

國立臺灣體育運動大學
National Taiwan University of
Physical Education and Sport
體育研究所碩士學位論文

手球運動員的等速肌力與射門表現
RELATIONSHIP BETWEEN ISOKINETICS STRENGTH OF
KNEE AND ELBOW AND THROWING PERFORMANCE
IN HANDBALL PLAYERS



研究生：游晴惠 撰
指導教授：陳重佑 博士

中華民國 101 年 2 月

論文名稱：手球運動員的等速肌力與射門表現

總頁數：98 頁

院校所組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所

畢業及提要別：100 學年度第 1 學期碩士學位論文題要

研究生：游晴惠

指導教授：陳重佑博士

中文摘要

本研究的主要目的係以等速肌力測量系統，對優秀手球運動員進行肘關節與膝關節肌力診斷，並就上肢與下肢等速肌力預測手球射門球速的關係進行探討。實驗以優秀手球運動員男生 27 人與女生 14 人為參與者，經 Biodex System 4 Pro 等速肌力測驗系統，記錄實驗參加者肘關節與膝關節在 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 負荷下之向心工作肌力與爆發力，並以 Vicon Motus 9.2.0 數位化分析實驗參與者罰球射門、原地垂直跳躍射門與助跑射門的出手球速，再以重複量數單因子變異數分析、多元迴歸分析等統計方法進行資料的處理 ($\alpha = .05$)。結果發現手球運動員的肘關節、膝關節肌力與爆發力，在慣用側與非慣用側都沒有顯著差異；在罰球射門、跳躍射門與助跑射門等動作出手瞬間的球速分析方面，三種射門動作出手球速的相關係數約為 .624-.791 (男生)、.851-.908 (女生) ($ps < .05$)，此外，低速高負荷 (30deg/s、60deg/s) 的肘關節與膝關節肌力與爆發力對罰球射門動作的球速相關達顯著 ($ps < .05$)。以本研究肘關節與膝關節肌力或爆發力對射門球速進行預測的結果顯示，僅有低速高負荷的肘關節 (男生) 或膝關節 (女生) 肌力可以解釋罰球射門球速 (男生： $R^2 = .36$, $F(1, 24) = 13.38$, $p = .001$ ；女生： $R^2 = .49$, $F(1, 12) = 11.52$, $p = .005$)，而高速低負荷的肘關節和膝關節肌力與爆發力則不能有效的解釋三種射門動作的出手球速。

關鍵詞：膝關節、肘關節、肌力、爆發力、射門

Relationship Between Isokinetics Strength of Knee and Elbow and Throwing Performance in Handball Players

Yu, Ching- Hui

ABSTRACT

The purpose of this study was to assess the elbow and knee strength/power in isokinetic system for elite handball players, and to predict the relationship between strength/power of upper and lower extremity and the throwing velocity of shooting movements. Twenty-seven male handball players and 14 female handball players were recruited for the participants. Biodex System 4 Pro was used to acquire concentric strength/power for elbow and knee under the conditions of 30 deg/s, 60 deg/s, 120 deg/s, and 180 deg/s. Participants were asked to perform the movements of penalty throw (standing throwing), 3-step running throw, and throw following vertical jump. The Vicon Motus v9.2.0 was used to digitize the ball velocities of release. The repeated measure one way ANOVA and the multiple-regression analysis were used to analysis the differences of dominant and non-dominant extremities and to identify the influence of strength/power of joints on the performance of throwing respectively ($\alpha = .05$). The results showed that there were no differences in elbow and knee strength/power between dominant and non-dominant extremities for handball players. Pearson product-moment correlation analyses showed the correlation coefficients were .624-.791 in male and .851-.908 in female ($p < .05$) among the release velocity of three throw movements. But only the correlations of the release velocity of penalty throw and the low speed of high load (30deg/s and 60deg/s) of elbow and knee strength/power were significant ($p < .05$). The results of multiple regression analysis of elbow and knee strength/power predicting shooting movements indicated that penalty throwing velocity was validity highly been explained by the low speed of high load of elbow strength in male and knee strength in female (male: $R^2 = .36$, $F(1, 24) = 13.38$, $p = .001$; female: $R^2 = .49$, $F(1, 12) = 11.52$, $p = .005$). These results lead to the conclusion that the throwing velocity of three shooting movements was unexplained generally by the high speed (low load) isokinetic strength/power of knee and elbow.

Key words: knee, elbow, strength, power, shooting

謝誌

「Never give up」，學士畢業之後，能夠繼續更上一層完成碩士學位，是一段辛苦又幸運的歷程，因為許多人支持、鼓勵、協助、體諒、包容，我才能盡力完成這個階段的學習。

本論文的順利完成，首先要感謝的是指導教授陳重佑博士，提攜愚昧的我，在體大四年的武術龍獅練習與學術研究歷程中，付出無比的耐心與愛心，總是不厭其煩的悉心的指導。以及口試委員陳帝佑博士、林靜兒博士，在繁忙的教學與研究之餘，給予我許多寶貴的建議與指正，使得本論文臻至充實完善。我也要感謝唐人屏老師、巫松軒老師與吳修廷老師在習武與龍獅的過程不僅是啟蒙者，也是引道者；以及歷經多年的戰友，犧牲時間協助實驗與資料整理的小妹學姐、偉勳學長與俊憲，以及威勁力學團隊的夥伴們，韋傑師兄、雁文、建志、筠臻間互相的勉勵，彼此的加油打氣，亦感謝巫師母及曾淑琳老師在我求學路上不時的給予鼓勵，要感謝的人實在太多，在此謹以最誠摯的心向各位說聲「謝謝」，並將這份榮耀獻給大家。

最後，要感謝將我辛苦拉拔長大的雙親，給予我很大的自主空間，在求學前間總是全心全力的支持我，讓我毫無顧慮的勇往直前，致力於學習，您們的付出與關愛是我最大的慰藉，有您們的支持，我才能順利完成各個階段的學習。

游晴惠 謹誌

中華民國 101 年 2 月

目 錄

摘要	I
謝誌	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第一章、緒論	1
第一節、問題背景	1
第二節、研究目的	3
第三節、研究範圍與限制	3
第四節、名詞解釋	4
第五節、研究的重要性	4
第二章、理論基礎與文獻探討	6
第一節、肌肉工作的基本概念	6
第二節、專項運動的肌力與爆發力診斷	11
第三節、運動訓練介入對肌力與爆發力的影響	16
第四節、結語	20
第三章、研究方法	22
第一節、實驗參加者	22
第二節、實驗器材與設備	23
第三節、實驗流程與步驟	25
第四節、資料處理與分析方法	27

第四章、結果與討論-----	29
第一節、男子手球運動員的最大肌力與爆發力-----	29
第二節、女子手球運動員的最大肌力與爆發力-----	43
第三節、射門球速與等速肌力的相關分析-----	57
第四節、肌力對射門球速的預測-----	66
第五節、綜合討論-----	70
第五章、結論與建議-----	74
第一節、結論-----	74
第二節、建議-----	75
引用文獻-----	77
一、中文部分-----	77
二、英文部分-----	79
附錄	
附錄一、實驗參加者同意書-----	89
附錄二、相關分析結果表列-----	91

表目錄

表 1：	實驗參加者的基本資料-----	22
表 2：	男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩與爆發力描述統計結果-----	30
表 3：	男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩變異數分析摘要-----	32
表 4：	男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發 力變異數分析摘要-----	34
表 5：	男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩與爆發力描述統計結果-----	37
表 6：	男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩變異數分析摘要-----	39
表 7：	男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發 力變異數分析摘要-----	41
表 8：	女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩與爆發力描述統計結果-----	44
表 9：	女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩變異數分析摘要-----	45
表 10：	女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發 力變異數分析摘要-----	48
表 11：	女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩與爆發力描述統計結果-----	51
表 12：	女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大 力矩變異數分析摘要-----	53
表 13：	女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發 力變異數分析摘要-----	55

表 14：手球運動員不同射門動作出手瞬間球速（單位：m/s）的描述統計資料與相關係數	57
表 15：男子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與肘關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數	59
表 16：男子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與膝關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數	61
表 17：女子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與肘關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數	63
表 18：女子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與膝關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數	65
表 19：男子罰球球速相關預測	66
表 20：男子罰球球速原始係數逐步迴歸分析之變異數分析	67
表 21：男子罰球球速原始係數逐步迴歸分析預測公式的各項係數	68
表 22：女子罰球球速相關預測	68
表 23：女子罰球球速原始係數逐步迴歸分析之變異數分析	69
表 24：女子罰球球速原始係數逐步迴歸分析預測公式的各項係數	70

圖目錄

圖 1: Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統 -----	23
圖 2: Sony HVR-Z5N 高畫質數位攝影機 -----	24
圖 3: 肘關節等速肌力測量系統 -----	26
圖 4: 膝關節等速肌力測量系統 -----	26

第一章 緒論

第一節 問題背景

手球 (handball) 運動是綜合籃球和足球特點而發展起來的一種用手打球、射門得分的對抗性運動項目：以攻守技術與戰術為手段，而以得分多寡來判定勝負。一場手球比賽可分成攻擊和防守兩大部分，「防守就是最好的攻擊」，這個不變的道理適用於大多的競技運動，通過攻門、射門得分，而取得勝利的團隊運動，為了取得攻門的機會，戰術的有效運用、基本與應用性技術的實施，就成為手球隊伍常態訓練與鍛鍊的方向了。然而，除了戰術考量的放小球攻門形式外，強力射門的技術執行，已然是所有手球運動隊操課訓練的內容。手球運動中的強力射門係屬於肩上投擲 (overhead throwing) 的開放動力鏈連結形式 (open kinetic link pattern)，其動作特徵將會由近端肢體到遠端肢體的動作速度逐漸增加，並將動量由各節肢段傳遞作用到球體，俾使球體在離手後具有更高的運動速度 (Kreighbaum & Barthels, 1996)。Wit, Fizycznego, and Poland (1998) 指出在手球比賽中，球速往往是射門得分的關鍵點，球速越快，守門員截球的機會越少。因此，手球訓練的工作，必須從射門動作技術的觀點去提昇球速表現，也需要有專項的肌力和爆發力條件結合，以發揮射門動作的技術水準 (Hermassi, Chelly, Tabka, Shephard, & Chamari, 2011)，而射門動作的主要肌肉工作除了需要有主動縮短的向心階段形式外，也需要具有煞車減速的離心肌肉工作形式，除了投擲肢體的上肢肌肉力量、投

擲對側肢體的肌肉力量需求外，下肢支撐人體的肌肉力量、下肢力量傳動的肌肉力量等，也都是影響射門動作表現的重要因素（Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005; Hermassi et al., 2011）。

針對手球投擲的肌力診斷相關研究主要包括兩個部份，一種為使用啞鈴、槓鈴或藥球的負荷調整進行肌力測驗（Chelly, Hermassi, & Shephard, 2010; Debanne & Laffaye, 2011; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Ruesta, & Gorostiaga, 2008），另一種則為使用等速肌力測量系統在關節工作速度一定的條件下進行肌力評量（Bayios, Anastasopoulou, Sioudris, Boudolos, 2001; Noffal, 2003; Zapartidis, Gouvali, Bayios, & Boudolos, 2007）。過去所做的重量訓練，仰臥推舉或直臂上拉這類型的動作型態又參雜了多關節、多肢段的工作，單一關節的肌肉工作影響手球射門球速的課題，就成為本研究關心的重點。

單一關節的等速肌力診斷係屬於人體在機械動作速度限制下的肌肉工作，並不能解釋單一肌群或肌肉收縮速度為定值時的肌肉力量（Komi, 1992），也非等同於實際運動場上的自然工作形式，然而，從定量分析的觀點，等速肌力測量則可以協助研究課題簡化、切割問題。關於以等速肌力測量系統的相關研究，多以棒球運動員探究雙手肌力平衡與否、專業與否的差異（Dale, Kovaleski, Ogletree, Heitman, & Norrell, 2007; Noffal, 2003; Yildiz et al., 2006），這些研究卻都沒有針對投擲速度進行測驗與比較。因此，本研究將對手球運動員進行慣用側的上、下肢等速肌力測量與比較，並進行罰球射門、原地垂直跳躍射門與助跑射門的球速測量，

觀察上、下肢屈肌、伸肌的肌肉力量與射門球速、投擲效果是否有顯著相關存在，則成為本研究必須探討的主題。

第二節 研究目的

本研究的主要目的乃以生物力學的觀點，通過 Biodex system 4 Pro 等速肌力測量系統記錄優秀手球運動員肘關節、膝關節肌力與爆發力，再以二度空間影像分析法測量實驗參與者罰球射門、原地垂直跳躍射門與助跑射門的球速，並經單一關節在單一運動平面之等速肌力或爆發力參數與運動學參數的相關分析後，探討上、下肢肌力特徵對於手球射門表現的影響。

第三節 研究範圍與限制

本研究的實驗參與者為國立臺灣體育運動大學手球代表隊，為了探討上下肢肌力對於射門表現速度的關係，本研究以 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等作為不同關節負荷（次數），實驗開始前，實驗參加者將進行暖身活動，以使身體各關節活動度略達日常運動前的狀態，Biodex 等速肌力測量系統則採自主性的向心工作，並不會造成運動員肌肉拉傷。

本研究實驗過程前與過程之中，實驗者將會在旁邊給予適口語激勵，以要求實驗參加者盡最大能力進行測試，並不可有協助幫忙情形，以確保實驗操作過程的一致性。

第四節 名詞解釋

一、肌力 (strength)

肌力指的是肢體所使用力的能力，亦即在特定的速度下，肌肉或肌群抵抗阻力時所產生的最大力量。

二、爆發力 (power)

爆發力是指瞬間產生的動力又稱瞬發肌力 (explosive strength)，指在最短時間內人體肌肉產生最大的作功能力，是肢體速度與力量所組成的乘積 (爆發力 = 肌力 × 肢體的速度)。

三、等速肌力測量系統 (isokinetic system)

等速肌力測量系統是用於評估肌力和肌肉功能，藉由調整不同的阻力負荷，瞭解肌力與爆發力對運動表現的重要性及相關性，因應運動員不同的肌力型態、監控訓練進度及傷後或術後復健 (Gore, 2000)。

第五節 研究的重要性

國際體壇競爭激烈，在高競技運動水準的要求下，運動員追求的目標是更高、更快、更遠，不論是締造個人佳績或是爭取國家榮耀，其勝負關鍵往往在於運動員的肌力與爆發力。肌力訓練是運動競技訓練工作的重點項目，而評量與診斷則為落實訓練工作最重要的一環，手球運動是一種結合跑、跳、衝刺、急停、投擲、衝擊、推擠的複雜團隊運動，這也使得手球運動在肌力訓練的要求相當多元，但是，若可以針對投擲此項單一工作的肌力特徵深入了解，必然可以提供

運動教練和運動員關於射門動作的肌力影響，並作為爾後訓練工作的參考。

第二章 理論基礎與文獻探討

本章主要內容針對肌力與爆發力相關文獻加以陳述探討，第一節、肌肉工作的基本概念；第二節、專項運動的肌力與爆發力診斷；第三節、運動訓練介入對肌力與爆發力的影響；第四節、結語。

第一節 肌肉工作的基本概念

體適能 (physical fitness) 是維繫人類運動的重要元素，更是全人健康的重要基礎條件，體適能可區分為健康體適能 (health-related fitness) 與表現有關的體適能 (performance-related fitness)。其中，健康體適能包括：肌力與肌耐力 (muscular strength and endurance)、心肺耐力 (cardiorespiratory endurance)、柔軟度 (flexibility) 和身體組成 (body composition) 等要素；表現有關的體適能又廣泛稱為動作的適能 (motor fitness)，並包括：動作 (movement)、速度 (speed)、敏捷性 (agility)、協調性 (coordination)、平衡 (balance) 與爆發力 (power) 等 (Gallahue & Ozmun, 2006; National Association for Sport and Physical Education an Association of the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance, 2004)。在日常生活中或各運動競賽項目，體適能的強化對於所有人均是極為重要，例如：一個人騎自行車或能跑多遠，是與本身的肌力、肌耐力、有氧耐力水平有關；優秀的體操運動員要將不同難度、技巧等複雜動作，成功整合在套路中實施，必需具備良好的

肌力、爆發力、敏捷性、協調性等運動體能要素，方得以在動作過程中維持和支撐肢體的變化。良好的體適能不僅能改善健康體能要素，為身體帶來健康效益，更可針對競技運動員提昇運動表現。

