



12-31-2016

The Effect of Wearing Compression Tights on Cardiopulmonary Function and Running Economy in Sedentary Overweight or Obese Females

ShuMing Yeh

HuangYuan Chang

KuoSheng Yang

GuanYu Lin

SounCheng Wang

See next page for additional authors

Follow this and additional works at: <https://rps.researchcommons.org/journal>



Part of the [Rehabilitation and Therapy Commons](#)

Recommended Citation

Yeh, ShuMing; Chang, HuangYuan; Yang, KuoSheng; Lin, GuanYu; Wang, SounCheng; and Chen, YunJu (2016) "The Effect of Wearing Compression Tights on Cardiopulmonary Function and Running Economy in Sedentary Overweight or Obese Females," *Rehabilitation Practice and Science*: Vol. 44: Iss. 3, Article 3. DOI: [https://doi.org/10.6315/2016.44\(3\)03](https://doi.org/10.6315/2016.44(3)03)
Available at: <https://rps.researchcommons.org/journal/vol44/iss3/3>

This Original Article is brought to you for free and open access by Rehabilitation Practice and Science. It has been accepted for inclusion in Rehabilitation Practice and Science by an authorized editor of Rehabilitation Practice and Science. For more information, please contact twpmrscore@gmail.com.

The Effect of Wearing Compression Tights on Cardiopulmonary Function and Running Economy in Sedentary Overweight or Obese Females

Authors

ShuMing Yeh, HuangYuan Chang, KuoSheng Yang, GuanYu Lin, SounCheng Wang, and YunJu Chen

原著

壓力褲對於靜態過重或肥胖女性之運動心肺功能及跑步經濟性影響

葉書銘¹ 張晃源² 楊國生¹ 林冠宇³ 王順正³ 陳韻如²

醫療財團法人羅許基金會羅東博愛醫院 復健醫學科¹
艾絲資訊股份有限公司² 國立中正大學 運動競技學系³

研究目的：過去以壓力服飾(compression garments)進行的運動生理研究，對於壓力褲可以幫助運動心肺表現有兩個假設：1. 改善周邊血液回流 2. 減少肌肉振盪(muscle oscillation)之耗能，但多數研究無法證實上述假設，對於運動心肺功能仍未觀察到顯著的助益。本研究針對坐式生活型態合併過重或肥胖的女性族群，觀察透過壓力褲漸進式壓力設計，能否減少該族群運動過程因肌肉振盪造成的能量損失，進而促進跑步經濟性(running economy)及運動心肺表現。

研究方法：12 位體重過重或肥胖、且無規律運動習慣女性，依照平衡次序原則，6 位先穿壓力褲再穿一般運動服飾，另 6 位先穿一般運動服飾再穿壓力褲，進行漸增負荷最大量運動測驗(progressive maximal exercise testing)和固定強度運動測驗，分析其心跳率、攝氧量、無氧呼吸閾值(anaerobic threshold)、呼吸代償閾值及跑步經濟性等運動生理參數。

結果：穿著壓力褲時的運動最大攝氧量並無顯著上升($p=0.88$, ES:0.12)；固定強度下無氧呼吸閾值出現的時間點平均延長 5.13%($p=0.03$, ES: 0.22)；固定強度下運動經濟性平均值變差 2.15%，但無顯著差異。

結論：對於體重過重坐式生活型態女性，穿著壓力褲與否之運動最大攝氧量、無氧呼吸閾值攝氧量、呼吸代償值攝氧量、跑步經濟性皆無顯著差異；穿著壓力褲達無氧呼吸閾值的时间顯著延長，可以改善跑步者的有氧耐力。因此壓力褲對於促進跑步經濟性及運動心肺表現無明顯助益。(台灣復健醫誌 2016；44(3)：143 - 151)

關鍵詞：壓力服飾(compression garments)、肌肉振盪(muscle oscillation)、跑步經濟性行為(running economy)、漸增負荷最大量運動測驗(progressive maximal exercise testing)、無氧閾值(anaerobic threshold)

前言

近年來台灣路跑風氣盛行，台灣舉辦路跑賽事場次與參加人數都有逐年增加趨勢。壓力服飾也不再是專業運動員的專屬配備，一般民衆穿著壓力褲運動也隨處可見。對於壓力褲可以幫助運動心肺表現有兩個假設：1. 改善周邊血液回流 2. 減少肌肉振盪之耗能。在過去的研究中，以壓力服飾（壓力褲、壓力襪、

