

國立臺灣體育運動大學

National Taiwan University of Physical Education and Sport

體育研究所碩士學位論文

動靜態啟動方式對撐竿跳高

助跑速度與起跳點變化之研究

The Comparision Bewteen Dynamic and Static Approach Run
Start-up on Run up Velocity and Take-Off Point
Variablity in Pole Vault



研究生：蔡欣憲 撰

指導教授：張立羣 副教授

中 華 民 國 1 0 2 年 6 月

論文名稱：動靜態啟動方式對撐高跳高助跑速度與起跳點變化之研究

總頁數：67頁

校所組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所

畢業時間及提要：一0一學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：蔡欣憲

指導教授：張立羣 副教授

摘要

本研究目的在探討動態啟動與靜態啟動持竿助跑方式對於撐高跳高助跑速度、助跑步態與起跳點位置的影響。以九位撐竿跳高成績在4.20公尺以上的男子選手為研究對象，其中有五位採用動態啟動另外四位為靜態啟動。利用三部數位攝影機、分段計時器與測速槍，收集參與者在助跑過程中助跑開始前三步與最後六步至起跳的動作。藉由動作分析系統獲得助跑的相關運動學參數，以獨立樣本t考驗比較兩種啟動方式之差異。研究結果發現助跑開始第一步與第二步步幅達顯著差異($p<.05$)。而助跑開始第一步的步頻達顯著差異($p<.05$)。在助跑最後六步步幅以最後第五步與第一步步幅達顯著差異($p<.05$)。降竿角度在助跑最後第六、第五、第四與第三步達到顯著差異($p<.05$)。而持竿助跑速度在助跑最後16-11公尺與11-6公尺的助跑速度達顯著差異($p<.05$)。但動態啟動與靜態啟動助跑起跳點位置皆無顯著差異。研究結論；動態啟動助跑對於提高助跑最後16-6公尺水平速度有顯著差異，起跳點無差異；對於青少年選手來說，使用動態啟動助跑方式更容易做到在助跑最後2至3步內保持很好的加速意識，從而提升撐竿跳高成績。

關鍵詞：動態啟動、靜態啟動、撐竿跳高

Tsai Hsin-Hsien (2013) . The Comparison Between Dynamic and Static Approach Run Start-up on Run up Velocity and Take-Off Point Variability in Pole Vault . Unpublished master thesis National Taiwan University of Physical Education and Sport.

Abstract

This research aims to delve into the influence of dynamic and static start - up for pole - holding run-up approaches on Run -up velocity, gait and position of take off point in the polevault. In this study, research subjects are 9 male pole vaulters in the 2012 University and College Games and the 2012 **National** High School Athletic Games with their competition heights over 4.20m. The 9 subjects were divided into dynamic start-up group consisting of 5 vaulters and static start-up group consisting of 4 vaulters. Digital camera, sub-timer and velocity speed gun were used in this research to study the participants' changes in gait of the first three steps in the run-up and changes in the last six steps to the position of take-off point. By Kwon 3D motion analysis software, we obtained the kinematics parameters. The contents obtained for analysis of this study focus on differences in stride length and frequency for the first step to the third step at the start of the run-up and for the last six steps at the end of the run-up as well as differences in the pole-lowering angle, run-up velocity and position at touchdown and take-off for the last

six step. Research findings indicate that stride length for the first and second step at the start of the run-up has shown significant differences ($p < .05$). Stride frequency for the first step in the run-up has shown significant differences ($p < .05$). Stride length for the fifth and first step of the last six steps in the run-up has shown significant differences ($p < .05$). Pole-lowering angles for the last sixth, fifth, fourth and third step in the run-up have indicated significant differences ($p < .05$). Pole-holding velocity at 16~11m and 11~6m in the run-up has shown significant differences ($p < .05$). Both dynamic and static start-up approaches for take-off position in the run-up have indicated no significant difference. **The conclusion** of analyses indicates that different start-up approaches for stability of gait of the first three steps at the start of the run-up will affect the maximum controllable speed for the first 16-11m velocity and 11- 6m in the take-off; the faster the vaulters, the smaller the error values, and on the contrary, insufficient velocity will indirectly affect accurate box-hitting motion for the pole and take-off point.

Keyword: Dynamic Start-Up, Static Start-Up, Pole Vault

謝 誌

在體育研究所兩年的學習過程，隨著論文的付梓，即將劃上句點，這段時間以來的點點滴滴，有回憶，有不捨；回憶之情將在我的懷中日漸晶瑩光耀。本論文能順利完成，幸蒙指導教授-張立羣老師的指導，對於研究的方向、觀念的啟迪、架構的匡正、資料的提供與求學的態度逐一斧正，於此獻上最深的敬意與謝意。論文口試期間，承蒙口試委員何維華老師與許弘恩老師的鼓勵與疏漏處之指正，使得本論文更臻完備，在此謹深致謝忱。

在研究所修業期間，感謝許光庶、駱明瑤、高明峰、陳重佑與聶喬齡等老師在課業知識的傳授。還要感謝實驗室的所有成員兩年來的切磋討論與鼓勵，銘修學弟在實驗觀念與軟體之教授使用，使我獲益良多永難忘懷。另口試時也給我許多幫助的學弟妹們：偉達與芸蔓謝謝你們平常的照顧與幫助，伴我渡過這二年的研究所生涯。

最後，特將本文獻給我敬愛的父母親，感謝無怨無悔的養育與關懷照顧，還有家人、女朋友在精神上的支持，讓我能專注於課業研究中，願以此與家人共享。今後，將奉行由臺體一再提倡的『駱駝』之精神，實際應用在日常生活中及工作上，發揮所學。願以此期勉自己的未來，作一個『有熱血、有理想』的青年。

欣憲 謹誌於
國立臺灣體育運動大學體育研究所
中華民國102年6月

目 錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
謝 誌.....	IV
目 錄.....	V
表 目 錄.....	VII
圖 目 錄.....	VIII
第 壹 章 緒 論.....	1
第一節 問題背景.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 研究範圍.....	4
第四節 研究限制.....	4
第五節 名詞解釋.....	4
第 貳 章 文 獻 探 討.....	6
第一節 持竿助跑動作技術.....	6
第二節 持竿助跑至插竿起跳動作技術.....	9
第三節 持竿助跑速度對撐竿跳高成績影響.....	11
第四節 結語.....	17
第 參 章 研 究 方 法.....	19
第一節 研究對象.....	19
第二節 實驗日期與地點.....	20
第三節 實驗儀器與設備.....	21
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.....	25
第 肆 章	結 果.....	27
第一節	助跑開始第一步至第三步的步幅與步頻.....	27
第二節	助跑最後六步的步幅與步頻.....	30
第三節	助跑最後六步的降竿角度.....	33
第四節	持竿助跑速度.....	34
第五節	起跳點位置.....	36
第 伍 章	討 論.....	38
第一節	助跑開始前三步與最後六步的步幅與步頻....	38
第二節	助跑最後六步的降竿角度與起跳點位置.....	41
第三節	持竿助跑速度和速度利用率.....	43
第 陸 章	結 論 與 建 議.....	46
參 考 文 獻		48
中文部分		48
外文部分		48
附 錄		51

表 目 錄

表 2-1 百公尺成績與助跑步數對應撐竿跳高成績的關係..	13
表 2-2 不同速度水準的合適助跑距離.....	16
表 3-1 受試者基本資料.....	20
表 4-1 動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步步幅.....	28
表 4-2 動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步步頻.....	29
表 4-3 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步幅.....	30
表 4-4 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步頻.....	31
表 4-5 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步降竿角度.....	33
表 4-6 動態啟動與靜態啟動助跑速度.....	34
表 4-7 動態啟動與靜態啟動助跑之16-6公尺助跑速度、平跑速度與速度利用率.....	36
表 4-8 動態啟動與靜態啟動起跳腳著地點與起跳點位置..	37

圖 目 錄

圖 2-1 助跑三個階段的技術	7
圖 3-1 實驗場地佈置圖	23
圖 4-1 動態啟動與靜態啟動助跑開始前三步步幅	28
圖 4-2 動態啟動與靜態啟動助跑開始前三步步頻	29
圖 4-3 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步幅	31
圖 4-4 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步頻	32
圖 4-5 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步降竿角度	34
圖 4-6 動態啟動與靜態啟動助跑之 16-11 公尺與 11-6 公尺 助跑速度	35

第壹章 緒論

第一節 問題背景

撐竿跳高是一項以短跑、跳躍和體操合於一體的田徑運動項目。其動作由多個技術相結合，包括：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），由於撐竿跳高技術的複雜性使該項目選手成績要突出，其訓練的週期需較長，一般長期培養優秀選手訓練年限可達 8~10 年以上。撐竿跳高與田徑其他跳躍項目的最大區別在於其持竿進行助跑，並藉助於竿子的支撐完成跳躍；竿子由早期木竿、竹竿、金屬竿及至今的玻璃纖維竿，其演變使該項目的技術動作發生了相對變化。田文政(1981)認為自從玻璃纖維竿出現以後，撐竿跳高成績大幅的提昇，因為其纖維竿具有：持竿輕巧感、竿子彈性係數高與回復狀況佳等三種特性。其竿子的材質得到進步的改良與提高，對於選手的助跑、起跳以及竿上技術有更高的要求。撐竿跳高持竿跑的速度慢於徒手跑，乃助跑時雙臂負載撐竿，雙臂承受竿子重量且無法做前後擺動藉以增加速度的影響，使助跑速度減慢（田文政，1981）。

第一個由玻璃纖維竿所創的撐竿跳高世界紀錄是 4.83 公尺，由美國選手 Davis 在 1961 年所創造，目前世界記錄在 1994 年由烏克蘭選手 Bubka 成功地躍過 6.14 公尺，在玻璃纖維竿時期男子世界紀錄共改寫了 51 次。但近年來，男子撐竿跳高選手呈現出成績低落的局面，世界記錄 16 年來沒有突破，國際大賽的金牌成績很少超過 6 公尺。相較之下，於 1997

年才首次列入世界正式比賽的女子撐竿跳高項目卻頻頻被多次打破，目前女子世界紀錄為 5.06 公尺，由俄羅斯運動選手 Yelena Isinbayeva 在 2009 年所創造。

撐竿跳高成績的主要決定因素為選手透過持竿助跑得到速度動能，藉助於撐竿將動能轉變為彈性能和人體的重力位能而飛越過橫竿(Hay,1985)。持竿助跑是選手獲得動能的主要階段，也是影響撐竿跳高運動成績的關鍵因素(Angulo-Kinzler 等, 1994)，目前世界優秀男子撐竿跳高選手助跑的末段速度可達 9.8 公尺/秒(Gros & Terauds, 1983)。

如果人體與竿子的質量不變，那麼助跑速度越快動能也就越大；動能越大，選手增加握竿高度和騰越高度的可能性也就越大。因此，提高助跑速度以及增加握竿高度是撐竿跳高現今研究的主要方向。而選手助跑所獲得的動能是否能夠有效的轉變成彈性能和重力位能，會受選手起跳與擺翻技術所影響。選手通過起跳和擺腿將助跑所獲得的動能轉變為撐竿的彈性能和人體的重力位能，在這個轉換過程中，助跑速度損失越小，說明起跳技術水平越高，在擺體與捲體時竿子彎曲度越大，說明擺翻完成的越有效。因此助跑速度與插竿起跳是撐竿跳高的重要環節。

過去研究發現，助跑速度與握竿高度呈現高度正相關，即助跑速度跑得越快，握竿高度就越高(McGinnis, 1997)。撐竿跳高助跑的方式基本上與跳遠助跑技術相似，助跑的方式可分有兩種。一種靜態啟動即是站立原地啟動助跑，然後逐漸加快速度，另一種動態啟動是先輕鬆跑幾步踩到標記點後再開始全力加速。前者動作較自然，其優點為助跑速度易控制，而後者的助跑加速較早，能獲得更大的水平速度，但對

起跳前身體相對位置的調整帶來一定的難度。目前靜態啟動和動態啟動助跑方式都有世界級優秀選手採用，然而目前並未有相關研究來探討這兩種助跑方式的特徵及差異。選手會選擇採用哪一種方法較合適，也沒有一定的規準，此議題值得進一步探討。

