

國立臺灣師範大學體育系  
碩士學位論文

高爾夫與木球選手全揮桿動作  
之生物力學分析

研究生：陳勇升

指導教授：蔡虔祿

中華民國九十八年六月

中華民國臺北市

# 高爾夫與木球選手全揮桿動作 之生物力學分析

2009/06

研究生：陳勇升  
指導教授：蔡虔祿

## 摘要

本研究旨在了解優秀大專高爾夫與木球選手揮桿動作的運動學、動力學及上肢肌群肌電訊號之現象及兩者間之異同。研究方法以優秀大專高爾夫與木球男選手各一名為研究對象，進行十次全揮桿動作分析，利用 Vicon MX13 System 八架紅外線高速攝影機、兩塊 Kistler 測力板及 Biovision 肌電系統，同步收集選手的生物力學資料，並利用 Vicon Nesux 1.2 及 Dasy Lab 6.0 軟體進行分析與比較。結果發現：一、運動學部份，在揮桿時間上，高爾夫選手比木球選手的上桿較慢、下桿較快；在軸頂點與重心，高爾夫選手上桿頂點時，軸頂點微偏右側、重心在右，而木球選手軸頂點則微偏左側、重心在右；身體旋轉角度上，高爾夫選手比木球選手製造更多旋轉；球桿速度上，高爾夫選手的桿頭速度比木球快；揮桿軌跡上，高爾夫選手的揮桿軌跡接近於同一平面上，而木球選手下桿前期會將桿頭往前移。二、動力學部分，高爾夫選手擊球瞬間之右腳比左腳有較大的地面反作用力；木球選手擊球瞬間地面反作用力主要在左腳。三、上肢肌群肌電訊號部分，在下桿加速期與送桿前期，高爾夫選手右手屈腕肌、右手肱三頭肌的訊號超過 50%MVC，帶動手臂與手腕的加速揮桿；而木球選手的右手屈腕肌在送桿前期有明顯的作用現象，且在送桿前期與後期上肢肌群仍有較大的作用情形以穩定球桿。

關鍵詞：運動學、動力學、肌電圖

# Biomechanical Analysis of Whole Swing between Golfers and Woodball Players

2009/06

Graduate student : Yung-Sheng Chen

Advisor : Chien-Lu Tsai

## Abstract

This study aims to compare and contrast the similarities and differences of kinematics, kinetics and arm muscle electromyography in swing movement between an elite college golfer and a woodball player. The whole swing movements of the players were collected ten times. Eight Vicon MX13 System cameras (ultrared rays high speed camera), two Kistler force platform and Biovision (electromyography), to collect the two players' biomechanical data. Meanwhile, the software Vicon Nesux 1.2 and Dasy Lab 6.0 were adopted to analyze and compare the data. The results are as follow: 1. Kinematics: The golfer spent more time in back swing but less in forward swing than the woodball player. The swing velocity of the golf club head was faster than the woodball's. The top end of the back swing, the golfer would move to the right side though the woodball player would go to the left side. The golfer made more trunk rotation than the woodball player. With regard to swing pattern, golfers' side locus was more closed to the same plane while woodball players will move the club head forward. 2. Kinetics: At the moment of ball hitting, the ground reaction force of the two feet was similar of the golfer. The ground reaction force of right foot was greater than the left foot of woodball player. 3. Arm muscle electromyography: During forward swing acceleration and early follow through, both hands of the golfers' upper arm EMG amplitude were great. However, the EMG amplitude of the woodball players' flexor carpi in the right hand was greater than the left hand. The right hand EMG signal was apparently great from the acceleration period, the early follow through to the late follow through in order to stabilize the club.

Keywords: EMG, golf, kinetics, kinematics, woodball

## 謝 誌

回首來時路，才發現研究所畢業是一件得來不易之事。從踏進研究所，經過修課、熟悉儀器、軟體、實驗、蒐集文獻、撰寫論文，每一門功課都不能馬虎，就像鍛鍊武功一般，須把底子打好，具備深厚的內力，才能成就最後的功夫。而在工作、家庭、學業中，身兼副組長、教練、丈夫、父親、學生的角色中，自覺沒有扮演好每一個角色，但仰賴多人的幫忙與包容，才得以度過漫長的三年。

完成此篇論文，內心要感激的人很多。首先感謝蔡虔祿老師、尹彰、尹鑫三人，給予我許多問題的解答，讓我不須繞遠路，直接走捷徑，節省了許多時間去搜尋我想要的答案。感謝運動生物力學的老師與夥伴，幫助我了解儀器、完成實驗，並陪我聊天，感覺力學就像一個大家庭一樣。感謝兩位優秀的選手願意抽空前來擔任我的受試者。感謝口試委員黃俊清、相子元老師指點迷津，指引我撰寫論文之方向與內容之修正。

在學校，感謝葛校長、凱瓊主任、曉琪、聰志、信學、祖梅、義平、訓導處裡的同事們，大家讓我無後顧之憂地前來修課與撰寫論文，並且在我請假時分擔了我該有的工作與責任，實在太感謝他們了，他們皆是一群優秀、擁有菩薩心腸的好同事。

在家裡，最感謝一路陪伴著我、體諒我、偶而抱怨我的老婆、還有辛苦的媽媽及被我落單的小菲菲。這畢業的榮耀與喜悅希望與大家一起分享，非常感謝我身邊的每一個人，我實在太愛大家了。

陳勇升 謹致

中華民國九十八年七月

## 目次

中文摘要.....	I
英文摘要.....	II
謝誌.....	III
目次.....	IV
表次.....	VI
圖次.....	VII
<b>第壹章 緒論</b>	
第一節 問題背景.....	1
第二節 研究目的.....	3
第三節 研究範圍與限制.....	4
第四節 名詞操作性定義.....	5
<b>第貳章 文獻探討</b>	
第一節 揮桿動作之相關運動學研究.....	7
第二節 揮桿動作之相關動力學研究.....	13
第三節 揮桿動作之相關肌電研究.....	16
第四節 高爾夫與木球之比較.....	19
第五節 結語.....	21
<b>第參章 研究方法</b>	
第一節 研究對象.....	22
第二節 實驗時間與地點.....	23
第三節 實驗儀器與工具.....	23

第四節	實驗儀器架設與場地佈置.....	26
第五節	實驗步驟與流程.....	27
第六節	資料處理.....	32
<b>第肆章 結果與討論</b>		
第一節	揮桿動作之運動學分析.....	33
第二節	揮桿動作之動力學分析.....	45
第三節	揮桿動作之上肢肌群肌電分析.....	48
第四節	結語.....	56
<b>第伍章 結論與建議</b>		
第一節	結論.....	57
第二節	建議.....	58
<b>參考文獻</b>		
中文部分.....		59
英文部分.....		61
<b>附錄</b>		
附錄一	受試者基本資料與同意書.....	62
附錄二	反光球說明表.....	63

## 表 次

表 2-1	高爾夫與木球之差異.....	20
表 3-1	研究對象之基本資料.....	22
表 4-1	高爾夫與木球選手揮桿動作中各分期之時間與上桿/下桿之比值.....	33
表 4-2	國內相關高爾夫與木球選手揮桿時間的研究.....	34
表 4-3	高爾夫與木球選手頸椎第七節在揮桿動作時間點的位移總表.....	36
表 4-4	高爾夫與木球選手身體重心在揮桿動作時間點的位移總表.....	39
表 4-5	高爾夫與木球選手身體旋轉角度總表.....	41
表 4-6	高爾夫與木球選手十次揮桿動作之桿頭速度.....	43
表 4-7	高爾夫與木球選手揮桿動作之地面反作用力.....	45
表 4-8	高爾夫選手上肢肌群在各分期之肌電振幅.....	48
表 4-9	木球選手上肢肌群在各分期之肌電振幅.....	48
表 4-10	高爾夫與木球選手上肢肌群最大振幅出現時間及大小.....	54
表 4-11	高爾夫與木球選手上肢肌群共同收縮型態.....	55
表 4-12	高爾夫與木球選手在揮桿動作上之生物力學比較.....	56

## 圖 次

圖 1-1	揮桿動作分期圖.....	5
圖 3-1	反光球位置.....	24
圖 3-2	肌電儀器.....	25
圖 3-3	場地佈置圖.....	26
圖 3-4	各部位電極片貼圖.....	28
圖 3-5	上肢肌群最大自主等長收縮動作圖.....	29
圖 3-6	實驗流程圖.....	31
圖 4-1	高爾夫選手揮桿動作之頸椎第七節位移變化圖.....	37
圖 4-2	木球選手揮桿動作之頸椎第七節位移變化圖.....	37
圖 4-3	高爾夫選手揮桿動作之身體重心位移變化圖.....	39
圖 4-4	木球選手揮桿動作之身體重心位移變化圖.....	40
圖 4-5	高爾夫選手正面揮桿軌跡.....	44
圖 4-6	木球選手正面揮桿軌跡.....	44
圖 4-7	高爾夫選手側面揮桿軌跡.....	44
圖 4-8	木球選手側面揮桿軌跡.....	44
圖 4-9	高爾夫選手在 Plate1 與 Plate2 的地面反作用力曲線圖.....	47
圖 4-10	木球選手在 Plate1 與 Plate2 的地面反作用力曲線圖.....	47
圖 4-11	高爾夫選手上肢肌群在各分期之肌電振幅.....	49
圖 4-12	木球選手上肢肌群在各分期之肌電振幅.....	49
圖 4-13	上桿期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較.....	50
圖 4-14	下桿前期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較.....	51
圖 4-15	下桿加速期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較.....	51
圖 4-16	送桿前期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較.....	52
圖 4-17	送桿後期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較.....	53



## 第壹章 緒論

本研究旨在研究一位優秀大專高爾夫與一位優秀大專木球選手揮桿動作之生物力學分析，本章共分為五節：第一節為問題背景；第二節為研究目的；第三節為研究問題；第四節為研究範圍與限制；第五節為名詞操作性定義。茲將各節分別詳述如下：

### 第一節 問題背景

現今科技發達的社會，人們對於生活品質的要求不斷高漲，大家不再只一股腦兒地投入工作，更重視的是休閒活動與個人健康。國內目前之運動休閒產業在經濟成長、休閒風氣盛行與傳播媒體之推波助瀾下逐漸擴展，民眾參與運動休閒機會愈來愈多。而高爾夫球與木球則正是符合現代社會大眾非常適宜的休閒活動之一，且能促進身體機能。陳盈秀（2004）研究結果得知，榮家老人確實可藉由休閒性木球運動活動過程中，獲得自我的愉悅及增進與他人之互動，進而達到紓解身心之功效。亦可透過休閒性木球運動之介入，改善其血壓、肌力及體能等身體狀況，進而促進身體之健康。而姜榮彬（2006）的研究中發現從事高爾夫球運動時，血壓與心跳的起伏不大，非常適合中老年人參與，在心跳率與步行數上均達運動與健身的功效，所以高爾夫運動不只是一項良好的休閒運動，並且也能改善老年人身體機能的活動效益。但是不僅適合於中老年人，甚至在各大專院校也推展著高爾夫與木球的相關課程，參與高爾夫與木球運動的人口逐漸增多，皆是一群樂於戶外從事休閒運動，享受盡情揮桿樂趣之愛好者。

高爾夫球運動與古代中國宋遼元明清盛行千餘年的捶丸有著相似的型式與規則，而現代高爾夫誕生於蘇格蘭的聖·安德魯斯（曹雅琴，2006）。直至 1918 年，當台灣尚為日人統治的時代，在現今的淡水建造了第一座高爾夫球場，目的在提供日本達官貴族政要享用，當時之台灣人民，根本不知高爾夫是啥模樣。

然而高爾夫在台灣迄今已有八十年歷史。近年來，台灣地區高爾夫球運動人口逐漸成長中，也因為如此國內外有關高爾夫球的書籍、雜誌、期刊、研究、文章、錄影帶及教學材料等，如雨後春筍般不斷地攀升增加，可說是所有運動項目中相關資訊較多的一項運動。就競技運動層面而言，全球皆知一位天王巨星 Tiger Woods，他已在國際間的各大賽事中達成許多不可能之任務與紀錄，其華麗的揮桿、細膩準確的推桿令人賞心悅目，急起直追、反敗為勝、不敗的傳說等戲碼不斷上演，都是高爾夫球界為人所津津樂道的新聞與話題。而我國更是在近年出現許多優秀年輕的高爾夫選手，例如曾雅妮選手，勇奪 2008 年美國 LPGA 巡迴賽年度最佳新人，是 LPGA 首位來自寶島的新人王，也是一位在國際體壇綻放光芒的「台灣之光」！也因此深覺想要達到在國外競技比賽的水準且能有優秀的成績，可以透過科學的研究，幫助有熱誠、有潛力的高爾夫年輕選手，將實際揮桿動作拍攝且分析後，給予技術上之建言，讓選手成績提升，應當是現今科學研究的主要目的。

木球運動在 1990 年由國人翁明輝先生，結合高爾夫與槌球運動構思而成，是我國首創、新興的運動項目，推廣至今將近二十年，已推廣該項運動成為國人的休閒運動項目之一，並且為全民運動會的比賽項目。其間於 1999 年分別成立了國際木球總會 (IWBF)、歐洲木球聯盟 (EWBF) 及亞洲木球總會 (AWBF) 以推廣木球運動，目前國際木球總會會員國計有 21 國。此外總計，中華民國木球協會捐贈球具予亞洲、歐洲、非洲及大洋洲也多達 40 國。木球運動在國際間已逐漸建立知名度，業已列為國際重要運動競賽項目之一，並引起關注及高度興趣。沙灘木球活動甚至獲得亞洲奧林匹克委員會的支持與認可，將木球列入 2008 年 10 月在印尼巴里島所舉辦的第一屆亞洲沙灘運動會 (1st Asian Beach Games) 的正式比賽項目之一，這將是由我國人自行研發之運動，第一次成為亞運比賽項目。然而目前仍無具體的科學證據來驗證木球揮桿動作的生物力學分析與肌電分析，有鑑於此，本研究擬以了解木球揮桿技術的影響因素，以為提升我國木球運動的競技水準，已成為運動科學研究的當務之急。但正值推廣

之初，由於參考文獻寥寥可數，期許透過發展較久、研究較完整的高爾夫球運動了解木球運動的揮桿動作型態與力學分析。

高爾夫球與木球運動是一種打擊動作，不但要能打遠，也要打擊正確，選手必須盡自己最大努力在球道內用最少的桿數完成，才能以總數較少的桿數完成比賽，所以揮桿技術在一場高爾夫球賽與木球賽中佔有極重要的地位，特別是揮桿的穩定性或者力道的控制，因此揮桿動作的穩定度與身體肌肉協調的情形會牽引該次擊球的表現，往往是決定最後勝負的因素，如稍有不慎或不注意損失桿數，將會影響成績表現。故本研究擬將採用運動生物力學的方法，針對高爾夫球與木球揮桿技術進行運動學、動力學與肌電分析，以尋找兩者揮桿技術的主要因素與差異，以期能提供教學上或選手在比賽中有更穩定的技術，進而幫助選手提高比賽成績。

## 第二節 研究目的

本研究主要的目的為分析高爾夫與木球選手在全揮桿動作過程中的運動學、動力學、上肢肌群肌電之現象與比較兩者間之差異，給予教師在運動指導上抑或是教練在動作技能上之參考，並且幫助選手或球友了解揮桿動作要領，減少錯誤的產生而加速揮桿動作之學習。

本研究所欲分析的生物力學參數如下：

### 一、揮桿動作之運動學參數

- (一) 揮桿動作總時間與各分期的時間。
- (二) 身體頸椎第七節 (C7) 的時間、位移變化。
- (三) 身體重心的時間、位移變化。
- (四) 揮桿過程中，肩膀與骨盆旋轉角度。
- (五) 擊球瞬間球桿之速度。
- (六) 球桿桿頭之揮桿軌跡。

## 二、揮桿動作之動力學參數

- (一) 左、右腳地面反作用力峰值之大小與最大峰值之作用時間點。
- (二) 揮桿過程中，左、右腳地面反作用力的變化。

## 三、揮桿動作之上肢肌群肌電分析

- (一) 上肢肌群在各分期之平均肌電振幅。
- (二) 上肢肌群之最大肌電振幅出現時間及大小。
- (三) 上肢肌群之共同收縮型態。

# 第三節 研究範圍與限制

## 一、研究範圍

本研究以目前國內優秀的一名大專男子高爾夫球選手及一名大專男子木球選手為研究對象，拍攝選手從預備、上桿、下桿、送桿、結束的整個揮桿動作，取每人成功之十次揮桿，將所收集之揮桿動作影片、測力板數據、肌電訊號等資料，作為本研究的分析範圍。

## 二、研究限制

### (一) 對象

本研究係針對一位目前大專優秀高爾夫與一位大專優秀木球選手進行揮桿技術上的比較，因此本研究結果僅能代表個別的現況及提供高爾夫與木球揮桿技術差異性的初步概念，群體普遍性之推論不在本研究範圍內。

### (二) 環境

為避免拍攝時其他外在因素之影響，選擇室內拍攝場地，並已要求選手按照比賽時的情境與揮桿節奏進行試揮，但無法真正避免選手的不實際性，此為研究限制。

## 第四節 名詞操作性定義

### 一、揮桿動作

本研究在此指全揮桿動作，揮動球桿將球正確擊出並使球擊遠的一整體連貫動作，將動作分為上桿、下桿前、下桿加速、送桿前、送桿後期等五部份。

- (一) 上桿期 (take away)：桿身從預備動作直至上桿頂點。
- (二) 下桿前期 (forward swing)：從上桿頂點到揮桿動作中桿身與地面平行時。
- (三) 下桿加速期 (acceleration)：由桿身與地面平行以至於擊球點。
- (四) 送桿前期 (early follow through)：擊球後球桿再度與地面平行期間。
- (五) 送桿後期 (late follow through)：球桿由上述之水平位置直到整個揮桿動作結束。

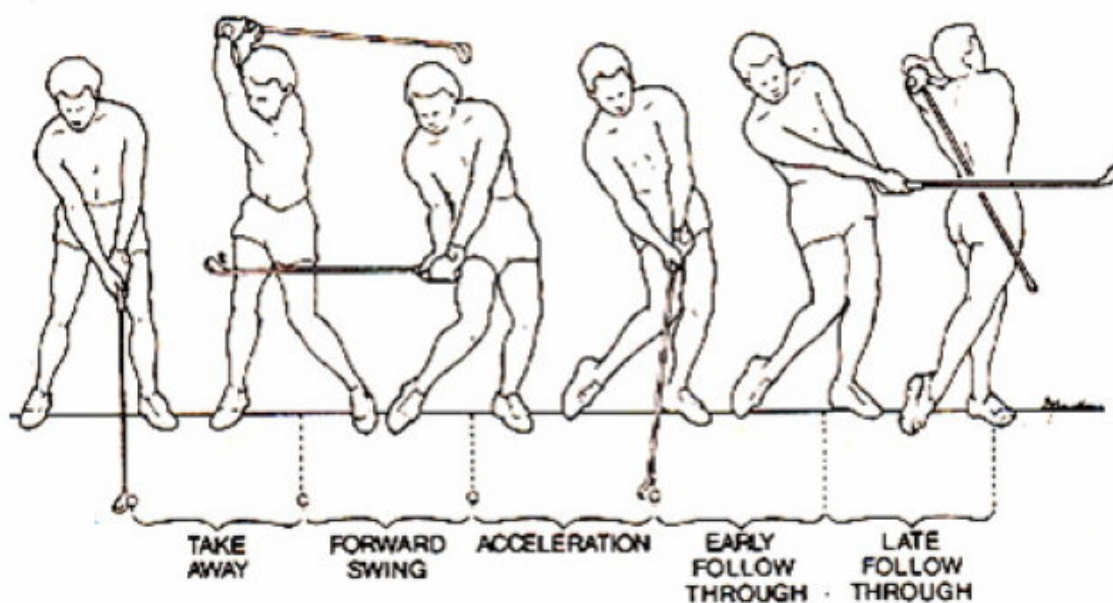


圖 1-1 揮桿動作分期圖 (摘自 Pink, 1994)

