

國立臺灣體育運動大學競技運動學系

碩士學位論文

國內 100 公尺短跑選手在高速期下肢擺動角度
及速度與成績表現之研究

THE CORRELATION BETWEEN TAIWAN' S 100
METERS SPRINTERS' PERFORMANCE AND SWING
ANGLES, SWING SPEED OF LOWER LIMB IN HIGH
SPEED PERIOD



研究生：李 灝 撰

指導教授：林華章 教授

中 華 民 國 101 年 6 月

論文名稱：國內 100 公尺短跑選手在高速期下肢擺動角度及
速度與成績表現之研究

總頁數：48 頁

院校組別：國立臺灣體育運動大學競技運動學系碩士班

畢業時間及提要別：一百學年度第二學期碩士學位論文提要

研究生：李灝

指導教授：林華章教授

中文摘要

本研究以運動學分析國內 100 公尺選手高速期下肢（左腳）之最小膝關節角度、擺動腿擺動角速度、最大大腿角度以及步幅，並分析與成績表現之相關。研究對象為 10 位大學田徑短距離男選手，測試前於右腳尖（內側）、左腳尖、踝關節、左膝關節、左髖關節貼上標記點。受試者皆須完成兩次 100 公尺測驗，並取較佳一次成績進行分析。本研究以一台數位攝影機拍攝 50~60 公尺受試者動作，ALGE-TIMING 無線分段計時器取得測驗成績，KWON 3D 動作分析軟體計算出各運動學參數，將所得以皮爾森積差相關 (Pearson correlation) 運算出本研究各項參數及成績間之相關，顯著水準為 $p < .05$ 。結果如下：一、最小膝關節角度與擺動腿擺動角速度呈現負相關，達顯著水準 ($p < .05$)；與最大大腿角度呈現負相關，達顯著水準 ($p < .05$)；與步幅呈現負相關，達顯著水準 ($p < .05$)。二、擺動腿擺動角速度與最大大腿角度呈現負相關，未達顯著水準；與步幅呈現負相關，未達顯著水準。三、最大大腿角度與步幅呈現正相關，未達顯著水準。四、下肢運動學與 100 公尺成績：(一) 最小膝關節角度與 100 公尺成績呈現正相關，達顯著水準 ($p < .05$)。(二) 擺動腿擺動角速度與 100 公尺成績呈現負相關，達顯著水準 ($p < .01$)。(三) 最大大腿角度與 100 公尺成績呈現負相關，未達顯著水準。(四) 步幅與 100 公尺成績呈現負相關，未達顯著水準。研究結論為高速期階段最小膝關節角度越小，使擺動角速度增大，速度加快同時提升大腿前擺幅度，取得較佳的步幅。

關鍵詞：100 公尺、高速期、最小膝關節角度、擺動腿擺動
角速度、最大大腿角度

Lee Hao (2012). The Correlation between Taiwan's 100 Meters Sprinters' Performance and Swing Angles, Swing Speed of Lower Limb in High Speed Period. Unpublished master thesis, National Taiwan University of Physical Education and Sport.

Abstract

The purposes of this study were to analysis the correlation between the lower limb kinematic parameters (left leg) and the 100 meter performance among the 100 meters sprinters during high speed period. The study focused on analyzing the lower limb minimum knee angle, swing leg angular velocity, maximum thigh angle and stride length. Subjects were ten male track and field sprinters, each subject must pasted the markers on right toe(inside), left toe, left ankle, left knee and left hip before testing, and must completed two trips of 100 meters, then selected one better result for reach analysis. Pearson Correlation method used for calculating the Correlation between lower limb kinematic parameters and 100 meter results, significant level $p < .05$. The results were as follows: 1. minimum knee angle and swing leg angular velocity was shown negative correlation ($p < .05$); minimum knee angle and maximum thigh angle was shown negative correlation ($p < .05$); minimum knee angle and stride length was shown negative correlation. 2. swing leg angular velocity and maximum thigh angle was shown negative correlation; swing leg angular velocity and stride length was shown negative correlation. 3. maximum thigh angle and stride length was shown positive correlation. 4. lower limb kinematic parameters and 100 meter results: (1) minimum knee angle and 100 meter results was shown positive correlation ($p < .05$); (2) swing leg angular velocity and 100 meter results was shown negative correlation ($p < .01$); (3) maximum thigh angle and 100 meter results was shown negative correlation; (4) stride length and 100 meter results was shown negative correlation. The conclusions demonstrated that the smaller minimum knee angle appear, the bigger swing leg angular velocity produce, increase the swing speed and elevate the range of swing leg to swing forward as well, then obtain a better stride length.

Key words: 100 meters, high speed period, minimum knee angle, swing leg angular velocity, maximum thigh angle.

誌謝

終於，拖了四年的碩士論文終於完成，真的是可以再讀一次大學了，但同時也意味著即將結束學生生涯。回顧這四年，所有事情仍然記憶猶新，也感謝身邊所有人的陪伴支持，因為有你們，我才能如期畢業。

首先要感謝的是我的指導教授林華韋老師，很榮幸能做為您的研究生，謝謝您這段期間的照顧、指導建議及督促，不管是對於論文或是對於未來規劃，也讓我的研究之路更加踏實美好，而我應該也是您所有研究生中最會“拖”的吧，想到就慚愧阿，哈！

感謝帥氣的張立羣老師在論文及生物力學問題上給予粗心的我指導與建議，也感謝可愛的吳錦雲老師，在百忙之中從台北趕下來台中幫我口試，您的寶貴建議對我真的有很大的幫助，也讓我見識到要成為一位成功的教練，對於近年來訓練新趨勢一定要有所了解。同時要感謝在研究所階段指導我訓練的陶武訓老師，這兩年的訓練也學到許多跟以往不一樣的訓練法，也要謝謝您給予我論文的方向並鼓勵支持我。

另外要感謝競碩學弟銘修不厭其煩教我如何使用 KWON 3D 軟體，並協助我調整需要分析的參數及拍攝比例尺，沒有你，我現在絕對還是一頭霧水阿！還有感謝張阿肥偉達的協助及鼓勵。

在競碩這幾年，要感謝水水的班導方世華老師，在您的引領之下，讓我在做任何事情更加謹慎認真。也感謝最佳損友鴻鈞，由於你開玩笑的開出了天價，讓我更積極面對我的論文，這也是一種刺激我的方式，哈哈，太感謝你啦！也謝謝同門師姐王大美女敏姿小姐在這段期間的鼓勵以及一起打拚，我們終於要一起畢業了！還有所有競碩的夥伴們，有你們的陪伴，讓我在碩班期間並不孤單，也充滿了許多歡笑，謝謝你們。同時也很謝謝佩欣學姊，除了在行政上的幫忙外，謝謝你每次看到我都會問：阿你要畢業了沒阿？哈哈，有你

的貼心督促，讓我能順利完成碩士論文。還有最優秀的MOMO TEAM的每位成員，謝謝你們協助我拍攝實驗以及大家對我的鼓勵，也因為有你們的幫忙，讓我論文能順利完成。

感謝我的女友宛君，很謝謝妳在最後這一年的鼓勵，並且給了我許多建議，在我想放棄、想休學的時候鼓勵及督促我繼續完成，不要再拖延下去。如今我順利畢業，要對妳說：感恩啊，哈哈。

最後要感謝我親愛的家人，老哥、大嫂及可愛的姪女小乖，謝謝你們在最後這半年來的照顧，讓我能好好專心完成我的論文，同時在小乖的加持下，也充滿了許多笑聲，打擾你們一家三口那麼久，真的有點不好意思內。老姊，雖然你在德過，不過你是我最好的學習對象，因為你，使我擁有更堅強的意志力並繼續完成碩士學位。老爸老媽，我這個喜歡一拖再拖的個性，讓你們很擔心了，謝謝你們在這幾年來的支持及鼓勵，使我能無後顧之憂的好好完成碩士論文並取得學位，感謝你們，超愛你們的啦！！

身旁的每一位老師、同學、家人，在我碩班的生活裡都扮演著很重要的腳色，也是我繼續前進的原動力及不可或缺的角色，真的非常謝謝大家，有了你們，讓我的生活更精采、更豐富。

李灝 謹誌

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	III
致 謝	IV
目 錄	VI
表目錄	VIII
圖目錄	VIII
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究動機	5
第三節 研究目的	6
第四節 研究假設	6
第五節 研究範圍與限制	7
第六節 操作性定義	8
第貳章 文獻探討	10
第一節 高速期之相關研究	10
第二節 擺動腿擺動速度、角度之相關研究	15
第三節 文獻總結	19
第參章 研究方法與實驗步驟	21
第一節 實驗對象	21
第二節 時驗日期地點	22
第三節 實驗儀器	22
第四節 實驗場地佈置	22
第五節 實驗流程	24
第六節 資料處理與分析	25

第四章	結果與討論	26
第一節	受試者測驗成績	26
第二節	受試者下肢運動學	28
第三節	下肢運動學參數之相關	30
第四節	下肢運動學與 100 公尺成績之相關	35
第五章	結論與建議	39
第一節	結論	39
第二節	對選手建議	40
第三節	後續研究建議	40
參考文獻		42
一、	中文文獻	42
二、	英文文獻	46
三、	日文文獻	48

表目錄

表 1-1	我國男子 100 公尺前十傑.....	4
表 1-2	日本男子 100 公尺前十傑.....	4
表 2-1	受試者基本資料.....	21
表 3-1	受試者高速期、100 公尺成績.....	26
表 3-2	100 年大專運動會 100 公尺決賽成績.....	27
表 3-3	受試者下肢運動學.....	28
表 3-4	下肢運動學參數之相關.....	30
表 3-5	下肢運動學與 100 公尺成績之相關.....	35

圖目錄

圖 1-1	擺動腿擺動週期圖.....	7
圖 1-2	最小膝關節角度.....	8
圖 1-3	最大大腿角度.....	8
圖 1-4	步幅.....	9
圖 2-1	場地佈置圖.....	23
圖 2-2	實驗流程圖.....	24

第壹章 緒論

第一節 研究背景

田徑，為運動之母，也是大多數運動種類的基本要件。在田徑場眾多運動項目中，100公尺競賽總是能吸引眾人目光，也被視為是挑戰人類速度極限的運動項目。文超（2002）1896年現代第一屆奧運會，男子100公尺項目由美國的Tom Burke以12.0秒獲得冠軍，而女子100公尺則是在1928年第九屆奧運會中列入田徑比賽項目之一。文中也指出，短跑技術的演變和發展經歷了幾個漫長的過程，早期短跑動作是上體前傾較大、大腿抬得較高、小腿前擺較大、兩臂用力大幅度的擺動、後蹬腿用力蹬地，展現出非常有力量的姿態（文超，2002）。19世紀末到20世紀初，短跑動作有所轉變，短跑技術重點強調後蹬，普遍認為後蹬是跑中最重要甚至是唯一的動力來源，所以在技術訓練上強調支撐腿在後蹬階段時髌、膝、踝關節充分伸展（文超，1996）。

