

國立臺灣師範大學運動與休閒學院

體育學系 碩士學位論文

穿著壓縮腿套對下坡跑運動後之肌肉損傷  
與踝臂脈波傳導速率的影響

研究生：林世仁

指導教授：王鶴森

中華民國 106 年 8 月

中華民國臺北市

# 穿著壓縮腿套對下坡跑運動後之肌肉損傷與踝臂脈波傳導速率的影響

2017 年 8 月

研究生：林世仁

指導教授：王鶴森

## 摘要

**目的：**探討下坡跑運動時及下坡跑運動後穿著壓縮腿套對運動後誘發肌肉損傷及動脈硬化指標-踝臂脈波傳導速率 (baPWV) 的影響。**方法：**以 24 名無規律運動習慣之男性，並隨機分配至實驗一：運動中穿著壓縮腿套實驗，與實驗二：運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗，並以穿著壓縮腿套腳為試驗腳，另一腳為控制腳。所有受試者於前測後，依實驗處理進行 70 %保留心跳率 (70 %HRR) 強度之 30 分鐘下坡跑運動 (-10 度)，並於下坡跑運動後 24 小時進行後測，檢測項目包含：肌酸激酶 (CK)、酸痛指數、主動關節活動度 (AROM)、肌肉腫脹圍 (MSC)、最大自主等長收縮力量 (MVIC)、50%最大自主等長收縮力量-酸痛指數 (50%MVIC-酸痛指數)、股直肌厚度及 baPWV。**結果：**實驗一：1.下坡跑運動後 24 小時之 CK 值顯著高於前測 ( $p < .05$ )，且試驗腳與控制腳的 50%MVIC-酸痛指數無顯著差異 ( $p > .05$ )；2.酸痛指數、AROM、MSC、MVIC、股直肌厚度及 baPWV 等之交互作用未達顯著，主要效果部分僅時間因子達顯著差異 ( $p < .05$ )；實驗二：1.下坡跑運動後 24 小時之 CK 值顯著高於前測 ( $p < .05$ )，且試驗腳與控制腳的 50%MVIC-酸痛指數無顯著差異 ( $p > .05$ )；2.酸痛指數、AROM、MSC、MVIC 及股直肌厚度在運動前、運動後 24 小時 (穿著量測，不含 MSC、MVIC 及股直肌厚度) 及運動後 24.5 小時 (未穿著量測) 之交互作用未達顯著，主要效果部分也僅時間因子達顯著差異 ( $p < .05$ )；3.baPWV 的交互作用達顯著，運動後 24 小時試驗腳穿著壓縮腿套進行量測時之 baPWV 顯著低於控制腳 ( $p < .05$ )。**結論：**運動中或運動後穿著壓縮腿套並無法減緩下坡跑運動所引起的肌肉損傷及隨後的延遲性肌肉酸痛症狀，但可減輕運動後所引起的短暫動脈硬化之現象。

**關鍵詞：**壓縮服飾、運動傷害、離心運動、脈波傳導速率、延遲性肌肉酸痛

# Effects of wearing lower-body compression garments on muscle damage and brachial-ankle pulse wave velocity after downhill running

August, 2017

Author: Lin, Shi-Ren  
Advisor: Wang, Ho-Seng

## Abstract

**Objective:** To explore the effects of wearing lower-body compression garments on post-exercise induced muscle damage and the arterial stiffness index/brachial-ankle pulse wave velocity (baPWV) during and after downhill running. **Methods:** Twenty-four male participants without a regular habit of exercising were enrolled in this study and were randomly allocated to either Experiment One: wearing compression garments during exercise or Experiment Two: wearing compression garments for 24 hours (24 h) after exercise. After administering pre-tests to all participants, they were required to carry out 30 minutes of downhill running (-10 degrees) at an intensity of 70% heart rate reserve (70% HRR), followed by post-tests at 24 h after exercise. The test items included: creatine kinase (CK), muscle soreness index, active range of motion (AROM), muscle swelling circumference, maximum voluntary isometric contraction (MVIC), 50% maximum voluntary isometric contraction-soreness index (50% MVIC-soreness index), thickness of the rectus femoris muscle, and baPWV. **Results:** Experiment 1: 1. Twenty-four hours after downhill running exercise, the CK values were significantly higher than those before exercise ( $p < 0.05$ ) and there were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in 50% MVIC-soreness index between the experimental and control legs. 2. The interaction between soreness index, AROM, MSC, MVIC, rectus muscle thickness, and baPWV did not reach statistical significance and out of the main results, only the time factor reached statistical significance ( $p < 0.05$ ). Experiment 2: 1. Twenty-four hours after downhill running exercise, the CK values were significantly higher than those before exercise ( $p < 0.05$ ) and there were no significant differences ( $p > 0.05$ ) in

50% MVIC-soreness index between the experimental and control legs. 2. The interaction between soreness index, AROM, MSC, MVIC, and rectus muscle thickness before exercise, 24 hours after exercise (compression garments were wear but this did not include muscle swelling circumference, MVIC, and rectus muscle thickness), and 24.5 hours after exercise (compression garments not wear) did not reach statistical significance. Among the main effects, only the time factor reached statistical significance ( $p < 0.05$ ). 3. baPWV interactions reached statistical significance. baPWV at 24 hours after exercise with compression garments on the experimental legs was significantly lower than that in control legs ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** Wearing lower-body compression garments during or after exercise could not alleviate the muscle damage induced by downhill running or the subsequent occurrence of delayed onset muscle soreness, but could reduce the risk of transient arterial stiffness.

**Keywords:** compression garments, sports injury, eccentric exercise, pulse wave velocity, delayed onset muscle soreness



# 目次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
目次.....	iv
附錄.....	vi
表次.....	vii
圖次.....	viii

## 第壹章 緒論..... 1

一、問題背景.....	1
二、研究目的.....	4
三、研究假設.....	4
四、名詞操作性定義.....	4

## 第貳章 文獻探討..... 7

一、壓縮服飾與運動之相關研究.....	7
二、PWV 與運動之相關研究.....	1
三、本章總結.....	18

## 第參章 研究方法與步驟..... 19

一、受試者.....	19
------------	----

二、實驗時間.....	19
三、實驗地點.....	20
四、實驗方法與步驟.....	20
五、資料處理.....	26
<b>第肆章 結果.....</b>	<b>27</b>
一、受試者基本資料.....	27
二、運動中穿著壓縮腿套實驗.....	28
(一) 肌酸激酶 (CK).....	28
(二) 踝臂脈波傳導速率 (baPWV).....	29
(三) 運動中穿著壓縮腿套實驗各項指標的變化.....	30
三、運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗.....	32
(一) 肌酸激酶 (CK).....	32
(二) 踝臂脈波傳導速率 (baPWV).....	33
(三) 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗各項指標的變化.....	34
四、實驗一與實驗二之踝臂脈波傳導速率的差異.....	36
<b>第伍章 討論與建議.....</b>	<b>37</b>
一、運動中穿著壓縮腿套的影響.....	37
二、運動後穿著壓縮腿套 24 小時的影響.....	40
三、結論與建議.....	43

參考文獻..... 43

## 附 錄

附錄一 受試者同意書..... 50

附錄二 健康篩選問卷表..... 52

附錄三 受試者基本資料與各變項記錄之表單..... 53

附錄四 運動中穿著壓縮腿套實驗依變項之原始資料表..... 54

附錄五 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗依變項之原始資料表..... 55



## 表 次

表 2-1 運動中穿著壓縮褲或壓縮腿套的相關研究.....	9
表 2-2 運動後穿著壓縮褲或壓縮腿套的相關研究.....	12
表 4-1 受試者基本資料.....	26
表 4-2 運動中穿著壓縮腿套實驗之各項指標之變化.....	31
表 4-3 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之各項指標的變化.....	34
表 4-4 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗酸痛指數與 AROM 的變化.....	35





# 圖 次

圖 1-1 壓縮腿套之壓力值 .....	4
圖 1-2 壓縮腿套建議尺寸表 .....	5
圖 1-3 踝臂脈波傳導速率量測示意圖 .....	6
圖 3-1 實驗流程圖 .....	21
圖 3-2 測驗流程圖 .....	22
圖 3-3 脈波傳導速率測驗 .....	25
圖 4-1 運動中穿著壓縮腿套實驗之 CK 變化 .....	28
圖 4-2 運動中穿著壓縮腿套實驗之 baPWV 變化.....	29
圖 4-3 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之 CK 變化 .....	32
圖 4-4 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之 baPWV 變化.....	33
圖 4-5 試驗腳之實驗一與實驗二之 baPWV 的差異 .....	36

# 第壹章 緒論

## 第一節 問題背景

近年來運動風氣盛行，運動人口逐年成長，人們希望藉由運動促進身體健康，且達到預防或改善心血管疾病 (cardiovascular disease, CVD)、糖尿病 (diabetes) 與高血壓 (hypertension) 等疾病的好處 (Barnes, & Schoenborn, 2012)。雖然運動有許多正面的效益，但一般運動愛好者或運動員，可能會因長時間的運動訓練或比賽激增的運動量及強度，或從事不熟悉的動作形式及離心運動，導致肌纖維結構受到輕微的損傷，稱之為運動誘發肌肉損傷 (exercise-induced muscle damage, EIMD)，它會引起延遲性肌肉酸痛 (delayed onset muscle soreness, DOMS) 的產生，使身體機能短暫下降，對運動員而言會影響到運動表現，對一般民眾則將影響其日常生活品質。

通常在 EIMD 後 24 至 72 小時間 DOMS 的現象會達到高峰，同時也可以伴隨觀察到肌肉發炎指標肌酸激酶 (creatine kinase, CK) 之濃度上升、肌肉力量與關節活動度 (range of motion, ROM) 下降，以及損傷之肌肉腫脹 (肌圍或超音波影像觀察肌肉厚度)，而這些評估指標於第 5 至 7 天後逐漸恢復 (Howatson, & Van Someren, 2008; Nikolaidis et al., 2008; Lee, Bae, Hwang, & Kim, 2015)。為了減緩因 DOMS 所產生的酸痛感及肌肉力量的流失，先前有許多研究採取不同的療法來觀察 DOMS 的變化，包括：冷療法 (泡冰水)、熱療法 (超音波)、伸展療法、按摩療法和藥膏或藥物治療 (非類固醇止痛劑) 等 (Hill, & Richardson, 1989; Connolly, Sayers, & McHugh, 2003; Cheung, Hume, & Maxwell, 2003)，不過這些方法對減緩 DOMS 卻僅有些許的效果，有些甚至沒有幫助。

壓縮服飾 (Compression garments, CG) 是給予身體表面施加器械性的壓力，穩定或支撐身體的運動服飾，依穿著部位又可以分為上半身的壓縮衣及下半身的壓縮褲、壓縮腿套及壓縮襪。其中壓縮褲又包含長度至大腿以及長度至小腿之壓縮褲；而壓縮腿套又包含大腿之壓縮腿套、小腿之壓縮腿套以及涵蓋大腿與小腿之壓縮腿套等。過往，壓縮褲主要用於臨床醫療上，由 Herzog (1993) 提出穿著包覆小腿的壓縮襪可改善血液流動，

並幫助靜脈血液回流。而後 Brennan 與 Miller (1998) 研究穿著漸進式壓力的壓縮褲，發現具有防止血栓形成、促進心血管循環的效果。接著研究開始探討運動中穿著或運動後穿著壓縮褲的效益，有研究指出運動中穿著壓縮褲可減少跑步時的能量消耗 (Bringard, Perrey, & Belluye, 2006)，另外也有研究證實運動後穿著 24 小時可降低血乳酸與減緩運動後腿部的酸痛感 (Chatard et al., 2004; Bringard et al.; 2006)。不過，穿著壓縮褲對運動的效益目前仍然沒有定論，部分研究對運動中或運動後穿著壓縮褲提出支持的結果 (Jakeman, Byrne, & Eston, 2010; Goh, Laursen, Dascombe, & Nosaka, 2011; Valle et al., 2013)，也有一些研究認為並無影響 (Sperlich et al., 2013a; Hill et al., 2014)。造成此結果不一致可能的原因為：(一) 受試者間個別的差異 (年齡、身高、體重、體能水準及運動的方式) (Hill, Howatson, Van Someren, Leeder, & Pedlar, 2014; Beliard et al., 2015)；(二) 重複訓練效應 (Howatson, Van Someren, & Hortobagyi, 2007)；(三) 安慰劑效應 (Jakeman et al., 2010)。綜觀先前的研究，幾乎都是採取運動中或運動後雙腳穿著壓縮褲之方式進行，因此並無法排除受試者間個別差異的影響，或許採用同一位受試者之任一腳為穿著壓縮腿套為試驗腳，另一腳為控制腳可以是排除上述影響的較佳解決方法。

脈波傳導率 (pulse wave velocity, PWV) 為非侵體性測量動脈硬化的方式，方法簡易且能精確判斷是否有動脈硬化之現象，被認為是用來判斷動脈硬化程度最理想的指標 (Blacher, Asmar, Djane, London, & Safar, 1999)。PWV 又可分為中心 PWV (carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)、踝股 PWV (femoral-ankle pulse wave velocity, faPWV) 及踝臂 PWV (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)，且三者間經實驗證實呈正相關 (Tanaka et al., 2009; Choo et al., 2014)。由於 baPWV 的檢測方式簡易且迅速，只需脈壓帶固定於四肢，就能觀察到動脈順應性，是能用來快速評估心血管疾病的有效方法，其正常值應小於 1400 cm/s (Yamashina et al., 2003)。先前有研究表明，從事單次離心運動後 24 與 48 小時的 PWV 皆顯著高於運動前，且 CK 的反應與 PWV 的增加呈正相關 (Barnes, Trombold, Dhindsa, Lin, & Tanaka, 2010)。Barnes 等 (2010) 認為，單次離心運動會導致血管功能降低而引起 PWV 上升，亦即產生短暫動脈硬化現象，而此現象是否可藉由穿著壓縮褲來促進血液回流，進而增加血管的順應性而獲得改善，目前仍然不清楚。因此

本研究擬實施分別於運動中穿著壓縮腿套實驗以及運動後穿著 24 小時壓縮腿套實驗，給於穿著單腳的壓縮腿套，在進行下坡跑運動誘發肌肉損傷後，觀察壓縮腿套是否可有效減緩 EIMD 後 PWV 的上升與降低肌肉損傷的程度。



## 第二節 研究目的

- (一) 探討下坡跑運動時穿著壓縮腿套對 EIMD 及 baPWV 的影響。
- (二) 探討下坡跑運動後穿著壓縮腿套對 EIMD 及 baPWV 的影響。

## 第三節 研究假設

- (一) 下坡跑運動時有無穿著壓縮腿套對 EIMD 及 baPWV 有顯著差異。
- (二) 下坡跑運動後穿著壓縮腿套對 EIMD 及 baPWV 有顯著差異。

## 第四節 名詞操作性定義

### (一) 壓縮腿套：

本研究所指之壓縮腿套，係指壓縮長腿套，長度涵蓋大腿及小腿，廠牌為 2XU (澳洲)，尺寸依廠商建議之體型及臀圍與大肌肉腫脹圍而定 (如圖 1-1 所示)，壓力值為 21-23 mmHg。穿著尺寸依 2XU 廠牌所提供之穿著尺寸表如圖 1-2 所示。



