古典與電子音樂對腦波影響之研究

The Study of Brain Waves Variated with Classical and Techno Music

陳建宇	黃永廣	廖允在	何秉諺
C. Y. Chen	W. K. Wong	Y. T. Liao	P. Y. Ho
國立雲林科技大學	國立雲林科技大學	國立雲林科技大學	國立雲林科技大學
電子工程系	電子工程系	電子工程系	資訊工程所

{chencyue, Wongwk, g9413741, g9517722}@yuntech.edu.tw

摘要

隨著現代人對於身心靈合一的醫療需求，使得相關音樂治療研究在近年來也越來越受到重視，許多研究也開始探討音樂對於人體生理方面之影響。本研究為了探討不同類型的音樂(古典、電子)對於腦波之影響，我們規劃出一套實驗，收集了40人的實驗數據，腦波訊號分析方法則採用連續小波轉換，計算出整個實驗過程中每一分鐘的腦波參數之平均值及標準差，再進行統計檢定分析。由本研究結果中我們可以發現，當受測者在聆聽古典音樂時，α波能量會有上升的現象，而在聆聽電子音樂時，α波能量會有下降的現象，另外，我們發現電子音樂的確會帶給人較為興奮與緊張的情緒(β波上升)，也會使人意識較為清醒(θ波下降)。

***關鍵字**：腦波、音樂、小波轉換*

Abstract

As the complementary medicine was paid much attention, more and more researches about musical therapy were mentioned in recent years. In this study, we used a real time monitoring system to study the effect of different types of music (techno and classical) on electroencephalography (EEG). There are 40 volunteers who were listening to music, then the δ, θ, α and β brain waves were observed and analyzed by using wavelet transformation. The analyzed data can be expressed as mean ±SD. The averaged energy of the volunteers' brain wave at each minute after playing the music was compared with the averaged brain wave energy in the 2nd minute using paired t-test. We found that when the volunteers were listening to the classical music, α wave would be enhanced, and when they were listening to the techno music, α wave would be suppress. Besides, the techno music can excite the volunteers and make them feel tense (β wave enhanced), then they could be waken up (θ wave descent).

Keywords: brain waves, EEG, music, CWT

1、前言

在傳統醫療上，醫師往往只著重於生理結構等表面現象，卻忽略了整體與精神之層面，此種醫療已不能滿足現代人對於身、心、靈等的醫療需求。現代的醫療得更注重身心靈合一的全人醫療，因此許多的補充療法也逐漸被提出。然而，一個好的治療措施必須具備方便、簡單可行、且還需病人所能接受，如此才能獲得最好的醫療成效。而音樂治療(music therapy)就是其中的一種治療方式，音樂治療是一種非侵入性的治療方式，且具有極少的副作用。Munro 和 Mount (1978)對音樂治療所下的定義為「音樂治療是藉由音樂的特質以及音樂對人所產生的影響，協助解決個人在疾病或殘障的治療過程中生理、心理、情緒的問題」[7]。

針對音樂的變化是否能夠反映在腦波上之相關研究則有：Bhattacharya 和 Petsche (2001)在研究中，記錄四種不同情境下之腦波，分別為休息(無音樂)狀態、聆聽一段五分鐘的音樂、聆聽一段二分鐘的故事以及在腦海中想像圖片。經 Wavelet transform, Hilbert transform 以及 Kullback-Leibler divergence 等方法分析後，他們發現受測者在聆聽鋼琴音樂時的 Gamma 波，

與受測者在聽一段故事和想像圖片等不同情境上做比較，在統計上有顯著的差異[3]。(Koelsch et al. 2002) 研究中發現在變更旋律產生後 0.25 秒，在腦部中 Right Temporal 的電位 Amplitudes 與原先旋律所呈現的電位 Amplitudes 相比較，在統計上有顯著差異[6]。因此本研究希望藉由腦波(EEG)訊號分析，來探討當人體在不同的音樂(古典、電子)刺激下，大腦電位活動反應是否會有所變化。

本研究使用連續小波轉換(Continuous Wavelet Transform, CWT)來分析受測者在不同音樂刺激下之腦波，藉由統計檢定分析，獲得腦波能量在聆聽不同類型的音樂之後真正有統計意義之影響的時間區段及各頻率波段(δ, θ, α, β)之能量變化百分率。藉由統計分析結果證明不同類型的音樂(古典、電子)對於腦波之影響。

