


國立臺灣師範大學運動與休閒學院

運動競技學系 碩士學位論文



外肌肉系統應用於機能壓力服飾  
穿著效能評估

研究生：李啟賓

指導教授：相子元

中華民國 104 年 6 月

中華民國臺北市

# 外肌肉系統應用於機能壓力服飾穿著效能評估

2015 年 3 月

研究生：李啟賓

指導教授：相子元

## 摘要

**目的：**利用牽張縮短循環概念，針對日常運動常使用的股四頭肌和腓腸肌，設計具有外肌肉線條功能的機能壓力服飾，希望能輔助運動表現。故本研究目的為探討此款機能壓力長褲對於運動表現的功効。**方法：**招募12名健康男性，所有受試者皆隨機穿著三款長褲，包含機能壓力褲、市售CW-X以及寬鬆長褲，依序進行膝關節等速肌力、爆發力、肌肉震動和關節穩定測試。統計使用重覆量數單因子變異數分析 (The repeated-measures one-way ANOVA) 了解三款不同長褲的差異，所有統計水準訂為 $\alpha = .05$ 。**結果：**機能壓力褲在膝關節屈曲—伸展的慢速等速肌力表現和蹲踞跳的跳躍高度顯著優於市售CW-X褲和寬鬆褲，但在快速等速肌力表現三款服飾都無顯著差異；此外在肌肉震動中，只有部分動作型態和肌肉部位有達顯著差異；而膝關節位移量三款長褲並無顯著差異。**結論：**利用牽張縮短循環概念，設計出外肌肉系統輔助肌肉收縮的機能壓力長褲，可以增加慢速肌力表現，未來更可以依照不同的動作特性，開發不同功能的機能服飾。

**關鍵詞：**機能壓力服飾、等速肌力、爆發力、肌肉震動

# The Effect of External Muscle Design in the Compression Garment

March, 2015

Author: Lee, Chi-Pin

Advisor: Shiang, Tzyy-Yuang

## Abstract

**Purpose:** A functional performance pant was designed with increasing muscle strength according to the kinesiology and hoped to increase the muscle strength and lower extremity power. The purpose of this study was to analyze the effects of the performance pant on performance. **Method:** There were 12 healthy male participants recruited in this study. They had to wear three different pants including performance pants, CW-X and loose pant in counter balance and performed the isokinetic strength of knee extension-flexion, vertical jump, muscle vibration and knee stability test. The repeated measures one-way ANOVA were used to determine the difference between three pants. Significant level was set at  $\alpha = .05$ . **Results:** The results showed that the performance pant could increase lower speed of isokinetic strength of knee extension-flexion and also have higher squat jump height than wearing the loose pant. However, the higher speed of isokinetic strength and the knee stability was not significantly different in the three pants. The muscle vibration was significantly difference only in the partial muscle and movement. **Conclusion:** The performance pant could increase the lower speed of the isokinetic strength of knee extension-flexion and also have higher squat jump height than wearing the loose pant. It could be used as reference for new product development in the future.

**Key words:** Compression garments, isokinetic muscle strength, lower extremity power, muscle vibration

## 謝 誌

老實說，和研究所的淵源遠遠超過這兩年。回首幾年前甄試連續失敗兩次，再自學讀書準備筆試，並開始在台師大旁聽，然後順利以師大、國體、北體三校正取一考上研究所，對於人生道路的急轉，我沒有任何的不安，反而從求學生涯以來，從沒像現在這麼堅定過。兩年的研究所，遠遠超過大學四年所學，保持「好奇、積極、熱情」一直是我所堅持的事情，才能在短短的兩年創造許多豐富的經歷。

感謝我的指導老師相子元教授，願意給我許多寶貴的機會，讓我可以從研究中紮根、在產業中應用，「從做中學」一直是我感謝老師從不吝嗇給學生發揮的機會。在相老師身上，我學習到什麼是效率、邏輯、視野、溝通、器度、經營，每一項都讓我受用無窮，這就是所謂的工作上第一位老闆所產生的影響力；另外，感謝一涵學長，從學長身上我學習到什麼是創新力、創造力、想像力，甚至教會我什麼叫做「創業」，這對我的未來規劃產生巨大的影響力。感謝所有兩年來合作或接觸的產業與先進們，包含：Promax、Atomax、Victor、Kayser-Roth、NIKE、hTC、Giant、威士登、太肯運動科技、紡研所、豪紳科技、寶成、資策會，從和產業的互動中，得以開拓我的視野，並且為未來做好準備。

此外，感謝我的口委劉強教授和翁梓林教授給我論文許多寶貴的建議，讓我順利完成這份論文；感謝所有指導過我的競技系和體育系老師、力學實驗室的學長姐、TY\_lab 所有成員、運科組的同儕們給予我研究上的支持和協助；感謝我的父母願意支持我想做的事情；感謝我的女友蔣沂吟，有妳的陪伴，讓我在研究所的路途中不孤單。最後，感謝我自己，唯有「堅持」，才能成功！

# 目次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
表次.....	vi
圖次.....	vii
<b>第壹章 緒論.....</b>	<b>1</b>
第一節 前言.....	1
第二節 研究問題.....	3
第三節 研究目的.....	4
第四節 研究假設.....	4
第五節 研究範圍與限制.....	5
第六節 操作性名詞定義解釋.....	5
<b>第貳章 文獻探討.....</b>	<b>7</b>
第一節 機能壓力服飾於肌力表現之探討.....	7
第二節 機能壓力服飾於下肢爆發力之探討.....	11
第三節 機能壓力服飾於肌肉震動之探討.....	15
第四節 機能壓力服飾於關節穩定度之探討.....	18
第五節 文獻總結.....	19
<b>第參章 研究方法.....</b>	<b>20</b>
第一節 受試者.....	20

第二節 儀器設備 .....	21
第三節 實驗流程 .....	25
第四節 資料處理 .....	30
第五節 統計分析 .....	30
<b>第肆章 結果 .....</b>	<b>31</b>
第一節 等速肌力表現 .....	31
第二節 爆發力表現 .....	35
第三節 肌肉震動表現 .....	36
第四節 關節穩定度表現 .....	38
<b>第伍章 討論與結論 .....</b>	<b>41</b>
第一節 對肌力與下肢爆發力之影響 .....	41
第二節 肌肉震動 .....	43
第三節 膝關節穩定度 .....	44
第四節 結論與建議 .....	45
<b>引用文獻 .....</b>	<b>46</b>
中文部份 .....	46
英文部份 .....	46
<b>附錄一 變異數分析摘要表 .....</b>	<b>51</b>
<b>附錄二 受試者須知暨參與同意書 .....</b>	<b>55</b>
<b>個人小傳 .....</b>	<b>56</b>

## 表 次

表 2-1 機能壓力服飾於肌力表現之研究整理.....	9
表 2-2 機能壓力服飾於下肢爆發力表現之研究整理.....	13
表 2-3 機能壓力服飾於肌肉震動表現之研究整理.....	17
表 3-1 受試者基本資料.....	20
表 3-2 機能壓力褲布料成分與編織方式.....	22
表 3-3 不同品牌壓力褲之比較表.....	23
表 3-4 三款測驗機能壓力褲比較表.....	24
表 4-1 不同機能壓力服飾等速肌力表現平均數與標準差.....	34
表 4-2 不同機能壓力服飾垂直跳高度平均數與標準差.....	36
表 4-3 不同機能壓力服飾於垂直跳落地肌肉震動幅度平均數與標準差.....	38
表 4-4 不同機能壓力服飾膝關節位移量與斜率平均數與標準差.....	40
表 6-1 60 <sup>0</sup> /s 膝關節等速肌力力矩和功率之變異數分析摘要表.....	51
表 6-2 300 <sup>0</sup> /s 膝關節等速肌力力矩和功率之變異數分析摘要表.....	52
表 6-3 CMJ 與 SJ 垂直跳高度之變異數分析摘要表.....	53
表 6-4 股四頭肌在 CMJ 與 SJ 垂直跳落地肌肉震動之變異數分析摘要表.....	53
表 6-5 腓腸肌在 CMJ 與 SJ 垂直跳落地肌肉震動之變異數分析摘要表.....	53
表 6-6 六種外力壓迫膝關節位移量與斜率之變異數分析摘要表.....	54

# 圖 次

圖1-1 Adidas power web運動褲.....	2
圖1-2 CW-X stabilyx慢跑褲.....	2
圖3-1 機能壓力褲正面圖與加強區塊.....	21
圖3-2 機能壓力褲反面圖與加強區塊.....	22
圖3-3 寬鬆運動束褲.....	23
圖3-4 三軸加速規擺放於股四頭肌位置.....	24
圖3-5 三軸加速規擺放於腓腸肌位置.....	25
圖3-6 測力板上進行垂直跳測驗.....	26
圖3-7 Biodex等速肌力測試.....	27
圖3-8 GNRB電子關節位移計.....	28
圖3-9 實驗流程圖.....	29
圖4-1 60 <sup>0</sup> /s最大等速肌力力矩表現.....	32
圖4-2 60 <sup>0</sup> /s最大等速肌力功率表現.....	32
圖4-3 300 <sup>0</sup> /s最大等速肌力力矩表現.....	33
圖4-4 300 <sup>0</sup> /s最大等速肌力功率表現.....	33
圖4-5 CMJ與SJ垂直跳跳躍高度表現.....	35
圖4-6 股四頭肌於垂直跳之肌肉震動合加速度.....	36
圖4-7 股四頭肌於垂直跳之肌肉震動合加速度.....	37
圖4-8 六種外力壓迫時膝關節位移量.....	39
圖4-9 三種機能壓力服飾於漸進外力壓迫時膝關節位移量之斜率結果.....	39



# 第壹章 緒論

## 第一節 前言

隨著近年來運動的推廣和快速普及的情況下，無論是常見的路跑活動或是自行車騎乘，抑或是休閒性登山活動、健走等等都是大眾常參與的休閒活動。綜括來看，走路與跑步是最直接且容易上手的運動項目，也是一種極具彈性並不受任何場地限制的健身方式，此外跑步能對抗心血管疾病，利用有氧方式來增強心肺功能，是最經濟的運動項目之一 (Swanson & Caldwell, 2000)。

根據目前大眾較常參與的日常運動像是慢跑和健走，常見的動作型態包含走、跑、上下坡、上下樓梯、跳躍等動作 (Ciccotti, Kerlan, Perry, & Pink, 1994; Urabe et al., 2005)，這些動作皆大量使用到我們的下肢肌群，但如果下肢負荷過大、姿勢錯誤或肌力不足就可能導致扭傷、韌帶受傷、關節磨損、肌腱發炎等負面結果；而大腿肌力不足可能會帶來的傷害包含大腿內外側肌力不平均造成膝蓋內側磨損、髂脛束摩擦症候群、髌腱炎、前後十字韌帶損傷斷裂、肌肉拉傷 (Liu, Garrett, Moorman, & Yu, 2012)；小腿肌力不平均則可能產生腳踝扭傷、阿基里斯腱發炎等傷害。雖然全民參與運動的比例提升，卻因此增加運動傷害的風險。

使用機能性壓力服飾來預防傷害是近幾年逐漸興起的風潮，例如常見的專業運動襪、機能服飾等等，藉由輔助性功能產品提供預防保護的功能 (Trenell, Rooney, Sue, & Thompsom, 2006; Wallace, Slattery, & Coutts, 2006)。但是，這類的機能性壓力服飾除了有保護功能外，更能夠提升運動時的表現。多數研究也都指出，壓力服飾能夠加速血液回流和組織循環代謝，並且可以減少肌肉和軟組織的震動，給予較好的能量回復，減少能量消耗，增加肌肉使用的效率，同時穿著壓力服飾有減緩疲勞的功能 (Bringard, Perrey, & Belluye, 2006; Doan et al., 2003; Troynikov et al., 2010)，例如澳洲品牌 2XU、瑞士 Compressport，皆是應用漸進

式壓力設計的機能壓力服飾。另外，具有外肌肉輔助的機能服飾也漸漸被使用，這類機能服飾比一般壓力服裝多了順著肌肉走向的線條輔助，除了可以給予肌肉支撐外，也能夠幫助肌肉在運動時進行收縮，同時對於保護肌肉避免肌力不足而拉傷或其他相關傷害，而外肌肉設計也能夠提供一定的保護功能 (Chaudhari, Jamison, McNally, Pan, & Schmitt, 2014)，例如日本品牌的 CW-X，便是兼具漸進壓力和肌肉線條輔助機能長褲。

上述所提及的線條設計用來輔助運動時的表現，是近年來各家運動品牌發展的目標，這樣的設計其實是利用模擬肌肉牽張縮短循環 (stretch shortening cycle, SSC) 來發展外肌肉系統 (external muscle system)，肌肉的牽張縮短循環是指肌肉在離心期，肌肉被拉長的同時儲存能量，在肌肉收縮的向心期便釋放出能量 (Komi, 1984)。若以跳躍動作來看，下蹲時股四頭肌進行離心收縮將能量儲存，起跳時股四頭肌進行向心收縮，並同時釋放於離心期儲存的彈性能 (Anderson & Pandy, 1993)。所以，藉由在肌肉表面給予一層外肌肉的輔助，幫助人體在進行動作時，協同肌肉進行收縮，也許就能達到增加表現的效果。這類產品利用不同的紡織材料特性，或藉由不同紡織的編織方法，來產生布料不同的張力和彈性，並在服飾上做線條的剪接。例如 Adidas 推出的 power web 系列產品，就在服飾上黏貼彈性膠條，建立外肌肉系統，來達到增強運動表現的目的；日本 CW-X 也以專業的慢跑褲做為主要商品，CW-X stabilyx 系列就是特別針對膝關節、腿後肌群、小腿做線條的加強，除了保護功能外，也期望達到較好的跑步表現。