圖 1-1 壓縮腿套之壓力值

UNISEX LEG SLEEVE

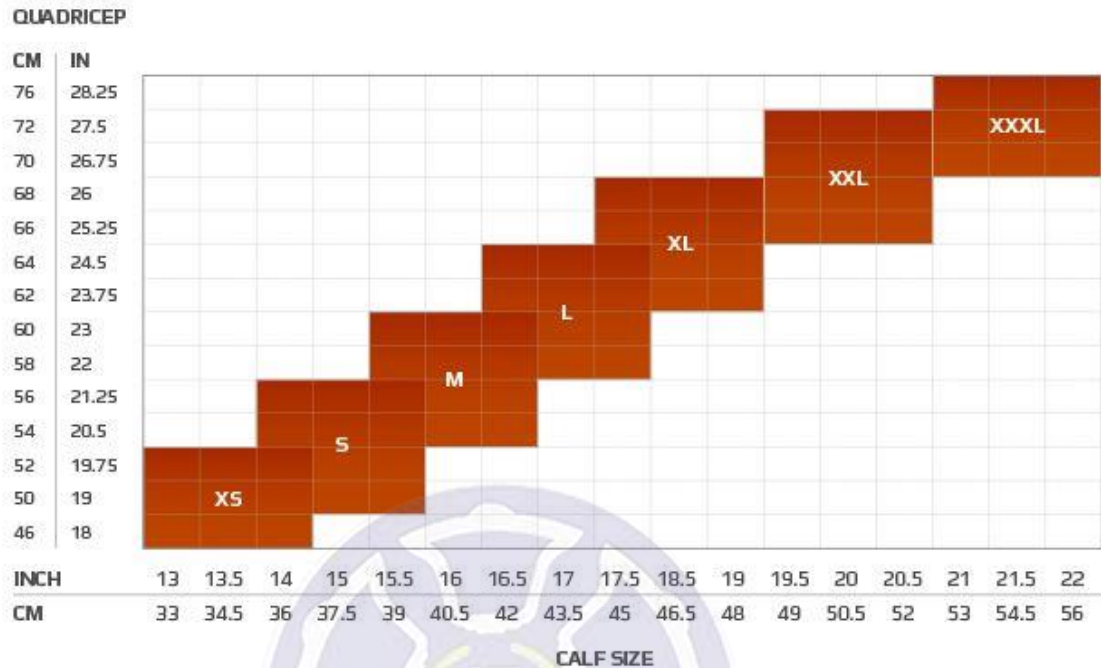


圖 1-2 2XU 壓縮腿套建議尺寸表

(二) 下坡跑運動 (downhill running) :

本研究所指之下坡跑運動，係指在原地跑步機上以-10 度之角度，70 %HRR (heart rate reserve) 之強度持續 30 分鐘之跑步運動 (Frimpong, Antwi, Asare, Antwi-Boasiako, & Dzudzor, 2013)，藉以誘發 DOMS。

(三) 肌肉損傷指標：

本研究所稱之肌肉損傷，係以 MyLab<sup>TM</sup>Five 超音波儀 (Esaote Europe BV, MST, NL) 觀察大腿股直肌之肌肉厚度的變化，以及肌肉腫脹圍、最大自主等長收縮力量、主動關節活動度與肌肉痠痛指數等為代表。

(四) 脈波傳導速率 (pulse wave velocity) :

本研究所指之 PWV 為 baPWV (踝臂脈波傳導速率)。使用儀器為 Colin VP-1000 (Colin Co.Ltd, Komaki, Japan)，依據受試者身高由儀器自動計算心臟至上臂脈波傳遞長度 (Lb) 與心臟至足踝傳遞長度 (La)，baPWV 即可由下列計算公式而得：baPWV =

$(L_a - L_b) / \Delta T$  (Chae, & Park, 2009)。(圖 1-3)

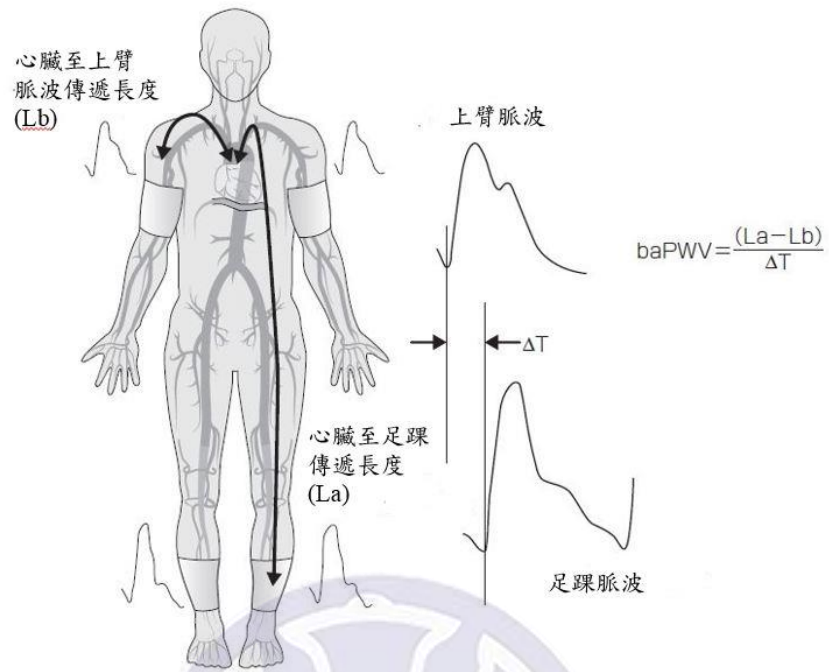


圖 1-3 踝臂脈波傳導速率量測示意圖

#### (五) 動脈硬化：

本研究所指之動脈硬化為動脈順應性，反應在血管收縮與舒張期間之擴張與回彈能力，即為動脈彈性。

## 第貳章 文獻探討

### 一、壓縮服飾與運動之相關研究

最早壓縮服飾（衣、褲）係應用於臨床醫療用途，於 1960 年開始被用來治療燒燙傷疤痕（Giele, Liddiard, Currie, & Wood, 1997），且有研究顯示用來治療燒燙傷疤痕的壓縮效果甚佳（Williams, Knapp, & Wallen, 1998），延續至今仍然在使用。後續的研究也發現藉由穿著壓縮褲所施加的壓力，可達到防止血栓的形成、促進心血管循環，並改善靜脈曲張的症狀（Herzog, 1993; Brennan & Miller, 1998）。

近幾年，壓縮服飾被更進一步的應用在許多運動項目中。研究也開始探討穿著下肢壓縮服飾與運動表現或運動後恢復的效益，惟結果仍沒有一致之定論，主要原因除了有研究設計、受試對象、實驗處理的差異之外，壓縮褲穿著的方式與種類也是研究結果不一致的可能原因。過去有關下肢壓縮服飾的穿著主要可以分為壓縮褲及壓縮腿套兩類，其中壓縮褲又分長度僅包含大腿的短壓縮褲以及長度涵蓋大腿及小腿的長壓縮褲；壓縮腿套則分大腿、小腿以及涵蓋大腿及小腿的壓縮腿套；又依穿著的時機則分為運動中穿著及運動後穿著兩類。

#### （一）運動中穿著

過去有多篇研究進行運動中穿著壓縮褲並觀察其對運動表現、能量消耗、疲勞及發炎指標等的影響（Bringard et al., 2006; Ali, Caine, & Snow, 2007; Scanlan, Dascombe, Reaburn, & Osborne, 2008; Ali, Creasy, & Edge, 2010; Duffield, Cannon, & King, 2010; Ali, Creasy, & Edge, 2011; Goh et al., 2011; Sperlich et al., 2011; Sperlich, et al., 2013a; Valle et al., 2013），綜整如表 2-1 所示。

從表 2-1 羅列的研究結果顯示，運動中穿著壓縮褲或壓縮腿套並不會影響運動中的心跳率、攝氧量與血乳酸及肌酸激酶（creatine kinase, CK）的水準（Bringard et al., 2006; Scanlan et al., 2008; Sperlich et al., 2013a）；同時，穿著壓縮褲可提升股外側肌組織中的血氧飽合濃度，但對運動表現並無明顯的幫助（Scanlan et al., 2008; Sperlich et al., 2013a）；



另外，亦有研究發現，運動中穿著壓縮褲可有效減緩運動中的疲勞感與運動後的發炎指標 Neutrophil Myeloperoxidase (MPO) 和 CD3 的產生 (Goh et al., 2011; Valle et al., 2013)。針對不同環境下穿著壓縮褲的研究，Goh 等 (2011) 使用 10 位男性跑者，分別於攝氏 10 度與 32 度的環境下進行實驗，結果發現穿著壓縮褲會改變體表溫度，但不會影響核心溫度，且在熱環境下穿著壓縮褲可顯著降低運動者的疲勞感。Ali 等 (2010) 使用三項鐵人的運動員，以  $80 \pm 5\%$  最大攝氧量進行 40 分鐘原地跑步機之運動，且需進行三次測驗，每次測驗穿著不同壓力值的包覆小腿之壓縮襪，壓力值分別為：無壓力、中度 (腳踝 15，膝蓋 12 mmHg)、重度 (腳踝 32，膝蓋 23 mmHg)，結果發現，中度壓縮襪可有效減緩運動中的疲勞感，而穿著重度壓縮襪進行運動時感覺較不舒服；接著 Ali 等 (2011) 以 12 名中長距離跑步運動員，進行 10 公里跑步運動，探討穿著不同壓力值包覆小腿之壓縮襪對運動的影響，壓力值分別為：輕度 (12-15 mmHg)、中度 (18-21 mmHg)、重度 (23-32 mmHg)，實驗結果證實穿著輕度與中度的壓縮襪對跳躍高度有較好的效益，而重度則無效。



表 2-1 運動中穿著壓縮褲或壓縮腿套的相關研究

作者 (年代)	受試者	基本資料	壓力值 (mmHg)	穿著樣式	運動方式	測量指標	效果	穿著壓縮褲的效益
Bringard 等 (2006)	男=6 經過訓練之跑者	年齡：31.2 ± 5.4 歲 身高：177.3 ± 6.6 公分 體重：66.0 ± 8.8 公斤	9.3	大腿之壓 縮褲	跑步機上進行 10、12、14 及 16 (km/h) 漸增強度測 驗，每階段維持三分鐘	運動表現	+	在跑步機上 12 km/h 的速度， 可顯著的減少能量消耗
Ali 等 (2007)	男=14 規律運動者	年齡：22.0 ± 0.4 歲 身高：174.3 ± 1.0 公分 體重：72.9 ± 2.0 公斤 $\dot{V}O_{2max}$ ：56.1 ± 0.4 ml/kg/min	18-22	包覆小腿 之壓縮襪	完成 10 公里跑步運動	運動自覺量表  酸痛指數	0  +	對運動中自主疲勞感覺無減緩  降低運動中酸痛感
Scanlan 等 (2008)	男=12 自行車運動員	年齡：20.5 ± 3.6 歲 身高：177.5 ± 4.9 公分 體重：70.5 ± 7.5 公斤 $\dot{V}O_{2max}$ ：55.2 ± 6.8 ml/kg/min	臀部 9.1 ± 2.2 腿後肌群 14.9 ± 2.3 腓腸肌 17.3 ± 3.0 腳踝 19.5 ± 3.4	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	腳踏車測功器上進行 1 小 時運動，並維持 90-100 RPM	運動表現 乳酸 血氧飽和	0 0 +	最大運動表現無幫助 血乳酸的水準無影響 股外側肌氧飽和度增加
Ali 等 (2010)	男=9 女=1 三項鐵人運動員	年齡：36.0 ± 10.0 歲 身高：180.0 ± 8.0 公分 體重：72.9 ± 13.2 公斤 $\dot{V}O_{2max}$ ：70.4 ± 6.1 ml/kg/min	輕度：0 中度：腳踝 15，膝蓋 12 重度：腳踝 32，膝蓋 23	包覆小腿 之壓縮襪	以 80±5% 最大攝氧量進行 40 分鐘原地跑步機之運動	心跳 酸痛指數 CK	0 + 0	穿著壓縮襪可以減緩運動後酸 痛感，穿著壓力值 23-32 之壓 縮襪感覺較不舒服
Duffield 等 (2010)	男=11 橄欖球運動員	年齡：20.9 ± 2.7 歲 身高：176.3 ± 5.8 公分 體重：75.4 ± 6.3 公斤	無說明	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	每分鐘衝刺 20 公尺與連續 跳躍 10 次，進行 10 分鐘	心跳 血乳酸 運動自覺量表 CK	0 0 + +	可減少運動所帶來的疲勞感

註：+：正面效應；0：無效果；MPO：骨髓過氧化酶；CD3：淋巴細胞；CK：肌酸激酶

接續表 2-1

作者 (年代)	受試者	基本資料	壓力值 (mmHg)	穿著樣式	運動方式	測量指標	效果	穿著壓縮褲的效益
Ali 等 (2011)	男=9 女=3 中長距離跑步運 動員	年齡：33.0 ± 10 歲 身高：174.0 ± 6.0 公分 體重：68.5 ± 6.2 公斤 VO <sub>2</sub> max：68.7 ± 5.8 ml/kg/min	輕度：12-15 中度：18-21 重度：23-32	包覆小腿 之壓縮襪	最快速度完成 10 公里的跑 步距離	跳躍高度 心跳率 運動自覺量表	+ 0 0	穿著低、中度之壓力襪對跳躍 高度有較好的效益，重度則無
Sperlich 等 (2011)	男=14 耐力運動員	年齡：22.1 ± 1.3 歲 身高：184.7 ± 6.8 公分 76.0 ± 7.5 公斤 VO <sub>2</sub> max：57.2 ± 4.0 ml/kg/min	0、10、20、30、 40	小腿腿套	以 70%最大攝氧量進行 45 分鐘原地跑步機之運動	心跳率 攝氧量 血乳酸	0 0 0	壓力值的高低並無影響測量的 指標
Goh 等 (2011)	男=10 規律運動的跑者	年齡：29.0 ± 10.0 歲 身高：180.0 ± 6.0 公分 體重：78.5 ± 6.3 公斤 VO <sub>2</sub> max：58.7 ± 2.7 ml/kg/min	無說明	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	分別於環境 10 度與 32 度持 續跑步 20 分鐘	心跳 運動自覺量表	0 +	在熱的環境下，穿著壓縮褲並 沒有不利的影響
Sperlich 等 (2013a)	男=7 滑雪運動員	年齡：26.0 ± 4.0 歲 身高：178.0 ± 4.0 公分 體重：80.0 ± 5.0 公斤	無：0 中度：20 重度：40	小腿之壓 縮腿套	模擬 3 分鐘的高山滑雪的 振動	振動 血氧飽合 乳酸 運動自覺量表	+ + 0 +	振動降低 股外側肌氧飽和度增加 測驗過程中血乳酸沒有改變 自主疲勞感覺減少
Valle 等 (2013)	男=15 足球運動員	年齡：25 歲 身高：177.6 ± 3.3 公分 體重：78.2 ± 5.8 公斤 VO <sub>2</sub> max：44.0 ± 7.6 ml/kg/min	無說明	單邊大腿 之壓縮褲	40 分鐘下坡跑運動 (-10 度)	MPO CD3	+ +	減少發炎指標的產生

註：+：正面效應；0：無效果；MPO：骨髓過氧化酶；CD3：淋巴細胞；CK：肌酸激酶

## (二) 運動後穿著 24 小時

不同於前述的研究觀察運動中穿著壓縮褲對運動表現及其他相關生理指標的影響，部分研究則將重點放在運動後穿著壓縮褲的相關生理效果進行探討 (Chatard et al., 2004; Trenell, Rooney, Sue, & Thompson, 2006; Jakeman et al., 2010; de Glanville, & Hamlin, 2012; Hamlin et al., 2012; Pruscino, Halson, & Hargreaves, 2013; Driller, & Halson, 2013; Sperlich, Born, Kaskinoro, Kalliokoski, & Laaksonen, 2013b; Hill, Howatson, Van Someren, Walshe, & Pedlar, 2014)，綜整如下表 2-2 所示。

