



結合諧振反應肌音與人工智慧方法於肌肉 質量評估智能系統之設計與開發

指導教授：何文獻教授、鮑永誠教授
專題學生：李瑛慈、魏羽柔、王苡萱、楊傑凱、黃慧慈

◆ 研究動機與目的

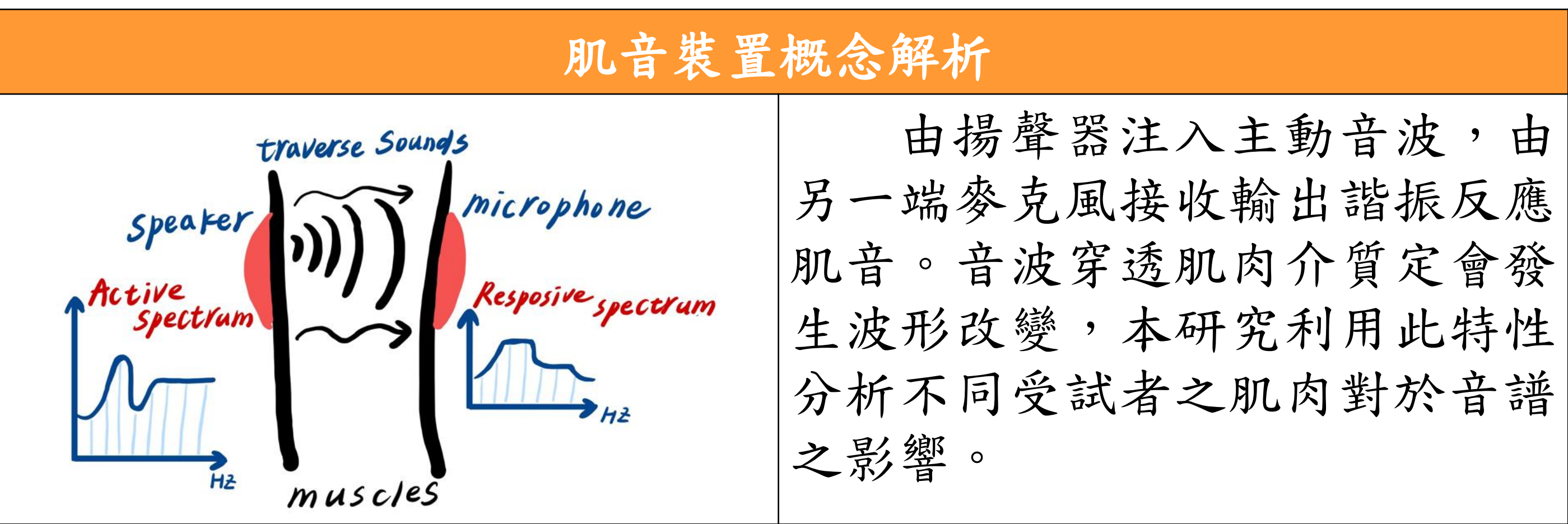
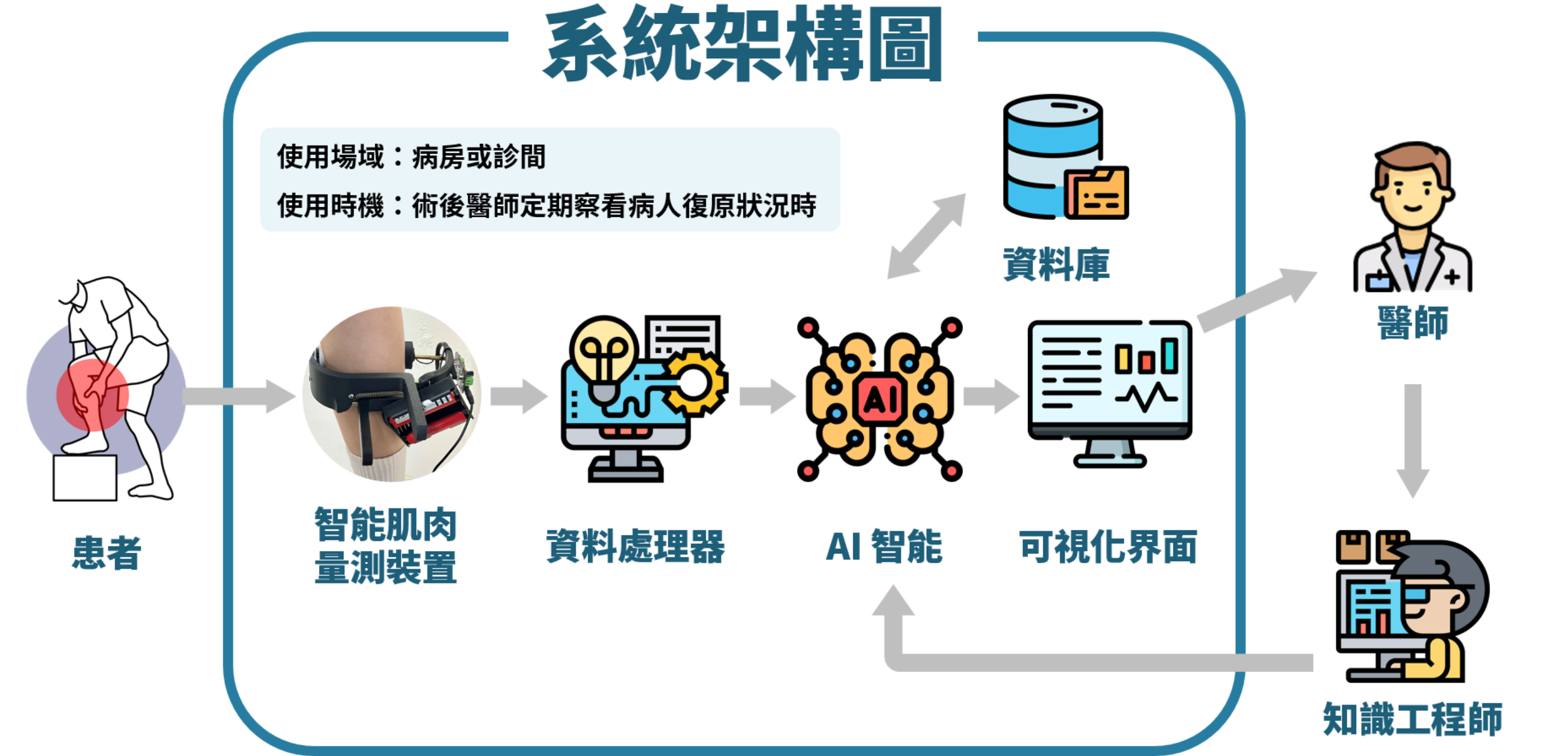
肌肉質量評估在醫學界有許多方法，有些過於主觀、檢測價格昂貴或分析過程複雜，皆有一定的缺口。大部分的肌肉萎縮發生於手術後部位，醫師會根據病人肌肉質量復原情形制定復健療程，此過程應是簡單且快速的，若是為了準確率使用昂貴的精密儀器，則不符合成本效益且耗時；Manual Muscle Test (MMT)徒手測量可能受到觀測者主觀影響，此時肌力的定義就顯得十分重要。因此，本研究建構肌力量測系統，讓醫師在診間對病患操作裝置，後端電腦進行模型預測，提供醫師做輔助診斷。本研究結合大數據與機器學習演算法，提高評估效率及正確性，並以低成本高效率的儀器改善以往的檢測問題。

