

國立臺灣體育學院
National Taiwan College of Physical Education
體育研究所碩士學位論文

女子撐竿跳高選手持竿助跑與
降竿技術對起跳點之影響
THE STUDY ON HOW APPROACH RUN AND
POLE DROP TECHNIQUES CONTRIBUTE TO
THE POSITION OF TAKE-OFF IN
FEMALE POLO VAULTER



研究生：官美璉 撰

指導教授：張立羣 教授

中華民國 99 年 12 月

論文名稱：女子撐竿跳高選手持竿助跑與降竿技術對起跳點之影響

總頁數：55 頁

校所組別：國立臺灣體育學院體育研究所

畢業時間及提要：九十九學年度第一學期碩士學位論文提要

研究生：官美璉

指導教授：張立羣教授

摘 要

本研究目的在分析女子撐竿跳高選手助跑倒數六步到起跳離地瞬間的動作，探討持竿助跑與降竿技術對起跳點位置之影響。以 98 年年度女子排名前十傑中的 6 名選手為研究對象，利用二部數位攝影機拍攝受試者助跑過程中助跑倒數六步的動作，使用動作分析系統對影片進行數位化處理，獲得相關運動學參數。研究結果發現受試者在助跑倒數六步的助跑速度、步長與步頻變化都呈現不穩定，倒數第一步的步頻是六步當中最快的，平均為 4.81 ± 0.21 步/秒，但助跑速度則是最慢的平均為 5.70 ± 0.36 公尺/秒。在倒數第三步時，受試者持竿角度已接近 0 度，但身體軀幹開始向後傾斜並維持至倒數第一步，達到最大身體軀幹角度為 107.42 ± 8.47 度；在起跳離地瞬間，受試者都未能踩在理想的起跳點位置上。研究總結，受試者在倒數六步的助跑速度表現不穩定，加上降竿過程身體軀幹向後傾斜，進而影響起跳時的起跳點位置。

關鍵詞：撐竿跳高、助跑速度、持竿角度

Kuan Mei-Lien (2011). The Study on How Approach Run and Pole Drop Techniques Contribute to the Position of Take-Off in Female Pole Vaulter. Unpublished master thesis, National Taiwan College of Physical Education.

Abstract

The purpose of this study was to analyze female pole vaulters' techniques starting from the last six strides of their run-up to take-off stride. The key point was to discuss how much pole drop techniques affected the position of the take-off point. Top six pole vaulters in 2009 ranked by Chinese Taipei Athletic Federation were selected as the subjects for the analysis. The last six strides of their run-up to take-off stride was filmed by two video cameras. Images were digitalized by motion analysis system and the kinematics parameters were obtained. The results found that the experiment revealed that the subjects' run-up speed, length, and the changes of the frequency are unstable in the last six stride of the run-up; the last stride was the fastest, which the average speed was 4.81 ± 0.21 stride/second, comparing with the others. However, the average speed of the run-up was the slowest, which the average was 5.70 ± 0.36 meter/second. In the last third strides, the pole carry angle was almost reaching the horizontal position. At the same time, the upper trunks of vaulters started to lean backward till the last stride, reaching the maximum trunk angle in 107.42 ± 8.47 degree. In the moment of the take-off, all the subjects couldn't reach the ideal take-off point. In summary, the subjects' run-up speed

were unstable in the last six strides, and during the pole drop, leaning back trunk, will affect the position of the take-off point.

Key words: Pole vault, approach run speed, pole carry angle

謝 誌

趁著年輕還能為自己及學校爭取榮譽，決定重返校園重拾學生時代讀書與訓練的日子，很開心 97 年再次踏入校園，開始我的研究所生活，然喜憂參半，喜的是這段求學生活，除了學習之外，能有更多的機會參與比賽爭取榮譽；憂的是學業、工作、訓練能否兼顧。兩年半的研究所生活，點滴在心頭，感謝所有照顧我、鼓勵我、以及默默支持我的人，讓我能順利完成學業。

首要感謝之人是我的指導教授-張立羣老師，感謝老師在撰寫過程不計辛勞的督促與指導，細心審閱、校正論文，在學習速度未能跟上老師的步伐，老師從未放棄過，反而給予更多的協助與指導，亦師亦友的真誠相待與協助，讓我成長並學習更多知識；修讀研究所讓我有機會再次與撐竿跳高重逢，感謝口試老師-許弘恩教授，忙碌之餘不僅要陪伴我訓練更要督促我趕緊完成學業，不時給予我提供寶貴意見及正確的知識，方能使學業及運動成績齊進；感謝口試老師-何維華教授，提出建議與改善方法，讓本論文更臻完善。

在此也要感謝我的家人及臺體學弟妹，感謝家人在二年半學習階段，給予我課業上的鼓勵、生活上的包容以及精神打氣並相互扶持，家裡繁忙之工作也因假日必須上課及撰寫論文，而無法幫忙；對家人的感謝真是難以言述。在拍攝實驗期間因身體不適，感謝大姐義不容辭協助方能順利完成；也感謝臺體學弟、學妹協助實驗拍攝工作，兩次拍攝工作有勞於學弟妹及受試者之合作方能順利。

最後要感謝身旁摯友，在我面臨撰寫論文過程手足無措時不斷鼓勵我，遇到挫折心裡一度擁上想放棄念頭時，適時

給予我安慰，由衷感謝摯友默默的支持。

兩年半學習時光瞬間已過，這過程真讓我留下深刻印象，最後要再次感謝大家的幫忙與支持。敬祝大家健康順心、平安快樂！

美璉謹誌

中華民國九十九年十二月

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
謝 誌	IV
目 錄	VI
表 目 錄	VIII
圖 目 錄	IX
第一章 緒 論	1
第一節 前 言	1
第二節 背景問題	3
第三節 研究目的	7
第四節 研究範圍	7
第五節 研究限制	8
第六節 名詞解釋與操作性定義	8
第二章 文獻探討	12
第一節 撐竿跳高技術	12
第二節 助跑與降竿技術	16
第三節 插竿與起跳技術	17
第四節 結 語	19
第三章 研究方法與步驟	21
第一節 研究對象	21
第二節 實驗日期與地點	22
第三節 實驗儀器與設備	22

第四節	實驗場地佈置	22
第五節	實驗步驟	24
第六節	資料處理與分析	24
第四章	結果	26
第一節	助跑倒數六步的步長	26
第二節	助跑倒數六步的步頻	27
第三節	助跑倒數六步的助跑速度	28
第四節	助跑倒數六步的持竿角度	29
第五節	助跑倒數六步的持竿角速度	30
第六節	助跑倒數六步的身體軀幹角度	31
第七節	起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度	32
第八節	起跳離地瞬間運動學參數	33
第九節	受試者助跑倒數六步的相關參數	34
第五章	討論	41
第一節	助跑倒數六步相關參數	41
第二節	助跑倒數六步與起跳點之關係	45
第六章	結論與建議	49
參考文獻	50
中文部分	50
英文部分	52
附錄	各受試者助跑倒數六步相關參數的平均數與標準差	55

表目錄

表 3-1	受試者基本資料	21
表 4-1	助跑倒數六步的步長	27
表 4-2	助跑倒數六步的步頻	28
表 4-3	助跑倒數六步離地瞬間的助跑速度	29
表 4-4	助跑倒數六步離地瞬間的持竿角度	30
表 4-5	助跑倒數六步離地瞬間的持竿角速度	31
表 4-6	助跑倒數六步離地瞬間的身體軀幹角度	32
表 4-7	起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度	33
表 4-8	起跳離地瞬間運動學參數	34

圖目錄

圖 1-1	持竿角度與身體軀幹角度定義	9
圖 1-2	起跳離地瞬間起跳點起跳速度與起跳角度定義	10
圖 1-3	起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度定義	11
圖 3-1	實驗場地佈置圖	23
圖 4-1	受試者 A 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	35
圖 4-2	受試者 B 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	36
圖 4-3	受試者 C 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	37
圖 4-4	受試者 D 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	38
圖 4-5	受試者 E 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	39
圖 4-6	受試者 F 助跑倒數六步的持竿角度 (A) 軀幹角度 (B) 助跑速度 (C) 步長 (D)	40

第一章 緒論

第一節 前言

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；也就是在助跑起跳離地後將竿子產生最大彎曲，藉由竿子彎曲反彈力量將人體拋向更高，越過橫竿的高度，是個具有挑戰性又刺激的項目。撐竿跳高的動作複雜需由多個技術的結合，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），如何在每個動作流程中有著最好的技術表現，是提升成績的重要關鍵。隨著使用撐竿材質的不同，使得技術不斷更改，訓練方式也隨之改變，再加上比賽環境的改善，讓成績大幅度進步。

早期人們最先使用的撐竿材質為木質竿，接著是竹竿、金屬竿（包含鋁合竿及鋼竿），直到1961年玻璃纖維竿正式被國際田徑總會(International Amateur Athletic Federation, IAAF)所接受。玻璃纖維竿它擁有重量較輕、彈性佳的物理特性，利用竿子的彈性位能越過更高的高度，這在技術層面上非常重要，而選用竿子的長度及硬度則取決於個人本身特質。因為這些特性使得成績不斷的提升，截至目前，女子世界室外最高紀錄由俄羅斯選手 Yelena Isinbayeva 在2009年所創的成績為5.06公尺；而男子室外最高紀錄由烏克蘭選手 Sergey Bubka 所創的成績為6.14公尺，都是利用玻璃纖維竿所寫下。

女子撐竿跳高發展較晚於男子，1995年國際田徑總會承認第一個女子撐竿跳高世界紀錄，由中國選手孫彩雲所創造的4.05公尺。在1997年巴黎世界室內田徑錦標賽首次列為正式比賽項目，其後的1999年世界田徑錦標賽及2000年雪梨奧運會都被列為正式比賽項目。在亞洲地區最先發展女子撐竿跳高的國家是中國於1986年（楊明，2004），日本則於1989年開始發展，而臺灣在1994年由當時草屯商工許振芳老師所推展。國內第一場撐竿跳高比賽在1995年舉行，由草屯商工舉辦第一屆室內國際撐竿跳高邀請賽，當年國內最佳成績由輔仁大學廖紫恩所跳出2.50公尺。1995年筆者進入草屯商工就讀，也跟隨許老師學習此項目，1996年食益補盃國際田徑邀請賽列為正式比賽項目，第一名由代表輔仁大學廖紫恩跳出3公尺；1997年台灣區運動會成為正式比賽項目，當時成績由代表南投縣的兩位選手張可欣及官美璉跳出3.37公尺，拿下一、二名並打破全國紀錄；同年大專院校運動會也列為正式比賽項目，由臺灣體育學院吳芝慧所創3.30公尺。全國中等學校運動會則於1998年列為正式比賽項目，第一名由代表草屯商工官美璉跳出3.60公尺。而中等學校運動會國中女生組比賽，直到2005年才被列為正式比賽項目，由此看出臺灣發展女子撐竿跳高的基層培訓太過於緩慢，使得現今成績無法跟進其他國家；目前全國紀錄是由張可欣於2003年田徑菁英排名賽所創的4.10公尺，至今仍無人突破。

臺灣發展撐竿跳高的年代在亞洲地區排第三位，但成績卻不及於其他發展較慢的國家，如馬來西亞及韓國發展較臺灣之後，但成績卻優於臺灣，成績皆有4.30公尺以上，中國有4.50公尺以上的成績，而世界成績更是提升至5.06公尺；

我國為何成績會無法跟進，更甚至於落後，值得探討。

第二節 問題背景

競技運動項目大多都是以速度快慢來決定勝負，速度越快越有致勝的機會。在田徑跳躍項目中，助跑所產生的速度是影響成績的關鍵。撐竿跳高是藉由持竿助跑所產生的最大速度即產生動能，藉人體肌肉作功與竿子相互作用時減少能量的損失，並增加竿子最後釋放的總能量，來取得成績。因此，撐竿跳高最終的能量是來自於，助跑速度和肌肉與竿子相互作用所產生的。Gros and Kunkel (1990)與Arampatzis, Schade, and Brüggemann (1999)均指出撐竿跳高不同於其他跳躍項目，在助跑速度的能量轉移中，沒有損失能量只有增加。但其他跳躍項目（跳高、跳遠和三級跳遠）選手最大的能量損失就是發生在這個能量轉移間(Brüggemann & Arampatzis 1997a, 1997b; Arampatzis等, 1999)。

