

氣壓式握力復健輔具的開發與實作

陳詠霖¹ 李曜宇² 陳世杰¹ 吳泰昀¹ 余進忠² 洪耀正^{1,3*}

¹逢甲大學 電機工程學系

²高雄大學 應用物理學系

³逢甲大學 通識教育中心

* hungyc@fcu.edu.tw

(投稿日期：111 年 10 月 28 日，接受日期：111 年 12 月 1 日)

摘要：本研究基於理想氣體方程式，利用 App Inventor 2 與 ESP32 開發一款簡易的氣壓式握力復健輔具。該握力復健輔具由具有藍芽通訊與氣壓感測功能的電子裝置，搭配自製 APP 所組成。將電子裝置放在密閉且可壓縮的容器內，當使用者按壓容器進行握力訓練時，即可透過藍芽在手機端接收氣壓訊號，同時轉換成握力大小、按壓次數，最後並紀錄於 APP。

關鍵詞：理想氣體方程式、APP Inventor 2、Arduino

壹、前言

隨著科技進步，搭載各類感測器的智慧型手機，以及 Arduino、樹梅派等開發板日益普及，一般學生也能夠製作出簡單而具創意的科學實驗教具[1-3]。其中 Arduino 價格便宜且功能齊全，除了可以外接多種電子感測元件(如溫溼度感測器、加速度感測器、光感測器等等)，程式碼多在開源資訊平台公開，因此極易上手[4]。另一方面，Arduino 也可以透過藍芽系統與手機 APP 進行連結，便於攜帶探究生活中的科學與物理現象，也有助於 STEAM 教育的推動。STEAM 教育由代表科學(S)、科技(T)、工程(E)、藝術(A)及數學(M)等五個英文字母所組成，其本質為一種跨學科教育[5]。台灣近年開始著手推動 STEAM 教育，期盼學生能跨領域學習，進行動手實作、生活應用與解決問題。STEAM 教育一詞也時常與創客(Maker)結合，在鼓勵學生跨科思考的同時，還能利用創客相關的概念及工具做出實品。

許多族群都有進行手部握力訓練的需求，例如：中風或運動傷害病患可利用握力訓練進行復健，一般大眾也可以藉此緩解疲勞並預防相關疾病。傳統握力復健器材的運作方式皆為重複性的按壓，過程枯燥無趣，也無法自動計次與量化握力大小。有鑑於此，本研究擬開發一款氣壓式的智慧握力復健輔具。我們利用與 Arduino 同概念的 ESP32 開發板設計一個具有氣壓量測功能的電子裝置，並將氣壓訊號藉由藍芽系統傳輸到自製 APP 中。將此電子裝置放在密閉的容器內，使用者按壓容器時將引起氣壓變化，因此可以藉由分析氣壓訊號推算出使用者的握力大小及按壓次數，並自動進行記錄。未來亦可在自製 APP 內加入娛樂聲光效果、任務型態的復健遊戲，以及推播提醒等功能，大幅改善過去復健乏味的問題。換句話說，本研究所開發的握力復健輔具可做為物理與智慧醫療的跨域教材。學生也可使用如 3D 列印機、雷射切割機等工具製作出復健輔具的外觀，實現 STEAM 與創客教育的精神。

貳、理論介紹：理想氣體方程式

本研究所設計的復健輔具之原理為理想氣體方程式[6]。理想氣體方程式為一個由氣體壓力 (P)、氣體體積 (V)、莫耳數 (n)、溫度 (T) 與理想氣體常數 (R) 所組成的關係式：

$$PV = nRT \quad (1)$$

根據方程式，當氣體處於封閉容器內且溫度固定不變時，氣壓與體積成反比關係，兩者的乘積為固定常數。換句話說，當密閉容器體積變小時，氣體壓力將隨之變大，此關係亦稱為波以耳定律[6]。利用此特性，當我們施力按壓密閉容器使其體積變小時，容器內的氣體壓力也會隨之變大。因此可藉由測量容器內氣壓的變化來定義施力的大小，同時定義按壓的次數，從而設計智慧握力復健輔具。

