

# 生醫工程實驗

Exp 2

第一組

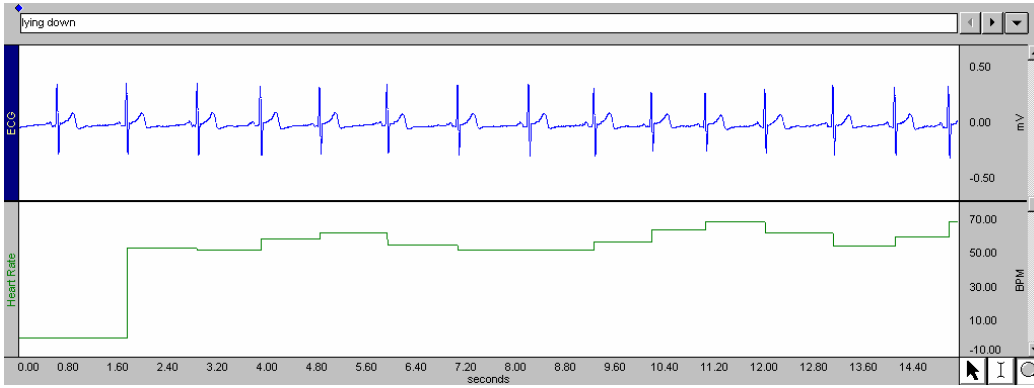
B93502050 郭昱昇

B93502054 溫昌懌

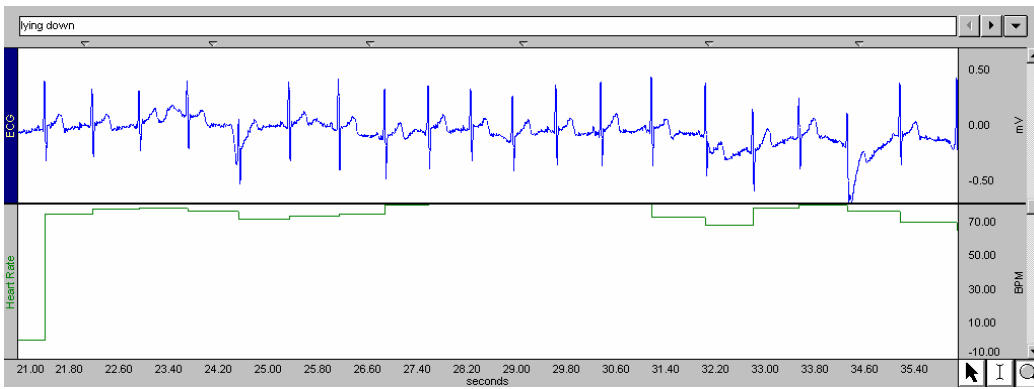
B93901101 溫仁揚

## 實驗波形：

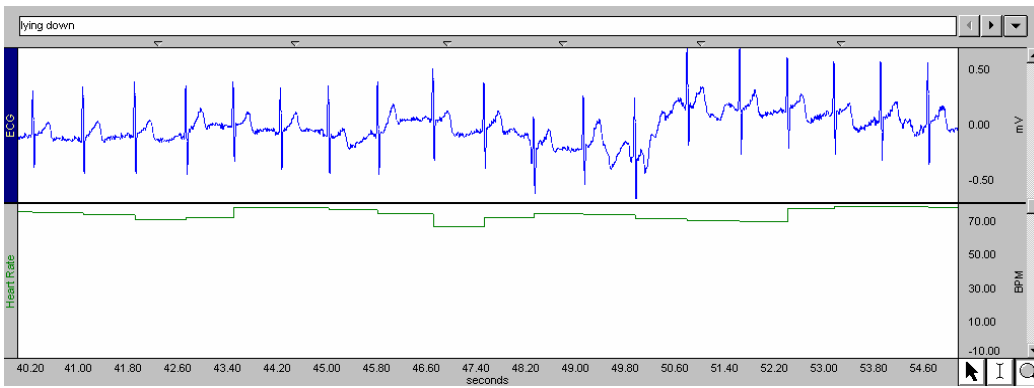