### 二、肩膀與骨盆旋轉角度

上揮桿啟動為計算原點，向右旋轉為正，向左旋轉為負。

### 三、球桿之速度

本實驗的球桿速度係指揮桿擊球瞬間球桿頭的速度。

### 四、軸頂點

為頸椎第七節 (C7) 內部中央，亦是揮桿系統的旋轉中心點，稱為軸頂點。

### 五、上肢肌群

本實驗的上肢肌群為肱二頭肌 (biceps)、肱三頭肌 (triceps)、橈側屈腕肌 (flexor carpi radialis)、尺側伸腕肌 (extensor carpi ulnaris)，因此利用以下之英文簡稱作為肌群之代號：RB 為右手肱二頭肌、RT 為右手肱三頭肌、RWF 為右手屈腕肌、RWE 為右手伸腕肌、LB 為左手肱二頭肌、LT 為左手肱三頭肌、LWF 為左手屈腕肌、LWE 為左手伸腕肌。

## 第貳章 文獻探討

本章分成五部份進行文獻探討，第一節為揮桿動作之相關運動學研究；第二節為揮桿動作之相關動力學研究；第三節為揮桿動作之相關肌電研究；第四節為高爾夫與木球之比較；第五節則為結語。茲將各節分別詳述如下：

### 第一節 揮桿動作之相關運動學研究

本節擬以揮桿動作之揮桿時間、軸頂點、身體重心、身體旋轉角度、球桿速度等五部份進行討論，其分述如下：

#### 一、揮桿時間

Andrisani (1997) 指出，只要看 Tiger Woods 的揮桿，就知道他抓住兩個要領：節奏及韻律感。他起桿的節奏很慢，因為他知道好的揮桿是要慢慢增加速度，讓身體很有韻律感地與球桿同步動作，這個同步動作可以確保球桿以最高的速率揮到球位。李睿 (2008) 也指出正確的揮桿節奏是不急不慢的上桿，上桿頂點的短暫停留，平順地轉換至下桿平面，下桿時平穩加速，然後在揮桿弧底使出力道。以這樣的節奏揮桿擊球，桿頭速度與力道一定在擊球一剎那達到最高點。一般來說，能完全控制身體和球桿的範圍內最快的揮桿速度就是最理想的的速度，但由於身體狀況不同，每個人的揮桿速度也不盡相同。

Nicklaus (1976) 認為節奏 + 韻律 = 擊球時間，是無可置疑的，由於上桿慢、下桿快，所以當上桿是三拍時，下桿應是一拍。當每一次的揮桿節奏一樣時，球桿頭的速度自然也一樣，在揮桿時只要注意擊球和桿面方向就行了。Neal, Abernethy, 與 Moran (1990) 的研究也指出專業球員與一般業餘球員在上下桿階段時間分配比率呈現明顯的差異，在面對各種不同情況的球位時，專業球員上桿階段所使用的時間分布在總揮桿時間的 60%—80%，一般業餘球員上桿階段所使用的時間分布在 20%—60%。

劉玉仁、周有禮、羅世忠（2000）針對八位差點在 7-10 的男性右打者（平均年齡 40 歲），分別使用 1 號木桿與 7 號鐵桿，進行 5 次揮桿打擊動作，發現不論 1 號木桿或 7 號鐵桿，桿頭在上桿與下桿時有兩個明顯不同的軌跡，1 號木桿在上揮桿花費的時間（ $1.124 \pm 0.26$  秒）較 7 號鐵桿花費的時間（ $1.024 \pm 0.23$  秒）長約 1.11 倍，1 號木桿在下揮桿花費的時間（ $0.39 \pm 0.08$  秒）較 7 號鐵桿花費的時間（ $0.335 \pm 0.08$  秒）長約 1.59 倍。

劉玉仁與邱宏達（2006）針對 7 位差點在 0-9 的男性右打者（平均差點為  $4 \pm 3.2$  桿）量測一號木桿揮擊，發現上桿啟動至擊球瞬間，動作時間為  $1.63 \pm 0.2$  秒，上桿啟動至下桿啟動（上揮桿）時間為  $1.25 \pm 0.6$  秒。因此可知下桿啟動至擊球瞬間時間（下揮桿）約為 0.38 秒。

而木球運動有一位學者田政文（2005）針對一位優秀女子木球選手的揮桿動作進行個案分析，發現木球整個揮桿動作為 1.834 秒，上揮桿為 0.917 秒，下揮桿為 0.583 秒，送桿期為 0.334 秒，因上揮動作需要克服球桿的重量而顯得時間較下揮桿慢，上揮前期與後期時間約為相等都是 0.45 秒左右，但下桿加速期為 0.104 秒，明顯比下桿前期 0.479 秒縮短，而送桿前期因無真正的球使桿頭碰撞，因此延續下桿時的速度而使送桿的時間也相對減少，所以送桿期為整個揮桿動作時間最短。所以上桿期與下桿期與跟隨時間比約為 5：3：2。

綜合以上文獻歸納出一般高爾夫上桿要慢約三拍，下桿約為一拍，大多數研究皆依此時間，縱使每個人的揮桿速度不盡然完全相同。然而木球選手揮桿時間比卻為五比三，是否為桿子的重量差別或性別的問題，其原因值得探究。而其中最重要且相同的基本觀念，即是建立自身的揮桿時間並把握及固定自己的揮桿節奏，許多人在揮桿過程中無法掌握好速度和節奏，在追擊球力量的同時，擊球者的揮桿節奏卻不穩定，揮桿不流暢，使每一次揮桿都無法保持一致。



## 二、軸頂點

吳育雯 (2001) 以 7 位低差點業餘運動員 (平均差點為 6)，及 6 位高差點業餘運動員 (平均差點為 13)，持七號鐵桿揮桿，發現在揮桿過程中，軀幹作一旋轉的運動，且其旋轉軸位於脊椎前方，是由第七頸椎體表內約 4.6 公分及由第四胸椎體表內約 12.7 公分之兩點連線而得，而軀幹前傾角度為  $19.704 \pm 0.013$  度。高差點運動員其軀幹旋轉軸，於揮桿過程中產生較大之偏移，而低差點運動員之偏移量則較小，其具有統計上的差異性；下桿過程軀幹旋轉軸所掃過的面積可代表旋轉軸的面積，低差點運動員所掃過面積較高差點運動員為小；且在同一組運動員 (如同是高差點運動員或同是低差點運動員)，其好、壞揮桿動作與實際擊出之好壞球，有絕對相關，而低差點運動員所擊出之好球率較高差點運動員為高；因此軀幹旋轉軸於高爾夫揮桿動作中之穩定，將是決定揮桿技巧好壞及擊出好球率之關鍵因素之一。

楊沛峰 (2002) 以 4 位高爾夫球選手與 4 位初學者為實驗對象，進行每人 40 下揮桿的測試揮桿的測試，分析軸頂點在水平面的旋轉穩定度與軸頂點上下的移動情形。驗證高爾夫揮桿旋轉中心為頸椎第七節的內部中心，此點亦位於旋轉軸的頂點，因此定義為軸頂點 (top spot)，在高爾夫擊球過程中軸頂點是移動範圍最小的部位，根據此理論，欲控制打擊是球與桿面甜區 (sweet spot) 精準碰撞，必須有兩個主要因素，一為軸頂點的最小移動顯示旋轉軸的穩定性，二為擊到球時正確的軸頂點高度。

王建智 (1998) 以連續的高爾夫專欄技術分析，說明頸椎第七節 (C7) 才是旋轉中心，而成為 C7 至左肩再至桿身的三節狀複擺概念；而同年的 Turner 與 Hill (1998) 的高爾夫實驗亦以 C7 為旋轉中心來研究桿頭軌跡。王建智、楊沛峰、相子元 (2004) 研究中指出軸頂點旋轉穩定度與高度差對桿面上球印 (代表桿面擊球準確率) 呈現顯著相關並發現軸頂點位移量小的選手組，在擊中甜蜜點次數和球印離散度皆呈現比初學者較為理想的數據。

綜合上述文獻得知，高爾夫揮桿以頸椎第七節（C7）為旋轉中心，定義為軸頂點，在高爾夫擊球過程中軸頂點是移動範圍最小的部位，亦即揮桿時必須加強揮桿自身揮桿中心的穩定性。然而目前為止，並無文獻指出有關木球揮桿的揮桿中心，因此有必要對探討優秀木球選手軸頂點位移的變化，進一步了解低差點高爾夫選手與木球選手中心點穩定度的差別。

### 三、身體重心

童文俊（1997）利用二度空間拍攝法拍攝尼克佛度一號木桿之實際揮桿動作，整體揮桿動作並透過影片分析儀加以分析，指出尼克佛度在揮桿時重心的移動不論是上下還是左右，幾乎是在4公分的微小範圍內。

劉玉仁等（2000）針對八位差點在7-10的男性右打者（平均年齡40歲），分別使用1號木桿與7號鐵桿，進行5次揮桿打擊動作，研究中發現受測者在上揮桿時，身體重心往右側移，後腳施力點向前移，直至接近上揮桿頂點時，重心轉向左側移動，而後上揮桿頂點至擊球瞬間，身體重心一直往左側移動。而將重心移位計算發現一號木桿在重心前後移動的平均距離為  $8.3 \pm 2.4$  公分，往左右移動的平均距離為  $48.3 \pm 6.2$  公分，而七號鐵桿在重心前後移動的平均距離為  $7.4 \pm 2.5$  公分，往左右移動的平均距離為  $46.4 \pm 5.3$  公分，兩球桿並無明顯差異。

從上述文獻可以發現兩位學者的論點有所差異，尼克佛度重心位移不超過4公分，國內男選手卻左右移動了至少46公分，可透過本實驗了解大專高爾夫與木球選手重心位移之變化，較符合哪位學者的論點。

#### 四、身體旋轉角度

高爾夫揮桿動作中，上桿時桿頭、雙手和軀幹旋轉至右上方的同時向後運動，使身體的旋轉到達上桿的頂點，雙手在頭頂稍後方，軀幹向後旋轉時與瞄球點形成 90 度，手腕與球桿約成 45 度。雙手開始下桿時，雙肩、雙手、雙臂與球桿的位置不變，當下揮到水平位置時，球桿與左手臂的位置之間的角度，從開始 70 度左右而逐漸加大（許樹淵，1997）。而下桿時為了增加擊球時瞬間的爆發力，在擊球點時臀部應向左轉動約 35 度，胸部則向左轉動約 15 度，使雙手及手臂有足夠的空間在擊球區加速（Greg Norman, 1995）。

李睿（2008）力的大小取決於肩膀轉動的大小，如果肩膀轉動的不夠，會失去很多力量，在上桿頂點時，肩膀、臀部之間一定要拉的很緊，像上滿了發條一樣，理想的上桿位置是肩膀轉動 90 度，臀部轉動 45 度。而為保證準確地擊球，需要揮桿時左、右手臂之一伸直，即上桿和下桿時左臂伸直，收桿時右臂伸直，只有這樣，每一次揮桿的圓弧才能保持一致。

劉玉仁等（2000）針對八位差點在 7-10 的男性右打者（平均年齡 40 歲），分別使用 1 號木桿與 7 號鐵桿，進行 5 次揮桿打擊動作，軀幹與骨盆旋轉角度的計算是以上揮桿啟動為計算原點，向右旋轉為正，向左旋轉為負。在上揮桿過程中，受試者使用 1 號木桿揮桿時軀幹向右側旋轉  $120.1 \pm 3.2$  度，使用 7 號鐵桿旋轉  $118.1 \pm 4.9$  度，而受試者使用 1 號木桿骨盆向右側旋轉  $69.2 \pm 1.1$  度，使用 7 號鐵桿向右側旋轉  $69.6 \pm 3.1$  度；下揮桿擊球瞬間，骨盆角度已經超越初始角度，在 1 號木桿與 7 號鐵桿分別旋轉  $-17.6 \pm 11.2$  度、 $-20.1 \pm 19.4$  度，表示骨盆此時向左側旋轉，而此時軀幹旋轉在 1 號木桿與 7 號鐵桿分別為  $23.5 \pm 11.4$  度、 $14.0 \pm 22.9$  度。

根據以上文獻可以發現，由於人體限制，下半身轉動角度，而加大上半身轉動，在下桿迴轉的動作中可製造出更快的旋轉速度，致使桿頭離心力增加。

## 五、球桿速度

球桿速度之產生主要是，(一)、參與動作過程、肌肉工作所產生的力矩；(二)、揮桿弧度的大小；(三)、揮桿速度的快慢；及(四)、揮桿時所使用的桿長 (G.J.Cerra, 1975)。例如揮桿弧度加大、揮桿處拉長、利用腿部與臀部帶動身體重心的轉移及下桿末期延遲手腕關節施放動作等，均是增加球桿頭速度以達到擊長距離球之目的。上揮動作越大，擊出去的球越遠，這是因為揮桿下擊時，球受到加速揮擊的球桿撞擊，產生巨大的碰撞力，而這種動量在物理學上的公式為「動量=質量×速度」。因此物體本身質量越大，所產生的運動速度越快，動量也越大。

陳進財 (2002) 根據研究顯示，一般一號木桿的發球速度，從每秒 40 至 80 公尺不等，力量的大小則因人而異，揮桿速度越快擊出去的球越遠。職業或業餘高手揮桿速度大約在每秒 60 公尺以上，一般業餘則在 40 至 50 公尺。

石翔至 (2007) 研究 39 名高、中、低差點之業餘高爾夫球員使用一號木桿揮桿分析，得知低差點組桿頭平均值為  $47.146 \pm 1.366$  m/s、中差點組為  $43.50 \pm 1.916$  m/s、高差點組為  $41.469 \pm 1.654$  m/s，顯示了低差點球員不但揮桿時具有較大桿頭速度，同時其穩定性和協調性較中或高差點球員佳 (標準差最小)。

楊昌展 (2006) 師大木球代表隊男女各六名選手，在 25 至 35 公尺的擊球距離範圍中成功擊球一次，透過 Redlake 高速數位攝影機 (1/1000s, 125Hz) 拍攝，發現上桿期桿頭最大速度平均為 4.50 m/s；下桿期桿頭最大速度平均為 12.37 m/s，擊球瞬間桿頭最大速度平均為 8.01 m/s。

田政文 (2005) 針對一女子選手全揮桿的動作指出其桿頭最大線速度為 14.8 m/s 及最大線加速度為  $20.1 \text{ m/s}^2$

根據上述研究發現高爾夫揮桿速度至少 40 m/s，而木球揮桿速度大約為 10-20m/s 左右，有一定的差距，因此明顯可知兩者間的差異性，透過本研究更可明確比較高爾夫與木球的揮桿速度。

## 第二節 揮桿動作之相關動力學研究

本節首先對足底壓力做相關文獻探討，其次深入探討左右腳地面正向作用力相關研究做探究，分別陳述如下：

### 一、足底壓力研究

陳邦賢（2000）本研究所建立的腳底壓力分佈圖形，可作為理想揮桿模式壓力分佈之準則。且可經由圖形上之判斷（即腳底壓力分佈區域之不同處）而得知，其揮擊出之好球或是壞球。故好球率與重心轉移、重量分配與腳底壓力分佈皆有密切的相關性。而從高爾夫揮桿過程中，壓力重心之轉折點與即將下桿點間之時間差與在上桿頂點是打好高爾夫之關鍵因素之一。

Kawashima（1998）利用微小的力量感測器裝設在受試者的左右腳的鞋墊上，有七位技術成熟的選手以及技術不成熟的選手進行實驗，分別針對上揮桿期（backing swing）、下揮桿期（down swing）、擊球點（impact）以及餘勢動作期（follow through）等不同的狀態，對足底壓力進行分析討論；技術成熟的選手在上桿終點的時候，將重量放置在右腳中心，在下揮桿期的時候，將重量轉移到左腳內側邊緣，直到擊中球瞬間將重量分佈到左腳腳趾頭以及跟骨上，在餘勢期時才將重量轉移放置左足；技術不成熟的選手，容易出現的狀況是至擊球點時，仍將重量放置右腳，在餘勢動作仍有相同的趨勢。

### 二、動力學研究

劉玉仁等（2000）針對八位差點在 7—10 的男性右打者（平均年齡 40 歲），分別使用 1 號木桿與 7 號鐵桿，在測力板上進行 5 次揮桿打擊動作，發現上揮桿過程中，前腳（front foot，靠近球洞方向的腳）向外側施力漸減，承受的正向作用力逐漸移到後腳（rear foot，遠離球洞方向的腳）；直到上桿頂點，後腳承受一最大旋轉力矩。下揮桿過程中，後腳向後施力增加，向外側施力漸減；

前腳向前施力增加，承受的正向作用力，也由後腳逐漸轉移到前腳，在擊球瞬間附近，前腳所承受的地面正向作用力，在使用 1 號木桿約為體重的  $110\% \pm 6\%$ ，而在使用 7 號鐵桿約為體重的  $102\% \pm 7\%$ ，有明顯差異。雙腳所承受的總地面正向作用力，在使用 1 號木桿約為體重的  $128\% \pm 5\%$ ，而在使用 7 號鐵桿約為體重的  $113\% \pm 6\%$ ，有明顯差異。另外雖然 1 號木桿與 7 號鐵桿對於高爾夫揮桿時的揮桿姿勢沒有明顯的影響，但是揮桿動作與重心移動的配合，卻是達到有效揮桿動作所必須的。

劉玉仁與邱宏達（2006）針對 7 位差點在 0—9 的男性右打者（平均差點為  $4 \pm 3.2$  桿），雙腳分別站立在兩塊測力板上，量測出三個方向的地面反作用力，發現在擊球瞬間之前，左腳所承受的地面正向作用力，在使用 1 號木桿約為  $1.10 \pm 0.06$  倍 BW（body weight），雙腳所承受的總地面正向作用力，在使用 1 號木桿約為  $1.28 \pm 0.05$  倍 BW。

劉玉仁、周有禮、羅世忠（2002）指出高爾夫揮桿動作是由軀幹的扭轉來開始上桿，身體聚集了相當的能量後達到上桿的頂點，在藉由左膝伸展與左腿迴旋的啟動，引發臀部與軀幹迴轉並且很一致的傳遞動能到桿頭以撞擊球體。下桿過程的動作協調影響著擊球時的穩定，下桿啟動時左腳動作的優劣則關係著擊球的效果與動能的傳遞。並研究發現擊球瞬間左腳所承受的地面正向力，使用 7 號鐵桿約為體重的  $102.0\% \pm 7.2\%$ ，1 號木桿約為體重的  $121.1\% \pm 9.0\%$ ，兩者有明顯差異。顯示下桿起動的左腳動作有相當一致的順序且支撐身體穩定揮桿的左腳力量極為重要。

在站姿時，雙腳的重心平均落於兩腳上應是各 50% 的分配，上桿時重心逐漸右移，在頂點時應有 80% 至 90% 重量在右腳上，且應放在右腳內側而非外側以避免側移，下桿時重心逐漸左移，至擊球時應兩腳平均站穩，且重量稍微放在左腳上，由於慣性作用至收桿時重心會繼續左移，最後身體重量應 90% 在左腳。而揮桿時應避免將重心放在腳尖，否則很難作出一致性的擊球軌跡（Faldo, 1997；Foston, 1996）。

