# 114年度生科處
# 學門發展規劃及成果報告

國家科學及技術委員會
生命科學研究發展處

中華民國 115 年 1 月

# 目錄

1. 生農環境與多樣性學門 ..... 5
2. 農產資源科學學門 ..... 22
3. 生物科學學門 ..... 42
4. 形態及生理醫學學門 ..... 53
5. 生化及藥理醫學學門 ..... 68
6. 微免及檢驗醫學學門 ..... 84
7. 藥學及中醫藥學學門 ..... 98
8. 食品與營養保健學門 ..... 126
9. 公共衛生及社會醫學學門 ..... 143
10. 工程醫學學門 ..... 154
11. 消化醫學學門 ..... 188
12. 心臟醫學學門 ..... 202
13. 胸腔醫學學門 ..... 217
14. 神經醫學學門 ..... 230
15. 婦幼醫學學門 ..... 244
16. 血液、腫瘤、免疫及感染醫學學門 ..... 259
17. 腎臟、泌尿及內分泌醫學學門 ..... 274
18. 感官系統醫學學門 ..... 295

# 生農環境與多樣性學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：江昭皚　　共同召集人：江友中

一、 前言

生農環境與多樣性學門涵蓋「植物保護、土壤及環保」、「森林水保及生工生機」以及「生物多樣性」三大核心領域，研究範圍橫跨自然資源管理、農業生產安全、環境工程技術、生物材料應用、基因體與演化研究、病蟲害管理、環境污染監測、森林經營與生態保育等多元面向。本學門攸關生態永續、生物資源利用及農業發展之根本，其研究成果亦為國家推動淨零轉型、生物多樣性保育、國土韌性治理以及智慧農業政策的重要支柱。本學門的使命在於深化對生物多樣性與野生動植物保育的理解，並以研究成果支持糧食安全、提升生態系統韌性，以及推動生物資源的永續利用。面對全球永續發展目標（SDGs）與 2050 淨零碳排挑戰。114 年面對快速升高的氣候風險、極端環境事件、糧食系統壓力、以及地緣政治所造成的國際供應鏈不確定性，本學門研究越加朝向跨領域整合、智能化監測、永續治理工具開發與高解析資料平台建置邁進，相關研究不僅回應環境變遷與農業生產力提升的需求，更在政策制定與國際合作中扮演關鍵角色。

二、 學門簡介

本學門持續深化「植物保護、土壤及環保」、「森林水保及生工生機」與「生物多樣性」三大核心領域，強調生物、農業與環境的互動，並以跨領域整合推動基礎研究與應用技術，強化生態系統韌性，確保農業與自然資源永續。植物保護、土壤及環保領域聚焦土壤健康與作物防護，推動低衝擊、友善環境的農業技術。研究內容包括土壤保育與管理、防止侵蝕與退化、污染物監測與風險降低，以及透過土地管理與農業實踐提升碳匯功能。並強調病蟲害綜合防治，以減少化學農藥依賴、維持生態平衡。森林水保及生工生機領域重視森林永續經營，透過植被管理提升水源涵養與水土保持，降低洪水與土壤流失風險。相關研究亦涵蓋生物複合材料、智慧化農業機電系統與生質能源開發，以強化農業自動化、降低環境衝擊，並推動低碳轉型與再生能源永續利用。生物多樣性領域著重物種與基因多樣性解析，透過長期監測掌握生態變遷，並應用於生態復育、瀕危物種保護與棲地管理，確保生物資源永續利用。本學門立基台灣多樣自然環境，結合跨領域合作與創新研究，回應永續發展目標（SDGs）與 2050 淨零碳排，並透過科學

與政策支援提升生態系統服務，在國際合作中展現台灣於農業永續與生態保育的貢獻。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

近年全球面臨高度環境變遷，包括極端氣候頻率上升、乾旱與洪水風險增加、土壤品質劣化、生態系統衰退等問題，現全球對森林、生態系統服務與生物多樣性的重要性已有高度共識，並透過多項國際協定提出更具量化的行動要求。「2030 年永續發展目標」（SDGs）提供全球共同的永續藍圖，而「生物多樣性公約」在愛知目標期程結束後通過「昆明－蒙特婁全球生物多樣性綱要」（GBF），明定到 2030 年需達成「保護至少 30%陸域與海域」、「減少威脅生物多樣性的補貼」等核心目標。2024 年於哥倫比亞舉行的 COP16 亦著重在 GBF 的落實，包括強化監測指標、更新國家生物多樣性策略，以及動員全球生物多樣性基金（GBFF）與昆明基金等財務工具。在氣候治理方面，2024 年的 UNFCCC COP29 就「氣候融資新集體量化目標」（NCQG）達成協議，要求已開發國家帶頭提高資金投入，並強化將自然為本解方納入減緩與調適策略。2024 年至 2025 年間國際局勢變動，如美國在綠能與氣候政策上因政黨輪替而產生方向搖擺、通膨削減法案（IRA）相關補助內容可能遭遇重新檢視、中美科技競爭加劇等，使得綠能設備、環境監測儀器、稀土與 AI 技術的供應鏈更具不確定性，促使各國更加重視環境韌性、技術自主、在地監測資料的重要性，以及跨國合作的穩健性。因此，全球研究趨勢逐漸集中於：

1. 強化 AI、大數據、雲端平台於環境監測的應用。
2. 推動永續土壤管理（土壤健康 Soil Health）與新興污染物監測（PFAS、微塑膠、REEs）。
3. 擴增生物多樣性資料庫、族群基因體研究與高解析度長期生態監測（LTER、EBVs）。
4. 導入自然為本解方（NbS）及森林碳匯於淨零治理策略。
5. 促進農林系統的氣候韌性與智慧化生產。

整體而言，環境資料的「高解析度」、「及時性」、「跨尺度整合能力」已成為國際學術與政策界共同追求的方向。

- 植物保護、土壤及環保領域

近年全球植物保護與土壤環境領域的研究重點已由傳統的作物病蟲害管理，進一步擴展至「土壤功能性」、「生態系統健康」與「土壤安全性（soil security）」之整體評估。隨著土地集約化利用、氣候變遷、極端降雨及乾旱事件增加，

維持土壤品質、養分循環效率與生態韌性，已成為各國農業與環境治理的核心目標。此外，土壤新興污染物（如抗生素殘留、微塑膠、稀土元素）之監控與風險評估，亦成為近年國際研究的焦點。在植物保護方面，病原微生物與害蟲因氣候變異產生更高的擴散力與遷移性，使傳統病蟲害鑑定與防治面臨更高的不確定性；跨國入侵物種的持續增加，也加劇作物生產安全的壓力。因此，跨尺度、跨領域整合之病蟲害治理策略逐漸成為主流，包括結合作物生理、環境因子與族群動態的預警模式，以及天敵昆蟲、拮抗微生物等生物防治手段的強化應用。科技發展亦使監測與防治方式呈現快速轉型。人工智慧、機器學習、遙測影像、自動感測設備與大數據分析已廣泛導入病蟲害預測、土壤健康診斷、病原辨識與作物風險評估；總體基因體學（metagenomics）與高通量序列技術則使土壤微生物相、多樣性結構與病原活性之解析更精準，為生物防治、土壤管理及病害風險評估提供新的解決方案。

