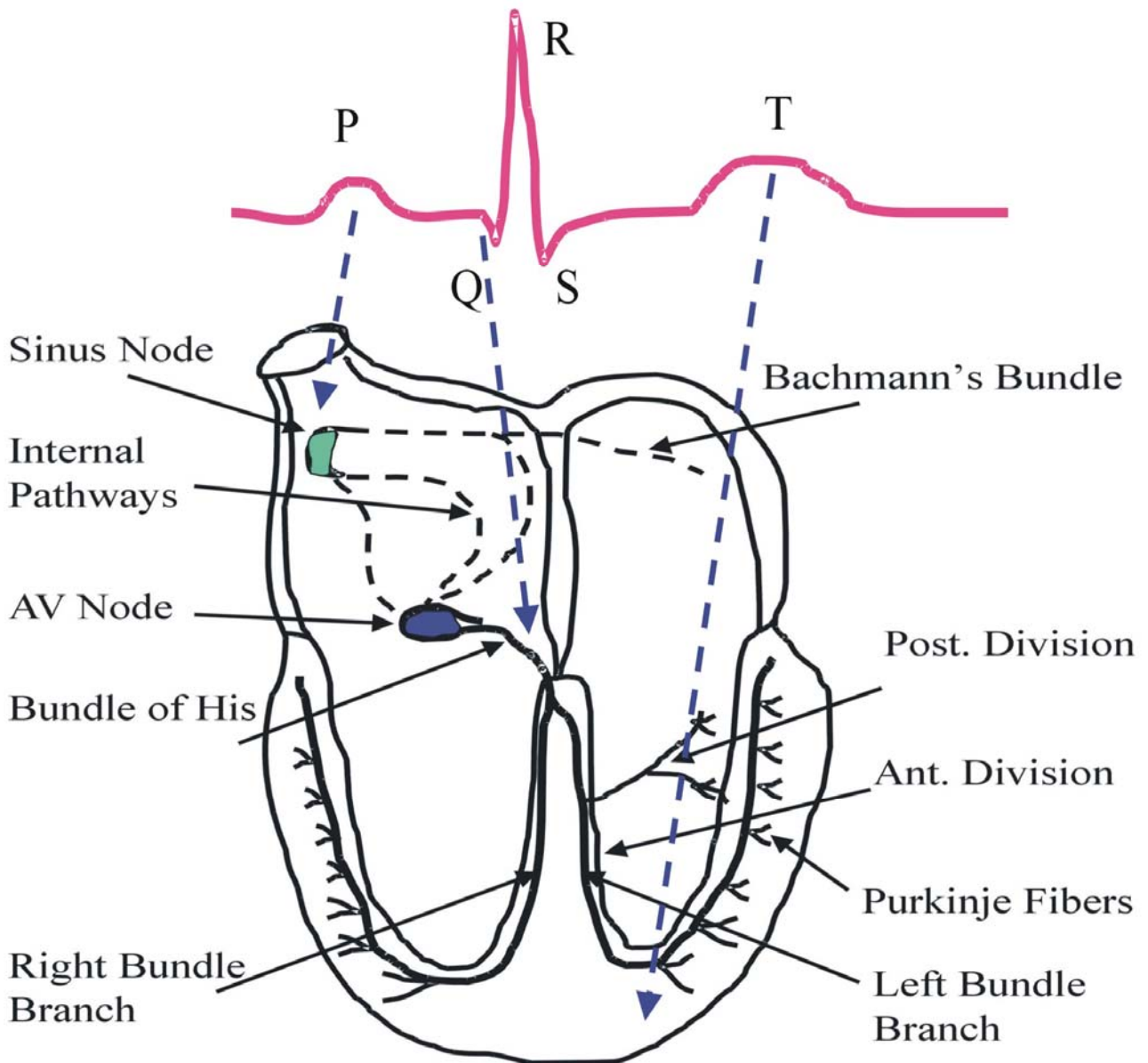


生醫工程實驗

實驗二、生理電信號測量

第二組： 電機三 吳政穎 B93901042
電機三 林王安 B93505018
電機三 黃大又 B93901151



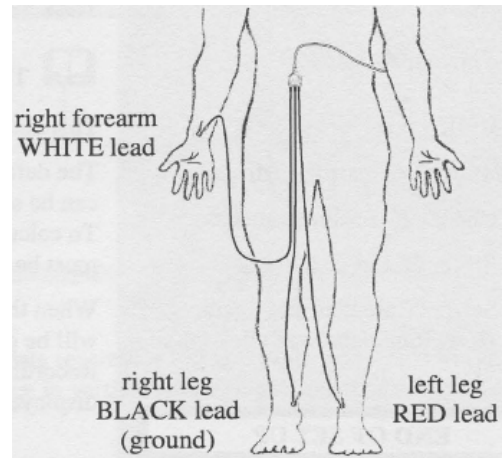
From: <http://speech.rutgers.edu/VoiceInter/ECGwaves.html>

PART A. ELECTROCARDIOGRAPHY ECG:

一、實驗量測步驟：

Set Up:

1. 將 SS2L 接到 MP35 的 CH2，打開電源。
2. 將白色電極接受測者的右手腕，紅色電極接在受測者的左手腕，再將黑色電極接在受測者的右腳踝。完成事前準備動作。(可參考右圖)
3. 點選 Lesson L05-ECG-1，在功能表上點選 File→Preference→Heart Rate Data →Calculate and display Heart Rate data



Calibration: 測試訊號是否正常。

Recording:

- A. 受測者躺下，量測 ECG 20 秒。(Record 0~20 sec)
- B. 受測者快速坐起，深呼吸 20 秒，並按 F9 記錄吸氣及呼氣的時間點。(Record 20~40 sec)
- C. 受測者自然坐著，正常呼吸 20 秒，同樣記錄吸氣及呼氣的時間點。(Record 40~60 sec)
- D. 受測者開始運動(約 1~2 分鐘)，比如仰臥起坐，直到受測者感到有些疲累之後，停止運動。持續記錄 60 秒。(Record 60~120 sec)

End of Recording...

