

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

靜態伸展次數對等速肌力的影響
Effects of the Bouts of Static Stretching
on Isokinetic Strength



研究生：羅兆渝 撰

指導教授：陳重佑 博士

中 華 民 國 1 0 3 年 6 月

論文名稱：靜態伸展次數對等速肌力的影響

總頁數：43 頁

校院所組別：國立臺灣體育運動大學體育研究所自然組

畢業即提要別：102 學年度第 2 學期碩士學位論文題要

研究生：羅兆渝

指導教授：陳重佑博士

中文摘要

本研究的主要目的在探討不同靜態伸展次數對於肌力與爆發力的影響，研究招募自願的實驗參加者為男生 15 名與女生 7 名，其平均年齡、身高、體重分別為 23.4 ± 2.8 歲、 171.9 ± 7.2 公分、 65.7 ± 8.7 公斤，實驗參與者以間隔 5 至 7 天的時間，隨機重覆接受 2 次與 6 次的 30 秒坐姿體前彎之腿後肌腱群被動靜態伸展，靜態伸展的前後則通過 Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統，記錄實驗參加者在 180 度/秒負荷下的右膝關節最大力矩、爆發力、作功量與關節活動範圍等參數，所得資料經 2 (測驗) \times 2 (伸展次數) 重覆量數二因子變異數分析後 ($\alpha = .05$)，結果顯示膝關節屈肌與伸肌的最大力矩、爆發力和作功量在被動靜態伸展後均顯著提升 ($ps < .05$)，而伸展 2 次與伸展 6 次的肌力與爆發力表現則無顯著差異存在 ($ps > .05$)。此一結果說明了多次的被動靜態伸展，並不會抑制膝關節伸肌與屈肌的肌力與爆發力表現。

關鍵詞：肌力、爆發力、柔軟度、膝關節

Effects of the Bouts of Static Stretching on Isokinetic Strength

Lo, Chao-Yu

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of the amount of acutely static stretching on muscular strength and power. There were 15 males and 7 females recruited voluntarily as the participants in the study. The mean age, body height, and weight of participants were 23.4 ± 2.8 years old, 171.0 ± 7.2 cm, and 65.7 ± 8.7 kg, respectively. Participants were repeated to stretch hamstring muscles 2 or 6 30-s bouts randomly on a separate day spaced 5-7 days apart in a passive, static, sit-and-reach stretching exercise. Before and after acutely static stretching, the Biodex System 4 Pro was used to acquire the peak torque, power, total work, and range of motion for right knee under the loading of 180 deg/s. The 2 (test-retest) \times 2 (number of stretches) repeated measures two way analysis of variance were used to compare the parameters of muscular strength/power ($\alpha = .05$). The results showed that the peak torque, power, and total work were increase significantly after acutely passive static stretching ($p < .05$) in flexor and extensor of knee. But there were no significant differences found between the 2 and 6 30-s bouts hamstring muscles stretching ($p > .05$). It indicated that the performance of muscular strength and power in knee flexion and extension do not inhibit following the increase of amount of stretching.

Keywords: strength, power, flexibility, knee

謝誌

人生不可能瀟灑的面對每一次的挫折與挑戰，能夠將夢想中的學位完成，心中百感交集，回想過去在臺體時光，是一段是充滿歡笑和淚光的回憶，因為有許多人的陪伴、支持、鼓勵與幫助下，我才能完成這個不可能，沒有你們我無法完成這樣艱鉅的任務。

在學習過程中影響我最深莫過於陳重佑老師，對於學術嚴謹、處事態度都有強烈遠見，感謝老師不論在學術研究與龍獅武術這一路上，儘管歷經了跌倒、失敗、挫折，都要學生懂得：不輕言放棄！並付出無比愛心與耐心，相信沒有事情是無法解決，讓我面對每一次困境，並且順利完成碩士學位。以及陳帝佑老師、林靜兒老師，在百忙之中，給予我寶貴的意見與指正，使得本論文完成更加完善。也要感謝巫松軒老師、唐人屏老師與洪淑玲老師在習武(舞)過程中不僅是啟蒙者，更是人生導師；以及一直陪伴我的同伴偉勳、郁婷，晴惠、茂萍、俊憲、建志、依蓁、淑君、燕宗、啟紋、幸芳、鴻達與威勁王功團隊各位夥伴，要感謝的人實在太多，我抱著謙遜的心一併感謝。

最後，要感謝將我辛苦拉拔長大的雙親，總是默默付出不求回報，更是我最大的力量，從小到大不論選擇哪一條路，永遠給我最大動力與支持，讓我毫無顧慮往前衝，使我的夢想能夠一步步完成，如今，將這一份榮耀、喜悅，獻給無怨無悔付出的你們，正因為有你們，才有今天的我，真的，有你們真好。

羅兆渝 謹誌

中華民國 103 年 6 月

目錄

摘要	I
謝誌	III
目錄	IV
表目錄	VI
圖目錄	VII
第壹章、緒論	1
第一節、問題背景	1
第二節、研究目的	3
第三節、研究範圍與限制	3
第四節、名詞解釋與操作性定義	4
第五節、研究的重要性	4
第貳章、文獻探討	6
第一節、何謂柔軟度	6
第二節、柔軟度的訓練方法	8
第三節、柔軟度與運動表現	11
第四節、結語	14
第參章、研究方法與步驟	16
第一節、實驗參與者	16
第二節、實驗儀器與設備	17
第三節、柔軟度的訓練方法	18
第四節、資料處理與分析	20

第肆章、結果與討論	22
第一節、膝關節伸肌的肌力與爆發力參數變化	22
第二節、膝關節屈肌的肌力與爆發力參數變化	28
第三節、綜合討論	33
第伍章、結論與建議	37
第一節、結論	37
第二節、建議	38
引用文獻	39
中文部分	39
英文部分	40

表目錄

表 1. 實驗參與者基本資料	16
表 2. 實驗參加者伸展前後的膝關節伸肌肌力與爆發力描述統計	23
表 3. 膝關節伸肌最大肌力與爆發力在伸展次數與伸展前後的二因子變異數 分析摘要	24
表 4. 膝關節伸肌作功量與關節活動範圍在伸展次數與伸展前後的二因子 變異數分析摘要	26
表 5. 實驗參加者伸展前後的膝關節屈肌肌力與爆發力描述統計	29
表 6. 膝關節屈肌最大肌力與爆發力肌力參數在伸展次數與伸展前後的 二因子變異數分析摘要	30
表 7. 膝關節屈肌肌力作功量與關節活動範圍參數在伸展次數與伸展前後的 二因子變異數分析摘要	32

圖目錄

圖 1. Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統.....	17
圖 2. 靜態伸展的坐姿體前彎.....	19
圖 3. 加壓時的坐姿體前彎.....	19
圖 4. 伸展前後的膝關節最大力矩.....	34
圖 5. 伸展前後的膝關節爆發力.....	35
圖 6. 伸展前後的膝關節作功量.....	36

第壹章 緒論

本研究透過伸展運動探討反覆伸展對於肌力與爆發力的影響，本章的內容共分為五節：第一節、問題背景；第二節、研究目的；第三節、研究範圍與限制；第四節、名詞解釋與操作性定義；第五節、研究的重要性。

第一節 問題背景

一直以來伸展是運動前的重要熱身活動，通過伸展運動來提升柔軟度是多數運動中不可缺少的基本要素，然而柔軟度的提升是否能夠提升運動表現、產生最佳的肌力、表現卓越的動作技術等問題，就成為研究所關心的課題。Thomas and Roger (2004) 提及日常生活性的關節小活動，伸展、屈曲、外展、迴環或旋轉等關節動作，可使動作熟練又精熟，但是，並不會造成關節活動度增加或柔軟度增加，其主要原因與關節內韌帶與肌肉有關。Faigenbaum, Bellucci, Bernieri, Bakker, and Hoorens (2005) 以不同下肢熱身活動後立即進行動態運動與柔軟度，研究結果顯示，熱身運動並不會提升柔軟度。想要提升柔軟度，中間過程就是要增加關節活動度，而最重要的訓練手段就是伸展運動。然而伸展關節時，關節周遭的肌肉群，就會因為受到牽拉而有因應的反應出現，其中，位於肌肉中的肌梭 (muscle spindle) 與高爾肌腱器 (Golgi tendon organ, GTO) 就是此一反應的關鍵因子。肌梭是肌肉中的感受器官，功能是在偵測肌肉長度的變化，高爾肌腱器

