

中國醫藥大學中西醫結合研究所碩士論文

編號：GIIM-98-9706

指導教授：陳方周 助理教授

共同指導教授：陳永祥 副教授

論文題目

自行車訓練者的脈波研究

Effect of bicycle ergometry training on pulse spectrum

研究生：邱俊諫

中華民國九十九年七月九日

謝辭

這項實驗的完成，要感謝許多人的幫忙，首先要感謝陳方周老師的指導，也因為有方周老師，開啟了我對脈診儀的視野；再來感謝師母的幫忙，讓整個研究在器材的調度上可以一切順利；還有陳永祥老師的指導和繪圖，讓報告的內容充實了不少；口試老師劉吉豐老師的寶貴意見，使內容的謬誤之處，得以修正。也感謝陳汶吉所長，提供陣容堅強的師資，和良好的研究環境，期間也受到林維勇老師、陳慧毅老師不少的鼓勵。回顧兩年的研究生生活，感到充實和愉快，所上的同學也不時給予支持和意見。

除此之外，提供研究場所的裕源公司、陳教練、和許許多多熱情參與實驗的志願者，都是我們不可或缺的伙伴，也感謝彰化秀傳醫院急診部的黃炳文部長，以及參與實驗資料記錄的研究助理等人的協助。多虧大家幫忙，才讓實驗的安排沒有後顧之憂。

就學、實驗和論文完成的過程，感謝太太的鼓勵和包容，家人支持的力量，是我完成整個過程的動力，也希望將這種研究的精神，傳遞給我的雙胞胎兒子-靖博、靖學小兄弟。

邱俊諫 謹誌

2010.7.9

中文摘要

騎自行車有益健康，很多關於自行車訓練的研究也證實了這一點。在本實驗中，我們以脈診儀（台灣科隆公司 PDS-2000 電腦脈波分析系統）做為工具，從傳統中醫醫學的觀點，去闡釋自行車訓練對人體健康的正面影響。

自 2009 年 7 月至 2009 年 11 月，共有 35 位健康男性志願者參與實驗。在試驗之前，參與的受試者不得服用任何藥物、或飲用含咖啡因、酒精類之飲料，試驗前兩小時內，不得飲食。在每次測量脈波前，都會給予受試者 20 分鐘的平躺休息，之後再做脈波量測。受試者先以脈診儀，記錄下運動前的脈波數據後，再開始飛輪的踩踏訓練，經過 50 分鐘的踩踏之後，再以脈診儀記錄運動後的脈波數據。

35 位受試者平均年齡為 34.9 ± 11.5 歲，年紀分佈為 13 到 67 歲，脈波的數據以傅利葉方程式轉換後，選取前十個諧波圖形，每個波形下的積分能量與總體能量的比例計算為百分比分佈。以運動前後資料做配對 t 檢定 (paired t-test)， p 值小於 0.05 為顯著差異。我們發現第二諧波(C2，腎經)的百分比率在運動後有呈現上升的情況($p=0.016$)；第一諧波(C1，肝經)諧波百分比率，相反的呈現下降的情況($p=0.047$)。

將受試者的資料用 body mass index (BMI) 分類，發現 BMI 大於等於 30 以上的族群，C2 的百分比在運動後上升達顯著($p=0.006$)，BMI 介於 24 至 30 的族群，C1 的百分比在運動後下降達顯著($p=0.001$)；此外再將受試者的資料以平日騎乘的車種分類為：公路車組、登山車組和小輪徑(20 吋)組，研究發現公路車族群在運動後呈現顯著的 C1 百分率下降、C2、C4 的百分率上升的變化，相較於登山車或小輪徑車(20 吋)，運動前後的諧波百分率無明顯差異。由於平時騎乘車種的訓練方式不同，所造成單次測量上有不同的差異表現，由此推論，公路車的訓練方式應優於一般自行車的

族群。

本實驗中我們發現：運動可以增加心肺功能，藉由刺激湧泉穴和提升肺經，進而增進腎經能量。同時肝經的活性會下降，或許可使肝臟功能得以休息。公路車應該是較好的訓練工具，可以較易得到這個結果。肥胖的族群，也比較有顯著的效益。

關鍵字：脈診、自行車訓練、傅利葉轉換、腎經



目 錄

中文摘要	1
第一章 前言	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的	2
第二章 文獻探討	4
2.1 自行車訓練的運用	4
2.2 脈診與脈診儀	5
2.2.1 中醫脈診學發展歷史	5
2.2.2 傳統中醫對脈診原理的見解	8
2.2.3 五臟六腑與脈象的關係	9
2.2.4 獨取寸口的意義	11
2.3 現代醫學與脈診儀	13
2.3.1 現代醫學對脈診的認識	13
2.3.2 器官共振假說	14
2.3.3 脈診儀的發展	16
2.3.4 脈診儀的分析理論	17
第三章 材料與方法	27
3.1 研究對象	27
3.2 試驗儀器	28
3.3 試驗設計與執行流程	31
3.4 資料分析	35
3.5 統計方法	35
第四章 研究結果	36
4.1 受試者基本資料分析	36
4.2 檢測結果說明	38
第五章 討論	42
第六章 結論與未來研究方向	49
參考文獻	50
附錄	59
英文摘要	65

圖目錄

圖 2-3-1	橈動脈波與主動脈壓力之關係-----	13
圖 2-3-4	典型以時域分析的脈波圖參數之設定及分析-----	18
圖 3-2-1	PSD2000 脈診儀電腦軟體的操作畫面圖-----	29
圖 3-2-2	脈診儀、探頭與手提式電腦-----	30
圖 3-2-3	自行車訓練機 ROBIX-----	30
圖 3-3-1	寸、關、尺示意圖-----	32
圖 3-3-2	試驗流程圖-----	34
圖 4-1-1	年齡分佈-----	36
圖 4-1-2	車種分佈-----	37
圖 4-1-3	BMI 的人數分佈 -----	37
圖 4-2-1	運動前後諧波能量百分率-----	38
圖 4-2-2	運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化-----	39
圖 4-2-3	運動前後的第二諧波諧波能量百分率的變化-----	40
圖 5-7-1	不同 BMI 運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化---	46
圖 5-7-2	不同 BMI 運動前後的第二諧波諧波能量百分率的變化---	46
圖 5-8-1	不同車種運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化---	47
圖 5-8-2	不同車種運動前後的第二諧波諧波能量百分率的變化---	47
圖 5-8-3	不同車種運動前後的第四諧波諧波能量百分率的變化---	48

表目錄

表 4-2-1	左手橈動脈脈波頻譜各共振諧波的相對百分比-----	38
表 4-2-2	第 40 號受試者橈動脈脈波頻譜分析結果-----	40
表 4-2-3	第 40 號受試者橈動脈脈波頻譜分析結果-----	41



附錄索引

附錄 1	NYHA心臟衰竭程度的臨床嚴重度分級	59
附錄 2	五行相生相剋關係圖	60
附錄 3	人體試驗委員會審核同意書	61
附錄 4	科隆電腦脈波分析系統使用許可證	62, 63
附錄 5	實地操作的照片	64



第一章 前言

1.1 研究背景

因為地球暖化的問題日益嚴重，提倡節能減碳的觀念越來越受到世界各國的重視。現在已經有許多先進的城市，開始減少排碳量高的交通工具例如汽車、摩托車等改以大眾捷運、電車、自行車達到輸運人員的目的。因此，騎乘自行車的風潮，開始流行於全世界。台灣擁有世界上，最具規模的自行車製造能力，不論是出口量或是代工均堪稱世界第一。近年來由於品牌形象的推動，同時也積極參加國際賽（如贊助環法賽），奠定台灣為自行車王國的美譽。

自行車騎乘訓練在醫學上的運用很廣泛。從體適能的測定、心肺功能的監測和診斷、基礎代謝率的評估等等。在先前的文獻指出，騎乘自行車可以增加最大耗氧量、收縮肌肉群的微血管密度、增進運動肌肉血量、增加肌耐力¹和降低受訓者的心跳數²⁻⁵。騎乘自行車也可應用在醫學復健上⁶⁻¹⁰，例如應用在脊椎損傷的病人，經過自行車騎乘訓練後，可以改善小動脈的循環¹¹。除此之外也可用在運動醫學測量與應用等。這些利用騎乘自行車，來監測生理數值的方法，已經行之有年，也被大家公認為可靠可行的評估工具。

近年來由於運動醫學的發展，運動員從傳統的姿勢矯正，訓練計劃的調整，漸漸的轉變為科學化的調整，根據醫學評估的數值也增加了不少，例如耗氧量量測、最大攝氧量量測、乳酸堆積閾值量測、無氧閾值量測、功率量測等¹²。除西方運動醫學外，中國傳統醫學於運動醫學的應用，在近年來的國際賽事也廣泛了起來，如中國馬家軍長跑名將的藥膳食補，還是一些針灸針對運動耐受性的研究等。中國傳統醫學對於運動的觀念上，講求內部氣血的運暢。有道是『內練一口，外練筋骨皮』。讓受試者感受內部的氣血循環。測量的準據以中國傳統醫學來說，當屬四診『望、聞、問、

切』中的『切』診。訓練有素的中醫師可藉由橈動脈的觸診，判斷各經脈的健康狀況，但是診斷的醫師，對於彼此診脈感受不同，所得到結果也會有所出入。缺乏科學的量化，讓脈診的研究受到許多的侷限。舉一脈象『洪脈』為例，在《瀕湖脈學》中描述：「洪脈，指下極大，來盛去衰，來大去長。」然而何者為大？盛衰如何分辨？多久謂長？卻往往是測量者主觀的感覺，缺乏客觀數據化的指標，誠如《脈經》作者王叔和所言：『在心易了，指下難明』之意。然而拜科技發展的結果，將脈診多年累積的理論，以數位科技發展出可以診察的脈診儀，將這些波動的數據，以科學的方法來定量，將文字的表達轉成數值的呈現。藉由脈診儀當作橋樑，我們可以將脈診的測量量化，再藉由西方醫學的數據統計的方法，融合中醫醫學的理論做驗證¹³。利用之前的一些實驗假說，所歸納出來的脈象呈現解釋，可以應用在，推測體內各個經絡的能量數值。量化的測量，可使得中醫科學化的發展逐步實現。

1.2 研究目的

一個國家運動風氣是否盛行，與一個國家國力之強弱息息相關。而運動員的訓練，更是一種獨到的學問。除了運動員本身的條件（體型、肌力、意志力、柔軟度、協調性、反應速度等），訓練的方法（技巧、課程），營養的評估，傷害的預防和治療，復健的工作和規劃，補充品的使用等。每一個環節都是相當重要的。歐美等先進國家，相當重視運動選手的發掘和培養，對於運動員的訓練，也從以前教練對學生的傳統模式，轉變為系統化的訓練團隊，強調量化、精準的訓練規格。例如連續奪得七屆的環法賽冠軍車手藍斯·阿姆斯壯，便是一個用科學化訓練出來的優異自行車選手。不過東方人受限於體型與肌力，在許多比賽都無法與歐美各國一較高下。然而近年來，強調速度爆發力的比賽，卻發現東方人也可以有傑出的成績，所以開始重新思考訓練的品質，可以創造不同的結果。

我國沒有相關運動的名詞，比較接近運動的肢體活動，應該類似傳統武術。武術在戰國時代稱為「技擊」，據古籍記載，當時技擊是以作戰為目

的的攻防格鬥技術。在多年的發展以後，武學漸漸發展成強身健體的運動。武當派的內家拳尤其是中國武術修練的代表之一，氣走經絡周天是練內家拳的必經境界。中醫的理論中，重視經絡的循行暢通，《黃帝內經》記載：「經脈者，所以能決死生、處百病，調虛實，不可不通」。而運動員理想的訓練結果，不只外在肢體的訓練，也應該有內在的修練，評估的項目，也應不只於一些行於外的數值分析。中醫的把脈可以診斷出人體內的氣血循環變化，如果氣血循環、經絡運行可列入評估的項目，使評估成效多一些參考，這樣將增加我們一些新的訓練視野和觀念。

本實驗依照 BMI 將受試者的體型作分類，探討不同體型運動後的諧波差異，並記錄平日訓練的自行車種器材，也欲比較不同器材之間對單次自行車機訓練的差異，討論之間不同的原因。



第二章 文獻探討

2.1 自行車訓練的運用

自行車訓練在許多的醫學研究上，已經被應用多年，如 Zbogar 等人利用自行車機替脊髓損傷婦女做復健，改善了病人的小動脈血液循環¹¹。在慢性肺氣腫的病人的研究上，發現經過 33 月，每月六到七次的自行車機訓練後，可以改善病人運動的耐力，並減低運動時呼吸過喘的狀況⁶。Baslund 發現 8 週的自行車機訓練，無法改變風濕性關節炎病人的 IL-1 α ，IL-1 β 和 IL-6 的數值，對於免疫系統無增強的證據¹⁴。對於風濕性心臟病的病人的臨床研究中，自行車機訓練改善了病患的心肺功能¹⁵。在病人做過動脈瓣置換手術後的研究發現，自行車機訓練可以提升運動的能力，不但會提升運動時耗氧量，病人可以忍受較高的運動心跳，和輸出更高的功率⁹。Leeds 發現六個月的自行車機訓練，無法增加骨質密度¹⁶。在人工心臟瓣膜置入手術後的病人追蹤研究中，自行車機的訓練明顯改善病人的運動耐受度和強度，心臟的收縮力，增大耗氧量，經過一年的追蹤發現，病人可以承受較激烈，需要耗氧量更多的運動¹⁰。在病毒性肝炎的病人實驗中，自行車機訓練，不會使肝炎的情況惡化，病人在一年後的肝細胞穿刺中發現，與對照組的肝炎曲線幾近相同，也指出並無限制肝炎病人運動的必要¹⁷。在慢性阻塞性病人中，將病人以自行車機訓練六個月後，發現病人在呼吸的肌群，肺泡的彈性、耐受性都有增加，可以應付更激烈的運動強度¹⁸。訓練的結果會增加心臟的收縮力，心跳會下降，冠狀動脈的循環狀況也會因訓練而進步^{2,3}。可見自行車機在臨床試驗的運用，十分廣泛、普遍。

關於運動訓練的研究，已經有很多文章提到評估的指標、評估方法和訓練方法。例如：最大耗氧量、血液的乳酸值、輸出功率、乳酸堆積閾值、工作效率、乳酸堆積閾值的功率、最大功率和 type I 和 type II 肌纖維的比率¹⁹⁻²¹等數值的評估；運動訓練的方法如：增加運動耐力的方法、高強度訓練的益處探討、訓練時間長短所觀察的長期變化¹、呼吸效率的改變(減

少高強度的呼吸適應時間)、在高強度運動時促進燃脂率的上升、增快肌肉和肌力的運動適應; 也有討論一些世界級選手的生理適應狀況²²; 訓練技巧的討論如: 短暫、快速的踩踏和間歇練習, 可以提高葡萄糖解的速度, 同時也會活化參與的酵素活性, 和提高最大攝氧量時的功率輸出¹⁹。Hug 也利用血液中的賀爾蒙變化, 偵測 free testosterone/cortisol (FTCR) 和 insulin-like growth factor-I/cortisol (IGF-I/C) 的比值, 可以早期推斷出有氧運動和無氧運動的閾值, 進而推斷運動員是不是處於過度訓練的狀態²³。

這麼多的文章探討, 都是強調數值的改善, 以及一些功率數值的進步。生理數值著重在心跳數、肺功能、耗氧量、肌力、物理的功率等。以中醫的觀點, 近年來也有許多關於運動醫學的中醫研究: Ehrlich 和 Haber 發現一系列的針灸治療, 可以增進運動的能力; 然而短暫且單一穴位的針灸並不能產生立即的效果²⁴。另一個研究中 Gentil 指出, 針灸能增加心包經能量的穴位, 如肺俞、厥陰俞、心俞、魄戶、膏肓、神堂和針灸能增加腎經能量的穴位, 如太溪、關元、腎俞、志室、命門等, 不論是無氧閾值的耗氧量, 還是達無氧閾值的運動能力和攝氧量, 在經過針灸刺激 5 週後, 皆有顯著的提升²⁵。然而 Karvelas 等人研究指出, 經過針灸六個穴位(百會、珠臑、中門、內關、足三里、三陰焦)後, 並沒有出現立即增加運動能力的效果, 他們評估的項目包含: RPE(rating of perceived exertion, 自覺適當施力大小時的速度)、耗氧量、心跳、RER(respiratory exchange ratio, 氧氣和二氧化碳的比率)、呼吸狀態、高強度運動時的呼吸當量²⁶。

由此可知, 自行車訓練器, 已經非常廣泛的應用在一些中西醫學的研究, 也是一個很適當、而且可靠的評估工具。

2.2 脈診與脈診儀

2.2.1 中醫脈診學發展歷史

中國傳統醫學歷史悠久，脈診為其一項獨特的理學檢查，然而起源眾說紛紜已難考證，1973年初至1974年初，長沙市漢馬王堆三號漢墓出土的帛書中，其中《足臂十一脈灸經》和《陰陽十一脈灸經》甲、乙本，全面論述了人體十一條經脈的循行走向及所主治的疾病，為目前發現最早有關經脈學說的文獻²⁷。脈診的歷史發展在《脈法》和《陰陽脈死候》則有論述脈象與診斷的簡單記載，可能是之後中醫典籍的醫學教科書--《黃帝內經》的祖本，《黃帝內經》記載著許多脈診的立論基礎，也是傳統脈學的基石；《黃帝內經》可分為《靈樞》與《素問》二部份，全書十八卷，共八十一篇，在《素問·三部九候論》中，提出了「三部九候」的脈診方法，「三部」是指切脈時要分頭面部、手上以及腳上等，上、中、下三個部位，「九候」是指「三部」在切脈時要再分「天、地、人」等三候，所以總共可以得到九種切脈訊息；除此之外，《黃帝內經》也首先記載了應用寸口部（腕部橈動脈）之寸、關、尺來觀察臟腑狀態的切脈方法。在《素問·脈要精微論》、《素問·平人氣象論》、《素問·玉機真臟論》、《素問·三部九候論》、《素問·經脈別論》、《素問·通評虛實論》、《素問·大奇論》則是探討脈學理論與脈象的臨床運用。

