

# 以數位醫學強化社區健康

郭博昭

國立陽明交通大學 腦科學研究所、睡眠研究中心、衛生福利部草屯療養院 心腦醫學中心、  
國立中興大學 基因體暨生物資訊學研究所

## 前言

隨著高齡社會的來臨，全球各國都面臨高齡者比例增加的現象，台灣這方面也不落人後。目前老人的定義是超過 65 歲的人，高齡社會的定義是老人比例超過 14%，超高齡社會的定義是老人比例超過 20%。根據內政部的資料，台灣於 2018 年 3 月底進入高齡社會，2024 年 6 月底全國已有 7 縣市邁入超高齡社會。國家發展委員會預估台灣將在 2025 年邁入超高齡社會。台灣從高齡社會進入到超高齡社會只花了 7 年，創下世界最短紀錄。這個世界第一的衝擊力，不會小於剛奪冠的棒球比賽。

高齡社會所帶來的衝擊力是全面性的，本文聚焦在如何導入數位醫學，強化高齡社會的健康。隨著高齡化社會一起產生的就是少子化與照顧人力的不足。根據 2023 年的資料，台灣 420 萬老年人口中，有長照需求的佔 83 萬以上，然而登錄在案的照護員接近 10 萬人。懸殊的比例，顯示大部分的老人是自己照顧自己，或是由家人照顧。這些照顧老人的家人有一個專業術語：家庭照顧者。許多的家庭照顧者，其實本身也是老人，就形成了老人照顧老人的現狀。台灣有世界首屈一指的醫療服務，但是離開醫院進入社區之後，如何還能夠維持同樣高的健康水準，是一大挑戰。

幾乎在同一個時間，人工智慧與物聯網科技有大幅的進展。將這些新科技導入高齡社會促進社區健康，是非常符合邏輯的進展。問題是，如何從理

論轉換成實際。以手機當例子，許多人都對手機抱以厚望。但在現實社會中，能夠用手機的人，大部分健康狀況還不差。真的需要照顧的體能或智能損傷者，其實是無法使用手機或複雜的 3C 產品 (<https://www.commonhealth.com.tw/blog/5852>)，甚至連充電都有困難。所以如何將先進科技的果實，落實到超高齡社會中，有其難度。只有到第一線去了解真正的問題，才有辦法客製化這些科技，達到堪用的程度。

本團隊有幸跟草屯療養院進行長期合作，於 2022 年於草屯療養院成立心腦醫學研究中心，任務為「將新興科技導入精神專科醫院，以數位醫學強化社區健康」。嘗試去了解病人、家屬、與醫護專業人員等各方的需求，將適當的科技進行必要的修改，甚至打掉重練，以符合醫院與社區使用者的真正需求。

## 一、客製化健康資訊系統

首先第一個客製化的項目是資訊系統，因為實在沒有太多的預算去租用商用的伺服器。即使努力找了經費租用，廠商也無法擔保資訊的安全。作為一個服務病人的人，如果從病人身上收集一大堆資料，轉交給其他公司保管，卻無法擔保資料的安全，良心不安。所以第一步就是建立自己能夠掌控的資訊系統。

如同醫學界有「過度醫療」的問題，資訊界也有「過度資訊」的問題。簡單來說，就是一個原本單純的問題，也許為了獲利，也許為了自保，會用

通訊作者：郭博昭

通訊地址：台北市北投區立農街二段 155 號

E-mail：tbjkuo@nycu.edu.tw

上太多的資源去處理。以資訊科技的例子來說，現在的文字處理器（譬如 Word 這類的程式）跟 20 年前的文字處理器比起來，產出來的結果差異不大。可是這 20 年來，電腦的速度不知加倍了多少，程式設計的複雜度也等同加倍。結果電腦的加速就被程式的複雜度抵消了，使用起來耗費的時間差不多！而很多使用者，其實並非自願，而是被迫升級，被迫用新的硬體跟軟體，被迫改變自己的使用習慣。其實這都不是使用者的真正需求，是被創造出來，而且強迫推銷的需求。更甚者，由於系統變得非常複雜，使用者逐漸無法掌控所有的細節，逐漸就落入一種失控的狀態。譬如現在的網路系統，經過各式各樣的演化，已經複雜到很難完全掌控，每隔一陣子就會發生一些資訊洩漏的問題，或是網路入侵的問題，逐漸沒有人敢擔保資訊安全了。

