

2024仰望盃全國科學 HomeRun 實作大賽

決賽成果報告書

隊伍名稱： 掏心掏肺隊

作品名稱： 水之呼吸法－看得見的肺活量

科學概念1： 力學波(Mechanical wave)

是物質局部的振盪，只有能量在傳播，振動的物質並不會往前移動，力學波只有傳遞能量，而不是傳遞物質。因此力學波需要介質來傳遞能量，聲波則需要空氣當介質來傳播。

科學概念2： 音響功率位準

每單位時間內音源所產生之能量，相當於音源輸出之功率，單位為分貝（dB）

$$L_w = 10 \log_{10} (W/W_0)$$

公式中 L_w ：音響功率位準（單位 dB）

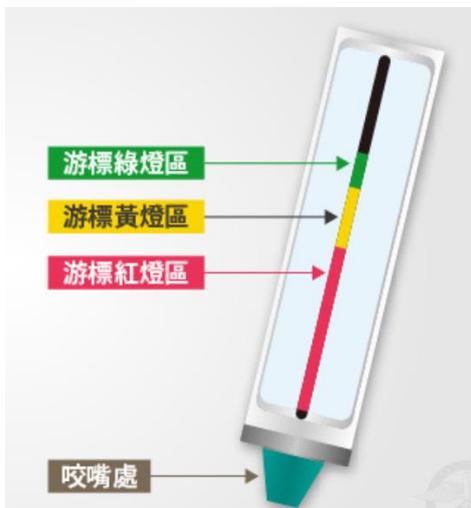
W ：音源機械輸出聲功率（單位 W）

W_0 ：基準音響功率（= 10^{-12} W）基本音功，相當於人耳所能查覺之最小聲音功率。

決賽成果報告書內文

1. 發想動機：

美國佛羅里達州水族館「美人魚」表演者梅麗莎 (Melissa Dawn) 經過長期訓練，能夠在水中「閉氣」長達5分鐘，她的肺活量令人嘖嘖稱奇[1]。所謂「肺活量」就是指用力吸飽氣後，盡力呼出的氣體總量[2]。通常健康狀況良好的人肺活量較大[3]，肺活量的高低可反應呼吸肌的力量以及呼吸器官的健康狀況。



檢測肺活量的方法，常見的有尖峰吐氣流量計(如圖1)適合居家使用，也有的是藉由吹球作檢測，當吹氣累積到一定量會把球吹到達標處，以此表示受測者是健康的，但都只有記錄最大吐氣峰值。

圖1 尖峰吐氣流量計[4]

此外，目前只有到專業的醫療院所才能更進一步觀察呼氣情形與氣體總量，然而，有的院所設備以渦輪設計，有時停止吹氣仍有渦輪之慣性問題存在[5]，因此常需設備校正，隨後有廠商宣稱推出新產品能改善此問題，卻沒有更多後續資料可供查詢。

以上，是年齡6歲以上的檢測方式。記得曾在網路上看過一個小男孩過2歲生日，由於從來沒吹過蠟燭因此一直無法成功吹滅燭火，最後爸爸拿出祕密武器「吸管」輔助小男孩才成功的吹熄了蠟燭[7]。綜上所述，我們以此為考量。

我們以空寶特瓶注入適量清水，再將吸管插入水中，深吸一大口氣再

對準吸管用力吹氣，使氣吹入水中產生水泡聲[8]，以聲音感測器記錄其電壓的變化，透過 Arduino 將資訊輸出，以電壓曲線呈現，讓人更容易的透過吐氣產生的水泡聲紋了解肺活量的狀況。吹氣到水中產生的水泡聲，有助於幼兒樂於進行檢測，年長者也能在水泡聲獲得鼓勵，增加嘗試的意願，對不同年齡層檢測並建立微型肺活量資料庫。因此我們希望能夠設計一個適用於各種年齡層的肺活量檢測器，比對資料庫以呈現結果，來增加大眾對於自己和家人肺活量的認識與了解。