在體適能各項指標中，肌力（strength）與爆發力（power）是運動員在競賽場中的重要能力指標，更與其他運動項目表現極為密切相關。肌力是所有運動項目的根基，更是提升速度與爆發力的基本要件，易言之，肌力指的是肢體所使用力的能力，亦即在特定的速度下，肌肉或肌群抵抗阻力時所產生的最大力量（Knuttgen & Kraemer, 1987）。

人體的主要運動器官為骨骼、骨骼肌以及介於兩者之間的結締組織，骨骼提供人體結構上堅固的支撐，亦可提供為槓桿臂，槓桿臂的力量則源自於骨骼肌的工作，而當骨骼肌工作時，結締組織則扮演了重要的連接角色，在透過肌肉傳送至相關的骨骼槓桿，造成人體動作的產生。加入實驗儀器可測得的力學參數包括力、力矩、功、功率和運動速度等，因此，就有許多利用肌力測驗來觀察肌肉的功能，甚至用肌力來反應神經支配肌肉工作的特徵。高競技運動水準的要求下，運動員為了追求更高、更快、更遠的目標，在動作技術完成後，產生更高的速度變化量，依據牛頓第二定律所發展出來的動量-衝量定理（ $\int F(t)dt = m\Delta v$ ， $F(t)$ 為合力對時間曲線、 m 為物體或肢體質量、 Δv 為物體或肢體速度變化量），就會將肌力表現的外在作用結果與時間因素相互結合（劉宇，1998）。劉宇、江界山與陳重佑（1996）就引用德國Beyer主編的《運動科學辭典》，以生物力學的觀點將肌力定義「肌力為神經肌肉系統產生衝量的能力」，而爆發力則定義為

「神經肌肉系統在有限時間內，最大限度產生衝量的能力」。有了這些專業、更細緻的對肌肉工作表現進行定義，更凸顯了肌力反應了神經肌肉系統的一種功能特徵，由外在表現出來的力與時間作用是一種可測量的物理量（劉宇、江界山與陳重佑，1996）。因此，通過肌肉工作反應出力與力矩的外在表現，即可深入解釋神經肌肉的工作特性，舉例來說，醫療臨床上的術後復健，為了檢測術後復原的程度、神經肌肉機能的恢復情況，經常使用肌力的大小來評估機能恢復的情形。在運動訓練上，又會通過一般肌力、專項肌力、最大肌力（絕對肌力）、相對肌力、肌耐力與爆發力等概念，實施訓練與測量，以提升競技運動員參與比賽的基本素質（Bompa, 2004）。

過去在描述肌肉產生力量時常用“收縮”一詞，但實際上，肌肉產生力量時並不一定“縮短”，因此學者Komi(1992)建議應該用肌肉工作（muscle action）來進行描述，其目的係為了更容易瞭解肌肉的工作。而肌肉工作形式主要有三種型態：肌肉等長工作（isometric muscle action）、肌肉向心工作（concentric muscle action）與肌肉離心工作（eccentric muscle action），來強化神經肌肉的功能。肌肉等長工作是指當個體的肌肉力量與外在負荷的阻力對抗時，使用肌肉長度保持不變的收縮型態，像是雙手推牆的工作方式；肌肉向心工作則是肌肉收縮的力量足以克服外在負荷阻力時，使肌肉縮短的現象，例如手提重物向上舉起時，肱二頭肌進行向心工作，肌肉此時縮短產生力量；肌肉離心工作則為外在阻力負荷大於肌肉收縮的力量時，使個體肌肉被拉長的現象（Baechle & Earle, 2004），如同上例，若此時無法舉起重物而

是被重物向下拉，則此時肱二頭肌在工作的時候被拉長，便稱之離心工作。即便肌肉工作可分為等長工作、向心工作與離心工作，然而，在運動中不可能存在肌肉工作張力相等的等張工作型式 (isotonic)，當人體活動中的關節角度變化，肌肉系統的機械效益不同以及受到外在阻力長度範圍的張力不同；相對的，運動中肌肉工作產生的肢體線性運動也不斷在變化，因此，等速工作 (isokinetic) 的概念仍不適合描述肌肉的工作形態 (Komi, 1992)。人體運動中，肌肉很少產生純粹的等長工作、向心工作或離心工作，例如：在跑跳動作產生的過程當中，肌肉會產生一種自然機制，肢體的工作肌群會受到外力作用被拉長而先進行離心工作，隨後立即再做向心工作，此時肌肉這種交替於離心拉長再向心工作的雙重機制，亦稱之為牽張-縮短循環 (stretch-shortening cycle, SSC) (Norman & Komi, 1979; Komi, 1984, 1992)，也經常簡化的彈簧-質量模型解釋此一作用機制。此外，SSC不僅是離心工作與向心工作的簡單結合，而是一種相對獨立的運動機能 (Komi, 1984; Bosco, Viitasalo, Komi, & Luhtanen, 1982; Gollhofs, Komi, Miyashita, & Aura, 1987)，在運動訓練上也屬於一種相對較獨特的肌力形式 (Komi, 1984; Gollhofer et al., 1987)。然而，SSC的主要目的在於神經系統的適應，這種方法只適用於單腳跳或雙腳跳的靜止狀態進行，因此，不利取得運動訓練的測量。由於等長肌力和等速肌力的測量包含單純離心、向心等三種肌力工作的型態，因此亦常用於各臨床復健和運動科學上。

爆發力是指瞬間產生的動力又稱瞬發肌力 (explosive strength)，指在最短時間內人體肌肉產生最大的作功能力，

是肢體速度與力量所組成的乘積（爆發力=肌力×肢體的速度），亦有文獻將爆發力稱為快速肌力或速度力量（speed strength）。無論用哪一種名稱表示，皆是指盡可能在越短的時間內以最快的速度發出最大的力量。假設肢體或物體能在越短的時間內產生越大的功，則可說這個肢體或物體的功率越大。從物理學角度而言，則將爆發力定義為「單位時間內所作的功」或「作功的時間率」（the time rate of doing work）（Meriam, 1978）。影響爆發力的重要因素包含最大發力率（RFD, rate of force development）、快速肌力指數（SSI, speed strength index）、最大肌力（Fmax）、達到最大力量所需的時間（tmax, time to peak force）、初始發力率（IRFD, initial rate of force development），亦有些文獻稱起動力。發力率是爆發力的一個重要標誌，最大發力率（maximal RFD, MRFD）在中等強度和大強度的向心工作以及最大等長工作過程中很相似（Mueller, 1987）。換句話說，爆發力可在向心工作時也可在等長工作時兩種工作形式下實現。亦可藉由Biodex設定關節轉動速度負荷的測量，測得最大肌力、爆發力等指標。

Hakkinen (1989) 提及爆發力（power）產生的相關因子受到肌肉力量輸出表現（force）、肌肉收縮速度（velocity）的影響，也就是單位時間內最大限度發揮的力量。學者 Sale (1989) 認為爆發力的增進與運動單位的徵召速度有相關，說明運動單位的徵召速率有助於提升力量輸出的速度，但最大力量的產生與運動單位的喚起與活化並無影響。由此可知，促使肌肉工作的爆發力大幅提升取決於運動單位徵召速率有效提升與增進力量輸出的表現。

就肌肉結構層面探討影響爆發力的因素而言，肌肉的橫斷面積、每單位橫斷面積的肌纖維密集度、快慢肌纖維的比例與肌纖維收縮的速率等，是主要影響爆發力的表現。增加肌肉的橫斷面積可透過肌力訓練有效刺激加速度的力量，促使肌肉的橫斷面積增加，導致肌肉本身增大或肥大（肌纖維的肌原纖維細絲增大、肌纖維的微血管密度增加、肌纖維的總數目增加、蛋白質量的增加等因素），進而增進力量產生速度（Bompa, 2004）。

綜上所述，肌肉是發動人體運動的機器，是產生力量的器官，由於肌力為體育運動中的基礎要件，是影響運動表現的重要指標，肌力的優劣就造成運動傷害發生的因素之一。因此，了解肌肉如何產生力量，以及探究肌肉相關工作機制的特徵，即可針對各競賽項目所需強化的肌力部位進行訓練規劃，以增強運動員的功能性肌肉適能。

第二節 專項運動的肌力與爆發力診斷

肌力與爆發力是近代各項競技運動的基礎，亦是非常重要的能力指標，更是人體運動產生的一切根源，在現代競技水平日益提升的國際運動比賽場中，要能突破運動表現，爭取一席之地，肌力與爆發力訓練及診斷已是教練和運動員重點強化工作。而不管是團隊運動或者是依賴速度-爆發力的運動項目，完全仰賴肌力和爆發力的發展（Bompa, 2004）。通過運動科學訓練之觀點，肌力訓練除了可強化肌肉工作的功能以及提昇運動表現，肌力的提昇更有助於降低運動傷害發生的機率，更可根據肌力的表現來斟酌運動訓練時的負荷或

強度。因此，通過肌力與爆發力診斷的測驗方法與日常肌力訓練工作緊密結合，從各專項運動的工作特點建立高效率的肌力表現。

人體在運動過程中不單單只取決於單一關節的肌力，身體產生的力往往是某一肢體或全身肌群所共同作用的，這包括肌群中肌肉間的協調配合效應。因此，對於專項肌力而言，測量診斷單一肢體（如下肢）同一功能肌群的綜合肌力更有實際意義（下肢伸肌群）（劉宇、江界山與陳重佑，1996），因為這是針對運動員所面對的真實運動環境裡可能引發的行為，進行肌力測量與診斷，診斷後若發現問題，則再對各個關節逐一進行診斷。

肌力或肌群所佔的比例會因不同的運動項目而有所差異。在手球運動中，其有效影響射門的兩個基本因素則是投球的準確性和投球速度，當投擲的球速越快，守門員就越少反應時間能防守挽救進而射門。手球教練和科學家似乎一致認為，影響球速的主要因素在於技術，除了投擲肢體的上肢肌肉力量、投擲對側肢體的肌肉力量需求外，下肢支撐人體的肌肉力量、下肢力量傳動的肌肉力量等，也都是影響射門動作表現的重要因素（Gorostiaga et al., 2005）。這些因素都可做為設計一種阻力訓練的概念，藉此改善上、下肢的肌力與爆發力，同時更應把失誤降到最低，進而提升射門的成功率。

同為著重投擲表現的運動項目，棒球投擲訓練中，為了要達到投擲的最佳成績，往往增加個體上肢各部位肌力而達到更快投擲速度，就成為訓練工作重要的一環。Carter, Kaminski, Douex Jr, Knight, and Richards (2007) 研究指出

，透過為期八週的增強式上肢藥球訓練，對於大學棒球運動員的投擲速度、肩關節向心內收與離心外展等速肌力有顯著提升。影響棒球運動表現的重要因素為體能，而其重要的指標即為肌力與肌耐力，從事棒球競賽需全身肌肉力量來完成投、打及跑的動作，肌耐力則是使維持技術水平與完成比賽的要件（林敬民，2005）。陳九州等人（1993）認為決定球速的關鍵在於運動員的技巧外，肌力有絕對的關係，棒球投擲的速度需取決於肢體的力量。就有研究進一步探討肌力與球速相關的結果顯示，棒球員肩關節內收、外展、伸展和內轉肌力，與肘、腕關節伸肌肌力與球速有顯著正相關（Clements, Ginn, & Henley, 2001）。陳建銘（2005）藉由等速肌力研究臺灣甲組棒球員上肢的結果指出，臺灣棒球員上肢等速肌力所測得數據普遍低於國外棒球員，其於投擲速度表現上就呈現較低的結果。

然而，在田徑運動中的投擲標槍動作研究中，利用力量-速度測試方法做為評估投擲標槍的表現，而發現投擲標槍的成績與上、下肢功率峰值相關（Bouhlel, Chelly, Tabka, & Shephard, 2007）。近年來，在男女手球隊員的選材上，也都偏向以藥球投擲表現作為評量工具，此外，立定跳遠表現（可用來衡量下肢功率表現）也被用來做為手球運動員選才的方法，這都說明了上、下肢性能對於手球運動員表現的重要性（Lidor, Falk, Arnon, Cohen, Segal, & Lander, 2005）。亦有已許多研究針對優秀手球運動員的投擲速度、臥推能力、舉重桿速度與爆發力的相關進行探討（Gorostiaga, Granados, Ibáñez, & Izquierdo, 2005; Granados, Izquierdo, Ibáñez, Bonnabau, & Gorostiaga, 2007; Marques, van den Tillaar,

Vescovi, & Gonziilez-Badillo, 2007) , 其皆說明了手球運動員的上肢肌力與球速之間確實有著密不可分的關係。

Gorostiaga et al. (2005) 針對男子手球運動員進行槓鈴的肌肉負重測試，結果顯示手球3步助跑射門球速和30%的1RM槓鈴速度之間有高度相關 ($r = .72, p < .05$)，而功率與蹲舉運動 ($r = .62, p < .05$) 則呈現中度相關；Granados, Izquierdo, Ibáñez, Bonnabau, and Gorostiaga (2007) 對於女子手球運動的進一步分析，也指出站立投擲射門速度和最大負荷仰臥推舉 ($r = .80, p < .05$) 之間具有高度相關。Gorostiaga et al.與Granados et al.這兩篇的系列研究，也都顯示總和式的下肢肌力與總和式的上肢肌力均影響優秀手球運動員的射門球速表現。再者，Marques, van den Tilaar, Vescovi, and Gonzalez-Badillo (2007) 在對14名優秀男子手球運動員進行3步助跑射門球速記錄後，並與26 kg、36 kg、46 kg、最大負荷等的快速仰臥推舉進行相關分析，結果顯示投擲速度與負荷的大小、部份負荷的爆發力或仰臥推舉動作速度等，多有呈現相關係數達顯著的情況 ($r = .563-.637, p < .05$)，並深入總結指出手球射門表現(球速)的提昇必須兼顧肌力與爆發力等訓練。

在下肢肌力的診斷相關研究中，屈建華(2007)利用Biodex Quick-set III等速測試系統，測試16位水球運動員膝關節向心工作伸、屈肌群60 deg/s負荷(5次)，組與組測試間隔為2分鐘，對膝關節肌群峰值分別與平均功率和總作功量進行相關比較分析，結果顯示，在60 deg/s負荷的膝關節同一肌群峰值，其平均功率有顯著差異，當峰值越大其平均功率或總作功量相對增大，測出的峰值大小亦能對平均功率與總

作功量指標作為評定，因此，峰值既能反應肌力大小，又能反應肌肉作功大小與效率，亦為判評肌力素質的重要指標。

排球比賽當中需要非常多的彈跳動作，因此優秀的排球運動員在短時間內，下肢必須要能夠產生高強度的肌肉爆發力（陳寶源、黃國光、潘寶石，2006；吳昇光，2001；林正常，1995；Huber, Suter, & Hurzog, 1998），舉凡在扣球、攔網和防守移位的速度中，皆必須有良好的爆發力作為基礎。藉由增強式訓練可有效影響跳躍能力，亦可減少運動傷害，特別是跳躍後的落地，Witzke and Sonw（2000）的研究顯示經過9個月的增強式訓練後，對於膝關節的伸展肌力能有效改善，亦可以增進腿部肌力與平衡能力；另外，Wikerson et al.（2004）的研究也顯示經過6週的增強式訓練，可有效減少大學女性籃球運動員膝關節前十字韌帶的損傷。

柔道專項體能素質首重肌力、爆發力，高超優越的技術必定要先擁有強大的肌力與體力做後盾，柔道的基本因子不外乎肌力、爆發力、肌耐力、心肺耐力、柔軟度、敏捷性、速度、平衡、協調等（廖典英，1998）。內胎訓練是柔道運動最佳的專項訓練方式，柔道中的拉、扯動作為破勢動作的主要基礎，拉的力量對於柔道選手的肌力增減相當重要，透過內胎的彈性，其動作作用肌群接近柔道動作時所使用的肌群，內胎訓練可強化手臂速度、爆發力與肌耐力，且不易受到運動傷害困擾（羅友維，2002）。郭癸賓（2010）則透過節奏控制訓練模式提升柔道運動的下肢肌力，研究以18位男性柔道選手作為實驗參與者，探討藉由8週（每週3次）的節奏控制訓練對於下肢專項力量的影響，實驗參與者以隨機分成節奏控制組與對照組，結果發現節奏控制組在8週的訓練後

，對於提升柔道運動員下肢肌力與爆發力具有顯著影響。

由於運動的特性不同，各專項所注重、強化肌力的重要性也有所不同，運動訓練的目的就是要實現、提高運動員的競技能力，例如在田徑、籃球及棒球項目中的短跑、跳躍和投擲動作中，肌力就是主要的決勝因素；在排球、武術和體操中，則需要強大的爆發力。肌力的不足或是拮抗肌的肌力不平衡，往往是造成運動傷害的主因。因此，肌力不僅對於運動成績的增進有幫助，亦在日常生活及運動傷害預防中扮演重要的角色。

