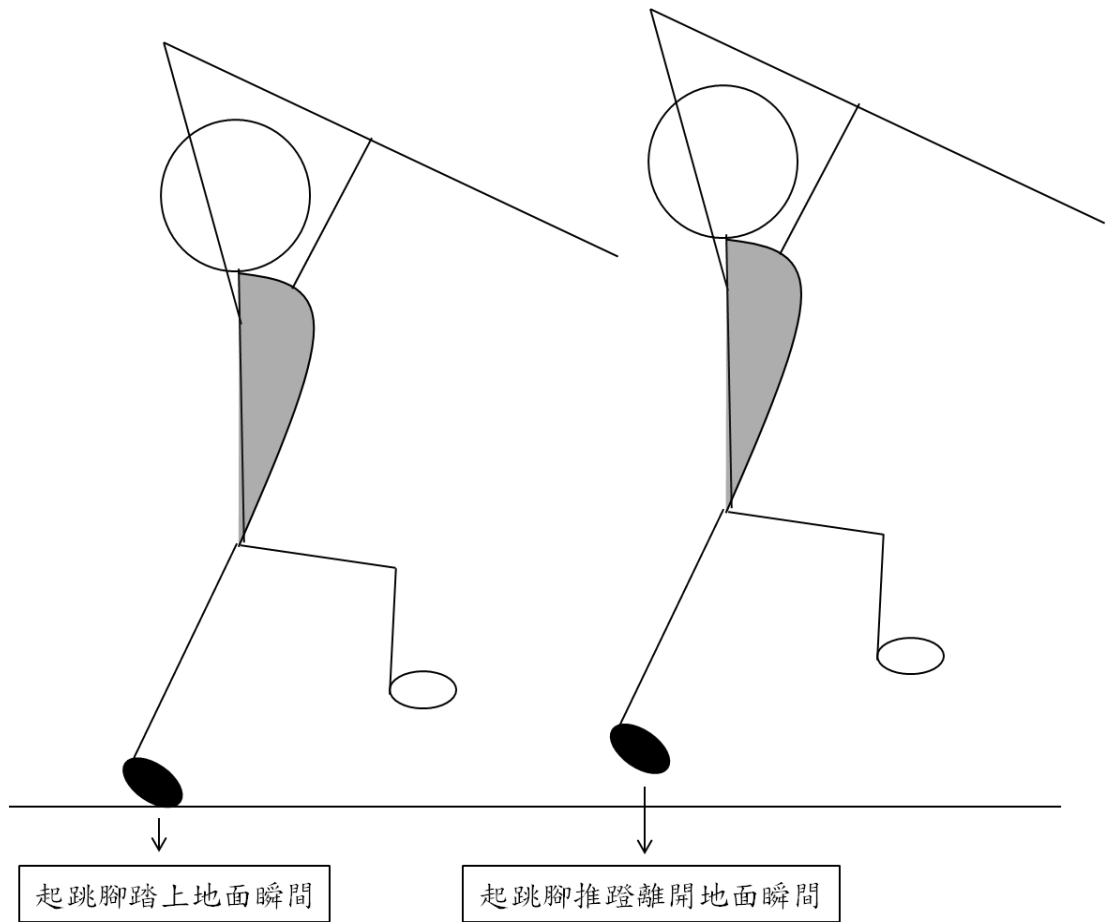


圖 1-5. 起跳動作圖

第貳章 文獻探討

本章主要探討撐竿跳高選手持竿助跑及起跳動作技術，與國外優秀撐竿跳高選手相關運動參數。

全章共分為四節，依序為第一節、持竿助跑速度；第二節、起跳動作技術；第三節、國外優秀選手運動參數；第四節、本章總結，茲分述如下：

第一節 持竿助跑速度

撐竿跳高是田徑跳躍項目之一，也是唯一需藉由器具與人體相互作用完成所有動作流程的一個項目。它的特性是藉由助跑時所產生的最大動能轉變為彈性位能，在助跑起跳離地後使竿子產生最大弧度的彎曲，藉由竿子產生最大弧度彎曲後將人體拋向至更高，越過橫竿的高度，是田徑項目中最具有挑戰性且困難度最高之項目。撐竿跳高的動作複雜，包含：持竿助跑、插竿起跳、懸垂擺體、倒立伸展、引體轉身、過竿落墊等動作（許弘恩，2009）。如何在每個環節的動作流程中展現出最好的動作技術表現，是提昇成績的重要關鍵。

撐竿跳高動作結構可分為：持竿助跑、插竿起跳、懸垂擺體和伸展、轉體和推竿、騰躍橫竿及落墊。每一個動作技術結構都會對成績產生很大的影響，但最主要的關鍵還是在持竿助跑與起跳動作（張武紀、王代才，1994）。助跑速度為跳部運動中首要階段，選手沒有良好的助跑速度將無法產生較佳的成績表現，尤其撐竿跳高選手必需持竿行進，在持竿負重下，維持最大可控制助跑速度將是決定成績的關鍵

(黃宏春、游正忠，1996)。為了提昇助跑速度，除了要提昇運動員在未持竿，徒手時的絕對速度外，更重要的是要提昇運動員在持竿時的助跑速度（楊宏祥、陳培基，1996）。如何來提昇持竿助跑速度，將持竿助跑所獲得的動能有效的轉移到起跳，這將是未來教練和選手在訓練上應加以重視的問題。

由於必需以持竿方式跑步，相對困難度也大大的提高，在助跑過程中沒有良好的助跑節奏和助跑後段的控制能力，助跑速度將明顯下降，以至於影響選手起跳的準確性（黃宏春、游正忠，1997）。撐竿跳高的選手需要非常快速的助跑速度，但水平方向的速度，卻不能快到和一般競賽中的賽跑相同，原因是選手必須在雙手持竿的狀態下進行助跑，起跳時必須非常準確的踏在起跳點（Angulo-Kinzer et al., 1994）。正因如此，在撐竿跳高中首要階段的持竿助跑，選手必須在持竿負重下維持最大的可控制助跑速度，且準確的起跳，將是決定成績的關鍵。

在做技術分析時，我們應該注意前後之因果關係，持竿助跑速度影響插竿起跳的組合，插竿起跳影響竿上的後續動作，對於過竿有顯著的決定性作用（Bartonietz & Wetter, 2001）。由上述可知，將撐竿跳高首要階段的持竿助跑速度提昇，仍是最主要的關鍵。撐竿跳高助跑階段，從腳跨出第一步的動作開始，因個人能力特質的不同，在助跑方式及握竿高度方面也會隨之而不同，但最重要的目標仍是獲得最大動能。助跑階段最重要的是要獲得水平方向的速度及動能，並作為後續動作流程之準備，而助跑速度是提昇握竿高度，增加在竿上基本位能，取得更好成績最重要的因素（羅高

明，1998)。決定撐竿跳高成績的參數是握竿高度與騰空高度，並發現握竿高度和成績有正相關（許弘恩，1996）。持竿助跑速度是動能的直接來源，動能將關係著可能跳過的高度，也為爭取更高的握竿高度創造了重要的相關條件（許振芳，1995；蔣國勤，2002；許樹淵，2002）。隨著橫竿高度增加，握竿高度也必須提昇，但同時也需要較佳的持竿助跑速度，而愈高的助跑速度能使跳躍者握竿高度更加提昇（田文政，1981）。根據能量守恆定律，橫竿高度越高，相對要求助跑速度也越快，在可控制的助跑速度下，速度越快，產生的動能就越大。此乃為優秀運動員欲創造優異成績之必要條件。

研究指出目前世界一流撐竿跳高選手助跑速度普遍達到每秒9.4至9.46公尺之間（Bartonietz & Wetter, 2001；王勇健，1996；Addain & Cooper, 1989），國內優秀撐竿跳高選手助跑速度每秒為7.2公尺（王建峻，2001）。由此看出國外與國內優秀撐竿跳高選手，在持竿助跑速度方面的差距相差甚大。國內撐竿跳高選手，若能加強持竿助跑速度方面的訓練，必定有助於國內撐竿跳高運動成績的提昇。

第二節 起跳動作技術

自從玻璃纖維竿被廣泛使用之後，選手成績突飛猛進。由於玻璃纖維竿之彎曲性較大，且能產生較大的彈性位能，將人拋過橫竿。因此使用玻璃纖維竿之技術特點，應先強調玻璃纖維竿能產生有效的動能，把動能轉換成位能，因此需要最大可控制的起跳速度（許樹淵，1976）。因撐竿跳高能

量獲得的方式是來自較佳的起跳速度（葉憲清，1984），而起跳速度主要的動能是由持竿助跑速度轉換而來的，在快速的助跑速度中，盡量減少速度在轉換時的損失才能產生較佳的起跳速度，所以起跳速度是影響成績表現最主要的關鍵，也是最主要的因素（Steben, 1970；Brian, 1998）。在衡量撐竿跳高運動員技術的好與壞，起跳前四步之持竿助跑，是在保持助跑速度或持續在加速的狀態下，會是和後續動作連貫，展現較佳技術的持竿助跑模式（黎玉棋、張武紀，1994）。插竿起跳是持竿助跑與後續竿上連續動作的重要銜接階段（Sean, 1997）。

合理的起跳點為撐竿跳高重要的因素之一，它占成功跳躍率的50%。而起跳點太近，則沒有充份時間做捲體倒立之動作（許樹淵，1992）。現代撐竿跳高的起跳技術要求人體起跳離地瞬間的起跳點，跳躍者的重心和上手握竿位置同一條垂直線，這樣一方面可增加竿子弦傾角和握竿高度，另一方面又可以增加跳躍者前側肌群的伸展而改善人體用力的條件，且還有利於人體水平動能和竿子彈性勢能的合理轉化（秦文宏，2002）。上手握竿位置，與地面垂直線之正確的起跳點前後8公分的位置是不會影響到插竿起跳技術（Schade, Isolehto, Arampatzis, Brüggemann & Komi, 2007），起跳點應在上手握竿位置的垂直投影點上（張武記、王代才，1994），嚴格控制在上手握竿位置的垂直線，才能保持人體運動速度的轉換，為懸擺奠定動量的基礎（孫南，2001）。起跳時，上手握竿位置之垂直線附近的起跳點，將有利於彎竿儲存較大之動量（陳泰郎，1996）。因此，找出運動員起跳時上手握竿位置與地面垂直線的水平距離是相當重要的。

選手的起跳點應在上手握竿位置之垂直線的正下方，起跳腳腳尖的位置才是好的起跳點，並且整個身體是有些許向前傾斜，這樣才能保持人體的運動速度，為懸擺奠定動量的基礎（許振芳，1995；張武紀、王代才，1994；孫南，2001）。正確的起跳點應在上手握竿位置之垂直線與起跳水平距離的後方約15-30公分（王建峻，2001），太前面或是太後面，起跳都會分散水平速度與垂直速度。撐竿跳高選手如果起跳點太遠，踏在上手腕握竿位置之垂直線的後方，選手會被向前拉扯，竿子無法快速彎曲，使得無法充分利用纖維竿的彈性材質進入垂直面，導致起跳動作過程的不理想；若是起跳點太近，會造成選手起跳時肘關節無法完全伸直，相對的使手臂無法用力支撐和伸展，而影響身體向前擺動的轉動量（王繼慶，2002）。