另一部醫學巨作《難經》，成書年代晚於《黃帝內經》，相傳為扁鵲所作，在《史記·扁鵲傳》中有「至今天下言脈者，由扁鵲也。」，可見當時扁鵲已經能運用脈診的方法來診斷疾病，但根據考證，應是經由歷代醫家修改補充所成，而非成於一人一時，相傳是秦越人所寫，可謂是《黃帝內經》的注釋本，以問答的方式來闡述《靈樞》與《素問》的內容；全書共八十一難，後世將其列為中醫四大經典之一。以闡述基礎理論為主，還分析了一些病例。其中一至二十二難為脈學，二十三至二十九難為經絡；脈學主要是探討各種脈象；《難經》的主要成就在於更進一步確立並修正了「三部九候」的論點，與《黃帝內經》不同的是《難經》以寸口部（腕部橈動脈）之寸、關、尺為「三部」，而「三部」配合浮、中、沉等三種深度是謂「九候」；這樣的脈診方式也是現今普遍採用的方法。尤其是「獨取寸口」的脈診法、對經絡和臟腑中命門、三焦、腎間動氣、奇經八脈等的論述對

後世影響極大。

隨歷史的發展，脈學的應用範圍更大，臨床的運用更具體，脈學的理论更明確的被紀錄下來；到了東漢末年名家 張仲景的《傷寒雜病論》，以《黃帝內經》與《難經》為基礎，將診脈應用於臨床診斷上，是脈、證並舉的典範；西晉的名家 王叔和，取《素問》、《難經》以下諸家論脈之文，分類編次，著《脈經》脈經十卷，集成是中國醫學史上第一部的脈學專著；它確立了二十四種脈象的名稱與其指感形象的標準，同時也開創了脈象鑑別的先河²⁸。北宋林億稱讚王叔和『若網在綱，有條不紊，使人占外以知內，視死而別生，可謂推崇之至矣，而西昌喻氏，則謂於彙脈之中間一彙證，不該不貫，抑知形有盛衰，邪有微甚，一證恆兼數脈，故論證不論脈，不備。論脈不論證，不明』其推崇可見一斑。

脈學發展到了魏晉南北朝，已有雛形，然而理論或太艱澀，或有錯誤，讓初學者很難瞭解，於是之後的許多學者開始於脈學的解釋或簡單化，使其易於記憶、學習。譬如六朝時期高陽生所撰的《脈訣》，以歌訣方式來闡述脈學，朗朗上口，讓初學者獲得很多幫助。元朝戴啓宗所撰的《脈訣刊誤》，為脈學專著，作者廣博前聖後賢之精旨，對高陽生《脈訣》原文考核辨妄，詳為糾正，是本脈學批判的專著，《脈訣刊誤》在脈型的描述與主病方面也提出了許多新的論點。

隨著脈診學的普及，開始出現許多臨床的應用，再經過許多名家的經驗累積和學習註釋之後，脈診學發展到了明朝，此時理論上和實務上已達一定水準，這時一些集大成的名家，開始大膽加入自己的所學和經驗心得，代表的人物例如：明朝李時珍以《脈經》為基礎，兼採歷代各家脈學述說以及自己的心得，撰寫了有名的《瀕湖脈學》一書，描述了浮、沉、遲、數、滑、澀、虛、實、長、短、洪、微、緊、緩、芤、弦、革、牢、濡、弱、散、細、伏、動、促、結、代等27脈的脈型與主病、相類脈的鑑別，可謂集歷代脈學之大成；明朝李中梓在《診家正眼》中再增列「疾脈」，而成浮、沈、伏、遲、數、疾、代、促、結、洪、細、長、短、弦、虛、

實、弱、微、散、緩、濡、緊革、牢、滑、動、澀二十八種脈象，至此傳統中醫脈學已相當完備；為了便於記憶，清代名醫陳園，再將這二十八脈分為八大類，並且以浮、沈、遲、數、細、大、短、長，八脈為綱，分別敘述各種脈象與主病。到了民國，雖然或有所修正，或各有其獨到的見解，然而大致不離28種脈象的範疇，直到今日的脈學教學仍奉為圭臬²⁹。

2.2.2 傳統中醫對脈診原理的見解

中醫認為脈象的形成，與臟腑氣血有密切關係；脈象的改變，能反映疾病的動態變化和全身臟腑氣血活動的情形²⁹⁻³¹。心臟的收縮，把血液運送到血管而形成脈搏；《素問·五臟生成》中說：「諸血者，皆屬於心」，《素問·六節臟象論》也說：「心者，生之本，神之變也。其華在面，其充在血脈」。這些都說明了循環動源來自於心，而脈搏就是心臟跳動而傳輸^{29, 31, 32}。

當血液由心臟運送到血管時，血管會擴張，依靠血管的彈性，再壓迫血液向前運行，而血管彈性因充盈而擴張，產生收縮時的力量，可以推進血流順從脈道運行。所以血管不僅是氣血運行的通道，也是氣血循環不息的重要條件，而構成脈搏；正如《素問·脈要精微論》所說：「夫脈者，血之府也」，因此，血管的功能、生理、構造狀態會直接影響脈象。

形成脈象的物質基礎主要是「心血」與「心氣」；血管的必須依賴血液的灌注，所以血液量的多少，會直接影響到脈象的變化；心氣是指心臟收縮的動力；心氣充足，心律與搏動就會正常；而血液的運行，必須依賴心氣的推動，所以，如果氣血不足，難以鼓動脈搏，脈象就會呈現細弱或虛軟無力；如果氣滯血瘀，則因血流不暢，脈象就會出現細澀而不利的現象^{29, 31, 32}。在西醫的休克理論中，也同樣探討相類似的問題，心臟收縮做功的效率，與血管內血液量的足夠與否、血管的彈性、阻力的大小（牽涉內在自律神經和賀爾蒙的調節）等，都會影響脈象的表現。

以中醫的理論，循環運行的調節，講求的也是陰陽的調和，依賴「心陰」與「心陽」的相配合，其中心陽包括了心搏加強、心率加速、氣血運行加快、精神情志亢奮等興奮功能；心陰則是心搏減弱、心率減慢和精神情志寧靜等抑制功能。心陰與心陽之間相互協調，使心臟能規律性的搏動，進行正常的生理活動。也就是說，當心氣旺盛、血液充盈、心陰心陽調和時，心臟的搏動就會規律有力，脈象從容和緩均勻。反之，脈象可能出現搏動過大過小，過強過弱，過速過遲或節律失常等異常現象^{29, 31, 32}。

由上述可知，如果臟腑氣血發生變化，血脈運行就會受到影響，脈象就會隨之改變；而脈象的變化，與疾病的病位、性質和邪正盛衰有關；換句話說，脈象可以說是全身臟腑功能、氣血盛衰的綜合反映³¹。評估脈象可達見微知著的功用。

2.2.3 五臟六腑與脈象的關係

脈象與心、肺、脾、肝、腎等五臟功能活動的關係密切³³。中醫的理論裡，提到心主血脈、肺藏氣、脾主統血與胃氣³⁴、肝藏血、腎藏精³⁵

《素問·痰論》說：「心主身之血脈」。全身的血和脈均由心臟所驅使，心臟是血液循環的樞紐，心氣是推動血液運行的動力當心臟收縮時，血液便會在血管中運行，並輸送到全身。中醫認為心、血及血管會互相聯繫，而透過心的作用，血液便可流暢地運行於脈中。當心臟功能正常時，心氣充足時，心律正常，搏動有力，血液循環良好，身體的器官組織得到充足的血液滋潤，此時脈象和緩，均勻有力。反之，當心氣不足時，血液就不能在脈內維持有效的流動及輸送，面色會變得慘白無血色，脈象細弱無力，如果還有心律不整的問題，心臟灌流不足，甚至引發類似急性冠狀動脈缺血的症狀，例如：胸痛、胸口不適等。《素問·經脈別論》說：「脈氣流經，經氣歸於肺，肺朝百脈」。意思是脈中水谷精微之氣，會運行於經脈中；而全身的經脈（即百脈）之氣，會歸結於肺，且全身的血液，都會注入於肺；《靈樞·本神篇》和《素問·調經論》說「肺藏氣」。《素問·

六節藏象論》說：「肺者，氣之本。」《素問·五臟生成篇》：「諸氣者，皆屬於肺」。張介賓《類經圖翼·經絡》引華元化之言曰：肺「虛如蜂窠，下無透竅，吸之則滿，呼之則虛。一呼一吸，消息自然，司清濁之運化。」肺主一身之氣，與呼吸的功能息息相關，但是中醫認為肺除了呼吸的功能外，還有宣發、肅降、行血、調水等功能，當呼吸平緩勻和深長時，則脈象表現徐和流利盈實；當呼吸急迫淺促時，脈象也隨之急促細澀；所以脈象與肺息息相關。脾主運化，是指將飲食化生成人體的精、氣血、津液，而脾與胃相表裏，脾胃能運化水穀精微，為氣血生化之源；而氣血的盛衰與水穀精微的多寡，會表現為脈之「胃氣」的多少，故黃帝內經中有「脈以胃氣為本」之說。健康人的脈象會有胃氣，表現為平脈，若胃氣少則為病脈，無胃氣則為死脈；所以臨床上常根據胃氣的盛衰來判斷疾病預後的好壞³¹。肝在中醫的觀念中有負責貯藏血液及調節血量的作用；假如肝血不足，就會造成肝無血可藏，例如在休息或睡眠時，體內器官需要的血量減少，多餘的血液便會貯藏在肝；但當活動時，身體的血液需要量增加，肝便會將貯藏的血液運送到全身；而當肝的生理功能失調，肝血不足時，人的精神和活力就會下降，也會影響氣血的正常運行，進而引起脈象的變化。傳統中醫認為，精可以化氣，是人體陽氣的根本，也是全身臟腑功能活動的動力；精也可以化生血，所以也是血液生成的物質基礎之一。《素問·六節藏象論》中說：「腎者，主蛰，封藏之本，精之處也。」精氣神為人之三寶；精，又稱精氣，是構成人體和維持人體生命活動的最基本物質，是生命之源，精藏於腎，發揮其生理效應而不無故流失。

《素問·金匱真言論》說：「夫精者，身之本也。」；當腎氣充盛時，則脈搏重按不絕、尺脈有力，即所謂「有根」。反之，若精血衰竭，則脈象虛浮，重按不應指，即所謂「無根脈」，表示陰陽離散、病情危殆。

由上述可見，脈象與心、肺、脾、肝、腎等五臟功能的關係相當密切；而五臟與六腑又互為表裏，所以脈象的變化，也可以反映出六腑功能的變化^{29, 32}。

2.2.4 獨取寸口的意義

脈診的常用方法，依其切脈部位可分為三種：(1) 遍診法：即遍按全身各部位的動脈，全面體察經絡氣血運行的情形，用以診斷疾病的方法。(2) 三部脈診法：即以診察寸口(橈動脈)、人迎(頸動脈)、趺陽(足背動脈)等三部切脈的方法。(3) 寸口脈診法：為切壓腕後橈動脈(寸口脈)淺層部位以體察脈象變化的方法³⁰。

寸口又稱氣口、脈口；因為其解剖部位較淺，搏動浮沉大小適中，用於診察病變時容易感知，施行方便而且準確可靠，因此寸口脈診法逐漸取代其他的方法，成為目前最常使用的脈診方法^{36, 37}。

依照中醫的理論，診脈部位確立於寸口處，是從《難經·一難》之「獨取寸口」開始；黃維三教授曾說：「《內經》三部九候係分診頭部、手、足之動脈，是遍診法；而《難經》自第一難起，即一貫地主張，獨取寸口(《內經》九候之一候)作為診脈之標準部位」³⁸。然而獨取寸口的原因，誠如《難經·一難》所說：「十二經皆有動脈，獨取寸口，以決五臟六腑死生吉凶之法，何謂也？然，寸口者，脈之大會，手太陰之脈動也」。依照經絡理論與臟象學說的觀點，肺主氣而朝百脈，且肺經循行起於中焦脾胃，而脾胃為臟腑氣血營養的來源，所以全身臟腑經脈氣血的情況，與肺經息息相關；而寸口脈正位於手太陰肺經循行之橈動脈跳動處，所以寸口脈不僅可以反應肺經的虛實，也可以體現出全身其他臟腑經脈氣血的情況³⁸。《黃帝內經》之《素問·五臟別論》中也說：「胃者水穀之海，六腑之大源也。五味入口，藏於胃以養五臟氣，氣口亦太陰也。是以五臟六腑之氣味，皆出於胃，變見於氣口」。氣口即寸口也，古人認為五臟六腑的氣味都源自胃，而其變化可在寸口觀察得到觀察胃氣的強弱；二是臟腑氣血皆通過百脈朝會於肺，所以臟腑的生理病理變化能反映於寸口脈象³⁵。若依照經絡循行的理論，營氣與衛氣循行全身五十周後會匯集於寸口³⁴，所以寸口的脈象變化，不僅可反映正氣盛衰與病邪性質，還可判斷營衛氣血運行的情況³⁸。

以科學的觀點，獨取寸口的意義來自生理學和物理波動的特性：現代研究發現，寸口脈是一個多維訊息的交會點，獨取寸口的原因有下列幾個：(1) 寸口脈遠離心臟，使其能反映多維信息：距離心臟越近，心臟射血產生的強大能量對脈搏波中其他資訊的干擾就越嚴重。隨著離開心臟距離的增加，脈搏波中來自心臟射血產生的能量成分逐漸減弱，但在其他方面的資訊，如中小動脈的彈性、血液的黏滯性、外在循環的功能狀態等，得以表達出來。從脈象儀描記的脈搏波信號看，橈動脈處信號的波形曲線拐點最多，即攜帶的資訊最豐富。(2) 寸口脈的血管組織結構特性，使其能靈敏表達多維資訊。橈動脈屬於中動脈，上連大動脈，接受了心臟和大動脈的功能資訊，橈動脈本身中膜平滑肌發達，能使血管管徑縮小或擴大，以調節血流量，下與小動脈和微動脈相連，這兩者與外周阻力的變化直接相關，所以寸口脈能靈敏表達身體生理、病理方面的多維資訊。(3) 脈搏波的物理學特性，根據物理學原理，波的傳導是能量的傳導，波的反射是波遇到障礙物會返回來繼續傳播的現象。心臟跳動是產生脈搏波的主要力量，這種攜帶心臟和大動脈功能資訊的能量形成了脈搏波的主要波峰；隨著波傳導距離的增加，能量逐漸減弱，在小動脈和微動脈處由於阻力劇然增加，形成了攜帶外周資訊的反射波。脈搏波的形成，是離心方向的正向波與向心方向的反射波疊加而成。研究證明，寸口是同時反映兩種資訊的理想部位。(4) 血液流變學特性，使其靈敏反映血液流動性特徵。根據血液流變學的研究，Poiseuille's 定律表示，決定血流速率的因素中，管徑大小扮演最重要的角色，總外周阻力與血液黏滯度成正比，與血管半徑的4次方成反比，也就是說血管的口徑與血液的流動性是幾何級數的關係，在口徑較大的大動脈中，血液黏滯度對血液流動性的影響是非常次要的，而在小動脈中，這一影響則是極其主要的，相對於大動脈和小動脈，屬於中動脈的橈動脈是檢測血液流動性特徵的最佳部位³⁹。所以，寸口脈診所得到的訊息，不只是橈動脈血管收縮、舒張的強弱緩急，更是五臟六腑功能的整體表現³⁹。因此古籍說『獨取寸口』似有道理。

2.3 現代醫學與脈診儀

2.3.1 現代醫學對脈診的認識

現代醫學已有心臟電生理傳導的運用如心電圖，脈波的運用如頸靜脈壓的監測等等。近年來，對橈動脈的應用更有越來越多的趨勢，對橈動脈波的構成也有許多科學的研究⁴⁰。心臟的收縮與舒張，是構成動脈波的要素，依心臟的功能我們可將動脈波分為二期（見圖2-3-1-1）：

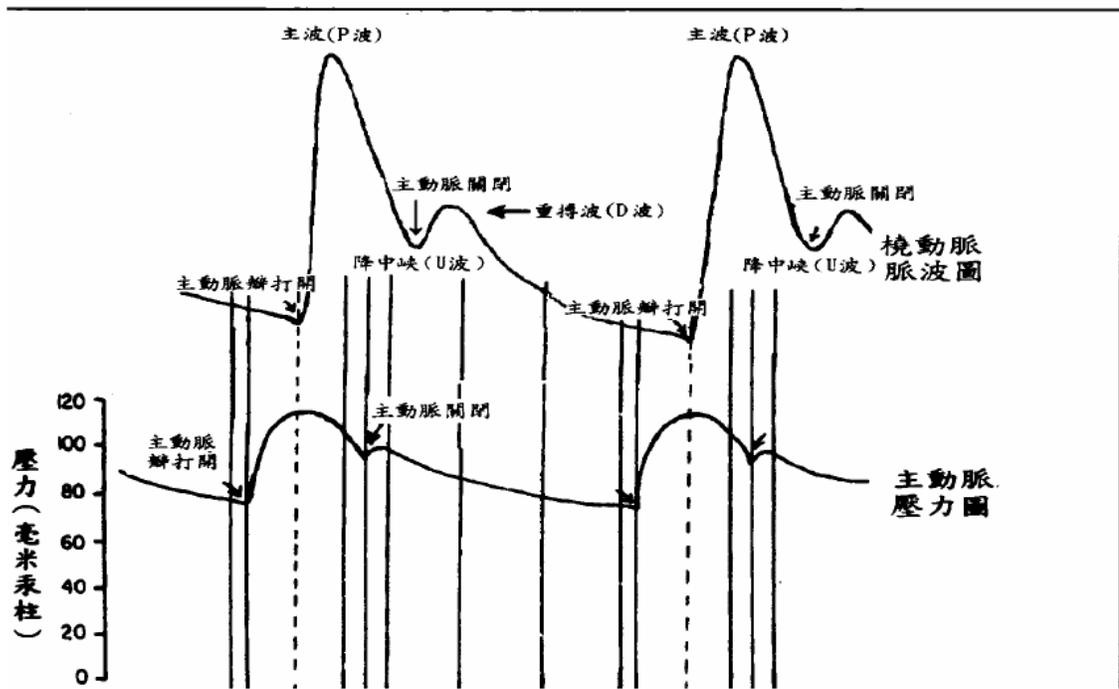


圖2-3-1 橈動脈波與主動脈壓力之關係（本圖出自黃進明：現代脈診圖譜學 台北 知音出版社 2007）³¹

（一）心室收縮期

當左心室收縮時，其收縮的壓力達一定大小時，會擠壓血液進入主動脈，同時主動脈的近心端壓力上升伴隨血管擴張；到快速射血期的時候，

主動脈近心端血液的流入量超出流出量許多，因而使血管內壓力急速升高，血管壁急速擴張，這時候會出現了第一個波，即主波（P波）；之後隨著左心室進入慢速射血期，主動脈近心端血液的流入量逐漸低於流出量，血管內的壓力會逐漸下降，使血管壁產生彈性回縮，這時候脈波圖由上升支反轉變成下降支^{29, 41}。

