



不同踏板長度蹲踞式起跑之運動學分析

^{1,2}游立椿*、¹蔡虔祿

¹國立臺灣師範大學體育學系

²國立虎尾科技大學

投稿日期：2017 年 09 月；通過日期：2018 年 05 月

摘要

目的：本研究主要目的為探討不同踏板長度蹲踞式起跑對起跑動作技術之影響。方法：以一部高速攝影機 (120Hz) 拍攝 6 位高中短距離選手 (年齡 17 ± 0.89 歲，身高 1.74 ± 0.06 公尺，體重 62.83 ± 6.24 公斤，參與訓練年齡 6 ± 0.63 年，百公尺最佳成績 11.46 ± 0.45 秒) 於長踏板 (LB) 與短踏板 (SB) 起跑架上預備動作鳴槍出發至著地後第一步離地的影像，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魏可遜符號等級檢定與效果量分析，比較不同踏板長度起跑架對選手起跑技術上的差異，顯著水準為 $\alpha = .05$ 。**結果：**長、短踏板在起跑各階段的時間均未達顯著差異。不同踏板長度在各階段膝關節角度方面，長、短踏板在預備階段及前腳蹬離踏板瞬間膝關節角度二者間均達顯著差異，長踏板膝關節角度顯著較短踏板來得大，膝關節發力角度均在合理範圍內；在第一步步幅表現上二者間有達顯著差異，長踏板第一步步幅顯著較短踏板來得長。**結論：**建議使用長踏板起跑架訓練，強化預備階段選手抬臀高度之穩定性，確保前、後腳膝關節角度達到適合發揮肌力力量運用之角度並強化前、後腳推蹬的技術能力，提升起跑速度。

關鍵字：生物力學、田徑、短距離、起跑架

壹、緒論

一、問題背景

蹲踞式起跑在田徑短距離競賽中，是一項非常重要的技術，國際田徑規則第 161 條第一項明文規定 400 公尺 (含) 以下 (包括 4×100 公尺、異程接力和 4×400 公尺接力的第一棒) 各項徑賽的起跑必須使用大會所提供之起跑架進行比賽，其他徑賽項目的起跑不得使用起跑架，由此可見，蹲踞式起跑在田徑短距離項目中的重要性。

在分秒必爭的短距離競賽中，具備強而有力的起跑技術是非常重要的，使用蹲踞式起跑的目的在於將靜止於起跑架上的人體，利用下肢推蹬起跑架踏板，進而產生反作用力，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 (許樹淵, 1992)。

常見的蹲踞式起跑依兩踏板之間的距離大約可分為三種模式，分別是短式、中式以及長式。短式起跑

為後腳的腳趾約放在前腳足跟旁，為一種雙腳間距最短的起跑方式，中式起跑為後腳膝關節著地位置約在前腳腳尖旁，長式起跑為後腳膝關節著地位置約在前腳足弓中間 (許樹淵, 1992)。若以起跑架 2 踏板間的距離模式描述，短式起跑 2 踏板距離約 28 公分，中式起跑約 41 公分，長式起跑約 66 公分 (Guthrie, 2003)。綜觀上述三種常見蹲踞式起跑，各有其優缺點，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短式與長式兩種之間 (Harland & Steele, 1997)。由於每位選手的身體肢段長度都不同，教練能否於訓練中調整出適合選手的最佳起跑架踏板距離，將是一個重要的課題。

