

## 三種踏板踩踏高度對蹲踞式起跑之影響

### The effects of three different heights of block tread on running performance during crouch starting

<sup>1,2</sup>游立椿 Li-Chun Yu \* <sup>1</sup>蔡虔祿 Chien-Lu Tsai

<sup>1</sup>國立臺灣師範大學體育學系 Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

<sup>2</sup>國立虎尾科技大學體育室 Office of Physical Education, National Formosa University

投稿日期：2018 年 4 月；通過日期：2018 年 6 月

#### 摘要

**緒論：**本研究主要目的為瞭解三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑對起跑動作技術之影響。**方法：**以高速攝影機 (120Hz) 拍攝 6 位高中短距離選手從鳴槍出發至第一步著地的影像，並使用 Kwon3D 影像動作軟體進行分析，所得運動學參數以無母數統計弗里曼二因子等級變異數分析檢定三種踏板踩踏高度，分別為 1.貼齊踏板下緣 (H0)；2.離踏板下緣 5 公分高(H5)；3.離踏板下緣 10 公分高(H10)，對選手蹲踞式起跑技術上的差異，如有達顯著水準，則進行事後比較，顯著水準訂為  $\alpha=.05$ 。**結果：**前腳蹬離踏板時間 H0 ( $0.99\pm 0.07s$ ) 比 H5 ( $1.01\pm 0.07s$ ) 與 H10 ( $1.07\pm 0.05s$ ) 快，鳴槍至第一步著地重心位移 H0 ( $0.91\pm 0.07m$ ) 比 H10 ( $0.86\pm 0.07m$ ) 及 H5 ( $0.87\pm 0.07m$ ) 長，第一步步幅 H10 ( $1.43\pm 0.07m$ ) 比 H0 ( $1.38\pm 0.08m$ ) 及 H5 ( $1.40\pm 0.06m$ ) 長。**結論：**選手使用不離地的踏板高度 H0 可以減短第一步離板時間，然而本研究發現 H10 踏板高度雖然會增長前腳對踏板的推蹬時間，但也可以進而提升第一步步幅。因此建議選手可調整出最適合自己的起跑架踏板踩踏高度，加強前腳推蹬踏板能力，讓前腳能達到發揮最大力量並強化身體重心水平位移的能力。

**關鍵詞：**生物力學、田徑、短距離、起跑架

#### 壹、緒論

田徑，運動之母。短距離項目速度快且爆發力強，是所有田徑迷注目的焦點項目之一，去年結束的 2017 世界田徑錦標賽，短跑之王 Usain Bolt 僅獲得百公尺銅牌，賽後他向媒體道出了這段話：「My start is killing me. Normally it gets better during the rounds but it didn't come together. And that is what killed me. I felt it was there.」田徑短距離競賽項目，田徑規則明文規定，選手必須使用大會所提供之起跑架進行蹲踞式起跑，為什麼要使用起跑架呢？許樹淵(1992)研究指出，短距離跑的起跑是跑者對起跑架的有利水平推蹬所產生的反作用力，推動身體向前。短暫的反應時間和巨大的推進力，為快速起跑的必要條件。在各就位階段，常見的起跑架前後踏板距離模式，大致分成短式、中式及長式三種，各具其優缺點，Harland & Steele (1997) 研究指出，短式起跑反應時間最快，瞬間爆發力最大，但預備階段身體穩定性較不足；長式起跑由於推蹬踏

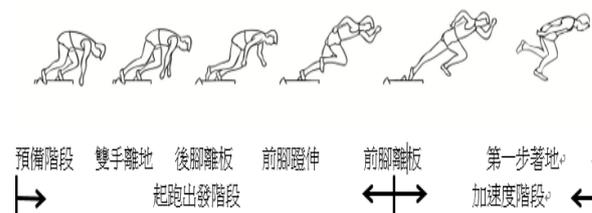
板時間較長，產生的推蹬衝量最大、水平速度、身體放鬆也最佳，但身體重心位置離起跑線較遠，中式起跑身體平衡能力最佳，其它相關參數則介於兩種模式之間。而當選手調整出最適合自己身體肢段長度的起跑踏板距離後，當發令員聞預備口令時，選手將臀部提高至適當高度，身體重心保持穩定，讓前後腳膝關節能達到最佳發力角度，發揮起跑最大效益，Aerenhouts et al., (2012) 研究指出，起跑預備動作是會影響起跑出發階段動作的銜接轉換。劉宇、陳重佑、莊榮仁、黃長福 (1998) 研究指出，起跑預備階段著重於下肢髖、膝、踝、軀幹角度，當臀部提起到出發預備位置，選手必須能穩定身體重心使前後腳膝關節形成有利出發的角度。許樹淵(1992); Mero(1988)研究指出，起跑預備階段其前腳膝關節角度約保持在 90-100 度，後腳膝關節約保持在 110-130 度為最佳預備角度，而就關節角度和肌力的關係，Čoh, Jošt, Škof, Tomažin,

