

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of Sport
運動健康科學學系碩士班
碩士學位論文

慢速壘球打擊在不同好球板位置的運動學分析
KINEMATIC ANALYSIS OF DIFFERENT STRIKE
PLATE AREAS IN SLOW PITCH SOFTBALL HITTING



研究生：廖桓陞

指導教授：張怡雯 博士

中華民國 103 年 12 月

論文名稱：慢速壘球打擊在不同好球板位置的運動學分析

總頁數：73頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學運動健康科學學系暨碩士班

畢業及題要別：一〇三學年度第一學期碩士學位論文題要

研究生：廖桓陞

指導教授：張怡雯 博士

中文摘要

研究背景：過去有許多研究探討棒球打擊在好球帶不同位置的動作分析，但較少針對慢速壘球在好球板不同位置的打擊動作分析，因此，本實驗目的為瞭解慢速壘球打擊在好球板前、中、後位置運動學的差異。**研究方法：**參與者為 12 名大專慢速壘球系隊男性右打者選手。以 Vicon 動作分析系統收集揮棒過程的運動學，使用重複量數單因子變異數分析比較不同好球板位置的運動學差異。**研究結果：**好球板中間位置打擊有較大的球棒速度與球速。和中間位置相比，好球板前位置有較長的揮棒時間與較大的步幅距離，上部軀幹和骨盆在前腳離地與著地時有較小的向後旋轉角度，在球棒與球接觸時有較大的向前旋轉角度，左及右肘關節在球棒與球接觸時有較小的屈曲角度，在手開始向前及球棒與球接觸時，有較大的右膝屈曲角度，且會出現較大的右肘伸展角速度。另外，和中間位置相比，好球板後位置在前腳離地與著地時有較大的上部軀幹和骨盆的向後旋轉角度，在球棒與球接觸時有較小的上部軀幹和骨盆的向前旋轉角度，且有較大的左肘屈曲角度，在揮棒四個時期有較小的右膝關節屈曲角度。**結論：**大專慢速壘球打者在面對好球板不同位置時會有打擊運動學的差異，本研究結果可以提供慢速壘球教練與打者瞭解在不同好球板位置時打擊動作的差異。

關鍵詞：揮棒時間、步幅、上部軀幹、骨盆、肘關節、膝關節

KINEMATIC ANALYSIS OF DIFFERENT STRIKE PLATE AREAS IN SLOW PITCH SOFTBALL HITTING

Abstract

Background: Several researches regarding the kinematic analysis of baseball hitting have been studied in literatures. However, little information was known about slow-pitched softball hitting. Therefore, the purpose of this study was to investigate the kinematics of different strike plate areas in slow pitch softball hitting. **Method:** Twelve college slow pitch hitters participated in this study. Vicon motion analysis system was used to measure the kinematics of slow pitch softball hitting. One-way ANOVA with repeated measure was used to compare the differences between different strike plate areas. **Results:** A faster ball velocity and bat velocity were found in middle strike plate area. Compared to middle strike plate area, anterior strike plate area showed a longer hitting time, greater stride length, lesser backward rotation on upper torso and pelvis at foot-off and foot-on, lesser elbow flexion angle at impact, greater right knee flexion angle at hands started to move forward and impact, and faster right elbow extension velocity. Moreover, compared to middle strike plate area, posterior strike plate area showed a greater backward rotation on upper torso and pelvis at foot-off and foot-on, lesser forward rotation on upper torso and pelvis at impact, greater left elbow flexion angle, and lesser right knee flexion angle. **Conclusion:** Kinematic differences between different strike plate areas were found in college slow pitch softball hitters. The information could be provided for the coaches and hitters to better understand the effect of different strike plate areas on hitting kinematics.

Keywords: swing time, stride length, upper torso, pelvis, elbow joint, knee joint

謝誌

研究所兩年半的生活，過程中充滿許多困難與挑戰，若沒有指導教授張怡雯老師在旁督促，我還是無法在混亂中找到方向，並於修業期限內完成論文。兩年半的求學階段，我學到獨立解決問題的能力，也在研究團隊互助合作之下，使我對運動科學研究有更深刻的了解，讓我在未來工作中有更多的選擇。非常感謝我的論文口試委員羅世忠老師與唐誌陽老師，對於實驗與論文寫作上提供許多的建議與指教，使本篇論文能順利完成。同時也要感謝碩士班統計課的林房儂老師與指導教授張怡雯老師在統計分析上給予我很多的指導。此外，我要感謝碩士班梁凱涵學姊、黃崇富學長在實驗過程、儀器操作及論文寫作上給予很多幫助，也要感謝碩士班陳奕甫同學從旁協助實驗的進行，最後，特別感謝運動健康科學系慢速壘球隊的同學們踴躍地參與本研究，因為有你們的幫忙，才能使本篇論文順利完成。也感謝臺體運健慢速壘球社團陪伴我度過大學四年、碩士班兩年半的求學生涯，使我在研究上遇到瓶頸時，能夠得到紓解壓力的管道。也要感謝我的大學部導師唐誌陽老師與碩士班導師陳俐蓉老師以及教導我運動傷害防護與貼紮的洪暉老師，還有感謝在求學期間辛苦教導我的所有老師，讓我得到豐富的知識與做人處事。求學階段即將結束，將邁向人生下一個旅程，由衷地感謝我的家人，讓我能順利走過這一路，有你們的支持與鼓勵，讓我有勇氣朝向未來目標邁進。

廖桓陞 謹誌

中華民國一〇三年十二月

目錄

中文摘要	I
英文摘要	II
謝誌	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的	3
第三節 研究假設	4
第貳章 文獻探討	5
第一節 棒壘球打擊動作分析	5
第二節 棒球打擊動作分期之運動學分析	7
第三節 棒球打擊之球速與球棒速度	10
第四節 棒球打擊在不同好球帶位置之運動學分析	11
第五節 結語	13
第參章 研究方法與步驟	14
第一節 實驗參與者	14
第二節 實驗時間及地點	15
第三節 實驗儀器及設備	16
第四節 實驗流程與步驟	23
第五節 統計方法	34
第肆章 結果	35
第一節 參與者基本資料	35
第二節 好球板前、中、後位置的時間分期、步幅、揮棒速度與球速	36

第三節	好球板前、中、後位置的關節角度變化	38
第五章	討論	48
第一節	打擊時間分期的關節角度變化.....	48
第二節	關節角速度	57
第三節	球速、球棒速度與步幅距離	59
第四節	揮棒時間分期	61
第五節	棒球與慢速壘球不同打擊位置的差異	63
第六節	對於慢速壘球打者的建議	67
第七節	研究限制	68
第六章	結論與建議	69
參考文獻	71

表目錄

表 3- 1 : 肢段參數值定義表	26
表 3- 2 : 反光標記黏貼位置	28
表 3- 3 : 運動學參數定義	33
表 4- 1 : 參與者基本資料	35
表 4- 2 : 前、中、後位置的打擊時間分期	36
表 4- 3 : 前、中、後位置的步幅、球速與球棒速度	37
表 4- 4 : 前、中、後位置之頭部旋轉角度變化	38
表 4- 5 : 前、中、後位置之上部軀幹旋轉角度變化	40
表 4- 6 : 前、中、後位置之骨盆旋轉角度變化	41
表 4- 7 : 前、中、後位置之軀幹旋轉角度變化	42
表 4- 8 : 前、中、後位置之肘關節的屈曲角度變化	43
表 4- 9 : 前、中、後位置之膝關節的屈曲角度變化	45
表 4-10 : 關節峰值角速度的變化	47
表 5- 1 : 前腳離地瞬間關節角度	50
表 5- 2 : 前腳著地瞬間關節角度	52
表 5- 3 : 手開始向前關節角度	54
表 5- 4 : 擊球瞬間關節角度	56
表 5- 5 : 最大伸展角速度	58
表 5- 6 : 球速、球棒速度、步幅距離與揮棒時間	60
表 5- 7 : 揮棒分期所花的時間	62
表 5- 8 : 棒球與慢速壘球之不同打擊位置的差異	63
表 5- 9 : 腳著地時棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較	64
表 5-10 : 球棒與球接觸時棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較	65
表 5-11 : 最大角速度在棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較	66

圖目錄

圖 2-1	: 慢速壘球打擊動作分期	6
圖 3-1	: 紅外線攝影機	17
圖 3-2	: 視訊處理器	18
圖 3-3	: 反光球(直徑 14mm、19mm 及 25mm)	18
圖 3-4	: 球棒	19
圖 3-5	: 慢速壘球	19
圖 3-6	: 擊球座	19
圖 3-7	: 運動鞋	20
圖 3-8	: 身高體重計及皮尺	20
圖 3-9	: 實驗流程圖	22
圖 3-10	: 好球帶及打擊區配置圖	23
圖 3-11	: 影機配置圖	24
圖 3-12	: 動態校正儀器(wand)	25
圖 3-13	: L型靜態校正儀器(L-frame)	25
圖 3-14	: 反光標記位置圖	27
圖 3-15	: 打擊好球板前、中、後位置	31
圖 3-16	: 打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖	32

第壹章 緒論

第一節 研究背景

壘球 (softball) 是由棒球發展而來，規則兩者相似。後來壘球又分成快速壘球與慢速壘球，對於棒球與快速壘球而言皆需要有高強度的技巧與專業化，而慢速壘球的特色是簡單易學，對於老年人或普通人都能接的到球與打的到球，可使參與者得到成就感，是一種大眾化的運動，所以在國內日漸興盛，而棒球、快速壘球與慢速壘球彼此間也有差異存在。

棒球的好球帶定義是在譚鳳君 (1983) 的棒球規則簡介中，而壘球的好球帶定義是在中華民國體育運動總會編印 (2002) 的國際壘球規則中，棒球與壘球的好球帶相似，打擊者在正常打擊姿勢下，取其肩部以下至膝蓋以上的高度，並在本壘板上之五邊型立體範圍內皆是好球，但在國內慢速壘球是由中華民國慢速壘球協會 (2013) 所規定，使用好球板來辨別好壞球，目的是方便判定，以免造成好壞球的爭議，不管球有沒有通過本壘板或通過本壘板時高度是否在膝蓋以上肩膀以下，只要投出球的最高點高度高於打者和投手頭部且落到好球板中就算好球，因此棒球和國際壘球規則所指的好球帶與中華民國慢速壘球協會所指的好球板有差異存在。

國際棒球與壘球規則中好球帶可分成上、中、下三個位置，而國內慢速壘球的好球板是分成前、中、後三個落球點位置，在先前的相關研究中有探討棒球打擊在不同好球帶位置的運動學分析 (Tago, Ae, Tsuchioka, Ishii & Wada, 2009; Tago, Ae, Tsuchioka, Ishii & Wada, 2010; 莊博堯, 2011; 鍾

璧年、林秀卿，2012) ，但很少研究探討慢速壘球打擊在不同好球板位置的運動學分析，所以藉由比較慢速壘球打擊在不同好球板位置的球，以瞭解及學習慢速壘球打擊動作的運動學，讓打者確定打擊策略使能完美擊球。

第二節 研究目的

本研究的目的是在於藉由生物力學的研究方法，針對慢速壘球打擊好球板前、中、後不同位置，分析運動學參數，並運用統計方法加以比較，因此本研究目的為：探討慢速壘球好球板前、中、後位置的打擊動作之運動學參數。

第三節 研究假設

打者在打擊好球板不同位置的球時之運動學參數，會隨著好球板前、中、後位置而有不同的差異。

第貳章 文獻探討

本章首先將打者打擊動作稍作簡述，接著針對在生物力學領域中的運動學分析 (kinematics) 做整理與探討。

第一節 棒壘球打擊動作分析

棒壘球包括棒球、快速壘球、慢速壘球，而他們之間的打擊動作的過程皆相似，是由一連串的身體動作組成，打擊動作可分為打擊站姿、重心轉移、跨步、揮擊、餘勢等（楊清瓏，1997）。

