



不同好球板位置慢速壘球打擊之運動學分析

¹張怡雯 ¹廖桓陸 ²梁凱涵 ³吳鴻文*

¹國立臺灣體育運動大學 運動健康科學學系 ²國立中興大學生物產業機電工程學系 ³國立臺灣體育運動大學 體育學系

投稿日期：2014 年 10 月；通過日期：2015 年 3 月

摘要

目的：本研究目的為探討慢速壘球打擊在不同好球板位置運動學的差異。**方法：**受試者為 12 名大專慢速壘球系隊男性右打者選手，以 Vicon 動作分析系統收集好球板前、中間和後位置的慢速壘球打擊之上下肢和軀幹角度變化，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。**結果：**本研究結果發現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長，上軀幹和骨盆在前腳離地與著地時有較小的向後旋轉角度，在擊球瞬間有較大的向前旋轉角度，左及右肘關節在擊球瞬間有較小的屈曲角度，在手開始向前及擊球瞬間，有較大的右膝屈曲角度。另外，好球板後位置在前腳離地與著地時有較大的上軀幹和骨盆的向後旋轉角度，在擊球瞬間有較小的上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 4 個時期有較小的右膝關節屈曲角度。**結論：**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。

關鍵字：上軀幹、骨盆、肘關節、膝關節

壹、緒論

棒壘球包括棒球和壘球，打擊動作的過程相似，是一連串身體肌肉協調活動所形成，起始於下肢與髖關節，接著轉移到軀幹，再連接到上肢揮棒而完成打擊動作(Shaffer, Jobe, Pink, & Perry, 1993)，相對於棒球，壘球是較為安全且受傷率較低的運動比賽型式(Hootman, Dick, & Agel., 2007)。壘球分成快速壘球(fast pitch softball)與慢速壘球(slow pitch softball)，快速壘球打擊以競技為主，需有高度專業的技巧，而慢速壘球較為簡單易學，非專業選手都能打擊到球，黃俊傑(2007)分析大專學生參與慢速壘球運動之動機，以健康需求為最高，其次為社會需求，也可使參與者得到成就感，是一種大眾化的休閒運動。

以生物力學分析的觀點，棒壘球打擊動作主要可分為 5 個時期，包括預備期(preparatory phase)、步幅期(stride phase)、轉換期(transition phase)、揮棒加速期(bat acceleration phase)和跟隨動作期(follow through)，

預備期為由打擊預備站姿至前導腳離地，步幅期為前導腳離地至前導腳著地，轉換期為前導腳著地至手開始向前，揮棒加速期為手開始向前至擊球瞬間，跟隨動作期為擊球瞬間至揮棒動作完成(Escamilla et al., 2009)。

壘球與棒球的好球帶相似，打擊者在正常打擊姿勢下，取其肩部以下至膝部以上的高度，並在本壘板上方五邊型立體範圍內皆是好球(中華民國體育運動總會，2002)，但中華民國慢速壘球協會(2013)則使用好球板來辨別好球，好球板長 0.95 m，寬 0.65 m，放置於本壘板後方，目的是方便判定投出球的好壞，不易造成爭議，不管球通過本壘板時高度為何，只要投出的球最高點高於打擊者和投手頭部且落於好球板上即為好球。

生物力學分析棒球與快壘好球帶之影響，一般可分成上、中和下 3 個位置，而慢速壘球所使用的好球

*通訊作者：吳鴻文 Email: wuh@ntupes.edu.tw
地址：台中市北區404雙十路一段16號

板則可分成前、中和後 3 個落球點位置，過去許多文獻曾探討棒球打擊在不同選手族群與不同好球帶位置之間運動學的差異。Escamilla 等人(2009)探討不同年齡選手在棒球打擊時運動學的影響，發現和年輕打者(平均年齡 14.7 歲)相較，成年打者(平均年齡 22.2 歲)在手開始向前時有顯著較大的前導腳膝關節屈曲角度，在加速期時前導腳膝關節伸直的活動度(59° vs 32°)也較大，在前腳離地時維持顯著較開放(open)的骨盆位置，在手開始向前時維持顯著較開放的上軀幹位置，在擊球瞬間維持顯著較封閉(closed)的上軀幹位置，且成人打者出現較快速的上軀幹角速度峰值、左肘和左膝伸直角速度峰值、以及擊球瞬間的球棒速度，顯示不同年齡層的打擊運動學確有不同。另外，Inkster、Murphy、Bower 與 Watsford (2011) 探討不同專業層級選手在棒球打擊時運動學的影響，經由專業教練和比賽成績將受試者分為高能力和相對較低能力打者，發現高能力打者有顯著較高的揮棒速度，較高的前肘角速度，擊球瞬間的右膝(後側)屈曲角度較大，可知揮棒速度是一可辨別選手的優勢能力的關鍵。

