

國立台灣師範大學體育學系
碩士學位論文

壘球擲準動作之運動學分析

研究生：陳妙瑋

指導教授：劉有德

中華民國九十八年二月

中華民國臺北市

壘球擲準動作之運動學分析

日期：中華民國九十八年一月

研究生：陳妙瑋

指導教授：劉有德

摘要

本研究目的為比較不同技能水準之實驗參與者壘球擲準表現與動作型態之差異，藉由運動學分析，探討女壘選手與一般女大學生投擲動作型態普遍上之差異，分別針對選手的正確動作技巧及一般人的錯誤動作型態，進行說明解讀，並對於一般人學習投擲技巧提出具體之建議。八位大專甲組女子壘球選手與八位不具壘球投擲經驗之女大學生為實驗參與者，實驗工作為對著 16 公尺之目標範圍進行壘球擲準工作，每人投擲 15 顆，利用高速攝影機 (200Hz) 與陀螺儀動作分析系統 (120Hz) 擷取每次投擲動作，以進行各參數的計算分析，並利用 Excel、Mathematica 軟體製作上肢角度變化圖與肘、肩關節角角圖。發現：比較兩組投擲準確性成績，發現選手組優於一般組達顯著差異 $t_{(14)}=6.851, p<.05$ 。比較兩組球速，發現選手組球速大於一般組達顯著差異 $t_{(14)}=5.684, p<.05$ 。比較兩組出手瞬間跨步前導腳 (左腳) 膝關節角度之平均值，選手組小於一般組達顯著差異 $t_{(13)}=-2.932, p<.05$ 。比較兩組球出手瞬間軀幹與水平面夾角及頭部與水平面夾角，雖未達顯著差異但接近顯著差異，皆為選手組大於一般組 $t_{(13)}=1.971, p=.089$ 、 $t_{(13)}=2.180, p=.070$ 。比較兩組球出手瞬間上肢部位 (腕、肘、肩) 角速度之平均值，發現肘關節角速度選手組大於一般組達顯著差異 $t_{(13)}=2.339, p<.05$ 。製作上肢角度變化圖，觀察後發現選手具有出手前肘關節角度短時間內變小再變大之情形，本研究解讀為「引肘向前」之動作技巧，反觀一般組未曾出現此現象。製作肘、肩關節角角圖，發現選手組與一般組的最大差異來自於起始動作後，「後擺」與「抬肘」之動作型態。依據本實驗目的，經由結果之統計分析與討論，對於一般人投擲動作提出下列建議：進行投擲動作時，除了加強後擺、抬肘，使投擲手引肘向前的動作技巧，亦須注意應將跨步加大以利投擲時身體維持較低之重心，並在投擲動作中，應保持身體往前加速，而避免頭部與軀幹過度後仰。

關鍵詞：壘球擲準、運動學、角角圖

The kinematic analyses of softball target throwing performance

Date: January, 2009

Graduate Student: Miao-Wei Chen

Adviser: Yeou-Teh Liu, PhD

Abstract

The purpose of the study was to examine the differences in the softball target throwing performances. The movement kinematics was analyzed for the throwing movement from 8 elite women softball players and 8 novice female college students. The participants were required to use the over arm throwing pattern to throw a softball at a target 16 meters away for 15 trials. A high speed (200Hz) camera and the Gypsy18 motion capture system (120 Hz) were used to capture the throwing movement and the ball trajectory; The Microsoft Excel and Wolfram Mathematica were used for processing the data. The results showed that the softball players had significantly more accurate throwing performance than the novices, $t_{(14)}=6.851$, $p < .05$, and a higher ball velocity at release, $t_{(14)}=5.684$, $p < .05$. For the throwing movement, the softball players had a significantly smaller knee angle for the lead leg at ball release, $t_{(13)}=-2.932$, $p < .05$; the trunk and head angles with respect to the horizontal plane at the ball release were larger, although did not quite reach the significant level, for the softball players, $t_{(13)}=1.971$, $p=.089$, $t_{(13)}=2.180$, $p=.070$. For the kinematics of the throwing arm at ball release, only the elbow angular velocity was found significantly larger for the softball players than the novices, $t_{(13)}=2.339$, $p < .05$. Qualitative analyses on the angular displacement of the elbow joint showed a consistent decrease-increase profile before ball release, characterizing the skill of “lead elbow” which was not found in any novices’ performance. In addition, observation on the angle-angle diagram of the shoulder-elbow joints showed that the differences of the throwing pattern between the 2 groups mainly came from the “back swing” and “elbow lift” segments. Based on the findings of the study, we suggest the following points to be emphasized in teaching target throwing task: for the throwing arm, focusing on the back swing, elbow lift movement and practicing the “lead elbow” technique; for the non-throwing arm movement, the thrower should take a larger forward step and keep the center of gravity low; preventing the head and trunk leaning backward during the throwing movement in order to maintain the forward speed.

Key words: Softball target throw, kinematics, angle-angle diagram.

謝誌

短短的兩年半碩士班歷程，驚覺自己能力的不足，但有幸得到老師的成全，加上自己另類的堅持，才得以順利畢業，其實內心的心虛和感謝之情，難以言表。

感謝有德老師對我的寬容，脆弱無知的我曾意志不堅，滿腦子都是不切實際的計畫和想法，也曾做些讓您擔心的舉動，兩年多來真的辛苦您對我的照顧，妙瑋永誌難忘；您球場上的活躍表現、學術上的貢獻付出、有話直說的乾脆真性情，都是如此令我由衷崇拜，也深以身為您的學生為榮。此外，令我心懸念不已的邁老師，我不曾忘記在我聽不懂您上課內容時，您微笑的對我說：筆記上的圖畫的很漂亮。感謝認識了您，您的勇敢與堅持，學生永難忘懷。

再來要感謝的人，當屬自我大學時期就相當照顧我的嚴雅婷學姐，她認真活潑、聰明努力，一直是我仿效、仰慕的對象，在我跟不上進度時，她會借我她媲美藝術作品的精美筆記，讓我得以應付考試；在我自甘墮落的低潮期，她可以打一封內容數千字的信對我敦敦教誨，望我迷途知返，對於她的恩情，除了感謝、還是感謝。

此外感謝口試委員林德隆老師及邱文信老師的釜正指導，使妙瑋論文更臻完善。實驗室的其他成員們對我的體諒及幫忙也總常駐我心，尤其實驗室的固定班底，易潔、尹華、衍超等人…，運科所的同學們個個優秀又認真，相比之下我只能自慚形穢；皓皎學姊、佳郁學姊、王甯學姊、國良也在關鍵時期給我幫助，使我得以順利渡過瓶頸。一同在永春高中奮鬥的光志學長，擁有優秀能力配上純淨的赤子之心，不時對我伸出援手，提出精闢意見供我參考，我也十分感念他的照顧；一同實習的夥伴們：萬玄、沛欣、婉禎、秀逸、亦鳴、炳宏、予璇、勳慧、若馨，感謝你們對我的體諒，且不斷地為我加油打氣。家教學生宜芬，是位體貼又善解人意的大好人，總是能在我最軟弱無助的時候給我鼓勵。

最後，想感謝一路走來始終支持我的家人們。此篇論文對我來說意義不僅只於內容，而是一連串內心不安、挫折、體諒、付出、感恩、成長的過程，也令我深信不疑未來不論遇到任何多大的困難，我必能咬緊牙關，順利克服。

98年2月25於永春高中

目次

口試委員與系主任簽字證書-----	I
授權書-----	II
中文摘要-----	III
英文摘要-----	IV
謝誌-----	V
目次-----	VI
表次-----	IX
圖次-----	X
第壹章 緒論 -----	1
第一節 前言-----	1
第二節 問題背景-----	2
第三節 研究目的-----	3
第四節 研究假設-----	3
第五節 研究範圍與限制-----	3
第六節 名詞操作性定義-----	4
第貳章 相關文獻探討-----	5
第一節 運動協調的形成-----	5
第二節 協調型態的觀測-----	8
第三節 投擲動作型態-----	11
第四節 投擲運動學分析相關文獻-----	13
第五節 文獻總結-----	17
第參章 方法-----	19

第一節 研究對象-----	19
第二節 實驗時間與地點-----	19
第三節 實驗動作-----	20
第四節 實驗器材與場地佈置-----	20
第五節 實驗程序-----	23
第六節 技能表現-----	24
第七節 資料處理與分析-----	26
第八節 研究流程-----	26
第肆章 結果-----	27
第一節 投擲準確性分析-----	32
第二節 投擲運動學分析-----	37
第三節 投擲動作型態比較-----	33
第伍章 討論-----	40
第陸章 結論與建議-----	45
參考文獻-----	46
中文部份-----	48
外文部份-----	49
附錄	
附錄一 實驗參與者同意書-----	51
附錄二 實驗參與者健康情況調查表-----	52
附錄三 實驗紀錄表-----	53
附錄四 每位實驗參與者之投擲過程上肢關節角度變化圖-----	54
附錄五 每位實驗參與者投擲過程肘肩關節角角圖-----	58

表次

表 3-1-1 兩組實驗參與者基本資料表-----	19
表 4-1-1 兩組投擲成績比較表-----	27
表 4-1-2 未投進目標範圍之投擲誤差比較表-----	30
表 4-2-1 兩組球出手瞬時速度比較表-----	32
表 4-2-2 兩組球出手瞬間上肢各關節角度比較表-----	33
表 4-2-3 兩組球出手瞬間跨步腳膝關節角度比較表-----	33
表 4-2-4 兩組球出手瞬間軀幹與水平面夾角比較表-----	34
表 4-2-5 兩組球出手瞬間頭部與水平面夾角比較表-----	34
表 4-2-6 兩組球出手瞬間上肢各關節角速度比較表-----	36

圖次

圖 2-1-1	Newell (1986)三角限制模式圖-----	6
圖 2-2-1	Chen, Lee, 與 Liu (2008)簡化投擲肘肩角角圖-----	10
圖 3-4-1	陀螺儀動作分析系統-----	21
圖 3-4-2	SIMI 動作分析軟體所呈現之 25 處關節部位點示意圖----	21
圖 3-4-3	場地佈置圖-----	23
圖 3-6-1	擲準目標範圍與評分示意圖-----	24
圖 3-6-2	高速攝影機球出手瞬間對照陀螺儀之動畫圖-----	25
圖 3-8-1	研究流程圖-----	26
圖 4-1-1	目標範圍落點示意圖-----	29
圖 4-1-2	未投進目標區之擲球落點示意圖-----	31
圖 4-2-1	頭部與軀幹水平面夾角示意圖-----	35
圖 4-2-2	兩組出手瞬間上肢各關節角速度比較圖-----	36
圖 4-3-1	選手與非選手在單次試作之投擲過程上肢關節角度、 角速度變化圖-----	38
圖 4-3-2	投擲過程肘肩關節角角圖-----	39

第壹章 緒 論

投擲動作是一種需要全身協調運用的動作，而身體協調能力的培養，需要身體活動的演練。Bernstein (1967)指出：人體動作是由許多肢段、包含許多不同的動作單位共同協調而成的，人體學習動作的模式，初期是以「凍結」自由度的方式，而隨著動作逐漸精熟，才會開始「釋放」自由度，達到能以各個動作單位互相協調的動作表現能力。而究竟在投擲動作當中，各肢段的重要性和肢段間的關聯為何？其中所存在的對應關係，是本實驗欲釐清探究的目標。

本實驗將藉由壘球擲準的方式，以陀螺儀動作分析系統收取投擲過程中全身關節點 3 維座標；進一步配合高速攝影機同步拍攝投擲動作，對應出「投擲出手」之時間點，來進行後續運動學分析與比較。

本章內容包括：第一節、前言；第二節、問題背景；第三節、研究目的；第四節、研究假設；第五節、研究範圍與限制；第六節、名詞操作性定義。

第一節、前言

投擲動作是一種將手中所握持的物體迅速而有用力向空中拋出的動作，投擲的目的不外乎在於求遠、求快、求準，或者以其中兩者或三者兼具；投擲動作對於全身身體的發展極有幫助，因為動作其中包括物體的抓握、手臂和肩的擺動、腰部與軀幹帶動手臂及肩部的扭

轉、前腳支撐的動作、全身動力鏈的傳遞等等，也因為所需的肢段較多且複雜，使得動作協調要求較高，所以一般人對於學習投擲的興趣，通常較其他項目高，但要達成正確且有效率的投擲表現，往往是需要經由長時間的練習才可達成。

第二節、問題背景

跑、走、投為人類原始生活時期中就已普遍發達之能力，以運動發展的角度來看，投擲動作與跑、走被同樣歸類為「群體發生的動作」，所謂群體發生的動作即是指不需要刻意練習，隨著年齡成熟便可自然而然達到表現能力增進的動作型態；然而現今台灣地區女大學生的投擲動作能力普遍低落，卻是不爭的事實，站在體育教學的立場，作者認為，這是一個需要進一步探討並尋求解決之道的問題。

需要全身肢段協調合作的投擲動作，複雜性相對也較高，更難釐清動作中變異的來源及其影響，以針對限制肢段自由度的簡化投擲動作(如坐姿投擲)做分析，是對於投擲運動學分析相關研究一種有效降低實驗複雜度的改良方式，也可進一步對於投擲動作中貢獻最大的「前臂」與「手腕」肢段，單獨做最精準、客觀的分析，觀察其動作控制機制；但也因為動作型態簡單化、實驗工具改變的緣故，造成應用於一般投擲層面上的困難，故本實驗主要旨在針對一般全身性投擲

動作型態進行運動學分析，從中觀測不同技能水準之投擲動作，比較其中的差異，並希望針對正確而有效率的投擲動作進行動作要領的解讀說明，以應用層面為主要考量，期待將來對於投擲動作之指導與學習均能有所助益。本研究希望能以動作過程(運動學參數)及結果表現(擲準成績)檢視不同技能水準的實驗參與者在投擲動作過程機制與結果間之關係。

第三節、研究目的

根據上述之問題背景，本研究之目的如下：

- 一、 探討不同技能水準之投擲準確性表現差異。
- 二、 分析不同技能水準之投擲動作運動學參數以檢證動作形態之差異。

第四節、研究假設

依據研究目的，探討不同技能水準個體投擲準確性與投擲動作運動學分析所訂定之研究假設如下：

- 一、 不同技能水準個體投擲準確性表現有差異。
- 二、 不同技能水準個體投擲動作型態有差異。

第五節、研究範圍與限制

本研究以壘球擲準為實驗項目，實驗參與者為甲組女子壘球選手與不具壘球投擲經驗之女大學生，故其結果對於不同年齡層、性別、技能水準的實驗參與者，或情境、工具等不同工作及環境限制的諸類研究，皆不宜概括而論；且不適宜過度推論、應用至比賽或訓練之複雜情境下。

