

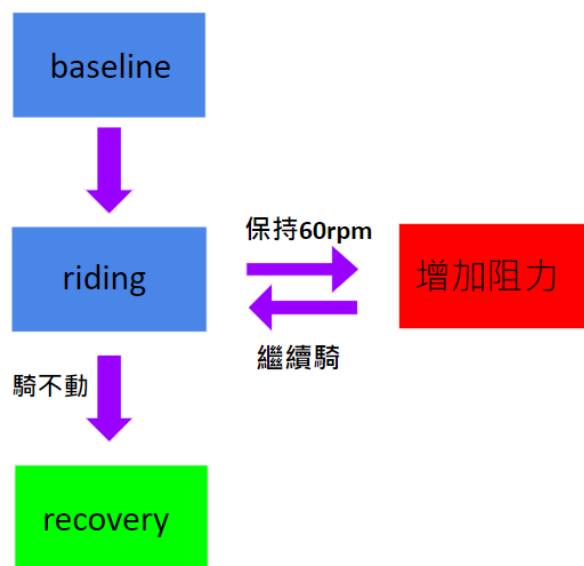
增量實驗

111550088 張育維

111550176 陳湛宇

壹、關於增量實驗

增量實驗是為了讓運動員能夠了解自己身體的極限，避免在訓練或是競賽的過程中遇到精疲力盡的情況，以降低對身體造成損害的風險。以下是這個實驗的大致流程圖。



貳、參數代表之生理意義

一、HR (心率)：心臟跳動的頻率。

二、SV (心搏量)：每次心臟輸出的血量。

三、CO (心輸出量)：

單位時間內心臟輸出的血量，受心臟調節控制。可由 $HR \times SV$ 獲得。

四、LF(低頻範圍的正常心跳間期的變異數)：

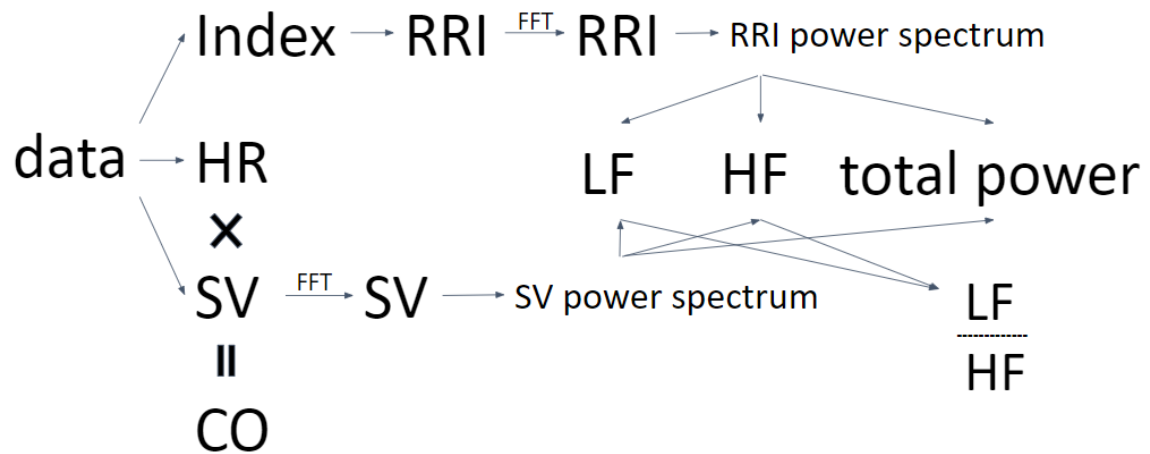
0.04~0.15Hz，通常受交感神經調節，但也和副交感神經有關。

五、HF(高頻範圍的正常心跳間期的變異數)：

0.15~0.4Hz，主要受副交感神經調節。

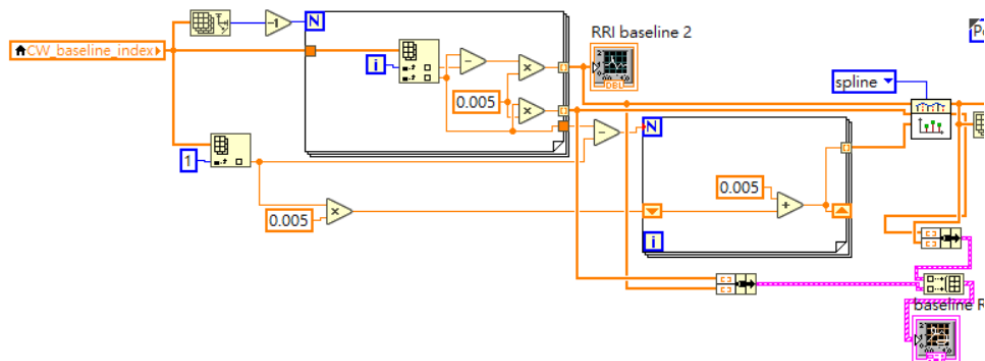
六、LF/HF：交感和副交感神經的相對活躍程度，可以作為緊張的程度的指標。

參、系統架構與數據處理之流程圖