國內兩位優秀撐竿跳高選手，持竿助跑最後三步，研究發現選手重心起伏大，是影響最後水平助跑速度，起跳時插竿動作之連貫性與準確性的因素（王建峻，2001）。

文獻中指出，以八位優秀的撐竿跳高選手，分析151次成功試跳的成績，發現起跳速度為最重要的因素（許樹淵，1992）。在助跑最後階段，選手在準備插竿起跳時不能有劇烈的垂直方向波動，隨著竿子的下降，竿子落下所形成的前翻力逐漸增大，可促進運動員向前跑的牽引力，為了克服向前栽倒，在助跑最後階段跳躍者應抬高大腿，做快速抓地式的著地，在步幅保持不變的情況下加快步頻，助跑節奏明顯加快，並維持身體平衡（張武記、王代才，1994）。最後階段的助跑速度要輕快和放鬆，步長不應有急劇的變化。助跑的倒數第二步要比最後一步的步長約長半個腳掌（郝成碩、

李世琳、張來霆，1987)。在插竿起跳部份也提到：縮短助跑最後一步將會有效的使身體重心前移，更有效率的完成起跳過程 (Bartonietz & Wetter, 2001)。優秀選手在助跑最後兩步有共同的特質，分別是倒數第二步較大和倒數第一步較小的現象 (Angulo-Kinzler et al., 1994)。在撐竿跳高技術特徵與評定中也強調，起跳前最後一步步幅一定要比前面的助跑步幅小，步頻逐步加快，騰空時間縮短 (羅高明，1998)。張武紀、王代才 (1994) 研究發現助跑的節奏須由慢漸快，步幅由大變小，最高速度是最後10公尺開始 (約最後4步之距離)。綜合上述結果，為了增加撐竿跳高之起跳速度，提高起跳效果，步頻須明顯逐步加快，步幅變化趨勢是倒數第三步、第二步接近等長，最後一步，步長應縮短一些，會有利於加快起跳動作。

良好的起跳角度可以幫助雙手向前上方伸展到最高點，並能夠使竿子的運動方向由水平線，轉換成插竿起跳後的垂直方向動能，以儲存更大的動能完成懸垂擺體動作 (王建峻，2001)。研究起跳角度和竿子彎曲程度間的關係有明顯相關，起跳角度較小，跳躍者所得的竿子彎曲程度相對較大 (Hay, 1993)。選手必須利用最大持竿助跑速度，起跳轉換動能至竿上後，產生最大的垂直上昇力。

在起跳角度部份，起跳方向直接影響著撐竿的最大彎曲和轉動速度，以及正確的懸垂技術和懸垂階段的長短，起跳方向應向前上方。目前世界一流的撐竿跳高選手的最佳起跳角度為14-24度，世界優秀選手布卡起跳角度為19度、加陶林18度 (張武記、王代才，1994；Attig, 1980)。

第三節 國外優秀選手運動參數

黎玉棋、張武紀（1994）在教練訓練指南中，與撐竿跳高選手持竿助跑與起跳動作的技術分析與技術訓練之研究中（王建峻，1999），都提到男子撐竿跳高世界紀錄保持人，烏克蘭選手布卡，個人最好成績6.14公尺，身高183公分，體重80公斤，以下是布卡選手的各項運動參數（表2-1）。

表 2-1

烏克蘭-布卡選手各項運動參數

參數	單位	數據
手舉高度	(cm)	245
握竿高度	(cm)	521
起跳點位置	(cm)	-20
起跳水平速度	(m/s)	9.00
起跳垂直速度	(m/s)	2.30
持竿助跑倒數第三步速度	(m/s)	9.47
持竿助跑倒數第二步速度	(m/s)	9.47
持竿助跑倒數第一步速度	(m/s)	9.77

吳延禧、劉宇（1984）在沃爾科夫撐竿跳高技術特點中，提到蘇聯的世界頂尖運動員，沃爾科夫選手，個人最好成績5.84公尺，身高185公分，體重78公斤，以下是沃爾科夫選手的各項運動參數（表2-2）。

表 2-2

蘇聯-沃爾科夫選手各項運動參數

參數	單位	數據
握竿高度	(cm)	492
握竿磅數	(p)	200
持竿助跑倒數第三步速度	(m/s)	9.34
持竿助跑倒數第二步速度	(m/s)	9.40
持竿助跑倒數第一步速度	(m/s)	9.39
持竿助跑倒數第三步步幅	(cm)	211
持竿助跑倒數第二步步幅	(cm)	206
持竿助跑倒數第一步步幅	(cm)	191
持竿助跑步幅最後三步總距	(cm)	608
起跳水平速度	(m/s)	7.86
起跳垂直速度	(m/s)	2.24

第四節 本章總結

綜合上述文獻討論得到初步的發現，撐竿跳高各項技術觀念、及竿子的演變，促使近年來成績不斷的提昇，較佳的持竿助跑速度、準確的起跳、良好的擺體技術及充分利用竿子的彈性效益，是獲取良好成績的重要技術環節。

由文獻中得知，國內優秀撐竿跳高選手，和國外優秀撐竿跳高選手在持竿助跑速度方面，還是有著一定程度的差距，且後續空中連續動作技術的好與壞，與持竿助跑速度有著密切的相關，所以如何提昇國內撐竿跳高選手的成績，在持竿助跑速度及起跳動作技術方面會是最關鍵的課題。

插竿起跳和後續空中動作，最大的動能來源是由持竿助跑速度所獲得，國內優秀選手在持竿助跑速度及起跳速度，尚有很大的發展空間，國內優秀選手和國外優秀選手的成績還是有著一段差距，而差距是在哪方面？這些都是值得研究探討的問題，希望藉由這次的研究，從中找出差異，提供選手及教練，更了解撐竿跳高的動作技術及需要改進的地方，必定有助於國內撐竿跳高運動成績的提昇。

第參章 研究方法與步驟

本章旨在說明研究過程中所採用的研究方法與步驟。研究以影像拍攝，擷取數據進行持竿助跑最後四步及起跳動作之技術分析。

全章共分為七節，依序為第一節、研究步驟；第二節、實驗對象；第三節、實驗時間與地點；第四節、實驗儀器與設備；第五節、實驗場地配置；第六節、實驗流程與步驟；第七節、資料處理與分析，茲分述如下：

第一節 研究步驟

本研究之研究步驟如圖 3-1 所示：

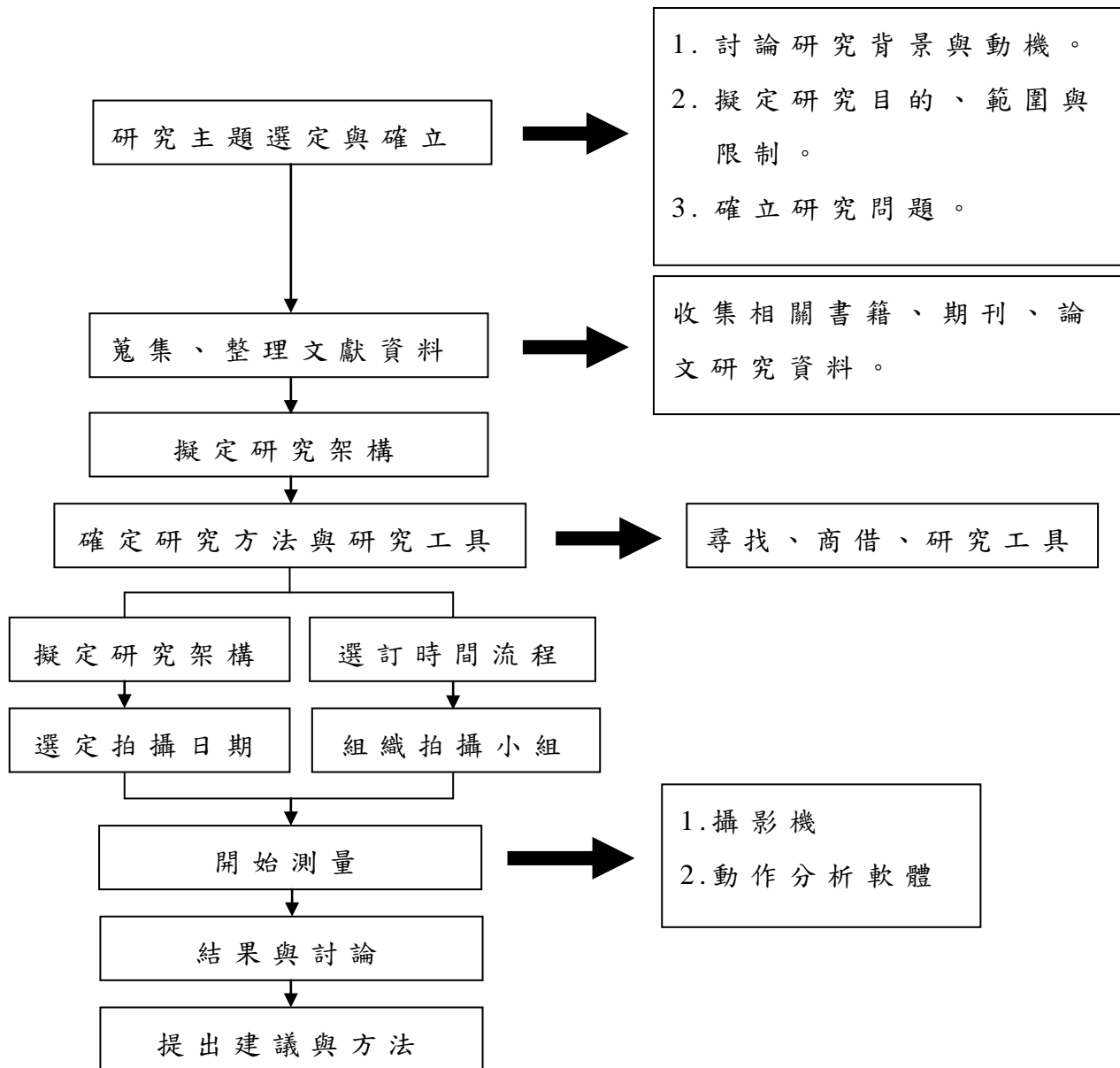


圖 3-1. 研究步驟流程圖

第二節 實驗對象

本研究對象是以參加 2012 年全國田徑錦標賽的前三名為受試者，在比賽中拍攝持竿助跑最後四步和起跳動作，擷取數據進行分析。其個人基本資料表如表 3-1。

表 3-1

實驗受試者基本資料

受試者 單位	身高 (cm)	體重 (kg)	握竿高度 (cm)	握竿磅數 (p)	100M (秒)	比賽成績 (m)
A 選手	178	69	465	185	11.1	5.22
B 選手	182	73	440	180	11.6	4.60
C 選手	162	60	425	170	11.3	4.40