2、腦波訊號分析

腦波為大腦神經細胞及神經纖維在傳導神經脈衝時，所產生的節律性微弱電位變化。腦波主要反映出大腦皮質的電位反應，一般腦波研究者所關心的頻率範圍約在 30Hz 之內，依照一般腦波頻帶定義範圍，由低頻至高頻排列可分為四種：Delta (δ)、Theta (θ)、Alpha (α)、Beta (β) 每種腦波各具有不同的意義與特性[1][4][5]。

在腦波的研究領域中，關於分析腦波的方法主要是利用訊號處理或圖形辨識的技術來偵測病因，例如：傅立葉轉換(Fourier Transform, FT)、小波轉換(Wavelet Transform, WT)、獨立元件分析(Independent Component Analysis, ICA)、參數模型方法(Parametric Modeling)，如：自迴歸模型(Auto-Regressive Modeling, AR Modeling)和類神經網路(Neural Network)等方法。

而小波轉換具有多層次解析度分析(multi-resolution analysis, MRA)之特性，能夠對分析訊號之各個頻帶進行分解，進而重建各個頻帶之訊號，透過分解與重建的過程中，擷取出隱藏在原始訊號裡的重要特徵。其方法為一種窗口大小（面積）固定但是其形狀可以改變，時間窗口和頻率窗口都可以改變的時頻局部化分析方法。因此，小波轉換對於暫態訊號有較佳的解析能力，能正確的觀察出其細微的變化，藉由尺度(scale)參數 a 和時間平移參數 b 的膨脹和平移，達到在低頻部分具有較高頻率分辨率和較低時間分辨率，在高頻部分具有較低頻率分辨率和較高時間分辨率。它優於傅立葉轉換的地方，在於時域跟頻域都具有良好的局部化性質[2][8]。所以本研究在腦波訊號分析方法上，採用連續小波轉換(Continuous Wavelet Transform, CWT)做為分析工具，利用小波轉換之特點，讓系統使用者能夠即時的觀察出在聆聽不同類型的音樂時，每段時間內腦波各頻率波段(δ, θ, α, β)能量變化之情形。

3、實驗方法

3.1 實驗協定

本實驗目前總共邀請了四十位健康男性，來擔任本實驗之受測者，年齡約在 21~27 歲(Mean ± S.D.；23.40 ± 1.60)，本實驗量測腦波的方法乃是採用 10－20 electrode placement systems 國際標準腦波量測定位方法，腦波量測工具為 MP-150 生理訊號機(BIOPAC Systems)，利用本研究所開發之即時監控系統紀錄受測者 4 組 channel (T3, T4, F7, F8)之腦波訊號。

擔任本實驗之受測者必需符合以下幾點條件：無聽力障礙，且無重大器官疾病病史(如：睡眠障礙、心血管疾病、腦部相關疾病等等)，受測者接受量測前二個星期內，不可服用或注射治療性藥物，受測者於量測前一天，睡眠至少需超過 7 小時以上且需洗頭，受測者於量測前 8 小時內不可飲用或食用刺激性食物。在實驗量測地點選擇上，我們選擇一處安靜不受干擾之實驗室進行，受測者在量測過程中都需要閉眼保持清醒，不可以講話或亂動，且盡量放鬆心情去聆聽音樂。參與本實驗之受測者皆需配戴耳塞式耳機，藉此讓受測者能更專注於實驗音樂上。

而在音樂選擇上，為了不讓歌詞引發受測者之聯想，因此，本實驗所選用的古典鋼琴奏鳴曲與電子音樂，都不包含歌詞部分。本實驗的量測時間從 2007 年 2 月 26 日至 2007 年 5 月 28 日，固定於每日下午一點半至六點之間。

本研究主要採用三種不同類型的音樂情境，分別為古典鋼琴奏鳴曲(蕭邦-夜曲)、電子音樂以及無音樂(No Music)，藉此給予受測者刺激並擷取其腦波資料。

本研究利用 MP3 Cutter Joiner 聲音編輯軟體來進行音樂編曲處理，使之成為兩種相反類型之音樂(如 Table 1 所示)，A 類型音樂為先放電子音樂再放古典鋼琴奏鳴曲，前二分鐘為無音樂，第三分鐘至五分鐘為電子音樂，第六分鐘至第八分鐘為古典鋼琴奏鳴曲，最後二分鐘為無音樂。B 類型音樂為先放古典鋼琴奏鳴曲再放電子音樂，前二分鐘為無音樂，第三分鐘至五分鐘為古典鋼琴奏鳴曲，第六分鐘至第八分鐘為電子音樂，最後二分鐘為無音樂。此二種類型的音樂(A、B)其總長度皆為十分鐘。