第三節 運動訓練介入對肌力與爆發力的影響

運動傷害的類型分為急性和慢性兩種，過大的負荷容易對人體造成急性的傷害；輕微的負荷雖然不會一次造成傷害，但經過長期和反覆的作用也會對人體造成傷害。雖然外力的負荷可能對人體造成傷害，但透過運動訓練給予肌肉適度的負荷可促使肌肉的橫斷面積增加，進而增進肌肉力量產生速度（Hall, 2012）。Wolff定律則說明，外力或應力的作用越大，有時候對我們的骨骼肌肉強度也會有所增長，外力越多骨骼就會越強壯，肌肉就會越肥大；外力作用減少，肌力就會減退，骨骼肌肉也會因此慢慢的萎縮。例如手球運動員擲球的慣用手或是網球選手揮拍的慣用手，因受力頻率較非慣用手高，肌肉往往皆比非慣用手來得肥大，骨骼亦來得較粗壯（Kontulainen et al., 2001）。Hall也指出當肌肉收縮力、負重力或衝擊力對骨骼施力減弱時，骨骼組織則藉由再成型作用而萎縮，太空人在太空旅行的時候，都是處於一種無重

力的狀態下，長期的太空旅行造成了骨質流失、肌力的減退，進而改變骨骼的結構，因此當太空人返回地球時，往往因肌力的衰退而無法負荷個體本身的重量。

透過運動與肌力訓練可以有效降低跌倒發生的機率（Chang et al., 2004），而為了觀察老年人產生跌倒或因應跌倒可能的一些機制，所以經常會有姿勢反應的研究專門對此進行探討，所謂姿勢反應的研究，在實驗中要求參與者站立在平台上，突然去擾動這個平台干擾踝關節，或對踝關節產生突然間的旋轉，觀察參與者軀幹與下肢肌肉工作量、工作頻率和延遲的狀況所產生的機制（Beard, Dodd, & Simpson, 2000; Hu & Woollacott, 1994; Smith, Segal, & Wolf, 1996; Wilder et al., 1996）。在科學的研究上或生物力學的研究上也經常通過姿勢的反應來評估老年人或人體對於因應跌倒做維持姿勢的反應。可以發現肌肉活動的延遲反應姿勢較慢的時候，都會通過修正動作來避免跌倒時的一種能力指標；過去也有研究發現在下肢肌肉活動的延遲差了 7-10 ms（Cutson, Gray, Hughes, Carson, & Hanlon, 1997; Dietz, Quintern, Berger, & Schenck, 1985; Nardone, Siliotto, Grasso, & Schieppati, 1995），有跌倒經驗和沒有跌倒經驗的人也相差 7-10 ms 的延遲（Studenski, Duncan, & Chandler, 1991），這代表肌肉活動的延遲越多，因應跌倒的能力就越不好；肌肉活動的延遲越少，能很快產生反應的人，就越能避免跌倒。

Li, Xu, and Hong（2009）則透過太極訓練介入的方式改善老年人的下肢肌力，其實驗內容將實驗參與者分成兩組：太極組（11名男性、11名女性），參加為期16週的太極訓練；對照組（9名男性、9名女性），維持自己原固有的運動，並每

週一次教育聚會。實驗儀器利用 Biodex 等速肌力測量系統檢測 30 deg/s、180 deg/s 負荷時的膝關節屈肌和伸肌、最大向心肌力與肌耐力，以及最大向心蹠屈肌力和背屈肌力，並透過 EMG 測量股直肌、半腱肌、腓腸肌和脛前肌的神經肌肉反應。結果發現，16 週的太極訓練介入課程，使得參與太極運動的這些老年人，膝關節屈肌肌力的提升有很大改善。亦有研究也指出太極拳參加者平衡能力較好、本體感覺功能較優、肌力與肌耐力也會比一般人都好，特別是下肢的肌肉反應都會優於經常久坐或規律跑走的人員 (Gatts & Woollacott, 2007; Hong, Li, & Robinson, 2000; Xu, Hong, Li, & Chan, 2004; Xu, Li, & Hong, 2005; Xu, Hong, & Li, 2006)。此外，研究也發現練習太極拳 3 個月或 12 個月都顯著改善老年人膝關節肌力與肌耐力，所以老年人經常使用太極拳做為提升姿勢穩定度的運動訓練內容 (Jacobson, Chen, Cashel, & Guerrero, 1997; Lan, Lai, Chen, & Wong, 1998)。

Lan, Lai, Chen, and Wong (2000) 在有關太極拳對下肢運動表現影響的研究中，使用 Cybex 6000 測試太極拳練習 6 個月之後的膝關節伸肌肌力，研究發現慣用腳與非慣用腳在 60 degrees/s 負荷等速向心工作及等速離心工作時達顯著進步，可見長期練習太極拳有益提升下肢肌力的表現，以及有助於高齡者姿勢控制和降低發生跌倒發生率。Tsang and Chan (2005) 指出，太極拳齡 3 年以上的人，其膝關節 30 deg/s 負荷的等速肌力表現顯著優於未練過的人。在另一項實驗中，Wu (2002) 比較練習 3 年以上太極拳的人與未練過太極拳的人，發現太極組的膝關節伸肌及膝關節屈肌在等速工作 60 deg/s 負荷時有顯著優於控制組，因此而推測太極拳這項有別

於其他項目的運動，對於下肢慢縮肌力有較佳的訓練效果。

Zapartidis et al. (2007) 為了觀察手球射門球速與肩關節旋轉肌力在模擬比賽前、中、後的改變，則進行肩關節旋內與旋外肌群在 60、180、300 deg/s 負荷時的最大肌肉力矩測驗，結果發現研究的 16 名優秀女子手球運動員在模擬比賽前、中、後各階段之射門球速與準確度均相當穩定（平均值與標準差均沒有差異），模擬比賽前中後各階段的最大肌肉力矩表現，則僅有 180 deg/s 負荷時肩關節旋外肌群有顯著差異，而僅有模擬比賽前的 180、300 deg/s 肩關節旋外肌和 300 deg/s 肩關節旋內肌最大肌肉力矩與手球 7 m 射門球速有顯著相關存在。

此外，Hermassi, Chelly, Fathloun, and Shephard (2010) 對優秀手球運動員實施 10 週的重負荷阻力訓練（80-95% 最大負荷）和中度負荷阻力訓練（55-75% 最大負荷），訓練動作為仰臥推舉、直臂上拉（pull over），結果顯示重負荷的上肢肌力訓練在原地射門與助跑射門之球速都高過沒有肌力訓練之控制組，而中度負荷的上肢肌力訓練則僅提昇了助跑射門之球速，是以，Hermassi et al. 認為重負荷阻力訓練強化了最大肌力、造成肌肉肥大，而引發了最大肌肉工作的動作單位（motor unit）招募，進而使得射門的肌肉被牽張階段的活躍程度提高；再者，對於較大力量負荷的適應過程而言，重訓練負荷將對肌肉爆發力的發展提供了最佳化的刺激機制。

為了探討上肢肌力、人體測量學參數對於手球射門速度的關係，Debanne and Laffaye (2011) 遂以手球射門球速為效標變項，以最大仰臥推舉、20 kg 仰臥推舉作用力、30% 1RM

仰臥推舉槓鈴速度、20 kg 仰臥推舉槓鈴速度、最大爆發力、20 kg 爆發力、跪姿的 2 kg 藥球投擲速度與距離等上肢肌力參數為預測變項，研究者也測量身體質量、身高、肌肉質量、身體質量指數等一般性的人體測量參數，並同時量測手圍、指幅（finger span）、手長（arm span）、中指長、無名指長等手球專項的人體測量學參數作為預測變項，結果發現藥球投擲指標（ $r = .80$ ）、一般性人體測量參數（ $r = .55-.70$ ）在手球射門球速的解釋度（ R^2 ）最高，而手球專項的人體測量學參數（ $r = .35-.51$ ）在手球射門球速的解釋度則較低，在結合身體質量指數、2 kg 藥球投擲距離、20 kg 仰臥推舉力量等三項變數對手球射門球速的解釋度則可達 74%。

綜上述研究得知，透過運動訓練或是肌力訓練可使得骨骼強度增加、肌肉肥大，還可促進神經肌肉功能，過去就有許多研究透過槓鈴、啞鈴或藥球訓練增進運動員的肌力，至現今所使用的等速肌力測量系統來觀察運動訓練對於手球射門的影響，其結果皆發現肌力的增進都是有效增加射門球速重要的一部分。

第四節 結語

自 1936 年德國柏林奧運會將 11 人制男子手球列為正式競賽項目，手球運動與足球運動頗為相似，其運動基本技術和攻防戰術又與籃球運動諸多雷同，是一項綜合足球與籃球特點具劇烈碰撞的對抗性運動，尤其特別強調跑、跳、衝刺、投擲、肢體碰撞、阻擋與推擠等。個體的體重、身高、身體質量指數與特殊性人體測量特徵（如：手掌大小、身體肢

段參數等)對於技術與戰術又非常重要，但若要有傑出的表現，仍同時需要良好的上、下肢肌力與爆發力，因此，藉由等速肌力測量系統對手球運動員施以上、下肢的肌力檢測，探討運動員慣用與非慣用側的肌力、爆發力對射門表現的影響，並通過射門動作表現的手球運動專項肌力特徵分析，就成為研究觀心的重點。

第三章 研究方法

本研究依問題所需，在研究方法分為：第一節、實驗參加者；第二節、研究器材與設備；第三節、實驗流程與步驟；第四節、資料處理與分析方法。

第一節 實驗參加者

本研究的實驗參與者為國立臺灣體育運動大學手球代表隊男生 27 名與女生 14 名，其年齡為 18 歲至 23 歲，男生平均身高 178.52 ± 5.77 cm、體重 74.52 ± 9.23 kg，女生平均身高 162.57 ± 5.00 cm、體重 60.31 ± 7.04 kg。研究經國立臺灣體育運動大學人體實驗委員會審查通過，並遵守赫爾新基宣言的聲明招募自願的實驗參加者，實驗參加者將填寫實驗參加同意書後，並進行基本資料的調查，方進行本研究測試與資料收集。在實驗參加者參與實驗前，則必須先告知實驗參加者研究的目的，與必須配合的實驗時間。

表 1. 實驗參與者基本資料

變數	男生 (n = 27)		女生 (n = 14)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
身高 (cm)	178.52	5.77	162.57	5.00
體重 (kg)	74.52	9.23	60.31	7.04

第二節 實驗器材與設備

一、等速肌力測量系統

研究主要設備為 Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統，運動測試操作模式包括：等速、等長、等張、被動、交替離心模式運動。

等速機可進行人體的肩、肘、腕、髖、膝、踝關節檢測和復健服務；動力機擁有固定坐式旋轉裝置，定位椅以 15 度的間隔止動裝置調整，提供 360 度旋轉；椅座腳踏板可對應動力機進行向前、向後調整；椅背傾斜裝置可供實驗參加者選擇 5 種（25°、40°、55°、70°、85°）向前、向後不同角度；椅座高度可輔助自動升降 14 英吋的範圍；座椅設有膝關節、髖關節、肩關節固定帶和帶鉤裝置，如圖 1 所示。



圖 1. Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統

二、Sony 數位攝影機

Sony HVR-Z5N 具有 29.5 mm 廣角及 20 倍光學望遠的特性，提供高解析、低雜訊、高感度的影像，具備有 1080/24p/30p HDV Native Progressive 錄影模式，支援 HD 與 SD 同步攝影功能，同時兼具拍照功能，如圖 2 所示。



圖 2. Sony HVR-Z5N 高畫質數位攝影機

三、座標架 2 個

描述一系統在空間中運動的參考座標系統。測量時，將座標架架於測量地點，調好水平，並記錄架設距離。

四、手球（2 號、3 號）

女子 2 號球，54-56 cm，325-372 g；男子 3 號球，58-60 cm，425-275 g。

五、皮尺

圓形捲尺 50 m，丈量射門距離。

六、號碼牌

號碼牌記錄實驗參與者三種射門動作及次數。

第三節 實驗流程與步驟

本研究的實驗測驗主要包括兩大部分，一為上肢與下肢等速肌力測量，另一部分為手球射門動作影像記錄與分析。測驗的過程分別敘述如下：

一、上肢、下肢等速肌力測量

實驗者在確認實驗參加者的慣用手與慣用腳後，實驗者將帶領實驗參加者進行暖身活動，以使身體各關節活動度略達日常運動前的狀態。在正式實驗的執行施測前，為了實驗的精確度與資料的有效性，先進行儀器的校正，並請實驗參與者在施測當天進行體重測量，在實驗施測前，告知參與者熟悉設備的使用，以縮短學習曲線。調整動力計定位，將膝關節與肘關節附屬裝置正確對位於動力計的轉動軸，旋轉軸為矢狀切面股骨側向髌狀突的轉動軸，可協助消除關節的壓迫，而強化其他的肌肉群。實驗參與者坐上Biodex座椅，繫上肩部、骨盆和大腿固定帶和帶扣，確實固定任何固定帶，直到扣緊而實驗參與者不會感到不適，調整椅座上下高度以及前後側移動，確保椅座是否適當固定於止動裝置上。進行Biodex系統選單工作列選定測驗功能，編輯建立實驗參與者姓名、體重、電話、性別、施測位置和損傷情況及慣用肢段，接著設定等速肌力運動模式、肌肉向心收縮類型、雙側運動、測驗速度與次數，在完成每個說明的設定步驟後，最後建立適當的ROM限制值，將活動範圍限制在可動的範圍內，實驗開始前，會給予實驗參與者練習試作，接著正式依序進行四種工作30 deg/s (8次)、60 deg/s (8次)、120 deg/s (8次)、180 deg/s (30次)，不同負荷測驗，每一種負荷的測試

間隔為1分鐘，實驗者將會在旁邊給予適切的口語激勵，以要求實驗參加盡最大能力進行測試，並讓實驗參與者在測試時可檢視肌力計操作螢幕上的內容，依據速度曲線內容請實驗參與者盡全力完成動作，如圖3、圖4所示。



圖 3. 肘關節等速肌力測量系統



圖 4. 膝關節等速肌力測量系統

二、手球射門動作影像記錄與分析

手球射門動作的測試地點為國立臺灣體育運動大學手球場，2部 Sony HVR-Z5N 攝影機拍攝頻率為 60 Hz，架設位置為實驗參加者右側 21.9 m 處，罰球射門與原地垂直跳躍射門標定架距離為 6.64 m，助跑射門標定架距離為 6.10 m，並從實驗參加者右矢狀面進行動作的拍攝。同樣地，實驗參加者經過暖身後，遂隨即以依序執行罰球射門、原地垂直跳躍射門與助跑射門等三種射門動作各 3 次。實驗參加者在執行三種射門動作前，研究者都將再次提醒實驗參加者，要求以最大能力、最快球速、最準確的動作擲向目標區。為了加以確認球離手瞬間的時相，研究將另外於實驗參加者側面架設高解像度 Sony HVR-Z5N 高畫質數位攝影機 2 部 60 Hz，以拍攝實驗參加者射門動作的矢狀面。

第四節 資料處理與分析方法

實驗參加者進行左右側之肘關節與膝關節肌力測驗後，經 Biodex 系統中，將擷取關節最大力矩與最大爆發力作為研究的變項，所以，肌力參數將包括向心工作 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等四種工作速度時的下列肌力指標：膝關節伸肌力矩、膝關節屈肌力矩、肘關節伸肌力矩、肘關節屈肌力矩；膝關節伸肌爆發力、膝關節屈肌爆發力、肘關節伸肌爆發力、肘關節屈肌爆發力。

在二度空間影像分析系統中，實驗參加者將執行罰球射門、原地垂直跳躍射門與助跑射門等三種射門動作各 3 次，

因此，本研究以球離手瞬間的合速度最大者為數位化分析之動作選取參考，並經由 Vicon Motus 9.0 版軟體計算，獲得投擲過程的球位置變化，數位化分析的原始資料再經過 Butterworth 的四階零相位移數位濾波法修勻後，才進行球速的計算。

研究獲得的前述肌力參數與運動學參數將先通過 Pearson 積差相關分析，以了解兩兩變數間的互變情況；為了以肌力預測球速，研究也將使用多元迴歸分析法 (multiple regression analysis) 探討各項負荷下，各關節各運動平面等速肌力對射門球速的關聯強度及關聯方向。而為了增加迴歸分析的預測效果，研究的預測變項選取，將以預測變項間的相關係數愈低、預測變項與效標變項的相關係數愈高者為原則。本研究的顯著水準設定為 $\alpha = .05$ ，統計分析軟體使用 SPSS 18.0。