綜觀而言，植物保護與土壤環保領域已由「單點監測與反應式防治」轉向強調生態體系運作、韌性提升與永續治理的整合性科學。此趨勢顯示全球研究不僅朝向更精準、更具系統性之模式發展，亦在確保農業生產穩定、維護環境健康及提升人類福祉方面發揮愈加重要的角色。

- 森林水保及生工生機領域

森林仍是地球最重要的生態系統之一，其在碳匯吸存、涵養水源、穩定地形、水土保持、調節氣候、生物多樣性維持以及提供文化與休閒服務等方面具有不可替代的功能。全球森林研究近年已從傳統的木材生產與森林經營，逐步轉型為兼具碳管理、氣候調適、生態復育與國土韌性治理的多功能目標導向。

面對極端氣候事件日益增強，各國現均以提升森林韌性作為主要研究方向，包括強化森林耐旱性、減少災後崩塌、提升流域調蓄量，以及運用自然解方（NbS）改善水文調節與減緩災害衝擊。同時，森林碳匯的監測、碳動態模型的建立、跨尺度水文—植生互動機制的解析，已成為國際研究與政策制定的重要基礎。並且隨隨 AI 世代，科技技術不斷的昇級與創新，新科技的導入使森林與流域調查大幅提升效率與精度，例如：

- ✧ 遙測與 LiDAR 技術用於森林三維結構建模
- ✧ 無人機影像協助災害前後之變遷監測

- ✧ AI 與深度學習應用於樹種辨識、生物量估計、水文預測
- ✧ 感測器網路用於即時水文、生態與土壤監測
- ✧ 生物材料工程與智慧農工設備提升森林作業之自動化與安全性

此外，森林天然物的活性成分研究亦逐漸受到重視，可作為醫療、保健和新興材料的重要來源；森林療癒、生態旅遊與文化服務等多元價值也成為新的研究與產業發展方向。根據《2024 年世界森林狀況報告》(FAO)，全球森林治理已全面朝向「科技創新 × 多功能治理」轉型。生工生機領域亦同步邁向即時化、精準化、自動化與智慧化的操作模式，使森林資源管理更具永續性與科學性。整體而言，森林水保與生工生機領域正朝向結合科技創新、環境永續與社會需求的整合性科學發展，不僅深化對森林與流域系統的理解，也在提升國土安全與人類生活品質方面扮演愈來愈關鍵的角色。

- ➢ 生物多樣性領域

自「昆明－蒙特婁全球生物多樣性綱要」(GBF)發布後，全球生物多樣性治理由目標宣示轉向標準化監測、資料整合與可量化回報。各國正依 GBF 更新 NBSAPs，並以一致指標追蹤物種滅絕風險、棲地完整度、外來入侵種、生態系功能與保護區成效等，作為 2030 年前保育回報的核心基礎。國際上，GBIF、GEO BON 與各生態觀測網加速推動基因、物種與生態系資料的跨來源整合。關鍵生物多樣性變數（EBVs）逐漸成為共用監測語言，使不同國家與方法產生的資料得以比較並支援政策決策。長期生態研究（LTER）亦與氣候變遷科學接軌，以遙測、eDNA、AI、自動化感測等技術提升時空解析度，解析極端氣候對物種動態、棲地破碎化與生態系功能的長期影響。在政策與資源方面，COP16 聚焦 GBF 執行策略，並透過 GBFF 與昆明基金投入資料庫建置、監測系統與保護區管理；COP29 的氣候融資新目標首次明確將「自然為本解方」納入資金範疇，使森林、濕地與沿岸生態系之監測與復育成為氣候資金的重要標的。

整體而言，全球呈現以下趨勢：

- ✧ 監測標準化：以 GBF 與 EBVs 建構可比較監測架構。
- ✧ 資料整合深化：基因、物種、棲地與遙測跨尺度聯結。
- ✧ 科技加速應用： AI、自動化監測、eDNA、遙測普及。
- ✧ 與氣候行動合流：生物多樣性監測納入 NbS 與氣候融資。
- ✧ 社群參與增強：原住民族與在地社群角色制度化。

在此趨勢下，本學門研究與資料累積可直接銜接國際監測指標，並提升臺灣在未來生物多樣性與氣候治理中的參與度與影響力。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

發展現況以今年度結案的學門專題計畫成果報告分析，以下僅為「植物保護、土壤及環保」、「森林水保及生工生機」和「生物多樣性」三大研究領域之發展現況。

1. 植物保護、土壤及環保領域

在永續農業與生態安全的需求下，植物保護、土壤與環境保育領域的研究持續朝向「環境友善」、「智慧化監測」與「安全農耕」發展。此領域的研究者致力於建構能兼顧作物生產、土壤健康與生態平衡的管理策略，並探索以自然、生物及科技手段減輕氣候變遷與農業集約化所帶來的病蟲害與環境壓力。

在土壤環境方面，研究揭示不同岩性母質在化育過程中稀土元素可做為土壤化育量化指標，透過稀土元素（REEs）的於碳酸鹽結核內特徵與分異情形，結核中的稀土元素分布模式與其對應的總體土壤有所不同。較低的 (La/Sm) N 和 (La/Yb) N 比值顯示，與總體土壤相比，結核中相對富集了重稀土元素（HREEs），這意味著在結核中經歷持續的成土過程導致了稀土元素的分異。結核中的(Gd/Yb) N 比值隨著土壤年齡的增加顯著下降。因此，重稀土元素以及結核中的 (Gd/Yb) N 比值是解釋主成分分析中稀土元素分化的主要特徵指標。可作為土壤形成及污染的重要指紋，並為評估土壤健康與長期環境變遷提供精準工具。此類研究不僅能協助釐清土壤中微量元素的地球化學行為，也有助於發展永續農業中更科學化的土壤管理制度。

在植物保護與生物防治方面，智慧化的天敵昆蟲量產平台，結合人工飼料、自動化養殖系統與影像辨識技術（YOLOv8），科學化瓢蟲成長判別，從飼料管理至瓢蟲生長管理，大幅提高我國原生害蟲之天敵小十三星瓢蟲的量產效率，三、四齡幼蟲餵養的存活率可達九成以上，AI 影像辨識系統，能自動拍攝各齡期幼蟲，並以 YOLOv8 模型實現齡期辨識，進一步分析體態參數，首創制定出適用於小十三星瓢蟲幼蟲的生長指標，精準預測化蛹日期與養殖時長，有助於商業化量產小十三星瓢蟲，減少過往野外採集或人工飼養之無法量產門檻，使生物防治邁向更穩定、可擴張的生產模式，亦提供一可發展之農業經濟市場。此成果與全球減少化學農藥、強化生態

