

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

分析音樂治療中音樂特性與生理信號之關聯性

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC93-2213-E-038-007-

執行期間：93年08月01日至94年07月31日

執行單位：臺北醫學大學醫學資訊研究所

計畫主持人：邱泓文

共同主持人：徐榮隆，徐建業

計畫參與人員：林威志，陳彥臣

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 94 年 10 月 24 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

分析音樂治療中音樂特性與生理信號之關聯性

The analysis of relationship between music and physiological signals in music therapy

計畫編號：NSC 93-2213-E-038-007

執行期限：93 年 8 月 1 日至 94 年 7 月 31 日

主持人：邱泓文 臺北醫學大學醫學資訊研究所

共同主持人：徐建業 臺北醫學大學醫學資訊研究所

徐榮隆 財團法人新光吳火獅紀念醫院神經內科

計畫參與人員：林威志 陳彥臣 臺北醫學大學醫學資訊研究所

一、中文摘要

近幾年中，越來越多研究在探討音樂在生理上之影響。腦波是過去被廣泛應用在測量腦部活動上之生理訊號。本研究中，我們嘗試運用頻譜分析和獨立元件分析法來分析受測者對不同類型音樂刺激下之腦波反應。

本研究擷取三十二位受測者於接受不同音樂訊號刺激下之腦波，音樂訊號刺激分別為重金屬樂(Metal)、鋼琴奏鳴曲(Sonata)、受測者自選音樂(Favorite)和無音樂狀態(No Music)。將腦波訊號依頻率不同濾波成 Alpha、Beta、Theta 與 Gamma 波，並計算各波中各導程之能量值，並依此值作為特徵求出各導程間不同音樂刺激與不同受測者間之相關係數。

結果顯示，在 Metal 狀態下，有最小的 Alpha 能量。而在 No Music 狀態下，Gamma 能量呈現較小的情況。顯示聆聽音樂時會出現 Gamma 波，而聽 Metal 時會降低 Alpha 波。

而在個體間之差異情形探討上，發現聆聽 Metal 時，不同個體間腦波特徵相似度高，而聆聽 Favorite 時，相似度最小。顯示聆聽 Metal 可引起較為相似之腦波。此外本研究發現，前顳左半區域於三情境下(Metal、Sonata、Favorite)腦波相似度差異較大，代表此區對腦部音樂感知較為敏感，也就是不同音樂類型會引起相似度較小之腦波。

此外，本研究發覺個體間的腦波差異大於音樂所引起之腦波差異，故腦波研究上如何排除降低因個體不同所造成研究資料之差異，將可對研究目的降低變數達到更準確之分析。

關鍵詞：音樂治療、頻譜分析、時頻分析、獨立元件分析法、腦波、相關係數

Abstract

In recent years, many researches have focused on the physiological effects of music. The electroencephalographic (EEG) is often used to verify the influences of music on human brain activity. In this study, we attempted to apply the spectral analysis and the independent component analysis (ICA) to analyze and to discover the EEG responses of subjects with different musical signal stimuli. It is expected that some features on EEG can be demonstrated to reflect the different musical signal stimuli.

The EEGs of thirty-two healthy volunteers listening to different music was acquired. Musical signal stimuli are categorized into metal music, sonata music, no music and the favorite music selected by subjects. Spectral analysis was applied to obtain the Alpha, Beta, Theta and Gamma band power of EEG signal under different music stimuli. The power at each band of each channel was used as the features of EEG. The correlation of the features between different situations and subjects was used to show which channel displays the difference of EEG signals.

The results show that minimum alpha power was recorded in listening to metal music and the power of gamma band is lower when listening to no music, which imply that gamma band appears during music listening process, and reduction of alpha band occurs when listening to metal music.

Regarding the difference between each individual, we found that the similarity between individuals is high when listening to metal music, and it is low when listening to favorite music. Besides, the similarity between each individual is high in the channel at the left of anterior cranial is highly different. When listening to metal music, sonata music and favorite music, which implies that this section may be sensitive to musical signal

stimuli.