二、實驗結果分析：

★ 受測者資料：

姓名：林王安

系級：台大電機系三年級

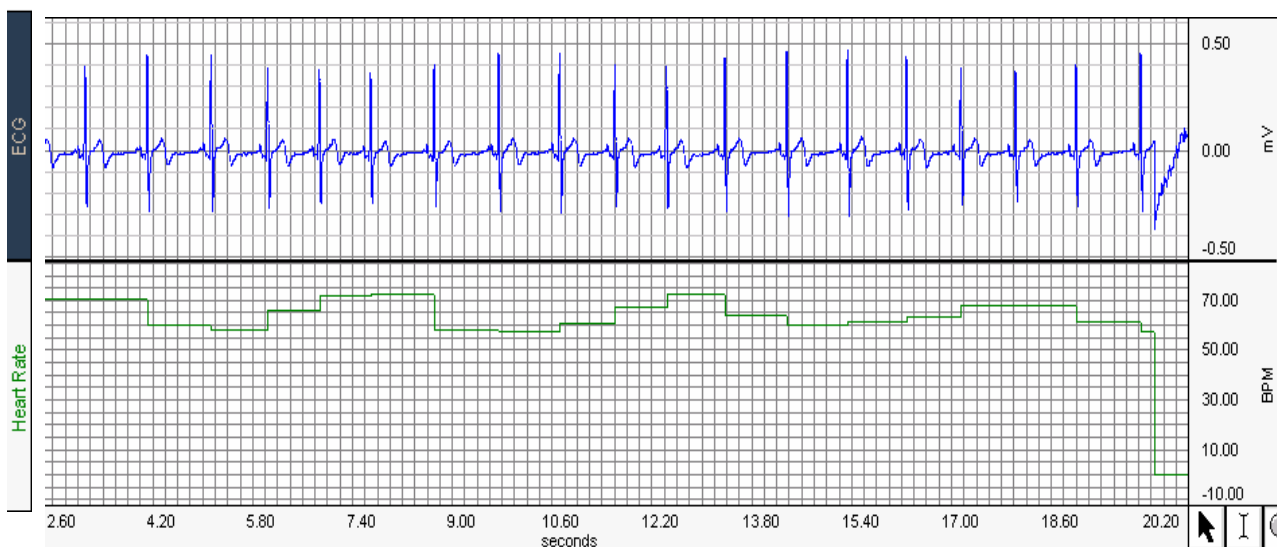
年齡：21

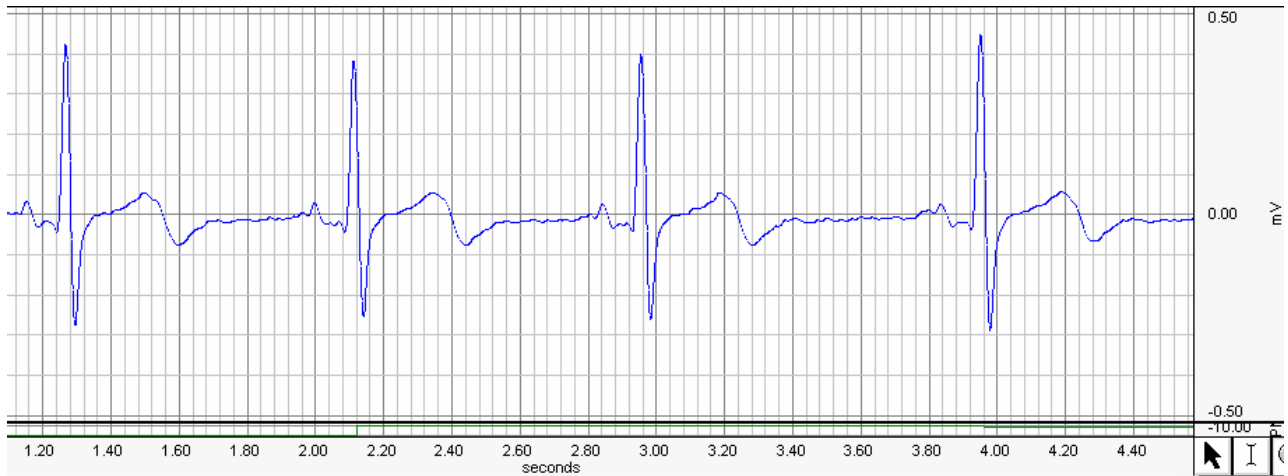
身高：175

體重：77

性別：男

A. 在 0~20 秒(Supine, Resting, Regular Breathing)，量測得到的 ECG 訊號如下：





Analysis:

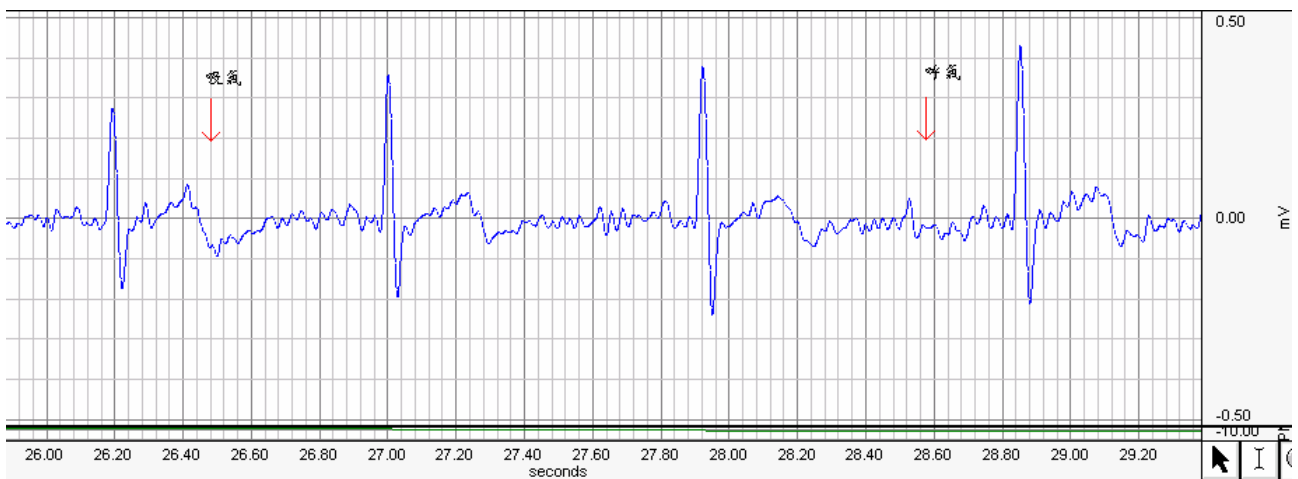
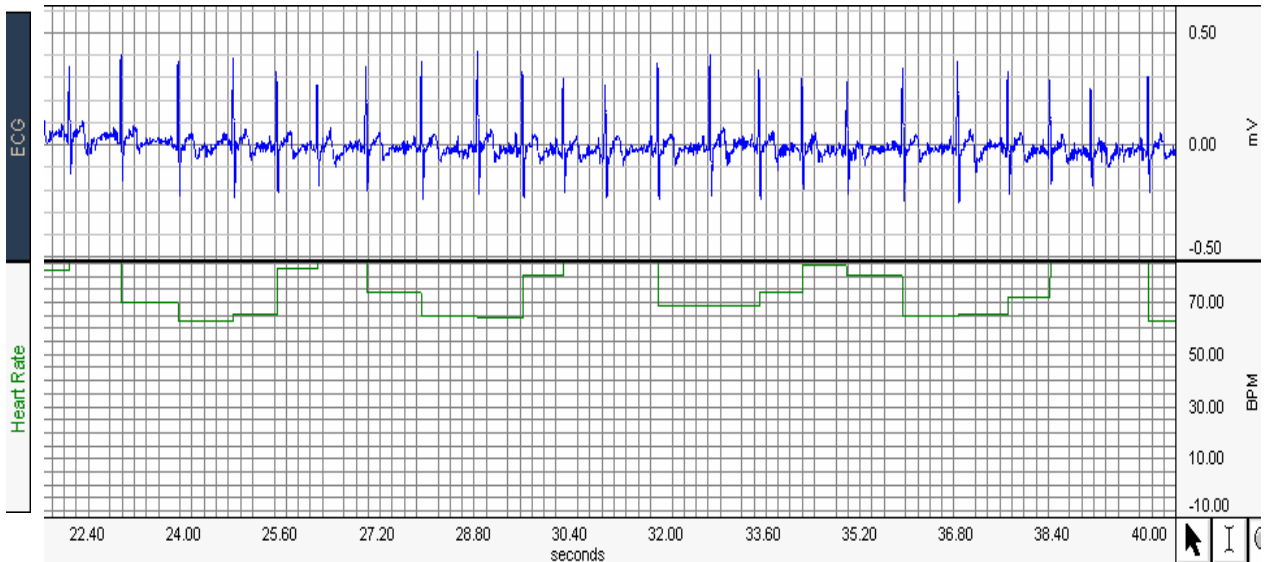
測量值	Channel	心動週期			平均值	範圍
		R peak: 0.33 s	R peak: 1.28 s	R peak: 2.12 s		
ΔT	CH2	0.931	0.841	0.843	0.871667	0.09
BPM	CH2	64.44683	71.34364	71.17438	68.98828	6.72755

ECG Component	Duration (s)			
	$\Delta T [CH2]$			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
<i>P wave</i>	0.087	0.092	0.083	0.087333
<i>PR interval</i>	0.162	0.11	0.133	0.135
<i>PR segment</i>	0.018	0.019	0.016	0.017667
<i>QRS complex</i>	0.097	0.097	0.1	0.098
<i>QT interval</i>	0.36	0.364	0.364	0.362667
<i>ST segment</i>	0.078	0.078	0.077	0.077667
<i>T wave</i>	0.167	0.156	0.168	0.163667

ECG Component	Amplitude (mV)			
	$\Delta [CH2]$			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
<i>P wave</i>	-0.00092	-0.00031	0	-0.00041
<i>PR interval</i>	-0.0354	-0.03566	-0.02106	-0.03071
<i>PR segment</i>	0.0177	0.00855	0.00641	0.010887
<i>QRS complex</i>	-0.0177	-0.0116	-0.0061	-0.0118
<i>QT interval</i>	-0.05035	-0.0531	-0.05585	-0.0531
<i>ST segment</i>	0.02	0.019	0.01801	0.019003
<i>T wave</i>	-0.0061	-0.00671	-0.00885	-0.00722

