國立臺灣師範大學運動與休閒學院體育學系

碩士論文

Department of Physical Education
College of Sports and Recreation
National Taiwan Normal University

Master's Thesis

運動誘發延遲性肌肉痠痛後使用充氣加壓按摩對痠痛指數及下肢肌力表現之效益

Effects of intermittent pneumatic compression on lower limbs muscle strength and muscle pain after exercise-induced delayed onset muscle soreness

黃奕翔

HUANG, Yi-Hsiang

指導教授：王鶴森 博士

Advisor：Dr. WANG, Ho-Seng

中華民國 110 年 1 月

January 2021

運動誘發延遲性肌肉痠痛後使用充氣加壓按摩

對痠痛指數及下肢肌力表現之效益

2021 年 1 月

研 究 生：黃奕翔
指導教授：王鶴森

摘要

背景：快速消除運動後的疲勞為近來熱門之研究議題，其中間歇充氣加壓按摩 (intermittent pneumatic compression, IPC) 被視為一種積極促進運動後恢復的方法，惟其在運動誘發延遲性肌肉痠痛後的效益還有待確認。**方法：**本研究招募 18 名男性 (年齡：23 ± 2.8 歲) 進行 70% $\dot{V}O_{2max}$ 之 30 分鐘下坡跑運動以誘發延遲性肌肉痠痛，採隨機方式將受試者雙腳分為實驗腳 (IPC) 及控制腳 (CON)，IPC 腳於運動後立即與運動後 24、48 小時各接受 20 分鐘 IPC 處理，CON 腳採完全靜態休息。所有受試者於運動前、運動後 24 小時、運動後 48 小時及每次實驗處理後，記錄雙腳痠痛指數及關節活動度，隨後接受每秒 60˚與 180˚之下肢等速向心、離心肌力表現測驗。**結果：** (一) 痠痛指數：運動後立即處理後之痠痛指數 IPC 顯著低於 CON (5.3 ± 1.2 vs. 6.2 ± 1.1 分)；運動後 24 小時處理後 IPC 顯著低於 CON (6.2 ± 1.6 vs. 7.0 ± 1.4 分)；運動後 48 小時之安靜值及處理後 IPC 也皆顯著低於 CON (7.2 ± 1.8 vs. 7.5 ± 1.8；6.9 ± 1.9 vs. 7.4 ± 1.7 分) ($p < .05$)，其餘各時間點兩腳之痠痛指數皆無顯著差異。(二) 關節活動度：運動後 24 及 48 小時處理後 IPC 皆顯著高於 CON (99.5 ± 15.6 度 vs. 89.5 ± 18.8 度；99 ± 15.1 度 vs. 92.5 ± 17.7 度)；運動後 48 小時之安靜值 IPC 也顯著高於 CON (94 ± 18.8 度 vs. 89.5 ± 18.8 度) ($p < .05$)，其餘各時間點兩腳之關節活動度皆無顯著差異。(三) 肌力指標：所有肌力指標之交互作用皆未達顯著，且每秒 60˚及每秒 180˚下肢等速向心、離心肌力的處理主要效果也皆未達顯著。**結論**：運動後立即實施間歇充氣加壓按摩有助於舒緩肌肉痠痛及改善關節活動度，但未能減緩運動誘發延遲性肌肉痠痛所伴隨之肌力流失現象。

關鍵詞：運動後恢復、運動誘發肌肉損傷、運動表現

Effects of intermittent pneumatic compression on lower limbs muscle strength and muscle pain after exercise-induced delayed onset muscle soreness

January, 2021

Author: Huang, Yi-Hsiang
Advisor: Wang, Ho-Seng

Abstract

Background: Research topics about fast recovery strategies following exercise have become popular recently. Intermittent pneumatic compression (IPC) is regarded as a method to actively boost recovery after exercise, but whether it will be effective after exercise-induced delay onset muscle soreness remains questionable. **Methods**: 18 males (age: 23 ± 2.8 years) were recruited to participate in a 30-minute downhill running of 70% $\dot{V}O_{2max}$ to induce delayed onset muscle soreness, and the participants' two legs were randomly divided into experimental leg (IPC) and control leg (CON). The IPC leg received 20 minutes of IPC treatment immediately after exercise as well as at 24 and 48 hours after exercise. At the same time, the CON leg completely rested. Perceived soreness and range of motion of the two legs were recorded before exercise, 24 hours after exercise, 48 hours after exercise and after each experimental treatment, then 60 ° /s and 180 ° /s lower extremity isokinetic concentric and eccentric contraction were tested as muscle strength. **Results**: (1) perceived soreness: IPC were significantly lower than CON after the treatment immediately after exercise (5.3 ± 1.2 vs. 6.2 ± 1.1) and 24 hours after exercise (6.2 ± 1.6 vs. 7.0 ± 1.4 points). 48 hours after exercise, IPC were also significantly lower than CON before (7.2 ± 1.8 vs. 7.5 ± 1.8) and after treatment (6.9 ± 1.9 vs. 7.4 ± 1.7 points). (2) Range of motion: 24 and 48 hours after exercise, IPC were significantly higher than CON after treatment (99.5 ± 15.6 ° vs. 89.5 ± 18.8°; 99 ± 15.1 ° vs. 92.5 ± 17.7°). IPC was also significantly higher than CON before treatment 48 hours after exercise (94 ± 18.8 ° vs. 89.5 ± 18.8°). There were no significant differences in range of motion between two legs at rest given time points.

(3) Muscle strength: The treatment × time interaction of all muscle strength indicators were not significant ($p > .05$). Treatment main effects on 60 ˚/s and 180 ˚/s isokinetic concentric and eccentric contraction were not significant either ($p > .05$). **Conclusion**: Applying intermittent pneumatic compression immediately after exercise could relieve muscle soreness and improve range of motion, but fails to alleviate the loss of muscle strength associated with exercise-induced delayed onset muscle soreness.

Keywords: recovery of exercise, exercise-induced muscle damage, sports performance

目　次

中文摘要……i

英文摘要……ii

目次……iii

表次……vi

圖次……vii

第壹章　緒論……1

第一節　研究背景……1

第二節　研究目的……3

第三節　研究假設……3

第四節　研究範圍與限制……3

第五節　名詞操作性定義……4

第六節　研究重要性……5

第貳章　文獻探討……6

第一節　間歇充氣加壓之介紹……6

第二節　間歇充氣加壓與運動恢復之效果……7

第三節　延遲性肌肉痠痛(DOMS)……10

第四節　本章總結……11

第參章　研究方法.....12

第一節　研究對象.....12

第二節　研究日期與地點.....12

第三節　研究工具.....12

第四節　實驗方法與步驟.....13

第五節　資料處理與分析.....20

第肆章　結果.....21

第一節　受試者基本資料.....21

第二節　酸痛指數.....22

第三節　關節活動度.....23

第四節　下肢肌力表現.....24

第伍章　討論.....26

第一節　間歇充氣加壓力對痠痛指數與關節活動度之效益.....26

第二節　間歇充氣加壓力對肌力表現之效益.....28

第三節　結論與建議.....30

第四節　實務運用.....30

參考文獻.....31

附 錄

附錄一　受試者須知.....36

附錄二　健康及訓練情況調查表.....38

附錄三　受試者同意書.....39

表　次

表 2-1 IPC 對運動恢復之效果……9

表 4-1 受試者基本資料……21

表 4-2 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對下肢等速向心肌力的影響……25

表 4-3 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對下肢等速離心肌力的影響……25

圖　次

圖 3-1 實驗流程簡圖……14

圖 3-2 IPC 示意圖……16

圖 3-3 實驗處理流程圖……17

圖 3-4 Biodex 肌力測驗儀圖……18

圖 3-5 視覺模擬量表……19

圖 4-1 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對痠痛指數的影響……22

圖 4-2 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對關節活動度的影響……23

第壹章　緒論

第一節 研究背景

肌力與體能訓練是近幾年來相當炙熱的議題，許多運動員因接受科學化的肌力與體能訓練而獲得亮眼的成績，而除了日益精進的訓練方法之外，運動後疲勞恢復的相關資訊也逐漸受到運動科學家及運動員的重視，恢復的方法及相關器材也越來越多樣化。快速消除運動後累積的疲勞有利於運動員得以較佳的身體狀態更快進入下一次的訓練，除了有利於訓練的效果外，同時也可降低因為疲勞累積而導致受傷的機率。

促進運動後恢復的方法包括：按摩 (Howatson & Van Someren, 2008)；(Best, Hunter, Wilcox, & Haq, 2008)、冷水浸泡 (Wilcock, Cronin et al. 2006)、對比浴 (Duncan, Kevin et al. 2008)、及間歇充氣加壓 (intermittent pneumatic compression, IPC) (Zelikovski, Kaye, Fink, Spitzer, & Shapiro, 1993) 等。間歇充氣加壓是將特製的袖套穿戴在人體肢段，透過機器產生幫浦作用以氣壓充氣方式進行短暫且循環性的加壓與減壓之方法；效果類似肌肉幫浦作用，能促進靜脈血液回流及增加血流量以促進組織充血 (Sheldon, Roseguini, Laughlin, & Newcomer, 2013)。

一般人在從事不習慣的運動模式或高強度離心運動後，肌肉纖維可能受到些微損傷而導致局部發炎，此種因為運動導致的肌肉損傷 (exercise induced muscle damage, EIMD) 在後續的幾天常引起骨骼肌痠痛及僵硬，稱之為延遲性肌肉痠痛 (delayed onset muscle soreness, DOMS)(Armstrong, 1984)。根據過去臨床的使用與相關的研究，學者們提出在運動後接受IPC處理能改善肌肉僵硬度及痠痛指數 (Chleboun et al., 1995; Waller et al., 2006)。例如Chleboun等之研究，實施3組肘關節離心運動至力竭以誘發肌肉損傷後，再使用IPC處理進行恢復，其結果顯示，相較於控制組，IPC可顯著降低肌肉痠痛感、肌肉腫脹與肌肉僵硬度，並據此認為IPC消除腫脹之效果可能可加速運動後所誘發肌肉損傷的恢復。而Waller等也在實施遞增強度折返跑與高強度折返跑後採取IPC處理，結果也發現，IPC除可顯著降低肌肉痠痛感外，垂直跳測驗高度也顯著高於控制組，故推測IPC有