第二節 研究目的

本研究目的在於探討動態與靜態啟動助跑方式對於撐竿跳高持竿助跑速度、助跑步態與起跳點位置的影響，期望研究結果能提供有用的數據，提供教練與選手訓練的參考。其具體目的如下：

- 一、動態與靜態啟動助跑方式對助跑開始前三步步幅與步頻之影響。
- 二、動態與靜態啟動助跑方式對助跑最後六步步幅和步頻之影響。
- 三、動態與靜態啟動助跑方式對降竿角度之影響。
- 四、動態與靜態啟動助跑方式對助跑速度與助跑速度利用率之影響。
- 五、動態與靜態啟動助跑方式對起跳點位置之影響。

第三節 研究範圍

本研究以101年全國大專運動會公開男子組與全國中等學校運動會高中男子組選手為對象，分析靜態與動態啟動助跑方式從助跑開始至起跳腳離地瞬間的動作，而起跳離地後的技術，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。

第四節 研究限制

本研究為非比賽時進行測驗，所做的測驗會受各校訓練期別之影響，最理想的狀況是在選手參加正式的撐竿跳比賽中，進行有關助跑分段速度或起跳位置的測量，此為本研究限制。

第五節 名詞解釋

- 一、靜態啟動助跑：選手原地站立於助跑起始點位置，直接開始助跑，並逐漸加快速度的助跑方式。
- 二、動態啟動助跑：選手位於助跑起始點位置之後，助跑開始先輕鬆向前跑幾步，在踩到助跑起始點位置後，逐漸加快速度的助跑方式。
- 三、持竿助跑最高速度：指在持竿助跑過程中，出現最快的瞬時速度。
- 四、持竿平跑速度：指在跑道上進行40公尺持竿跑，前10公

尺給予選手加速，測量30公尺跑的時間，以此時間計算其30公尺的平均速度。

五、持竿助跑速度利用率：

$$\frac{\text{持竿助跑最後 16-6 公尺速度}}{\text{持竿平跑速度}} \times 100\%$$

註：持竿助跑最後16-6公尺速度代表速度表現能力

持竿平跑速度代表速度基本能力

六、降竿角度：黏貼在竿子上兩個標記點之連線與水平面所形成的夾角。

七、起跳階段：從起跳腳著地瞬間到起跳腳離地瞬間。

八、起跳點：在起跳腳離地瞬間，持竿上手的握點與地面之間垂直線之位置。

九、步幅：為腳尖離地瞬間位置到另一腳腳尖著地瞬間位置之間的水平距離。

十、步頻：為腳尖離地瞬間到另一腳腳尖離地瞬間，所花費的時間。

第貳章 文獻探討

本章針對撐竿跳高助跑技術相關文獻分成下列四節進行探討。第一節為持竿助跑動作技術。第二節持竿助跑至插竿起跳動作技術。第三節持竿助跑速度對撐竿跳高成績影響；第四節結語。

第一節 持竿助跑動作技術

撐竿跳高是田徑運動技術中極為複雜及動作技術性高的項目，選手以自己的力量影響彈性竿子，同時竿子的彈性作用又影響著選手的動作。所以，如何使人體的運動與竿子的運動協調配合，而以最大限度地發揮出玻璃纖維竿所特有的優越性，以提高人體的運動效果，是撐竿跳高技術形成和發展的主要依據。而整個完整的撐竿跳高技術可分為：持竿助跑、插竿起跳、懸垂擺體、倒立伸展、引體轉身、過竿落墊等六個動作(許弘恩，2009)。

楊守博、簡榮章(1989)指出撐竿跳高持竿助跑動作技術可分為三個階段(圖2-1)：

第一起始階段：啟動後加速。這階段的距離有4~6步，主要目的是使選手迅速脫離靜止狀態，為進一步發揮速度條件。無論選手採用靜態或動態啟動，在本階段盡量保持步長和步頻的穩定，以保證整個助跑的準確性。

第二途中跑階段：這一階段的距離有8~10步，主要目標是充分發揮速度，以達選手可以控制的最高速度。在本階段要求選手

充分高抬大腿，保持上體的正直姿勢，這一階段末期，應達到助跑的最高速度。

第三起跳階段：保持速度階段。此階段的距離有4~6步，其主要目標是保持已獲得的助跑速度，順利地進入插竿起跳。為此選手要注意加快步頻，自我感覺好像是人在追著竿子跑進。

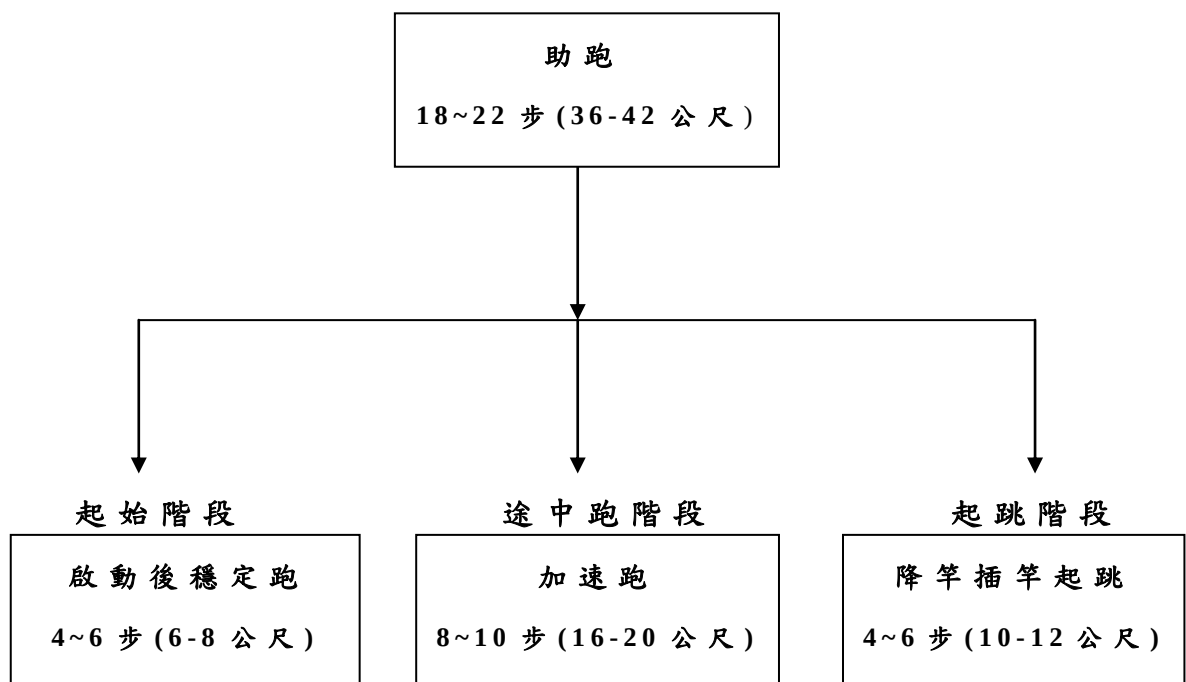


圖 2-1 助跑三個階段的技術

資料來源：“田徑”。楊守博、簡榮章，1989，北京體育學院出版社，頁321。

助跑在現代撐竿跳高技術中佔有很重要的地位，它是決定撐竿跳高成績的基本因素。因動能的大小與助跑速度的平方成正比($E=1/2mv^2$)，然而，由於插竿起跳等因素的制約，撐竿跳高選手的助跑速度是要極度準確，且是可以控制的最大速度。Gros and Terauds (1983)研究發現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。而目前世界級撐竿跳高選手助跑速度普遍達到9.34尺/秒(王勇健，1996；Adrian & Cooper, 1989)。

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）出現，剛好配合降竿時所產生的拉力，轉為加速的牽引力。徐政（2005）研究表示，持竿助跑的最後4~6步對整個助跑至起跳具有重要意義，最後兩步助跑對起跳、彎竿及選手運動成績具有決定性的影響。

根據力學原理：動量＝質量×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。要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。助跑時，選手手持撐竿，竿子重心的相對前移就會形成前翻力距，一般來說，這於選手發揮和保持速度都有一定的影響，握竿愈高，這種影響就越明顯（竿子重量3公斤，握竿在4公尺80時，其負荷將增至15~18公斤）。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。所以培養選手助跑的正確動作結構和持竿方法，是改進助跑的基本目標。

第二節 持竿助跑至插竿起跳動作技術

插竿起跳是通過助跑動能轉換成位能的關鍵階段。田敏、程昊、陸宇明（2012）認為持竿助跑的主要目的是為了再最後一步腳處及地面瞬間產生較高的水平速度獲得適宜的動能，並使選手在插竿起跳時處於較佳位置。因為選手利用起跳蹬地獲得支撐反作用力，使身體騰起，由於插竿受到制動，撐竿合地面又成一定夾角，助跑起跳的動量作用於撐竿，使撐竿彎曲並使人體隨撐竿同時擺起。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，並且將能量的損失減到最小，是能量轉換的重要關鍵(McGinnis, 1997)。從動作結構來看，插竿起跳是從起跳前第三步腳著地瞬間開始，到起跳腳蹬離地面瞬間結束。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。當竿頭植入植竿箱同時，起跳腳著地，竿頭最初是與插竿箱底壁接觸。此時，舉竿與插竿是撐竿跳高技術中的準備起跳階段，雖然這一階段是助跑的最後兩步，但技術動作完全不同於持竿助跑技術。

這兩步的好壞，正確與否，直接影響後面的起跳技術動作。因此，在助跑的倒數第二步開始進行插竿，這個時間的控制是十分重要的，舉竿過早會破壞助跑結構，影響助跑速度，過晚容易引起動作的延遲。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。插竿採用雙手直接的”翻舉”技術，要求倒數第二步結束時，右手翻至肩上部，左手高於左肘關節位於胸前，最後一步起跳腳著地時，兩手臂盡量上舉，右上臂位於右耳側。在整個插竿的

過程中，左手始終不能低於左肘的高度，左手是一個向上的翻舉動作，再加上右手充分上舉，就可以加大起跳時撐竿與地面的夾角，這角度的增大對於豎竿是十分有利的。

Angulo - Kinzler等(1994)指出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，優秀的男子撐竿跳高選手中，助跑最後兩步的倒數第一步步長幾乎比倒數第二步短5~15%（魏巍、黃昕，2009）。縮短最後一步步長能使選手在起跳瞬間具有較高的身體重心進入起跳階段，這樣更有利於助跑水平速度向起跳垂直速度的轉換。

插竿起跳過程中手臂的動作要積極主動，甚至有”引領”的意味，最後兩步插竿跑的要更積極，用速度去攻擊撐竿，在起跳時才能獲得更大的動力。插竿研究指出，插竿起跳的動作要點有三：第一，選手的起跳點嚴格控制在上手握點的垂直下方；第二，當起跳腳的蹬伸動作即將完成時竿頭才真正觸及植竿箱後壁；第三，在起跳過程中，竿子沒有彎曲(Schade, Isolehto, Arampatzis, Brüggemann, & Komi, 2007)。

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。在起跳過程中，不應過多地追求撐竿的彎曲量，否則，將會對起跳產生較大的約束，阻礙後序運動環節的動作速度。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的垂直線的後面，就必須在擺體階段有更大的動力，才能掌控後續的動作(Angulo - Kinzler等, 1994)。而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(Schade等, 2007)。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。

插竿起跳時，當插竿槽抵住撐竿後，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)，當插竿槽抵住撐竿後，撐竿對人體的向前運動實際上是一種抵制，這種抵制的結果迫使撐竿產生彎曲。起跳點愈近抵制愈大，隨之撐竿也就愈加彎曲。插竿起跳的目的使盡可能地保持起跳過程中人體的運動速度，從而為懸垂擺體累積更多的動量。Hay (1985)提到要有好的起跳水平速度，就必須具有兩項基本條件：速度與起跳準確性；起跳是撐竿跳高技術中最關鍵的技術，關係著能否將助跑中獲得的動能儘可能轉化為人體向上的動能和彎竿的能量，同時，起跳動作的能量又關係著後繼的懸垂擺體及竿上動作的成敗。田敏等(2012)提到前世界記錄保持者在越過5.96公尺的橫竿時，起跳過程中的水平速度損失值為1.69公尺/秒；世界男子撐竿跳高紀錄保持者，前蘇聯優秀選手Bubka在越過6.14公尺的橫竿時，身體重心水平速度損失值為1.57公尺/秒。這在一定程度上影響撐竿向前的運動速度及撐竿彈性位能的儲備，最終影響運動成績的提高。