調整起跑架踏板距離是選手站上跑道所要做的第

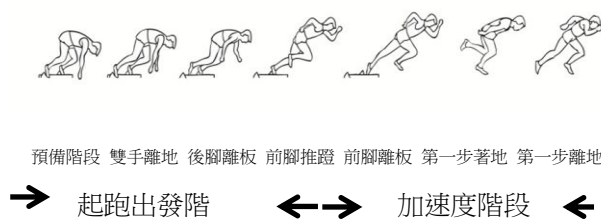
一件事，而起跑預備階段的動作則是銜接鳴槍後起跑出發階段的重要因子，所以，起跑預備動作會影響起跑出發階段動作的銜接轉換 (Aerenhouts et al., 2012)，起跑預備階段著重於下肢髖、膝、踝、軀幹角度，當臀部提起到出發預備位置，選手必須能穩定身體重心使前、後腳膝關節形成有利出發的角度，以生物力學觀點而言，肢體運動是受關節力矩所控制 (劉宇、陳重佑、莊榮仁、黃長福，1998)。而關節角度的改變會影響力量之形成，其因素有二，其一為關節角度的不同會造成不同的肌肉長度，進而影響肌肉力量之發揮；另一為，當關節角度改變時肌肉收縮所形成的施力方向隨之改變，進而改變力臂長度 (曹昭懿、賴金鑫，1990；杜宜憲、陳五洲，2008)。根據相關研究指出起跑預備階段其前腳膝關節角度約保持在 90-100 度間，後腳膝關節約保持在 110-130 度間為最佳預備角度 (許樹淵，1992；Mero,1988)，而就關節角度和肌力的關係，認為前、後腳之膝關節角度分別為稍大於 90 度與 112-136 度，膝關節彎曲較多，能產生較大推蹬力量 (Čoh, Jošt, Škof, Tomažin, & Dolenc,1998; Harland & Steele, 1997; Mero, 1988; Mero & Komi, 1990; 許樹淵，1992)。由於每位選手的體能條件不同，除搭配適合個人身體肢段長度調整起跑架踏板距離外，對於起跑預備階段下肢關節角度的拿捏也是非常重要的訓練課題。

田徑短距離競賽起跑，當選手聽到槍聲時，人體必須迅速反應，對起跑架踏板快速推蹬產生最大作用力，把原本靜止的身體快速蹬離起跑架。而起跑動作應盡可能減少垂直方向的運動，並增加重心水平向前的移動，以確保多一點能量分配於水平方向上，使起跑能產生最大效益 (姬榮軍、簡岑如，2001)，而起跑速度往往界定在前腳蹬離起跑架瞬間身體的重心速度，相關研究指出，優秀選手起跑蹬離起跑架瞬間身體重心速度為 $3.46 \pm 0.23\text{m/s}$ (Mero, 1988)。當前腳蹬離起跑架後，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 與 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，而第一步著地是選手進入起跑後進入加速度階段的關鍵，也就是選手離開起跑架後，第一接觸跑道的腳，第一步步幅的長短間接影響起跑後加速度連貫，因此，選手不只需要適合的起跑架踏板距離，對於起跑架踏板推蹬的運用可說是蹲踞式起跑中非常重要的一環技術，現今訓練與比賽現場，起跑架主要分為長踏板與短踏板二種，比賽時又必須使用大會所提供之起跑架進行比賽，選

手平時訓練就應該要適應不同踏板長度的起跑架進行訓練，以利在分秒必爭的比賽中，克敵制勝，而不同踏板長度起跑架是否會對選手在起跑出發階段相關運動學參數造成影響，實有待進一步證實。

二、研究目的

本研究的主要目的是探討不同踏板長度起跑架對起跑各階段完成時間 (包含鳴笛至雙手離地時間、鳴笛至前、後腳蹬離踏板時間以及第一步飛程與第一步著地時間)、預備期膝關節角度以及第一步著地支撐膝關節角度、前腳蹬離起跑架踏板瞬間重心速度、第一步蹬離地面瞬間重心速度以及第一步步幅之運動學參數之差異，藉此瞭解不同踏板長度起跑架對選手起跑動作技術之影響，協助選手改善起跑技術之相關問題。圖一為蹲踞式起跑出發階段與加速度階段分段示意圖。



