

實驗一 生理電信號測量

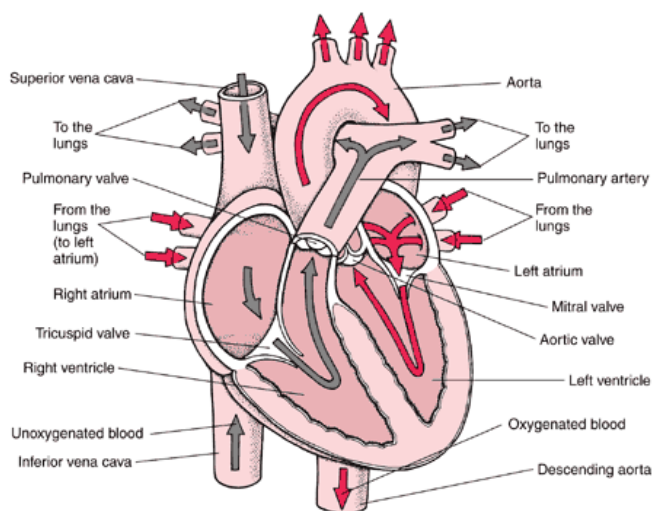
簡介

常見的生理電信號有心電圖、腦電圖、肌電圖等幾種，不論其頻譜分布、信號的強度，彼此之間都大不相同。我們通常可以很容易的從顯示出來的波形分辨其差異，但也由於信號之間的差異很大，因此在進行信號量測時，本身儀器的設計就會變得很重要，例如：濾波器的頻寬以及放大倍率等，為處理不同的生理信號，這些參數的設定就變得相當重要，而在量測這些信號之前，對於這些信號特性的了解也是必須的。本實驗中我們希望藉由幾種生理電信號的測量，以對於這樣的信號有初步的了解，基於這樣的基礎，於實驗二中我們希望各組能夠設計出電路來量測其中一種生理信號，進而發展其相關的應用。

原理

心電圖(ECG)

心臟輸送血液主要包含兩種路徑：體循環(systemic circuit)與肺循環(pulmonary circuit)。心臟具有一種特殊的細胞(SA node)會週期性的進行去極化(depolarization)與復極化(repolarization)的過程，而這樣的信號會藉由特殊的傳遞路徑¹傳到心室的肌肉。