第三節 實驗時間與地點

一、實驗時間：2012年10月26日（星期五）下午三點三十分。

二、實驗地點：臺北市立田徑場。

第四節 實驗儀器與設備

本研究所需要的實驗儀器與設備，包含攝影和資料處理部份：

一、實驗器材：

（一）、攝影機一部（SONY HDR-SR11，60Hz）。

（二）、腳架一支。

（三）、比例尺一只。

（四）、皮尺一卷。

（五）、水平儀一個。

二、資料處理部份：

（一）、Microsoft Office Excel 2007。

（二）、APAS (Ariel Performance Analysis System) 動作分析軟體。

第五節 實驗場地配置

比賽前，向比賽主辦大會提出實驗儀器架設的申請，經由許可，同意在不影響比賽的情況下，在比賽場地，助跑行進方向左側架設一部攝影機（圖 3-2）。拍攝範圍為 3 公尺至 13 公尺處，攝影機與助跑道中線距離為 11.5 公尺。

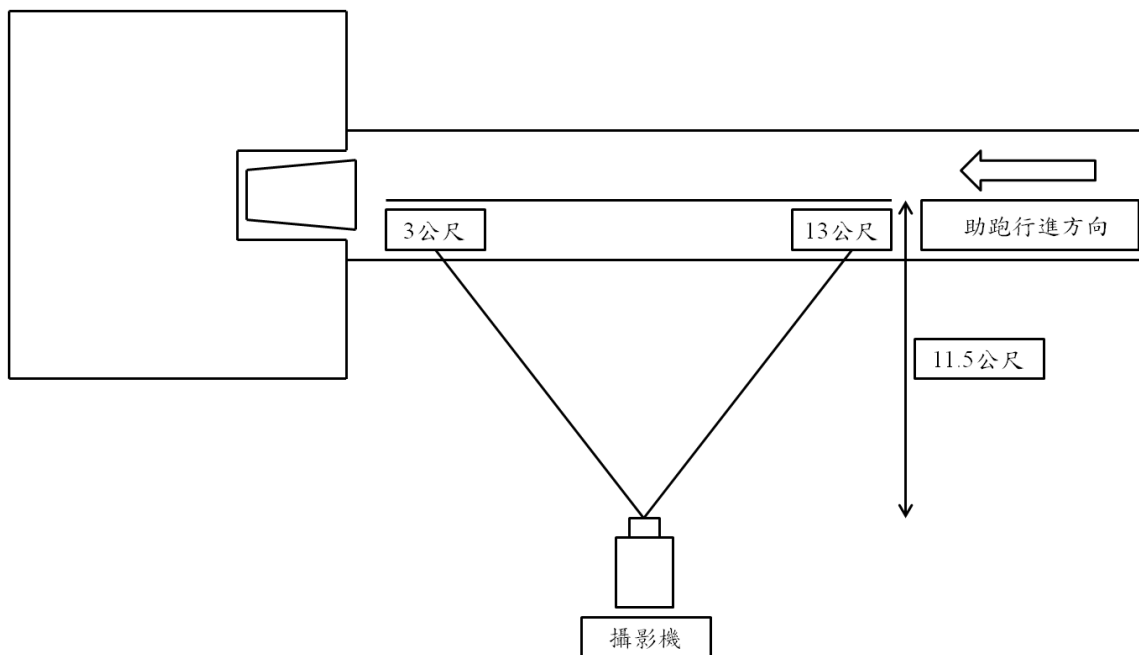


圖 3-2. 實驗場地配置圖

第六節 實驗流程與步驟

一、實驗流程

本研究之實驗流程如圖 3-3 所示：



圖 3-3. 實驗流程圖

二、實驗步驟

- (一)、首先向主辦比賽之大會提出申請，必須在比賽場地內，架設攝影機及相關器材進行拍攝。
- (二)、以SONY HDR-SR11攝影機（每秒60張畫面），架設於比賽場地助跑方向的左側，接著調整取景範圍，使受試者持竿助跑最後四步及起跳動作能夠完整拍攝之位置（圖3-2）。
- (三)、拍攝比例尺及丈量相關距離。
- (四)、選手依各人習慣進行熱身準備比賽。
- (五)、比賽開始，依據比賽流程進行拍攝，選手開始試跳即啟動攝影機拍攝，完成起跳動作後停止拍攝。
- (六)、比賽結束，賽後再次拍攝比例尺。
- (七)、比賽結束後收集前三名選手成績與個人資料。

第七節 資料處理與分析

一、持竿助跑最後四步之步幅計算方式：

持竿助跑行進間，每一步推蹬腳著地時，支撐腳掌前緣至下一步支撐腳掌前緣之水平距離（圖 3-4）。

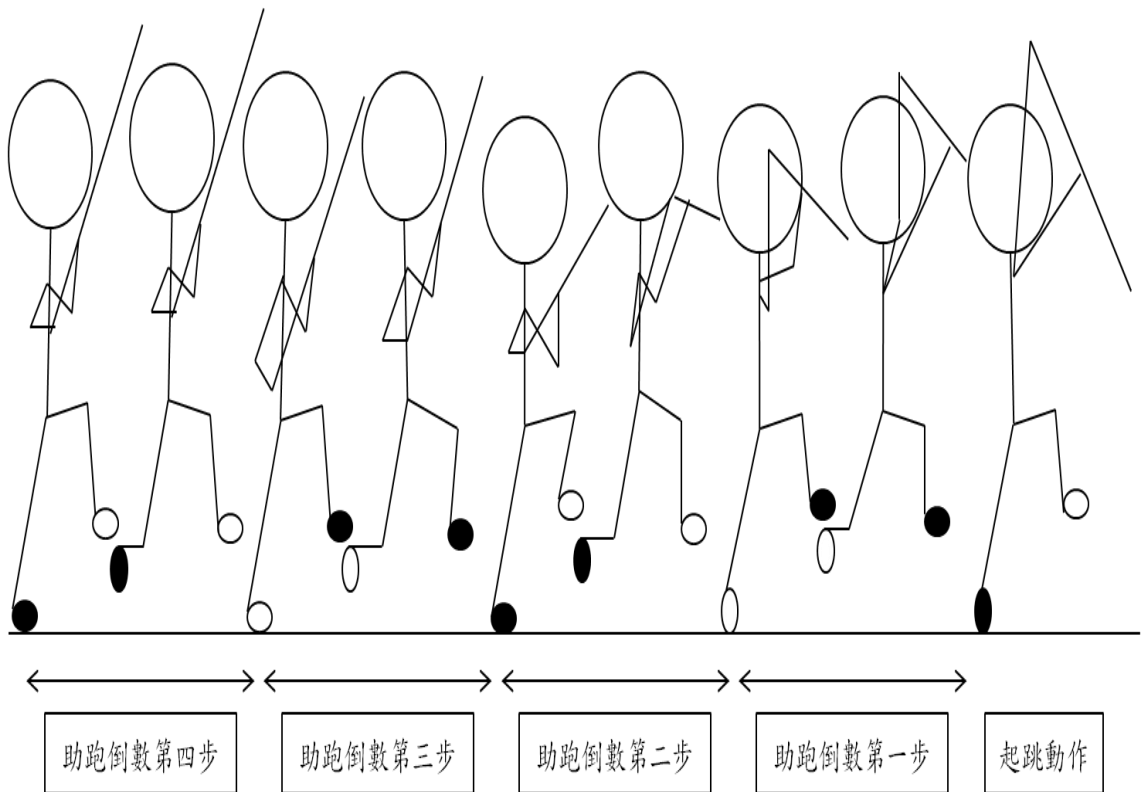


圖 3-4. 持竿助跑最後四步之步幅動作分解圖

二、各關節點定義名稱：

在 APAS (Ariel Performance Analysis System) 動作分析軟體，依據動作點取身體的 17 個關節點 (圖 3-5)。

1.右腕、2.右肩、3.右手肘、4.左腕、5.左肩、6.左手肘、7.頭部、8.左髖、9.左膝、10.左踝、11.右髖、12.右膝、13.右踝、14.左腳跟、15.左腳趾、16.右腳跟、17.右腳趾 (以左腳起跳者為例)。其各肢段之質量、重心及轉動慣量參數採 MRI 法建立台灣青年男子人體肢段參數之研究 (何維華、李超群、相子元，2004)。

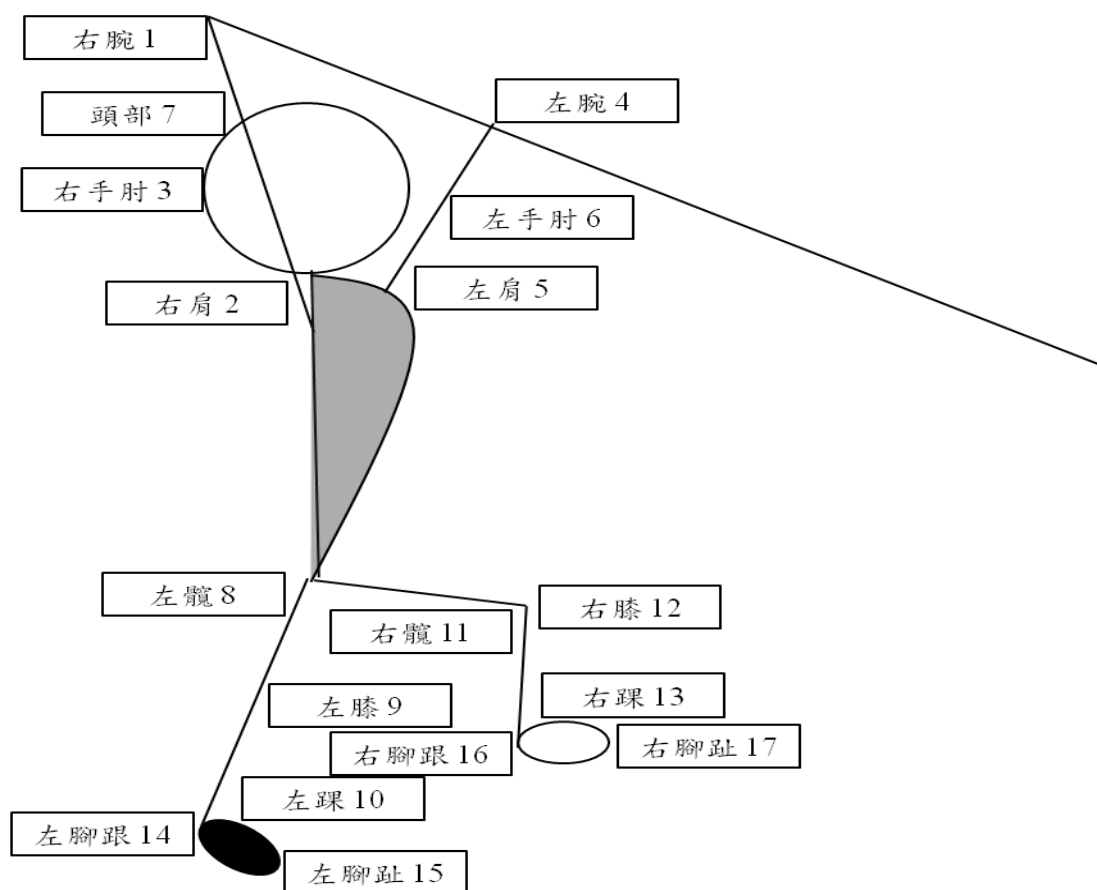


圖 3-5. 各關節點定義名稱之人體模型圖

三、起跳瞬間水平速度：

起跳瞬間水平速度依據：（起跳離地瞬間第一張畫面的重心水平座標-離地前一張畫面的重心水平座標）÷二張畫面的間隔時間。

四、起跳角度：

起跳腳蹬離地面瞬間，身體重心移動方向和水平方向所形成的夾角（ $\tan\theta=V_V/V_H$ ）。直接由運動學分析軟體 APAS，取得分析動作的運動學資料（圖 3-6）。