圖一、蹲踞式起跑出發階段與加速度階段分段示意圖

貳、研究方法

一、研究對象

本研究以6位高中田徑男性短距離選手為研究對象，年齡 17 ± 0.89 歲，身高 1.74 ± 0.06 公尺，體重 62.83 ± 6.24 公斤，參與訓練年齡 6 ± 0.63 年，百公尺最佳成績 11.46 ± 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，本研究以選手平時練習時的起跑模式進行實驗，實驗前預先測量各選手前、後踏板間距，長踏板間距 19 ± 4 公分；短踏板間距 22 ± 5 公分，所有選手起跑模式較偏向短式起跑法。而平時起跑訓練就會使用不同踏板長度的起跑架進行訓練，對於不同踏板長度起跑架的使用沒有適應不良的問題，所有受試者均參加過全國中等學校運動會，實力有一定的水準，且半年內無任何運動傷害，確定健康無虞。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，進而探討不同踏板長度起跑架對選手起跑出發的影響。

二、實驗場地及設備

實驗硬體設備使用一部 JVC GC-PX100 高性能類單眼數位相機中的高速攝影功能 (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8.66公尺的位置, 攝影機鏡頭高度距地面1.2公尺, 除了攝影機本身要水平以外, 同時確認攝影機鏡頭與受試者行進方向互相垂直。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 (1m²木板), 以利後續影片分析, 實驗所採用之起跑架分別為NISHI (日本製) 長踏板起跑架 (以下簡稱LB), 踏板長度32公分以及JEX (台灣製) 短踏板起跑架 (以下簡稱SB), 踏板長度16.7公分, 此處踏板長度係指單一起跑架踏板所量測的長度, 非2踏板間的距離模式, 2種起跑架材質與規格均通過2國田徑協會認證, 可在正式田徑比賽中使用。其不同處在於選手預備時, 腳跟是否可以貼合於踏板上, 如圖二、三所示, 長踏板腳跟可完全貼合於踏板上, 短踏板腳跟則無法完全貼合於踏板上。



圖二、NISHI長踏板起跑架 (日本製)



圖三、JEX短踏板起跑架 (台灣製)

三、實驗方法與步驟

實驗開始時, 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, 燈泡亮蜂鳴器響), 受試者以最大努力進行長、短踏板起跑架起跑各1次, 若狀態不佳可重新實驗1次, 最多3次, 並取狀態最佳那一次進行數據分析, 每次衝刺10公尺, 次與次間隔休息時間不可低於10分鐘, 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, 前腳蹬離踏板瞬間以後動作為起跑後加速度階段。

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 (Visol Inc., Korea) 影像分析軟體, 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剛體, 直接利用軟體內建之人體肢段參數 (Dempster, 1955), 同時設定比例板資料, 定義21關節點、14肢段以及下肢膝關節角度參數資料後, 處理影像中各時間點之關節點位置 (實驗前, 於受試者關節點位置貼上白色貼布, 方便影像處理), 並建立14個肢段的人體模型, 分析不同踏板長度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)。至於關節角度定義是由3點2肢段所成的夾角, 膝關節是大腿 (髌關節至膝關節) 與小腿 (膝關節至踝關節) 所成的夾角, 如圖四, 膝關節角度示意圖。



圖四、膝關節角度示意圖

本研究的主要目的是探討不同踏板長度對起跑各階段完成時間 (包含鳴笛至雙手離地時間、鳴笛至前、後腳蹬離踏板時間以及第一步飛程與著地支撐時間)、預備期膝關節角度以及第一步著地支撐膝關節角度、前腳蹬離起跑架踏板瞬間重心速度、第一步蹬離地面瞬間重心速度以及第一步步幅之運動學參數之差異。統計使用 SPSS 23.0 軟體，並以無母數魏可遜 (Wilcoxon Signed-Rank Test) 符號等級檢定與效果量 (effect size) 分析，比較不同踏板長度起跑架對選手起跑動作技術之運動學參數上的差異，顯著水準訂為 $\alpha=0.05$ 。

參、結果

不同踏板長度蹲踞式起跑在起跑出發階段以及起跑後加速度階段，各階段時間，如表一。

在鳴笛至雙手離地、後腳蹬離踏板及前腳蹬離踏板亦即起跑完成時間，二者皆未達顯著差異。至於起跑出發後加速度階段，在第一步飛程時間 (後腳蹬離踏板至著地)，二者間未達顯著差異。第一步著地支撐時間 (後腳著地支撐至離地)，所花費的時間，二者間