- ECG:
  1. 受測者平躺 5 分鐘



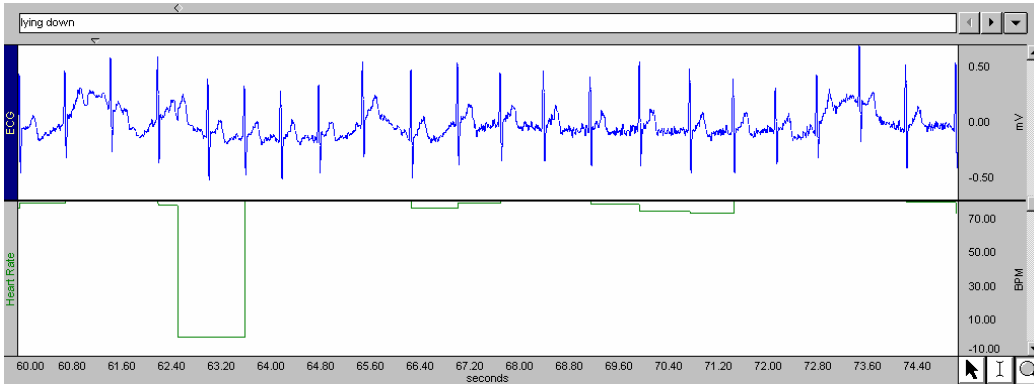
2. 受測者坐起



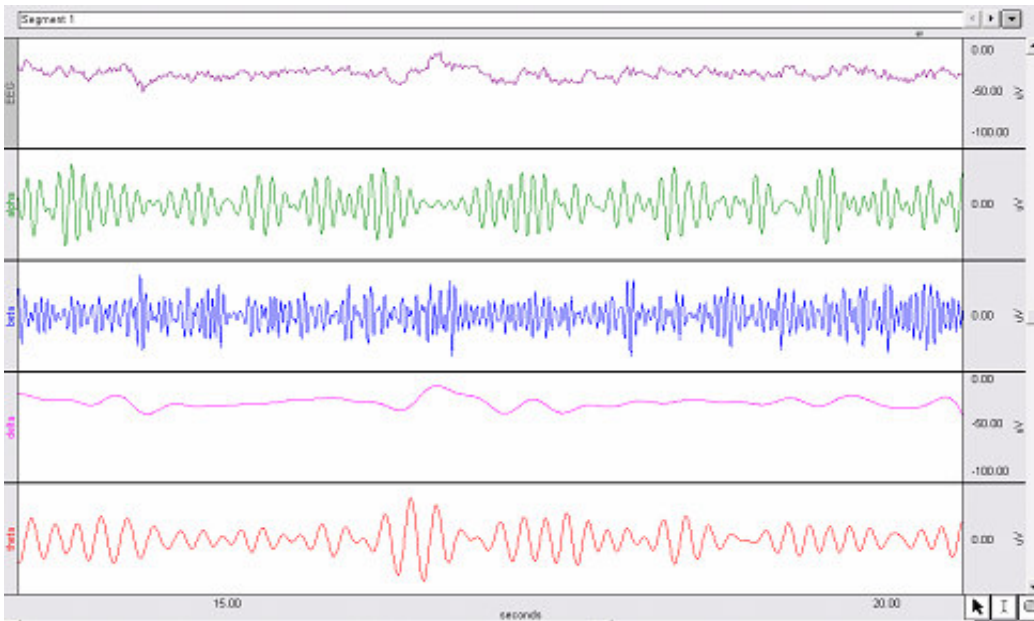
3. 受測者開始深呼吸



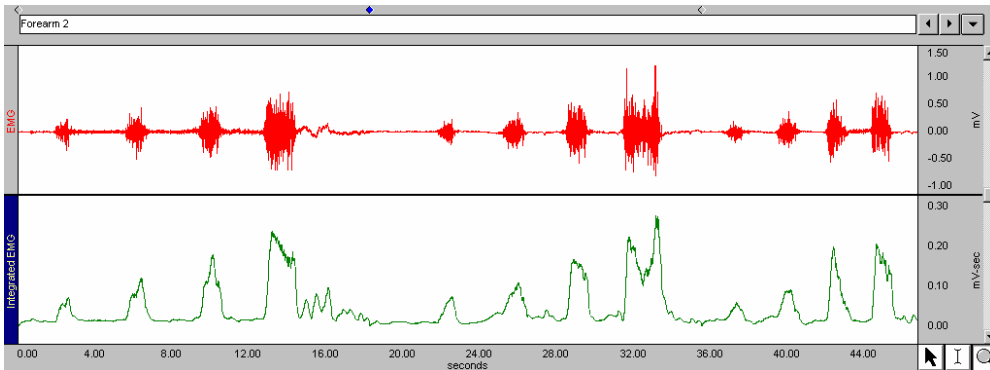
#### 4. 受測者運動後



- EEG:



