

# 馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳運動生物力學分析

蘇宣輔<sup>1</sup>、劉于詮<sup>1</sup>、林漢森<sup>2</sup>、黃泰源<sup>1</sup>  
長榮大學運動休閒管理學系<sup>1</sup>、台南市立金城國中<sup>2</sup>

## 摘要

馬克操為田徑運動中最常被使用的訓練方法，而馬克操可分為高抬腿動作與一般抬腿動作，因此本研究的目的主要針對克操高抬腿與一般抬腿抬腿腳關節角度參數與推蹬參數比較其差異。實驗以 7 名持續接受訓練的田徑選手（男性 3 名、女性 4 名）進行馬克操高抬腿和一般抬腿動作，並使用 VICON 動作分析系統（含六部 M2 攝影機，取樣頻率為 250Hz）與 AMTI 測力板（取樣頻率 1000Hz）進行分析。結果顯示：（一）馬克操高抬腿動作和一般抬腿動作的差異在於馬克操高抬腿動作髋、膝關節角度最小值較小，可讓抬腿腳之抬腿垂直高度提升，另外下肢也能產生較大的推蹬力峰值來讓身體前進，進而能夠發展大腿的伸髖以及小腿的前擺扒地動作技術。（二）馬克操高抬腿動作的足部最大負荷率較馬克操一般抬腿動作來的大，所以在訓練時也應避免馬克操高抬腿動作的訓練量過多，以防止運動傷害的發生。

關鍵詞：馬克操、關節角度、推蹬參數

## Lifting Legs' Sports Biomechanical Analyses of Higher and Normal Leg Lifting March Drills

### Abstract

March Drill was the most often used training method in track and field and could be divided into higher leg lifting March Drill (HLLMD) and normal leg lifting March Drill (NLLMD). Therefore, the lifting legs' joint angle and push-off parameters of HLLMD and NLLMD were compared in this study. In experiment, seven track and field athletes keeping training were recruited as subjects and asked to perform the movements of HLLMD and NLLMD. Meanwhile, VICON motion analysis system (including six M2 cameras, sampling rate: 250Hz) and AMTI force plate (sampling rate: 1000Hz) were used to analyze data. Results showed: (1). The difference between HLLMD and NLLMD was the hip and knee's minimum angles of HLLMD smaller than the angles of NLLMD and consequently the lifting leg would lift higher when doing HLLMD. Furthermore, lower extremity would also produce bigger force peak of push-off to let body to move forward and let the techniques to extend hip in thigh and to swing forward and digs up in leg could develop progressively. (2). The maximum loading rate of foot in HLLMD was bigger than the rate of foot in NLLMD. Hence, too much training of HLLMD should be avoided to



prevent the sports injury would happen.

**Keywords: March Drill, joint angle, parameter of push-off**

## 壹、前言

### 一、研究背景與動機

田徑運動可稱之為運動之母，田徑運動中的跑、跳、投等基本動作也是其他運動項目的基礎（連振杰、黃宏春，1998）。在田徑運動中最常被採用的訓練方法為馬克操（Mach drills），其源起為波蘭籍加拿大國家田徑隊教練馬克先生（Mach, G）為了能提高短距離成績，而根據跑步週期的動作結構所提出的馬克基本操（Mach drills）。這是一套以抬高膝蓋前進的腿部動作配合彈跳訓練的運動操，強調手腳協調配合及穩定身體姿勢，能強化選手步幅及步頻的能力，對速度的迅速提升有很大的成效（運動生理學網站，2010；McFarlane, 1994；Tellez & Koester, 1991；Matheson 等, 2002）。

