

國立臺灣師範大學體育學系
碩士學位論文

大專棒球選手在不同擊球高度下
之揮棒動作分析

研究生：莊博堯
指導教授：張家豪

中華民國一〇〇年七月
中華民國臺北市

大專棒球選手在不同擊球高度下之揮棒動作分析

2011 年 7 月

研究生：莊博堯

指導教授：張家豪

摘要

目的：瞭解不同層級棒球打者在四種不同高度擊球時，揮擊期的動作過程差異。**方法：**受試者為大專甲一級棒球選手 10 名、甲二級棒球選手 10 名，共 20 名球員(年齡： 22.85 ± 2.37 歲、 174.65 ± 6.18 公分、 70.01 ± 7.19 公斤)。以 Vicon MX13⁺紅外線攝影機 10 台，與兩塊 KISTLER 測力板同步收集揮棒過程的 3D 影像及力值資料，並搭配 FASTEC 高速攝影機一台，拍攝球飛行之影像。資料處理以 Nexus 與 Kwon 3D 軟體分析打者揮擊期的運動學與動力學參數，並使用混合設計二因子變異數分析考驗不同層級打者及不同擊球高度下的參數差異，顯著水準設為 $\alpha=0.05$ 。**結果：**甲一級打者在揮擊期中有較大的前腳前後方向地面反作用力峰值(0.61 倍體重 >0.47 倍體重)及更早的前腳前後方向與垂直地面方向反作用力峰值發生(前後方向： $68.81\%<76.15\%$ ；垂直地面方向： $71.35\%<80.58\%$)，也有更快的棒頭速度與擊球初速之發揮(最大棒頭合速度： $30.92\text{m/s}>27.37\text{m/s}$ ；擊球初速： $31.49\text{m/s}>27.74\text{m/s}$)。而無論是甲一級或甲二級打者，高位置擊球相較於習慣位置與中間位置有較慢的速度表現(擊球初速： $28.09\text{m/s}<30.34\text{m/s}$ ；最大棒頭合速度： $27.65\text{m/s}<29.73\text{m/s}$ ；最大骨盆角速度： $578.80^\circ/\text{s}<623.95^\circ/\text{s}$)。且在揮擊低球過程中有最大的肘關節角度；而在揮擊高球過程中則有最大的膝關節角度。**結論：**大專棒球打者在面對四種不同高度球情境時會有揮棒動作策略上與動作機制的差異；而在揮擊高球與低球的動作過程中差異最明顯；相較於甲二級打者，甲一級打者有較快的揮棒速度與擊球初速。

關鍵詞：揮擊、運動學、地面反作用力、揮棒速度

Motion analysis of collegiate baseball players in different swing height tasks

July, 2011

Graduate student : Po-Yao Chuang

Advisor : Jia-Hao Chang

Abstract

Purpose : To realize the batting differences between two levels of baseball batters in four kinds of hitting height. **Methods :** Ten collegiate 1st level baseball players and ten collegiate 2nd level baseball players participated in this study. (22.85±2.37 years, 174.65±6.18 cm, 70.01±7.19 kg). A 3D motion analysis system (Vicon MX13+ Oxford Metrics Ltd., Oxford, England) and two force plates (40×60 & 60×90 cm², Kistler, Winterthur, Switzerland) were respectively used to collect human kinematic data and ground reaction force synchronously during batting. In order to calculate the ball speed by Kwon 3D software, a FASTEC high speed camera was use to take the image of ball. Nexus software was used to analyze the human kinematic and kinetic parameters of batters during batting. The differences between two levels and the differences among four hitting heights were tested by two-way mixed design ANOVA. Significant level was set at $\alpha=.05$ in this study. **Results :** The batters of 1st level revealed greater peak GRF in anterior-posterior direction (0.61BW>0.47BW), earlier appearing timing of peak GRF in anterior-posterior and vertical direction on fore foot (anterior-posterior direction: 68.81%<76.15% , vertical direction:71.35%<80.58%), faster speed of the bat head and faster ball exit velocity than batters of 2nd level (the maximum speed of the bat head:30.92m/s>27.37m/s , ball exit velocity:31.49m/s>27.74m/s). Batters of both levels revealed slower ball exit velocity, maximum speed of bat, maximum angular velocity of pelvis in high hitting position than accustomed hitting position and middle hitting position. Moreover, the elbow angle was the greatest at low hitting position, and the knee angles of both legs were the greatest at high hitting position. **Conclusion :** Collegiate baseball batters showed the difference in swing motion among four hitting heights, and the differences were larger between high and low hitting position. Furthermore, the batters of 1st level revealed faster swing speed and ball exit velocity.

Keywords : swing, kinematics, ground reaction force, swing speed

謝誌

研究所的兩年生活，並不是一段很長的時間，過程中充滿著許多艱辛與挑戰，若沒有指導教授張家豪老師在旁督促教導，我必然無法在迷霧之中找到方向，並於修業期限內順利完成論文。兩年的研究階段，我從中學到獨立思考與解決問題的能力，也在研究室團隊的互助合作之下，使我對運動科學的研究有更深刻的認知與了解，這些學習經驗將有助於我未來在工作發展上更具有競爭性。

非常感謝我的論文口試委員黃長福老師與彭賢德老師，對於實驗與論文寫作上提供許多實質的建議與指正，使本論文能更加完備。同時也要感謝陳錦龍老師在運動統計課程上給予我很多統計知識方面的指導，使我在數據分析上能了解其中的意義。此外，我要感謝耀庭學長、宣霖學長、尹鑫學長在實驗過程、儀器操作及論文寫作上給予很多幫助與指導，也要感謝學弟妹們從旁協助整個實驗的進行，最後，特別感謝棒球隊的同學踴躍地參與本研究，因為有你們，本論文才得以順利完成。也感謝本校棒球隊陪我度過這兩年的求學生涯，使我在研究遇到瓶頸時，能夠找到紓解壓力的管道。也謝謝李恆儒老師與陳金茂教練在百忙之中仍抽空來訓練我們的球技與體能，更增添我對棒球的熱愛。

求學階段結束將邁向人生下一個旅程，由衷地感謝我的家人，這一路走來有你們的支持與鼓勵，讓我有勇氣朝目標邁進。

目次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	vii
第壹章 緒論	1
第一節 問題背景.....	1
第二節 研究問題.....	3
第三節 研究目的.....	3
第四節 研究假設.....	4
第五節 研究範圍.....	4
第六節 研究限制.....	4
第七節 名詞操作性定義	5
第八節 研究的重要性	6
第貳章 文獻探討	8
第一節 揮棒速度與時間相關文獻	8
第二節 揮棒軌跡相關文獻	9
第三節 打擊重心相關文獻	11
第四節 打擊肘關節、膝關節角度相關文獻	12
第五節 文獻結語	14
第參章 研究方法與步驟	15
第一節 研究對象.....	15
第二節 實驗時間與地點.....	15
第三節 實驗儀器與設備.....	16
第四節 實驗設計.....	18
第五節 實驗場地佈置	19
第六節 實驗流程說明	22
第七節 實驗資料處理與分析.....	23
第八節 統計分析.....	26

第肆章 結果與討論	27
第一節 擊球高度與擊球成功率之分析.....	27
第二節 揮棒時間、最大棒頭合速度與其產生時序、擊球初速、揮擊期之最大 骨盆角速度與其產生時序之分析.....	29
第三節 身體重心、棒頭位移及棒頭到達軌跡最低點時序之分析.....	34
第四節 前腳著地瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度之分析.....	41
第五節 擊球瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度、角速度之分析.....	45
第六節 揮擊期之地面反作用力分析.....	54
第伍章 結論與建議	61
引用文獻	63
附錄一 受試者同意書	67
附錄二 受試者基本資料表	68
個人小傳	69

表次

表 3-1	實驗參與者基本資料	15
表 4-1	打者擊球高度	28
表 4-2	擊球成功率	28
表 4-3	揮棒時間	29
表 4-4	最大棒頭合速度	30
表 4-5	棒頭到達最大合速度之時間點	31
表 4-6	擊球初速	32
表 4-7	揮擊期之最大骨盆角速度	33
表 4-8	揮擊期之最大骨盆角速度產生之時間點	34
表 4-9	揮擊期身體重心前後位移	35
表 4-10	揮擊期身體重心內外位移	36
表 4-11	揮擊期身體重心上下位移	36
表 4-12	揮擊期身體重心合位移	37
表 4-13	棒頭向外位移	38
表 4-14	棒頭向下位移	39
表 4-15	棒頭合位移	40
表 4-16	棒頭到達最低點之時間點	41
表 4-17	前腳著地瞬間之前膝關節角度	42
表 4-18	前腳著地瞬間之後膝關節角度	43
表 4-19	前腳著地瞬間之骨盆角度	43
表 4-20	前腳著地瞬間之前肘關節角度	44
表 4-21	前腳著地瞬間之後肘關節角度	45
表 4-22	擊球瞬間之前膝關節角度	46
表 4-23	擊球瞬間之後膝關節角度	47
表 4-24	擊球瞬間之骨盆角度	49
表 4-25	擊球瞬間之前肘關節角度	50
表 4-26	擊球瞬間之後肘關節角度	51
表 4-27	擊球瞬間之前肘關節伸展角速度	52
表 4-28	擊球瞬間之後肘關節伸展角速度	53
表 4-29	前腳著地瞬間之後腳垂直地面反作用力	54
表 4-30	揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力	55
表 4-31	揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力產生之時間點	56
表 4-32	揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力	57
表 4-33	揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力產生之時間點	58
表 4-34	擊球瞬間之前腳前後方向地面反作用力	59
表 4-35	擊球瞬間之前腳垂直地面方向反作用力	60

圖次

圖 1-1 打擊動作過程連續圖	6
圖 3-1 VICON 攝影機.....	16
圖 3-2 測力板	17
圖 3-3 打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖	20
圖 3-4 實驗場地佈置圖	21
圖 3-5 Plug-in-Gait 貼點方式	25

第壹章、緒論

第一節 問題背景

棒球是一種結合攻擊與防守的技術性運動，而攻擊是積極的，防守是被動性的。攻擊中又可分為打擊和跑壘兩項，其中打擊技術更是左右球賽輸贏的關鍵，無論一個球隊在防守上多麼出色，如果沒有良好的打擊作為後盾，要贏得一場比賽是相當艱難的，因此打擊的優劣可作為一支棒球隊的戰力指標。

過去關於國內棒球打擊的研究大都著重於不同打擊站姿以及使用不同重量球棒對於揮棒速度的影響，或是探討不同訓練方法對打擊成績的效果。李明憲、郭紘嘉、呂子平與劉峻狼(2005)就棒球不同打擊站姿揮棒速度之比較分析研究中發現，開放式打法之揮棒速度略優於平行式打法與封閉式打法，但三種不同站姿的揮棒速度平均數的兩兩比較下均未達到差異顯著水準；劉強、龔榮堂與相子元(2003)以球棒重量對肌肉活性之影響的觀點研究中建議選手在揮空棒訓練時可提升球棒重量，增進揮棒速度；李明憲(2002)指出基本體能訓練可提升打擊成績，增進比賽時的發揮。雖然相關的棒球打擊研究陸續出現，也給予很多實質的助益，但國內的教練與選手仍然欠缺關於揮棒動作的資訊，因而無法有效提升選手的打擊技術與表現，加上打擊的揮擊期相較於打擊準備期與跨步期更接近擊球的時機，因此對於打擊表現更為重要，針對此現象，本研究將從棒球打擊動作的揮擊期切

入，探究影響打擊過程的關鍵要素。

過去曾有文獻論述棒球打擊技術是所有運動項目中最難執行的技巧之一(DeRenne et al., 2008 ; DeRenne, 2007 ; Race, 1961)。的確，世界上沒有一項運動能像棒球打擊一樣，打者在打擊區內十次揮擊，只有三次成功揮擊出安打仍被稱為不錯的打者，有四成以上的打者被稱為極優秀的打者，可見棒球打擊動作的複雜性與技巧性極高。一般而言，人體動作的產生是導因於對外在環境施予一力量，打擊者就是藉由跨步方式施予地面的力，來帶動身體肢段的移動，而此力量的反應就稱為地面反作用力。地面反作用力對於打者在打擊期間身體和球棒的旋轉、力量的轉移非常重要。因此，對於瞭解整個打擊動作的系統及有關打擊期間地面反作用力層面是相當重要的(Messier & Owen, 1985)。

此外，打者在跨步至揮擊過程中必須配合投手出手的時間差，當球至適當的揮擊範圍時，瞬間扭轉身體帶動球棒加速，最後將球擊出。而在這過程中重要的關鍵就是打者本身必須對來球之空間位置做出判斷，特別是當來球高度位置若有所差異，打者勢必要調整本身的揮棒動作去擊球，以求得良好的擊球效果。然而現在許多教練們往往都只著重於打者的揮棒速度與面對來球時間差的掌握，卻忽略了揮棒動作與擊球位置的空間性要素，因而產生了一些打擊上的死角。針對此缺失，我們必須加強打者對於不同空間位置擊球的觀念與能力，特別是當打者面對不同高度的來球時，

其揮擊動作與方式要如何去應變，揮棒軌跡該如何調整，才能有效的將球擊出，便是我們應去了解的課題。因此打擊者對於不同高度球揮擊過程的生物力學參數是否有所差異，值得我們深入探討與分析，研究過程中所獲得的資訊可提供教練在訓練選手打擊時之參考。

第二節 研究問題

根據問題背景所述，打擊的表現決定於揮棒速度、對於不同空間位置擊球的能力及揮棒軌跡等要素所影響，因此本研究主要探討棒球打擊者在面對四種不同高度球情境時是否在成功揮擊之下而有不同的揮棒動作策略（最大棒頭合速度與擊球初速、揮棒時間、到達棒頭軌跡最低點與最大棒頭合速度之時間點、揮棒過程身體重心位移及棒頭位移、關節角度與角速度參數、地面反作用力）。

第三節 研究目的

本研究主要在瞭解不同層級棒球打者在四種不同高度擊球時，揮擊期的動作過程差異；藉由對骨盆、膝、肘關節的角度與角速度、重心變化、揮棒軌跡以及地面反作用力的分析，探討不同擊球高度對大專棒球選手揮棒動作造成的影響，並提供打者做為打擊訓練的參考。

