AI智慧檢測與遊戲化復健系統：高齡衰弱預防與健康促進的整合式解決方案

國立成功大學工業設計學系 林彥呈教授

前言

隨著全球邁入高齡化社會，健康照護體系正面臨前所未有的挑戰。根據世界衛生組織（World Health Organization, WHO）統計，2019年60歲以上人口佔全球總人口11%，預計至2050年將達22%、超過20億人（United Nations，2019）。為因應此趨勢，WHO提出「健康老化十年（2021–2030）」倡議，呼籲各國強化功能退化的早期識別與介入，建構以人為本的照護服務體系，延緩失能並提升高齡者生活品質（WHO，2021）。

在高齡健康風險中，衰弱症被視為功能退化的關鍵早期指標。其特徵為生理儲備功能下降、系統穩定性變差，使高齡者在面對壓力（如疾病、跌倒）時的復原能力顯著降低，若未能及時介入，極可能惡化為不可逆的失能狀態（Landi, F. et al., 2012）。相關研究指出，規律的身體活動可有效延緩肌肉質量與力量流失，幫助維持高齡者的身心功能，進而預防肌少症與衰弱進程。

近年來，隨著數位健康科技快速發展，應用程式、虛擬實境與嚴肅遊戲等新型態介入模式被廣泛導入高齡復健領域（De Santis, K. K. et al., 2022）。然而，長照場域中高齡者的運動參與度仍普遍偏低，主要受限於人力資源短缺、空間不足與訓練形式缺乏個別化等問題，進一步加劇健康退化與照護壓力（Nakrem S., 2015）。面對人口老化與

照護人力短缺的雙重挑戰，數位科技導入成為智慧照護轉型的關鍵契機。在長照 3.0 政策推動下，AI 與感測技術於行動力監測、個別化訓練推薦等方面的應用潛力日益受到關注，未來可望成為高齡健康促進與基層預防照護的核心支柱（衛生福利部，2016）。

因此，筆者將針對一套數位檢測與復健系統進行介紹，此系統運用智慧感測設備與AI模型，分析高齡者的動作表現，提供早期辨識衰弱風險、量化功能狀態並提供個別化介入建議等服務，協助照護人員即時掌握健康變化，實現客製化、遊戲化與智慧化的健康促進模式（如圖1）。透過此系統，期待能補足基層單位人力與專業資源的不足，強化衰弱初期的預防介入，提升照護品質與高齡者的自主參與動機，落實科技輔助下的健康老化願景。

圖1、數位檢測與復健系統架構

整體系統介紹

本系統具備三項核心產品—智慧檢測系統、互動體感遊戲與醫療共照系統，共同建構一套完整的AI智慧復健解決方案，探索人工智慧趨勢下高齡健康促進系統的全新樣貌（如圖2）。整體系統涵蓋三大流程階段：「前期檢測 → 中期訓練 → 後期共照追蹤」，整合軟硬體設備與數位內容，提供連貫且個別化的照護流程。此系統不僅可協助專業人員精準判讀高齡者肌力功能狀況，規劃復健介入模式，也有助於改善照護人力不足與資源落差等問題，成為長照與社區實務應用中的有力輔助工具。

圖2、AI智慧復健解決方案流程說明

（一） 智慧檢測系統

本系統針對高齡者設計整合式行動能力功能評估流程，依據 ICOPE 與 SPPB 標準，選取五項關鍵指標：3公尺折返、雙腳背屈10次、單腳站立、30秒坐姿起立與原地踏步2分鐘，涵蓋靜態與動態平衡、心肺與肌耐力等面向（如圖3）。系統能快速篩檢衰弱與肌少症風險，並自動生成分析報告，供醫療與照護人員參考，作為復健計畫調整與社區轉介之依據，實現「日常預防、即時介入」的智慧照護目標。

圖3、智慧檢測系統操作流程

（二） 互動體感遊戲

本系統以懷舊復古風格與臺灣在地文化為主題，融合臨床常見下肢訓練動作（如膝伸展、蹠屈、背屈），提升高齡者情感共鳴與參與動機（如圖4）。遊戲設計包含臺南林百貨、美濃客家場景與大鵬灣釣魚等三款主題，並結合虛擬教練指導，強化復健動作執行準確性與互動性。透過遊戲化操作，降低訓練疲乏感，提升訓練的趣味性與持續性，增進高齡者復健意願與成效。

圖4、互動體感遊戲

（三） 醫療共照系統

本系統整合AI智慧判讀與遠端共照功能，透過長短期記憶（LSTM）與強化學習（RL）演算法，分析使用者肌力變化與衰弱風險，主動推薦個別化復健模組，支援照護人員進行即時調整與成效追蹤。系統會即時儲存並視覺化呈現檢測與訓練結果，醫護端可同步查閱，家屬亦可透過平台掌握長輩健康進展，提升資訊透明度與照護信任感。跳脫傳統單向監測工具框架，促進照護、醫療與家庭三方的即時與非即時互動協作，建構可應用於日照中心、居家照護與社區健康據點的遠距協作健康管理生態系，實現以高齡者為核心的智慧共照服務（如圖5）。