助於消除高強度運動後所產生的延遲性肌肉痠痛，進而影響運動表現。另外，Hanson、Stetter、Li 與 Thomas (2013) 的研究則以溫蓋特測試 (Wingate test) 誘發疲勞後，再立即進行壓力為60-80mmHg，30秒加壓/30秒洩壓共20分鐘之IPC恢復或靜態休息，發現IPC可顯著降低運動後之血乳酸濃度，顯示IPC有助於運動後血乳酸的清除。由上述文獻可得知，高強度運動後或在延遲性肌肉痠痛的情況下，進行IPC處理有助於幫助肌肉疲勞的消除，降低痠痛感，且可能改善垂直跳運動表現。

不過，仍有一些學者提出不同的研究結果，Cochrane、Booker、Mundel 與 Barnes (2013) 的研究以膝關節離心運動誘發下肢肌肉損傷，再使用IPC處理，隨後進行最大自主收縮肌力、單腳垂直跳等肌力表現測驗，並採集血液以檢驗肌酸激酶濃度，結果顯示在各項肌力表現測驗及血液生化指標部分，IPC與控制組間皆無顯著差異。

從目前的研究證據來看，IPC處理似乎能有效改善運動後肌肉痠痛的程度，但是否有助於隨後的運動表現，特別是在延遲性肌肉痠痛的情況下，結果尚不一致。因此本研究的目的即在探討運動誘發DOMS之狀態下，進行IPC處理對酸痛指數、關節活動度及肌力表現的效應。

而IPC對DOMS及相關肌力表現效果之研究結果分岐的原因可能有以下幾點 ： 一、研究中所使用的運動為不同種類及不同強度負荷的離心運動。二、個體差異問題，受試者在對於同一個練習上的反應差異，以及難以控制受試者在運動時的努力程度及後續生活型態。三、加壓部位不相同，針對不同部位進行IPC處理，可能因為肌肉量之差異，導致IPC施予血管與組織之壓力不同而影響其效果。 四、加壓洩壓比例，可能因為不同之加壓與洩壓比例、單次處理總時間與持續處理期間上之差異而導致結果不一致。

本研究蒐集以往學者所做之研究，發現間歇充氣加壓按摩雖被視為是一種積極促進運動後恢復的方法，但其在運動誘發延遲性肌肉痠痛後的效益仍有待確認。而為避免個體差異問題，本研究擬採用同一受試者之對側肢體反應比較，來探討下坡跑誘發延遲性肌肉痠痛後配合間歇充氣加壓按摩對下肢肌力表現之效益。

第二節 研究目的

探討經離心運動誘發延遲性肌肉痠痛後，實施間歇充氣加壓按摩對肌力表現與痠痛指數之影響。

第三節 研究假設

本研究的研究假設如下：

一、IPC 能夠促進運動後立即及 DOMS 時之肌力表現。

二、IPC 能夠改善肌肉痠痛程度及關節活動範圍。

第四節 研究範圍與限制

一、本研究採用之運動介入方式對體能要求較高，受試者均為有接受運動訓練者，故與一般民眾平時進行運動之情形可能不完全相符。

二、本研究採用下坡跑運動誘發 DOMS，與其他運動所引起的 DOMS 可能有所差異。

三、本研究採用之運動按摩器材為 DAESUNG 公司的「Lympha-Tron」循環機，故與其他廠牌或其他按摩型式之器材可能不完全相符。

四、本研究主要以 Biodex 肌力測驗儀進行肌力表現測驗，結果僅能推論至相同類型之運動測驗。

五、在飲食攝取方面，要求受試者在測驗前 24 小時禁止攝取含有酒精及咖啡因之飲品，以及測驗前 4 小時必須禁食，但無法進行全面性控制。

六、在身體活動方面，要求受試者在測驗前 24 小時禁止進行激烈運動，但無法執行全面性的控管。

第五節 名詞操作性定義

一、間歇充氣加壓

間歇充氣加壓是指在人體肢段穿上特製袖套，透過儀器以氣壓充氣方式進行類似肌肉幫浦作用之短暫且循環性的加壓與減壓，其能促進靜脈血液回流及增加血流量以促進組織充血。本研究所採用按摩方式為使用 DAESUNG 公司的「Lympha-Tron」循環機，壓力調整範圍修改自 Cachrane 等學者(2013)之加壓方法，壓力範圍設定為 80 mmHg，按摩期間為加壓 40 秒／洩壓 20 秒共 20 分鐘之間歇充氣加壓。

二、最大攝氧量測驗

測量方法採用 Bruce Protocol Stress Test 進行，第一階段：速度為每小時 2.7 公里，坡度為 10%；第二階段：速度為每小時 4.0 公里，坡度為 12% ；第三階段：速度為每小時 5.4 公里，坡度為 14%；第四階段：速度為每小時 6.7 公里，坡度為 16%；第五階段：速度為每小時 8.0 公里，坡度為 18%；第六階段：速度為每小時 8.8 公里，坡度為 20%；第七階段：速度為每小時 9.6 公里，坡度為 22%，直至受試者衰竭為止 (Pediatrics, 1963)。

三、下坡跑運動

經由最大耗氧量測量完成後 72 小時，以所得之耗氧量資料依線性回歸方式預測 70% VO2max 強度時之相對跑步速度，然後使用訂做之鐵架將跑步機架起並設置在-15 度的斜度，再讓受試者以此速度進行 30 分鐘的下坡跑，以誘發 DOMS 。

四、肌力指標

本研究所稱之肌力指標為膝關節等速向心、離心最大肌力，透過 Biodex 肌力分析系統設定膝關節活動範圍 0°-90°，進行 2 組 3 下分別為 60°s 及 180°s 的等速肌力測驗，蒐集其最大力量數值。

第六節 研究重要性

過去多數間歇充氣加壓之研究與應用多為臨床使用及復健醫療用途，直至近年逐漸廣泛使用於運動恢復，而對於採用間歇充氣加壓作為恢復之效益一直尚未有明確的結果，尤其是在產生延遲性肌肉痠痛後。因此本研究試圖瞭解在運動誘發延遲性肌肉後採用間歇充氣加壓對於肌力表現及肌肉痠痛程度等之恢復情形。研究結果可作為在產生延遲性肌肉痠痛後，是否採用間歇充氣加壓作為恢復方法的重要參考依據。

第貳章 文獻探討

本章文獻探討旨在探討阻力訓練後立即進行間歇充氣加壓按摩對肌力表現之影響及其相關機制，本章將依序進行相關背景知識的介紹與文獻評述。

第一節　間歇充氣加壓之介紹

間歇充氣加壓 (intermittent pneumatic compression, IPC)，最早起源於1832年由Murray所提出，他認為將身體肢段暴露於較低之大氣壓力環境，能減少其周邊血流阻力並增加動脈血液循環。而後被其他學者所延伸發展為吸允作用 (sucking effect)，指對下肢進行週期性的壓力變換以達到促進充血和減輕動脈粥狀硬化 (atherosclerotic)所造成缺血症狀的效果。其主要效果與機轉乃是透過特製袖套穿戴於身體肢段，再使用儀器以氣壓充氣方式進行類似肌肉幫浦作用之短暫且循環性的加壓與減壓，故被學者稱為擠乳作用 (milking effect) (Zelikovski et al., 1993)。IPC於1950年代逐漸被用於臨床上治療淋巴水腫，至今仍被廣為運用，透過改變動脈、靜脈與組織壓力，產生充血與血管舒張反應，進而改善組織缺血、提升血管功能與血管再塑，而達到改善的結果 (Sheldon et al., 2013)。

第一篇將IPC應用於運動領域的研究是由以色列Zelikovski等 (1993)提出，其認為在接受IPC處理後可能可以促進運動後累積代謝物質的清除，並加速疲勞之恢復。目前在IPC處理的操作方式上仍有諸多的差異，其中可能包含加壓之壓力、加壓之位置、加壓與洩壓之時間、受試者之訓練狀態及運動方式等的不同，皆可能會影響IPC介入之效果，因此，目前尚未能完全確認其真正效益。

第二節　間歇充氣加壓對運動後恢復之效果

Zelikovski等 (1993)的研究使用踩腳踏車至力竭運動誘發肌肉疲勞後使用IPC。此研究進行兩趟強度為80%VO_{2max}之功率腳踏車踩踏至力竭，並於兩趟運動中間進行20分鐘的IPC處理或靜態休息(控制組)，並且於第一趟前、第一趟後立即與其後的每2分鐘進行靜脈採血，以分析乳酸 (lactate)、丙酮酸 (pyruvate)等疲勞相關的血液生化指標。結果顯示使用IPC恢復後可有效提升第二趟之最大心跳率及運動至力竭時間(增加45%)，並且降低血液中丙酮酸濃度，但血乳酸濃度與控制組則無明顯差異。

根據過去臨床的使用與相關的研究(見表2-1)，學者們提出在運動後接受IPC處理能改善肌肉僵硬度及痠痛分數 (Waller et al., 2006; Chleboun et al., 1995)，而對於其他運動表現之影響則尚有待釐清。Chleboun等 (1995)之研究採於肘關節實施3組(90%、80%與70%的MVC) 肘關節離心運動至力竭以誘發肌肉損傷後，再使用壓力為60mmHg，40秒加壓/20秒洩壓的IPC處理進行恢復，其結果顯示相較於控制組，IPC可顯著降低肌肉痠痛感、肌肉腫脹與肌肉僵硬度，因此提出IPC消除腫脹之效果可能可加速運動後所誘發肌肉損傷的恢復之想法。而Waller等 (2006)也在實施遞增強度折返跑與高強度折返跑後採取高壓組為60-70mmHg；低壓組為10-20mmHg，60秒加壓/60秒洩壓共60分鐘之IPC處理，其結果除相較於控制組，IPC可顯著降低肌肉痠痛感外，也提升垂直跳高度，並提出IPC可促進高強度運動後所產生的延遲性肌肉痠痛的消除。Hanson等 (2013)研究則以溫蓋特測試 (Wingate test)誘發疲勞後，再進行壓力為60-80mmHg，30秒加壓/30秒洩壓共20分鐘之IPC恢復或靜態休息，發現IPC可顯著降低運動後之血乳酸濃度，顯示IPC有助於運動後血乳酸的清除。由上述文獻可得知，運動後進行3或20分鐘之IPC處理有助於肌肉疲勞的消除而改善其後之運動表現。