第四章 結果與討論

第一節 男子手球運動員的最大肌力與爆發力

一、上肢肌力與爆發力分析

本研究在等速肌力測試方面，要求所有實驗參加者依序進行 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等四種負荷的肘關節伸肌與屈肌的肌力測試，而男子手球運動員測驗的描述結果如表 2 所示，並就實驗參加者的慣用側與非慣用側進行重複量數單因子變異數分析後，最大力矩變異數分析的結果摘要於表 3，爆發力變異數分析的結果摘要於表 4。男子手球運動員肘關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 46.97 ± 10.92 Nm，而非慣用側為 45.21 ± 12.21 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.69$, $p = .41$, $\eta^2 = .03$ power = .13，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 45.58 ± 10.16 Nm，而非慣用側為 43.23 ± 7.10 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 2.78$, $p = .11$, $\eta^2 = .10$, power = .36，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 36.55 ± 8.56 Nm，而非慣用側為 36.13 ± 8.47 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.12$, $p = .74$, $\eta^2 = .00$, power = .06，顯示 60 deg/s 重

負荷情境的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異。肘關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 35.56 ± 6.81 Nm，而非慣用側為 35.83 ± 7.88 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.07$ ， $p = .80$ ， $\eta^2 = .00$ ， $power = .06$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 2. 男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大力矩（單位：Nm）與爆發力（單位：W）描述統計結果

變數	慣用側		非慣用側	
	平均數	標準差	平均數	標準差
30 deg/s				
伸肘最大力矩	46.97	10.92	45.21	12.21
屈肘最大力矩	45.58	10.16	43.23	7.10
伸肘最大爆發力	12.87	3.35	12.50	3.07
屈肘最大爆發力	13.49	2.87	13.24	2.25
60 deg/s				
伸肘最大力矩	36.55	8.56	36.13	8.47
屈肘最大力矩	35.56	6.81	35.83	7.88
伸肘最大爆發力	19.78	5.81	19.81	4.63
屈肘最大爆發力	20.88	4.70	21.00	4.11
120 deg/s				
伸肘最大力矩	31.62	7.79	31.67	8.05
屈肘最大力矩	31.16	7.98	31.48	7.56
伸肘最大爆發力	31.38	10.47	29.65	6.89
屈肘最大爆發力	32.07	9.00	32.04	7.86
180 deg/s				
伸肘最大力矩	29.25	6.68	28.79	8.03
屈肘最大力矩	28.10	7.60	28.31	9.13
伸肘最大爆發力	31.78	9.51	28.07	8.49
屈肘最大爆發力	28.83	10.12	27.75	8.96

肘關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 31.62 ± 7.79 Nm，而非慣用側為 31.67 ± 8.05 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.00$, $p = .96$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 31.16 ± 7.98 Nm，而非慣用側為 31.48 ± 7.56 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.08$, $p = .78$, $\eta^2 = .00$, $power = .06$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

肘關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 29.25 ± 6.68 Nm，而非慣用側為 28.79 ± 8.03 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.20$, $p = .66$, $\eta^2 = .01$, $power = .07$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 28.10 ± 7.60 Nm，而非慣用側為 28.31 ± 9.13 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.04$, $p = .84$, $\eta^2 = .00$, $power = .06$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 3. 男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的
最大力矩變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 26)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	41.61	0.69	.41	.03	.13
誤差	60.19				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	74.67	2.78	.11	.10	.36
誤差	26.85				
60 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	2.41	0.12	.74	.00	.06
誤差	20.51				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	0.93	0.07	.80	.00	.06
誤差	13.87				
120 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	0.04	0.00	.96	.00	.05
誤差	11.47				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	1.37	0.08	.78	.00	.06
誤差	16.59				
180 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	2.94	0.20	.66	.01	.07
誤差	14.54				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	0.62	0.04	.84	.00	.06
誤差	14.59				

男子手球運動員肘關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 12.87 ± 3.35 W，而非慣用側為 12.50 ± 3.07 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.57$, $p = .46$, $\eta^2 = .02$, $power = .11$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 13.49 ± 2.87 W，而非慣用側為 13.24 ± 2.25 W，經變異數分析後，其結果顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.75$, $p = .40$, $\eta^2 = .03$, $power = .13$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 36.55 ± 8.56 W，而非慣用側為 36.13 ± 8.47 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.00$, $p = .97$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 20.88 ± 4.70 W，而非慣用側為 21.00 ± 4.11 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.04$, $p = .84$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 4. 男子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發力變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 26)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	1.89	0.57	.46	.02	.11
誤差	3.34				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.88	0.75	.40	.03	.13
誤差	1.18				
60 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.02	0.00	.97	.00	.05
誤差	9.48				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.21	0.04	.84	.00	.05
誤差	5.05				
120 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	40.21	1.84	.19	.07	.26
誤差	21.91				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.02	0.00	.97	.00	.05
誤差	9.31				
180 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	185.56	8.29	.01	.24	.79
誤差	22.40				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	15.68	1.14	.30	.04	.18
誤差	13.79				

肘關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 31.38 ± 10.47 W，而非慣用側為 29.65 ± 6.89 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 1.84$, $p = .19$, $\eta^2 = .07$, $power = .26$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 32.07 ± 9.00 W，而非慣用側為 32.04 ± 7.86 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.00$, $p = .97$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 31.78 ± 9.51 W，而非慣用側為 28.07 ± 8.49 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 8.29$, $p = .01$, $\eta^2 = .24$, $power = .79$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 28.83 ± 10.12 W，而非慣用側為 27.75 ± 8.96 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 1.14$, $p = .30$, $\eta^2 = .04$, $power = .17$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

二、下肢肌力與爆發力分析

本研究的男子手球運動員經過 8 次的 30 deg/s、60 deg/s

、120 deg/s、180 deg/s 等四種負荷的膝關節伸肌與屈肌的肌力測試後，計算慣用側與非慣側的最大力矩和爆發力等肌力參數，而男子手球運動員測驗的描述結果如表 5 所示，並就實驗參加者的慣用側與非慣用側進行重複量數單因子變異數分析後，最大力矩變異數分析的結果摘要於表 6，爆發力變異數分析的結果摘要於表 7。膝關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 206.15 ± 54.26 Nm，而非慣用側為 200.68 ± 40.25 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.95$, $p = .34$, $\eta^2 = .04$ power = .16，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 92.72 ± 21.94 Nm，而非慣用側為 101.64 ± 28.98 Nm，經變異數分析後，其結果顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 2.49$, $p = .13$, $\eta^2 = .09$, power = .33，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 174.35 ± 39.20 Nm，而非慣用側為 182.28 ± 36.71 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 1.64$, $p = .21$, $\eta^2 = .06$, power = .24，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 85.84 ± 18.94 Nm，而非慣用側為 88.19 ± 19.72 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.48$, $p = .50$, $\eta^2 = .12$, power = .10，顯示 60 deg/s 重負荷情境的

男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。

表 5. 男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境最大力矩（單位：Nm）與爆發力（單位：W）描述統計結果

變數	慣用側		非慣用側	
	平均數	標準差	平均數	標準差
30 deg/s				
伸膝最大力矩	206.15	54.26	200.68	40.25
屈膝最大力矩	92.72	21.94	101.64	28.98
伸膝最大爆發力	58.00	13.71	56.57	11.13
屈膝最大爆發力	26.26	7.08	27.10	6.37
60 deg/s				
伸膝最大力矩	174.35	39.20	182.28	36.71
屈膝最大力矩	85.84	18.94	88.19	19.72
伸膝最大爆發力	98.65	23.65	99.80	22.06
屈膝最大爆發力	45.97	12.96	46.45	11.14
120 deg/s				
伸膝最大力矩	165.73	45.18	158.42	31.40
屈膝最大力矩	78.42	20.96	77.23	19.16
伸膝最大爆發力	161.78	52.86	158.51	40.86
屈膝最大爆發力	74.76	26.12	72.42	22.73
180 deg/s				
伸膝最大力矩	145.50	28.48	139.10	28.18
屈膝最大力矩	75.80	22.31	71.15	16.54
伸膝最大爆發力	175.61	45.18	171.40	41.21
屈膝最大爆發力	72.30	24.36	71.87	21.86

膝關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 165.73 ± 45.18 Nm，而非慣用側為 158.42 ± 31.40 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 3.03$, $p = .09$, $\eta^2 = .10$, $power = .39$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手

球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 78.42 ± 20.96 Nm，而非慣用側為 77.23 ± 19.16 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.13$, $p = .73$, $\eta^2 = .01$, $power = .06$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 145.50 ± 28.48 Nm，而非慣用側為 139.10 ± 28.18 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 4.80$, $p = .04$, $\eta^2 = .06$, $power = .56$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 75.80 ± 22.31 Nm，而非慣用側為 71.15 ± 16.54 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 2.85$, $p = .10$, $\eta^2 = .10$, $power = .37$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。這些肌力參數在膝關節屈肌與伸肌中，也同樣出現慣用側與非慣用側沒有統計的差異性存在 ($ps > .05$)。

表 6. 男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的
最大力矩變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 26)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	403.99	0.95	.34	.04	.16
誤差	425.99				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	1073.79	2.49	.13	.09	.33
誤差	431.41				
60 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	849.66	1.64	.21	.06	.24
誤差	516.86				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	74.20	0.48	.50	.12	.10
誤差	154.78				
120 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	721.61	3.03	.09	.10	.39
誤差	238.41				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	19.21	0.13	.73	.01	.06
誤差	152.25				
180 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	552.32	4.80	.04	.06	.56
誤差	115.18				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	292.14	2.85	.10	.10	.37
誤差	102.55				

而膝關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 58.00 ± 13.71 W，而非慣用側為 56.57 ± 11.13 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 1.22$ ， $p = .28$ ， $\eta^2 = .05$ ， $power = .19$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 26.26 ± 7.08 W，而非慣用側為 27.10 ± 6.37 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.44$ ， $p = .52$ ， $\eta^2 = .02$ ， $power = .10$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 98.65 ± 23.65 W，而非慣用側為 99.80 ± 22.06 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.12$ ， $p = .73$ ， $\eta^2 = .01$ ， $power = .06$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 45.97 ± 12.96 W，而非慣用側為 46.45 ± 11.14 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.06$ ， $p = .82$ ， $\eta^2 = .00$ ， $power = .06$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。

表 7. 男子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發力變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 26)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	27.88	1.22	.28	.05	.19
誤差	22.83				
屈膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	9.38	0.44	.52	.02	.10
誤差	21.57				
60 deg/s					
伸膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	17.91	0.12	.73	.01	.06
誤差	150.37				
屈膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	3.13	0.06	.82	.00	.06
誤差	56.19				
120 deg/s					
伸膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	144.39	0.36	.55	.01	.09
誤差	397.38				
屈膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	73.73	0.51	.48	.02	.11
誤差	144.99				
180 deg/s					
伸膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	239.40	0.80	.38	.03	.14
誤差	299.25				
屈膝最大爆發力					
慣用/非慣用側	239.40	0.02	.88	.00	.05
誤差	299.25				

關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 161.78 ± 52.86 W，而非慣用側為 158.51 ± 40.86 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.36$, $p = .55$, $\eta^2 = .01$, $power = .09$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 74.76 ± 26.12 W，而非慣用側為 72.42 ± 22.73 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.51$, $p = .48$, $\eta^2 = .02$, $power = .11$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 175.61 ± 45.18 W，而非慣用側為 171.40 ± 41.21 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.80$, $p = .38$, $\eta^2 = .03$, $power = .14$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 72.30 ± 24.36 W，而非慣用側為 271.87 ± 21.86 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 26) = 0.02$, $p = .88$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的男子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。爆發力在膝關節屈肌與伸肌中，都同樣出現慣用側與非慣用側沒有統計的差異性存在 ($ps > .05$)。

第二節 女子手球運動員的最大肌力與爆發力

一、上肢肌力與爆發力分析

本研究在等速肌力測試方面，要求所有實驗參加者依序進行 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等四種負荷的肘關節伸肌與屈肌的肌力測試，而女子手球運動員測驗的描述結果如表 8 所示，並就實驗參加者的慣用側與非慣用側進行重複量數單因子變異數分析後，最大力矩變異數分析的結果摘要於表 9，爆發力變異數分析的結果摘要於表 10。女子手球運動員肘關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 22.23 ± 4.44 Nm，而非慣用側為 22.82 ± 5.39 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.24$, $p = .63$, $\eta^2 = .02$, $power = .07$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 22.81 ± 2.97 Nm，而非慣用側為 23.02 ± 3.98 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.06$, $p = .81$, $\eta^2 = .02$, $power = .06$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 19.45 ± 3.66 Nm，而非慣用側為 20.29 ± 4.63 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 2.65$, $p = .13$, $\eta^2 = .17$, $power = .33$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 $21.78 \pm$

1.97 Nm，而非慣用側為 21.19 ± 3.39 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.44$, $p = .52$, $\eta^2 = .03$, $power = .09$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 8. 女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大力矩（單位：Nm）與爆發力（單位：W）描述統計結果

變數	慣用側		非慣用側	
	平均數	標準差	平均數	標準差
30 deg/s				
伸肘最大力矩	22.23	4.44	22.82	5.39
屈肘最大力矩	22.81	2.97	23.02	3.98
伸肘最大爆發力	6.09	1.62	6.44	1.75
屈肘最大爆發力	7.06	1.00	6.74	1.59
60 deg/s				
伸肘最大力矩	19.45	3.66	20.99	4.63
屈肘最大力矩	21.78	1.97	21.19	3.39
伸肘最大爆發力	10.43	2.61	11.03	3.14
屈肘最大爆發力	12.79	1.60	11.51	2.43
120 deg/s				
伸肘最大力矩	17.94	3.05	17.98	3.41
屈肘最大力矩	19.49	2.90	18.55	2.60
伸肘最大爆發力	16.05	4.80	15.83	5.64
屈肘最大爆發力	19.65	3.26	17.60	4.40
180 deg/s				
伸肘最大力矩	16.52	2.11	16.12	2.80
屈肘最大力矩	17.26	3.19	16.85	2.23
伸肘最大爆發力	14.99	6.33	14.64	5.35
屈肘最大爆發力	17.28	4.06	15.64	3.83

肘關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 17.75 ± 3.02 Nm，而非慣用側為 17.91 ± 3.28 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.01$ ， $p = .92$ ， $\eta^2 = .00$ ， $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 19.26 ± 2.91 Nm，而非慣用側為 18.39 ± 2.58 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.03$ ， $p = .33$ ， $\eta^2 = .08$ ， $power = .15$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

肘關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 16.32 ± 2.16 Nm，而非慣用側為 16.26 ± 2.74 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.30$ ， $p = .59$ ， $\eta^2 = .03$ ， $power = .08$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 16.99 ± 3.24 Nm，而非慣用側為 16.72 ± 2.20 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.16$ ， $p = .70$ ， $\eta^2 = .01$ ， $power = .07$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 9. 女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的
最大力矩變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 13)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	2.46	0.24	.63	.02	.07
誤差	10.33				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	0.32	0.06	.81	.00	.06
誤差	5.51				
60 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	16.66	2.65	.13	.17	.33
誤差	6.30				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	2.46	0.44	.52	.03	.09
誤差	5.60				
120 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	0.01	0.01	.92	.00	.05
誤差	1.19				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	5.73	1.03	.33	.08	.15
誤差	5.59				
180 deg/s					
伸肘最大力矩					
慣用/非慣用側	1.08	0.30	.59	.03	.08
誤差	3.56				
屈肘最大力矩					
慣用/非慣用側	1.08	0.16	.70	.01	.07
誤差	6.83				

女子手球運動員肘關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 6.09 ± 1.62 W，而非慣用側為 6.44 ± 1.75 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.17$, $p = .30$, $\eta^2 = .08$, $power = .17$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 7.06 ± 1.00 W，而非慣用側為 6.74 ± 1.59 W，經變異數分析後，其結果顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.47$, $p = .25$, $\eta^2 = .10$, $power = .20$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 10.43 ± 2.61 W，而非慣用側為 11.03 ± 3.14 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 2.25$, $p = .06$, $\eta^2 = .15$, $power = .29$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 12.79 ± 1.60 W，而非慣用側為 11.51 ± 2.43 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 7.78$, $p = .15$, $\eta^2 = .37$, $power = .73$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