本系統具有以下目的：

- (1)解決徒手肌力評估受主觀經驗影響，以客觀數據分析肌肉質量。
- (2)可降低系統製作成本，且儀器便於攜帶，能在空間小的診間使用。
- (3)改善以往肌電圖檢測需要觀察者高評估知識及操作技能的要求，提供數據給醫師做簡易評估肌肉質量。
- (4)大數據結合機器學習演算法輔助醫師診斷，提升肌力評估準確性。
- (5)儀器操作簡易且分析快速，讓復健回診過程有效率，也減少病患等待時的焦慮感。

◆ 系統操作流程

本系統應用在肌肉評估上，可使用場域為病房或一般診間，操作流程如下圖。首先醫師對病人操作個人化智能肌肉量測裝置，音檔錄製完成會透過後端電腦自動分析音譜，轉化為聲學特徵值，最後進行模型預測輸出肌力指數至電腦介面供醫師參考評估，輸出值也一同上傳至雲端資料庫供後續診斷，此外，知識工程師根據醫師對系統之反饋持續更新模型。本系統能產生與市面上肌肉檢測儀有同等效力的肌肉指數，醫師藉此比較術前術後的分析結果評估肌肉恢復情形，達到高準確及高效率的水平。



◆ 研究材料、方法及結果討論

1. 實驗設計

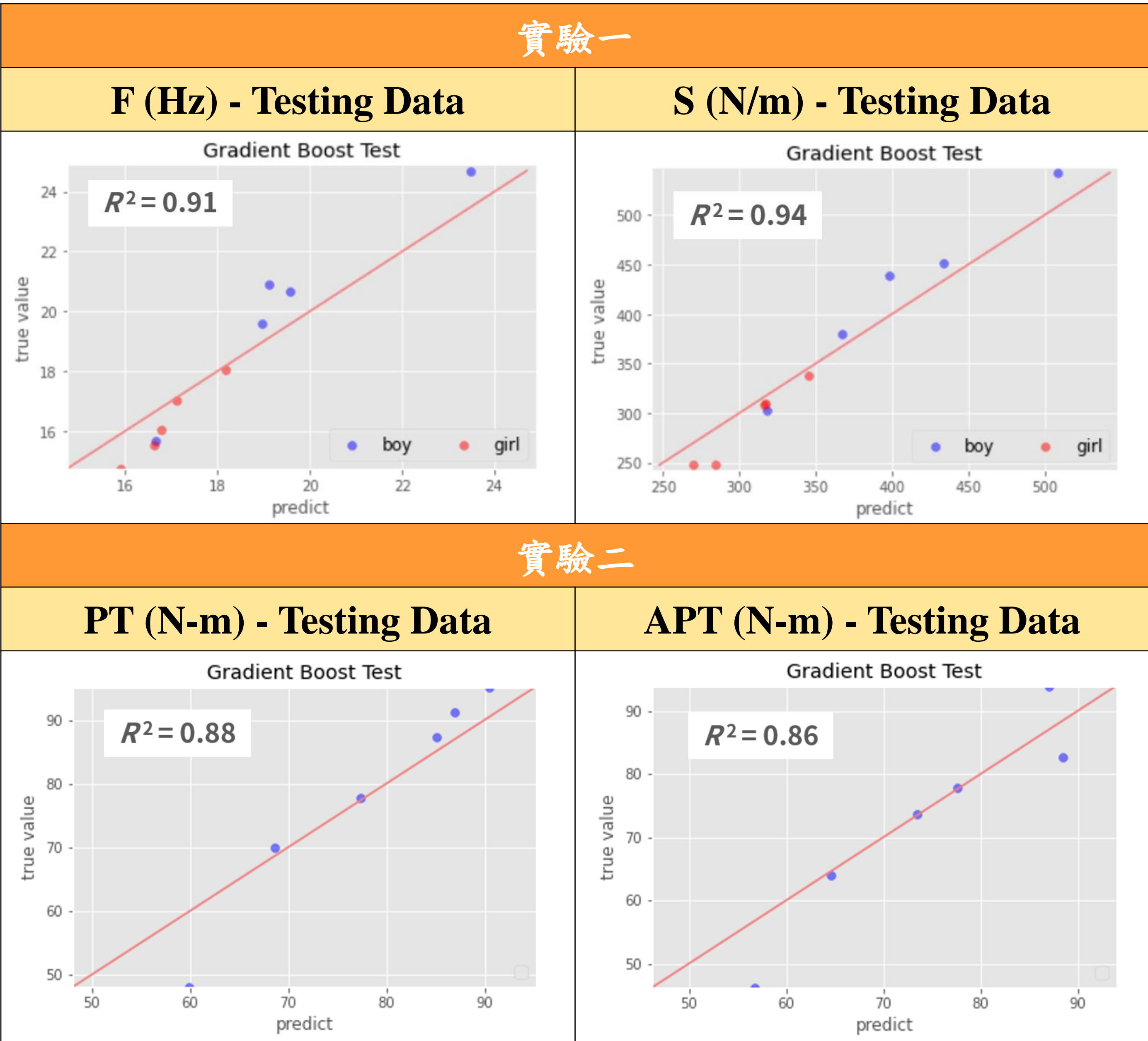
本研究利用 Myoton Pro 肌肉監測儀和 Biodex System 3 Pro 等速肌力測試儀兩項醫界皆廣泛使用的儀器進行實驗。藉由肌音量測裝置收集諧振反應肌音，同時測量肌力指數並擷取其參數，Myoton Pro所測量之其中兩項參數，反映出肌肉張力的Frequency(F)，以及Stiffness(S)，反映出肌肉硬度；擷取 Biodex System 3 Pro 所測量之其中兩項參數，Peak Torque (PT)，表示肌肉動態最大力矩及Average Peak Torque(APT)，表示肌肉平均力矩。以肌音參數作為特徵值建立模型，預測上述四項肌肉指數，驗證聲波是否具有效力準確預測肌肉狀態。