助跑速度是撐竿跳高選手所必須具備的基本條件，其最大目的，是要獲得最大水平速度或動能，為插竿起跳做準備。助跑速度之快慢取決於選手本身的能力，而不可控制的天氣與風向也會影響到選手助跑速度的表現。根據力學原理：動量＝質量×速度，持竿助跑速度越快，對提升握竿高度是必要條件。然而竿子的彈性力量，是人體向上騰越的重要動力來源，竿子的彈性力量取決於助跑起跳後的彎竿和竿子本身的硬度，也就是選手藉由助跑起跳所獲得動能，經由雙手作用於竿子，使竿子產生形變而具有彈性位能，並藉由竿子的彈性位能使身體越過橫竿。因此，選手如何產生最大的助跑

速度與降低水平速度損失來獲得最大的起跳速度，並且充分利用竿子本身的性能是獲得優異成績的關鍵。

Gros and Terauds (1983) 研究指出世界級男子選手在助跑倒數第二步的助跑速度介於9.3~9.7公尺/秒。而 Schade, Isolehto, Arampatzis, Brüggemann, and Komi (2007) 研究發現女子選手在助跑最後10~5公尺的速度為7.51~8.53公尺/秒。黃宏春 (1999) 在中日室內女子撐竿跳高邀請賽的研究發現，我國女子選手最後六步 (約10公尺) 速度平均為6.19公尺/秒，而日本選手平均為6.93公尺/秒；大陸選手為7.94公尺/秒 (曹雅琴、李世明、劉運祥、楊桂志，2004)；我國選手較日本選手慢0.74公尺/秒，較大陸選手慢0.84公尺/秒，與世界選手相差更多，由此可知要跳的更高，快速的持竿助跑速度是必備條件。許樹淵 (2002) 認為撐竿跳高之助跑由於需要帶動竿子，竿子越長其力臂也越長需費力提起，因此與其他跳躍項目之助跑不同。選手必須要持竿助跑，並且隨著助跑速度的加快要適時的做降竿動作，使助跑與降竿協調配合，進而踏出精準的插竿起跳位置。作者進一步的說明，由於竿子之帶動不是置於身體右邊就是置於前面，而形成重心側移的情形，則需要由身體某些部位之偏移來維持身體平衡才能平穩的帶動竿子，此種不自然的助跑姿勢使得速度無法發揮到最大的一個原因。由於降竿動作會將選手往前拉，因此正確的降竿動作對選手的加速是有幫助的 (Young, 2002)。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 (約跑最後6步) 開始，剛好配合降竿時所產生的拉力，轉為加速的牽引力。張華新、田坤 (2001) 研究指出部份選手在最高衝刺的

表現與撐竿跳高的助跑速度差異少於1公尺/秒。因此，利用短距離衝刺的速度來做持竿助跑並且完成準確的插竿起跳點，是不容易的。

許弘恩（1997）指出，選手持竿助跑的過程，在助跑最後6步開始降竿動作，其竿頭沿著一定的拋物線軌跡運行。而身體隨著竿子的下傾而逐漸挺直，以補償竿子下降所加大向下的阻力臂與阻力矩，來避免身體後仰（許樹淵，2002）。Petrov（1985）指出由於竿子必須在插竿前降下，所以任何突然倉促的降竿，對竿子彎曲的弧度上都會有不好的影響，他建議開始助跑時持竿角度為70度，然後在助跑過程中，順暢地降下竿子。如果選手降竿太早，雙手必須要承受竿子的重量，使得身體向後仰而無法維持直立姿勢，加上身體重心位置降低，將無法發揮最大水平速度，進而影響插竿時機；如果選手降竿太慢，竿子從一開始的持竿高度在起跳前才匆忙的下降，會影響到起跳點的精準位置，而無法做出有效的起跳；因此，降竿與插竿技術會影響著其後起跳點的準確位置。此外，隨著握竿長度的增加，竿子重量必然越重，在助跑末段準備做降竿動作時，雙手負荷也相對提高。

降竿與插竿的時機影響著起跳位置準確與否，起跳動作是選手將助跑所產生的水平動能轉換至彈性能的重要階段，這三個動作有著密不可分的關聯性。為了使能量損失最小，選手在插竿與起跳動作階段必須連貫，在竿子碰觸插竿箱底部時會有一小段滑竿距離為自由起跳階段（free take off），這個階段能緩衝竿子與插竿箱的衝擊力量，進而減少能量的損失。選手起跳點應在上握竿手處（以左腳起跳者為例），延伸垂直向下的點為最佳起跳位置，也就是起跳腳必須

正好在起跳時上握竿手的下方。有彈性的竿子能緩衝選手在插竿時竿頭碰撞插竿箱底部時能量的流失，因為玻璃纖維竿的特殊性能，使得選手能拿更長的竿子及握更高的高度，因此在起跳點的位置上相對較遠，就必須要有更大的動能才能完成。Angulo-Kinzler 等(1994)指出選手在插竿時必須讓起跳腳正好在上握竿手的下方，如果起跳腳的位置在上握竿手後面的垂直線，就必須在擺體階段有更大的動力，才能掌控後續的動作。Schade 等(2007)提到在正確的起跳點前後 8 公分的位置是不會影響到起跳和插竿技術。但起跳點太近與太遠，都會影響整個技術的流暢性，更是影響成績的一個關鍵因素。起跳離地後藉由雙手作用於竿子使竿子產生彎曲，而選手則結合竿子瞬間的反彈力量將人體拋向更高，越過橫竿。因此，起跳動作的好壞會直接影響後續動作的完成。

從上述文獻得知，助跑速度的快慢會直接影響起跳時的最高動能，而降竿、起跳的時機與起跳點的準確性有著密切的相關，然而有關降竿動作時機與助跑之關係卻很少有實證性的研究，且大部份的研究都是以男性為對象，而女子撐竿跳高的研究幾乎沒有，這將無法呈現有力的數據來證實這些論點。究竟如何才是最佳的降竿時機，降竿時竿子的角度變化是否與助跑速度有關係，而降竿時的助跑速度是否受到竿子向前牽引力而改變；因此，本研究主要分析女子撐竿跳高選手，在助跑倒數六步的速度與降竿、插竿的變化情形，以及對起跳點的準確性的影響進行探討，期能提供有力的數據，來證實它們之間相互關係及其重要性，提供教練與選手參考。

第三節 研究目的

本研究目的在分析女子撐竿跳高選手助跑倒數第六步到起跳離地瞬間的動作，探討助跑速度、降竿角度及插竿角度的變化，對起跳點位置的影響。結果可提供給教練及選手在訓練技術上之參考，進而能提升運動成績。其分析內容如下：

- 壹、助跑倒數六步的步長與步頻。
- 貳、助跑倒數第六步至起跳腳離地瞬間，助跑水平速度的變化情形。
- 參、助跑倒數第六步至起跳腳離地瞬間，身體軀幹角度的變化情形。
- 肆、降竿階段持竿角度與角速度變化情形。
- 伍、插竿階段持竿角度與角速度變化情形。
- 陸、起跳點的位置。
- 柒、起跳離地瞬間身體重心水平速度與垂直速度。
- 捌、起跳離地瞬間起跳速度、起跳高度與起跳角度。

第四節 研究範圍

本研究以中華民國田徑協會 98 年年度女子排名前十傑選手為研究對象，分析助跑倒數六步至起跳離地瞬間的動作，而起跳離地後的懸垂擺體、倒立伸展、引體轉身與過竿落墊等動作則不在本研究的範圍。

第五節 研究限制

本研究在室外舉行，其風向、風速及氣候等因素為不可控制的變因，而實驗是以模擬比賽情境下進行，並非正式比賽，因此選手的表現可能會受到影響，由於在室外進行，本研究將以手動方式進行影片數位化處理。

第六節 名詞解釋與操作性定義

- 壹、降竿階段：從助跑倒數第六步支撐腳離地瞬間至倒數第二步支撐腳離地瞬間。
- 貳、插竿階段：從助跑倒數第二步支撐腳離地瞬間至起跳腳離地瞬間。
- 參、起跳階段：從起跳腳著地瞬間到起跳腳離地瞬間。
- 肆、助跑速度：助跑階段身體重心之水平速度。
- 伍、持竿角度：黏貼在竿子上兩個標記點之連線與水平面所形成的夾角（圖 1-1）。
- 陸、身體軀幹角度：在矢狀面上身體軀幹與水平面所形成的夾角（圖 1-1）。
- 柒、起跳點：起跳腳離地瞬間，持竿上手的手腕，其投影地面之垂直線位置，當起跳腳腳尖位置與起跳點相同時，起跳點以 0 公分表示；當起跳點為正值，表示起跳腳腳尖比持竿上手的手腕更靠近插竿箱，當為負值，則反之（圖 1-2）。
- 捌、起跳速度：起跳腳離地瞬間，身體重心水平速度與垂直速度之合速度（圖 1-2）。

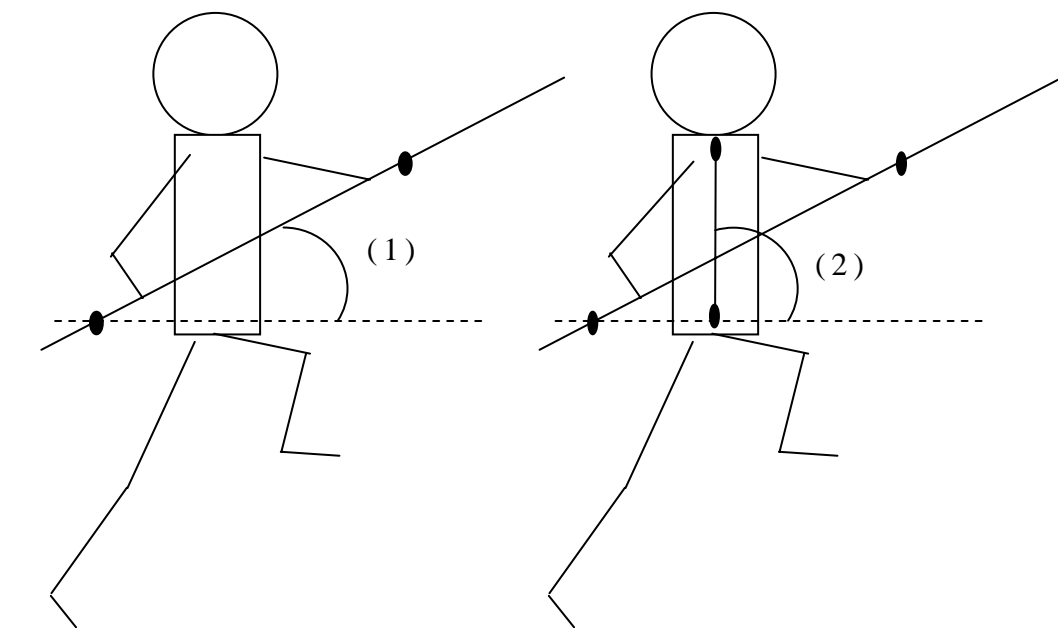
玖、起跳角度：起跳腳離地瞬間，身體重心的合速度和水平方向所形成的夾角（圖 1-2）。