現代競技運動競爭日趨激烈，由於場地條件不斷的變化，短跑技術也隨之改變。過去主要以煤渣跑道為主，慢慢演進至紅土跑道，而這兩種型式的跑道皆缺乏彈性，想獲得較快速度，就必須加強後蹬力量，且後蹬腳必須充分伸直。隨著材料科學的進步，人工跑道問世後，短跑成績又再次大幅提升，而短跑技術也跟著改變。由於人工跑道彈性較佳，所以在跑過程中如果強調後蹬，會造成後蹬動作向上，增加騰空時間，反而對成績表現不利。所以在支撐離地瞬間，膝關節角度約為 $150^{\circ}\sim 156^{\circ}$ ，這種不充份後蹬不但利於支撐快速蹬離地面，也縮短前擺時間（張永虎，2000；崔喜燦，2000）。

後蹬腿膝關節不完全伸直應被視為被動的狀態，而不是人為故意的使蹬地腿曲屈。經過多年實踐，在短跑技術訓練上提出了加強前擺訓練概念，除了後蹬之外，大腿前擺也是推動人體產生動力來源之一，進而對短跑技術提出了“蹬擺結合”的理論（文超，1996；黃達武，2009）。因此快速向前擺腿及屈蹬式的跑法使短跑技術得到很大的改善，並形成現代短跑主流技術。

1968年墨西哥奧運，美國選手 Jim Hines 以電子計時成績 9 秒 95，突破 10 秒大關。15 年後，美國選手 Calvin Smith 打破 Jim Hines 保持的世界紀錄，以 9 秒 93 創下新紀錄。1991 年 Carl Lewis 突破了 9 秒 90 大關，成績為 9 秒 86。1996 年亞特蘭大奧運，加拿大選手 Donovan Bailey 以 9 秒 84 再破世界紀錄，但相隔三年後，美國選手 Maurice Green 於希臘雅典跑出了震驚世界的 9 秒 79 紀錄，此紀錄保持了六年之久，這段期間許多人認為 9 秒 79 為人類的極限，且不可能再突破。但在 2005 年相同地點，這懸掛已久的世界紀錄被牙買加短跑好手 Asafa Powell 以 9 秒 77 打破，人類的速度極限再次突破，兩年後，Asafa Powell 再把自己所保持的紀錄往前推進了 0.03 秒（9 秒 74）。2008 年北京奧運，男子 100 公尺決賽，牙買加另外一位短跑好手－Usain Bolt，展現出驚人的速度，並以 9 秒 69 打破同胞好手 Asafa Powell 所保持 9 秒 77 世界紀錄。隔年柏林世界田徑錦標賽，Usain Bolt 硬生生的把自己所保持的世界紀錄再往前推進 0.11 秒－9 秒 58，並創下短時間內無人能敵的世界紀錄（百度百科－百米世界紀錄）。

近年來，經過有系統的科學化訓練，人類速度的極限也

不斷的被挑戰。國際比賽的成績也因技術及訓練法的突破，不斷的進步。而國內 100 公尺短跑成績，近幾年來雖有向上提升的趨勢，但國內 100 公尺歷年前十傑成績（表一），與中國紀錄（李創：10 秒 17）、亞洲紀錄（卡達選手 -Samuel Francis 創下的 9 秒 99）、日本前十傑成績（表二）相較之下，成績水準仍有明顯差距。隨著短跑技術的改變，成績也逐漸的往上提升，然而國內的研究文獻中，極少針對我國 100 公尺選手技術方面研究及探討，如何透過科學化訓練，修正並改善 100 公尺選手短跑技術，使選手把能力發揮到最大效益，進一步提升運動表現，是我國田徑界關心的議題。本研究將針對國內 100 公尺選手於高速期間下肢擺動角度、速度與成績相關做分析研究，期能將所得結果提供教練及選手日後練習做參考，希望能對國內短跑成績的提升有所貢獻。

表 1-1 我國男子 100 公尺前十傑

排名	姓名	秒數	日期
1	劉元凱	10 秒 29	04.08.2006
	蔡孟霖		07.29.2006
3	鄭新福	10 秒 37	06.28.1986
4	陳天文	10 秒 38	06.08.2002
	陶武訓		12.13.1998
5	黃信平	10 秒 41	10.26.1995
	林金雄		05.02.1990
7	蔡益成	10 秒 44	05.02.1990
	易緯鎮		10.21.2007
9	李訓榮	10 秒 45	05.28.1988

資料來源：修改自中華民國田徑協會官方網站

表 1-2 日本男子 100 公尺前十傑

排名	姓名	秒數	日期
1	伊東浩司	10 秒 00	12.13.1998
2	朝原宣治	10 秒 02	07.13.2001
3	末續慎吾	10 秒 03	05.05.2003
4	江里口匡史	10 秒 07	06.28.2009
5	塚原直貴	10 秒 09	06.27.2009
6	川畑伸吾	10 秒 11	09.02.2000
7	田島宣弘	10 秒 13	05.06.2002
8	窪田慎	10 秒 19	10.04.1998
	井上悟		05.17.1991
9	小島茂之	10 秒 20	07.02.2000
	高平慎士		04.29.200

資料來源：修改自維基百科－自由的百科全書

第二節 研究動機

100 公尺屬於週期性以及必須要極短時間內完成的運動項目，以速度分期來看，100 公尺可分為起跑、加速期、高速期、維持期、減速期、終點；若以跑步的動作技術來劃分，可將一步的循環分為著地、支撐緩衝、後蹬、摺疊、前擺等技術。看似淺顯易懂，容易做出來的週期性運動，每個動作技術都是環環相扣，若在練習過程中其中一個技術不正確而未即時修正，此錯誤技術將會被一再的重複施做，進而影響比賽成績的優劣。

在 12 年的田徑選手生涯中，訓練總是強調前擺時大腿前抬盡量抬高、著地速度要快、後蹬腿時必須充分推蹬，才能獲得較大的前進力量，並沒有針對擺動過程中大小腿摺疊角度、擺動速度、前擺幅度做更多的訓練。在跑的過程中，往往因為過度的抬腿，造成較多的垂直位移、過度的後蹬產生騰空時間過長的問題，然而 100 公尺卻是要快速水平位移的運動項目。同時深深體會到在比賽中，往往問題常出現在高速期階段，而這階段產生問題，直接影響的就是接下來到終點這段距離的速度。在所有速度分期中，高速期階段是選手產生最大速度、動作最完整的時期，因此有優異的技術環節，創造出優異的擺動速度，對於成績的提升是絕對有幫助。

透過影片發現，現今國內幾位較優秀的 100 公尺選手以及世界級 100 公尺好手例如美國好手 Tyson Gay、牙買加好手 Asafa Powell，以及現今世界紀錄保持人 -Usain Bolt，在高速期的擺動技術上都有別於過去。向正興（2005）在試談擺動技術對提高短跑成績的作用中提到，傳統的短跑擺動技術，要求擺腿時大腿抬高，對擺動的速度並沒有做特別的要

求，但 Ito, Fukuda and Kijima (2008) 針對 2007 年東京世界田徑錦標賽男子 100 公尺冠亞軍 Tyson Gay、Asafa Powell 途中跑動作分析提出了不同的見解，該研究發現，兩位選手速度越快，恢復期的膝關節角度越小，前擺時兩位選手並沒有過分的提高大腿，而是自然前擺。

因此在講求分秒必爭的 100 公尺競賽中，高速期階段如何有效率的控制擺動腿的角度、速度等技術來提升成績，想必是 100 公尺的重要課題。

第三節 研究目的

本研究主要目的是了解大專 100 公尺選手在高速期階段，下肢擺動角度、速度與成績之相關及影響，經過 100 公尺起跑出發後高速期階段影像的拍攝瞭解選手在高速期下肢擺動運動學參數，並加以討論其相關，以提供教練及選手作為訓練過程中的參考，提升競技水準。

- 一、探討國內 100 公尺短跑選手在高速期階段下肢運動學參數間之相關。
- 二、探討國內 100 公尺短跑選手在高速期階段下肢運動學參數與 100 公尺成績之相關。

第四節 研究假設

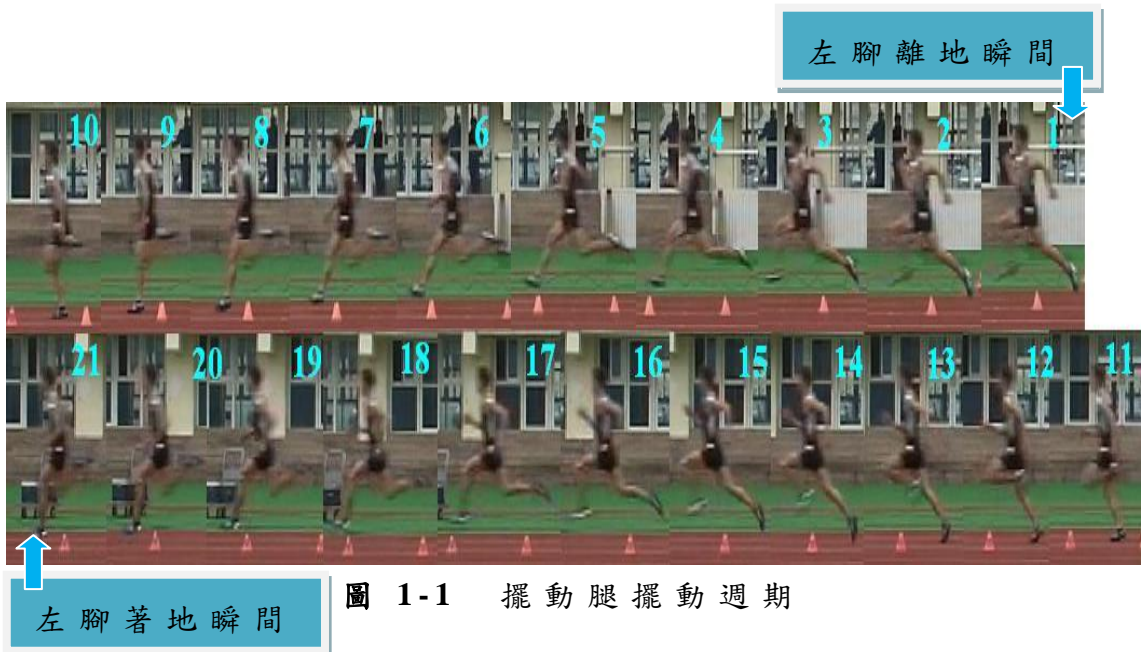
本研究假設如下

- 一、下肢運動學參數間有顯著相關。
下肢運動學參數與 100 公尺成績有顯著相關。

第五節 研究範圍與限制

一、研究範圍

本研究是以國立臺灣體育運動大學 10 位田徑短距離男選手為研究對象，並利用攝影機拍攝選手在 100 公尺高速期間（50~60 公尺）之左腳腳尖離地瞬間至左腳尖著地瞬間一單步之角度、速度及步幅（圖 1-1）分析，不對 100 公尺其他階段、選手的身體素質以及其他運動學參數做深入探討。