許義章（2005）針對三位大專優秀高爾夫選手探討一號木桿不同打擊點的三向地面反作用力分量的研究，從研究結果資料發現，不同擊球位置有不同地面反作用型態，尤其是反作用力峰值的大小、作用時間及衝量大小，其中地面反作用力右腳最大力量峰值 0.2207 倍 BW，左腳最大力量峰值 0.4143 倍 BW。該研究發現選手下桿時須將重心移至左腳，產生桿頭加速擊至球時，左腳由地面反作用力反應之力量及衝量為最大。

Richard（1985）使用五號鐵桿在撞擊剎那，初學者的左腳垂直分力為體重的 49%，選手為 66%（同時壓力中心比較靠近於腳跟）。William（1983）曾經對使用 1 號與 7 號桿子所造成腳底力量的差異，解釋為揮桿時較長的桿子形成較大的桿頭速度，而要產生較大的桿頭速度可能需要身體或腳提供較大的力量。

綜合上述文獻得知，揮桿動作基本在上揮桿時，身體重心始往右側移，地面反作用力主要在右腳，直至接近上揮桿頂點時，地面反作用力轉向左側移動，而後上揮桿頂點至擊球瞬間，身體一直往左側移動，地面反作用力漸漸移往左腳。

### 第三節 揮桿動作之相關肌電研究

本節首先對肌肉強度與動力的關係探討，其次針對上肢肌群肌電相關研究，分別陳述如下：

#### 一、肌肉強度與動力的關係

劉玉仁（2000）指出肌肉的彈性回縮（elastic recoil）是高爾夫球特質之一，其彈性狀態如同拉放橡皮筋急速彈回一般。高爾夫揮桿過程中，肌力強者可以在彈回的過程產生較大的拮抗力來對抗桿頭的反作用力。研究顯示，肌肉收縮速度愈快所產生的肌力愈小，而所謂動力是其力量與速度之函數，揮桿時當桿頭速度增加，肌力會適度變小些以產生較大的收縮速度，了解此兩者必須取得某種程度的協調方能在揮桿時運用出最大揮桿動力。

楊佳元（2005）也提出相同的觀點，由關節所產生的肌力大小，對於在揮桿動作中和桿頭速度之間具有重要的關連性，而為了要有更快的桿頭速度增加球的飛行距離，肌力勢必應該增加，才能有更快的動作速度。而以肌力為高爾夫運動表現的基礎下，了解到在各肢段力量傳遞的過程中，肌肉所產生的力量必須適當的減小以產生較快收縮速度，才能夠反映到身體末端以達到最大的桿頭速度。

藍于青（2000）提出影響揮桿的桿頭速度大小之因素，肌肉工作中所產生的力矩是其中之一，在起桿與上桿階段，肩膀與臀部的轉動形成上半身與下半身因旋轉所形成的緊繃現象（肌肉力矩），這扭力就是揮桿下擊的原動力；到下桿階段，利用起桿與上桿階段所產生的扭力，透過身體重心的轉移，雙腳運動帶動臀部、腰部、雙肩、雙手至球桿，透過作工肌肉群，依動力鏈（kinetic chain）效應從近端帶動遠端達到動量的傳送，使球桿頭產生速度。

Andrisani（1997）指出 Tiger Woods 能夠平穩有韻律感地控制身體與球桿的運動，做出這麼強的轉身運動，主因之一是他有柔和且延展性極佳的肌肉。他不僅用腰部的肌肉，全部揮桿所需要的肌肉都用上了，包括頸部、上背、大腿



及小腿。Hosea 等（1990）也發現職業球員的各種揮桿，肌肉活動模式非常一致，但對於高差點球員卻是高度的變數，因此，肌肉協調和時間的型態在獲取高揮桿速度顯得非常關鍵。

## 二、上肢肌群肌電相關研究

胡正明（2006）研究結果顯示：大專男、女高爾夫選手在上桿期呈現腕關節肌群首先活化，之後在下桿期加入後繼手（右手）腕關節的屈腕肌以及前導手（左手）與後繼手肘關節的肱三頭肌活化來帶動手臂動作的現象。顯示伸腕肌、屈腕肌以及肱三頭肌在揮桿動作前期呈現順序性活化的肌電活動特性。另外在揮桿動作過程中，前導手及後繼手腕部及肘部肌群扮演著手腕的固定、手腕釋放及維持揮擊動作手臂穩定度的角色。顯示手臂肌群主要扮演維持揮桿過程中手臂動作的穩定性以及協調性的角色。此外，大專男、女高爾夫選手前導手伸腕肌與屈腕肌在下桿期呈現共同收縮的趨勢扮演手腕動作固定的角色。而男性高爾夫選手前導手肱二頭肌與肱三頭肌則在下桿加速期呈現共同收縮的趨勢，顯示前導手肱二頭肌與肱三頭肌在下桿加速期固定肘關節以加強球桿的穩定性與抵抗擊球時產生的撞擊力。而後繼手伸腕肌與屈腕肌的共同收縮作用則在下桿期及下桿加速期提供進行釋放的腕關節以及快速活動的球桿穩定的力量。並且在擊球時緩衝因擊球所產生之撞擊力來穩定手腕。而男性選手在下桿期與下桿加速期所呈現與女性選手顯著差異之肌肉活化程度，與男性選手揮桿速度較快以及下桿加速期手腕延遲釋放的動作型態特點相符合。由實驗結果發現對於大專優秀高爾夫選手來說，適度的手腕與上臂的肌力訓練是相當重要的。一方面可以產生較佳之揮桿速度與穩定度，一方面也可以降低手腕與肘部運動傷害的產生。

Pink（1993）針對揮桿動作時期，左右兩側肩膀八個肌群的肌電活動分析。其研究結果顯示，高爾夫是一種快速的動作，因此需要旋轉的肌肉適時地運作

來表現一個協調的動作來保護複雜的關節。結果也顯示各肌群在揮桿時各有著不同的分工。Andrisani (1997) 指出使 Tiger Woods 保持出色揮桿半徑的原因是他靠手臂及肩膀肌肉控制他的起桿動作。

綜合上述文獻，從肌肉的活動角度來看，高爾夫可說是一個典型的雙側性運動，在揮桿過程中會需要左右側的肌群作用，揮桿動作一方面提供揮桿時的力量，另一方面也提供揮桿的穩定性。此外，實際上打球時，常有人會問到：「打球時要那一隻手用力？」因此更加深我們去探究高爾夫與木球選手在揮桿時雙手上肢肌群用力的情形，透過實驗科學的方法，以解決心中的疑惑。

## 第四節 高爾夫與木球之比較

木球揮桿動作基本上與高爾夫極為類似（李文姬，2005），且擁有相同的休閒與活動之目的，還有共同的目標，即在設定的球道內，持桿擊球完成進洞或過門，計算比賽後，使用最少的桿數完成所有球道者為優勝。李文姬（2005）指出木球與高爾夫最大不同處在於球桿、球體與球門：木球球桿只有一支，球桿的擊球面的角度與地面成 90 度，從開始擊球到攻門一桿用到底，有別於高爾夫不同角度的 14 支球桿；木球球體直徑 9.5 公分，重量達 350 公克，擊球後球體係滾動前進，而高爾夫的球體直徑為 4.267 公分，重量僅 45.93 公克，擊球後球體以拋物線飛行前進；木球以擊球過門完成一個球道的比賽，而高爾夫係以擊球進洞完成一個球道比賽。張宏亮（1999）也指出高爾夫與木球同樣具有揮桿的樂趣，但由於規則、場地、球具的改變，是具有相當程度的差異，學者楊顏惠（2009）也提出高爾夫與木球運動之差異性，本研究將學者提出的差異性整理如表 2-1。

但這僅止於場地、器材、規則及學者觀點上的差異，目前並無科學文獻分析與討論兩者於揮桿動作上之差異，期許透過科學實驗的方法，得以驗證兩者間揮桿動作的差異所在，更能明確地辨識兩者相異之處，且能幫助喜愛揮桿的夥伴，享受不同運動，卻能擁有同樣揮桿的樂趣。

表 2-1 高爾夫與木球之差異

項目 差異	高爾夫	木球
場地	18 洞，土地面積較大	12 個門，土地面積小
器材	需多支球桿	一支球桿、一顆球木門
球桿桿面	各型號球桿桿頭角度不同	與地面垂直
球桿重量	較輕	較重
球的重量	輕	重
球的運行	空中飛行（除果嶺外）	在地表面運行
握桿方法	重疊握法	自然握桿法
上桿動作	曲手腕	免曲腕
上桿桿頭之 最高點	身體之後方 （左後方）	球體後方延伸 （右側）
置球點不同	依各型號之球桿改變	約始終如一
擊球目標	以球洞為目標	以球門為目標
打球時間	四小時左右	一至一個半小時
對象	須具有一定的經濟基礎的民眾	一般社會大眾
桿弟	需要	不需要

## 第五節 結語

從外表看來，從事高爾夫與木球運動看似簡易，只要利用身體擺動，透過手中之球桿，揮擊出靜止在地面上之球體，然而綜合上述文獻我們可以得知高爾夫與木球在揮桿動作的整個過程中充滿著錯綜複雜、學問深奧的理論，想要精準擊中球體而無偏差，需要高度的準確性及穩定性。所以揮桿中每一個細節與因素，都有值得深入探究之處。

木球運動雖逐漸已有學者進行力學中之運動學研究，但數量仍嫌不足，甚至無人提出攸關動力學與肌電分析之研究，因此本研究期許透過運動生物力學的整體分析，了解揮桿過程中的關鍵要領，以提供教師或教練在教學或訓練上的指導，有明確的方向與依據。

另外，由文獻顯示，兩者本身在場地、器具及規則上有相當大的差異性，且高爾夫與木球在擊球過程中的揮桿速度、揮桿節奏確實有所不同，然而期許將兩者透過統一的研究與實驗，呈現科學的數據來驗證兩者間的相異性或相通性。

## 第參章 研究方法

本章共分為六節：第一節為研究對象；第二節為實驗時間與地點；第三節為實驗儀器與工具；第四節為實驗儀器架設與場地佈置；第五節為實驗步驟與流程；第六節為資料處理。內容分述如下：

### 第一節 研究對象

本研究以一名職業選手的大專高爾夫男選手與目前木球世界排名第一的大專木球男選手為研究對象，其基本資料如表 3-1。

表 3-1 研究對象之基本資料

項目	高爾夫球選手	木球選手
身高	174	172
體重	67	74
年齡	24	26
球齡	13	11
成績	中華民國高爾夫球亞洲青少年國家代表隊員（1998—2002）	2003 年第三屆亞洲大學木球錦標賽男子個人組第一名
表現	中華民國高爾夫球世界青少年國家代表隊員（1998—2000）	2004 年第一屆世界大學木球錦標賽男子個人組第二名
	中華民國高爾夫球世界大學國家代表隊員（2004）	2007 年第十二屆台灣國際木球公開賽男子個人組第一名
	1999 年亞太青少年錦標賽第三名	2008 年全國大專院校運動會（木球）
	2003 年全國大專高爾夫球錦標賽第二名	男子個人組第二名
	2004 年全國業餘高爾夫球錦標賽第三名	2008 年北京海峽兩岸大學木球交流賽男子個人組第一名
	中華民國 PGA 職業高爾夫協會會員（2006～）	2008 年全國青年盃木球錦標賽社會男子個人組第二名
		2008 年第十二屆馬來西亞國際木球公開賽個人組第二名
	2008 年國際木球積分男子排名賽世界排名第一	

## 第二節 實驗時間與地點

一、時間：民國九十七年五月二十二日。

二、地點：國立臺灣師範大學公館校區運動生物力學實驗室。

## 第三節 實驗儀器與工具

主要分為運動學測量、動力學測量、肌電測量三部份。

### 一、運動學測量

(一) Vicon Motion System (MX13, Vicon, UK), 8 架紅外線高速攝影機,

攝影機擷取頻率：250Hz

(二) 電腦一部

(三) L-frame 參考架和 T 形校正棒

(四) 反光球 35 顆、頭套 (4 顆反光球) (如圖 3-1)

(五) 雙面膠、剪刀

(六) Vicon Nesux1.2 軟體

(七) 大黑布數塊

(八) 人工草皮一塊

(九) 高爾夫球 (直徑 4.267cm、重 45.93g)、木球 (直徑 9.5cm、重 400g)

(十) 4 號木桿 (長 113cm、重 322.5g)、木球桿 (長 96cm、重 960g)

註：高爾夫選手使用 4 號木桿係因為 1 號木桿需要球座，故本實驗採用同樣是從一般草地可以直接揮擊的 4 號木桿，此 4 號木桿也是該選手會選擇作為開球球桿之一。

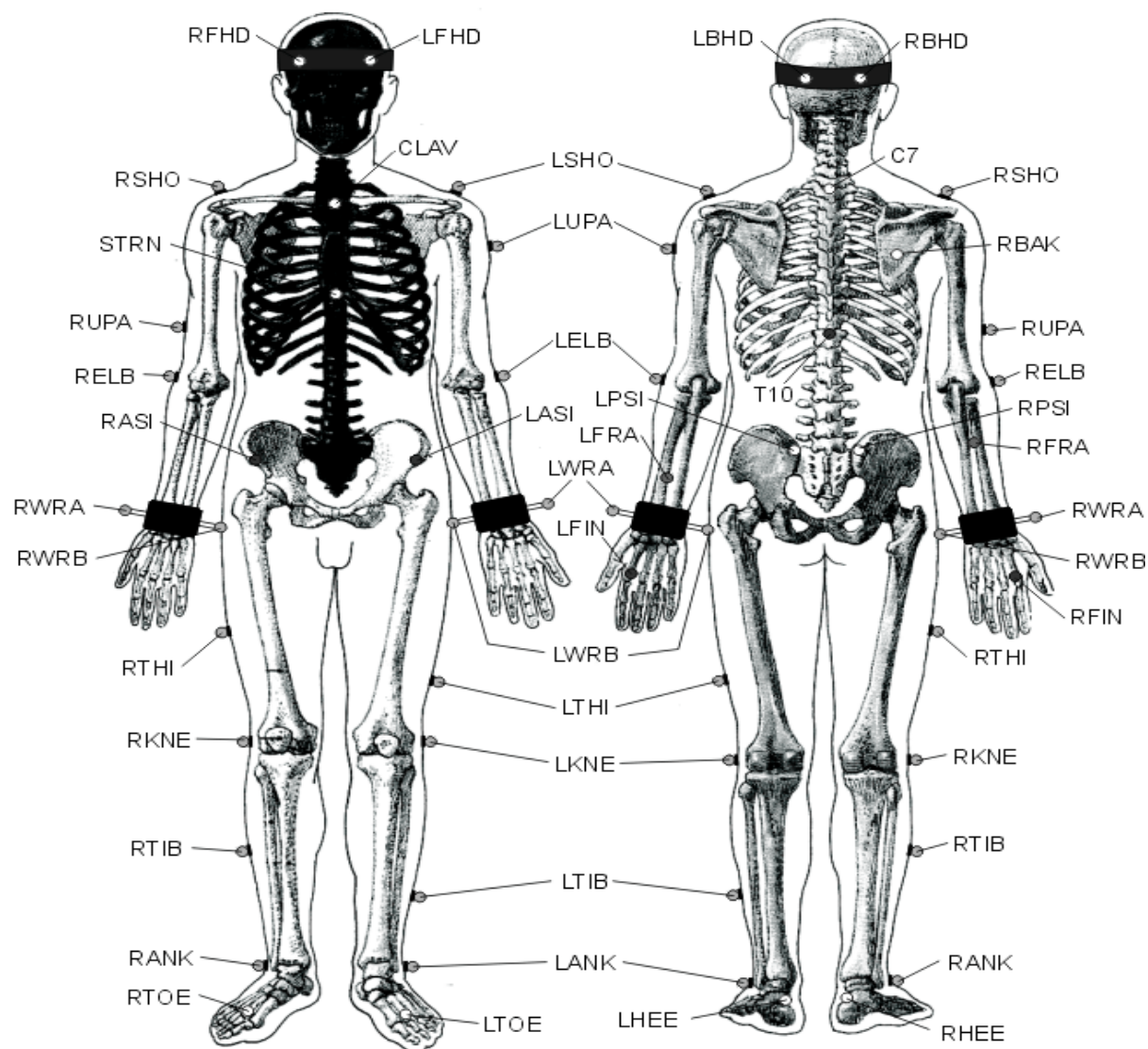


圖3-1 反光球位置

## 二、動力學測量

- (一) 三維測力板兩塊 (Kistler 9281, 60x40cm; Kistler 9287, 60x90cm)
- (二) Vicon Nesux1.2 軟體, 力板擷取頻率: 1000Hz
- (三) 電腦一部 (與運動學測量同一部)



### 三、肌電測量

- (一) 德國 Biovision 生物訊號擷取系統，擷取頻率：1000Hz (如圖 3-2)
- (二) A/D (類比—數位) 訊號轉換器、訊號接收器、表面肌電訊號感應器、放大器
- (三) 電極片、酒精綿片、刮鬍刀
- (四) Dasy Lab 6.0 軟體
- (五) 一台電腦
- (六) 同步訊號器
- (七) 延長線

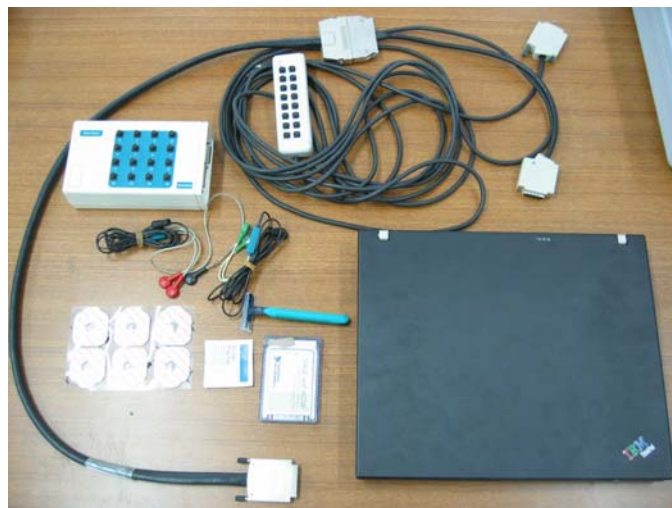


圖3-2 肌電儀器

### 第四節 實驗儀器架設與場地佈置

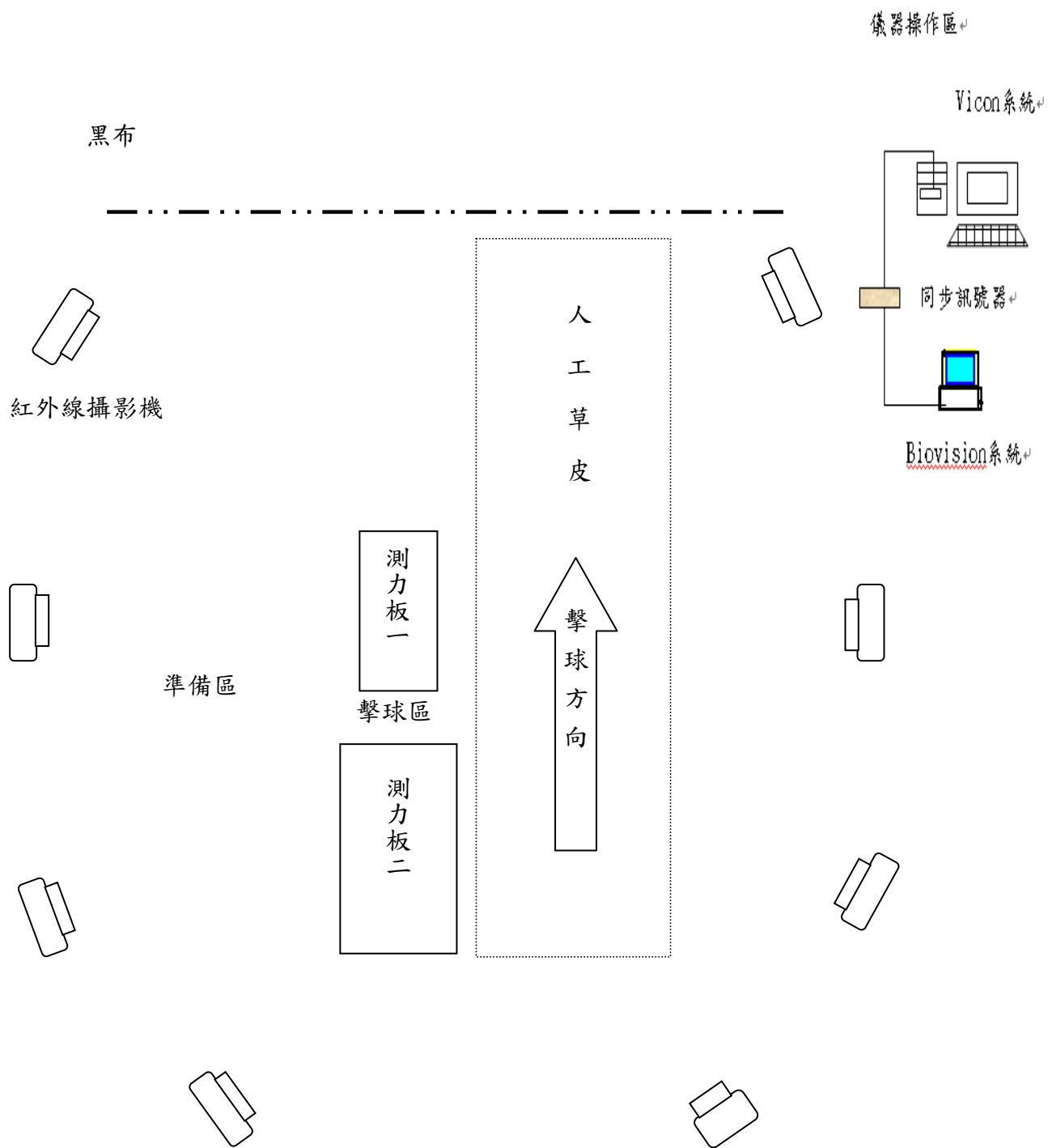


圖 3-3 場地佈置圖

## 第五節 實驗步驟與流程

### 一、實驗步驟

#### (一) 場地器材佈置與儀器校正

將黑布、人工草地、實驗器材調整至適當位置。並進行儀器校正與同步，攝影機設定採樣頻率為 250Hz。

##### 1.L 參考架 (L-frame)

固定於實驗室中力板角落，由此定義出實驗室的廣義座標系統位置，依此廣義座標系統做靜態校正 (static calibration)，調整及固定實驗室內八部攝影機位置，始能拍攝到受試者實驗中整個活動的範圍，確認後不再移動或變更攝影機之位置。

