

中國文化大學工學院數位機電科技研究所

碩士論文

Graduate Institute of Digital Mechatronic Technology

College of Engineering

Chinese Culture University

Master Thesis

利用機電整合技術探討腦波 (EEG)、記憶力與自律神經
(ANS) 之間受外界環境擾動下之互動與生理狀況影響

Using Mechatronic technology to analyze the effects among
coupling brain waves (EEG), memory and autonomic nervous
system (ANS) with environment perturbation



管得銘

Kuan Te-Ming

指導教授：傅鶴齡 博士

Advisor: Fu Ho-Ling, PhD

中華民國 99 年 6 月

June, 2010

中國文化大學

碩士學位論文

利用機電整合技術探討腦波 (EEG)、記憶力與自律神經 (ANS) 之間受外界環境擾動下之互動與生理狀況影響

Using Mechatronic technology to analyze the effects among coupling brain waves (EEG), memory and autonomic nervous system (ANS) with environment perturbation.

研究生：管得銘

經考試合格特此證明

口試委員：
傅鶴齡
孫白平
張崇森

指導教授：傅鶴齡

所長：陳義揚

口試日期：中華民國 99 年 6 月 29 日

利用機電整合技術探討腦波 (EEG)、記憶力與自律神經 (ANS) 之間受外界環境擾動下之互動與生理狀況影響

研究生：管得銘

指導教授：傅鶴齡

私立中國文化大學數位機電科技研究所

中文摘要



近年來，雖然醫學的發展速度非常之快，但我們對於人類腦部這個區塊所深入了解的知識還是相當有限，我們希望能利用人腦思維及其腦波信號作基礎，研討及分析人類腦部的思維相對受環境之影響作本研究的主題。根據這數十年來的控制理論發展及機電整合技術的進步，越來越多系統整合型量測腦波的儀器及方式出現。本文系以腦波儀(Sensor)來量測及擷取腦波的信號。

承接前人，我們可以很清楚知道實驗的環境會對人類腦波信號有所影響，所以我們希望可以知道相同的人在不同的環境下之腦波信號所受影響的程度，不同的人（性別、年齡、年級）在相同的環境下之腦波信號所受影響的程度以及不同的人在不同環境下之腦波信號所受之影響的程度。

本研究中首先利用音樂創造環境來刺激腦部使其產生信號，來證明其環境和腦波的關係對記憶力之影響。接者再利用腦波信號與中醫子午流柱的觀念做比對，找出時間對其記憶力的影響。最後利用 ANS 量測器量測自律神經的變化是否會對腦波產生影響，進而影響到記憶力。

研究中透過彼此間之關聯，來作為日後我們該如何建立於不同環境下人類的腦波信號所受之影響程度，並透過分析腦波信號可以求得其較佳之學習環境，透過各環境可找出，在 Real-Time 下以求取較佳之 α 波時間，利用時空環境下找出對人有益之優質的腦波，以直接改善人體的記憶力。

關鍵字: 腦波、記憶、環境、Alpha 波、ANS、Sensor



Using Mechatronic technology to analyze the effects among coupling brain waves (EEG), memory and autonomic nervous system (ANS) with environment perturbation

Student : Te-Ming Kuan

Advisor : Dr. Ho-Ling Fu

Department of Digital Mechatronic Technology
Chinese Culture University

Abstract

In recent years, although the technology of medicine is rapidly quick develop, however, the knowledge of human brain is still very limited, In this article to use the human brain thinking and the EEG signals as a basis, Discussion and analysis of the human brain's thinking by the environmental impact relative to the subject of this study. Under the decades of control theory and mechatronics technology, more systems integrated EEG measurement instruments and modalities. This article is to use EEG apparatus (Sensor) to measure and capture EEG signals.

Under take predecessors, we can clearly know the experiment environment will affect human brain wave signal, therefore, we hope to know the same people in different circumstances the impact of the degree of EEG signals, different people (gender, age, grade) under the same environmental impact on the degree of EEG signals and the different people in different circumstances the impact on the EEG signal level.

In this article, the music is one of our tools to create an environment to stimulate the brain with generating signals and the relationships between the environment and the EEG effect on memory. Re-use EEG signals and the concept of Chinese medicine meridians to compare, identify the impact of time on the memory. Finally, using sensors measure changes in ANS will affect the brain and memory.

Among the relate associate inside coupling, to built on human EEG under different circumstances was dominating the signal level distribution, EEG signal can be picked up through the brain wave analysis, Under the Real-Time saturation to optimal the solution for suitable α wave frequency that will more useful for human to create high-quality EEG. Using this algorithm can improve the performance of memory for human being.

Keywords: EEG 、 Memory 、 Environment 、 Alpha Wave 、 ANS 、 Sensor

誌 謝

回想這兩年在機電所學習的日子，從剛入學時濛濛不知，至有幸順利完成碩士學位，過程中的歡樂與艱辛如人飲水，冷暖自知。

此篇論文能完成不是一個人的成果，需要感謝許多人的幫助。特別要感謝我的指導教授—傅鶴齡老師。當我面對未知的問題時，老師總能給予我新的知識和提示，並以無比耐心容許我不斷於錯誤中學習。您指導學生研究學習上許多疏漏，並逐字逐句審閱論文，不斷低反覆思量與修改，著實讓學生欽佩與感激。

感謝實驗室的學長們，振傑、津生、偉強、欽淵，在我剛到實驗時，當時甚麼都不懂，是你們給予我指導與鼓勵。

感謝實驗室的同學及學弟們，書銘、佳隆、威利，在我忙碌負荷不堪時，給予我最大的協助與幫忙。

感謝在求學期間，曾經一起同甘共苦的同窗好友：尚儒、耀升、光宗、資尹、俐吾，在學習上給予我很大的幫助。

感謝所上的助教瑋真，每當公事上需要幫忙的時候，她總是能耐心的教導我該如何按照程序處理。

感謝我的女友佩孜，在我失落無助時，給予我最大的鼓勵及幫助，並一直在我的身邊陪伴者我走過來。

家人無怨的付出、無條件的支持與包容，使我無後顧之憂於學業上。在此，僅以此篇論文，獻給我的父母。

目 錄

中文摘要.....	II
誌 謝.....	III
目 錄.....	IV
圖索引.....	VI
表索引.....	VIII
第一章 研究目的.....	1
1.1 緒論.....	1
1.2 文獻探討.....	1
1.3 論文架構.....	5
第二章 研究方法.....	6
2.1 腦波介紹.....	6
2.1.1 Beta 波.....	8
2.1.2 Alpha 波.....	8
2.1.3 Theta 波.....	8
2.1.4 Delta 波.....	8
2.2 音樂對腦部活動影響探討.....	9
2.3 莫札特效應探討.....	10
2.4 自律神經與 sensor 之關係.....	12
2.4.1 交感神經 (sympathetic nerve).....	13
2.4.2 副交感神經 (parasympathetic nerve).....	14
2.5 子午流柱與 Sensor 之關係.....	15
第三章 研究分析.....	17
3.1 研究總流程.....	17
3.2 利用腦波量測器找出最佳學習記憶之環境研究.....	18
3.2.1 研究方式.....	18
3.2.2 實驗儀器.....	20
3.2.3 受測者.....	23
3.2.4 研究步驟.....	23
3.2.5 數據分析方式.....	27

3.3 利用腦波量測器找出最佳學習記憶之時段研究.....	27
3.3.1 研究方式.....	28
3.3.2 實驗儀器.....	29
3.3.3 受測者.....	30
3.3.4 研究步驟.....	30
3.3.5 數據分析方式.....	33
3.4 利用 ANS 量測器 & 腦波量測器找出最佳學習心理狀態之研究.....	33
3.4.1 研究方式.....	33
3.4.2 實驗儀器.....	35
3.4.3 受測者.....	36
3.4.4 研究步驟.....	36
3.4.5 數據分析方式.....	37
第四章 研究結論.....	39
4.1 最佳學習記憶之環境.....	39
4.2 最佳學習記憶之時段.....	44
4.3 最佳學習心理狀態.....	52
第五章 結論及未來展望.....	63
5.1 結論.....	63
5.2 未來展望.....	64
參考文獻.....	65
中英文對照.....	68
符號表.....	69
附錄一、腦波研究文字測驗紀錄表.....	70
附錄二、腦波研究數字測驗紀錄表.....	71
附錄三、腦波研究圖形測驗紀錄表.....	72

圖索引

Fig. 1.2- 1 左腦與右腦實際工作範圍表示圖.....	3
Fig. 2.1- 1 腦波 α 、 β 、 θ 、 δ 之頻率分佈的範圍圖.....	7
Fig. 2.3- 1 Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart 擷取 1sec 頻譜圖.....	12
Fig. 2.5- 1 因不同情緒影響人體自律神經狀況之控制迴路方塊圖.....	14
Fig. 2.5- 2 中醫子午流柱圖表示 12 個時辰與人體 12 條經絡是對應.....	16
Fig. 2.5- 3 因不同時間影響人體經絡運行的子午流柱控制迴路方塊圖.....	16
Fig. 3.1- 1 實驗總流程圖.....	17
Fig. 3.2- 1 受測者接上腦波量測器之情形.....	19
Fig. 3.2- 2 受測者放鬆座在有靠背椅子上之情形.....	19
Fig. 3.2- 3 可攜式腦波量測儀 (EEG2000).....	21
Fig. 3.2- 4 筆記型電腦 (Lenovo - X61).....	21
Fig. 3.2- 5 音樂播放裝置 (Sony Ericsson W880 WALKMANG 手機).....	22
Fig. 3.2- 6 聆聽音樂配掛之耳機 (Sony Ericsson HPM-82 耳道式耳機).....	22
Fig. 3.2- 7 文字記憶實驗流程圖.....	24
Fig. 3.2- 8 數字記憶實驗流程圖.....	25
Fig. 3.2- 9 圖型記憶實驗流程圖.....	27
Fig. 3.3- 1 接上腦波量測器之受測者情形.....	29
Fig. 3.3- 2 上午九點至十一點記憶實驗流程圖.....	31
Fig. 3.3- 3 下午五點至七點記憶實驗流程圖.....	32
Fig. 3.4- 1 接上 ANS 量測器和腦波量測器之受測者情形.....	34
Fig. 3.4- 2 可攜式 ANS 量測器 (SM2000).....	35
Fig. 3.4- 3 找出最佳學習情緒記憶實驗流程圖.....	37
Fig. 4.1- 1 文字測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	40
Fig. 4.1- 2 文字測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	40
Fig. 4.1- 3 數字測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	41
Fig. 4.1- 4 數字測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	42
Fig. 4.1- 5 圖形測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	43
Fig. 4.1- 6 圖形測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖.....	43
Fig. 4.2- 1 男性左腦- α 波單位相對功率平均值分布圖.....	46

Fig. 4.2- 2 男性右腦- α 波單位相對功率平均值分布圖	47
Fig. 4.2- 3 男性上午及下午測驗成績比較分布圖	47
Fig. 4.2- 4 女性左腦- α 波單位相對功率平均值分布圖	50
Fig. 4.2- 5 女性右腦- α 波單位相對功率平均值分布圖	50
Fig. 4.2- 6 女性上午及下午測驗成績比較分布圖	51
Fig. 4.3- 1 男性受測者- α 波單位相對功率分布圖	55
Fig. 4.3- 2 男性受測者-副交感神經分布百分比圖	56
Fig. 4.3- 3 女性受測者- α 波單位相對功率分布圖	60
Fig. 4.3- 4 女性受測者-副交感神經分布百分比圖	61



表索引

Table 1.2- 1 左腦與右腦掌控分布	2
Table 2.1 - 1 波性之分布及特性比較表	9
Table 2.4- 1 自律神經系統-交感神經與副交感神經作用比較表[26][27]	13
Table 4.1 - 1 文字記憶實驗結果表	39
Table 4.1 - 2 數字記憶實驗結果表	41
Table 4.1 - 3 圖形記憶實驗結果表	42
Table 4.2 - 1 男性記憶實驗左腦 α 波單位相對功率表	45
Table 4.2 - 2 男性記憶實驗右腦 α 波單位相對功率表	45
Table 4.2 - 3 男性記憶測驗成績表	46
Table 4.2 - 4 女性記憶實驗左腦 α 波單位相對功率表	48
Table 4.2 - 5 女性記憶實驗右腦 α 波單位相對功率表	49
Table 4.2 - 6 女性記憶測驗成績表	49
Table 4.3- 1 第一位男性受測者實驗結果表	52
Table 4.3- 2 第二位男性受測者實驗結果表	53
Table 4.3- 3 第三位男性受測者實驗結果表	53
Table 4.3- 4 第四位男性受測者實驗結果表	54
Table 4.3- 5 第五位男性受測者實驗結果表	54
Table 4.3- 6 第一位女性受測者實驗結果表	57
Table 4.3- 7 第二位女性受測者實驗結果表	58
Table 4.3- 8 第三位女性受測者實驗結果表	58
Table 4.3- 9 第四位女性受測者實驗結果表	59
Table 4.3- 10 第五位女性受測者實驗結果表	59

第一章 研究目的

1.1 緒論

記憶力對人而言是非常重要的，一直以來流傳者許多增強記憶力的方式但大多毫無科學根據及理論證實。本研究希望能透過科學的方式，去觀察人處於不同環境下腦波的變異狀況，及不同時間下腦波的變異狀況，並透過自主神經系統去做交叉分析比對，來去找出一個真正有科學根據及理論支持的記憶力增強法，來達成優化人體記憶力的模式。



1.2 文獻探討

由於現今科技發展迅速，許多科技成就都已經邁向發展的成熟期了，醫學方面當然也不例外，但在許多科技成就邁向成熟之時，部分科技的發展才在剛剛萌芽的階段，在醫學方面腦部就是個非常好的例子。

不管時代科技如何的進步，到目前為止人們對於腦部所能深入去了解的知識科技還是相當的有限，由於對腦部了解的不多，自然而然腦部就成為現今研究的熱門主題之一。

人們在認知自己的大腦左右半球之間的功能性之差異，在這個看似簡單的問題上，前後花了共 200 年的時間。而在 19 世紀前，人們對左右腦之間的差異幾乎一無所知。直到 1816 年，法國外科醫生布羅卡

(Pierre Paul Broca) 碰到一位失語症病人，原來他能講話，但患病後卻不能用語言來充分表達自己的思想。但經檢查後發現他的聽覺器官和發音器官都無受損。直到患者病逝後在解剖時才發現患者左額葉組織有嚴重病變，他為此寫出了轟動科學界的論文—《人是用左腦說話》[17]。對失語症的研究使人類終於認識到了左腦和右腦，這就是著名的布羅卡分腦區實驗。

真正確立左右腦分工的新觀念的人，是美國加利福尼亞技術研究院的教授羅傑·斯佩里 (Roger Wolcott Sperry) [2]他於 20 世紀 50 年代發表了此觀念。我們在羅傑·斯佩里的結論基礎上可得知，我們的大腦分為左腦和右腦。這兩大區塊各掌其職，其中左腦掌管語言邏輯分析，右腦掌管直覺圖像感覺。代數運算是左腦，幾何圖形是右腦。五線譜是左腦，音感是右腦。球轉動原理是左腦，球感是右腦。聽話語是左腦，聽音樂是右腦。理性是左腦，感性是右腦。

哈佛大學神經腦科醫生 Taylor 博士[18]在 2009 年有一次公開演講說明她本人生病親身體驗，演講中她詳述左腦生病而引出她自身對左腦功能之感覺，左腦與右腦之實際工作範圍，其中左腦對語言，右腦對圖形思考有明顯之佐證如 **Table 1.2-1** 和 **Figure. 2.1-1**[33]。

Table 1.2- 1 左腦與右腦掌控分布

左腦 (意識腦)	右腦 (潛意識腦)
邏輯	美術
語言	音樂
科學	直覺
數學	創造力
分析邏輯	整體思維

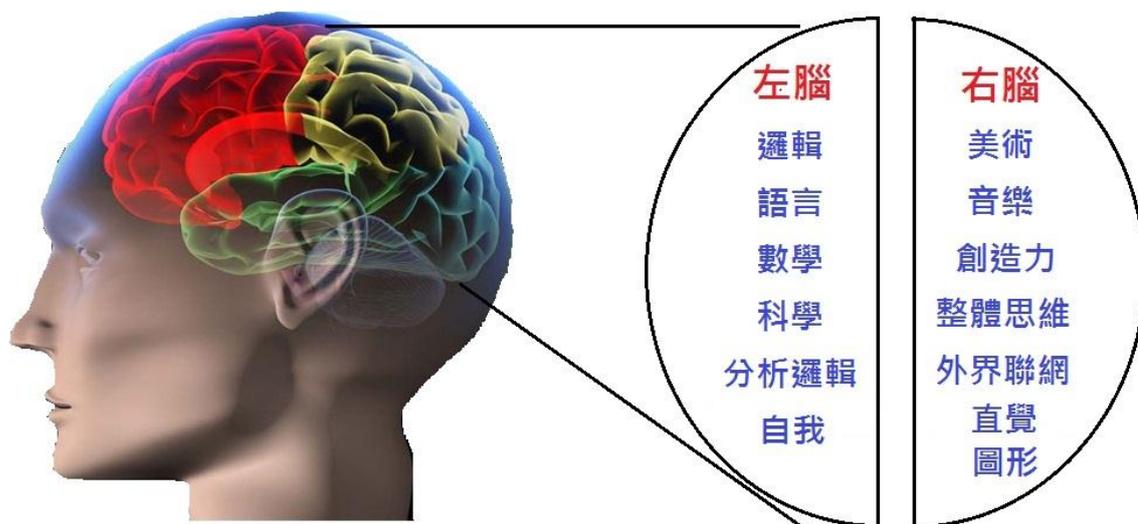


Fig. 1.2- 1 左腦與右腦實際工作範圍表示圖

腦與外界環境之關係，一直是大學討論之重點，如何利用外界環境之刺激來系統化腦之特性，在本研究中則以音樂為研究對象。

而在現代人們日常生活中，音樂已成為生活中一樣不可缺少的重要環節。不同的音樂類型，往往會讓聆聽者產生不同的情緒變化。人們也藉由著音樂來達到所需要的目的，若需放鬆身心，就聆聽較輕快舒適的軟性音樂，若需激發動力，就聆聽令人振奮的音樂。甚至到了現代，音樂也演變成為醫療上的一項療法。某些音樂對一特定的族群，往往代表著一段特殊的情感。在心理影響的角度來說，音樂對於現代人而言已不再是單純音階上的變化而已。不同的音樂類型對人體情緒上狀況的變化已成為一項非常重要的因素。

透過外界的音樂刺激人體的生理在過去的研究中已證實會和腦波（electroencephalograph, EEG）產生關聯性，但多數與音樂相關的腦波研究，大多都是透過受到音樂刺激後去記錄腦波變化並透過問卷的方式去做分析比對。鮮少有人透過實際的實驗方式，去針對透過不同類型音樂刺激下，腦部的活動變化與記憶力的關連來做深入的探討。

在中醫上有子午流柱的理論是古代中醫聖賢精透人體而揭示出來的天然法則，即每日的 12 個時辰與人體 12 條經脈是對應的，由於時辰在變，不同的經脈在不同的時辰也會有興有衰，意即在不同的時段人體的生理狀況強弱也都不同，此時是否與腦波變化也會因時段而有不同呢，而記憶力是否也受其所影響，值得我們去研究並探討。