Besides, the study discovers that the difference between individual is greater than the difference between musical signal stimuli. So how to eliminate the difference of EEG data caused by the difference of individual is important to obtain the accurate analysis results.

In the study of independent component analysis, we discovered that some independent components of EEG can display the difference of spectral power in listening different music. But not every subject showed this phenomenon.

Keywords: Music Therapy, Spectral Analysis, Time-frequency analysis, Independent Component Analysis (ICA), Electroencephalographic (EEG), Correlation Coefficient

二、緣由與目的

由於科技愈發達、醫療分科方面也愈深入明確，但醫療本質上似乎離人本醫療漸行漸遠，往往只著重於生理結構等表面現象等，卻缺少了整體性與精神性之層面，此種現代醫學已不能滿足現代人對身、心、靈的整合性醫療需求。現代的醫療更得注重身心靈合一的全人醫療，而音樂治療(Music Therapy)就是其中的一套治療方式。近年來，音樂治療一詞近來漸受矚目，以 PubMed 進行 Music Therapy 搜尋，從幾年前寥寥數篇相關研究，增加至 2004 年 12 月 1256 個文獻，顯示音樂治療越來越受到重視。而音樂治療的定義是什麼呢？根據美國國立音樂治療協會(The National Association for Music Therapy)於 1977 年「音樂治療職業」(Music Therapy as a Career)一書中，對音樂治療下了如下的定義：「音樂治療是把音樂的成就當成治療的目標；令音樂達到恢復(restoration)、保持(maintenance)以及改進(improvement)個體心理和生理健康的作用，以使個體行為上帶來良好的(desirable)改變，這種改變使個體能夠在進行治療以後，對他自己及其所生存的環境，會有較大的了解，進而達到適當的社會適應。」而另一個英國音樂治療學會(British Society for Music Therapy)也對音樂治療下了定義，音樂治療是一種個案和治療師兩者關係建立的介入模式，並且在這之中進行改變，治療師在各種有身心疾病或是障礙的個案中工作，藉由臨床中創造性音樂的使用，治療師尋找可以幫助個案達到治療目標的音樂體驗或活動。整合以上定義，「音樂治療」是運用音樂對人生理及心理所可能產生的影響，配合治療技巧，來協助個體達到維持及增進身心健康的目標。音樂治療的目標並非增進治療對象的音樂能力，而是透過各類音

樂活動，來增進治療對象肢體感官、心理情緒、人際互動、語言或認知等方面的目標。音樂治療最大的特色是透過音樂的變化與運用，進而達成非音樂性的治療目標[1]。

音樂治療的療效在過去許多病例報告與文獻資料中皆獲得良好證實，改善癲癇症狀(epilepsy) [2]、降低術後焦慮與疼痛[3]、注意力不足過動症(Attention-Deficit Hyperactivity Disorder, ADHD)[4]等等。然而當人體在接受音樂刺激時，生理方面究竟產生了什麼變化？近年來許多相關的研究也證實了音樂的效果可以反映在人體的一些生理數據[5]，也有研究者探討心率、血壓、呼吸速率與音樂之關係[6]，而睡眠品質與音樂更是大家探討許久的議題[7]。這些研究都證實了當人體在音樂刺激下，生理反應會隨著音樂刺激呈現某種程度上的變化。也就是說音樂與人體生理狀態的確是有著密不可分的微妙關係。

而在人們日常生活中，音樂已經成為其中的一個不可缺少的因子。音樂類型的不同，往往也讓聆聽者產生不同的情緒波樣。許多人也藉著音樂達到他們所需要的目的，若需要休閒放鬆，就聆聽比較舒服的軟性音樂，若需要激發動力，就聽些令人振奮的音樂作品。甚至到了現代，音樂也變成醫療上的一項療法。有些音樂對一些特定的人，往往也代表著一段特殊的情感。以心理角度來說，音樂對現代人而言，已不再是單純頻率變化或是休閒時的小品。音樂類型的不同對人體情緒上已經扮演著牽一髮而動全身的角色。