我國短跑技術自 70 年代由加拿大國家田徑教練 Gerard Mach 引進馬克基本操後，讓各階層教練對跑的基本訓練為之重視，尤其在第一線的基層訓練中，將馬克基本操視為是基層選手跑步基本養成正確動作所必須學習的運動操，也成為其它運動項目提高速度的重要訓練寶典（李運來，2001）。馬克操訓練不僅能建立正確跑步姿勢，多元變化的步頻、跑姿改變，更具備樂趣化效果。國內外許多研究亦指出馬克操對於跑步訓練、協調反應、腰腹部爆發力、速度及敏捷性皆有顯著成效（李運來，2001；朱金水，2007；林純玉，2008）。

在技術層面上，馬克操強調以髖為軸的高速擺動的前擺屈蹬技術，發展大腿交互擺動速度和伸髖能力及小腿前擺扒地動作，以及加快後蹬動作速度的屈蹬技術為主（王保成、周志雄，2001；胡耀紅、劉劍，2002；楊善才，2005）。至於在實際練習馬克操動作時，馬克操動作則可再更進一步的細分成高抬腿動作和一般抬腿動作兩種，而且這兩種動作在執行與練習時也有其不一樣的特點，高抬腿動作由於動作較大，因此在練習馬克操時往往會特別強調高抬腿動作。

由上述的討論得知馬克操是養成跑步正確動作所必須學習的運動操，而馬克操動作更細分成高抬腿動作和一般抬腿動作，在進行訓練時往往都以動作較大的高抬腿動作為主，因此本研究針對馬克操高抬腿動作與一般抬腿動作抬腿腳關節角度與推蹬參數進行比較，進而對於這兩種動作的特點與差異能有所了解。

### 二、研究目的

本研究主要是以運動生物力學的研究方法來確認與掌握馬克操高抬腿技術的特性，進而了解此項動作技術的差異，詳細的研究目的如下：

（一）探討馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳關節角度參數之差異。



(二) 探討馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳推蹬參數之差異。

### 三、名詞解釋

(一) 馬克操高抬腿與一般抬腿動作：

馬克操抬腿動作分為高抬腿和一般抬腿動作，其動作要領為單一腳高抬膝，支撐腳膝蓋伸直，抬腿腳的腳掌隨著落下動作落回支撐腳前方一腳掌距離（如圖 1），而兩者動作區別在於一般抬腿動作以最輕鬆的抬腿方式進行，而高抬腿動作的抬腿腳則是將抬腿腳抬至最高。

(二) 關節角度：

本研究主要針對馬克操抬腿腳在開始抬腿（如圖 1A）、抬腿抬至最高點（如圖 1B）與抬腿動作結束（如圖 1C）的髌、膝與踝關節角度進行研究（本研究計算關節角度最小值，抬腿腳抬的越高，其角度越小），相關關節角度定義如圖 1B 所示。



