



## 星球永續健康線上直播

### 可解釋 AI 醫療應用 (2)

#### 個人化代謝療法決策智慧輔助

2026 年 7 月 22 日

糖尿病、體重控制，以及 GLP-1 等新興治療備受關注，也為代謝疾病的管理帶來重大變革。隨著人工智慧技術的快速發展，以及各種智慧型裝置所蒐集的健康數據日益豐富，我們是否能夠真正實現個人化的代謝管理，而不再侷限於傳統「一體適用」的治療模式？本週將介紹可解釋人工智慧 (Explainable Artificial Intelligence, XAI) 如何應用於個人化代謝介入策略，並透過實際案例說明 XAI 如何協助精準個人化代謝介入決策，提升臨床決策品質與健康管理成效。

#### 健康科學新知

##### 美伊海峽爭奪戰火重啟：「兵臨海峽」

美國與伊朗因荷莫茲海峽管理權與航行規則爭議，停火安排瓦解。美軍自 7 月 7 日起恢復對伊朗空襲，並擴大至港口、防空系統、雷達、飛彈與無人機設施，同時加強海上封鎖、攔截及商船改道；伊朗則以飛彈與無人機攻擊美軍基地、波斯灣盟國及商業船舶報復。川普雖撤回對通行貨物徵收 20% 安全費的構想，仍維持對伊朗港口與石油碼頭的封鎖。近期多艘油輪遭襲，荷莫茲海峽部分時段航運量較前一週下降約 52%，布蘭特原油一度升至每桶 85 至 86 美元，保險、運輸與能源成本同步攀升。衝突已由雙邊對抗擴大為區域危機，並牽動全球通膨、民航安全、美以戰略分歧及美國國會對戰爭授權的爭議。儘管雙方仍宣稱願意談判，但持續轟炸與報復使停火前景更加不明。

##### 美國參議員主動脈剝離驟逝：「折柱中流」

美國南卡羅來納州共和黨聯邦參議員林賽·葛蘭姆於 7 月 11 日猝逝，享壽 71 歲。法醫初步研判，他因心血管疾病引發主動脈剝離與破裂，可能迅速造成心包填塞、心跳停止甚至猝死。葛蘭姆長年主導共和黨外交與國安論述，支持援助烏克蘭、制裁俄羅斯、維護以色列安全，並對伊朗採取強硬立場。他雖曾激烈批評川普，後來卻成為川普在參



議院的重要盟友，協助連結白宮、建制派與國安鷹派。其驟逝不僅使共和黨失去資深外交政策領袖，也可能削弱川普在國會推動外交、軍事、人事任命與重要法案的協調能力。由於參議院席次僅 53 比 47 領先，後續補選也可能牽動 11 月期中選舉與國會控制權。

### 世足決賽酷暑競逐金盃：「熱戰新局」

2026 年世界盃四強賽出爐，西班牙以 2 比 0 擊敗法國，阿根廷則在末段逆轉英格蘭，以 2 比 1 晉級，兩隊將於台北時間 7 月 20 日凌晨爭奪冠軍，西班牙最終以 1:0 擊敗阿根廷奪冠。本屆賽事在美、加、墨舉行，高溫與高濕成為重大挑戰，球員除使用降溫背心、冰毛巾與電解質補充，也需加強補水與醫療監測。四強賽結果也顯示，在高溫、密集賽程與較長比賽時間下，體能管理、換人調度及比賽末段的專注力，已成為影響勝負的重要因素。2026 年世界盃在美國、加拿大與墨西哥舉行，極端高溫與濕度成為本屆賽事的重要議題。英格蘭代表隊為因應高溫、高濕及高海拔環境，除使用降溫背心與手掌冷卻裝置，也採用由奧運鐵人三項金牌得主阿利斯泰爾·布朗利參與開發的電解質飲品 CoreCtrl，希望透過牛磺酸促進排汗與散熱。不過，這類產品仍只能作為輔助，不能取代補水、休息、冰敷及醫療監測。高溫會造成脫水與電解質流失，增加心血管負擔，並導致疲勞、抽筋、頭暈、判斷力下降及恢復延遲。《衛報》分析本屆 104 場比賽後指出，約 20 場比賽可能在濕球黑球溫度（WBGT）達到或超過 28°C 的環境下舉行，接近全部賽事的五分之一。7 月 4 日法國對巴拉圭的比賽，場內氣溫接近 38°C，估計 WBGT 可能達 33.9°C 以上；即使部分場館有空調，觀眾與工作人員在停車場、排隊區及球迷活動區，仍可能暴露於嚴重高溫。為降低熱傷害風險，國際足球總會規定本屆所有比賽上下半場各安排一次補水與降溫暫停。球員可在暫停期間補充水分與電解質，並使用冰毛巾、風扇及其他降溫設備。支持者認為，固定休息有助於預防脫水與熱衰竭，也能向基層足球傳達熱傷害防護的重要性。不過，高溫暫停也改變了傳統足球的比賽節奏。傳統傷停補時主要是補回受傷、換人、進球慶祝及影像輔助裁判判讀等所損失的時間，由主審依實際情況決定；高溫暫停則是事先安排的固定休息，球員可恢復體力，教練也能重新調整戰術，因此具有類似「戰術暫停」的效果。正在連續進攻的球隊，可能因暫停而