第六節、名詞操作性定義

一、投擲

本研究一律採「過肩投擲」的方式，投球的起始動作為持球手向前平舉，並輕鬆踩在投球線上，聽從口令而後開始進行手收回、抬腳、側身、跨步將球投出的整段連續動作（實驗過程中並安排一位動作檢查員來隨時監測受試者動作要求是否正確，例如：有無跨步）。

二、準確性

本研究將以正式壘球比賽所使用之標準壘球，對著距離 16 公尺的目標範圍（邊長 2 公尺之正方形打擊網）所設定的分數作為投擲準確性之成績表現，計分由目標範圍中央向外推算分別為 3 分、2 分、1 分，未命中此範圍則為 0 分。若擲準剛好正中界線則一律紀錄為得較高的分數。

第貳章 相關文獻探討

本研究之相關文獻探討，在本章中將分成以下五節來討論。第一節、運動協調的形成。第二節、協調型態的觀測。第三節、投擲動作型態。第四節、投擲運動學分析相關文獻。第五節、總結。

第一節、運動協調的形成

投擲是一種需要全身肢段協調合作的動作，而對於運動協調能力的形成，早期的運動學習理論強調動作的學習及技能的取得必須仰賴大腦的認知層面，而忽略了實際運動情境所可能產生的限制及影響。生態心理學派創始人 J.J.Gibson (1977)提出知覺與行動的概念後，對於傳統認知心理學所無法解釋的運動學習現象做出不同的註解，而後至今，支持生態心理學派的研究，更傾向於運動行為的產生是多種限制交互作用而成的結果。以下為較具代表性有關運動學習與協調型態之概念。

一、動作自由度的概念

俄國生理學家 Bernstein (1967)認為強調以大腦認知處理的運動學習模式忽略了外在訊息所造成的影響，無法解釋生理、解剖、機械等因素交互作用所產生的運動行為變異性，而 Bernstein 其實早於 1920 年左右便提出動作自由度的概念，但當時卻並未受到關注，直至 1967 年才為後世所翻譯發表，並廣為流傳，其主要內容為：人體

動作是由許多肢段、包含許多不同的動作單位自由度共同協調而成的，人體學習動作的模式，初期是以「凍結」自由度的方式，而隨著動作逐漸精熟，才會開始「釋放」自由度，達到能以各個動作單位互相協調的動作表現能力；換句話說，協調型態即為「在進行動作中單只發揮需要的自由度，並掌握多餘的自由度，使全身肢段組合成為一種可控制的系統」；而此項概念的形成，對於生態心理學家後續針對動作行為產生所提出的各理論立基，具有深遠的影響力。

二、Newell 的三角限制模式

Newell (1986)認為動作協調的獲得是由於有機體的限制 (organismic constraints)、環境限制 (environmental constraints)、及工作限制 (task constraints) 三者交互作用而產生 (圖 2-1-1)。其中工作限制又分為工作的目標(goal)、規則(rule)、工具(implements or machines)的不同。以投擲為例，目標指的是如以用力性投擲或準確性投擲為最終的工作目標；規則指的是投擲動作練習過程的限制，如坐姿投球；工具則指的是球的大小或質地。

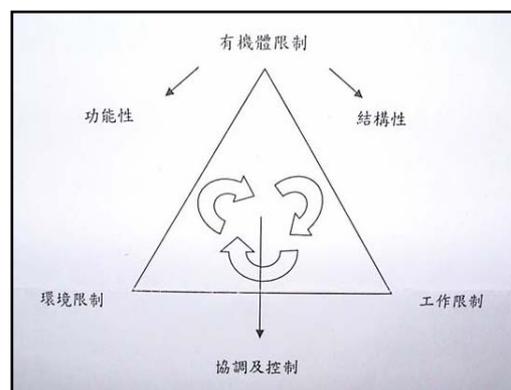


圖 2-1-1：Newell (1986)三角限制模式圖

三、小結

投擲是一種需要全身肢段協調合作的動作，而關於協調動作的組成，Bernstein (1967)提出了動作自由度的概念。Newell (1986)亦提出動作協調的獲得是由於有機體的限制 (organismic constraints)、環境限制 (environmental constraints)、及工作限制 (task constraints) 三者交互作用所產生。

第二節、協調型態的觀測

Newell (1985)指出傳統一般動作分析，僅針對某一時間點的各项運動學參數來比較、推論動作型態上的差異，但此種方式其實無法對於整段動作的協調型態進行清楚具體的描述，而後開始漸漸有學者提出以現象性、表徵的概念，利用動作過程在時間序列下所產生的參數作圖，經由觀察圖片得以觀測兩種動作參數（例如：關節角度），在整段過程中隨著時間序列而產生的變化與對應關係，而得知動作過程之協調型態；甚至於進一步將數據之圖形趨勢（線段的斜率、涵蓋的面積範圍…）進行量化統計分析，對於協調型態的觀測，提供了更為具體有利的方向。

Cavanaugh 與 Grieve (1973)以「上階梯」為觀測動作，觀察受試者在步行不同高度階梯時，髖關節與膝關節之角角圖(angle-angle diagram)的協調型態變化，發現隨著階梯高度慢慢變高，髖關節與膝關節角度同時慢慢增大，尤其又以膝關節角度較為明顯。

Hoenkamp(1978)以角角圖觀察分辨下肢各肢段關節點在進行走路、跑步、溜冰的動作型態之差異，進一步將各肢段的關節角度數據兩兩配對作圖觀察，並配合以正弦函數、鋸齒函數(sawtooth functions)作適配，發現「膝蓋」的角度對於動作型態判斷之影響最為重大。

Shapiro 等人(1981)觀察受試者以 4 種不同的行進速度(3 km/hr、7

km/hr、9 km/hr、12 km/hr)腕關節與膝關節之角角圖，發現走路與跑步之動作型態相當類似，但隨著速度增加，各關節角度活動的範圍會越大。McIntyre 與 Pfautsch (1982)利用觀察肘關節與腕關節之角角圖，來判別不同技能水準的棒球打擊者在整段擊球過程之動作型態差異，發現技能較高的受試者在動作過程中肘關節的角度值大致較技能差的受試者大，但角度變化的幅度範圍較小；且不論兩組均能看出將球擊向同邊場地或對邊場地時，肘關節角度的差異（同邊 $<$ 對邊）。

鄭光志與劉有德（2007）比較優秀選手與非專長體育系學生雙打短發球的動作型態，將腕關節雙軸（矢狀面、額狀面）做角角圖，並將整段動作過程定義為三階段，以計算角角圖各階段斜率值的方式量化處理並經過統計分析，發現選手與非選手不論於引拍期、動作期、恢復期，皆達到顯著差異，表示 2 組實驗參與者在 3 種時期腕關節的運用，都具有明顯的差異；此外發現選手之動作穩定性較佳。

Chen, Lee, 與 Liu (2008)以 16 名實驗參與者，其中 8 名為大專甲組女子壘球選手，8 名為非體育相關科系之一般大學生，進行簡單的坐姿投擲動作，投擲四種情境目標（不同高低、遠近距離），利用觀察肘肩角角圖的型態，發現選手與非選手在投擲動作過程中肩關節角度變化有差異，進一步依角角圖定義投擲「預備期」與「動作期」，並計算預備期「斜率變化平均值」與動作期之「斜率」，以作為觀察

投擲過程中兩種關節角度相對變化率的依據，再經過後續統計處理分析後發現：預備期與動作期之檢驗皆達顯著差異，表示兩組實驗參與者在投擲預備期與動作期之肘肩關節角度相對變化，有明顯之差別（圖 2-2-1）。

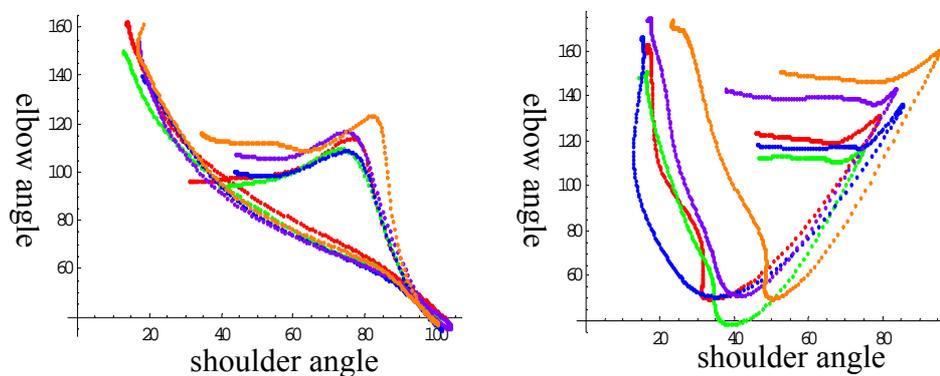


圖 2-2-1：Chen, Lee, 與 Liu (2008)簡化投擲肘肩角角圖

第三節、投擲動作型態

一、開放式動力鏈

投擲動作是屬於動力鏈的動作，雖然身體各肢段在投擲的動作中均佔有相當重要的地位，但是身體要能將能量傳遞至手上才是最重要的關鍵（許樹淵，1999）。人體在運用開放式動力鏈的過程中，由近端肢段傳遞能量至遠端肢段，肢體部位在逐漸的將動力傳遞至下一個相連接的肢體後，先前的肢體即進入固定或減速的階段，以便讓末端肢體能發揮先前傳遞的動力，達到最大的角速度(Kreighbaum & Barthels, 1996)。

以投擲為例，投擲者先舉起投擲手的對應腳，透過腿部向前方跨出後蹬地，投擲者將地面的反作用力向上傳達，臀部關節扭轉順利的將此一動力傳遞給腰部，腰部再順著逆時鐘方向轉動傳遞給肩部，肩部的轉動帶動了手臂，手臂由上臂向前加速，此時前臂及手腕產生像身體後方伸展的後擺作用，當上臂順利完成作用就開始往反方向移動，同時前臂開始向前加速以承接來自上臂傳遞的動力，而後手腕開始加速，而前臂已減速，加上指尖瞬間出力壓球，使球旋轉，達成在整段投擲過程中肢段動作一連串的角動量傳遞。邱文信（2004）指出投擲動作最重要的是肢段空間移動的序列性及角動量的傳遞，藉由類似甩鞭的動作效應使近端的肢段得以傳遞角動量，並利用旋轉半徑減

少的現象而使末端肢段得到加速度進而將球投出，有效的增進球速及投擲距離。

二、投擲能力之決定性因素

許樹淵（1999）指出人類與生俱來擁有直立的身體姿勢，支持身體重量的責任落在下肢負擔，上肢經過不斷發展、進化，成為萬物之靈的雙手。為了滿足創造的需要，便於從事工作，肩胛和上肢構成了一種運動單位，滿足高度活動及運動自由，施予運動力量和穩定。比起胸幹和下肢來說，就更顯得上肢之重要性。投擲動作是全身協調而來的。全身軀幹、上肢、下肢都是動力鏈的組成因素。最後動力鏈在上臂產生，施予球速加快、方向控制、旋轉變化的投出球，手腕是最後動力鏈的部位，做投擲動作的最後總校正，因此對其瞭解最為重要。

三、小結

人體肩胛和上肢是能滿足高度活動及運動自由的一種運動單位，並賦予運動力量和穩定（許樹淵，1999）；以投擲動作來說，最後動力鏈在上臂產生，且手腕是最後動力鏈的部位，做投擲動作的最後總校正，是影響投擲準確度和球速的關鍵，因此對其瞭解最為重要。由此可見對於投擲動作，「上肢運用」具有絕大多數的重要性。而邱文信（2004）亦指出投擲動作最重要的是肢段空間移動的序列性及角動量的傳遞。

第四節、投擲運動學分析相關文獻

關於投擲動作分析的相關文獻，主要藉由精密的儀器、限制肢段自由度的簡化投擲方式（坐姿投擲）、不同的工作目標（不同高低目標、不同動作速度、不同球速）、慣用手與非慣手的投擲動作，針對投擲動作所涵蓋之各種運動學參數來分析，來比較個體間與個體內的差異。

Hore, Watts, Martin, 與 Miller (1995)以 10 位業餘的棒球選手進行 100 球的坐姿投擲動作，對球質的要求是要又快又準，投擲 3 種不同距離(1.5 m、3.0 m、4.5 m)，發現球出手的時間窗口 95%的數據為 9.6 ms，而在投擲過程中手指開始張開的時機為球離手前的 10 ms，經由實驗結果推論業餘棒球選手對於球離手的時間窗口及手指開始張開的時機有準確的控制能力。

Watts, Pessotto, 與 Hore (2004)以六位具備高水準投擲能力的受試者，進行3種不同高低、不同距離的過肩投擲動作，投擲的工具為棒球，動作的限制為以坐姿的方式進行動作，紀錄投擲過程肢段角度的位置變化、投擲動作的速度、球離手之瞬時速度，發現球離手的時機並不會因為不同高低的目標而改變，但會隨著目標的遠近距離而稍有改變（目標近時球離手時機較早，目標遠時則較晚）；而當投擲不同高低的目標時，影響準確度的決定性因素為出手點位置的高低，投

擲不同遠近目標時，出手位置的高低則較一致；同樣的投擲目標，可能產生不同的投擲動作軌跡，但將球投擲出手的時機是一致的。

Jegede, Watts, Stitt, 與 Hore (2005)以 6 位選手和 9 位非選手以坐姿及站姿做過肩投擲動作，投擲的表現要求是要又快又準，將上臂與手指的關節角度位置等運動學參數分別加以分析，並以測速槍測量球速。結果發現在將球投擲出手的整段過程中，手部共涉及七個相關的運動學參數，以各個運動學之閾值計算推導出選手在投擲出手的時間窗口平均約 7 ms，而非選手則約 28 ms；經由混合設計的統計分析發現非選手將球「投擲出手的時機」與球速達到顯著相關，但選手則無此現象產生，而影響選手投擲球速的因素，發現與「前臂角速度」有主要相關。

Hore 與 Watts (2005)比較選手與非選手在投擲動作過程中，關於手肘在投擲動作所隱含的一種特別技術，發現選手的手肘部位在從開始後擺到前引至身體前方時會有一段減速度(braking)，而這樣子的動作機制有助於增進之後前臂向前進行甩鞭的動作角速度，也相對增進了球速，此結果也呼應 Jegede 等人(2005)之研究結果。