則是在肌腱 (tendon) 中，其功能為監控肌肉的張力。伸展並不能增加柔軟度，是因為當張力過大就會啟動高爾肌腱器抑制張力的發生，其目的是為了使肌肉放鬆，並保護肌肉免於受到傷害 (William, Steven, & Michael, 2013)，然而影響柔軟度關心的議題就是肌肉本身結締組織、肌肉長度與張力相關。吳柏翰、葉乃菁與林正常 (2010) 提出關節活動度降低是老年人常見的現象，但是真正造成柔軟度原因，其實是與個人身體活動的狀況最有關係 (林正常, 1993)。

在伸展方式通常分為靜態伸展 (static stretch)、彈震式伸展 (ballistic stretch)、動態伸展 (dynamic stretch) 及本體感受神經肌肉促進術 (proprioceptive neuromuscular facilitation stretch, PNF) 等四種，不同伸展方式，使用情況也不同，然而不同伸展運動會抑制怎樣的表現也未有正確答案。Faigenbaum 等 (2005) 研究發現，5 分鐘的靜態伸展後會降低折返跑的運動表現；Behm, Bambury, Cahill, and Powe (2004) 也提出熱身後配合靜態伸展，發現伸展運動後不會影響最大自主等長肌力，但是卻對平衡能力、反應時間與移動時間造成影響。相同的 Marek 等 (2005) 進行靜態伸展與本體感受器神經肌肉促進術後發現股四頭肌的等速向心肌力及肌活性顯著下降。過去與不同伸展方式對肌力及運動表現作比較，而 Winchester, Nelson, and Kokkonen (2009) 探討反覆靜態伸展對最大肌力是否有影響，結果發現反覆伸展會抑制最大肌力的表現。

綜合以上的論述，伸展運動可以增加關節活動度，使得關節活動更加靈活，在針對伸展方式的不同，會影響運動表現，但是，對於伸展劑量是否會更準確增加運動表現還有待

進一步的探討。

第二節 研究目的

本研究的主要目的在探討不同靜態伸展次數對於肌力與爆發力的影響，以觀察反覆多次的 30 秒最大腿後肌腱肌群靜態伸展，是否抑制股四頭肌群和腿後肌腱肌群的等速肌運動表現？其中肌運動表現包括膝關節伸肌與屈肌的最大力矩、爆發力、作功量與關節活動範圍等。

第三節 研究範圍與限制

由於人體的關節與肌肉群相當多，又有許多對於關節肌肉群強化伸展的策略，因此，為了了解本研究的問題，研究以體適能測驗中的坐姿體前彎動作為操弄之主題。因為坐姿體前彎動作牽拉的肌肉群涵蓋膝關節與髖關節等，為了簡化肌運動表現的觀察，並避免肌力測驗過程中時間延宕，導致內在效度威脅的發生，是以，研究僅針對右膝關節在靜態伸展前後的等速肌力進行檢測，並僅建構坐姿體前彎靜態伸展牽拉腿後肌腱肌群與膝關節肌力的關係，而為本研究的範圍與限制。

本研究者要在操弄坐姿體前彎最大靜態伸展的反覆次數，並觀察伸展前後對於膝關節伸肌與屈肌肌力/爆發力表現的影響，因此，在靜態伸展與肌力檢測工作上，均假定實驗參與者在實驗進行期間，能夠按照研究者的要求與指導，以其對大能力完成靜態伸展與肌力檢測。

第四節 名詞解釋與操作性定義

一、肌力 (strength)

肌力指的是肢體所使用的能力，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成績 (爆發力 = 肌力 × 肢體的速度)。

三、柔軟度 (flexibility)

關節結構限制了關節活動度，以單關節與多關節活動幅度大小，觀看關節活動範圍大小，當關節活動度大就定義為柔軟度好。

四、靜態伸展 (static stretch)

是一種溫和且低強度的伸展，在伸展時將肌肉拉長至痛點，並且停留些許時間，約 30 秒至 1 分鐘 (Bandy, Irion, & Briggler, 1997)。坐姿體前彎為本研究所使用的靜態伸展，其動作方式，要求雙腳與肩同寬，頭部盡可能往膝關節方向延伸，並要求參與者伸展至最大極限。

第五節 研究的重要性

伸展運動經常被認為是運動前的基本要素，以提升肌肉溫度與組織的延展性，然而通過伸展運動，是否在運動上會

引起不同生理表現，卻有看法不一的許多實證研究。本研究通過限定單一膝關節等速工作的測驗，探討極限靜態伸展次數對於肌力與爆發力的影響，在實驗操弄與測量的內在效度上，均會較過去使用槓鈴或跳躍動作之測量來的精確。本研究的結果除了可以控制更高的內在效度，解析伸展運動與伸展次數對於肌力與爆發力影響外，研究的成果未來將可提供體育教師與運動教練在教學或訓練場上的參考，並為實務工作提供更具科學化的實證資訊。

第貳章 文獻探討

本研究依據過去伸展文獻中，探討伸展對運動的表現，將分成：第一節、何謂柔軟度；第二節、柔軟度的訓練方法；第三節、柔軟度與運動表現；第四節、結語。

第一節 何謂柔軟度

人體運動主要是由關節旋轉形成線性運動，站立、走路、跑步、跳躍與滾翻更是由單關節與多關節活動幅度（range of motion, ROM）大小，來進行直線運動或角運動（Hall, 2009）。關節（joints）是由兩個以上骨骼或軟骨相接處（Tortora & Grabowski, 2007），包括了肌肉、肌腱、韌帶、軟骨等等所組成，各構造形成不同類型與功能。因此在關節類型如：頭顱顱骨為不動關節（immovable joints）、胸部肋骨為微動關節（slightly movable joints）與上肢腕骨為可動關節（freely movable joints）。在功能上纖維性關節（fibrous joints）與軟骨性關節（cartilaginous joints）是屬於不動關節或微動關節，顱骨的骨縫與髖骨之間的恥骨就是此一類類型；而膝關節這一類的滑液關節（synovial joints），則是屬於可動關節。人體的主要運動中，大多屬於滑液關節與可動關節（林槐庭，2008）。

滑液關節是圍繞在骨骼與骨骼之間的關節囊（joint capsule），關節囊的內外層有透明軟骨、滑液膜及纖維膜，在運動同時會減少摩擦力，並將力量傳至骨骼上（林槐庭、

林威秀，2012)，外層由緻密纖維結締組織構成纖維膜，使關節產生張力及柔韌性，增加穩定度，並可抑制關節脫臼(Drake, Vogl, & Mitchell, 2008)，但 Alter (1996) 提出包覆關節軟組織可使關節穩固，具有延展性，但卻也限制關節活動範圍。隨著關節構造不同，關節運動的種類也因此不相同，其中又以杵臼關節 (ball and socket joint) 活動範圍最大，杵臼關節又稱球形關節，可在多種運動平面工作，舉例來說，舞者優美的舉腿，從前方、到側旁、再到後方，就涵蓋多個平面的大角度運動，這些都是關節轉動有關的特徵。以關節運動種類可分為屈曲 (flexion)、伸展 (extension)、外展 (abduction)、內收 (adduction)、旋轉 (rotation)、迴環 (circumduction)、旋前 (pronation)、旋後 (supination)、內翻 (inversion)、外翻 (eversion)、上提 (elevation)、下壓 (depression)、前突 (protraction)、後縮 (retraction) 等種類。縱使關節運動與結構有所不同，許多運動在上述活動範圍中，會要求比較高 ROM，在 ROM 較高時，就被視為柔軟度比較好 (flexibility) (Baechle & Earle, 2004)。