圖 1-1 Adidas power web 運動褲



圖 1-2 CW-X stabilyx 慢跑褲

部分市場上的產品其實並未根據人體解剖學和肌動學原理設計專項運動的服飾，加強布料也未能依照肌肉用力的方向進行彈力釋放，產生輔助效果不彰的情況，而布料種類的選擇也容易造成穿脫困難或是舒適性的問題產生，未來若運用協助肌肉收縮理論設計機能壓力服飾時，須考量以上的問題，並同時兼顧舒適性，才能有效提升運動表現。

## 第二節 研究問題

目前紡織技術中除了利用許多不同的編織方式或縮放尺寸，來達到適當的壓力值或彈力效果，布料材質的特性也能夠提供不同的強度，另外利用不同的材料也能與紡織布料結合提供機能性的特殊功能 (Bernhardt, & Anderson, 2005)。但是這些壓力或是線條的功能性設計，需要針對使用者進行運動項目進行研究，符合運動的特殊性，才能達到增加表現的效果。所以，經過全面性搜尋目前市面上機能服飾的相關產品，發現大多數專業的運動服飾用品，其機能性較高的產品除了有穿戴不便的問題外，對於一般大眾進行日常運動用途而言，沒有適合的相對應設計，若使用專為其他運動項目所設計的機能壓力服飾，反而會造成運動效率的下降，甚至造成不必要的傷害，此外這類產品的適用性也相對較低，對於一般人使用可能較不適合，針對逐漸興起的日常運動，應該要有符合其動作特性的設計，才能提高機能壓力服飾使用的效能。

所以本研究先前已針對日常運動，進行文獻蒐集和整合分析，發現日常運動最常使用的動作為平地行走、跑步、上下樓梯、上下坡、跳躍等七種動作，主要使用到的肌肉群為股四頭肌、腓腸肌和比目魚肌 (Ellis, Sumner, & Kram, 2014; Hsu, Wei, Yu, & Chang, 2007; 林怡欣, 2009; 陳膺成, 2012)，希望可透過穿著機能壓力褲，來輔助日常運動的表現。所以透過了解日常運動較常進行的動作在運動學、肌動學上的特性，搭配動作的特殊性，在此機能壓力褲大腿處的股四頭肌以及小腿處的腓腸肌和比目魚肌進行外肌肉線條的加強，幫助肌肉進行收縮，利

用彈性較強的布料給使用者在動作表現上的輔助，建立外肌肉系統的效果，同時採用漸進式壓力設計，髌骨下緣設計彈性支撐帶，希望能有效降低肌肉震動的幅度，以及運動時能夠透過髌骨支撐，來減少膝關節之間的滑動和位移，增加膝關節穩定度，藉此提供一般大眾在日常運動中也能有較適合的機能休閒服飾，利用其特殊功能性，除了提高肌力和爆發力表現之外，也同時降低活動中受傷的機率。

所以本研究希望能藉由比較市面上其他機能壓力長褲，來驗證此款自行開發的機能壓力褲於下肢肌力、爆發力、肌肉震動以及關節穩定度的影響。

### 第三節 研究目的

本研究目的如下：

- 一、探討機能壓力褲於下肢肌力表現、爆發力的影響。
- 二、探討機能壓力褲於肌肉震動的影響
- 三、探討機能壓力褲於關節穩定度的影響

### 第四節 研究假設

根據本研究的研究目的所設定的研究假設如下：

- 一、不同機能性壓力服飾對等速肌力表現 (慢速、快速)會有差異。
- 二、不同機能性壓力服飾對下蹲跳高度會有差異。
- 三、不同機能性壓力服飾對蹲踞跳高度會有差異。
- 四、不同機能性壓力服飾對肌肉震動會有差異。
- 五、不同機能性壓力服飾對膝關節位移量有差異。

## 第五節 研究範圍與限制

本研究主要為探討下肢肌力表現，避免因受試者運動習慣或病變之因素影響，因此本研究選定樣本的範圍和限制設定包括：

- 一、六個月內無任何肌肉、骨骼及神經傷害或疾病者；年齡介於 18~25 歲有運動習慣之男性。故對於不同年齡層或性別使用的結果則無法推論得知。此外，本次開發的機能壓力褲的尺寸為小腿圍 37.5cm、大腿圍 54.5cm、臀圍 96cm，故選定本研究之受試者於小腿、大腿、臀部圍度皆在上述尺寸的正負 3cm 之內，避免壓力值的誤差。
- 二、假設人體左右兩側的動作形態皆為相同，故均採用受試者右腳為資料收集之依據，人體肌肉的不對稱性，則不在本研究討論範圍內。
- 三、本研究所測驗的等速肌力動作與垂直跳，皆直接觀察動作表現的結果，比較其力矩和功率大小及跳躍高度，並未使用表面肌電儀來量測肌肉的活化程度，原因在於無線肌電的表面電極若受到機能壓力褲的布料壓迫後，容易造成數據誤差，加上肌電儀的電池經服飾壓迫後，會產生受試者的不適與疼痛感；此外若將電極片或電池塞入機能壓力褲中，也會使褲子表面凸起或不平整，因此破壞整件壓力褲的壓力值。故本研究的結果並無法推斷肌肉活化的情形。
- 四、研究執行之過程中三軸加速規黏貼位置，為要求一致性以減少實驗誤差，皆由同一人執行。

## 第六節 操作性名詞定義解釋

### 一、等速肌力

在運動過程中，動作速度維持恆定，其訓練的阻力是根據受測者的肌力大小而定，因此從得到的阻力的大小，表現出人體肌肉的動態性肌力，用來評估肌力和肌肉的功能，可用來監控訓練或術後重建 (Tanner, & Gore, 2000)。

## 二、下肢爆發力

利用最短的時間產生最大的力量，做出快速跳躍、橫向移動、衝刺跑等動作，對於運動表現是相當重要的能力之一 (Aagaard, 2003; Tillin, Pain, & Folland, 2013)。利用下蹲跳和蹲踞跳表現來測量下肢爆發力，並可以代表肌肉做能量儲存和釋放的過程 (Komi, & Bosco, 1978; Kopper et al., 2013)。

## 三、肌肉震動

垂直跳落地時，地面反作用力會藉由腳底傳遞至踝關節、膝關節以及髖關節，力量傳遞的過程中，會造成下肢肌肉在前後 (posterior-anterior)、左右 (horizontal)、上下 (vertical) 三個方向的晃動。利用三軸加速規測量肌肉在三個方向晃動的情形，並利用合加速度計算 ( $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ) 整體的晃動，以合加速度 (公尺/秒<sup>2</sup>) 表示肌肉震動 (Odenwald, & Krumm, 2014)。

## 四、關節位移量

測量前十字韌帶對於膝關節穩定的程度，藉由外力的壓迫，觀察機能服飾對於膝關節垂直方向之移位的程度，來判斷關節穩定度 (Robert, Nouveau, Gageot, & Gagniere, 2009)。

## 第貳章 文獻探討

### 第一節 機能壓力服飾於肌力表現之探討

Kraemer 等 (1998) 測量有無穿著壓力褲進行 3 組 50 下膝關節屈曲—伸展的等速肌力 (每秒 180 度) 和 70%1RM 蹲舉測試, 結果發現不論是膝關節屈曲或伸展在等速肌力的總功率或是連續蹲舉次數, 兩者都沒有差異。不僅是下肢肌力無差異, 在上肢的壓力服飾也有同樣的結果, Dascombe, Laursen, Nosaka 與 Polglaze (2013) 探討壓力衣對於獨木舟選手在遞增負荷表現和 4 分鐘最大努力表現測驗的影響, 結果發現在滑行距離、整體功率輸出都沒有顯著差異, 可能原因在於上肢系統離心臟較近, 對於機能壓力服飾可以透過增加血液回流產生較好的運動表現的機制隨之減弱。

Liu, Fu, 與 Xiong (2009) 測量穿著低壓力值、高壓力值以及無壓力的三款壓力褲, 進行慢速和快速 (每秒 60 度、300 度) 的膝關節屈曲—伸展的等速肌力測試, 測量連續踢 25 下時的股直肌肌肉活化大小和最大等速肌力力矩和功率值。結果發現最大力矩值、功率、前 5 下平均力矩和功率皆無差異, 但是在反覆動作的平均功率, 穿著壓力褲是有較好的表現, 並且股直肌的均方根肌電值也較低, 代表穿著高壓力褲運動時肌肉使用能量的效率更佳, 同時有抗疲勞的效果; 此外本篇研究也提到了, 在中壓力值的機能壓力褲有較佳的快速等速肌力表現, 研究者認為在一定的壓力範圍內, 壓力對於壓迫皮膚表層能夠造成肌肉在收縮時, 招募更多的運動單位 (motor units), 進而產生更大的肌力表現。Fu, Liu, Zhang, Xiong, 與 Wei (2012) 做了相同的研究, 同樣分析中壓力值、高壓力值以及無壓力的壓力褲對於肌肉疲勞的效果。結果中壓力和高壓力的組別在 25 下反覆等速肌力測試中, 股直肌有較高的平均功率頻率 (mean power frequency, MPF), MPF 代表肌肉趨近於疲勞時會徵招較多的慢肌, 使收集到的肌電訊號落在較低頻位置,

讓平均功率頻率會較趨向於低頻，而本研究結果穿著壓力褲平均功率頻率較高，代表運動後肌肉的疲勞程度相對較低，故穿著機能壓力褲有減緩疲勞或是延遲疲勞發生的效果。Miyamoto, Hirata, Mitsukawa, Yanai, 與 Kawakami (2011) 使用兩款不同漸進式壓力的過膝壓力長襪與一般運動長襪，比較進行 150 下小腿墊起動作後是否有效減緩疲勞，結果顯示三款不同款式的襪子在疲勞介入後，所測得之踝關節最大自主收縮力矩並無差異，但壓力較高的壓力長襪（踝關節 30mmHG，小腿 21-25mmHG，膝關節下緣 10mmHG）被動收縮力矩下降率較一般壓力襪低，壓力較高的壓力長襪在最大自主收縮時的平均功率頻率肌電也較一般運動襪低。Duffield, Cannon, 與 King (2010) 利用 20 公尺衝刺跑和增強式訓練介入，比較在疲勞前、以及疲勞後 0、2、24 小時，有無穿著壓力褲在下肢肌力、乳酸、肌酸肌酶的影響。結果發現在疲勞後的下肢肌力力矩值，有穿壓力褲的力矩值顯著高於無穿著。因此，從以上文獻可知，機能壓力褲雖未能直接提升肌力表現，但在適當的壓力之下，能有效減緩肌肉疲勞，提升肌肉使用效率，在長時間的運動中有較好的表現。

Jakeman, Byrne, 與 Eston (2010) 利用落地跳的增強式訓練動作介入，探討訓練後有無穿著壓力褲對於肌力、下肢爆發力、痠痛恢復的影響。結果發現訓練後 1、24、48、72 小時，有穿壓力褲的組別，在等速肌力、垂直跳、痠痛程度都比沒穿壓力褲來的好，可能原因就在於壓力褲可以提高血液循環，加速全身代謝作用。Duffield 與 Portus (2007) 測量板球選手在穿著無壓力服裝和三種不同品牌的壓力全身服裝 (Skin, Under Armour, Adidas) 進行 10 公尺、20 公尺衝刺跑、擲準與擲遠測驗。結果發現衝刺跑和最大擲準與擲遠在四種情況都無顯著差異。但是穿著壓力服裝可以加快體溫上升，並且在運動後 24 小時，有較低的肌酸肌酶值 (creatine kinase, CK) 以及減輕肌肉痠痛感覺。所以，在運動後使用壓力褲是可以用來加速運動後的肌肉損傷的恢復，減少肌肉疼痛的不適感。



表 2-1 機能壓力服飾於肌力表現之研究整理

作者	受試者	壓力服飾	測試動作	主要發現
Kraemer et al. (1998)	12 名健康受試者 (10 男 2 女)	有/無壓力短褲	3 組 50 下膝關節屈伸等速肌力、70%1RM 蹲舉	膝關節屈曲—伸展等速肌力的最大力矩和總功率或是連續蹲舉次數都無差異
Dascombe et al. (2013)	7 名專業獨木舟選手 (5 男 2 女)	有/無壓力衣	獨木舟遞增負荷測試 (incremental test) 和 4 分鐘獨木舟表現測驗(4minPT)	在划行距離、功率輸出、攝氧量、心跳率、血乳酸、乳酸閾值、肌肉氧飽和度、血紅蛋白數量穿壓力衣都沒有顯著的差異，原因在於上肢系統離心臟較近，增加血液回流所帶來的效果較弱
Liu et al. (2009)	12 名男性學生田徑運動員	無壓力/低壓力/高壓力短褲	每秒 60 度和 300 度連續 25 下膝關節屈伸的等速肌力	最大力矩、功率、前 5 下平均力矩和功率皆無差異，但是平均功率，穿著壓力褲是有較好的表現，且在股直肌的均方根肌電值也較低
Fu et al. (2012)	12 名男性學生運動員	無壓力/低壓力/高壓力短褲	膝關節最大等長收縮、每秒 60 度和 300 度連續 25 下膝關節屈伸等速肌力	中壓力值和高壓力值的壓力褲都無法增加等速/等長收縮在股直肌的最大/平均功率和力矩，但高壓力值的壓力褲有較高的平均功率頻率 (MPF)，有減緩疲勞效果