& Dolenc(1998); Harland & Steele(1997); Mero(1988); Mero & Komi (1990)和許樹淵(1992)研究都認為前、後腳之膝關節角度分別為稍大 90 度與 112-136 度，膝關節彎曲較多，能產生較大推蹬力量。當發令員鳴槍後，選手應立即反應進入起跑出發階段，身體必須快速反應對起跑架踏板推蹬產生最大作用力，幫助靜止的身體快速蹬離起跑架。而使起跑能產生最大效益而起跑速度往往歸類在前後腳蹬離起跑架瞬間身體的重心速度，Mero & Komi(1990)研究指出，短距離選手其前後腳蹬離踏板重心速度分別為  $3.42\pm 0.38\text{m/s}$  及  $3.50\pm 0.22\text{m/s}$ ，後腳蹬離踏板速度比前腳快。Mero(1988)相關研究也指出，優秀選手起跑蹬離起跑架瞬間身體重心速度為  $3.46\pm 0.23\text{ m/s}$ 。所以，選手必須延續預備階段的動作模式，並加強前、後腳推蹬踏板的能力，推動身體向前，產生更大的起跑速度，是起跑動作技術的關鍵。當前腳蹬離起跑踏板後，即進入起跑後加速度階段，而身體重心速度的好壞，間接影響起跑出發後第一步的步幅。Hunter, Marshall, and McNair (2004a) (2004b) 認為身體重心水平速度是會影響起跑出發後步幅的變化。但若重心速度偏慢，有可能是選手起跑出發後，身體重心位移方向的問題，姬榮軍、簡岑如(2001)研究指出，起跑動作應盡可能減少重心垂直方向的運動，且增加重心水平向前的移動，以確保分配多一點能量於水平方向上。從上述相關研究可得知起跑動作從預備到鳴槍出發，起跑架踏板間距離模式與前、後腳膝關節角度均是影響起跑出發速度的重要因素，而前、後腳推蹬踏板的技術能力往往是影響起跑出發速度的關鍵所在，許樹淵(1992)研究指出，後腳推蹬踏板的時間較短，約為前腳的一半，為增強起跑出發速度，前腳推蹬踏板的時間應比後腳長，以利產生較佳的水平速度。所以，本研究若不改變選手平時訓練比賽使用之起跑架模式，試以改變選手後腳踏板踩踏高度，是否會影響且改變起跑出發階段選手前、後腳推蹬踏板的動作技術能力，藉此了解上述起跑出發階段各運動學參數的變化，值得我們進一步探討。

## 二、研究目的

本研究的主要目的是探討三種踏板踩踏高度對蹲踞式起跑之影響，其變數包含起跑前後腳蹬離踏板以及第一步著地時間、預備期膝關節角度、前後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度、前後腳蹬離起跑架踏板瞬間重心速度、預備至前腳蹬離踏板瞬間(起跑完成重心位移)、第一步著地重心位移以及第一步步幅運動學參數

之差異，藉此瞭解三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑對選手起跑動作技術之影響，圖一為蹲踞式起跑出發階段與加速度階段示意圖。



圖一、蹲踞式起跑出發階段與加速度階段示意圖

## 貳、方法

### 一、研究對象

本研究以高中田徑男性短距離選手 6 位為研究對象，年齡  $17\pm 0.69$  歲，身高  $1.75\pm 0.05$  公尺，體重  $64.83\pm 5.24$  公斤，參與訓練年齡  $7\pm 0.53$  年，百公尺最佳成績  $11.36\pm 0.45$  秒，慣用的起跑方式分為 2 種：1. 採左腳踏板在前，右腳踏板在後有 4 位；2. 採右腳踏板在前，左腳踏板在後有 2 位，實驗開始前，先向 6 位受試者講解實驗流程與方法目的並簽署受試者同意書，並預先測量各選手前、後踏板間距，間距為  $19\pm 4$  公分，所有選手起跑模式較偏向短式起跑法。所有參與實驗者均參加過全國中等學校運動會，實力有一定的水準在，且半年內無任何運動傷害，確保健康無虞。本實驗不介入選手起跑模式的改變，實驗中的起跑模式是採取選手個人平時訓練中最習慣的方式進行，前、後踏板間距與踏板角度均與平時訓練一致，進而探討三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑對選手起跑出發影響。