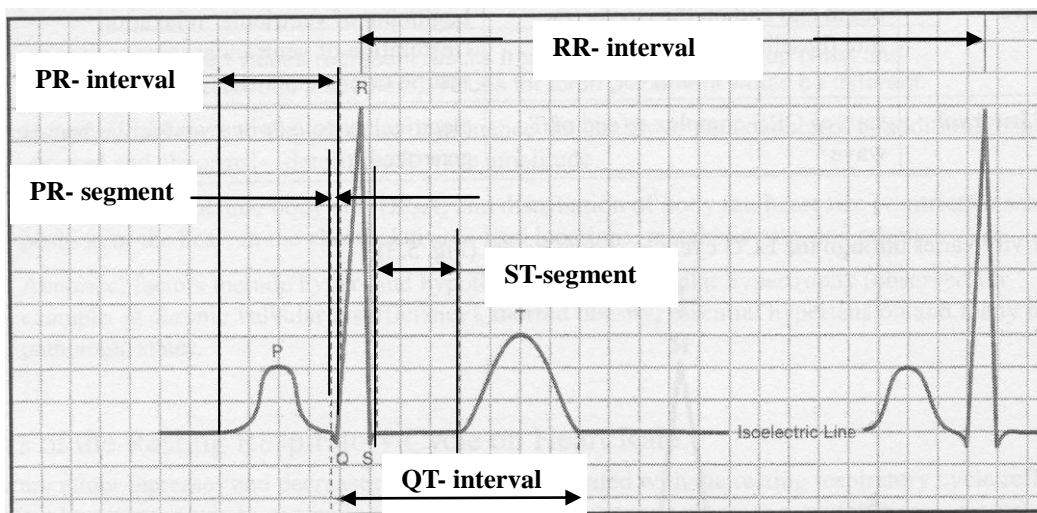


SA node 在心臟中扮演 pacemaker 的角色，以初始每個電與搏動的週期，當 SA node 去極化時，這樣的電信號傳遞出去時會導致心肌的收縮，而在此之後才進行復極化的動作。大約當心房收縮 0.2 秒後，AV node 的信號會激發，然後藉由一連串的路徑傳遞到心室。Purkinje fibers 會直接將電刺激傳遞到心室肌肉而使其收縮。SA node 的復極化也是藉由這樣的路徑進行。

心電圖是一種 pacemaker 產生的電活動在心肌間傳遞的情況，我們可以視為是

¹ This conducting pathway was from SA node through 2 pathways: 1) internodal pathways and 2) atrial fibers: through AV node, the bundle of His, the right/ left bundle branches, and Purkinje fibers.

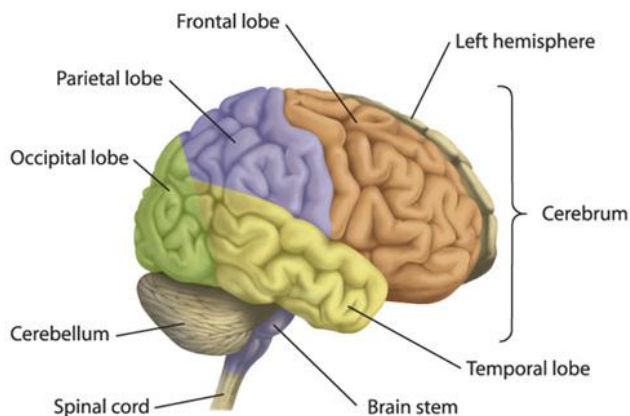
去極化與復極化造成的總和效應。只要將電極貼在身體上就可以偵測這樣的電信號。ECG 的幾個單元有 P wave、QRS complex 以及 T wave(見下圖)：P wave 來源主要是心房肌肉的去極化；QRS complex 是心室去極化以及心室肌肉開始收縮所造成的；T wave 的成因是心室的復極化；P-R interval 的時間大約是 SA node 開始激發傳遞到心室的時間。



由於 ECG 反應心臟的電活動，因此對於描述心臟的活動來說是很有用的圖像。假如在電信號的產生或傳導過程有中斷的現象，ECG 的波形就會受到改變，而這些改變對於診斷上來說都是有用的資訊。一般量測 ECG 時常利用第二肢導 (Lead II)，也就是將正電極放在左側腳踝，負電極放在右側手腕以及接地端電極放在右側腳踝，當然使用不同的肢導進行量測會得到不同的 ECG 波形。

腦電圖(EEG)

大腦是由顱骨所包圍著的重要器官，而在腦中最大的部分是腦皮質(cerebral cortex)區。腦皮質區主要由許多神經細胞(neurons)所組成，而彼此之間會由於功能性的關係而與腦部的相關區域產生連結。腦中的電活動(electrical activity)由於神經元無時無刻的接收或傳送而總是存在，即使在睡眠時，這樣的電活動也沒有停止過。在一般的看法中認為：若是腦部沒有電信號的活動產生就代表死亡。



腦皮質區的功能包括思考、控制骨骼肌等，另外包括辨別視覺、聽覺、觸覺等感官的刺激，不同的區域各司不同的功能，可能是接收刺激，也有可能是產生刺激。由於腦皮質區在顱骨下方，而電極會貼在頭皮上，因此我們可以藉由將電極貼在不同的區域去觀察不同腦部區域的電活動，進而找出對應於某些刺激相關的腦部活動區。而這種利用電極紀錄腦部電活動的方式就稱為腦電圖(EEG, electroencephalogram)。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，但是時間上的解析度卻是相當不錯的。