日常生活性的關節小活動，伸展、屈曲、外展、迴環或旋轉等關節動作，可使動作熟練又精熟，但並不會造成關節活動度增加或柔軟度增加，其主要原因與關節內韌帶與肌肉有關 (Marshall et al., 1980; Thomas & Roger, 2004)。關節在韌帶、肌肉與肌腱等組織包覆下進而柔韌與穩固，可隨意彎曲做伸展，具有彈性力量 (林政東，2004)，同時也穩固關節過度伸展，並預防骨折或脫臼等等傷害 (Stone, 1988)。在人體中的髖關節與肩關節是屬於三軸關節的類型，它們是關節中活動度最大，均可在平面做 180 度大旋轉，髖關節構造

又比肩關節構造深，穩定性也比肩關節大，但是 ROM 卻就比肩關節小，其主要原因是髖關節是由球形關節與髖臼所組成，約有 2/3 球體在髖臼凹槽中，所以限制了活動範圍，加上髖關節周邊有許多韌帶與肌肉包覆，如髂股韌帶（ilio-femoral ligament）它從髌骨連到股骨頸部，中間經過髖關節前方，形成顛倒 y 形韌帶，構造非常強韌，在穩固關節同時也控制髖關節過度伸展。

也有些人認為 ROM 隨著性別、年齡或職業等因素而不同。從教育部體適能常模中看出，男童在 7 歲時最佳柔軟度為 40 公分、20 歲增加為 48 公分、在 65 歲為 31 公分；而女童在 7 歲時最佳柔軟度為 41 公分、20 歲增加為 50 公分、在 65 歲為 39 公分，得知女生柔軟度比男生好，青少年柔軟度又好過於兒童與老年人。吳柏翰、葉乃菁與林正常（2010）提出關節活動度降低是老年人常見的現象。但是真正造成柔軟度原因，事實上與個人身體活動的狀況最有關係，不動或少動者，會使關節韌帶或肌腱維持不變，甚至於縮短，反之，經常拉長伸展，則韌帶與肌腱的延伸度就會變得更長（林正常，1993），而使得關節有較高的 ROM。

第二節 柔軟度的訓練方法

想要提升柔軟度，也就要增加關節活動度，最重要的訓練手段就是伸展運動。然而當伸展關節時，關節周遭的肌肉群，就會因為受到牽拉而有因應的反應出現，其中，位於肌肉中的肌梭（muscle spindle）與高爾肌腱器（Golgi tendon organ, GTO）就是此一反應的關鍵因子。

肌梭是肌肉中的感受器官，它散佈在骨骼肌肉纖維中，並與肌肉纖維平行。其功能是在偵測肌肉長度的變化，特別是當肌肉受到快速牽拉時，當肌肉被拉長，肌梭也隨之一併拉長，此一感受便將訊號傳遞至中樞，進而引發肌肉收縮反射，並防止肌肉過度拉長。所以，肌梭就是肌肉被牽拉時的重要感受器，當肌梭刺激發生後造成了作用，就使得被牽拉的肌肉增加力量，並可能造成對側的拮抗肌放鬆。

骨骼與肌肉相連接的地方稱為肌腱 (tendon)，在肌腱中的高爾肌腱器則是監控肌肉張力的重要指標，由於肌肉張力過大就有可能造成肌腱從骨骼拔脫而出，所以高爾肌腱器的啟動就會導致牽拉張力抑制的發生。高爾肌腱器監控肌肉的收縮，對於感知肌肉張力特別敏銳，當張力增加到一定程度時，高爾肌腱器便會被引發產生訊號，此種啟動肌肉張力的監控，就會傳遞至中樞神經系統，而當張力強到足以傷害到肌肉與肌腱時，中樞神經系統就會抑制張力產生，同時引發拮抗肌作用。所以，敏銳的高爾肌腱器啟動，其目的是為了使肌肉放鬆，並保護肌肉免於傷害 (William, Steven, & Michael, 2013)。

肌梭與高爾肌腱器是本體感覺相當重要的感受器官，從肌肉系統發出訊號，傳遞到神經中樞系統，再反射回肌肉與肌腱，這樣的回饋方式，使得運作模式更加精密，兩種感受器官的功能性雖不同，但卻都是人體機械中的重要零件。在進行游泳、自行車、球類運動，或者，複雜性技術的特殊動作，都是經由本體感受器偵測著肌肉長度、張力等變化，以維持身體動作的型態，而影響肌肉長度、張力最重要的問題就是柔軟度關心的主題。柔軟度在伸展運動中因為造成或發

生的因素不同，形成了靜態柔軟度（static flexibility）與動態柔軟度（dynamic flexibility）的工作型態（Eric Franklin, 2007）。在自然情況中，可展開的關節活動範圍的為靜態柔軟度，這是與關節本身的約束條件有關；而動態柔軟度則是在動作過程所展現的關節活動範圍，靜態柔軟度的開度並非就等同於動態柔軟度，分別屬於被動與主動的角色。增進柔軟度的方式稱為伸展（stretch），俗稱拉筋伸展，需要經過不斷的練習、訓練下才能維持關節的靈活運作，這也是唯一增加ROM的方式（Alter, 1998； Cornelius & Hands, 1992）。通常促進伸展方式分為以下四項：靜態伸展（static stretch）、彈震式伸展（ballistic stretch）、動態伸展（dynamic stretch）及本體感受神經肌肉促進術（proprioceptive neuromuscular facilitation stretch, PNF）。

靜態伸展是一種溫和且低強度的伸展，在伸展時將肌肉拉長至痛點，並且停留些許時間，約30秒至1分鐘（Bandy, Irion & Briggler, 1997），伸展過程中當肌肉張力過大就會刺激高爾肌腱器，啟動保護肌肉系統，讓肌肉放鬆，同時增加ROM。當然，這種靜態伸展就比較不會引發肌梭的作用。

彈震式伸展是屬於較劇烈高強度的伸展，伸展時在關節活動度最大時以彈壓式作反覆的擺動，這樣反覆的牽拉肌肉雖然可以通過外力增加肌肉工作的長度，但是對於肌梭就會造成刺激，使得被牽張的肌肉產生更大的肌肉力量，就有增加肌肉拉傷的發生率（Alter, 2004； Nelson & Kokkonen, 2001），再者，彈震式伸展對於柔軟度與肌力的提升，也存在著更多可檢討的空間。

動態伸展是與靜態伸展、彈震式伸展相似，但是，並未

靜止與反覆彈壓，而是利用動作移動來進行伸展，使身體先行記憶伸展動作模式，動態伸展適合用在預備之後要運動的預備姿勢（Mann & Jones, 1999）。

本體感受器神經肌肉促進術是與肌肉工作來做伸展，為一種利用 GTO 反應優勢，來改變主動肌與拮抗肌收縮和放鬆的關節伸展，在優點方面，本體感受器神經肌肉促進術可以避免想要牽張的肌肉之肌梭被刺激，而降低牽拉肌肉造成拉傷的風險（Brook, Fahey, White, & Baldwin, 2000）。

第三節 柔軟度與運動表現

通過伸展運動來提升柔軟度是多數運動中不可缺少的基本要素，然而柔軟度的提升是否能夠增加運動表現、產生最佳的肌力以及表現卓越的動作技術等問題，就成為相關研究關心的論題。Winchester, Nelson, and Kokkonen（2009）為要了解探討伸展次數對最大肌力的影響，所以就招募 18 名大學生做最佳柔軟度測試其最大肌力，方式以坐姿體前彎牽拉腿後肌腱群做為伸展動作，而在執行坐姿體前彎時雙腳微開，膝關節伸直，雙手往腳的方向延伸，研究人員則在背後加壓，當實驗參與者感到疼痛時，就不再加壓，每次伸展停留時間為 30 秒，並隨機伸展 0 至 6 次，每次伸展間隔 5 至 7 天，共做 7 次，研究結果顯示 30 秒的伸展一次後最大肌力約會降低 5.4%，而 6 次的 30 秒伸展約會降低 12.4% 的最大肌力。因此，結果得知靜態伸展越多就抑制了最大肌力的表現。