第四節 研究假設

- 一、大專棒球打者在面對四種不同高度球情境時會有揮棒動作策略上與動作機制的差異。
- 二、大專棒球打者在面對高位置球情境與低位置球情境之揮擊比較時會有較大的運動學與動力學參數的差異。
- 三、大專甲一級打者相較於甲二級打者在四種高度球情境的揮擊過程中會有較快的關節角速度與揮棒速度產生。

第五節 研究範圍

本研究的對象為健康且半年內無受傷記錄的大專甲一級棒球選手 10 名、甲二級棒球選手 10 名，共 20 名球員參與此研究。這些選手熟練基本打擊動作，讓每位選手分別進行四種不同高度位置(高、中間、低與習慣位置)的擊球測驗。

第六節 研究限制

本研究為針對大專棒球選手進行揮擊四種不同高度球情境的測驗，有以下幾點限制：

- 一、本研究測驗時使用定點擊球的方式，與真實比賽情境打者揮擊投手投來之球不同，因此無法考驗打擊者揮擊時機的啟動差異，可能會導致

數據上些許的不同。

- 二、本研究對象為大專棒球打者，實驗所得之結果無法完全套用於所有層級的選手上，可能會有數據些許的偏差。

第七節 名詞操作性定義

- 一、球座：固定球的高度，讓受試者進行揮擊。
- 二、好球帶：中華民國棒球規則 2.73 中規定：「好球帶以擊球員之肩部上緣與球褲上緣之中間平行線作為上限，以膝蓋下緣作為下限，通過本壘板上方之空間者稱之。」
- 三、打擊動作分期：打擊動作過程主要分成四個時期，依序為預備期(打擊準備站姿至前腳離地瞬間)、跨步期(前腳離地瞬間至前腳著地瞬間)、揮擊期(前腳著地瞬間至球棒接觸球的瞬間)、餘勢動作期(擊球後的動作延伸過程)。(圖 1-1 為打擊動作過程連續圖)
- 四、棒頭軌跡：擊中球前球棒棒頭的行進路線。
- 五、成功揮擊：乃是將球座的球準確擊出，使球以平飛軌跡進入打擊球網目標區的過程。

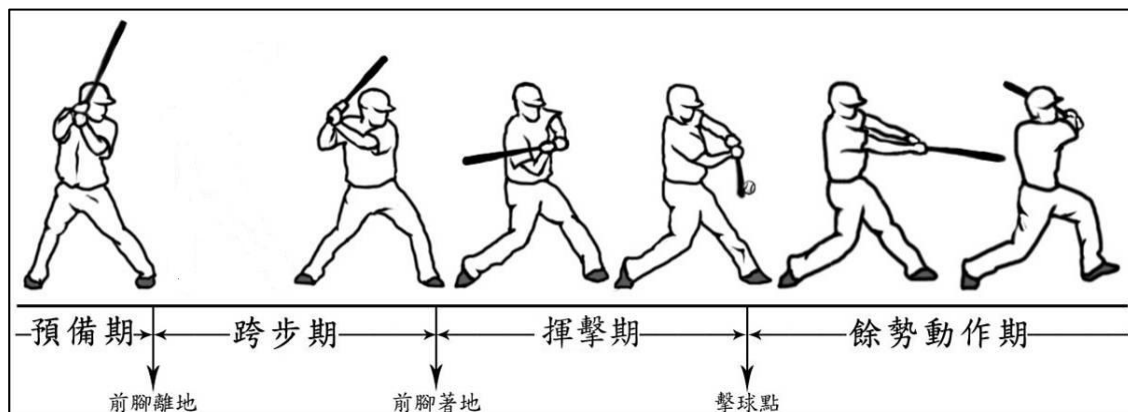


圖 1-1 打擊動作過程連續圖

第八節 研究的重要性

現今棒球運動趨勢越來越強調主動、積極進攻，經常可見利用速度破壞力壓迫對手的情形，例如藉由跑壘速度、揮棒速度的展現來增加守方守備壓力。在打擊這個環節上，更強調揮棒技巧的全面性，因此打擊者光有積極的揮擊意識仍然是不夠的，必須兼具良好的好球帶邊緣位置的揮擊能力才可增添安打或長打的機會，而在這個前提之下，我們必須要先了解當打者面臨不同空間位置的球時，該採用什麼揮擊策略與動作去因應，才能產生較佳的揮擊效果？此外，棒球比賽中常會應用一些打跑戰術的策略，在這個戰術執行之下，打者勢必要想盡辦法去揮擊投手所投出的任何球，來保護與推進壘上的隊友，因此打擊者必須增進本身對於球行進方向與空間位置的判斷與揮擊能力，特別是當面對不同高度位置的球時，在執行揮棒過程中應如何做細部上的變化與調整就顯得格外重要，若能釐清此機

制，再配合相關的打擊訓練，相信打擊表現將能有所突破。

從以往的經驗得知打擊者積極主動的出棒才不會錯失長打的機會，並增添得分的契機，而積極主動的揮擊觀念之中也必須有一個全面性的揮棒動作技巧做配合，才會產生不錯的攻擊效果。棒球運動的投手板距離打擊區為 18.44m，投手球離手後到本壘板大約只有 0.5 秒的時間，這是個瞬間的過程，在這麼短的時間內打者勢必要根據投手球路軌跡判斷是否揮棒與完成打擊動作，而打者在此時間之內能針對高球、中間位置球、低球做出成功之擊球可稱作良好的揮擊，如此將能使守備一方產生莫大的壓力。另一方面，棒球比賽當中，好球帶的高度範圍相當廣，對於打者的揮擊必定是一大挑戰，因此提升打者具備揮擊高、中、低不同高度位置能力更是迫切的任務，而在這個原則之下，我們必須要先了解在有效揮擊高球、中間高度位置與低球時，打者揮擊的動作過程有什麼生物力學特徵與差異，藉以辨別揮擊三種不同高度時，應以什麼動作策略與技巧去攻擊，才能產生較佳的擊球效果，研究後所得之資訊可提供給教練與選手作為打擊訓練之參考。

第貳章、文獻探討

第一節 揮棒速度與時間相關文獻

以碰撞原理中的動量守恆定理得知，揮棒速度與球的初速度 (ball exit velocity) 會影響球的飛行距離，有較佳的直線揮擊速度，就能增加球的初速度，因此打擊者揮棒速度越快，在其它條件不變的情形下，球撞擊後飛行的速度就越快，球飛行的距離也就越遠 (Brody, 1986 ; Elliott & Ackland, 1982 ; Adair, 1990 ; Mitchell, Jone & King, 2000 ; Sprigings & Neal, 2001 ; Nicholls & Elliott, 2003)。Robert (1990) 在揮棒速度和碰撞後球的飛行距離之研究也提到兩者間呈現完全正相關之關係，由此可知揮棒速度之重要性。另外，Breen (1967) 在分析美國大聯盟選手的揮擊時間研究中，比較其出賽的打擊率與揮棒時間的相關因素，研究指出揮棒的擊球時間可做為美國大聯盟選手打擊優劣之指標，學者並發現美國大聯盟打擊率不及三成的選手，平均有較長的揮棒時間及較短的決策時間；打擊率達三成的選手，則有較少的揮棒時間及較長的決策時間。松井秀治 (1981) 野球的科學一書中也指出：美國大聯盟三百名以上選手的揮棒時間以球離開投手之後至打擊者擊到球的平均時間為 0.54 秒，而揮棒平均時間為 0.28 秒。另外在日本的中日龍隊為受試對象測試揮棒時間，平均揮棒時間為 0.26 秒，其中優秀選手王貞治的揮棒時間為 0.21~0.22 秒。因此一位好的打擊者會盯著投手投出之來球，直到球與球棒接觸的那一剎那為止，揮棒速度快的打者，

使他有較多時間去觀察來球飛行狀況與球種，以調整打擊動作和判斷是否要揮棒(Williams, 1986)。因此，在其它條件不變的情形下，一個揮棒速度快的打擊者，相對於揮棒速度慢的打者有較多的時間觀察投手投球的球路與軌跡，這是一大優勢。此外，揮棒速度越快，球棒撞擊球之後球的飛行速度也越快，球飛行的距離也就越遠，長打出現的機率就大為提升了。而棒球比賽中，投手不可能每一球都投至相同的區域，其投球至好球帶上空的高度落差可能會很大，因此打擊者必須具備不同高度位置球的揮擊能力，特別是中間位置球以外區域的揮擊過程更應加以訓練，在此之前有必要了解打擊者對於不同高度位置球的揮擊速度是否有所差異？又或者不同的選手間在面對不同高度位置球情境時有不同的揮棒速度特徵？藉由此觀察打者在面對不同高度位置球情境下揮棒速度的表現，可以找出適合打者的攻擊位置與範圍，此訊息將能應用於比賽中的打擊策略上。

第二節 揮棒軌跡相關文獻

田中慎太郎 (2004)在其野球打擊練習一書中指出要打出強勁的飛球、全壘打等長打，則必須採用水平的揮棒軌跡。陳國華 (1980)指出，內角球的擊球點須在較前方擊中球（來球方向），外角球的擊球點則相反，正中球揮擊球點較本壘板前緣平行線正上方，高球須在較前方之處做水平揮擊，低球的擊球點則較近，並且要求整個揮棒過程盡量水平。許樹淵 (1976)

提出，球棒揮擊軌跡是由弧線變為直線，最有力 and 有效的打擊位置是揮棒弧形變為直線行之瞬間擊球。過去偉大的職業棒球打者之一 Williams 曾說稍微的往上揮擊可能會是較理想的狀況，因為這樣球棒軌跡可以配合投手投出之球的路徑(Williams and Underwood, 1986)。這個觀點被 Messier 和 Owen (1984)的一個更早的研究裡所驗證。他們發現 8 名優秀女性快壘擊球員揮棒最大向下速度出現在撞擊球前約 87 毫秒的時候，然後在撞擊球的瞬間增加向上的速度。以上研究說明了這些打者在擊球時，球棒軌跡並不是完全水平前移的，而是呈現稍微朝上與朝前揮擊的軌跡，也由於此種揮擊方式較能配合球行進的路徑，也就大大增加擊中球心的機率，加上球被擊中後略為斜上射出的結果，常常會製造出二壘安打以上之長打的機會。此外，Tabuchi, Matsuo & Hashizume (2007)在研究 8 名優秀大學棒球選手揮棒擊球的實驗中，發現棒頭軌跡最低點與最大線性速度發生的時間點幾乎同時出現於球棒與球衝擊的瞬間。由過去的研究論述，得知好的揮擊動作必須是一個保持水平弧線的軌跡，然後加速球棒於軌跡最低點位置擊中球，接著順勢控制球棒往前往上送出，轉化為直線延伸的力量，以此模式揮擊將能大大提升打擊表現，有效增進打擊威力。而當打擊者面臨不同高度位置球的情境時，是否會採取相似的擊球策略，又或者是採用不同的揮棒軌跡去擊球？球棒撞擊球的瞬間棒頭在揮棒軌跡的相對位置是否有所差異？打者在不同高度位置的揮棒軌跡特徵有必要去探究，其結果可提供教練在

指導選手揮擊不同高度球時的一些策略應用。

第三節 打擊重心相關文獻

Breen 在 1967 年利用高速攝影機拍攝打者整個揮棒的過程，他發現打者在旋轉過程中，身體重心主要是沿著水平方向移動的。王慧等 (1995) 分析棒球打擊動作技術，研究指出重心平穩在棒球打擊瞬間是打擊的動作要領之一，重心在水平與垂直軸上運行的情形，會影響揮棒的線性速度與穩定性；其並指出優秀打者在打擊後球棒與球碰撞時，人體重心垂直位移約在 3.53~3.66 公分的方向移動。而 Baseball Skills 編著於 2008 年指出美日頂尖之優秀打擊者在揮棒過程中身體旋轉軸心都幾乎保持一直線，顯示出這些頂尖打者在揮擊時重心都保持的很好，沒有太大的重心偏移。楊沛峰 (2001) 在高爾夫揮桿的研究中指出，旋轉中心移動越少，越能精確地擊中球。所以為了能更精準地擊中來球，整個過程中打者的重心移動是很少的，他們會在啟動揮擊前即確定旋轉的軸心。陳丕欣 (2006) 針對青棒、業餘成棒及職棒之揮棒時間、擊球瞬間速度、角速度及身體水平位移(重心)之打擊動作動學分析時得知，職棒選手前三項的平均值優於業餘，業餘優於青棒，而身體水平位移卻是職棒選手最小、業餘次之、青棒最大。以上說明了層級越高，越優秀的打者在揮棒擊球的過程中重心水平位移也越少。由過去研究可知，當打者揮棒擊球時，重心位移過大會使得身體發力方向分

散，進而影響軀幹旋轉的力量且不利於擊中球。因此，為準確擊中來球，身體重心水平位移應盡量保持平穩，減少不必要的位移，以利於揮擊的準確及速度。棒球比賽中當打者面臨不同高度位置球情境時，打者必須在揮棒動作上做一些改變才能準確擊中球。在成功揮擊的條件下，其在揮棒擊球過程中的重心位移是否有差異，若有差異，則可進一步去探究其中的原因，並將此研究結果應用於選手的打擊訓練上，從中做一些動作調整與指導。

第四節 打擊肘關節、膝關節角度相關文獻

過去研究證實打者在整個揮擊過程中，前手肘較後手肘維持一個較為伸直的狀態(Welch et al., 1995)。這個現象也在 Escamilla 等 (2009) 研究各層級打者的打擊運動學分析上觀察到，其中發現整個打擊的跨步與揮擊期過程裡，後手肘屈曲角度約為前手肘的兩倍之多。另外，Hay (1978) 指出打擊者擊中球瞬間前手臂伸直或幾乎伸直的位置是擊球最佳時機。而周家穎等(1996)發現在揮棒打擊過程之擊中球瞬間，手臂關節伸展角度關係著揮棒的力量，其中後肘關節角度介於 100 度~110 度時，球棒前移速度最大，力量亦是最大。賴平常(2000)也在肘關節角度與力矩關係之研究中指出，打擊動作在擊球瞬間後肘角度在 110 度時能產生最大力矩。然而相較於肘關節角度的型態，膝關節則呈現一種截然不同的變化。從打擊的跨步期開始