### 二、實驗場地及設備

實驗硬體設備使用 JVC GC-PX100 高性能類單眼數位相機(JVC., Japan)中的高速攝影功能(以下簡稱攝影機)，進行 2D 拍攝，影像擷取頻率(frame rate)120Hz，攝影機快門速度(shutter speed)規格 1/480 秒，畫面解析度為 680\*360dpi，此攝影機架設在垂直於受試者左側矢狀面距離 9.12 公尺的位置，攝影機鏡頭高度距地面 1.2 公尺，同時確認攝影機鏡頭與拍攝受試者實驗畫面呈現水平，另架設一組起跑發令系統並連接 LED 燈泡一顆，按壓 ON 鍵時，燈泡亮蜂鳴器響，以確保蜂鳴器響聲時與攝影機、選手動作三者時間點同步，實驗設備架設完畢後，於實驗前先行拍攝比例尺(1m<sup>2</sup>木板)，以利後續影片分析，實驗起跑架使用 NISHI 長踏板起跑架(NISHI., Japan)，如圖二。



圖二、NISHI 長踏板起跑架(日本製)

### 三、實驗方法與步驟

三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑定義如下，前腳採同樣模式為前腳掌釘鞋腳尖與踏板下緣貼齊，後腳釘鞋腳尖依序 1.貼齊踏板下緣(H0)；2.離踏板下緣 5 公分高(H5)；3.離踏板下緣 10 公分高(H10)，如圖三，三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑模式。在平時起跑訓練時，就已介入三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑模式，選手無適應上之問題。實驗開始前，先向 6 位受試者講解實驗流程與方法目的並簽署受試者同意書，同意後，受試者依平時訓練方式進行熱身活動，並在正式實驗前，先預先使用三種踏板踩踏高度進行起跑熱身，確認熱身完畢後，再進行正式實驗。正式實驗開始時，受試者依平衡次序法分別進行三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑，發令員依序起跑口令，各就位(受試者依慣用比賽儀式節奏進行實驗，此時攝影機打開、預備(臀部提起至最佳位置)、鳴笛出發(按壓 ON 鍵，亮燈蜂鳴器響)，受試者以最大努力進行三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑各 1 次，每次衝刺 10 公尺，次與次間隔休息時間不可低於 10 分鐘，採靜態式休息，確保體能恢復，再進行下一次實驗，以提升實驗品質。攝影機拍攝畫面範圍包括：起跑出發階段以及起跑後加速度階段，鳴笛出發至前腳蹬離踏板瞬間為起跑出發階段，前腳蹬離踏板瞬間到第一步著地動作為起跑後加速度階段。



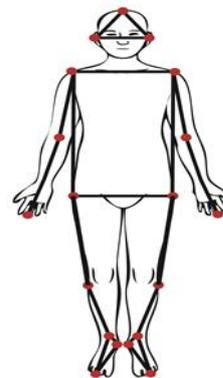
圖三、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑模式

