

國立台灣師範大學 運動科學研究所
碩士學位論文

長期阻力運動與慢跑訓練後
能量消耗之差異

研究生：劉水育
指導教授：謝伸裕

中華民國一〇一年七月
中華民國台北市

長期阻力運動與慢跑訓練後能量消耗之差異

2012 年 7 月

研究生：劉水育

指導教授：謝仲裕

摘要

長期規律運動是改善身體組成的有效方法之一，但要比較不同類型運動之效益，運動強度的設定是關鍵。阻力運動都以最大肌力或反覆次數來訂定，而有氧運動則以最大攝氧量、心跳率為主。如能以運動時能量消耗為判定標準，將便於進行比較。**目的**：探討阻力運動與慢跑在相似的能量消耗下，為期 8 週訓練對能量消耗與身體組成之差異。**方法**：招募過往有從事阻力運動或慢跑經驗者各 10 名進行分組；依阻力訓練組運動時的能量消耗來安排相似運動量於慢跑組，藉以比較訓練後的能量消耗及身體組成之變化。**結果**：8 週後的能量消耗，阻力訓練組 (59.9 ± 4.3 kcal) 與慢跑組 (65.2 ± 4.8 kcal) 無顯著差異 ($p > .05$)；雖兩組間身體組成無顯著差異 ($p > .05$)，但兩組內的體重皆達顯著下降 ($p < .05$)。**結論**：在相似的能量消耗下進行不同的運動訓練，並不會影響能量消耗與身體組成。

關鍵詞：運動強度、重量訓練、身體組成

The difference of energy expenditure after long term resistance exercise and jogging

July, 2012

Graduate student: Shui-Yu Liu

Advisor: Sandy Shen-Yu Hsieh

Abstract

Long term regular exercise is one of efficient way to improved body composition. In order to compare the benefits of different kind exercises, the exercise intensity is the most important variable. Resistance exercise often used maximum strength or repetitions and the aerobic exercise used maximum oxygen consumption and heart rate. However, if the energy expenditure of difference exercises can be equated, the comparison will be more meaningful. **Purpose:** To compare the difference in energy expenditure and body composition between resistance exercise and jogging with similar exercise energy expenditure. **Methods:** Participants were experienced resistance exercisers (RTG, n=10) and joggers (JOG, n=10). Using RTG's exercise energy expenditure to equate a similar running energy expenditure for the JOG. The energy expenditure of the same work and body composition were compared after 8 weeks of training. **Results:** There was no significant difference ($p > .05$) in energy expenditure for RTG (59.9 ± 4.3 kcal) and JOG (65.2 ± 4.8 kcal). Although body composition was not significantly by different ($p > .05$) between the two groups, body weight decreased significantly in each group ($p < .05$). **Conclusions:** After different exercise training in a similar energy expenditure, the energy expenditure and body composition were not affected.

Key words: exercise intensity, weight training, body composition.

謝誌

兩年的碩士生活，雖然一轉眼就過去了，但每一步都走得相當的踏實。

首先，我要感謝我的執導教授謝伸裕老師，在我對於運動生理學一知半解時，謝老師仍不厭其煩的教導我，同時不單侷限於學術領域，也教導我許多待人處事，讓我不斷的督促自己，更積極的面對自己的人生；此外，我要感謝台北市立體育學院的徐台閣老師及本所的何仁育老師，有您們的建議，我才能看見我論文不足之處，藉此能更為周詳。

完成一個實驗是須花費許多的心血；我要謝謝奐杰學長，在論文的方向及實驗的過程，您給了我許多的建議與幫忙；謝謝泰諭學長，沒有您，我不能順利招募齊全所有的受試者，也在實驗的過程中，有您的鼓勵我才能走到最後；謝謝瑩甄與又嘉，在實驗中的各重要測驗，妳們都能排除萬難來協助我，這絕對不是我一人可完成的事情。

最後，我要謝謝我的家人與耘潔；或許有時我會沮喪、遲疑，但你們在我背後的支持，是我不斷往前走下去的勇氣。

劉水育 謹誌於國立台灣師範大學運動科學研究所

中華民國 101 年 7 月

目次

前序部分

中文摘要	i
英文摘要	ii
謝誌.....	iii
目次.....	iv
圖次.....	vii
表次.....	viii

本文部分

第壹章 緒論	1
第一節 研究背景	1
第二節 研究目的	5
第三節 研究假設	5
第四節 研究範圍及限制	5
第五節 研究的應用性	6
第六節 名詞操作性定義	6
第貳章 相關文獻探討	8
第一節 運動與體重控制	8

第二節	阻力與有氧運動對 EPOC 之關係.....	10
第三節	阻力與有氧運動對每日總能量消耗之關係	12
第四節	本章總結.....	13
第參章	方法	14
第一節	研究參與者.....	14
第二節	實驗設計.....	14
第三節	實驗步驟.....	15
第四節	實驗工具與測量方法	20
第五節	統計分析.....	23
第肆章	結果	24
第一節	參與者身體組成變項	24
第二節	能量消耗.....	25
第三節	運動心跳率	26
第四節	其他生理指標	27
第伍章	討論與結論	29
第一節	參與者身體組成變項	29
第二節	能量消耗.....	30
第三節	運動心跳率	32
第四節	其他生理指標	33

第五節 結論與建議.....	35
引用文獻.....	37
後篇部分	
附錄一 實驗參與者告知同意書.....	40
附錄二 實驗參與者健康情況調查表.....	41
附錄三 不同運動在體重前後測之變異數分析摘要表.....	42
附錄四 不同運動在骨骼肌重前後測之變異數分析摘要表.....	42
附錄五 不同運動在體脂肪重前後測之變異數分析摘要表.....	43
附錄六 不同運動在 BMI 前後測之變異數分析摘要表.....	43
附錄七 不同運動在腰臀圍比前後測之變異數分析摘要表.....	44
附錄八 不同運動在能量消耗前後測之變異數分析摘要表.....	44
附錄九 不同運動在運動心跳率前後測之變異數分析摘要表.....	45
個人小傳.....	46

圖次

圖 1	胸部推舉	16
圖 2	高拉滑輪.....	16
圖 3	大腿推蹬	17
圖 4	肩部推舉.....	17
圖 5	腹部前屈	17
圖 6	肱二頭肌彎舉.....	17
圖 7	背部伸展	18
圖 8	肱三頭肌彎舉.....	18
圖 9	實驗流程圖	19
圖 10	無線遙測能量分析儀.....	22
圖 11	無線遙測能量分析儀穿戴在.....	22
圖 12	阻力訓練組各肌群最大肌力的變化.....	28

表次

表 1	依變項測量時間表.....	15
表 2	Bruce 最大攝氧量測驗程序.....	20
表 3	最大肌力測驗程序.....	21
表 4	參與者身體組成變項.....	25
表 5	不同運動訓練前後的能量消耗與運動時間.....	26
表 6	不同運動訓練前後的心跳率及最大心跳率百分比.....	27
表 7	慢跑組最大攝氧量與運動時最大攝氧量百分比.....	27

第壹章 緒論

第一節 研究背景

運動對於人體的健康，扮演著舉足輕重的角色；隨著社會的變遷，人們的生活習慣也逐漸的改變；快節奏的生活以及不當的飲食習慣是造成文明病的主因。當攝取的食物熱量過高且能量消耗得少，就容易造成肥胖，而肥胖是引起心血管疾病（高血壓、第二型糖尿病、中風…等）的主要原因之一。此外，隨著快節奏的生活，無形的壓力也不斷啃食著我們的健康，而長期處於壓力下且沒有進行適當的放鬆，容易造成心血管等病變。藉由透過適度的運動，能夠刺激大腦釋放多巴胺這種神經興奮物質，感到愉悅進而舒緩壓力，提升生活福祉（Baatile 等, 2000; Musselman 等, 1998）。

運動的形態十分多樣化，像是慢跑、游泳與舞蹈等有氧運動，長期從事有氧運動，能有效提升心肺適能，降低心血管疾病風險（Faigenbaum 等, 2009）。近期的研究顯示，阻力運動逐漸普及化，且不再是健美或是競技性運動員的專利，對一般人也有許多益處；而阻力運動所帶來的益處，包括藉由外在阻力的刺激下，進而增進骨質密度，減緩骨質流失；同時，藉由肌力的改善來提升運動表現，並減少日常生活或是運動過程中的傷害（Hewett 等, 1999）。此外，透過阻力運動來改變身體組成（增加肌肉量、減少體脂肪），達到有效的體重

