

國立臺灣師範大學運動與休閒學院  
體育學系 碩士學位論文

排球扣球攔網與空手攔網之  
生物力學分析

研 究 生：許桎銘

指導教授：黃長福

中華民國103年7月

中華民國臺北市

# 排球扣球攔網與空手攔網之生物力學分析

2014 年 7 月

研 究 生：許 恆 銘

指 導 教 授：黃 長 福

## 摘要

**前言：**排球運動中的攔網技術，其重要性已不可同日而語，隨著規則修定，無論是技術的精進或是對比賽勝負的影響，皆扮演舉足輕重的角色。本研究的**目的：**藉由收集生物力學的參數，比較排球選手執行原地扣球攔網與空手攔網的動作。**方法：**本研究實驗參與者為 8 名女性排球選手，執行排球攔網動作，以 8 部 Vicon 高速攝影機（250Hz）及兩塊測力板（1000Hz）收集扣球攔網與空手攔網兩動作的運動學及動力學資料。**結果：**在起跳期中，扣球攔網和空手攔網間下肢關節髖關節、膝關節及踝關節的各項參數皆無顯著差異。在落地瞬間及落地期空手攔網矢狀面下肢關節活動中，髖關節呈現較大的屈曲角度。在最大垂直地面反作用力瞬間，起跳期下肢關節角度、角速度無顯著差異；在落地期中，空手攔網下肢髖關節角度、角速度顯著大於扣球攔網。兩動作在騰空期最大重心高度上無顯著差異。在標準化最大垂直地面反作用力上，起跳期沒有差異，而在落地期則空手攔網顯著大於扣球攔網。**結論：**排球選手在執行扣球攔網和空手攔網落地時會有不同的落地方式，扣球攔網會以較為僵直的方式落地，空手攔網則會使用髖關節進行落地緩衝。

**關鍵詞：**排球、扣球攔網、空手攔網

# **Biomechanical Analysis of Volleyball Unopposed and Opposed Block Jump**

July, 2014

Student : Chin-Ming Hsu  
Advisor : Chen-Fu Huang

## **Abstract**

Volleyball Block jump is an important skill in the volleyball competition, and it can't be compared in past. With the revised rules of the game, whether technology upgrade or affect the outcome of the game, all play an important role. **Purpose** : The aim of this study was to investigate the biomechanical analysis of volleyball unopposed and opposed block jump.

**Method** : Eight female volleyball players performed unopposed and opposed block jump on two force plates (1000Hz) to collect the kinetic data, and Vicon motion analysis system (8 cameras, 250Hz) to collect the kinematics data. **Result** : In take-off period, there were no difference in hip, knee and lank every parameters. In the initial ground contact and during landing period, unopposed volleyball block jump exhibited greater hip flexion angles. In the peak vertical ground reaction force, there were no difference in angle and angular velocity in take-off period, but unopposed volleyball jump exhibited greater hip angle and hip angular velocity during landing period. There were no differences in Maximum height of center mass. In the peak vertical ground reaction force, unopposed volleyball block jump exhibited greater than opposed. **Conclusion** : Unopposed and opposed volleyball block jump displayed difference strategies during landing. Unopposed utilized hip and knee joint motion to buffer, and opposed exhibited stiff motion.

**Keyword** : Volleyball, Opposed, Unopposed

# 目 錄

口試委員與系主任簽字之論文通過簽名表 .....	i
論文授權書.....	ii
中文摘要.....	iii
英文摘要.....	iv
目 錄.....	v
附 錄.....	vii
表 次.....	ix
圖 次.....	x

## **第壹章 緒論 .....**

**1**

第一節 問題背景.....	1
第二節 研究目的.....	4
第三節 研究重要性.....	6
第四節 研究假設.....	6
第五節 研究範圍.....	7
第六節 研究架構.....	8
第七節 名詞操作性定義.....	9
第八節 研究限制.....	10

## **第貳章 文獻探討 .....**

**11**

第一節	攔網的重要性.....	11
第二節	攔網的準備與起跳動作.....	12
第三節	攔網起跳的步伐和使用時機.....	13
第四節	助跑起跳和運動學參數探討.....	14
<b>第參章</b>	<b>研究方法與步驟.....</b>	<b>16</b>
第一節	研究對象.....	16
第二節	實驗時間與地點.....	16
第三節	實驗儀器與設備.....	17
第四節	實驗場地與佈置.....	19
第五節	實驗流程與步驟.....	21
第六節	資料收集.....	24
第七節	資料處理.....	26
第八節	統計分析.....	27
<b>第肆章</b>	<b>結果.....</b>	<b>30</b>
第一節	起跳期矢狀面下肢關節角度與角速度.....	30
第二節	落地期矢狀面下肢關節角度與角速度.....	33
第三節	最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度與角速度.....	36
第四節	攔網動作之重心變化.....	38
第五節	地面反作用力.....	39

<b>第五章 討論與結論</b> .....	<b>40</b>
第一節 起跳期原地扣球攔網和空手攔網下肢關節.....	40
第二節 落地期原地扣球攔網和空手攔網下肢關節.....	41
第三節 落地期最大垂直地面反作用力瞬間之下肢關節角度.....	43
第四節 騰空期之重心變化與地力反作用.....	44
第五節 結論.....	46
第六節 建議.....	47
<b>引用文獻</b> .....	<b>48</b>
中文部份.....	48
英文部份.....	50

## 附 錄

附錄一.....	51
附錄二.....	52
附錄三.....	53
附錄四.....	54

附錄五.....	55
附錄六.....	56
附錄七.....	57
附錄八.....	58
附錄九.....	59
附錄十.....	60
附錄十一.....	61
附錄十二.....	62
附錄十三.....	63
附錄十四.....	64
附錄十五.....	65
附錄十六.....	66

# 表 次

表 1 實驗參與者基本資料表.....	16
表 2 反光球黏貼位置及代號說明表.....	25
表 3 起跳瞬間下肢關節角度、角速度分析表.....	30
表 4 起跳期下肢關節最大角度、角速度分析表.....	31
表 5 起跳期下肢關節活動範圍分析表.....	32
表 6 落地瞬間下肢關節角度、角速度分析表.....	33
表 7 落地期下肢關節最大角度、角速度分析表.....	34
表 8 落地期下肢關節活動範圍分析表.....	35
表 9 起跳期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度分析表.....	36
表 10 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度分析表.....	37
表 11 重心最大高度分析表.....	38
表 12 起跳期標準化最大垂直地面反作用力分析表.....	39
表 13 落地期標準化最大垂直地面反作用力分析表.....	39

## 圖 次

圖 1 研究架構圖.....	8
圖 2 扣球攔網.....	9
圖 3 空手攔網.....	9
圖 4 紅外線攝影機.....	17
圖 5 T-WAND 校正棒 .....	17
圖 6 L-FRAME 校正架 .....	17
圖 7 KISTLER 9287 測力板 .....	17
圖 8 AMTI 5507 測力板.....	17
圖 9 測力板放大器.....	18
圖 10 反光球.....	18
圖 11 VICON NEXUS 分析軟體.....	18
圖 12 VISUAL 3D 分析軟體.....	18
圖 13 實驗場地佈置圖.....	20
圖 14 實驗流程圖.....	23
圖 15 反光球黏位置圖.....	24

圖 16	落地瞬間下肢關節角度直條圖.....	41
圖 17	落地期下肢關節最大角度直條圖.....	42
圖 18	落地期下肢關節活動範圍直條圖.....	42
圖 19	落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度直條圖.....	43
圖 20	落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角速度直條圖.....	44
圖 21	騰空期重心最大高度直條圖.....	45
圖 22	地面反作用力直條圖.....	45

# 第壹章 緒論

## 第一節 問題背景

排球運動最早由美國人威廉·摩根(William G. Morgan)在1895年創造發明，發展至今已有一百年的歷史，排球是由發球、接發球、舉球、扣球、攔網和守備等多種技巧組合而成的團隊運動，再加上個人技術和隊團的各種戰術的變化、隊型變化，最後合成一場精彩的球賽。

過去的排球比賽中，「扣球」是排球場中最受矚目的部分，不論是場中的教練、選手或是場外的觀眾。基層教練在訓練中也都特別強調攻擊的訓練和攻擊戰術的變化，認為強而有力且積極多變的進攻策略，不但可以逼迫對手處於被動的狀態，打擊對手的自信心，還可以增加獲勝的機會，提高球員的自信心，可謂是一舉數得。多年來隨著世界各國排球技術的不斷提升，規則修訂也愈趨完善，因此網上的爭奪也更為激烈，特別是在歷經幾次規則修改後的今日，「攔網」已經成為繼攻擊之後最受重視的排球技能。

自1938年國際排球總會FIVB修定規則允許防守方伸手阻攔攻擊後，排球攔網技術始得問世，但當時的攔網技術僅止於被動的阻擋(STOP)，甚至還有用後仰的方式來攔網。1965年國際排球總會FIVB再度修改規則，允許攔網的球員將手伸過球網做攔網的動作，這項規則的修改讓攔網技術和訓練上有大幅度的改變，後來更發展出手掌向下的下壓式攔網，效果極佳，對攻擊方造成極大的威脅，下壓式攔網除了可阻攔的威力強大的攻擊球外，甚至還可以將球攔回對方球場直接得分，自此之後攔網不再只是一項被動的防守技能，而變成一種攻、守兼具的有效得分手段。1977年國際排球總會FIVB又再次修改攔網規則，將攔網球員觸擊的那一次擊球不算在三次擊球當中，這樣的修改讓防守方球員有更充足的時間和機會做出防守後的反擊，並且能增加攻守兩方來回對抗的次數，因此也讓排球比賽更具刺激性和可看性。1984年修改規則使攔網球員不得攔對方的發球，這項規則的修定減少了雙方的投機和運氣影響勝負的成分，讓接發球方專注於接發球和攻

擊戰術的施展，而發球後防守方也能專心於對手攻擊的變化進而採取最佳的阻攔策略。1990年後，強力排球旋風席捲世界排壇，高大球員無論攻擊或發球皆採用速度快、力量大的強力打法，於是防守的第一線「攔網」就更顯重要，只有攻擊、攔網水準都很高的隊伍才能稱雄於世界(陳儷勻，1998)。1990年代末期，排球快速且多變的進攻戰術迅速發展，特別是充分的利用排球網全長的短、平快球、背飛式攻擊球和時間差的戰術組合，這樣的情況下單人攔網的次數和機會必定增加，採雙人或三人聯合攔網機會可能愈來愈少，唯有在比賽中根據不同的進攻戰術，交替運用各種不同的單人攔網方法才能提高攔網成功率(劉家其，1997)。2000年以後到現在，跳躍式的強力發球崛起，強而有力的跳躍發球，對於接球方進攻的節奏和戰術造成極大的破壞，一傳的失誤迫使接發球方只能使用或修正球或後排攻擊作為進攻策略，讓防守方有足夠的時間準備雙人甚至是三人聯合攔網，不只降低對手攻擊的威力，還能相對提高我方攔網的成功率。具有威力的跳躍發球不但減輕了攔網球員的負擔，增加攔網的成功率，還可能因為連續發球得分而重重打擊了對手的自信和士氣，真可謂是一舉數得的打法。

攔網是防止對方得分的第一防線，成功的攔阻一顆威力強大的攻擊球，除了可瓦解對方的攻勢轉守為攻外，更可以增強團隊的信心，中斷對手比賽的節奏，因此在現今的排球比賽中，攔網技術的優劣可說是影響球隊勝負的關鍵。有研究指出，在1999年和2001年亞洲男排四強比賽得分成效與勝負相關分析中發現，平均攔網成功率皆為勝隊高於負隊，分別為1999年8.75%、2001年為5.87%(陳瑞福，2003)。民國88年全國運動會男、女排球賽，攔網得分部分可預測比賽的勝率(陳政達，2002)，國內社會組排球賽體委盃賽事中，平均勝局攔網得3.13分，明顯高於負局的1.7分( $P < .01$ )(張木山、紀忠呈，2001)，另外在許多專家學者(張木山，2002；程峻、陳五洲，2003；陳一進，2004；坂口憲政，2006；吳美玉，2007)指出現今高水準的排球比賽中，決定球隊勝負的關鍵因素在於球員攔網技術的好壞而非攻擊。由此可知不管是國內或國際的賽事中，攔網得分能力的優劣對比賽的勝負造成影響已是不可否認的事實。

金春植、姜允哲(1999)對排球接發球進攻和攔網效果比較的研究中發現，男子組1人攔網的頻率為38.8%，兩人攔網的頻率為52.7%，三人攔網的頻率為5.2%，無人攔網的頻

率為3.3%，由此結果可知雙人組合攔網的機率占有的比率最高，因此提高雙人攔網的機會和成功率可能會增加球隊獲勝的機率。在攔網動作中單人攔網所能阻擋的範圍最小，想要封阻對手的攻勢，勢必要有過人的攔網高度和攔網技巧，才能有效阻攔對手；而三人攔網的頻率最少，在織組、有戰術變化的進攻下，幾乎沒有三人攔網的機會，所以排球比賽中，出現頻率最高的雙人攔網就顯得特別重要，如何才能創造出更高的雙人攔網比例和成功率，是當前教練和球員們必須要重視和研究的課題。

縱觀以上規則的演變，無非是要將攻擊和攔網間的差距縮短至最小，使其攻防之間趨近於平衡，讓比賽進行時能增加更多攻、守來回的次數，以增進比賽的激烈程度和可看性，過去從國內排球比賽中不難看出國內教練和球員大多重視球員的攻擊能力而忽略攔網訓練和技術的情況，特別是身材愈高大的球員或球隊愈是如此，認為只要強攻猛扣就能贏得比賽，甚至忽視訓練個人攻擊技巧和變化的重要性，更不用說攔網訓練和技能的提升，如此缺失在國際賽表現最為明顯，當遇到比自己更高大的對手來執行攔網時，我方球員在攻擊上便束手無策、一籌莫展，再加上攔網訓練不足，導致國際賽場上經常失利連連、難有斬獲，所幸國內不管是國家隊教練甚至是部分基層教練已發現這樣的問題並積極尋求解決和改進之道，但畢竟攔網訓練是一項枯燥乏味訓練，球員能從中獲得的成就也相對較低，而訓練時的體能損耗又非常大，因此教練在執行攔網訓練時不宜過於密集、激烈，更要注球員體能的負荷，除了訓練內容朝多樣化來改進外，在球員的心態上也須進行思想改造，使其了解攔網在現今排球場上的重要性和影響性，如此便可有事半功倍之效。

在排球運動中攔網的重要性已不可言喻，排球攔網動作的相關文獻也會愈來愈多，但是要將優秀攔網的動作做出客觀的分析確不是一件容易的事，主要原因就是攔網動作是被動而非主動的技能，攔網能否成功所牽涉的原因很多，包括接發球是否到位、舉球員個人的技能優劣和戰術化變能力，最後為攻擊手執行戰術能力和個人攻擊的破壞力，因此探討攔網技能的相關研究在執行上來說相對困難許多，單就控制變因上的掌控上就會讓人有不少的質疑，到底是攻擊球的破壞力大還是攔網者攔網能力強，這個問題確實非常困擾想要從事攔網分析的研究者，因此有些研究就會將真正的攔網動作簡單化，例

如將扣球的部分取消，只有就攔網者空手執行攔網的動作來設計實驗，並從中來收集所要的數據加以分析討論，那麼空手做攔網的動作能否推論到扣球攔網還有待進一步研究加以証實。另外在攔網訓練上來說一般分為的幾個訓練的階段來讓選手進行練習，首先教練在進行攔網訓練時，通常會先教導正確的攔網觀念並示範空手模擬攔網的動作來使選手更清楚的了解攔網要領，而在選手熟練「空手攔網」動作之後需要再進行第二段階段的「扣球攔網」的訓練，也就是進行攔網時，球網對面要有一名訓練員站在高臺上進行原地拋球扣球的動作來模擬對手的攻擊球而進行「扣球攔網」訓練，在熟練後需再進行更接近比賽情境的第三階段「模擬比賽攔網」訓練，此階段的訓練需要加上發球、接發球、舉球和助跑攻擊四個動作，因此這樣的訓練就顯得較為複雜和因難，因為攔網者是在執行攔網前，球已經被打了4次，這4次觸球當中只要有一次控制不好，攔網者就無法達到有效的攔網訓練，因此不僅耗時費力，而且不容易看到效果，選手也常因動作執行不易而失去耐心和專注力，但它確是最貼近真正比賽情境的練習方式。這三種攔網訓練方式在會因不同教練而有不同的觀點和看法，訓練的效能上孰優孰劣也有待進一步探討。