未達顯著差異。

不同踏板長度蹲踞式起跑，起跑預備階段、前後腳蹬離踏板瞬間以及第一步著地支撐、離地階段膝關節角度，如表二。

在預備階段前、後腳膝關節角度，兩者間均達顯著差異，LB 角度均比 SB 大，前腳膝關節 (LB: $103.58 \pm 6.7\text{deg}$ > SB: $98.78 \pm 7.89\text{deg}$)，後腳膝關節 (LB: $123.54 \pm 7.22\text{deg}$ > SB: $116.47 \pm 10.88\text{deg}$)。前、後腳蹬離踏板瞬間膝關節角度，前腳膝關節兩者間達顯著差異 (LB: $171.69 \pm 4.64\text{deg}$ > SB: $166.98 \pm 5.48\text{deg}$)，後腳膝關節角度兩者間未達顯著差異。而在第一步著地支撐階段膝關節角度與第一步蹬離地面階段膝關節角度，二者間皆未達顯著差異。

不同踏板長度蹲踞式起跑，前腳蹬離踏板瞬間與第一步蹬離地面瞬間重心速度以及起跑後第一步步幅，如表三。

前腳蹬離踏板瞬間重心速度與第一步蹬離地面瞬間重心速度，兩者間皆無顯著差異。至於起跑後第一步步幅二者間達顯著差異，LB: $1.07 \pm 0.10\text{m}$ 步幅大於 SB: $1.03 \pm 0.11\text{m}$ 。

表一、起跑各階段時間

變項	踏板長度 (N=6)	M ± SD	Z	P	ES
鳴笛至雙手離地時間 (s)	LB	0.24 ± 0.02	-1.661		-80
	SB	0.28 ± 0.04			
鳴笛至後腳蹬離踏板時間 (s)	LB	0.50 ± 0.06	-.524		-7.64
	SB	0.53 ± 0.11			
鳴笛至前腳蹬離踏板時間 (s)	LB	0.82 ± 0.07	-.734		-14.12
	SB	0.88 ± 0.11			
第一步飛程時間 (s)	LB	0.48 ± 0.04	-.105		0
	SB	0.48 ± 0.04			
鳴笛至第一步著地時間 (s)	LB	0.98 ± 0.05	-.481		-5.48
	SB	1.00 ± 0.11			

表二、起跑各階段膝關節角度

變項	踏板長度 (N=6)	M ± SD	Z	P	ES
前腳預備角度 (deg)	LB	103.58 ± 6.74	-1.992	*	0.18
	SB	98.78 ± 7.89			
後腳預備角度 (deg)	LB	123.54 ± 7.22	-2.201	*	0.51
	SB	116.47 ± 1.88			
前腳蹬離踏板瞬間角度 (deg)	LB	171.67 ± 4.64	-2.201	*	0.36
	SB	166.98 ± 5.48			
後腳蹬離踏板瞬間角度 (deg)	LB	122.91 ± 8.23	-.734		0.17
	SB	117.26 ± 8.25			
第一步支撐角度 (deg)	LB	119.10 ± 9.19	-.314		0.05
	SB	116.34 ± 11.82			
第一步離地角度 (deg)	LB	167.24 ± 4.84	-1.153		0.19
	SB	165.41 ± 3.80			

* $p < .05$

表三、起跑前腳蹬離踏板與第一步蹬離地面瞬間重心速度及第一步步幅

變項	踏板 長度 (N=6)	M ± SD	Z	P	ES
前腳蹬離踏板 瞬間重心速度 (m/s)	LB	1.58 ± 0.11	-1.153		7.55
	SB	1.53 ± 0.12			
第一步蹬離地面瞬間重心速度 (m/s)	LB	2.07 ± 0.07	-.734		14.12
	SB	2.04 ± 0.06			
第一步步幅 (m)	LB	1.07 ± 0.10	-2.201	*	7.24
	SB	1.03 ± 0.11			