本實驗將針對腦部接受音樂刺激後，對於音樂較有反應之四點(F7, F8, T3, T4)來做量測及分析。為了避免音樂暫留效應所造成的干擾，所有受測者只需選則其中一組實驗(A 或 B)來進行腦波量測，本實驗將以抽籤分組的方式，將受測者平均分配至兩組實驗(A、B)中，其每組實驗人數各為二十位。

Table 1 實驗流程表

時間 / 實驗	1~2 分鐘	3~5 分鐘	6~8 分鐘	9~10 分鐘
實驗 A (HL)	無音樂	電子音樂	古典鋼琴奏鳴曲	無音樂
實驗 B (LH)	無音樂	古典鋼琴奏鳴曲	電子音樂	無音樂

3.2 統計方法

本研究所有的實驗數據的呈現方式皆以平均值(mean)±標準差(standard deviation，SD)表示。一般要進行統計分析前，首先要做的當然是檢查資料是否合乎常態分配，本研究將兩實驗群組經小波轉換後之腦波總能量資料，以 Normality Test 來檢定是否合乎常態分配，結果 Kolmogorov-Smirnov 的 P> 0.2 顯示 Passed，因此本研究得以應用此統計理論。在統計方法的選擇方面，因為我們想了解人在聆聽不同類型的音樂前後，腦波是否會隨著音樂的不同而有所變化，因此，對於同一組實驗條件刺激前與引發後的差異，本研究將以 paired t-test 統計檢定分析。

研究將實驗 A 與實驗 B(如 Table 1 所示)所收集的腦波資料，經小波轉換計算出腦波各頻帶波段能量百分率以及總能量後，再分別以不同的方式來進行統計檢定分析，判斷是否具有統計上差異，若檢定出來的 P 值(probability value, p value)小於或等於 0.05 時，則代表在統計上具有顯著性統計意義。本論文中將分為兩個部份來討論，包括：先聽電子音樂後再聽古典音樂對於腦波的影響分析；先聽古典音樂後再聽電子音樂對於腦波的影響分析。

4、實驗結果

4.1 聽電子音樂後再聽古典音樂對於腦波的影響分析

我們以實驗 A 中，第五分鐘腦波能量平均值為 control，分別與播放古典音樂時的每分鐘(6~8 分鐘)腦波能量平均值以 paired t-test 統計檢定分析，若具有顯著性統計意義（$p<0.05$）則以「*」符號表示在圖中。Figure 1～Figure 4 分別此項實驗為 Delta (δ)波、Theta (θ) 波、Alpha (α) 波、Beta (β) 波對於 T3、T4、F7 和 F8 這四點統計長條圖。