為了避免掉進這個軟體硬體互相追逐的無限漩渦，同時想證明另一種可能性，我們團隊拿起鍵盤，一行一行打字，開發自己的資訊系統。雖然陽春，但是足夠使用，更重要的是沒有任何的黑盒子，可以完全掌控。之後我們所有的健康資訊都是放在自己開發的資訊系統裡面，伺服器放在什麼地方、要放幾套可自己決定，不會捉襟見肘。不用擔心被強迫升級，增加預期之外的時間跟金錢成本。更不用擔心資料莫名其妙外洩，也不用擔心資料被無預期的棄養。如此才可以放心進行後續的服務。

經草屯療養院與衛福部醫福會的支持，本團隊於 2022 年底於草屯療養院內，建立一套專為醫療物聯網人工智慧（Medical AIoT）的資訊系統。採雲端架構，由 Delphi 程式語言（一種歷史悠久的 Objective Pascal 語言）直接連結作業系統的 TCP/IP 介面來完成。Pascal 跟 C 語言同樣歷史悠久，速度不會亞於 C 語言，但是結構更為嚴謹，可以避免一些記憶體安全的問題。Pascal 的速度更是現今流行 Python 的 20 倍，記憶體耗費是 Python 的一半，能量消耗是 Python 的 30 分之一。在講求節能減碳永續經營的今日，Pascal 語言仍有它的優勢（Periera et al., 2017）。

## 二、客製化心率變異分析系統

心率變異分析技術，於 1996 年定型，比起

1903 年發明的心電圖，晚了將近 100 年。在實用上，這兩個技術可以一起檢測，使用者只要量測 3 到 5 分鐘的心電圖，就可以同時完成心電圖分析跟心率變異分析。心電圖的儀器在近年逐漸輕量化與物聯網化，搭配乾式電極，甚至可以在居家環境中自己進行，是一個很適合推廣到社區的技術（<https://www.commonhealth.com.tw/blog/5938>）。

心電圖可以用來判斷心臟節律傳導系統與心臟肌肉的健康狀況，心率變異可以用來判讀交感神經與副神經功能。這兩個技術加在一起，可以提供許多的健康資訊，現今的挑戰是如何將這樣子的技術落實到高齡社區。在草屯療養院中，我們首先導入標準的心率變異分析系統。購置設備並建立好標準作業程序後，常規性在門診使用，累積記錄與判讀的經驗。除了能夠當場產出報表外，心電圖原始資料也同步儲存在醫院的伺服器內，隨時能夠透過網路瀏覽器讀取與判讀。判讀的項目以自律神經功能為常規，如果發現心率變異的數值（傳統的 R-R Interval Variation, RRIV 或頻域分析的參數皆可）異常的高，就要確認是否有心率不整的問題，其中心房顫震最為常見，這些診斷都可以由伺服器中的原始資料再三確認。在門診受測的 138 人，平均年齡 52，測量到的 RRIV 平均為 39，但個體差異很大，可能受到各類身心疾病種類與用藥的影響。