## 第二節 研究目的

本研究將以國內大專甲組排球為研究對象，使用VICON攝影系統及三維測力板系統收集原地扣球攔網和原地的空手攔網動作的資料，透過分析空手攔網和扣球攔網動作之各項生物力學參數，比較兩動作之間之差異，特別是起跳、騰空和落地的動作，期盼能對排球攔網動作有更深層的了解，並提供給參與訓練的教練、選手或是提供作為研究上的參考，進而達到提升排球攔網技能目的。本研究欲探討和分析之運動學和動力學參數如下：

### 一、運動學參數

#### (一) 起跳瞬間（起跳離地瞬間）

1. 髖、膝、踝關節之角度。

2. 髖、膝、踝關節之角速度。

(二) 起跳期 (下蹲最低點位置至離地)

1. 髖、膝、踝關節之角度。

2. 髖、膝、踝關節之角速度。

3. 髖、膝、踝關節之活動範圍。

(三) 落地瞬間 (落地下肢接觸地面瞬間)

1. 髖、膝、踝關節之角度。

2. 髖、膝、踝關節之角速度。

(四) 落地期 (落地瞬間到身體重心最低點)

1. 髖、膝、踝關節之最大角度。

2. 髖、膝、踝關節之最大角速度。

3. 髖、膝、踝關節之活動範圍。

(五) 起跳期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度。

(六) 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度。

## 二、重心位移

(一) 騰空期中重心最大高度。

## 三、動力學參數

(一) 起跳期標準化最大垂直反作用力 (除以體重)。

(二) 落地期標準化最大垂直反作用力 (除以體重)。

### 第三節 研究重要性

排球運動發展至1895年發明至今已超過百年歷史，不論在校園或社區中早已深受學子和民眾所喜好，多年來隨著規則的修訂和技術的提升，攔網動作已從被動的阻攔型態，一躍成為排球場上直接得分的利器，且有多項研究指出攔網動作在排球比賽的重要性，包括張木山、紀忠呈（2002）研究指出，在「1999年世界青年盃」與國內「體委盃」的決賽中，攔網表現與勝、敗局有顯著性差異。陳一進（2004）研究指出，攔網動作得分表現在第七屆青少年女子排球比賽中，是為影響成績的重要因素。

在真實比賽情境中，進攻的一方在採取攻擊時必定採取組織進攻的策略，先以第一時間快攻球迫使中間攔網者跳起後，再搭配第二時間的前排或後排的攻擊策略，進而造成一個攻擊手對一個攔網者的有利攻方對戰，中間攔網者如果被掩護的快攻手引誘起跳做出空手攔網動作後，大都就無法再與隊友進行較為有利防守方的雙人攔網動作進行攔網，因此如能找出扣球攔網和空手攔網的差異處，並將技術加以進，或許能讓被引誘起跳的攔網者還能有機會進行第二次的攔網而增加己方攔網的成效。

### 第四節 研究假設

一、空手攔網與扣球攔網間之運動學參數有差異。

二、空手攔網與扣球攔網間之動力學參數有差異。

## 第五節 研究範圍

- 一、本研究以國內現役大專女子甲組排球選手為研究對象，設計規劃與實際比賽規則相符之動作技能和場地，模擬實際比賽攔網動作，並利用 Vicon 動作分析量測系統進行排攔網動作之運動學資料的收集，再加上兩塊測力板收集動力學資料。
- 二、本研究中僅探討排球攔網運動中，所收集到的運動學和動力學資料以關節角度和身體重心變化為主要研究範圍，並分析攔網動作中執行空手攔網和扣球攔網的動作。
- 三、本研究之測試場地於國立台灣師範大學公館校區體育館。

## 第六節 研究架構

本研究在比較排球選手扣球球攔網和空手攔網之間的差異，從運動學及動力學的觀點進行分析比較，本研究之架構圖如以下所示：

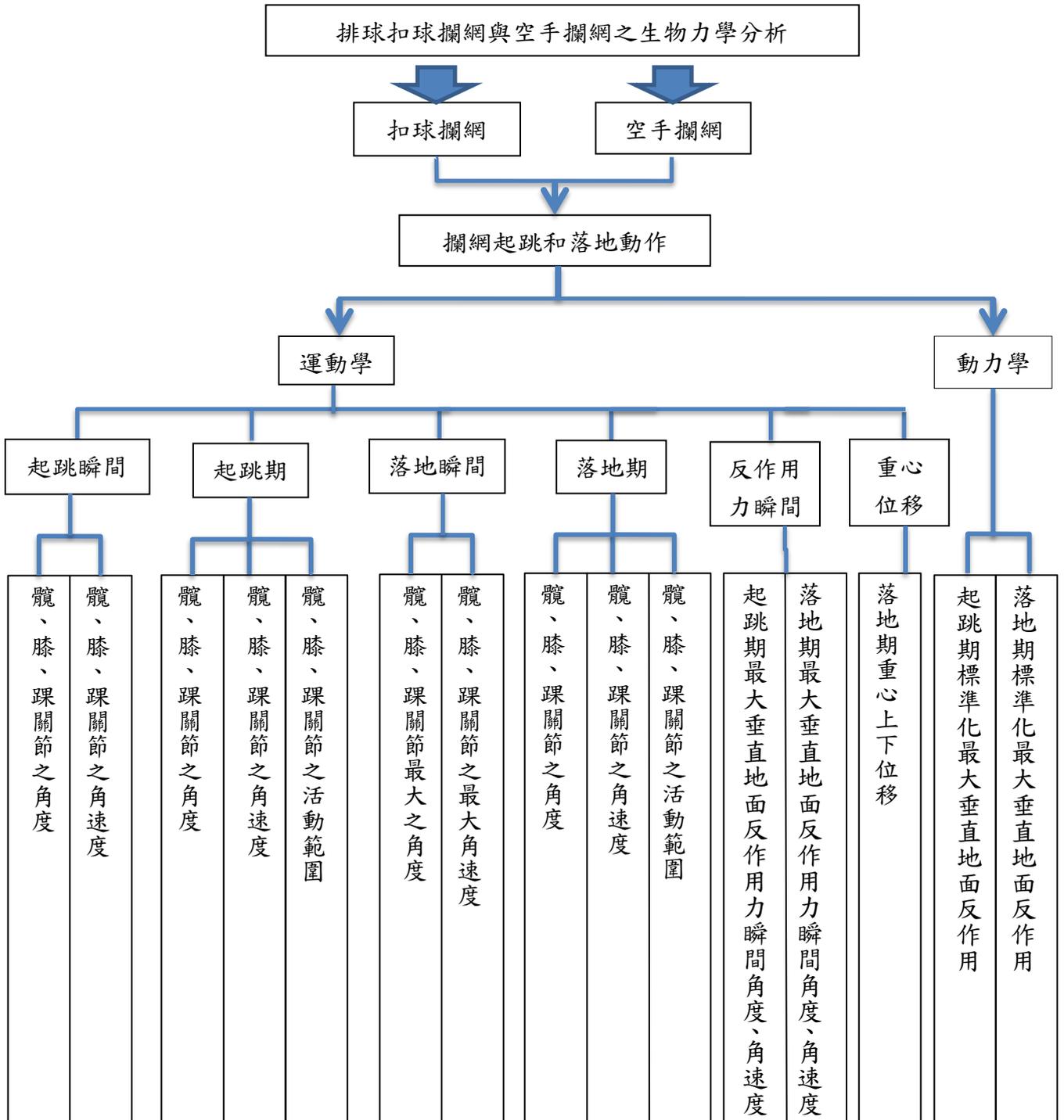


圖 1 研究架構圖

## 第七節 名詞操作性定義

1. 攔網 (Block)：是指防守方的球員，在球網上端處攔截對方來球，並企圖將球阻擊至對方場地的直接得分之動作。

2. 扣球攔網：(Opposed Block)：指在的動作過程都中，攻擊方站在臺階上原地拋球扣球，而攔網者將具有攻擊性的扣球攔回至對方球場內的攔網動作。

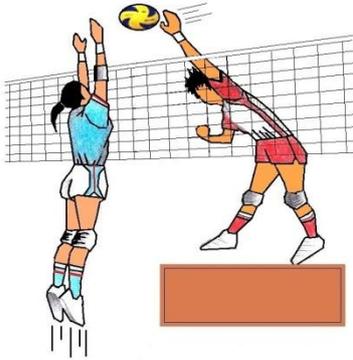


圖 2 扣球攔網

3. 空手攔網 (Unopposed Block)：指在的動作過程都中，模擬實際攔網的動作，沒有真正將有攻擊性的攻擊球攔回。

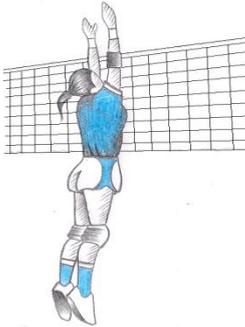


圖 3 空手攔網

4. 起跳期：下蹲至重心離地最低點的位置到雙腳離地的期間。

5. 騰空期：起跳雙腳離開地面後到雙腳接觸地面期間。

6. 落地期：足部接觸到地面的瞬間直到身體重心到達最低點期間。

7. 重心最高點：整個攔網動作中，人體重心的最高點位置。

8. 最大垂直地面反作用力：指起跳或落地期間人對地面作用，地面對人體產生的最大反作用力。
9. 關節活動範圍 (Joint range of motion)：本研究中，關節活動範圍是指起跳期或落地期腕、膝、踝下肢關節的活動範圍。

## 第八節 研究限制

- 一、攔網人數：本研究只就 1 人扣球攔網和空手攔網的部分來探討，是否能推論到雙人攔網、三人攔網則有待往後其他實驗來驗證。
- 二、攔網位置：本研究所探討的攔網動作只限於原地起跳攔網，至於向左或右移動、移動距離長短和攔網使用何種步伐則不在討論的範圍。
- 三、扣球方式：本研究要求扣球者站在離網 60 公分，高度 60 公分的臺階上原地拋球 1 公尺後再扣球，與實際比賽中的攔網情況略有不同，能否推論到比賽中所有攔網情況尚需更多實驗來驗證。
- 四、實驗器材限制：模擬真正比賽情境時，排球的走向容易因失控而導致架設在周圍的攝影機損壞，而排球經由舉球員舉球後再攻擊、受試者攔網落地時，雙腳不容易控制剛好分別站兩塊測力板上，礙於器材收集資料的限制，因此選擇站在臺階上原地拋球扣球而不採用模擬真實比賽情境中接發球、舉球、攻擊後的實驗設計。

## 第貳章 文獻探討

排球運動自西元 1895 年發展至今已有一百年的歷史，它既是一項休閒活動也是一項競技運動，在大學校園中經常可以見到學生在排球場上練習、比賽，在國際賽事上，亞、奧運會也將排球運動列為正式項目之一，且不論是男排或女排，年年都有國際賽事如火如荼的進行，隨著世界各國排球運動技能水平不斷的提升，再加上競賽規則的修訂日趨完善，於是排球場上的網前爭奪可說是愈演愈烈。攔網動作自 1938 年才正式納入競賽規則中(陳儷勻, 1998)，剛開始只知將對方攻擊球「攔起」，後來演變為「攔回」，攔網動作發展至今，不論是功能性或技能上，其地位已不可同日而語，而現今攔網的目的則是企圖把對方的攻擊球攔死，甚至是直接得分，它已由一個過去的一個被動防守動作演變成為現今世界排球強權都重視的一項重要技能，有太多的研究都證明了攔網技能的優劣足已影響一場比賽的勝負，各國的教練都不得不重視這項要素，特別是加強平時的攔網訓練，希望能在攔網上有更大的斬獲，並藉此突破自我極限再創佳績。本文獻分為四個部分：第一節攔網的重要性。第二節攔網的準備與起跳動作。第三節攔網的移動步伐和使用時機，第四節助跑起跳和運動學參數探討。

### 第一節 攔網的重要性

攔網是防守的第一道防線，也是最佳的進攻手段，是攔截和削弱對方進攻最積極、最有效的方法，並且能為我方防守和規劃進攻時創造最佳條件，優異的攔網技巧不僅可以在比賽中有效得分，並且可以動搖對方攻擊手自信心及帶動全隊士氣(胡林煥、董惠美等, 2007)。攔網動作是防守球員與攻擊球員的一種短時間、近距離的激烈作戰，這也表示攔網球員必須在最短時間內、最快速度下阻攔對手的攻擊球。有多項研究指出在國際排球場上成績表現傑出的球隊，其攔網技術的表現是勝隊優於負隊且達到統計上的

顯著水準，同時也將攔網列為重點訓練的項目(林文忠，1990)。另外還包括張木山、紀忠呈(2002)的研究指出，在「1999年世界青年盃」與國內「體委盃」的決賽中，攔網技術表現在勝、敗局之間有顯著差異。陳瑞福(2003)的研究指出，影響亞洲男排各強隊比賽勝負的重要因子，在1999年為扣球，在2001年為則扣球、攔網和發球。陳一進(2004)研究指出，在第七屆青少年女子排球比賽中，攔網表現是為影響比賽勝敗的重要因素。以上研究在在顯示出攔網技能影響比賽勝負的重要性，攔網技術已不再過去那樣容易讓人忽略，雖然不像攻擊或跳躍發球等動作為比賽得分的主要技術，但成功的攔阻一個強而有力的攻擊球絕對可以提升球員士氣，甚至影響一場比賽的結果，攔網技術在規則修改更趨完善的現今，對於比賽勝負的影響可謂是日益深遠。

## 第二節 攔網的準備與起跳動作

國內學者胡林煥(2007)提到有不少專家學者(Lucas,1985； Selinger & Ackermann-Blount,1986 )皆指出攔網的預備姿勢應為「雙足與肩膀同寬，自然左右開立，腳掌平行向前，兩膝微彎，上體微前傾，雙手自然舉起超過肩膀，自然屈肘，手指微張」的平行式站法，另外也有學者 McGown(1994)則根據 Coleman & Hannifan 的研究結果，提出攔網的站位姿勢應該是兩腳左右開立，比肩更寬，腳尖斜向外張成 45 度的外八式站法，其理由有三：一、為基底面基大時向側向移動的水平反作用力較大；二、腳尖斜向外張，可使屈肌、伸膝肌、伸髓肌和髓部內收肌發揮更大作用；三、保證可以垂直上跳。

國內學者蔡崇潰、劉玉仁(2001)根據上述學者的論點進行研究，發現外八式攔網站位姿勢的跳躍高度，與平行式的站法未有達顯著相關，但外八式確實有高於平型式的趨勢，跳躍高度達到 2.5 公分。

根據李建平與鄭金昌(2007)提到的攔網準備勢，認為攔網時應該兩腳平行站立並張開約與肩同寬，同時身體距離球網不宜太近或太遠大約 50 公分，雙膝微彎呈半蹲姿

勢，雙手自然屈肘在腹部前面，兩眼必須專注於球的位置，以便於判斷起跳的位置，並做出原地、向左或向右移動起跳的動作。在起跳的同時也會利用雙手擺動來增加攔網起跳的動能和高度，並認為攔網球員在攔網時，上肢部分應該盡可能的將手臂伸過球網，伸過球網的程度愈多，影響對方攻擊的角度和範圍就愈大；下肢部分當選手移動到定後，先是降低體的重心身體向前傾，接著是雙腿下蹲，最後把腰部快速伸直，同時用力蹬地，讓身體可以垂直向正上方跳躍。

在原地起跳(Standing jump)攔網時，通常會藉由以下兩種跳躍方式來達成最高的攔網高度，一、屈膝垂直跳(Squat Jump. SJ)：預備時，腿部先以半蹲之預備姿勢，然後再向上做跳躍的動作。二、直膝垂直跳(Counter-Movement Jump. CMJ)：預備時，腿部先採直立姿勢，後再彎曲膝關節，身體迅速下蹲，最後向上躍起。動作形式的差別主要在於起始時，膝關節是否先行彎曲(胡林煥，2007)。

