

南華大學
自然醫學研究所
碩士論文

步行訓練對大學女學生皮膚導電度之影響
**Changes in Electrodermal Activity in College Females
Following 6-weeks of Walking Training**

指導教授：王昱海博士

研究生：吳思德

中華民國九十八年六月

中文摘要

背景：中等強度的步行對於個人健康與體能有正面的助益，對於自律神經也有助於其平衡。大多數的研究利用心跳變異率來探討步行與自律神經之關聯。此研究利用皮膚導電度的變化探討六周的步行練習對於交感神經的影響。

實驗步驟：47 名大學在學女性(平均年齡 21.15 ± 0.91 ，平均 BMI 19.71 ± 1.78)，平時無運動習慣。其中 22 位被隨機選入步行組，另外 25 位屬於控制組。步行組須在跑步機上進行每次三十分鐘、每周三次，合計六周的步行訓練，速度依個人的運動自覺強度(rating of perceived exertion, RPE)而定。步行組參與者每隔兩週接受一次良導絡檢測，其中 17 位並於 3 個月後返校接受測量。六週實驗的前後並且記錄下受測者的 BMI、體脂率、腰臀比。25 位對照組基本上依照相同檢驗流程，但不進行步行訓練。

結果：實驗發現，步行組組內的平均皮膚電導值在實驗進行 2 週後即有明顯增加；與對照組比較，六週實驗後也有顯著性差異。而且，上肢的平均電導值遠大於下肢($p=0.011$)，經過六週步行訓練後所增加的幅度也較大。此一變化具可逆性，三個月後追蹤測量時，皮膚電導值已與基礎值無差異($p=0.993$)。

結論：研究發現經過兩周步行後，皮膚導電度有明顯之增加，持續的運動可以維持皮膚導電度的增加直至六周實驗結束。步行中斷後三個月，皮膚導電度回復至實驗前之水平。皮膚導電度的增加與身體質量指數並無相關。在實際應用上，皮膚導電度的變化或許可以做為衡量體能的新指標。

關鍵詞：皮膚導電度；良導絡；中等強度運動

Abstract

BACKGROUND: Moderate intensity walk is beneficial to individual health and to improve physical fitness by balancing autonomic nervous system, which is found to be a major advantage to cardiovascular system. Most studies used heart rate variability (HRV) as the tool to study the relationship of walk exercise and the autonomic nervous system. This study, using a Ryodoraku device as the tool, investigated the changes in electrodermal activity (EDA) after 6-week walk.

METHOD: Forty seven young females (mean age \pm SD is 21.15 ± 0.91) with average BMI of 19.71 ± 1.78 , and did not exercise regularly were recruited into this study. 22 of them were randomly chosen as the walk group, and the other 25, the control group. Walk group was asked to walk on a treadmill 3 times a week, 30 minutes each time for 6 weeks. The walking speeds were assigned according to individual rating of perceived exertion (RPE). The electrical conductances of the 24 Ryodoraku points were recorded by a Ryodoraku device every 2 weeks since the beginning of the experiment. 17 of the 22 participants returned 3 months later and were measured again. The BMI, body fatness, and waist-hip ratio were also checked before and after the experiment. The control group was measured following a similar protocol but without walk exercise.

RESULTS: The within-subject averages of the skin conductance are significantly higher since 2 weeks after the exercise started. The between-subject averages show significant difference at the end of 6-week exercise. This study also found the skin conductance of the upper limbs is significantly higher ($p=0.011$), and increase more after the 6 weeks training. This change is reversible and was found back to its baseline 3 months after the exercise stopped.

CONCLUSIONS: Our study finds significant increase in skin conductance after 2 weeks of training. Continuing exercise sustains this level for at least 6 weeks, but would back to its baseline 3 months after withdrawal of exercise. The change of electrical conductance is unlikely BMI related, and may be used as an indicator of physical fitness.

Keyword: Electrodermal activity; Ryodoraku; moderate intensity exercise

目次

中文摘要.....	i
英文摘要.....	iii
目次.....	iv
表目次.....	vii
圖目次.....	ix
正文目次	
第一章 前言.....	1
1.1 研究背景與動機.....	4
1.2 研究目的.....	6
第二章 文獻探討.....	7
2.1 運動與健康.....	7
2.2 運動與疾病之相關.....	9
2.2.1 運動與心血管疾病.....	9
2.2.2 運動與糖尿病.....	10
2.2.3 運動與骨骼肌肉系統.....	11
2.2.3.1 骨質疏鬆.....	11
2.3 運動量.....	12
2.4 步行.....	18

2.5 自律神經系統.....	24
2.5.1 運動與自律神經之關聯.....	28
2.6 皮膚導電度.....	36
2.6.1 皮膚導電的解剖生理基礎.....	37
2.7 良導絡簡介.....	52
第三章 材料與方法.....	56
3.1 研究對象與方法.....	56
3.1.1 研究流程圖.....	56
3.1.2 研究方法.....	58
3.2 研究工具.....	61
3.3 研究地點.....	63
3.4 評估與統計方法.....	63
第四章 結果.....	64
第五章 討論.....	106
第六章 研究限制.....	113
第七章 結論與建議.....	114
參考文獻.....	116
附錄	
附錄一 受試者同意書.....	129

附錄二 人體試驗委員會審查同意書.....130

表目次

表 2.1 不同強度的運動.....	14
表 2.2 Category RPE and Category-ratio RPE.....	16
表 2.3 運動自覺強度與運動強度之相關.....	17
表 2.4 交感神經與副交感神經的不同特徵.....	25
表 2.5 導致慢性交感神經活化的因素.....	27
表 2.6 恢復交感神經平衡的方法.....	29
表 2.7 良導絡與經穴對照.....	53
表 4.1 實驗組與對照組研究對象基本變項.....	65
表 4.2 各基本變項之相關性.....	68
表 4.3 實驗組與對照組實驗後各基本實驗變項之比較.....	69
表 4.4 實驗組各基本變項前後測之變化值及變化率.....	74
表 4.5 實驗組各基本變項前後測變化率.....	75
表 4.6 平均導電度與每分鐘心跳數周次變化.....	81
表 4.7 實驗組 24 個良導點導電度之變化.....	82
表 4.8 對照組 24 個良導點導電度之變化.....	84
表 4.9 實驗組 24 個良導點實驗前後測導電度變化整理.....	86
表 4.10 47 名受試者上肢/下肢以及右側/左側平均導電度.....	89
表 4.11 47 名受試者四肢平均導電度.....	91

表 4.12	實驗組上下肢平均導電度周次測定值及 p 值.....	93
表 4.13	實驗組左右側平均導電度周次測定值及 p 值.....	95
表 4.14	實驗組與對照組平均導電度之連續性變化值.....	97
表 4.15	實驗組平均導電度之連續性變化值.....	98
表 4.16	對照組平均導電度之連續性變化值.....	99
表 4.17	實驗組前後測及追蹤之 BMI、體脂肪及腰臀比.....	103
表 4.18	實驗組前後測及追蹤之平均導電度值.....	105
表 5.1	良導絡儀器與一般皮膚導電度測定儀器之不同.....	109

圖目次

圖 2.1 皮膚導電的變化曲線.....	39
圖 2.2 皮膚導電反應(SCR)的變化圖.....	41
圖 2.3 常用的皮膚導電測量位置.....	42
圖 2.4 皮膚導電整體模型.....	44
圖 2.5 良導絡 24 點的位置.....	54
圖 3.1 實驗流程圖.....	56
圖 4.1 實驗組與對照組年齡圖.....	66
圖 4.2 實驗組之步行速度與運動自覺強度圖.....	67
圖 4.3 對照組與實驗組實驗前後體脂肪之變化.....	70
圖 4.4 對照組與實驗組實驗前後 BMI 之變化.....	71
圖 4.5 對照組與實驗組實驗前後腰臀比之變化.....	72
圖 4.6 對照組與實驗組實驗前後平均導電度之變化.....	73
圖 4.7 平均導電度變化率與 BMI 變化率之線性相關圖.....	77
圖 4.8 平均導電度變化率與體脂肪變化率之線性相關圖.....	78
圖 4.9 實驗組每分鐘心跳數之周次變化圖.....	80
圖 4.10 47 名受試者上肢/下肢以及右側/左側平均導電度圖.....	88
圖 4.11 47 名受試者四肢平均導電度之比較.....	90
圖 4.12 上下肢皮膚導電度之變化.....	92

圖 4.13	實驗組左右側平均導電度之周次變化.....	94
圖 4.14	實驗組與對照組平均導電度之連續性變化圖.....	96
圖 4.15	實驗組 BMI 前後測及追蹤值之圖示.....	102
圖 4.16	實驗組平均導電度後測追蹤圖.....	104

第一章 前言

唐代名醫孫思邈傳承中國經典醫籍黃帝內經中預防醫學概念，傳承後世的名言“上工治未病；中工治欲病；下攻治已病”對於自醫所修業的莘莘學子是否會有更深的體會？誠然！當現代醫學已經逐漸解開基因之謎，試圖回到物質生命的最源頭來解決、修正疾病的時代；當現代醫學已經有了種種的醫療儀器來診斷疾病，各式各樣的方法來處理疾病；當所有所謂正統或另類療法在社會上交織飛舞，任君選擇時，看來我們應該是可以遠離疾病的痛苦與威脅，從此過著幸福快樂的日子。但不然！查閱行政院衛生署近十年來的統計數字，在十大死亡原因方面，惡性腫瘤、心臟病、腎臟病、糖尿病與肝臟病的死亡率卻呈現上升，尤其在人人聞之色變的惡性腫瘤更以驚人的數據增加。根據世界衛生組織的統計，到西元 2020 年，全世界估計會有 75 億人口，其中每年會有 1500 萬新的惡性腫瘤病例，每年有 1200 萬人會死於惡性腫瘤(Anand et al., 2008)。這些數字是否暗示了現代化社會人類壽命經由公共衛生的改善與醫療技術的進步而逐漸增加之時，受疾病所苦的時間也延長了？更不用提說因病程延長所付出多餘的社會成本與照顧者的身心煎熬！

愈來愈多流行病學的證據顯示慢性病，包括令人聞之色變的惡性腫瘤，與不合適的生活方式有明顯的關聯。以惡性腫瘤為例，僅

有 5-10%的比例與基因相關，90-95%的癌症與環境及不合適的生活方式關係更為密切 (Marmot, 2007)。研究顯示，只要選擇合適的生活方式，對於種種慢性病，包括冠心病、第二型糖尿病、肥胖、憂鬱症以及惡性腫瘤不僅有預防效果，治療上也有事半功倍的成效 (Reeves & Rafferty, 2005)。

在不合適的生活方式的各個面向上，身體活動不足 (physical inactivity) 可能是較容易為一般人所忽略的。抽菸與不健康的飲食經過長期的研究，已被證實與許多慢性病有密切的相關，但事實上，活動不足對於健康的不良影響與這兩者是相當的。根據世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 2002 年的世界健康報告 (World health report) 指出，身體活動不足是已發展國家十大死因之一，每年在全世界造成 1,900 萬人的死亡。而適當的身體活動 (physical activity) 更可以降低早夭死亡 (premature death) 率達 20-30% (Department of Health. London, 2004)。

越來越多的科學證據指出中等強度的運動，包括步行，對身體健康有著正面的助益。西元 1995 年，美國疾病管制局 (Center for Disease Control, CDC) 與美國運動醫學學院 (American College of Sports Medicine, ACSM) 綜合大量的科學實證，建議每日至少 30 分鐘中等強度的運動以增進身體健康。2007 年做了進一步的修正與建

議：為了增進與維護健康，18-65 歲的健康成人建議每周五天至少 30 分鐘中等強度的有氧(aerobic)運動或每周三天至少 20 分鐘高強度的有氧運動。快走(brisk walking)在強度上歸類為中等強度的運動 (Haskell et al., 2007)。

奇妙的人體有著錯綜複雜，密如蛛網的自律神經分布，而自律神經所控制的器官或組織要能達到和諧的平衡，端賴交感神經系統與副交感神經系統的協調，但少數例外就是身上的汗腺。身體上的汗腺系統僅由交感神經系統的催汗神經(Sudomotor nerve)所支配，而在體表所能測到的訊號就反映在皮膚導電度上。

本實驗利用根據中古義雄博士於 1956 年所發展出的良導絡理論與儀器來測定身上的皮膚導電度，探討經過六周中等強度之步行後皮膚導電水平的變化，進而研究運動與交感神經系統之關聯。

1.1 研究背景與動機

健康是大多數人所冀望的。每日生活的食衣住行、應對進退、起心動念，經過有形的生理訊號，透過無形的心理過程，不增不減的記錄在我們的身體中，反應出這奇妙寶器的安恙與否。沒有任何的仙丹妙藥或是治療可以在瞬間改變身體的狀況。健康，是一種生活習慣，是需要每時每刻，念茲在茲，一心照顧的，不論在肉體上，或是心靈上。

運動，是一個照顧肉體或是心靈的好處方！步入現代社會，我們有各式各樣的科技產品來幫助完成日常生活中大多數以往需要使用勞力完成的工作，我們不必再像舊石器時代的人類需要每天耗費大約負重十一公斤並慢跑十六公里的能量以維持生活(劉宏一，2007)，但，我們的身體在這百萬年中卻改變甚少！現代生活過多的食物攝取，過少的勞動讓這個已經進化千萬年的身體突然不知所措！我們生病了！因為人類共同的努力，我們活的更久了，但，我們也病的更久了！運動，卻適當的給了我們可能的解答。

如何在生活中找到一個可以持之以恆的好習慣來維持本來不應該生病的身體是一個必須要認真思考的命題。運動，可以治療我們的身體，也可以治療我們的心靈。對現代人來說，步行，是一個運動的

好選項：不用甚麼特殊的裝備，不必特別安排特定的場所，不需額外的花費，也不用太多的學習，想走就走！

想要將運動做為自然醫學的選項之一一直是我的目標。步行，可以做為一般無運動習慣的人開始運動的最簡單方法，所以我選擇了這個題目。

1.2 研究目的

運動，或是步行在生理或是心理上的研究已如汗牛充棟，要在前人的研究基礎上再做精進有相當的難度。自然醫學所的許多研究探討各式各樣介入與自律神經的關聯，這方面的探討都以心跳變異率作為研究工具，國際期刊上研究自律神經心跳變異率也是不可或缺的選項。運動，在心跳變異率上會增加副交感神經的活性，降低交感神經在心臟的表現而讓自律神經達到更好的平衡，但這樣的自律神經變化在身體其他系統或組織是否也會有相同的展現？研究上單獨探討交感神經與運動的關聯少見，因此有了這樣的想法：運動後的交感神經會有如何的變化？

第二章 文獻探討

2.1 運動與健康

不健康的生活方式是造成已開發國家慢性疾病與早天的主要原因之一，但卻也是最容易預防的。經過大量流行病學的研究，與慢性疾病最有關的生活方式有吸菸，飲食，過度的飲酒與活動不足 (Department of Health. London, 2004)。但令人訝異的是，根據一項大規模的調查，全美國只有 3%的人能夠在生活中避掉這些因素 (Reeves & Rafferty, 2005; Lee & Buchner, 2008)。

運動做為預防疾病的方法在現在或許已廣為人知，但令人意外的是，運動這個課題與健康的關係是到二十世紀後期才逐漸為人重視。越來越多的研究證實了活動不足增加了許多慢性病的風險，包括高血壓(hypertension)，第二型糖尿病(type II diabetic mellitus)，缺血性腦血管意外(thromboembolic stroke)，冠心病(coronary heart disease)，骨質疏鬆(osteoporosis)，肥胖(obesity)，結腸癌(colon cancer)，乳癌(breast cancer)，憂鬱(depression)與焦慮(anxiety) (Warburton et al., 2006)。世界衛生組織報告活動不足(physical inactivity)是已開發國家十大死因之一(WHO, 2002)每年造成全球 190 萬人的死亡和 1900 萬人的失能(disability)。

全球有大約 60%的人口日常生活運動量低於為維護健康所建議的運動量(Hamer & Chida, 2007)。

2.2 運動與疾病之相關

2.2.1 運動與心血管疾病

研究顯示運動可以降低心血管疾病的罹病率，運動與冠心病有著明顯的負相關。在某個範圍內，運動量越大，愈可以達到預防心血管疾病的功效 (Kohl, 2001)。活動不足對於冠心病則是獨立的危險因子。維持一定的活動量對於冠心病的預防有著極為顯著的效果，若能設計將中等強度的活動融合入日常生活中以降低冠心病的發生，社會大眾應會有較高的接受度，快走就有此效果。規律步行可以降低冠心病的發生，增加高密度膽固醇的比例 (Hardman & Hudson, 1994; Hayash et al., 1999; T.; Sesso et al., 2000)。

一項針對 70000 個 50 至 79 歲停經後婦女所做的大規模調查發現，步行與激烈運動對於冠心病的風險降低有同樣的效果 (Mansone et al, 2002)。對於腦血管意外(cerebrovascular accident)，運動也有預防的效果。Lee 等(2003)發現運動的人相較於不活動的人中風的發生率或死亡率低了 27%。

運動對於高血壓不僅有預防效果，也有治療的作用。中等強度的有氧運動，像是步行，可以同時降低收縮壓以及舒張壓(Whelton et al., 2002)。

2.2.2 運動與糖尿病

目前認為第一型的糖尿病是無法預防的，但卻有越來越多的證據顯示第二型糖尿病，目前世界上最為廣泛的代謝性疾病，是可能可以預防的，或者最少可以藉由減輕體重與增加運動來延遲第二型糖尿病的發作 (Department of Health. London, 2004)。

在第二型糖尿病的病理基礎，胰島素的感受性不佳是一個很重要的致病因子，而這個因子在病發早期可以藉由降低體重以及增加運動而加以改變 (Ross et al., 2000)。

活動不足是第二型糖尿病主要的危險因子。第二型糖尿病在較不活動的人群中有較高的發生率。規律步行的人比較不容易得到第二型糖尿病 (Hu et al., 1999)。而在發生第二型糖尿病的高危險群中，包括過重，高血壓，或是有家族病史的人群中，運動也可以有效降低第二型糖尿病的發生 (Warbuton, 2006B)。

目前逐漸有共識認為，運動在預防第二型糖尿病上有重要的角色，而預防的因素並不僅僅只是降低體重 (Department of Health. London, 2004)，更可能是因為運動可以降低胰臟內細胞的活性與增加周邊組織對胰島素的敏感性 (Dela et al., 2004)。

2.2.3 運動與骨骼肌肉系統

2.2.3.1 骨質疏鬆

在年輕時增加骨頭礦物質密度(bone mineral density, BMD)可以降低隨著年齡所造成的骨質流失並降低老年時的骨折機率。運動正好可以在青春期增加骨質密度，在成年人時保持一定的骨質密度，並在年老時延緩骨質的流失(Vuori, 2001)。

除了增加骨質密度外，運動也可以經由其他的機轉降低骨質疏鬆，例如調節賀爾蒙的分泌及循環，增進平衡，以及加強肌力(Snow et al., 2000)。這些因素也說明了為何運動介入後可以降低摔倒的機率達 25% (Vuori, 2001)。

2.3 運動量

規律的運動對許多慢性病的預防及治療扮演了極為重要的角色，但站在健康的角度，多少的運動量才足夠？

衡量運動對於身體健康可以從很多方面來討論，包括心血管系統，骨骼肌肉系統，心理健康與其他包括生活品質等面向 (Warburton et al., 2006A)。世界癌症研究基金會(World Cancer Research Fund, WCRF)在第二版有關食物運動與癌症的報告中，站在公共衛生的角度上，身體活動水平(physical activity level, PAL)至少要維持在 1.6 以上。而對於個人的建議上，每天最少要有中等強度的運動，像是快走三十分鐘以上。而更多的活動量與更大的強度是有益的。

倫敦衛生部門(Department of Health, London)在 2004 年根據 300 篇以上有關運動與疾病及健康的文獻後，建議為了健康的需求，成年人每周至少要有五天做至少 30 分鐘中等強度的運動，而且建議終生維持這樣的習慣。將運動分散到生活中的時段，比如快走十分鐘，分做三次，也有同樣的效果。

運動與疾病的死亡率是有反向的劑量關係(dose-response)。研究發現每周消耗 1000 kcal 的熱量可以降低因為所有原因所造成的死亡達 20%-30%((Lee & Skerrett, 2001)，而這也成為之後大多數健康

專家與組織所建議的運動量。高一點的量會有更好的效果(Warburton et al., 2006B)。

在一些年老者或是身體狀況不合適的人群，較低的運動量，甚至到每周 500kcal，對於健康也有正面的效果(Gregg et al., 2003)。1995 CDC (Centers for Disease Control and Prevention)以及 ASCM (American College of Sports Medicine)對大多數運動不足的美國人建議盡可能每天維持三十分鐘以上的中等強度運動(Pate et al., 1995)。

在評量運動量方面，可以從運動的強度，頻率，期間(duration)等來考慮，也可以從運動的種類或所強調的面向，像是著重耐力(endurance)，伸展性(flexibility)或者是爆發力(power)等等來分類，但站在健康維護而言，更在乎的是在耐力運動中所消耗的能量，再搭配適量的伸展與阻抗性運動(resistance exercise)。以健康維護的角度將運動之強度與時間整理如表 2.1：

表 2.1 不同強度的運動 (Warburton et al., 2006A)

低強度 (light-intensity) 有氧運動
• 30%-39% of HRR, 或者 2-4 METs
• 每日大約 60 分鐘
• 盡可能每日
• 範例：庭園工作，散步
中強度 (moderate-intensity) 有氧運動
• 40%-59% of HRR, 或者 4-6 METs
• 每日 20-60 分鐘
• 每周三至五日
• 範例：以大約 6-8 公里的時速快走，舞蹈
高強度 (high-intensity) 有氧運動
• 60%-84% of HRR, 或者 6-8 METs
• 每日 20-60 分鐘
• 每周三至五日
• 範例：慢跑，游泳

名詞說明：MET：metabolic equivalent

1 MET=3.5 mL oxygen per kilogram per minute, or 1 kcal per kilogram per hour

HRR：heart rate reserve

$HRR = [(HR_{max} - HR_{rest}) * \%HRR] + HR_{rest}$

HRmax：最大心跳

男性：220-age

女性：226-age

HRrest：休息時心跳

目前研究認為中等強度的運動與健康是有正面相關的，所謂中等強度的運動，定義為任何活動消耗掉 3.5-7kcal/min 為中等強度的運動。相對值而言指的是消耗掉休息時代謝率(metabolic equivalent, MET)的三至六倍(Lee & Buchner, 2008)。也有學者利用心跳儲備(heart rate reserve, HRR)來定義運動強度，所謂的中等強度運動指的是 45%-55%的 HRR(Duncan et al., 2005)。但對一般大眾而言，這些實驗室所使用的數據是很難在日常生活中使用的，因此，以一般的大眾而言，利用 Borg 或是 Noble 等學者分別於 1982 及 1983 所提出的運動自覺量表(rating of perceived exertion, RPE)來比較運動的強度也是一個很好的選擇，而且量表的評分與運動生理學的客觀評量有相互的對應(Warburton et al., 2006A)。

