

第參章 研究方法與步驟

第一節 研究對象

本研究以我國四段以上之男性教練八名為研究對象，表 3-1 為受試者基本資料。

表 3-1 受試者基本資料

受試者	年齡(yrs)	身高(cm)	體重(kg)	拳齡(yrs)	段位(Den)
A	36	168	65	26	伍
B	33	180	83	21	伍
C	26	180	85	18	肆
D	28	169	68	21	肆
E	26	170	75	17	肆
F	25	181	70	18	肆
G	26	181	84	18	肆
H	24	177	70	5	肆
Mean	28	175.75	75	18	
SD	4.24	5.75	7.96	6	

第二節 研究日期與地點

日期：中華民國九十六年四月廿一至廿三日。

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 研究儀器與設備

本研究所採的實驗方法中，主要可區分為運動學測量(Kinometry)與動力學測量(Dynamometry)兩部份。研究之實驗儀器與分析軟體如下：

一、研究儀器：

(一)運動學測量(Kinometry)部分：

- 1.十架高解析度紅外線攝影機(Vicon MX13+)，見圖 3-1。
2. L-frame(圖 3-2)與 T-wand(圖 3-3)靜態與動態校正三度空間。



圖 3-1 Vicon MX13+



圖 3-2 L-frame



圖 3-3 T-frame

(二)動力學測量(Dynamometry)部分：

三維測力板二塊(Kistler 9281, 60 cm × 40 cm; Kistler 9287, 60 cm × 90cm) ，見圖 3-4。

(三) 其他：微型開關一個，見圖 3-5。



圖 3-4 Kistler 測力板



圖 3-5 微型開關

(四)擷取軟體：

反光球與力板資料，皆由 Vicon Motion system 中 Nexus 軟體擷取。

第四節 研究方法與步驟

本研究的實驗方法中，分為實驗前之準備、講解說明實驗與實驗步驟三大部分闡述。

一、實驗前之儀器校正：

(一) 運動學測量(Kinometry)影像系統：

- 1.調整十架紅外線攝影機之鏡頭，並設定採樣頻率 250Hz。
- 2.由 T-wand 與 L-frame 動態與靜態方式來校正紅外線攝影機。首先揮動 T-wand，將受試者所運動的空間，完全掃過，進行動態校正，再將 L-frame 置於力板的角落，做靜態校正，並利用 Nexus 軟體擷取資料。

(二) 動力學測量(Dynamometry)測力系統：

- 1.檢查測力板是否平穩，並設定採樣頻率 1000Hz。
- 2.實驗進行前，於硬體上將測力板歸零；於軟體上再校正一次，確保資料的正確性。

(三)微型開關一個，並於開關之把柄上插一橡皮，附置於木板後，實驗進行前，檢查微型開關是否能傳回電壓。

(四)同步系統：

利用 Vicon Motion System 三維動作分析系統，使十架高解析度紅外線攝影機、測力板與微型開關進行同步。

二、講解說明實驗：

(一)動作說明：三百六十度跳後後踢(360°Jumping Back Kick)，見圖 3-6，

動作分為旋轉期、騰空期與收腳恢復期進行動作解說：

1. 準備期：由預備動作（圖 3-6-1）至跨步動作（圖 3-6-2）。
2. 跨步期：由跨步動作（圖 3-6-2）至旋轉加速動作（圖 3-6-3）。
3. 旋轉期：由旋轉加速動作(圖 3-6-3) 至起跳騰空動作（圖 3-6-4）。
2. 騰空踢擊期：起跳騰空動作（圖 3-6-4）至擊破瞬間（圖 3-6-6）。
5. 接觸期：由準備踢擊踢擊動作（圖 3-6-5）至擊破瞬間（圖 3-6-6）。