Ventricular Readings	CH2 ΔT			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
<i>QT</i> interval (corresponds to Ventricular Systole)	0.332	0.325	0.332	0.329667
End of <i>T</i> wave to subsequent <i>R</i> wave (corresponds to Ventricular Diastole)	0.623	0.538	0.532	0.564333

B. 在 20~40 秒(Seated, deep breathing), 量測得到的 ECG 訊號如下:

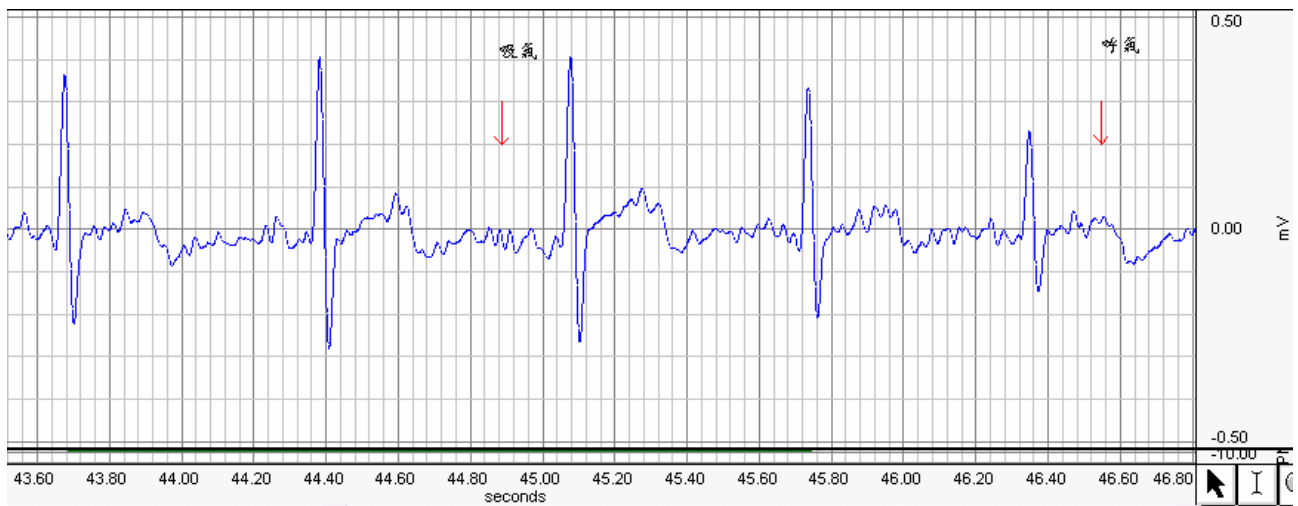
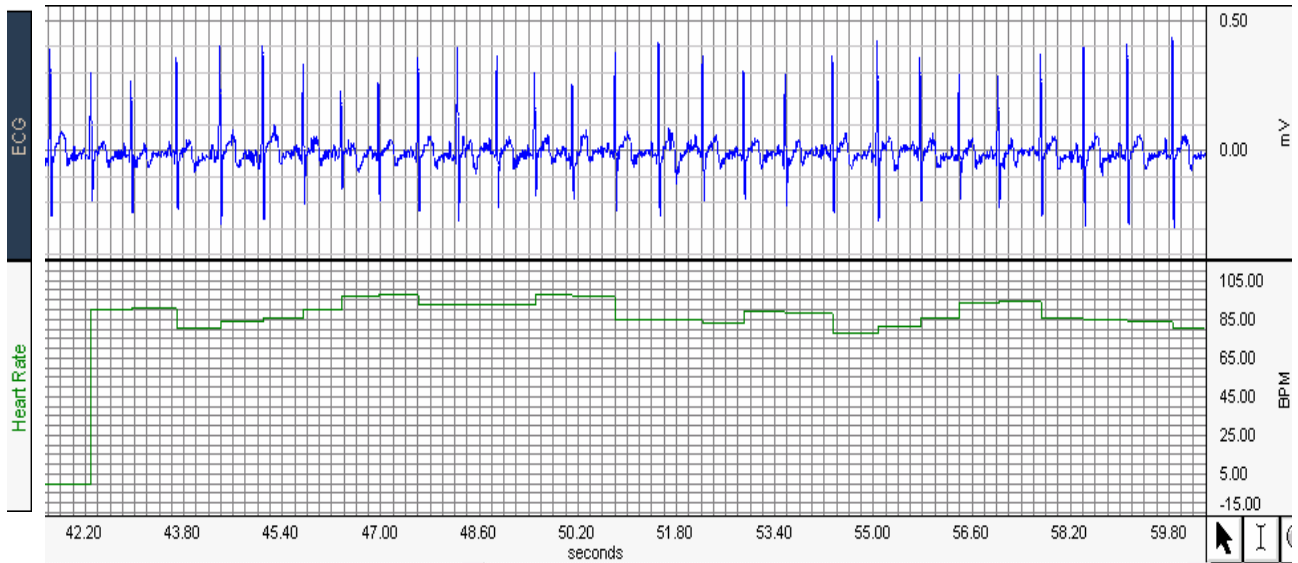


Analysis:

Inspiration	CH.#	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
ΔT	CH2	0.731	0.718	0.678	0.709
BPM	CH2	82.07934	83.56546	88.49558	84.71346

Expiration	CH.#	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
ΔT	CH2	0.949	0.926	0.872	0.915667
BPM	CH2	63.22445	64.79482	68.80734	65.60887

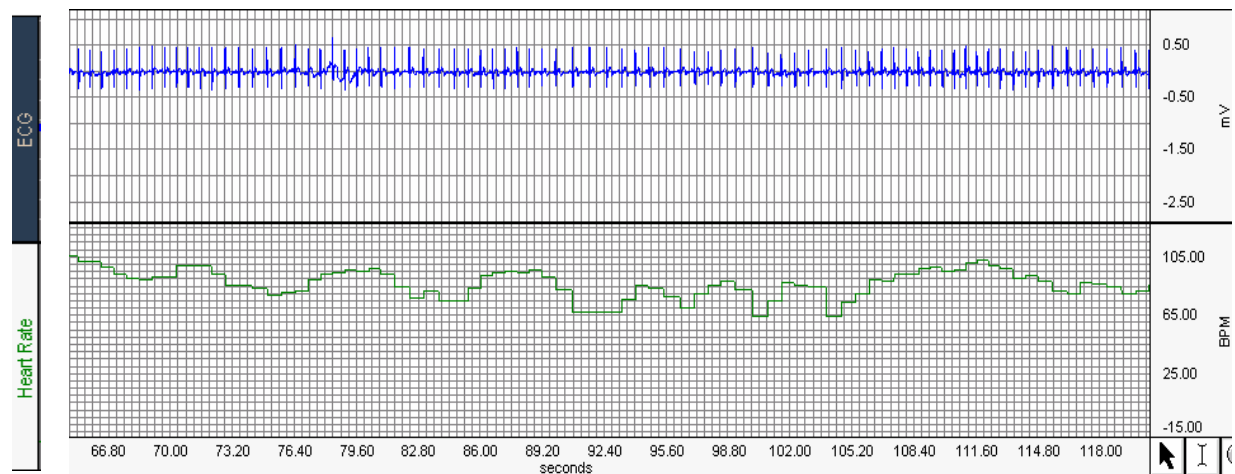
C. 在 40~60 秒(Sitting)，量測得到的 ECG 訊號如下：

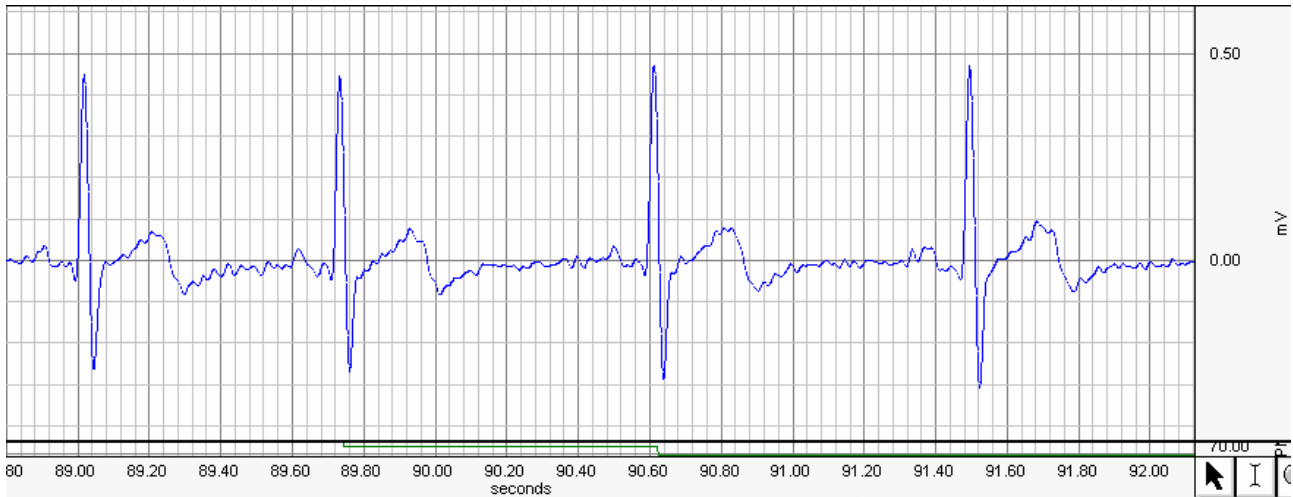


Analysis:

Heart Rate	CH.#	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
ΔT	CH2	0.665	0.704	0.662	0.677
BPM	CH2	90.22556	85.22727	90.63444	88.69576

D. 在 60~120 秒(After Exercise)，量測得到的 ECG 訊號如下：





Analysis:

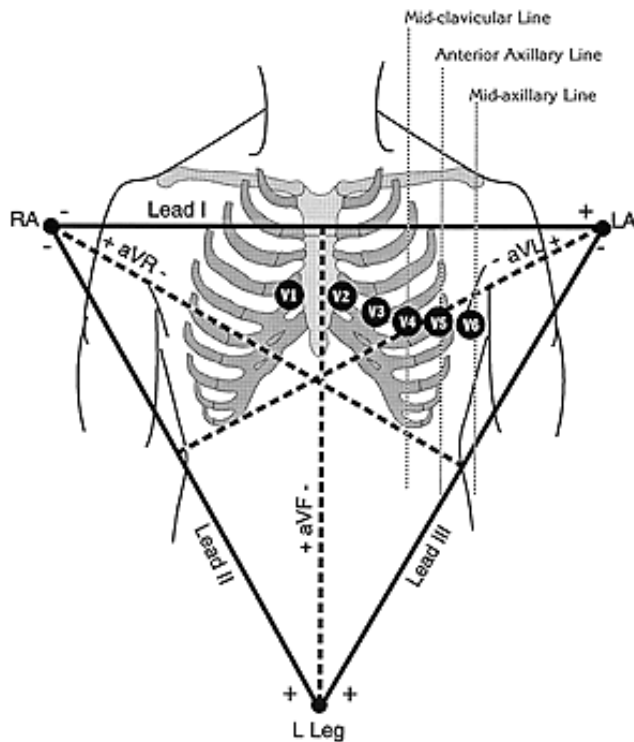
Ventricular Readings	CH2ΔT			
	Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
QT interval (corresponds to Ventricular Systole)	0.289	0.284	0.295	0.289333
End of T wave to subsequent R wave (corresponds to Ventricular Diastole)	0.312	0.334	0.333	0.326333

三、問題與討論：

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

Bipolar limb leads (frontal plane)	
Lead I	右手(-)、左手(+)
Lead II	右手(-)、左腳(+)
Lead III	左手(-)、右腳(+)
Augmented unipolar limb leads (frontal plane)	
Lead aVR	右手(+)、左手和左腳(-)
Lead aVL	左手(+)、右手和左腳(-)
Lead aVF	左腳(+)、右手和左手(-)
Unipolar (+) chest leads (horizontal plane)	
Leads V1, V2, V3	見下圖
Leads V4, V5, V6	見下圖

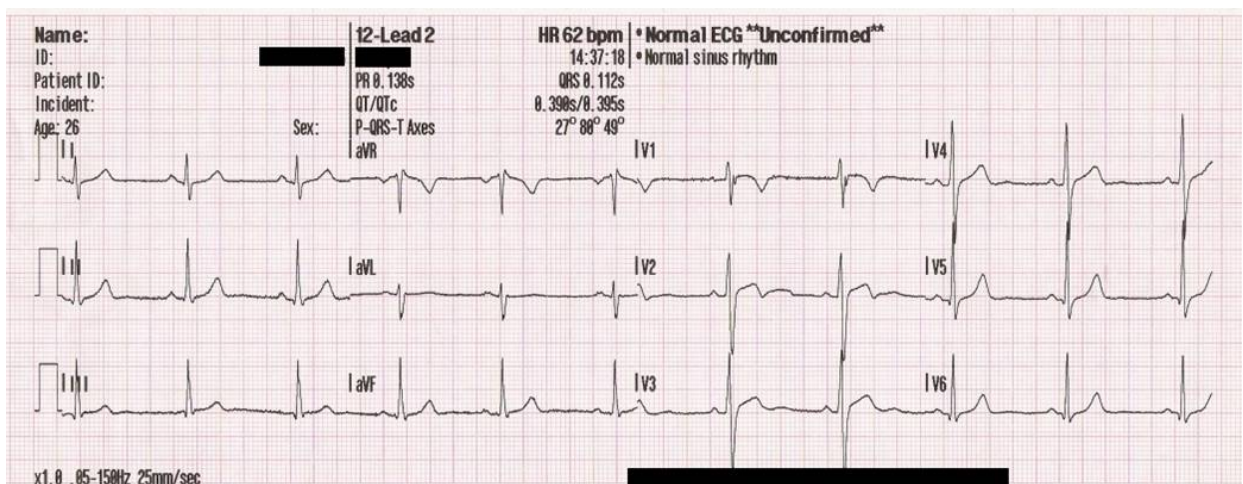
不同的肢導測量方式測量到的訊號也會不同，從下圖即可看出各種肢導測得 ECG 訊號的特性。在做實驗的過程中因為第二肢導的訊號測量不順利，因此把腳上的電極換到手上，變成了第一肢導。



LA : left arm

RA : right arm

圖中亦有標出 V1~V6 的電極位置



▲ 12 種肢導測量得到的 ECG。

2. 觀察你量到的 ECG 波形，請說明其跟心音、心室壓力的關係。

第一心音發生在心縮期，是其開始的標誌。音調低而時間長。這是由於血液衝擊血管，及產生的渦流，還有房室瓣的突然關閉引起的。第二心音發生在心室舒張期，音調高而時間短。是因為主動脈瓣膜與肺動脈瓣膜關閉而產生的。第三心音發生在快速充盈期末，低頻低振幅。它可能是由於心室快速充盈期末血流速度的改變，引起心壁和瓣膜的震動而造成的。第四心音又稱為心房音，它是由於心房收縮，心室主動充盈所引起的心壁和瓣膜震動引起的。

P 波對應到的是心房收縮此時心室壓力較小；*QRS* 是心室收縮，約在第一心音之前，此時血液被心臟打往主動脈，心室壓力最大；*T* 波則是心室舒張，血液由心房注入心室，心室壓力低。

PART B. ELECTROENCEPHALOGRAPHY EEG:

一、實驗量測步驟：

Set Up:

1. 將 SS2L 接到 MP35 的 CH1，打開電源。
2. 將三個電極接在頭皮上，確實接觸頭皮才能使量測的波形更精確。(可參考右圖)
3. 受測者雙眼闔上，靜靜休息 5 分鐘。
4. 選擇 Lesson 3(LO3-EEG-1)

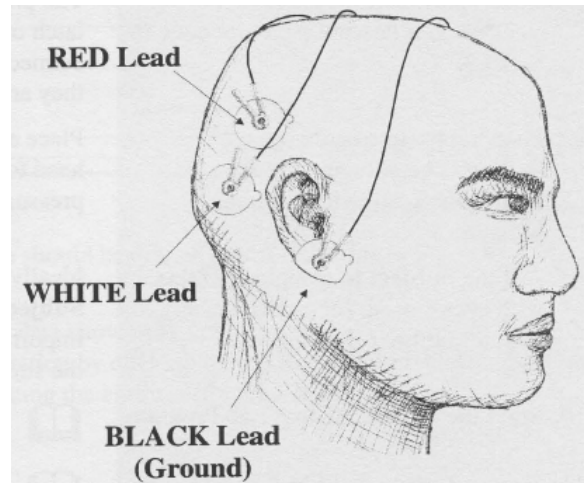
Calibration: 測試訊號是否正常。

圖形呈現近似一條 $0\mu V$ 的水平線

Recording:

- A. 一開始的 0~10 秒，受測者全身放鬆，雙眼閉上，不要亂想事情。
- B. 接下來指示受測者睜開眼睛，放鬆但儘量不要眨眼，記錄波形 10 秒。
- C. 受測者眼睛再閉上，同一開始的 10 秒階段，記錄波形 10 秒。
- D. 按下 frequency buttons，讓原波形自動依頻率分析成 alpha, beta, delta, theta 四種波形。

End of Recording...