- EMG:



## 實驗數據：

### ECG report Data

受測者：溫仁楊  
年齡：20

身高：182 cm  
體重：78 kg

### Data and Calculations

#### A Supine, Resting, Regular Breathing (using *Segment 1* data)

Table 5.3

Measurement	From Channel	Cardiac Cycle			Mean	Range
		1	2	3		
$\Delta T$	CH2	0.867	0.883	0.982	0.911	0.115
BPM	CH2	69.2	68.0	61.1	66.75	8.11

Table 5.4

ECG Component	Duration $\Delta T$ [CH2]				Amplitude (mV) $\Delta$ [CH2]			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4
	P Wave	0.099	0.067	0.045	0.070	0.036	0.038	0.040
PR interval	0.143	0.108	0.101	0.117	0.042	0.038	0.034	0.029
PR segment	0.045	0.038	0.041	0.041	0.005	0.012	0.018	0.012
QRS complex	0.047	0.053	0.050	0.050	0.574	0.578	0.606	0.586
QT interval	0.357	0.347	0.345	0.350	0.593	0.578	0.606	0.592
ST segment	0.049	0.046	0.042	0.046	0.022	0.030	0.031	0.028
T wave	0.225	0.209	0.219	0.218	0.108	0.118	0.098	0.108

Table 5.5

Ventricular Readings	CH2 $\Delta T$			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4
QT interval	0.392	0.361	0.386	0.378
End of T wave to subsequent R wave	0.543	0.511	0.575	0.543

## B. Seated , deep breathing

Table 5.6

Rhythm	CH.#	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
<i>Inspiration</i>					
$\Delta T$	CH2	0.759	0.703	0.743	0.735
BPM	CH2	79.05	85.35	80.75	81.72
<i>Expiration</i>					
$\Delta T$	CH2	0.806	0.722	0.919	0.816
BPM	CH2	74.44	83.10	65.29	74.28

## C. Sitting

Table 5.7

Rhythm	CH.#	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
$\Delta T$	CH2	0.794	0.892	0.825	0.837
BPM	CH2	75.57	67.27	72.73	46.66

## D. After Exercise

Table 5.8

Ventricular Readings	CH2 $\Delta T$			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Cycle 4
QT interval	0.337	0.319	0.308	0.321
End of T wave to subsequent R wave	0.273	0.269	0.290	0.277

## Data Summary

### E. Heart Rate (BPM)

Condition	Mean	Range
Supine, regular breathing	<u>60.566</u>	<u>16.5</u>
Seated, deep breathing, inhalation	<u>84.037</u>	<u>13.0</u>
Seated, deep breathing, exhalation	<u>82.243</u>	<u>15.5</u>
Sitting, regular breathing	<u>76.871</u>	<u>14.4</u>
After exercise – start of recording	<u>84.843</u>	<u>28.6</u>
After exercise – end of recording	<u>69.558</u>	<u>10.6</u>

**Explain the changes in heart rate between conditions. Describe the physiological mechanisms causing these changes.**

由以上數據我們可以發現，當運動完後因為身體的肌肉產生了許多廢物，所以需要加快代謝的節奏，因此心跳的速度會明顯加快，但是當經過了短暫的休息之後，心跳就會漸漸回復到平時的狀態。

### F. Duration ( $\Delta T$ )

Rhythm

Measurement	Mean	Range
<i>Seated, regular breathing</i>		
Inhalation	<u>2.124</u>	<u>0.400</u>
Exhalation	<u>2.214</u>	<u>0.440</u>
<i>Seated, deep breathing</i>		
Inhalation	<u>2.320</u>	<u>0.200</u>
Exhalation	<u>2.360</u>	<u>0.390</u>

**Are there differences in the cardiac cycle with the respiratory cycle?**

我們可以發現當心跳較快的時候呼吸的速度也會跟著加快，另外當深呼吸的時候，呼吸的節奏較正常呼吸快了7%左右。

Measurement	Mean	Range
<i>Supine, regular breathing</i>		
Ventricular systole	<u>0.3797</u>	<u>0.031</u>
Ventricular diastole	<u>0.543</u>	<u>0.064</u>
<i>Seated, deep breathing</i>		