控制；並且由於體脂肪的減少而造成胰島素敏感度上升，進而降低第二型糖尿病及其他相關心血管疾病之罹患率(Faigenbaum 等, 2009; Shaibi 等, 2006)。

運動是體重控制有效方法之一，主要是運動提高能量消耗(Donnelly 等, 2009)。而提升能量消耗，可能受到許多要素所調節，包含升高休息代謝率(resting metabolic rate, RMR)、食物生熱效應(food thermal effect)、平時身體活動能量消耗(physical activity energy expenditure, PAEE)及運動後超額攝氧量(excess postexercise oxygen consumption, EPOC)等。不論是阻力或是有氧運動，在運動過程中，所造成的能量消耗會去間接的影響 EPOC，甚至在長期的運動適應下，RMR 也會有所提升，增加總能量的消耗（黃依婷，2009）。

Hunter 等(2000)，以年齡介於 61-77 歲的老年人，從事 6 個月的阻力訓練，運動強度設定為 65-80% 的最大肌力。結果顯示，受試者每日的總能量消耗有所增加，造成這樣的結果，除了運動所造成的能量消耗之外，還包含 RMR 及 PAEE 均提升的關係；但也有其他研究表示不同看法，Poehlman 等(2002)表示，在長期有氧或是阻力運動下，對於每日總能量消耗及 PAEE 並不會造成任何改變，要額外增加能量消耗，主要還是要透過運動；但是，該實驗在這兩種運動的強度及訓練量大不相同且熱身方式也有所差異，是否在這樣的過程中，能量消

耗量已經不同，所以可能無法確切說明長期阻力或有氧運動對於每日總能量消耗並無影響。前述研究中的運動強度與訓練量雖有差異，但從研究結果仍然可以得知，長期訓練下，無論是否提升 RMR、PAEE，由運動所造成能量消耗，在人體每天的總能量消耗絕對扮演著舉足輕重的角色。

綜合上述得知，運動所造成的能量消耗，是有效控制體重進而降低心血管疾病罹患機率之方法。但是運動的型態相當多樣化，如何去比較不同形態的運動在能量消耗之差異？運動強度的設定是主要的方法；阻力運動通常以最大肌力（one repetition maximal, 1RM）百分比或是反覆次數做為強度的安排，而有氧運動大多以最大攝氧量（maximal oxygen consumption, $\dot{V}O_2\max$ ）百分比、心跳率來設定，這兩種運動強度的評估方式是南轅北轍的；如以運動持續時間做為判別，有氧運動所造成的能量消耗往往會大於阻力運動。

以攝氧量或心跳率做為運動強度設定部分，Burlerson 等(1998)讓過去有從事阻力運動 6 個月以上的經驗者，進行循環方式的阻力運動及有氧運動，並讓兩種運動在相似的攝氧量下，比較 EPOC 的差異。結果發現，阻力運動後第 30 分鐘的 EPOC 顯著高於有氧運動，而第 60 及 90 分鐘就無顯著差異；進一步去探討在運動中的能量消耗，由於是以相似的攝氧量做為運動強度設計，所以阻力與有氧運動在運動

中的能量消耗並無顯著差異，但該實驗受試者是有從事阻力運動 6 個月以上者，可能因為運動型態的熟悉度而影響 EPOC 的差異。另外，雖然在單次的運動中，兩種運動型態的能量消耗為相近，但長期訓練後，能量的消耗是否仍然類似則有待觀察。吳汶蘭等（2008）以 70% 最大心跳率，進行 25 分鐘的有氧運動及 10 RM 的阻力運動。結果顯示無論是在 EPOC 量或持續時間，有氧運動皆高於阻力運動；而運動中能量消耗方面，利用心跳率做為運動強度，而所對應到在攝氧量部分，兩種運動型態是相近的。但該實驗也是一次性的運動，長期訓練所造成能量消耗的影響，依舊無法得知。運動強度會間接的影響 EPOC，但上述兩個實驗卻在相同的運動強度下，所造成 EPOC 的情況有不同趨勢，這可能是設定運動強度方式的不同所造成的。

透過上述研究了解，以心跳率或攝氧量做為運動強度之設定，來去比較不同型態運動在能量消耗的差異是可行的；但僅以一次性的運動效果與實驗處理推論至體重控制可能較不適當，而且也無從對照長期運動訓練後能量消耗變化之情況，所以應觀察長期運動訓練後的效果再給予定論；此外，所招募的參與者對象，對於運動型態的熟悉程度，可能對於運動時的能量消耗也有所影響。因此，如果能讓有阻力或有氧運動經驗者，在相似的能量消耗下來進行長期的運動訓練，來觀察訓練後的能量消耗是否仍然相似，並且再去比較兩種運動心跳率

之情況，進而了解在相似運動攝氧量下心跳率的差異，最後再對照訓練前後身體組成的變化，得以推論至較佳體重控制之運動型態。

第二節 研究目的

比較 8 週的阻力運動與慢跑在能量消耗及身體組成上的變化，藉此提供運動型態選擇的參考。

第三節 研究假設

進行 8 週訓練後，由於肌力或有氧能力的提升，阻力運動與慢跑在運動中的能量消耗均下降，但就運動強度逐漸減少的因素（最大肌力、最大攝氧量的提升），認為阻力運動的下降幅度會低於慢跑。

第四節 研究範圍及限制

- （一）實驗期間，受試者無論是從事阻力運動或是慢跑，皆進行每週 3 天的訓練，為期 8 週。
- （二）本研究以攝氧量來計算能量消耗，無法得知運動過程中無氧能量消耗的部分。
- （三）本研究以能量消耗做為運動量之設定，而慢跑組的能量消耗是依阻力訓練組的平均值所安排，所以會忽略參與者在

能量消耗的個別差異。

- (四) 能量消耗前後測的晝夜時間點不一致，可能對於參與者運動時的能量消耗會造成些許波動。
- (五) 實驗過程並沒有控制參與者的平日飲食，對實驗結果可能有些微的影響。

第五節 研究的應用性

本研究以相似的能量消耗量做為運動量，比較阻力運動與慢跑在長期訓練後能量消耗的變化，以釐清兩種不同的運動型態能量消耗的多寡，依此設定較佳的體重控制之運動處方；並且透過身體組成之對照，探討能量消耗的變化及體重控制的效益；此外，比較在相似的攝氧量下，阻力運動與慢跑在心跳率的差異。

第六節 名詞操作性定義

- (一) 能量消耗：本研究在運動過程中，透過呼出氣體的收集，以呼吸交換率（respiratory exchange ratio）換算出能量消耗之預測值。
- (二) 阻力運動：透過外在阻力的刺激，藉以提升肌力；本研究採

用機械式重量訓練（machine weight）方式進行訓練，採用此方式，主要是因為操作便利及造成運動傷害的機率較低。

（三）運動熟悉者：本研究參與者對象須有 2 個月以上規律（每週 3 次）阻力運動或慢跑的經驗。

第貳章 相關文獻探討

第一節 運動與體重控制

肥胖是引起慢性疾病的原因之一；而肥胖者在減去 3-5%的體重後，能降低危害人體健康的風險，而運動是最常被推薦為體重控制的方法之一(Donnelly 等, 2009)。

不當的飲食所造成的肥胖，而這樣的情況往往容易造成心血管疾病、高血壓、第二型糖尿病，甚至會引起癌症的病變，同時，在醫療上的花費也相當的可觀；對於增進大眾的健康，體重的控制就顯得格外的重要，而良好的體重控制能夠增加高密度脂蛋白膽固醇(high density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、血糖耐受程度與降低血壓、低密度脂蛋白膽固醇(low density lipoprotein cholesterol, LDL-C)及三酸甘油脂，進而降低心血管疾病的發生率 (Donnelly 等, 2009)；在眾多的健康協會或是科學組織，如：美國心、肺、血液協會(National Heart, Lung, and Blood Institute, NHLBI)、美國心臟協會(American Heart Association)、美國運動醫學學會(American College of Sport Medicine, ACSM)等等，皆認為運動對於體重的控制是很重要的一個部份；但究竟要運動多久，才對於體重控制有較佳的效果呢？Klem 等(1997)表示，對於有效減重所需花費的能量消耗，須達到每週快走 28 英里；從行政院體育委員會所提倡的體適能 333 中得知，每週 3 次，每次運