表 10. 女子手球運動員肘關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發力變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 13)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.86	1.17	.30	.08	.17
誤差	0.73				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.72	1.47	.25	.10	.20
誤差	0.49				
60 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	2.52	2.25	.06	.15	.29
誤差	1.12				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	11.44	7.78	.15	.37	.73
誤差	1.47				
120 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.32	0.06	.81	.01	.06
誤差	5.13				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	27.21	2.85	.12	.19	.34
誤差	9.56				
180 deg/s					
伸肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	0.81	0.08	.79	.01	.06
誤差	10.46				
屈肘最大爆發力					
慣用/非慣用側	17.61	1.21	.29	.09	.17
誤差	14.52				

肘關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 16.05 ± 4.80 W，而非慣用側為 15.83 ± 5.64 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.06$, $p = .81$, $\eta^2 = .01$, $power = .06$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 19.65 ± 3.26 W，而非慣用側為 17.60 ± 4.40 W，經變異數分析結果後，其顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 2.85$, $p = .12$, $\eta^2 = .19$, $power = .34$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。肘關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 14.99 ± 6.33 W，而非慣用側為 14.64 ± 5.35 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.08$, $p = .79$, $\eta^2 = .01$, $power = .06$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節伸肌肌力沒有差異；肘關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 17.28 ± 4.06 W，而非慣用側為 15.64 ± 3.83 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 肘關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.21$, $p = .29$, $\eta^2 = .09$, $power = .17$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員肘關節屈肌肌力沒有差異。

二、下肢肌力與爆發力分析

本研究的女子手球運動員經過 8 次的 30 deg/s、60 deg/s

、120 deg/s、180 deg/s 等四種負荷的膝關節伸肌與屈肌的肌力測試後，計算慣用側與非慣用側的最大力矩和爆發力等肌力參數，而女子手球運動員測驗的描述結果如表 11 所示，並就實驗參加者的慣用側與非慣用側進行重複量數單因子變異數分析後，最大力矩變異數分析的結果摘要於表 12，爆發力變異數分析的結果摘要於表 13。膝關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 127.34 ± 33.44 Nm，而非慣用側為 121.04 ± 24.15 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.13$, $p = .31$, $\eta^2 = .08$, $power = .17$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 58.37 ± 15.06 Nm，而非慣用側為 58.58 ± 18.64 Nm，經變異數分析後，其結果顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.01$, $p = .93$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 115.91 ± 31.60 Nm，而非慣用側為 113.43 ± 26.15 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.41$, $p = .53$, $\eta^2 = .03$, $power = .09$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 52.70 ± 15.73 Nm，而非慣用側為 54.10 ± 12.08 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.47$, $p = .51$, $\eta^2 = .04$, $power = .10$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的

女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。

表 11. 女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大力矩（單位：Nm）與爆發力（單位：W）描述統計結果

變數	慣用側		非慣用側	
	平均數	標準差	平均數	標準差
30 deg/s				
伸膝最大力矩	127.34	33.44	121.04	24.15
屈膝最大力矩	58.37	15.06	58.58	18.64
伸膝最大爆發力	37.19	10.39	36.72	8.99
屈膝最大爆發力	16.89	4.88	16.79	5.80
60 deg/s				
伸膝最大力矩	115.91	31.60	113.43	26.15
屈膝最大力矩	52.70	15.73	54.10	12.08
伸膝最大爆發力	63.51	22.15	64.48	17.32
屈膝最大爆發力	28.75	11.52	30.36	11.16
120 deg/s				
伸膝最大力矩	98.15	27.10	99.46	22.18
屈膝最大力矩	46.38	14.04	46.31	10.41
伸膝最大爆發力	99.54	38.78	100.54	27.94
屈膝最大爆發力	43.98	20.04	44.57	13.74
180 deg/s				
伸膝最大力矩	89.31	19.23	85.68	19.98
屈膝最大力矩	40.57	11.06	39.65	11.47
伸膝最大爆發力	108.08	33.72	106.92	31.91
屈膝最大爆發力	42.76	20.08	41.61	19.95

膝關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 98.15 ± 27.10 Nm，而非慣用側為 99.46 ± 22.18 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.12$, $p = .74$, $\eta^2 = .01$, $power = .06$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手

球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 46.38 ± 14.04 Nm，而非慣用側為 46.31 ± 10.41 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.00$, $p = .98$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 89.31 ± 19.23 Nm，而非慣用側為 85.68 ± 19.98 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.60$, $p = .23$, $\eta^2 = .12$, $power = .21$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大力矩，在慣用側為 40.57 ± 11.06 Nm，而非慣用側為 39.65 ± 11.47 Nm，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.53$, $p = .48$, $\eta^2 = .04$, $power = .10$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。最大力矩在膝關節屈肌與伸肌中，都同樣出現慣用側與非慣用側沒有統計的差異性存在 ($ps > .05$)。

表 12. 女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的最大力矩變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 13)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	277.20	1.13	.31	.08	.17
誤差	245.48				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	0.30	0.01	.93	.00	.05
誤差	36.17				
60 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	43.25	0.41	.53	.03	.09
誤差	105.80				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	13.72	0.47	.51	.04	.10
誤差	29.16				
120 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	11.12	0.12	.74	.01	.06
誤差	93.72				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	0.03	0.00	.98	.00	.05
誤差	32.72				
180 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	85.32	1.60	.23	.12	.21
誤差	53.49				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	5.54	0.53	.48	.04	.10
誤差	10.43				

而膝關節伸肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 37.19 ± 10.39 W，而非慣用側為 36.72 ± 8.99 W，經變異數分析後，其結果顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.19$, $p = .67$, $\eta^2 = .02$, $power = .07$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 30 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 16.89 ± 4.88 W，而非慣用側為 16.79 ± 5.80 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 30 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.02$, $p = .90$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 30 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 63.51 ± 22.15 W，而非慣用側為 64.48 ± 17.32 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.27$, $p = .62$, $\eta^2 = .02$, $power = .08$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 60 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 28.75 ± 11.52 W，而非慣用側為 30.36 ± 11.16 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 60 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 1.16$, $p = .30$, $\eta^2 = .08$, $power = .17$ ，顯示 60 deg/s 重負荷情境的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。

表 13. 女子手球運動員膝關節伸肌與屈肌在各種負荷情境的爆發力變異數分析摘要

變數與來源	MS	F(1, 13)	p	η^2	power
30 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	1.56	0.19	.67	.02	.07
誤差	8.06				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	0.08	0.02	.90	.00	.05
誤差	4.65				
60 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	6.61	0.27	.62	.02	.08
誤差	24.82				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	18.24	1.16	.30	.08	.17
誤差	15.71				
120 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	6.50	0.03	.87	.00	.05
誤差	231.40				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	2.28	0.04	.85	.00	.05
誤差	60.70				
180 deg/s					
伸膝最大力矩					
慣用/非慣用側	8.77	0.14	.72	.01	.06
誤差	63.11				
屈膝最大力矩					
慣用/非慣用側	8.65	0.16	.69	.01	.07
誤差	52.99				

膝關節伸肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 99.54 ± 38.78 W，而非慣用側為 100.54 ± 27.94 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.03$, $p = .87$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 120 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 43.98 ± 20.04 W，而非慣用側為 44.57 ± 13.74 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 120 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.04$, $p = .85$, $\eta^2 = .00$, $power = .05$ ，顯示 120 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。膝關節伸肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 108.08 ± 33.72 W，而非慣用側為 106.92 ± 31.91 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節伸肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.14$, $p = .72$, $\eta^2 = .01$, $power = .06$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節伸肌肌力沒有差異；膝關節屈肌於 180 deg/s 負荷下的最大爆發力，在慣用側為 42.76 ± 20.08 W，而非慣用側為 41.61 ± 19.95 W，變異數分析結果則顯示慣用側與非慣用側的 180 deg/s 膝關節屈肌未達統計的顯著差異， $F(1, 13) = 0.16$, $p = .69$, $\eta^2 = .01$, $power = .07$ ，顯示 180 deg/s 相對較輕負荷情境下的女子手球運動員膝關節屈肌肌力沒有差異。爆發力在膝關節屈肌與伸肌中，都同樣出現慣用側與非慣用側沒有統計的差異性存在 ($ps > .05$)。

第三節 射門球速與等速肌力的相關分析

為了探討手球運動員的等速肌力對於不同射門速度的關係，描述統計的相關係數如表 14 所示，男子手運動員的罰球出手瞬間球速為 21.52 ± 1.09 m/s、跳射出手瞬間球速為 20.69 ± 1.42 m/s、跑射出手瞬間球速為 23.89 ± 1.03 m/s。經兩兩的皮爾森積差相關分析後，其結果顯示跳射球速與罰球球速的相關係數為 $r = .626$ ，達統計的顯著差異 ($p < .05$)，而罰球球速與跑射球速的相關係數為 $r = .624$ 、跳射球速與跑射球速的相關係數為 $r = .791$ ，並顯示達到具有統計意義的正相關情況 ($ps < .05$)。

表 14. 手球運動員不同射門動作出手瞬間球速 (單位：m/s) 的描述統計資料與相關係數

變數	M	SD	罰球球速	跳射球速	跑射球速
男子運動員 (n = 27)					
罰球球速	21.52	1.09	--		
跳射球速	20.69	1.42	.626*	--	
跑射球速	23.89	1.03	.624*	.791*	--
女子運動員 (n = 14)					
罰球球速	17.41	1.58	--		
跳射球速	17.73	1.11	.851*	--	
跑射球速	19.93	1.52	.908*	.864*	--

* $p < .05$

在女子手球運動員方面，表 14 顯示其的罰球出手瞬間球速為 17.41 ± 1.58 m/s、跳射出手瞬間球速為 17.73 ± 1.11 m/s、跑射出手瞬間球速為 19.93 ± 1.52 m/s；經兩兩進行皮爾森積差相關分析後，其結果顯示跳射球速與罰球球速的相關係數為 $r = .851$ ，具有統計意義的顯著差異 ($p < .05$)，而罰球球速與跑射球速的相關係數為 $r = .908$ 、跳射球速與跑射球速的相關係數為 $r = .864$ ，亦達到具有統計意義的正相關 ($ps < .05$)。

為了探討等速肌力與射門球速的關係，本研究則將 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s 與 180 deg/s 等負荷時的上肢力矩和爆發力等參數，與罰球射門、跳躍射門和助跑射門出手瞬間的球速進行皮爾森積差相關分析。男子手球運動員的射門球速與上肢肘關節的肌力和爆發力相關分析結果如表 15 所示，跳躍射門和助跑射門動作的出手瞬間球速與四種負荷的肘關節伸肌、屈肌肌力與爆發力相關係數約在 .40 以下，且多數的相關係數都沒有達到統計意義的顯著差異 ($ps > .05$)，而僅有 60 deg/s 負荷時的慣用側屈肘力矩與跳躍射門和助跑射門出手瞬間球速達顯著相關 ($p < .05$)，且非慣用側在 30 deg/s 負荷情境下的伸肘爆發力與跳躍射門出手瞬間球速相關係數為 .390，達統計意義的顯著相關 ($p < .05$)。在罰球射門動作方面，180 deg/s 負荷情境下僅有慣用側屈肘力矩 ($r = .395$) 和非慣用側屈肘爆發力 ($r = .456$) 與出手瞬間的球速達顯著差異 ($ps < .05$)；罰球射門動作出手瞬間球速與 30 deg/s 負荷時的慣用側和非慣用側肘關節肌力與爆發力相關係數，多數參數達 $r = .500$ 以上，且均具有統計意義的顯著差異 ($ps < .05$)。

表 15. 男子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與肘關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數 (n = 27)

變數	慣用側			非慣用側		
	罰球	跳射	跑射	罰球	跳射	跑射
30 deg/s						
伸肘力矩	.485*	.211	.275	.500*	.165	.143
屈肘力矩	.528*	.169	.110	.506*	.384	.260
伸肘爆發力	.598*	.317	.309	.565*	.390*	.356
屈肘爆發力	.448*	.295	.233	.516*	.357	.232
60 deg/s						
伸肘力矩	.305	.094	.083	.437*	.215	.192
屈肘力矩	.496*	.408*	.396*	.454*	.345	.362
伸肘爆發力	.487*	.253	.234	.450*	.228	.320
屈肘爆發力	.473*	.320	.313	.396*	.117	.173
120 deg/s						
伸肘力矩	.324	.142	.165	.478*	.256	.329
屈肘力矩	.512*	.354	.347	.460*	.188	.203
伸肘爆發力	.450*	.200	.163	.376	.233	.229
屈肘爆發力	.466*	.256	.261	.458*	.303	.239
180 deg/s						
伸肘力矩	.306	.214	.161	.343	.045	.116
屈肘力矩	.395*	.199	.257	.356	-.004	.018
伸肘爆發力	.340	.083	.113	.286	.180	.246
屈肘爆發力	.357	.104	.128	.456*	.144	.198

*p < .05

男子手球運動員在 60 deg/s 負荷情境下，慣用側除了伸肘力矩與罰球射門球速的相關係數 ($r = .305$) 未達統計的顯著差異外 ($p > .05$)，慣用側的屈肘力矩、屈肘爆發力與伸肘爆發力等參數與罰球射門球速的相關係數均達統計的顯著差異 ($ps < .05$)；同樣的 60 deg/s 負荷情境，非慣用側的屈、伸力矩和爆發力，也都均與罰球射門球速的相關係數有統計意義的顯著相關 ($ps < .05$)。在表 15 顯示的 120 deg/s 負荷中，罰球射門球速與慣用側屈肘力矩、伸肘爆發力與屈肘爆發力的相關係數達 $r = .450-.512$ ，具有統計意義的顯著差異 ($ps < .05$)；罰球射門球速與非慣用側伸肘力矩、屈肘力矩與屈肘爆發力的相關係數達 $r = .458-.478$ ，也具有統計意義的顯著差異 ($ps < .05$)。

表 16 顯示男子手球運動員膝關節等速肌力與爆發力對罰球射門、跳躍射門和助跑射門出手瞬間的球速之皮爾森積差相關分析，其結果顯示慣用側膝關節在 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s 與 180 deg/s 等負荷情境下的伸肌與屈肌肌力、爆發力，相關係數均沒有達到統計意義的顯著差異 ($ps > .05$)。而非慣用側的膝關節屈肌和伸肌等速肌力與爆發力方面，跳躍射門出手瞬間球速對 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s 與 180 deg/s 等四種負荷情境的各項肌力或爆發力參數之相關係數均沒有統計的顯著差異存在 ($ps > .05$)；對助跑射門動作出手瞬間的球速而言，僅有 180 deg/s 的伸膝爆發力與其皮爾森積差相關係數為 $r = .398$ ，達統計意義的顯著差異 ($p < .05$)，其他的等速負荷或肌力和爆發力參數則都對助跑射門球速無顯著的相關存在 ($ps > .05$)。

表 16. 男子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與膝關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數 (n = 27)

變數	慣用側			非慣用側		
	罰球	跳射	跑射	罰球	跳射	跑射
30 deg/s						
伸膝力矩	.284	-.013	.171	.279	-.106	.069
屈膝力矩	.154	-.201	-.017	.284	.146	.269
伸膝爆發力	.274	.121	.369	.274	.004	.290
屈膝爆發力	.128	-.084	.110	.341	.159	.316
60 deg/s						
伸膝力矩	.152	-.091	.061	.433*	-.127	.056
屈膝力矩	.099	-.284	-.161	.390*	-.023	.121
伸膝爆發力	.127	-.041	.126	.400*	-.045	.230
屈膝爆發力	.010	-.139	-.082	.218	-.096	.054
120 deg/s						
伸膝力矩	.302	-.081	.098	.375	-.045	.162
屈膝力矩	.026	-.264	-.129	.245	-.090	.132
伸膝爆發力	.165	-.042	.112	.404*	.007	.259
屈膝爆發力	.035	-.207	-.111	.174	-.095	.085
180 deg/s						
伸膝力矩	.300	.016	.238	.456*	.091	.270
屈膝力矩	.290	-.075	.003	.331	-.088	.083
伸膝爆發力	.181	-.048	.193	.420*	.078	.398*
屈膝爆發力	-.077	.283	-.174	.163	-.115	.094

*p < .05

男子手球運動員的非慣用側膝關節伸肌與屈肌等速肌力參數，在 30 deg/s 的負荷下，與罰球射門動作的出手瞬間球速相關係數為 $r = .274-.341$ ，但是卻未有統計意義的顯著性存在 ($ps > .05$)；在 120 deg/s 的負荷下，則僅有伸膝爆發力與罰球射門球速的相關係數 $r = .404$ ，具有顯著差異 ($p < .05$)；在 180 deg/s 的負荷下，則僅有伸膝力矩與伸膝爆發力與罰球射門球速的相關係數分別為 $r = .456、.420$ ，達統計意義的顯著差異 ($ps < .05$)；而 60 deg/s 的等速負荷中，非慣用側膝關節伸肌力矩、屈肌力矩、伸肌爆發力均與罰球射門動作的出手瞬間球速相關係數為 $r = .390-.433$ 之間 ($ps < .05$)，僅有屈膝爆發力沒有與罰球射門動作的出手瞬間球速具有顯著的相關 ($r = .218, p > .05$)。