二、實驗結果分析：

★ 受測者資料：

姓名：林王安

系級：台大電機系三年級

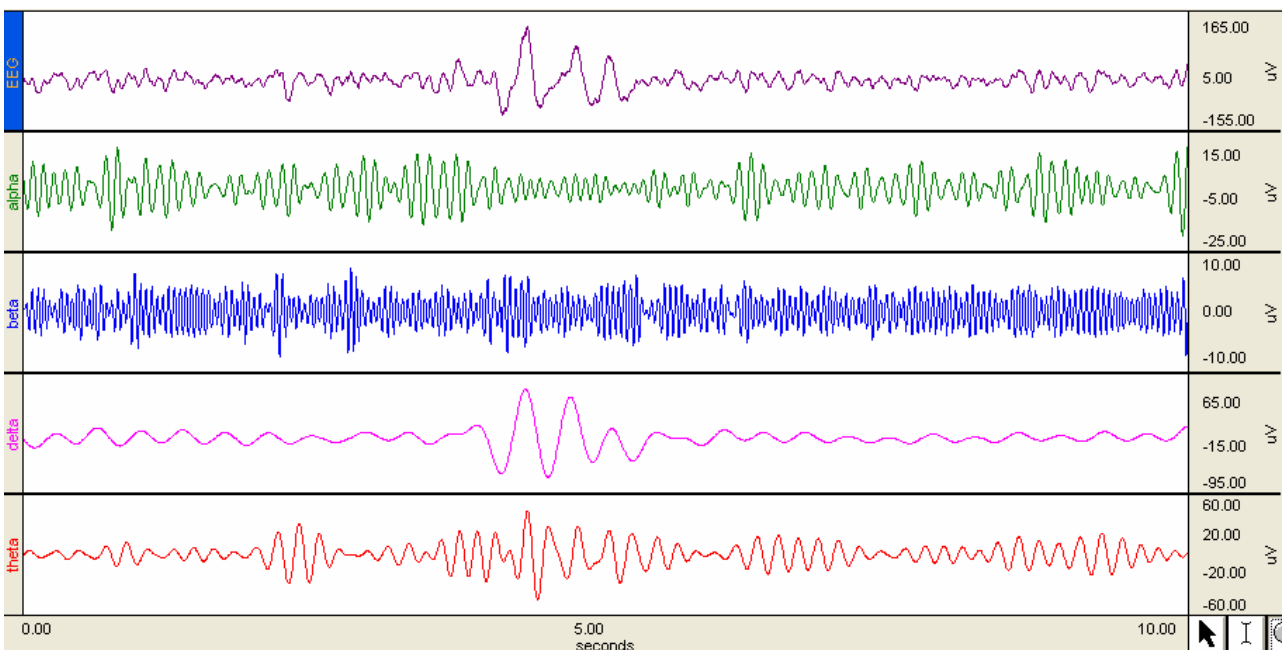
年齡：21

身高：175

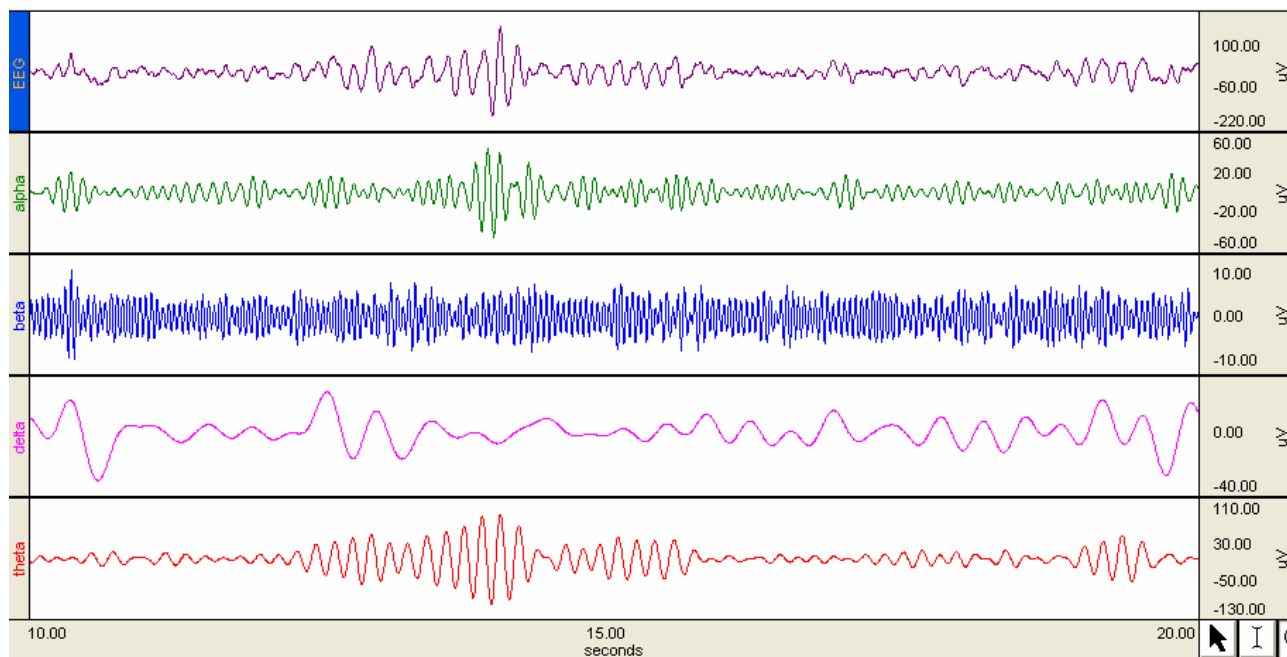
體重：77

性別：男

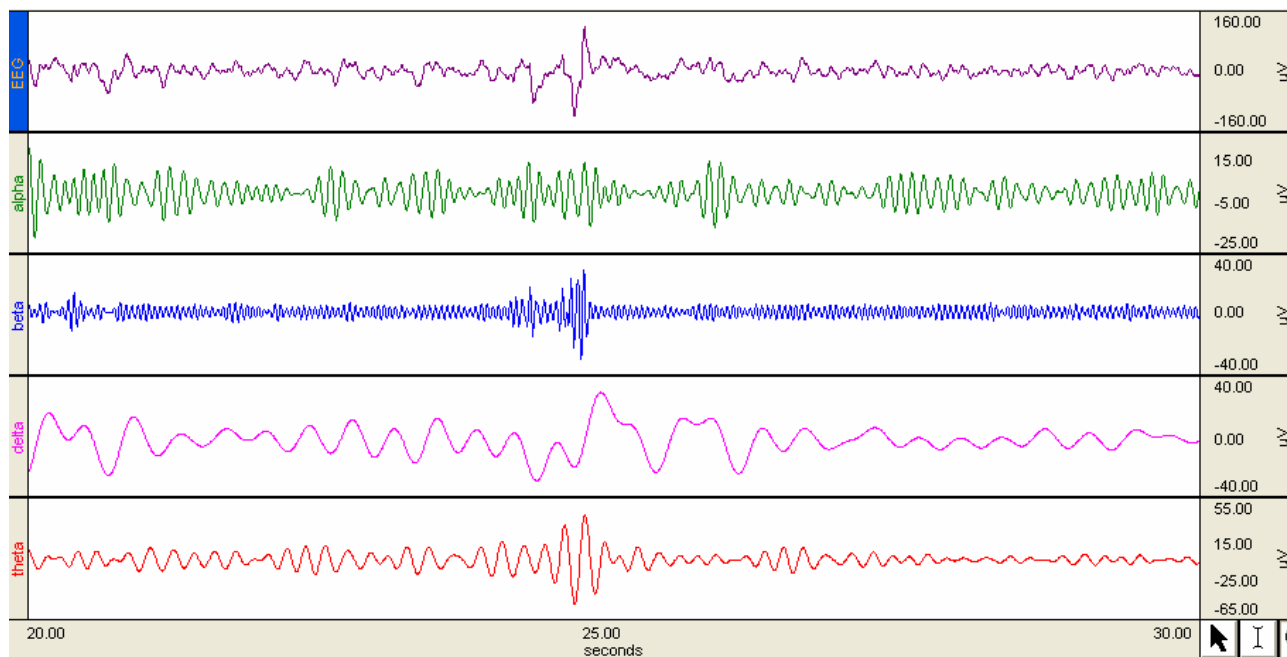
A. 0~10 秒，受測者雙眼閉上：



B. 10~20 秒，受測者雙眼睜開：



C. 20~30 秒，受測者雙眼再闔上：



Analysis:

(1). Amplitude Measurements:

Rhythm	Channel	標準差 [stddev]		
		雙眼閉上	雙眼睜開	雙眼再閉上
Alpha	CH2	3.405144 μV	1.735973 μV	2.325252 μV
Beta	CH3	3.571486 μV	2.698987 μV	2.92613 μV
Delta	CH4	8.142126 μV	10.12174 μV	18.21693 μV
Theta	CH5	1.950217 μV	1.808855 μV	2.067751 μV

(2). Frequency Measurements:

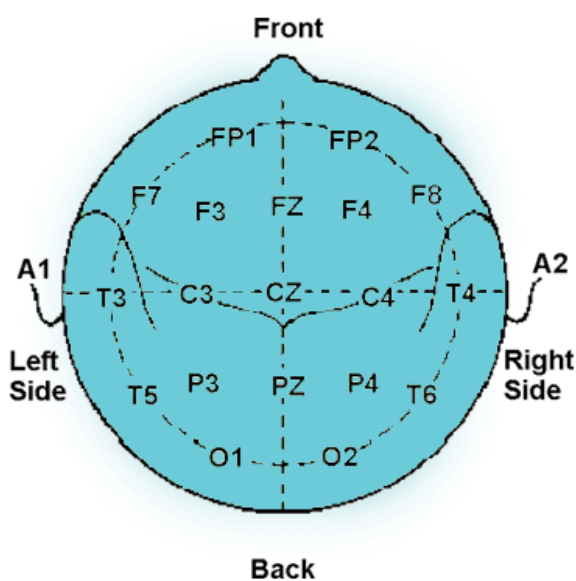
Rhythm	Channel	頻率 (Hz)			
		Cycle 1	Cycle 2	Cycle 3	Mean
Alpha	CH2	10.52632	9.52381	10	10.01671
Beta	CH3	22.22222	20	20	20.74074
Delta	CH4	1.680672	1.869159	2.083333	1.877721
Theta	CH5	5.263158	5.405405	5.882353	5.516972

三、問題與討論：

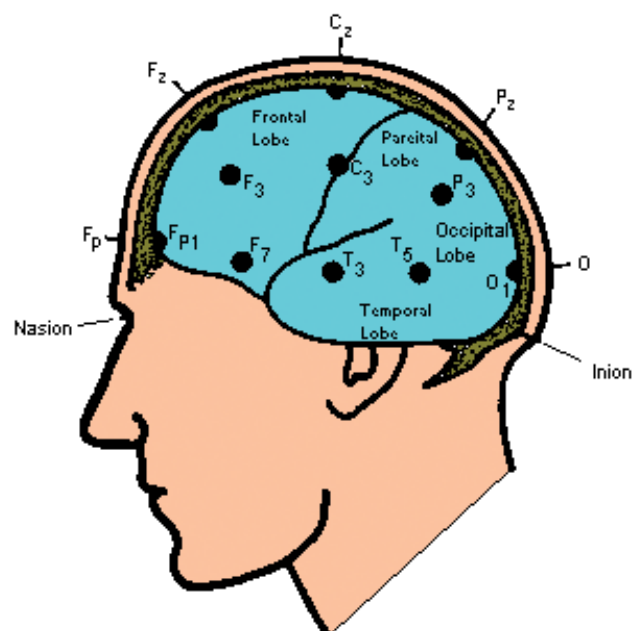
1. 在實驗中我們只簡單使用 bipolar method 的方式單獨測量腦部某一區域的 EEG，請問在一般 EEG 中，所使用的方法有什麼不同？

我們使用的電極數相對於一般 EEG 測量來說非常的少，在電腦顯影的技術(例如 MRI)之前，多半被採用的是 10-20 系統。這裡的 10 和 20 代表的是在兩相鄰的電極間距離只有頭顱前後(或左右)距離的 10% 或者 20%。電極的擺設是為了得到更多完整方向的訊號，以此更精確的重建出腦內的信號。一般是以 Nasion 作為參考點。

由下圖可知，我們實驗時是以耳垂作為參考點(接地)，另外將兩個電極接於 P4, T6 來量測訊號。我們所使用的 bipolar method，是量測兩組兩個電極之間的差值，再經過相同的放大器 recover 回腦中的訊號。這種方法量測的結果顯然困難，因為腦中的訊號本來就是 μV 級的，而要把訊號做 differential，之後產生出的訊號將更小。它的好處是，在刺激之下容易看出明顯的波形變化。另外有所謂 Common reference 和 Average reference 的方法。前者是取一個參考點，作為所有放大器的參考電極，再去量測其他電極與之相對電壓，跟 bipolar 方法有些相似，但比較複雜。後者則是將所有放大器的輸出做 average 的動作，出來的訊號會是所有放大器的 common reference。



▲ 10-20 system (Top-view, Wikipedia)



▲ 10-20 system (Profile-view, Wikipedia)

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？

一般的觀察腦部活動的方法，其時間解析力大概是 seconds/minutes 的等級，然而 EEG 的時間解析力是 sub-milliseconds。一般的測量方法主要是建立在血流或是新陳代謝等等可能會和腦中電訊號活動互相干擾的量測，因此在時間解析力就沒辦法和 EEG 一樣好。至於在空間解析力上，EEG 就相對的比較差。其主要原因有三個：第一是 EEG 量測儀器本身提供量取頭皮電場的 sample 相當粗糙，大致上由 10-20 系統的方法需要 21 個電極訊號。再者，大腦、脊髓、頭蓋骨以及頭皮幾何和導電的不協調會干擾破壞我們測量的電位訊號。第三個原因，也是更根本的原因，畢竟我們測到的訊號只是頭皮上的訊號，想要靠這樣的訊號分析腦波這樣由多個點發出的混合信號是不可能的，更遑論分析他們是從腦中的哪個部位發出。

PART C. ELECTROMYOGRAPHY EMG:

一、實驗量測步驟：

Set Up:

1. 將 SS2L 接到 MP35 的 CH3，打開電源。
2. 如右圖，將三個電極貼在慣用手(一般為右手)前臂上。
3. 在 Biopac Student Lab Program 中選擇 L01-EMG-1。

Calibration: 受測者用全力緊握拳頭，然後放開。測試訊號是否正常。

Recording:

- A. 重覆做四次「握拳→放鬆→停頓」的動作，而且每一次的力量都要比前一次大，第四次時(最後一次)，請發揮最大力氣握拳。
- B. 取下電極。
- C. 將電極接在另一隻手上，位置同之前的慣用手，重覆步驟 A。

End of Recording...