Hore, O'Brien, 與 Watts (2005)以具備高水準投擲能力的八位受試者，進行慣用手及非慣用手的過肩投擲，並利用觀察關節旋轉的時間比例來進行非慣用手與慣用手不同速度的過肩投擲動作分析，發

現：在投擲快與慢動作之間，慣用手比起非慣用手投擲關節角度在空間上的位置呈現較明顯的差異；快速的投擲動作並不是由慢速的投擲動作成比例加快所產生的，而是經由各肢段聯合作用、互補所形成之另一種協調型態；並進一步推論：以高水準選手之非慣用手比喻為一般初學者，當初學者學習用慣用手投擲不同速度的動作時，他們利用調整關節旋轉的時間比例（包含補償投擲的力矩）來達到投擲的不同目標，並會逐漸熟練快速的投擲動作。

林俊龍（2005）以 1 名優秀選手及 3 名初學者為研究對象，3 名初學者並接受 6 週的投球訓練及 4 次的檢測，探討棒球投手練習過程的下肢動作協調，發現：優秀運動員在抬腳階段前腳腕關節角度較大，同時後腳彎曲速度較小；在跨步階段能將後腳保持在旋內角度，控制後腳腕、膝關節同時伸展。在出手前階段，前腳腕關節能有效將彎曲及旋內動作減速並反轉。在不同練習階段中，初學者皆在第四週有較大變化，但這些改變卻不一定能增進球速，且初學者間的個別差異相當高。推測初學者是由較易改變的關節力矩開始進行。

林建汎（2004）以手榴彈投擲動作之運動學分析為主題，比較教官與新兵投擲手榴彈的動作型態與投擲距離之差異，發現：教官組投擲距離優於新兵組達顯著差異。投擲期教官組軀幹前傾角度大於新兵組達顯著差異。投擲期肩關節伸展角度，教官組大於新兵組達顯著差

異。出手瞬間教官組肩關節角度大於新兵組達顯著差異。餘後動作期軀幹前傾角度，教官組大於新兵組達顯著差異。手榴彈投擲動作符合近端肢段至遠端肢段序列性加速之動力鏈原理。

李易潔、陳妙瑋、嚴雅婷與劉有德（2007）以高速攝影機拍攝16名實驗參與者（8名為大專甲組女子壘球選手，8名為非體育相關科系之一般大學生）對牆四種情境（不同高低、遠近距離）的坐姿擲準動作發現：在出手角度方面，投擲高目標時手肘、肩膀角度較大，手腕下壓。出手角速度方面，組間差異皆達顯著，選手肩膀下壓，且改變角度小，一般組肩、肘則會抬高；投擲高與遠目標時角速度較大，推測是為了抵抗重力。y軸線速度方面，組間各關節均達顯著差異，且發現選手組與非選手在隨球動作(Follow through)之型態上有不同的趨勢。

第五節、文獻總結

- 一、投擲是一種需要全身肢段協調合作的動作，Bernstein (1967)對於協調動作的形成提出了自由度的概念。Newell (1986)亦提出動作協調的獲得是由於有機體的限制(organismic constraints)、環境限制(environmental constraints)、及工作限制(task constraints)三者交互作用而產生。
- 二、一般傳統對於動作分析，僅針對某一時間點的各项運動學參數來比較、推論動作型態上的差異，但此種方式其實無法對於整段動作的協調型態進行清楚具體的描述，有學者提出以現象性、表徵的概念，利用動作過程在時間序列下所產生的參數作圖，並經由觀察圖片特徵、趨勢得以判別兩種動作參數（例如：關節角度）在整段過程中隨著時間序列而產生的變化與對應關係，而得知動作過程之協調型態，有別於傳統量化分析，對於協調型態之觀測提供了更為深入且全面的新方向。
- 三、關於投擲動作型態，邱文信（2004）指出投擲動作最重要的是肢段空間移動的序列性及角動量的傳遞。許樹淵（1999）則指出投擲動作最後的動力鏈在上臂產生，且手腕是最後動力鏈部位，做投擲動作的最後總校正，是影響投擲準確度和球速的關鍵，因此對其瞭解最為重要。

- 四、過去有關投擲運動學分析之研究，主要以限制肢段自由度的簡化投擲動作做分析，雖是一種有效降低實驗複雜度的改良方式，但也因動作型態簡單化且實驗工具的差異，造成應用於一般投擲層面上的適切性尚待考慮，故本研究將全身性的投擲動作為實驗項目，期望更能符合運動情境，達到實際應用之目標。
- 五、有國外研究顯示藉由投擲動作中各種肢段動作因素的顯微變化，即可以充分的看出個別差異，也能針對某細部動作因素作診斷分析；相較於國內壘球投擲運動學分析相關研究，大部分以「投手投擲」為題材，未發現以一般全身性的肩上投擲為主題之運動學分析研究，由此可見此方面的研究明顯不足，故本實驗以壘球擲準動作為實驗項目，旨在探討不同技能水準之投擲準確性表現差異，並經由分析各肢段動作參數的變化來比較協調動作上的差異，期盼將來不論是對於學生運動技能基礎教學，或提升專項競技運動能力皆能有所助益。

第參章 方 法

本章共分以下八節分別敘述之：第一節、實驗參與者；第二節、實驗時間與地點；第三節、實驗動作；第四節、實驗器材與場地佈置；第五節、實驗程序；第六節、技能表現；第七節、資料處理與分析；第八節、研究流程。

第一節、實驗參與者

本實驗共招募 16 名皆為慣用右手之實驗參與者（基本資料請參照表 3-1-1），8 名為大專甲組女子壘球選手，8 名為不具壘球投擲經驗之女大學生。研究者向實驗參與者說明實驗的步驟與流程並強調此實驗之結果僅供研究之用，與學業成績無關，請實驗參與者本人完成「壘球擲準動作之運動學分析—實驗參與者同意書」（附錄一）及「實驗參與者健康狀況調查表」（附錄二）之簽署。

表 3-1-1 兩組實驗參與者基本資料表

項目	選手組	一般組
	平均值±標準差	平均值±標準差
年齡（歲）	20.28±2.11	19.43±3.01
身高（公分）	163.56±6.42	159.12±3.71

選手組 n=8；一般組 n=8

第二節、實驗時間與地點

實施研究前，準備各項實驗器材以及聯絡實驗參與者，並協調實

驗場地與協助人員。實驗時間為 2008 年 4 月初，地點於台灣師範大學公館校區 3 樓體育館，並依據實驗需求，將所需之實驗場地範圍與其他球場劃分並區隔，佈置一不受干擾之實驗場地。

第三節、實驗動作

本研究之實驗動作為，以壘球對著距離 16 公尺之目標範圍（打擊網）進行過肩投擲，每人投擲 15 顆球，此距離與球數係經過預試實驗所得之結果而考量（實驗參與者以 2 位女壘選手及 5 位不具壘球投擲經驗之女大學生），及臺灣師大甲組女子壘球隊林德隆教練之建議而訂定。實驗參與者被告知其所投出之球需「盡可能又快又準」，並在實驗開始前給予 3 球之試投機會（試擲得到的數據不記錄）。

第四節、實驗器材與場地佈置

本研究所使用之軟體包含：Excel 軟體、Animazoo 軟體、SIMI 動作分析軟體、Mathematica 數學軟體、SPSS12.0 統計軟體。儀器與工具則包括：陀螺儀動作分析系統 1 部、高速攝影機 1 部、數位攝影機 1 部與腳架 2 組、皮尺 1 捲、標示貼、打擊網 1 座與壘球。分別說明如下：

一、實驗器材

(一) 陀螺儀動作分析系統 1 部 (120Hz)：

廠牌型號：GypsyGyro-18；本系統採用 18 顆陀螺儀做為感測器，用以收取全身投擲動作之運動學參數，陀螺儀係以特別訂作之緊身衣固定於身體，包含頭部、胸部、脖子、肩膀、手肘、手腕、手指、鎖骨、尾椎、大腿、小腿共 18 個位置（如圖 3-4-1），配合 SIMI 動作分析軟體，可顯示人體 25 個關節部位點之三維座標資料（圖 3-4-2）。



圖 3-4-1 陀螺儀動作分析系統

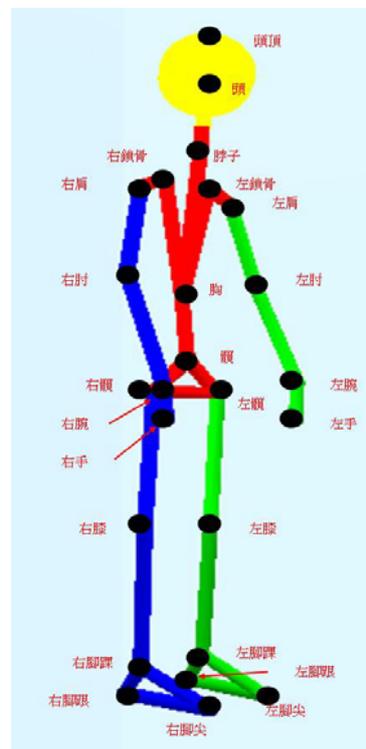


圖 3-4-2 SIMI 動作分析軟體所呈現之 25 處關節部位點示意圖

(二) 高速攝影機 1 部 (200Hz)：

廠牌型號：GigE-TM6740G；架設於實驗參與者投擲手的正側方 7 公尺處，藉由拍攝 2 維投擲動作過程獲得其「投擲出手」時間之

影片幅數，並以此為依據對照至 SIMI 動作分析軟體的還原動畫（透過陀螺儀動作分析系統所獲得的資料），以了解陀螺儀所獲得之資料中的出手點（詳細描述與說明請見「投擲動作表現」一節）。

（三）數位攝影機 1 部 (30Hz)：

廠牌：SANYO，型號：VPC-C6EX；用以拍攝投擲目標範圍，作為輔助觀察球擲準成績的依據。

（四）皮尺與標示貼：用於測量投擲距離及標示投擲線。

（五）打擊網 1 座：

為投擲目標範圍，紀錄球之落點作為投擲準確性之依據。

（六）壘球：華櫻廠牌，圓周 30~31 公分，重量 180~200 公克。

二、場地佈置

場地佈置如圖 3-4-3 所示，高速攝影機先經過試做拍攝，以能清楚觀察投擲出手動作為考量，選出最適宜的拍攝距離，架設於投擲者投擲手的正側方，距離投擲者約 7 公尺，數位攝影機架設於打擊網後方約 3 公尺處，用以紀錄拍攝投擲目標範圍之成績。

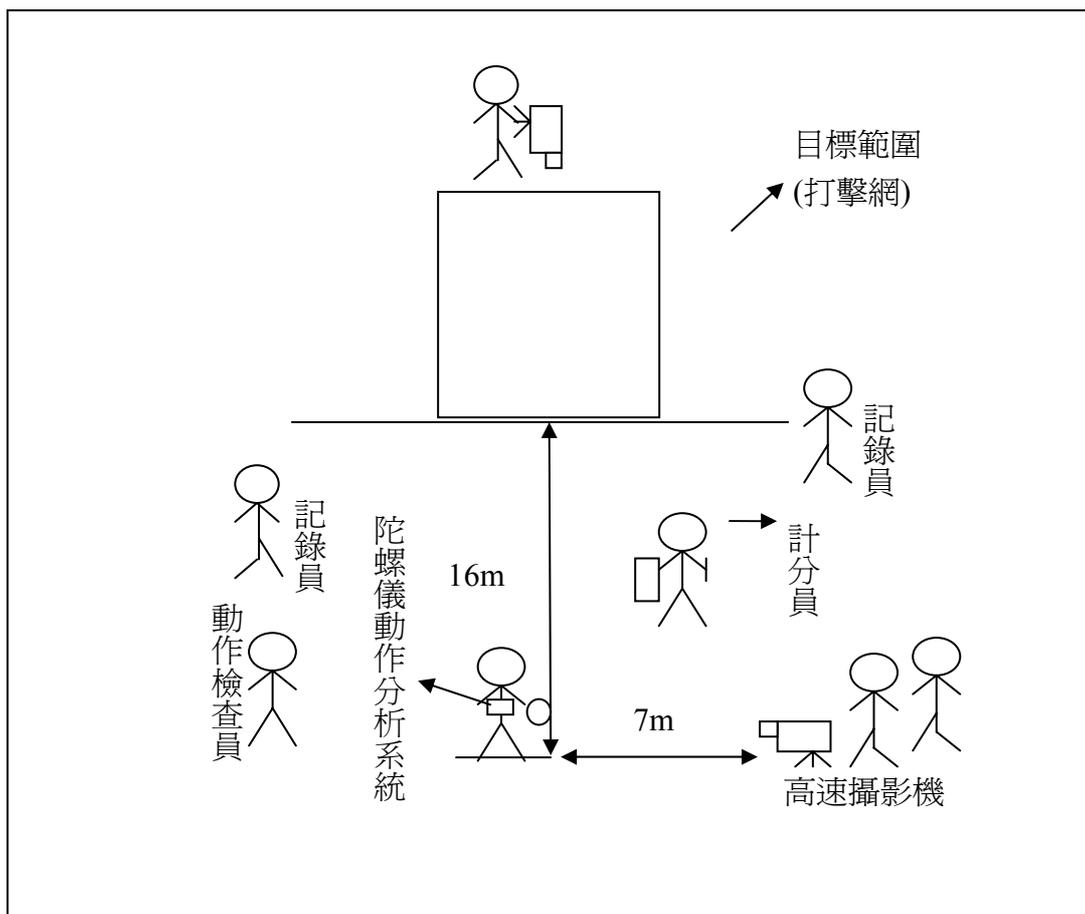


圖 3-4-3：場地佈置圖

第五節、實驗程序

向實驗參與者說明投擲型態為使用壘球進行過肩投擲動作後，每位實驗參與者於實驗正式開始前，進行慢跑及伸展操等熱身運動 10 分鐘，以避免運動傷害的產生。正式實驗開始時，實驗參與者以左腳向前正常跨一步的方式，使用壘球對目標範圍進行過肩投擲動作，每人皆進行 15 顆的投擲，實驗參與者站在投擲線上，以投擲手平舉與地面平行的姿勢為起始動作。參與者在實驗開始前可試投 3 球，在投

擲過程中若感到疲累可進行短暫的休息(以不超過 1 分鐘為原則)。

球投出後，分站兩旁的記錄員將初步觀測擲準落點，在後續與數位攝影機相互對照；若球未投進目標，則以白色膠布於落地點作上記號。投擲表現的紀錄以目標範圍上為主，擲出範圍外則為 0 分，兩位實驗人員(甲、乙)分站目標範圍前側方及受試者正後方，負責觀察投擲在目標範圍上之球點，並將所得之數據告知另一位負責記錄的實驗人員(丙)，若落點有爭議時，則檢視數位攝影機所拍攝之影像紀錄。