以上研究皆顯示IPC可有效促進運動後恢復，但仍有學者的研究顯示經IPC處理後與控制組間並無顯著差異。Cochrane等 (2013)研究先進行膝關節離心運動以誘發下肢肌肉損傷，再使用壓力為60-80mmHg，30秒加壓/30秒洩壓共30分鐘之IPC處理，隨後進行最

大自主收縮肌力、單腳垂直跳等肌肉功能測驗，並採集血液以檢驗肌酸激酶活性，結果顯示在各項肌肉功能測驗及血液生化指標部分，IPC與控制組間皆無顯著差異，因此認為IPC並不能夠有效促進離心運動後所誘發之肌肉損傷與功能的恢復。另外Amanda等(2018)則在超級馬拉松比賽中招募了56位跑者，分為IPC組、按摩組 (MT)及控制組，在為期5天的比賽中，每天完賽後抽取血液樣本檢驗肌肉損傷之血液生化指標肌酸激酶後皆接受相同的實驗處理恢復。IPC組採取壓力為80 mmHg，30-40秒加壓/15秒洩壓共20分鐘之IPC處理，MT組為固定治療師操作固定手法之按摩恢復，控制組則為靜態休息。結果顯示IPC組與MT組皆能有效降低肌肉痠痛指數，但對其後續完賽成績與血液生化指標肌酸激酶皆無明顯差異。Draper等 (2020)招募了10名受試者採用70% VO2max的強度進行20英里的跑步，他將其受試者分為IPC組及控制組，並在跑步後立即進行實驗處理。IPC組採取壓力為90mmHg，30秒加壓/30秒洩壓共1小時之IPC處理，控制組則不進行任何處理。其研究在跑步前、跑步後及跑步後的1至5天每天相同時間抽血檢測C反應蛋白及測驗痠痛指數，結果顯示，無論是C反應蛋白或是痠痛指數，兩組間在各時間點皆無顯著差異。

從目前的研究證據來看，IPC處理似乎能有效改善運動後肌肉痠痛的程度，但是否有助於隨後的運動表現，特別是在延遲性肌肉痠痛的情況下，結果尚不一致。因此本研究的目的即在探討運動誘發DOMS之狀態下，進行IPC處理對酸痛指數、關節活動度及肌力表現的效應。

表 2-1 IPC 對運動後恢復之效果

作者 (年份)	受試者	運動測驗	加壓方式	結果
Chleboun 等 (1995)	32 (大專女學生)	3 組(90%、80%、70%的 MVC)肘關節離心運動至力竭	●上肢加壓 ●壓力：60 mmHg ●40 秒加壓/20 秒洩壓 ●共 20 min	↓肌肉痠痛分數 ↓臂圍 ↓肌肉僵硬度 ↔等長肌力
Waller 等 (2006)	9 (健康男性)	遞增速度折返跑、高強度折返跑	●下肢加壓 ●壓力： 高壓組 60-70 mmHg；低壓組 10-20 mmHg ●60 秒加壓/60 秒洩壓 共 60 min	↑垂直跳高度 ↓肌肉痠痛分數 ↔小腿和大腿圍長
Zelikovski 等 (2010)	11 (健康男性)	80%VO_2max 負荷功率腳踏車運動至力竭	●下肢加壓 ●壓力：50 mmHg 20 min	↑力竭時間 ↑最大心跳率 ↓丙酮酸 ↔乳酸 ↔碳酸氫鹽 ↔pH ↔血氨
Hanson 等 (2011)	21 (女性運動員)	溫蓋特測試 (Wingate test)	●下肢加壓 ●壓力：60-80 mmHg ●30 秒加壓/30 秒洩壓 共 20 min	↓血乳酸 ↔心跳率
Cochrane 等 (2013)	10 (健康男性)	3組100次離心運動	●下肢加壓 ●壓力：60-80 mmHg ●30 秒加壓/30 秒洩壓 共 30 min	↔VJ ↔CK ↔MVC ↔等速向心收縮肌力 ↔等速離心收縮肌力
Amanda 等 (2018)	56 (超級馬拉松運動員)	超級馬拉松	●下肢加壓 ●壓力：80 mmHg ●30-40 秒加壓/15 秒洩壓 共 20 min	↔CK ↓肌肉酸痛分數
Draper 等 (2020)	10(長跑運動員)	20 英里跑步	●下肢加壓 ●壓力：90 mmHg ●30 秒加壓/30 秒洩壓 共 60 min	↔C 反應蛋白 ↔痠痛指數

註：$\dot{V}O_{2max}$，最大攝氧量；RPE，；CK，肌酸激酶；VJ，單腳垂直跳；pH，血液酸鹼值；MVC，最大自主性收縮肌力；↑，上升；↓，下降；↔，無影響。

第三節　延遲性肌肉痠痛（DOMS）

一、DOMS 定義

DOMS 為 Delayed onset muscle soreness（延遲性肌肉痠痛)之簡稱。意指從事不習慣的運動模式，在停止運動後的 24 小時肌肉的痠痛感逐漸增加，在 24 小時至 72 小時之間，肌肉痠痛達到高峰期，並在停止運動後的 5 至 7 天，痠痛感逐漸消除。

二、DOMS 假說

關於 DOMS 的機制，Cheung 等 (2003) 整合過去研究提出一些假說來解釋，包括乳酸、肌肉攣縮、肌纖維和結締組織發炎的症狀和酵素流出理論(Cheung, Hume et al. 2003)，但乳酸堆積已被釐清，並不會引起延遲性肌肉痠痛(Gleeson, Blannin et al. 1998)。現今研究證據，延遲性肌肉痠痛有可能是因為肌肉和結締組織內的過度機械力量，造成肌肉組織的損傷(Armstrong, 1984；Clarkson, Byrnes, McCormick, Turcotte, & White, 1986 ; Clarkson & Sayers, 1999 ; Friden & Lieber, 1992 ; Lewis, Ruby, & Bush-Joseph, 2012)。統合過去假說並提出肌肉損傷的機制:

（一）　乳酸理論：乳酸理論認為當肌肉進行高強度離心運動後，開始進行無氧呼吸時，酸性代謝副產物仍會在停止運動後持續產生堆積，尤其乳酸堆積會刺激末梢神經產生疼痛感。但此理論未受到大眾支持。

（二）　痙攣理論：肌肉痙攣理論認為，因為局部肌肉痙攣，導致活動部位的血管壓迫而造成局部缺血，而使致痛物質堆積，如果致痛物質累積過多，就會引起疼痛感，而疼痛又會引起肌肉的反射性痙攣，又造成局部缺血的惡性循環。

（三）　發炎理論一：肌纖維內原本就有水解蛋白酶，而在反覆進行離心運動收縮造成肌纖維受傷後，水解蛋白酶活化可分解脂質和蛋白質，造成局部發炎反應，使得細胞膜通透性改變，發炎細胞聚集， 繼之出現水腫現象、發炎細胞侵入。

（四）　發炎理論二：單核細胞和巨噬細胞在 48 小時達到高峰。當暴露於發炎狀況時，巨噬細胞產生前列腺素（PGE 2），刺激神經末梢中對機械、化學和溫度有關的第三類型（Type III）和第四型（Type IV）感覺神經纖維。除了來自組織

水腫和局部溫度升高的壓力之外，來自活性吞噬作用和細胞壞死的組織胺，鉀和激肽 (Kinins) 的積聚可以激活肌肉纖維和肌腱連接處的傷害感受器。

（五） 肌肉損傷理論與結締組織損傷理論：肌節內的 Z 線，在離心運動時容易受到損害，在顯微鏡下也可以看到 Z 線被拉長、變模糊，或 Z 線附近的肌原纖維斷裂，甚至整個肌節結構受到破壞。

（六） 酵素流出理論：肌肉的構造中，原本就有鈣質存在於肌漿網(sarcoplasmic reticulum)，當肌肉受到損傷時，會使鈣質流出，一方面影響肌肉細胞呼吸功能，另一方面會活化水解蛋白酶和磷酸脂質酶，造成肌漿網進一步的破壞，造成之後的發炎反應。

第四節　本章總結

經由上述文獻可歸納出以下幾點:

一、平時從事不熟悉的身體活動或是高強度離心運動後，接續的1至3天骨骼肌會產生明顯的酸痛不適感，此現象則稱之為DOMS。

二、不論是使用 10-20mmHg 等較低壓力或是 60-80mmHg 較高壓力的加壓方式，IPC 處理都能有效改善運動後肌肉痠痛程度，但對於運動後恢復最適合之壓力及時間都尚未有明確的範圍，目前多數研究所使用之加壓壓力為 80mmHg，因此本研究採用以上加壓壓力。

三、IPC 雖能改善運動後肌肉痠痛程度，對於幫助肌力表現恢復方面，從目前的結果看來則較不一致。

第參章 研究方法

第一節　研究對象

本研究招募 18 位自願參與實驗之健康男性大學生，受試者具規律阻力訓練經驗，且無心血管疾病、氣喘、糖尿病或其他重大疾病病史。受試者在正式參與本研究之前須先閱讀並填寫「受試者同意書」(見附錄一)、「受試者病史調查」(附錄二)，以確認身體狀況良好且願意配合參與本研究，才會正式成為本研究受試者。