二、研究限制

本研究只限於選手測試時高速期階段（50~60 公尺）之右腳腳尖移動距離、左腳最小膝角度、擺動速度、前抬角度、步幅、成績及全程成績資料擷取。研究探討只限於選手測驗時之表現，即該階段下肢運動學參數、高速期成績、全程成績資料。風速限制則依據國際田徑規則設定在 2 公尺/秒。其他如選手自身狀況、能力、氣候溫度、濕度等狀況皆不在本研究之研究範圍內。

第六節 操作性定義

- 一、高速期：運動員自起跑架出發，50~60公尺處。
- 二、最小膝關節角度：恢復期(recovery phase)擺動腿摺疊時，膝關節通過垂直線之大小腿間夾角(圖 1-2)。
- 三、最大大腿角度：擺動腿摺疊前擺至最高位置時，大腿與垂直線之夾角(圖 1-3)。
- 四、步幅：高速期階段，右腳腳尖離地瞬間至左腳腳尖著地之距離(圖 1-4)。
- 五、擺動腿擺動角速度：左腳尖瞬間開始至左腳尖著地瞬間之最大膝關節角速度。

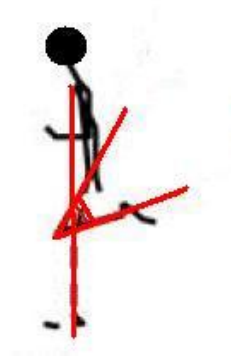


圖 1-2 最小膝關節角度



圖 1-3 最大大腿角度



↑
左腳著地瞬間

圖 1-4 步幅

↑
右腳離地瞬間

第貳章 文獻探討

短跑項目的基本目的，就是在比賽過程中達到最大速度，跑得距離決定速度耐力及其他身體能力的重要性，而為了在100公尺短跑達到這個目的，選手必須專心於如何達到及保持最大速度，是一個需要極高度專注力及速度能力的運動項目。短跑已經有近百年的發展歷史，而國內對於短跑的各種研究趨近完整，但對於跑的過程中技術研究及分析文獻較少，因此本單元的文獻探討係以本研究所應用到的文獻資料，統整過去國內外各學者的研究方向及結果，加以分析整合，其內容主要分為：第一節高速期；第二節擺動腿擺動角度、速度；第三節文獻總結。

第一節 高速期之相關研究

短跑，是在一定的距離內以最快的速度完成比賽，成績快慢決定名次的優劣。而100公尺為所有徑賽項目中強度極高的週期性運動。看似簡單的運動項目，卻是深藏著不是每個人都可以做得到的技術，從起跑、加速、高速維持、減速、到最後壓線，每階段都是最後勝負的關鍵，環環相扣著。其中途中跑能發揮最高速度，所佔距離最長，且動作結構完整，被認為是短跑項目最重要之技術，相對的，途中跑的技術優劣對百公尺成績的影響也就最大（楊明松，2005）。此階段的距離界定不一，但平均為30~60公尺的距離。過去國內學者將100公尺分為四階段，其研究法將30~60公尺階段訂定為高速期（陶武訓，2002；劉淑華，2007；曾景松、黃慶旻，2009）。

簡鴻玟（1995）以個案為研究對象，拍攝受試者100公

尺全程，計算出 10 公尺間的平均速度、步幅、步頻，以探討受試者跑步技術。研究發現，受試者於 40~50 公尺時達到最高平均速度，在 60 公尺過後平均速度開始呈現下降。

王麗娜（1999）以 4 名 11 至 12 歲女子短跑選手為研究對象，了解少女 100 公尺步頻步幅的結構特徵，研究結果顯示，30~60 公尺途中跑階段，除了步頻沒有顯著差異外，速度及步幅達到最大值，超過全程平均值，並證實此階段為 100 公尺關鍵階段。在短跑技術架構中，途中跑技術對一百公尺成績影響比例占 62%，其任務為是繼續發揮和保持最大速度（潘瑞根，2002）。陶武訓（2002）以 10 名田徑選手為受試者，以比賽的方式進行兩次 100 公尺測試，其研究發現，受試者平均速度在 60 公尺處達到最高速。進入維持期平均速度隨即下降。

起跑後加速階段，亞洲選手與國外選手差距並不大，但在高速期階段不同水平運動員之間還是存在極大的差異，優秀短跑選手在 60~70 公尺達到最高速度，而一般運動員或運動新手只能在 30~40 公尺達到自己的最高速度，隨後速度即開始下降（文超，2002）。蘇耿賦（1994）針對臺灣與世界級男子一百公尺短跑選手步幅、步頻平均速度探討中發現，我國選手平均在 30~40 公尺時就產生極速，且持續性不佳，有明顯下降趨勢，反觀世界選手在 50~60 公尺才達極速，持續性佳，至 80 公尺時依然維持全速之 96.6%，與我國選手的 93.3% 有段差距。

許樹淵（1998）對 1997 年世界田徑錦標賽短距離跑分段時間分析，發現世界級男女選手皆於 50~60 公尺處達最高速度。Ferro et al. (2002) 針對 1999 年世界田徑錦標賽短距離項

目（100公尺、200公尺、400公尺）之進決賽男女選手做運動學研究，其中男子、女子100公尺冠軍 - Maurice Green、Marion Jon皆於50~60公尺階段達最大平均速度，從30~50公尺及50~80公尺的累積時間分別說明了運動員如何加速及減速，也說明了男女前三名的選手在這段距離中取得較佳的時間。李昭慶、林淑惠與王慶堂（2004），以13名國立台灣師範大學體育系男學生為研究對象，拍攝30~50公尺，並進行分析發現，30~50公尺為短跑過程中的加速及最高速度階段，技術優劣對成績有極大影響，主要研究結果發現選手於50公尺處達到最高平均速度。

Lidor and Meckel (2004)提到國際級短跑選手持續加速，直到50~60公尺達到最高速度；反觀一個未經訓練的選手，將會大概在20~25公尺階段達到最高速度。相同的，郭樹濤與孫紅煒（2005）也指出大多數運動員均在30~60公尺階段達到個人最大速度。而高水平運動員達到最大速度的距離會更長一些。

而一些學者分析中國及世界頂尖選手發現，中國選手全程跑的整體速度節奏與世界選手相比存在較大差別。世界優秀選手加速距離較長，直到60公尺後才達到最大速度，且保持時間較長。中國選手則在40公尺達最大速度，速度下降較快（李竹青、徐佶，2001；林瑞群，2003；謝慧松，2005；唐其明，2005；賈昌志，2007）。Ito et al. (2008)年提到，世界級男性100公尺短跑選手在70~80公尺處達到他們最大速度，而100公尺短跑跑進10秒內的選手的最大速度為 $\geq 12.1\text{m/s}$ 。

劉淑華（2007）分析進行100公尺分段時間、步幅、步

頻及平均速度，研究結果顯示男女選手均在 50~60 公尺階段達到最高平均速度。郭樹濤與孫紅煒（2008）文中提到，前西德教授 M. Letzelter 曾指出，100 公尺加速階段的運動學特徵，在高水平與低水平短跑運動員中是有明顯差距，此階段是 100 公尺全程跑中最重要的一個段落。無論水平高低，多數選手都是在 30~60 公尺間達到最大速度。同時該研究以中國第 9、10 屆全國運動會中獲得女子 100 公尺前兩名的運動員，以及第 6 屆世錦賽獲得女子 100 公尺決賽前五名選手作研究比較，而此研究顯示，中國女選手主要差距也是在 30~60 公尺階段。

Moghaddam and Janashi (2002)以三名男性國家及短跑選手為受試者，在間接測量短跑運動員的運動學和動力學參數中提到，第三屆東京世界田徑錦標賽中，許多 100 公尺短跑選手在 60~70 公尺處達到最大速度，只有少數的選手在 70~80 公尺處達到最大速度，其中也有選手於 40~50 公尺處達到最大速度。而此研究中有兩位受試者在 40~50 公尺處達到最大速度，與參加第三屆世界田徑錦標賽選手相同，但成績卻無法與國際級選手相比，成績差距的原因可能來自於缺乏足夠的能量以及缺乏正確跑步的方法或跑步速率。

Korhonen (2009)在分析國家級和世界級 100 公尺短跑選手中建議，雖然每個階段都很重要，但是加速的能力（0~30 公尺）並沒有比中後段保持速度能力更能影響最後比賽成績。為了支持這論點，在最近的 100 公尺世界記錄（9 秒 69）發現的特點是在 100 公尺的中後段（50~90 公尺），藉由保持最大速度（11.8~12.2m/s，非官方數據）來完成。

Mackala (2007)將 8 名男性短跑選手及 1997 年世界田徑

錦標賽進入男子 100 公尺決賽的 8 名選手分為 A、B 兩組進行比較，在途中跑過程中發現 A 組選手在 40~60 公尺階段達到最大速度，而對該組而言此階段為影響最後成績的重要階段；B 組選手為世界頂尖選手，在 50~60 公尺、60~70 公尺處會經歷兩個速度調節階段，直到 70~80 公尺才達到最大速度。由上述文獻中可以得知國內及中國選手在高速期階段落再 40~50 公尺處，而國際頂尖選手高速期可落在 50~60 公尺，甚至可超越 60 公尺，相對有較長的高速期。而高速期為發揮最大速度階段，步幅步頻皆發揮到最完整，因此此階段技術優劣也是影響最後成績的關鍵。

第二節 擺動腿擺動角度、速度之相關研究

100 公尺是經由支撐、推蹬、後折疊、前擺、下踩相互緊密交替的周期性運動，過去選手及教練往往認為後蹬是跑步唯一動力的來源，所以在 100 公尺技術訓練時，強調髖、膝、踝三關節必須充分蹬直來獲得較大動力，但根據近幾年來文獻指出，優秀運動員單側腳的支撐時間占單腳一個周期的 22.1%，而前擺時間卻占了 77.9%，兩者比例為 1:3.5(郝建華，2002；文超，2002；王燕珍、王楓，2004；于鴻麗，2005)，由此可見，現代的短跑技術已明顯改變，大腿積極快速前擺已逐漸取代充分後蹬的技術。

廖貴地與簡鴻玟（1993）在短跑技術的訓練示範教學中提到，恢復期後蹬腿用力蹬離地面後應立即屈膝，小腿盡量靠近大腿，讓大小腿折疊以縮小旋轉半徑，加快前擺速度；前擺期大腿應盡量抬至水平面，以利加大步幅。蹬擺協調結合是跑步技術關鍵，加快擺動腿前擺速度及加大步幅，並加大蹬地的反作用力，增大身體重心水平速度及減少運動軌跡上下波動。強建明（1993）在現代 100 公尺技術教學的幾點體會一文中提到，現代的短跑方式更符合運動生物力學及解剖學，表現出高步頻、大步幅、重心起伏小，並要求快蹬快收，前擺速度快以及幅度大。在教學上強調前擺，要求快蹬外，更需要快速收腿及折疊，並積極往前擺動。