音樂刺激與人體生理狀態在許多過去研究上已證實存在關連性。但在腦波(electroencephalogram, EEG)方面，多數關於音樂的腦波研究報告，在評估受音樂刺激後腦波變化方面往往採用受測者填寫問卷分析模式，或將聆聽音樂與種種心智活動測試(如閱讀、背誦、聆聽等)相比較，以探討不同心智活動進行時，人體腦部產生何種差異變化 [8]。鮮少有實證性的研究專門去尋求不同類型音樂刺激下，整體頭部腦波活動是呈現何種狀態。

且由於生理訊號是屬於時變訊號，且臨床上所收集到的生理訊號往往充斥著許多不必要的雜訊，去除這些雜訊干擾往往是研究人員重要的一個課題。尤其頭部的腦波信號雜訊更是十分敘亂，因腦波信號則是大腦皮質的神經細胞動作電位所導致，而臨床上收集腦波主流是使用非侵入式腦波採樣法，以非侵入方式在人體頭部上黏貼電極片收集腦波信號，故大腦皮質神經元細胞所產生的動作電位得經過頭骨、頭皮、頭髮等等傳導體(Volumn conductance)。導致腦波信號的衰減與干擾十分嚴重，這也造成了腦波信號與其他生理信號分析上顯得更加不易的原因。若單只由頻

譜分析中從時域及頻域方面分析腦波生理訊號，在訊號分析上不免會遺失一些重要資訊。因此為了能更精準的探討腦波信號與音樂信號間的關連性，達到更佳的信與效度。本研究除了使用過去研究中常運用的頻譜分析信號外，也加入獨立元件分析法[9]、叢集分析[10]與統計分析。希望藉著這些分析法能夠釐清不同類型音樂在人體生理上能得到何種生理反應。

而在目前科技上，許多產品利用分析擷取聲音的聲紋特徵，來達到控制目的。這已經是非常普遍的技術。而在腦波上，若也能成功分析擷取腦波特徵，歸納成一些有特定意義的指令，完成一套腦波分析模型，建構腦波與外界機器溝通的介面。這對許多身心障礙者，比如植物人、腦性麻痺患者、重度中風的病人或中樞神經系統損傷者都是項福音。藉此介面使用腦波訊號達到與外界溝通、控制的目的，對於患者身心自主、社會成本、人力資源等皆具有相當正面的幫助。

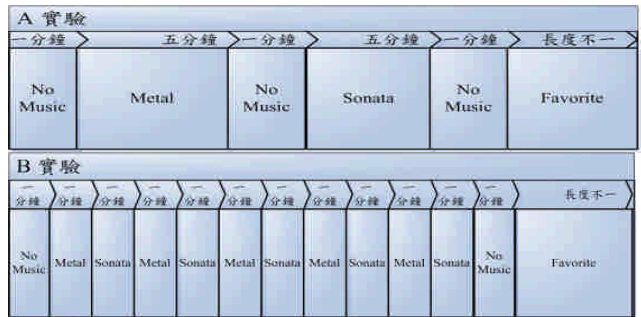
本研究著重在聆聽音樂時腦波之分析方法以及釐清在不同音樂刺激下腦波之差異。預期以頻譜分析(Spectral Analysis)、獨立元件分析法(Independent Component Analysis, ICA)來分析腦波在不同音樂刺激下所產生的變化與差異，並運用叢集分析(Cluster Analysis)，以腦波變化差異為特質加以分之為群組，同時並對音樂做頻譜分析與腦波特質互相比對，藉此觀察音樂特質與生理訊號特質間的相關性。藉此建立一套音樂刺激下腦波分析模式並釐清不同類型音樂刺激下腦波之差異。而本研究的假說有兩點：1.音樂刺激下會對受測者的腦波造成影響。2.不同的音樂類型會對受測者的腦波造成影響。

三、材料與方法

本研究邀請三十二位受測者，使用 10 - 20 electrode placement systems 國際標準法經腦波機擷取二十一組 Channel 訊號。為了讓受測者能更專注聆聽音樂，本研究讓受測者配戴耳塞式耳機，以達到隔絕外界聲音藉此讓受測者能更專注於實驗音樂上之目的。