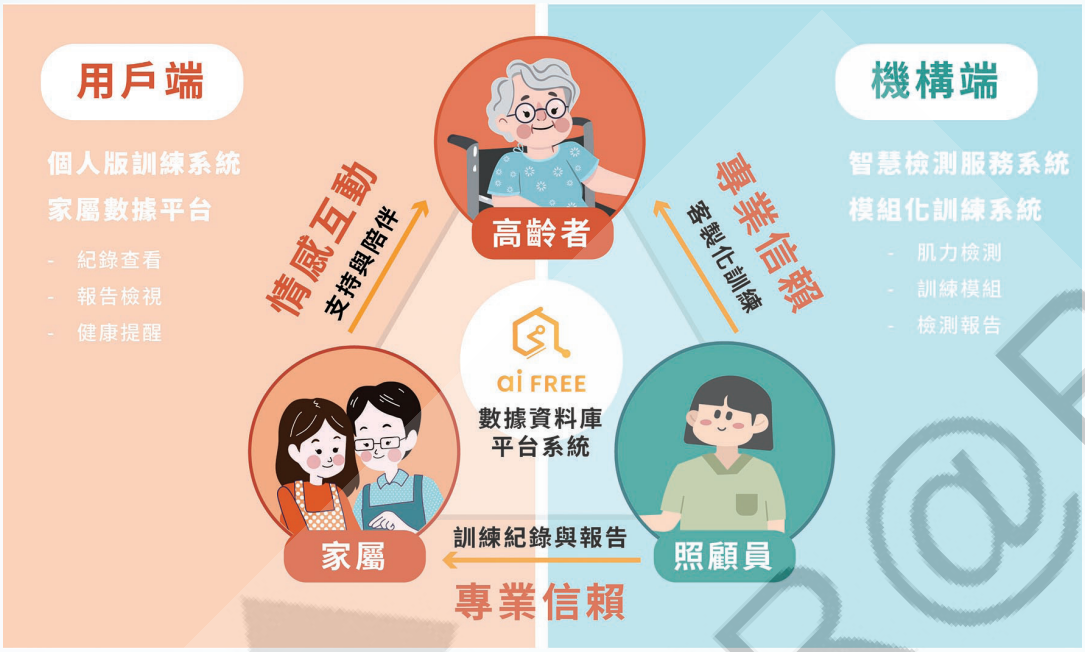

圖5、醫療共照系統架構

結論與未來發展

本系統以全球首創的居家表面肌電（sEMG）量測技術為基礎，推出全方位智慧復健解決方案，目前已取得超過 20 項國內外「發明」與「設計」專利，並在臺南、嘉義、屏東等地實際導入應用，累積超過 10,000 人次使用經驗。系統亦與各級醫療機構合作導入臨床，進行衰弱檢測與復健流程優化，驗證其科學性與實務價值。

未來，將透過持續深耕照護現場，拓展系統功能與應用情境，特別針對團體活動與社交參與需求，開發更多具互動性與趣味性的課程模組與遊戲設計。結合遊戲化與共學機制，促進高齡者在支持性社群中主動參與訓練與健康管理，強化系統在高齡預防照護中的實務價值，邁向可規模化、可落地的智慧照護服務模式。

參考文獻

1. 衛生福利部（2016）。〈長期照護十年計畫2.0 (106~115年)〉。瀏覽日期：2025年8月10日，網址：https://1966.gov.tw/LTC/cp-6572-69919-207.html
2. De Santis, K. K., Jahnel, T., Matthias, K., Mergenthal, L., Al Khayyal, H., & Zeeb, H. （2022）. Evaluation of digital interventions for physical activity promotion: Scoping review. JMIR Public Health and Surveillance, 8（5）, e37820. Toronto: JMIR Publications.
3. Landi, F., Liperoti, R., Russo, A., Giovannini, S., Tosato, M., Capoluongo, E., ... & Onder, G. （2012）. Sarcopenia as a risk factor for falls in elderly individuals: Results from the ilSIRENTE study. Clinical Nutrition, 31（5）, 652–658. London: Elsevier.
4. Nakrem, S.（2015）. Understanding

organizational and cultural premises for quality of care in nursing homes: An ethnographic study. BMC Health Services Research, 15, 508. London: BioMed Central.

5. United Nations.（2019）. World population ageing 2019. New York: United Nations Department of Economic and Social Affairs.
6. World Health Organization.（2021）. Decade of healthy ageing: baseline report. Geneva: World Health Organization.

CATR@P