

國立台灣師範大學體育學系  
碩士學位論文



不同層級選手後手翻技術之比較分析

研究生：許金樹

指導教授：黃長福

中華民國九十八年二月

中華民國台北市

# 不同層級選手後手翻技術之比較分析

2009/02

研究生：許金樹  
指導教授：黃長福

## 摘要

本研究的**目的**：比較甲組競技體操選手(熟練者)與競技啦啦隊選手(非熟練者)後手翻技術之運動學參數及起跳前動力學參數，探討其特徵，結果提供教練、選手、學習者在日後運動訓練或學習階段作為動作學習的參考。**方法**：以男性甲組競技體操選手及競技啦啦隊選手各 8 名實驗參與者，使用 2D 攝影分析，利用 1 台 JVC 9800 數位攝影機 (60 Hz) 擷取記錄二組選手的站立原地後手翻動作資料，並以一塊 Kistler 測力板 (600 Hz) 同步收集起跳前下肢地面反作用力資料，然後透過 Kwon 3D 動作分析系統與 Kwon GRF 軟體，進行各參數的分析運算。**結果**：體操選手及啦啦隊選手在起跳前垂直地面反作用力最大值分別約是體重的 2.3 倍、2.19 倍；最大水平力量分別約是體重的 0.67 倍、0.53 倍；體操選手在離地高度、第一空中期時間、起跳重心速度、手離地重心水平速度、起跳髖關節角度皆顯著大於啦啦隊選手。**結論**：雙臂擺動應在上升時才開始加速，並配合髖、膝的伸展推蹬，有利後續動作。起跳前髖關節的伸展及膝關節的推蹬是起跳階段重要的關鍵，在支撐階段應快速的推撐，以便銜接水平力量，快速的屈曲髖關節有助於推撐及著地。

**關鍵詞**：體操、後手翻、運動學、動力學

# The analysis of athletic gymnastic back hand spring of different levels

2009/02

Graduate student: Hsu Jin-Shu

Advisor: Huang Chen-Fu

## Abstract

**Purpose of this research:** Compare the kinematics and kinetics parameter of back hand spring of gymnasts (skilled) and cheerleaders (non-skilled). The results can be used for coaching and learning of correct movement.

**Method:** Experiment participants for this study were 8 gymnasts and 8 cheerleaders, a JVC 9800 digital camera (60 Hz) was used to record the two-dimensional movement. The video were digitized by KWON 3D Motion Analysis system. A Kistler force plate (600 Hz) and KWON GRF software was used to collect ground reaction force (GRF) before take-off.

**Result:** The maximum vertical GRF before take-off of gymnasts and cheerleaders are about 2.3 body weight (BW) and 2.19 BW; the maximum horizontal GRF before take-off are about 0.67 BW and 0.53 BW; The Gymnasts have greater jump height, first air time, take-off center of mass (CM) velocity, horizontal CM velocity at hand push off, hip angle at take-off than the cheerleaders.

**Conclusion:** The arms swing should acceleration at concentric phase before take-off to match up with hip 、knee joint push-off to obtain a greater height for perform the movement. The extensions of hip and push-off leg before take-off are important factors. The faster hip flexion during hands support phase can enhance push-off and landing.

**Keyword:** gymnastics 、 back hand spring 、 kinematics 、 kinetics

# 不同層級選手後手翻技術之比較分析

## 目次

目次.....	iii
表次.....	v
圖次.....	vi
第壹章、緒論.....	1
第一節、問題背景.....	1
第二節、研究目的.....	3
第三節、研究範圍.....	4
第四節、研究限制.....	4
第五節、名詞解釋與操作性定義.....	4
第貳章、文獻探討.....	7
第一節、後手翻技術相關文獻.....	7
第二節、後手翻接續動作相關文獻.....	8
第三節、後手翻相關文獻.....	10
第四節、動力學相關文獻.....	12
第五節、文獻總結.....	13
第參章、研究方法與步驟.....	14
第一節、研究對象.....	14

第二節、實驗時間地點.....	15
第三節、實驗儀器設備.....	15
第四節、實驗場地佈置.....	16
第五節、實驗說明與流程.....	17
第六節、實驗資料收集方法.....	18
第七節、實驗資料處理方法.....	18
第肆章、結果.....	21
第一節、後手翻之運動學分析.....	21
第二節、後手翻起跳前動力學分析.....	34
第五章、討論與結論.....	36
第一節、後手翻之運動學.....	36
第二節、後手翻起跳階段動力學.....	39
第三節、結論與建議.....	40
參考文獻.....	42
一、中文部分.....	42
二、英文部分.....	43
附錄	
附錄一：實驗參與者同意書.....	44
附錄二：地面反作用力曲線圖.....	45

## 表 次

表 3-1-1 甲組競技體操選手基本資料.....	14
表 3-1-2 競技啦啦隊選手基本資料.....	14
表 4-1-1 後手翻動作分期時間.....	21
表 4-1-2 後手翻重心水平位移距離.....	22
表 4-1-3 後手翻重心垂直位移距離.....	22
表 4-1-4 起跳及手離地時重心水平、垂直速度.....	23
表 4-1-5 後手翻重心最低點軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度.....	27
表 4-1-6 後手翻起跳時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度.....	27
表 4-1-7 後手翻手觸地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度.....	28
表 4-1-8 後手翻手離地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度.....	28
表 4-1-9 後手翻腳著地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度.....	29
表 4-1-10 後手翻重心最低點肩、髖、膝、踝關節角速度.....	31
表 4-1-11 後手翻起跳時肩、髖、膝、踝關節角速度.....	31
表 4-1-12 後手翻手觸地時肩、髖、膝、踝關節角速度.....	32
表 4-1-13 後手翻手離地時肩、髖、膝、踝關節角速度.....	32
表 4-1-14 後手翻腳著地時肩、髖、膝、踝關節角速度.....	33
表 4-2-1 後手翻起跳階段最大垂直、水平力量.....	35
表 4-2-2 後手翻起跳階段最大垂直、水平力量產生時間.....	35

表 4-2-3 後手翻起跳階段總衝量及下蹲期、上升期衝量.....35

## 圖 次

圖 1-1-1 後手翻動作及分期示意圖.....6

圖 1-1-2 關節角度示意圖.....6

圖 2-3-1 後手翻身體重心及地面反作用力(Payne&Barker, 1976).....10

圖 3-3-1 LED 同步訊號燈.....15

圖 3-4-1 實驗場地佈置圖.....16

圖 3-7-1 人體標誌點、肢段模型.....19

圖 4-1-1 體操選手及啦啦隊選手後手翻重心垂直位移曲線.....23

圖 4-1-2 體操選手及啦啦隊選手後手翻重心水平、垂直速度曲線.....24

圖 4-1-3 G7 實驗參與者後手翻關節角度曲線.....25

圖 4-1-4 體操選手及啦啦隊選手後手翻關節角度曲線.....26

圖 4-1-5 體操選手及啦啦隊選手後手翻關節角速度曲線.....30

圖 4-2-1 體操選手及啦啦隊選手後手翻起跳階段地面反作用力曲線.....34

## 第壹章、緒論

### 第一節、問題背景

1896 年第一屆奧運時，體操就被列為正式比賽項目，目前的競技體操男子有單槓、雙槓、吊環、鞍馬、跳馬和地板六項，女子有高低槓、跳馬、平均台和地板四項(徐元民，2005，頁 175)。構成地板的中心乃為騰翻運動，1954 年日本隊訪問美國時，初次看到團身後空翻二周，係由側手翻內轉體 1/4-後手翻一次-團身後空翻二周，經過 10 年後的東京奧運會時，始由美國的密契爾選手首次在地板項目演出團身後空翻二周(蔡宜郎，1977)，1987 年蘇聯男子選手在地板完成後空翻三周的動作，1992 年巴塞隆納奧運會，中國的李小雙選手也以後空翻 3 周成為地板金牌得主(鄭黎暉，2002)。演變至今，此動作仍然是地板項目後空翻橫軸旋轉類的最高難度動作。

競技體操的特質大致可分為和諧性、技巧性、柔軟性、平衡性及力與美的幾個要項(黃東秋，1974)。大部份的體操學習都是由地板運動開始，跳、轉、滾、翻都是由地上開始學習的，然後再逐漸的進入各項器械去實施動作(鄭焜杰，2000)。教練一般藉由翻、滾、爬、倒立等許多的基礎動作，培養初學者身體適應能力，發展競技體操所需具備的身體要素，同時地板項目的許多動作也可應用於其它單項或有益於動作的學習。



80年代開始競技體操器械的材質獲得大幅度的提升，間接導致競技體操技術得以快速的發展，在發展高難度動作技術的同時必須考量其過程，具備正確、熟練的基本動作技術及基本體態是競技體操選手發展各單項高難度動作的基本條件之一(陳光輝、陳嘉遠，2006)。後手翻是地板項目中一個重要的基本技術動作(徐文剛，2004；隋國華、趙越，1999；Payne and Barker, 1976)，而手翻有另一重要功能，它是高難度技巧動作的前置動作，通常利用手翻來加速，促使接續後面的空翻能彈的更高、轉的更快(鄭焜杰，2000，頁 327)。近年來空翻 2 周及各類旋空翻等高難度動作幾乎都是用後手翻連接，後手翻動作質量的優劣直接影響著所連接的各種空翻質量(隋國華、趙越，1999)。

在體操的相關書籍、文章中，對於後手翻的描述多是臀部向後向下，並屈髖、膝，甩臂向後蹬腿，身體重心低、平、快等(Hay, 1993；王健，1997；周繼和、石玉琴、劉北湘，1999；徐文剛，2004)，而教練在指導時，對於後手翻動作的好壞，採取的是較為主觀的評斷，缺乏客觀的評論方式(Payne and Barker, 1976)，究竟後手翻的動作技術為何，是否受下肢蹬伸力量或動作姿勢的影響，本研究將藉由比較熟練者及非熟練者之動作，探討運動學及起跳前動力學之差異，是否有明確特徵以利學習，希冀提供教練、指導者相關訊息，對推廣基

層競技體操有所助益。

## 第二節、研究目的

本研究的目的是比較甲組競技體操選手(熟練者)與競技啦啦隊選手(非熟練者)後手翻技術之運動學參數及起跳前動力學參數，希望透過運動學與動力學的方式探討後手翻動作技術特徵，提供教練、選手、學習者在日後運動訓練或學習階段作為動作學習的參考。

分析之運動學參數如下：

- 一、後手翻之動作時間
- 二、身體重心位移、速度變化
- 三、蹬離-倒立之位移距離
- 四、倒立-著地之位移距離
- 五、軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度變化
- 六、肩、髖、膝、踝關節角速度變化

為避免實驗參與者因手部支撐受傷，因此僅以測力板收集起跳前之雙腳動力學參數。分析之動力學參數如下：

- 一、雙腳地面反作用力最大垂直力、最大水平力及產生時間
- 二、雙腳之垂直、水平總衝量
- 三、下蹲期垂直、水平衝量，上升期垂直、水平衝量

### 第三節、研究範圍

本研究以男性甲組競技體操選手與男性競技啦啦隊選手為實驗參與者，利用一台 JVC9800 數位攝影機，記錄其後手翻動作，並進行 2D 處理分析，獲取運動學資料；並以一塊測力板在實驗參與者起跳時，獲取動力學資料。