（二）心室舒張期

當左心室開始舒張時，心室內的壓力會快速下降，主動脈近心端的血液，因心室與主動脈的壓力差，而使血液逆流到心室，近心端的動脈壁，在短暫壓力上升擴張，主動脈瓣關閉；這時候向心室方向折返的血液受到已關閉的主動脈瓣阻擋，因此會反彈而重新流往主動脈，造成第二個波，即重搏波（D波）。使得近心端的血管壓力漸漸下降，血管壁也逐漸回復到收縮期開始前的初始狀態^{31, 41}。

隨著每一次心臟的收縮與舒張，便會造成主動脈中的壓力的變化，這樣的壓力會經過動脈系統產生脈搏波，傳統中醫切脈在橈動脈的脈波，就是動脈波。除了心臟的收縮與舒張產生的壓力波之外，動脈管壁的彈性與末梢血管的阻力以及血液的黏稠度，也都是動脈波的構成要素³¹。

所以，橈動脈波所反映的資訊，包含心跳頻率、心臟射血功能、血液輸出量、動脈壁彈性、小動脈緊張度、血管充盈度、血液的黏稠度以及神經、內分泌調節功能等多種因素所造成的動脈管內血容積、壓力、血流等的改變^{31, 41, 42}。

2.3.2 器官共振假說

「器官共振」是王唯工教授提出的假說⁴³⁻⁴⁵。傳統循環理論以「流體力學」為其立論基礎，認為心臟的壓送是血液循環的動力來源，經由這樣的動能傳遞，將血液傳送到全身各處⁴¹。但王唯工教授觀察到許多循環生理

現象，認為單純以流量理論去分析體內的循環，會發現有些現象無法被完整解釋，他提出了七個傳統循環理論無法解釋的問題⁴⁵。因此王教授認為循環能量的傳遞形式，是位能而非動能；也就是說，心臟的收縮與舒張只是循環的基本動力來源，血液的輸送不僅需要心臟的壓送，更要靠全身臟腑經穴脈管等彼此的共振；在這樣的假說下，我們發現當循環系統與器官處於共振狀態時，血液可以用最小的阻力輸送到各器官，稱之為「器官共振」假說⁴⁶。

當升主動脈轉成降主動脈的動脈弓，可以將心臟壓送產生的動能，轉化成動脈血管上共振的位能，進而提供血液循環的動力來源；這樣的能量，與傳統中醫「氣」的說法一致；而主動脈弓的位置與穴位「膻中」相當接近，這又與傳統中醫所謂「氣聚膻中」的說法不謀而合^{43,47}；這也為「氣」提供一個科學上的解釋。

在此假說的基礎上，王教授推論當五臟六腑如肺、肝、腎等器官血管的發育時，會與心臟跳動頻率呈現倍頻的現象，而且不同的器官結構上各有差異，分布的神經血管也不同，所以每個器官都擁有其特定的共振頻率^{45,48,49}；五臟六腑會依其特性而有適當的共振諧波，以減少血液循環阻力，用以取得充分的血流供應。

為了證明器官共振的存在，王唯工教授設計了許多的基礎實驗，其中之一發表於1991年的《Circulation Research》⁴⁷，該實驗採用了由幫浦（模擬心臟）、彈性管（模擬動脈）與安裝在彈性管分枝上的氣球（模擬器官）所架構而成的心臟與器官循環模擬系統，證明了共振對液體輸送到特定位置的重要性；另外也有一系列的動物實驗，發現對大鼠的特定器官如腎、肝、脾等分枝動脈進行結紮時，結紮前後的壓力波會產生改變，顯示心臟與各器官有協同共振（coupled oscillation）的效應⁴⁹⁻⁵¹。

為了取得脈波實際的數據，更進一步設計了血管壓力波轉換器，並發展出脈診儀，在此之前的脈波研究多以時域分析為主，王唯工教授嘗試將

脈波研究改採頻率-振幅的頻域分析法，經過轉換後的脈波，在特定頻率的倍頻都會出現特別突出的波峰；譬如以心跳一次為一週期，如心跳每分鐘90次，則其頻率為90次除以每分鐘60秒即1.5 Hz，此稱為基礎頻率(fundamental frequency)，出現的諧波(harmonic wave)稱為第一諧波(C1)；基礎頻率的整數倍數會出現其他的共振諧波，第二諧波(C2)的頻率為3.0 Hz，第三諧波(C3)的頻率為4.5 Hz，依此類推。每個諧波都可算出振幅(傅利葉分量)與相角(phase angle)，而其振幅會隨頻率的增加而有遞減的趨勢，98%的共振能量集中在前十個諧波，第十一諧波以後因為訊號太小，通常多予以忽略^{52,53}。

各個諧波依其頻率大小，依序定義為C0、C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7、C8、C9、C10等諧波；在一系列的研究後發現，各個諧波可分別對應到特定的五臟六腑與經絡系統，目前的假說推論為：C0：心經、C1：肝經、C2：腎經、C3：脾經、C4：肺經、C5：胃經、C6：膽經、C7：膀胱經、C8：大腸經、C9：三焦經、C10：小腸經^{44-46,54,55}。我們的實驗也參考共振假說的模式，作脈波分析的探討。

2.3.3 脈診儀的發展

為了使中醫脈診客觀化、標準化的研究，發展脈診的科學儀器就成為一項重要的工作。脈診儀的發展亦隨之應運而生，脈診儀是結合了電子技術、電腦科學及近代物理學，將中醫脈波圖形記錄後，加以分析。可做臨床、教學及研究使用的儀器。脈診儀利用感應探頭去偵測血管的壓力波，所得的訊號先經過濾波器過濾，再經過訊號轉換器類比後顯示於螢幕，或數位化後轉成數據，進一步用電腦來分析。

隨著科技的進步與電腦的發展，許多人嘗試將脈診科學化，比較代表性的人物有：

(一) 1976年汪叔游教授首開風氣之先，將脈波圖與電腦相結合，使脈波圖與心電圖可以同時顯示於螢幕，並可記錄寸關尺與浮中沉的脈波，據

此建立了一套所謂「三部脈型」的脈波判讀標準⁵⁶⁻⁵⁹。

(二) 1980年魏凌雲教授發表頻譜能量比 (Spectral Energy Ratio; SER)，配合寸關尺與臟腑間的關係做為健康參考指標⁵⁶⁻⁶²。魏教授的立論基礎是認為低頻能量 (10 Hz以下) 與臟腑循環的變化較有關，而高頻能量 (10 Hz以上) 則與生病或面臨壓力時身體的反應有關；所以正常脈波的能量會集中在10 Hz以下；魏教授定義SER(10) 是低頻能量與高頻能量的比值，健康人此比值會大於100以上；如果比值小於100，就代表氣衰，也就是可能有生病的情形。

(三) 中央研究院王唯工教授於1987年提出「器官共振」假說⁴³⁻⁴⁵。王教授認為脈波是心臟壓送血液的壓力波與各器官產生共振的綜合表現；利用傅利葉轉換分析由壓力轉換器取得的脈波，透過頻譜分析可以推斷出其共通規律性，而不同頻率的共振波強度可做為不同臟腑之健康狀態的指標。

2.3.4 脈診儀的分析理論

根據前面所描述，五臟六腑互為表裡，而其中的狀態與脈象息息相關，現代科學便利用數據分析，設計出偵測脈波的脈診儀。脈診儀可依據動脈波的資訊做出分析，用以推測五臟六腑的健康狀態，但是各種分析法不同，皆有其理論架構。而使用時間序列分析(Time series analysis)一般可分為時域(Time domain)分析法及頻域(Frequency domain)分析法二種。

(一) 時域分析法

時域分析於1960年代初期始正式應用於水文及水資源領域。在分析動脈血流壓力波上，指在一定時間週期內，脈波強度變化的情形，係以相應之參數化數學模式，近似描述時間序列資料，並進而由其相關統計特性，進行預測未來之時間序列脈波圖。如圖2-3-4-1，脈搏波由升支和降支組成；升支和降支構成主波 (P波)，降支上有一切跡稱為降中峽 (Valley)，緊接

降中峽出現的反彈波稱為重搏波（D波），降中峽前的部分對應於心臟收縮期，降中峽期後的部分對應於心臟舒張期。

對於所測得的脈波圖，通常會針對以下各項做進一步的分析：(1) 脈位：脈搏部位的深淺。(2) 脈力：脈搏振動的強弱。(3) 脈數：脈搏振動的頻率。(4) 脈形：脈搏振動的波形。(5) 脈勢：脈搏振動的氣勢，如流利度與穩定度^{29,31}。

依此發展出許多判讀的方法，圖2-3-4是常用以分析脈波圖的參數定義與範例⁶³。

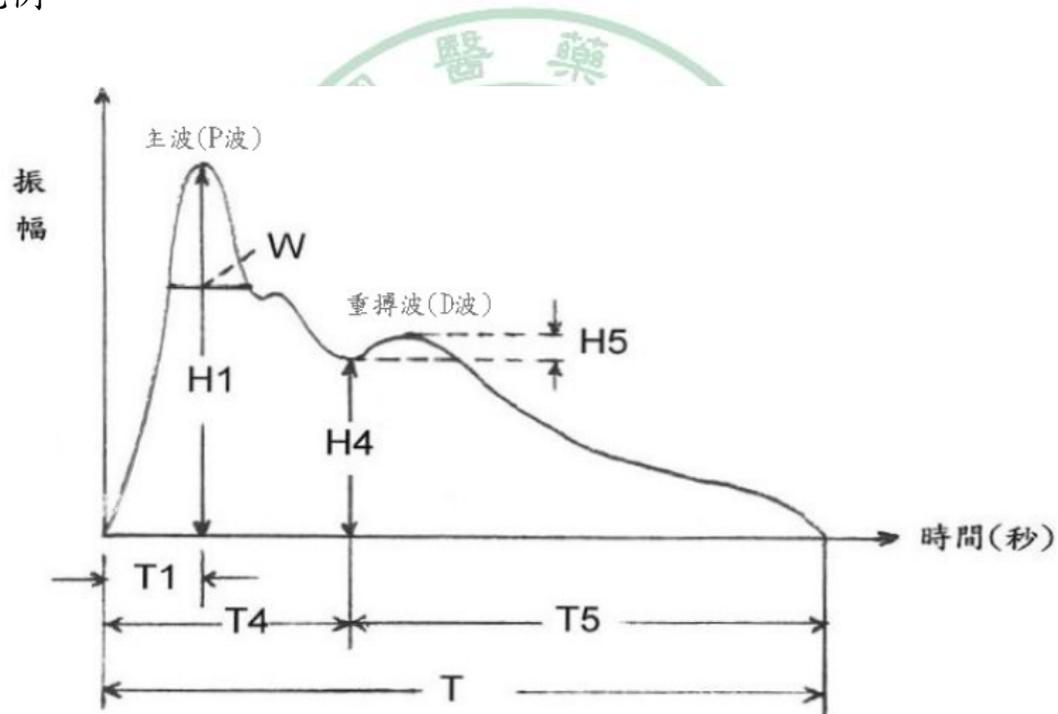


圖 1：脈波模型圖

圖2-3-4 典型以時域分析的脈波圖參數之設定及分析 脈波圖參數設定：以主波高度上三分之一處的波峰寬度為W（左側W_L，右側W_R）；T為心舒縮週期；H1為主波高度；H4為降中峽高度；H5為重搏波高度；T1為急性射血期；T4為收縮期；T5為舒張期。（本圖出自楊岳隆，張恒鴻：心臟衰竭患者寸口脈波圖之分析，2005）⁶³

時域分析法所做的脈波測量，主要是研究脈波變化與時間的關係，包含波幅與時相等；所取得的脈波圖，不容易分析，通常需要許多的判讀技巧，才能得到脈波測量的結果；所以，時域分析法對專業的訓練的要求較高，使用上較不便利；而且個別醫師對脈象定義與臨床體會並不盡相同，這也影響了時域分析法的客觀性^{32, 64}；此外，由於科技上的限制，量測過程比較容易受到干擾，也讓時域分析法有許多操作上的困難。以下舉例一些以時域分析為基礎的研究，如：呂明進外感六淫脈診圖形之研究⁶⁵、張繼憲的尿毒症血液透析前後脈波圖形之研究⁶⁶。張的研究是以汪叔游脈波理論為依據，加以歸納分析，發現尿毒症者之病情可從脈波圖形及脈波傳導速率上觀察，另外交替脈之D波變化亦可反映出動脈硬化之情形，加上A F O R M E D與P E S P之現象，對患者可作其預後之預測。另外也有賴舜彬應用數據庫技術開發「脈波測量暨分析系統」，發展出可同時擷取寸、關、尺脈波的硬體裝置⁶⁷。

對於時域分析法來說，多著重在探討脈搏形成的原理，經由分析壓力波圖形的變化來模擬相關脈象波形，所以與心臟血管功能的關係較為密切；也因此時域分析法只能描述脈位、脈力、脈率及部份脈象波形，對於五臟六腑虛實表達及精確定量尚嫌不足，並無法真正反映中醫脈診的全貌⁶⁸。

（二） 頻域分析法

頻域分析法又稱為頻譜分析(Spectrum analysis)，主要係探討時間序列資料中隱藏之週期，並將相關頻譜圖形上出現之雜亂現象，以過濾方式去除。舉一例子來說，脈波表面上是單一個連續的搏動波，但其實內部的振動可能包含了許多各種不同頻率的波動；頻域分析法是將隨時間變動的脈波，分解成隨頻率變動的訊號以進一步分析波動⁴²。或者說原始測得的訊號是時間和振幅的數據，經過傅立葉轉換(Fourier transform)後，我們可以將此一訊號轉換為頻率和振幅的數據，也就是將複雜的週期波由時域顯示轉換為頻域顯示，因此可以將脈波分解成原來不同頻率與振幅的組

合，從而進行此一訊號的頻率特性的分析。

傅立葉分析(Fourier analysis) 是由法國數學家Fourier (1768-1830) 所發展出來的一套數學公式，可用來分析週期性的函數。也就是說，任何週期性的訊號，都可以寫成用正弦函數和餘弦函數的無窮級數組合成的函數⁶⁹。

例如有一個週期性的波，頻率為f，則我們可以下列方程式來表示：

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum \left[a_n \times \cos\left(\frac{2n\pi}{T}\right)t + b_n \times \sin\left(\frac{2n\pi}{T}\right)t \right]$$

a_0 是直流的偏移量， a_n & b_n 代表第n次諧波的振幅。

1946年Porje首先將傅利葉分析應用於動脈波分析⁷⁰。之後有許多學者相繼投入相關的研究^{71, 72}；從物理意義上來說，傅立葉轉換把隨時間變動的脈波訊號分解成許多不同頻率和振幅的正弦波，依此得到動脈波的頻譜；由於任何訊號都可以被拆解為頻率、振幅及相位角不等的正弦波組合，而每個正弦波最大的差異在於頻率。因此，每一動脈波訊號也就可以寫成隨頻率改變的函數⁴²。王唯工教授據此推算出動脈壓力波方程式為⁷³：

$$f(t) = C_0 + C_1 \times \cos\left(\frac{\pi}{T} - \phi_1\right) + C_2 \times \cos\left(\frac{2\pi}{T} - \phi_2\right) + C_3 \times \cos\left(\frac{3\pi}{T} - \phi_3\right) + C_4 \times \cos\left(\frac{4\pi}{T} - \phi_4\right) + \dots$$

脈診儀配合頻域分析的方法，可以分析振動波的內在性質，計算出不同頻率共振波的功率；如果再配合「器官共振」的假說，我們還可以推算出個別臟腑的相對能量，進而估計各臟腑的強弱虛實。這樣的方法比傳統脈診更是具有相當的優勢；傳統中醫把脈，最多只能看到大約 28 種脈象的變化，但以脈診儀配合頻域分析的方法，經由數學程式的幫忙，我們可以

發展出多種的脈象組合，例如相位 (Phase) 的變化，若僅以正、負兩種狀況來判斷，10 個諧波就會有 2^{10} 種排列組合。如果能進一步充分地發展，將這些研究數據具體化、科學化，未來不管在臨床的應用或基礎的研究，都有莫大的幫助⁴⁵。因此我們的試驗採用脈診儀配合頻域分析的方法，應該是一種比較理想的方式。

以共振假說配合頻域分析的方法，在下列領域的研究，都得到相關的驗證，舉例來說：

A. 在動物模型的假說驗證：

楊順聰以老鼠為實驗對象，發現重要的器官，如腎、脾、胃、腸等各有不同的頻率特性^{48,49}，說明了器官組織藉著共振特性，對血壓各諧波進行選擇性的傳播與反射，因而對波形產生特定的影響，也印證了器官與心跳諧波有共振關係。張鈺鑫以多訊息脈波分析評估出血性休克大鼠之預後⁶⁸，研究結果顯示麻醉大鼠在失血過程中，第二諧波(腎經)與第三諧波(脾經)皆呈現顯著性上升，推論生物體面臨氣血脫失時，以脾藏象為中心的水穀氣反應狀態，可能是預後好壞的判斷關鍵。

B. 藥物方面的研究：

王唯工教授等以老鼠做為動物實驗對象，將中藥分別注射到體內來分析脈波頻譜的變化⁷⁴，發現中藥對於脈搏頻譜的變化有影響。如黃連 (*Rhizoma coptidis*) 會降低第零諧波(心經)、第一諧波(肝經)的數值；柴胡 (*Radix bupleun*) 能增加第一諧波(肝經)的數值，並降低第二諧波(腎經)的數值；而肉桂 (*Cortex cinnamomun*) 則沒有影響。此外在探討四逆湯和附子對脈波頻譜影響的研究上⁷⁵，也發現四逆湯能使第二諧波(腎經)、第三諧波(脾經)與第四諧波(肺經)的數值上升，第零諧波(心經)數值則下降；而附子注射入老鼠腹腔後，第零諧波(心經)、第五諧波(胃經)與第六諧波(膽經)的數值皆會下降，第二諧波(腎經)、第三諧波(脾經)的數值則會上升；印證了與心經相關的中藥會影響心臟，也會使能量重新分配。