一般 EEG 會分為 alpha、beta、delta 跟 theta 四種 rhythm，這些 rhythm 是由頻率與振幅來作區分的，通常在頭皮所紀錄到的腦電信號振幅大約在 μV 等級。

Rhythm	Typical frequency (Hz)	Typical Amplitude (μV)
Alpha	8-13	20-200
Beta	13-30	5-10
delta	1-5	20-200
theta	4-8	10

一般說來，在成人中，alpha rhythm 會在清醒時但是眼睛閉著、全身放鬆時出現，雖然說在腦部的每個區域都會出現 alpha 波，但是主要振幅最強的位置是在 occipital lobe 跟 parietal lobe 上。從過去的研究會大概發現：女性的平均 alpha 波頻率會比男性高，alpha 波的振幅跟個體對於 mental tasks 的專注力有關。通常當受試個體的眼睛睜開後，alpha 波也會逐漸減弱。Beta 波在個體受到警覺會對於外界刺激注意時會產生，另外在 REM (rapid eye movement) 睡眠期 beta 波也會產生。Delta 跟 theta 波是 EEG 中頻率較低的成分，在成人睡眠時會逐漸增強，當人要從淺眠進入深眠期(REM 睡眠之前)，alpha 波會逐漸減弱而取而代之的是 theta 而後是 delta 波。

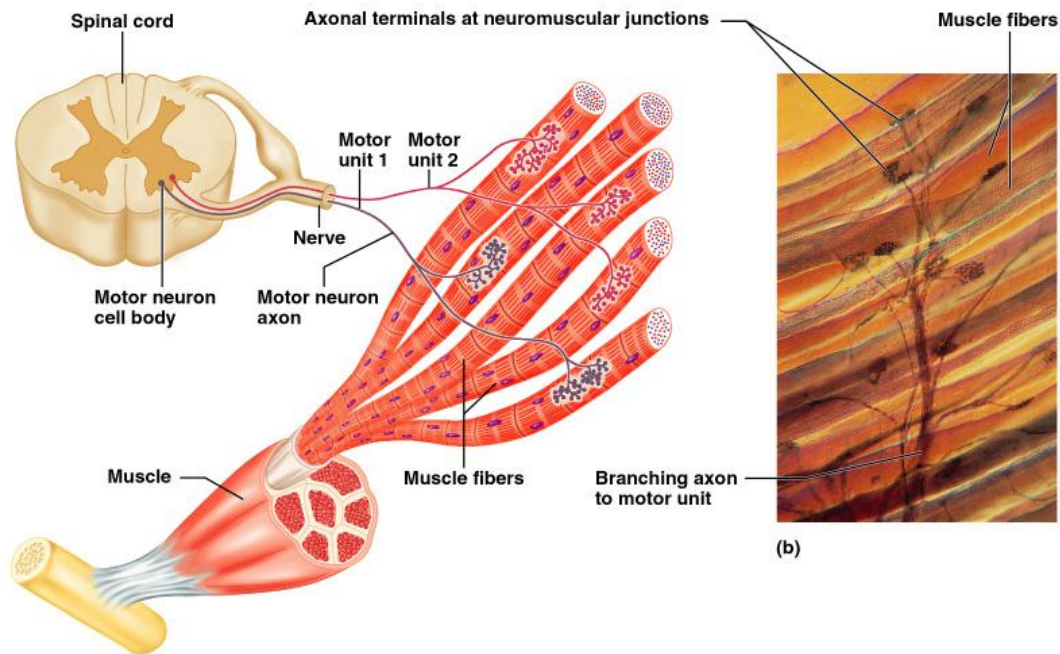
電極的位置會根據放在腦部的哪個區域作命名，在雙極法(bipolar method)中，EEG 是利用一對電極進行量測。這對電極量測腦部兩點間的電壓差，而第三個電極會放在耳垂附近當作參考電壓(ground)。

肌電圖(EMG)