### 第四節、研究限制

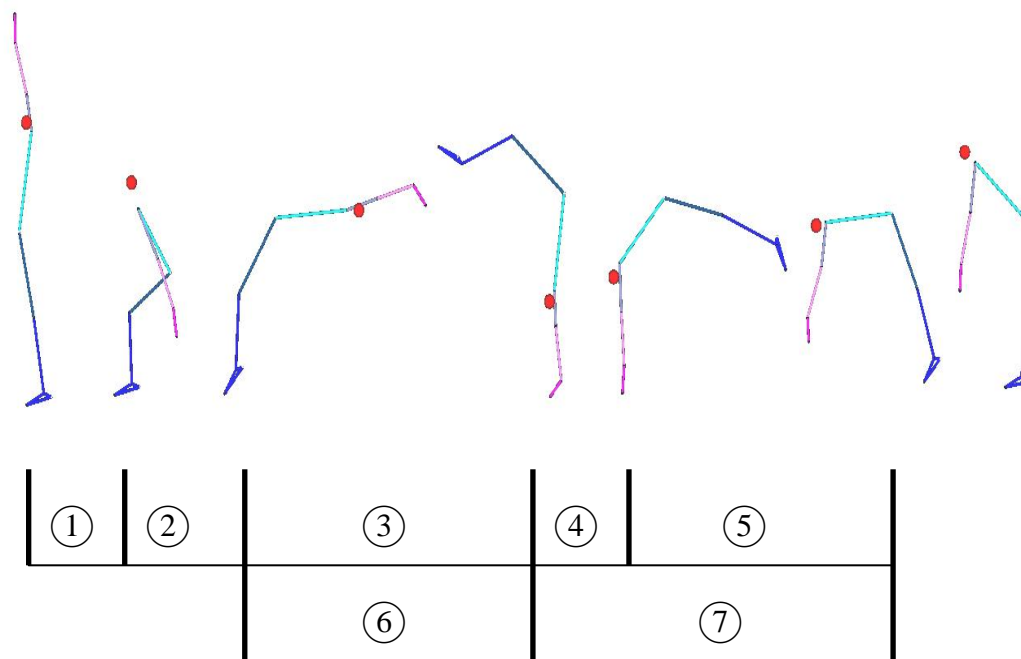
- 一、假定人體在動作過程中各肢段為密度相等的剛體結構，運動時各肢段的質心相對位置與轉動慣量不變。
- 二、本研究之動作為站立原地後手翻，為初學者學習之動作，與連接動作上有所差別。

### 第五節、名詞解釋與操作性定義

- 一、後手翻(back handspring)：本研究為站立原地後手翻，採一般站立姿勢，雙手垂放於體側。動作開始時，雙手伸直上舉至耳朵旁後往下擺，同時屈膝、髖，臀部向下向後至重心最低點；接著雙手上擺並伸展膝、髖關節，身體後弓向後支撐成倒立；雙腳迅速後擺，雙手推離地面，成站立姿態。
- 二、X 軸(X axis)：本研究為 2D 處理，X 軸為水平方向。
- 三、Y 軸(Y axis)：本研究為 2D 處理，Y 軸為垂直方向。
- 四、動作時間(movement time)：雙手往下擺，經雙腳離地、雙手撐

- 地，雙腳再次觸地所需的時間。
- 五、身體重心位移(CM displacement)：動作時間內，身體重心水平及垂直移動的變化。
- 六、蹬離-倒立之距離(takeoff-handstand distance)：雙腳起跳時腳跟標誌點至倒立支撐時腕標誌點的距離。(圖 1-1-1)
- 七、倒立-著地之距離(handstand-stand distance)：倒立支撐時腕標誌點至雙腳著地腳尖標誌點之距離。(圖 1-1-1)
- 八、軀幹角度(trunk angle)：肩、髖連線與地面所成之夾角。
- 九、肩角度(shoulder angle)：肘、肩、髖所成之夾角。(圖 1-1-2)
- 十、髖角度(hip angle)：肩、髖、膝所成之夾角。(圖 1-1-2)
- 十一、膝角度(knee angle)：髖、膝、踝所成之夾角。(圖 1-1-2)
- 十二、踝角度(ankle angle)：膝、踝、腳趾尖所成之夾角。(圖 1-1-2)
- 十三、下蹲期(downing phase)：動作開始至重心最低點。(圖 1-1-1)
- 十四、上升期(arising phase)：重心最低點至起跳。(圖 1-1-1)
- 十五、第一空中期(fist air phase)：起跳至雙手支撐成倒立。(圖 1-1-1)
- 十六、倒立支撐期(handstand phase)：雙手支撐成倒立至雙手離地。(圖 1-1-1)

十七、 第二空中期(second air phase)：雙手離地至雙腳著地。(圖 1-1-1)



- ①下蹲期 ②上昇期 ③第一空中期 ④倒立支撐期  
 ⑤第二空中期 ⑥蹬離-倒立距離 ⑦倒立-著地距離

圖 1-1-1：後手翻動作及分期示意圖

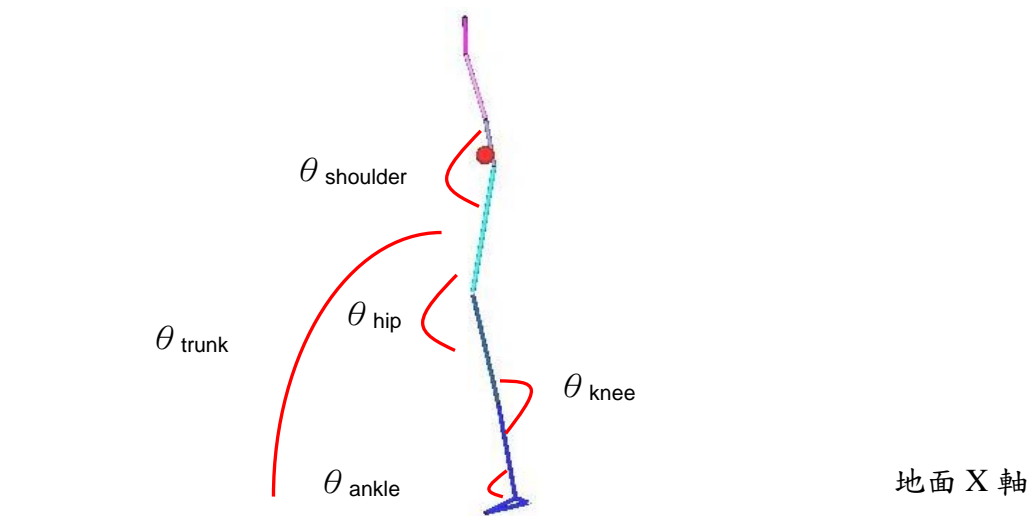


圖 1-1-2：關節角度示意圖

## 第貳章、文獻探討

### 第一節、後手翻技術相關文獻

金子朋友指出(林清和譯, 1981), 在下蹲期時上半身維持不動, 同時避免膝蓋向前過度突出。在上升期時, 臀部下落與地面平行, 上身開始向後移動, 手臂用力向下擺動。當兩臂急劇向上擺動時, 頭部開始向後仰, 背部保持圓形, 防止膝蓋過分突出, 使起跳效果更好。在第一空中期時, 身體必須完全展開成拱形, 手臂要伸直, 使肩膀的角度成 180 度, 如此在兩手著地和推離地面的動作時會更有效。兩手觸地時, 擺動兩腿, 準備推離地面, 要緊鎖手臂與地面保持成垂直姿勢, 此時雙腿仍保留在垂直線後面, 這使得動作者更容易推離地面。在完成階段時, 雙手和雙腿不可同時接觸地面。

徐文剛(2004)指出, 雙手後甩時應由指尖帶動整個手臂向遠、向後下方甩, 甩臂後用力蹬腿, 繃腿拉長身體。撐地時, 兩臂應保持緊張的彎曲, 兩指尖略向內, 借身體反弓產生的反彈力推手成完成姿勢。在著地時手腳距離太近或太遠, 會造成無法借助後手翻向後速度的力量。

隋國華、趙越(1999)指出, 後手翻動作的關鍵是“挑”腰, 身體充分後屈, 經低騰空向後翻轉, 是初學者最難掌握的關鍵技術。後手翻動作的要點是(1)體會動作開始時重心後移的感覺; (2)兩臂迅速往

前、上向後甩，腿蹬地，抬頭的時間及協調配合；(3)挑腰後，身體充份後屈，尤其是低騰空向後翻轉時的時間、空間感覺；(4)撐地時利用反弓手倒立的反彈力頂肩推手，收腹提腰，腳落地成站立。

Hay(1993)指出，在下蹲過程中，髖、膝關節屈曲，臀部向下向後，當身體重心處於一極限狀態(backward limit)時，身體開始向後旋轉。手臂應該向後、向前、向上伸直擺動，起跳離地時，依序伸展髖、膝、踝關節。在撐地時，角動量應足夠使下半身擺過倒立姿勢，並推手進入第二空中期。

## 第二節、後手翻接續動作相關文獻

徐文剛(2004)指出，側翻內轉接續後手翻是自由體操中一個重要的基本技術動作。它用來連接各種類型空翻動作，自由體操中的高難度動作都是建立在它的基礎之上。在側翻內轉時，雙手撐地轉體後，即可用力頂肩推手。雙腿著地時，直膝落地的瞬間雙膝馬上變成緊張的彎曲狀態，以便充分發揮後蹬的力量，雙腿彎曲時以膝蓋不超出腳尖直線為準。接續後手翻時，雙手前舉準備向後甩。

周繼和、石玉琴、劉北湘(1999)經由文獻、訪談及拍攝一位選手完成後手翻接團身後空翻三周動作。在動作分析上指出，後手翻動作技術目的是使人體獲得較大的水平速度和為後空翻作準備。因此要求後手翻動作“低”、“平”、“快”。在完成後手翻時，水平速度為

4.14 m/s，垂直速度為 0.41 m/s，膝、髖、肩角度分別為 147.6°、110.9°、140.0°。該選手後手翻著地接續團身空翻三周時，水平速度損失了 58%，而垂直速度提高了 10 倍多，身體重心上升了 1.11 公尺。

王健(1997)以趙衛華小翻接前直兩周轉體 180°的運動學分析中指出，後手翻軀幹平均角速度為 14.98 rad/s，推手瞬間肩關節角度為 151.91°，推離角平均為 54.85°。

鄭黎暉(2003)以二位世錦賽之女子選手為研究對象，分別比較二位選手側翻內轉後手翻接續不同動作類型後空翻技術。A 選手為團身一周、直體轉體 720°、屈體二周、直體轉體 900°，B 選手為團身一周、直體轉體 720°、屈體二周、直體轉體 1080°。在後手翻接續不同動作雙手推離時，重心水平速度 A 選手分別為 4.02 m/s、4.40 m/s、4.26 m/s、4.20 m/s，B 選手分別為 3.88 m/s、3.92 m/s、3.80 m/s、4.25 m/s，雙腳著地時 A 選手為 3.45 m/s、3.56 m/s、3.86 m/s、3.36 m/s，B 選手為 3.65 m/s、4.02 m/s、3.96 m/s、3.98 m/s。其結果指出，在實施不同動作時，後手翻動作水平速度間的差異應保持一致，亦即為預備動作速度一致性。