##### 2.T 型校正棒

以一支長度固定且貼有紅外線反光球的 T 型校正棒，在實驗室中將受試者所運動的空間完全掃過，以進行動態校正 (dynamic calibration)，一方面確保整個實驗中 Vicon 系統能完整擷取每個皮膚標記在空間中的移動位置，另一方面對拍攝所得影像作畫面扭曲校正。

##### 3.測力板

檢查測力板是否平穩，設定採樣頻率為 1000Hz，於硬體上將測力板歸零，於軟體上再校正一次，確保資料的正確性。

##### 4.儀器同步

將 Vicon 系統攝影機、測力板、肌電訊號，連線於同步定位儀上。

#### (二) 填寫實驗同意書和受試者基本資料。

受試者在接受實驗前須填寫同意書與基本資料 (附錄一)，表示了解實驗內容，願意全程參與並配合施測者全力以赴完成此實驗所有的過程。

#### (三) 告知受試者實驗流程

施測者向受試者說明實驗與方法，並給予受試者詳細的解答，使受試者清

楚了解整個實驗的過程與注意事項，告知受試者在實驗過程中遇到問題，可以馬上暫停實驗，直至解決問題為止。

#### (四) 更衣換裝

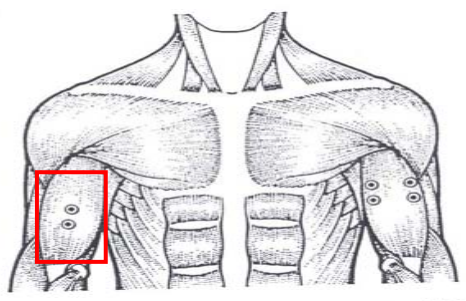
受試者換上束褲，著高爾夫球鞋且帶上手套，施測者同時再一次確認工作人員之工作分配。

#### (五) 熱身與伸展。

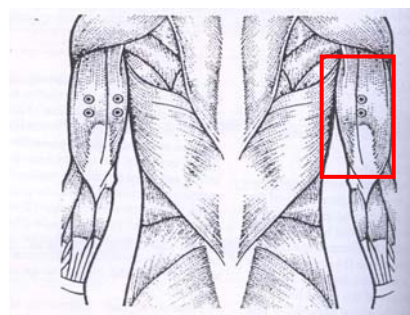
正式實驗前，提醒受試者進行全身靜態伸展熱身，以避免受傷。

#### (六) 黏貼電極片

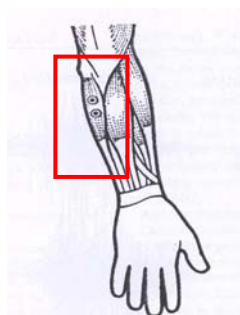
脫上衣，利用刮鬍刀與酒精棉片去除受檢測之肌群的角質及皮膚電阻，並黏貼電極片，電極片黏貼位置參考 Jeffrey R. Cram, PhD 等人 (1998) (如下圖 3-4)，主要測試肌群為受試者上肢的肱二頭肌 (Biceps)、肱三頭肌 (Triceps)、尺側伸腕肌 (Extensor carpi ulnaris)、橈側屈腕肌 (Flexor carpi radialis) 的肌腹處黏貼電極片，並加貼一電極片於鎖骨上，以此做參考電極。



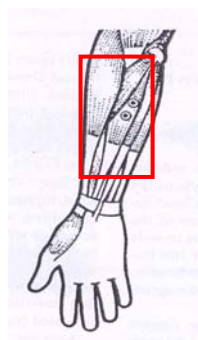
肱二頭肌



肱三頭肌



尺側伸腕肌



橈側屈腕肌

圖3-4 各部位電極片貼圖 (摘自 Jeffrey R. Cram, PhD 等人, 1998)

### (七) 最大肌力測試

測試持續時間為五秒，每個肌群測試間隔至少五分鐘，資料收取則選取振幅最穩定的一秒鐘來求得各受測肌群最大自主收縮下之平均肌電振幅，參考『Muscle testing : techniques of manual examination』，進行徒手測試受試者最大自主等長收縮 (MVC) (如圖 3-5)。



肱二頭肌



肱三頭肌



尺側伸腕肌



橈側屈腕肌

圖3-5 上肢肌群最大自主等長收縮動作圖

### (八) 貼上反光標誌、戴上頭套

將直徑 16mm 的反光球，使用雙面膠黏貼至受試者皮膚表面，而黏貼在受試者身上的黏貼位置為頭部 4 顆、軀幹 5 顆、手臂 14 顆、骨盆 4 顆、腿部 12 顆，共 39 顆反光球 (附錄二)。剪下約 10mm 寬的反光貼紙分別黏貼於球桿的頂端一圈 (代號 clubtop)、球桿頭之位置一圈 (代號 clubhead)。

### (九) 固定電線與揮桿熱身練習

為避免電線在動作過程中擺動影響受試者，因此在不影響肌電訊號與受試者揮桿的情形下，將電線以透氣膠帶黏貼固定，然後測試手臂肌電訊號是否完整且正確，並要求受試者以 4 號木桿進行揮桿熱身練習，等候通知開始測試。

### (十) 正式開始

#### 1. 靜態拍攝

受試者以解剖姿勢（雙腳微開、雙手輕放、掌心朝前、上身挺直）站立於固定的實驗範圍內，確認螢幕中每一台攝影機皆有明顯且清楚抓取到光球的位置，擷取受試者靜止站立 3 秒鐘。

#### 2. 動態拍攝

受試者等候工作人員發令「預備」時，受試者雙腳分別站立於兩塊測力板上準備，工作人員發令「開始」時，受試者可以按照自己比賽時的節奏進行全力揮桿動作，在每次測試間讓受試者休息約一分鐘並詢問受試者的揮桿表現，如此重複取得良好的十次揮桿動作，倘若有掉光球或選手不認為好的揮桿動作或明顯沒打到球心則視為失敗。

#### 3. 資料收集

將所拍攝的揮桿動作影片、測力板數據、肌電訊號進行紀錄存檔。

## 二、實驗流程圖

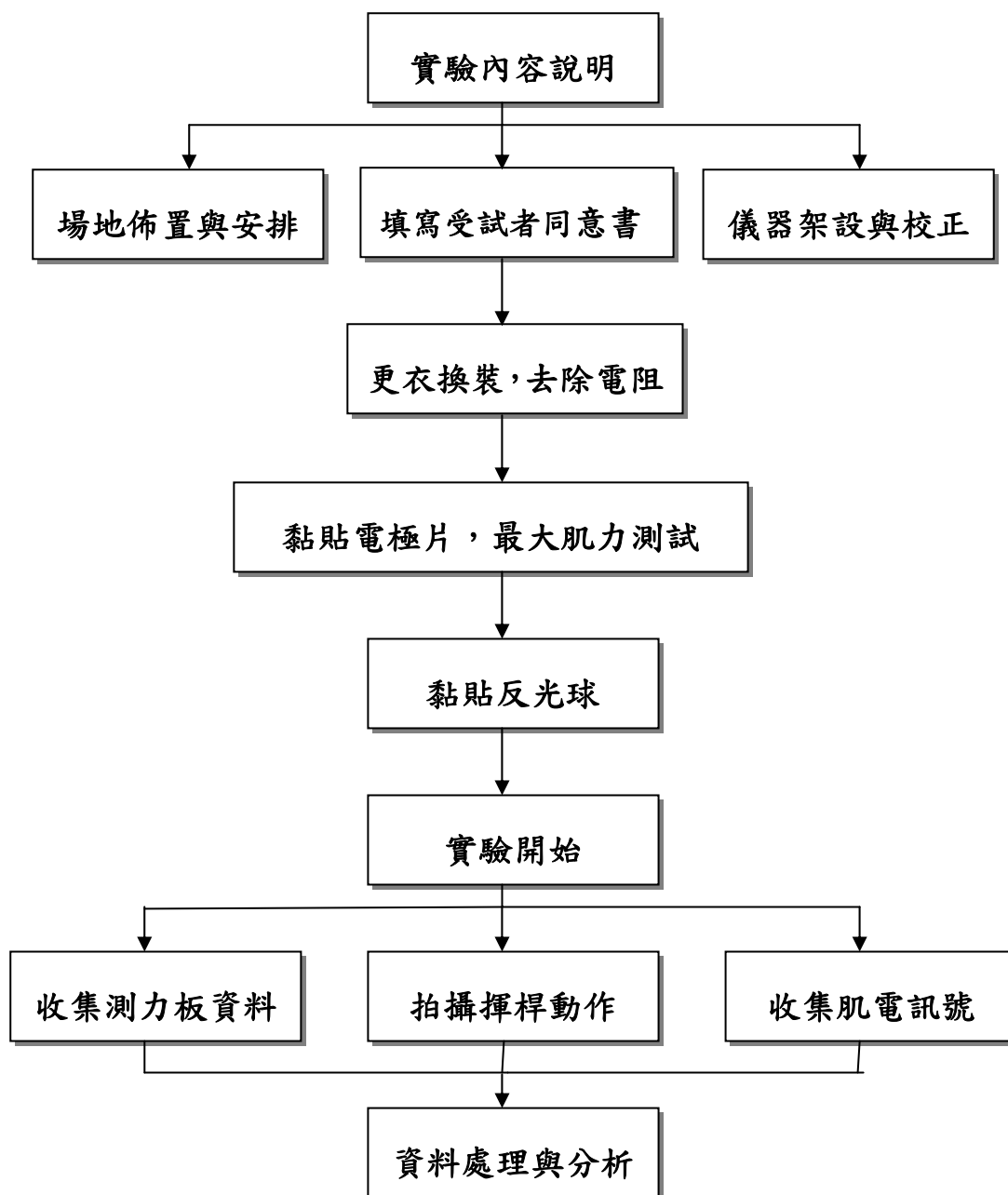


圖 3-6 實驗流程圖

## 第六節 資料處理

### 一、運動學分析

Vicon 高速攝影機收集的反光球資料，經由 Nexus1.2 版軟體進行補點及修勻後，輸入參與者身高、體重及肢段參數以建立模型。輸出 ASCII 檔後，將所得的數據在 Excel 試算表中進行分析計算，求得各數值之平均數以及標準差。

### 二、動力學分析

利用 Kistler 三維測力板 (1000Hz)，得到地面反作用力，由 Vicon Motion System 之 Nexus1.2 軟體擷取分析。

### 三、肌電分析

本研究將透過以下三個步驟流程完成肌電資料處理：

- (一) 透過分期器，將兩個不同頻率資料切出同一起始點，進行資料同步，配合 Vicon 系統所捕捉揮桿動作的五個時期點，在 DasyLab 6.0 分析軟體中在相同的時間分期下來觀察各動作分期的肌肉活動訊號。
- (二) 將蒐集到的肱二頭肌 (biceps)、肱三頭肌 (triceps)、尺側伸腕肌 (extensor carpi ulnaris)、橈側屈腕肌 (flexor carpi radialis) 的訊號，由 DasyLab6.0 版信號分析軟體將原始資料做 10~500Hz 的 band pass 處理，進行全波整流 (full wave rectification) 再加以翻正處理，接著進行截止頻率為 6Hz 的低通率波 (low pass filter)，求得肌電訊號的線性封包 (linear envelope) 後，進行積分運算程序，得到積分肌電 (IEMG)。
- (三) 配合 Vicon 系統所捕捉揮桿動作的五個時期點，將受試者揮桿下各肌群平均肌電振幅除以該作用肌群最大自主收縮之平均肌電振幅 (1 秒) 作為標準化的程序。

$$\% \text{ MVC} = \frac{\text{test EMG}}{\text{Max EMG}} \times 100\%$$



## 第肆章 結果與討論

本章針對高爾夫與木球之揮桿動作分成三部份進行結果說明與討論，第一節為揮桿動作之運動學分析；第二節為揮桿動作之動力學分析；第三節為揮桿動作之上肢肌群肌電分析；第四節為本章結語。茲將各節分別詳述如下：

### 第一節 揮桿動作之運動學分析

本節擬以揮桿動作之揮桿時間、軸頂點、身體重心、身體旋轉角度、球桿速度、揮桿軌跡等六部份進行討論，其分述如下：

#### 一、揮桿時間

表 4-1 高爾夫與木球選手揮桿動作中各分期之時間與上桿/下桿之比值

	高爾夫	木球
上桿期 (秒)	1.093±0.012	1.040±0.024
下桿前期 (秒)	0.239±0.009	0.345±0.010
下桿加速期 (秒)	0.042±0.002	0.055±0.002
送桿前期 (秒)	0.060±0.002	0.114±0.002
送桿後期 (秒)	1.372±0.164	0.402±0.016
下桿期 (秒)	0.280±0.008	0.400±0.010
送桿期 (秒)	1.432±0.164	0.516±0.015
整個揮桿 (秒)	2.805±0.167	1.956±0.029
上桿/下桿 比值	3.901	2.606

如表 4-1，高爾夫選手上桿時間為 1.093 秒，下桿前期時間為 0.239 秒，下桿加速期時間為 0.042 秒，揮桿花費時間由多至少排序為：上桿期、下桿前期、下桿加速期。木球選手上桿時間為 1.040 秒，下桿前期時間為 0.345 秒，下桿加速期時間為 0.055 秒，揮桿花費時間多至少排序為：上桿期、下桿前期、下桿加速期。兩位選手上桿時間慢約 1 秒，下桿前期揮桿則逐漸加快，最後於下桿加速期用最短的時間撞擊球體。此結果符合李睿（2008）指出正確的揮桿節奏是不急不徐地上桿，上桿頂點的短暫停留，平順地轉換至下桿平面，下桿時平穩加速，以這樣的節奏揮桿擊球。

表 4-2 國內相關高爾夫與木球選手揮桿時間的研究

作者	研究對象	球桿	上揮桿時間 (秒)	下揮桿時間 (秒)	上桿/下桿 (比值)
劉玉仁與 邱宏達 (2006)	七位差點在 0—9 的男性右打者	一號 木桿	1.25 ±0.600	0.380	3.289
劉玉仁等 (2000)	八位差點在 7-10 的男性右打者	一號 木桿	1.124 ±0.260	0.390 ±0.080	2.882
劉玉仁等 (2000)	八位差點在 7-10 的男性右打者	七號 鐵桿	1.024 ±0.230	0.335 ±0.080	3.057
本研究 (2009)	一位優秀男子 高爾夫球選手	四號 木桿	1.093 ±0.012	0.280 ±0.008	3.901
本研究 (2009)	一位優秀男子 木球選手	木球桿	1.040 ±0.024	0.400 ±0.010	2.606
田政文 (2005)	一位優秀女子 木球選手	木球桿	0.917	0.583	1.667

表 4-2 所列是結合本研究與國內相關文獻之研究，選手們在揮桿動作上桿與下桿的時間整理成此表。整理後發現上揮桿時間大於下揮桿時間，但各選手揮桿時間不盡相同。李睿（2008）指出能完全控制身體和球桿的範圍內最快的揮桿速度就是最理想的速度，但由於身體狀況不同，每個人的揮桿速度也不盡相同。因此，各文獻的選手皆能符合 Nicklaus（1976）提出的上桿慢、下桿快的節奏，所以當每一次的揮桿節奏一樣時，球桿頭的速度自然也一樣，在揮桿時只要注意擊球和桿面方向就行了。

比較特別值得注意的地方是從上桿時間除以下桿時間的比值中發現，木球選手的比值皆比高爾夫選手低，木球選手的比值分別為 1.667、2.606，高爾夫球選手的比值分別為 2.882、3.057、3.289、3.901，當比值較小表示分子小、分母大，由表 4-2 中發現木球選手在上揮桿所花費時間比高爾夫選手較短些（分子小），下桿時間比高爾夫選手較長些（分母大）。

造成木球選手比高爾夫選手下揮桿時間長的原因之一可能是兩者運動施力的情形不太一樣。李睿（2008）指出高爾夫選手在下桿時平穩加速，然後在揮桿弧底使出力道，桿頭速度與力道一定在擊球一剎那達到最高點。而學者楊顏惠（2009）分析木球動作指出桿頭下擺，非刻意地將桿頭帶下擊球，讓桿子順勢下擺揮桿，將會讓你完整命中球體，並且屏除不當力量，降低失誤率，當完整命中及準度無誤的狀況之下，扭膝、扭腰及雙手揮桿的速度加快，配合桿頭重量自由落體的特性，將會讓球滾動的遠度增加。因此高爾夫選手是否會順勢加速揮桿力道，並瞬間利用手腕力量，揮甩全身的力量，讓球從地面飛起，可使球又高又遠，而木球選手則只是順勢利用自然下擺來做揮桿，而不強調用力。所以腕關節施力不同才導致高爾夫與木球選手下桿時間的差異，可能為原因之一，本研究也有針對腕關節肌群之肌電做進一步的分析比較，將於之後的章節做說明。