作者	受試者	壓力服飾	測試動作	主要發現
Miyamoto et al. (2011)	14 名男性	低壓力/高壓力漸進式過膝長襪/一般運動長襪	15 組 10 下小腿舉踵動作 介入後比較差異	小腿最大自主收縮力矩無差異；而在高壓力組別在疲勞介入後，被動收縮力矩下降率較一般運動長襪低，最大自主收縮時平均功率頻率肌電 (MPF EMG) 也較一般運動長襪低。
Duffield et al. (2010)	11 名橄欖球員	有/無壓力褲	20 公尺衝刺跑和增強式訓練動作介入	疲勞介入後下肢肌力力矩值，有穿壓力褲的力矩值顯著高於無穿著壓力褲組
Jakeman et al. (2010)	17 名女性	有/無壓力褲	10 組 10 下落地跳 (drop jump) 的增強式訓練	在增強式訓練介入後的第 1、24、48、72 小時，有穿壓力褲的組別，在等速肌力、垂直跳、痠痛程度都比沒穿壓力褲佳
Duffield & Portus. (2007)	10 名男性板球選手	無壓力組/三款全身壓力服飾 (Skins、Adidas、Under Armour)	10 公尺、20 公尺衝刺跑、板球擲準與擲遠測驗。	衝刺跑和最大擲準與擲遠在四種壓力服飾都無顯著差異；在運動後 24 小時，有較低的肌酸肌酶值 (creatin kinase, CK) 以及減輕肌肉痠痛感覺。

綜觀以上機能壓力褲在肌力表現的文獻探討上，多數結果顯示機能壓力服飾無法馬上增加上肢或下肢的肌力表現，但是對於長時間運動，或是肌肉有疲勞的情況發生時，機能壓力服飾對肌肉疲勞的抵抗，或對肌肉撕裂造成的損傷後的修補，皆有正面的效果。

## 第二節 機能壓力服飾於下肢爆發力之探討

Higgins, Naughton, 與 Burgess (2009) 對合球選手進行複合式動作的循環測驗，包含 20m 衝刺跑和下蹲跳 (Countermovement jump, CMJ)，結果發現不論是衝刺跑速度或是下蹲跳高度，穿著壓力褲、一般運動褲或安慰劑組別都無顯著差異。此研究認為壓力褲對於長時間有氧耐力可以降低能量消耗，但是對於無氧運動而言則幫助效果較少。類似的實驗和結果，對於穿著壓力褲在增強式動作的移動距離也沒有太大的幫助 (Duffield et al., 2010)。

Kraemer 等 (1996) 測試合身、不合身、寬鬆三種不同的壓力短褲，對於一級排球男女選手在 CMJ 表現的影響，結果發現三款壓力短褲在跳躍時的最大力量或是最大爆發力並無幫助，但合身的壓力短褲無論男女選手皆在 10 次平均的 CMJ 的功率或是爆發力表現皆較寬鬆運動褲佳。雖然壓力短褲無法增強最大跳躍爆發力，但在重複跳躍的動作，可以維持功率的輸出。

相反的，Rugg 與 Sternlicht (2013) 針對 14 位田徑選手和路跑愛好者，比較日本品牌 C3fit 漸進式壓力褲和一般運動褲，進行 50%、70%、85% HRR 的 15 分鐘跑步前後比較 CMJ 跳躍高度的差異，結果發現進行跑步疲勞介入後，使用 C3fit 漸進壓力褲組提高 4.5% 的跳躍高度，一般運動褲則降低 1.9%。Doan 等 (2003) 針對專業的男女田徑選手，比較穿著市售合身壓力短褲與一般寬鬆運動褲在運動表現上的差異，結果顯示無論男女選手在穿著合身壓力短褲時並無法縮短短距離衝刺跑的時間；但在暖身階段，穿著合身壓力褲溫度提升較快，且最大 CMJ 跳躍高度較高。另一方面，提高跳躍高度可能的原因在於，此研究的壓力

材料使用氯丁橡 (neoprene) 和丁基 (butyl)，此兩種材料都比一般壓力褲的材料厚，下蹲時提供了額外的材料張力；此外，穿著壓力褲後，使用者在跳躍前的下蹲幅度 (squat depth) 明顯較大，代表穿著壓力褲做垂直跳時，受試者會下蹲的更低，也許是壓力褲的包覆與支撐的效果，讓受試者更能放心的做下蹲動作，這樣的結果使下蹲期材料能產生更多的彈性張力，起跳時的材料彈力同時釋放出來，產生推進力 (propulsive force) 的功用，藉此增加跳躍的高度。

根據以上的文獻結果，一般的機能壓力褲只有在反覆跳躍動作上有幫助，對於最大垂直跳高度並沒有太大的差異。以跳躍動作來看，下蹲時股四頭肌進行離心收縮將能量儲存，起跳時股四頭肌進行向心收縮，並同時釋放於離心期儲存的彈性位能 (Anderson & Pandy, 1993)，所以如果藉由紡織纖維材料的特性，可能可以在動作表現中給予額外的輔助，利用服飾建立外肌肉系統，如同肌肉牽張縮短循環 (Stretch-Shortening Cycle, SSC)，在肌肉做離心收縮儲存彈性位能的同時 (Komi, 1984)，也一併儲存材料的彈性張力，並在向心時釋放能量，增加運動表現結果。

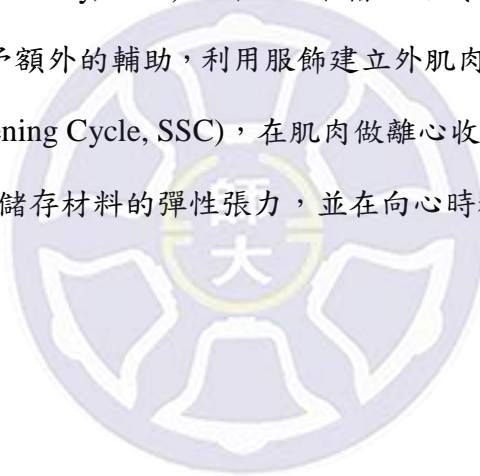


表 2-2 機能壓力服飾於下肢爆發力表現之研究整理

作者	受試者	壓力服飾	測試動作	主要發現
Higgins et al. (2009)	9 名合球選手	壓力褲/一般運動褲/安慰劑組別	4 組 15 分鐘合球循環訓練動作	20m 衝刺跑速度、時間、CMJ 高度、最大心跳率，三個組別都無顯著差異。
Duffield et al. (2010)	11 名橄欖球員	有/無壓力褲	20 公尺衝刺跑和增強式訓練動作	有無穿著壓力褲在短距離衝刺跑的表現並無差異。
Kraemer et al. (1996)	18 名男性和 18 名女性排球選手	合身壓力短褲/不合身壓力短褲/寬鬆運動褲	連續 10 下連續 10 下 CMJ 動作	三款壓力短褲在跳躍時的最大力量或最大功率並無差異，但合身的壓力短褲無論男女選手在 10 下平均的 CMJ 功率皆較寬鬆運動褲佳
Rugg & Sternlicht. (2013)	14 名運動員 (8 男 6 女)	C3fit 漸進式壓力褲/一般運動褲	50%、70%、85% HRR 的 15 分鐘跑步介入比較 CMJ 跳躍高度	利用跑步疲勞介入後，使用 C3fit 漸進壓力褲組提高 4.5% 的 CMJ 跳躍高度，一般運動褲則降低 1.9% 跳躍高度

作者	受試者	壓力服飾	測試動作	主要發現
Doan et al. (2003)	20名田徑選手 (10男10女)	市售合身壓力短褲與一般寬鬆運動褲	60m衝刺跑、最大CMJ高跳躍高度、肌肉震動	60m衝刺跑的時間兩者並無差異，但穿著市售合身壓力短褲可以提高最大CMJ跳躍高度



### 第三節 機能壓力服飾於肌肉震動之探討

跑步時，地面反作用力可高達 2.5 倍體重以上，地面反作用力會從地板傳遞至踝關節，在力量傳遞的同時也會造成下肢肌肉的晃動，特別在腳跟觸地瞬間會產生較大肌肉震動的現象 (Boyer & Nigg, 2007)。Coza 與 Nigg (2008) 指出軟組織和肌肉晃動對於跑步的效率而言相當重要，肌肉活化的大小也會受到這些震動所影響，同時研究也發現，穿著壓力短褲跑步可以減少肌肉晃動，並且能降低下肢肌群的肌電活化，減少能量損失，提高跑步效率。Bringard 等 (2006) 比較一般短褲、彈性褲、壓力褲在不同速度下跑步發現，彈性褲和壓力褲比起一般短褲，可以降低耗氧量 (oxygen cost)，本研究認為穿著壓力褲除了可以增加血液循環外，也能夠減少肌肉震動造成的能量流失。

機能壓力服飾於肌肉震動的功效，根據先前研究，使用三軸加速規量測穿著壓力長褲後股四頭肌、腿後肌、腓腸肌在跑步時肌肉震動情形，結果發現壓力長褲有減少這三個部位肌肉震動幅度的趨勢；對於垂直蹲跳動作 (squat jump)，在落地瞬間大腿外側肌群在上下及前後方向的震動幅度也明顯小於一般寬鬆運動褲，但在左右方向震動則沒有差別 (Coza et al., 2008; Doan et al., 2003; Kraemer et al., 1998)。

Odenwald 等 (2014) 利用三軸加速規分別放置在右手腕關節、肘關節、肩關節、肱橈肌、肱二頭肌、斜方肌上，觀察不同震動頻率 (10Hz、25Hz、40Hz) 時，使用壓力袖套是否會減少上肢各肌肉和關節的震動傳遞率 (vibration transmissibility, VT)，VT 值代表身體對於震動發生時，身體產生的震動加速度和震動源之間的比例。結果發現，不論有無穿著壓力袖套或是性別不同，在震動傳遞率都沒有太大的差異，只有在低頻 10Hz 的情況，上肢系統才有些許減震的效果。

以上結果發現，機能壓力服飾能夠藉由包覆肌肉，減少運動中肌肉產生的晃動，減少因肌肉震動所造成的能量流失，提升運動時肌肉使用的效率，來延長運動的時間，並且減緩肌肉疲勞的出現 (Kraemer et al., 1998)。





表 2-3 機能壓力服飾於肌肉震動表現之研究整理

作者	受試者	壓力服飾	測試動作	主要發現
Coza & Nigg. (2008)	4 名健康受試者 (2 男 2 女)	有/無壓力褲	步頻 90/min 跑步測試	穿著壓力褲時，可藉由減少軟組織的晃動，造成肌肉活化下降。
Bringard et al. (2006)	6 名健康男性	一般短褲、彈性褲、壓力褲	3 分鐘漸增負荷跑步測驗	穿著壓力褲無法降低心跳和自覺量表指數，但可以降低攝氧量的消耗，可能是透過增加血液循環和減少肌肉震動導致
Doan et al. (2003)	20 名田徑選手 (10 男 10 女)	市售合身壓力短褲與一般寬鬆運動褲	60m 衝刺跑、最大 CMJ 高跳躍高度、肌肉震動	穿著市售合身壓力短褲可以降低最大 CMJ 跳躍動作落地時，腓腸肌垂直方向 (longitudinal) 和前後方向 (anterior-posterior) 的肌肉震動
Odenwald et al. (2014)	8 名健康受試者 (3 男 5 女)	有/無壓力袖套	60% 的 MVC 力量，進行 10、25、40Hz 三種震動頻率抓握持續 20 秒鐘	不論有無穿著壓力袖套或是性別不同，震動傳動率都沒有太大的差異；只有在低頻 10Hz 時，上肢才有些許減震的效果

#### 第四節 機能壓力服飾於關節穩定度之探討

過去文獻指出，機能壓力服飾可以提高運動表現可能的機制在於：提高關節的本體感覺受器 (Kraemer et al., 1996)，以及提升肌肉協調 (Bringard et al., 2006)。Michael, Dogramaci, Steel, 與 Graham (2014) 採用一般壓力褲、較鬆壓力褲以及一般運動褲測驗閉眼單腳站立平衡，觀察視覺抽離之後壓力褲對於本體感覺的影響。結果發現，一般壓力褲藉由壓迫皮膚表層，提高皮膚感官受器功能，提供視覺抽離之後額外的本體感覺功能，並且同時增加關節穩定度，提高下肢動作較為重要的膝關節和踝關節平衡功能 (Pearce, Kidgell, Grikepelis, & Carlson, 2009; Witchalls, Newman, Waddington, Adams, & Blanch, 2013; Perla, Frank, & Fick, 1995) 以及增加肌肉的協調性 (Feuerbach, Grabiner, Koh, & Weiker, 1994)。

不過，過去幾乎沒有文獻直接使用客觀儀器測量機能壓力服飾對於膝關節韌帶的穩定度，多數是使用動作表現來進行探討，間接推測機能壓力服飾對關節的穩定效果 (Michael et al., 2014)。針對膝關節穩定的議題，過去經常使用KT-1000儀器測量前十字韌帶術後重建後膝關節的穩定度，所以本次研究針對機能壓力服飾對於膝關節的包覆，探討是否能直接影響膝關節的穩定度，並使用GNRB電子關節位移計取代對實驗的信度較為不足的KT1000 (Robert et al., 2009)，提供探討機能壓力服飾對於膝關節穩定的客觀研究結果。

## 第五節 文獻總結

從肌力、爆發力、肌肉震動和關節穩定的文獻來看，機能壓力服飾對增加反覆肌力表現和長時間的有氧運動效果較佳，並可以減緩運動疲勞的效果，並加快運動後肌肉的修補，也減少肌肉痠痛；而一般的機能壓力服飾無法增加單次最大肌力效果，但是有可能利用紡織材料，建立外肌肉系統輔助肌肉收縮來模擬牽張縮短循環 (SSC)，進而提高最大肌力或爆發力表現；另外，機能壓力服飾能夠減少運動中的肌肉晃動，給予較好的功率輸出。最後，過去並未有文獻直接測量機能壓力服飾對關節穩定，多數採用運動表現結果來間接推斷機能壓力服飾對關節穩定的效果，對於這方面的研究仍需要更進一步探討。