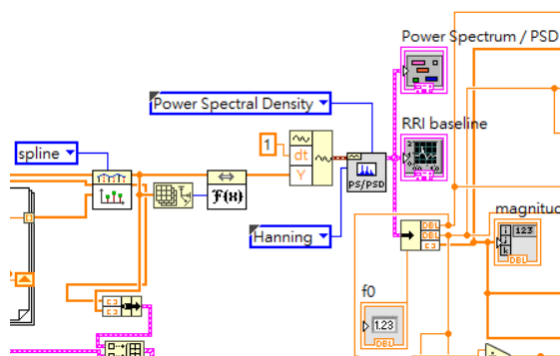


肆、訊號分析方法

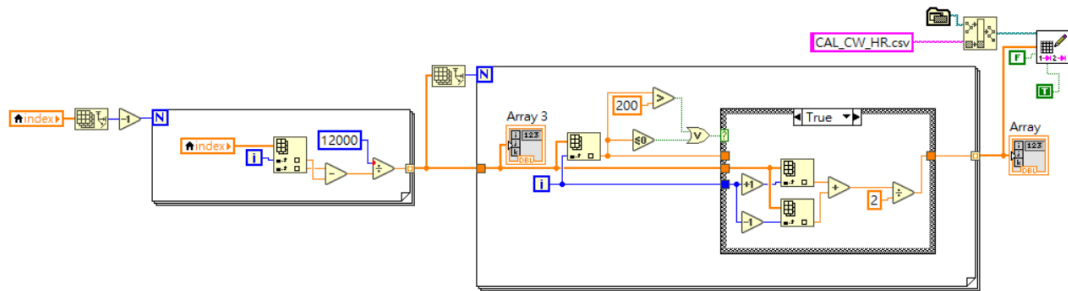
- 一、以 $RRI[n] = (Index[n + 1] - Index[n]) / 200$ 計算 RRI 並作內插。
利用助教給的內插法製作，求出 RRI 後，每 0.005 秒做一次內插。



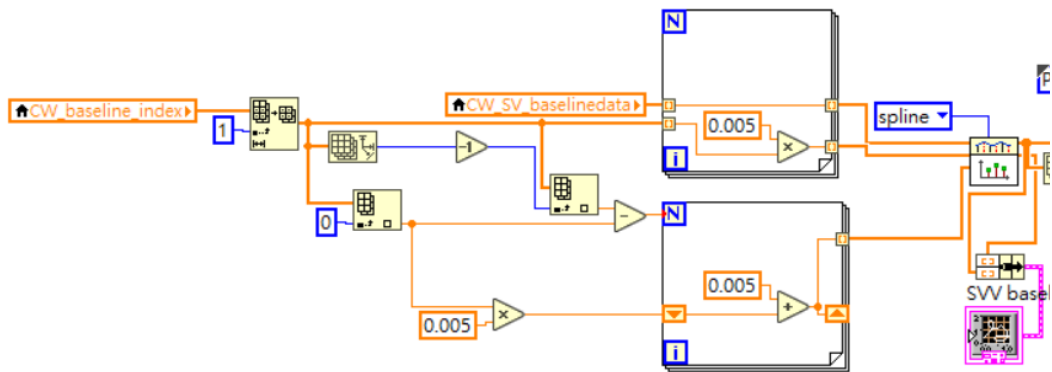
- 二、再以 Fast Fourier Transform 分析：
使用 Labview 內建的 vi 製作，再用 FFT power spectrum 的 vi 轉換後用圖片釋出。



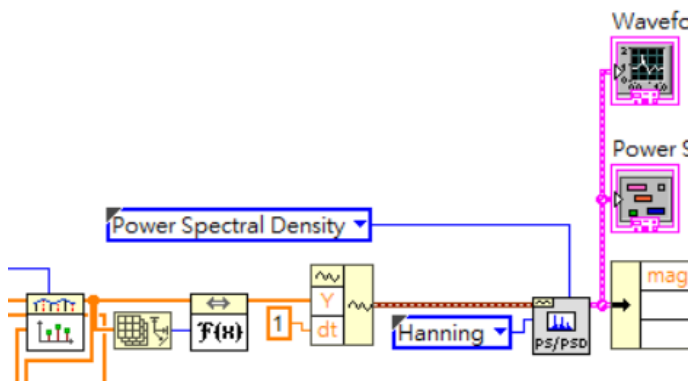
三、以 $HR[n] = 60 \times 200 / (\text{Index}[n+1] - \text{Index}[n]) = 60 / \text{RRI}[n]$ 自己計算 $HR[n]$ ，輸出成.csv 檔，並與 data 中的 HR 做比較。後面的 for loop 是如果訊號大於 200，就讓它做前項和後項的平均，整合一下資料。