另外桿子重量也可能是造成木球選手比高爾夫選手上桿時間較短、下桿時間較長的原因之一，由於木球球桿較高爾夫球桿重，木球上桿動作過慢易造成選手肌肉的不穩定性，產生反效果，反觀下揮桿動作時，會因桿子的重量而減緩下擺桿頭的速度以及時間。根據物理學的牛頓運動定律，球桿垂直落下，往下施力（ $F$ ），加速度（ $a$ ）等於總施力（ $F$ ）除以重量（ $m$ ），即  $a=F/m$ ，所以球桿下落時的總加速度為  $a+g=F/m+g$ ，因此重力加速度相同，假設施力相同的情形下， $m_1$ （高爾夫球桿重） $< m_2$ （木球桿重），則從公式可以推論  $a_1 > a_2$ ，總加速度為高爾夫球桿大於木球球桿，而  $a = \Delta V / \Delta t$ ，所以在同一時間內高爾夫球桿落下的速度較快，反之當落下相同距離，高爾夫球桿所需時間較短。

當然造成兩者上下桿時間差異的原因很多，例如該選手揮桿方式、揮桿力量，桿子本身的長度等，因此仍有許多尚待釐清之問題，值得討論。

## 二、軸頂點

表 4-3 高爾夫與木球選手頸椎第七節在揮桿動作時間點的位移總表

軸項	項目	上桿頂點	下桿平行	擊球瞬間	送桿平行	收桿結束
X 軸項 (cm)	高爾夫	-4.30±0.43	-5.26±0.42	-10.48±0.39	-17.30±0.39	13.08±1.10
	木球	3.04±0.37	-0.40±0.75	-7.76±1.73	-17.76±0.93	-10.39±1.64
Y 軸項 (cm)	高爾夫	-9.44±0.37	-0.69±0.43	0.88±0.48	-1.05±0.49	-13.51±2.06
	木球	-6.29±0.52	0.70±0.63	2.80±0.77	0.93±1.44	3.01±1.43
Z 軸項 (cm)	高爾夫	-7.10±0.17	1.60±0.19	2.64±0.22	0.41±0.24	-1.93±0.42
	木球	-10.37±0.65	0.47±0.65	4.57±0.63	2.09±1.10	3.79±1.40

本研究設定準備擊球的軸頂點座標點為零，X 為擊球者之左右方向（左+、右-），Y 為前後方向（前+、後-），Z 為上下方向（上+、下-）。如圖 4-1 顯示在整個揮擊球的過程中，Z 軸方向為最小移動的軸項，X 軸移動方向最大，因此高爾夫選手在上下與前後方向的移動較小，在左右方向的移動較大。觀察擊球瞬間，從 Vicon 拍攝的擊球動作發現高爾夫選手在擊球時身體方向稍面左，桿子擊球位置在身體前方，因此軸頂點偏離原本準備位置，往右移動了 10.48±0.39 cm。

木球選手如圖 4-2 顯示 Y 軸方向為最小移動的軸項，X 軸移動方向最大，因此木球選手在上下與前後方向的移動較小，在左右方向的移動較大。觀察擊球瞬間，從 Vicon 拍攝的擊球動作發現木球選手在擊球時身體方向面左，桿子擊球位置在身體前方，因此軸頂點偏離原本準備位置，往右移動了 7.76±1.73 cm。

比較兩位選手 C7 移動變化情形，發現 X 軸的位移部份，在上桿頂點時高爾夫選手 C7 位置會往右微偏移 4.30±0.43cm，木球選手會往左微偏移 3.04±0.37cm。造成此現象可能是因為擊球過程兩者重心轉換的差別，即高爾夫選手在上桿時軸頂點往右移，推估此時地面反作用力主要在右腳，木球選手在上桿時軸頂點往左移，推估此時地面反作用力主要偏在左腳，此一結果可與本章第二節之動力學分析做連結，是否此為兩位選手揮桿動作之差別。

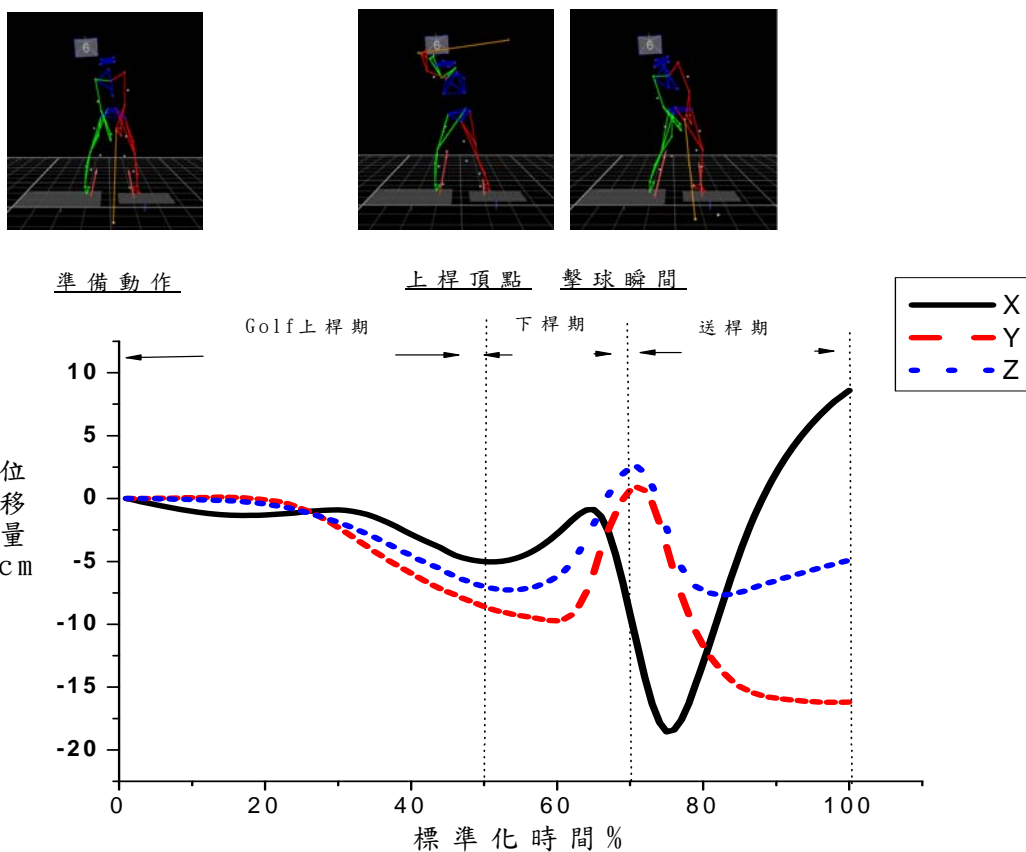


圖 4-1 高爾夫選手揮桿動作之頸椎第七節位移變化圖

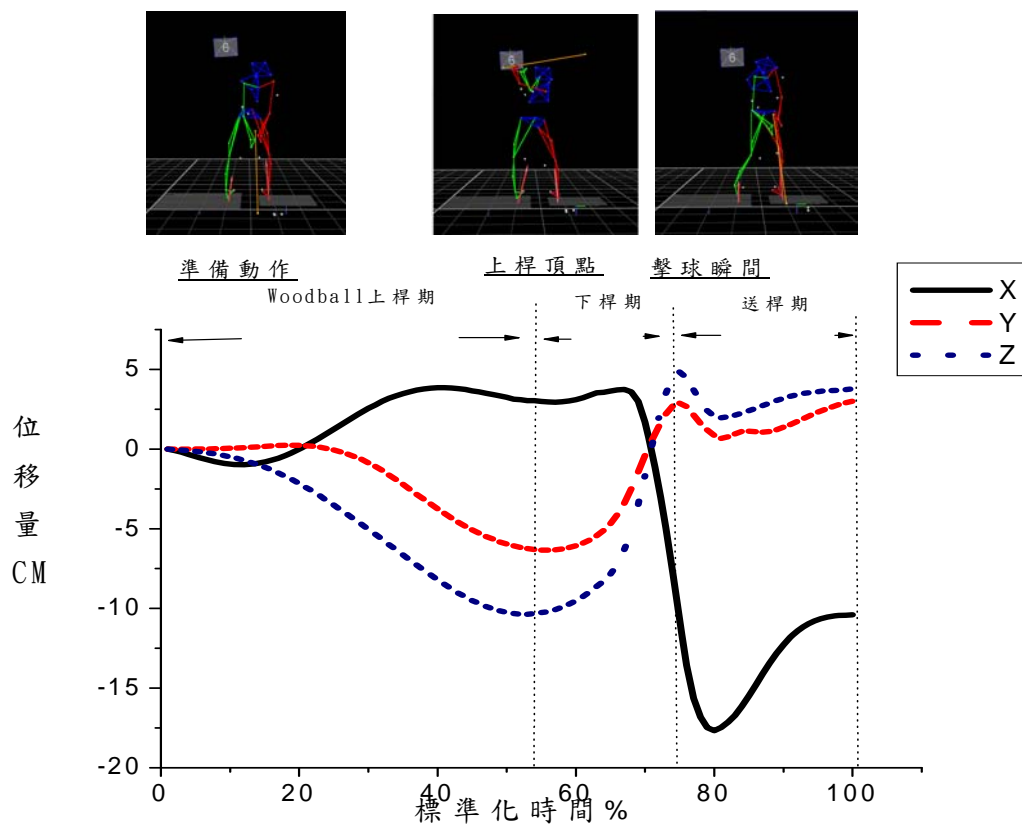


圖 4-2 木球選手揮桿動作之頸椎第七節位移變化圖

### 三、身體重心

表 4-4 高爾夫與木球選手頸椎第七節在揮桿動作時間點的位移總表。圖 4-3、4-4 為高爾夫與木球選手揮桿動作之身體重心位移變化圖，本研究設定準備擊球的軸頂點座標點為零，X 為左右方向（左+、右-），Y 為前後方向（前+、後-），Z 為上下方向（上+、下-）。高爾夫與木球選手重心位移變化之圖形比較類似，不會像 C7 的位移變化圖形差異那麼大。因此如圖 4-3、圖 4-4 顯示在整個揮擊球的過程中，高爾夫與木球選手 Y 軸方向為最小移動的軸項，X 軸移動方向最大，開始上桿時即往右移，在上桿頂點時身體重心往右移動至最大值，之後便開始往左偏移，直至收桿，且收桿時 Z 軸整個重心已經完全在最上方了。與劉玉仁等（2000）提出的論點相同，受測者在上揮桿時，身體重心往右側移，後腳施力點向前移，直至接近上揮桿頂點時，重心轉向左側移動，而後上揮桿頂點至擊球瞬間，身體重心一直往左側移動。

從表 4-4 計算出高爾夫選手左右位移了 26.22cm、上下位移 10.05cm 及前後位移 1.08cm，木球選手左右位移了 16.58cm，上下位移 15.60cm 及前後位移 8.49cm。本研究結果與尼克佛度在揮桿時重心的移動不論是上下還是左右，幾乎是在四公分的微小範圍內（童文俊，1997）的揮桿動作有所出入，而與劉玉仁等（2000）的研究比較，本研究選手的重心左右位移較劉玉仁研究之選手小，其針對八位差點在 7-10 的男性右打者，發現一號木桿在重心前後移動的平均距離為 8.3cm，往左右移動的平均距離為 48.3cm，而七號鐵桿在重心前後移動的平均距離為 7.4 cm，往左右移動的平均距離為 46.4 cm。然而從三個研究的受試者實力屬於不同等級，有可能造成位移差異的原因，當然也有可能是受試者的打法不同，也許可以統一做揮桿動作重心位移的實驗與分析，經由後續更深入的研究，得以解釋該現象。

表 4-4 高爾夫與木球選手身體重心在揮桿動作時間點的位移總表

軸項	項目	上桿頂點	下桿平行	擊球瞬間	送桿平行	收桿結束
X 軸項 (cm)	高爾夫	-14.59±0.32	-4.52±0.26	-1.92±0.31	1.24±0.37	11.63±0.97
	木球	-9.07±0.44	0.61±0.47	2.96±0.44	4.78±0.52	7.51±0.90
Y 軸項 (cm)	高爾夫	2.30±0.34	-1.51±0.34	-1.18±0.43	-1.20±0.42	1.22±0.43
	木球	-1.89±0.29	-0.85±0.52	0.90±0.65	3.09±0.53	6.60±0.93
Z 軸項 (cm)	高爾夫	3.96±0.15	1.24±0.18	2.70±0.25	5.55±0.34	14.01±0.36
	木球	2.62±0.26	1.46±0.44	4.57±0.79	10.91±0.72	18.22±0.96

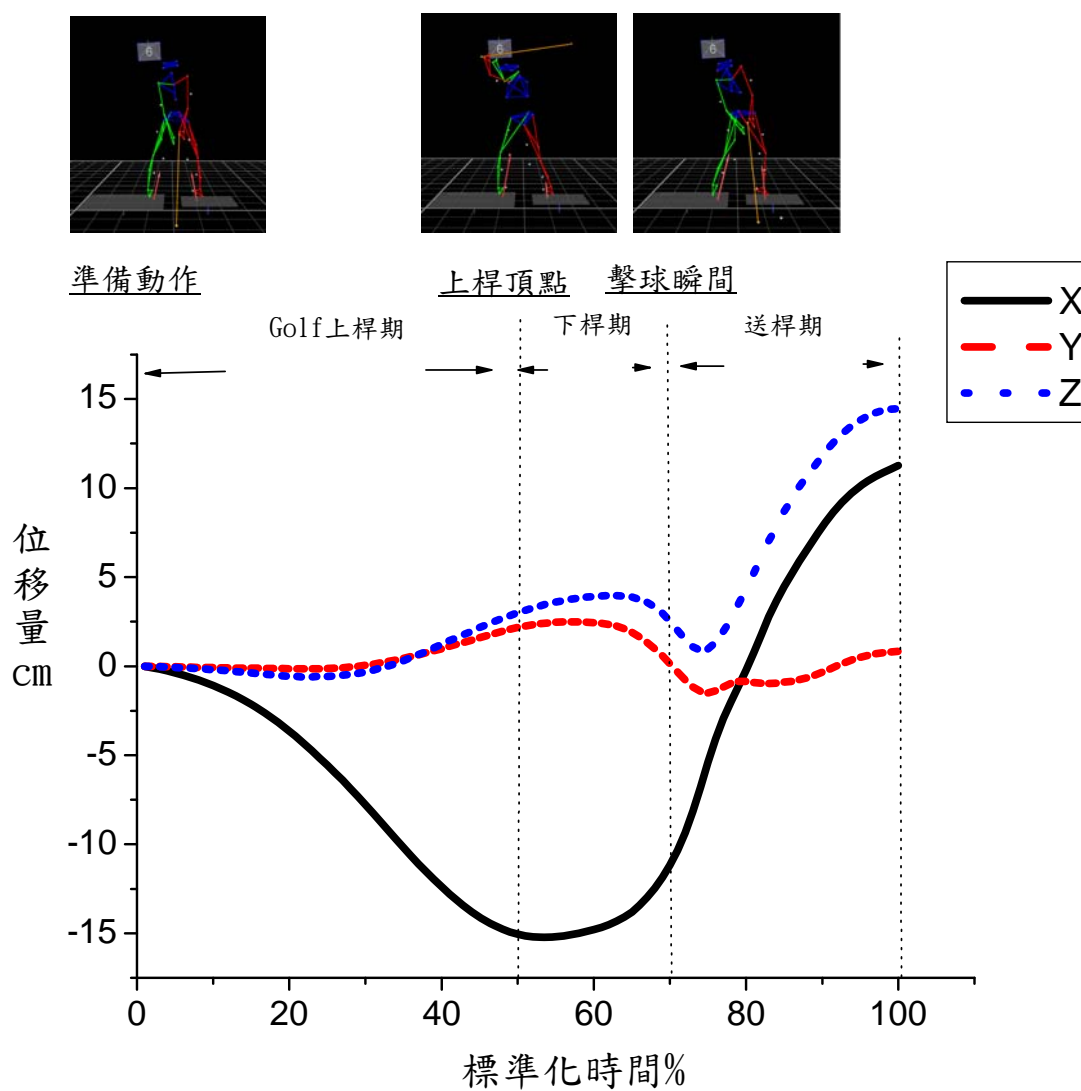


圖 4-3 高爾夫選手揮桿動作之身體重心位移變化圖

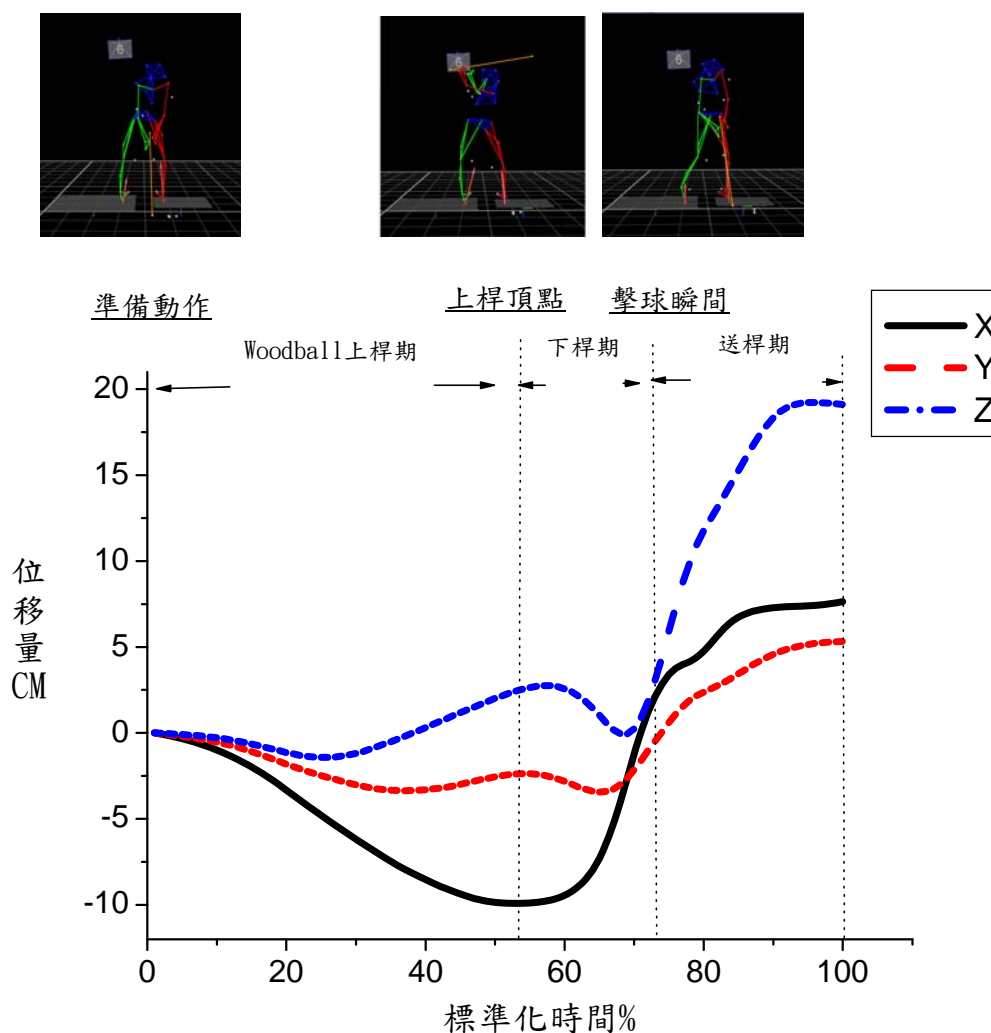


圖 4-4 木球選手揮桿動作之身體重心位移變化圖

#### 四、身體旋轉角度

高爾夫揮桿動作中身體旋轉的角度，李睿（2008）指出理想的上桿位置是肩膀轉動 90 度，臀部轉動 45 度。劉玉仁等（2000）針對八位差點在 7-10 的男性右打者，上桿位置是肩膀轉動約 120 度，臀部轉動 70 度。本研究高爾夫選手在上桿頂點肩膀向右轉動 115.5 度，臀部向右轉動 57.2 度，木球選手在上桿頂點肩膀向右轉動 95.7 度，臀部向右轉動 41.0 度。如表 4-5 所示，本研究高爾夫選手轉動的角度與劉玉仁學者相似，木球選手轉動角度與李睿學者提出的轉動角度相似。但本研究兩位選手與李睿（2008）指出「在上桿頂點時，肩膀、臀部之間一定要拉的很緊，像上滿了發條一樣」的觀點一致，只是本研究的高爾