本研究設計兩項實驗：(1)實驗一由10位測試者各別使用 Myoton Pro 測量靜態小腿肌肉10次，取平均值作為迴歸預測之輸出值，同時錄製60秒之諧振反應肌音，藉由 R studio 提取聲音特徵值，每位測試者產生200筆資料，對應至 Myoton 肌力指數，資料筆數共2000筆。(2)實驗二由6位測試者使用 Biodex System 3 Pro 做等長運動(Isometric)進行動態小腿肌力測量，受試者需做腳掌下壓的動作讓小腿施力，持續做五秒的施力產生肌力指數，收集五次數據，取最大力矩(Peak Torque)及平均力矩(Average Peak Torque)作為輸出值，並對應至 Biodex System 3 Pro 肌力指數，資料筆數共1200筆。



本研究利用80-20法則分割每位測試者之資料，實驗一產生1600筆訓練資料，400筆測試資料；實驗二產生960筆訓練資料，240筆測試資料。建立四種機器學習模型：Random Forest、SVR、GradientBoost 及 MLP，並以 Root Mean Square Error (RMSE)、Mean Absolute Error (MAE)、R-Squared 作為模型評估指標，也進行五折交叉驗證，將數據集分成五份，其中四份作為訓練數據，一份作為測試數據，進行試驗。後續比較四種模型，發現 GradientBoost 在三項評估指標中表現最好。其中實驗一模型表現良好，訓練集及測試集的R-Squared皆達0.91以上；實驗二模型表現良好，R-Squared 皆達0.86以上。五折交叉驗證結果 R squared 皆達0.9以上，即表示此數據能達到高準確率的結果。

GradientBoost 80%訓練組結果				GradientBoost 20%測試組結果			
GradientBoost	RMSE	MAE	R squared	GradientBoost	RMSE	MAE	R squared
F (Hz)	0.39	0.34	0.98	F (Hz)	0.91	0.78	0.91
S (N/m)	15.1	12.82	0.97	S (N/m)	21.95	19.45	0.94
GradientBoost	RMSE	MAE	R squared	GradientBoost	RMSE	MAE	R squared
PT (N-m)	2.19	1.35	0.98	PT (N-m)	5.56	4.07	0.88
APT (N-m)	3.91	2.64	0.93	APT (N-m)	5.66	4.02	0.86



以上是由 output 真實值與預測值所繪製的散佈圖，可觀察到每一點皆離45度之迴歸線不遠，且相關係數達0.84以上。此外，透過迴歸預測指標驗證，本系統採用 Myoton 肌肉檢測儀的震盪頻率參數值 F、動態硬度參數值 S 與 Biodex System 3 Pro 的 Peak Torque、Average Peak Torque 作為肌力指數標準，且採誤差微小的 GradientBoost 演算法，顯示聲學特徵能精準反映肌肉情況，具有極高的效力支持我們的肌音系統。

2. 個人化智能肌肉量測系統建置

於電腦端建置一使用介面，系統讀取身分證號後進入介面並顯示操作畫面，待儀器架設完成即可開始收音。諧振反映肌音透過音源線傳送至電腦，收集完畢等待後端結果分析，呈現肌力指數供醫師參考。



◆ 結論

本研究透過聲學特徵結合機器學習演算法的概念設計智能化肌肉量測系統，以非侵入式的方法對病患進行肌肉檢測，操作簡易且分析過程快速，高準確率的模型協助醫師做輔助診斷，改善以往徒手肌力檢測過於主觀的問題，將智慧醫療帶入診間。本研究已通過 IRB 申請，編號為 KMHIRB-E(I)-20220333，日後會蒐集真實病人之資料以建置完整系統。未來若研究發展良好可應用至各層面，如健身房設置肌力量測裝置，避免民眾在肌肉狀況不適的情況下訓練；也可用於肌少症或高齡老人肌力不足之評估，提早警示受傷風險。本系統期望未來能普及化，融入居家日常並達到精準醫療的目的。