失去節奏，處於守勢或體力下降的一方，則能利用休息重新組織防線。高溫暫停所占用的時間通常仍會計入傷停補時，因此本屆比賽形成「中段固定休息、半場結束再補回時間」的新型態，整體比賽時間也可能因此延長。部分球迷與研究人員質疑，在空調場館或氣候溫和時仍強制暫停，可能打斷比賽流暢度，並使健康措施逐漸變成額外的戰術工具。研究也指出，單純停止比賽的降溫效果有限，若能同時使用冰飲、冰毛巾、風扇、噴霧及遮蔭，才更能有效降低核心體溫與心血管負擔。傳統傷停補時是補償已經損失的比賽時間，高溫暫停則是為了預防尚未發生的熱傷害。2026 年世界盃顯示氣候變遷對體育賽事影響以及健康科技動態即時運用轉型。極端高溫不僅影響球員健康，也會改變比賽節奏、體能分配及戰術選擇。未來大型足球賽事可能需要依即溫濕監測、場館條件及球員狀況，採取更具彈性的降溫與賽程管理措施。

### 氣候變遷歐洲極端熱浪：「熱浪成常」

歐洲 2026 年接連遭遇極端熱浪，倫敦逼近  $40^{\circ}\text{C}$ ，法國更出現  $44.3^{\circ}\text{C}$  高溫紀錄，並造成多人因熱傷害或避暑溺水死亡。2026 年歐洲出現第二波異常熱浪，倫敦氣溫逼近  $40^{\circ}\text{C}$ ，法國皮索斯更達到  $44.3^{\circ}\text{C}$ ，創下該國最高溫紀錄，並造成至少 54 人因高溫或為避暑而溺水死亡。氣候科學家指出，持續四至五天的極端高溫目前仍屬異常事件，但隨全球暖化持續，這類熱浪未來將變得更頻繁、更強烈，持續時間也會更長。世界天氣歸因研究團隊分析歐洲 854 座城市後發現，約有一半城市在 2026 年 6 月已經或預計將打破歷來熱壓力紀錄，捷克、立陶宛及盧森堡受分析的所有城市均出現前所未有的高溫。科學家形容，過去罕見的破紀錄高溫如今正逐漸成為規律性事件，而且舊紀錄常被大幅超越，顯示歐洲暖化速度與幅度都相當突出。此次熱浪的直接成因包括大氣環流將北非及撒哈拉沙漠的熱空氣輸送至歐洲，並使其暫時滯留。部分研究認為，北大西洋海表溫度下降可能改變大氣環流，使高溫更容易被困在歐洲上空。不過，這類環流變化的確切機制仍未完全釐清，因此不能將單次熱浪完全歸因於單一氣候因素。全球暖化則明顯加劇了熱浪強度。長期高溫使歐洲土壤乾燥，減少水分蒸發所帶來的自然降溫作用；乾燥環境與雲量下降，也使更多太陽輻射直接加熱地表。此外，歐洲自 1980 年代起推動空



氣污染管制，空氣中的氣膠粒子減少，雖改善空氣品質，卻也可能減少雲形成及陽光反射，形成額外的增溫效應。部分科學家認為，歐洲的氣候轉變可能從 1980 年代開始變得明顯。歐洲自 1990 年代中期以來，每十年平均升溫約  $0.56^{\circ}\text{C}$ ，約為全球平均升溫速度的兩倍，目前只有北極地區升溫更快。歐洲因此被視為全球暖化速度最快的大陸之一。熱浪不只更常發生，也開始得更早、結束得更晚，過去常見於 8 月的高溫條件，如今可能提前到 6 月、5 月，代表歐洲夏季正在延長，居民暴露於高溫的時間也同步增加。對於歐洲是否已形成「新的氣候」，科學界仍存在不同看法。一部分研究者認為，數據已清楚顯示歐洲自 1980 年代後進入明顯不同的高溫狀態；另一部分學者則認為，氣候並非突然跨越某個臨界點，而是持續、漸進地變暖。也有研究者指出，目前部分異常高溫可能受到自然氣候變異影響，未來升溫速度未必始終維持同樣幅度。

