

智慧居家復健系統

A Rehabilitation System for Smart Home

王能中 莊育軒 林泓毅 蔡博維 蔡佩樺 陳明遠

國立聯合大學資訊工程學系

苗栗市南勢里聯大二號

ncwang@nuu.edu.tw

{U0824043, U0724051, U0824003, U0824029, U0824038}@o365.nuu.edu.tw

摘要

人體邁入中年之後，生理機能便逐漸走下坡，肌肉與關節活動度是肢體能夠動作重點，缺少任一部分在行動上都產生不便，長者可能因此發生跌倒事件，嚴重將會導致長期臥床甚至死亡。及早的營養補充與規律運動能預防並改善肌少症，因此本研究提供在家就能復健運動的「智慧居家復健系統」，簡單的硬體設備便能架設復健環境，復健當下提供姿勢辨識，輔以即時語音回饋，隨時矯正動作，減少姿勢不正確造成的傷害。復健網站、APP 系統與監護通知 Linebot 分別提供多元功能，用戶能建立客製化復健菜單、復健提醒通知、鄰近醫療院所查詢、歷史資料查詢以及復健情況圖表化等方便用戶使用的相關副程式。使用我們的系統能不受天氣影響，在家便能簡單做復健運動，讓使用者改善關節活動度及肌力缺少的問題。

關鍵字：復健、肌、智慧居家、通知、姿勢辨識。

Abstract

After the human body enters middle age, the physiological function gradually declines. Muscle and joint mobility are the key points for the body to move. The lack of any part will cause inconvenience in movement. As a result, the elderly may fall, which will lead to long-term bedridden or even die. Early nutritional supplementation and regular exercise can prevent and improve sarcopenia. Therefore, this study provides a "Rehabilitation System For Smart Home" that can rehabilitate exercise at home. Simple hardware equipment can set up a rehabilitation environment, and rehabilitation system provides instant voice feedback, corrects movements at any time, and reduces injuries caused by incorrect posture. Rehabilitation website, APP system and guardian notification Linebot provide multiple functions respectively. Users can create customized rehabilitation menu, rehabilitation reminder notification, query of nearby medical institutions, historical data query, and graph of rehabilitation status, etc., which are convenient for users to use. related subroutines. Using our system will not be affected by the weather, and you can simply do rehabilitation at

home, allowing users to improve joint mobility and lack of muscle strength.

Keywords: rehabilitation, muscle, smart home, notification, posture recognition

1. 簡介

在本研究中，我們設計了一套智慧復健系統。本系統實作讓使用者在家跟著示範影片及語音引導指示下做復健運動，進而讓使用者增進健康。

1.1. 前言

近年因為疫情因素，民眾減少外出活動，染疫風險高的長輩族群更是傾向待在家中，整體的活動相比疫情之前大幅地減少，運動量不足造成的問題與日俱增。

1.2. 研究動機

肌少症與衰弱症是老化最常見的問題[1]，這兩種病症常伴隨失能、跌倒與受傷，根據國民健康署統計，台灣 65 歲以上老人肌少症盛行率男性為 23.6%，女性為 18.6% [2]。除了健康的飲食之外，日常的運動也是這兩種病症的良藥，然而疫情因素使得民眾外出運動次數不比以往，在家運動又不確定姿勢是否正確。

因此我們希望設計出一套系統讓使用者可以在家就能做簡單的復健運動；使用者跟著示範影片同步做動作，系統即時給予動作回饋，並在復健運動完成後自動留存紀錄以供日後追蹤，且在多天沒運動時系統會發送訊息提醒使用者運動，以此協助長輩找回健康肌力。

1.3. 相關研究

2022 年台灣網際網路研討會暨國際計算機會議中，國立台灣科技大學探討了「深度學習預測運動行為與傷害[3]」，研究者預先收集可能會造成運動傷害的指標，並依據指標建立運動模型，再與 Openpose 做整合，進而達成可透過攝影機或錄製好的影片為輸入的運動傷害即時檢測系統。