壓力小腿套)進行的運動生理觀察，以觀察到壓力服飾可改善血液回流、進而減少運動後的疲勞（如延遲性肌肉痠痛等現象）具有加速恢復的效益、^[1,2,3]顯著增加肌肉攝氧量與血流、^[4]腿圍下降、^[5]運動中血液乳酸堆積濃度較少^[2]等現象，雖然其中也有研究觀察到跑步時無氧呼吸閾值的提升，^[6]但多數研究對於運動心肺功能仍未觀察到顯著的助益。^[4,5]

對於壓力服飾可以加速運動後疲勞恢復的原因，多歸納為穿著壓力服飾之漸進式壓力（從腳踝到大腿

投稿日期：106 年 3 月 22 日 修改日期：106 年 5 月 26 日 接受日期：106 年 5 月 31 日

通訊作者：葉書銘醫師，醫療財團法人羅許基金會羅東博愛醫院復健醫學科，宜蘭縣 265 羅東鎮南昌街 83 號

電話：(03) 9543131 轉 6390 E-mail：zomur680314@gmail.com

doi: 10.6315/2016.44(3)03

壓力遞減的設計)，幫助血液抵抗地心引力，而促進代謝循環；^[7]在少數觀察到對運動表現有幫助的研究中，則歸因於壓力服飾的設計對於肌肉組織壓迫與支撐，進而減少因肌肉振盪造成多餘的能量消耗。^[8,9]然而，許多研究採用競賽跑者或運動員當受試族群，多未能證實穿著壓力服飾能增進運動表現。^[3,4,10]反之，顯示壓力褲對運動表現有正向影響的研究報告，受試對象多為非競賽選手族群或非競賽強度的運動，壓力服飾對運動員無明顯助益，^[11]推測也許因運動員肌肉組織已相當緊實、運動技巧也相對較好，過去研究觀察運動族群下坡跑步之運動生理現象，^[12]亦未能證實壓力服飾能透過減少肌肉振盪，增進運動心肺表現。再者，多數研究傾向壓力服飾對於運動最大攝氧量無助益，^[13]但對於非最大運動或日常的練習狀態，是否能改善運動的效率則尚未有定論。

在次最大強度(submaximal)的穩定運動狀態中，攝氧量會趨近平衡。依照運動者心肺適能、運動技巧、身心理等程度的不同，而有能量消耗的差異，這種運動表現與能量消耗所形成的效率關係，稱為「運動經濟性」。^[14]以跑步來說，跑步經濟性則是在非最大跑速的穩定狀態下能量消耗，通常以每公里距離每公斤體重耗氧量表示($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{km}^{-1}$)，相同速度下耗氧越少代表跑步經濟性越好；過去研究證實，跑步經濟性相較最大攝氧量更能預測運動表現：Weston 等(2000)發現與高加索裔長跑選手比較下，非裔選手有較低的最大攝氧量，但卻具備較好的跑步經濟性，而彌補其最大攝氧量較低的缺點，使非裔選手得以有與高加索裔選手相同的長跑表現。^[15]Saunders 等(2004)指出影響跑步經濟性的原因包含粒線體及氧化酵素的多寡影響氧氣利用率、增加肌肉硬度增進儲存及釋放彈性位能(牽張縮短循環)的能力、以及跑步技巧改善(如減少垂直振盪幅度)對於能量消耗的減少等。^[12]而運動過程中，肌肉過度振盪也是造成多餘的能量消耗增加、運動效率降低的因素。^[16]

回顧文獻，雖曾提出壓力服飾能增加穩定支撐減少能量消耗之假設或推論，但仍未有實驗設計直接證實該觀點。以往研究大多是經常參與運動者或者運動員，本研究不採用以往所常用肌肉緊實的運動員，進行下坡跑步的評估方法，^[12]而是從檢測族群著手，針對坐式生活型態合併過重或肥胖的女性族群。該族群下肢肌肉及周邊軟組織緊實度遠不如運動員，壓力褲的腿部加壓效果造成的運動中能量消耗影響，也許與過去以運動員族群的研究結果不同，較有可能因減少肌肉振盪而受益。本研究觀察透過壓力服飾漸進式壓力、支撐性的設計，是否能減少該族群運動過程因肌

肉振盪造成的能量損失，進而促進運動經濟性及運動心肺表現。

材料與方法

一、受試者篩選條件

12名20至40歲、坐式生活型態女性(每週適度運動低於3次、每次30分鐘)且體重過重或肥胖(body mass index [BMI]: $24\text{-}30 \text{ kg/m}^2$)。基於安全性顧慮，排除診斷患有心血管疾病或具有冠狀動脈心臟病高度風險因子的族群。本研究研究方法及受試者同意書經國立中正大學人體試驗委員會審查通過(CCUREC104120301)。

