

利用智慧型手機開發心電圖訊號情緒管理系統

游義地*、黃湫淑**、劉聖薏***、劉旭昇****

摘要

心電圖訊號不僅可作為心臟功能觀察的指標，也可應用於情緒狀態之分析。藉由心電圖訊號所產生的心跳變異率 (Heart rate variability; HRV)，結合功率頻譜分析及潘凱圖 (Poincare Plot) 分析圖中的 SD2 及 SD1/SD2 數據，可以作為交感神經與副交感神經活性指標，有利掌握受測者的情緒狀態。本研究分為兩部份，第一部份是開發 PC 版分析軟體，利用 C# 程式語言開發一套心電圖訊號應用系統，包括 RR 間距設定、HRV 分析、頻譜分析、潘凱圖分析及資料庫查詢；第二部份是結合智慧型手機，利用 JAVA 程式語言開發 Android 應用軟體，分析潘凱圖資料，並針對 SD1/SD2 值過高者，提供音樂及短片欣賞，達到緩和情緒之目的。所開發的程式可做為醫護人員、社工人員執行業務之工具或個人健康/情緒管理的好幫手。

關鍵詞：心跳變異率、潘凱圖、頻譜分析

*美和科技大學資訊科技系副教授

**美和科技大學文化創意系副教授(通訊作者)

***美和科技大學資訊科技系學生

****美和科技大學資訊科技系學生

壹、前言

現代人由於社會的忙碌生活，容易產生心理緊張及焦慮等現象，若沒有做好即時的情緒偵測及紓解壓力，將造成情緒失控，嚴重影響生活品質及工作效率。心電圖 (Electrocardiography, ECG) 訊號量測是屬於非入侵式的量測，心電圖訊號不僅可作為心臟功能觀察的指標，也可應用於情緒狀態之分析。由於心電圖儀器操作容易且資料管理方便，近年來有許多學者進行深入研究與探討。心跳變異率 (Heart rate Variability, HRV) 常被用在生理分析及臨床應用上，心跳變異率是由自律神經系統 (Autonomic Nervous System, ANS) 所控制，可反映交感神經系統與副交感神經系統的作用狀態 (Akselrod, Gordon, Ubel, Shannon, Barger, & Cohen, 1981)。ECG 訊號頻率若低於 500Hz，將影響 HRV 分析的準確性 (Anonymous, 1996)。分析心跳變異率的方法可分為時域 (time-domain) 分析、頻譜分析 (frequency-domain) 及幾何學 (geometric) 分析。常晉綱 (2008) 針對心跳變異率各種分析方法做信賴度比較，提出一種簡易的心電圖量測方法所做的 HRV 分析，與一般心電圖訊號分析所作結果差距不大。

在頻譜分析分面，多數學者利用快速傅利葉計算能量頻譜密度 (Power Spectral Density, PSD)。頻率區段分為：極低頻 (<0.04 Hz)，可作為交感神經活性的指標；低頻 (0.04~0.15 Hz)，同時受到交感及副交感神經的影響；高頻 (0.15~0.4 Hz) 可作為副交感神經活性的指標；低高頻比 (LF/HF) 也可作為交感神經作用的指標。Acharya, Kannathal, Lee, 及 Leong (2005) 探討不同量測姿勢對 HRV 的影響，發現坐姿所量測之 ECG 低高頻比 (LF/HF) 比躺臥時量測值大。在幾何圖分析分面，潘凱圖 (Poincare plot) 是一種非線性處理心跳變異率的分法，利用心跳間距 (RRI) 繪製潘凱圖，其中 SD1 可作為副交感神經活性的指標；SD2 可作為交感及副交感神經的調控；SD1/SD2 可作為交感神經活性的指標值 (Christie, Friedman 2004； Brennan, Palaniswami & Kamen, 2001)。

心電圖儀器操作是醫護人員的重要工作，本研究目的是利用 C# 程式語言開發 PC 版心電圖訊號情緒管理系統，包括潘凱圖分析及頻譜分析，便於照護機構使用。隨著資訊科技的發展，結合行動裝置及雲端技術的電子醫療設備是健康產業發展的重點項目。現今智慧型手機已被廣泛使用，各類型的應用軟體 (App) 多達數十萬種，為了提高智慧型手機的應用價值，強化情緒管理應用軟體使用的便利性，達到落實個人健康/情緒管理的目的，本研究結合智慧手機影音及通訊功能，利用藍芽無線傳輸，將心電圖訊號傳入手機，再由手機計算潘凱圖數據，並繪製潘凱圖，完成 Android 手機版情緒管理應用軟體之開發。