對於不同好球帶位置對於打擊動作的影響，Tago、Ae、Tsuchioka、Ishii 與 Wada (2009)比較不同高低的好球帶之棒球打擊的上肢關節角度的差異，發現和高好球帶打擊相較，打擊低好球帶的球會使左肘關節(前側)較為伸直且雙側肩關節較為屈曲，在雙臂平行時期左肩水平內收角度較大，打擊高好球帶的球會使擊球瞬間，左肘關節較為屈曲，左肩內收角度較小，可知打擊不同高度好球帶的球會使上肢的關節動作產生變化。Tago、Ae、Tsuchioka、Ishii 與 Wada (2010)比較不同高低的好球帶之棒球打擊的下肢關節角度的差異，發現打擊不同高度的好球帶的球，從開始揮棒至擊球瞬間，主要經由調整雙側髖關節的屈曲/伸直角度和外展/內收角度，較低的球會使得髖關節屈曲和外展角度較大。

莊博堯(2011)分析不同層級棒球打者在不同高度擊球動作差異，相較於甲二級打者，甲一級打者在揮擊期前腳出現較大前後方向地面反作用力峰值，以及更快的棒頭速度與擊球初速。對於二組打者而言，相較於習慣位置與中間位置，高位置有較慢的球速、棒速和骨盆角速度，以及最大的雙側膝關節角度，低位置則有較大肘關節角度，顯示在面對不同高度的球時，棒球選手會有揮棒動作的差異，而差異主要出現於高位置與低位置之間。鍾璧年與林秀卿(2012)探討棒球打者於打擊不同內外角擊球點在擊球瞬間的運

動學差異，結果發現內角球和正中直球的前肘和後肘關節角度顯著小於外角球，由內角、正中到外角球，後前臂和球棒的夾角依序越來越大，而外角球的揮棒速度也顯著大於內角球，顯示打擊不同內外角球會對於上肢的姿勢和揮棒速度造成影響。

Flyger、Button 與 Rishiraj (2006)指出壘球雖為已存在一世紀以上的一種普及運動，但相對於棒球已有許多文獻，壘球運動生物力學研究卻較為缺乏。過去已有許多文獻曾分析不同年齡和層級選手以及不同好球帶位置對於棒球打擊時上下肢關節角度的影響，然而，目前少有文獻探討慢速壘球在不同好球板位置的打擊動作分析，因此，本研究目的為探討慢速壘球打擊在不同好球板位置的運動學分析，以瞭解不同落球點對於慢速壘球打擊動作的影響。

貳、方法

一、受試者：

本研究受試者為 12 位男性慢速壘球右打者，平均年齡為 21.4 ± 0.8 歲，身高為 171.0 ± 4.9 cm，體重為 72.4 ± 11.0 kg，所有選手參與慢速壘球至少有 2 年以上的時間，球齡為 6.9 ± 2.9 年，每週至少有 3 天以上規律的訓練時間，並曾參與過 2 次以上的比賽經驗，在進行資料收集時 1 年內沒有肌肉骨骼系統損傷，選手皆可以做出完整的打擊動作。本研究經過國立彰化師範大學研究倫理審查委員會審查通過。

二、實驗設備：

本研究使用的設備為動作分析系統(Vicon Nexus motion analysis system, Oxford Metrics Limited, UK)，包括 8 台紅外線攝影機、視訊處理器、個人電腦及反光標記，採樣頻率為 250 Hz，利用紅外線攝影機收集黏貼在受試者身上的反光標記影像，經由視訊處理器將影像資料轉換輸入至電腦，再由 Vicon Nexus 軟體對反光標記軌跡作辨識(labeling)，即可得知反光球相對於實驗室座標系統的空間座標。

反光標記黏貼於受試者身上 20 個特定解剖位置，包括雙側顳額關節、肩峰、肱骨外上髁、橈骨莖突、髌前上棘、大腿外側、股骨外上髁、外踝、跟骨和第二蹠骨頭，並於上臂外側綁上三角架，上有 3 顆反光標記，另外，於球棒的頂端上黏貼一顆反光標記、壘球外圍包覆反光貼紙，本壘板四周外圍黏貼上 4 顆反光標記，以確認受試者站立位置和本壘板的相對位置。

三、實驗流程：

資料收集前會先布置實驗室場地，作系統校正以建立實驗室座標系統，接著受試者填寫基本資料與簽署參與者同意書，並量測人體計測資料。首先，請受試者進行 10 分鐘的熱身活動，完成反光標記的黏貼，接著進行靜態資料收集，以收集人體解剖學位置的資料，並確認打擊者和本壘板之間的基本相對位置，作為動態打擊資料分析的基準。

