

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of Physical Education & Sport
體育研究所碩士學位論文

五人制足球精準腳背射門之生物力學分析
The Biomechanical Analysis of Accurate Instep Kick in Futsal



研究生：黃崇富 撰
指導教授：吳鴻文 教授

中華民國 102 年 08 月

論文名稱：五人制足球精準腳背射門之生物力學分析

總頁數：74 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學體育學系碩士班

畢業時間及提要別：101 學年度第二學期碩士學位論文提要

指導教授：吳鴻文博士

研究生：黃崇富

中文摘要

本研究的主要目的是分析女子足球選手在四個不同目標區域下執行精準腳背射門之生物力學參數，並針對運動學及動力學的部分進行探討。本研究的受試者為 12 名國家級女子代表隊選手，受試者會在動作分析實驗室以腳背射門的方式將五人制足球射進球門中的四個不同目標區域，分別為左上目標區域、右上目標區域、左下目標區域、右下目標區域，透過三維動作分析系統與兩塊測力板來進行資料的收集，並將所收集之數據資料以重複量數單因子變異數分析及 LSD 事後比較法進行統計分析($p \leq .05$)。結果顯示，運動學部分發現四個目標區域在球速、踢球腳腕關節活動範圍、支撐腳膝關節活動範圍、踢球腳腕關節最大角速度與身體重心位移程度皆有達到顯著差異，然而在動力學部分，四個不同目標區域的膝關節最大力量、腕關節最大力矩及踝關節最大力矩上也有達到顯著差異。本研究結果顯示出選手在要求準確射門的情況下，射門時的身體動作的確會因為目標區域的改變而有所不同，而這樣的差異性正好可以作為教練或選手在射門動作上的指標依據，並可以根據選手個人射門動作的差異來做調整，以達到提高射門準確性的目的性。

關鍵詞：生物力學、五人制足球、腳背射門

The Biomechanical Analysis of Accurate Instep Kick in Futsal

Chung–Fu, Huang

Abstract

The purpose of this study was to investigate the biomechanical parameters of instep kicking towards specific targets of the goal in Futsal. Twelve females from national soccer team in Taiwan were recruited in this study. Each subject was asked to perform instep kick of a stationary ball (size 4) toward top and bottom target on the right and left sides of the goal in Futsal. VICON motion analysis system and Kistler force platform were used to collect the kinematics of the lower limb and the ground reaction forces and moments, respectively. The results showed that the ball velocity, the range of hip motion on swinging leg, the range of knee motion on supporting leg, the peak angular velocity of hip joint on swinging leg and the center of mass were found significantly difference in four targets. In addition, the knee joint force, the hip joint and the ankle joint moment of supporting leg were found significantly difference in four targets. According to the results of this study, we found the body motion changed in different targets of accurate instep kicking. It could be provided training guidelines for coaches and players, and the kicking movement could be adjusted by personal for increasing accuracy.

KEY WORDS : Biomechanics, Futsal, Instep kick.

謝誌

「夢想」，是我堅持下去的動力。這本論文的完成就是我的夢想之一，足球是世界上最為流行的運動項目，在學術上與足球相關的國際論文期刊也不在話下，但是臺灣對於足球相關的動作分析研究卻是少之又少，這是相當諷刺的一件事，因此，讓我進而萌生了撰寫這本論文的念頭，我想用我的方式改變臺灣的足球！在完成這本論文的過程中，我需要感謝的人有好多好多，最先要感謝的就是我的指導教授吳鴻文博士，透過他的教學與指導，讓我一一克服實驗上及論文寫作上的困難，真的非常謝謝您！另外還要謝謝我大學時期的恩師駱明瑤老師，在大學求學階段因為有您的指導才讓我有深厚的基礎得以完成此論文，此外還要特別感謝我的兩位口試委員呂桂花老師及張家豪老師，謝謝呂桂花老師在足球的專業知識上提供了我很多的建議及想法，讓我有更多的寫作靈感，也謝謝張家豪老師特地從臺北南下幫我口試並提供許多論文修改的意見，得以讓此論文更加完美，當然，一本論文的完成必須透過一些幫忙與團隊合作，我要感謝實驗室裡曾經幫助過我、指導過我的學長姐、同學及學弟妹們，因為有你們的幫忙才得以讓我的實驗順利進行，謝謝你們，而在這三年的碩士生涯中，要特別感謝體育系辦這個大家庭，因為有柏慧學姐與大家當我的支持與依靠，才能讓我的碩士生活過得多采多姿，謝謝你們大家！最後，要謝謝我的家人，你們是我撐下去的動力與能量，也因為有你們的鼓勵與認同，才能讓我完成碩士學位，感謝我親愛的家人。

黃崇富 謹致

中華民國一零二年七月三日

目錄

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
謝誌.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VII
表目錄.....	IX
第一章 緒論.....	1
第一節 研究背景與動機.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究假定.....	4
第四節 研究假設.....	4
第五節 動作定義.....	6
第二章 文獻探討.....	9
第一節 射門準確度相關研究.....	9
第二節 腳背射門的運動學分析.....	10
第三節 腳背射門的動力學分析.....	12
第三章 研究方法與步驟.....	14
第一節 實驗受試者條件.....	14
第二節 實驗地點與時間.....	14

第三節 實驗儀器及設備.....	15
第四節 實驗流程與步驟.....	18
第五節 統計分析.....	26
第四章 結果.....	27
第一節 受試者基本資料.....	27
第二節 球速與時間分期.....	27
第三節 球與足部速率比值.....	28
第四節 關節活動範圍.....	29
第五節 足部最大線性速度.....	30
第六節 下肢關節最大角速度.....	36
第七節 身體重心位移程度.....	37
第八節 支撐腳最大關節力量.....	38
第九節 支撐腳最大關節力矩.....	40
第五章 討論.....	43
第一節 球速.....	43
第二節 關節活動範圍.....	49
第三節 球速與足部線性速度之速率比值.....	54
第四節 關節角速度.....	57
第五節 身體重心位移.....	59
第六節 關節力量與力矩.....	61
第五章 結論.....	63

參考文獻.....	65
附錄 A - 受試者基本資料.....	72
附錄 B - 受試者同意書.....	73
附錄 C - 中區研究倫理審查委員會實驗同意書.....	74

圖目錄

圖 1-1：射門動作之各分期時間.....	8
圖 3-1：VICON NEXUS 動作分析系統.....	15
圖 3-2：KISTLER 三維測力板.....	16
圖 3-3：五人制比賽球.....	17
圖 3-4：五人制足球門.....	17
圖 3-5：五人制平底足球鞋.....	18
圖 3-6：實驗流程圖.....	19
圖 3-7：實驗場地佈置圖.....	20
圖 3-8：動態校正器(wand).....	21
圖 3-9:L 型靜態校正器(L-frame).....	21
圖 3-10：反光球示意圖.....	22
圖 3-11：球門目標區域配置圖.....	25
圖 4-1：不同目標區域之球速.....	28
圖 4-2：不同目標區域之球與足部速率比值.....	29
圖 4-3：球腳腕關節活動範圍.....	30
圖 4-4：踢球腳膝關節活動範圍.....	31
圖 4-5：踢球腳踝關節活動範圍.....	32
圖 4-6：支撐腳腕關節活動範圍.....	33
圖 4-7：支撐腳膝關節活動範圍.....	34

圖 4-8：支撐腳踝關節活動範圍·····	35
圖 4-9：不同目標區域之足部最大線性速度·····	36
圖 4-10：踢球腳關節最大角速度·····	37
圖 4-11：身體重心位移程度·····	38
圖 4-12：髖關節最大力量·····	39
圖 4-13：膝關節最大力量·····	39
圖 4-14：踝關節最大力量·····	40
圖 4-15：髖關節最大力矩·····	41
圖 4-16：膝關節最大力矩·····	41
圖 4-17：踝關節最大力矩·····	42
圖 5-1：左右側偏移曲線圖·····	60
圖 5-2：前後側偏移曲線圖·····	60

表目錄

表 1-1：十一人制與五人制足球比賽場地與規則比較·····	2
表 3-1：反光標記黏貼位置·····	23
表 4-1：受試者基本資料·····	27
表 5-1：球速·····	46
表 5-2：下肢關節活動範圍·····	51
表 5-3：足部線性速度&球與足部速率比值·····	55
表 5-4：下肢關節角速度·····	58

第一章 緒論

第一節 研究背景與動機

五人制足球(FUTSAL)起源於 1930 年代的南美洲地區，意思是「一隊五個人的室內足球」，是一群愛好足球者在人數較少及場地空間不足的情況下所衍生的一種比賽形式(Corteel, 2009)，它與現代足球運動幾乎是同時發展而成的，也是國際足球聯盟(FIFA)所認可的正式比賽之一。

由於環境條件較容易製造，因此五人制足球在世界上的許多國家中快速且廣泛的被發展，在受限的比賽環境下，雙方球員之間距離較近，造成攻守交換的次數因此而增多，比賽節奏加快，相較於十一人制的足球比賽更加刺激、更具有觀賞性，且深受廣大民眾的喜愛，尤其在歐洲及南美洲國家特別盛行，巴西知名球星羅納迪尼奧(Ronaldinho Gaúcho)就是這種五人制足球的箇中好手。

表 1-1

十一人制與五人制足球比賽場地與規則比較表

	十一人制 (FOOTBALL)	五人制 (FUTSAL)
球場	長：100~110(m) 寬：64~75(m)	長：38~42(m) 寬：18~25(m)
球門	7.32×2.44(m)	3×2(m)
罰球點	兩門柱中點延伸 11 公尺處	第一罰球點：兩門柱中點延伸 6 公尺處 第二罰球點：兩門柱中點延伸 10 公尺處
球場表面	天然或人造草皮	木材或合成物質
球	5 號球 圓周：68.6~70(cm) 重量：410~450(g) 氣壓：0.6~1.1(atm)	4 號球 圓周：62~64(cm) 重量：400~440(g) 氣壓：0.4~0.6(atm)
球鞋鞋底	鋁製鞋釘或塑膠鞋釘製成	橡膠或類似材質製成

資料來源：Laws of the game (2012/2013)

五人制足球與十一人制足球在規則與場地上有許多的不同(表 1-1)，由於五人制足球人數少、場地小的關係，比賽時選手之間距離相對較小，造成選手有更多的觸球機會，雙方的競爭也會因此變得更加激烈，攻守交換快速，技戰術的運用更靈活，所以，像是腳底停球、腳尖射門、腳底拉球盤帶及短傳配合等這些技戰術的運用非常頻繁，而從現代足球的球風上也可看出此種趨勢。2010 年世界盃足球賽國際足聯世

界盃 (FIFA World Cup) 的贏家，西班牙國家足球隊，在比賽中可以看到他們的打法大多以是以短傳及小組配合來製造出射門得分的機會，此種打法必須要有扎實的基本動作及優良的控球能力，才能透過團隊的配合製造機會射門得分。而這樣細膩且團隊的打法在五人制足球比賽中卻可以經常看得到，因此，五人制足球在高水平的國家隊或職業球隊中，可以當做一種訓練方式，以藉此提高選手的個人技術上或是團隊作戰的能力。

無論在任何的足球比賽中，射門得分是我們贏得比賽勝利的最終目的，而在五人制的足球比賽中的射門次數足足比十一人制的比賽高出一倍以上 (王民享，2004)。在1998年的世界盃中最常使用的兩種射門方式就是腳背射門與內側射門 (Grant, Reilly, Williams, & Borrie, 1999)。腳背射門就是利用腳的背部去擊球，這是在射門當中最有力量的一種 (Brophy, Backus, Pansy, Lyman, & Williams, 2007)。而近年來逐漸也有學者針對五人制足球來做相關研究，像是 Ozaki, Sunami, and Ishii (2010) 利用十一人制與五人制的球來做射門時的下肢運動學比較分析，在九位職業級五人制足球選手上發現球的初始速度與平均球速，十一人制顯著來得比五人制足球快，但在下肢平均角速度以及骨盆、大腿至小腿間的水平角度變化，兩者無顯著的差異性。另外有學者利用五人制足球來比較球體在靜止時與滾動時的下肢踢球表現，由十位五人制足球選手的踢球表現發現，無論是踝、膝、髖的關節角度變化，或是角速度、足部線性速度、球速或準確度來看皆無顯著性的差異產生 (Fabio, Lilian, Paulo & Sergio, 2010)。以上兩篇文獻雖然只有

在 Ozaki et al. (2010) 的研究中產生球速上顯著差異，但是在五人制足球比賽中由於場地與球門的縮小，且真實比賽中會有守門員的介入，所以選手們通常會以球門的四個角落，也就是扣除守門員之外的空檔處做為射門的選擇，藉此提高進球的機率，因此，選手們在不同射門方向上的動作分析是值得進一步去做探討的。

此外，這兩篇文獻都是透過二維攝影的方式來做動作的資料收集與分析，對於腳背射門這種三維運動模式來說無法呈現出運動時的真實表現，因此，透過三維動作分析系統收集相關參數，可以讓射門動作的分析更加詳細且具全面性，而在射門的方式也會與先前文獻所採用的最大力量射門不同，實驗中使用精準腳背射門的方式來進行資料收集，以觀察球射向不同目標區域時是否會產生不同的生物力學參數差異。

在許多過去的文獻內，雖然有與足球運動相關的生物力學研究 (Lees, 1996; Lees & Nolan, 1998)，但由於現代足球選手素質的提升，因此與技術的相關研究一直都是一個熱門的議題。腳背射門是一個一系列的動作，它包含有球的位置、支撐腳與球的關係位置及引人注目的踢球腳腳背 (Barfield, Kirkendall, & Yu, 2002; Isokawa & Lees, 1988)。從運動學的角度來看，雖然踢球技術已被定義為一個多面向的線性運動，但大多還是透過二維矢狀面下去做運動學的研究 (Lees & Nolan, 1998)，大部分研究著重在人體關節角度、速度、加速度、角速度、球速... 等因素去做探討，另一方面，過去十年內已察覺到有許多與踢球相關的研究，而全新的踢球表現方面正在查明中，其中包含運動學動作三維技術分析、踢球過程中的關節力量、力矩相關的足球表現以及不同因素對踢球的生物力

學影響，像是年齡、性別、踢球慣用腳及疲勞程度(Kellis & Katis, 2007)。

第二節 研究目的

本研究使用三維動作分析系統分析女性選手在球準確射向四個不同目標區域時的下肢生物力學參數，其中包含有運動學(球速、下肢關節活動範圍、下肢關節最大角速度、下肢關節最大角加速度、下肢肢段質心最大速度、下肢肢段質心最大加速度、身體重心位移)及動力學(下肢關節力量、下肢關節力矩)等參數。

第三節 研究假定

1. 實驗時，受試者穿著全新同一廠牌的相同型號鞋款，目的在於減少因鞋子新舊及款式不同所造成量測時數據上的差異因素，而鞋子會被視為身體上的一部分，鞋子與足部之間無相對位移。
2. 將人體肢段視為剛體結構，同一肢段上的各點之間不會有相對位移。
3. 以及反光標記和皮膚將被視為同一剛體，反光標記與皮膚間無相對位移。

第四節 研究假設

一般來說，選手在朝向不同方向角度射門時，在動作技術上應會有不同的差異性，因此，本研究將會以四個目標區

域的不同差異性來做相互比較。

本研究的研究假設為：

- 1、 當 H_0 : 球踢向四個不同目標區域時，運動學參數上(球速、足部線性速度、下肢關節活動範圍、下肢關節最大角速度、身體重心位移) 不會有顯著的差異。

H_1 : 球踢向四個不同目標區域時，運動學參數上(球速、足部線性速度、下肢關節活動範圍、下肢關節最大角速度、身體重心位移) 會有顯著的差異。

則 $H_0 \neq H_1$ 。

- 2、 當 H_0 : 球踢向四個不同目標區域時，選手在動力學參數上(支撐腳的最大關節力量、最大關節力矩) 不會有顯著的差異。

H_1 : 球踢向四個不同目標區域時，選手在動力學參數上(支撐腳的最大關節力量、最大關節力矩) 會有顯著的差異。

則 $H_0 \neq H_1$ 。

第五節 動作定義

本研究中，腳背射門操作定義如下：

- 1、 助跑時踢球者與足球之間會呈現一個角度。
- 2、 踢球前支撐腳的最後一步著地會與踢球腳的距離會稍大。
- 3、 支撐腳的方向會以踢球方向著地。
- 4、 踢球腳以髖關節為主軸，利用大腿帶動小腿的方式由後向前擺動。