* $p < .05$

肆、討論

本章將針對不同踏板長度蹲踞式起跑的研究結果分為三個部分進行討論：一、不同踏板長度對起跑各階段時間之影響；二、不同踏板長度對起跑各階段膝關節角度之影響；三、不同踏板長度對起跑前腳蹬離踏板與第一步蹬離地面瞬間重心速度及第一步步幅之影響。

一、不同踏板長度對起跑各階段時間之影響

對於田徑短距離項目而言，時間是所有選手追求的目標，短暫進步個0.01秒，選手可能得花費相當長久且辛苦的磨練，從本研究中不同踏板長度起跑架在起跑出發階段，鳴笛至雙手離地時間、後腳蹬離踏板時間與前腳蹬離踏板時間均未達顯著差異，但上述三個階段時間的平均值，LB均優於SB，而從本研究來看，前後腳蹬離踏板時間，LB與SB兩者相近，沒有顯著差

異。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。從本研究來看,短踏板與長踏板前腳推蹬踏板時間,統計結果雖無顯著差異,但依上述研究來看是利增強推蹬踏板產生較佳的水平速度,由此推斷,前、後腳在起跑出發階段的推蹬踏板動作技術是重要的關鍵技術。選手前腳蹬離踏板後即進入起跑後加速度階段,本研究中不同踏板長度在起跑後腳的飛程時間(蹬離踏板至第一步著地)相近(0.48s)與鳴笛至第一步著地時間(LB: $0.98 \pm 0.05s$; SB: $1.00 \pm 0.11s$)兩者間均無顯著差異,上述研究已指出,起跑出發的關鍵在於前、後腳推蹬踏板的能力,可見本研究之選手在長、短踏板前、後腳推蹬技術能力上較一致。而前、後腳推蹬踏板時間SB皆較長於LB,導致第一步著地時間也相對長於LB,依上述討論可知,若要縮短起跑出發各階段時間,從本研究看來,使用長踏板會比短踏板來的優。雖然統計上不同踏板長度兩者在起跑出發各階段時間均未達顯著差異,但目前比賽的確會有這兩種不同踏板長度起跑架在使用,在分秒必爭的短距離賽,0.01秒或許就是勝負的關鍵,選手及教練平時訓練時,還是得要適應不同踏板長度起跑架並有效地將二者之優點結合,才能在賽場上締造佳績。

二、不同踏板長度對起跑各階段膝關節角度之影響

起跑出發階段預備動作的好壞是影響起跑出發的關鍵要素之一,當選手聽到預備口令時,臀部必須提起至適當高度,以讓前、後腳膝關節能達到最適合發揮力量的角度。張怡雯 (1994) 認為關節的活動牽涉到肌肉與骨骼間的槓桿原理及肌肉收縮長度的問題,因肌肉所能產生的力量與肌肉本身的長度有關。所以,選手在聞預備口令後,將臀部提升至最佳高度,以讓前後腳膝關節達到最適合對踏板發力的角度是非常重要的。許樹淵 (1992) 與 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度為最佳角度範圍。本研究結果顯示,不同踏板長度在選手預備時,前腳膝關節角度(LB: $103.58 \pm 6.74deg$; SB: $98.78 \pm 7.89deg$)、後腳膝關節角度(LB: $123.54 \pm 7.22deg$; SB: $116.47 \pm 10.88deg$)與上述二研究相近。而許樹淵 (1992) 研究指出,根據關節角度與肌力的關係來看,前後、腳膝關節角度在90-120度時,最能發揮肌力的角度,而Milanese (2014) 以11位大學短距離校隊選手探討在起跑出發階段,後