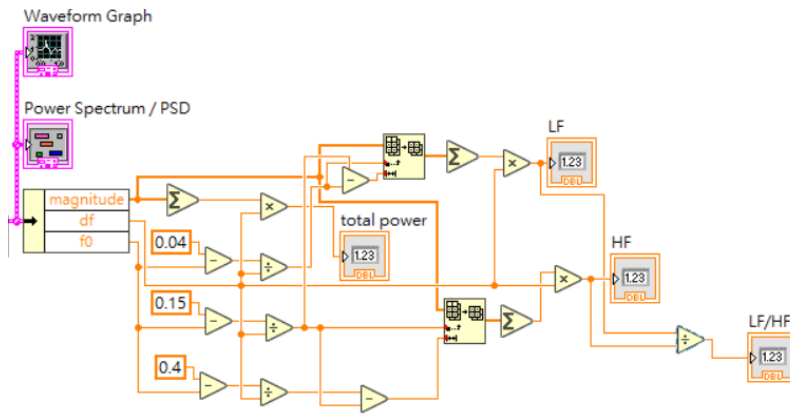
四、SV 的數據經內插轉為對時間的關係。這邊的內插跟上面大同小異，只是因為要轉成與時間相關的數據，因此需要用到 index 做搭配。



五、再以 Fast Fourier Transform 分析 SV。這裡和做 RRI 的基本一致，也是利用 Labview 內建的 vi 做 FFT。



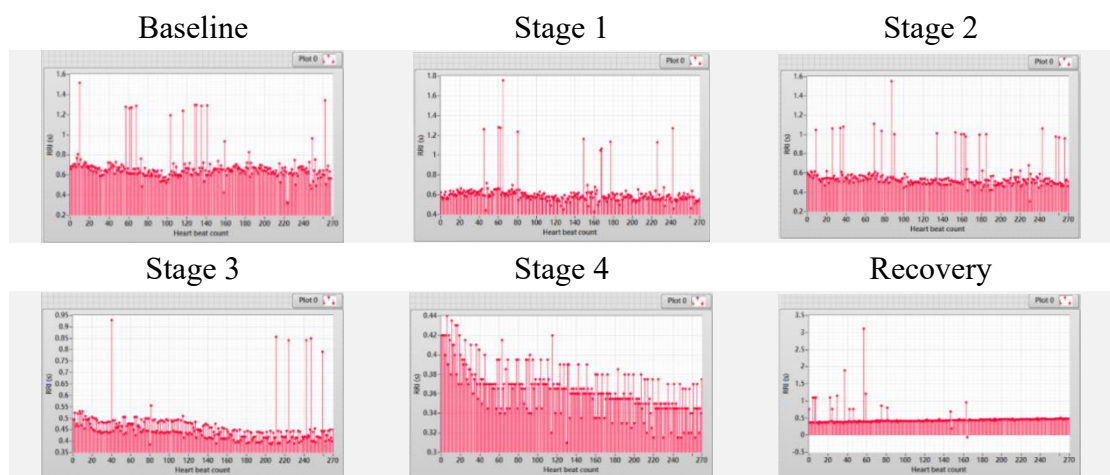
六、 $CO = HR \times SV$ ，以 HR 及換成時間相關的 SV 數據計算 CO 並作圖。以下 LF 和 HF 的計算方式與 RRI 和 SV 的都一樣，就只統一做說明。



- 七、LF：頻率在 0.04~0.15Hz 區間，我們的想法是將 0.04 和 0.15 減去 f_0 。
因為我們發現在 FFT 之後， f_0 並不是從 0 開始。然後除以 df 求出我們需要的頻段，並利用 array subset 將它框出來，加總乘以 df ，利用求黎曼和的方式得出近似積分的數據。
- 八、HF：算法和 LF 大同小異，只是其頻段詩出現在 0.15~0.4Hz 區間。
- 九、LF / HF：把 LF 與 HF 都算出來後相除。
- 十、Total Power：利用整個波型的數值總和乘以 df 做計算，也是利用求黎曼和的方式得到近似積分的結果。

伍、 結果分析與討論

- 一、RRI 對心跳次數作圖。前六張為 CW 助教測試結果，後七張則是 HT 助教的。
整體而言，隨著 stage 的增加，RRI 有逐漸減少的趨勢，也就是心跳之間的間隔變小了。我們推測是因為要維持運動的效能，因此 HR 會逐漸加快，而 RRI 與 HR 成反比，所以逐漸變小。而在 recovery 的階段中，因為 HT 助教的 RRI 回升趨勢較大，所以從這個部分比較，我們認為 HT 助教比較有運動習慣。