5、 當踢球腳靠近球時，腳背下壓，腳尖外轉，以足部第一趾指關節的地方觸球。

6、 觸球後踢球腳及身體會持續向前直到動作完成。

最大力量腳背射門是要求受試者以最大的速度及力量去進行腳背射門的動作，然而，本研究中所採取的精準腳背射門是要求受試者利用腳背射門的方式將球踢到指定的目標區域中，這與最大力量腳背射門有所不同。

本研究參考 Orchard, Walt, McIntosh, and Garlick (1999) 的射門動作分期，把射門動作分為六個階段時期，並採用三維動作分析系統計算出總動作時間及各分期時間，動作時間從踢球前踢球腳初始接觸地面開始計算，直到踢球後踢球腳髖關節達最大屈曲作為動作結束時間點，各階段分期時間詳見圖 1-1，以下為各階段的分期定義：

A. 推蹬期 (Push-off)

從踢球腳之腳跟著地瞬間直到踢球腳的腳尖離地瞬間，踢球腳之腳跟著地瞬間與踢球腳的腳尖離地瞬間時間點可藉由踢球腳初始接觸測力板的垂直力量來做判定。

B. 後擺期 (Backswing)

從踢球腳的腳尖離地瞬間直到踢球腳的髖關節達到最大伸展角度。

C. 準備期 (Wind-up)

從踢球腳的髖關節達到最大伸展角度直到踢球腳的膝關節達到最大屈曲角度。

D. 前擺期 (Forward swing)

從踢球腳的膝關節達到最大屈曲角度直到踢球腳接觸到球的瞬間為止。

E. 跟隨期 (Follow-through)

從踢球腳接觸到球的瞬間直到踢球腳的膝關節達到最大伸展角度。

F. 恢復期 (Recovery)

從踢球腳的膝關節達到最大伸展角度直到踢球腳的髖關節達到最大屈曲角度的這段時間。

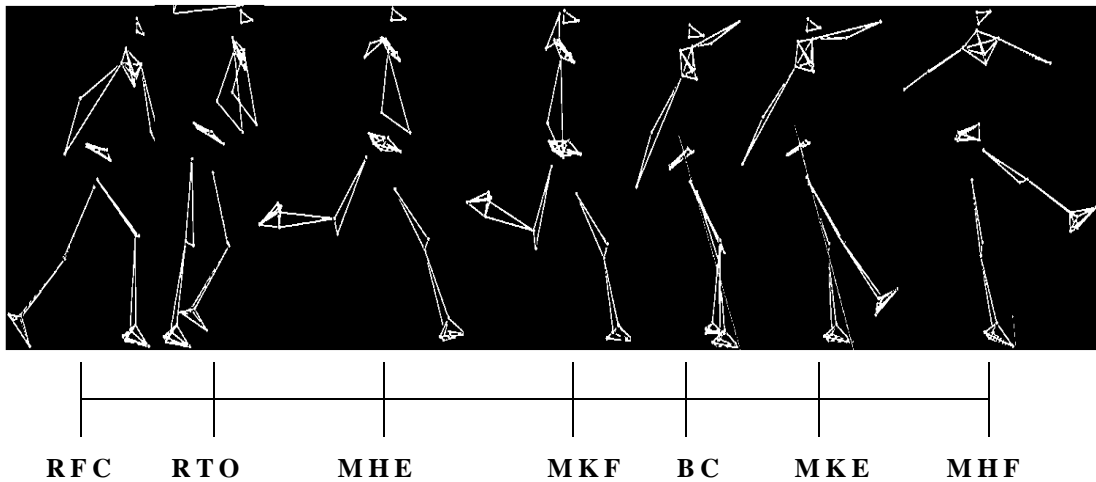


圖 1-1 射門動作之各分期時間，RFC=踢球腳初始著地；RTO=踢球腳離地；MHE=髖關節最大伸展角度；MKF=膝關節最大屈曲角度；BC=觸球瞬間；MKE=膝關節最大伸展角度；MHF=髖關節最大屈曲角度。

第二章 文獻探討

第一節 射門準確度相關研究

Kellis and Katis (2007) 指出肌肉活動在目標高或目標低的準確射門過程中會產生差異，雖然準確射門的動作速度會比最大力量射門來的慢，但以往的研究表示出在執行成功的準確射門過程中，為了做出必要的肌肉活動可能會調整更複雜的肌肉運動模式來控制更精細的下肢運動。根據 (Lovejoy & Holmes, 2008) 在 2005 至 2008 年英格蘭超級足球聯賽分析採取右腳點球的統計表示，成功射進左下角目標區的成功率有 71%，100% 成功射進右上角以及有 93% 成功射進左上角。然而，當球在射向不同方向時的生物力學分析研究至今尚未明確。

過去有研究針對不同狀態下的選手對於踢球準確度的影響，例如 Bjelica, Georgiev, and Popovic (2011) 研究發現，無論是在休息或疲勞狀態下，年輕選手使用非踢球慣用腳做腳背射門時的準確度沒有顯著差異。但是，也有文獻指出體能較好的選手比起體能較差的選手有著顯著較高的射門準確度 (Young, Gulli, Rath, Russell, O'Brien & Harvey, 2010)。因此，雖然疲勞的程度不見得會影響選手的射門準確度，但體能狀況的好壞卻有可能是造成選手本身在射門準確率上的差異。

在五人制足球相關文獻中，Fabio et al. (2010) 透過球體移動來觀察踢球的準確度，結果發現，選手無論是踢靜止中或滾動中的球，準確度上的差異並不顯著，此研究還發現無論在踢靜止或滾動的球時，優秀選手在準備踢球階段前的路

徑上是相似的。

另一方面，選手技術的改變是否影響踢球準確度呢？若從踢球時的角度來看，無論是在 30 度、45 度、60 度或自選角度下踢球，對於射門的準確度差異皆不大 (Scurr & Hall, 2009)。

過去也有文獻探討選手經驗以及場上位置的不同對於踢球準確度的影響，結果顯示，較有經驗的選手在踢球準確度上是顯著高於經驗不足的選手；而中場球員踢球的準確度會來得比前鋒或後衛球員高 (Young et al., 2010)。

此外，先前的文獻中還有特別觀察守門員的動作是否影響選手在踢球時準確度的表現，像是在 John (2006) 的研究中，針對點球罰球者接近罰球點時有無依賴守門員策略的準確度影響，結果表示，罰球者若採取依賴守門員的策略，則會因射門改變的時間不足而導致一個風險較高的射門錯誤率以及不準確的射門位置。透過此研究可以判定射門時不要輕易改變射門位置以預防射門錯誤率的提高及準確度的下降。

第二節 腳背射門的運動學分析

先前有關腳背射門的下肢運動學 (Kinematics) 研究都是以基本的二維 (Two-dimensional) 方式下去分析 (Lees, 1996; Lees & Nolan, 1998)，如 Barfield et al. (2002) 利用二維平面方式比較男女生在腳背射門時的運動學差異，結果發現男性選手無論在整體踢球速度、腳趾最大速度、腳接觸球的瞬時速度、腳趾平均速度、腳趾平均加速度與接觸到球時的腳踝瞬時速度都顯著比女性選手來得快，所有這些變量都會促

使球速加快。但有一個例外，其中有一位傑出女性足球選手與兩位男性相比下顯示了更高且相似的運動學模式。結論是女性與男性的腳背射門速度不一樣快，但結果表示出還是有例外的情況。這表示女性選手踢球時的運動學表現上不見得會與男性選手有太大的差異性，甚至是較男性選手快，此結論很值得研究人員去做進一步的相關研究。

另外也有研究用二維方式分析男女生在踢球時身體關節角度以及球於初速度時的比較，結果從性別上看不出射門時球在初速度上的差異，但是從男女結構上的差異來看，女性展現較大的外側軀幹傾斜角度及膝關節屈曲角度(Orloff et al., 2008)。軀幹傾斜角度較大或許是因為女性選手支撐腳肌肉力量較男性選手不足，因此必須藉由更多的傾斜角度來保持身體的穩定平衡，而下肢關節角度上的差異也許是因為女性選手的肌肉力量不夠，所以利用更大的作功距離以達成與男性選手相似的球速。針對男女性別上的差異，或許可以透過不同的訓練計畫，讓這樣的差異變小甚至是表現出更高的水準。

Manolopoulos, Papadopoulos and Kellis (2006) 就曾對選手進行十週結合肌力及技術的足球特殊運動訓練計畫（肌力訓練：伏地挺身、上臂肌群、核心肌群、踝膝髌關節肌群的肌力訓練；技術訓練：單腳跳、雙腳跳、前後與側向跳躍、跳躍障礙物、踢球動作），其結果發現選手在射門最後階段時的最大球速、足部和踝關節線性速度與所有關節的角速度上都有顯著的進步。這表示經過肌力與技術結合的訓練方式對於球員在踢球表現上是有效果且有顯著進步的。

在其他文獻中，有學者針對球體本身的變化來觀察踢球時的不同運動學表現，其結果無論是靜止的或滾動中的球在球速、足部速度及準確度皆沒有顯著差異，但是選手們在關節角速度上有發現都有些許的不同(Fabio et al., 2010)。

但是，踢球動作是一個多平面的關節運動(Kellis & Katis, 2007)，所以光以二維平面分析踢動作是不夠的，在 Scurr and Hall (2009) 的研究中，就以三維平面方式(high speed camera)分析在踢球角度 30 度、45 度、60 度或自選角度下踢球的運動學模式，結果在骨盆旋轉角度在 45 度及 60 度時顯著大於受試者的自選角度，且踢球腳的大腿內收角度在 60 度時會顯著大於受試者的自選角度及 30 度時。其結果顯示出利用三維平面的方式來觀察運動學模式可以更詳細的發現在不同平面角度下關節角度的變化。因此，利用三維技術分析踢球運動是有必要性的。

第三節 腳背射門的動力學分析

在射門時所造成關節以及肢段的移動是由力矩所產生的(Kellis & Katis, 2007)，而力矩的產生是藉由身體肢段中的肌肉工作力量所產生的，因此，如果我們知道力矩大小與肢段長度就可以反推動作中的肌肉力量大小。在踢球時的動力學研究著重在兩個重點：一個是下肢關節周圍所產生的力矩大小；另一個則是力矩發生的時間順序(Kellis & Katis, 2007)。

大部分的動力學分析會以測力板(force plate)當作資料收集的一個儀器，而在踢球過程中同時也可以測量地面反作用力的力量大小值，像是 Orloff et al. (2008)就以大專男子與

女子足球選手在腳背射門時分析支撐腳的地面反作用力，其動力學資料就是透過測力板 (AMTI 1000) 來進行收集，結果支撐腳從性別來看沒有差異，但與男性相比，女性選手有顯著較大的身體傾斜角度、支撐腳膝關節角度以及內外側地面反作用力，而男性選手在踢球瞬間時的垂直地面反作用力較大。這與 Isokawa and Lees (1988) 指出不只是身體速度會影響支撐腳的反作用力，支撐腳的反作用力也會影響踢球時身體角度的不同變化相符，更證明了支撐腳在踢球過程中的重要性。

文獻總結

由文獻中可以發現，從選手本身的內在因素，如：經驗、競賽層級、場上位置、判斷能力…等，對於射門準確度的影響程度較多，因此我們可以從踢球者本身的影響因素來做進一步的討論與研究。

在運動學與動力學部分，雖然現今已有三維分析技術及儀器，但從三維平面下分析踢球時的運動學相關研究過少，且經由文獻得知踢球時的身體角度與踢球時的作用力會相互影響。因此，必須透過三維分析的方式才能更全面的了解踢球時的運動模式特性。

無論是運動學或是動力學，射門動作對於整個足球研究是相當重要且有意義的，而隨著實驗儀器的更新，以及選手素質與技術的提升，我們可以對踢球時的生物力學分析來做更全面的研究。因此，本研究透過三維動作分析系統來分析精準腳背射門射向四個不同目標區域時的生物力學參數，研究成果可作為運動訓練設計與動作技巧教學上之參考指標。

第三章 研究方法與步驟

第一節 實驗受試者條件

本研究受試者為 12 名國立臺灣體育運動大學女子足球代表隊選手，並皆具有競賽層級的比賽水準，所有選手的踢球腳皆為右腳，在執行精準腳背射門 (accurate instep kicking) 動作時不會有太大的困難程度。實驗正式開始前，會先請受試者填寫基本資料 (附錄 A)，並接受病史的詢問 (確認半年內沒有重大手術及骨骼神經肌肉等疾病或病變)。受試者詳細閱讀「受試者同意書」 (附錄 B)，內附受試者實驗須知與簡單實驗流程；了解其內容，簽署後，才正式開始進行實驗。而本研究也已獲得中區研究倫理審查委員會之許可 (Crrec-101-030) 同意執行本實驗 (附錄 C)。

第二節 實驗地點與時間

一、實驗地點

本研究於國立臺灣體育運動大學生物力學實驗室進行精準腳背射門動作的資料收集。

二、實驗時間

(一) 實驗前研究時間：101 年 3 月 1 日至 101 年 4 月 3 日為正式實驗前的實驗前測，收集受試者精準腳背射門動作資料並進行分析，以瞭解實驗流程與設計是否需要進行部

分調整或修正。

(二) 正式實驗時間：101 年 06 月 15 日至 101 年 06 月 26 日

第三節 實驗儀器及設備

本實驗主要使用動作分析系統、三維測力板系統，以及進行精準腳背射門時所需的國際標準五人制足球比賽用球一顆、標準五人制球門一組、相同款式平底足球鞋等設備。

一、VICON 1.4.116 動作分析系統

本實驗使用 VICON 動作分析系統 (VICON motion analysis system, Oxford Metrics LID. UK) 擷取反光標記於空間中運動之軌跡，以取得運動學參數資料 (圖 3-1)。

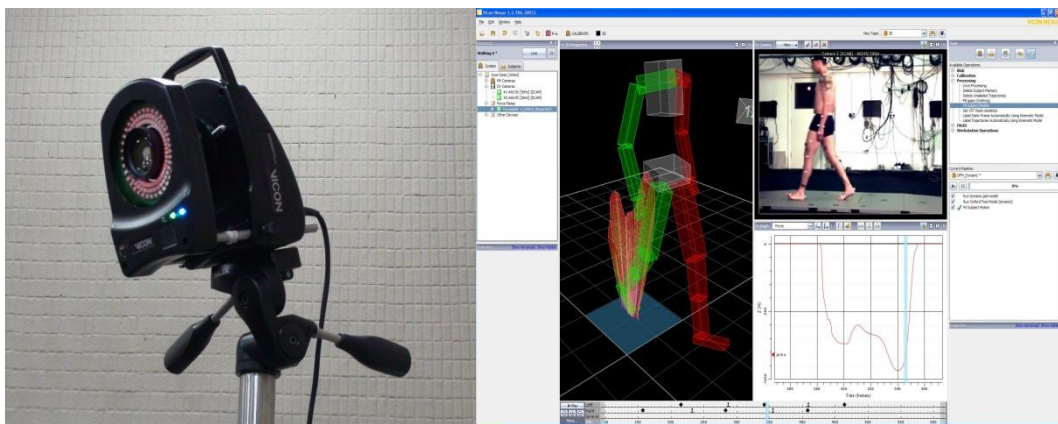


圖 3-1 VICON NEXUS 動作分析系統

三、三維測力板

本研究使用 KISTLER 三維測力板系統 (KISTLER force plate, Type 9260AA6, Winterthur. Switzerland)，將兩塊 KISTLER 測力板 (圖 3-2) 鑲嵌於五人制比賽木質地板內，主要