拾、著地距離：起跳腳著地瞬間身體重心與起跳腳腳尖的水平距離（圖 1-3）。

拾壹、離地距離：起跳腳離地瞬間身體重心與起跳腳腳尖的水平距離（圖 1-3）。

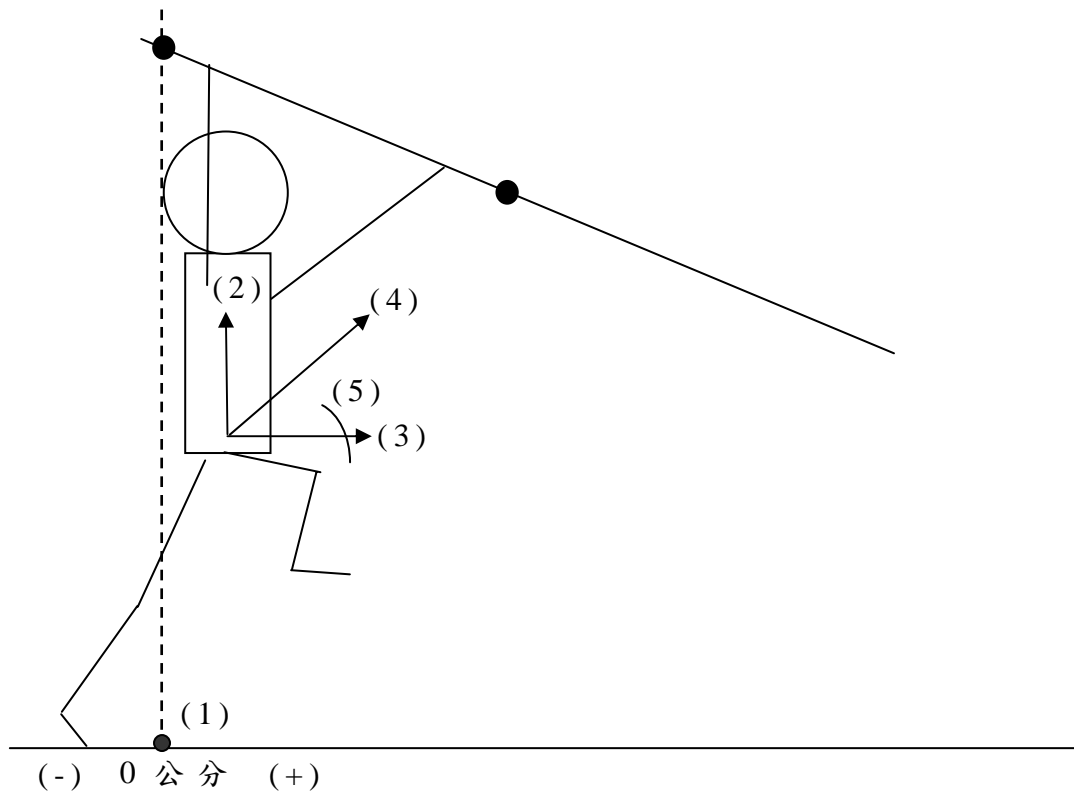
拾貳、著地高度：起跳腳著地瞬間身體重心與地面的垂直距離（圖 1-3）。

拾參、離地高度：起跳腳離地瞬間身體重心與地面的垂直距離（圖 1-3）。



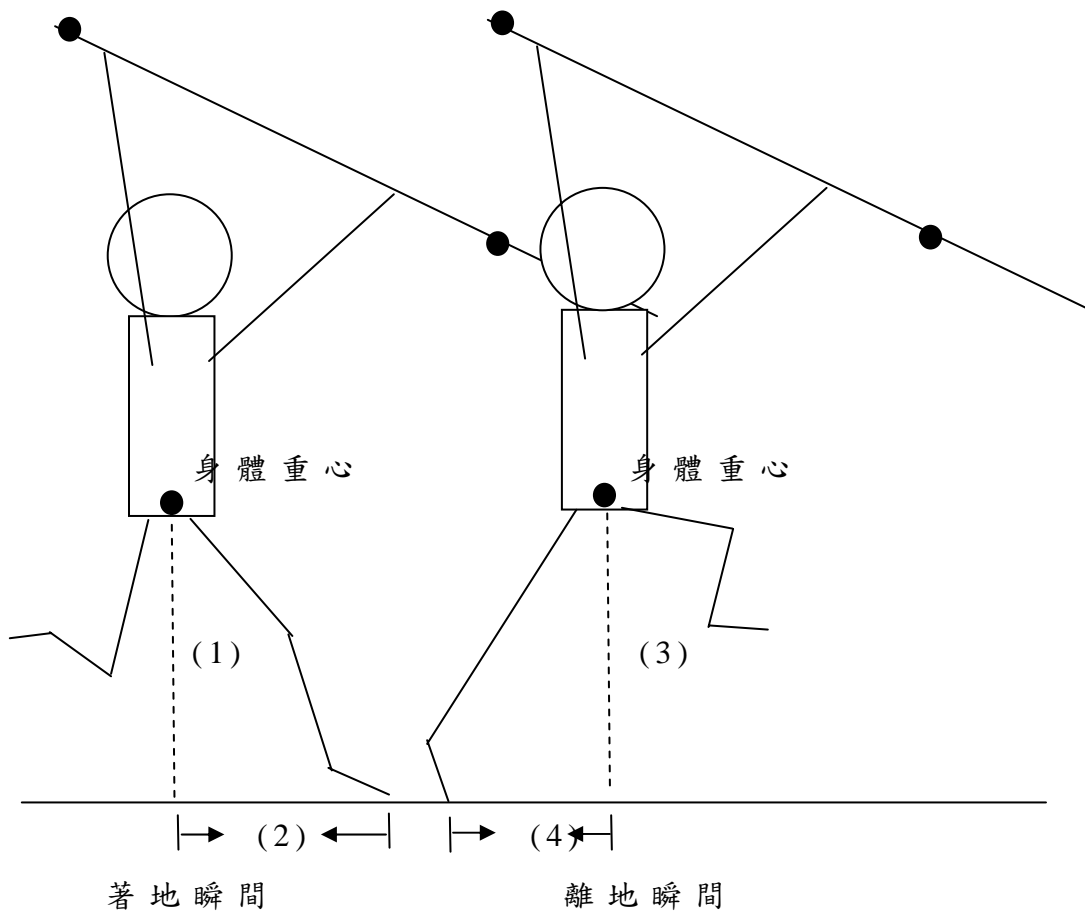
(1)持竿角度，(2)身體軀幹角度。

圖 1-1 持竿角度與身體軀幹角度



(1)起跳點，(2)垂直速度，(3)水平速度，
 (4)起跳速度，(5)起跳角度。

圖 1-2 起跳離地瞬間之起跳點、起跳速度與起跳角度定義



(1) 著地高度，(2) 著地距離，(3) 離地高度，(4) 離地距離。

圖 1-3 起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度定義

第二章 文獻探討

撐竿跳高的動作流程繁雜且技術性高，是田徑項目中唯一藉由人體力量與器材本身特殊性能相結合，來完成動作取得成績的項目。本章探討與撐竿跳高技術相關文獻，分成下列四節進行探討：一、撐竿跳高技術；二、助跑與降竿技術；三、插竿與起跳動作；四、結語。

第一節 撐竿跳高技術

撐竿跳高與其他跳躍項目最大不同之處，在於它從一開始的助跑就必須手持竿子，直到動作結束才將竿子拋開。動作流程包含：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），運動型態是由起跳離地後即形成兩個圓周運動，第一個是竿子在插竿箱裡的圓；第二個則是手握為圓心，第二個圓運動會隨著第一個圓運動而發生動作技術變化，是多個技術結合所產生的連續動作，但卻僅花費不到數秒的時間即可判定成敗，是一個困難度高，技術精細的項目。

壹、持竿助跑階段（Run-Up Phase）

持竿助跑速度是動能的直接來源，它決定可能跳過的高度，也為爭取更大的握竿高度創造了條件（許振芳，1995；蔣國勤，2002；許樹淵，2002）。根據能量守恆定律，橫竿越高，相對要求助跑速度也越快，在可控制的助跑速度下，速度越快動能就越大。如果助跑速度能提高5%，則高度就有可能提高10%，所以撐竿跳高選手必須十分重視助跑速度的訓

練(王繼慶, 2002)。由於撐竿跳高不同於其他田徑跳躍項目, 它必須手持竿子助跑, 因此會影響最大速度的表現。有些選手能在最高衝刺的表現和手持竿子助跑的速度差異少於1公尺/秒(張華新、田坤, 2001)。Adrian and Cooper (1989) 研究發現世界級撐竿跳高選手持竿助跑速度為9.43公尺/秒。王勇健(1996)指出目前世界級撐竿跳高選手助跑速度普遍達到9.4公尺/秒。Gros and Terauds (1983) 研究指出世界男子選手在助跑倒數第二步助跑速度介於9.3~9.7公尺/秒。黃宏春(1999)研究指出女子選手助跑最後幾步的速度平均為6.19公尺/秒, 而大陸選手持竿助跑速度為8.13公尺/秒; Schade等(2007)研究世界女子撐竿跳高比賽分段助跑速度發現, 最後10~5公尺為7.51~8.53公尺/秒。臺灣選手與世界選手助跑速度相差更大, 進而直接影響成績高度。田文政(1981)指出隨著橫竿高度增加, 握竿處的高度也必然提高, 同時它也需要較快的速度。根據力學原理: $\text{動量} = \text{質量} \times \text{速度}$, 橫竿越高, 相對助跑速度及距離勢必也要加快加長, 握竿高度及磅數必然提升。要提升握竿高度及加長助跑距離, 先決條件為加強選手本身的肌力及速度。Angulo-kinzler等(1994)提到一個選手應該要發揮最有效率的握竿高度, 試著在插竿階段避免竿子過度向前旋轉的時間。

而一般持竿助跑必須注意雙手握距及持竿方式。張武紀、王代才(1994)指出為了要克服前翻拉力而獲得良好的持竿助跑速度, 兩手持竿的握距一般與肩同寬為宜。 $\text{力矩} = \text{力臂} \times \text{力量}$ 。雙手握距會隨著選手身高、手臂長度及肩部柔軟度等身體素質而有所不同, 當雙手握距過窄時, 選手承受竿子的重量相對加大, 增加其降竿時的負荷; 雙手握距過寬

時，在持竿助跑上會影響身體之平衡，進而影響插竿、起跳、擺體的流暢性。因此，選手應依本身感到最舒適的方式來持竿。

貳、插竿和起跳(Plant and Take off)

插竿階段是在助跑倒數二步時，上握竿手在倒數第二步右腳踏出時（以左腳為起跳腳），由髖關節處快速舉至頭頂，最後一步起跳腳踏出時，上握竿手順勢往上舉至最高點，至竿頭碰觸到插竿箱。插竿時雙手必須完全的伸展，上臂、下臂以及竿子間形成三角形，這會幫助選手將能量轉移至竿子上（Young, 2002）。Ganslen (1979) 插竿時竿子的弧線動作永遠不能從臀部揮動到頭上（Young, 2002）。許弘恩（2009）指出插竿太慢是選手經常所犯的嚴重錯誤，它是由不好的助跑及降竿所引起的。正確的插竿動作能減少能量的損失並將助跑產生的最大動能轉移至竿上。因此，選手應該在離插竿前的 6~8 步開始以可控制的方式逐漸降低竿子（Young, 2002）。

起跳階段是在起跳腳著地瞬間至起跳腳離地瞬間的過程。插竿起跳是助跑與空中竿上技術的重要銜接階段（Sean, 1997）。McGinnis (1997) 指出起跳在撐竿跳高裡是最重要的階段，它必須將助跑所產生的水平速度轉換成垂直速度，並且將能量的損失到最小，是能量轉換的重要關鍵。當竿頭碰觸插竿箱底部時，選手向前的慣性就在竿子上產生了彎曲力量，此時即形成兩個轉動慣量的圓周運動，一個是竿子在插竿箱裡的圓，一個是手握處的圓。竿子碰觸插竿箱底部的瞬間反作用力量，會減緩人體重心向前的速度（Angulo-Kinzler 等, 1994）。這個反作用力會迫使人體產生逆時針的角動量，起跳離地後左手將竿子往前上方推壓形成順時針角動量，減

少竿子在碰觸插竿箱時的能量損失。正確起跳位置應在上握手處垂直向下的地方。Angulo-Kinzler等(1994)提到較長的倒數第二步以及較短的最後一步是大部份選手一致的特徵，減少最後一步的距離能夠提高選手的重心進入起跳階段。作者進一步指出男子選手最後一步的跨步長度平均為2公尺，重心高度會隨著高度的升高而改變。陳泰郎(1996)指出起跳在上握竿手垂直線稍遠的起跳點將有利於彎竿儲存較大的動量。

參、懸垂和擺體階段(Pole Support and Swing Phase)

蔣國勤(2002)指出起跳的方向能直接影響竿子的彎曲和竿子的轉動速度，以及正確的懸垂技術和懸垂長短。懸垂階段是起跳離地後的延伸動作，利用助跑起跳所獲得的速度，經左手將竿子朝前上方推，使身體繼續向前上方伸展，並將起跳腳保留在身體後，產生最大擺體空間，前導腳膝蓋朝著正前方，使身體形成反弓身動作。當竿子在最大彎曲時，擺體速度的快慢會直接影響後續動作的完成。許樹淵(1992)指出身體起跳離地後擺腿姿勢不可過長，太久會影響引體過竿的時間，而不能過竿。線速度與轉動半徑成正比關係，而懸垂轉動半徑乃受到身高影響，身高較高者其握竿處較高相對轉動半徑較長，旋轉速度較慢，重心與旋轉軸距離遠，使竿子產生更大彎曲；身高較矮者其握竿處較低相對轉動半徑較短做功時間短，擺體速度必須快速才能結合竿子彈性位能。

肆、倒立伸展(Rock-Back and Extension)