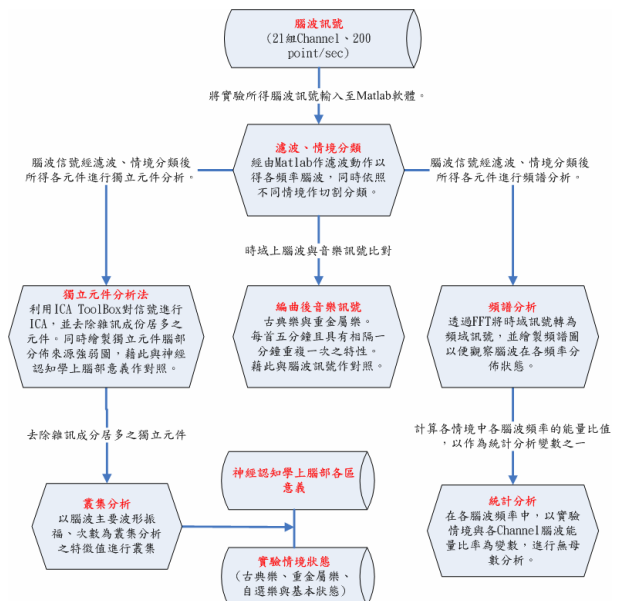
本研究安排受測者聆聽音樂，量測受測者在接收音樂刺激狀態下，擷取約二十分鐘長度之腦波資料。音樂刺激的選擇分別為經過重新編曲的 Sonata 與 Metal，以及 Favorite 和 No Music 總共四種情境。且實驗將受測者分為 A、B 兩實驗群組，A、B 實驗群組主要差別於 Metal、Sonata 呈現上有所差異(圖一)，群組 A 聆聽 A 音樂，為每段一分鐘並重複五次之 Metal 與 Sonata。而群組 B 聆聽 B 音樂，為 Metal 與 Sonata 交錯連續播放，每段 Metal 和 Sonata 皆為一分鐘。而每段情境間

皆間格一分鐘之空白以便緩和前次情境對接續情境所造成之干擾。而設立 A、B 兩實驗之目的為方便 ICA 分析，由於 ICA 後之獨立元件為時域狀態，本研究可藉此觀測單一情境較長(A 實驗)與單一情境較短(B 實驗)之腦波訊號，經 ICA 後不同情境之交界是否會出現交錯之狀態，藉此實驗設計觀測 ICA 於腦波分析上之成效如何。



圖一、A、B 實驗流程圖

將蒐集到的腦波信號經由圖二的分析流程進行處理，以顯示聽不同音樂時的腦波之差異。



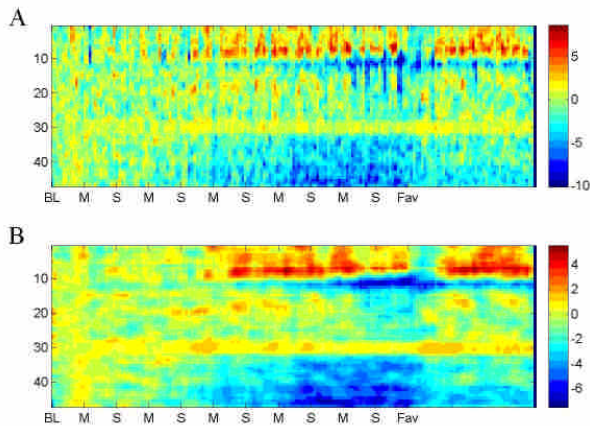
圖二、腦波信號處理流程圖

四、結果與討論

● 各情境下腦波頻譜能量之比較

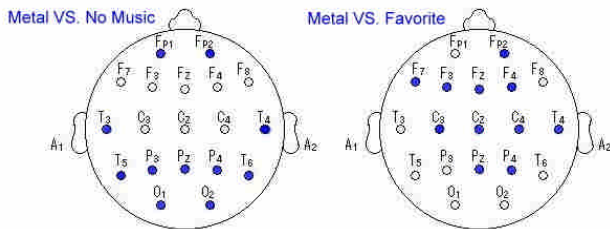
首先對蒐集到腦波進行時頻分析(time-frequency analysis)，以觀察聆聽音樂時腦波的頻率特性。圖三 A 為其中一受試者 P3 channel 原始腦波訊號經過頻譜分析後繪製成時頻分析圖(spectrogram)。另外並經移動平均(moving average)後所繪製而成圖 B。左排數字代表頻率範圍，下排標誌則為各情境階段(BL: No Music, M: Metal, S: Sonata, Fav: Favorite)。圖中紅色部分代表頻譜能量較高區域，而深藍色區域則是代