圖 1 馬克操動作關節角度之定義

(三) 推蹬參數：

包括垂直方向對地撞擊力峰值（如圖 2）、最大負荷率（如圖 3）、前後方向推蹬力峰值圖（如圖 4）與前後方向推蹬力矩峰值（如圖 5）。

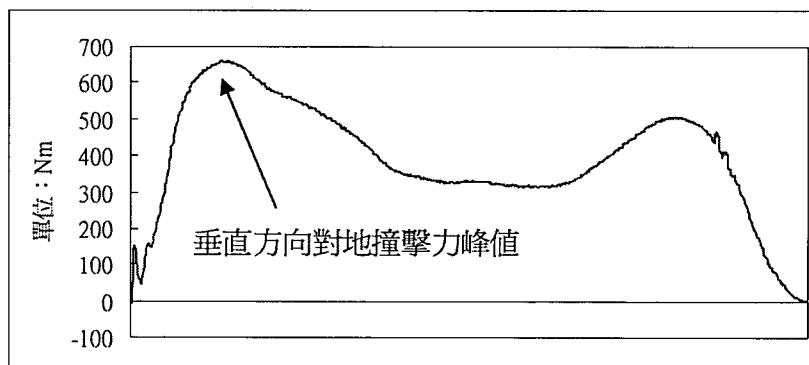


圖 2 垂直方向對地撞擊力峰值圖

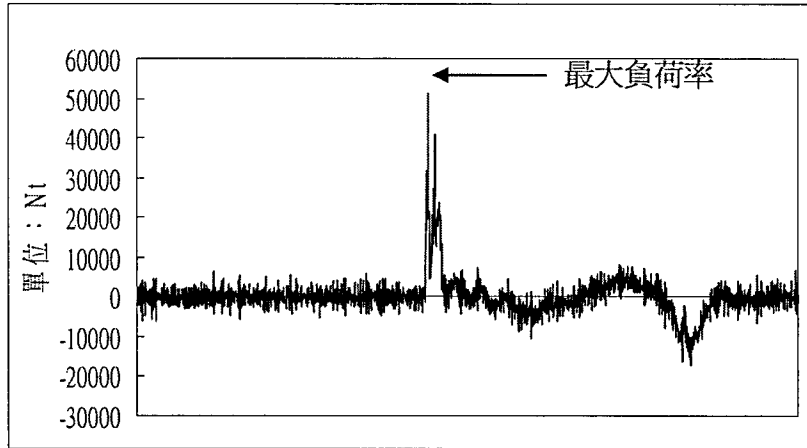


圖 3 最大負荷率圖

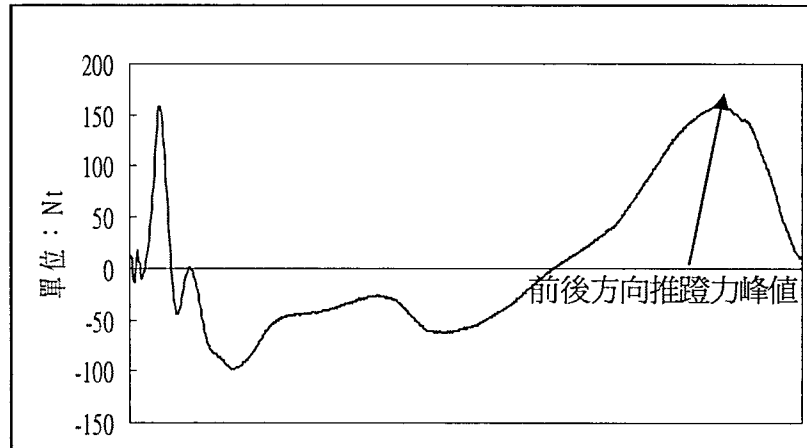


圖 4 前後方向推蹬力峰值圖

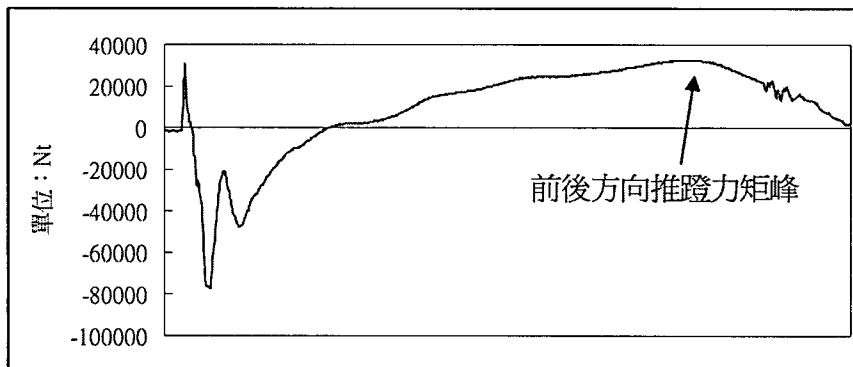


圖 5 前後方向推蹬力矩峰值圖

## 貳、方法

### 一、受試者

以 7 名持續接受訓練的田徑選手（男性 3 名、女性 4 名）進行馬克操高抬腿和一般抬腿動作，並進行關節角度及推蹬參數的分析，受試者資料如表 1。

表 1 受試者基本資料

性別 (人數)	年齡 (歲)	身高 (公分)	體重 (公斤)	訓練年資 (年)
男生 (3)	22.00±1.00	175.67±6.66	68.33±9.87	19.00±1.00
女生 (4)	23.50±5.07	163.50±4.80	58.50±8.81	10.75±4.86
所有人 (7)	22.90±3.72	168.71±8.28	62.71±9.95	10.00±3.60