Ventricular systole	<u>0.321</u>	<u>0.029</u>
Ventricular diastole	<u>0.277</u>	<u>0.021</u>

**What changes occurred in the duration of systole and diastole between resting and postexercise?**

正如同先前所討論的，當運動完之後心跳的速度變快了，所以心臟收縮和舒張的週期都變短，週期相差了 1.5 % 左右。

**G. Review your Data**

**1. Is there always one P wave for every QRS complex?**

Yes

**2. Describe the P and T wave shapes:**

平緩的小山丘(hill)

**4. Do the ST-segments mainly measure between  $-0.1$  mV and  $0.1$  mV?**

Yes

**5. Is there baseline "drift" in the recording?**

Yes

**6. Is there baseline "noise" in the recording?**

Yes



## EEG report Data:

### I. Data and Calculations

Name: 郭昱昇

Age: 21

Height: 175

Weight: 68

Gender: 男

### A. EEG Amplitude Measurement:

Stddev : (uV)

Rhythm	Channel	Eyes Closed	Eyes Open	Eyes re-closed
Alpha	ch2	1.511	2.103	1.689
Beta	ch3	1.714	2.088	1.525
Delta	ch4	13.036	20.914	12.887
Theta	ch5	1.932	3.205	2.073

### B. EEG Frequency Measurements:

Freq: (Hz)

Rhythm	Channel	cycle1	cycle2	cycle3	mean
Alpha	ch2	10.000	7.143	8.333	8.492
Beta	ch3	16.667	22.222	22.222	20.370
Delta	ch4	2.500	2.740	1.333	2.191
Theta	ch5	4.762	5.882	6.061	5.568

## II. Questions

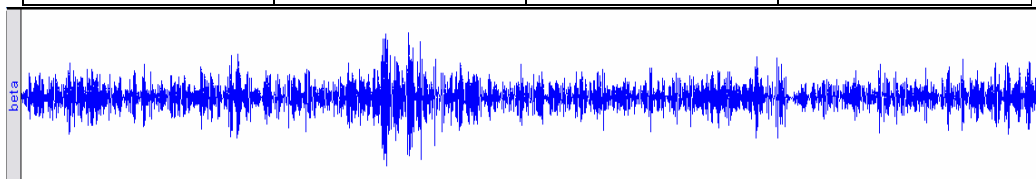
### C. List and define two characteristics of regular, periodic waveforms.

1. Function that repeats its values after some definite *period* ( $f(x + p) = f(x)$ ).
2. Values of periodic waveforms is predictable.

### D. Compare and contrast synchrony and alpha block.

數據 : Peak to peak: (uV)

	Eyes Closed	Eyes Open	Eyes re-closed
Alpha	8.804	6.212 (下降0.294%)	11.763 (上升0.894)



Alpha波在睜眼時有稍稍下降，但不明顯，可能是受到雜訊的影響所致。

**E. Examine the alpha and beta waveforms for change between the “eyes closed” state and the “eyes open” state.**

i. Does desynchronization of the alpha rhythm occur when the eyes are open?

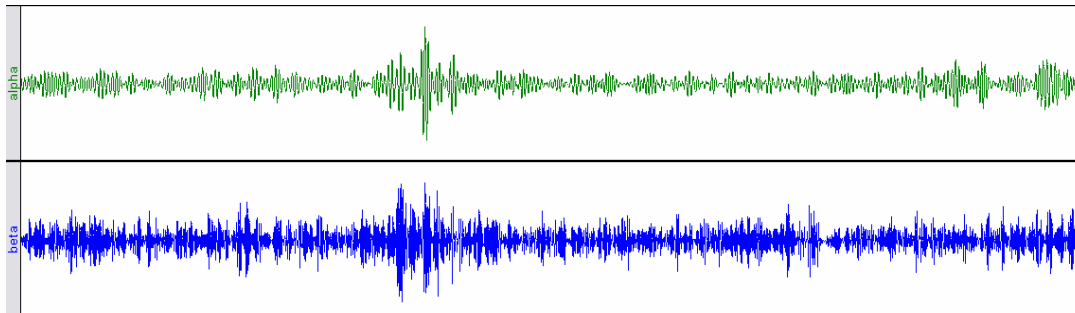
A : alpha rhythm 在睜眼時有稍微下降。

ii. Does the beta rhythm become more pronounced in the “eyes open” state?