### 第三節 攔網起跳的步伐和使用時機

在排球攔網動作中，為了應付對手多變的進攻戰術和優異的扣球得分能力，想要成功攔截一流攻擊手的攻擊球確實不容易，攔網者不僅要有敏捷的反應、過人的爆發力與隊友合作無間的攔網默契，更重要的是還要能有正確的步伐來幫助攔網者在最短的時間內、以最快的速度移動到對方攻擊的位置進行阻攔，因此攔網不再只是單純的阻擋而已，而是一連串複雜的運動技術，在步伐和使用時機上有多位學者提出以下看法；根據楊振興(2002)研究90學年度大專女子排球聯賽甲組預賽，將攔網移動的步法分以下五種：併步、跨步、跨跳步、交叉步、跑步、綜合步，而攔網動作中最常用到的步法有三種，分別為併步與滑步(62.23%)，跨步與跨跳步(15.96%)交叉步(12.96%)。陳和章(1985)提出，一般在移動一公尺左右的攔網，多用側移步法，其主要在防止快攻球及時間差的攻擊之用；在移動1.5~3公尺時，可向左右側做交叉步移動，在對方採移位、

時間差攻擊時亦可應用之；移動4公尺以上時，則可用跑步法，在對方採平長攻擊或掩護攻擊時使用。林國全(2010)探討優秀男子排球選手研究中也指出「併步滑步」與「跨步跑跳步」是目前比賽中最常使用的兩種攔網技術，雖然併步滑步法在速度上略慢於跨步跑跳步法，但其動作是以身體額狀面平行球網移動，有助於攔網者觀察對方攻擊手之動向，而跨步跑跳步法則能夠以較快的速度封阻對手的進攻。林竹茂(1999)指出，以世界級男子快攻球而言，從舉球員手中到攻擊手擊球瞬間，大約只有0.3秒左右，對比到林國全在2010年的研究中所測得的這兩種步伐的最快速度「併步滑步」為1.55秒與「跨步跑跳步」為1.59秒還要快非常多，從這樣的結果看來，攔網者想要阻攔攻擊手在時間上是遠遠不及的，攔網者就算再快，對於攻擊方來說都勢必成追趕的狀態，話雖如此，還是要將攔網的效能達到最高來因應對手所發動的攻勢，畢竟不是每一球都能夠在0.3秒就能夠攻擊得分，有時會因接發球不夠理想或默契不佳等因素而增加對手將球擊落至地面的時間，於是攔網者便有更充足時間和機會可以將球攔阻至對方球場甚至是直接得分。

因此教練在訓練球員攔網動作時，必須要讓球員在最短時間內便能作出反應並使用正確的起跳步伐，特別是要能夠熟練現今使用頻率最高的「併步滑步」與「跨步跑跳步」兩種步伐，並且在平時就注重和加強攔網技能的訓練，才能取得致勝先機，進而克敵制勝。

#### 第四節 助跑起跳和運動學參數探討

Dapena 等人(1990)對跳高動作所做的分析研究顯示，當助跑速度超過最理想的速度時，選手跳躍的最佳高度亦隨之下降。Vint 等人(1996)研究指出，雙腳跳躍的垂直離地速度隨著助跑速度而增加，而助跑速度在60%-70%是為最佳速度，一旦超過範圍時，跳躍高度便隨之下降。所以排球選手在攔網時並非死命的用盡最大力氣來做攔網起跳，如此做法不僅無法使攔網高度達到最高，還有可能因衝力過猛，使身體失去平衡因而觸

碰球網造成犯規，或是衝撞隊友造成受傷的情況，這是在使用助跑起跳攔網時要注意的細節。

張恩崇(2001)的研究也指出，排球選手擺臂動作對於彈跳高度有顯著相關，因此在攔網時如能加上雙手擺臂的動作，必能提高身體重心以增加攔網的高度，所以攔網者快速的擺臂起跳對於攔網高度的影響是可以預期的。吳福明(2003)對16名排球選手所做的不同位置攔網技術研究中顯示，原點起跳攔網膝關節角度(左右兩膝數據平均)為83.874度，小於近距離攔網起跳97.257度(左右兩膝數據平均)，小於遠距離攔網起跳106.113度(左右兩膝數據平均)。原點起跳攔網膝關節的角速度(左右兩膝數據平均)為307.677度/秒，大於近距離攔網起跳286.361度/秒(左右兩膝數據平均)，大於遠距離攔網起跳243.656度/秒(左右兩膝數據平均)。原點的攔網高度271.868公分，近距離攔網高度為268.800公分(左右兩邊平均)，遠距離攔網高度為272.764公分(左右兩邊平均)。單就膝關節因素來探討，為了要維持動力的連貫，因此攔網助跑速度愈快時，下蹲的角度則愈大，膝關節的角速度愈慢，適當的助跑速度可帶來較高的攔網高度。

綜合以上文獻並觀察國內排球選手的攔網動作做出以下結論，國內排球選手在攔網時大都採取學者李建平與鄭金昌所定義的攔網準備動作，以雙腳平行站立並張開與肩同寬為主的攔網準動作，至於攔網高度較高的外八式攔網動作或內八式攔網動作則較為少見；而在起跳時所採取的動作則是和學者胡林煥(2007)提出的屈膝垂直跳相似，在起跳前腿部先以半蹲的準備姿勢，然後再向上做跳躍的動作；在移動步移上則多採用陳和章(1985)所提出的移動步伐策略，移動1公尺左右採用側移步法，移動1.5-3公尺又交步法，移動4公尺以上則採用跑步法。

## 第貳章 研究方法與步驟

本研究以8台Vicon紅外線攝影機和兩塊(90\*60cm)之三維測力板同步收集排球攔網動作運動學和動力學的資料進行分析。實驗的方法與步驟將分為下列八個部分來作說明：一、研究對象；二、實驗時間與地點；三、實驗儀器與設備；四、實驗場地與佈置；五、實驗流程與說明；六、資料收集；七、資料處理；八、統計分析。

### 第一節 研究對象

本研究以8名大專甲組女子排球選手為研究對象，所有實驗參與者在半年內皆未發生會影響排球攔網動作之肌肉骨骼關節傷害。每位實驗參與者在受試前皆讓其適應本實驗的球場環境和配置並熟練原地扣球攔網動作和原地空手攔網動作，且在實驗前讓每一個實驗參與者了解本研究的目的及可能發生的危險，並在實驗前讓每位實驗參與者填寫基本資料及實驗參與者同意書，以確保受試者自身權益。

表 1 實驗參與者基本資料表

女性 n=8	
平均數(標準差)	
年齡	20.4(1)
身高	170.3(5)
體重	63.6(6.2)

### 第二節 實驗時間與地點

一、實驗時間：103 年 4 月。

二、實驗地點：國立台灣師範大學公館校區體育館。

### 第三節 實驗儀器與設備

本研究的實驗儀器與設備將分別依照：一、資料收集；二、資料處理與分析；三、其他等三個部份加以說明如下。

#### 一、資料收集：

(一) Vicon動作分析測量系統8台紅外線高速攝影機 (Motion Capture systemMX13+，UK)，擷取頻率為250Hz，收集黏貼於身體肢段的反光球的軌跡(圖4)。

(二) T-Wand 校正棒 (390mm)，使用於受試者實驗空間範圍內進行動態校正(圖 5)；

L-Frame 校正架，使用於定義實驗空間範圍 X、Y、Z 座標軸向(圖 6)。

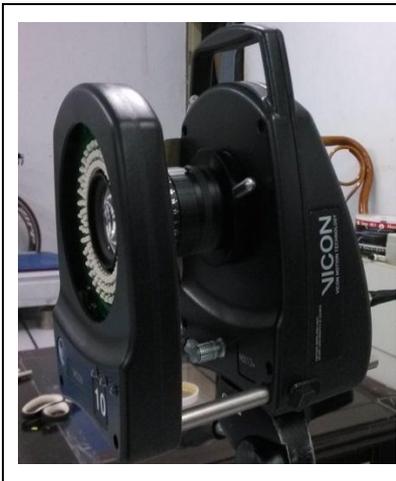


圖 4 紅外線攝影機



圖 5 T-Wand 校正棒



圖 6 L-Frame 校正架

(三) 二塊90\*60cm<sup>2</sup>之三維測力板，Kistler9287(圖7)與AMTI 5507(圖8)，擷取頻率為1000Hz及兩台放大器(圖9)。

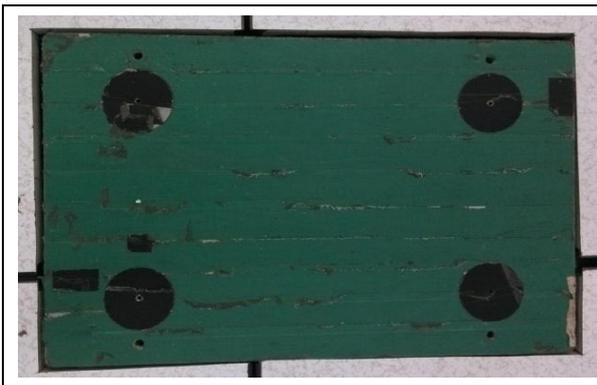


圖 7 Kistler 9287 測力板



圖 8 AMTI 5507 測力板  
(摘自謝耀毅，2011)

(四) 桌上型電腦。

(五) 反光球(圖 10)。



圖 9 測力板放大器

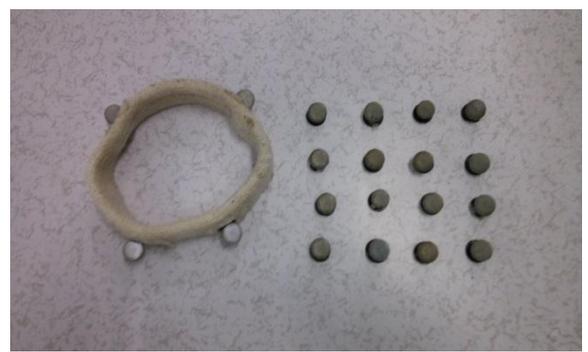


圖 10 反光球

## 二、資料處理與分析：

(一) 使用Vicon Nexus1.4版軟體進行實驗後的資料處理。

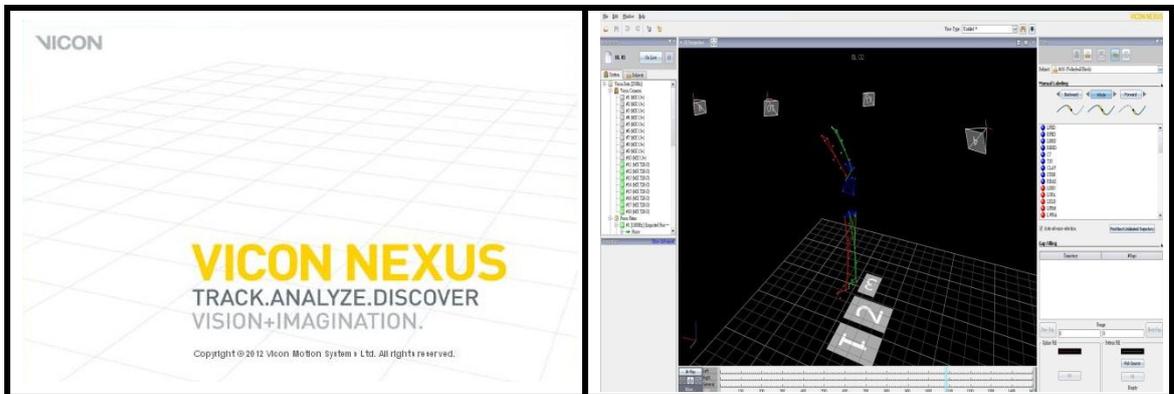


圖 11 Vicon Nexus 分析軟體

(二) 使用Visual3D 4.0版軟體進行實驗後蒐集資料的分析。

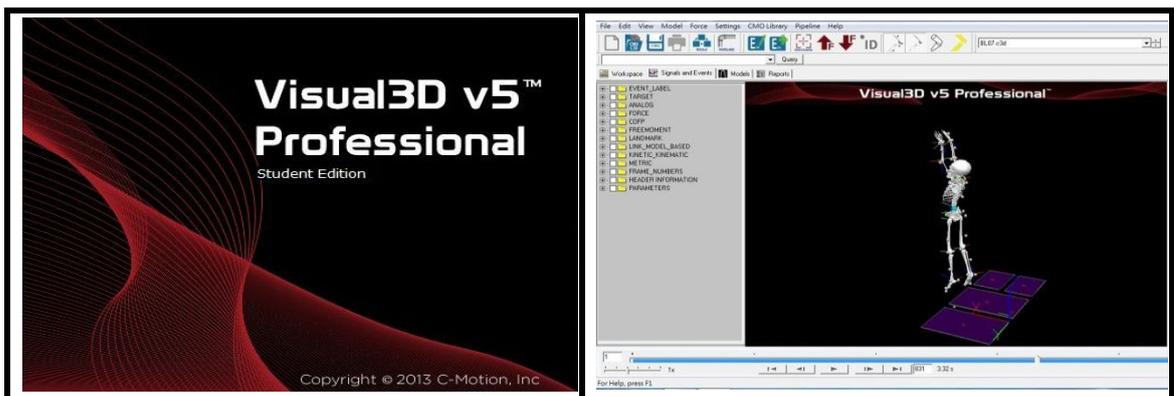


圖 12 Visual 3D 分析軟體

(三) 以SPSS 19版軟體進行統計的分析。

三、其他：

(一) 移動式排球柱。

(二) 排球網。

(三) Mikasa 5號真皮排球。

(四) 丈量皮尺。

(五) 透氣膠帶。

(六) 透氣繃帶。

(七) 延長線。

#### 第四節 實驗場地與佈置

本研究的實驗場地佈置方式分為以下五部分。

一、 架設移動式排球柱於排球場上，並掛上排球網。

二、 放置測力板裝置及校正(頻率為1000Hz)。

三、 架設、調整8台Vicon紅外線高速攝影機的位置(頻率為250Hz)。

四、 連結個人電腦、同步定位儀、測力板和Vicon紅外線高速攝影機。

五、實驗場地佈置圖，如下圖所示。

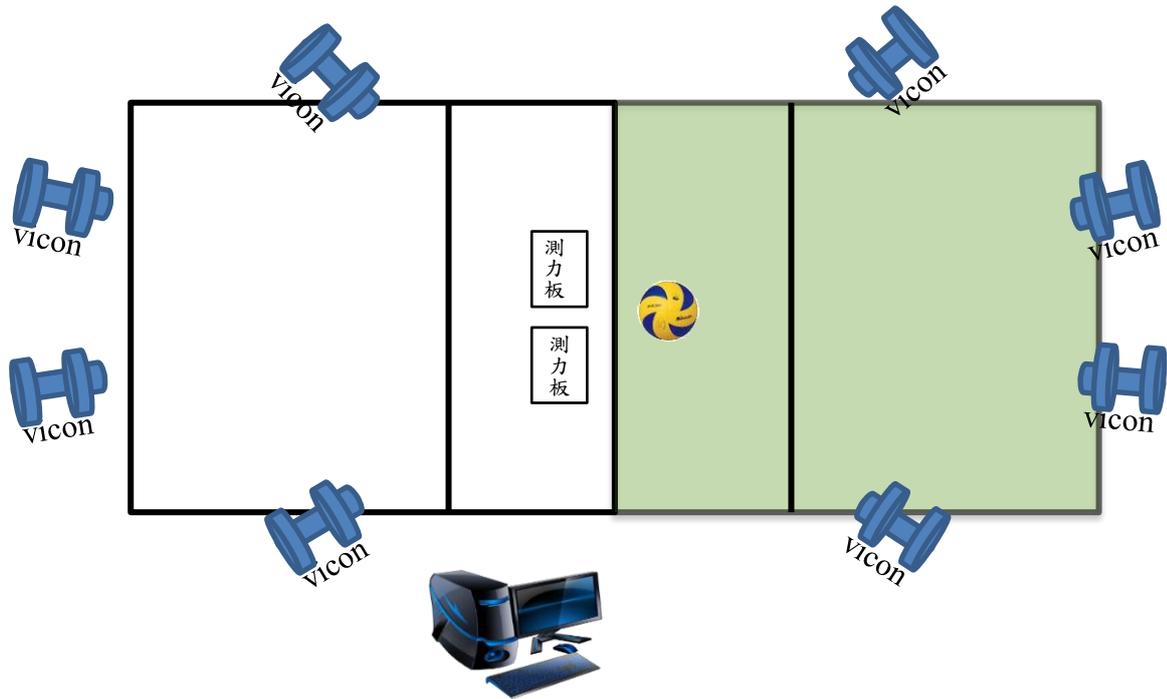


圖 13 實驗場地佈置圖

## 第五節 實驗流程與步驟

本實驗之實驗流程與步驟，分為 一、動作要求，二、實驗流程，三實驗流程圖，依序說明如下：

### 一、 動作要求：

- (一) 實驗參與者於排球網中間的位置預備並且雙腳各踩踏一塊測力板，先進行原地攔網動作，再進行扣球攔網動作，扣球攔網動作必須將球阻擊至對方球場內才算成功。
- (二) 扣球者站在實驗參與者正對面60公分高的訓練臺上進行扣球，且訓練臺距離球網約60公分左右以能順利執行扣球為原則。
- (三) 完成攔網動作後，雙手不能觸網。
- (四) 執行攔網時，必須有將球攔回至對方場界內區才算成功。
- (五) 攔網落地後，雙腳要分別站立在兩塊測力板上，並能維持穩定站立姿勢。
- (六) 扣球者需原地拋球1公尺左右，只可將球扣向球場的後排正中間，不可改變球路或做假動作誤導實驗參與者。
- (七) 隨機執行空球攔網或空手攔網動作，實驗執行者在實驗參與者背後向扣球員指示後，扣球員才開始執行實驗要求之扣球攔網動作或空手攔網動作。