第六節、技能表現

一、投擲準確性表現

投擲目標範圍為正方形打擊網(邊長 2 公尺)，將打擊網以塑膠繩劃分為 25 格，並於每格賦予數字代號以方便記錄。計分由目標範圍中央向外推算分別為 3 分、2 分、1 分(如圖 3-6-1 所示)，未命中此範圍則為 0 分。若擲準剛好正中界線則一律以較高的得分來紀錄。

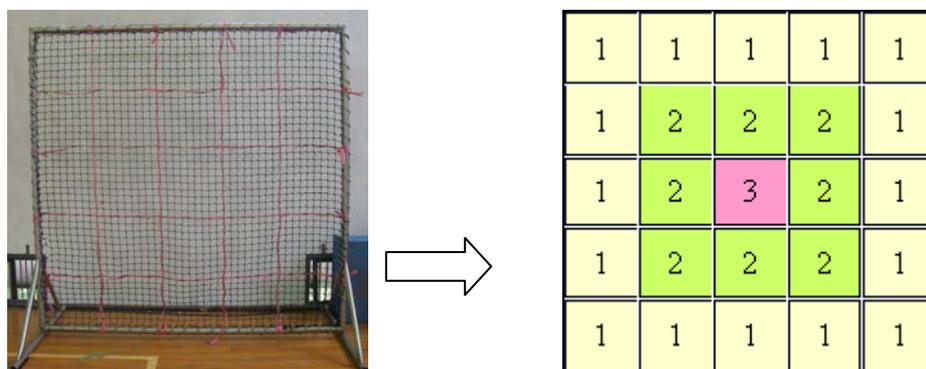


圖 3-6-1 擲準目標範圍與評分示意圖

二、投擲動作表現

使用陀螺儀動作分析系統收取投擲動作過程中全身三維座標數據資料，並配合以 Animazoo、SIMI 軟體取得各項運動學參數，再以 Excel、SPSS 12.0 統計軟體進行各項數據分析。由於陀螺儀動作分析系統無法觀測到球，所以必須與高速攝影機進行同步，「投擲出手瞬間」時間點之同步方式，以 Kwon3D 動作分析軟體開啟高速攝影機所拍攝的影像，觀察影像找出對應球出手瞬間的幅數，再運用 SIMI 動作分析軟體處理陀螺儀之數據，並利用動作還原動畫對照 Kwon3D 動作分析軟體的同次試作，以兩圖相互對照佐證的方式，找出最接近出手點的陀螺儀幅數(如圖 3-6-2)；並配合以 Kwon3D 動作分析軟體所計算出之肘關節最大角速度值對照 SIMI 動作分析軟體處理陀螺儀之肘關節最大角速度時間點。如此經由對照出手幅數影像及參數值的方式，找出出手瞬間時間點，進一步以陀螺儀動作分析系統之數據為主，進行後續處理分析。

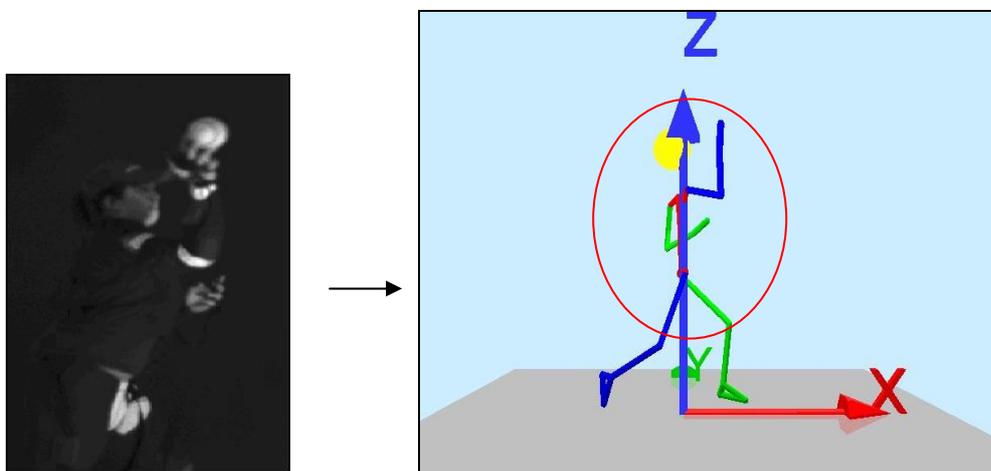


圖 3-6-2 高速攝影機球出手瞬間對照陀螺儀之動畫圖

第七節、資料處理與分析

本研究主要目的為比較不同技能水準壘球擲準動作之運動學分析，根據本研究之目的，採用下列幾種統計方法進行分析：

- (一) 將每位實驗參與者 15 次試作資料以平均數、標準差表示。
- (二) 以獨立樣本 t 考驗比較兩組之擲準分數與相關運動學參數。
- (三) 本研究之顯著水準訂為 $\alpha=.05$ 。

第八節、研究流程

本研究流程圖如圖3-8-1所示。

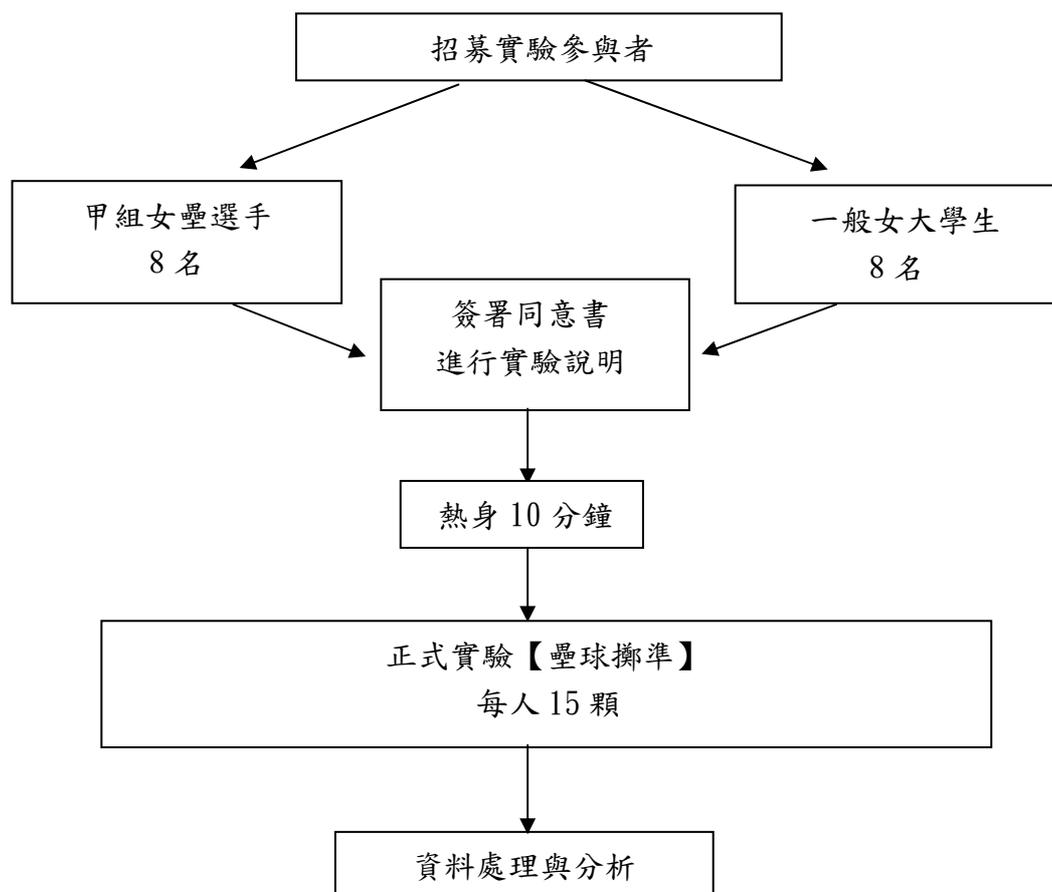


圖 3-8-1：研究流程圖

第肆章 結 果

本章將相關實驗數據內容分為：投擲準確性分析、運動學分析、型態分析等三節，茲分別描述如下：

第一節、投擲準確性分析

一、投擲成績

以實驗參與者投擲目標網所得之分數，比較兩組投擲準確性成績，發現選手組優於一般組達顯著差異 $t_{(14)}=6.851, p<.05$ 。投擲成績之標準差則未達顯著差異，投擲準確性成績如表 4-1-1。由實驗結果得知選手組能在 15 次投擲中平均每人得到 29.25 分的成績；而一般組投擲之平均得分則為 5.13 分。一般組的大部分實驗參與者無法投進 16 公尺之目標範圍，其投擲的球會提前落地。

表 4-1-1 兩組投擲成績比較表

	1	2	3	4	5	6	7	8	平均得分	t(14)
選手組	33	22	24	26	25	35	34	35	29.25±5.50	6.851*
一般組	0	23	0	0	2	0	12	4	5.13±8.31	

* $p<.05$

註：選手組與一般組各有八位實驗參與者，代號 1~8 號為選手，9~16 號為一般人。

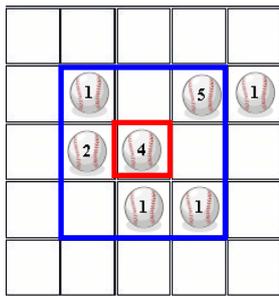
二、投擲落點

(一) 目標範圍內落點

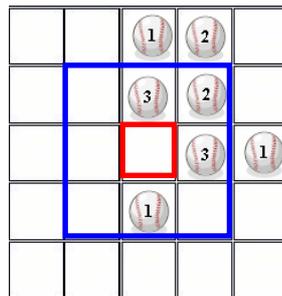
由於本實驗採取之投擲距離為 16 公尺，對於壘球選手來說稍嫌簡易（較壘間距離短），而對於一般組的女大學生來說則偏難（8 位

實驗參與者中僅 4 位有投進目標範圍之紀錄)。經由觀察圖 4-1-1 比較 1~8 號選手與 10、13、15、16 非選手之投擲落點分佈，可發現大致上來看選手組比起一般組投擲落點分佈較集中，同一代號的範圍區塊也有較多次重覆投進的趨勢，有較為優異的擲準表現，此現象亦可由擲準成績（表 4-4-1）看出端倪；其中表現最佳的為 6 號與 8 號選手，15 次之投擲落點均集中在中央 9 個代號區塊且正中間就涵蓋了三分之一的投擲總數；投擲落點較為分散則為 3 號與 5 號選手，顯示出擲準表現較差的情形，分別有 4 球及 6 球落在最外圍區塊。4 位投進目標範圍的非選手，以 10 號表現最佳（投進 12 球），其次依序為 15 號（8 球）、16 號（4 球）、13 號（2 球），藉由圖中可清楚觀察，有別於選手組，一般組之擲球目標範圍落點不只次數少且均偏向低處。

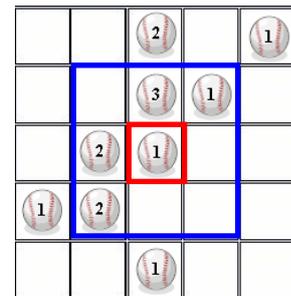
1	1	1	1	1
1	2	2	2	1
1	2	3	2	1
1	2	2	2	1
1	1	1	1	1



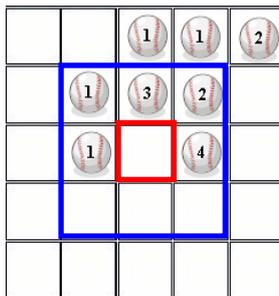
1



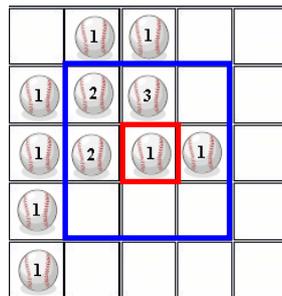
2



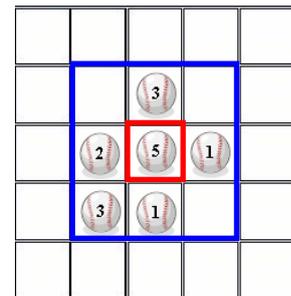
3



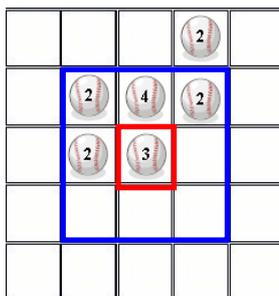
4



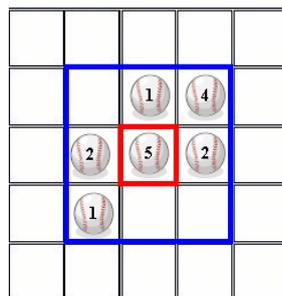
5



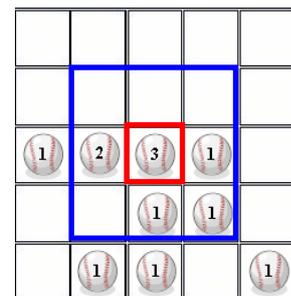
6



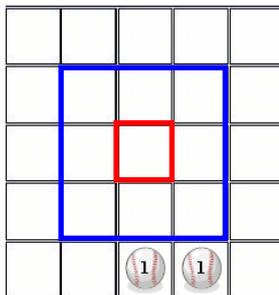
7



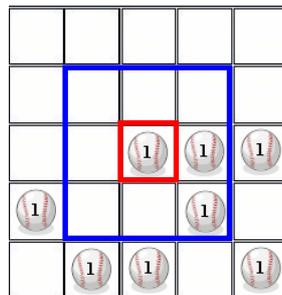
8



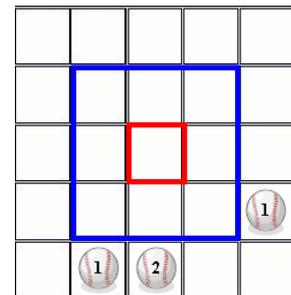
10



13



15



16

圖 4-1-1 目標範圍落點示意圖

(圖中球上的數字為重覆投進之次數)

