穿戴式裝置應用於步態年齡指標驗證研究

研發成果之歸屬與應用：
本研發成果為工研院所有，未來將成果發表學術論文或專利會由雙方依貢獻性歸屬。

一、研究設計與流程：

本研究採橫斷式觀察研究設計（Cross-sectional Observational Study），預計招募 30 名健康成人，維持男女比例均衡。受試者須具備不使用輔具即可獨立行走 10 分鐘以上之能力。排除近期下肢肌肉骨骼損傷、影響行走功能之神經或心肺疾病、重度肥胖，以及符合研究預先訂定之肌少症或肌力低下排除條件者。

(一) 受試者基本資料與身體功能評估

受試者完成研究說明及知情同意後，收集基本人口學資料，包括性別、年齡、身高、體重、腿長、病史及用藥情形。接續進行身體組成分析、握力及小腿圍測量，取得肌肉量與肌力相關指標，作為受試者身體功能及步態表現分析之參考。

(二)標準化步態及動作生物力學測試

受試者於長庚大學動作分析實驗室進行標準行走測試，於身體指定位置黏貼 23 顆反光標記球，使用 11 台 Vicon 紅外線動作捕捉攝影機，以 100 Hz 頻率記錄人體三維動作軌跡，並搭配Zebris 測力板同步取得地面反作用力資料，以分析髖、膝及踝關節運動學、關節力矩、淨關節作功及機械能量代償係數。受試者沿 8 公尺走道分別進行自選舒適速度及快速步行測試，每種條件至少取得 10 次有效步態資料。

(三)穿戴式裝置同步量測與演算法驗證

本研究將使用工研院研發之穿戴式動作感測裝置，依其設計規範配戴於受試者指定身體部位，並於正式測試前完成感測器固定、訊號品質確認及時間同步校正。測試期間同步使用Vicon 動作捕捉系統及相關參考量測設備收集資料，確保穿戴裝置與參考系統之量測時間一致。透過相同步行事件及步態週期進行資料配對，分析穿戴裝置演算法所估測之步行活動辨識結果、步態事件(如初始接觸及離地時間)、步頻、步態週期、步幅、步速及左右對稱性等參數，並與參考系統計算結果進行比較。

另將評估不同年齡族群及自選、快速步行條件下的演算法表現，分析其平均絕對誤差(MAE)、均方根誤差(RMSE)、平均絕對百分比誤差(MAPE)、相關係數及一致性，以評估演算法的量測準確度。

(四) 連續步行及足底壓力分析

受試者另於Zebris 動態足壓分析跑步機進行 10 分鐘連續步行測試，依個人舒適速度逐步調整跑步機速度，並同步配戴工研院穿戴式裝置及相關慣性感測器，收集連續步行期間的動作訊號。分析時排除前 2 分鐘及最後 1 分鐘，取中間 8 分鐘穩態步行資料，計算步頻、步幅、步速、平均足壓、前中後足最大壓力、足部旋轉角度、重心位移及左右步伐對稱性等參數，以評估穿戴裝置在持續步行條件下的訊號穩定性及參數估測能力。

(五) 資料處理與統計分析

動作捕捉及動力學資料經適當濾波及步態週期標準化後，計算下肢關節角度、關節作功與機械能量代償係數。以單因子變異數分析比較不同年齡族群的步態差異，並透過相關分析及迴歸模型建立實際年齡與步態參數間的關係，發展步態年齡指標。穿

戴裝置驗證則以Vicon 及足底壓力量測結果作為參考，進行誤差、一致性及相關性分析，並評估不同步行條件下的演算法效能。另透過適當的模型驗證程序，評估步態年齡模型的預測誤差及泛化能力。

二、本計畫於本年度預計完成實驗分析用數據一批，內容包括：

1. 受試者基本資料: 年齡、性別、身高、體重、靜態影像、身體組成分析、手握力、日常生活活動問卷等。
2. 完整步態週期之下肢動作數據: 包含髖膝踝關節之關節角度、角速度、關節力矩、關節功率等。
3. 連續步行時之步態數據: 包含步頻、步幅、步速、平均足壓、前中後足最大壓力、足部旋轉角度、重心位移及左右步伐對稱性等。

查核點編號	查核日期	查核點概述
C01	2026/12/23	實驗分析用數據一批，內容包括： 1. 病人基本資料(編號、年齡、性別、身高、體重)。 2. VICON 下肢動作座標點數據、速度、角速度，下肢關節角度值。 3.實驗記錄靜態影像。