## 二、實驗流程：

- (一) 實驗場地佈置，在實驗場地中架設 8 臺光學攝影機和 2 塊測力板並進行校正和測試。
- (二) 實驗參與者填寫個人基本資料表，並向實驗參與者說明實驗目的與方法。
- (三) 簽寫實驗參與者同意書，並告知實驗參與者隨時可以退出本實驗。
- (四) 聘請運動傷害防護員在場，協助處理可能發生之運動傷害或意外以確保實驗進中實驗參與者的安全。
- (五) 請實驗參與者穿著緊身衣褲熱身 30 分鐘，並熟悉實驗之動作要求。
- (六) 參考 Vicon 三維動作分析系統提供之 Plug-in-gait placement 進行實驗參與者身體反光球的貼置。
- (七) 要求實驗參與者在動作範圍內，執行靜態姿勢 (static pose) 的影像拍攝。
- (八) 正式實驗時，要求實驗參與者分別進行扣球攔網和空手攔網之攔網的動作。
- (九) 採用隨機方式執行實驗參與者扣球攔網和空手攔網兩種攔網動作，並收集三次成功攔網的資料。

### 三、實驗流程圖

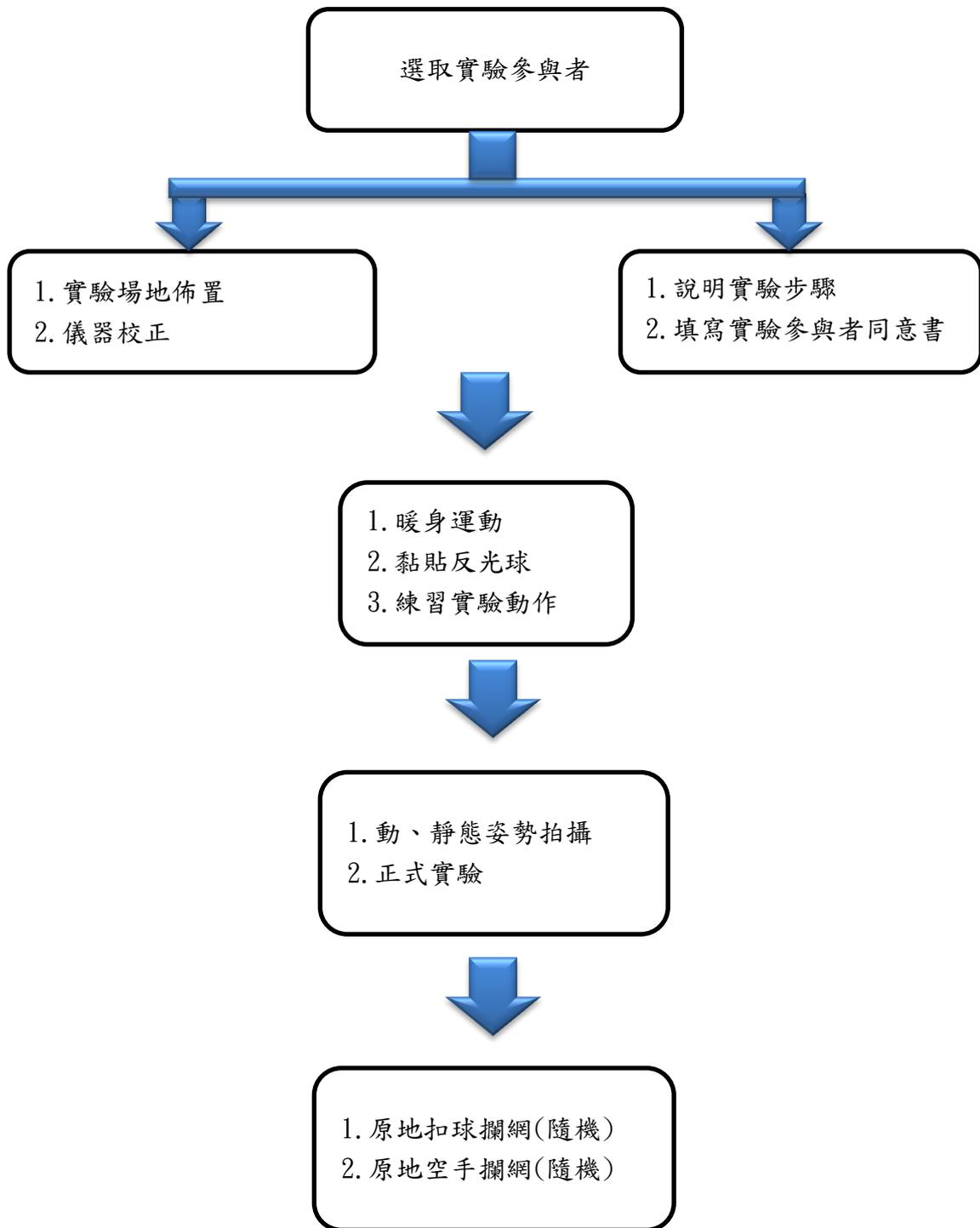


圖 14 實驗流程圖

## 第六節 資料收集

### 一、運動學資料收集

本實驗運動學部份利用8台Vicon紅外線高速攝影機（拍攝頻率250Hz），進行三維空間的影像收集，並用VICON NEXUS動作擷取軟體，收集身體47顆反光點的運動學資料，黏貼位置如下圖。

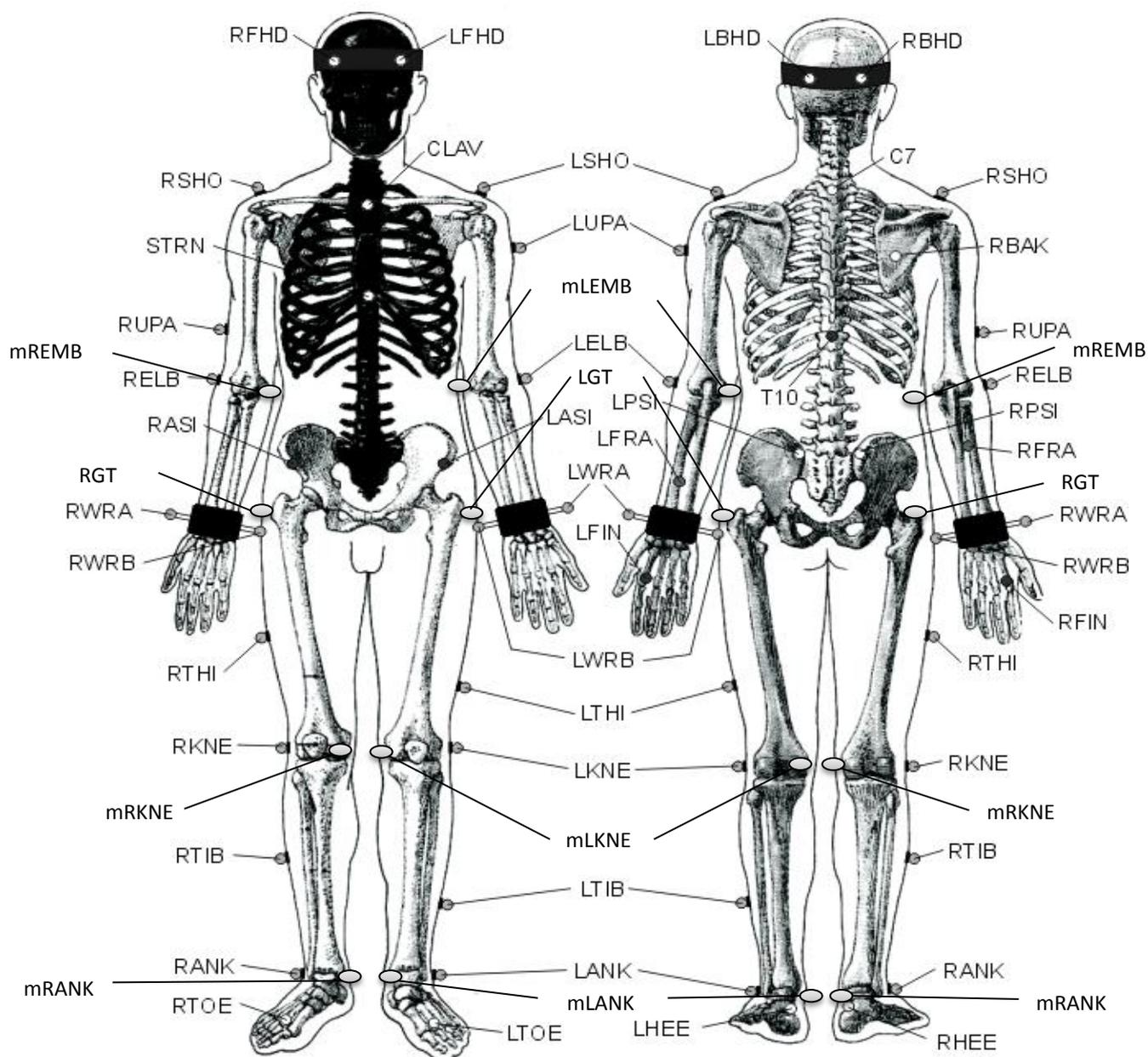


圖 15 反光球黏位置圖

表 2 反光球黏貼位置及代號說明表

部位	編號	代號	黏貼位置	部位	編號	代號	黏貼位置
頭部	1	LFHD	左前額	骨盆	1	LASI	左髖前上棘
	2	RFHD	右前額		2	RASI	右髖前上棘
	3	LBHD	左頭後		3	LPSI	左髖後上棘
	4	RBHD	右頭後		4	RPSI	右髖後上棘
軀幹	1	C7	頸椎第七節				
	2	T10	胸椎第十節				
	3	CLAV	鎖骨				
	4	STRN	胸骨				
	5	RBAK	右肩胛骨				
左手臂	1	LSHO	左臂肩峰	右手臂	1	RSHO	右臂肩峰
	2	LUPA	左上臂		2	RUPA	右上臂
	3	LELB	左外側肘關節		3	RELB	右外側肘關節
	4	mLELB	左內側肘關節		4	mRELB	右內側肘關節
	5	LFRA	左前臂		5	RFRA	右前臂
	6	LWRA	左腕關節橈側		6	RWRA	右腕關節橈側
	7	LWRB	左腕關節尺側		7	RWRB	右腕關節尺側
	8	LFIN	左手食指掌關節		8	RFIN	右手食指掌關節
左腳	1	LTHI	左大腿	右腳	1	RTHI	右大腿
	2	LGT	左腿大轉子		2	RGT	右腿大轉子
	3	LKNE	左外側膝關節		3	RKNE	右外側膝關節
	4	mLKNE	左內側膝關節		4	mRKNE	右內側膝關節
	5	LTIB	左腿脛骨		5	RTIB	右腿脛骨
	6	LANK	左外側踝關節		6	RANK	右外側踝關節
	7	mLANK	左內側踝關節		7	mRANK	右內側踝關節
	8	LHEE	左腳後跟		8	RHEE	右腳後跟
	9	LTOE	左腳趾		9	RTOE	右腳趾

二、動力學資料之收集：

本實驗動力學部分利用二塊三維測力板，大小為皆90×60平方公分 (Kistler 9287、AMTI 5507)，收集腳接觸地面時反作用力的資料（頻率為1000Hz）。

## 第七節 資料處理

### 一、運動學分析

本實驗使用Vicon動作分析量測系統收集實驗參與者身上之反光球資料，拍攝頻率為250Hz，再將所得影像資料以Vicon Nexus進行3D影像重建及標誌點的命名與補點之後，再以Visal3D(C-Motion,Rockville,MD,USA)處理反光球在三維空間中的軌跡，而反光球軌跡以Butterworth 4階零相濾波公式進行資料過濾修均後，再以10Hz 低通濾波(low-pass filter)去除雜訊以求資料的正確性，最後才分析所得之資料。另外身體下肢的各關節角度參數皆依照Carden angle的旋轉順序求得X-Y-Z。

下肢各關節角度的定義，在人體站立時定義為0度。矢狀面：髖關節伸展角度定義為負值，屈曲角度定義為正值；膝關節伸展角度定義為負值，屈曲角度定義為正值(此關節有做翻正處理)；踝關節背屈角度定義為正值，蹠屈角度定義為負值。

### 二、動力學分析

本實驗利用兩塊測力板(Kistler 9287、AMTI 5507)，以有線的方式，將測力板訊號經由擴大器轉換成為電位(Voltage)訊號，再經過A/D Board轉換成為數位訊號，最後連接至電腦中，以Vicon Nexus分析軟體，擷取實驗中所需的地面反作用力資料，擷取的頻率為1000Hz，所得的資料以Butterworth 4階零相濾波公式進行資料的過濾修均，以50Hz低通濾波(low-pass filter)，得到垂直地面反作用力(Fx)，並將所得數據透過Visal3D(C-Motion, Rockville, MD, USA)軟體分析處理。測力板所測得的資料是用來判斷起跳瞬間和落地瞬間最大反作用力之下，身體下肢左、右腳髖關節、膝關節及踝關節所產生角度、角速各度的情況；另外一個是起跳期和落地期兩個期間地面反作用力的情況，因為個體之間體重皆有差異，所以必須將身體的體重比對原始資料後，再進行標準化 $B.W = [作用力測量值(N) \div 受試者體重(N)]$ 處理後，使得進行資料的分析。

## 第八節 統計分析

### 一、統計方法

本研究所得資料均以SPSS for Windows套裝軟體19版進行分析，所有結果皆以平均值±標準差表示。不同組別間的動力學資料先以體重進行標準化，再將所得之數據採用相依樣本T-test檢定來進行分析，顯著水準設為 $\alpha=0.05$ 。

### 二、所選擇的參數

在扣球攔網和空手攔網的動作中，選擇三次成功攔網成功之起跳、落地動作，且實驗參與者必須雙腳分別站立於兩塊測力板上，以三次試作的平均數為分析的依據，比較扣球攔網和空手攔網動作之差異，分析之參數如下：

#### (一) 起跳瞬間之下肢關節角度、角速度

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網起跳瞬間之動作為依據，取其起跳瞬間時的下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度。

#### (二) 起跳期之下肢關節角度、角速度及活動圍範圍

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網起跳期間之動作為依據，取其起跳期間時的下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度及關節活動範圍，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度及關節活動範圍。