長時間的靜態伸展會導致肌力表現降低，那麼對於最大自主等長肌力是否也會影響，Behm, Button, and Butt（2001）

針對男性實施單腳股四頭肌最大自主等長肌力測驗後，並接著針對股四頭肌進行 20 次的靜態伸展運動，每一回伸展 45 秒後，接著休息 15 秒，伸展時間共約 20 分鐘，並在伸展後，5 到 10 分鐘內，讓所有實驗參與者做股四頭最大自主等長肌力測驗。一星期之後，在實驗參與者中招募 6 名不進行伸展運動的作為控制組，控制組在一開始先進行一次最大自主等長肌力測驗，在經過 20 分鐘之後再實施最大自主等長肌力測驗。研究結果發現，在進行 20 分鐘靜態伸展之後，會使最大自主等長肌力顯著下降 12%，而不進行伸展的控制組則無顯著變化，可知道實施靜態伸展之後，對於最大自主等長肌力是顯著降低。

運動項目的不同，使用的伸展方式也就不全然相同，Marek 等（2005）使用隨機方式針對股四頭肌做靜態伸展與本體感受器神經肌肉促進術（PNF），伸展時間各為 17 分鐘，發現靜態伸展與本體感受神經肌肉促進術，兩者皆會降低股四頭肌在 60 度/秒及 300 度/秒的等速向心肌力及肌肉活性（EMG）降低，但是皆能明顯的增進股四頭肌的被動關節活動度。實驗結果相似於 Nelson, Guillory, Cornwell, and Kokkonen（2001）的研究，實驗參與者進行股四頭肌的主動伸展與 3 種被動伸展等共 4 種靜態伸展運動，進行等速肌力向心肌力測驗，而每種伸展運動時間為 30 秒，中間休息 20 秒，總共反覆伸展 4 次。並且在伸展運動前與後分別進行 60 度/秒、90 度/秒、150 度/秒、210 度/秒、270 度/秒等 5 種不同負荷，並進行最大股四頭肌等速向心的肌力測驗。研究結果得知，全部受試者在進行靜態伸展運動後，股四頭肌最大等速向心肌力在 60 度/秒及 90 度/秒，顯著低於伸展運動前

側，然而在其它角速度的肌力值方面則無顯著的影響。

Behm, Bambury, Cahill, and Power (2004) 針對運動前 5 分鐘熱身搭配靜態伸與 5 分鐘熱身兩種方式，來探討靜態伸展是否影響運動表現，實驗將 16 名實驗參與者隨機分成靜態伸展組與控制組，靜態伸展會是使用下肢肌肉群進行伸展，例如：腿後腓肌、股四頭肌與踝伸肌，每次伸展時間為 45 秒，伸展後立即休息 15 秒，這樣為一次，並且讓每一個肌肉群反覆進行三次，並且在靜態伸展組與控制組前、後各接受平衡能力、最大自主等長肌力、反應時間、移動時間等測驗。實驗結果發現，靜態伸展組在最大自主等長肌力測驗中下降 7%、而控制組在測驗中下降 6%，結果皆無顯著差異，但是在平衡能力測驗中，靜態伸展組下降 9%、而控制組在測驗中提升 17%，在反應時間測驗中，靜態伸展組為增加 4%、控制組則在測驗中減少 6%，移動時間測驗，在靜態伸展組增加 2%、而控制組減少 6%，從數據看出不同熱身方式對於運動表現是有顯著差異。研究結果可知，在運動或比賽之前進行伸展運動不會影響隨後進行最大自主等長肌力測驗的結果，但對平衡能力、反應時間與移動時間會引起不好的影響。然而 Faigenbaum 等 (2005) 研究發現，5 分鐘的靜態伸展後會降低折返跑的運動表現。

研究也針對熱身運動是使運動表現產生不同的變化，Faigenbaum, Bellucci, Bernieri, Bakker, and Hoorens (2005)，招募 60 名實驗參與者，在熱身活動之後進行測驗，以隨機方式分別進行 3 種不同的下肢熱身活動，並在每種熱身活動之後立即進行下蹲反跳、直膝立定跳遠、折返跑、坐姿體前彎柔軟度等四種測驗。第一種熱身運動為 5 分鐘走路及 5 分鐘

的靜態伸展，每次伸展為 15 秒，接著休息 5 秒，而在靜態伸展主要針對髖關節旋轉肌、雙腿內收肌、腿後腱肌、小腿肌群與股四頭肌等肌群進行伸展。第二種熱身運動為 10 種下肢動態活動，舉例來說：側滑步、下蹲走、高抬膝走路、伸直腿踏步走、向後下蹲走、高抬膝跳躍、高抬膝跑，並在每次下肢動態活動之間休息 10 秒。第三種熱身運動是除了進行第二種下肢動態運動之外，並由 15 公分箱子垂直向下跳到地面，接著在立刻往上跳至 15 公分高的箱子，反覆進行三次。研究結果顯示，三種熱身運動方式並不會提升柔軟度，但是，在垂直跳與折返跑方面，第一種靜態伸展熱身方式的成績差於其它兩種動態熱身方式。然而，在立定跳遠方面，靜態伸展熱身後跳遠距離顯著低於第三種動態熱身方式。由此實驗結果可知，在熱身活動進行前做靜態伸展的就可顯著降低運動表現與運動成績。

第四節 結語

伸展運動可以增加關節活動度，使得關節活動更加靈活，但是，伸展運動是否提升運動表現則是現在所關心的議題。早期研究在針對伸展方式的不同，對運動表現進行探討，得知不同的伸展方式，對於提升運動表現乃是重要影響因素。事實上靜態伸展抑制最大肌力的表現，同時也降低運動表現，舉例來說伸展後對會垂直跳會降低動作神經元活性 (Church, Wiggins, Moode, & Crist, 2001)。過去研究除了對運動表現作出比較，也談到沒有伸展與伸展多次做肌力檢測，發現隨著次數增加，肌力就隨之降低，可知伸展會改變肌肉活動度，

更表示伸展會改變肌肉的黏滯性 (Magnusson, Aagaard, & Nielson, 2000)。

從過去文獻中，探討伸展運動影響著運動表現，並透過運動表現的分析、解釋，了解伸展運動確實改變運動表現，尤其對於不同伸展方式，在不同運動中，表現也隨之不同，因此不同伸展運動方式，伴隨著時間長短，對於最大肌力或是肌耐力的是否提升，這也是值得進一步探討的問題。

第參章 研究方法與步驟

本研究依問題所需，在研究方法分為：第一節、實驗參與者；第二節、實驗器材與設備；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 實驗參與者

本研究參與者為 22 名身心健康、無肢體障礙之成人，其中包括名 15 男性與 7 名女性，其平均年齡為 23.4 ± 2.8 歲、平均身高 170.9 ± 7.2 公分、平均體重 65.7 ± 8.7 公斤，男生與女生的基本資料如表 1。實驗參與者均為自願參加，並於正式實驗前簽署實驗參與者須知同意書，研究者也會在實驗進行前告知每位實驗參與者關於實驗操作的流程，以及注意事項。研究者也會告知實驗參與任何時刻，無需任何理由可隨時退出實驗，以確保實驗參加者之權益。

表 1. 實驗參與者基本資料

變數	男生 (n = 15)		女生 (n = 7)	
	平均數	標準差	平均數	標準差
年齡 (歲)	23.3	3.2	23.6	2.0
身高 (公分)	174.3	4.7	163.7	6.3
體重 (公斤)	69.3	7.1	58.1	6.8

第二節 實驗儀器與設備

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。

等速肌力測量系統可進行人體的肩、肘、腕、髖、膝、踝關節檢測，並進行受傷後的復健與診斷服務；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；椅背傾協裝置可供實驗參加者選擇 5 種（25 度、40 度、55 度、70 度、85 度）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。

第三節 實驗流程與步驟

本研究的實驗測驗主要分為三大部分：一為實驗參與者同意參與同意書、二為實驗動作說明、三為正式實驗。

測驗流程如以下敘述：

(一) 實驗參與者簽屬「實驗參與者同意書」

研究者為實驗參與者說明本研究動作的要求，以及目的與相關時程後，填寫實驗參與同意書。研究者也會告知實驗參與任何時刻，無需任何理由可隨時退出實驗，以確保實驗參加者之權益。