第三節 持竿助跑速度對撐竿跳高成績影響

影響助跑速度快慢的主要因素有兩個：第一是選手本身速度能力（即絕對速度），第二是選手助跑速度利用率。國內高水平的撐竿跳高選手，助跑速度利用率都比較高，但經常會出現助跑速度不足，影響撐竿跳高成績表現（許弘恩，2003）。田敏、程昊、陸宇明（2012）研究指出持竿助跑的最後四步到六步速度利用率對整個助跑與起跳環節具有重要意義，尤其是

持竿助跑最後兩步是助跑起跳的過渡階段，對起跳、彎竿及運動成績有決定性的影響。直接影響著助跑與起跳技術的銜接，插竿起跳是助跑的動能轉變為撐竿位能的重要環節。

Brüggemann, & Arampatzis (1997)指出男子助跑速度和橫竿的高度之間的相關係數為($r=0.69$)，從能量的角度分析，撐竿跳高是利用助跑獲得動能，並利用能量轉化（撐竿從彎曲到豎直復原），使身體騰躍更高橫竿的競技項目。這個過程需要綜合能力，快速積極的助跑是起跳過程中的關鍵，精確的助跑非常重要。只有牢牢地掌握助跑速度和插竿技術，運動成績才能得到提高。因此，整個助跑過程值得深入分析，如何讓選手在短短的40公尺距離中能將速度提升到一定程度，進而提供後半段動作所需的動能，這確實值得我們一探究竟。以下將分成二個部分來作探討：

一、持竿助跑水平速度對撐竿跳高成績影響

從許多國內、外優秀撐竿跳高選手同時也是優秀短距離選手的例子中得到印證，撐竿跳高選手的絕對速度是助跑速度的基礎。助跑速度是撐竿跳高技術中的關鍵性技術環節之一。在比賽當中，有時完全可以從選手助跑技術表現精確推斷試跳結果。李鴻江（2001）指出撐竿跳高過程中，各階段的技術存在著彼此相依的關係，如握竿點提高對選手取得優異成績十分重要，但要提高此一指標（表2-1），必須仰賴提高助跑速度為基礎。

表 2-1 百公尺成績與助跑步數對應撐竿跳高成績的關係

	撐竿跳高成績（公尺）			
	4.80 ↓ 5.00	5.10 ↓ 5.40	5.50 ↓ 5.90	5.65 ↓ 6.10
100 公尺成績	12.0	11.2	10.6	10.2
（秒）	12.5	11.5	10.8	10.4
助跑步數	14	16	18	20
（步）				
握竿高度	4.50	4.70	4.85	5.05
（公尺）	4.85	4.80	5.00	5.15
騰越高度	55-70	70-80	80-90	100-110
（公尺）				

資料來源：“青少年田徑技術訓練：撐竿跳高”。廣田哲夫，1989（李鴻江等譯，2001），人民體育出版社，頁17。

助跑速度是選手獲得動能的主要階段，不斷提高助跑速度就有可能騰越更高的高度，為了適應高握點的需求，選手就需要獲得更大的動量。助跑階段的步長大小，將影響著助跑速度。徐政（2005）指出助跑最後四步的步長，更是直接反映了助跑最後階段的步幅和節奏，從而影響了助跑速度及速度損失的狀況，進而影響起跳效果。

Angulo-Kinzler（1994）指出有效的持竿助跑是合理完成後續技術動作的基礎，持竿助跑環節的好壞決定了選手能否獲得理想速度，越過一定的高度。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。

由上述文獻得知要跳的更高，快速的持竿助跑水平速度是必備條件。通常，倒數二步步長較起跳前四步步長小，選手在助跑最後二步縮短步長，通過積極下壓和倒數起跳前二步的步長縮短，此時選手起跳腳接觸地面因制動引起的水平速度的損失變小，選手在起跳時就可能獲得更大的水平速度。如果選手助跑最後兩步步長變化不大，甚至出現”步長增大”的現象，將會影響助跑最後兩步的水平速度，同時不利於選手起跳動作。

二、持竿助跑速度利用率對成績的影響

人體所能跳躍過的高度，取決於助跑時所獲得的動能，而這能量的大小，是與人體的助跑速度息息相關。撐竿跳高助跑的方式基本上與跳遠助跑技術相似，撐竿跳高選手的助跑最高速度會受插竿起跳能力的影響，選手不能像跑100公尺那樣，無所顧忌地全力奔跑，也很難達到個人平跑的最高速度，撐竿跳高選手的助跑速度就存在對個人最高平跑速度的發揮問題，也就是我們常說的助跑速度利用率問題。

Hay (1988)認為跳遠助跑是把選手帶到起跳板；其重點在於：1、腳趾越接近起跳板前沿越好 2、在能控制的情形下水平速度越快越好 3、在起跳瞬間水平速度損失越少越好，垂直速度則越大越好。撐竿跳高的持竿助跑水平速度亦是求得最大可控制速度。

因此，助跑的方式可分有兩種。一種靜態啟動即是原地啟動助跑，然後逐漸加快速度，另一種動態啟動是先輕鬆跑幾步後在開始全力加速。前者較自然，動作易控制，後者加速早利於獲得更大的水平速度，當然對最後起跳身體相對位置的調整帶來一定的難度。所以採用哪一種方法，需要根據選手的個人

體能特點，目前動靜態兩種持竿助跑方式已被教練用於訓練上。因此持竿助跑方式的不同，對於起跳前降竿及起跳瞬間的動作表現亦深具影響。

現今中國與日本優秀撐竿跳高選手絕對速度水平與世界優秀選手存在著很大的差距，因此，提高助跑速度利用率，成為縮短我國與世界優秀撐竿跳高選手成績差距的一條重要途徑，更高的助跑速度利用率，能有效地彌補了我國選手絕對速度水平的先天不足。

Gros and Kunkel (1990)指出Bubka跳越過6.05公尺時的助跑速度為9.65公尺/秒，此助跑速度與他的平跑速度相差小於1公尺/秒。優秀世界男選手的助跑距離都在36~42公尺之間，可控制的助跑速度的提高首先依賴於平跑能力的發展，這是撐竿跳高體能訓練的首要任務，Bubka的100公尺成績10.2秒，60公尺成績為6.3秒。

由以上的文獻中發現助跑是取得優異成績的重要因素，助跑速度能否有效的運用在起跳動作上，對於找出適當的助跑距離是非常重要的。理想的撐竿跳高助跑距離，取決於選手發揮最高速度的加速距離，所以能夠找出選手最佳助跑距離與助跑方式相信對提升撐竿跳高成績更有助益。楊守博、簡榮章（1989）指出可利用30公尺與100公尺跑的成績作為助跑距離的指標（表2-2）。

表 2-2 不同速度水準的合適助跑距離

30 公尺成績 (秒)	100 公尺成績 (秒)	助跑距離 (公尺)	助跑步數 (步)
3.8	10.82~10.60	36~42	22
4.0	11.20~11.00	36~42	20
4.2	11.80~11.60	36~42	18
4.4	12.40~12.20	28~32	16
4.6	13.00~12.80	28~32	14

資料來源：“田徑”。楊守博、簡榮章，1989，北京體育學院出版社，頁 320。

黎玉棋（1994）指出撐竿跳高選手助跑速度是提高握竿高度及增大撐竿彎竿度取得撐竿跳高優異成績最終要因素。因此改進助跑技術提高速度的利用率就成為訓練的關鍵。由此得知，助跑速度利用率越高，成績水準越好。隨著助跑速度利用率的提高，對起跳能力的要求也更高，在相對於自己的絕對速度水平的前提下，選手在助跑中跑得越快，起跳的難度也越大。因為在助跑階段中，速度高峰可能在前段出現，也可能在後段出現，也可能出現一次，也可能出現數次。現代撐竿跳高助跑技術要求加速或保持速度插竿起跳，所以，更確切地說，助跑速度的高峰應在起跳或接近起跳時出現，對撐竿跳高成績的提高是最有利的。因此文中提出了“持竿助跑速度利用率”的概念，即選手起跳瞬間的人體重心水平速度與平跑中的最高水平速度（絕對速度）的比值。

在國內優秀的撐竿跳選手中，持竿助跑及起跳的速度已經

成為成績的主要因素，但選手根據自身的素質選擇不同助跑啟動方式來控制持竿助跑啟動的速度、節奏、步長，將有利於水平助跑速度向垂直起跳速度的轉換。因此，助跑速度利用率是指選手在助跑起跳過程中對自身最高速度的使用水平，通常用選手助跑中最高速度與平跑中最高速度的比值來表示。提高選手的絕對速度不是最終目的，重要的是通過一定的科學訓練手段把選手的絕對速度最大強度的轉化為助跑中的可控速度。提高助跑起跳速度利用，可使用選手的絕對速度在助跑過程中得以很好地發揮，進而有效地提高選手的速度能力為創造優秀成績奠定基礎。

第四節 結語

藉由上述文獻探討得知，影響撐竿跳高成績最重要的因素在於助跑速度、降竿插竿時機點與起跳點位置。助跑速度越快與插竿的動作銜接流暢，成績將愈好；起跳點位置更準確，起跳前的起跳時間越短其撐竿跳高成績越好。助跑速度的好壞，取決於助跑之距離，若要決定助跑距離，必須考慮到選手的最高速度與維持最高速度的能力。起跳動作乃是受到插竿時間與起跳速度的影響，起跳時間越短，起跳速度越快成績越好。因此若能保持最大助跑速度起跳及在最短起跳時間產生正確起跳位置的起跳速度相信更能提升其撐竿跳成績。

但由文獻得知起跳水平垂直速度較無法同時達到最大數值。從國外大多相關文獻探討中大部份都是從事助跑與撐竿跳高成績的相關或起跳與撐竿跳高成績之相關研究。較少有針對

靜態與動態啟動助跑速度與起跳位置這一方面相關加以分析研究。因此本研究將針對動態與靜態持竿啟動之助跑速度與起跳位置這兩者之間加以分析及探討，盼能找出配合起跳位置之最佳助跑速度，能夠對提升撐竿跳高成績有所助益。

第參章 研究方法

本研究以二度空間影片分析方法來獲得運動員靜態與動態持竿啟動助跑方式之運動學數據，探討對撐竿跳高持竿助跑速度、助跑步態和起跳點位置的影響。其研究方法分為六部分說明：一、研究對象；二、實驗日期與地點；三、實驗儀器與設備；四、實驗場地佈置；五、實驗步驟；六、資料處理與分析。

第一節 研究對象

本研究邀請12名參加101年全國大專運動會公開男子組與101年全國中等學校運動會高中男子組撐竿跳高比賽，且參賽成績在4.20公尺以上的選手為研究對象。其中六位選手採用動態啟動助跑，另外六位選手為靜態啟動助跑。但因受試者參與其他比賽及受傷等因素影響，本研究分析動態啟動助跑的選手五名；靜態啟動助跑的選手四名，其受試者基本資料，如表3-1

表 3-1 受試者基本資料

受試者	身 高 (公 尺)	體 重 (公 斤)	100 公 尺 (秒)	助 跑 距 離 (公 尺)	助 跑 步 數 (步)	試 跳 高 度 (公 尺)	最 佳 成 績 (公 尺)	助 跑 啟 動 方 式
A	1.70	63	11.97	29.00	14	3.80	4.20	動 態
B	1.76	70	11.70	27.00	12	4.30	4.60	動 態
C	1.82	73	11.17	31.00	14	4.30	4.70	動 態
D	1.70	57	11.70	30.00	14	4.30	4.78	動 態
E	1.70	60	12.10	24.50	12	4.00	4.40	動 態
F	1.76	63	11.66	31.50	16	3.80	4.30	靜 態
G	1.69	61	11.70	33.60	16	3.80	4.30	靜 態
H	1.72	62	11.70	26.00	12	4.00	4.40	靜 態
I	1.81	73	11.80	33.90	16	4.30	4.85	靜 態
平 均 數	1.74	64.67	11.72	29.61	14.00	4.07	4.50	
標 準 差	0.35	5.95	0.26	3.28	1.73	0.23	0.23	