收集受試者於精準腳背射門時支撐腳的地面反作用力與力矩資料。藉由數位類比轉換器 (A/D converter) 與 VICON 動作分析系統進行同步的資料收集。進而配合運動學參數進行運算，可獲得精準腳背射門時下肢的關節力量和力矩等動力學參數。



圖 3-2 KISTLER 三維測力板

四、五人制足球

本研究所使用的低彈跳頂級 TPU 車縫五人制足球 (CONTI, STF4MS-RS, Taiwan)，符合 FIFA 規定之「國際標準比賽用球」，球上標有 INTERNATIONAL MATCHBALL STANDARD 標誌(圖 3-3)，球的重量在 400 公克至 440 公克，球的氣壓為 0.4 至 0.6 個大氣壓力。此外，我們在球體表面黏貼反光貼紙標記，以用來計算球速之用。

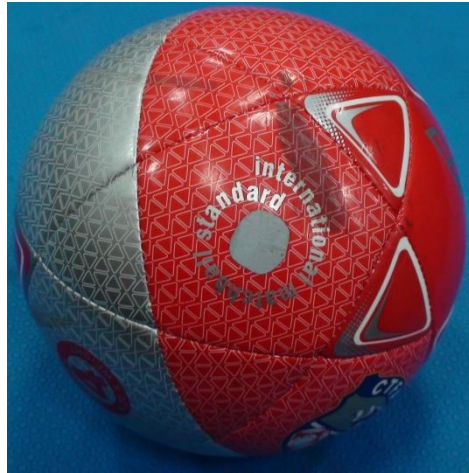


圖 3-3 CONTI 五人制比賽球

五、 球門

本研究所使用的球門為五人制油壓折疊式球門 (CONTI, AFS322, Taiwan), 其規格符合 FIFA 比賽所規定之標準球門(圖 3-4), 兩根門柱距離三公尺, 球門橫木下緣至地面距離兩公尺。球網由尼龍繩編成, 掛於球門後方, 連接門柱和橫木。



圖 3-4 五人制足球門

六、 足球鞋

本研究中，所有受試者皆會穿著同一廠牌與型號之五人制專用平底足球鞋(圖 3-5)，以減少因球鞋款式不同所造成實驗的差異性。



圖 3-5 五人制平底足球鞋

第四節 實驗流程與步驟

本實驗流程包括實驗場地布置與儀器架設、系統校正、受試者填寫基本資料與受試者同意書、量測人體計測資料。讓受試者進行 5~10 分鐘的熱身活動後，完成反光標誌的黏貼。開始進行靜態與動態的資料收集，最後進行資料處理與結果分析(實驗流程圖詳見圖 3-6)

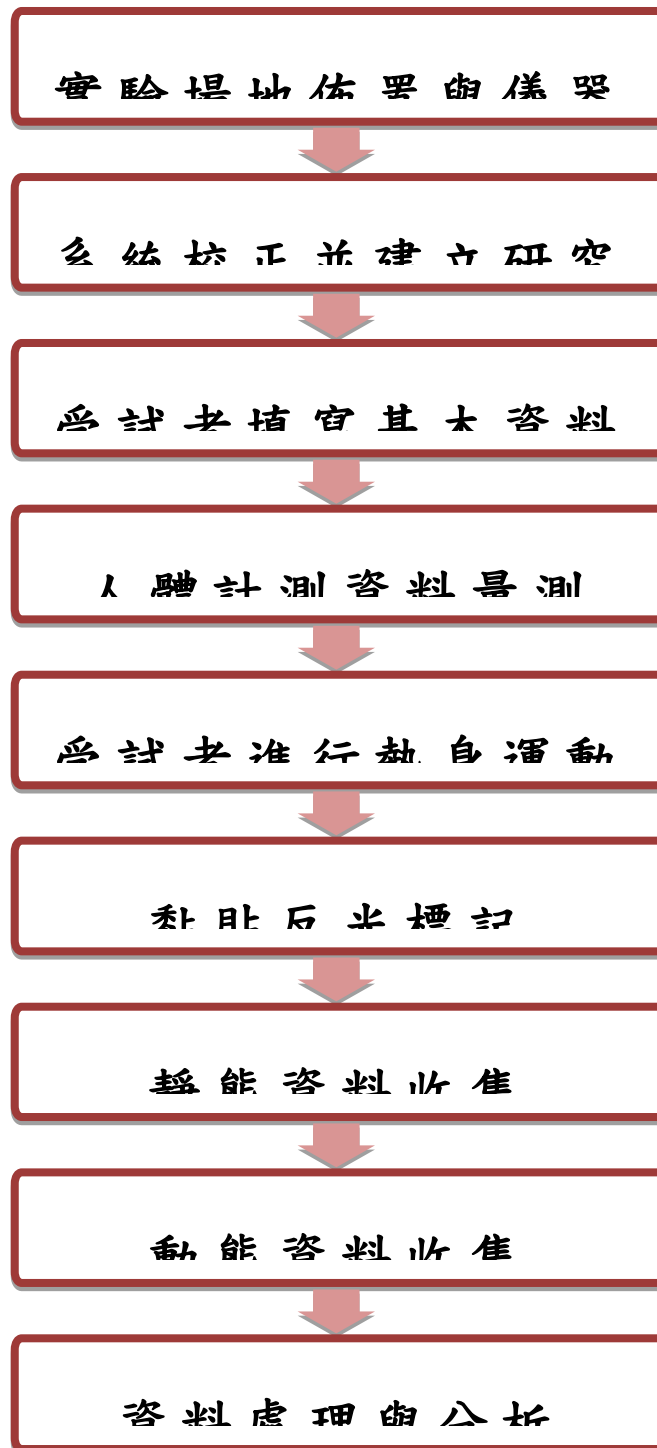


圖 3-6 實驗流程圖

一、實驗室場地佈置與儀器架設

我們於兩塊 KISTLER 力板及球門周圍架設八台 VICON 高速攝影機(圖 3-7)，調整攝影機位置與視角，使所有反光標記皆能至少被兩台以上的攝影機擷取到。

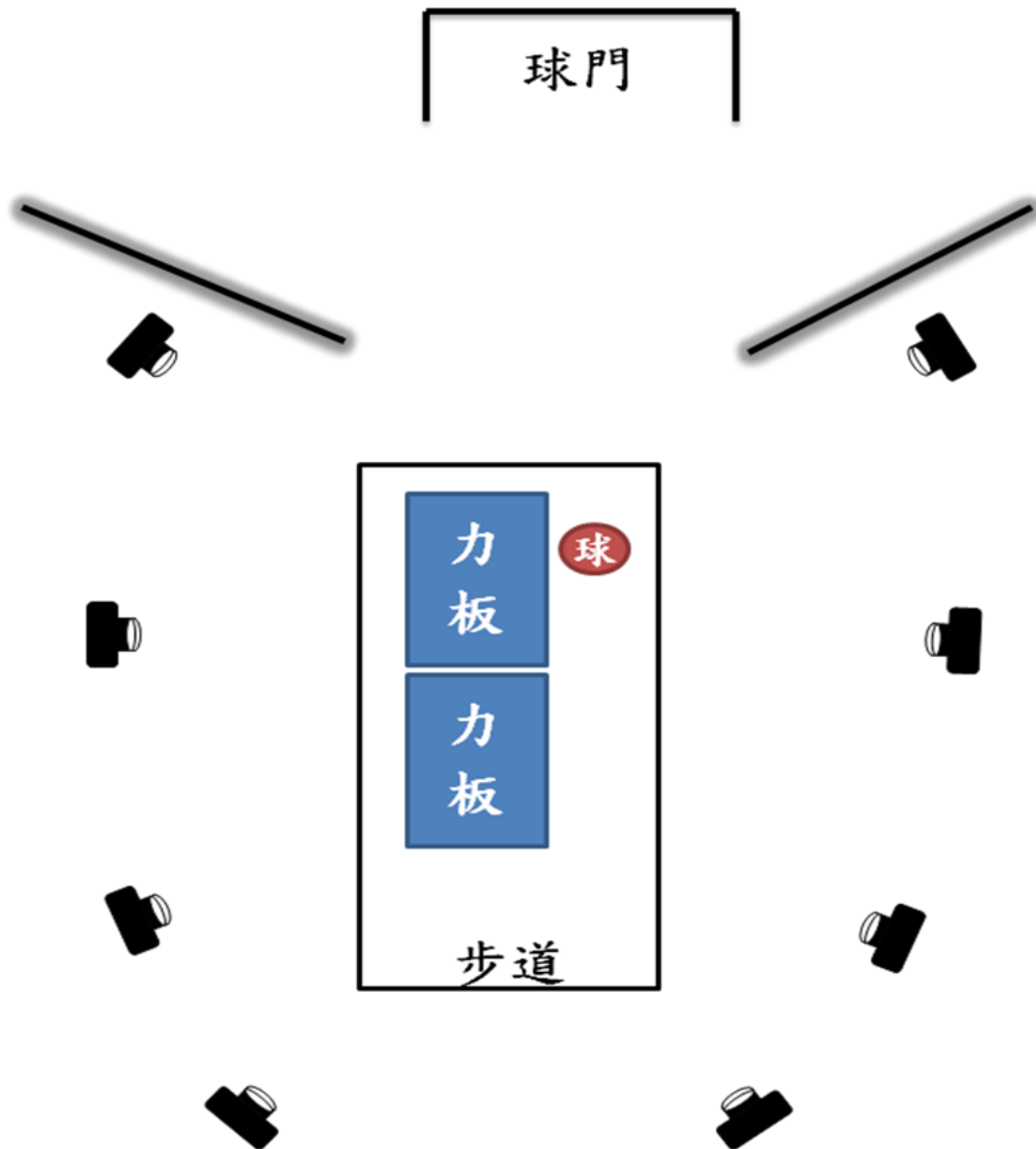


圖 3-7 實驗場地佈置圖

二、系統校正並建立實驗室座標

將攝影機所擷取之二維影像重建於三維空間中之位置，須先進行系統之校正。系統校正分為兩個部份：首先，使用動態校正器(wand，圖 3-8)於量測空間中移動，校正各攝影機擷取之可能影像誤差，再以 L 型靜態校正器(L-frame，圖 3-9)定義實驗室座標系，置於右側力板上，將實驗室座標系原點定義於力板右下角，經正確的系統校正，才能夠確保實驗資料收集的精確度。



圖 3-8 動態校正器 (wand)

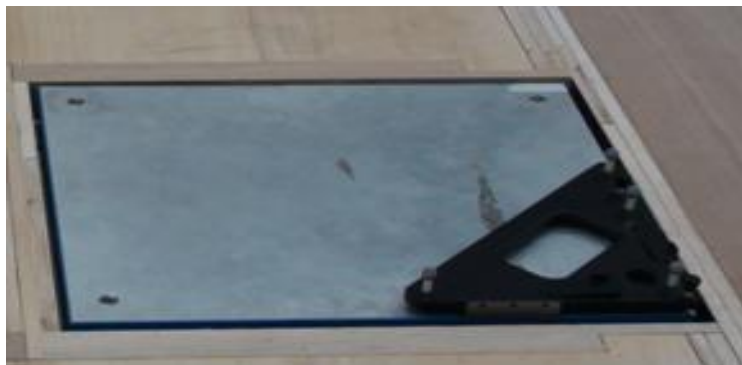


圖 3-9 L 型靜態校正器 (L-frame)

三、測量人體計測資料

實驗開始前，量測受試者之身高、體重等人體計測資料 (Anthropometric)，並量測大腿、小腿、上臂、前臂等肢段周徑，以作為實驗資料分析之使用。

四、受試者進行熱身

實驗進行前先請每位受試者進行 10 分鐘左右之暖身運動，分別為各 5 分鐘左右的靜態肌肉伸展運動及射門動作練習，目的是讓受試者可以盡最大努力表現及減低因熱身不足所造成之運動傷害風險。

五、黏貼反光標記

使用球型被動式反光標記，攝影機藉由黏貼於身體特定位置之反光標記所反射的紅光記錄身體肢段於三維空間中的運動軌跡(圖 3-10)。本研究使用修正式 Helen Hayes 反光標記之配置，於受試者全身 33 個身體特定位置黏貼反光標記(表 3-1)。

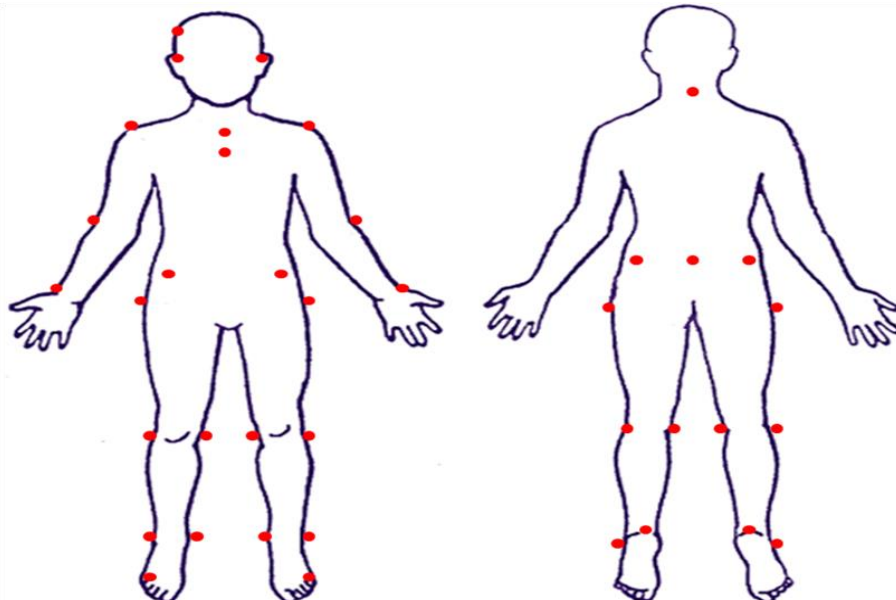


圖 3-10 反光球示意圖

表 3-1

反光標記黏貼位置

黏貼位置	左右側	備註
顳顎關節	左、右	
頭部	右	與右側顳顎關節上方同垂直面
頸椎第七節		
肩峰	左、右	
鎖骨中心		以鎖骨頭連線之中心點
胸骨		與鎖骨中心共平面
肱骨外上髁	左、右	
橈骨棘突	左、右	
股骨大轉子	左、右	
髌前上棘	左、右	
髌後上棘	左、右	用於校正髌前上棘位置
薦骨突上方		與髌前上棘及髌後上棘共平面
股骨外上髁	左、右	
股骨內上髁	左、右	
足部外踝	左、右	
足部內踝	左、右	
第五跖趾關節	左、右	
腳跟外側	左、右	與跟骨及第五跖趾關節同高且共平面
跟骨	左、右	與跟骨外側及第五跖趾關節同高且共平面

六、靜態資料收集

攝影機擷取靜態解剖學姿勢資料，取得各個肢段反光標記間的相對位置及各關節中心，可作為受試者各關節的起始角度(關節參考位置)，以作為動態資料分析之基準。

七、動態資料收集

本研究使用 VICON NEXUS 動作分析系統軟體來進行實驗之收集，攝影機的採樣頻率設為 250 赫茲，同時並利用 KISTLER 三維測力板系統收集支撐腳動力學參數資料，採樣頻率設定在 1000 赫茲，在球門範圍內的左右兩側的上端與下端會各設置一個 1 公尺×1 公尺的目標區域(圖 3-11)，受試者以隨機方式排序出目標區域的射門順序，球與球門距離為五人制比賽罰球距離(6m)，每次射門時球都會固定放置於罰球點處，每一目標區域都必須成功射門三次，成功射門的定義為當球通過球門線時，球體必須完全在目標區域內，也就是球體圓周不得超越目標區邊界，才能算是有效射門，且每一目標區的成功與失敗次數也會加以記錄，目的是用來觀察每一目標區的射門成功率。