#### 氣候變遷威脅咖啡存續：「啡香求變」

全球每年約消耗 1,000 萬噸咖啡，主要仰賴阿拉比卡與羅布斯塔品種，但氣候變遷已對咖啡生產帶來挑戰。全球每年消耗約 1,000 萬噸咖啡豆，供應幾乎集中於阿拉比卡與羅布斯塔兩個物種。然而，氣候升溫與乾旱正同時衝擊兩者：阿拉比卡對高溫敏感，羅布斯塔雖較耐熱，卻需要大量水分，使全球咖啡供應及中低收入國家小農的生計面臨威脅。科學家目前採取三項主要策略。首先，保存阿拉比卡的遺傳多樣性。衣索比亞已設置自然保育區，並保存超過 1.2 萬株活體咖啡植株，希望找出耐熱、耐旱基因，透過傳統育種或基因工程培育耐候品種。然而，若氣溫持續上升，咖啡產區可能被迫移往高海拔地區，土地與資金有限的小農將難以因應。其次是開發替代咖啡物種。利比里卡咖啡耐高溫且需水量較低；*C. excelsa* 及其與利比里卡雜交形成的「libex」，兼具氣候韌性與接近精品阿拉比卡的風味；一度被忽略的窄葉咖啡則能在嚴苛環境生長，風味仍類似優質阿拉比卡。這些物種具有發展潛力，但仍須提高產量、穩定品質，才能成為農民容易栽培的商業品種。第三是改善研磨與沖煮技術，提高每份咖啡豆的風味萃取效率。冷凍研磨可產生較細顆粒，但過細可能因靜電而結塊；研磨前適度增加豆體濕度、採用較粗研磨，並將義式咖啡萃取壓力由常見的 10 個大氣壓降至約 7 個，有時反而能提升



萃取效果。由於咖啡含有超過 2,000 種有機化合物，且深受產地、氣候與烘焙方式影響，建立客觀且可重複的風味測量方法仍是一大挑戰。咖啡產業的氣候調適需要同時結合遺傳資源保存、耐候育種、替代物種栽培與沖煮化學創新，才能兼顧供應、風味及全球數百萬咖啡農的生計。

### AI 創新研發製程精進全球競局：「晶戰全球」

全球半導體與人工智慧基礎建設正進入新一輪投資週期，競爭範圍已由單一處理器效能，擴展至先進製程、封裝、記憶體、光通訊、資料中心與研究人才。台積電 2026 年第二季淨利年增 77%，達新台幣 7,066 億元，並將全年資本支出提高至 600 億至 640 億美元、美元營收成長預期上調至略高於 40%，反映 3 奈米、2 奈米及 CoWoS 先進封裝需求持續升溫。除擴大台灣產能，台積電也增加美國亞利桑那州投資；嘉義科學園區四座先進封裝廠全面運轉後，預估每年可創造逾 3,000 億元產值及 9,000 個工作機會。先進封裝已從後段製程轉變為影響 AI 晶片效能、頻寬、能源效率與量產能力的核心技術。其他國家也加速建立區域半導體與 AI 產業體系。日本由 Rapidus 推動北海道千歲市 2 奈米晶圓廠，結合日本既有的材料、設備與精密製造優勢，並透過 IBM 及海外研究機構合作，重建先進晶圓製造能力。愛爾蘭投入 4.6 億歐元成立七個 Rinn 國家研究中心，涵蓋 AI、半導體、量子科技與生醫等領域，同時配合 Intel 投入 50 億歐元升級 Leixlip 廠區，擴充 Intel 3 製程及 AI 伺服器晶片產能，逐步形成研究、人才與製造相互支援的歐洲科技聚落。AI 基礎建設的瓶頸也逐漸由運算能力轉向資料傳輸。美國 Coherent 擴建德州磷化銦光電半導體工廠，計畫將 6 吋晶圓產能提高至四倍，以支援大型 AI 叢集所需的高速、低耗能光通訊。全球半導體競爭因此進入製程精進與創新研發並進的新階段：台積電維持先進製程與封裝領先，日本挑戰 2 奈米製造，愛爾蘭打造歐洲 AI 與晶片基地，美國則強化光子半導體與資料傳輸技術。未來競爭力將取決於能否整合晶圓製造、封裝、記憶體、光通訊、能源、資料中心與研究人才，全球供應鏈也將由高度集中、效率優先，逐步轉向多區域布局、可信賴合作與韌性優先。

### 科學協作 AI 加速研究創新：「智啟科研」



AI 正逐步參與科學研究流程，從文獻搜尋、假設提出、資料分析到候選方案篩選皆可提供協助。Co-Scientist 與 Robin AI 分別應用於假設生成、文獻整理及 RNA 定序資料分析，並提出 KIRA6、ROCK 抑制劑等研究方向。不過，目前成果仍以既有知識重組為主，未來仍需結合實驗驗證及人類研究者的判斷與倫理把關。