五、本研究採用 Microsoft Office Excel 2007 應用軟體做為資料統計分析工具，但因只有三名受試者，獲得資料較少，故將所得各項參數及資料，以描述性之統計圖表及平均數與標準差，將之間的差異及關聯加以顯示。

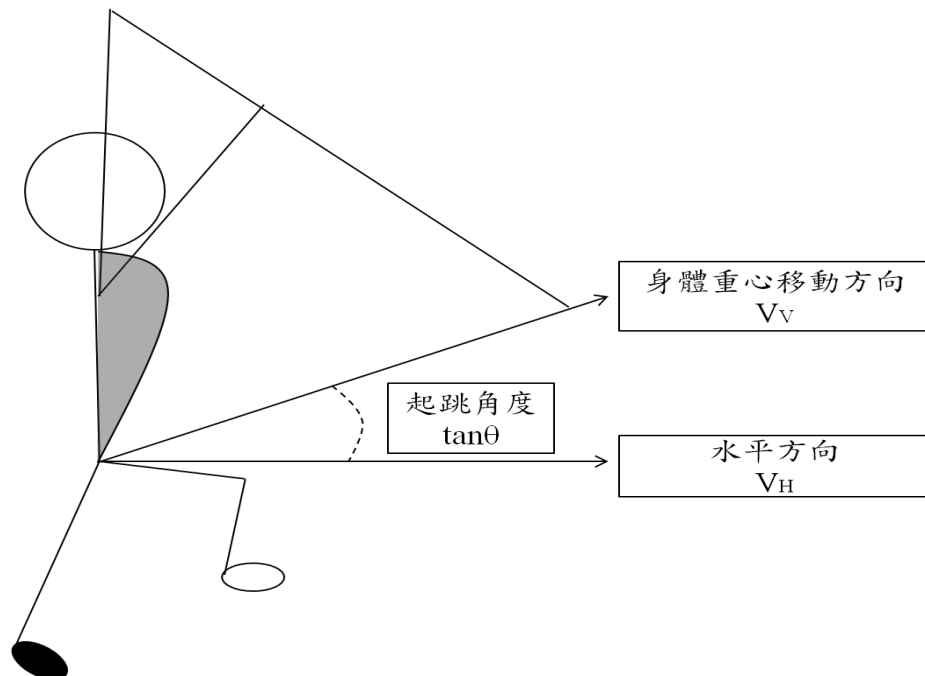


圖 3-6. 起跳角度圖

第肆章 結果與討論

本章旨在呈現研究結果以及討論。本研究選取受試者比賽的最佳成績進行分析與討論。因國內優秀撐竿跳高 A 選手與 B、C 選手在成績及各項數據上有著大幅的落差，因此在第三節的國內外優秀男子撐竿跳高選手之比較分析，部分小節僅以國內最優秀 A 選手進行比較及討論。

全章共分為三節，第一節、國內優秀男子撐竿跳高選手最佳成績之運動學參數；第二節、國內優秀男子撐竿跳高選手之個案討論；第三節、國內外優秀男子撐竿跳高選手之比較分析，茲分述如下：

第一節 國內優秀男子撐竿跳高選手 最佳成績之運動學參數

表 4-1

持竿助跑最後四步及起跳之速度表

受試者	倒數 第四步	倒數 第三步	倒數 第二步	倒數 第一步	起跳
單位	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
A 選手	8.05	8.14	8.11	8.10	7.03
B 選手	7.44	7.39	7.31	7.31	6.50
C 選手	7.61	7.59	7.49	7.40	6.63
平均數	7.70	7.71	7.64	7.60	6.72
標準差	0.31	0.39	0.42	0.43	0.28

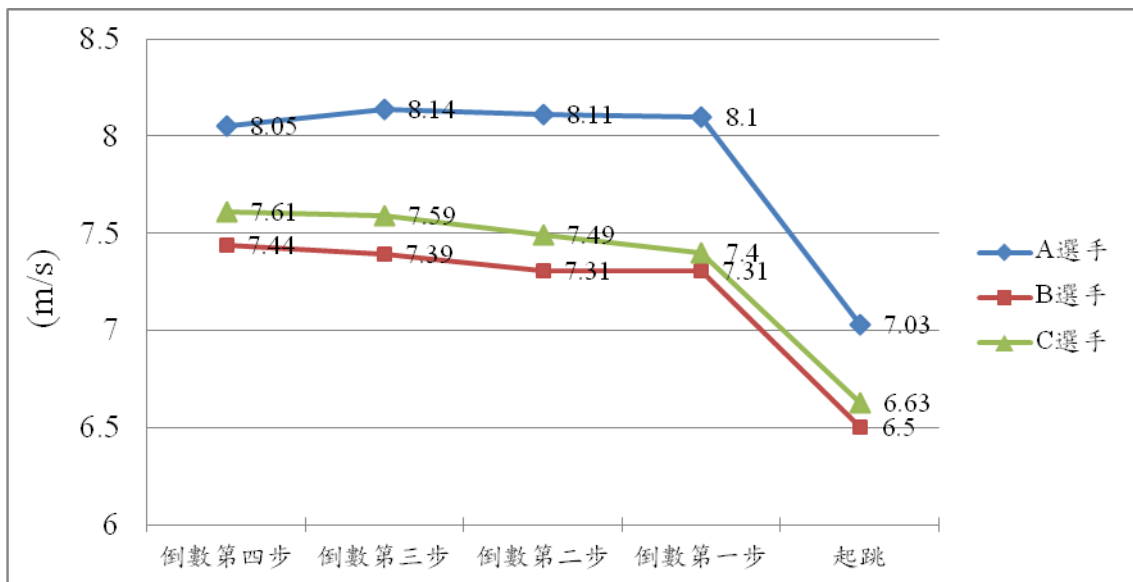


圖 4-1. 持竿助跑最後四步及起跳之速度比較圖

表 4-2

持竿助跑最後四步步幅長度表

受試者	倒數 第四步	倒數 第三步	倒數 第二步	倒數 第一步
單位	(m)	(m)	(m)	(m)
A 選手	1.99	2.05	2.01	1.84
B 選手	2.01	2.07	1.96	1.85
C 選手	1.98	1.77	1.91	1.83
平均數	1.99	1.99	1.96	1.84
標準差	0.02	0.17	0.05	0.01

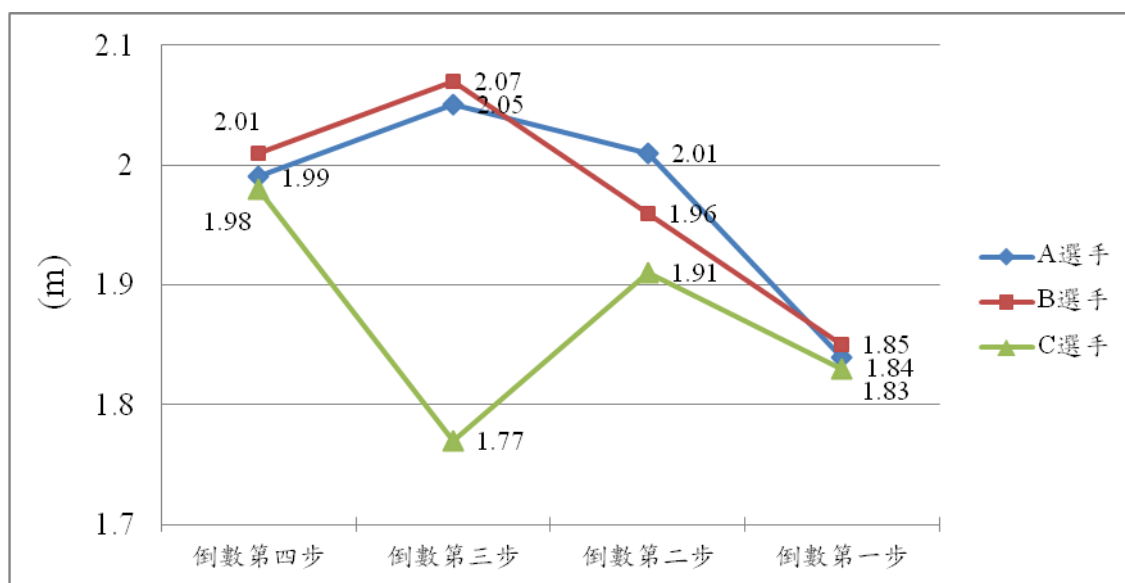


圖 4-2. 持竿助跑最後四步步幅長度比較圖

表 4-3

起跳階段運動學參數表

受試者 單位	起跳點 (cm)	起跳角度 (度)	起跳垂直速度 (m/s)
A 選手	4	20.12	2.39
B 選手	28	23.44	2.44
C 選手	-8	22.57	2.37
平均數	8	22.04	2.40
標準差	18.33	1.72	0.04