### 四、資料分析與處理

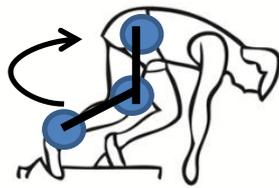
影片拍攝完畢後，先將影片輸入電腦轉檔成 avi 檔案，並使用 Kwon3D 3.01 版影像分析軟體(Visol Inc., Korea)，分析各受試者影像資料，其假設此起跑實驗人體動作為上下左右對稱均勻之鋼體，直接利用軟體內建之人體肢段參數，同時設定比例版資料，定義 21 關節點、14 肢段以及膝關節角度參數資料，並建立 14 個肢段的人體模型，分析三種踏板踩踏高度對蹲踞式起跑各項運動學參數資料。21 關節點位置包含：頭頂、左右耳、左右肩(肩峰突)、肘(鷹嘴突)、腕(尺骨莖突)、中指指尖、髌(大轉子)、膝(腓骨頭突)、踝、腳跟、腳尖處，而關節點至點連接成一肢段，14 肢段定義為：頭(頭頂至左右耳)、軀幹(肩關節至髌關節)、上臂(肩關節至肘關節)、前臂(肘關節至腕關節)、手掌(腕關節至中指指尖)、大腿(髌關節至膝關節)、小腿(膝關節至踝關節)以及腳掌(踝關節至腳跟、腳尖)，如圖四，21 關節點、14 肢段人體模型示意圖。至於關節角度定義是由 3 點 2 肢段所成的夾角，本研究只針對膝關節分析，其膝關節是由大腿(髌關節至膝關節)與小腿(膝關節至踝關節)所成的夾角，如圖五，膝關節角度示意圖。統計使用 SPSS 23.0 軟體，以無母數統計弗里曼二因子等級變異數分析檢定三種踏板踩踏高度對選手蹲踞式起跑技術上的差異，如有達顯著水準，則進行事後比較，事後比較採等級平均數法，顯著水準設為  $\alpha=.05$ ，事後比較公式如下：

$$|R_u - R_v| \geq Z \times [K \times (K-1) / 6N]^{1/2}$$

$R_u$ 、 $R_v$ ：組的等級平均數； $N$ ：樣本數； $K$ ：處理組數  
 $Z$  的計算： $P(\text{概率}) = 0.5 - \alpha / [K \times (K-1)]$ ； $\alpha$ ：顯著水準 .05



圖四、21 關節點、14 肢段人體模型示意圖



圖五、膝關節角度示意圖

## 參、結果

表一、三種踏板踩踏高度鳴笛至前後腳蹬離踏板時間與第一步著地時間

	H0 (N=6)	H5 (N=6)	H10 (N=6)	$\chi^2$	P
前腳蹬離踏板時間(s)	0.99±0.07 <sup>bc</sup>	1.01±0.07 <sup>a</sup>	1.07±0.05 <sup>a</sup>	6.3	*
後腳蹬離踏板時間(s)	0.64±0.05	0.66±0.06	0.64±0.09	1.3	
第一步著地時間(s)	1.17±0.08	1.18±0.09	1.17±0.11	2.273	

\* $P < .05$ 註：<sup>a</sup>表示與 H0 達顯著差異；<sup>b</sup>表示與 H5 達顯著差異；<sup>c</sup>表示與 H10 達顯著差異。

三種踏板踩踏高度鳴笛至前後腳蹬離踏板時間與第一步著地時間，如表一。

由表一得知，前腳蹬離踏板時間三種踏板踩踏高度之間有達顯著差異，H0 前腳蹬離踏板時間比 H5 與 H10 的時間短。後腳蹬離踏板時間與第一步著地時間，三種踏板踩踏高度間未達顯著差異。

表二、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑預備階段與前、後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度

	H0 (N=6)	H5 (N=6)	H10 (N=6)	$\chi^2$	P
預備階段前腳膝關節(deg)	101.29±8.85	104.62±13.22	105.05±11.74	3.00	
預備階段後腳膝關節(deg)	127.60±15.02	125.76±10.84	123.52±10.63	2.333	
蹬離踏板瞬間前腳膝關節(deg)	176.19±5.00	175.94±3.57	177.75±4.36	2.333	
蹬離踏板瞬間後腳膝關節(deg)	136.70±10.75	133.78±8.87	134.38±12.63	2.333	

\* $P < .05$ 

三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑預備階段與前後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度，如表二。

由表二得知，預備階段前後腳膝關節角度，三種踏板踩踏高度間皆未達顯著差異。在前後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度，三種踏板踩踏高度間皆未達顯著差異。

表三、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴笛至前後腳離踏板重心位移、重心速度與第一步步幅

	H0 (N=6)	H5 (N=6)	H10 (N=6)	$\chi^2$	P
鳴笛至前腳蹬離踏板重心速度(m/s)	1.66±0.17	1.68±0.13	1.64±0.18	0.000	
鳴笛至後腳蹬離踏板重心速度(m/s)	0.96±0.21	0.94±0.16	0.91±0.12	2.333	
鳴笛至前腳蹬離踏板重心位移(m)	0.62±0.05	0.62±0.04	0.65±0.06	2.333	
鳴笛至第一步著地重心位移(m)	0.91±0.07 <sup>bc</sup>	0.87±0.07 <sup>a</sup>	0.86±0.07 <sup>a</sup>	5.826	*
第一步步幅(m)	1.38±0.08 <sup>c</sup>	1.40±0.06 <sup>c</sup>	1.43±0.07 <sup>ab</sup>	7.000	*