接著進行慢速壘球打擊動作的資料收集，使用固定式擊球座、球棒(34 in 26 oz, Louisville Slugger, USA)和壘球。受試者站立於打擊區，肚臍對準好球板後位置打擊座，此定義為受試者的初始站立位置，此時每位受試者身體中線和好球板的後位置對齊，而 3 個不同好球板位置打擊的初始站立位置皆相同。擊球座高度調整於打擊者肚臍位置，壘球放於打擊座上，分別置於好球板的前、中、後位置進行打擊(圖 1)。在正式資料收集之前，會請受試者在不同好球板位置練習數次，以熟悉實驗室環境，等到練習完成即開始資料收集，在每一個好球板位置收集 3 筆打擊動作資料，每位受試者一共收集 9 次打擊動作，每次打擊之間會休息 1 分鐘，每一受試者的好球板位置收集順序為隨機。

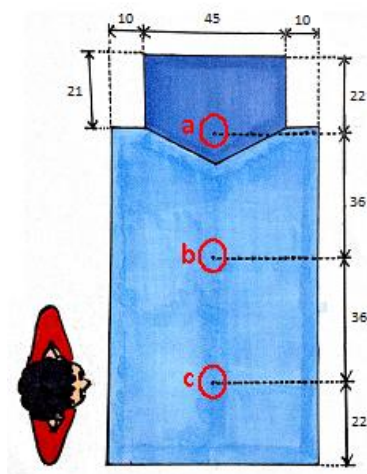


圖 1、慢速壘球打擊不同好球板位置

註：a：前位置，b：中間位置，c：後位置。(好球板尺寸單位：cm)

四、資料分析

反光標記使用 Vicon Nexus 軟體進行定義和軌跡辨識後輸出，反光標記軌跡以 6 Hz 低通濾波 (Butterworth low pass filter) 過濾雜訊並使資料平滑化，接著計算運動學資料。本研究參考 Escamilla 等人(2009)所使用的運動學參數，定義如表 1，當受試者站立於

打擊預備姿勢時，身體和本壘板平行，軀幹軸向旋轉角度(頭部、上軀幹、骨盆)定義為 0° ，軀幹向左轉(投手方向)時，軸向旋轉角度為正，軀幹向右轉時，軸向旋轉角度為負。肘和膝關節屈曲角度以解剖學位置(完全伸直)定義為 0° 。在整個打擊動作的資料中，分別取 4 個時間點(左腳離地、左腳著地、手開始向前、擊球瞬間)的資料作分析，再取 3 次打擊動作的平均進行後續的統計分析，以上運動學分析均以 Matlab 程式進行演算。

表 1、運動學參數的定義

運動學參數	定義
步幅長	雙側跟骨反光標記的距離，取打擊動作中最大的步幅長
球速	球被擊出後飛行的最大三維方向的合速度
棒速	打擊過程中球棒頂端的最大三維方向的合速度
頭部軸向旋轉角度	雙側顱頷關節向量和本壘板向量的夾角
上軀幹軸向旋轉角度	雙側肩峰向量和本壘板向量的夾角
骨盆軸向旋轉角度	雙側髌前上棘向量和本壘板向量的夾角
軀幹扭轉角度	上軀幹旋轉角度減去骨盆旋轉角度
肘關節屈曲角度	上臂三角架定義上臂向量，肱骨外上髁和橈骨莖突定義前臂向量，上臂和前臂的夾角
膝關節屈曲角度	大腿外側與股骨外上髁定義大腿向量，股骨外上髁和外踝定義小腿向量，大腿和小腿的夾角

五、統計分析

本研究數值以平均值±標準差呈現，使用重複量數單因子變異數分析(one-way ANOVA repeated measure)比較 3 個不同好球板位置打擊的運動學參數差異(SPSS 12.0)，若主要效果出現統計顯著性，則使用 LSD 法進行事後比較，本研究顯著水準訂為 $\alpha=.05$ 。

參、結果

一、打擊時間、步幅和球速：

表 2 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的分期時間，結果發現前位置步幅期時間(0.66 ± 0.18 s)比中間位置(0.59 ± 0.20 s)顯著較長($p=.049$)，轉換期則無顯著差異，前位置加速期時間(0.13 ± 0.02 s)顯著大於中間位置(0.11 ± 0.02 s)和後位置(0.09 ± 0.01 s) ($p<.001$)，前位置揮棒總時間(0.83 ± 0.17 s)顯著大於中間位置(0.79 ± 0.17 s) ($p=.027$)。

表 2、不同好球板位置打擊分期時間

	前位置	中間位置	後位置	p	事後比較
步幅期	0.66 ±0.18	0.59 ±0.20	0.65 ±0.17	.049*	前>中
轉換期	0.04 ±0.01	0.04 ±0.02	0.04 ±0.02	.181	
加速期	0.13 ±0.02	0.11 ±0.02	0.09 ±0.01	<.001*	前>中、後
揮棒	0.83 ±0.17	0.74 ±0.19	0.79 ±0.17	.027*	前>中