#### (三) 起跳期最大垂直地面反作用力瞬間之下肢關節角度、角速度

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網起跳期瞬間之動作為依據，取其起跳期最大垂直地面反作用力瞬間下肢的髖關節、膝關節及踝關節的最大角度、角速度，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的最大角度、角速度。

#### (四) 落地瞬間之下肢關節角度、角速度

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網落地瞬間之動作為依據，取其落地瞬間時的下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的角度、角速。

#### (五) 落地期之下肢關節角度、角速度及活動圍範圍

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網落地期間之動作為依據，取其落地期間時的下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度及關節活動範圍，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的角度、角速度及關節活動範圍。

#### (六) 落地期最大垂直地面反作用力瞬間之下肢關節角度、角速度

以每位實驗參與者的三次成功扣球攔網和空手攔網落地期之動作為依據，取其落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢的髖關節、膝關節及踝關節的最大角度、角速度，並以三次數值的平均數來代表實驗參與者下肢髖、膝、踝關節的最大角度、角速度

#### (七) 最大重心高度

攔網動作之最大重心高度以每位實驗參與者三次成功攔網之最大重心高度為依據，並以實驗數值三次平均數代表該實驗參與者的最大重心高度。

#### (八) 起跳期最大垂直地面反作用力。

將每位實驗參與者所做出的動作中，選出三次扣球攔網和空手攔網成功的動作，並將這兩個動作的起跳期之最大地面反作用力與其體重標準化後，以所得數據三次平均數代表實驗參與者的最大垂直地面反作用力。實驗參與者的最大地面反作用力皆有左、右腳的數據資料，本研究將兩腳最大垂直地面反作用力加總，當作每一次扣球攔網、空手攔網起跳期的最大反作用力。

(九) 落地期最大垂直地面反作用力。

將每位實驗參與者所做出的動作中，選出三次扣球攔網和空手攔網成功的動作，並將這兩個動作的落地期之最大地面反作用力與其體重標準化後，以所得數據三次平均數代表實驗參與者的最大垂直地面反作用力。實驗參與者的最大地面反作用力皆有左、右腳的數據資料，本研究將兩腳最大垂直地面反作用力加總，當作每一次扣球攔網、空手攔網落期的最大反作用力。

## 第肆章 結果

本章依照排球原地攔網動作型態，分別呈現起跳期、騰空期及落地期之關相參生物力學參數，並以四個部分進行結果的呈現。一、起跳期下肢關節角度、角速度及關節活動範圍，二、落地期下肢關節角度、角速度及關節活動範圍，三、最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度與角度，四、攔網動作之重心變化，五、地面反作用力。

### 第一節 起跳期下肢關節角度與角速度

#### 一、起跳瞬間下肢關節角度、角速度

根據表 3 的結果發現，在攔網起跳瞬間下肢關節角度中，扣球攔網和空手攔網間的髖關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異，而在下肢關節角速度中也一樣，扣球攔網和空手攔網間的髖關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異存在。

表 3 起跳瞬間下肢關節角度、角速度分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
下肢關節角度(°)				
髖關節	左腳	-4.15(11.3)	-4.71(7.4)	0.34
	右腳	-6.46(8.3)	-6.05(7.2)	-0.59
膝關節	左腳	-5.06(3.0)	-5.09(12.0)	0.49
	右腳	-7.04(7.3)	-5.7(4.0)	-0.65
踝關節	左腳	-53.3(3.2)	-54.0(4.2)	1.24
	右腳	-51.7(4.3)	-53.2(4.7)	2.11
下肢關節角速度(deg/s)				
髖關節	左腳	-287.5(85.4)	-288.3(79.9)	0.09
	右腳	-289.7(98.7)	-289.2(82.0)	-0.03
膝關節	左腳	-570.8(121.0)	-575.2(87.0)	0.28
	右腳	-534.5(140.6)	-532.2(138.4)	-0.06
踝關節	左腳	-411.0(142.4)	-421.3(106.5)	0.31
	右腳	-222.9(98.9)	-233.9(110.3)	0.25

\*表示達顯著差異(p<.05)

二、起跳期下肢關節最大角度、角速度與活動範圍。

根據表4的結果發現，在起跳期間下肢關節最大角度中，扣球攔網和空手攔網間的髖關節、膝關節及踝關節彎曲角度皆無顯著差異，而下肢關節角速度也是一樣，在扣球攔網和空手攔網間的髖關節、膝關節及踝關節也都無顯著差異存在。

根據表5的結果發現，在起跳期間下肢關節活動範圍中，扣球攔網和空手攔網間的髖關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異存在。

表 4 起跳期下肢關節最大角度、角速度分析表

參數	扣球攔網		空手攔網		t
	平均數(標準差)		平均數(標準差)		
<b>下肢最大彎曲角度(°)</b>					
髖關節	左腳	62.6(9.0)	62.2(7.9)	0.79	
	右腳	62.4(9.6)	61.5(8.1)	0.57	
膝關節	左腳	88.2(7.1)	87.4(8.7)	0.77	
	右腳	90.2(6.4)	89.0(8.3)	0.63	
踝關節	左腳	23.3(3.8)	23.1(4.1)	0.93	
	右腳	25.2(3.2)	24.7(3.4)	0.40	
<b>關節最大角速度(deg/s)</b>					
髖關節	左腳	480.7(90.7)	493.4(116.3)	-0.50	
	右腳	492.7(95.5)	504.2(105.0)	-0.40	
膝關節	左腳	909.1(132.3)	948.2(78.1)	-1.32	
	右腳	916.2(141.6)	957.9(70.0)	-1.10	
踝關節	左腳	874.9(134.9)	895.4(112.6)	-0.58	
	右腳	751.8(129.1)	769.9(71.7)	-0.57	

\*表示達顯著差異(p<.05)

表 5 起跳期下肢關節活動範圍分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
下肢最關節活動範圍(°)				
髖關節	左腳	67.9(5.7)	66.4(5.1)	1.63
	右腳	68.0(4.9)	67.0(4.9)	0.86
膝關節	左腳	93.0(8.9)	91.7(9.9)	0.98
	右腳	95.3(6.5)	94.1(9.0)	0.72
踝關節	左腳	76.4(6.0)	76.5(5.4)	-0.18
	右腳	77.3(5.8)	77.4(5.3)	-0.14

\*表示達顯著差異(p<.05)

## 第二節 落地期下肢關節角度與角速度

### 一、落地瞬間下肢關節角度、角速度

根據表6的結果發現，在落地瞬間下肢關節角度中，空手攔網左腳髖關節角度( $11.9\pm 5.9^\circ$ )顯著大於扣球攔網( $0.3\pm 8.9^\circ$ )，空手攔網右腳髖關節角度( $11.8\pm 5.8^\circ$ )顯著大於扣球攔網( $1.6\pm 6.2^\circ$ )，而膝關節及踝關節則無顯著差異存在。

在落地瞬間下肢關節角速度中，扣球攔網和空手攔網之間下肢髖關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異存在。

表 6 落地瞬間下肢關節角度、角速度分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
<b>下肢最關節角度(<math>^\circ</math>)</b>				
髖關節	左腳*	0.3(8.9)	11.9(5.9)	-4.86
	右腳*	1.6(6.2)	11.8(5.8)	-6.89
膝關節	左腳	8.9(4.5)	6.4(4.0)	0.32
	右腳	9.5(7.5)	7.4(3.8)	-0.27
踝關節	左腳	-31.4(25.0)	-28.5(39.4)	-0.32
	右腳	-32.2(24.2)	-27.5(39.1)	-0.44
<b>下肢關節角速度(deg/s)</b>				
髖關節	左腳	60.7(52.1)	85.7(35.7)	-2.27
	右腳	65.9(50.3)	82.6(36.9)	-1.68
膝關節	左腳	307.0(101.5)	318.4(95.9)	-0.76
	右腳	302.2(129.7)	303.7(74.4)	-0.07
踝關節	左腳	395.0(170.6)	458.8(168.4)	-2.15
	右腳	350.1(158.2)	395.7(128.6)	-1.22

\*表示達顯著差異( $p < .05$ )

## 二、落地期下肢關節最大角度、角速度與活動範圍

根據表7的結果發現，在落地期下肢關節最大彎曲角度中，空手攔網左腳腕關節最大彎曲角度( $33.8 \pm 12.0^\circ$ )顯著大於扣球攔網( $22.7 \pm 16.6^\circ$ )，空手攔網右腳腕關節最大彎曲角度( $32.4 \pm 11.3^\circ$ )顯著大於扣球攔網( $22.2 \pm 16.1^\circ$ )，扣球攔網和空手攔網間膝關節及踝關節最大角度沒有顯著差異。在落地期下肢關節角速度中，腕關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異存在。

根據表8的結果發現，在落地期下肢關節活動範圍中，扣球攔網和空手攔網之間下肢腕關節、膝關節及踝關節皆無顯著差異存在。

表 7 落地期下肢關節最大角度、角速度分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
<b>下肢最大彎曲角度(<math>^\circ</math>)</b>				
腕關節	左腳*	22.7(16.6)	33.8(12.0)	-3.91
	右腳*	22.2(16.1)	32.4(11.3)	-2.31
膝關節	左腳	61.7(11.1)	62.6(14.4)	-1.34
	右腳	62.4(12.3)	62.8(14.6)	-1.28
踝關節	左腳	15.4(3.2)	12.8(8.2)	0.45
	右腳	17.7(4.2)	14.6(9.3)	0.17
<b>關節最大角速度(deg/s)</b>				
腕關節	左腳	292.4(108.1)	383.1(155.0)	-2.40
	右腳	262.8(95.0)	337.2(137.7)	-3.53
膝關節	左腳	569.2(241.9)	652.5(163.6)	-0.93
	右腳	554.4(235.4)	611.1(152.0)	-0.57
踝關節	左腳	1584.8(465.9)	1529.0(407.1)	1.05
	右腳	1392.8(313.6)	1368.1(323)	0.56

\*表示達顯著差異( $p < .05$ )

表 8 落地期下肢關節活動範圍分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
下肢最關節活動範圍(°)				
髖關節	左腳	22.3(10.5)	23.0(9.4)	-0.70
	右腳	20.2(9.9)	22.0(9.0)	-1.66
膝關節	左腳	53.3(10.6)	56.2(13.3)	-1.40
	右腳	50.8(11.5)	55.1(12.7)	-1.71
踝關節	左腳	65.0(5.0)	62.4(4.4)	1.64
	右腳	65.0(6.2)	61.8(6.7)	1.47

\*表示達顯著差異(p<.05)

### 第三節 最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度與角速度

#### 一、起跳期最大反垂直地面作用力瞬間下肢關節角度、角速度。

根據表9的結果發現，在起跳期中，當產生最大垂直地面反作用力的瞬間，扣球攔網和空手攔網之間下肢髖關節、膝關節及踝關節無論在關節角度或是關節角速度上，皆無顯著差異。

表 9 起跳期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
<b>關節角度(°)</b>				
髖關節	左腳	43.7(10.1)	49.4(8.0)	-2.08
	右腳	43.0(9.3)	48.3(7.5)	-1.8
膝關節	左腳	69.4(6.5)	74.9(10.1)	-1.43
	右腳	70.6(6.5)	75.9(11.5)	-1.32
踝關節	左腳	13.0(6.4)	16.1(6.1)	-1.39
	右腳	15.4(6.6)	18.7(7.1)	-1.71
<b>關節角速度(deg/s)</b>				
髖關節	左腳	-186.8(81.2)	-165.8(94.3)	-0.71
	右腳	-193.4(79.6)	-172.5(99.8)	-0.67
膝關節	左腳	-237.0(155.8)	-184.7(177.9)	-0.82
	右腳	-247.2(143.2)	-199.6(177.9)	-0.81
踝關節	左腳	-154.3(100.8)	-154.3(100.8)	-0.84
	右腳	-159.3(96.3)	-129.6(120.7)	-0.78

## 二、落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度

根據表10的結果發現，在落地期中，當產生最大垂直地面反作用力的瞬間，空手攔網左、右腳的髖關節角度(左腳、 $27.0 \pm 9.5^\circ$ ；右腳、 $24.7 \pm 8.9^\circ$ )大於扣球攔網(左腳、 $9.4 \pm 12.9^\circ$ ；右腳、 $10.2 \pm 12.3^\circ$ )，且達到顯著上的差異。而在膝關節、踝關節角度上則沒有顯著差異存在。在最大垂直地面反作用力產生時，空手攔網左、右腳的髖關節角速度(左腳、 $264.7 \pm 93.3^\circ$ ；右腳、 $254.1 \pm 92.2^\circ$ )大於扣球攔網(左腳、 $190.0 \pm 72.7^\circ$ ；右腳、 $175.6 \pm 69.9^\circ$ )，且達到顯著上的差異，而在膝關節、踝關節上角速度則沒有顯著差異存在。

表 10 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度、角速度分析表

參數		扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
<b>關節角度(°)</b>				
髖關節	左腳*	9.4(12.9)	27.0(9.5)	-6.98
	右腳*	10.2(12.3)	24.7(8.9)	-7.39
膝關節	左腳	40.0(15.5)	44.8(10.3)	-0.94
	右腳	41.0(15.5)	42.9(10.9)	-0.39
踝關節	左腳	3.0(13.8)	7.7(6.6)	-0.83
	右腳	2.1(19.2)	9.0(6.9)	-0.97
<b>關節角速度(deg/s)</b>				
髖關節	左腳*	190.0(72.7)	264.7(93.3)	-2.53
	右腳*	175.6(69.9)	254.1(92.2)	-3.93
膝關節	左腳	404.8(107.9)	436.3(80.3)	-1.00
	右腳	378.6(107.7)	414.2(47.1)	-1.10
踝關節	左腳	427.5(306.1)	208.1(80.6)	1.86
	右腳	397.9(290.0)	198.0(92.8)	1.74

\*表示達顯著差異( $p < .05$ )

#### 第四節 攔網動作之重心變化

根據表 11 的結果發現，在扣球攔網和空手攔網間的重心最大高度比較上，觀察所呈現的資料，兩者最大重心高度幾乎沒有差異、因此統計上也呈現出沒有顯著差異的結果。

表 11 重心最大高度分析表

參數	扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
重心最大高度(m)	0.46(0.04)	0.45(0.06)	0.72

\*表示達顯著差異( $p < .05$ )

## 第五節 地面反作用力

### 一、起跳期標準化最大垂直地面反作用力

根據表 12 的結果發現，在起跳期中，扣球攔網和空手攔網間的標準化最大垂直地面反作用力比較上，統計所呈現出的結果為沒有顯著差異存在。

表 12 起跳期標準化最大垂直地面反作用力分析表

參數	扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
標準化最大垂直地面反作用力 (BW)	2.35(0.16)	2.44(0.24)	-0.91

\*表示達顯著差異(p<.05)

### 二、落地期標準化最大垂直地面反作用力。

根據表13的結果發現，在落地期中，當產生標準化最大垂直地面反作用力時，空手攔網大於空手攔網且達到顯著上的差異。

表 13 落地期標準化最大垂直地面反作用力分析表

參數	扣球攔網 平均數(標準差)	空手攔網 平均數(標準差)	t
標準化最大垂直地面反作用力 (BW)*	4.49(0.77)	4.71(0.78)	-2.09

\*表示達顯著差異(p<.05)

## 第五章 討論與結論

本章依照以下章節次序分別討論，內容如下。一、起跳期原地扣球攔網和空手攔網下肢關節角度、角速度及活動範圍，二、落地期原地扣球攔網和空手攔網下肢關節角度、角速度及活動範圍，三、最大垂直地面反作用力下肢關節角度與角速度，四、騰空期之重心變化與地面反作用力，五、結論，六、建議。