A : beta rhythm 在睜眼時並沒有受到明顯的影響。

數據 : Peak to peak: (uV)

Rhythm	Eyes Closed	Eyes Open	Eyes re-closed
Alpha	8.804	6.212	11.763
Beta	11.937	9.273	10.817



由上圖發現：在睜眼時以及閉眼時有稍大波動，應為受到眼睛動作的影響。

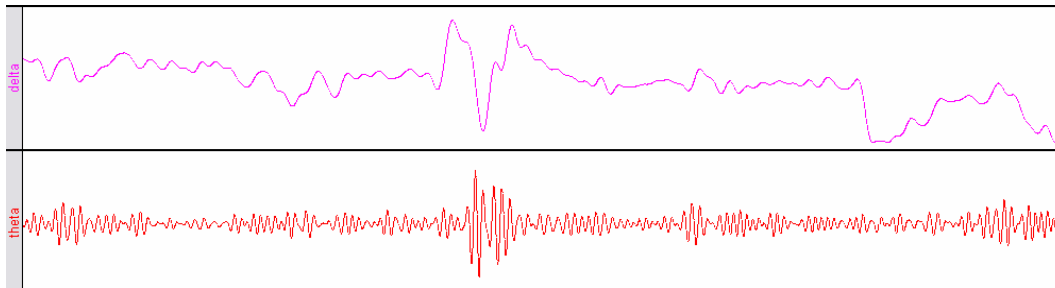
**F. The amplitude measurements (stddev) are indicative of how much alpha activity is occurring in the subject. But , the amplitude values for beta do not truly reflect the amount of mental activity occurring with the eyes open. Explain.**

A:因為beta波是跟焦慮、活動、精神集中有關，若是只有睜眼閉眼的話，的確應該沒有激烈反應；而alpha波則是會在精神放鬆、平緩的時候出現，在閉眼平躺時會因此而觀察到、在睜眼時會受到光線刺激而減少。

**G. Examine the delta and theta rhythm. Is there an increase in delta and theta activity when the eyes are open? Explain your observation.**

數據：Peak to peak: (uV)

Rhythm	Eyes Closed	Eyes Open	Eyes re-closed
Delta	58.517	28.789	106.446
Theta	13.117	12.990	14.179



**H. Define the following terms:**

1. Alpha rhythm: freq: 8~13. It is characteristic of a relaxed, alert state of consciousness.
2. Beta rhythm: freq: 13~30. It is often associated with active, busy or anxious thinking and active concentration.
3. Delta rhythm: freq: 1~5. It is often associated with the very young and certain encephalopathy and underlying lesions.
4. Theta rhythm: freq: 4~8. It is associated with drowsiness, childhood, adolescence and young adulthood.

## EMG report Data

受測者：郭昱昇

身高：175 cm

年齡：21

體重：68 kg

### A. EMG Measurement



Cluster #	Forearm 1 (Dominant)				Forearm 2			
	Min [3 min]	Max [3 min]	P-P [3 p-p]	Mean [40min]	Min [3 min]	Max [3 min]	P-P [3 p-p]	Mean [40min]
1	-0.25818	0.23743	0.49561	0.04806	-0.21057	0.58922	0.1947	0.04455
2	-0.32471	0.36133	0.68604	0.07144	-0.31128	0.60052	0.37231	0.06856
3	-0.59326	0.53711	1.13037	0.11524	-0.57434	0.34709	0.58899	0.10605
4	-0.8136	1.21765	2.03125	0.16198	-0.54382	0.512277	0.72083	0.16610

### B. Use the mean measurement from the table above to compute the percentage increase in EMG activity

$$(0.16198 - 0.04806) / 0.04806 = 237\%$$

### D. Compare the mean measurement for the right and left maximum clench EMG cluster. Are they the same or different?

Different

### Which one suggests the greater clench strength?

Right

### Explain

Tester is a right handed person

### H. What does the term "motor unit recruitment" mean?

Motor unit recruitment 是令肌肉漸漸增加收縮單位(motor unit)來達到增加力量的目的。一個收縮單位(motor units)是由一個 motor neuron 與肌肉纖維所組成，所有的肌肉由數個收縮單位(motor units)所組成，其中肌肉纖維則是分散在收縮單位中。肌肉纖維可以遍佈整個收縮單位或是整個肌肉，取決於纖維的數量以及肌肉的大小。