腳膝關節角度變化研究中發現,起跑預備階段,後腳膝關節在90度時,比在115度與135度更能增快起跑出發的水平速度表現,但在推蹬踏板時間方面,後腳膝關節在135度比在90度時表現還優。從上述研究結果來看,長踏板前、後腳膝關節角度都大於短踏板,且兩者有顯著差異,就研究結果來看,前、後腳膝關節角度與許樹淵研究結果相符,都在最能發揮肌力的角度範圍內,但後腳膝關節角度卻與Milanese的研究結果差距甚大,就起跑水平速度來看,後腳膝關節在90度時,確有較大的優勢,但推蹬踏板時間會加長,如何取其優勢,是教練與選手進一步考量的課題。因此,選手預備時,臀部提起高度的穩定性,讓前、後腳膝關節能達到適合發揮肌力角度,以提升起跑速度並減少起跑出發的時間,應是蹲踞式起跑重要因素之一。當預備動作前、後腳膝關節達到最適合發揮力量的角度後,緊接選手聽到槍聲,前、後腳開始對踏板推蹬進行出發動作,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。本研究結果顯示,後腳蹬離踏板膝關節角度接近於上述二研究的結果,而當選手後腳蹬離踏板後,前腳也隨後蹬離踏板來完成起跑出發階段的動作,以起跑動作技術來看,前腳膝關節推蹬動作才是重點所在,許樹淵研究指出,為增強推蹬出來之出發速度,前腳應用較長的時間推蹬,使後腳向前抬膝跨步,以便幫助前腿產生水平方向之推進力。所以,起跑出發階段,應將重點放在前腳膝關節推蹬踏板動作技術上,順勢將後腳抬膝跨出。而李誠志、黃宗成 (1986) 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,降低推疊小腿的力量,而影響起跑速度,過多的推蹬動作是多餘的。而本研究前腳蹬離踏板瞬間膝關節角度所呈現出來的角度過大,膝關節幾乎接近蹬直狀態,依上述研究所述,起跑後蹬時,膝關節充分伸直,間接影響起跑出發速度,而上述研究也指出,前腳蹬離踏板瞬間膝關節角度約在140度左右是最佳狀況,若膝關節角度推蹬角度過大,間接影響起跑出發的速度,造成垂直速度大於水平速度的狀況出現,所以,起跑架踏板雖然能幫助靜止的身體快速水平衝出,但過度的推蹬動作也可能會造成起跑出發速度變慢。而當前腳蹬離踏板後,緊接後腳著地進行第一步的推蹬動作,繼續推動身體向前。根據許樹淵的研究來看,關節角度與肌力的關係,前、後腳膝關節角度在90-120度時,最能發揮肌力的角度。本研究第一步著地膝關節角度

值與上述研究相近,應該是最能發揮肌力力量之角度,但是蹬離地面後膝關節角度過大,可能是影響身體重心水平速度的關鍵因素。因此,無論是長踏板或短踏板起跑架,建議選手及教練平時訓練時,兩種型式起跑架都要使用並強化前、後膝關節推蹬動作的能力,以讓起跑出發技術發揮的更好,在正式比賽中,奪取佳績。

三、不同踏板長度對起跑前腳蹬離踏板、第一步蹬離地面重心速度及第一步步幅之影響

Willwacher等人 (2013)、Salo等人 (2016) 以及 Salo等人 (2017) 都研究指出,選手運用起跑架實施蹲踞式起跑,最主要是讓靜止的身體在前、後腳推蹬踏板的過程中,盡可能強化水平作用力並減少垂直作用力,以增加起跑速度。而Graham-Smith等人 (2017) 也研究指出,前、後腳推蹬踏板所產生的作用力是影響起跑出發階段身體重心水平速度的重要因素。本研究不同踏板長度蹲踞式起跑在前腳蹬離踏板瞬間身體呈現的重心速度 (LB: $1.58 \pm 0.11\text{m/s}$; SB: $1.53 \pm 0.12\text{m/s}$), 兩者間並無顯著差異。游立椿 (2007) 研究指出,三種踏板距離蹲踞式起跑在前腳蹬離踏板瞬間身體重心速度介於 $3.45\text{-}3.61\text{m/s}$,前後踏板間距越長,重心速度隨之加快,Mero (1988) 也指出,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等人 (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 $3.30 \pm 0.14\text{m/s}$,本研究不同踏板長度起跑架對前腳蹬離起跑架瞬間重心速度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。從許樹淵研究來看,後腳推蹬踏板時間較短,約為前腳一半,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。由此可證,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,以利產生較佳的踏板水平作用力,提升起跑速度。而當前腳蹬離踏板瞬間身體重心速度的快慢,間接會影響起跑出發後第一步著地的步幅距離,Hunter、Marshall與McNair (2004a, 2004b) 研究指出,身體重心水平速度是會影響起跑出發後步幅的變化。由此可證,起跑後第一步步幅與起跑身體重心速度是正相關的。本研究起跑後不同踏板長度起跑架在第一步步幅表現上, LB: $1.07 \pm 0.10\text{m}$ 顯著大於SB: $1.03 \pm 0.11\text{m}$,游立椿 (2007);