第二節　研究時間與地點

一、時間：自 109 年 1 月進行至 109 年 4 月止。

二、地點：國立臺灣師範大學公館校區運動生理學實驗室及重量訓練室。

第三節　研究工具

一、Biodex system 4 Pro 肌力測試儀 (Biodex Medical Systems, NY, USA) 。

二、韓國 DAESUNG 公司「Lympha-Tron」肢體循環機)。

三、疼痛自覺量表 (numerical rating scale, 0-10)。

四、運動強度自覺量表 (Borg's rating of perceived exertion, 6-20)。

第四節　實驗方法與步驟

一、實驗流程

本研究中每位受試者進行 1 次實驗熟悉、7 次等速肌力、7 次視覺模擬量表測驗及 3 次實驗處理。第 1 次實驗熟悉的目的在於，讓受試者了解本次實驗流程，並熟悉等速肌力測驗儀器，以及測量 60˚s、180˚s 角速度的下肢最大等速屈膝收縮與最大攝氧量。完成熟悉休息至少 3 天後進行下坡跑運動，運動前再次測量測量 60˚s、180˚s 角速度的下肢最大等速屈膝收縮、VAS 及關節活動度記錄為前測，並於運動誘發疲勞後立即進行測驗。受試者於完成測驗後，雙腳依據隨機分配之處理分別進行不同的恢復方式。並於運動後立即處理後、運動後 24 小時、48 小時、運動後 24 小時處理後、運動後 48 小時處理後再次進行測驗，本實驗設計與流程如圖 1：

圖 3-1 實驗流程簡圖

註：VAS，視覺模擬量表；IPC，間歇充氣加壓處理；CON，控制處理；1RM，最大肌力。

二、實驗處理

將 18 位受試者雙腳以隨機分派方式分別接受實驗及控制 2 種處理（實驗處理腳及控制處理腳），實驗處理腳於下坡跑運動後進行單次充氣加壓按摩 20 分鐘，控制處理腳則於阻力訓練後靜態休息 20 分鐘。

三、標準化動態熱身

在每次阻力運動前及 24 小時、48 小時測驗前，先進行 5 分鐘時速 5 公里速度慢跑隨後進入運動或測驗。

四、實驗前測

1. 每位受試者需先進行 1 次下肢最大自主等速收縮力量、疼痛自覺程度、關節活動度測驗。等速測驗採用 Biodex system 4 Pro 肌力測試儀，角速度設定為 60˚ sec 與 180˚ sec。
2. 本研究受試者皆須接受一次原地跑步機之最大攝氧量測量，測量方法採用 Bruce Protocol Stress Test 進行，第一階段：速度為每小時 2.7 公里，坡度為 10%；第二階段：速度為每小時 4.0 公里，坡度為 12% ；第三階段：速度為每小時 5.4 公里，坡度為 14%；第四階段：速度為每小時 6.7 公里，坡度為 16%；第五階段：速度為每小時 8.0 公里，坡度為 18%；第六階段：速度為每小時 8.8 公里，坡度為 20%；第七階段：速度為每小時 9.6 公里，坡度為 22%，直至受試者衰竭為止 (Pediatrics, 1963)。

五、運動誘發肌肉損傷

經由最大攝氧量測量完成後 72 小時，以所得之耗氧量資料依線性回歸方式預測 70% VO2max 強度時之相對跑步速度，然後使用訂做之鐵架將跑步機架起並設置在-15 度的斜度，再讓受試者以此速度進行 30 分鐘的下坡跑，以誘發 DOMS 。

六、實驗介入方式

本研究採隨機分配之實驗設計將受試者雙腳分為實驗處理腳（IPC）及控制處理腳（CON），受試者於實驗第1天進行下坡跑運動後，立即進行下肢等速肌力測驗，測驗完成後分別接受不同處理，第2及第3天也於進行下肢等速肌力測驗後分別接受相同處理，處理包括以下：

（一） 間歇充氣加壓（IPC）：本研究所採用按摩方式為使用DAESUNG公司的「Lympha-Tron」肢體循環機，壓力設定為：80 mmHg，腿套長度涵蓋大腿及小腿，以隨機分配方式將受試者分為左腳或右腳穿著充氣加壓腿套，並平躺休息，進行20分鐘間歇充氣加壓。

圖3-2 IPC示意圖

（二） 控制組（CON）：採平躺靜態休息20分鐘。

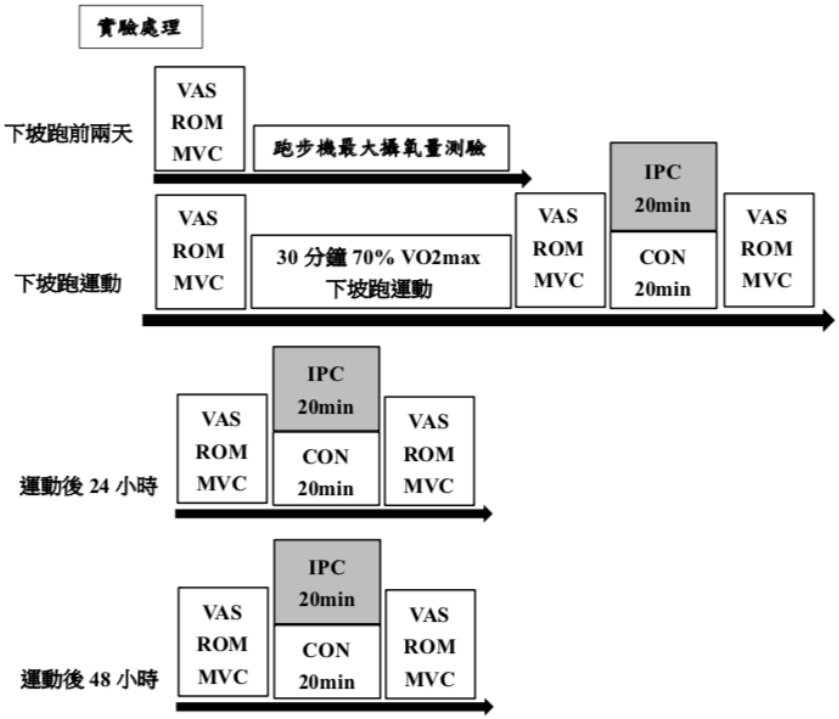

圖 3-3 實驗處理流程圖

註：MVC，最大自主等速收縮肌力測驗；VAS，視覺模擬量表測驗；ROM，關活動範圍測驗；IPC，間歇充氣加壓處理；CON，控制處理。

七、檢測指標

（一） 下肢肌力表現測驗：測量儀器:Biodex system 4 Pro 肌力測試儀 (Biodex Medical Systems, NY, USA)（圖 3)。測量地點:臺灣師範大學公館校區 運動生物力學實驗室。測量方法:(1)測試前依操作手冊先進行重力校正。(2)設定受試者座椅高度及方向、椅背傾斜角度(85°)、頸部支撐角度。(3)測試時先設定受試者膝關節活動範圍(0°~90°)，並再次檢查受試者固定於座椅之繫帶是否穩固。(4)受試者採平衡次序先以60°s的角速度進行下肢IPC腳或CON腳之最大等速屈膝向心及離心收縮，總共接受3下收縮，完成後即換腳進行測驗。完成後再以180°s的角速度進行下肢IPC腳或CON腳膝向心及離心之最大等速收縮，總共接受每組3下，共2組測驗，完成後即換腳進行測驗，運動過程給予相同的口語指導與鼓勵 （修改自 Cochrane et al., 2013)。

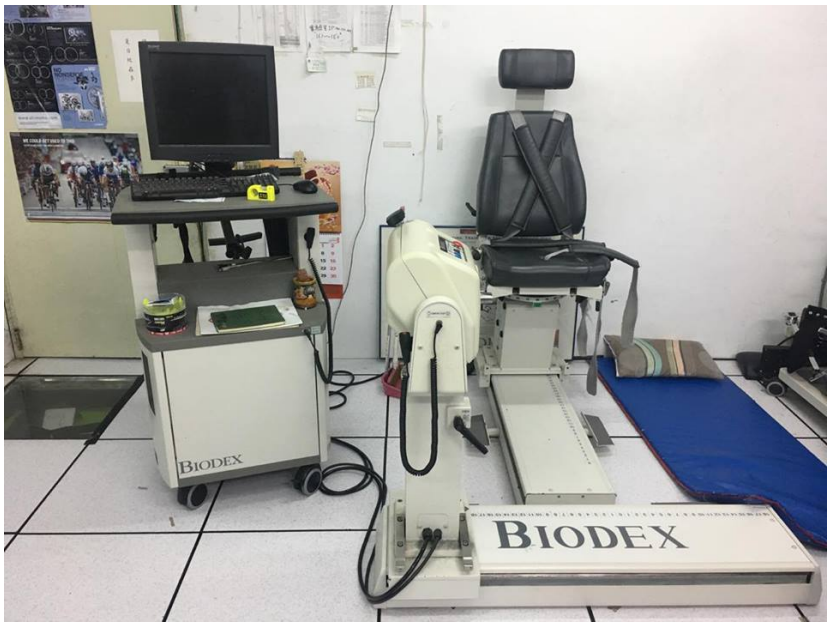

圖3-4　Biodex肌力測驗儀

（二）　關節活動度

本研究之關節活動範圍是利用關節角度尺測量受試者膝關節最大伸展時之角度減去最大屈曲時之角度。受試者採趴姿，以膝關節連接處為中心點，使大腿與小腿之關節角度呈現直線平行 (即為起點0°)，受試者接續將小腿向臀部後勾，當受試者在後勾的過程中感受到大腿產生痠痛的情形時，即停止後勾 (終點)，並保持在此位置進行角度量測，共測量一次 (王建晞、何仁育、林明儒，2017)。

（三） 視覺模擬量表(VAS)