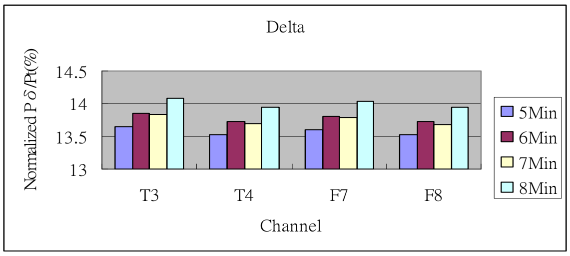

Figure 1 先聽電子音樂後再聽古典音樂對於 Delta 波的影響統計長條圖

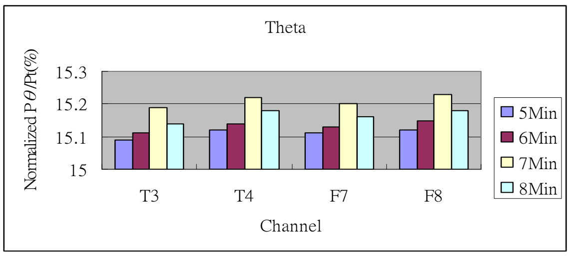

Figure 2 先聽電子音樂後再聽古典音樂對於 Theta 波的影響統計長條圖

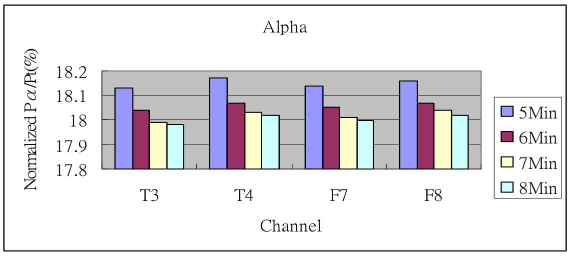

Figure 3 先聽電子音樂後再聽古典音樂對於 Alpha 波的影響統計長條圖

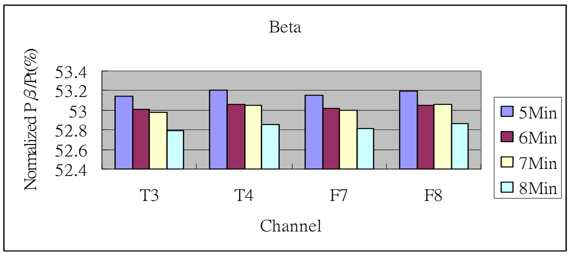

Figure 4 先聽電子音樂後再聽古典音樂對於 Beta 波的影響統計長條圖

如 Figure 1 至 Figure 4 所示。我們可以發現受測者在聽完電子音樂後(實驗 A 中第五分鐘)，再聆聽古典音樂(實驗 A 中 6~8 分鐘)時，在 δ 波能量百分率上會出現上升的趨勢(p=0.052)，而在 α 波能量百分率上則出現下降的趨勢(p=0.054)，但皆無顯著差異(p>0.05)。至於腦波其他頻帶波段(θ，β)能量百分率，也皆無顯著差異(p>0.05)。對此現象本研究認為，受測者先受到電子音樂強烈的節奏刺激後，再去聆聽古典音樂，由統計結果圖中，的確可以看出古典音樂所帶給受測者的影響(δ、θ 波上升，β 波下降)，但可能因為本實驗是在聽完電子音樂後馬上轉為古典音樂，因此，短時間內受測者可能還停留於電子音樂所帶來的影響，因此，才會造成此兩情境在統計比較上，會出現無顯著差異的結果，但本研究發現在實驗 A 中第 7 分鐘時，其 δ 波能量百分率(p=0.052)已經接近顯著性統計意義($p < 0.05$)。另外，本研究發現 α 波能量百分率會有下降的趨勢，本研究認為這是因為受測者先聽過電子音樂後，注意力會停留在電子音樂上，因此，當古典音樂開始播放時，受測者可能還會將注意力放在電子音樂上，所以才會造成 α 波能量百分率有下降的趨勢，其 α 波能量百分率(p=0.054)也接近顯著性統計意義($p < 0.05$)。

4.2 聽古典音樂後再聽電子音樂對於腦波的影響分析

我們以實驗 B 中，第五分鐘腦波能量平均值為 control，分別與播放電子音樂時的每分鐘(6~8 分鐘)腦波能量平均值以 paired t-test 統計檢定分析，若具有顯著性統計意義（$p<0.05$）則以「*」符號表示在圖中。Figure 5～Figure 8 分別此項實驗為 Delta (δ)波、Theta (θ) 波、Alpha (α) 波、Beta (β) 波對於 T3、T4、F7 和 F8 這四點統計長條圖。