第二節 實驗日期與地點

一、預備實驗日期與地點：

中華民國 102 年 1 月 28 日於臺中市立惠文高級中學田徑場

二、正式實驗日期與地點：

中華民國 102 年 5 月 5 日於國立臺灣體育運動大學田徑場

第三節 實驗儀器與設備

一、儀器設備：

- 1、高頻測速槍一台(LDM 300C Sport) 100HZ
- 2、SONY數位攝影機三部(SONY DCR-TRVIS 60HZ)
- 3、數位錄影帶三卷(SONY DVM60)
- 4、分段計時系統一組(Newtest powertimer 300)
- 5、筆記型電腦二台
- 6、50公尺助跑專用皮尺二卷
- 7、比例尺
- 8、水平儀
- 9、腳架四支

二、資料處理：

- 1、Windows Movie Maker 影像處理軟體
- 2、Kwon3D 動作分析系統
- 3、LAVEG3.8版 雷射距離訊號收集與處理軟體
- 4、Microsoft Excel 2007 試算分析軟體
- 5、SPSS for Windows 12版統計分析軟體

第四節 實驗場地佈置

將高頻測速槍置於助跑道上距離插竿槽45m處，測速槍鏡頭對準受試者背部且鏡頭高度與受試者背部平行，以測量助跑全程的速度。而在助跑道運動行進方向的右側，分別架設三部數位攝影機（圖3-1），三部數位攝影機位置均置於距離助跑道中線20公尺處，第一部攝影機架設在距離插竿槽30公尺處，拍攝範圍為助跑啟動及前三步的動作；第二部攝影機架設在距離插竿槽15公尺處，拍攝範圍為助跑倒數第六步、第五步與第四步動作；第三部攝影架設在距離插竿槽5公尺處，拍攝範圍為助跑倒數三步至起跳離地瞬間的動作。此外，在助跑道運動行進方向的左側架設三個分段計時器，分別距離插竿槽6公尺、11公尺以及16公尺處，以測量6-11公尺及11-16公尺助跑的平均速度。

30公尺持竿加速跑測驗場地佈置方面，首先在跑道上標示0、10、40公尺的位置，0-10公尺為選手加速區，再將分段計時器置於10公尺與40公尺處，測得10-40公尺（即30公尺測驗區的時間）。



第 1 台攝影機影像



第 2 台攝影機影像



第 3 台攝影機影像

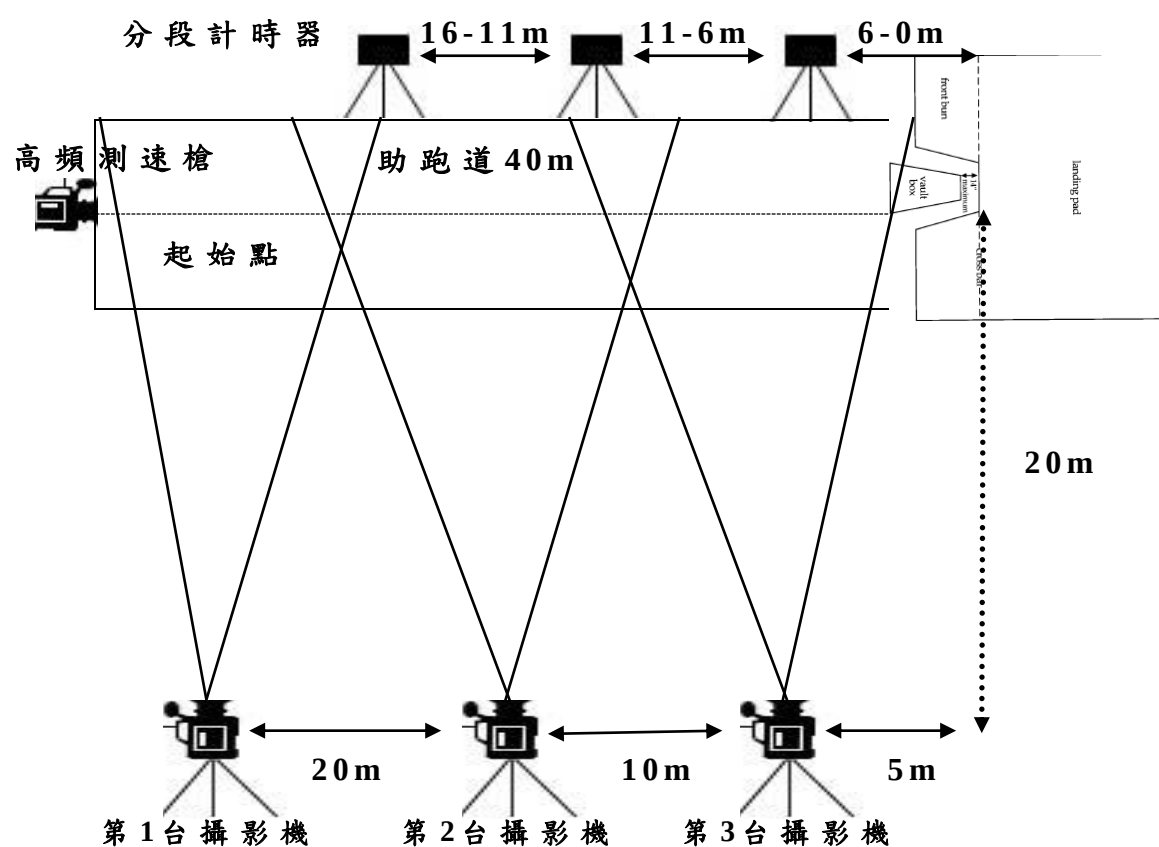


圖 3-1 實驗場地佈置圖

第五節 實驗步驟

本研究受試者進行兩項測驗，一、30公尺持竿加速跑測驗，二、以個人在2012年最佳成績的90%之高度試跳六次。

其詳細實驗步驟如下：

- 一、實驗前首先告知受試者本研究的目的是與實驗的步驟，讓受試者對本實驗的內容有充分的了解後，給予填寫實驗同意書與個人基本資料，包括姓名、身高、體重、100公尺成績、竿子尺寸、助跑距離與歷年最佳成績。未滿18歲須經監護人同意。
- 二、架設實驗儀器與設備，並依據儀器相關標準程序進行校正，以確保實驗數據之正確性。
- 三、實驗前，受試者依以往參加比賽的熱身活動方式進行熱身，熱身結束後，首先進行30公尺持竿加速跑測驗，由抽籤決定測驗的順序，在跑道上進行40公尺持竿跑，受試者前10公尺持續加速，測驗30公尺跑的時間。每位受試者測驗2次，中間休息6分鐘。
- 四、在測驗後，受試者即進行步點丈量，助跑練習與試跳，期間施測人員記錄受試者助跑起始點、第二個助跑步點、起跳點位置以及試跳的架距。
- 五、實驗開始由試跳高度最低者先進行試跳，當每位受試者均完成一次試跳後，休息15分鐘，進行第二輪試跳至全部6次試跳結束。受試者每次試跳均須完成整個撐竿跳高的過程。未完成時，如助跑到一半停下來或未完成過竿動作，則休息3分鐘再進行一次試跳。

第六節 資料處理與分析

本研究受試者六次試跳的助跑速度，由分段計時器獲得助跑最後16-6公尺、16-11公尺及11-6公尺的時間與平均速度，而高頻測速槍獲得全程助跑的速度變化曲線、最高速度及最高速度出現位置與時間。

將受試者六次試跳的影像，經由Windows Movie Maker軟體進行影像剪輯，第一台攝影機擷取腳接觸助跑起始點瞬間前五張影片到助跑第三步結束腳離地瞬間後五張片。第二台攝影機擷取助跑倒數第六步開始腳著地瞬間前五張影片到助跑倒數第四步結束腳離開地面瞬間後五張影片。第三台攝影機擷取助跑倒數第三步開始腳著地瞬間前五張影片到起跳腳離地瞬間後五張影片為分析範圍。利用Kwon 3D動作分析系統，將各運動員從三部數位攝影機所擷取的影片進行數位化處理，本研究以手動方式分別點取持竿上手與下手的位置、左腳尖與右腳尖，然後將三部攝影機所獲得的二度空間個別座標系統資料，利用系統中所提供的Butterworth 4th order Zero Lag Digital 程式將原始資料進行修勻，截斷頻率為6 HZ。最後將修勻過的資料，利用Kwon 3D動作分析系統及Microsoft Excel 2007版資料分析軟體計算各項運動學參，進行分析與討論。

本研究分析的運動參數如下：助跑開始第一步至第三步之步長與步頻、助跑最後六步之步長與步頻、助跑最後第六步之降竿角度、助跑最後16-6公尺、16-11公尺及11-6公尺的時間與平均速度、持竿平跑速度、持竿助跑最快速度與出現位置、起跳腳著地點位置、起跳點位置等數據。

最後，利用SPSS for Windows 12 版統計分析軟體以描述

統計方法計算平均數與標準差。以獨立樣本t考驗來比較靜態啟動和動態啟動助跑的各項運動學差異情形，顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。

第肆章 結果

本研究目在於探討靜態與動態啟動助跑方式對於撐竿跳高持竿助跑速度、助跑步態與起跳點位置的影響。透過測速槍、分段計時器與三部攝影機收集資料，經資料處理與分析後，將所得結果分為五個部分加以闡述：一、助跑開始第一步至第三步的步幅與步頻；二、助跑最後第六步步幅與步頻；三、助跑最後六步的降竿角度；四、持竿助跑速度；五、起跳點位置。

第一節 助跑開始第一步至第三步的步幅與步頻

表 4-1 為動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步的步幅。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑開始都是第三步步長最長，第一步最短。圖 4-1 比較兩種助跑啟動方式發現，第一步與第二步步幅達顯著差異 ($p < .05$)，都是動態啟動助跑的步幅顯著較長。

表 4-1 動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步步幅
(平均數 $\pm$ 標準差)

啟動方式	第一步 *	第二步 *	第三步
動態啟動	1.60 $\pm$ 0.46	1.75 $\pm$ 0.44	1.78 $\pm$ 0.26
靜態啟動	1.21 $\pm$ 0.57	1.45 $\pm$ 0.28	1.64 $\pm$ 0.51

單位：公尺

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

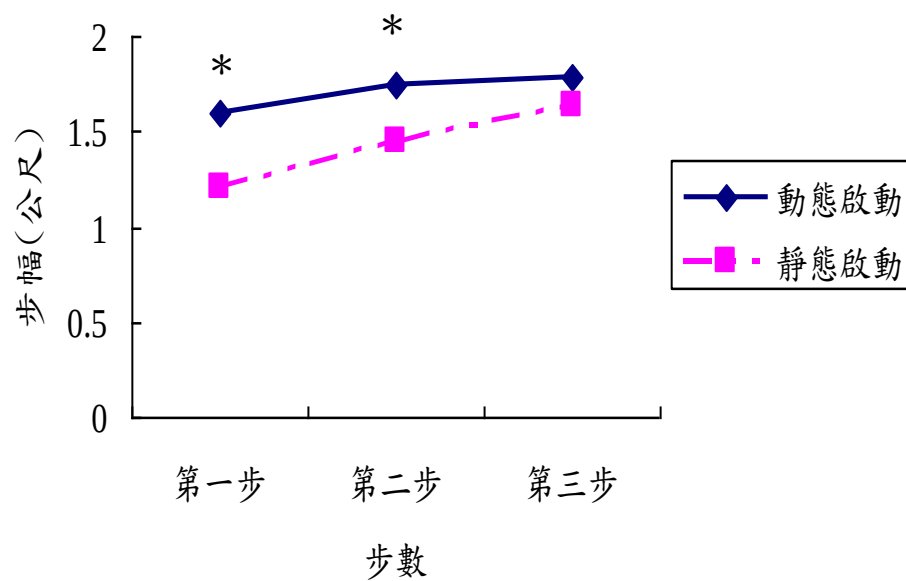


圖 4-1 動態啟動與靜態啟動助跑開始前三步步幅

* 兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

表 4-2 為動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步的步頻。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑開始都是第一步的步頻最快，開始第二步最慢。圖 4-2 比較兩種助跑啟動方式發現，助跑開始第一步的步頻達顯著差異 ($p < .05$)，以靜態啟動助跑的步頻顯著較快。