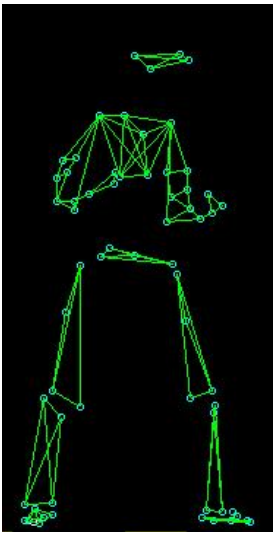


圖 3-6-1 預備動作

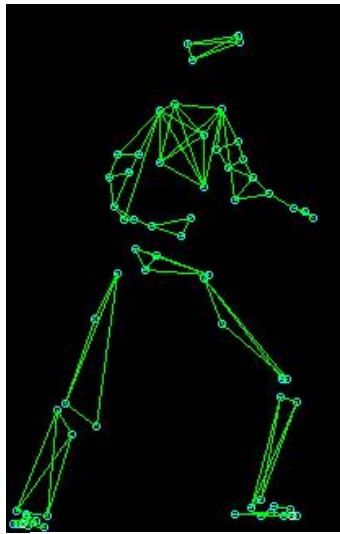


圖 3-6-2 跨步動作

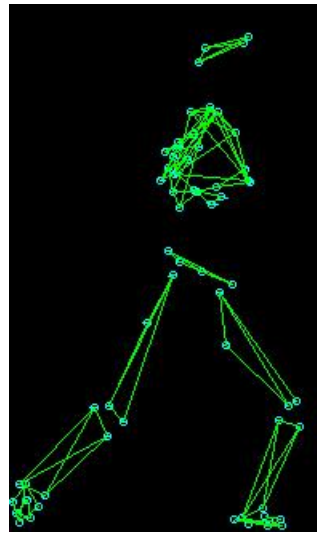


圖 3-6-3 旋轉加速動作

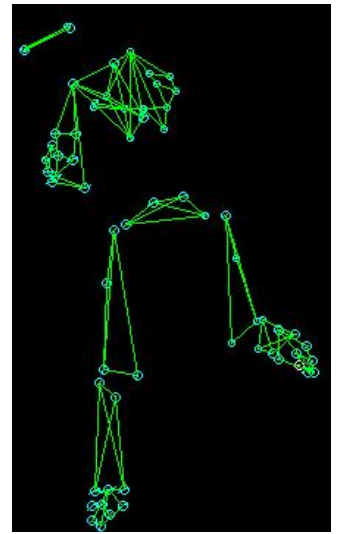


圖 3-6-4 起跳騰空動作

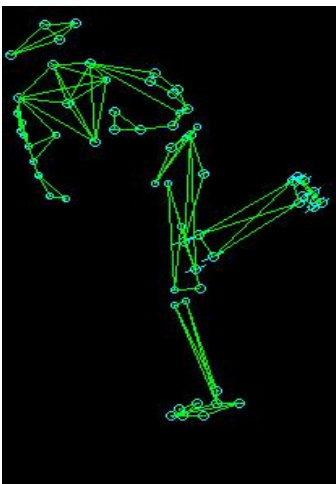


圖 3-6-5 準備踢擊動作

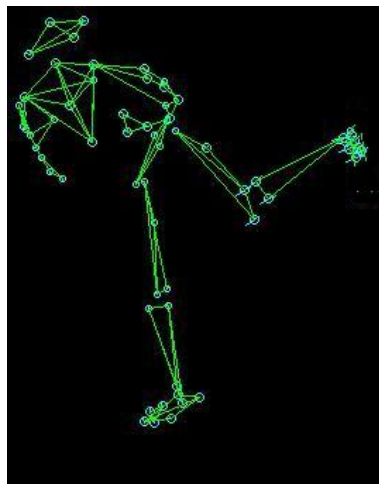


圖 3-6-6 擊破瞬間

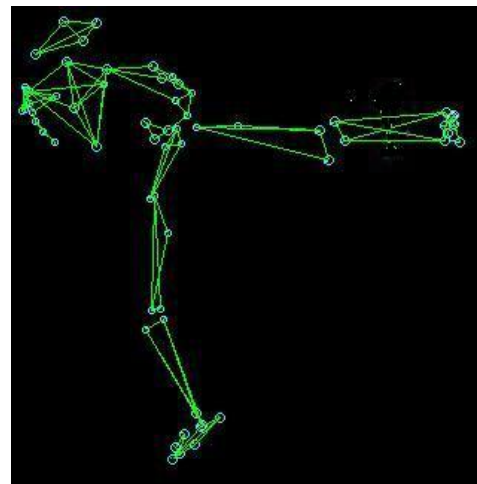


圖 3-6-7 完全踢擊動作

圖 3-6 三百六十度跳後後踢分解動作圖示

(二)實驗過程解說：

- 1.在實驗前，先行解說實驗流程，使受試者知其實驗目的，有助實驗進行，於了解實驗流程後，請受試者填寫受試同意書及個人基本資料。
- 2.要求依本研究之踢擊標準，使用三百六十度跳後踢擊破一吋厚(2.54cm)木板五片，一次一片，每次有三次機會擊破木板。