### 第三節、後手翻相關文獻

Payne and Barker(1976)以四位俱樂部體操選手為對象，分別拍攝後手翻與後空翻並比較蹬離時的地面反作用力。兩種動作在地面反作用力上有相似的結果，但後空翻出現二個峰值，後手翻則只有一個峰值。而在力量-時間及重心-時間曲線上也有相似的結果，可見此兩種動作在肌肉力量的差異不大。在動作型態上，主要的差別為空中時的身體姿勢，而後手翻在起跳時身體與地面之夾角為 $48^{\circ}$ ，後空翻為 $70^{\circ}$ 。

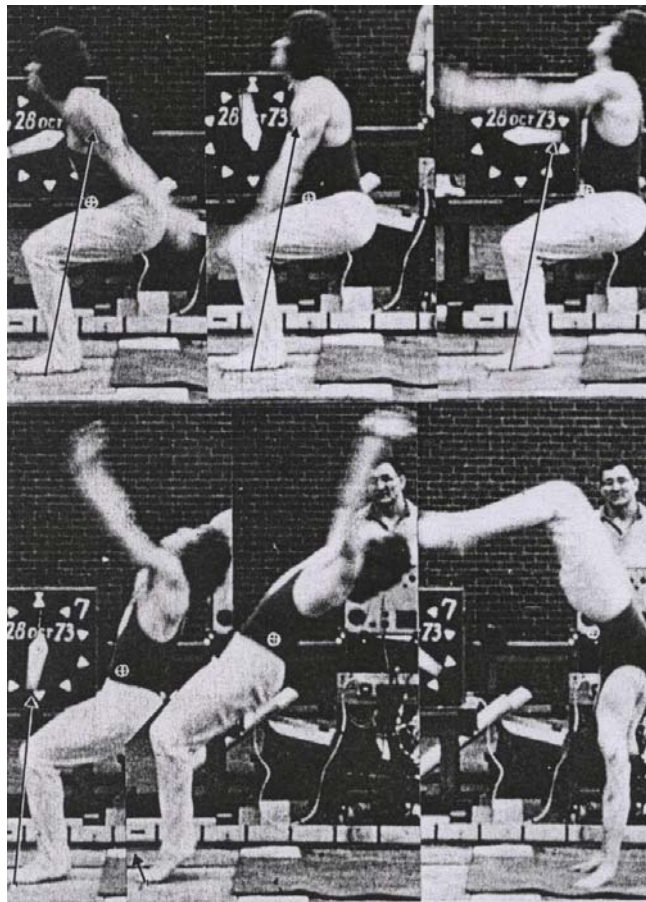


圖 2-3-1：後手翻身體重心及地面反作用力(Payne & Barker, 1976)

Grassi 等(2005)以 6 男 3 女之國家級競技體操選手為對象，每人實施 15 次後手翻，分析其關節肢段動作軌跡是否穩定。結果指出，女性有較為一致的動作軌跡，男性落差較大。而髖關節與肩關節在所有的參與者中有較高的一致性，腕關節最低。

王國連(2005)以男女甲組體操選手各 6 人為動作實施者，實施前手翻及後手翻動作 3 次，運用生物動作之動態光點方式呈現不同面向個體發生動作的生態心理學觀點探討其動作。體操專家組在手翻性別識別得分上優於體育科系學生及一般科系學生。不同運動經驗者能從群體發生動作及特殊運動協調形態影片中偵測出動作者性別，且運動經驗越豐富時對該運動特殊協調型態動作之性別鑑別力越佳。男、女性體操選手在實施相同動作時，體操專家即可分辨出差異性。

#### 第四節、動力學相關文獻

關於後手翻的動力學相關文獻較少，而站立原地後手翻在起跳前動作類似直膝垂直跳(Counter-Movement Jump)，垂直跳動作起跳前是屬於封閉式的動力鏈(close chain)(鍾寶弘，2000)。

鍾寶弘(2000)以 12 名大專運動代表隊的選手為對象，將其分為優秀垂直跳組(垂直跳表現 70 公分以上)與一般垂直跳組(垂直跳表現 55 公分以下)。在實施垂直跳躍所產生的最大地面反作用力，優秀組平均為體重的 2.88 倍，表現-上昇高度平均為 15.43 cm，而一般組平均為體重的 2.55 倍，表現-上昇高度平均為 9.37 cm。在實施跨步跳時，優秀組平均為體重的 3.00 倍，表現-上昇高度平均為 12.82 cm，而一般組平均為體重的 2.74 倍，表現-上昇高度平均為 10.52 cm。優秀組二種跳法地面反作用力、表現-上昇高度均顯著優於一般組。

石罕池、顏克典、相子元(2006)以排球、壘球及足球三種項目中華女子培訓隊選手共 73 名進行下肢動力特性的探討。女排隊蹲踞跳平均高度為 42.58 cm，下蹲跳高度平均為 45.62，顯著大於女壘隊的蹲踞跳 39.57 cm、下蹲跳 42.69 cm 及女足隊的蹲踞跳 36.73 cm、下蹲跳 40.75 cm。在蹲踞跳力量方面，女排隊為 0.271 BW，女壘隊為 0.238 BW，女足隊為 0.273 BW。在下蹲跳力量方面，女排隊為 1.372 BW，女壘隊為 1.317 BW，女足隊為 1.523 BW。

## 第五節、文獻總結

在下蹲階段，保持上半身的穩定，注意膝蓋是否過於突出而影響力量的作用，並藉由甩臂蹬腿產生翻轉的力量，在空中時，應弓身且肩膀有足夠的伸展快速向後支撐成倒立，倒立階段應藉由翻轉及反弓身產生的力量，使下半身通過垂直面並以肩膀力量推撐。後手翻應強調水平速度，而在接續動作時將水平速度轉換成垂直速度以提升空翻高度。因為個人性別、技術、認知的不同，女性選手在動作上有較高的一致性，與後手翻相關的研究都著重在接續動作上，較少研究針對“後手翻”，且即使是受過訓練的男、女體操選手，在實施後手翻動作時仍會存在些許的差異。在實施垂直跳時，男性不論跳躍高度優劣(2.88 BW、2.55 BW)，地面反作用力均較女性(1.372 BW、1.317 BW、1.523 BW)來的大。

體操自 1896 年第一屆奧運以來，已發展百年，後手翻是體操地板項目的基本動作，許多的高難度空翻利用後手翻完成更高難度的動作，但近年來相關研究都著重於高難度之技巧或新動作的發展，而較少研究提及基本動作技術，對於基本動作的傳承大部份是經驗的累積或個人的經歷，也因此本研究希望藉由探討後手翻此一基本動作，以提供較為明確的動作特徵，對於推廣或學習有所助益。

## 第參章、研究方法與步驟

### 第一節、研究對象

本研究以甲組競技體操選手 8 名(G)及競技啦啦隊選手 8 名(C，不借助外力，且動作未有停頓，能獨立完成後手翻)，共 16 名為本研究參與者，單獨完成後手翻動作開始經過時間為單獨完成至今(年)。

表 3-1-1 甲組競技體操選手基本資料

	年齡 (歲)	身高 (cm)	體重 (kg)	專項訓練(年)	單獨完成至今(年)
G1	22	167	65	15	13
G2	21	174	63	15	14
G3	20	162	63	11	12.5
G4	22	164	63	10	9
G5	24	172	65	12	12
G6	25	165	60	15	15
G7	21	173	69	12	9
G8	20	166	72	12	10
平均數	21.875	167.875	65	12.75	11.813
標準差	1.691	4.226	3.571	1.854	2.120

表 3-1-2 競技啦啦隊選手基本資料

	年齡 (歲)	身高 (cm)	體重 (kg)	專項訓練(年)	單獨完成至今(年)
C1	22	176	68	3	2
C2	25	174	75	5	3
C3	25	178	75	4	2
C4	17	170	77	2	0.17
C5	17	180	70	2	0.08
C6	16	176	78	2	0.08
C7	18	167	59	1.2	0.92
C8	18	174	100	2	1
平均數	19.750	174.375	75.250	2.650	1.156
標準差	3.694	4.207	11.756	1.268	1.081

## 第二節、實驗時間地點

一、實驗時間：九十六年四月二十八日。

二、實驗地點：國立臺灣師範大學公館校區運動生物力學實驗室。

## 第三節、實驗儀器設備

本實驗儀器設備分為資料收集部分、資料處理部分、其他部分：

一、資料收集部分：

(一) JVC 9800 數位攝影機一台。

(二) 比例板一塊(100cm x 100cm)。

(三) KISTLER 測力板一塊(90 cm x 60 cm)，包含個人電腦及放大器一部。

(四) A/D 類比-數位訊號轉換器。

(五) 16 頻道的訊號接收器。

(六) LED 同步訊號產生器。



圖 3-3-1 LED 同步訊號燈

## 二、資料處理部分：

- (一) Kwon3D Motion System 影像分析軟體。
- (二) Kwon GRF 測力板擷取分析軟體。
- (三) VISOL DV Express 影像擷取軟體。

## 三、其他部分：

- (一) 反光球。
- (二) 攝影機腳架一個。
- (三) 探照燈一盞
- (四) 延長線四個。
- (五) 組合式塑膠墊(100cm x 100cm)8 塊。

## 第四節、實驗場地佈置

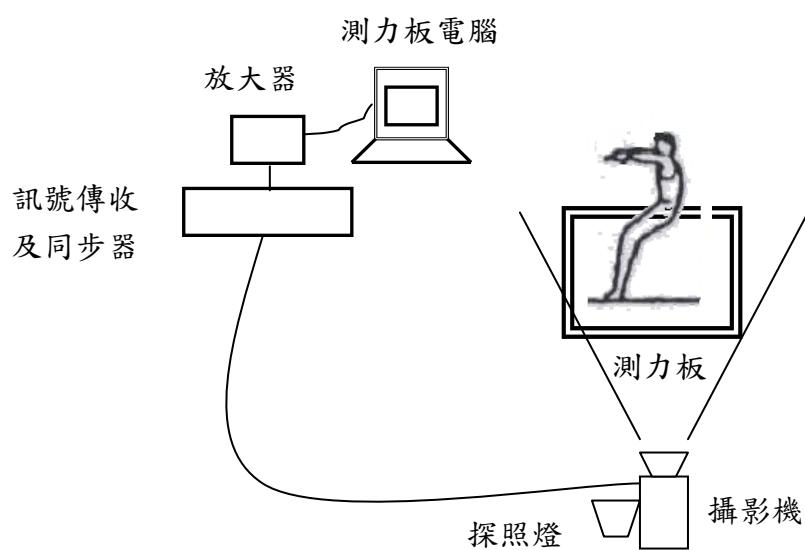


圖 3-4-1：實驗場地佈置圖

## 第五節、實驗說明與流程

本研究之實驗說明與流程分為 1、動作要求，2、實驗流程等部分，依序說明如下：

### 一、動作要求：

本實驗之後手翻動作為站立雙手垂擺於體側，聞訊後實驗參與者雙手上舉至耳旁，向下甩手開始動作。並要求其執行最大努力以收集資料。

### 二、實驗流程：

- (一) 實驗參與者者填寫個人基本資料表，並告知其動作要求、實驗過程，及此研究之目的並簽寫實驗參與同意書，並告知參與者隨時可以退出本實驗。
- (二) 要求受試者熱身 10 分鐘。
- (三) 將比例板置於動作範圍內進行拍攝。
- (四) 黏貼實驗參與者關節點標誌。
- (五) 拍攝時，要求實驗參與者盡最大努力完成動作。
- (六) 實驗參與者雙腳站立於測力板上，進行三次試做，並進行資料收集，未達要求則增加試做次數。
- (七) 試做間隔為 1 分鐘。
- (八) 待完成資料收集後，再次將比例板置於動作範圍內進行拍攝。