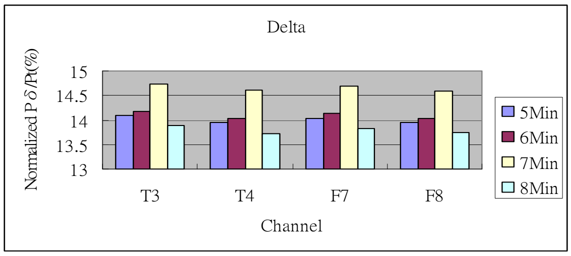

Figure 5 先聽古典音樂後再聽電子音樂對於 Delta 波的影響統計長條圖

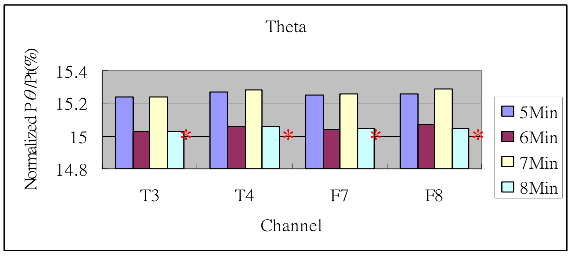

Figure 6 先聽古典音樂後再聽電子音樂對於 Theta 波的影響統計長條圖

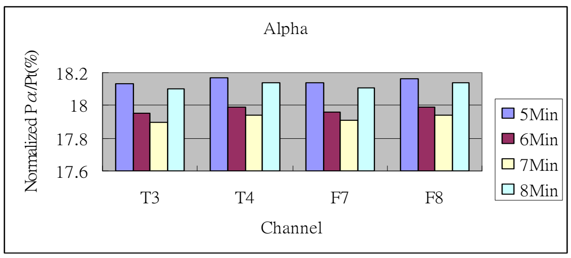

Figure 7 先聽古典音樂後再聽電子音樂對於 Alpha 波的影響統計長條圖

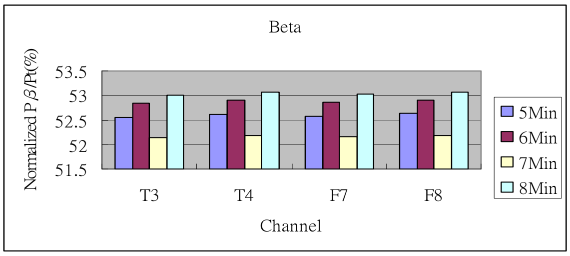

Figure 8 先聽古典音樂後再聽電子音樂對於 Beta 波的影響統計長條圖

如 Figure5 至 Figure8 所示。我們可以發現受測者在聽完古典音樂後(實驗 B 中第五分鐘)，再去聽電子音樂(實驗 B 中 6~8 分鐘)，θ 波能量百分率在電子音樂結束時(實驗 B 中第八分鐘)，呈現出明顯下降的趨勢($p=0.034$)(如 Figure 6 所示)。對此現象本研究認為，這是因為我們所選擇的古典音樂(蕭邦-夜曲)，是屬於柔和性的音樂，是會帶給受測者舒適的感覺，因而造成受測者較容易進入慢度睡眠與意識深層放鬆狀態(θ 波上升)，而當實驗音樂由古典音樂轉變為電子音樂後，受測者在電子音樂強烈的節奏影響下，其心情會逐漸的由平靜放鬆的狀態轉變為興奮及緊張的狀態(θ 波下降)，因此才會造成 θ 波能量百分率在電子音樂結束時，出現顯著性統計意義($p=0.034$)。至於其他腦波頻帶波段(δ，α，β)能量百分率，雖然可看出隨音樂情境的改變而產生不同程度之變化(δ、β 有上升的趨勢，α 有下降的趨勢)，但皆無顯著差異($p>0.05$)。

5、結論

本研究藉由統計檢定分析(paired t-test)，來分析經連續小波轉換計算後，腦波各個頻率波段(δ，θ，α，β)能量百分率以及總能量之變化趨勢，藉此來探討音樂對於腦波的影響。在實驗統計分析結果中，我們可以發現受測者在不同音樂情境刺激後，腦波各個頻率波段(δ，θ，α，β)能量百分率以及總能量，都會隨著音樂情境的改變而造成上升或下降之狀態。由本研究的成果中我們可以發現，當受測者在聆聽古典音樂(soft 音樂)時，α 波能量會有上升的現象，而在聆聽電子音樂時(high 音樂)，α 波能量會有下降的現象，另外，我們發現電子音樂的確會帶給人較為興奮與緊張的情緒(β 波上升)，也會使人意識較為清醒(θ 波下降)。

目前本研究受測者皆以健康的男性為主，且都為大學生或研究生，年齡選擇範圍較為侷限。未來我們希望能針對臨床病患(睡眠障礙等...)來做研究，進一步探討音樂對於病患腦波之影響及其療效。

參考文獻

[1] 戴瑄，呂國昀，沈賈堯，蔡宜容，曹瓊方，張延瑞，生理學概論第二版，華騰文化股份有限公司，台北，2004。

[2] Akay, M., “Time Frequency and Wavelets in Biomedical Signal Processing,” IEEE Press Series in Biomedical Engineering, 1997.

[3] Bhattacharya J., Petsche H., “Universality in the brain while listening to music,” Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2001, pp. 2423-2433.

[4] Carr, Joseph J., Brown, John M., Introduction to Biomedical Equipment Technology, 4th Edition, January, 2001.

[5] Hosaka, Naoya, Koyama, Akira, Tanaka, Junya, Magatani, Kazushige, “The EEG measurement technique under exercising”, Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference, New York, USA, 2006.

[6] Koelsch S., Mulder J., “Electric brain responses to inappropriate harmonies during listening to expressive music,” Clinical Neurophysiology, 2002, pp. 862-869.

[7] Munro, S., Mount, B. , “Music therapy in palliative care”, Canadian Medical Association Journal, Vol 119, Issue 9, 1978, pp.1029-1034.

[8] Stéphane Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing, 2nd Edition*, Academic Press, 1999.