以生物力學的角度來區分，打擊動作主要可分為四個時期，包括預備期、跨步期、揮擊期、餘勢動作期；以及三個時間點，包括前導腳離地、前腳著地、球棒與球接觸（如圖 2-1）。打擊動作的預備期為打擊動作的開始，雙手握著球棒在起始位置，兩腳打開與肩同寬膝蓋微彎，呈現最自然輕鬆的姿勢，接著跨步期為前導腳開始慢慢離地，身體的重心向後移動，支撐腳仍然維持身體平衡，上半身往後旋轉，直到前導腳的膝關節抬到最高點，接著身體的重心向前移動至前導腳著地，而揮擊期為前導腳著地，手開始向前擺動，身體的重心繼續向前移動，上半身往前旋轉，雙手使球棒向前移動，至球棒與球接觸（擊球點）時結束，餘勢動作期為球與球棒分離到揮棒結束的時期。

對於打擊站姿是否影響球棒速度，李明憲、郭紘嘉、呂子平與劉峻狼（2005）發現開放式的打擊動作會有較大的揮棒速度，而對於棒球滑步式與抬腿式打擊動作生物力學分析

上，莊博堯、張家豪與陳佑（2010）發現抬腿式打擊有較短的揮棒時間而產生較大的揮棒速度，和較大的肘關節平均伸展角速度與骨盆平均旋轉角速度，並呈現較少的身體重心水平位移，能產生較大的朝投手丘方向與垂直地面的反作用力，所以抬腿式打擊會比滑步式來的好。吳俊昌、李明憲與相子元（2004）提到少棒不同打擊站姿之足底壓力分析，開放式壓力最大但壓力較不平均；封閉式壓力過程較長；而平行式則壓力較為流暢。

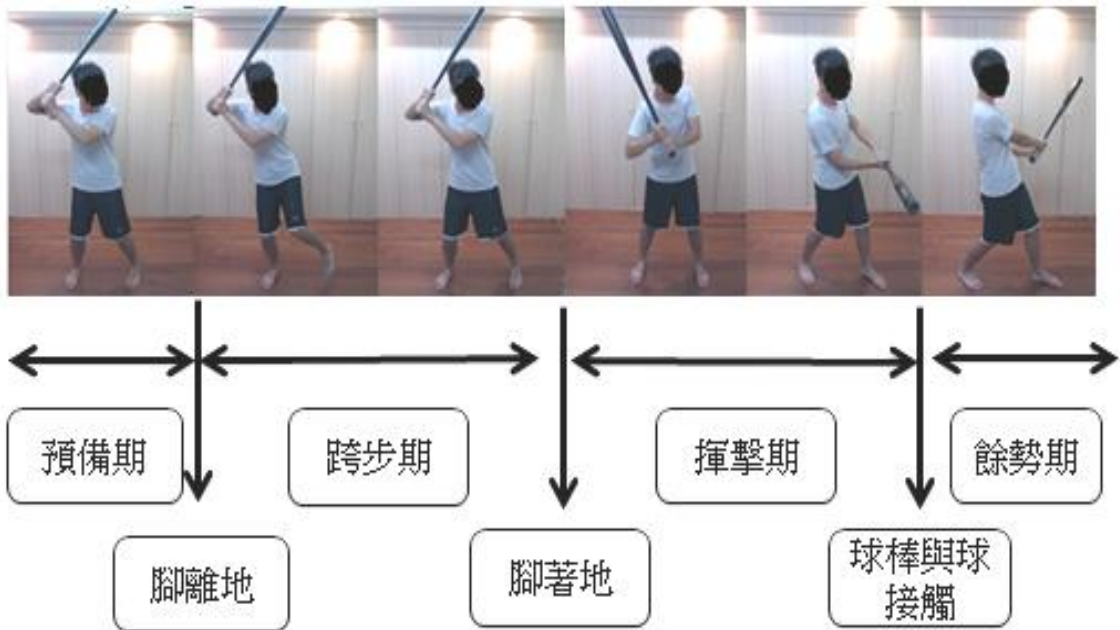


圖 2-1 慢速壘球打擊動作分期

第二節 棒球打擊動作分期之運動學分析

對於打擊動作的三個時間點進行探討，包括前腳離地時間點、前腳著地時間點與球棒與球接觸時間點，探討肩關節、肘關節、骨盆與膝關節的角度。

針對前腳離地時間點的運動學分析，在 Welch, Banks, Cook and Draovitch (1995) 發現小聯盟打者，以右打者而言，肩關節順時針平均旋轉角度為 30° ，前肘平均屈曲角度為 85° 、後肘平均屈曲角度為 123° ，骨盆順時針平均旋轉角度為 18° ，而對於膝關節平均屈曲角度，發現前膝平均屈曲角度為 43° 、後膝平均屈曲角度為 32° ；而在 Escamilla 等人 (2009) 也發現成年右打者的上肢軀幹順時針平均旋轉角度為 15° ，成年打者的前肘平均屈曲角度為 77° ，後肘平均屈曲角度為 124° ，成年打者的骨盆順時針平均旋轉角度為 10° ，成年打者的前膝平均屈曲角度為 45° 、後膝平均屈曲角度為 49° ，發現兩位學者在分析打者前腳離地瞬間的角度變化差異不大，有相似的上肢軀幹旋轉角度與骨盆旋轉角度與肘、膝關節屈曲角度變化。

在前腳著地時的運動學分析上，在 Welch 等人 (1995) 發現小聯盟打者，以右打者而言，肩關節逆時針平均旋轉角度為 29° 、前肘平均屈曲角度為 70° 、後肘平均屈曲角度為 124° 、骨盆逆時針平均旋轉角度為 4° 、前膝關節平均屈曲角度為 41° 、後膝關節平均屈曲角度為 42° ；相對於 Escamilla 等人 (2009) 的打擊動作分析，發現成年打者的上肢軀幹逆時針平均旋轉角度為 24° ，前肘平均屈曲角度為 59° 、後肘平均屈曲角度為 129° 、骨盆逆時針平均旋轉角度為 10° 、前膝關節平

均屈曲角度為 39° 、後膝關節平均屈曲角度為 46° ，而近期在國內所做出的相關研究上，在莊博堯 (2011) 發現大學甲一級打者前肘平均伸展角度為 108.38° 、後肘平均伸展角度為 58.67° 、骨盆逆時針平均旋轉角度為 20.73° 、前膝關節平均伸展角度為 129.75° 、後膝關節平均伸展角度為 129.52° ，統整以上學者的結果，發現國內打者在前腳著地瞬間的前肘平均屈曲角度大於國外打者，但後肘平均屈曲角度小於國外打者，而國內打者的前膝關節與後膝關節的平均屈曲角度，皆大於國外打者，骨盆旋轉角度也大於國外的打者，可能是打擊能力差異的關鍵點，如果使關節角度相似，可能會有較佳的打擊表現。

在擊球瞬間時間點，有較多的研究去探討，Welch 等人 (1995) 發現小聯盟打者肩關節逆時針平均旋轉角度為 66° 、前肘平均屈曲角度為 37° 、後肘平均屈曲角度為 57° 、骨盆逆時針平均旋轉角度為 83° 、前膝平均屈曲角度為 15° 、後膝平均屈曲角度為 45° ；而 Escamilla 等人 (2009) 發現成年打者的上肢軀幹逆時針平均旋轉角度為 48° 、前肘平均屈曲角度為 18° 、後肘平均屈曲角度為 55° 、骨盆逆時針平均旋轉角度為 71° 、前膝平均屈曲角度為 11° 、後膝平均屈曲角度為 66° ；而 Inkster, Murphy, Bower and Watsford (2011) 提到澳洲較高層級打者的前肘平均伸展角度為 148° 、後肘平均伸展角度為 131° 、前膝平均伸展角度為 136° 、後膝平均伸展角度為 106° ；莊博堯 (2011) 也提到大學甲一級打者在擊球瞬間的前膝平均伸展角度為 155.22° 、後膝平均伸展角度為 116.59° ，骨盆逆時針平均旋轉角度為 82.73° ；而鍾璧年與林秀卿 (2012) 也提到利用輔仁大學 6 名打者在中間直球的擊球下，發現前

肘平均屈曲角度為 24.18° 、後肘平均屈曲角度為 50.42° 。在擊球瞬間的運動學分析上，各研究之間前後肘、膝關節屈曲角度有較大的差異存在，可能因為年齡、能力、身體的結構不同會在擊球瞬間產生較大差異。

第三節 棒球打擊之球速與球棒速度

以球棒速度與球速來看，Welch 等人 (1995) 分析小聯盟打者的球棒速度，提到球棒最大旋轉角速度為 $1588^{\circ}/s$ 、球棒的最大線性速度為 $31m/s$ ；而 Inkster 等人 (2011) 將澳洲選手分成高能力與低能力打者，比較發現球棒最大線性速度而言，高能力打者為 $36.8m/s$ 、低能力打者為 $33.8m/s$ ，而揮棒所花的時間沒有顯著的差異，對於球飛行速度而言，高能力打者為 $38m/s$ ，低能力打者為 $35.6m/s$ ，所以有較大的球棒速度就能夠產生較大的球飛行速度；而 Escamilla 等人 (2009) 提到了在球棒與球接觸時的球棒瞬時速度，成年打者為 $30m/s$ 、青年打者為 $25m/s$ ；而陳河吉、王宏正、楊文添與張家豪 (2011) 揮棒軌跡分析也得到棒頭最大速度為 $23.3m/s$ ，在瞬間的平均揮棒速度為 $22.07m/s$ ，結果發現有較大的棒頭速度與整季的打擊率呈現正相關；而莊博堯 (2011) 也比較甲一級的選手與甲二級選手的球棒速度，發現甲一級的選手有較快的棒頭速度與擊球初速皆大於甲二級的選手，甲一級的最大棒頭速度為 $30.92m/s$ 大於甲二級選手的 $27.37m/s$ ；甲一級的擊球初速為 $31.49m/s$ 大於甲二級的 $27.74m/s$ ，對於球棒速度與打擊能力的表現得知，陳河吉、張家豪與陳志強 (2009) 提到球棒速度對於打者的打擊率也呈現正相關，球棒速度愈快能產生較大的球飛行速度，但前提為需要有確實擊到球的能力。(陳幸革、涂瑞洪，2009)

第四節 棒球打擊在不同好球帶位置之運動學分析

對於棒球打擊好球帶不同高度位置的上肢角度分析，Tago 等人 (2009) 比較棒球打擊在好球帶高位置、中位置與低位置，發現在球棒與球接觸時間點，打擊好球帶低位置有較大的前肘伸展角度和肩關節旋轉角度。而在莊博堯 (2011) 打者在打擊高、中、低三個位置的運動學分析，發現在腳著地時間點、球棒與球接觸時間點，打擊低位置的球都會有較大的前、後肘的伸展角度；而鍾璧年與林秀卿 (2012) 比較不同揮擊點的上肢運動學而言，前肘關節角度在揮擊正中直球時為 155.82° ，在揮擊內角直球時為 153.96° ，在揮擊外角直球時平均前肘關節角度為 161.39° ，對於前肘關節角度而言，外角直球有較大的前肘關節伸展角度；而後肘關節角度在揮擊正中直球時為 129.58° ，在揮擊內角直球瞬間為 125.33° ，在揮擊外角直球瞬間為 134.64° ，顯示後肘關節的角度，外角直球也有較大的後肘關節伸展角度。在球棒與後肘前臂之平均角度在揮擊正中直球瞬間，平均角度為 96.60° ，在揮擊內角直球瞬間，平均角度為 90.31° ，在揮擊外角直球瞬間，平均角度為 102.23° ，相對於球棒與後肘前臂角度而言，外角直球大於中間直球，中間直球也大於內角直球，以上研究對於好球帶的上、中、下位置與外、中、內角位置的分析，可讓我們明白肘關節的角度變化在打擊的過程中，發現在較低的位置與較外角位置擊球會有較大的前、後肘關節伸展角度，如果要打擊低角度位置與較外角位置必須盡量伸展前、後肘的角度。