## 問題討論：

### 1. 怎樣驗證量測到的生理信號是正確的？請敘述你的檢驗過程或者想法。

以 ECG 來說，觀察該有的波形式最直接的，以目測的方式觀察 P、QRS、T wave，如果這三個特徵都有出現，在與範例之圖形比較，及判斷為正確的圖形。EMG 的部份，著要是以量測到的訊號頻率來進行分析，如果頻率落在該有的範圍之中，以及 alpha 波在張開眼睛的時候有變小，則認定正確。

### 2. 根據你對於這三種信號的了解，你認為三種信號中哪一種的測量難度可能會最高？(請說明原因)

根據我們實驗的經驗，EEG 應該是難度最高的實驗，其中訊號強度只有  $\mu V$  等級，所以只要一個晃動，甚至用手揮一揮整個訊號就會很多 noise。而且在實驗室的環境中，會受到很多 60Hz 其他電器的雜訊，所以量測上就受到重重困難。在這次的實驗中，我們 EEG 測試大概就有了五次之多，始終沒有一個很 perfect 的訊號，實驗之難度可見一番。

## ECG 部分

### 1. 量測 ECG 最常用的是第二肢導，請問這樣的量測方式有什麼特點或好處？使用其他肢導的特色又為何？

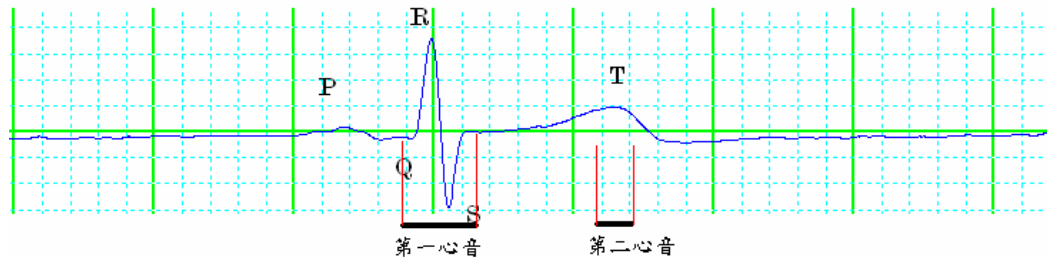
心臟本身的電位變化會經過心臟周圍的導電組織與體液反映到身體表面，運用微電極技術紀錄心臟微小電脈衝的變化所產生的心肌細胞內外電位差，即心週期間電位變化的紀錄，就是所謂的「心電圖 (ECG)」。

所謂心電圖的導程，就是代表我們測量心電圖時接在身體上的一個電極到另一電極之間皮膚表面電性活動的情形，即兩端所產生的電位差稱為導程。心電圖導程的量測有很多種，差別在於電及配置的位置，目前最常用來做分析的有十二種導程，列於下表。

導程名稱	內容	電極配置
雙極肢導 (標準肢導)	第一肢導(Lead I)	右手和左手
	第二肢導(Lead II)	右手和左腳
	第三肢導(Lead III)	左手和左腳
單擊肢導	右手加強肢導(aVR)	右手
	左手加強肢導(aVL)	左手
	左腳加強肢導(aVF)	左腳
單極胸導	第一胸導(V1)	第四肋間腔胸腔骨的右邊
	第二胸導(V2)	第四肋間腔胸腔骨的左邊
	第三胸導(V3)	第五肋間腔胸腔骨的右邊
	第四胸導(V4)	第五肋間腔與鎖骨間的中央點
	第五胸導(V5)	第五肋間腔第四胸導左邊
	第六胸導(V6)	第五肋間腔與腋下間的中央點