### 可解釋 AI (XAI)個人化代謝介入策略

在 Netflix《黑色止血鉗》這部影集中，艾卡諾原本是一套智慧手術系統，最初的目的並不是取代醫師，而是透過多模態資料分析，在手術過程中提供判讀、導航與決策建議，協助手術進行。不過，後續因為智慧手術的臨床試驗發生意外，使得整個計畫受阻，無法順利進入臨床應用。事實上，艾卡諾是由上杉企業所投資研發的智慧醫療系統，代表的是產業與醫療合作共同推動 AI 醫療創新的模式。支持這項研發的，就是上杉汽車的會長。當他因心臟疾病住進東城大學醫院時，雖然自己投資的是智慧手術系統，但他並沒有要求使用尚未成熟的 AI，而是指名由天城醫師親自為他規劃治療與執刀。劇中有一句話令人印象深刻，就是「事業有先行投資的必要」。這也呼應了今天 AI 醫療的發展，任何新的醫療科技都需要長期投入研究、臨床驗證與持續改善，才能真正造福病人，而不是只追求短期的成果或商業利益。不過，會長的理念與他的兒子歲弘卻截然不同。會長認為，應該持續投資醫療研發，推動 AI 技術的進步；相反地，歲弘更重視短期獲利，希望結束醫療研發部門，將資源投入能夠更快產生收益的事業。內科版的艾卡諾建立智慧診療輔助系統，結合遠距醫療與 AI 技術，讓病人在沒有醫師面對面的情況下，也能完成初步的健康評估與診療。劇中病人只要進入感測艙，艾卡諾就會立即收集各種生理資訊，包括心跳、血氧、呼吸、肺功能、血壓以及意識狀態等生命徵象，再結合其他身體組成資料，由 AI 即時分析病人的整體健康狀況，提供初步的診療建議。當然，這些建議並不是完全取代醫師，而是作為醫師的重要決策輔助工具，協助醫師做出更有效率、更精準的判斷。更重要的是，這套系統並不是單一醫院完成，而是由東城大學副院長與維新醫院共同合作開發。兩家原本競爭的醫院，因為共同的醫療目標而攜手合作，打造出內科版的艾卡諾，也反映出未來 AI 醫療的發展，需要醫院、產業與學術



共同合作，才能真正建立完整的智慧診療系統。除了內科版艾卡諾之外，外科版艾卡諾也沒有因此停止發展。雖然第一代系統遭遇挫折，但它在臨床試驗過程中，持續吸收與天城醫師合作的經驗，將真實世界醫療資料（Real-World Data, RWD）以及手術操作經驗納入學習，逐步建立智慧決策核心。透過不斷學習，艾卡諾開始掌握天城醫師的手術技巧，尤其是高難度血管吻合等精細操作，並整合到智慧機械臂之中，發展第二代智慧外科治療輔助系統。第二代艾卡諾最大的進步，在於加入了模擬器與遠距手術輔助功能。醫師可以先透過模擬系統完成訓練與驗證，再進一步利用遠距方式協助機器人執行手術。也就是說，AI 並不是完全取代醫師，而是將醫師多年累積的經驗學習下來，在醫師監督下提供更安全、更精準的手術輔助。

東城醫院團隊發現上杉會長同時合併兩項高難度的心臟疾病。一項是二尖瓣逆流，也就是瓣膜病變，另一項則是冠狀動脈分支病變，提高手術難度。劇中二尖瓣病變的部分，由高階醫師利用智慧醫療技術完成瓣膜修復。但冠狀動脈病變必須仰賴天城醫師精湛的血管吻合技術。會長的冠狀動脈分支因為長期病變，血管嚴重沾黏，在進行剝離時，即使是天城醫師這樣經驗豐富的外科醫師，仍然發生血管撕裂，導致術中大量出血，使整個手術陷入危急狀態。更棘手的是，病灶正好位於冠狀動脈分支的位置。臨床上，分支病變本來就是最難處理的血管病變之一，而且會長還需要同時完成兩處血管吻合。然而，由於他的心臟功能已經相當不好，留給手術的時間非常有限，不可能依照傳統方式慢慢完成所有步驟。就在這個危急時刻，第二代艾卡諾的遠距手術系統發揮了作用。天城醫師留在手術現場，負責其中一側的血管吻合；另一側則透過艾卡諾達爾文遠距手術系統，由維新醫院的佐伯醫師遠端操控機械手臂，同步完成另一處血管吻合。也就是說，兩位醫師跨越不同醫院，透過 AI 與遠距手術系統共同完成這項高難度手術，最後成功挽救了上杉會長的命。這段劇情其實非常符合今天的主題。AI 並不是取代醫師，而是在關鍵時刻整合不同醫師的專業能力，突破時間與空間的限制，讓最適合的醫療資源能夠同時投入照護病人。同時，這也說明了一個更重要的概念。無論是內科的智慧診斷，或是外科的智慧手術，AI 都不能只是告訴我們病人有哪些風險因子，更重要的是，它必