### 二、實驗器材

以 VICON 動作分析系統（含六部 M2 攝影機，取樣頻率為 250Hz）與 AMTI 測力板（取樣頻率 1000Hz）進行測試。

### 三、實驗步驟

#### （一）關節角度

在受試者的右側肩峰、右側髖關節、右側膝關節、右側踝關節、右腳足跟、右腳足背第一跖趾關節黏貼反光球，接著受試者進行高抬腿與一般抬腿馬克操動作各五次。在進行動作的同時，則以 VICON 動作分析系統進行動作之拍攝並計算上述關節點的座標值，之後則以 Mathcad 數學軟體計算下肢髖關節、膝關節跟踝關節角度。

#### （二）對地作用力參數

受試者進行高抬腿與一般抬腿動作各五次，每次均以右腳著地於測力板並且以 VICON 動作分析系統收集測力板之資料，之後以 Excel 分析垂直方向對地撞擊力峰值（如圖 2）最大負荷率（如圖 3）、前後方向推蹬力峰值圖（如圖 4）與前後方向推蹬力矩峰值（如圖 5）。

### 四、資料處理與分析

使用 SPSS for Windows 12.0 版進行統計分析，以相依樣本 t 檢定針對馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳關節角度與推蹬參數進行比較，所有顯著水準皆定為  $\alpha = .05$ 。

## 參、結果與討論



表 2 馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳關節角度 t 檢定表

樣本類別	統計量數			t 值	p 值
		平均數	標準差		
髖關節角度 最小值 (度)	高抬腿	122.47	6.60	-4.52	.00*
	一般抬腿	126.13	6.18		
膝關節角度 最小值 (度)	高抬腿	121.11	5.59	-5.04	.00*
	一般抬腿	123.29	4.68		
踝關節角度 最小值 (度)	高抬腿	108.75	13.31	-0.26	0.79*
	一般抬腿	109.03	12.70		

備註：\*代表  $p < .05$

表 3 馬克操高抬腿與一般抬腿動作抬腿腳推蹬參數 t 檢定表

樣本類別	統計量數			t 值	p 值
		平均數	標準差		
撞擊力峰值 (BW)	高抬腿	1.39	0.29	-1.88	0.07*
	一般抬腿	1.51	0.35		
最大負荷率 (BW)	高抬腿	219.81	87.88	-3.75	0.00*
	一般抬腿	142.08	118.51		
推蹬力峰值 (BW)	高抬腿	0.51	0.15	-6.95	0.00*
	一般抬腿	0.32	0.08		
推蹬力矩值 (Ntm/BW)	高抬腿	0.03	0.03	-0.63	0.54*
	一般抬腿	0.03	0.03		