表 4-2 動態啟動與靜態啟動助跑開始第一步至第三步步頻
(平均數 $\pm$ 標準差)

啟動方式	第一步 *	第二步	第三步
動態啟動	3.76 $\pm$ 0.56	3.46 $\pm$ 0.41	3.49 $\pm$ 0.25
靜態啟動	4.15 $\pm$ 1.50	3.35 $\pm$ 0.49	3.52 $\pm$ 0.78

單位：步/秒

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

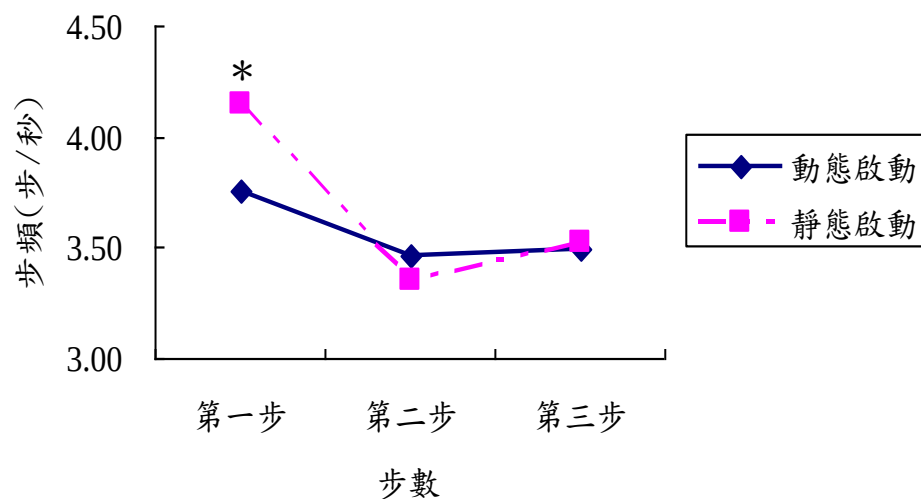


圖 4-2 動態啟動與靜態啟動助跑開始前三步步頻

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

第二節 助跑最後六步的步幅與步頻

表 4-3 為動態啟動與靜態啟動助跑最後六步的步幅。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑都是最後第一步步長最短。

圖 4-3 比較兩種助跑啟動方式發現，最後第五步與第一步步幅達顯著差異 ($p < .05$)，都是靜態啟動助跑的步幅顯著較長。

表 4-3 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步幅（平均數±標準差）

助跑最後步數	動態啟動	靜態啟動
第六步	1.85±0.03	1.83±0.08
第五步*	1.80±0.11	1.93±0.10
第四步	1.80±0.07	1.83±0.11
第三步	1.71±0.11	1.81±0.23
第二步	1.82±0.14	1.81±0.10
第一步*	1.53±0.18	1.77±0.26

單位：公尺

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

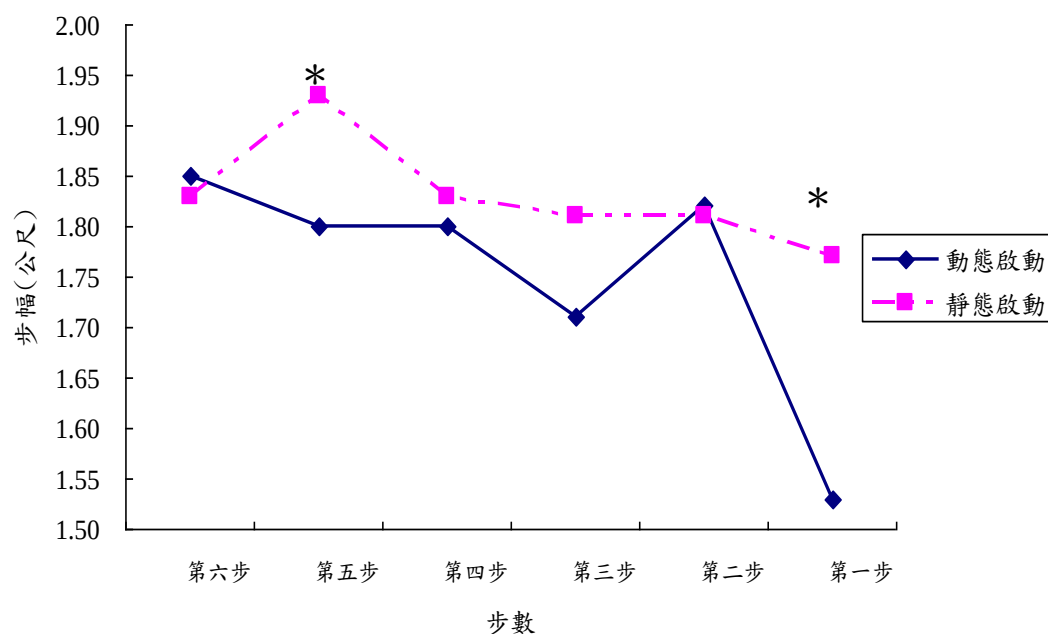


圖 4-3 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步幅

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

表 4-4 為動態啟動與靜態啟動助跑最後六步的步頻。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑都是最後第四步的步頻最快，最後第六步最慢。圖 4-4 比較兩種助跑啟動方式發現，助跑最後六步步頻皆未達顯著差異。

表 4-4 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步步頻 (平均數 $\pm$ 標準差)

助跑最後步數	動態啟動	靜態啟動
第六步	4.10 $\pm$ 0.36	3.96 $\pm$ 0.28
第五步	4.40 $\pm$ 0.34	4.65 $\pm$ 1.42
第四步	5.45 $\pm$ 1.32	5.71 $\pm$ 1.88

第 三 步	4.64 ± 0.45	4.76 ± 1.23
第 二 步	4.69 ± 0.41	4.92 ± 1.36
第 一 步	4.90 ± 0.48	4.91 ± 1.43

單 位 ： 步 / 秒

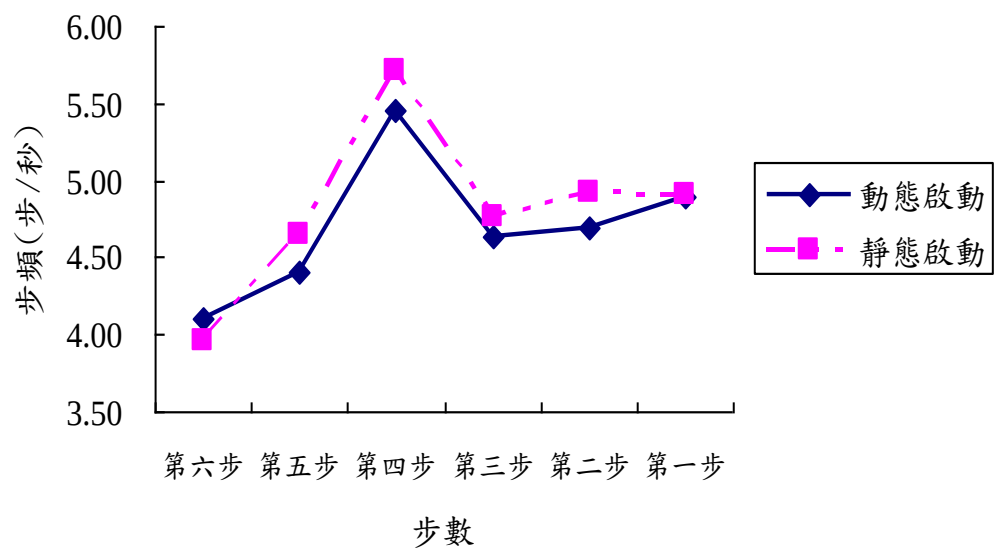


圖 4-4 動 態 啟 動 與 靜 態 啟 動 助 跑 最 後 六 步 步 頻

第三節 助跑最後六步的降竿角度

表 4-5 為動態啟動與靜態啟動助跑最後六步支撐腳著地瞬間的降竿角度。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑都是在助跑最後第三步時，持竿角度非常接近 0 度。

圖 4-5 比較兩種助跑啟動方式發現，助跑最後第六、第五、第四與第三步達到顯著差異 ($p < .05$)；都是靜態啟動降竿角度顯著較大。

表 4-5 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步降竿角度（平均數 ± 標準差）

助跑最後步數	動態啟動	靜態啟動
第六步 *	25.23 ± 5.16	30.18 ± 4.54
第五步 *	21.03 ± 4.47	24.88 ± 3.75
第四步 *	14.82 ± 4.63	19.25 ± 5.22
第三步 *	4.28 ± 3.25	7.25 ± 6.55
第二步 *	-17.15 ± 2.75	-16.97 ± 2.52
第一步 *	-31.66 ± 7.70	-34.52 ± 3.37

單位：度

註：正值代表竿子在水平面上，負值則相反。

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

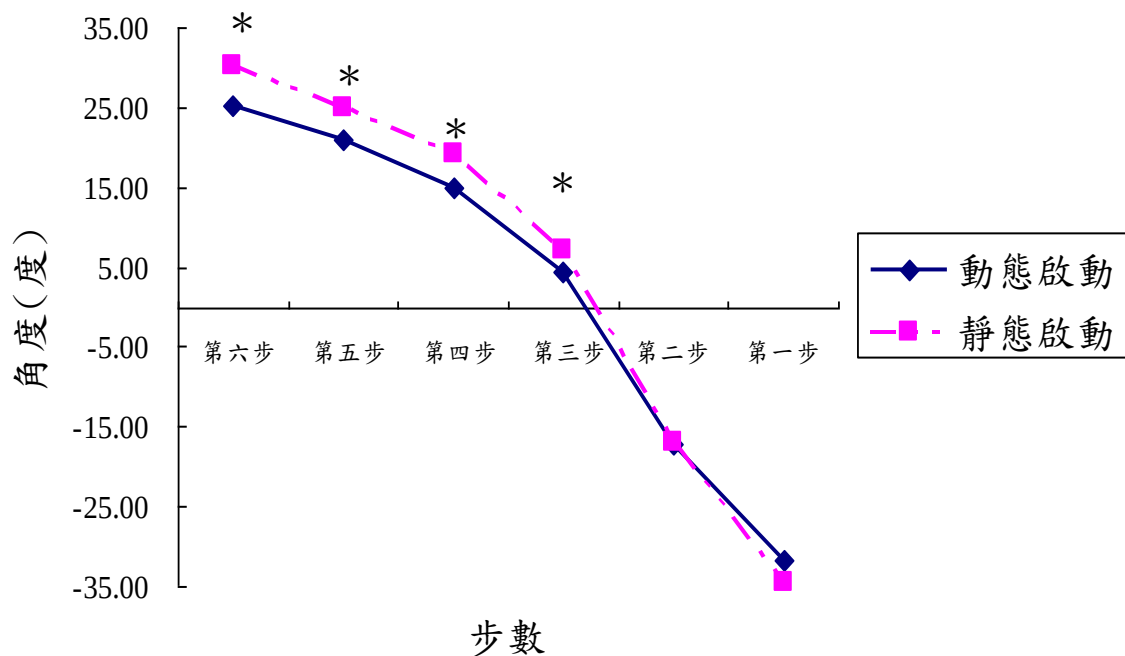


圖 4-5 動態啟動與靜態啟動助跑最後六步降竿角度

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

第四節 持竿助跑速度

表 4-6 與圖 4-6 為動態啟動與靜態啟動助跑的速度。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑在 16-11 公尺與 11-6 公尺的助跑速度都是動態啟動比靜態快，且達顯著差異 ($p < .05$)，但在持竿助跑最高速度與最高速度出現位置則都未達顯著差異。動態助跑的最高速度出現位置在插竿箱前 9.09 公尺處；而靜態助跑的最高速度則出現在插竿箱前 8.81 公尺處。顯示動態啟動比靜態啟動的水平速度較快出現。