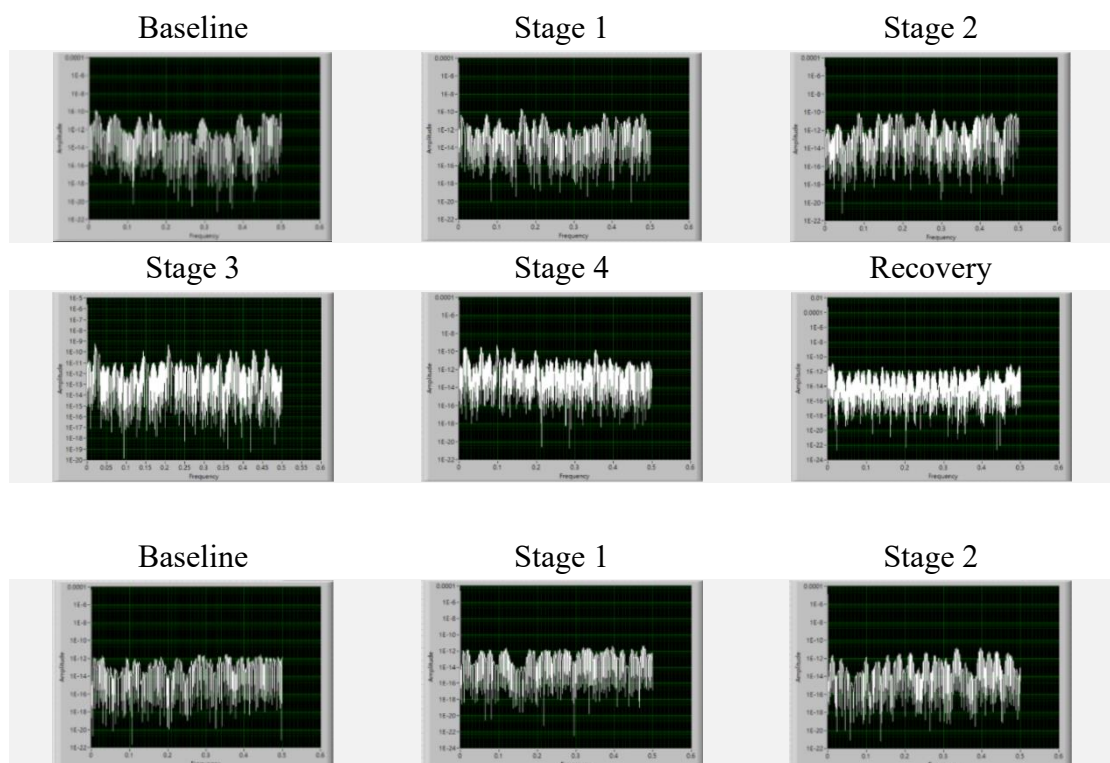




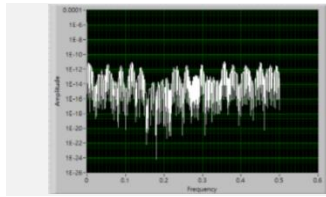
二、經 Fast Fourier Transform 後得到的 RRI power spectrum。

經過 FFT 轉換後，我們可以得到在每個 stage 中，對應頻率的關係圖。這對於後面我們要算 HF, LF, total power 很有幫助。而分析 RRI 的 power spectrum，對於了解心血管功能、自主神經活動都有幫助。

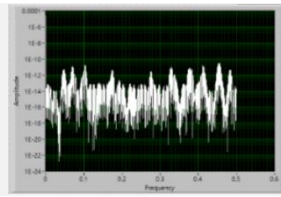
前六張是 CW 助教的，後七張是 HT 助教的。



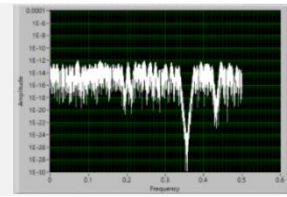
Stage 3



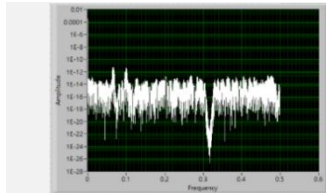
Stage 4



Stage 5



Recovery

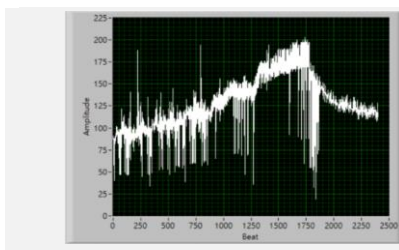


三、Data 中的 HR 與公式計算得到的 HR 比較。

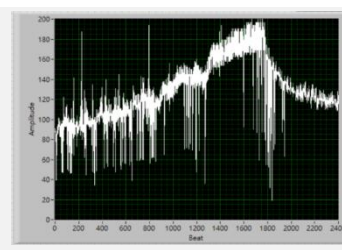
整體來說和原本的數據並沒有太大的差異，趨勢和形狀也大致相同。

把所有的 stage (CW 助教 6 個，HT 助教 7 個) 合在一起。

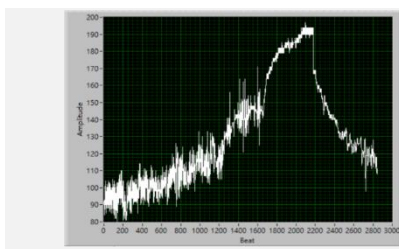
CW 助教原始資料



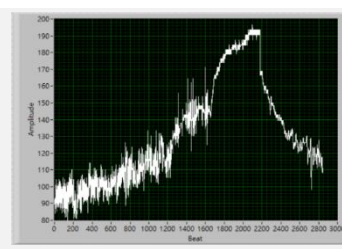
CW 助教公式計算結果



HT 助教原始資料



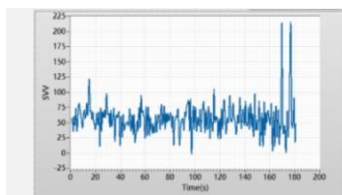
HT 助教公式計算結果



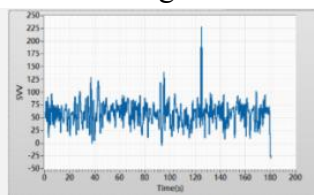
四、內插後的 SV series。前六張是 CW 助教的，後七張是 HT 助教的。