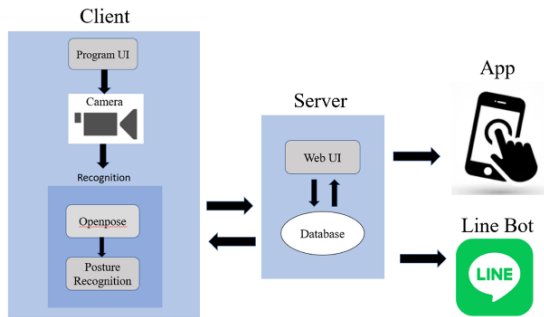
2. 系統內容

本研究中我們透過攝影機、影像辨識、Line Bot、網頁及 App 實作此系統。本系統利用 XAMPP 架設 FTP、Apache 網頁伺服器及 MySQL 資料庫，辨識系統則是利用 Openpose 實行，網

頁及 App 負責紀錄呈現,提醒功能仰賴 Line Bot; 透過辨識系統取得復健運動資料並存放到資料庫,網頁、App 及 Line Bot 使用資料庫來完成本系統。

2.1. 系統架構

本系統包含辨識、前端兩個子系統,前端部分有網站、程式、App 及 Line Bot。Client 端的辨識系統完成辨識後取得資料上傳到 Server 端資料庫,網頁、App 及 Line Bot 從資料庫取得資料做資料呈現,如圖一所示。



圖一：系統架構圖。

2.2. 開發環境

本系統的開發環境,說明如下。

2.2.1. Python 3.8.10

Python 是一種廣泛被使用的高階程式語言,內涵大型標準程式庫,可跨不同電腦作業系統使用,幾乎可以與所有類型的系統整合進而實現加快開發速度。本系統辨識分析、程式前端、資料上傳及 Line Bot 都是以此程式語言撰寫。

2.2.2. Visual Studio Code

Visual Studio Code 是由微軟開發的跨平台程式碼編輯器,具豐富的延伸外掛模組,支援 Windows、Mac OS 及 Linux,是被廣泛應用的整合開發環境。本系統多使用此程式編碼器。

2.2.3. Android Studio

Android Studio 是一個開發 Android App 的免費開發平台,內建的模擬器可讓使用者模擬不同手機、不同 API 版本及不同 SDK 的開發情境。主要採用 Java 及 Kotlin 語言撰寫,具有即時預覽畫面及手調整 UI 配合版面等特色。

2.3. 相關技術

本系統的相關技術,說明如下。

2.3.1. Openpose

OpenPose 即時 2D 姿勢估計,是美國卡內基梅隆大學(CMU)研發,以 Caffe 為框架開發的監督式卷積神經網路。可以實現即時的人體動作、手指運動以及臉部特徵的姿勢估計。有辨識快速、可辨識多人、辨識效果準確的特性,也是史上第一個基於深度學習的實時多人二維姿態的應用。

2.3.2. OpenCV

OpenCV(Open Source Computer Vision Library)是開源計算機點腦視覺函式庫,是由 Intel 進行開發。可在商業以及研究領域中免費使用。支援大量的程式語言,是現今常被廣泛使用的函是庫工具之一。舉凡物件識別、人臉辨識、人機介面等都會是 OpenCV 的應用領域範圍。

2.3.3. Flask

Flask 為基於 Jinja 模板引擎和 Werkzeug WSGI 工具箱由 Python 撰寫的一個函示庫。用於輕量級 Web 應用框架,適合架設簡易的 server[4]。

2.3.4. Ngrok

Ngrok 是一個全球分佈的反向代理,利用 Ngrok Cloud 將私人網路隨機生成 IP,讓外部網路能藉由隨機 IP 成功連入私人網路,開發者無須申請固定 IP 即可部署 server。Ngrok 支援多種協定,利用 SSL、SSO、身份認證等多種安全措施保障連線的安全性[5]。