貳、研究方法

正常的心電圖如圖 1 所示，P 波代表心房去極化；QRS 波代表心室的去極化；T 波代表心室的再極化。在量測過程中，R 波與 R 波間距 (R-R Interval, RRI) 並非固定不變，稱為心跳變異率。

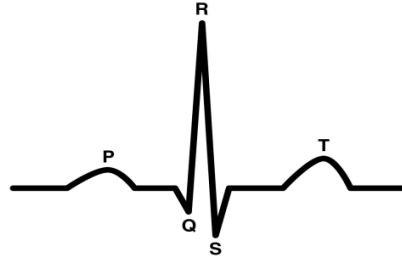


圖 1 正常心電圖波形

(一) 數學模式與計算流程

心跳變異率是分析心電圖訊號特性的重要參數，為了準確擷取到 QRS 波的位置，有許多學者發展出優異的演算法則 (Friesen, Jannett, Jadallah, Yates, Quint, & Nagle, 1990)。本文採用的是 So 所提出的 R 點偵測法 (So and Chan, 1997) 斜率計算方式為：

$$\text{Slop}(n) = -2X(n-2) - X(n-1) + X(n+1) + 2X(n+2) \quad (1)$$

潘凱圖是應用幾何學的方式在時域下將心跳間距打亂並畫在一張 2D 圖上，x 座標取心跳間距 (n)，簡稱 RR (n)，y 軸座標取 RR (n+1)，每一點的 x 與 y 座標的意義是代表每次心跳間距與下一次的關係。典型的潘凱圖如 2 所示，SD1 為橢圓短軸長度，代表短期的心率變異度；SD2 為橢圓長軸長度，代表長期心跳變異率，計算 SD1 及 SD2 流程如下所述：

$$1. RRI \equiv (RR_1, RR_2, \dots, RR_{n-1}, RR_n)$$

$$x \equiv (x_1, x_2, \dots, x_n) \equiv (RR_1, RR_2, \dots, RR_{n-1}) \quad (2)$$

$$y \equiv (y_1, y_2, \dots, y_n) \equiv (RR_2, RR_3, \dots, RR_n)$$

2. 求出 x、y 之形心 (x_c, y_c)

$$x_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, y_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (3)$$

3. 求出數據點至 x1 及 x2 軸之距離

$$d_i^1 = \frac{|(x_i - x_c) - (y_i - y_c)|}{\sqrt{2}} \quad (4)$$

$$d_i^2 = \frac{|(x_i - x_c) + (y_i - y_c)|}{\sqrt{2}} \quad (5)$$

4. 求出 SD1 及 SD2

$$SD1^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i^1)^2, \quad SD2^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i^2)^2 \quad (6)$$

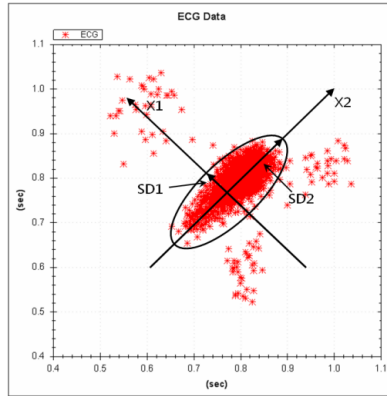


圖 2 典型潘凱圖

其他重要參數及物理特性如表 1 所示 (Anonymous, 1996)。

表 1

HRV 參數表

指標	定義	臨床意義
SDNN	全部正常竇性心搏之標準差	整體心率變異度
rMSSD	兩個 RR 間距之差值之平方和再取均方根	與副交感神經活動有關
NN50	兩個 RR 間距之時間差超過 50 毫秒的數目	與副交感神經活動有關

為了讓使用者瞭解 ECG 訊號所代表的意義，除了顯示 HRV 相關圖形外，本系統並詳列 ECG 相關參數說明，提升使用效益。本系統功能如表 2 所示：

表 2

系統功能需求

需求項目	功能目的
資料管理	便於資料查詢、新增與刪除。
HRV 資料	以圖式顯示，瞭解 HRV 特性。
潘凱圖	以圖式顯示並列出 SD1、SD2、SD1/SD2 等數據。
頻譜圖	以頻譜分析模式，了解 ECG 訊號特性。
專有名詞說明	列出 ECG 訊號相關專有名詞，以利使用者查詢。