為防止受試者動作差異性過大，因此，踢球時必須限制受試者由罰球點 0 度到 30 度的範圍內進行助跑 (Lees & Nolan, 1998)，且助跑的距離為 2 步，而受試者在技巧使用上也必須以腳背射門來當作踢球動作，若受試者採用不同的射門技巧，如：腳內側推射、腳外側射門、腳尖射門…等，則此次的射門也會被列為失敗。為了模擬選手在比賽時的真實性，實驗收集時會要求受試者快速且準確的將球射進這些目標區域內，以至於收集到的資料能夠與實際比賽情況相符。受試者在進行每一次的

射門測試中間都會有30秒至1分鐘的休息時間，以免選手過度疲勞而導致運動傷害或造成實驗的準確度降低。

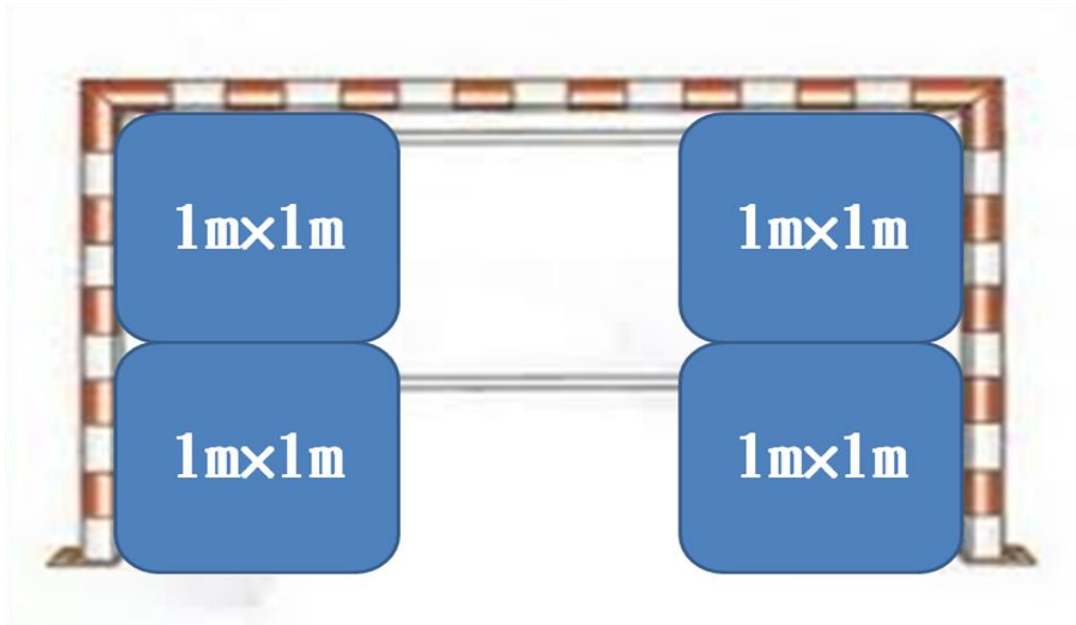


圖 3-11 球門目標區域配置圖

八、資料處理與分析

本研究透過每個目標區域所收集到的三筆成功資料作為資料分析之平均數據，並假設人體為剛性多體系統，使用 VICON NEXUS 系統軟體擷取反光標記於空間座標系中之位置，並定義出各肢段座標系，依序標定(label)所收集之人體所貼反光標記(markers)名稱位置，完成原始的資料處理並輸出。反光球軌跡經 generalized cross-validation spline smoothing routine (Woltring, 1986)以 6 赫茲低通濾波(Low pass filter)使資料平滑化(smooth)，並過濾雜訊。

藉由黏貼於受試者身上之反光標記計算出各關節中心，

配合使用人體計測資料及 de Leva (1996)提出之各個肢段質量中心相對位置，求得各個肢段質量中心實際位置，再取得各個肢段於實驗室座標系下的重心加速度及尤拉參數。以尤拉角 (Euler angle)方式計算，求得關節角度，旋轉次序定義為屈曲/伸展(y)-外展/內收(x')-內旋/外旋(z'')。使用 McConville (1980)整理之公式求得各個肢段質量及質量中心之轉動慣量(I)。以逆向動力學(Inverse dynamics)之原理計算牛頓-尤拉平衡方程式(Newton-Euler equation)，求得關節力量與力矩。本研究主要分析下肢髖關節、膝關節及踝關節之關節角度、關節力量與力矩。

第五節 統計分析

本研究所有數據皆以平均值±標準差呈現，並以套裝統計軟體 SPSS 12.0進行統計分析；利用重複量數單因子變異數分析(one-way. ANOVA, repeated measures)來比較球射向四個不同目標區域時，運動學與動力學參數上的差異性，並透過LSD事後比較法進行事後比較分析，而本研究之所有顯著水準皆訂為 $p < .05$ 。

第四章 結果

本研究針對球射向四個不同目標區域(左上目標區域=LT、左下目標區域=LB、右上目標區域=RT、右下目標區域=RB)時的球速、球與足部速率比值、下肢關節活動範圍(Range of Motion, ROM)、足部最大線性速度、下肢關節最大角速度、身體重心位移程度、支撐腳最大力量與最大力矩等參數結果加以比較分析，並使用三維動作分析系統計算出踢球時的球速與動作時間分期，由於本實驗之動作非對稱性動作，因此相關數據將會以踢球腳與支撐腳做個別比較。

第一節 受試者基本資料

本研究受試者為 12 名校內女子足球選手，所有選手皆曾入選國家代表隊且具備多年的踢球經歷(受試者基本資料，表 4-1)，選手們皆能完整做出本研究所指定之射門動作。

表 4-1

受試者基本資料(平均值±標準差)

年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)	踢球經歷(年)
21.6±2.1	163.5±4.5	58.4±3.8	12.2±2.2

第二節 球速與時間分期

本研究的動作時間分期是參考 Orchard et al. (1999)之定義，以踢球腳踢球前一步的初始著地為起始時間，直到踢球腳

與球碰撞後，踢球腳腕關節到達最大屈曲角度時作為射門動作結束時間，計算結果顯示本實驗之射門動作總平均時間為 0.71 ± 0.01 (秒)，在球速部分，圖 4-1 為透過五人制足球上的反光標記計算出的四個不同射門目標區域之球速平均值，並經統計後發現各目標區域之球速達到顯著差異 ($p=0.00$)，且使用 LSD 事後比較法比較後發現，當球射向左下及右下目標區域時，球速會來得比左上及右上的目標區域快 (LB、RB > LT、RT)。

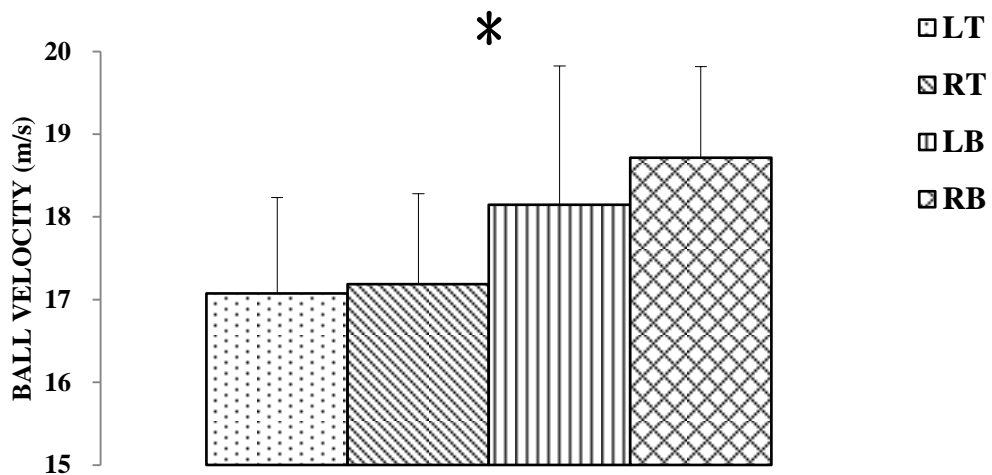


圖 4-1 不同目標區域之球速，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第三節 足部最大線性速度

本研究分析踢球腳在不同目標區域下足部 (Foot) 之最大線性速度，而此數據也會做為計算球速/足部速率之用，其結果發現，四個目標區域的足部最大線性速度皆無達到顯著性的差異 (圖 4-2)。

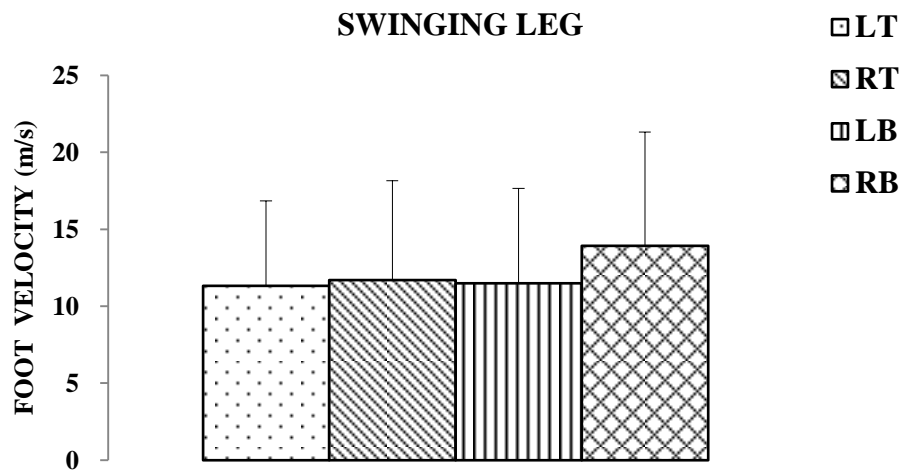


圖 4-2 不同目標區域之足部最大線性速度，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第四節 球與足部速率比值

透過本研究所計算出的球速除以足部最大線性速度，進而將推算出四個不同目標區域之球與足部速率比值，而此速率比值可視為選手將身體能量轉移至球體上的能力指標，統計結果如圖 4-3 所示，四個不同射門目標區域之球與足部速率比值皆未達顯著性的差異 ($p=0.80$)。

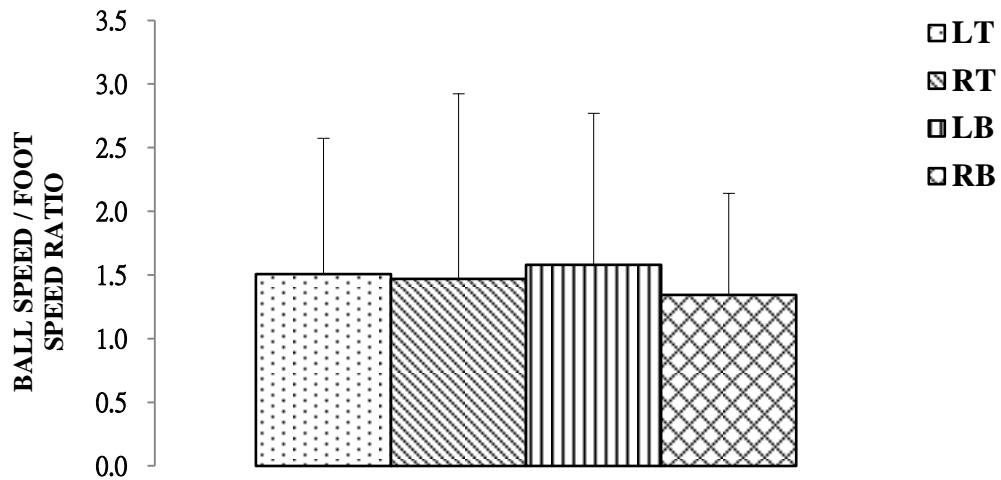


圖 4-3 不同目標區域之球與足部速率比值，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第五節 關節活動範圍

本研究之下肢關節活動範圍(Range of Motion, ROM)將分為踢球腳及支撐腳做探討，並分別對其髖關節、膝關節及踝關節的三個動作平面之關節活動範圍做結果分析。

1. 踢球腳髖關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之踢球腳髖關節活動範圍如圖 4-4 所示，其結果發現四個目標區域下的髖關節屈曲/伸展有顯著差異($p=0.01$)，且經事後比較後發現左上及右上目標區域的屈曲角度會顯著大於左下及右下的目標區域(LT、RT>LB、RB)。

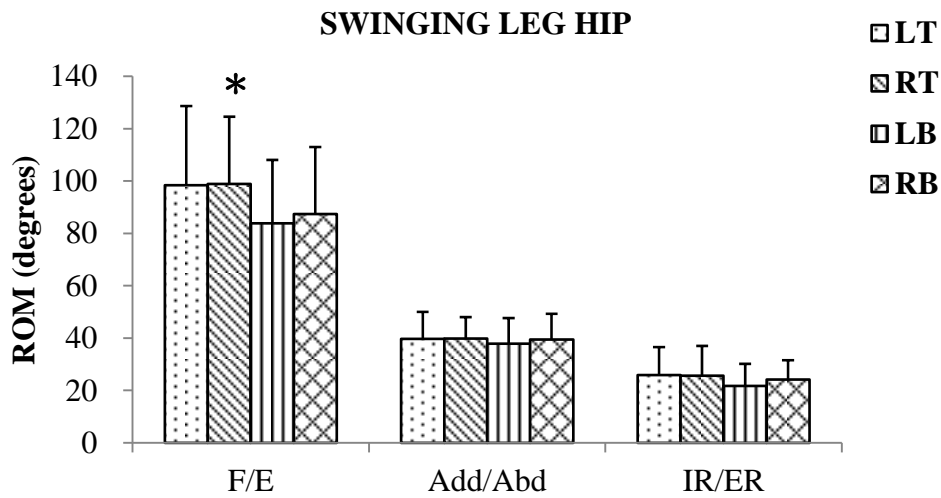


圖 4-4 踢球腳髖關節活動範圍，F/E=屈曲/伸展；Add/Abd=內收/外展；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

2. 踢球腳膝關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之踢球腳膝關節活動範圍如圖 4-5 所示，其結果發現四個目標區域下的膝關節動作平面活動範圍皆無顯著的差異性。

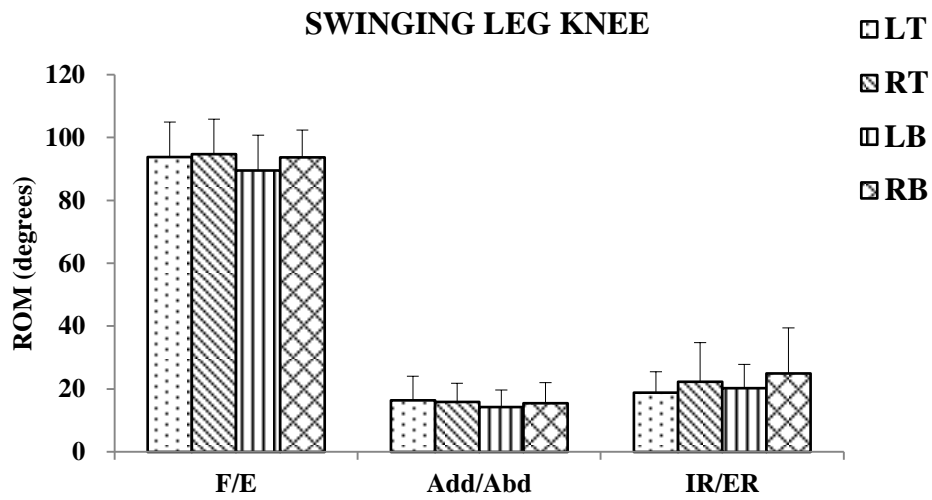


圖 4-5 踢球腳膝關節活動範圍，F/E=屈曲/伸展；Add/Abd=內收/外展；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