在標準狀況下，實際氣體與理想氣體存在部分偏差，可利用壓縮係數 Z 表示實際氣體的實驗值和理想值之間的不同。理想氣體方程式可改寫如下：

$$PV = ZnRT \quad (2)$$

根據方程式 (2)，在莫耳數與溫度固定的條件下，氣體壓力與體積一樣成反比關係。因此本研究所採用的氣體為一般條件下的空氣。

參、實驗設計與步驟

一、實驗設計理念

本研究基於理想氣體方程式設計一個氣壓式握力復健輔具，其主體為具有藍芽通訊與氣壓感測功能的電子裝置。將此電子裝置放在密閉的任意容器內，則當使用者按壓容器進行握力訓練時，將導致容器內的氣壓產生變化，並透過藍芽系統傳輸氣壓訊號到自製 APP 內進行分析及記錄，如圖 1 所示。以下將依序介紹握力復健輔具所使用的輔具的軟硬體架構設計。



圖 1：復健裝置使用示意圖

(一) 電子裝置元件介紹

復健輔具的電子裝置主體由微控制器與氣壓感測器所組成。其中微控制器採用 TTGo T-Display (以下簡稱 TTGo, 如圖 2 所示), 其已內建藍芽晶片, 不需外接藍芽模組就能直接使用藍芽通訊功能。TTGo 擁有多個數位與類比腳位可與其他電子元件連接, 並預建一個鋰電池插槽, 使得最終成品具有充電功能。而氣壓感測器則為市面上常見的 BMP180 (圖 3), 其不但具有體積小、精確度高的優點, 在標準模式下的功耗極低, 非常適合與微控制器結合製作成各類電子裝置。



圖 2：TTGo T-Display



圖 3：BMP180 氣壓感測器

(二) 電子裝置架構設計

BMP180 量測到的氣壓單位為 hPa，資料型態為雙精度浮點數。此復健輔具屬於藍芽的從端設備，因此設定 TTGo 為從模式，使用時需等待手機掃描後連線。整個硬體的設計流程如圖 4 所示。在資料傳輸上，鮑率需符合原廠內建設定設為 9600，且為了方便傳輸訊號，將量測的氣壓值的資料型態由雙精度浮點數改以字串形式傳送。最後使用鋰電池做為電源供應。外觀上，為了保護內部電子元件與美觀功用，本研究利用 3D 列印設計一個簡易的外盒將電子元件置包覆其中，如圖 5 所示。

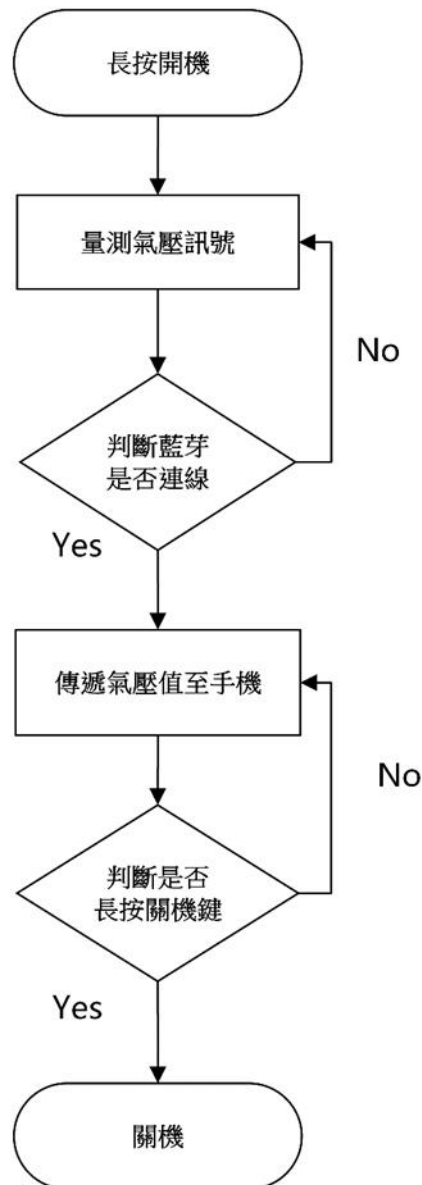


圖 4：電子裝置的控制流程圖



圖 5：電子裝置成品外觀圖

(三) APP 應用程式設計

本文使用 App Inventor 2 進行手機應用程式的開發，使用者可以堆疊程式方塊以實現應用程式的各種功能，開發完成後也能安裝於手機中使用，非常適合非資工領域的學生學習，進行簡單的軟體開發。

前文所提到的電子裝置需佐以手機 APP 才能實現智慧復健的功能：藉由藍芽將氣壓訊號傳至手機端，並利用 APP 將氣壓值轉換成握力大小，最後完成計次與自動紀錄。APP 操作流程如圖 6 所示，當程式開啟後需先與電子裝置進行藍芽配對，同時進行握力校正。本研究採用的握力校正流程為記錄並計算使用者在此流程內反覆按壓密閉容器的平均氣壓，同時記為閾值 P_0 。接著使用者便可按下開始鈕，依 APP 的指示進行握力訓練。當密閉容器內氣體壓力 P 依序滿足 $P > P_0$ 、 $P < P_0$ 兩個條件後，應用程式才判斷為一次成功的按壓。程式並可以預設每組復健所需完成的按壓次數，達成後並自動記錄所有相關資訊，包含日期、次數，以及每次按壓的握力強度。