表 2.2 Category RPE and Category-ratio RPE (Warburton et al., 2006A)

Category RPE score		Category-ratio RPE score	
Score	Level of exertion	of Score	Level of exertion
6	None	0	None
7	Extremely light	0.5	Very, very weak
8			
9	Very light	1	Very weak
10		2	Weak(light)
11	Light	3	Moderate
12		4	Somewhat strong
13	Somewhat hard	5	Strong(heavy)
14		6	
15	Hard(heavy)	7	Very strong
16		8	
17	Very hard	9	
18		10	Very, very strong
19	Extremely hard		Maximum
20	Maximum exertion		

表 2.3 運動自覺強度與運動強度之相關(Warburton et al., 2006A)

intensity	% HRR	% HRmax	15-category RPE scale	Category- ratio RPE scale	Breathing rate	Body temperature	Examples
Very light effort	<20	<35	<10	<2	normal	Normal	打掃
Light effort	20-39	35-54	10-11	2-3	Slight increase	Feel warm	除草
Moderate effort	40-59	55-69	12-13	4-6	Greater increase	Warm	快走
Vigorous effort	60-84	70-89	14-16	7-8	More out of breath	Quite warm	慢跑
Very hard effort	>84	>89	17-19	9	Greater increase	Hot	快跑
Maximal effort	100	100	20	10	Completely out of breath	Very hot	衝刺

2.4 步行

步行是人類活動最基本的元素。從有人類以來，不同種族，不同文化，涵蓋除了很小的小孩子或年老後不良於行以外的各個年齡層，都需要步行(Bassett JR. et al., 2008)。步行很方便，不需要什麼特殊裝備；可以一個人走，也可以一群人走；可以慢慢走，也可以快快走；隨時隨地都可以走；造成的傷害少(Murphy et al., 2006)。

1990 年以後逐漸發現中等強度的運動，包括步行，對於健康的促進有極大的助益(Pate et al., 1995)。步行也是歐洲以及美國人民最常從事的運動(Jeon et al., 2007; Murphy et al., 2006)。

在 CDC/ACSM 的報告中對大多數成年人中等強度運動的建議就是以大約 5-6 公里的時速快走，以這樣的速度，儘可能每次三十分鐘，每周建議最少五次，對於健康有實質而正面的幫忙(Pate et al., 1995)。若是步行的強度不足，可以搭配其他類似強度的運動或是時間較短的高強度運動也會達到同樣的效果。

在 CAHS (College Alumni Health Study) 的報告中指出，步行與其他許多慢性疾病，包含死亡率 (all-cause mortality)，心臟病，中風與糖尿病等有反向的關係 (Lee & Paffenbarger, Jr., 2000)

正常的活動大約要消耗 0.03-0.05 kcal/kg(body weight)/min，而快走估計會消耗至少 0.07kcal/kg/min 的熱量。(Sakuragi &

Sugiyama, 2006)。Tudor-Locke 等認為快走必須每分鐘至少走 100 步。以目前認為三十分鐘以上的中等強度的運動換算成快走的步數，大約為 3000-4000 步。若加上日常生活所行走的步數計算，若一日行走少於 5000 步可以被界定為靜態的 (sedentary) (Tudor-Locke et al, 2008)。

Murtage 等(2006)觀察在一個公園內專心步行的 59 個成年人，計算其步行的速度、自覺運動強度、心跳以及最大攝氧量，發現這些受試者的平均 RPE 可達 11.5，攝氧量與心跳分別可達最大攝氧量以及最大心跳的 59.0% 和 67.3%，已經達到中等運動量的要求。

數個月的高強度運動可以增加體內高密度膽固醇(HDL)的含量，但步行是否會有類似的效果?一項針對停經後婦女所設計的研究發現經過 15 周中等強度的步行計畫，實驗組在最大攝氧量(VO_{2max})，總膽固醇的降低，低密度膽固醇(LDL)的降低，高密度膽固醇與總膽固醇的比例增加比起對照組都有統計學上的差異 (Kukkonen-Harjula et al, 1998)。

步行對情緒也有正面的助益。一項針對 20 位年輕女性所設計的實驗發現，經過四周，每周六天，每次一小時，步行速度每小時六公里的步行，實驗組較對照組，負面情緒指數有明顯的降低，而且在心率變異分析上偏向副交感主導 (Sakuragi & Sugiyama, 2006)。

一項針對停經後婦女所做的研究顯示八周中等強度的耐力訓練可以增加心律變異率(heart rate variability, HRV)。該研究對平常無運動習慣的停經後婦女設計了八周在跑步機上的快走或是跑步運動，強度大約等於最大攝氧量 50%，每周三至四次，每次 60 分鐘，實驗結束發現實驗組心律變異率明顯增加，而使用荷爾蒙與心律變異率的增加無關 (Radin et al, 2004)。

心跳變異率的減少在正常健康成人與因心臟意外的死亡有關。(Tsuji et al, 1994, 1996)。研究顯示有氧訓練後可以增加副交感神經的張力(tone) (Amano et al., 2001)，而其中支配人體臟器活動的迷走神經活性可以表現在心律變異率上。

第二型糖尿病已經是現在最常見的代謝性疾病，關於步行與第二型糖尿病的關係也有相當多的研究。流行病學的研究證實運動可以降低第二型糖尿病的風險。Hu 等 (1999) 針對超過七萬名的婦女經過長達八年的追蹤。發現快走在降低第二型糖尿病的發生率上是一個獨立的因子，而且效果與激烈運動相仿。糖尿病與快走的關係在男性身上也有同樣的發現。三萬多名 40 至 75 歲的男性在經過長達十年的追蹤後發現活動量增加與第二型糖尿病的發生率呈反向關聯，在調整 BMI 後，這樣的關係仍然存在。將年齡和其他的變數都經過調整後，學者發現第二型糖尿病的風險與步行所消耗的代謝值(metabolic

equivalent)呈反向關聯。除了步行的時數外，步行的速度與糖尿病的風險也有關：相較於散步或隨興走走，正常步行速度，快走與非常快走的相對風險分別是 0.68，0.46 以及 0.39。快走與激烈運動的結果則相仿(Hu et al., 2001)。

步行是婦女最常從事的運動。Weinstein 等(2004) 研究運動，BMI 與第二型糖尿病的關係，其中將每周步行的時間與消耗的能量列入分析，將所有樣本分為四等份，發現相較於在步行部分消耗最少能量的婦女而言，其他的四分之三的樣本的相對風險分別是 0.91，0.86 以及 0.82。

一項綜合第二型糖尿病與中等強度運動關係的 10 個前瞻性群組研究(prospective cohort study)的整合性研究，研究界定中等強度的運動為 3.0-6.0 METs，典型中等強度運動為快走(brisk walking)，速度為在平面上時速 5.6 公里，約等於 3.8 METs。研究發現從事中等強度運動的人相較於靜態活動的人在第二型糖尿病的風險降低了 30%。其中五個研究特別探討步行與第二型糖尿病的關係，在調整 BMI 前後，步行對靜態生活第二型糖尿病的相對風險分別是 0.70 以及 0.83 (Jeon et al., 2007)。

老年人無法從事中等強度的運動，但一般的步行對老年人是否有益？一項針對退休後無抽菸習慣的男性，經過十二年的追蹤，發現

在調整過所有相關因子後，每日步行少於一英里(1.6 公里)的男性死亡率是每日步行超過兩英里男性的兩倍。作者因此建議年長者盡可能維持規律的步行習慣以維持健康(Hakim et al., 1998)。

健康成年人在無運動習慣時，藉由 15 周的步行練習，對於心血管系統或是心肺功能也會有明顯的助益。Kukkonen-Harjula 等(1988)針對 116 名平常無運動習慣的健康成年人，對其中 58 名受試者設計了為期 15 周，每周四次，每次 50 分鐘，最大攝氧量 65-75%中等強度的步行訓練，另外 58 名做為對照組。實驗發現，經過步行練習，實驗組在最大攝氧量的增加、總膽固醇與低密度膽固醇(LDL)的減少、高密度膽固醇(HDL)與總膽固醇的比例的增加以及三酸甘油脂的減少與對照組都有顯著的差異。

心血管的合適度(fitness)是心血管疾病的獨立風險因子，在心血管的合適度上，最大攝氧量(VO_2 max)是最重要的標準(gold standard)。Murphy 等(2006)對 24 篇針對步行與心血管合適度的隨機控制研究(randomized controlled trial)做了整合性的研究，發現經過步行介入後，最大攝氧量增加了 9%；體重降低了 1.4%，BMI 降低了 1.1%，體脂降了 1.9%；收縮壓降了 0.8%，舒張壓降了 2%。學者認為這樣的變化足以說明步行對心血管合適度的增加是足夠的刺激(Murphy et al., 2006)。

Hamer & Chida (2009)整合了有關步行與心血管疾病發生率和所有原因造成的死亡率(all-cause mortality)的 18 篇群組研究，發現最高與最低步行組在心血管疾病的風險比(hazard ratio)為 0.69；而在 all-cause mortality 的風險比為 0.68，兩者均有顯著之差異。作者在這篇文章中認為，步行不管在男性或是女性，對於心血管疾病或是 all-cause mortality 的風險降低都有效果；劑量反應(dose-response)的關係確實存在，要達到有益的效果，建議至少每周以中等步速步行三十分鐘，而增加步速可以達到更好的效果。

肥胖在世界衛生組織的定義中已經是一個應該被治療的疾病。步行作為體重控制的方法，也有相當好的成效。Richardson 等(2008)對使用計步器來輔助步行以控制體重的研究做了整合性的研究。在九個前瞻性群組研究的分析比較後，學者發現受試者在計步器輔助的步行進行中，每周可以減掉 0.05 公斤的體重。

2.5 自律神經系統

周邊神經系統(peripheral nervous system)中的輸出中大部分由自律神經系統(Autonomic Nervous System, ANS)所組成。ANS 調節了除了骨骼肌纖維以外所有分佈組織的功能。如其名所示，ANS 絕大部分的功能是不受意識控制的。

ANS 的神經輸出由中樞神經系統發出，其結前神經元的細胞體位於腦幹或是脊髓灰質的外側角，與位在中樞神經外緣的結後神經元經突觸交換訊號後將訊號傳送到所支配的組織。

ANS 由兩組解剖與功能上都有所不同的部分所組成：交感神經系統與副交感神經系統。這兩組神經系統在平常的狀態下都維持了一定的活動(tonically active)，亦即隨時對所支配的組織都會有某種程度的訊號刺激，如此在不同的情況下，訊號強弱才有所謂的增強或抑制。

大多數的組織都有兩系統的分布，這兩個系統在功能上是相對的，也因此藉由兩系統訊號的增強或減弱來維持生理系統的恆定(homeostasis)。此兩系統部分的特徵與功能請見表 2.5。

表 2.4 交感神經與副交感神經的不同特徵 (McCorry, 2007)

	交感神經系統	副交感神經系統
起源	脊髓的胸腰椎部分	腦幹與脊髓的薦椎部
神經節位置	脊柱旁交感神經鏈	接近標靶器官
神經纖維特性	短膽鹼性節前神經 長腎上腺性節後神經	長膽鹼性節前神經 短腎上腺性節後神經
節前神經/節後神經	1:20	1:3
長度比		
激活時的特性	整個系統整體激活	局限於作用器官
神經傳導物質	正腎上腺素	乙醯膽鹼
主要特徵	打或跑 (fight-or-flight)	休息時活躍

ANS 支配周邊組織必須藉由釋放神經傳導物質 (neurotransmitter) 來傳送訊號。兩種最常見的神經傳導物質是乙醯膽鹼 (acetylcholine) 與正腎上腺素 (norepinephrine)。釋放乙醯膽鹼的神經纖維包括所有 ANS 的節前神經元，所有副交感神經的節後神經元，以及支配汗腺的交感神經節後神經元。除了支配汗腺的 sudomotor nerve 以乙醯膽鹼做為神經傳導物質外，其他的交感神經節後神經元均利用正腎上腺素做為神經傳導物質 (McCorry 2007)。

自主神經系統的失衡，特別是交感神經的增強與迷走神經的降低與心律不整或是猝死有密切的相關。心跳變異率當作一種非侵入性的手段，可以有效的來評估自律神經在心臟的作用 (Sztajzel, 2004)。

交感神經的過度活化可能是因為鄰苯二酚胺 (catecholamine) 的過度分泌或是回收減緩，以致在神經細胞交接處的作用增強所致 (Grassi et al., 1994)。許多的因素，包括抽菸，不健康的飲食，肥胖或是靜態生活，都有可能導致自主神經的失衡，這種失衡的共同表現都是交感神經的過度活化與迷走神經活性的降低 (Curtis et al., 2002)。會導致慢性交感神經活化的某些因素如表 2.5。

表 2.5 導致慢性交感神經活化的因素(Curtis et al., 2002)

Medical conditions
Obesity
Insulin resistance or diabetes
Hypertension
Depression, anxiety
Congestive heart failure
Sleep apnea
Psychosocial and behavioral conditions
Chronic stress
Social isolation
Hostility
Smoking
Sleep deprivation
Unhealthy lifestyle
Abuse of stimulants

2.5.1 運動與自律神經之關聯

恢復自主神經系統的平衡可以降低心血管疾病的發生率或是猝死的機率(Curtis et al., 2002)，適當的介入可以增加自主神經系統的平衡。表 2.6 為研究發現可以增加自主神經功能的方法。

表 2.6 恢復交感神經平衡的方法(Curtis et al., 2002)

Lifestyle modification
Exercise
Social support
Religiosity or faith
Meditation
Restoration of normal sleep
Weight loss
Smoking cessation
Stress reduction
Medications
β -Blockers
Angiotensin-converting enzyme inhibitors
Omega-3 fatty acids

Metra 等(2008)認為，長期而慢性的交感神經過度活性會增加心血管的負荷和血液動力的壓力，導致內皮細胞的受損，冠狀動脈的痙攣，左心室的肥大以及嚴重的心律不整。在超過 10,000 個心衰竭患者使用 beta blocker 的經驗後，Metra 等因此認為針對交感神經的活性做適當的抑制應該做為治療心衰竭的標準方式之一。

Iellamo 等(2000)針對 97 名做過心血管手術的病人，隨機設計運動訓練與控制組，發現經過運動訓練過的病人有明顯的心跳變異率的增加，心跳變異率增加代表了迷走神經活性的增加。運動的介入增加了心血管手術後病人迷走神經的活性，降低了心跳速度與血壓，對於與心血管缺血而導致的心律不整也有保護的效果；而在健康的成人方面，在實驗後也增加了迷走神經對心臟的控制，降低了交感神經在血管部分的控制。

短期的耐力訓練對於患有心肌梗塞的病人可以調節其自律神經對於心臟的作用，將交感/副交感神經的平衡導向副交感主導，在心律變異分析上表現出心跳變異率增加以及 LF/HF 的降低，而且這樣的效果可以持續到一年以後(Rovera et al., 1992; Malfatto et al., 1996)。

運動訓練會導致在休息時的心跳變慢，但詳細的機轉則有待進一步的研究。推測可能的原因有 1. 休息時副交感神經的活性增加。

2. 對交感神經的促心律(chronotropic)反應降低。3. 內在心律的降低。或是 4. 合併以上因素 (Levy et al., 1998)。

Izdebska 等(2004)研究中等強度的運動對患有輕微高血壓的病人在自律神經上會有何改變？實驗前的數據與對照組比較，患有輕微高血壓的受試者與對照組比較在收縮壓的低頻部分(LF_{SBP})增加，而在脈搏間隔變異(pulse interval variance)減少，支持自律神經的失調是高血壓的病理機轉之一部分的假說。受試者經過三個月的動態運動訓練後，實驗組 LF_{SBP} 明顯減少，而 IP interval 則明顯增加。作者認為中等強度的運動對於患有輕微高血壓的病人可以減少交感神經的活性，增加迷走神經對於心臟的調節。

Pagani 等(1997)研究肌肉交感神經活性(muscle sympathetic nerve activity, MSNA)與血壓以及心跳變異率的相關，發現正常成人在交感神經活化時，血壓的低頻部分(LF_{SBP})，RR interval 和交感神經的活性會處在主導的地位；而在交感神經抑制下，心血管變異的高頻部分則為主導。作者認為大腦發出的命令在不同的狀況對交感神經的支配表現在心跳變異的高頻與低頻的同步變化上。

Amano 等(2001)針對 18 名 BMI 平均在 27 的受試者進行為期 12 周的運動訓練，利用 HRV 來評估其自律神經的改變，發現實驗後無論在交感神經活性(LF)或是副交感神經活性(HF)都有明顯增加。作者認

為對自律神經功能降低的肥胖者，運動訓練可以逆轉這樣的現象，並且對於較差的體溫調節功能也會有正面的助益。

不同的運動強度，練習時間，或是對象的不同，運動的介入與自律神經的關係或許就不是那麼的一致。Perini 等(2002)對 15 位平均年齡 74 歲，平時無規律運動的老年人設計了八周的有氧運動，實驗發現雖然在舒張壓與收縮壓方面都有減少，但在心跳變異的各個參數上與實驗前均無差異。

同樣八周的運動訓練，對於平時無運動習慣的停經後婦女則有不一樣的結果。Jurca 等(2004) 為 49 位停經後的婦女設計了 8 周中等強度的有氧運動，另外有 39 位同樣條件的對照組。實驗後運動組的心跳變異明顯增加，而且這樣的效果與使用荷爾蒙治療並無相關。

Hautala 等(2003)對同樣無運動習慣，平均年齡 39 歲的成年男性，做了類似的研究，八周的有氧耐力運動下來，發現最大攝氧量增加了 11%，此實驗最重要的發現在於，每個人對於有氧耐力運動的反應並不同，年齡與反應呈現負相關($r=-0.39, p=0.007$)，而心跳變異率中的 HF 是決定運動反應更重要的因素，基準值的 HF 越高，對運動訓練的反應越好($r=0.46, p=0.002$)。

使用流行病學的方法來探討運動與自律神經關係的研究並不多。Rennie 等(2003)對 3,328 位英國公務員測量心律變異，並分析

其與運動量的關係，發現隨著運動強度的增加，心律變異也會隨之增加。

研究發現，自律神經對心跳的控制 在休息時與運動時是不同的。休息時心跳的控制由副交感神經所主導，而運動時則由交感神經主導。在運動的不同階段，兩者的作用也有差異。目前認為運動強度在達到大約最大攝氧量 60% 以前的心跳速率增加主要是因為副交感神經的撤退 (parasympathetic withdraw)，之後交感神經的活性逐漸上升 (Brenner et al., 1998; Carter et al., 2003)。耐力運動會使得休息時的心跳降低 (Borresen & Lambert, 2008; Yamamoto et al., 2001)。

Yamamoto 等 (2001) 設計六周的耐力訓練，發現在訓練的第七天後，受試者休息時的心跳才開始有下降的趨勢，而經由 HRV 的分析，副交感神經對心臟的調節在七天後也開始增加。主動脈或是頸動脈的壓力感受器 (baroreceptor) 受自律神經的支配，對於運動也有類似於心臟的變化。研究發現，在中等強度運動期間，頸動脈的壓力感受器會隨著骨骼肌所傳來的訊號重新設定 (Potts & Mitchell, 1998)。Ogoh 等 (2005) 認為，運動時動脈的壓力接受器因為副交感神經的撤退，而非交感神經的活化，會重新設定。Smith 等 (2000) 發現，較佳的運動

選手與其他人相比，主動脈的壓力感受器(baroreceptor)的敏感度較低。

長期的耐力運動對於自律神經對心臟的控制會有明顯的效果。耐力訓練會增加副交感神經的活性，降低交感神經的活性，兩者的交互作用，加上運動對於心臟內在節律的作用，表現在靜止時心跳速率的降低。長期耐力運動也會因為對肌感神經的抑制，在從事一般運動時會有較低的心跳速率(Carter et al., 2003; Hautala et al., 2009)。

臨床上的證據顯示，副交感神經對心臟調節的撤守(withdraw)，表現在心跳變異的減少，不論是在患有各種疾病的病人身上(Adamson et al., 2004; Bauer et al., 2006)或是正常健康個體上(Tsuji et al., 1996)都增加了因心血管疾病造成死亡的風險。

研究發現，運動後血漿中的正腎上腺素(norepinephrine, NE)和其代謝物 3-meth-oxy, 4-hydroxy phenethyleneglycol (MHPG)的濃度會增高，主要原因來自於心臟與肌肉中交感神經過度的溢出；而在訓練過的運動選手身上也可以測出較高的血清張力素(serotonin, 5-HT)，這些單胺類的物質在腦中是否也有類似的變化？Dishman 等(1996)發現在訓練過的老鼠相較於未經訓練的老鼠在腦中的藍斑核(locus coeruleus, LC)NE 含量多出 61%，在背縫(dorsal raphe, DR)則多出 44%(Dishman et al., 1996)。高濃度的 NE 調節皮質中腎上腺

beta 受體，降低前額皮質 NE 的釋放；減緩藍斑核、海馬、下視丘和杏仁核中 NE 的消耗。經過下視丘-腦下垂體-腎上腺 (hypothalamus-pituitary-adrenal, HPA) 的作用而調節交感神經系統，可能是慢性運動後交感神經性降低的原因之一 (Dishman et al., 2006)。

2.6 皮膚導電度

皮膚導電的相關研究大約起源於十九世紀末期，法國神經學家 Jean Charcot 所主持的實驗室。Vigourous 在此地測量了不同病人的皮膚電阻來當作臨床的診斷依據。同期間同一實驗室的 Fere 發現將電流通過置放在皮膚上的兩電極之間可以測量到暫時性的電阻減少。稍後，俄羅斯的心理學家 Tarchanoff 報告不需使用外在電流就可以測量到置放在皮膚上兩電極間的電位變化。使用外在電流刺激測量皮膚電極間的電位變化稱為 exosomatic method，也是現在研究皮膚導電度的主要方法。Tarchanoff 所使用不需外在電流的方法稱之為 endosomatic method (Dawson et al, 2007)。

2.6.1 皮膚導電的解剖生理基礎

皮膚做為人體最大的器官，除了在物理上保護人體免除外在物質的侵入，生理上也有許多的免疫系統來抵抗有害物的攻擊。藉由體表血管的收縮與放鬆以及汗腺(sweat gland)的分泌維持體溫與水分的恆定。

皮膚導電與汗腺有密不可分的關係。人體大約有兩百萬到四百萬個汗腺，結構上可以分為頂漿腺(apocrine gland)，與佔大多數的eccrine gland。Eccrine gland 分泌無味的汗液，藉由汗液的排出來調節身體的體溫。在手掌，腳掌，臉部與腋窩的eccrine gland 的數量比起身體其他部分更多。

Eccrine gland 最主要的功能是藉著汗液的分泌來調節體溫，而分布在手掌與腳掌的eccrine gland 被認為除了排汗功能外，更有與日常生活極為重要的抓握(grasping)作用；除此之外，影響這兩個部份的eccrine gland 分泌汗液多寡除了外界溫度，心理刺激扮演更重要的角色。