人體的自律神經系統由交感神經與副交感神經所共構而成，而分別主宰者我們人所產生的緊張及放鬆的感覺。過去研究中大多是將自律神經系統與身體狀況作結合去研究，鮮少有人透過實驗的方式去將自律神經系統與腦波狀況去做關聯分析並去研究對記憶力有何影響。

依目前科技狀況而言，以能成功的擷取分析腦波的特徵，並去對其作歸納解釋及分析，將分析完的腦波信號去與外界聯結作為一溝通模式。這對許多身心障礙者，如腦性麻痺患者、植物人、身殘病患透過腦波訊號的傳達來達到控制或與外界溝通的目的，對於特殊族群與社會成本上有相當的幫助。

本文中研究方式是透過處在不同環境及時間下進行腦波及自律神經系統的數據量測及分析，並透過中國傳統之「子午流柱」的觀念作時間之參考，找尋出一個具有科學根據適合人記憶的方式及環境，查看過去的文獻並無人用此方式去進行研究，希望能透過中國古科技及近代西方技術之結合來研究大腦腦波與記憶力之關係。

其中並加入自律神經之佐證，配合腦波測試已確認 α 波出現時之身體放鬆狀態。

1.3 論文架構

本文的主架構可分為五大章節，首先在第一章中詳細說明撰寫此篇研究目的與動機。

第二章中，則是對於過去的研究文章及理論來進行敘述及其優缺點之分析探討。

第三章中，則是根據前兩章節的分析探討後所設計出三項實驗，分別為找出最佳學習記憶之環境研究、找出最佳學習記憶之時段研究以及找出最佳學習心理狀態研究三個實驗來進行。

而後在第四章中，將第三章節之三項實驗的結果數據，進行整理歸納及分析以得出本文三項實驗的結論。

最後，在第五章中，將第四章節的三項實驗結論做個歸納總結，而後描述本研究後續可進行的相關發展。

第二章 研究方法

本章特別對本文中所使用，最重要的部分進行說明與探討，其分別為：腦波類型介紹；音樂對腦部活動影響探討；莫札特效應（Mozart Effect）；自律神經與 sensor 之關係；中醫子午流柱與 sensor 之關係等，其旨在敘述其文章優缺點及對本研究有何幫助。

2.1 腦波介紹

美國數學家 Norbert Wiener 於 1948 年首先提出了控制論，文中正式發表了 Feedback 的重要觀念，此觀念對後世影響甚大，影響範圍遍布工程、系統控制、計算機科學、生物學、哲學、社會學等，腦波量測中也大量使用到此觀念[20][21]。其最大的貢獻為腦與 Feedback 之關聯性，透過腦波及快速電腦之間相互通訊，但其 1948 年電腦效能不足，所以無法實行。

英國生理學教授 Richard Caton 於 1875 年提出了第一個腦電現象，他將電擊探針置於兔子暴露的大腦皮質表層，再用反射電流計將訊號放大，此電位是一種腦部的生理變化，隨者受測動物死亡後即消失，意旨腦接受外來的訊號會隨者生理狀況的變化而改變。之後又發現到藉由刺激動物的身體能使其腦波產生變化，他利用此關係來探討大腦皮質表層，成為日後神經診斷學中誘發電位的基礎[17]。

1929 年，第一位記錄人體腦電訊號的德國精神學家 Hans Berger 發

現到，當電極放置位於前額和枕骨之間可得到較好的訊號，且精神狀況不同時，紀錄之腦電信號振幅也會受其影響，並將記錄下的腦波信號命名為腦電圖 Electroencephalogram，簡稱為 EEG[2]，其說明了腦部可發射電波訊號，而方式如後。

量測出來的腦電波信號其來源是大腦皮質表層的電位反應。人腦的每個細胞都包含有一個巨大的電化複合體和功能強大的微數據處理及傳遞系統，大腦工作時，神經細胞中離子運動產生電流，大腦 150 億的神經元不斷釋放出微電流，這種大腦電流活動的形態各不相同，有快有慢，由此產生了各種頻率的腦電波。神經科學界公認根據腦波的頻率 0Hz-30Hz 可分成 4 個主要類別如 **Figure. 2.1-1** [4][16]，分別以希臘文字 Beta、Alpha、Theta 和 Delta 來做命名。

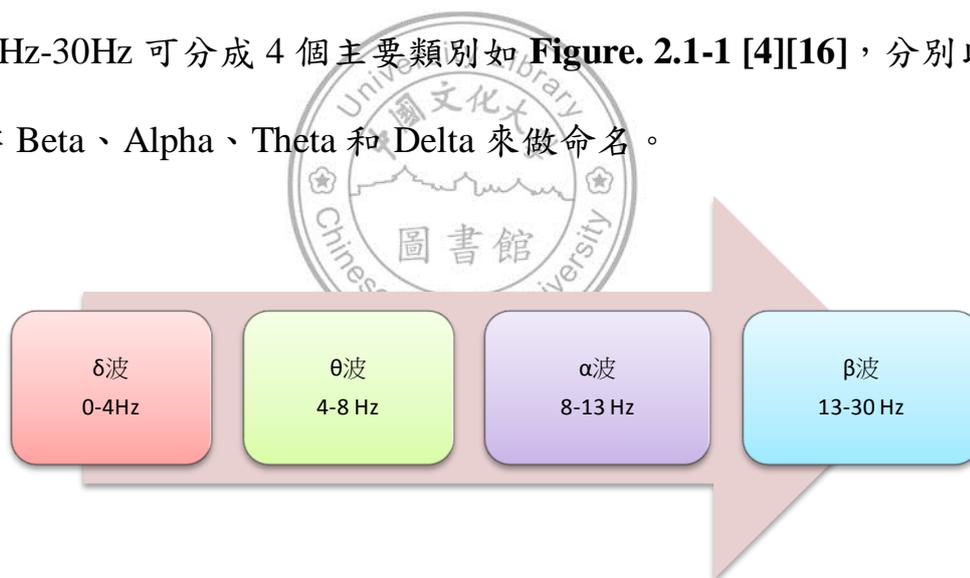


Fig. 2.1- 1 腦波 α 、 β 、 θ 、 δ 之頻率分佈的範圍圖

因 α 波的強弱變化表示受測者身心是否呈現放鬆狀態且注意力專注集中之程度，這對記憶力之影響甚大，所以本研究中都以研究 α 波為主軸藉由觀察 α 波之變化能了解到對記憶力之影響。其中並加入自律神經之佐證，配合腦波測試，以確認 α 波出現時之身體放鬆狀態

2.1.1 Beta 波

β 波分布範圍為 13-30 Hz，是一種屬於意識層面的波。當將注意力集中在外在的感官世界上時、努力地想解決某件問題時也或者壓力很大、心理不適、緊張、憂慮、不自在時 β 波會特別顯著。

2.1.2 Alpha 波

α 波分布範圍為 8-13 Hz，其中表示集中精神冥想、靈感直覺敏銳、腦的活動活潑；如果 α 波分布在 8-9 Hz 時，表示處於臨睡前茫茫然、腦部朝睡眠、意識模糊的狀態；當 α 波分布在 9-12 Hz 時，表示處於不緊張、身心輕鬆、能集中注意力的狀態；亦表示當時靈感、直覺、點子處於發揮威力的狀態；當 α 波分布於 12-13 Hz 時，表示處於高度警戒、極度緊張、無暇他顧的狀態。

2.1.3 Theta 波

θ 波分布範圍為 4-8 Hz，是一種屬於潛意識層面的波。出現在個體有睡意時、淺層睡眠或深度冥想時，有時在失眠時也會出現。

2.1.4 Delta 波

δ 波分布範圍為 4Hz 以下，是一種屬於無意識層面的波。出現在深度睡眠時。

Table 2.1- 1 波性之分布及特性比較表

波型	δ	θ	α	β
頻率	0-4Hz	4-8Hz	8-13Hz	13-30Hz
特性	日常生活 壓力大 心理不適 外在感官 緊張	心情愉悅 專注 放鬆	睡意時 淺層睡眠 深度冥想 失眠	沉睡 淺意識 (作夢)

2.2 音樂對腦部活動影響探討

腦在發射電波時是否會因外界環境的改變而影響其Performance，在 Petsche和Bhattacharya研究中，找了男性受測者共計二十位，實驗過程中閉著眼睛聆聽一段巴哈的第五號鋼琴奏鳴曲(Gigue from French Suite Number 5 for harpsichord, by J. S. Bach)和一段無關於實驗的故事(a short story called Versuendigung gegen die Nachwelt by H. Weigel read by C. Hoerbiger over 2min)，和要求二十位受測者想像圖片在腦海中旋轉 (Shepard & Metzler 1971 ; Bhattacharya et al. 2001) 來做比對，使用10-20 電擊片安置位置收集19 個channel腦波資料。研究結果發現到受測者在聆聽音樂時Alpha 波在腦部分佈比起聽者故事和想像圖片統計上有明顯的差異 [15]。

在Natarajan 等人的研究中，分析三十位受測者之腦波在四種狀態分下，別為聆聽搖滾、鋼琴奏鳴曲、閉上眼呈現放鬆狀態以及腳部按摩之差異。結果顯示在聆聽音樂以及接受腳部按摩後，經非線性分析法分析腦波所得到的Randomness及Disorderliness數值，且呈現出下降

的狀態。結果顯示了人在接受音樂和腳部按摩後，腦部則是處於放鬆的狀態 [14]。

2.3 莫札特效應探討

在特定的音樂對腦部活動影響方面，最著名的就是Mozart Effect。在1993年，當時Frances對36名心理學大學生進行測試。測試的內容為聆聽10分鐘的Mozart's (1985, track 1) Sonata for Two Pianos in D Major, K. 448，統計結果發現接受測試學生的IQ測試成績普遍提高了8到9分。雖然這種提高只是暫時性的、只在聽完樂曲後的10到15分鐘內產生，但研究者仍然做出如此結論：IQ成績的提高正是莫札特音樂所具有的某些特殊作用的一個表現[5]。

Rauscher在1997發表了一篇研究，為了要找出可以令由音樂所誘導提高的圖像思維能力維持下去的方法，研究者採取聆聽音樂(Mozart K448)方法作研究，受測者對象為三至四歲的小孩並隨機分成四組，一組學習彈奏鋼琴，一組學電腦，另一組學唱歌，而最後一組則任何事情都不學只單純聆聽音樂(此為控制組)。結果發現學習彈奏鋼琴那組小孩的圖像思維能力提高了百分之三十四，而其他組別的這項分數並沒有提高。研究的結果表示，聽Mozart音樂可短暫地提高圖像思維能力，而且學習彈奏鋼琴則可使該能力得以維持下去[7]。

在Thompson等人的研究中比較了兩種類型音樂(Mozart's (1985, track 1) Sonata for Two Pianos in D Major, K. 448 and Albinoni's (1981, track 1) Adagio in G Minor for Organ and Strings)以及無聲狀態下對圖像

思維的影響。研究邀請二十四位受測者參與實驗並接受四種圖像思維能力測試(剪紙、摺紙等)與一種實驗過程投入程度問卷調查。研究結果表示在聆聽 Mozart's Sonata後所做測驗之分數，在統計上與聆聽 Albinoni's Adagio 以及無聲狀態之分數差異達到顯著水準[8]。

Jenkins在2001 年的一篇研究上並更進一步將Mozart Effect應用在癲癇病治療上，研究者讓癲癇病患聆聽Mozart's (1985, track 1) Sonata for Two Pianos in D Major, K.448 並記錄其腦波，結果發現癲癇病患腦部典型癲癇活動特徵都成下降的現象。研究者並利用電腦對幾位作曲家的作品進行音樂分析，結果發現Mozart與Bach的音樂皆具有一共通的特徵，即旋律週期比其他作曲家作品較為緩和悠長，也就是同一作品中旋律呈現規律地不斷重複，而重複段落較其他作品來得悠長，而對空間圖像思維能力或抑制癲癇病特徵之音樂則不具備上述特性。此研究提出一個與之前研究不同的論點。Mozart Effect不單只會出現在Mozart音樂上，符合Mozart Effect特性的音樂也能對人體引誘出Mozart Effect[6]。

本研究所使用的輕音樂為Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart，將此曲作頻譜分析後任意擷取一秒的音樂中我們可觀察到，一秒的音樂頻率為405Hz。在腦部 α 波中9Hz表示處於不緊張、身心輕鬆、能集中注意力的狀態；亦表示當時靈感、直覺、點子處於發揮威力的狀態。因此我們可以發現到此曲與腦部 α 波集中注意力狀態的9Hz呈現倍頻（folding frequency）[22]的關係，因此發現到此曲與腦部 α 波有者相當的關係。

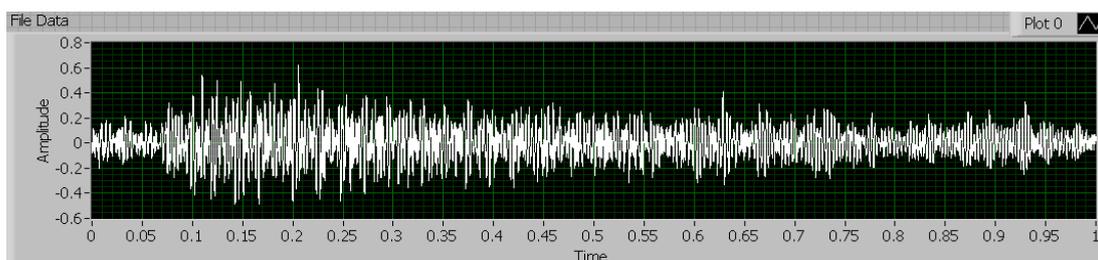


Fig. 2.3- 1 Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart擷取1sec頻譜圖

根據醫學資料顯示[23] [24] [25]，人在緊張時自律神經系統會起變化。本文希望發現腦神經與自律神經間之相互關係。

2.4 自律神經與 sensor 之關係

自律神經系統（ANS -autonomic nervous system）分為二類：交感神經系統及副交感神經系統。交感神經系統在有壓力的時候其活動占優勢，而在休息及靜養時，副交感神經活動占優勢。這二類的神經纖維分別由顱神經及脊髓神經離開腦及脊髓，以供應器官及其他內部的構造。並非所有的器官皆與此兩個系統互相作用，例如血管就只由交感神經來供應。而大部分內臟動作器則具有雙重的神經支配。來自其中之一的神經衝動會促進器官的活動；另一分系的神經衝動會抑制此一器官的活動[26] [27] [28]。

大部分的內臟器官都接受雙重支配，而二者的功能多半相反如 **Table 2.4-1**，若分布於心臟之交感神經受到刺激，則心率增加，而副交感神經受到刺激則心率變慢。前者是興奮則後者為抑制，如胃腸的蠕動，在副交感神經受到刺激時，其蠕動加快，而交感神經受刺激時，其蠕動則變慢，由此可知兩者對內臟的活動，都有調節之功能。少數

僅一方的支配，如血管僅接受交感神經的支配。

Table 2.4- 1 自律神經系統-交感神經與副交感神經作用比較表[26][27]

目標組織		交感神經的作用	副交感神經的作用
瞳孔		擴張	收縮
腺體	唾腺	黏稠狀唾液分泌	水狀液唾液分泌
	胃腺	抑制分泌	促進分泌
	肝	促進肝糖分解	抑制肝糖分解
	汗腺	促進流汗	--
	腎上腺髓質	促進分泌腎上腺素	--
消化道	括約肌	收縮	鬆弛
	消化道壁	減緩運動	舒張
膀胱	肌肉(平滑肌)	舒張	收縮
	括約肌	收縮	舒張
心臟		心搏速率增加	心搏速率降的
呼吸道		呼吸道舒張	呼吸道收縮
血管	骨骼肌中	括張	--
	皮膚中	收縮	--
	內臟中	收縮	擴張

2.4.1 交感神經 (sympathetic nerve)

交感神經系統在受到刺激如興奮、難過、有壓力的時候其活化指數較高。

2.4.2 副交感神經 (parasympathetic nerve)

副交感神經系統在心情平靜時如休息、靜養、冥想時其活化指數較高。

我們可以將情緒視為輸入，將交感神經與副交感神經的活化指數視為輸出，ANS 量測器為 sensor，可以將自律神經系統的量測用控制迴路方塊圖的形式表示，如 **Figure. 2.5-1**。

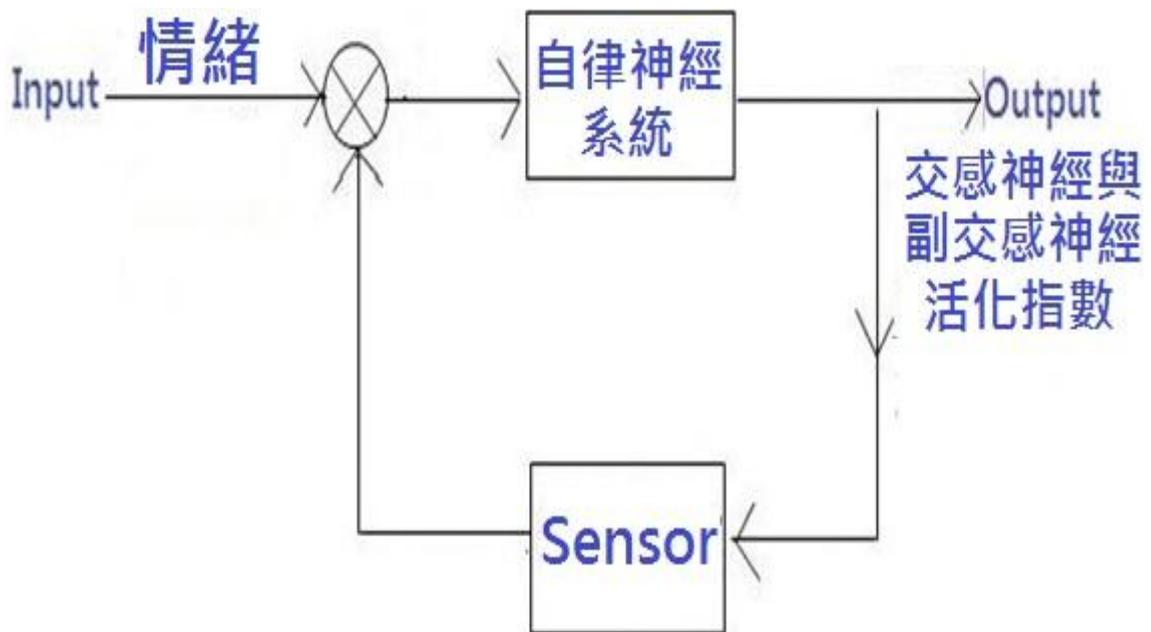


Fig. 2.5- 1 因不同情緒影響人體自律神經狀況之控制迴路方塊圖

以上說明了環境與腦波之相關性，但時間因素如何影響也是我們要討論之方向，中國古代對其有一定之研究[25]，我們以其作為一個參考資料，再用科學方法來解析。

2.5 子午流柱與 Sensor 之關係

子午流柱是中醫發現的一種規律，即每日的 12 個時辰與人體 12 條經絡是對應的如 **Figure. 2.5-2**。由於時辰在變，因而不同的經脈在不同的時辰也會有興有衰，子午流柱是古代中醫精透人體而揭示出來的天然法則[31]。