註：打擊時間分期單位為 s。* $p < .05$

表 3 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的步幅長、球棒速度和球速，結果發現前位置步幅長(68.29±7.80 cm)顯著大於中間位置(59.51±7.36 cm)和後位置(57.74±6.68 cm) ($p < .001$)，中間位置球棒速度(21.11±1.08 m/s)顯著大於後位置(20.46±1.49 m/s) ($p = .003$)，中間位置球速(16.67±1.03 m/s)顯著大於後位置(15.79±1.48 m/s) ($p = .033$)。

表 3、不同好球板位置步幅長、球棒速度和球速

	前位置	中間位置	後位置	p	事後比較
步幅長	68.29 ±7.80	59.51 ±7.36	57.74 ±6.68	<.001*	前>中、後
球棒速度	21.34 ±0.65	21.11 ±1.08	20.46 ±1.49	.003*	中>後
球速	16.55 ±1.37	16.67 ±1.03	15.79 ±1.48	.033*	中>後

註：步幅長單位為 cm，球棒速度和球速單位為 m/s。* $p < .05$ 。

二、軸向旋轉角度

表 4 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的頭部旋轉角度，在 4 個打擊時間點上，前位置均顯著大於中間位置和後位置($p < .001$)。表 5 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的上軀幹旋轉角度，在前腳離地時，後位置上軀幹角度(-37.70±9.74°)顯著小於前位置(-31.05±8.73°) ($p = .015$)，在前腳著地時，後位置上軀幹角度(-38.59±13.58°)顯著小於前位置(-30.35±12.08°)和中間位置(-33.54±13.7°) ($p < .001$)，手開始向前時無顯著差異，在擊球瞬間，前位置上軀幹旋轉角度(85.71±9.01°)顯著大於中間位置(75.03±17.68°)，中間位置顯著大於後位置(61.98±8.61°) ($p < .001$)。表 6 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的骨盆旋轉角度，在前腳離地時，後位置(-22.84±6.67°)顯著小於前位置(-18.60±6.36°) ($p = .046$)，在前腳著地時，後位置(-0.57±10.54°)顯著小於前位置(4.95±10.75°) ($p = .016$)，手開始向前時無顯著

差異，在擊球瞬間，前位置(83.46±8.96°)顯著大於中間位置(75.05±15.94°)，中間位置顯著大於後位置(63.61±12.13°) ($p < .001$)。

表 4、不同好球板位置頭部旋轉角度

	前位置	中間位置	後位置	p	事後比較
前腳離地	26.45 ±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
擊球瞬間	38.51 ±6.67	28.54 ±8.93	12.11 ±7.45	<.001*	前>中>後

註：頭部旋轉角度單位為度(°)。* $p < .05$ 。

表 5、不同好球板位置上軀幹旋轉角度

	前位置	中間位置	後位置	p	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 ±13.70	-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	
擊球瞬間	85.71± 9.01	75.03± 17.68	61.98± 8.61	<.001*	前>中>後

註：上軀幹旋轉角度單位為度(°)。* $p < .05$ 。

表 6、不同好球板位置骨盆旋轉角度

	前位置	中間位置	後位置	p	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	-0.57± 10.54	.016*	前>後
手開始向前	23.98± 9.15	22.28± 11.48	21.17± 9.66	.332	
擊球瞬間	83.46± 8.96	75.05± 15.94	63.61± 12.13	<.001*	前>中>後

註：骨盆旋轉角度單位為度(°)。* $p < .05$ 。

三、軀幹扭轉角度

表 7 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的軀幹扭轉角度，在前腳離地時，後位置(-14.86±5.13°)顯著小於前位置(-12.45±4.52°) ($p = .017$)，其它三個時間點均無顯著差異。

表 7、不同好球板位置軀幹扭轉角度

	前位置	中間位置	後位置	<i>p</i>	事後比較
前腳離地	-12.45 ±4.52	-13.24 ±4.80	-14.86 ±5.13	.017*	前>後
前腳著地	-35.30 ±8.74	-35.29 ±8.69	-38.02 ±10.34	.129	
手開始向前	-32.23 ±8.55	-31.07 ±7.57	-31.13 ±9.05	.676	
擊球瞬間	2.25 ±6.98	-0.02 ±8.61	-1.63 ±10.42	.128	

註：軀幹扭轉角度單位為度(°)。**p* < .05。

四、肘和膝關節屈曲角度

表 8 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的雙側肘關節屈曲角度，左肘關節在前腳離地時，後位置(80.98±12.91°)顯著大於中間位置(78.43±13.05°) (*p*=.038)，在前腳著地和手開始向前均無顯著差異，在擊球瞬間，後位置(37.24±14.04°)和中間位置(35.24±12.57°)顯著大於前位置(26.08±9.28°) (*p*=.010)。右肘關節在前腳離地、前腳著地和手開始向前時均無顯著差異，在擊球瞬間，後位置(75.27±13.68°)和中間位置(75.49±14.75°)顯著大於前位置(61.74±10.43°) (*p*<.001)。