- (九) 將三次試做進行資料處理，取其地面反作用力最大值並輔以裁判之判斷，取其一次試做進行運動學及動力學分析。

## 第六節、實驗資料收集方法

### 二、運動學資料收集方法：

本實驗利用一台 JVC 9800 數位攝影機(速度 60 Hz;快門 1/250 sec)置於與動作方向垂直之位置拍攝實驗參與者矢狀面動作。

### 二、動力學資料收集方法：

本實驗之 KISTLER 測力板所使用的訊號擷取為 600Hz，而全部收集的時間為 10 秒，收集下肢動力學資料。

## 第七節、實驗資料處理方法

### 一、運動學資料處理方法：

本實驗透過 VISOL DV Express 影像擷取軟體得到影像資料，再由 Kwon3D 動作分析系統進行 2D 直接線性轉換 (DLT) 與各參數的運算，X 軸為水平方向，Y 軸為垂直方向。並以 Butterworth 4<sup>th</sup>-order Zero Lag Digital 程式 (截取頻率 6Hz)，對原始資料進行修勻，最後得到相關之運動學參數資料。

### (一) 人體肢段參數

本研究之人體肢段參數是採用 Dempster 於 1955 年利用屍塊解剖

所獲得之人體肢段參數。並點取 10 個標誌點，將人體簡化為 8 個肢段，進行人體肢段模型的建立。

1. 10 個標誌點為：

左耳、左肩關節、左手肘關節、左手腕關節、左小指指尖、左腕關節、左膝關節、左踝關節、左腳跟、左腳尖(見圖 3-7-1a)。

2. 8 個人體肢段 (Segment) 為：

頭、軀幹、左上臂、左前臂、左手掌、左大腿、左小腿、左足(見圖 3-7-1b 左半部)。

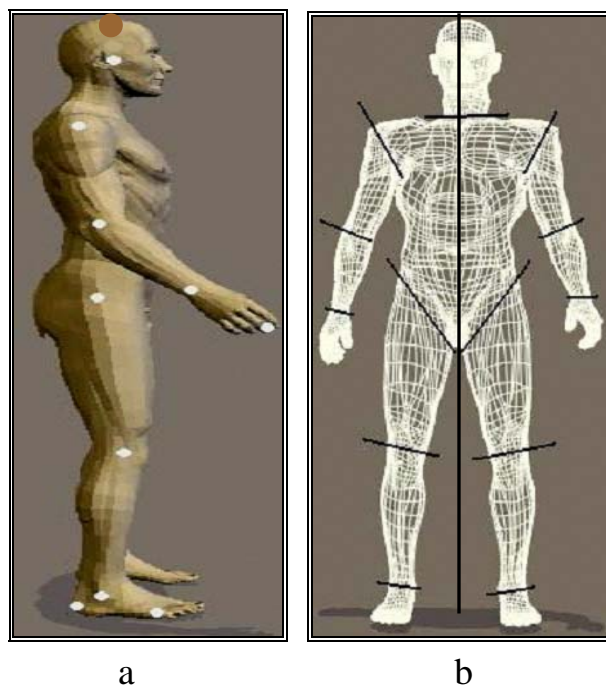


圖 3-7-1：人體標誌點、肢段模型

## 二、動力學資料處理方法：

由測力板所測得的資料使用 Kwon GRF 軟體中提供的程式進行 low pass(10 Hz)的濾波，擷取的頻率為 600Hz。資料濾波後，再利用 Kwon GRF 軟體程式計算分析出所需要的參數。

## 三、統計方法

本研究以獨立樣本 t 考驗進行二組選手的統計檢定，顯著水準設定為  $\alpha = .05$ 。

## 第肆章、結果

本研究以比較二組選手執行後手翻動作的差異為主，以下將結果分為 1. 後手翻之運動學分析、2. 後手翻起跳階段動力學分析。

### 第一節、後手翻之運動學分析

表 4-1-1 為後手翻動作各分期時間。後手翻動作各分期時間中，第一空中期及支撐期達到統計顯著。體操選手在第一空中期有較長的滯空時間，而支撐期體操選手卻花費較少的時間。在本研究中有二位啦啦隊選手因技巧的不熟練，使得雙腳著地後，雙手才離開地面，因此未出現第二空中期。

表 4-1-1 後手翻動作分期時間

單位：s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
總動作時間	1.98 ± 0.18	1.98 ± 0.22	.041	.968
下蹲期	1.05 ± 0.18	1.00 ± 0.29	.437	.669
上昇期	0.26 ± 0.05	0.25 ± 0.06	.383	.707
第一空中期	0.22 ± 0.02	0.17 ± 0.03	3.765	.002*
支撐期	0.32 ± 0.04	0.49 ± 0.08	-5.249	.000**
第二空中期	0.14 ± 0.02	0.13 ± 0.05(N=6)	.322	.759

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-2 為後手翻重心水平位移距離。只有在倒立-著地距離上統計達顯著。體操選手在支撐期時間小於啦啦隊選手，在倒立-著地位移上也達到統計顯著。

表 4-1-2 後手翻重心水平位移距離

單位：m

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
重心水平位移	1.597 ± 0.252	1.346 ± 0.310	1.774	.098
蹬離-倒立位移	0.964 ± 0.158	0.903 ± 0.219	.632	.537
倒立-著地位移	0.997 ± 0.161	0.757 ± 0.182	2.792	.014*

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

表 4-1-3 為後手翻重心垂直位移距離，圖 4-1-1 為二組選手的重心垂直位移曲線。在下蹲及上升的重心垂直位移均未達統計顯著。二組選手在離地高度達到統計顯著，體操選手顯著大於啦啦隊選手。從圖 4-1-1 也可以看出，體操選手在起跳的垂直位移較大，手撐地時的重心高度也較啦啦隊選手來的高。

表 4-1-3 後手翻重心垂直位移距離

單位：m

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
下蹲垂直位移	-0.385 ± 0.022	-0.417 ± 0.077	1.116	.283
上升垂直位移	0.225 ± 0.045	0.161 ± 0.094	1.763	.100
離地高度	0.89.2 ± 0.033	0.817 ± 0.088	2.254	.041*

\*p&lt;.05 \*\*p&lt;.01

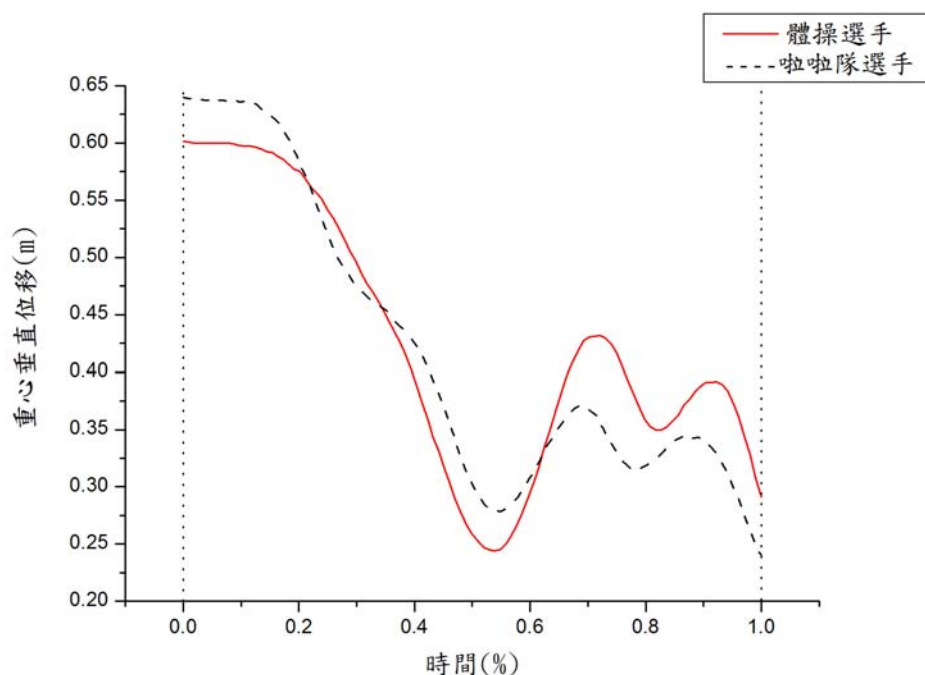


圖 4-1-1 體操選手(N=8)及啦啦隊選手(N=8)後手翻重心垂直位移曲線

表 4-1-4 為後手翻在起跳及手離地時重心水平及垂直速度在起跳時，體操選手的重心水平、垂直速度皆顯著大於啦啦隊選手。在手離地時，僅有重心水平速度體操選手顯著大於啦啦隊選手。

表 4-1-4 起跳及手離地時重心水平、垂直速度 單位：m/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
起跳重心水平速度	1.756 ± 0.323	1.221 ± 0.471	2.648	.019*
起跳重心垂直速度	0.875 ± 0.233	0.385 ± 0.254	4.016	.001**
手離地重心水平速度	1.580 ± 0.242	1.148 ± 0.335	2.961	.010**
手離地重心垂直速度	-0.058 ± 0.253	-0.039 ± 0.681	-.073	.943