### 第一節 起跳期扣球攔網和空手攔網下肢關節角度、角速度及活動範圍

本研究發現，在起跳期中，扣球攔網和空手攔網兩動作間起跳瞬間下肢腕關節、膝關節及踝關節之角度、角速度沒有顯著上的差異(表3)，兩動作間起跳期下肢腕關節、膝關節及踝關節之角度、角速度與活動範圍也沒有顯著上的差異(表4、表5)，在最大反作用力瞬間下肢關節角度、角速度同樣也沒達顯著上的差異(表6)，推測可能是實驗設計所導致的結果。在執行扣球攔網和空手攔網兩動作時，只有實驗執行者與扣球員知道執行的動作，而實驗參與者在動作開始之時完全不知道下個動作是扣球攔網還是空手攔網，只能等待扣球員扣球的一剎那，是將球扣出還是將球接起，這時實驗參與者才知道是扣球攔網或是空手攔網，因此在實驗參與者未知動作為何的情況下為求攔網成功，必定盡全力起跳執行攔網動作，無論是執行扣球攔網動作或是空手攔網動作，所以在起跳期的實驗結果上，可以預期下肢關節角度、角速度及關節活動範圍的差異上皆呈現不顯著的情況。

## 第二節 落地期扣球攔網和空手攔網下肢關節角度、角速度及活動範圍

過去在落地動作的研究中，人體經常會藉由下肢關節的曲屈來減低和緩衝地面所產生的衝擊力(謝耀毅，2011)，另外Nigg(1986)也認為在著地瞬間時，下肢膝關節如有較大的屈曲角度，則下肢所接受的地面反作用力的也會相對減少。

本研究在落地瞬間中，空手攔網下肢髖關節屈曲角度顯著大於扣球攔網，在落地期中，空手攔網下肢髖關節屈曲角度同樣也是顯著大於扣球攔網(圖16、圖17)，這和黃靖閔(2005)研究雙腳策略性落地(Soft Landing)時，髖關節及膝關節產生的最大角速度顯著大於硬落地(Stiff Landing)的研究結果相似。另外再從落地期下肢關節活動範圍中可發現，空手攔網下肢髖關節及膝關節的活動範圍雖沒有顯著大於扣球攔網，但卻也呈現空手攔網大於扣球攔網的情況(圖18)，因此從本研究的結果推測，可能是實驗參與者在執行空手攔網時，因為沒有真的攔到攻擊球，所以空手攔網在騰空期中，全身上下的肌肉較為放鬆，落地時身體動作較為柔軟，下關節關節呈現較大的彎曲角度，而扣球攔網動作則需要在最高點時全身用力，因此在落地時可能全身肌肉尚在發力，還未完全放鬆，故落地時身體動作較為僵直，因而造成差異。

### 落地瞬間下肢關節角度

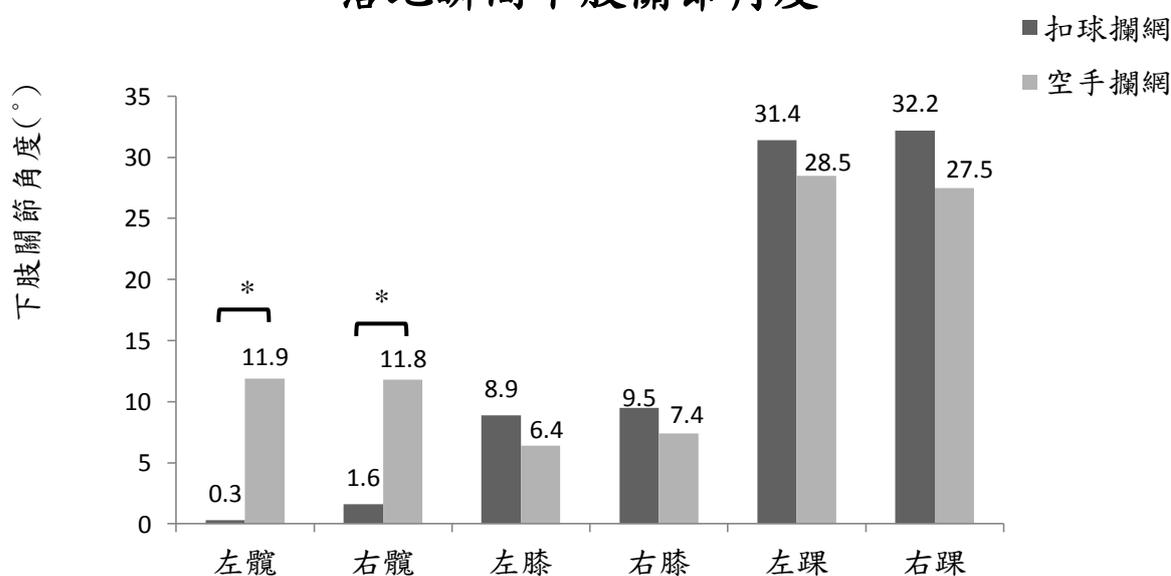


圖 16 落地瞬間下肢關節角度直條圖

註：左、右踝角度皆為負值。

### 落地期下肢關節最大角度

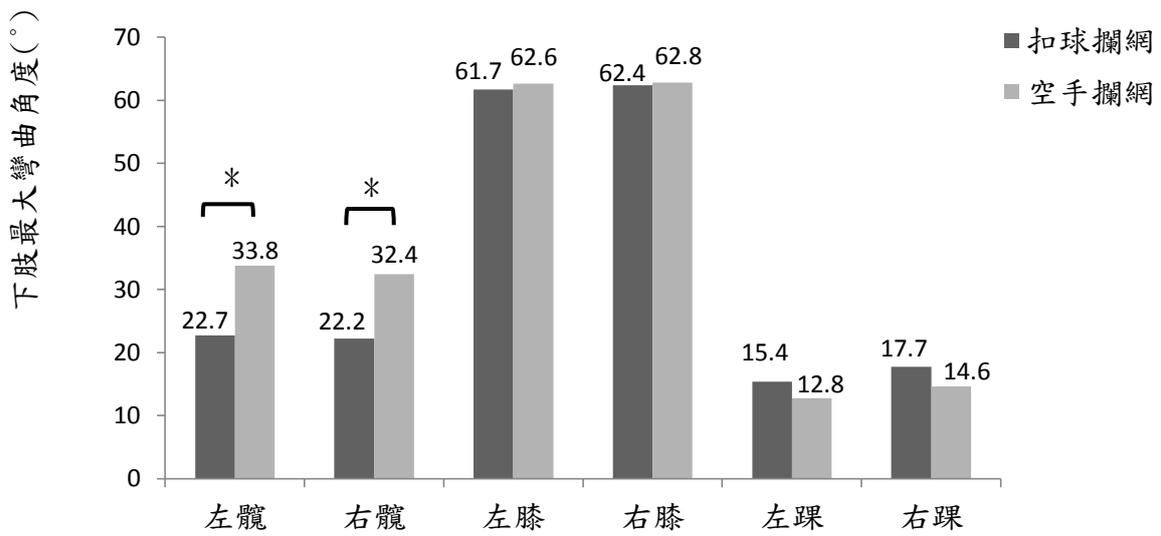


圖 17 落地期下肢關節最大角度直條圖

### 落地期下肢關節活動範圍

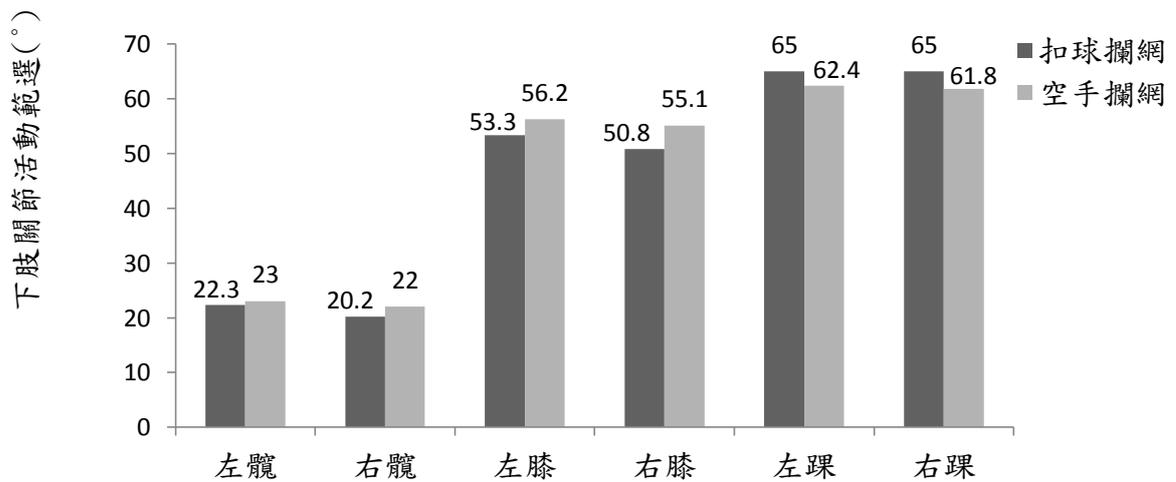


圖 18 落地期下肢關節活動範圍直條圖

### 第三節 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度及角速度

有研究指出，落地期間人體是藉著增加下肢關節屈曲的活動範圍，來降低隨著落地撞擊的增大因而造成的負荷，這種動作可減少強大衝擊力所造成的傷害(McNitt-Gray, 1991)。在本研究中，空手攔網最大垂直地面反作用力下肢關節角、角速度顯著大於扣球攔網(圖19、圖20)，另外膝關節及踝關節角度來看，空手攔網的角度皆大於扣球攔網，因此從落地期扣球攔網和空手攔網最大垂直地面反作用力下肢關節角度差異中(圖19)，可明顯發現實驗參與者在執行這兩種動作時有不同的落地方式，前者身體較為僵直，後者身體較為柔軟，再從最大垂直地面反作用力下肢關節角度中更可了解，實驗參與者執行空手攔網動作時，運用身體關節屈曲來減少身體落地時下肢關節負荷的情形。由以上數據可推論，實驗參與者在執行這兩個動作時所採取的落地方式和動作是不同的。

### 落地期最大垂直地面反作用力瞬間 下肢關節角度

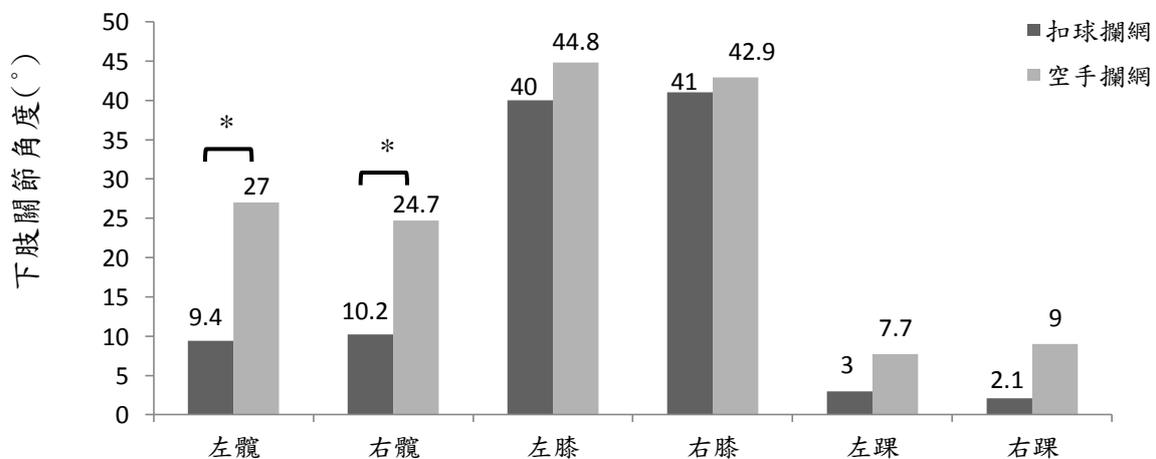


圖 19 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角度直條圖

## 落地期最大垂直地面反作用力瞬間 下肢關節角速度

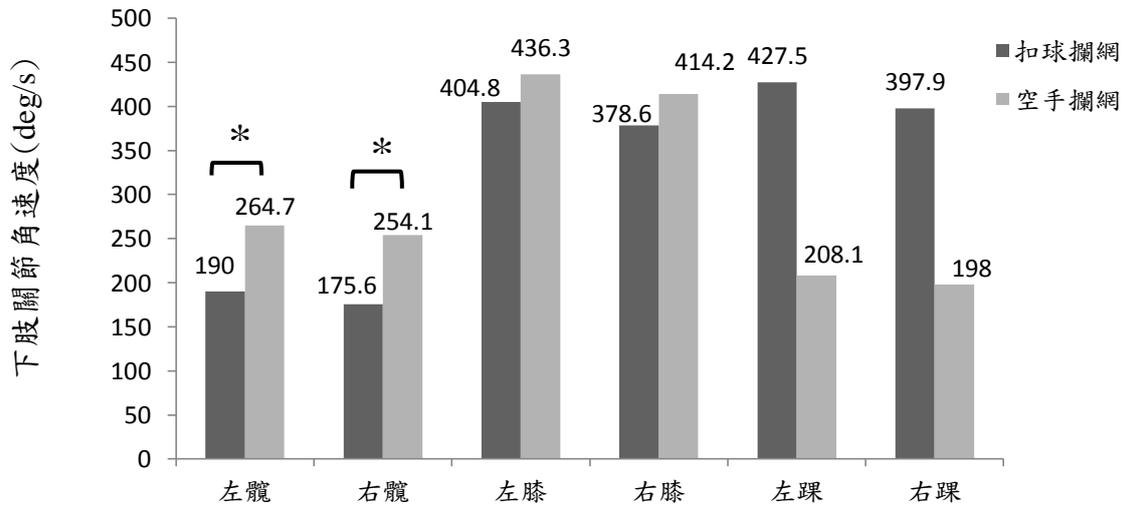


圖 20 落地期最大垂直地面反作用力瞬間下肢關節角速度直條圖

### 第四節 騰空期之重心變化與地力反作用

本研究發現，在騰空期扣球攔網和空手攔網重心最大高度上，沒有顯著上的差異(圖 21)，推測可能的原因在於扣球攔網和空手攔網兩個動作執行時，因實驗參與者在未知下一球實驗動作為扣球攔網或空手攔網的情況下，為求攔網成功必定盡全力起跳執行攔網動作，無論是執行扣球攔網動作或是空手攔網動作，所以在騰空期重心最大高度上的實驗結果，同樣也可預見最大重心高度上的差異呈現不顯著的情況。

另外，在起跳期扣球攔網和空手攔網最大垂直地面反作用力上，沒有顯著上的差異(圖 22)，推測原因為不論是在扣球攔網或空手攔網時，實驗參與者皆盡全力去做出攔網的動作，因此在起跳期地面反作用力是沒有差異的。不過在落地期扣球攔網和空手攔網最大地垂直地反作用力上，則發現有顯著上的差異(圖 22)。在本研究中，空手攔網相對於扣球攔在著地時有較大的髖關節角度屈曲，所以空手攔網有較大的髖關節屈曲來減少地面的反作用力，但所呈結果卻是令人意外的，反而是空手攔網的最大垂直地面反作用

力是較大的，這樣的研究結果和Gerwyn Hughes等(2010)所做的扣球攔網最大地面反作用力大於空手攔網結果有所差異，從落地期下肢關節活動範圍中(圖18)，可發現髖關節和膝關節在空手攔網的關節活動範圍上大於扣球攔網，可是在踝關節上確是扣球攔網大於空手攔網，雖然在統計上未達顯著上差異，但就平均值來說確實是扣球攔網的踝關節活動範圍較大，這可能是造成地面反作用力不如預期的原因之一，不過就目前現有數據看來，尚且無法定論，可能再從其他參數中或實驗加以驗證。