二、壓力服飾

本研究壓力服飾採用漸進式壓力褲(從腳踝到大腿壓力遞減的設計)，壓力梯度如圖1。壓力在腳踝部分32.1mmHg最大，往上遞減，膝關節處約25mmHg，至髖關節減至18.6mmHg。

三、檢測設備及無氧呼吸閾值(anaerobic threshold)判定

本研究使用BC-418 Body Composition Analyzer (TANITA, Tokyo, Japan)分析受測者體脂率、Quark CPET (Cosmed, Italy)以breath by breath方式進行氣體分析蒐集受試者運動中通氣量、攝氧量、二氧化碳排出量等參數、Wireless HR Monitor (Cosmed, Rome, Italy)記錄運動心跳。採用V-slope方法判定受測者無氧呼吸閾值。^[17]

四、研究方法及流程

本研究以重複量數設計(repeated measure design)進行，以相同受試者穿著不同褲子進行運動測驗，以比較穿著壓力褲與否的效果差異。每位受試者須進行兩次運動測驗，每次間隔48小時以上，一次穿著壓力褲、一次穿著一般運動褲，並依照平衡次序原則(counter-balance design)進行，6位受試者先穿壓力褲再穿一般運動服飾，另6位先穿一般運動服飾再穿壓力褲。每次包含下列測驗各一回，每回間隔30分鐘以上。

1. 漸增負荷次最大量運動測驗

以表1所設定的流程，以每小時4公里速度暖身，之後每階段逐漸增加速度與坡度，進行漸增負荷次最大量測驗，強度至90%預估最大心跳率($220 - \text{年齡}$)，獲得呼吸代償值(respiratory

compensation point)、無氧呼吸閾值等參數出現的時間、最大攝氧量、心跳率等生理數據。

2. 固定強度運動測驗

10分鐘固定強度運動測驗，以每小時五公里速度，持續跑步 10 分鐘，獲得期間攝氧量、心跳率等生理數據，以評估其運動經濟性的差異。

五、資料統計與分析

本研究以統計軟體 IBM SPSS 22版進行相關生物統計。以配對樣本t檢(paired-t test)分析探討：(1)壓力褲穿著與否在漸增負荷次最大量運動測驗中，運動最大攝氧量、無氧呼吸閾值攝氧量、呼吸代償值攝氧量的差異。(2)壓力褲穿著與否對運動經濟性的影響，並設 $p < 0.05$ 設為達到統計顯著。此外，使用Cohen's D評估本研究效果量(Effect Size)^[18]並定義 $d = 0.2$ 為小效果量； $d = 0.5$ 是中效果量； $d = 0.8$ 是大效果量。

表 1 漸增負荷次最大量測驗流程 (修編自 COSMED 20kph 及 Bakle, 1959)

階段	速度 (kph)	坡度 (%)	時間 (min)
1 (暖身)	4	0	1
2	5	0	2
3	6	2	3
4	6	3	2
5	7	4	2
6	8	5	2
7	9	6	2
8	10	7	2
9	11	8	2
10	12	9	2
11	13	10	1.5
12	14	11	1.5
13	15	12	1.5
14	16	13	1.5
15	17	14	1.5
16	18	15	1
17	19	16	1
18	20	17	1
19	20	18	直到衰竭
20 (復原)	4	0	2

表 2. 受試者年齡、身體質量指數、體重及全身、下半身的體脂率和肌脂比平均值±標準差

N=12	平均值±標準差
年齡(歲)	29.50±3.53
身體質量指數(kg/m ²)	26.30±1.93
體重(kg)	66.78±4.57
全身體脂率(%)	37.04±2.76
全身肌脂比	1.61±0.19
下肢體脂率(%)	37.60±2.07
下肢肌脂比	1.57±0.14