另外探討中藥方劑對脈波的影響研究，王唯工教授等以六味地黃丸

注射入老鼠腹腔⁷⁶，發現第一諧波(肝經)、第二諧波(腎經)與第三諧波(脾經)的振幅增加，符合傳統認為六味地黃丸具有補腎的功效。又以六味地黃丸加上肉桂(*Cortex cinnamomi*)和附子(*Radix aconiti*)，製方為八味地黃丸，注入老鼠腹腔後量測脈波⁵⁴，發現第一諧波(肝經)的數值上升，而第四諧波(肺經)、第五諧波(胃經)的數值下降；然而八味地黃丸少了山藥(*Rhizoma batatatis*)和茯苓(*Poria cocos*)這組處方，注入老鼠腹腔後量測脈波，結果發現第零諧波(心經)的數值上升，而第二諧波(腎經)、第四諧波(肺經)、第五諧波(胃經)與第六諧波(膽經)的數值下降；說明了中藥配方改變會反映在脈波頻譜的變化上。王教授等另以黃耆建中湯對脈波頻譜的影響研究中⁷⁷，將全湯、黃耆、桂枝與甘草、芍藥等淬取液分別注入老鼠體內，觀察其尾部動脈的頻譜變化。發現芍藥這一組，第三諧波(脾經)數值增加；第一諧波(肝經)、第四諧波(肺經)、第五諧波(胃經)、第六諧波(膽經)數值下降；第二諧波(腎經)數值不變；黃耆這一組，第三諧波(脾經)、第四諧波(肺經)、第五諧波(胃經)、第六諧波(膽經)數值增加，第一諧波(肝經)數值輕微下降，第二諧波(腎經)數值不變；桂枝甘草組，第一諧波(肝經)數值輕微下降，第三諧波(脾經)、第四諧波(肺經)、第五諧波(胃經)數值輕微上升；全湯組，第三諧波(脾經)、第五諧波(胃經)、第六諧波(膽經)數值增加，第一諧波(肝經)數值下降。結果顯示各組都對脾經值有增加，對腎經值則不太有影響，符合此方補脾功效的傳統認知。

C. 疾病方面的研究：

共振假說配合頻域分析的方法，應用在臨床疾病的研究上，更是運用得相當廣泛。如尤景良以 26 位肝癌、肝硬化住院病患的脈波為研究對象⁷⁸，發現肝臟及消化系統的實質病變會造成病人脈搏諧波的異常；許英偉對住院的腎臟病人做脈波頻譜分析⁷⁹，證明特定臟器與特定心跳諧波有相關性；鄭中仁對 17 位沒有併發症的急性心肌梗塞病人做脈波頻譜分析⁸⁰，發現急性發作時，第二諧波(C2)、第三諧波(C3)數值會下降，爾後隨著康復又會慢慢回升，同時第零諧波(C0)會有下降的現象；陳逸光等人針對冠心病病人做脈波頻譜分析⁸¹，發現心輸出分數小於 31%的冠心

病人，在第五諧波(C5)、第七諧波(C7)的數值會下降，尤其第五諧波(C5)下降特別明顯；盧華針對85位肝膽問題住院的病人做脈搏頻譜分析，依此設定了五個診斷標準⁸²，結果發現傳統經絡理論與脈搏頻譜分析，不管在生理上或病理上都有其重要性；王正賜以慢性疼痛病人及接受肝動脈栓塞肝癌病人為研究對象⁸³，發現慢性腰痛病人的脈波頻譜在第七諧波(膀胱經)的振幅與相角比正常減少，慢性四肢痛病人在第三諧波(脾經)的振幅與相角也比正常減少；肝癌病人接受肝動脈栓塞後，第四諧波(肺經)穩定度有明顯改變，第四諧波(C4)可能是肝動脈特選頻率；王唯工等針對化學工廠工人做脈波頻譜分析⁸⁴，發現肝功能檢驗異常的工人與其脈波頻譜的變化有很好的相關性；沈建中針對健康兒童、氣喘病發作期兒童以及氣喘病緩解期之兒童進行脈波分析⁸⁵，發現氣喘病發作期兒童與健康兒童在左手脈第零諧波(C0)與右手脈第四諧波(C4)在統計上有明顯差異，而緩解期兒童與健康兒童在右手脈第零諧波(C0)、第二諧波(C2)、第三諧波(C3)、第四諧波(C4)、第七諧波(C7)及左手脈第二諧波(C2)、第三諧波(C3)、第四諧波(C4)、第七諧波(C7)在統計上有明顯的差異；呂萬安針對205位肝功能檢驗異常的病人做脈搏頻譜分析，依此設定了六個診斷標準⁸⁶，結果發現脈搏頻譜分析不管在生理上或病理上都有其重要性；呂萬安又針對110位疑似原發性高血壓病患進行研究，以五個脈波頻譜指標作為原發性高血壓的脈診指標，分析這五項脈診指標與現代醫學各項健康檢查(包括血壓、心跳速率、心電圖、常規血液檢查、常規尿液檢查、X光、超音波)以及過去疾病史的相關性⁸⁷，結果顯示脈搏諧波頻譜在循環系統具有生理與病理上的重要性；林承翰以大鼠做門脈高壓之脈波研究⁸⁸，結果顯示第零諧波(C0)下降，第二諧波(C2)、第三諧波(C3)、第四諧波(C4)、第五諧波(C5)上升，證實門靜脈高壓大鼠之脈波確實與正常大鼠不同；梁信杰針對懷孕婦女監測橈動脈波共振頻譜的變化⁷³，發現在懷孕期間C0(心)、C1(肝)、C2(腎)、C3(心)等四個脈搏諧波，到生產之前，左右雙手皆呈有意義的線性增加，且增加量心>肝>腎>脾，如以各諧波百分比率來分析，則可見C1(肝)於左、右兩側橈動脈都有顯著的增加，而雙手之C4(肺)、C5(胃)、C6(膽)、C7(膀胱)、C9(三焦)以及左手C10(小腸)等諧波之百分比率則會有意義地下

降，證實懷孕期間人體內在的改變，確實會客觀地反映在橈動脈波之各共振頻譜；林健蓉等以動物模型做敗血症之研究⁸⁹，結果顯示第二諧波(C2)是預測敗血症的良好指標，甚至比第六型細胞激素(Interleukin-6; IL-6)更敏感；劉智明以脈診儀在異位性皮膚炎患者脈波之研究發現⁹⁰，C3(脾經)的脈搏諧波的相對測量值與諧波能量的百分比，在試驗組與對照組之間的確存在著差異，且試驗組較對照組普遍有下降的情形，也就是說試驗組脾經的能量值較對照組為低，這樣的結果似乎可以印證脾經與異位性皮膚炎之間關係密切，而且顯示這些異位性皮膚炎患者證型為「脾虛型」。此外傳統中醫認為肺、脾、腎對免疫系統有調節作用，而異位性皮膚炎明顯有免疫功能失調的情形。

D. 針灸經絡方面的研究：

以脈波的頻譜分析，研究經絡、針灸與器官共振的關係，也有多位學者的研究，驗證器官共振假說的現象。如張修誠發表以「脈搏諧波頻譜分析探討中醫臟象學說與器官共振理論之相關性研究」，其研究中的數個實驗，包括「針刺足三里穴對脈波頻譜之影響」與「針刺陷谷穴對脈波頻譜之影響」，結果都顯示針刺穴位會造成脈波頻譜的改變，而且針刺同一經絡的不同穴位也會有類似的效果，初步證明了經絡與共振諧波之間有密切的關係⁹¹；王唯工等研究針刺足三里穴 (St-36) 後之脈波頻譜變化⁹²，發現第二諧波(C2)、第四諧波(C4) 數值下降，而第五諧波(C5)、第六諧波(C6)、第八諧波(C8)、第九諧波(C9) 數值上升，第五諧波(C5) 與第八諧波(C8) 相位角也有下降的情形；宋敏發表針刺「足三里」穴之脈波頻譜變化的研究⁹³，結果顯示針刺足三里使能量重新再分配，使頻譜中第三諧波(脾經)、第五諧波(胃經)、第六諧波(膽經)數值上升，第零諧波(心經)之數值下降，顯然針刺穴位有調整脈搏特定諧波的作用；王唯工等研究針刺太溪穴 (K-3) 脈波頻譜的變化⁹⁴，發現第二諧波(C2)、第三諧波(C3)、第四諧波(C4) 數值明顯增加，第五諧波(C5)、第六諧波(C6)、第九諧波(C9) 數值下降，除了第二諧波(C2) 外，所有相位角都有增加的情形；研究針刺陷谷穴 (St-43) 脈波頻譜的變化⁹⁵，發現第二諧波(C2) 數值下降，而第三諧波(C3)、第五諧波(C5)、第六諧

波(C6)、第七諧波(C7)、第八諧波(C8)、第九諧波(C9) 數值上升；第二諧波(C2) 與第五諧波(C5) 相位角也有下降的情形，這樣的變化與同屬胃經的足三里穴 (St-36) 結果類似；蔡青芬發表針刺三陰交穴脈波頻譜變化之研究⁹⁶，結果顯示在針刺三陰交穴 15 分鐘後，可觀察到第三諧波(脾經)、第五諧波(胃經)、第六諧波(膽經)、第七諧波(膀胱經)、第八諧波(大腸經)、第九諧波(三焦經)、第十諧波(小腸經)均有統計學上顯著的增加，可見針刺可使不同頻率的能量重新再分配，而且針刺不同的經絡穴位，臟腑能量分配也會不同；袁家輝發表電針刺足三里穴對脈波頻譜之變化⁶⁴，結果發現第三諧波(脾經)在電針後有下降的現象，但未達顯著水準，而在休息十分鐘之後，上升值達到顯著水準 ($p < 0.05$)，第六諧波(膽經)在電針後也有下降的現象，但也未達顯著水準，而在休息十分鐘之後，上升值也達到顯著水準 ($p < 0.05$)，實驗顯示電針刺足三里會有類似針刺的效果，能使體內能量發生改變並重新分配，印證了足三里調理脾胃，促進消化的功效。

E. 生理學方面的研究：

共振假說配合頻域分析的方法，應用在生理學的研究上，也有下列學者發表研究結果，如謝長倭檢測呼吸對脈搏頻譜的影響⁹⁷，發現快速呼吸會使第二諧波(C2) 數值上升，第四諧波(C4)、第五諧波(C5) 之 phase angle 會下降；相對地，呼吸越慢能量越會分配到高頻組合；由此確認了呼吸與體內能量再分配有關連；王唯工等研究飯後脈搏頻譜的變化⁹⁸，發現進食會導致頻譜改變，在飢餓的狀態下，第二諧波(C2)、第四諧波(C4)會下降，進食後第二諧波(C2)、第四諧波(C4)數值明顯增加，第五諧波(C5)、第六諧波(C6)、第七諧波(C7)、第八諧波(C8)、第九諧波(C9) 數值會下降，這現象在飯後 30 分鐘內最明顯，說明為什麼飯後為何會昏昏欲睡，此現象在兩個小時後會回復；蘇奕彰等利用脈搏頻譜分析饑餓對生理的影響⁹⁹，發現經過 24 小時的饑餓後，第二諧波(C2) 數值明顯增加，第六諧波(C6) 數值下降，而在進食 12 小時後，第二諧波(C2) 數值轉為下降，而第六諧波(C6) 數值轉為上升。

由以上的研究發現，脈波頻譜分析的研究涵蓋了疾病的探討、藥物的作用和生理的反應，發現疾病、藥物、飢餓或飽食對脈波頻譜都會有影響，而呼吸的速率也會影響脈搏頻譜的結果，這些變數在試驗設計時都必須列入考慮。參考王唯工教授的器官共振理論，且經上述臨床實驗的驗證後發現：體內器官與諧波的相對應位置，一再地被驗證其相關性。因此我們的實驗也嘗試以此等假說，作為頻譜分析後的解釋依據。



第三章 材料與方法

3.1 研究對象

在 2009 年 7 月至 2009 年 11 月期間，自彰化 FMA 運動創意生活館內的飛輪教室，招募男性學員，女性學員由於有生理週期，可能對自律神經會有所影響，進而干擾到脈波量測，所以排除⁹⁷。受試者納入條件必須符合：年齡 10 歲以上，正常健康的男性學員，無以下排除標準的條件才可。

排除標準訂為：

- (一) 受試者罹患糖尿病且有下列任何一項併發症者：周邊血管病變、腎病變者、視網膜病變；高血壓患者有長期服藥控制者；心衰竭者達 NYHA class II 以上（附錄 1）；肺部疾病如慢性阻塞性肺病、氣喘、肺氣腫等不堪激烈運動者。
- (二) 酗酒（每日飲用酒精量超過 50 公克），抽煙習慣者（每日大於兩包）。
- (三) 兩年內曾經做過腹腔器官的手術（如闌尾切除，疝氣修補等等），或有單一以上的器官摘除者。
- (四) 違反實驗流程者（如兩小時內有進食⁹⁸，或三週內有服用藥物⁹⁷）
- (五) 不願簽署同意實驗書者

3.2 試驗儀器

訓練器材使用 KHS 飛輪教室的自行車訓練機 ROBIX (KHS ROBIX 圖 3-2-3)。此自行車訓練機，含可調式把手高低，可調式座墊前後和高低，心率監測器，踩踏迴轉速記錄器，踏板固定套環，是公認為較接近真實自行車訓練的自行車訓練機。而脈診採用的測試儀器是台灣科隆科技股份有限公司所開發的 PDS-2000 電腦脈波分析系統 ("SKYLARK" Pulse Analysis System；許可證字號：衛署醫器製字第 002302 號；詳見附錄)。脈診儀組成可分為四個部分：(圖 3-2-2)

(一) 感應探頭：

感應探頭能感應橈動脈的跳動，並將之轉換成類比訊號；操作時注意要與橈動脈垂直，操作的人員必須不斷的探測正確的位置，並上下微調施予的壓力，直到電腦上顯示良好的脈波圖形¹⁰⁰，然後開始記錄10秒。取樣頻率 (sampling rate) 為100 Hz，掃描速度25 mm/sec，建議施壓在150 mmHg 以內。

(二) 脈診儀主機：功能是将類比訊號轉換成數位訊號。

(三) 操作軟體：

本軟體是Windows XP版本，將脈診儀主機連接到電腦就可以進行操作，操作畫面如圖3-2-1，測得的脈波可以直接儲存成數據，方便進一步分析。

(四) 記錄資料的手提電腦：

手提式電腦SONY-VAIO TR5，透過USB與脈診儀主機連結，將受試者的脈波數位資料存取。

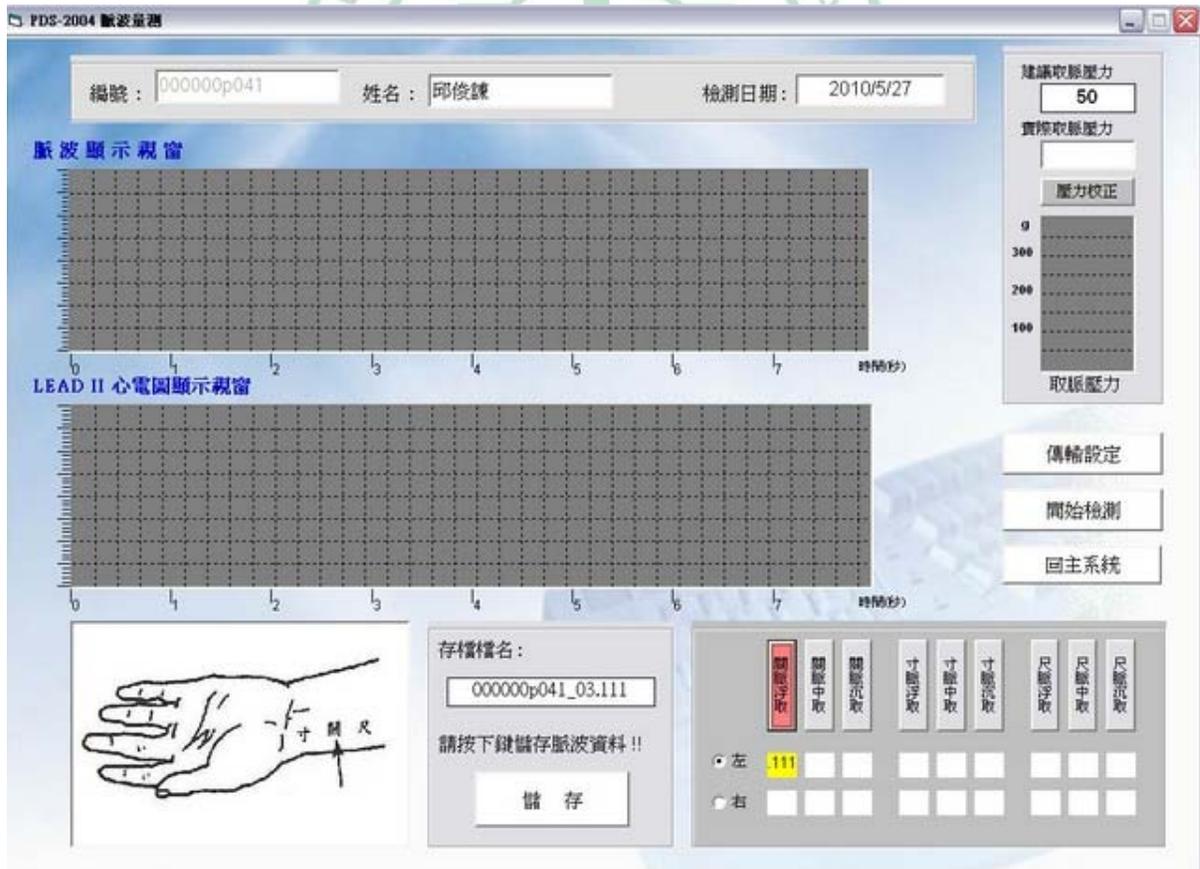


圖3-2-1 PSD2000脈診儀電腦軟體的操作畫面圖



圖 3-2-2 PSD2000 脈診儀、探頭與手提式電腦



圖 3-2-3 自行車訓練機：ROBIX

3.3 試驗設計與執行流程

本試驗脈搏量取位置，為左掌後高骨（橈骨莖突；radial styloid process）處之橈動脈，相當於傳統切診之「寸」的位置。（圖3-3-1）

（一） 實驗步驟：

A. 運動前的量測：

受試者在簽署實驗同意書後，進入本實驗。先記錄受試者心跳、體重和身高。在每次量測脈波前給予受試者二十分鐘的平躺休息¹⁰¹，再開始進行運動前的量測，我們分別記錄三次良好脈象的數據，以最好的一次作為數值的分析。之後受試者開始坐上飛輪機，由飛輪教練調整每位學員的座墊位置後，開始教導正確的踩踏動作、技巧。學員開始踩踏自行車機，以每秒 80 圈以上的速度進行踩踏，並控制最高的心跳不超過個人最大心跳（220-年紀）的九成，維持持續踩踏 50 分鐘。在迴圈數達每分鐘 80 圈以上的速率下，自行車機換算的速率為時速 24 公里以上，屬於激烈程度(vigorous exercise)的運動¹⁰²。