(二) PC版軟體系統架構

PC 版軟體的架構主要分為三部分，主功能包含有心電圖、頻譜圖、潘凱圖即受測者資訊欄位；查詢包含有選擇訊號及定義說明；資料管理包含有查詢、加入、刪除，軟體架構如圖 3 所示。

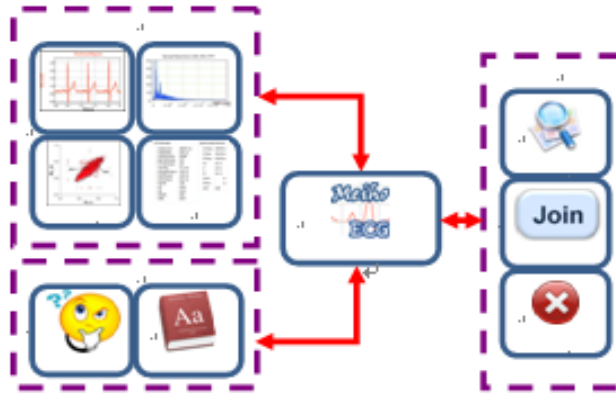


圖 3 軟體架構圖

(三) 智慧型手機版軟體系統架構

本研究所發展的 Android 應用程式，包括心電圖訊號擷取、潘凱圖繪製與分析，並結合智慧型手機功能；一來，可播放影音檔案，緩和使用者情緒；二來，可設定緊急連絡電話，當情緒反應過激烈時手機可主動聯繫家人或朋友。手機應用程式活動圖，如圖 4 所示。