3. 踢球腳踝關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之踢球腳踝關節活動範圍如圖 4-6 所示，其結果發現四個目標區域下的踝關節動作平面活動範圍皆無顯著的差異性。

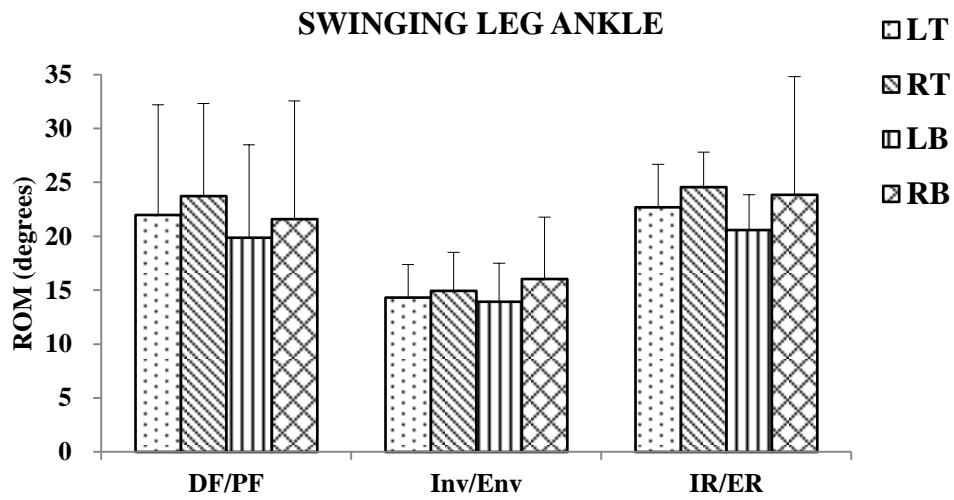


圖 4-6 踢球腳踝關節活動範圍，DF/PF=背屈/蹠屈；Inv/Env=內翻/外翻；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

4. 支撐腳腕關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之支撐腳腕關節活動範圍如圖 4-7 所示，其結果發現四個目標區域下的腕關節動作平面活動範圍皆無顯著的差異性。

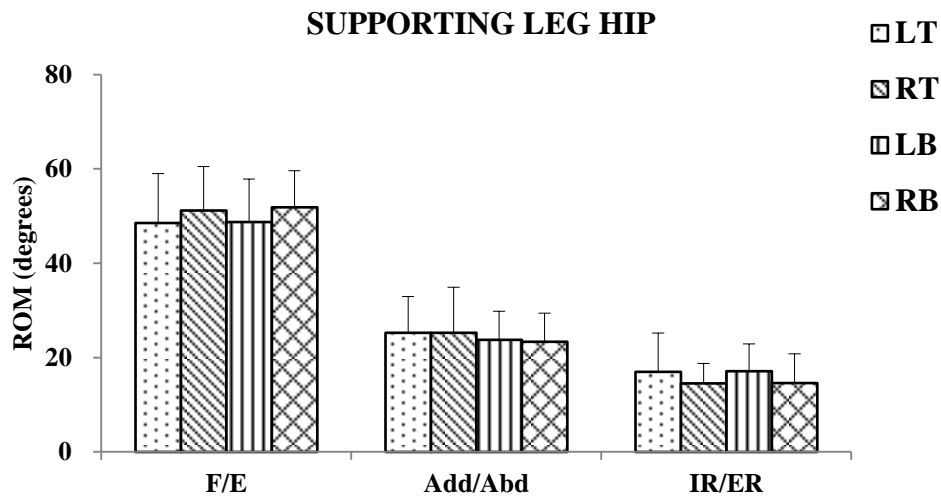


圖 4-7 支撐腳髖關節活動範圍，F/E=屈曲/伸展；Add/Abd=內收/外展；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

5. 支撐腳膝關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之支撐腳膝關節活動範圍如圖 4-8 所示，其結果發現四個目標區域下膝關節的屈曲/伸展達顯著性差異 ($p=0.01$)，再將此動作平面做事後比較分析後發現，左上及左下目標區域的屈曲角度會比右上及右下目標區域來得大 (LT、LB > RT、RB)。

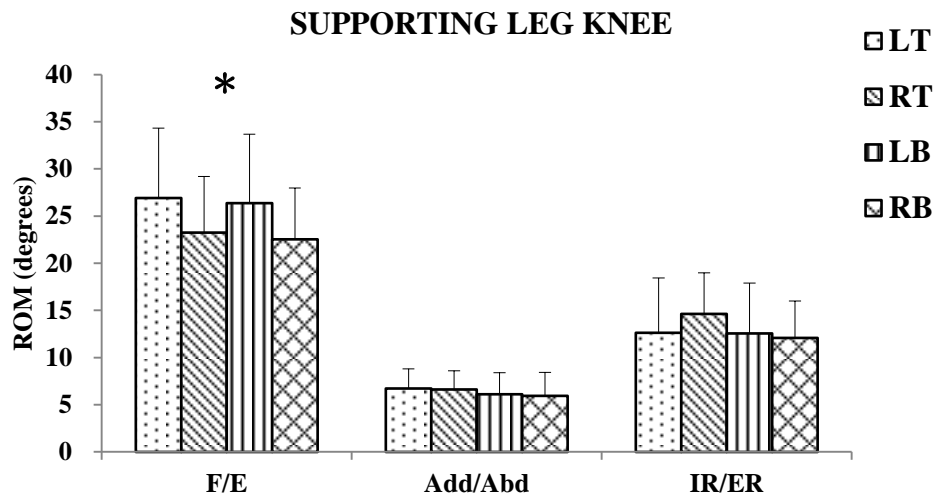


圖 4-8 支撐腳膝關節活動範圍，F/E=屈曲/伸展；Add/Abd=內收/外展；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

6. 支撐腳踝關節活動範圍

當球射向不同目標區域時之支撐腳踝關節活動範圍如圖 4-9 所示，其結果發現四個目標區域下的踝關節活動範圍皆無達到顯著的差異性。

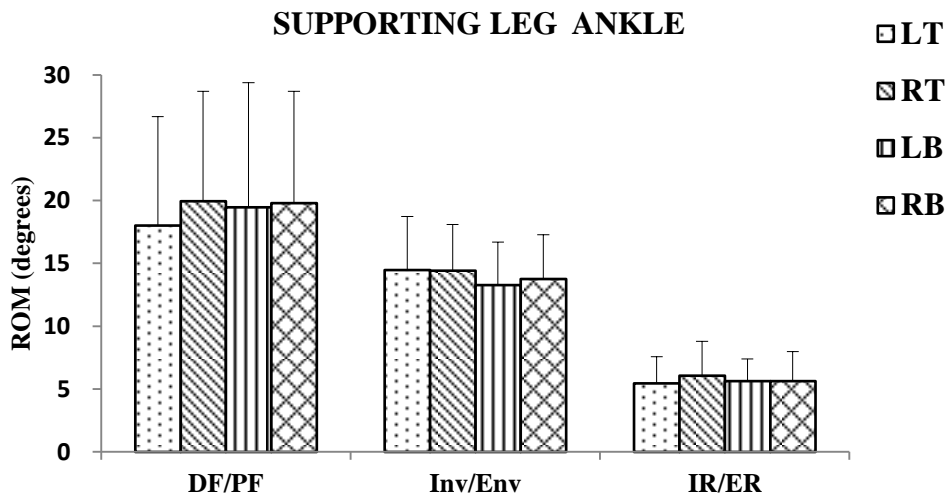


圖 4-9 支撐腳踝關節活動範圍，DF/PF=背屈/蹠屈；
Inv/Env=內翻/外翻；IR/ER=內轉/外轉；LT=左上；RT=右上；
LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第六節 下肢關節最大角速度

本研究將分析踢球腳在不同目標區域下的下肢關節最大角速度，而下肢關節包含有髖關節、膝關節及踝關節，經統計結果分析後發現髖關節在不同目標區域下的關節最大角速度有顯著差異 ($p=0.00$)，而膝關節與踝關節皆無達到顯著的差異性(圖 4-10)，髖關節的最大角速度再透過事後比較後發現，當球射向左上及右上目標區域時的最大角速度會比球射向左下及右下目標區域時來得大(LT、RT>LB、RB)。

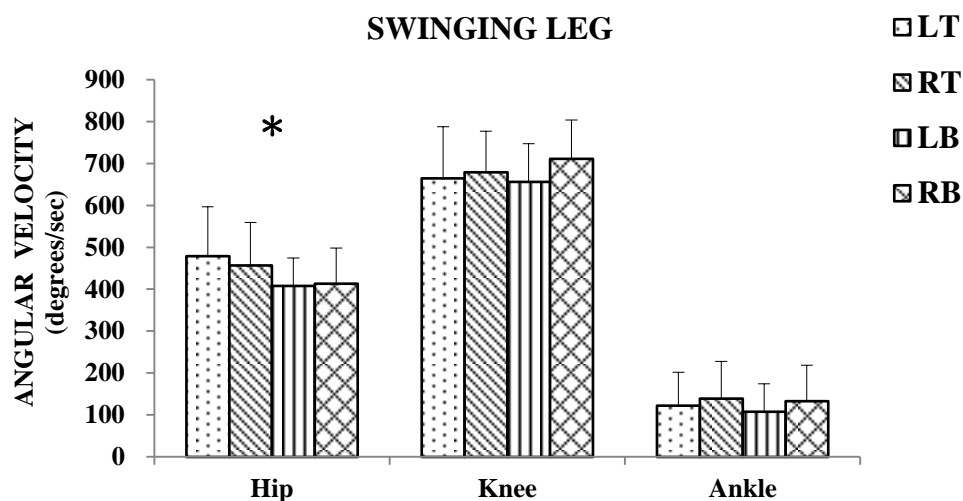


圖 4-10 踢球腳關節最大角速度，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第七節 身體重心位移程度

本研究將針對球射向四個不同目標區域時的身體重心位移程度來相互比較，而身體重心位移又將分為三個不同方向的位移來做探討，分別為 X 軸(左右軸)Y 軸(前後軸)與 Z 軸(垂直軸)，其中發現 X 軸($p=0.00$)及 Y 軸($p=0.00$)在球射向四個不同目標區域時有顯著差異(圖 4-11)，且經過事後比較後發現，左右側偏移量在左上及左下目標區域與右上及右下目標區域有達顯著差異，而前後側偏移量同樣在左上及左下目標區域與右上及右下目標區域達顯著差異。

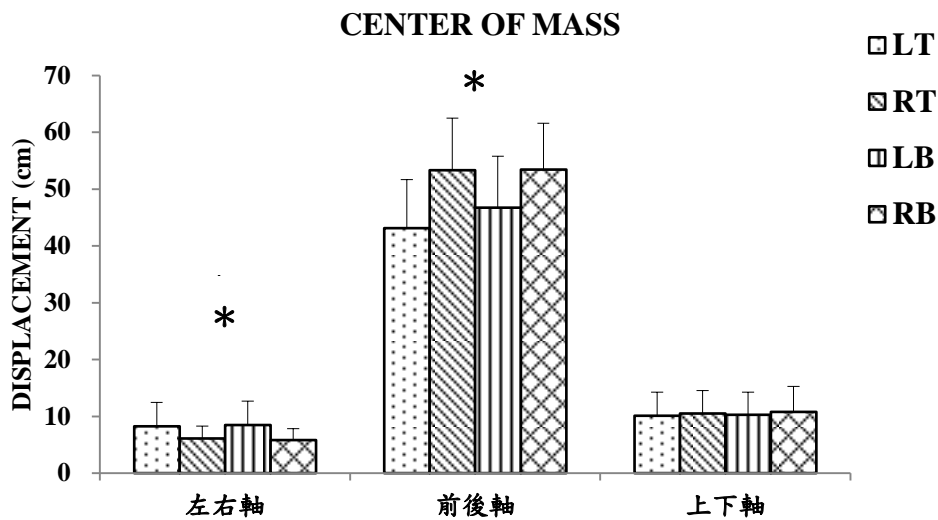


圖 4-11 身體重心位移程度，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第八節 支撐腳的最大關節力量

本研究將針對球射向不同目標區域時的支撐腳最大關節力量進行結果分析，而支撐腳的最大關節力量包含有髖關節、膝關節及踝關節等三個關節，其結果發現，除了膝關節向內側力量有達顯著差異外 ($p=0.03$)，其餘的關節力量皆無發現顯著的差異性(圖 4-12~圖 4-14)，而再經由事後比較後發現，右上目標區域的膝關節內側力量會顯著的大於左上及左下目標區域 ($RT > LT$ 、 LB)，右下目標區域則沒有與其他目標區域達顯著差異。

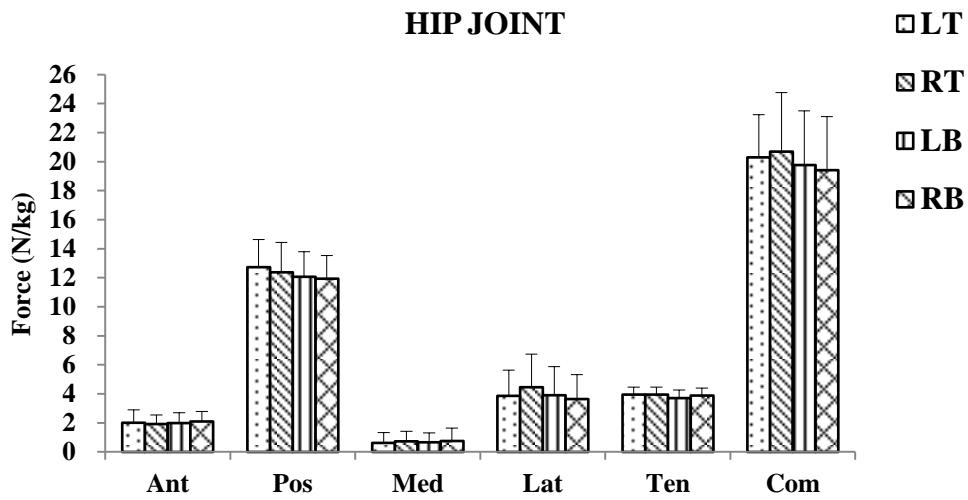


圖 4-12 髖關節最大力量，Ant=前側；Pos=後側；Med=內側；Lat=外側；Ten=拉力；Com=壓力；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

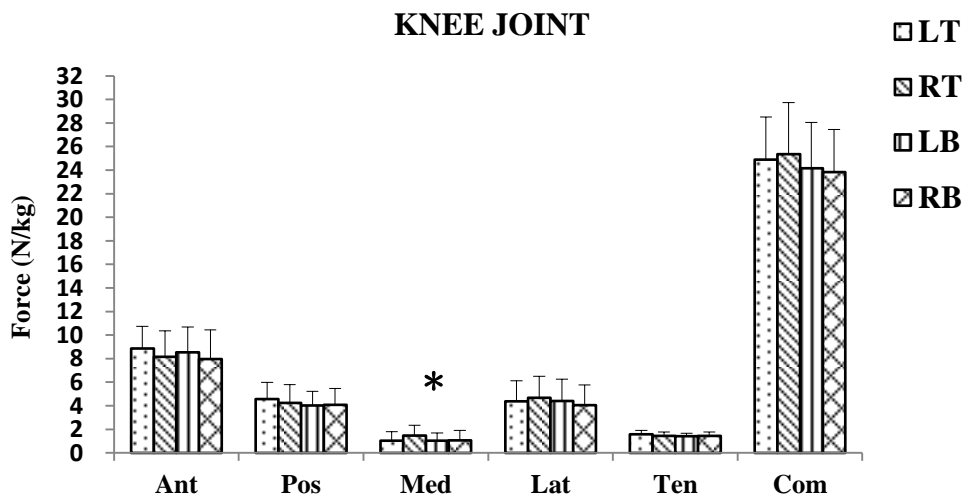


圖 4-13 膝關節最大力量，Ant=前側；Pos=後側；Med=內側；Lat=外側；Ten=拉力；Com=壓力；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