巳時(9 點至 11 點)，此時為氣血流注脾臟的時辰，人體經絡運行走的是脾經。脾臟是消化，吸收，排泄的總調度，又是人體血液的統領，會清除衰老的紅血球已達到血液品質管制。脾臟的功能好，消化吸收好，血液的質量好，人體相對的也是較清醒。

酉時(17 點至 19 點)，此時為氣血流注腎臟的時辰，人體經絡運行走的是腎經。腎臟負責人體毒素清除，和心、肝、脾、肺四臟的聯繫都很密切。如果腎臟弱則會出現四肢冰冷、精神萎靡、腰膝酸軟、頭暈耳鳴、失眠健忘等症狀。此時人體較適合休息。

因此，我們可將時間視為輸入，生理狀況視為輸出，將人體視為一種 sensor，可以使中醫子午流柱的觀念用控制迴路方塊圖的形式表示，如 **Figure. 2.5-3**。

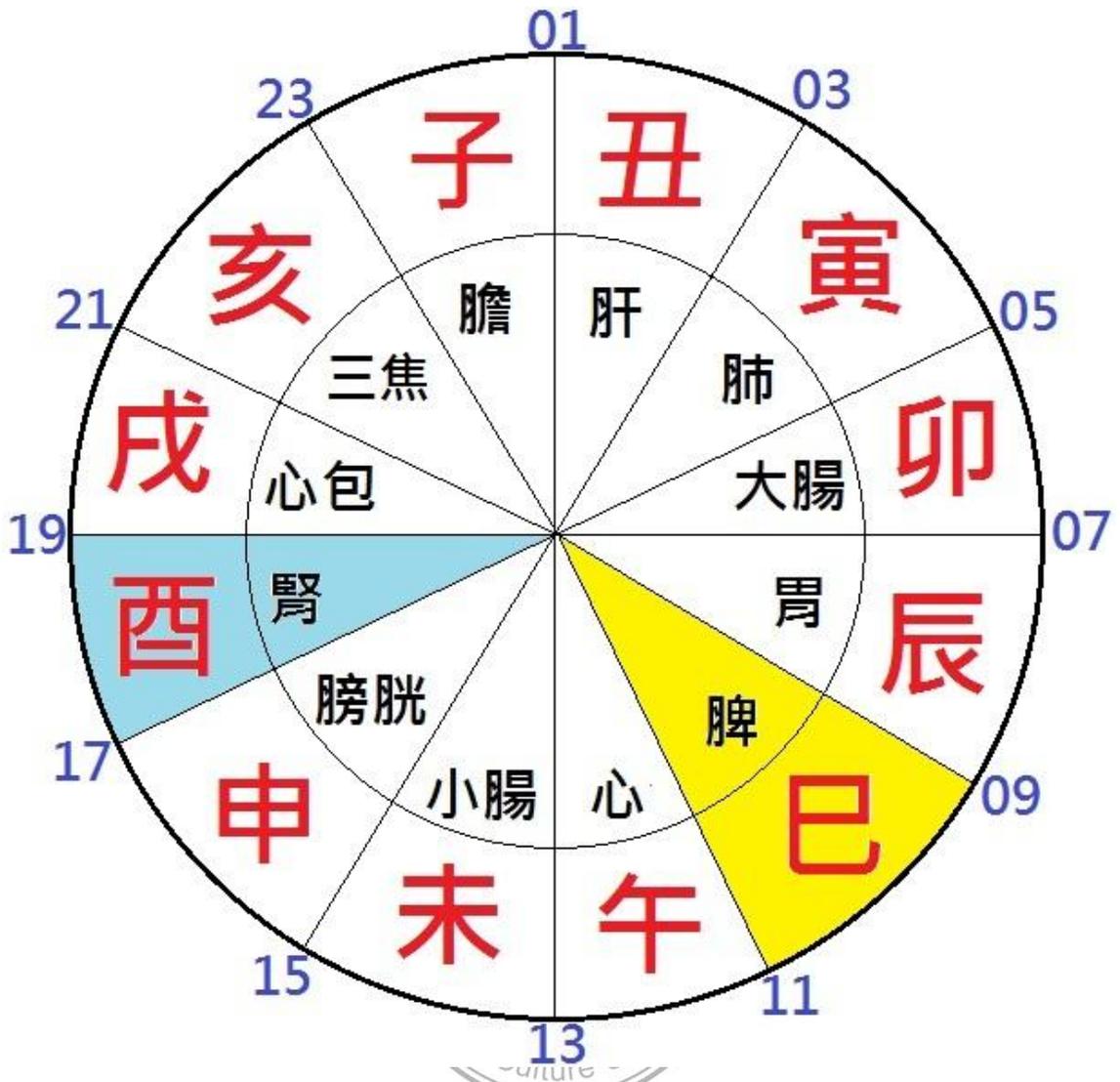


Fig. 2.5- 2 中醫子午流柱圖表示 12 個時辰與人體 12 條經絡是對應

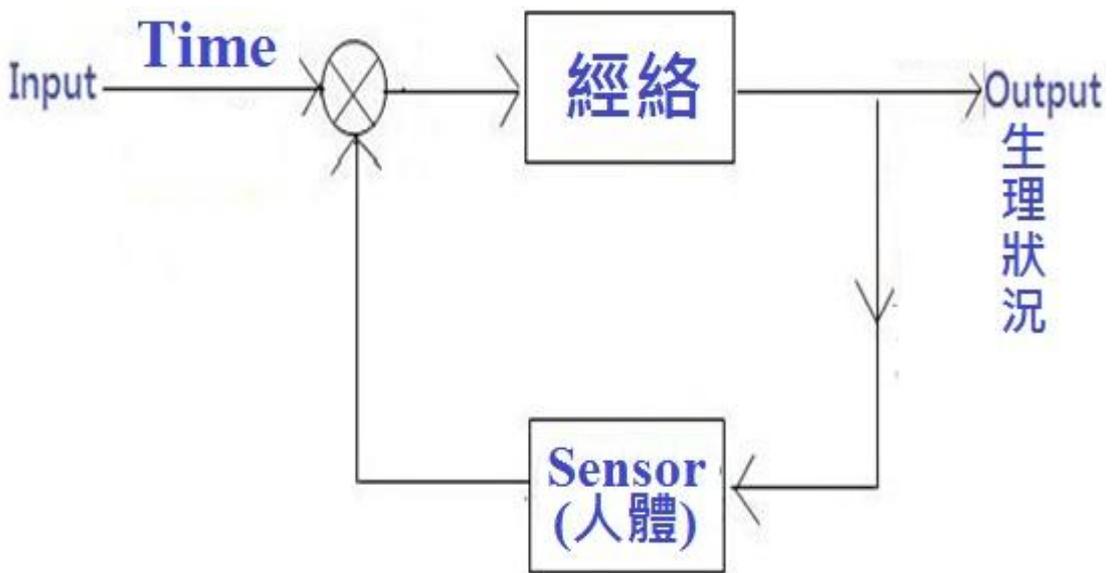


Fig. 2.5- 3 因不同時間影響人體經絡運行的子午流柱控制迴路方塊圖

第三章 研究分析

3.1 研究總流程

本研究共分為三個階段如 **Figure. 3.1-1**。第一階段主旨在於觀察腦部 α 波與環境之間的變化關係，並找出最佳學習記憶的環境。第二階段主旨在於利用第一階段實驗的結論當基礎實驗環境，進而找出最佳學習記憶的時段。第三階段實驗則是利用前兩階段實驗的結論當基礎實驗環境，透過 ANS 量測儀及腦波量測儀同時進行量測，觀察交感神經與副交感神經及腦部 α 波的變化關係，來找出最佳學習心理狀態。



Fig. 3.1- 1 實驗總流程圖

3.2 利用腦波量測器找出最佳學習記憶之環境研究

此研究之目的是藉由控制迴路的觀念出發，去探討在不同之音樂刺激的環境下，人們對於文字、數字及圖形三方面的記憶力狀況之增減，同時再藉由腦部 α 波之變化狀況，去進行相關的比對和探討，藉由此方式來找尋出較適合人們學習的環境及因素，進而有效的提升學習之成效。因此可假設人處於輕音樂環境下會使其腦部 α 波增強，進而提升記憶力，希望能透過此實驗來驗證假設為正確。

3.2.1 研究方式

本次實驗對象共為 29 位大學生既研究生，其中男性占 11 位，女性占 18 位扣除 2 位極端值，固取有效資料為 27 人。研究地點為一處安靜不受外界干擾的實驗室，實驗室內溫度維持 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，研究儀器為一單通道之腦波量測器，並接上筆記型電腦以觀察和記錄腦波的變化。當受測者來到實驗室後，由本研究者為受測者接上腦波量測儀如 **Figure. 3.2-1**，並配掛上耳機，受測者以自己最為輕鬆的姿勢坐在有靠背的椅子上接受實驗情境如 **Figure. 3.2-1**。



Fig. 3.2- 1 受測者接上腦波量測器之情形



Fig. 3.2- 2 受測者放鬆座在有靠背椅子上之情形

本實驗可區分為文字記憶實驗、數字記憶實驗及圖型記憶實驗等三大部分，分別去對人記憶力中的文字、數字及圖形等記憶模式去作研究。

3.2.2 實驗儀器

本研究收集腦波所需配備如下：

1. 可攜式腦波量測器 (EEG2000) 如 **Figure.3.2-3**：用來量測受測者之腦波信號。
2. 筆記型電腦如 **Figure.3.2-4**：用來連接腦波量測器，並儲存量測之信號。
3. Sony Ericsson W880 (WALKMAN 手機) 如 **Figure.3.2-5**：用來播放實驗用音樂。
4. Sony Ericsson HPM-82 (耳道式耳機) 如 **Figure.3.2-6**：給受測者佩掛聆聽實驗用之音樂，並阻絕外界雜音之干擾。
5. 實驗用輕音樂(1) Through the Arbor-Kevin Kern (2) Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart(3) Corcovado-Quite Night Of Quite Stars。
6. 實驗用重金屬搖滾樂：Words Within The Margin- In Flames。



Fig. 3.2- 3 可攜式腦波量測儀 (EEG2000)



Fig. 3.2- 4 筆記型電腦 (Lenovo - X61)



Fig. 3.2- 5 音樂播放裝置 (Sony Ericsson W880 WALKMANG 手機)



Fig. 3.2- 6 聆聽音樂配掛之耳機 (Sony Ericsson HPM-82 耳道式耳機)

3.2.3 受測者

實驗對象之選取為二十九位大學生既研究生，其中男性占十一位，女性占十八位，受測對象均健康狀況良好，無任何重大及慢性疾病，未定期服用藥物且願意配合參與本實驗之流程規劃。

3.2.4 研究步驟

文字記憶實驗如 **Figure.3.2-7**

1. 受測者進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 請受測者試聽 3 首不同類型的輕音樂，並選取一首令其感覺最為舒適且放鬆的音樂為實驗用之輕音樂。
3. 閉眼休息 2 分鐘，並記錄腦波信號，測得受測者之「Baseline」。
4. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
5. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
6. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
7. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
8. 播放「受測者所選取的輕音樂」，並記錄其腦波信號。
9. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
10. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
11. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
12. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
13. 播放「重金屬搖滾樂」，並記錄其腦波信號。

14. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
15. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
16. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
17. 實驗結束。

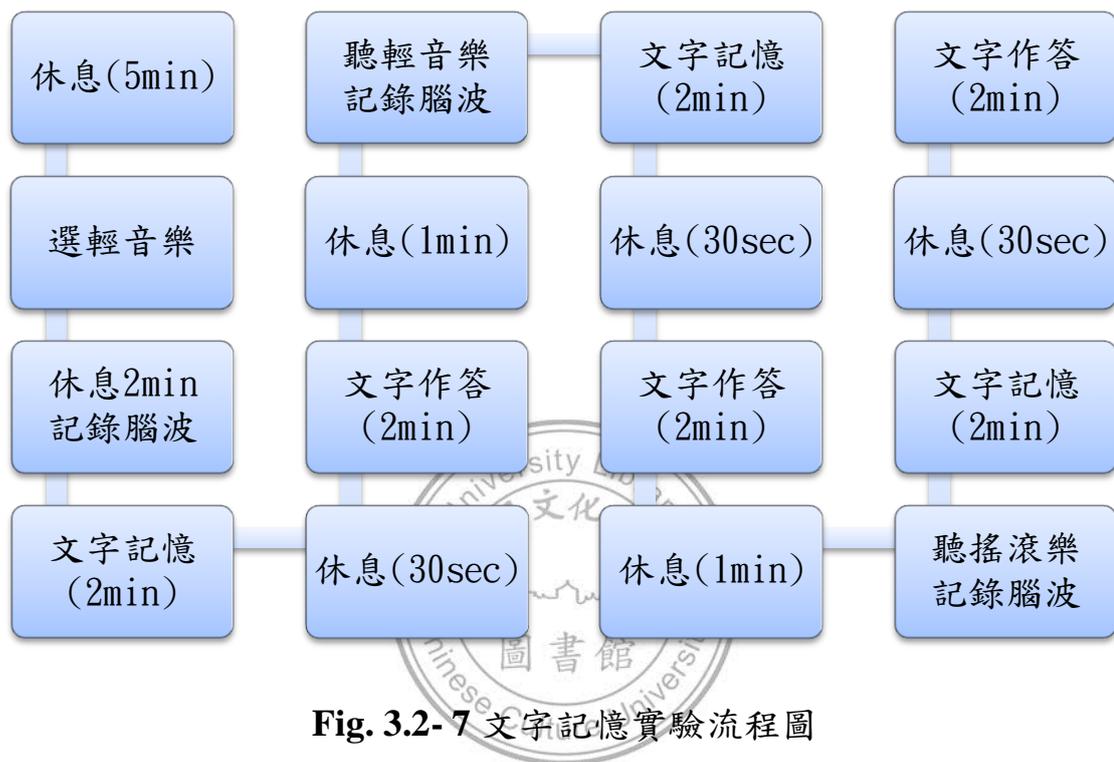


Fig. 3.2-7 文字記憶實驗流程圖

數字記憶實驗如 **Figure.3.2-8**

1. 受測者進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 請受測者試聽 3 首不同類型的輕音樂，並選取一首令其感覺最為舒適且放鬆的音樂為實驗用之輕音樂。
3. 閉眼休息 2 分鐘，並記錄腦波信號，測得受測者之「Baseline」。
4. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
5. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
6. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。

7. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
8. 播放「受測者所選取的輕音樂」，並記錄其腦波信號。
9. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
10. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
11. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
12. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
13. 播放「重金屬搖滾樂」，並記錄其腦波信號。
14. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
15. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
16. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
17. 實驗結束。

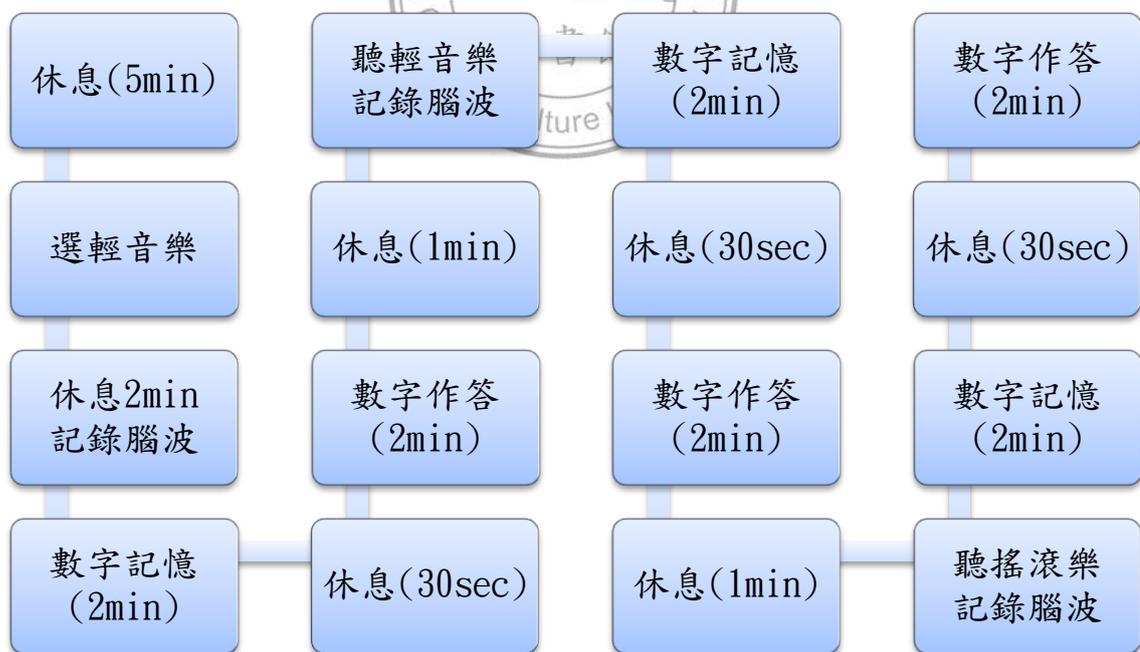


Fig. 3.2- 8 數字記憶實驗流程圖

圖形記憶實驗如 **Figure.3.2-9**

1. 受測者進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 請受測者試聽 3 首不同類型的輕音樂，並選取一首令其感覺最為舒適且放鬆的音樂為實驗用之輕音樂
3. 閉眼休息 2 分鐘，並記錄腦波，測得受測者之「Baseline」。
4. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
5. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
6. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 1 分鐘。
7. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
8. 播放「受測者所選取的輕音樂」，並記錄其腦波。
9. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
10. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
11. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 1 分鐘。
12. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
13. 播放「重金屬搖滾樂」，並記錄其腦波。
14. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
15. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
16. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 1 分鐘。
17. 實驗結束。

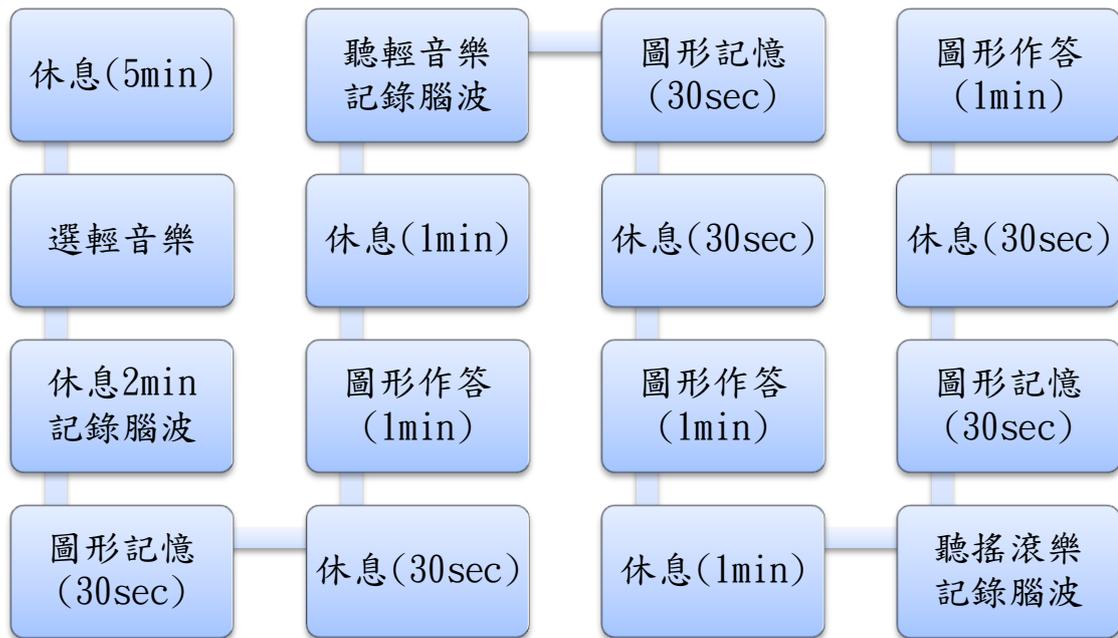


Fig. 3.2- 9 圖型記憶實驗流程圖

3.2.5 數據分析方式

本研究分析量測到的腦波實驗數據，並定義腦波分佈百分比為 R、腦波相對功率為 W、腦波單位相對功率為 P，其單位間之關係為：

$$P(\text{單位相對功率}) = \frac{W(\text{腦波相對功率})}{R(\text{腦波分佈百分比})} \quad (3.2-1)$$

這些量值可以了解左，右腦的 α 波，它們在腦神經元於每單位百分比所發出的相對功率。因此本文依實驗設計所蒐集之腦波信號經過運算後取小數點後第三位四捨五入為實驗之有效數值。