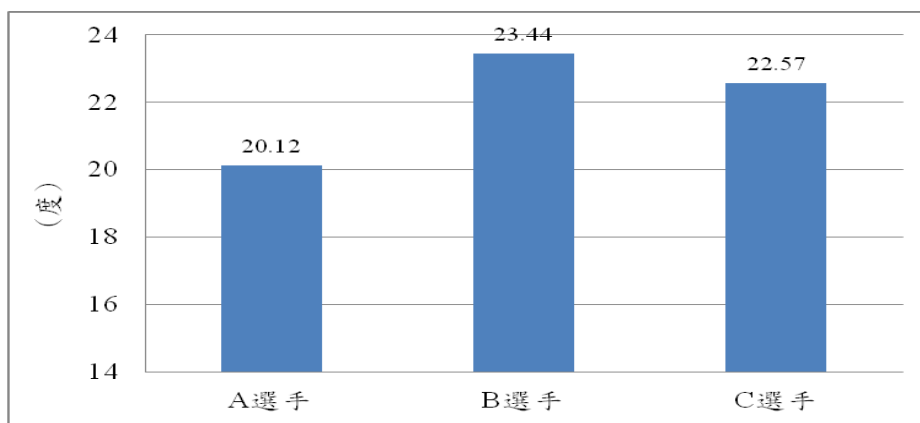


圖 4-3. 起跳角度比較圖

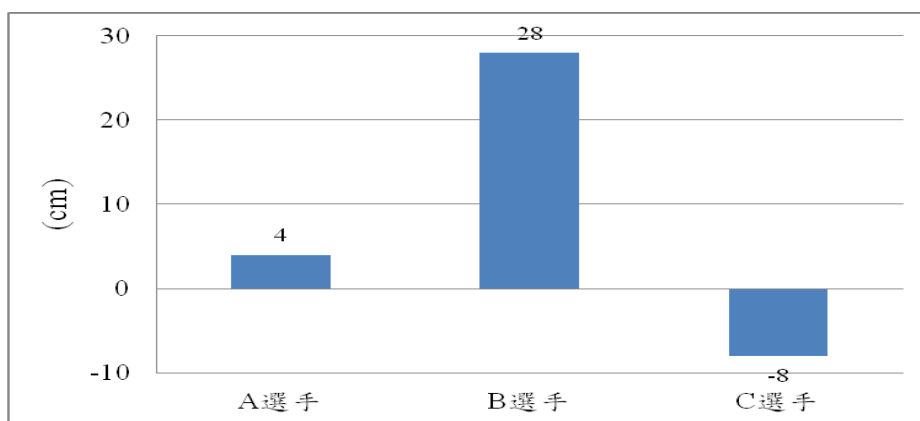


圖 4-4. 起跳點比較圖

第二節 國內優秀男子撐竿跳高選手之個案討論

本研究將國內優秀男子撐竿跳高選手 A、B、C 進行個案討論及技術分析。

一、A 選手個案討論

表 4-4

A 選手各項運動參數表

高度 (m)	4.90	5.12	5.22	5.22	5.32	5.32	5.32
○ 表示試跳成功	○	○		○			
倒數第四步步幅 (m)	1.94	1.98	1.99	1.99	放	1.91	2.00
倒數第三步步幅 (m)	2.02	2.01	2.01	2.05	棄	2.11	2.07
倒數第二步步幅 (m)	1.88	1.93	1.94	2.01	試	2.05	2.03
倒數第一步步幅 (m)	1.75	1.81	1.82	1.84	跳	1.78	1.80
倒數第四步速度 (m/s)	8.03	7.95	8.07	8.05		8.01	8.12
倒數第三步速度 (m/s)	8.01	8.06	8.09	8.14		8.07	8.15
倒數第二步速度 (m/s)	7.96	8.04	7.99	8.11		7.98	8.03
倒數第一步速度 (m/s)	7.95	8.02	7.96	8.10		7.82	7.94
起跳水平速度 (m/s)	6.93	6.81	6.95	7.03		7.11	6.87
起跳垂直速度 (m/s)	2.43	2.47	2.29	2.39		2.32	2.51
起跳角度 (度)	20.82	20.56	19.93	20.12		19.35	20.66
起跳點 (cm)	6	3	5	4		1	13

(一)、個案討論及技術分析

由圖 4-1 可看出 A 選手在每一步的助跑速度是三位國內優秀選手中最高的，但 A 選手在最後一步至起跳過程中，速度從 8.10 (m/s) 驟降至 7.03 (m/s)，損失高達 1.07 (m/s)，是三位國內優秀選手中損失最多的，起跳主要是發展垂直速度，但在起跳時應盡量減少助跑水平速度的損失，以至於產生最大的垂直速度 (楊木輝，2004)。此選手在起跳角度及最後兩步步幅的縮小幅度均在學者研究結果的範圍內，推論起跳速度的損失原因可能是在起跳點這項環節。

選手的起跳點應在上手握竿位置之垂直線的正下方，起跳腳腳尖的位置才是好的起跳點，並且整個身體是有些許向前傾斜，這樣才能保持人體的運動速度，為懸擺奠定動量的基礎 (許振芳，1995；張武紀、王代才，1994；孫南，2001)。本研究 A 選手的起跳點距離為 4 公分，起跳點踏在上手腕握竿位置之垂直線的前方 4 公分，較近的起跳點位置，也因此造成起跳過程中，身體後仰、起跳腳未能完全推蹬，迫使起跳速度的損耗。因此，若要減少在起跳階段動能的損失，嚴格控管起跳點的位置是 A 選手必須加强的部分。

(二)、試跳成功與試跳失敗之比較

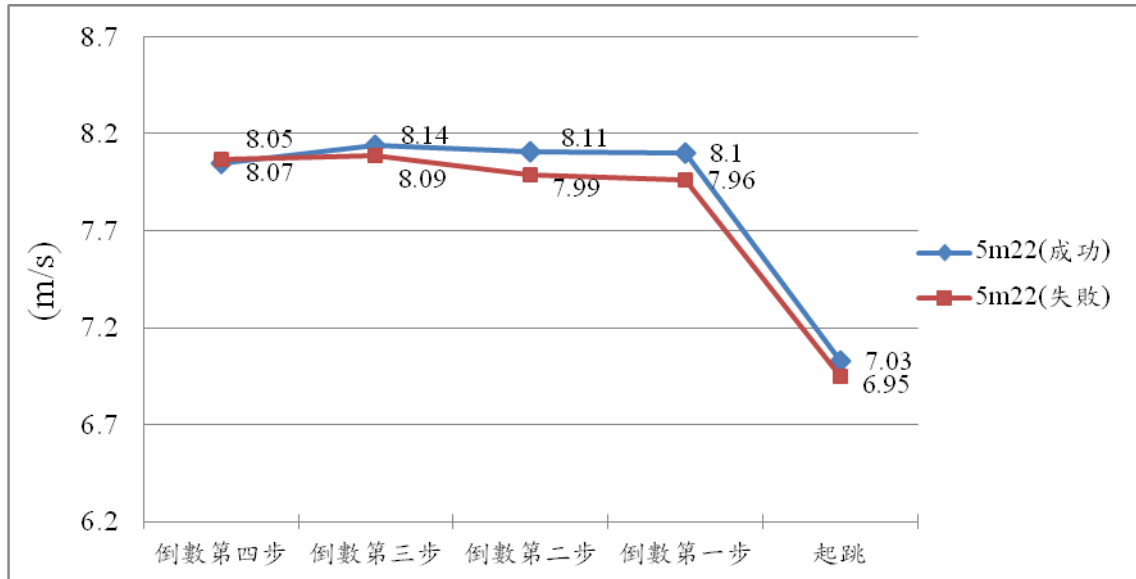


圖 4-5. A 選手 5.22m 試跳成功與試跳失敗持竿助跑最後四步及起跳之速度比較圖

在成功與失敗這兩次試跳中，起跳點與起跳角度並無太大差異的情況下，由圖 4-5 可得知除了助跑倒數第四步的速度之外，助跑倒數前三步及起跳之速度，均比失敗的時候來的較佳，因此，選手沒有良好的助跑速度將無法產生較佳的成績表現（黃宏春、游正忠，1996），而起跳速度是影響成績表現最主要的關鍵，也是最主要的因素（Steben, 1970; Brian, 1998），這也顯示助跑及起跳速度對成績的影響是相當重大的。

二、B選手個案討論

表 4-5

B選手各項運動參數表

高度	(m)	4.40	4.60	4.60	4.60	4.70	4.70	4.70
○表示試跳成功		○			○			
倒數第四步步幅	(m)	1.99	1.96	1.93	2.01	1.96	2.00	1.96
倒數第三步步幅	(m)	1.99	2.07	2.07	2.07	2.06	1.99	1.88
倒數第二步步幅	(m)	1.90	1.93	2.05	1.96	1.90	1.85	1.87
倒數第一步步幅	(m)	1.84	1.86	2.02	1.85	1.90	1.82	1.77
倒數第四步速度	(m/s)	7.45	7.34	7.31	7.44	7.25	7.40	7.39
倒數第三步速度	(m/s)	7.50	7.39	7.39	7.39	7.35	7.37	7.31
倒數第二步速度	(m/s)	7.39	7.28	7.32	7.31	7.30	7.37	7.27
倒數第一步速度	(m/s)	7.21	7.20	7.21	7.31	7.22	7.28	7.22
起跳水平速度	(m/s)	6.45	6.42	6.47	6.50	6.37	6.52	6.44
起跳垂直速度	(m/s)	2.66	2.72	2.53	2.44	2.57	2.68	2.49
起跳角度	(度)	23.68	24.21	25.53	23.44	22.75	23.28	25.37
起跳點	(cm)	19	11	22	28	26	34	0

(一)、個案討論及技術分析

由圖 4-1 可看出 B 選手在助跑的每一步及起跳之速度，均為三位國內優秀選手中最差，雖然在助跑最後階段及起跳過程中沒有過大的速度損失，但因為沒有良好的助跑速度以至於起跳的水平速度也不佳，這也是造成成績差異的主要原

因。助跑速度是提昇握竿高度，增加在竿上基本位能，取得更好成績最重要的因素（羅高明，1998）。因此，B選手不僅要提昇徒手的絕對速度之外，更重要的是提昇在持竿助跑速度上的專項訓練。

（二）、試跳成功與試跳失敗之比較

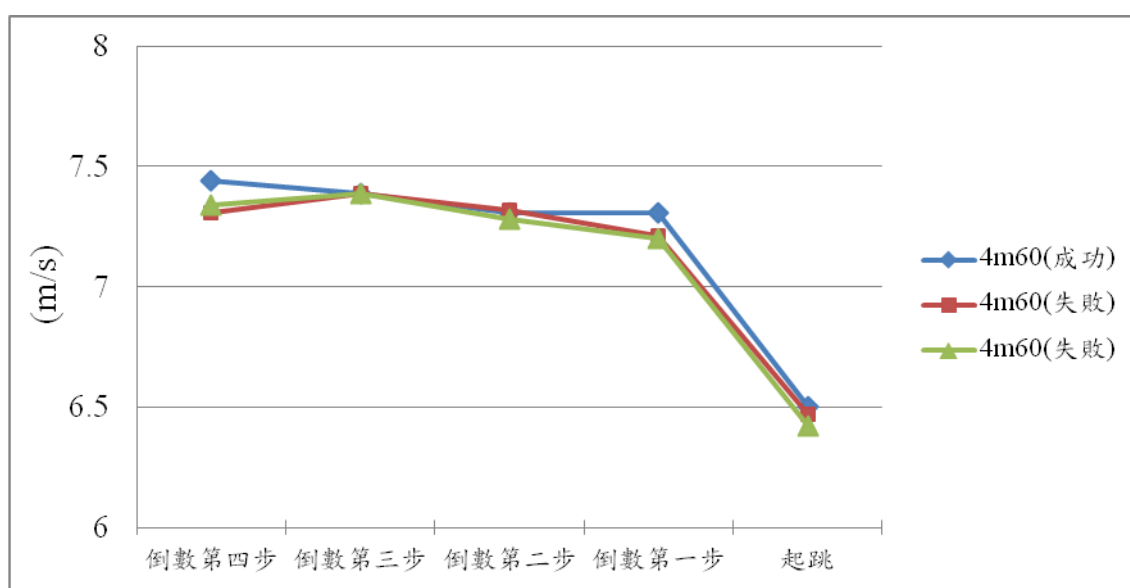


圖 4-6. B選手 4.60m 試跳成功與試跳失敗持竿助跑最後四步及起跳之速度比較圖

由圖 4-6 可看出在成功與失敗這三次試跳中，在助跑倒數第三及第二步之速度並無太大差異，但在助跑倒數第一步之速度，試跳成功時並無下滑而是保持速度的狀態，以至於起跳速度也較佳，在衡量撐竿跳高運動員技術的好與壞，起跳前四步之持竿助跑，應是保持助跑速度或持續在加速的狀態，會是和後續動作連貫，展現較佳技術的持竿助跑模式