B. 運動後的量測：

運動後的測試，先測量受試者體重，計算脫水狀態在 3%以內，才可再繼續試驗，量測前讓受試者平躺休息 20 分鐘，等待心跳回復到最大心跳 60%以下時，量測第二次脈波。經 20 分鐘的休息，受試者可以減少因運動過程疲累，對脈波量測所產生的誤差¹⁰¹。整個測試的過程中，探頭儘可能施壓在 40 到 60 mmHg 之間，以不超出 150mmHg 為原則，每次脈波記錄時間約為 10 秒。所有受試者皆在同一地點測試，室內溫度維持在 23 到 27°C 之間，測試時間集中在 19:00 到 21:00 之間，所有受試者只需參與一次量測。

(二) 資料收集和統計方法：

經過脈診儀偵測的脈波資料，經由 USB 的轉接器匯出至手提電腦 SONY VAIO-TR5 內，資料記錄的速度為每秒記錄 100 個數位點，一次量次的時間為 10 秒，每次記錄涵蓋 5-7 個波形。脈波的分析，利用數學軟體 Matlab 6.0 程式做傅利葉的轉換，拆解為 10 個以上的諧波，第 11 個諧波之後，由於震幅過小已經不易偵測，所以就忽略不計。各諧波震幅與時間的積分面積，可以代表該諧波所涵蓋的能量，我們取該諧波的最高點和前後個三個點，一共是七個資料點的數值，與時間作積分計算，則為該諧波之能量值。前十個諧波的能量值加總後，再除以個別諧波的能量值，所計算的各個諧波能量比值，以百分比表示。

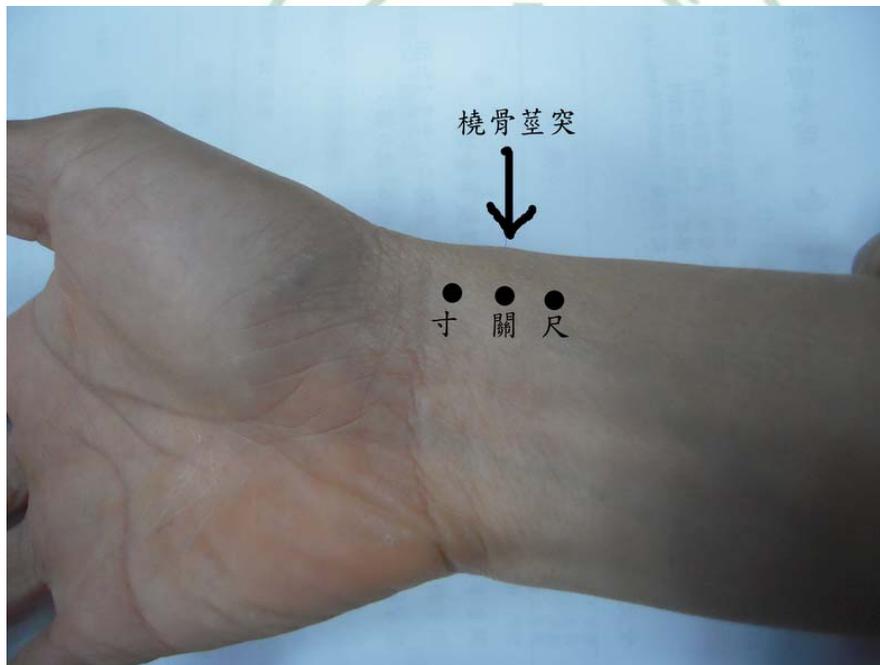


圖3-3-1 寸、關、尺示意圖

(三) 脈診儀操作流程如下：

試驗設計與執行流程



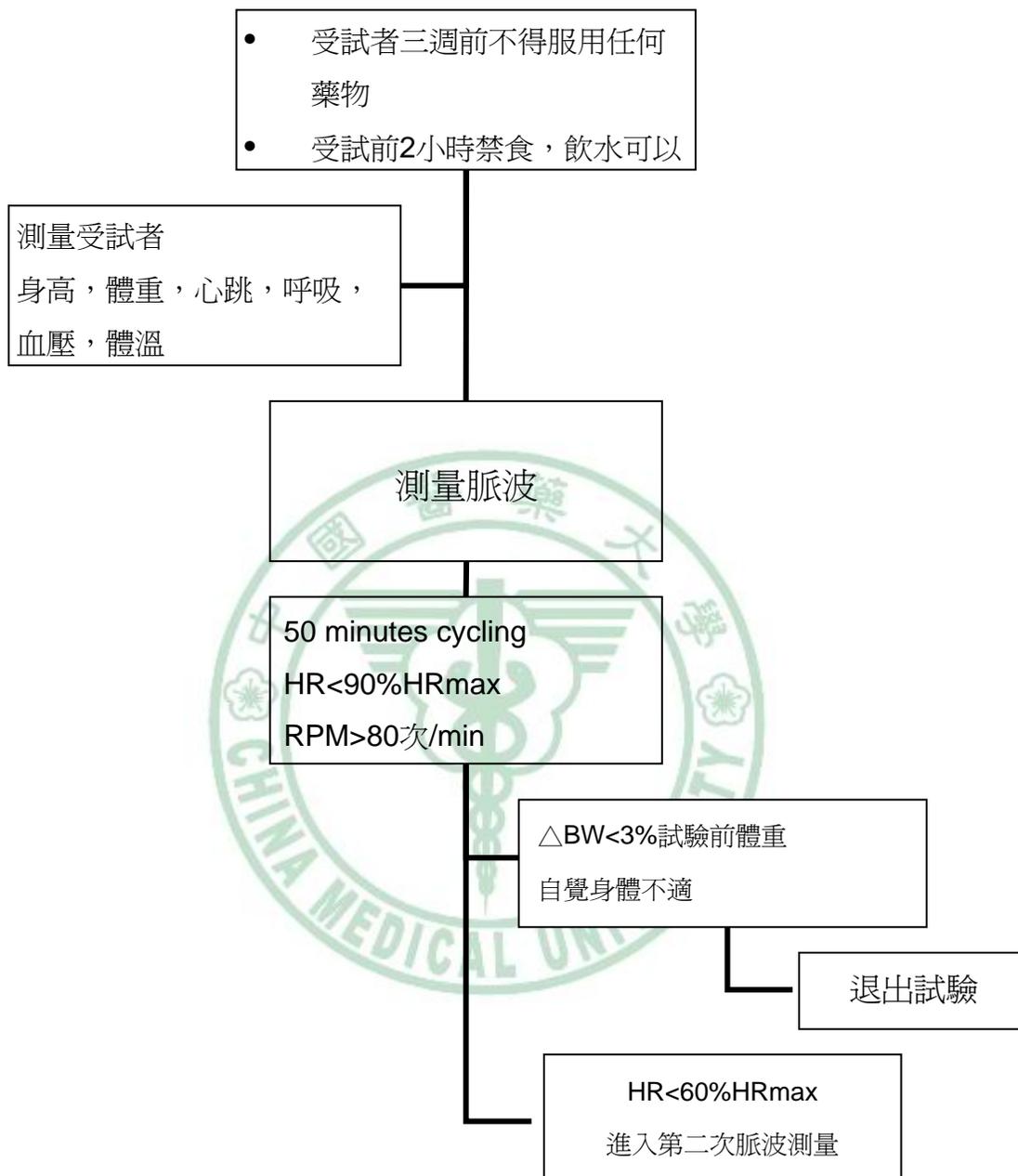


圖3-3-2 試驗流程圖

3.4 資料分析

PDS-2000電腦脈波分析系統（脈診儀）可以連接到電腦來進行操作，圖3-2-1是擷取自實際操作時橈動脈脈波的原始波形圖畫面。所測得的脈波都可以用數位的方式儲存下來，每筆數據為十秒，共記錄下1000數據值。

3.5 統計方法

統計上以 SPSS 10.0 統計軟體，用配對 t 檢定 (paired t test) 比較飛輪訓練前後的不同，達到顯著的虛無假設定為 0.05(5%) ($p \leq 0.05$)，達到顯著的意義時，以星號表示。



第四章 研究結果

4.1 受試者基本資料分析

在 2009 年 7 月至 2009 年 11 月期間，自彰化 FMA 運動創意生活館內的飛輪教室，招募了 35 位健康男學員，平均年齡為 34.9 ± 11.5 歲(圖 4-1-1)，年齡分佈以 30 至 40 歲組最高，共 14 人。另外記錄受試者平日訓練的自行車車種，依照車種的不同分成為公路車、登山車、小徑車和其他未分類車種，以圖 4-1-2 表示。

受試者的體型，依行政院衛生署 2002 年，國人肥胖定義及處理原則，將 BMI(body mass index)分成四組分別為：BMI 小於 18.5、18.5 以上未達 24、24.0 以上未達 30 和大於 30.0。圖 4-1-3 表示分佈。

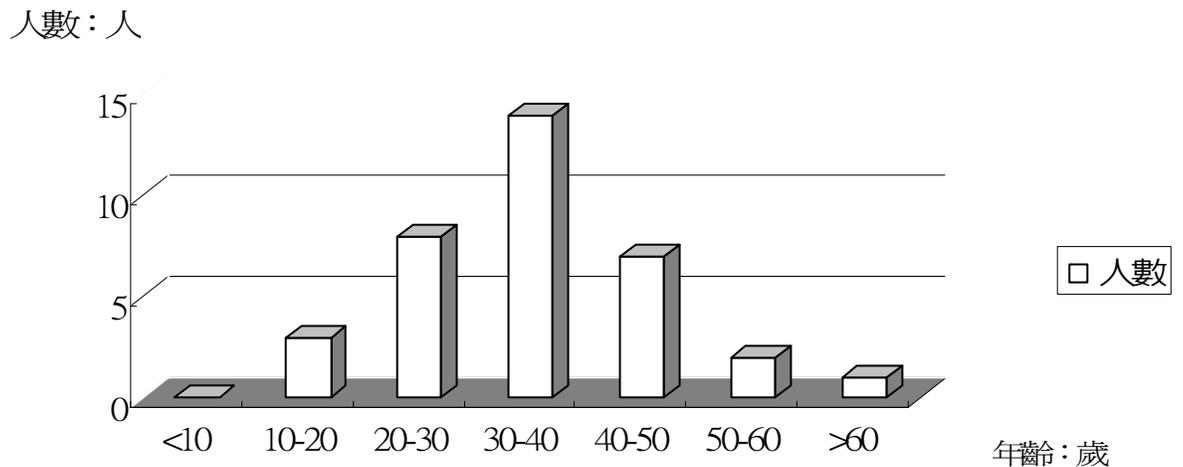


圖 4-1-1 年齡分佈

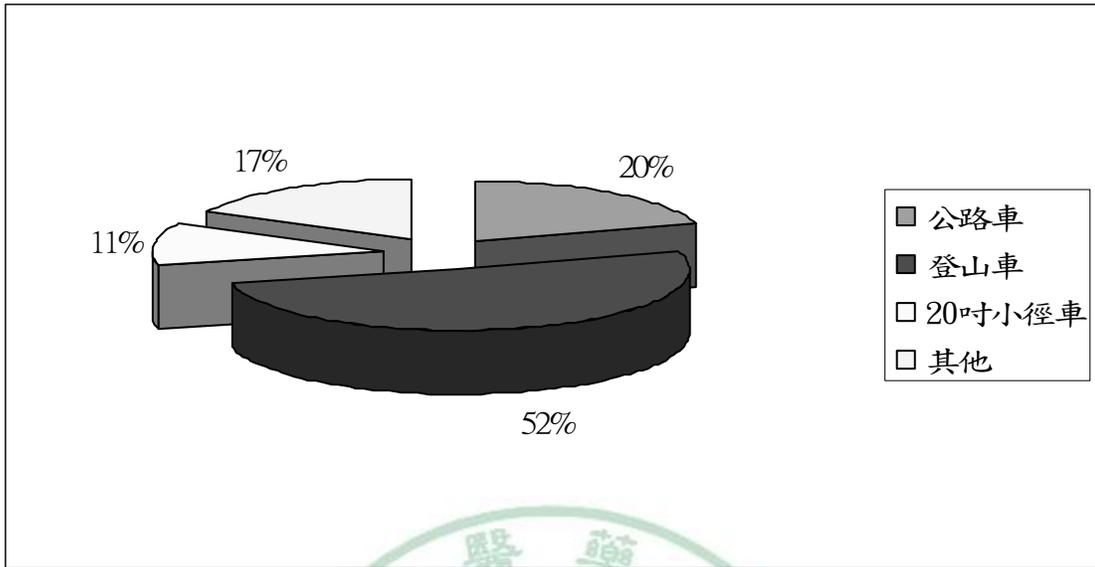


圖4-1-2 車種分佈

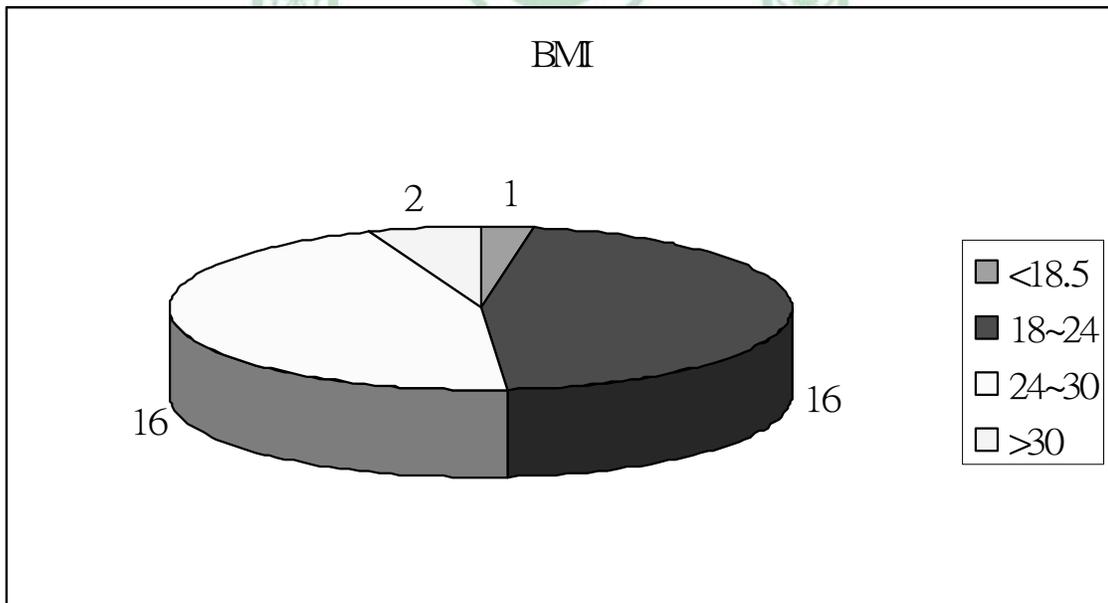


圖 4-1-3 BMI的人數分佈

4.2 檢測結果說明

將各共振諧波的相對能量值除以所有共振諧波的能量總和，再乘以100，可得到各共振諧波的相對百分比的數值，橈動脈諧波各諧波百分比率如下：

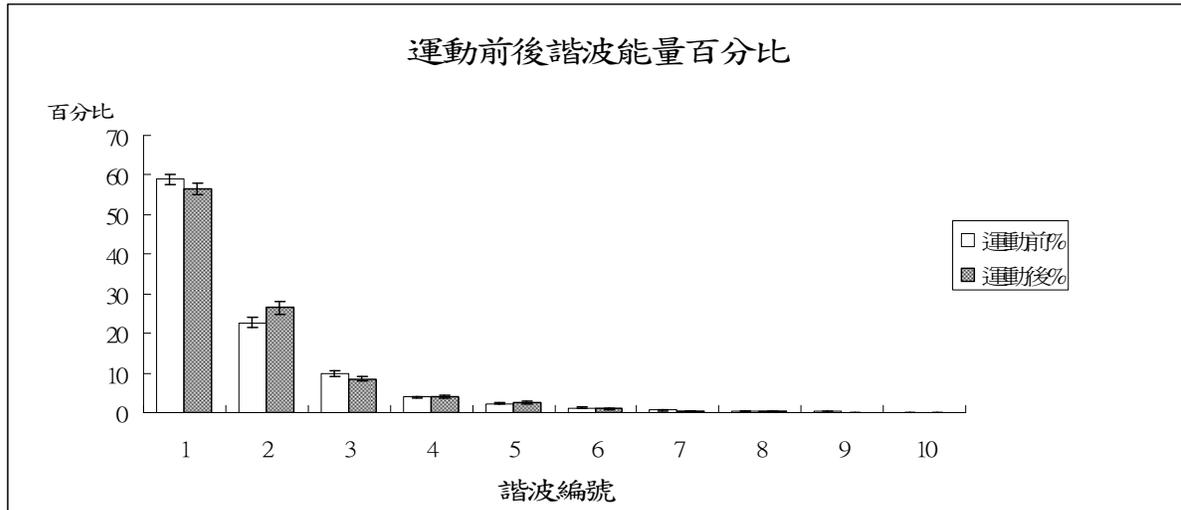


圖4-2-1運動前後諧波能量百分率

表4-2-1 左手橈動脈脈波頻譜各共振諧波的相對百分比

諧波號碼	運動前 (%)	運動後 (%)	p-value
C1	58.88±8.02	56.53±8.93	0.047 *
C2	22.73±8.93	26.54±6.83	0.016 *
C3	9.82±6.83	8.45±9.97	0.073
C4	3.86±9.97	4.02±4.36	0.688
C5	2.34±4.36	2.59±3.49	0.454
C6	1.24±3.49	1.04±1.89	0.249
C7	0.58±1.89	0.39±2.18	0.052
C8	0.27±2.18	0.21±1.36	0.133
C9	0.19±1.36	0.13±1.81	0.264
C10	0.10±1.81	0.10±1.20	0.993