表 8、不同好球板位置肘關節角度

	前位置	中間位置	後位置	<i>p</i>	事後比較	
左肘	前腳離地	79.91 ±12.29	78.43 ±13.05	80.98 ±12.91	.038*	中<後
	前腳著地	65.63 ±10.32	66.19 ±10.44	66.27 ±14.30	.928	
	手開始向前	60.88 ±10.95	61.50 ±10.74	55.87 ±15.49	.194	
	擊球瞬間	26.08 ±9.28	35.24 ±12.57	37.24 ±14.04	.010*	前<中、後
右肘	前腳離地	118.46 ±13.69	119.69 ±12.40	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	
	擊球瞬間	61.74± 10.43	75.49± 14.75	75.27± 13.68	<.001*	前<中、後

註：肘關節角度單位為度(°)。**p* < .05。

表 9 為慢速壘球打擊在不同好球板位置的雙側膝關節屈曲角度，左膝關節在前腳離地、前腳著地、手開始向前和擊球瞬間均無顯著差異。右膝關節在前腳離地時，中間位置(38.76±5.74°)顯著大於前位置(36.75±4.99°)和後位置(36.52±6.23°) (*p*=.048)，在前腳著地時，中間位置(49.37±10.78°)顯著大於後位置(46.27±9.68°) (*p*=.044)，手開始向前時，中間位置(50.64±12.49°)和前位置(49.65±10.85°)顯著大於後位置(45.63±11.23°) (*p*=.005)，在擊球瞬間，中間位置(44.05±11.0°)和前位置(45.04±9.19°)顯著大於後位置(38.21±12.51°) (*p*<.001)。

表 9、不同好球板位置膝關節角度

	前位置	中間位置	後位置	<i>p</i>	事後比較	
左膝	前腳離地	49.20 ±6.90	48.47 ±8.77	44.76 ±9.47	.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	
	擊球瞬間	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 ±10.78	46.27 ±9.68	.044*	中>後
	手開始向前	49.65 ±10.85	50.64 ±12.49	45.63 ±11.23	.005*	前、中>後
	擊球瞬間	45.04 ±9.19	44.05 ±11.08	38.21 ±12.51	<.001*	前、中>後

註：膝關節角度單位為度(°)。**p* < .05。

肆、討論

棒壘球打擊是一種須要全身各肢段協調控制良好的精細動作，Regan (1997)提出打擊時要能夠準確擊出球，需在準確的時間下，精準揮動球棒才能完成一次有效的打擊，並指出一位優秀的打者的動作位置誤差須小於 5 cm，時間控制誤差應小於 3 ms。Welch、Banks、Cook 與 Draovitch (1995)曾經量化棒球打擊的三維運動學和動力學，指出打者開始打擊時重心會先向後腳移動，並產生軀幹的扭轉，當開始向前揮擊時，重心移至前腳施力，約產生 123% 倍體重的反作用力，並可以產生軀幹的加速度，髖關節旋轉角速度可達到 714°/s，接著肩關節快速旋轉，角速度可高達 937°/s，

因而產生 31 m/s 的揮棒速度，由此可知打擊是一上下肢關節和軀幹肌肉皆參與的全身性活動。棒球和壘球的打擊動作相似，本研究分析的變數包含上下肢關節角度變化以及連接上下肢傳遞動力鍊的軀幹動作，研究目的為探討慢速壘球打擊在不同好球板位置的運動學分析，結果發現慢速壘球打者在面對好球板不同位置的球時會有打擊運動學的差異，差異主要出現於打擊分期時間、球速/棒速、軀幹軸向旋轉角度、肘和膝關節角度。和打擊相關的過去文獻多屬於棒球的研究，以下參考棒壘球相關文獻，並分別就各運動學參數討論之。

一、時間空間參數

Katsumata (2007)指出一個有力的打擊動作起始自地面反作用力，並受到投手投出球的快或慢來協調其打擊動作，前腳跨步的時間性和重心的轉移受到投手投球的球速快慢影響。Escamilla 等人(2009) 分析棒球打擊的分期時間，結果發現步幅期、轉換期和揮棒加速期分別為 0.4、0.07 和 0.14 秒，而本研究中間位置的打擊分期分別為 0.59、0.04 和 0.11 秒，各時期所花費時間長短之順序和 Escamilla 等人的發現相同，但數值上還是有些許差異，顯示棒球和慢速壘球的各時期時間比例有所不同。本研究結果發現不同好球板位置會影響到打擊時期的步幅期、加速期和揮棒總時間，前位置比中間位置所花費的時間顯著較長，特別是前位置的加速期時間比中間位置和後位置顯著較長，對照到打擊時跨步的差異，發現前位置的步幅長也是比中間和後位置顯著更長，這可能是落球點位於較前方，需有較長的跨步距離與較長的加速期，才能將球打擊出去。莊博堯(2011) 探討不同高度好球帶對於棒球打擊的影響，發現高位置的揮棒時間比習慣位置長，本研究前位置揮棒總時間比中間位置長，而中間位置是多數受試者最常選擇的擊球位置，顯示較不習慣的好球帶或好球板位置，可能會使打者出現較長時間完成打擊動作。