備註：\*代表  $p < .05$

### 一、結果

- (一) 如表 2，比較馬克操高抬腿與一般抬腿動作關節角度，高抬腿動作在髖關節角度最小值 ( $122.47^{\circ} \pm 6.60^{\circ}$ ) 小於一般抬腿動作之髖關節角度最小值 ( $126.13^{\circ} \pm 6.18^{\circ}$ )；高抬腿動作在膝關節角度最小值 ( $121.11^{\circ} \pm 5.59^{\circ}$ ) 小於一般抬腿動作膝關節角度最小值 ( $123.29^{\circ} \pm 4.68^{\circ}$ )；高抬腿動作在踝關節角度最小值 ( $108.75^{\circ} \pm 13.31^{\circ}$ ) 小於一般抬腿動作踝關節角度最小值 ( $109.03^{\circ} \pm 12.70^{\circ}$ )。由結果得知高抬腿關節角度最小值皆小於一般抬腿關節角度最小值，其中髖關節與膝關節的部份達顯著差異 ( $p < .05$ )，而踝關節未達顯著差異。
- (二) 如表 3，比較馬克操高抬腿與一般抬腿動作推蹬參數，高抬腿動作在撞擊力峰值 ( $1.39 \pm 0.29$  BW) 小於一般抬腿動作 ( $1.51 \pm 0.35$  BW)；高抬腿動作在最大負荷率 ( $219.81 \pm 87.88$  BW) 大於一般抬腿動作 ( $142.08 \pm 118.51$  BW)；



高抬腿動作在推蹬力峰值( $0.51\pm 0.15BW$ )大於一般抬腿動作( $0.32\pm 0.08 BW$ )；高抬腿動作在推蹬力矩值( $0.03\pm 0.03 Ntm/BW$ )大於一般抬腿動作( $0.03\pm 0.03 Ntm/BW$ )。由結果得知高抬腿動作的撞擊力峰值小於一般抬腿動作，而推蹬力峰值、最大負荷率與推蹬力矩值都大於一般抬腿動作。其中推蹬力峰值與最大負荷率達顯著差異( $p < .05$ )，而撞擊力峰值與推蹬力矩值未達顯著差異。

## 二、討論

在一般動作訓練中，教練往往會針對動作進行示範與說明，因此如果能夠運用這些高精密度的儀器來分析選手之技術與動作並且提供準確的數據，則更能了解動作的特點與差異(全國體育學院教材委員會，1990)。從表 2 得知，馬克操高抬腿動作在髖關節與膝關節角度最小值顯著小於一般抬腿動作，所以可知馬克操高抬腿動作的腳確實抬的比較高，屈髖與屈膝動作確實比較顯著。由這樣的結果我們可以了解到馬克操高抬腿動作由於動作較大、抬腿較高，所以訓練的效果應該會來的比較好；反之，也因為高抬腿動作的動作範圍較大，訓練效果較強的，因此在訓練份量上，應有所考量，甚至和一般抬腿動作混合進行，以免選手因為訓練過於劇烈而產生疲勞與受傷。

在撞擊力峰值方面，由統計結果可知兩者並無顯著差異；但是在最大負荷率方面馬克操高抬腿動作的最大負荷率顯著大於馬克操一般抬腿動作的最大負荷率，推究其原因可能馬克操是高抬腿動作讓抬腿腳抬的較高，相對的當腳讓腳跟著地時，便可能承受到較大的瞬間衝擊力，進而導致馬克操高抬腿動作的最大負荷率較大。而邱宏達、相子元、林德嘉(1998)也指出最大負荷率越大，足部所承受的力量越大，因此在訓練上，應避免馬克操高抬腿動作的訓練量過多，進而防止運動傷害的發生。

與最大負荷率的結果相同，馬克操高抬腿動作的推蹬力峰值也大於馬克操一般抬腿動作的推蹬力峰值。其原因也應該是馬克操高抬腿動作讓抬腿腳充分屈曲下肢關節，進而在足部著地後的步態推蹬階段，產生較大的推蹬力所導致。古國宏、黃長福、廖逢錦、蔡永川(2009)指出，推蹬力量越大對於身體前進動量有較大的幫助，由此可知馬克操高抬腿動作在充分屈曲抬腿腳下肢關節、讓足部在步態推蹬階段產生較大推蹬力的一連串動作機轉之下，是有助於身體前進動量的產生的。而這樣的事實也再次顯示，馬克操高抬腿動作訓練對於人體跑步前進速度的發展是有所助益的。