### 騰空期重心最大高度

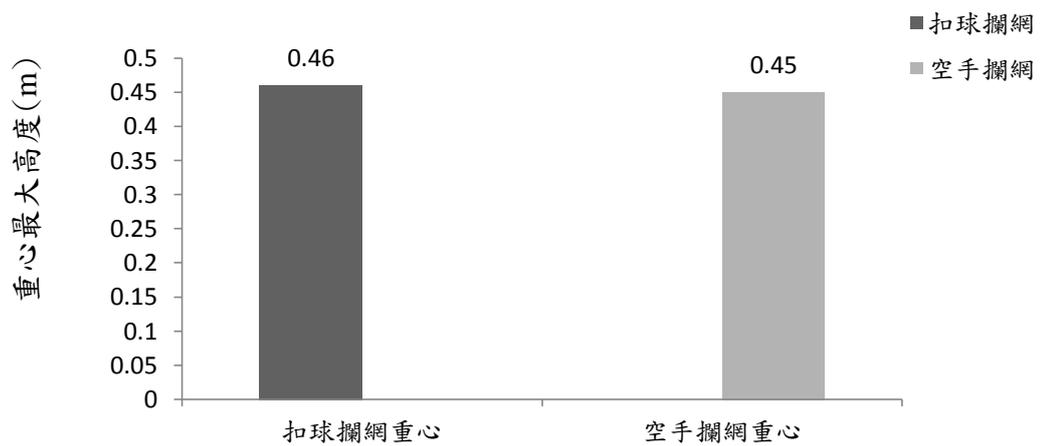


圖 21 騰空期重心最大高度直條圖

### 地面反作用力

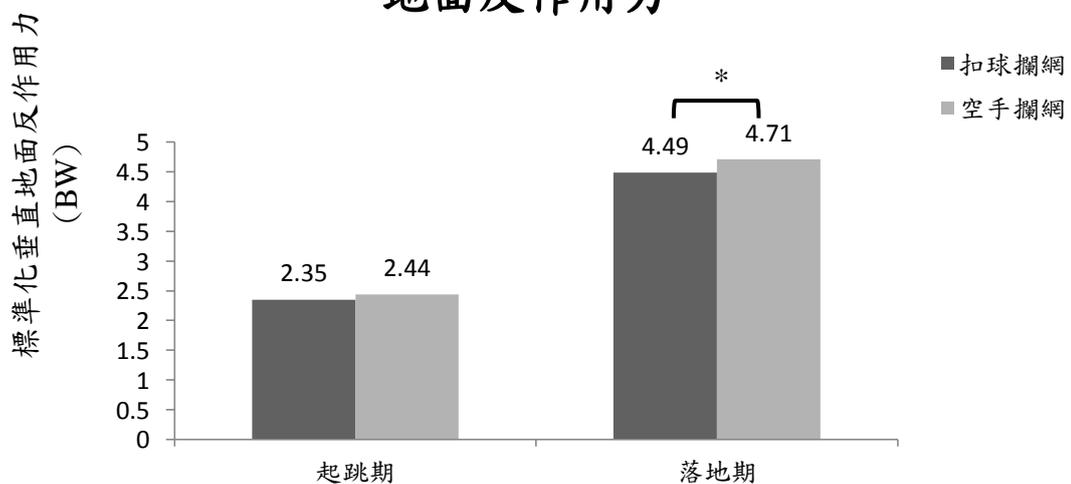


圖 22 地面反作用力直條圖

## 第五節 結論

### 一、落地期下肢關節角度、角速度及活動範圍之差異

攔網落地時，下肢關節若以較大的屈曲角度及活動範圍進行緩衝，則可以減少下肢各個關節的負荷。在執行排球扣球攔網和空手攔網動作時，發現兩者間有不同的落地方式進行落地的緩衝；(一)落地瞬間，空手攔網髖關節屈曲角度顯著大於扣球攔網；(二)落地期空手攔網最大髖關節屈曲角度顯著大於扣球攔網；(三)在落地期髖關節及膝關節在活動範圍上，有空手攔網大於扣球攔網的趨勢；(四)落地期最大垂直地面反作用力瞬間空手攔網髖關節角度、角速度顯著大於扣球攔網。

綜合以上結論推測扣球攔網在落地時，身體會以較為僵直的方式落地，而空手攔網則會以髖關節緩衝地面反作用力的方式落地，探究其原因有可能為扣球攔網時，需要全身肌肉用力才能完成，而落地後肌肉也呈現相對緊繃的狀態，因而造成落地時身體較為僵直情況，而執行空手攔網動作時，因為沒有真正進行攔截扣球的動作，所以無須全身肌肉力來執行攔網動作，因此在騰空期中，下肢肌肉可能處於相對放鬆的狀態，因而採用較大的髖關節角度及膝關節來進行落地緩衝。

### 二、最大垂直地面反作用力瞬間之差異

在地面反作用力上，預期空手攔網在落地時有較大的髖關節和膝關節彎曲角度來緩衝地面反作用力，但實驗結果卻是空手攔網落地時的地面反作用力較大，推測可能是攔網落地瞬間踝關節曲屈角度、攔網落地期踝關節最大角度及落地期踝關節活動範圍三者皆較扣球攔網來的小所造成的影響，另外實驗參與者在騰空期中，因雙手攔網而吸收強大的扣球力道，對於落地後地面反作用力是否有影響尚待討論，因此針對影響落地後最大地面反作用力影響的因素還需更多的證據加以證實。

## 第六節 建議

- 一、在執行扣球攔網和空手攔網的動作時，採用不同的落地方式，從運動學及地面反作用力的參數中，可以發現兩者間的差異性，未來可以增加肌電的資料，以更進一步的了解在執行扣球攔網和空手攔網動作時肌肉發力的情況，進而確定這兩種不同落地方式的推論。
- 二、未來如再進行扣球攔網和空手攔網的實驗時，可以增加空手攔網後向左或向右移動攔網的動作，如此更能貼近真實比賽的情境，以真正了解在真實比賽中扣球攔網和空手攔網兩動作間的差異，以便找出這兩種攔網使用的技巧和策略，加以改進以期增加攔網的成功率。
- 三、本研究主要針對原地攔網作為探討的主軸，但在比賽中攔網的技能還包括不同位置攔網、移位攔網、雙人攔網和三人聯合攔網等多種技巧，未來可針對不同的攔網型態和動作進行研究，了解比賽中各種攔網技能的要領。

## 引用文獻

### 中文部份：

林文忠(1990)。男子排球比賽之技術分析研究。臺北，國立臺灣師範大學體育學會。

林竹茂(1999)。當今排球技戰術主要特徵與展望研析。大專排球研究論文集，5，1-28頁。

林國全、何金山、陳克舟、孔建嘉(2010)。排球攔網步法對攔網時間影響之研究。彰化師大體育學報，9，143-152頁。

胡林煥、董忠美、張振興、林君豪(2007)。排球運動之攔網技術探討。臺大體育，23-21頁。

吳憲訓(2002)。淺析防守反擊對現代排球比賽影響。大專排球研究論文集，8，89-98頁。

吳福明(2003)。排球運動不同位置攔網技術之運動學相關研究。未出版之碩士論文，國立體育學院，桃園縣。

吳美玉(2007)。世界女子排球大獎賽比賽得分技術表現與比賽成績表現之關聯研究。2007國際排球教練暨訓練科學研討會論文集，46-49頁。

坂口憲政(2006)。95年國家A級教練講習手冊。南湖高中。

金春植、姜允哲(1999)。關於排球接發球進攻攔網效果的比較研究。延邊大學學報，25(2)，139-142頁。

陳儷勻(1999)。排球運動中發球、攔網、扣球相互關係之探討。大專體育，45，79-86頁。

陳儷勻(1998)。由國際排球規則演變探討發球、接發球、攔網、攻擊技戰術變化之律動。大專排球研究論集，4期，183-205頁。

陳政達(2002)。排球得分效率暨比賽記錄分析之研究。大專排球研究論集，8，7-18頁。

- 陳瑞福(2003)。亞洲男排強隊比賽得分成效與勝負相關分析。中華排球，107，97-104頁。
- 陳一進(2004)。排球得分方式與比賽成績應用灰關聯分析之探討。大專體育，70，149-154頁。
- 陳和章(1985)。六人制排球攔網技術理論與應用之研究。初版，精華初版社，26-27頁。
- 張思崇(2001)。擺臂動作對於排球助跑與起跳期之影響。教練科學，1期，81-87頁。
- 張思崇(2000)。排球選手手臂空中移位攔網技術應用初探。中華體育，14(2)，55-64頁。
- 張木山、紀忠呈(2002)。影響男子排球比賽成績表現之相關技術研究。國立體育學院論叢，13(1)，255-273頁。
- 程峻、陳五洲(2003)。實施排球新規則後攔網觀念之探討。大專體育，69，128-136。
- 黃靖閔(2005)。排球選手不同落地策略下肢動力學分析。未出版之碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 楊振興(2002)。對排球各種移動步伐之初步探析。大專排球研究論文集，8，153-159。桃園縣，國立體育學院教練研究所。
- 蔡崇瀆、劉玉仁(2001)。排球攔網時站位姿勢的比較研究。成大體育研究集刊，8，153-159頁。
- 劉家其(1997)。單人攔網方法的多樣化。中國排球，49，39-41頁。
- 謝耀毅(2011)。男女排球選手扣球落地之生物力學分析。未出版之碩士論文，國立臺灣師範大學，臺北市。

英文部份：

- Dapena, J., McDonald, C, Capaert, J . (1990). A regression analysis of high jumping technique . *International Journal of Sports Biomechanics*,1989,(6), 246-261.
- Gerwyn Hughes, James Watkins, and Nick Owen(2010). *Research Quarterly for Exercise and Sport*. The Effects of Opposition and Gender on Knee Kinematics and Ground Reaction Force During Landing From Volleyball Block Jumps. 81:4, 384-391.
- Lucas, J. (1985). *Pass, Set, Crush. Volleyball illustrated*. Wenatche WA: Euclid Northwest Publications.
- Selinger A., & Ackermann-Blount, I. (1986) *Arie Selinger' Power Volleyball*. New York:St Martin' Press.
- McGown, Carl (1994). *Science of coaching volleyball*. Human Kinetics Publishers. 55-65
- McNitt-Gray, J. L. (1991). Kinematics and impulse characteristics of drop landings from three heights. *International journal of sport biomechanics*,7,201-224.
- Nigg, D. B.(1990) .the validity and relevance of tests used for the assessment of sports surface *Medicine and Science in Sports and Exercise*,22 (1),131-139.
- Vint, P. P. F.,Hinrichs, R. N. Differences Between One-foot and 65 two-foot Vertical jump performances. *Journal of Applied Biomechanics*,1996,(12)338-358.

## 實驗參與者同意書

您好：

本研究係「排球扣球攔網與空手攔網之生物力學分析」之實驗。本實驗進行過程需要您大力的支持與參與，在此希望徵求您的同意。請詳細閱讀下列幾點說明：

一、 研究題目：

排球扣球攔網與空手攔網之生物力學分析。

二、 研究目的：

透過優秀排球選手攔網動作之運動學及動力學資料，分析與比較其運動學及動力學資料，希望對排球攔網動作有更深層的了解，進而達到增進攔網技能的目的。

三、 實驗時間：民國 年 月 日。

四、 實驗地點：國立臺灣師範大學分部運動生物力學實驗室。

五、 您的權益：如果您在實驗期間改變您的參與意願，請您立即告知研究者，並可隨時退出本次實驗而沒有任何限制。

若您已經瞭解上述相關事宜並願意參與本實驗，請您在本同意書下方姓名欄內簽名，及填寫聯絡資料，表示同意並且願意配合一切實驗步驟，由衷地感謝您的大力支持與配合，再次感謝您！

實驗參與者簽名：

聯絡電話：

填表日期：中華民國 年 月 日

研究者：許桎銘

聯絡電話：0920480017

附錄二 攔網起跳瞬間下肢關節角度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg)	右腳髖關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	20.2	3.2	0.1	-22.9	-54.2	-57.7
扣球攔網 2	-2.0	-5.7	-7.4	-6.6	-50.1	-54.6
扣球攔網 3	-8.5	-5.9	-7.1	-5.4	-58.9	-55.7
扣球攔網 4	-6.2	-13.8	-0.7	-6.4	-52.0	-51.5
扣球攔網 5	-14.4	-13.5	-5.0	-0.3	-54.3	-45.1
扣球攔網 6	-14.5	-16.7	-6.9	-10.2	-54.2	-52.2
扣球攔網 7	1.7	7.0	-6.3	0.6	-54.0	-50.0
扣球攔網 8	-9.5	-6.3	-7.2	-5.1	-48.4	-47.0
空手攔網 1	8.3	2.8	-3.0	-8.2	-55.5	-59.0
空手攔網 2	-1.6	-4.5	-6.8	-4.0	-51.7	-54.4
空手攔網 3	-8.8	-8.6	-7.4	-8.7	-61.0	-58.7
空手攔網 4	-4.3	-11.6	-1.6	-8.1	-50.8	-51.8
空手攔網 5	-12.7	-10.5	-4.6	1.8	-54.8	-47.0
空手攔網 6	-13.3	-16.1	-6.4	-10.8	-53.2	-52.5
空手攔網 7	1.7	5.0	-5.2	-3.1	-57.8	-55.7
空手攔網 8	-7.0	-4.9	-5.7	-4.5	-47.5	-46.8

附錄三 攔網起跳瞬間下肢關節角速度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg/s)	右腳髖關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	-229.2	-209.5	-494.4	-358.5	-378.7	-200.7
扣球攔網 2	-290.8	-253.1	-503.3	-476.2	-337.2	-274.7
扣球攔網 3	-384.6	-402.1	-672.2	-616.6	-590.4	-298.8
扣球攔網 4	-307.4	-246.3	-628.4	-446.3	-510.3	-183.7
扣球攔網 5	-197.3	-258.8	-391.2	-483.8	-144.3	-17.3
扣球攔網 6	-168.6	-149.5	-632.8	-479.3	-534.5	-337.1
扣球攔網 7	-312.1	-373.3	-485.9	-598.6	-339.1	-269.4
扣球攔網 8	-409.7	-425.1	-758.5	-816.9	-453.3	-201.4
空手攔網 1	-240.0	-253.2	-538.6	-511.6	-415.3	-324.1
空手攔網 2	-281.0	-292.8	-546.5	-580.2	-403.5	-401.9
空手攔網 3	-413.1	-370.2	-682.3	-515.6	-539.5	-178.0
空手攔網 4	-318.2	-221.6	-577.7	-308.5	-525.4	-160.2
空手攔網 5	-226.5	-291.1	-434.9	-580.5	-328.4	-211.1
空手攔網 6	-173.0	-177.5	-628.4	-497.8	-551.3	-352.9
空手攔網 7	-274.3	-270.0	-507.6	-461.7	-282.6	-130.9
空手攔網 8	-380.5	-436.9	-685.8	-801.4	-324.1	-111.8

附錄四 攔網起跳期下肢關節最大角度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg)	右腳髖關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	76.8	74.2	92.1	95.0	18.6	22.9
扣球攔網 2	61.3	59.8	81.2	82.4	24.8	29.3
扣球攔網 3	68.8	67.9	94.5	91.3	26.4	24.7
扣球攔網 4	63.7	60.9	74.7	79.4	17.6	23.2
扣球攔網 5	56.2	53.9	86.5	91.1	21.7	28.9
扣球攔網 6	46.1	45.6	93.7	96.4	28.3	27.4
扣球攔網 7	66.1	72.7	93.6	97.0	23.0	24.8
扣球攔網 8	62.2	64.5	89.3	89.3	25.7	20.1
空手攔網 1	73.4	66.8	84.4	84.9	19.9	25.5
空手攔網 2	61.5	58.5	85.1	86.4	25.5	28.6
空手攔網 3	68.5	67.5	90.2	87.6	24.7	23.0
空手攔網 4	60.5	58.3	70.8	74.2	16.8	21.7
空手攔網 5	48.6	48.8	98.8	101.6	29.4	28.7
空手攔網 6	54.3	52.9	83.0	87.7	20.8	27.3
空手攔網 7	65.9	71.4	94.8	97.1	21.6	23.9
空手攔網 8	64.9	67.6	92.2	92.3	26.3	19.2

