

# 應用心電圖 T 波評估身心障礙者之體能訓練

徐家欣<sup>1</sup>、李嘉陵<sup>1\*</sup>、曾志明<sup>2</sup>、林大衛<sup>2</sup>、姚翕雅<sup>2</sup>

<sup>1</sup>銘傳大學生物醫學工程學系

<sup>2</sup>國立桃園啟智學校

jlllee@mail.mcu.edu.tw

## 摘要

本論文將設計心電圖 T 波檢測分析儀以便量測、分析、評估身心障礙者個別的心電狀態，心臟功能，及預測心因性猝死機率，並可應用於運動訓練時的重要參考指標。本論文以 LabView 為核心結合心電圖硬體電路以擷取心電數據，並以離線方式以及快速傅立葉轉換(FFT)分析出 T 波訊號的頻譜參數，以此可得交替比率(Alternans Ratio, AR)分數，可作為預測心因性猝死的風險程度。本論文以實驗證實本分析儀的功能，結果所有 13 位年輕的受檢者的交替比率分數皆在 3 以內，屬於低心因性猝死的風險程度，符合其心電狀態及其心臟功能，以此顯示本分析儀的功能正常，因此，本論文以 T 波的交替比率分數評估運動訓練是可行的及有效的方式。

**關鍵詞：**心電圖、心因性猝死、身心障礙者、運動訓練、傅立葉轉換

## Abstract

A special electrocardiography (ECG) instrumentation for detecting T wave alternans is to be designed in this paper in order to measure, analyze, and evaluate the individual ECG states, the cardio-functions, and the probability prediction of sudden cardiac death (SCD) from arrhythmia for the students with intellectual disability. And these physiology parameters analyzed by the ECG instrumentation proposed in this paper can become an important reference index before the exercise training for the students with intellectual disability. So we developed a Labview analysis system, including ECG hardware and fast Fourier transform, in order to show peasants that they are in high or low risk of SCD due with capturing T wave and calculating K score. We are using audio cable and ECG circuit to collect ECG samples using off-line analysis in capturing T wave. At last, we have done a testing of this system, and the results of K scores for 13 young persons with well ECG conditioning and cardio-function are all within score 3, which means that the risk of SCD is low. This fully has demonstrated the effectiveness of this system that it has detected subject's heart rate, captured T wave from ECG, calculated K score correctly and displayed on an alarm LED. Hence using K score is a

feasible and effective scheme for evaluating exercise training.

**Keywords:** electrocardiography, sudden cardiac death, intellectual disability, exercise training, fast Fourier transform

## 1. 前言

健康促進與疾病預防是現代社會的潮流，於是健康體能也相對的被重視。因為體能對於每個人的工作事業、身心健康、生活品質、學習效率、社交活動、心理情緒等都有很大的影響，可說是一切活動的基礎，例如肌力與柔軟度不平衡，都會影響身體的姿勢、協調、平衡與運動控制；肌力、肌耐力較好者可使身體以較省力的方式來提高日常生活的工作效率[1]，所以，透過適當的運動處方來提昇或維持良好的體能，以適應日常生活或預防疾病，大家都能過著健康的新生活，這是大家共同的願望。尤其是身心障礙者將來僅有所能勝任的工作大多是屬於體力操作的性質，例如專業清潔工、洗車、資源回收、農園藝等。有研究指出若能改善智能不足學童的體能，則可增加其工作的成功率，而且體能訓練可增強體耐力、學習力、抗壓力，振奮情緒，學習保留、記憶力、專注力，而且在人格學習方面，能夠尊重他人、互助合作、公平競爭的精神、培養道德感、促進人際關係等[2]，此外，其情緒的康寧和整體健康狀態，要比靜態者好[3]。由此可知，身心障礙者的職業能力能否提升與其體能之良窳有相當大的關係，但是身心障礙者可能因為運動機會較少，或是運動意願低落，才使得他們的體能狀況普遍較差，造成許多勞力工作無法勝任。因此，為了讓身心障礙者能適應將來的生活與工作，務必要讓他們藉由運動來改善其體能，尤其是心肺功能的改善與體重的控制應是改善體能最優先的項目[4]。