表能量較低部分。由此圖可觀察出當第三次 Metal 情境開始後，Alpha 能量呈現上升的狀態。而第四次 Metal 出現後，Gamma 能量是出現下降的現象。



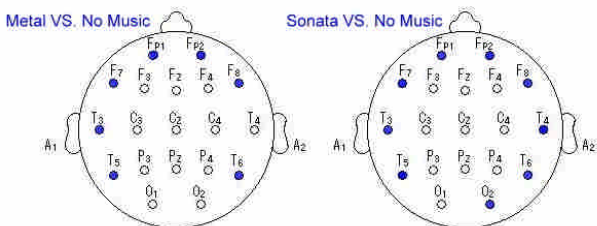
圖三、A 圖為其中一受試者 P3 頻道原始腦波訊號經過頻譜分析後繪製成時頻分析圖。圖 B 為經 moving average 後所繪製的結果。

接著我們比較在不同音樂情境下，腦波頻帶能量的差異比較容易出現在哪些 channel 上。在 Alpha 波方面，如圖四所示，當 Metal vs. No Music、Metal vs. Favorite、這兩組腦部上是呈現較大差異的，且兩組比較中統計有意義之導程皆是 Metal 狀態時能量較小，而 F8 導程於兩組統計上皆無顯著差異。



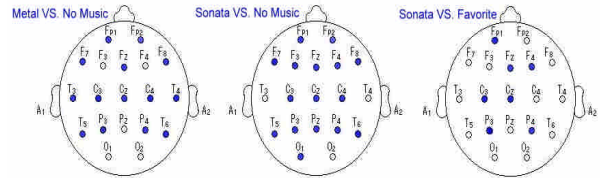
圖四、Alpha 波中聆聽不同音樂時各導程之統計差異圖。

而在 Theta 波方面，可察覺於 Metal vs. No Music、Sonata vs. No Music 時，Theta 波幾乎是出現在 T3、F7、Fp1、Fp2、F8、T4 前顳環狀區域，且中央區域之導程完全不具有統計上具差異，而此兩組比較皆為 No Music 狀態時能量較高，如圖五所示。



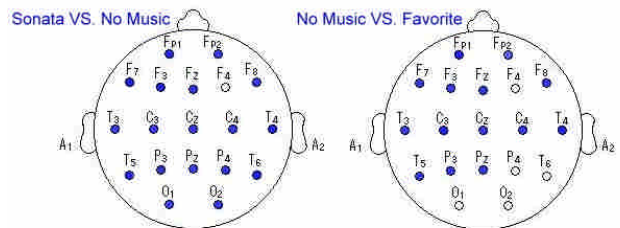
圖五、Theta 波中時各導程之統計差異圖。

在 Beta 頻帶的分析上，由圖六可發覺 Metal vs. No Music、Sonata vs. No Music、Sonata vs. Favorite 這三組於腦部統計差異較為廣泛，尤其於 Metal vs. No Music、Sonata vs. No Music 這兩組，Beta 頻帶差異幾乎占滿整個頭部。且三組比較中統計有意義之導程具較強能量分別 No Music、No Music、Favorite。



圖六 Beta 波中聆聽不同音樂時各導程之統計差異圖。

在 Gamma 波的比較上，由圖七可得知 Gamma 波出現於 No Music vs. Favorite、Sonata vs. No Music 這兩情境，尤其是在 Sonata vs. No Music 這組，Gamma 頻帶幾乎全部導程都具有顯著意義，且此兩組皆是 No Music 能量較高。