其中第二肢導，第三肢導，左腳加強肢導是測量下半身的電訊號，稱作下部肢導(inferior leads)所以相較其他肢導方式更能夠觀察到左心室下壁的電訊號活動；而第一肢導，左手加強肢導，第五胸導，第六胸導，是屬於水平肢導，其中第一肢導和左手加強肢導的電極貼在受測者肩上，所以有時又稱作高水平肢導(high lateral leads)，而第五第六胸導有時又稱作低水平肢導(low lateral leads)；第一胸導和第二胸導則被歸類為隔膜肢導(septal leads)，可以用來觀察心隔膜(septum)上的電訊號；第三和第四胸導則屬於前部肢導(anterior leads)，可以較明顯觀察左心室前壁的電訊號；至於右手加強肢導則是從右肩膀的觀點觀測心內膜的活動。

## 2. 觀察你量測到的ECG 波形，請說明其跟心音、心室壓力的關係。



心房的收縮在 ECG 的 P 波後開始；心室的收縮則在接近 R 波終止時開始，停止於 T 波後。而第一心音發生在 P 波之後，第二心音發生在 T 波時。每次心跳週期可以分為四個時期：緊張期及噴血期（此時心臟處於收縮狀態），鬆弛期及充血期（此時心臟處於舒張狀態）。心室收縮期開始的時候，心室內壓力上升，不過此時心室內的壓力還沒有超過肺動脈及主動脈，所以肺動脈及主動脈瓣都沒有打開。這段時間稱為緊張期。心室肌肉繼續收縮，壓力大幅增加，造成房室瓣關閉，發出第一心音。當心室壓力超過動脈之後，動脈瓣便會打開，於是便開始進入噴血期。由與血液離開心室進入動脈，心室體積減小，心室壓力開始下降，最後低於動脈的壓力，造成主動脈及肺動脈瓣關閉，發出第二心音。

心臟舒張的第一階段稱為鬆弛期，開始於動脈瓣關閉之後。在這個時期，心臟所有瓣膜都處於關閉狀態，心室壓力大幅下降。當心室壓力降至比心房壓力低時，房室瓣就會打開，讓血液自心房進入心室，開始進行充血期。此時因為大量血液進入心室，使心室體積迅速增加。在心室舒張的末期，心房還會進一步收縮，使心房的血液進入心室。如果心臟跳動過快，心房沒有足夠的時間收縮，會影響到心臟的功能。

## EEG 部分

### 1. 在實驗中我們只簡單使用bipolar method 的方式單獨量測腦部某一個區域的 EEG，請問在一般 EEG 中，所使用的方法有何不同？

一般的 EEG 中會使用多 channel 的方式來量測，也就是在頭上貼上很多端探針，測量大腦皮質的電流，大腦皮質的電流是發生在細胞外的電流，是由細胞群與其他細胞群之間的電位差形成的；而不同腦部區域會有不同的作用，因此所量到電訊號的代表意義也會有所不同。



### 2. 一般認為 EEG 的時間解析力(temporal resolution)較functional MRI 佳，而空間的解析力(spatial resolution)反而是fMRI 較佳，請問原因為何？

EEG 只能去偵測電極下方的腦皮質區的活動，但是一個電極所覆蓋的範圍可能包含超過 10 萬個神經元，因此在空間的解析度上並不是一種理想的工具。其原理是針對某些腦部特定點持續一段時間的量測，以觀察任何對於與腦部有關的動作所造成的波長改變，再對時間所作圖的方法，所以對於時間的解析力較強。

MRI 的原理：氫核是人體成像的首選核種，人體各種組織含有大量的水和碳氫化合物，所以氫核的核磁共振靈活度高、信號強，這是人們首選氫核作為人體成像元素的原因。MRI 信號強度與樣品中氫核密度有關，人體中各種組織間含水比例不同，即含氫核數的多少不同，則 MRI 信號強度有差異，利用這種差異作為特徵量，把各種組織分開，這就是氫核密度的核磁共振圖像。人體不同組織之間、正常組織與該組織中的病變組織之間氫核密度、弛豫時間 T1、T2 三個參數的差異，是 MRI 用於臨床診斷最主要的物理基礎。

當施加脈衝信號時，氫核態發生變化，之後，氫核返回初始態，共振產生的電磁波便發射出來。其中原子核振動的微小差別可以被精確地檢測到，經過進一步的電腦處理，即可能獲得反應組織化學結構組成的三維圖