3. 系統功能

本系統的功能主要分成「前端」及「辨識系統」兩個子系統。

3.1. 前端

前端包含了「會員系統」、「復健計畫排程」、「紀錄呈現」、「復健成果通知」、「復健提醒通知」、「影片推薦」及「姿勢判定回饋」。

3.1.1. 會員系統

會員系統包含了會員註冊、登入及會員資料修改。會員可以在網站、App 或 Line bot 登入觀看過往復健運動紀錄。

3.1.1.1. Linebot 監護登入

Line 平台只會儲存用戶的 Line user ID,無法與受監護人連結。因此,用戶每次傳訊息石階需要與資料庫做確認。

3.1.2. 復健計畫排程

會員或其監護者可以預先在網站排定未來要做的復健動作及次數。

3.1.3. 紀錄呈現

已註冊使用者在網頁或 App 登入後可以選擇以文字或圖表方式觀看過去復健運動相關紀錄。

3.1.3.1. Linebot 圖表呈現

「本月項目次數比例」、「每月復健次數折線圖」以及「每月復健分數折線圖」三種圖表選擇,站在監護人的角度,希望透過圖表能了解受監護人的復健狀況。

3.1.4. 復健成果通知

監護人登入 Linebot 後,當受監護者復健結束,bot server 在分數判斷過後會告知監護人當受監護者的復健狀況,並附上影片紀錄檔,當

分數低於 60 時會傳送警告訊息，請監護人確認是否發生意外狀況。

3.1.5. 復健提醒通知

受監護者如果超過三天未復健，會附上最後復健日期並傳送通知告知監護者，方便監護者督促復健頻率。

3.1.6. 影片推薦

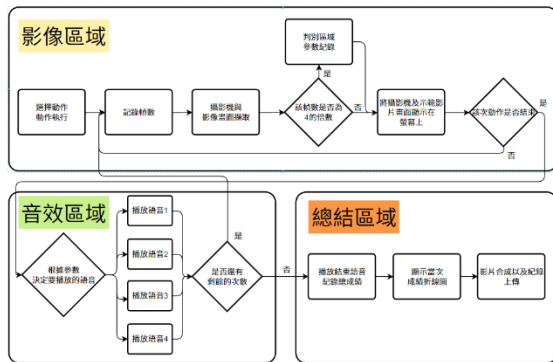
利用 BeautifulSoup 和 Youtube API 撰寫爬蟲程式並以關鍵字「上肢復健」、「下肢復健」取得 Youtube 查詢到的前五片影片傳送至聊天室。

3.1.7. 姿勢判定回饋

使用者對鏡頭做示範影片的動作，視窗顯示示範影片及當下影像，視窗含有動作次數及動作建議回饋外還有語音告知使用者動作建議。

3.2. 辨識系統

系統畫分為影像、音效及總結三區塊，如下圖二所示。依功能主要分為「動作拆解」、「動作判別參數」、「音效執行序」。



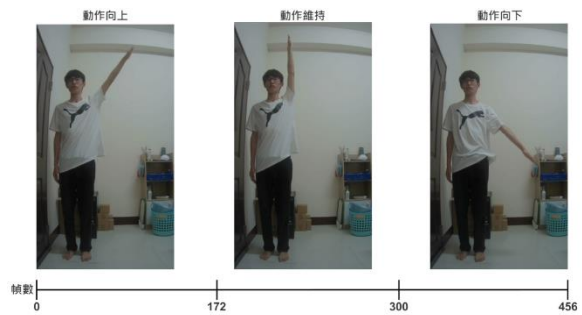
圖二：辨識系統總覽。

3.2.1. 動作拆解

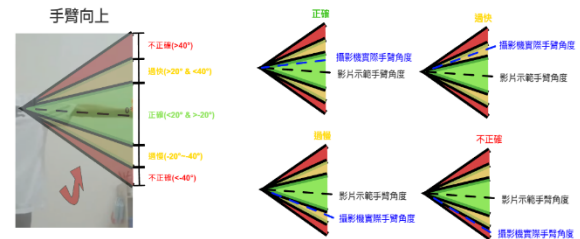
在本復健系統中，所有的姿勢都可以被拆解成「動作向上」、「動作維持」、「動作向下」，如圖三所示。錄製的示範影片以及攝影機以 30 幀去擷取並旋轉成需要的方向後。合併畫面並加上文字敘述顯示在螢幕上，並以每 4 幀進行一次動作的判別。以手臂側舉過肩為例，「動作向上」、「動作向下」會有姿勢是否會有過快或者是過慢的情形。

如果目前的姿勢落於黃色範圍區間，會被過快過慢的參數(Speed_rate)給記錄下來如圖四與圖五所示。但如果目前的姿勢落在紅色範圍區間時，表示與示範影片的角度落差過大，則會被姿勢穩定度的參數(unstable_rate)給記錄下來，如圖六所示。這兩個參數會在下一小節介紹到。

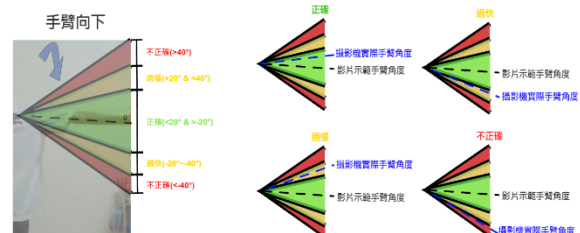
而「動作維持」則不用紀錄動作過快過慢，因為姿勢會維持在同一個位置，因此只需紀錄穩定度。