圖七、Gamma 波中聆聽不同音樂時各導程之統計差異圖。

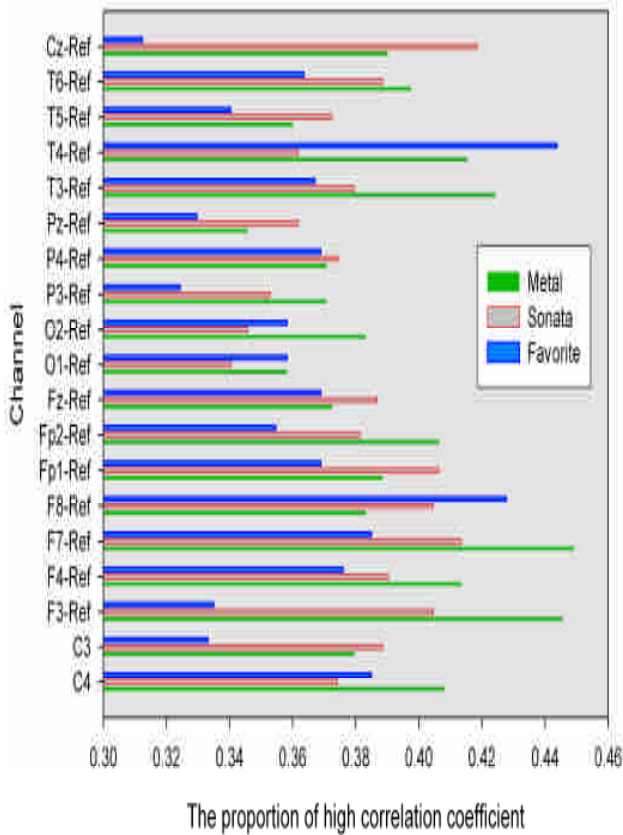
● 腦波相似度量測

圖八顯示不同受測者對相同音樂的敏感性(個體對腦波之相似度)，在各種導程下，不同受測者對相同音樂的敏感性。本研究將各頻帶下之腦波訊號能量值作為特徵計算相關係數。可查知在大多數的導程中，Favorite 出現高相關係數之機率為三組中(Metal、Sonata、Favorite)最低，而 Metal 出現高相關係數之機率往往是最。

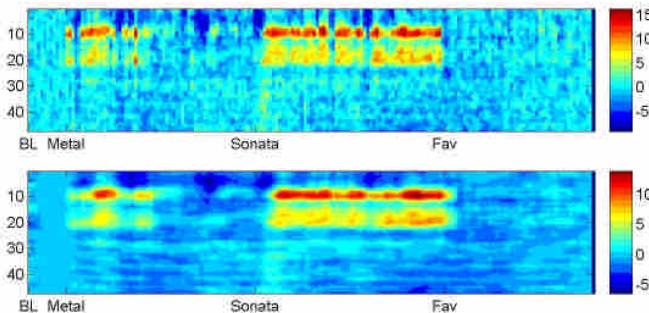
● 獨立元件分析結果

將 AB 實驗的所得之腦波，經過獨立元件分析，希望能找到隨實驗情經之不同而改變之獨立元件，但結果並不十分理想。我們檢視大部分實驗結果，並未發現十分顯著的關聯，僅就幾個可能的獨立元件加以分析。圖九為 A 實驗中原始腦波訊號經 ICA 後所得之一獨立元件之頻譜圖，下圖為上圖做移動平均後所繪製而成(BL: No Music, Metal 情境, Sonata 情境以及 favorite 情境)。從此