對於棒球打擊好球帶不同高度位置的下肢角度分析而言

，Tago 等人 (2010) 探討打者在揮棒開始時間點到球棒與球接觸時間點，發現打擊好球帶低位置時，是透過髖關節角度調整揮棒動作；在前肘到達水平階段時，右髖關節在打擊好球帶高位置時會產生較小的髖關節外展角度；左髖關節在打擊好球帶高位置會產生較大的髖關節外展角度。莊博堯 (2011) 指出在揮擊高球的球棒與球接觸階段，會有較大的前、後膝關節伸展角度和較大的骨盆外展角度。由以上學者所發現，對於下肢關節而言，相對於低位置與中間位置的擊球，打擊高球位置會有較大的前、後膝關節伸展角度與髖關節外展角度。

對於棒球打擊好球帶不同高度位置的揮棒速度分析而言，莊博堯 (2011) 調查大學甲一級球員，發現高位置擊球相較於習慣位置與中間位置間，高位置的擊球有較慢的擊球初速，高位置為 28.09m/s 小於低位置的 30.34m/s ；而最大棒頭速度，高位置 (27.65m/s) 小於低位置 (29.73m/s)，另外鍾璧年與林秀卿 (2012) 在揮擊正中直球發現，球棒平均瞬時速度為 39.23m/s ；在揮擊內角直球，球棒平均瞬時速度為 38.60m/s ；在揮擊外角直球，球棒平均瞬時速度 40.69m/s 。發現揮擊高位置會有較長的揮棒時間，以最大棒頭速度而言，中間位置大於低位置，低位置又大於高位置，對於擊球初速而言，中間位置也大於低位置，低位置大於高位置，而比較不同揮擊點的擊球瞬間的揮棒速度而言，外角直球會有較大的揮棒速度大於中間，中間位置也大於內角位置，所以打者假使為了要有較大的揮棒速度，可以藉由攻擊好球帶外角與中間位置的球，來產生較大的球速，在比賽過程中能夠有安打機率的發生。

第五節 結語

由於日漸蓬勃的慢速壘球的發展，老中青三代都可以參與的運動賽事，大家對於慢速壘球的精進更有興趣，以往對於棒球打擊的相關論文有很多的研究與討論，而且已對於棒球好球帶高、中、低位置的打擊生物力學分析進行研究，但很少對於慢速壘球好球帶前、中、後位置的打擊進行生物力學分析的文獻探討，因為國內慢速壘球為了方便判斷好壞球所出現的好球板區域，與棒球打擊上的好球帶位置有所差異，為了使打者明確的瞭解對於好球板前、中、後位置打擊的策略，所以藉由分析好球板前、中、後位置的打擊動作的分析探討，以利球員與教練對於慢速壘球打擊訓練與增進打擊能力有更進一步的認識。

第參章 研究方法與步驟

第一節 實驗參與者

本研究參與者以 12 名年滿 20 歲的大專慢速壘球系隊的男性右打者選手，參與慢速壘球社團有兩年以上的時間，每週有固定訓練時間（每週三次）、有參與比賽兩次以上的經驗。接受實驗測試時一年內無任何肌肉及骨骼的損傷發生，參加實驗測試前皆詳細告知實驗的目的與流程，與徵得受試者同意和簽署受試者同意書，而本研究已經通過研究倫理審查通過，且在實驗前必須填寫基本資料，資料表內容包括：姓名、性別、年齡、球齡、守備位置、左打或（右打）、身高、體重、運動習慣、過去受傷部位及受傷時間、獎牌紀錄。排除條件為年齡未滿 20 歲、無參與慢速壘球運動兩年的時間、每週無二次以上的訓練時間、無慢速壘球比賽的經驗、一年內有肌肉骨骼損傷的發生。

第二節 實驗時間及地點

- 一、實驗時間：103年7月1日至103年8月5日，每位參與者的實驗時間約為3小時。
- 二、實驗地點：國立臺灣體育運動大學生物力學實驗室。

第三節 實驗儀器及設備

本研究實驗設備分為硬體設備與軟體設備，硬體設備用於收取實驗中的動作訊號和資料，軟體設備包括訊號的處理及統計資料的運算。

一、硬體設備

(一) 動態分析量測儀器 (VICON NEXUS motion analysis system, Oxford Metrics Limited, UK)

動態分析量測系統包括 8 臺紅外線攝影機 (圖 3-1)、視訊處理器 (圖 3-2)、個人電腦及反光球 (圖 3-3) 所組成，利用紅外線攝影機收集黏貼在受試者身上的反光球反射的光影，藉由視訊處理器將影像資料做轉換，輸入至電腦，再藉由動態分析量測系統的 Workstation V4.5 軟體，對反光球的行進軌跡作辨識，即可以得知反光球相對於參考坐標系的空間座標。本研究實驗身體特定的 31 個部位，加上球棒 4 個、球 1 個，共 36 個反光標記位置，分別各貼上直徑 14mm、19mm 及 25mm 的反光球，加上本壘板外圍 4 顆反光球點來確定打者站立相對位置以獲取資料。



攝影機前面觀



攝影機側面觀

圖 3-1 紅外線攝影機



圖 3-2 視訊處理器



圖 3-3 反光球(直徑 14mm、19mm 及 25mm)

(二) 球棒、球與擊球座

球棒是使用 TPS MODEL SB85W OFFICIAL SOFTBALL 34IN`26OZ 的標準球棒(圖 3-4)、球是使用 YS SB-1100 A 級真皮比賽壘球(圖 3-5)、標準擊球座(圖 3-6)。



圖 3-4 球棒

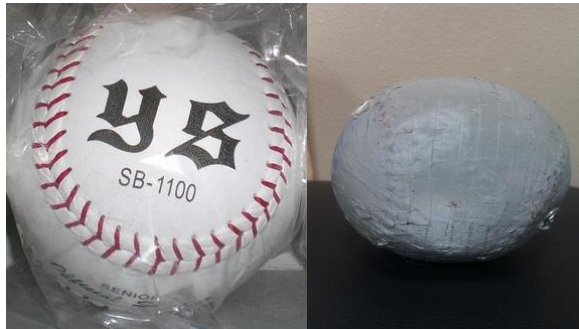


圖 3-5 慢速壘球



圖 3-6 擊球座

(三) 鞋子

本實驗使用 FUH KEN 型號 863151 灰藍色同款運動鞋，如圖 3-7。



圖 3-7.運動鞋

(四) 參數測量工具

人體參數測量工具包括：身高計、體重計、皮尺、游標尺，以測量身高、體重及身體各部位之人體參數。（圖 3-8）



圖 3-8 身高體重計圖及皮尺

二、軟體設備

本研究利用 Workstation V4.5、MATLAB 6.5、EXCEL2010 及 SPSS 12.0 等軟體作資料的運算及分析。Workstation V4.5 用於運動學資料。MATLAB 6.5 程式主要用於資料數據的運算。EXCEL2010 用於資料數據的整理及 SPSS12.0 軟體對數據的統計運算。

第四節 實驗流程與步驟

本實驗流程包括實驗場地布置與儀器架設、系統校正、受試者填寫基本資料與參與者同意書、量測人體計測資料。讓受試者進行 5~10 分鐘的熱身活動後，完成反光標記的黏貼。開始進行靜態與動態的資料收集，最後進行資料處理與結果分析（實驗流程圖詳見圖 3-9）。

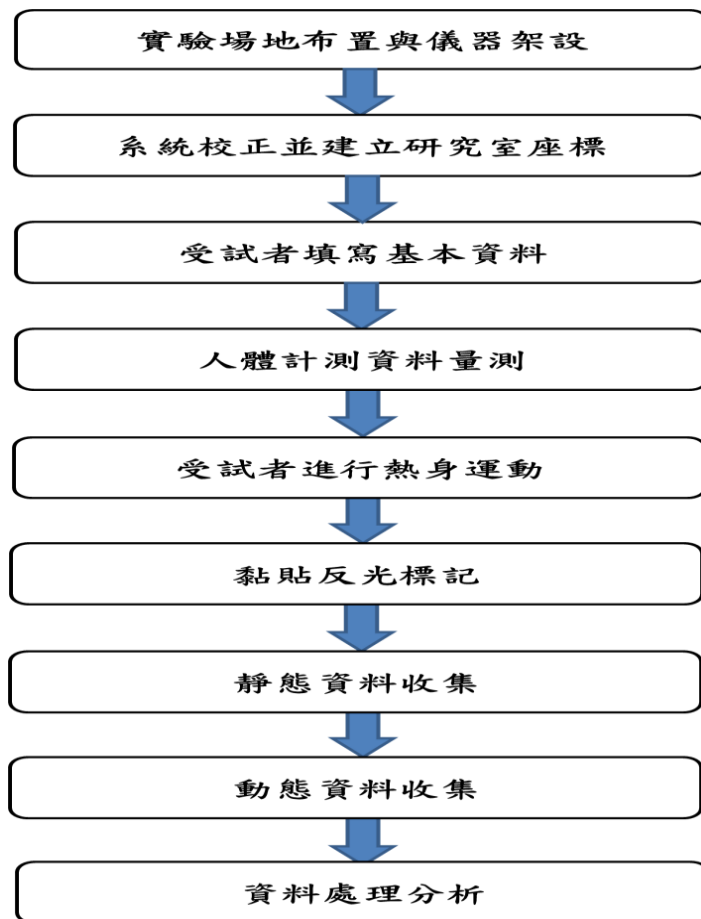


圖 3-9 實驗流程圖

一、實驗室場地佈置與儀器架設

好球板與打擊區的配置圖如圖 3-10，由於打擊出去球的飛行可能會損害高速攝影機，所以在球上裝置童軍繩與擊球座做固定，以防止球的飛行去損害攝影機，並在周圍架設 8 臺 VICON 高速攝影機，調整攝影機位置與視角，使所有的反光標記皆能至少被兩台以上的攝影機擷取到，攝影機配置圖如圖 3-11。