本研究於運動前、運動後立即、處理後立即、運動後24小時及運動後48小時之時間點詢問受試者視覺模擬量表，量表為一條長度10公分水平直線，最左端0為不疼痛，最右端10則表示為極度疼痛 (Howatson et al., 2008)。測量時要求受試者進行標準化之登階動作一次，以確保每位受試者經歷相同動作與感受，讓受試者感覺下肢痠痛程度，並於量表上的水平直線畫記一條垂直短線，測量後的公分數即為本研究的痠痛指數。

圖3-5 視覺模擬量表

第五節　資料處理與分析

一、自變項

本研究採用隨機、控制及平衡次序之設計，將受試者之雙腳分別分派至以下兩種處理：

（一）充氣加壓按摩處理（IPC）：在單側下肢肢段穿上充氣腿套，進行 20 分鐘 80 mmHg 的充氣加壓。

（二）控制處理（CON）：單側下肢肢段進行 20 分鐘之靜態休息。

二、依變項

（一） 不同實驗處理後之下肢 60˚sec 等速向心、離心肌力。

（二） 不同實驗處理後之下肢 180˚sec 等速向心、離心肌力。

（三） 不同實驗處理前後、等速肌力測驗前後及下坡跑運動前後的關節活動範圍變化情形。

（四） 不同實驗處理前後、等速肌力測驗前後及下坡跑運動前後的疼痛自覺程度變化情形。

本研究實驗測量所得之各項數據，採用 SPSS.23.0 for windows 軟體進行統計分析，敘述如下：

（一） 以描述性統計 (平均值±標準差)呈現實驗所收集到的數據。

（二） 本研究以重複量數二因子變異數分析考驗有無氣壓式按摩介入對不同時間點（前測、運動後立即、運動後 24 小時、運動後 48 小時）之下肢等速肌力、運動強度自覺變化及疼痛自覺變化比較，若交互作用顯著時，再進一步進行單純主要效果的考驗，事後比較採 Tukey’s test 進行。

（三） 統計顯著水準為 $\alpha = .05$。

第肆章 結果

本章旨在說明經運動誘發延遲性肌肉痠痛，並施以 IPC 處理前後各時間點之痠痛指數、關節活動度及下肢肌力的表現結果，依研究架構分為：第一節，受試者基本資料；第二節，痠痛指數；第三節，關節活動度；第四節，下肢肌力表現等三節進行說明。

第一節 受試者基本資料

共 18 位健康體育系之男性參與本研究，其基本資料如表 4-1。

表 4-1 受試者基本資料

	N=18
年齡 (yr)	23.0±2.8
身高 (cm)	173.1±5.2
體重 (kg)	71.2±5.3
最大攝氧量 (ml/kg/min)	47.3±4.4
下坡跑平均速率 (km/h)	9.1±1.1

第二節 痠痛指數

圖 4-1 為各時間點痠痛指數之變化，經二因子重複量數變異數分析後，發現處理與時間因子之交互作用達顯著 ($p < .05$) ，進一步分析單純主要效果結果如下。處理單純主要效果顯示，在運動後立即處理、運動後 24 小時處理、48 小時安靜值及運動後 48 小時處理等時間點 IPC 腳痠痛指數皆顯著低於控制腳 ($p < .05$) (5.3 ± 1.2 vs. 6.2 ± 1.1 分；6.2 ± 1.6 vs. 7.0 ± 1.4 分；7.2 ± 1.8 vs. 7.5 ± 1.8；6.9 ± 1.9 vs. 7.4 ± 1.7 分)。時間單純主要效果顯示，IPC 腳在運動後立即顯著高於運動後立即處理及運動後 24 小時處理；運動後立即處理顯著低於 24 小時安靜值、運動後 24 小時處理、48 小時安靜值及運動後 48 小時處理；運動後 24 小時處理顯著高於 24 小時安靜值及 48 小時安靜值；48 小時安靜值顯著高於運動後 48 小時處理，控制腳則是運動後立即顯著高於運動後立即處理；運動後立即處理顯著低於 24 小時安靜值、運動後 24 小時處理、48 小時安靜值及運動後 48 小時處理 ($p < .05$) 。

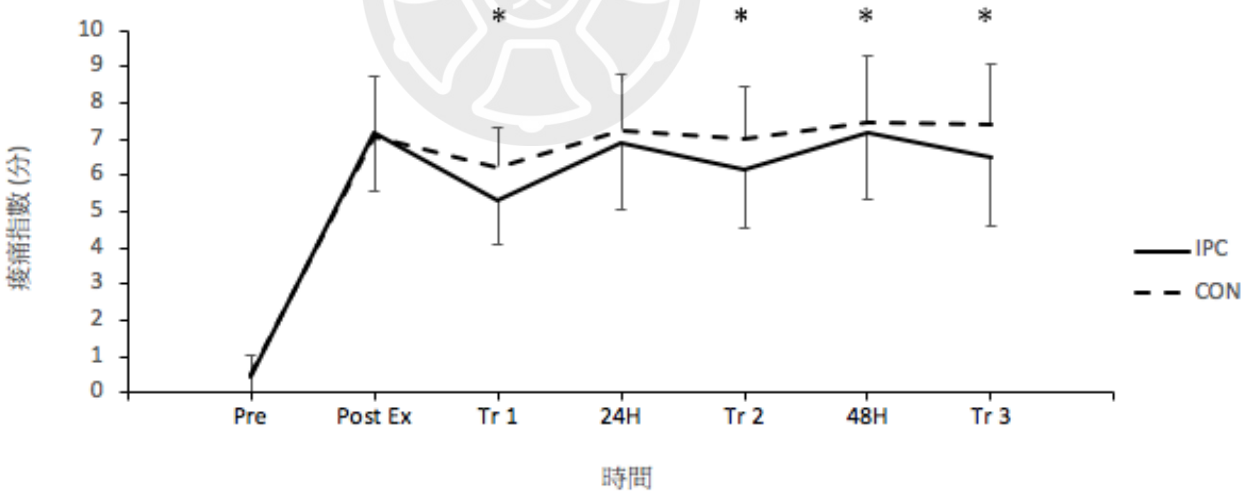

圖 4-1 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對痠痛指數的影響

註：IPC，間歇充氣加壓腳；CON，控制腳；Pre，前測值；Post Ex，運動後立即；Tr1，運動後立即處理；24H，運動後 24 小時；Tr2，運動後 24 小時處理；48H，運動後 48 小時；Tr3，運動後 48 小時處理。* $p < .05$，處理間達顯著差異。

第三節 關節活動度

圖 4-2 為各時間點關節活動度之變化，經二因子重複量數變異數分析後，發現處理與時間因子之交互作用達顯著 ($p < .05$) ，進一步分析單純主要效果結果如下。處理單純主要效果顯示，在運動後 24 小時處理、48 小時安靜值及運動後 48 小時處理等時間點 IPC 皆顯著高於控制腳 ($p < .05$)。時間單純主要效果顯示，IPC 腳之安靜值、運動後立即及運動後立即處理後關節活動度皆大於後續各時間點；24 小時安靜值顯著小於運動後 24 小時處理及運動後 48 小時處理；48 小時安靜值顯著小於運動後 24 小時處理及運動後 48 小時處理。控制腳之安靜值、運動後立即及運動後立即處理後關節活動度皆大於後續各時間點；24 小時安靜值顯著大於 48 小時安靜值，顯著小於運動後 24 小時處理、運動後 48 小時處理；48 小時安靜值顯著小於運動後 24 小時處理及運動後 48 小時處理。

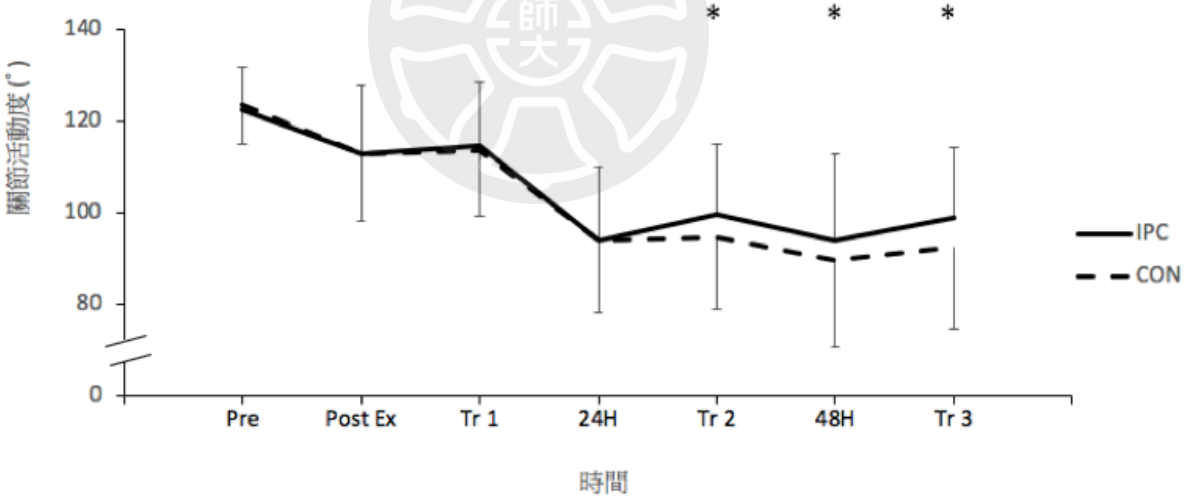

圖 4-2 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對關節活動度的影響

註：IPC，間歇充氣加壓腳；CON，控制腳；Pre，前測值；Post Ex，運動後立即；Tr1，運動後立即處理；24H，運動後 24 小時；Tr2，運動後 24 小時處理；48H，運動後 48 小時；Tr3，運動後 48 小時處理。*$p < .05$，處理間達顯著差異。

第四節 下肢肌力表現

每秒 60˚與 180˚之下肢等速向心、離心肌力表現測驗結果經二因子重複量數變異數分析後，發現處理與時間因子之交互作用皆未達顯著 ($p > .05$)，進一步比較主要效果結果如下（如表 4-2、4-3 所示）。