三、實驗步驟：

佈置場地(圖 3-7)時，攝影機之拍攝頻率為 250Hz，測力板之採樣頻率為 1000Hz。場地佈置完畢後，將所要注意之事項告知受試者，使受試者了解施測方法及步驟。實驗前，先讓受試熱身三十分鐘。實驗時，請受試者擺出解剖學基本姿勢；擊破木板時，測受試者之慣用腳；呈預備戰鬥姿勢，兩腳開立，一腳各站立一塊測力板上，每位受試者必需擊破一吋厚(2.54cm)木板五片，於微型開關的柄上插一橡皮，增加慣性，置於木板後，當受試者擊中木板瞬間，傳回電壓值。

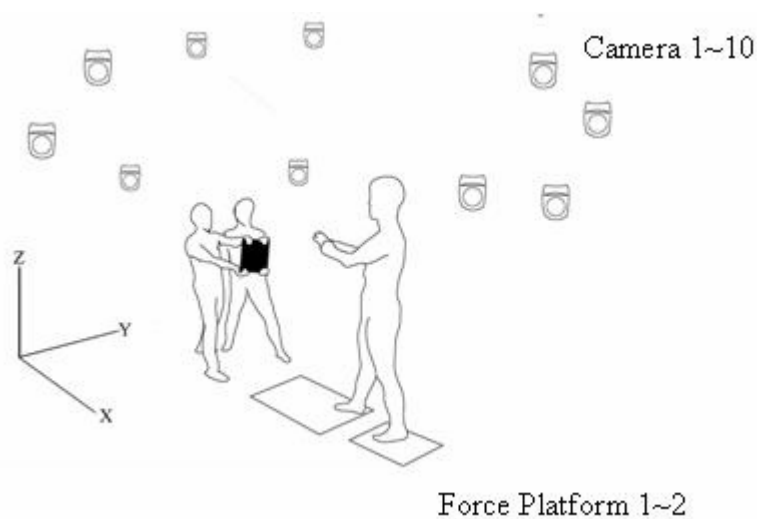


圖 3-7 場地佈置配置圖

第五節 資料擷取

運動學測量(Kinometry)，利用十架 Vicon MS13+高解析度紅外線攝影機(250Hz)，對受試者擊破動作進行拍攝並擷取反光球。由 Vicon Motion System 三維動作分析系統之 Nexus 軟體擷取受試者身上之反光球，再由 Workstation 軟體進行光球命名。動力學測量(Dynamometry)，利用 Kistler 三維測力板測(1000Hz)其地面反作用力，由 Vicon Motion System 之 Nexus 軟體擷取力板資料。

第六節 資料處理方法

本實驗分為運動學測量(Kinometry)之影像分析系統、動力學測量(Dynamometry)之力量分析系統，兩大部分來說明：

一、運動學之分析系統與參數

(一)運動學場地座標與人體肢段參數：

本實驗拍攝所得的反光點之資料，經由Vicon之A/D converter數位化，其中三度空間的絕對直角座標與場地的相對關係，定義擊破方向為X軸，垂直方向定義為Z軸，與擊破方向垂直的方向定義為Y軸。本研究採用 Dempster 所建立之人體肢段模型與人體肢段參數(Dempster, 1955)，詳見附錄一。

(二)全身肢段座標定義

在撰寫程式前，必需要先定義各肢段之座標，才前計算肢段在空間進行的線運動與角運動，而後進行分析且描述肢段在空間的運動情形。各肢段光球位置與各肢段之座標設定參考ISB(International Society of Biomechanics)建議座標系(Wu, Siegler, Allard1, Kirtley, Leardini, et. al., 2003; Wu, Frans, Helm, Veeger, et. al., 2005)和Chen and Lu(2006)定義本研究各肢段之座標，而肢段座標圖詳見附錄二，而本研究反光球之位置，詳見附錄三。

各肢段座標是由先由反光球找出兩個向量為兩個座標軸，再由兩個向量外積(cross)找出第三個軸向，定義一個肢段。本研究主要探討下肢關節，骨盆、大腿、小腿、足部肢段座標的定義如下：