直到揮棒結束，後膝會持續增加屈曲角度然而前膝卻減少屈曲角度而變成幾乎完全伸展的情形。這樣的型態在過去打擊的研究中都有類似的描述 (Welch et al., 1995 ; Escamilla et al., 2009)。過去研究提及揮擊期間前膝伸展的重要性，它有助於支撐和穩固身體而有利於骨盆和軀幹旋轉以及上肢的前移。此外，Escamilla 等(2009)以高速動作分析系統評估 12 位有技巧的青少年與 12 位有技巧的成人棒球選手之間棒球打擊的運動學和時間性分析中發現成人打者有較快的肘關節與前膝關節伸展角速度與較大範圍的前膝關節屈曲(前腳著地至雙手前移期間)與伸展(雙手前移至球棒撞擊球期間)角度，由此可知成人打者相對於青少年打者在雙手往前移動的瞬間有較大的前膝關節彎曲，這種型態可幫助打者在打擊加速期階段有較大的前膝伸展空間，若加上較大的角速度值發生，這將有助於前腿獲得一個向後支撐與煞車的力量，而使之後的骨盆與軀幹旋轉更加穩定與迅速，進而使得上肢的肩、肘關節移動速度更快，藉由能量轉移的過程，相對的球棒線性速度也就更快。而打擊者在面對不同高度位置球情境下的揮擊過程中，是否在肘關節與膝關節的角度變化上有不同的結果？此揮棒動作機制值得我們去探究，若有差異，則可進一步找尋造成差異的因素，並可將研究中的結果發現與打擊訓練做結合，加強選手在不同空間位置擊球的能力。

第五節 文獻結語

綜合以上研究得知，打擊表現的發揮是多方面的因素所影響，除了眼睛必須一直盯著球直到球棒擊中球的瞬間，還涉及揮棒時間差的掌握、揮棒速度、揮棒軌跡、身體位移與上下肢關節角度的變化等要素的配合，其中某樣參數若出現些微變化，就可能使揮擊表現產生重大影響。

打擊是由一連串身體動作所組成，依次為站立姿勢、重心位移、跨步、揮擊、餘勢等（楊清瓏，1997）。對於打者而言，好的揮擊必定是能針對不同空間位置的球做出判斷，並能確實的掌握上述的打擊要素去應變的結果，因此打擊可說是困難度與技巧性極高的動作模式。而打者在面對空間中高度位置不同的情境時，該採取何種揮擊方式與身體動作才能有效的擊球呢？其中揮棒的運動學參數又有何差異？值得我們進一步去探討。

第參章、研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究受試者為精熟棒球打擊技術的大專甲一級選手 10 名、甲二級選手 10 名，共 20 名球員，只有 1 位左打者，其餘 19 位皆為右打者。平均年齡： 22.85 ± 2.37 歲、身高： 174.65 ± 6.18 公分、體重： 70.01 ± 7.19 公斤。這些選手半年內無受傷的病史，且自願參與本實驗。實驗開始前會告知所有受試者本實驗目的、流程步驟以及填寫受試者基本資料與同意書，並在同意書上簽名，表示願意參與本實驗。實驗參與者基本資料如下表 3-1。

表 3-1 實驗參與者基本資料

層級/基本資料	年齡(歲)	身高(公分)	體重(公斤)
甲一	23.00 ± 2.05	174.34 ± 6.82	71.10 ± 8.52
甲二	22.70 ± 2.75	174.95 ± 5.81	68.91 ± 5.81

第二節 實驗時間與地點

- 一、預計實驗時間：民國 100 年 3 月至 5 月
- 二、實驗地點：國立台灣師範大學運動生物力學實驗室。

第三節 實驗儀器與設備

本研究儀器設備分為資料收集部分與其他部分：

一、資料收集部分：

1. 使用10台紅外線攝影機(VICON MX13⁺, Oxford Metrics Ltd, England)來捕捉揮棒影像，擷取頻率為250Hz。



圖3-1 VICON攝影機

2. 兩塊測力板(Kistler Instruments, Inc., Swiss)，大塊力板長寬為90 cm×60 cm；小塊力板長寬為60 cm×40 cm，分別收取前腳與後腳地面反作用力值，擷取頻率為1000Hz。

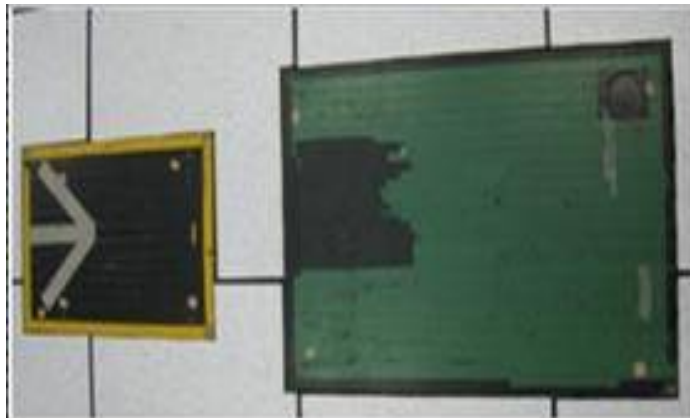


圖3-2 測力板

3. 一台FASTEC高速攝影機與Vicon攝影機及測力板同步化，補捉擊球瞬間與球飛行的影像，擷取頻率為1000Hz。

4. 20公分*20公分比例板一塊。

二、其他部分：

1. 球座一組，用以固定球使之靜止不動，並於球座上黏貼一顆反光球。

2. 鋁製球棒一支，棒頭與棒尾處各黏貼一顆反光球。

3. 硬式標準比賽用球一顆。

4. 打擊球網一座。

5. 防護球網兩面。

第四節 實驗設計

本研究實驗設計為打擊者揮擊四種不同高度位置球情境的設計，四種不同高度球揮擊情境的設計是根據每位打者於打擊準備期的姿勢所設定之高度(高位置球情境為球擺放於個人好球帶上限高度之位置；中間位置球情境為球擺放於上限與下限高度之中點位置；低位置球情境為球擺放於個人好球帶下限高度之位置；習慣性位置球情境為球擺放於個人認定之最利於揮擊之高度位置)。正式實驗前，要求受試者做好打擊準備站姿，以前腳站立於大塊測力板上，後腳站立於小塊測力板上，以皮尺由地面算起作為量測起始點，設定個別受試者的四種擊球位置的高度並記錄之。接著讓打者練習揮擊四種不同高度位置球的情境，並找出最符合個人習慣的雙腳擺放位置，接著以膠帶固定此位置，直到打者認為自己已準備妥當，即可告知施測人員。必須注意的是每位受試者兩腳擺放之位置與四種不同位置球擺放之高度在正式測驗前即必須確定，以控制其它可能影響實驗結果的變項，因此正式施測的期間不得做任何更動。正式施測前，每位受試者對於四種不同位置球情境的揮擊順序安排，以平衡次序法決定之。正式施測時，四種不同位置球情境對每位受試者而言皆揮擊10次，揮擊過程中只要球棒未觸及球座部份並使球平飛命中打擊球網設定之目標區內即算成功擊球，每種位置球情境至少收取3次成功擊球，若10次揮擊中未補足3次成功擊球次數，則繼續增加揮擊次數，直到該情境收足3次成功擊球次數。而每次揮

擊後至下一次揮擊期間，中途的休息時間為1分鐘。打擊測試過程中，要求打者視同正式比賽情況，盡全力去揮擊，每位受試者均使用同一球座與鋁棒並且揮擊同一顆球。完成四種揮擊情境後，即換下一位打者，直到每位打者均完成打擊動作。

第五節 實驗場地佈置

本研究實驗場地佈置描述如下：

- 一、 10 台 VICON 攝影機環繞於打擊區域四周，捕捉揮棒過程的影像。
- 二、 兩塊測力板設定為打擊區內前後腳站立的位置，分別收取打擊過程之前腳與後腳地面反作用力量值。
- 三、 打擊區與本壘板之相對位置是依據正式比賽場地之標準所設置。
- 四、 球座前方 2.00 公尺處放置一座打擊球網，接捕打者擊出的球。
- 五、 擊球目標區為一塊上底 1.50 公尺、下底 2.25 公尺、兩側邊 0.80 公尺之梯形區域(中間球情境下底邊距離地面為 0.90 公尺，高球情境下底邊距離地面為 1.20 公尺，低球情境下底邊距離地面為 0.60 公尺)。
- 六、 為避免打者擊出之球亂竄，易發生危險，於球座左右兩側各放置兩面防護網。
- 七、 於打者與球座的側面，架設一台 FASTEC 高速攝影機，拍攝擊球瞬間的影像。

八、 打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖如(圖 3-3)所示。X 軸向：左右腳連線的方向，以右打擊者而言，左腳方向為正，右腳方向為負，稱為前後方向。Y 軸向：在水平面上，垂直於 X 軸的方向，以右打擊者而言，額狀面後方為正，前方為負，稱為內外方向。Z 軸向：垂直地面的方向。

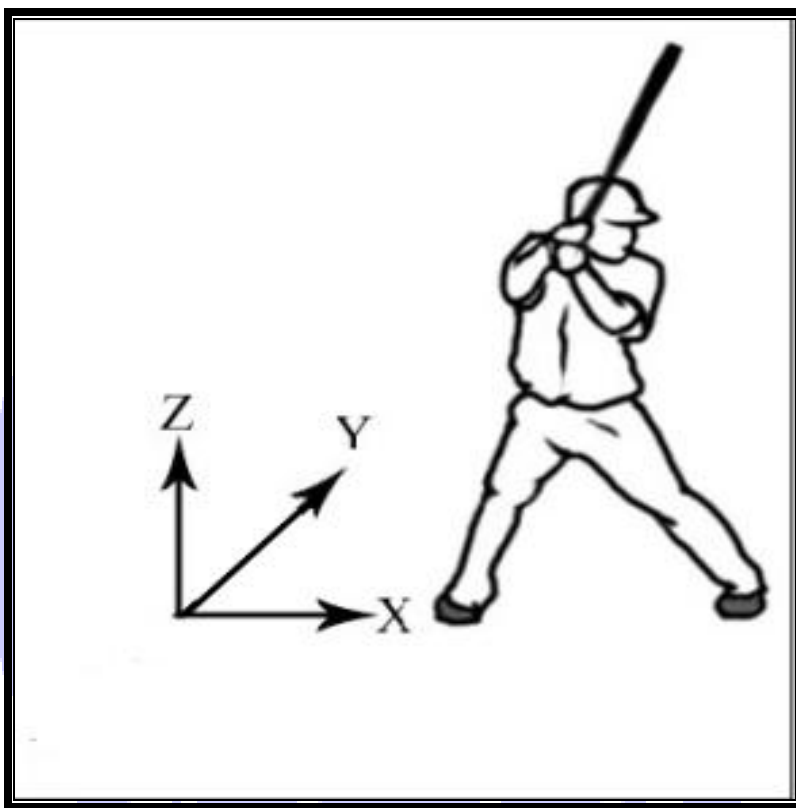


圖 3-3 打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖

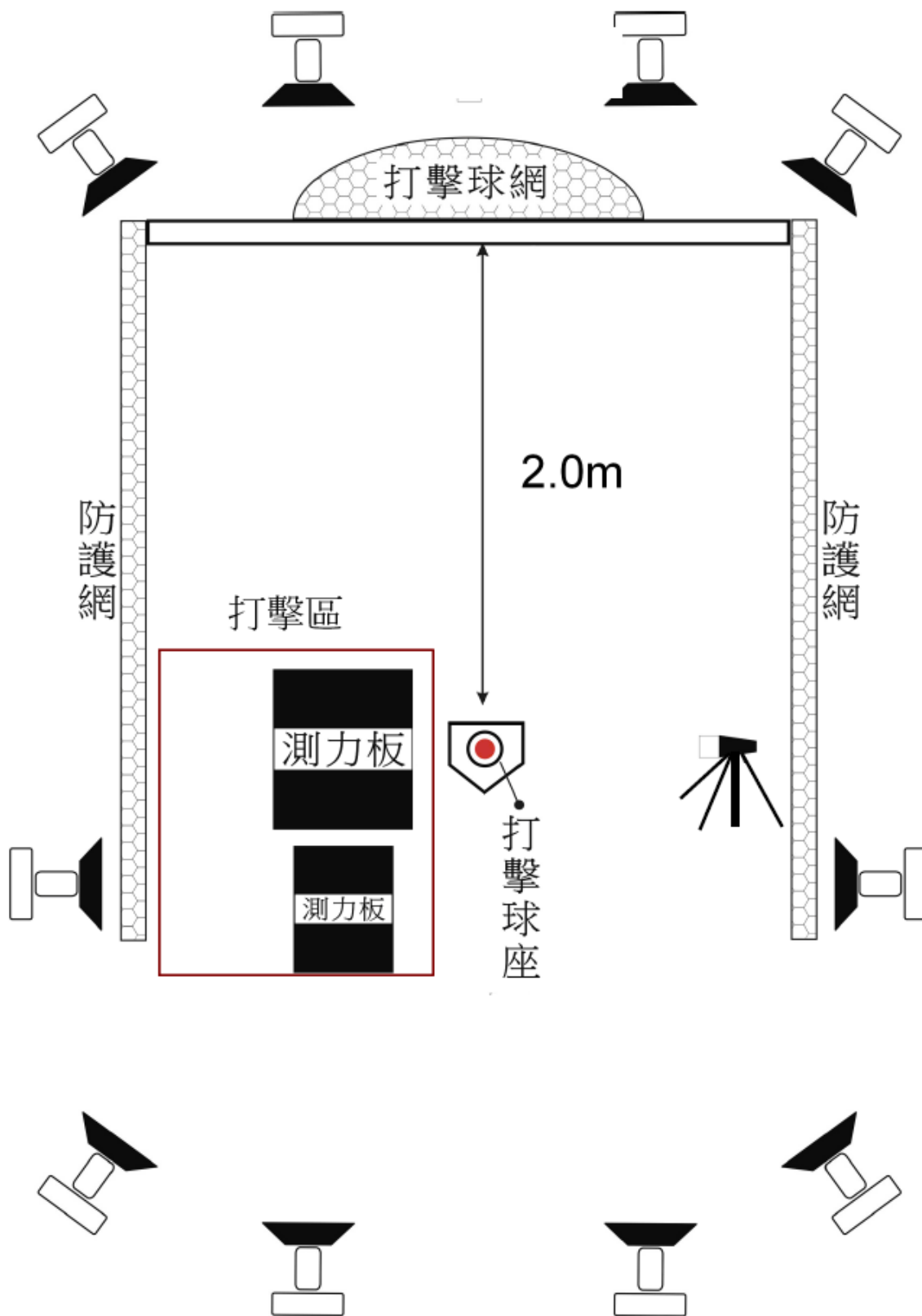


圖 3-4 實驗場地佈置圖

第六節 實驗流程說明

- 一、 受試者填寫個人基本資料表，並告知實驗過程及研究目的。
- 二、 填寫實驗同意書並簽名，並告知受試者若覺得有身體不適的情況，可隨時退出本實驗。
- 三、 黏貼反光球至受試者身上。
- 四、 指示受試者自行進行暖身與伸展活動15分鐘。
- 五、 於伸展活動後，要求受試者以打擊準備站姿站立於打擊區內之兩塊測力板上，分別設定高、中、低、習慣性之四種不同高度擊球位置。
- 六、 給予其練習揮擊高、中間、低與習慣位置球的時間，並調整與設定個別兩腳擺放之位置，練習揮擊的時間由受試者自行決定，一旦準備好，即可告知實驗者。
- 七、 正式實驗前，以平衡次序法決定受試者四種情境擊球排序。
- 八、 正式實驗開始，四種不同位置球情境各收取10次擊球，每種情境至少達到3次成功擊球，每次揮擊後至下一次揮擊期間，中途的休息時間為1分鐘，每次擊球要求受試者視同正式比賽情況，盡全力揮擊。
- 九、 完成四種揮擊情境後，即換下一位打者，直到每位打者均完成打擊動作。