1. 每秒 60˚與 180˚之下肢等速向心肌力

在處理主效果方面，每秒 60˚之下肢等速向心肌力及每秒 180˚之下肢等速向心肌力 IPC 腳無處理間顯著差異 ($p > .05$)。而時間主效果方面，每秒 60˚及 180˚等速向心肌力前測值皆大於其他各時間點 ($p < .05$)；每秒 60˚等速向心肌力在運動後立即、24 小時安靜值及 48 小時實驗處理後皆大於 48 小時安靜值 ($p < .05$)；每秒 180˚等速向心肌力則於運動後立即大於運動後立即實驗處理 ($p < .05$)。

2. 每秒 60˚與 180˚之下肢等速離心肌力

在處理主效果方面，每秒 60˚及每秒 180˚之下肢等速離心肌力無處理間顯著差異 ($p > .05$) 。而時間主效果方面，每秒 60˚及 180˚等速向心肌力前測值皆大於其他各時間點 ($p < .05$)；每秒 60˚等速離心肌力在運動後立即實驗處理及 48 小時安靜值皆小於運動後立即 ($p < .05$)；每秒 180˚等速離心肌力則於 48 小時實驗處理後大於 48 小時安靜值 ($p < .05$)。

表 4-2 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對下肢等速向心肌力的影響

	前測	運動後立即	運動後立即處理	24 小時安靜值	24 小時處理	48 小時安靜值	48 小時處理
60 °							
IPC	214.3±23.7	166.5±34.3	167.7±43.4	164.2±47.1	165.7±50.2	152.0±43.4	162.9±42.6
CON	211.2±28.6	162.6±43.9	157.2±45.7	158.5±46.8	155.7±44.6	145.8±43.1	153.6±44.7
180 °							
IPC	146.4±26.4	123.5±21.9	116.6±28.9	120.2±36.1	120.3±37.2	117.3±33.9	121.4±33.5
CON	147.2±23.4	121.0±29.2	112.1±29.4	116.1±34.8	116.9±34.4	111.1±33.6	115.6±32.1

註：單位，Nm；*$p < .05$，與 48 小時安靜值達顯著差異；$^{\#}p < .05$，與其他各時間點達顯著差異；$^{\$}p < .05$，與運動後立即達顯著差異

表 4-3 下坡跑運動後進行間歇充氣加壓對下肢等速離心肌力的影響

	前測	運動後立即	運動後立即處理	24 小時安靜值	24 小時處理	48 小時安靜值	48 小時處理
60 °							
IPC	139.0±21.7	122.1±26.0	118.3±24.9	121.0±25.2	119.7±23.7	115.6±25.1	119.1±23.7
CON	136.3±21.1	122.6±27.4	116.9±27.5	116.1±25.0	115.4±25.6	111.1±25.1	113.9±21.2
180 °							
IPC	113.7±18.6	103.4±18.9	100.3±18.7	99.8±21.9	101.2±22.5	98.8±22.3	103.1±21.3
CON	114.6 ±17.0	104.1±20.8	101.8±22.3	100.5±21.2	101.1±18.5	98.2±22.1	102.3±22.0

註解：單位，Nm；*$p < .05$，與 48 小時安靜值達顯著差異；$^{\#}p < .05$，與其他各時間點達顯著差異；$^{\$}p < .05$，與運動後立即達顯著差異

第伍章 討論

依前章所述之研究結果，依序進行下列各節之討論：第一節，間歇充氣加壓對痠痛指數及關節活動度之效益；第二節，間歇充氣加壓對肌力表現之效益；第三節，結論與建議。

第一節 間歇充氣加壓對痠痛指數與關節活動度之效益

本研究主要發現，不論是運動後立即疲勞時，亦或是運動後24、48小時產生延遲性肌肉痠痛後，經過IPC處理皆能有效改善肌肉痠痛程度，而在誘發延遲性肌肉痠痛後，經過IPC處理也能有效改善關節活動度，但並未能減緩延遲性肌肉痠痛所伴隨之肌力流失現象。截至目前為止，最新一篇探討IPC對於運動後恢復的文獻為Draper等 (2020)的研究，其研究將10名受試者採用70% VO2max的強度進行20英里的跑步，在跑步前、跑步後及跑步後的1至5天每天相同時間抽血檢測C反應蛋白及痠痛指數。其研究將受試者分為IPC組及控制組，IPC組採取壓力為90 mmHg，30秒加壓/30秒洩壓共1小時之IPC處理，控制組則不進行任何處理。結果顯示，無論是C反應蛋白或是痠痛指數，兩組間在各時間點皆無顯著差異。Draper等認為，C反應蛋白的升高與肌肉損傷有直接的關係，而當身體產生發炎反應時可能需要較長的休息時間才可恢復至基準值。而痠痛指數部分，在運動後第1、2天最明顯感覺疼痛，第3天後則逐漸恢復至基準值，雖然在痠痛指數部分未達顯著差異，但Draper等認為IPC給予的幫助與按摩相似，能提供心理上的益處，在操作後得到短暫舒緩，但未能有實質生理幫助。其次，未能準確控制受試者在實驗期間的生活型態及飲食，以及樣本數不足，都是此研究之研究限制。

而整理過去研究，探討 IPC 對於運動後恢復效果的研究中與本研究較相近之運動模式的有 Waller 等 (2006) 的研究中採用遞增強度折返跑以誘發 DOMS，並將受試者分為高壓組及低壓組，高壓組壓力為 60-70 mmHg，低壓組為 10-20 mmHg，使用 60 秒加壓/60 秒洩壓共 60 分鐘之 IPC 處理，其結果相較於控制組，IPC 可顯著降低肌肉痠痛感。而 Amanda 等 (2018) 則在超級馬拉松比賽中招募了 56 位跑者，分為 IPC 組、按摩組

(MT) 及控制組，在為期 5 天的比賽中，每天完賽後抽取血液樣本檢驗肌肉損傷之血液生化指標肌酸激酶後皆接受相同的實驗處理恢復。IPC 組採取壓力為 80 mmHg，30-40 秒加壓/15 秒洩壓共 20 分鐘之 IPC 處理，MT 組為固定治療師操作固定手法之按摩恢復，控制組則為靜態休息。結果顯示 IPC 組與 MT 組皆能有效降低肌肉痠痛指數，但對其後續完賽成績與血液生化指標肌酸激酶皆無明顯差異。而關節活動度部分，Chleboun 等 (1995) 之研究採於肘關節實施 3 組 (90%、80%與 70%的 MVC) 肘關節離心運動至力竭以誘發肌肉損傷後，再使用壓力為 60 mmHg，40 秒加壓/20 秒洩壓的 IPC 處理進行恢復，其結果顯示相較於控制組，IPC 可顯著降低肌肉痠痛感、肌肉腫脹與肌肉僵硬度，因此提出 IPC 消除腫脹之效果可能可加速運動後所誘發肌肉損傷的恢復之想法。經 IPC 處理可以有效改善肌肉痠痛不適可能的原因為肌肉經高壓力的腿套壓迫後降低了對疼痛的敏感度，意即門閥控制理論 (Gate control theory)，該理論基礎為痛覺會被壓覺、觸覺所抑制，阻止痛覺訊號傳送至大腦，因而達到止痛的效果 (Melzack & Wall, 1965)。綜合本研究與前述文獻結果來看，在運動後採用 IPC 作為恢復處理可以有效改善肌肉痠痛的不適。

在關節活動度方面，先前研究曾指出，延遲性肌肉痠痛會直接導致關節活動度的下降 (Cheung et al., 2003)，而本研究發現在運動後 24 小時實驗處理後、48 小時安靜值及 48 小時實驗處理後，IPC 腳關節活動度皆顯著高於 CON 腳(99.5 ± 15.6 度 vs. 89.5 ± 18.8 度；94 ± 18.8 度 vs. 89.5 ± 18.8 度；99 ± 15.1 度 vs. 92.5 ± 17.7 度)，在這些時間點 IPC 腳的痠痛指數也顯著低於 CON 腳，結果顯示肌肉痠痛程度確實可能與關節活動度有高度相關。而雖然在運動後立即進行實驗處理後，痠痛指數部分 IPC 腳也顯著低於 CON 腳，但關節活動度卻未達顯著，其可能的原因為，延遲性肌肉痠痛的產生會在運動後 24 小時逐漸產生並達到高峰，在運動後立即時並未有延遲性肌肉痠痛的產生，在運動後的痠痛程度改善可能為下坡跑結束後的肌肉疲勞獲得休息，亦或是經 IPC 處理後無法避免的安慰劑效應，因此可能無法改善關節活動度。