(二) 伸展動作說明

在等速肌力的前測之後，立即在等速肌上進行伸展運動，伸展動作為靜態伸展的坐姿體前彎，要求實驗參與者雙腳與肩同寬，頭盡可能往膝關節方向延伸，並要求參與者伸展至最大極限，如圖 2。實驗協助人員則再於實驗參加者背後輔助加壓，如圖 3，加壓的程度為實驗參與者感到最大極限時停止，並維持 30 秒，每伸展一回就休息 15 秒，直到伸展次數完成後，在進行等速肌力的後測。



圖 2. 靜態伸展的坐姿體前彎。



圖 3. 加壓時的坐姿體前彎。

(三) 等速肌力測驗

本實驗進行伸展前，實驗參與者以隨機 (random) 方式進行伸展動作次數的實施，隨機方式以擲骰子方式進行，擲出單數 1、3、5 點則伸展 2 次，擲出雙數 2、4、6 點為伸展 6 次，兩種不同次數的伸展間隔 5 到 7 天。正式實驗時，請實驗者在測試當天進行體重與身高測量，在測驗實施前，告知實驗參與者熟悉設備的使用，將右膝關節附屬裝置正確位置對位於動力計的轉動軸，可協助消除關節壓迫。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，調整座椅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、性別與實施位置，接著設定等速肌力運動模式，在完成每個說明步驟後，最後建立適當的 ROM 限制值，將活動範圍限制可動範圍內。

實驗開始前，會給予實驗參與者練習試作，接著以 180 度/秒 (5 次) 負荷進行測驗，測試完後採用坐姿體前彎的形式，進行不同次數的伸展。伸展後實驗參與者再進行 180 度/秒 (5 次) 的等速肌力後測，每次測驗實驗者將會在旁邊給予適切的口語激勵，請實驗參與者盡力完成動作。

第四節 資料處理與分析

每一位實驗參與者以重複量數的方式，隨機進行 2 次或 6 次的靜態伸展活動，伸展前後進行 180 度/秒的右膝關節等

速肌力測試，以獲得最大力矩、爆發力、作功量與 ROM 等肌運動表現參數。所獲得的肌運動表現參數，再使用 SPSS 18.0 統計分析中文版軟體進行 2 (測驗) × 2 (伸展次數) 重複量數二因子變異數分析 (2-way ANOVA)，顯著水準設定為 $\alpha = .05$ ，本研究中自變項與依變項的關聯強度依據 Cohen (1988) 提出，淨 η^2 (partial η^2) 的判斷標準與 ω^2 相同， $.059 > \eta^2 \geq .01$ 即表示低關聯強度， $.138 > \eta^2 \geq .059$ 為中關聯強度， $\eta^2 \geq .138$ 則為有較高關聯強度 (邱浩政，2010)。

第四章 結果與討論

本研究以不同伸展次數，探討最大肌力與爆發力影響，實驗數據經分析後，將本章分為下列三節進行討論；第一節、膝關節伸肌的肌力與爆發力參數變化；第二節、膝關節屈肌的肌力與爆發力參數變化；第三節、綜合討論。

第一節 膝關節伸肌的肌力與爆發力參數變化

研究為了探討伸展次數對於肌力與爆發力的影響，遂採取隨機的實驗操弄，要求實驗參加者接受 2 次坐姿體前彎的靜態伸展、6 次坐姿體前彎的靜態伸展，並於伸展前後進行膝關節 180 度/秒的等速肌力測試。

在膝關節伸肌的最大肌力參數，如表 2 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節最大伸肌肌力為 120.4 ± 30.0 Nm、6 次伸展前的膝關節最大伸肌肌力為 117.4 ± 28.5 Nm；在經過 2 次靜態伸展與 6 次靜態伸展後，膝關節伸肌的最大肌力分別為 126.5 ± 32.5 Nm 與 124.4 ± 30.8 Nm。最大肌力參數經過 2(測驗) \times 2(伸展次數) 重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 3，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.05$, $p = .834$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 9.91$, $p = .005$, $\eta^2 = .321$, $\text{power} = .851$ ，經平均數的比較後，發現 2 次伸展與 6 次伸展後的膝關節伸肌最大肌力均有顯著的增加；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異，

$F(1, 21) = 0.83, p = .373$ ，表示膝關節的最大伸肌肌力沒有因為本研究的實驗操弄，發生肌力隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

表 2. 實驗參加者伸展前後的膝關節伸肌肌力與爆發力描述統計

肌力參數	前測		後測	
	平均數	標準差	平均數	標準差
最大肌力 (Nm)				
2 次伸展	120.4	30.0	126.5	32.5
6 次伸展	117.4	28.5	124.4	30.8
爆發力 (W)				
2 次伸展	193.6	52.0	214.8	53.0
6 次伸展	178.5	59.1	208.7	53.8
作功量 (J)				
2 次伸展	745.8	188.8	816.0	204.3
6 次伸展	686.9	191.8	788.5	200.6
關節活動範圍 (Deg)				
2 次伸展	114.6	9.9	117.3	14.2
6 次伸展	114.6	8.1	114.1	7.9

表 3. 膝關節伸肌最大肌力與爆發力在伸展次數與伸展前後
的二因子變異數分析摘要

變異來源	MS	F	p	η^2	power
最大肌力					
測驗 (A) ^a	945.17	9.91	.005	.321	.851
殘差 (A×S) ^b	95.38				
伸展次數 (B) ^a	142.04	0.83	.373	.038	.140
殘差 (B×S) ^b	171.44				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	3.93	0.05	.834	.002	.055
殘差 (A×B×S) ^b	86.93				
爆發力					
測驗 (A) ^a	14492.26	20.69	< .001	.496	.991
殘差 (A×S) ^b	700.33				
伸展次數 (B) ^a	2485.72	1.84	.190	.080	.253
殘差 (B×S) ^b	1352.69				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	455.91	0.674	.421	.031	.123
殘差 (A×B×S) ^b	676.82				

註：^adf = 1, ^bdf = 21.

在膝關節的伸肌爆發力參數，如表 2 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節伸肌的爆發力為 193.6 ± 52.0 W、6 次伸展前的膝關節的伸肌爆發力為 178.5 ± 59.1 W；在經過 2 次靜態伸

展與 6 次靜態伸展後，膝關節伸肌的爆發力分別為 214.8 ± 53.0 W 與 208.7 ± 53.8 W。爆發力參數經過 2 (測驗) \times 2 (伸展次數) 重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 3，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.67$, $p = .421$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 20.69$, $p < .001$, $\eta^2 = .496$, $power = .991$ ，經平均數的比較後，發現 2 次伸展與 6 次伸展後的膝關節伸肌的爆發力均有顯著的增加；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 1.84$, $p = .190$ ，表示膝關節伸肌的爆發力沒有因為本研究的實驗操弄，發生爆發力隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

在膝關節伸肌的作功量參數，如表 2 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節伸肌的作功量為 745.8 ± 188.8 J、6 次伸展前的膝關節伸肌的作功量為 686.9 ± 191.8 J；在經過 2 次靜態伸展與 6 次靜態伸展後，膝關節伸肌的作功量分別為 816.0 ± 204.3 J 與 788.5 ± 200.6 J。作功量參數經過 2 (測驗) \times 2 (伸展次數) 重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 4，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.65$, $p = .428$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 19.12$, $p < .001$, $\eta^2 = .477$, $power = .986$ ，經平均數的比較後，發現 2 次伸展與 6 次伸展後的膝關節伸肌的作功量均有顯著的增加；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 4.23$,

$p = .052$ ，表示膝關節伸肌的作功量沒有因為本研究的實驗操弄，發生作功量隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

表 4. 膝關節伸肌作功量與關節活動範圍在伸展次數與伸展前後的二因子變異數分析摘要

變異來源	MS	F	p	η^2	power
作功量					
測驗 (A) ^a	162265.10	19.12	< .001	.477	.986
殘差 (A×S) ^b	8485.40				
伸展次數 (B) ^a	41005.46	4.23	.052	.168	.501
殘差 (B×S) ^b	9698.73				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	5416.50	0.65	.428	.030	.121
殘差 (A×B×S) ^b	8279.13				
關節活動範圍					
測驗 (A) ^a	26.95	0.69	.416	.032	.124
殘差 (A×S) ^b	39.19				
伸展次數 (B) ^a	55.84	0.64	.432	.030	.119
殘差 (B×S) ^b	87.13				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	53.01	1.82	.193	.079	.250
殘差 (A×B×S) ^b	29.34				

註：^adf = 1, ^bdf = 21.