夫選手製造更大旋轉角度。

在擊球點時，Norman (1995) 指出下桿時為了增加擊球時瞬間的爆發力，臀部應向左轉動約 17.6 度，胸部則仍在右邊約 23.5 度，使雙手及手臂有足夠的空間在擊球區加速。劉玉仁等 (2000) 下桿時，擊球點時臀部應向左轉動約 35 度，胸部則向左轉動約 15 度。由表 4-5，本研究高爾夫選手在擊球瞬間肩膀向左轉動 2.5 度，臀部向左轉動 41.3 度，木球選手在擊球瞬間肩膀向左轉動 16.6 度，臀部向左轉動 41.1 度。基本上，由本研究發現擊球時選手肩膀約朝向左 2 或 16 度，但很明顯研究結果與 Norman 學者表示擊球時胸部停留在右邊 23.5 度有很大的不同。

本研究中上桿頂點至擊球點總旋轉角度，高爾夫選手肩膀轉動 118.0 度，臀部轉動 98.5 度，木球選手肩膀轉動 112.3 度，臀部轉動 82.1 度。而劉玉仁在 2000 年研究中的高爾夫選手肩膀總共轉動 135 度，臀部總共轉動 105 度，因此在整個揮桿過程中，高爾夫選手比木球選手製造較大的身體扭轉將球擊出。計算本研究兩位選手的上桿頂點至收桿總旋轉角度發現高爾夫選手肩膀轉動 279.0 度，臀部轉動 179.4 度，木球選手肩膀轉動 203.3 度，臀部轉動 111.4 度。高爾夫與木球選手在揮桿時身體總旋轉的角度上差異性頗大，代表高爾夫的揮桿比木球有較多的身體旋轉。

表 4-5 高爾夫與木球選手身體旋轉角度總表

	高爾夫/肩膀 (度)	高爾夫/骨盆 (度)	木球/肩膀 (度)	木球/骨盆 (度)
上桿頂點	115.5±0.9	57.2±1.0	95.7±5.5	41.0±1.2
擊球點	-2.5±1.2	-41.3±1.6	-16.6±2.6	-41.1±1.9
收桿結束	-163.5±1.3	-122.3±1.5	-107.6±4.4	-70.3±3.3
上桿頂點至擊球點 總旋轉角度	118.0	98.5	112.3	82.1
上桿頂點至收桿 總旋轉角度	279.0	179.4	203.3	111.4

註：上揮桿啟動為計算原點，向右旋轉為正，向左旋轉為負。

## 五、球桿速度

表 4-6 為本研究每次揮桿動作的擊球瞬間桿頭速度，由表 4-6 所列，高爾夫選手的桿頭速度為  $45.722 \pm 0.987$  m/s，最快的桿頭速度為 46.563 m/s。陳進財（2002）研究顯示，一號木桿的發球速度，從 40 至 80 m/s 不等。職業或業餘高手揮桿速度大約在 60 m/s 以上，一般業餘則在 40 至 50 m/s。石翔至等（2007）研究 39 名高、中、低差點之業餘高爾夫球員使用一號木桿揮桿分析，得知低差點組桿頭平均值為  $47.146 \pm 1.366$  m/s、中差點組為  $43.500 \pm 1.916$  m/s、高差點組為  $41.469 \pm 1.654$  m/s。明顯發現本研究高爾夫選手的桿頭速度不及陳進財學者研究的職業高手與石翔至學者的低差點選手，然而該高爾夫選手其穩定性和協調性較石翔至學者的低、中與高差點球員佳（標準差最小）。但由於實驗設計的關係本研究所使用的球桿為四號木桿，推估球桿的長度、重量不同有可能是造成該球桿速度較小的原因之一。另外，Linda 與 DeDe（1984）指出使球偏離正確軌道的機率最小，只要揮動球桿達到最大桿頭速度的 65% 就夠了。若該選手採取此觀念揮桿，桿頭的速度自然會比較小。當然也可能是選手力量較小或其他原因造成桿頭速度較慢，倘若想進一步地幫助該選手在技術上提升，找出可以增加桿頭速度之方法，應當對該選手會有助益。

楊昌展（2006）研究師大木球代表隊男女各六名選手，在 25 至 35m 的擊球距離範圍中成功擊球一次，透過 Redlake 高速數位攝影機（125Hz）拍攝，發現下桿期桿頭最大速度平均為 12.37 m/s，擊球瞬間桿頭最大速度平均為 8.01 m/s。田政文（2005）針對木球女子選手全揮桿的動作指出其桿頭最大線速度為 14.8 m/s。而本研究的木球選手揮桿速度可達  $29.440 \pm 0.488$  m/s，最快球速甚至可達 30.177 m/s，顯示本研究木球選手全揮動作的桿頭速度比起中距離揮擊的選手與優秀女子全揮動作的桿頭速度高出甚多。

而由表 4-6 發現，高爾夫選手的桿頭速度比木球選手的桿頭速度快。而依據牛頓第二運動定律，要使物體運動發生變化，就必須對物體施加外力，當物

體受到合外力不等於零時，物體運動的加速度與合外力成正比、與質量成反比，即  $F=ma$ 。換句話說倘若選手施予球桿的力量一致，質量與加速度成反比，而木球桿重約 800-1400 克，高爾夫球桿重約 200-600 克，木球桿比高爾夫球桿重，所產生的加速度較小，勢必影響桿頭的速度。

表 4-6 高爾夫與木球選手十次揮桿動作之桿頭速度

高爾夫	速度 (m/s)	木球	速度 (m/s)
G-1	43.785	W-1	28.868
G-2	45.890	W-2	28.979
G-3	46.133	W-3	29.745
G-4	46.563	W-4	28.796
G-5	46.484	W-5	30.177
G-6	44.613	W-6	29.427
G-7	46.475	W-7	29.936
G-8	44.694	W-8	29.690
G-9	46.417	W-9	29.042
G-10	46.164	W-10	29.735
最大值	46.563	最大值	30.177
平均	45.722±0.987	平均	29.440±0.488

## 六、揮桿軌跡

圖 4-5、4-6 為兩位選手之正面桿頭揮桿軌跡，發現兩位選手揮桿動作之差異，高爾夫選手上桿比起下桿的軌跡較偏外側，因高爾夫選手先利用身體延伸往後上桿，接著下桿時身體先帶動往左移動，以致於下桿軌跡較偏內側。而木球選手則因木球選手會將桿頭先往前、外移動，所以下桿軌跡比上桿會稍偏外側。另外收桿時，高爾夫選手會將桿子完整送桿至身體後側，木球選手則是將桿子送至頭部頂端而已。

圖 4-7、4-8 為兩位選手之側面揮桿軌跡，發現高爾夫選手的揮桿軌跡幾乎是在同一平面上，而木球選手下桿時會將桿頭往前移，往下揮擊球瞬間，球桿頭沒有擊中球中心點，而是擊球之側面，符合本實驗過程中觀察木球選手擊球時會將球採側旋之方式揮擊出去，比起一般選手皆會揮擊球之中心點而言，此位世界排名第一的木球選手動作上有其特殊性。

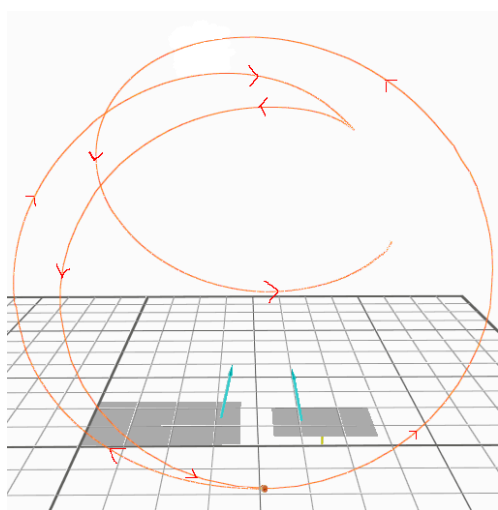


圖 4-5 高爾夫選手正面揮桿軌跡

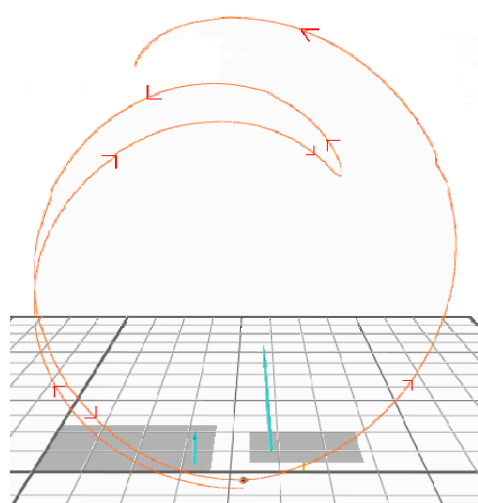


圖 4-6 木球選手正面揮桿軌跡

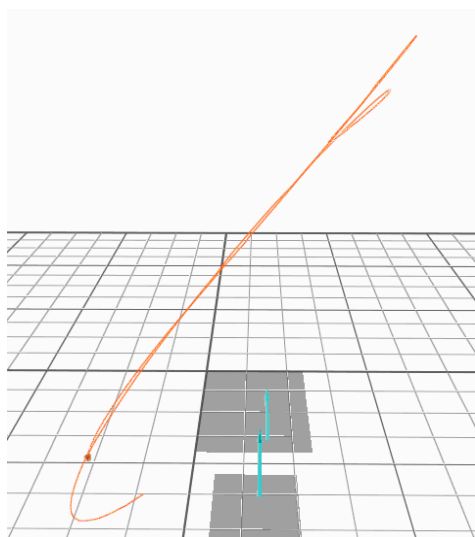


圖 4-7 高爾夫選手側面揮桿軌跡

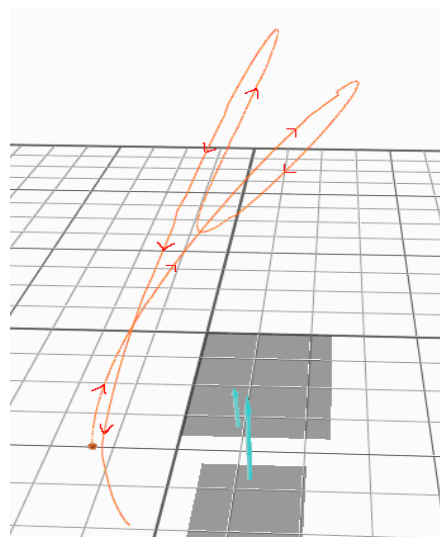


圖 4-8 木球選手側面揮桿軌跡

## 第二節 揮桿動作之動力學分析

表 4-7 高爾夫與木球選手揮桿動作之地面反作用力

	上桿頂點	擊球瞬間	結束收桿	最大值	最大值發生的時間
高爾夫 plate1 (右腳)	532.470 (0.795)	536.044 (0.800)	175.241 (0.262)	668.626 (0.998)	下桿與地面 平行時前
高爾夫 Plate2 (左腳)	161.629 (0.241)	379.406 (0.566)	507.456 (0.757)	609.000 (0.909)	下桿與地面 平行時後
木球 plate1 (右腳)	387.565 (0.524)	226.043 (0.305)	265.470 (0.359)	491.410 (0.664)	下桿與地面 平行時前
木球 Plate2 (左腳)	406.055 (0.549)	647.556 (0.875)	483.592 (0.654)	763.968 (1.032)	下桿與地面 平行時

註：1.木球選手體重為 740N，高爾夫選手體重為 670N。

2.每個格子內未括號之數字為地面反作用力 (N)，括號之數字為體重倍數 (BW)。

根據表 4-7，在上桿頂點時，本研究高爾夫選手右腳有 0.795 倍體重 (BW)，木球選手有 0.524 倍 BW，在左腳高爾夫選手有 0.241 倍 BW，木球選手有 0.549 倍 BW。高爾夫選手比較接近 Faldo (1997) 與 Foston (1996) 指出在頂點時應有 80% 至 90% 重量在右腳上。而木球選手不只與兩位學者論點相異，甚至在上桿頂點時有比較大的地面反作用力則在左腳，而非右腳，與本研究之前在運動學分析軸頂點部份的結果相符，因此證實了上桿頂點時高爾夫選手軸頂點偏右、地面反作用力偏右，而木球選手軸頂點偏左、地面反作用力偏左。

擊球瞬間，如表 4-7 所示，高爾夫選手右腳 0.800 倍 BW，左腳為 0.566 倍 BW，木球選手右腳 0.305 倍 BW，左腳為 0.875 倍 BW。兩位選手在揮擊球瞬間的地面反作用力，高爾夫選手是以右腳較大，而木球選手明顯較大的地面反作用力偏向左腳。兩位選手與 Faldo (1997) 與 Foston (1996) 指出下桿時重心逐漸左移，至擊球時應兩腳平均站穩，且重量稍微放在左腳上的觀點不同。

結束收桿時，由表 4-7 所示，高爾夫選手右腳 0.262 倍 BW，左腳為 0.757 倍 BW，木球選手右腳 0.359 倍 BW，左腳為 0.654 倍 BW，因此本研究兩位選手在收桿時的地面反作用力皆以左腳為主。Faldo (1997) 與 Foston (1996) 指出由於慣性作用至收桿時重心會繼續左移，最後身體重量應 90% 在左腳。

比較圖 4-9 的曲線圖，了解到本研究高爾夫選手地面反作用力的變化情形，於準備姿勢時地面反作用力微偏左腳，而後上桿施力漸移轉於右腳，左腳逐漸放輕，至上桿頂點時右腳有一較大力量，左腳則是最放輕的狀態，然後下桿前期右腳迅速放輕，下桿加速期右腳開始加重力量，而左腳則是穩定地加大力量，最後在擊球瞬間前左腳與右腳產生最大施力，接著至送桿前期後左腳施力立刻驟降，右腳也驟降，送桿後期重量迅速集中在左腳，結束收桿。

依據圖 4-10 的曲線圖，了解到本研究木球選手準備姿勢時地面反作用力比高爾夫選手更偏左腳，而後上桿漸施力於右腳，左腳逐漸放輕，然而與高爾夫選手不同的是木球選手至上桿頂點前右腳施力有上升再下降之趨勢，左腳則下降再上升，所以在上桿頂點時木球選手有較大的地面反作用力在左腳，下桿時右腳變化不大，下桿擊球前右腳開始放輕，而左腳則是先下降再上升，最後在擊球前左腳產生最大施力，接著至送桿前期左腳施力立刻驟降，右腳也微降，送桿後期重量迅速集中在左腳，結束收桿。

許義章 (2005) 指出下桿時須將重心移至左腳，產生桿頭加速擊至球時，左腳由地面反作用力反應之力量及衝量為最大。劉玉仁與邱宏達 (2006) 指出在擊球瞬間之前，左腳所承受的地面正向作用力，在使用 1 號木桿約為  $1.10 \pm 0.06$  倍 BW。本研究中高爾夫選手左腳施力最大值為 0.909 倍 BW，木球選手為 1.032 倍 BW。劉玉仁等 (2002) 指出藉由左膝伸展與左腿迴旋的啟動，引發臀部與軀幹迴轉並且很一致的傳遞動能到桿頭以撞擊球體。因此左腳在揮桿過程中扮演著穩定與支撐身體軀幹的角色，然而本研究高爾夫選手揮桿動作較其他學者的結果與論點不同之處，為高爾夫選手在右腳最大值高達 0.998 倍 BW，比左腳的最大值 0.909 倍 BW 大。

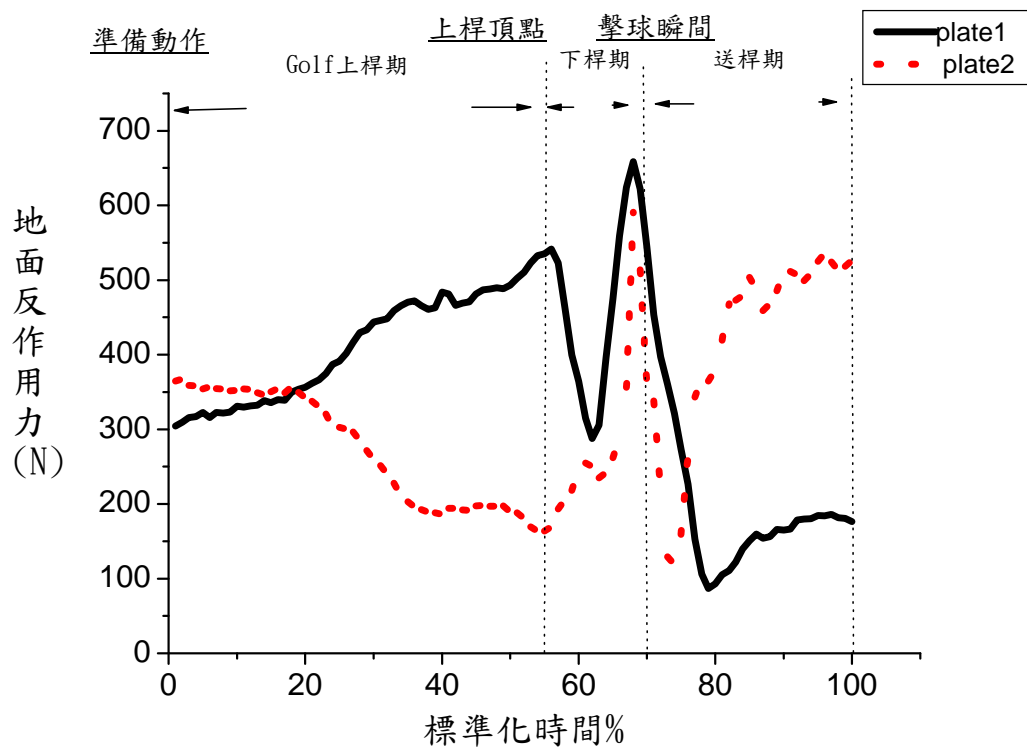


圖 4-9 高爾夫選手在 Plate1 (右腳) 與 Plate2 (左腳) 的地面反作用力曲線圖

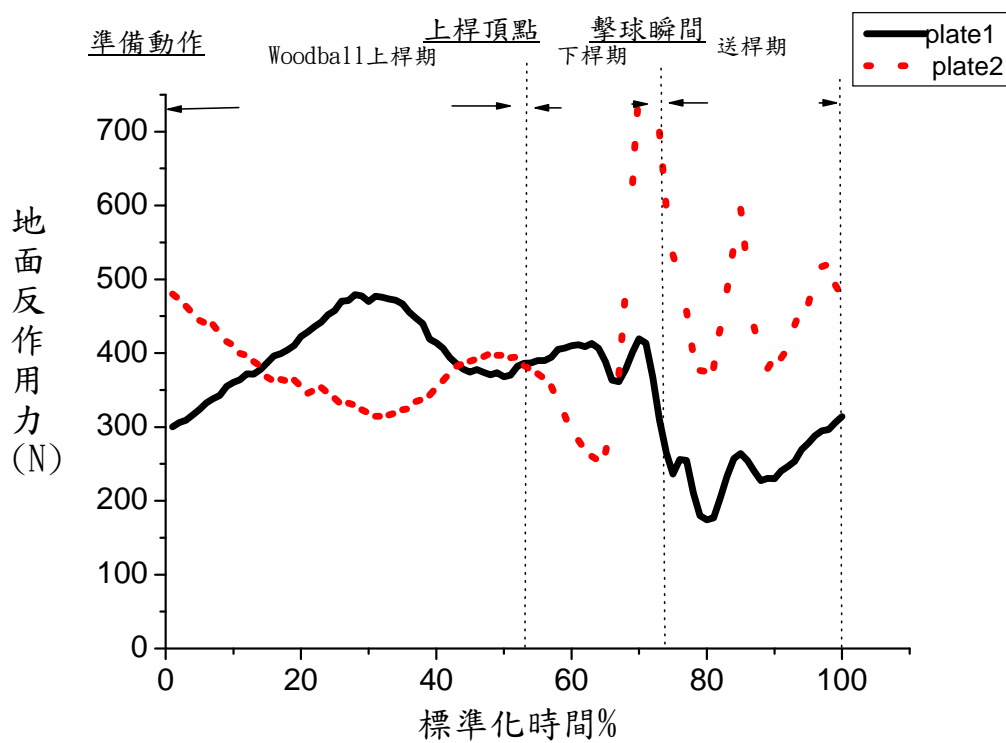


圖 4-10 木球選手在 Plate1 (右腳) 與 Plate2 (左腳) 的地面反作用力曲線圖

### 第三節 揮桿動作上肢肌群肌電分析

#### 一、上肢肌群在各分期之平均肌電振幅

研究結果數據呈現，高爾夫上肢肌群在每個不同動作時期之平均肌電振幅如表 4-8，木球上肢肌群在每個不同動作時期之平均肌電振幅如表 4-9。

表 4-8 高爾夫選手上肢肌群在各分期之肌電振幅 (% MVC)