第二節 間歇充氣加壓對肌力表現之效益

肌力部分，本實驗結果顯示每秒 60˚與 180˚之下肢等速向心、離心肌力表現測驗結果，處理與時間因子之交互作用皆未達顯著 ($p > .05$)，進一步比較主要效果後發現兩種處理在處理主要效果間也皆未達顯著差異 ($p > .05$)，而時間主要效果經下坡跑運動後之各個測驗時間點皆顯著低於前測值 ($p < .05$)，此說明在離心運動後採取 IPC 作為肌力表現的恢復手段並未有明顯的正面效益。Cochrane 等 (2013) 研究先進行膝關節離心運動以誘發下肢肌肉損傷，再使用壓力為 60-80 mmHg，30 秒加壓/30 秒洩壓共 30 分鐘之 IPC 處理，隨後在運動後立即、運動後 24、48 小時皆進行最大自主收縮肌力、單腳垂直跳等肌肉功能測驗，而結果顯示 IPC 與控制組間皆無顯著差異，而 Cochrane 等在研究中提出，垂直跳兩組間無顯著差異的可能原因為，由於垂直跳是一種需要協調性與多關節的運動，僅靠膝關節離心運動所造成的肌肉損傷可能不足以影響股四頭肌、腿後肌群、臀部肌肉及小腿肌肉共同作用的垂直跳運動，而最大自主收縮肌力無差異的可能原因為，在臨床上 IPC 的主要目的是透過減少水腫、降低靜脈壓力，增加靜脈血流速度和促進皮膚血流量來縮短恢復時間，從上述有益結果出發，人們期望 IPC 可以減輕劇烈運動後的運動後肌肉創傷，但經過鍛煉後的肌肉要修復是多因素的，可能包括組織修復和適應以及肌肉糖原的再合成等等，因此單靠以上所提及原因可能不足以促進受損肌肉功能恢復，因此形成肌力未恢復的結果。Haun 等 (2017) 則是在深蹲運動後利用與 IPC 相似的恢復方式「蠕動式充氣加壓 (external pneumatic compression, EPC) 」探討運動後肌力恢復之情形，此方式是利用相同加壓腿套以蠕動方式由下肢末端逐漸往軀幹方向加壓，相關研究顯示可以減少離心運動後肌肉發炎反應 (Crane et al., 2012)、提升柔軟度 (Sands et al., 2014)、降低疼痛 (Sands et al., 2015)並在使用後一小時提升了體內白介素 10 (IL10)及超氧化物岐化酶 2 (superoxide dismutase 2) (Kephart et al., 2015；Martin et al., 2017)。Haun 的研究結果顯示，在深蹲運動後使用 EPC 處理改善了關節活動度及肌肉痠痛程度，但也同樣並未能立即改善疲勞所導致的力量下降趨勢。而本研究綜合上述文獻所採用之實驗方法，在誘發 DOMS 之 24、48 小時經 IPC 處理後，也加入最大自主收縮肌力測驗，以

探討痠痛程度改善後是否能有助於肌力恢復，而結果顯示 IPC 仍無法改善肌力下降之情形。

目前使運動後肌肉恢復的因素有多種說法，從動作訊號的角度探討，可以將肌肉疲勞簡化定義成肌肉產生的力量下降 (Gandevia, 2001)，以內在神經肌肉控制的角度來看，力量的下降是動作訊號傳遞的路徑中產生損壞 (impaired)，若發生在大腦皮質運動區到脊髓運動神經元區之間聯繫的損壞，可稱為中樞疲勞 (central fatigue)；若發生在脊髓運動神經元區以下到肌纖維處的損壞則稱為周邊疲勞 (peripheral fatigue) (Kent-Braun, 1999)。周邊疲勞位置發生在神經肌肉接合處，可稱為神經肌肉傳遞失敗 (neuromuscular transmission failure, NTF)。NTF 通常發生在突觸前和突觸後。突觸前的 NTF 包括：軸突分支點傳導性受到阻斷、突觸前終端的興奮－收縮偶合效應 (exciting secretion coupling) 失敗和乙醯膽鹼釋放數量減少 (Broadie, 1999)；突觸後的 NTF 包括：肌膜表面動作電位傳遞障礙、乙醯膽鹼接受器敏感度和肌漿網興奮性下降 (Fuglevand, 1995)。Warren 等 (2001)發現在離心運動後的肌力下降情形是與興奮-收縮偶合系統衰竭有關。因為在進行離心收縮時所產生的高張力會迫使肌肉被拉扯而受到損傷，使鈣離子無法被運送回到肌漿網的終池儲存，進而使肌肉內部的鈣離子恆定作用發生失調，最後使肌力顯著下降。而中樞疲勞則是因腦部和中樞神經系統機能減低所引起的疲勞。運動時，大腦皮層細胞會受刺激而處於高度興奮狀態。但當刺激持續(如長時間訓練)，神經系統會逐漸轉為抑制狀態，藉此對大腦皮層起保護作用，這會阻礙快縮纖維的招募，使最大力量輸出降低 (Benwell et al., 2006)。Clarkson 等 (1992)則提出肌肉力量下降原因可能是離心運動時，外力大於收縮肌所產生的力量時就會迫使肌肉做拉長式的收縮運動，進而促使肌節被過度拉開所引起的。

IPC 主要效果為促進靜脈血液回流及增加血流量以促進組織充血，而肌肉損傷後的復原是多因素且需要時間的，因此從本研究的結果來看，IPC 可以做為急性運動後或 DOMS 時改善肌肉痠痛及恢復關節活動度的手段，但對 DOMS 所伴隨的肌力下降則未有正面的效益。

第三節 結論與建議

本研究根據上述討論，得出以下結論：運動後立即以及 DOMS 後實施間歇充氣加壓按摩有助於舒緩肌肉痠痛的不適及改善關節活動度，但未能減緩 DOMS 所伴隨之肌力流失現象。據本研究所得，建議未來可將 IPC 作為舒緩痠痛及幫助恢復關節活動度之用，可能不宜作為肌力恢復之用途。

第四節 實務運用

使用重複 60 秒加壓與 60 秒洩壓共 20 分鐘的 IPC，壓力設定為 80mmHg，將可有效緩解運動後之肌肉痠痛及改善關節活動度。

參考文獻

王建睎、何仁育、林明儒 （2017）。短期 Beta-丙胺酸增補對下坡跑運動引起肌肉損傷的影響。*運動生理暨體能學報*，23-36。doi: 10.6127/JEPF.2017.25.03

吳家慶、謝伸裕 （2008）。動態恢復強度對損傷肌肉之功能及跑步經濟性的影響。*體育學報*，41(4)，1-14。doi: 10.6222/pej.4104.200812.0801

張政鈺、陸康豪、詹貴惠 （2014）。間歇充氣加壓對運動後恢復之效果。*中華體育季刊*，28(3)，211-218。doi: 10.6223/qcpe.2803.201409.1005

陳忠慶 (2004)。運動引起肌肉損傷的原因之探討。*運動生理暨體能學報*，(1)，19-32。doi:10.6127/JEPF.2004.01.03

Armstrong, R. B. (1984). Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *16*(6), 529-538.

Amanda, M. H., Heapy, M. D., Hoffman, H. H., Verhagen, S. W., Thompson, P. D., Fiona, J. S., & Mary, C. C. (2018). A randomized controlled trial of manual therapy and pneumatic compression for recovery from prolonged running – an extended study. *Research in Sports Medicine, 26*(3), 354-264. doi: 10.1080/15438627.2018.1447469

Benwell, N. M., Sacco, P., Hammond, G. R., Byrnes, M. L., Mastaglia, F. L., & Thickbroom, G. W. (2006). Short-interval cortical inhibition and corticomotor excitability with fatiguing hand exercise: a central adaptation to fatigue? *Experimental Brain Research*, *170*(2), 191-198. doi: 10.1007/s00221-005-0195-7

Best, T. M., Hunter, R., Wilcox, A., & Haq, F. (2008). Effectiveness of sports massage for recovery of skeletal muscle from strenuous exercise. *Clinical Journal of Sport Medicine, 18*(5), 446-460. doi: 10.1097/jsm.0b013e31818837a1

Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, *14*(5), 377-381.

Broadie, K. S. (1999). Development of electrical properties and synaptic transmission at the embryonic neuromuscular junction. In *International Review of Neurobiology* (Vol. 43, pp.

45-67). Academic Press. doi: 10.1016/s0074-7742(08)60540-1

Cheung, K., Hume, P. A., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness. *Sports Medicine*, *33*(2), 145-164. doi: 10.2165/00007256-200333020-00005

Clarkson, P. M., Byrnes, W. C., McCormick, K. M., Turcotte, L. P., & White, J. S. (1986). Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *7*(03), 152-155. doi: 10.1055/s-2008-1025753

Chleboun, G. S., Howell, J. N., Baker, H. L., Ballard, T. N., Graham, J. L., Hallman, H. L., ... & Conatser, R. R. (1995). Intermittent pneumatic compression effect on eccentric exercise-induced swelling, stiffness, and strength loss. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *76*(8), 744-749. doi: 10.1016/s0003-9993(95)80529-x

Clarkson, P. M., & Sayers, S. P. (1999). Etiology of exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*, *24*(3), 234-248. doi: 10.1139/h99-020

Cochrane, D. J., Booker, H. R., Mundel, T., & Barnes, M. J. (2013). Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*, *34*(11), 969-74. doi: 10.1055/s-0033-1337944

Crane, J. D., Ogborn, D. I., Cupido, C., Melov, S., Hubbard, A., Bourgeois, J. M., & Tarnopolsky, M. A. (2012). Massage therapy attenuates inflammatory signaling after exercise-induced muscle damage. *Science Translational Medicine*, *4*(119), 119ra13. doi: 10.1126/scitranslmed.3002882

Draper, S. N., Kullman, E. L., Sparks, K. E., Little, K., & Thoman, J. (2020). Effects of intermittent pneumatic compression on delayed onset muscle soreness (DOMS) in long distance runners. *International Journal of Exercise Science*, *13*(2), 75-86.