表 3 受試者穿壓力褲和一般運動褲時，無氧呼吸閾值攝氧量/達到時間、呼吸代償值攝氧量/達到時間以及跑步經濟性之比較

	一般運動褲	壓力褲	變化率	p 值	effect size
無氧呼吸閾值攝氧量(ml · kg-1 · min-1)	20.38 ± 3.58	20.80 ± 3.25	2.04%	0.63	0.12
呼吸代償閾值攝氧量(ml · kg-1 · min-1)	26.16 ± 4.13	26.58 ± 3.94	1.62%	0.41	0.10
達無氧呼吸閾值時間(秒)	292.50 ± 70.21	307.50 ± 64.12	5.13%	0.03*	0.22
達呼吸代償閾值時間(秒)	442.50 ± 64.12	462.50 ± 81.37	4.52%	0.14	0.27
跑步經濟性(ml · kg-1 · km-1)	191.78 ± 16.91	195.90 ± 19.23	2.15%	0.41	0.23

*p<0.05 表示達統計顯著性

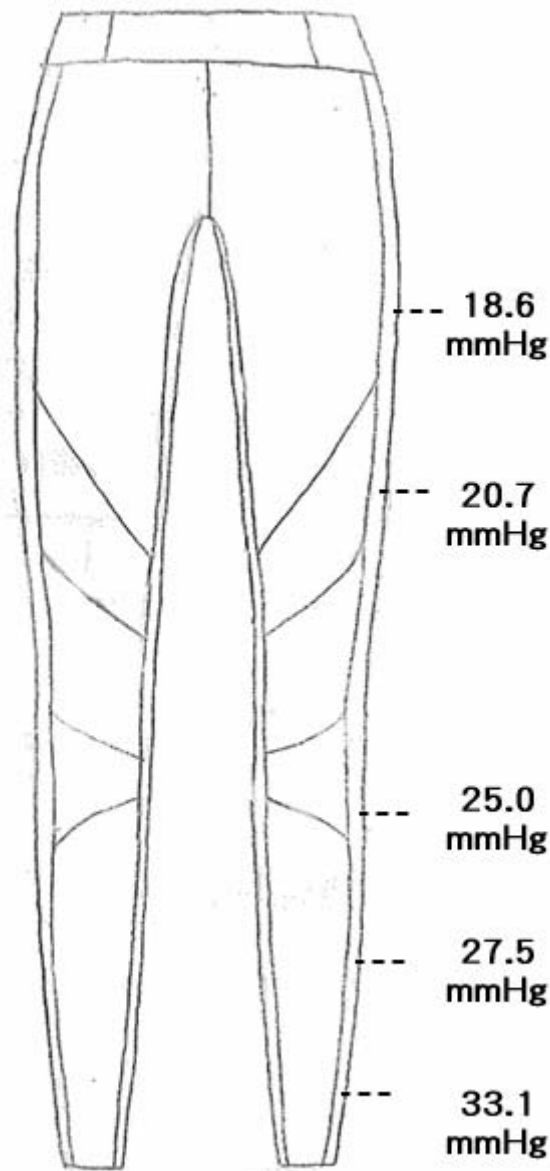


圖1 漸進式壓力褲壓力梯度

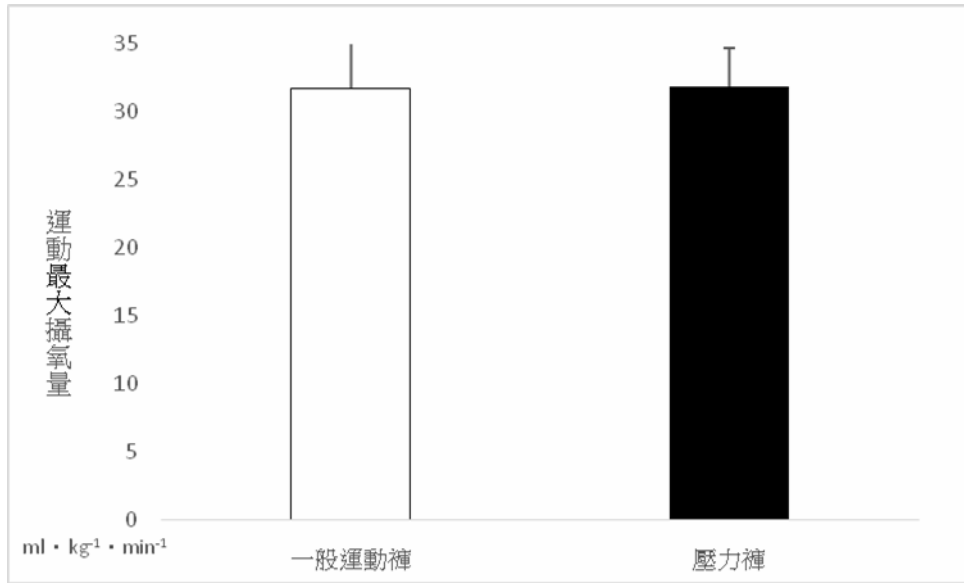


圖2 受試者穿壓力褲與否的運動最大攝氧量比較， $p=0.88$ 。

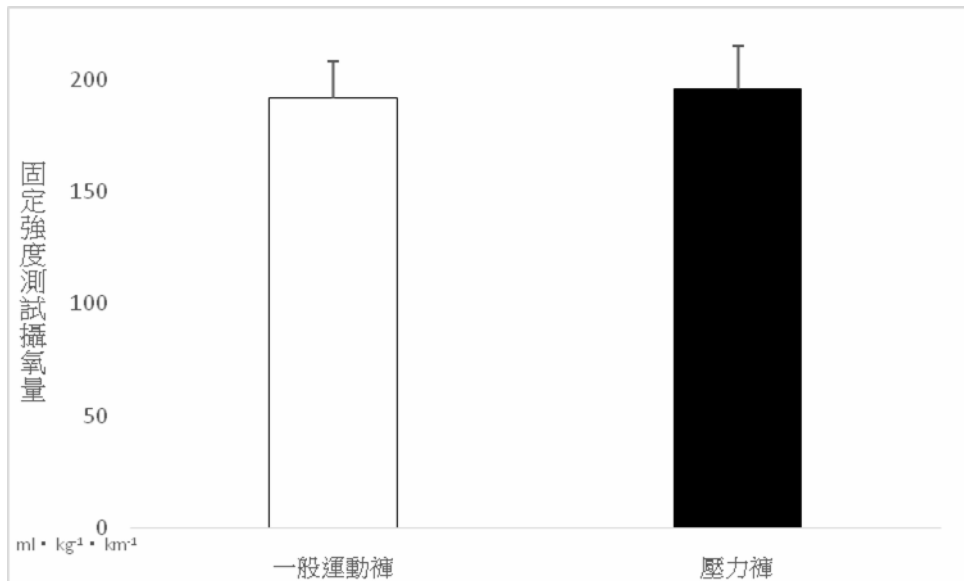


圖3 受試者固定強度測試之跑步經濟性的比較， $p=0.41$ 。

結 果

本研究12位受試者之平均年齡為 29.50 ± 3.53 歲，平均BMI為 26.30 ± 1.93 且平均體脂率為 37.04 ± 2.76 。詳細年齡、體重、身體質量指數及體脂肪組成分布如表2。