3.3 利用腦波量測器找出最佳學習記憶之時段研究

此研究係以控制理論之基礎迴路為概念，經由輸出遵循輸入之基本關係出發，再以中醫之子午流柱概念為輔做為比對。首先探討腦部記

憶與環境之關係迴路，進而討論不同腦波之不同反應，如何對特定環境之運作下找出腦波輸出量測，及信號在迴路上對其腦波反映關聯之分析，再從信號做進一步之探討不同之時間輸入對大腦之影響，進而影響到全身內部之運作（如記憶力、器官等），因此找出何時段腦部 α 波之優質性及強度為最佳，來達到最佳的學習記憶狀況為最終目的，進而有效的提升學習之成效。因此可假設人處於上午九點至十一點這時段之腦部 α 波強度會優於下午五點至七點之時段，而記憶力也是上午九點至十一點優於下午，希望能透過此實驗來驗證假設為正確。

3.3.1 研究方式



本次實驗對象共為 56 位大一至大四的學生，其中每一年級的男性佔 7 位共計 28 位，每一年級女性佔 7 位共計 28 位，每一年級的男性及女性各扣除 2 位極端值，固取有效資料為每一年級男性 5 位共 20 人，每一年級女性 5 位共 20 人，合計共為 40 人。研究地點為一處安靜不受外界干擾的實驗室，實驗室內溫度維持 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，研究儀器為一單通道之腦波量測器，並接上筆記型電腦以觀察和記錄腦波的變化。當受測者來到實驗室後由本研究者為受測者接上腦波儀，並配掛上耳機，受測者以自己最為輕鬆的姿勢坐在有靠背的椅子上接受實驗情境如 **Figure. 3.3-1**。

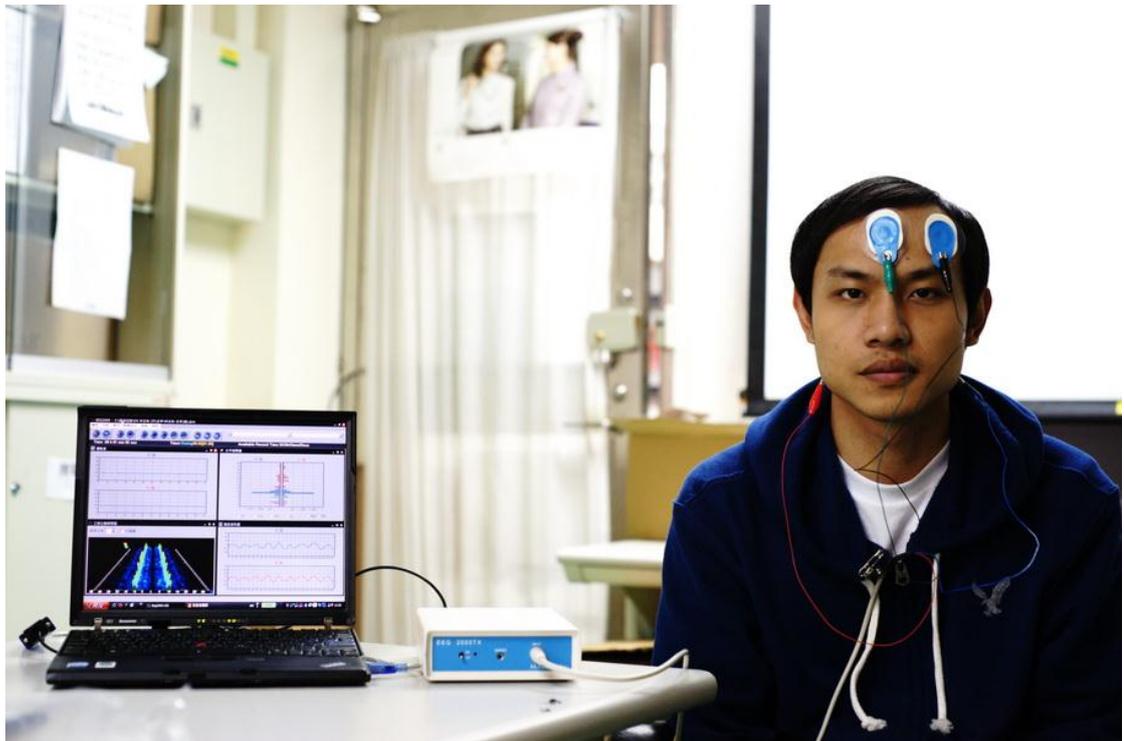


Fig. 3.3- 1 接上腦波量測器之受測者情形

本研究之目的是藉由控制迴路的觀念出發，去探討在相同環境但不同的學習時間下，不同年齡的男女對於文字、數字及圖形三方面的記憶力狀況之增減，再藉由腦部 α 波之變化狀況，以中醫子午流柱的觀念去進行相關的比對和探討，而找尋出較適合人們學習的環境及因素，進而有效的提升學習之成效。

本實驗可定義為上午九點至十一點及下午五點至七點兩個時段，實驗內容可細分為文字記憶實驗、數字記憶實驗及圖型記憶實驗等三部分，分別去對人在上午及下午兩個時段之文字、數字及圖形三種記憶狀況去進行研究。

3.3.2 實驗儀器

1. 筆記型電腦：用來連接腦波量測器，並儲存量測之信號。

2. 腦波量測器 (EEG2000)：用來量測受測者之腦波信號。
3. Sony Ericsson HPM-82 (耳道式耳機)：給受測者佩掛聆聽實驗用之音樂，並阻絕外界雜音之干擾。
4. Sony Ericsson W880 (WALKMAN 手機)：用來播放實驗用音樂。
5. 實驗用音樂(1) Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart。

3.3.3 受測者

實驗對象之選取為五十四位大學生既研究生，其中男性占二十七位，女性占二十七位，受測對象均健康狀況良好，無任何重大及慢性疾病，未定期服用藥物且願意配合參與本實驗之流程規劃。

3.3.4 研究步驟

上午九點至十一點記憶實驗如 **Figure. 3.3-2**

1. 受測者於上午九點進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
3. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
4. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
5. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
6. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
7. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
8. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
9. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。

10. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
11. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
12. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
13. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
14. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
15. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
16. 實驗結束。

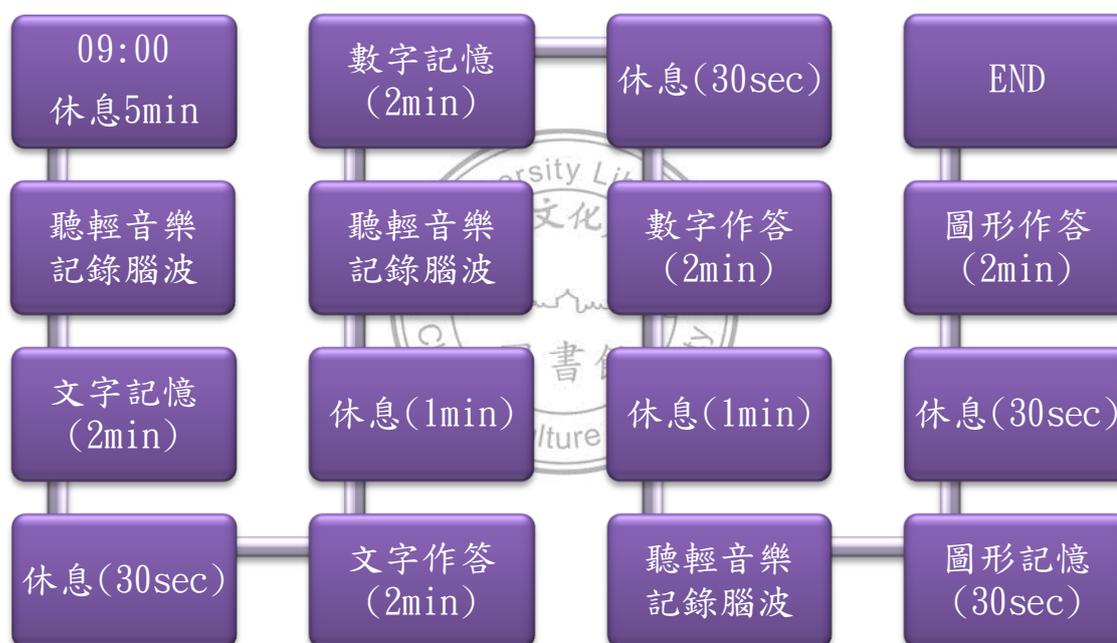


Fig. 3.3- 2 上午九點至十一點記憶實驗流程圖

下午五點至七點記憶實驗如 **Figure. 3.3-3**

1. 受測者於下午五點進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
3. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
4. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。

5. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
6. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
7. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
8. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
9. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
10. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
11. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
12. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其腦波信號。
13. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
14. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
15. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
16. 實驗結束。



Fig. 3.3- 3 下午五點至七點記憶實驗流程圖

3.3.5 數據分析方式

本研究分析量測到的腦波實驗數據，並定義腦波分佈百分比為 R、腦波相對功率為 W、腦波單位相對功率為 P，其單位間之關係為：

$$P(\text{單位相對功率為}) = \frac{W(\text{腦波相對功率})}{R(\text{腦波分佈百分比})} \quad (3.3-1)$$

這些量值可以了解左，右腦的 α 波，它們在腦神經元於每單位百分比所發出的相對功率。因此本文依實驗設計所蒐集之腦波信號經過運算後取小數點後第三位四捨五入為實驗之有效數值。

3.4 利用 ANS 量測器 & 腦波量測器找出最佳學習心理狀態之研究

此研究之目的是藉由控制迴路的觀念出發，去探討人在相同的音樂及時間的環境下，情緒對於人們記憶力狀況是否會有所影響，同時再藉由紀錄交感神經、副交感神經以及腦部 α 波之變化的狀況，去進行相關的比對分析和探討，藉由此方式來找尋出較適合人們學習記憶的心理狀態，來達到最佳的學習記憶狀況為最終目的，進而有效的提升學習之成效。因此可假設自律神經的變化會影響腦部 α 波強弱，所以最利於人的最佳學習心理狀態為心情放鬆不緊張，希望能透過此實驗來驗證假設為正確。

3.4.1 研究方式

本次實驗對象為大學生，其中男性佔 6 位，女性占 6 位，合計共為

12，扣除 2 位極端值，固取有效資料為男性 5 人、女性 5 人合計共 10 人。研究地點為一處安靜不受外界干擾的實驗室，實驗室內溫度維持 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，研究儀器為一光學式 ANS 量測器及單通道之腦波量測器，並分別接上筆記型電腦用以同時觀察和記錄交感神經、副交感神經及腦波的變化。當受測者來到實驗室後由本研究者為受測者接上 ANS 量測器及腦波儀，並配掛上耳機，受測者以自己最為輕鬆的姿勢坐在有靠背的椅子上接受實驗情境如 **Figure. 3.4-1**。

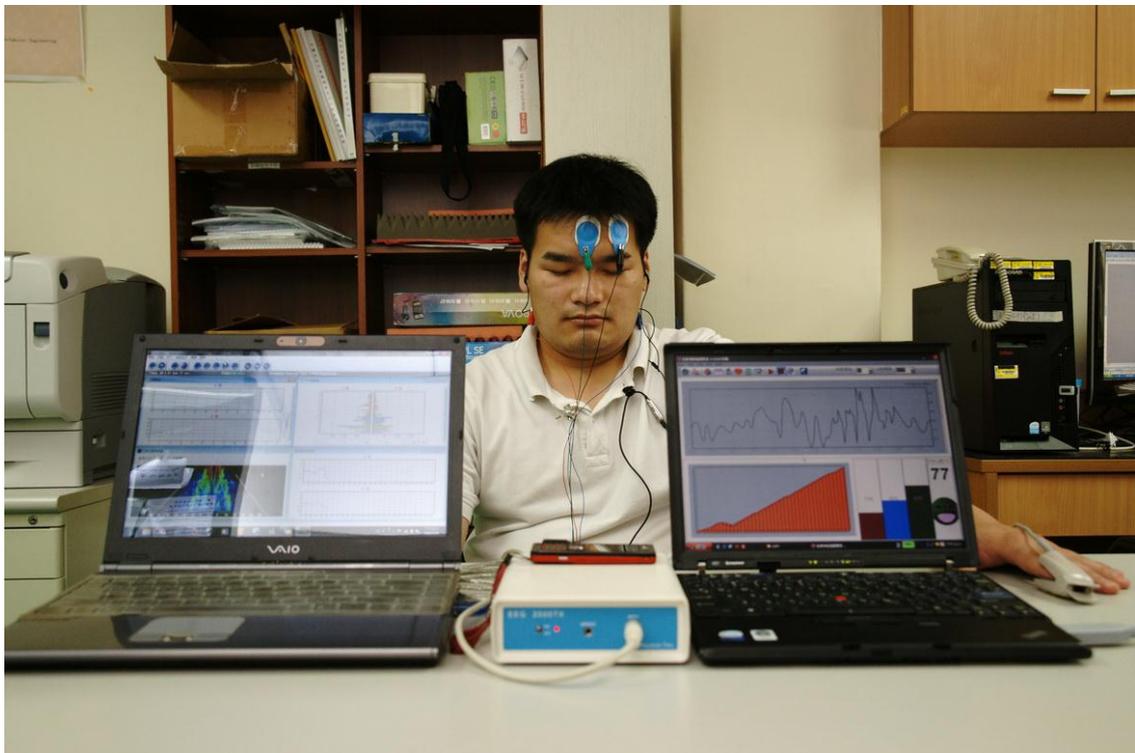


Fig. 3.4- 1 接上 ANS 量測器和腦波量測器之受測者情形

本研究之目的是藉由控制迴路的觀念出發，去探討在相同音樂及時間的環境下，不同的心理狀態是否會對文字、數字及圖形三方面的記憶力有所影響。透過交感神經、副交感神經及腦部 α 波之變化狀況，去進行相關的分析比對和探討，進而找尋出較適合人們學習的心理狀態，以有效的提升學習之成效。

本實驗可細分為文字記憶實驗、數字記憶實驗及圖型記憶實驗等三部分，分別去對人在不同心理狀況下之文字、數字及圖形等三種之記憶狀況去進行研究。

3.4.2 實驗儀器

1. 光學式 ANS 量測器如 **Figure.3.4-2**：用來量測受測者的交感神經及副交感神經之訊號。
2. 腦波量測器 (EEG2000)：用來量測受測者之腦波信號。
3. 筆記型電腦：用來連接腦波量測器，並儲存量測之信號。
4. Sony Ericsson W880 (WALKMAN 手機)：用來播放實驗用音樂。
5. Sony Ericsson HPM-82 (耳道式耳機)：給受測者佩掛聆聽實驗用之音樂，並阻絕外界雜音之干擾。
6. 實驗用音樂(1) Sonata for Two Pianos in D, K.448-Mozart。



Fig. 3.4-2 可攜式 ANS 量測器 (SM2000)

3.4.3 受測者

實驗對象之選取為十二位大學生既研究生，其中男性占六位，女性占六位，受測對象均健康狀況良好，無任何重大及慢性疾病，未定期服用藥物且願意配合參與本實驗之流程規劃。

3.4.4 研究步驟

上午九點至十一點記憶實驗如 **Figure. 3.4-3**

1. 受測者於上午九點進入實驗室中先靜座休息五分鐘以緩和情緒。
2. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其自律神經及腦波信號。
3. 進行「文字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
4. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
5. 進行「文字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
6. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘。
7. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其自律神經及腦波信號。
8. 進行「數字記憶測驗-記憶」，受測者限時 2 分鐘。
9. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。
10. 進行「數字記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
11. 請受測者閉眼放鬆休息 1 分鐘
12. 播放輕音樂給予受測者聆聽，並記錄其自律神經及腦波信號。
13. 進行「圖形記憶測驗-記憶」，受測者限時 30 秒。
14. 請受測者閉眼放鬆休息 30 秒。

15. 進行「圖形記憶測驗-作答」，受測者限時 2 分鐘。
16. 實驗結束。

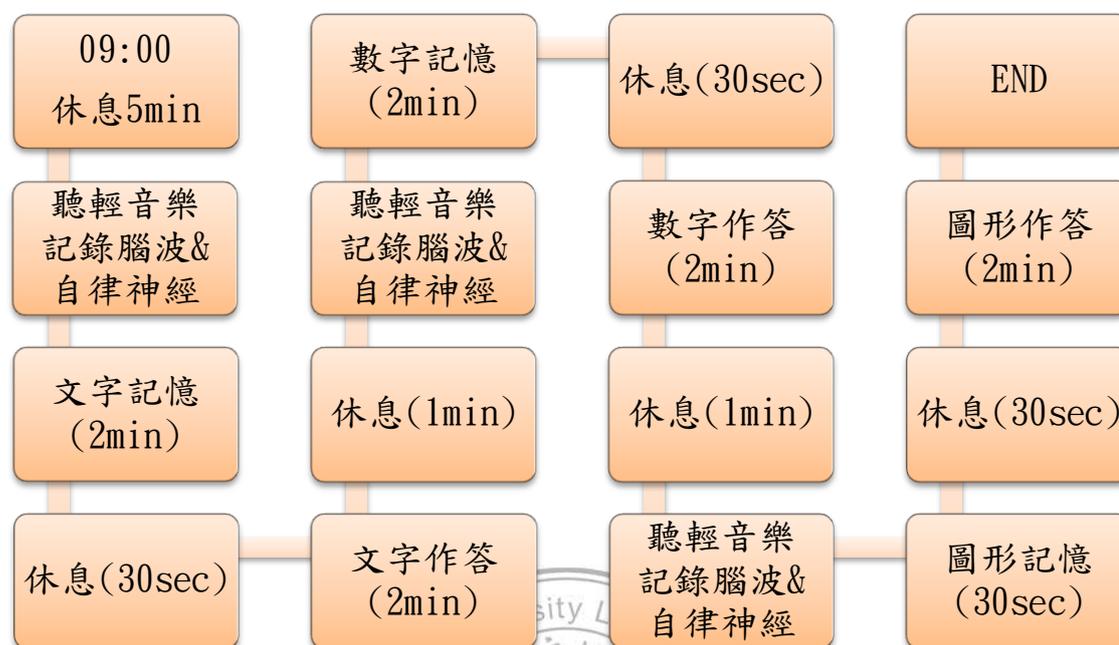


Fig. 3.4- 3 找出最佳學習情緒記憶實驗流程圖

3.4.5 數據分析方式

本研究分析量測到的腦波實驗數據，並定義腦波分佈百分比為 R、腦波相對功率為 W、腦波單位相對功率為 P，其單位間之關係為：

$$P(\text{單位相對功率為}) = \frac{W(\text{腦波相對功率})}{R(\text{腦波分佈百分比})} \quad (3.4-1)$$

這些量值可以了解左，右腦的 α 波，它們在腦神經元於每單位百分比所發出的相對功率。因此本文依實驗設計所蒐集之腦波信號經過運算後取小數點後第三位四捨五入為實驗之有效數值。