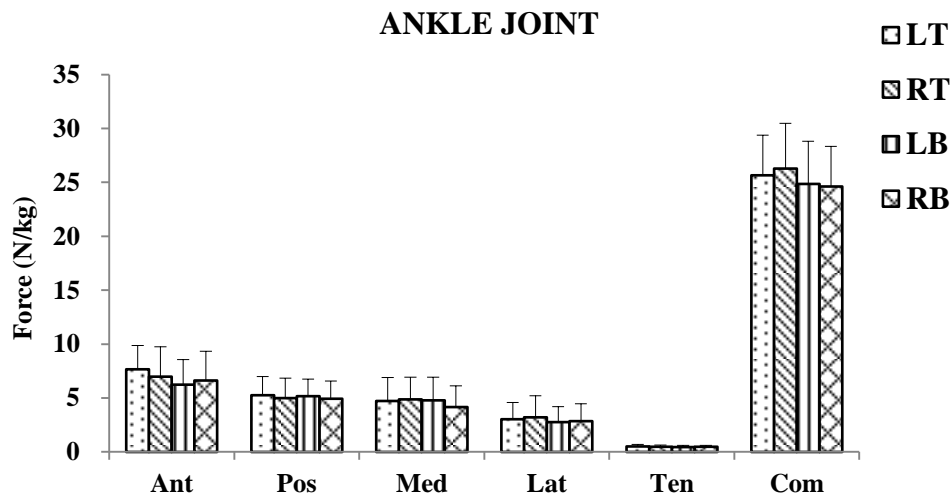


圖 4-14 踝關節最大力量，Ant=前側；Pos=後側；Med=內側；Lat=外側；Ten=拉力；Com=壓力；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第九節 支撐腳最大關節力矩

本研究將針對球射向不同目標區域時的支撐腳最大關節力矩進行結果分析，而支撐腳的最大關節力矩包含有髖關節、膝關節及踝關節等三個關節，其結果如圖 4-16~4-18 所示，髖關節只有在屈曲時的力矩上有達顯著差異 ($p=0.00$)，膝關節的所有力矩中皆無發現有顯著差異性，而踝關節只有在蹠屈力矩發現有顯著的差異 ($p=0.01$)；髖關節的屈曲力矩在經由事後比較後發現，當球射向左上及右上目標區域時的最大屈力矩會來得比左下及右下目標區域大 ($RT、LT > LB、RB$)；而踝關節的蹠屈力矩在經過事後比較後發現，當球射向右下目標區域時的最大蹠屈力矩會來得比左下大 ($RB > LB$)，但是左上及右上目標區域的最大蹠屈力矩則與其他目標區域無顯

著性的差異。

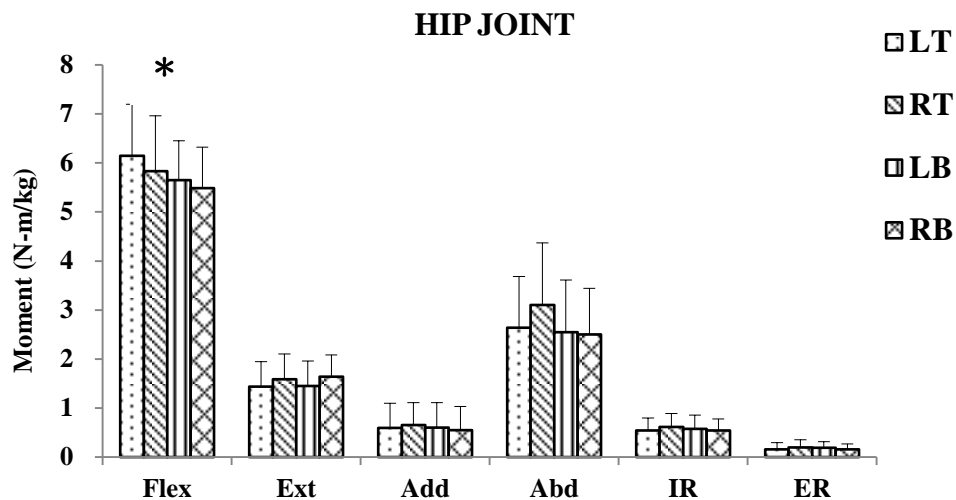


圖 4-15 髖關節最大力矩，Flex=屈曲；Ext=伸展；Add=內收；Abd=外展；IR=內轉；ER=外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

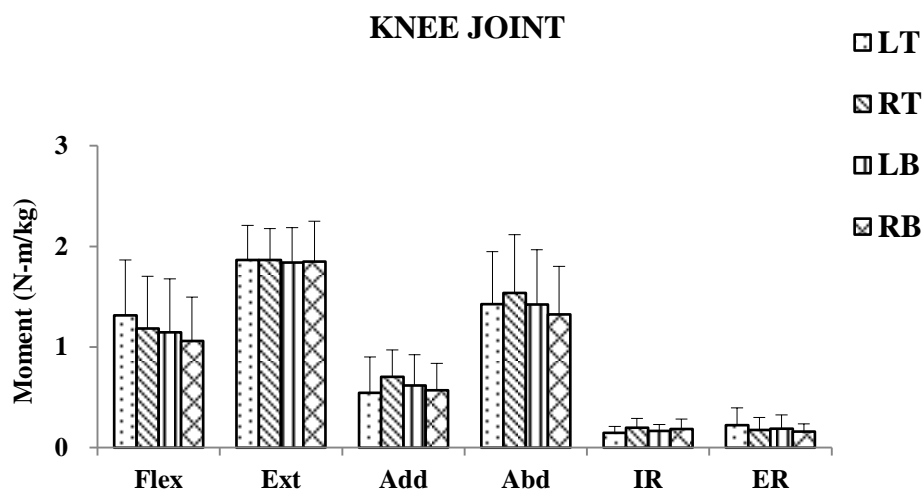


圖 4-16 膝關節最大力矩，Flex=屈曲；Ext=伸展；Add=內收；Abd=外展；IR=內轉；ER=外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

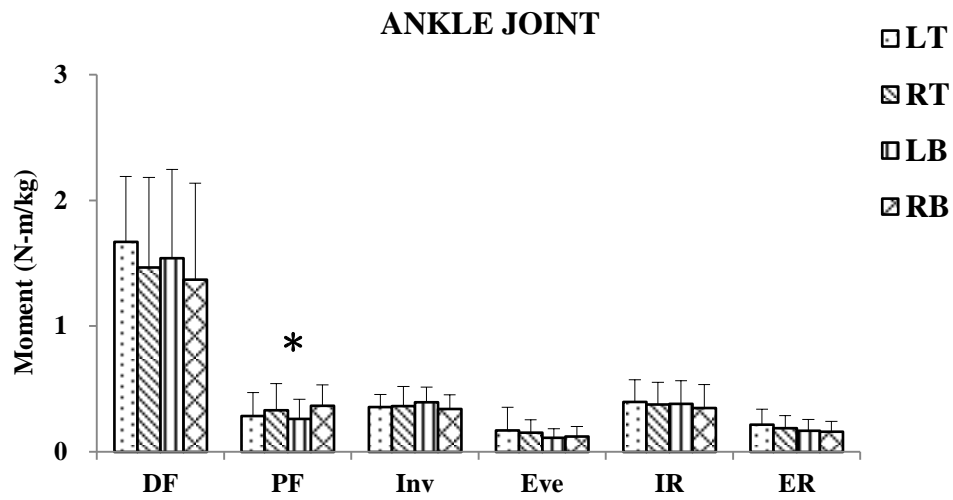


圖 4-17 踝關節最大力矩，DF=背屈；PF=蹠屈；Inv=內翻；Eve=外翻；IR=內轉；ER=外轉；LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下，* $p < .05$ 。

第五章 討論

腳背射門在生物力學的相關研究中，會將其射門方式分為最大力量腳背射門(maximal instep kick)及精準腳背射門(accurate instep kick)兩種動作模式。精準腳背射門的生物力學相關研究比起最大力量射門來說相對較少且較不受重視，但是在目標高或目標低的準確射門過程中卻可能會產生動作上的差異(Kellis & Katis, 2007)，且本研究所採用的五人制足球在比賽中更因為球門大小的限制，射門時準確度也就相對重要許多，而過去文獻中在這些不同目標區域的準確射門動作模式尚未明確，因此，本研究所要探討的就是在這些成功的準確射門過程中，不同目標區域所產生的運動學與動力學參數上的差異。

本研究在運動學結果部分，除了足部線性速度以及球與足部速率比值外，其他皆符合本研究的假設有達到顯著差異，而動力學結果部分亦符合本研究之假設，有達到顯著差異。

第一節 球速

本研究結果發現不同的目標區域在球速上有所差異，特別在下方目標區域的球速是比上方目標區域來得快，在過去與球速相關文獻中，Kristensen, Andersen, & Sorensen (2005)利用兩種踢球模式來比較準確程度，結果發現腳背射門的準確度顯著高於腳尖射門，然而 Lees et al. (2002)的研究中，透過速度及準確度兩種不同的射門模式來觀察運動學上的參數，結果發現要求準確度時的射門球速顯著會來得比要求速

度時的射門慢。經由以上的文獻中發現，在要求準確度條件下時，腳背射門的確為適當的選擇，但是在要求準確度的情況下勢必在球速方面一定會有所下降，這看法相似 Kellis & Katis (2007)指出透過較慢的球速和踢球速度以達到踢球的準確度。

在腳背射門的相關文獻中，Fabio et al. (2010)曾使用五人制足球(四號球)來進行腳背射門的研究，而其他的 research 大部分皆是以十一人制的五號球來做實驗數據之收集，且皆是以最大力量之腳背射門做為實驗動作(表 5-1)，但由於球體的氣壓及大小本身就有所差異，故在球速上會較其他以五號球做研究的文獻來得低，且本研究採取的是準確射門的方式，因此，這也許也是本研究的球速來得比 Fabio et al. (2010)的研究低的因素。

造成這些球速上差異的原因除了球體本身外，受試者本身的條件也是影響因素之一，像是受試者的性別、年齡、經驗...等，都有可能是球速上差異的原因，例如 Barfield et al. (2002)以及 Orloff et al. (2008)的研究中，都將男女不同性別之受試者加以比較，雖然兩篇文獻的人數、經驗及助跑距離皆有差異，但結果皆表示男性在球速上均來得比女性快，而本研究之受試者為 12 名的女性選手，此因素所造成球速較慢的情形可想而知；Shan (2009)則是依受試者的經驗程度將其分為兩組，結果發現無論是男性或女性，初學組在球速上皆比熟練組來得慢，而研究中之女性受試者與本研究受試者的年齡及經驗相似，因此選手在經驗及技術基礎上對於本實驗之動作執行並不會有困難。

另外，本研究的助跑距離為兩步，但過去文獻中有一半

是沒有限制受試者助跑距離的(表 5-1)，其目的是希望透過較長的助跑距離以達到更多的能量轉移至我們的踢球腳，來完成我們最大球速的目的，但本研究是在準確射門的情況下來執行射門，因此，本研究球速上的結果也正好符合 Kellis & Katis (2007)所提出當選手被指示執行一個準確射門時，其助跑、關節旋轉及速度皆會較那些先前的最大力量射門研究來得低。

在近期的相關文獻中，已經有研究開始利用三維分析方式來進行實驗資料收集(Alcock, Gilleard, Hunter, Baker & Brown, 2012; Juarez, De Subijana, Mallo & Navarro, 2011; Katis & Kellis, 2011; Katis & Kellis, 2010; Lees, Kershaw & Moura, 2005; Shan, 2009)，透過表 5-1 的整理中發現，使用二維分析的球速範圍大約在 19.25~32.1 m/s，而使用三維分析的球速範圍大約在 17.06~30.33 m/s，結果發現使用三維分析來收集球速資料的研究有較低的趨勢，但是目前為止沒有確切的文獻指出這個差異是否是因為收集資料的方法不同所造成的，因此，未來的研究或許可以透過不同資料的收集方式來觀察射門時球速的影響。

綜合以上發現，影響球速的因素包含有選手技術、經驗、性別、年齡、射門方式與模式、助跑距離、球體及資料收集方法...等，以上因素皆有可能造成球速差異的產生。

表 5-1

球速，平均數(標準差)

作者(年代)	受試者條件			助跑 距離	資料 收集	球速(m/s)
	人數	年齡(歲)	經驗			
Dorge et al. (2002)	7	26.4	熟練型	3 公尺	2D	24.7(2.5)
Barfield et al. (2002)	2 男 6 女	19-22	優秀 選手	兩步	2D	25.3(1.51) (男) 21.5(2.44) (女)
Nunome et al. (2002)	5	高中生	熟練型	無限制	2D	28.0(2.4)
Nunome et al. (2006a)	5	16.8(.4)	熟練型	無限制	2D	32.1(1.7)
Nunome et al. (2006b)	9	27.6 (5.6)	熟練型	無限制	2D	26.3(3.4)
Kellis et al. (2006)	10	22.6 (2.0)	業餘	兩步	2D	24.69(1.8)

Tol et al. (2002)	15	27.4	業餘	無限制	2D	24.3
Lees et al. (2005)	8	20.6	熟練型	無限制	3D	24.7(2.47)
Kristensen et al. (2005)	11	18~28	業餘	一步	2D	23.38(1.45)
Lees et al. (2002)	2		職業級	無限制	2D	25.45(1.52) (速度) 19.25(0.77) (準度)
Juarez et al. (2011)	21	16.1 (0.2)	一級 選手	4~5 公尺	3D	30.06(1.54) (測試前) 30.33(1.44) (測試後)
Alcock et al. (2012)	15(女)	20.1 (3.2)	國家隊 選手	無限制	3D	22.62(1.71)
Katis et al. (2010)	10	13.6 (0.7)	熟練型	兩步	3D	19.62(1.89)

Katis et al. (2011)	10	13.6 (0.7)	業餘	兩步 (SASK)	3D	19.44(1.78) (SASK)
				三步 (CMSK)		17.06(1.46) (CMSK)
Orloff et al. (2008)	11 男 12 女	20.2 (1.2)	業餘	無限制	2D	22.7(3.1) (男) 21.9(3.5) (女)
Fabio et al. (2010)	10	21.8 (2.2)	業餘	無限制	2D	24.2(2.2)
Shan (2009)	22 男 22 女	21.7 (2.2)	初學 & 熟練	無限制	3D	男 16.9(2.7) (初學) 24.2(3.1) (熟練) 女 13.2(2.3) (初學) 19.6(2.6) (熟練)
本研究	12 女	21.6 (2.1)	國家 代表	兩步	3D	17.07~18.72

第二節 關節活動範圍

本研究透過三維動作分析觀察球射向不同目標區域時的下肢關節活動範圍，結果發現，在不同目標區域的踢球腳髖關節屈曲/伸展發現有顯著差異，而支撐腳則是在膝關節屈曲/伸展發現有顯著差異，在過去的研究中(表 5-2)，大多數的文獻透過不同的射門模式(Lees et al., 2002)、射門方式(Alcock et al., 2012)、射門角度(Scurr & Hall, 2009)及受試者條件(Shan, 2009)來觀察動作上的差異，但是本研究是透過不同的射門目標做為變項，進而觀察選手在動作上的差異，這樣子對於選手或教練在訓練上應更有實質上的意義。

近期使用三維分析來收集腳背射門的研究越來越多，其原因在於射門動作是一個多面向運動，若只用二維平面來做分析是不夠全面性的，而目前尚未發現透過三維分析方式來進行準確射門的相關研究，因此，本研究是非常具有重要性的。