表 4-6 動態啟動與靜態啟動助跑速度 (平均數±標準差)

啟動方式	16-11 公尺 * (公尺/秒)	11-6 公尺 * (公尺/秒)	最高速度 (公尺/秒)	最高速度 出現位置 (公尺)
動態啟動	7.63±0.31	8.45± 0.24	8.72±0.38	9.09±4.18
靜態啟動	7.20±0.28	8.26±0.35	8.60±0.48	8.81 ±2.70

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p<.05$)

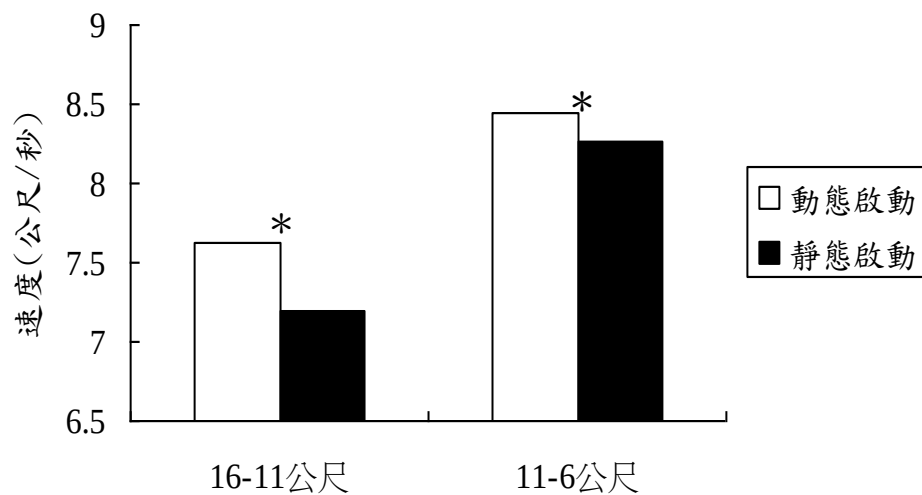


圖 4-6 動態啟動與靜態啟動助跑之 16-11 公尺與 11-6 公尺助跑速度

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p<.05$)

表 4-7 為動態啟動與靜態啟動助跑之 16-6 公尺助跑速度、平跑速度與速度利用率。由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑在 16-6 公尺助跑速度以動態啟動比靜態啟動快，且達顯著差異 ($p < .05$)，在持竿平跑速度和持竿助跑速度利用率，則都未達顯著差異。但動態啟動助跑的持竿平跑速度以及速度利用率都大於靜態啟動的趨勢，其速度利用率相差 1.88%。

表 4-7 動態啟動與靜態啟動助跑之 16-6 公尺助跑速度、平跑速度與速度利用率（平均數±標準差）

啟動方式	16-6 公尺 助跑速度 * (公尺/秒)	持竿平跑速度 (公尺/秒)	持竿助跑速度 利用率 (%)
動態啟動	8.01±0.25	8.33±0.23	96.20±1.27
靜態啟動	7.69±0.24	8.15±0.15	94.32±1.47

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異 ($p < .05$)

第五節 起跳點位置

表 4-8 為動態啟動與靜態啟動起跳腳著地點起跳點位置以及兩點之間的差距。表中數據代表其位置與插竿槽之間距離，由表中顯示，動態啟動與靜態啟動助跑起跳位置皆無顯著差異（ $p > .05$ ）。

表 4-8 動態啟動與靜態啟動起跳腳著地點與起跳點位置
（平均數±標準差）

啟動方式	起跳腳著地點	起跳點	差值
動態啟動	2.93±0.02	3.01±0.01	0.16±0.11
靜態啟動	2.91±0.05	2.97±0.04	0.20±0.13

單位：公尺

* 代表兩種助跑啟動方式達顯著差異（ $p < .05$ ）

第伍章 討論

持竿助跑是撐竿跳高選手的首要環節，其主要目的就是藉由人與竿子在助跑過程中獲得較大的速度。由於選手握竿高度及竿上懸垂擺體速度是取決於持竿助跑速度，如何提高助跑速度是撐竿跳高運動的一個核心問題。撐竿跳高助跑方式會因人而異，大多數選手會根據自己的習慣及能力來確定自己的助跑啟動方式，持竿助跑開始的啟動方式是很重要的，會影響持竿助跑正確性與穩定性進而影響成績表現，但缺乏科學印證。本研透過三部攝影機、測速槍與分段計時器取得採用動態啟動和靜態啟動助跑受試者的助跑過程，獲得開始前三步與助跑最後六步的資料，經結果說明後，本章將分為三個部份加以討論：一、助跑開始前三步與最後六步的步幅與步頻。二、助跑最後六步的降竿角度與起跳點位置。三、持竿助跑速度和速度利用率。

第一節 助跑開始前三步與最後六步的步幅與步頻

持竿助跑速度是撐竿跳高技術中的重要技術環節之一，有效的持竿助跑是完成後續動作的基礎，練習中可以從選手助跑技術環節的表現準確推斷試跳結果。助跑速度對撐竿跳高成績有相當大的影響，以在整個助跑階段，可分三個階段：一、起始階段盡量保持步幅和步頻穩定；二、途中跑階段發揮速度達到可控制的最大速度。三、起跳階段保持以獲得的助跑速度進入插竿起跳（楊守博、簡榮章，1989）。尤其在助跑開始啟動與最後步態應保持步幅不變，加快步頻，提升助跑最後節奏及

速度（張武紀、王代才，1994）。快速持竿助跑能力是撐竿跳高選手的專項體能，明顯的趨勢便是助跑距離加長與啟動方式的選擇，而讓助跑速度穩定變快。本研究結果發現動態啟動與靜態啟動在助跑開始前二步的步幅比較不穩定，主要因素是動態啟動助跑者在助跑開始踩助跑啟點之前先行滑跑，取得一定速度能量，這使得其第一步步幅較靜態啟動助跑者長。而靜態啟動助跑第一步步幅較短是由於助跑開始處於靜止狀況原地踩助跑起點所導致第一步步幅較短；因此，第一步兩者相差0.30公尺，在第二步相差0.30公尺。動態啟動方式開始前兩步步幅都顯著大於靜態啟動方式。但是兩者在第三步步幅的距離都是三步中最長，因為此時第三步的助跑速度已達一定的程度但未達顯著差異($p>.05$)。從上述結果發現動態啟動方式開始三步步幅都大於靜態啟動方式。

本研究發現助跑動態啟動與靜態啟動開始三步的步幅及步頻兩者關係，兩種助跑啟動方式在助跑開始第一步步頻都是前三步中最快，且動態啟動較靜態啟動的助跑第一步頻率顯著較慢($p<.05$)。其原因是動態啟動方式已先跑幾步，速度已獲得啟動能量。但靜態啟動是採原地加速所以步頻必需快於動態啟動方式。兩者到達第三步頻率則相當接近，動態啟動平均為3.49步/秒；靜態啟動平均為3.52步/秒，相差0.03步/秒，表示兩者跑至第三步時步頻已無差異。因此，在助跑起始階段盡量保持步長和步頻穩定在進入途中跑階段，任何助跑節奏不穩定將會影響到起跳前步點的準確性，進而影響之後的插竿起跳技術表現。

撐竿跳高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（約助跑最後六步）出現，剛好配合降竿時所

產生的拉力，轉為加速的牽引力(張武紀、王代才，1994)。Angulo-Kinzler等(1994)指出，較長的倒數第二步步長及較短的倒數第一步步長是大部份選手的特徵。本研究結果發現動態啟動與靜態啟動助跑最後六步中的最後二步的步幅與Angulo-Kinzler研究結果相同，皆是最後一步步幅較短。縮短倒數第一步的步幅，能夠提高選手的身體起跳重心。此外，從動態啟動與靜態啟動助跑最後六步的步幅中發現，兩者在助跑最後第五步與第一步步幅達顯著差異($p < .05$)。

徐政(2005)表示，持竿助跑的最後4~6步對整個助跑至起跳具有重要意義，最後兩步助跑對起跳、彎竿及選手運動成績具有決定性的影響。本研究結果在最後六步的步頻方面，動態啟動與靜態啟動都是最後第四步的步頻最快，動態平均 5.45 ± 1.32 步/秒，而靜態為 5.71 ± 1.88 步/秒；這也代表著兩者於此階段積極做降竿、插竿與起跳一系列動作，這也使得在最後六步步頻上兩者皆未達顯著差異($p > .05$)。由上述動態啟動與靜態啟動最後六步助跑步頻的變化情形，可以看到助跑步頻的穩定還有待進一步加強。這顯示國內選手助跑最後六步的助跑步頻較慢，這將不利於動能的產生。數據結果表明，動態啟動最後六步步頻的平均為 4.70 ± 0.56 步/秒，靜態啟動最後六步步頻的平均為 4.82 ± 1.27 步/秒，動態啟動步頻變化較為穩定，主要是因滑跑啟動帶給選手的速度足夠維持到最後六步，也較能表現出較快的持竿助跑速度。因此，靜態啟動在助跑頻率及插竿階段的速度上是需要再加強的。

第二節 助跑最後六步的降竿角度與起跳點位置

選手持竿助跑的過程，在助跑最後六步開始降竿動作，其竿頭沿著一定的拋物線軌跡運行（許弘恩，1997）。進入起跳階段，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）。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，直接影響助跑最後六步的步長及助跑速度，進而影響最後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助的（Young, 2002）。本研究動態啟動受試者在最後第六步的降竿角度為 25.23 ± 5.16 度，靜態啟動受試者最後第六步降竿角度為 30.18 ± 4.54 度；表示靜態受試者在此階段做降竿動作較慢。顯示在此之前動態啟動助跑已經開始執行降竿動作，在最後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。

從降竿角度變化看出，動態受試者在此階段降竿較早，從最後六步開始降竿，在最後第二步積極增加起跳前竿與地面的角度，充分利用竿子下降所產生的前翻力矩，順利完成舉竿。最後第二步為插竿階段，竿子角度呈現負值，即表示竿子從水平位置向前上方舉起。在竿子降至接近 0 度身體開始向後仰並持續至最後第一步，這是由於受試者受到竿子重量影響，使得身體離竿子重心越遠負荷越大，因無法負荷竿子下降的重量，而使得助跑過程不順暢，導致速度變慢步長變大，最後影響插竿時機與助跑步頻。

最後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。本研究受試者在最後第二步與倒數第一步的降竿角度，分別動態最後二步平均為 -17.15 ± 2.75 度與最後一步為 -31.66 ± 7.70 度。靜態最後二步平均為 -16.97 ± 2.52 度與最後一步 -34.52 ± 3.37 度。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)，這顯示國內選手在插竿時的降竿角度變化很大。主要因素是選手在最後第二步插竿動作雙手太慢舉至頭上方，在最後第一步雙手沒有再次的往上積極的舉至最高點，而使得受試者在最後第二步與第一步的插竿角度產生太大的角度變化。

在快速助跑速度中，做持竿助跑並且完成準確的插竿起跳點，是不容易的。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。本研究發現動態啟動與靜態啟動起腳著地點與起跳點位置的關係，動態與靜態共九位受試者中，有四位為正值，這表示受試者起跳腳腳尖的位置都比持竿上握竿手的手更靠近插竿箱位置。在起跳過程中起跳點太靠近插竿箱則選手沒有充分時間做正常的竿上擺腿及捲體動作。另五位為負值，這表示受試者起跳腳腳尖的位置都比持竿上握竿手的手更遠離插竿箱位置。在起跳過程中起跳點太遠離插竿箱則選手沒有足夠起跳水平速度做正常的竿上擺腿及捲體動作。起跳腳著地點準確與起跳點與地面應成一垂直線，其助跑速度越能有效利用。當起跳點太遠，會使得擺體空間過大，起跳角度過小，需花費更多的力量做擺體動作，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，則將會使得上半臂被過度拉扯，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）。本研究動態啟動起跳腳著地點與起跳點兩者雖然皆未達顯著差異。但動態啟動起跳腳著地點與起跳點差距有些許差異，動態啟動起跳腳著地點與起跳點平均為 0.07 ± 0.01 公尺，靜態啟動起跳腳著地點與起跳點平均為 0.06 ± 0.05 公尺。靜態啟動受試者F、G的起跳點位置是各受試者中誤差較小的，分別為0.02公尺與0.07公尺。與研究過去研究有共同點。許弘恩（2004）指出正確起跳點前後10公分的位置是不會影響插竿和起跳動作技術的執行。起跳過程包含了降竿與插竿動作。如果選手降竿太慢，竿子一開始的持竿高度在起跳前才匆忙的下降，會影響到插竿起跳點的精準性，而無法做出有效的起跳；因此，降竿與插竿技術會影響著其起跳點的準確位置。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幅與步頻的穩定，以及減少在插竿起跳時能量的損失，為起跳後竿上技術奠定好的基礎。