受試者分別在穿壓力褲和一般運動褲的情況下進

行運動心肺測試，經體重校正後觀察穿著壓力褲與否運動最大攝氧量如圖2，穿著壓力褲與否對運動最大攝氧量並無顯著影響($p=0.88$, ES: 0.12)。

除運動最大攝氧量之外，受試者穿壓力褲的情況下，無氧呼吸閾值和呼吸代償閾值攝氧量平均值較穿著一般運動褲分別提高 2.04%、1.62%，但無顯著差異；而無氧呼吸閾值和呼吸代償閾值出現的時間點平均延長 5.13%、4.52% (p 值分別為 0.03、0.14, ES 分

別為0.22、0.27)，相關結果如表3。

最後以固定強度運動測試，比較受試者穿著不同服飾的跑步經濟性如圖3。穿壓力襪的情況下，運動經濟性平均值變差 2.15%，但無顯著差異。

討 論

本研究12位靜態過重或肥胖的女性分別在穿壓力襪和穿一般運動襪時進行運動心肺測試，受試者們在穿著壓力襪後運動最大攝氧量、無氧呼吸閾值攝氧量、呼吸代償值攝氧量並未顯著提升。本結果與過去其他研究觀察一致，穿著壓力襪於競賽跑者、^[10,19]中度訓練跑者、^[6]休閒跑者、^[20,21]越野跑者^[4]等不同族群，在不同運動強度下觀測，對運動心肺功能表現皆無顯著影響。雖穿著壓力服飾證實能改善下肢靜脈回流，^[22]但運動心肺功能是心臟輸出、肺部換氣、週邊血管網以及肌肉作功的整體表現，故無法明確改善規律運動員的心肺功能。過去研究觀察壓力服飾改善下肢靜脈回流的作用，對運動後恢復及減少遲發性肌肉痠痛有正向影響，^[7,23]但似乎仍不足以影響運動心肺功能的表現。