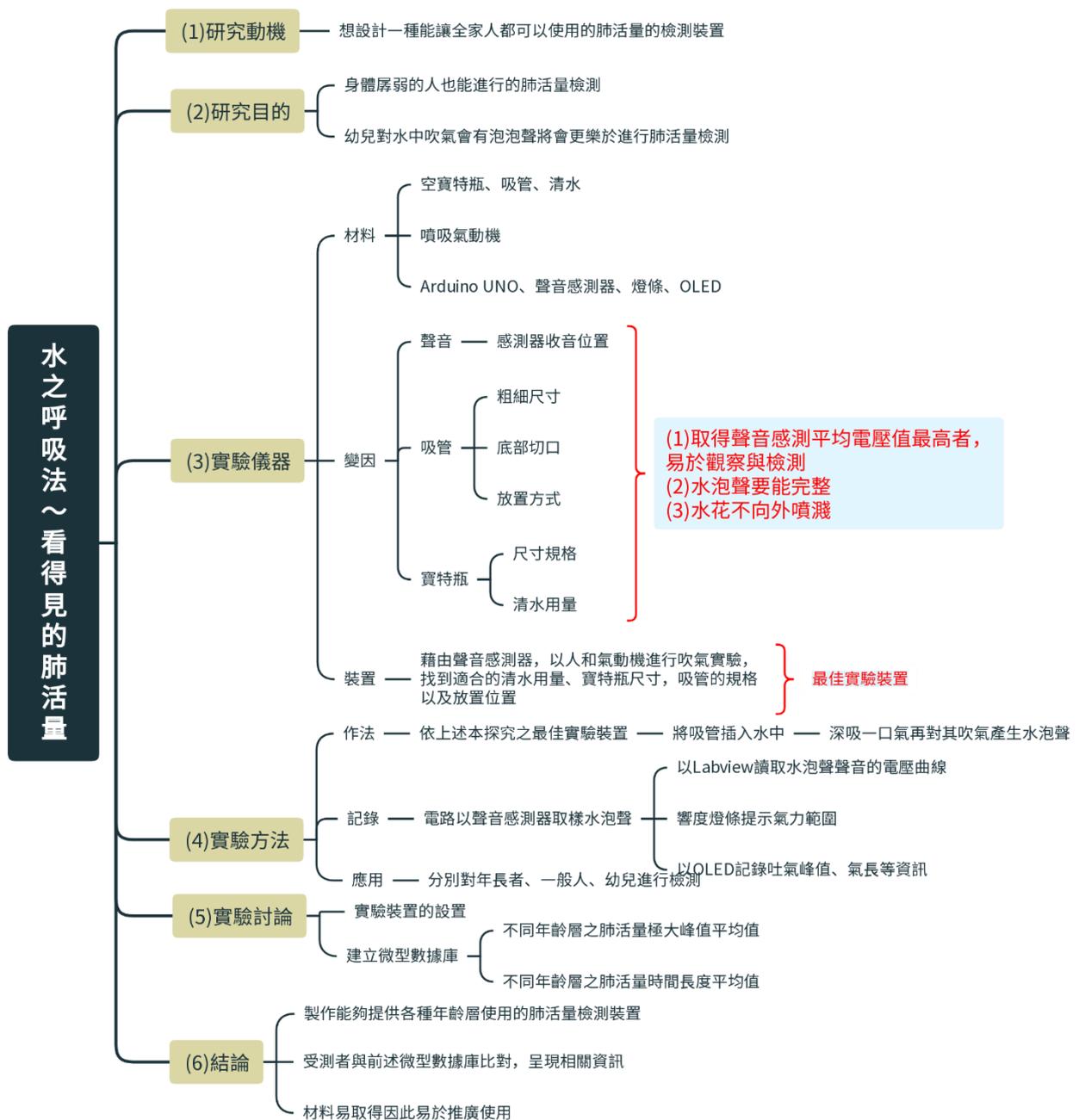


圖2 探究架構圖

2. 作品創意性：

根據台灣胸腔暨重症加護醫學會資料[9]，患者進行肺活量的專業檢測需要前置練習，以利檢測擷取適合的資訊。

- (1) 居家可使用：設計全家人都適合使用的居家肺活量檢測裝置。
- (2) 生活中取材：作品以空寶特瓶，考量排水法問題注入適量清水[10]，將吸管插入水中，深吸一大口氣對準吸管用氣吹氣，使氣吹入水中產生泡泡。
- (3) 資訊圖像化：伴隨水泡聲，以聲音感測器記錄，透過 Arduino 將資訊輸出，以電壓曲線呈現，讓人透過吐氣產生的氣泡聲紋更了解自己的肺活量。
- (4) 對不同年齡層檢測並建立微型肺活量資料庫，新的檢測會與資料庫進行比對，並以燈條受測者的健康區間，I2C 顯示其吐氣最大峰值。