本研究分析量測到的交感神經與副交感神經數據，並定義交感神經

活性為 LF、副交感神經活性為 HF、交感神經比重為 LFP、副交感神經比重為 HFP，其單位間之關係為：

$$\text{LFP(交感神經比重)} = \frac{\text{LF(交感神經)}}{\text{LF(交感神經)} + \text{HF(交感神經)}} \quad (3.4-2)$$

$$\text{HFP(副交感神經比重)} = \frac{\text{HF(副交感神經)}}{\text{LF(交感神經)} + \text{HF(交感神經)}} \quad (3.4-3)$$

這些量值可以了解交感神經、副交感神經，它們在人體分佈所占之百分比。因此本文依實驗設計所蒐集之自律神經信號經過運算後取小數點後第三位四捨五入為實驗之有效數值。



第四章 研究結論

4.1 最佳學習記憶之環境

由實驗結果 **Table 4.1-1** 及 **Figure.4.1-1**、**Figure.4.1-2** 可以得知，當文字記憶實驗進行後去分析實驗數據並經過單位換算可以知道，受測者聽輕音樂時所測量到的 α 波單位相對功率，此時會高於沒聽音樂及聽搖滾樂時所量測的數據。而從測驗成績結果來看，聽輕音樂後所測驗的成績，高於沒聽音樂及聽搖滾樂後所測驗得到的成績。

Table 4.1-1 文字記憶實驗結果表

實驗類別	受測對象共 27 人 α 波單位相對功率		測驗成績
	左腦	右腦	
無音樂	9.805	9.588	48.704
輕音樂	10.073	10.534	51.667
搖滾樂	9.791	9.404	47.963

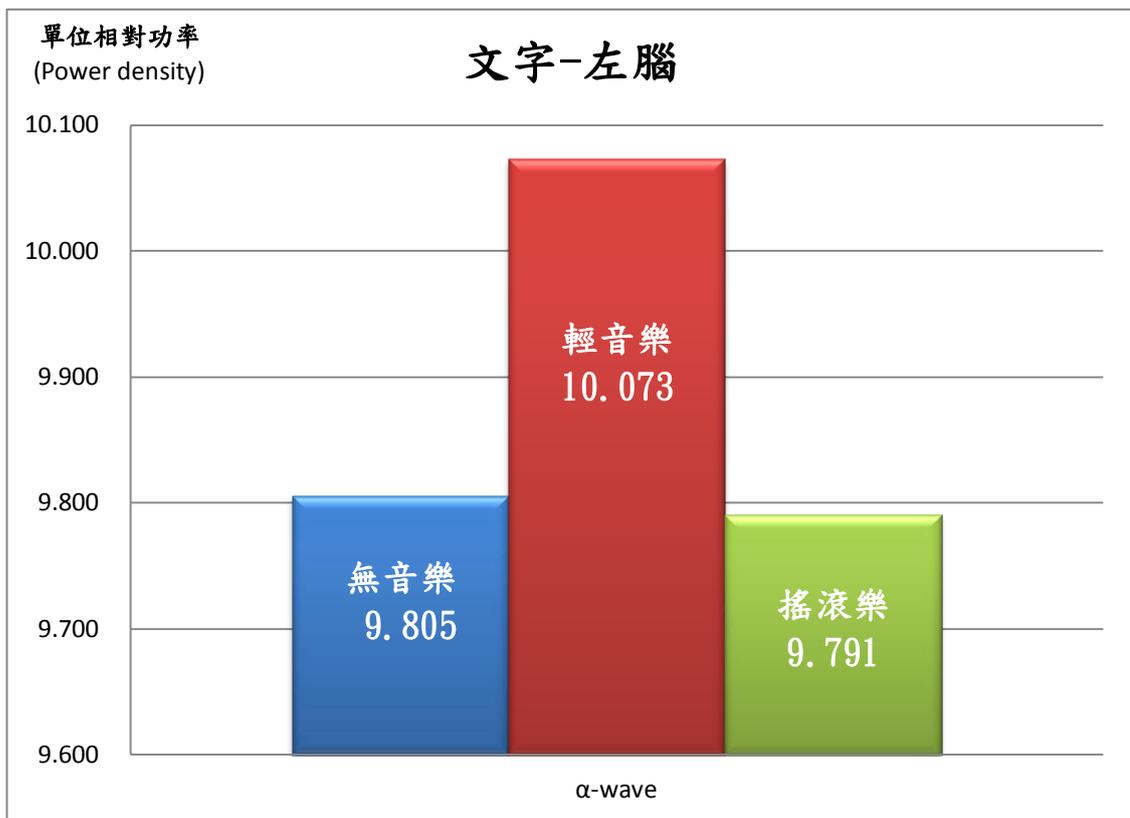


Fig. 4.1- 1 文字測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖

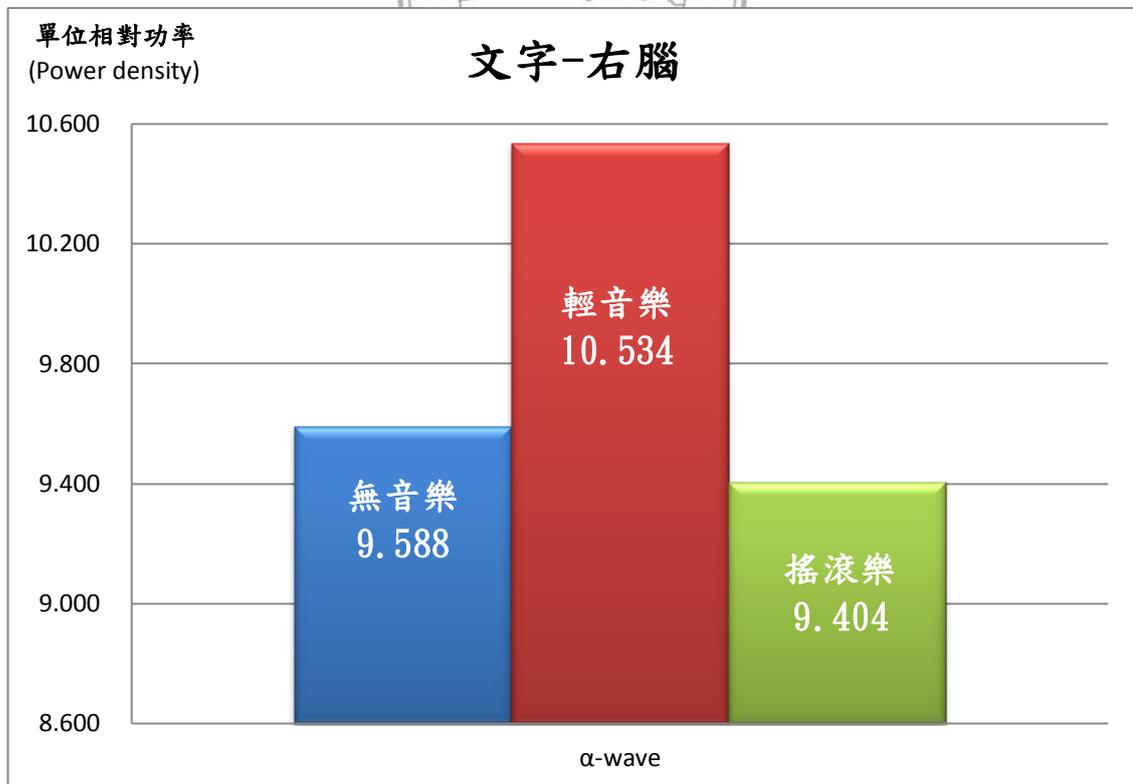


Fig. 4.1- 2 文字測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖

由實驗結果 Table 4.1-2 即 Figure.4.1-3、Figure.4.1-4 可以得知，當數字記憶實驗進行後去分析實驗數據並經過單位換算可以知道，受測者聽輕音樂時所測量到的 α 波單位相對功率，此時高於沒聽音樂及聽搖滾樂時所量測的數據。而從測驗成績結果來看，聽輕音樂後測驗的成績，高於沒聽音樂及聽搖滾樂後所測驗得到的成績。

Table 4.1- 2 數字記憶實驗結果表

實驗類別	受測對象共 27 人 α 波單位相對功率		測驗成績
	左腦	右腦	
無音樂	11.245	11.209	66.296
輕音樂	11.267	11.254	67.593
搖滾樂	11.225	11.159	65.556

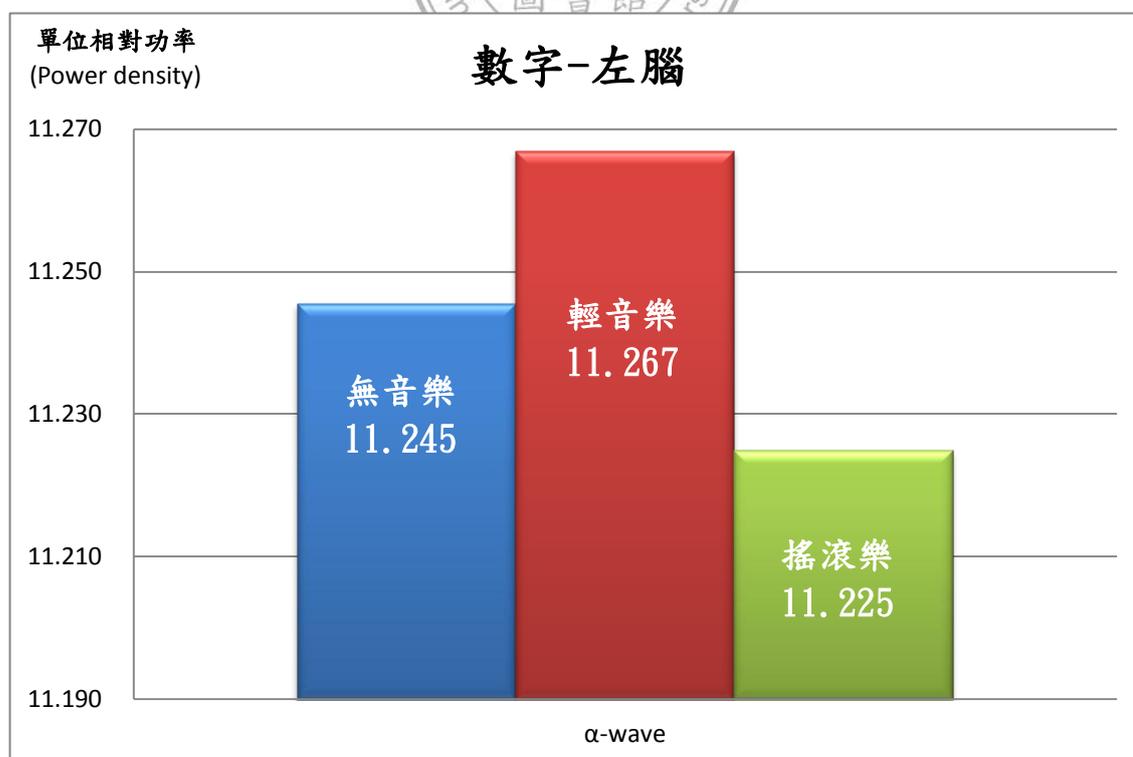


Fig. 4.1- 3 數字測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖

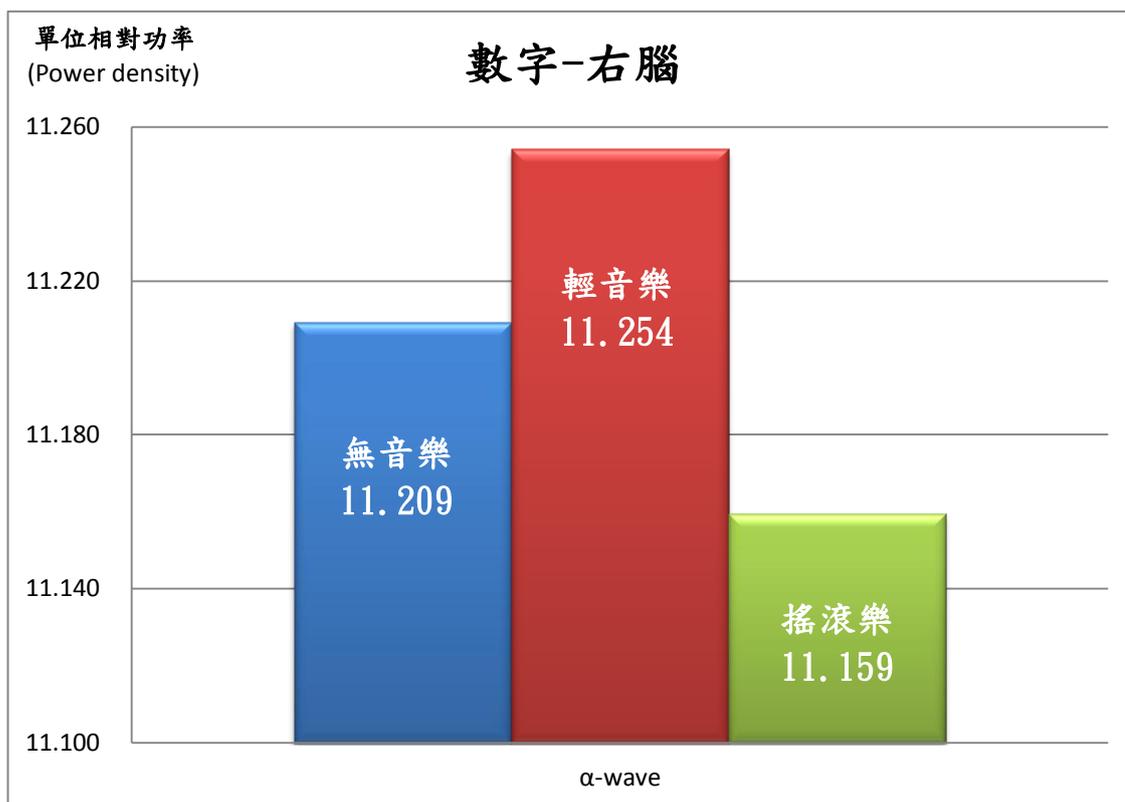


Fig. 4.1- 4 數字測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖

由實驗結果圖 Table 4.1-3 即 Figure.4.1-5、Figure.4.1-6 可以得知，當圖形記憶實驗進行後去分析實驗數據並經過單位換算可以知道，受測者聽輕音樂時所測量到的 α 波單位相對功率，此時高於沒聽音樂及聽搖滾樂時所量測的數據。而從測驗成績結果來看，聽輕音樂候測驗的成績，高於沒聽音樂及聽搖滾樂後所測驗得到的成績。

Table 4.1- 3 圖形記憶實驗結果表

實驗類別	受測對象共 27 人 α 波單位相對功率		測驗成績
	左腦	右腦	
無音樂	11.493	11.522	75.556
輕音樂	11.533	11.906	77.284
搖滾樂	10.908	11.148	74.815

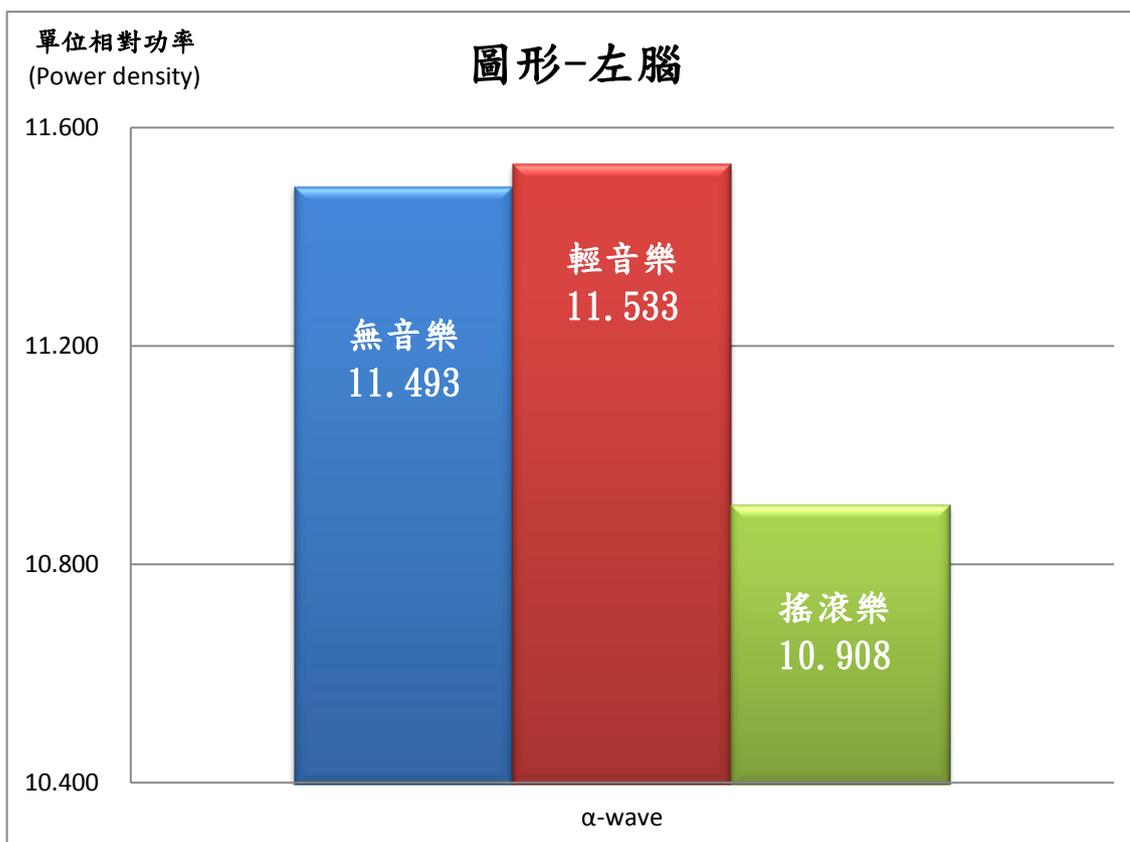


Fig. 4.1- 5 圖形測驗-左腦 α 波單位相對功率分佈圖

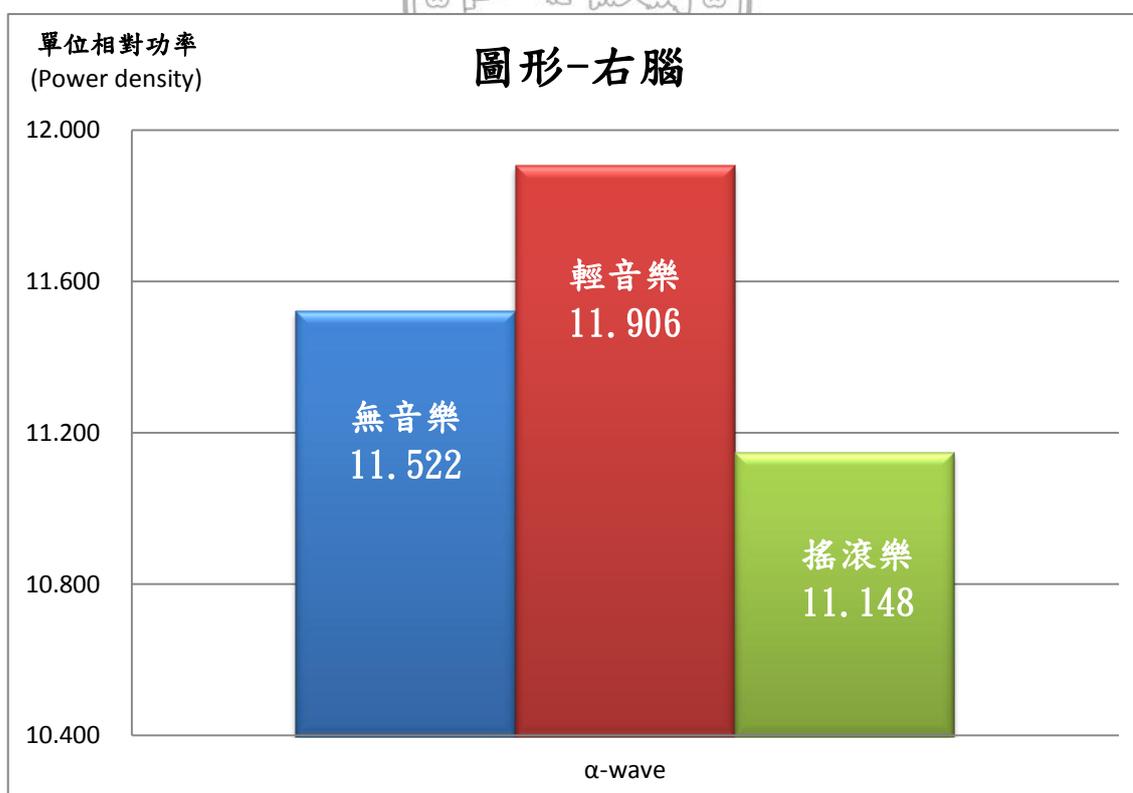


Fig. 4.1- 6 圖形測驗-右腦 α 波單位相對功率分佈圖

根據上列三項實驗所得到之結果數據，去比對各種模擬環境下所量測到之腦部 α 波單位相對功率，並由測驗成績為對照，可得知當人處於輕音樂環境下，此時 α 波單位相對功率較另兩種環境高，並且記憶力測驗的成績也比另兩種環境有者些微的提升。