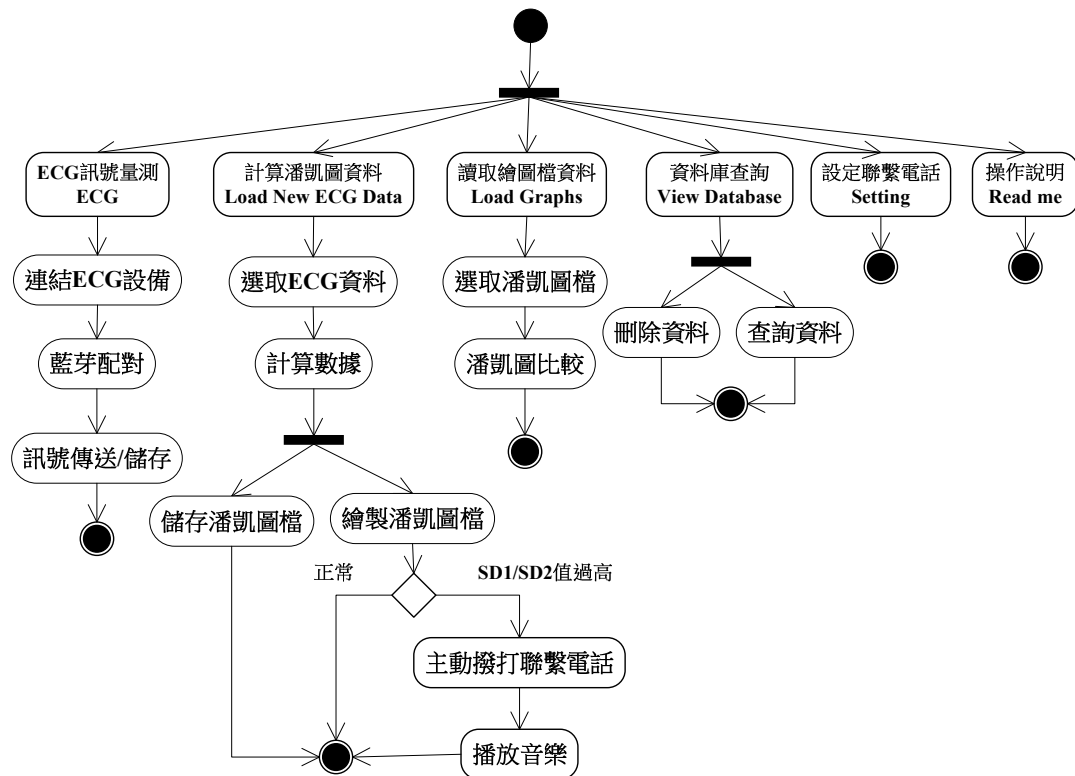


圖 4 手機應用程式活動圖

(四) 硬體設備

本研究採用華育機電企業有限公司製作的無線心電圖測量平台(如圖 5 所示)，該設備可利用 RS232 或無線藍芽傳輸心電圖訊號。

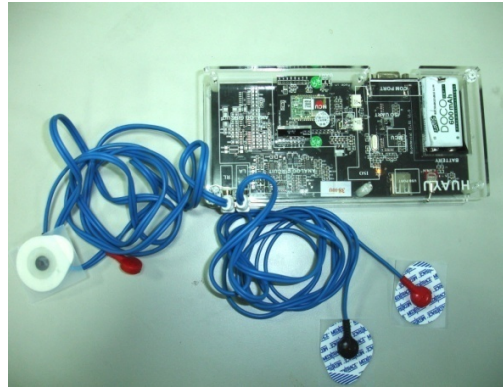


圖 5 心電圖設備

叁、結果與討論

為了確保所開發的分析軟體符合準確性要求，本文先以 MIT-BIT (2012) 提供的心電圖訊號為測試數據。R 點偵測結果如圖 6 所示，本文所採用的方法，幾乎可以偵測到每個 QRS 波，所計算的 $SD1=43.6$ 、 $SD2=52.4$ 、 $SDNN=48.2$ ，與文獻(李宇皓，2010)所得結果： $SD1=43.4$ 、 $SD2=52.2$ 、 $SDNN=48$ 十分吻合，潘凱圖如圖 7 所示。

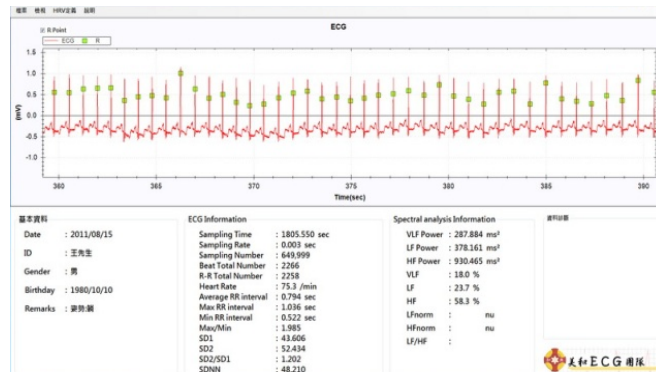


圖 6 RRI 顯示

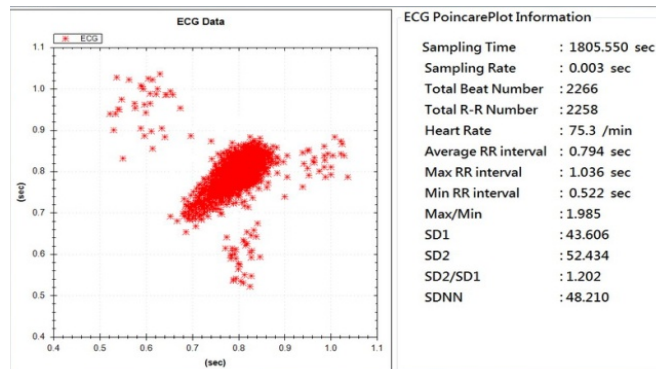


圖 7 潘凱圖

現代人由於生活忙碌，容易造成情緒緊張與憂鬱，依據學者專家的研究顯示，適當的音樂欣賞可有效降低情緒壓力達到緩和情緒之效果 (鄭蓓蓓, 2006)，心跳變異率也有明顯的改善 (Vito, Galloway, Mmo, Mass & McMurray, 2002)。圖 8 為本團隊所做的測試結果，將聽音樂與沒聽音樂之潘凱圖作比較，沒聽音樂之 SD1/SD2 為 0.726，聽音樂之 SD1/SD2 為 0.658，SD1/SD2 值變顯著變小，代表聽音樂可達到情緒放鬆之效果，與參考文獻所得之結果相同。