數值代表 平均值±標準差，統計方法：配對資料t檢定 * $p < 0.05$

針對同一受試者運動前後，左手橈動脈寸位諧波頻譜分析，各諧波能量值來做比較，採用配對 t 檢定 (paired t test) 的分析方法，統計顯著定義為 $p < 0.05$ ；分別得到左手橈動脈脈波頻譜分析結果，左手橈動脈脈波頻譜分析結果發現，運動後之各諧波能量數值與運動前比較 (圖4-2-1)，高於運動前的有C2：腎經、C4：肺經、C5：胃經、C10：小腸經；低於運動前的有C1：肝經、C3：脾經、C6：膽經、C7：膀胱經、C8：大腸經、C9：三焦經。然各諧波能量值達到統計上的顯著意義為C1與C2， p 值分別為0.047和0.016。(圖4-2-2，圖4-2-3)

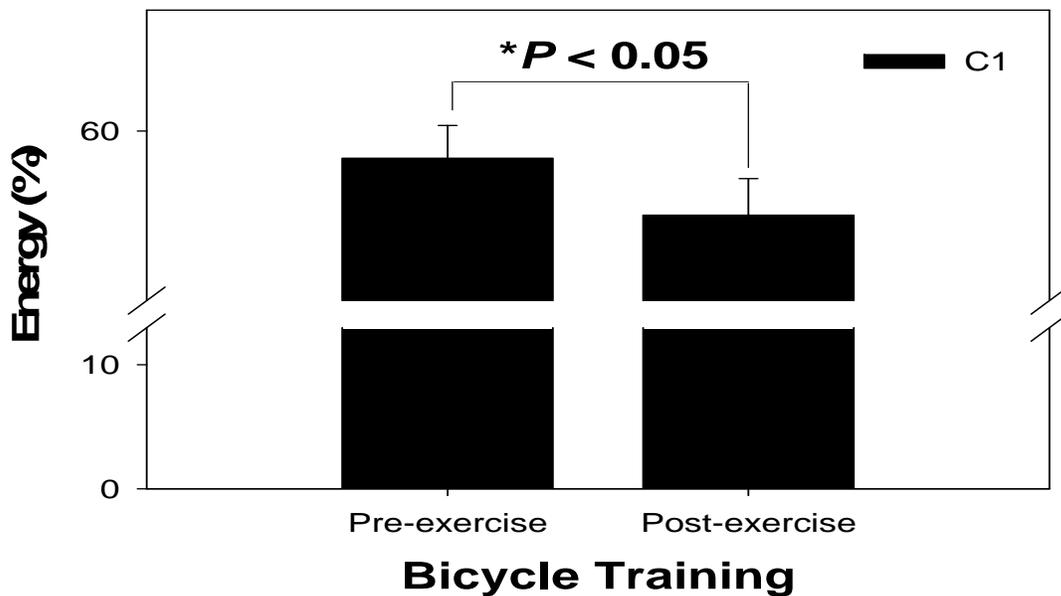


圖4-2-2 運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化

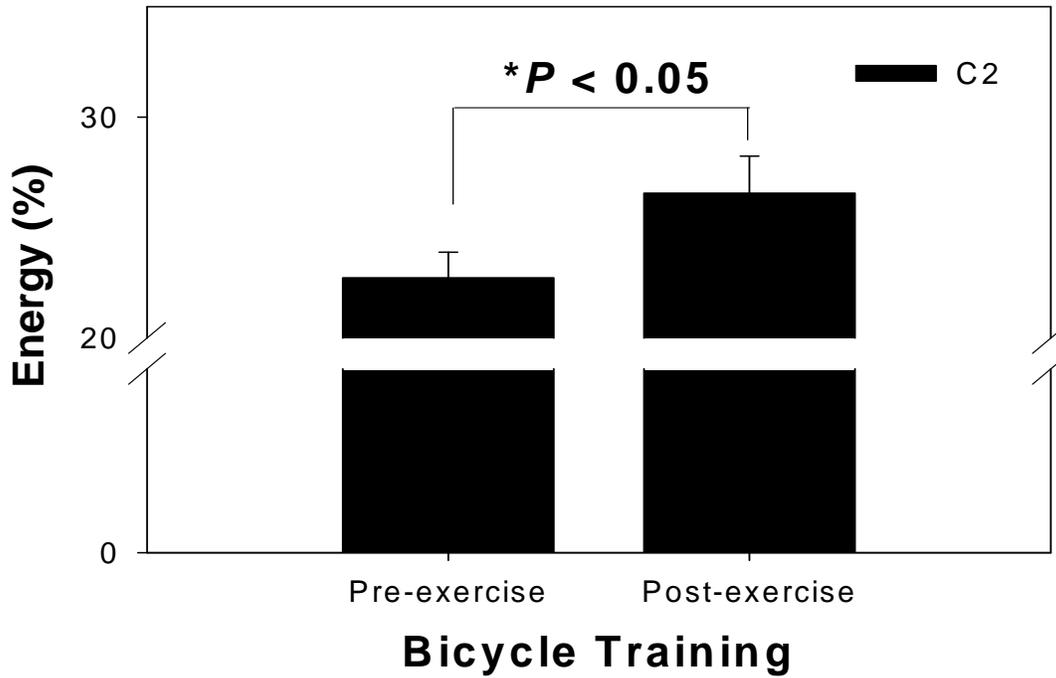


圖 4-2-3 運動前後的第二谐波谐波能量百分率的變化

表4-2-2 第40號受試者橈動脈脈波頻譜分析結果 單位：單位能量值

	運動前	運動後
C1	2199807000	1485536000
C2	1255755900	1333128000
C3	694732910	450030900
C4	148958412	161444517
C5	102224600	118466800
C6	32558216	22220590
C7	5857331	9380685
C8	2543436	6272162
C9	1070577	3970028
C10	647780	1350542

表4-2-3 第40號受試者橈動脈脈波頻譜分析結果

單位：百分比

	運動前(%)	運動後(%)
C1	49.50	41.36
C2	28.26	37.12
C3	15.63	12.53
C4	3.35	4.49
C5	2.30	3.30
C6	0.73	0.62
C7	0.13	0.26
C8	0.06	0.17
C9	0.02	0.11
C10	0.01	0.04



第五章 討論

5.1 運動與脈象經絡的關係：

我國並沒有運動這一個名詞，可以於考據上跟運動生理學比較有相關，應屬中國傳統的武術。在中國武術的領域裡，像大家熟知的太極拳，要求全身放鬆，調勻呼吸，意念的集中，意守丹田，達到身心結合為一的和諧狀態¹⁰³。氣功的鍛鍊中，出現一些『氣』的運行感覺，這是經絡的現象之一，古人認為這種通路與奇經八脈關係較大，李時珍在《奇經八脈考》一書寫道：“內景隧道，惟反觀者能照察之。”古代的氣功書稱內臟功能為內景，意思是通過氣功的反觀，能覺察到人體內部的生理現象及其感覺傳導通路。任、督脈是最主要的通路，氣功鍛鍊者，經丹田部產生熱氣，後向尾底部，沿脊柱上達腦後到頭頂，再經咽喉、胸中回到腹部，這周轉現象稱作週天¹⁰⁴。在中國傳統醫學的角度（黃帝內經），身體的運動，深呼吸運動，精神的集中，這些運動促使身心達到和諧的狀態，伴隨著內部經絡的運行，就像武術中的週天循環，運行我們體內經絡的循環。¹⁰³。

5.2 運動與針灸，經絡的關係

已有一些研究探討運動與針灸經絡的關係，如 Ehrlich 和 Haber 發現一系列的針灸治療，可以增進運動的能力，然而短暫且單一穴位的針灸並不能產生立即的效果²⁴。另有研究指出，不論是無氧閾值的耗氧量，還是達無氧閾值的運動能力和攝氧量，在經過針灸刺激 5 週後，皆有顯著的提升²⁵。然而 Karvelas 等人研究指出，經過針灸扎針與運動有關的穴位如百匯、珠史、中門、內關、足三里、三陰焦等六個穴位後，並沒有立即出現增加運動能力的成果，他們評估的項目包含：RPE(rating of perceived exertion)、耗氧量、心跳、RER (respiratory exchange ratio)、ventilation and ventilatory equivalent for oxygen at submaximal workloads²⁶。

在我們的實驗中，正確的自行車踩踏動作，必須將足部的 metatarsal

phalangeal 關節置放在踏板的中央¹⁰⁵，這個位置正好跟我們經絡中的湧泉穴 Youngquan (KI1)相接觸。踩踏的同時，可以刺激湧泉穴，達到按摩的功效；湧泉穴屬於十二正經中的足少陰腎經，在氣功修煉中也屬重要經脈，《黃帝內經》中說：“腎出於湧泉，湧泉者足心也”。意思是說：腎經之氣猶如源泉之水，來源於足下，湧出灌溉周身四肢各處。

雙手扣握的把手部分可以刺激勞宮穴，勞宮穴位在手掌心第三、四掌骨間動脈中¹⁰⁶。勞宮穴屬於十二正經中的手厥陰心包經，手厥陰心包經。《靈樞·經脈》指出心主手厥陰心包絡之脈，起於胸中，出屬心包絡，下膈，曆絡三焦，與手少陽三焦經互為表裡。

我們的實驗期望發現，訓練的品質能反應這些經絡上所對應的臟腑，表現相對應器官的能量增加，例如：足少陰腎經對應腎 (C2)，手厥陰心包經對應心、三焦 (C9)，等對應的脈象達到相對能量的提升。實驗的結果發現，運動後比上運動前僅第二諧波 (C2) 的能量百分比呈現上升 (圖 4-2-3)，但是第九諧波 (C9) 的相關對應的諧波，表現並無差異。由此推論，在自行車的訓練上，可能還是著重在腿部的訓練。

5.3 生理學的脈診研究

在 Hsieh 的研究中，不同的呼吸速率會影響諧波能量的分佈，快速的呼吸時，會增進第二諧波的能量，他們指出，由於第二諧波代表腎的能量，在快速呼吸下，或許有暗示這個器官 (腎) 必須做一些調適，所以才會使 C2 上升。他們同時發現第四諧波 (肺)，第五諧波 (胃) 的相位 (phase) 變化，在快速呼吸時會降低，相反的在緩慢的呼吸時會增加。推論為快速呼吸時會使器官組織變的較緊實，而緩慢呼吸會使器官組織變得較柔軟所致^{97 97}。相較於我們的實驗結果，也有相似的結果發現。但是我們的呼吸是因為運動的調適而增快，屬於被動的調節，與 Hsieh 等人利用意識控制呼吸速率，屬於主動控制，實驗設計上還是有所不同。

5.4 中醫五行理論解釋運動的生理現象

中醫五行¹⁰⁷有著特殊的含義。「木曰曲直」，代表生長、升發、條達、舒暢的功能，在人體為肝。「金曰從革」，代表沉降、肅殺、收斂等性質，在人體為肺。「水曰潤下」，代表了滋潤、下行、寒涼、閉藏的性質，在人體為腎。「土曰稼穡」，代表了生化、承載、受納等性質，在人體為脾。「火曰炎上」，代表了溫熱、向上等性質，在人體為心。古人把五行的元素，加入的相生相剋的理論，以中醫五行的理論來看(The Theory of Yin-Yang and Five Elements) (附錄1：中醫五行圖)，肺(C4)屬金，肝(C1)屬木，腎(C2)屬水，依照相生相剋的假說，如果運動可以提升肺功能，也會提升腎功能，同時會抑制肝的活性，我們的脈波實驗也證實了這個現象。

5.5 運動生理學的監測值

在一篇太極拳訓練的五年追蹤研究中指出，太極拳訓練者展現較高的有氧運動能力，同時降低運動時所需要的最大耗氧量(VO_{2peak})¹⁰⁸。自行車訓練不但增進有氧運動能力的效果外，也會增加無氧運動的能力，例如在肌肉切片的實驗中發現：行無氧運動時，經過訓練的運動員，會增加了肌肉 ATP、PCr (phosphocreatine)、free creatine、glycogen 的含量高達 28%，增加這些含量，可以使肌肉在無氧收縮下增加收縮力量^{12,109}。除此之外，運動的監測評估項目還有： VO_{2max} 、心輸出量 (cardiac output、stroke volume、heart rate)、單位肌肉的能量含量 (單位肌肉的 ATP、PCr、glycogen 含量)、單位肌肉的微血管密度、內分泌的量 (insulin、norepinephrin/epinephrine 比值)、血液的乳酸值、乳酸閾值、運動其間的代謝率 (脂肪和葡萄糖的代謝率)、功率和酵素活性 (單位肌肉內的 phosphofructokinase、phosphotlase 的量) 和氧化 drogenase 的量¹²。從生理到生化、物理、解剖學，西方運動醫學已有一套評估的方式。唯獨中醫強調的經絡氣血不見其中，所以我們欲以中醫的觀念詮釋運動的效果，增加運動生理值的監測項目。

5.6 以共振假說解釋運動諧波的脈象

參考王唯工博士的脈波共振理論假說^{43, 44, 49, 50, 110}，第二諧波相關於腎，也關於腎經的能量強弱。我們希望藉由計算諧波 C2 能量增加的量，來評估運動訓練的成效。

5.7 不同體型的運動訓練脈象變化

受試者依照以身體質量指數 (Body Mass Index : 體重(公斤)除以身高(米)之平方) 來估算體型的指數，依照行政院衛生署建議國人的BMI 標準如下：小於18.5 為體重過輕，18.5以上未達 24 為理想範圍，24.0 以上未達30為體重過重，大於30.0為肥胖。本實驗的受試者中，BMI小於18.5 者只有一人，故以其餘三組進行運動前後的配對t檢定。BMI大於30組有兩人，運動前後的配對t檢定，在第二諧波 (C2) 的百分比能量差異值達顯著的意義， $p=0.006$ ；BMI介於24.0以上未達30有16人，運動前後的配對t檢定，在第一諧波 (C1) 的百分比能量差異值達顯著的意義， $p=0.001$ 。肥胖的族群多半是比較不運動的族群，所以運動所產生的差異，相較起來可能就會常運動的族群明顯，或許這可以解釋為什麼BMI大於30的族群在第二諧波的百分比上升差異會那麼明顯(圖 5-7-2)。有趣的是BMI介於24至30的族群，在第一諧波的百分下降，也明顯高於其他組別(圖 5-7-1)。

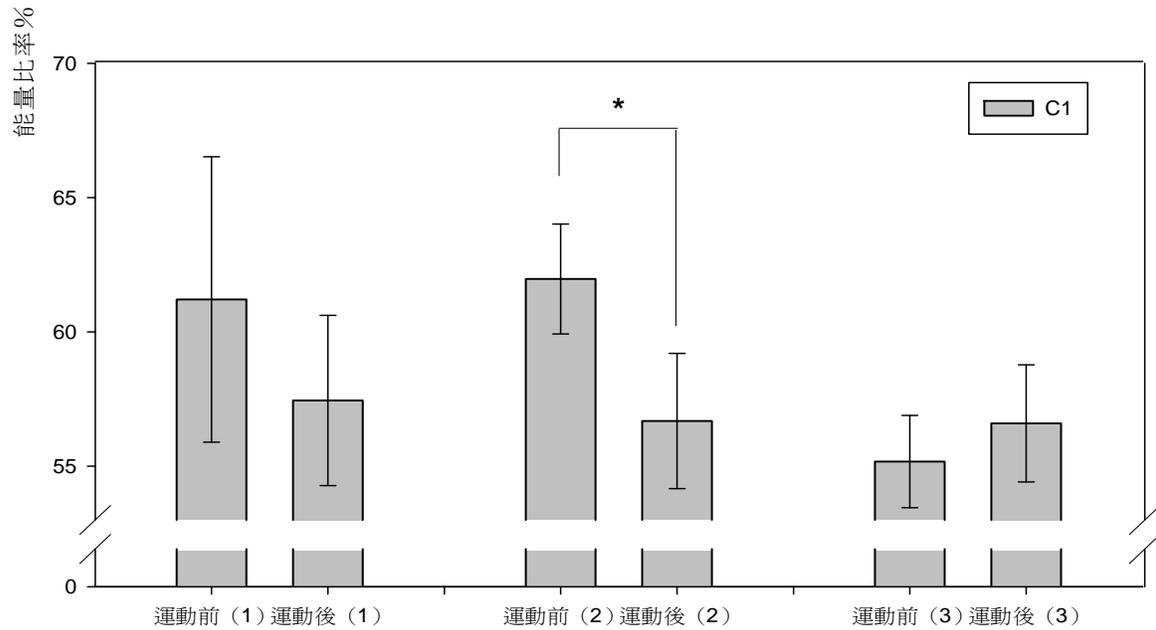


圖 5-7-1 不同BMI運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化，括號內代表組別，組別1: $BMI \geq 30$ ，2: $30 > BMI \geq 24$ ，3: $24 > BMI \geq 18.5$