\*p<.05 \*\*p<.01

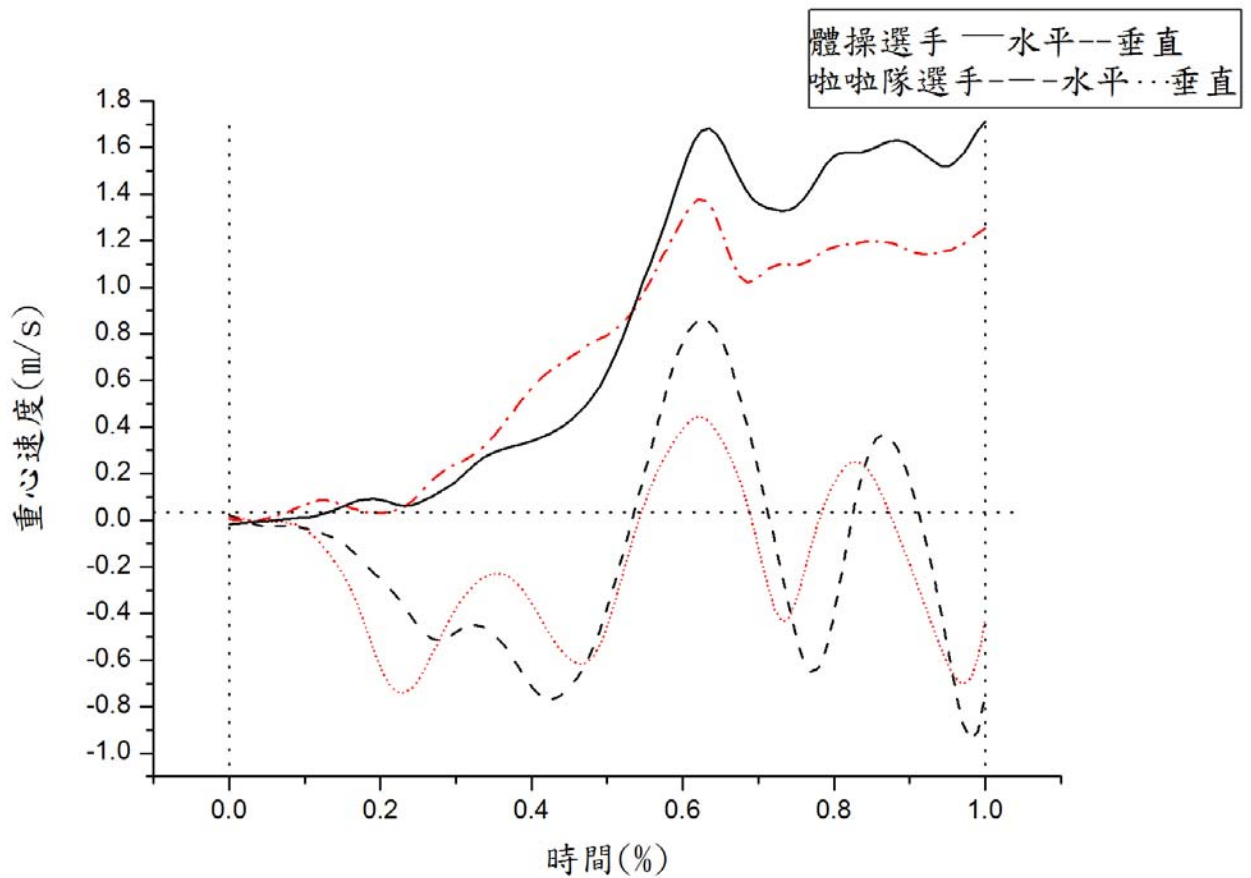


圖 4-1-2 體操選手(N=8)及啦啦隊選手(N=8)後手翻重心水平、垂直速度曲線

圖 4-1-2 為二組選手的重心水平、垂直速度曲線，起跳時二組選手在水平、垂直重心速度皆達到最大值，但體操選手在起跳時水平、垂直重心速度皆顯著大於啦啦隊選手。而在水平重心速度上，體操選手在手撐地後速度的銜接較好，仍有一小段的加速。

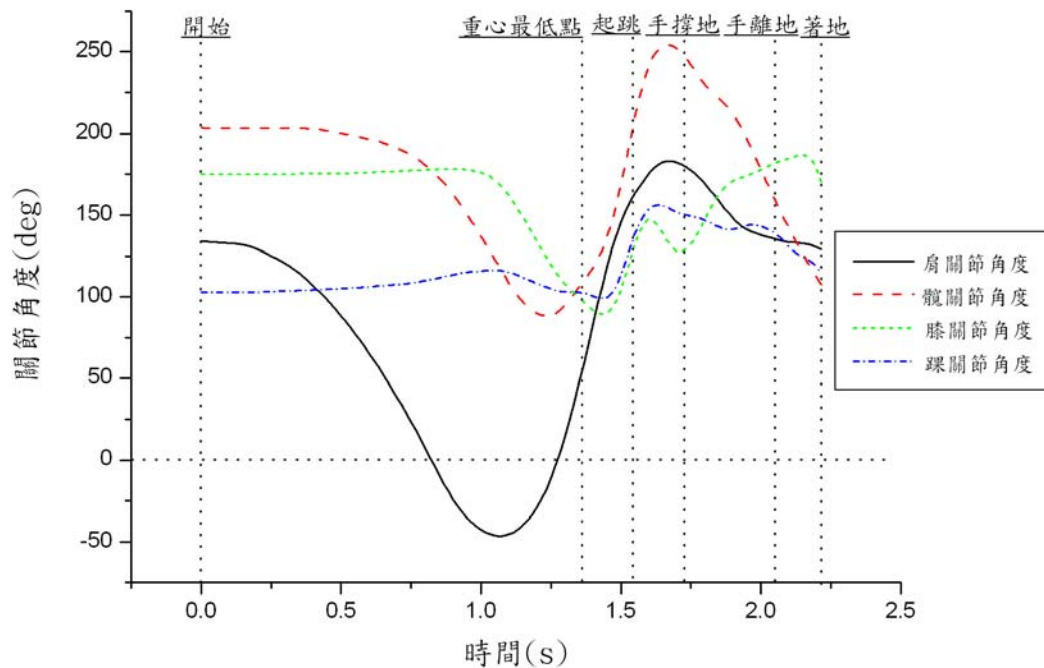


圖 4-1-3 G7 實驗參與者後手翻關節角度曲線

圖 4-1-3 為 G7 實驗參與者各關節角度曲線。從圖中可看出，肩關節角度變化最大，接著是髖關節、膝關節、踝關節。在關節角度最小值順序方面，依序是肩關節、髖關節、膝關節、踝關節。而在跳跳後至手撐地前各關節角度會達到最大伸展角度，膝關節在手撐地前會有一小幅度的彎曲再快速的伸展，應是手撐地前的一個制動現象。



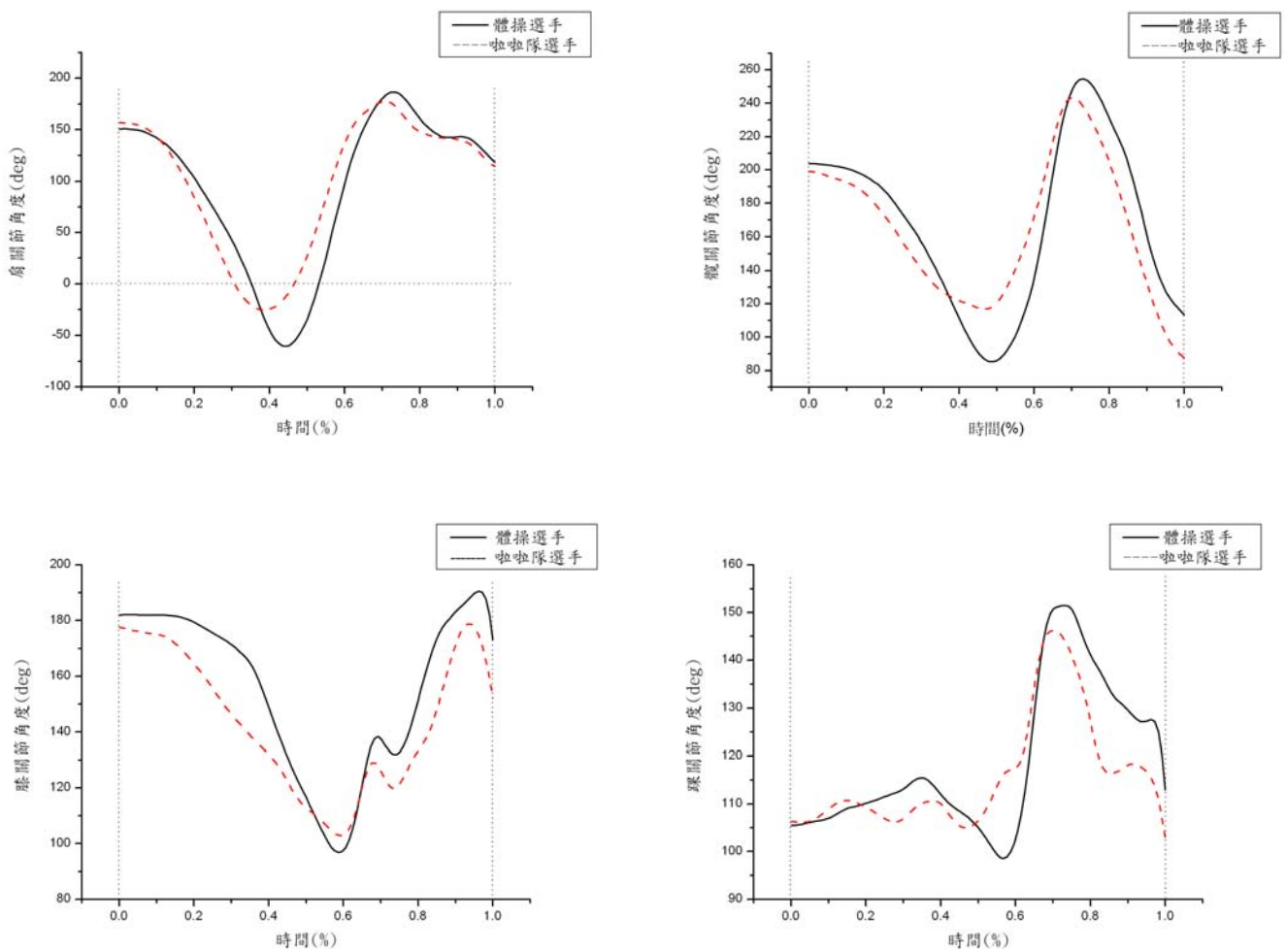


圖 4-1-4 體操選手(N=8)及啦啦隊選手(n=8)關節角度曲線

從圖 4-1-4 可看出，二組選手在關節角度變化上有著類似的曲線，體操選手肩關節後擺幅度較啦啦隊選手大，腕關節角度在下蹲時前傾也較多，以維持平衡。膝關節體操選手彎曲較慢但在伸展時幅度較啦啦隊選手大。啦啦隊選手因為對後手翻動作較不熟練，踝關節曲線呈現較為不穩定。

表 4-1-5 為後手翻重心最低點軀幹及各關節角度。僅肩關節角度達統計顯著。體操選手在重心最低點時肩關節角度平均約為 3.73 度，顯著小於啦啦隊選手的平均 32.06 度，體操選手在重心最低點時雙臂幾乎貼近於軀幹，而啦啦隊選手雙臂已經前擺至身體前方。

表 4-1-5 後手翻重心最低點軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度 單位：deg

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
軀幹角度	60.31 ± 21.63	65.78 ± 22.83	-.492	.630
肩關節角度	3.73 ± 25.75	32.06 ± 23.61	-2.209	.046*
髖關節角度	88.33 ± 21.39	90.64 ± 18.87	-.228	.823
膝關節角度	102.23 ± 9.50	93.84 ± 15.05	1.333	.204
踝關節角度	101.20 ± 6.72	99.79 ± 6.67	.419	.682

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-6 為後手翻起跳時軀幹及各關節角度。僅有膝關節角度達統計顯著，體操選手在起跳時膝關節的蹬伸較啦啦隊選手來的大。

表 4-1-6 後手翻起跳時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度 單位：deg

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
軀幹角度	168.38 ± 8.50	175.56 ± 7.77	-1.765	.099
肩關節角度	162.89 ± 7.93	165.24 ± 4.30	-.735	.474
髖關節角度	215.90 ± 46.24	217.71 ± 8.48	-.326	.749
膝關節角度	135.48 ± 13.24	126.15 ± 5.38	2.870	.012*
踝關節角度	142.09 ± 6.30	140.52 ± 2.75	.647	.528

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-7 為後手翻手觸地時軀幹及各關節角度。軀幹、肩關節、膝關節角度均達統計顯著。體操選手的軀幹角度在空中旋轉較快，在手觸地時相較於啦啦隊選手更接近垂直地面。在手觸地時啦啦隊選手肩關節角度上有過度伸展的情形。而啦啦隊選手因為在起跳階段膝關節未獲得充份伸展，導致接下來的空中期膝關節角度仍較為彎曲。

表 4-1-7 後手翻手觸地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度 單位：deg

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
軀幹角度	266.78 ± 6.62	251.81 ± 7.78	4.238	.001**
肩關節角度	174.81 ± 7.22	186.23 ± 3.25	-4.080	.001**
髖關節角度	243.82 ± 6.57	247.28 ± 11.62	-.733	.476
膝關節角度	138.00 ± 9.64	110.67 ± 17.86	3.808	.002**
踝關節角度	146.93 ± 7.10	147.56 ± 5.44	-.198	.846