因此可由此實驗之結果來驗證假設人處於輕音樂環境下會使其腦部 α 波增強，進而提升記憶力為正確的。

4.2 最佳學習記憶之時段

由實驗結果 **Table 4.2-1**、**Table 4.2-2** 以及 **Figure.4.2-1**、**Figure.4.2-2** 可以得知，大一至大四男性學生的左腦及右腦之 α 波單位相對功率，而上午 09:00 至 11:00 時測驗所得到的數據均高於下午 17:00 至 19:00 的數據。

透過記憶測驗的成績 **Table 4.2-3** 及 **Figure.4.2-5** 來做比對，可發現到，男性不論是大一至大四的記憶測驗成績，上午測驗所得到的成績均高於下午。因此可以了解到男性大一至大四上午時學習記憶的成效透過 α 波單位相對功率以及測驗成績來看都是優於下午的。

Table 4.2 - 1 男性記憶實驗左腦 α 波單位相對功率表

受測對象每年及各 5 人 男性 (左腦)					
時間	測驗 項目	年級(α 波單位相對功率)			
		一	二	三	四
09:00	文字	11.017	11.002	11.313	11.021
	數字	11.313	11.216	11.402	11.304
	圖形	11.441	11.404	11.512	11.452
17:00	文字	10.821	10.774	11.221	10.902
	數字	11.212	11.188	11.267	11.204
	圖形	11.298	11.209	11.333	11.248

Table 4.2 - 2 男性記憶實驗右腦 α 波單位相對功率表

受測對象每年及各 5 人 男性 (右腦)					
時間	測驗 項目	年級(α 波單位相對功率)			
		一	二	三	四
09:00	文字	10.902	10.898	11.227	10.981
	數字	11.210	11.114	11.329	11.011
	圖形	11.622	11.588	11.694	11.597
17:00	文字	10.673	10.619	10.981	10.877
	數字	11.003	10.991	11.152	10.989
	圖形	11.336	11.313	11.631	11.421

Table 4.2 - 3 男性記憶測驗成績表

受測對象每年及各 5 人 男性 (測驗成績)					
時間	測驗項目	年級			
		一	二	三	四
09:00	文字	51.021	50.972	53.417	51.002
	數字	66.212	65.124	68.551	65.872
	圖形	77.271	76.421	78.621	76.886
17:00	文字	50.012	49.721	51.311	50.002
	數字	64.331	64.290	66.367	64.002
	圖形	75.321	74.112	76.984	76.181

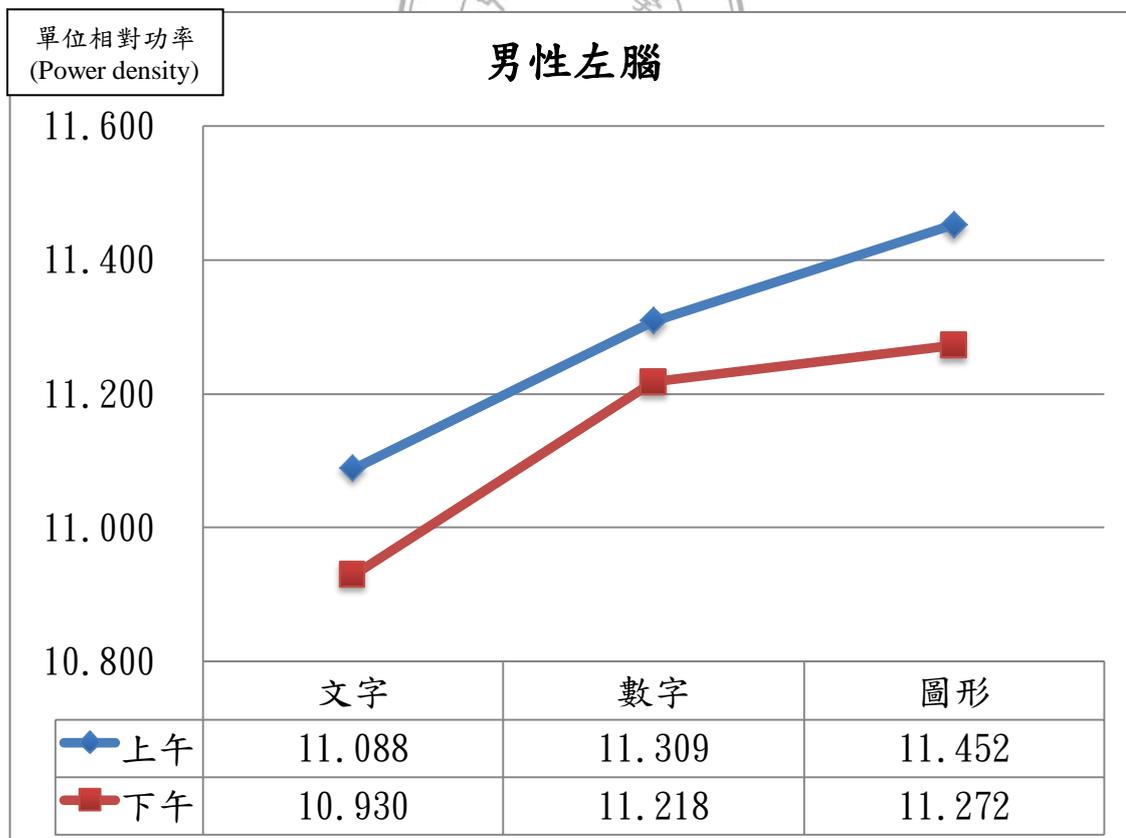


Fig. 4.2- 1 男性左腦-α 波單位相對功率平均值分布圖

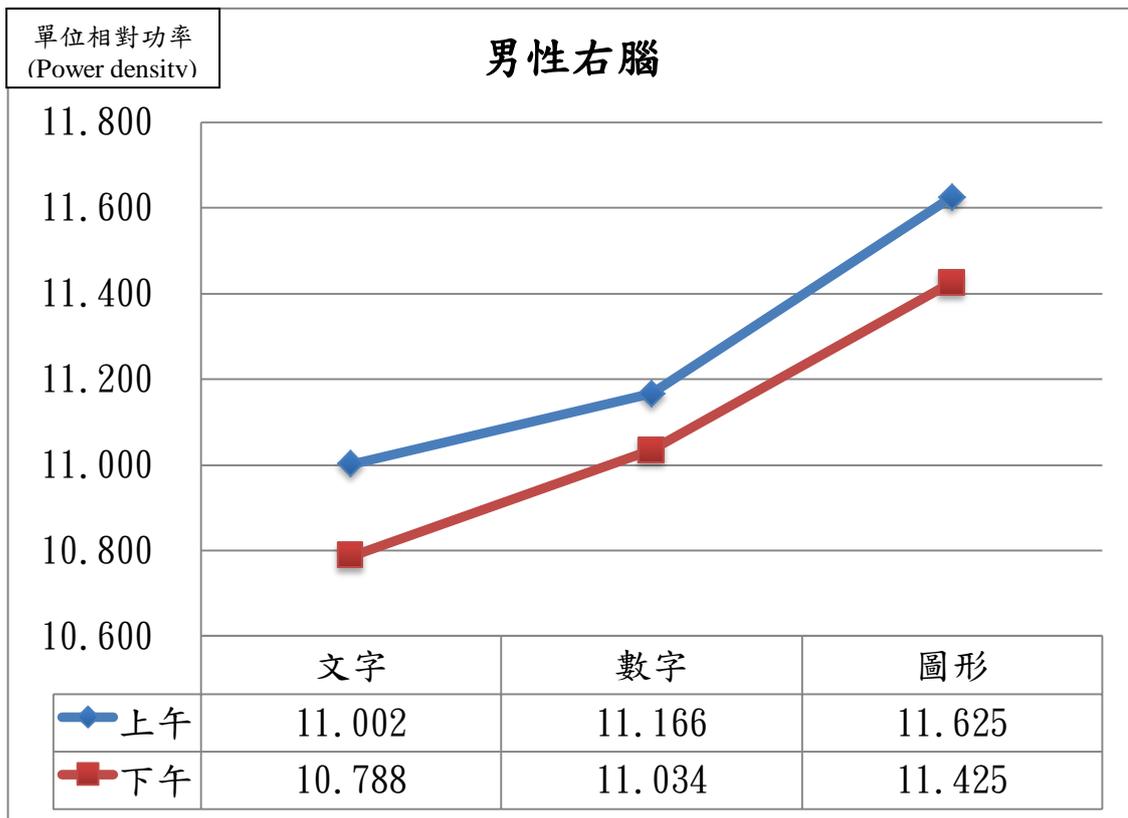


Fig. 4.2- 2 男性右腦- α 波單位相對功率平均值分布圖

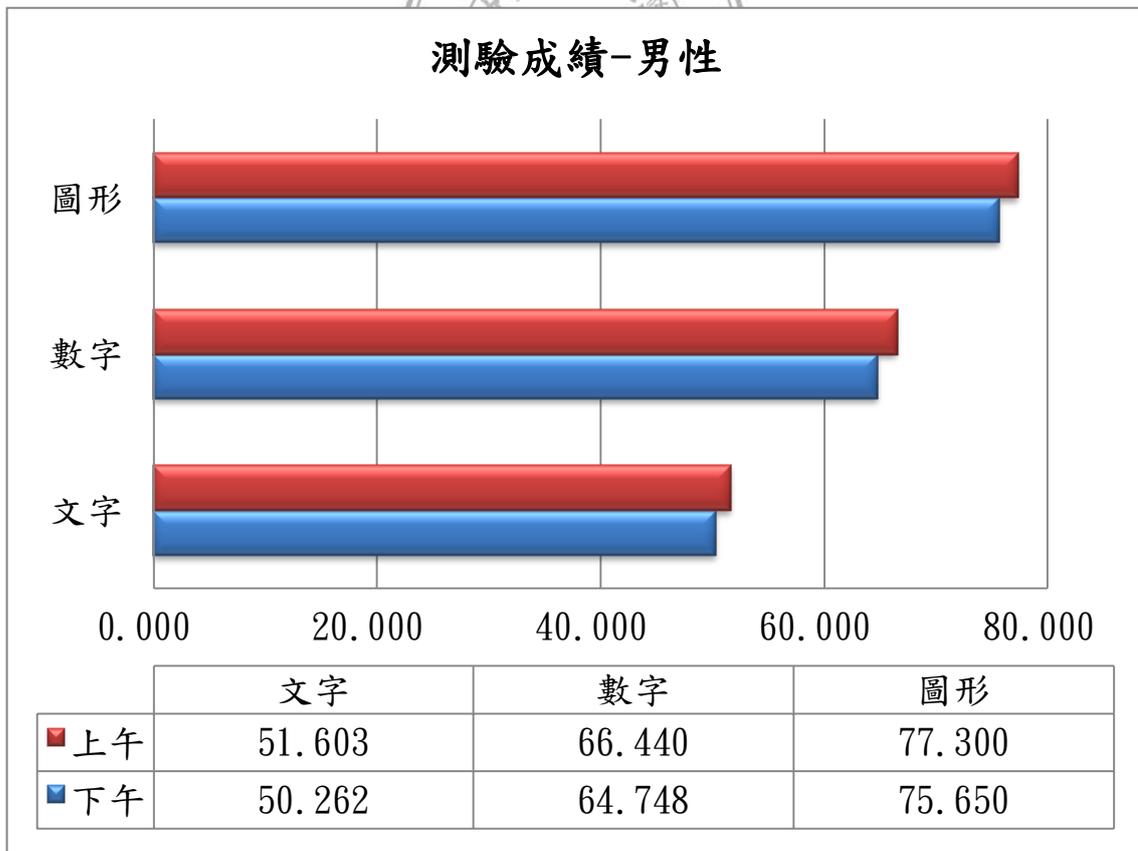


Fig. 4.2- 3 男性上午及下午測驗成績比較分布圖

由實驗結果 Table 4.2-4、Table 4.2-5 即 Figure.4.2-3、Figure.4.2-4 可以得知，大一至大四男性學生的左腦及右腦之 α 波單位相對功率，而上午 09:00 至 11:00 時測驗所得到的數據均高於下午 17:00 至 19:00 的數據。

透過記憶測驗的成績 Table 4.2-6 及 Figure.4.2-6 來做比對，可發現到，男性不論是大一至大四的記憶測驗成績，上午測驗所得到的成績均高於下午。因此可以了解到男性大一至大四上午時學習記憶的成效透過 α 波單位相對功率以及測驗成績來看都是優於下午的

Table 4.2 - 4 女性記憶實驗左腦 α 波單位相對功率表

受測對象每年及各 5 人 女性 (左腦)					
時間	測驗項目	年級(α 波單位相對功率)			
		一	二	三	四
09:00	文字	10.985	11.413	11.102	10.883
	數字	11.113	11.202	11.116	11.014
	圖形	11.212	11.492	11.347	11.121
17:00	文字	10.745	11.223	10.821	10.645
	數字	10.912	11.053	11.021	10.798
	圖形	11.087	11.487	11.189	10.985

Table 4.2 - 5 女性記憶實驗右腦 α 波單位相對功率表

受測對象每年及各 5 人 女性（右腦）					
時間	測驗 項目	年級(α 波單位相對功率)			
		一	二	三	四
09:00	文字	10.728	11.322	10.998	10.710
	數字	10.884	11.110	11.014	10.563
	圖形	11.456	11.602	11.688	11.232
17:00	文字	10.563	10.981	10.821	10.421
	數字	10.629	10.998	10.731	10.511
	圖形	11.301	11.518	11.421	11.109

Table 4.2 - 6 女性記憶測驗成績表

受測對象每年及各 5 人 女性（測驗成績）					
時間	測驗 項目	年級			
		一	二	三	四
09:00	文字	50.021	53.017	51.972	50.004
	數字	64.212	67.778	65.824	63.982
	圖形	76.712	77.991	77.224	75.886
17:00	文字	48.012	51.911	49.931	47.899
	數字	63.031	66.367	65.120	63.052
	圖形	74.231	75.893	75.212	74.021