須協助醫師選擇最佳的介入策略與治療決策。這些決策的建立，仍然需要結合臨床試驗的證據、真實世界資料（Real-World Data）以及醫師多年累積的臨床經驗，才能真正做到安全、有效且值得信賴的智慧醫療。

過去幾十年的醫學研究，主要建立在族群平均，希望透過臨床試驗找到一個對大多數病人都有效的治療方式。因此，我們追求的是一個平均的治療效果，希望一種方法能夠適用於所有人。可是每一位病人的基因、體質、生理狀態、心理狀態、生活型態、社會環境，甚至文化背景都不同，因此面對同一種疾病，疾病風險不同，接受治療之後所得到的效果，也一定不會完全一樣。所以，精準醫療最重要的一個觀念，就是不能再只看平均值，而是必須開始做風險分層。把病人依照疾病風險區分成低風險、中風險、高風險之後，就會發現不同族群得到的治療效益其實是不一樣的。但是，風險分層還不是最後的目標。真正的個人化醫療，是進一步回到每一位病人身上。即使同樣都是高風險病人，他們的疾病原因、風險因子、身體狀況以及對治療的反應仍然可能不同，因此最後的介入策略，也應該因人而異，而不是再使用同一套治療方式。這也是為什麼我們一直強調治療效果具有異質性。不同的個人特徵、不同的疾病風險，就會產生不同的治療效益。有些病人的治療效果可能低於平均，有些則可能遠高於平均，因此，平均值並不能真正代表每一位病人。這也是 XAI 最大的價值。它不是只告訴我們病人屬於高風險或低風險，而是進一步分析每一位病人的特徵，了解哪些因素真正驅動疾病風險，再根據這些資訊，協助醫師做出最適合這位病人的治療決策，真正做到精準預測、量身治療。所以，我們今天就是希望從過去「一體適用」的醫療模式，逐步走向個人化介入策略，而這也是未來 AI 醫療發展最重要的方向。

以代謝疾病為例，目前最常見的慢性代謝疾病，包括糖尿病、肥胖、高血壓以及血脂異常。這些疾病彼此之間並不是獨立存在，而是相互影響，共同決定一位病人未來發生糖尿病、心血管疾病以及腎臟疾病的風險。因此，在進行個人化治療之前，第一步就是找出真正驅動疾病的主要因子。像胰島素阻抗、中央型肥胖、血糖偏高以及合併高血壓，都是代謝疾病最重要的驅動因子。不同病人，主要的風險來源並不相同，因此介



入策略也不可能完全一致。重點並不是看到血糖高就只降血糖，看到血壓高就只降血壓，而是必須先找出真正造成疾病風險增加的原因，再依據不同的驅動因子，選擇最適合的介入方式。例如，當病人的主要問題是胰島素阻抗與中央型肥胖時，生活型態介入往往是最重要的治療方式。減重約 7%，並維持每週 150 分鐘中等強度運動，已證實可以將糖尿病發生風險降低約 58%。如果屬於年輕、肥胖、HbA1c 偏高或糖尿病前期的族群，Metformin 是目前臨床上廣泛使用且成本相對低的藥物，可降低約 31% 的糖尿病風險。近年受到高度關注的 GLP-1 受體促效劑，不僅能改善血糖，也具有良好的體重控制效果，因此對於以肥胖與血糖異常為主要問題的病人，可以帶來更大的治療效益。另一方面，若病人同時合併高血壓、慢性腎臟病或較高的心血管風險，SGLT2 抑制劑除了降血糖之外，更重要的是具有心臟與腎臟保護的效果。可以發現，同樣都是糖尿病病人，不同的驅動因子，對不同介入方式所產生的效益並不相同。有些介入是主要治療方式，有些則屬於輔助性的治療，因此真正重要的是依據病人的風險特徵，量化各種介入所能帶來的預期效益，再選擇最適合的治療策略。這就是個人化介入策略效益量化與精準決策的核心概念。