\* $P < .05$ 註：<sup>a</sup>表示與 H0 達顯著差異；<sup>b</sup>表示與 H5 達顯著差異；<sup>c</sup>表示與 H10 達顯著差異。

三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴笛至前後腳離踏板重心位移、重心速度與第一步步幅，如表三。

由表三得知，前後腳蹬離踏板瞬間身體重心速度與鳴笛至前腳蹬離踏板重心位移，三種踏板踩踏高度間未達顯著差異。而鳴笛至第一步著地重心位移三種踏板踩踏高度間達顯著差異，H0 重心位移比 H5 與 H10 模式長。另外第一步步幅三種踏板踩踏高度間達顯著差異，H10 步幅比 H0 與 H5 模式長。

## 肆、討論

本章將針對三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑的研究結果分為三個部分進行討論：一、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴笛至前後腳蹬離踏板時間與第一步著地時間之影響；二、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑預備階段與前後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度之影響；三、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴笛至前後腳離踏板重心位移、重心速度與第一步步幅之影響。

一、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴笛至前後腳離

### 踏板時間與第一步著地時間之影響

陳維科(2000)研究指出,當選手聽到槍聲時,身體必須立即反應以在起跑出發階段搶得先機。當發令員鳴槍後,選手必須立即反應,雙腳迅速蹬離起跑架,是蹲踞式起跑關鍵技術之一。本研究中後腳蹬離踏板的時間,三種踏板踩踏高度間並未達顯著差異,但是前腳蹬離踏板時間,隨著踩踏高度的增加,前腳推蹬踏板的時間也隨之增加,許樹淵(1992)研究指出,後腳蹬板時間短,約為前腳一半,為增強蹬推出來之出發速度,前腳應用較長的時間推蹬,而後腳向前抬膝跨步,以便幫助前腿產生水平方向之推進力。本研究結果與上述研究相近,由此可證,後腳踩踏高度的改變,雖不影響後腳蹬離踏板時間,但卻間接影響前腳推蹬踏板的時間,雖然前腳蹬離踏板時間(起跑完成時間)不見得有優勢,但對踏板推蹬時間較久,較能產生較大水平方向推進力的優勢,增進起跑後加速度的連貫。而當前腳蹬離踏板後,第一步緊接著地,開始進入起跑後加速度階段,本研究從鳴槍到第一步著地時間,從結果來看,三種踏板踩踏高度間未達顯著差異,但若從前腳蹬離踏板時間(起跑完成時間)到第一步著地時間, H10(0.1s)比 H0(0.18s)與 H5(0.17s)較短,顯示 H10 飛程時間較 H0 與 H5 短,若以前腳蹬離踏板時間(起跑完成)來看, H10 推蹬時間較長(H0:0.99±0.07s < H5: 1.01±0.07s < H10:1.07±0.05s), 第一步飛程時間應該較長,但從上述飛程時間結果來看,選手有可能因踏板踩踏高度變高,間接影響起跑推蹬踏板的表現。因此,後腳踏板踩踏高度的改變的確會影響鳴槍至前腳蹬離踏板間時間(起跑完成)表現, H0 起跑完成時間較短, H10 起跑時間較長。

### 二、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑預備階段與前後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度之影響

起跑預備階段可說是選手在鳴槍出發前一個非常重要的關鍵技術,當選手聞發令員預備口令時,臀部提起至最穩定的高度,重心保持穩定平衡讓前後腳膝關節達到最適合發揮力量的角度。Winter(2005)研究指出,根據關節角度與肌力的關係,關節角度會影響肌肉長度,肌肉力量則隨長度而改變,根據典型的收縮單位之力量與長度曲線關係表示,肌肉長度增加使肌蛋白細絲拉離,橫橋數目減少使緊張消退,而長度減少時橫橋的交疊與阻礙亦使肌肉用力減少。許樹淵(1992); Mero(1988)研究指出,起跑預備時,前腳膝關節角度大約在 90-100 度,後腳膝關節角度大約在 110-130 度。本研究結果顯示,三種踏板踩踏高度間均未