陳維科（2000）以世界優秀男女 100 公尺選手及中國優秀男女 100 公尺選手共 10 名相互比較提到，擺腿技術中，後擺折疊占總擺動時間 6%，前擺則占了 61.5%，擺動半徑小，擺動時會較省力也較快。其中發現美國選手與中國選手在擺動技術上前擺時大小腿夾角分別為 25~28°/33.9°，美國選手

有效的縮短旋轉半徑並加快前擺速度。而在前擺大腿與水平面的夾角之比較，分別為 $15\sim 20^\circ/5\sim 17^\circ$ ，凸顯出中國選手在抬腿過高增加垂直速度，對於水平速度不利。

蔣啟飛與張永龍（2007）在影響中國男子短跑成績的主要因素分析與對策中發現，國外優秀 100 公尺選手與中國選手在大小腿折疊階段角度分別為 $29^\circ/33^\circ$ ，說明了中國選手後蹬結束後，前擺半徑大，髖關節主動快速收縮受到限制，影響了髖關節絞剪的幅度，進而影響了步幅與速度。Cissik（2002）在對於跑步技術及速度發展中提到，在選手進入恢復期，當腳離開地面瞬間，選手應以最快的速度彎曲膝關節並將腳後跟提起至臀部，這可以幫助運動員加快擺腿速度。孫卓藝（2005）針對制約中國優秀男子 100 公尺跑運動員步幅提高的原因進行分析發現，中國選手在途中跑支撐階段步幅小的主要原因包含了擺動腿擺動時機晚、擺動慢、擺動幅度較小。

潘瑞根（2002）在短跑訓練實務中將擺腿技術分為後擺、前擺。要求擺動腿在後擺階段就要完成大小腿之間的夾腿，以縮短旋轉半徑，減小腿的轉動慣量，獲得一個較大的轉動角加速度，加快大腿向前擺動的速度；前擺時在髖橫軸的帶動下，促進擺腿動作的速度和幅度的加大。同時，較快的擺腿速度對送髖動作的完成也有十分重要的作用。後擺和前擺動作是緊密關聯的，後擺時的任何延誤不僅會影響前擺動作的完成，使擺動腿達不到應有的抬腿高度，而且會損失或破壞腿的擺動所應產生的力學效果。郁建華（2002）以 5 名江蘇省少體校女子短跑選手和 6 名南京體院運動系男子短跑組學生為受試者，分析大腿積極前擺對提高短跑運動員的速度

效果。結果顯示大腿積極前擺技術可加強腿用力的連續性，使身體重心在垂直方向波動較小，有利水平運動。而經由對受試者的研究也證明在短跑訓練中，注重前擺訓練可使跑的步數減少，達到增大步幅提高成績的目標。

廖愛萍（2003）對中外 100 公尺優秀運動員途中跑進行分析，發現中國運動員在途中跑時，不論前擺最大角度、大小腿摺疊角度、前擺角速度皆不及國外選手，因而造成成績落差。余萱俊（2003）在運用現代科學技術提高 100m 速度素質功能中提到，50~70 年代對短跑運動員訓練，由重視後蹬到蹬擺結合，發展至今創造世界紀錄的短跑運動員更重視伸髖與積極落地的速度。也就是現代短跑技術正朝著加速蹬擺速度，縮短支撐與騰空時間，為加快跑速提供動作頻率，像速度型方向發展。

Lidor and Meckel (2004) 在 100m 的生理、技能發展和動作學習注意事項中指出，一個最佳的膝關節抬起角度，大腿與軀幹應形成 90 度夾角。王興才（2004）在針對短跑技術動作探討中提到，造成擺動腿前擺太低的原因，其中包括後蹬結束後，大小腿沒有充分折疊，而導致旋轉半徑過大。而 100m 現代技術特點研究中指出，根據生物力學特徵，大小腿充分折疊的後擺技術縮短了擺動腿的旋轉半徑，提高擺動速度，同時也帶動了同側髖關節前送，增大兩腿之間的夾角，為增大步幅提供有利條件（王燕珍、王楓，2004）。

相同的，于鴻麗（2005）綜合文獻強調擺腿充分折疊，快速擺動，擺動半徑短、速度快，有利提高步頻。同時也提到後蹬時採用”屈蹬技術”有利減大小腿折疊角度並縮短折疊時間，提高擺動腿前擺速度與幅度。而祝秋香（2005）在

關於短跑擺動腿支撐前擺階段動力機制探討中指出，依據槓桿原理，大小腿折疊角度的大小，直接影響前擺時阻力臂的大小，折疊角度越小前擺阻力臂越小，擺動的旋轉半徑越小，前擺角速度越大，而加快了大腿帶動小腿前擺速度。文中也指出，在與美國選手比較折疊角度上，中國選手平均大於美國選手（ $33^{\circ}/29^{\circ}$ ），並表示美國選手在大腿尚未擺過支撐垂直面時，就完成大小腿折疊，可看出前擺速度慢，導致擺動腿在空中停留時間過長，是制約速度的關鍵（祝秋香，2005）。

崔喜燦（2000）提到當身體重心移過支撐垂直面時，便進入前擺階段，前擺結束時，大腿與水平線約程 $15\sim 20^{\circ}$ ，擺動腿大小腿達到充分折疊時，膝折疊角約 $28^{\circ}\sim 30^{\circ}$ ，擺動腿的折疊角度和旋轉半徑越小，擺動速度越快。黃達武（2007）以湖北省男子短跑隊運動員7名及武漢體育學院院隊男選手3名為研究對象，分析影響支撐階段重心水平速度的各項參數發現，腳著地初期，由於擺動腿折疊及前擺速度快，帶動身體重心快速前移，對身體重心水平速度保持具有非常重要的作用。何燕亮（2007）在短距離跑技術訓練中存在的問題及思考中強調擺動腿充分折疊，快速擺動，旋轉半徑小、速度快，有利於提高步頻。跑步中重視擺動技術，以快速擺動促進快速後蹬，可有效提高跑步的經濟效應。

Michael Young（2007）在短跑最大速度中提到，積極向前和向上擺動大腿，由於動作反應的關係而有助於增加垂直和水平的推進力量。當姿勢是正確的，擺動腿應超越支撐腿的膝關節以及腳跟應保持於臀部下。而效率較好的選手為了增加前擺的速度，在後擺階段展現出較小的折疊角度，腳跟在後擺折疊階段比效率較差的選手更靠近臀部。而黃達武

(2009) 在對於短跑技術理論研究裡提到屈蹬技術可保持較大的肌拉力角和肌拉力矩，而提高大小腿折疊力量，縮短前擺半徑進而提高前擺速度。而高抬大腿能加長腿的工作距離，增大步幅，且快速前擺大腿能對人體產生向前上方的拉力，減少制動，使身體快速前移，縮短支撐時間，同時帶動同側髖關節前移並增大步幅。

Ito et al. (2008)分析 2007 年東京世界田徑錦標賽男子 100 公尺冠、亞軍 Tyson Gay 及 Asafa Powell 途中跑動作分發現，跑得越快，恢復期膝關節角度越小，而兩位選手並在腿前擺時並沒有過分提高大腿，而造成相對較低的膝角度。上述文獻中發現，在後擺折疊階段，大小腿折疊角度小，縮短旋轉半徑，減小腿的轉動慣量，因而獲得一個較大的角速度，加快大腿向前擺動的速度，而快速前擺也同時增加了大腿與垂直面的角度，進而增大步幅。有文獻提到大腿前抬的角度盡量提高或與軀幹保持 90° ，以增加步幅；然而也有文獻針對目前世界級選手做研究發現選手並沒有過分抬腿，而抬腿時的高度是否會影響到成績，亦是本研究所要探討的。

第三節 文獻總結

綜觀上述文獻，100 公尺短跑是一項須具備強而有力身體素質、速度以及有效率跑步動作的週期性運動，速度則是由步幅及步頻建構而成，同時高速期是一百公尺分段中最為重要的階段，往往也是影響最後成績優劣的關鍵。良好且有效率的折疊動作，可使大腿前擺速度加快，而縮短騰空時間；大腿快速前上擺與垂直線的角度則會影響腿的工作距離（步幅）。

創造優異短跑成績的 100 公尺短跑運動員對於步幅與步的合理搭配非常重視，並非單純的只注意其中一項。而每位運動員皆有其獨特的步幅及步頻比，透過不斷的訓練、嘗試，得到一個最符合自己的步幅步頻組合，才能創造出最佳的成績，而如何創造出理想的步幅步頻，則須注意擺動時的角度、速度。筆者屬於步幅型 100 公尺短跑選手，在 12 年的選手生涯中，體會到 100 公尺短跑不能以單一身體能力完成比賽，也不能只依賴訓練課表來提升短跑能力。當能力到達一定的水準，就必需藉由技術上的改進來做成績突破。因此本研究將以高速期間，擺動腿擺動角度與速度加以進行探討，期望能提供自己、選手及教練在訓練上做參考。

第參章 研究方法與實驗步驟

本研究以一部SONY數位攝影機，採定點拍攝10位受試者50~60公尺高速期階段之動作，同時以無線計時器取得高速期成績及100公尺全程成績後，分析其運動學參數，並進行各運動學參數及100公尺成績間之相關分析與討論。本章節分為以下部分說明：第一節實驗對象、第二節實驗日期與地點、第三節實驗儀器、第四節實驗場地布置、第五節實驗流程、第六節資料處理與分析。

第一節 實驗對象

本研究以10位國立臺灣體育運動大學田徑短距離選手為研究對象。每位受試者均有受過5年以上長時間專業運動訓練，100公尺成績均平均為11秒 29 ± 0.3 ，身高 173.4 ± 2.95 公分、體重 62.3 ± 2.83 公斤、年齡 20.5 ± 1.27 歲、運動資歷 8.3 ± 1.49 年、每週訓練時間 25 ± 0 小時（表2-1）。

表 2-1 受試者基本資料

受試者	身高 (公分)	體重 (公斤)	年齡 (歲)	運動資歷 (年)	每週訓練時間 (小時)	100公尺最佳績 (秒)
A	175	58	22	7	25	10.71
B	176	64	22	10	25	11.17
C	170	63	21	10	25	11.35
D	174	59	22	8	25	11.30
E	178	64	20	7	25	11.47
F	170	61	19	9	25	11.03
G	171	59	19	10	25	11.71
H	170	65	19	9	25	11.09
I	174	66	21	6	25	11.42
J	176	64	20	7	25	11.60
mean±SD	173.40 ± 2.95	62.30 ± 2.83	20.50 ± 1.27	8.30 ± 1.49	25 ± 0	11.20 ± 0.30

第二節 實驗日期與地點

本研究實驗進行之時間與地點如下：

- 一、預備實驗時間：民國 101 年 3 月 10 日。
- 二、正式實驗時間：民國 101 年 3 月 13 日。
- 三、實驗地點：國立臺灣體育運動大學田徑場。