皮膚導電與汗腺的關係可以將汗腺想像成一組組平行排列的阻抗器，汗管平行排列開口在皮膚上，汗管中的汗液汗量則影響了導電度的高低(Dawson et al., 2007)。

Freeman 等(1994)的研究發現，汗腺在皮膚上的開口數量與皮膚導電有密切的相關。此實驗發現雙手較遠端的部位較手的內側部位有較多的汗腺開口數目以及更高的皮膚導電。Freeman 等(1994)則認為除了汗腺開口於皮膚的數量與皮膚導電有關外，更重要的可能是汗腺所涵蓋的皮膚面積也能影響皮膚導電。

刺激 eccrine gland 分泌的神經傳導物質(neurotransmitter)是乙醯膽鹼(acetylcholine)，因此研究早期認為自律神經中的交感與副交感神經都有可能參予了 eccrine gland 的支配，但後來研究證實 eccrine gland 是由交感神經鏈所分佈出來的 sudomotor nerve 所支配，皮膚導電與交感神經的活性有極為密切的相關(Wallin, 1981)。

皮膚導電主要由兩部分所組成：皮膚導電水平(electrodermal level)與皮膚導電反應(electrodermal response) (Sequeira et al, 2008)。皮膚導電水平反應汗腺在平常狀況下的活性，表現在皮膚上的電位與波動。汗腺的活動取決在交感神經的活性與局部因素，包括溫度與濕度之間的關係(Macefield & Wallin, 1996)。皮膚導電反應代表交感神經受到刺激後所表現的電位變化(Lidgerg & Wallin, 1981)。

圖 2.1 皮膚導電的變化曲線 (Dawson et al, 2007)

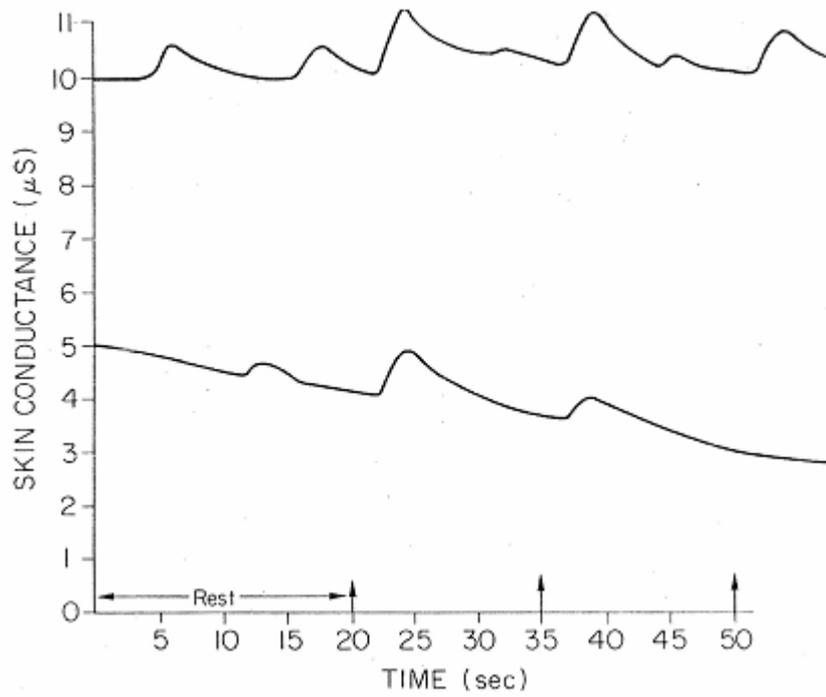
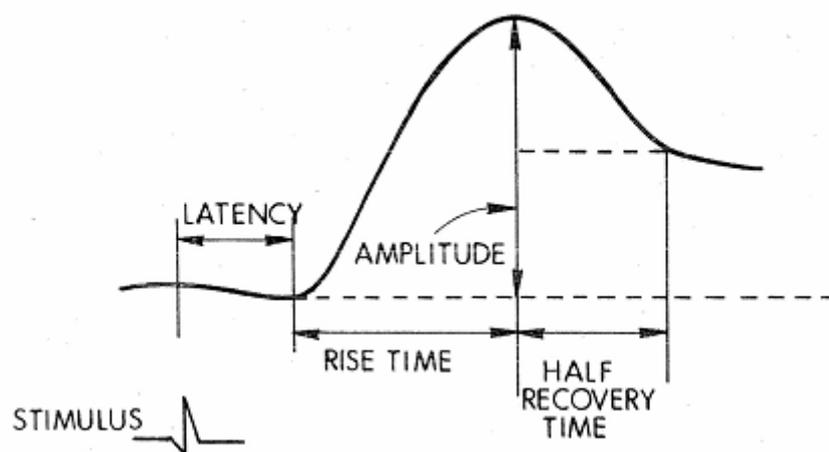


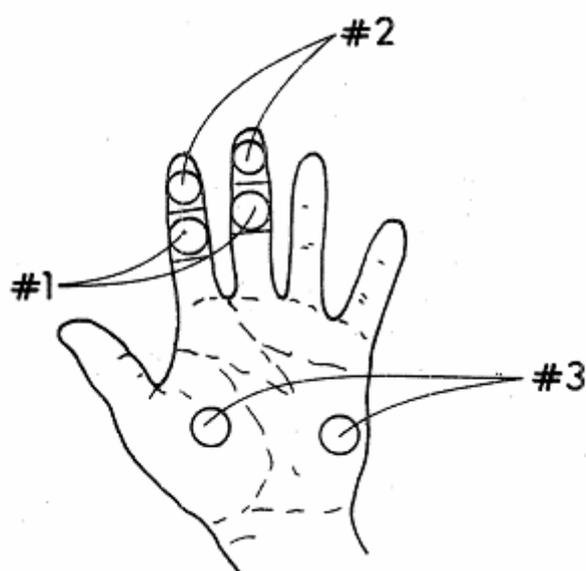
圖 2.1 為皮膚導電度的變化曲線。皮膚導電水平，或稱皮膚傳導水平(skin conductance level, SCL)，在一般狀況下有一定的強度，稱為 tonic SCL，因個體不同或是測量時的條件而有差異，但範圍大約在 2-20 毫西門子(μS , $1 \mu S=1 \mu mho$)之間。可以看到在休息時，SCL 會逐漸下降。箭頭代表給予刺激後會產生一個皮膚傳導反應(skin conductance response, SCR)。在沒有刺激的情況下也會有 SCR 的產生，稱之為非特定之皮膚傳導反應(nonspecific SCR, NS-SCR)。對應一些特定性的刺激則會產生 specific SCR。特定性 SCR 的圖示如圖 2.2。為了與非特定性的 SCR 做區分，特定性 SCR 的強度最小要落在 0.01 到 0.05 μS 之間，在刺激後經過一到三或四秒的潛伏(latency)後所產生的 SCR 也被認為是 specific SCR(Dawson et al.)。有些研究特別討論 SCL，有些則著重在 SCR，但也學者認為這兩者有密不可分的關係(Esen et al., 1997)

圖 2.2 皮膚導電反應(SCR)的變化圖(From Dawson et al., 2007)



測量皮膚導電度最常使用的電極為銀-氯化銀(Ag/AgCl)所製成。一般會將貼片置放在手上常見的三處，分別是中端指節的腹側面、遠端指節的腹側面以及手掌的大小魚際部分，之後在兩電極間通以 0.5V 的電壓，測量其間的電阻或是電流的變化。請見圖 2.3。

圖 2.3 常用的皮膚導電測量位置(Dawson et al., 2007)

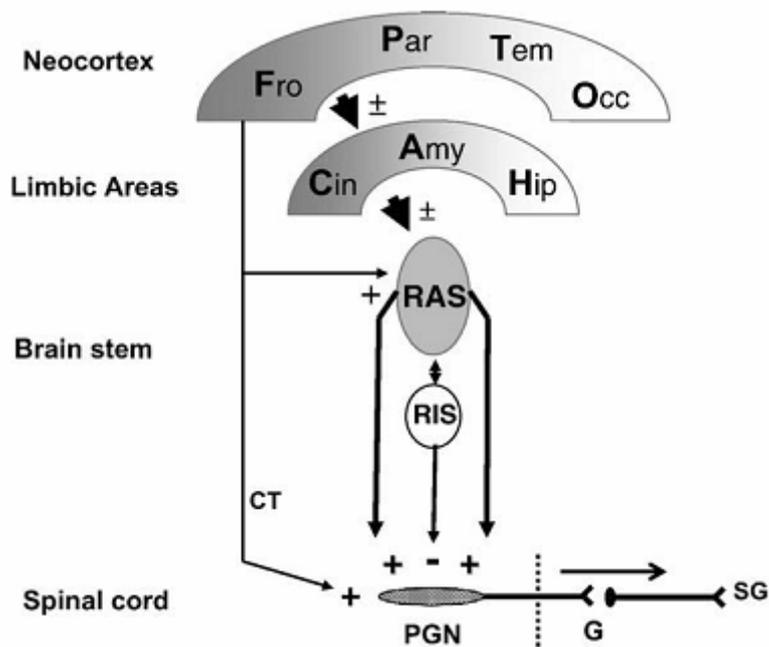


#1：中端指節腹側面；#2：遠端指節腹側面；#3：大小魚際

空間中的溫濕度與皮膚導電度有密切的相關，而每天不同的時刻所測量到的皮膚導電度也會有所不同 (Sequeira et al, 2008)。測定皮膚導電度所建議的空間溫度是 25°C-26°C 之間；相對濕度建議保持在 50% (Dawson et al., 2007)。

皮膚導電雖然與汗腺的活動相關，但整個事件的起點卻是在大腦！中樞神經與皮膚導電的途徑可以簡化如圖 2.4。

圖 2.4 皮膚導電整體模型 (Sequeria et al., 2008)



(Fro:frontal;Par:parietal; Tem:temporal; Occ:occipital; Cin:cingular; Amy:amygdaloid; Hip:hippocampus; RAS:reticular activating system; RIS:reticular inhibiting system; PGN:preganglionic neuron; G:ganglia; SG:Sweat gland; CT:corticospinal fiber)

汗腺受自發源於外側交感神經鏈的節後神經，所謂的催汗神經(sudomotor nerve)所支配。sudomotor nerve 的訊號會增加汗腺的分泌；脊髓內的節前神經元接受來自腦幹內 reticular formation 或是活化，或是抑制的訊號；邊緣系統(limbic system)一樣發出或是活化或是抑制的訊號影響 reticular formation；最上層的訊號則來自大腦的新皮質。基於以上的研究以及最近影像學的進步，有證據認為皮膚導電可以是反映中樞神經系統的一道窗口(Sequeira et al., 2008)。

從動物與人類的實驗發現，中樞神經掌管皮膚導電度可能有兩套系統。EDA-1 包括同側的邊緣系統和下視丘；EDA-2 則源自對側大腦皮質的前運動區(premotor area)，往下傳導至基底核。Esen 等(1997)研究患有巴金森氏症的病人與正常人皮膚導電是否相同，發現患有巴金森氏症的病人在無預警受到刺激時，皮膚導電度的變化與正常人相同；但在接受臏骨肌腱反射時，較正常者卻有明顯較差的皮膚導電變化。作者認為這個結果支持中樞神經有兩套有關 EDA 的系統。

全世界大約有 50 萬人受鎖入症候群(lock-in syndrome)所苦，這些受苦者意識與認知是清楚的，但全身麻痺而無法言語，我們怎麼知道這些人是清醒的？或許可以在大腦皮質中植入電極偵測大腦電位活動，但大部分的患者都拒絕這種極具侵略性的方法，皮膚導電度

或許可以做為一種溝通工具。Blain 等(2007)設計了相關的實驗，受試者只要從事心智運動或是調整呼吸就可以在皮膚導電上記錄到相對應的變化。

Hofmann 等(2005)研究心理的變化與自律神經，包括心跳，心律變異與皮膚導電水平(SCL)之間的關聯。受試者在各種不同的心理狀況下，包括焦慮，放鬆，預期，與正常情況下紀錄其自律神經的變化，發現焦慮相對於基準值，放鬆或是預期時都有較高的心跳與較低的心律變異；在 SCL 方面，焦慮相較於基準值有較高的皮膚導電，但相較於放鬆卻沒有明顯的差別。

放鬆時皮膚導電度會有怎樣的反應？Sudheesh 及 Joseph (2000)讓受試者聆聽音樂與冥想(meditation)，同時記錄其皮膚導電度。受試者在對音樂產生愉快或是悲傷的感覺時，皮膚導電度會隨之增加；而隨著冥想的專注力增加，皮膚導電度也會有相對應的增加。實驗發現聆聽音樂與冥想各會對皮膚導電度增加 4.99%以及 17.5%。

身體接受到溫度變化或是疼痛刺激時皮膚導電度也會有相對應的變化。Schestatsky 等(2007)發現體表接受溫度上升的刺激後，皮膚導電隨之上升。之後接續的疼痛刺激造成另一個皮膚導電的上升，但振幅較之前較低；刺激消失，皮膚導電下降，低於平常水平，待一段時間後又回復到一般水平。實驗說明體表接受刺激後，經過反

射，反應在 sudomotor nerve 的活性上而表現出皮膚導電度的變化。在此實驗中也應證了 SCR 的適應(habituation)特性。

分佈至皮膚的交感神經支配不同的皮膚構造，包括支配皮膚血管的 vasomotor nerve 和支配汗腺的 sudomotor nerve。vasomotor nerve 受溫度的影響，產生不同的反應(vasomotor responses, VRs)，調節血管的收縮與放鬆來傳導熱；sudomotor nerve 支配汗腺的活動，負責熱的排出(Estanol et al., 2004)。兩者都屬於無髓鞘(unmyelinated)的 C fibers，但在分化上卻有所不同，並且受不同的大腦訊號所影響(Janig & Habler, 2003)。

Vasomotor nerve 與皮膚血管之間的神經傳導物質為正腎上腺素(norepinephrine)，sudomotor nerve 與汗腺之間則是乙醯膽鹼(acetylcholine)。兩者的活性受環境的溫度，喚醒刺激(arousal stimuli)和深吸氣所影響。而汗腺的活動會因特定的情緒波動而產生變化，這也是測謊的理論基礎(Janig & Habler, 2003)。

不同的汗腺活動會在皮膚的導電度上產生不同的變化，產生所謂之交感皮膚反應(sympathetic skin response, SSR)(Yildiz et al., 2008)。在生理解剖上，皮膚的交感神經活性應該包含 vasomotor response 和 sudomotor response，但實際應用上用皮膚導電度來代表 SSR(Ozsisik et al., 2005)。Estanol 等(2004)認為將兩個反應綜

合評估才能正確表示傳遞到皮膚的交感神經活性，在一般狀況下，兩者皆受不同的刺激而有不同程度的反應，但在突然間的深吸氣或是 Valsalva maneuver 時，兩者會被同步活化(Estanol et al., 2004)。

VRs 與 SSR 有一個重要的不同點是在 SSR 會有適應 (habituation)，而 VRs 則無。所謂的適應是指連貫的刺激會導致反應的降低；當一系列的刺激累積後會產生更多和更久的適應；適應過程與刺激的頻率正相關；當適應產生後，輕微的刺激就會導致更長的適應。這樣的過程也反應在大腦的神經可塑性(neuroplasticity)上 (Hautala et al., 2009; Yildiz et al., 2008)。

Yildiz 等(2008)針對受過訓練的運動選手與一般靜態生活者進行有關 SSR 適應的研究，發現一般人較運動選手有較慢的適應，在 SSR 上有更大的振幅變化。

Vissing 等(1991)認為分佈於皮膚的交感神經系統與分佈於肌肉的交感神經系統相較，對於來自大腦的命令(central command)有更直接的反應。學者針對 22 位受試者設計了在不同強度下的手部握力實驗，紀錄分佈到肌肉系統與皮膚交感神經的訊號，得到三個結論：1. 手部握力運動會同時增加分佈到肌肉與皮膚的交感神經活性。2. 分佈到皮膚的交感神經活性會在肌肉收縮前 1 至 2 秒前就測到，而且神經的活性與受試者的運動自覺強度(rating of perceived

exertion, RPE)呈正比關係，而這活性在握力測試後的血管阻斷期就消失，暗示了皮膚的交感神經活性主要應該是來自大腦命令，而比較不可能是局部的肌肉輸入反射(muscle afferent reflex)。3. 皮膚交感神經的增加伴隨了皮膚導電度的上升。

Vissing 等(1996)進一步直接將肌肉神經活性在類似握力實驗中將肌肉反射阻斷，發現大腦輸出命令後，肌肉收縮因為受到 vecuronium 的阻斷而無法正常收縮，但皮膚的交感神經活性卻維持在阻斷前的水準，學者因此認為大腦命令是刺激皮膚交感神經的最主要機轉。

Sugenoya 等(1998)對於皮膚交感神經的活性與流汗的關係做了研究，發現皮膚交感神經的活性增加與流汗有明顯相關，而負責汗液分泌的 sudomotor nerve 除了在交感神經系統活化時增加排汗外 似乎也扮演了交感神經系統活化時血管擴張的角色(Sugenoya et al., 1998)。

等張手部抓握(isometric handgrip)慣常被用來研究運動時交感神經的活化狀況，但不同肌肉的運動對於交感神經是否有不同的影響？Ray 及 Wilson(2004)因此比較手部捉握與膝蓋伸展運動對交感神經的影響。研究發現，在最大肌力(maximal voluntary contraction, MVC)30%的情況下，膝蓋伸展相較於手部捉握會有較明顯的心跳與血

壓的變化，但在皮膚交感神經活性(skin sympathetic nerve activity, SSNA)與皮膚導電度卻有相似的變化。

Wilson 等(2005)對手部抓握和膝蓋伸展做了類似的研究並加以深入，認為運動與皮膚交感神經活性(SSNA)的關係：1. 在肌肉尚未疲乏前，SSNA 與手部抓握和膝蓋伸展的強度有關。2. 在接近疲乏時，SSNA 在兩組的反應是一樣的。3. 再給定的強度下，兩組有一樣的 SSNA 反應。4. 使用對側肌肉的運動並不會增加 SSNA。作者因此認為運動所導致的 SSNA 增加與使用肌肉的多寡或是上下肢的不同並沒有差異。

運動之後皮膚導電會有怎樣的變化？Turaclar 等(1999)做了一個簡單的實驗：22 位健康男性經過單次三分鐘的固定式腳踏車練習後，分別比較實驗前後的皮膚導電度。實驗發現運動後的皮膚導電水平(SCL)較運動後明顯增加。

情緒也會影響皮膚導電。Gross 及 Levenson(1993)給實驗者觀看會引起厭惡感的影片，實驗組被指定在觀看影片時故意壓抑自己的情緒變化，對照組則無。實驗發現實驗組在壓抑情緒的同時皮膚導電有明顯的增加，且伴隨有手指脈搏強度的減小以及脈搏傳遞時間的減少，這些生理指標都代表了交感神經活性的增加。值得注意的是，該實驗實驗組在交感神經活性增加，但心跳上卻是降低的。

Gross(1998) 之後又設計的類似的實驗。在觀看影片時除了原先的兩組外，再將實驗者分出置身事外組(reappraise)。結果與之前的實驗透露出類似的訊息：不同的情緒表現出不同的皮膚導電。壓抑組有最明顯的交感神經活化。

2.7 良導絡簡介：

良導絡學說的提出為日人中古義雄在於 1956 年所發表。中古義雄研究人體皮膚表面不同點位對於電流的反應，發現身體內臟的疾病會反應在體表某些相對低電阻的位置，經過更加詳盡的測量，發現身上存在許多相對低電阻的點。中古義雄把這些點命名為良導點。良導點大小大約在直徑一公分以內，超過一公分稱之為良導野。將身上的良導點排列起來就成為所謂的良導絡(Ryodoraku, ryo: good; do: point; raku: conductivity)。中古義雄認為人體存在有 24 條的良導絡。

中古義雄使用所謂的自律神經測定器(neurometer)來測量良導點的興奮度。測量時使用 12V 的電壓，令測定導子與把握導子間能通過的電流在 0-200 μ A 之間，所測得的電流表示此良導點的興奮度。中古義雄認為必須將所有的良導點一一測量後，除以所測量之點求其平均才合理，但因為人體表面有超過 300 以上之良導點，實際應用上有其困難，後經過研究發現體表某些良導點之電流變化與平均值呈現平行變化，就以這些測定點做為代表，包括兩上肢各六點，兩下肢各六點，合計 24 點(賴逢甲，2001)。

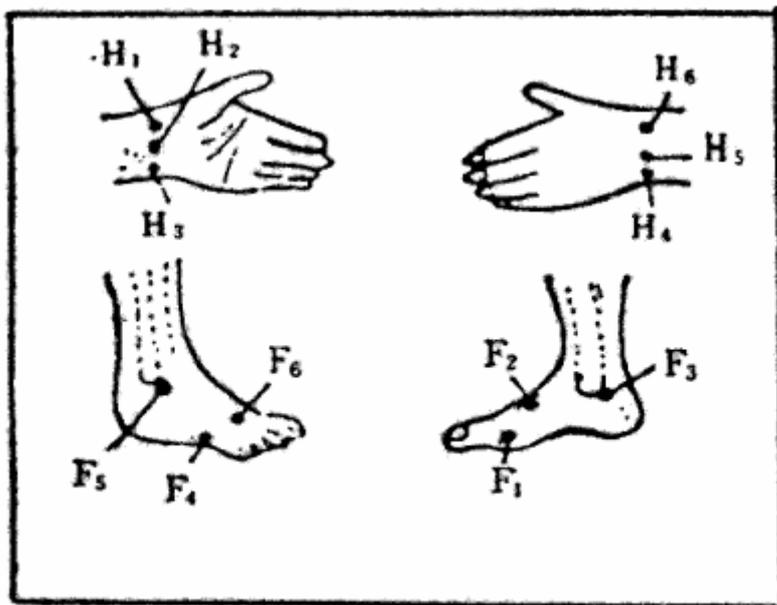
之後的研究發現，所謂的良好導絡與良好導點與中國傳統經絡學說的穴位有相當多的吻合，以良好導絡最常用的 24 個測定點而言，與中國經絡學說的穴位完全相同。

表 2.7 良好導絡與經穴的對照

良好導點	中國經絡、穴位	西方經絡命名
H1	肺經、太淵	Lu9
H2	心包經、大陵	P7
H3	心經、神門	H7
H4	小腸經、陽谷	SI5
H5	三焦經、陽池	SJ4
H6	大腸經、陽蹻	LI5
F1	脾經、太白	Sp3
F2	肝經、太沖	Liv3
F3	腎經、大鐘	K4
F4	膀胱經、束骨	UB65
F5	膽經、丘墟	GB40
F6	胃經、衝陽	St42