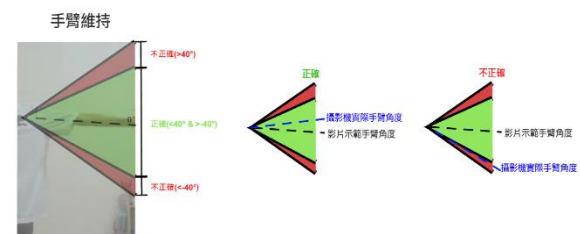
圖三：動作拆解。



圖四：動作向上使用到的動作區間。



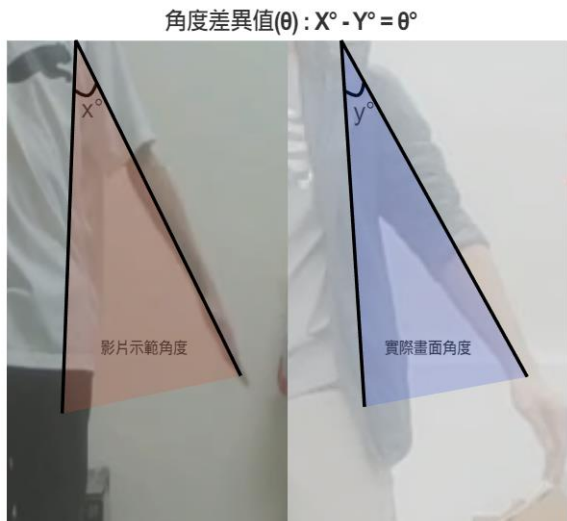
圖五：動作向下使用到的動作區間。



圖六：動作維持使用到的動作區間。

3.2.2. 動作判別參數

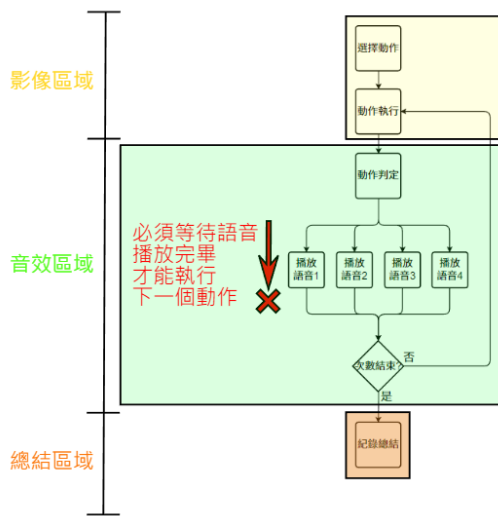
作為判別動作是否完善的標準，分別用「Speed_rate」來記錄姿勢動作的過快或過慢以及「Unstable_rate」用來記錄姿勢的穩定度。其數據則是根據影片示範角度與實際畫面角度的差異去做判斷，如圖七所示。根據動作做的不同會有不同的標準，擺動幅度較小的動作(例如髖關節側踢)判斷的標準就會比較嚴苛。



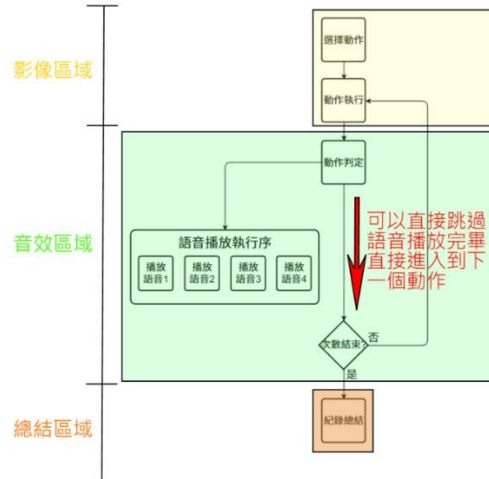
圖七：示範影片及攝影機畫面角度比較。

3.2.3. 音效執行序

在一次動作完成後，便會根據該次的動作表現給予語音回饋。分別是「繼續保持」、「動作過快」、「動作過慢」、「姿勢不完善」。但因程式讀取播放語音程式碼時會讓串流畫面卡頓，如圖八所示。透過 Threading[6]的方式可以解決此問題，如圖九所示。