由於左手作用於竿子使竿子產生最大彎曲，當竿子在最大彎曲時，選手必須快速的做擺體向上的捲體動作，將人體形成如球體的圓，在竿子反彈時做出頭下腳上的倒立動作，

並與竿子緊密的結合在一起，呈現人竿合一。由於竿子的彈性力量是向前向上，在捲背動作時人體重心應盡可能在竿子後面，如此才能形成垂直速度和水平速度的合速度。Atting (1980) 認為要做出良好的倒立，撐竿跳高選手必須要較大的起跳速度，在不犧牲水平速度下儘量蹬起身體。Houvion (1982) 指出在整個倒立的過程，選手務必把頭部保持向下，下握手向竿內彎曲。伸展階段是人體在竿子最大彎曲瞬間彈性力量後，藉由雙手將人體再往上拉的動作。

伍、引體轉身、過竿落墊 (Push-off, Clear-bar, landing)

伸展和引體動作是個同時動作，引體動作以右手臂和肩膀為引體中心，身體繞著竿子做旋轉。過早的伸展引體將會減少竿子向上垂直速度，而降低了重心高度，影響最後的高度。轉體動作即當髖部高度上升至上握手處時，身體向左臂方向旋轉，使得人體面向橫竿。

推竿動作即由上握手完成，當人體重心仍繼續向前上方前進時即必需做出，利用竿子與地面反作用力將人體重心繼續向上，獲得更高的重心位置，提升騰越高度。

第二節 助跑與降竿技術

撐竿跳高助跑階段，從跨步出去第一步的動作開始，因個人特質的不同，在助跑方式及握竿高度上會有所不同，但最重要的目標仍是獲得最大動能，為後續動作的完成做準備。由於助跑時持竿子，再加上受到持竿高度、風向與天氣等影響，在最後倒數六步階段還需要做降竿動作，並且踏出準確的起跳點，因此要以 100 公尺全速衝刺速度來完成助跑

是不容易的。在助跑階段，如何在最好的可控制速度下，並在倒數六步降竿時不損失其速度並完成起跳動作，是研究者所關心的。

降竿技術直接影響插竿與起跳動作，插竿起跳是影響整個技術流程的關鍵點，隨著持竿助跑速度的增快，一邊助跑一邊將竿子下降，並且要踏出準確的起跳點，是動作流程中非常重要的技術之一。Young (2002) 認為選手應在離起跳前的 6~8 步前，以緩慢可控制的方式開始逐漸降低竿子。許弘恩 (1997) 也認為選手持竿助跑是在最後 6 步開始降竿，竿頭沿著一定的拋物線軌跡運行。Petrov (1985) 指出由於竿子必須在插竿時降下，所以任何突然倉促的降竿，對竿子彎曲的弧度上都會有不好的影響，他建議開始助跑時持竿角度為 70 度，然後在助跑過程中，再順暢地降下竿子。在助跑最後的幾步，雙手在準備插竿時不能有劇烈的垂直方向的波動，隨著竿子的下降，竿子的前翻力逐漸增大，將可促進選手向前跑的牽引力。

第三節 插竿與起跳技術

插竿動作是在助跑倒數二步至起跳離地瞬間階段。插竿與起跳是個連續動作，插竿的好壞會直接影響著起跳水平速度的快慢，起跳點的準確性以及起跳離地後動能轉換。Angulo-Kinzle 等 (1994) 研究發現優秀選手在助跑倒數二步有共同的特質分別為：倒數第二步較大和第一步較小的現象。Bartonietz and Wetter (2001) 認為縮短助跑最後一步的步長將會使身體重心前移，有效完成起跳過程。當竿子下降

準備插竿時，竿子的重心離身體愈來愈遠，此時身體必須承受竿子下降時的前翻力，身體因此會增加其負荷而影響身體姿勢及重心位置。插竿動作不好將可能使助跑速度損失，如何將能量損失最小是研究者所關心的。許振芳（1995）、張武紀、王代才（1994）與孫南（2001）均指出選手的起跳點應在較高握竿手位置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。當起跳點太遠，會使得擺體空間過大，起跳角度過小，重心低，需花費更多（即距離海綿墊）的力量做擺體動作，增加雙手臂的負荷，無法將最大水平速度轉移至垂直速度；如起跳點太近，將會使得上手臂被過度拉扯，身體被迫拉扯，起跳角度過大，沒有足夠的空間做有效率的擺體動作；理想起跳角度為 18~22 度（蔣國勤，2002）。

Angulo-Kinzler 等(1994) 認為起跳時的能量損失有幾個原因：竿子撞擊插竿箱，地面的反作用力迫使人體動能減慢，以及竿子彎曲有關的能量損失。助跑最後約 14 公尺處，也就是倒數六步降竿階段，是插竿起跳的關鍵點。周鐵民（2000）指出起跳離地瞬間上握竿手臂肘關節角度及肩關節角度，可以代表選手在起跳時上握竿手臂及肩關節伸展程度。雙手舉竿動作不夠快，會影響起跳動作效果，使選手下肢往前運動速度太快影響後續動作，嚴重時甚至造成肩、肘關節損傷，因此最好的插竿技術即是兩手臂向前上方推舉(Hay, 1985)。起跳時上握竿手手臂必須伸直，而上握竿手手肘彎曲將會影響起跳離地時的最大動能，進而無法擁有最大垂直速度，而影響後續的動作流程。上握竿手手臂彎曲會的損失起跳離地

後的垂直速度。

張武紀、王代才（1994）研究指出起跳動作要求舉竿和踏跳必須同步進行，使身體充分伸展，來增加和地面的夾角。陳泰郎（1996）認為起跳時應積極主動作用於靠近上握竿的垂直線附近之起跳點，將有利於彎竿儲存較大的動能。插竿與起跳動作是連貫動作，選手應該在助跑最後階段將竿子以可控的速度下降，直至倒數第二步踏出時，將上握竿手快速的舉至頭頂，最後一步踏出時上握竿手往上伸直到最高點，為插竿起跳創造最大起跳空間。倒數第二步的步長大於倒數第一步，減少最後一步步長將有利於選手起跳時重心的提升。

第四節 結語

綜合上述的文獻可以發現，持竿助跑與降竿是撐竿跳高空中動作的準備階段，插竿與起跳是為後續動作的順暢並取得成績的關鍵。手持竿子助跑並完成一連串動作是撐竿跳高與其他田徑跳躍項目不同的地方，如何以最快速度來持竿助跑是取得成績的關鍵。助跑是撐竿跳高的動力來源，隨著動力越大竿子的長度及磅數勢必加大，也增加選手的負荷，在助跑倒數六步階段以平穩順暢可控的速度降下竿子，雙手因竿子的重量而使得身體重心被迫向前，選手可藉由這個向前的前翻力而提升助跑速度，來為插竿起跳做準備。在插竿時竿頭撞擊插竿箱底部瞬間，會減緩人體的水平速度，正確的插竿時機能減少起跳時的能量損失，倒數第二步的步長較最後一步大是世界選手的共同特徵，是提升起跳時重心高度的關鍵。

助跑是為插竿起跳帶來最大的動力來源，助跑倒數六步為降竿的開始，隨著竿子高度的下降所帶來的前翻力以及下降時的角度變化，是否會影響助跑速度？此外，降竿技術的好壞會影響後續的插竿起跳動作，如何才是好的降竿技術？其降竿的時機以及降竿的角度變化又是如何？而前述這些變化是否會影響起跳點位置呢？都是值得研究的課題。

第三章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究以中華民國田徑協會98年年度女子排名前十傑為研究對象，由於有2位受試者無法配合實驗，僅8位受試者參與測驗，其中又有1位受試者全部試跳都未成功，而另1位受試者則因影片拍攝不完全，無法擷取數據進行分析。因此，本研究採用6位受試者資料進行分析。其個人基本資料如表3-1。

表 3-1 受試者基本資料

受試者	身高 (公分)	體重 (公斤)	握竿 高度 (公分)	握竿 磅數 (磅)	100 公尺 (秒)	本研究 試跳成 績 (公尺)
A	164	48	371	120	13.6	3.20
B	167	51	374	135	12.8	3.50
C	167	54	371	130	14.9	3.40
D	164	48	362	120	13.1	3.50
E	167	52	362	120	13.7	3.20
F	165	53	353	120	14.1	3.10
平均數	165.7	51.0	365.5	124.4	13.7	3.30
標準差	1.5	2.5	7.9	6.6	0.7	0.20

第二節 實驗日期與地點

- 壹、實驗地點：南投縣國立草屯商工職業學校
- 貳、實驗日期：中華民國 99 年 3 月 7 日（星期日）

第三節 實驗儀器與設備

本實驗儀器設備分為資料收集與資料處理兩個部份。

壹、資料收集

- 一、數位攝影機二部 (SONY DCR-TRV30, 60Hz)
- 二、數位錄影帶二卷 (SONY DVM-60)
- 三、比例尺一個
- 四、水平儀一個
- 五、皮尺一卷
- 六、腳架二支

貳、資料處理

- 一、Kwon 3D 動作分析系統
- 二、Microsoft Excel 2007 試算分析軟體
- 三、SPSS for Windows 10.0 版統計分析軟體

第四節 實驗場地佈置

以兩部攝影機進行拍攝，分別架設在助跑道運動行進方向的右側位置（圖 3-1），兩部攝影機的主光軸均與助跑道中線垂直，並與助跑道中線相距 20 公尺，攝影機主光軸與地面相距 1.1 公尺。第二部攝影機架設在距離插竿箱 11 公尺處，

拍攝範圍為助跑末段 15 公尺至 7 公尺處；第一部攝影機架設在距離插竿箱 5 公尺處，拍攝範圍為助跑末段 9 公尺至 1 公尺處，兩部攝影機間距 6 公尺。

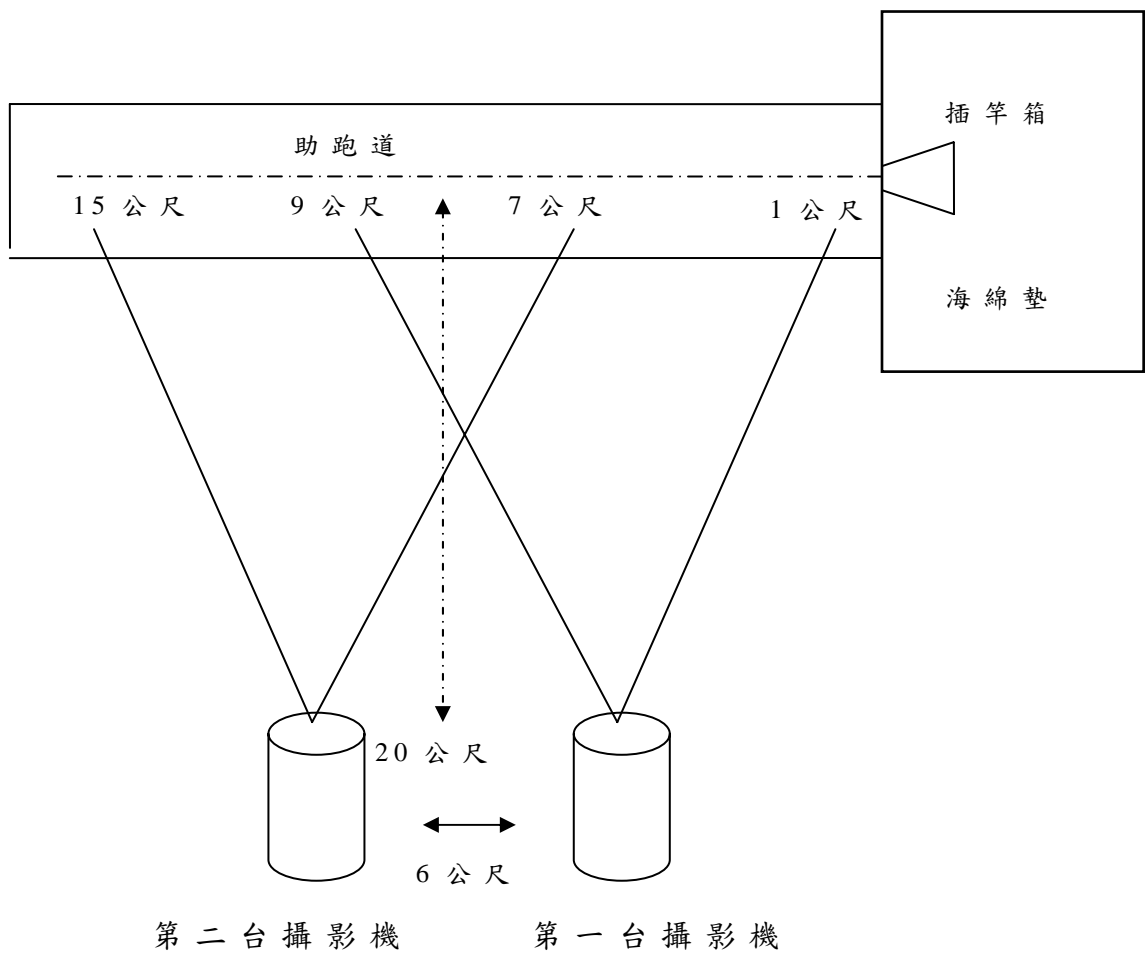


圖 3-1 實驗場地佈置圖

第五節 實驗步驟

- 壹、首先架攝兩部數位攝影機及相關器材，讓兩部攝影機與地面保持水平，並調整取景範圍使能拍攝到受試者的完整動作，緊接著拍攝比例尺，最後丈量相關的距離。
- 貳、實驗前向受試者說明研究目的、實驗流程及實驗結果的重要性，告知整個實驗過程的注意事項，讓受試者瞭解實驗內容後，填寫受試者基本資料與實驗同意書。
- 參、告知高度晉升方式並抽籤安排試跳順序，以高度 3.00 公尺為起跳高度，每 10 公分為晉升下一次高度。
- 肆、實驗前 50 分鐘，受試者依個人習慣的方式進行熱身。
- 伍、實驗前以貼布黏貼兩個標記點在受試者竿子上，第一個標記點位在受試者上握竿手的上方，而另一個標記點則距離第一個標記點 1.5 公尺處。
- 陸、實驗時，依據田徑競賽規則所規定的程序進行試跳，當受試者開始試跳即啟動攝影機拍攝，直到完成試跳落入海綿墊後停止拍攝。
- 柒、全體受試者試跳結束後，再拍攝一次比例尺。