## 第參章 研究方法

### 第一節 受試者

本研究招募 12 名男性受試者，平均年齡為 18 到 30 歲，所招募受試者的小腿圍、大腿圍、臀圍，皆在本研究測試機能壓力褲尺寸（小腿圍 37.5 公分，大腿圍 54.5 公分，臀圍 96.0 公分） $\pm 3$  公分範圍內，受試者基本資料如下表 3-1。12 名受試者在半年內無下肢肌肉骨骼及神經系統之傷害，日常生活情況皆正常，同時告知受試者實驗目的、流程、以及實驗的優點和風險，並簽署受試者同意書，如附錄二。

表 3-1 受試者基本資料

	平均數 $\pm$ 標準差
身高 (cm)	175.15 $\pm$ 4.82
體重 (kg)	69.15 $\pm$ 6.75
年齡 (year)	23.69 $\pm$ 1.18
小腿圍 (cm)	37.34 $\pm$ 1.87
大腿圍 (cm)	52.73 $\pm$ 3.76
臀圍 (cm)	96 $\pm$ 3.21

## 第二節 儀器設備

### 一、機能壓力長褲

#### (一)機能壓力褲：

本研究開發之機能壓力褲，希望使用者可以在日常活動中使用，並提升下肢肌力和爆發力，且能有效降低肌肉晃動和增加關節的穩定。長褲的壓力值是採用漸進式壓力進行製作，且針對日常運動較常見的動作作文獻收集，包含：走跑、上下坡、上下樓梯、跳躍等七種動作所使用的肌群進行分析，可歸結出主要使用肌肉為股四頭肌和腓腸肌、比目魚肌。故針對此肌肉進行線條設計，同時在髌骨下緣設計彈性支撐帶，幫助膝關節穩定，如下圖 3-1 (正面)、圖 3-2 (反面)。整體布料材質在黑色彈性布區塊使用 73% 聚酯纖維 (Polyester) 和 27% 彈性紗 (Spandex)，並採用圓編織法；肌肉加強區塊使用 72% 聚酯纖維和 28% 彈性紗，並採用經編織法；髌骨支撐帶使用 70% 聚酯纖維和 30% 彈性紗，並採用經編織法。經編是採用縱向的編織方法，且使用的針數比起圓編多，所以能產生比較好的彈性，使加強的區塊可以產生較好的張力，輔助肌肉的收縮，而黑色彈性布和橘色加強區塊則是利用裁片方式剪接而成，製作出不同彈性的區塊，機能壓力褲詳細資料如下表 3-2。



圖 3-1 機能壓力褲正面圖與加強區塊



圖 3-2 機能壓力褲反面圖與加強區塊





表 3-2 機能壓力褲布料成分與編織方式

	布料成分	編織方式
黑色彈性布	Spandex70 (27% ) + Polyester (73%)	圓編
肌肉壓縮線條	Spandex 70 (28%) + Polyester (72%)	經編
髕骨支撐帶	Spandex 420 (30%) + Polyester (70%)	經編

(二)市售 CW-X 長褲—stabilyx：

從目前市面較進階的專業機能壓力褲產品調查，包含：CW-X Stabilyx、C3fit Performance、2XU Compression Tight、Skin A400，這些產品多半有均壓或是漸進壓力的設計，但是對於肌肉的加強和關節的支撐穩定效果，則是依品牌產品有所不同。從下表 3-3 所示，本次採用 CW-X Stabilyx 主要針對腰、腿後與小腿肌群設計線條加強輔助，並且針對膝關節做 8 字形穩定線條設計，和其他三款產品相比，相較之下功能最為齊全，並且在布料材質採用 80% 聚酯纖維 (Polyester) 以及 20% 萊卡彈性紗 (Lycra Spandex)，布料材質和本次開發的機能壓力長褲相似，故本次選擇 CW-X Stabilyx 做為測驗的市售組別。

表 3-3 不同品牌壓力褲之比較表

	CW-X Stabilyx	C3fit Performance	2XU Compression Tight	Skin A400
				
品牌國家	日本	日本	澳洲	澳洲
肌肉加強區塊	腰、腿後、小腿	無	無	阿肌里斯建保護
關節穩定	膝蓋穩定	無	無	膝關節穩定
壓力	漸進壓力	漸進壓力	均勻壓力	漸進壓力

### (三)寬鬆長褲

使用一般寬鬆的運動束褲，如下圖 3-3。



圖 3-3 寬鬆運動束褲

表 3-4 三款測驗機能壓力褲比較表

	機能壓力褲	市售 CW-X 長褲	寬鬆長褲
布料組成	Spandex70 + Polyester	Lycra Spandex + Polyester	Spandex70 + Polyester
加強區塊	股四頭肌、腓腸肌、 比目魚肌、臍骨下緣	腰部、腿後肌、 腓腸肌、膝關節	無
壓力設計	漸進壓力	漸進壓力	無

### 二、測力板 (9287, Kistler, SW)

使用 Kistler 測力板測量垂直跳起跳後離地到落地的騰空時間，計算跳躍的高度，擷取頻率設定為 1500Hz。

### 三、三軸加速規 (3D Accelerometer, Noraxon, US)

使用 Noraxon 3D accelerometer (Noraxon U.S.A. Inc, Arizona, US) 無線三軸加速規 (2G/6G & 24G)，如下圖 3-5。並搭配內建 MR -XP 1.08 Master Edition 軟體收集加速度資料。將 2 顆三軸加速規分別固定在股四頭肌、腓腸肌之肌腹上，如下圖 3-4 與 3-5，擷取頻率設定為 1500Hz。此外，為了使訊號可以和測力板同步，本研究利用一個外部驅動 5 V 方形波電壓訊號的上升點，做為同步訊號 (Synchronization signal) 的起點。



圖 3-4 三軸加速規擺放於股四頭肌位置



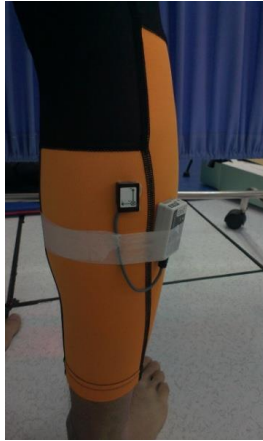


圖 3-5 三軸加速規擺放於腓腸肌位置

#### 四、等速肌力測試儀 (Dynamometer system 4 Pro, Biodex, USA)

使用 Biodex 等速肌力測試儀測量膝關節屈曲和伸展在每秒 60 度與 300 度的等速肌力，收集力矩以及功率值。

#### 五、GNRB 電子關節位移計 (GeNouRob, FR)

使用 GNRB 電子關節位移計測量膝關節位移量，並且先請受試者穿著待測試的機能長褲後，在髌骨下緣先做標記，接著將儀器位置固定在髌骨下緣處，而外力壓迫則放置在脛骨粗隆上方，膝關節位移量以毫米 (mm) 呈現 (Robert et al., 2009)。

### 第三節 實驗流程

本研究先讓受試者填寫同意書，並告知實驗流程及方法後，需要穿著三款機能壓力長褲，包含機能壓力組、市售 CWX 組、寬鬆組，並完成三項實驗。在正式實驗的前一天，會先讓受試者進行實驗動作的熟悉，確保受試者皆了解並能正確實施本研究中所測驗的動作。開始正式實驗之前，受試者先進行 10 分鐘的動態伸展，並以平衡次序法依序給予受試者穿著三款機能壓力長褲，排除適應或學習造成的隨機誤差。

測驗共分為三項：爆發力測驗（包含肌肉震動）、等速肌力測驗、關節穩定度測驗。爆發力和等速肌力測驗主要是用來評估肌肉線條設計對於肌肉輔助收縮的效果，並探討在慢速與快速動作中是否有差異；而肌肉震動和關節穩定測驗，則是壓力的包覆以及髌骨支撐帶對於肌肉和關節穩定的效果。三項測驗詳細流程分別敘述於下：

### 一、爆發力測驗

受試者穿著欲測驗的機能長褲後，將 2 顆三軸加速規分別黏貼至右腳股四頭肌和腓腸肌上 (Coza & Nigg, 2008)，測量垂直跳測驗中落地時的肌肉震動情形。接著在測力板上分別進行 3 次下蹲跳(Countermovement jump, CMJ) 和蹲踞跳 (Squat jump, SJ) (Rugg, & Sternlicht, 2013) 如下圖 3-6，每次跳躍之間休息 1 分鐘。下蹲跳要求受試者先雙腳直立站在測力板上，並且將雙手放在髌關節，聽到口令後，迅速下蹲至膝關節 90 度，並隨即盡最大努力向上跳躍；蹲踞跳測驗先請受試者雙腳直立站在測力板上，並下蹲至膝關節呈 90 度，等待 3 秒後，施令者會下口令，受試者聽到口令後隨即盡最大努力向上起跳 (Byrne, & Eston, 2002)。



圖 3-6 測力板上進行垂直跳測驗

## 二、等速肌力測驗

受試者在 Biodex 等速肌力測試儀，分別進行慢速 (每秒 60 度)、快速 (每秒 300 度) 的膝屈曲伸展動作 (Fu et al., 2012) 如下圖 3-7。每回合要求受試者盡全力連續踢 5 下，每次活動範圍皆在膝關節 0 到 90 度之間，不同速度之間休息 2 分鐘。每回合結束後，確認 5 下的變異性是否低於 10%，若高於 10% 則於 2 分鐘後再重新測量。



圖 3-7 Biodex 等速肌力測試

## 三、關節穩定度測驗

使用 GNRB 電子關節位移計，測量不同外力大小 (67N、89N、134N、150N、200N、250N) 壓迫時，受試者右腳的膝關節垂直方向之位移量，如下圖 3-8。右腳擺放位置是以脛骨下緣固定在膝關節固定殼的圓孔中，並將踝關節呈 90 度角固定，接著將外力壓迫之儀器放在右腳脛骨粗隆上，並與右腳呈 90 度角位置。接著使用電腦操作，GNRB 電子關節位移計便會開始用 6 種外力壓迫，並得到不同外力壓迫時之膝關節位移量。

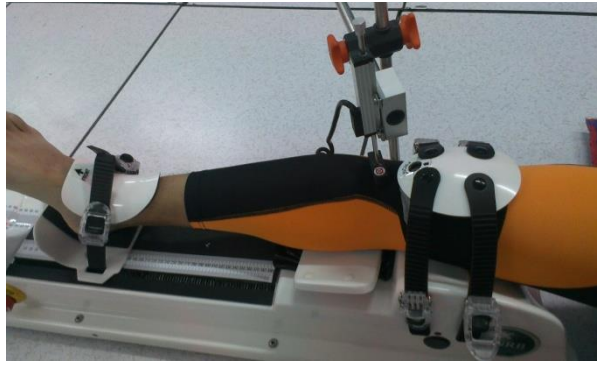


圖 3-8 GNRB 電子關節位移計

完整詳細實驗流程於下圖 3-9 所示。



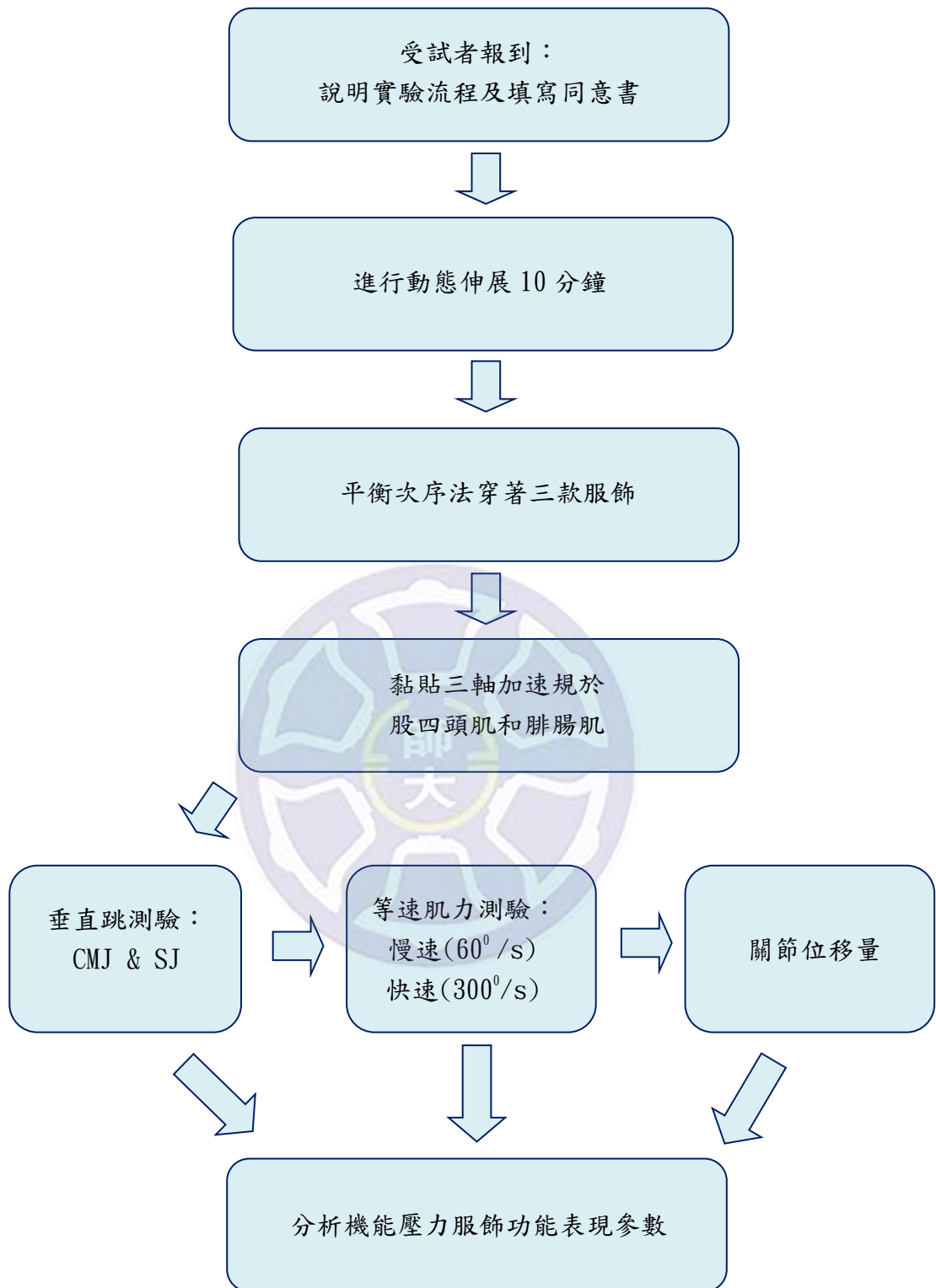


圖 3-9 實驗流程圖

## 第四節 資料處理

### 一、垂直跳高度

垂直跳高度的計算，使用受試者在測力板上的騰空時間，並利用公式  $= \frac{1}{2} * g * t^2$ ，計算跳躍高度 (Byrne, & Eston, 2002) 資料取三次垂直跳的最大值進行比較。