第三節 持竿助跑速度和速度利用率

本研究在探討不同助跑啟動方式對助跑速度的影響，從結果顯示，在持竿平跑速度上，動態啟動與靜態啟動兩者未達顯著差異（ $p > .05$ ）。但採用動態啟動在最後16-6公尺的持竿助跑速度表現能力，顯著快於靜態啟動（ $p < .05$ ）。過去助跑的研究都已證實助跑最後10公尺的水平速度與撐竿跳高成績有

顯著相關。本研究的結果進一步證實，動態啟動助跑對於提高助跑最後11-6公尺水平速度的優勢，Gros and Terauds (1983)研究發現世界男子選手持竿助跑速度介於9.3~9.7公尺/秒。持竿助跑最後10公尺水平速度的高低與選手在助跑階段自身平跑速度、持竿助跑速度與降竿技術發揮利用的程度有關。

本研究在比較助跑最後16-6公尺水平速度的基礎上，進一步分析了動態與靜態啟動方式，其持竿助跑速度利用率的情形發現雖然兩者在統計上未達到顯著差異，但動態助跑速度利用率比靜態啟動者高1.88%。本研究將助跑後10公尺速度的變化情況分為兩個階段進行分析，分別為助跑最後16-11公尺與11-6公尺。由結果顯示，動態啟動與靜態啟動方式在助跑最後16-6公尺兩種啟動方式都是在加速(16-11公尺慢；11-6公尺快)，在助跑後16-11公尺與11-6公尺的水平速度；皆是動態啟動助跑顯著比靜態助跑速度快 ($p < .05$)；動態16-11公尺平均為 7.63 ± 0.31 公尺/秒；11-6公尺平均為 8.45 ± 0.24 公尺/秒；而靜態16-11公尺平均為 7.20 ± 0.28 公尺/秒；11-6公尺平均為 8.26 ± 0.35 公尺/秒，再一次證實動態助跑啟動，對於提高選手助跑最後10公尺速度的優勢，主要在助跑最後11-6公尺階段即是起跳前四步降竿積極提高助跑速度至插竿起跳。再由測速槍所收集最高持竿速度與最高速度出現位置資料中發現，動態啟動與靜態啟動未達顯著差異 ($p > .05$)，動態啟動助跑最高速度為8.72公尺/秒，出現於離起跳位置前9.09公尺；靜態啟動助跑最高速度為8.60公尺/秒，出現於離起跳位置前8.81公尺。動態啟動高於靜態啟動的水平速度，這說明動態啟動在助跑的最後階段，仍是積極的加速中。Gros and Terauds(1983)研究發現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。理想的撐竿跳高助跑啟動無論是動態還是靜態技術，都要求助跑最後10公尺應積極加速，然而本研究比較動態與靜態啟動助跑中發現，使用動態技術對於青少年選手來說，更容易做到在助跑最後2至3步內保持很好的加速意識，並在積極加速狀態完成最後幾步助跑，從而提高撐竿跳高成績，而這種積極快速的加速方式也正是現代撐竿跳高助跑技術的特徵。

第陸章 結論與建議

一、結論

本研究經由測速槍、分段計時器與攝影機完整紀錄受試選手不同助跑啟動方式在持竿助跑與降竿起跳之過程，藉由助跑過程中各階段之參數經統計分析觀察發現：

- (一) 不同助跑啟動方式在助跑開始第一步與第二步步幅上，有顯著差異，動態啟動與靜態啟動都是在助跑開始第三步步幅最長，動態與靜態啟動第一步明顯最短，而步頻則兩者未達顯著差異。
- (二) 不同助跑啟動方式在最後六步的步幅，最後第五步與第一步達顯著差異，其於差異不大。最後六步步頻未達顯著差異。而最後六步降竿角度上，於助跑最後第六、第五、第四與第三步降竿有角度達顯著差異。動態啟動方式降竿角度相對在插竿起跳時獲得較大的水平速度。
- (三) 不同助跑啟動方式在起跳時起跳點位置皆未達顯著差異。
- (四) 不同助跑啟動方式在助跑最後16-11公尺速度與11-6公尺以動態啟動受試者最快；且達顯著差異。而在持竿助跑最高速與最高速出現位置未達顯著差異。

二、建議

- (一) 助跑之結構將直接影響撐竿跳高成績，過程中步幅與步頻之特性亦影響其順暢性，故未來教練係可針對選手助跑訓練計劃中，初學者先以靜態啟動方式為優先考量，待選手助跑穩定性與插竿動作銜接熟練後，再改為速度較快之動態助跑方式。訓練技術可以採用小欄架或小圓錐以身高比例調整擺放小欄架距離，加以控制調整選手步長與步頻，對助跑水平速度成績提升有幫助。
- (二) 撐竿跳高教練對於撐竿跳高初學者的訓練不應只是注重在後半段的技術能力提升，應將持竿助跑訓練與插竿起跳銜接列為訓練課程計畫中，而且可藉由短跑訓練的方式，養成速度的利用，待選手獲得助跑速度上有提升，相信對於選手往後發展長竿與重磅的竿子，對於撐竿跳高成績將會更有助益。
- (三) 影響撐竿跳成績的因素除了助跑與起跳動作外，現今國外尚有研究降竿與插竿動作，故助跑後幾步降竿與插竿動作對成績的影響亦有進一步探討的必要。

參考文獻

一、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。
- 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。
- 田敏、程昊、陸宇明（2012）。我國優秀男子撐竿跳高運動員助跑起跳速度利用率研究。《山東體育學院學報》，28(3)，73-76。
- 李鴻江（2001）。《青少年田徑技術訓練：撐竿跳高》。人民體育出版社。
- 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。
- 徐政（2005）。中國優秀女子撐竿跳高運動員最後四步助跑至起跳技術的運動學分析。《西安體育學院學報》，22(1)，98-101。
- 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（2004）。《撐竿跳高不同等級選手持竿助跑最後六步及插竿起跳之運動學分析》。臺北縣：高立圖書有限公司。
- 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。
- 楊守博、簡榮章（1989）。《田徑》。北京體育學院出版社。

黎玉棋（1994）。撐竿跳高教練訓練指南。文史哲出版社。

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。

魏巍、黃昕（2009）。中外男子撐竿跳高優秀運動員最後兩步助跑至起跳技術相關運動學參數的比較研究。四川體育科學，1，79-82。

二、外文部分

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。日本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。

Adrian, M.J., & Cooper, J. M, (1989). *Biomechanics 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.

Brüggemann, G. P., & Arampatzis, A . (1997). 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.

- 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).
- Gros, H. J., & Terauds, J. (1983). Möglichkeiten der interpretation biomechanischer kennlinien im stabhochsprung. *Lehre Der Leichtathletik*, 23, 55-58.
- Hay, J. G. (1985). The approach run in the pole vault. *Track Coach*, 106, 3376-3378.
- Hay, J. G. (1988). Approach strategies in the long jump. *International Journal of Sport Biomechanics* 4, 114-129.
- McGinnis, P. M. (1997). Mechanics of the pole vault take-off. *New Studies in Athletics*, 12 (1), 43-46.
- 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.
- Young, M. A. (2002). A technical model for pole vault success. *Track Coach*, 161, 5129-5133.

附 錄

附表 1 動態啟動助跑開始第一步至第三步步長

受 試 者	第 一 步	第 二 步	第 三 步
A	1.93	2.13	1.76
C	1.59	1.71	1.85
D	1.01	1.38	1.59
E	1.86	1.76	1.91
平 均 數	1.60	1.75	1.78
標 準 差	0.46	0.44	0.26

單 位：公 尺

附表 2 靜態啟動助跑開始第一步至第三步步長

受 試 者	第 一 步	第 二 步	第 三 步
F	1.24	1.21	1.71
G	1.20	1.44	1.56
I	1.44	1.71	1.67
平 均 數	1.30	1.45	1.64
標 準 差	0.38	0.28	0.51

單 位：公 尺

附表3 動態啟動助跑開始第一步至第三步步頻

受試者	第一步	第二步	第三步
A	3.32	3.16	3.68
C	4.26	3.50	3.47
D	4.00	3.77	3.35
E	3.47	3.38	3.48
平均數	3.76	3.46	3.49
標準差	0.56	0.41	0.25

單位：步/秒

附表4 靜態啟動助跑開始第一步至第三步步頻

受試者	第一步	第二步	第三步
F	4.33	3.97	3.52
G	4.74	3.16	3.38
I	3.38	2.91	3.67
平均數	4.15	3.35	3.52
標準差	1.50	0.49	0.78

單位：步/秒

附表5 動態啟動助跑最後六步步長

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	1.81	1.66	1.68	1.69	1.79	1.37
B	1.86	1.73	1.79	1.64	1.78	1.73
C	1.88	1.94	1.84	1.74	2.06	1.68
D	1.84	1.84	1.87	1.60	1.68	1.33
E	1.85	1.82	1.81	1.88	1.79	1.55
平均數	1.85	1.80	1.80	1.71	1.82	1.53
標準差	0.03	0.11	0.07	0.11	0.14	0.18

單位：公尺

附表6 靜態啟動助跑最後六步步長

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
E	1.85	1.82	1.92	1.90	1.85	1.87
F	1.80	1.87	1.77	1.57	1.77	1.48
G	1.75	2.02	1.71	1.68	1.70	1.64
H	1.93	2.01	1.93	2.08	1.93	2.07
平均數	1.83	1.93	1.83	1.81	1.81	1.77
標準差	0.08	0.10	0.11	0.23	0.10	0.26

單位：公尺

附表 7 動態啟動助跑最後六步步頻

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	4.25	4.58	5.98	4.86	4.62	5.15
B	4.01	4.48	5.82	4.71	4.71	4.69
C	4.03	4.20	5.21	4.41	4.53	4.53
D	4.05	4.26	5.12	4.75	4.87	5.34
E	4.14	4.46	5.13	4.49	4.71	4.78
平均數	4.10	4.40	5.45	4.64	4.69	4.90
標準差	0.36	0.34	1.32	0.45	0.41	0.48

單位：步/秒

附表 8 靜態啟動助跑最後六步步頻

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
F	4.01	4.06	4.07	4.24	4.06	3.93
G	4.19	4.32	5.50	4.82	4.58	5.01
H	3.92	3.83	5.26	4.46	4.62	4.75
I	3.74	3.81	5.47	3.75	4.30	4.00
平均數	3.96	4.65	5.71	4.76	4.92	4.91
標準差	0.28	1.42	1.88	1.23	1.36	1.43

單位：步/秒

附表 9 動態啟動助跑最後六步降竿角度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
A	25.41	21.22	14.45	5.53	-16.90	-26.77
B	24.34	20.42	15.16	0.74	-17.00	-32.45
C	26.77	22.59	16.63	5.95	-17.29	-36.81
D	22.61	18.93	13.41	3.30	-19.14	-30.69
E	27.03	21.99	14.45	5.87	-15.42	-31.60
平均數	25.23	21.03	14.82	4.28	-17.15	-31.66
標準差	5.16	4.47	1.06	4.63	2.75	7.70

註：正值代表竿子在水平面上，負值則相反。單位：度

附表 10 靜態啟動助跑最後六步降竿角度

受試者	第六步	第五步	第四步	第三步	第二步	第一步
F	30.25	25.23	20.06	14.52	-14.93	-34.87
G	30.46	24.81	18.09	1.17	-18.13	-34.16
H	31.32	24.74	20.69	5.29	-16.50	-35.80
I	28.67	24.73	18.17	8.01	-18.32	-33.26
平均數	30.18	24.88	19.25	7.25	-16.97	-34.52
標準差	4.54	3.75	5.22	6.55	2.52	3.37