達顯著差異,前腳膝關節 (H0 : 101.29±8.85deg ; H5 : 104.62±13.22deg ; H10:105.05±11.74deg) 均超過上述相關研究之角度,而後腳膝關節(H0 : 127.60±15.02deg ; H5 : 125.76±10.84deg ; H10 : 123.52±10.63deg)均在上述研究範圍內。Logan & Mckinney(1973)相關研究也指出,膝關節於 90 度時,有較大的作功量,由此可知,本研究選手在預備階段應注意臀部提起的高度位置,注意提起時重心穩定與平衡,確保前、後腳膝關節均可達到最適合發揮力量的角度。

當預備階段前、後腳膝關節角度穩定之後,當選手聽到槍聲時,前、後腳開始對踏板推蹬,將靜止的身體推動向前, Gollnick and Karpovich (1964)研究指出,前腳蹬離踏板膝關節角度約在 140 度,後腳約在 134 度,雙腳膝關節並沒有推蹬至 180 度才離開踏板。李誠志、黃宗成 (1986)也研究指出,起跑後蹬時,膝關節充分伸直則影響屈膝肌群的拉力角及拉力矩減小,降低小腿的力量而影響起跑速度,選手過多的推蹬動作是多餘的。本研究結果顯示,後腳蹬離踏板角度(H0:136.70±10.75deg;H5:133.78±8.87deg;H10:134.38±12.6deg)三者間未達顯著差異,但是 H5 與 H10 離板角度與上述研究結果相似,選手後腳推蹬踏板技術能力很優,由此推論,改變踏板踩踏高度是有助於後腳推蹬踏板的技術能力。至於前腳膝關節蹬離踏板角度方(H0:176.19±5.00deg;H5:175.94±3.57deg;H10:177.75±4.36deg)三者均接近 180 度,明顯有過度推蹬的現象發生,依李誠志研究來看,本研究選手在前腳推蹬踏板的技術能力上有待進一步加強。

所以,起跑出發階段,應將重點放在前、後腳推蹬踏板動作技術上,確保前、後腳膝關節角度在臀部提起時,能穩定在適合發力的角度。

三、三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴槍至前後腳離踏板重心速度、重心位移與第一步步幅之影響。

上述討論得知,三種踏板踩踏高度後腳蹬離踏板其膝關節角度是適合發揮力量的角度,間接影響後腳蹬離踏板瞬間身體重心速度,本研究結果顯示, H0:0.96±0.21m/s;H5: 0.94±0.16m/s;H10 0.91±0.12 m/s, 三者間未達顯著差異。許樹淵(1992)研究指出,後腳蹬板時間短,約為前腳一半,為增強推蹬出來之出發速度,前腳應用較長的時間推蹬。由此可證,選手應增強前、後腳推蹬踏板的能力,增進水平方向推進力,提升起跑速度。而前腳蹬離踏板重心速度方面,先前討論得知選手前腳推蹬踏板能力較弱,造成前腳蹬離踏板時膝關節角度過大,間接影響前腳蹬離踏板瞬間

身體重心速度。Mero(1988)研究指出，受過正規訓練的百公尺選手，其蹬離起跑架瞬間的重心速度為 $3.46\pm 0.23\text{m/s}$ ，Graham-Smith et al.(2017)也指出，19位受過正規訓練的國家隊短距離選手，其前腳蹬離踏板瞬間的重心速度為 $3.30\pm 0.14\text{m/s}$ ，本研究三種踏板踩踏高度對前腳蹬離起跑架瞬間重心速度 $H0:1.66\pm 0.17\text{m/s}; H5:1.68\pm 0.13\text{m/s}; H10:1.64\pm 0.18\text{m/s}$ 三者間未達顯著差異且與Mero與Graham-Smith et al.研究比較，本研究結果重心速度明顯偏慢，與上述文獻差距甚大，造成此現象的產生可能是選手前、後腳推蹬踏板的動作技術尚未純熟，身體無法透過雙腳推蹬踏板動作產生水平作用力，提升起跑重心速度。由此可證，隨著踏板踩踏高度的增高重心速度並沒有明顯增快，有可能是選手因踏板踩踏高度變高，間接影響起跑前、後推蹬踏板表現所造成的影響。此研究之選手對於前、後腳推蹬踏板的技術能力需要再強化，前腳蹬離踏板瞬間膝關節角度過大，根據關節角度與肌力的關係，是無法達到最佳發力的角度，間接造成前腳蹬離踏板瞬間的重心速度，加強選手推蹬踏板的能力，以利產生較佳的踏板水平作用力，提升起跑速度。