第六節 資料處理與分析

在本研究分析的動作過程中，第二部攝影機擷取受試者從助跑倒數第六步支撐腳離地瞬間前五張影片畫面，至倒數第三步支撐腳離地瞬間後五張影片畫面；而第一部攝影機則擷取受試者從助跑倒數第三步支撐腳離地瞬間前五張影片畫面，至起跳腳離地瞬間後五張影片畫面。本研究選取每位受

試者試跳的最佳成績進行動作分析。影片之分析採用 14 肢段 20 個關節點的人體模型，關節點位置包括：右中指根部、右手腕關節、右手肘關節、右肩關節、左中指根部、左手腕關節、左手肘關節、左肩關節、右腳尖、右腳跟、右踝關節、右膝關節、右髌關節、左腳尖、左腳跟、左踝關節、左膝關節、左髌關節、頭頂、下巴等；另外在竿上黏貼兩個標記點，其間距為 1.5 公尺，分別在上握竿手的上方以及延伸向下 1.5 公尺處；其肢體重心位置及重量比率採用 Dempster 等的資料。利用 kwon3D 動作分析系統對影片進行數位化處理，而獲得各關節點及竿子的座標資料。採用 Kwon3D 動作分析系統所提供的『零相位移數位濾波法』(Butterworth Fourth-order Zero Lag Digital Filter)，選取截斷頻率(Cut off Frequency)為 6Hz，將資料修勻。以 Microsoft Office Excel 2007 計算各運動學參數。

本研究分析的運動學參數包含助跑倒數六步的步長、步頻、助跑速度、持竿角度與角速度、身體軀幹角度等 6 個參數；在起跳階段，包含起跳點、起跳著地距離與離地距離、起跳著地高度與離地高度、起跳離地瞬間起跳速度、起跳角度以及身體重心的水平速度與垂直速度等 9 個參數。利用 SPSS for Windows 10.0 版統計分析軟體進行資料處理，將所得各項參數資料以描述統計之平均數與標準差表示。

第四章 結果

本研究目的在探討女子撐竿跳高選手持竿助跑與降竿技術對起跳點的影響。透過兩部攝影機拍攝收集資料，所得結果分為九個部份加以說明：一、助跑倒數六步的步長；二、助跑倒數六步的步頻；三、助跑倒數六步的助跑速度；四、助跑倒數六步的持竿角度；五、助跑倒數六步的持竿角速度；六、助跑倒數六步的身體軀幹角度；七、起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度；八、起跳離地瞬間運動學參數，九、受試者助跑倒數六步的相關參數。

第一節 助跑倒數六步的步長

表 4-1 為受試者助跑倒數六步步長情形。由表中顯示，全體受試者助跑倒數六步步長平均值以倒數第四步最大，平均為 1.84 ± 0.07 公尺；倒數第六步最小，平均為 1.60 ± 0.07 公尺。在各受試者表現方面，受試者 A、B、C、D、F 在倒數第六步的步長最短，受試者 E 則是在倒數第五步出現。而最大的步長，受試者 A、B、C、E 出現在倒數第四步，受試者 D、F 出現在倒數第二步。另外，比較倒數第一步及第二步步長發現，受試者 A、C、D、E、F 均為倒數第二步步長較倒數第一步長；只有受試者 B 是相反的。

表 4-1 助跑倒數六步的步長

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	1.66	1.82	1.88	1.83	1.80	1.70
B	1.54	1.84	1.85	1.66	1.58	1.73
C	1.59	1.64	1.77	1.64	1.67	1.62
D	1.56	1.86	1.82	1.81	1.99	1.80
E	1.69	1.65	1.95	1.72	1.77	1.67
F	1.53	1.65	1.75	1.64	1.76	1.74
平均數	1.60	1.74	1.84	1.72	1.76	1.71
標準差	0.07	0.11	0.07	0.09	0.14	0.06

單位：公尺

第二節 助跑倒數六步的步頻

表 4-2 為受試者助跑倒數六步步頻情形。由表中顯示，全體受試者助跑倒數六步步頻平均值，以倒數第一步最快，平均為 4.81 ± 0.21 步/秒；倒數第二步最慢，平均為 3.93 ± 0.26 步/秒。在各受試者表現方面，受試者 A，在助跑倒數第六步、第五步、第三步的步頻相同且較慢；受試者 B，在助跑倒數第六步、第五步、第四步的步頻相同且較慢；受試者 C、D 兩位，在助跑倒數第二步步頻均為最慢；受試者 E，在倒數第六步步頻最慢；受試者 F，在倒數第三步及第二步步頻最慢。上述結果顯示，雖然各受試者有不同的步頻變化，但都在倒數第一步出現最快的步頻。各受試者的助跑倒數六步之平均值分別為，受試者 A： 4.09 ± 0.49 步/秒；受試者 B： 4.14 ± 0.50 步/秒；

受試者 C：4.41±0.26 步/秒；受試者 D：4.08±0.40 步/秒；受試者 E：4.19±0.49 步/秒；受試者 F：4.02±0.32 步/秒。以受試者 C 最快，受試者 F 最慢（見附錄）。

表 4-2 助跑倒數六步的步頻

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	3.75	3.75	4.29	3.75	4.00	5.00
B	3.75	3.75	3.75	4.29	4.29	5.00
C	4.29	4.62	4.29	4.62	4.00	4.62
D	4.29	3.75	4.29	4.00	3.53	4.62
E	3.53	4.29	4.00	4.29	4.00	5.00
F	4.00	4.00	4.00	3.75	3.75	4.62
平均數	3.94	4.03	4.10	4.12	3.93	4.81
標準差	0.31	0.36	0.22	0.35	0.26	0.21

單位：步/秒

第三節 助跑倒數六步的助跑速度

表 4-3 為受試者助跑倒數六步離地瞬間的助跑速度。由表中顯示，全體受試者的平均值在助跑倒數第四步為最快，平均為 7.60±0.63 公尺/秒；而以助跑倒數第一步最慢，平均為 5.70±0.36 公尺/秒。在各受試者表現方面，全體受試者的助跑速度都是在助跑倒數第一步最慢。而最快的助跑速度，受試者 C、D、E、F 為倒數第四步，受試者 A、B 為倒數第二步。此外，各受試者的助跑倒數六步之平均值分別為：受試者 A：

7.03±0.45 公尺/秒；受試者 B：6.78±0.53 公尺/秒；受試者 C：7.08±0.90 公尺/秒；受試者 D：7.18±0.78 公尺/秒；受試者 E：7.05±0.10 公尺/秒；受試者 F：6.66±0.55 公尺/秒。以受試者 D 最快，受試者 F 最慢（見附錄）。

表 4-3 助跑倒數六步離地瞬間的助跑速度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	6.87	7.25	7.21	7.15	7.48	6.21
B	6.58	6.98	6.71	6.96	7.51	5.91
C	7.11	7.40	8.12	7.03	7.42	5.41
D	7.04	7.29	8.15	7.17	7.60	5.80
E	7.15	7.24	8.20	7.04	7.45	5.20
F	6.68	6.85	7.23	6.59	6.97	5.64
平均數	6.91	7.17	7.60	6.99	7.41	5.70
標準差	0.24	0.21	0.63	0.21	0.22	0.36

單位：公尺/秒

第四節 助跑倒數六步的持竿角度

表 4-4 為受試者助跑倒數六步離地瞬間之持竿角度。由表中顯示，全體受試者在助跑倒數第三步時，持竿角度非常接近 0 度，平均為 0.36±2.38 度，這表示竿子已下降至接近於水平位置。在降竿階段，竿子降至平行位置時，代表受試者即將做插竿動作，因此，在倒數第二步和第一步時，全體受試者持竿角度均為負值，此時受試者正處於插竿階段。此

外，表中也顯示全體受試者在降竿階段的持竿角度都持續的下降。

表 4-4 助跑倒數六步離地瞬間的持竿角度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	18.42	9.71	7.56	-3.00	-22.60	-22.60
B	28.47	18.90	9.53	-1.18	-23.64	-28.43
C	24.77	15.41	9.52	2.34	-21.07	-24.33
D	23.90	15.07	8.07	1.42	-19.92	-27.47
E	19.78	13.64	7.47	-0.69	-26.61	-22.25
F	21.15	12.81	10.75	3.28	-23.59	-29.71
平均數	22.75	14.26	8.82	0.36	-22.90	-25.80
標準差	3.69	3.06	1.32	2.38	2.33	3.16

註：正值代表竿子在水平線之上，負值則反之。單位：度

第五節 助跑倒數六步的持竿角速度

表 4-5 為受試者助跑倒數六步離地瞬間之持竿角速度。由表中顯示，全體受試者的平均值在助跑倒數第一步為最大，平均為 108.12 ± 58.09 度；而以助跑倒數第四步最小，平均為 17.63 ± 35.91 度。在各受試者表現方面，發現全體受試者助跑倒數六步的持竿角速度變異很大，並沒有穩定下降或增加的趨勢出現。各受試者助跑倒數六步的持竿角速度之平均值分別為：受試者 A： 8.71 ± 63.26 度/秒；受試者 B： 40.88 ± 49.80 度/秒；受試者 C： 17.60 ± 114.17 度/秒；受試者 D： 23.75 ± 53.94

度/秒；受試者 E：23.67±84.45 度/秒；受試者 F：23.75±75.92 度/秒。以受試者 B 最大，受試者 A 最小（見附錄）。

表 4-5 助跑倒數六步離地瞬間的持竿角速度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	12.25	31.05	36.45	54.55	82.15	91.10
B	30.15	39.10	49.35	70.75	102.05	46.15
C	44.90	28.50	57.80	59.70	121.15	206.45
D	30.40	32.40	4.95	42.80	102.25	60.40
E	15.90	44.05	33.85	85.75	98.75	136.30
F	32.85	25.50	6.20	67.00	119.25	108.30
平均數	27.74	33.43	17.63	63.43	104.27	108.12
標準差	11.95	6.91	35.91	14.72	14.41	58.09

單位：度/秒

第六節 助跑倒數六步的身體軀幹角度

表 4-6 為受試者助跑倒數六步離地瞬間之身體軀幹角度。由表中顯示，全體受試者的平均值在助跑倒數第一步為最大，平均為 107.42±8.47 度；而以助跑倒數第六步最小，平均為 74.80±3.59 度。在各受試者表現方面，全體受試者身體軀幹角度都是在助跑倒數第一步為最大，倒數第六步為最小。各受試者的助跑倒數六步身體軀幹角度之平均值分別為：受試者 A：88.97±9.27 度；受試者 B：86.41±9.40 度；受試者 C：95.35±14.12 度；受試者 D：88.01±11.36 度；受