註：正值代表竿子在水平面上，負值則相反。單位：度

附表 11 動態啟動助跑速度(平均數±標準差)

受試者	16-11 公尺	11-6 公尺	16-6 公尺
A	7.80±0.06	8.30 ±0.06	7.37 ± 0.07
B	7.72±0.08	8.21 ±0.06	7.29 ± 0.07
C	8.04±0.17	8.58 ±0.17	7.56 ± 0.10
D	8.32±0.17	8.64 ±0.32	8.04 ± 0.15
E	8.18±0.12	8.51 ±0.09	7.88 ± 0.12
平均數	7.63	8.45	8.01
標準差	0.31	0.24	0.24

單位：公尺/秒

附表 12 靜態啟動助跑速度(平均數±標準差)

受試者	16-11 公尺	11-6 公尺	16-6 公尺
F	7.70±0.10	8.06 ±0.08	7.37 ±0.12
G	7.94±0.16	8.61 ±0.15	7.37 ±0.09
H	7.36±0.30	7.95 ±0.06	6.85 ±0.04
I	7.75±0.20	8.42 ±0.39	7.20 ±0.31
平均數	7.20	8.26	7.69
標準差	0.28	0.35	0.23

單位：公尺/秒

附表 13 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-11 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	0.60	0.60	0.60	0.61	0.61	0.60
B	0.61	0.61	0.60	0.61	0.61	0.61
C	0.60	0.58	0.58	0.56	0.58	0.59
D	0.56	0.61	0.60	0.57	0.58	0.55
E	0.60	0.59	0.60	0.58	0.59	0.58
平均數	0.59	0.60	0.60	0.59	0.59	0.59
標準差	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02

單位：秒

附表 14 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-11 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	0.63	0.63	0.62	0.62	0.61	0.61
G	0.58	0.58	0.57	0.58	0.60	0.57
H	0.64	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
I	0.59	0.58	0.60	0.57	0.66	0.58
平均數	0.61	0.60	0.60	0.60	0.63	0.60
標準差	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03

單位：秒

附表 15 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-11 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	8.35	8.28	8.36	8.20	8.24	8.36
B	8.24	8.25	8.29	8.14	8.18	8.14
C	8.28	8.56	8.59	8.87	8.62	8.55
D	8.94	8.22	8.28	8.76	8.56	9.09
E	8.40	8.55	8.40	8.58	8.46	8.65
平均數	8.44	8.37	8.39	8.51	8.41	8.56
標準差	0.26	0.15	0.11	0.29	0.17	0.32

單位：公尺/秒

附表 16 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-11 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	8.00	7.94	8.06	8.06	8.16	8.16
G	8.59	8.65	8.74	8.68	8.29	8.71
H	7.82	7.97	8.00	7.94	7.96	8.00
I	8.46	8.67	8.39	8.74	7.60	8.68
平均數	8.22	8.31	8.30	8.36	8.00	8.39
標準差	0.32	0.35	0.30	0.36	0.26	0.31

單位：公尺/秒

附表 17 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 11-6 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	0.67	0.67	0.68	0.69	0.68	0.68
B	0.69	0.68	0.68	0.70	0.69	0.69
C	0.67	0.65	0.66	0.68	0.65	0.66
D	0.64	0.60	0.62	0.62	0.63	0.63
E	0.64	0.63	0.65	0.63	0.64	0.62
平均數	0.66	0.65	0.66	0.66	0.66	0.66
標準差	0.02	0.03	0.02	0.04	0.03	0.03

單位：秒

附表 18 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 11-6 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	0.69	0.70	0.68	0.67	0.68	0.66
G	0.68	0.68	0.67	0.69	0.69	0.66
H	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.74
I	0.69	0.70	0.68	0.73	0.64	0.73
平均數	0.70	0.70	0.69	0.70	0.68	0.70
標準差	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04

單位：秒

附表 19 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 11-6 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	7.43	7.44	7.39	7.24	7.31	7.40
B	7.27	7.36	7.41	7.19	7.26	7.27
C	7.47	7.68	7.53	7.41	7.70	7.56
D	7.85	8.28	8.12	8.09	8.00	7.89
E	7.80	7.89	7.68	8.00	7.84	8.04
平均數	7.56	7.73	7.62	7.59	7.62	7.63
標準差	0.22	0.33	0.27	0.38	0.29	0.29

單位：公尺/秒

附表 20 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 11-6 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	7.28	7.18	7.36	7.46	7.37	7.55
G	7.36	7.36	7.44	7.28	7.27	7.53
H	6.84	6.89	6.85	6.84	6.88	6.78
I	7.23	7.14	7.32	6.88	7.78	6.83
平均數	7.18	7.14	7.24	7.11	7.32	7.17
標準差	0.20	0.17	0.23	0.26	0.32	0.37

單位：公尺/秒

附表 21 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-6 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	1.27	1.28	1.28	1.30	1.29	1.27
B	1.30	1.29	1.28	1.31	1.30	1.30
C	1.27	1.24	1.25	1.24	1.23	1.25
D	1.20	1.21	1.22	1.19	1.21	1.18
E	1.24	1.22	1.25	1.21	1.23	1.20
平均數	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.24
標準差	0.04	0.03	0.02	0.05	0.04	0.05

單位：秒

附表 22 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-6 公尺時間

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	1.31	1.33	1.30	1.29	1.29	1.28
G	1.26	1.26	1.24	1.26	1.29	1.24
H	1.37	1.35	1.36	1.36	1.36	1.36
I	1.28	1.28	1.28	1.30	1.30	1.31
平均數	1.31	1.30	1.29	1.30	1.31	1.30
標準差	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03	0.05

單位：秒

附表 23 動態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-6 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
A	7.86	7.84	7.84	7.69	7.75	7.85
B	7.72	7.78	7.82	7.64	7.69	7.68
C	7.86	8.10	8.03	8.07	8.14	8.03
D	8.36	8.25	8.20	8.41	8.27	8.45
E	8.09	8.20	8.03	8.28	8.14	8.33
平均數	7.98	8.03	7.98	8.02	8.00	8.07
標準差	0.25	0.21	0.15	0.35	0.26	0.32

單位：公尺 / 秒

附表 24 靜態啟動助跑受試者六次試跳最後 16-6 公尺速度

受試者	第一次	第二次	第三次	第四次	第五次	第六次
F	7.62	7.54	7.70	7.75	7.75	7.84
G	7.93	7.96	8.04	7.92	7.75	8.08
H	7.30	7.39	7.38	7.35	7.38	7.34
I	7.79	7.83	7.82	7.70	7.69	7.65
平均數	7.66	7.68	7.73	7.68	7.64	7.73
標準差	0.27	0.26	0.27	0.24	0.18	0.31

單位：公尺 / 秒

附表 25 動態啟動助跑最高速度與持竿平跑速度利用率

受試者	16-6 公尺速度 (公尺/秒)	持竿平跑速度 (公尺/秒)	持竿助跑速度 利用率(%)
A	7.80	8.25	94.61
B	7.72	8.08	95.64
C	8.04	8.28	97.09
D	8.32	8.69	95.79
E	8.18	8.36	97.84
平均數	8.01	8.33	96.20
標準差	0.25	0.23	1.27

附表 26 靜態態啟動助跑最高速度與持竿平跑速度利用率

受試者	16-6 公尺速度 (公尺/秒)	持竿平跑速度 (公尺/秒)	持竿助跑速度 利用率(%)
F	7.70	8.09	95.20
G	7.94	8.34	95.20
H	7.36	7.99	92.13
I	7.75	8.18	94.73
平均數	7.69	8.15	94.32
標準差	0.24	0.15	1.47

附表 27 動態啟動助跑最高速度與出現位置

受試者	最高速度 (公尺/秒)	最高速度出現位置(公尺)
A	8.43	7.96
B	8.63	8.29
C	8.70	5.55
D	9.43	12.22
E	8.81	11.58
平均數	8.80	9.12
標準差	0.38	2.76

附表 28 靜態啟動助跑最高速度與出現位置

受試者	最高速度 (公尺/秒)	最高速度出現位置(公尺)
F	8.96	9.41
G	8.44	6.37
H	8.30	9.79
I	8.57	9.99
平均數	8.57	8.72
標準差	0.28	1.66

表 29 動態啟動助跑受試者六次試跳起跳腳著地點位置

試跳	受試者				
	A	B	C	D	E
第一次	3.07	3.02	3.10	2.91	2.89
第二次	3.11	3.18	2.94	2.77	2.77
第三次	3.35	2.98	2.76	2.53	2.72
第四次	3.15	2.93	2.97	2.84	2.79
第五次	2.93	2.89	2.99	2.87	2.64
第六次	3.11	3.16	3.05	2.72	2.85
平均數	3.12	3.03	2.97	2.77	2.78
標準差	0.14	0.12	0.12	0.14	0.09

單位：公尺

表 30 靜態啟動助跑受試者六次試跳起跳腳著地點位置

試跳	受試者			
	F	G	H	I
第一次	2.65	2.98	2.66	3.07
第二次	2.66	2.97	2.92	3.11
第三次	2.63	2.98	2.86	3.35
第四次	2.67	3.01	2.84	3.15
第五次	2.75	3.00	2.81	2.93
第六次	2.79	3.03	2.98	3.11
平均數	2.69	2.99	2.85	3.12
標準差	0.07	0.02	0.11	0.14

單位：公尺

表 31 動態啟動助跑受試者六次試跳起跳點位置

試 跳	受 試 者				
	A	B	C	D	E
第 一 次	3.08	3.10	2.89	3.04	3.08
第 二 次	3.06	2.99	3.04	2.95	3.06
第 三 次	3.05	3.02	2.91	2.96	3.12
第 四 次	3.14	3.03	2.95	2.95	2.95
第 五 次	3.09	3.04	2.87	2.94	3.04
第 六 次	3.06	2.99	2.91	2.91	2.98
平 均 數	3.08	3.03	2.93	2.96	3.04
標 準 差	0.03	0.04	0.06	0.04	0.06

單位：公尺

表 32 靜態啟動助跑受試者六次試跳起跳點位置

試 跳	受 試 者			
	F	G	H	I
第 一 次	2.97	3.08	3.01	2.91
第 二 次	2.96	2.89	3.01	2.81
第 三 次	2.98	3.07	3.04	2.89
第 四 次	2.99	2.97	3.00	2.80
第 五 次	2.98	3.05	3.03	3.01
第 六 次	2.94	3.07	3.02	2.83
平 均 數	2.97	3.02	3.02	2.87
標 準 差	0.02	0.08	0.01	0.08

單位：公尺

表 33 動態啟動助跑六次試跳起跳腳著地點與起跳點位置差值

試 跳	受 試 者				
	A	B	C	D	E
第 一 次	0.01	0.08	(-0.21)	0.13	0.18
第 二 次	(-0.05)	(-0.19)	0.11	0.18	0.29
第 三 次	(-0.30)	0.04	0.15	0.43	0.40
第 四 次	0.00	0.10	(-0.02)	0.11	0.17
第 五 次	0.16	0.15	(-0.13)	0.07	0.40
第 六 次	(-0.05)	(-0.17)	(-0.15)	0.19	0.13
平 均 數	0.10	0.12	0.13	0.19	0.26
標 準 差	0.11	0.13	0.06	0.12	0.11

單位：公尺。

註：(負值)代表起跳腳著地點比起跳點位置更遠離插竿箱。

表 34 靜態啟動助跑六次試跳起跳腳著地點與起跳點位置差值

試 跳	受 試 者			
	F	G	H	I
第 一 次	0.32	0.10	0.35	(-0.16)
第 二 次	0.31	(-0.08)	0.09	(-0.30)
第 三 次	0.35	0.09	0.18	(-0.46)
第 四 次	0.32	(-0.04)	0.16	(-0.34)
第 五 次	0.23	0.04	0.22	0.08
第 六 次	0.15	0.05	0.04	(-0.29)
平 均 數	0.28	0.07	0.17	0.27
標 準 差	0.07	0.02	0.10	0.12

單位：公尺。

註：(負值)代表起跳腳著地點比起跳點位置更遠離插竿箱。