第七節 實驗資料處理與分析

資料處理方面以 Nexus 與 Kwon 3D 軟體進行運動學與動力學分析，反光球的黏貼是根據 Plug-in-Gait 的貼點方式(圖 3-5)將之黏貼於身體各肢段上，對每位受試者而言，四種不同打擊情境至少各有 3 次成功揮擊，若成功擊球次數多於 3 球，則從中取有較快飛行初速的 3 次揮擊進行數位化過程分析。以下為研究中所計算之力學參數與方法：

一、本實驗計算之運動學參數如下：

- (1) 擊球成功率：以公式(成功擊球次數/總擊球次數)可得。
- (2) 揮棒速度：打者在揮擊過程中之最大棒頭線性速度，其計算方式是藉由計算揮擊期中各畫面的下一張與前一張的座標位置差而得到瞬時位移，再將此瞬時位移除以所花的時間，以本研究來說即是除以 1/125 秒，即可得該張之瞬時速度，公式： $V_i=(S_{i+1}-S_{i-1})/2\Delta T$ 。再將該張 X、Y、Z 三向度之瞬時速度值套用合速度公式即可得到該張之瞬時合速度，公式： $V_{\text{合}}=\sqrt{V_x^2+V_y^2+V_z^2}$ 。最後再找出揮擊過程中，產生最大棒頭合速度的數值。
- (3) 球棒位移：棒頭開始移動至擊中球的路徑長，計算前腳著地瞬間至球棒撞擊球瞬間之揮擊期的棒頭向外位移、向下位移與合位移。
- (4) 揮棒時間：從前腳著地瞬間至球棒擊中球瞬間所花的時間。前腳著地的時間點可根據測力板出現瞬間力量值找出，而球棒擊球瞬間之時間點是以球座上反光球座標位置產生變化的前一張設定之。揮擊時間的標準化則是以前腳著地瞬間設為時間百分比 0%，而球棒撞擊球瞬間設為時間百分比 100%，依此計算整個揮擊過程重要事件的時間點。

(5) 棒頭到達最低點與最大合速度之時間點：透過擊球瞬間之棒頭位置高度與棒頭線性速度的數據呈現，並找出棒頭到達最低點及棒頭發生最大合速度的時間點，可得三者時間序列的關係。

(6) 身體重心位移變化：將個別受試者的肢段參數輸入 Nexus 軟體建立其模型，即可計算出各時間點的重心位置。而本研究所計算的身體重心位移定義為前腳著地瞬間至球棒撞擊球瞬間，這兩個時間點重心的水平位置差(含前後方向及內外方向)、上下位置差與合位移。

(7) 關節角度與角速度：主要探討揮擊期之膝關節與骨盆角度變化以及肘關節角度變化。肘關節角度定義為前臂與上臂的夾角(內部)，手臂全伸展為 180 度；膝關節角度定義為大腿與小腿的夾角(內部)，膝關節全伸展為 180 度；骨盆角度設左右髌前上嵴之連線投影至水平面上與 X 軸平行為 0 度，以右打者為例，逆時鐘旋轉為正，順時鐘旋轉為負；關節角速度則以下列

公式求出： ${}^A\omega^B = b_1^A db_2/dt \cdot b_3 + b_2^A db_3/dt \cdot b_1 + b_3^A db_1/dt \cdot b_2$

其中， ${}^A\omega^B$ 為 B 對 A 的角速度；

b_i 為 B 的三個軸向量， a_i 為 A 的三個軸向量；

$b_1 = \alpha_1 a_1 + \alpha_2 a_2 + \alpha_3 a_3$ 、 $b_2 = \beta_1 a_1 + \beta_2 a_2 + \beta_3 a_3$ 、 $b_3 = \gamma_1 a_1 + \gamma_2 a_2 + \gamma_3 a_3$ ；

α_i 、 β_i 、 γ_i 分別為 b_1 、 b_2 、 b_3 與 a_i 的夾角。

(8) 球棒撞擊球後之飛行初速：透過 kwon 3D 軟體計算球離開球棒後的十張球速作平均可得。在計算過程中，以 kwon 3D 軟體定位成功擊球每一筆飛行畫面的球心位置，並重複性的定位該筆同一時間點畫面的資料，得到每

張球心的座標在 x 軸與 y 軸之位置誤差約為 0.06 公分。

二、本實驗計算之動力學參數如下：

- (1) 前腳著地瞬間之後腳垂直地面反作用力。力量值以打者本身體重的倍數做為標準化之依據。
- (2) 揮擊過程之垂直地面方向與朝投手丘方向之最大地面反作用力。力量值以打者本身體重的倍數做為標準化之依據。
- (3) 擊球瞬間之垂直地面方向與朝投手丘方向地面反作用力。力量值以打者本身體重的倍數做為標準化之依據。

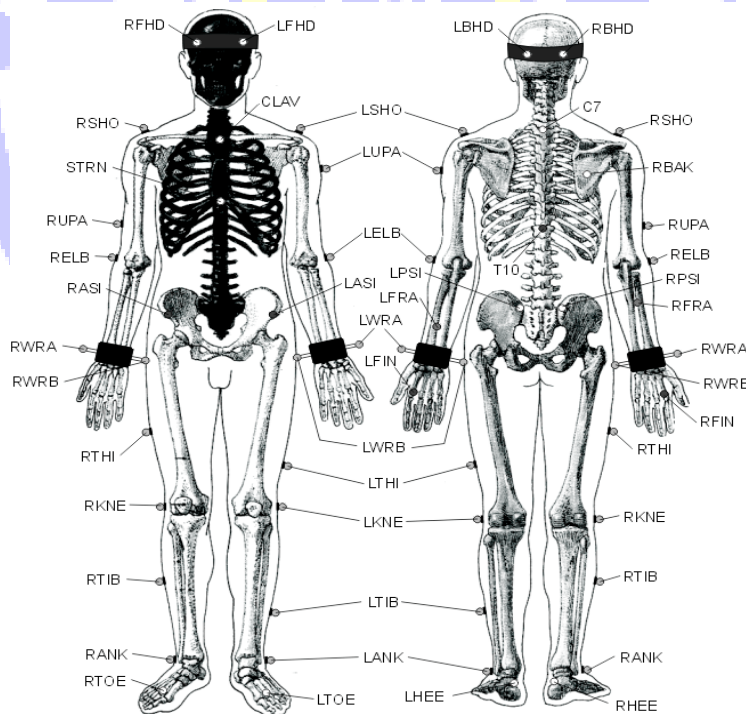
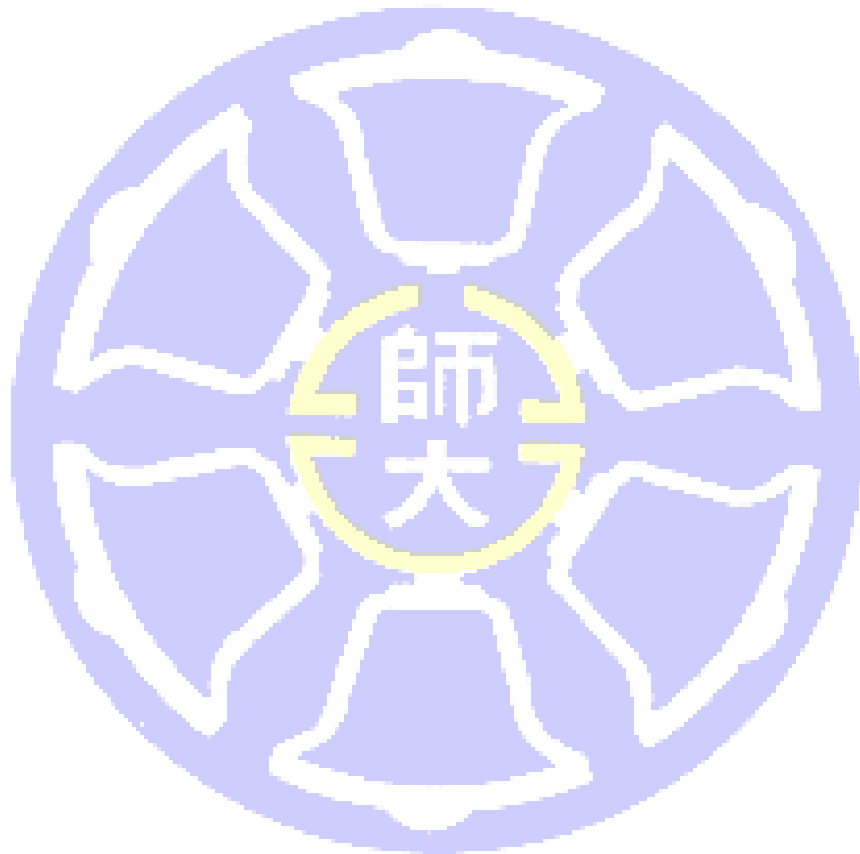


圖3-5 Plug-in-Gait貼點方式

第八節 統計分析

本研究以 Microsoft Excel 2003 及 SPSS 19.0 版本軟體進行資料整理及統計分析，所有數據將以平均值±標準差表示，並以二因子混合設計變異數分析考驗大專甲一級與甲二級打者揮擊四種不同高度位置球情境的運動學與動力學參數是否有所差異，再以 Tukey 法進行事後比較，顯著水準定為 $\alpha=.05$ 。



第肆章、結果與討論

本研究主要在瞭解不同層級棒球打者在四種不同高度擊球時，揮擊期的動作過程差異。本章節共分為四部分來進行討論：第一節、擊球高度與擊球成功率之分析；第二節、揮棒時間、棒頭最大合速度與其產生時序、擊球初速、揮擊期之最大骨盆角速度與其產生時序之分析；第三節、身體重心、棒頭位移及棒頭到達軌跡最低點時序之分析；第四節、前腳著地瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度之分析；第五節、擊球瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度、角速度之分析；第六節、揮擊期之地面反作用力分析。

第一節、擊球高度與擊球成功率之分析

一、擊球高度

前面提到四種不同高度球揮擊情境的設計是根據每位打者於打擊準備期的姿勢所設定之高度，由表 4-1 我們可以發現兩個層級之間在各個擊球位置的高度非常接近，高位置球的高度平均為 0.69 倍身高、中間位置球的高度為 0.48 倍身高、低位置球的高度為 0.26 倍身高，而打者較習慣揮擊的高度則落在中間位置與低位置之間的區域，約為 0.43 倍身高。從表中我們可以發現高位置與低位置球的高度差將近有 0.43 倍身高的距離，如此大的高度落差將考驗著打者在不同擊球高度下的揮擊表現。

表 4-1 打者擊球高度

單位：倍身高

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	0.44(0.04)	0.69(0.02)	0.26(0.01)	0.48(0.01)
甲二	0.43(0.05)	0.69(0.01)	0.26(0.01)	0.48(0.01)

註：數值為平均數(標準差)

二、擊球成功率

經變異數分析後可知各項主要效果皆無達到顯著，這說明了不同層級的大專打者以及打者在不同擊球高度下的擊球成功率沒有太大的不同，但從表 4-2 中可以發現甲一層級打者在各個高度的擊球成功率表現上皆略優於甲二層級打者，這可能是甲一層級的打者較甲二層級的打者有較佳的擊球準確度所致；而在兩個層級中，低位置球的揮擊成功率皆是最底的，平均為五成左右，這說明了低位置球對於打者來說是較難掌握的擊球高度，推論有可能是此擊球高度相對於其他三種高度來說距離打者的眼睛較遠，因此打者的擊球準確率會下滑，這也就是為何在棒球比賽中投手要盡量將球壓低的原因了。

表 4-2 擊球成功率

單位：%

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	64(10)	59(19)	50(21)	61(15)
甲二	50(20)	57(13)	49(20)	57(16)

註：數值為平均數(標準差)

第二節、揮棒時間、最大棒頭合速度與其產生時序、擊球初速、揮擊期 之最大骨盆角速度與其產生時序之分析

一、揮棒時間

由表 4-3 發現(低位置-高位置)及(習慣位置-高位置)這兩組的揮棒時間比較上達顯著差異，這說明了高位置的揮擊時間較兩者長，揮擊期增長了，也因此打者在比賽中對於高位置的來球判斷的時間較短，這也點出了為何投手在比賽之中經常投快速的高球去引誘打者出棒。此外兩個大專層級的打者之揮棒速度的比較上也達顯著的差異，甲一級的打者以平均 0.229 秒的揮棒時間明顯優於甲二級打者的 0.281 秒，這些優秀打者的揮棒時間相當短，相對的決策的時間也增加了，因此擊球表現也可能越好。而本研究之揮棒時間數據較過去文獻中優秀打者的揮棒時間為短，乃由於本研究是將球固定於球座上做揮擊，與實際比賽中揮擊投手投來之球不同，因此有較少的揮擊時間產生。

表 4-3 揮棒時間

單位：秒

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	0.218(0.024)	0.245(0.032)	0.222(0.031)	0.229(0.026)	高>習慣
甲二	0.277(0.072)	0.290(0.064)	0.272(0.076)	0.285(0.065)	高>低

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p < .05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