女子手球運動員的慣用側肘關節等速肌力與爆發力參數，在 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s 與 180 deg/s 等四種負荷情境中，均與罰球射門和助跑射門出手瞬間的球速相關係數沒有統計意義的顯著水準 ($ps > .05$)，而除了跳躍射門動作的出手瞬間球速與 60 deg/s 負荷時的伸肘關節爆發力相關係數具有顯著的統計意義外 ($r = .561, p < .05$)，其他四種等速肌力負荷時的肌力與爆發力參數均無顯著相關存在 ($ps > .05$)，見表 17。而在非慣用側的肘關節力矩與爆發力對罰球射門動作的出手瞬間球速相關係數分析，在 30 deg/s 的等速負荷時均無顯著相關存在 ($ps > .05$)，在 60 deg/s、120 deg/s 的等速負荷則僅有屈肘爆發力與罰球球速達統計意義的顯著相關 ($ps < .05$)，180 deg/s 的等速負荷則僅有屈肘力矩與罰球球速達統計意義的顯著相關 ($r = .565, p < .05$)。

表 17. 女子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與肘關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數 (n = 14)

變數	慣用側			非慣用側		
	罰球	跳射	跑射	罰球	跳射	跑射
30 deg/s						
伸肘力矩	.114	.251	.095	.226	.405	.235
屈肘力矩	.091	.153	.200	.442	.586*	.481
伸肘爆發力	.115	.237	.072	.350	.556*	.337
屈肘爆發力	.277	.336	.284	.457	.595*	.490
60 deg/s						
伸肘力矩	-.007	-.165	.078	.363	.648*	.423
屈肘力矩	.378	.417	.419	.135	.277	.365
伸肘爆發力	.405	.561*	.416	.406	.663*	.433
屈肘爆發力	.414	.502	.427	.555*	.611*	.597*
120 deg/s						
伸肘力矩	.216	.340	.235	.247	.387	.284
屈肘力矩	.274	.181	.265	.304	.411	.479
伸肘爆發力	.462	.475	.357	.496	.530	.399
屈肘爆發力	.398	.304	.337	.639*	.768*	.667*
180 deg/s						
伸肘力矩	.121	.302	.092	-.239	.067	-.197
屈肘力矩	.118	-.020	.155	.565*	.621*	.514
伸肘爆發力	.085	.263	.068	.182	.424	.102
屈肘爆發力	-.118	-.132	-.168	.133	.423	.129

*p < .05

女子手球運動員的非慣用側肘關節等速肌力與爆發力參數，在 30 deg/s、180 deg/s 負荷情境中，均與助跑射門出手瞬間的球速相關係數沒有統計意義的顯著水準 ($p > .05$)；而表 17 也顯示助跑射門出手瞬間的球速對於在 60 deg/s、120 deg/s 負荷情境中的屈肘爆發力相關係數，則分別為 $r = .597$ 和 $r = .667$ ，並達到統計意義的顯著水準 ($p < .05$)。

就女子手球運動員的膝關節屈肌、伸肌等速肌力與爆發力參數對罰球射門、跳躍射門和助跑射門出手瞬間球速的相關分析結果，如表 18 所示，慣用側膝關節在 120 deg/s 和 180 deg/s 的伸膝力矩、屈膝力矩與伸膝爆發力與三種射門球速的相關係數，均沒有達到統計意義的顯著相關 ($p > .05$)，而罰球射門與跳躍射門動作的出手瞬間球速則與 120 deg/s 和 180 deg/s 的屈膝爆發力相關係數達顯著相關 ($r = .592-.599$, $p < .05$)，且 120 deg/s 負荷時的屈膝爆發力也與助跑射門出手瞬間球速之相關係數為 $r = .539$ ，並具有統計意義的顯著相關 ($p < .05$)。

在 60 deg/s 的等速負荷條件中，慣用側的伸膝力矩、屈膝力矩、伸膝爆發力與屈膝爆發力等肌力參數對跳躍射門與助跑射門出手瞬間球速的相關係數顯著高達 $r = .570-.739$ ($p < .05$)，而相同的這一負荷下，罰球射門出手瞬間球速也與慣用側的伸膝力矩 ($r = .587$)、伸膝爆發力 ($r = .666$) 與屈膝爆發力 ($r = .713$) 均達顯著相關 ($p < .05$)。對於 30 deg/s 的等速負荷條件，慣用側和非慣用側膝關節肌力與爆發力相關係數，多數參數達 $r = .600$ 以上，且均具有統計意義的顯著差異 ($p < .05$)。

表 18. 女子手球運動員不同射門動作出手瞬間球速與膝關節伸肌、屈肌在各種負荷情境的等速肌力與爆發力相關係數 (n = 14)

變數	慣用側			非慣用側		
	罰球	跳射	跑射	罰球	跳射	跑射
30 deg/s						
伸膝力矩	.420	.566*	.457	.458	.529	.589*
屈膝力矩	.173	.345	.198	.229	.395	.356
伸膝爆發力	.568*	.626*	.537*	.666*	.679*	.665*
屈膝爆發力	.550*	.606*	.552*	.641*	.674*	.653*
60 deg/s						
伸膝力矩	.587*	.632*	.612*	.700*	.658*	.774*
屈膝力矩	.512	.570*	.572*	.447	.453	.493
伸膝爆發力	.666*	.650*	.671*	.757*	.732*	.724*
屈膝爆發力	.713*	.702*	.739*	.715*	.691*	.681*
120 deg/s						
伸膝力矩	.334	.331	.252	.415	.439	.444
屈膝力矩	.382	.421	.389	.139	.365	.245
伸膝爆發力	.511	.461	.401	.498	.546*	.495
屈膝爆發力	.595*	.599*	.539*	.533*	.690*	.593*
180 deg/s						
伸膝力矩	.204	.205	.106	.387	.355	.274
屈膝力矩	.290	.372	.228	.303	.369	.312
伸膝爆發力	.402	.403	.280	.546*	.552*	.453
屈膝爆發力	.592*	.596*	.473	.647*	.637*	.575*

*p < .05

第四節 肌力對射門球速的預測

一、男子罰球球速相關預測

為了探討各項肌力參數對於罰球球速的關係，研究使用逐步迴歸分析法（stepwise method regression analysis）探討預測變項（肌力參數）與效標變項（罰球球速）間的關聯強度及方向，而為了增加迴歸分析的預測效果，預測變項與效標變項的相關係數愈高者愈好，而預測變項間的相關係數則要愈低愈好為原則，此外，在進行多元迴歸分析時的各個預測變項至少要 5 個樣本（陳正昌，2003）。因此，在等速肌力的測量參數中，本研究經過各肌力指標的相關分析結果，下肢肌力與爆發力與罰球射門球速的相關係數達統計意義顯著差異者不多，所以，擷取上肢慣用手與非慣用手 30 deg/s 肘關節伸肘最大爆發力等二項參數作為研究的預測變項，進行迴歸分析，最後獲得效標參數與預測參數的描述統計與參數間的相關係數如表 19 所示，這些相關係數的說明，請參見本章第一節。

表 19. 男子罰球球速相關預測

參數	M	SD	1	2
罰球球速	21.52	1.09	.598*	.565*
預測變項				
1. 慣用手 30°/s 伸肘爆發力	12.87	3.35		
2. 非慣用手 30°/s 伸肘爆發力	12.50	3.07		

*p < .05

在逐步迴歸分析的結果中，研究建立肌力參數預測罰球球速的逐步迴歸方程式，並將預測變項參數（慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力與非慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力）數值投入逐步迴歸分析中，以計算預測公式的殘差平方和（非被解釋變異，unexplained variation），進而考驗此一逐步迴歸方程式的迴歸模型之顯著性，結果如表 20 所示，排除了非慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力，以慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力為預測參數，其預測罰球球速的可解釋變異量約為 36%，並具有統計顯著之意義， $F(1, 24) = 13.38$ ， $p = .001$ 。

表 20. 男子罰球球速原始係數逐步迴歸分析之變異數分析

變異來源	df	MS	F	R ²	p
迴歸	1	10.57	13.38	.36	.001
殘差	24	0.79			
總合	25				

就表 21 逐步迴歸分析預測公式的各項係數顯示，本研究在男子罰球球速標準分數化建立的預測公式如下列所示：

$$\text{罰球球速 (Y)} = 0.193 \times \text{慣用手 } 30^\circ/\text{s 伸肘爆發力} \\ + 19.009$$

罰球球速標準分數化迴歸公式 (\hat{Y})

$$= + 0.598 \times \text{慣用手 } 30^\circ/\text{s 伸肘爆發力}$$

對於慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力參數的迴歸係數進行 t 檢定，結果顯示慣用手 30 deg/s 伸肘爆發力， $t(24) = 3.66$ ，達統計的顯著水準 ($p > .05$)，也就是說，慣用手 30 deg/s 伸肘

爆發力可有效地解釋效標變項（男子罰球球速）。

表 21. 男子罰球球速原始係數逐步迴歸分析預測公式的各項係數

預測變項	原始資料係數 (B)	標準誤 (SEB)	標準化係數 (β)	t(24)	p
常數項	19.009	0.708		26.84	<.01
慣用手 30°/s 伸肘爆發力	0.193	0.053	0.598	3.66	<.01

二、女子罰球球速相關預測

在女子罰球方面，本研究探討肌力參數對於其球速的預測，排除了上肢肌力與爆發力的參數，擷取慣用腳與非慣用腳 60 deg/s 膝關節伸膝力矩等二項參數作為研究的預測變項，進行迴歸分析，而效標參數與預測參數的描述統計與參數間的相關係數如表 22 所示，這些相關係數的說明，請參見本章第二節。

表 22. 女子罰球球速相關預測

參數	M	SD	1	2
罰球球速	17.41	1.58	.587*	.700*
預測變項				
1.慣用腳 60°/s 伸膝力矩	115.91	31.60		
2.非慣用腳 60°/s 伸膝力矩	113.43	16.15		

*p < .05

逐步迴歸分析的結果中，研究建立肌力參數預測罰球球速的逐步迴歸方程式，並將預測變項參數（慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩、非慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩）等數值代入逐步迴歸方程式，以計算預測公式的殘差平方和（非被解釋變異），進而考驗此一逐步迴歸方程式的迴歸模型之顯著性，結果如表 23 所示，以慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩、非慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩等肌力參數來預測罰球球速，其可解釋的變異量約為 49%，並具有統計顯著之意義， $F(1, 12) = 11.52$ ， $p = .005$ 。

表 23. 女子罰球球速原始係數逐步迴歸分析之變異數分析

變異來源	df	MS	F	R ²	p
迴歸	1	15.83	11.52	.49	.005
殘差	12	1.37			
總合	13				

就表 24 逐步迴歸分析預測公式的各項係數，分析排除了慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩，本研究在女子罰球球速標準分數化建立的預測公式如下列所示：

$$\text{罰球係數 (Y)} = 0.045 \times \text{非慣用腳 } 60^\circ/\text{s 伸膝力矩} \\ + 12.180$$

$$\text{罰球球速標準分數化回歸公式 (}\hat{Y}\text{)}$$

$$= + 0.700 \times \text{非慣用腳 } 60^\circ/\text{s 伸膝力矩}$$

對於非慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩參數的迴歸係數進行 t 檢定，結果顯示慣用腳 60 deg/s 伸膝力矩， $t(12) = 3.40$ ，達統計

的顯著水準 ($p > .05$)，也就是說，非慣用腳 60 deg/s 伸肌力矩可有效地解釋效標變項（女子罰球球速）。

表 24. 女子罰球球速原始係數逐步迴歸分析預測公式的各項係數

預測變項	原始資料係數 (B)	標準誤 (SEB)	標準化係數 (β)	t(12)	p
常數項	12.180	1.571		7.75	<.01
非慣用腳 60°/s 伸膝力矩	0.045	0.013	0.700	3.40	<.01

第五節 綜合討論

肌力是人體運動產生的根源，也是各項競技運動的基礎，在運動競技水平要求日益精進的現代國際運動比賽場，想要突破運動表現，肌力與爆發力訓練與其診斷已是運動員角逐於競技場，根本的重點強化工作。因此，通過肌力與爆發力診斷的測驗方法與日常肌力訓練工作緊密結合，從各專項運動的工作特點建立高效率的肌力表現，進而提昇肌力此一項運動基本素質訓練的水平。

為了探討手球運動的上肢肌力與下肢肌力對於射門表現的影響，因此，通過 Biodex system 4 Pro 等速肌力測量系統記錄慣用側與非慣用側的肌力與爆發力，肌力負荷包括了 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等。研究發現，手球運動員慣用側與非慣用側的肌力與爆發力檢測結果，在肘關節方面，30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等速度負

荷，皆無顯著差異；而且在膝關節 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等負荷情境下，也皆未有統計意義的顯著差異，表示男子與女子手球運動員上肢與下肢的慣用側與非慣用側肌力皆很平均，最大力量值與最大爆發力都不會因為慣用側的使用而高於非慣用側肢體，顯示手球運動係屬於全面性的運動訓練，對於上肢與下肢肌力與爆發力在雙側的發展都可以適當兼顧。

在不同負荷速度的肌力與爆發力分析發現，肘關節慣用側與非慣用側在伸肘肌、屈肘肌的最大力量值與爆發力值都相當平均，一般肌力表現都是伸肘肌力高於屈肘肌力，就本研究實驗參加者的肘關節肌力表現，伸肘肌力、爆發力與屈肘肌力、爆發力的值都非常接近，表示手球運動的技術訓練並不單單只有射門動作，還包括了防禦、攻擊等動作，手球運動員在各訓練階段的肌力與爆發力都是均衡發展；可是，膝關節的診斷結果，顯示雙側下肢伸肌與屈肌的最大力量值和爆發力值，卻出現伸肌高於屈肌肌力約 2 倍以上，也就是說，男女手球運動員的股四頭肌群的肌力約為腿後肌腱群肌力的 2 倍以上，過強健的股四頭肌肌力對於前十字韌帶 (ACL) 的傷害問題，就有待後續研究。因此，不管手球運動員的肘關節、膝關節慣用側與非慣用側伸肌或屈肌，訓練的重點皆是一樣，不單只強化慣用側肌力，應同時並進且相輔相成，方能達到最佳訓練效果。

在各種負荷下的肌力表現與不同動作射門球速之間的相關分析，結果發現手球運動員的肌力與不同射門動作的球速相關，則只有罰球射門的球速與各項的肌力相關相當高；而跳射射門球速、跑射射門球速與各項肌力指數的球速相關性

則很低，進一步推論影響跳躍射門、助跑射門的球速表現與肌力相關較低的原因，可能是射門動作出手瞬間的球出手時宜、力量（動量）的傳遞問題等，都會影響跳躍射門與助跑射門的球速表現。由於罰球射門主要是原地站立射門，下肢主要是固定站立於原地，射門動作並沒有做向上或向前的身體移位，因此，原地罰球射門動作比跳躍射門、助跑射門動作沒來得複合性動作複雜，技術層面也沒來得比跳躍射門、助跑射門高，而顯示出僅有罰球球速與肌力相關性或肌力與爆發力相關性高的結果產生。

研究再進一步通過逐步迴歸分析，就肌力對射門球速的預測關係進行探討，為了增加迴歸分析的預測效果，在預測變項篩選的考量上，要求預測變項與效標變項的相關係數愈高者愈好，而預測變項間的相關係數則要愈低愈好為原則，因此，篩選出男子罰球球速肘關節慣用手與非慣用手 30 deg/s 伸肌爆發力等二項參數與女子罰球球速慣用腳與非慣用腳 60 deg/s 伸肌力矩等二項參數進行預測，預測結果發現，男子肘關節 30 deg/s 慣用側爆發力參數能有效預測罰球射門動作的球速約為 36%，而且女子膝關節 60 deg/s 非慣用側力矩參數能有效預測罰球射門動作的球速約為 49%，說明 30 deg/s、60deg/s 重負荷可以有效解釋效標變項。