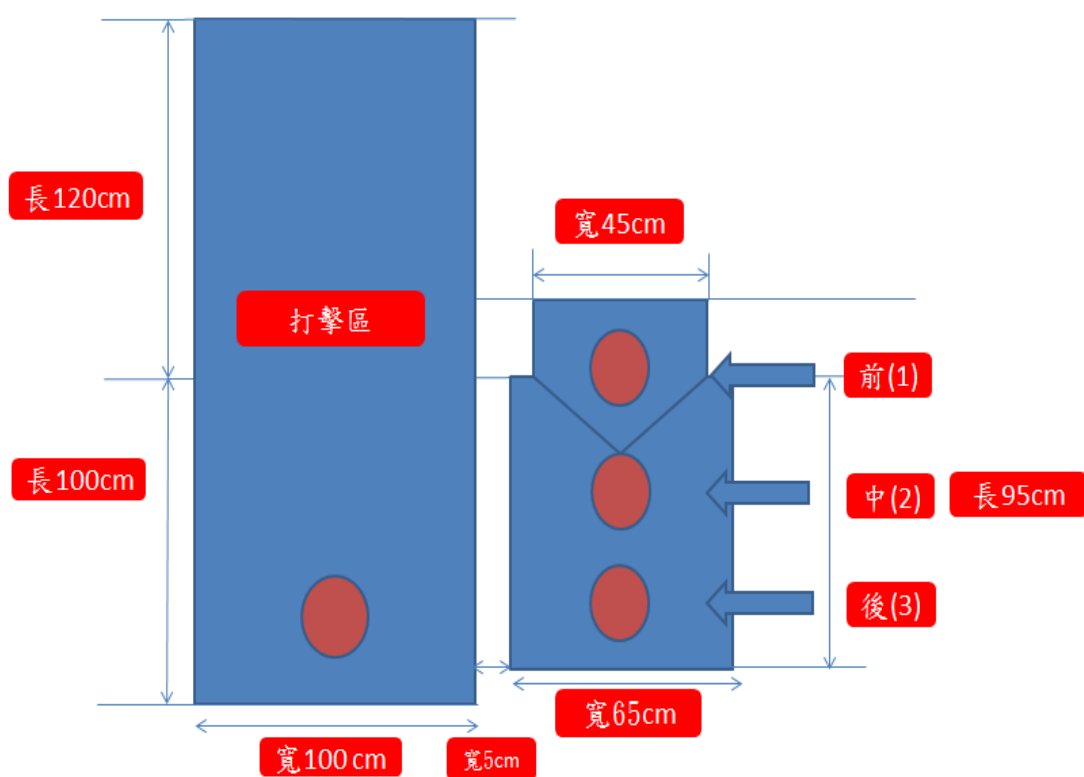


圖 3-10 好球帶及打擊區配置圖

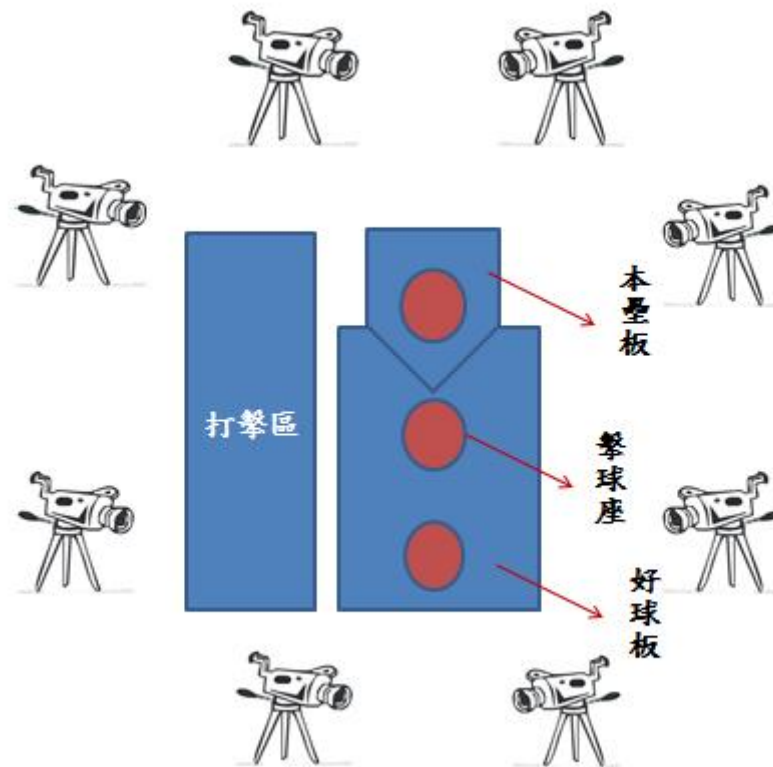


圖 3-11 攝影機配置圖

二、系統校正並建立實驗室座標

將攝影機所擷取之二維影像重建於三維空間中之位置，須先進行系統之校正。系統校正分為兩個部分：首先，使用動態校正器（wand，圖 3-12）於量測空間中移動，校正 8 臺影機擷取之可能影像誤差，再以 L 型靜態校正儀（L-frame，圖 3-13）定義實驗室座標系，置於右側力板上，將實驗室座標系原點定義於力板右下角，經正確的系統校正，才能夠確保實驗資料收集的精確度。



圖 3-12 動態校正儀器 (wand)



圖 3-13 L 型靜態校正儀器 (L-frame)

三、填寫及量測基本資料

首先以身高體重計量測受試者的身高、體重，並以皮尺及游標尺等測量工具分別測量受試者的肢段參數（如表 3-1），紀錄資料以供日後使用。

表 3-1 肢段參數值定義表

名稱	定義及範圍
上臂圍	垂直於上臂的最大上臂圍
前臂圍	垂直於前臂的最大前臂圍
膝寬	膝關節股骨髁間最大寬度
踝寬	內外踝之最大距離的寬度
腿長	股骨大轉子上端到腓骨外踝之垂直距離
大腿長	股骨大轉子到脛骨外髁上緣之垂直距離
小腿長	脛骨外髁上緣至腓骨外踝之垂直距離
足長	跟骨最後緣至最長腳趾趾尖的距離
大腿圍	垂直於大腿長軸，並且介於股骨大轉子及股骨外髁中間大腿圍
小腿圍	垂直於小腿長軸的最大小腿圍
臀圍	雙腿併攏時的水平量測臀圍
腰圍(臍上一吋)	臍上一吋的腰圍
髂前上棘之寬度	兩側髂前上棘的距離

四、參與者進行熱身

實驗進行前先請每位參與者進行 10 分鐘之暖身運動，分別為各 5 分鐘的靜態肌肉伸展運動及揮空棒練習，目的是讓參與者可以盡最大的努力表現及減低因熱身不足所造成之運動傷害風險。

五、黏貼反光標記

使用球型被動式反光標記黏貼於身體特定位置，反光標記所反射的紅光紀錄身體肢段於三維空間中的運動軌跡（如圖 3-14）。本研究修正之前 Escamilla 等人（2009）的反光標記之配置，於受試者身體 31 個、球棒 4 個與球 1 個特定位置黏貼反光標記和本壘板外 4 個位置（表 3-2）。

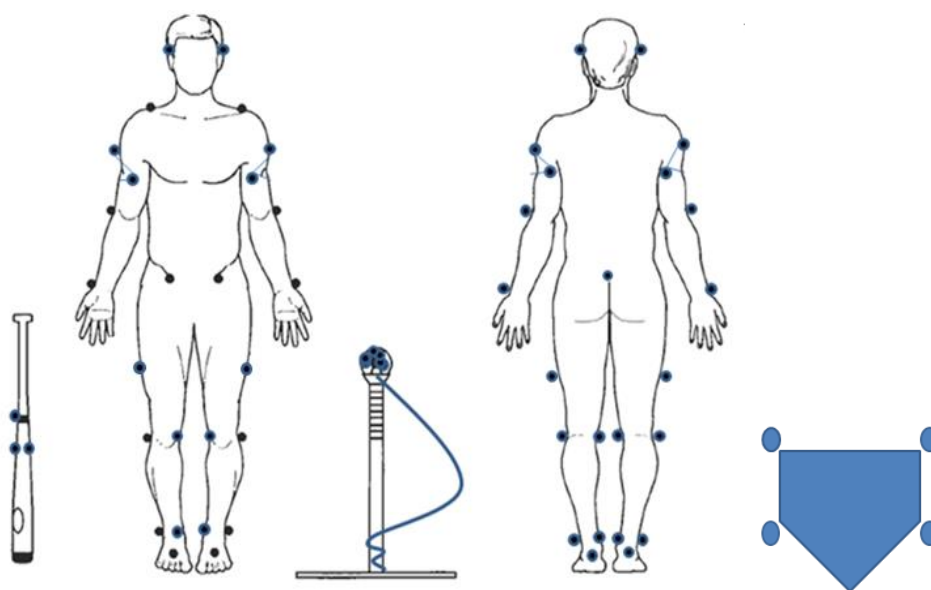


圖 3-14 反光標記位置圖

表 3-2 反光標記黏貼位置

編號	代號	定義
1	RTMJ	顳顎關節(右)
2	RTMJ	顳顎關節(左)
3	RSHO	肩峰端(右)
4	RSHO	肩峰端(左)
5	RUAT	肱骨外上髁(右)
6	RMEL	三角架上端(右)
7	RUFT	三角架前端(右)
8	RUBT	三角架後端(右)
9	LMEL	肱骨外上髁(左)
10	LUAT	三角架上端(左)
11	LUFT	三角架前端(左)
12	LUBT	三角架後端(左)
13	RLWR	橈骨莖突(右)
14	LLWR	橈骨莖突(左)
15	RASI	髌前上棘(右)
16	LASI	髌前上棘(左)
17	SACR	薦椎
18	RLKE	膝關節外側(右)
19	RLG	大腿外側(右)
20	RMKE	膝關節內側(右)
21	LLKE	膝關節外側(左)
22	LLG	大腿外側(左)
23	LMKE	膝關節內側(左)
24	RLAK	足部外踝(右)
25	RMAK	足部內踝(右)
26	LLAK	足部外踝(左)
27	LMAK	足部內踝(左)
28	RTOE	第二跖骨(右)
29	RHEE	跟骨(右)
30	LTOE	第二跖骨(左)
31	LHEE	跟骨(左)
32	BAT1	球棒近端
33	BAT2	球棒中端(前)
34	BAT3	球棒中端(後)
35	BAT4	球棒末端
36	BALL	打擊用球
37	HPF(L)	本壘板外(左前)
38	HPB(L)	本壘板外(左後)
39	HPB(R)	本壘板外(右後)
40	HPF(R)	本壘板外(右前)

六、靜態資料收集

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

七、前、中、後三次揮棒動作之動態資料收集

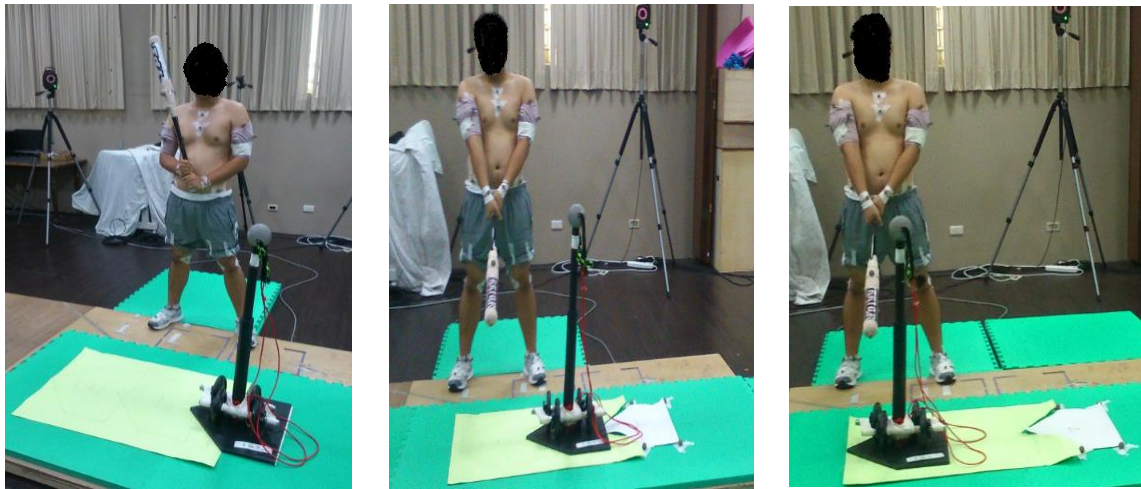
揮棒動作測試，主要以動態分析量測系統，獲取打者前、中、後三次揮棒位置的運動學參數。受試者上半身赤裸，下半身穿著束褲或短褲及穿著同款式運動鞋進行測試。並於受試者身上分別黏貼直徑 14mm、19mm、25mm 的反光球共 31 顆及球棒 4 顆、球 1 顆、本壘板 4 顆。

為了使反光球不會因實驗時身體的活動或震動而鬆脫掉落，以彈性貼布及 3M 透氣膠帶做固定。黏貼配置完成後，請受試者做最大範圍的伸展和屈曲活動，以調整和確定儀器的導線或是反光球，不會對受試者的活動產生任何限制。實驗用球將使用和比賽相同的球，在球的表面貼上反光貼紙，並將球視為一個標誌點，來定義球的位置。

所有儀器配置完成後，受試者兩眼直視前方，上半身挺直，並做自然解剖姿勢，先收集自然姿勢的資料，作為之後動態資料的基準，然後請受試者開始試打，當受試者自覺已適應場地及設備，到可發揮真正打擊能力後，開始進行打擊動作測試。

打擊動作測試為揮擊好球板前、中、後三種不同位置球情境的設計（如圖 3-15），好球板前位置為球擺放於好球板前緣三分之一位置；好球板中間位置為球擺放於前緣與後緣之中間位置；好球板後位置為球擺放於好球板後緣三分之一位

置，擊球座高度位置皆置於打者肚臍位置。正式實驗前，要求受試者做好打擊準備站姿，依個人習慣的打擊站姿，使打者的肚臍中心對準好球板後位置打擊座，讓打者練習打擊三種不同位置球的情境，並找出最符合個人習慣的揮擊位置，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三種不同位置球擺放之高度在正式測驗前即必須確定與統一，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，每位受試者對於三種不同位置球情境的揮擊順序安排，以隨機決定之。正式施測時，三種不同位置球情境對每位受試者而言皆揮擊 5 次，揮擊過程中只要球棒能完全擊中球與使球往中線方向平飛出去即算成功擊球，每種位置球情境至少收取 3 次成功擊球，若 5 次揮擊中未補足 3 次成功擊球次數，繼續增加揮擊次數，直到該情境收足 3 次成功擊球次數。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。三種打擊情境後，即完成所有打擊動作的資料收集。