的確，適當的運動有益於體能和健康，例如高血壓患者在有系統地運動訓練之後，有 75% 的患者的血壓降低，平均降低收縮壓 10mmHg 和舒張壓 5mmHg，但不適當的運動也可能致死，例如美國在 80 年代初期，著名的慢跑家費克斯(James Fixx)在 40 多歲時，卻在一次慢跑中猝死[5]；同樣在數年前西班牙足球甲級球員安東尼奧·普埃爾塔 (Antonio Puerta)當時年僅 22 歲，也在運動賽事中突然心臟病發而猝死，這些案例都震驚全世界。由此可知，心

臟功能在健康體能中占有重要之角色，因為心臟等於是身體的引擎，缺乏運動會讓心臟老化，運動過度也會讓心臟處於危險狀態，所以，要讓身體健康，一定要適當保養心臟。上述「猝死症」往往就和心臟病有關係，病患可由原本無任何症狀跡象，而突發性的死亡。猝死的主因是心臟電位發生異常，而常以心室頻脈或心室顫律表現，接著便是心跳完全停止。根據美國佛萊明罕心臟中心的研究，五成猝死的男性和六成四猝死的女性於病發前都無冠狀動脈心臟病症狀[5]。尤其對於有染色體異常的智能不足者(唐氏症)，為數不少(20-60%)患有先天的心臟病；有些較嚴重者，控制心率的自主神經系統可能受影響，因而他們在從事激烈運動時，心跳反應可能會有不正常的現象[6]。因此，對於身心障礙者在實施運動訓練前，應先評估身體基本功能是否適合某類型的運動，尤其是心臟功能的檢測，更是不容忽視的重要問題，以免造成運動傷害。因此，本論文將設計一種特別的心電圖檢測儀以便量測、分析、評估身心障礙者個別的心電狀態，心臟功能的健康情形，及預測心因性猝死機率，並可應用於在擬定身心障礙者個別的運動訓練計畫時的重要參考指標，包含選擇運動類型、運動強度、持續時間、運動頻數等皆須將上述功能指標列入考量。

## 2. 材料與方法

本論文設計的心電圖T波檢測儀的方塊圖及其電路圖分別如圖1和圖2所示，其中儀表放大器、積分器、濾波器等所用之運算放大器皆是採用單電源系統，儀表放大器是以三顆LM358所組成的電路，電路圖依序是由10倍的儀表放大器、積分器、主動放大濾波器、低通濾波器等組成，以電極片結合上述電路即構成心電圖(Electrocardiography, ECG)硬體電路，再以音源線將心電訊號輸入至LabView系統，即可擷取心電數據，儲存為EXCEL檔案，但仍需再經下列方法擷取T波訊號及計算其交替比率數值(K Score)，如下說明。

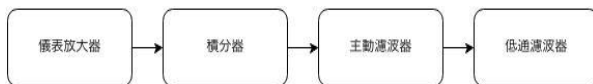


圖 1. 心電圖分析儀硬體方塊圖

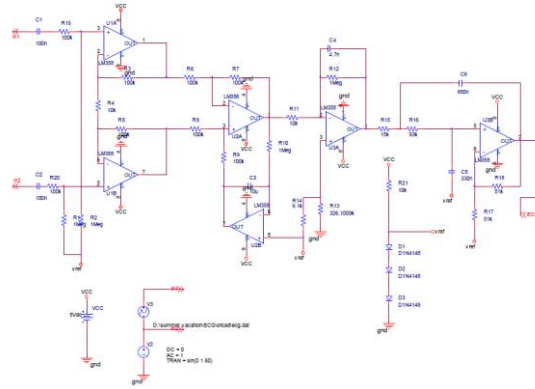


圖 2. 心電圖分析儀電路圖

因為M細胞佔左室心肌的70%左右，動作電位時程(APD)最長，復極結束最晚，對應於T波的終點，以及心外膜動作電位時程(APD)最短，復極結束最早，對應於T波的頂點，所以，心室活動對應的是心電圖T波位置，亦即，T波訊號對於心室功能具有極高的預測價值和敏感性，故可用T波訊號來預測器質性和非器質性心臟病患者發生惡性心室性心律不整及心臟性猝死的有力的指標[7-8]。根據Dr. Cohen的交替比率(alternans ratio, AR; 又名K Score)公式如下[8]：