試者 E：90.15±16.61 度；受試者 F：90.58±9.94 度。以受試者 C 最大，受試者 B 最小（見附錄）。

表 4-6 助跑倒數六步離地瞬間的身體軀幹角度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	79.63	85.00	82.27	88.49	93.25	105.20
B	73.97	78.18	83.21	92.00	93.11	97.96
C	76.80	90.68	87.93	97.13	100.95	118.61
D	71.10	84.12	82.20	91.55	95.57	103.52
E	70.48	87.85	75.62	95.78	93.99	117.16
F	76.84	92.86	80.07	96.95	94.71	102.05
平均數	74.80	86.45	81.88	93.65	95.26	107.42
標準差	3.59	5.23	4.03	3.50	2.93	8.47

單位：度

第七節 起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度

表 4-7 為受試者起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度。由表中顯示，全體受試者起跳階段的著地與離地距離平均為 0.47±0.06 公尺與 0.20±0.05 公尺。著地高度與離地高度平均為 1.06±0.03 公尺與 1.25±0.03 公尺。此外，也發現全體受試者的著地距離皆大於離地距離，而著地高度則小於離地高度。

表 4-7 起跳階段著地與離地瞬間的距離與高度

受試者	著地距離	離地距離	著地高度	離地高度
A	0.42	0.24	1.04	1.19
B	0.44	0.18	1.07	1.26
C	0.47	0.25	1.07	1.28
D	0.57	0.25	1.00	1.23
E	0.49	0.12	1.08	1.28
F	0.43	0.18	1.09	1.26
平均數	0.47	0.20	1.06	1.25
標準差	0.06	0.05	0.03	0.03

單位：公尺

第八節 起跳離地瞬間運動學參數

表 4-8 為受試者起跳離地瞬間相關運動學參數。由表中顯示，全體受試者的起跳點均為正值，這表示起跳腳比上握竿手更接近插竿箱，其平均值為 17.68 ± 13.63 公分；全體受試者的起跳水平速度，平均為 5.70 ± 0.36 公尺/秒；起跳垂直速度平均為 2.06 ± 0.25 公尺/秒；而起跳速度為 6.06 ± 0.38 公尺/秒；起跳角度為 19.84 ± 2.17 度。

表 4- 8 起跳離地瞬間運動學參數

受試者	起跳點 (公分)	水平速度 (公尺/秒)	垂直速度 (公尺/秒)	起跳速度 (公尺/秒)	起跳角度 (度)
A	12.19	6.21	2.07	6.55	18.45
B	7.61	5.91	2.18	6.30	20.23
C	27.51	5.41	1.64	5.66	16.88
D	6.81	5.80	2.38	6.27	22.31
E	40.90	5.20	2.13	5.62	22.27
F	11.07	5.64	1.93	5.97	18.91
平均數	17.68	5.70	2.06	6.06	19.84
標準差	13.63	0.36	0.25	0.38	2.17

註：起跳點為正值時，代表起跳腳腳尖的位置比持竿上握竿手的手腕更靠近插竿箱。

第九節 受試者助跑倒數六步的相關參數

圖 4-1 至 4-6 為各受試者助跑倒數六步的持竿角度、身體軀幹角度、助跑速度及步長等參數圖。全體受試者助跑倒數第一步速度為最慢，身體軀幹角度為最大。各受試者在倒數第二步至第一步持竿角度變化較小，步長較為不穩定。此外，全體受試者在助跑倒數六步過程中，其降竿角度與身體軀幹角度變化情形較為類似，而在助跑速度與步長的變化，則差異很大。

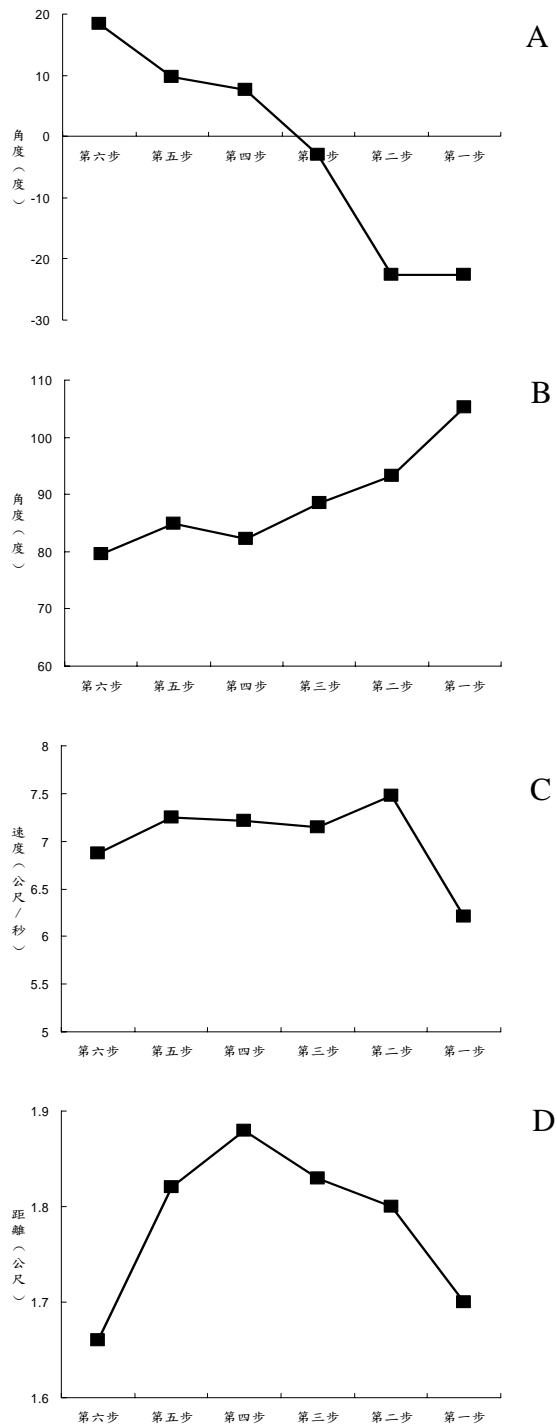


圖 4-1 受試者 A 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)



圖 4-2 受試者 B 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)

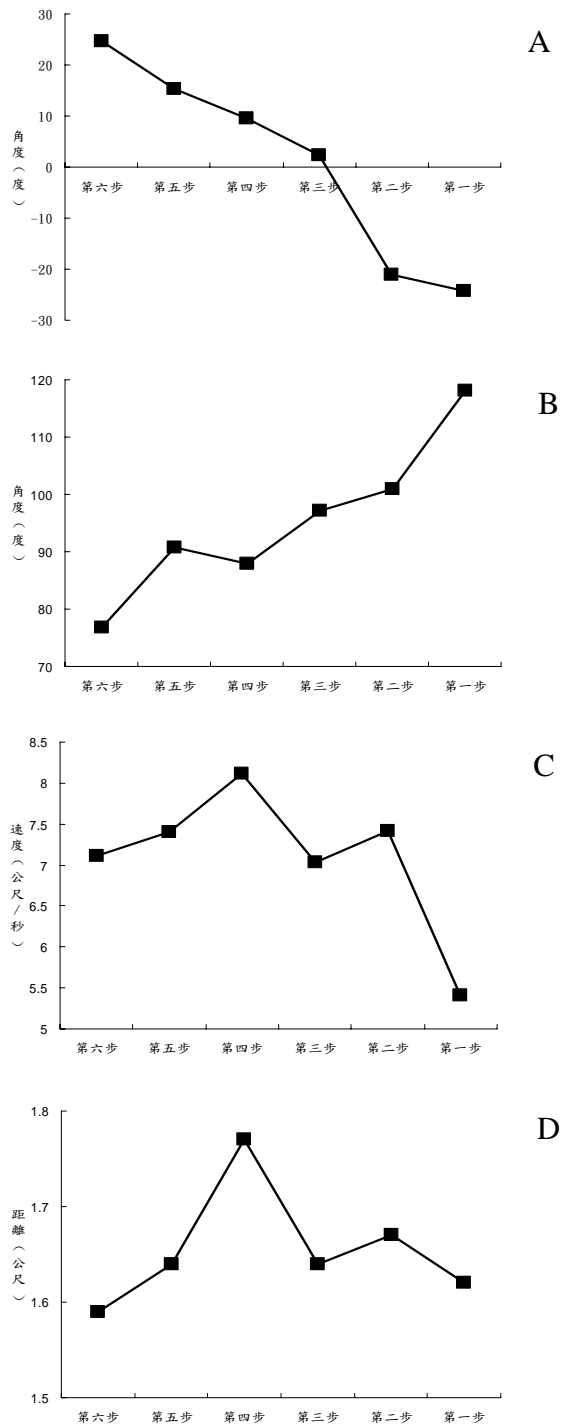


圖 4-3 受試者 C 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)

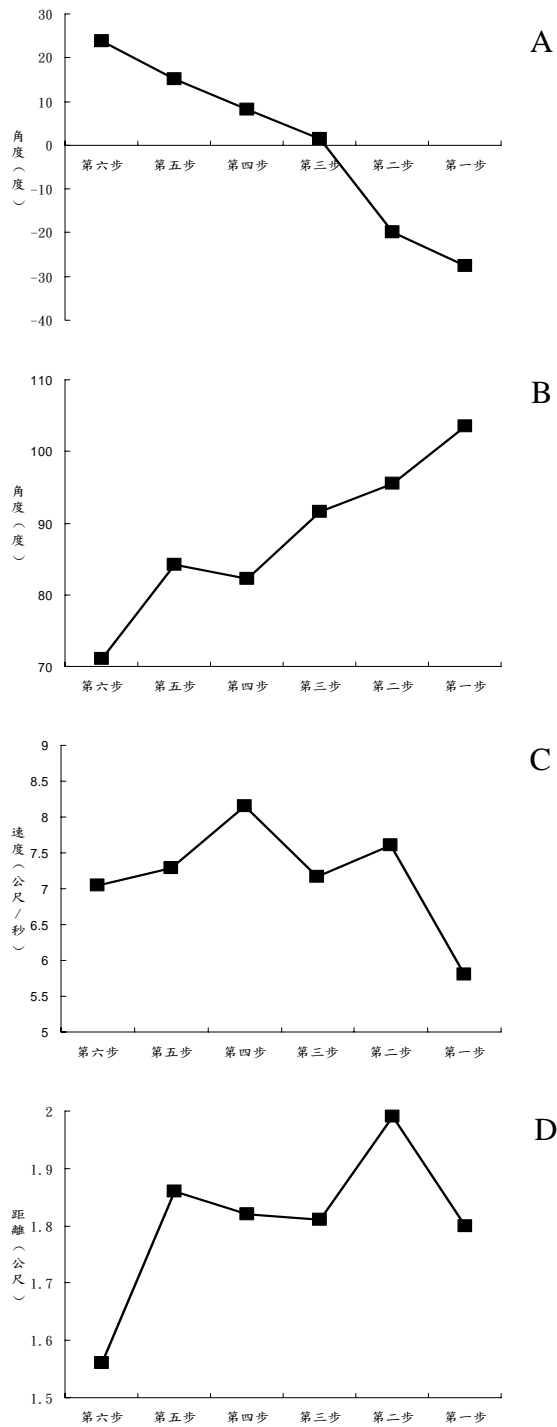


圖 4-4 受試者 D 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)

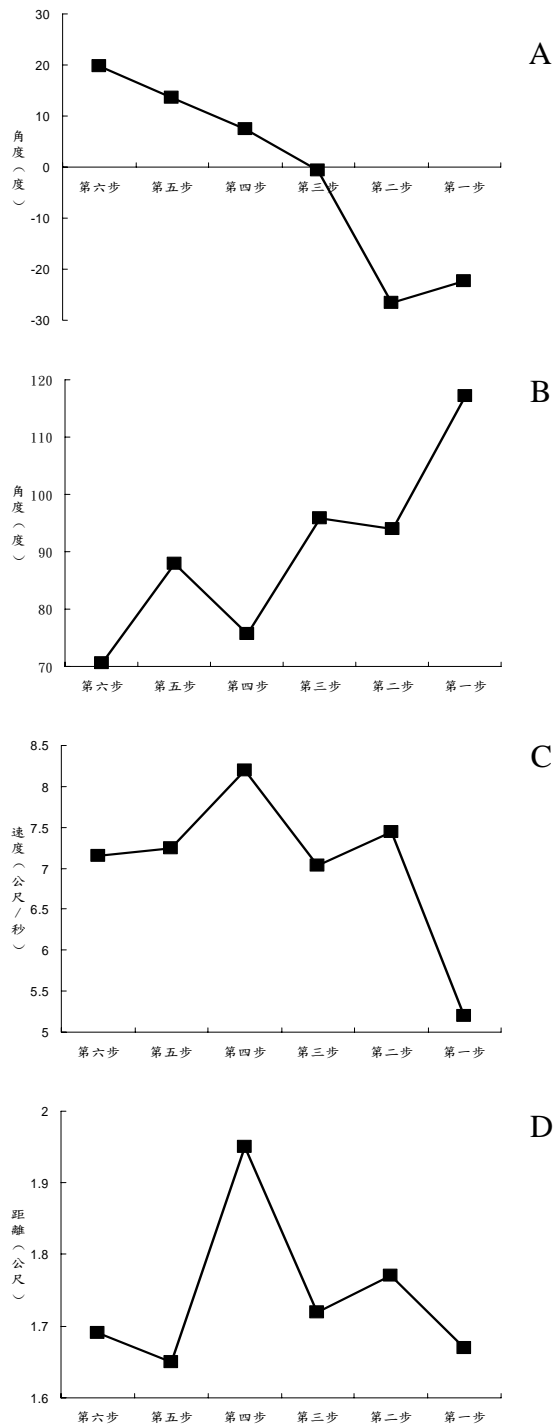


圖 4-5 受試者 E 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)