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-8 為後手翻手離地時軀幹及各關節角度。只有髖關節角度達統計顯著。啦啦隊選手在手離地時，髖關節角度顯著小於體操選手。

表 4-1-8 後手翻手離地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度 單位：deg

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
軀幹角度	313.63 ± 5.81	294.84 ± 67.98	.779	.449
肩關節角度	140.93 ± 7.50	134.14 ± 20.76	.870	.399
髖關節角度	137.29 ± 12.05	107.02 ± 32.54	2.467	.027*
膝關節角度	187.37 ± 9.87	164.79 ± 37.39	1.651	.121
踝關節角度	126.87 ± 12.43	112.55 ± 19.06	1.779	.097

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-9 為後手翻腳著地時軀幹及各關節角度。二組選手除了肩關節角度未達統計顯著外，其它參數皆達統計顯著，因本實驗為單獨後手翻，未接續任何動作，著地為動作結束階段，因此肩關節在此並未作用。體操選手在軀幹、髖、膝、踝關節角度均顯著大於啦啦隊選手。體操選手在軀幹翻轉較大，髖、膝、踝的伸展也大於啦啦隊選手。

表 4-1-9 後手翻腳著地時軀幹、肩、髖、膝、踝關節角度 單位：deg

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
軀幹角度	359.23 ± 5.84	343.00 ± 11.54	3.549	.003**
肩關節角度	118.58 ± 10.83	119.71 ± 19.38	-.143	.888
髖關節角度	113.36 ± 7.08	89.00 ± 12.48	4.801	.000**
膝關節角度	173.22 ± 5.43	163.48 ± 10.03	2.417	.030*
踝關節角度	112.94 ± 4.95	105.33 ± 6.71	2.580	.022*

\*p<.05 \*\*p<.01

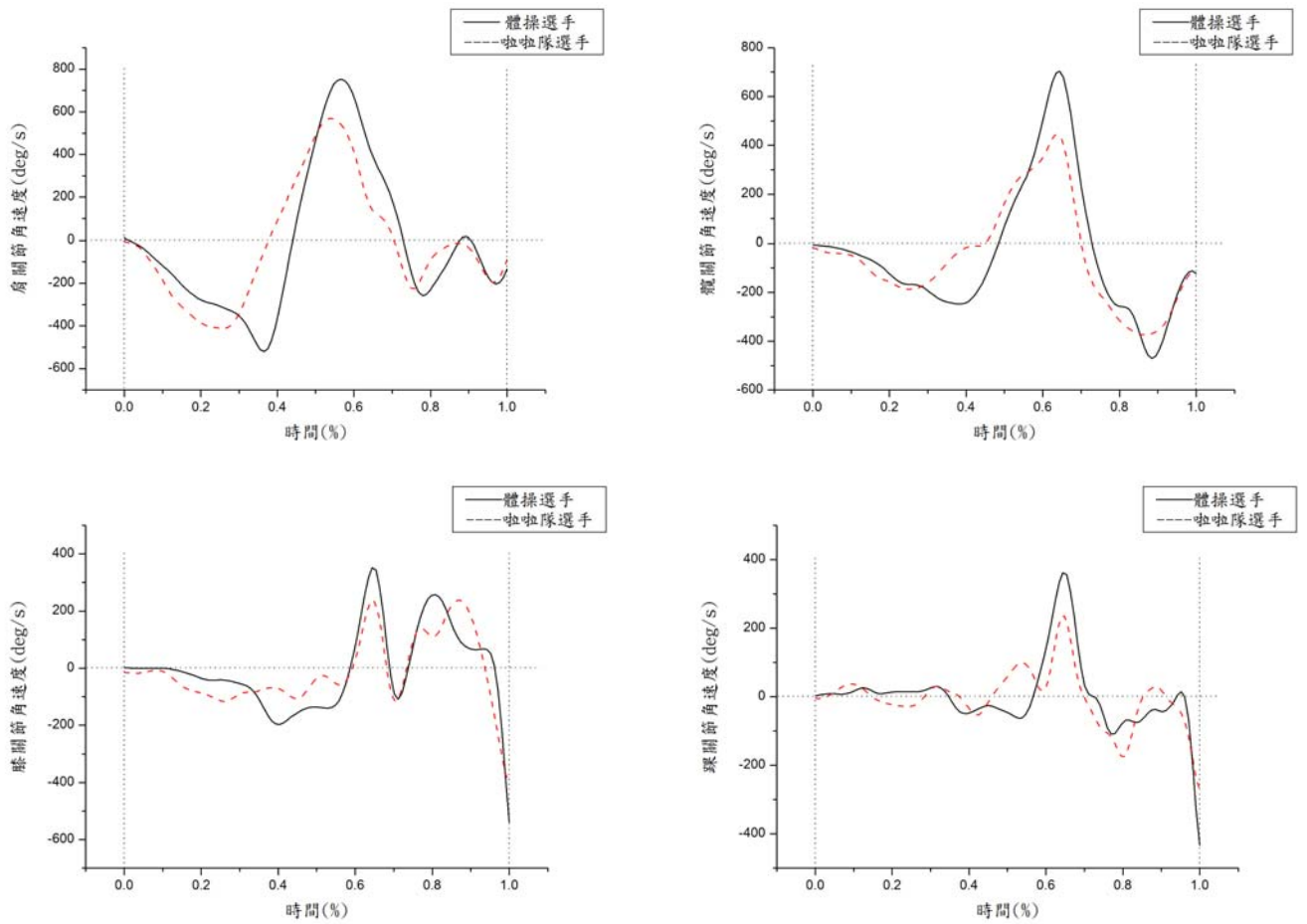


圖 4-1-5 體操選手(N=8)及啦啦隊選手(N=8)後手翻關節角速度曲線

圖 4-1-5 為二組選手後手翻關節角速度曲線。二組選手在各關節角速度上有著相似的曲線。從圖中可看出體操選手在峰值上均大於啦啦隊選手。而在起跳各關節角速度達到峰值後，各關節角速度均呈減速狀態，只有膝關節在手觸地推撐離地時又呈現加速伸直的現象。

表 4-1-10 為後手翻重心最低點各關節角速度，都未達統計顯著。但體操選手有較大的肩關節角速度，肩關節角度卻小於啦啦隊選手。

表 4-1-10 後手翻重心最低點肩、髖、膝、踝關節角速度 單位：deg/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
肩關節角速度	644.51 ± 208.03	543.68 ± 295.04	.790	.443
髖關節角速度	228.80 ± 75.86	208.08 ± 126.13	.398	.696
膝關節角速度	-87.70 ± 65.01	-114.94 ± 59.21	.876	.396
踝關節角速度	-5.11 ± 32.81	-10.94 ± 60.48	.239	.814

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-11 為後手翻起跳時各關節角速度。髖、膝關節角速度達到統計顯著。體操選手起跳時髖、膝關節的伸展都比啦啦隊選手要快。

表 4-1-11 後手翻起跳時肩、髖、膝、踝關節角速度 單位：deg/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
肩關節角速度	333.83 ± 86.11	366.14 ± 127.67	-.594	.562
髖關節角速度	767.12 ± 47.42	672.03 ± 61.30	3.470	.004**
膝關節角速度	456.45 ± 106.41	363.97 ± 59.29	2.147	.050*
踝關節角速度	466.32 ± 103.86	379.85 ± 90.83	1.773	.098

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-12 為後手翻手觸地時各關節角速度。僅有膝關節角速度達到統計顯著。體操選手膝關節角速度顯著大於啦啦隊選手。因起跳後身體即保持反弓身的姿勢直到手觸地，因此在關節角速度上均呈減速狀態，而體操選手在手觸地時膝關節角速度卻呈現加速，是起跳時雙膝即已伸展，由彎屈變成伸直狀態的結果，啦啦隊選手僅有 C2、

C3 在膝關節角速度呈正值，其餘 6 位啦啦隊選手膝關節角速度均呈現負值，啦啦隊選手在手觸地時膝關節呈現彎曲的現象。

表 4-1-12 後手翻手觸地時肩、腕、膝、踝關節角速度 單位：deg/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
肩關節角速度	-195.62 ± 121.18	-208.08 ± 72.54	.249	.807
腕關節角速度	-214.24 ± 87.95	-153.75 ± 92.86	-1.338	.202
膝關節角速度	193.26 ± 82.94	-42.78 ± 138.34	4.139	.001**
踝關節角速度	-76.73 ± 75.03	-53.32 ± 85.34	-.583	.569

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-13 為後手翻手離地時各關節角速度。僅有腕關節角速度達到統計顯著。啦啦隊選手因推撐、甩腰技術的不成熟，而過份注重雙腳往下著地，使得腕關節角速度負加速度小於體操選手。

表 4-1-13 後手翻手離地時肩、腕、膝、踝關節角速度 單位：deg/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
肩關節角速度	-17.92 ± 98.75	-58.68 ± 106.55	.794	.441
腕關節角速度	-383.11 ± 110.67	-194.59 ± 133.47	-3.075	.008**
膝關節角速度	67.64 ± 37.41	57.96 ± 95.72	.266	.794
踝關節角速度	-39.68 ± 62.96	28.98 ± 77.78	-1.945	.072

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-1-14 為後手翻腳著地時各關節角速度。均未達統計顯著。

且因著地為動作完成階段，使得各關節角速度均呈減速狀態。

表 4-1-14 後手翻腳著地時肩、腕、膝、踝關節角速度 單位：deg/s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
肩關節角速度	-177.99 ± 105.10	-194.41 ± 87.87	.339	.740
腕關節角速度	-122.68 ± 112.64	-132.70 ± 70.14	.214	.834
膝關節角速度	-385.32 ± 186.16	-471.06 ± 112.76	1.114	.284
踝關節角速度	-306.67 ± 173.02	-337.81 ± 141.22	.394	.699

\*p<.05 \*\*p<.01



## 第二節、後手翻起跳階段動力學分析

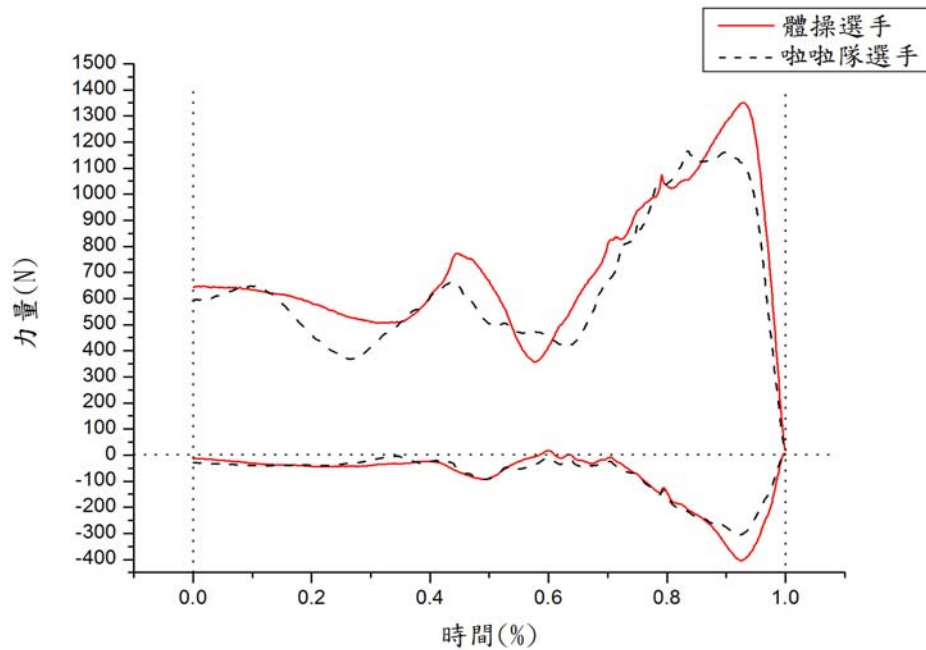


圖 4-2-1 體操選手(N=8)及啦啦隊選手(N=8)後手翻起跳階段地面反作用力曲線

圖 4-2-1 為 G7 及 C3 實驗參與者後手翻起跳階段地面反作用力曲線。水平力量負值代表向後，雖然後手翻為一向後跳躍翻轉動作，但從圖中可看出，選手為了維持平衡，在下蹲階段水平力量產生制動，以避免因過大的向後力量而造成翻轉空間的不足。