圖 2.5 良導絡 24 點的位置。上圖為左上肢六點及左下肢六點共 12

點，右側肢體良導點位置同左側



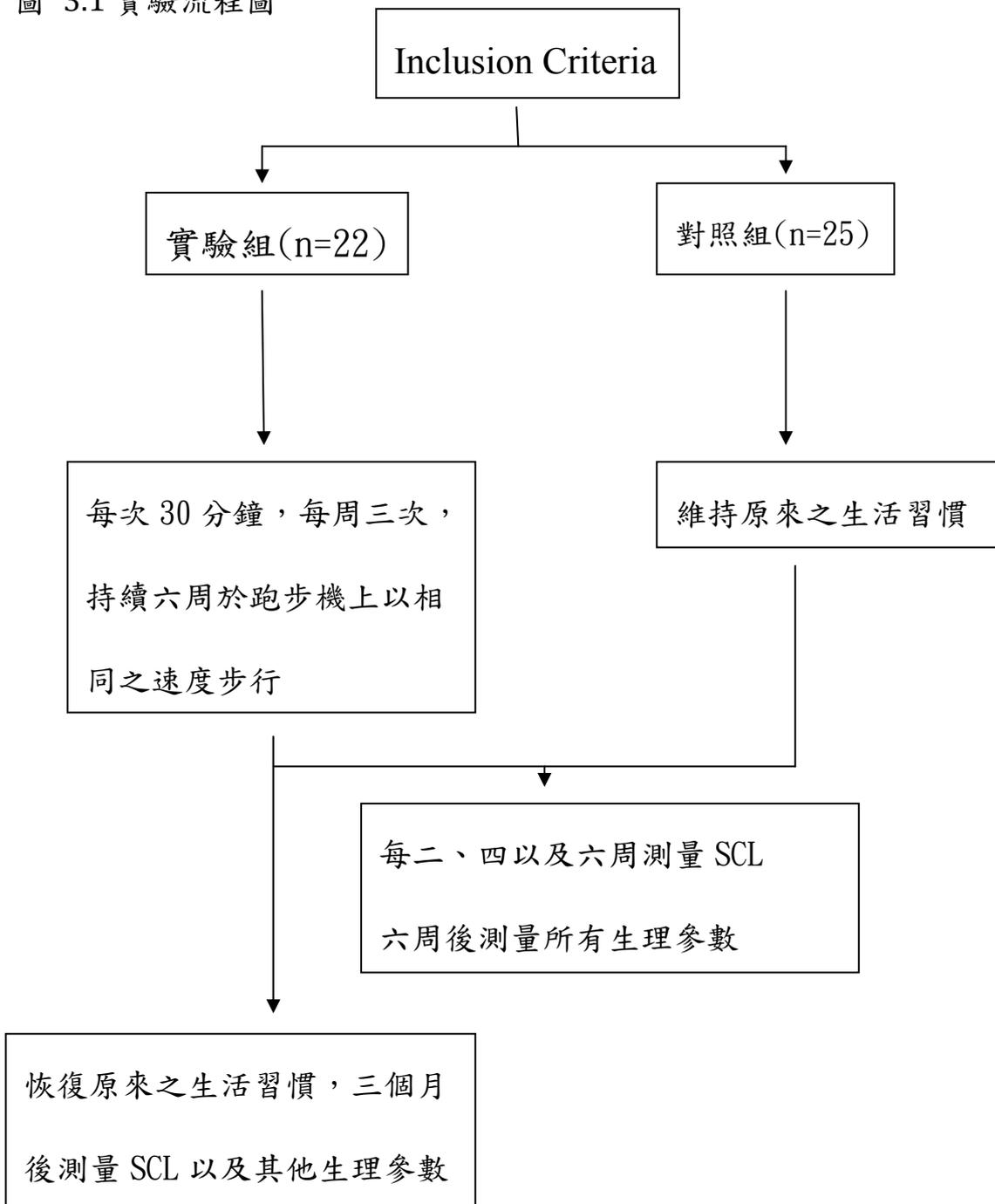
經絡與穴位的導電度相較於身上其他的位置是否有較好的導電度？ Ahn 等(2008)對英文文獻中有關經絡與穴位的文章做了整合性的分析，發現不論針對單一穴位或是經絡上的穴位做分析，使用的電極有用不銹鋼，有用 Ag-AgCl，也有使用金屬探針，結果是大部份的文章認為經絡或是穴位會有較好的導電度。但作者也提醒，這些研究的樣本數都不夠大(mean N=23)，在實驗的設計上也並不够周延，而且除了其中的 3 篇以外，所有的研究都侷限於上肢，因此在做出更為明確的結論之前，還需要更多周延的研究來探討此問題。

第三章 材料與方法

3.1 研究對象與方法

3.1.1 研究流程圖

圖 3.1 實驗流程圖



Inclusion Criteria: 大學在學女性，大學二年級以上，年齡限制在 20-25 歲，非運動休閒相關科系之學生；無體育必修課，平日無運動習慣，無疾病病史。其他生理參數：包括年齡、心跳、體脂、身體質量指數(body mass index, BMI)、腰臀比。

受試者於獨立，具空調之空間進行實驗之前測。測量空間溫度設定在 $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，溼度設定在 $55\pm 5\%$ 。測量項目包括 SCL、心跳、身高、體重、體脂比、以及腰臀比。實驗開始後二、四以及六周測量 SCL 和心跳；六周實驗結束後測量所有生理參數。

3.1.2 研究方法

實驗參予者全部為屏東科技大學在學學生，由海報宣傳以及同學互相告知而招募。為了將受試者的變數單純化以探討步行介入後對生理各項數值，特別是皮膚導電度之影響，受試者條件限制為 20-25 歲未婚女大學生，並限定於非運動休閒相關科系之學生。

收案條件除以上外，受試者必須平時無藥物使用習慣，無心肺疾病，糖尿病或是骨骼肌肉系統之明顯異常，或者任何可能影響步行之身體異常。平日生活若一周內有兩次三十分鐘以上的運動習慣則排除在外。另外，因為身體含水量與身體組成(body composition)對於皮膚導電度有重要之影響 (Schmidt et al., 2002)，身體質量指數大於 24 的受試者亦予以排除。所有受試者均由臨床醫師評估其身體狀況以決定是否可以接受本次的實驗進行。

共有 47 位女性參與此實驗計畫。經初步說明實驗計畫後依其意願將其分為實驗組 22 名女性，對照組 25 名女性。所有受試者均閱讀實驗計畫並簽署同意書(informed consent)。此實驗經屏東基督教醫院人體試驗委員會審查通過。

每位受試者於實驗進行前均先行測定其身體質量指數，身體體脂分布，，使用 MEAD 6®(安拓事業有限公司研發製造)測定人體皮膚導電度。為了消除溫度及時間(circadian)在一日內不同時間會有不

同的自律神經活性 (Malliani et al., 1991) 以致造成實驗測量之誤差，單一受試者均於數據擷取日同一時間於同一實驗室接受測試，個人時間差異在正負一小時內。在進行皮膚導電度測試前，實驗室先使用空調將房間溫度控制於攝氏 $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ 的範圍，濕度控制在 $55\pm 5\%$ 之間。受試者進入實驗室後會要求其先等待十分鐘，待其心跳與呼吸平靜後進行測試。因為身體的負壓和頭高腳低的傾斜都會造成 sudomotor nerve 活性的降低 (Janig & Habler, 2003)，受試者平躺於離地與 1 公尺鋪著軟墊的床上，身上除一般衣物外無任何電氣用品，手腳無金屬裝飾品與手表，不著襪。

實驗組進行步行練習，共進行六周。每位實驗組參予者必須每周至健身房於跑步機上進行步行練習三次，每次三十分鐘，總共步行 18 次。每位實驗者於第一次步行前會將初始跑步機速度設在每小時 6 公里，步行中觀察其呼吸，並詢問其自覺強度 (rating of perceived exertion)，若低於 10 則加快速度，高於十三則降低速度，當自覺強度落在 12 與 13 時則記錄其跑步機速度，之後六周每人均依其個人速度進行步行，不再調整跑步機速度。

對照組依其平時生活習慣，並無任何介入，但要求實驗進行期間不能有新的運動行為。

實驗進行後每兩周測試其皮膚導電度。六周實驗結束後測定身體質量指數，體脂分佈，及皮膚導電度。測試與測試前最後一次的步行至少間隔 2 日。

實驗組 22 名參予者與實驗進行後回復其原來無規律運動之生活。其中 17 名於實驗結束後三個月於同一實驗室，以同一條件測試其皮膚導電度。



3.2 研究工具

3.2.1 皮膚導電度測量工具

經絡能量分析儀 (Meridian Energy Analysis Device, M. E. A. D.)：安拓事業有限公司 (Medpex Enterprises Ltd.) 研發製造，MEAD-6 第六代機型。

甲. 一體成型衡壓式檢測棒：使用進口不銹鋼材，以原色不電鍍的方式製造檢測頭及握把（包括夾式握柄），檢測棒金屬部分為耐酸鹼之醫療極金屬材質，可將檢測時的壓力控制在 120-140g 之間，在壓力穩定的狀況下，可以有效降低人為檢測壓力不平衡所導致的誤差。

乙. 鈉離子導電棉：吸水特性與保水度為棉花的三倍以上，加上添加的鈉離子有機物質，導電度與鈉離子平衡度較棉花為高。

丙. 食鹽水瓶：建議使用 5% 之食鹽水。

本實驗利用測定 24 個良導點之導電度，以 μA 為單位。將 24 個點之導電度測後加總除以 24 得到平均導電度。

測定時參考電極（夾式握柄）夾於左手手掌，檢測頭依左手，右手，左足以及右足之順序依序至於良導點，儀器施予 12V 電壓後測定良

導點之電流值(以 μA 為單位)並記錄之。

3.2.2 心律變異分析儀：

DailyCare CMH3.0 型，達楷生醫科技股份有限公司，產品認證
FDA510(K)製。

3.2.3 體脂測量計：

OMRON Karada Scan HBF-357 型，衛署醫器陸輸字第 000066 號。

3.3 研究地點

跑步機位於屏東科技大學體適能訓練室，測量空間為體適能訓練室旁之辦公室。測量時空間溫度控制在 $25^{\circ}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，濕度控制在 $55\%\pm 5\%$ 。

3.4 評估與統計方法

此實驗使用 SPSS 13 英文視窗版套裝軟體進行資料之統計分析。所有連續變數量測值以平均值 \pm 標準差 (Mean \pm standard deviation)表示。資料之分析分為以下部分：

實驗組與對照組基本資料之比較分析：

兩組各變數之統計分析採獨立樣本 t 檢定 (independent-samples t-test) 以比較兩組樣本是否有取樣上的差異，以 $p\text{-value}<0.05$ 視為統計學上有差異。

各測定點的變化：

此研究共有四個測定點，分別為前測、二周、四周以及六周；實驗組方面則在實驗結束後再加上一後測。各點之變化採用 repeat measures ANOVA 方法分析，並使用 Sidak 事後比較 (Post Hoc) 以檢定差異。以 $p\text{-value}<0.05$ 視為統計學上有差異。

第四章 結果

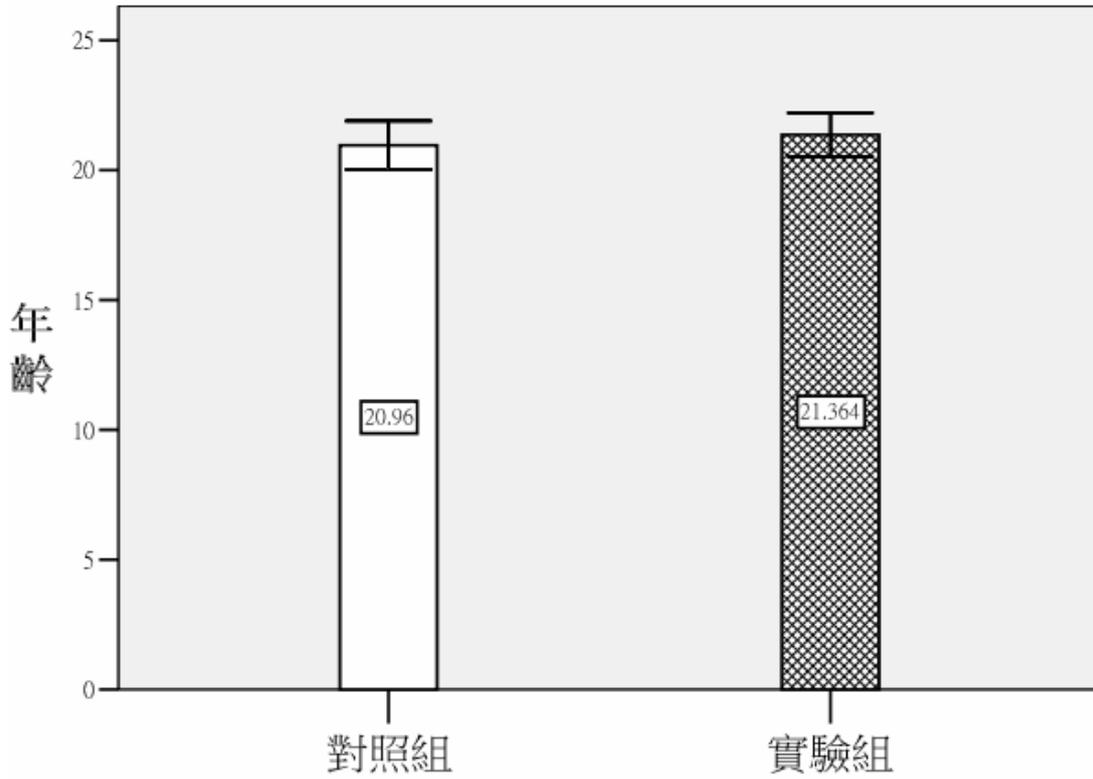
實驗組 22 位受試者，對照組 25 位受試者，在進行實驗之前的測量項目，包括年齡、BMI、體脂肪、腰臀比與 24 點平均導電度進行 independent-samples t-test 之比較如表 4.1：

表 4.1 實驗組與對照組研究對象基本變項

	實驗組	對照組	p 值
年齡	21.36±0.85	20.96±0.94	0.130
身體質量指數	19.44±1.63	19.96±1.90	0.318
體脂肪	22.72±3.34	24.25±2.43	0.077
腰臀比	0.75±0.60	0.77±0.63	0.236
平均導電度	51.27±21.82	56.91±17.61	0.332

實驗組與對照組在各基本變項間並無差異。

圖 4.1 實驗組與對照組年齡圖

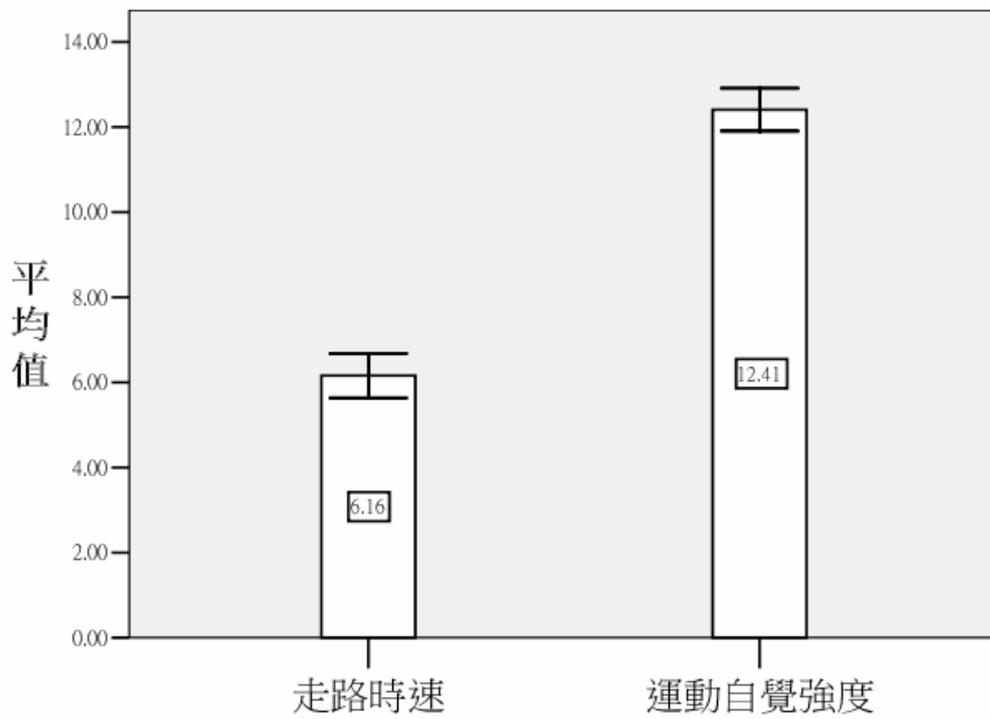


對照組 N=25，年齡為 20.96 ± 0.94 。

實驗組 N=22，年齡為 21.36 ± 0.85 。

兩組間之年齡並無差異，p 值為 0.130。

圖 4.2 實驗組之步行速度與運動自覺強度圖



實驗組之步行速度為 6.16 ± 0.52 公里/小時。

實驗組受試者之運動自覺強度為 12.41 ± 0.50 。

將所有 47 名受試者各實驗變項與實驗開始前進行相關分析得到

Pearson 相關係數與 p 值如表 4.2。

表 4.2 各基本變項之相關性

		平均導電度	體脂肪	腰臀比	BMI
平均導電度	Correlation		.211	.022	.146
	p-value		.155	.882	.329
體脂肪	Correlation	.211		.149	.830**
	p-value	.155		.317	<0.001
腰臀比	Correlation	.022	.149		.255
	p-value	.882	.317		.084
BMI	Correlation	.146	.830**	.255	
	p-value	.329	<0.001	.084	

由上表可知，除了 BMI 與體脂肪呈明顯相關($p < 0.001$)外，其他各項兩兩之間無相關。

2004 年的良導絡研究曾經發現，皮膚導電度與 BMI 具線性負相關(Weng et al., 2004)。但是這個現象並未出現在此一實驗中，原因可能是由於本實驗將 BMI 限制在小範圍內。

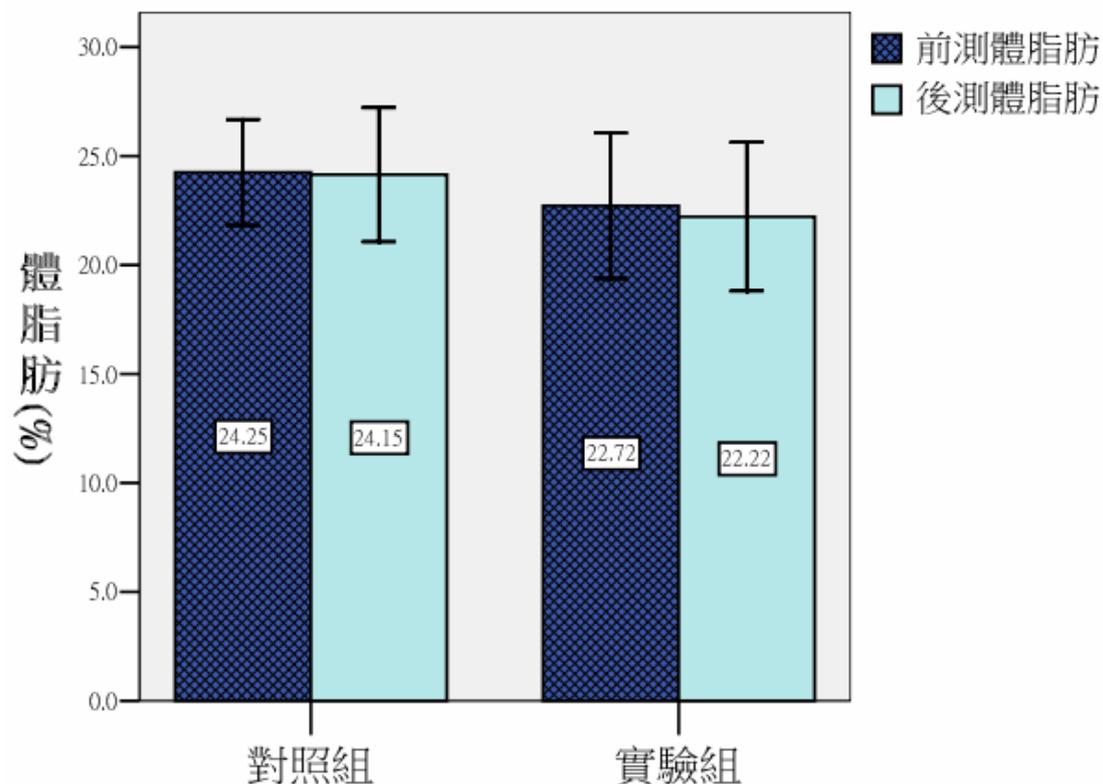
六周實驗結束，實驗組與對照組之 BMI，體脂肪與腰臀比之統計分析如表 4.3。

表 4.3 實驗組與對照組實驗後各基本實驗變項之比較

	實驗組	對照組	p 值
BMI	19.16±1.42	19.99±1.42	0.103
體脂肪	22.22±3.41	24.15±3.08	0.047*
腰臀比	0.76±0.04	0.77±0.06	0.305

六週後實驗組的體脂肪數值略為下降(如圖 4.3)，與對照組差異出現顯著性(表 4.3 中以 “*” 表示者)。

圖 4.3 對照組與實驗組實驗前後體脂肪之變化

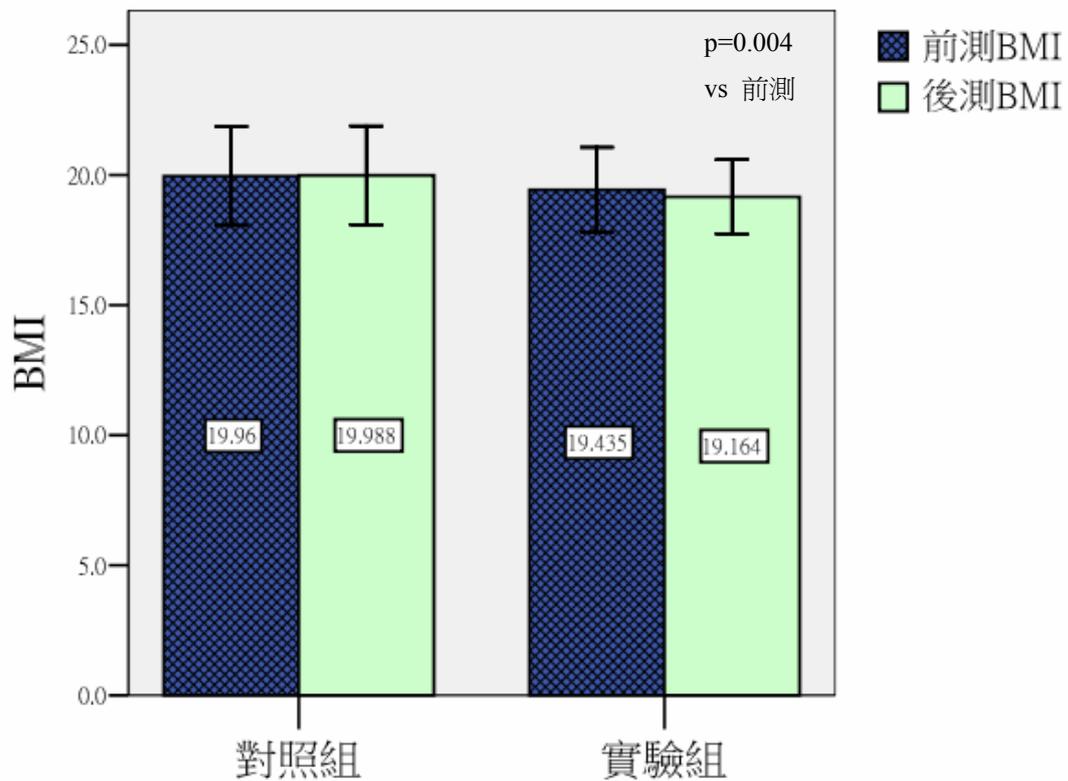


實驗組前後測： $p=0.067$ ；變化率=-2.14%。

對照組前後測： $p=0.814$ ；變化率=-0.32%。

實驗開始前實驗組的體脂肪就已經較對照組為低，只不過未達統計學上定義的顯著差異($p=0.077$ 表 4.1)。經過六週的運動訓練，兩組後測的差異達到統計上的顯著性($p=0.047$ 表 4.3)。然而如果比較前後體脂肪變化率，即 $(\text{後測體脂肪}-\text{前測體脂肪})/\text{前測體脂肪} * 100\%$ ，則實驗組與對照組之間體脂肪的變化率比較並不顯著($p=0.411$)。