二、最大棒頭合速度

大專甲一層級與甲二層級打者在四種擊球高度中的平均最大棒頭合速度分別為 30.92 m/s 與 27.37 m/s，另外由表 4-4 可發現甲一層級打者分別在四種擊球高度的比較上皆顯著優於甲二層級球員，此結果與陳丕欣(2006)研究三個層級打者揮棒速度的數據相似，這說明了甲一級球員有較佳的揮棒速度表現，能展現更佳的打擊爆發力。另外也可從表中發現打者在(低位置-高位置)、(中間位置-高位置)、(習慣位置-高位置)這三組的揮棒速度比較上達顯著差異，然而其餘兩兩位置的揮擊速度比較則無顯著差異。這結果顯示出高位置球較其他三種擊球高度情境有較低的揮棒速度表現，推論是由於揮擊高位置球相較於揮擊腰帶位置附近的球有較大的動作型態差異，因此打者必須調整揮棒動作並降低一些棒頭速度來增加擊球的準確性，來達到提升擊球成功率的目的。

表 4-4 最大棒頭合速度

單位:m/s

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	31.80(1.64)	29.61(2.02)	31.00(2.50)	31.26(1.60)	習慣>高;低>高
甲二	27.86(1.50)	25.69(2.05)	27.93(2.60)	28.01(1.30)	中間>高

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

三、棒頭到達最大合速度之時間點

經由變異數分析後可得各項主要效果皆未達顯著，因此棒頭到達最大合速度的時間點不會因為層級不同或擊球高度的不同而有顯著的差異。雖未有顯著的差異，但在不同層級之間的比較上，仍有決定係數.164 的水準，也就是說在兩個層級打者的比較上仍有一定的差異，甲一級的打者在四種不同高度情境揮擊中，平均棒頭到達最大合速度的時間點為擊球瞬間前 5.132 毫秒發生，而甲二級打者則提早了 1.135 毫秒發生，這說明了甲一級打者的最大棒頭合速度發生的時間點較接近擊球的瞬間，因此更符合過去 Tabuchi 等(2007)研究 8 名優秀大學棒球打者的結果，他們發現優秀的打者最大棒頭合速度幾乎是發生在擊球的瞬間，棒頭最大合速度越接近擊球瞬間，擊球的威力自然會增加，一旦棒頭最大合速度提早發生，之後球棒將以減速的方式擊中球，自然打擊爆發力就無法發揮出來。

表 4-5 棒頭到達最大合速度之時間點

單位：ms

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	-4.67(1.69)	-4.67(1.69)	-5.47(1.72)	-5.73(1.41)
甲二	-6.53(2.47)	-5.47(1.83)	-7.60(3.56)	-5.47(1.47)

註：數值為平均數(標準差)，以擊球瞬間為時間點 0

四、擊球初速

大專甲一級與甲二級打者在四種不同高度位置的擊球平均初速度分別為 31.49 m/s 與 27.74 m/s，另外由表 4-6 可以發現甲一級球員在四種擊球高度的比較上皆顯著優於甲二級球員，這說明了甲一級球員有較佳的擊球速度表現，因此更具打擊破壞力。而從表中也可發現打者在(中間位置-高位置)、(習慣位置-高位置)及(低位置-高位置)這三組的擊球初速度比較上達到顯著差異水準，然而其餘兩兩位置的擊球初速比較則無顯著差異。這顯示出其他三種高度位置的擊球威力明顯高於高位置的擊球，這是因為打者在中間與習慣性位置的擊球情境中較好施力，動作也較流暢、協調之故，而高位置的擊球則必須因應擊球高度而改變一般的動作型態，此結果與最大棒頭合速度參數一致，擊球力學發生變化了，因此擊球初速會減慢是可以預期的。

表 4-6 擊球初速

單位:m/s

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	32.36(1.38)	30.16(2.25)	31.44(2.68)	32.00(1.53)	習慣>高；低>高
甲二	28.60(1.75)	26.02(2.28)	27.92(3.16)	28.41(1.34)	中間>高

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p < .05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

五、揮擊期之最大骨盆角速度

由表 4-7 發現(高位置-習慣位置)及(高位置-中間位置)兩組在揮擊期的最大骨盆角速度參數中達到顯著的差異，這顯示出高位置擊球的骨盆角速度無法像中間位置及習慣位置一樣，旋轉的那樣快，甚至也小於低位置的擊球約每秒 15 度的角速度，也因為如此，高位置的擊球為四種高度擊球情境中最大棒頭合速度及擊球初速最慢的一種情境。由以上結果看來，打者選擇中間位置的球去攻擊似乎最能展現較佳的骨盆旋轉角速度。此外在不同層級的打者比較上，甲一級打者在四種高度擊球情境中，揮擊期之最大骨盆角速度皆優於甲二級打者，兩者差距約達每秒 78 度的旋轉速度，這也就是造成揮棒速度與擊球初速差異的主因了。

表 4-7 揮擊期之最大骨盆角速度

單位：度/秒

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	673.59(61.65)	609.28(43.53)	636.00(81.03)	656.57(52.89)	習慣>高
甲二	571.64(78.77)	548.32(75.09)	551.55(112.30)	594.01(88.70)	中間>高

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p < .05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

六、最大骨盆角速度產生之時間點

經由變異數分析後可得各個主要效果中都沒有達到顯著的水準，這說明了兩個層級間以及四種不同擊球高度的揮擊期之最大骨盆角速度產生的時間點並沒有差異，最大骨盆角速度產生的時間點大約是在揮擊期間的百分之 65~70 左右，變異不會太大。

表 4-8 揮擊期之最大骨盆角速度產生之時間點

單位：%

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	67.16(4.45)	65.53(5.79)	66.47(5.76)	67.79(4.32)
甲二	68.18(7.38)	66.63(5.69)	69.97(6.29)	68.41(5.22)

註：數值為平均數(標準差)

第三節、身體重心、棒頭位移及棒頭到達軌跡最低點時序之分析

一、揮擊期身體重心前後位移

經由變異數分析可得各主要效果皆無達到顯著，但兩個層級選手之間的揮擊重心位移比較可從表 4-9 發現甲一級球員相較於甲二級球員在揮擊過程中有較少的身體重心前移(19.34cm vs 21.80cm)，打者在揮擊期中有較少的重心前移，可使身體重心越穩定，而軸心的穩定可幫助身體旋轉的更快速。此外，較穩定的打擊重心，對於提升擊球準確度上也有一定的助益。根據過去的研究發現世界頂尖的打擊好手在揮擊過程中身體重心幾乎保持一直線而言，甲一級打者在這個環節上似乎略優於甲二級選手。

表 4-9 揮擊期身體重心前後位移

單位：cm

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	19.04(4.37)	19.72(4.36)	19.19(3.32)	19.43(4.24)
甲二	21.17(3.15)	22.51(2.63)	21.48(4.53)	22.03(3.52)

註：數值為平均數(標準差)

二、揮擊期身體重心內外位移

由表 4-10 發現不同的擊球高度會影響揮擊期身體重心的內外位移，表中顯示除了(中間位置-習慣位置)的比較沒有太大差異之外，其它兩兩比較時皆顯示出顯著的差異，並且有隨著擊球高度提高而身體重心向內偏移越多的趨勢，這結果說明了打者在面對低球時身體重心內外位移較少，這可能與打擊過程中身體旋轉較少有關；然而在面對較高的來球時，在揮擊的過程中則有較大的身體重心內外位移，此結果推論為身體旋轉較多之故。

在不同層級打者的揮擊期身體重心內外位移比較上，雖然沒有達到顯著的差異水準，但仍可從表中發現大專甲一級的打者相較於甲二級打者在四種不同擊球高度的表現上皆有較大的重心向內偏移發生，這可能是由於在擊球的過程中，甲一級打者在揮擊期間身體旋轉較多之故，這也使得打者在擊球瞬間的揮擊力臂增加(身體重心距離棒頭更遠)，進而產生更大的擊球力量。

表 4-10 揮擊期身體重心內外位移

單位:cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	5.43(2.10)	6.97(2.07)	3.39(2.16)	6.22(2.45)	高>習慣; 習慣>低; 高>低
甲二	3.82(2.24)	5.49(1.78)	2.12(2.17)	4.00(2.02)	高>中間; 中間>低

註: 數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

三、揮擊期身體重心上下位移

由表 4-11 可發現打者在低位置擊球的過程中,重心是往下偏移的(值為負數),而其它三種擊球高度皆是呈現重心往上偏移的情況,並且隨著擊球高度增加,揮擊期間的身體重心向上移動也越多,也因此表中可以發現除了(中間位置-習慣位置)的比較上無顯著差異外,其餘兩兩比較皆顯示出相當的差距。這說明了打者在面對不同擊球高度時,身體重心的移動也會隨之改變,所以打者在比賽中面對不同高度來球的狀況下,必須立即調整身體的重心高度以達到最適當的揮擊。而此參數較過去王慧等(1995)的研究數據顯示身體重心上下位移約在 3.53~3.66 公分的位移量還要小,這是由於本研究是以固定球的方式擊球,與實際揮擊投手投來之球的情境有所差異,因此打者在揮擊過程中會有較小的身體重心上下位移產生。

表 4-11 揮擊期身體重心上下位移

單位:cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	0.29(2.52)	2.93(2.23)	-1.44(3.01)	1.07(2.66)	高>習慣; 習慣>低; 高>低
甲二	1.71(3.08)	3.72(2.21)	-0.52(2.17)	2.52(2.12)	高>中間; 中間>低

註: 數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

四、揮擊期身體重心合位移

由表 4-12 可知(低位置-高位置)與(習慣位置-高位置)這兩組在揮擊期身體重心合位移比較中有達到顯著的差異，打者在高位置的擊球過程會有較大的身體重心合位移，推論是打者在揮擊高球的過程中身體擺動的幅度較大而導致身體前後與上下位移也較大(表 4-9、4-11)，然而低位置擊球則是四者當中合位移最少的。過去研究指出揮擊時合位移越大越不利身體的旋轉與力量的發揮(楊沛峰，2001；陳丕欣，2006)，這也是高位置擊球在四種擊球高度中會呈現較慢的揮棒速度與擊球初速的原因。此外在不同層級打者的比較上，甲一層級的打者在四種擊球高度下相對於甲二級的球員皆有較小的揮擊期身體重心合位移(表 4-12)，即使沒有達到顯著的差異，但此差異足以影響兩者之間揮棒速度與擊球準確性的表現。

表 4-12 揮擊期身體重心合位移

單位：cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	20.08(4.33)	21.33(4.42)	19.89(3.26)	20.74(4.25)	高>習慣
甲二	21.91(3.11)	23.67(2.34)	21.84(4.37)	22.77(3.30)	高>低

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

五、棒頭向外位移

由表 4-13 中可以發現打者除了習慣位置與中間位置兩者之間的棒頭向外位移之比較上無顯著差異外，其它兩兩的比較則呈現出至少 10 公分以上的差距，而低位置擊球更是少於高位置擊球達 30 公分之多，這可以說明隨著擊球高度增加，棒頭向外的位移也必須增加；反之，擊球高度下降，棒頭向外延伸的距離也隨之減少。

表 4-13 棒頭向外位移

單位：cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	101.27(10.20)	122.05(10.04)	89.19(10.17)	102.81(10.56)	高>習慣；習慣>低 高>低；高>中間
甲二	95.40(12.80)	114.66(8.47)	86.00(14.85)	95.58(13.28)	中間>低

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

六、棒頭向下位移

由表 4-14 可以發現打者於兩兩不同的擊球高度情境比較上，揮擊期間的棒頭向下位移皆呈現顯著的差異，顯示出球棒的向下位移量與擊球的高度呈現反比的現象。這說明了隨著擊球高度越低，打者也勢必調整棒頭往更低的位置延伸；反之，揮擊高位置的球，球棒則不需往下延伸太多，呈現一種較為水平軌跡的揮擊，也因為揮擊高球的過程中棒頭軌跡較為水平（與來球路徑重疊的機率較高），因此擊中球心的機率也就增加不少，這也

就是為何高球位置相較於低球位置的揮擊會有較大的擊球成功率與長打率的原因。

表 4-14 棒頭向下位移

單位：cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	103.23(14.30)	57.80(14.97)	129.80(7.94)	94.34(11.18)	習慣>高；低>習慣 習慣>中間；中間>高
甲二	107.91(12.89)	61.91(11.53)	135.12(9.77)	95.58(11.59)	低>高；低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

七、棒頭合位移

由變異數分析後發現此參數達交互作用，因此進行單純主要效果分析，而事後比較發現在甲一級打者中低位置的擊球與其它三種擊球高度達到顯著的差異(表 4-15)，球棒的合位移明顯多出三者 10 公分以上的距離。而甲二層級中則除了(中間位置-習慣位置)的球棒合位移比較沒有顯著差異之外，其它兩兩比較，都顯示出有一定的差距，低位置與高位置的差距更是明顯，有將近 30 公分的距離。因此球棒合位移會因擊球高度的不同而有所改變，合位移會伴隨著擊球高度下降而增加，相反的揮擊較高的球合位移則會減少。

表 4-15 棒頭合位移

單位：cm

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較

甲一	149.16(9.30)	143.52(5.68)	161.26(8.53)	145.07(10.04)	低>習慣；低>高 低>中間
甲二	151.24(15.64)	137.73(13.55)	167.41(15.17)	145.97(15.72)	習慣>高；低>習慣 低>高；中間>高 低>中間

註：數值為平均數(標準差)

代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)；*代表交互作用顯著($p<.05$)

八、棒頭到達最低點之時間點

由事後比較發現打者在不同擊球高度下，棒頭到達最低點的時間差結果來看，並沒有達到顯著的差異(表 4-16)，這說明了無論是揮擊多高的球，基本上棒頭到達最低點的時機都差不多，只有在揮擊高位置的球有些微差異，提早了兩毫秒多到達最低點的位置，這可能是打者在揮擊高球的情境下，揮棒會呈現較為水平的軌跡型態，使得棒頭提早到達最低點的位置，以增加擊中球心的機率。然而在不同層級打者的揮棒軌跡時間點比較上則達到顯著的差異，甲一級打者為擊球前 4.43 毫秒到達棒頭軌跡最低點，而甲二級打者卻於擊球前 7.90 秒就到達棒頭軌跡最低點了，這個發現與 Tabuchi 等(2007)研究優秀打者的揮棒結果一致，他們的研究指出這些優秀打者棒頭軌跡到達最低點的時刻非常接近擊球的瞬間，因為棒頭軌跡的低點越接近擊球的瞬間，能確保擊中球的當下，球棒是水平出去的(棒頭切線