關於跑步經濟性方面，本研究觀察穿著壓力襪沒有顯著影響，但每公里距離每公斤體重耗氧量在穿著壓力襪有上升趨勢(未達統計顯著)，此與實驗預期相反。過去壓力服飾相關研究中，肌肉振盪的減少被認為可能會增進運動經濟性。^[24] Bringard等人2006年曾提出只有在較低運動強度下(跑速小於每小時12公里)，穿壓力襪才有較好的運動經濟性。^[9] Vercruyssen等則提出，對競賽跑者穿著壓力襪與否對於運動經濟性並無顯著影響。^[16] 本研究運動檢測時，有觀察到穿著壓力襪下肌肉振盪減少，可惜無法以量化指標描述肌肉震盪，測量跑速也遠低於12公里/小時，然而跑步經濟性結果卻不如預期。此結果可以參照過去研究分為兩個部份來探討：(1)受試者並未完全適應壓力襪的穿著，因而額外消耗能量。Varela-Sanz等人曾對16名耐力跑者進行運動觀察，發現穿著壓力服飾有較低的最大心跳、較長的時間才疲勞以及較低的運動最大攝氧量，同時也發現穿著壓力服飾運動表現的研究再現性(reproducibility)不好，與對照組相較在重複測時組內相關系數(intraclass correlation coefficient)較小，此應與不適應壓力服飾有關；^[10](2)穿著壓力襪的不適會影響到跑步的表現進而抵銷本身對運動經濟性的助益。Ali等人曾針對壓力襪於腳踝處的壓力對受試者舒適度做比較，發現較高壓力(23~32毫米汞柱)會比較容易產生不舒適感，因而整體的運動經濟效應並無改善。^[3]

本研究觀察發現，穿著壓力襪達無氧呼吸閾值的時間延後，較穿一般運動襪時間延長了約5%。過去其他不同受測族群研究也有類似的結果，Goh等人觀察業餘跑者穿著壓力服飾，在攝氏10度或攝氏32度狀況下運動表現，發現使用壓力服飾可以延長在無氧呼吸閾值強度下連續跑步的時間，增加有氧耐力表現。^[25] Kemmler等人的研究亦發現，21位男性運動員，在跑步機漸進式運動測試中，穿壓力襪達無氧呼吸閾值前的時間有顯著延長。^[6] 對於達到無氧呼吸閾值時間延後現象，有人提出因壓力服飾改善下肢靜脈回流，使乳酸代謝加快的假設，Ali等人的實驗顯示穿壓力襪時血中乳酸在運動中較低；^[2] Rider等人的實驗雖未在運動中觀察到類似結果，不過穿壓力襪運動後恢復期的血中乳酸有顯著下降；^[26] 但較多數研究卻發現穿壓力服飾，在運動後血中乳酸反而上升，認為部分乳酸仍停留在肌肉中，而非原先預期隨靜脈回流被代謝掉，因此，僅觀察血中乳酸的高低並不是評估運動後恢復能力的良好指標。^[24] 綜合以上所述，穿著壓力襪而使達到無氧呼吸閾值的時間延後，此現象之生理機制仍有待進一步探討。

過去對於過重和肥胖族群穿戴壓力裝具的研究相對較少，僅Brinkmann等曾觀察9位糖尿病合併代謝症候群的肥胖患者(平均身體質量指數36 kg/m²)，比較穿著壓力襪是否影響該族群運動表現，測量運動前後血中乳酸濃度、下肢動脈血氧飽和度和紅血球型變，各組之間皆無顯著差異。^[27] 糖尿病患者常使用的metformin藥物本身就可能會增加骨骼肌血流，^[28] 進而影響到血液動力學和乳酸清除。而且肥胖的代謝症候群病患，最大運動表現常受限於肌力不足，^[29] 測量動脈血氧飽和度也許無法反映實際運動能力。

本研究主要限制為非雙盲的測試，受試者和觀察者皆知道所穿襪子的種類，在心理上可能有預期效應，在進行運動測試時，或許會由受試者主觀感覺決定中止時間，進而影響檢測結果。本研究並未對舒適度進行詢問和分析，穿著時會感到不習慣或緊繃，也許有機會影響運動表現。另外，儘管客製化壓力襪有壓力梯度的設計，可是實際使用者的腿型不一定會造成固定的壓力梯度，作用於皮膚、皮下脂肪和肌肉的壓力無法達到標準化，對減少肌肉振盪的效果受到影響，亦是本研究的限制。

總體來說，運動心肺功能和跑步經濟性的改變與否可能是來自於穿著壓力襪的影響，其中包含了減少肌肉振盪、壓力梯度等效應所造成的結果，這些皆屬於研究的中間變項，在最初實驗設計時，並沒有涵蓋到這些中間變項的探討，也許後續的研究可以針對振