綜合本文研究的結果，肌力只是影響射門表現的一部分，手球射門的得分是贏得比賽的必然要素，可是肌力反應的並不只是在射門這一件事，利用肘關節、膝關節四種力量的負荷預測球速，發現在 30 deg/s、60 deg/s 相對較重負荷情境下，能有效預測肌力對射門的運動表現，雖然重負荷肌力運動表現與手球的射門動作不盡相同，就教練員表示運動員

為了在攻防過程中的卡位與戰術的應用，都需要與對手相互推擠以創造最佳化的傳接球位置或空間。而 120 deg/s、180 deg/s 低負荷高速度下，對射門的影響並非很高，對於高速情況下的肌力特徵，速度越快、肌力越小，表示高速下的肌力並不是完全影響球速的一個重要因素，影響射門動作的重要因素可能是在投擲技術上的問題，當然，研究並不排除可能還有其他關節肌力的影響，肩關節與肘關節屈肌、伸肌的肌肉力量特徵對於手球射門球速的影響等問題，未來就有待進一步研究。

第五章 結論與建議

本研究主要探討手球運動員的上肢肘關節與下肢膝關節的肌力診斷，並就其慣用側的上、下肢肌力與爆發力測量，進而就原地罰球射門、垂直跳躍射門與助跑射門的球速測量，觀察上、下肢屈肌、伸肌的肌肉力量與射門球速、投擲效果是否有顯著相關存在以分析。以下根據實驗的結果與討論，總結研究的發現，並且對於本研究課題的後續研究與發展提供可行的建議。

第一節 結論

本研究為了探討上肢、下肢肌力對於射門表現速度的關係，以 41 名手球運動代表隊男子 27 名與女子 14 名為實驗參與者，進行 30 deg/s、60 deg/s、120 deg/s、180 deg/s 等作為不同關節負荷，經等速肌力測驗男、女手球運動員的慣用側與非慣用側上肢、下肢的肌力與爆發力顯示，男子與女子手球運動員上肢、下肢的慣用側與非慣用側肌力與爆發力沒有差異，顯示手球運動係屬於全面性的運動訓練，對於上肢、下肢肌力與爆發力在雙側的發展都應該適當兼顧，並不只著重在單一側的肌力發展。在不同負荷速度的肌力與爆發力分析，肘關節慣用側與非慣用側伸肌與屈肌的肌力約略相等，顯示手球運動員在投擲過程中，反覆地執行伸肌與屈肌力量均相對重要，以致於伸肘肌力與屈肘肌力呈現無顯著差異；而膝關節慣用側與非慣用側伸肌與屈肌最大力量值和爆發力值，卻出現伸肌肌力高於屈肌肌力約 2 倍以上，致使手球

運動員有發生傷害的風險，應注意的是避免讓伸肌與屈肌肌力差異過高，以降低傷害的發生。再經二度空間影片分析推論罰球射門、跳躍射門、助跑射門三種不同射門球速之間的相關分析，結果發現男、女子的球速與球速間的相關係數都很高，而肌力與不同射門動作的球速相關，則只有罰球射門的球速與各項肌力相關較高，高速低負荷的影響因素則很低，推論影響跳躍射門、助跑射門與肌力相關較低的原因，影響層面不外乎是射門的技術，而非肌力問題，這也是接下來做預測與迴歸分析時為什麼要挑選 30 deg/s、60 deg/s 負荷的原因。進一步進行逐步迴歸分析後，等速肌力對射門球速的預測關係，在較重負荷情境（30 deg/s、60 deg/s），男子肘關節 30 deg/s 慣用側爆發力參數與女子膝關節 60 deg/s 非慣用側力矩參數能有效預測罰球射門動作，說明了 30 deg/s、60deg/s 重負荷可以有效解釋效標變項。

第二節 建議

本研究利用等速肌力測量系統，測量手球運動員肘關節與膝關節在各種負荷下的肌力表現，推論三種不同射門球速之間的相關分析（罰球射門、跳躍射門、助跑射門），特別是跳躍射門、助跑射門與各項肌力指數可預測性很低，在未來實驗預測不同負荷下，肘關節與膝關節肌力表現對射門球速之間的相關研究，還需要深入推敲其影響程度。

研究發現低速高負荷的肌力與爆發力測驗相關都很高，相對較重負荷情境下，能有效預測肌力對射門的運動表現，運動員為了在攻防過程中的卡位與戰術的應用，都需要與對

手相互推擠以創造最佳化的傳接球位置或空間，所以，重負荷的肌力特徵就相應的重要了許多；此外，高速度、低負荷的上肢、下肢等速肌力測量，要預測肌力與不同射門動作的球速關係，也需要深入探究影響因素。再者，未來除了考量技術層面問題外（射門出手瞬間的時宜、工作的順序），如果能增加肩關節的相關肌力測試，將是未來研究的一個重點。

引用文獻

一、中文部分

- Baechle, T. R., & Earle, R. W. (2004)。肌力與體能訓練（林正常等譯）。臺北市：藝軒圖書。（原著出版於2000年）
- Bompa, T. O. (2004)。運動訓練法（林正常等譯）。臺北市：藝軒圖書。（原著出版於1999年）。
- 屈建華（2007）。優秀水球運動員膝關節肌群等速向心收縮力量特徵研究。北京體育大學學報，30（5），643-644。
- 林正常（1975）。運動教練手冊。臺北市：時代。
- 林正常（1986）。運動科學與訓練：運動教練手冊。臺北市：健行文化。
- 林敬民（2005）。學校棒球運動教練專業能力現況與需求之研究。未出版之碩士論文，輔仁大學，臺北縣。
- 郭癸賓（2010）。以節奏控制訓練模式提昇柔道下肢專項力量之效果研究。華人運動生物力學期刊，3，19-26。
- 陳九州、蘇雄飛、林敏政、高英傑（1993）。棒球投手上肢等速肌力與投球速度之相關性探討。北體學報，2，197-226。
- 陳建銘（2005）。優秀成棒投手之上肢動力學分析與等速肌力特徵比較。未出版之碩士論文，國立體育學院，桃園縣。
- 陳寶源、黃國光、潘寶石（2006）。排球運動專項體能之應用分析。高應科大體育學刊，5，82-93。

- 廖典英（1998）。柔道朽木倒與專項體能之研究。未出版之碩士論文，中國文化大學，臺北市。
- 劉宇（1998）。生物力學原理。於許樹淵編，運動力學（pp. 69-78）。臺北市：中華民國體育學會。
- 劉宇、江界山、陳重佑（1996）。肌力與肌力診斷的生物力學基礎。臺灣師大體育研究（復刊號），2，151-179。
- 羅友維（2002）。柔道專項肌力訓練法。中華體育季刊，16（4），125-133。

二、英文部分

- Bayios, I. A., Anastasopoulou, E. M., Sioudris, D. S., & Boudolos, K. D. (2001). Relationship between isokinetic strength of the internal and external shoulder rotators and ball velocity in team handball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 41, 229-235.
- Beard, D. J., Dodd, C. A., & Simpson, H. A. (2000). Sensorimotor changes after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 372, 205-216.
- Bosco, C., Viitasalo, J. T., Komi, P. V., & Luhtanen, P. (1982). Combined effects of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 114, 557-565.
- Bouhlef, E., Chelly, M. S., Tabka, Z., & Shephard, R. (2007). Relationships between maximal anaerobic power of the arms and legs and javelin performance. *Journal Sports Medicine Physical Fitness*, 47, 141-146.
- Carter, A. B., Kaminski, T. W., Douex Jr., A. T., Knight, C. A., & Richards, J. G. (2007). Effects of high volume upper extremity plyometric training on throwing velocity and functional strength ratios of the shoulder rotators in collegiate baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21, 208-215.
- Chang, J. T., Morton, S. C., Rubenstein, L. Z., Mojica, W. A.,

- Maglione, M., Suttorp, M. J., Roth, E. A., Shekelle, P. G. (2004). Interventions for the prevention of falls in older adults: Systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *Biomechanics Medicine Journal*, 328, 680.
- Chelly, M. S., Hermassi, S., & Shephard, R. J. (2010). Relationships between power and strength of the upper and lower limb muscles and throwing velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1480-1487.
- Clements, A. S., Ginn, K. A., & Henley, E. (2001). Correlation between muscle strength and throwing speed in adolescent baseball players. *Physical Therapy in Sport*, 2, 123-131.
- Cutson, T. M., Gray, S. L., Hughes, M. A., Carson, S. W., & Hanlon, J. T. (1997). Effect of a single dose of diazepam on balance measures in older people. *Journal of the American Geriatrics Society*, 45, 435-440.
- Dale, R. B., Kovalski, J. E., Ogletree, T., Heitman, R. J., & Norrell, P. M. (2007). The effects of repetitive overhead throwing on shoulder rotator isokinetic work-fatigue. *North American Journal of Sports Physical Therapy*, 2, 74-80.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*,

- 29, 705-713.
- Debanne, T., & Laffaye, G. (2011). Predicting the throwing velocity of the ball in handball with anthropometric variables and isotonic tests. *Journal of Sports Sciences*, 29, 705-713.
- Dietz, V., Quintern, J., Berger, W., & Schenck, E. (1985). Cerebral potentials and leg muscle EMG responses associated with stance perturbation. *Experimental Brain Research*, 57(2), 348-354.
- Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (6th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Gatts, S. K., & Woollacott, M. H. (2007). How Tai Chi improves balance: Biomechanics of recovery to a walking slip in impaired seniors. *Gait & Posture*, 25(2), 205-214.
- Gollhofer, A., Komi, P. V., Miyashita, M., & Aura, O. (1987). Fatigue during stretch-shortening cycle exercises: Changes in mechanical performance of human skeletal muscle. *International Journal of Sports Medicine*, 7, 71-78.
- Gore, C. J. (2000). *Physiological test for elite athletes: Australian sports commission*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gorostiaga, E. M., Granados, C., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2005). Differences in physical fitness and throwing

- velocity among elite and amateur male handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 26, 225-232.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Bonnabau, H., & Gorostiaga, E. M. (2007). Differences in physical fitness and throwing velocity among elite and amateur female handball players. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 860-867.
- Granados, C., Izquierdo, M., Ibáñez, J., Ruesta, M., & Gorostiaga, E. M. (2008). Effects of an entire season on physical fitness in elite female handball players. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40, 351-361.
- Hakkinen, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. *Journal of Sport Medicine*, 29, 9-26.
- Hall, S. J. (2012). *Basic biomechanics* (6th ed). New York, NY: McGraw-Hill.
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Fathloun, M., & Shephard, R. J. (2010). The effect of heavy- vs. moderate-load training on the development of strength, power, and throwing ball velocity in male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 2408-2418.
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Tabka, Z., Shephard, R. J., & Chamari, K. (2011). Effects of 8-week in-season upper and lower limb heavy resistance training on the peak power, throwing velocity, and sprint performance of elite

- male handball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25, 2424-2433.
- Hong, Y., Li, X., & Robinson, P. D. (2000). Balance control, flexibility, and cardiopulmonary fitness among older Tai Chi practitioners. *British Journal of Sports Medicine*, 34, 29-34.
- Hu, M. H., & Woollacott, M. H. (1994). Multisensory training of standing balance in older adults. II: Kinematic and electromyographic postural responses. *The Journals of Gerontology*, 49, 62-71.
- Huber, A., Suter, E., & Herzog, W. (1998). Inhibition of the quadriceps muscles in elite male volleyball players. *Journal of Sports Sciences*, 16, 281-289.
- Jacobson, B. H., Chen, H. C., Cashel, C., & Guerrero, L. (1997). The effect of Tai Chi Chuan training on balance, kinesthetic sense, and strength. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 27-33.
- Knuttgen, H., & Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1, 1-10.
- Komi, P. V. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: Effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and Sport Sciences Review*, 12, 81-121.
- Komi, P. V. (1992). Basic definitions for exercise. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and power in sport* (pp. 3-6).

- London: Blackwell Scientific.
- Komi, P. V. (1992). Stretch-shortening cycle. In P. V. Komi (Ed.), *Strength and power in sport* (pp. 169-179). Oxford, England: Blackwell Scientific.
- Kontulainen, S., Kannus, P., Haapasalo, H., Sievanen, H., Pasanen, M., Heinonen, A., Oja, P., & Vuori, I. (2001). Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: A prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *Journal Bone Mineral Research*, *16*, 195-201.
- Kreighbaum, E., & Barthels, K. M. (1996). *Biomechanics: A qualitative approach for studying human movement* (4th ed.). Boston, MA: Allyn and Bacon.
- Lan, C., Lai, J. S., Chen, S. Y., & Wong, M. K. (2000). Tai Chi Chuan to improve muscular strength and endurance in elderly individuals: A pilot study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *81*, 604-607.
- Lan, C., Lai, S., Chen, S. Y., & Wong, M. K. (1998). 12-month Tai Chi training in the elderly: It's effect on health fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *30*, 345-351.
- Li, J. X., Xu, D. Q., & Hong, Y. (2009). Changes in muscle strength, endurance, and reaction of the lower extremities with Tai Chi intervention. *Journal of Biomechanics*, *42*, 967-971.

- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G., & Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: The questionable use of motor and physical tests. *Journal Strength Conditioning Research, 19*, 318-325.
- Marques, M. C., van den Tilaar, R., Vescovi, J. D., Gonzalez-Badillo, J. J. (2007). Relationship between throwing velocity, muscle power, and bar velocity during bench press in elite handball players. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 2*, 414-422.
- Meriam, J. (1978). Engineering mechanics: Dynamics (Vol. 2). New York, NY: John Wiley & Sons.
- Nardone, A., Siliotto, R., Grasso, M., & Schieppati, M. (1995). Influence of aging on leg muscle reflex responses to stance perturbation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, 76*, 158-165.
- National Association for Sport and Physical Education an Association of the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance. (2004). *Moving into the Future: National standards for physical education* (2nd ed.). Reston, VA: Author.
- Noffal, G. (2003). Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *The American Journal of Sports Medicine, 31*, 537-541.

- Noffal, G. (2003). Isokinetic eccentric-to-concentric strength ratios of the shoulder rotator muscles in throwers and nonthrowers. *The American Journal of Sports Medicine*, *31*, 537-541.
- Norman, R. W., & Komi, P. V. (1979). Electromyographic delay in skeletal muscle under normal movement conditions. *Acta Physiologica Scandinavica*, *106*, 241-248.
- Sale, D. (1989). Neural adaptation in strength and power training, In L. Jones, N. McCartney, & A. McComas (Eds.), *Human muscle power* (pp. 289-307). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Smith, B. N., Segal, R. L., & Wolf, S. L. (1996). Long latency ankle responses to dynamic perturbation in older fallers and non-fallers. *Journal of the American Geriatrics Society*, *44*, 1447-1454.
- Studenski, S., Duncan, P. W., & Chandler, J. (1991). Postural responses and effector factors in persons with unexplained falls: Results and methodologic issues. *Journal of the American Geriatrics Society*, *39*, 229-234.
- Tsang, W. W., & Hui-Chan, C. W. (2005). Comparison of muscle torque, balance, and confidence in older Tai Chi and healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *37*, 280-289.
- Wilder, D. G., Aleksiev, A. R., Magnusson, M. L., Pope, M. H., Spratt, K. F., & Goel, V. K. (1996). Muscular

- response to sudden load: A tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine*, 21, 2628-2639.
- Wilkerson, G. B., Colston, M. M., Short, N. I., Neal, K. L., Hoewischer, P. E., & Pixley, J. J. (2004). Neuromuscular changes in female collegiate athletes resulting from a plyometric jump training program. *Journal of Athletic Training*, 39, 17-23.
- Wit, A., Fizycznego, A. W., & Poland, W. (1998). A three-dimensional kinematic analysis of handball throws. In H. J. Riehle & M. M. Vieten (Eds.), *The Proceedings (II) of XVI International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 281-284). Konstanz, Germany: University of Konstanz.
- Witzke, K. A., & Sonw, C. M. (2000). Effects of plyometric jump training on bone mass in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1051-1057.
- Wu, G. (2002). Evaluation of the effectiveness of Tai Chi for improving balance and preventing falls in the older population a review. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50, 746-754.
- Xu, D. Q., Hong, Y., & Li, J. X. (2006). Effects of long-term Tai Chi practice and jogging exercise on muscle strength and endurance in older people. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 50-54.
- Xu, D. Q., Li, J. X., & Hong, Y. (2005). Effect of regular Tai Chi and jogging exercise on neuromuscular reaction in

- older people. *Age and Ageing*, 34, 439-444.
- Xu, D., Hong, Y., Li, J., & Chan, K. (2004). Effect of Tai Chi exercise on proprioception of ankle and knee joints in old people. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 50-54.
- Yildiz, Y., Aydin, T., Sekir, U., Kiralp, M. Z., Hazneci, B., & Kalyon, T. A. (2006). Shoulder terminal range eccentric antagonist/concentric agonist strength ratios in overhead athletes. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 16, 174-180.
- Zapartidis, I., Gouvali, M., Bayios, I., & Boudolos, K. (2007). Throwing effectiveness and rotational strength in team handball. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47, 169-178.