3. 硬體及電路架構圖：

(1) 實驗器材

- a. 實驗裝置：Arduino UNO 板、清水、寶特瓶、吸管。
- b. 輔助儀器：數位噪音計(SL-4001)、噴吸氣動機(寶信小熊機)。

(2) 實驗作法

- c. 在空寶特瓶中注入適量清水，插入吸管，受試者深吸一大口氣，對準吸管用盡力氣吹吐，以 Arduino UNO 之 A0 腳位連接聲音感測器，並燒寫將感測到的水泡聲聲音訊號轉換為 0~5V 電壓值。

```

int N=10; // N: The Number of data for average
int i=0;
float sum0=0.0;
float VA0=0.0;
unsigned long time0 = micros();
double currenttime;
void setup() {
    Serial.begin(115200); while (!Serial){ ;}
}

void loop() {
    i=0, sum0=0.0;
    for(i=0;i<N;i++){ // 從 A0 讀入 N次 電壓後
        sum0 = sum0+analogRead(A0);
    }
    currenttime = (micros()-time0)/1000000.0;
    VA0 = 5.0*(sum0/N)/1023.0; // 得到 平均電壓

    Serial.print(currenttime,5);
    Serial.print(", ");
    Serial.println(VA0,5);
    Serial.flush();
}

```

圖3 實驗裝置之 Arduino UNO 程式

(3) 實驗變因

在室內平均45分貝的環境中，分別以下列不同變因進行實驗。



圖4 實驗裝置

(4) 實驗結果

a. 麥克風位置：置於瓶口內部最佳。

控制變因：寶特瓶注清水100ml，平底口吸管底部頂住瓶底。

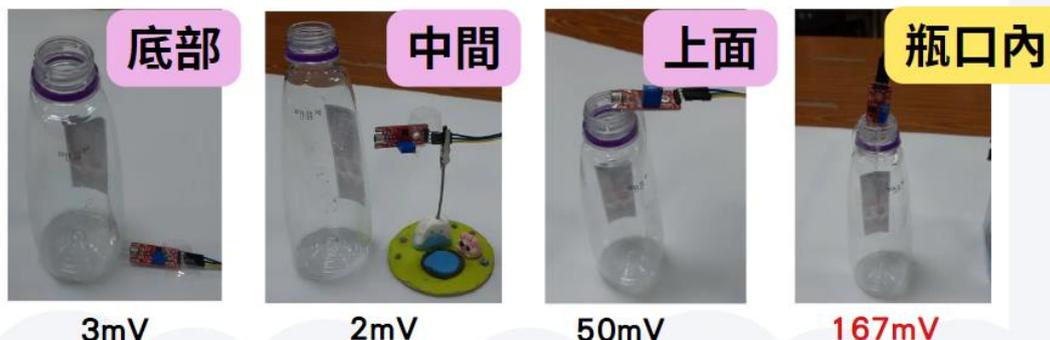
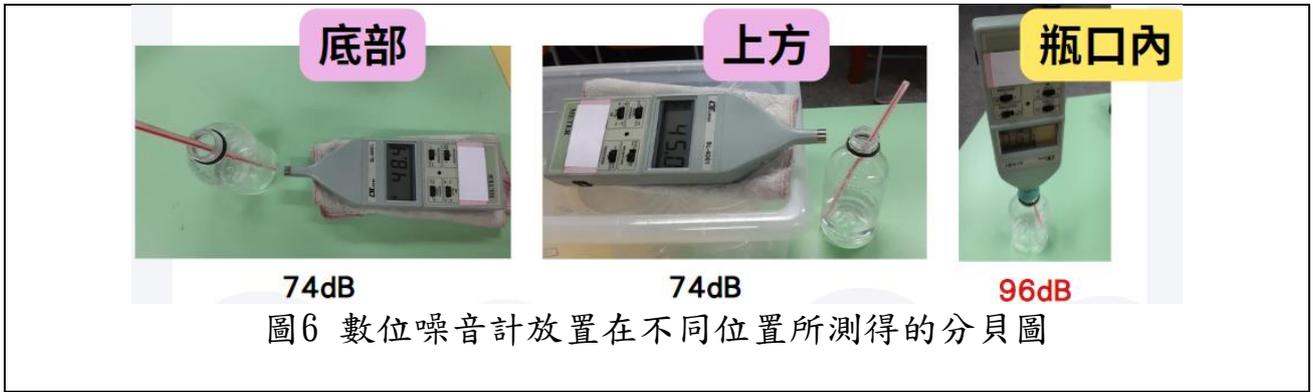