從表 2-2 的研究結果可以發現在運動後穿著壓縮褲或壓縮腿套對 CK 的影響之研究結果並不一致，Hamlin 等 (2012) 與 Hill 等 (2014) 的研究結果認為運動後穿著壓縮褲並無法降低 CK 值的上升，Jakeman 等 (2010) 與 Pruscino 等 (2013) 則指出運動後穿著壓縮褲可降低 CK 值的上升，因此認為對減緩肌肉損傷具有一定程度的保護效果。另外，在肌力指標方面的研究結果也有一些分歧，Jakeman 等 (2010) 使用 17 位一般人做為受試者進行 100 次反覆跳躍後立即穿著壓縮褲 24 小時，結果發現有穿著壓縮褲的組別可減緩 MVIC 的下降，而 Hill 等 (2014) 使用 12 名規律參與馬拉松賽事的跑者做為受試者，於跑步機上進行 26.2 英里跑步後立即穿著壓縮褲 24 小時，結果發現並無減緩 MVIC 的下降。另外也有一些研究觀察壓縮褲對跑步、腳踏車運動及橄欖球運動專項測驗運動表現的影響，發現運動後穿著壓縮褲比沒穿著壓縮褲在跑步測驗、腳踏車運動及橄欖球運動專項測驗上有較好的表現，同時也可減緩運動帶來的自主感覺疲勞 (Chatard et al., 2004; de Glanville, & Hamlin, 2012; Hamlin et al., 2012)。至於在血乳酸的指標上，Driller 與 Halson (2013) 使用 14 名自行車運動員做為受試者，進行腳踏車漸增負荷測驗後立即穿著壓縮褲，穿著 24 小時後予以脫掉至 72 小時接續進行第二次腳踏車漸增負荷測驗，於第 15 分鐘時採集血液，結果認為運動後穿著壓縮褲並不會影響血乳酸值；但相反的 Hamlin 等 (2012) 使用 22 名橄欖球運動員做為受試者進行一場橄欖球比賽後立即穿著壓縮褲，穿著 24 小時後予以脫掉，並進行 1 分鐘 40 公尺衝刺折返跑 (運動完立即採集

血液) 及 3 公里跑步測驗 (運動完立即採集血液), 認為運動後穿著壓縮褲可以減少血乳酸的濃度。



表 2-2 運動後穿著壓縮褲或壓縮腿套的相關研究

作者 (年代)	受試者	基本資料	壓力值 (mmHg)	穿著樣式	運動方式	測量指標	效果	穿著壓縮褲的效益
Chatard 等 (2004)	男=12 規律騎腳踏車者	年齡：63.0±3.0 歲 身高：169.0±8.0 公分 體重：68.0±9.0 公斤	33	包覆小腿 之壓縮襪	進行 80 分鐘腳踏車運動	DOMS	+	可降低運動後 24 小時腿部的 酸痛感
Trenell 等 (2006)	男=11 業餘運動員	年齡：21.2±3.1 歲 身高：181.0±6.0 公分 體重：77.9±9.1 公斤	17	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	30 分鐘下坡走路 (-25 度)	DOMS	0	DOMS 後穿著對 CK 並無減緩 效果
Jakemean 等 (2010)	女=17 身心健康者	年齡：21.4±1.7 歲 身高：168.0±4.0 公分 體重：66.9±5.9 公斤	大腿 11.8±2.5 小腿 14.7±2.5 腳踝 6.0±2.4	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	反覆跳躍 100 下	DOMS	+	減少在 24、48 和 72 小時肌肉 力量的流失
de Glanville 與 Hamlin (2012)	男=14 鐵人三項運動員	年齡：33.8±6.8 歲 身高：180.0±1.0 公分 體重：74.6±4.4 公斤	與上述相同	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	進行兩次腳踏車運動，第一 次為自選騎 40 公里，24 小 時候進行第二次全力騎 40 公里	運動表現	+	運動後穿著 24 小時壓縮褲可 增加騎乘時輸出功率之表現
Hamlin 等 (2012)	男=22 橄欖球運動員	年齡：20.1±2.1 歲 身高：182.1±5.5 公分 體重：88.4±8.8 公斤	與上述相同	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	模擬橄欖球比賽	運動表現	+	運動後穿著 24 小時壓縮褲可 改善 40 公尺衝刺與 3 公里跑步 測驗的表現
						CK	0	對 CK 沒有影響
						乳酸	+	恢復期間減少血乳酸
						運動自覺量表	+	自主疲勞感覺減少

註：+：正面效應；0：無效果；DOMS：延遲性肌肉酸痛；CK：肌酸激酶；MVIC：最大自主等長收縮力量

接續表 2-2

作者 (年代)	受試者	基本資料	壓力值 (mmHg)	穿著樣式	運動方式	測量指標	效果	穿著壓縮褲的效益
Pruscino 等 (2013)	男=8 曲棍球運動員	年齡：21.9 ± 2.3 歲 身高：180.1 ± 8.0 公分 體重：77.9 ± 13.9 公斤	無說明	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	模擬曲棍球比賽	乳酸 CK	0 +	在運動後 24 小時 CK 與疲勞感 顯著降低
Driller 與 Halson (2013)	男=12 自行車運動員	年齡：30.0 ± 6.0 歲 身高：180.0 ± 5.0 公分 體重：75.6 ± 5.8 公斤 VO <sub>2</sub> max：66.6 ± 3.4 ml/kg/min	20.5	大腿之壓 縮褲	腳踏車漸增測驗，腳踏車上 進行 10 分鐘 100W 熱身， 而後每分鐘遞增 25W，至 第 15 分鐘進行全力騎乘至 第 30 分鐘後完成測驗	DOMS	0	DOMS 後穿著對血乳酸並無顯 著變化
Sperlich 等 (2013b)	男=6 身心健康者	年齡：22.0 ± 2.0 歲 身高：181.0 ± 7.0 公分 體重：72.0 ± 4.0 公斤	37	小腿之壓 縮腿套	腳踏車漸增測驗，腳踏車上 進行 10 分鐘 100W 熱身， 而後每分鐘遞增 25W，至 第 20 分鐘後降低強度至 75% 最大攝氧量並維持至 第 30 分鐘後完成測驗	血液流動	0	在肌肉組織中的血流量減少
Hill (2014)	男=8 女=4 馬拉松跑者	年齡：47.7 ± 10.8 歲 身高：177.8 ± 10.2 公分 體重：73.3 ± 14.4 公斤	無說明	涵蓋大腿 與小腿之 壓縮褲	自選速度完成 26.2 英哩跑 步機跑步	CK MVIC 運動自覺量表	0 0 +	穿著壓縮褲無法減緩 CK 的提 升及 MVIC 的下降

註：+：正面效應；0：無效果；DOMS：延遲性肌肉酸痛；CK：肌酸激酶；MVIC：最大自主等長收縮力量

綜觀上述之研究，不管在運動過程中或運動後穿著壓縮褲，研究結果並不完全一致。除了壓縮褲或腿套的選擇及壓縮的壓力值不同之外，另一個值得注意的是除了 Valle 等 (2013)，過去的研究皆是以雙腳穿著或未穿著的實驗處理方式進行，而這種實驗設計並無法排除個體的性別、體能水準、訓練量及運動努力程度等的差異，可能是造成這些研究結果不一致的主要原因。而 Valle 等 (2013) 使用 15 位足球選手作為受試對象，採用單腳穿著之設計，將大腿壓縮短褲隨機裁掉一邊，以穿著腳為試驗腳，未穿著腳為控制腳之實驗設計，進行 40 分鐘下坡跑運動 (-10 度)，藉此排除受試者間的差異，所有受試者完成運動後立即脫下壓縮褲，並於運動後於 24 小時與 48 小時，以肌肉生檢 (biopsy) 的方法觀察兩隻腳細胞發炎指標 (MPO 和 CD3)，結果發現穿著壓縮褲的腳有較低的 MPO 與 CD3，研究結果支持運動中穿著壓縮褲可有效減緩 EIMD 所引起的發炎現象。





## 二、PWV 與運動之相關研究

動脈硬化的檢測可以有效預測心血管疾病 (Cardiovascular disease, CVD) 的風險。以測量的方式而言，主要分成侵入性與非侵入性測量，侵入性測量包括動脈顯影與血管內超音波 (intravascular ultrasound, IVUS)，可直接瞭解動脈脂肪堆積或管壁增生情形，但需耗費較長的檢測時間，且需要有接受過專業訓練的醫療人員進行實施與判斷，因此相對受到許多限制。非侵入性測量方式為近年來被廣泛應用的PWV檢測，其施測方法簡單省時，且可有效預測心血管疾病的發生風險，被認為是監控動脈硬化程度重要的指標 (Blacher et al, 1999; Lemos et al, 2007)。PWV檢測方法主要分成三種，(一) 中心脈波傳導速率 (carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)；(二) 踝股脈波傳導速率 (femoral-ankle pulse wave velocity, faPWV)；(三) 踝臂脈波傳導速率 (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)。

### (一) 中心脈波傳導速率 (carotid-femoral pulse wave velocity, cfPWV)

測量位置：主要量測人體中心動脈傳遞速率。

測量方法：測量頸動脈 (carotid) 與股動脈 (femoral) 之脈波傳遞速率，即量測兩點之間的距離 (Dc-f) 除以時間 $\Delta T$ 即可得到cfPWV (Tanaka et al., 2009)。

### (二) 踝股脈波傳導速率 (femoral-ankle pulse wave velocity, faPWV)

測量位置：主要量測人體下肢動脈傳遞速率。

測量方法：測量踝動脈 (ankle) 與股動脈 (femoral) 之脈波傳遞速率，即量測兩點之間的距離 (Df-a) 除以時間 $\Delta T$ 即可得到faPWV (Nagasaki et al., 2011)。

### (三) 踝臂脈波傳導速率 (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)

測量位置：主要量測人體全身動脈傳遞速率。

測量方法：測量上臂脈波傳遞長度 (Lb) 與心臟至足踝傳遞長度 (La)，baPWV即可由下列計算公式而得： $baPWV = (La-Lb) / \Delta T$  (Tanaka et al., 2009)。

過去臨床實驗觀察cfPWV、faPWV與baPWV之間的相關性，經實驗證實三者間呈正相關 (Tanaka et al., 2009; Choo et al., 2014)。由於baPWV比cfPWV與faPWV的檢測方式便

利及省時，且能有效反應動脈順應性，是能用來快速評估心血管疾病的有效方法。

先前研究發現，增加有氧適能水準與有效降低動脈硬化程度有關 (Moreau, Donato, Seals, DeSouza, & Tanaka, 2003; Ferreira et al., 2005)，也有研究說明從事規律的有氧運動可有效降低PWV (Hayashi, Sugawara, Komine, Maeda, & Yokoi, 2005)。Otsuki等 (2007) 的研究比較規律有氧運動、重量訓練與坐式生活者的cfPWV，結果發現規律有氧運動組比重量訓練組及坐式生活組有較低的cfPWV；另外，Choi等 (2010) 研究12位田徑擲部運動員 (標槍與鉛球)、10位中長距離耐力運動員及12位坐式生活者，比較安靜時cfPWV的差異，發現耐力運動員cfPWV顯著低於田徑擲部運動員；Laurent等 (2011) 分析30位耐力運動員與30位坐式生活者安靜時之cfPWV，發現耐力運動員顯著低於坐式生活者；同時也有研究說明規律運動者的PWV顯著低於相同年齡者 (Tanaka, DeSouza, & Seals, 1998; Otsuki et al., 2006)，顯示出規律有氧運動可能可以延緩動脈硬化。相反的，進行阻力訓練則可能使PWV短暫上升 (Heffernan, Jae, Echols, Lepine, & Fernhall, 2007)，推測可能與阻力運動後肌肉的發炎有關。Barnes等 (2010) 以27名坐式生活男性進行腿部與手部離心運動來誘發肌肉損傷，藉以探討肌肉損傷與發炎反應對PWV的影響，結果發現CK的反應與PWV的增加呈正相關，且離心運動後48小時PWV仍顯著高於運動前，因此Barnes等 (2010) 認為，單次離心運動損壞局部微血管會導致血管功能降低，進而引起PWV上升。

### 三、本章總結

綜觀上述文獻，歸納出下述幾點：

- (一) DOMS 會使肌肉功能與運動表現能力下降，因此對運動員來說會降低運動表現與競賽成績，對一般運動者來說則是或影響日常生活品質。因此採取穿著壓縮褲的策略，達到預防或舒緩 DOMS 現象的產生，或許是可行的方法。
- (二) 過去的研究皆是以運動中及運動後雙腳穿著或未穿著的實驗處理方式進行，並無法排除個體的性別、體能水準、訓練量及運動努力程度等的差異，可能是造成這些研究結果不一致的主要原因。因此本研究擬採用單腳穿著之設計，以穿著腳為試驗腳，未穿著腳為控制腳之實驗設計，藉此排除受試者間的差異。
- (三) 研究證實，阻力運動後 CK 的反應與 PWV 的增加呈顯著正相關，PWV 的上升可能與急性發炎有關。部分研究認為運動中穿著或運動後穿著 24 小時壓縮褲可減緩 CK 濃度的提升，然而對 PWV 是否有一樣之效用，尚未有研究說明。



## 第參章 研究方法

本章共分為五個部分：一、受試者；二、實驗時間；三、實驗地點；四、方法與步驟；五、資料處理。

### 一、受試者

本研究招募24位男性，年齡需介於18歲至30歲，並符合下列研究對象納入及排除條件的自願參與者。本研究對象納入條件為：（一）無規律運動者；（二）無心血管疾病、糖尿病、呼吸功能障礙、胸痛、神經肌肉及骨關節疾病史者；（三）無抽菸及喝酒習慣者；（四）無服用心血管疾病之藥物；（五）無醫師診斷為不適宜運動，且無行動障礙者。本研究受試對象之排除條件為：（一）曾接受過腿部手術者；（二）規律服用營養增補品者。所有符合本研究受試對象之納入及排除條件，且有意願參與本研究，將由研究人員進一步詳細告知受試者，本實驗內容與流程及可能發生的危險，之後請每位受試者簽署受試者同意書並填寫基本資料。實驗採隨機分配之方式，將受試者分配至運動中穿著壓縮腿套實驗（實驗一）及運動後穿著24小時壓縮腿實驗（實驗二），各12名。

正式測驗前，前一週教導所有受試者熟悉運動器材及測量方式，且告知進行實驗期間應配合之注意事項：（一）實驗進行前72小時及實驗期間禁止激烈運動；（二）實驗期間禁止服用任何營養增補劑與藥物；（三）進行實驗時，維持正常飲食習慣與充足睡眠；（四）實驗前48小時至完成實驗前，禁止飲用含咖啡因相關飲品；（五）運動測量前，受試者會被詢問是否遵守上述規定，如有違反，則需另訂測驗時間。

### 二、實驗時間

民國 105 年 2 月至 105 年 5 月

### 三、實驗地點

國立臺灣師範大學公館校區運動生理學實驗室、運動生物力學實驗室與國立臺灣大學體育館二樓運動科學實驗室。

### 四、實驗方法與步驟

所有受試者需閱讀『受試者同意書 (附錄一)』之內容後並簽名，接續填寫『健康篩選問卷表 (附錄二)』。實驗測量包含：1、主動關節活動度 (active range of motion, AROM)；2、酸痛指數；3、股直肌厚度；4、肌肉腫脹圍 (muscle swelling circumferences, MSC)；5、最大自主等長收縮力量 (maximal voluntary isometric contractions, MVIC)；6、踝臂脈波傳導速率 (brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)；7、50%最大自主等長收縮力量-酸痛指數 (50%MVIC-酸痛指數)；8、血液採集 (分析肌酸激酶)；9、安靜心跳率 (僅於前測進行) 的量測。量測時間點分別為下坡跑運動前 1 天 (前測) 與下坡跑運動後 24 小時 (後測)。穿著壓縮腿套之時間點分別為：1、運動中穿著壓縮腿套實驗在下坡跑運動前 5 分鐘穿著完成，下坡跑運動完成後立即脫下；2、運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗在完成下坡跑運動後立即穿著壓縮腿套 24 小時，穿著 24 小時後回實驗室時需完成 baPWV、AROM 及酸痛指數之量測後，再予以脫下壓縮腿套，並在 24.5 小時進行未穿著壓縮腿套量測上述所有指標。實驗流程與測驗流程如圖 3-1 和 3-2 所示。