好球板前位置

好球板中位置

好球板後位置

圖 3-15 打擊好球板前、中、後位置

八、資料處理與分析

首先使用 workstation4.5 軟體，將每一個標記點進行定義和軌跡辨識 (tracking)，確定標記點在參考坐標系中的位置座標後，將訊號輸出，在同樣利用 Matlab 程式演算，反光標記軌跡以 Butterworth 6 赫茲低通濾波 (low pass filter) 使資料平順化，並且過濾雜訊，再將各個肢段分別在解剖學平面，定義出肢段的向量座標，根據以下運動學參數之定義，估算出兩個相鄰肢段的關節角度。

本研究所探討的運動學參數，參考之前 Escamilla 等人 (2009) 實驗所使用的運動學參數，包括步幅、肘關節屈曲角度 (角速度)、膝關節屈曲角度 (角速度)、頭部旋轉角度、上部軀幹和骨盆的旋轉角度 (角速度)、最大球速、最大球棒速度，說明如表 3-3。對於上部軀幹、骨盆旋轉角度與軀幹旋轉角度，正值為向左旋轉，負值為向右旋轉，以上運動

學參數，分別針對前、中、後三次揮棒進行分析與比較。

打擊動作的時間定義，分為 4 個不同時間點：前腳離地、前腳著地、手開始向前、球棒與球接觸時，在整個打擊動作中所佔的時間加以分析。圖 3-16 為打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖。X 軸向：在水平面上，以本壘板到投手方向為正，反之為負。Y 軸向：以右打擊者而言，打者後方為正、前方為負。Z 軸向：垂直地面向上的方向為正，向下為負。

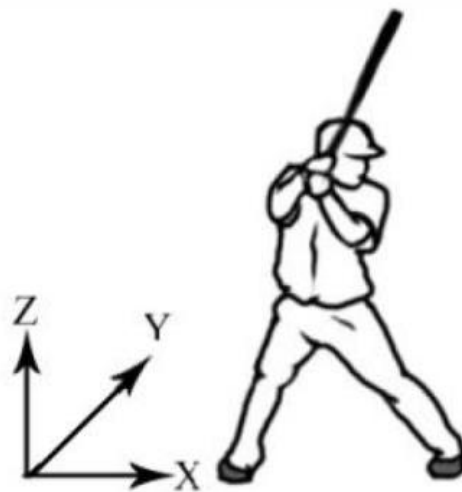


圖 3-16 打擊者 X、Y、Z 空間方位示意圖

表 3-3 運動學參數定義

參數名稱	定義
步幅	左，右腳踝之間的距離。
頭部旋轉角度	一個向量從右顛顎關節到左顛顎關節，在 XY 平面上的投影和 X 軸之間的夾角，正值為向左旋轉，負值向右旋轉。
上部軀幹旋轉角度	一個向量從右肩指向左肩，在 XY 平面上的投影和 X 軸之間的夾角，正值為向左旋轉，負值為向右旋轉。
骨盆旋轉角度	一個向量從右髖關節指向左髖關節，在 XY 平面上的投影和 X 軸之間的夾角，正值為向左旋轉，負值為向右旋轉。
頭部峰值角速度	頭部旋轉角度對時間的微分。
上部軀幹峰值角速度	上部軀幹旋轉角度對時間的微分。
骨盆峰值角速度	骨盆旋轉角度對時間的微分。
肘關節屈曲角度	前臂與上臂之夾角， 0° 時達到完全伸展。
膝關節屈曲角度	大腿與小腿之夾角， 0° 時達到完全伸展。
肘與膝關節角速度	肘與膝關節的屈曲伸展角度對時間的微分。
最大球速	球飛行之最大速度。
最大球棒速度	球棒之最大速度。

第五節 統計方法

本研究所有數據皆以平均值±標準差呈現，並以套裝統計軟體 SPSS 12.0 進行統計分析；利用重複量數單因子變異數分析 (one-way. ANOVA, repeated measures) 來比較打擊揮棒分析三個不同目標位置擊球時，運動學參數上的差異性，並透過 LSD 法做事後比較，本研究之顯著水準訂為 $P<.05$ 。

第肆章 結果

本研究針對慢速壘球打擊在三個不同目標區域，包括好球板前、中、後位置的步幅、球速、球棒速度、最大球棒速度、頭部的旋轉角度、上部軀幹和骨盆的旋轉角度及角速度、肘關節與膝關節的屈曲角度及伸展角速度等參數加以比較與分析，本實驗皆以右打者選手來做分析，左腳為打者的前腳，右腳為後腳。

第一節 參與者基本資料

本研究參與者為 12 名年滿 20 歲的慢速壘球系隊男性右打者選手，所有選手參與慢速壘球有兩年以上的時間，每週有三天以上規律的訓練時間，有參與過兩次以上的比賽經驗，在接受實驗時一年內無肌肉骨骼的損傷，選手們皆可以做出完整的打擊動作。（表 4-1）

表 4-1 參與者基本資料

(12 名)	年齡 (歲)	體重 (公斤)	身高 (公分)	球齡 (年)	訓練週期 (天)
打者	21.4±0.8	72.4±11.0	171.0±4.9	6.9±2.9	3.4±0.7

(平均值±標準差)

第二節 好球板前、中、後位置的時間分期、步幅、揮棒速度與球速

一、打擊過程的時間分期

慢速壘球打擊在前、中、後位置的各時間分期所花得時間如表 4-2，經統計後發現步幅期所花的時間，前位置擊球時間為 0.66 ± 0.18 秒比中間位置 0.59 ± 0.2 秒需要花費較久的時間 ($p=.049$)，過渡期則無顯著的差異，在球棒加速期時，前位置所花的時間為 0.13 ± 0.02 秒大於中間 0.11 ± 0.02 秒和後位置 0.09 ± 0.01 秒 ($p<.001$)，而揮棒總時間的前位置 0.83 ± 0.17 秒大於中間位置 0.79 ± 0.17 秒 ($p=.027$)。

表 4-2 前、中、後位置的打擊時間分期

	前位置	中位置	後位置	P	事後比較
步幅期	0.66 ± 0.18	0.59 ± 0.2	0.65 ± 0.17	.049*	前 > 中
過渡期	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.01	.181	
球棒加速期	0.13 ± 0.02	0.11 ± 0.02	0.09 ± 0.01	<.001*	前 > (中、後)
揮棒總時間	0.83 ± 0.17	0.74 ± 0.19	0.79 ± 0.17	.027*	前 > 中

(平均值 ± 標準差)(單位:秒)(* $p<.05$)

二、 打擊在前、中、後位置的步幅、球速與球棒速度

針對步幅、球速與球棒速度發現，前位置有較大的步幅距離為 68.29 ± 7.80 公分，大於中間 59.51 ± 7.36 公分和後位置 57.74 ± 6.68 公分 ($p < .001$)，而打擊中間位置會產生較大的球速與球棒速度，分別為 21.11 ± 1.08 公尺/秒與 16.67 ± 1.03 公尺/秒，大於後位置的 20.46 ± 1.49 公尺/秒與 15.79 ± 1.48 公尺/秒 ($p = .003$ 及 $p = .033$)。(如表 4-3)

表 4-3 前、中、後位置的步幅、球速與球棒速度

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
步幅 (公分)	68.29 ± 7.80	59.51 ± 7.36	57.74 ± 6.68	<.001*	前>(中、後)
球棒 最大速度 (公尺/秒)	21.34 ± 0.65	21.11 ± 1.08	20.46 ± 1.49	.003*	中>後
最大球速 (公尺/秒)	16.55 ± 1.37	16.67 ± 1.03	15.79 ± 1.48	.033*	中>後

(平均值 \pm 標準差)(* $p < .05$)

第三節 好球板前、中、後位置的關節角度變化

本研究針對頭部、上部軀幹、骨盆、肘關節與膝關節，在打擊四個時間點的比較，四個時間點包括前腳離地、前腳著地、手開始向前與球棒與球接觸時間點。

一、頭部旋轉角度

頭部旋轉動作的擺動為先向前旋轉，再微微向後旋轉幾度，緊接著開始向前旋轉，然後向前旋轉到個人的最大旋轉角度。

頭部旋轉角度如表 4-4，在四個時間點比較皆發現前位置的頭部旋轉角度大於中間和後位置，表示打者在打擊前位置時頭部向前旋轉的角度最大 ($P<.001$)。

表 4-4 前、中、後位置之頭部旋轉角度變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
前腳離地	26.46 ±6.54	18.50 ±8.94	9.20 ±6.67	<.001*	前>中>後
前腳著地	24.87 ±7.90	15.02 ±8.19	4.96 ±3.12	<.001*	前>中>後
手開始向前	25.56 ±7.20	15.28 ±7.46	5.10 ±2.65	<.001*	前>中>後
球棒與球接觸	38.51 ±6.67	28.54 ±8.93	12.11 ±7.45	<.001*	前>中>後

(平均值±標準差)(單位:度)(* $p<.05$)

二、 上部軀幹旋轉角度

上部軀幹旋轉角度在前腳離地時，打擊後位置向後旋轉角度為 37.7 ± 9.74 度大於前位置 31.05 ± 8.73 度 ($P=.015$)；在前腳著地時，打擊後位置向後旋轉角度為 38.59 ± 13.58 度大於前位置 30.35 ± 12.08 度和中間位置 33.54 ± 13.7 度 ($P<.001$)；手開始向前時間點無顯著差異；在球棒與球接觸時，打擊前位置向前旋轉角度為 85.71 ± 9.01 度大於中間位置 75.03 ± 17.68 度，中間位置也大於後位置 61.98 ± 8.61 度 ($P<.001$)。如表 4-5

對於上部軀幹旋轉動作的傳遞在腳離地時是先往後旋轉，腳著地時緩慢向前，手開始向前時快速旋轉向前，球棒與球接觸時盡可能的旋轉到最大的角度。

結果發現在打擊後位置時，在前兩個時期上部軀幹向後旋轉角度會大於中間位置與後位置，如果要打擊後位置必需利用較大的上部軀幹向後旋轉角度進行揮擊，藉以增加打擊的力道，但在球棒與球接觸時期，打擊前位置的上部軀幹向前旋轉角度最大，大於中間位置中間位置也大於後位置。

表 4-5 前、中、後位置之上部軀幹旋轉角度變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
前腳離地	-31.05 ±8.73	-34.89 ±13.16	-37.7 ±9.74	.015*	前>後
前腳著地	-30.35 ±12.08	-33.54 ±13.7	-38.59 ±13.58	<.001*	(前、中)>後
手開始 向前	-8.25 ±10.62	-8.78 ±11.86	-9.96 ±9.64	.694	
球棒與球 接觸	85.71 ±9.01	75.03 ±17.68	61.98 ±8.61	<.001*	前>中>後

(平均值±標準差)(單位:度)(*p<.05)

三、 骨盆旋轉角度

骨盆旋轉角度在前腳離地與著地時，打擊後位置向後旋轉角度為 22.84 ± 6.67 度與 5.57 ± 10.54 度皆大於前位置為 18.60 ± 6.36 度與 4.95 ± 10.75 度 ($P=.046$ 及 $P=.016$)；在手開始向前時間點無顯著差異；在球棒與球接觸時，打擊前位置向前旋轉的角度大於中間和後位置 ($P<.001$)。如表 4-6

結果發現打擊後位置時，在前腳著地與離地時必需要較大的骨盆向後旋轉角度，而在球棒與球接觸時打擊前位置會有較大的骨盆向前旋轉角度，大於中間與後面位置，且發現在前腳著地時，打擊在好球板前、中、後三個位置的骨盆角度變化上，打擊前位置為向前旋轉 4.95 ± 10.75 度，中間位