圖5 聲音感測器放置在不同位置所測得的電壓圖



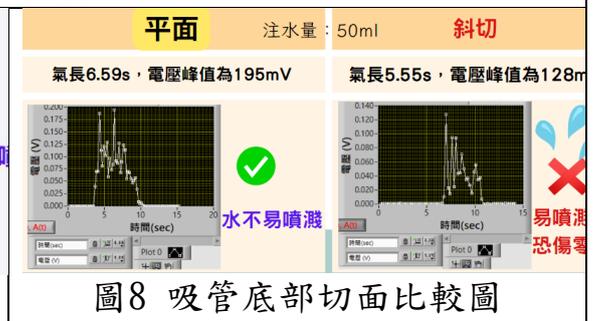
b. 吸管尺寸：一般早餐店之細吸管為佳。

a. 吸管底部切面：平面為佳。

b. 吸管位置：緊靠瓶底，斜放，呈三角形狀。(同理，水不易噴濺。)

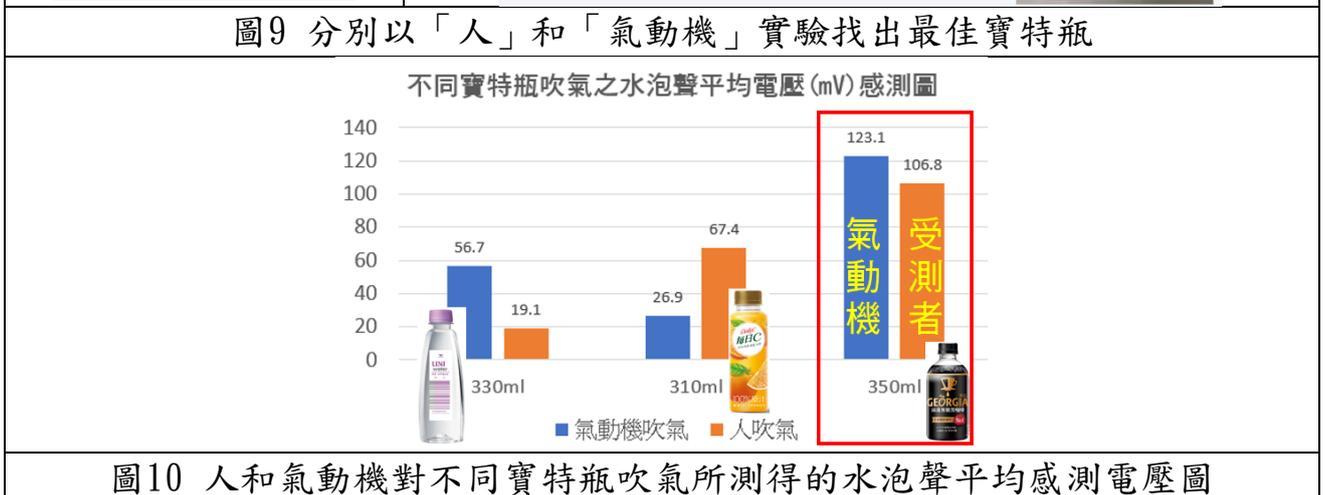
控制變因：寶特瓶注清水50ml。

吸管考量：水花不易噴濺，感測電壓值較高者為佳。



c. 寶特瓶尺寸：350ml 咖啡瓶、圓柱狀，瓶底直徑65mm、瓶高146mm。

d. 寶特瓶水量：50ml~100ml。(實測聲音品質與零件安全之水位)