$$K \text{ score} = ((P_{0.5} - \mu)) / \sigma \quad (1)$$

其中 $P_{0.5}$ 為頻率等於0.5Hz時的功率峰值的均方根值(RMS)， $\mu$ 為頻譜中在0.44Hz設為雜訊部分的功率平均值， $\sigma$ 為0.44Hz時雜訊部分的標準差。本論文將面臨技術上的問題包含如何從心電圖(ECG)中擷取出T波，如何擷取K SCORE中所需的元素，並在Labview中進行計算和判斷，分別說明如下：以R波的位置為基準點，加40ms則會包含T波，在其中我們取最大峰值，則為T波最大值，再由此取正負10ms，即可框出整個T波，因為本論文要觀察T波訊號的變化，所以我們對整個T波訊號作快速傅立葉轉換(FFT)，以其波形頻譜的相關數據如(1)，以此計算心電圖T波訊號的K Score。本論文將以離線的方式以LabView系統擷取T波訊號及計算其交替比率數值(K Score)，其系統流程圖如圖3所示，我們先將音源線通過LabView Tool Network，即可以音源線採集ECG數據，畫出ECG波形，計算R波及心跳數，由此再框出T波，進行快速傅立葉轉換(FFT)頻譜分析，再擷取K score公式中所需的數據，在Labview的人機介面中顯示K Score的結果，以及會有一個警告燈(Dangerous LED)顯示病患是否是一個高風險的範圍，具體演算程序如下：

1. 以取樣數1000讀取EXCEL檔案
2. 計算出threshold
3. 計算R波的數目，即心跳頻率，紀錄一分鐘
4. 在R波的最高點，加40ms
5. 找出T波最大值的位置及峰值，其中峰值為T Point

6. 取T Point的正負10ms為界線，框出整個T波訊號
7. 進行快速傅立葉的頻譜分析(FFT)，可得K Score所需的元素
8. 計算交替比率數值(K Score)
9. 當K Score大於或等於3，則表示心因性猝死的發生風險為非常高，K Score小於3，則表示心因性猝死的發生風險為低。

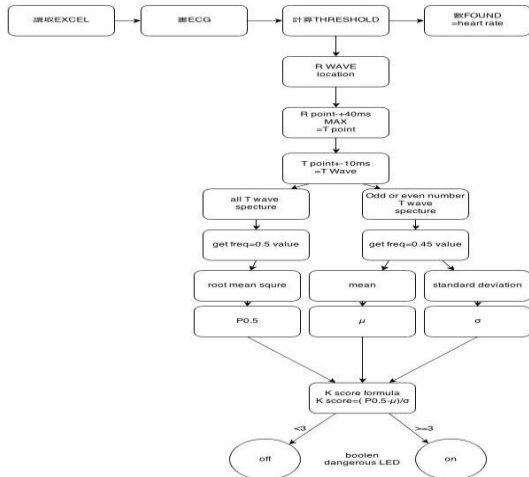


圖 3. Labview 系統流程圖

### 3. 結果與討論

本論文已完成心電圖 T 波檢測分析儀，包含硬體電路如圖 4 所示，及電腦的 Labview 系統的使用者介面如圖 5 所示。本論文先以 MIT 資料庫中病患的心電圖作測試，找出 T 波，Threshold，計算一分鐘心跳數，以及 K Score，本例之 K Score 結果為 1.63，屬風險低的例子，因此警告燈沒有亮。確定本分析儀之功能正常之後，再請 13 名沒有任何心臟疾病的年輕受測者作實驗，女性 8 人，男性 5 人，如圖 6 是其中一名實際操作本分析儀之情況，所得心電訊號結果如圖 7 所示，經計算後 13 名的 K Score 如表一所示，其平均值大約為 0.51，皆屬低風險案例，警告燈沒有亮起，因為受測者都為年輕且無心臟病，所以結果沒有大幅的變化。