進行 FFT 前，必須建立與數據與時間的關係，因此會先完成此步驟。

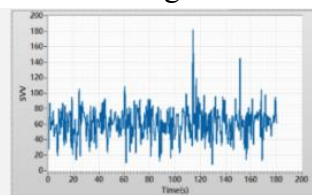
Baseline

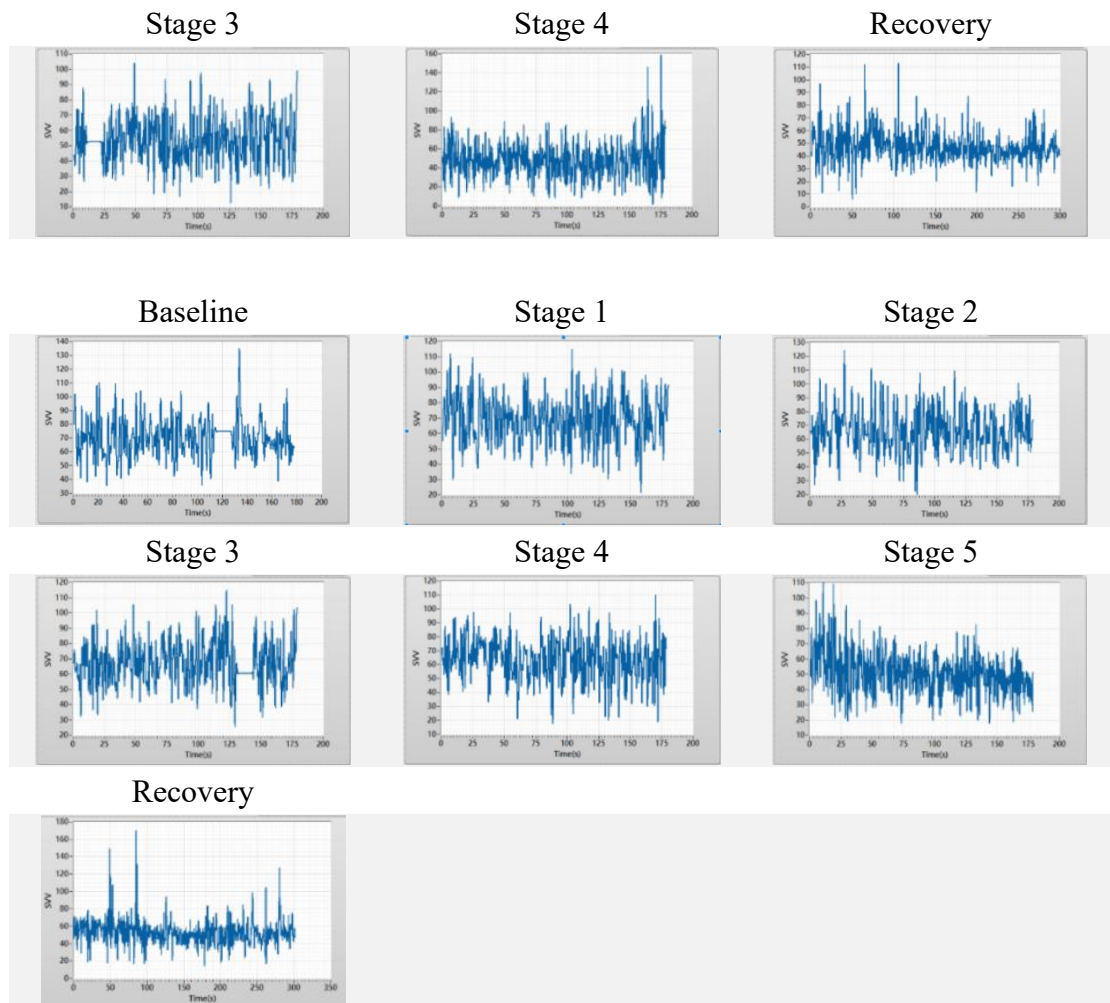


Stage 1

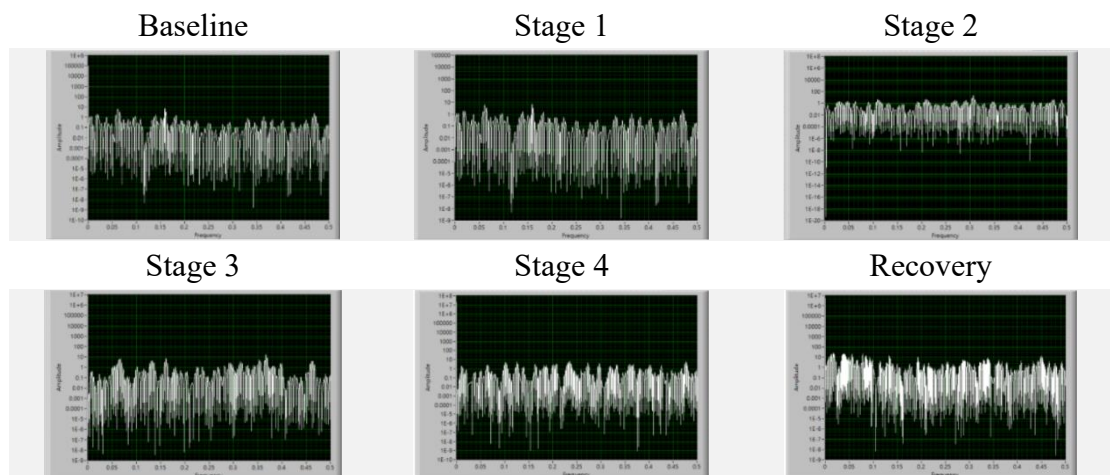


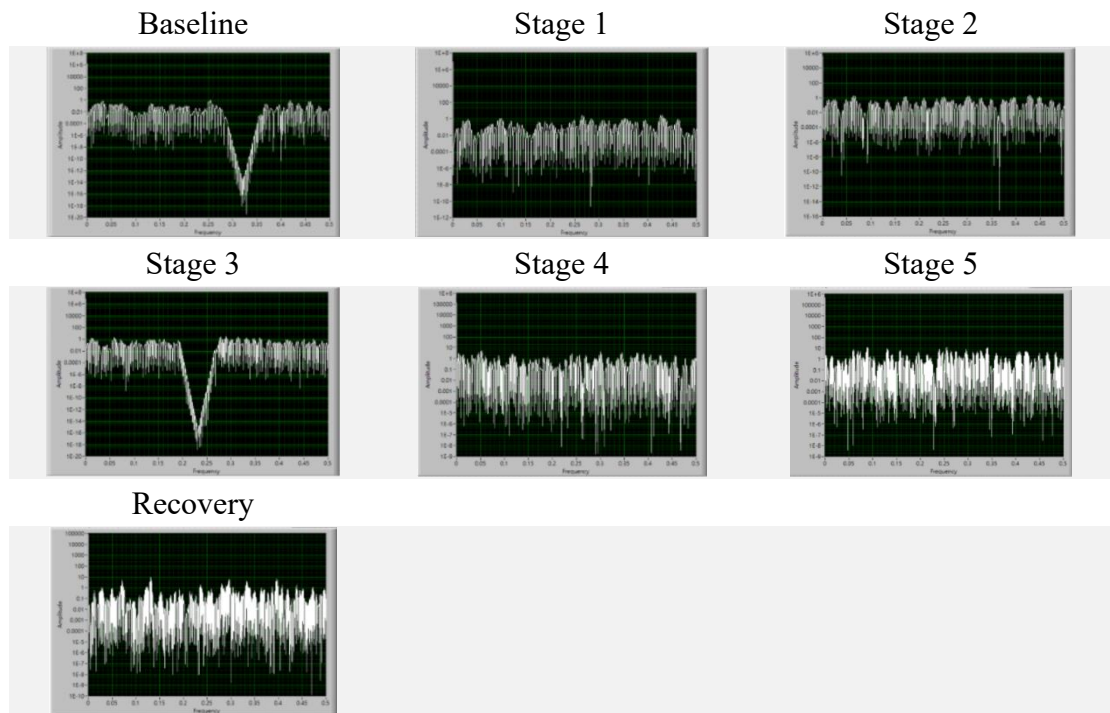
Stage 2





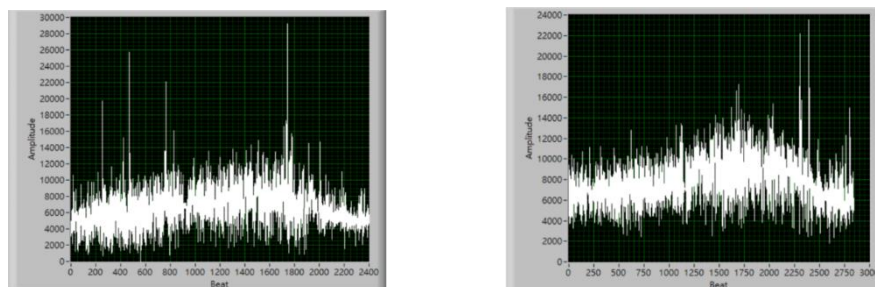
五、經 Fast Fourier Transform 後的 SV power spectrum。建立與頻率的關係並作波形圖，方便我們計算 SV 的 LF, HF, LF/HF, total power 等，也有助於了解心臟功能、心血管功能和血液動力。