第三節 實驗儀器

1. SONY 數位攝影機 1 台及三腳架 1 個（高度 125 公分）。
2. KWON 3D 動作分析系統。
3. SPSS for Windows 12.0。
4. 比例尺（長 170 公分、寬 236 公分）一組。
5. 界定點 2 支、參考架 9 支。
6. 皮尺（50 公尺）一卷。
7. 發令槍 1 支、發令彈 1 盒。
8. 標記點 5 個。
9. 起跑架 1 台。
10. 風速測量儀 1 台（高度 100 公分）。
11. IBM X61 筆記型電腦 1 台。
12. 無線感應器 4 組（高度 35 公分 1 組、高度 140 公分 3 組）、發送器 4 台。
13. ALGE-TIMING Timy 計時主機 1 台、接收器 1 台。

第四節 實驗場地佈置

為本實驗施測地點為國立臺灣體育運動大學田徑場，100 公尺跑道第 9 道，起跑架擺設於 100 公尺起點，界定點與參考架擺設於跑道左側 5 公分處。從 100 公尺起點開始，以皮尺丈量至 50、60 公尺處各擺放一支大角錐做為每 10 公

尺的界定點，10 公尺內間隔 1 公尺擺放一支小角錐做為參考架。攝影機架設於 100 公尺跑道左側 55 公尺處，距離跑道 14 公尺與跑道平行，利用水平儀以三角形平行定理進行調整後使其與地面平行並進行拍攝。風速測量儀架設於跑道左側 50 公尺處，距離跑道 10 公尺，並測得鳴槍後 10 秒內之風速。

測驗成績以無線感應計時器計時，第一組感應器放置於起跑線前 3 公分，選手起跑同時通過第一個感應器，啟動計時主機開始計時，至 50 公尺處擺放的第二個感應器時，主機會顯示起跑至 50 公尺之時間，經過 60 公尺的第三個感應器，主機會顯示起跑至 60 公尺之時間，選手通過終點最後一個感應器後，計時主機會顯示該趟之成績。

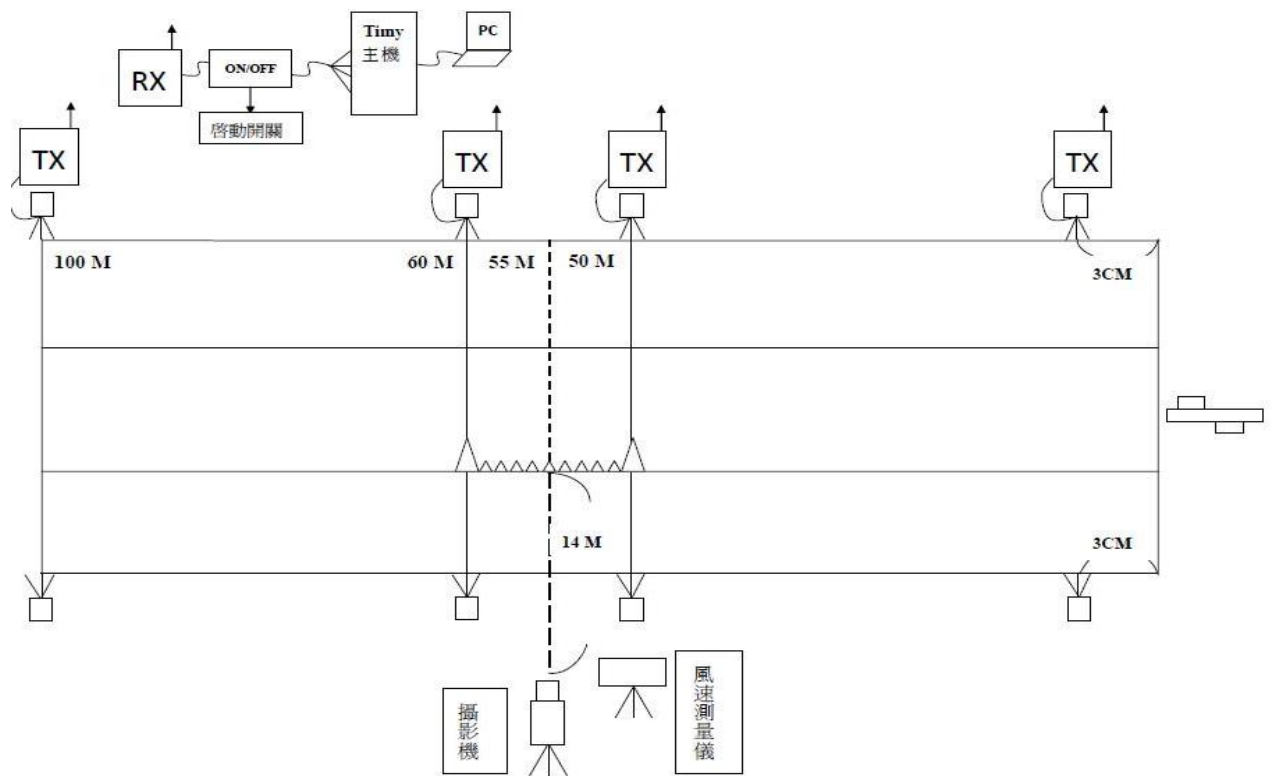


圖 2-1 場地佈置圖

第五節 實驗流程

拍攝前將比例尺放置於 55 公尺處，並拍攝 5 秒鐘，受試者測驗前，進行一小時熱身後，穿著比賽服裝並於右腳尖（內側）、左腳尖、左踝關節、左膝關節、左腕關節貼上標記點。以比賽方式隨機分派順序進行測驗及拍攝。第一次測驗後，休息 45 分鐘進行第二次測驗。每位受試者皆須完成兩次 100 公尺測驗，且必須全力跑過終點後才可減速，不需壓線。全部拍攝完畢後，從兩次表現成績中選取較佳一次進行分析。

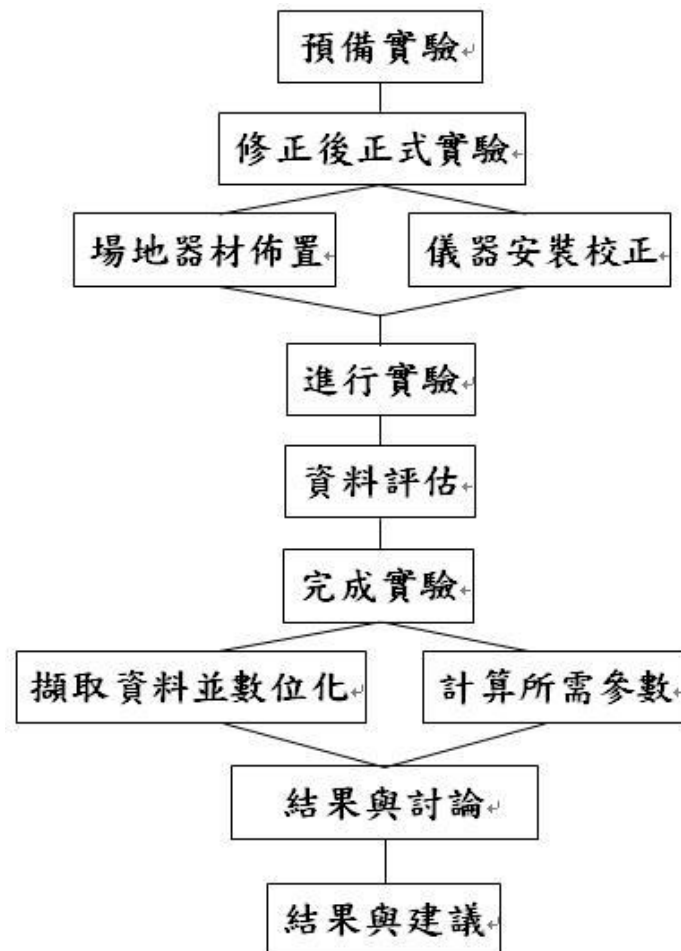


圖 2-2 實驗流程圖

第六節 資料處理與分析

將拍攝之比例尺，利用 KWON 3D 動作分析系統進行比例尺數位化設定後，將 50~60 公尺片段受試者的右腳尖、左腳尖、左踝關節、左膝關節、左髖關節的標記點進行資料的數位化處理，接著再以系統內建的四階 8 特沃茲零向位移數位濾波法，將原始資料進行修勻，截斷頻率設為 6Hz。最後再利用 KWON 3D 動作分析系統求出每位受試者各項參數：

- 一、最小膝關節角度。
- 二、最大大腿角度。
- 三、擺動腿擺動角速度。
- 四、步幅。

將所測得 100 公尺成績連同各項參數輸入 SPSS for Windows 12.0，並以皮爾森積差相關(Pearson correlation)加以運算出本研究各項變數間相關性及其顯著性的檢定，顯著水準訂為 $p < .05$ 。

第肆章 結果與討論

本研究主要探討 100 公尺短跑選手在高速期階段，下肢最小膝關節角度、擺動腿擺動角速度、最大大腿角度、步幅等運動學參數間之相關，再將各參運動學數與 100 公尺成績做相關分析及討論。

第一節 受試者測驗成績

每位選手皆接受兩趟 100 公尺測驗，並擇其成績最佳一次進行分析，50~60 公尺為本研究所設定之高速期，在測驗 100 公尺的同時，取得高速期以及 100 公尺之成績。受試者高速期成績平均為 1.07 ± 0.05 秒，100 公尺成績平均則為 11.51 ± 0.23 秒，風速平均為 -0.36 ± 0.77 公尺/秒（表 2-1）。

表 2-1 受試者高速期、100 公尺成績

編號	高速期成績 (秒)	100 公尺成績 (秒)	風速 (公尺/秒)
A	0.98	11.16	-1.66
B	1.05	11.17	+0.50
C	1.10	11.35	+0.65
D	1.08	11.44	-0.16
E	0.99	11.49	-0.40
F	1.05	11.53	-1.11
G	1.07	11.62	-0.45
H	1.11	11.70	-0.82
I	1.10	11.77	-0.72
J	1.15	11.89	+0.61
平均值	1.07	11.51	-0.36
標準差	0.05	0.23	0.77

本次研究是在非比賽、無競爭狀態下，受試者逐一進行測驗，因此在 100 公尺測驗成績上不盡理想，與 100 年大專運動會 100 公尺決賽前八名選成績（表 2-2）相比，可看出，本研究除了受試者 A 與 B 兩位選手測驗之成績可與大專運動會決賽選手相抗衡外，其餘受試者成績皆有一大段落差。

表 2-2 100 年大專運動會 100 公尺決賽成績

名次	選手	成績（秒）
1	A1	10.72
2	B1	10.86
3	C1	10.87
4	D1	10.87
5	E1	10.89
6	F1	10.92
7	G1	11.13
8	H1	11.19

資料來源：修改自 100 年全國大專運動會官方網站

高速期成績部分，本研究受試者高速期平均秒數為 1.07 秒，而劉淑華（2007）在 100 公尺跑分段速度參數之相關研究中，12 名大專男子選手 50~60 公尺階段平均秒數為 1.04 秒，兩者相較之下，還是有些微差距，也顯示受試者在高速期階段速度還必須再加強。