動時間須達 30 分鐘以上，心跳率達每分鐘 130 下，才能達到有效的運動效果。

對於體重控制所安排的運動型態，通常第一個聯想到的就是有氧運動而非阻力運動，主要是因為在相同的運動時間下，阻力運動的能量消耗往往比有氧運動來得少；而減重部分，在經過長時間的阻力運動後，自身的體重雖然沒有太大的變化，但卻增加了肌肉量及減少體脂肪，所以在長期訓練後，身體組成的數值也是相當重要的依據；此外，在阻力運動後，會刺激荷爾蒙的代謝與脂肪的氧化，以及增加肌肉內氮的正平衡，移除體內堆積的乳酸，使得 EPOC 上升，進而提升人體在一天中總能量的消耗（黃依婷，2009；Donnelly 等, 2009）。較少的研究會去比較阻力運動與有氧運動在能量消耗的差異，主要是因為運動強度的訂定是一大考量；阻力運動大多以最大肌力百分比或是反覆次數做為評比，而有氧運動則以最大攝氧量與心跳率為依據；如以攝氧量做為不同運動型態之比較，Burlerson 等(1998)，依阻力運動所測得之攝氧量，藉此做為有氧運動的運動強度設定，雖然該實驗主要是去比較 EPOC 的差異，但進一步去探討在運動中的能量消耗，由於是以相似的攝氧量做為運動強度設計，所以阻力與有氧運動在運動中的能量消耗並無顯著差異；就心跳率做為運動強度部分，吳汶蘭等（2008），以 70%最大心跳率，進行 25 分鐘的有氧運動及 10 RM 的

阻力運動；在運動中能量消耗方面，透過心跳率所對應到的運動中攝氧量，兩種運動型態是相近的；由此得之，無論是使用心跳率或是攝氧量做為運動強度之設定，能夠使不同運動型態的能量消耗相近；但上述實驗都是處於單一次的運動，就體重控制成效方面，長期的運動是必要的，而長期運動過後，不同型態的運動在能量消耗方面，是否還能像初期般的相近則有待商討。

第二節 阻力與有氧運動對 EPOC 之關係

每日能量的消耗，運動中所消耗的占 20-30%，RMR 占 60-70%，而 EPOC 能夠額外的增加一天中的能量消耗，在長期的運動訓練下，也能夠提升 RMR 的量，使得能夠更為有效的實行體重控制（黃依婷，2009）。

燃燒脂肪做為運動中的能量來源，通常都會聯想到低強度的有氧運動，而隨著運動強度的增加，提供人體的能量來源會逐漸的轉換成使用醣類，但隨著有氧運動的強度與持續時間越大，EPOC 的量與持續時間相對的也會增加，進而增加脂肪的利用率；Gore and Withers(1990)，以 30%、50%與 70%的 $\dot{V}O_{2max}$ 做為運動強度並在跑步機上進行 20、50 及 80 分鐘的跑步，結果表示，70%的 $\dot{V}O_{2max}$ 在 80 分鐘的跑步機運動，能夠產生較高的 EPOC；相同的，阻力運動過

後也會產生 EPOC 的現象，這主要是為了排除運動後的乳酸堆積，所以需要較多的氧氣來執行（吳汶蘭等，2008），且由於荷爾蒙代謝率的增加，像是兒茶酚胺(catecholamines)、可體松(cortisol)及生長激素(growth hormone)等(Kraemer 等, 1992)，以及阻力運動過後，肌肉內的蛋白質須進行修補與合成，蛋白質合成的過程中須消耗大量的 ATP 而所造成的(Bielinski 等, 1985)。

有氧與阻力運動在 EPOC 的差異上，Burlson 等(1998)以過往有從事阻力運動 6 個月以上之受試者，依阻力運動所得的攝氧量，去衡量有氧運動的運動強度，進而去比較有氧與阻力運動在 EPOC 的差異，結果顯示，阻力運動在結束後 30 分鐘的 EPOC 高於有氧運動，在第 60 及 90 分鐘就無顯著差異；而吳汶蘭等（2008）以未接受阻力及有氧運動訓練之女大學生做為受試對象，以心跳率設定為運動強度之依據，在 70%最大心跳率下，進行 25 分鐘的腳踏車運動及 10 RM 的阻力運動，結果表示，腳踏車運動的 EPOC 量及持續時間皆高於阻力運動；造成這兩個實驗結果的差異，可能是在界定運動強度的方式不同所引起的，換言之，可能在相同心跳率下，有氧運動須承受較高的最大攝氧量百分比，而阻力運動要負荷較高的最大肌力百分比，才能達到與有氧運動相同的攝氧量；此外，受試者對於該運動型態的熟悉程度，對於 EPOC 可能也會有所影響。

第三節 阻力與有氧運動對每日總能量消耗之關係

每日總能量消耗，會受到 RMR 與 PAEE 所影響；Hunter 等(2000)發現，在 6 個月的阻力訓練後，能夠增加每日的總能量消耗，造成這樣的結果，除了運動所造成的能量消耗之外，還有 RMR 及 PAEE 有所提升的緣故；Meijer 等(1991)，在耐力訓練 5 個月後，能夠增加 PAEE 使得提升每日總能量消耗；但仍有研究提出，在阻力或是有氧運動訓練之後，對於 RMR 或是 PAEE 並沒有顯著的影響，Van Etten 等(1997)，在 18 週的阻力訓練後，造成每日總能量消耗的增加，主要是因為運動過程中的能量消耗；Broeder 等(1992)，將受試者隨機分配成阻力訓練或耐力訓練並進行 12 週的訓練期，運動強度方面，阻力訓練是以反覆次數做為設計，而耐力訓練則是使用 $\dot{V}O_{2max}$ 百分比；結果表示，耐力訓練後能夠減少體脂肪並維持肌肉量，而阻力訓練使得體脂肪下降且增加肌肉量，但對於 RMR 並沒有顯著的改變；該篇研究作者也認為，主要是因為不同的運動型態、強度、持續時間、頻率及訓練量所造成的差異。

Poehlman 等(2002)將 48 名年輕非肥胖的坐式生活女性，隨機分配有氧、阻力運動及控制組並且實驗介入 6 個月，結果顯示，在身體組成方面，3 組並沒有顯著改變，僅有阻力運動組的肌肉量增加；雖然在 RMR 部分，阻力運動組有所提升，但在每日總能量消耗並沒

有顯著差異，所以該作者認為，在長期的有氧或阻力運動訓練下，額外維持一定的每日總能量消耗，主要來自運動過程中的能量消耗，並非 PAEE 或 RMR。但是，該實驗的運動強度設計方面，阻力運動以最大肌力為準則，有氧運動則以最大心跳率百分比，而熱身方式及整體的訓練量也不一致，是否在這樣的過程中已存在能量消耗的差異，此點仍有待商榷。

第四節 本章總結

綜合上述研究得之，無論是每日總能量消耗、RMR 或是 EPOC，都會因運動時所造成的能量消耗而產生波動，且特別在長期運動訓練中，較能看出變化，進而間接影響體重的控制；但是不同的運動型態要來比較能量消耗的差異，運動強度是首要的考量，唯有在相似的出發點，所得的結果才能較為精確的比較不同型態運動所帶來的效益；此外，對於該運動型態的熟悉程度，可能也會造成不一樣的能量消耗差異，所以假使透過有從事阻力或有氧運動經驗者，在相似的能量消耗下，進行長期的規律運動，而去比較阻力與有氧運動在能量消耗的變化及差異，藉此提供現代人選擇運動的方向，來達到有效的體重控制，降低心血管疾病的罹患率。

第參章 方法

本章為說明實驗之方法與流程，共分成：一、研究參與者；二、實驗設計；三、實驗步驟；四、實驗工具與測量方法；五、統計分析等五節來進行說明。

第一節 研究參與者

本研究將招募 20 名過去有從事阻力運動或慢跑之男性，年齡介於 18 至 30 歲，且須無濫用酒精或藥物等不良習慣；所有受試者於實驗前須填寫“實驗參與者告知同意書”（附錄一）與“實驗參與者健康情況調查表”（附錄二），確定知情且同意參與本實驗。