在門診累積足夠的經驗之後，我們將心率變異分析導入草屯療養院附設的日照中心，進行社區居民的篩檢。如果排程密集的話，一個機器一個早上可進行 20 人的篩檢。即使日照中心的年齡層偏高，民眾對於心率變異的接受度卻很高，因為量測的時候採用躺姿勢，而且只需用心電圖的夾具輕輕夾著手腳，沒有任何侵入性。對他們來說，好像休息一下就完成了檢查。25 位的受測者平均年齡為 80，測量到的 RRIV 平均為 34。值得注意的是其中有 12 位的 RRIV 低於標準值（<15），顯示將近一半的人有自律神經功能衰弱的情形，被認為中度風險，有需要的話去身心科複檢。為什麼這些人的自律神經會衰弱，一下子還找不到答案。其中有 3 位 RRIV 大於 80，檢視自動備份於伺服器的心電圖波形，看到顯著的心房顫震。因此被認為高度風險，建議去心臟科複檢。

於國衛院群體健康科學研究所的支持下，本團隊更積極走向社區。2024 年 8 月應邀去參訪一個特別的照顧咖啡館，位於嘉義縣大林鎮的「森呼吸生活館」，這是精心設計給家庭照顧者一個喘息與成長的空間。本文一開始就介紹登記有案的照護員遠遠不足照護的需求，大部分的照護是由家人來完成，這個家人就是所謂的家庭照顧者。這些家庭照顧者平常照顧家人，可是自己也是肉身做的，有風險會掉入身心疾病的漩渦中。喘息服務應運而生，照顧者咖啡館就是一個喘息服務的場所，至於其內容，每個單位各有特色。當時拜訪這個照顧咖啡館時，是懷著一個崇敬的心過去的。看著這邊的長輩，不只要照顧家人，更要避免自己比被照顧的家人先垮。除了參訪之外，我們另一個任務就是幫這些家庭照顧者進行心率變異篩檢，並回饋有用的訊息給他們。兩個小時下來我們幫了 16 個家庭照顧者進行檢查，他們的平均年齡 57，測量出來的 RRIV 平均為 55，但是個別差異很大。有些相對年紀輕但是心率變異弱，顯示有自律神經衰弱的風險。交談之後發現，這些人通常心理壓力比較大，而且缺乏時間運動。於是給他們回饋：要多運動，如果無法在外健走 7,000 步的話，也可以照網路上的教材進行原地慢跑。令人印象最深刻卻是另一種樣態：一位高齡 93 歲阿嬤，外貌跟身材都維持的相當好，測量出來的心率變異接近年輕人的數值，看不出明顯衰老的樣子。我問她是否有在運動，她有點靦腆的回答，每天有在做資源回收，要推車一個小時以上。旁邊的友人補充，她不只每天運動，而且還會唱歌。她的例子對高齡健康管理提供了一個重要啟發 (<https://www.commonhealth.com.tw/blog/5996>)。

9 月底有機會到南投縣衛生局，配合心理健康月系列活動，擺 4 套儀器幫同仁進行心率變異篩檢。一天下來總共 186 位進行篩檢，平均年齡 40，測量出來的 RRIV 平均為 68。由於同仁的年齡相對年輕，健康狀況相對好，只有 7 位 RRIV 小於 15，被判定中度風險，建議自主進行健康管理。倒是有多位 RRIV 大於 80，被系統判定為有心率不整的風險。觀看心電圖原始波形，確認大部分都沒有心率不整的問題，這顯示了一個 RRIV 判定心率不整的盲點。

在年輕健康人身上，RRIV 大於 80 並不罕見，純粹是心率變異大的結果，這時自律神經功能是很好的，同時也沒心率不整。以 80 當作心率不整的切點，在老人族群比較適合。如果是在年輕人身上，切點應該要提高，否則就會造成偽陽性，造成困擾。這是之後系統還可以優化的地方。除了這個插曲之外，我們的資訊系統也在三天內，因應南投衛生局的手機雲端服務系統的需求進行修改，可以即時將檢測結果傳送到衛生局的服務系統，測量完心率變異馬上可以從手機看到自己的報告，相當方便。南投衛生局也因為這個系統而連連獲獎，令人印象深刻。