第二節 受試者下肢運動學

表 2-3 為受試者下肢運動學各項參數，本研究擷取高速期階段（50~60 公尺）進行分析，從中取得最小膝關節角度、擺動腿擺動角速度、最大大腿角度、步幅度等運動學參數。表 2-3 顯示，最小膝關節角度平均為 42.10 ± 5.42 度，最小值為 32.49 度，最大值為 52.77 度；擺動腿擺動角速度平均為 1081.60 ± 54.81 度/秒，最小值為 1005.39 度/秒，最大值為 1168.17 度/秒；最大大腿角度平均為 60.60 ± 5.10 度，最小值為 53.13 度，最大值為 68.24 度；步幅平均為 2.04 ± 0.09 公尺/步，最小值為 1.91 公尺/步，最大值為 2.20 公尺/步。

表 2-3 受試者下肢運動學 (n=10)

	最小膝關節角度 (度)	擺動腿擺動角速度 (度/秒)	最大大腿角度 (度)	步幅 (公尺/步)
平均數	42.10	1081.60	60.60	2.04
標準差	5.42	54.81	5.10	0.09
最小值	32.49	1005.39	53.13	1.91
最大值	52.77	1168.17	68.24	2.20

摺疊之最小膝關節角度為決定擺動速度快慢的關鍵，伊藤章等（1998）以 71 位分別從世界級到大學層級的選手為研究對象，其結果顯示，六十公尺階段選手的最小膝關節角度平均分布在 $38^{\circ} \sim 39^{\circ}$ 之間，Ito et al. (2008) 對 Tyson Gay 及 Asafa Powell 途中跑動作分析發現，兩位世界級選手之最小膝關節角度分別為 41° 及 38° ，而本研究 10 位受試者最小膝關節角度平均為 42.10 度，與文獻提出之數值相近，但在成

績上卻有明顯差異，其原因可推論本研究受試者在身體素質以及專項能力有明顯落差，以至於成績相較甚遠。

擺動腿擺動角速度，決定了向前擺動時擺動速度的快慢，栗原崇志、生田香明、中塘二三生與播本定彥（1985）研究結果顯示，受試者最大角速度為 20.05 rad/s（約為 1174.65 deg/s），而藤章等（1998）研究顯示，受試者之最大角速度均分布在 1100 deg/s。本研究擺動腿擺動角速度為 1081.60 度/秒，與文獻所提略有差異，造成其原因可推論受試者恢復期階段，大小腿摺疊角度較大，使得轉動慣量變大，縮小了擺動角速度。

本研究受試者最大大腿角度平均為 60.60 度，尾巢貢等（1988）研究結果指出，受試者大腿與垂直線夾角平均為 65.6°，藤章等（1998）研究結果顯示，最大大腿角度平均分佈在 65°~71°之間，而 Ito et al. (2008)對 Tyson Gay 及 Asafa Powell 研究結果指出，兩位選手最大大腿角度分別為 65°與 70°。本研究結果與上述文獻提出之數據相比，兩者間差距甚大，由此可推論本研究受試者在專項運動肌群能力不足，而產生的較小的大腿角度，吳玉欽、郭國兵（2002）提出骨盆以支撐腳的髖關節為軸做向前轉動，其目的是加大後蹬結束時兩大腿之間的角度和縮小後蹬角，髖部周圍有關肌群缺乏積極有效的伸展意識和動作，影響每一步向前的效果。

步幅比較上，本研究步幅平均為 2.04 公尺/步，簡鴻文（1995）以黃信平為個案研究結果顯示，在 50~60 公尺階段之平均步幅為 2.37 公尺/步，本研究結果與學者研究相較甚遠，其原因可推論為本研究受試者在下肢力量不足而導致步幅縮小，然而下肢力量為影響步幅的因素之一，Michael

Young (2007)提出，較好的力量運用會增加步幅，如果其他條件都相同，將較大的力量應用到地面上會使運動員的身體位移更大。簡單來說，每一步都包含了較遠的距離，也說明了本研究受試者在下肢力量上還需加強。

第三節 下肢運動學參數之相關

本研究以受試者測驗之50~60公尺高速期拍攝畫面，取得最小膝關節角度、擺動腿擺動角速度、最大大腿角度、步幅之數據，並計算參數間之相關性，結果如表2-4。本節分為以下三小節並加以說明：第一小節最小膝關節角度與下肢運動學之相關、第二小節擺動腿擺動角速度與下肢運動學之相關、第三小節最大大腿角度與下肢運動學之相關。

表 2-4 下肢運動學參數之相關

	最小膝關節 角度 (度)	擺動腿擺動角 速度(弧度/秒)	最大大腿 角度 (度)	步幅 (公尺/步)
最小膝關節角度 (度)	—			
擺動腿擺動角 速度 (度/秒)	-.716*	—		
最大大腿角度 (度)	-.686*	-.590	—	
步幅 (公尺/步)	-.725*	-.405	.487	—

* $p < .05$

一、最小膝關節角度與下肢運動學之相關

本研究最小膝關節角度定義為恢復期擺動腿摺疊，膝關節通過垂直線之大小腿夾角，擺動時夾角越小，轉動慣量越小，擺動速度相對會加快，對於成績提升是有所幫助。在擺動階段，正確、合理的擺動技術要求在後擺階段完成大小腿的充分折疊，以獲得最大的擺動速度，也為前擺動作創造良好的條件（潘瑞根，2002；廖貴地、簡鴻玟，1993）。本研究最小膝關節角度與擺動角速度（表 2-4）呈現負相關，其相關係數為 $r=-.716$ ，達到顯著水準（ $p<.05$ ），也顯示恢復期膝關節摺疊角度越大，擺動的角速度會越小。擺動腿在恢復期階段須盡量縮小大小腿之間的夾角，以縮短旋轉半徑，獲得較小的腿轉動慣量，同時也加了大擺動角速度，使擺動腿快速向前擺動。

本研究最小膝關節角度與最大大腿角度（表 2-4）為負相關並，相關係數為 $r=-.686$ ，達顯著水準（ $p<.05$ ），結果顯示最小膝角度越大，擺動角速度縮小，使得大腿前擺與垂直線的角度反而會縮小，楊東鋒（2005）提出擺動時，由於擺動腿膝關節角度迅速縮小，使擺動腿的重心與髖關節的距離縮短，減小擺動腳的轉動慣量，並加快了擺動腿擺動角加速度，所以體後擺動的角度及快速擺動是有利於擺動腿前擺至合理的位置。

本研究最小膝關節角度與步幅（表 2-4）兩者間為負相關，相關係數為 $r=-.725$ ，達到顯著水準（ $p<.05$ ），說明了最小膝角度的角度越大，步幅則會縮短。蔣啟飛與張永龍（2007）研究中發現，國外優秀 100 公尺選手與中國選手在大小腿折疊階段角度分別為 $29^{\circ}/33^{\circ}$ ，該研究同時也指出中國

選手後蹬結束後，由於摺疊角度較大，使得旋轉半徑大，髖關節主動快速收縮受到限制，影響了髖關節擺動的幅度，進而影響了步幅與速度。

本研究結果與過去文獻及研究假設一相符，也顯示恢復期大小腿摺疊階段，膝關節之夾角大小對於擺動角速度大小、步幅長短有確切的影響，而速度正是 100 公尺選手所需要的，因此在恢復期有小的摺疊角度，才能創造較大的擺動角速度，使擺動速度變快，而快速的擺動，能使髖關節擺動幅度增大，增加兩腿間的距離，同時發展出較合適的步幅，對於比賽成績優劣也成為重要關鍵之一。

二、擺動腿擺動角速度與下肢運動學之相關

擺動腿擺動角速度對於 100 公尺成績影響甚大，同時也是本研究探討重點之一，因此本小節以擺動腿擺動角速度與最大大腿角度、步幅進行相關性分析。

本研究擺動腿擺動角速度與最大大腿角度（表 2-4）為負相關，相關係數為 $r=-.590$ ，未達到顯著水準，影響其結果原因可推論如王興才（2004）在針對短跑技術動作探討中提到，包括後蹬結束後，大小腿沒有充分折疊，而導致旋轉半徑過大，使擺動角速度下降所造成的。潘瑞根（2002）也提出，擺腿和送髖是兩個互相影響的動作，較快的擺動速度，可以使大腿獲得較大的轉動力矩做出送髖動作，這動作會在髖橫軸轉動的帶動下，促進擺腿動作的速度和幅度的加大。

本研究擺動腿擺動角速度與步幅（表 2-4）成呈現負相關，相關係數為 $r=-.405$ ，雖未達顯著水準，但原因可推論如王燕珍與王楓（2004）100m 現代技術特點研究中所指出，大

小腿充分折疊的後擺技術縮短了擺動腿的旋轉半徑，提高擺動速度，同時也帶動了同側髖關節前送，增大兩腿之間的夾角，為增大步幅提供有利條件。擺動腿擺動角速度與最大大腿角度、步幅之研究結果與文獻相符但並未符合研究假設一。

由文獻與結果得知，在擺動階段，必須要有優異的擺動角速度，方可帶動髖關節快速向前擺動延伸，使擺動腿帶動髖關節往前，增大與垂直線的距離，以獲得到較佳的步幅。

三、最大大腿角度與下肢運動學之相關

最大大腿角度對於步幅距離有著密不可分的關係，而步幅為組成速度的要素之一，也是影響 100 公尺成績優劣關鍵，因此本小節將高速期間最大大腿角度與步幅做相關性分析。

最大大腿角度為擺動腿前擺至最高點時，大腿與垂直線之夾角，在整個擺動腿擺動過程中，擺動腿必須經由離地、折疊，緊接著是快速前擺，每個環節間皆密不可分。而速度 = 步幅 × 步頻，在 100 公尺過程中，任意改變步幅或步頻其中一個因素，將會影響 100 公尺成績，每一位短跑運動員在步幅步頻上都有自己獨特的組合。傳統訓練中，強調的是大腿盡量往上抬高，來換取較大的步幅，而現今訓練法則強調髖關節力量及活動能力，周躍、劉海軍（2010）再針對髖關節綜述中提到，根據生物力學分析表示，高速跑中提供主要動力來源的肌群為髖關節周圍的股後肌群和臀大肌群，這些肌群收縮用力，產生快速轉動，並將力量施予地面，跑的階段正確的送髖，不但能使蹬擺協調結合，提高蹬地力量愈速度，且能加大兩腿之間的夾角，為大幅度而快速地擺動、積極正

確落地創造良好的條件。

本研究最大大腿角度與步幅（表 2-4）兩者間呈現正相關，相關係數為 $r=.487$ ，雖然未達顯著水準，但可推論原因為受試者下肢關節活動能力所影響，劉淑華（2006）引用林正常提出的觀點指出，關節柔軟度也是完成更大幅度運動的重要影響因素（如步幅），這對於任何需要快速跑步的運動項目最為重要。雖然兩者間並未達到顯著水準及並未符合研究假設一，但與文獻所提出之理論相符。