(5) 最佳實驗裝置：使用萬用黏土加強固定零件與吸管。

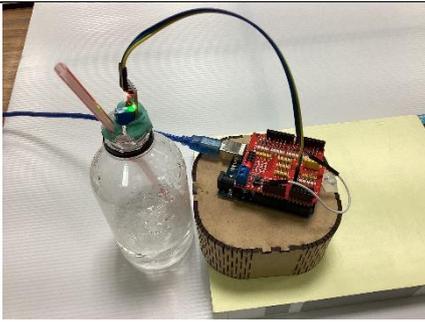


圖11 最佳實驗裝置圖

裝置設置方式如下：

- 麥克風位置：瓶口內部
- 吸管尺寸：一般細吸管
- 吸管底部：切面為平面
- 吸管位置：緊靠瓶底
- 寶特瓶尺寸：350ml 咖啡瓶、瓶底直徑65mm、瓶高146mm。
- 寶特瓶水位：50ml~100ml

(6) 實驗與分析

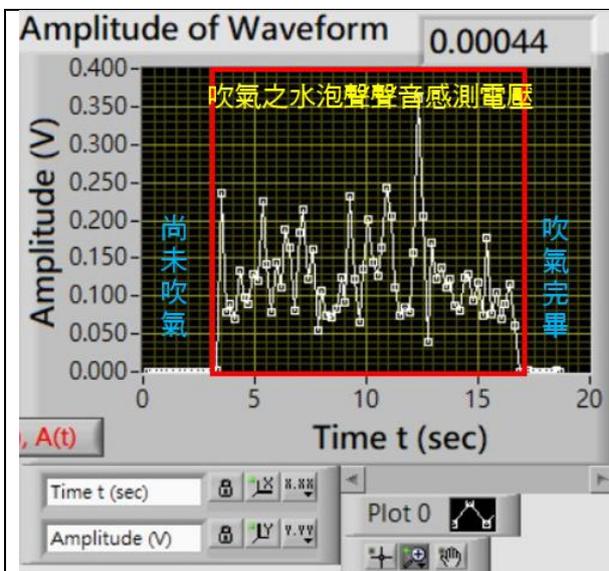


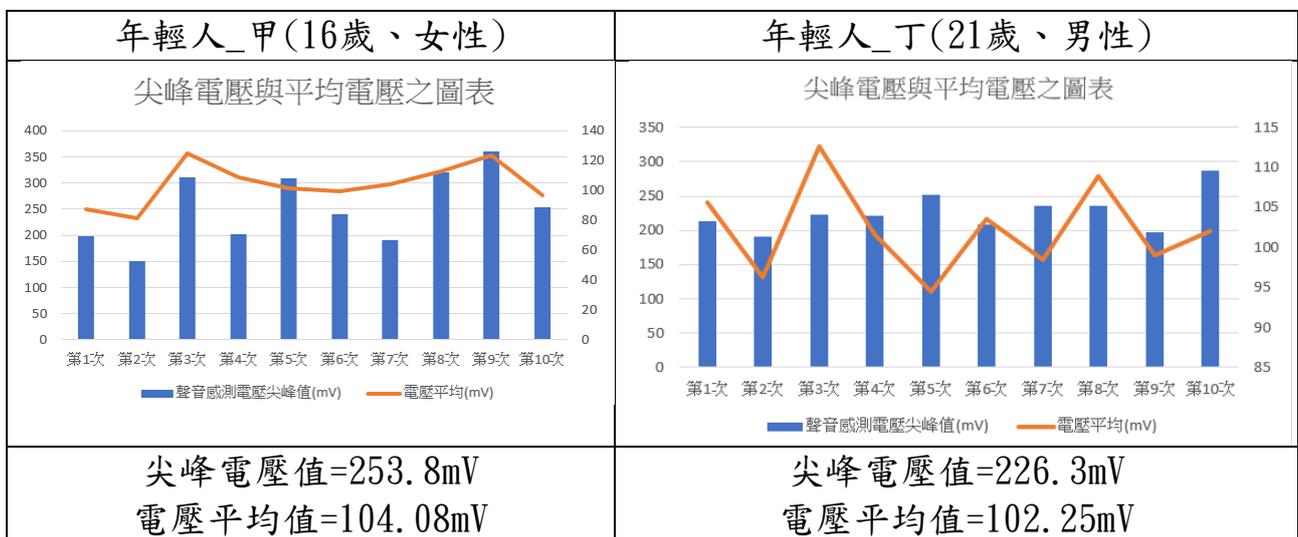
圖12 Labview 記錄感測電壓圖

每位受試者，連續吹吐10次，每次均取樣資訊如左圖。

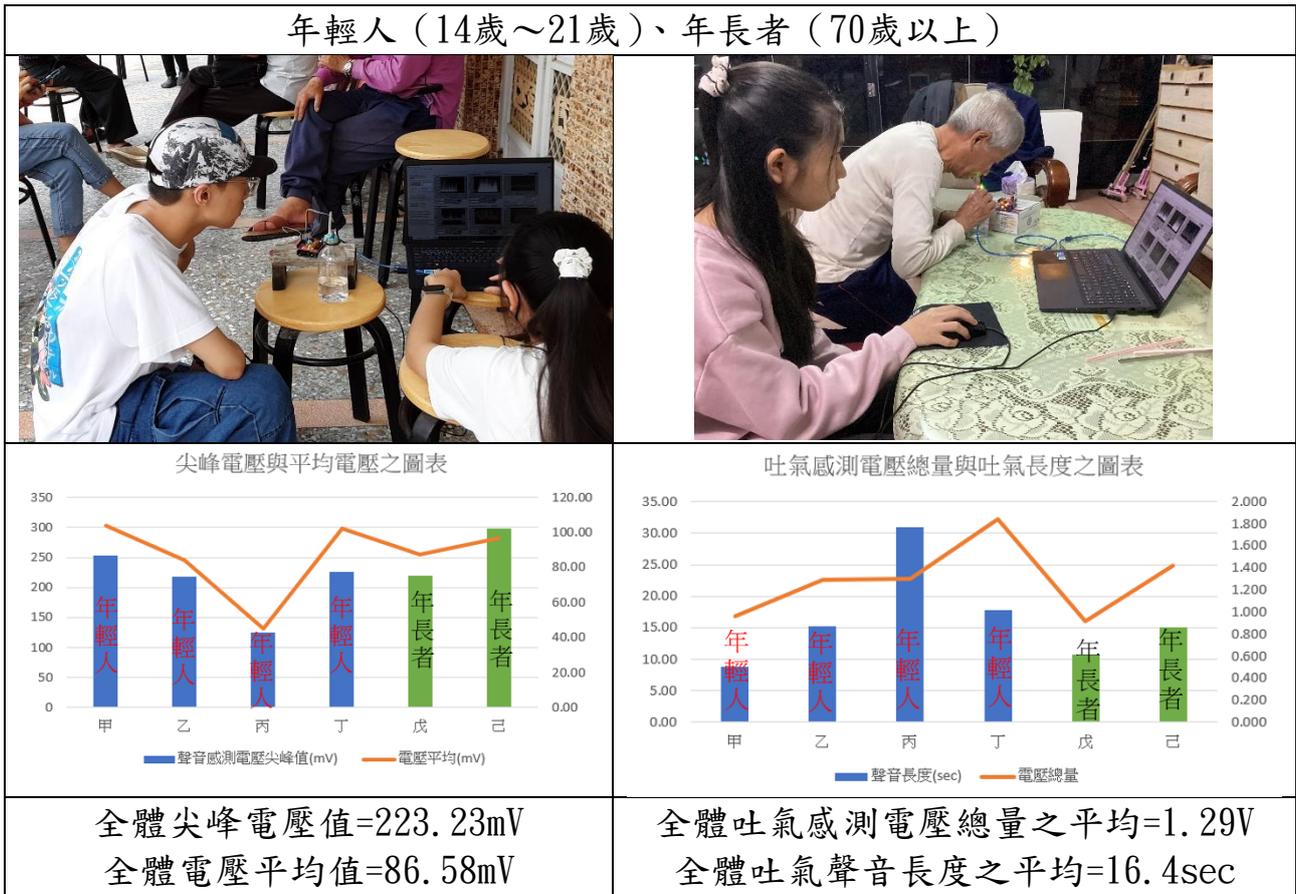
根據(圖12)所示，當受試者開始吐氣便開始水泡聲聲音感測電壓值，當氣用力吐盡時，不再有感應電壓值，因此，我們以非零且連續變化值作為檢視肺活量的依據。