像，從中我們可以獲得包括組織中水分差異以及水分子運動的信息。這樣，病理變化就能被記錄下來。

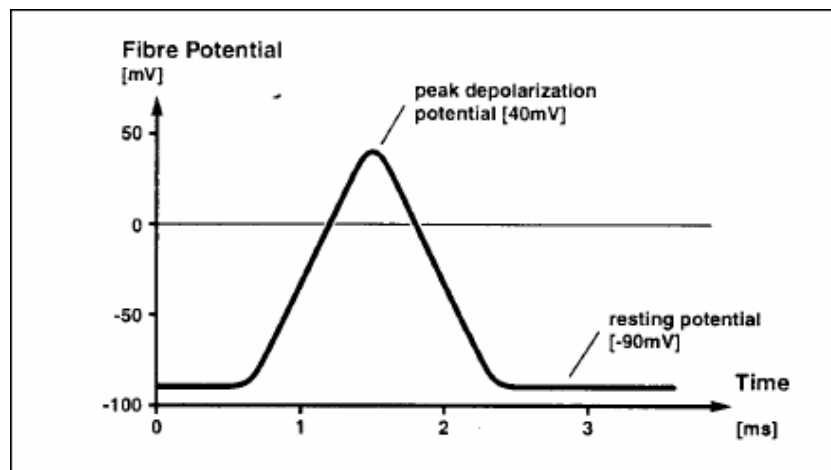
總的來說，MRI的精準度可以到細胞大小的等級，對於空間的量測較為準確與詳細，但其量測的時間點只有當下，且有劑量的考量，無法長時間測量，因此無法探討與時間之間的關係。

## EMG部分

### 1. 請說明EMG 電極偵測到的信號來源為何？

肌肉收縮時，神經肌肉系統的機能單元 (Motor Unit)，包含神經元 (Neuron) 及其所支配的肌纖維。造成單一肌纖維收縮的原因，主要是動作電位 (Action Potential，簡稱AP) 的傳遞，動作電位是因為膜內外離子進出細胞膜的移動所造成，當膜內外電位差由負變為正時，稱為去極化，由正又變為負時稱為再極化。

當動作電位由神經元傳導至運動終板時，引發了一系列的電化學反應，一些乙醯膽鹼 (ACH) 被釋放出來通過突觸間隙 (Synaptic Gap)，使突觸後膜去極化，產生了另一個動作電位繼續沿著肌纖維膜傳導，並經由T小管進入細胞膜內，激發了另一系列的電化學反應，使肌肉產生收縮。一般EMG的測量就是在肌肉收縮時，來自於許多運動單元內傳遞之不同頻率的動作電位，也就是說EMG 訊號是由許多不同頻率的動作電位所組成。



### 2. 什麼是"skeletal muscle tonus"？你從實驗中觀察到什麼現象？

正常情況下，在肌肉放鬆時，Gamma運動神經元還是會保持一定的活性使肌肉維持一定的張力，稱作在tonus狀態。一旦肌肉過度鬆弛，就會刺激肌肉產生牽張反射，而做適當的收縮，這種機制使肌肉的以維持其正常的長度和張力。



## 心得：

在量測 ECG 的時後，因為我們在測量第二肢導的時後信號不明顯，所以我們依照助教的建議改為測量第一肢導，結果發現 Q 波非常不明顯，後來根據網路上查到的資料，第一肢導測量時 Q 波較為不明顯是正常現象，與我們的實驗的結果相符。

這個實驗對於我們整組的同學來說，可以說是一種新的體驗，畢竟我們三個在高中的時候都是二類組，對於生物的認知可以說是非常有限。透過這個實驗，讓我們可以對於人體的生理訊號有更多的認識，了解人體內部電訊號的來由以及相關的一些機制，還有量測到的波形所代表的意義。透過這樣的量測方式，可以更快速、更簡單的去檢測人體是否有疾病。這樣的工具對於醫生來說可謂是如虎添翼一般。

## Reference:

- [1] 相子元(2000)運動科學儀器操作手冊
- [2] Wikipedia <http://en.wikipedia.org/>
- [3] ECG Learning Center <http://library.med.utah.edu/kw/ecg/index.html>
- [4] 逢甲大學自動控制工程學系專題製作專題論文  
<http://www.auto.fcu.edu.tw/~techarch/paper/bachelor/93/04.pdf>
- [5] <http://www.webmd.com/epilepsy/Electroencephalogram-EEG-21508?page=3>
- [6] <http://www2.cch.org.tw/d8420/Subject/EEG.htm>
- [7] <http://www.skh.org.tw/Pharmacy/bulletin4.htm>