### 二、加速規

將加速規資料進行 10Hz 的低通濾波 (Low pass filter) 處理，並利用三軸合加速度公式  $= \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$  (Odenwald & Krumm, 2014)，計算垂直跳落地時的合加速度峰值，並採用三次垂直跳的最大跳躍高度的合加速度值，進行肌肉震動的比較。

### 三、等速肌力

膝關節屈曲和伸展動作的力矩值以及功率值，並取連續動作 5 下中的最大值進行肌力的比較。

### 四、關節位移量

6 個不同力量壓迫的關節位移量以毫米呈現，並呈現其斜率值。

## 第五節 統計分析

一、以描述性統計(descriptive statistics)呈現受試者基本資料，包含身高、體重、年齡、大腿圍、小腿圍及臀圍。

二、本研究使用 SPSS19.0 套裝軟體，以重覆量數單因子變異數分析 (The repeated-measures one-way ANOVA) 比較三款不同機能壓力長褲 (機能壓力組、市售 CW-X 組、寬鬆組) 對於下肢動力學參數 (等速肌力)、運動學參數 (爆發力表現、肌肉震動、關節位移量) 的差異，若統計上達顯著水準時，再以 LSD 進行事後比較。所有統計結果之檢定力設為  $\alpha = .05$ 。

## 第肆章 結果

本研究開發出的機能壓力褲，利用特殊材質和線條做功能性設計，這些設計主要是根據日常運動中的動作進行分析，透過功能性設計來增加日常運動的表現。對於設計的功能將透過等速肌力測驗、爆發力測驗、肌肉震動、關節穩定度來進行驗證，透過四種不同的測驗來驗證此款機能壓力褲的功效，並選擇市面上指標性的產品做為對照，希望能有較好的表現結果。以下針對四項測驗，依序呈現出三件測試長褲測驗之結果，分別是：等速肌力表現、爆發力表現、肌肉震動表現、關節穩定度表現。

### 第一節 等速肌力表現

#### 一、每秒 60 度等速肌力表現結果

不同機能壓力服飾在每秒 60 度之膝伸展和屈曲的等速肌力表現統計結果如下表 4-2。不同機能壓力服飾，在膝伸展動作力矩值達顯著差異 ( $F = 13.382$ ,  $p = .01$ )，由事後比較發現機能壓力組顯著大於寬鬆組 ( $p = .004$ )，如下圖 4-1；在膝屈曲動作力矩值達顯著差異 ( $F = 3.457$ ,  $p = .049$ )，由事後比較發現機能壓力組顯著大於寬鬆組 ( $p = .015$ )；而市售 CWX 組顯著大於寬鬆組 ( $p = .028$ )，如下圖 4-2。

在不同機能壓力服飾，膝伸展動作功率值未達顯著差異 ( $F = 1.095$ ,  $p = .352$ )，如下圖 4-3；在膝屈曲動作功率值達顯著差異 ( $F = 3.756$ ,  $p = .04$ )，由事後比較發現機能壓力組顯著大於寬鬆組 ( $p = .015$ )，如下圖 4-4。以上統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-1。

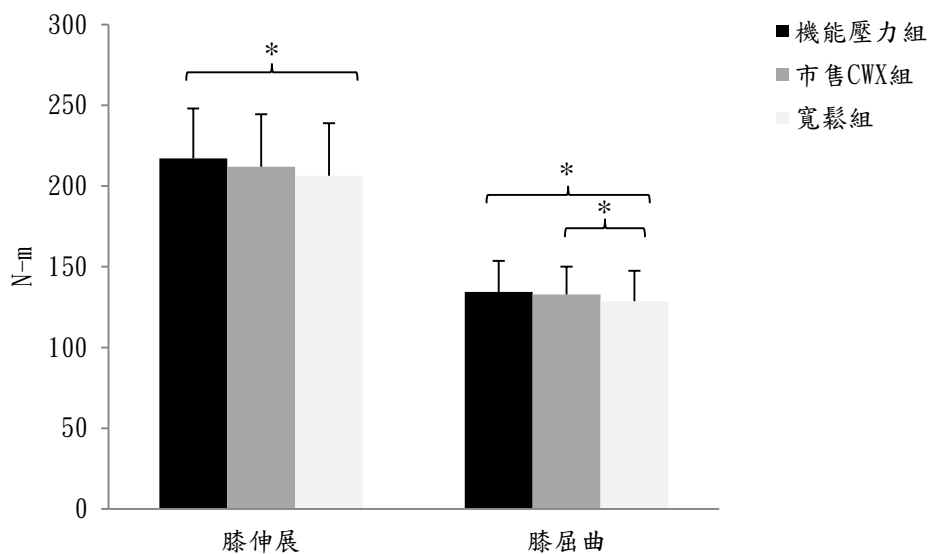


圖 4-1 60°/s 最大等速肌力力矩表現

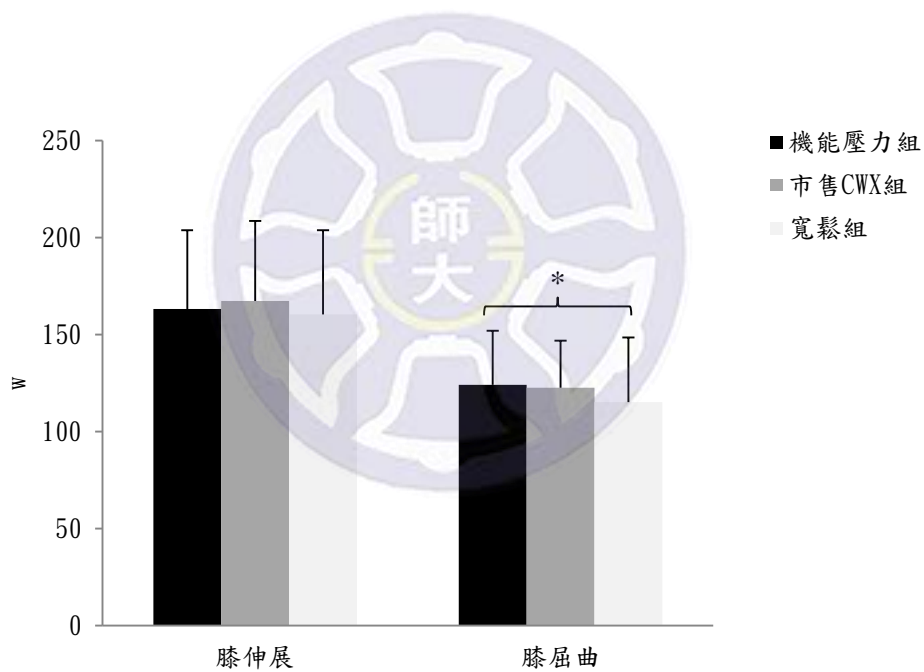


圖 4-2 60°/s 最大等速肌力功率表現

## 二、每秒 300 度等速肌力表現結果

不同機能壓力服飾在每秒 300 度之膝伸展和屈曲的等速肌力表現統計結果如下表 4-1。不同機能壓力服飾，在膝伸展動作力矩值未達顯著差異 ( $F = 1.334$ ， $p = .284$ )；在膝屈曲動作力矩值也未達顯著差異 ( $F = 1.084$ ， $p = .356$ )，如下圖



4-3。

不同機能壓力服飾，在膝伸展動作功率值未達顯著差異 ( $F = 2.443, p = .110$ )；在膝屈曲動作功率值也未達顯著差異 ( $F = 1.318, p = .288$ )，如下圖 4-4。以上每秒 300 度等速肌力統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-2。

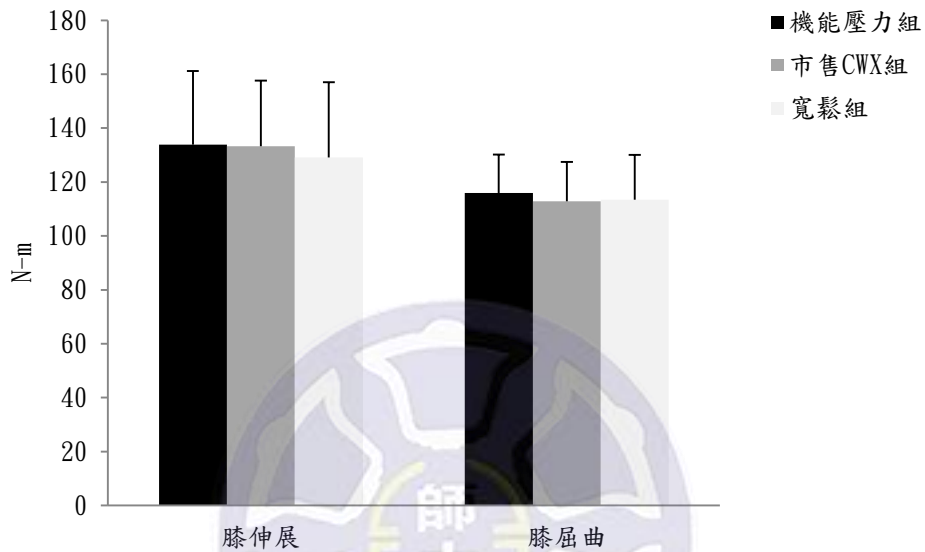


圖 4-3 300<sup>0</sup>/s 最大等速肌力力矩表現

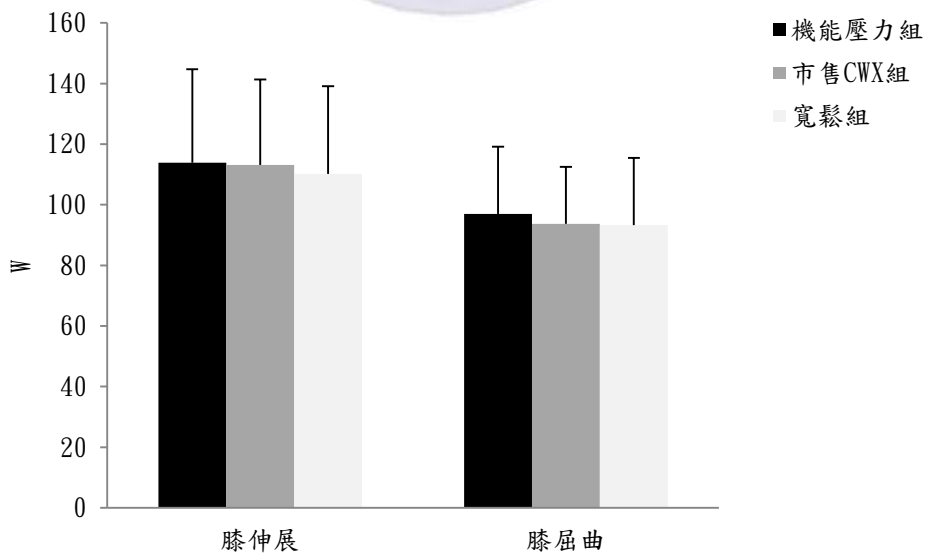


圖 4-4 300<sup>0</sup>/s 最大等速肌力功率表現

表 4-1 不同機能壓力服飾等速肌力表現平均數與標準差

	機能壓力組	市售 CWX 組	寬鬆組
60 <sup>0</sup> /s 膝伸展最大等速力矩 (N-m)	217.17±30.89 <sup>c</sup>	211.83 ±32.66	206.33 ±32.5 <sup>a</sup>
60 <sup>0</sup> /s 膝屈曲最大等速力矩 (N-m)	134.50 ±19.1 <sup>c</sup>	132.75 ±17.32 <sup>c</sup>	128.75 ±18.68 <sup>ab</sup>
60 <sup>0</sup> /s 膝伸展最大等速功率 (W)	163.25 ±40.46	167.33 ±41.22	160.33 ±43.46
60 <sup>0</sup> /s 膝屈曲最大等速功率 (W)	124.00 ±27.92 <sup>c</sup>	122.50 ±24.29	115.08 ±33.41 <sup>a</sup>
300 <sup>0</sup> /s 膝伸展最大等速力矩 (N-m)	133.83 ±27.38	133.33 ±24.28	129.17 ±27.88
300 <sup>0</sup> /s 膝屈曲最大等速力矩 (N-m)	115.92 ±14.26	112.83 ±14.66	113.42 ±16.7
300 <sup>0</sup> /s 膝伸展最大等速功率 (W)	113.92 ±30.76	113.17 ±28.19	110.17 ±28.97
300 <sup>0</sup> /s 膝屈曲最大等速功率 (W)	97.00 ±22.11	93.67 ±18.79	93.25 ±22.16

註：<sup>a</sup>與機能壓力組達顯著差異；<sup>b</sup>與市售 CWX 組達顯著差異；<sup>c</sup>與寬鬆組達顯著差異 ( $p < .05$ )