Hughes、Lyons 與 Mayo (2004)提出揮棒速度是成功打擊的重要影響因子之一， McDowell 與 Ciocco (2005) 提出打者擊出球後投手至少需有 0.42 秒的反應時間，並利用材料力學測試方法，進行慢速壘球打擊的安全測試，結果發現被擊出的球速應小於 137.2 km/h (38.11 m/s)，對選手才有足夠的安全考量。本研究測量的擊出球速約為 16 m/s，明顯小於安全考量的球速最大值。本研究亦發現不同好球板位置會影響到擊出的球速，後位置的球速顯著較中間位置為慢，由

於落球點位於較後方，會使揮棒加速過程還未完全即已擊出球，可能因此造成擊出球速較中間位置為慢。李明憲、郭紘嘉、呂子平與劉峻狼(2005) 比較不同棒球打擊方式對於揮棒速度的影響，發現不同足部站立位置(平行式、開放式和封閉式打擊法)在揮棒速度上均無顯著差異。莊博堯等人(2010) 比較不同棒球揮棒動作對於揮棒速度的影響，發現抬腿式打擊比滑步式打擊的揮棒時間較短且揮棒速度較大。而本研究發現不同好球板位置會影響揮擊的球棒速度，後位置的球棒速度比中間位置小，此發現和擊出球速的結果一致。統整本研究時間空間參數結果可知，慢速壘球打擊好球板前位置的球會形成較長的打擊時間和較長的步幅長，而打擊好球板後位置的球則會造成較慢的球速和球棒速度。

二、頭部旋轉角度

林德隆與林清和(1997) 分析棒壘球揮棒擊球評分標準，以揮棒打擊動作為預測變項，打擊成績為效標變項，進行迴歸分析發現，最具代表性的動作為揮棒時頭部固定眼睛看球，顯示不管打者打擊時身體姿勢為何，頭部位置和眼睛視線會一直持續在投手和球上面。Takeuchi 與 Inomata (2009)比較棒球菁英打者和一般打者在投手預備投球時的視覺追蹤策略，發現菁英打者在投手尚未投出球之前，即已將視線移至投手的手臂和球，但一般打者的視線卻依然停留在投手頭和臉部，且菁英打者有較高的揮棒正確率與較早的時間性。雖然本研究並未測量打者視覺追蹤位置，但本研究結果發現在慢速壘球打擊的 4 個時間點，頭部旋轉角度皆出現顯著差異，向前旋轉角度大小依序為前位置、中間位置和後位置，4 個時期平均角度分別為 28.85°、19.34°和 9.84°，顯示無論好球板位置為何，頭部皆朝向投手方向，而前位置的旋轉角度最大，朝向投手方向的旋轉傾向最為明顯，表示不同落球點位置確實影響頭部旋轉位置。

三、上軀幹旋轉角度

林德隆與林清和(1997) 探討棒壘球揮棒擊球評分的迴歸分析發現，具顯著影響擊球表現的打擊動作包含了揮棒前由腰帶動的反轉動作和兩肩水平旋轉揮棒，表示上軀幹和骨盆旋轉對於棒壘球打擊的重要性。Shaffer 等人(1993)分析棒球打擊時的肌電訊號，發現在加速揮棒期，軀幹後側的豎脊肌群活化程度可高達 85 %-185 % MMT(manual muscle test, 最大徒手肌力測量)，腹外斜肌的活化程度也超過 100 % MMT，但上肢的斜方肌和棘上肌活化程度只有 40 % MMT，顯

示軀幹的肌力和穩定是打者維持打擊能力的重要因子。Szymanski 等人(2007)探討 12 週軀幹旋轉阻力訓練對於棒球打者揮棒速度的影響，結果發現外加軀幹旋轉阻力訓練組比一般打擊組的揮棒速度有更明顯的增加，顯示軀幹旋轉能力對於打擊的重要性。