(黎玉棋、張武紀，1994)。因此，也說明了助跑最後階段及起跳階段，損失的動能較少，成功試跳的機會也會增加。

三、C選手個案討論

表 4-6

C選手各項運動參數表

高度	(m)	4.20	4.40	4.60	4.60	4.60
○表示試跳成功		○	○			
倒數第四步步幅	(m)	1.93	1.98	1.92	1.93	1.99
倒數第三步步幅	(m)	1.85	1.77	1.82	1.77	1.81
倒數第二步步幅	(m)	1.80	1.91	1.74	1.72	1.82
倒數第一步步幅	(m)	1.74	1.83	1.68	1.71	1.79
倒數第四步速度	(m/s)	7.56	7.61	7.52	7.56	7.65
倒數第三步速度	(m/s)	7.48	7.59	7.42	7.53	7.54
倒數第二步速度	(m/s)	7.37	7.49	7.40	7.47	7.42
倒數第一步速度	(m/s)	7.31	7.40	7.30	7.37	7.30
起跳水平速度	(m/s)	6.56	6.63	6.58	6.44	6.61
起跳垂直速度	(m/s)	2.45	2.37	2.34	2.46	2.39
起跳角度	(度)	23.36	22.57	23.79	24.56	22.34
起跳點	(cm)	-6	-8	0	-20	-2

(一)、個案討論及技術分析

由表 4-6 得知 C 選手在成功試跳的高度當中，均是一次就成功，可顯示 C 選手在整體的技術層面是屬於較穩定的。

由圖 4-1 可看出 C 選手助跑最高速出現在倒數第四步，而至起跳前竟遞減 0.21 (m/s)，為三位國內優秀選手中遞減最多的，選手在助跑過程中沒有良好的助跑節奏和助跑後段的控制能力，助跑速度將明顯下降 (黃宏春、游正忠，1997)。因此，若要減少助跑最後階段速度的遞減，可試著從助跑節奏的調整，選定合適的助跑距離以及提昇專項助跑能力來加強 (楊木輝，2004)，相信能提昇選手的助跑速度以及維持速度的能力。

C 選手雖然在助跑最後四步階段，速度遞減 0.21 (m/s)，為三位國內優秀選手中最多，但在助跑倒數第一步至起跳階段速度損失 0.77 (m/s)，卻是三位國內優秀選手中損失最少的，推論原因可能是因為 C 選手的起跳點踏在上手腕握竿位置之垂直線的後方，以至於助跑至起跳階段時速度損失的較少，這也顯示 C 選手在起跳點這項環節是值得肯定的。

(二)、試跳成功與試跳失敗之比較

因 C 選手在成功試跳的高度當中，均是一次就成功，所以無法進行同一個高度中試跳成功與試跳失敗之比較，因此不進行討論。

第三節 國內外優秀男子撐竿跳高選手之比較分析

一、持竿助跑最後三步及起跳之速度分析

表 4-7

A選手與布卡持竿助跑最後三步及起跳之速度比較表

受試者	倒數 第三步	倒數 第二步	倒數 第一步	起跳
單位	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
A 選手	8.14	8.11	8.10	7.03
布卡	9.47	9.47	9.77	9.00

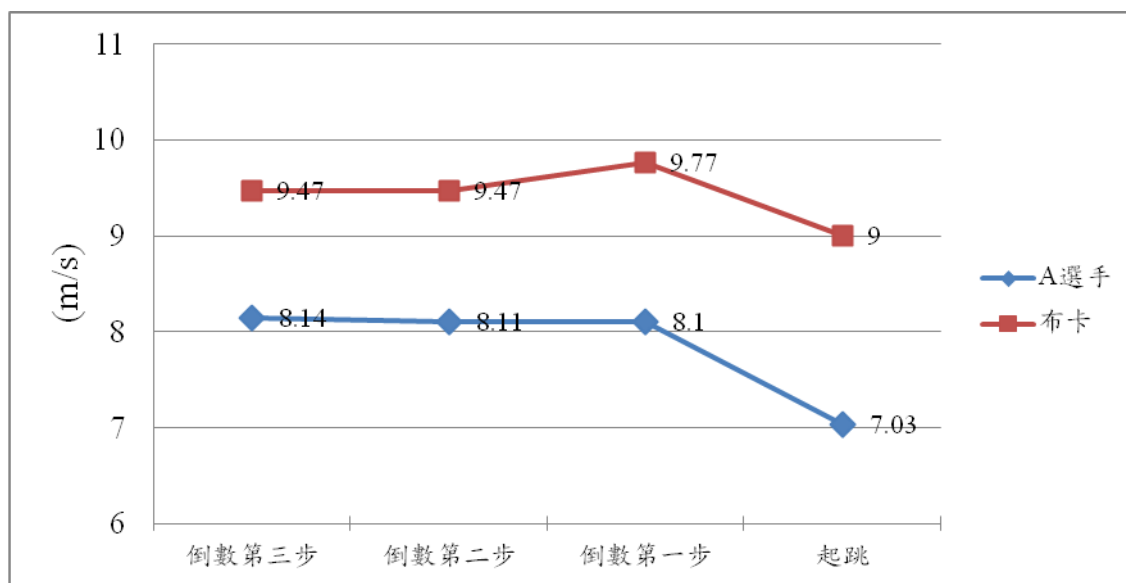


圖 4-7. A選手與布卡持竿助跑最後三步及起跳之速度比較

圖

(一)、持竿助跑水平速度之分析

在任何競技運動項目中，速度的快慢往往會是決定結果的重要因素，在田徑運動跳躍項目中，也不例外，利用助跑所產生的動能往往也是影響成績的主要關鍵。撐竿跳高運動每一個動作技術結構都會對成績產生很大的影響，但最主要的關鍵還是在持竿助跑與起跳動作（張武紀、王代才，1994）。助跑速度為跳部運動中首要階段，選手沒有良好的助跑速度將無法產生較佳的成績表現，尤其撐竿跳高選手必需持竿行進，在持竿負重下，維持最大可控制助跑速度將是決定成績的關鍵（黃宏春、游正忠，1996）。

本研究國內男子A選手在持竿助跑最後三步水平速度分別為8.14 (m/s)、8.11 (m/s)、8.10 (m/s)，男子撐竿跳高世界紀錄保持人，烏克蘭選手布卡的最後三步水平速度分別為9.47 (m/s)、9.47 (m/s)、9.77 (m/s)（表4-7，圖4-7），兩者相差甚大，以至於國內男子A選手在動能不足的情況下使得竿子無法達到大弧度彎曲以及更好的豎竿位置，也因此影響選手握竿高度及握竿磅數的提昇，這也就是國內選手成績表現不佳的主要因素之一。研究顯示助跑速度仍是創造成績必要條件，但並非絕對條件，因此選手在持竿負重下維持最大可控制速度將是獲得優異成績的關鍵（羅元鴻、黃宏春，2008）。

起跳前四步之持竿助跑，是在保持助跑速度或持續在加速的狀態下，會是和後續動作連貫，展現較佳技術的持竿助跑模式（黎玉棋、張武紀，1994）。由圖4-7看出男子撐竿跳高世界紀錄保持人，烏克蘭選手布卡的最後三步持竿助跑速

度分別是倒數第三步為 9.47 (m/s) 、倒數第二步為 9.47 (m/s) 、倒數第一步為 9.77 (m/s) ，顯示在持竿助跑後段速度曲線是呈現上揚加速的狀態，而國內男子 A 選手在持竿助跑的後段，不但沒有加速或是保持速度，反而是呈現下滑的狀況，這也顯示國內男子 A 選手沒有良好的持竿助跑節奏以及持竿助跑的控制能力，以至於持竿助跑後段速度明顯的下滑。

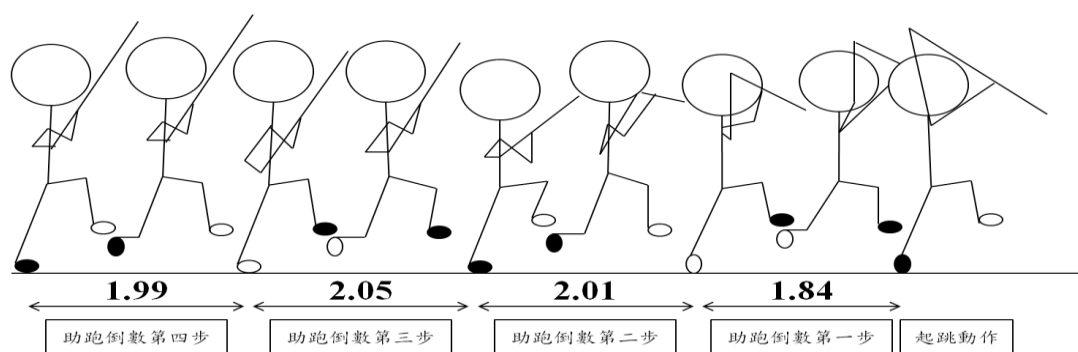
(二)、起跳水平速度之分析

起跳速度主要的動能是由持竿助跑速度轉換而來的，在快速的助跑速度中，盡量減少速度在轉換時的損失才能產生較佳的起跳速度，所以起跳速度是影響成績表現最主要的關鍵，也是最主要的因素 (Steben, 1970 ; Brian, 1998) 。

本研究國內男子 A 選手的起跳速度為 7.03 (m/s) ，男子撐竿跳高世界紀錄保持人，烏克蘭選手布卡的起跳速度為 9.00 (m/s) (表 4-7，圖 4-7) ，兩者竟相差 1.97 (m/s) ，導致國內男子 A 選手在起跳速度較慢的情況下，以致於在起跳後撐竿彎曲所獲得的動能大打折扣，無法到達良好的豎竿位置，在成績表現上也不盡理想 (羅元鴻、黃宏春，2008) 。因此，國內外選手在起跳速度上的差異將是影響成績的關鍵因素。

二、持竿助跑最後四步步幅之分析

張武紀、王代才 (1994) 研究發現助跑的節奏須由慢漸快，步幅由大變小，最高速度是最後 10 公尺開始 (約最後 4 步之距離)。本研究國內男子 A 選手的最後四步步幅長度分別為 1.99m、2.05m、2.01m、1.84m (圖 4-8)，目前並無任何相關研究及文獻能指出步幅的距離是否會影響成績表現。但若討論最後兩步的步幅長度，優秀選手在助跑最後兩步有共同的特質，分別是倒數第二步較大和倒數第一步較小的現象，縮短助跑最後一步將會有效的使身體重心前移，步頻逐步加快，騰空時間縮短，更有效率的完成起跳過程 (Bartonietz & Wetter, 2001; Angulo-Kinzler et al., 1994; 羅高明, 1998)。縮小的幅度是助跑的倒數第二步要比最後一步的步長約長半個腳掌 (郝成碩、李世琳、張來霆, 1987)。國內男子 A 選手的半個腳掌約 14 公分，本研究國內男子 A 選手在倒數第一步比倒數第二步明顯縮小 17 公分，此結果與文獻中研究結果相符。



註：單位 (m)