黑盒模型為傳統 AI 應用於醫療最大的限制。病人的檢驗報告、血液指標、生命徵象、身體組成、用藥紀錄以及病史資料，雖可以藉由 AI 模型得到風險分數。但是模型通常只能告訴臨床醫師預測結果，卻無法說明究竟是哪一些因素造成這樣的結果。因此，XAI 最重要的目的，就是讓 AI 不只是預測風險，更能解釋每一項特徵對風險的影響程度。以糖尿病為例，AI 可以分析胰島素阻抗、中央型肥胖、空腹血糖偏高，以及規律運動、健康飲食等因素，分別對病人的風險產生多大的影響。目前最常使用的方法之一，就是 SHAP (SHapley Additive exPlanations)。SHAP 能夠將每一項特徵對模型預測結果的貢獻量化，讓原本無法解釋的黑盒模型，變成具有透明性與可解釋性的 AI 模型。透過這樣的分析，可以清楚區分哪些因素會增加疾病風險，哪些因素具有保護效果，並進一步量化每一項因素對最終風險的貢獻程度。AI 不再只是告訴醫師「這位病人屬於高風險」，而是能夠說明真正驅動風險的原因，是胰島素阻抗、中央型肥胖、空腹血糖



偏高，或是其他臨床因子；同時，也能了解規律運動、健康飲食等保護因子對降低風險所帶來的效益。這就是可解釋人工智慧與傳統黑盒模型最大的差異。AI 不只是提供一個預測結果，而是將每一項影響風險的因素透明化、量化，讓臨床醫師理解風險形成的原因，進一步制定真正符合病人需求的個人化介入策略。

例如 52 歲病人，BMI 29，腰圍偏高，HbA1c 為 6.1%，空腹血糖 118 mg/dL，HOMA-IR 為 3.5，合併三酸甘油酯偏高、運動不足以及高血壓。整體評估之後，可以判定屬於代謝疾病的高風險族群。但是，知道病人屬於高風險還不夠，尚須了解哪些因素造成這位病人的風險增加臨床才可用於介入計畫。透過 XAI 的分析可以將每一項風險因子依照對疾病風險的影響程度進行量化排序。例如，這位病人的胰島素阻抗可能是最主要的驅動因子，其次是中央型肥胖、規律運動不足、三酸甘油酯偏高以及高血壓。同時也可以辨識哪些因素具有保護效果，例如良好的睡眠、沒有吸菸，以及較佳的腎功能。臨床醫師看到的不再只是一個高風險的結果，而是能夠知道真正需要優先改善的是哪些因素，哪些因素對病人的整體風險影響最大，這就是可解釋人工智慧最大的價值。

有了這些資訊之後，下一步就是建立個人化介入策略。除了藥物治療與運動之外，飲食其實也是代謝疾病管理中非常重要的一環。近年來發現，不同的人對相同食物的代謝反應並不完全相同。有些人吃麵包之後血糖上升得非常快，有些人則可能對燕麥或其他食物產生較高的血糖反應，而這些差異又可能與個人的代謝特徵及腸道微生物有關。因此，XAI 可以整合這些資訊，建立真正符合個人體質的飲食建議，而不是提供一套所有人都適用的飲食模式。接著，再利用連續血糖監測系統（CGM）持續追蹤病人的血糖變化，根據每位病人的實際反應，調整餐點內容，替換容易造成高血糖反應的食物，逐步建立最適合這位病人的營養策略。介入的目標就不只是控制血糖，而是在眾多治療方案中，找到效益最大的介入方式，同時將病人的負擔與風險降到最低，真正做到個人化的精準決策。最後，所有介入措施都必須持續追蹤療效，包括餐後血糖尖峰（PPGR）、血糖變異度（CV）、空腹血糖、HbA1c，以及三到六個月的追蹤結果，再根據病人的反應持續修正治療策略。這就是可解釋人工智慧在代謝疾病中的完整應用流程。從辨識個人