對於慢速壘球打擊動作形式，在前腳離地時上軀幹先向後旋轉，接著逐漸向前旋轉，在擊球瞬間達到最大值。本研究結果發現在慢速壘球打擊上軀幹旋轉角度的差異出現於 3 個時間點，在前腳離地時，前位置顯著大於後位置，在前腳著地時，前位置和中間位置顯著大於後位置，由於數值皆為負值，表示後位置在前腳離地和前腳著地時向後旋轉的角度比前位置大，顯示此時屬於閉鎖式姿勢，在擊球瞬間，3 個位置彼此之間均出現差異，前位置的上軀幹向前旋轉角度平均高達 86°，而中間位置平均角度為 76°，而後位置則只有 62°，表示上軀幹旋轉會因為落球點位置不同而產生動作的差異。Escamilla 等人(2009)測量棒球選手打擊的上軀幹旋轉角度，發現成人打者擊球瞬間上軀幹旋轉角度為 48°，青年打者則為 58°，可推測棒球打擊上軀幹旋轉角度似乎比慢速壘球略為小些。

四、骨盆旋轉角度

郭展能、黃長福與郭明松(2004)分析女子快壘打擊動作，發現旋轉期軀幹和下盤轉動是打擊力量主要來源，經由適當的重心由後向前轉移，達到快速擊球之目的。本研究發現慢速壘球打擊骨盆旋轉趨勢和上軀幹相似，但骨盆旋轉的時間性和上軀幹有些許不同，上軀幹向後旋轉的閉鎖式姿勢由前腳離地開始，一直維持至手開始向前，等到揮棒加速初期才開始向前旋轉，而骨盆向後旋轉的姿勢由前腳離地開始，但前腳著地之前即已轉換成向前旋轉的開放式姿勢，一直保持到擊球瞬間。不同好球板位置的骨盆旋轉差異出現於前腳離地、前腳著地和擊球瞬間，均為前位置處於較向前旋轉姿勢，而後位置則處於較向後旋轉姿勢。

五、軀幹扭轉角度

經由軀幹相對扭轉的結果發現，上軀幹相對於骨盆的扭轉，在前腳離地時微微向後，在前腳著地和手開始向前時，無論好球板位置為何，均有超過 30° 以上的軀幹向後扭轉，直到擊球瞬間上軀幹和骨盆的相對扭轉角度才轉變成幾近於 0°，顯示此時上下軀幹肢段幾乎維持共平面不扭轉，將力量由軀幹傳達至上肢再經由加速揮擊動作傳遞至球棒。軀幹扭轉角度唯一產生顯著差異的時間點在前腳離地時，其他 3 個時間

點並不會因為前後落球點的不同而形成軀幹扭轉角度的差別，顯示雖然上軀幹和骨盆旋轉角度相對於本壘板-投手丘方向有差異，但軀幹扭轉之相對角度卻不因此而改變。Escamilla 等人(2009)測量棒球打擊的軀幹扭轉角度，發現在擊球之前軀幹也是向後扭轉，在擊球瞬間軀幹轉為向前扭轉約 22°，此角度比本研究的慢速壘球打擊微大些，可推測棒球和慢速壘球打擊之軀幹相對旋轉動作模式有些許差異。

六、肘關節角度

在壘球打擊起始預備姿勢時，雙側肘關節皆維持屈曲位置，隨著打擊過程，肘關節逐漸伸直，直到擊球瞬間達到最小屈曲角度，肘關節出現最為伸直的姿勢。Miyaniishi (2007)比較一般棒球打擊方式和前肘關節伸直打擊方式對於揮棒速度的影響，結果發現前肘關節伸直打擊在前腳著地時肘關節屈曲角度比一般打擊小，但揮棒速度在二種打擊方法之間並無差異。本研究結果發現不同好球板位置在前腳著地和手開始向前對於雙側肘關節屈曲角度並無影響，但在擊球瞬間，後位置和中間位置雙側肘關節屈曲角度顯著比前位置大，為了打擊位於較前方的球，肘關節需更加的伸直，顯示不同落球點位置會影響到擊球瞬間時肘關節姿勢，但對於打擊過程的中間時期，肘關節角度則較不受到影響。

七、膝關節角度

郭展能等人(2004)分析女子快壘打擊動作，發現擊球瞬間前膝關節角度為 159.1°，相當於本研究膝關節屈曲角度 20.9°，且後膝關節角度為 125.2°，相當於本研究膝關節屈曲角度 54.8°。而本研究結果發現在擊球瞬間，中間位置的前和後膝關節屈曲角度分別為 28.44°和 44.05°，顯示慢壘和快壘的膝關節屈曲角度可能有些許差異。本研究結果發現在前腳離地、前腳著地和手開始向前時，前側左膝關節均維持於約 40° 屈曲的姿勢，但擊球瞬間，重心會往前側移動，左膝關節伸直使得屈曲角度減少。不同好球板位置對於左膝關節角度均無影響，表示無論落球點在好球板的何處，前側膝關節動作因應策略不變。然而，右膝關節在 4 個時間點的屈曲角度均出現顯著差異，尤其在手開始向前和擊球瞬間，後位置的屈曲角度明顯小於中間位置和前位置，顯示後位置打擊時，可能因為重心不需太過向前移動，使得後側膝關節處於較伸直的位置。由以上雙側膝關節角度結果發現，不同好球板位置只有明顯改變後側膝關節的動作，而不會對於前側膝關節動作造成顯著影響。