(二) 目標範圍外之落(地)點

將未投進目標區之成績以零分計算，並另以平面直角座標呈現投擲落地點與投擲目標間的距離，進行投擲誤差的比較(表 4-1-2)。未投擲至目標區之球落地點如圖 4-1-2，實驗參與者所站之位置為 x 座標 0 處，目標網於 16 公尺處(圖中以公分為單位)，y 座標則代表擲球左右方向的誤差距離。由圖中可發現，有未投進目標區之紀錄共有 7 位，分別為實驗參與者 9 號(15 球)、11 號(9 球)、12 號(14 球)、13 號(13 球)、14 號(15 球)、15 號(7 球)、16 號(7 球)，7 位皆為一般組。觀察圖中可清楚得知，投擲距離最短為實驗參與者 14 號，但投擲之落點分佈較為集中，方向也較為正確(均偏向中央)；此外投擲距離較遠者為 15、16 號實驗參與者(參詳表 4-1-2 中 x 軸誤差)，而 10 號實驗參與者沒有目標範圍外之落(地)點紀錄，為表現最佳之一般組實驗參與者。

表 4-1-2 未投進目標範圍之投擲誤差比較表

實驗 參與者	x 軸(前後)誤差	y 軸(左右)誤差	絕對誤差
	平均數±標準差	平均數±標準差	平均數±標準差
9	269.27±80.76	132.40±93.76	300.79±91.78
11	98.00±55.27	90.56±51.04	138.64±70.14
12	232.78±162.42	147.00±103.39	230.38±172.76
13	135.23±116.48	53.39±29.16	160.03±111.47
14	669.00±66.92	52.08±37.69	670.02±65.57
15	73.43±36.51	78.00±53.81	127.41±40.49
16	64.43±117.72	104.43±83.81	153.84±134.67

註:以上皆為一般組實驗參與者，誤差單位為公分。

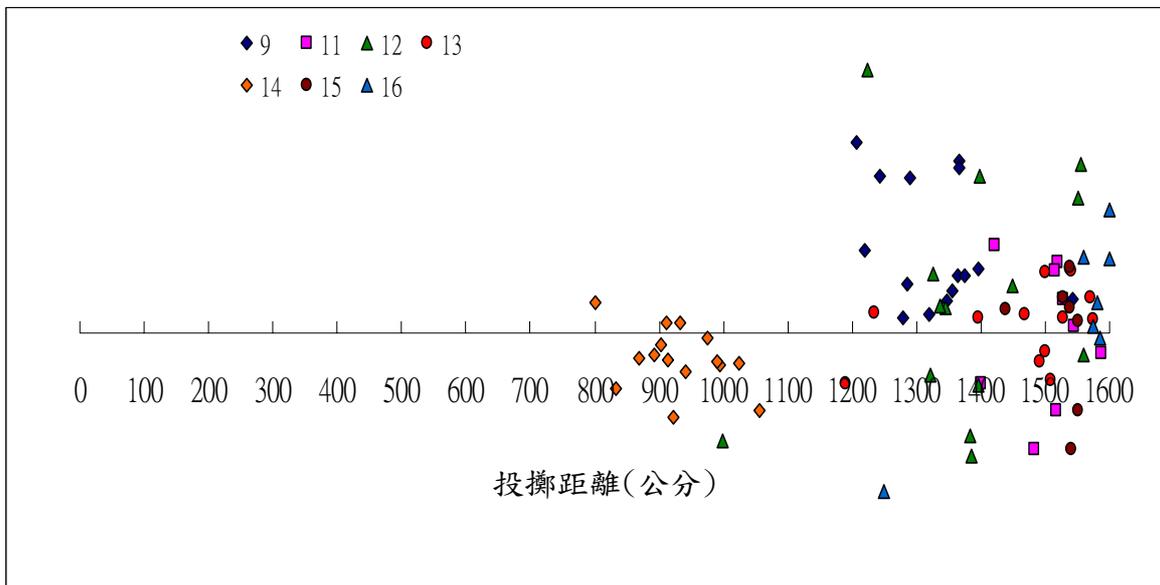


圖 4-1-2 未投進目標範圍之擲球落點示意圖

註：分別以不同顏色代表七位有投球落地紀錄之一般組實驗參與者的投球落點，落點位於上半部則代表偏左方，於下半部則代表偏右方。

第二節、投擲運動學分析

投擲運動學分析以比較選手組與一般組「球出手瞬間」時間點之全身各關節角度與上肢（肘、肩、腕）各關節角速度為主。一般組因實驗儀器（陀螺儀動作分析系統）操作疏失而流失一名受試者。

一、球出手瞬時速度

利用 Kwon3D 動作分析軟體處理分析高速攝影機所拍攝之影片，計算球出手之瞬時速度，比較兩組球速，發現選手組球速大於一般組達顯著差異 $t_{(14)}=5.684, p < .05$ 。投擲球速表現如表 4-2-1。

表 4-2-1 兩組球出手瞬時速度比較表

項目	選手組	一般組	t(14)
	平均值±標準差	平均值±標準差	
球速(公分/秒)	1263.67±69.73	736.32±252.99	5.684*

* $p < .05$

二、球出手瞬間各關節角度

（一）上肢部位

比較選手組與一般組球出手瞬間腕關節、肘關節、肩關節角度之平均值，皆未達顯著差異（表 4-2-2）；其中在出手瞬間腕關節角度方面，選手組與一般組之平均值皆約 152 度；肘關節角度方面選手組平均值約 116 度，一般組平均值約 111 度；肩關節角度方面，選手組平均值約 95 度，一般組平均值約 105 度。

表 4-2-2 兩組球出手瞬間上肢各關節角度比較表

項目	選手組	一般組	$t_{(13)}$
	平均值±標準差	平均值±標準差	
腕關節角度(度)	152.28±8.35	152.91±11.86	.089
肘關節角度(度)	115.62±11.68	110.97±10.06	1.490
肩關節角度(度)	95.06±7.42	105.21±20.19	-.808

* $p < .05$

(二) 跨步腳（左腳）膝關節角度

比較選手組與一般組球出手瞬間跨步前導腳（左腳）膝關節角度之平均值，選手組小於一般組達顯著差異 $t_{(13)} = -2.932, p < .05$ ，其中選手組平均角度約為131度，小於一般組平均角度（153度）22度左右，顯示出在球出手時，選手跨步腳（左腳）較為彎曲，具有較低的身體重心位置。出手瞬間跨步腳膝關節角度如表4-2-3。

表4-2-3 兩組球出手瞬間跨步腳膝關節角度比較表

項目	選手組	一般組	$t_{(13)}$
	平均值±標準差	平均值±標準差	
膝關節角度(度)	130.94±16.22	153.13±12.49	-2.932*

* $P < .05$

(三) 軀幹與水平面夾角

以胸、髖部兩部位點連線定義為軀幹，比較選手組與一般組球出手瞬間軀幹與水平面夾角，選手軀幹與水平面夾角平均值約 83 度，一般組則約為 78 度，兩組未達顯著差異但接近顯著差異 $t_{(13)} = 1.971, p$

=.089。球出手瞬間時軀幹與水平面夾角之平均值如表 4-2-4，由數值顯示出選手在投擲出手瞬間的軀幹位置較一般組接近直立的狀態(圖 4-2-1)，而一般組則偏向軀幹呈現後仰之角度。

表 4-2-4 兩組球出手瞬間軀幹與水平面夾角比較表

項目	選手組	一般組	t ₍₁₃₎
	平均值±標準差	平均值±標準差	
軀幹與水平面夾角(度)	82.77±3.60	77.58±6.41	1.971

* $p < .05$

(四) 頭部與水平面夾角

以頭、頸兩部位點連線定義為頭部，比較選手組與一般組球出手瞬間頭部與水平面夾角，兩組未達顯著差異但接近顯著差異 $t_{(13)} = 2.180, p = .070$ 。球出手瞬間頭部與水平面夾角之平均值如表 4-2-5，由表中可知選手在投擲出手瞬間頭部位置稍微呈現後仰的狀態，選手頭部與水平面夾角平均值約 71 度，而一般組頭部則更明顯呈現後仰之角度，約為 63 度。

表4-2-5 兩組球出手瞬間頭部與水平面夾角比較表

項目	選手組	一般組	t ₍₁₃₎
	平均值±標準差	平均值±標準差	
頭部與水平面夾角(度)	71.31±4.07	63.59±9.05	2.180

* $p < .05$

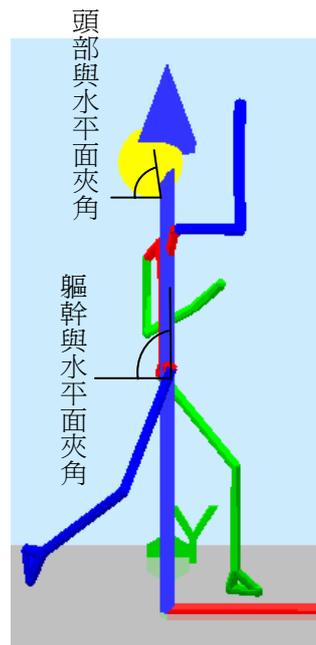


圖 4-2-1 頭部與軀幹水平面夾角示意圖

三、球出手瞬間上肢各關節角速度

比較選手組與一般組球出手瞬間上肢部位腕關節、肘關節、肩關節角速度之平均值，發現肘關節角速度選手組大於一般組達顯著差異 $t_{(13)}=2.339, p<.05$ ；而腕關節、肩關節角速度則未達顯著差異（表 4-2-6、圖 4-2-2）。此外觀察各關節角速度之標準差（表 4-2-6），發現兩組皆在末端肢段的腕關節有較大的標準差值，而一般組又大於選手組；肘關節角速度標準差同樣為一般組大於選手組，但差異較小；肩關節角速度標準差則為選手大於一般組。

表 4-2-6 兩組球出手瞬間上肢各關節角速度比較表

項目	選手組	一般組	$t_{(13)}$
	平均值±標準差	平均值±標準差	
腕關節角速度(度/秒)	336.49±282.82	171.5±473.59	0.833
肘關節角速度(度/秒)	1538.13±153.82	1338.07±177.73	2.339*
肩關節角速度(度/秒)	230.63±244.74	342.92±172.3	-1.012

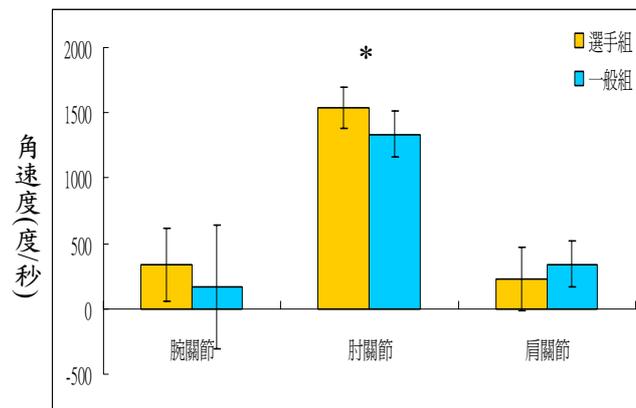
* $p < .05$ 

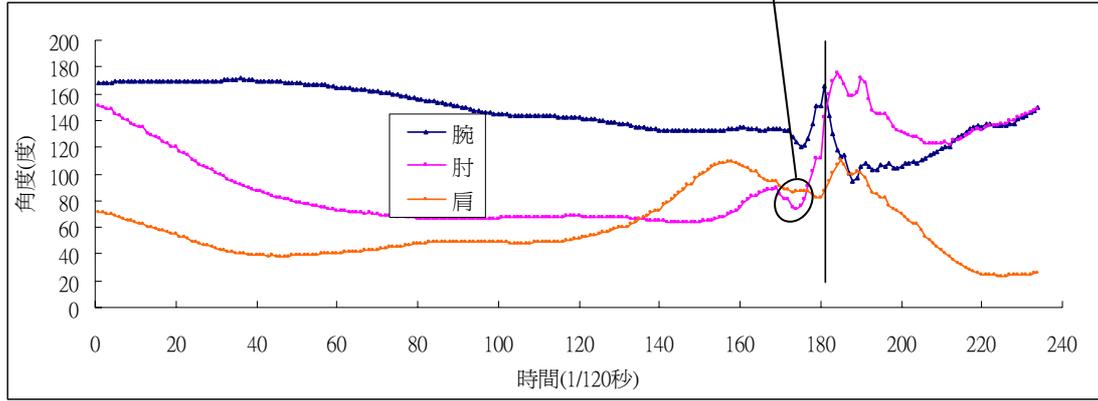
圖 4-2-2 兩組出手瞬間上肢各關節角速度

第三節、投擲動作型態比較

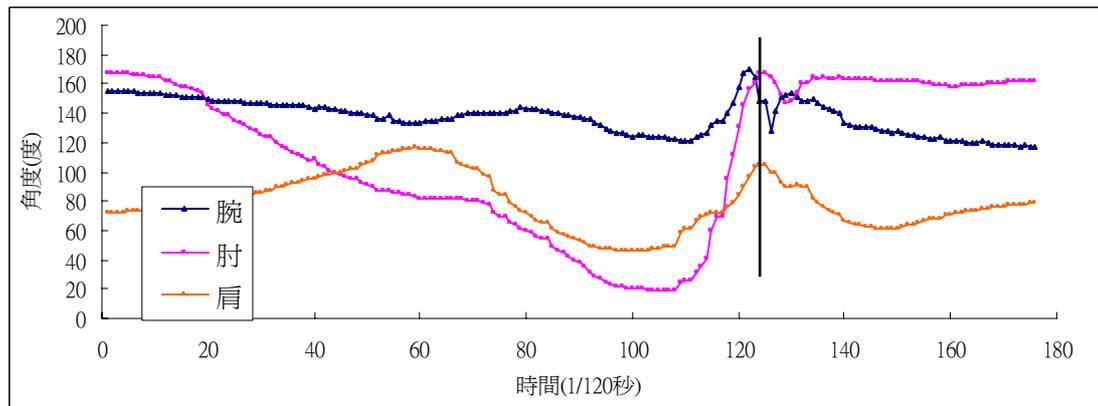
一、角度、角速度時間序列

將整段投擲動作過程上肢關節角度、角速度作圖，並標記出手時間（黑色垂直線），分析比較選手組與一般組之投擲動作型態。選手組方面，每位選手在投擲整段過程中有不盡相同之角度與角速度變化，但同一位選手不論各次投擲準確與否（對照於擲準成績），角度與角速度之特徵型態依舊類似；以選手與一般人各一位的單次投擲動作過程角度、角速度之變化來做動作型態之探討（圖 4-3-1），能觀察出選手在投擲出手前，肘關節角度有短時間（約 80 毫秒內）變小而再變大的型態（圖中黑圈部分），且此為每位選手共通之現象（一般組未曾見過此特徵），而本研究此現象解讀為投擲出手前，投擲手「引肘向前」的投擲技巧；此外選手出手時機約為肩、肘、腕關節同時產生最大角速度時，其中又以肘關節角速度最大，其次依序為肩關節、腕關節。而非選手方面，同樣在不同人之間各有各的趨勢，但同一位投擲者在幾次的投擲試作當中角度與角速度之特徵型態大致上仍舊類似；圖 4-3-1 顯示某位非選手之單次投擲動作過程，出手時機為肘、肩、腕達到最高角速度之後，其中又以腕關節最早達到最高速，而後肩肘約在同時達到最高角速度，最大角速度的值同樣為肘關節、而後為肩關節、腕關節角速度最小。