此外，我們還將資訊進一步擷取到 Excel 中，進行更多的分析與討論。

a. 不同性別年輕人吐氣峰值之比較圖表如下：

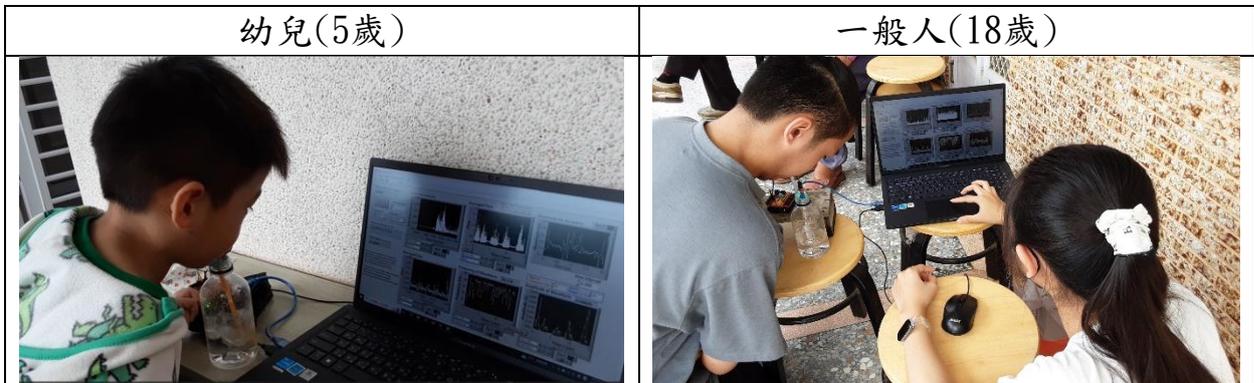


b. 不同年齡層健康者的吐氣感應電壓值比較圖表如下：



以上，我們所採集的對象均為健康的受試者，因此並無明顯感覺年長者與年輕人肺活量的明顯差異，而且吐氣長度與聲音尖峰電壓似乎存在互補的關連性，因此吐氣尖峰電壓值與吐氣長度很重要，將列為我們的輸出考量。

c. 幼兒與一般人之吐氣感應電壓值比較圖如下：



b. 未來構想：

將電路模組更小、更精緻化，擬將輸出直接寫在 OLED 中。

5. 參考文獻：

[1] 10年練就水中閉氣5分鐘 正妹真的變成美人魚了！

<https://www.ettoday.net/news/20150604/516085.htm#ixzz8UL8KwxFj>

[2] 肺活量的定義與迷思

<https://www.galemed.com/zh-tw/education/03027d2fcc53ca8f1fe0509d6ef75bd9>

[3] 啟新診所

https://www.ch.com.tw/index.aspx?sv=ch_fitness&chapter=ABA000701

[4] 《氣喘面面觀》咳咳不休，是感冒還是氣喘？

<https://www.cmuh.cmu.edu.tw/Knowledge/Detail?no=61>

[5] ezOxygen—可隨身攜帶的超音波頻率肺活量檢測器 解決呼氣數值量測痛點 將從居家照護切入數位健康醫用市場

<https://innovex.computex.biz/SHOW/newsReleaseDetails.aspx?newsId=285>

[6] 談尖峰吐氣流量計的使用

https://www.tahsda.org.tw/communitymedicine/files/%E6%B0%A3%E5%96%98%E8%A1%9B%E6%95%99_%E4%BD%95%E8%AC%82%E5%B0%96%E5%B3%B0%E5%90%90%E6%B0%A3%E6%B5%81%E9%87%8F%E8%A8%88.pdf

[7] 超萌！2歲小壽星不會吹蠟燭 爸爸使出必殺技

<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/1454423>

[8]Oceanian:

<https://www.oceaniangreenisland.com/%E5%90%90%E6%B3%A1%E6%B3%A1-%E8%87%AA%E7%94%B1%E6%BD%9B%E6%B0%B4/>

[9] 肺功能檢查 <https://www.asthma->

[copd.tw/medical/content/%E9%80%B2%E9%9A%8E%E8%AA%B2%E7%A8%8B-%E8%82%BA%E5%8A%9F%E8%83%BD%E6%AA%A2%E6%9F%A5.pdf](https://www.asthma-copd.tw/medical/content/%E9%80%B2%E9%9A%8E%E8%AA%B2%E7%A8%8B-%E8%82%BA%E5%8A%9F%E8%83%BD%E6%AA%A2%E6%9F%A5.pdf)

[10] 排水法

<https://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E6%8E%92%E6%B0%B4%E6%B3%95>

[11] 力學波 <https://highscope.ch.ntu.edu.tw/wordpress/?p=1278>