農業的趨勢一致，亦提供臺灣農業在面對氣候變遷後病蟲害快速擴散時更具韌性的管理選項。

在生物研究方面，過往已知新類尼古丁殺蟲劑會對蜜蜂造成生理影響，蜜蜂於亞致死濃度益達胺下發育，會造成工蜂成蟲基因表現早熟以及體內青春激素提早增加等現象。過去研究指出，蜜蜂由內勤蜂轉變為外勤蜂的過程，腦部會發生結構變化，代表內勤蜂時期工蜂仍在變化狀態，因此推測工蜂成蟲接觸到亞致死濃度益達胺時，也可能會引發早熟或是勤務分化錯誤等現象，現延續該研究主軸，從神經發育、生理、以及行為三個主要層面來探討工蜂幼蟲以及成蟲接觸到亞致死濃度益達胺時，誘發早熟、最終導致蜜蜂消失的機制，釐清亞致死濃度益達胺暴露的時間點是否會對工蜂造成不同程度的影響，現於研究中觀察到，長期暴露在亞致死濃度益達胺的情況下，9 與 15 日齡工蜂在青春激素含量與腦部體積上皆具有較明顯的變化，推斷 9 與 15 日齡可能是工蜂行為勤務轉換的關鍵節點。初證檢測外勤蜂取食 50 ppb 與 50 ppm 益達胺後對其飛行軌跡與降落行為之影響顯示，即使為低濃度益達胺，也會迅速降低外勤蜂之搜尋效率，足以立即干擾外勤蜂之飛行與採集行為。此一研究成果為食安、生態平衡及農用施藥安全之參考提供重大參考，為政府建立制度及政策提供重大指標。

2. 森林水保及生工生機領域

森林水保與生工生機領域的研究與國土保安、森林碳匯管理、水資源調節及自然災害防治等國家發展議題密切相關。臺灣地形陡峭、氣候劇烈，使本領域在永續治理中承擔關鍵角色；而新興科技的導入亦使森林、生態系與水文監測更加精準與智慧化。如目前跨域整合的流域永續管理模型，使用包括 CAE-LSTMT、CNN-BP 等多種人工智慧架構，成功進行結合 AI 和 LCA 開發新穎的智慧資源跨界調度方案，透過時空特徵萃取，可將原 3 小時氣象數據降尺度分析，轉換成逐時預報，並建立地下水位預測模型，在下一小時溫度預測方面達成 $R^2$ ＞0.88；CNN-BP 地下水水位預測模型 $R^2$ ＞0.94 的精準預測，並提出 WEFLC（水、能源、糧食、土地、氣候）整合決策架構。此研究不僅提升流域災害風險預判能力，也使水資源管理、農業灌溉與土地利用規劃更加科學化與前瞻化。整體而言，森林水保與生工生機領域正逐漸形成結合 AI、遙測、生態工程與智慧農工的新型科研模式，使森林與流域治理更加有效率，並持續支撐臺灣面對土石流、洪水、乾旱與

氣候變遷的國土安全需求。

3. 生物多樣性領域

在當前全球環境變遷與淨零轉型的壓力下，生物多樣性喪失已被視為我國必須優先面對的關鍵風險。我國近年依循「昆明－蒙特婁全球生物多樣性綱要」（GBF），由農業部林業及自然保育署推動新版國家生物多樣性策略與行動計畫（NBSAP）之研修，並透過「國土生態綠網（Taiwan Ecological Network）」整合保護區、重要棲地與生態廊道，強化空間規劃與社區參與，以回應 2030 年前保育與減損目標。同時，台灣生物多樣性觀測網（TaiBON）與各部會之行動方案，逐步建構跨部門的生物多樣性資料與監測體系，並導入與 GBF 及「關鍵生物多樣性變數」（EBVs）接軌的指標架構，作為長期環境治理與國際回報之重要基礎。然而在氣候變遷、棲地破碎化與外來入侵種等多重壓力下，許多保育類與指標物種仍高度集中於人為利用區域，顯示我國生物多樣性仍面臨顯著威脅。

在基因階層研究方面，利用大規模基因體與考古資料，確認重要作物紅豆(Vigna angularis)於三至五千年前在日本中部完成單一起源的馴化，之後傳入中國並與當地野生族群混合，造成中國栽培種遺傳多樣性較高的假象，此研究解析影響種皮顏色與莢果裂開等重要馴化性狀的基因，進一步重建紅豆真正的起源與擴散歷史。物種階層方面，利用全球多地 1256 份樣本的多基因資料建立目前最完整的真菌楔形衣科( Gomphillaceae)親緣關係樹，鑑別出 473 個物種，包含大量隱蔽種，顯示以形態為基礎的分類大幅低估其多樣性，原先被視為泛熱帶的廣布種經基因鑑定後僅剩約 9%呈現跨洲分布，大多真菌物種具有區域性，並顯示此科主要起源於新熱帶區，分布型受到快速擴散與近代多樣化所形塑。生態系階層研究則整合 2069 種動植物、橫跨全球 23 座山區的歷史與當代海拔分布資料，建構目前山地生物受氣候變遷現階段分布模式，結果未如預期地出現大規模的高山滅絕、範圍移動落差或低地物種衰退，多數物種的分布變化仍落在山地地形約束所形成的隨機期望之內。相反地，發現許多低地與小分布範圍物種呈現上坡擴張，顯示牠們在氣候變暖下仍處於「氣候失衡」狀態，尚未完全填滿其潛在熱適域。這些變化雖暫未造成大規模的滅絕風險，但已在部分山區出現早期的生物均質化跡象，顯示若暖化持續，生態系組成仍可能在未來發生重大改變。

綜合而言，我國在生物多樣性及長期生態領域的重點研究方向，正由傳統物種清單與單點監測，轉向跨尺度的遺傳多樣性分析、特有種與指標物種之長期族群追蹤，以及結合空間規劃與基於自然解方（Nature-based Solutions, NbS）的生態系評估。未來將持續透過跨國與跨部門合作，強化資料庫整合與開放共享，將長期生態研究成果更緊密地嵌入國土規劃、氣候調適與社區經營中，以提升生態系韌性，並在推動淨零轉型與維護生物多樣性之間取得更佳平衡。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

本學門整合植物保護與土壤環境、森林水保與生工生機、生物多樣性三大領域，其研究成果一直是政府在農業生產環境保護、國土保安、生物資源永續管理及國家永續政策制定的重要依據。三大領域分工互補、調查資料高度整合，並與國際研究趨勢相接軌，使本學門在學術創新、實務應用與政策支撐上均展現獨特且不可替代的價值。