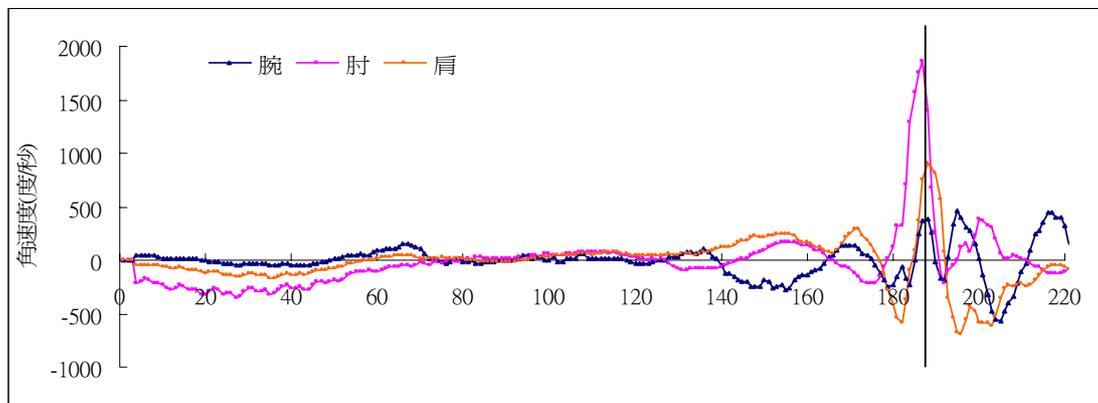
選手



非選手



選手



非選手

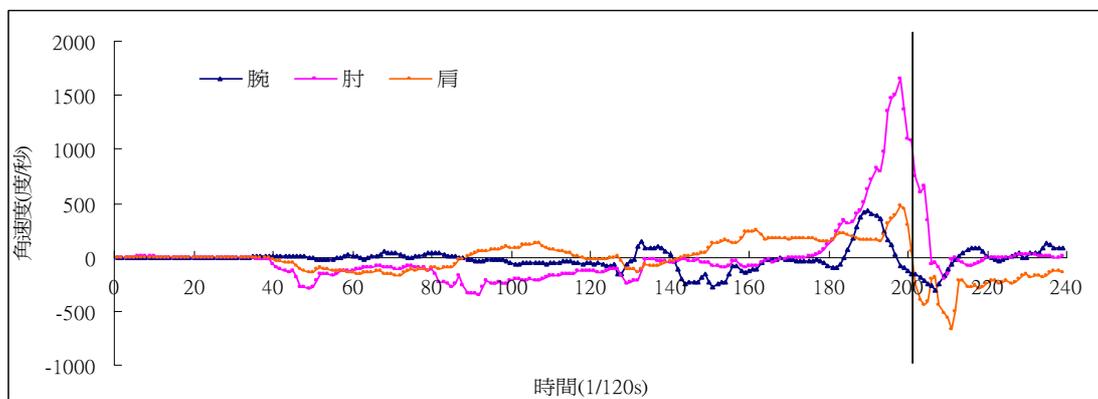


圖 4-3-1 選手與非選手在單次試作之投擲過程上肢關節角度、角速度變化圖

二、角角圖

製作肘肩角角圖，對照先前簡化投擲動作研究(Chen, Lee, & Liu, 2008)之結果，發現本實驗之角角圖型態比起先前研究之角角圖（圖2-2-1）明顯複雜許多，顯示出全身投擲動作型態以三維資料呈現之高變異情形，而這樣的複雜型態，也使得將角角圖量化分析的方式受到限制。但經由觀察圖形並進一步描述，比較選手組與一般組的角角圖還是可從中發現，兩組在動作型態上有明顯之差別，選手組之圖形較為類似且多偏向呈現4角形，而一般組則多為各有各的趨勢，呈現不規則之型態（附錄五）。圖4-3-2分別呈現一位選手與一般人之投擲過程肘肩關節角角圖。由圖中可發現選手自起始動作開始後，肘肩關節角度呈現同時變小的情形，反觀一般人則為肩關節單一角度減少的情形。

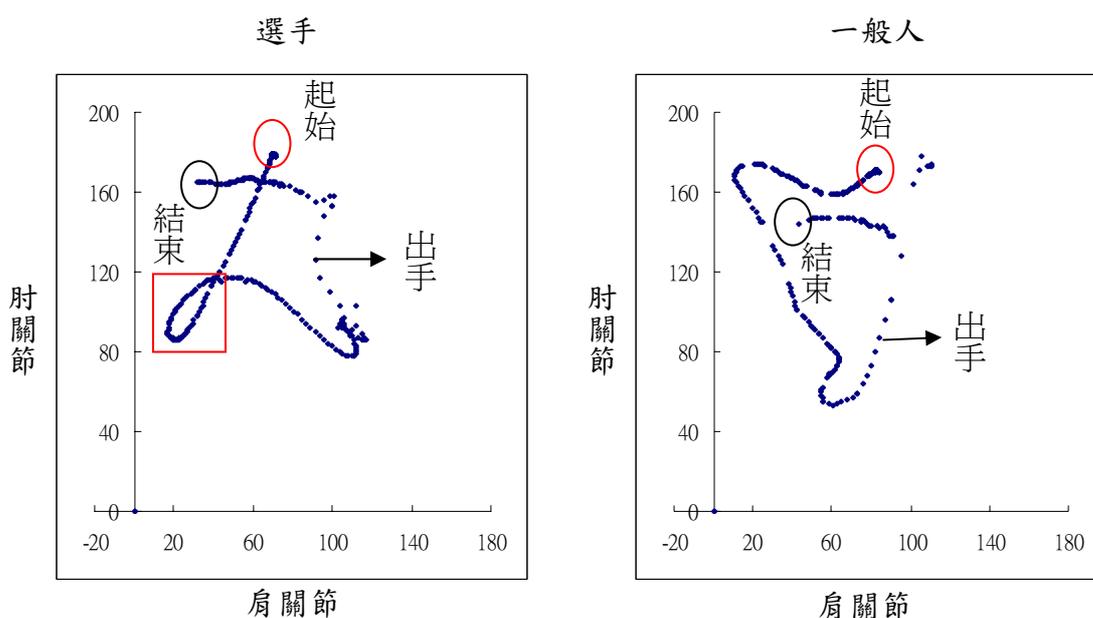


圖4-3-2 投擲過程肘肩關節角角圖

第五章 討論

第一節、投擲準確性表現

由本實驗結果可發現，16 公尺之投擲距離，對一般組的女大學生來說難度頗高（8 位實驗參與者中僅一位可每球皆投進目標範圍），其中藉由觀察落點（圖 4-1-2）亦可看出一般組組內有明顯個別差異；而選手組擲準成績較佳，幾乎皆可成功投進目標範圍內，分析其落點球數（圖 4-1-1），發現其中有兩位選手投擲落點較為分散，擲準準確度較差，且這兩位選手正好為選手組中唯一兩位投手，顯示出此種情形或許為平時缺少練習之緣故（壘球投手投球不採肩上投擲方式），由此可見練習所可能造成之影響。一般組組內亦有一名實驗參與者（10 號），擲準表現明顯優於其他組員，此結果亦呼應林俊龍（2005）對於初學者學習棒球投擲，具有相當大的個別差異之現象。

第二節、投擲運動學分析與動作型態比較

本實驗之運動學分析以球出手瞬時速度，及「球出手瞬間」時間點之各關節角度、肢段角（軀幹、頭部與水平面夾角）、上肢各關節角速度為主。

一、球速與球出手瞬間之各關節角度、肢段角

球出手瞬時速度方面，選手組大於一般組達到顯著差異，此結果亦反映在投擲距離上，造成非選手多未能投進目標範圍之現象；而另一方面也間接顯示出，選手組即使推論為求擲準而未盡全力，依舊比起一般組有較佳的投擲表現（球速）。

投擲出手瞬間各關節角度，包含上肢（腕、肘、肩）、跨步腳膝關節、軀幹與水平面夾角、頭部與水平面夾角，組間達到顯著的僅有跨步前導角膝關節，由此得知在投擲出手時，選手組比起一般組有跨步較大、身體重心位置較低的動作。而在軀幹及頭部與水平面夾角方面，兩組間亦達接近顯著（分別為 $p=.089$ 、 $p=.070$ ），選手組在出手瞬間軀幹呈現直立的角度（與水平面夾角為 83 度），而頭部則呈現後仰的角度（與水平面夾角為 71 度）；一般組則不只頭部有後仰的情形（與水平面夾角為 63 度），軀幹亦有後仰之趨勢（與水平面夾角為 78 度）。由以上結果可推論出，兩組實驗參與者在投擲動作當中，上肢關節角度雖未見差異，但經由跨步腳膝關節角度及之軀幹、頭部與

水平面夾角的差異，顯示出選手比較起一般人在投擲動作中具有跨大步壓低身體重心向前的動作型態，而達到往前加速的動力，此結果亦與陳建汎（2004）之投擲手榴彈不同經驗者的比較結果相符。而這些肢段與水平面夾角的差異，是無法單由觀察上肢動作便可得到之結論，亦反映出投擲動作型態的特殊性，是需要全身肢段配合連結運用的複雜動作（邱文信，2004）。此外對於一般組肢段呈現後仰角度的情形，本實驗依據結果推論，一般人在跨步前導腳未成功達到穩定支撐的作用下，上肢投擲手往前的動力為了不造成整個身體向前失去平衡，而採用上肢向前投擲，而身體後仰拮抗的動作型態，而這樣的情形也使得一般人在投擲向前的動力發揮不完全。

二、關節角速度、投擲動作型態與投擲表現之關連

投擲出手瞬間上肢腕、肘、肩各關節角速度，僅肘關節達顯著差異，其中選手組角速度大於一般組。根據此結果，推論本實驗在投擲距離之限制下，雖要求投擲情境為使球「又快又準」，但選手卻因難度不高、距離不遠的情形下（投擲距離較壘間距離短），選擇使用求準不求快的策略，因此未能觀察到增進球速的「壓腕動作」，著重於控制擲球準確度；而非選手則因難度頗高、距離太遠的情形，得用盡全力才得以將球投向最遠處（且大多數皆無法投至目標範圍之距離），但由於不具投球技巧而未能在肢段動作間產生有效的擲遠效果。

經由觀察整段投擲動作過程上肢關節角度、角速度變化圖

(4-3-1)，發現選手在投擲出手前，肘關節角度有短時間內變小再變大的型態，且此為每位選手共同之現象，這意味著投擲動作中的特殊技巧，「引肘向前」的動作型態，此現象也呼應 Hore 與 Watts (2005)，發現選手在投擲動作過程手肘後擺到前引至身體前方時會有一段減速度，而這樣的機制有助於增進前臂向前甩鞭的動作角速度，也相對增進了球速。此外選手出手時機皆約在肩、肘、腕關節同時產生最大角速度時，也顯示出選手有較高的動量傳遞至球體，為效率較佳的投擲型態。反觀一般組方面，不但不同人之間各有各的趨勢，且出手時機多為關節角速度最大值出現過後或之前，顯示出肢段角動量傳遞不佳，投擲力量分散不集中之情形。而經由觀察角角圖，亦能從中發現選手組與一般組在投擲過程中，肘肩關節角度相對變化之差異，選手在起始動作開始後（圖 4-3-2 左圖紅圈處），肘肩關節互相對應連動形成「後擺」、「抬肘」的動作型態，即角角圖左下方的夾角（圖 4-3-2 左圖紅框處），此動作亦引出選手比起一般人因投擲手後擺過程手肘較為抬高而得以順利運用引肘向前之投擲技巧。反觀一般組則多數後擺與抬肘動作不明顯，減少了將球甩鞭擲出的作用力。

最後，針對一般組擲準表現最佳的 10 號，做出進一步的討論，此位實驗參與者，雖不曾具有壘球投擲的經驗（符合本實驗的實驗參

與者篩選標準)，但其本身具有排球系隊的背景，且擲準分數表現實已與選手組無異（與三位選手分數相近），但經過運動學分析的比對分析，發現此位實驗參與者即使擁有與選手相近、較佳的擲準表現，但依舊無法觀測出具有選手特殊的「引肘向前」投擲技巧型態（詳見附錄四 10 號圖）。此現象意味著動作表現與擲準表現似乎未必成正比，亦間接顯示出專項的特殊技巧是必須經由練習才可能得以產生，而非隨著年齡或他類運動項目的遷移而自動產生。

第陸章 結論與建議

第一節、結論

依據本實驗目的，經由研究結果的統計分析與討論，歸納出下列結論：

- 一、選手組比起一般組有較佳的擲準表現（得分）。一般組平均之試作投擲距離過短，因此無法達到距離 16 公尺之目標所在。經由落點誤差的比較，可從中得知一般組實驗參與者的投擲距離，以作為擲準表現之參考依據。
- 二、為達到應用之目的，故本實驗以一般全身性之投擲動作為實驗項目，經由運動學分析得以觀測出兩組實驗參與者擲準動作型態上的差異。由數據結果中發現，兩組擲準動作型態上的差異，來自於全身各部位：軀幹、頭部的位置，跨步腳膝關節角度，以及肘關節角速度的影響。本研究結果反映出一般投擲動作是需要全身肢段配合連結運用的複雜動作，與簡化投擲動作型態上有所差異，此結果亦符合邱文信（2004）投擲運動發展之相關研究。