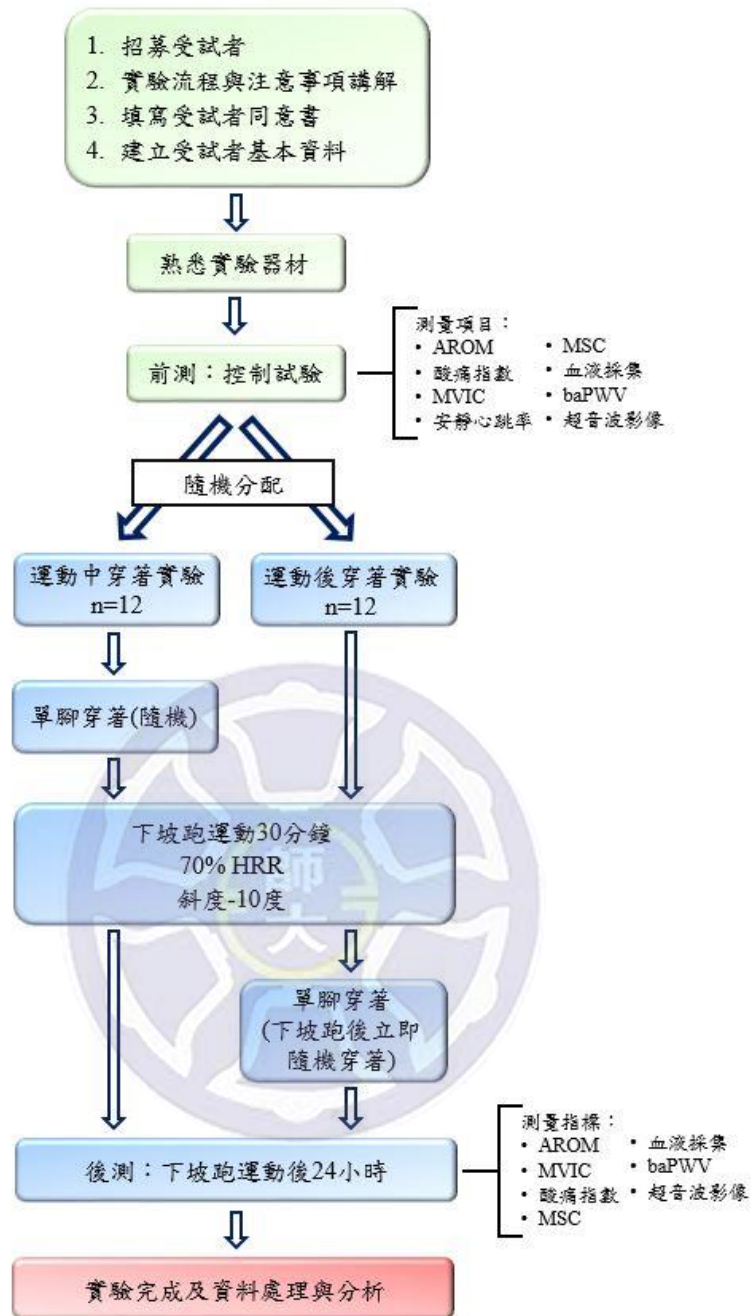


圖 3-1 實驗流程圖

MVIC (maximal voluntary isometric contractions)：最大自主等長收縮力量；MSC (muscle swelling circumferences)：肌肉腫脹圍；AROM (active range of motion)：主動關節活動度；baPWV (brachial-ankle pulse wave velocity)：踝臂脈波傳導速率

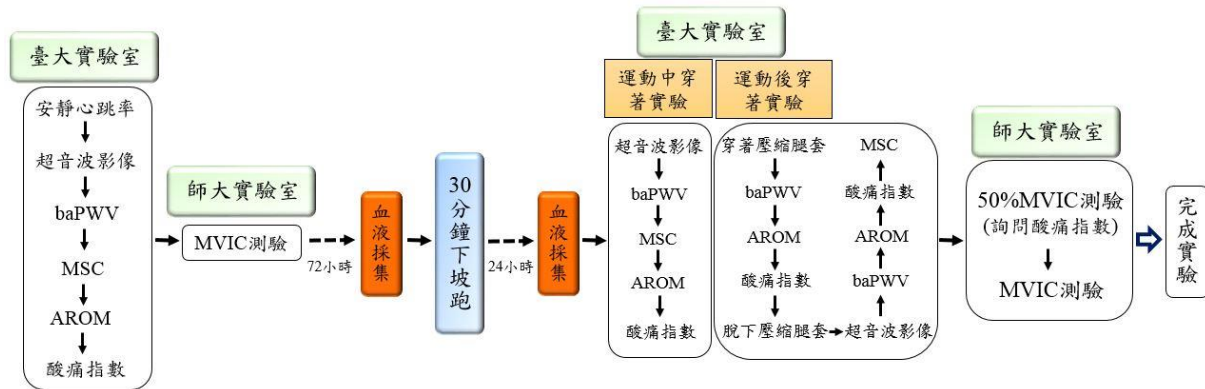


圖 3-2 測驗流程圖

MVIC (maximal voluntary isometric contractions)：最大自主等長收縮力量；MSC (muscle swelling circumferences)：肌肉腫脹圍；AROM (active range of motion)：主動關節活動度；baPWV (brachial-ankle pulse wave velocity)：踝臂脈波傳導速率

### (一) 實驗前測

本研究需接受一次前測，測驗項目包含：安靜心跳率、最大自主等長收縮力量、肌肉腫脹圍、酸痛指數、主動關節活動度與 baPWV 檢測。

### (二) 實驗處理：壓縮腿套穿著方式

本研究採用 2XU (澳洲) 之壓縮腿套，長度涵蓋大腿及小腿。受試者於前測完成後，以隨機分配方式將受試者分為運動中單腳穿著壓縮腿套實驗及運動後單腳穿著壓縮腿套 24 小時實驗，所有受試者皆以隨機方式僅於左腳或右腳穿著壓縮腿套。

### (三) 實驗設計

#### 1. 操弄變項 (自變項)

本研究為 2x2 實驗設計，自變項為有、無穿著單腳之壓縮腿套 (重複因子：試驗腳與控制腳) 和時間 (重複因子：下坡跑運動前與下坡跑運動後 24 小時)。

#### 2. 測量變項 (依變項)

本研究依變項為：最大自主等長收縮力量、肌肉腫脹圍、酸痛指數、主動關節活動度與 baPWV 檢測。

#### (四) 下坡跑運動

每位受試者需採臥姿安靜休息 10 分鐘，再以中指與食指放置橈動脈測 15 秒之脈搏，依量測數值乘以 4，所得數值為安靜心跳率，並計算最大預估心跳率 (220 - 年齡) 後，接續計算保留心跳率 (heart rate reserve, HRR) (最大心跳率 - 安靜心跳率)，再以 HRR 計算出 70 % 目標心跳率 (target heart rates, THR)。然後使用特殊訂製鐵架將 Momentum T5 (Momentum T5 Smooth Fitness, Taiwan) 跑步機架起，並設置在-10 度的斜度，進行 30 分鐘的下坡跑運動，以讓受試者誘發 DOMS (Frimpong et al., 2013)。進行 30 分鐘的下坡跑運動時，會先讓受試者在跑步機上以 4.0 km/hr 速度進行 5 分鐘的熱身，隨後依受試者的目標心跳率予以調整跑步機的速度 (心跳率控制於  $\pm 5$  次/分)。本研究 70%THR 之計算方式如下：

$$70\%THR = (\text{最大心跳率} - \text{安靜心跳率}) * (70\% \text{運動強度}) + \text{安靜心跳率}$$

#### (五) 檢測指標

1. 血液採集：由護士在受試者之肘靜脈抽取 5 ml 血液樣本，隨後將血清管置入離心機後抽出血清，並放入 -70°C 冰箱保存，於日後統一分析。生化指標為 CK。CK 的濃度採用乾式化學法進行分析。主要檢測的使用儀器為全自動生化分析儀 VITROS5-1 FS (Ortho-Clinical Diagnostics, Inc, USA)、使用試劑為 Vitros Chemistry Products CK slides、檢測極限之最低濃度為 20 U/L。
2. 肌肉腫脹圍：量測方式為受試者原地站立，接續測量髂前上棘 (anterior superior iliac spine, ASIS) 至髕骨上緣，並取兩點之間的中點，用手術筆進行標記，之後進行大肌肉腫脹圍量測，量測兩次取平均值作為受試者肌肉腫脹程度的判別，量測單位為公厘 (mm)。
3. 超音波檢測：係以 MyLab<sup>TM</sup>Five 超音波儀 (Esaote Europe B.V., Maastricht, Netherlands) 進行檢測，量測方式為受試者仰臥於床上，並在髂前上棘至髕骨上緣取兩點之間的中點，用記號筆進行標記，確保兩次量測皆為相同位置。採用 18mhz 線性探頭，分別拍攝垂直面與水平面之肌肉並記錄股直肌之肌肉厚



- 度。
4. 酸痛指數及主動關節活動度：採視覺類比量表 (visual analogue scale, VAS) 之方式，讓受試者主觀的評估肌肉酸痛程度。評估時，讓受試者側躺，接續請受試者小腿後勾接近臀部，當受試者後勾過程中，出現大腿酸痛的情形時即停止後勾，維持三秒後讓受試者畫出量表上酸痛情形，「0」為無酸痛感，「10」為非常酸痛 (Maridakis, O'Connor, Dudley, & McCully, 2007)，隨後保持此位置，並使用 true angle goniometer 關節活動度量尺進行量測，最後由終點角度減去起點角度，即為主動關節活動度。
  5. 主動關節活動度：讓受試者俯臥於床上，以膝關節為中心點，讓大腿與小腿之間關節角度平行為起點，接續請受試者使小腿後勾接近於臀部，當受試者後勾過程中，出現大腿酸痛的情形，立即停止後勾為終點，並保持此位置進行量測，最後由終點角度減去起點角度，即為主動關節活動度。
  6. 最大自主等長收縮力量：本研究使用 Biodex 等速肌力分析系統 (System 3 Pro, Biodex Medical Systems, Inc, USA) 測量最大自主等長肌力。
    - (1) 熱身活動：測試前需在跑步機以 4.0 km/hr 進行 5 分鐘的動態熱身及 5 分鐘腿部的靜態伸展，共 10 分鐘的標準化熱身，刺激肌肉進入準備狀態。
    - (2) 檢測方法：受試者臀部與軀幹需固定並緊靠於座椅上，設定關節活動範圍 (0-90 度)，膝關節彎曲於 70 度測試位置，接受三次測驗且每次間隔 1 分鐘，取 3 次加總平均值作為受試者 MVIC (Maridakis et al., 2007)。
  7. 50%MVIC-酸痛指數：後測時，增加實施前測所得之 50 %MVIC，實施過程中受試者需觀看儀器螢幕中的力量曲線圖，當達到 50 %MVIC 時需維持 3 秒，讓受試者畫出量表上酸痛情形，「0」為無酸痛感，「10」為非常酸痛，記錄肌肉酸痛程度。
  8. baPWV 檢測：本研究採取非侵體性方式檢測動脈硬化程度。受試者以臥姿安

靜休息 5 分鐘後開始量測，測量環境為一個安靜且完全獨立的房間，由固定一位測量員實施標準施作流程並記錄結果。檢測儀器為 Colin VP-1000 (Colin Co.Ltd, Komaki, Japan)，本儀器同時可記錄 baPWV、血壓與心電圖。受試者採臥姿，心電圖電極分置於兩手腕，麥克風置於胸骨左側，四副壓脈帶分別置於兩側手臂與兩側足踝上，如圖 3-4 所示。依據受試者身高儀器將自動計算，受試者心臟至上臂脈波傳遞長度 (Lb) 與心臟至足踝傳遞長度 (La)，最後 baPWV 即可由下列計算公式而得： $baPWV = (La-Lb) / \Delta T$  (Tomiyaama et al., 2003)，代表動脈硬化程度的指標。



圖 3-3 脈波傳導速率測驗

上述所有檢測指標皆在控制試驗與下坡跑運動後 24 小時進行量測。

## 五、資料處理

本研究所得結果以 SPSS23.0 統計套裝軟體進行下列考驗與分析：

(一) 所有測得之數據皆以平均數 (M) 標準差 (SD) 進行描述性統計。

(二) 以相依樣本  $t$  檢定進行如下之比較：

1. 運動前與運動後 24 小時 CK 值的差異顯著情形。
2. 有、無穿著壓縮腿套之 50% MVIC-酸痛指數差異顯著情形。

(三) 以重複量數二因子變異數分析進行如下之比較：

1. 運動中穿著壓縮腿套實驗 (試驗腳與控制腳) 之運動前與運動後 24 小時 (時間因子) 肌肉損傷及 baPWV 的差異顯著情形。
2. 運動後穿著壓縮腿套實驗 (試驗腳與控制腳) 之運動前與運動後 24 小時 (時間因子) 肌肉損傷及 baPWV 的差異顯著情形。

(四) 以混合設計二因子變異數分析進行如下之比較：

試驗腳在運動中穿著壓縮腿套實驗與運動後穿著 24 小時壓縮腿套實驗之 baPWV 的差異顯著情形。

(五) 若考驗結果交互作用達顯著，則進一步進行單純主要效果考驗，本研究事後比較採杜凱法進行。

本研究統計分析的顯著水準訂為  $\alpha = .05$

## 第肆章 結果

本章依實驗所得數據分成，一、受試者基本資料；二、運動中穿著壓縮腿套實驗：(一) 肌酸激酶 (二) 踝臂脈波傳導速率 (三) 運動中穿著壓縮腿套實驗各項指標的變化；三、運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗：(一) 肌酸激酶 (二) 踝臂脈波傳導速率 (三) 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗各項指標的變化；四、實驗一與實驗二之踝臂脈波傳導速率的差異

### 一、受試者基本資料

本研究以 24 位自願參加之健康且無規律運動習慣的男性，隨機分配至運動中穿著壓縮腿套實驗 (n=12) 與運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗 (n=12)，兩組基本資料如表 4-1 所示。

表 4-1 受試者基本資料

項目	運動中穿著壓縮腿套實驗 (n=12)	運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗 (n=12)
年齡 (yr)	23.0 ± 2.8	23.6 ± 2.4
身高 (cm)	174.9 ± 5.0	174.0 ± 5.3
體重 (kg)	70.1 ± 9.3	67.6 ± 9.1
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	22.9 ± 3.0	22.4 ± 3.0

## 二、運動中穿著壓縮腿套實驗

### (一) 肌酸激酶 (CK)

本研究運動中穿著壓縮腿套實驗 (n=12) 在下坡跑運動前 ( $240.92 \pm 189.67$  U/L) 與運動後 24 小時 ( $467.08 \pm 229.64$  U/L) 所測得 CK 之數值，經相依樣本  $t$  檢定分析後，達顯著差異 ( $t = -48.4, p < .05$ )，如圖 4-1 所示。