過去與下肢關節活動範圍有關的研究中發現到數據上的差異性較大，其原因是在於射門時的時間分期不同所造成的，例如以支撐腳著地做為起始時間，直到踢球腳碰到球的瞬間做為動作結束時間，從這些研究(Lees et al., 2002; Lees et al., 2005; Alcock et al., 2012)中發現下肢關節活動範圍會比較小，而 Shan (2009)的研究中是以踢球腳踢球前一步著地做為起始時間，直到髖關節最大屈曲角度做為動作結束時間，因此在數據上就會明顯較大，而本研究在時間分期方式與 Shan (2009)的研究相同，故結果數據上也有相似的情況，但本研究膝關節屈曲/伸展的活動範圍些少於 Shan (2009)的結

果數據，其原因或許是因為本研究為準確射門動作，與先前研究所採取最大力量射門不同，故在膝關節屈曲/伸展活動範圍上產生些許差異性，然而這樣的結果也正好符合 Lees and Nolan (1998)所提出當球員被指示執行準確的射門時，此時球的速度、線性及關節角速度都會來得比最大力量射門減少許多，而這些減少是與骨盆、髖關節及膝關節活動範圍減少有關聯的觀點。

踢球時的身體前移是經由支撐腳帶動骨盆旋轉造成大腿向前踢擊，同時支撐腳膝關節會持續屈曲(Weineck, 1997)，由此觀點看來在踢球時支撐腳扮演著一個不可或缺的角色，但在過去的文獻中支撐腳的相關研究卻少之又少，透過本研究結果發現，支撐腳膝關節在球射向不同目標區域時的活動範圍的確有顯著性的差異，而這個差異的發現更確定了腳背射門時支撐腳對於整體射門動作的重要性極高，對於選手在動作上的調整也達到了實際的效益。

表 5-2

下肢關節活動範圍，平均數(標準差)

作者(年代)	人數	經驗	資料 收集	髖關節 (degrees)	膝關節 (degrees)	踝關節 (degrees)
Alcock et al. (2012)	15	國家隊	3D	35.5(7.8) 21.1(4.3) (Add/Abd)	55.6(6.6)	31.6(8.8) 8.2(7.0) (IR/ER)
Scurr et al. (2009)	7	休閒組	2D		68.1(18.6) (30.3°±15.2°, 自選角度) 71.9(19.5) (30°) 86.1(13.1) (45°) 89.4(14.3) (60°)	

Lees et al. (2005)	8	熟練型	3D	55.6(13.9)	62.8(14.2)	33.8(12.9)
Lees et al. (2002)	2	職業級	2D	44.1(4.0)	47.5(4.6)	
				(速度)	(速度)	
				34.3(2.4)	41.1(3.8)	
				(準度)	(準度)	
Shan (2009)	44	初學者	3D	男	男	
		&		72.4(6.9)	80.2(9.7)	
		熟練型		(初學)	(初學)	
				130.4(10.2)	107.9(7.8)	
				(熟練)	(熟練)	
				女	女	
				72.0(6.1)	25.6(11.8)	
				(初學)	(初學)	
				92.4(8.8)	113.0(10.4)	
				(熟練)	(熟練)	

本研究	12 女 國家代 表	3D	踢球腳	踢球腳	踢球腳
			83.9~98.9 (F/E)	94.8~89.6 (F/E)	19.9~23.7 (DF/PF)
			37.9~39.8 (Add/Abd)	14.3~16.5 (Add/Abd)	14.0~16.0 (Inv/Env)
			21.8~25.9 (IR/ER)	18.9~24.9 (IR/ER)	20.6~24.6 (IR/ER)
			支撐腳	支撐腳	支撐腳
			48.5~51.9 (F/E)	22.6~26.9 (F/E)	18.0~20.0 (DF/PF)
			23.4~25.3 (Add/Abd)	6.0~6.7 (Add/Abd)	13.3~14.5 (Inv/Env)
			14.5~17.1 (IR/ER)	12.1~14.6 (IR/ER)	5.5~6.1 (IR/ER)

第三節 球速與足部線性速度之速率比值

球的速度取決於足部速度(遠端肢段)，同時影響腳與球碰撞時的質量(Asai, Carre, Akatsuka & Haake, 2002)，碰撞前若足部速度較快，球與腳的碰撞時間就會縮短並產生高球速，相關研究也指出球和足部速度之間的相關係數高($r > 0.74$)，基於此原因，球與足部速率比值就被視為一個成功踢球的指標(Kellis et al., 2004; Nunome, Ikegami, Kozakai, Apriantono and Sano, 2006a)。

本研究中我們透過球速與足部線性速度求出相對速率，對於腳背射門來說，過去相關文獻的球與足部速率比值範圍約在 1.16~1.82(表 5-3)，而本研究的球與足部速率比值結果數據也在這個範圍內，並與 Barfield et al. (2002)針對不同性別中女性選手的球與足部速率比值較為相似，但是，在本研究中所觀察四個目標區域上的球與足部速率比值皆無達到顯著的差異，且在足部線性速度的部分也都未達到顯著差異，雖然足部線性速度的結果較先前研究都來得低，但由於本研究在要求射門準確度的情況下，足部線性速度的下降是可想而知的。

表 5-3

足部線性速度&球與足部速率比值，平均數(標準差)

作者(年代)	受試者	足部線性速度	球與足部速率比值
Lees et al. (2002)	兩位職業級選手	19.3(0.23) (速度)	1.32(0.05) (速度)
		14.7(0.63) (準度)	1.32(0.09) (準度)
Nunome et al. (2002)	男,高中生,熟練型	24.2(2.2)	1.16(1.1)
Lees et al. (2005)	男,20.6(歲),熟練型	16.1(2.01)	1.57(0.18)
Dorge et al. (2002)	男,26.4(歲),熟練型	18.6	1.33
Kellis et al. (2006)	男,22.6(歲),業餘	17.6 (衰竭前)	1.40 (衰竭前)
		16.4 (衰竭後)	1.33 (衰竭後)
Giagazoglou et al. (2011)	男, 35.2(3.1)	14.85(1.39)	1.36(0.48)
	(盲眼組)	(盲眼組)	(盲眼組)
	男, 40.0(4.8)	12.54(1.33)	1.23(0.73)
	(控制組)	(控制組)	(控制組)
Alcock A. M. et al. (2012)	女,20.1(歲), 國家隊選手	17.7	1.28

Katis et al. (2010)	男, 13.6(歲), 熟練型	12.19(0.51)	1.61(0.41)
Juarez et al. (2011)	男, 16.1(歲), 一級選手	24.59 (測試前) 24.43 (測試後)	1.22 (測試前) 1.24 (測試後)
Barfield et al. (2002)	2男6女, 19-22(歲), 優秀選手	13.9 (男) 13.5 (女)	1.82 (男) 1.59 (女)
Fabio et al. (2010)	男, 21.8(2.2), 業餘	17.6	1.38
本研究	女, 21.6(2.1), 國家代表	11.3~13.9	1.34~1.58

第四節 關節角速度

在過去與腳背射門的相關文獻中，大部分的下肢關節角速度都呈現出膝關節角速度最大，髖關節次之，踝關節最小的一個趨勢(表 5-4)，然而在本研究中下肢關節角速度的結果也有同樣的趨勢產生，這表示在要求準確度的射門情況下，下肢關節所產生的角速度模式會與最大力量射門相同，但是與最大力量射門的相關文獻相比，本研究的下肢關節角速度皆比先前文獻來得低，其原因或許是在要求準確度射門的情況下，下肢關節角速度皆有下降的情形產生，這與先前所提到當球員被指示執行準確的射門時，此時球的速度、線性及關節角速度都會來得比最大力量射門減少許多(Lees and Nolan, 1998) 相互呼應，然而，在 Lees et al. (2002)的研究中，當受試者的射門被要求準確度時的下肢關節角速度與本研究的結果數據相似，雖然所使用的實驗收集方法、受試者條件及助跑距離皆有差異，但這證實了準確度射門與最大力量射門的下肢關節角速度的確會有差異的情況，而本研究在不同目標區域射門的髖關節角速度上發現顯著差異，這個差異可以提供教練或選手在練習時動作速度上的調整，以提高準確射門的成功率。

表 5-4

下肢關節角速度，平均數(標準差)

作者(年代)	受試者	腕關節 (degrees/sec)	膝關節 (degrees/sec)	踝關節 (degrees/sec)
Alcock et al. (2012)	女, 20.1 歲, 國家隊選手	492.7(160.4)	1627.2(269.3)	
Dorge et al. (2002)	男, 26.4 歲, 熟練型			1610.01
Barfield et al. (2002)	2 男 6 女, 19-22(歲), 優秀選手		1111.5(108.9) (男) 1134.5(257.8) (女)	
Lees et al. (2002)	兩位職業級選手	578.7(31.8) (速度) 412.5(40.1) (準度)	1211.8(80.2) (速度) 982.6(1.1) (準度)	183.3(80.2) (速度) 83.1(48.7) (準度)
本研究	女, 21.6 歲, 國家代表	407.7~479.1	656.5~711.3	107.5~139.2

第五節 身體重心位移

在射門過程中，身體重心可能會因為射門方向不同導致重心位移程度的差異產生，而本研究的結果正好印證的這樣的假設，特別是在前後軸及左右軸上產生顯著差異，本研究結果顯示，當射門時身體重心會往左側與前側位移，然而，當球射向左上及左下目標區域時，身體重心往左側的位移程度會來得比球射向右上及右下目標區域時多(圖 5-1);而當球射向右上及右下目標區域時，身體重心往前側的位移程度會來得比球射向左上及左下目標區域時多(圖 5-2)，這樣的結果對於選手在不同射門目標的動作調整上著實有明顯的幫助。

在過去相關的文獻中，與身體重心位移有關的研究相當少，僅有(Manolopoulos et al., 2006)曾經透過肌力與協調訓練的前後差異來觀察身體重心的改變，其結果發現實驗組確實在訓練後的身體重心水平位移程度有達到顯著差異，但由於本研究與先前文獻中的分期不同，因此在身體重心位移程度的結果部分無法相互比較。

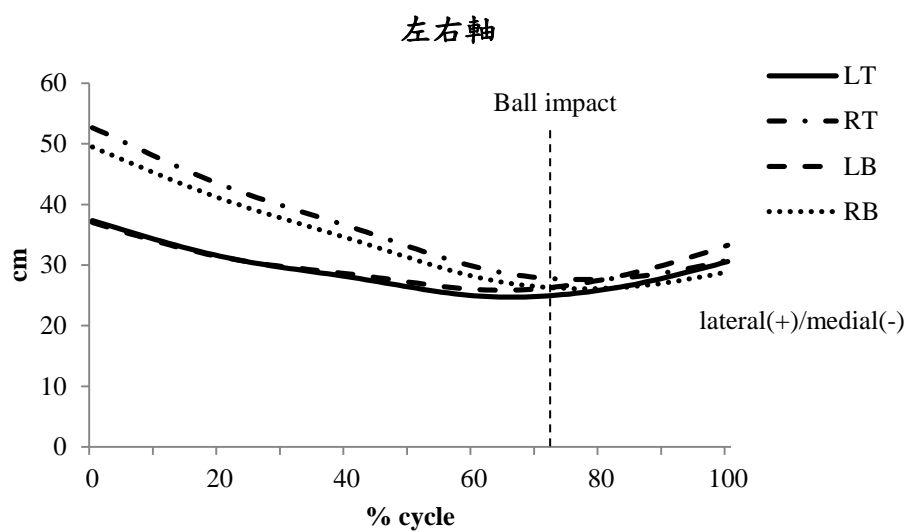


圖 5-1 左右側偏移曲線圖，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下。

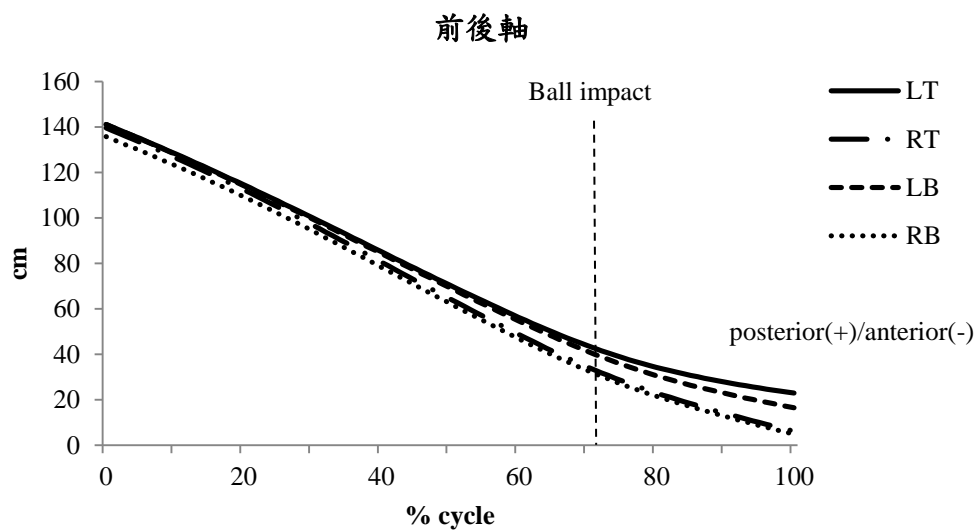


圖 5-2 前後側偏移曲線圖，LT=左上；RT=右上；LB=左下；RB=右下。

第六節 關節力量與力矩

在動力學方面，關節力矩已被廣泛的研究了一段時間，但大多使用二維平面方式去分析屈曲/伸展的力矩(Kellis & Katis, 2007)，且皆是以踢球腳為主，然而，支撐腳踢球時的關節動力學資料是相當稀少的，而(Lee et al., 2010)的回顧性文獻中也已經確定近期沒有相關的研究報告數據在這個問題上，即使它被認為是產生踢球時的重要因素。

在支撐腳動力學參數的部分，過去文獻都僅著重在射門時的地面反作用力參數，未深入探討支撐腳關節力量與力矩(Kellis et al., 2004; Lees et al., 2009; Orloff et al., 2008)，特別是這三個研究都只有表現出後側及外側(非踢球側)的水平力量。這些力量會連同支撐腳接觸地面後的髖關節速度降低，這表示射門動作是在身體運動減慢的期間發生的，這樣的放慢可獲得一些穩定動作的好處，進而產生更大的肌肉力量，或是影響踢球腳的動作。但是到目前為止，這些可能性一直沒有充分的調查(Lee, Asai, Andersen, Nunome & Sterzing, 2010)。

本研究針對精準腳背射門時支撐腳的關節力量及關節力矩參數來做分析，其關節力量的部分發現到在球射向右上目標區域時，膝關節內側的力量會顯著大於其他目標區域，這樣的結果在射門過程中可能會造成運動傷害發生的情形，由於在射門過程中支撐腳支撐了我們身體的重量，其負荷會來得比踢球腳大，若在多次練習右上目標區域的腳背射門後，很有可能會使我們膝關節的內側與外側副韌帶多次被迫伸展，進而造成韌帶撕裂傷的情形發生，這個部分建議選手及教練

在訓練時要特別注意，或是在訓練後支撐腳膝關節若有不適，可立即進行冰敷，以加速復原能力，避免二次或多次傷害的情形發生。

在支撐腳關節力矩的部分，其結果發現在射門過程中，當球射向左上及右上目標區域時的髖關節屈曲力矩會顯著大於左下及右下目標區域，這樣的結果表示髖關節屈肌群及韌帶在球射向上方目標區域時需要較多的收縮工作，來完成準確的腳背射門動作，從訓練的角度來看，除了踢球腳的肌力訓練強化外，對於支撐腳髖關節屈曲肌群的肌力重點強化或許也可以提升我們在射向較高目標區域時的成功率與準確性。

在腳背射門的過程中，支撐腳的踝關節會有內翻且蹠屈的情形產生，然而，本研究的結果發現，當球射向右下目標區域時的踝關節蹠屈力矩會顯著大於左下目標區域，這樣的結果我們可以透過受試者慣用踢球腳所造成的運動方向來解釋，本研究中所有受試者踢球的慣用踢球腳皆是右腳，在踢球動作中右腳選手的動作方向會慣性的往身體左側移動，這樣的情形我們可以從身體質量中心位移觀察得知，而這樣的移動目的是為了讓支撐腳在踢球過程中穩定身體重心，避免因為這種單腳支撐的踢球動作造成身體失去平衡，然而，當我們將球射向右下目標區域時正好與選手們踢球的慣性運動方向相反，因此支撐腳必須透過更多的蹠屈力矩來穩定身體重心，避免身體失去平衡而造成跌倒情況發生，另一方面，在踝關節的肌力訓練上，平時我們可以透過訓練踝關節的肌力，來增加我們支撐腳的穩定度，進而提升我們在成功射門時的準確程度。