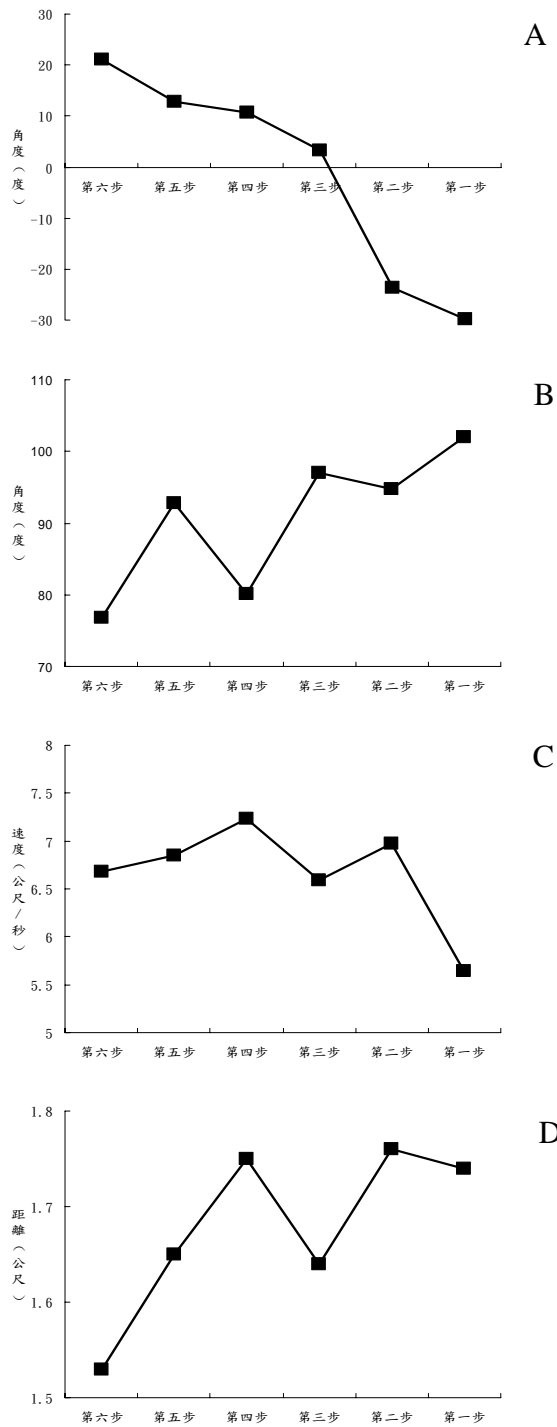


圖 4-6 受試者 F 助跑倒數六步的持竿角度(A); 軀幹角度(B); 助跑速度(C); 步長(D)

第五章 討論

撐竿跳高運動是選手藉由在助跑時所產生的速度、運用竿子的特殊性能以及選手本身的肌肉力量三者之結合，所形成的過程與結果。助跑速度快慢一直是研究學者認為構成竿子技術最重要的要素，在助跑過程中助跑速度、竿子下降技術與其後的插竿起跳動作，是否會影響起跳點的位置？本研究透過兩部攝影機拍攝取得受試者助跑倒數六步的資料，經結果說明後，本章將分為二個部份加以討論：一、助跑倒數六步相關參數；二、助跑倒數六步與起跳點之關係。

第一節 助跑倒數六步相關參數

撐竿跳高助跑的主要目標，是將產生的動能運用於與竿子的相互作用。因此，助跑速度對跳躍高度有相當高的影響。在整個助跑階段，選手必須要把握三個原則：一、助跑速度必須能完成插竿起跳動作，並將最大能量轉移。二、完成正確的起跳位置。三、必須在起跳腳著地瞬間獲得可控制的速度，並起跳瞬間獲得最大的動能 (Schade 等, 2007)。

Petrov (2004) 指出助跑階段步長是不可以突然改變的。尤其在助跑最後選手應保持步長不變，加快步頻，提升助跑最後節奏 (張武紀、王代才, 1994)。當助跑節奏不穩定將會影響到插竿與起跳點位置的準確性，進而影響之後的竿上技術表現 (劉向群、付國芳, 2000)。本研究發現全體受試者在助跑倒數六步的步長是不穩定的，這將會影響最後插竿起跳的動作表現。Angulo-Kinzler 等 (1994) 指出，較長

的倒數第二步步長以及較短的倒數第一步步長是大部份選手一致的特徵。本研究大部份受試者也有相同的特徵，即助跑倒數第二步步長較倒數第一步長，只有受試者 B 是相反的，為倒數第二步步長較倒數第一步短，如此縮短倒數第一步的步長，能夠提高選手的重心，而進入起跳階段；Bartonietz and Wetter (2001) 認為縮短助跑最後一步的步長將會使身體重心前移，有效完成起跳過程。在助跑最後部份，選手應高抬大腿做快速抓地式的著地，在步長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（張武紀、王代才，1994）。在步長與步頻之間關係方面，受試者最慢步頻出現在助跑倒數第二步，而最快步頻出現在倒數第一步，兩者相互關係為步長長、步頻慢，步長縮短、步頻加快的特徵。

選手持竿助跑的目標是，在倒數第一步起跳腳接觸地面瞬間能產生較高的水平速度（魏巍、黃昕，2009），來獲得最大動能轉移至竿上。然而，本研究受試者最快的助跑速度是出現在倒數第四步，平均為 7.60 ± 0.36 公尺/秒，而倒數第一步最慢為 5.70 公尺/秒。和過去研究比較，在助跑倒數六步的助跑速度，大陸女生選手平均為 7.94 公尺/秒（曹雅琴等，2004），而世界級女生選手更高達 $7.51 \sim 8.53$ 公尺/秒之間（Schade 等，2007）。這顯示受試者助跑倒數六步的助跑速度較慢，這將不利於動能的產生。本研究最快的助跑速度在倒數第四步出現，主要是因為受試者無法負荷竿子下降的力矩，而使得這一步助跑速度變快。在插竿階段中，倒數第二步與第一步的助跑速度，分別為平均 7.41 ± 0.22 公尺/秒與 5.70 ± 0.36 公尺/秒；受試者在倒數第一步的助跑速度明顯變慢且下降幅度很大。反觀大陸女生選手倒數兩步的助跑速度

為 7.81 公尺/秒與 7.94 公尺/秒（曹雅琴等，2004），其助跑速度反而是增快的。由此看出，受試者在此階段受到倒數第一步起跳動作以及起跳時竿子碰撞插竿箱的反作用力影響，使得起跳速度減慢，而無法獲得助跑所產生的最大能量，即造成起跳時能量的大量損失。從助跑倒數六步的步長、步頻及助跑速度三者關係中發現，受試者在助跑倒數六步是呈現不穩定的狀態。因此，受試者在助跑速度及插竿階段的速度上是需要再加強的。

許弘恩（1997）指出，選手持竿助跑的過程，在助跑最後 6 步開始降竿動作，其竿頭沿著一定的拋物線軌跡運行。並以緩慢可控制的方式開始逐漸降低竿子(Young, 2002)。在助跑過程中，竿子下降的力矩會影響選手整個助跑的流暢性，如果太早降低竿子高度會增加雙手的負荷，直接影響助跑倒數六步的步長及助跑速度，進而影響倒數第一步的起跳速度及起跳位置；因此，正確的降竿時機對選手的加速是有幫助的（Young, 2002）。本研究受試者在倒數第六步的降竿角度為 22.75 ± 3.69 度，顯示在此之前受試者已經開始執行降竿動作，在倒數第三步時降竿角度相當接近 0 度，即表示竿子下降至水平位置。這和過去研究比較，世界級男子選手倒數第六步的持竿角度為 35-15 度，在倒數第三步與第二步間竿子降至水平位置（金高宏文、淵本隆文、阿江通良，1994）。由此看出，受試者在此階段降竿太早，增加其雙手負荷影響插竿起跳時機。在倒數第二步至第一步為插竿階段，竿子角度呈現負值，即表示竿子從水平位置向前上方舉起。

降竿時身體重心必須隨著竿子的下降而逐漸挺直，以補償竿子下降時所加大向下的阻力臂與阻力矩，避免身體後仰

(許樹淵, 2002)。身體軀幹姿勢後仰，將無法獲得助跑所產生的最大速度；而前傾姿勢則會讓選手身體重心受到竿子力矩影響，而無法在插竿時獲得最大能量。本研究受試者在倒數第三步時，其身體軀幹角度平均為 93.65 ± 3.50 度，而至倒數第一步時身體軀幹角度最大，平均為 107.42 ± 8.47 度。這顯示受試者從倒數第六步隨著竿子下降身體逐漸挺直，在竿子降至接近 0 度身體開始向後仰並持續至倒數第一步，這是由於受試者受到竿子下降的力矩增加，身體離竿子重心越遠負荷越大，因無法負荷竿子下降的力矩，而使得助跑過程不順暢，導致速度變慢，身體後仰與步長變大，最後影響插竿時機與助跑速度。身體姿勢後仰，將無法在插竿時獲得最大速度，選手若能善加利用助跑末段竿子下降時的力矩，並維持身體姿勢加快步頻，將可幫助選手助跑速度的提升，獲得更大的動能。

倒數第二步至第一步為插竿起跳階段，選手的竿子從水平之下的位置往上舉起。插竿時雙手必須完全的伸展，上臂、下臂以及竿子間形成三角形，這會幫助選手將能量轉移至竿子上(Young, 2002)。插竿時上握竿手必須伸直至最高點，左手臂朝向前上方推出，上握竿手彎曲將無法獲得最大能量，並且在離地後減緩竿子向前走的速度。這樣的動作能幫助選手助跑所產生的最大速度在起跳離地後將能量傳送至竿子，並減少竿子與插竿箱碰撞時反作用力的能量損失。本研究受試者在倒數第二步與倒數第一步的持竿角度，分別平均為 22.90 ± 2.33 度與 25.80 ± 3.16 度。和過去研究比較，世界男子選手平均分別為 8.86 ± 1.95 度與 22.14 ± 1.46 度(金高宏文、淵本隆文、阿江通良, 1994)，這顯示受試者在插竿時的持竿角

度變化不大。而在倒數第二步與倒數第一步的持竿角速度分別平均為 104.27 ± 14.4 度/秒與 108.12 ± 58.09 度/秒，也顯示其變化不大。主要因素是選手在倒數第二步插竿動作雙手太早舉至頭上方，在倒數第一步雙手沒有再次的往上積極的舉至最高點，而使得受試者在倒數第二步與第一步的持竿角度與持竿角速度上沒有太大的角度變化。

第二節 助跑倒數六步與起跳點之關係

Schade 等(2007) 指出助跑主要目標，是將產生的動能運用於與竿子的相互作用。撐竿跳高選手必須要持竿助跑，並且隨著助跑速度的加快要適時的做降竿動作，使助跑與降竿協調配合，進而踏出精準的插竿起跳位置(許樹淵，2002)。因此，在高助跑速度中，做持竿助跑並且完成準確的插竿起跳點，是不容易的。許多學者都指出，起跳點應在上握竿手處，延伸垂直向下的點為最佳起跳位置，也就是起跳時起跳腳尖必須正好在上握竿手的下方，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；Angulo-Kinzler 等，1994)。而起跳點太近與太遠，都會影響整個技術的流暢性，更是影響成績的一個關鍵因素。

本研究發現受試者起跳點的位置都為正值，其平均為 17.68 公分，這表示受試者起跳腳腳尖的位置都比持竿上握竿手的手腕更靠近插竿箱位置。當起跳點太遠，會使得擺體空間過大，起跳角度過小，重心低，需花費更多(即距離海綿墊)的力量做擺體動作，增加雙手臂的負荷，無法將最大