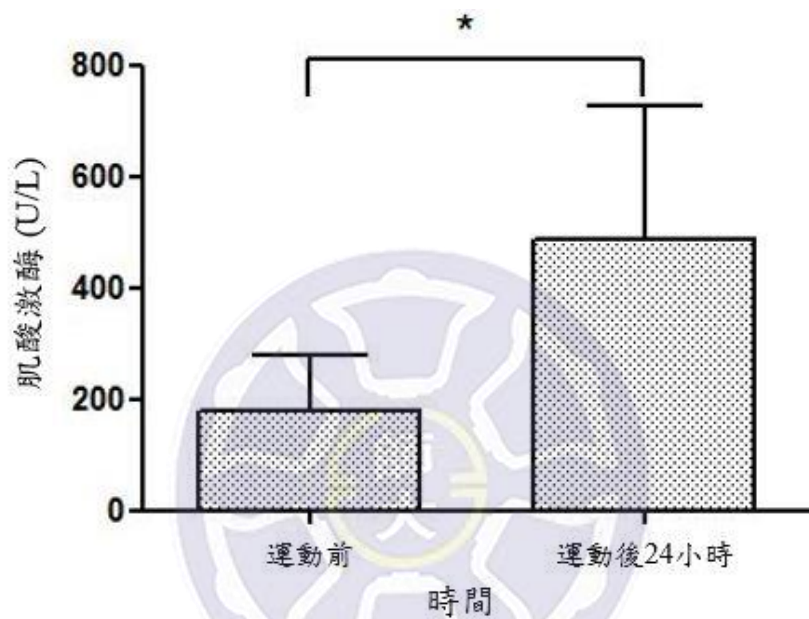


圖 4-1 運動中穿著壓縮腿套實驗之 CK 變化

\*表示運動前與運動後 24 小時有顯著差異 ( $p < .05$ )

## (二) 踝臂脈波傳導速率 (baPWV)

本研究運動中穿著實驗在下坡跑運動前和運動後 24 小時所測得 baPWV 之數值，經由重複量數二因子變異數分析後，交互作用未達顯著 ( $F = 0.12, p > .05$ )，主要效果部分，試驗腳與控制腳兩者未達顯著差異 ( $F = 2.52, p > .05$ )，僅時間因子有顯著差異 ( $F = 6.33, p < .05$ )，經事後比較發現，運動後 24 小時之 baPWV (試驗腳  $1120.58 \pm 179.68$  cm/s；控制腳  $1100.83 \pm 180.34$  cm/s) 顯著高於運動前 (試驗腳  $1049.00 \pm 133.81$  cm/s；控制腳  $1036.83 \pm 134.22$  cm/s)，如圖 4-2 所示。

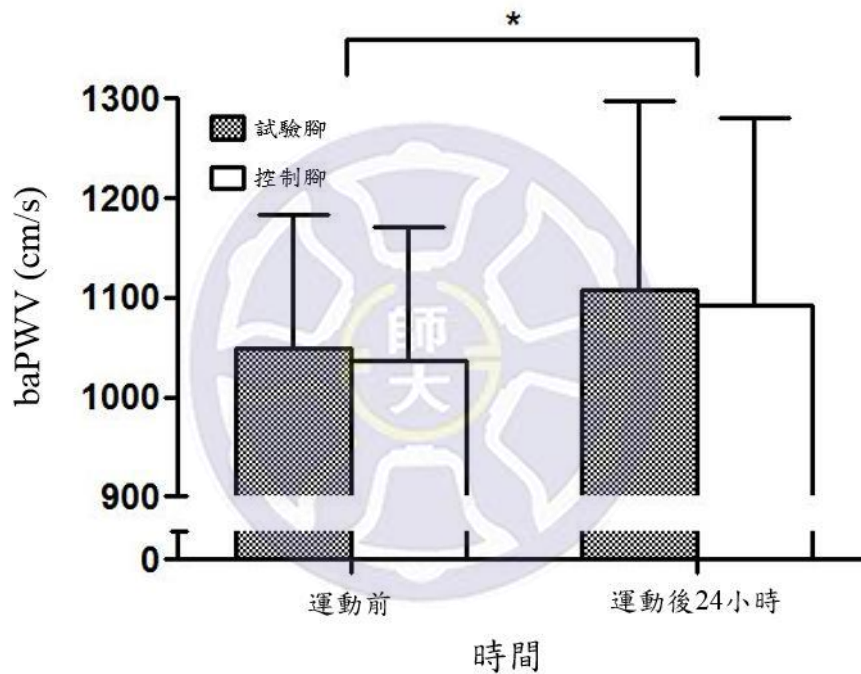


圖 4-2 運動中穿著壓縮腿套實驗之 baPWV 變化

\*表示運動前與運動後 24 小時有顯著差異 ( $p < .05$ )

### (三) 運動中穿著壓縮腿套實驗之各項指標的變化

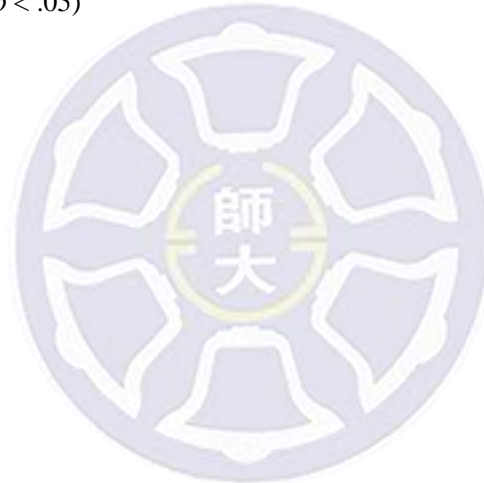
本研究之 50% 最大自主等長收縮力量-酸痛指數 (試驗腳： $5.53 \pm 1.30$ ，控制腳： $5.44 \pm 1.27$ ) 經相依樣本  $t$  檢定分析後，未達顯著差異 ( $p > .05$ )，說明運動中穿著壓縮腿套並不會影響 50% MVIC-酸痛指數的變化。

另外，在肌肉腫脹圍 (MSC)、酸痛指數、主動關節活動度 (AROM)、最大自主等長收縮力量 (MVIC)、股直肌厚度，經由重複量數二因子變異數分析後，交互作用皆未達顯著，僅時間因子達顯著差異，經事後比較後發現 (1) MSC 在運動後 24 小時試驗腳 ( $53.63 \pm 4.35$  公分) 與控制腳 ( $53.64 \pm 4.14$  公分) 顯著高於運動前試驗腳 ( $53.25 \pm 4.22$  公分) 與控制腳 ( $52.98 \pm 4.31$  公分)。(2) 酸痛指數在運動後 24 小時試驗腳 ( $4.71 \pm 1.84$ ) 與控制腳 ( $4.40 \pm 1.41$ ) 顯著高於運動前試驗腳 ( $1.90 \pm 1.33$ ) 與控制腳 ( $2.15 \pm 1.35$ )。(3) AROM 在運動後 24 小時試驗腳 ( $113.42 \pm 8.13$  度) 與控制腳 ( $112.25 \pm 2.01$  度) 顯著低於運動前試驗腳 ( $121.08 \pm 7.77$  度) 與控制腳 ( $120.08 \pm 5.79$  度)。(4) MVIC 在運動後 24 小時試驗腳 ( $161.08 \pm 43.18$  Nm) 與控制腳 ( $172.03 \pm 54.41$  Nm) 顯著低於運動前試驗腳 ( $206.88 \pm 44.05$  Nm) 與控制腳 ( $216.24 \pm 48.14$  Nm)。(5) 股直肌厚度在運動後 24 小時試驗腳 ( $24.96 \pm 2.70$  公厘) 與控制腳 ( $24.86 \pm 2.92$  公厘) 顯著高於運動前試驗腳 ( $24.03 \pm 2.46$  公厘) 與控制腳 ( $24.13 \pm 3.32$  公厘)，如下表 4-2 所示。

表 4-2 運動中穿著壓縮腿套實驗之各項指標之變化

依變項	時間	運動前 (基礎值)	運動後 24 小時	F
肌肉腫脹圍 (MSC) (公分)	試驗腳	53.25 ± 4.22	53.63 ± 4.35*	3.72
	控制腳	52.98 ± 4.31	53.64 ± 4.14*	
酸痛指數 (0-10)	試驗腳	1.90 ± 1.33	4.71 ± 1.84*	1.09
	控制腳	2.15 ± 1.35	4.40 ± 1.41*	
主動關節活動度 (AROM) (度)	試驗腳	121.08 ± 7.77	113.42 ± 8.13*	0.01
	控制腳	120.08 ± 5.79	112.25 ± 5.01*	
最大自主等長收縮力量 (MVIC) (Nm)	試驗腳	206.88 ± 44.05	161.08 ± 43.18*	0.08
	控制腳	216.24 ± 48.14	172.03 ± 54.41*	
股直肌厚度 (公厘)	試驗腳	24.03 ± 2.46	24.96 ± 2.70*	0.69
	控制腳	24.13 ± 3.32	24.86 ± 2.92*	

\*表示與運動前有顯著差異 ( $p < .05$ )





### 三、運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗

#### (一) 肌酸激酶 (CK)

本研究運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗 (n=10) 在下坡跑運動前 ( $177.80 \pm 102.54$  U/L) 與運動後 24 小時 ( $485.70 \pm 239.99$  U/L) 所測得 CK 之數值，經相依樣本  $t$  檢定分析後，達顯著差異 ( $t = -4.09, p < .05$ )，如圖 4-3 所示。

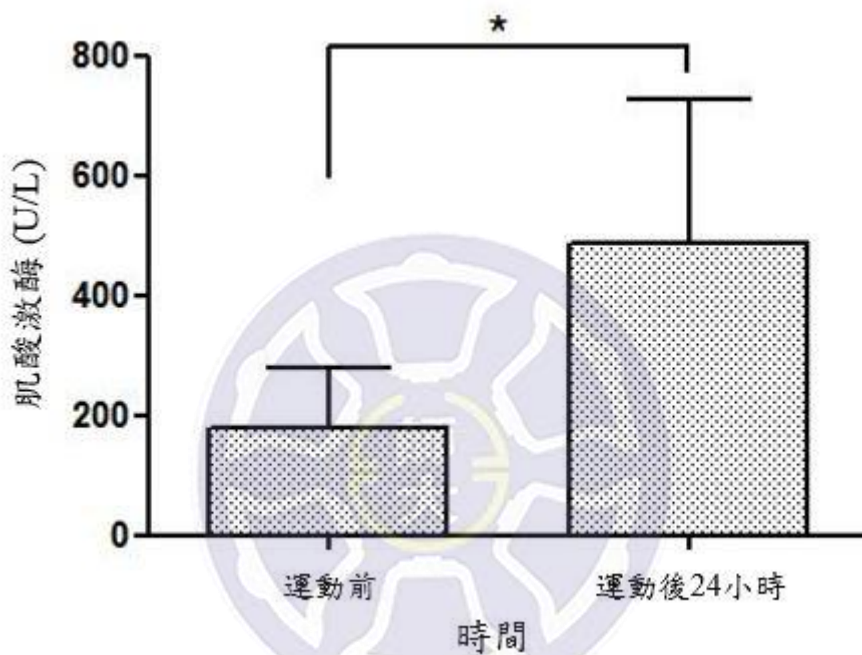


圖 4-3 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之 CK 變化

\*表示運動前與運動後 24 小時有顯著差異 ( $p < .05$ )

## (二) 踝臂脈波傳導速率

本研究之運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗，在下坡跑運動前、運動後 24 小時與運動後 24.5 小時，所測得 baPWV 之數值經由重複量數二因子變異數分析後，結果顯示有無穿著與時間因子交互作用達顯著 ( $F = 31.56, p < .05$ )，進一步分析單純主要效果顯示：

- (1) 運動後 24 小時之 baPWV 試驗腳 ( $955.92 \pm 99.79$  cm/s) 顯著低於控制腳 ( $1063.50 \pm 93.94$  cm/s) ( $p < .05$ )。
- (2) 試驗腳在三個時間點皆達顯著差異 (下坡跑運動前： $1067.75 \pm 91.76$  cm/s；運動後 24 小時： $955.92 \pm 99.79$  cm/s；運動後 24.5 小時： $1146.92 \pm 111.49$  cm/s) ( $p < .05$ )。
- (3) 控制腳在運動後 24.5 小時 ( $1152 \pm 104.46$  cm/s) 顯著高於下坡跑運動前 ( $1041.58 \pm 91.06$  cm/s) 與運動後 24 小時 ( $1063.5 \pm 93.94$  cm/s) ( $p < .05$ )，如圖 4-4 所示。

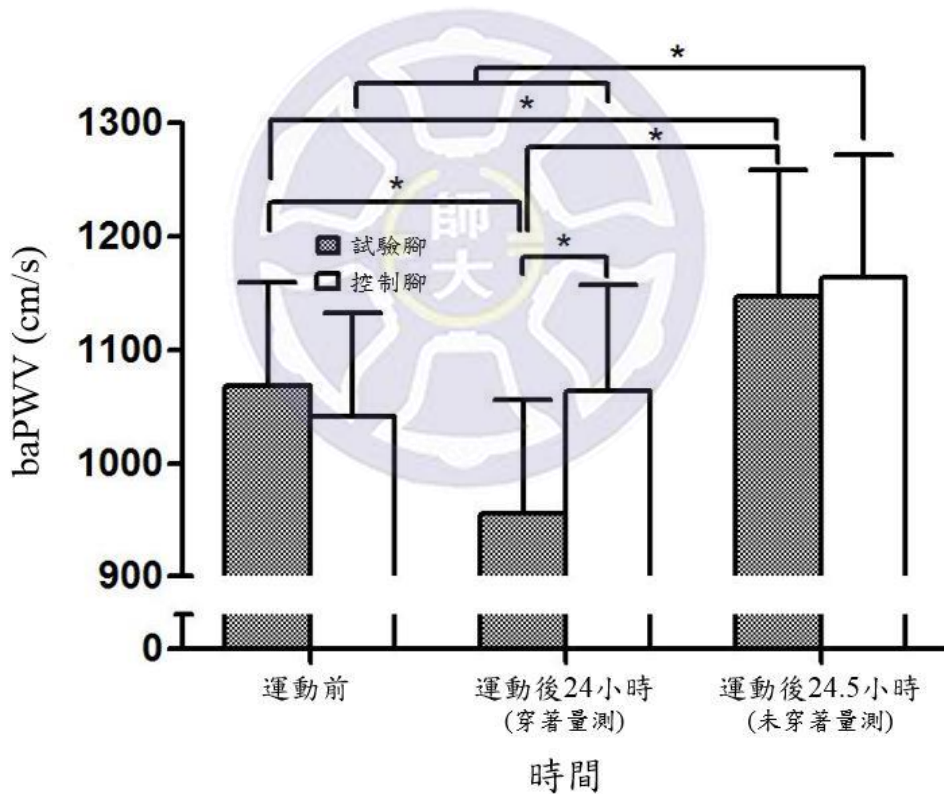


圖 4-4 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之 baPWV 變化

\*表示兩者間有顯著差異 ( $p < .05$ )

### (三) 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗各項指標的變化

本研究之 50% 最大自主等長收縮力量-酸痛指數 (50%MVIC-酸痛指數) 經相依樣本  $t$  檢定分析後, 未達顯著差異 (試驗腳:  $5.36 \pm 2.33$ , 控制腳:  $5.77 \pm 2.60$ ,  $t = -2.0$ ,  $p > .05$ )。

在肌肉腫脹圍 (MSC)、最大自主等長收縮力量 (MVIC)、股直肌厚度, 經由重複量數二因子變異數分析後, 交互作用皆未達顯著, 僅時間因子達顯著差異, 經事後比較後發現 (1) MSC 在運動後 24.5 小時試驗腳 ( $54.09 \pm 4.49$  公分) 與控制腳 ( $54.21 \pm 4.58$  公分) 顯著高於運動前試驗腳 ( $53.55 \pm 4.46$  公分) 與控制腳 ( $53.81 \pm 4.48$  公分)。(2) MVIC 在運動後 24.5 小時試驗腳 ( $152.59 \pm 42.58$  Nm) 與控制腳 ( $147.73 \pm 45.63$  Nm) 顯著低於運動前試驗腳 ( $202.30 \pm 56.75$  Nm) 與控制腳 ( $205.39 \pm 48.25$  Nm)。(3) 股直肌厚度在運動後 24.5 小時試驗腳 ( $24.61 \pm 2.78$  公厘) 與控制腳 ( $25.34 \pm 2.82$  公厘) 顯著高於運動前試驗腳 ( $24.29 \pm 3.02$  公厘) 與控制腳 ( $24.82 \pm 3.11$  公厘), 如下表 4-3 所示。