盪的改變、壓力梯度的變化是否會影響整體的心肺功能與運動經濟性做進一步探討。運動經濟性亦可能因受測者不適應而影響數據，過去有研究使用三週時間訓練，讓受試者適應壓力襪，觀察長期使用對心肺相關參數的影響。^[20]在未來的研究中，可以考慮以此作為適應穿著的實驗方法。

結 論

對於體重過重坐式生活型態女性，穿著壓力褲與否，在本研究中觀察到的運動最大攝氧量、無氧呼吸閾值攝氧量、呼吸代償值攝氧量、跑步經濟性皆無顯著差異；穿著壓力褲達無氧呼吸閾值的時間顯著延長，可以改善跑步者的有氧耐力。雖然本研究挑選體重過重、坐式生活型態女性，針對穿壓力褲與否進行運動心肺測試未能達到預期促進跑步經濟性和運動心肺表現的效果，而整體運動生理效應與以往對運動員或經常運動者的結果雖然類似，但仍須更進一步釐清穿著壓力褲的可能影響，其結果數據能給後續壓力服飾與肥胖過重族群之相關研究，提供較有參考意義的運動生理資訊。

誌 謝

感謝艾絲資訊股份有限公司協助招募研究受試者、提供研發中壓力褲款式及檢測場地設備；感謝國立中正大學運動競技學系協助人體試驗委員會審查及運動檢測。

參考文獻

1. Ali A, Caine MP, Snow BG. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci* 2007;25:413-9.
2. Ali A, Creasy RH, Edge JA. Physiological effects of wearing graduated compression stockings during running. *Eur J App Physiol* 2010;109:1017-25.
3. Ali A, Creasy RH, Edge JA. The effect of graduated compression stockings on running performance. *J Strength Cond Res* 2011 May;25:1385-92.
4. Vercruyssen F, Easthope C, Bernard T, et al. The influence of wearing compression stockings on performance indicators and physiological responses following a prolonged trail running exercise. *Eur J Sport Sci* 2014;14:144-50.
5. Fletcher L, Raab S, Sanderson S, et al. Efficacy of compression socks to enhance recovery in distance athletes. *Sport and Art Sci* 2014;2,15-8.
6. Kemmler W, von Stengel S, Köckritz C, et al. Effect of compression stockings on running performance in men runners. *J Strength Cond Res* 2009;23:101-5.
7. Hill J, Howatson G, van Someren K, et al. Compression garments and recovery from exercise-induced muscle damage: a meta-analysis. *Br J Sports Med* 2014;48:1340-6.
8. Doan BK, Kwon YH, Newton RU, et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci* 2003;21:601-10.
9. Bringard A, Perrey S, Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise--positive effects of wearing compression tights. *Int J Sports Med* 2006;27:373-8.
10. Varela-Sanz A, España J, Carr N, et al. Effects of gradual-elastic compression stockings on running economy, kinematics, and performance in runners. *J Strength Cond Res* 2011;25:2902-10.
11. Hausswirth C, Lehe´naff D. Physiological demands of running during long distance runs and triathlons. *Sports Med* 2001;31:679-89.
12. Saunders PU, Pyne DB, Telford RD, et al. Factors affecting running economy in trained distance runners. *Sports Med* 2004;34:465-85.
13. 李啓賓、相子元、陳怡君：壓力小腿套功能表現測試及穿著感受評估。《紡織綜合研究期刊》2015；25：16-23。
14. di Prampero PE. Factors limiting maximal performance in humans. *J. Appl. Physiol* 2003;90:420-9.
15. Weston AR, Mbambo Z, Mybrugh, KH. Running economy of African and Caucasian distance runners. *Med Sci Sports and Exerc* 2000;32:1130-4.
16. Vercruyssen F, Gruet M, Colson SS, et al. Compression garments, muscle contractile function, and economy in trail runners. *Int J Sports Physiol Perform* 2017;12:62-8.
17. Beaver WL, Wasserman K, Whipp BJ, A new method for detecting anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 1986;60:2020-7.
18. Cohen, J. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates; 1988. p. 8-13.