而多篇研究中指出，要獲得較大的步幅，除了先天條件因素外，與髖關節活動能力、擺動角度、速度相關。潘瑞根（2002）在短跑訓練實務一文中指出，決定步幅的因素有腿長、蹬地的力量、速度和角度、髖關節的靈活性、肌肉柔韌性、擺腿及著地技術等。郁建華（2002）表示，大腿積極擺動可以增大步幅，是因為以髖關節為軸，髖部肌肉積極收縮，使大腿積極向前上方擺動。在支撐階段，骨盆以支撐腳的髖關節為軸做向前轉動，其目的是加大後蹬結束時兩大腿之間的角度和縮小後蹬角，進而有效增大步幅（于鴻麗，2005；何燕亮，2007）。髖部周圍有關肌群缺乏積極有效的伸展意識和動作，影響每一步向前的效果，結果形成高頻率小步幅，然而髖的力量一旦增大，結果外在的表現就是步長的增大（吳玉欽、郭國兵，2002；李慶文，2005）。

第六節 下肢運動學與 100 公尺成績之相關

本節以下肢運動學參數與所有選手 100 公尺成績做相關性分析，以探討這些運動學參數是否對於 100 公尺成績有所影響，結果如表 2-5。

表 2-5 下肢運動學與 100 公尺成績之相關

	個數	mean±SD	100 公尺成(秒)
最小膝關節角度 (度)	10	42.10±5.42	.649*
擺動腿擺動角 速度(度/秒)	10	1081.60±54.81	-.765**
最大大腿角度 (度)	10	60.60±5.10	-.374
步幅 (公尺/步)	10	2.04±0.09	-.592

** $p < .01$ * $p < .05$

速度為決定田徑短距離項目勝負的重要關鍵，對於 100 公尺選手而言，極為重要。隨著跑速加快，擺腿速度的增加幅度遠遠大於跑速的增加幅度。這說明速度越快，就越需要更快的擺腿速度（潘瑞根，2002）。本研究最小膝關節角度與 100 公尺成績呈現正相關並達顯著水準（ $r=.649$ ， $p < .05$ ），說明了在恢復期大小腿摺疊角度越大時，100 公尺成績越慢，而擺動腿擺動角速度與 100 公尺成績兩者亦達顯著水準（ $r=-.765$ ， $p < .01$ ），而兩者間呈現負相關，也顯示了當擺動角速度越大時，100 公尺成績會跟著提升，謝向陽、劉江南與王燦（2004）分析優秀三級跳遠選手跨步跳（第二跳）的

研究也顯示，擺動腿角速度的增大，會使身體重心的水平速度相應增大（ $r=.722$ ， $p<.01$ ）。最小膝關節角度與擺動腿擺動角速度兩者間密不可分，其原因為當摺疊角度越大，轉動慣量越大，使擺動腿擺動角速度縮小，擺動速度下滑，進而影響成績。兩者其結果與過去文獻及研究假設二相符合。

要如何產生較快的擺動速度，取決於在後擺摺疊時膝關節角度的大小，也說明了影響跑步速度的關鍵，是正確的擺腿動作，有了較正確的擺腿動作、角度，才有較快的擺動速度。摺疊角度越小，旋轉半徑小，前擺時的角速度就越大，而大腿帶動小腿前擺的速度也就快。反之後擺摺疊角度大，旋轉半徑越大，而角速度相對減小，擺動速度就慢（于鴻麗，2005；何燕亮，2007）。

本研究最大大腿角度與 100 公尺成績呈負相關，但並未達顯著水準（ $r=-.374$ ），而此結果與藤章等（1998）在 100 公尺比賽中全速階段短跑動作與速度關係的研究結果相呼應，該研究指出，跑步速度與最大大腿腳及最大腿腳度沒有相關，但跑步速度越快，反而會出現越好的最小膝關節角度。金良遠（2008）提到，經由力學槓桿原理可以得知，大小腿折疊角度越小，前擺的阻力臂就越小，前擺時的角速度就會越大，如此大腿帶動小腿的前擺的速度也就越快。有了快速的折疊，就可了解在另一腳著地時，擺動腿前進的速度越快。Bushnell（2004）研究也指出，當選手開始全速跑時，髖關節、膝關節會產生更多的運動，這會使在範圍內的步幅更長及產生較短的力臂，這兩者都會使速度增加，速度增加使前擺在髖關節的帶動下，促進擺動腿動作的速度和幅度的加大。

跑技術理論研究熱點綜述中提到，擺動腿快速擺動，能

對人體產生向前上方的拉力並減少制動，使身體快速向前移，縮短支撐時間並同時帶動同側髖關節前移進而增大步幅（黃達武，2009）。要產生較大的步幅，必須取決於推蹬期下肢推蹬的延展度、騰空期小腿後勾的動作範圍、大腿前抬的幅度（李昭慶、林淑惠、王慶堂，2004；邱梅婷，2000），由上述文獻可得知，摺疊角度小可創造較快的擺動速度，擺動速度快可促使髖關節做較大幅度的延展，同時可創造出較佳的步幅。本研究步幅與 100 公尺成績呈現負相關，並未達顯著水準（ $r=-.592$ ），造成此結果除了與上述文獻所提有相關外，學者研究另外指出，步幅與運動員的下肢爆發力有著密切的關係（陶武訓，2002；潘瑞根，2002）。

然而，下肢力量也是產生速度的重要因素，對於 100 公尺選手而言，在身體條件及技術層面差距相近時，下肢力量儼然成為決定勝負的關鍵，Michael Young (2007) 針對優秀短跑選手研究顯示，較優秀的短跑選手花在與地面接觸的時間較少，這是因為他們所產生的力量太大，使他們能夠在推蹬後比對手更迅速的進入的飛程階段，陳志偉（2008）提出腿部力量強，跑的過程中著地時間會縮短，能更快的推動人體向前移動。

透過力學公式 $F=m \times a$ （力量 = 質量 × 加速度），力量越大則加速度也越大，加速度越大，運動速度也越快，金良遠（2008）研究提到，由於人體質量與人體加速度成反比，因此若要在最大限度的增加人體加速度力量素質方面的訓練，則要積極強調相對力量的訓練，相對力量越大，肌肉收縮產生的肌拉力矩則更容易克服運動中的阻力矩，進而加快人體完成合理的技術動作與實現快速移位。

于濤與吳峰（1996）也同樣指出，力量訓練一直是短跑運動員不可少的訓練內容之一，現代短跑技術強調蹬地腿快速有力蹬地同時，亦強調擺動腿快速有力前擺，同時還要求上肢配合下肢快速有力前後擺動，顯然，以髖、肩為軸的快速有力擺動，是短跑運動員不可缺少的力量要素之一。

短跑技術除了強調快速擺動外，在蹬離地面時的技術動作也有所不同，近年來強調後蹬時膝關節維持一定的彎曲角度。學者們提到，該階段膝關節角度約為 $150^{\circ}\sim 156^{\circ}$ ，這種不充份後蹬不但利於支撐快速蹬離地面，也縮短前擺時間（張永虎，2000；崔喜燦，2000），Bushnell(2004)研究結果顯示，短跑受試者在離地瞬間支膝關節角度為 $151^{\circ}\pm 7.47$ ，同時也指出擺動腿快速摺疊這個動作可歸因於離地瞬間時膝關節延展角度，短跑選手展現較小的延展角度，使腳產生較有力的推蹬，以及使擺動腿快速的折疊，而越小的膝夾角能縮短力臂，使擺動腿能速迅折疊。Kivi et al. (2002)以高速跑步機來發展速度的研究發現，當跑步機速度增加到受試者前進最大速度的95%時，在離地瞬間的膝關節延展減少，腿蹬得越直，所產生的力量越少。在離地階段膝關節完全延展，本質上就變成了一個踝關節的彈離動作。

現代的短跑方式更符合運動生物力學及解剖學，更著重於快蹬快收，前擺速度快以及幅度大。多位學者研究指出，摺疊腳有力的向前擺動增加了支撐腳的與地面的反作用力以及增強了向前的推力，同時直接影響途中跑的步頻與速度，在緩衝階段加快擺動腿擺動速度能有效加快重心前移速度（Vassilios, 1988；王志強、吳飛與李清華，2003；徐茂典與吳雪山，2003）。

第五章 結論與建議

高速期，為選手動作組合最完整、速度最快之階段，此階段動作技術優劣，對100公尺成績極為重要，100公尺成績快慢，決定於步幅步頻的組合，而步幅步頻的組合，則取決於擺動角度、速度的優劣，因此擺動腿擺動角度、速度對於100公尺選手而言，是十分重要的技術細節。膝關節摺疊角度大小，對於接下來的擺動角速度影響極大，而擺動角速度大小，則是決定了支撐階段時間長短以及是否能迅速的進入下一個動作階段，同時也決定了帶動大腿擺動的幅度，及步幅的大小。本章分為以下三節並加以說明：第一節結論、第二節對選手建議、第三節後續研究建議。

第一節 結論

本研究主要探討高速期階段下肢擺動角度、速度與100公尺成績是否有相關，經過探討後，所得結論如下：

- 一、本研究受試者之平均最小膝關節角度過大，使轉動慣量變大，角速度也會跟著縮小，相對會造成擺動速度下降，而最小膝關節角度與擺動腿擺動角速度達顯著負相關（ $r=-.716$ ， $p<.05$ ）。
- 二、受試者在最小膝關節角度較大情況下，擺動速度慢下滑，旋轉半徑過大，導致影響了髖關節的活動範圍，使得擺動腿擺動幅度受限，而本研究最小膝關節角度與最大大腿角度達顯著負相關（ $r=-.686$ ， $p<.05$ ）。
- 三、本研究受試者之步幅不佳，主要因為恢復期大小腿摺疊角度過大，擺動速度下降，使得旋轉半徑大，限制了髖關節擺動的幅度，進而影響了速度及步幅。而最小膝關節角度與步幅

達顯著負相關 ($r=-.725$, $p < .05$)。

- 四、本研究下肢擺動角度與速度間息息相關，對成績是有一定程度的影響，在擺動過程中，需要仰賴恢復期大小腿摺疊時縮小之間的夾角，才能創造出較小的轉動慣量以及較大的角速度，使擺動腿擺動幅度增大，獲得較佳的步幅，進而提升100公尺成績，本研究最小膝關節角度與100公尺成績呈現正相關並達顯著水準 ($r=.649$, $p < .05$)；擺動腿擺動角速度與100公尺成績呈現負相關並達顯著水準 ($r=-.765$, $p < .01$)。