陳佑等 (2013) 研究指出,三種踏板距離蹲踞式起跑在起跑出發後第一步步幅距離介於 $1.27\text{-}1.57\text{m}$ 之間,前後踏板距離越長,第一步步幅隨之加大,而本研究步幅均小於上述研究,依Hunter、Marshall、McNair與Graham-Smith等人研究來看,第一步步幅偏小與選手前、後蹬離踏板時,所產生的水平作用力與重心速度有直接的關係。而當第一步著地後蹬離地面瞬間的身體重心速度則是影響加速度階段的重要因素之一,因為它是身體離開起跑架後著地的第一步,也就是身體完全進入起跑後加速度階段,此時,選手必須仰賴自身體能條件對地面推蹬產生水平作用力,推動身體繼續向前,而本研究選手在LB: $2.07 \pm 0.07\text{m/s}$ 與SB: $2.04 \pm 0.06\text{m/s}$ 所呈現的結果無顯著差異,選手應強化蹬離起跑架後,推蹬地面之水平作用力,提升加速度。因此,就上述討論得知,使用長踏板起跑架在前腳蹬離踏板瞬間、第一步蹬離地面重心速度及第一步步幅的表現上是較佔優勢的,建議選手及教練從事起跑訓練可以先從長踏板起跑架著手,但是目前比賽的確會有這兩種不同踏板長度起跑架在使用,平時訓練時,還是得適時調整使用不同踏板長度起跑架實施起跑訓練。

伍、結論與建議

從上述討論來看,不同踏板長度蹲踞式起跑,長踏板在起跑出發階段與起跑後加速度階段各相關運動學參數均優於短踏板,但統計學上並無差異,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) 訓練時,長、短踏板起跑架均需介入訓練,以利比賽時無適應之問題。
- (二) 強化臀部在預備階段提起高度之穩定性,促使前、後腳膝關節能達到適合發揮肌力力量運用之角度。
- (三) 強化前、後腳推蹬踏板動作的技術能力,以獲得更佳的起跑速度。

陸、參考文獻

- 李誠志、黃宗成 (1986)。研究百米技術的方法。《*體育科學學報*, 3(4), 13-19。
- 杜宜憲、陳五洲 (2008)。肌力訓練的動作力學與肌肉疲勞之探討。《*大專體育*, (95), 179-185。
- 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。
- 張怡雯 (1994)。《*肌肉應力與最佳長度分析*》(未出版之碩士論文)。國立成功大學,台南市。