分期	上桿期	下桿期	下桿加速期	送桿前期	送桿後期	平均
RB	6.06±0.33	3.81±0.72	2.52±0.24	2.61±0.25	1.16±0.13	3.23
RT	2.67±0.23	26.72±3.45	58.30±6.42	53.57±6.00	17.37±2.16	31.73
RWF	3.26±0.14	14.59±1.37	70.00±8.85	73.90±8.93	8.59±0.97	34.07
RWE	6.28±0.34	7.02±0.42	4.23±0.32	4.24±0.38	3.73±0.43	5.10
LB	0.73±0.04	1.77±0.27	6.89±1.97	16.43±4.79	4.41±0.75	6.05
LT	17.03±1.57	33.79±3.62	20.64±2.69	26.96±5.51	5.64±0.94	20.81
LWF	2.27±0.20	8.01±0.95	16.07±1.85	13.82±1.63	5.08±0.55	9.05
LWE	5.43±0.43	5.29±0.36	9.33±0.95	16.75±2.27	11.80±1.46	9.72

表 4-9 木球選手上肢肌群在各分期之肌電振幅 (% MVC)

	上桿期	下桿期	下桿加速期	送桿前期	送桿後期	平均
RB	1.96±0.16	2.92±0.35	6.87±1.05	15.02±3.73	2.35±0.46	5.82
RT	1.66±0.17	15.61±2.48	29.15±5.34	23.47±4.70	14.97±2.24	16.97
RWF	7.32±0.61	10.85±3.74	22.48±3.97	52.93±5.84	31.12±2.73	24.94
RWE	15.25±1.15	3.12±0.97	3.68±0.53	16.39±2.36	7.76±1.93	9.24
LB	1.56±0.13	2.55±0.99	7.03±2.15	24.27±3.46	8.48±2.44	8.78
LT	12.38±1.09	22.70±6.81	33.43±5.90	21.59±4.96	4.31±0.94	18.88
LWF	12.63±1.55	22.16±6.54	32.95±2.75	36.25±6.12	27.58±5.41	26.31
LWE	27.53±1.53	9.39±1.45	13.17±2.24	31.70±2.22	24.36±2.15	21.23



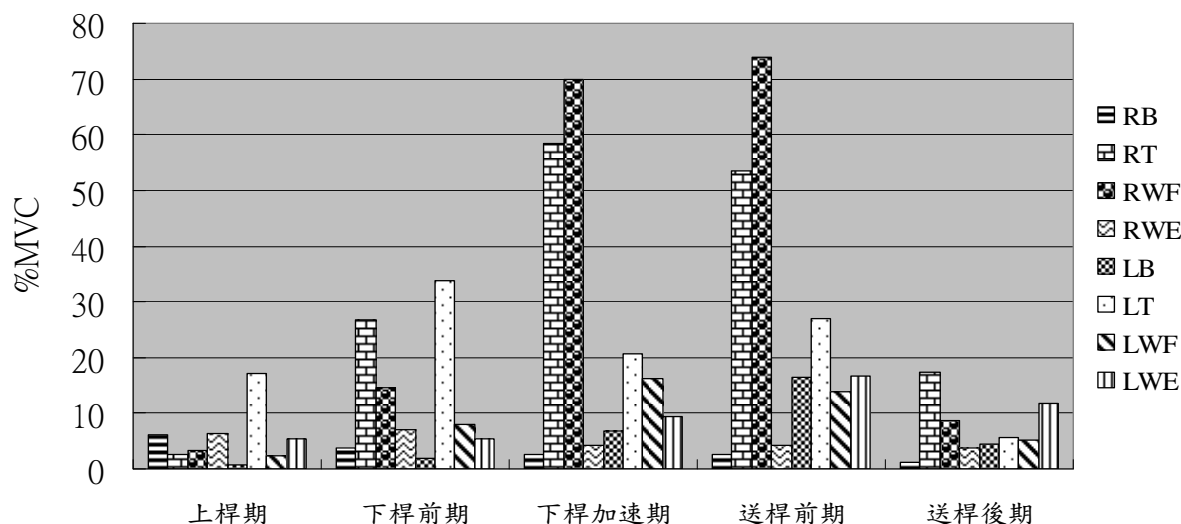


圖 4-11 高爾夫選手上肢肌群在各分期之肌電振幅

圖 4-11 顯示，高爾夫選手上肢肌群在揮桿過程中右手肱三頭肌與右手屈腕肌有較大的肌電振幅，特別是在下桿加速期與送桿前期，兩者肌電振幅均超過 50% 以上，結合表 4-8 發現也只有右手屈腕肌、右手與左手肱三頭肌在揮桿中肌電振幅平均超過 20%，顯示此為高爾夫揮桿動作中三個極重要的肌群。

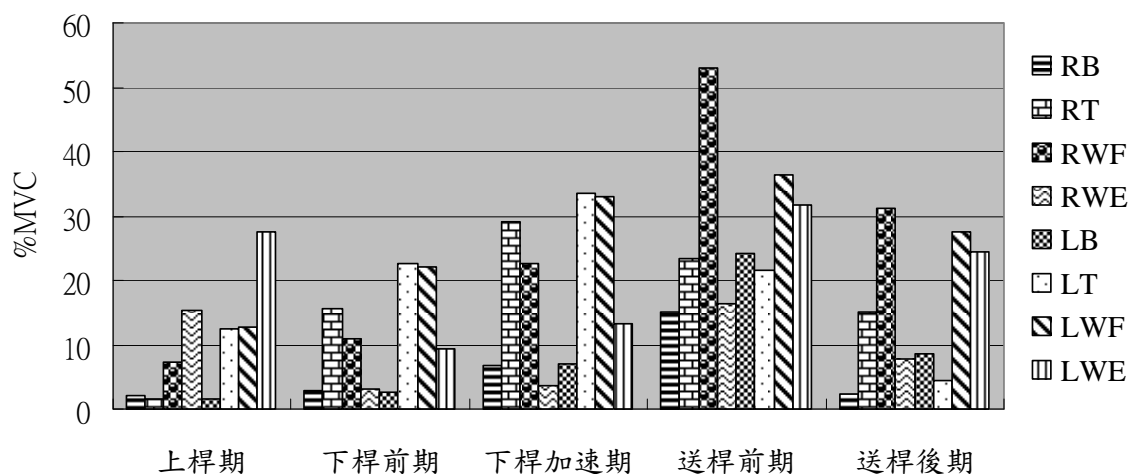


圖 4-12 木球選手上肢肌群在各分期之肌電振幅

圖 4-12 得知，木球選手的上肢肌群肌電除了右手屈腕肌在送桿前期比較例外，肌電振幅達 50%，結合表 4-9 發現大部分肌群肌電振幅平均皆在 15% 以上，比高爾夫選手產生較為平均且較高的肌電振幅，顯示木球選手肌群作用程度比高爾夫選手大一些。

## 二、高爾夫與木球選手上肢肌群在各動作分期平均肌電振幅之比較分析

### (一) 上桿期

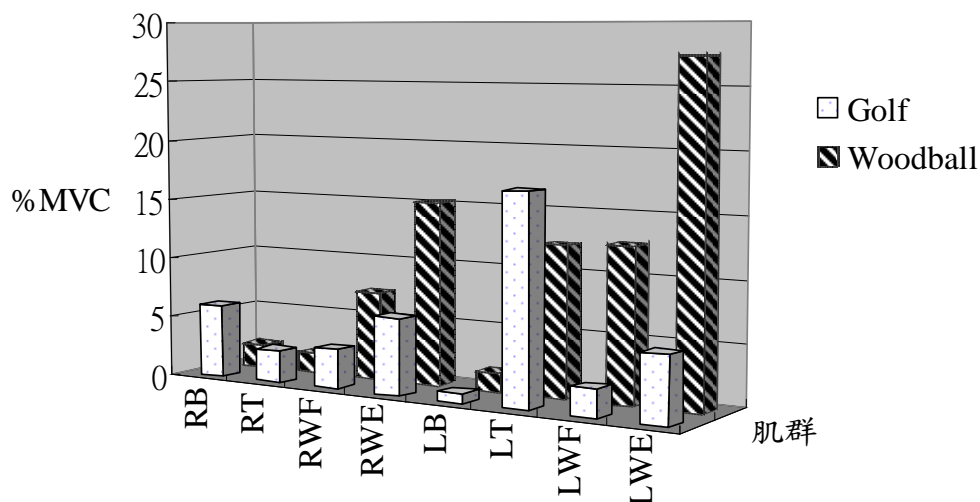


圖 4-13 上桿期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較

由圖 4-13 發現上桿期間，高爾夫選手於左手肱三頭肌呈現較高的肌電振幅，而木球選手其餘肌群則比高爾夫選手大，甚至右手伸腕肌與左手伸腕肌呈現較高的肌電振幅，與胡正明（2006）指出大專男、女高爾夫選手在上桿期呈現腕關節肌群首先活化有相類似的情形。

另外，從圖中發現木球選手在上桿時左手肌電振幅比右手大，表示左手支撐球桿的力量較大。因此整個上桿過程中，高爾夫選手主要以左手肱三頭肌施力上桿，而木球選手則因木球桿重量比高爾夫球桿重，因此腕關節需有較大的施力來穩定球桿，且有較大力量在左手。

### (二) 下桿前期

由圖 4-14 發現下桿前期，高爾夫選手與木球選手的上肢肌群肌電振幅皆比上桿期大。尤以高爾夫選手的右手與左手肱三頭肌肌電振幅較大，而木球選手較大肌電振幅依序為左手肱三頭肌、左手屈腕肌與右手肱三頭肌。胡正明（2006）

指出在下桿期加入前導手（左手）與後繼手（右手）肘關節的肱三頭肌活化來帶動手臂向下加速的動作的現象。因此本研究兩位選手也符合學者所述。

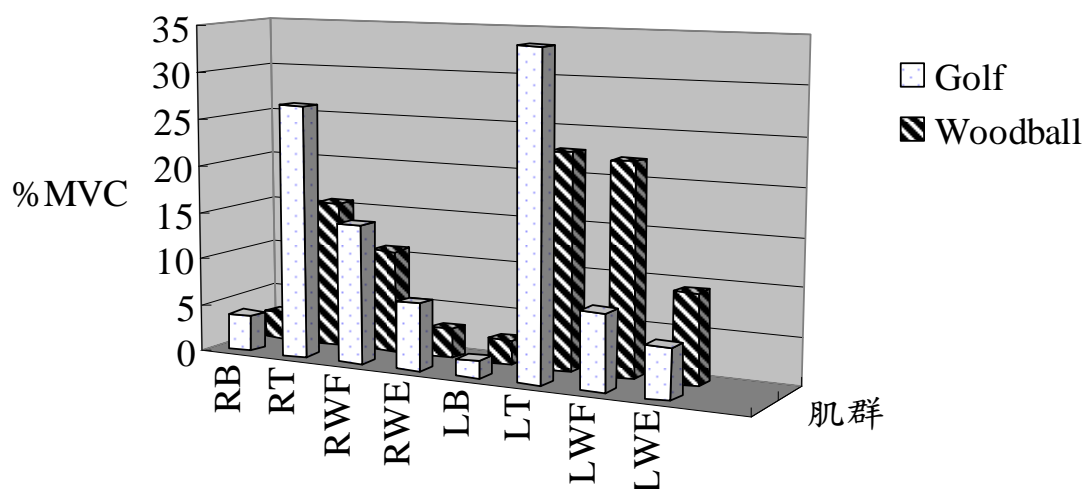


圖 4-14 下桿前期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較

### (三) 下桿加速期

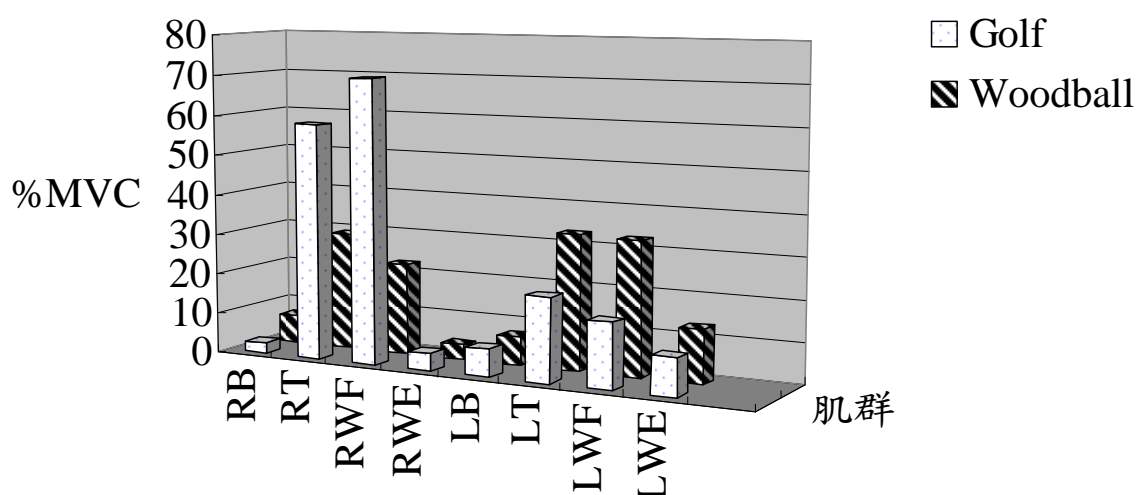


圖 4-15 下桿加速期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較

由圖 4-15 顯示下桿加速期，高爾夫選手以右手屈腕肌與右手肱三頭肌之肌電振幅超過 50% MVC，而木球選手則是較大肌電振幅依序仍為左手肱三頭肌、左手屈腕肌與右手肱三頭肌，跟上桿前期相類似，只不過上肢每個肌肉的肌電

振幅皆比下桿前期大。Naruhiko 等（1977）的研究提到下桿動作時會有手腕的釋放動作產生來增加桿頭的速度。因此高爾夫選手右手屈腕肌充分釋放，加速揮桿。而胡正明（2006）研究指出在下桿加速期，左手伸腕肌與右手屈腕肌呈現較高的活化情形。依據本實驗與學者的研究顯示，高爾夫選手會有手腕釋放的動作，而木球選手卻沒有出現。楊顏惠（2009）分析木球動作下桿時，雙手腕仍應維持置桿角度，以確保完全命中球體及避免手腕受傷，因此高爾夫與木球在下揮動作上最大之差異性為在擊球瞬間前高爾夫選手會有肌群用力來帶動加速揮桿動作，木球選手則需固定手腕。

#### （四）送桿前期

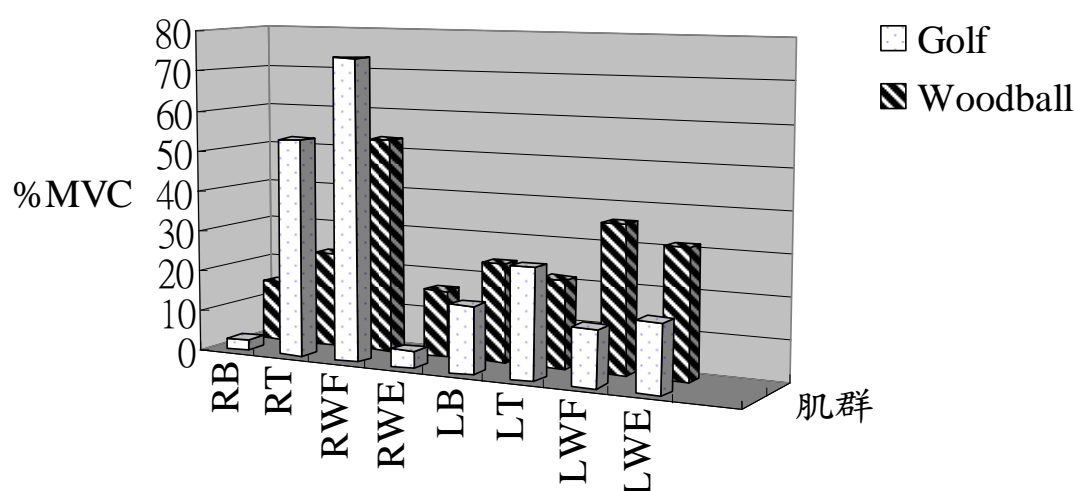


圖 4-16 送桿前期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較

由圖 4-16 送桿前期，發現高爾夫選手仍然以右手屈腕肌與肱三頭肌肌電振幅較大，且超過 50% MVC，而木球選手在此時右手屈腕肌也有超過 50% MVC，另外木球選手左手比高爾夫球選手左手肌電振幅大一些。木球選手雙手上肢肌肉肌電振幅比高爾夫選手較大，應是推送的動作和球桿的重量比高爾夫球桿重的原因，導致上肢肌群仍然持續保持比高爾夫選手大的作用狀態，以確保球桿的穩定。

## (五) 送桿後期

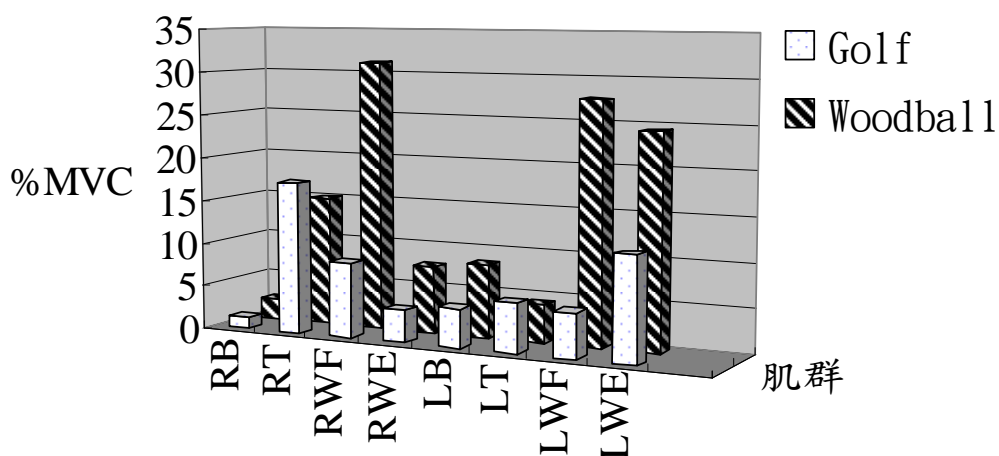


圖 4-17 送桿後期，高爾夫與木球選手上肢肌群之肌電振幅比較

由圖 4-17 送桿後期，非常明顯地發現木球選手除了右手肱三頭肌與左手肱三頭肌外，其餘上肢肌群肌電振幅皆比高爾夫選手來的大。顯示後續球桿收桿的動作，因木球球桿較重，導致上肢肌群的施力，方能持續固定整個收桿動作，而高爾夫選手則顯得放鬆許多。