19. Del Coso J, Areces F, Salinero JJ, et al. Compression stockings do not improve muscular performance during a half-ironman triathlon race. *Eur J Appl Physiol* 2014;114:587-95.
20. Priego JJ, Lucas-Cuevas AG, Aparicio I, et al. Long-term effects of graduated compression stockings on cardiorespiratory performance. *Biol Sport* 2015; 32:219-23.
21. Treseler C, Bixby WR, Nepocaty S. The Effect of Compression Stockings on Physiological and Psychological Responses after 5-km Performance in Recreationally Active Females. *J Strength Cond Res* 2016;30:1985-91.
22. Mosti G, Partsch H. Improvement of venous pumping function by double progressive compression stockings: higher pressure over the calf is more important than a graduated pressure profile. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2014;47:545-9.
23. Marqués-Jiménez D, Calleja-González J, Arratibel I, et al. Are compression garments effective for the recovery of exercise-induced muscle damage? A systematic review with meta-analysis. *Physiol Behav* 2016;153:133-48.
24. Bieuzen F, Brisswalter J, Easthope C, et al. Effect of wearing compression stockings on recovery after mild exercise-induced muscle damage. *Int J Sports Physiol Perform* 2014;9:256-64.
25. Goh SS, Laursen PB, Dascombe B, et al. Effect of lower body compression garments on submaximal and maximal running performance in cold (10°C) and hot (32°C) environments. *Eur J Appl Physiol* 2011;111: 819-26.
26. Rider BC, Coughlin AM, Hew-Butler TD, et al. Effect of compression stockings on physiological responses and running performance in division III collegiate cross-country runners during a maximal treadmill test. *J Strength Cond Res* 2014;28:1732-8.
27. Brinkmann C, Hermann R, Rühl E, et al. Effects of wearing compression stockings on the physical performance of T2DM men with MetS. *Int J Sports Med* 2016;37:347-53.
28. Jansson PA, Gudbjörnsdóttir HS, Andersson OK, et al. The effect of metformin on adipose tissue metabolism and peripheral blood flow in subjects with NIDDM. *Diabetes Care* 1996;19:160-4.
29. Chen LK, Lee WJ, Peng LN, et al. Recent advances in sarcopenia research in Asia: 2016 update from the Asian working group for sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc* 2016;17:767.e1-7.

The Effect of Wearing Compression Tights on Cardiopulmonary Function and Running Economy in Sedentary Overweight or Obese Females

Shu-Ming Yeh,¹ Huang-Yuan Chang,² Kuo-Sheng Yang,¹ Guan-Yu Lin,² Soun-Cheng Wang,³
Yun-Ju Chen²

¹Departments of Physical Medicine and Rehabilitation, Lo-Hsu Medical Foundation, Lotung Poh-Ai Hospital
²IFIT LTD

³Department of Athletic Sports, National Chung Cheng University

Purpose: Previous studies conducted on pressure garments have suggested that compression garments may have positive effects on cardiopulmonary function while performing exercises by improving peripheral venous return and reducing muscle oscillation that may cause energy loss. However, most studies have not been able to prove this hypothesis and concluded that compression has no positive effect on cardiopulmonary function while performing exercises. This study was aimed at determining whether compression garments with a pressure gradient can reduce energy loss caused by muscle oscillation and subsequently promote running economy and cardiopulmonary function in sedentary overweight females.

Methods: This study was conducted with a repeated measures design, with the same subjects wearing compression tights or sweatpants for exercise testing, after which the effect of different pants was compared. Twelve overweight females (body mass index >24) with a sedentary lifestyle wearing compression tights or conventional running clothing underwent progressive maximal exercise testing and fixed-intensity testing according to the counterbalanced design. We collected and analyzed the exercise parameters, including the heart rate, oxygen uptake, ventilation threshold, respiratory compensation point, and running economy.

Results: The maximal oxygen uptake of subjects wearing compression tights did not increase significantly ($p = 0.88$, ES: 0.12). The average time to reach the ventilation threshold was extended by 5.13% ($p = 0.03$, ES: 0.22), but exercise economy deteriorated by 2.15% without statistical difference in the fixed-intensity testing.

Conclusion: For sedentary and overweight women, wearing compression tights did not improve maximal oxygen uptake, oxygen uptake of anaerobic threshold, oxygen uptake of respiratory compensatory threshold, or running economy, but the time to reach the anaerobic threshold was significantly prolonged that can facilitate the aerobic endurance of runners. Overall, compression tights have no obvious benefits for running economy or cardiopulmonary function. (*Tw J Phys Med Rehabil* 2016; 44(3): 143 - 151)

Key Words: compression garments, muscle oscillation, running economy, progressive maximal exercise testing, anaerobic threshold