置為向前旋轉 1.76 ± 12.79 度而後位置為向後旋轉 5.57 ± 10.54 度，對於前腳著地時，打擊前位置呈現開放式的站姿打擊，中間位置為平行式的站姿打擊，後位置為閉鎖式的站姿打擊，而骨盆旋轉動作的傳遞類似於上部軀幹的傳遞。

表 4-6 前、中、後位置之骨盆旋轉角度變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
前腳離地	-18.60 ± 6.36	-21.65 ± 10.08	-22.84 ± 6.67	.046*	前>後
前腳著地	4.95 ± 10.75	1.76 ± 12.79	-5.57 ± 10.54	.016*	前>後
手開始 向前	23.98 ± 9.15	22.28 ± 11.48	21.17 ± 9.66	.332	
球棒與球 接觸	83.46 ± 8.96	75.05 ± 15.94	63.61 ± 12.13	<.001*	前>中>後

(平均值 \pm 標準差)(單位:度)(* $p < .05$)

四、軀幹旋轉角度

在軀幹旋轉角度(上部軀幹旋轉角度減去骨盆旋轉角度)，如表 4-7 發現只有在前腳離地時打擊後位置的軀幹向後旋轉角度為 14.86 ± 5.13 大於前位置 12.45 ± 4.52 ($P = .026$)，其它三個時間點無顯著差異。

表 4-7 前、中、後位置之軀幹旋轉角度變化

軀幹角度	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
前腳離地	-12.45 ±4.52	-13.24 ±4.80	-14.86 ±5.13	.026*	前>後
前腳著地	-35.3 ±8.74	-35.3 ±8.69	-38.02 ±10.34	.200	
手開始 向前	-32.23 ±8.55	-31.07 ±7.57	-31.13 ±9.05	.580	
球棒與球 接觸	2.25 ±6.98	-0.02 ±8.61	-1.63 ±10.42	.108	

(平均值±標準差)(單位:度)(*p<.05)

五、肘關節屈曲角度

以肘關節的屈曲角度來說，如表 4-8 在左肘屈曲角度發現，在前腳離地、球棒與球接觸時間點有顯著差異，分別為打擊在後位置 80.99 ± 12.91 度大於中間位置 78.43 ± 13.05 度 ($p=.038$) 及中間為 35.24 ± 12.57 度和後位置 37.25 ± 14.04 度的打擊會比前位置 26.08 ± 9.28 有較大的左肘屈曲角度 ($p=.010$)；而右肘屈曲角也只有球棒與球接觸時間點有顯著差異，球棒與球接觸時間點打擊中間為 75.49 ± 14.75 度和後位置 75.27 ± 13.68 度比前位置 61.74 ± 10.43 度有較大的右肘屈曲角度 ($p<.001$)。結果顯示在球棒與球接觸時，打擊前位置有較小的左、右肘屈曲角度，表示打擊前位置時需較為伸展肘關節。

表 4-8 前、中、後位置之肘關節的屈曲角度變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
左肘					
前腳離地	79.91 ±12.29	78.43 ±13.05	80.99 ±12.91	.038*	後>中
前腳著地	65.63 ±10.32	66.19 ±10.43	66.27 ±14.30	.928	
手開始向前	60.88 ±10.95	61.50 ±10.74	55.87 ±15.49	.194	
球棒與球接觸	26.08 ±9.28	35.24 ±12.57	37.25 ±14.04	.010*	前<(中、後)
右肘					
前腳離地	118.46 ±13.69	119.69 ±12.4	120.59 ±12.96	.124	
前腳著地	129.14 ±10.51	128.93 ±10.46	130.17 ±11.48	.367	
手開始向前	129.00 ±9.93	128.82 ±10.04	127.78 ±12.33	.591	
球棒與球接觸	61.74 ±10.43	75.49 ±14.75	75.27 ±13.68	<.001*	前<(中、後)

(平均值±標準差)(單位:度)(*p<.05)

六、 膝關節屈曲角度

對於右膝關節的活動來說，在前腳著地時期屈曲右膝關節，在前腳離地時其屈曲角度增加，在手開始向前時期微微的伸直右膝關節，球與球棒接觸時伸直到每個人的最大角度。

左膝屈曲角度在表 4-9 發現皆無顯著差異，以右膝來說，四個時間點皆有顯著差異，前腳離地時中間位置為 38.76 ± 5.74 度大於前位置 36.75 ± 4.99 度和後位置 36.52 ± 6.23 度 ($P=.048$)，而前腳著地時中間位置為 49.37 ± 10.79 度大於後位置 46.27 ± 9.68 度 ($P=.044$)，手開始向前與球棒與球接觸時間點，前和中間位置皆大於後位置 ($P=.005$ 及 $P<.001$)。

表 4-9 前、中、後位置之膝關節的屈曲角度變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
左膝					
前腳離地	49.20 ±6.90	48.47 ±8.77	44.76 ±9.46	.092	
前腳著地	41.96 ±9.23	39.84 ±9.57	38.45 ±10.42	.235	
手開始 向前	41.98 ±8.86	39.15 ±8.59	37.26 ±9.17	.065	
球棒與球 接觸	29.86 ±9.59	28.44 ±7.64	29.13 ±8.51	.829	
右膝					
前腳離地	36.75 ±4.99	38.76 ±5.74	36.52 ±6.23	.048*	中 > (前、後)
前腳著地	48.53 ±9.96	49.37 ±10.79	46.27 ±9.68	.044*	中 > 後
手開始 向前	49.66 ±10.85	50.64 ±12.49	45.63 ±11.23	.005*	(前、中) > 後
球棒與球 接觸	45.04 ±9.19	44.05 ±11.08	38.21 ±12.51	<.001*	(前、中) > 後

(平均值 ± 標準差)(單位:度)(*p<.05)

七、關節角速度

打擊在好球板前、中、後位置的關節角速度變化以關節峰值角速度而言，只有在頭部與右肘關節有顯著的差異 ($P=.001$ 及 $P<.001$) 如表 4-10，以頭部峰值旋轉角速度，打擊在中間與後位置的球皆會產生較大的角速度大於前位置，右肘伸展旋轉角速度為前大於中間和後位置，其它關節皆無顯著差異。

本研究的最大角速度的發生點如下，頭部最大角速度發生在球棒與球接觸後，上部軀幹旋轉最大角速度發生在球棒加速期，骨盆旋轉最大角速度發生在球棒加速期，右肘關節最大伸展角速度發生在球棒與球接觸時，左肘關節最大伸展角速度發生在球棒與球接觸前，右膝關節最大伸展角速度發生在球棒加速期，左膝關節最大伸展角速度是在步幅期，最大球棒速度發生在擊中球之後，最大球棒速度也早於最大球速的時間點。

表 4-10 關節峰值角速度的變化

	前位置	中位置	後位置	P 值	事後比較
頭部	216.37 ±46.70	261.71 ±75.01	264.82 ±69.00	.001*	(中、後)>前
上部 軀幹	1027.32 ±133.75	1096.53 ±202.14	1055.03 ±203.43	.446	
骨盆	640.36 ±107.04	636.95 ±105.19	621.98 ±87.17	.522	
左肘 伸展	-559.79 ±290.88	-484.77 ±274.93	-597.44 ±494.47	.385	
右肘 伸展	-925.27 ±123.29	-814.80 ±107.46	-799.72 ±130.71	<.001*	前<(中、後)
右膝 屈曲	77.10 ±36.57	77.04 ±40.47	63.88 ±35.26	.080	
右膝 伸展	-138.29 ±47.46	-136.69 ±49.74	-135.40 ±42.76	.962	
左膝 屈曲	157.56 ±69.44	144.15 ±92.57	153.73 ±77.75	.448	
左膝 伸展	-171.89 ±84.75	-176.50 ±66.83	-165.42 ±86.11	.675	

(平均值±標準差)(單位:度/秒)(*p<.05)

第五章 討論

本章利用過去文獻中學者針對棒球打擊的運動學分析，比較本研究的慢速壘球打擊運動學分析參數，比較棒球打擊與慢速壘球打擊上的差異點進行討論。

第一節 打擊時間分期的關節角度變化

打擊的四個時間點包括前腳離地、前腳著地、手開始向前、球棒與球接觸時，過去文獻大多在棒球打擊四個時間點進行分析 (Welch et al.,1995;Escamilla et al.,2009)，藉由對照本篇文獻的數據加以討論，討論棒球打擊與慢速壘球打擊的差異點，對於棒球打擊的運動學參數上，皆選擇打擊在好球帶中間位置的攻擊，對照本研究慢速壘球好球板前、中、後三個位置進行討論。

一、前腳離地瞬間

在前腳離地瞬間，本研究對於慢速壘球打擊在中間位置的前、後肘角度相似於 Welch 等人 (1995) 和 Escamilla 等人 (2009) 所做的棒球打擊運動學分析 (表 5-1)，而前、後肘角度對於慢速壘球打擊在好球板前、中、後位置無顯著差異，在前腳離地瞬間，前、後肘角度不會隨著打擊位置不同而有所差異。

對於前、後膝關節屈曲角度上明顯在棒球打擊擊球座時會比投球機時屈曲角度來的小 (Welch et al.,1995; Escamilla et al.,2009)，表示棒球打擊在擊球座的前後膝關節

呈現較為伸展，對於慢速壘球打擊在好球板前、中、後位置，打擊在中間位置的後膝關節屈曲角度會大於前和後位置，表示在前腳離地瞬間，慢速壘球打擊在前和後位置的球，膝關節是相對較為伸展。

在前腳離地瞬間，上部軀幹與骨盆旋轉角度上，慢速壘球打者皆大於棒球打擊的旋轉角度(Welch et al.,1995; Escamilla et al.,2009)，對於在前腳離地瞬間，慢速壘球打擊在好球板不同位置上，打擊在後位置的球會有較大的向後旋轉角度大於打擊在前位置。

表 5-1 前腳離地瞬間關節角度

前腳離地瞬間	前肘 角度	後肘 角度	前膝 角度	後膝 角度	上部軀幹 角度	骨盆 角度
Welch (1995) 擊球座	85	123	43	32	-30	-18
Escamilla (2009) 投球機	青:77 ±10	青:140 ±9	青:51 ±12	青:52 ±10	青:-18 ±11	青:-19 ±6
	成:77 ±14	成:124 ±18	成:45 ±13	成:49 ±16	成:-15 ±9	成:-10 ±5
前位置 (本研究)	79.91 ±12.29	118.46 ±13.69	49.20 ±6.90	36.75 ±4.99	-31.05 ±8.73	-18.60 ±6.36
中位置 (本研究)	78.43 ±13.05	119.69 ±12.40	48.47 ±8.77	38.76 ±5.74	-34.89 ±13.16	-21.65 ±10.08
後位置 (本研究)	80.99 ±12.91	120.59 ±12.96	44.76 ±9.46	36.52 ±6.23	-37.7 ±9.74	-22.84 ±6.67

(青:青年; 成:成年)(平均值±標準差)(單位:度)

二、前腳著地瞬間

對於慢速壘球打擊在好球板不同位置的上部軀幹與骨盆旋轉角度上，上部軀幹旋轉角度在前腳著地瞬間，打擊在後位置會大於前和中位置，骨盆旋轉角度上，打擊在後位置會大於前位置，表示在前腳著地瞬間慢速壘球打擊在後位置會有較大的向後上部軀幹與骨盆旋轉角度。

在前腳著地瞬間，慢速壘球打擊在好球板不同位置的前、後肘關節屈曲角度上，前、後肘關節屈曲角度無顯著差異(如表 5-2)，但比較棒球打擊時，後肘關節在打擊投球機時會產生較大的後肘屈曲角度 (Welch et al.,1995;Escamilla et al.,2009；莊博堯,2011)。

在前膝關節屈曲角度上慢速壘球打擊無顯著的差異，後膝關節的屈曲角度上有顯著差異，打擊在中間位置會大於後位置，而國內與國外的打者在前腳著地瞬間，前、後膝關節屈曲角度上有顯著較大的屈曲角度，表示國內打者在前腳離地間較為屈曲膝關節 (Welch et al.,1995;Escamilla et al.,2009；莊博堯,2011)，可能與東方人與西方人的身高和肢段長比例不同有關。