第二節 實驗設計

本研究以 20 名近期有從事規律阻力或有氧運動 2 個月以上者，依參與者過往主要從事的運動型態，而分成阻力訓練組（resistance training group, RTG）及慢跑組（jogging group, JOG），進行 8 週的訓練；參與者於實驗前後測量身體組成，而阻力訓練組須進行最大肌力測驗，慢跑組則是最大攝氧量測驗。

以能量消耗做為運動量的評比，實驗前的能量消耗測量主要是為了讓兩組以相似的能量消耗進行訓練；而 8 週後所測的能量消耗是要

比較長時間訓練後，兩組運動訓練對能量消耗上的影響，同時也會監控心跳率，得知在相似能量消耗下，心跳率之差異。

本研究操弄變項（自變項）是以相似的能量消耗進行阻力運動或慢跑；測量變項（依變項）即長期訓練後能量消耗之變化（energy expenditure, EE）、最大攝氧量（maximal oxygen consumption, $\dot{V}O_2\max$ ）、最大肌力（one repetition maximal, 1RM）、身體組成及心跳率（heart rate, HR）；表 1 為依變項測量時間表。

表 1 依變項測量時間表

測驗時間 \ 依變項	身體組成	$\dot{V}O_2\max$	1RM	EE	HR
8 週前	RTG、JOG	JOG	RTG	RTG、JOG	RTG、JOG
8 週後	RTG、JOG	JOG	RTG	RTG、JOG	RTG、JOG

註：RTG=阻力訓練組；JOG=慢跑組； $\dot{V}O_2\max$ =最大攝氧量；1RM=最大肌力；EE=能量消耗

第三節 實驗步驟

本研究分成兩個部份，分別為訓練前及 8 週訓練後的測量。

（一）阻力訓練組（RTG）：

訓練前，將會先進行最大肌力（1RM）測驗，依所得的最大肌力來計算出每位參與者的 70% 1RM 做為本研究運動訓練的強度。再以 70% 1RM 進行一次訓練的能量消耗測驗，所得之能量

消耗平均值，做為 JOG 運動量設定之依據。能量消耗測驗完成後，即進入 8 週的訓練期。RTG 在 8 週的訓練期中，每週須進行 3 次運動，每次運動以循環的方式進行 8 個阻力訓練動作，共 2 個循環；其動作順序與訓練肌群為：胸部推舉（胸部肌群）→高拉滑輪（背部肌群）→大腿推蹬（大腿肌群）→肩部推舉（肩膀肌群）→腹部前屈（腹部肌群）→肱二頭肌彎舉（肱二頭肌）→背部伸展（下背肌群）→肱三頭彎舉（肱三頭肌）；此安排主要是為避免某肌群過於疲勞，而影響訓練效果且易造成運動傷害；經過 8 週訓練期後，同樣會進行 70% 1RM 的能量消耗以及最大肌力測驗；圖 1 至圖 8 為各別 8 個動作所使用的機器：



圖 1 胸部推舉

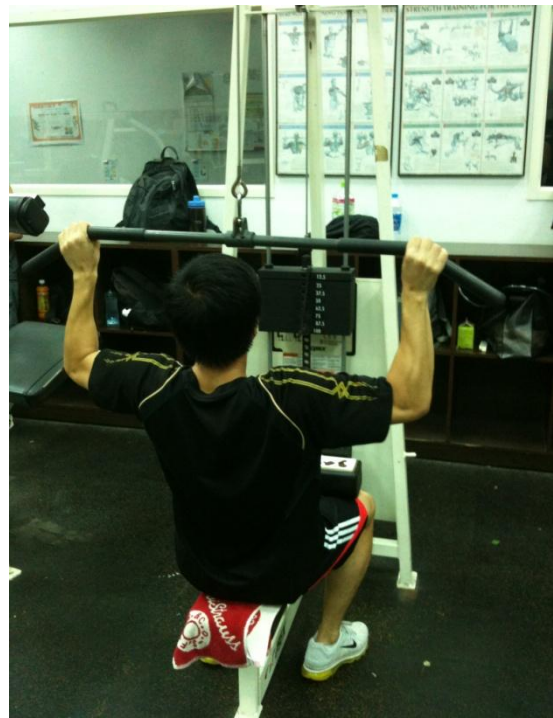


圖 2 高拉滑輪



圖 3 大腿推蹬



圖 4 肩部推舉



圖 5 腹部前屈



圖 6 肱二頭肌彎舉



圖 7 背部伸展



圖 8 肱三頭肌彎舉

(二) 慢跑組 (JOG):

於訓練前必須先進行最大攝氧量的測量，此測量的目的是要得知訓練時運動強度的百分比；訓練過程中，為了使能量消耗與 RTG 相似，參與者會先測量 12 分鐘慢跑的能量消耗並記錄每圈平均速度，再依 RTG 所測得的能量消耗平均值，計算 JOG 的運動持續時間，以達到與 RTG 相似的能量消耗；8 週訓練後，一樣進行最大攝氧量測量，藉此得知參與者心肺適能是否有所提升；此外，在依參與者訓練時的跑步速度及持續時間，進行能量消耗測量，以觀察 8 週訓練期後，能量消耗之變化。實驗流程圖如圖 9。