## 第二節 爆發力表現

### 一、CMJ 垂直跳高度表現

不同機能壓力服飾在 CMJ 垂直跳高度表現統計結果如下表 4-2。不同機能壓力服飾，在 CMJ 動作垂直跳跳躍高度未達顯著差異 ( $F = 2.201, p = .134$ )，如下圖 4-5。

### 二、SJ 垂直跳高度表現

不同機能壓力服飾在 SJ 垂直跳高度表現統計結果如下表 4-2。不同機能壓力服飾，在 SJ 動作垂直跳跳躍高度達顯著差異 ( $F = 7.167, p = .004$ )，由事後比較發現機能壓力組顯著大於寬鬆組 ( $p = .011$ )；市售 CWX 組顯著大於寬鬆組 ( $p = .001$ )，如下圖 4-5。以上 CMJ 和 SJ 跳躍高度統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-3。

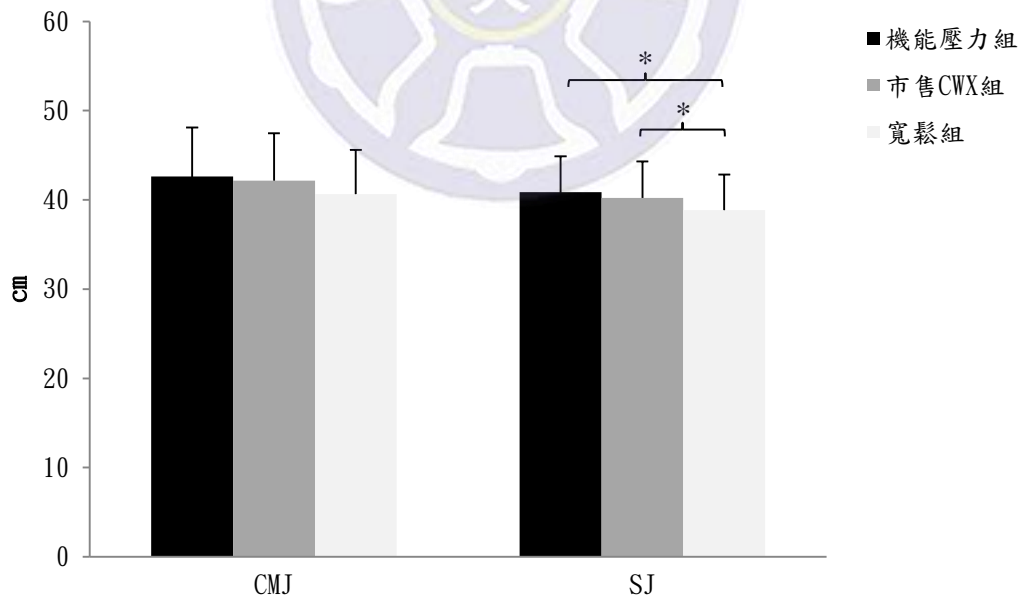


圖 4-5 CMJ 與 SJ 垂直跳跳躍高度表現

表 4-2 不同機能壓力服飾垂直跳高度平均數與標準差

	機能壓力組	市售 CWX 組	寬鬆組
CMJ 跳躍高度 (cm)	42.63 ± 5.48	42.15 ± 5.33	40.65 ± 4.93
SJ 跳躍高度 (cm)	40.87 ± 4.00 <sup>c</sup>	40.23 ± 4.09 <sup>c</sup>	38.84 ± 3.99 <sup>ab</sup>

註：<sup>a</sup>與機能壓力組達顯著差異；<sup>b</sup>與市售 CWX 組達顯著差異；<sup>c</sup>與寬鬆組達顯著差異 ( $p < .05$ )

### 第三節 肌肉震動表現

#### 一、股四頭肌肌肉震動表現結果

不同機能壓力服飾在 CMJ 和 SJ 垂直跳落地時的股四頭肌肌肉震動合加速度統計結果如下表 4-4。不同機能壓力服飾在 CMJ 垂直跳落地時的股四頭肌肌肉震動合加速度，達顯著差異 ( $F = 3.718$ ,  $p = .041$ )，由事後比較發現市售 CWX 組顯著小於寬鬆組 ( $p = .014$ )，如下圖 4-6。

不同機能壓力服飾在 SJ 垂直跳落地時的股四頭肌肌肉震動合加速度，未達顯著差異 ( $F = 0.243$ ,  $p = .786$ )，如下圖 4-6。以上股四頭肌肌肉震動統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-4。

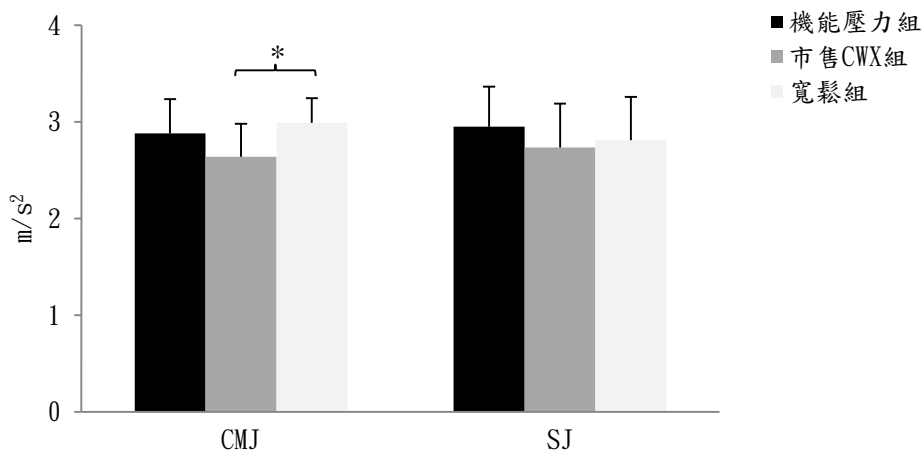


圖 4-6 股四頭肌於垂直跳之肌肉震動合加速度

## 二、腓腸肌肌肉震動表現結果

不同機能壓力服飾在 CMJ 和 SJ 垂直跳落地時的腓腸肌肌肉震動合加速度統計結果如下表 4-3。不同機能壓力服飾在 CMJ 垂直跳落地時的腓腸肌肌肉震動合加速度，未達顯著差異 ( $F = 0.099$ ,  $p = .907$ )，如下圖 4-7。

不同機能壓力服飾在 SJ 垂直跳落地時的腓腸肌肌肉震動合加速度，達顯著差異 ( $F = 10.698$ ,  $p = .007$ )，由事後比較發現機能壓力組顯著小於寬鬆組 ( $p = .007$ )；市售 CWX 組顯著小於寬鬆組 ( $p = .008$ )，如下圖 4-7。以上腓腸肌肌肉震動統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-5。

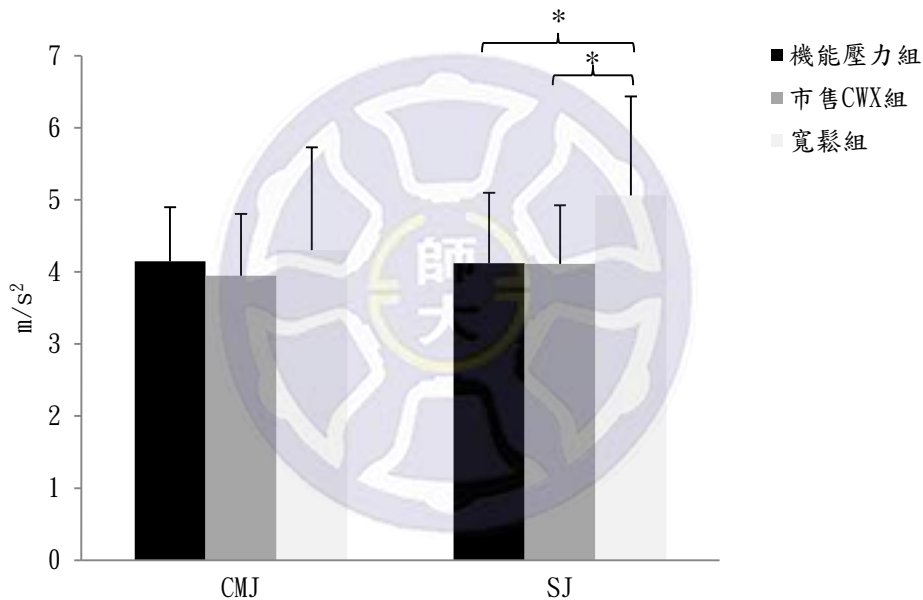


圖 4-7 股四頭肌於垂直跳之肌肉震動合加速度

表 4-3 不同機能壓力服飾於垂直跳落地肌肉震動幅度平均數與標準差

	機能壓力組	市售 CWX 組	寬鬆組
CMJ 之股四頭肌合加速度 (m/s <sup>2</sup> )	2.88 ± 0.36	2.64 ± 0.34 <sup>c</sup>	2.99 ± 0.25 <sup>b</sup>
SJ 之股四頭肌合加速度 (m/s <sup>2</sup> )	2.95 ± 0.41	2.73 ± 0.46	2.81 ± 0.45
CMJ 之腓腸肌合加速度 (m/s <sup>2</sup> )	4.15 ± 0.75	3.95 ± 0.86	4.31 ± 1.43
SJ 之腓腸肌合加速度 (m/s <sup>2</sup> )	4.12 ± 0.98 <sup>c</sup>	4.11 ± 0.81 <sup>c</sup>	5.06 ± 1.37 <sup>ab</sup>

註：<sup>a</sup>與機能壓力組達顯著差異；<sup>b</sup>與市售 CWX 組達顯著差異；<sup>c</sup>與寬鬆組達顯著差異 ( $p < .05$ )

#### 第四節 關節穩定度表現

##### 一、六種外力壓迫膝關節穩定度表現結果

不同機能壓力服飾分別在 67N、89N、134N、150N、200N、250N 壓迫時膝關節位移量之結果如下表 4-4。不同機能壓力服飾在 67N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 1.159, p = .332$ )；不同機能壓力服飾在 89N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 2.132, p = .142$ )；不同機能壓力服飾在 134N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 3.086, p = .066$ )；不同機能壓力服飾在 150N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 2.968, p = .072$ )；不同機能壓力服飾在 200N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 1.507, p = .244$ )；不同機能壓力服飾在 250N 壓迫時膝關節位移量，未達顯著差異 ( $F = 1.131, p = .341$ )。以上所有結果如下圖 4-8。六種外力壓迫膝關節位移量統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表 6-6。

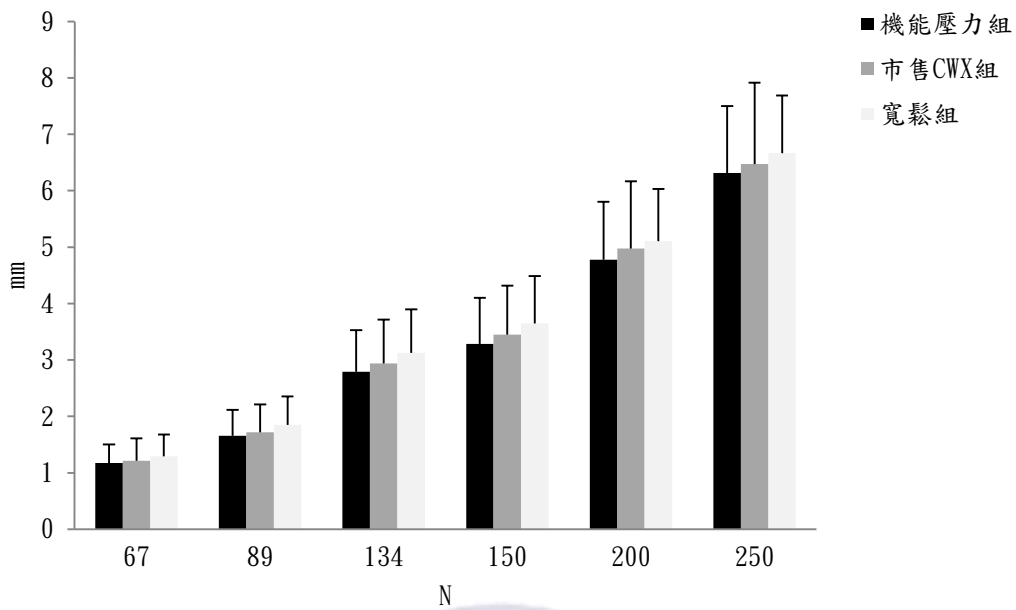


圖 4-8 六種外力壓迫時膝關節位移量

## 二、膝關節位移量之斜率結果

不同機能壓力服飾分別在六個漸進式外力壓迫時膝關節位移量之斜率結果如下表 4-5。不同機能壓力服飾分別在六個漸進式外力壓迫時膝關節位移量斜率結果，未達顯著差異 ( $F = 0.201$ ,  $p = .819$ )，如下圖 4-9。斜率統計結果之變異數分析摘要表列於附錄一，表6-6。