表 4-3 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之各項指標的變化

依變項	時間	運動前	運動後 24.5 小時	F
		(基礎值)		
肌肉腫脹圍 (MSC) (公分)	試驗腳	$53.55 \pm 4.46$	$54.09 \pm 4.49^*$	0.96
	控制腳	$53.81 \pm 4.48$	$54.21 \pm 4.58^*$	
最大自主等長收縮力量 (MVIC) (Nm)	試驗腳	$202.30 \pm 56.75$	$152.59 \pm 42.58^*$	0.94
	控制腳	$205.39 \pm 48.25$	$147.73 \pm 45.63^*$	
股直肌厚度 (公厘)	試驗腳	$24.29 \pm 3.02$	$24.61 \pm 2.78^*$	0.62
	控制腳	$24.82 \pm 3.11$	$25.34 \pm 2.82^*$	

\*表示與運動前有顯著差異 ( $p < .05$ )

在本研究運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之酸痛指數與主動關節活動度 (AROM) 各別增加穿著壓縮腿套進行量測之時間點, 經由重複量數二因子變異數分析後, 交互作用皆未達顯著, 僅時間因子達顯著差異, 經事後比較後發現 (1) 酸痛指數在運動後 24.5 小時試驗腳 ( $4.48 \pm 1.57$ ) 與控制腳 ( $4.86 \pm 1.82$ ) 以及運動後 24 小時試驗腳 ( $4.70 \pm$

1.70) 與控制腳 ( $5.46 \pm 1.76$ ) 皆顯著高於運動前試驗腳 ( $1.48 \pm 0.92$ ) 與控制腳 ( $1.98 \pm 1.37$ )。 (2) AROM 在運動後 24.5 小時試驗腳 ( $115.67 \pm 9.15$  度) 與控制腳 ( $114.83 \pm 14.34$  度) 以及運動後 24 小時試驗腳 ( $116.33 \pm 8.19$  度) 與控制腳 ( $114.08 \pm 10.12$  度) 皆顯著低於運動前試驗腳 ( $121.83 \pm 6.81$  度) 與控制腳 ( $122.00 \pm 7.91$  度) 如下表 4-4 所示。

表 4-4 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗酸痛指數與 AROM 的變化

時間 依變項		運動前 (基礎值)	運動後 24 小時 (穿著量測)	運動後 24.5 小時 (未穿著量測)	<i>F</i>
酸痛指數 (0-10)	試驗腳	$1.48 \pm 0.92$	$4.70 \pm 1.70^*$	$4.48 \pm 1.57^*$	0.05
	控制腳	$1.98 \pm 1.37$	$5.46 \pm 1.76^*$	$4.86 \pm 1.82^*$	
主動關節活動度 (AROM) (度)	試驗腳	$121.83 \pm 6.81$	$116.33 \pm 8.19^*$	$115.67 \pm 9.15^*$	1.65
	控制腳	$122.00 \pm 7.91$	$114.08 \pm 10.12^*$	$114.83 \pm 14.34^*$	

\*表示與運動前有顯著差異 ( $p < .05$ )



#### 四、實驗一與實驗二之踝臂脈波傳導速率的差異

本研究之試驗腳在實驗一與實驗二所測得 baPWV 之數值，經由混合設計二因子變異數分析後，結果發現交互作用未達顯著 ( $F = 0.05, p > .05$ )，主要效果部分，實驗一與實驗二兩者未達顯著差異 ( $F = 0.19, p > .05$ )，僅時間因子有顯著差異 ( $F = 18.00, p < .05$ )，經事後比較發現，運動後 24 小時之 baPWV (實驗一  $1120.58 \pm 179.68$  cm/s；實驗二  $1146.92 \pm 111.49$  cm/s) 顯著高於運動前 (實驗一  $1049.00 \pm 133.81$  cm/s；實驗二  $1067.75 \pm 91.76$  cm/s)，如圖 4-5 所示。

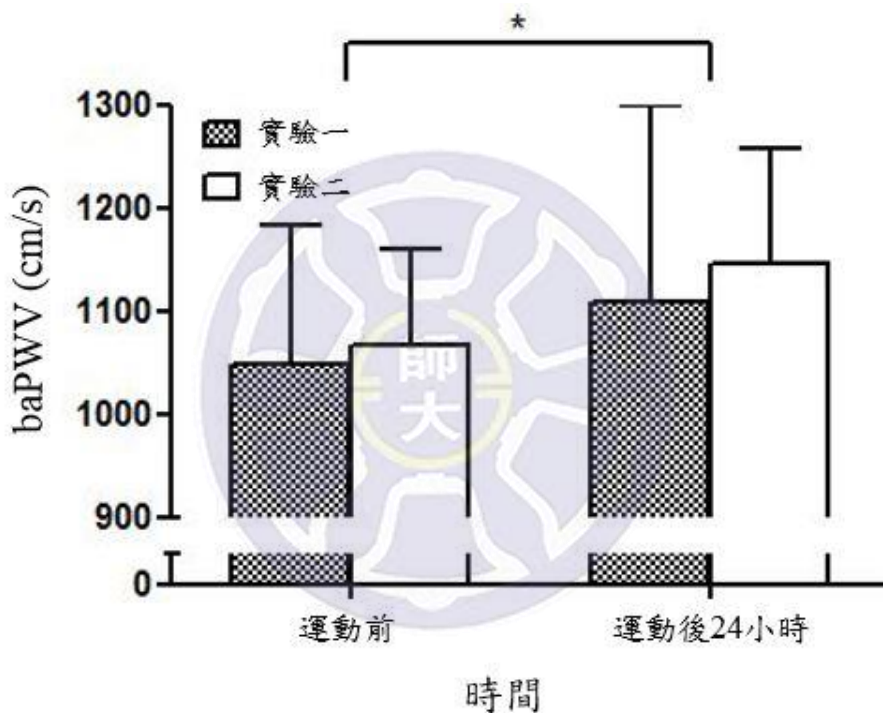


圖 4-5 試驗腳之實驗一與實驗二之 baPWV 的差異

\*表示運動前與運動後 24 小時有顯著差異 ( $p < .05$ )

## 第五章 討論與建議

本章依第肆章之結果進行討論，分成：一、運動中穿著壓縮腿套的影響；二、運動後穿著壓縮腿套 24 小時的影響；三、結論與建議。

### 一、運動中穿著壓縮腿套的影響

本研究在實驗一的部分，觀察單腳穿著壓縮腿套進行下坡跑運動，結果顯示，肌酸激酶 (CK) 在運動後 24 小時顯著上升 (運動前， $240.92 \pm 189.67$  U/L；運動後 24 小時， $467.08 \pm 229.64$  U/L)；試驗腳與控制腳在運動後 24 小時進行 50 %MVIC-酸痛指數測量時未達顯著差異 (試驗腳： $5.53 \pm 1.30$ ，控制腳： $5.44 \pm 1.27$ )；試驗腳與控制腳在運動後 24 小時之主動關節活動度 (AROM)、酸痛指數、股直肌厚度、肌肉腫脹圍 (MSC)、最大自主等長收縮力量 (MVIC) 與踝臂脈波傳導速率 (baPWV) 的試驗因子與時間因子並無交互作用，僅時間因子達顯著差異，顯示出運動中穿著壓縮腿套對主觀指標的感受 (酸痛指數、50%MVIC-酸痛指數)，或是客觀指標 (AROM、股直肌厚度、肌肉腫脹圍、MVIC、baPWV)，並無實質上的影響。

首先，在 CK 的部分，先前文獻顯示出離心運動會誘發 DOMS 現象的產生，促使血液中的 CK 上升，而 CK 的上升是用來評估肌肉損傷情形的重要指標 (Totsuka, Nakaji, Suzuki, Sugawara, & Sato, 2002)。雖然本研究在下坡跑運動後，同樣觀察到運動後 24 小時 CK 值的上升，不過因本研究實驗設計採取單腳穿著壓縮腿套進行下坡跑運動，因此 CK 上升僅是用來說明受試者確實有肌肉損傷的情形，並非用來比較穿著壓縮腿套對 CK 可能產生的影響。

不過，若從本研究的其他主觀指標來看，本研究在運動後 24 小時測量的 50% MVIC-酸痛指數結果同樣顯示，兩腳之間並無顯著差異 ( $p > .05$ )，表示運動中穿著壓縮腿套也不會降低 24 小時後腿部自主等長施力時的酸痛感。而在酸痛指數的部份，本研究的結果與先前文獻並不一致，Ali 等 (2007) 使用 14 名規律運動的男性，穿著壓縮襪進行 10 公里的跑步運動，實驗結果認為穿著壓縮襪可降低運動中的酸痛指數，後續 Ali 等 (2010)

實驗結果也支持穿著壓縮襪可以降低運動中的酸痛指數，推測造成不一致的影響原因或許與壓力值有關。Ali 等 (2011) 的研究結果認為穿著輕度 (12-15 mmHg) 與中度 (18-21 mmHg) 壓力值的壓縮襪感覺較舒適，而重度 (23-32 mmHg) 則感覺較不舒適，且對運動表現 (跳躍高度) 並無幫助，而本研究所使用壓縮腿套的壓力值為 21-23 mmHg，與上述文獻比較，壓力值接近為重度，可能是影響酸痛指數的原因之一。不過，有別於其他研究多以不同個體雙腳穿著壓縮褲所進行的研究設計，本研究採取單腳穿著之設計，藉此可以排除個體的性別、體能水準、訓練量及運動努力程度等的差異所帶來的實驗結果之可能干擾，有鑑於本研究在運動後 24 小時的酸痛指數與 50% MVIC-酸痛指數等主觀指標，試驗腳並未有較佳改善之結果，因此我們認為運動中穿著壓縮腿套並不會為上述之主觀指標帶來正面的效益。

在客觀指標方面，先前文獻曾指出，從事下坡跑運動後會促使 AROM、MVIC 下降及 MSC 上升 (Howatson et al., 2008; Nikolaidis et al., 2008; Lee et al., 2015)，而本實驗藉由穿著壓縮腿套觀察對上述客觀指標的影響，對於 AROM 與 MSC 的部分，本研究結果顯示，運動中穿著壓縮腿套並無法減緩 AROM 的下降及 MSC 的上升，故壓縮腿套並無法有減緩 DOMS 損傷之作用；而在 MVIC 的部分，Ravier 等 (2016) 使用 18 位手球選手進行一場上、下半場各 30 分鐘，共 60 分鐘的手球比賽，並分別於運動前與運動後量測 MVC (最大力量收縮)，實驗結果發現穿著壓縮腿套可以減緩 MVC 的下降，然而此現象與本研究結果並不符合，可能是因為受試者的族群，或者是運動方式所造成的肌肉損傷程度不一，導致研究結果不一致。不過若從先前同樣使用下坡跑運動的類似研究，Valle 等 (2013) 使用 15 位足球選手作為受試對象，採用單腳穿著之設計，將大腿壓縮短褲隨機裁掉一邊，並在跑步機上進行 10 分鐘自選速度的下坡(-10 度) 走路熱身，隨後使用 73 %最大攝氧量進行 40 分鐘下坡跑運動，所有受試者完成運動後立即脫下壓縮褲，並於運動後 24 與 48 小時，以肌肉生檢的方法觀察兩隻腳細胞發炎指標 (MPO 和 CD3) 及 MRI 觀察大腿肌肉纖維的損傷程度，結果發現試驗腳的 MPO、CD3 及大腿肌肉纖維的損傷程度，顯著低於控制腳，研究結果支持運動中穿著壓縮褲可有效減緩 EIMD 所引起的發炎現象，作者推論是穿著壓縮服飾可減少肌肉的振盪，進而減輕 EIMD 的產生；雖

然本研究 and Valle 等所觀察的指標並不一樣，不過 MSC、MVIC、股直肌厚度、酸痛指數、50% MVIC-酸痛指數等是常見的評估 DOMS 之指標，而根據本研究結果顯示出，壓縮腿套對這些指標並無正面效益，亦即無法減輕 EIMD，由於 Valle 等和本研究同為在跑步機進行下坡跑運動 (-10 度)，除了本研究的受試族群為一般人而 Valle 為運動員之外，本研究的相對運動強度與持續時間也相較 Valle 等的研究低，或許也是研究結果不一致的可能影響因素。

超音波影像因具由操作簡便，價錢合理，且可依照施測者的需求進行不同切面的檢查，加上解析度的提升，讓影像變得更加清晰，近年來被廣泛用來檢查骨骼肌肉系統。本研究讓受試者在運動前與運動後 24 小時接受超音波掃描，藉此觀察壓縮腿套的效益，結果顯示試驗腳與控制腳在運動後 24 小時的股直肌肌肉厚度皆顯著增加 ( $p < .05$ )，但兩者之間並無顯著差異，代表運動中穿著壓縮腿套並無法減緩肌肉的腫脹，亦即無法減緩肌肉的損傷程度。

動脈硬化的檢測可以有效預測 CVD 的風險，而 PWV 是有效檢測動脈硬化的方法之一，當血管彈性越好，緩衝力佳時，PWV 相對較低，反之，當血管越硬，彈性不佳，緩衝力不好時，PWV 則相對較高，因此也代表有較高的動脈硬化程度 (Blacher et al., 1999; Lemos et al., 2007)。由於先前文獻指出，從事下坡跑運動後，會促使 PWV 在運動後 24 和 48 小時明顯上升 (Barnes et al., 2010)，可能與下坡跑後誘發 DOMS 所造成身體的急性發炎有關。因此本研究於下坡跑運動中，給予穿著壓縮腿套處理，觀察是否能抵抗激烈運動後所造成 baPWV 動脈硬化上升的風險，結果顯示，運動後 24 小時 baPWV 試驗腳上升 6.8%，控制腳上升 6.2%，但兩腳間並無顯著差異，顯示在運動中穿著壓縮腿套並無法減緩肌肉損傷後所引起的 baPWV 之上升。因此，從本實驗的結果認為，無論是主觀指標的感受 (酸痛指數、50% MVIC-酸痛指數)，或是客觀指標 (AROM、股直肌厚度、肌肉腫脹圍、MVIC、baPWV)，在運動中穿著壓縮腿套並未能對這些指標帶來實質的效益。