表 4-2-1、表 4-2-2 及表 4-2-3 為後手翻起跳階段各動力學參數。體操選手有 1 位、啦啦隊選手有 2 位在起跳階段產生小跳步，而此小跳步有預先提供向後水平力量之效果。在起跳階段最大垂直力量體操選手大約是體重的 2.3 倍，而啦啦隊選手大約是體重的 2.19 倍，在最大水平力量方面，體操選手大約是體重的 0.67 倍，啦啦隊選手大約是體重的 0.53 倍。

最大垂直、水平力量產生時間二組選手一樣未達顯著，最大垂直力量產生時幾乎伴隨著最大水平力量的產生，而體操選手在最大垂直、水平力量產生時間相較啦啦隊選手是比較慢。在衝量部份，雖然未達顯著，但體操選手在平均水平總衝量有優於啦啦隊選手的現象。

表 4-2-1 後手翻起跳階段最大垂直、水平力量 單位：body weight

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
最大垂直力量	2.30 ± 0.31	2.19 ± 0.14	.924	.371
最大水平力量	0.67 ± 0.12	0.53 ± 0.18	1.875	.082

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-2-2 後手翻起跳階段最大垂直、水平力量產生時間 單位：s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
最大垂直力量產生時間	1.16 ± 0.21	1.02 ± 0.31	1.065	.304
最大水平力量產生時間	1.20 ± 0.17	1.06 ± 0.34	1.092	.293

\*p<.05 \*\*p<.01

表 4-2-3 後手翻起跳階段總衝量及下蹲期、上升期衝量 單位：N\*s

	體操選手(N=8)	啦啦隊選手(N=8)	t	p
垂直總衝量	933.18 ± 122.82	973.72 ± 168.07	-.551	.590
水平總衝量	-108.41 ± 15.65	-99.57 ± 28.83	-.762	.459
下蹲期垂直衝量	665.37 ± 124.12	683.31 ± 167.01	-.244	.811
下蹲期水平衝量	-44.66 ± 9.38	-45.14 ± 17.31	.069	.946
上升期垂直衝量	268.53 ± 44.39	291.12 ± 75.19	-.732	.476
上升期水平衝量	-64.08 ± 12.88	-54.65 ± 13.74	-1.417	.178

\*p<.05 \*\*p<.01，水平衝量正負僅代表方向

## 第五章、討論與結論

本研究的討論分為二大部分：一、後手翻之運動學。二、後手翻起跳階段動力學，並於最後提出結論與建議。

### 第一節、後手翻之運動學

#### 一、後手翻動作時間及重心位移、速度

二組選手在後手翻動作總時間上並沒太大差異(表 4-1-1)，平均為 1.98 秒左右，唯有支撐期時間體操選手顯著短於啦啦隊選手。體操選手利用快速的推撐而造成在支撐期時間較短，同時對於力量的轉換有一銜接作用。第二空中期使得選手在著地時能有充份空間伸展，但啦啦隊選手因為支撐期技巧的不熟練，未能有效將起跳所產生的向後力量轉移而造成有二位選手未產生第二空中期，而倒立-著地距離也顯著小於體操選手(表 4-1-2)。體操選手在離地高度顯著優於啦啦隊選手(表 4-1-3)，有相對的高度，才能在伸展軀幹的狀態下完成翻轉，啦啦隊選手翻轉的空間不足，導致後續的支撐、推撐等動作無法順利銜接。

起跳時，二組選手在重心水平、垂直速度均達到顯著差異(表 4-1-4 及圖 4-1-2)，向後翻轉除了水平速度外，垂直速度使得體操選手在起跳時有較大的向上力量，進而有較高的離地高度，相較於啦啦隊選手則因較小的垂直速度導致起跳空間不足，影響後續動作。在手

離地時，僅有重心水平速度達到顯著差異，啦啦隊選手因為翻轉及離地高度的不足導致無法有效支撐進而影響重心水平速度的銜接。

## 二、 後手翻各分期軀幹及關節角度、角速度

在重心最低點時(表 4-1-5 及表 4-1-10)，體操選手在肩關節角度小於啦啦隊選手，而肩關節角速度雖未達顯著，但體操選手角速度卻大於啦啦隊選手，因為體操選手在下蹲時雙手擺動較慢，而在轉換為上升期時開始加速，而啦啦隊選手在重心最低點時雙手已經前擺至體前，使得雙腳的力量無法銜接至上肢帶動翻轉。

在起跳階段(表 4-1-6 及表 4-1-11)，體操選手在起跳時充分的推蹬，造成膝關節伸展，而產生較佳的向後力量，而髖關節角度雖未達顯著，但體操選手在髖關節角速度卻顯著優於啦啦隊選手，此結果也符合隋國華、趙越(1999)指出，後手翻動作的關鍵是“挑”腰，體操選手在起跳時快速的將髖部反弓身，使得翻轉能獲取較佳的向後、向下的力量。

在手觸地階段(表 4-1-7 及表 4-1-12)，因為上半身的翻轉角度不足，使得啦啦隊選手在支撐時無法有效控制倒立的姿勢，也因此才出現肩關節過度伸展的現象。而因為起跳時膝關節未有效伸展，在起跳後仍維持彎曲，而體操選手因起跳時充份的推蹬，同時帶動了下肢的翻轉，雖然在手觸地時膝蓋仍是些微彎曲，但仍在持續伸直，使得膝

關節角速度呈現加速狀態。

在手離地階段(表 4-1-8 及表 4-1-13)，髖關節角度、角速度都達顯著，體操選手在手離地時髖關節角度大於啦啦隊選手，而角速度卻是體操選手呈負加速度。體操選手在手離地時利用肩膀的推撐而轉換起跳時所獲得的向後力量，再利用鞭打原理，以髖關節為始，快速的向下甩動下肢，使得髖關節在離地時雖然有較大的角度，但卻有較快的負加速度，表示髖關節的屈曲較為快速，同時也帶動了上肢、軀幹的翻轉。本研究二組選手在推手離地時肩關節角度平均為  $140.93^{\circ}$  與  $134.12^{\circ}$ ，雖未達統計顯著，但均小於王健(1997)推手瞬間肩關節角度的  $151.91^{\circ}$ ，站立後手翻向後力量小於連接後手翻，因此在推撐後的伸展幅度小於連接動作。

在著地階段(表 4-1-9 及表 4-1-14)，本實驗為站立原地後手翻，著地階段在本實驗中為動作結束階段。在各關節角度上，除了肩關節角度因為動作完成雙手為保持在身體前方而未有作用外，在軀幹及髖、膝、踝關節角度均達統計顯著，體操選手在著地時，軀幹的翻轉平均達到  $359.23^{\circ}$ ，使得下肢髖、膝、踝關節有足夠空間伸展，而啦啦隊選手因翻轉不足，使得著地時必需收縮髖、膝、踝關節以預備著地。著地時各關節的角速度雖未達統計顯著，但二組選手均呈現減速狀態。

## 第二節、後手翻起跳階段動力學

以力量曲線來看，8位體操選手在垂直地面反作用力上，均出現二個以上的峰值，與Payne and Barker(1976)的研究只出現一個峰值有所不同，可能因為技術及動作難度的演進，而造成此差異。而8位啦啦隊選手在垂直地面反作用力曲線則顯的較為不規則，應與選手本身動作熟練度有所關連。在水平力量方面，僅有G5選手完全沒有產生向前力量，其餘二組選手在水平力量均出現前後方向的力量，表示選手在下蹲期時仍會產生制動力以避免身體向後傾倒，但在連續後手翻時此現象是否存在，仍待探討。雖未達統計顯著，體操選手在最大垂直力量、最大水平力量仍然大於啦啦隊選手，應是選手對於動作熟練度所產生的影響，體操選手對於重心的控制、力量的轉換及肌力優於啦啦隊選手，因此能以較大的垂直、水平力量來完成起跳動作。

### 第三節、結論與建議

本研究主要目的為探討後手翻動作之運動學差異、後手翻起跳前動力學差異，所得結論如下：

- 1、 雙臂擺動應在上升時才開始加速，並配合髖、膝的伸展推蹬，以獲取較佳的完成動作所需的力量。
- 2、 起跳前的弓身、推蹬是起跳階段重要的關鍵，弓身有助於軀幹的翻轉及手撐地的預備，而推蹬可使雙腳在空中持續的翻轉。
- 3、 第一空中期時，弓身翻轉軀幹及下肢的擺動會影響到支撐及後續動作。
- 4、 在支撐階段應快速的推撐，以便銜接水平力量，快速的屈曲髖關節有助於推撐及著地。

針對本研究提出以下建議：

- 1、 後手翻起跳階段是動力來源，雙手應在上升時再加速擺臂，在起跳時的髖關節伸展及雙腳推蹬是起跳階段重要的關鍵。而動作的流暢度影響到力量的轉換，選手應加強起跳前下蹲期、上升期的動作熟練。
- 2、 動作過程中髖關節的反弓身是影響翻轉及後續支撐期的關鍵，而下肢在空中也應持續翻轉，初學者可藉由橋形等其它動作做

為輔助練習，

- 3、 支撐期的推撐及髖關節的屈曲是影響第二空中期及著地的關鍵，對初學者而言應多練習倒立推撐及甩腰的動作。
- 4、 本研究站立原地後手翻為基礎動作，可加入肌電訊號分析，以釐清肌肉作用，並加入雙手支撐期的動力學研究，以深入探討動作及推撐的力量變化。後手翻實用性仍是以連續後手翻為主，因此後續研究建議以連續後手翻為主。



## 參考文獻

### 一、中文部分：

- 王健 (1997)。趙衛華小翻接前直兩周轉體 180° 動作的運動學分析。天津體育學院學報。12(2)，92-95。
- 王國連 (2005)。以動態光點提供動作協調型態之研究。未出版碩士論文，國立臺灣師範大學，台北市。
- 石罕池、顏克典、相子元 (2006)。不同運動項目選手下肢動力特性之探討。大專體育學刊。8(1)，165-173。
- 林清和 (譯) (1981)。奧運男子競技體操。台北市：健行文化。(金子明友，1976)
- 徐元民 (2005)。體育史。臺北市：品度。
- 周繼和、石玉琴、劉北湘 (1999)。後手翻接團身後空翻三周技巧動作的運動學分析。成都體育學院學報，25(4)，29-32。
- 隋國華、趙越 (1999)。後手翻動作教學訓練研究。佳木斯大學學報(自然科學版)，17(2)，237-240。
- 黃東秋 (1974)。體操運動。臺北市：國立師範大學體育學會。
- 鄭黎暉 (2003)。國內二位女子體操優秀選手地板側翻內轉後手翻接續不同動作類型後空翻技術之運動學分析。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 鄭焜杰 (2000)。體操教學活動設計。載於林貴福(主編)，國小體育科教材教法(頁 323-346)。臺北市：師大書苑。
- 蔡宜郎 (1977)。競技體操技術發展趨勢之研究。台北市：台北市立體專體育學術研究會。
- 鍾寶弘(2000)。垂直跳與跨步跳之生物力學分析比較。未出版碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

魏國豐、陳嘉遠、李振興、陳銘堯(譯)(2006)。F.I.G 國際男子競技體操評分規則。台北市：中華民國體操協會。(International Gymnastics Federation, 2005)

## 二、英文部分：

Conner, B. (1992). Power flip-flops. *International Gymnast*. 34(8/9). 58.