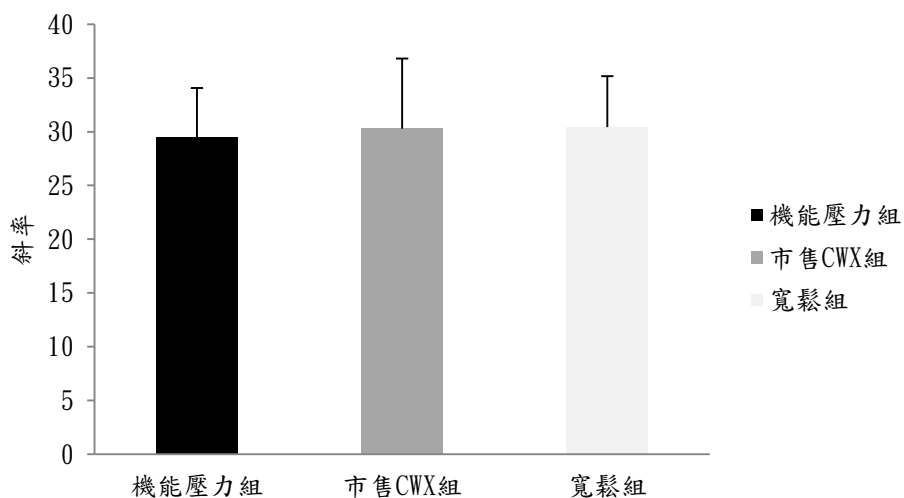


圖 4-9 三種機能壓力服飾於漸進外力壓迫時膝關節位移量之斜率結果

表 4-4 不同機能壓力服飾膝關節位移量與斜率平均數與標準差

	機能壓力組	市售 CWX 組	寬鬆組
67N (mm)	1.18 ± 0.33	1.22 ± 0.40	1.29 ± 0.38
89N (mm)	1.66 ± 0.46	1.72 ± 0.49	1.85 ± 0.50
134N (mm)	2.79 ± 0.74	2.94 ± 0.78	3.13 ± 0.77
150N (mm)	3.28 ± 0.82	3.45 ± 0.87	3.65 ± 0.84
200N (mm)	4.78 ± 1.03	4.98 ± 1.19	5.11 ± 0.92
250N (mm)	6.32 ± 1.18	6.48 ± 1.44	6.67 ± 1.02
斜率	29.52 ± 4.55	30.28 ± 6.54	30.43 ± 4.76

註：<sup>a</sup>與機能壓力組達顯著差異；<sup>b</sup>與市售 CWX 組達顯著差異；<sup>c</sup>與寬鬆組達顯著差異 ( $p < .05$ )



## 第五章 討論與結論

目前市面上開始出現許多具有外肌肉線條的機能服飾，但多數產品其實並沒有根據運動項目動作的特性進行研究，導致進行專項運動過程中，所使用到特定的肌群時，服飾並未能有效輔助肌肉收縮，便無法增加運動表現。本研究希望針對日常運動的特性，開發出專屬於日常運動使用的機能壓力服飾並探討此服飾對於增進肌力表現、爆發力表現、肌肉震動表現和關節穩定度表現的功效。以下討論針對不同各項運動學和動力學參數進行探討，並分為三部分依序討論，分別是：對肌力與下肢爆發力之影響、肌肉震動、關節穩定度。

### 第一節 對肌力與下肢爆發力之影響

本次研究透過特殊肌肉線條設計，在大腿前側的股四頭肌設計線條輔助，具有幫助肌肉進行收縮動作的功能，有效提升膝伸展動作的力矩值，此結果和過去文獻指出壓力服飾大多未能改變等速運動時的關節力矩 (Fu et al., 2012)有所不同。此外，針對於膝屈曲動作，只有市售 CWX 組有針對腿後肌群有做外肌肉線條設計，但是本次開發的機能壓力組雖然沒有針對腿後肌設計，但是仍可以增加力矩和功率表現，以上結果代表即使服飾在沒有線條設計下，壓力仍可以藉由對皮膚壓迫，提高皮膚感官受器 (somatosensory) 的功能，提升進而提高表現 (Michael et al., 2014)；對於未來壓力服飾的開發，除了可以透過壓力功能之外，更可以往外肌肉系統方向發展，但是同時必須針對動作的肌動學進行探討，根據不同運動項目動作的特性做外肌肉線條的設計，藉此增加運動表現。

進行每秒 300 度等速肌力動作時，三款機能長褲都未有顯著差異，可能的原因在於三款褲子布料的彈性回復速度是不是無法跟上動作速度？也就是是否因為布料的張力和強度太小，導致利用材料所建立的外肌肉系統來輔助肌肉收縮的

效果並不明顯，無法增加快速等速肌力。過去的研究結果中，利用服飾材料的張力伸縮作能量的儲存，給使用者動作過程中進行能量的釋放，藉此提高表現 (Doan et al., 2003)，但該研究並沒有對服飾的張力進行探討，所以不清楚材料張力和動作速度是否有其相關性，未來研究可以進一步針對做布料張力的探討何種材料或是彈性係數才能有效達到協助肌肉收縮或是動作表現的效果。

在下肢爆發力中，過去文獻大多支持使用 CMJ 和 SJ 進行下肢爆發力的測量，同時也反映出肌肉進行能量儲存和釋放的過程，並透過肌肉的牽張縮短循環來達到較好的跳躍高度 (Komi & Bosco, 1978)。選擇 CMJ 和 SJ 同時做為測驗動作，是因為 CMJ 牽涉到牽張縮短循環，需要迅速下蹲再隨即向上起跳，屬於較快速的動作；而 SJ 則是需在膝關節呈 90 度位置時停頓三秒再快速起跳，動作過程相較 CMJ 緩慢，這兩個動作都有可能在日常運動中所見，所以皆列為測驗的項目。三款機能長褲在 SJ 跳躍高度的表現上有顯著的差異，本次機能壓力長褲特別針對跳躍動作的股四頭肌和腓腸肌進行肌肉線條設計，透過符合肌肉進行動作時的收縮走向，加強肌肉收縮的強度和速度，給受測者在進行垂直跳時，產生額外的推進力，增強下肢爆發力表現。而市售 CWX 組也在腓腸肌有肌肉線條設計，所以在表現上也顯著優於寬鬆組，但是 SJ 增加的跳躍高度幅度仍略低於股四頭肌和腓腸肌都有線條設計的機能壓力組。而雖然機能壓力組和市售 CWX 組在統計上並未達顯著差異，但從數據來看，爆發力表現仍是略優於市售 CWX 組。

從研究結果還發現，SJ 的跳躍高度進步幅度達顯著差異，而 CMJ 動作則在統計上三款機能壓力服飾都未達顯著。這可能的原因在於，CMJ 動作有很大的因素是牽涉到牽張縮短循環 (SSC) 的介入，SSC 機制能快速連接離心神經與向心神經，利用本體感受器的刺激，在最短時間內增加運動單位的徵召 (盧英治，2000)。肌肉產生 SSC 動作的主要本體感受器為肌梭 (muscle spindle)，由於肌肉的快速離心收縮，使得肌肉中的肌梭受到刺激而伸展，進而造成該主要作用肌群的伸展反射 (盧英治，2000)，所以在 CMJ 動作迅速下蹲時所造成的 SSC 機制影響可能要比服飾材料的彈性張力要大，所以在 SJ 動作扣除 SSC 影響後，才能在

本次結果中看出跳躍高度差異，建議未來要進行外肌肉系統的服飾探討時，可以採用 SJ 動作來進行檢測。

另外，從 SJ 動作三款服飾的跳躍高度來看，分別為機能壓力組 ( $40.87 \pm 4.00$  cm)、市售 CWX 組 ( $40.23 \pm 4.09$  cm)、寬鬆組 ( $38.84 \pm 3.99$  cm)，三者之間約只有 2 公分的差距，從以上實驗數據來看，表示服飾給予使用者的進步幅度仍舊相當有限，外在輔助所增加的運動表現，無法與身體適應或神經傳導機制所相比，這也是為什麼在 CMJ 動作上無法達到顯著差異。不過，雖然進步的幅度微小，但統計上仍可達到統計水準，表示三款服飾之間確有功能上顯著的差異。

綜觀肌力和爆發力結果來看，機能壓力褲只在慢速等速肌力和 SJ 動作有達顯著差異，代表本次測驗結果中，機能壓力褲只在動作較慢速的情況下才有輔助的效果，未來也許可以將此款服飾應用在老年人的日常運動上，協助較緩慢動作的年長者進行一般活動；至於快速動作的輔助效果，未來可能需要再繼續從布料張力做更進一步的研究。

## 第二節 肌肉震動

本研究結果發現在 CMJ 動作的股四頭肌肌肉震動，市售 CWX 組顯著低於寬鬆組；SJ 動作的腓腸肌肌肉震動機能壓力組和市售 CWX 組都顯著低於寬鬆組。過去文獻指出，在布料對於肌肉的包覆性足夠的情況下，能夠穩定落地時地面反作用力給予肌肉晃動 (Coza et al., 2011)，過去文獻比較田徑選手穿著壓力短褲和寬鬆的運動褲在 SJ 的差異，發現壓力短褲可以減少肌肉的晃動 (Doan et al., 2003)，當能夠減少動作所產生肌肉不必要的晃動時，就能減少能量消耗，越大的肌肉晃動會產生越多的能量浪費，反之減少肌肉晃動就可以提升肌肉能量的使用效率，進而減緩肌肉疲勞或延長疲勞發生的時間，具備抗疲勞效果 (Kraemer et al., 1998)。另外，肌肉晃動幅度增加也提高肌肉受傷的機率，研究發現壓力服飾除了能夠減少跑步時的肌肉晃動，也能夠減少肌纖維的受傷比例 (Borràs et al.,

2011)。所以，機能壓力褲的漸進壓力設計，除了增加血液循環之外，也希望能給予肌肉的包覆，在運動過程中給予肌肉穩定。

原先研究假設應該要在兩個跳躍動作的股四頭肌和腓腸肌中，不論在機能壓力組和市售 CWX 組都要有較小的合加速度，但本次結果未能全部達統計上的差異，但是仍有減少肌肉震動的趨勢。腓腸肌震動是唯一在機能壓力組和市售 CWX 組都有達顯著差異，可說明 CWX 的腓腸肌線條加強，以及機能壓力組傾向於整片式包覆加強，兩種做法似乎都能夠降低肌肉的震度幅度。另外，部分結果未能全都達顯著，甚至機能壓力組產生的震動還比寬鬆組大，過去我們可能都認為將肌肉包覆的越緊，越能減少肌肉的晃動，但是當肌肉被壓力服飾所緊束時，可能會造成震動頻率分布的改變，產生不一致的結果，所以對於肌肉震動的效果仍有待後續研究證實。

### 第三節 膝關節穩定度

此次設計之機能壓力長褲在膝關節下緣有設計膕骨支撐帶，具有環狀包覆穩定膝關節的功能，和護具中的跳躍膝膕腱加壓帶為相同的設計理念，透過加壓與包覆，使膕骨避免不必要的滑動而造成疼痛或傷害。此次實驗內容雖然三款長褲在關節位移量並未達統計上的差異，但機能壓力組的在各力量的壓迫之下，關節的位移量皆是三者中仍有較小的趨勢，從六個力量所產生的關節位移量斜率來看，三款長褲則相去不遠。從本次結果來看，憑著壓力服飾的包覆或是膝關節線條支撐設計，都無法去增加膝關節韌帶的穩定，以目前一般外力輔助強度，仍無法和護具所比擬，不過膕骨支撐帶的其他作用仍可以給使用者在運動中膕骨疼痛的情況下，進行加壓來減緩疼痛。過去提到的壓力服飾提高平衡穩定動作，間接推論關節穩定 (Michael et al., 2014)，可能還是存留在提高本體感覺，導致表現增加，但是這樣的解釋，其中的細節仍需要更多未來的研究所支持。

#### 第四節 結論與建議

本研究先利用文獻的收集，利用牽張縮短循環 (SSC)概念，設計出外肌肉系統輔助肌肉收縮的機能壓力長褲，可以增加慢速等速肌力和SJ動作表現，可針對慢速動作作為增加表現的輔助服飾。而對於未來外肌肉系統在運動服飾的應用，要先了解運動的特性，才能真的輔助動作進而增加運動表現；但是針對快速等速肌力和CMJ動作並無效果，或許可以從材料張力和肌肉張力的關係作探討，分析多款不同強度的布料，找出適合的材料彈性係數，符合人體肌肉收縮的速度，作為機能壓力服飾的線條設計材質，以提升其運動表現。

此外，在肌肉震動的結果並不一致，未來可能需要探討不同壓縮程度的壓力服飾對於肌肉震動的影響機制為何？找出哪一種的壓力值的機能服飾才能對肌肉震動有最好的效果；而機能壓力服飾從直接測量膝關節位移量結果發現並無法直接增加膝關節的穩定度，未來可設計膝關節在不同動作下，測量膝關節的活動範圍，作更進一步的探討。

## 引用文獻

### 中文部份

- 陳膺成 (2012). 不同地面起跳動作之下肢肌電圖分析。 *屏東教大體育*, (15), 269-279。
- 林怡欣 (2011). 不同坡度與不同速度下走跑的下肢肌肉活動與運動學差異。 *臺灣師範大學運動科學研究所學位論文*。
- 盧英治 (2000). 衝擊式訓練的理論與實際。 *大專體育* (51), 95-102。

### 英文部份

- Aagaard, P. (2003). Training-induced changes in neural function. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 31, 61-67.
- Anderson, F. C., & Pandy, M. G. (1993). Storage and utilization of elastic strain energy during jumping. *Journal of Biomechanics*, 26(12), 1413-1427.
- Bernhardt, T., & Anderson, G. S. (2005). Influence of moderate prophylactic compression on sport performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(2), 292-297.
- Borràs, X., Balius, X., Drobnic, F., Til, L., Turmo, A., & Valle, J. (2011). Effects of lower body compression garment in muscle oscillation and tissular injury during intense exercise. *In ISBS-Conference Proceedings Archive* (Vol. 1, No. 1).
- Bosco, C., Luhtanen, P., & Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 50(2), 273-282.
- Boyer, K. A., & Nigg, B. M. (2007). Quantification of the input signal for soft tissue vibration during running. *Journal of Biomechanics*, 40(8), 1877-1880.