1. 骨盆(Pelvis)：左右側的腸骨前上棘 (Anterior Superior Iliac Spine) 和腸骨後上棘 (Posterior Superior Iliac Spine)；
2. 大腿 (Thigh) 包括股骨大轉子 (Greater Trochanter)、股骨外側髁 (Lateral Femoral Epicondyle)和股骨內側髁 (Medial Femoral Epicondyle)；
3. 小腿 (Shank) 包括腓骨頭 (Head of Fibula)、脛骨粗隆 (Tibial Tuberosity)、腓骨外側髁 (Lateral Malleolus)和脛骨內側髁 (Medial Malleolus)；
4. 足部(Foot)包括腳後跟(Heel)、舟狀骨粗隆 (Navicular Tuberosity) 和第五跖骨粗隆 (Tuberosity of 5th Metatarsal)。

(三)運動學變數計算

1.關節角度與角速度之運算

定義各肢段座標後，以尤拉角(Euler angle)來運算肢段間之關節角度，其概念是在遠端肢段看近端肢段運動，所計算出三維的角度。又尤拉角的運算牽涉到旋轉的順序，而在人體不同關節的運算上，有不同的旋轉順序，而本研究主要探討下肢關節，且各肢段的座標方向Z軸為屈伸軸、Y軸為外轉/內轉軸、X軸為外展/內縮軸。

本研究關節角度為 α (外展/內縮)、 β (外轉/內轉)、 γ (屈/伸)由Z-Y-X順序旋轉，是先繞Z軸轉 γ 角度，再繞Y軸轉 β 角度，最後繞X軸轉 α 角度，經由運算後得到旋轉矩陣(公式3-1)，轉為尤拉角(Euler angle) 求出關節角度。

$$R_{zyx} = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \gamma & \cos \gamma \sin \beta \sin \alpha - \sin \gamma \cos \alpha & \sin \gamma \sin \alpha + \cos \gamma \sin \beta \cos \alpha \\ \sin \gamma \cos \beta & \cos \alpha \cos \gamma + \sin \alpha \sin \beta \sin \gamma & \sin \gamma \sin \beta \cos \alpha - \cos \gamma \sin \alpha \\ -\sin \beta & \cos \beta \sin \alpha & \cos \alpha \cos \beta \end{bmatrix}$$

----- 公式 3-1

$$\beta = \sin^{-1} (-R_{zyx}(3,1))$$

$$\gamma = \text{atan2} (R_{zyx} (2,1), R_{zyx} (1,1))$$

$$\alpha = \text{atan2} (R_{zyx} (3,2), R_{zyx} (3,3))$$

角度算出後，經由多項式(polynomial) 法來找出角度-時間曲線，將曲線一次微分後得到角速度。

2. 下肢關節線速度之運算

首先找出髖、膝、踝的位移-時間曲線，髖關節之位移-時間曲線是以股骨大轉子決定；膝關節之位移-時間曲線是由股骨外側髌和股骨內側髌之中點決定；踝關節之位移-時間曲線是腓骨外側髌和脛骨內側髌之中點決定。由多項式(polynomial) 法來找出髖、膝、踝的位移-時間曲線，將曲線一次微分後得到關節線速度。

3. 重心位移與重心速度之運算

本研究採用 Dempster 所建立之人體肢段模型與人體肢段參數 (Dempster, 1955)，首先依照 Dempster (1955) 所定義之肢段長度的之起點與終點，找出各肢段重心位置，再將各各肢段重心位置乘上該肢段所佔全身質量百分比，找出全身重心位置，經由多項式 (polynomial) 法來重心移移-時間曲線；將重心移移-時間曲線一次微分後得到重心速度。

(四)關節屈伸之定義：

計算完下肢關節角度，定義屈髖為正，伸髖為負；屈膝為負，伸膝為正；屈踝為正，伸踝為負。

(五)觀察運動學之現象與參數

- 1.攻擊腳腕、膝與踝關節動力鏈(kinetic chain)的傳遞
- 2.擊破全程重心位移與速度之變化。
- 3 初始距離比：為轉軸腳第三指節基部至木板中心點之水平距離與受試者身高之比值，由公式一算出。

$$\text{初始距離比} = \frac{\text{初始距離}(mm)}{\text{身高}(mm)} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots \text{公式 3-4}$$

- 4.攻擊距離比：為攻擊腳腳跟至木板中心點距離與轉軸腳第三指節基部至木板中心點距離之比值，由公式二算出。

$$\text{攻擊距離比} = \frac{\text{出腳距離}(mm)}{\text{初始距離}(mm)} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots \text{公式 3-5}$$