第六章 結論

本研究的結果顯示出在不同目標區域進行準確射門時的運動學及動力學參數上皆有差異產生，而此差異可提供選手或教練在訓練或比賽時的腳背射門動作調整或選擇，本研究結果重點整理如下：

- 一、不同目標區域在球速上的差異結果可依據選手個人狀態進行射門時的目標選擇。
- 二、不同目標區域在關節活動範圍、關節最大角速度及身體重心位移的差異結果可做為選手射門動作上調整的標準參考依據。
- 三、不同目標區域在支撐腳關節最大力量上的差異結果，可做為腳背射門運動傷害發生之觀察與預防作用。
- 四、不同目標區域在支撐腳關節最大力矩上的差異結果可當作運動訓練時的重點強化之用。

以上整理之結果差異皆可能是造成選手腳背射門時影響準確度的因素之一，因此，不同的選手可以透過他們個人不同的因素影響加以調整、加強、修正射門動作，進而提升準確射門的成功機率，而此研究也證實了在選擇不同射門目標區域時，選手本身在生物力學參數上的確會有不同的差異性產生，因此，未來或許可將這種準確射門的研究加入上肢及軀幹部分，以及支撐腳足底壓力中心位移分析與肌電訊號分析系統(EMG)來觀察肌肉活動與肌肉動作時序，並進一步增加不同射門距離的變因，以觀察射門距離對力量及準確度之影響，以達到更全面性的研究，也可以透過各種不同射門情

況來觀察生物力學參數的變化性，包含有如受試者性別、踢球慣用腳(左腳)、不同技術水平、疲勞程度、運動傷害後與不同射門方式，甚至使用十一人制的足球來做研究變因的相關研究，加以做進一步的調查，使得這類型的研究數據可以更加完整。

參考文獻

王民享(2004)。五人制足球技戰術指南。北京體育大學出版社

Alcock , A. M., Gilleard , W., Hunter , A. B., Baker J. & Brown N. (2012) Curve and instep kick kinematics in elite female footballers. *Journal of Sports Sciences*, 30(4), 387–394

Asai, T., Carre, M., Akatsuka, T. and Haake, S. (2002) The curve kick of a football I: impact with the foot. *Sports Engineering* 5, 183-192.

Barfield, W. R., Kirkendall, D. T., and Yu, B. (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 72–79.

Bjelica, D., Georgiev, G. & Popovic, S. (2011) Comparison of instep kicking by non-preferred leg among various states and intensities in young football players. *Acta Kinesiologica*, 1,79-82.

Bollens, E., De Proft, E. and Clarys, J. (1987) The accuracy and muscle monitoring in soccer kicking. *In: Biomechanics X-A*. Ed: Jonsson, B. Champaign, Illinois: Human Kinetics. 283-288.

Brophy, R. H., Backus, S. I., Pansy, B. S., Lyman, S., & Williams, R. J. (2007). Lower extremity muscle activation and alignment during the soccer instep and side-foot kicks. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37, 260–262.

- Corteel, M. (2009) *World Soccer Records 2010* (pp. 226).
UK: Carlton
- Cram, J. R., Kasman, G, S., & Holtz, J. (1998)
Introduction to surface electromyography. Aspen publication,
Maryland.
- De Leva, P. (1996). Adjustments to Zatsiorsky-
Seluyanov's segment inertia parameters. *Journal of
biomechanics*, 29(9), 1223-1230.
- De Proft, E., Clarys, J., Bollens, E., Cabri, J., & Dufour,
W. (1988). Muscle activity in the soccer kick. In T. Reilly, A.
Lees, K. Davids, & W. J. Murphy (Eds.), *Science and football*
(pp. 434–440). London: E & FN Spon.
- Dorge, H., Bull-Andersen, T., Sorensen, H. and Simonsen,
E. (2002). Biomechanical differences in soccer kicking with
the preferred and the non-preferred leg. *Journal of Sports
Sciences* 20, 293- 299.
- Fabio A. B., Lilian T. B. G., Paulo R. P. S. & Sergio A. C.
(2010) Performance comparisons of the kicking of stationary
and rolling balls in a futsal context. *Sports Biomechanics*, 9(1),
1–15
- Federation International de Football Association (2012).
Laws of the game. Web site: <http://www.fifa.com/index.html>
- Grant, A., Reilly, T., Williams, M., & Borrie, A. (1999).
Analysis of the goals scored in the 1998 World Cup. *Insight:
The FA Coaches' Association Journal*, 2, 18–20.
- Giagazoglou, P., Katis, A., Kellis, E. & Natsikas, C.

(2011) Differences in Soccer Kick Kinematics Between Blind Players and Controls. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 28, 251-266

Isokawa, M. and Lees, A. (1988) A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. In Reilly, T., Lees, A., Davids, K., and Murphy, W.J(Eds.), *Science and Football*(pp. 449-455) .New York: E & F.N. Spon,.

John V.D.K. (2006) A field simulation study of the effectiveness of penalty kick strategies in soccer: Late alterations of kick direction increase errors and reduce accuracy. *Journal of Sports Sciences*, 24(5): 467 – 477

Juarez, D., De Subijana, C. L., Mallo, J. & Navarro, E. (2011) Acute effects of endurance exercise on jumping and kicking performance in top-class young soccer players. *European Journal of Sport Science*, 11(3), 191-196

Katis, A. & Kellis, E (2010) Three-dimensional kinematics and ground reaction forces during the instep and outstep soccer kicks in pubertal players. *Journal of Sports Sciences*, 28(11), 1233–1241

Katis, A. & Kellis, E (2011) Is soccer kick performance better after a “faking” (cutting) maneuver task? *Sports Biomechanics*, 10(1), 35–45

Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science and Medicine*, 6, 154–165.

Kellis, E., Katis, A. and Vrabas, I.S. (2006) Effects of an

intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16, 334-344.

Kellis, E., Katis, A., & Gissis, I. (2004). Knee biomechanics of the support leg in soccer kicks from three angles of approach. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36, 1017–1028.

Khorasani, M.A., Osman, N.A.A. & Yusof, A. (2009) Electromyography Assessments of the Vastus Medialis Muscle during Soccer Instep Kicking between Dynamic and Static Stretching. *Journal of Human Kinetics*, 24, 35-24

Kristensen, L. B., Andersen, T. B., & Sorensen, F. (2005) Comparison of precision in the toe and instep kick in soccer at high kicking velocities. In T. Reilly, J. Cabri & D. Araujo (Eds.), *Science and football V* (pp. 70–72). London: Taylor & Francis.

Lee A., Asai T., Andersen T. B., Nunome H., & Sterzing T. (2010) The biomechanics of kicking in soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 28(8), 805-817

Lees, A. (1996). Biomechanics applied to soccer skills. In T. Reilly (Ed.), *Science and soccer* (pp. 123–133). London: E & FN Spon.

Lees, A. and Nolan, L. (2002) Three-dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. In Reilly, T., Spinks, W. and Murphy, A. (Eds.), *Science and Football IV* (pp. 16-21). London, UK: E & FN

Spon.

Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: A review. *Journal of Sports Sciences*, 16, 211–234.

Lees, A., Kershaw, L., & Moura, F. (2005) The three-dimensional nature of the maximal instep kick in soccer. In T. Reilly, J. Cabri & D. Araujo (Eds.), *Science and football V* (pp. 64–69). London: Taylor & Francis.

Lees, A., Steward, I., Rahnama, N., & Barton, G. (2009). Understanding lower limb function in the performance of the maximal instep kick in soccer. In T. Reilly & G. Atkinson (Eds.), *Proceedings of the 6th International Conference on Sport, Leisure and Ergonomics* (pp. 149–160). London: Routledge.

Lovejoy, T. (Writer), & Holmes, J. (Director). (2008) *Eyes wide open* [Television series episode]. In H. Chamberlain (Producer), *Soccer AM*. London: BSKYB.

Manolopoulos, E., Papadopoulos, C. and Kellis, E. (2006) Effects of combined strength and kick coordination training on soccer kick biomechanics in amateur players. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16, 102-110.

McConville, J. T. (1980). Technical report AFARML-TR-80-119. *Wright-Ptters on Air Force Base*, Ohio.

McCrudden, M., & Reilly, T. (1993). A comparison of the punt and the drop-kick. In T. Reilly, J. Clarys, & A. Stibbe (Eds.), *Science and football II* (pp. 362–368). London: E & FN Spon.

McDonald, M. (2002) Relative timing of EMG profiles for novice and elite soccer players. In W. Spinks, T. Reilly, & A. Murphy (Eds.), *Science and football IV* (pp. 22–26). London: Taylor & Francis.

Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y. and Sakurai, S. (2002) Three dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34, 2028- 2036

Nunome, H., Ikegami, Y., Kozakai, R., Apriantono, T. and Sano, S. (2006a). Segmental dynamics of soccer instep kicking with the preferred and non-preferred leg. *Journal of Sports Sciences*, 24, 529-541.

Nunome, H., Lake, M., Georgakis, A. and Stergioulas, L.K. (2006b) Impact phase kinematics of instep kicking in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 24, 11-22.

Orchard, J., Walt, S., McIntosh, A., & Garlick, D. (1999) Muscle activity during the drop punt kick. *Journal of Sports Sciences*, 17(10), 837-838

Orloff, H., Sumida, B., Chow, J., Habibi, L., Fujino, A. & Kramer, B. (2008) Ground reaction forces and kinematics of plant leg position during instep kicking in male and female collegiate soccer players. *Sports Biomechanics*, 7(2), 238–247

Ozaki, H., Sunami, S. & Ishii, H. (2010, November) Kinematic Analysis of Lower Limbs in Futsal Kicking. *International Society of Biomechanics in Sports*. University of Nevada, Las Vegas.

Scurr, J. C. , Abbott, V. and Ball, N. (2011) Quadriceps EMG muscle activation during accurate soccer instep kicking. *Journal of Sports Sciences*, 29(3), 247 — 251

Scurr, J., and Hall, B. (2009) The effects of approach angle on penalty kicking accuracy and kick kinematics with recreational soccer players. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 230-234

Shan, G. (2009) Influence of gender and experience on the maximal instep soccer kick. *European Journal of Sport Science*, 9 (2), 107 114

Tol, J., Slim, E., van Soest, A. and van Dijk, C. (2002) The relationship of the kicking action in soccer and anterior ankle impingement syndrome. *American Journal of Sports Medicine* 30, 45-50.

Weineck, J. (1997) Fußballtraining. Teil 1: Konditionstraining des Fussballspielers. Perimed: Spitta Verlag. (In German).

Young, W., Gulli, R., Rath, D., Russell, A., O'Brien, B., Harvey, J., (2010) Acute effect of exercise on kicking accuracy in elite Australian football players. *Journal of Science and Medicine in Sports*, 1,85-89

Subject NO. _____

受測日期：_____

受試者基本資料

姓名		出生年月日	民國 年 月 日	性別	
踢球經歷	年	踢球慣用腳	<input type="checkbox"/> 右 <input type="checkbox"/> 左	場上位置	
傷害史	是否曾經受傷？手術與否？				
	最近一次傷害時間？				
	受傷部位與原因？				
	是否影響運動表現或練習？				
練習時間 (或課表)					

人體計測資料

身高			cm	體重			kg		
ASIS width			cm	腰圍(腰上一吋)			cm		
腰圍(ASIS)			cm	臀圍			cm		
Knee joint	L	cm	R	cm	Ankle joint	L	cm	R	cm
腿長	L	cm	R	cm	大腿長	L	cm	R	cm
小腿長	L	cm	R	cm	足長	L	cm	R	cm
大腿圍	L	cm	R	cm	小腿圍	L	cm	R	cm
上臂圍	L	cm	R	cm	前臂圍	L	cm	R	cm

射門順序

隨機順序	成功/失敗		成功/失敗		成功/失敗		成功/失敗	
左上(LT)								
左下(LB)								
右上(RT)								
右下(RB)								

受試者同意書

研究名稱：五人制足球精準腳背射門之生物力學分析

研究單位：國立臺灣體育運動大學

體育學系暨體育研究所

研究負責人：黃崇富

聯絡電話：0929065818

我了解此研究之研究的目，測驗結果將運用統計方法加以比較，以提供足球教練及一般喜好足球運動者了解踢球動作之特性，及不同變化之差異性，以作為實際運動或訓練時，指導及修正動作的參考依據。

接受測驗時我的身體與四肢沒有任何肌肉、骨骼及神經方面的疾病，了解測驗內容為射門動作之資料收集，且知道測驗時需穿著運動短褲，女性上半身需穿著運動背心，測驗中會模擬真實比賽做出實驗內容所要求的動作。

研究之受試者共 12 名，射門動作之資料收集會於身上黏貼 33 顆反標誌，這可能會使身體感覺到不太自在，但不會影響射門動作的進行。測試中一共有八台高速攝影機拍攝我在進行射門時的動作；實驗開始前會先進行熱身運動，接著依照指示進行 4 個不同目標區域的射門動作，順序以隨機的方式執行，其中每個目標區域都要有三次成功次數，每次射門動作中間皆給予充足的休息時間(30 秒~1 分鐘)，減低因疲乏所產生的傷害風險與研究誤差。全程實驗時間約 2 小時，測驗結束後可能會有些許疲累的感覺。

研究人員已經向我充分說明整個研究計劃的過程，我將可在測驗過程中維護應得之權益；在測驗過程中可隨時撤回同意並退出試驗，且無須提出任何理由，不會引起任何不愉快，不會遭受處罰或損失應得之利益；如因計畫進行所產生之相關傷害，賠償責任將由本機構(國立臺灣體育運動大學)負完全責任；所有我的測驗資料將絕對保密，會以一個研究號碼取代我的姓名；測驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但我的姓名將不會公布，我的隱私將絕對保密；除了有關機構依法調查外，研究人員將會盡力維護我的隱私。另外，參加本測驗不須繳交任何額外的費用。

我已經詳細閱讀以上資料，研究人員也已經對我詳細解釋內容，並回答我所有的疑問；我已經了解且同意參與此項研究計畫，自願擔任受試者，同意本計畫研究人員使用我的資料進行分析，並允許研究人員、稽核者或研究倫理委員會對資料進行查核。如果我以後有任何問題，24 小時皆可以與研究負責人聯絡，日後如果受試者同意書內容有任何更新，或有新資訊可能影響受試者參與試驗之意願，我將隨時收到更新後的內容。

自願受試者簽名：

法定代理人簽名：

日期：

聯絡地址：

中區區域性研究倫理中心 研究倫理審查委員會

Tel: 886-4-2205-3366 ext: 2271 Fax: 886-4-2202-2732 台中市北區學士路 91 號

研究同意書

計畫名稱：五人制足球精準腳背射門之生物力學分析。

計畫編號/本中心編號：cRREC-101-030。

計畫主持人：吳鴻文

通過日期：2012 年 06 月 05 日。

核可有效日期：2012 年 06 月 05 日~2012 年 07 月 31 日。

依照本委員會規定，凡研究期間超過一年之計畫，研究計畫每屆滿一年，送本委員會進行期中審查。請於有效期限到期二個月前檢送期中報告至本會。

計畫在執行期間計畫內容若欲進行變更，須先向本委員會提出變更申請。若研究參與者在研究期間發生嚴重不良事件，主持人須立即向本委員會提出書面說明。

中區區域性研究倫理審查委員會主任委員

宋鴻樟

中 華 民 國 一 〇 一 年 六 月 五 日

Central