伍、結論

本研究結果發現好球板中間位置的慢速壘球打擊出現較大的球棒速度與擊出球速。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長，上軀幹和骨盆在前腳離地與著地時有較小的向後旋轉角度，在擊球瞬間有較大的向前旋轉角度，左及右肘關節在擊球瞬間有較小的屈曲角度，在手開始向前及擊球瞬間，有較大的右膝屈曲角度。另外，好球板後位置在前腳離地與著地時有較大的上軀幹和骨盆的向後旋轉角度，在擊球瞬間有較小的上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4個時期均有較小的右膝關節屈曲角度。慢速壘球打者在面對好球板不同位置的落球點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。

陸、參考文獻

- 中華民國慢速壘球協會 (2013, 12月20日)。好球板規格圖解。中華民國慢速壘球協會。取自 <http://www.cspssa.org.tw/>
- 中華民國體育運動總會 (2002)。國際壘球規則。臺北市：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。
- 林德隆、林清和 (1997)。棒、壘球揮棒擊球評分標準之研究。體育學報，22，319-328。
- 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)。國立臺灣師範大學，臺北市。
- 莊博堯、張家豪、陳佑 (2010年10月)。棒球滑步式與抬腿式打擊動作之生物力學分析。「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」發表之論文，國立成功大學。
- 郭展能、黃長福、郭明松 (2004)。優秀女壘選手打擊動作之生物力學分析。大專體育學刊，6(2)，151-160。
- 黃俊傑 (2007)。大專學生參與慢速壘球運動動機之研究：以亞洲及逢甲大學慢速壘球興趣選項為例。大專體育學術專刊，291-296。
- 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。

- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., DeRenne, C., Taylor, M. K., Moorman, C. T., Imamura, R., ... Andrews, J. R. (2009). A comparison of age level on baseball hitting kinematics. *Journal of Applied Biomechanics*, 25, 210-218.
- Flyger, N., Button, C., & Rishiraj, N. (2006). The science of softball: implications for performance and injury prevention. *Sports Medicine*. 36(9), 797-816.
- Hootman, J. M., Dick, R., & Agel, J. (2007). Epidemiology of collegiate injuries for 15 sports: summary and recommendations for injury prevention initiatives. *Journal of Athletic Training*, 42(2), 311-319.
- Hughes, S. S., Lyons, B. C., & Mayo, J. J. (2004). Effect of grip strength and grip strengthening exercises on instantaneous bat velocity of collegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2), 298-301.
- 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.
- Katsumata, H. (2007). A functional modulation for timing a movement: a coordinative structure in baseball hitting. *Human Movement Science*, 26(1), 27-47.
- McDowell, M., & Ciocco, M. V. (2005). A controlled study on batted ball speed and available pitcher reaction time in slowpitch softball. *British Journal of Sports Medicine*, 39(4), 223-225.
- Miyanishi, T. (2007). Effects of elbow extension of leading arm on bat head velocity in baseball batting. *Journal of Biomechanics*, 40(S2), S620.
- Regan, D. (1997). Visual factors in hitting and catching. *Journal of Sports Sciences*, 15(6), 533-558.
- Shaffer, B., Jobe, F. W., Pink, M., & Perry, J. (1993). Baseball batting. An electromyographic study. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 292, 285-93.
- Szymanski, D. J., McIntyre, J. S., Szymanski, J. M., Bradford, T. J., Schade, R. L., Madsen, N. H., & Pascoe, D. D. (2007). Effect of torso rotational

- strength on angular hip, angular shoulder, and linear bat velocities of high school baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1117-1125.
- Takeuchi, T., & Inomata, K. (2009). Visual search strategies and decision making in baseball batting. *Perceptual and Motor Skills*, 108(3), 971-980.
- Tago, T., Ae, M., Tsuchioka, D., Ishii, N., & Wada, T. (2009, August). *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. Abstract retrieved from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/3438>
- Tago, T., Ae, M., Tsuchioka, B., Ishii, N., & Wada, T. (2010, January). *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. Abstract retrieved from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/viewFile/4558/4245>
- 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.



Kinematic Analysis of Different Strike Plate Areas in Slow Pitch Softball Hitting

¹Yi-Wen Chang ¹Huan-Sheng Liao ²Kai-Han Liang ³Hong-Wen Wu*

¹*Department of Exercise Health Science, National Taiwan University of Sport*

²*Department of Bio-Industrial Mechatronics Engineering, National Chung Hsing University*

¹*Department of Physical Education, National Taiwan University of Sport**

Accepted : 2015/04

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to investigate the kinematics of different strike plate areas in slow pitch softball hitting. **Methods:** Twelve right-handed 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 kinematic 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. Moreover, 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.

Key words: upper torso, pelvis, elbow joint, knee joint