## 二、運動後穿著壓縮腿套 24 小時的影響

本研究在實驗二的部分，觀察進行下坡跑運動後穿著壓縮腿套 24 小時，結果顯示，肌酸激酶 (CK) 在運動後 24 小時顯著上升 (運動前， $177.80 \pm 102.54$  U/L；運動後 24 小時， $485.70 \pm 239.99$  U/L)；另外，本研究運動後穿著壓縮腿套 24 小時的實驗，共有三個量測時間點，分別為，運動前、運動後 24 小時 (穿著壓縮腿套進行量測，僅酸痛指數、AROM 及 baPWV 測量) 與運動後 24.5 小時 (未穿著壓縮腿套進行量測)。本研究發現在進行 50 %MVIC 測量時的酸痛指數的試驗腳與控制腳在運動後 24.5 小時未達顯著差異 (試驗腳： $5.36 \pm 2.33$ ，控制腳： $5.77 \pm 2.60$ )；而股直肌厚度、MSC、MVIC 之試驗腳與控制腳在運動前與運動後 24.5 小時，三種指標的試驗因子與時間因子皆無交互作用，僅時間因子達顯著差異；酸痛指數與 AROM 之試驗腳與控制腳在運動前、運動後 24 小時 (穿著壓縮腿套進行量測) 與運動後 24.5 小時 (未穿著壓縮腿套進行量測)，AROM 與酸痛指數兩種指標的試驗因子與時間因子皆無交互作用，僅時間因子達顯著差異，經事後比較發現，運動後 24 小時與運動後 24.5 小時的試驗腳與控制腳兩者間並無顯著差異，但皆與運動前達顯著差異，表明在 DOMS 後穿著壓縮腿套，並無減緩 AROM 下降與酸痛指數的上升。另外，本研究觀察到 baPWV 交互作用達顯著，由圖 4-4 可看出，在運動後 24 小時 (穿著壓縮腿套進行量測)，之 baPWV 顯著低於運動後 24.5 小時，且試驗腳 ( $955.92 \pm 99.79$  cm/s) 顯著低於控制腳 ( $1063.50 \pm 93.94$  cm/s)，據此，本研究認為劇烈運動後穿著壓縮腿套，可能有助於抵抗 DOMS 所引起的短暫動脈硬化上升之風險。

首先，在 CK 的部分，本研究在下坡跑運動後，觀察到運動後 24 小時 CK 值的上升，不過因本研究實驗設計採取單腳穿著壓縮腿套進行下坡跑運動，因此 CK 上升僅是用來說明受試者確實有肌肉損傷的情形，並非用來比較穿著壓縮腿套對 CK 可能產生的影響。先前部分文獻認為，在運動後穿著壓縮腿套 24 小時可降低腿部的酸痛感、減緩腿部力量的流失 (Chatard et al., 2004; Jakeman et al., 2010; de Glanville, & Hamlin, 2012; Hamlin et al., 2012; Pruscino et al., 2013)，另外，也有文獻認為對降低腿部的酸痛感、減緩腿部力量的流失並無幫助 (Hamlin et al., 2012; Hill et al., 2014; Driller, & Halson, 2013)。本研

究實施運動後穿著壓縮腿套 24 小時的結果顯示，試驗腳與控制腳之 AROM 及酸痛指數在運動前、運動後 24 小時（穿著量測）、運動後 24.5 小時（未穿著量測）等三個時間點，兩者間皆無顯著差異，說明穿著或未穿著壓縮腿套進行量測時，皆無法對下坡跑運動誘發 DOMS 後 24 小時之 AROM、酸痛指數產生正面效益；而在 50% MVIC-酸痛指數量測的部份，其結果和本研究運動中穿著實驗一致，皆無法減緩在使用腿部次最大力量的酸痛感（試驗腳： $5.36 \pm 2.33$ ，控制腳： $5.77 \pm 2.60$ ）。影響此結果的可能原因，或許與壓縮腿套的壓力值有關。Ali 等 (2011) 的研究結果認為穿著重度 (23-32 mmHg) 感覺較不舒適，且對運動表現（跳躍高度）並無幫助，而本研究所使用壓縮腿套的壓力值為 21-23 mmHg，壓力值接近為重度，可能是影響酸痛指數的原因之一。

再來，其他指標的部分，MSC 與 MVIC，此兩種指標均無交互作用，僅在時間點達到統計上的顯著差異 ( $p < .05$ )，試驗腳與控制腳兩者間無顯著差異。Driller 與 Halson (2013) 使用 12 名自行車選手進行腳踏車漸增測驗，完成測驗後給於受試者穿著壓縮褲，結果發現在運動後穿著 24 小時壓縮褲之肌肉腫脹圍與控制組無顯著差異，進一步支持本研究之結果，說明運動後穿著壓縮腿套並不能抑制肌肉腫脹圍腫脹；在 MVIC 的部分，先前的文獻中，Jakeman 等 (2010) 使用 17 名女性受試者進行反覆 100 次原地跳躍，結果顯示在 24、48、72 小時穿著壓縮褲可以抵抗 MVIC 的下降，與本研究的結果並不一致，推測可能原因是該研究受試者皆為女性，或許是受到女性雌激素的保護作用的影響，Tiidus (2005) 說明雌激素具有抗氧化劑的作用，可減輕肌肉損傷的產生，降低肌肉發炎的反應，因此 Jakeman 等 (2010) 該篇結果可能非穿著壓縮褲的效益，而是受到雌激素的影響；另一方面，Hill 等 (2014) 使用 12 名受試者完成在跑步機上 26.2 英哩跑步後 24 小時，實施 MVIC 測試，結果指出運動後穿著壓縮褲，並不會抵抗 MVIC 的下降，支持本研究的結果。另外，在使用超音波影像觀察的部分，Kraemer 等 (2010) 使用 20 名受試者（男性：11 名，女性：9 名），進行 8 項阻力運動後，讓受試者穿著 24 小時全身式的壓縮服飾，並在運動 24 小時後觀察股外側肌肌肉厚度變化，結果發現穿著壓縮服飾組的股外側肌肌肉厚度腫脹程度顯著低於未穿著組，然而本研究所觀察股直肌厚度變化，結果發現，股直肌厚度的腫脹程度試驗腳與控制腳皆顯著上升，但兩者間無顯著

差異，認為，運動後穿著壓縮腿套，對生理上的變化並無直接的影響。前述 Kraemer 等的研究結果雖認為穿著壓縮服飾可減緩股外側肌肌肉厚度的上升，但亦可能受到運動持續時間、運動強度、重複訓練效應、安慰劑效應等影響，而本研究採用穿著單腳之設計，亦可排除上述之干擾，據此，我們認為運動後穿著壓縮腿套並不能抑制股直肌厚度的腫脹。

本研究運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗之 baPWV 量測時間點分別為運動前、運動後 24 小時 (穿著量測)、運動後 24.5 小時 (未穿著量測)，試驗因子與時間因子交互作用達顯著 ( $p < .05$ )，由圖 4-4 可看出在運動完成後 24 小時，讓受試者穿著單腳壓縮腿套進行 baPWV 的量測，其結果發現在運動後 24 小時 (穿著量測) 的試驗腳 ( $955.92 \pm 99.79$  cm/s)，其 baPWV 顯著低於控制腳 ( $1063.5 \pm 93.94$  cm/s)，說明只要穿著壓縮腿套，就能抵抗運動誘發 DOMS 後 baPWV 上升的效果，但脫掉壓縮腿套後 30 分鐘進行第二次量測，其效果就消失了，因而認為壓縮腿套只有在穿著時才能抵抗 baPWV 的上升。另外，有趣的是本研究觀察到在運動後 24 小時 (穿著量測) 的時間點，受到試驗腳壓縮腿套的影響導致該時間點之控制腳 baPWV ( $1063.5 \pm 93.94$  cm/s) 顯著低於運動後 24.5 小時控制腳 ( $1152 \pm 104.46$  cm/s)，但脫掉壓縮腿套後 30 分鐘進行量測時，無論試驗腳或控制腳的 baPWV 皆顯著上升，兩腳間沒有顯著差異，顯示單腳穿著壓縮腿套除了有利於減緩該側 baPWV 的上升之外，同時也可以抑制控制腳 baPWV 的增加。推測影響控制腳 baPWV 上升的可能原因為，試驗腳藉由穿著壓縮腿套或許會刺激血管內皮細胞，改變血液中一氧化氮 (nitric oxide, NO) 與內皮素-1 (endothelin-1, ET-1) 的濃度，促使動脈血管擴張，增加全身動脈順應性，進而對心血管系統產生有利的影響。由本研究實驗結果發現，在下坡跑運動後 24 小時穿著壓縮腿套，確實有利於抵抗因離心運動誘發 DOMS 後 baPWV 上升的現象。接著，依據本研究所得實驗一與實驗二之試驗腳 baPWV，進行兩者間的比較，結果顯示無顯著差異，說明運動中穿著壓縮腿套或者運動後穿著 24 小時壓縮腿套，皆無法抑制下坡跑運動後 24 小時之 baPWV 的上升。

### 三、結論與建議

本研究據上述討論，得出下列結論：

- (一) 運動中穿著壓縮腿套並不會影響受試者之主觀指標 (酸痛指數及 50 %MVIC-酸痛指數) 及客觀指標 (AROM、MVIC、MSC、股直肌厚度及 baPWV) 的改變，因此，穿著壓縮腿套並無法減緩下坡跑運動所引起的肌肉損傷，及隨後的延遲性肌肉酸痛與暫時性的動脈硬化現象。
- (二) 運動後穿著壓縮腿套 24 小時並不會影響受試者在運動後 24 小時 (穿著量測) 與運動後 24.5 小時 (未穿著量測) 之主觀指標 (酸痛指數、50%MVIC-酸痛指數) 及客觀指標 (AROM、MVIC、肌肉腫脹圍、股直肌厚度) 的改變，因此，運動後穿著壓縮腿套 24 小時並無法幫助恢復因下坡跑運動所引起的肌肉損傷，及隨後的延遲性肌肉酸痛；baPWV 只有在運動後 24 小時 (穿著量測)，發現有利於減緩因為 DOMS 所引起的 baPWV 上升。

據本研究所得，故建議可以動脈硬化患者為對象進行運動後穿著壓縮腿套，以更進一步釐清壓縮腿套對於動脈硬化的效益。

### 參考文獻

- Ali, A., Caine, M. P., & Snow, B. G. (2007). Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 413-419.
- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2010). Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *European Journal of Applied Physiology*, 109(6), 1017-1025.
- Ali, A., Creasy, R. H., & Edge, J. A. (2011). The effect of graduated compression stockings on running performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1385-1392.

- Barnes, J. N., Trombold, J. R., Dhindsa, M., Lin, H. F., & Tanaka, H. (2010). Arterial stiffening following eccentric exercise-induced muscle damage. *Journal of Applied Physiology*, 109(4), 1102-1108.
- Barnes, P. M., & Schoenborn, C. A. (2012). *Trends in adults receiving a recommendation for exercise or other physical activity from a physician or other health professional*. US Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Health Statistics.
- Beliard, S., Chauveau, M., Moscatiello, T., Cros, F., Ecarnot, F., & Becker, F. (2015). Compression garments and exercise: no influence of pressure applied. *Journal of Sports Science and Medicine*, 14(1), 75-83.
- Blacher, J., Asmar, R., Djane, S., London, G. M., & Safar, M. E. (1999). Aortic pulse wave velocity as a marker of cardiovascular risk in hypertensive patients. *Hypertension*, 33(5), 1111-1117.
- Brennan, M. J., & Miller, L. T. (1998). Overview of treatment options and review of the current role and use of compression garments, intermittent pumps, and exercise in the management of lymphedema. *Cancer*, 83(12), 2821-2827.
- 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(5), 373-378.
- Chatard, J. C., Atlaoui, D., Farjanel, J., Louisy, F., Rastel, D., & Guezennec, C. Y. (2004). Elastic stockings, performance and leg pain recovery in 63-year-old sportsmen. *European Journal of Applied Physiology*, 93(3), 347-352.
- Chae, Y. M., & Park, J. K. (2009). The relationship between brachial ankle pulse wave velocity and complement 1 inhibitor. *Journal of Korean Medical Science*, 24(5), 831-836.
- Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports Medicine*, 33(2), 145-164.
- Choi, Y., Maeda, S., Otsuki, T., Miyaki, A., Shimojo, N., Yoshizawa, M., ... & Ajisaka, R. (2010). Oxidative stress and arterial stiffness in strength-and endurance-trained athletes. *Artery Research*, 4(2), 52-58.

- Choo, J., Shin, C., Barinas-Mitchell, E., Masaki, K., Willcox, B. J., Seto, T. B., ... & Mackey, R. H. (2014). Regional pulse wave velocities and their cardiovascular risk factors among healthy middle-aged men: a cross-sectional population-based study. *BMC Cardiovascular Disorders*, *14*(1), 1-8.
- Connolly, D. A., Sayers, S. E., & McHugh, M. P. (2003). Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *17*(1), 197-208.
- de Glanville, K. M., & Hamlin, M. J. (2012). Positive effect of lower body compression garments on subsequent 40-km cycling time trial performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(2), 480-486.
- Driller, M. W., & Halson, S. L. (2013). The effects of wearing lower body compression garments during a cycling performance test. *The International Journal of Sports Physiology and Performance*, *8*(3), 300-306.
- 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.
- Ferreira, I., Henry, R. M., Twisk, J. W., van Mechelen, W., Kemper, H. C., & Stehouwer, C. D. (2005). The metabolic syndrome, cardiopulmonary fitness, and subcutaneous trunk fat as independent determinants of arterial stiffness: the Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Archives of Internal Medicine*, *165*(8), 875-882.
- Frimpong, E., Antwi, D. A., Asare, G., Antwi-Boasiako, C., & Dzudzor, B. (2013). Effects of acute eccentric exercise stimulus on muscle injury and adaptation. *Journal Exercise Physiology Online*. *16*(6), 18-30.
- Giele, H. P., Liddiard, K., Currie, K., & Wood, F. M. (1997). Direct measurement of cutaneous pressures generated by pressure garments. *Burns*, *23*(2), 137-141.
- Goh, S. S., Laursen, P. B., Dascombe, B., & Nosaka, K. (2011). Effect of lower body compression garments on submaximal and maximal running performance in cold (10 C) and hot (32 C) environments. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(5), 819-826.
- Hamlin, M. J., Mitchell, C. J., Ward, F. D., Draper, N., Shearman, J. P., & Kimber, N. E. (2012). Effect of compression garments on short-term recovery of repeated sprint and

- 3-km running performance in rugby union players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(11), 2975-2982.
- Hayashi, K., Sugawara, J., Komine, H., Maeda, S., & Yokoi, T. (2005). Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries in middle-aged sedentary men. *The Japanese Journal of Physiology*, 55(4), 235-239.
- Heffernan, K. S., Jae, S. Y., Echols, G. H., Lepine, N. R., & Fernhall, B. (2007). Arterial stiffness and wave reflection following exercise in resistance-trained men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(5), 842-848.
- Herzog, J. A. (1993). Deep vein thrombosis in the rehabilitation client: diagnostic tools, prevention, and treatment modalities. *Rehabilitation Nursing*, 18(1), 8-11.
- Hill, D. W., & Richardson, J. D. (1989). Effectiveness of 10% Trolamine Salicylate Cream on Muscular Soreness Induced by a Reproducible Program of Weight Training. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 11(1), 19-23.
- Hill, J. A., Howatson, G., Van Someren, K. A., Walshe, I., & Pedlar, C. R. (2014). Influence of compression garments on recovery after marathon running. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(8), 2228-2235.
- Hill, J., Howatson, G., Van Someren, K., Leeder, J., & Pedlar, C. (2014). Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(18), 1340-1346.
- Howatson, G., Van Someren, K., & Hortobagyi, T. (2007). Repeated bout effect after maximal eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 28(7), 557-563.
- Howatson, G., & Van Someren, K. A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports Medicine*, 38(6), 483-503.
- Jakeman, J. R., Byrne, C., & Eston, R. G. (2010). Efficacy of lower limb compression and combined treatment of manual massage and lower limb compression on symptoms of exercise-induced muscle damage in women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 3157-3165.
- Kraemer, W. J., Flanagan, S. D., Comstock, B. A., Fragala, M. S., Earp, J. E., Dunn-Lewis, C., ... & Powell, M. D. (2010). Effects of a whole body compression garment on markers

of recovery after a heavy resistance workout in men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(3), 804-814.

Laurent, P., Marengo, P., Castagna, O., Smulyan, H., Blacher, J., & Safar, M. E. (2011). Differences in central systolic blood pressure and aortic stiffness between aerobically trained and sedentary individuals. *Journal of the American Society of Hypertension*, 5(2), 85-93.