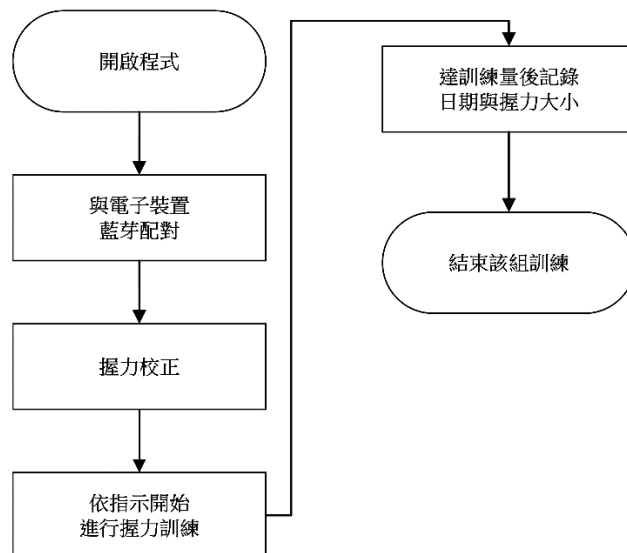


圖 6：APP 操作流程

圖 7 呈現 APP 的使用者介面，除了提供各種不同的功能按鈕，並能將使用者的握力強度進行圖像化。本研究將使用者的握力分成 7 個等級，當使用者的按壓力度越高，則握力等級越高。定義握力等級的實驗環境條件為 $T = 26^{\circ}\text{C}$ 、大氣壓力為 993hPa ，並在此環境下紀錄 5 位成年男性按壓相同密閉容器所能產生的最大氣壓變化量。經過平均後，將其設為等級 7 的閾值，並推導出各握力等級的氣壓變化區間，如表一所示。本研究使用充飽空氣的密閉夾鏈袋做為置放電子裝置的容器，如圖 8 所示。後續亦可依密閉容器與復健環境的改變，重新進行實驗以定義握力等級，並於 APP 程式後台修正握力的分級標準。

本研究所開發的微控制器程式檔與 APP 原始程式檔，皆已收錄於本文的參考文獻[7]。



圖 7：握力復健輔具 APP 的使用者介面

表一、氣壓變化對應握力等級之圖表

氣壓變化量(hPa)	0~35	36~70	71~105	106~140	141~175	176~210	210 以上
握力等級 (Level)	1	2	3	4	5	6	7



圖 8：使用密閉夾鏈袋做為封閉容器

二、實驗步驟

1. 長按電子裝置開關機鈕進行開機。同時打開 APP，點擊藍芽連線選單與電子裝置配對。
2. 將電子裝置放於夾鏈袋中並密封，如圖 8 所示。
3. 根據 APP 的引導進行握力校正，校正後點擊開始鈕進行握力訓練。
4. 訓練過程中，可藉由圖像變化觀察訓練時的握力強度變化。
5. 完成該組握力訓練後，可於歷史紀錄中觀看逐次的握力強度。
6. 長按電子裝置開關機鈕進行關機。當 APP 畫面顯示藍芽已斷線後，即可關閉 APP。