附錄五 攔網起跳期下肢關節最大角速度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg/s)	右腳髖關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	468.1	513.3	863.2	943.9	836.5	771.3
扣球攔網 2	473.2	466.8	882.6	891.9	917.7	721.2
扣球攔網 3	648.0	638.4	1052.9	1007.4	1064.6	891.9
扣球攔網 4	443.4	434.0	682.4	674.2	616.2	509.4
扣球攔網 5	405.3	375.7	774.8	731.3	916.0	758.7
扣球攔網 6	433.5	503.9	988.3	1010.9	937.0	857.6
扣球攔網 7	587.2	614.1	1039.7	1016.6	942.2	865.4
扣球攔網 8	387.0	395.4	988.8	1053.4	769.3	638.9
空手攔網 1	459.2	486.4	852.9	911.8	872.7	760.3
空手攔網 2	470.8	469.8	879.9	888.4	930.9	737.9
空手攔網 3	676.2	637.3	1065.8	1001.4	1034.8	821.3
空手攔網 4	581.6	605.0	900.9	955.4	850.3	727.7
空手攔網 5	486.0	457.7	888.7	848.6	967.4	822.8
空手攔網 6	424.8	512.4	994.4	1021.9	937.2	814.0
空手攔網 7	561.5	565.3	1029.3	984.6	915.8	846.4
空手攔網 8	287.3	299.8	973.8	1051.4	654.3	628.9

附錄六 攔網起跳期下肢關節活動範圍資料

實驗參與者	左腳腕關節 (deg)	右腳腕關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	65.8	68.1	86.8	99.4	68.7	78.6
扣球攔網 2	63.4	63.6	91.1	93.3	77.1	86.3
扣球攔網 3	78.3	74.8	103.1	98.3	86.6	81.8
扣球攔網 4	70.2	74.6	76.0	86.0	69.5	74.9
扣球攔網 5	69.0	64.4	90.4	88.1	75.6	74.1
扣球攔網 6	60.0	62.0	100.4	106.6	82.3	80.4
扣球攔網 7	64.4	65.7	99.9	96.3	77.0	74.8
扣球攔網 8	71.7	70.7	96.5	94.4	74.2	67.4
空手攔網 1	60.4	61.1	83.4	90.6	70.4	80.1
空手攔網 2	64.0	63.0	90.6	91.2	77.2	82.9
空手攔網 3	75.7	74.5	95.1	94.0	83.8	79.7
空手攔網 4	66.0	70.8	74.3	83.3	69.0	74.5
空手攔網 5	67.0	63.4	87.6	85.9	75.5	74.4
空手攔網 6	62.0	65.0	105.2	112.4	82.6	82.0
空手攔網 7	64.1	65.9	99.7	98.9	79.5	78.9
空手攔網 8	71.9	72.5	97.9	96.8	73.8	66.7

附錄七 攔網落地瞬間下肢關節角度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg)	右腳髖關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	19.1	13.9	11.7	-5.9	-48.2	-39.9
扣球攔網 2	1.2	0.9	1.0	3.7	-42.6	-45.7
扣球攔網 3	-0.5	2.1	7.5	9.5	-52.1	-53.6
扣球攔網 4	-3.6	-1.5	9.9	12.8	-50.2	-48.4
扣球攔網 5	-6.8	-4.3	6.2	11.1	-52.0	-41.5
扣球攔網 6	-10.1	-5.5	14.6	17.5	-54.2	-53.7
扣球攔網 7	-1.7	1.1	6.7	11.8	-46.4	-48.0
扣球攔網 8	4.9	6.0	13.7	15.6	-44.3	-38.3
空手攔網 1	20.5	19.6	8.4	8.5	-47.0	-44.0
空手攔網 2	7.9	6.7	4.0	5.5	-39.6	-42.6
空手攔網 3	18.3	20.1	1.3	2.1	-55.4	-55.1
空手攔網 4	15.1	11.7	7.2	4.9	-52.5	-50.4
空手攔網 5	8.7	5.7	4.1	5.8	-53.5	-43.4
空手攔網 6	2.4	5.5	4.9	6.9	-54.2	-51.9
空手攔網 7	10.8	13.2	6.2	11.3	-47.2	-46.6
空手攔網 8	11.1	11.5	14.8	14.0	-43.2	-41.9

附錄八 攔網落地瞬間下肢關節角速度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg/s)	右腳髖關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	106.8	90.7	379.9	287.8	475.4	341.1
扣球攔網 2	91.6	70.4	302.2	265.1	456.6	367.3
扣球攔網 3	31.3	53.5	212.8	274.7	241.9	283.9
扣球攔網 4	44.0	35.7	341.8	215.8	463.0	333.4
扣球攔網 5	-1.6	7.7	132.0	149.1	201.8	173.4
扣球攔網 6	15.4	9.0	308.9	225.0	413.3	334.6
扣球攔網 7	153.3	154.2	468.2	514.5	699.5	710.5
扣球攔網 8	44.5	105.9	310.0	485.2	208.1	256.3
空手攔網 1	115.4	106.6	381.4	335.0	520.2	402.0
空手攔網 2	120.6	81.6	352.3	307.2	544.9	437.7
空手攔網 3	94.0	94.3	169.4	283.5	254.8	356.2
空手攔網 4	90.4	67.7	372.2	241.1	539.1	399.4
空手攔網 5	23.9	25.1	213.1	200.2	386.9	309.3
空手攔網 6	39.0	41.5	326.7	263.0	585.2	517.0
空手攔網 7	112.9	105.6	462.2	435.8	659.2	582.7
空手攔網 8	89.6	138.1	270.2	363.6	179.7	161.0

附錄九 攔網落地期下肢關節最大角度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg)	右腳髖關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	59.3	58.2	86.0	88.8	18.3	20.0
扣球攔網 2	30.8	22.8	63.4	60.6	19.6	23.8
扣球攔網 3	23.3	25.9	51.6	56.6	10.2	10.7
扣球攔網 4	15.4	10.9	57.1	50.4	14.4	13.5
扣球攔網 5	8.6	11.1	51.4	55.6	12.3	17.2
扣球攔網 6	8.0	7.1	60.9	58.0	17.9	18.2
扣球攔網 7	16.9	17.2	56.9	57.8	16.0	21.0
扣球攔網 8	19.5	24.6	66.5	71.7	14.3	17.4
空手攔網 1	58.7	52.6	83.7	82.2	21.6	24.2
空手攔網 2	37.7	35.2	81.0	80.5	25.2	29.6
空手攔網 3	37.9	41.4	47.4	50.2	4.0	2.8
空手攔網 4	31.9	27.0	53.1	48.9	6.8	7.4
空手攔網 5	28.7	22.5	49.0	49.6	2.4	6.8
空手攔網 6	16.7	16.3	52.3	50.8	11.1	10.7
空手攔網 7	29.3	30.9	64.3	66.9	16.1	19.5
空手攔網 8	29.2	33.3	69.7	73.5	15.2	15.8

附錄十 攔網落地期下肢關節最大角速度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg/s)	右腳髖關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	341.8	249.6	669.2	628.6	1040.2	937.6
扣球攔網 2	509.0	293.9	79.3	18.7	2136.0	1771.2
扣球攔網 3	279.1	374.7	607.4	636.5	1853.1	1718.5
扣球攔網 4	275.4	213.7	909.9	807.6	2034.3	1541.4
扣球攔網 5	317.6	402.1	699.1	632.9	1979.3	1601.3
扣球攔網 6	135.5	107.2	528.5	540.8	1084.5	1102.4
扣球攔網 7	214.9	205.2	631.2	675.1	1120.7	1107.6
扣球攔網 8	265.6	256.2	429.1	495.2	1430.4	1362.7
空手攔網 1	373.6	314.1	616.9	602.7	1038.3	971.4
空手攔網 2	547.1	344.3	716.3	728.5	1824.1	1560.9
空手攔網 3	422.8	450.6	870.1	801.8	2040.4	1915.9
空手攔網 4	273.7	239.7	775.3	723.2	1873.3	1573.7
空手攔網 5	649.8	568.2	746.6	581.9	1820.5	1448.3
空手攔網 6	168.8	154.8	483.0	462.8	1109.1	1105.2
空手攔網 7	291.6	207.8	645.1	649.7	1105.9	1025.5
空手攔網 8	337.0	417.8	366.3	337.8	1420.5	1343.9

附錄十一 攔網落地期下肢關節活動範圍資料

實驗參與者	左腳腕關節 (deg)	右腳腕關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	45.3	42.4	75.2	72.5	68.5	60.3
扣球攔網 2	29.6	21.9	62.4	56.9	62.2	69.5
扣球攔網 3	20.9	22.9	50.6	53.7	60.7	66.7
扣球攔網 4	19.0	12.4	47.2	37.6	65.6	62.5
扣球攔網 5	14.4	15.1	44.1	44.7	65.6	61.0
扣球攔網 6	15.9	11.8	44.1	38.7	75.0	74.9
扣球攔網 7	18.5	16.1	50.2	46.0	63.0	69.1
扣球攔網 8	14.6	18.6	52.8	56.1	59.4	55.7
空手攔網 1	43.2	40.2	75.8	72.1	69.4	65.3
空手攔網 2	29.8	28.5	77.0	75.0	64.7	72.3
空手攔網 3	19.8	21.6	46.2	48.3	59.7	58.2
空手攔網 4	16.8	15.2	46.0	44.0	59.2	57.8
空手攔網 5	19.9	16.8	44.9	43.8	56.9	51.3
空手攔網 6	14.3	10.9	47.4	43.9	66.3	64.0
空手攔網 7	22.4	20.8	57.5	54.0	64.2	67.5
空手攔網 8	18.1	21.7	54.9	59.5	58.4	57.7

附錄十二 起跳期最大垂直地面反作用力下肢關節角度資料

實驗參與者	左腳腕關節 (deg)	右腳腕關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	55.0	53.0	71.4	73.0	7.4	13.4
扣球攔網 2	60.8	56.5	81.1	83.9	24.2	29.2
扣球攔網 3	43.1	43.9	67.4	65.4	14.5	13.2
扣球攔網 4	45.9	41.1	66.1	67.2	11.3	15.6
扣球攔網 5	34.3	32.8	68.8	71.6	13.2	19.0
扣球攔網 6	30.5	28.6	74.1	72.7	16.4	14.8
扣球攔網 7	39.4	45.4	58.8	62.4	2.4	6.8
扣球攔網 8	40.9	42.8	67.8	68.3	14.3	11.0
空手攔網 1	56.1	50.7	68.8	67.1	10.4	15.1
空手攔網 2	60.0	54.5	78.8	80.8	21.6	27.2
空手攔網 3	36.6	36.7	57.7	55.5	6.3	7.6
空手攔網 4	52.0	49.0	69.8	71.8	16.1	20.6
空手攔網 5	47.6	46.2	81.3	85.7	20.5	26.6
空手攔網 6	41.5	40.7	90.6	91.4	24.9	24.2
空手攔網 7	55.7	60.7	81.0	82.6	14.3	16.6
空手攔網 8	45.6	48.0	71.0	72.3	15.0	12.0

附錄十三 起跳期最大垂直地面反作用力下肢關節角速度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg/s)	右腳髖關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	-100.4	-115.6	-103.2	-137.1	-75.8	-78.1
扣球攔網 2	-39.9	-42.1	23.0	15.1	24.8	20.7
扣球攔網 3	-251.1	-249.0	-352.9	-333.7	-238.0	-234.3
扣球攔網 4	-235.7	-255.8	-204.7	-243.3	-147.4	-159.1
扣球攔網 5	-222.3	-207.5	-258.4	-260.1	-156.8	-175.6
扣球攔網 6	-161.6	-196.0	-238.1	-289.3	-148.1	-176.1
扣球攔網 7	-278.6	-283.8	-499.2	-478.0	-312.6	-299.1
扣球攔網 8	-204.8	-197.4	-262.4	-250.8	-180.6	-172.9
空手攔網 1	-140.6	-139.7	-160.1	-166.4	-120.4	-129.2
空手攔網 2	-38.1	-33.1	35.4	35.8	33.5	30.9
空手攔網 3	-345.0	-365.1	-468.8	-475.7	-360.7	-351.5
空手攔網 4	-155.4	-165.1	-71.7	-97.9	-43.8	-69.0
空手攔網 5	-134.3	-129.3	-69.3	-78.3	-17.3	-29.7
空手攔網 6	-129.8	-154.3	-195.7	-232.8	-114.1	-133.5
空手攔網 7	-122.6	-130.7	-116.0	-120.5	-112.4	-111.6
空手攔網 8	-260.5	-262.6	-431.2	-437.1	-240.6	-243.4

附錄十四 落地期最大垂直地面反作用力下肢關節角度資料

實驗參與者	左腳髖關節 (deg)	右腳髖關節 (deg)	左腳膝關節 (deg)	右腳膝關節 (deg)	左腳踝關節 (deg)	右腳踝關節 (deg)
扣球攔網 1	36.7	34.9	58.1	58.9	10.3	13.5
扣球攔網 2	3.8	2.7	9.3	11.1	-26.9	-34.7
扣球攔網 3	5.1	9.0	33.0	35.0	-4.3	-3.9
扣球攔網 4	3.9	3.3	36.4	31.3	-1.5	-17.7
扣球攔網 5	2.6	3.6	34.5	38.5	8.7	13.8
扣球攔網 6	-5.8	-4.7	48.5	47.2	12.5	12.0
扣球攔網 7	12.1	14.9	45.9	51.3	14.8	18.6
扣球攔網 8	16.7	17.9	54.6	54.4	10.5	15.1
空手攔網 1	43.8	40.6	58.0	56.5	12.8	14.2
空手攔網 2	27.0	21.8	46.2	45.4	14.6	16.0
空手攔網 3	30.3	29.9	34.4	30.1	-1.8	-1.5
空手攔網 4	29.3	23.0	43.2	35.8	4.7	3.7
空手攔網 5	20.3	15.7	31.4	32.0	-0.6	4.2
空手攔網 6	10.6	11.8	36.0	35.7	5.5	4.9
空手攔網 7	30.0	28.3	52.9	50.9	13.1	16.5
空手攔網 8	24.6	26.3	56.4	56.6	13.0	13.8

附錄十五 落地期最大垂直地面反作用力下肢關節角速度資料

實驗參與者	左腳腕關節 (deg/s)	右腳腕關節 (deg/s)	左腳膝關節 (deg/s)	右腳膝關節 (deg/s)	左腳踝關節 (deg/s)	右腳踝關節 (deg/s)
扣球攔網 1	305.3	206.3	518.7	402.1	415.5	367.4
扣球攔網 2	150.7	121.3	568.0	531.4	1058.6	964.8
扣球攔網 3	150.1	214.4	383.7	457.1	647.3	601.7
扣球攔網 4	114.3	136.4	300.2	371.7	460.0	506.5
扣球攔網 5	255.6	281.4	400.3	422.4	282.8	285.5
扣球攔網 6	99.8	69.1	234.9	175.0	184.3	159.4
扣球攔網 7	207.9	140.8	441.4	290.6	110.6	50.2
扣球攔網 8	235.9	235.1	391.0	378.5	261.1	247.7
空手攔網 1	324.0	287.5	477.6	434.4	177.6	192.8
空手攔網 2	349.9	277.8	563.2	448.2	139.1	128.5
空手攔網 3	308.8	314.1	443.0	417.9	283.1	244.8
空手攔網 4	185.1	181.6	387.6	373.7	146.0	129.1
空手攔網 5	362.9	321.7	523.6	472.3	251.7	215.8
空手攔網 6	145.5	145.2	385.6	406.1	344.6	388.2
空手攔網 7	136.6	125.1	327.8	323.0	109.2	88.5
空手攔網 8	305.1	380.0	381.9	438.3	213.2	196.4

附錄十六 重心最大高度、起跳期及落地期地面反作用力資料

實驗參與者	重心高度 (M)	起跳期 (BW)	落地期 (BW)
扣球攔網 1	0.44	2.20	3.32
扣球攔網 2	0.43	2.36	3.65
扣球攔網 3	0.51	2.22	4.69
扣球攔網 4	0.50	2.60	4.32
扣球攔網 5	0.49	2.51	5.80
扣球攔網 6	0.39	2.43	4.20
扣球攔網 7	0.49	2.32	4.83
扣球攔網 8	0.46	2.3	4.0
空手攔網 1	0.44	2.54	3.72
空手攔網 2	0.44	2.39	3.50
空手攔網 3	0.51	2.30	4.74
空手攔網 4	0.52	2.91	5.12
空手攔網 5	0.49	2.51	5.99
空手攔網 6	0.39	2.32	4.72
空手攔網 7	0.49	2.44	4.81
空手攔網 8	0.36	2.2	4.1