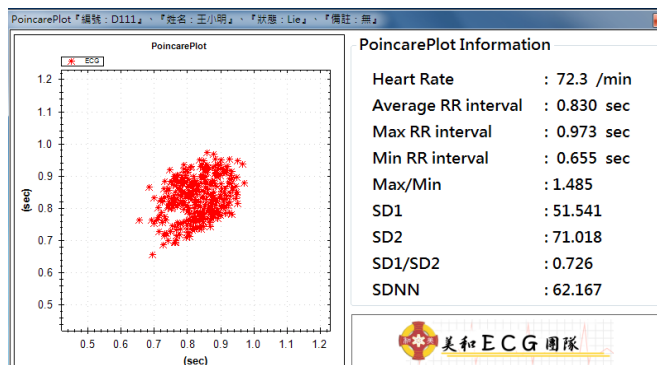


圖 8 聽音樂對潘凱圖之影響- (a)沒聽音樂之潘凱圖

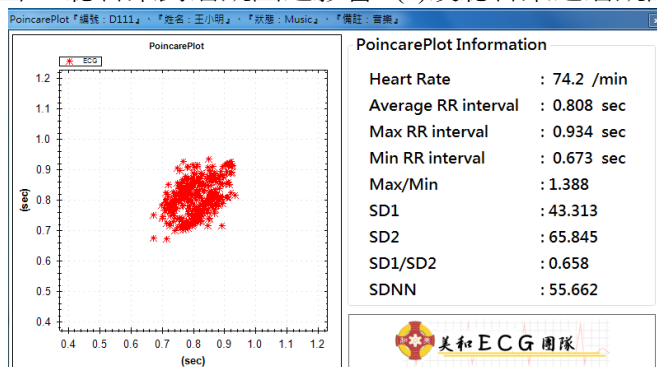


圖 8 聽音樂對潘凱圖之影響- (b)聽音樂之潘凱圖

在頻譜分析方面，低高頻比 (LF/HF) 可作為交感神經作用的指標，比值越低代表情緒較和緩，圖 9 為頻譜分析結果，聽音樂時所測得之 LF/HF 值較沒聽音樂時低，顯示聽音樂可達到緩和情緒之效果。頻譜分析結果與潘凱圖分析結果一致。