人體的肌肉分成三種：心肌(cardiac muscle)、骨骼肌(skeletal muscle)與平滑肌(smooth muscle)。心肌只出現在心臟中，當其收縮時會帶動血液的循環，將養分帶到身體的各部分細胞並移除廢物；平滑肌主要位於中空臟器的表壁，例如腸道、血管等，當平滑肌進行收縮時會改變臟器內半徑的大小，以調節經過這些管道的物質的量，例如控制血壓或血流量，抑或是控制呼吸時氣體的流量；而骨骼肌進行收縮時會跟鄰近的骨骼肌產生連帶的反應，主要是去調節身體的動作或行為以適應環境的變化或達成某些目的，例如走路或游泳等。

人體的骨骼肌是由許多肌纖維(fibers)所組成的，由於運動神經的刺激會使得骨骼肌進行收縮的動作，運動神經會將這樣的神經衝動從腦部或者脊椎神經送出到

骨骼肌，接著會藉由軸突(axons)帶離脊椎，傳送到周圍神經中再去刺激適當的骨骼肌，這些神經在抵達肌肉時會產生分支以便支配數個肌纖維。雖然說一個運動神經元可以支配數個肌纖維，但是一個肌纖維只受到一個運動神經元支配，這樣一個運動神經元搭配其控制的所有肌纖維的組合，我們就稱為 motor unit。



在生理上，肌肉收縮的強度跟參與的運動單元數以及對每個運動單元運動神經的刺激頻率有關。當一個運動單元被活化時，這些肌肉纖維會產生並且開始電信號的傳導，進而造成肌纖維的收縮。雖然這樣的電信號是相當微弱的($<100\mu\text{V}$)，但是當很多纖維同時傳導時，其電壓就會夠大，則在體表貼上電極就會觀察到兩端的電位差，這樣去紀錄由於肌肉收縮所產生的電位變化即稱為肌電圖。

實驗目的

在 ECG 的實驗中，我們希望藉此能夠去熟悉 ECG 的波形並且了解這項工具在觀測心臟電信號的重要性；另外也要了解心臟 electrical events 跟 mechanical events 的相關性。除此之外，還要觀察心搏率的改變跟量測時身體的位置跟呼吸適否有關。

EEG 的實驗中需要去紀錄一個清醒的人在休息的狀態中的 EEG，比較開眼與閉眼的時期會有什麼不同，另外去決定並檢驗實驗量測出來的 alpha 等四種波是否正確。

EMG 主要希望能藉由紀錄 tonus 這現象以了解 resting state 的骨骼肌活動，另外去紀錄左右手的肌握力(clench strength)極大值，並觀察是否有什麼不同。

實驗器材

1. BIOPAC electrode lead set (SS2L)

2. BIOPAC disposable vinyl electrodes (EL503), 3 electrodes per subject (in ECG and EEG), 6 electrodes per subject (in EMG)
3. Computer system
4. BIOPAC student Lab 3.7 for PC running Windows

實驗注意事項

1. Calibration：進行校正前必須先選定好預定量測的信號的檔位(這些不同的檔位有不同的放大倍率與不同的濾波器頻寬，請特別注意選擇正確的檔位使用)。進行校正時，實驗受試者必須盡量保持放鬆的狀態。
2. 請注意貼電極時的正端、負端以及接地端的位置，尤其在測量 ECG 時特別注意所要觀察的波形是由第二肢導量測出來的。
3. 各組選定欲測量的信號後，分別安排不同的時間自行到實驗室完成實驗(由於機器只有一台，故必須錯開各組之使用時間)。
4. 實驗紀錄可參考網頁上的格式進行紀錄。請注意：本次實驗的量測信號也同時決定各組接下來的實驗是根據該信號進行電路設計，亦即本實驗選擇量測 ECG，則實驗二就是設計 ECG 的量測電路。
5. 詳細的實驗操作步驟請參閱補充教材。

問題與討論

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。
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)

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？
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。

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？
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？

EMG 部分

1. 請說明 EMG 電極偵測到的信號來源為何？
2. 什麼是"skeletal muscle tonus"？你從實驗中觀察到什麼現象？