第二節 對選手建議

- 一、髖關節肌群為短跑選手提升速度的重要肌群，選手在日後練習應加強髖關節肌群之爆發力、肌力、肌耐力，同時也必須注意該肌群柔軟度，以便在跑動過程中有更好的延展性。
- 二、髖關節肌群可透過藥球訓練、大、小欄架基本動作、跑動以及彈力繩訓練，同時也可經由欄架基本動作增加其靈活度。
- 三、下肢力量為影響步幅大小的重要因素之一，選手可透過重量訓練、上坡訓練、階梯訓練來增強，同時也可透過單腳多步跳以及立定跳做為輔助訓練，強化腿部爆發力，以獲得較短的支撐腿著地時間。
- 四、恢復期大小腿摺疊角度，可透過跑步基本動作來加強，要求後擺時大小腿角度盡量縮小夾緊，維持並迅速自然前擺，不需刻意強調抬高大腿，並結合選手特點，發展出適合選手的步幅、步頻組合。

第三節 後續研究建議

- 一、後續研究可探討高速期階段選手後蹬離地瞬間之膝關節角度與最小膝關節角度、擺動速度等參數間之相關。

- 二、應可增加計算選手之重心位移、水平速度及支撐階段時間，並探討對於100公尺成績之影響。
- 三、高速期為動作最完整的階段，應探討選手步幅、步頻兩者間的變化對速度之影響，以便日後可對此階段的步態及速度變化做更深入的分析探討。
- 四、Ito et al. (2008)針對2007年東京世界田徑錦標賽男子100公尺冠、亞軍途中跑動作分析中發現，兩位選手在腿前擺時並沒有過分提高大腿，而造成相對較低的膝角度。期望可再針對國內外優秀100公尺手之大腿前抬角度做更進一步的分析比較，並加以探討其差異性。

參考文獻

一、中文文獻

- 于濤、吳峰（1996）。100m跑運動發展特點的研究與對策。
武漢體育學院學報，3，36-41。
- 于鴻麗（2005）。現代短距離途中跑新技術發展方向分析。
雁北師範學院學報，21（5），83-85。
- 文超（1996）。田徑熱點論。北京市：北京人民體育出版社。
- 文超（2002）。田徑運動高級教程。北京市：北京人民體育出版社。
- 王麗娜（1999）。少年女子100m跑步步頻步幅的結構特徵。
體育科技，20（1），98-100。
- 王志強、吳飛、李清華（2003）。對短跑途中跑支撐階段擺動技術機制研究。北京體育大學學報，26（1），127-129。
- 王燕珍、王楓（2004）。100m跑現代技術特點的研究。安徽體育科技，25（1），20-22。
- 王興才（2004）。短跑技術動作探討。吉林師範大學學報，3，114-117。
- 宋廣林、孫健（2004）。對現代短跑技術特徵的研究。山東師範大學學報，19（2），110-111。
- 李竹經、徐佶（2001）。中外男子100m跑優秀運動員技術特徵的比較分析。廣州體育學院學報，21（1），100-103。
- 李昭慶、林淑惠、王慶堂（2004）。百公尺不同加速期的運動學分析。教練科學，4，53-64。
- 李慶文（2005）。1994年~2004年100m運動員速度特徵研究（綜述）。首都體育學院學報，17（2），67-69。

- 何燕亮 (2007)。短距離跑技術訓練中存在的問題即思考。
保山師專學報，26(6)，90-92。
- 余萱俊 (2003)。運動現代科學技術提高100m速度素質功能。
江西師範大學學報，27(2)，181-184。
- 金良遠 (2008)。我國優謝秀百公尺運動員加速跑階段之運動學分析。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 吳玉欽、郭國兵 (2002)。我國男子100m跑技術現狀的分析。
山西師大體育學院學報，17(3)，41-42。
- 邱梅婷 (2000)。提高大學女生100m跑成績的實踐研究。
河北師範大學學報，24(3)，405-406。
- 周躍、劉海軍 (2010)。田徑速度性項群“髖動力”研究綜述。
體育成人教育學刊，26(2)，62-64。
- 林瑞群 (2003)。現代男子100m跑的技術特點分析。
武漢體育學院學報，37(5)，82-83。
- 郁建華 (2002)。大腿積極前百兌提哥短跑速度的作用。
南京體育學院學報，1(3)，13-15。
- 徐茂典、吳雪山 (2003)。短跑途中跑支撐階段擺動腿某些運動學特徵研究。
北京體育大學學報，26(1)，122-123。
- 唐其明 (2005)。中外優秀男子100m跑運動員速度節奏的比較與分析。
四川體育科學，2，59-60。
- 孫卓藝 (2005)。制約我國優秀男子100m跑運動員步幅提高的原因分析。
遼寧體育科技，27(4)，42-46。
- 祝秋香 (2005)。關於短跑擺動腿支撐前擺階段動力機制的探討。
巢湖學院學報，7(3)，118-119。
- 許樹淵 (1976)。人體運動力學。台北：協進圖書有限公司。

- 許樹淵 (1998)。1997年世界田徑錦標賽短距離跑分段時間分析。中華體育，12(1)，121-130。
- 郭樹濤、孫紅煒 (2005)。100m跑加速能力的探討。中國體育科技，41(2)，25-27。
- 郭樹濤、孫紅煒 (2008)。最大速度對提高100m成績作用的再認識。西安體育學院學報，25(5)，97-99。
- 陶武訓 (2002)。優秀短距離選手百公尺跑之分段速度、步頻、步幅分析。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 陳志偉 (2008)。不同輔助訓練方式對100m成績影響的研究。焦作師院高等專科學校學報，24(1)，80-81。
- 陳維科 (2000)。100m跑技術的生物力學分析。固原師範學報，21(3)，90-93。
- 崔喜燦 (2000)。100m途中跑技術動作過程及運動肢體間的協調配合。遼寧體育科技，5，1-3。
- 曾景崧、黃慶旻 (2009)。百米賽跑分段速度參數之相關探討。大專體育，100，137-143。
- 項正興 (2004)。試論擺動技術對提高短跑成績的作用。株洲師範高等專科學校學報，9(5)，77-78。
- 黃達武 (2007)。短跑支撐階段重心水平速度的運動生物力學分析。山東體育科技，29(2)，28-30。
- 黃達武 (2009)。短跑技術理論研究熱點綜述。體育科學，16(3)，77-82。
- 張永虎 (2000)。對短跑後蹬技術的再認識。瀋陽體育學院學報，2，54-55。

- 賈昌志(2007)。百米起跑後加速跑技術與全程跑關係分析。
通化師範學院學報，28(10)，46-49。
- 楊東鋒(2005)。短跑運動員擺動腿擺動及緩衝。山西廣播
電視大學學報，3，64-65。
- 蔣啟飛、張永龍(2007)。影響中國男子短跑成績的主要因素
分析與對策。淮北煤炭師範學院學報，28(1)，70-73。
- 強健明(1993)。現代100米技術教學的幾點體會。山西師範
大學體育學院學報，14(1)，36-38。
- 劉淑華(2006)。短跑選手步幅、步頻與平均速度之相關研究。
輔仁大學體育學刊，5，171-184。
- 劉淑華、簡鴻玟(2006)。國內與國際優秀徑賽百公尺跑者速
度之比較分析。運動教練科學，7，109-115。
- 劉淑華(2007)。100公尺跑分段速度參數之相關研究。大
專體育學刊，9(2)，83-96。
- 廖貴地、簡鴻玟(1993)。短跑技術訓練(示範教學)。中
華體育季刊，7(3)，177-184。
- 廖愛萍(2003)。對中外100m優秀運動員途中跑技術的分析。
廣州體育學院學報，23(2)，44-47。
- 潘瑞根(2002)。短跑訓練實務。未出版碩士論文，國立體
育學院，桃園縣。
- 謝慧松(2005)。中外優秀男子百米分段速度的研究。北京
體育大學學報，28(3)，407-409。
- 謝向陽、劉江南、王燦(2004)。對我國優秀男子三級跳遠運
動員跨步跳起跳三時相運動學參數的研究。北京體育大
學學報，27(5)，716-719。

- 簡鴻玟 (1995)。黃信平跑百公尺技術之生物力學研究。中華
民國體育學會體育學報，20，225-236。
- 蘇耿斌 (1994)。我國與世界及男子百公尺短跑選手步幅、
步頻平均速度之探討。台灣體育，75，89-91。

二、英文文獻

- Bushnell, T. D. (2004). *A BIOMECHANICAL ANALYSIS OF SPRINTERS VS. DISTANCE RUNNERS AT EQUAL AND MAXIMAL SPEEDS*. Unpublished master's dissertation, University of Brigham Young, United States.
- Ferro, A., Riveral, A., Pagola, I., Ferreruela, M., Martin, A., & Rocandio, V. (2002). A Kinematic Study of The Sprint Events at The 1999 World Championships in Athletics in Sevilla (p. 72-75). Madrid, Spain: International Symposium on Biomechanics in Sports.
- Gajer, B., Thepaut-Mathieu, C., & Lehenaff, D. (1999). Evolution of Stride and Amplitude During Course of The 100m Event in Athletics. *New Studies in Athletics*, 14(1), 43-50.
- Ito, A., Fukuda, K., & Kijima, K. (2008). Mid-phase movements of Tyson Gay and Asafa Powell in the 100 metres at the 2007 World Championships in Athletics. *New Studies in Athletics*, 23(2), 39-43.
- John, M., Cissik. (2002). Technique and Speed Development for Running. *NSCA's Performance Training Journal*, 1(8), 18-21.

- Kivi DMR, Marai BK, Gervais P. (2002) A kinematic analysis of high-speed treadmill sprinting over a range of velocities. *Med Sci Sports Exerc*, 34(4), 662-666.
- Korhonen, M., T. (2009). *Effects of Aging and Training on Sprint Performance, Muscle Structure and Contractile Function in Athletes*. Jyväskylä, FIN: Jyväskylä University.
- Lidor, R., Meckel, Y. (2004). Physiological, skill development and motor learning considerations for the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 19(1), 7-12.
- Moghaddam, M. S., Javashi, M. (2002). An Indirect Measurement of Kinematic and Kinetic Parameters of Sprinters. *Pakistan Journal of Information and Technology*, 1(3), 228-232.
- Mackala, k. (2007). Optimisation of performance through kinematic analysis of the different phases of the 100 metres. *New Studies in Athletics*, 22(2), 7-16.
- Michael Young (2007). *Maximal Velocity Sprint Mechanics*. United States: Human Performance Consulting.
- Vassilios, V. (1988). *The mechanical power analysis of the lower limb action during the recovery phase of the sprinting stride for advanced and intermediate sprinters*. Unpublished master dissertation, University of McGill, Montreal.

三、日文文献

伊藤章、市川博啓、齊藤昌久、佐川和則、伊藤道郎、小林寛道（1998）。100m 中間疾走局面における疾走動作と速度との関係。 *體育研究*，43，260-273。

尾県貢、生田香明、猪熊真、關岡康雄、大山良徳、近藤潤（1988）。スキッピングトレーニングが体力，疾走能力，疾走動作に与える効果。 *體育研究*，31(1)，69-78。

栗原崇志、生田香明、中塘二三生、播本定彦（1985）。スプリント・トレーニングが疾走フォームに与える効果。 *體育研究*，29(4)，285-294。