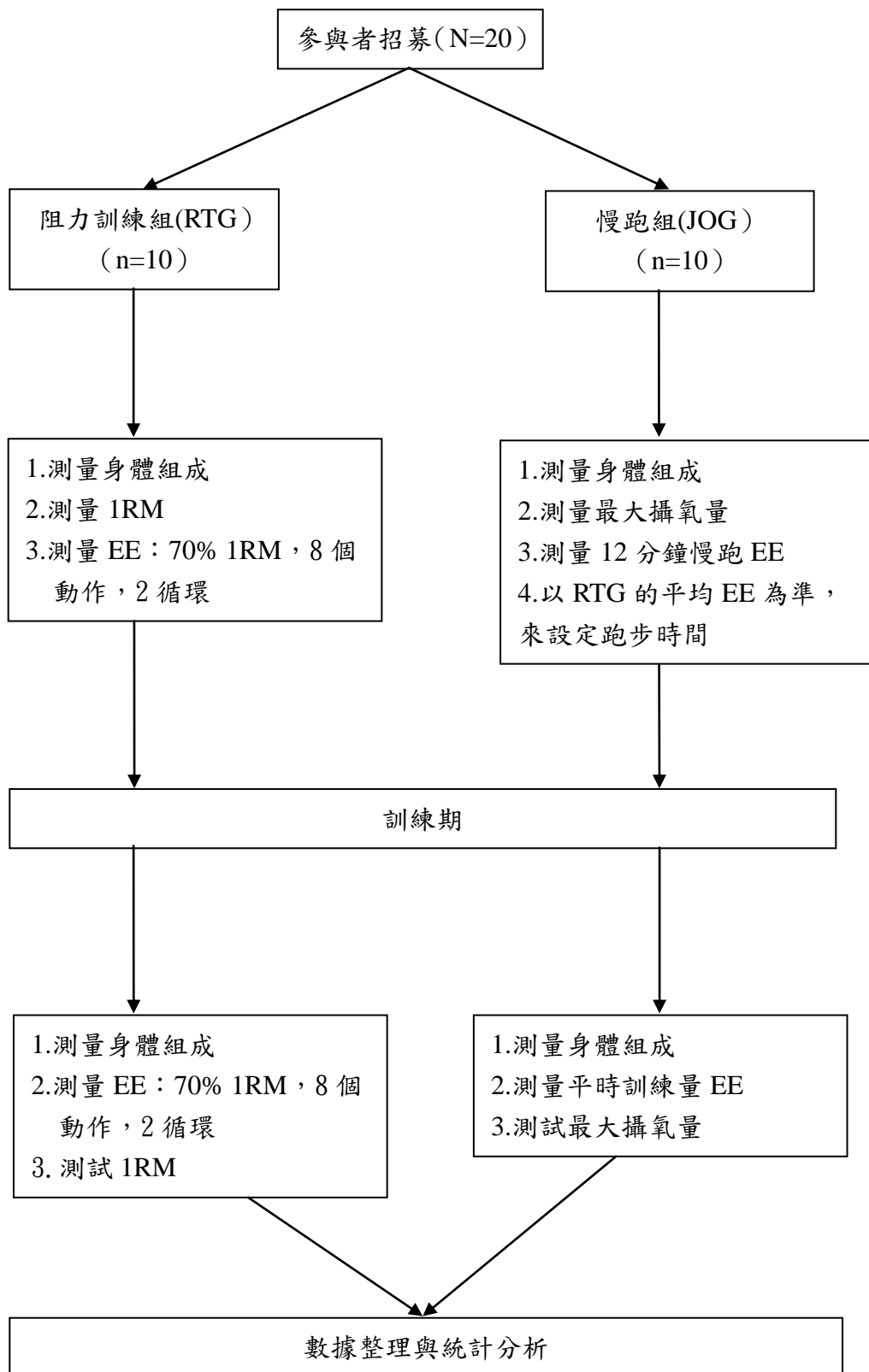


圖 9 實驗流程圖

第四節 實驗工具與測量方法

(一) 最大攝氧量測量

慢跑組皆於跑步機上進行最大攝氧量之測量；本研究採用 Bruce 測驗程序，由運動強度 1.7 英里/小時，坡度 10% 開始進行，每 3 分鐘增加負荷（速度和坡度），直到參與者衰竭為止；表 2 為 Bruce 最大攝氧量測驗程序：

表 2 Bruce 最大攝氧量測驗程序

速度 (mph)	坡度 (%)	持續時間 (min)
1.7	10	3
2.5	12	3
3.4	14	3
4.2	16	3
5.0	18	3
5.5	20	3
6.0	22	3

本測量結果，將依下列 $\dot{V}O_2\max$ 判定標準，做為參與者之評判(3 項須符合 2 項)。

- (1) 運動強度增加時，攝氧量無顯著增加。
- (2) 呼吸交換率在 1.1 以上。

(3) 心跳率為最大預測值 ± 10 下/分。

(二) 最大肌力測量

阻力訓練組皆進行最大肌力測量；首先，參與者以體重的 30-50% 進行熱身，然後進行 1 分鐘的休息，接續的漸進增加負荷重量，直到測得受試者僅能舉起一次的最大反覆重量；隨著重量的增加，休息時間將會拉長而反覆次數則會減少，能於 3-5 個組數內，測得最大肌力為最佳；表 3 為最大肌力測驗程序：

表 3 最大肌力測驗程序

負荷重量 (lb)	反覆 (次數)	休息時間 (min)
體重 30-50%	5-10	1
增加 10-20	8-10	2
增加 10-20	3-5	2-4
增加 10-20	1	2-4
增加 5-10	1	求得 1RM

(三) 能量消耗測量

RTG 與 JOG 的能量消耗測量，是採用 Meta Max 3B 無線遙測能量分析儀 (Cortex Biophysik GmbH, Germany；同 $\dot{V}O_2\max$ 測量)；使用前須依操作手冊指示，進行環境壓力校正、氣體流量校正、標準氣

體兩點校正 (O_2 、 CO_2) 校正，確保氣體採集之精確性；隨後，將參與者基本資料（身高、體重、出生年月日、每週身體活動量、面罩尺寸）輸入於軟體程式，並給予參與者配帶氣體採集面罩；圖 10、圖 11 分別為 Meta Max 3B 儀器及穿戴情況。



圖 10 無線遙測能量分析儀



圖 11 無線遙測能量分析儀穿戴在參與者身上

(四) 心跳率監控

於實驗 8 週前後測，RTG 與 JOG 在運動過程中，將配帶 Polar 無線心跳監測器 (Polar S810iTM, Polar Electro Inc, Finland) 進行監控。藉此可得知在相同的能量消耗下，二者心跳率之差異，便可了解運動強度的範圍。

(五) 身體組成測量

採用 InBody 3.0 (Biospace, Korea)；透過生物電阻原理，得知受試者的體重、體脂肪、去脂體重等相關身體組成變項。

第五節 統計分析

本研究以 SPSS 19.0 統計軟體進行資料分析，採用二因子變異數分析（混合設計），比較阻力運動與慢跑在 8 週訓練前後，運動中的能量消耗與身體組成之差異；再以相依樣本 t 檢定，比較 8 週訓練前後，阻力運動組的最大肌力與慢跑組的最大攝氧量變化之情形。所有數據皆以平均數 \pm 標準差來呈現，顯著水準設 $\rho < .05$ 。

第肆章 結果

本章節依實驗所測得之數據，透過統計分析後各分成：一、參與者身體組成變項；二、能量消耗；三、運動心跳率；四、其他生理指標等四個部分進行說明；而在其他生理指標部分，為阻力訓練組最大肌力表現以及慢跑組最大攝氧量。

第一節 參與者身體組成變項

本研究以 20 名自願參與本實驗，且過去有從事規律阻力運動或慢跑之男性做為受試對象。參與者依過往的運動經驗，分成阻力訓練組或慢跑組。但由於慢跑組有兩名參與者之能量消耗測量數據異常，故將此兩位參與者數據給予剔除。參與者身體組成變項為表 4 所示。

本研究透過二因子變異數分析（混合設計）來比較 RTG 與 JOG 在訓練前後各身體組成之變項；首先體重部分，在交互效果方面未達顯著 ($F=.638, P=.436$)，組間的比較也未達顯著差異 ($F=.957, P=.342$)，但組內比較則達顯著差異 ($F=5.113, P=.038$)；骨骼肌部分，交互效果未達顯著差異 ($F=2.517, P=.132$) 且無論是在組間 ($F=.378, P=.547$) 或組內 ($F=2.234, P=.154$) 的比較皆無達顯著差異；體脂肪在交互效果 ($F=.104, P=.751$)、組間 ($F=3.432, P=.082$) 及組內 ($F=2.438,$

$P=.138$)之比較皆無達顯著差異；同樣的，BMI在交互效果($F=.063$ ， $P=.805$)、組間($F=2.296$ ， $P=.149$)與組內($F=2.845$ ， $P=.111$)之比較，皆無達顯著差異；最後在腰臀圍比部分，交互作用($F=.235$ ， $P=.634$)、組間($F=4.258$ ， $P=.056$)與組內($F=3.761$ ， $P=.070$)皆無達顯著差異。不同運動在各身體組成變項前後測之變異數分析摘要表為附錄三至附錄七。

表 4 參與者身體組成變項

	RTG (pre) (n=10)	RTG (post) (n=10)	JOG (pre) (n=8)	JOG (post) (n=8)
體重(kg)	66.9 ± 7.0*	65.9 ± 8.0*	71.3 ± 12.4*	70.8 ± 12.1*
骨骼肌重(kg)	31.4 ± 2.5	31.0 ± 2.5	30.4 ± 3.4	30.4 ± 2.8
體脂肪重(kg)	11.1 ± 5.5	10.6 ± 6.0	17.2 ± 7.8	16.5 ± 8.3
BMI(kg/m ²)	22.4 ± 3.0	22.2 ± 3.4	24.9 ± 3.8	24.7 ± 3.8
腰臀圍比	0.83 ± 0.03	0.83 ± 0.04	0.87 ± 0.04	0.87 ± 0.04

註：pre=訓練前；post=訓練後

*代表組內前後測有顯著差異 $p < .05$

第二節 能量消耗

透過二因子變異數分析(混合設計)後，在交互效果方面未達顯著($F=3.299$ ， $p=.088$)；而獨立變項主要效果之分析，組間並未達到顯著($F=.099$ ， $p=.757$)；在組內前後測的能量消耗比較同樣未達顯

著差異 ($F=.040$, $\rho=.844$)；不同運動在能量消耗前後測之變異數分析摘要表為附錄四；表 5 為不同運動訓練前後的能量消耗與運動時間。

表 5 不同運動訓練前後的能量消耗與運動時間

	RTG (n=10)	JOG (n=8)
訓練前能量消耗 (kcal/h)	65.8 ± 2.6	57.9 ± 3.0
訓練後能量消耗 (kcal/h)	59.9 ± 4.3	65.2 ± 4.8
運動時間 (min)	15.11	6.30