圖 4.4 對照組與實驗組實驗前後 BMI 之變化

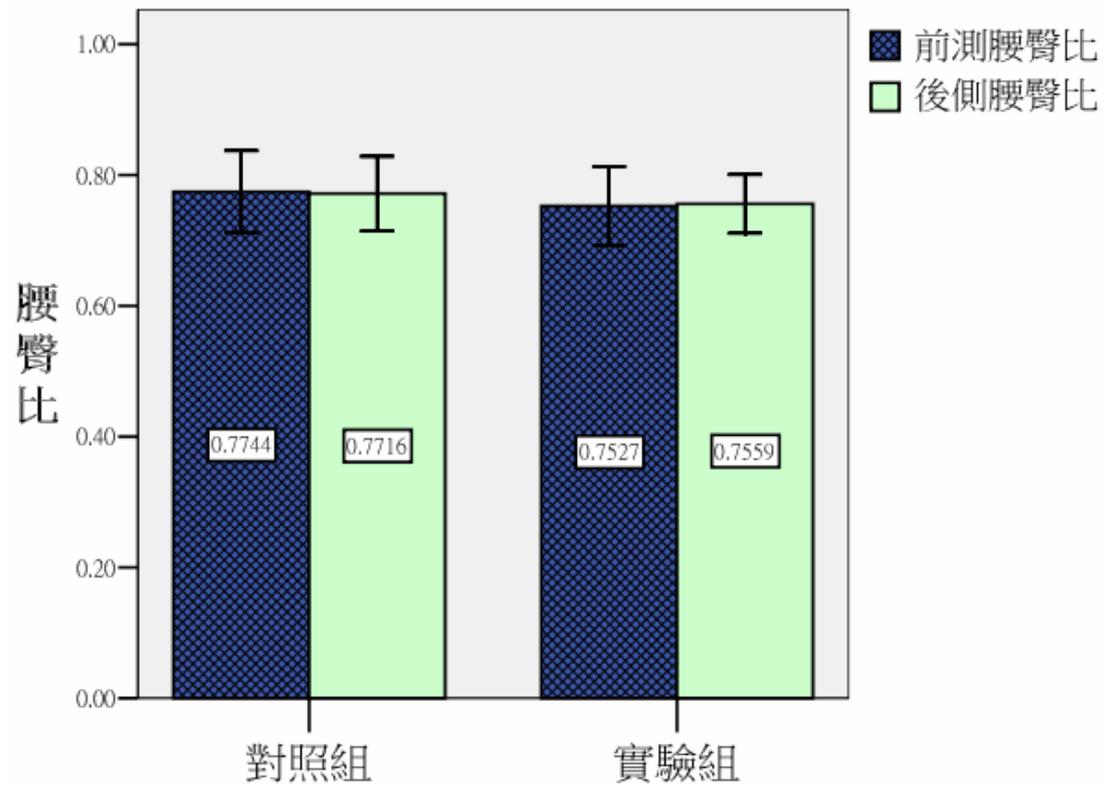


實驗組前後測： $p=0.004$ ；變化率=-1.30%。

對照組前後測： $p=0.718$ ；變化率=0.16%

實驗組後測 BMI 與對照組後測 BMI 並無明顯差異($p=0.103$ 表 4.3)，但實驗組後測較前測之 BMI 明顯降低($p=0.004$)。在變化率的比較上，實驗組與對照組亦達統計上之差異($p=0.013$)。

圖 4.5 對照組與實驗組實驗前後腰臀比之變化

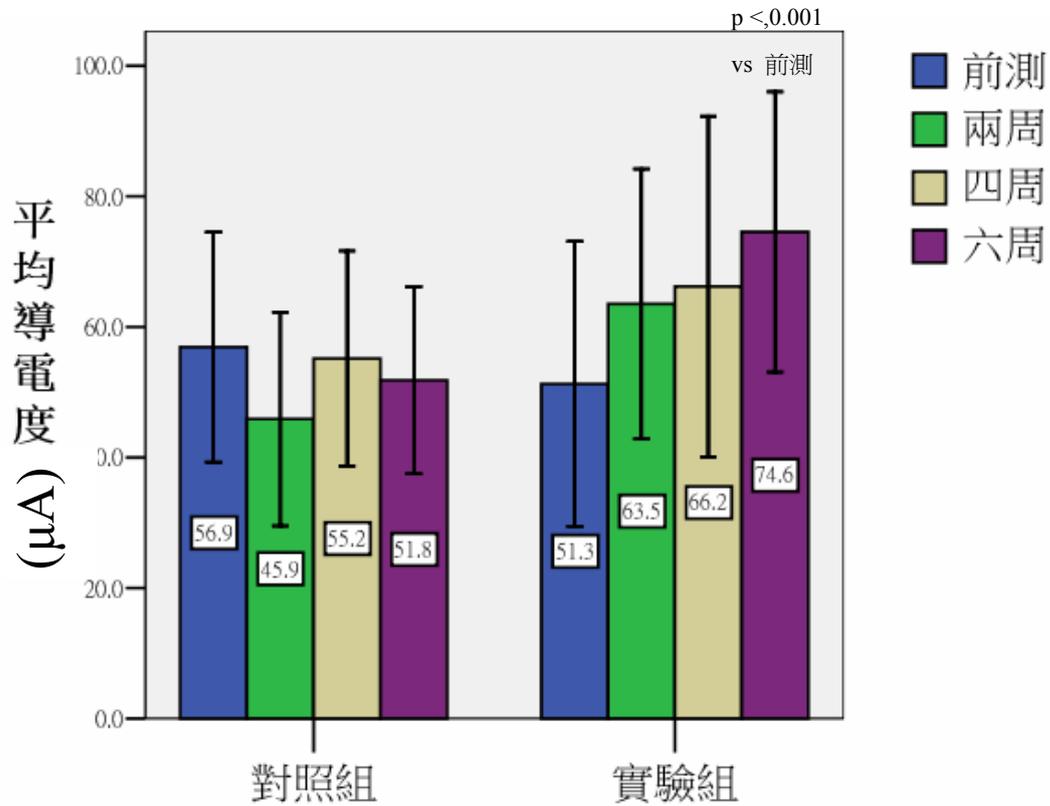


實驗組前後測： $p=0.695$ ；變化率=0.67%。

對照組前後測： $p=0.381$ ；變化率=-0.29%。

實驗組的腰臀比變化率與對照組無差異($p=0.415$)。

圖 4.6 對照組與實驗組實驗前後平均導電度之變化



實驗組在六周步行訓練後，平均皮膚導電度變化達 66.18% ($p < 0.001$);

相較之下，對照組的變化率僅-3.56%，且不具顯著性($p = 0.143$)。兩

組的變化率比較實驗組變化率明顯大於對照組($p = 0.001$)。

實驗組各基本變項之變化及各基本變項變化率彼此間 Pearson 相關係數見表 4.4 及表 4.5。

表 4.4 實驗組各基本變項前後測之變化值及變化率

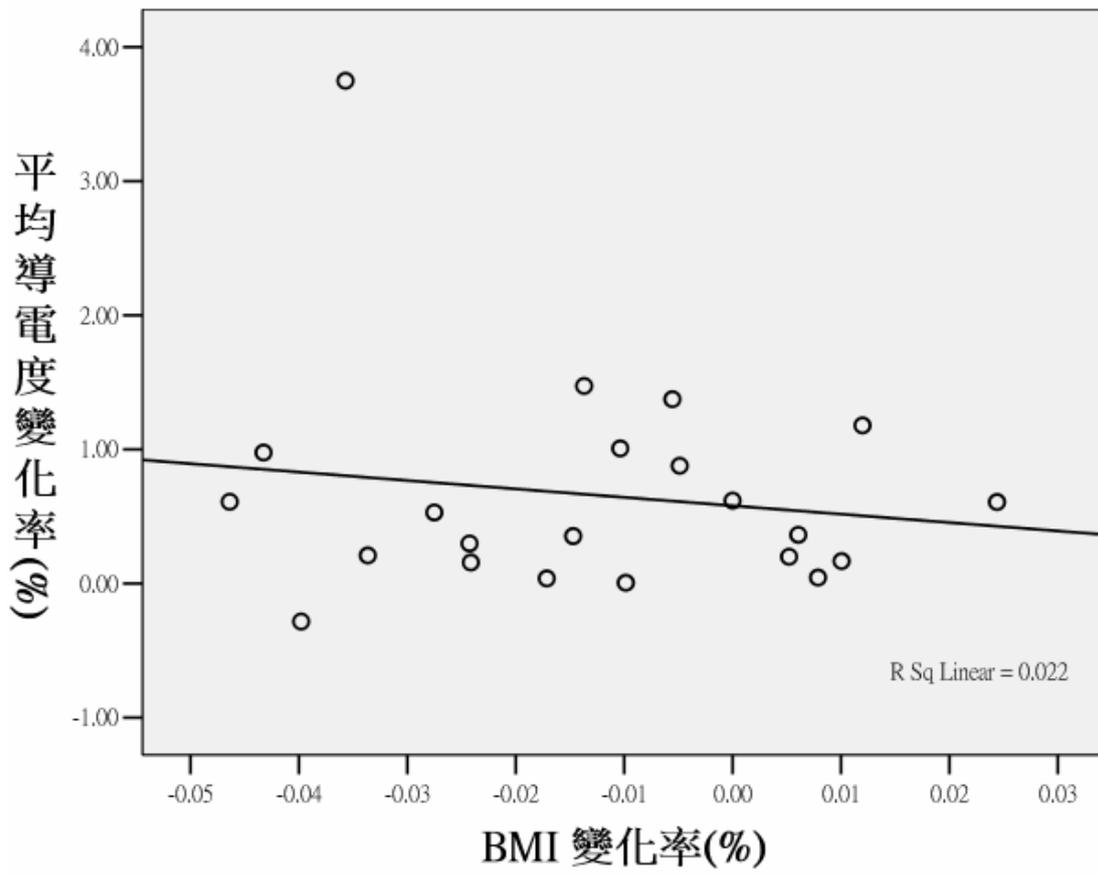
	變化值	變化率	p 值
前後測 BMI	-0.27±0.39	-1.30%	0.004
前後測體脂肪	-0.50±1.22	-2.14%	0.067
前後測腰臀比	0.00±0.04	0.67%	0.695
前後測導電度	23.29±17.63	66.18%	<0.001

表 4.5 實驗組各基本變項前後測變化率之 Pearson 相關係數及 p 值

		導電度	體脂肪	腰 腎 比	BMI
		變化率	變化率	變化率	變化率
導電度	Correlation		-0.131	0.075	-0.148
變化率	p value		0.561	0.741	0.510
體脂肪	Correlation	-0.131		0.568	0.251
變化率	p value	0.561		0.006	0.260
腰腎比	Correlation	0.075	0.568		0.145
變化率	p value	0.741	0.006		0.520
BMI	Correlation	-0.148	0.251	0.145	
變化率	p value	0.510	0.260	0.520	

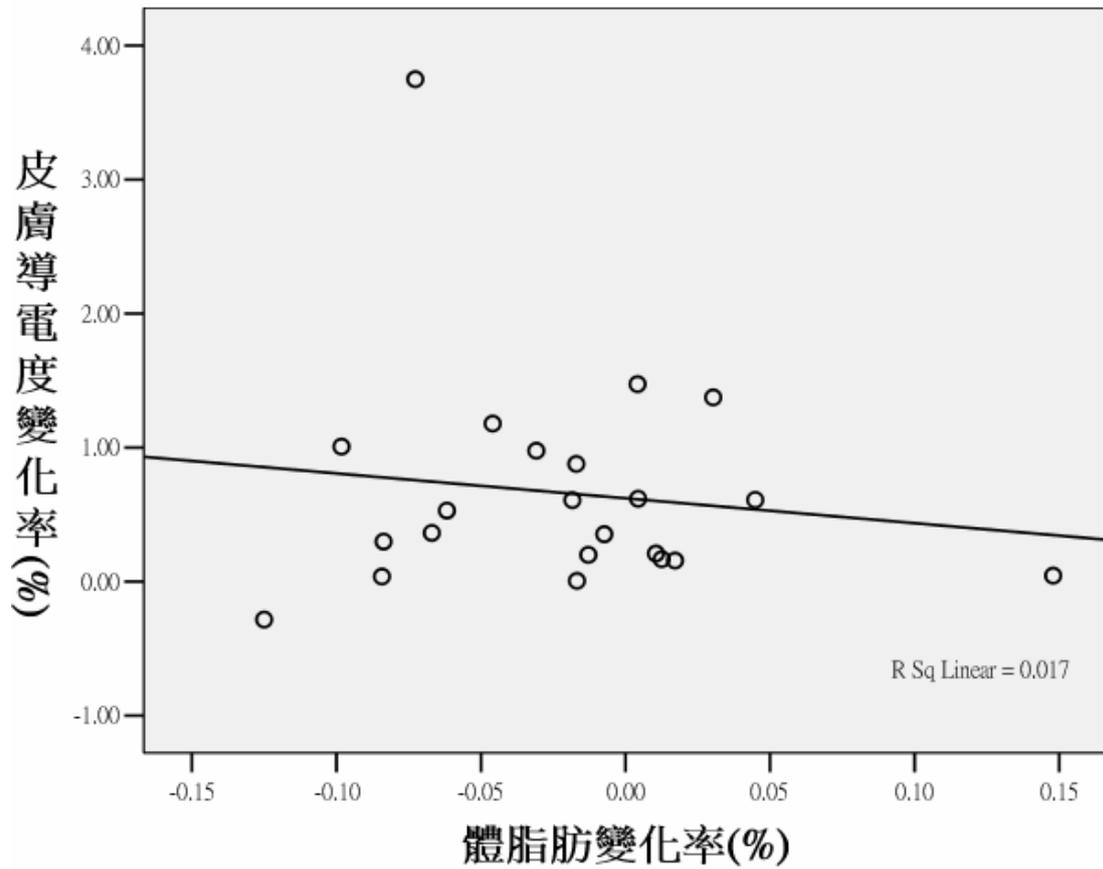
由表 4.5 發現，體脂肪之變化率與腰臀比的變化率在 Pearson 相關係數上有明顯相關，其 p 值為 0.006。其他各變項之變化率之 Pearson 相關係數並無統計學上之意義。

圖 4.7 平均導電度變化率與 BMI 變化率之線性相關圖



兩者間之 R^2 為 0.022，導電度之變化率與 BMI 變化率之間無明顯之線性相關。

圖 4.8 平均導電度變化率與體脂肪變化率之線性相關圖



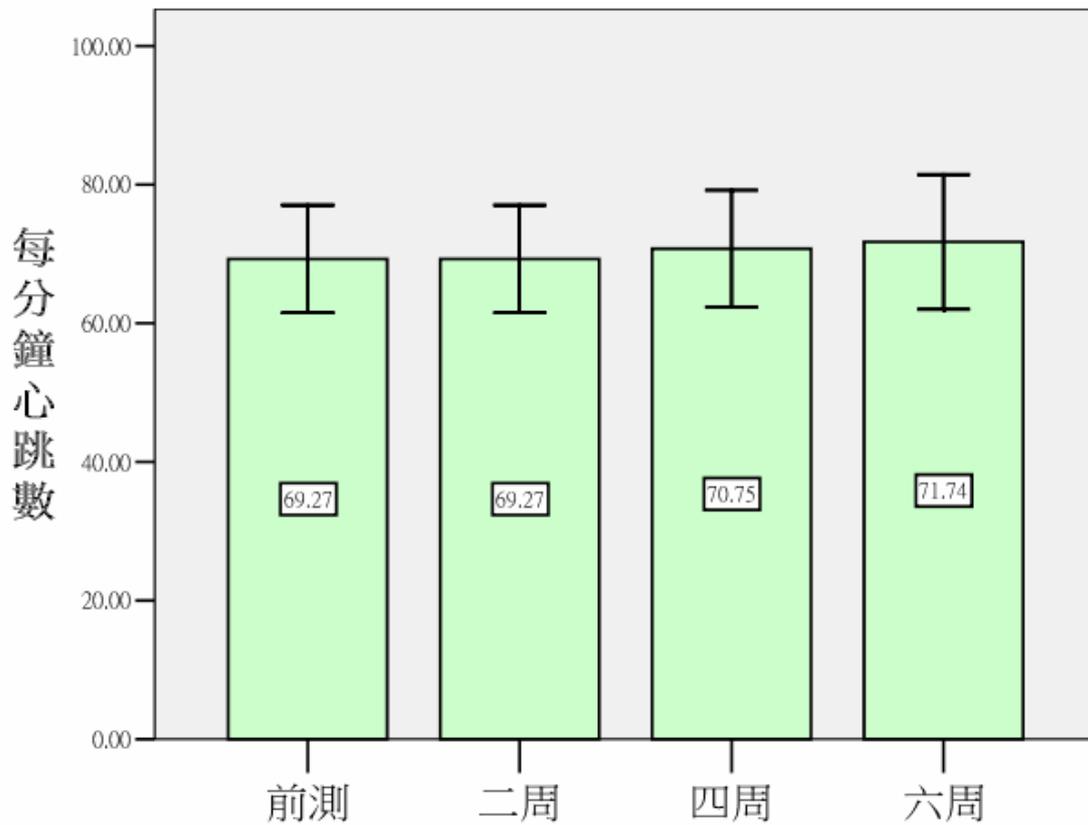
兩者間之 R^2 為 0.017，導電度之變化率與體脂肪變化率之間無明顯之線性相關。

平均導電度與心跳之相關分析

此次實驗同時利用心律變異率測定受試者之心跳，將實驗者平均導電度之周次變化與心跳周次之變化做分析，得到每分鐘心跳數的周次變化如圖 4.9 以及兩者之 Pearson 相關係數以及 p 值如表 4.6。



圖 4.9 實驗組每分鐘心跳數之周次變化圖



將各周次間做 pair sample t test 發現不論在前測-兩周、兩周-四周、四周-六周以及各周相對前測都無統計學上之差異，推論六周的步行訓練對於每分鐘心跳數並無影響。

表 4.6 平均導電度與每分鐘心跳數周次變化之 Pearson 相關係數以及其 p 值。表格上為 Pearson 相關係數，下為 p 值

		平均導電度			
		前測	二周	四周	六周
心跳數	前測	0.468	0.222	0.231	0.430
		0.037	0.347	0.327	0.059
心跳數	二周	0.478	-0.146	0.240	0.310
		0.028	0.527	0.295	0.172
心跳數	四周	0.561	0.356	0.464	0.607
		0.008	0.113	0.034	0.004
心跳數	六周	0.551	0.164	0.421	0.604
		0.010	0.477	0.057	0.004

各周次相對之相關係數及 p 值以方框標示。由表 4. 可以發現，除了兩周時的平均導電度與每分鐘心跳數呈現不具統計差異的負相關外，前測、四周與六周的平均導電度與每分鐘心跳數均呈現明顯之正相關。

導電度之分析

實驗組與對照組 24 點，實驗前後各測定點所得之數值如下 實驗組

測定點	前測	第一次測定	第二次測定	第三次測定
LH1	65.41±28.03	87.09±22.43**	78.19±30.50	91.12±24.76**
RH1	57.61±29.68	69.38±28.78	67.30±32.30	69.96±24.21*
LH2	59.71±26.97	76.67±26.07	78.71±32.36*	92.41±22.75**
RH2	50.01±22.72	56.89±26.63	67.15±31.87*	70.69±23.29**
LH3	60.39±27.14	73.04±24.59	76.58±34.02	89.43±27.37**
RH3	41.81±21.75	47.52±22.97	61.94±29.13*	64.71±27.81**
LH4	62.99±32.39	79.11±33.96	89.14±33.20**	89.26±26.67**
RH4	54.70±30.95	68.79±32.79	82.09±36.09**	87.30±24.80**
LH5	46.00±29.49	59.80±22.22	76.38±32.99**	87.92±33.88**
RH5	40.77±23.85	50.40±24.23	67.51±33.42**	82.36±30.99**
LH6	55.46±32.34	64.61±27.15	77.95±33.88*	84.30±27.39**
RH6	48.41±32.52	55.59±26.54	66.00±38.06	86.53±27.17**
LF1	66.54±30.13	79.36±19.05	69.00±20.12	73.79±24.37
RF1	58.19±25.74	58.49±20.23	51.90±20.19	55.54±20.19
LF2	56.75±28.16	78.01±30.99**	78.30±33.24**	88.31±26.08**
RF2	50.83±23.74	65.02±30.39	66.34±31.93	74.27±28.25**
LF3	53.93±28.34	75.78±34.98**	71.94±33.44*	85.36±31.03**
RF3	48.77±25.67	62.17±31.58	64.34±30.07**	82.61±29.30**
LF4	49.99±27.42	63.02±21.67	50.50±21.21	56.36±21.93
RF4	40.94±17.52	48.99±14.92	47.38±20.83	54.31±21.60*
LF5	37.36±24.34	48.17±23.65	44.59±26.60	51.54±22.71*
RF5	31.20±18.40	43.65±22.71	39.29±22.83	51.32±21.73**
LF6	49.80±27.10	62.52±27.31	64.36±30.20	70.56±26.33**
RF6	45.67±23.32	50.93±25.61	50.84±25.15	51.45±23.28