### 三、客製化運動與睡眠腕錶系統

腕動計是目前非常流行的健康管理工具，20 年前醫療器材業者首先應用加速度感測器，長期（大於一個星期）測量一個人的生活節律，作為睡眠與日周運動的定量分析。當時一支腕錶售價高達台幣 10 萬元，體積龐大功能專一，甚至連顯示時間都沒有，它的任務就是長時間定量與記錄身體活動量。大約 10 年前消費性市場開始導入類似的產品，用更簡潔的零件與跟更小的體積還有更低的價錢，嘗試提供給廣大的消費者。直到今日，這種健康手環或腕錶的年出貨數量已經超過 2 億。用 1,000 到 1 萬元之間的市場價，就可以買到一個宣稱能夠記錄活動跟睡眠的手環，在市場上已經非常普及。

然而這類手環良莠不齊。首先，大部分手環缺乏驗證的資訊，各種演算法以商業機密的理由隱藏，要進行驗證跟修改非常困難。其 2，目前的訊號傳輸技術非常普遍，手錶的訊息大都可以透過物聯網傳送出去。可是廠商不會跟你透露資料傳遞或儲存的細節，甚至無法擔保資料的安全，也不會因為資料洩漏而賠償。結果就是，資料被洩漏與濫用已經是現今的日常。第 3，大部分廠商追求功能的增加，導致整個手錶的複雜性跟耗電量持續性的膨脹，操作起來越來越複雜，而且「改版」快速，造成使用者跟照顧者的困擾。光是頻繁的充電，就不知道難倒了多少高齡的使用者與照顧者。

我們團隊從 10 年前就開始研究加速度感測器的各類應用，包括腕動計。以醫療級腕動計 Somnowatch（索諾美）當作金標準，開發能記

錄身體活動量跟睡眠的腕動計。同時以 Omron（歐姆龍）的計步器為金標準，開發計步器演算法，植入到我們開發的腕動計裡面。所以就完成了一個能夠定量身體活動、睡眠、日週運動、與每日步數的腕動計，成本也控制在一般消費產品的等級。更重要的是，如同前文所述，採用可控的資訊系統，能夠保護這些健康資訊，不會不受控地外洩，達到「不虛假」、「不危險」與「不麻煩」的使用者需求（<https://www.commonhealth.com.tw/blog/5892>）。不過這只是起步而已，要怎麼跟高齡社區應用結合，還是要進行多方探索。

在草屯療養院與衛福部醫福會的支持下，我們從 2022 年開始將腕動計導入草屯療養院，提供給住院病人使用，從中得到不少的經驗與回饋。在這個環境中，住院病人不能使用手機，甚至沒有 WiFi 環境。所以我們就設計一種不用手機就能夠自動上傳的物聯網腕動計系統，採用特別設計的資料傳輸盒，能夠收集手環的藍牙訊號自動連線，並且透過 4G 網路將資料傳到醫院的伺服器。一切資料收集跟資料上傳完全自動化，使用者唯一需要做的是配戴跟充電，而這個腕動計的續航力夠久，兩個星期充電一次即可。這樣的設計不只能夠應用在精神專科醫院，只要有 4G 涵蓋的社區，也可以運作順暢。接著我們導入草屯療養院的社區復健中心與康復之家，了解這些使用者的一週平均睡眠跟運動狀況。發現他們的睡眠時間在 200 分鐘到 500 分鐘之間，每日步數在 4,000 到 16,000 步之間。個體差異很大，但看得出來是正相關，表示適度運動的人有較長的睡眠時間，運動太少的人睡眠時間也會比較少。我們立即對運動不足或是睡眠不足的人提供健康諮詢，得到很好的迴響。

之後在草屯療養院護理部的安排下，去量測日照中心居民的活動狀況，並且跟身體組成儀與心率變異的結果進行相關分析。身體組成儀，一般民眾的認知是體脂計。它採用身體的電阻抗，計算出身體水份、脂肪、肌肉、與骨頭的比例。在我們的研究中特別對肌肉比例有興趣，因為它可以作為一個肌少症的指標。在草療日照中心的居民身上，我們發現每日平均步數顯著低於康復之家的居民，只