風險、找出主要驅動因子，到設計個人化介入策略，再透過連續監測持續優化決策，形成一個持續學習、持續改善的精準醫療模式。

### XAI 精準個人化代謝介入決策實例

代謝多體學研究團隊整合腸道微生物體與基因資料、血液檢查、生活型態及飲食問卷、身體組成、即時飲食、睡眠與運動紀錄，以及一週連續血糖監測資料，訓練梯度提升迴歸機器學習模型，預測個人餐後血糖反應。該研究以 800 人建立模型、100 人驗證，涵蓋 46,898 餐與超過 150 萬筆血糖量測。結果顯示同一道餐點在不同人身上可能形成明顯不同的血糖曲線，因此單看群體平均值容易忽略個別差異。透過個人化預測，可提前辨識可能出現的血糖高峰，進一步調整食物組合、進食時機與生活習慣，作為精準飲食建議的基礎。XAI 不只預測餐後血糖，也能拆解各項因素對結果的影響方向。餐點醣類與鈉含量、距離上次睡眠的時間，以及偏高的糖化血色素，可能推升餐後血糖；脂肪與醣類比例、前 24 小時膳食纖維攝取、水分，以及特定腸道菌如 *Eubacterium rectale*，則可能協助降低反應。這類分析讓模型不再只是提供一個數字，而能說明風險可能來自餐點組成、近期生活狀態、既有代謝情形或腸道菌相。研究人員可據此找出每個人的主要影響因子，制定更具體的飲食與生活調整策略。該研究進一步以 26 名無糖尿病成人進行隨機、雙盲交叉試驗，依前述發展之多體學機器學習模型解析補不同因素貢獻以個人化預測器分配一週低血糖反應飲食與一週高血糖反應飲食，順序隨機安排。結果顯示低血糖反應飲食能明顯降低餐後血糖高峰與整體波動，高血糖反應飲食則出現較大幅度上升，支持個人化模型具有實際介入效果。關鍵在於，同一種食物未必適合所有人，例如香蕉對部分受試者屬低反應食物，對另一人卻可能造成較高反應；餅乾也可能出現相反結果。相較只依一般健康原則設計菜單，將個人血糖、生活與腸道菌資料納入評估，更有機會找出真正適合個人的飲食組合。

以 34 歲個案林小姐為例，說明外表健康者仍可能存在容易被忽略的代謝風險。她從事設計工作，BMI 為 22.5，沒有明顯中央肥胖，血壓亦無異常；平時飲食以全麥麵包、燕麥、水果與優格為主，不菸不酒，並偶爾做瑜珈，整體生活型態看似健康。不過，她



的父親罹患第二型糖尿病，自己也經常在餐後感到疲倦。若只依體重、腰圍與一般生活習慣判斷，可能會低估其風險。這個案例凸顯，家族史與餐後主觀症狀同樣值得注意，後續需搭配血糖、胰島素阻抗、連續血糖監測及腸道菌等資料，才能描繪更完整的個人代謝狀態。進一步檢查發現，林小姐糖化血色素為 5.8%，空腹血糖 105 mg/dL，已達空腹血糖偏高範圍；口服葡萄糖耐受試驗兩小時血糖為 138 mg/dL，接近臨界值。她的 HOMA-IR 為 1.9，胰島素阻抗不明顯，血脂與肝腎功能正常。連續血糖監測顯示，白麵包與燕麥會造成餐後尖峰，米飯反應較低，部分水果也會出現尖峰。腸道菌分析發現 Proteobacteria 與 Enterobacteriaceae 偏高，E. rectale 偏低。結果顯示，即使指標正常，餐後反應仍高度個別化，整合多模態資料有助於提出精準飲食建議。

過去談飲食，常常只有「好的食物」與「不好的食物」之分，但是在個人化醫療的觀念裡，其實沒有絕對好的食物，也沒有絕對不好的食物，真正重要的是這種食物對這位病人的反應如何。透過 SHAP 的分析，可以找出影響餐後血糖最重要的驅動因子。例如，這位個案對麵包與燕麥具有較高的血糖反應，腸道菌相也呈現特定的組成，再加上家族病史，使得整體餐後血糖風險增加。相反地，米飯對他的血糖反應相對平穩，胰島素阻抗較低以及餐後血糖上升速度較慢，則具有保護效果。換句話說，影響餐後血糖的不只是食物本身，而是食物與個人體質之間的交互作用。同樣都是碳水化合物，不同的人可能會有完全不同的血糖反應，因此不能再以族群平均的飲食原則來建議所有病人。透過 XAI 建立這些個人化特徵之後，就可以預測不同飲食選擇所帶來的血糖反應，進一步比較各種介入策略的預期效益，提供真正符合個人的飲食建議。

在此可解釋 AI 預測模型輔助下可以將不同的介入方式放在一起比較。例如，傳統低 GI 飲食建議，雖然對整體族群具有一定效果，但對某些病人而言，可能無法改善餐後血糖，甚至高反應食物剛好就是一般認為健康的低 GI 食物，因此介入效益有限。如果利用連續血糖監測系統 (CGM)，結合個人的餐後血糖反應 (PPGR)，就能重新建立個人的飲食模式，找出真正適合這位病人的食物組合。這種方式能夠直接改善主要驅動因子，因此介入效益最高，相對損失也最低。至於 Metformin，雖然可以改善部分代謝指



標，但畢竟屬於藥物治療，在尚未真正進入糖尿病之前，不一定需要優先使用。另外，調整腸道微生物也可能帶來幫助，但目前較適合作為輔助策略，而不是主要治療方式。因此，這個案例最重要的啟示是，真正的個人化營養，不是套用一套固定的低 GI 飲食，也不是所有病人都吃相同的健康食物，而是透過 XAI 找出每一位病人的高反應食物，再配合 CGM 持續監測與調整，才能建立真正符合個人體質的飲食策略。這也是可解釋人工智慧在代謝疾病管理中的價值。它不只是預測風險，而是協助臨床醫師比較不同介入方案的效益與代價，最後選擇最適合這位病人的治療與營養策略，真正做到精準醫療。