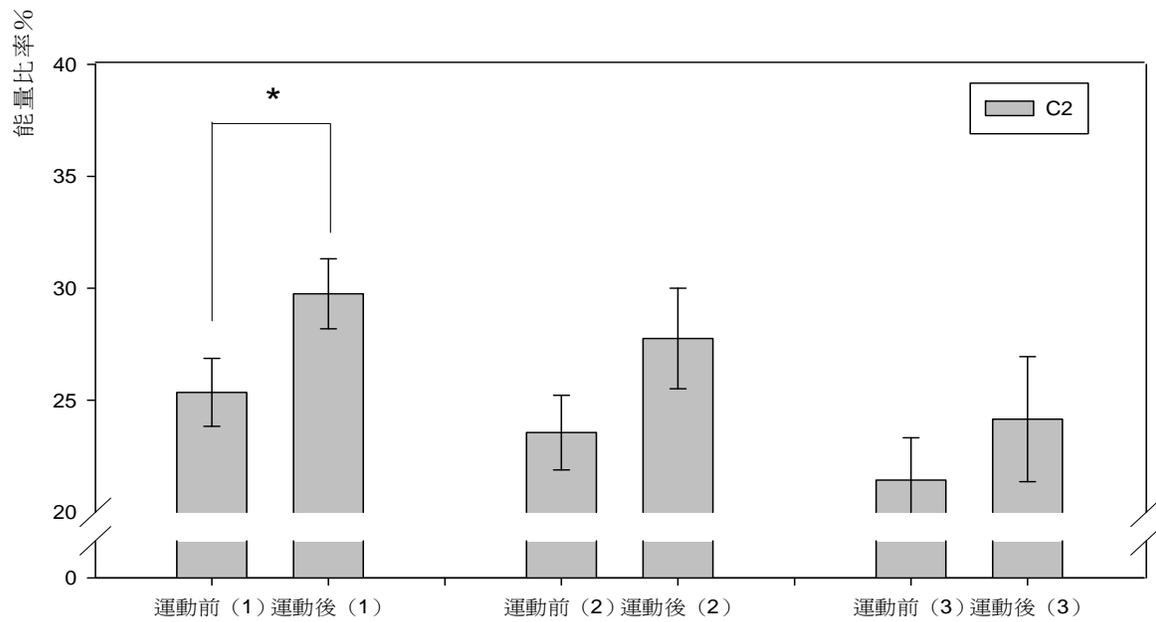


圖 5-7-2 不同BMI運動前後的第二諧波諧波能量百分率的變化，括號內代表組別，組別1: $BMI \geq 30$ ，2: $30 > BMI \geq 24$ ，3: $24 > BMI \geq 18.5$

5.8 不同器材的運動訓練脈象變化

我們再將受試者依照平時的騎乘自行車的車種作為分類(參照附錄)，分成公路車組、登山車組、小輪徑組和其他車種。探討不同的騎乘族群，是否有不同的單次測量表現，結果發現公路車組，在第一諧波，諧波能量百分率的變化，呈現運動後顯著的下降， $p=0.042$ ；第二、第四諧波能量百分率的變化，則呈現運動後顯著的上升， p 值分別為0.032與0.041。

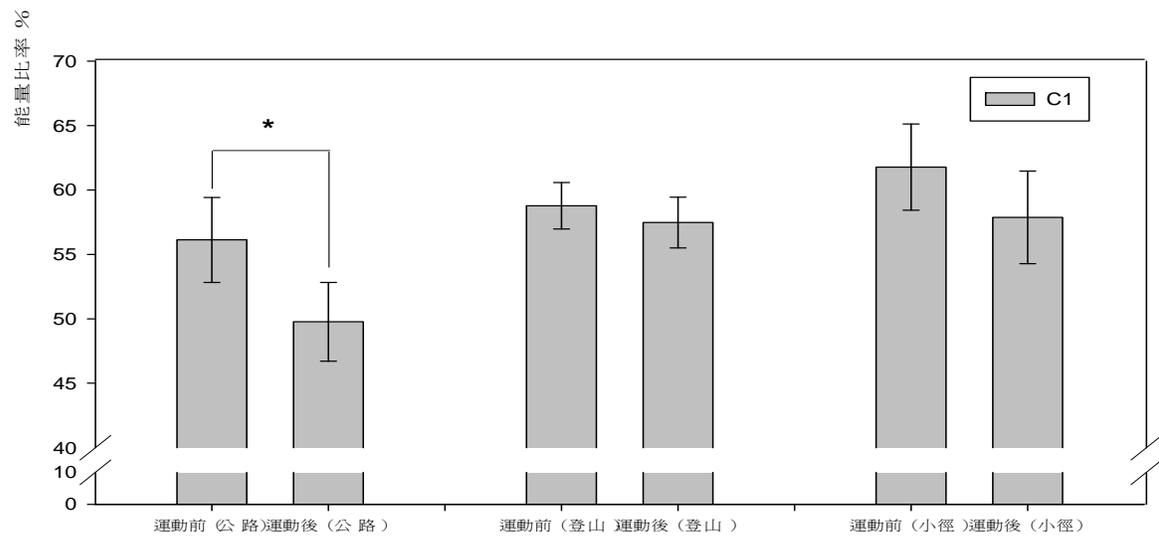


圖 5-8-1 不同車種運動前後的第一諧波諧波能量百分率的變化

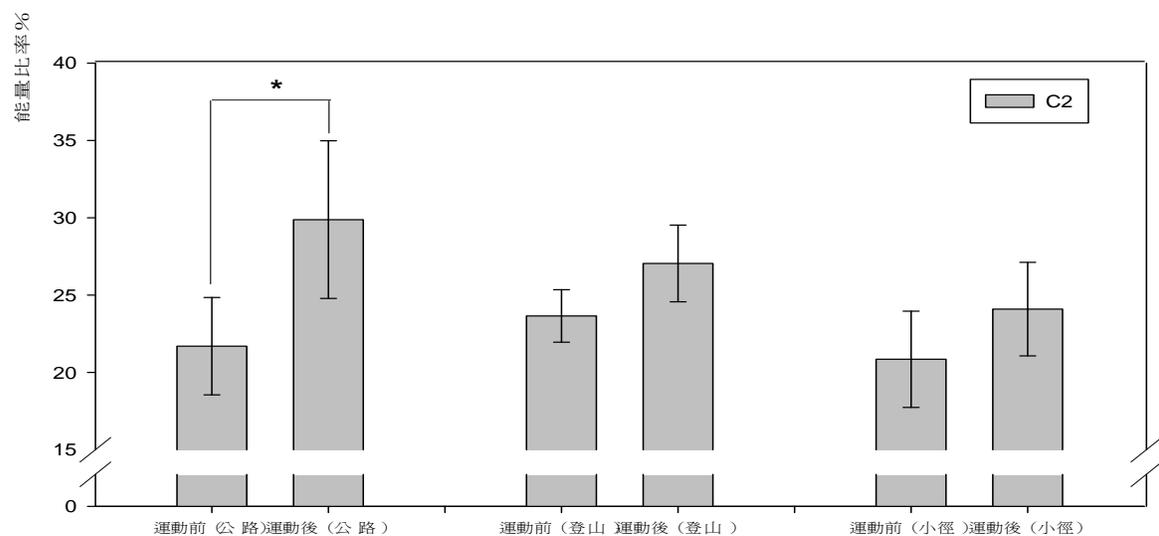


圖 5-8-2 不同車種運動前後的第二諧波諧波能量百分率的變化

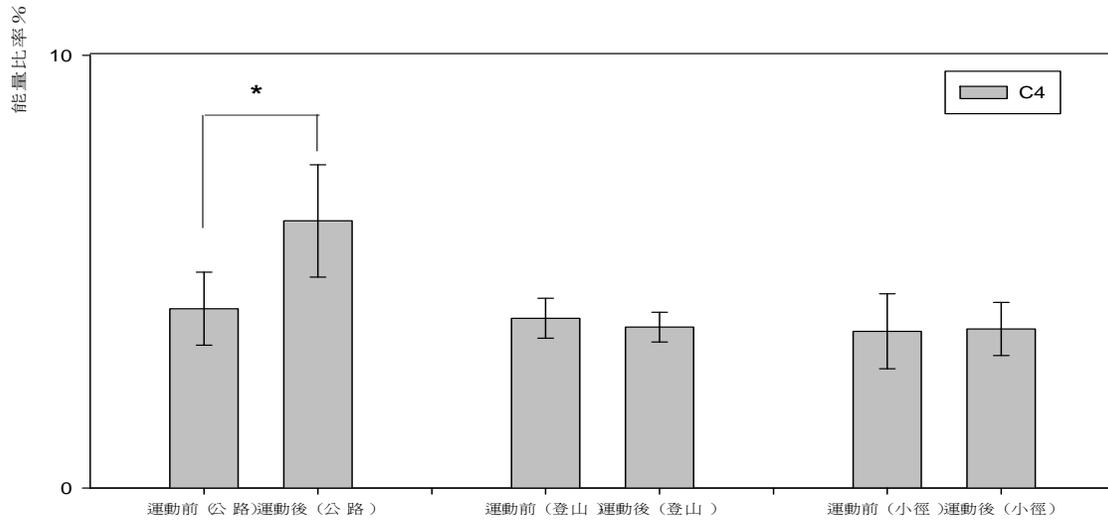


圖 5-8-3 不同車種運動前後的第四諧波諧波能量百分率的變化

騎乘公路車的騎士，比較要求車子與體型的設定，不論從車架大小、座墊高度、踏柄長短、把手寬度等都是依照個人的體型量身訂做。訓練的技巧也比登山車和其他車種要求更嚴格，比如說踩踏時，身體的姿勢、角度，必須將背拱成彎形，增加髖部轉動的空間，抬頭的角度，要注意肩、肘、手的鬆沈度等。所以平時騎乘公路車的族群在單次自行車機的訓練後，達到第一諧波、第二諧波、第四諧波的百分比差異值(圖 5-8-1、5-8-2、5-8-3)，比較其他車種呈現顯著的差異。所以我們可以推論公路車的訓練效果，明顯優於其他車種。然而我們的人數還不多，需要有更多的受試對象結果，才可以支持這個結果。

第六章 結論與未來研究方向

6.1 結論

在這個實驗中我們發現運動可以增加心肺功能，藉由刺激湧泉穴，進而增進腎經能量。同時肝經的活性會下降，或許使肝臟功能得以休息。平日騎乘公路車的族群，明顯得到上述的結果，由此可見公路車可能是較好的訓練工具。肥胖族群也可以明顯看出運動前後的差異，因此過重的受試者中，運動得到的效果應該比一般人顯著。我們希望藉由這個試驗去探討，運動訓練造成體內質的改變，如果這個理論運用在運動訓練上，可以去偵測不同的訓練方式，選手在諧波能量上的變化，就可以去定量這個訓練方法的優劣。

6.2 未來研究方向

利用運動增加的諧波能量變化，可以評估訓練的效果。如果假設成立，也可以利用此等理論去檢測訓練方法的優劣，例如：有助於發現增加運動表現的飲食組合，評估運動員傷害的復原程度、運動員目前的體能狀況等。

運動醫學和運動產業是一個充滿前景和潛力的事業，如果能藉由中醫的理論，脈診的量測，再加上西方醫學的抽血檢驗、影像檢查、體適能檢查。在中西結合的精神下，幫助運動員建立更全面的生理評估。

参考文献

1. Kubukeli ZN, Noakes TD, Dennis SC. Training techniques to improve endurance exercise performances. *Sports Medicine* 2002; 32: 489-509.
2. Frick MH, Kontinen A, Sarajas HS. Effects of physical training on circulation and rest and during exercise. *American Journal of Cardiology* 1963; 12: 142-147.
3. Frick MH. Coronary implications of hemodynamic changes caused by physical training. *American Journal of Cardiology* 1968; 22: 417-425.
4. Scheuer J, Tipton CM. Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology* 1977; 39: 221-251.
5. Blomqvist CG, Saltin B. Cardiovascular adaptations to physical training. *Annual Review of Physiology* 1983; 45: 169-189.
6. Iwanaga T, Inuzuka S, Takahashi N, Kishikawa R, Ikeda T, Hirose T, Tsurutani H, Nishima S. Long-term effects of bicycle-ergometry training on exercise endurance and dyspnea in patients with chronic pulmonary emphysema. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi* 1998; 36: 659-664.
7. Benditt JO, Lewis S, Wood DE, Klima L, Albert RK. Lung volume reduction surgery improves maximal O₂ consumption, maximal minute ventilation, O₂ pulse, and dead space-to-tidal volume ratio during leg cycle ergometry. *American Journal of Respiratory & Critical Care Medicine* 1997; 156: 561-566.
8. Ehrendorfer S, Haber P. Effects of 4-week ergometry training at an intensity of 30% versus 50% of maximum performance in an inpatient setting. *Wiener Klinische Wochenschrift* 1995; 107: 195-201.
9. Kassirskii GI, Grosheva TV. Physical rehabilitation using bicycle ergometry training of patients after aortic valve replacement. *Terapevticheskii Arkhiv* 1991; 63: 59-62.
10. Rudnitskii S, Kassirskii GI, Grosheva TV, Fomina NG, Tyl'ka I, Bilinska

- M, Tyl'ka E, Kubatska I. Bicycle ergometry training during the sanatorium stage of patient rehabilitation after insertion of aortic valve prosthesis. *Kardiologija* 1989; 29: 15-17.
11. Zbogar D, Eng JJ, Krassioukov AV, Scott JM, Esch BT, Warburton DE, Esch BTA, Warburton DER. The effects of functional electrical stimulation leg cycle ergometry training on arterial compliance in individuals with spinal cord injury. *Spinal Cord* 2008; 46: 722-726.
 12. McArdle W. *Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance* 6edn. 6 ed. Philadelphia, USA: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
 13. 宋相和,王耘. 脈搏波：溝通中醫與西醫的橋樑. *中西醫結合學報* 2008; 6: 891-895.
 14. Baslund B, Lyngberg K, Andersen V, Halkjaer Kristensen J, Hansen M, Klokke M, Pedersen BK. Effect of 8 wk of bicycle training on the immune system of patients with rheumatoid arthritis. *Journal of Applied Physiology*, 1993; 75: 1691-1695.
 15. Epifanova VA, Ivanova ED, Dzhamukhambetov MK. The evaluation of the results of the bicycle ergometry training of students with an inactive phase of rheumatism. *Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lechebnoi Fizicheskoi Kultury* 1992: 6-9.
 16. Leeds EM, Klose KJ, Ganz W, Serafini A, Green BA. Bone mineral density after bicycle ergometry training. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 1990; 71: 207-209.
 17. Wiese M, Metzner C, Ziesenhenn K, Haupt R. Effect of a bicycle ergometry training program in the acute phase of viral hepatitis on its late prognosis. *Zeitschrift für die Gesamte Innere Medizin und Ihre Grenzgebiete* 1983; 38: 42-44.
 18. Sergysels R, De Coster A, Degre S, Denolin H. Functional evaluation of a physical rehabilitation program including breathing exercises and bicycle training in chronic obstructive lung disease. *Respiration* 1979; 38:

- 105-111.
19. Faria EW, Parker DL, Faria IE. The science of cycling: physiology and training - part 1. *Sports Medicine* 2005; 35: 285-312.
 20. Atkinson G, Davison R, Jeukendrup A, Passfield L. Science and cycling: current knowledge and future directions for research. *Journal of sports sciences* 2003; 21: 767-787.
 21. Laursen PB, Jenkins DG. The scientific basis for high-intensity interval training: optimising training programmes and maximising performance in highly trained endurance athletes. *Sports Medicine* 2002; 32: 53-73.
 22. Lucia A, Hoyos J, Chicharro JL. Physiology of professional road cycling. *Sports Medicine* 2001; 31: 325-337.
 23. Hug M, Mullis PE, Vogt M, Ventura N, Hoppeler H. Training modalities: over-reaching and over-training in athletes, including a study of the role of hormones. *Best practice & research. Clinical endocrinology & metabolism* 2003; 17: 191-209.
 24. Ehrlich D, Haber P. Influence of acupuncture on physical performance capacity and haemodynamic parameters. *International journal of sports medicine* 1992; 13: 486-491.
 25. Gentil D, Assumpcao J, Yamamura Y, Barros Neto T. The effect of acupuncture and moxibustion on physical performance by sedentary subjects submitted to ergospirometric test on the treadmill. *Journal of sports medicine and physical fitness* 2005; 45: 134-140.
 26. Karvelas BR, Hoffman MD, Zeni AI. Acute effects of acupuncture on physiological and psychological responses to cycle ergometry. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 1996; 77: 1256-1259.
 27. 林政宏. 脈診一學就通 台北智林文化出版社, 2005.
 28. 王叔和. 脈經. 台北: 五洲出版社, 2004.
 29. 費兆馥. 現代中醫脈診學 人民衛生出版社 2003.
 30. 傅世垣. 中醫大百科全書 台北 遠流出版社 2004.
 31. 黃進明. 現代脈診圖譜學 台北 知音出版社 2007.

32. 傅驄遠、牛欣. 中醫脈象今釋 北京 華夏出版社 1993.
33. 張恩勤. 中醫基礎理論 上海 上海中醫藥大學出版社 1990.
34. 南京中醫藥大學. 黃帝內經靈樞譯釋 南京 文光圖書 2007.
35. 黃帝內經素問. 北京 人民衛生出版社 2005.
36. 黃維三. 難經發揮 台中 中國醫藥學院出版組 1990.
37. 蔡運寧. 寸口脈診操作之預壓與位移研究 中國醫藥大學 中國醫學研究所 碩士論文 2006.
38. 黃維三. 難經知要 1985.
39. 王明三. 獨取寸口現代認識. 山東中醫雜誌 2007; 26: 739-740.
40. O'Rourke MF, Pauca A, Jiang XJ. Pulse wave analysis. British journal of clinical pharmacology 2001; 51: 507-522.
41. 彭英毅. 心臟血管生理學 合記圖書出版社 1984.
42. 郭正典. 撓骨動脈脈搏波之頻譜分析. 中醫藥年報 2008; 26: 1-18.
43. Wang WK LY, Hsu TL, Chiang Y, Lin YYW. Resonance of organs with heart biomedical engineering : An International Symposium Washington, DC : Hemisphere 1988: 259-268.
44. Wang WK LY, Hsu TL, Chiang Y. Some foundations of pulse feeling in chinese medicine. Biomedical Engineering : An International Symposium Washington, DC : Hemisphere 1988: 268-297.
45. 王唯工. 氣的樂章 台北 大塊文化 2002.
46. 王唯工, 王林玉英. 由血流理論看中醫 中華醫學工程學刊 1991; 11: 1-14.
47. Wang YY, Chang SL, Wu YE, Hsu TL, Wang WK. Resonance. The missing phenomenon in hemodynamics. Circulation research 1991; 69: 246-249.
48. 楊順聰. 心臟血管系統血管叢共振特性之研究. 國立台灣大學 電機工程研究所 博士論文 1988.
49. Young ST, Wang WK, Chang LS, Kuo TS. Specific frequency properties of renal and superior mesenteric arterial beds in rats. Cardiovascular research 1989; 23: 465-467.