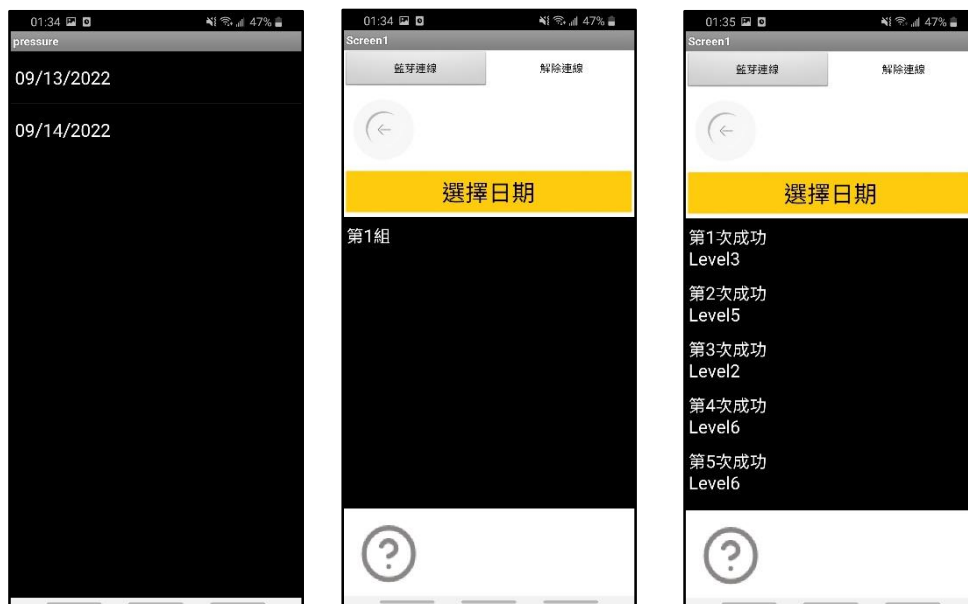


圖 9：檢視復健訓練歷史紀錄

肆、執行結果

當使用者完成握力訓練，可點選歷史紀錄觀看不同日期的訓練紀錄，內容包含該日完成的訓練組數，以及逐次的握力強度，如圖 9 所示。每組握力訓練預設的按壓次數為 5 次，使用者亦可視醫囑或自身狀況，在功能選單內調整每組按壓次數。氣壓式握力復健輔具的詳細操作流程如參考文獻[8]所示。

伍、討論與建議

STEAM 教育的精神在於不拘泥於單一領域的內容，統合各領域的知識，並利用不同的工具解決真實問題。本研究所開發的復健輔具整合了物理、電機與醫療等相關領域的概念。藉由實作，學生可從中了解理想氣體方程式的原理，並結合微處理器、APP 程式撰寫等技術，應用在日常生活的醫療需求上。後續更可持續發想，在 APP 內加入娛樂聲光效果、任務型態的遊戲功能，藉以改善傳統復健枯燥乏味的問題。

參考文獻

1. 李冠杰、蔡秉修、陳昱鋈、王澄瑄、邱致銓、洪耀正 (2021)。寫 APP 玩轉物理實驗。新北市：全華書局。
2. Alexuan Martínez, Christian Nieves, and Armando Rúa (2021). Implementing Raspberry Pi 3 and Python in the Physics Laboratory. *The Physics Teacher*, 59, 134-135.
3. 徐藍思 (2020)。澎湖的風怎麼這麼大-以Arduino融入國小三年級「看不見的空氣」單元中風向與風力測量之行動研究。(未出版之碩士論文)。國立臺東大學進修部暑期課程與教學碩專班，臺東市。
4. 李浩群 (2017)。穿戴式感測器定位系統。(未出版之碩士論文)。正修科技大學資訊工程研究所，高雄市。
5. STEAM 新素養。資料檢索日期：2023 年 2 月 10 日。網址：<https://topic.parenting.com.tw/issue/2017/steamtoys100/knowsteam.html>。
6. 維基百科，(理想氣體狀態方程式)。資料檢索日期：2022 年 8 月 12 日。網址：https://en.wikipedia.org/wiki/Ideal_gas_law。
7. 相關程式檔案連結：<https://drive.google.com/drive/folders/1vC9kbYCBxH2kzQ4xlqixukVd51AZWSIP>。
8. 操作流程影片：<https://youtu.be/-469yDtnzIo>。

陳詠霖 李曜宇 陳世杰 吳泰昀 余進忠 洪耀正

Development and Implementation of Pneumatic Grip Strength Rehabilitation Equipment

Yung-Lin Chen¹, Yao-Yu Lee², Shi-Jie Chen¹, Tai-Yun Wu¹, Chin-Chung Yu²,
Yao-Chen Hung^{1,3*}

¹Department of Electrical Engineering, Feng Chia University

²Department of Applied Physics, National University of Kaohsiung

³General Education Center, Feng Chia University

* Corresponding author: hungyc@fcu.edu.tw

Abstract

Based on the ideal gas equation, this study uses App Inventor 2 and ESP32 to develop a simple pneumatic grip strength rehabilitation equipment. The grip strength rehabilitation equipment is consisting of an electronic device with the functions of bluetooth communication and gas pressure sensing, and a self-made APP. Place electronic devices in closed and compressible containers. When the user presses the container for grip strength training, the air pressure signal can be received on the smart phone through the bluetooth, and converted into the level of grip strength, the number of times of pressing and finally recorded in the APP.

Keywords: ideal gas equation, APP Inventor 2, Arduino