第二個案例屬於典型的代謝疾病個案，45 歲男性，從事科技業輪班工作，長期日夜輪班，飲食時間不規律，經常食用宵夜及含糖能量飲料，平時運動不足，睡眠品質也受到輪班影響，同時合併阻塞型睡眠呼吸中止症（OSA）。與前一個案例相比，這位病人的問題更加複雜，不只是單一代謝異常，而是已經出現多重共病。除了 BMI 達到 34、腹圍 106 公分、中央型肥胖之外，血壓也偏高，同時合併高三酸甘油酯、脂肪肝等代謝異常。從檢驗數據來看，HbA1c 已達 7.8%，空腹血糖 152 mg/dL，HOMA-IR 為 6.5，代表已經進入第二型糖尿病，並伴隨嚴重的胰島素阻抗。此外，三酸甘油酯明顯升高，ALT 上升，顯示已有代謝相關脂肪肝（MASH）的風險。除了代謝異常之外，睡眠也是另一個重要問題。睡眠檢查顯示呼吸中止低通氣指數（AHI）偏高，屬於中重度阻塞型睡眠呼吸中止症。睡眠品質不佳會增加交感神經活性，進一步影響血壓、血糖及胰島素阻抗，使代謝控制更加困難。再配合連續血糖監測（CGM）資料，可以發現夜班進食、作息紊亂以及能量飲料的攝取，都會造成明顯的血糖波動。尤其夜間進食與含糖能量飲料，容易形成血糖尖峰，讓胰島素長時間處於高負荷狀態。因此，AI 的角色並不是只判定病人屬於高風險，而是整合代謝、生化、睡眠、生活型態以及 CGM 等多元資料，分析哪些因素才是真正的主要驅動因子，再結合臨床證據，比較不同介入方式的預期效益與可能代價。

對於這類已經進入糖尿病並合併多重共病的病人，治療策略就不再只是生活型態調整，而需要納入藥物治療。目前可選擇的方案包括 tirzepatide、GLP-1 受體促效劑、SGLT2 抑制劑以及 metformin，不同藥物各有不同的作用機轉與適用情境。根據目前臨



床研究的證據，tirzepatide 對於這類病人可以同時改善體重、HbA1c、三酸甘油酯及脂肪肝，並有改善睡眠呼吸中止症的研究證據，因此在整體效益與風險平衡下，是較佳的介入選擇。GLP-1 受體促效劑同樣具有體重控制及改善脂肪肝的效果；SGLT2 抑制劑則更適合作為心腎保護的輔助治療；至於 metformin，雖然是基礎降血糖藥物，但對於這種合併多重共病的個案，單獨使用通常不足以全面改善代謝問題。另一方面，個人化營養介入仍然十分重要，但由於這位病人長期輪班，生活型態限制較多，因此飲食建議必須配合工作型態進行調整，才能真正落實。此外，睡眠呼吸中止症也是不能忽略的關鍵共病。若只控制血糖，而沒有同步改善睡眠問題，代謝異常仍然可能持續存在。因此，配合 CPAP 等睡眠治療，同樣是整體治療策略的重要一環。透過這兩個案例可以看出，個人化代謝介入並不是單純依賴 AI 給出答案，而是結合 AI 的風險分析、臨床研究證據以及醫師的專業判斷，比較各種介入方案的效益與代價，最後選擇最符合病人需求的治療策略，應用 XAI 輔助精準醫療與個人化決策。

以上內容將在 2026 年 7 月 22 日(三) 10:00 am 以線上直播方式與媒體朋友、全球民眾及專業人士共享。歡迎各位舊雨新知透過[星球永續健康網站專頁](#)觀賞直播！

- 星球永續健康網站網頁連結：  
<https://www.realscience.top/7>
- Youtube 影片連結：<https://reurl.cc/o7br93>
- 漢聲廣播電台連結：<https://reurl.cc/nojdev>
- 不只是科技：<https://reurl.cc/A6EXxZ>



講者：

陳秀熙教授/英國劍橋大學博士、許辰陽醫師、陳立昇教授、嚴明芳教授、林庭瑀博士

聯絡人：

林庭瑀博士 電話：(02)33668033 E-mail：[happy82526@gmail.com](mailto:happy82526@gmail.com)

劉秋燕 電話：(02)33668033 E-mail：[r11847030@ntu.edu.tw](mailto:r11847030@ntu.edu.tw)