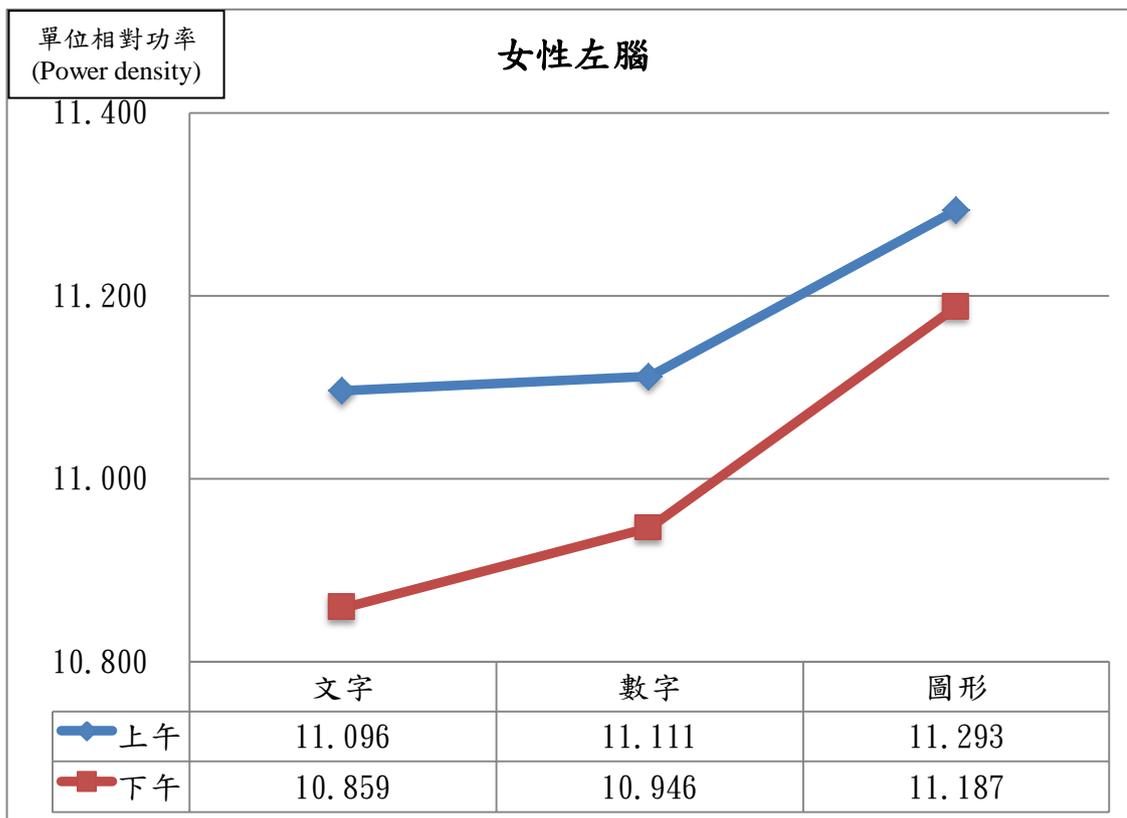


Fig. 4.2- 4 女性左腦- α 波單位相對功率平均值分布圖

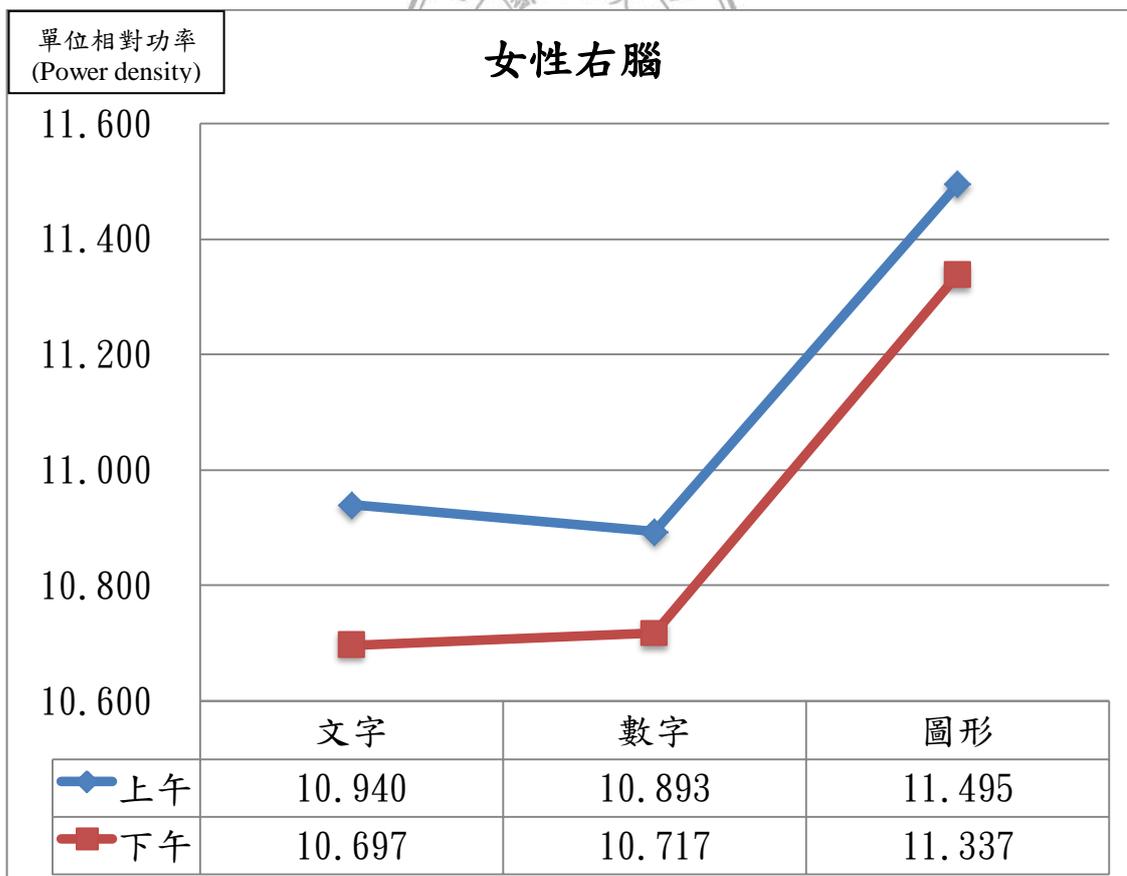


Fig. 4.2- 5 女性右腦- α 波單位相對功率平均值分布圖

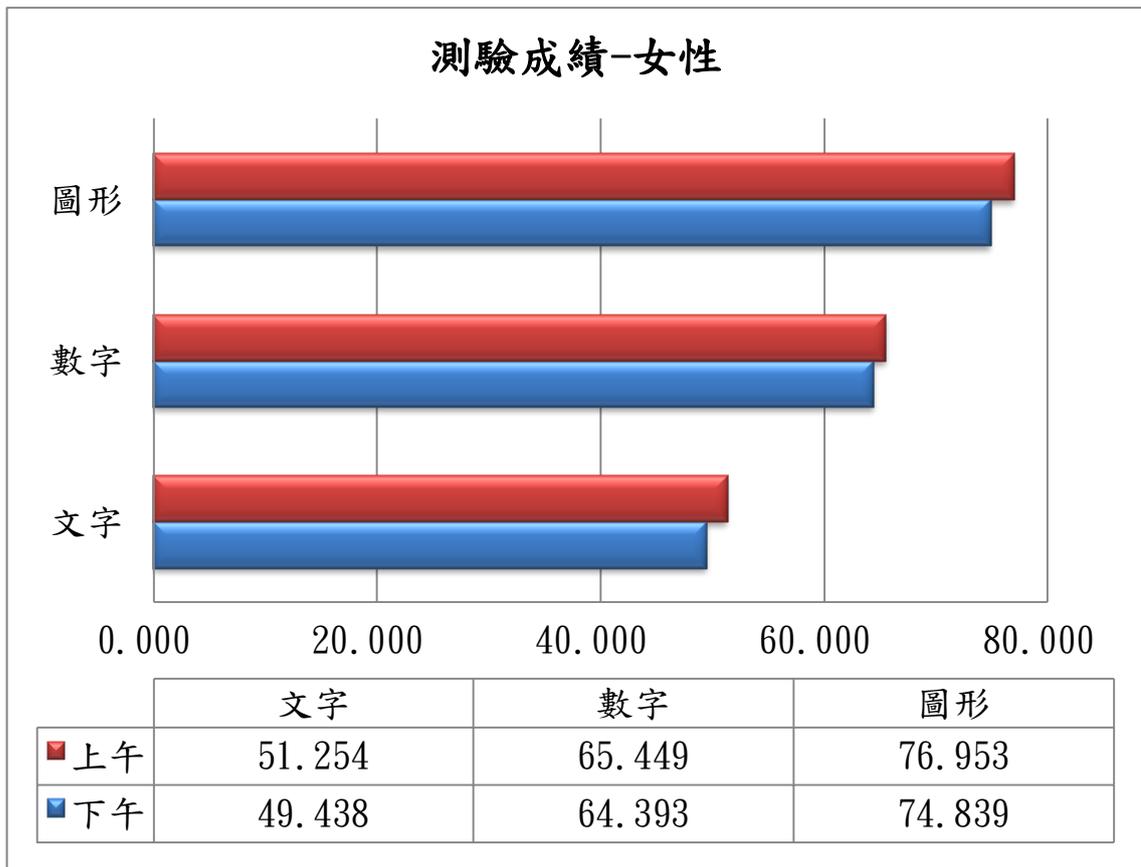


Fig. 4.2- 6 女性上午及下午測驗成績比較分布圖

結果顯示，大一至大四學生不論是男性或女性的左腦及右腦之 α 波單位相對功率，上午 09:00 時至 11:00 測驗所得到的數據都是高於下午 17:00 至 19:00 時的，中醫子午流柱中有提及巳時(9 點至 11 點)，此時為氣血流注脾臟的時辰，脾臟會清除衰老的紅血球已達到血液品質管制，血液的質量好，人體相對的也是較清醒。對照實驗之結果也與中醫的子午流柱之觀念是符合的，左腦的文字測驗及數字測驗之 α 波單位相對功率是高於右腦的，由此結果也可驗證左腦掌管語言及數字是一致的。右腦的圖形測驗之 α 波單位相對功率是高於左腦的，由此結果也可驗證右腦掌管圖形是一致的。

因此可由此實驗之結果來驗證假設人處於上午上午九點至十一點

這時段之腦部 α 波強度會優於下午五點至七點之時段，而記憶力也是上午九點至十一點優於下午為正確的。

4.3 最佳學習心理狀態

由實驗結果 Table 4.3-1、Table 4.3-2、Table 4.3-3、Table 4.3-4、Table 4.3-5 以及 Figure.4.3-1、Figure.4.3-2 可以得知，男性的左腦及右腦之 α 波單位相對功率與副交感神經之強弱有者相當的關係。

透過兩個回合之相同測驗項目可了解到，副交感神經分布較強之回合，其 α 波單位相對功率相對較高。透過記憶測驗的成績來做比對，也可發現到，副交感神經較強之回合，其測驗成績也相對較高。



Table 4.3- 1 第一位男性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	10.409	9.144	98.246	1.754	30
	數字	16.076	14.734	86.523	13.477	75
	圖形	10.943	10.035	98.901	1.099	33.333
二	文字	16.632	15.654	96.552	3.448	50
	數字	10.939	9.962	94.737	5.263	60
	圖形	14.753	12.583	75.000	25.000	66.667

Table 4.3- 2 第二位男性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	11.026	10.136	93.963	6.037	55
	數字	14.332	13.332	91.443	8.557	85
	圖形	14.271	12.899	62.623	37.377	86.667
二	文字	14.071	12.610	66.256	33.744	60
	數字	13.631	12.939	75.052	24.948	75
	圖形	9.628	8.541	77.635	22.365	73.333

Table 4.3- 3 第三位男性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	8.929	9.181	96.078	3.922	55
	數字	9.404	9.381	93.590	6.410	70
	圖形	10.028	10.271	84.000	16.000	73.333
二	文字	10.016	10.188	88.000	12.000	60
	數字	9.550	10.114	69.697	30.303	85
	圖形	10.747	11.110	81.395	18.605	80

Table 4.3- 4 第四位男性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	12.065	10.172	69.231	30.769	55
	數字	14.213	12.111	86.523	13.477	55
	圖形	13.413	11.546	66.166	33.834	80
二	文字	9.359	7.587	94.019	5.981	45
	數字	14.742	12.172	85.315	14.685	60
	圖形	8.985	7.527	95.008	4.992	73.333

Table 4.3- 5 第五位男性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	10.546	10.313	94.805	5.195	60
	數字	6.967	6.645	95.533	4.467	55
	圖形	7.150	6.645	93.577	6.423	66.667
二	文字	6.437	6.363	95.070	4.930	55
	數字	11.004	10.282	88.203	11.797	70
	圖形	10.052	10.137	88.527	11.473	80

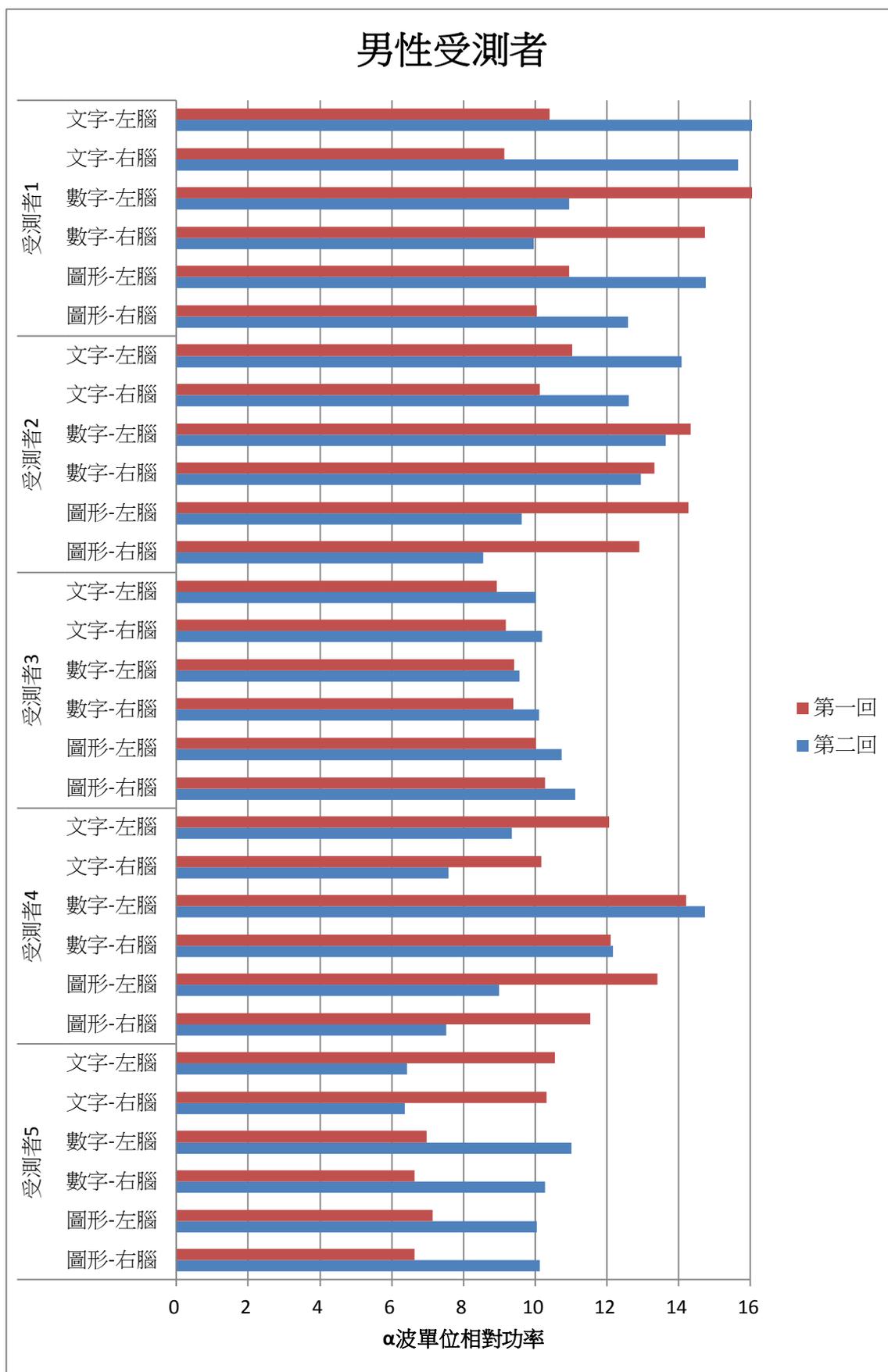


Fig. 4.3- 1 男性受測者- α 波單位相對功率分布圖

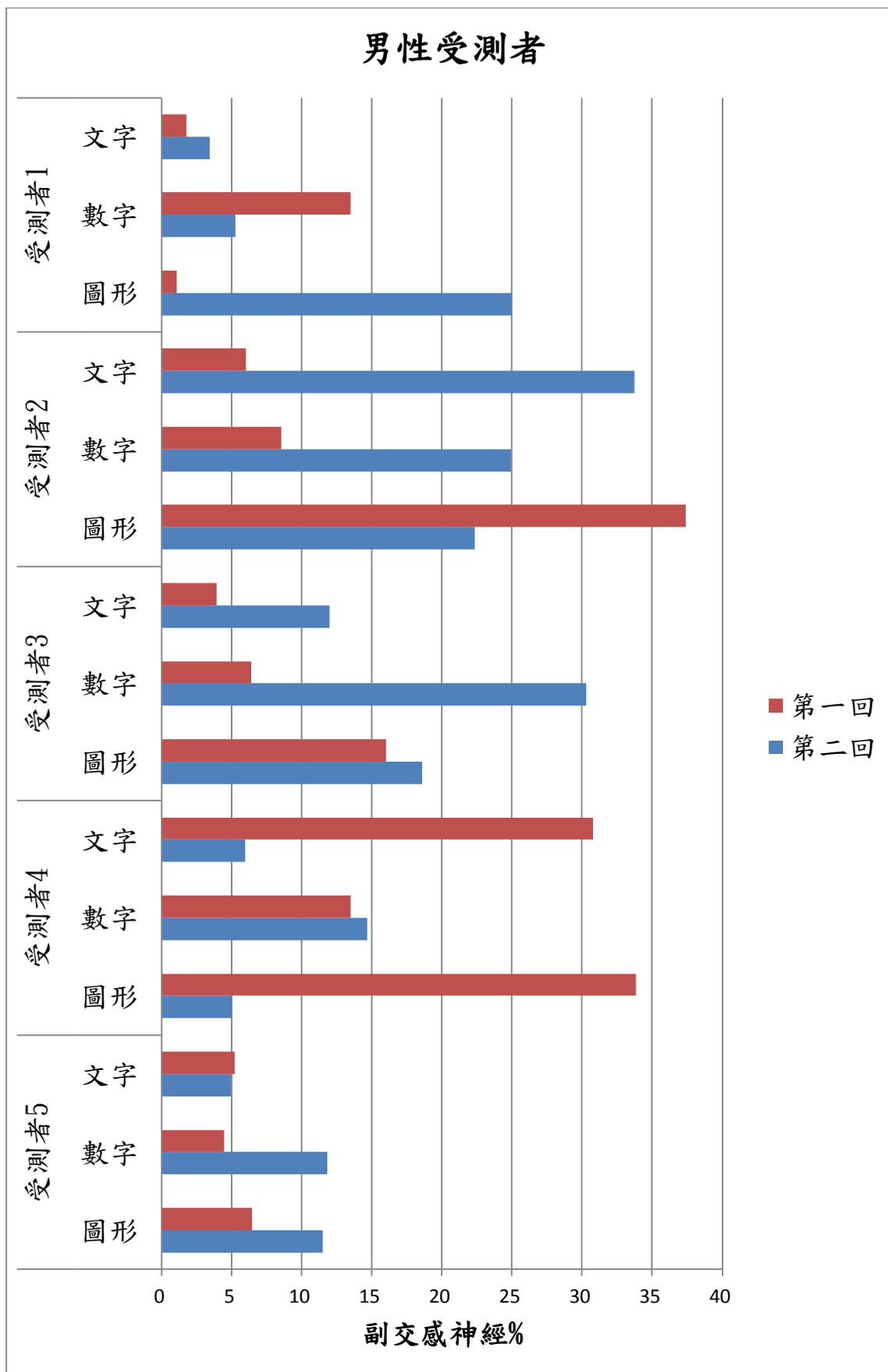


Fig. 4.3- 2 男性受測者-副交感神經分布百分比圖

由實驗結果 Table 4.3-6、Table 4.3-7、Table 4.3-8、Table 4.3-9、Table 4.3-10 以及 Figure.4.2-1、Figure.4.2-2 可以得知，女性的左腦及右腦之 α 波單位相對功率與副交感神經之強弱有者相當的關係。

透過兩個回合之相同測驗項目可了解到，副交感神經分布較強之回合，其 α 波單位相對功率相對較高。透過記憶測驗的成績來做比對，也可發現到，副交感神經較強之回合，其測驗成績也相對較高。

Table 4.3- 6 第一位女性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	13.584	13.398	33.973	66.027	75
	數字	7.587	7.786	54.286	45.714	75
	圖形	4.315	4.546	49.616	50.384	60
二	文字	6.753	6.714	58.721	41.279	50
	數字	13.635	13.111	32.755	67.245	80
	圖形	13.156	13.412	13.181	86.819	86.667

Table 4.3-7 第二位女性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	8.167	8.475	93.704	6.296	60
	數字	6.970	6.396	98.088	1.912	55
	圖形	6.037	5.564	99.470	0.530	73.333
二	文字	9.767	9.199	91.506	8.494	85
	數字	9.849	9.026	96.259	3.741	65
	圖形	10.029	9.292	98.190	1.810	80

Table 4.3-8 第三位女性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	3.773	3.563	88.095	11.905	45
	數字	4.382	4.206	93.443	6.557	70
	圖形	4.855	4.632	97.338	2.662	60
二	文字	4.908	4.730	76.316	23.684	50
	數字	5.272	5.157	92.276	7.724	75
	圖形	5.408	5.275	67.111	32.889	73.333