第三節 運動心跳率

經由二因子變異數分析 (混合設計) 得知，心跳率與運動型態的交互效果未達顯著 ($F=.001$, $\rho=.975$)；組間比較後，JOG 是顯著高於 RTG ($F=32.550$, $\rho=.000$)，但組內的比較則無顯著差異 ($F=.213$, $\rho=.651$)；不同運動在運動心跳率前後測之變異數分析摘要表為附錄五。如將運動心跳率換算成最大心跳率 (220-年齡) 百分比，JOG 約為 78% 最大心跳率，而 RTG 則是 65% 最大心跳率；故以心跳率做為運動強度設定，在相似的能量消耗下，慢跑組的運動強度是高過於阻力訓練組。表 6 為兩組運動心跳率及最大心跳率百分比 (% HR max)。

表 6 不同運動訓練前後的心跳率及最大心跳率百分比

	RTG (n=10)	JOG (n=8)
訓練前運動心跳率 (bpm)	130 ± 3*	155 ± 4*
訓練後運動心跳率 (bpm)	131 ± 3*	156 ± 3*
% HR max	65%	78%

註：*代表組間運動心跳率有顯著差異 ($\rho < .05$)

第四節 其他生理指標

(一) 最大攝氧量

慢跑組最大攝氧量之測量，主要是為了比較訓練前後心肺適能提升之程度；透過相依樣本 t 考驗後得知，在訓練後，慢跑組的最大攝氧量及運動攝氧量並無顯著改變。表 7 為慢跑組之最大攝氧量與運動中最大攝氧量百分比 ($\% \dot{V}O_{2max}$)。

表 7 慢跑組最大攝氧量與運動時最大攝氧量百分比

	訓練前	訓練後
$\dot{V}O_{2max}$ (ml/min/kg)	32.6 ± 7.5	34.5 ± 5.9
$\% \dot{V}O_{2max}$	82%	84%

(二) 最大肌力

透過最大肌力之測驗，得知阻力訓練組在訓練前後肌力進步的情形，藉由相依樣本 t 考驗後，8 個阻力訓練的作用肌群，在肌力表現

皆有所進步，其中，腹部肌群、背部肌群、下背肌群、肱三頭肌、大腿肌群及肱二頭肌等 6 個肌群更達顯著性的提升 ($p < .05$)。圖 12 為阻力訓練組訓練前後，最大肌力之表現。

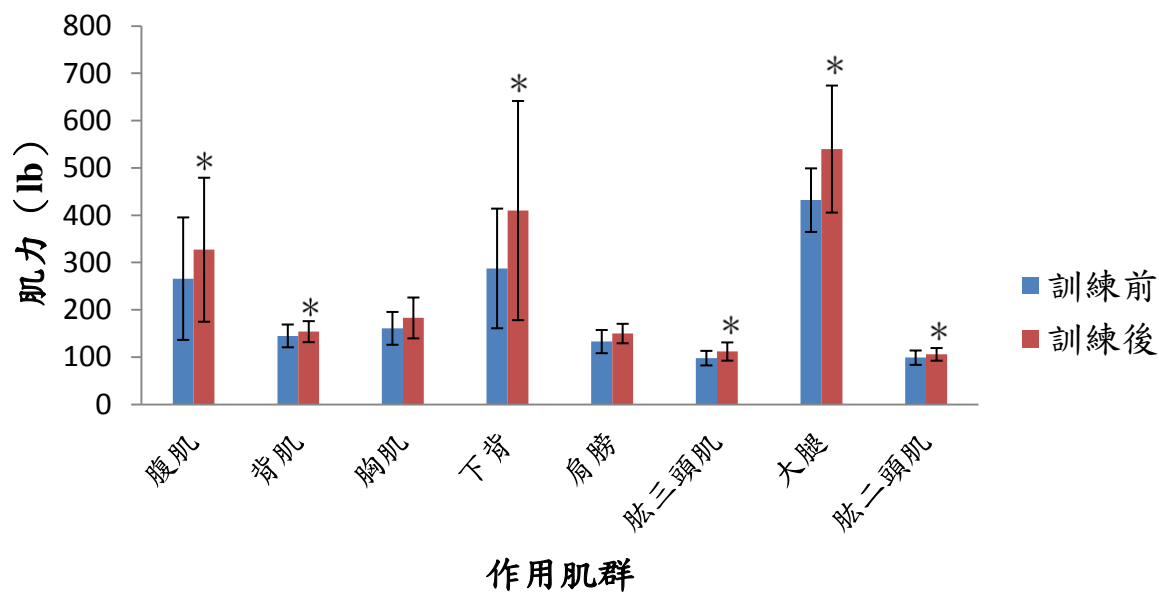


圖 12 阻力訓練組各肌群最大肌力的變化

*代表訓練後肌力的表現有顯著提升 ($p < .05$)

第五章 討論與結論

本章節共分為五個部份進行討論，分別是：一、參與者身體組成變項；二、能量消耗；三、運動心跳率；四、其他生理指標；五、結論與建議。

第一節 參與者身體組成變項

本研究所招募的參與者條件雖為過往有從事規律的阻力或是慢跑運動者而並非以隨機分派的方式，但在運動訓練介入前，RTG 與 JOG 在所有身體組成變項皆無顯著差異，藉此可以認定兩組的出發點為相似以利比較長期訓練後之效果。

在經過 8 週規律的運動訓練後，RTG 與 JOG 之間，在所有的身體組成變項均無顯著差異。這表示在相同的運動能量消耗下，阻力運動與慢跑對於改善身體組成的效果是相似的；但本研究並無進行飲食控制，所以，這可能也是造成此結果的影響因素之一。

觀看兩組在組內的比較，RTG 在大部分的身體組成變項皆有改善的趨勢，特別是體重下降程度更達顯著水準；這有別於過往的認知與研究認為(Faigenbaum 等, 2009; Hewett 等, 1999; Shaibi 等, 2006; Poehlman 等, 2002)，阻力運動並非能有效的進行減重，主要是因為長

期的阻力訓練後，原有的體脂肪會被消耗但肌肉量有所增加，導致體重下降幅度不大；而長期規律的阻力訓練後，參與者的骨骼肌重應會有所提升，但本研究結果表示，RTG 在 8 週訓練後，骨骼肌重卻少量的下降但並未達顯著水準；造成這樣的結果，本研究認為在體重下降的過程中，並非單只減少體脂肪量而已，肌肉量也會有所影響。而慢跑組部分，同樣的在體重下降程度上達顯著效果，且大部份的身體組成變項同樣也有改善之趨勢；故單以受試者身體組成變項得知，在相似的能量消耗下為前提，進行 8 週的規律運動訓練後，慢跑與阻力運動對於減重之效果為相似；但就運動時間而言，慢跑僅需花費約阻力運動約一半的時間，即可達到接近的成效；可是反觀運動強度部分，JOG 訓練時的攝氧量約為 $\dot{V}O_2\max$ 80% 並且運動心跳率也顯著高於 RTG，而這樣較高的運動強度主要是由無氧代謝來提供能量，假使將參與者的跑步速度放慢來降低運動強度同時也延長運動時間，使得能量的提供主要是來自有氧代謝，或許這樣對於 JOG 在身體組成的變化又是不一樣的效果。

第二節 能量消耗

能量消耗是做為本研究用來比較不同型態運動之運動量設定，故安排阻力訓練組與慢跑組在相似的能量消耗下進行訓練，而在 8 週的

規律訓練後，兩組的運動能量消耗仍然相似；因此，本研究認為運動之所以能夠有效的進行減重，不外乎是運動過程中所消耗的能量造成的，所以在相似的能量消耗下訓練後，阻力運動與慢跑對於減重的效果是接近的，這也反應在 2 組的體重皆呈現顯著下降。