在**植物保護、土壤及環保**方面，近年以土壤安全性（soil security）、土壤功能永續利用、氣候變遷下的病蟲害動態與農田微生物生態為主要研究趨勢。研究者透過分子生物學、基因體分析、微生物互作研究及土壤新興污染物偵測等技術，深化對病原生物、拮抗微生物與土壤微生物群落之作用機制的理解；並整合人工智慧、大數據分析及智慧感測，建立病蟲害預測模型、作物風險評估工具與土壤肥培決策系統。於應用面上本領域研究支撐智慧農業、農田健康管理與污染土壤治理策略之發展，使農業生產更具安全性與氣候韌性。尤其在入侵蟲害、生物防治、農藥殘毒減量與農田生態平衡維護方面，提供政府部會檢疫管理、農業災害防治與食品安全管控之核心科學基礎。

**森林水保及生工生機**領域涵蓋森林碳匯、水文循環、生態復育、流域保育與生態系服務評估，是支撐國土安全與氣候調適政策的重要科學領域。研究者利用遙測、航測、高解析度地形資料與水文模式，解析森林植生結構、水土保持功能、集水區災害風險動態與森林經營對碳吸存能力的影響。應用面上，研究成果廣泛應用於森林產物循環利用、集水區管理、自然本位解方（NbS）推動、綠基盤建設、水土災害減緩與碳管理等政策。生工生機領域亦同步推動農業工程智慧化，包括自動化機具、無人化操作系統、生質能源利用、精準農業設備與倉儲加工技術。這些成果不僅提高農林產業效率，也促進能源循環、減碳技術與永續生產目標之實現。

**生物多樣性**研究提供國家在保護區設置、生態系復育、棲地管理

與物種保育政策上的核心科學基礎。研究涵蓋分子演化、族群動態、物種分布模式、棲地劣化指標、生態系服務評估與長期監測技術，並與全球生物多樣性架構（如昆明－蒙特婁全球生物多樣性綱要、GBF）高度連結。在應用面，此領域的資料可協助政府辨識關鍵保育區、制定棲地優先順序、監測外來種入侵、評估森林健康、建立生態風險評估模式，並支援國土規劃、環境影響評估與氣候調適等政策。其長期資料更可作為健康風險評估之基礎，提高生態系韌性與公共安全。

本學門三大研究領域共同構成我國永續治理、農業生產安全、生態保育與國土韌性的重要科學基礎。不論在學術探索、技術研發、資料生成或政策支撐上，皆展現高度互補性，並透過跨域協作發揮更大的整體效益。其研究成果不僅增進全球科學界對環境與生物系統的理解，更在農業適應、災害減緩、生態復育、生物資源管理及淨零轉型等領域提供重大貢獻。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

國內生農環境與多樣性研究雖具一定深度，並具備支援先進技術的設備，但在人力、設備維運與資源配置上仍面臨瓶頸。高單價儀器需長期維護，技術員與維運經費不足，使設備使用與更新受到限制，並增加大型儀器共享的不確定性。

在人力方面，各子領域發展明顯不均。分子演化、基因體學與生物資訊等新興領域人才充足，但支撐生物多樣性基礎工作的分類學、形態學、系統學與野外調查人才嚴重短缺，部分工作長期依賴少數專家，對外來種監測、棲地評估與保育調查造成風險。研究生培育亦呈現不均：分類、生態監測與土壤調查等基礎領域缺乏穩定經費，使學生在訓練與職涯上承受高度不確定性，相較於具有市場需求的應用型研究更難吸引人力。同時，生物多樣性資料庫、標本館、長期樣區、遙測設備與野外器材皆屬高成本項目，研究團隊難以單獨負擔，使長期資料累積與監測系統維持度受限。若無跨校合作、人力支持與穩定預算，台灣難以建立支撐政策決策的高品質長期資料。因此未來需加強以下投資：

- 建立分類學、田野調查與形態學的人才培育機制。
- 強化跨校標本館、資料庫與長期樣區維運。
- 增加基礎研究與研究生的穩定經費來源。
- 於應用研究與基礎研究間取得長期平衡。
- 提升野外調查、遙測監測與資料處理設備與技術支援。

透過上述改善，方能確保我國生農環境與多樣性研究持續發展，並有效支援永續治理、保育政策、淨零轉型與國際生物多樣性綱要之長期需求。

## 四、 我國發展生農環境與多樣性學門領域研究之 SWOT 分析

### （一）優勢（Strength）

1. 臺灣為全球科技強勢國家，研究導入前瞻科技及大數據技術有強大優勢，且生物感測、基因體學等技術快速導入，提升研究精度與國際合作競爭力。
2. 臺灣特有的地理環境與氣候異質性高、環境梯度完整，提供從低海拔到高山、從農地到森林的完整研究場域。
3. 政府部份在林業、保育與自然資源及農業相關部門，亦投注相當的經費、研究資源，並有實務上之研究需求可提供學術及實務發展相關議題。
4. 政府明確持續推動 NBSAP、淨零 2050、國土韌性治理，提供學門研究明確政策需求與應用場域。

### （二）劣勢（Weakness）

1. 青年研究人力流失與招募困難，少子化以及研究領域非新進學者優先選擇對象，使得此現象更為明顯。
2. 研究計畫侷限於本土型計畫，跨國、跨領域及國際層面之研究計畫較少，人才培育尚需強化。
3. 許多研究主題難受市場青睞，較少經濟市場力量推動成果導入產業，需較多政府資源以及長期推動來達成。
4. 長期生態站、標本館、資料庫等基礎建設以及研究成果需長時間累積及較多經費支持，成果及維持皆困難。
5. 土壤健康、森林碳匯、生物多樣性等領域之指標標準化仍不足，且強勢大國政治立場改變及地緣政治，相對削弱各國合作能量，使得標準化難以快速整合統一間接導致跨機關資料整合不易。

### （三）機會（Opportunity）

1. 氣候變遷危機使各國介入相關研究力道及政策不斷加大，全球永續治理與 ESG 趨勢強勁，提升本領域研究政策與產業價值。
2. 農業生態資源與環境科學可與現代的新農業上、中、下游產業結合，並創造新型產業市場。
3. 地緣政治與技術競爭雖使全球化降低，卻增加環境資料自主性需求，鼓勵國內發展自主監測技術。
4. 強勁成長進化的 AI、大數據、遙測技術，提供研究模式翻轉的契機。