經由上述的討論我們得知馬克操高抬腿動作和馬克操一般抬腿動作的差異在於馬克操高抬腿動作能讓抬腿腳抬得較高，另外下肢也能產生較大的推蹬力峰值來讓身體前進，符合王保成、周志雄(2001)，胡耀紅、劉劍(2002)和楊善才(2005)指出馬克操主要在強調以髖為軸進行高速擺動的前擺屈蹬技術，能夠發展大腿之伸



髖能力及小腿前擺扒地動作技術的論點。

另外，雖然我們已經運用生物力學的方法來證實了馬克操高抬腿動作符合了運動生物力學的積極目的——能夠增進運動表現（相子元，2009）；但是在運動生物力學的消極目地——避免運動傷害方面，因為馬克操高抬腿動作的足部最大負荷率較馬克操一般抬腿動作來的大，所以在訓練時也應避免馬克操高抬腿動作的訓練量過多，以避免運動傷害的發生。

## 肆、結論與建議

### 一、結論

- （一）馬克操的高抬腿動作和一般抬腿動作差異在於馬克操高抬腿動作髖、膝關節角度最小值較小，可讓抬腿腳之抬腿高度提升，另外下肢也能產生較大的推蹬力峰值來讓身體前進，進而能夠發展大腿的伸髖以及小腿的前擺扒地動作技術。
- （二）馬克操高抬腿動作的足部最大負荷率較馬克操一般抬腿動作來的大，所以在訓練時也應避免馬克操高抬腿動作的訓練量過多，以防止運動傷害的發生。

### 二、建議

本研究結果以運動生物力學的研究方式初步探究了馬克操高抬腿動作技術的特性，在未來的研究中可運用更多之方式如下肢關節力矩分析或者下肢肌電圖分析等來針對馬克操動作技術進行更為深入的研究。

## 參考文獻

- 王保成、周志雄(2001)。短跑技術專門練習的創新與教學訓練效果的實驗比較研究。  
**體育科學**，21（4），46-49。
- 古國宏、黃長福、廖逢錦、蔡永川（2009）。標槍投擲時槍體受力型態及地面反作用力型態之探討。**體育學報**，42（4），1-11。
- 李運來（2001）。馬克操基本型。國際運動教練研討會論文集，未出版講習會講義。  
台中市：國立台灣體育學院。
- 朱金水、林嬌娟（2007）馬克操訓練對青少年速度表現之影響。2007 銘傳大學國際體育運動與健康休閒發展學術研討會論文集，未出版講習會講義。台北市：銘傳大學。
- 邱宏達、相子元、林德嘉（1998）由地面反作用力評估鞋底避震能力—材料與人體測試之比較。**體育學報**，32，69-78。
- 相子元（2007）。**基礎運動生物力學**。台北市：相子元。
- 胡耀紅、劉劍（2002）。短跑技術專門練習的創新與比較。**遼寧體育科技**，24（6），8-9。
- 連振杰、黃宏春（1998）。田徑運動崇高美啓示。**中華體育季刊**，12（3），4-10。



- 楊守博、簡榮章 (1989)。田徑函授教材。北京：北京體育學院出版。
- 楊善才 (2005)。改進途中跑擺動腿技術對提高短跑速度的作用。連雲港職業技術學院學報，18 (1)，73-76。
- 運動生理學網站 (2010)。馬克操的英文翻譯及動作介紹。2011 年 5 月 4 日，取自運動生理學網站，運動生理學網站址。http://www.epSPORT.idv.tw/epSPORT /board/newspaper.asp?repno=4041
- Matheson, C., & Burrows, R. (2002). Sprint Training: Strength and speed for summer racing. Running Times Magazine.
- McFarlane, B. (1994). Hurdles A basic and advanced technical model. Track Technique Summer, 128, 4073-4079.
- Tellez, T., & Koester, K. (1991). Championship drills for track and field: Sprint drills. Ames, Iowa: Championship Books & Video productions.