速度往前)，以此種軌跡揮擊方能增加擊球的準確性。

表 4-16 棒頭到達最低點之時間點

單位：ms

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	-3.87(3.35)	-6.67(5.33)	-3.73(2.42)	-3.47(3.62)
甲二	-7.60(3.88)	-9.20(5.81)	-7.33(4.23)	-7.47(3.67)

註：數值為平均數(標準差)，以擊球瞬間為時間點 0

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

第四節、前腳著地瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度之分析

一、前腳著地瞬間之前膝關節角度

由表 4-17 可知(中間位置-高位置)的比較中，於前腳著地瞬間的前膝關節角度達到顯著不同，因此打者面對高位置的球，在揮擊的剛開始，前膝關節是以比較直立的方式著地來準備揮擊偏高的球，以求得打擊準確性與成功率。而面對一般高度的擊球時，打者在前腳著地瞬間，前膝關節屈曲角度會較大，以此種方式去踩踏，會較有利於攻擊中間位置的球。

進一步探討，Escamilla 等(2009)的棒球打擊研究中發現，較為優秀的打者在前腳著地瞬間前膝關節角度會呈現較為屈曲的狀態，此種型態可幫助打者在揮擊期間有較大範圍的前膝伸展空間，這將有助於前腿獲得一個向後支撐與煞車的力量，而使之後的骨盆與軀幹旋轉更加穩定與迅速，而從本研究數據中可發現由於打者在揮擊高球的情境下，在前腳著地瞬間的前

膝關節角度會較大，也因此限制了其之後揮擊期的前膝伸展空間，這可能也是導致其骨盆角速度與揮棒速度較慢的原因之一。

表 4-17 前腳著地瞬間之前膝關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	129.59(10.14)	132.13(7.57)	128.97(11.45)	129.75(8.93)	高>中間
甲二	131.84(9.20)	133.82(10.38)	131.93(7.38)	129.31(11.19)	

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

二、前腳著地瞬間之後膝關節角度

由事後比較發現打者在揮擊高位置球的當下，前腳著地瞬間之後膝關節角度會較大，與其他三種擊球高度相較下達到顯著的差異(表 4-18)。簡單的說就是在揮擊期剛開始時，後膝關節的屈曲角度會比揮擊一般高度時還要小，我們推論是由於身體重心的高度位置不同所影響，因為揮擊的高度不同，勢必身體重心也要隨之變化，打者面對低球的攻擊自然身體就會處於比較低的姿勢，而攻擊高球則相反，必須要採取後膝關節較為直立的姿勢去出棒才能達到有效的攻擊，因此打者為了要達到適當的揮擊重心高度，後膝關節的角度也就會依據擊球高度的不同而有所改變了。而數據中顯示出隨著擊球高度越高，在前腳著地瞬間之後膝關節角度也隨之增加，正好符合我們所預期的結果。

表 4-18 前腳著地瞬間之後膝關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	127.00(8.04)	134.16(7.90)	125.53(8.42)	129.52(6.42)	高>習慣；高>低
甲二	131.79(9.89)	136.77(8.79)	130.47(10.76)	131.96(10.61)	高>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

三、前腳著地瞬間之骨盆角度

由事後比較發現在(低位置-中間位置)的比較上，打者在前腳著地瞬間之骨盆角度有達到顯著差異的水準，而其它擊球高度因子兩兩相比則無明顯差距(表 4-19)，這個結果指出打者要揮擊偏低來球的當下，尤其在揮擊期的開始，也就是會於前腳著地的瞬間保持較為開放性的骨盆姿勢，這種姿勢可能會較易揮擊偏低的來球，使之產生較佳的腰部旋轉與擊球瞬間。相反的，揮擊一般高度的球，則不需在前腳著地的瞬間使骨盆位置過於開放，讓骨盆保持在一定的角度範圍即可使身體在揮擊期中獲得流暢的旋轉，因此揮擊低球的技巧可說是四種擊球高度中最難養成的。

表 4-19 前腳著地瞬間之骨盆角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	-18.74(7.96)	-20.78(8.15)	-18.02(8.69)	-20.73(10.69)	低>中間
甲二	-22.92(11.99)	-24.79(7.06)	-20.49(12.64)	-27.04(9.99)	

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

四、前腳著地瞬間之前肘關節角度

由不同擊球高度下的事後比較發現，當打者面對低位置的擊球高度時，在前腳著地瞬間之前肘關節角度會呈現出與其他三種擊球高度情境差異的情形(表 4-20)，打者在揮擊期的開始會策略性的使前肘維持較大的角度，以準備接下來的揮擊過程。從另一方面來說，低位置的擊球從棒頭的向下位移來看是四種擊球高度中最多的，因此更需要控制球棒由上而下的能力，透過前肘關節在前腳著地瞬間有較大的角度，或許有助於打者將球棒從上往下揮擊。相反的，由於高位置擊球的揮棒軌跡呈現出較為水平揮擊的方式，使得棒頭的垂直位移較小，因此在揮擊期剛開始的階段前肘關節的屈曲角度會較大，以利於球棒向外與向前延伸。

表 4-20 前腳著地瞬間之前肘關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	108.43(9.19)	105.27(8.22)	111.95(9.12)	108.38(8.44)	低>習慣；低>高
甲二	107.05(9.48)	105.11(7.48)	109.49(10.44)	105.85(9.98)	低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

五、前腳著地瞬間之後肘關節角度

經不同擊球高度下的事後比較發現，打者在前腳著地瞬間之後肘關節角度方面，(低位置-習慣位置)及(低位置-中間位置)的比較上呈現顯著的

角度差異(表 4-21)，說明了打者在揮擊低球時，後肘關節在揮擊期剛開始時的屈曲角度會明顯小於揮擊一般高度來球的屈曲角度值，這種較為直立的肘關節型態，將有助於打者揮擊較為偏低的來球，使得球棒得以較大之軌跡往水平面下去揮擊，此過程會一直持續至擊球的瞬間使肘關節獲得最適當的伸展。

表 4-21 前腳著地瞬間之後肘關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	58.10(5.06)	59.13(6.17)	60.21(5.81)	58.67(5.82)	低>習慣
甲二	58.37(5.48)	59.14(6.61)	60.49(6.82)	58.55(6.83)	低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

第五節、擊球瞬間膝關節、骨盆及肘關節角度、角速度之分析

一、擊球瞬間之前膝關節角度

經事後比較發現於擊球瞬間之前膝關節角度上，只有在(低位置-高位置)的比較中呈現顯著的差異水準，其餘兩兩情境比較則沒有顯著不同(表 4-22)。由結果可以得到高位置的擊球瞬間前膝關節的角度是處於較為直立的位置，而低位置的擊球瞬間前膝關節角度則是彎曲較明顯，這是由於高位置球的擊球瞬間為了配合身體重心揮擊高球，因此前膝關節必須以較為伸展的角度使身體重心提高以利於高球的攻擊，然而低位置球的揮擊瞬間

則必須利用較大的前膝關節屈曲來降低重心高度，使得身體位置能處於適當的空間而有效揮擊偏低的球。

表 4-22 擊球瞬間之前膝關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	154.51(6.88)	157.61(4.35)	151.77(6.97)	155.22(5.23)	高>低
甲二	152.69(8.55)	154.09(8.37)	150.54(9.60)	151.69(9.04)	

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

二、擊球瞬間之後膝關節角度

由變異數分析後發現此參數達交互作用，因此進行單純主要效果變異數分析，而經由單純主要效果分析發現，兩個層級分別在低位置與習慣位置的擊球情境下，擊球瞬間的後膝關節角度達到顯著的差異，也就是說在這兩種擊球高度之下，甲一級球員在擊球瞬間的後膝關節屈曲更多。在其它的高度情境下，兩個層級間雖沒有顯著的差異，但也有 4 到 10 度的差距(表 4-23)。過去研究指出打者在揮擊期間，後膝關節會持續增加屈曲角度(Welch et al., 1995; Escamilla et al., 2009)，而這個後膝關節角度的屈曲，主要目的是為了幫助骨盆旋轉與前膝關節的伸展，使得身體重心維持的更穩定，促使揮擊力量得以展現。因此揮擊瞬間的後膝關節角度越小，自然對於打擊表現有一定的助益，在這個環節上，甲一級球員似乎是做的更好。

然而在不同擊球高度的比較上，甲一級打者除了在(中間位置-習慣位置)及(低位置-習慣位置)這兩組中，沒有顯著的差異外，其他兩兩比較皆呈現顯著的差異，特別是高位置與其他情境的差異更是明顯，擊球瞬間的後膝關節角度在(低位置-高位置)的比較上更差距 20 公分以上，這說明了高位置的擊球瞬間後膝關節角度呈現較為直立的狀態，屈曲的更少，使得骨盆旋轉不夠力而無法帶動前膝做更大範圍的伸展，進而導致身體重心無法煞車，最後使得重心留在較前面的位置，自然無法以身體為軸心做更快速的旋轉，這也說明了為何在成功擊球前提之下，高位置的擊球初速與揮棒速度是四種擊球高度中最慢的了。在甲二層級中，擊球瞬間之後膝關節角度也隨著擊球高度提升而增加，但只有(高位置-低位置)及(高位置-習慣位置)的比較上達到統計上的顯著差異。

表 4-23 擊球瞬間之後膝關節角度

單位：度

層級*/擊球位置** ***	習慣位置 (甲二>甲一)	高位置	低位置 (甲二>甲一)	中間位置	事後比較
甲一	111.82(9.01)	128.74(10.30)	107.35(7.92)	116.59(9.45)	高>習慣；高>低 高>中間；中間>低
甲二	126.16(13.42)	133.10(11.01)	122.14(13.24)	127.24(12.39)	高>習慣；高>低

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)；***代表交互作用顯著($p<.05$)

三、擊球瞬間之骨盆角度

由變異數分析後發現此參數達交互作用，因此進行單純主要效果變異數分析，而經單純主要效果分析發現不同層級的打者在習慣位置的擊球中，擊球瞬間的骨盆角度達到顯著的差異，甲一級打者較甲二級打者多了將近 12 度的骨盆旋轉，而呈現骨盆較為開放的姿勢。尤其在擊球的瞬間，骨盆角度的多寡足以影響打者整個身體力量的發揮，角度越大，代表著骨盆旋轉的範圍可能也越大，自然揮擊力量也就越強。在其它三種擊球高度中，兩個層級之間的比較雖沒有達顯著差異，但甲一級打者皆較甲二級打者有更大的擊球瞬間之骨盆角度(表 4-24)。然而在不同擊球高度的比較上，甲一級的打者在(低位置-中間位置)、(低位置-習慣位置)及(高位置-習慣位置)這三組中達到擊球瞬間之骨盆角度的顯著差異，顯示出中間位置與習慣位置的擊球比低與高的擊球情境有更大的擊球瞬間之骨盆角度，這說明了甲一級球員在面對中間位置與習慣位置的球之下，似乎更能在擊球的瞬間使骨盆位置處在一個更為開放的姿勢。而甲二級的打者則只有在(低位置-高位置)的比較上，擊球瞬間之骨盆角度達顯著差異，其餘兩兩的比較則無明顯不同。進一步探討，甲二級的球員在擊球瞬間骨盆角度的變化上，則呈現隨著高度增加，擊球瞬間的骨盆角度也隨之增加的趨勢，在這一個環節上與甲一級打者有些差異。值得一提的是，無論是甲一級與甲二級打者，他們在低位置擊球的瞬間皆是四種擊球高度中骨盆角度最小的，

這也說明了打者在面對低位置的來球時，可能會策略性的以較為封閉的骨盆姿勢擊球來增加擊球成功的機率。順便一提，打者在面對低球的情境時，在前腳著地的瞬間傾向骨盆位置呈現較為開放性的位置(表 4-19)，也因此低球的攻擊中骨盆旋轉範圍也是最小的，這也解釋了打者在揮擊低球時會有最少的身體重心內外方向的位移(表 4-10)。

表 4-24 擊球瞬間之骨盆角度

單位：度

層級*/擊球位置** ***	習慣位置 (甲一>甲二)	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	85.40(9.13)	78.84(9.29)	77.02(12.16)	82.73(10.17)	習慣>高；習慣>低 中間>低
甲二	73.53(6.42)	75.33(6.63)	68.87(7.83)	73.83(6.30)	高>低

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)；***代表交互作用顯著($p<.05$)

四、擊球瞬間之前肘關節角度

經事後比較發現，擊球瞬間之前肘關節角度的結果呈現出只有(中間位置-習慣位置)之間無顯著差異外，其他兩兩比較皆顯示有明顯的不同(表 4-25)。(低位置-高位置)甚至差距達 12 度之多，這說明了在擊球的瞬間，低位置的擊球相較於高位置的擊球會有較大的前肘關節角度。更進一步說明，隨著擊球高度提升，在擊球過程的肘關節角度會越小，相反的揮擊低球則必須增加肘關節的角度以利於球棒與球的較佳接觸位置，一方面彌補

較小範圍的骨盆旋轉，二來可增長手臂長度來增加揮擊力量。類似的現象在後肘關節的擊球瞬間也會發生，只是前肘關節角度的結果能更明顯反映出來，可看出打者在擊球瞬間為了因應不同的來球高度，而調整出最佳的肘關節角度，以提升擊球成功率與擊球初速。

Hay (1978) 指出打者擊球瞬間前手臂伸直或幾乎伸直的位置是擊球最佳時機，而本研究擊球瞬間之前肘關節角度與過去數據相較之下，呈現出較為偏低的角度數值，這是由於本實驗為定點式的擊球，與實際揮擊來球有所不同所產生的結果。

表 4-25 擊球瞬間之前肘關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	126.94(11.26)	124.30(9.66)	134.50(11.36)	125.85(10.82)	習慣>高；低>習慣 低>高；中間>高
甲二	131.96(10.61)	125.10(8.07)	139.82(10.80)	129.96(11.73)	低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著(p<.05)

五、擊球瞬間之後肘關節角度

由變異數分析後發現此參數達交互作用，因此進行單純主要效果變異數分析，接著透過單純主要效果的事後比較可發現兩個層級打者皆在低位置的擊球情境下，於擊球瞬間之後肘關節角度參數的比較上明顯大於其它三種情境(表 4-26)，這說明了打者在揮擊低球的過程中，後肘關節在擊球

瞬間相較於揮擊偏高的來球必須要多延伸一些來增加揮擊的力臂，才能展現出揮擊的力量。順帶一提，後肘關節的伸展情形越明顯，肘關節角度也就越大，連帶的也會使棒頭合位移增加，這也可解釋為何低位置的擊球會有較大的棒頭合位移了。