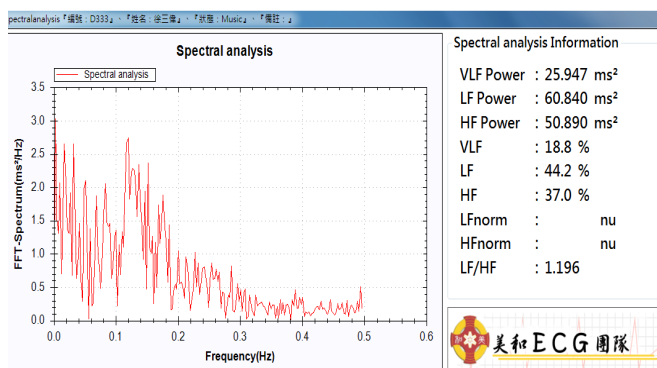


圖 9 聽音樂對頻譜分析之影響- (a)沒聽音樂之頻譜分析圖

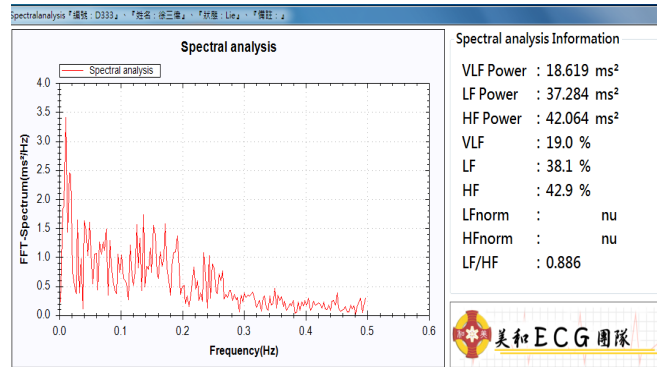


圖 9 聽音樂對頻譜分析之影響- (b)聽音樂之頻譜分析圖

智慧型手機版軟體操作介面如圖 10 所示，操作者可選擇心電圖訊號傳輸、數據計算與繪製潘凱圖、顯示已存檔之潘凱圖檔案或資料查詢。

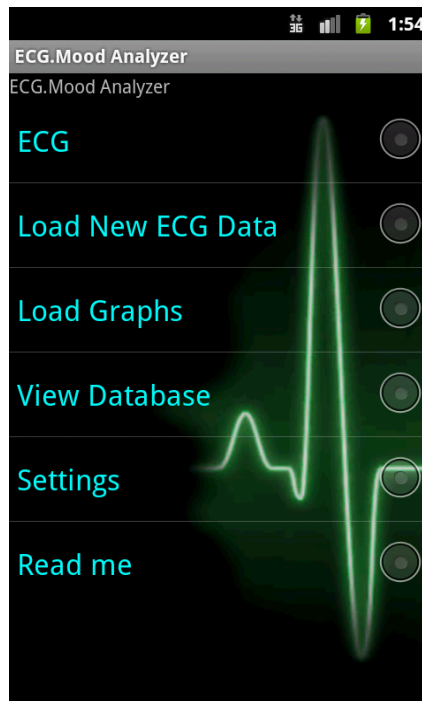


圖 10 智慧型手機操作介面

心電圖設備與手機完成藍芽配對後，選擇 ECG 訊號傳輸，即可將心電圖訊號傳入手機，如圖 11 所示。

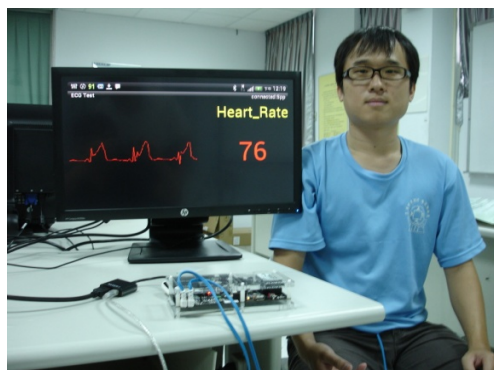


圖 11 心電圖訊號傳入手機

心電圖訊號傳輸完成後，經過計算可立即繪製潘凱圖，如圖 12 所示，並選擇是否存入圖形檔。對於 SD1/SD2 值過高者，可按下 MENU 鍵，畫面顯示音樂及影片選項，提供測試者欣賞，達到穩定情緒之效果。