Grassi, G. P., Santini, T., Lovecchio, N., Turci, M., Ferrario, V. F., & Sforza, C. (2005). Spatiotemporal consistency of trajectories in gymnastics: a three-dimensional analysis of flic-flac. *International Journal of Sport Medicine* 26(2). 134-138.

Hay, J. G. (1993). *The biomechanics of sports techniques*(3rd ed). Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall.

Payne, A. H., Barker, P. (1976). Comparison of the take-off forces in the flic flac and the back somersault in gymnastics. *Biomechanics V : proceedings of the Fifth International Congress of Biomechanics* (p.314-321). Jyvaskyla, Finland: 1975 International Congress of Biomechanics.

## 附錄一：實驗參與者同意書

您 好：

本研究係“不同層級選手後手翻技術之分析比較”，本實驗需要您的支持與參與，在此希望徵求您的同意。

請詳細閱讀下列幾點說明：

- 一、 研究目的：比較競技體操選手與競技啦啦隊選手後手翻技術之運動學參數及地面反作用力參數，希望透過運動學與動力學的方式探討後手翻動作技術特徵，提供教練、選手、學習者在日後運動訓練或學習階段作為動作學習的參考。
- 二、 您的權益：如果您在實驗期間改變您的意願，請您立即通知研究者，並可隨時退出實驗而不接受任何限制。

若您已經瞭解上述相關事宜，且願意參與本研究，請您在本同意書下方姓名欄內簽名，表示同意並且願意配合一切實驗步驟，再一次由衷地感謝您的大力合作與支持！

受試者簽名：\_\_\_\_\_

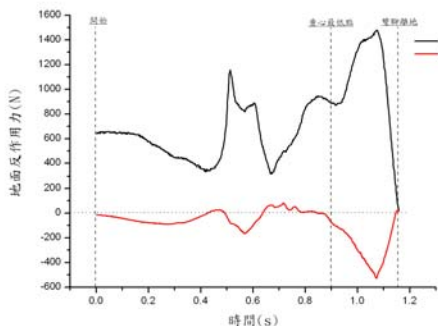
填表日期：中華民國\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

研究者：許金樹

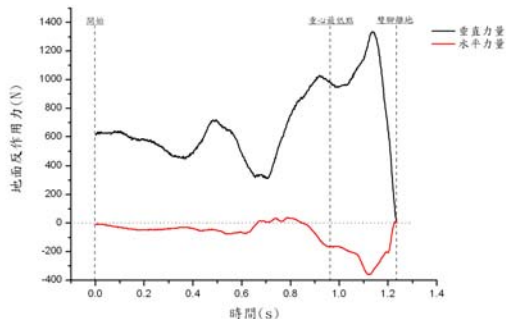
聯絡電話：0933202176

### 附錄二：地面反作用力曲線圖

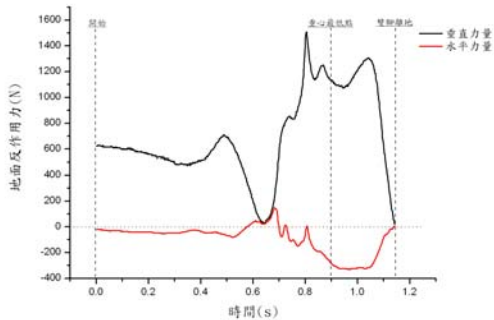
體操選手：



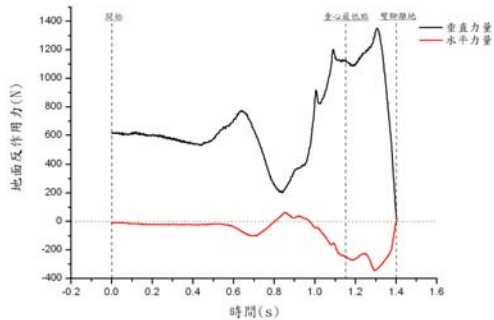
G1-2



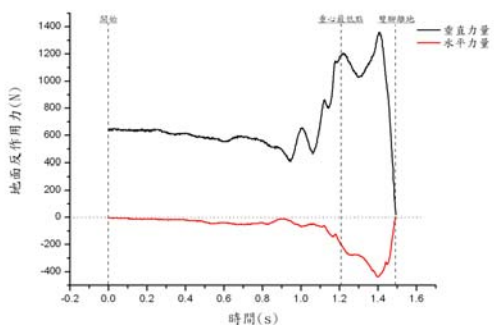
G2-1



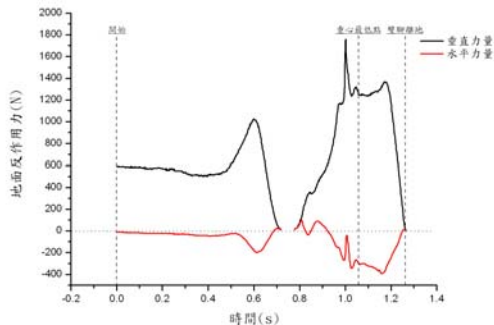
G3-2



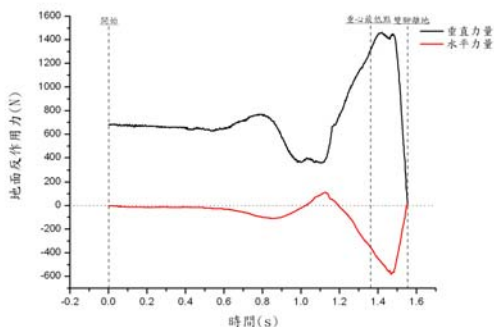
G4-2



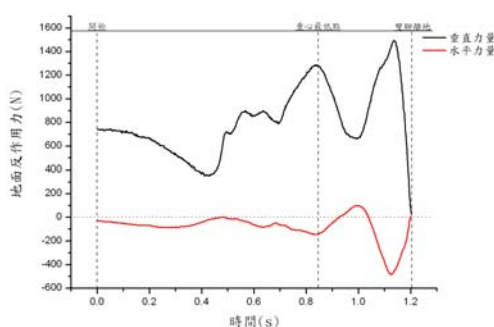
G5-4



G6-3

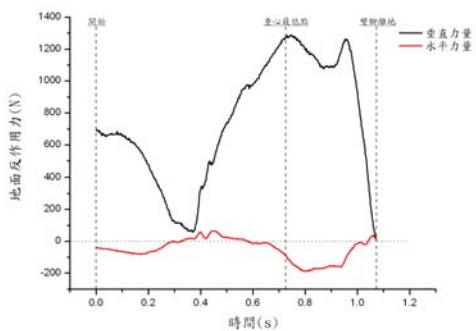


G7-2

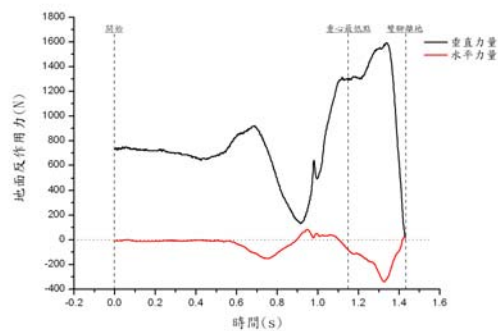


G8-3

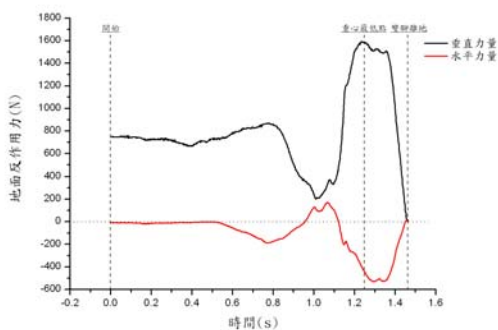
啦啦隊選手



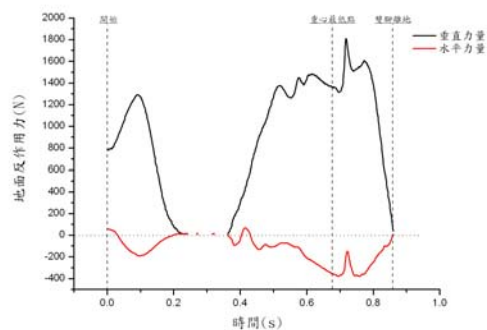
C1-3



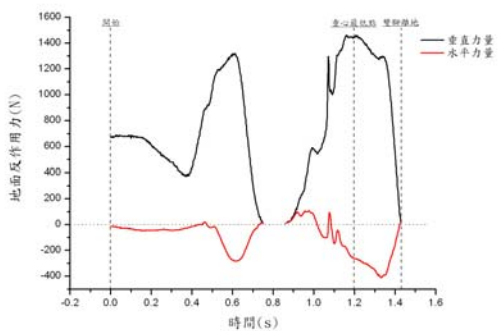
C2-1



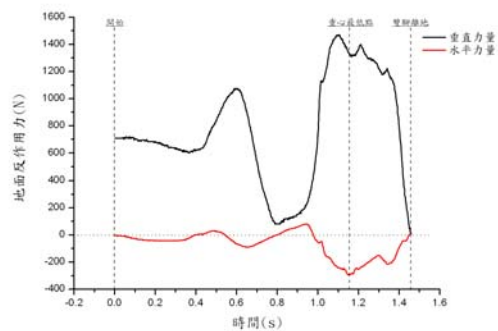
C3-4



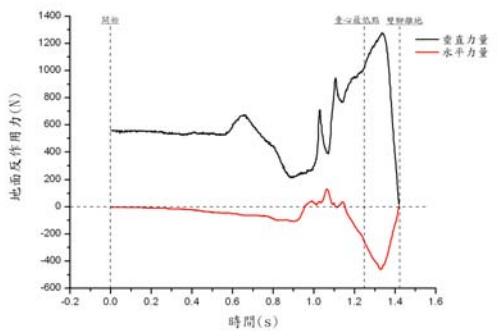
C4-3



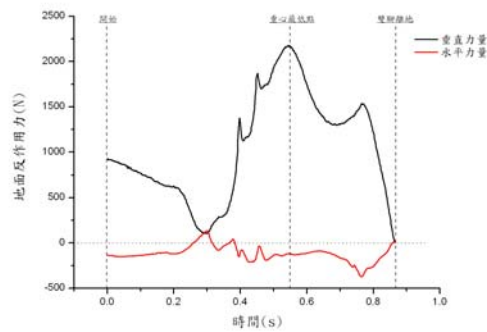
C5-4



C6-3



C7-3



C8-5