### （四）威脅（Threat）

1. 投入跨領域整合研究者仍少，不利解決當前面臨非單一領域研究所能解決之生農環境及生物多樣性問題。

2. 科學技術快速更迭，相關潛力人才轉往半導體相關科技產業，若無法及時整合技術留住人才，可能造成研究能量斷層及研究成果落伍。
3. 極端氣候與地形脆弱性使研究資料取得具不確定性，亦可能影響研究設施安全。
4. 大國博奕造成國際供應鏈不穩定，影響環境儀器、化學試劑、生態感測設備的取得。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 推動資料蒐集分析智慧化與快速預警

土壤、森林水文與生態系統的基礎監測資料對於氣候變遷下的管理至關重要。本學門將優先發展 AI、IoT 及即時影像辨識應用於：

- ✧ 病蟲害預警與巡田自動化
- ✧ 土壤健康監測指標（微生物多樣性、團粒穩定性、碳流量）
- ✧ 乾旱、洪水、山崩與土石流監測模型
- ✧ 生物多樣性自動辨識（影像、聲學、遙測）

此類工具可降低極端事件對資料蒐集的干擾，提高決策速度。

2. 關鍵研究基礎設施強化與資料平台整合

我國長期生態站（LTER）、森林永久樣區、土壤調查資料庫及植物病蟲害資料庫，在政策應用上具有高度潛力，但需要更高頻度與更高解析度之資料整合。本學門將加強建立跨單位標準化資料格式，強化標本館與基因體資料庫整合，推動開放資料與 FAIR 原則（可尋找、可取得、可互通、可再利用）。

3. 青年學者發展支持與跨領域合作平台建置

針對研究人力不足，學門將協助強化：新進學者研究計畫提案鼓勵、學門內各工程、資訊科學、政策分析等領域的合作整合機制、與產業共同推動試驗場域（testbed）之建立。

4. 強化自主性技術發展以降低國際供應鏈風險

由於環境監測設備、生物材料與高階儀器受國際供應鏈波動影響，且 AI 技術快速增長，各國爭相透過此技術加強取得該領域領先地位，因此本學門將推動：

- ✧ 在地化替代材料與監測裝置研發
- ✧ 生物防治與智慧感測之自主技術
- ✧ 自主水文與森林碳匯模型開發

（二）中期

中期發展仍針對生態問題、永續發展目標（SDGs）的達成與持續研究，包含森林碳匯動態模型、土壤碳庫監測與碳流推估、農業低碳化科技（減碳肥料、生物炭、低衝擊農法）及生態系統服務量化方法等，透過整合跨國際的研究團隊，比如積極參與國際LTER、IPBES、GBF 指標工作組、強化國際生態與環工單位建立資料共享模式、並推動台灣成為東亞生態資料傳輸樞紐等方式，並結合生農環境及多樣性相關的上、中、下游研究人力與技術資源，來發展具產業潛力的相關產業。本學門相關領域之產業及學界缺工情況，將強化農業工程設備智慧化以減少人力及勞動力需求，此結合生物機電工程的智慧農機發展與省工模式，加上生物可降解材料研究及智慧施肥友善除蟲技術等皆是重要方向，並具產業推動潛力，可扶持市場廣度及深度，藉此提昇相關研究人員進入此相關研究領域。另外，持續提升生物多樣性研究的廣度與深度，加強分析和評估氣候變遷對生物多樣性的影響與衝擊，將推動跨尺度環境監測整合(基因—個體—族群—生態系)，促進基因體數據與族群動態、遙測影像之連結，並整合多種資料來源（UAV、衛星、地面感測器、生態資料庫），整合以上資料建立生態風險評估模型，並提升至政策支援層級，用以支持中、長期相關政策。

（三）長期

應協調各校相關頂尖研究團隊，共同組織未來趨勢相關研究專門團隊，建構國土韌性治理的科學決策平台及建立國家級生態系統、土壤與水文資料長期基礎設施，增加國際競爭力並提升學術研究國際化。另外，善用生物資訊平台，建立完整生物多樣性資料庫，整合基因體、物種與生態系的研究，促進臺灣生物多樣性之永續研究，並擴大研究能量。藉由整合既有且持續開發研究所累積資料及成果，真正建立國家等級政策決策支援平台及研究永續共享系統，透過我園既有 AI 優勢加速達成以上為期數十年或百年計才能完成之目標。未來國際制定相關目標皆可透過此一永續長期治理系統，快速調動及分析國內及國際資源及能量，將有助於臺灣在國際科學研究中的地位和影響力，並促進全球環境保護與可持續發展。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

就客觀數據來看，本學門持續依聯合國 2030 年永續發展目標（SDGs）各項目標進行發展研究，現於全球永續發展相關議題上取得相當不錯之成績。各計畫主持人也積極與產業界合作，將目前遭遇氣候衝擊所遇到之實際問題，導入政府相關經費進行研究，

並將相關成果簽定技術轉移，或輔導業者進入循環農業或資材再利用的良好互動。

學門整體研究申請件數為 280 件，通過 115 件，通過率約 41%。

1. 植物保護、土壤及環境領域：申請 87 件，通過 37 件(42.53%)。
2. 森林水保與生工生機領域：申請 77 件，通過 32 件(41.56%)。
3. 生物多樣性領域：申請 116 件，通過 46 件 (39.7%)。

申請件數較去年上昇約 10%，透過率稍微上昇，且新進學者提案通過率也增加。去年學門新進及研究人力不足的情況，雖無法表現長期成效，但於上述指標於今年略見成長。

(1) 學術成就

發表於國際期刊（SCI/SSCI）之論文量持續增加，研究涵蓋土壤健康、森林水文、生態演化、生物材料、AI 農業監測等領域。多項研究成果獲國際單位引用，顯示我國在東亞環境與生態研究中具有專業地位。

(2) 技術創新與應用

AI 病蟲害辨識、生態自動監測平台與智慧流域預測模型成熟度提升。天敵昆蟲人工飼料與自動化養殖平台開發成功，具商業化潛力。森林碳匯量化技術與碳動態資料解析成功導入政策研擬。

(3) 社會影響與政策支撐

支援淨零碳排路徑、生物多樣性策略、土壤污染治理等政策。研究成果廣泛應用於農業現場與環境管理，使政策基礎更加科學化。

(4) 跨領域合作與資料整合

建置跨校資料共享平台，促進農業、生態、工程、資訊科學之合作。長期監測資料逐漸整合至國家級平台(如 TaiBON、LTER)。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學生物環境系統工程學系張斐章教授，其計畫名稱：創建新穎人工智慧和大數據分析以引領永續流域管理的科學解決方案（計畫編號 NSTC 113-2313-B-002-029-MY3）創建以 WEFLC 驅動的永續流域管理科學框架，運用新穎機器學習技術優化資源使用效率並提出治理策略，結合 AI 和 LCA 開發新穎的智慧資源跨界調度方案。萃取異質資源間的時空關係，並建立長期與短期的水文、氣象與環境預測模型，以因應氣候變遷帶來的挑戰。具體成果包括：發展創新的深度學習混合模型，用於時空特徵萃取；將逐 3 小時農業氣象預報數據進行降尺度處理，精確轉換為逐小時預報；建立多