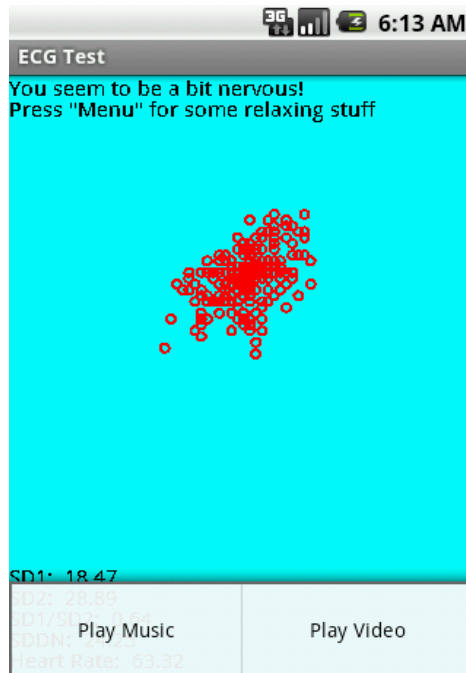


圖 12 潘凱圖顯示

為了瞭解情緒變化是否與特定時間有關，使用者可輸入不同時間之潘凱圖，利用圖形比較，瞭解情緒狀態，達到情緒管理之功能，如圖 13 所示。

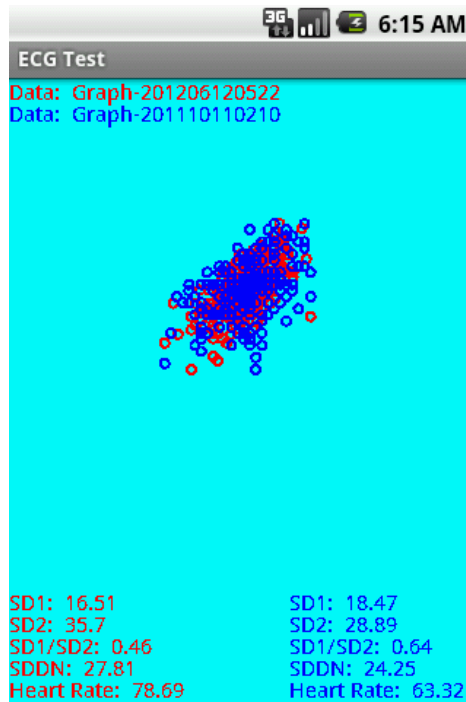


圖 13 潘凱圖之比較

肆、結論

本研究已完成 Android 手機版情緒管理軟體，結合智慧型手機具有的影音與通訊設備，提升應用軟體之服務功能。本系統利用心電圖訊號分析 HRV 之變化情況，可瞭解受測者情緒狀態，系統之測試結果與之前學者所得結果十分吻合，具有相當之準確性。本系統除了可應用於健康照護及護理教學方面，對於工作繁忙的上班族，也可利用心電圖量測設備搭配本系統已完成 Android 手機版情緒管理手機應用程式，進行健康情緒管理，提高生活品質。

本系統得以完成，特別感謝教育部補助之 101 年度「MUST Care-護理臨床模擬及遠距教學特色典範計畫」。

參考文獻

- 李宇皓、吳飛宏、王士達、楊明興 (2010)。POINCARE PLOT 運用於情緒反應分析之可行性研究。2010 空軍官校航空電子學術研討會。
- 常晉綱 (2008)。簡易心電圖量測與心律變異頻譜分析之信賴度比較。未出版之碩士論文，逢甲大學自動控制工程學系碩士論文，台中。
- 鄭蓓蓓 (2006)。五行音樂療法對情緒與經絡影響之研究。未出版之碩士論文，臺北醫學大學醫學資訊研究所碩士論文，臺北。
- Anonymous (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. *Circulation*, 93, 1043-1065.
- Vito, G. De, Galloway, S.D., Nmmo, M. A., Mass, P. & McMurray, J. J. (2002). Effects of central sympathetic inhibition on heart rate variability during steady-state exercise in healthy humans, *Clin Physiol Funct Imaging*, 22, 32-38.
- Friesen, G. M., Jannett, T. C., Jadallah, M. A., Yates, S. L., Quint, S. R. & Nagle, H.T. (1990). A Comparison of the Noise Sensitivity of Nine QRS Detection Algorithm, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 37(1), 85-98.
- So, H. H. and Chan, K. L. (1977). Development of QRS detection method for real-time ambulatory cardiac monitor, *Proceeding-19th International Conference – IEEE*, 2, 289 - 292.
- Christie, I. C., Friedman, B. H. (2004). Autonomic specificity of discrete emotion and dimensions of affective space: a multivariate approach. *International Journal of Psychophysiology*, 51, 143-153.
- Brennan, M. M., Palaniswami M. and Kamen P. (2001). Do Existing Measures of Poincare Plot Geometry Reflect Nonlinear Features of Heart Rate Variability. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 48(11), 1342-1347.
- Akselrod, S., Gordon, D., Ubel, F. A., Shannon, D. C., Barger, A. C., & Cohen, R. J. (1981). Power spectrum analysis of heart rate fluctuation : a quantitative probe of beat-to-beat cardiovascular control, *Science*, 213(10), 220-222.

Using Smart Phone to Develop an Emotional-state Managing System

Yi-Di Yu*, Chiou-shu J. Hwang**, Sheng-Dun Liu***, Xu-Sheng Liu****

Abstract

The ECG data not only can be used to observe a cardiac function, but also can be used to analyze a person's emotional state. The heart rate variability (HRV) from the ECG Data combining the power spectral analysis of the SD2 and SD1/SD2 from the Poincare' Plot can be used as an indicator to measure the activity of sympathetic nervous system and parasympathetic nervous system in order to comprehend the emotional state of the subject. This research is divided in two parts. The first part was to develop an analyzing program available for PC setting, using C# programming language to develop an ECG management system, which included the setting of R-R intervals, HRV analysis, frequency spectrum analysis, Poincare' Plot analysis and a database. The second part integrated the program into a smart phone, which used JAVA programming language to develop an Android application of analyzing the Poincare' Plot, and then accordingly to provide some appropriate music or movies to help their emotional instability for those who had higher SD1/SD2 value. The developed program can be used as a tool for health-care workers, social workers, and an assistant of a personal health/emotional state management.

Keywords: Heart Rate Variability, Poincare' Plot, Frequency Spectrum Analysis

* Associate Professor, Department of Information Technology, Meiho University.

** Associate Professor, Department of Cultural Creativity, Meiho University. (Corresponding Author)

*** Student, Department of Information Technology, Meiho University.

**** Student, Department of Information Technology, Meiho University.