50. Yu GL, Wang YL, Wang WK. Resonance in the kidney system of rats. *The American journal of physiology* 1994; 267: H1544-1548.
51. Young ST, Wang WK, Chang LS, Kuo TS. The spectrum study of blood pressure during the disturbance of organic vascular beds. *Journal of the Chinese Institute of Engineers* 1989; 12: 651-657.
52. Wang WK. The research for the modernization of Chinese medicine. *Annual Meeting of the Chinese Institute of Engineers* 1987: 110.
53. Milnor W. *Hemodynamics 2* William & Wilkins 1988.
54. Wang WK, Hsu TL, Bau JG, Wang-Lin YY. Evaluation of herbal formulas by pulse analysis method. *Acta pharmacologica Sinica* 2003; 24: 145-151.
55. Jan MY, Hsiu H, Hsu TL, Wang WK, Wang YYL. The Physical conditions of different organs are reflected specifically in the pressure pulse spectrum of the peripheral artery. *Cardiovascular Engineering* 2003; 3: 21-29.
56. 汪叔游. 中醫脈診脈象圖形化之研究(一). *科學發展月刊* Vol. 5, 1977.
57. 汪叔游. 中醫脈診脈象圖形化之研究(二). *科學發展月刊* Vol.6, 1978.
58. 汪叔游. 中醫脈診脈象圖形化之研究(三). *科學發展月刊* Vol. 8, 1980.
59. 汪叔游. *Pulsology and Symptomatology in Chinese Medicine* 台北 啟業書局 1998.
60. 魏凌雲. *針灸科學與技術* 台北 中華書局 1987.
61. 魏凌雲. *中醫科學化的研究與發展*. *科學月刊* 1989.
62. 魏凌雲. 電子脈象診斷的現狀和前景. *國際傳統醫藥大會* 1991: 71-76.
63. 楊岳隆 張恒鴻. 心臟衰竭患者寸口脈波圖之分析. *Journal of Chinese Medicine* 2006; 17: 85-94.
64. 袁家輝. 電針刺足三里穴對脈波頻譜之變化 *中國醫藥大學 中西醫結合研究所 碩士論文* 2006.
65. 汪叔游. *中醫脈診脈象圖形化之研究:外感六淫脈診圖形之研究* 私

- 立中國醫藥學院研究年報 1982; 13: 65-148.
66. 張繼憲. 尿毒症在血液透析前後波圖形之研究. 中國醫藥學院中國醫學研究所碩士論文 1984.
 67. 賴舜彬. 脈波測量暨分析系統之設計 中原大學 醫學工程研究所 碩士論文 1989.
 68. 張鈺鑫. 以多訊息脈波分析評估出血性休克大鼠之預後. 台中 中國醫藥大學 中國醫學研究所 博士論文, 2006.
 69. Oppenheim AV , Willsky AS, Young LT. Signal and system. New Jersey Prentice-Hall 1983.
 70. Porje. Studies of the arterial pulse wave particular in the aorta. Acta Physiologica Scandinavica 1946; 42: 1-68.
 71. Oliva I, Geshwind H, Guttenbergerova K, Roztocil K, Laurent D. Impedance of the arterial system in terms of Fourier harmonic analysis of the pulse wave. Physiologia Bohemoslovaca 1978; 27: 333-40.
 72. Kay J, Gawkrödger DJ, Mortimer MJ, Jaron AG. The prevalence of childhood atopic eczema in a general population. Journal of the American Academy of Dermatology 1994; 30: 35-9.
 73. 梁信杰. 懷孕期間橈動脈共振頻譜之分析. 台中 中國醫藥學院中國醫學研究所碩士論文 2008.
 74. Wang YY, Sheu JI, Wang WK. Alterations of pulse by Chinese herb medicine. American journal of Chinese medicine 1992; 20: 181-190.
 75. Wang WK, Hsu TL, Chiang Y, Wang YY. Pulse spectrum study on the effect of sie-zie-tang and Radix aconiti. American journal of Chinese medicine 1997; 25: 357-366.
 76. Wang WK, Hsu TL, Wang YY. Liu-wei-dihuang: a study by pulse analysis. American journal of Chinese medicine 1998; 26: 73-82.
 77. Wang WK, Hsu TL, Huang ZY, Wang YY. Collective effect of a Chinese formula--a study of xiao-jian-zhong-tang. American journal of Chinese medicine 1995; 23: 299-304.
 78. 尤景良. 可攜帶式微電腦把脈器之設計及脈波分析 國立陽明醫學院

- 醫學工程研究所 碩士論文 1989.
79. 許英偉. 生理功能研究用量測與分析系統的建構 成功大學 電機工程研究所 碩士論文 1991.
80. Chen CY, Wang WK, Kao T, Yu BC, Chiang BC. Spectral analysis of radial pulse in patients with acute, uncomplicated myocardial infarction. *Japanese heart journal* 1993; 34: 131-143.
81. 陳逸光.王志鴻.黃憲唐.王金鐸. 冠心病中醫脈圖分析. 台北: 行政院衛生署中醫藥委員會, 1996.
82. Lu WA, Cheng CH, Lin Wang YY, Wang WK. Pulse spectrum analysis of hospital patients with possible liver problems. *American journal of Chinese medicine* 1996; 24: 315-320.
83. 王正賜. 慢性疼痛病人與肝癌病人經肝動脈栓塞之脈波頻譜分析. 國立陽明醫學院 傳統醫學研究所 碩士論文 1996.
84. Wang WK, Tsuei J, Chang HC, Hsu TL, Wang YY. Pulse spectrum analysis of chemical factory workers with abnormal blood test. *American journal of Chinese medicine* 1996; 24: 199-203.
85. 沈建忠. 脈診儀對氣喘病診斷及嚴重程度之研究. *中醫藥年報* 1998; 16: 803-808.
86. Wan-An L. Pulse spectrum analysis in 205 patients with abnormal liver function test. *北市醫學雜誌* 2006; 3: 240-247.
87. 呂萬安. Pulse Spectrum Analysis in Primary Hypertension Patients. *北市醫學雜誌* 2006; 3: 859-868.
88. 林承翰. 門脈高壓大鼠之脈波分析研究. 中國醫藥大學 中國醫學研究所 碩士論文 2006.
89. Lin CJ, Wang CH, Lin JG, Chang YH, Lin JS, Su YC. Pulse spectrum analysis, a faster and easier way to predict outcome of sepsis? *American journal of Chinese medicine* 2008; 36: 1061-1070.
90. 劉智明. 脈診儀在異位性皮膚炎患者脈波之研究 中國醫藥大學 中西醫結合研究所 碩士論文 2009.
91. 張修誠. 以脈搏諧波頻譜分析探討中醫臟象學說與器官共振理論之

- 相關性研究 中國醫藥學院 中國醫藥研究所 博士學位 1993.
92. Wang WK, Hsu TL, Chang HC, Wang YY. Effect of acupuncture at Tsu San Li (St-36) on the pulse spectrum. *American journal of Chinese medicine* 1995; 23: 121-130.
 93. 宋敏. 針刺足三里穴脈波頻譜變化之研究. 中國醫藥學院 中國醫學研究所 碩士論文 1995.
 94. Wang WK HT, Chang HC, Wang YY. Effect of acupuncture at tai-tsih (K-3) on the pulse spectrum. *American journal of Chinese medicine* 1996; 24: 305-313.
 95. Wan WK HT, Chang HC, Wan YY Effect of acupuncture at Hsien-Ku (St-43) on the pulse spectrum and a discussion of the evidence for the frequency structure of Chinese medicine. *American journal of Chinese medicine* 2000; 28: 41-55.
 96. 蔡青芬. 針刺三陰交穴脈波頻譜變化之研究. 中國醫藥大學 中西醫結合研究所 碩士論文 2006.
 97. Hsieh CW, Mao CW, Young MS, Yeh TL, Yeh SJ. Respiratory effect on the pulse spectrum. *Journal of Medical Engineering & Technology* 2003; 27: 77-84.
 98. Wang WK, Hsu TL, Chiang Y, Wang YY. The prandial effect on the pulse spectrum. *American journal of Chinese medicine* 1996; 24: 93-98.
 99. Su YC, Huang KF, Chang YH, Li TC, Huang WS, Lin JG. The effect of fasting on the pulse spectrum. *American Journal of Chinese Medicine* 2000; 28: 409-417.
 100. Liu Y-h, Yang Qi-hua. Experiment and research of the data collection method and power spectral density analysis of pulse wave. *Journal of China Jiliang University* 2008; 19: 251-255.
 101. Price M, Moss P. The effects of work:rest duration on physiological and perceptual responses during intermittent exercise and performance. *Journal of sports sciences* 2007; 25: 1613-21.
 102. Haskell WL, Lee IM, Pate RR, Powell KE, Blair SN, Franklin BA,

- Macera CA, Heath GW, Thompson PD, Bauman A. Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Circulation* 2007; 116: 1081-93.
103. 清·王宗岳. 太極拳譜: 大展出版社有限公司, 2005.
104. 唐湘清. 中醫經絡學. 台北: 木鐸出版社, 1988.
105. 謝正寬. 單車學校教你的 52 堂課: 台灣: 蘋果屋出版社, 2007.
106. 黃維三. 針灸科學. 台北: 國立編譯館, 1995.
107. 唐方. 圖解中醫學 Vol. 1. 台北: 合記出版社, 2009.
108. Lan C, Chen SY, Lai JS. Changes of aerobic capacity, fat ratio and flexibility in older TCC practitioners: a five-year follow-up. *American Journal of Chinese Medicine* 2008; 36: 1041-1050.
109. Faria IE. Applied physiology of cycling. *Sports Medicine* 1984; 1: 187-204.
110. Young ST, Wang WK, Chang LS, Kuo TS. The filter properties of the arterial beds of organs in rats. *Acta Physiologica Scandinavica* 1992; 145: 401-406.

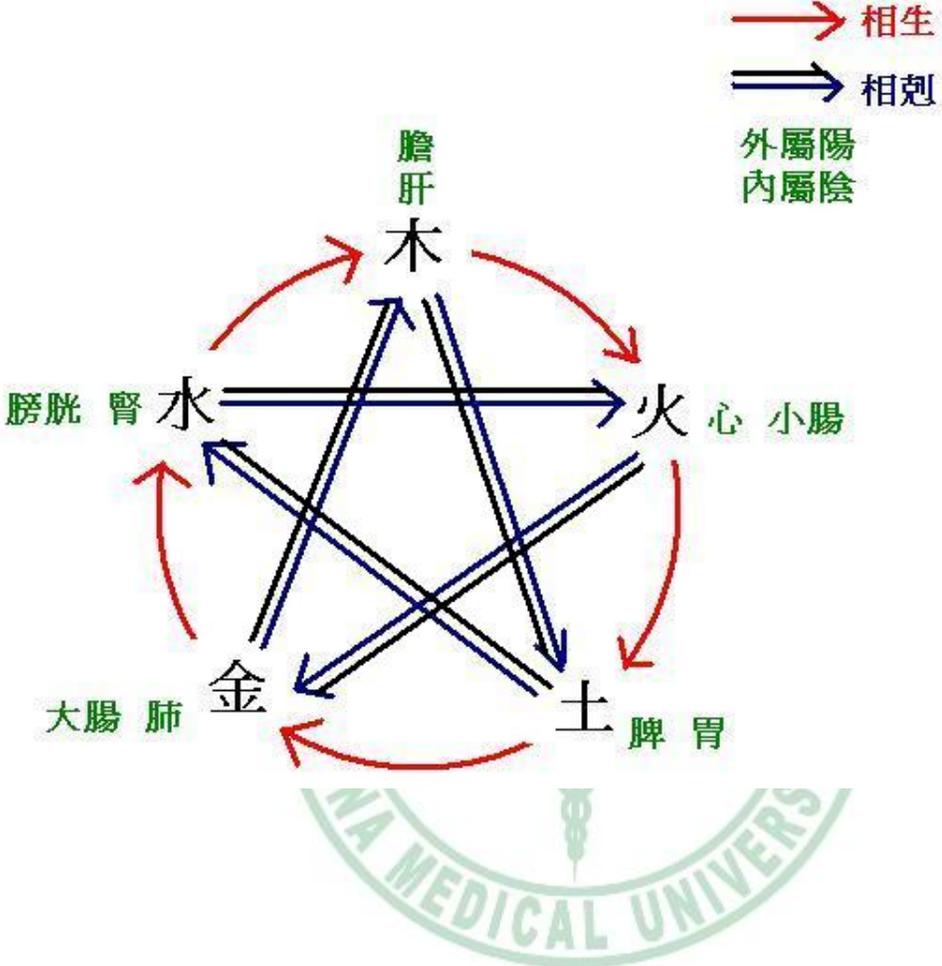
附錄

附錄 1

New York Heart Association (NYHA) 心臟衰竭程度的臨床嚴重度分級

NYHA Class	Symptoms
I	No symptoms and no limitation in ordinary physical activity, e.g. shortness of breath when walking, climbing stairs etc.
II	Mild symptoms (mild shortness of breath and/or angina) and slight limitation during ordinary activity.
III	Marked limitation in activity due to symptoms, even during less-than-ordinary activity, e.g. walking short distances (20-100 m).
IV	Comfortable only at rest. Severe limitations. Experiences symptoms even while at rest. Mostly bedbound patients.

附錄 2 五行相生相剋關係圖



附錄 3 人體試驗委員會審核同意書



秀傳醫療社團法人秀傳紀念醫院
Show Chwan Memorial Hospital

人體試驗委員會

Institutional Review Board, IRB

No. 542, Sec. 1, Chung-Shan Rd. Chunghua, Taiwan 500, R.O.C.

Tel: 886-4-7236166 ext.66060 Fax: 886-4-7111180

同意臨床試驗證明書

查檢送 急診部 邱俊謙 主持「脈診儀在自行車訓練者的脈波研究」案(本會編號: 980401)，經本院人體試驗委員會於 98 年 07 月 10 日審查通過，特此證明。有效期限至 99 年 07 月 09 日止。(請於有效期限到期一個月前繳交期中報告，以利本會重新審查是否同意繼續進行；試驗完成後，應繳交結案報告。)

人體試驗委員會

主任委員

蔡志宏

中 華 民 國 九 十 八 年 七 月 十 三 日

Permission of Clinical Trial

July 13, 2009

To Whom It May Concern:

The following documents have been submitted for review.

Protocol Title: The bicycle training effect on pulse spectrum

Protocol Version Date: V3.0, 98/07/03

Informed Consent Form: V2.0, 98/06/17

IRB No: 980401

Above study is approved by the Institutional Review Board of Show Chwan Memorial Hospital on July 10, 2009 and valid till July 09, 2010. The committee is organized and operates according to GCP and the applicable laws and regulations. Please send your Midterm Report to IRB for continuing review one month before the expiry date and Final Report at the end of the study.



Your sincerely,

Chi-Hong Tasi

Chairman

Institutional Review Board

Show Chwan Memorial Hospital, Taiwan, R.O.C.

附錄4 科隆電腦脈波分析系統使用許可證

行政院衛生署醫療器材許可證

衛署醫器製 字第 002302 號

中文名稱： "科隆" 電腦脈波分析系統

英文名稱： "SKYLARK" Pulse Analysis System

類別： 第Ⅰ類：一般醫院及個人使用裝置

規格： PDS-2000, 以下空白。

藥商名稱： 科隆科技股份有限公司

製造廠名稱： 科隆科技股份有限公司龜山廠

製造廠地址： 桃園縣龜山鄉民生北路一段40之2號2樓之7至14號

效能： 詳如中文仿單核定本

處方： 空白。

前項醫療器材經本署審核與藥事法之規定相符應發給許可證以資證明

行政院衛生署署長

侯勝茂

發證日期 玖拾伍 年 拾貳 月 拾玖 日
有效日期 壹佰 年 拾貳 月 拾玖 日

核准 展 延 至	年 月 日	年 月 日	年 月 日	年 月 日
文號				

F 009337

科隆電腦脈波分析系統使用許可證

*** 衛署醫器製字第002302號 ***			
註銷狀態		註銷日期	
註銷理由			
有效日期	100/12/19	發證日期	95/12/19
許可證種類	醫 器		
舊證字號	醫療器材級數	第二等級	
中文品名	"科隆" 電腦脈波分析系統		
英文品名	"SKYLARK" Pulse Analysis System		
效能	詳如中文仿單核定本		
醫器規格	PDS-2000, 以下空白。		
劑型	包裝		
醫器主類別一	J一般醫院及個人使用裝置	醫器次類別一	
醫器主類別二		醫器次類別二	
醫器主類別三		醫器次類別三	
主成分略述			
限制項目	01國產		
藥理分類(舊)			
申請商名稱	0925901200 科隆科技股份有限公司		
申請商地址	台北市中山北路3段34號12樓		
主製造廠			
製造廠名稱	0925901600 科隆科技股份有限公司龜山廠		
製造廠廠址	桃園縣龜山鄉民生北路一段40之2號2樓之7至14號		
製造廠公司地址			
製造廠國別	TAIWAN	製程	

附錄 5 實地操作的照片



英文摘要：

Effect of bicycle ergometry training on pulse spectrum

Introduction:

It is well known that bicycle riding is good for fitness and health. Previous research has proved this opinion. In this study, we try to use pulse spectrum to examine the effect of bicycle training on kidney meridian based on the theories of Traditional Chinese Medicine.

Method:

Thirty-five healthy males were recruited between July.2009~Nov.2009 The subjects were prohibited to take medicine, drinking coffee and alcohol 3 days prior to trial. They were also subjected to fasting 2 hours before the test. A base pulse spectrum was taken after subjects resting for 20 minutes. Then they ride bicycle ergometry and exercise for 50 minutes. Another pulse spectrum was taken following 20 minutes after finishing exercise. The pulse spectrum was analyzed with Fourier transformation.

Result:

With Fourier transformation, energy distribution in each harmonics was calculated with percentage. C2 percentage was elevated after exercise ($p=0.016$), C1 percentage was decreased after exercise ($p=0.047$); BMI greater than 30 had an increase C2 percentage ($p=0.006$), while BMI between 24 and 30 had decreased C1 percentage ($p=0.001$). The results suggest that bicycle riding stimulates kidney meridian under the foot pad leading increase in C2 harmonics, which is beneficial to kidney function. The decreasing in C1 harmonics suggest that riding bicycle enhance the resting of liver function. Road bicycle group had the significant changes in C1, C2, and C4. It is seem that riding road bicycle get better training effect than other bikes .

Conclusion:

C2 energy percentage is closed to kidney meridian. With the elevation of C2 energy distribution, we can define the training quality of training method and design.

Keyword: Pulse spectrum, bicycle ergometry, Fourier transformation, kidney meridian