時刻、多站的地下水水位預測模型。研究結果顯示，所提出之 CAE-LSTMT 農業氣象降尺度模型，在下一小時溫度預測方面達成 $R^2$ ＞0.88；CNN-BP 地下水水位預測模型 $R^2$ ＞0.94，模式預測精度優異且具高度可靠性。整體成果有助於推動流域內的資源整合與低碳/碳匯路徑探討，實現永續的流域經營目標。研究成果產出多篇研究論文於期刊及研討會，提升台灣研究量能於國際的能見度與學術地位。

2. 國立臺灣大學農業化學系許正一教授，其計畫名稱：稀土元素在岩性土序中的組成及其在土壤化育過程的分布（計畫編號 MOST 111-2313-B-002-045-MY3）

碳酸鹽結核常見於乾旱至亞濕潤地區，是通過陽離子（如鈣）與碳酸根離子的溶解、再沉澱及累積而形成的硬化土壤特徵。此外，作為成土過程示蹤劑的稀土元素（REEs）也可在結核中發現。本研究旨在說明沿著時間序列中碳酸鈣結核內稀土元素的特徵與分異。採集四個含碳酸鹽結核的淋溶土（Alfisol）土壤剖面，這些剖面的土壤年齡依據海岸線進退相的階段估算，分別為距今 10,000 年、8,000 年、5,000 年和 3,000 年，並依序標記為 KS1、KS2、KS3 和 KS4。研究中的結核主要由方解石組成，少量含有石英、綠泥石與伊萊石。結核中的稀土元素含量（12.7 – 108 mg/kg）低於總體土壤（132 – 315 mg/kg）。以上地殼平均組成（UCC）標準化後，結核中的稀土元素分布模式與其對應的總體土壤不同。此外，較低的 $(La/Sm)_N$ 和 $(La/Yb)_N$ 比值顯示，與總體土壤相比，結核中相對富集了重稀土元素（HREEs），這意味著在結核中經歷持續的成土過程導致了稀土元素的分異。雖然在總體土壤中看不出明顯的稀土元素分化指數變化趨勢，但結核中的 $(Gd/Yb)_N$ 比值隨著土壤年齡的增加顯著下降。因此，重稀土元素以及結核中的 $(Gd/Yb)_N$ 比值是解釋主成分分析中稀土元素分化的主要特徵指標。稀土自母質釋出經土壤化育過程後會重新排列組合，造成所謂分化現象(fractionation)，因此不同稀土元素比例的變化可做為土壤化學反應之佐證，於是成了一個新穎的特徵化土壤化育作用量化指標。另一方面，稀土元素非植物生長必需元素，其在土壤中的濃度、生物毒性與對人體健康之危害尚不明確，可視為新興污染物質，但稀土元素卻又是高科技產業所需要的技術關鍵元素。因此，稀土元素在土壤科學與農業、環境與資源領域中，是一個值得重視的議題。

3. 國立臺灣大學昆蟲學系楊恩誠教授，其計畫名稱：亞致死濃

度益達胺誘發工蜂早熟之神經生理行為層面探究（計畫編號 NSTC 113-2313-B-002-028-MY3）

目前研究指出，益達胺等新類尼古丁殺蟲劑是造成蜜蜂消失最主要的原因，然而，殺蟲劑如何引發蜜蜂消失的機制仍然不明。本研究團隊過去的研究證實，工蜂幼蟲暴露在亞致死濃度益達胺下發育，會造成工蜂成蟲基因表現早熟以及體內青春激素提早增加等現象，這樣異常的早熟極有可能是造成蜜蜂消失的主要原因。亞致死濃度益達胺通常為環境殘留量，若是幼蟲會接觸到亞致死濃度通常表示成蟲也會持續接觸到亞致死濃度益達胺。過去研究指出，蜜蜂由內勤蜂轉變為外勤蜂的過程，腦部會發生結構變化，代表內勤蜂時期工蜂仍在變化狀態，因此我們推測工蜂成蟲接觸到亞致死濃度益達胺時，也可能會引發早熟或是勤務分化錯誤等現象。本計畫擬延續該研究主軸，從神經發育、生理、以及行為三個主要層面來探討工蜂幼蟲以及成蟲接觸到亞致死濃度益達胺時，誘發早熟、最終導致蜜蜂消失的機制。計畫使用微電腦斷層掃描技術來進行工蜂腦部結構分析以及腦區的計算。生理層面的研究，本研究計畫將利用氣相層析質譜儀檢測工蜂暴露在亞致死濃度益達胺下青春激素表現量，並檢視青春激素生合成相關基因的表現，從基因層次確認青春激素調控狀態。青春激素與腦部結構兩者之間改變趨勢也做相對應的比較，推論早熟引發的腦部結構與生理現象的相關性。追蹤記錄蜜蜂降落軌跡，並藉由改變降落時目標背景圖案，來檢視亞致死濃度益達胺對蜜蜂飛行軌跡以及降落行為的影響。近期的研究數據中發現，相較於其它日齡之工蜂，9 與 15 日齡工蜂在青春激素含量與腦部體積上皆具有較明顯的變化，推斷 9 與 15 日齡可能是工蜂行為勤務轉換的關鍵節點，此外，初步檢測外勤蜂取食 50 ppb 與 50 ppm 益達胺後，於訓練階段中，有立即停止往返採食行為及搜尋糖水之平均時間延長及軌跡紊亂情況，顯示即使為低濃度益達胺，也會迅速降低外勤蜂之搜尋效率。初證結果顯示，益達胺濃度介於 50 ppb 至 50 ppm 即足以立即干擾外勤蜂之飛行與採集行為。

4. 國立臺灣大學生態學與演化生物學研究所李承叡教授，其計畫名稱：探究紅豆 (Vigna angularis) 的馴化起源、基因性狀圖譜、與環境適應（計畫編號 NSTC 111-2621-B-002-004-MY3）