### 三、上肢肌群最大肌電振幅出現時間及大小

如表 4-10，發現高爾夫與木球選手在各時期肌肉達最大振幅的情形，敘述如下：上桿時高爾夫選手右手肱二頭肌、左手肱三頭肌達最大振幅，下桿時加入右手伸腕肌、右手肱三頭肌，擊球瞬間為左手屈腕肌，送桿前期為右手屈腕肌，送桿後期為左手肱二頭肌、左手伸腕肌。木球選手則為上桿時左、右手的伸腕肌達最大振幅，下桿時木球選手右手肱三頭肌與左手肱三頭肌依序加入振幅最大值，擊球瞬間為左手屈腕肌，送桿前期為右手肱二頭肌、右手屈腕肌、左手肱二頭肌。而高爾夫球選手的上肢肌群最大振幅較大值為右手屈腕肌達 60.69%MVC，較小值為右手伸腕肌 9.87%MVC，木球選手的上肢肌群最大振幅較大值為右手屈腕肌達 60.69%MVC，較小值為右手肱二頭肌 17.03%MVC。

表 4-10 高爾夫與木球選手上肢肌群最大振幅出現時間及大小

	高爾夫			木球		
	最大振幅 (%MVC)	出現時間 (s)	出現時期	最大振幅 (%MVC)	出現時間 (s)	出現時期
RB	14.22±1.76	0.69±0.09	上桿期	17.03±4.45	1.49±0.03	送桿前期
RT	60.59±6.57	1.36±0.03	下桿加速期	30.91±4.95	1.39±0.03	下桿平行時
RWF	78.79±9.88	1.38±0.01	送桿前期	60.69±6.86	1.51±0.03	送桿前期
RWE	9.87±0.94	1.13±0.22	下桿前期	36.09±3.33	0.85±0.26	上桿期
LB	25.62±3.70	1.45±0.02	送桿後期	30.23±3.70	1.53±0.03	送桿前期
LT	57.56±7.53	1.05±0.04	上桿期	34.86±5.71	1.40±0.02	下桿加速期
LWF	17.23±1.80	1.37±0.07	擊球瞬間	44.96±16.15	1.44±0.46	擊球瞬間
LWE	46.61±8.85	1.49±0.02	送桿後期	40.27±2.40	0.98±0.66	上桿期

註：1. 高爾夫球選手 0-1.09 s 為上桿期、1.09-1.33 s 為下桿前期、1.33-1.37 s 為下桿加速期、1.37-1.43 s 為送桿前期、1.43-2.80 s 為送桿後期。

2. 木球選手 0-1.04 s 為上桿期、1.04-1.39 s 為下桿前期、1.39-1.44 s 為下桿加速期、1.44-1.55 s 為送桿前期、1.55-1.96 s 為送桿後期。

#### 四、上肢肌群之共同收縮型態

上肢肌群在肘關節部份將肱三頭肌視為作用肌，肱二頭肌為拮抗肌，腕關節部份將屈腕肌視為作用肌，伸腕肌為拮抗肌。計算作用肌與拮抗肌的比值（作用肌/拮抗肌）得到表 4-11 的結果。發現上桿期，高爾夫與木球選手除了左手肘關節比值大於 1，其餘皆小於 1，表示右手肘關節的肱二頭肌肌電振幅比肱三頭肌大，雙手腕關節的伸腕肌肌電振幅大於屈腕肌，而高爾夫選手的左手肘關節比值為 23.35，木球選手為 7.92，代表著肱三頭肌肌電振幅明顯大於肱二頭肌，且高爾夫選手肱三頭肌肌電振幅超出肱二頭肌甚多。

下桿前期，高爾夫與木球選手之雙手腕關節比值比雙手肘關節小，較接近於 1，因此腕關節有共同收縮之現象，而高爾夫左手肘關節依舊保持 19.14 的高比值，呈現肱三頭肌作用較大、肱二頭肌放鬆的情形。下桿加速期中，高爾夫選手的右手肘關節與腕關節比值迅速攀升，顯示右手肱三頭肌、右手屈腕肌增加右手的力量，且表 4-10 肌群最大振幅出現的時間為右手肱三頭肌 (1.36s)、右手屈腕肌(1.38s)，造成右手手臂有依肘關節、腕關節的順序加速揮桿的動作，而木球選手的關節活動則比起高爾夫選手，屬於較穩定的力量（比值較小）。

送桿前期，高爾夫選手之右手肘與腕關節依舊保持高比值，左手則趨於穩定球桿，而木球選手之雙手肘與腕關節比值皆趨近於 1，有共同收縮之現象。送桿後期則高爾夫選手右手肘關節比值變小為 14.94，右手肱三頭肌之平均肌電振幅有變小，但仍比肱二頭肌來得大。木球選手右手肘關節比值則變大，因送桿前期，右手肱二頭肌作用提升幫住穩定較重的球桿，所以此時比值接近 1，但送桿後期右手肱二頭肌再度放鬆，所以比值又變大。而在送桿中，高爾夫選手的左手腕關節比值小於 1，表示左手伸腕肌作用會大於屈腕肌，木球選手的左手肘關節比值小於 1，表示左手肱二頭肌作用會大於肱三頭肌。

表 4-11 高爾夫與木球選手上肢肌群共同收縮型態

關節	項目	上桿期	下桿前期	下桿加速期	送桿前期	送桿後期
右手肘	高爾夫	0.44	7.01	23.16	20.50	14.94
	木球	0.85	5.35	4.25	1.56	6.37
右手腕	高爾夫	0.52	2.08	16.54	17.43	2.31
	木球	0.48	3.48	6.10	3.23	4.01
左手肘	高爾夫	23.35	19.14	2.99	1.64	1.28
	木球	7.92	8.89	4.75	0.89	0.51
左手腕	高爾夫	0.42	1.51	1.72	0.82	0.43
	木球	0.46	2.36	2.50	1.14	1.13

## 第四節 結語

經過本研究，將兩位不同項目的優秀選手在揮桿動作上的生物力學比較整理如表 4-12，做為高爾夫球與木球揮桿動作之初步比較。

表 4-12 高爾夫與木球選手在揮桿動作上之生物力學比較

	高爾夫	木球	
運動學	揮桿時間	上桿較慢，下桿較快	上桿快一些，下桿較慢
	軸頂點	上桿頂點軸頂點微偏右	上桿頂點軸頂點微偏左
		擊球瞬間軸頂點在右	擊球瞬間軸頂點在右
	身體重心	上桿頂點重心在右	上桿頂點重心在右
		擊球瞬間重心微偏右	擊球瞬間重心微偏左
	身體旋轉角度	大。肩膀 279.0 度	小。肩膀 203.3 度
		骨盆 179.4 度	骨盆 111.4 度
桿頭速度	快。45.722 m/s	慢。29.440 m/s	
正面揮桿軌跡	下桿比上桿較偏內側	下桿比上桿稍偏外側	
側面揮桿軌跡	接近同一平面上	下桿前期會將桿頭往前移	
動力學	上桿頂點	右腳	左右腳，左腳較大些
	擊球瞬間	左右腳，右腳較大些	左腳
	送桿	左腳	左腳
上肢肌群	上桿期	左手肱三頭肌	左手伸腕肌
	下桿前期	左右手肱三頭肌	左手肱三頭肌、左手屈腕肌
	下桿加速期	右手屈腕肌 > 50%	左手屈腕肌
		右手肱三頭肌 > 50%	左手肱三頭肌
	送桿前期	右手屈腕肌 > 50%	右手屈腕肌 > 50%
		右手肱三頭肌 > 50%	右手肱三頭肌 > 50%
送桿後期	作用情形較小	作用情形較大	



## 第五章 結論與建議

### 第一節 結論

本研究主要的目的為分析高爾夫與木球選手在全揮桿動作之運動學、動力學、上肢肌群肌電之參數，並比較其差異，因此將實驗所得的結果分析討論後，得到以下幾點結論：

- 一、揮桿動作中的揮桿時間，高爾夫與木球選手皆需擁有自身穩定的節奏，採取上桿慢、下桿快的方式揮擊球，而由於高爾夫與木球揮桿的方式及球桿重量之不同等原因，造成高爾夫選手比木球選手上桿較慢、下桿較快。
- 二、身體旋轉上，高爾夫選手比木球選手製造更多旋轉；桿頭速度上，高爾夫選手的桿頭速度比木球快。然而本實驗的高爾夫選手較其他研究者之高爾夫選手慢，可以深入探究原因，幫助該選手提升球桿速度。
- 三、本研究的高爾夫與木球選手在揮桿動作上皆有高度的穩定度，及本身揮桿的特殊性。高爾夫選手在擊球瞬間，右腳比左腳有較大的地面反作用力，而木球選手在上桿頂點時重心雖在右，但軸頂點在左，有較大之地面反作用力在左腳，另外木球選手在下桿前期，揮桿軌跡會將桿頭往前移再下桿，並採擊球之側面，讓球以側旋的方式擊出。
- 四、上肢肌群肌電分析，高爾夫選手在上桿時以左手肱三頭肌為主，下桿加速期與送桿前期，為了增加桿頭速度，因此右手屈腕肌與右手肱三頭肌有較大的肌電振幅，加速手臂、手腕之動作；而木球選手以雙手伸腕肌帶動上桿，以雙手肱三頭肌帶動下桿，在送桿前期才有明顯右手屈腕肌的肌電振幅，另外送桿前期與後期，木球選手的肌群仍較高爾夫選手作用情形大，表示球桿的重量使得木球選手手臂必須付出更多穩定的力量。

## 第二節 建議

最後對於球友、選手、教練、研究者，有以下幾點建議：

- 一、本研究對於高爾夫與木球提出初步的比較，在同樣地皆是揮桿動作，但由於球桿、球、場地等物理因素上不同造成相異，但了解本研究後更可以在揮桿時間、軸頂點、身體重心、身體旋轉角度、揮桿軌跡、地面反作用力及上肢肌群的用力情形等影響揮桿的要素多加注意。
- 二、瞭解揮桿時手臂肌肉作用現象，左右手腕部及肘部肌群扮演著手腕的固定、手臂加速及維持揮擊動作手臂穩定度的角色，顯示手臂肌群主要扮演維持揮桿過程中手臂動作的穩定性以及協調性的角色。因此適度的手腕與上臂的肌力訓練是相當重要的，一方面可以產生較佳之揮桿速度與穩定度，一方面也可以降低手腕與肘部運動傷害的產生。
- 三、在後續研究方面，可以增加受試者，建立揮桿動作模式，更能確認高爾夫與木球的揮桿動作差異性；也可單純針對運動學、動力學、肌群肌電做更深入的研究；若有高爾夫與木球的技術表現皆在水準之上的選手進行實驗，應當更可了解兩者的差異。

## 參考文獻

### 中文部份

- 王建智 (1998)。高爾夫動作力學分析專欄。高球天下雜誌，95-99。
- 王建智、楊沛峰、相子元 (2004)。高爾夫揮桿的旋轉中心與擊球準確率關係。大專體育學刊，6 (2)，201-211。
- 王麗珠 (譯) (1997)。伍茲強力揮桿秘笈。台北市：商業周刊文化。(John Andrisani,1997)
- 田政文 (2005)。優秀女子木球選手揮桿動作個案分析。未出版碩士論文，私立中國文化大學，台北市。
- 石翔至、翁焜煌、陳文雄 (2007) 影響高爾夫開球之桿頭速度和擊球距離因素探討。大專高爾夫學刊，4，8-18。
- 余奕德 (2005)。高爾夫揮桿動作定性分析研究。未出版碩士論文，國立中正大學，嘉義縣。
- 吳育雯 (2001)。高爾夫揮桿之軀幹旋轉軸運動模式。未出版碩士論文，國立成功大學，台南縣。
- 宋定衡 (2003)。高爾夫 GOLF。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 李文姬 (2005)。木球之運動科學應用與技術之探討。大專體育，79，22-28。
- 李睿 (2008)。高爾夫揮桿技術常見錯誤分析。長治學院學報，25 (2)，53-54。
- 姜榮彬 (2006)。中老年人從事休閒高爾夫運動之心率變異及步行次數與擊球成績之關係。未出版碩士論文，國立台灣體育學院，台中縣。
- 胡正明 (2006)。優秀大專高爾夫選手揮桿動作過程手臂肌肉活動模式探討。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 張宏亮 (1999)。木球與高爾夫球差異。學校體育，9 (5)，60-60。
- 曹雅琴 (2006)。論高爾夫球的啟源與發展。體育文化專刊，80-82。
- 許義章 (2005)。高爾夫球選手不同擊球點揮桿擊球之運動力學特性分析。北體

- 學報，13，108-122。
- 許樹淵（1997）。生物力學在木球運動上的應用。《體育與運動》，104，11-15。
- 許樹淵（1997）。《運動生物力學》。台北市：合記圖書出版社。
- 陳邦賢（2000）。高爾夫揮桿過程重心移位模式與揮桿好壞之相關性分析。未出版碩士論文，國立成功大學，台南縣。
- 陳盈秀（2004）。木球運動介入對榮家老人壓力改善之研究。未出版碩士論文，國立台灣體育學院，台中縣。
- 陳進財（2002）。高爾夫球運動之科學理論與技術應用。台北市：品度。
- 童文俊（1997）。職業高爾夫球選手尼克佛度一號木桿揮桿動作分析。《成大體育》，10，1-16。
- 楊沛峰（2001）。高爾夫揮桿旋轉中心的位置與擊球準確度的關係。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 楊佳元（2005）。優秀大專女子高爾夫選手其上肢等速肌力與桿頭速度之相關探討。《大專體育學刊》，7（1），191-199。
- 楊昌展（2006）。木球揮桿動作的桿頭軌跡之運動學分析。《木球運動》，13，57-59。
- 楊顏惠（2009）。《木球》。台北市：四章堂。
- 劉玉仁（2000）。高爾夫揮桿技術之肌力訓練。《成大體育》，34，56-63。
- 劉玉仁、周有禮、羅世忠（2000）。高爾夫揮桿動作之運動學與動力學分析。《體育學報》，29，179-188。
- 劉玉仁、周有禮、羅世忠（2002）。高爾夫揮桿動作中下桿啟動之下肢肌電訊號分析。《體育學報》，33，65-74。
- 劉玉仁、邱宏達（2006）。不同站姿於高爾夫揮桿過程之地面反作用力探討。《成大體育》，39（4），18-29。
- 藍于青（2000）。高爾夫揮桿動作之力學應用。《大專體育》，51，129-134。

## 英文部份

- Cerra, G. J. (1975) . *Scientific analysis of the golf swing*. Golf: A positive approach. Addison Wesley publishing company. Inc.
- Cram, J. R., Kasman, G.S., Holtz, J. (Eds.) . (1998) . *Introduction to Surface Electromyography*. Maryland: Aspen.
- Faldo, N. & Simmon, R. (1997) . *A Swing For Life*. New York: Penguin Books.
- Foston, P. (1996) . *The Encyclopedia of Golf Techniques*. London: Courage Books.
- Hosea, T. M., Charles, J., & Gatt, J. (1996) . Back pain in golf. *Clinics in Sports Medicine*, 15 (1) , 37-53.
- Kawashima, k. (1998) . The biomechanics of golf swing: A practical application to golf swing by weight transfer loci. *Japanses Journal of Golf Science*, 1 (1) , 34-40.
- Linda, K. B., & DeDe, O. (1984) . *Golf: Better Practice For Better Play*. Leisure Press, Champaign linois, USA.
- Nicklaus, J. (1976) . *Golf My Way*. London: Pan Books Ltd.
- Norman, G. (1995) . *Advanced Golf*. Boston: C. E. Tuttle Co.
- Pink, M., Perny, J. & Jobe, F. W. (1993) . Electromyographic analysis of the trunk in golfers. *The American Journal of Sports Medicine*, 21 (3) , 385-388.
- Richards, J., Farrell, M., Kent, J., & Kraft, R.(1985) . Weight transfer patterns during the golf swing. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 56, 361-365.
- Turner, A. B., & Hills, N. J. (1998) . A three-link mathematical model of the golf swing. *Golf Congress III*, 3-12.
- Williams, K.R., Cavanagh, P.R.(1983) . The mechanics of foot action during the golf swing and implications for shoe design. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 15. 247-255.

## 附錄一

## 受試者基本資料與同意書

您好：

我目前正在進行一項關於高爾夫球與木球全揮桿動作的生物力學分析研究，為了研究需要，希望徵求您的同意參與本次研究。

本研究目的是為了分析全揮桿過程中，所得到的運動學、動力學、肌電資料，以瞭解揮桿動作的影響因素。為使實驗過程順利，並增加實驗的準確性，希望您能在測試時盡其所能表現。如果實驗期間您改變意願，請您即時通知研究者，且可以隨時退出實驗而不受任何限制。

若您已瞭解上述有關事宜，且願意參加本研究，請您填寫您的個人資料表，並在下表簽名欄內簽名。謝謝合作！

=====

基本資料

身高：\_\_\_\_\_ 年齡：\_\_\_\_\_

體重：\_\_\_\_\_ 球齡：\_\_\_\_\_

成績表現：

受試者簽名：\_\_\_\_\_

日期：中華民國\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

研究者： 陳勇升

聯絡電話： 0927060356

## 附錄二

## 反光球說明表

部位	反光球代號	反光球位置	部位	反光球代號	反光球位置
頭部	LFHD	頭左前方	骨盆	LASI	髌骨左前方
	RFHD	頭右前方		RASI	髌骨右前方
	LBHD	頭左後方		LPSI	左髌後上棘
	RBHD	頭右後方		RPSI	右髌後上棘
左手臂	LSHO	左手肩峰	右手臂	RSHO	右手肩峰
	LUPA	左手上臂		RUPA	右手上臂
	LELB	左手肘外側上髌		RELB	右手肘外側上髌
	LFRA	左手前臂		RFRA	右手前臂
	LWRA	左手橈骨前髌		RWRA	右手橈骨前髌
	LWRB	左手尺骨前髌		RWRB	右手尺骨前髌
	LFIN	左手食指第三指骨基部		RFIN	右手食指第三指骨基部
左腳	LTHI	左腳大腿	右腳	RTHI	右腳大腿
	LKNE	左腳膝蓋股骨外髌		RKNE	右腳膝蓋股骨外髌
	LTIB	左腳脛骨		RTIB	右腳脛骨
	LANK	左腳腳踝腓骨外側		RANK	右腳腳踝腓骨外側
	LHEE	左腳腳後跟		RHEE	右腳腳後跟
	LTOE	左腳趾頭		RTOE	右腳趾頭
軀幹	C7	頸椎第七節			
	T10	胸椎第十節			
	CLAV	鎖骨			
	STRN	胸骨			
	RBANK	背部後右方(判別左、右方的特殊點)			

## 個人小傳

作者姓名：陳勇升

出生日期：70 年 4 月

出生地：臺灣省彰化縣

主要學歷：國立臺灣師範大學體育學系畢業（民國 92 年）

國立臺灣師範大學體育研究所畢業（民國 98 年）

學術著作：

（一）2008 年國立台北教育大學體育學術研討會海報發表

優秀女子排球選手跳躍發球之運動學分析（發表日期：97 年 5 月）

（二）北縣體育期刊第 26 期

高爾夫球揮桿動作之運動學分析（發表日期：98 年 12 月）