Table 4.3- 9 第四位女性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	6.088	5.757	16.710	83.290	60
	數字	8.944	8.744	14.341	85.659	85
	圖形	14.976	13.783	40.824	59.176	100
二	文字	15.344	15.067	11.677	88.323	80
	數字	10.382	9.494	30.210	69.790	95
	圖形	9.540	8.865	62.622	37.378	93.333

Table 4.3- 10 第五位女性受測者實驗結果表

測驗 回合	測驗 項目	α 波單位相對功率		自律神經分佈百分比		測驗 成績
		左腦	右腦	交感神經	副交感神經	
一	文字	7.118	6.699	82.550	17.450	55
	數字	7.261	7.491	86.031	13.969	95
	圖形	6.818	6.691	88.605	11.395	60
二	文字	12.527	11.434	42.742	57.258	70
	數字	8.284	8.026	60.182	39.818	100
	圖形	6.918	7.025	56.338	43.662	73.333

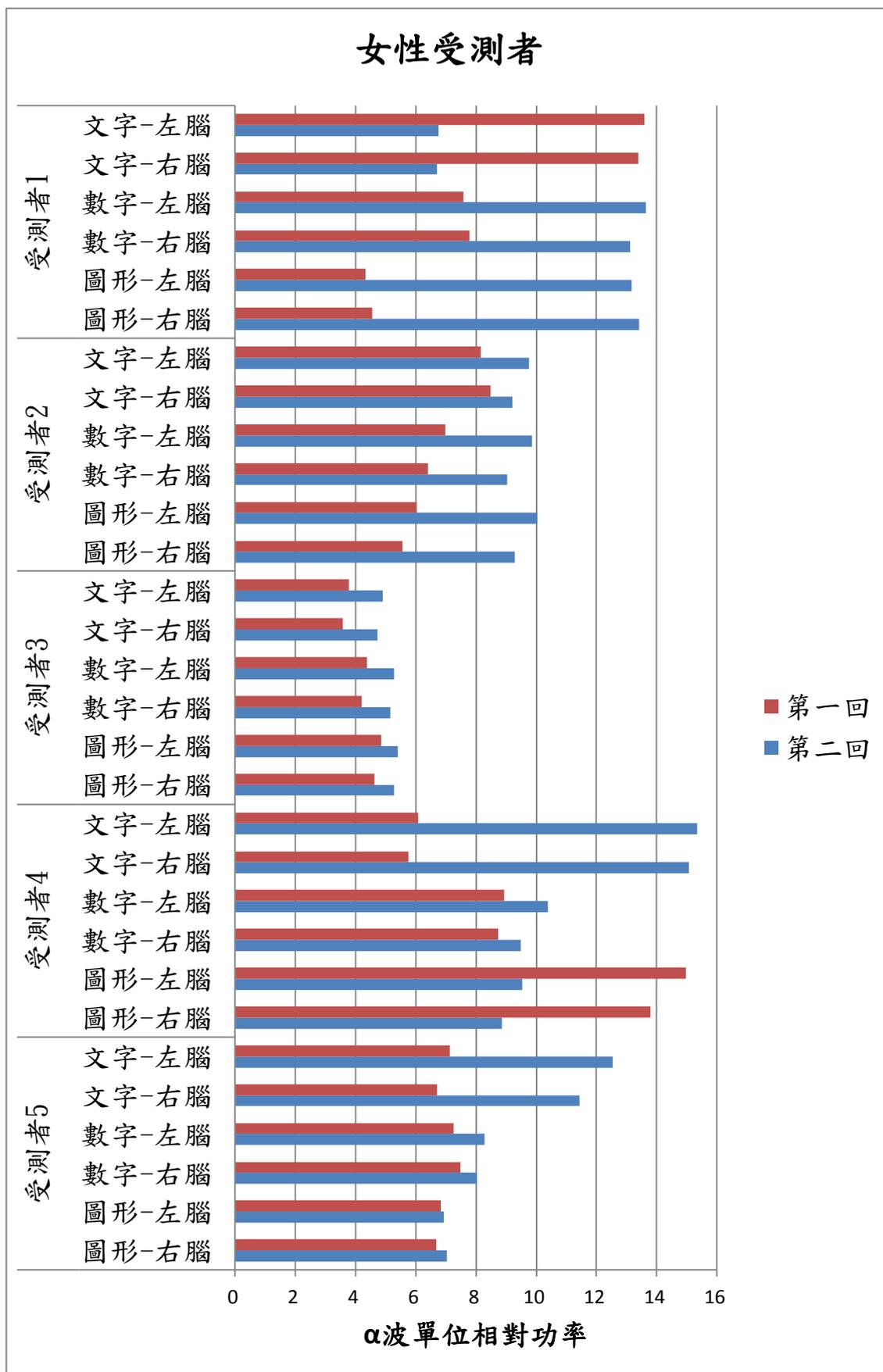


Fig. 4.3- 3 女性受測者- α 波單位相對功率分布圖

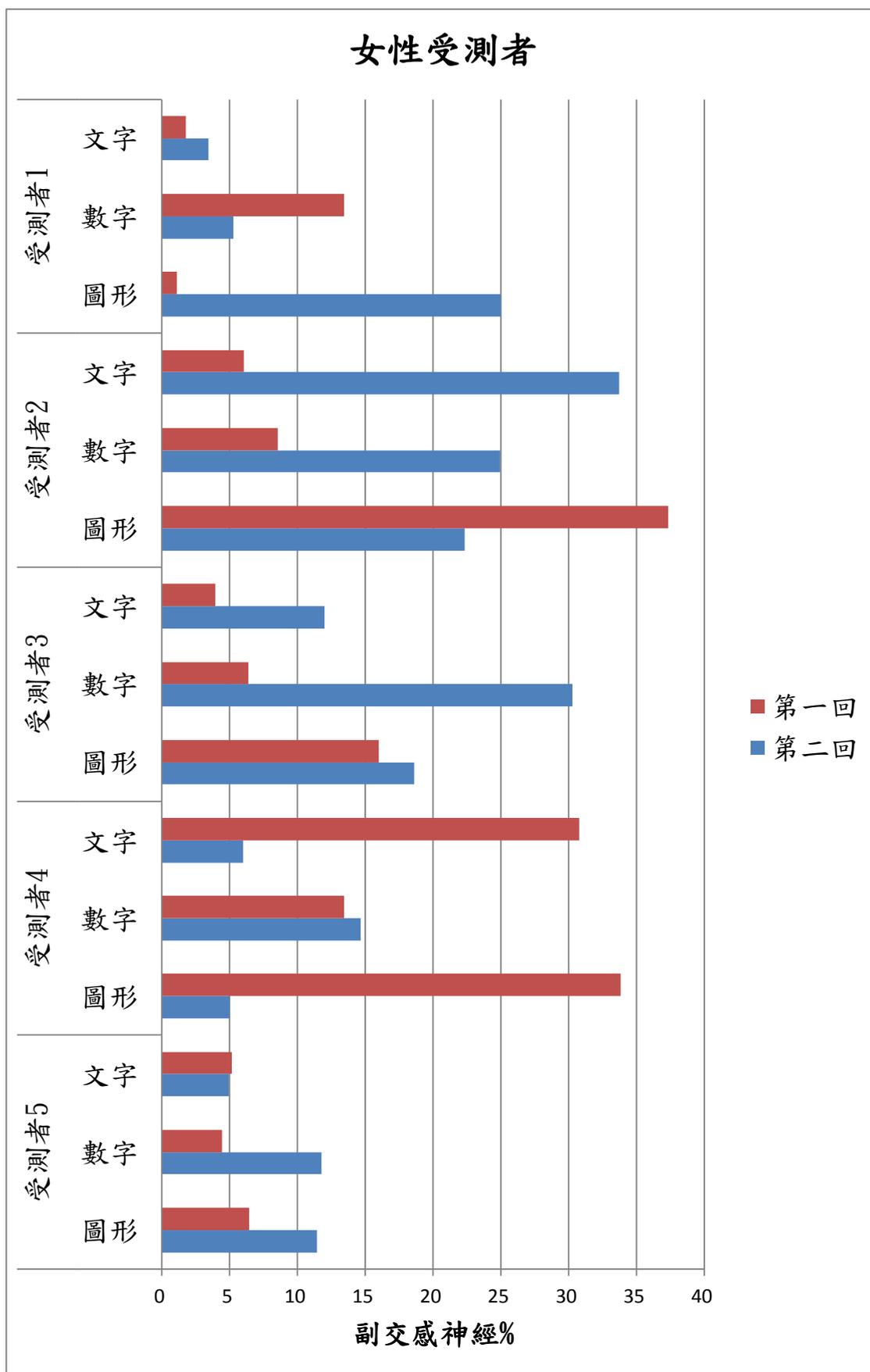


Fig. 4.3- 4 女性受測者-副交感神經分布百分比圖

結果顯示不論是男性或是女性，在相同條件的測驗下，副交感神經分布較強的回合， α 波單位相對功率亦會較強，而由測驗的成績來做比對也會發現，副交感神經的較強的回合，測驗成績相對的較高。反之副交感神經分布較弱的回合， α 波單位相對功率亦會較弱，測驗成績相對較低。因此我們可得知，副交感神經的強弱，與 α 波的強弱有者直接的關係，亦會影響到記憶力。而副交感神經分布較強，表示受測者身心較為放鬆，因此可得知，最利於人的最佳學習心理狀態為心情放鬆不緊張。

因此可由此實驗之結果來驗證假設自律神經的變化會影響腦部 α 波強弱，所以最利於人的最佳學習心理狀態為心情放鬆不緊張為正確的。



第五章 結論及未來展望

5.1 結論

本研究主要的目的在於探討如何透過外在環境的改變來使人類達到記憶力提升的效用，並透過觀察腦部 α 波之強度的不同及自律神經系統之變化來做分析，並用測驗成績來做為驗證。將以上之個因素串聯起來，用以得到一確實有效提升記憶力之方式。

根據第一項實驗，我們利用觀察腦部 α 波之變化，並透過測驗成績來做對照，可以得知當人處於輕音樂的環境之下，能夠提升記憶力。

根據第二項實驗，我們利用觀察腦部 α 波之變化，並透中醫子午流柱的理論，以及測驗成績來做對照，可以得知大一至大四學生不論是男性或女性，當處於上午 09:00 時至 11:00 確實能夠提升記憶力。並且也可驗證左腦確實掌管語言及數字而右腦確實掌管圖形。

根據第三項實驗，我們透過觀察自律神經系統中的副交感神經強度增減，以及腦部 α 波之變化，並透過測驗成績來驗證，可得知副交感神經的強度與腦部 α 波之強弱為正相關的關係，因此能得知人處於心情放鬆不緊張的狀態下能提升記憶力。

本研究將三項實驗的結論串聯後可得知，當上午 09:00 至 11:00 時處於輕音樂環境下，並且自身心情輕鬆愉悅，這樣可以確實的提升記憶力。

5.2 未來展望

科技日經月累快速的進步是所以人努力的結果，目的在於不斷的改善人類的生活環境及提升便利性。腦波訊號對於人類而言，雖經過了一百多年的發展及認知，但對其所了解的還是相當有限。對人類而言大腦還是相當神秘的。全世界目前也都努力的對腦波進行相關研究，試圖破解大腦內所蘊含的資訊。

目前，本研究現階段的計劃，旨在找出最優質的腦波控制環境，未來會朝者如何提高腦波的質量及強度繼續深入，希望能達到在特定環境下使用腦波去能做到遠程控制為最終的目標。



參考文獻

- [1] Ho-Ling Fu and Te-Ming Kuan. "Under different conditions of learning memory in the Electroencephalograph (EEG) analysis and discussion." Conference on Power Electronics and Intelligent Transportation System, v 1, p 352-355, 2009, Shenzhen, PEITS 2009.
- [2] "Mind, brain and humanist values." In *New Views of the Nature of Man*, ed., J. R. Platt, pp. 71-92. Chicago: University of Chicago Press, 1965.
- [3] Bhattacharya J, Petsche H and Pereda. "Interdependencies in the spontaneous EEG while listening to music." *Int. J. Psychophysiol*, 42: 287-301, 2001.
- [4] Bhattacharya J and Petsche H. "Universality in the brain while listening to music." *Proc R Soc Lond B Biol Sci*. 268(1484):2423-33, 2001 Dec 7.
- [5] McLachlan JC. "Music and spatial task performance." *Nature*. 366(6455):520, 1993 Dec 9.
- [6] Jackson NA. "A survey of music therapy methods and their role in the treatment of early elementary school children with ADHD." *J. Music Ther.* 40(4):302-23, 2003 Winter.
- [7] Rauscher F H, "A cognitive basis for the facilitation of spatial-temporal cognition through music instruction." In Verna Brummett (Ed.), *Ithaca Conference '96 Music as Intelligence: (pp.31-44)*. Ithaca : Ithaca College Press, A Sourcebook 1997.
- [8] Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. "Arousal, mood, and the Mozart effect." *Psychol Sci*. 12(3):248-51, 2001 May.
- [9] Han-Sun Chiang, Hung-Wen Chiu, and An-Wei Chiu, "The Influence of Music on Electroencephalogram (EEG) and Heart Rate Variability (HRV)," Taipei Medical University Graduate Institute of Medical Sciences Master Thesis, July 2004.
- [10] Yung-Hui Li, and Po-Chiuan Lien, "Frequency of music affects mood, EEG patterns, and performance of task. Correlation of different Electroencephalograph," National Taiwan University of Science and

Technology Department of Industrial Management Master Thesis, Jan 2007.

[11] Michael A and Tansey , “Interational Jouranl of Psychophysiology, ” 3:81-84. 1985.

[12] Estrada E, Nazeran H, Nava P, Behbhani K, Burk J, Lucas E. “EEG Feature Extraction for Classification of sleep stage.” Annual International Conference of the IEEE EMBS, 26th edition, The University of Texas, 2004.

[13] Baumgart-Schmitt R, Herrmann W, Eilers R. “Neuropsychobiology.” 37:49-58, 1998.

[14] Natarajan P, Wang J, Hua Z, Graham TR. “Drs2p-coupled aminophospholipid translocase activity in yeast Golgi membranes and relationship to in vivo function.” Proc Natl Acad Sci USA 101:0614–10619, 2004.

[15] Bhattacharya J and Petsche H. “Universality in the brain while listening to music.” Proc R Soc Lond B Biol Sci, 268: 2423-33, 2001.

[16] John G. Webster, “Medical instrumentation application and design”, John Wiley & Sons Inc, third edition, 1998.

[17] Goodglass, H. and N. Geschwind. “Language disorders.” E. Carterette and M.P. Friedman: Handbook of Perception: Language and Speech. Vol VII · New York: Academic Press, 1976.

[18] Youtube “My stroke of insight” by Jill Bolt Taylor 2009.

[19] Walter and W. Grey, “The Living Brain.” Duckworth, London, 1953.

[20] Walter, N. “Cybernetics, or Control and Communication in the Animal and the Maching.” Wiley, New York, 1948.

[21] Walter, N. “Extrapolation, Interpolation and Smoothing of Stationary Times Series, with Engineering Applications.” Wiley, New York, 1949.

[22] Ewa Hermanowicz and Mirosław Rojewski “On digital estimation of the instantaneous frequency beyond the folding frequency” X European Signal Processing Conference, Tampere, Finland, 2000.

[23] <http://61.222.185.194/?FID=11&CID=52456> , 萬博超, “煩惱多、太緊張容易暴跳如雷 自律神經會失調” 台灣新生報, 2009年3月17日。

- [24] 陳湘華，“神經質傾向、精神障礙以及自律神經系統之相關性研究” 國立成功大學行為醫學研究所，1999年。
- [25] 李明濱，“醫學的人性面 情緒與疾病”，臺大醫學院出版，1997年。
- [26] <http://hospital.kingnet.com.tw/essay/essay.html?category=%C2%E5%C3%C4%AFe%AFf&pid=18479>，張育彰“什麼是「交感神經」與「副交感神經」” King Net國家網路醫院，2008年12月。
- [27] 井出雅弘，“專科醫師談自律神經失調症”，益群出版社，2000年6月。
- [28] 林貞岑，“你自律神經失調嗎？”，康健雜誌-45期，2002年8月。
- [29] 丁童，“人腦使用手冊”，南海出版社，2008年7月。
- [30] 傅鶴齡，“系統工程概論”，滄海書局，民國2007年8月。
- [31] 劉新舉、張惠美，“EEG分析姿態回饋對腦 α 波之影響”，2008生物醫學工程年會暨科技研討會，2008年12月。
- [32] 鄭魁山，“子午流注與靈龜八法”，千華出版社，2003年6月。
- [33] <http://www.redbots.cn/sciences/2009/08/08/12465.htm>，“打造人造人腦”生活科學雜誌，2009年7月。



中英文對照

Alpha	阿爾法
Autonomic nervous system (ANS)	自律神經系統
Baseline	基線
Beta	貝塔
Bhattacharya	巴特查亞
Brain	腦
Delta	戴爾塔
Disorderliness	無次序
Electroencephalograph (EEG)	腦波
Environment	環境
Frances	弗朗西斯
Hans Berger	漢斯伯傑
Heavy rock music	重金屬搖滾樂
Jenkins	詹金斯
Mozart Effect	莫札特效應
Natarajan	納塔拉詹
Parasympathetic nerve	副交感神經
Pierre Paul Broca	布羅卡
Randomness	隨機性
Real-Time	即時
Richard Caton	理查德卡頓
Roger Wolcott Sperry	羅傑·斯佩里
Sensor	感測器
Soft music	輕音樂
Sympathetic nerve	交感神經
Taylor	泰勒
Theat	系塔
Thompson	湯普森



符號表

P	腦波單位相對功率
W	腦波相對功率
R	腦波分佈百分比
LF	交感神經活性
HF	副交感神經活性
LFP	交感神經比重
HFP	副交感神經比重



腦波研究文字測驗紀錄表

1. 受測者基本資料

姓名：_____

性別：男 女

年齡：_____

-----延此線對折-----

2. 測驗題目 (電腦隨機出題)

1	2	3	4	5
大山	汐止	社頭	追分	斗南
6	7	8	9	10
新馬	壽豐	橋頭	池上	新城
11	12	13	14	15
頂埔	南平	岡山	源泉	和平
16	17	18	19	20
大甲	南靖	望古	左營	新豐

-----延此線對折-----

3. 作答區

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

-感謝你參與本次實驗-

腦波研究數字測驗紀錄表

1. 受測者基本資料

姓名：_____

性別：男 女

年齡：_____

-----延此線對折-----

2. 測驗題目 (電腦隨機出題)

1	2	3	4	5
85	94	42	8	87
6	7	8	9	10
67	86	35	25	23
11	12	13	14	15
55	52	59	73	71
16	17	18	19	20
27	46	68	82	29

-----延此線對折-----

3. 作答區

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

-感謝你參與本次實驗-

腦波研究圖形測驗紀錄表

1. 受測者基本資料

姓名：_____

性別：男 女

年齡：_____

-----延此線對折-----

2. 測驗題目 (電腦隨機出題)

1	2	3	4	5
				
6	7	8	9	10
				
11	12	13	14	15
				

-----延此線對折-----

3. 作答區

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15

-感謝你參與本次實驗-