雖然兩組在 8 週的訓練後，能量消耗的變化無顯著差異，但就以 RTG 與 JOG 的組內比較發現，阻力訓練組的能量消耗仍有下降的趨勢（約 6 卡），而慢跑組部分，能量消耗卻有些許的提升（約 7 卡），這與 Poehlman 等（2002）的研究結果類似。而造成這樣的現象，本研究推測，除了受試者當天的體能狀態之外，能量消耗測量時的環境溫度可能也有影響；前測時段為 3 月，當時的平均溫度為 18°C，而 5 月的後測環境溫度已達 25°C，後測時較高的溫度可能是造成 JOG 運動時能量消耗些許上升的原因；而 RTG 由於處於冷氣開放的重量訓練室，所以前後測時的環境溫度差異並不大；此外，慢跑相較於阻力運動本來就是技巧難度較低的運動型態，並且是招募過往有該運動型態之經驗者，JOG 僅須依 RTG 之能量消耗數值再搭配前測所得之平均速度進行訓練即可，因此這樣的運動強度對於 JOG 而言，僅能去維持心肺適能而不易去提升，所以這也反應在 8 週訓練後， $\dot{V}O_2\max$ 並未顯著的提升；但 RTG 須依所測得之最大肌力來設定 70% 1RM 進行訓練，所以當阻力訓練組的肌力逐漸的提升，能量消耗就會逐漸的

減少。

本研究以相似的能量消耗做為運動量設定的依據，而運動時間部份，JOG 僅需花費 RTG 約一半的時間，即可達到相似的能量消耗。這主要是礙於實驗設計的界定，所以 JOG 的運動時間才會明顯的短於 RTG，假使以相同的運動時間來安排，慢跑所消耗的能量會大於阻力運動；但是進一步的去探討運動心跳率部分，JOG 是顯著高於 RTG，如能減緩 JOG 的跑步速度並延長運動時間，使得 2 組的心跳率與能量消耗在相似的情況下進行訓練，或許對於長期訓練後的能量消耗又是不一樣的結果。

第三節 運動心跳率

RTG 與 JOG 在訓練介入前後組內的運動心跳率皆無顯著的改變，而這樣的結果正好與能量消耗在長期訓練後無顯著變化相呼應。故以心跳率做為運動強度來探討，在相似的能量消耗下進行 8 週的訓練後，阻力運動或慢跑的運動強度並沒有顯著下降。

比較 RTG 與 JOG 在相似能量消耗下，組間運動心跳率的差異，JOG 是顯著高於 RTG，這不同於吳汶蘭等（2008）的研究顯示在接近的心跳率去進行阻力與有氧運動的攝氧量會相似，主要是該研究是以同一批受試者來進行不同型態的運動。而本研究因有介入長期的規

律運動訓練，故無法以同一批受試者來比較不同型態的運動。但本研究在 JOG 的能量消耗前測時，是告知參與者以自身覺得舒適的速度進行跑步，並沒去刻意要求參與者應維持多快的速度；所以如果讓參與者於測驗時達到與 RTG 相似的運動心跳率進行慢跑，因該還是能讓不同的運動型態在接近的攝氧量下維持相似的運動心跳率。

第四節 其他生理指標

(一) 最大攝氧量

慢跑組之所以會進行最大攝氧量之測驗，主要是為了得知在運動訓練介入後，心肺適能是否有所提升，以及平時訓練強度是占最大攝氧量的多少百分比。

本研究 JOG 在經過 8 週的訓練後，最大攝氧量雖有提升的趨勢（由 32.6 變為 34.5 ml/min/kg），但並未達顯著；而就攝氧量做為運動強度設定的基準約為 $\dot{V}O_2\max$ 80%；同樣的，在 8 週的訓練後，最大攝氧量的百分比也沒顯著的變化，這也就是能量消耗為何沒有顯著改變的原因之一。此結果與 Poehlman 等（2002），在進行 6 個月的有氧訓練後，有氧訓練組的最大攝氧量提升了 18% 的結果之有所差異，是因為該研究的訓練強度與內容為漸增強之方式，而本研究在 8 週的訓練期中並無調整運動強度，但該實驗的運動量設定與阻力訓練組並

不一致，本研究則是以相似的能量消耗做為運動量之設定；所以慢跑組的運動時間約為 6 分鐘，這樣較為短暫的運動持續時間，對於有效提升最大攝氧量之效益則較不彰顯。但同樣的，如果將 JOG 的跑步速度減緩來增加運動時間，或許對於 $\dot{V}O_2\max$ 及最大攝氧量百分比又會有不一樣的趨勢。

（二）最大肌力

最大肌力的測驗，除了是為了訂定阻力訓練組 70% 1RM 的運動強度之外，同時也是為了比較 8 週規律訓練後，肌力提升的情況。

依據訓練前後測之數據表示，阻力訓練組在 8 個作用肌群，肌力皆有所提升，其中，腹部、背部、下背、肱三頭肌、大腿及肱二頭肌等 6 個肌群，在統計分析上，都有達顯著效果；這與 Hunter 等(2000)及 Poehlman 等(2002)研究結果相似，表示在長期的阻力訓練下，對於肌力的改善有絕對的功效；但本研究僅為期 2 個月，對於要持續提升肌力的表現，仍須提升訓練的負荷量。

第五節 結論與建議

本研究經實驗設計之安排，將所得之結果加以分析與討論，獲得之結論及建議如下：

一、結論：

- (一) 在相似能量消耗下進行長期規律運動訓練，阻力運動與慢跑之間對於改善身體組成變項之效果並無顯著差異但皆可以達到有效的減重效果。而長期訓練後，兩組在能量消耗仍無明顯差別且也接近於訓練前之數值。故人體在 8 週訓練後，能量消耗下降之幅度仍不明顯。
- (二) 長期訓練過後，RTG 於運動強度之變化，透過最大肌力的測驗，得知訓練時的 70% 1RM 已降至約 60% 1RM。這樣的結果也反應在長期訓練後，能量消耗有些許的下降。但就心跳率部分，於訓練介入前後，並無顯著的改變，這也就是說，最大肌力的提升，對於運動心跳率影響較小。
- (三) 長期訓練後，JOG 的最大攝氧量並無顯著的提升，運動時的心跳率也無下降。這反映出在長期規律訓練後，能量消耗並無顯著變動。須與 RTG 的能量消耗相似而造成較短的運動時間，此運動時間對於改善心肺適能有一定的限制，即便運動時處於較高的最大攝氧量百分比。

二、建議：

- (一) 如要以慢跑的能量消耗做為阻力運動之運動量設定的依據，必須考量阻力訓練組須進行多少的訓練量才能達到慢跑組的能量消耗。
- (二) 本研究是以過往有從事該運動型態之經驗者做為受試對象，所以可能是此原因造成能量消耗的下降幅度較不明顯；假使以肥胖者作為招募對象，或許較能看出能量消耗變動幅度及改善身體組成之效益。
- (三) 將能量消耗前後測之晝夜時間點控制為一致並要求參與者測量身體組成時是否須飲食，藉此來比較能量消耗與身體組成則較為客觀。
- (四) JOG 訓練時，如能配戴心律表來讓參與者能夠檢視自身的心跳率進而去達到較穩定的跑步速度，相較於主試者僅在起終點去調整參與者的速度可能是較佳的訓練監控。
- (五) 降低跑步速度來延長慢跑時間使得慢跑與阻力運動的心跳率及運動時間相似，藉此較為符合正常的慢跑形態，對於身體組成及能量消耗可能又是不同的效果；甚至將慢跑改至快走型態，更能推廣至一般大眾。

引用文獻

- 吳汶蘭、張志仲、郭藍遠、林槐庭、陳凱勝 (2008)。相同心跳率強度下不同運動模式之運動後過攝氧量比較。《物理治療》, 33(2), 89-93。
- 黃依婷 (2009)。有氧運動與阻力運動於運動後能量消耗的效果。《大專體育》, 102, 189-195。
- Baatile, J., Langbein, W. E., Weaver, F., Maloney, C., & Jost, M. B. (2000). Effect of exercise on perceived quality of life of individuals with Parkinson's disease. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(5), 529-534.
- Bielinski, R., Schutz, Y., & Jequier, E. (1985). Energy metabolism during the post-exercise recovery in man. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 42, 69-82.
- Broeder, C. E., Burrhus, K. A., Svanevik, L. S., & Wilmore, J. H. (1992). The effects of either high intensity resistance or endurance training on resting metabolic rate. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 55, 802-810.
- Burleson, M. A., O'Bryant, H. S., Stone, M. H., Collins, M. A., & Triplett, M. T. (1998). Effect of weight training exercise and treadmill exercise on post-exercise oxygen consumption. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 30(4), 518-522.
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., & Smith, B. K. (2009). Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41 (2), 459-471.
- Faigenbaum, A. D., Kraemer, W. J., Blimkie, C. J. R., Jeffreys, L., Micheli, L. J., Nitka, M., ... Rowland, T.W. (2009). Youth resistance training: Update position statement paper from the national strength and conditioning association. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 23, 60-79.