- 曹昭懿、賴金鑫 (1990)。髕關節與膝關節角度對膝部肌力的影響。《中華物理治療》，15，1-6。
- 許樹淵 (1992)。《田徑論》。台北市：偉斌體育研究社。
- 陳佑、吳光亞、蔡於儒、楊文添、張家豪 (2013)。三種不同蹲踞距離起跑之運動學分析。《體育學報》，46(1)，23-32。
- 游立椿 (2007)。《三種踏板距離蹲踞式起跑之生物力學分析》(未出版碩士論文)。國立臺灣師範大學，台北市。
- 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., & Iarys, P. (2012). Comparison of anthropometric characteristics and sprint start performance between elite adolescent and adult sprint athletes. *European Journal of Sport Science*, 12(1), 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.
- Dempster, W. T. (1955). *Space requirements of the seated operator: Geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs*. Dayton, OH: Wright- Patterson Air Force Base.
- 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.
- Guthrie, M. (2003). *Coaching track & field successfully*. University of Wisconsin at La Crosse: Human Kinetics.
- Harland, M. J., & Steele, J. R. (1997). Biomechanics of the sprint start. *Sports Medicine*, 23(1), 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(2), 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(9), 1439-1446.
- Karpovich (1964). Electrogoniometric study of Locomotion and of some athletic movement, *The Research Quarterly*, 35(3), 357-369.
- 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(2), 94-98.
- Mero, A., & Komi, P. V. (1990). Reaction time and electromyographic activity during a sprint start. *European Journal of Applied Physiology*, 61(1-2), 73-80.
- Milanese C., Bertucco M., & Zancanaro C. (2014). The effects of three different rear knee angles on kinematics the sprint start. *Biology of Sport*, 31(3), 209-215.
- Salo, A. I. T., Gayen, M., Patterson, J., & Wilson, C. (2016). *Should athletes use their stronger leg on the front block during the sprint start?* In: M. Ae, Y. Enomoto, N. Fujii & H. Takagi (Eds.). Proceedings of the XXXIV International Conference on Biomechanics in Sports. Tsukuba, Japan.
- Salo, A. I., Colyer, S. L., Chen, P., Davies, A. M., Morgan, M. F., & Page, S. (2017). *Kinetic determinants of athletics sprint start performance*. Poster session presented at the 35th Conference of the International Society of Biomechanics in Sports, Cologne, Germany.
- Willwacher, S., Hermann, V., Heinrich, K., & Brüggemann, G. P. (2013). *Start block kinetics: What the best do different than the rest*. In T.-Y. Shiang, W.-H. Ho, P. C. Huang & C.-L. Tsai (Eds.), Proceedings of the XXXI International Conference on Biomechanics in Sports. Taipei, Taiwan.



The Kinematics Analysis on Different Blocks Length of Crouch Start

^{1,2}Li-Chun Yu*, ¹Chien-Lu Tsai

¹Department of Physical Education, National Taiwan Normal University

²National Formosa University

Accepted : 2018/05

ABSTRACT

Purpose: The main purpose of this study was to examine the effects of different length of starting blocks on crouch start. **Methods:** A high-speed camera (120Hz) was used to shoot six high school sprinters' start movements with Long block (LB) and Short block (SB). (The mean age, height, weights, training age and 100m best records of the subjects were 17 ± 0.89 years, 1.74 ± 0.06 meters, 62.83 ± 6.24 kg, 6 ± 0.63 years, and 11.46 ± 0.45 seconds, respectively) The movements were analyzed by Kwon 3D software from the shot to the take-off point of the first step after starting. The variables were compared by the Wilcoxon matched-paired signed rank nonparametric statistical test and effect size analysis at a .05 significant level. **Results:** There were no significant time differences between long block or short block to starting. Though the duration time of all phases of long block were a little faster than the short block there were no significant differences between long block or short block. The both knee joint angles in the phase of set phase and the leaving block point of the front knee joint angle of the long block were significant less than short block. Moreover, considering the stride length of the first step, the distance of long block was significantly greater than short one. **Conclusion:** Experiments demonstrate that training with long block might obtain better performance. It is suggested that using long block to training. Strengthen the stability of players' height of hip when they are in set position. Make sure reach the suitable angle of front and rear knee joint for unleashing the strength of muscle strength. And strengthen the technical ability of front and rear feet to pushing off, improve the velocity of starting.

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

Corresponding author: Li-Chun Yu

Address: No.64, Wunhua Rd., Huwei Township, Yunlin County 632, Taiwan
E-mail: trackman100@nfu.edu.tw