六、CW 助教(左)和 HT 助教(右)的 CO 對心搏數作圖的比較。

這個實驗中,判斷兩位助教在體能上的強弱用 CO 可能不如 HR,SV 準確,但在其他時候,例如血液動力評估、心血管疾病評估都是很有幫助的數據。

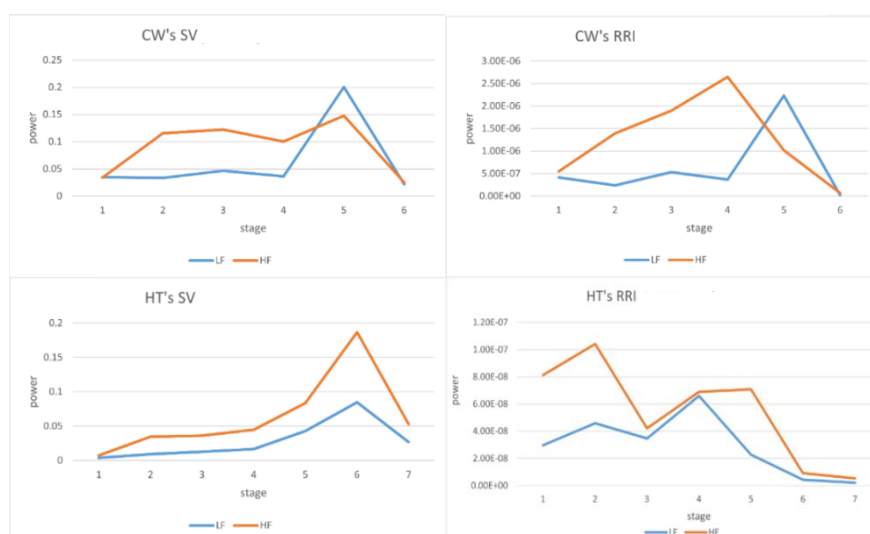


七、LF & HF

這是我們針對兩位助教的 RRI, SV 的 power spectrum 做分析出來的結果。副交感神經和心臟休息、恢復和消化扮演重要角色,因此高功率的 HF 和心臟狀態良好、血管彈性良好有偌大的關聯;而交感神經扮演的角色與運動、壓力等較有關係,因此 LF 也可以被用來當作壓力、心臟負荷、血管問題的基準。

由圖中可知,在 SV 方面,CW 助教的 HF 在第四階段(stage 3)前都高於 LF,並在第五階段(stage 4)時被超過,並在最後階段(recovery)趨近於一致;而 HT 助教的 HF 則一直處於高於 LF 的狀態,並在第六階段(stage 5)的時候有產生明顯的高峰。在 RRI 方面,CW 助教的 HF 一樣是在第五階段(stage 4)的時候被 LF 超過,最後階段趨近一致。比較不一樣的是 RRI 的 HF 在圖中有產生明顯的高峰;而 HT 助教的則是一樣 HF 始終大於 LF,整體趨勢為下降,並且最後也趨於一致。

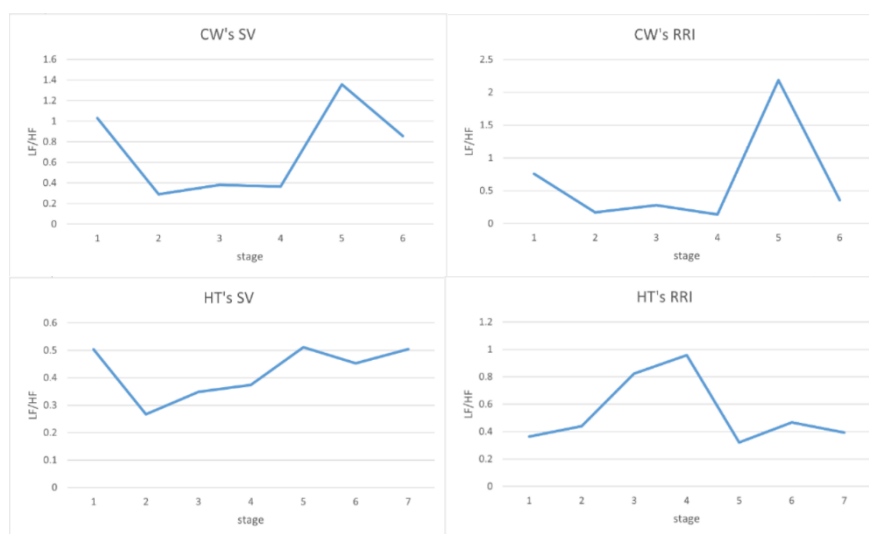
從以上訊息判斷，兩位助教的數據比起來，我們認為 HT 助教較有運動習慣，因為 HT 助教的 HF 始終比 LF 大，我們認為這是因為其已經習慣運動了，因此在遇到強度時，交感神經依舊不需要太活躍也能應付。



八、LF / HF

和前面的 LF, HF 差不多，但這更能看出 LF 與 HF 之間的關係。有鑑於兩者與副交感，交感神經的關聯，LF/HF 可以用來看目前較為活躍的是哪一個自主神經。

根據這張圖，我們認為 HT 助教較會運動。因為在兩張圖中，我們都可看出 CW 助教的值有的時候會大於一，也就是代表其 LF > HF，也就是交感神經較為活躍；而 HT 助教的數據整體都小於一，代表其 HF > LF，也就是副交感神經較為活躍。因此從這裡可以看出，HT 比較習慣強度運動，運動能力較強。