表 4.7 實驗組 24 個良導點導電度之變化，單位為 μA ，表示值為 Mean \pm SD;
*=p<0.05; **=p<0.001，表示與前測之比較。

符號說明：

R：右側

L：左側

H：上肢

F：下肢

1-6 分別代表不同之測定點。

對照組

測定點	前測	第一次測定	第二次測定	第三次測定
LH1	77.64±20.48	61.05±24.61*	73.28±17.98	69.17±20.28
RH1	62.41±19.78	48.80±18.67*	53.22±17.75	53.56±20.52
LH2	76.85±22.69	61.56±22.50*	72.10±18.39	61.96±20.67
RH2	57.32±20.33	47.41±20.92	53.68±17.74	55.22±21.10
LH3	70.39±24.52	56.70±24.12	68.40±22.50	62.14±22.48
RH3	48.95±21.97	43.06±20.93	52.20±16.49	50.00±18.55
LH4	81.47±22.29	67.80±25.81	80.66±24.97	73.77±23.99
RH4	71.56±21.63	57.34±28.44	62.57±25.72	59.92±23.60
LH5	62.64±27.56	50.52±21.19	66.26±20.17	57.36±21.21
RH5	59.60±27.96	44.52±20.23	60.41±24.52	55.74±21.35
LH6	67.10±24.07	52.19±24.73	60.88±20.30	61.20±20.93
RH6	51.77±24.38	52.50±20.74	57.76±20.60	57.60±22.62
LF1	67.25±19.74	56.52±24.75	59.74±20.63	64.10±18.12
RF1	50.74±16.69	43.98±18.35	48.99±17.21	45.92±19.72
LF2	58.22±25.22	49.42±24.56	57.47±25.96	53.76±20.25
RF2	47.32±24.37	38.56±21.68	51.29±26.14	45.53±14.64
LF3	57.14±28.47	37.83±24.20**	52.93±21.48	45.34±19.08
RF3	54.06±29.21	35.25±21.55*	52.84±23.84	40.78±18.05
LF4	45.44±19.63	39.74±18.49	40.86±15.68	41.40±17.49
RF4	43.19±19.51	31.86±16.10**	39.84±18.81	36.34±18.30
LF5	37.19±21.92	26.47±18.60*	35.82±21.73	36.48±20.72
RF5	30.82±18.20	20.65±12.15**	35.08±19.94	30.60±15.74
LF6	47.74±22.63	34.76±22.98*	45.04±18.63	45.50±14.84
RF6	34.59±18.12	27.87±18.31	39.26±17.40	33.88±16.35

表 4.8 對照組 24 個良導點導電度之變化，單位為 μA ，表示值為 Mean \pm SD;
*=p<0.05; **=p<0.001，表示與前測之比較。

在表 4.7 中，24 個良導點中除了 RF1 於六周實驗後測較前測導電度下降外，餘 23 點之導電度均較前測值為高。將六周實驗前後測之導電度增加整理如表 4.9。

表 4.9 實驗組 24 個良導點實驗前後測導電度變化整理，增加與減少為後測與前測之比較。

	上肢	下肢
增加， $p < 0.001$	LH1-6; RH2-6	LF2, RF2, LF3, RF3, RF5, LF6
增加， $p < 0.05$	RH1	RF4, LF5
增加，但無統計差異		LF1, LF4, RF6
減少		RF1

實驗組上肢十二點後測之導電度均較前測明顯增加，RH1 之 p 值為 0.045，其餘 11 點的 p 值均小於 0.001。下肢部分 RF1 導電度較前測值為小，但並無統計學上明顯之差異($p=0.595$)。有五點(LF2、RF2、LF3、RF3、RF5、以及 LF6)導電度較前測明顯增加($p < 0.001$)；兩點(RF4 以及 RF5)導電度較前測增加($p < 0.05$)。

對照組部份 24 個良導點前後測均無差異，但在實驗進行兩周後進行第一次測定發現在 LH1，RH1，LH2，RF3，LF5 以及 LH6 較前測導電度為低($p < 0.05$)，RF4 及 RF5 兩點導電度較前測明顯降低($p < 0.001$)。

若將 47 位受試者於實驗前分析其 24 點之導電度，將其分為上肢/下肢(各 12 點)，以及左側/右側(各 12 點)分析之，將各點加總除以點數得平均值並整理如圖 4.10 及表 4.10。

圖 4.10 47 名受試者上肢/下肢以及右側/左側平均導電度圖

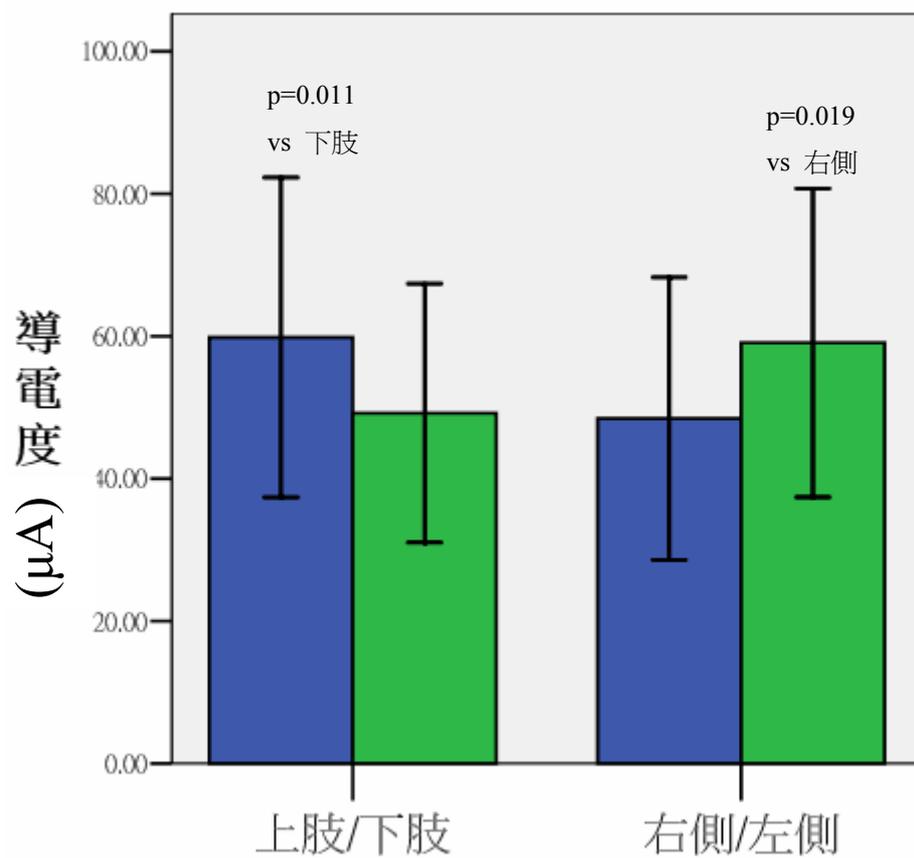


表 4.10 47 名受試者上肢/下肢以及右側/左側平均導電度

	上肢/下肢	右側/左側
導電度	59.84±22.46/48.44±19.82	49.20±18.18/59.08±21.67
p 值	0.011	0.019

由圖 4.10 及表 4.10 可以發現，將身上 24 個良導點分為上肢/下肢，與右側/左側來分析所得到的值並不對稱。上肢 12 點的平均導電度明顯大於下肢，其 p 值為 0.011；左側 12 點的平均導電度明顯大於右側，其 p 值為 0.019。將四肢分開做平均導電度之分析如圖 4.9 及表 4.11，發現四肢之平均導電度大小依序為左上肢>右上肢>左下肢>右下肢，其中右上肢與左下肢兩者無統計上之差異，左上肢則明顯大於右上肢與左下肢，後兩者又明顯大於右下肢。

圖 4.11 47 名受試者四肢平均導電度之比較

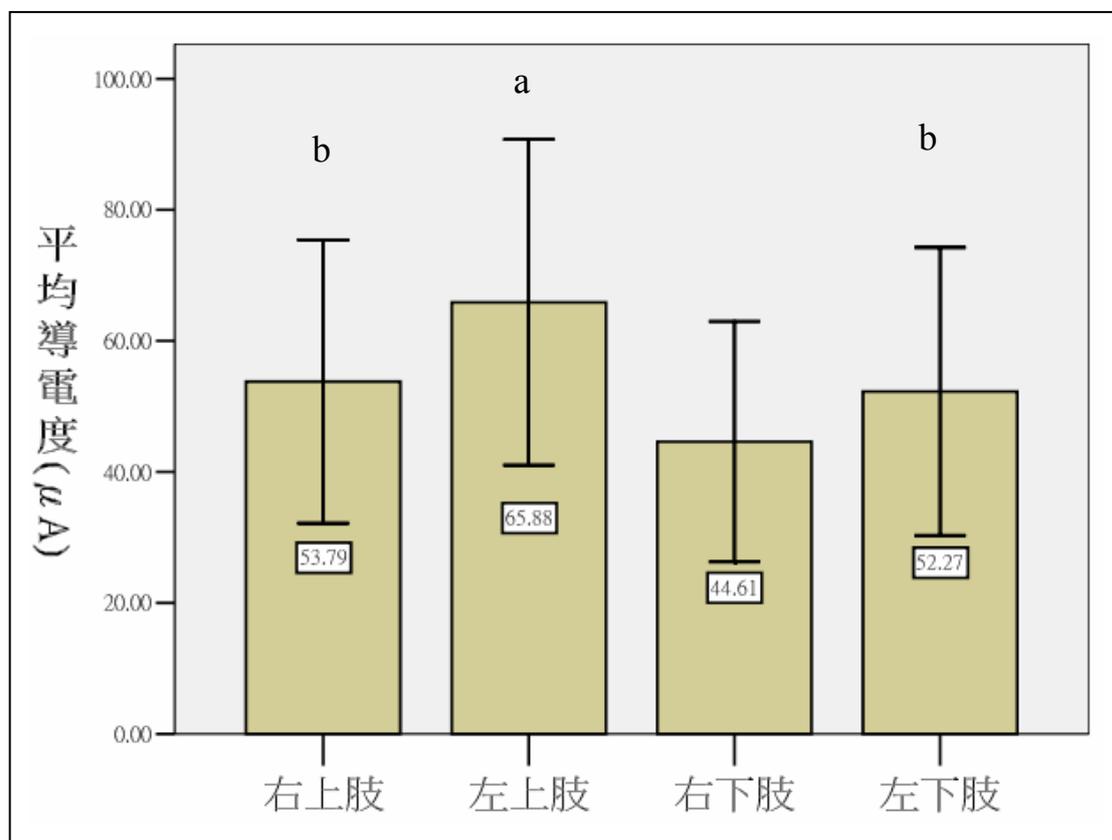
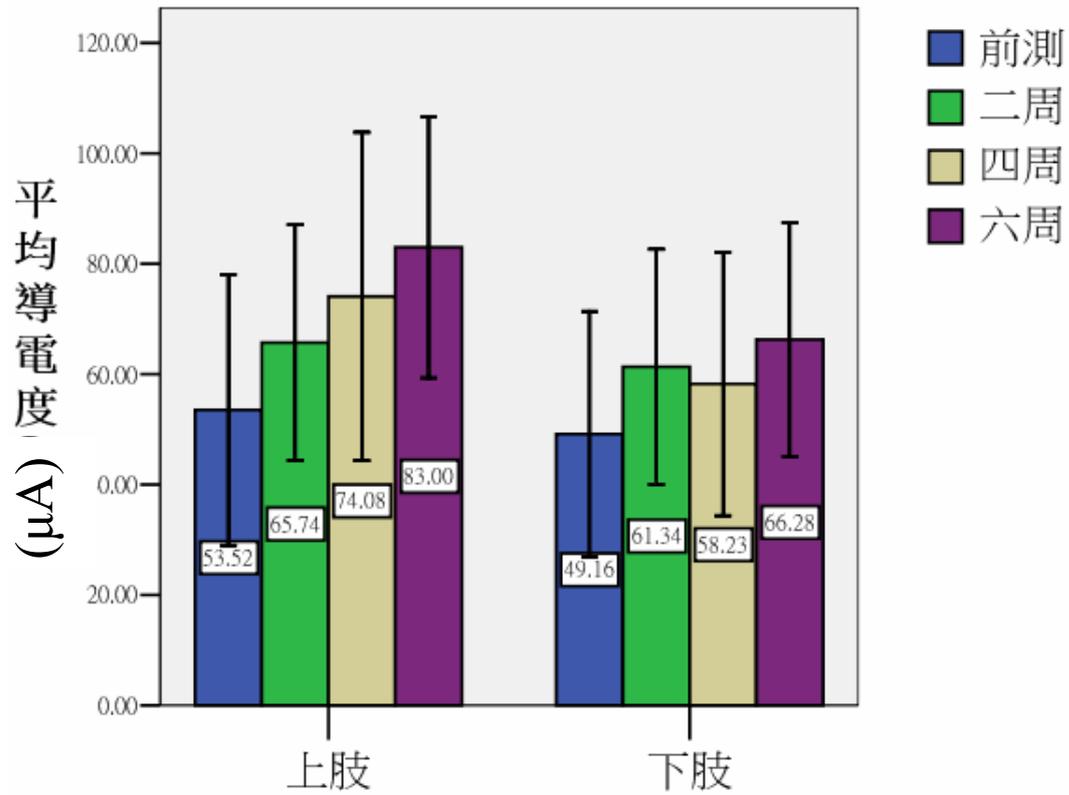


表 4.11 47 名受試者四肢平均導電度

	平均導電度
右上肢	53.79±21.62
左上肢	65.88±24.85
右下肢	44.61±18.35
左下肢	52.47±21.96

圖 4.12 實驗組上下肢平均導電度之周次變化



上下肢之變化率分別為 89%及 62%，兩者無統計學上之差異

($p=0.394$)。

表 4.12 實驗組上下肢平均導電度周次測定值及 p 值(p 值表上下肢同一周次之差異)

	上肢	下肢	p 值
前測	53.52±24.52	49.16±22.22	0.540
二周	65.74±21.35	61.34±21.32	0.498
四周	74.07±29.74	58.23±23.86	0.058
六周	83.00±23.65	66.28±21.17	0.018

單純以前後變化率比較，上下肢之變化率分別為 89%及 62%，兩者並無統計學上之差異(p=0.394)。但由表 4.11 發現，上肢部分隨著周次逐漸上升，下肢在第二和第四周卻有遲滯的現象，上下肢的差異隨著周次的增加而變大，在第六周呈現明顯之差異(p=0.018)。表 4.11 與表 4.9 比較，上下肢在前測之差異並不相同，原因在於實驗組與對照組上下肢的平均導電度有所差異所致。

圖 4.13 實驗組左右側平均導電度之周次變化

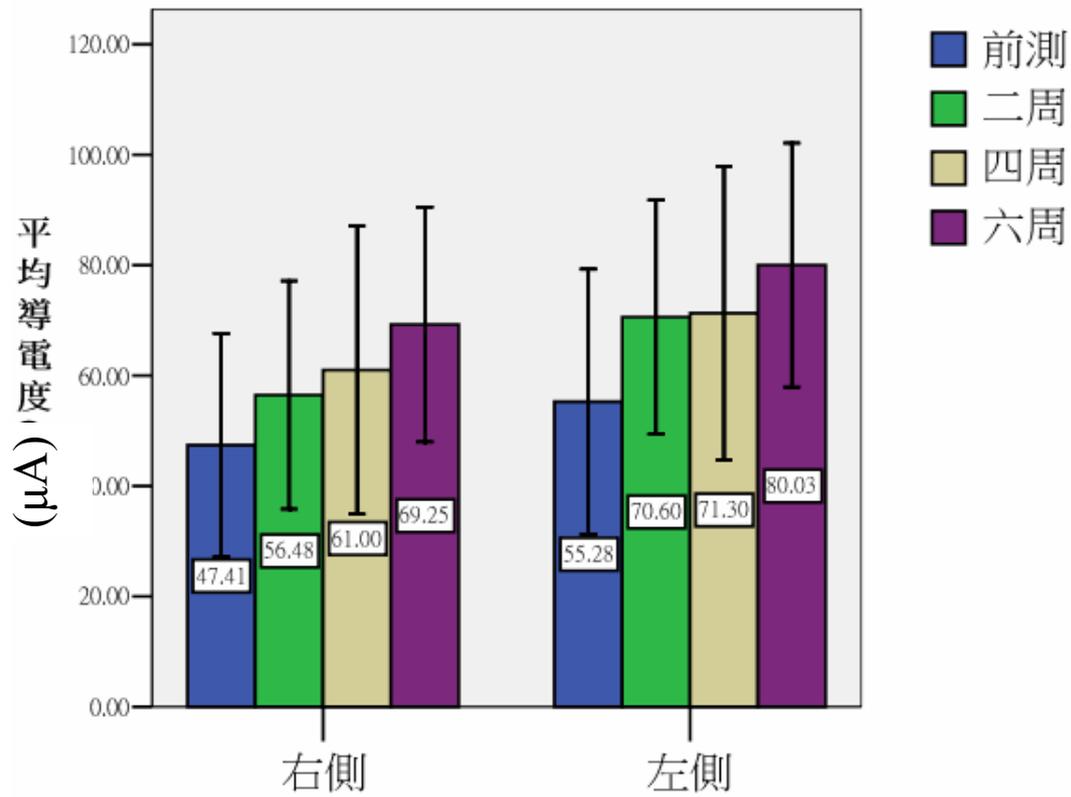


表 4.13 實驗組左右側平均導電度周次測定值及 p 值

	右側	左側	p 值
前測	47.41±20.26	55.28±24.02	0.247
二周	56.48±20.67	70.60±21.19	0.031
四周	61.00±26.09	71.30±26.65	0.202
六周	69.25±21.28	80.03±22.09	0.107

左右側變化率分別為70%及66%，兩者之變化率無統計學上之差異(p=0.881)。表4.11與表4.12比較，左右側的差異隨實驗的進行並無明顯的變化。對照上下肢的變化，步行訓練對上下肢造成的平均導電度變化的差異大於左右側之差異。

整體平均導電度周次變化之比較

將 24 點導電度加總除以 24 得到全體之平均導電度，並將實驗組與對照組各測定點做連續分析，見圖 4.12 及表 4.13。

圖 4.14 實驗組與對照組平均導電度之連續性變化圖(Mean±SE)

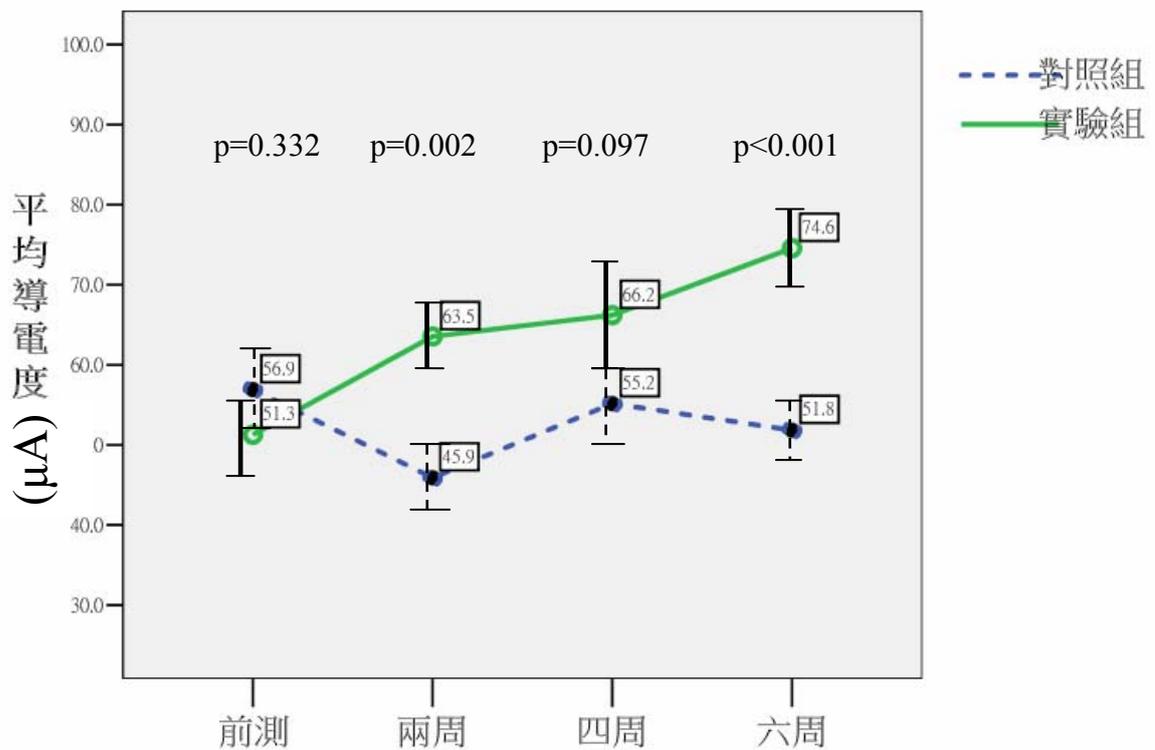


表 4.14 實驗組與對照組平均導電度之連續性變化值

	實驗組	對照組	p 值
前測	51.27±21.82	56.91±17.61	0.332
兩周	63.54±20.68	45.90±16.37	0.002
四周	66.20±26.12	55.16±16.48	0.097
六周	74.56±21.46	51.83±14.35	<0.001

將實驗組與對照組分開，兩組各點做 pair-samples t-test，結果見表 4.15 及表 4.16。

表 4.15 實驗組平均導電度之連續性變化值。p 值為與前測值之比較

	實驗組	p 值
前測	51.27±21.82	
兩周	63.54±20.68	0.039*
四周	66.20±26.12	0.007**
六周	74.56±21.46	<0.001**

表 4.16 實驗組平均導電度之連續性變化值。 p 值為與前測值之比較

	對照組	p 值
前測	56.91±17.61	
兩周	45.90±16.37	0.009*
四周	55.16±16.48	0.987
六周	51.83±14.35	0.605

實驗組隨著實驗的進行，平均導電度持續上升。由表 4.15 可以發現，經過二週的步行後，平均導電度已較前測明顯增加，第二周到第四周增加幅度較小，第四周與第六周則又有明顯差異。單以實驗組的連續性變化可以初步推論步行訓練會增加平均導電度。

對照組的平均導電度除了第二週外，整體平均導電度在狹幅範圍中變化，前後並無統計上之差異。第二週次較前測明顯降低，推論與部分學生的生活習慣改變有關。檢視第二週之數據，將離群值(outlier)作分析，並一一訪談離群值，發現離群值在測定前一日均有熬夜之行為(或許是期中測驗)，經過適當溝通，所有受試者在測定前一日維持原來之生活作息，之後第四周與第六周相較於前測值並無差異。對照表 4.7，第二周導電度在 LH1、RH1、LH2、RF3、LF5、LH6、RF4 及 RF5 等八點呈現減少。

將實驗組與對照組交叉比較，在第二周時由於有對照組離群值的影響，因此實驗組相對對照組導電度的增加無法支持是因為步行介入的影響。第四周兩組有差異，但尚未達統計上之差異($p=0.097$)。第六週實驗組的導電度明顯大於對照組($p<0.001$)。