本研究與過去 Welch 等(1995)的研究結果相似，皆發現打者在揮擊期間後肘關節較前肘關節呈現出較為屈曲的狀態，而過去周家穎等(1996)發現擊球瞬間後肘關節角度介於 100 度~110 度時，球棒前移速度會最大，而本研究數據與其差異不大，後肘關節角度呈現出稍微偏小的情形，推論是由於本研究為固定式的擊球，而真實情境則是打者揮擊投手投來之球所產生的一些微差異。

表 4-26 擊球瞬間之後肘關節角度

單位：度

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較

甲一	93.86(8.65)	98.44(10.26)	103.54(9.42)	97.50(9.59)	低>習慣；低>高 低>中間
甲二	103.81(11.99)	100.76(11.68)	113.35(8.67)	102.54(11.69)	低>習慣；低>高 低>中間

註：數值為平均數(標準差)

代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)；*代表交互作用顯著($p<.05$)

六、擊球瞬間之前肘關節伸展角速度

經由變異數分析後可得各主要效果之間都沒有達到顯著的水準，這說明了兩個層級間以及四種不同擊球高度下的擊球瞬間前肘關節伸展角速度並沒有達到顯著差異，但從細部去探究，自表 4-27 中可發現打者在面對高位置情境時，會較其他三種情境有較慢的擊球瞬間前肘關節伸展角速度，推論是打者在揮擊高球的前一刻會放慢肘關節的伸展速度，以求較高的擊球準確性，同樣的在揮擊低球時也會發現這種情形，但打者在面對困難度較低的習慣位置球時，擊球瞬間的前肘關節伸展較不會去顧慮擊球準確性而影響其角速度發揮，因此打者在習慣位置的擊球瞬間之前肘關節角速度是四種擊球情境中最快的。然而與後肘關節伸展角速度結果相似的地方是甲一級在四種高度的擊球情境中相較於甲二級的打者皆有較大的擊球瞬間之前肘關節伸展角速度，雖沒有達到統計上的顯著差異，但兩者仍有約每秒平均 80 度左右的角速度差，這也是造成兩層級之間揮棒速度與擊球速度優劣的原因之一。

表 4-27 擊球瞬間之前肘關節伸展角速度

單位：度/秒

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	370.62(165.67)	294.02(139.88)	368.27(212.70)	351.01(142.40)
甲二	288.57(120.81)	264.29(125.75)	246.64(151.95)	264.16(95.89)

註：數值為平均數(標準差)

七、擊球瞬間之後肘關節伸展角速度

經變異數分析後可得各主要效果之間都沒有達到顯著的水準，這說明了兩個層級間以及四種不同擊球高度下的擊球瞬間之後肘關節伸展角速度並沒有達到顯著差異，但從細微的部份去探討，打者在習慣位置與中間位置所展現的後肘關節伸展角速度值略大於低位置與高位置的角速度值，這可能也是造成這四者之間揮棒速度差異的原因(表 4-28)。此外，從表中可發現甲一級的打者在四種高度的擊球情境中相較於甲二級的打者皆有較大的擊球瞬間之後肘關節伸展角速度，兩者約有平均每秒 53 度左右的角速度差異，雖然統計上沒有達顯著，但些微的差距足以影響整個揮棒表現，尤其在擊球初速度的比較上即可看出之間的效應。

表 4-28 擊球瞬間之後肘關節伸展角速度

單位：度/秒

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	807.04(112.40)	754.00(140.47)	747.67(190.67)	813.97(102.65)
甲二	733.06(142.73)	718.73(175.59)	732.66(196.56)	725.07(151.60)

註：數值為平均數(標準差)

第六節、揮擊期之地面反作用力分析

一、前腳著地瞬間之後腳垂直地面反作用力

經由事後比較發現打者在面對不同擊球高度下，其前腳著地瞬間時的後腳垂直地面反作用力反映出除了(低位置-習慣位置)及(習慣位置-中間位置)這兩組的比較沒有達顯著差異外，其餘兩兩高度情境比較皆達顯著的差異水準(表 4-29)。表中結果呈現隨著擊球高度的提高，打者在前腳著地的瞬間，後腳的垂直地面反作用力會越大，我們推論是打者為了揮擊較高的來球，因而在揮擊期剛開始的階段，會把重心留在比較接近後腳的位置，以利於揮擊高角度的來球；相反的，打者揮擊低球時會策略性的先將重心放在比較前面的位置(前腳著地的瞬間)，所以此時骨盆位置通常是較為開放的，這樣將利於揮擊位置較低的來球。此外在不同層級之間打者的比較上，甲一級打者相較於甲二級打者在四種擊球高度情境下，於揮擊期的開始階段更傾向於將重心放在比較前面的位置，也因為如此，在前腳著地的瞬間，後腳的垂直地面反作用力也就沒有甲二級打者那麼大。

表 4-29 前腳著地瞬間之後腳垂直地面反作用力

單位：倍體重

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	0.78(0.11)	0.89(0.07)	0.76(0.09)	0.81(0.09)	高>習慣；高>低
甲二	0.89(0.07)	0.96(0.04)	0.87(0.06)	0.91(0.07)	高>中間；中間>低

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

二、揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力

經由事後比較發現，打者在不同擊球高度下，揮擊期之最大前後方向地面反作用力值達顯著差異的主要有(高位置-低位置)及(高位置-習慣位置)這兩組(表 4-30)，結果顯示打者在高位置球的揮擊期間，前腳會產生較小的前後方向地面反作用力，此結果的產生將使前腿沒有足夠的支撐與煞車力量讓身體重心穩定而使重心繼續前移，旋轉軸心一旦沒有固定，那麼力量就會分散，這也就是為何高球的揮擊通常是重心前移最多(表 4-9)與揮棒速度最慢(表 4-4)的主因了。另一方面，在不同層級間的比較下，甲一級打者也較甲二級打者在各個擊球高度情境下產生更大的揮擊期之前腳前後方向地面反作用力，兩者約有.146 倍體重的差距，這顯示出甲一級打者在揮擊過程當中將更能有效使身體重心穩定，透過軸心的固定，骨盆的旋轉角速度也就越快了，接著再帶動整個上臂與前臂的力量延伸，揮擊力量與速度也就較甲二級打者快了許多。

表 4-30 揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力

單位：倍體重

層級*/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	0.65(0.15)	0.54(0.18)	0.64(0.11)	0.61(0.16)	習慣>高
甲二	0.47(0.09)	0.44(0.12)	0.47(0.09)	0.48(0.10)	低>高

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p<.05$)；**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

三、揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力產生之時間點

經由變異數分析可得不同層級打者之間在此參數中有達到顯著，因此甲一級與甲二級打者在揮擊期的前腳最大前後方向地面反作用力產生的時間是有所差別的，更進一步的說，甲一級打者在這項參數達到峰值的時間是較甲二級還早的，尤其在習慣位置的揮擊上更達到約 10%的時間差(表 4-31)，這說明了甲一級球員能提早利用此向後的反作用力來穩定身體重心，讓重心不再前移而使身體穩定與快速的旋轉，如此能縮短揮擊的時間與增進擊球的準確率與速度，因此在揮擊時前腳最大前後方向地面反作用力產生的時間如能提早一些，想必對打者是有所幫助的。

表 4-31 揮擊期之前腳最大前後方向地面反作用力產生之時間點 單位：%

層級*/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	67.24(7.95)	70.10(6.62)	69.97(10.80)	67.93(7.12)
甲二	77.10(3.85)	73.97(8.24)	77.77(6.40)	75.74(4.85)

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p < .05$)

四、揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力

經由變異數分析可知各個主要效果都沒有達顯著的水準，這也說明了在兩個層級之間及四種擊球高度之間的比較下，揮擊期中的前腳最大垂直地面反作用力沒有明顯的不同。甲一級打者較甲二級打者在揮擊期間只有多出約.088 倍體重的前腳最大垂直地面方向反作用力，差異並不大，因此

兩者提供打者下肢傳遞至上肢的力量只有些微的差距。另外值得一提的是打者在面對不同高度球情境時，在揮擊期間的前腳最大垂直地面反作用力雖然沒有達到統計上顯著的差異，但由表 4-32 中仍可觀察出中間位置與習慣位置的揮擊兩者的前腳垂直地面反作用力值會較低位置與高位置的攻擊還要大，較大的垂直地面反作用力也較可能傳輸更大的能量到身體的下肢與上肢部位，因此較能產生更大的揮擊力道與速度。

表 4-32 揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力 單位：倍體重

層級/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	1.48(0.34)	1.35(0.34)	1.39(0.26)	1.47(0.31)
甲二	1.33(0.18)	1.29(0.21)	1.34(0.10)	1.36(0.16)

註：數值為平均數(標準差)

五、揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力產生之時間點

經由變異數分析可知不同層級打者之間在此參數中有達到差異的顯著性，因此不同大專層級之間的打者在揮擊期間，前腳最大垂直地面方向的反作用力產生的時間點是有明顯差異的，甲一級打者更早到達該參數的峰值，而甲二級打者則較晚，我們推論是因為甲一級打者在揮擊期時的前腳最大前後方向地面反作用力產生的較早，也因此使得最大垂直地面方向反作用力也提早發生，這樣一來兩個層級之間打者的前腳最大垂直地面反作用力雖然力量值差異不大，但兩者最大力量產生的時間差可能就會影響前

腿獲得力量的快慢，因此就會連帶影響能量向上傳遞的速率，這就是甲一級打者較甲二級打者有較佳的打擊爆發力的原因。而本研究中在不同擊球高度之間的比較上，在此參數中則沒有達到顯著，因此當打者揮擊不同高度的來球時，前腳的最大垂直地面方向反作用力出現的時序應是差不多的。

表 4-33 揮擊期之前腳最大垂直地面方向反作用力產生之時間點 單位：%

層級*/擊球位置	習慣位置	高位置	低位置	中間位置
甲一	69.13(10.70)	75.07(8.81)	71.47(9.79)	69.73(10.20)
甲二	80.04(7.18)	79.27(8.84)	83.00(7.34)	80.00(5.63)

註：數值為平均數(標準差)

*代表層級之間差異顯著($p < .05$)

六、擊球瞬間之前腳前後方向地面反作用力

經由事後比較發現，打者在不同擊球高度下的擊球瞬間之前腳前後方向地面反作用力值只有(中間位置-習慣位置)與(習慣位置-低位置)這兩組沒有達顯著的差異之外，其他兩兩擊球情境的比較上都有明顯的不同，並且隨著擊球高度降低，在擊球瞬間的前腳前後方向反作用力也越大(表 4-34)。這是由於打者在擊球的瞬間，身體重量已由後腳轉移向前而靠近前腳的位置，加上低球的攻擊在此時間點上身體重心必須較揮擊其他三種高度還要低，使得前腿與其投影至地面的夾角也就越小(力量值分量越大)，因此前腿施予地面往前的力量也就越大，當然其所獲得的向後反作用力也

就更大了，所以根據表 4-34 的結果我們可以發現隨著擊球高度的提升，在擊球瞬間的前腳前後方向地面反作用力也越小。

表 4-34 擊球瞬間之前腳前後方向地面反作用力

單位：倍體重

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	0.36(0.15)	0.23(0.14)	0.41(0.11)	0.31(0.14)	習慣>高；低>高
甲二	0.28(0.11)	0.22(0.09)	0.32(0.09)	0.26(0.09)	中間>高；低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p < .05$)

七、擊球瞬間之前腳垂直地面方向反作用力

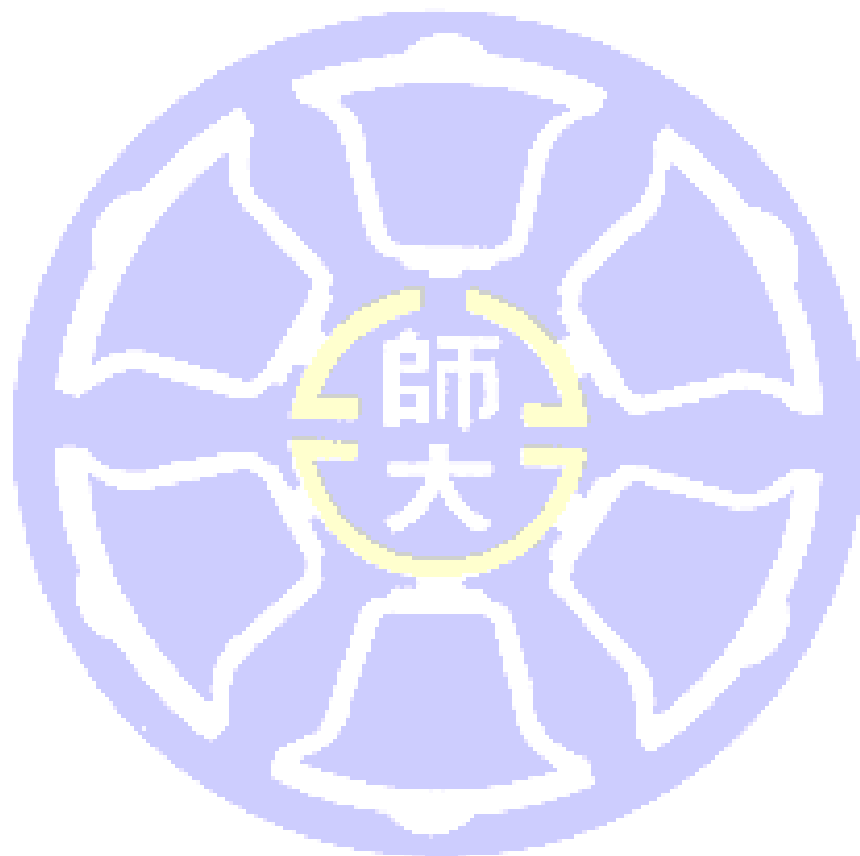
由不同擊球高度的事後比較可得出打者在擊球瞬間之前腳垂直地面反作用力於(高位置-習慣位置)、(高位置-低位置)及(中間位置-低位置)這三組中達到顯著的差異(表 4-35)，結果如同打者擊球瞬間前腳前後方向地面反作用力的數據，呈現出隨著擊球高度降低，力量值越大的現象，這是由於在揮擊低球的瞬間，因為身體重心較低而導致前腿施予地面的垂直力量越多，因此所獲得的地面向上作用力也就越大；相反的，若打者面對偏高的來球，結果則會呈現相反的結果。