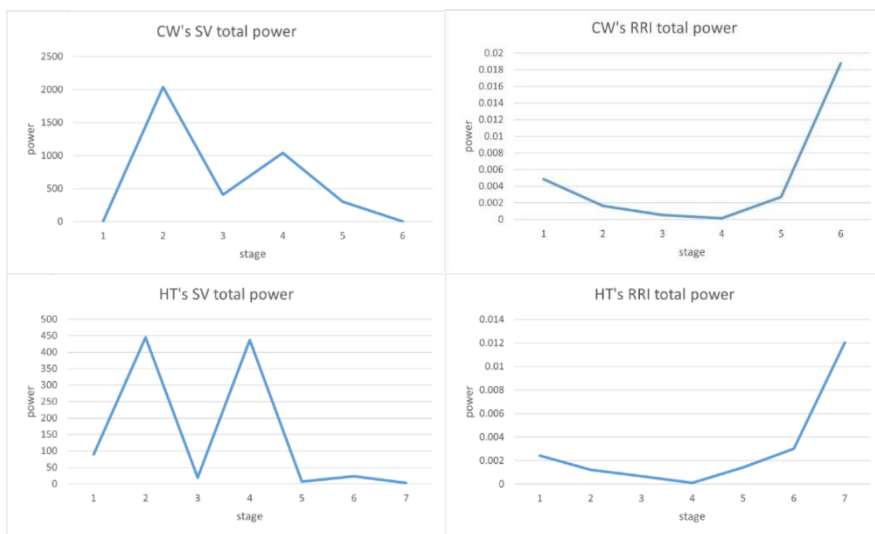
九、 RRI & SV total power

在增量實驗中，我們可以利用功率來觀察測試者的受負荷情形，因為當負荷增加，也就是進入了下一個 stage 時，如果功率也有跟著上升，表示測試者可以承受得起；藉由這個方法，我們可以觀察受測者的能耐究竟在那個範圍內。另外，我們也可以做效能的評估，根據網上資料顯示，如果總功率的增加幅度越大，那就代表心臟和自律神經有著更好的適應能力和調節功能。

利用 excel 計算整個實驗過程中 CW 和 HT 助教的 SV 與 RRI 的 total power，得到了以下數據：

	CW	HT
SV	3748.423	1024.907
RRI	0.028613	0.020889

根據這些數據，很難判定誰的運動強度較高。因為 CW 助教的數據都大於 HT 助教，就前述論點而言，CW 助教應該有著較好的適應和調節能力。然而若細看兩位助教的 SV 圖，會發現 CW 助教的 SV 圖在第二階段(stage 1)有了明顯的高峰後，整體趨勢就呈現下降的現象，但是 HT 助教的卻在第四階段(stage 3)仍出現了一個跟第二階段(stage 1)可以相比擬的高峰，代表其在受負荷能力上較有優勢。綜上所述，我們認為沒辦法用這個判斷兩人的運動強度。

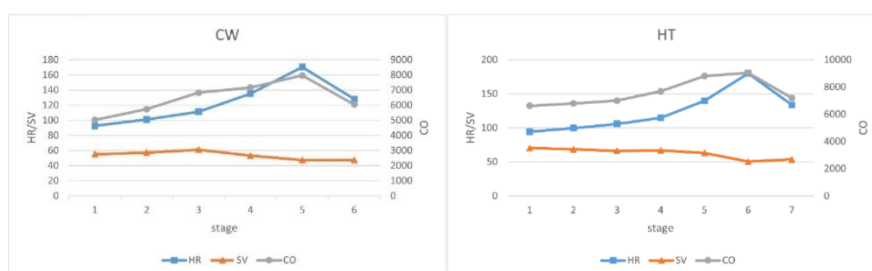


十、綜合比較

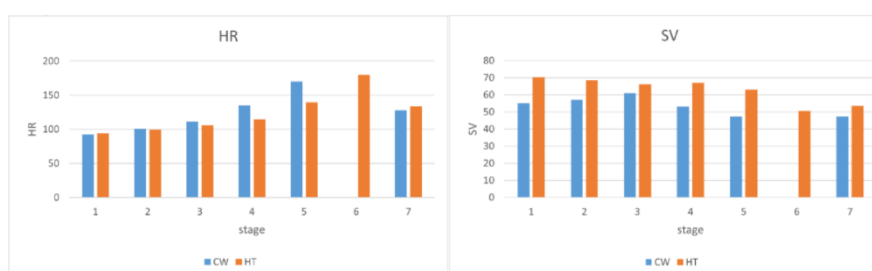
這兩張圖我們是比較兩個人的 HR, SV, CO 會有怎麼樣的變化。首先，在 CW 助教的圖中，SV 的起伏不大，但細看的話最大值約略出現在第三階段(stage 2)，後面便開始下降。而 HR 的部分則是上升至第五階段(stage 4)，也就是在休息前皆一直保持上升趨勢，並且 CO 因為 HR 的關係，整體來說，在休息以前也是上升的，且趨勢較受 HR 的趨勢影響。

而 HT 助教的圖也呈現了差不多的現象，雖然和 CW 助教相比 HT 助教的 SV 出現了較大的波動，但整體而言波動也不大，且 HR 在休息前也是上升的，CO 也較受 HR 的趨勢影響。

根據這兩張圖，我們認為 HT 助教比較有運動習慣，因為在 SV 上，其值較 CW 助教的大，並且運動期間相同階段比較結果顯示其 HR 較 CW 助教的小。並且其又多騎了一個 stage，因此我們認為其運動能力較強。



同樣的結果可由下列的柱狀圖分析而得。



陸、 結論

對於這次的增量實驗數據分析，我們認為 HT 助教的運動能力較強，因為在很多的圖表中都出現了支持這個可能的證據。

畢竟是第一次用 Labview 練習分析數據，這次的期末專題對於我們來說實在是有一點吃力，並且我們也不太確定我們的算法是否正確，而且很多的專有名詞也似懂非懂。不過透過這次的報告，確實讓我們更了解了這項實驗的相關資訊，也熟悉了 Labview 的一些使用方法，獲益良多。