圖 4-8. A 選手持竿助跑最後四步步幅圖

三、起跳點之分析

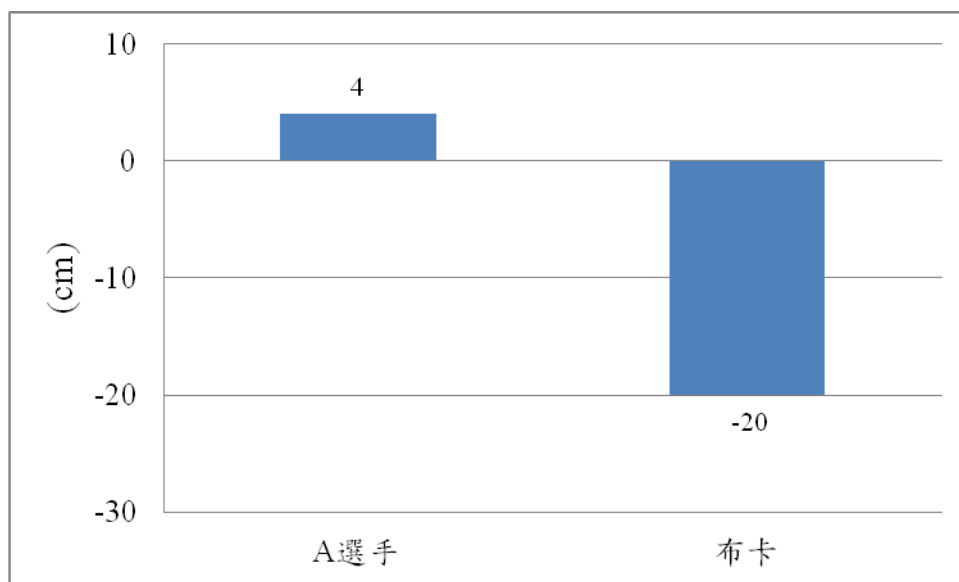


圖 4-9. A選手與布卡起跳點比較圖

合理的起跳點為撐竿跳高重要的因素之一，它占成功跳躍率的50%。而起跳點太近，則沒有充份時間做捲體倒立之動作（許樹淵，1992），如果起跳點太遠，選手會被向前拉扯，竿子無法快速彎曲，使得無法充分利用纖維竿的彈性材質進入垂直面，導致起跳動作過程的不理想（王繼慶，2002）。選手的起跳點應在上手握竿位置之垂直線的正下方，起跳腳腳尖的位置才是好的起跳點，並且整個身體是有些許向前傾斜，這樣才能保持人體的運動速度，為懸擺奠定動量的基礎（許振芳，1995；張武紀、王代才，1994；孫南，2001）。上手握竿位置，與地面垂直線之正確的起跳點前後8公分的位置是不會影響到插竿起跳技術（Schade, Isolehto, Arampatzis, Brüggemann & Komi, 2007）。

男子撐竿跳高世界紀錄保持人，烏克蘭選手布卡的起跳點距離為-20公分，起跳點在上手腕握竿位置之垂直線的後方20公分，本研究國內男子A選手的起跳點距離為4公分，起跳點在上手腕握竿位置之垂直線的前方4公分，較近的起跳點位置，也因此造成起跳過程中，身體後仰、起跳腳未能完全推蹬，迫使起跳水平速度的損耗，因而使原本和國外優秀選手在助跑速度上就有一段差距的情況下，在起跳階段更增加不必要的損失，此結果導致肘關節無法完全伸直，相對的使雙臂無法用力支撐和伸展，而影響身體向前擺動的轉動量及流暢性（王繼慶，2002）。因此，嚴格控管起跳點的位置是國內男子A選手必須加強的部分。

四、起跳角度之分析

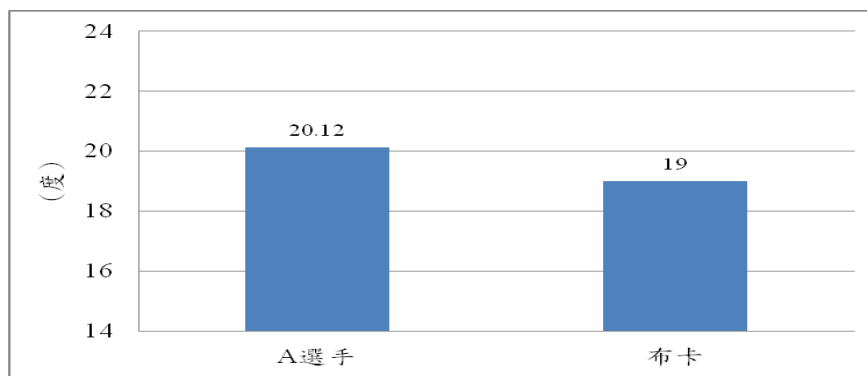


圖 4-10. A選手與布卡起跳角度比較圖

起跳角度是起跳腳蹬離地面瞬間，身體重心移動方向和水平方向所形成的夾角，良好的起跳角度可以幫助雙手向前上方伸展到最高點，並能夠使竿子的運動方向由水平線，轉換成插竿起跳後的垂直方向動能，以儲存更大的動能完成懸垂擺體動作（王建峻，2001）。起跳角度的大小直接反映出選手起跳技術的優劣，當起跳角度太大，說明起跳方向太過向上，造成起跳的垂直分力過大，不利於彎竿和豎竿（張武紀、王代才，1994）。目前世界一流的撐竿跳高選手的最佳起跳角度為14-24度，世界優秀選手布卡起跳角度為19度、加陶林18度（張武記、王代才，1994；Attig, 1980）。

本研究國內男子A選手的起跳角度為20.12度，與學者研究結果比較均在合理範圍內，與國外優秀選手差異也不大，顯示起跳角度並不是造成國內外成績差異的主要因素。但由於撐竿的長度（握竿高度）為影響起跳角度因素之一，在其它研究中均被忽略，因此未來將予以另列入考量，透過實際的測量找出選手最佳的起跳角度（羅元鴻、黃宏春，2008）。

五、握竿高度之分析

表 4-8

手舉高度與握竿高度之比較表

受試者 單位	手舉高度 (m)	握竿高度 (m)	握竿高度-手舉高度 (cm)
布卡	2.45	5.21	11
A 選手	2.19	4.65	7
B 選手	2.21	4.40	-22
C 選手	2.03	4.25	-1
平均數	2.14	4.43	14.98
標準差	0.10	0.20	-5.33

註：計算時已扣除插竿箱水平以下的 20 公分。

註：平均數與標準差僅以國內 A、B、C 選手做計算。

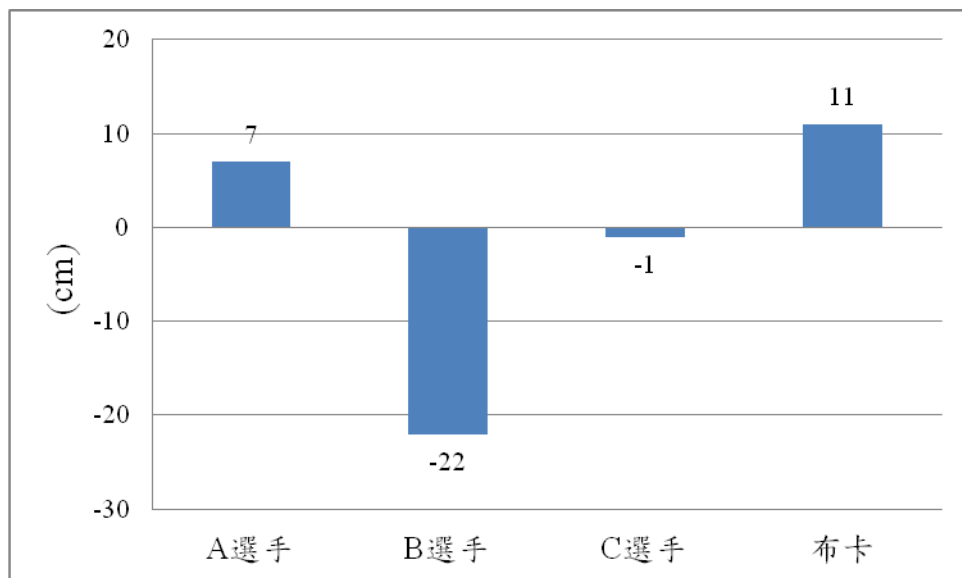


圖 4-11. 握竿高度 - 手舉高度 x2 之比較圖

決定撐竿跳高成績的參數是握竿高度與騰躍高度，並發現握竿高度和成績有正相關 (Ferry, 1999; 許弘恩, 1996)，選手想要騰越更高的高度，首先要有較高的握竿高度，想要有較高的握竿高度，速度必然要提昇 (游正忠, 2008)。現代撐竿跳高的技術來衡量握竿高度是否合適，一般而言是以運動員手舉高度的二倍為基準，世界級水準的優秀選手應再加上二十公分 (張武紀、王代才, 1994; 張華新、田坤, 2001; 劉正泉, 2002)，從表 4-8 及圖 4-11 得知國內男子 A 選手手舉高度為 2.19 公尺、B 選手為 2.21 公尺、C 選手為 2.03 公尺，因此，國內男子 A 選手握竿高度應達到 4.38 公尺、B 選手應達到 4.42 公尺、C 選手應達到 4.06 公尺，A 選手握竿高度為 4.45 公尺，超過了基準 7 公分，但距離世界優秀選手的握竿高度還少於 13 公分，B 選手握竿高度為 4.20 公尺，少於基準 22 公分，C 選手握竿高度為 4.05 公尺，少於基準 1 公分。

B 選手的手舉高度為國內三位選手中最佳，但握竿高度卻少於基準 22 公分為國內三位選手中最少，由表 4-1 及圖 4-1 可得知，B 選手在助跑的每一步及起跳之速度，均為國內三位選手中最差，沒有良好的助跑及起跳之速度是導致 B 選手握竿高度無法達到較佳位置的重要原因。數據顯示三位國內優秀男子撐竿跳高選手在這項環節是明顯不足的，尤其握竿高度更佔成績表現的 84% 左右 (許樹淵, 1992; 許弘恩, 1996; 張武紀、王代才, 1994)。因此，未來如何有效提高握竿高度將是提昇成績的重要關鍵之一。

六、握竿磅數之分析

表 4-9

體重與握竿磅數之比較表

受試者 單位	體重 (kg)	握竿磅數 (kg)	體重與握竿磅數差距 (kg)
A 選手	69	84.09 (185p)	15.09
B 選手	73	81.81 (180p)	8.81
C 選手	60	77.27 (170p)	17.27
平均數	67.33	81.06	13.72
標準差	6.66	3.47	4.39