有 500 到 4,000 之間。進一步我們發現每日的行走步數，跟身體肌肉比例成正向關係。其中一位平均步數最少的居民，其肌肉指數也是最少，令人印象深刻。這個數據很明顯的可以提醒每日運動的重要性，並再次應證少運動跟肌少症的關聯。

另外，我們將每日的走路步數，跟心率變異指標進行相關分析。發現每日走路步數偏少的人，他的自律神經功能指標也偏低。前面提到，為何有些人的自律神經功能會衰弱，在這裡也得到部分的解答，那就是運動量不足。這個結果讓我們更有理由建議病人每天要有適當的運動，甚至值得把這當作是一個正式的運動處方（<https://www.commonhealth.com.tw/blog/5938>）。

## 總結

經過前述的努力，我們將原本在陽明大學開發的技術，成功導入了草屯療養院應用，進一步擴展到社區中。我們發現心率變異性結合腕動計是一個可以執行的組合。不只民眾的接受度高，施行的金錢跟人力成本低，還可以提供給醫療與照護者重要的資訊。雖然每日運動是一個常識，但是要確實執行，長久以來都有困難。一來沒有太多的數據與說服力，要求人們要每日運動。即使醫療或照護人員要求民眾運動，也無法確認是否真的有運動，難以執行與管考。

經過兩年的經驗累積後，我們自然形成了一種作業模式，那就是以心率變異性進行健康篩檢，通常是每 3 到 6 個月追蹤一次。如果發現有心率不整，馬上轉介就醫。對於其他的人尤其是自律神經衰弱的人，我們會給予運動處方，並配戴腕錶進行運動與睡眠的量測，確認是否有執行運動處方，同時了解睡眠的變化。運動處方的成效，可以經過每次心率變異檢查得到驗證。用這樣子的方式，不論是健康檢測或是運動介入的落實，都能夠在社區中透過物聯網來完成。由於物聯網隨時將訊息傳到醫院，任何時候發現需要積極介入的需求，不論是心率不整、自律神經衰弱、運動不足、還是睡眠障礙，醫院可以在第一時間就得到資訊，進而提早介入，避免身體狀況因處置時間的延宕而惡化。

目前熱門的機器學習不是本文的重點，現今各

種相關技術豐富，不缺專文討論。本文聚焦在相對單純的情境下，應用可追蹤管考（Traceable）的技術，在發生問題的時候能夠從感測器、物聯網、伺服器、演算法中，一個一個確認，盡速找到問題所在而修正，不會陷入難以追蹤管考的黑盒子中。確認一切穩定後，再逐步導入其它的項目，確保各種技術風險的管控。

透過數位醫學的介入，我們可以在社區進行輕症或慢性病的診斷跟治療，不但為社區居民提供便利，也可以紓緩醫院人潮過多的壓力。經由了解真實需求，謹慎選擇科技，並進行細緻的客製化，還有使用流程的優化，我們可以將科技研發的果實，導入高齡社區，強化社區的健康。

## 致謝

草屯療養院 – 藍祚鴻院長、丁碩彥副院長、張介信顧問醫師、李世凱護理科主任、黃耀輝護理科督導長、黃湘淳護理師、張秀英小姐、林盈甄、陳威宇、楊舒評研究助理。國家衛生研究院 – 陳為堅副院長、邱弘毅群體健康科學研究所所長 – 江博煌執行長、紫藤婦幼關懷協會 – 劉宏鈺理事長。南投縣衛生局 – 陳南松局長 – 陳淑怡副局長、張淑真醫政科科长。台北護理健康大學資訊管理系 – 吳承翰助理教授。陽明大學腦科學研究所 – 許天瑜博士候選人、游昕瑋、林怡君碩士生，還有許多幕後英雄。