- Gore, C. J., & Withers, R. T. (1990). Effect of exercise intensity and duration on post-exercise metabolism. *Journal of Applied Physiology*, 68(6), 2362-2368.
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effect of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes: A prospective study. *The American Journal of Sports Medicine*, 27, 699-706.
- Hunter, G. R., Wetzstein, C. J., Fields, D. A., Brown A., & Bamman, M. M. (2000). Resistance training increases total energy expenditure and free-living physical activity in older adults. *Journal of Applied Physiology*, 89, 977-984.
- Klein, M. L., Wing, R. R., McGuire, M. T., Seagle, H. M., & Hill, J.O. (1997). A descriptive study of individuals successful at long-term maintenance of substantial weight loss. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66, 239-46.
- Kraemer, W. J., Fry, A. C., Warren, B. J., Stone, M. H., Fleck, S. J., Kearney, I. T., ... Gordon, S. E. (1992). Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *International Journal of Sports Medicine*, 13, 103-109.
- Meijer, G. A. L., Janssen, G. M. E., Westerterp, K. R., Verhoeven, F., Saris, W. H., & ten Hoor, F. (1991). The effect of a 5-month endurance training programme on physical activity: evidence for a sex-difference in the metabolic response to exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 62, 11-17.
- Musselman, D. L., Evans, D. L., & Nemeroff, C. B. (1998). The relationship of depression to cardiovascular disease: Epidemiology, biology, and treatment. *Archives of General Psychiatry*, 55(7), 580-592.

- Poehlman, E. T., Denino, W.F., Beckett, T., Kinaman, K. A., Dionne, I.J., Dvorak, R., ... Ades, P. A. (2002). Effect of endurance and resistance training on total daily energy expenditure in young women: a controlled randomized trial. *The Journal of Endocrinology & Metabolism*, 87 (3), 1004-1009.
- Shaibi, G. Q., Cruz, M. L., Ball, G. D. C., Weigensberg, M. J., Salem, G. J., Crespo, N. C., ... Goran, M. I. (2006). Effect of resistance training on insulin sensitivity in overweight Latino adolescent males. *Medicine & Science in Sport & Exercise*, 38(7), 1208-1215.
- Ven Pelt, R. E., Dinneno, F. A., Seals, D. R., & Jones, P. P. (2001). Age-related decline in RMR in physically active men: Relation to exercise volume and energy intake. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* , 281, 633-639.
- Van Etten, L. M. A., Westerterp, K. R., Verstappen, F. T. J., Boon, B. J. B., & Saris, W. H. M. (1997). Effect of an 18-wk weight training program on energy expenditure and physical activity. *Journal of Applied Physiology*, 82, 298–304.

附錄一

實驗參與者告知同意書

研究單位：台灣師範大學運動科學研究所

研究者：劉水育

連絡電話：0910-810722

依實驗研究規定，研究者有義務告知受試者，整體的實驗過程及可能發生的危險，且應維護受試者之健康與權益；實驗過程中，受試者如無意願繼續參與，可隨時退出實驗且不受任何限制，但事前須告知研究者。

本研究標題為“長期阻力運動與慢跑能量消耗之差異”，將探討在相同能量消耗為前提，進行 8 週的阻力訓練或慢跑後，在能量消耗之差異。受試者將會依過去的運動習慣，分配成阻力訓練組或慢跑組，實驗前後，受試者皆會進行基本身體變項之測量，阻力訓練組將會進行最大肌力測量，而慢跑組則是最大攝氧量；有關個人相關生理數據將會寄給受試者，使受試者得知長期運動訓練能量消耗的變化及生理機能之改變。

為了使實驗過程順利並獲得正確的數據，同時維護個人之權益及健康，請受試者務必配合下列事項：

1. 實驗期間，請維持正常作息及飲食。
2. 遵守實驗所分配之運動組別，盡可能無從事其他型態之運動。
3. 請據實題填寫健康情況調查表，得以評估是否合適參與實驗。

本人已閱讀受試者須知，且明白實驗相關內容及注意事項，同時自願參與該項實驗。

參與者：_____ 日期：_____

聯絡地址：_____ 電話：_____

附錄二

實驗參與者健康情況調查表

此調查表將提供研究者了解您的身體健康情況，是否合適參與本實驗，故請據實回答在過去一年內，醫師是否曾告知您有以下列之症狀；請於有、無及不確定之欄位勾選：

	是	無	不確定
1. 高血壓	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 心臟病或血管硬化症	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 糖尿病	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 支氣管炎	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 貧血	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 心律不整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 情緒或心理異常	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 氣喘	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 運動後，極度疲勞且不易恢復	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 過去半年間有無其他病症發生？	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

請說明：_____

參與者：_____

填表日期：_____

附錄三

不同運動在體重前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	187.17	1	187.17	.957	.324
訓練前後 (B 因子)	5.050	1	5.050	5.113	.038
組別×訓練前後 (A×B)	.630	1	.630	.638	.436
組內	3144.793	32	196.55		
受試者間 (Block)	3128.991	16	195.562		
殘差	15.802	16	.988		

附錄四

不同運動在骨骼肌重前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	6.068	1	6.068	.378	.547
訓練前後 (B 因子)	.369	1	.369	2.234	.154
組別×訓練前後 (A×B)	.416	1	.416	2.517	.132
組內	259.658	32	16.229		
受試者間 (Block)	257.061	16	16.064		
殘差	2.642	16	.165		

附錄五

不同運動在體脂肪重前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	320.267	1	320.267	3.432	.082
訓練前後 (B 因子)	2.990	1	2.990	2.438	.138
組別×訓練前後 (A×B)	.128	1	.128	.104	.751
組內	1512.538	32	94.533		
受試者間 (Block)	1492.916	16	93.307		
殘差	19.622	16	1.226		

附錄六

不同運動在 BMI 前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	56.448	1	56.448	2.296	.149
訓練前後 (B 因子)	.491	1	.491	2.845	.111
組別×訓練前後 (A×B)	.011	1	.011	.063	.805
組內	396.135	32	24.759		
受試者間 (Block)	393.375	16	24.586		
殘差	2.760	16	.173		

附錄七

不同運動在腰臀圍比前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	.014	1	.014	4.258	.056
訓練前後 (B 因子)	.000	1	.000	3.761	.070
組別×訓練前後 (A×B)	8.889E-6	1	8.889E-6	.235	.634
組內	.052	32	3.784E-5		
受試者間 (Block)	.051	16	.003		
殘差	.001	16	3.781E-5		

附錄八

不同運動在能量消耗前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	14.435	1	14.435	.099	.757
訓練前後 (B 因子)	4.626	1	4.626	.040	.844
組別×訓練前後 (A×B)	382.135	1	382.135	3.299	.088
組內	4178.325	32	261.145		
受試者間 (Block)	2325.077	16	145.317		
殘差	1853.248	16	115.828		

附錄九

不同運動在運動心跳率前後測之變異數分析摘要表

變項來源	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	ρ
組別 (A 因子)	5729.113	1	5729.113	32.55	.000
訓練前後 (B 因子)	14.735	1	14.735	.213	.651
組別×訓練前後 (A×B)	.068	1	.068	.001	.975
組內	3924.876	32	245.305		
受試者間 (Block)	2816.138	16	176.009		
殘差	1108.738	16	69.296		

個人小傳

一、基本資料

姓名：劉水育

出生年月日：1986年12月1日

二、主要學歷

國立台灣師範大學運動科學研究所（2010 - ）

國立台南大學體育學系（2006 - 2010）

私立花蓮國光商工（2002 - 2005）

三、經歷

國科會研究計畫 兼任助理（2010 - 2011；2011 - 2012）

頂尖大學－運動科學 兼任助理（2011 - 2012）

國立台南大學 國小學程集中實習 實習校長（2009 - 2010）

國立台南大學 體育系學會 會長（2008 - 2009）

國立台南大學 田徑隊（2006 - 2010）

四、證照

運動急救證

C級銳劍教練證

C級田徑裁判證

五、術科專長

田徑

西洋劍