二、實驗結果分析：

★ 受測者資料：

姓名：林王安

身高：175

慣用手：右手

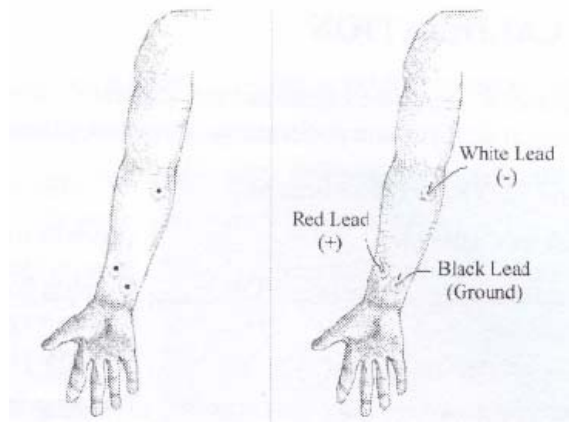
系級：台大電機系三年級

體重：77

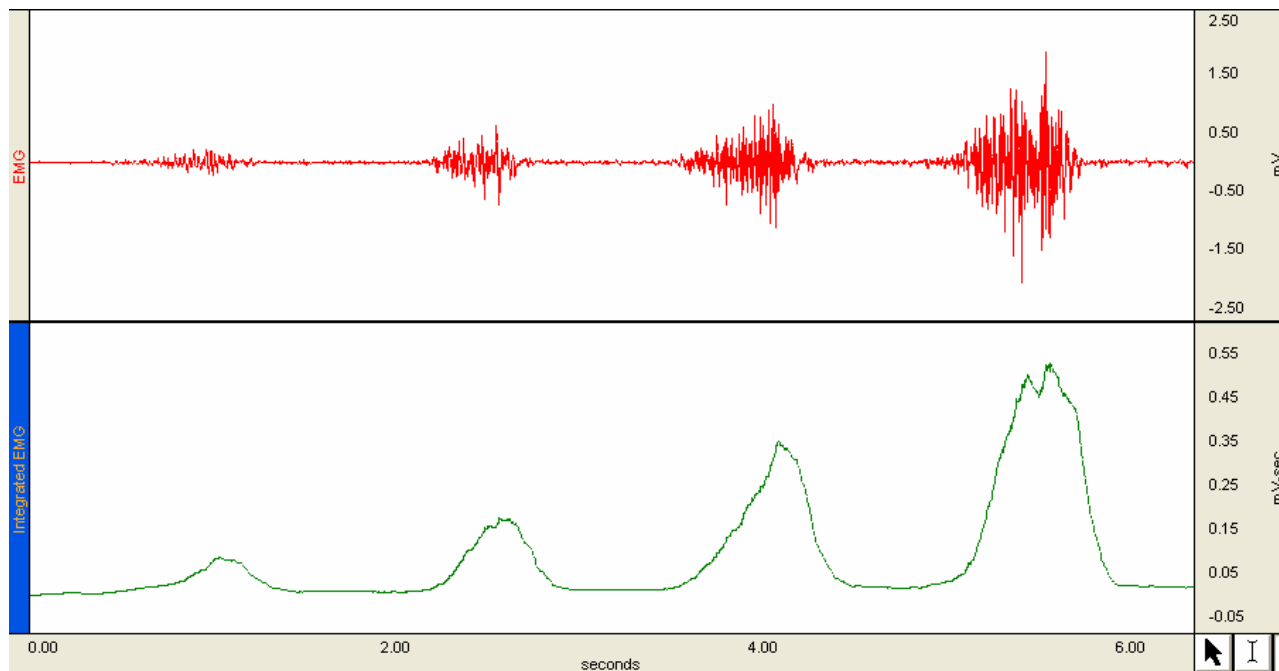
非慣用手：左手

年齡：21

性別：男



A. 慣用手(右手)握拳：

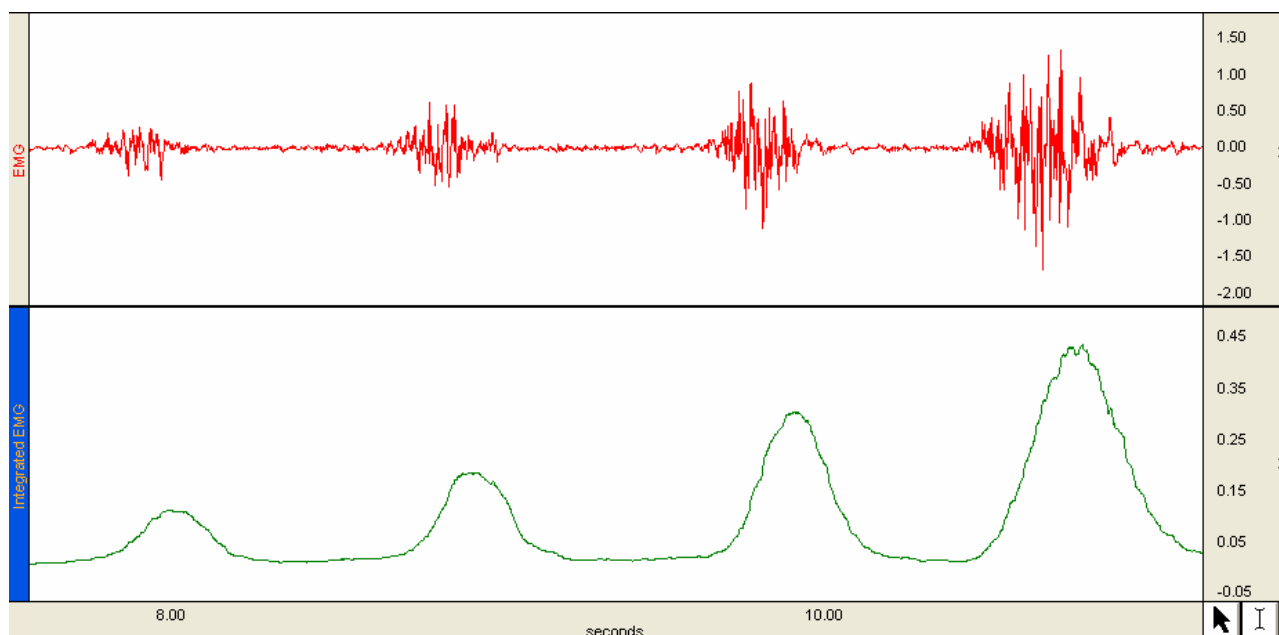


Analysis:

Cluster #	慣用手前臂			
	Min [3 min]	Max [3 min]	P-P [3 p-p]	Mean [40 mean]
1	-0.20996	0.22949	0.43945	0.03956
2	-0.71411	0.63843	1.35254	0.09375
3	-1.11877	0.99487	2.11365	0.16037
4	-2.052	1.92078	3.97278	0.27916

從上面的表格得知，最強和最弱的平均值的差，相對於最強的平均值為
 $(0.27916 - 0.03956) / 0.03956 \approx 6.0566 = 605.66\%$

B. 非慣用手(左手)握拳：



Analysis:

Cluster #	非慣用手前臂			
	Min [3 min]	Max [3 min]	P-P [3 p-p]	Mean [40 mean]
1	-0.43701	0.29297	0.72988	0.06134
2	-0.54077	0.62988	1.17065	0.08944
3	-1.10352	0.88989	1.99341	0.14212
4	-1.66565	1.33972	3.00537	0.22199

從上面的表格得知，最強和最弱的平均值的差，相對於最強的平均值為
 $(0.22199 - 0.06134) / 0.06134 \approx 2.61901 = 261.9\%$

(由於 MP35 後面的 MISC 無法正常運作，我們實驗中沒有辦法透過 BSL Lesson 來聽到聲音，因此這部份的測量並沒有數據分析。)

三、問題與討論：

1. 請說明 EMG 電極偵測到的信號來源為何？

當我們腦中想要肌肉收縮的時候，大腦必須藉由運動神經傳遞收縮的命令訊號給肌肉，這個訊號是以神經細胞的膜電位改變作為傳遞的模式，EMG 測量到的信號就是來自這樣的電壓改變。

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

所謂骨骼肌的彈性，意指平時骨骼肌在收縮放鬆的時候，都會有緩衝的空間，不會一次達到最大力量限度，而骨骼肌纖維平時就是保持部份收縮部份放鬆的狀態下。從實驗中的圖形可以得知，在每次出力再放鬆的時後，EMG 的波形有緩衝的上升，並非直接出現一個 **delta** 的 **peak**。而在放鬆的時後，就如同上升的時後一樣，最後回到原先靜止的平衡狀態。這其實就是骨骼肌自己的一種保護方式，藉由這樣的緩衝作用，我們的肌肉才能隨意伸展，收放自如。實驗中，即使肌肉沒有收縮的時候也會有一點電位震盪，但是這樣的震盪很小，不一定就是所謂的「骨骼肌彈性」。