圖八：語音撥放導致畫面卡頓。



圖九：Threading 可以直接進行下一個動作。

4. 系統實作成果

本系統的系統實作成果包含：「前端」、「辨識系統」，說明如下。

4.1. 前端

前端包含「復健網站」、「復健程式」、「復健 APP」及「Line Bot」的使用介面，說明如下。

4.1.1. 復健網站

A. 系統首頁

本系統之網站有一個整合的頁面，往下滑可以看到有關於我們這網頁的介紹和復健的動作，以及另一功能 Line Bot 的相關資訊，在最上方有登入的按鍵，需先做登入才可以做後續的操作，如圖十所示。



圖十：復健網站首頁。

B. 歷史紀錄

歷史紀錄功能，點入後可以查看歷史的復健紀錄，也可以根據日期區間去做查詢，紀錄右側有播放鈕可以點選，點入後可以看到您所做的影像，如圖十一所示。

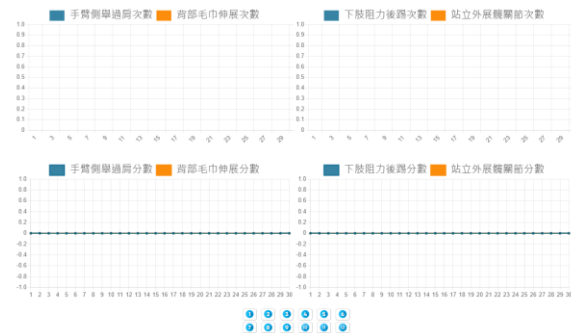
項目	日期	次數	時長	分數	紀錄
髖關節後踢運動	2022-10-03	8	00:10:19	75	
髖關節後踢運動	2022-10-03	8	00:28:18	32	
手臂側舉過肩	2022-10-04	10	00:10:19	80	
髖關節後踢運動	2022-10-04	8	00:28:18	75	
手臂側舉過肩	2022-11-30	8	00:01:20	75	
手臂側舉過肩	2022-11-30	20	00:01:20	75	
手臂側舉過肩	2022-11-30	9	00:01:20	75	
手臂側舉過肩	2022-11-30	25	00:01:20	75	

1 2 3 4 下一頁 |

圖十一：歷史紀錄。

C. 歷史紀錄圖表

歷史紀錄下方會有關於本月復健的四張圖表，如圖十二所示。



圖十二：紀錄圖表。

D. 復健規劃

此頁面供會員預先排定未來要做的復健運動，點選復健項目並輸入次數，如圖十三所示。
復健計畫

手臂側舉過肩 站立外展髖關節 商部毛巾輔助伸展 下肢阻力後踢
 (點擊文字以獲取動作介紹)
 10

當前計畫

Task	次數	DELETE
手臂側舉過肩	10	<input type="button" value="DELETE"/>
手臂側舉過肩	10	<input type="button" value="DELETE"/>
手臂側舉過肩	5	<input type="button" value="DELETE"/>
手臂側舉過肩	5	<input type="button" value="DELETE"/>

圖十三：復健規劃。

4.1.2. 復健程式

A. 程式登入

本系統之程式在使用者端運行，開啟程式後會進入登入頁面，如圖十四所示。會員可輸入帳號及

密碼登入，非會員則可點選 **guest** 以訪客身分使用程式或點選註冊鈕至網站註冊會員。



圖十四：程式登入頁面。

B. 選擇復健動作及次數

登入後會出現選擇頁面，如圖十五所示。使用者可選擇要進行已在網站端排定好的復健計畫或是手動選擇當下想要做的復健運動，選擇完畢按下開始即開始復健運動。如圖十六及圖十七所示。



圖十五：程式選擇頁面。



圖十六：選擇已排定復建計畫頁面。

圖十七：選擇手動輸入復健動作頁面。

C. 開始復健運動

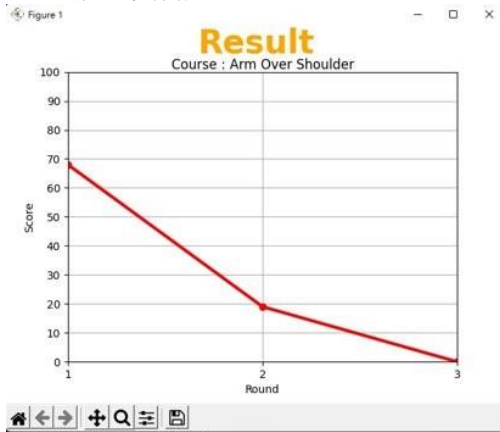
按下開始鍵後，隨著語音提示攝影機啟動，螢幕出現分割為左右兩的畫面，左側為復健運動示範影片，右側為使用者當前即時畫面，畫面上有復健動作、回合、經過時間、目前建議及角度並伴有語音提示協助復健者做復健運動，如圖十八所示。