由圖 4.12 及表 4.14 和 4.15 的發現可以合理推論，步行訓練的介入可以增加皮膚平均導電度。

實驗組追蹤

實驗組 22 位受試者於實驗結束後開始暑假，待下學期開學後，約距離最後一次測定約三個月時間，其中有 17 名學生接受追蹤。根據訪談，這 17 名學生在實驗結束後並沒有維持實驗期間的步行習慣。

將這 17 名學生在與實驗相同的測定條件下測定其各項參數，使用 paired-samples t-test 分析其前後是否有差異。

圖 4.15 實驗組 BMI 前後測及追蹤值之圖示

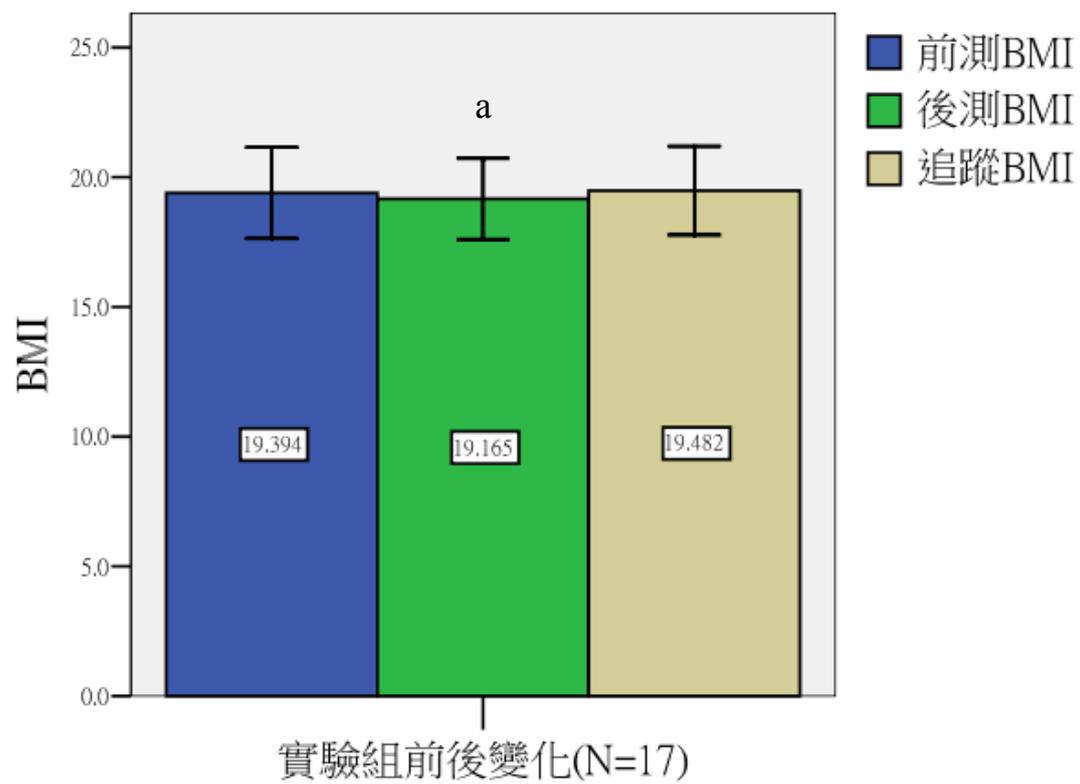


表 4.17 實驗組前後測及追蹤之 BMI 體脂肪 及腰臀比值

	前測	追蹤	p 值
BMI	19.39±1.76	19.48±1.71	0.520
體脂肪	22.58±3.71	22.83±3.36	0.452
腰臀比	0.760±0.065	0.773±0.055	0.563

實驗組之 BMI 經過六周步行後明顯降低，但追蹤之 BMI 則與前測無差異。體脂肪與腰臀比之前後測以及追蹤兩兩間則無差異。

17 名受試者在恢復其原先無規律運動習慣之生活後，其 BMI、體脂肪、以及腰臀比與前測值並無統計上之差異。

將這 17 名受試者之前測，實驗中三個測定點，以及追蹤之測定點做 repeated measure ANOVA，並繪圖如圖 4.16。

圖 4.16 實驗組平均導電度後測追蹤圖

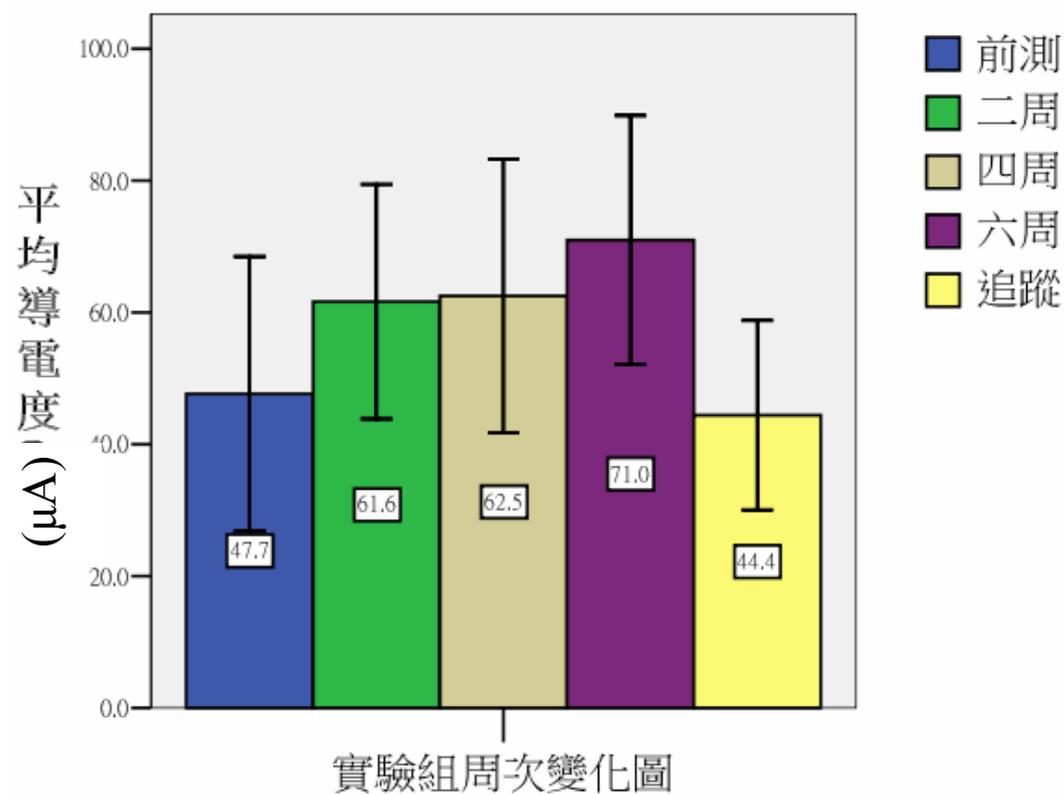


表 4.18 實驗組前後測及追蹤之平均導電度值 p 值為與前測值之比較

	平均導電度	p 值
前測	47.65±20.84	
二周	61.65±17.79	0.061
四周	62.51±20.71	0.028
六周	70.99±18.88	<0.001
追蹤	44.41±14.35	0.993

接受後測追蹤之受試者在回復原來無規律運動之生活習慣三個月後平均導電度與前測值無差異。

第五章 討論

此次研究中的實驗組經過每周三次，每次三十分鐘，中等強度的步行練習後，24 點平均導電度隨著週次的變化逐漸上升，與對照組的差異在六周後達到統計學上的差異。17 名受試者在實驗結束後三個月進行後測追蹤，平均導電度回到前測之水平。由這樣的表現，作者推論：年輕女性經過六周中等強度的步行訓練會增加皮膚平均導電度，但是這樣的變化會因為訓練的中止而消失。

47 名受試者的平均導電度分析發現，四肢的平均導電度並不對稱：上肢的平均導電度大於下肢；左側的平均導電度大於右側；四肢的導電度大小依序為左上肢>右上肢>左下肢>右下肢，這樣的結果與良導絡的報告相同(賴逢甲，2002)。會有這樣的結果可能性之一在於參考電極的位置。使用良導絡測定皮膚導電度時，參考電極置於左手掌，電流所通過的途徑並不相同，電阻也會不同，是否因此造成導電度的不對稱？因此此研究利用變化率的差異來驗證此假設，結果發現左右測的變化率並無差異，而上肢的變化率則遠大於下肢(89% vs 62%)，倘若四肢在導電度上是對稱性的表現，應該不會有如此大的變化率差異，因此電極的置放位置是否是造成導電度差異的因素，需要更進一步之研究。

Weng et al 認為在減肥的過程中，隨 BMI 的降低，身體的導電度會隨之增加，但 BMI 在此次實驗中與皮膚導電度的相關性亦不高，並且在實驗組的變化率上，皮膚導電度的增加率與 BMI 的降低也沒有明顯的相關，本研究發現皮膚導電度的增加與 BMI 的降低並無直接關係。

身體內脂肪的分布對皮膚導電度也有影響。一般而言，身體的脂肪含量高，導電度會降低(National Institutes of Health, 1994)。此次研究皮膚平均導電度與體脂肪的相關性並不高，可能因為此次研究的樣本數並不多，而且在受試者的篩選上對體脂肪的比例也做了一定的條件。實驗結果發現實驗組在皮膚導電度與體脂肪的變化率上並無明顯相關性，作者認為此次實驗皮膚導電度的增加與體脂肪的變化並無直接關係。

另一個影響導電度的因素是體內的水含量與電解質，最主要是鈉離子與鉀離子的濃度。這次的實驗並無測量這些項目，但此次測量體脂肪的儀器(OMRON HBF-357)主要是利用 BIA(bioelectrical impedance analysis)的技術，其估計體內脂肪比例的原理乃利用不同組織對電流阻抗不同來估計體脂肪的比例。此次研究發現體內脂肪的變化率並不大，而且與皮膚導電度的變化無相關，可以推論此次實驗中水分的變化並非影響皮膚導電度變化的原因。

而在電解質部分，因為受試者在受試前後均無臨床有高/低血鈉或是高/低血鉀的症狀，作者推論實驗前後的電解質濃度並無太大的差異，也非造成皮膚導電度變化的原因，但這樣的推論需要更進一步之研究。

有研究發現，懷孕周次增加伴隨著皮膚導電水平的增加，表示自律神經在懷孕的過程中，交感神經有增強的趨勢，以及在交感-副交感平衡(sympathovagal balance)傾向交感神經主導(Caulfield et al., 2009)。由於懷孕後體脂肪比例會逐漸上升，如果體脂肪是決定皮膚電導的主要因素，電導值應該要下降才對，顯見體脂肪只是決定皮膚電導眾多因素中的一項。此次研究發現六週的步行訓練會導致皮膚導電度的增加，而且與 BMI 或是體脂肪的變化無明顯關聯。

經過排除體脂肪變化等因素的影響，可以歸納出本實驗造成皮膚導電度提高的原因，應與持續步行訓練造成交感神經 sudomotor nerve 支配汗腺活性的提高有密不可分的關係。

此實驗利用 Ryodoraku neurometer (MEAD 6)作為主要的測量工具，在測量皮膚導電度的使用上與心理生理學測量皮膚導電度的儀器及使用方法上均有相當的差異。茲列出其不同點如表 5.1。

表 5.1 良導絡儀器與一般皮膚導電度測定儀器之不同

	Ryodoraku neurometer	一般皮膚導電測定儀器
參考電極位置	左手掌	手
測定點	手腕及足踝上良導點	手
使用電壓	12V	0.5V
測量單位	μA	μS
電極使用材料	不銹鋼	Ag-AgCl

皮膚導電度的測量受空間的溫溼度影響頗大，每日不同時刻在同一人所測到的數據也不相同。由此實驗 47 名受試者所收集到的數據也發現，在同樣年齡層的女性皮膚平均導電度也有相當大的差距。此實驗在空間的溫溼度上做了必要的控制，在測量的時間上採取同一受試者在同一時段作測定，實驗統計上利用個人前後的變化取代樣本整體的前後平均值來探討步行對於個體的影響。

利用 Ryodoraku neurometer 測定 24 點的平均導電度，據以探討步行與皮膚導電度變化的好處之一，在於利用 24 點的測定可以降低單一測定點實驗誤差所造成的影響；另一個考慮的因素是 24 個良導

點均位於手腕與足踝處，並非汗腺密集處，可以消除多汗症的受試者因為手掌與腳掌過多的汗腺分泌所可能造成的實驗誤差。

英文期刊中利用四肢的導電度來探討生理變化的文獻並不多。Yu 等(1998)利用德國學者傅爾的方法測量四肢的皮膚導電度與中國經絡學說中氣(qi)的關聯性，在文章中提到正常健康狀況良好的個體相較於自覺虛弱且經醫師評估身體狀況不佳的個體有較佳的皮膚導電度，Yu 等認為皮膚導電度對於評估氣虛症狀(syndrome of qi vacuity)與否是一個簡單、可信賴且可以定量的方法；Schmidt 等(2001)利用良導絡儀器測量接受傳統腹腔鏡膽囊切除術與針式腹腔鏡膽囊切除術(needlescopic cholecystectomy) 的病的皮膚導電度，認為良導絡在做為評估交感神經活性上是有用而不具侵犯性的技術；Sancier(2003)利用良導絡測量兩天的氣功營過程中學員的皮膚導電度變化，發現經過氣功練習，皮膚導電度值的標準差變小，作者推論這樣的變化代表較好的氣能量平衡，認為利用良導絡來測量皮膚導電度可以評估西方醫學中手術以及藥物的成效，並用以做為東西方醫學治療成效的比較基準；Weng 等(2004)利用良導絡測量肥胖病人在減肥過程中皮膚導電度的變化，認為經絡的導電度可以應用來當作監測體重的參數，特別是在肥胖的個體上。作者搜尋南華大學的西文資料

庫，屏東基督教醫院的醫學資料庫並未發現利用利用皮膚導電度做為評估中等強度運動的生理變化的英文文獻。

運動生理學多以心律變異做為評估運動後自律神經變化的工具，Yamamoto 等(2001)探討耐力運動後心律變異的變化，發現訓練七天後心跳開始下降，但這篇文獻的實驗組只有七個人，而且對象為主修體育的學生；一項針對年輕女性所設計的步行研究中發現經過四周中等強度的步行，休息時的心跳有顯著性的降低(Sakuragi & Sugiyama, 2006)，研究實驗組樣本數為八人；多數文獻認為，經過六周至三個月中等強度的運動訓練有利於增加心律變異與心跳速率的降低(Amano et al.; Hukkonen-Harjula et al.; Iellamo et al.; Jurca et al.; Levy et al.; Radin et al.)。本論文研究的 22 名受試者在經過六周的步行訓練後，並沒有觀察到每分鐘心跳數下降的現象，可能是因為受試者平時並無運動習慣，或是設計的步行劑量不足與訓練期間過短，尚不足以改變自律神經系統對於心血管的作用，但在皮膚導電度上卻有明顯的增加。是否代表交感神經的興奮受到其他因素的拮抗或調控，導致未能在心律變異顯示出來？如果持續鍛鍊，是否會因為此一拮抗作用的強化，達到心跳速率下降的結果？由於其他研究論文都沒有同時監測皮膚導電度的變化，暫時無從得知。

但是此一研究已經顯示，在評估運動體能變化上，皮膚導電度或許可以做為比心律變異更靈敏的生理指標。

第六章 研究限制

本研究主要探討皮膚導電度經過六周的中等強度運動(此研究以運動自覺強度介於 12 至 13 的步行代表中等強度)後的改變，希望探討運動與交感神經的關係，應該要同時測量心律變異，比較皮膚導電度的變化與心律變異之間的異同，以提供更多自律神經變化的客觀測量證據。

此研究在樣本的篩選上並無法做到隨機分組，而是以受試者主觀的選擇為主，在實驗設計上還需要再加強。另外，實驗組與對照組的實驗時間並非完全一致，是否季節變換也可能影響皮膚導電度也是值得探討的因素。

實驗組在實驗結束後三個月接受後測，皮膚導電度回到前測的水平，加上其他的實驗數據，可以推論停止規律運動可能是導致皮膚導電度回復的主因，但是否在停止運動後一周，或是兩周，甚至更短的時間皮膚導電度就已經回到之前的水平值得更進一步之研究。

女性受試者還有月經周期之變化，是否會對實驗數據造成影響需要進一步之探討。

第七章 結論與建議

針對中等強度的步行訓練對於年輕女大學生皮膚導電度影響的研究，作者初步歸納出幾點結論：

1. 年輕女性大學生經過六周中等強度的步行訓練，藉由可以明顯的增加其皮膚導電度，若停止規律步行一段時間後，皮膚導電度會回到之前的水平。

2. 身體的皮膚導電度在四肢上並非對稱性的表現，經過步行訓練後皮膚導電度的增加在上下肢的變化上也有明顯的差異，不論在前測的皮膚導電度或是經過步行訓練後皮膚導電度的增加都是上肢大於下肢。

3. 皮膚導電度與生活條件的變化有關，在實驗上必須要能夠規範受試者的生活習慣，以避免皮膚導電度的劇烈變化而影響結果的判斷。

4. 利用測量 24 點皮膚導電度加以平均的方法以追蹤步行訓練後皮膚導電度的變化是可行的，也提供了可能評估體能變化的一個新指標。

5. 24 點平均皮膚導電的個人差異相當大，作者認為個體間的比較並不客觀，在評估運動與皮膚導電度的變化時最好能夠利用個人前後間的差異做為比較的基準。

基於以上的結論，作者認為今後若要從事皮膚導電度與運動之間的相關性之研究時，提出以下之建議：

1. 測量時的空間與時間必須要能夠標準化，以做為前後比較之基準。

2. 對於不同年齡或是性別，或是在有運動習慣的個體上，運動介入後皮膚導電度的變化並不一定會遵循此實驗類似的曲線變化，甚至不同的強度介入也會在皮膚導電度上產生不等程度的影響，這些都是今後在研究運動與皮膚導電度變化上應該要考慮的。

參考文獻

- 賴逢甲(2001)。良導絡理論的研究。南投縣。日新文化。
- Feiel, J. (2007)。鐵人三項訓練聖經(劉宏一、吳家慶)。台北禾宏。(原著出版於 2004)
- Adamson, P. B., Smith, A. L., Abraham, W. T., Kleckner, K. J., Stadler, R.W., Shih, A., Rhodes, M. M. (2004). Continuous autonomic assessment in patients with symptomatic heart failure prognostic value of heart rate variability measured by an implanted cardiac resynchronization device. *Circulation*, 110:2389-2394.
- Ahn, A. C., Colbert, A. P., Anderson, B. J., Martinsen, O. G., Hammerschlag, R., Cina, S., Wayne, P. M., Langev, H. M. (2008). Electrical properties of acupuncture points and meridians: a systematic review. *Bioelectromagnetics*, 29:245-256.
- Amano, M., Kanda, T., Ue, H., Moritani, T. (2001). Exercise training and autonomic nervous system activity in obese individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(8):1287-1291.
- Anand, P., Kunnumakara, A. B., Sundaram, C., Harikumar, K. B., Tharakan, S. T., Lai, O. S., Sun, B., Aggarwal, B. B. (2008). Cancer is a preventable disease that requires major lifestyle changes. *Pharmaceutical Research*, 25(9):2097-2116.
- Bassett, D. R., JR., Mahar, M. T., Rowe, D. A., Morrow, J. R., JR. (2008). Walking and measurement. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7S): S529-S536.
- Bauer, A., Kantelhardt, J. W., Barthel, P., Schneider, R., Mäkikallio, T., Ulm, K., Hnatkova, K., Schömig, A., Huikuri, H., Bunde, A., Malik, M., Schmidt, G. (2006). Deceleration capacity of heart rate as a predictor of mortality after myocardial infarction: cohort study. *Lancet*, 367: 1674-1681.

Blain, B., Mihailidis, A., Chau, T. (2007). Assessing the potential of electrodermal activity as an alternative access pathway. *Medical Engineering & Physics*, 30 (2008) :498–505.

Borresen, J., Lambert, M. I.(2008). Autonomic control of heart rate during and after *exercise*. *Sports Medicine*, 36 (8) 633-616.

Brenner, I. K. M., Thomas, S., Shephard, R. J. (1998). Autonomic regulation of the circulation during exercise and heat exposure. *Sports Medicine*,. 26(2):85-99.

Carter, J. B., Banister, E.W., Blaber, A. P. (2003). Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Medicine*, 33 (1): 33-46.

Caspersen, C. J., Fulton, J. E. (2008). Epidemiology of walking and type 2 Diabetes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7S): S519-S528.

Caulfield, L. E., Zaveleta, N., Chen, P., Merialdi, M., DiPietro, J. A. (2009). Nutritional influences on maternal autonomic function during pregnancy. *Applied Physiology of Nutrition and Metabolism*, 34:107-114.

Critchley, H. D. (2002). Electrodermal responses: what happens in the brain. *Neuroscientist*, 8(2):132-142.

Curtis, B. M., O’Keefe JR, J. (2002) Autonomic tone as a cardiovascular risk factor:the dangers of chronic fight or flight. *Mayo Clinic Process*, 77:45-54.

Danforth, E. JR., Jensen, M. D., Kopelman, P. G., Lefebvre, P., Reeder, B. A. (2001). Dose-response issues concerning physical activity and health: an evidence-based symposium. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(6): S351-S358.

Dawson, M. E., Schell, A. M., Fillion, D. (2007). The electrodermal system. J. Cacioppo (Ed.), *Handbook of Psychophysiology* (chap. 7, pp. 159-181). New York: Cambridge University Press.

Dela, F., von Linstow, M. E., Mikines, K. J., Galbo, H. (2004). Physical training may enhance beta-cell function in type 2 diabetes. *American Journal of Physiology Endocrinology & Metabolism*, 287: E1024–E1031.

Department of Health. London. (2004) At least five a week: evidence on the impact of physical activity and its relationship to health.

Dishman, R. K., Renner, K. J., Youngstedt, S. D., Reigle, T. G., Bunnell, B. N., Burke, K. A., Yoo, H. S., Mougey, E. H., Meyerhoff, J. L. (1997). Activity wheel running reduces escape latency and alters brain monoamine levels after footshock. *Brain Research Bulletin*, 42(5):399-406.

Dishman, R. K., Berthoud, H., Booth, F. W., Cotman, C. W., Edgerton, V. R., Fleshner, M. R., Gandevia, S. C., Gomez-Pinilla, F., Greenwood, B. N., Hillman, C. H., Kramer, A. F., Levin, B. E., Moran, T. H., Russo-Neustadt, A. A., Salamone, J. D., Van Hoomissen, J. D., Wade, C. E., York, D. A., Zigmond, M. J. (2006). *Neurobiology of Exercise Obesity*, 14 (3):345-356.

Duncan, G. E., Anton, S. D., Sydeaman, S. J., Newton, R. L., Corsica, J. A., Durning, P. E., Ketterson, T. U., Martin, A. D., Limacher, M. C., Perri, M. G. (2005). Prescribing exercise at varied levels of intensity and frequency. *Arch Internal Medicine*, 165:2362-2369.