除了加強選手起跑身體重心速度外，起跑出發階段的重心位移相對重要，若起跑出發身體重心速度快，重心位移距離短，對選手來說是毫無意義的起跑。姬榮軍、簡岑如(2001)研究指出，起跑動作應盡可能減少重心垂直方向的運動，且增加重心水平向前的移動，以確保分配多一點能量於水平方向上，使起跑能產生最大效益。本研究結果顯示，三種踏板踩踏高度蹲踞式起跑鳴槍至前腳蹬離踏板瞬間身體重心位移受到前腳推蹬踏板能力不足以及膝關節角度過大的影響下， $H0:0.62\pm 0.05\text{m}; H5:0.62\pm 0.04\text{m}; H10:0.65\pm 0.06\text{m}$ 三者間未達顯著差異，但在鳴槍至第一步著地身體重心位移 $H0:0.91\pm 0.07\text{m}; H5:0.87\pm 0.07\text{m}; H10:0.86\pm 0.07\text{m}$ ，三者間有達顯著差異，H0身體重心位移距離比H5與H10還長，這個結果與上述第一步著地時間討論結果一致，上述討論：「若從前腳蹬離踏板時間(起跑完成時間)到第一步著地時間，H10(0.1s)比H0(0.18s)與H5(0.17s)較短，顯示H10飛程時間較H0與H5短，若以推蹬踏板時間來看，H10推蹬時間較長( $H0:0.99\pm 0.07\text{s} < H5:1.01\pm 0.07\text{s} < H10:1.07\pm 0.05\text{s}$ )，第一步飛程時間應該較長，但從上述飛程時間結果來看，選手有可能因踏板踩踏高度變高，間接影響起跑推蹬踏板表現。」由此推斷，選手有可能因踩踏高度改變，

造成起跑推蹬踏板時，身體重心位移不穩定，造成位移距離縮短，影響起跑後加速度的連貫。所以，教練與選手在實施起跑訓練時，應注意前後腳抬膝跨步的方向，以利讓身體重心獲得更多的水平位移，避免上下垂直位移過多，讓起跑出發速度有效益的銜接到加速度階段。而當進入加速度階段，增加第一步步幅是起跑出發搶得先機的重要關鍵，但不是絕對關鍵，Korchemny(1992)研究指出，要成為短距離起跑技術中，最佳化表現的一部分，就應增加起跑後第一步的步幅。本研究結果顯示，不同踏板踩踏模式其第一步步幅會隨著踩踏高度的增加，步幅相對增長， $H0:1.38\pm 0.08\text{m}; H5:1.40\pm 0.06\text{m}; H10:1.43\pm 0.07\text{m}$ 三者間達顯著差異且H10比H0與H5還長，雖然隨著踩踏高度的改變，第一步著地步幅隨之增長，但就上述重心速度與重心位移結果來看，步幅的結果有待進一步商確，姬榮軍、簡岑如研究指出，第一步步幅過長，可能會阻礙起跑後加速度的動作連貫性。陳維科(2000)也研究指出，加速跑要求選手自起跑後第一步起就加強推蹬，並逐漸加快步頻和加大步幅。所以，調整踏板踩踏高度雖然可以增加起跑後第一步步幅，但對於起跑出發身體重心速度與位移並沒有顯著的影響，選擇適合選手的踏板踩踏高度，讓選手能對起跑架推蹬產生推進力，幫助靜止的身體水平向前，增加起跑速度，才是起跑訓練最重要的關鍵。

## 伍、結論

從上述討論來看，三種不同踏板踩踏高度蹲踞式起跑，H0起跑完成時間最短，H10第一步步幅最長，但不一定就是最佳表現，因此，本文章給予教練與選手下列三點結論與建議，期盼能增進起跑技術訓練之成效。一、建議選手使用本研究H10踏板踩踏模式，增長前腳對踏板的推蹬時間，提升起跑速度。二、加強前腳推蹬踏板能力，讓前腳能達到發揮最大力量的膝關節角度並強化身體重心水平位移的準確性。三、建議選手使用本研究H10踏板踩踏模式，有利增長起跑後第一步著地步幅，並維持身體重心水平位移穩定性，增進起跑出發速度。