圖十八：進行復健運動

D. 結束復健運動

復健運動結束，使用者會得到此次復健運動評分折線圖，如圖十九所示。會員在復健運動完畢後，資料及影片會自動上傳至伺服器以供後續回看，以訪客身分使用本程式則是會把紀錄及影片存在本地端特定資料夾。



圖十九：復健運動評分折線圖

4.1.3. 復健 APP

居家復健 APP 由 Android Studio 開發，使用者登入系統後即可使用 APP 功能，如圖二十及圖二十一所示。功能包含，「復健參考資訊」、「復健影片推薦」、「分析圖表」及「鄰近醫療場所」。



圖二十：App 登入自介面。



圖二十一：功能選單。

A. 復健參考資訊

提供使用者其他復健動作參考資訊，可依照敘述復健其他身體部位，如圖二十二所示。

B. 復健影片推薦

藉由網路爬蟲技術爬取 Youtube 上熱門的復健相關影片推薦給使用者參考並了解復健期間應注意事項，如圖二十三所示。



圖二十二：復健參考資訊。

圖二十三：復健影片推薦。

C. 歷史紀錄

使用者點擊「產生歷史紀錄」按鈕後，APP 會顯示曾經復健過的所有資訊包刮復健項目、復健日期、復健次數、復健時長及該次復健平均分數，如圖二十四所示。

D. 分析圖表

此功能會顯示「復健次數圖」及「復健趨勢圖」兩張圖表。復健次數圖會顯示使用者復健日期對應的復健總次數，而復健趨勢圖會顯示使用者復健日期對應的總平均分數，如圖二十五。

歷史復健紀錄

項目	復健日期	次數	復健時長	分數
魏關節後跟運動	2022-11-11	10	00:12:18	40
魏關節後跟運動	2022-11-12	10	00:15:12	30
手臂側舉過肩	2022-11-12	15	00:10:30	70

請點我產生歷史紀錄



圖二十四：歷史紀錄。 圖二十五：分析圖表。

E. 鄰近醫療場所

進入頁面後使用者會取得個人目前所在位置，接者點選左上角「醫院」會顯示使用者附近的醫療院所，如圖二十六所示。選擇其中一間想前往的地標後，點擊右下角「導航」的圖案可連動 Google 導航顯示前往路線及預計抵達時間，如圖二十七所示。



圖二十六：鄰近醫療場所（一）。



圖二十七：鄰近醫療場所（二）。

4.1.4. Line Bot

監護通知 Linebot，主要功能為「通知監護人」所監護之受監護人復健情況，並即時傳送訊息告知，如圖三十、圖三十一所示。「登入」綁定監護人後，提供「復健紀錄查詢」、「爬蟲影片推薦」、「快速指令」以及「圖表統計」等功能，如圖二十八、圖二十九、圖三十二、圖三十三、圖三十四所示。