針對紅豆 (Vigna angularis) 的起源進行全面性的基因體解析，成功重建其馴化與擴散歷史，並釐清長期存在的馴化地爭議。

此研究收集並分析 699 份野生與栽培紅豆樣本，涵蓋東亞至中國內陸的分布區域，整合超過 70 億個核基因體單核苷酸變異 (SNPs) 與葉綠體基因組數據。結果顯示，紅豆真正的馴化事件發生於約 3,000–5,000 年前的日本中部，其馴化後族群才東傳中國，並在華北與華中地區與當地野生種再次雜交，形成今日中國栽培種所呈現的高遺傳多樣性假象。此族群歷史重建成功解決過去遺傳推論與考古證據不一致的問題，為亞洲豆類作物的馴化史建立新的科學共識。在性狀馴化基因的層面，確定三個關鍵基因的功能，包括控制種皮紅色背景的 VaANR1、造成野生型黑色斑點消失的 VaPAP1，以及參與莢果與花部性狀的 VaMYB26。基因功能分析顯示，VaANR1 的功能喪失突變降低原花青素途徑活性，使栽培紅豆呈現均一紅色種皮；而 VaPAP1 的突變則抑制黑色素沉積，使野生紅豆常見的黑色斑點消失。同時使用時間校正的族群模型推估這些突變的天擇年代，顯示其天擇壓力可能在紅豆正式馴化前就已開始作用，反映早期人類對種皮顏色等性狀已有取向性的採集與利用行為。這些成果突顯紅豆族群結構與馴化過程受到跨區域人群移動與環境選擇共同塑造，並驗證過去以分布與變異量推測的「中國起源」其實是由於近代回遷與次級接觸造成的基因流動假象。未來工作將擴大至全基因組選擇掃描與表型多形性機制整合，建立完整的馴化基因地圖，支援東亞豆類育種、遺傳資源保存與作物多樣性管理。

5. 國立成功大學生命科學系陳一菁教授，其計畫名稱：管理改變- 生物反應之時間動態與跨層級氣候變遷脆弱度(3/4)（計畫編號 NSTC 113-2628-B-006-012）

針對全球山地生物在氣候變遷下的高度移動與分布變化，旨在釐清近年普遍被提出的「向上移動等同走向滅絕」（escalator to extinction）是否具有實質的全球證據。藉由整合 2069 個物種、共 8800 筆歷史與現代海拔分布資料，涵蓋 23 座山系的植物與動物，利用多變量統計模型與幾何限制（geometric constraints）所建立的隨機期望，比較實際觀察到的物種向上或向下界線移動幅度，評估山頂滅絕、分布斷裂（range-shift gaps）與低地生物衰退三大氣候風險是否正在全球山區發生。顯示過去被視為高風險指標的山頂族群收縮並未超過模型預期，多數物種的分布變化均落在隨機期望範圍內，顯示目前尚未有大規模的山頂滅絕現象。相反地，許多低地與小分布範圍物種呈現向上擴張，而寬分布物種則在某

些區段出現範圍收縮，反映物種的實際海拔分布與其氣候棲位之間存在「氣候失衡」（climatic disequilibrium）。在五個山系偵測到早期的生物均質化徵兆，顯示物種向上移動與高海拔族群延遲的滅絕負債，已逐步影響群聚結構。整而言之，山地生物對氣候增溫的反應比過去模型預測更具動態性與複雜性，且受到地形梯度與歷史分布範圍強烈調控。未來將進一步整合更高解析度的微氣候資料、飛行及非飛行動物的生理耐受性資料，以及更長期的監測，評估生物均質化是否會成為山地生態系在氣候變遷下的首波重要警訊，提供保育管理與風險預警的基礎科學資訊。

## 七、 檢討與展望

生農環境與多樣性學門涵蓋「植物保護、土壤及環保」、「森林水保及生工生機」與「生物多樣性」三大領域，與國家永續治理、自然資源管理與農業安全密切相關，也直接影響生活品質、生態系統健康與資源永續。近年研究能量逐漸提升，政策支撐效果更加明確，但在人力結構、基礎研究與長期投入方面仍面臨挑戰。

研究人力上，分子演化、基因體學與生物資訊等新興領域人才較充足，但分類學、形態學、系統學與長期生態監測等核心基礎領域人力嚴重不足，尤其野外採集與解剖專長更為稀缺，已影響外來種監測、棲地評估及保育物種調查等任務並造成世代斷層。研究設備雖可支持多數先進研究，但高階儀器維運、長期樣區與資料庫經費仍不足，使長期資料累積與專業維運受限。

未來發展將聚焦提升國土安全、生態系統韌性、農業永續與生態保育之科學基礎，同時強化跨域整合、國際連結與人才培育。基礎研究需獲得更穩定支持，特別是分類、監測、野外採樣與資料庫等難以短期見效但具高度必要性的領域。跨領域合作將持續是創新關鍵，結合農學、生態、工程、資訊與公共衛生等領域，可拓展研究視野並提升國際能見度。臺灣具高度生物多樣性與完整環境梯度，應積極深化國際合作，以在全球永續議題中展現科學貢獻。

人才培育與世代傳承亦為學門永續的核心。除持續吸引青年學者外，亦需促進新進與資深研究者間的專業傳承，並由國科會提供符合本領域長期性與政策導向特性的穩定經費支持，以維持研究量能。

總體而言，本學門在國家永續、政策支撐與科研創新中扮演關鍵角色。透過強化基礎研究、促進跨域合作、拓展國際連結與投入長期資源，可持續提升我國在全球生態與永續科學領域的影響力，並為面對氣候變遷、國土安全與生物資源永續等挑戰提供堅實科學基礎。

# 農產資源科學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：陳宗嶽　　共同召集人：洪傳揚

## 一、 前言

臺灣農業對國家經濟穩定發展扮演重要的角色，隨著各領域專家學者的投入，以及政府因應不同階段國家發展的變革，農業已由過去傳統農家經營靠天吃飯的方式，逐步轉型為導入科學精神與科技元素的新模式，以期在最節約成本的條件下，實現最大的效益。

除了要能供給國人食用需求外，台灣農業還需要配合國際趨勢，拓展國際市場網絡，進而提升農民收益。然而，在這些目標之下，臺灣農業也面臨多重的挑戰。

首先，是近幾年來，是鄰近國家不斷出現新病原的環伺威脅，一旦不慎引入國內，可能造成重大的損失。因此，疫病的監測、診斷與預防方法成為當前重要的研究議題。再者，農業面對氣候變遷帶來的極端氣候衝擊，不僅凸顯出相關抗逆境動植物物種研究的重要性，更可能增加疫病或病蟲害的威脅，例如攜帶傳染性病原的病媒可能跨區域或跨物種的寄生，導致農產資源面臨銷毀的損失，並隨之擴散疫病。這將是本學門未來需紮根努力克服困境的相關研究主軸。此外，高齡化社會導致農業從業人數下降和農村人口老化的問題日益嚴重，因此，導入人工智慧科技以替代或輔助傳統人力的研究也需同步進行，以提升農業效率。

最終，在全球節能減碳、邁向淨零碳排的目標下，循環農業技術在需符合高產值、低成本，同時有效控制疫病的標準下，更需要有長遠審慎的研究規劃。因此，本學門應依循上述的發展趨勢，訂定相關研究主軸，規劃短、中、長程目標，並配合國家新農業發展下的「提升農民福利」、「建設提升農業基礎環境」與「增加產業競爭力」為主要方向，期望透過突破傳統農業技術之尖端與應用性兼具之農業科技研究，引領臺灣農業因應現今困境並實現前瞻性的發展。同時，以臺灣有關農業領域防檢疫與健康一體之研究成果與國際共享，將具國際競爭力之研究成果，做為為本學門長遠目標。