水平速度轉移至垂直速度；當起跳點太近，則將會使得上手臂被過度拉扯，身體被迫拉扯，讓起跳角度過大，而沒有足夠的空間做有效率的擺體動作（蔣國勤，2002）。本研究受試者 B 與 D 的起跳點位置是各受試者間較小的，分別為 7.61 公分與 6.81 公分，Schade 等（2007）指出正確起跳點前後 8 公分的位置是不會影響插竿和起跳動作技術的執行。這表示兩位受試者起跳點位置是在合理的範圍內，在本研究中她們的跳躍成績是最好的，其起跳速度上也相對較好的。這說明因為選手降低因不正確的起跳位置，所造成的能量損失，而能獲得助跑所產生的最大能量，來達到最大跳躍高度。反觀受試者 A、C、E、F 四位受試者，起跳點都超過了上握竿手腕至地面垂直點位置很多，其中受試者 E 更高達 40.90 公分，這將影響後續擺體動作，不利於能量轉換的過程，影響跳躍高度。

在助跑過程中，如果選手助跑速度過快而降竿速度太慢時，將使得選手在起跳時未能踩到理想的起跳位置，而流失助跑時所產生的動能。助跑過程包含了降竿與插竿動作，這兩個動作的時機是影響著起跳位置準確與否。如果選手降竿太早，雙手必須要承受竿子的重量，使得身體向後仰而無法維持直立姿勢，加上身體重心位置降低，將無法發揮最大水平速度，進而影響插竿時機；如果選手降竿太慢，竿子從一開始的持竿高度在起跳前才匆忙的下降，會影響到起跳點的精準位置，而無法做出有效的起跳；因此，降竿與插竿技術會影響著其後起跳點的準確位置。本研究發現全體受試者在助跑倒數三步的過程中，身體軀幹持續向後傾斜，此時正是從降竿動作轉移到插竿動作，接續在助跑倒數二步至起跳離

地瞬間階段。插竿與起跳是個連續動作，插竿的好壞會直接影響著起跳水平速度的快慢，起跳點的準確性以及起跳離地後動能轉換。受試者在助跑倒數第一步的身體軀幹角度達到最大值，讓身體距離海綿墊較遠的起跳位置，在無法將最大能量傳送至竿子下，選手擺體距離相對變長，在助跑速度慢與起跳點距離較遠的情況下，會造成因竿子無法進入垂直面而發生危險。從本研究結果顯示，正確的起跳點位置有賴於選手助跑時助跑節奏和步長與步頻的穩定，以及減少在插竿起跳時的能量損失，為離地後的竿上技術奠定好的基礎。

本研究受試者中以 B 及 D 兩位的成績最好，而以受試者 F 的成績最差，由圖 4-2、4-3 和 4-6 來比較三位受試者的相關參數表現。從圖中顯示，受試者 B、D 的最快助跑速度出現在助跑倒數第二步分別為 7.51 公尺/秒與 7.45 公尺/秒；受試者 F 為 6.97 公尺/秒；受試者 B、D 的起跳速度分別為 6.30 公尺/秒與 6.27 公尺/秒，受試者 F 為 5.97 公尺/秒；插竿起跳的助跑速度受試者 B、D 比受試者 F 較為理想。在倒數第六步的持竿角度方面，受試者 B、D 分別為 28.47 度與 23.90 度，受試者 F 為 21.15 度，受試者 B、D 持竿角度比受試者 F 較接近世界選手；受試者 B、D 的倒數第一步的持竿角速度分別為 46.15 度/秒及 60.40 度/秒，受試者 F 的持竿角速度相當大為 108.30 度/秒，顯示受試者 B、D 的持竿角速度變化比受試者 F 小；受試者 B、D 在倒數第一步的身體軀幹角度分別為 97.96 度及 103.52 度，受試者 F 為 102.05 度，在身體軀幹角度受試者 B 為最小，受試者 D 及 F 較為相近。

從上述這些參數中顯示，成績較好的受試者 B、D，在插竿階段，倒數第二步的助跑速度及起跳速度上，顯然都比受

試者 F 還快。助跑速度是撐竿跳高運動的基礎，是獲得動能的主要來源，也是取得優異成績的前提（謝慧松、周鐵民、葛蘊，2007）。因此，受試者 F 成績較不理想。在持竿角度與角速度的變化中，受試者 B、D 在倒數第六步持竿角度較為接近世界級選手，受試者 F 則較小，代表太早降低竿子，將會增加雙手的負荷；在持竿角速度上，受試者 B、D 倒數第一步的變化較小，受試者 F 則較大；讓受試者 F 無法負荷竿子下降的力矩，增加其雙手的負荷，加上身體軀幹呈現後仰姿勢，影響倒數兩步的插竿起跳之持竿角速度變化，角速度變化越大即表示受試者無法負荷在插竿起跳階段受到竿子與插竿箱碰撞所產生的反作用力，而迫使雙手過渡拉扯而影響起跳點位置。受試者 F 起跳點距離插竿箱較近的位置為 11.07 公分，受試者 B、D 為 7.61 公分及 6.81 公分，顯然的受試者 F 受到降竿時身體軀幹後仰的影響，而無法踩踏到理想的起跳位置上，進而影響最後試跳的成績表現。

第六章 結論與建議

持竿助跑速度是撐竿跳高的基礎，在可控的速度下速度越快可提升握竿高度及增加的竿子磅數；竿子特殊性能是人體向上騰越的動力來源，起跳離地後加大竿子最大彎曲及結合人與竿子相互作用是竿上動作技術的重要關鍵。本研究結論，受試者在持竿助跑倒數六步步長與步頻不穩定，與國外比較受試者在助跑速度方面是非常慢的，在成績表現差距很大。在倒數六步竿子角度下降速度較快，受到竿子下降力矩而身體軀幹姿勢後仰，以至於影響助跑倒數二步插竿階段動作，而無法踩踏至理想的起跳位置，損失助跑所產生最大動能，直接影響起跳時最大水平速度及向上的垂直速度，導致於成績無法提升。

持竿助跑速度較慢是影響我國選手成績最大的問題，選手必須加強最大可控助跑速度，並在插竿起跳時獲得最大起跳速度。我國選手助跑距離最長為 14 步，國外選手大多提升至 16 至 18 步的助跑距離，增加助跑距離是我國選手必須加強的，建議我國選手在助跑步數上能再提升至 16 步，選手加長助跑距離相對必須加強其助跑速度及專項力量，選手速度不好若增長助跑距離必會產生負面的影響，選手應須留意；隨著助跑速度逐漸加快竿子高度逐漸下降，在這過程選手應維持身體直立姿勢不前傾與後仰，確保步長與步頻穩定；才能在插竿起跳時踩踏至理想起跳位置，獲得最大動能，為竿子動作技術奠定好的基礎。

參考文獻

一、中文部分

- 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。
- 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。
- 田文政 (1981)。撐竿跳高選手持竿應力與助跑速度之研究。《體育學報》，3，257-268。
- 周鐵民 (2000)。1993-2003 我國男子撐竿跳高運力發展狀況分析。《北京體育大學學報》，28 (7)，995-997。
- 孫南 (2001)。《國際田徑總會書報》，15，35-37。
- 黃宏春 (1999)。《國內男女撐竿跳高起跳技術之運動學研究》。臺南市：太學文具有限公司。
- 張武紀、王代才 (1994)。論現代撐竿跳高技術。《成都體育學院學報》，20 (4)，26-32。
- 張華新、田坤 (2001)。對布勃卡的撐竿跳高技術特點分析。《浙江體育科學》，23 (2)，22-24。
- 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 (1997)。撐竿跳高持竿助跑與降竿技術之探討。《中華田徑》，68，7-9。
- 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。
- 許樹淵 (2002)。《田徑論》。臺北市：偉彬體育研究社。
- 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。
- 曹雅琴、李世明、劉運祥、楊桂志（2004）。女子撐竿跳高持竿助跑與起跳的速度特征。成都體育學院學報，30（3），42-44。
- 楊明（2004）。對我國女子撐竿跳高現狀的探討。成都體育學報，30（4），44-46。
- 劉向群、付國芳（2000）。對體育教學中撐竿跳高持竿助跑技術的研究。雲南師範大學學報，1（3），78-79。
- 蔣國勤（2002）。撐竿跳高技術釋讀。江漢大學學報，19（4），71-76。
- 謝慧松、周鐵民、葛蘊（2007）。撐竿跳高運動員助跑速度與其成績的關係系統。山東體育科技，29（3），1-3。
- 金高宏文、淵本隆文、阿江通良（1994）。世界一流棒高跳選手の助跑におけるポール操作とピッチの關係。陸上競技連盟強化本部バイオメカニクス研究班（eds.）。世界一流陸上競技者の技術（pp.185-204）。東京都：ベースボール・マガジン社。

二、英文部分

- Adrian & Cooper. (1989). *Mechanics of Human Movement*.
Madison: Brown & Benchmark.
- 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.
Journal of Applied Biomechanics, 10, 147-165.
- Arampatzis, A., Schade, F., & Brüggemann, G. P. (1999).
Biomechanical analysis of the jumping events - pole
vault. In G. P. Brüggemann., D. Koszewski, and H. Müller.
(eds.), *Biomechanical Research Project Athens 1997
Final Report* (pp. 145-160). Oxford: Meyer & Meyer
Sport.
- Atting, R. (1980). Pole vault-biomechanics factor of the
grpheight and push off. *Track and Field Quarterly Review*,
80 (4), 41-46.
- Brüggemann, G. P., & Arampatzis, A. (1997a). Men's high
jump. Muller, H. and Hommel, H. (eds.) Biomechanical
Research Project at the VIth World Championships in
Athletics, Athens 1997: Preliminary Report. *New Studies
in Athletics*, 13, 66-69.
- Brüggemann, G. P., & Arampatzis, A. (1997b). Triple jump.
Muller, H and Hommel, H. (eds.) Biomechanical Research
Project at the VIth World Championships in Athletics,
Athens 1997: Preliminary Report. *New Studies in
Athletics*, 13, 59-66.

- Gros, H. J. & Kunkel, V. (1990). Biomechanical analysis of the pole vault. In G. P. Brüggemann, & B. Glad (Eds.), *Scientific Research Project at the Games of the Olympiad-Seoul 1988, final Report* (pp.219-262). Monaco: International Amateur Athletic Federation.
- Gros, H. J., & Terauds, J. (1983). Möglichkeiten der interpretation biomechanischer kennlinien im stabhochsprung. *Lehre Der Leichtathletik*, 23, 55-58.
- Ganslen, R. V. (1979). *Mechanics of the Pole Vault*. He Published the Book Himself.
- Houvion, M. (1982). The Preparation of the pole-vaulter for advanced levels – 6 meters in 2000. *Track & Field Quarterly Review*, 82(4), 38-41.
- Hay, J. G. (1985). The approach run in the pole vault . *Track Coach*, 106, 3376-3378.
- McGinnis, P. M. (1997). Mechanics of the pole vault take-off. *New Studies in Athletics*, 12(1), 43-46.
- Petrov, V. (1985). Stabhochsprungtechnik. *KLV-Lehrbeilage*, 127, 15-22.
- Petrov, V. (2004). Pole vault – the state of the art. *New Studies in Athletics*, 19(3), 23-32..
- 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.
- Young, M. A. (2002). A technical model for pole vault success. *Track Coach*, 161, 5129-5133.

附錄

各受試者助跑倒數六步相關參數的平均數與標準差

參數 (單位)	受試者					
	A	B	C	D	E	F
步長 (公分)	1.78 (0.08)	1.70 (0.13)	1.66 (0.06)	1.81 (0.14)	1.74 (0.11)	1.68 (0.09)
步頻 (步/秒)	4.09 (0.49)	4.14 (0.50)	4.41 (0.26)	4.08 (0.40)	4.19 (0.49)	4.02 (0.32)
助跑速度 (公尺/秒)	7.03 (0.45)	6.78 (0.53)	7.08 (0.90)	7.18 (0.78)	7.05 (0.1)	6.66 (0.55)
持竿角度 (度)	-2.09 (17.29)	0.61 (22.91)	1.11 (19.88)	0.18 (20.08)	-1.44 (19.10)	-0.89 (20.84)
持竿角速度 (度/秒)	8.71 (63.26)	40.88 (49.80)	17.60 (114.17)	23.75 (53.94)	23.67 (84.45)	23.75 (75.92)
軀幹角度 (度)	88.97 (9.27)	86.41 (9.40)	95.35 (14.12)	88.01 (1.36)	90.15 (16.61)	90.58 (9.94)