附錄一

實驗參與者同意書

研究名稱：手球運動員的等速肌力與射門表現

研究生：游晴惠

指導教授：陳重佑博士

單位：國立臺灣體育運動大學

聯絡電話：0988-212635

我瞭解這個研究的目的是在於通過不同阻力負荷的設計，就生物力學的研究手段追蹤檢測您本人等速肌力與射門表現，並即時回饋收集得的肌力與射門表現資訊，以作為教練員與運動員運動訓練的參考，對於提升手球運動成績具有重要意義。

我瞭解我在測試時主要藉由等速肌力測量系統的肌力診斷，高速攝影機與二度空間影片分析資料收集，探討手球運動員的肌力、爆發力與投球速度之間的關係。本研究在參與研究期間，將接受進行四種（30度/秒，8下、60度/秒，8下、120度/秒，8下、180度/秒，30下）不同阻力測驗，組與組之間休息一分鐘，且提供口頭和視覺鼓勵，並讓實驗參與者在測試時可檢視肌力計操作螢幕上的內容，依據速度曲線內容請實驗參與者盡全力完成動作。在每次施測結束後，藉此讓運動員清楚知道每二個月的施測進步情形。

研究人員已經向我充分說明，我瞭解計畫執行機構將維護受試者在試驗過程中應得之權益，我在試驗過程中無須提出任

何理由可隨時撤回同意，退出試驗，且不會引起任何不愉快，不會遭受處罰或損失應得之利益，或影響我在本校的任何成績與權益，而且我的檢查結果將絕對保密，一個研究的號碼會取代我的姓名，試驗所得資料可能發表於學術性雜誌，但我的姓名將不會公佈，我的隱私將絕對保密，除了有關機構依法調查外，研究人員將會盡力維護我的隱私。我參加本試驗皆不須繳交任何額外費用。

我已經詳細閱讀以上資料，研究人員已經對我詳細解釋內容，相關研究人員也已經回答我所有的疑問，我已了解且同意參與此項研究計畫，自願擔任受試者。如果我以後有問題，我可與計畫主持人聯絡，日後如果受試者同意書內容有任何更新，或有新資訊可能影響受試者繼續參與試驗之意願，我將隨時收到更新後的內容。

自願實驗參與者(及法定代理人)簽名：_____

日期：_____

附錄二

相關分析結果表列

附表 1. 男子 - 肘關節 - 慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸肘力矩	--	.73*	.79*	.45*	.66*	.56*	.62*	.51*	.50*	.52*	.46*	.36	.42*	.65*	.40*	.56*
2.屈肘力矩		--	.78*	.71*	.72*	.71*	.76*	.72*	.66*	.73*	.63*	.56*	.56*	.75*	.63*	.78*
3.伸肘爆發力			--	.75*	.72*	.64*	.84*	.71*	.61*	.67*	.62*	.62*	.53*	.69*	.59*	.69*
4.屈肘爆發力				--	.51*	.62*	.71*	.86*	.58*	.72*	.68*	.71*	.46*	.72*	.65*	.80*
60 deg/s																
5.伸肘力矩					--	.63*	.85*	.63*	.89*	.66*	.66*	.48*	.84*	.77*	.71*	.69*
6.屈肘力矩						--	.79*	.86*	.71*	.93*	.66*	.71*	.61*	.85*	.62*	.79*
7.伸肘爆發力							--	.84*	.83*	.81*	.77*	.75*	.75*	.85*	.85*	.82*
8.屈肘爆發力								--	.71*	.89*	.76*	.81*	.61*	.87*	.74*	.89*
120 deg/s																
9.伸肘力矩									--	.79*	.71*	.56*	.92*	.85*	.81*	.73*
10.屈肘力矩										--	.76*	.77*	.69*	.89*	.74*	.83*
11.伸肘爆發力											--	.82*	.64*	.79*	.78*	.78*
12.屈肘爆發力												--	.50*	.73*	.68*	.79*
180 deg/s																
13.伸肘力矩													--	.75*	.72*	.60*
14.屈肘力矩														--	.79*	.89*
15.伸肘爆發力															--	.79*
16.屈肘爆發力																--

附表 2. 男子 - 肘關節 - 非慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸肘力矩	--	.71*	.90*	.63*	.76*	.68*	.75*	.52*	.60*	.47*	.54*	.52*	.54*	.58*	.32	.61*
2.屈肘力矩		--	.69*	.76*	.63*	.82*	.63*	.65*	.62*	.67*	.71*	.73*	.50*	.62*	.37	.73*
3.伸肘爆發力			--	.73*	.62*	.65*	.79*	.54*	.49*	.45*	.58*	.58*	.42*	.49*	.36	.59*
4.屈肘爆發力				--	.41*	.52*	.57*	.73*	.45*	.53*	.70*	.78*	.44*	.65*	.38	.76*
60 deg/s																
5.伸肘力矩					--	.76*	.79*	.57*	.82*	.52*	.63*	.51*	.74*	.54*	.55*	.60*
6.屈肘力矩						--	.73*	.65*	.75*	.73*	.63*	.64*	.65*	.61*	.38	.68*
7.伸肘爆發力							--	.77*	.64*	.58*	.76*	.70*	.55*	.54*	.61*	.73*
8.屈肘爆發力								--	.56*	.77*	.79*	.91*	.56*	.76*	.49*	.91*
120 deg/s																
9.伸肘力矩									--	.68*	.70*	.56*	.90*	.65*	.66*	.63*
10.屈肘力矩										--	.64*	.83*	.64*	.78*	.43*	.74*
11.伸肘爆發力											--	.82*	.66*	.67*	.77*	.80*
12.屈肘爆發力												--	.53*	.75*	.56*	.89*
180 deg/s																
13.伸肘力矩													--	.77*	.68*	.64*
14.屈肘力矩														--	.40*	.88*
15.伸肘爆發力															--	.51*
16.屈肘爆發力																--

附表 3. 男子 - 膝關節 - 慣用側各變數的相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
30 deg/s																	
1.伸膝力矩	--	.73*	.88*	.59*	.90*	.60*	.79*	.55*	.82*	.52*	.69*	.55*	.75*	.53*	.51*	.39*	
2.屈膝力矩		--	.62*	.85*	.75*	.83*	.63*	.75*	.68*	.78*	.63*	.77*	.66*	.61*	.45*	.58*	
3.伸膝爆發力			--	.62*	.83*	.42*	.87*	.50*	.79*	.43*	.80*	.55*	.73*	.44*	.68*	.45*	
4.屈膝爆發力				--	.67*	.65*	.64*	.81*	.49*	.56*	.59*	.68*	.61*	.47*	.44*	.49*	
60 deg/s																	
5.伸膝力矩					--	.70*	.89*	.71*	.83*	.56*	.77*	.67*	.79*	.51*	.63*	.49*	
6.屈膝力矩						--	.60*	.83*	.63*	.82*	.56*	.79*	.59*	.64*	.45*	.71*	
7.伸膝爆發力							--	.73*	.72*	.47*	.86*	.71*	.73*	.45*	.76*	.60*	
8.屈膝爆發力								--	.51*	.64*	.66*	.82*	.59*	.51*	.56*	.72*	
120 deg/s																	
9.伸膝力矩									--	.74*	.86*	.71*	.86*	.70*	.73*	.55*	
10.屈膝力矩										--	.67*	.84*	.66*	.70*	.55*	.73*	
11.伸膝爆發力											--	.86*	.77*	.54*	.90*	.70*	
12.屈膝爆發力												--	.65*	.56*	.75*	.80*	
180 deg/s																	
13.伸膝力矩														--	.79*	.65*	.43*
14.屈膝力矩															--	.36	.55*
15.伸膝爆發力																--	.70*
16.屈膝爆發力																	--

附表 4. 男子 - 膝關節 - 非慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸膝力矩	--	.50*	.82*	.61*	.74*	.70*	.81*	.72*	.75*	.48*	.68*	.40*	.60*	.56*	.58*	.57*
2.屈膝力矩		--	.60*	.84*	.34	.75*	.58*	.71*	.52*	.57*	.62*	.55*	.54*	.56*	.62*	.50*
3.伸膝爆發力			--	.74*	.68*	.68*	.90*	.71*	.72*	.54*	.78*	.48*	.62*	.54*	.66*	.54*
4.屈膝爆發力				--	.43*	.73*	.67*	.76*	.54*	.56*	.67*	.58*	.63*	.57*	.68*	.55*
60 deg/s																
5.伸膝力矩					--	.74*	.85*	.67*	.85*	.65*	.76*	.55*	.61*	.63*	.55*	.50*
6.屈膝力矩						--	.83*	.89*	.79*	.83*	.79*	.73*	.71*	.82*	.73*	.69*
7.伸膝爆發力							--	.84*	.86*	.73*	.89*	.64*	.75*	.73*	.76*	.64*
8.屈膝爆發力								--	.75*	.79*	.81*	.79*	.68*	.77*	.73*	.74*
120 deg/s																
9.伸膝力矩									--	.74*	.93*	.67*	.80*	.78*	.74*	.70*
10.屈膝力矩										--	.81*	.93*	.65*	.81*	.70*	.73*
11.伸膝爆發力											--	.77*	.83*	.79*	.84*	.72*
12.屈膝爆發力												--	.55*	.71*	.64*	.73*
180 deg/s																
13.伸膝力矩													--	.82*	.85*	.62*
14.屈膝力矩														--	.77*	.81*
15.伸膝爆發力															--	.76*
16.屈膝爆發力																--

附表 5. 女子 - 肘關節 - 慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
30 deg/s																	
1.伸肘力矩	--	.23	.91*	.51	.62*	.13	.67*	.30	.60*	-.11	.57*	.61*	.15	.15	.57*	.01	
2.屈肘力矩		--	.24	.71*	.26	.69*	.23	.65*	.38	.70*	.09	.42	.34	.65*	.11	.67*	
3.伸肘爆發力			--	.52	.59*	.00	.70*	.25	.63*	-.15	.64*	.64*	.26	.24	.54*	.02	
4.屈肘爆發力				--	.439	.50	.48	.79*	.53	.32	.36	.64*	.12	.31	.19	.49	
60 deg/s																	
5.伸肘力矩					--	.39	.81*	.56*	.94*	.21	.60*	.49	.57*	.22	.58*	.33	
6.屈肘力矩						--	.37	.84*	.51	.86*	.15	.49	.42	.77*	.17	.69*	
7.伸肘爆發力							--	.59*	.85*	.16	.84*	.81*	.60*	.04	.77*	.19	
8.屈肘爆發力								--	.72*	.62*	.45	.71*	.41	.55*	.19	.62*	
120 deg/s																	
9.伸肘力矩									--	.32	.70*	.66*	.63*	.25	.49	.38	
10.屈肘力矩										--	.06	.23	.45	.93*	.11	.77*	
11.伸肘爆發力											--	.81*	.51	-.04	.55*	-.03	
12.屈肘爆發力												--	.33	.04	.43	.07	
180 deg/s																	
13.伸肘力矩														--	.36	.58*	.47
14.屈肘力矩															--	.04	.79*
15.伸肘爆發力																--	.21
16.屈肘爆發力																	--

附表 6. 女子 - 肘關節 - 非慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸肘力矩	--	.80*	.88*	.91*	.84*	.60*	.81*	.83*	.75*	.68*	.74*	.81*	.43	.78*	.43	.58*
2.屈肘力矩		--	.73*	.91*	.76*	.69*	.66*	.92*	.51	.69*	.55*	.82*	.18*	.80*	.27	.49
3.伸肘爆發力			--	.84*	.91*	.39	.94*	.75*	.78*	.46	.82*	.80*	.53	.77*	.59*	.68*
4.屈肘爆發力				--	.85*	.69*	.82*	.96*	.69*	.69*	.74*	.88*	.35	.88*	.44	.52
60 deg/s																
5.伸肘力矩					--	.57*	.91*	.77*	.77*	.57*	.72*	.77*	.49	.76*	.56*	.56*
6.屈肘力矩						--	.35	.76*	.49	.79*	.31	.55	.23	.61*	.06	.22
7.伸肘爆發力							--	.70*	.74*	.46	.81*	.79*	.58*	.74*	.72*	.64*
8.屈肘爆發力								--	.69*	.79*	.73*	.92*	.24	.89*	.33	.47
120 deg/s																
9.伸肘力矩									--	.60*	.85*	.74*	.54*	.61*	.50	.54*
10.屈肘力矩										--	.53*	.76*	.21	.62*	.16	.26
11.伸肘爆發力											--	.81	.57*	.81*	.71*	.56*
12.屈肘爆發力												--	.29	.83*	.46	.69*
180 deg/s																
13.伸肘力矩													--	.44	.85*	.63*
14.屈肘力矩														--	.60*	.55*
15.伸肘爆發力															--	.66*
16.屈肘爆發力																--

附表 7. 女子 - 膝關節 - 慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸膝力矩	--	.86*	.95*	.83*	.83*	.84*	.84*	.79*	.71*	.84*	.75*	.81*	.66*	.66*	.70*	.72*
2.屈膝力矩		--	.84*	.80*	.73*	.85*	.72*	.67*	.66*	.82*	.65*	.72*	.70*	.69*	.73*	.68*
3.伸膝爆發力			--	.92*	.90*	.87*	.93*	.88*	.76*	.85*	.82*	.88*	.72*	.64*	.78*	.79*
4.屈膝爆發力				--	.85*	.88*	.91*	.92*	.72*	.85*	.78*	.88*	.69*	.65*	.76*	.81*
60 deg/s																
5.伸膝力矩					--	.89*	.97*	.88*	.86*	.88*	.89*	.92*	.79*	.65*	.82*	.77*
6.屈膝力矩						--	.88*	.88*	.76*	.90*	.77*	.87*	.68*	.74*	.75*	.81*
7.伸膝爆發力							--	.94*	.79*	.86*	.87*	.91*	.74*	.59*	.80*	.78*
8.屈膝爆發力								--	.68*	.81*	.77*	.92*	.62*	.53*	.71*	.79*
120 deg/s																
9.伸膝力矩									--	.90*	.97*	.88*	.94*	.80*	.90*	.82*
10.屈膝力矩										--	.90*	.92*	.85*	.85*	.90*	.89*
11.伸膝爆發力											--	.93*	.89*	.77*	.92*	.87*
12.屈膝爆發力												--	.81*	.72*	.87*	.91*
180 deg/s																
13.伸膝力矩													--	.74*	.95*	.76*
14.屈膝力矩														--	.82*	.88*
15.伸膝爆發力															--	.90*
16.屈膝爆發力																--

附表 8. 女子-膝關節-非慣用側各變數相關

變數	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
30 deg/s																
1.伸膝力矩	--	.89*	.85*	.86*	.77*	.86*	.73*	.77*	.80*	.74*	.67*	.85*	.61*	.71*	.73*	.67*
2.屈膝力矩		--	.68*	.81*	.62*	.87*	.53	.71*	.66*	.76*	.47	.79*	.56*	.71*	.64*	.61*
3.伸膝爆發力			--	.90*	.79*	.73*	.94*	.86*	.82*	.59*	.85*	.82*	.66*	.56*	.81*	.68*
4.屈膝爆發力				--	.76*	.81*	.81*	.95*	.67*	.60*	.61*	.83*	.58*	.62*	.73*	.78*
60 deg/s																
5.伸膝力矩					--	.83*	.89*	.85*	.76*	.43	.70*	.71*	.57*	.38	.65*	.53*
6.屈膝力矩						--	.70*	.84*	.72*	.56*	.55*	.72*	.62*	.56*	.67*	.58*
7.伸膝爆發力							--	.86*	.82*	.45	.87*	.76*	.67*	.41	.79*	.62*
8.屈膝爆發力								--	.65*	.44	.60*	.74*	.58*	.48	.70*	.71*
120 deg/s																
9.伸膝力矩									--	.70*	.92*	.80*	.87*	.68*	.89*	.63*
10.屈膝力矩										--	.56*	.86*	.66*	.84*	.73*	.67*
11.伸膝爆發力											--	.76*	.80*	.53*	.85*	.57*
12.屈膝爆發力												--	.78*	.82*	.87*	.86*
180 deg/s																
13.伸膝力矩													--	.79*	.94*	.77*
14.屈膝力矩														--	.82*	.88*
15.伸膝爆發力															--	.84*
16.屈膝爆發力																--