問題與討論：

1. 怎樣證明量到的生理信號是正確的？請敘述你的驗證過程或者想法。

以 ECG 來說，主要就是和標準波形比較，並注意 *PQRST* 各波是否能夠被明顯辨認。EMG 的部份，雖然我們不大清楚正確的 EMG 波形到底應該是什麼樣子，但是肌肉收縮與放鬆之間可以看出電壓有相對應的明顯變化，幾乎就可以確定測量到的訊號是正確的 EMG。至於 EEG 則較難辨認，除了和範例波形比較或觀察頻率是不是在可接受範圍內以

外，只能觀察 α 波是否在眼睛睜開時有變小來驗測量到的波形(見補充資料)。

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）

EEG 是這次實驗中測量難度最高的生理電訊號。最顯而易見的原因就是 EEG 信號的電壓數值較小，而且是非常之小，造成 SNR 過低的問題。ECG 和 EMG 的電壓振幅大小都可以到達一個毫伏左右 (mV)，而 EEG 卻大多不會超過幾十個微伏 (μV)。

另外對於 EEG 的不了解也是較難測量的原因。以 ECG 來說，波形毫無疑問就是 *PQRST* 等等，相當容易分辨，正確與否用看的就一目了然；我們對 EMG 雖然也不算有什麼了解，但是受測者一使力就會出現訊號的特性也讓分辨訊號的工作變得相當輕鬆；至於 EEG 就令人不知如何是好了，由於不知道波形究竟該長什麼樣子，根本無從得知測量到的東西究竟是不是正確的 EEG。只能由範例波形與頻率分析大致上觀察得知是否正確。

補充資料：

(From: <http://www.crossroadsinstitute.org/eeg.html>)

1. <i>Alpha</i> 波	頻率 8~12Hz，由腦部白質發出，白質是腦中連結每個區域的部份。可以藉由閉眼或深呼吸等放鬆的動作讓 Alpha 波變強，思考或計算等行為則會讓 Alpha 波變小。
2. <i>Beta</i> 波	頻率 12Hz 以上的腦波，依頻率高低可分成三種： (1). 12~15Hz (通常稱為 SMR)，在做動作的時候會上升，身體靜止的時候會下降。 (2). 15~18Hz，和心理層面的動態較有關係，在警戒狀態下有較劇烈的表現，和注意力與智商皆有關。 (3). 18Hz 以上，也和心理狀態有關，在作計畫、思考數學邏輯時會有較大表現。和前一個頻段的差異是，激動的情緒只會影響 18Hz 以上的 Beta 波，而不影響 15~18Hz 的頻段。
3. <i>Delta</i> 波	頻率 0.1~3Hz，在不做任何動作，深沉、無夢的睡眠狀態會有表現。
4. <i>Theta</i> 波	頻率 4~8Hz，這個波段的大小和創造力、直覺等第六感有關，同時卻有無法專心注意力不集中的現象。

實驗心得感想：

從前自己沒有機會測量心電圖，更不用說肌肉收縮時的電位變化和以往只在小說中看到的腦波了。這次實驗讓我們有機會用電極親自測量自己身上的電訊號，我覺得是一個很有趣的嘗試。

對於 ECG 的部份，因為 ECG 的波形時常可以見到，少了些許新奇感，但是在作實驗的

同時卻也發現即使已經是使用一個完整的，專門設計的測量儀器，我們量到的訊號仍然不是十分理想，尤其和平滑的理論曲線相比較時，崎嶇不平的實驗結果讓我懷疑自己的心臟是不是有不規則的顫抖。系上鍾孝文教授的專題研究內容就是要專題生拿最基本的電阻電容等電路元件組合出一個可以量到自身 ECG 的放大電路，據說難度不小。這層工作我們已經省略了，所以可以輕鬆測量出和真實心電圖相似的波形，但是測量的方式也是一門深奧的理論吧，往後有機會再繼續深究其原理方法以及會遇到困難，想必又會是一次有趣的學習歷程。

原本我以為，測量 ECG 想必是在心臟附近連接電極，才有可能在電壓迅速衰減前擷取到需要的數字，沒想到在四肢的末端測量也能得到這麼好的效果。在空間中傳播的電訊號是以和距離平方成反比的關係衰減，既然在四肢末端也測量的到，可見竇房結發出的訊號有衰減率較小的途徑可以在人的身體裡傳播，這又是一個有趣而值得討論的議題。

測量 EMG 的時候，我是受測者。我的左右手電位最大值相差很多，量完右手(慣用手)的 EMG 波之後換測左手，卻發現方才右手雖然沒有使上全力，但是左手不論怎麼用力還是無法達到右手的水準。去問問別組的數字，有人說他慣用手的電位較小，恰恰跟我相反。我們組員討論很久，覺得哪隻手有力因人而異，慣用手不一定就是較強壯的一邊，而若肌肉強度和 EMG 訊號為正比關係，那就代表是否為慣用手不能直接推論其 EMG 最大值的大小，慣用手在 EMG 上的差別主要在於敏捷度，這樣的推論應是合理的。

高中上生物課知道神經如何利用離子造成電位傳導訊息，但是卻沒想過在皮膚上竟然能量到這樣的訊號。從實驗結果的波型上來看，會發現圖形震盪極為劇烈，可知電位變化相當的快速，這樣是否可以說「體內有個很大的等效電容」？或是這樣的震盪也有一部分的原因是多根神經束的電訊號彼此干擾 crosstalk 的結果？！或許可以繼續去找答案吧。

至於每個人都完全不了解的 EEG，倒是充滿新鮮感，這次實驗算是我們對腦波第一次接觸吧。以往對大腦的了解就相當粗淺，只知道他是由無數神經細胞集結組合而成的神祕的深奧的且功能相當複雜的系統，也依稀知道腦內的神經細胞就像我們所較為熟知積體電路一樣，每個單元(神經細胞)透過電訊號彼此聯繫以維持如此複雜系統的運作。至於對腦波的接觸就真的只有科幻小說了吧，現在得知對於人類對腦波已經能做一些粗淺的分析，甚至可以藉此得知人的一些簡單想法，實在是太神奇了。

測量到的腦波很小，而且它真的是亂跳，看不出任何規則的震盪。直到用現有儀器分離出 Alpha、Beta 等特殊頻段的波才稍稍可以看出端倪。我們查到資料告訴我們，Alpha、Beta 等波是依據頻率分類的，他們又對應到不同的心理狀態或訊息。這麼說來，腦中不同心理狀態的資訊是以不同的頻率來表示嗎？已可以猜測，腦中的某些資訊是可以利用頻率分析找出來？這些疑問在心理叢生，也許他們現在都還沒有答案，想必也是人類接下來會去探討的議題。

我們是最基本兩個電極的方式測量腦波，當然不可能應付複雜如大腦這樣的系統，有耳聞同學頭痛去醫院檢查，醫生就是看 EEG 來做診斷，只是醫院使用的是多電極的測量系統可以稍稍解決 EEG 空間解析度上的不足。在查閱資料的時候得知，現今的 EEG 會與 fMRI 搭配使用相輔相成，在時間空間上都達到更加的解析度。

這個實驗相當有趣，在寫報告查閱資料的同時也增加了很多知識，尤其對腦波這個神祕的訊號也有了最初步的了解，真的是受益良多。雖然量到的波形都不是太漂亮，看到很多奇怪的東西應該都是 Noise，由較明顯的生理訊號做分析判斷也是一件困難的事，卻同時讓我們學習到不少。而 MP35 的 MISC 無法輸出聲音到麥克風，使我們 EMG 後段聽肌肉收縮的波形

變化實驗部份沒辦法完成，有些遺憾。實驗進行算滿順利的，波形大致上有如同預期，就第一次做生醫實驗的我們來說，是一個很好的回憶與練習經驗。

Reference :

1. http://library.med.utah.edu/kw/ecg/ecg_outline/Lesson1/index.html
2. http://scsnl.stanford.edu/projects_eeg.htm
3. <http://ieeexplore.ieee.org/iel5/9639/30463/01404226.pdf?arnumber=1404226>
4. <http://www.psych.auckland.ac.nz/Psych/research/EEGLab/AboutEEG.htm>
5. <http://www.crossroadsinstitute.org/eeg.html>
6. <http://www.wikipedia.org/>
7. <http://ultrasound.ee.ntu.edu.tw/belab/index.htm>