在上部軀幹與骨盆的旋轉角度上，慢速壘球打者在前腳著地時，上部軀幹向後旋轉角度皆大於棒球打者，骨盆旋轉角度上只有在慢速壘球打擊後位置時呈現向後旋轉的角度，其餘的都是向前旋轉，表示慢速壘球打擊在後位置的前腳著地瞬間是呈現閉鎖式的推打動作 (Welch et al.,1995;Escamilla et al.,2009)。

表 5-2 前腳著地瞬間關節角度

前腳著地 瞬間	前肘屈曲 角度	後肘屈曲 角度	前膝屈曲 角度	後膝屈曲 角度	上部軀幹 角度	骨盆 角度
Welch (1995) 擊球座	70	124	41	42	-29	-4
Escamilla (2009) 投球機	青:61 ±11	青:135 ±9	青:34 ±7	青:44 ±13	青:-25 ±5	青:-12 ±6
	成:59 ±10	成:129 ±9	成:39 ±10	成:46 ±16	成:-24 ±9	成:-10 ±5
莊博堯 (2011) 擊球座 (180度為伸展)	甲一: 108.38 ±8.44	甲一: 58.67 ±5.82	甲一: 129.75 ±8.93	甲一: 129.52 ±6.42		甲一: -20.74 ±10.69
	甲二: 105.85 ±9.98	甲二: 58.55 ±6.83	甲二: 129.31 ±11.19	甲二: 131.96 ±10.61		甲二: -27.04 ±9.99
前位置 (本研究)	65.63 ±10.32	129.14 ±10.51	41.9 ±9.23	48.53 ±9.96	-30.35 ±12.08	4.95 ±10.75
中位置 (本研究)	66.19 ±10.43	128.9 ±10.46	39.84 ±9.57	49.37 ±10.79	-33.54 ±13.7	1.76 ±12.79
後位置 (本研究)	66.27 ±14.30	130.17 ±11.48	38.45 ±10.42	46.27 ±9.68	-38.59 ±13.58	-5.57 ±10.54

(青:青年;成:成年)(平均值±標準差)(單位:度)

三、手開始向前

對於慢速壘球打擊在好球板前、中、後位置的手開始向前階段的上部軀幹與骨盆角度無顯著差異。

在手開始向前階段，只有 Escamilla 等人 (2009) 做相關的研究，如表 5-3 發現棒球打擊在投球機上會有較大的前、後肘關節屈曲角度，對於慢速壘球擊球座的打擊，而慢速壘球打擊在好球板不同位置上，前、後肘關節屈曲角度無顯著差異。

對於前、後膝關節而言，在手開始向前時，前膝關節屈曲角度上，Escamilla 等人 (2009) 發現成年打者有較大的前膝關節屈曲角度，大於青年打者，對於慢速壘球打者在手開始向前時，打擊在好球板前、中、後位置的前膝關節屈曲角度無顯著差異；後膝關節屈曲角度在手開始向前階段，慢速壘球打者大於棒球打者，而慢速壘球打擊在好球板不同位置上，打擊在前和中間位置會大於後位置，表示在手開始向前階段，打擊在前和中間位置相對較為屈曲後膝關節，比打擊在好球板的後位置。

對於在手開始向前的上部軀幹與骨盆角度上，棒球打者在手開始向前階段，上部軀幹向後旋轉的角度明顯大於慢速壘球打擊，而骨盆旋轉角度上，慢速壘球打者的向前旋轉大於棒球打者 (Escamilla et al., 2009)。

表 5-3 手開始向前關節角度

手開始 向前	前肘屈曲 角度	後肘屈曲 角度	前膝屈 曲角度	後膝屈曲 角度	上部軀幹 角度	骨盆 角度
Escamilla (2009)	青:67 ±10	青:138 ±8	青:47 ±19	青:43 ±14	青:-27 ±8	青:-16 ±9
	成:67 ±14	成:129 ±19	成:70 ±15	成:47 ±14	成:-17 ±8	成:-12 ±5
前位置 (本研究)	60.88 ±10.95	129.00 ±9.93	41.98 ±8.86	49.66 ±10.85	-8.25 ±10.62	23.98 ±9.15
中位置 (本研究)	61.50 ±10.74	128.82 ±10.04	39.15 ±8.59	50.64 ±12.49	-8.78 ±11.86	22.28 ±11.48
後位置 (本研究)	55.87 ±15.49	127.78 ±12.33	37.26 ±9.17	45.63 ±11.23	-9.96 ±9.64	21.17 ±9.66

(青:青年; 成:成年)(平均值±標準差)(單位:度)

四、擊球瞬間

對於慢速壘球打擊在好球板不同位置上，在擊球瞬間的前、後肘關節屈曲角度上，打擊在中間和後位置的擊球會大於前位置，在前膝關節無顯著差異，後膝關節屈曲角度上，前和中間位置會大於後位置，在上部軀幹與骨盆旋轉角度上，皆為打擊在前位置會大於中間位置，中間位置會大於後位置。

如表 5-4 在擊球瞬間有較多學者研究，發現慢速壘球打者的前、後肘關節屈曲角度上皆大於棒球的打擊，表示在擊球瞬間時較為屈曲前、後肘關節，在前、後膝關節上差異較大，在骨盆與上部軀幹旋轉角度上，慢速壘球的打者角度上皆大於棒球打者 (Welch et al.,1995；Escamilla et al.,2009；Inkster et al.,2011；莊博堯，2011；鍾璧年、林秀卿,2012)。

表 5-4 擊球瞬間關節角度

擊球瞬間	前肘 屈曲角度	後肘 屈曲角度	前膝 屈曲角度	後膝 屈曲角度	上部 軀幹角 度	骨盆 角度
Welch (1995) 擊球座	37	57	15	45	66	83
Escamilla (2009) 投球機	青: 14±7	青: 64±15	青: 15±11	青: 62±6	青: 58±4	青: 81±5
	成: 18±6	成: 55±17	成: 11±4	成: 66±10	成: 48±6	成: 71±13
Inkster (2011) 擊球座 (180 度為伸展)	高: 148 ± 12	高: 131 ± 15	高: 136 ± 7	高: 106 ± 4		
	低: 139 ± 14	低: 134 ± 11	低: 137 ± 9	低: 100 ± 5		
莊博堯 (2011) 擊球座 (180 度為伸展)			甲一: 155.22 ±5.23	甲一: 116.59 ±9.45		甲一: 82.73± 10.17
			甲二: 151.69± 9.04	甲二: 127.24 ±12.39		甲二: 73.83± 6.30
鍾壁年 (2012) 擊球座 (180 度為伸展)	155.82 ±2.81	129.58 ±3.35				
前位置 (本研究)	26.08 ±9.28	61.74 ±10.43	29.86 ±9.59	45.04 ±9.19	85.71 ±9.01	83.46 ±8.96
中位置 (本研究)	35.24 ±12.57	75.49 ±14.75	28.44 ±7.64	44.05 ±11.08	75.03 ±17.68	75.05 ±15.94
後位置 (本研究)	37.25 ±14.04	75.27 ±13.68	29.13 ±8.51	38.21 ±12.51	61.98 ±8.61	63.61 ±12.13

(青:青年；成:成年)(高:成年高能力者；低:成年低能力者)

(甲一:甲一級的選手；甲二:甲二級的選手)

(平均值±標準差)(單位:度)

第二節 關節角速度

在關節最大角速度上，棒球打者皆大於慢速壘球打者 (Escamilla et al.,2009；Inkster et al.,2011)，對於慢速壘球打擊在好球板不同位置上，關節最大角速度上，只有在後肘關節的角速度上有差異，打擊前位置會大於中間和後位置。如表 5-5

表 5-5 最大伸展角速度

	前肘	後肘	前膝	後膝	上部 軀幹	骨盆
Escamilla (2009) 投球機	青：	青：	青：			青：
	598	849	303			717
	±126	±151	±76			±86
	成：	成：	成：			成：
752	936	386			857	
	±95	±190	±60			±53
Inkster (2011) 擊球座 (180度 為伸展)	高：	高：	高：	高：		高：
	919	1907	386	474		897.2
	±230	±614	±81	±183		±72.4
	低：	低：	低：	低：		低：
729	1886	331	474		836.2	
	±248	±330	±150	±368		±57.2
前位置 (本研究)	-559.79 ±290.88	-952.27 ±123.29	171.89 ±84.75	-139.29 ±47.46	1027.32 ±133.75	640.36 ±107.04
中位置 (本研究)	-484.7 ±274.93	-814.80 ±107.46	-176.50 ±66.83	-136.69 ±49.74	1096.53 ±202.14	636.95 ±105.19
後位置 (本研究)	-597.44 ±494.47	-799.72 ±130.71	-165.42 ±86.11	-135.40 ±42.76	1055.03 ±203.43	621.98 ±87.17

(平均值 ± 標準差)(單位：度/秒)

第三節 球速、球棒速度與步幅距離

對於慢速壘球打擊在前、中、後位置上，打擊在中間位置的擊球會有較快的擊球初速與球棒速度對於後位置，步幅的距離是前位置大於中間和後位置，揮棒時間上，慢速壘球打擊在前位置會慢於中間位置。

如表 5-6，在球速與球棒速度與步幅距離上，棒球打擊會有較快的球速、球棒速度與步幅距離與揮棒時間 (Escamilla et al.,2009；Inkster et al.,2011；莊博堯,2011；鍾璧年、林秀卿,2012)。而棒球不同層級的選手，陳丕欣 (2006) 發現擊中球瞬間的揮棒速度，職棒選手最快、成棒選手次之、青棒選手最慢，三者有顯著之差異。

表 5-6 球速(公尺/秒)、球棒速度(公尺/秒)、步幅距離(公分)
與揮棒時間(秒)

	球速	球棒速度	步幅距離	揮棒時間
Escamilla (2009)		青:25±3	青:81±7	青:0.51±0.06
		成:30±2	成:87±9	成:0.61±0.07
Inkster(2011)	高:36.8±3.1	高:36.8±3.1		
	低:35.6±1.4	低:33.8±2.1		
莊博堯(2011)	甲一:32±1.53	甲一:31.26±1.60		
	甲二:28.41±1.34	甲二:28.01±1.30		
鍾壁年(2012)		39.23±0.82		
前位置 (本研究)	16.55	21.34	68.29	0.83
	±1.37	±0.65	±7.80	±0.17
中位置 (本研究)	16.67	21.11	59.51	0.74
	±1.03	±1.08	±7.36	±0.19
後位置 (本研究)	15.79	20.46	57.74	0.79
	±1.48	±1.49	±6.68	±0.17

(青:青年;成:成年)(高:成年高能力者;低:成年低能力者)

(甲一:甲一級的選手;甲二:甲二級的選手)

(平均值±標準差)

第四節 揮棒分期時間

本研究對於慢速壘球打擊在好球板不同位置的各揮棒時期所花的時間上有顯著差異，特別是在打擊前位置所花的時間會大於中間位置與後位置，在過去的文獻中，Welch 等人 (1995) 利用小聯盟打者進行棒球擊球座的打擊 (如表 5-7)，發現步幅期花費平均時間為 0.4 秒、過渡期平均時間為 0.18 秒、球棒加速期平均時間為 0.21 秒，Escamilla 等人 (2009) 也發現步幅期花費平均時間為 0.4 秒、過渡期平均時間為 0.07 秒、球棒加速期平均時間為 0.14 秒，根據上述文獻，發現使用投球機打擊時在過渡時期與球棒加速時期會花費較少的時間，而對於慢速壘球好球板前、中、後位置而言，步幅期需花費較多的時間、過渡期花費較少的時間、球棒加速期也花費較少的時間。而棒球不同層級選手的揮棒時間，職棒選手最短、成棒選手次之、青棒選手最長，三者有顯著之差異 (陳丕欣, 2006)，且唐昭鈞 (2003) 也發現揮棒時間越短，打擊率也較高。