圖 4. 心電圖分析儀實際硬體電路

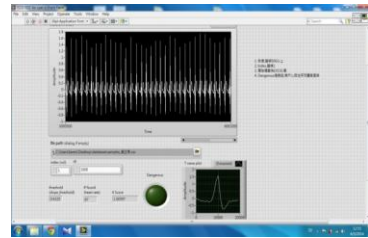


圖 5. Labview 使用者介面

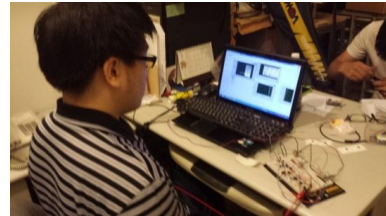


圖 6. 心電圖分析儀之操作情況

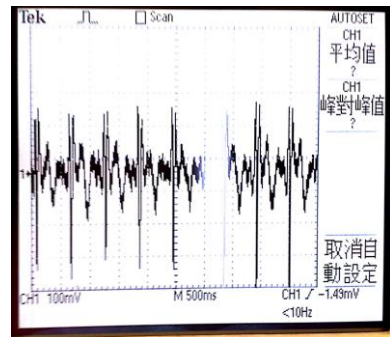


圖 7. 實際擷取的心電訊號

表 1. 交替比率分數表

序號	性別	年齡	交替比率分數
1	M	20	0.524
2	F	23	0.426
3	M	21	0.489
4	M	21	0.482
5	F	22	0.521
6	F	20	0.524
7	F	20	0.495
8	F	23	0.524
9	F	21	0.521
10	F	21	0.53
11	F	21	0.526
12	M	21	0.528
13	M	21	0.522

當受測者因為沒有坐好，或嚴重的心律不整，或其他原因導致心電訊號(ECG)的基準線漂移，易導致結果錯誤，本系統對於此情形的修正方式如下：用首 6 秒所偵測到心電訊號的 QRS 複合波的數

量，再乘以十，即為一分鐘的心跳數，使得程式後段的 K Score 能計算完成。但是對於某些身心障礙者患有嚴重心律不整者，仍有些錯誤產生，因此，未來應研究改善此基準線飄移的問題。

#### 4. 結論

本論文已完成心電圖 T 波檢測分析儀，包含 T 波의 交替比率分數(K Score)的計算及顯示，以此作為身心障礙者在運動訓練前身體評估的重要參考工具及指標，尤其是心電圖狀態，心臟功能，及預測心因性猝死的風險程度。本論文以 LabView 為核心結合心電圖硬體電路及音源線採集心電數據，並以離線方式擷取 T 波，再配合快速傅立葉轉換(FFT)，以此計算及顯示 K Score。本論文最後進行實驗已驗證了心電圖 T 波檢測的功能性正常，因此，本論文以 K Score 評估運動訓練是可行的及有效的方式。本分析儀對於某些身心障礙者患有嚴重心律不整者，仍有些功能不足的限制，未來將致力於改善基準線的問題，使得可以進行更多類別的心臟病患者的分析，進而可建立一個 T 波訊號與心因性猝死機率的關聯性的資料庫，以供醫生或研究人員研究使用。

#### 參考文獻

[1] 教育部體育署體適能網站  
<http://www.fitness.org.tw/download.php>

- [2] C. R. Beasley, "Effects of a jogging program on cardiovascular fitness and work performance of mentally retarded person,". *American Journal of Mental Deficiency*, 6, 609-613, 1982.
- [3] Canada Fitness Survey, "Physical activity among activity-limited and disabled adults in Canada," Ontario, Canada : Author. Daniels. L., & Worthingham, C. "Muscle testing: Techniques of manual examination (5th ed.)," 1986.
- [4] 卓俊辰，健康體能運動處方，國立台灣師範大學體育學系。
- [5] 陳保羅，要養生，先養心，台北市：平安文化，2011。
- [6] C. Sherrill, *Adapted Physical Activity, Recreation and Sport* (4th ed.). Dubuque, IA: Brown & Benchmark Publishers, 1993.
- [7] Di-Hu Chen, Sheng Yang, "The impact of frequency aliasing on spectral method of measuring T wave alternans," *J. Biomedical Science and Engineering*, 2, 102-105, 2009.
- [8] Richard L. Verrier, Thomas Klinghenben, Marek Malik, Nabil El-Sherif, Derek V. Exner, Stefan H. Hohnloser, Takanori Ikeda, Juan Pablo Mart, Sanjiv M. Narayan, Tuomo Nieminen, David S. Rosenbaum, "Microvolt T-Wave Alternans — Consensus Guideline by International Society for Holter and Noninvasive Electrocardiology," *J. the American College of Cardiology*, Vol. 58, No. 13, 2011.