第二節、建議

依據本實驗目的，經由研究結果的統計分析與討論，提出下列建議：

- 一、一般人在進行投擲動作時，除了加強後擺、抬肘，使投擲手引肘向前的動作技巧，亦須注意應將跨步加大以利投擲時身體維持較低之重心，並在投擲動作中，應保持身體往前加速，而避免頭部與軀幹過度後仰。
- 二、本實驗檢驗選手之投擲動作型態，未見一般動力鏈傳遞特徵（近端肢段加速至最高速後減速再傳遞至下一遠端肢段），造成如此差異，推論或許與投擲工作目標有關，目標情境雖要求為「使球又快又準」，但測量與回饋實偏重於擲準部份，加上實驗目標距離為兼顧選手與非選手差異而定為 16 公尺，是否為引發選手運用全身協調之投擲動作的適當距離，依據本實驗結果，似乎尚難定論。建議後續研究者可單針對選手進行不同距離、不同工作目標（擲遠、擲準、或要求球速）之投擲，檢驗釐清投擲動作型態的各種差異。
- 四、本實驗在處理數據的部份，為了找出出手瞬間的時間點，所以使用一台高速攝影機進行投擲手正側方角度之拍攝，再進一步與陀螺儀動作分析系統所得之運動學參數進行時間點同步，建

議後續實驗者若有類似實驗需要，宜拍攝 3 維資料來對照，或使用同步儀器來輔助，應更有利於實驗分析。此外建議能以更高擷取頻率之實驗儀器，來進行投擲動作分析，以求得更精準客觀之實驗數據。

參考文獻

中文部份

- 李易潔、陳妙瑋、嚴雅婷、劉有德（2007，10月）。選手與一般人在投擲不同高低目標手部關節的差異（摘要）。2007 國立台東大學國際體育學術研討會海報發表。
- 邱文信（2004）。結合縱貫式與橫斷式方法探討9歲到11歲兒童投擲距離表現相關因素之研究—以動態系統觀點。國立臺灣體育學院體育研究所博士論文。
- 邱文信、劉有德（2004）。以橫斷式方式探討7到21歲學童投擲距離表現及投擲動作發展。運動心理學論壇暨年會研討會，國立中正大學。
- 林俊龍（2005）。棒球投手練習過程的下肢動作協調。國立臺灣體育學院體育研究所碩士論文。
- 陳建汎（2004）。手榴彈投擲動作之運動學分析—不同經驗投擲者之比較。國立臺灣體育學院運動科學研究所碩士論文。
- 許樹淵（1999）。運動生物力學。台北：合記圖書出版社。
- 鄭光志、劉有德（2007，10月）。羽球雙打短發球變異性分析（摘要）。2007 國立台東大學國際體育學術研討會海報發表。

外文部份

- Bernstein, N. (1967) *The co-ordination and regulation of movements*. Pergamon Press, Oxford.
- Chen, M.-W., Lee, I.-C., Liu, Y.-T. (2008, June) ◦ *Examination of a simplified throwing pattern between different skill levels*. Poster session presented at the annual meeting of the North American Society for the Psychology of Sport and Physical Activity, Niagara Falls.
- Hore, J., S. Watts, J. Martin, and B. Miller. (1995). Timing of finger opening and ball release in fast and accurate overarm throws. *Experimental Brain Research* 103: 277-286.
- Hore, J., Debicki, D. B., & Watts, S. (2005). Braking of elbow extension in fast overarm throws made by skilled and unskilled subjects. *Experimental Brain Research*, 164(3), 365-375.
- Hore, J., & Watts, S. (2005). Timing finger opening in overarm throwing based on a spatial representation of hand path. *Journal of Neurophysiology*, 93(6), 3189-3199.
- Hore, J., O'Brien, M., & Watts, S. (2005). Control of joint rotations in overarm throws of different speeds made by dominant and nondominant arms. *Journal of Neurophysiology*, 94(6), 3975-3986.
- James J. Gibson (1977), *The Theory of Affordances*. In *Perceiving, Acting, and Knowing*, Eds. Robert Shaw and John Bransford, ISBN 0-470-99014-7.
- Jegede, E., Watts, S., Stitt, L., & Hore, J. (2005). Timing of ball release in overarm throws affects ball speed in unskilled but not skilled individuals. *Journal Sports Sciences*, 23(8), 805-816.

- Kreighbaum, E., & Barthels, K.M. (1996). *Biomechanics-a qualitative approach for studying human movement* (4th ed.). Boston: Allyn and Bacon.
- Newell, K. M. (1985). Coordination, control and skill. In D. Goodman, R. B. Wilberg, & I. M. Franks (Eds.), *Difference perspective in motor learning, memory, and control* (pp. 295-317). Amsterdam: North-Holland.
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. In M. G. A. Wade & H. T. Whiting (Eds.), *Motor development in children: Aspects of coordination and control*. Amsterdam: Martius Nijhoff.
- Watts, S., Pessotto, I., & Hore, J. (2004). A simple rule for controlling overarm throws to different targets. *Experimental Brain Research*, 159(3), 329-339.

附錄一

實驗參與者同意書

研究題目：壘球擲準動作之運動學分析

研究者：陳妙瑋 (0936-671552)

指導教授：劉有德 博士

您好：

感謝您參與本次的研究！在您簽下本同意書之前，請先詳細閱讀以下實驗相關內容，以便於幫助您了解本研究的程序及相關事項，以保障您的權益。本研究目的為探討不同技能水準之壘球擲準動作運動學分析。實驗工作為以壘球投擲 16 公尺遠之目標網，實驗情境則訂為盡可能使球又快又準的落在目標範圍中央，每人需投擲 15 球，實驗過程大約為四十分鐘。本實驗過程沒有已知造成不適與危險的情形，若您在實驗進行中有任何的不適可要求停止實驗。

關於本實驗參加者的基本資料在未經參加者的同意前不會告知非本研究之相關人員，在發表、出版本研究時不會以可辨識參加者的方式呈現。研究者有保障參加者之安全與義務，並回答參加者不影響實驗結果之問題。參加者在測試中如有不舒服或改變意願，可隨時退出本實驗，但請務必事先通知實驗者。本實驗所有過程將於國立台灣師範大學分部體育運動大樓三樓進行。

經過詳細閱讀並了解以上所述內容，我_____同意參與上述研究。

中華民國 年 月 日

執行研究者：_____

中華民國 年 月 日

附錄二

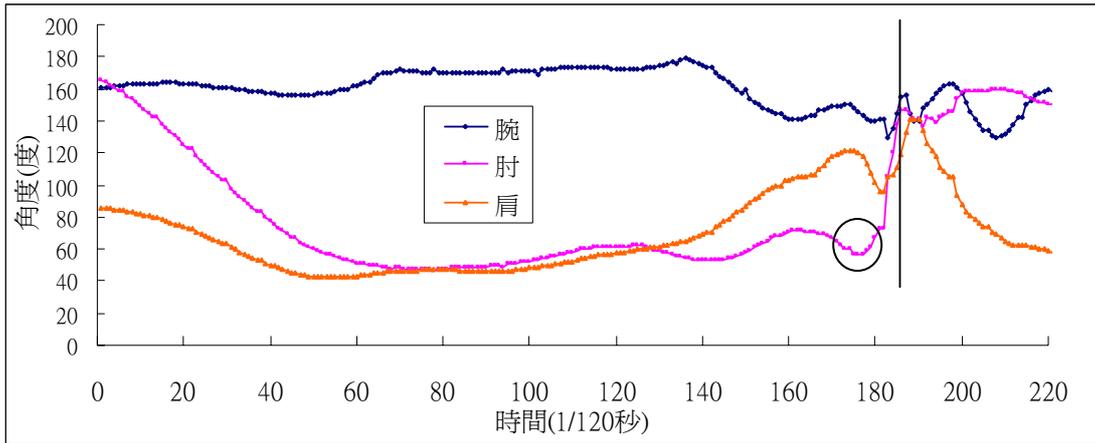
實驗參與者健康情況調查表

本實驗表主要是在幫助你了解自身的健康情形，並協助研究者判定你在參與實驗之前是否需要作進一步的健康檢查。請據實回答以下的問題，並請你在每一個問題之有、無、不確定等選項上，擇一打『√』。

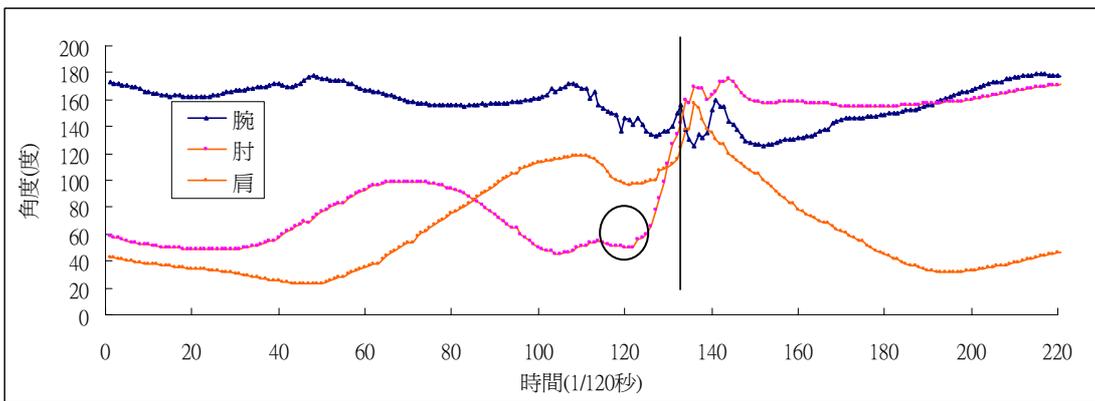
	有	無	不確定
1. 心臟病	----	----	----
2. 糖尿病	----	----	----
3. 氣喘	----	----	----
4. 支氣管炎	----	----	----
5. 貧血	----	----	----
6. 心律不整	----	----	----
7. 高血壓	----	----	----
8. 血友病	----	----	----
9. 藥物過敏	----	----	----
10. 心肌梗塞	----	----	----
11. 起立時會有頭昏眼花或是頭痛現象	----	----	----
12. 曾有頭暈或失去知覺的經驗	----	----	----
13. 激烈運動後，出現極度疲憊，不易恢復	----	----	----
14. 經常性胃痛	----	----	----
15. 在過去一年之中是否有重大疾病發生	----	----	----