在膝關節伸展的關節活動範圍參數，如表 2 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節伸展的關節活動範圍為 114.6 ± 9.9 Deg、6 次伸展前的膝關節伸展的關節活動範圍為 114.6 ± 8.1 Deg；在經過 2 次靜態伸展與 6 次靜態伸展後，膝關節伸展的關節活動範圍分別為 117.3 ± 14.2 Deg 與 114.1 ± 7.9 Deg。關節活動範圍參數經過 2（測驗） \times 2（伸展次數）重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 4，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 1.82, p = .193$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示測驗因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.69, p = .416$ ，因此，研究則對膝關節伸展的關節活動範圍進行分析；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 0.64, p = .432$ ，表示膝關節伸肌的關節活動範圍沒有因為本研究的實驗操弄，發生關節活動範圍隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

第二節 膝關節屈肌的肌力與爆發力參數變化

本研究在探討肌力與爆發力對伸展次數的影響，遂採取隨機的實驗操弄，要求實驗參加者接受 2 次坐姿體前彎的靜態伸展、6 次坐姿體前彎的靜態伸展，並於伸展前後進行膝關節 180 度/秒的等速肌力測試。

在膝關節屈肌的最大肌力參數，如表 5 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節最大伸肌肌力為 58.8 ± 16.9 Nm、6 次伸展前的膝關節最大屈肌肌力為 57.3 ± 19.1 Nm；在經過 2 次靜態伸展後膝關節屈肌的最大肌力為 60.9 ± 17.0 Nm、6 次靜態伸展後膝關節屈肌的最大肌力為 59.7 ± 19.0 Nm。最大肌力參數經過 2（測驗） \times 2（伸展次數）重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 6，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.03$, $p = .870$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示未達統計顯著差異， $F(1, 21) = 4.45$, $p = .045$ ，因此，研究則對伸展次數因子進行分析；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 0.20$, $p = .870$ ，表示膝關節的最大屈肌肌力沒有因為本研究的實驗操弄，發生肌力隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

表 5. 實驗參加者伸展前後的膝關節屈肌肌力與爆發力描述統計

肌力參數	前測		後測	
	平均數	標準差	平均數	標準差
最大肌力 (Nm)				
2 次伸展	58.8	16.9	60.9	17.0
6 次伸展	57.3	19.1	59.7	19.0
爆發力 (W)				
2 次伸展	94.4	30.0	102.9	32.0
6 次伸展	88.7	40.4	99.7	39.9
作功量 (J)				
2 次伸展	375.2	115.4	406.5	124.0
6 次伸展	353.4	151.2	391.2	150.9
關節活動範圍 (Deg)				
2 次伸展	114.6	9.9	115.5	9.9
6 次伸展	114.6	8.1	114.1	7.9

表 6. 膝關節屈肌最大肌力與爆發力肌力參數在伸展次數與伸展前後的二因子變異數分析摘要

變異來源	MS	F	p	η^2	power
最大肌力					
測驗 (A) ^a	116.15	4.54	.045	.178	.529
殘差 (A×S) ^b	25.60				
伸展次數 (B) ^a	38.62	0.20	.657	.010	.072
殘差 (B×S) ^b	189.99				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	0.40	0.03	.870	.001	.053
殘差 (A×B×S) ^b	14.49				
爆發力					
測驗 (A) ^a	2077.75	13.53	.001	.392	.939
殘差 (A×S) ^b	153.54				
伸展次數 (B) ^a	432.10	0.35	.559	.016	.088
殘差 (B×S) ^b	1228.01				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	36.15	0.24	.631	.011	.075
殘差 (A×B×S) ^b	152.03				

註：^adf = 1, ^bdf = 21.

在膝關節屈肌的爆發力參數，如表 5 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節爆發力為 94.4 ± 30.0 W、6 次伸展前的膝關節屈肌的爆發力為 88.7 ± 40.4 W；在經過 2 次靜態伸展後膝關節爆發力為 102.9 ± 32.0 W、6 次靜態伸展後膝關節爆發力為 99.7 ± 39.9 W。爆發力參數經過 2(測驗)×2(伸展次數)

重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 6，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.24$, $p = .631$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 13.53$, $p = < .001$, $\eta^2 = .392$, $power = .939$ ，經平均數的比較後，發現 2 次伸展與 6 次伸展後的膝關節屈肌爆發力均有顯著的增加；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 0.35$, $p = .559$ ，表示膝關節屈肌的爆發力沒有因為本研究的實驗操弄，發生爆發力隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

在膝關節屈肌的作功量參數，如表 5 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節屈肌的作功量為 375.2 ± 115.4 J、6 次伸展前的膝關節屈肌的作功量為 353.4 ± 151.2 J；在經過 2 次靜態伸展後膝關節屈肌的作功量為 406.5 ± 124.0 J、6 次靜態伸展後膝關節屈肌的作功量為 391.2 ± 150.9 J。作功量參數經過 2（測驗） \times 2（伸展次數）重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 7，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.11$, $p = .739$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 14.81$, $p = < .001$, $\eta^2 = .414$, $power = .956$ ，經平均數的比較後，發現 2 次伸展與 6 次伸展後的膝關節屈肌作功量均有顯著的增加；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 0.49$, $p = .491$ ，表示膝關節的屈肌作功量沒有因為本研究的實驗操弄，發生作功量隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

表 7. 膝關節屈肌肌力作功量與關節活動範圍參數在伸展次數與伸展前後的二因子變異數分析摘要

作功量					
測驗 (A) ^a	26296.02	14.81	.001	.414	.956
殘差 (A×S) ^b	1775.50				
伸展次數 (B) ^a	7611.12	0.49	.491	.023	.103
殘差 (B×S) ^b	15497.36				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	234.98	0.11	.739	.005	.062
殘差 (A×B×S) ^b	2068.57				
關節活動範圍					
測驗 (A) ^a	0.86	0.05	.832	.002	.055
殘差 (A×S) ^b	18.63				
伸展次數 (B) ^a	10.30	0.17	.687	.008	.068
殘差 (B×S) ^b	61.58				
測驗×伸展次數 (A×B) ^a	9.10	0.64	.432	.030	.119
殘差 (A×B×S) ^b	14.19				

註：^adf = 1, ^bdf = 21.

在膝關節屈肌的關節活動範圍參數，如表 5 所示，顯示 2 次伸展前的膝關節關節活動範圍為 114.6 ± 9.9 Deg、6 次伸展前的膝關節屈肌的關節活動範圍為 114.6 ± 8.1 Deg；在經過 2 次靜態伸展後膝關節屈肌的關節活動範圍為 115.5 ± 9.9 Deg、6 次靜態伸展後膝關節屈肌的關節活動範圍為 114.1 ± 7.9 Deg。關節活動範圍參數經過 2 (測驗) × 2 (伸展次數)

重覆量數二因子變異數分析後，結果如表 7，顯示測驗與伸展次數的交互作用因子未達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.64$ ， $p = .432$ ，因此，研究則就測驗與伸展次數的主要效果進行分析。在測驗因子的主要效果未顯示達統計的顯著差異， $F(1, 21) = 0.05$ ， $p = .832$ ，因此，研究則對伸展次數因子進行分析；在伸展次數因子的主要效果顯示，不同的伸展次數均沒有統計意義的顯著差異， $F(1, 21) = 0.17$ ， $p = .687$ ，表示膝關節的屈肌關節活動範圍沒有因為本研究的實驗操弄，發生關節活動範圍隨著最大靜態伸展次數的不同而有改變的現象。