Farr, T., Nottle, C., Nosaka, K., & Sacco, P. (2002). The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *5*(4), 297-306. doi: 10.1016/s1440-2440(02)80018-4

Friden, J., & Lieber, R. L. (1992). Structural and mechanical basis of exercise induced muscle injury. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, *5*, 521-530. doi: 10.1249/00005768-199205000-00005

French, D. N., Thompson, K. G., Garland, S. W., Barnes, C. A., Portas, M. D., Hood, P. E., & Wilkes, G. (2008). The effects of contrast batjing and compression therapy on muscular performance. *Medicine & Science in Sport & Exercise, 40*(7), 1297-1306. doi: 10.1249/mss.0b013e31816b10d5

Fuglevand, A. J. (1995). The role of the sarcolemma action potential in fatigue. In *Fatigue* (pp. 101-108). Springer, Boston, MA. doi: 10.1007/978-1-4899-1016-5_8

Gandevia, S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*. doi: 10.1152/physrev.2001.81.4.1725

Gleeson, M., Blannin, A. K., Walsh, N. P., Field, C. N., & Pritchard, J. C. (1998). Effect of exercise-induced muscle damage on the blood lactate response to incremental exercise in humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *77*(3), 292-295. doi: 10.1007/s004210050336

Hing, W. A., White, S. G., Bouaaphone, A., & Lee, P. (2008). Contrast therapy—a systematic review. *Physical Therapy in Sport*, *9*(3), 148-161. doi: 10.1016/j.ptsp.2008.06.001

Howatson, G., van Someren, K. A.(2008). The prevention and treatment of exercise - induced muscle damage. *Sports Medicine, 38*(6), 483-503. doi: 10.2165/00007256-200838060-00004

Hanson, E., Stetter, K., Li, R., & Thomas, A. (2013). An intermittent pneumatic compression device reduces blood lactate concentrations more effectively than passive recovery after Wingate testing. *Journal of Athletic Enhancement*, *4*, 18-25. doi: 10.4172/2324-9080.1000115

Kent-Braun, J. A. (1999). Central and peripheral contributions to muscle fatigue in humans during sustained maximal effort. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *80*(1), 57-63. doi: 10.1007/s004210050558

Kephart, W. C., Mobley, C. B., Fox, C. D., Pascoe, D. D., Sefton, J. M., Wilson, T. J., & Martin, J. S. (2015). A single bout of whole-leg, peristaltic pulse external pneumatic compression upregulates PGC-1α mRNA and endothelial nitric oxide sythase protein in human skeletal muscle tissue. *Experimental Physiology*, *100*(7), 852-864. doi: 10.1113/EP085160

Lewis, P. B., Ruby, D., & Bush-Joseph, C. A. (2012). Muscle soreness and delayed-onset muscle soreness. *Clinics in Sports Medicine*, *31*(2), 255-262. doi: 10.1016/j.csm.2011.09.009

Martin, J. S., Kephart, W. C., Mobley, C. B., Wilson, T. J., Goodlett, M. D., & Roberts, M. D. (2017). A single 60-min bout of peristaltic pulse external pneumatic compression transiently upregulates phosphorylated ribosomal protein s6. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, *37*(6), 602-609. doi: 10.1111/cpf.12343

Sands, W. A., Murray, M. B., Murray, S. R., McNeal, J. R., Mizuguchi, S., Sato, K., & Stone, M. H. (2014). Peristaltic pulse dynamic compression of the lower extremity enhances flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *28*(4), 1058-1064. doi: 10.1519/JSC.0000000000000244

Sands, W. A., McNeal, J. R., Murray, S. R., & Stone, M. H. (2015). Dynamic compression enhances pressure-to-pain threshold in elite athlete recovery: exploratory study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *29*(5), 1263-1272. doi: 10.1519/JSC.0000000000000412

Sheldon, R. D., Roseguini, B. T., Laughlin, M. H., & Newcomer, S. C. (2013). New insights into the physiologic basis for intermittent pneumatic limb compression as a therapeutic strategy for peripheral artery disease. *Journal of Vascular Surgery, 58*(6), 1688-1696. doi: 10.1016/j.jvs.2013.08.094

Smith, L. L., Keating, M. N., Holbert, D., Spratt, D. J., McCammon, M. R., Smith, S. S., & Israel, R. G. (1994). The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *19*(2), 93-99. doi: 10.2519/jospt.1994.19.2.93

Tufano, J. J., Conlon, J. A., Nimphius, S., Brown, L. E., Seitz, L. B., Williamson, B. D., & Haff, G. G. (2016). Maintenance of velocity and power with cluster sets during high-volume back squats. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 11*(7), 885-892. doi: 10.1123/ijspp.2015-0602

Weber, M. D., Servedio, F. J., & Woodall, W. R. (1994). The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, *20*(5), 236-242. doi: 10.2519/jospt.1994.20.5.236

Waller, T., Caine, M., & Morris, R. (2006). Intermittent pneumatic compression technology for sports recovery. In *The Engineering of Sport 6* (pp. 391-396). Springer, New York, NY. doi: 10.1007/978-0-387-45951-6_70

Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Water immersion: does it enhance recovery from exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance, 1*(3), 195-206. doi: 10.1123/ijspp.1.3.195

Zelikovski, A., Kaye, C. CL., Fink, G., Spitzer, S. A., & Shapiro, Y. (1993). The effects of the modified intermittent sequential pneumatic device (MISPD) on exercise performance following an exhaustive exercise bout. *British Journal of Sports Medicine, 27*(4), 255-259. doi: 10.1136/bjsm.27.4.255

附錄一

受試者須知

本研究目的在探討「運動誘發延遲性肌肉痠痛後使用充氣加壓按摩對痠痛指數及下肢肌力表現之效益」。每位受試者總共需來實驗室 4 次，包含 1 次熟悉實驗流程、1 次下坡跑運動，以及後續 2 次實驗處理，每次實驗大約進行 60 分鐘。在實驗過程中，會於不同的時間點詢問「運動自覺強度量表」及「疼痛程度自覺」。若受試者在運動過程中，遇有下列情形，應立即提出，並停止實驗：

一、身體感覺極度不適。

二、嚴重呼吸困難與急促。

三、難以忍受的疼痛或頭痛。

主要實驗處理流程如下：

一、 第 1 次實驗熟悉時進行實驗前測，測驗內容包含下肢等速肌力表現，最大攝氧量測驗。

二、 第 2 次實驗為經由最大耗氧量測量完成後 72 小時，以所得之耗氧量資料依線性回歸方式預測 70% VO2max 強度時之相對跑步速度，然後使用訂做之鐵架將跑步機架起並設置在-15 度的斜度，再讓受試者以此速度進行 30 分鐘的下坡跑至衰竭，完成後進行實驗處理及測驗。

三、 第 3、4 次實驗皆需進行下肢等速肌力測驗及實驗處理。

您的參與將對本研究議題有極大的貢獻與價值，接下來會請您填寫一份健康及訓練情況調查表，以確定您的身體情況是否適合參與此項研究計畫。

研究單位：國立臺灣師範大學
研 究 生：黃奕翔
指導教授：王鶴森

附錄一

受試者須知

本研究目的在探討「運動誘發延遲性肌肉痠痛後使用充氣加壓按摩對下肢肌力表現之影響」。每位受試者總共需來實驗室 4 次，包含 1 次熟悉實驗流程、1 次控制處理，以及 2 次充氣加壓按摩恢復，每次實驗大約進行 60 分鐘。在實驗過程中，會於不同的時間點詢問「運動自覺強度量表」及「疼痛感」。若受試者在運動過程中，遇有下列情形，應立即提出，並停止實驗：

四、身體感覺極度不適。

五、嚴重呼吸困難與急促。

六、難以忍受的疼痛或頭痛。

主要實驗處理流程如下：

四、 第一次實驗時進行實驗前測，測驗內容包含跑步機最大攝氧量測驗、膝關節屈曲及伸展最大力量測驗。

五、 第二次實驗進行 70%最大攝氧量之下坡跑步，完成後進行下肢等速肌力測驗，測驗後充氣加壓按摩一個循環，再進行測驗。

六、 第三、四次實驗進行膝關節屈曲及伸展最大力量測驗，後進行充氣加壓按摩一個循環，完成後再次進行測驗。

您的參與將對本研究議題有極大的貢獻與價值，接下來會請您填寫一份健康及訓練情況調查表，以確定您的身體情況是否適合參與此項研究計畫。

研究單位：國立臺灣師範大學
研 究 生：黃奕翔
指導教授：王鶴森

附錄二

健康及訓練情況調查表

本表旨在幫助您瞭解自身之健康及訓練情況，並協助測驗人員決定在正式測驗前是否需要進一步的健康檢查。您若覺得下列問題不便回答或牽扯個人隱私，可以選擇不答，但是若您拒絕回答的問題對本測驗非常重要，那麼您將不能參與此項測驗。請根據過去健康檢查報告之情況，誠實回答下列問題：(請您在有、無、不確定欄中打 v)

		有	無	不確定
1.	高血壓	□	□	□
2.	心臟病	□	□	□
3.	痛風	□	□	□
4.	氣喘、慢性支氣管炎或肺氣腫	□	□	□
5.	糖尿病	□	□	□
6.	貧血	□	□	□
7.	癲癇或曾不明原因暈倒或失去意識	□	□	□
8.	心律不整	□	□	□
9.	下肢傷害	□	□	□
10.	有無抽菸習慣	□	□	□
11.	是否有其他慢性疾病		□是	□否
12.	過去一年內是否住院		□是	□否

原因 _____

阻力練經驗：_____年; 每週阻力訓練時間：_____小時/週

姓　　名: _____

填表日期: _____

附錄三

受試者同意書

本研究的目的在探討「充氣加壓按摩對肌力表現之影響」。為了保護受試者權益，你可以隨時提出疑問，研究人員皆會認真解答。受試者需據實回答健康及訓練情況調查表，經研究人員篩選出來的實驗參與者，在整個實驗操作過程應無安全上之顧慮。本實驗所測得之所有資料與數據，僅供學術研究之用，絕不外流。受試者若改變意願不想參加實驗時，請主動告知研究人員，您可以隨時退出實驗而不受任何限制。參與實驗的受試者必須瞭解並同意下列事項：

1. 本研究的時間自民國 107 年 3 月 1 日至 107 年 4 月 20 日止。
2. 在指定的時間穿著運動服裝至國立台灣師範大學 (公館校區)，接受兩次平行蹲舉測驗。
3. 實驗期間依您食用平常習慣之飲食。
4. 實驗前 24 小時不得飲用咖啡、茶、可樂或任何含咖啡因的飲料。
5. 實驗前一天睡滿 7 小時或以上。
6. 每次實驗前 24 小時，不可進行激烈運動及高強度訓練。
7. 蹲舉測驗時務必以全力完成測驗，勿保留實力。

本研究需要您的自願參與和合作，才能順利達成。您的健康情形已合乎本研究的要求，如您願意參與本研究，請在本同意書的下方姓名欄內簽名，表示完全了解「受試者須知」、並同意遵守本「受試者同意書」所列之各項規定。

姓　　名: _____

填表日期: _____