相對於棒球的打擊時間分期，對於時間上的差異，可能因為棒球打擊的球速較快，在面對較快的球速，步幅期會花費比慢速壘球打擊來的少時間，而過渡期與球棒加速階段棒球打擊會比慢速壘球花費較多時間，可能是因為慢速壘球球速較慢，可以快速掌握球的位置，所以花費較少的時間。

表 5-7 揮棒分期所花的時間

	步幅期	過渡期	球棒加速期
Welch (1995) 擊球座	0.4	0.18	0.21
Escamilla(2009) 投球機	0.4±0.07	0.07±0.04	0.14±0.02
前位置 (本研究)	0.66±0.18	0.04±0.02	0.13±0.02
中位置 (本研究)	0.59±0.2	0.04±0.02	0.11±0.02
後位置 (本研究)	0.65±0.17	0.04±0.01	0.09±0.01

(平均值±標準差)(單位:秒)

第五節 棒球與慢速壘球不同打擊位置的差異

根據表 5-8，莊博堯（2011）所做的棒球打擊實驗，針對棒球好球帶中，分成高、中、低與習慣位置的打擊運動學分析，對於本研究進行討論，讓打者與教練能瞭解棒球打擊與慢速壘球打擊的差異。

對於棒球打擊好球帶九宮格比較，在揮棒時間上，打擊在高球的位置需花費較多的揮棒時間，而慢速壘球的打擊，打擊在前位置比中間位置需花費較多的時間，之前研究提到揮棒時間越短有較快的揮棒速度（Escamilla et al.,2009；Inkster et al.,2011），棒球打者應該揮擊習慣與低位置的球，可以有較快的揮擊時間，能產生較快的揮棒速度與球速，對於慢速壘球而言，打擊中間的球，會產生較大的棒頭速度與球速，大於後面位置。

表 5-8 棒球與慢速壘球之不同打擊位置的差異

項目	揮棒時間	最大球棒速度	最大球速
棒球	高 > 習	低 > 高； 習 > 高	習 > 高； 低 > 高
慢速壘球	前 > 中	中 > 後	中 > 後

（高：高位置；低：低位置；習：習慣位置）

（前：前位置；中：中位置；後：後位置）

對於前腳著地時，棒球打擊與慢速壘球打擊的探討，在棒球打擊上，前肘角度對於打者而言，打擊低的球會有較大的前肘屈曲角度，大於習慣位置與高位置，而慢速壘球前肘關節屈曲角度在前腳著地時無顯著差異；在前腳著地時，後肘關節屈曲角度上，棒球打擊在低的位置會有較大的屈曲角度大於習慣位置，而慢速壘球也呈現無顯著差異。

骨盆旋轉角度上，棒球打擊在前腳著地時，打擊在低位置會有較大的骨盆旋轉角度，大於中間位置，而慢速壘球上，打擊在好球板後位置的骨盆向後旋轉角度會大於前位置；以前、後膝關節來說，前膝關節屈曲角度在前腳著地時，棒球打擊在高位置會大於中間位置，慢速壘球則無顯著差異，後膝關節屈曲角度在腳著地時，棒球打擊在高位置會有較大角度發生，大於低與習慣位置，慢速壘球則呈現中間位置會大於後位置。如表 5-9

表 5-9 腳著地時棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較

腳著地時	前肘 角度	後肘 角度	骨盆 角度	前膝 角度	後膝 角度
棒球	低>習； 低>高	低>習	低>中	高>中	高>低； 高>習
慢速壘球	無顯著 差異	無顯著 差異	前<後	無顯著 差異	中>後

(高：高位置；低：低位置；習：習慣位置)

(前：前位置；中：中位置；後：後位置)

在球棒與球接觸時，棒球打擊與慢速壘球打擊有顯著的差異，以棒球打擊來說，打擊在低位置時有較大的前肘屈曲角度，大於習慣位置，習慣位置也大於高位置，而慢速壘球則是中間與後位置會大於前位置；在後肘關節屈曲角度上，棒球打擊在低位置會有較大的後肘關節角度大於高、中間與習慣位置，而慢速壘球上也是中間與後位置會大於前位置。

對骨盆旋轉角度上，在球棒與球接觸時，棒球打擊在習慣位置會大於高、低位置，而中間位置會大於低位置；而前、後膝關節角度上，棒球打擊在球棒與球接觸時，打擊高球會有較大的前膝屈曲角度大於低位置，而慢速壘球無顯著差異；對於後膝關節屈曲角度而言，棒球打擊在高位置會大於中、低與習慣位置，而慢速壘球打擊在前和中間位置會大於後位置。如表 5-10

表 5-10 球棒與球接觸時棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較

球棒與球接觸時	前肘角度	後肘角度	骨盆角度	前膝角度	後膝角度
棒球	習>高； 低>習	低>習； 低>高； 低>中	習>高； 習>低； 中>低	高>低	高>低； 高>習； 高>中；
慢速壘球	前< (中、後)	前< (中、後)	前>中 >後	無顯著差異	(前、中)>後

(高：高位置；低：低位置；習：習慣位置)

(前：前位置；中：中位置；後：後位置)

在棒球與慢速壘球不同位置擊球的最大骨盆旋轉角速度而言，棒球打擊在習慣位置會產生較大的角速度，大於高位置，而慢速壘球上無顯著差異；對於球棒與球接觸時，前肘關節角速度而言，四個位置無顯著差異，對於慢速壘球而言也無顯著差異；球棒與球接觸時，後肘關節角速度而言，無顯著差異，則慢速壘球為前位置大於中間和後位置。表 5-11

表 5-11 最大角速度在棒球與慢速壘球不同打擊位置的比較

項目	最大骨盆 角速度	球棒與球接觸 前肘角速度	球棒與球接觸 後肘角速度
棒球	習 > 高	無顯著差異	無顯著差異
慢速壘球	無顯著差異	無顯著差異	前 > (中、後)

(高：高位置；低：低位置；習：習慣位置)

(前：前位置；中：中位置；後：後位置)

第六節 對於慢速壘球打者的建議

打擊好球板前位置在四個時期有較大的頭部向前旋轉角度與較大的步幅距離；對於左、右肘關節而言，在球棒與球接觸時有較小的屈曲角度，表示打擊在前位置需較為伸展左、右肘關節；在球棒與球接觸時，上部軀幹向前旋轉角度會較大，大於中間位置與後位置。

對於打擊在好球板後位置而言，後位置在前腳離地與著地時，有較大的上部軀幹及骨盆向後旋轉角度，大於前與中間位置；前膝屈曲角度皆無顯著差異；而後膝關節屈曲角度較小，在打擊的四個時間分期皆是較為伸展後膝關節。

對於峰值角速度而言，有顯著差異在頭部與右肘關節，頭部峰值角速度為中間與後位置大於前位置；右肘峰值角速度為前位置大於中間與後位置，因為有較大左肘關節峰值旋轉角速度能產生較大的球速與球棒速度 (Escamilla et al., 2009)，所以打者可針對右肘關節的訓練，提升峰值角速度使打擊更有力量；對於球棒速度與球速，結果為中間位置大於後位置，所以打者盡量攻擊中間位置的球，可產生較大的球速與球棒速度，造成守備失誤的發生。

第七節 研究限制

- 一、本實驗皆在本校運動生物力學實驗室進行，並不是真正的紅土球場進行。
- 二、沒有穿著比賽所穿的膠釘釘鞋進行揮擊，而是使用統一規格的慢跑鞋。
- 三、統一使用擊球座，擊球座的擊球高度皆在打者肚臍的位置，打擊非投手所投出的球。

第陸章 結論與建議

一、 結論

- (一) 打擊在好球板前位置有較大的步幅時間、加速期時間及總揮擊時間，在步幅距離上也較大；上部軀幹在前腳離地與著地時，打擊在前位置會產生較小的向後旋轉角度；而在球棒與球接觸時會產生較大的向前旋轉角度；骨盆旋轉角度相似於上部軀幹旋轉；對於左、右肘關節屈曲角度上，皆在球棒與球接觸時會有較小的屈曲角度；在手開始向前與球棒與球接觸時，有較大的右膝關節屈曲角度，右肘關節在好球板前位置時會產生較大的伸展角速度。
- (二) 打擊在好球板後位置時，會產生較小的球棒加速期時間、球棒速度、球速與步幅距離；在前腳離地與著地時，好球板後位置會產生較大的上部軀幹和骨盆的向後旋轉角度；在球棒與球接觸時，會產生小的向前旋轉角度；皆在球棒與球接觸時會有較大的左右肘屈曲角度，而在前腳離地在好球板後位置會產生較大的左肘屈曲角度，在四個時期皆有較小的右膝關節屈曲角度，右肘關節有較小的峰值角速度，有較大的頭部旋轉角速度。

二、 未來研究建議

本研究結果指出在好球板不同位置擊球時的運動學參數會產生差異，而此差異可以做為選手或教練在訓練或比賽時面對不同位置的球，打擊動作的調整與修正，使選手清楚瞭解打擊的動作變化，來提升每位打者面對各種位置擊球的能力。但本研究是比較慢速壘球打擊在好球板不同位置的運動學參數，未來可針對動力學與肌電圖的介入加以分析，去研究關節力量與肌肉收縮的時序，也可進一步在真正的打擊場地進行研究，分析慢速壘球好球板內、外角的打擊，更能與現實打擊狀況來比較與分析。

參考文獻

一、中文部分

- 中華民國慢速壘球協會 (2013)。引用日期，(2013年，7月26日)，資料來源引自 <http://www.cspsa.org.tw/>
- 中華民國體育運動總會 (2002)。國際壘球規則。台北市：中華民國體育運動總會。
- 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。北台學報，28，351-360。
- 吳俊昌、李明憲、相子元 (2004)。少棒不同打擊姿勢之足底壓力分析。源自於台灣運動生物力學學會：運動生物力學研究彙刊(一)，158-159。台北市：台灣運動生物力學學會。
- 唐昭鈞 (2003)。棒球打擊表現與揮棒時間之相關因素探討。未出版之碩士論文，臺北市，中國文化大學運動教練研究所。
- 陳河吉、張家豪、陳志強 (2009)。青少棒選手揮棒時間與打擊表現相關探討。運動教練科學，14，67-73。
- 陳河吉、王宏正、楊文添、張家豪 (2011)。棒球揮擊動作對打擊表現之影響—以國中選手為例，運動教練科學，21，57 - 66。
- 陳丕欣 (2006)。棒球打擊動作動學之分析研究。未出版之碩士論文，臺北市，輔仁大學體育研究所。
- 陳幸革、涂瑞洪 (2009)。影響棒球打擊表現因素之探討。屏東教大體育，12，340-347。

- 莊博堯、張家豪、陳佑(2010)。棒球滑步式與抬腿式打擊動作之生物力學分析。論文發表於2010年台灣運動生物力學學會及台灣運動生物力學學會聯合年會暨學術研討會和國際運動生物力學研討會。台南市：國立成功大學。
- 莊博堯(2011)。大專棒球選手在不同擊球高度下之揮棒動作分析。未出版之碩士論文，臺北市，國立臺灣師範大學體育研究所。
- 譚鳳君(1983)。棒球規則簡解。臺北市：大林文化事業有限公司。
- 楊清瓏(1997)。棒球打擊技術的分析與研究。台北：中國文化大學體育學會。
- 鍾璧年、林秀卿(2012)。大學棒球選手在不同擊球點下揮棒動作之運動學分析研究。人文社會科學研究，6(3)，56-69。

二、英文部分

- 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.
- Inkster, B., Murphy, A., Bower, R., & Watsford, M. (2011) Differences in the kinematics of the baseball swing between hitters of varying skill. *Medicine & Science in Sports & Exercise*,43(6),1050-1054.
- Tago, T., Ae, M., Tsuchioka, D., Ishii, N., & Wada, T. (2009). *Kinematic analysis of the upper limb at different impact heights in baseball batting*. Paper presented at the International society of biomechanics in sports. Limerick, Ireland.
- Tago, T., Ae, M., Tsuchioka, B., Ishii, N., & Wada, T. (2010). *Adjustment of the lower limb motion at different impact heights in baseball batting*. Paper presented at the International society of biomechanics in sports.Marquette, Michigan, USA.
- 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.