獨立元件的頻譜分析，可以觀察到此一獨立元件在 Sonata 部分 Alpha 波是呈現上升現象，而在 Metal 剛開始時，Alpha 波呈現出短暫時間的上升。



圖八、各導程之高相關係數比例圖

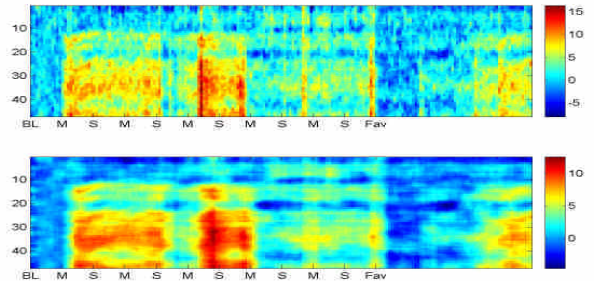


圖九、A 實驗獨立元件頻域圖

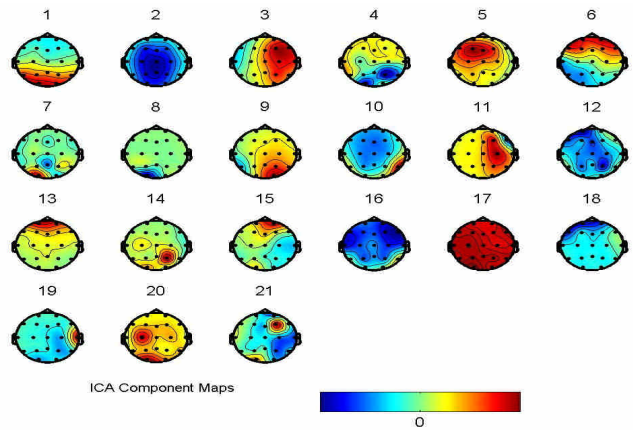
而圖十顯示出 B 實驗中某一個獨立元件的頻譜分析，M 代表 Metal，S 代表 Sonata，發覺在這種情境交錯播放時，十至五十赫茲皆呈現明顯的上升現象。同樣的下圖上圖做移動平均後所繪製而成。

此外，我們利用 Swartz Center for Computational Neuroscience, Institute for Neural Computation, University of California San Diego 所提供之 EEGLAB 程式[11]繪製某一獨立元件來自不同 channel 的貢獻度，並以頭部相關位置加以標示，期中紅色部分為正相關，藍色部分為負相關。

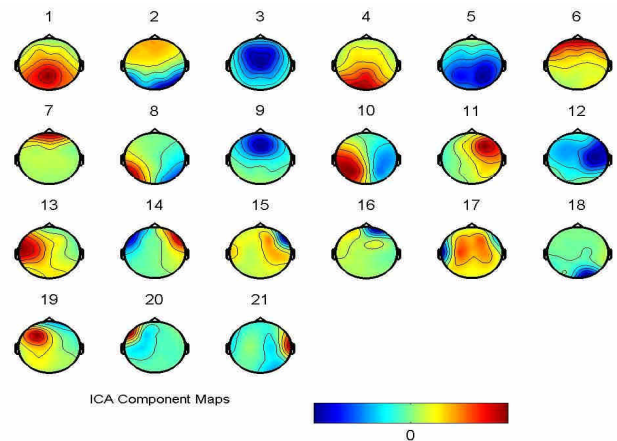
圖十一與十二為 A、B 兩實驗中 ICA 後各獨立元件腦部關連強弱圖。藉此分析本研究嘗試去觀測腦波訊號在腦部發散來源，比如說圖十二第一個獨立元件圖為此獨立元件跟整個腦部區域做關連，而發現這個獨立元件跟後顱區域相關性較高，故來自後顱區域的貢獻較強。



圖十、B 實驗獨立元件頻譜圖



圖十一、A 實驗中 ICA 後各獨立元件腦部關連強弱圖。



圖十二、B 實驗中 ICA 後各獨立元件腦部關連強弱圖。

五、結論

本研究之目的在探討音樂刺激下之腦波變化，在腦波的頻譜分析上，我們發現 Metal 音樂是可能屬於節奏比較強烈明顯之旋律，對大多數

人來說當此旋律一出現時，注意力很易就集中在這股音樂刺激上，所以 Alpha 波便隨之下降，造成 Metal vs. No Music、Metal vs. Favorite 這兩組相比時 Metal 皆統計上之顯著較低之現象。

而在 Gamma 波於聆聽 Sonata 音樂時呈現顯著差異，此點與 Fitzgibbon 的研究[8]結果符合。除此之外本研究結果也發現聆聽 Favorite 也能達到聆聽 Sonata 之同樣效果，具有在 Gamma 波表現出差異，但在聆聽 Metal 時 Gamma 卻無明顯差異，此點可說明聆聽音樂類型不同對引誘出 Gamma 波有極大的關連。