第三節 綜合討論

人體運動係由肌肉產生力量牽拉骨骼，而完成迅捷平順的各種動作形式，然而，肌肉與骨骼連結結構間由於肌肉、肌腱、韌帶、關節囊與纖維軟骨等，再加之關節幾何結構的限制，就有關節活動範圍的限制。為了能夠在競技運動或健身運動中活動自如，運動前的熱身程序就有伸展運動的內容來增進肌肉-肌腱系統的活性，或降低肌肉-肌腱系統的僵直程度。可是，近年來的許多研究認為伸展運動或對於肌肉進行牽張以提升柔軟度，往往會降低肌肉運動表現 (Behm, Button, & Butt, 2001; Faigenbaum, Bellucci, Bernieri, Bakker, & Hoorens, 2005; Winchester, Nelson, & Kokkonen, 2009)，這也引發本研究深入追蹤伸展運動對於肌運動表現的課題。

本研究以重覆量數的實驗設計，要求 22 名實驗參與者在 5 至 7 天的時間間隔，隨機接受 2 次（回合）或 6 次的極限

坐姿體前彎靜態伸展，每回合伸展時間為 30 秒，並在伸展運動前後進行 180 度/秒的膝關節等速肌力測試，結果發現 2 回合的靜態伸展後與 6 回合的靜態伸展後，膝關節伸肌與屈肌的最大肌力都有統計意義的顯著增加，見圖 4，且伸展次數因子卻沒有出現顯著的差異，可見本研究無法支持 Winchester, Nelson, and Kokkonen (2009) 對於伸展次數的增加抑制了最大肌力的結論，雖然 Winchester 等人的肌力測試僅為膝關節屈肌的俯臥屈膝 1-RM 的槓鈴最大力量測試，但是，通過槓片的調整變換與反覆測試，是否影響了伸展後肌肉工作的真正水準，就有需要商榷之處。本研究的結果，2 回合與 6 回合的伸展後，膝關節屈肌僅提升了約 2 Nm 的最大肌力，雖具有統計意義的顯著性，這肌力的改變並非相當高，可是，也沒有出現降低的現象；此外，本研究由於等速肌力測量的串連測試，所獲得的伸肌力最大值顯示提高了 6 至 7 Nm，可見，靜態伸展動作牽拉了腿後肌腱群（膝關節屈肌），卻能夠有效地活化膝關節伸肌的運動表現。

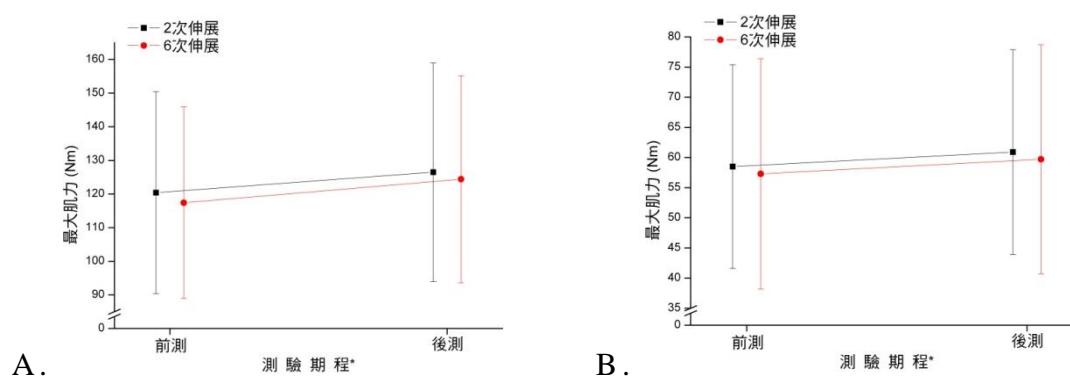


圖 4. 伸展前後的膝關節最大力矩。

註：A. 為伸肌、B. 為屈肌，* $p < .05$ 。

除了肌力表現在伸展運動後顯著提升外，反應速度力量特徵的爆發力參數顯示膝關節的屈肌和伸肌，也因為靜態伸展而顯著提升了，其中，屈肌約提升了 8-10 W，伸肌約提升了 21-30 W，如圖 5，伸展次數因子也沒有影響肌肉爆發力產生差異。如果將爆發力指標示為是肌肉功能中，反應神經特性的重要指標，本研究結果就可以說明腿後肌腱群的靜態伸展，對於 180 度/秒的肌運動，產生膝關節伸肌與屈肌的神經促進效益。但是，Fowles, Sale, and MacDougall (2000) 則對小腿肌群進行被動伸展，並發現降低肌肉力量，也同時降低動作神經元的活性，所以，導致動作單位活型的降低。不過，本研究在靜態伸展後隨即進行膝關節等速肌力的測試，在爆發力的指標均沒有因為伸展發生抑制的情況，是否有伸展後時間相關因子的神經性抑制問題，就有待未來設計實驗深入探討的必要了。

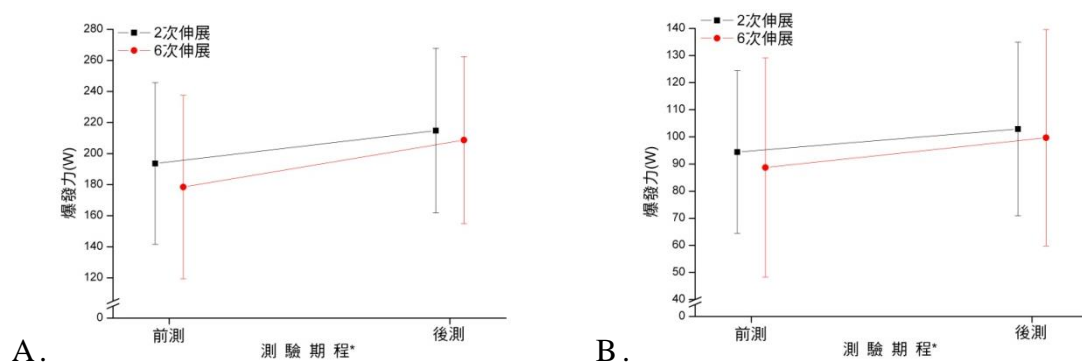


圖 5. 伸展前後的膝關節爆發力。

註：A.為伸肌、B.為屈肌，* $p < .05$ 。

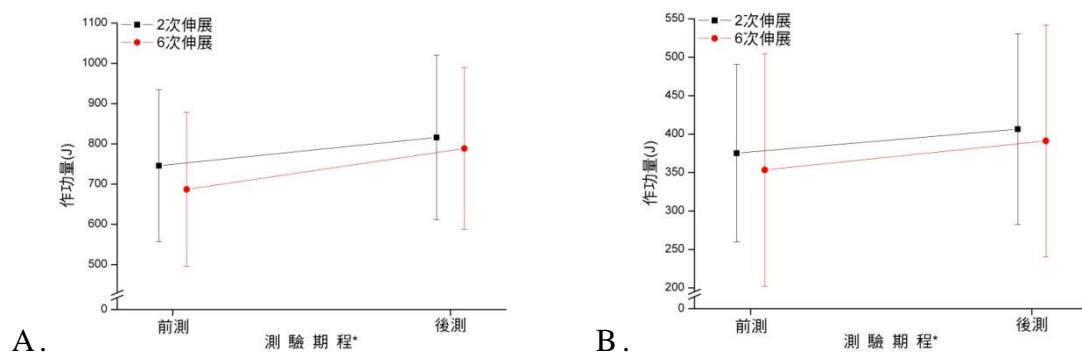


圖 6. 伸展前後的膝關節作功量。

註：A.為伸肌、B.為屈肌，* $p < .05$ 。

在等速肌力測量系統獲得的關節活動範圍，係屬於動作者主動工作的關節活動度，實驗結果顯示關節活動範圍並沒有因為伸展次數因子和前後測驗因子等，而影響其結果，所以，從作功量反應獲得的靜態伸展後測顯著高於前測結果，如圖 6，更可以說明了肌肉的神經特性受到被動的靜態伸展而活化，致使作功量提升了約 10-13%。理想的伸展運動總是在強調 GTO 的引發、肌梭的抑制，而靜態伸展時要求動作者維持一定的肌肉牽張狀態，而有 GTO 的引發，抑制腿後肌腱群在靜態伸展狀態時的肌肉力量增加，然而，如果這 GTO 的引發產生了，在本研究也沒有發現對接續肌運動表現的抑制。從本研究結果顯示的膝關節肌力與爆發力參數，均沒有受到伸展次數增加而減少，靜態伸展後也沒有肌力與爆發力的抑制，過去研究擔心的肌肉運動表現因為伸展而降低，似乎就需要未來更多研究的關注並加以釐清。