表 4-35 擊球瞬間之前腳垂直地面方向反作用力

單位：倍體重

層級/擊球位置**	習慣位置	高位置	低位置	中間位置	事後比較
甲一	1.03(0.27)	0.85(0.27)	1.08(0.25)	0.97(0.24)	習慣>高；低>高
甲二	1.01(0.21)	0.94(0.21)	1.10(0.15)	0.98(0.12)	低>中間

註：數值為平均數(標準差)

**代表擊球高度之間差異顯著($p<.05$)

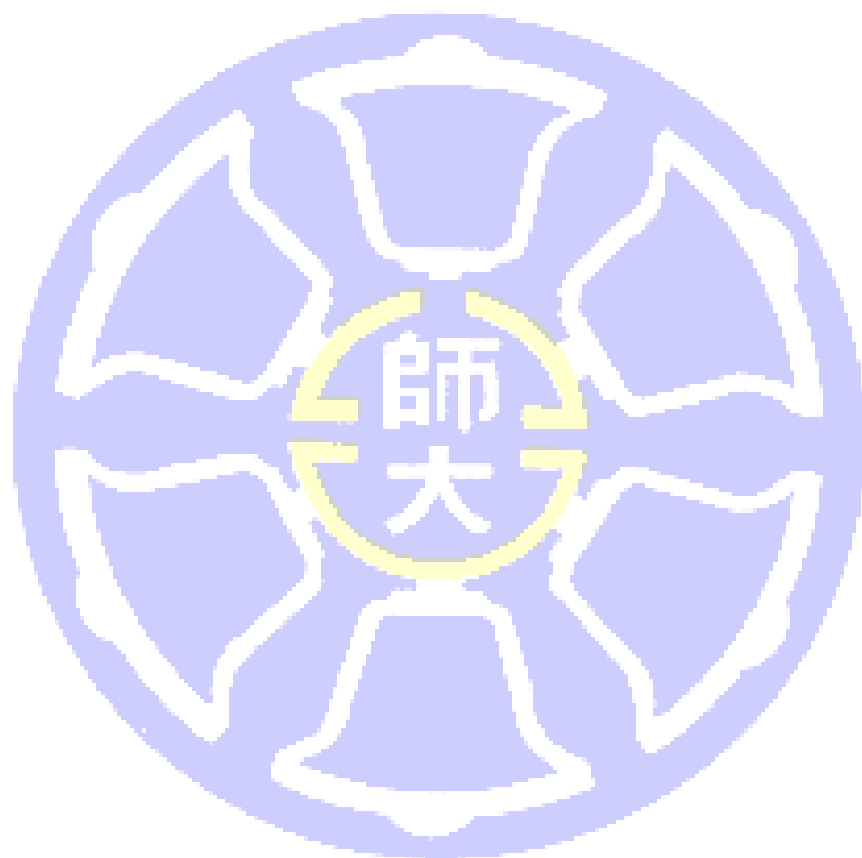
第五章 結論與建議

打者在揮擊高球時，相較於其它擊球高度會有較小的前腳前後方向地面反作用力發生。而在不同層級打者的比較上，甲二級打者相較於甲一級打者也有較小的前腳前後方向地面反作用力及更晚的地面反作用力峰值產生，這些特徵會使得打者在揮擊過程中沒有足夠的力量對身體做一個支撐與煞車的作用，而產生身體重心位移過大的結果，進而使得身體軸心無法穩定而導致骨盆旋轉速度減慢，最後影響了揮棒速度與擊球初速的發揮。而打者在揮擊低球時由於受限於身體旋轉較少，因此必須以較大的肘關節角度與棒頭合位移來增添揮擊力量；而揮擊高球時，打者會透過膝關節的伸展來提升重心高度至適當的攻擊位置，並以較為水平的棒頭軌跡去揮擊。

針對本研究結果，教練在指導球員揮擊低球時，可以著重在揮擊過程中肘關節的延伸，以增加揮擊的力臂；而揮擊高球時，則可有效運用膝關節的伸展使身體重心提升至合適的高度，以增加成功擊球的機率。而打者在揮擊過程中，須盡可能使前腳產生更大的前後方向與垂直地面方向反作用力並配合著較早的力量峰值產生，可使打擊重心穩定性與能量傳遞效能大幅提升，最終達到提高擊球初速與擊球準確性的雙重目的。

透過不同擊球高度的分析，我們可以了解打者在揮擊過程中，如何藉由身體動作與揮擊策略的改變來達到有效擊球的目的，也可以得到揮擊表現的差異，此訊息不僅僅可以提供打者做為打擊時的一個參照，也可以應

用於打擊訓練與比賽上，以增進不同來球高度的攻擊能力。未來研究建議可以利用肌電的方式，來探討打者在不同擊球高度時肌群作用的振幅大小與活化的時序，以了解整個力量產生的機制與差異，也可進一步探討好球帶內外角揮擊的動作差異，更深入的探究整個揮擊過程的力學效應。



引用文獻

王慧、周家穎、孫柏慶、鐘曹岳、朱西尤 (1995)。中國部分優秀棒球選手

揮擊技術動作的分析。《西安體育學報》，12(2)，1-4。

田中慎太郎 (2004)。《野球打擊練習》。東京都：株式會社池田書店。30-57。

李明憲 (2002)。基本體能對棒球選手打擊成績之影響。《體育學報》，33，

251-262。

李明憲，郭紘嘉，呂子平，劉峻狼 (2005)。棒球不同打擊姿勢揮棒速度之

比較分析研究。《北臺學報》，28，352-360。

周家穎、王慧、趙果豐 (1996)。我國棒球運動員揮擊技術的現狀與對策。

《西安體育學報》，13(1)，35-38。

松井秀治 (1981)。《野球的科學》。東京市：講談社。

許樹淵 (1976)。《人體運動力學》。台北縣：協進圖書公司。

陳國華 (1980)。《棒球打擊技術與理論之研究》。台北市：國立台灣大學體

育學會印製。

陳丕欣 (2006)。《棒球打擊動作動學之分析》。未出版碩士論文。輔仁大學，

台北縣。

楊清瓏 (1997)。《棒球打擊技術的分析與研究》。台北市：教育部國民中學棒

球聯賽小組印製。

楊沛峰 (2001)。《高爾夫揮桿旋轉中心的位置與擊球準確度關係》。未出版碩

士論文，國立台灣體育大學，桃園縣。

劉強、龔榮堂、相子元 (2003)。球棒重量對肌肉活性之影響：適當球棒重量之探討。 *大專體育學刊*，5(2)，121-129。

賴平常 (2000)。肘關節角度與力矩關係之研究。 *大專體育學刊*，2(2)，27-36。

Baseball Skills (2008)。 *美日最強職棒選手技巧圖解：打擊篇 P7*。株式會社西東社。

Adair, R. K. (1990). *The Physics of Baseball*. Harper Collins Publishers Inc.

Breen, J. L. (1967). What make a good hitter? *Journal of Health, Physical Education and Recreation*, 37, 36-39.

Brody, H. (1986). The sweet spot of a baseball bat. *American Journal of Physics*, 54, 640-643.

DeRenne, C. (2007). *The scientific approach to hitting : Research explores the most difficult skill in sport*. San Diego, CA : University Readers.

DeRenne, C., Morgan, C.F., Hetzler, R.K., & Taura, B.T.(2008). National and State Youth Baseball Coaching Requirements(A State Case Study). *The Sport Journal*, 11, 1-17.

Elliott, B. C., & Ackland, T. A. (1982). Physical and impact characteristics of aluminium and wood cricket bats. *Journal of Human Movement Studies*, 8, 149-157.

Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., DeRenne, C., Taylor, M.K., Moorman, C.T., Imamura, R., Barakatt, E., & Andrews, J.R.(2009). A Comparison of Age Level on Baseball Hitting Kinematics. *Journal of Applied*

Biomechanics, 25, 210-218.

Hay, J. G. (1978) *The biomechanics of sport techniques*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

Messier, S. P., & Owen, M. G. (1984). Bat dynamics of female fast pitch softball batters. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 55, 141-145.

Messier, S. P., & Owen, M. G. (1985). Mechanics of Batting : Effect of Stride Technique on Ground Reaction Forces and Bat Velocity. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 57(2), 329-333.

Mitchell, S. R., Jones, R., & King, M. (2000). Head speed vs. racket inertia in the tennis serve. *Sports Engineering*, 3, 99-110.

Nicholls, R. L., & Elliott, B. C. (2003). Bat Kinematics in Baseball: Implications for Ball Exit Velocity and Player Safety. *Journal of Applied Biomechanics*, 19(4), 30-33.

Race, D.E.(1961). A cinematographic and mechanical analysis of the external movements involved in hitting a baseball effectively. *Research Quarterly*, 32, 394-404.

Robert, K. A. (1990). *The Physics of Baseball*. Connecticut: Mountain Lion. Inc.

Sprigings, E. J., & Neal, R. J. (2001). Shifting a portion of the clubshaft's mass distally : Does it improve performance? *Sports Engineering*, 4(1), 15-22.

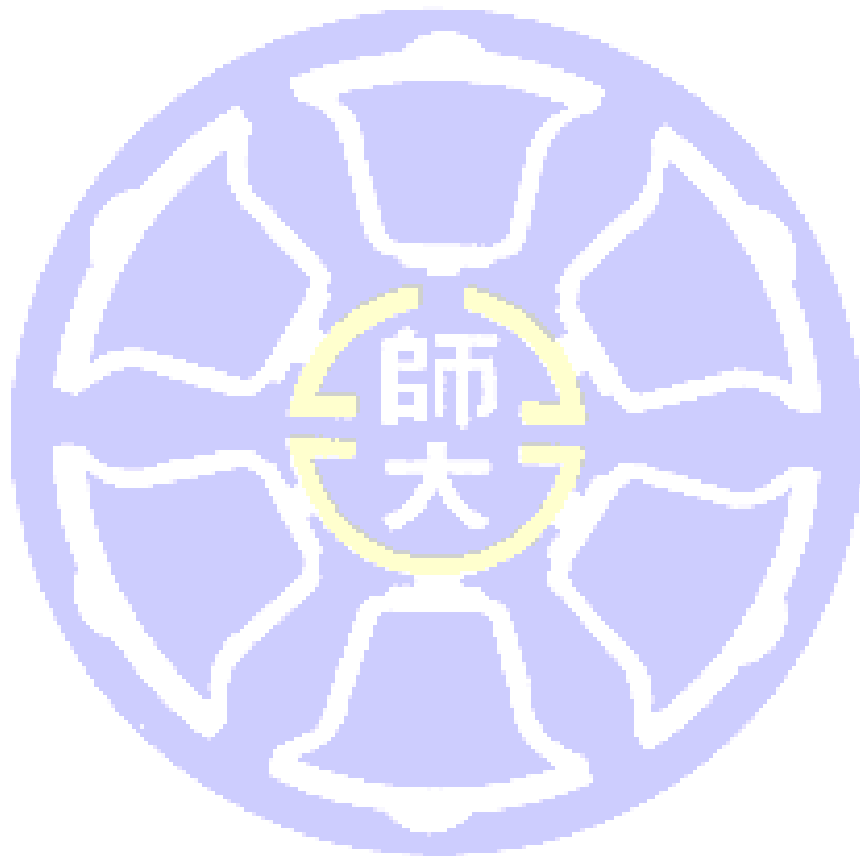
Tabuchi, N., Matsuo, T., & Hashizume, K. (2007). Bat speed, trajectory, and timing for collegiate baseball batters hitting a stationary ball. *Sports Biomechanics*, 6(1), 17-30.

Welch, C.M., Banks, S.A., Cook, F.F., & Draovitch, P. (1995). Hitting a baseball : a biomechanical description. *The Journal of Orthopaedic and*

Sports Physical Therapy, 22, 193-201.

Williams, T. & Underwood, J. (1986). *The Science of Hitting*. New York : Simon and Schuster.

Williams, T. (1986). *The Science of Hitting*. New York : Simon and Schuster.



附錄一 受試者同意書

同學您好：

本研究將作為碩士論文之實驗，所得之資料僅供研究之用之外，不作為任何用途。為了保護受試者之健康與權利，研究者將研究流程向受試者說明，並保護受試者在實驗過程的安全。如受試者在實驗過程有任何不適或是改變受試意願，可以隨時中斷實驗而不受任何限制。如您願意參與本實驗，請在下方受試者簽名處簽名，並填寫基本資料，表示同意並遵照研究者安排之實驗內容。

論文題目：大專棒球選手在不同擊球高度下之揮棒動作分析

指導老師：張家豪 博士

研究生：莊博堯

單位：國立臺灣師範大學體育系

地址：臺北市大安區和平東路一段162號

受試者簽名：

聯絡地址：

聯絡電話：

附錄二 受試者基本資料表

受試者編號：_____ 性別：_____ 生日：_____

年齡：_____歲 球齡：_____年

肢段參數：

體重 (Kg)：			
身高(cm)：			
腕寬(cm)：			
左(left)(cm)		右(right)(cm)	
掌厚HandThickness		掌厚HandThickness	
腕厚WristWidth		腕厚WristWidth	
肘寬ElbowWidth		肘寬ElbowWidth	
肩窩厚ShpulderOffset		肩窩厚ShpulderOffset	
膝寬Kneewidth		膝寬Kneewidth	
踝寬AnkleWidth		踝寬AnkleWidth	
腿長LegLength		腿長LegLength	

測驗動作

擊球高度類型	低情境位置	中情境位置	高情境位置	習慣位置
擺放高度(cm)				
擊球次序				

個人小傳

一、基本資料

姓名：莊博堯

生日：民國 74 年 2 月 11 日

二、學歷

國立台灣師範大學體育學系碩士班運動科學組 (2009.09~)

國立高雄師範大學體育學系 (2003.09~2007.06)

臺南縣私立興國高級中學 (2000.09~2003.06)

三、經歷

國立高雄師範大學棒球校隊 二壘手 (2003.09~2007.06)

國立台灣師範大學棒球校隊 一壘手 (2009.09~2011.06)

四、發表著作

莊博堯、陳佑、張家豪(2010)。棒球滑步式與抬腿式打擊動作之生物力學分析。2010 國際生物力學研討會暨台灣生物力學年度學術研討會。

2010/10/29(海報發表)。

莊博堯、張家豪(2011)。影響棒球打者揮棒速度之因子探討。臺大體育, 53。

五、獲獎事蹟

2010 台北市學生棒球春季聯賽大專乙組打擊獎

2011 中華民國大專院校 99 學年度棒球運動聯賽公開組第二級第三名