在腦波的相似度研究方面，音樂間的差異性與個體間差異性，音樂間的差異性之相關係數皆落於 0.9 以上，而個體間差異出現高於 0.7 之比率最高不超過 0.46，故由此可明顯察覺個體間差異的確高於音樂間差異，故在腦波研究上如何排除個體間所造成資料差異，將可對研究目的降低變數達到更準確之分析。

此外在 ICA 的研究上，發現 ICA 在雜訊之分離上的確有其功用。但觀察不同情境交接部分，仍無法藉由肉眼直接發覺其不同，表示這部份仍須藉由仍須藉由頻譜分析等方式來加以輔助觀測其現象。然而在 ICA 應用於腦波分析上，由於 ICA 後之獨立元件並無順序可區分，也就是說不同受測者之腦波訊號經過 ICA，所得到獨立元件無法互相比對串連，此現象造成本研究於分析獨立元件上之限制，關於此點限制還有待未來研究加以釐清。

六、計畫成果自評

本研究計畫的主要貢獻在發現在不同音樂的刺激下，腦波確實會有不同的反應，特別是在 alpha 與 gamma 的頻帶。我們也發現腦波因個體不同所引起的差異性可能大於音樂刺激所引起之差異性，這使得腦波分析的工作更加困難。本研究也第一次嘗試使用獨立元件分析來協助腦波分析，發現某些獨立元件可能比原始腦波信號更能表現音樂的差異，因此值得繼續深入研究。本研究已協助林威志[12]完成「音樂刺激下腦波信號分析」碩士論文，並將成果刊登於醫療資訊雜誌期刊中[13]及 IEEE 國際醫學工程年會中[14]。

七、參考文獻

- [1] 汪彥青、林芳蘭、吳佳慧、張乃文、張初穗、蔡安悌等。《音樂治療—治療心靈的樂音》，台北：先知，民 91。
- [2] Sidorenko VN, Effects of the Medical Resonance Therapy Music in the complex treatment

of epileptic patients. Integr Physiol Behav Sci. 2000;35(3):212-7.

- [3] Ikonomidou E, Rehnstrom A, Naesh O. Effect of music on vital signs and postoperative pain. AORN J. 2004;80:269-74, 277-8.

- [4] Jackson NA. A survey of music therapy methods and their role in the treatment of early elementary school children with ADHD. J Music Ther. 2003;40:302-23.

- [5] 邱安煒，《音樂對大學生腦波及心率變異性的影響》，台北醫學大學醫學研究所，碩士論文，民 93,6 月。

- [6] Thompson WF, Schellenberg EG, Husain G. Arousal, mood, and the Mozart effect. Psychol Sci. 2001;12(3):248-51.

- [7] Tan LP. The effects of background music on quality of sleep in elementary school children. J Music Ther. 2004;41:128-50.

- [8] Fitzgibbon SP, Pope KJ, Mackenzie L, Clark CR, Willoughby JO. Cognitive tasks augment gamma EEG power. Clin Neurophysiol. 2004; 115:1802-9.

- [9] Jung TP, Humphries C, Lee TW, Makeig S, McKeown M, Iragui V, and Sejnowski TJ, Extended ICA removes artifacts from electroencephalographic recordings. Advances in Neural Information Processing Systems,1998 10: 894-900.

- [10] Geva AB, Feature extraction and state identification in biomedical signals using hierarchical fuzzy clustering. Med Biol Eng Comput. 1998 ;36:608-14.

- [11] <http://sccn.ucsd.edu/eeglab/>

- [12] 林威志，《音樂刺激下腦波信號分析》，台北醫學大學醫學資訊研究所，碩士論文，民 94,6 月。

- [13] 林威志，邱安煒，徐建業，邱泓文.聆聽音樂時腦波及心率變異性之變化. 醫療資訊雜誌.2005(14):27-36.

- [14] Wei-Chih Lin, Hung-Wen Chiu, Chien-Yeh Hsu(2005). Discovering EEG Signals Response to Musical Signal Stimuli by Time-frequency analysis and Independent Component Analysis. Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, September 1-4, 2005.