Lee, Y. S., Bae, S. H., Hwang, J. A., & Kim, K. Y. (2015). The effects of kinesio taping on architecture, strength and pain of muscles in delayed onset muscle soreness of biceps brachii. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(2), 457-459.

Lemos, M. M., Jancikic, A. D., Sanches, F. M., Christofalo, D. M., Ajzen, S. A., Miname, M. H., ... & Canziani, M. E. F. (2007). Pulse wave velocity—a useful tool for cardiovascular surveillance in pre-dialysis patients. *Nephrology Dialysis Transplantation*, 22(12), 3527-3532.

MacRae, M. B. A., Cotter, J. D., & Laing, R. M. (2011). Compression garments and exercise. *Sports Medicine*, 41(10), 815-843.

Maridakis, V., O'Connor, P. J., Dudley, G. A., & McCully, K. K. (2007). Caffeine attenuates delayed-onset muscle pain and force loss following eccentric exercise. *The Journal of Pain*, 8(3), 237-243.

Moreau, K. L., Donato, A. J., Seals, D. R., DeSouza, C. A., & Tanaka, H. (2003). Regular exercise, hormone replacement therapy and the age-related decline in carotid arterial compliance in healthy women. *Cardiovascular Research*, 57(3), 861-868.

Nagasaki, T., Yamada, S., Wakita, Y., Imanishi, Y., Nagata, Y., Okamoto, K., ... & Inaba, M. (2011). Clinical utility of heart-carotid pulse wave velocity in healthy Japanese subjects. *Biomedicine & Aging Pathology*, 1(2), 107-111.

Nikolaidis, M. G., Jamurtas, A. Z., Paschalis, V., Fatouros, I. G., Koutedakis, Y., & Kouretas, D. (2008). The effect of muscle-damaging exercise on blood and skeletal muscle oxidative stress. *Sports Medicine*, 38(7), 579-606.

Nogueira, W., Gentil, P., Mello, S. N. M., Oliveira, R. J., Bezerra, A. J. C., & Bottaro, M. (2009). Effects of power training on muscle thickness of older men. *International Journal of Sports Medicine*, 30(3), 200-204.



- Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Ajisaka, R., ... & Miyauchi, T. (2006). Effects of athletic strength and endurance exercise training in young humans on plasma endothelin-1 concentration and arterial distensibility. *Experimental Biology and Medicine*, 231(6), 789-793.
- Otsuki, T., Maeda, S., Iemitsu, M., Saito, Y., Tanimura, Y., Ajisaka, R., & Miyauchi, T. (2007). Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength-and endurance-trained men. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 292(2), H786-H791.
- Pruscino, C. L., Halson, S., & Hargreaves, M. (2013). Effects of compression garments on recovery following intermittent exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 113(6), 1585-1596.
- Ravier, G., Bouzigon, R., Beliard, S., Tordi, N., & Grappe, F. (2016). Benefits Of Compression Garments Worn During Handball-Specific Circuit On Short-Term Fatigue In Professional Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1-9.
- Reed, K. E., White, A. L., Logothetis, S., McManus, C. J., & Sandercock, G. R. (2016). The effects of lower-body compression garments on walking performance and perceived exertion in adults with CVD risk factors. *Journal of Science and Medicine in Sport*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2016.09.005>.
- Scanlan, A. T., Dascombe, B. J., Reaburn, P. R., & Osborne, M. (2008). The effects of wearing lower-body compression garments during endurance cycling. *International Journal Sports Physiology Performance*, 3(4), 424-438.
- Sperlich, B., Haegele, M., Krüger, M., Schiffer, T., Holmberg, H. C., & Mester, J. (2011). Cardio-respiratory and metabolic responses to different levels of compression during submaximal exercise. *Phlebology*, 26(3), 102-106
- Sperlich, B., Born, D. P., Swarén, M., Kilian, Y., Geesmann, B., Kohl-Bareis, M., & Holmberg, H. C. (2013a). Is leg compression beneficial for alpine skiers? *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 5(1), 1-12.
- Sperlich, B., Born, D. P., Kaskinoro, K., Kalliokoski, K. K., & Laaksonen, M. S. (2013b). Squeezing the muscle: compression clothing and muscle metabolism during recovery from high intensity exercise. *PloS One*, 8(4), e60923.

- Tanaka, H., DeSouza, C. A., & Seals, D. R. (1998). Absence of age-related increase in central arterial stiffness in physically active women. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 18(1), 127-132
- Tanaka, H., Munakata, M., Kawano, Y., Ohishi, M., Shoji, T., Sugawara, J., ... & Ozawa, T. (2009). Comparison between carotid-femoral and brachial-ankle pulse wave velocity as measures of arterial stiffness. *Journal of Hypertension*, 27(10), 2022-2027.
- Tiidus, P. M. (2005). Can oestrogen influence skeletal muscle damage, inflammation, and repair?. *British Journal of Sports Medicine*, 39(5), 251-253.
- Tomiyaama, H., Yamashina, A., Arai, T., Hirose, K., Koji, Y., Chikamori, T., ... & Hinohara, S. (2003). Influences of age and gender on results of noninvasive brachial-ankle pulse wave velocity measurement—a survey of 12 517 subjects. *Atherosclerosis*, 166(2), 303-309.
- Totsuka, M., Nakaji, S., Suzuki, K., Sugawara, K., & Sato, K. (2002). Break point of serum creatine kinase release after endurance exercise. *Journal of Applied Physiology*, 93(4), 1280-1286.
- Trenell, M. I., Rooney, K. B., Sue, C. M., & Thompson, C. H. (2006). Compression garments and recovery from eccentric exercise: a 31P-MRS Study. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5(1), 106-114.
- Valle, X., Til, L., Drobnic, F., Turmo, A., Montoro, J. B., Valero, O., & Artells, R. (2013). Compression garments to prevent delayed onset muscle soreness in soccer players. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 3(4), 295-302.
- Williams, F., Knapp, D., & Wallen, M. (1998). Comparison of the characteristics and features of pressure garments used in the management of burn scars. *Burns*, 24(4), 329-335.
- Yamashina, A., Tomiyama, H., Arai, T., Hirose, K. I., Koji, Y., Hirayama, Y., ... & Hori, S. (2003). Brachial-ankle pulse wave velocity as a marker of atherosclerotic vascular damage and cardiovascular risk. *Hypertension Research*, 26(8), 615-622.

## 附錄一 受試者同意書

論文題目：穿著壓縮褲對下坡跑運動後之肌肉損傷與動脈硬化指標的影響

研究目的：(一) 下坡跑運動時穿著壓縮腿套對肌肉損傷及踝臂脈波傳導速率的影響  
(二) 下坡跑運動後穿著壓縮腿套對肌肉損傷及踝臂脈波傳導速率的影響

實驗內容：本研究之受試者須進行一次 30 分鐘在原地跑步機上進行的下坡跑運動，同時在下坡跑運動前 3 天，及下坡跑運動後 24 小時各接受一次前測及後測，測量項目包含：安靜心跳率、最大自主等長收縮、肌肉腫脹圍、酸痛指數、主動關節活動度與 baPWV 檢測。同時在本實驗中，您將被隨機分配到下坡跑運動中穿著壓縮腿套實驗或運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗。

受試者納入條件&排除條件

納入條件：

- (一) 無規律運動者
- (二) 無心血管疾病、糖尿病、呼吸功能障礙、胸痛、神經肌肉及骨關節疾病史者
- (三) 無抽菸及喝酒習慣者
- (四) 無服用心血管疾病之藥物
- (五) 無醫師診斷為不適宜運動，且無行動障礙者。

排除條件：

- (一) 生活作息不正常者
- (二) 曾接受過腿部手術者
- (三) 規律服用營養增補充品者。

進行實驗時務必遵守下列事項：

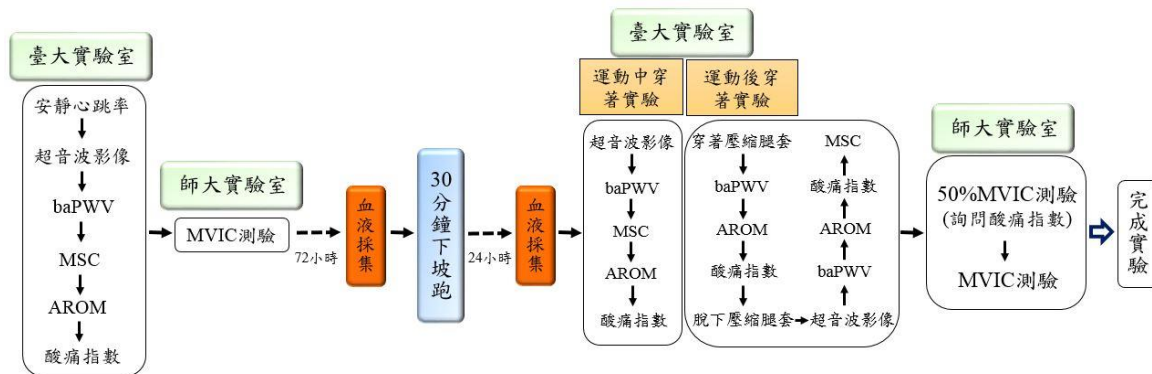
- (一) 實驗進行前 72 小時及實驗完成前禁止激烈運動
- (二) 禁止服用任何營養增補劑與藥物
- (三) 維持正常飲食習慣與充足睡眠
- (四) 實驗前 48 小時至完成實驗前，禁止飲用含咖啡因相關飲品

實驗時間：105 年 2 月至 5 月

受試者編號：

研究生：林世仁  
指導教授：王鶴森

### 實驗流程：



### 受試者權益與義務：

- (一) 受試者完成此實驗後，將補助 1000 元
- (二) 受試者如意願改變，可退出試驗，但請提前告知

聯絡人：林世仁

聯絡方式：0983116610

聯絡信箱：memory061017@gmail.com

---

本人已詳細閱讀受試者同意書，了解實驗內容與風險，並同意參與此實驗。

聯絡電話 (手機)：

Email：

參與者簽名：\_\_\_\_\_ 中華民國： 年 月 日

## 附錄二 健康篩選問卷表

您好：

感謝您的參與，在進行檢測前我們需要先了解您的健康狀況，並由在場的檢測人員評估後，才能決定您是否適合參與本試驗。在下列問題中，如有任何問題回答「是」或健康篩選未過的話，那便不適合參與本試驗，若您想參與檢測須獲得醫師同意，由衷感謝您的配合。

### 運動安全調查

是	否	參與身體活動前自我簡易評估表
		1. 是否有醫師告訴過您，您的心臟有些問題，您只能做醫師建議的運動？
		2. 當您活動時是否會有胸痛的感覺？
		3. 最近一個月以來，在沒從事體能活動的情況下，您是否曾出現胸痛的情形？
		4. 您是否曾因暈眩而失去意識？
		5. 您是否有骨骼或關節問題，且可能因活動而更惡化？
		6. 您是否有因高血壓或心臟疾病而需要服藥（醫師處方）？
		7. 您是否知道您有任何不適合活動的原因？

參與檢測適合情形：適合    不適合

參與者簽名：\_\_\_\_\_

-----感謝您的填寫-----

受試者編號：

研究生：林世仁  
指導教授：王鶴森

### 附錄三 受試者基本資料與各變項記錄之表單

姓名：\_\_\_\_\_ 年齡：\_\_\_\_\_

前測日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 測驗時間：上午 (7 點-12 點)、下午 (13 點-18 點)

後測日期：\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 測驗時間：上午 (7 點-12 點)、下午 (13 點-18 點)

身高：\_\_\_\_\_公分 體重：\_\_\_\_\_公斤 BMI：\_\_\_\_\_公斤/公尺<sup>2</sup>

安靜心跳率：\_\_\_\_\_ 最大心跳率：\_\_\_\_\_ 70%目標心跳率：\_\_\_\_\_

組別：運動中穿著壓縮腿套實驗 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗

穿著腳：左腳 右腳

控制試驗 (前測)	運動後 24 小時 (後測)
超音波影像：左腳 右腳	超音波影像：左腳 右腳
MSC：左腳 mm 右腳 mm	MSC：左腳 mm 右腳 mm
baPWV：左腳 右腳	baPWV：左腳 右腳
酸痛指數：左腳 右腳	酸痛指數：左腳 右腳
AROM：左腳 右腳	AROM：左腳 右腳
MVIC：左腳 右腳	MVIC：左腳 右腳
	50%MVIC-酸痛指數：左腳 右腳

☆ 運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗穿著壓縮褲進行量測之數值

baPWV：左腳\_\_\_\_\_ 右腳\_\_\_\_\_ 酸痛指數：左腳\_\_\_\_\_ 右腳\_\_\_\_\_

AROM：左腳\_\_\_\_\_ 右腳\_\_\_\_\_

## 附錄四

運動中穿著壓縮腿套實驗依變項之原始資料表

依變項	時間	運動前 (基礎值)	運動後 24 小時
主動關節活動度 (AROM) (度)	試驗腳	121.08 ± 7.77	113.42 ± 8.13
	控制腳	120.08 ± 5.79	112.25 ± 5.01
酸痛指數 (0-10)	試驗腳	1.90 ± 1.33	4.71 ± 1.84
	控制腳	2.15 ± 1.35	4.40 ± 1.41
baPWV (cm/s)	試驗腳	1049.00 ± 133.81	1120.58 ± 179.68
	控制腳	1036.83 ± 134.22	1100.83 ± 180.34
最大自主等長收縮力量 (MVIC) (Nm)	試驗腳	206.88 ± 44.05	161.08 ± 43.18
	控制腳	216.24 ± 48.14	172.03 ± 54.41
肌肉腫脹圍 (MSC) (公分)	試驗腳	53.25 ± 4.22	53.63 ± 4.35
	控制腳	52.98 ± 4.31	53.64 ± 4.14
股直肌厚度 (公厘)	試驗腳	24.03 ± 2.46	24.96 ± 2.70
	控制腳	24.13 ± 3.32	24.86 ± 2.92
50%MVIC-酸痛指數 (0-10)	試驗腳		5.53 ± 1.30
	控制腳		5.44 ± 1.27
肌酸激酶 (CK) (U/L)		240.92 ± 189.67	467.08 ± 229.64

## 附錄五

運動後穿著壓縮腿套 24 小時實驗依變項之原始資料表

依變項	時間	運動前	運動後 24 小時	運動後 24.5 小時
		(基礎值)	(穿著量測)	(未穿著量測)
主動關節活動度 (AROM) (度)	試驗腳	121.83 ± 6.81	116.33 ± 8.19	115.67 ± 9.15
	控制腳	122.00 ± 7.91	114.08 ± 10.12	114.83 ± 14.34
酸痛指數 (0-10)	試驗腳	1.48 ± 0.92	4.70 ± 1.70	4.48 ± 1.57
	控制腳	1.98 ± 1.37	5.46 ± 1.76	4.86 ± 1.82
baPWV (cm/s)	試驗腳	1067.75 ± 91.76	955.92 ± 99.79	1146.92 ± 111.49
	控制腳	1041.58 ± 91.06	1063.50 ± 93.94	1152.00 ± 104.46
最大自主等長收縮力量 (MVIC) (Nm)	試驗腳	202.30 ± 56.75		152.59 ± 42.58
	控制腳	205.39 ± 48.25		147.73 ± 45.63
肌肉腫脹圍 (MSC) (公分)	試驗腳	53.55 ± 4.46		54.09 ± 4.49
	控制腳	53.81 ± 4.48		54.21 ± 4.58
股直肌厚度 (公厘)	試驗腳	24.29 ± 3.02		24.61 ± 2.78
	控制腳	24.82 ± 3.11		25.34 ± 2.82
50%MVIC-酸痛指數 (0-10)	試驗腳			5.36 ± 2.33
	控制腳			5.77 ± 2.60
肌酸激酶 (CK) (U/L)		177.80 ± 102.54		485.70 ± 239.99