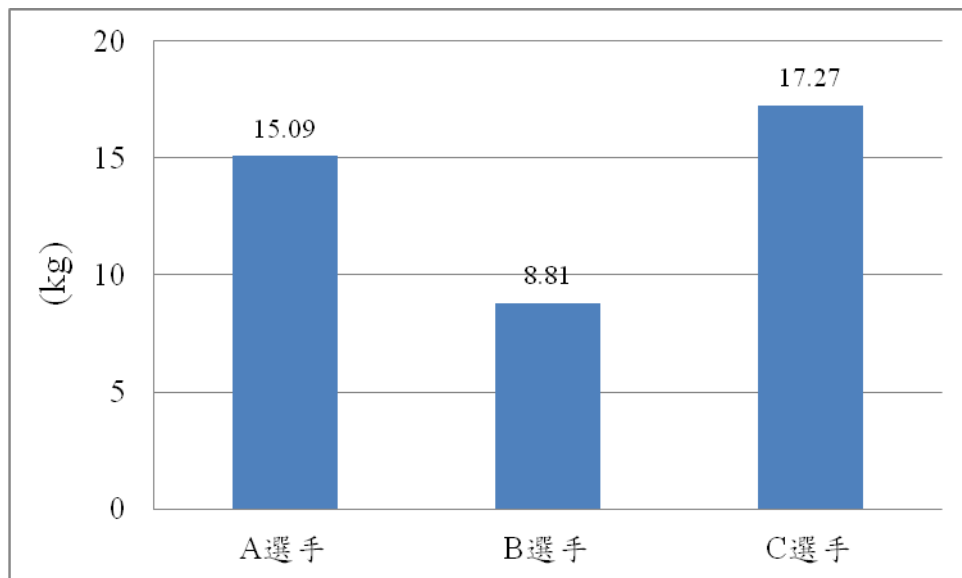


圖 4-12. 體重與握竿磅數差距之比較圖

撐竿的硬度也是反映運動員技術水平和能力的一項指標，因為在撐竿的彎曲程度相同時，撐竿彈性力的大小主要取決於竿子的軟硬程度（孫南，2006），由於撐竿材質不斷更新，竿子反彈性能越來越好，是選手騰越高度重要動力來源，而撐竿的彈性力量主要取決於跳躍時撐竿的彎曲程度與撐竿本身的硬度（亦即竿子磅數），選手採用的撐竿磅數越重，竿子反彈釋放位能就越大，有利於展身及空中動作，所以在合理的跳躍技術表現下，努力提高選手體重與握竿磅數之差額是提高撐竿跳高成績的重要因素之一（游正忠，2008）。握竿磅數至少要比本身體重重22磅（10公斤）以上才能做好空中的動作，世界頂尖撐竿跳高選手之握竿磅數平均比自己的體重重40~50磅（18.18~22.72公斤）（許弘恩，1996）。目前世界頂尖撐竿跳高選手體重與握竿磅數差距已大於15公斤，世界紀錄保持人布卡的體重與握竿磅數差距甚至達到20公斤（張華新、田坤，2001）。

表4-9為國內優秀男子撐竿跳高選手體重與握竿磅數之比較表，A選手握竿磅數為185磅（84.09公斤），B選手握竿磅數為180磅（81.81公斤），C選手握竿磅數為170磅（77.27公斤），A選手體重與握竿磅數差距為15.09公斤，B選手差距為8.81公斤，C選手差距為17.27公斤，國內優秀男子撐竿跳高選手在握竿磅數這項環節，A選手與C選手均達到世界頂尖撐竿跳高選手的差距（15公斤），因此在這方面是值得肯定的，未來目標應將差距擴大到20公斤以上，相信在成績表現上會有更好的突破。僅有B選手在這方面未達到，且有相當的差距，體重與握竿磅數差距較小，在空中動作上缺乏讓竿子釋放更大的反彈位能，以至於成績無法突破的原因之一。

第五章 結論與建議

本研究以國內三位優秀撐竿跳高選手的持竿助跑最後四步及起跳動作之技術，進行運動學分析，之後與國外優秀選手比較差異及個案討論與技術分析，經由結果與討論，所得結論與建議，茲分述如下：

第一節 結論

一、持竿助跑最後四步及起跳之速度

國內選手助跑最後四步及起跳之速度和國外優秀選手有著一段明顯的差距。

二、步幅

國內選手在步幅最後兩步，倒數第一步均比第二步縮小約半個腳掌，與文獻中研究結果相符。

三、起跳點

國內選手起跳點踏在上手腕握竿位置之垂直線的前方8公分，而國外優秀選手則是踏在上手腕握竿位置之垂直線的後方20公分。

四、起跳角度

國內三位選手起跳角度均在學者研究的合理範圍內(14-24度)。

五、握竿高度

國內三位選手握竿高度均未達到世界級水準的握竿高度（手舉高度二倍加上二十公分）。

六、握竿磅數

國內A、C選手在體重與握竿磅數差距均大於15公斤（世界頂尖選手差距）。僅有B選手未達到且有相當的差距。

七、國內A選手個別討論

A選手在最後一步至起跳過程中，速度損失高達1.07 (m/s)，是三位國內選手中損失最多的。起跳點踏在上手腕握竿位置之垂直線的前方，造成此選手速度損失過大。

八、國內B選手個別討論

B選手在助跑的每一步及起跳之速度，均為三位國內優秀選手中最差。

九、國內C選手個別討論

C選手助跑最高速出現在倒數第四步，而至起跳前竟遞減0.21 (m/s)，為三位選手中遞減最多的。

第二節 建議

- 一、提昇國內選手的持竿助跑速度及起跳速度，不僅要提昇徒手的絕對速度之外，更重要的是提昇在持竿助跑速度上的專項訓練，助跑速度提昇，起跳速度也會跟著提昇，而這兩個重要環節也是提昇握竿高度及握竿磅數的最關鍵因素。
- 二、嚴格控管起跳點的位置，踏在上手腕握竿位置之垂直線的後方，是國內男子選手必須加強的部分。
- 三、國內三位選手在助跑最後階段均是呈現下滑的狀況，建議從助跑節奏來調整、選定合適的助跑距離以及提昇專項助跑的能力，相信能提昇選手的助跑速度以及維持速度的能力。
- 四、國內選手身高約在170-180公分，較國外優秀選手矮小許多，所以更應該提昇選手的速度、靈敏度及協調性，以至於彌補身材上的劣勢。

參考文獻

中文部份

- 王勇健（1996）。淺談少年撐竿跳高運動員的速度訓練。體育科研，17（1），24-48。
- 王建峻（1999）。在撐竿跳高選手持竿助跑與起跳動作的技術分析與技術訓練之研究。碩士論文，中國文化大學：臺北市。
- 王建峻（2001）。撐竿跳高選手持竿助跑與起跳動作之技術分析。大專體育學刊，3（1），113-128。
- 王繼慶（2002）。論青少年撐竿跳高運動員的力量與速度訓練。體育科學，22（2），78-79。
- 田文政（1981）。撐竿跳高選手持竿應力與助跑速度之研究。中華民國體育學會體育學報，3，257-268。
- 吳延禧、劉宇（1984）。沃爾科夫撐竿跳高技術特點。中國體育科技，4，20-26。
- 何維華、李超群、相子元（2004）。以MRI法建立台灣青年男子人體肢段參數之研究，中華生物醫學工程期刊，24（1），1-6。
- 秦文宏（2002）。我國優秀女子撐竿跳高運動員高淑英撐竿跳高技術的運動學診斷。體育科學，22（4），72-76。
- 郝成碩、李世琳、張來霆（1987）。田徑教練員教科書。北京：人民體育出版社。
- 孫南（2001）。國際田徑總會書報，15，35-37。
- 孫南（2006）。玻璃鋼撐竿的特性與撐竿技術的變革。北京

- 體育大學學報，29(9)，1275-1277。
- 許弘恩(1996)。影響我國撐竿跳高選手握竿高度之探討。
大專體育，28，26-32。
- 許弘恩(2009)。撐竿跳高不同材質撐竿材料分析與彎竿表現之研究。臺北縣：高立圖書有限公司。
- 許弘恩(2012)。田徑指導手冊。臺北市：行政院體育委員會。
- 張武紀、王代才(1994)。論現代撐竿跳高技術。成都體育學報，20(4)，26-32。
- 張武紀、王代才(1994)。撐竿跳高技術的發展與其展望。成都體育學報，20(3)，26-31。
- 許振芳(1995)。中華民國田徑協會撐竿跳高訓練營手冊。臺北市：中華民國田徑協會。
- 陳泰郎(1996)。撐竿跳高助跑、持竿、插竿、起跳的技術分析。大專體育，26，53-58。
- 張新華、田坤(2001)。布勃卡撐竿跳高技術特點分析。浙江體育科學，23(2)，22-24。
- 許樹淵(1976)。人體運動力學。臺北市：偉彬體育研究社。
- 許樹淵(1992)。田徑論。臺北市：偉彬體育研究社。
- 許樹淵(2002)。田徑論。臺北市：偉彬體育研究社。
- 游正忠(2008)。撐竿器具與起跳動作對撐竿跳高選手成績影響之分析。輔仁大學體育學刊，7，16-27。
- 黃宏春、游正忠(1996)。國內男子撐竿跳高選手起跳動作運動學分析。台南：太學出版社。
- 黃宏春、游正忠(1997)。中日室內撐竿跳高邀請賽女子起跳技術之運動學分析。中華田徑，69，11-16。

- 楊木輝 (2004)。國內優秀撐竿跳高選手持竿助跑最後三步及起跳之運動學分析。未出版碩士論文，國立體育學院：臺北縣。
- 楊宏祥、陳培基 (1996)。中外男子撐竿跳高的技術比較及提高途徑。體育科研，17(1)，20-23。
- 葉憲清 (1984)。競技撐竿跳高起跳動學分析。國民體育季刊，12(4)，73-79。
- 劉正泉 (2002)。影響我國撐竿跳高運動成績的主要因素。體育函授通訊，18(1)，65-66。
- 黎玉棋、張武紀 (1994)。教練訓練指南。臺北：文史哲出版社。
- 蔣國勤 (2002)。撐竿跳高技術釋讀。江漢大學學報，19(4)，71-76。
- 羅元鴻、黃宏春 (2008)。男子撐竿跳高選手持竿助跑最後四步與起跳動作之運動學分析。長榮運動休閒學刊，2，37-45。
- 羅高明 (1998)。撐竿跳高的技術與評定。文化體育，14，107-116。

外文部份

- Addain & Cooper. (1989) . *Mechanics of Human Movement*.
Benchmark. 255-256.
- Angulo - Kinzler, R. M., Kinzler, S. B., Balius, X., Turro,
C., Caubet, J. M., Escoda, J., & Prat, J. A. (1994) .
Biomechanical Analysis of the Pole Vault Event.
Jounal of Applied Biomechanics,10, 147-165.
- Attig, R. (1980) .Pole Vault-Biomechanical Factors of the
Gripheight and Push Off. *Track and Field Quarterly
Review*, 80 (4) ,41-46.
- Bartonietz, K. & Wetter, J.(2001). *Analysis of International
Situation in the Women's Pole Vault*. IAAF Beijing
Bulletin,16, P2-28.
- Brian. (1998) .*Modern Pole Vault*. USA: Tafnews Press.
- Ferry, B. (1999) . Predicting maximum vaulting height
through multiple performance variables. *Track Coach*,
146, 4699-4701.
- Hay, J. G. (1993) . *The Biomechanics of Sports Techniques*.
USA: Prentice Hall Englewood Cliffs.
- Schade, F., Isolehto, J., Arampatzis, A., Brüggemann, G. P.,
& Komi, P. (2007) . Biomechanical Analysis of the
Pole Vault at the 2005 IAAF World Championships in
Athletics –Extracts from the Final Report. *New Studies
in Athletics*, 22 (2) , 29-45.
- Sean , H . Y. (1997). *Cinematographical and Biomechanical*

Analysis of the Approach Run Phase for the Pole Vault.
(Unpublished Master's Thesis) . Eastern Washington
University, St. Washington.

Steben, R. E. (1970). A Cinematographic Study of Selective
Factors in the Pole Vault. *Research Quarterly*, 41 (1) ,
95-104.

附錄一



國內優秀男子撐竿跳高 A 選手實驗動作流程圖

附錄二



國內優秀男子撐竿跳高 B 選手實驗動作流程圖

附錄三



國內優秀男子撐竿跳高 C 選手實驗動作流程圖