- Bringard, A., Perrey, S., & Belluye, N. (2006). Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise – positive effects of wearing compression tights. *International Journal of Sports Medicine*, 27, 373-378.
- Byrne, C., & Eston, R. (2002). The effect of exercise-induced muscle damage on isometric and dynamic knee extensor strength and vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 20(5), 417-425.
- Chaudhari, A. M., Jamison, S. T., McNally, M. P., Pan, X., & Schmitt, L. C. (2014). Hip adductor activations during run-to-cut manoeuvres in compression shorts: implications for return to sport after groin injury. *Journal of Sports Sciences*, (Ahead-of-Print), 1-8.
- Ciccotti, M. G., Kerlan, R. K., Perry, J., & Pink, M. (1994). An Electromyographic analysis of the knee during functional activities I. The normal profile. *The American Journal of Sports Medicine*, 22(5), 645-650.
- Coza, A., & Nigg, B. M., (2008). Compression apparel effects on soft tissue vibrations, *Proceedings of the 4<sup>th</sup> North American Congress on Biomechanics*. University of Michigan, Ann Arbor, MI, USA.
- Dascombe, B., Laursen, P., Nosaka, K., & Polglaze, T. (2013). No effect of upper body compression garments in elite flat-water kayakers. *European Journal of Sport Science*, 13(4), 341-349.
- Doan, B. K., Kwon, Y. H., Newton, R. U., Shim, J., Popper, E. M., Rogers, R. A., Bolt, L. R., Robertson, M., & Kraemer, W. J. (2003). Evaluation of a lower-body compression garment. *Journal of Sports Sciences*, 21, 601–610.
- Duffield, R., Cannon, J., & King, M. (2010). The effects of compression garments on recovery of muscle performance following high-intensity sprint and plyometric exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(1), 136-140.
- Duffield, R., & Portus, M. (2007). Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *British Journal of Sports Medicine*, 41(7), 409-414.

- Ellis, R. G., Sumner, B. J., & Kram, R. (2014). Muscle contributions to propulsion and braking during walking and running: Insight from external force perturbations. *Gait & Posture*, *40*(4), 594-599.
- Feuerbach, J. W., Grabiner, M. D., Koh, T. J., & Weiker, G. G. (1994). Effect of an ankle orthosis and ankle ligament anesthesia on ankle joint proprioception. *The American Journal of Sports Medicine*, *22*(2), 223-229.
- Fu, W., Liu, Y., Zhang, S., Xiong, X., & Wei, S. (2012). Effects of local elastic compression on muscle strength, electromyographic, and mechanomyographic responses in the lower extremity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *22*(1), 44-50.
- Higgins, T., Naughton, G. A., & Burgess, D. (2009). Effects of wearing compression garments on physiological and performance measures in a simulated game-specific circuit for netball. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *12*(1), 223-226.
- Hsu, M., Wei, S., Yu, Y., & Chang, Y. (2007). Leg stiffness and electromyography of knee extensors/flexors: Comparison between older and younger adults during stair descent. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *44*(3), 429.
- Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G. (2010). Lower limb compression garment improves recovery from exercise-induced muscle damage in young, active females. *European Journal of Applied Physiology*, *109*(6), 1137-1144.
- 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 Reviews*, *12*(1), 81-122.
- Komi, P. V., & Bosco, C. (1987). Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *10*(4), 261-5.
- Kopper, B., Csende, Z., Sáfár, S., Hortobágyi, T., & Tihanyi, J. (2013). Muscle activation history at different vertical jumps and its influence on vertical velocity. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, *23*(1), 132-139.



- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Bauer, J.A., Triplett-McBride, N. T., Paxton, N. J., Clemson A, ...Newton, R. U. (1996). Influence of compression garments on vertical jump performance in NCAA division I volleyball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10, 180-183.
- Kraemer, W. J., Bush, J. A., Newton, R. U., Duncan, N. D., Volek, J. S., Denegar, C. R., ...Newton, R. U. (1998). Influence of a compressive garment on repetitive power output production before and after different types of muscle fatigue. *Sports Medicine Training and Rehabilitation*, 8, 163-184.
- Liu, H., Garrett, W. E., Moorman, C. T., & Yu, B. (2012). Injury rate, mechanism, and risk factors of hamstring strain injuries in sports: A review of the literature. *Journal of Sport and Health Science*, 1(2), 92-101.
- Liu, Y., Fu, W. J., & Xiong, X. J. (2009) The effect of different external elastic compression on muscle strength, fatigue, EMG and MMG activity. *Proceedings of the 27th International Conference on Biomechanics in Sports*, Limerick, Ireland.
- Miyamoto, N., Hirata, K., Mitsukawa, N., Yanai, T., & Kawakami, Y. (2011). Effect of pressure intensity of graduated elastic compression stocking on muscle fatigue following calf-raise exercise. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(2), 249-254.
- Odenwald, S., & Krumm, D. (2014). Effects of elastic compression sleeves on the biodynamic response to external vibration of the hand-arm system. *Procedia Engineering*, 72, 114-119.
- Pearce, A. J., Kidgell, D. J., Griekpelis, L. A., & Carlson, J. S. (2009). Wearing a sports compression garment on the performance of visuomotor tracking following eccentric exercise: A pilot study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(4), 500-502.
- Perlau, R., Frank, C., & Fick, G. (1995). The effect of elastic bandages on human knee proprioception in the uninjured population. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(2), 251-255.

- Robert, H., Nouveau, S., Gageot, S., & Gagniere, B. (2009). A new knee arthrometer, the GNRB® : Experience in ACL complete and partial tears. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research*, 95(3), 171-176.
- Rugg, S., & Sternlicht, E. (2013). The Effect of Graduated Compression Tights, Compared With Running Shorts, on Counter Movement Jump Performance Before and After Submaximal Running. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(4), 1067-1073.
- Swanson, S. C., & Caldwell, G. E. (2000). An integrated biomechanical analysis of high speed incline and level treadmill running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(6), 1146-1155.
- Tanner, R., & Gore, C. (2000). *Physiological Tests for Elite Athletes*, 2E. Human Kinetics.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Sue, C. M., & Thompsen, C. H. (2006). Compression garments and recovery from eccentric exercise: a 31P-MRS Study. *Journal of Sports Science & Medicine*, 5(1), 106-114.
- Troynikov, O., Ashayeri, E., Burton, M., Subic, A., Alam, F., & Marteau, S. (2010). Factors influencing the effectiveness of compression garments used in sports. *Procedia Engineering*, 2(2), 2823-2829.
- Tillin, N. A., Pain, M. T. G., & Folland, J. (2013). Explosive force production during isometric squats correlates with athletic performance in rugby union players. *Journal of Sports Sciences*, 31(1), 66-76.
- Urabe, Y., Kobayashi, R., Sumida, S., Tanaka, K., Yoshida, N., Nishiwaki, G. A., ... & Ochi, M. (2005). Electromyographic analysis of the knee during jump landing in male and female athletes. *The Knee*, 12(2), 129-134.
- Wallace, L., Slattery, K., & Coutts, A. (2006). Compression garments: do they influence athletic performance and recovery. *Sports Coach*, 28(4), 38-39.
- Witchalls, J. B., Newman, P., Waddington, G., Adams, R., & Blanch, P. (2013). Functional performance deficits associated with ligamentous instability at the ankle. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 89-93.

## 附錄一 變異數分析摘要表

表 6-1 60<sup>0</sup>/s 膝關節等速肌力力矩和功率之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝伸展力矩	704.22	2	352.11	5.776*	A > C
誤差	578.83	11	52.62		
總和	1283.05	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝屈曲力矩	208.50	2	104.25	3.457*	A, B > C
誤差	260.12	11	23.64		
總和	468.62	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝伸展功率	296.72	2	148.36	1.095	
誤差	1897.45	11	172.49		
總和	2194.18	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝屈曲功率	547.05	2	273.52	3.756*	A > C
誤差	640.45	11	58.22		
總和	1187.51	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\*  $p < .05$

表 6-2 300<sup>0</sup>/s 膝關節等速肌力力矩和功率之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝伸展力矩	157.55	2	78.77	1.334	
誤差	683.33	11	62.12		
總和	840.88	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝屈曲力矩	64.38	2	32.19	1.084	
誤差	275.50	11	25.04		
總和	339.88	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝伸展功率	94.50	2	47.25	2.443	
誤差	213.12	11	19.37		
總和	307.62	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
膝屈曲功率	101.38	2	50.69	1.318	
誤差	446.12	11	40.55		
總和	547.51	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\* $p < .05$



表 6-3 CMJ 與 SJ 垂直跳高度之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
CMJ 高度	12.84	2	6.42	2.201	
誤差	25.32	11	2.30		
總和	38.16	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
SJ 高度	24.79	2	12.40	7.167*	A, B > C
誤差	24.75	11	2.25		
總和	49.55	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\* $p < .05$

表 6-4 股四頭肌在 CMJ 與 SJ 垂直跳落地肌肉震動之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
CMJ 高度	0.20	2	0.10	.775*	C > B
誤差	1.26	11	0.11		
總和	1.46	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
SJ 高度	0.05	2	0.02	.243	
誤差	0.80	11	0.07		
總和	0.85	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\* $p < .05$

表 6-5 腓腸肌在 CMJ 與 SJ 垂直跳落地肌肉震動之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
CMJ 高度	0.09	2	0.05	.099	
誤差	5.85	11	0.53		
總和	5.94	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
SJ 高度	7.47	2	3.73	6.341*	C > A, B
誤差	7.60	11	0.69		
總和	15.07	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\* $p < .05$

表 6-6 六種外力壓迫膝關節位移量與斜率之變異數分析摘要表

變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
67N	0.08	2	0.04	1.159	
誤差	0.36	11	0.03		
總和	0.44	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
89N	0.23	2	0.12	2.132	
誤差	0.67	11	0.06		
總和	0.91	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
134N	0.67	2	0.33	3.086	
誤差	1.46	11	0.13		
總和	2.13	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
150N	0.81	2	0.40	2.968	
誤差	1.82	11	0.17		
總和	2.63	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
200N	0.68	2	0.34	1.507	
誤差	2.16	11	0.20		
總和	2.84	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
250N	0.74	2	0.37	1.131	
誤差	3.44	11	0.31		
總和	4.17	13			
變異來源	SS	df	MS	F	Post-hoc
斜率	5.69	2	2.85	.201	
誤差	131.08	11	11.92		
總和	136.78	13			

註：A=機能壓力組，B=市售 CWX 組，C=寬鬆組。\* $p < .05$

## 附錄二 受試者須知暨參與同意書

研究題目：外肌肉系統應用於機能壓力服飾穿著效能評估

研究者：李啟賓

指導教授：相子元 教授

研究單位：國立臺灣師範大學運動競技學系

親愛的同學您好：

誠摯的感謝您參加本研究，在您開始進行本研究實驗之前，請您務必仔細閱讀本表內容，以幫助您了解本研究內容與實驗中需要注意的細項。

### 一、實驗目的

探討三款外肌肉線條設計的機能壓力褲於下肢肌力表現、爆發力、關節穩定度的影響，作為日後機能壓力長褲的設計依據。

### 二、實驗內容

受試者需隨機穿著三款機能壓力長褲，進行膝關節等速肌力測驗；最大努力垂直跳高度測驗；並使用 GNRB 電子關節位移計測量膝關節穩定度。

### 三、實驗流程

- (一)測量身高、體重、小腿圍、大腿圍、臀圍，並填寫受試者同意書。
- (二)10分鐘動態暖身。
- (三)隨機穿著三款機能壓力服飾，進行等速肌力、垂直跳、膝關節穩定度測驗。

### 四、受試者權益

您所填寫之個人資料絕對不會外洩，研究結果僅供論文需要發表，不做其他非研究用途，受試者相關資料以匿名方式呈現。實驗過程中您有權提出實驗相關疑問，同時可以在無原因下中止本次實驗，或是於實驗期間感到不適、或自覺無法完成本實驗，請立即告知現場任何實驗施測人員。

本研究感謝您的參與及配合，若您願意配合上述各項相關規定，且已詳閱受試者同意書內容，請在下欄簽名並填寫聯絡資訊，衷心感謝您的合作，也祝您身體健康，萬事如意！

同意受試者簽名：\_\_\_\_\_（簽名）

電話：\_\_\_\_\_

E-mail：\_\_\_\_\_

受測日期：民國\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

# 個人小傳

## 一、基本資料

姓名：李啟賓 (Chipin Lee) 生日：1990/03/29

## 二、學歷

高中：國立台灣師範大學附屬高級中學 (2005.9 - 2008.6)

大學：國立政治大學資訊管理學系 (2008.9 - 2013.6)

上海華東師範大學信息管理學系 交換生 (2012.2 - 2012.6)

碩士：國立台灣師範大學運動競技學系運動科學碩士班 (2013.9 - 2015.6)

## 三、碩士經歷

2013 巨大機械工業股份有限公司 實習生

2015 太肯運動科技股份有限公司 實習生

2015 威士登國際股份有限公司 實習生

## 四、碩士班發表著作與獲獎

年度	名稱	獎項
2013	TSBS 臺灣運動生物力學年會暨研討會—口頭發表	優秀論文獎
2014	首屆中國體育儀器器材設計科技創新設計大獎賽	入圍獎
2014	運動科技創新設計大獎賽	優選獎
2014	第八屆龍騰微笑創業競賽	佳作
2014	Asia Society of Sport Biomechanics 亞洲運動生物力學研討會—口頭發表	優秀論文獎
2014	Asia Society of Sport Biomechanics 亞洲運動生物力學研討會—海報發表	
2014	第六屆全國紡織技術論文競賽	第二名
2014	第四屆運動科技應用論文競賽	特優獎
2014	國立臺灣師範大學運動與休閒學院各系所研究生海報聯合發表會—海報發表	特優獎
2014	第 62 屆中華民國紡織工程學會研討會—海報發表	
2014	102-2 學期國立臺灣師範大學運動競技系碩士班優秀獎學金	
2014	103-1 學期國立臺灣師範大學運動競技系碩士班優秀獎學金	
2015	103-2 學期國立臺灣師範大學蘭園獎學金	
2015	中華民國斐陶斐榮譽學會—榮譽會員	
2015	紡織綜合研究期刊 25 卷第 2 期期刊—研究發表	
2015	國立臺灣師範大學運動與休閒學院各系所研究生海報聯合發表會—海報發表	佳作獎