第五章 結論與建議

本研究的主要目的在探討不同靜態伸展次數對於肌力與爆發力的影響，以觀察反覆多次的 30 秒最大腿後肌腱肌群靜態伸展，是否抑制股四頭肌群和腿後肌腱肌群的等速肌運動表現？通過重覆量數的實驗設計，要求 22 名實驗參與者在 5 至 7 天的時間間隔，隨機接受 2 次（回合）或 6 次的極限坐姿體前彎靜態伸展，每回合伸展時間為 30 秒，並在伸展運動前後進行 180 度/秒的膝關節等速肌力測試。肌力與爆發力參數以重覆量數二因子變異數分析進行統計考驗，以下僅就研究結果的發現提出結論，並對未來的後續研究提出建議。

第一節 結論

伸展前後的肌力與爆發力結果發現 2 回合的靜態伸展後與 6 回合的靜態伸展後，膝關節伸肌與屈肌的最大肌力都有統計意義的顯著增加，且伸展次數因子卻沒有出現顯著的差異；反應速度力量特徵的爆發力參數顯示膝關節的屈肌和伸肌，也因為靜態伸展而顯著提升了，其中，屈肌約提升了 8-10 W，伸肌約提升了 21-30 W。等速肌力測量系統獲得的關節活動範圍，係屬於動作者主動工作的關節活動度，實驗結果顯示關節活動範圍並沒有因為伸展次數因子和前後測驗因子等，而影響其結果，所以，從作功量反應獲得的靜態伸展後測顯著高於前測結果，更可以說明了肌肉的神經特性受到被動的靜態伸展而活化，致使作功量提升了約 10-13%。從本研究結果顯示的膝關節肌力與爆發力參數，均沒有受到伸展次

數增加而減少，靜態伸展後也沒有肌力與爆發力的抑制，過去研究擔心的肌肉運動表現因為伸展而降低，均沒有在本研究中獲得支持。

第二節 建議

根據本研究結果與討論，未來研究若進行相關實驗時，有些許建議可供參考。本研究以 Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統，探討不同靜態伸展次數對於肌力與爆發力的影響，未來研究可在進行最大肌力與爆發力測驗時，配合肌電圖系統同步收集，以多方面了解肌肉的神經特性。另外也可以針對伸展時間不同，進行作最大肌力或爆發力比較；或是在更高速度的負荷情境中，探討伸展運動的肌肉運動特徵。最後，研究的成果可提供體育教師與運動教練在教學或訓練場上的參考，並於未來在進行最大肌力與爆發力前可實施靜態伸展，以提升運動表現。

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)。新北市：藝軒圖書。(原著出版於2000年)。
- Eric, F. (2007)。 *舞蹈意象與身體訓練—各種舞蹈中舞出巔峰的自我訓練法* (林正常與林文中譯)。新北市：藝軒圖書。
- Hall, S. J. (2009)。 *基礎生物力學* (王金成譯)。臺北市：易利圖書。(原著出版於2007年)。
- Drake, R. L., Vogl, W & Mitchell A. W.M. (2008)。 *GRAY'S 醫用解剖學* (鄭麗菁等譯)。臺北市：合記圖書。
- Tortora, G. J., & Grabowski, S. R. (2007)。 *Tortora 簡易人體解剖學與生理學* (陳金山與徐淑媛譯)。臺北市：合記圖書。
- Thomas, R. B., & Roger, W. E. (2004)。 *肌力與體能訓練* (林正常等譯)。新北市：藝軒圖書。
- William, J. K., Steven, J. F., & Michael R. D. (2013)。 *應用運動生理學—整合理論與實務* (林正常等譯)。新北市：藝軒圖書。
- 林正常 (2002)。 *運動科學與訓練*。新北市：銀禾文化事業。
- 林政東 (2004)。 *運動員肌力訓練*。臺北市：師大書苑。
- 林寶城等編 (2008)。 *運動生物力學*。臺中市：華格那企業。
- 洪得明等編 (2012)。 *運動生物力學理論與應用*。臺中市：華格那企業。
- 吳柏翰、葉乃菁、林正常 (2010)。 *全身性振動伸展訓練對女性高齡者關節活動度之影響*。 *大專體育學刊*, 12(3),

88-97。

教育部體育署體適能網站 (<http://www.fitness.org.tw/>)

邱皓政 (2010)。《量化研究與統計分析：SPSS(PASW)資料分析範圍》(第五版)。臺北市：五南。

二、英文部分

Alter, M.J. (1996). *Science of flexibility* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Alter, M. J. (1998). *Sport stretch*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Alter, M. J. (2004). *The science of flexibility* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.

Bandy, W. D., Irion, J. M., & Briggler, M. (1997). The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles. *Physical Therapy, 77*(10), 1090-1096.

Behm, D. G., Button, D. C., & Butt, J. C. (2001). Factors affecting force loss with prolonged stretching. *Canadian Journal of Applied Physiology, 26*(3), 262-272.

Behm, D. G., Bambury, A., Cahill, F., & Power, K. (2004). Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 36*(8), 1397-1402.

Brooks, G. A., Fahey, T. D., White, T. P., & Baldwin, K. M.

- (2000). *Exercise physiology: Human bioenergetics and its applications* (3rd ed.). Mountain View, CA: Mayfield.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cornelius, W. L., & Hands, M. R. (1992). The effect of a warm-up on acute hip joint flexibility using a modified PNF stretching technique. *Journal of Athletic Training*, 27(2), 112-114.
- Church, J. B., Wiggins, M. S., Moode, F. M., & Crist, R. (2001). Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning*, 15, 332-336.
- Faigenbaum, A. D., Bellucci, M., Bernieri, A., Bakker, B., & Hoorens, K. (2005). Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 376-381.
- Fowles, J. R., Sale, D. G., & MacDougall, J. D. (2000). Reduced strength after passive stretch of the human plantar flexors. *Journal of Applied Physiology*, 89, 1179-1188.
- Marshall, J. L., Johanson, N., Wickiewicz, T. L., Tishler, H. M., Koslin, B. L., Zeno, S., & Myers, A. (1980). Joint looseness: A function of the person and the joint. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 12, 189-194.

- Magnusson, S. P., Aagaard, P., & Nielson, J. J. (2000). Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32, 1160-1164
- Mann, D. P., & Jones, M. T. (1999). Guidelines to the implementation of a dynamic stretching program. *Strength and Conditioning Journal*, 21(6), 53-55.
- Nelson, A. G., & Kokkonen, J. (2001). Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 72, 415-419.
- Nelson, A. G., Guillory, I. K., Cornwell, A., & Kokkonen, J. (2001). Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity specific. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(2), 241-246.
- Stone, M. (1988). Implications for connective tissue and bone alteration resulting from resistance exercise training. *Medicine Science in Sports and Exercises*, 20(5), 162-168.
- Winchester, J. B, Nelson, A. D, & Kokkonen, G. (2009). A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 257-261.

實驗參加者同意書

首先非常感謝您自願來參與本次實驗研究，所填寫之相關資料僅提供學術研究時使用及參考，絕對保密並不作其它用途，本次所要研究的主題是「靜態伸展次數對等速肌力的影響」，目的是針對不同靜態伸展次數對於肌力與爆發力所造成的影響，配合接受 2 回 2 次與 6 次的 30 秒坐姿體前彎，每次伸展完休息 15 秒，靜態伸展的前後則通過 Biodex System 4 Pro 等速肌力測量系統，記錄實驗參加者在 180 度/秒負荷下的右膝關節最大力矩、爆發力、作功量與關節活動範圍等參數。

在實驗參與過程中，您可自由決定是否參加本計畫；研究過程中也不需任何理由隨時撤銷同意、退出計畫，且不會引起任何不愉快或有任何附加的懲罰，或影響到您任何方面的權益。

並同意參加者，請您填寫以下參加者基本資料：

實驗參與者：_____（簽名）

出生年月日：_____

連絡電話：_____

研究者：羅兆渝

指導教授：陳重佑 博士

單位：國立臺灣體育運動大學

連絡電話：0912-370699