## 引用文獻

許樹淵(1992)。田徑論。台北市：偉斌體育研究社。  
陳維科(2000)。100m 跑的生物力學分析。固原師範學報，21(3)，90-93。

- 李誠志、黃宗成 (1986)。研究百米技術的方法。《*四川體育科學學報*》, 3(4), 13-19。
- 姬榮軍、簡岑如(2001)。不同步幅長度對起跑出發之運動學探討。《*師大體育*》, 45, 23-30。
- 劉宇、陳重佑、莊榮仁、黃長福 (1998)。國術騰空飛腳動作運動控制與協調系列研究之二—關節控制力矩及其協同作用效果的肢段間互動動力學研究。《*體育學報*》, 26, 241-248。
- Aerenhouts, D., Delecluse, C., Hagman, F., Taeymans, J., Debaere, S., Van Gheluwe, B., & larys, P. (2012). Comparison of anthropometric characteristics and sprint start performance between elite adolescent and adult sprint athletes. *European Journal of Sport Science*, 12, 9-15.
- Čoh, M., Jošt, B., Škof, B., Tomažin, K., & Dolenc, A. (1998). Kinematic and kinetic parameters of the sprint start and start acceleration model of top sprinters. *Gymnica*, 28, 33-42.
- Gollnick, P. D., & Karpovich, P. V. (1964). Electrogoniometric study of locomotion and of some athletic movements. *Research Quarterly. American Association for Health, Physical Education and Recreation*, 35(3), 357-369.
- Graham-Smith, P., Brandner, C., Ryu, J. H., Gallagher, L. (2017). *Kinetic analysis of the block start and first two contacts in sprinting*. Poster session presented at the 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany.
- Harland, M. J., & Steele, J. R. (1997). Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23, 11-20.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004a). Interaction of step length and step rate during sprint running. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36, 261-271.
- Hunter, J. P., Marshall, R. N., & McNair, P. J. (2004b). Segment-interaction analysis of the stance limb in sprint running. *Journal of Biomechanics*, 37, 1439-1446.
- Korchemny, R. (1992). A new concept for sprint start and acceleration training. *New Studies in Athletics*, 7(4), 65-72.
- Logan, G., W. McKinney (1973). *Kinesiology*. Dubuque, IA: Brown.
- Mero, A. (1988). Force-time characteristics and running velocity of male sprinters during the acceleration phase of sprinting. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 59, 94-98.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology*, 61, 73-80.
- Winter, D. A. (2005). *Biomechanics and motor control of human movement* (3rd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons

## The effects of three different heights of block tread on running performance during crouch starting

<sup>1,2</sup> Li-Chun Yu \* <sup>1</sup>Chien-Lu Tsai

<sup>1</sup> Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

<sup>2</sup> Graduate School of Sport Coaching Science, Chinese Culture University

Submit date : April 2018 ; Qualified date : June 2018

---

### Abstract

**Introduction:** This main purpose of this study is to detect the effects of 3 blocks tread height of crouch start. **Methods:** A high speed camera (120Hz) was used to take high quality videos on six high school sprinters. The average age of the sprinters is  $17 \pm 0.69$  years, height  $1.75 \pm 0.05$  meters, weight  $64.83 \pm 5.24$ kg, training age  $7 \pm 0.53$  years and their 100 meter PB (personal best record) were  $11.36 \pm 0.45$  seconds respectively. Motions between starting shot and first step was analyzed using Kwon 3D software. All the variables were tested using nonparametric statistical test, the Friedman two-way analysis of variance with post-hoc comparison, the significant levels was set at .05. **Results:** The front-foot push-off time of H0 ( $0.99 \pm 0.07$ s) is shorter than the time of H5 ( $1.01 \pm 0.07$ s) and H10 ( $1.07 \pm 0.05$ s). From start to the first step, the COM (center of mass) displacement of H0 ( $0.91 \pm 0.07$ m) was greater than the displacement of H10 ( $0.86 \pm 0.07$ m) and H5 ( $0.87 \pm 0.07$ m). The first-step stride length of H10 ( $1.43 \pm 0.07$ m) was longer than the length of H0 ( $1.38 \pm 0.08$ m) and H5 ( $1.40 \pm 0.06$ m). **Conclusions:** It is recommended for sprinters to use H10 technique. H10 technique can increase the front-foot push-off time, therefore, enhance the first-step stride length. Adjusting the most suitable position of starting block for the sprinters can strengthen the ability of front-foot push-off. Increased front-foot push-off strength can maximize the horizontal COM displacement.

**Keywords:** biomechanics, track & field, short distance, starting block

---