請說明：

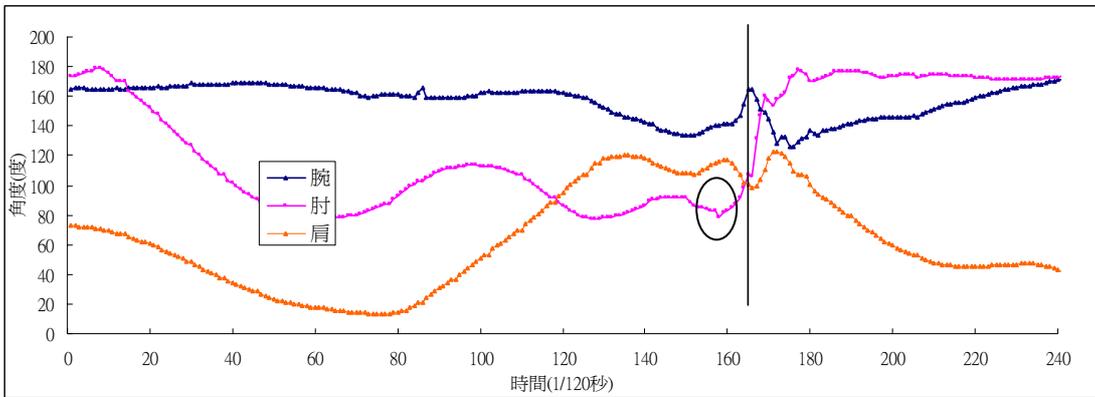
1



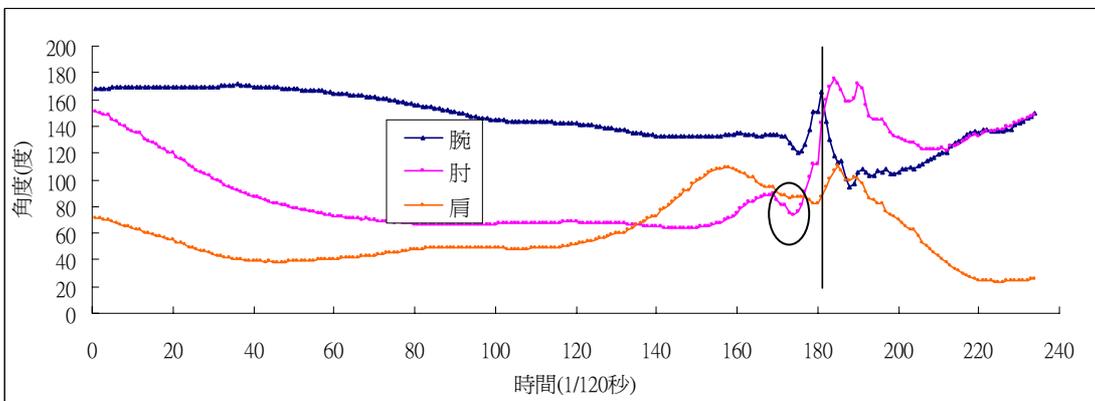
2



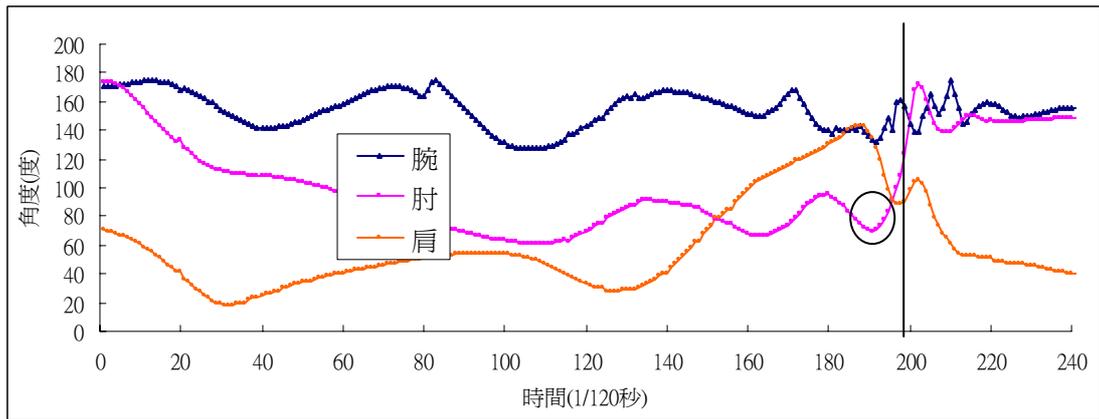
3



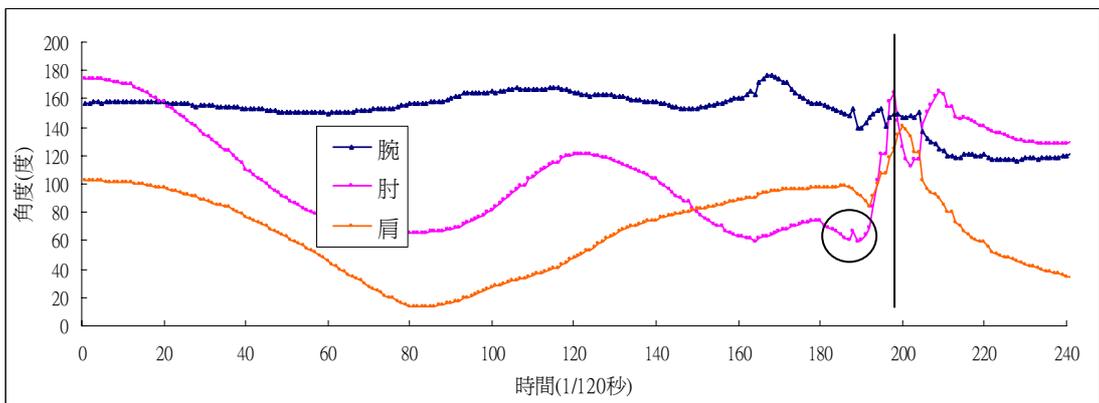
4



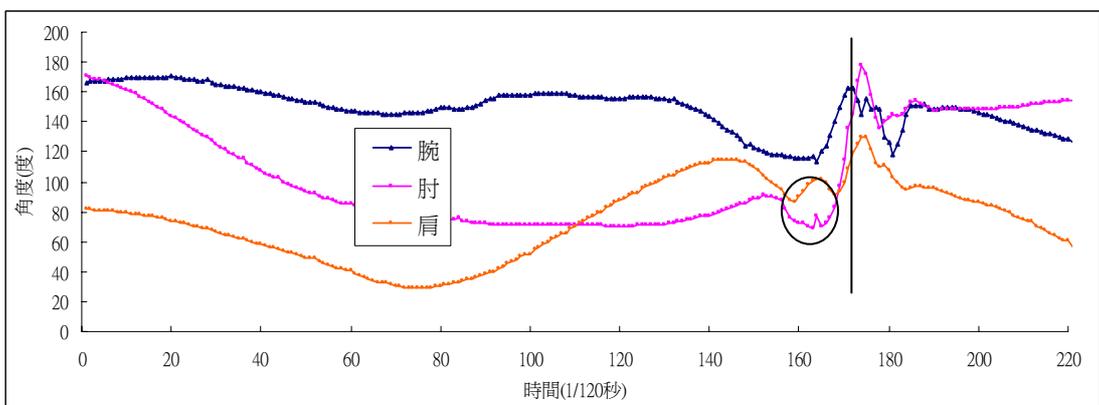
5



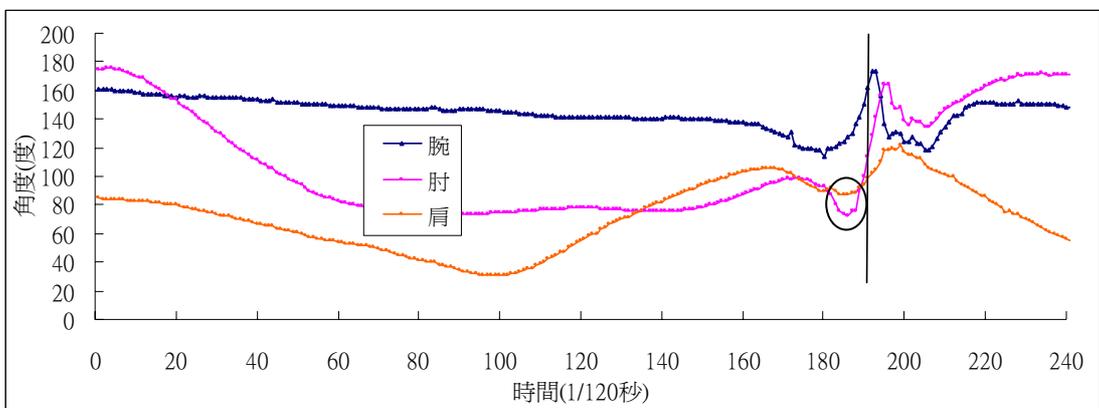
6



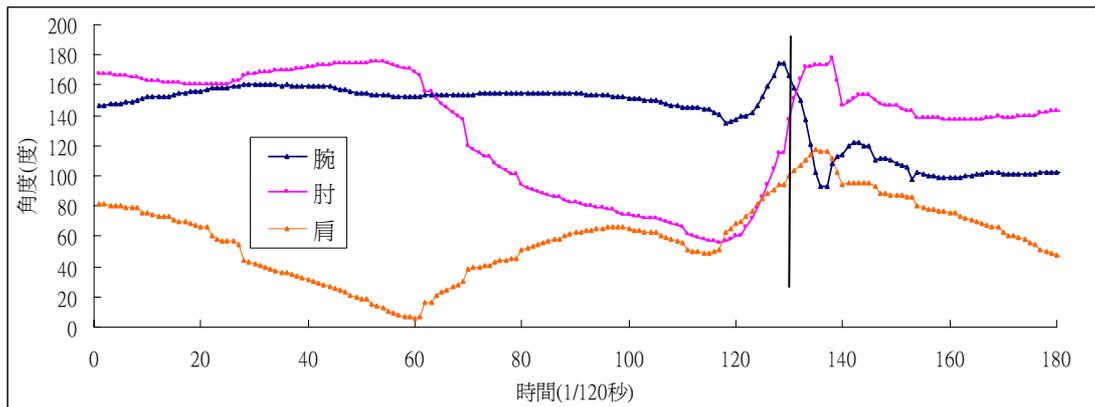
7



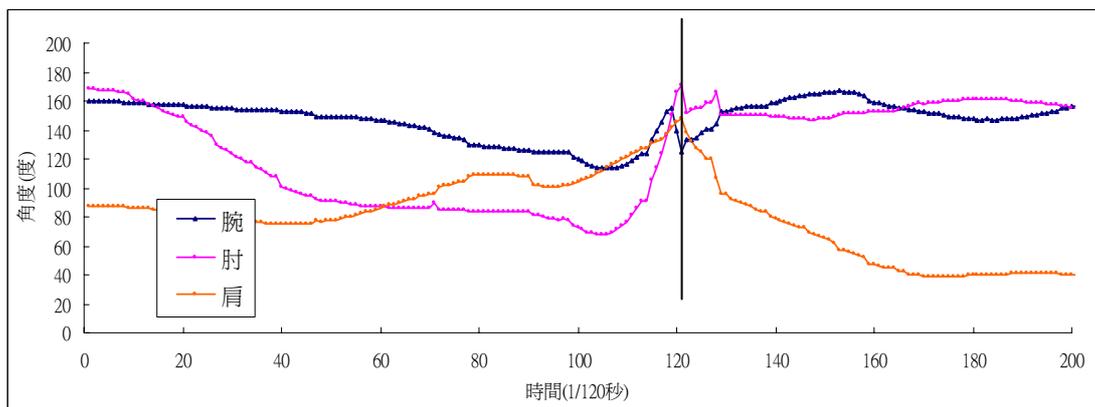
8



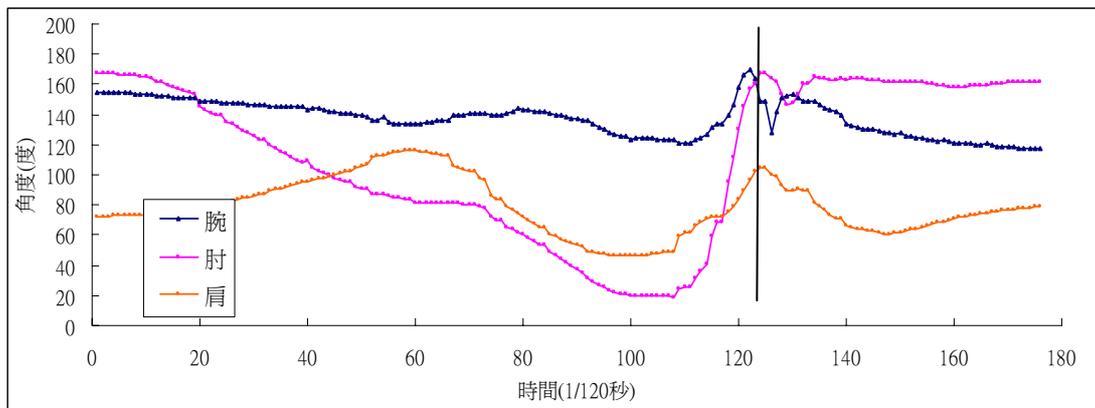
9



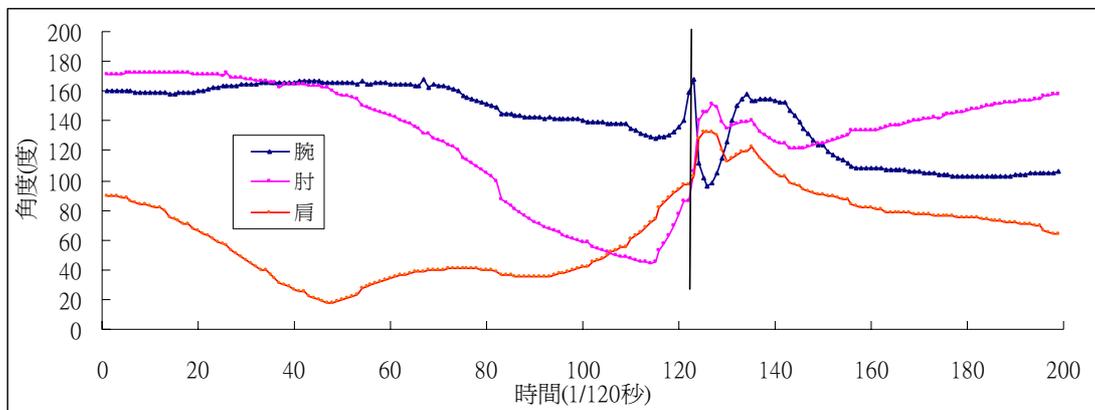
10



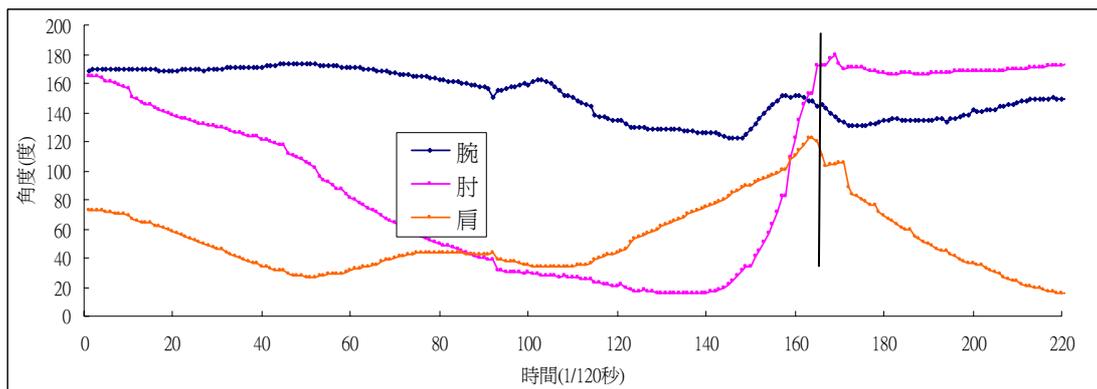
11



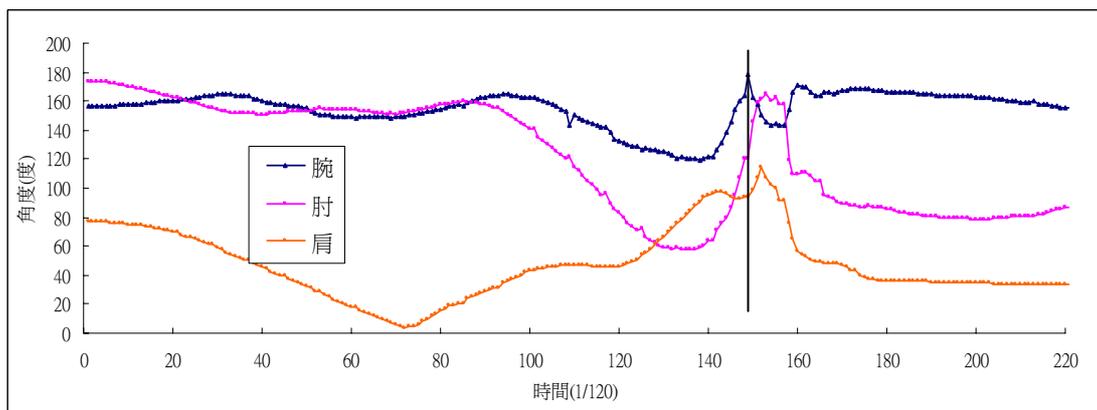
12



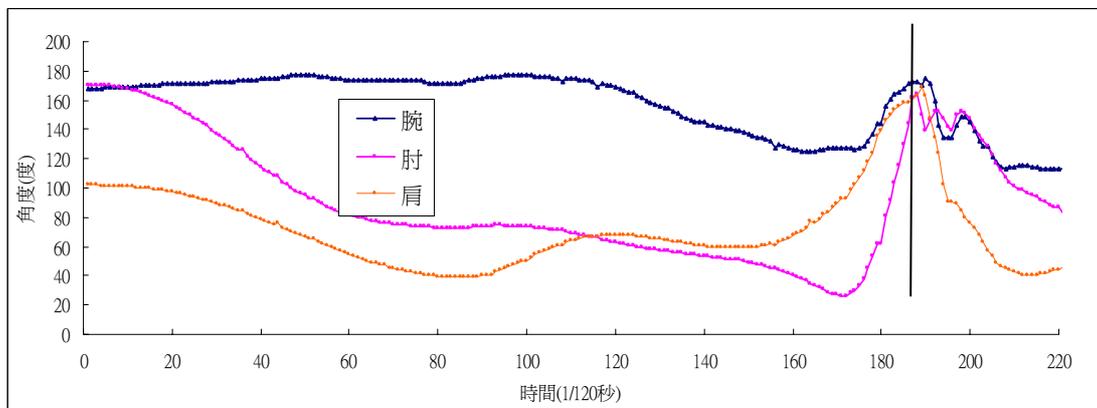
14



15



16



註:紅圈為起始,黑圈為結束,以箭頭標記出手點