Esen, F., Celebi, G., Ertekin, C., Colakoglu, Z. (1997) Electrodermal activity in patients with Parkinson's disease. *Clinical Autonomic Research*, 7:35-40.

Estañol, B., Corona, M. V., Elías, Y., Téllez-Zenteno, J. F., Infante, O., García-Ramos, G. (2004). Sympathetic co-activation of skin blood vessels and sweat glands. *Clinical Autonomic Research*, 14 : 107–112.

Folkow, B. (2000). Perspectives on the integrative functions of the 'sympatho-adrenomedullary system'. *Autonomic Neuroscience: Basic and Clinical*, 83 :101–115.

Freedman, L. W., Scerbo, A. S., Dawson, M. E., Raine, A., McClure, W., Venables, P. H. (1994). The relationship of sweat gland count to electrodermal activity. *Psychophysiology*, 31:196-200.

Grassi, G., Seravalle, G., Calhoun, D., Bolla, G., Giannattasio, C., Marabini, M., Bo, A. D., Mancia, G. (1994). Mechanisms responsible for sympathetic activation by cigarette smoking in humans. *Circulation*, 90:248-253.

Gregg , E. W., Cauley, J. A., Stone, J. A., Thompson, T. J., Bauer, D. C., Cummings, S. R., Ensrud, K. E. (2003). Relationship of changes in physical activity and mortality among older women. *JAMA*, 289:2379-2386.

Hakim, A. A., Petrovitch, H., Burchfiel, C. M., Websterrross, G., Rodriguez, B. L., White, L. R., Yano, K., Curb, J. D., Abbott, R. D. (1998). Effects of walking on mortality among nonsmoking retired men. *New England Journal of Medicine*, 338(2):94-99.

Hamer, M., Chida,Y. (2008). Walking and primary prevention: a meta-analysis of prospective cohort studies. *British Journal of Sports Medicine*, 42:238-243.

Hardman, A. E., Hudson, A. (1994) Brisk walking and serum lipid and lipoprote in variables in previously sedentary women - effect of 12 weeks of regular brisk walking followed by 12 weeks of detraining. *British Journal of Sports Medicine*, 28(4):261-266.

Haskell, W. L., Lee, I-Min., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., Macera, C. A., Heath, G. W., Thompson, P. D., Bauman, A. (2007). Physical activity and public health updated recommendation for adults from the American college of sports medicine and the American heart association. *Circulation*, 116:1081-1093.

Hautala, A. J., Makikallio, T. M., Kiviniemi, A., Laukkanen, R. J., Seppo Nissila, S., Huikuri, H.V., Tulppo, M. P. (2003). Cardiovascular autonomic function correlates with the response to aerobic training in healthy sedentary subjects. *American Journal of Physiology : Heart & Circulation*, 285:1747-1752.

Hautala, A., Kiviniemi, A. M., Tulppo, M. P. (2009). Individual responses to aerobic exercise: The role of the autonomic nervous system. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 33 :107–115.

Hayashi, T., Tsumura, K., Suematsu, C., Okada, K., Fujii, S., Endo, G. (1999). Walking to work and the risk for hypertension in men. *Annals of Internal Medicine*, 131: 21-26.

Hofmann, S. G., Moscovitch, D. A., Litz, B. T., Kim, H., Davis, L. L. (2005). The worried mind: autonomic and prefrontal activation during worrying. *Emotion*, 5(4):464-475.

Howard D., Sesso, H. D., Paffenbarger Jr, R. S., Lee, I. (2000). Physical activity and coronary heart disease in men: the harvard alumni health study. *Circulation*, 102:975-980.

Hu, F. B., Sigal, R. J., Rich-Edwards, J. W., Colditz, G. A., Solomon, C. G., Willett, W. C., Speizer, F. E., Manson, J. E. (1999). Walking compared with vigorous physical activity and risk of type 2 diabetes in women. *JAMA*, 282(15): 1433-1439.

Hu, F. B., Leitzmann, M. F., Stampfer, M. J., Colditz, G. A., Willett, W. C., Rimm, E. B. (2001). Physical activity and television watching in relation to risk for type 2 diabetes mellitus in men. *Archieve Internal Medicine*, 161:1542-1548.

Hunter, G. R., Weinsier, R. L., Darnell, B. E., Zuckerman, P. A., Goran, M. (2000). Racial differences in energy expenditure and aerobic fitness in premenopausal women. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71:500–506.

Iellamo, F., Legramante, J. M., Massaro, M., Raimondi, G., Galante, A., (2000). Effects of a residential exercise training on baroreflex sensitivity and heart rate variability in patients with coronary artery disease: a randomized, controlled study. *Circulation*, 102: 2588-2592.

Izdebska, E., Cybulska, I., Izdebski, J., Makowiecka-cie, L. M., Trzebski, A. (2004). Effects of moderate physical training on blood pressure variability and hemodynamic pattern in mildly hypertensive subjects. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 55(4): 713-724.

Janig, W., Habler, H. (2003). Neurophysiological analysis of target-related sympathetic pathways – from animal to human: similarities and differences. *Acta Physiology of Scandinavia*, 177: 255–274.

Jeon, C. Y., Lokken, R. P., Hu, F. B. Van Dam, R. M. (2007). Physical activity of moderate intensity and risk of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 30:744–752.

Johnson, S. T., Boule, N. G., Bell, G. J., Bell, R. C. (2008). Walking: a matter of quantity and quality physical activity for type II diabetes management. *Applied Physiology of Nutrition & Metabolism*. 33:797-801.

Jurca, R., Church, T. S., Morss, G. M., Jordan, A. N., Earnest, C. P. (2004). Eight weeks of moderate-intensity exercise training increases heart rate variability in sedentary postmenopausal women. *American Heart Journal*, 147(5):828 e1-e15.

Kemi, O. J., Harama, P. M., Loennechenb, J. P., Osnes, J-B., Skomedal, T., Wisløff, U., Ellingsen, Ø. (2005). Moderate vs. high exercise intensity: Differential effects on aerobic fitness, cardiomyocyte contractility, and endothelial function. *Cardiovascular Research*, 67:161–172.

Kohl III, H. W. (2001). Physical activity and cardiovascular disease: evidence for a dose response. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6): S472-S483.

Kramer, A. F., Erickson, K. I., Colcombe, S. J. (2006). Exercise, cognition, and the aging brain. *Journal of Applied Physiology*, 101: 1237–1242.

Kukkonen-Harjula, K., Laukkanen, R., Vuori, I., Oja, P., Pasanen, M., Nenonen, A., Uusi-Rasi, K. (1998). Effects of walking training on health-related fitness in healthy middle-aged adults- a randomized controlled study. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8: 236-242.

Lee, C. D., Folsom, A. R., Blair, S. N. (2003). Physical activity and stroke risk: a meta-analysis. *Stroke*, 34:2475-2481.

Lee, I., Buchner, D. M. (2008). The importance of walking to public health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 40(7S):S512-S518.

Lee, I-Min., Paffenbarger, Jr., R. S. (2000). Associations of light, moderate, and vigorous intensity physical activity with longevity. *American Journal of Epidemiology*, 151(3):293-299.

Lee, I-Min., Skerrett, P. J. (2001). Physical activity and all-cause mortality: what is the dose-response relation? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6):459-471.

Levy, W. C., Cerqueira, M. D., Harp, G. D., Johannessen, K. A., Abrass, I. B., Schwartz, R. S., Stratton, J. R. (1998). Effect of endurance exercise training on heart rate variability at rest in healthy young and older men. *American Journal of Cardiology*, 82:1236-1241.

Lidberg, L., Wallin, B. G. (1981). Sympathetic nerve discharge in relation to amplitude of skin resistance response. *Psychophysiology*, 18(3):68-70.

Macefield, V. G., Wallin, B. G.(1996). The discharge behaviour of single sympathetic neurones supplying human sweat glands. *Journal of the Autonomic Nervous System*, 61:277–286.

Macko, R. F., Ivey, F. M., Forrester, L. W., Hanley, D., Sorkin, J. D., Katznel, L. I., Silver, K. H., Goldberg, A. P. (2005). Cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: a randomized, treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and controlled trial. *Stroke*, 36:2206-2211.

Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., Cerutti, S. (1991) Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84:482-492.

Malfatto, G., Facchini, M., Bragato, R., Branzi, G., Sala, L., Leonetti, G. (1996). Short and long term effects of exercise training on the tonic autonomic modulation of heart rate variability after myocardial infarction. *European Heart Journal*, 17: 532-538.

Manson, J. E., Greenland, P., LaCroix, A. Z., Stefanick, M. L., Mouton, C. P., Oberman, A., Perri, M. G., Sheps, D. S., Pettinger, M. B., Siscovick, D. S. (2002). Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *New England Journal of Medicine*, 347(10): 716-25.

Marmot, M. (Comp.) (2007). Food, nutrition, physical activity, and the prevention of cancer: a global perspective. RR Donnelley, CO., US.

McCorry, L. K. (2007). Physiology of the autonomic nervous system. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 71(4):1-11.

Metra, M., Nodari, S., D'Aloia, A., Bontempi, L., Boldi, E., Cas, L.D. (2000). A rationale for the use of beta-blockers as standard treatment for heart failure. *American Heart Journal*, 139(3):511-521.

Murphy, M. H., Nevill, A. M., Murtagh, E. M., Holder, R. L. (2007). The effect of walking on fitness, fatness and resting blood pressure: A meta-analysis of randomised, controlled trials. *Preventive Medicine*, 44 : 377–385.

Murtagh, E. M., Boreham, C. A. G., Murphy, M. H. (2002). Speed and exercise intensity of recreational walkers. *Preventive Medicine*, 35: 397–400.

National Institute of Health. (1996). Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. *Nutrition*, 12:749-759.

Ogoh, S., Fisher, J. P., Dawson, E. A., White, M. J., Secher, N. H., Raven, P. B. (2005). Autonomic nervous system influence on arterial baroreflex control of heart rate during exercise in humans. *Journal of Physiology*, 566(2):599-611.

Ozisik, H. I., Kamisli, O., Karlidag, R., Kizkin, S., Ozca, C. (2005). Sympathetic skin response in premenstrual syndrome. *Clinical Autonomic Research*, 15 : 233–237.

Ottawa. (2009). Lifestyle behaviours and health. Retrived March 20, 2000 from http://www.ottawa.ca/residents/health/publications/hsr/lifestyles_en.htm

Pagani, M., Montano, N., Porta, A., Malliani, A., Abboun, F. M., Birkett, C., Somers, V. K. (1997). Relationship between spectral components of cardiovascular variability and direct measures of muscle sympathetic nerve activity in human. *Circulation*, 95:1441-1448.

Pate, R. R., Pratt, M., Blair, S. N., Haskell, W. L., Macera, C. A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G. W., King, A. C., Kriska, A., Leon, A. S., Marcus. B. H., Morris, J., Paffenbarger, R. S., Patrick, K., Pollock, M. L., Rippe, J. M., Sallis, J., Wilmore, J. H. (1995). Physical activity and public health: a recommendation from the centers for disease control and prevention and the American college of sports medicine. *JAMA*, 273:402-407.

Perini, P., Fisher, N., Veicsteinas, A., Pendergas, D. R. (2002). Aerobic training and cardiovascular responses at rest and during exercise in older men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(4):700-708.

Potts, J. T., Mitchell, J. H. (1998). Rapid resetting of carotid baroreceptor reflex by afferent input from skeletal muscle receptors. *American Journal of Physiology Heart & Circulation*, 275:2000-2008.

Ray, C. A, Wilson, T. E. (2004) Comparison of skin sympathetic nerve responses to isometric arm and leg exercise. *Journal of Applied Physiology*, 97: 160–164.

Reeves, M. J., Rafferty, A. P. (2005). Healthy lifestyle characteristics among adults in the United States, 2000. *Archieve Internal Medicine*, 165:854-857.

Rennie, K. L., Hemingway, H., Kumari, M., Brunner, E., Malik, M., Marmot, M. (2003). Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. *American Journal of Epidemiology*, 158(2):135-143.

Richardson, C. R., Newton, T. L., Abraham, J. J., Sen, A., Jimbo, M., Swartz, A. M. (2008). A meta-analysis of pedometer-based walking interventions and weight loss. *Annals of Family Medicine*, 6(1):69-77.

Ross, R., Dagnone, D., Jones, P. J. H., Smith, H., Paddags, A., Hudson, R., Janssen, I. (2000). Reduction in obesity and related comorbid conditions after diet-induced weight loss or exercise-induced weight loss in men. *Annals of Internal Medicine*, 133:92-103.

Rovere, M. T. L., Mortara, A., Sandnme, G., Lombardi, F. (1992). Autonomic nervous system adaptations to short-term exercise training. *Chest*, 101(5):299S-303S.

Sakuragi, S., Sugiyama, Y. (2006). Effects of daily walking on subjective symptoms, mood and autonomic nervous function. *Journal of Physiologic Anthropology*, 25: 281–289.

Sancier, K. M. (2003). Electrodermal measurements for monitoring the effects of a qigong workshop. *Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 9(2): 235–241.

Schestatsky, P., Valls-Sole, J., J Costa, J., Leon, L., Veciana, M., Chaves., M. L. (2007). Skin autonomic reactivity to thermoalgesic stimuli. *Clinical Autonomic Research*, 17:349-355.

Schmidt, J., Sparenberg, C., Fraunhofer, S., Zirngibl, H. (2002). Sympathetic nervous system activity during laparoscopic and needlescopic cholecystectomy. *Surgical Endoscopy*, 16:476-480.

Sequeria, H., Hot, P., Silvert, L., Delplanque, S. (2008). Electrical autonomic correlates of emotion. *Internal Journal of Psychophysiology*, doi: 10.1016/j.ijpsycho.2008.07.009.

Sesso, H. D., Paffenbarger, R. S. JR, Lee, I-Min. (2000). Physical activity and coronary artery disease in men. *Circulation*, 102:975-980.

Smith, S. A., Querry, R. G., Fadel, P. J., Welch-O'connor, R. M., Oliverncia-Yurvati, A., Shi, X., Raven, P. B. (2000). Differential baroreflex control of heart rate in sedentary and aerobically fit individuals. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(8):1419-1439.

Snow, C. M., Shaw, J. M., Winters, K. M., Witzke, K. A. (2000). Long-term exercise using weighted vests prevents hip bone loss in postmenopausal women. *Journal of Gerontology*, 55(9):489-491.

Sudheesh, N. N., Joseph, K. P. (2000). Investigation into the effects of music and meditation on galvanic skin response. *ITBM-RBM*, 21: 158-63.

Sugenoya, J., Iwase, S., Mano, T., Sugiyama, Y., Ogawa, T., Nishiyama, T., Nishimura, N., Kimura, T. (1998). Vasodilator component in sympathetic nerve activity destined for the skin of the dorsal foot of mildly heated humans. *Journal of Physiology*, 507(2): 603—610.

Sztajzel, J. (2004). Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly*, 134:514–522.

Tsuji, H., Larson, M. G., Venditti, F. J., Mander, E. S., Evans, J. C., Feldman, C. L., Levy, D. (1996). Impact of reduced heart rate variability on risk for cardiac event. *Circulation*, 94:2850-2855.

Tsuji, H., Venditti, F., Manders, E., Evans, J., Larson, M., Feldman, C., Levy, D. (1994). Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation*, 90:878-883.

Turaçlar, U. T., Erdal, S., Arslan, A., Yildiz, A. (1999). The effect of acute exercise on skin potential in trained athletes. *Turkey Journal of Medical Sciences*, 29: 113-116.

Vissing, S. F., Scherrer, U., Victor, R. G. (1991). Stimulation of skin sympathetic nerve discharge by central command. Differential control of sympathetic outflow to skin and skeletal muscle during static exercise. *Circulation Research*, 69:228-238.

Vissing, S. F., Hjortso, E. M. (1996). Central motor command activates sympathetic outflow to the cutaneous circulation in humans. *Journal of Physiology*, 492(3):931-939.

Vuori, I. M. (2001). Dose-response of physical activity and low back pain, osteoarthritis, and osteoporosis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6):S551-S586.

Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., Bredin, S. S. D. (2006A). Prescribing exercise as preventive therapy. *Canadian Medical Association Journal*, 174(7):961-974.

Warburton, D. E. R., Nicol, C. W., Bredin, S. S. D. (2006B). Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal*, 174(6):801-809.

Weinstein, A. R., Sesso, H. D., Lee, I. M., Cook, N. R., Manson, J. E., Julie E. Buring, J. E., Gaziano, J. M. (2004). Relationship of physical activity v.s .body mass index with type 2 diabetes in women. *JAMA*, 292(10):1188-1194.

Weng, C. S., Hung, Y. L., Shyu, L. U. (2004) A study of electrical conductance of meridian in the obese during weight reduction. *American Journal of Chinese Medicine*, 32(3):417-425.

Whelton, S. P., Chin, A., Xin, X., He, J. (2002). Effect of aerobic exercise on blood pressure: a meta-analysis of randomized, controlled trials. *Annals of Internal Medicine*, 36(7):493-503.

WHO. (2002). Health and development through physical activity and sport.

Williams, L. M., Brown, K. J., Das, P., Boucseind, W., Sokolove, E. N., Brammer, M. J., Olivieri, G., Peduto, A., Gordona, E. (2004). The dynamics of cortico-amygdala and autonomic activity over the experimental time course of fear perception. *Cognitive Brain Research*, 21 : 114–123.

Wilson, T. E., Dyckman, D. J., Ray, C. A. (2006). Determinants of skin sympathetic nerve responses to isometric exercise. *Journal of Applied Physiology*, 100: 1043–1048.

Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A., Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9): 1496-1502.

Yu, H-M., Chang, H-H., Liou, S-W., Li, S-F., Hou, M-M., Chen, M-F. (1998). The correlation between skin electrical conductance and the score of Qi vacuity. *American Journal of Chinese Medicine*, 26(3-4):283-290.

Yildiz, A., Gulturk, S., Cetin, A. Erdal, S., Arslan, A. (2008). The sympathetic skin response habituation in sedentary subjects and sportsmen. *Clinical Autonomic Research*, 18:120–126.

附錄一、受試者同意書

受試者同意書

- ◎「受試者同意書」之內容需包含以下八大項，主持人可依照個人計畫之需求作修正，此樣本僅供參考用。
- ◎「受試者同意書」之繕寫應以受試者明瞭其內容為原則。
- ◎研究執行完畢時，請將「受試者同意書簽名頁」（所有受試者）全部影印一份送至人體試驗委員會存查，以作為下次申請之考量。

計畫主持人：吳思德

（一）研究計畫之背景及目的：

有關健康促進議題，近年來日益受到民眾的重視；強調以身體活動（Physical activities）方式介入日常生活以促進個體之生理與心理之健康，已得到相關實證研究證實——如規律運動可降低心血管疾病罹患率、協助控制體重、降低焦鬱或隔離壓力等實質效益。在評估不同強度的身體活動對生理影響部分的評估方面，目前多以身體質量指數(BMI)、身體脂肪比例、臀腰比(hip/waist ratio)、心跳與心跳變異率做為評估工具；在評估身體活動與自律神經活性的相關性研究則以心跳變異率(HRV)作為主要的評估工具。本實驗主要探討進行一段時間的規律身體活動後在皮膚導電度上的變化，期望能找出另一種方便與實用，可用以評估身體活動的生理指標。

（二）試驗的方法或研究步驟及相關配合檢驗：

1. 本研究預期招募 30 名自願者，年齡層在 20-25 歲，平日除日常生活外並無規律運動習慣。
2. 自願者由計畫主持人之一吳思德(現職醫師)評估其病史，施行理學檢查，排除心臟血管疾病及有可能造成其危害之生理或病理狀況。
3. 所有自願者閱讀 informed consent。
4. 所有自願者記錄其基本個人資料，包括年齡及性別，測量其 body-mass index、hip/waist ratio、體脂比例、休息時之血壓、心跳與心跳變異率(HRV)。之後使用良導絡儀器於同一空間及溫濕度狀況下測量其身上 24 個測定點之皮膚導電度。
5. 自願者隨機分配為實驗組與對照組。對照組維持日常生活習慣。實驗組則進行每周三次於跑步機上之步行。步行條件為跑步機設定每小時五公里之時速，受試者身上攜帶計步器，於跑步機上步行 3,000 步。實驗期間為六星期。
6. 每二周就每位受試者測量上述參數並記錄之。
7. 六周實驗結束，測量並記錄上述參數。
8. 進行統計分析

（三）可能產生之副作用、危險性或利益：

本實驗為非侵入性之實驗。在正常心肺機能下，規律步行所造成之副作用極為罕見。以現在的科學知識認為，規律步行有益身心健康，受試在於實驗進行過程將獲得心肺機能之改善。

（四）當副作用或危險發生時的處理方式：

在步行過程中若發生不適，將立刻終止實驗之進行，並由計畫主持人之一吳思德進行身體評估並採取必要之措施。

（五）參加此研究是否需自付額外費用：

參加此研究並不需自負額外費用。

（六）預期試驗效果：

受試者於實驗結束後預期將獲的生理機能之改善，且有助於養成規律運動之習慣。

（七）其他可能之治療方式及說明：

無。

（八）試驗進行中之禁忌或限制活動：

在實驗進行前後禁止服用藥物及含酒精性之飲品。

（九）試驗之退出與中止：

受試者在研究進行過程中若有感不適，可以隨時終止研究之進行，而計畫主持人可以不需支付其營養補助費。

（十）個人權益及隱私的保障：

研究所紀錄之所有受試者資料均為不記名，輸入資料庫後均以代號紀錄，所有資料僅提供本計劃之研究，不予流出。

附錄二、人體試驗委員會審查同意書



財團法人屏東基督教醫院

屏東市大連路60號

Tel: 886-8-7368686

Fax: 886-8-7374337

財團法人屏東基督教醫院人體試驗審查委員會

同意臨床試驗證明書

台端預定於本院進行之「規律步行與皮膚導電度之關連」研究計劃(計畫書版本日期:民國97年5月16日,受試者同意書版本日期:民國97年4月29日),業於民國97年5月19日經本院人體試驗審查委員會審查通過,特此證明。本同意臨床試驗證明書有效期限自核准日起至民國98年5月18日止,台端應於民國98年1月19日前繳交期中報告,於試驗結束後需繳結案報告核備。於此期間,台端應恪遵醫療法及本院人體試驗準則之規定執行試驗,並接受本院人體試驗審查委員會之監督、後續定期追蹤與要求。本院人體試驗審查委員會概遵守衛生署公告之「藥品優良臨床試驗準則」及「研究用人體檢體採集與使用注意事項」等規定內容,對受試者之隱私、安全及法定權益均一併注意並給予適當之保護。

此致

計劃主持人:屏東基督教醫院骨科主治醫師

吳思德

屏東市大連路60號



財團法人屏東基督教醫院人體試驗審查委員會

主任委員:

IRB 核准編號:IRB088

中華民國九十七年五月十九日

TO CARE TO HEAL TO SHARE