圖二十八：監護登入。



圖二十九：紀錄查詢。



圖三十：成果通知。



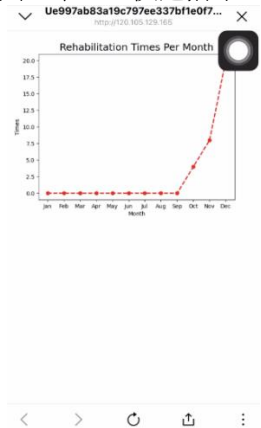
圖三十一：警訊通知。



圖三十二：影片推薦。



圖三十三：快速指令。



圖三十四：圖表統計。

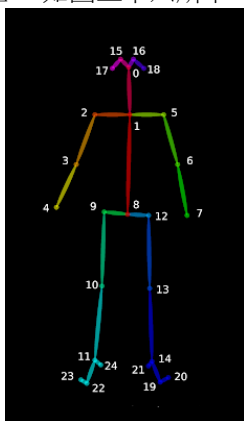
圖三十四 (a)：圖表統計 圖三十四 (b)：圖表統計。

4.2. 健身辨識系統

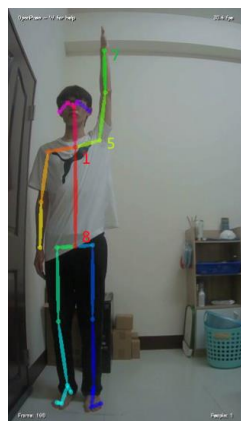
復健系統實作成果包含「關鍵點擷取」、「角度取得」及「效能分析」，說明如下。

4.2.1. 關鍵點擷取

利用 OpenPose24 點關鍵點擷取，如圖三十五所示。根據動作的不同所擷取之節點也不同。下圖以手臂側舉過肩為例子，取出 1,5,7,8 四個節點，如圖三十六所示。



圖三十五：Openpose 關鍵點。



圖三十六：手臂側舉過肩之關節點擷取。

4.2.2. 角度取得

擷取所需要的節點並兩兩相連後，利用兩線相交之角度函數轉換成夾角(示範影片與攝影機畫面各擷取一次)，並將角度顯示在畫面上。

4.2.3. 系統效能分析

效能分析分為「影片格式」以及「準確率」。

4.2.3.1. 影片格式

我們動作示範是預先錄製影片，示範影片的規格為 360x640(幀率為 30)。解析度的部分原本嘗試使用 1080x1920 的原始影像畫面，但畫質太高反而會影像 Openpose 的準確率，並且會增加電腦負擔，因此便改成使用 360x640。而幀率則是希望可以使用 60 幀的示範影片，可以讓畫面更加流暢。但是礙於硬體效能的關係，就只能將幀率限縮在 30。攝影機亦是如此。為了能夠確保示範影片與攝影機畫面能夠同步，示範影片與攝影機的規格都必須相同。

4.2.3.2. 準確率

Openpose 取得人物特徵點後，會取得該點的(x,y)座標以及準確率。而因為下半身腳的特徵點會有重疊的可能，因此在髖兩個下半身動作(關節側踢以及下肢阻力後踢)的準確率會比起兩個上半身動作(手臂側舉過肩、背部毛巾伸展)來的還低一些，透過 Openpose 內建之參數所取得之準確率，如表三所示。

表三：各部位之準確率

動作	手臂側舉過肩	背部毛巾伸展	髖關節側踢	下肢阻力後踢
----	--------	--------	-------	--------

取得的特徵點	(1,5,7,8)	上拉時： (2,3,3,4) 下拉時： (5,6,6,7)	(9,11,12,14)	(9,11,12,14)
準確率	79.05%	85.67%	77.99%	65.72%

5. 結論

智慧居家復健系統提供使用者便利的復健方式，任何時段都可以開始復健，而不用麻煩家人一起出門去醫院，也不需要在乎天氣狀況適不適合出門，簡單的設備便可以在家復健。本系統提供的即時語音回饋、錄影存檔以及通知監護者，降低使用者在使用本系統時受到意外傷害的機率，此外，將復健結果數值化製作成圖表，方便使用者觀察自身的身體狀況或可將紀錄交給醫師檢驗。本系統目前只有四種基礎的復健動作，達到的復健效果和實質去醫療院所相比還有待強化，系統若想要精進，未來可以和專業的物理治療師討論更多合適於居家復健的動作以及其動作要點，進而提升本系統的實用性。

參考文獻

- [1] 洪西進、李約瑟、張育維、簧勤翔、羅振豪，“基於深度學習預測運動行為及傷害”，2022 年臺灣網際網路研討會 TANET 暨國際計算機會議 ICS，國立臺灣科技大學，<https://grbdef.stpi.narl.org.tw/fte/download4?docId=2799937&responseCode=0154&grb05Id=13905146>
- [2] 賴柏巨，“從鳥仔腳，談衰弱症與肌少症”，成醫電子報，<https://newsletter.hosp.ncku.edu.tw/p/406-1049-196303.r251.php?Lang=zh-tw>
- [3] “Flask”，<https://flask.palletsprojects.com/en/2.2.x/>
- [4] “Ngrok”，<https://ngrok.com/>
- [5] “Thread”，https://iasonblog.github.io/note/android_note/511.html
- [6] “老年期營養手冊”，國民健康署，<https://health99.hpa.gov.tw/storage/pdf/materials/21997.pdf>