- 5.受試者於準備期、跨步期、旋轉期與騰空踢擊期身體的晃動幅度，由標準差(S)來計算上述四期之重心位移，進行身體徧移量之評估。

$$S = \sqrt{\frac{\sum(Di - \text{Mean}(d))^2}{\Delta F}} \quad \dots\dots\dots \text{公式 3-3}。$$

Di:每一筆位置之值; Mean(d):每一期距離平均值;

△F:每一期之總張數

- 6.騰空踢擊期，攻擊腳膝關節角度之變化量：為準備踢擊期與擊破瞬間膝關節角度之差值。
7. 騰空踢擊期，髖關節外展角度之變化量：準備踢擊動作髖外展角度與擊破瞬間髖外展角度之差值。
- 8.騰空踢擊期，重心最快速度與出現的時間。
- 9.騰空踢擊期，髖、膝、踝最快角速度與速度。
- 10.擊破瞬間腳跟之合速度。
- 11.擊破瞬間腳跟之水平速度，髖、膝、踝之角度、角速度與速度。

二、動力學之力量分析系統與參數

(一)動力學場地座標

Kistler 三維測力板，定義向後推蹬方向為正，向下推蹬方向為正，向右推蹬方向為正。在旋轉階段中，旋轉腳蹬地之地面反作用力；轉軸腳旋轉時，其地面反作用力。地面反作用力除以受試者的體重，進行標準化。

(二)衝量之計算

首先由多項式(polynomial) 法來找出地面反作用力-時間曲線，並找出地面反作用力-時間曲線之方程式，利用適應性辛普森法(adaptive Simpson quadrature) 積分，設定上下限積分後得到衝量。

(三)觀察運動學之現象與參數

- 1.轉軸腳垂直最大地面反作用力。
2. 轉軸腳水平最大地面反作用力。
3. 旋轉腳垂直最大地面反作用力。
4. 旋轉腳水平最大地面反作用力。
5. 旋轉期轉軸腳垂直衝量。
6. 旋轉期轉軸腳水平衝量。
7. 旋轉期旋轉腳垂直推蹬衝量。
8. 旋轉期旋轉腳水平推蹬衝量。

三、運動學與動力學變數運算：

經由十架 Vicon MS13+高解析度紅外線攝影機(250Hz),對受試者擊破動作進行動作拍攝,所擷取反光球之空間位置資料、Kistler 三維測力板(1000Hz)所測之地面反作用力資料與微型開關之類比訊號,經由 Vicon Motion System 三維動作分析系統之 Nexus 軟體擷取,Workstation 軟體進行光球命名。

光球命名後,先於Workstation軟體中,進行 Fill Gaps 補點的功能,在 Workstation 軟體之 Fill Gaps 是採用三次樣條內插法(cubic spline interpolation)進行補點。筆者由上述計算方法,撰寫成MatLab程式(附錄四),將運動學光球的原始座標(raw data)與動力學原始資料(raw data),讀進MatLab中,程式之運算由MatLab 執行,進行運動學與動力學變數之處理分析。

第七節 統計方法

本研究採用下列統計方法，描述性統計(Descriptive Statistics)、推論性統計(Inferential Statistic)之 t-test 進行各變數之考驗。

一、描述性統計(Descriptive Statistics)

於三百六十度跳後踢擊破動作中，攻擊腳擊破木板之動力鏈傳遞方式、重心軌跡和速度與旋轉時之地面反作用力，使用描述統計統計。於三百六十度跳後踢擊破動作中，全程時間標準化為 100%，重心速度與攻擊腳伸展之角速度峰值，出現於動作全程時刻，使用描述統計統計方式找出其峰值出現時間；而轉軸腳旋轉時，全程時間標準化為 100%，並使用描述性統計方式找出轉軸腳與旋轉腳其垂直力量與水平峰值出現時機。

二、推論性統計(Inferential Statistic)

每一受試者踢擊木板，分為有擊破和沒擊破兩組，由獨立樣本 t-test 考驗下列運動學與動力學變數。變數有初始距離比、攻擊距離比、騰空踢擊期攻擊腳膝關節角度與髁外展之變化量、騰空踢擊期，髁、膝、踝之最快線速度和角速度以及重心最快速度、擊破瞬間腳跟合速度和水平速度、擊破瞬間，髁、膝、踝之線速度、角度與角速度、轉軸腳垂直與水平最大地面反作用力、旋轉腳垂直與水平最大地面反作用力、轉軸腳於旋轉期之衝量、旋轉腳於推蹬期之衝量，定顯著水準 $\alpha=0.05$ 。