## 二、 學門簡介

農產資源科學學門的學科領域涵蓋：農藝、園藝及農化；漁業及水產及畜牧；獸醫及實驗動物。學門之規劃及推動重點為農學之前瞻及應用性研究，近年來基於健康一體概念亦同時著重於農業相關疾病病

原的致病機轉研究與疫苗研發工作，使研究成果與產業應用充分配合，並配合抗逆境動植物的相關研究與智慧農業技術之研發，讓因應氣候變遷及淨零排碳的永續生產落實，使臺灣農業研究成果與國際農業永續接軌。此外，近年來發展合適的動物試驗替代性評估模式需求增加，以符合國際動物福利與實驗動物 3R 要求之趨勢，亦為本學門重點。由於近年來全球受到氣候變遷的影響，未來於動植物及水產生物在有關飼養生產面的研究，應多考慮可解決因氣候變化而造成的相關衝擊研究，並須同時考量所研發之相關智慧技術在符合最大成本效益與在面臨農業從業人口老化下，可符合最少人力成本的智慧農業管理方式。再者，由生物的相關機轉與多體學研究瞭解進行抗逆境生物的育種研究與全面由飼料學、循環農業方法、畜禽舍的設計依生物安全管理進行改良與減少(或預防)病原引入所造成的衝擊結合為健康一體與淨零排碳的新永續農業相關研析，才可有效保護國內農業資產永續發展。因此，藉由本學門極具優勢之多領域與跨領域的研究規劃，使研究成果兼具學術研究價值外，亦具有銜接產業應用性來提高產值與永續發展的重要意義。

本學門 114 年一般計畫申請案件共計 222 件，其中農藝、園藝及農化領域申請 98 件，通過 37 件，通過率為 37.76%，申請件數較 113 年度稍有上升，而通過率微幅上升；漁業、水產、畜牧、獸醫及實驗動物領域申請 124 件，通過 48 件，通過率約為 38.71%，申請件數較 113 年度稍有減少，但通過率稍有上升。

114 年新進研究人員申請案件中，農藝、園藝及農化領域 15 件，通過 9 件；漁業、水產、畜牧、獸醫及實驗動物，新進人員申請案件 14 件，通過 7 件。

整體而言，114 年度一般計畫通過率約為 38.29%，而新進教師及研究人員計畫通過率為 55.17%，相較於 113 年度一般型計畫通過率稍有上升(113 年度為 37.21%)，而新進教師及研究人員計畫通過率明顯上升(113 年度為 51.72%)，藉由提高新進教師及研究人員計畫通過率，來協助新進教師及研究人員茁壯成長，以確保學門學術研究的持續發展動能及培養潛力新秀。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

本領域之發展趨勢緊密扣合全球農業的發展趨勢及挑戰，全球農業發展面臨的問題包含氣候變遷對農業產生的影響越趨嚴峻、自然資源及生態系統服務下降以及農業生產系統智慧化的需求，此些都須具前瞻性的農學科學研究做為支持。面對全球氣候變遷的威脅，培育或開發對環境逆境調適性高的作物與動物品種，以及發展可因應氣候變化之栽培規劃及生產系統為全球積極投入之

研究項目。基因體研究及各項基因編輯及分子輔助選拔等技術均運用於作物與動物育種，各國亦積極投入開發高通量表型體分析系統，以進行高效能且非破壞性之作物生理研究並加速育種程序。維護農業生產之永續發展亦為全球農學研究及農業科技發展之重點，各種環境友善之農用生物製劑與益生菌開發研究正持續加速發展。

有關全球之發展現況及未來發展趨勢而言，可由兩方向進行研析。一方面可由國際間各重要國家/地區所規劃的未來相關科研主軸有所瞭解，以歐美與臺灣鄰近國家國際農業科研策略與議題而言，各國皆有因應其區域性及未來趨勢的發展有其不同的規劃主軸，茲將相關歐美與臺灣鄰近國家的發展主軸分析比較如下表：

| 國家/地區 | 科研主軸 | 內容 |
|---|---|---|
| 美國 | 1. 確保食品營養、食品安全與品質之研究面 | • 動植物來源之食品生產過程安全管控，減低病原或毒素汙染，研發有效之加工技術<br>• 須以增進人類飲食健康與營養學為觀點<br>• 如何有效進行農產品質提升與加值應用 |
| | 2. 於動物生產管理及減低疫病或病媒之研究面 | • 藉由多體學、飼料配方與精準管理發展符合永續且高產值之動物飼養生產體系<br>• 針對動物疾病發展有效的監控、治療與防治方式<br>• 有效的生物性製劑減低病媒性疾病與昆蟲危害<br>• 水產養殖之永續發展技術 |
| | 3. 於作物或植物生產管理及減低疫病或蟲害之研究面 | • 建構植物遺傳資源及多體學資訊以利應用保護相關作物<br>• 針對植物疾病發展有效的監控、治療與防治方式，以利永續植物蟲害管理、生物防治與農藥減量<br>• 發展生物防治、航空載具應用與農藥減量之永續農業發展技術，健全作物生產系統 |
| | 4. 有效自然資源利用與永續農業發展技術之研究面 | • 大數據分析與考量具氣候韌性水資源利用及管理<br>• 生物製劑應用與強化檢測方式研析以維護土壤資源<br>• 建置由宿主、環境與管理方式兼具之永續農業系統 |

| 國家/地區 | 科研主軸 | 內容 |
| --- | --- | --- |
| 歐盟 | 1. 減低植物病害之研究面 | • 無人機之應用技術<br>• 空拍機影像技術開發研究以利偵測植物病害<br>• 廣效雙股 RNA 生物性植物保護製劑應用 |
| | 2. 符合減排固碳之技術應用與管理研究面 | • 牧場溫室氣體監測與生命週期評估<br>• 糞便轉換緩效肥料降低溫室氣體逃逸<br>• 研究飼料用苜蓿草皮之土壤固碳能力 |
| | 3. 發展有效之智慧農業技術研究面 | • 自動感測灌溉系統研發<br>• 自動化供銷物流鏈研發<br>• 發展人工智慧影像監測技術以利牧場監控動物行為<br>• 有機安全肉品生產追溯監測系統建立 |
| | 4. 符合綠色農業精神之研究面 | • 環保包材開發<br>• 開發動植物性廢棄物或副產品再利用技術 |
| | 5. 保障動物健康之研究面 | • 環境影響畜產動物體內菌叢健康與產值之研究<br>• 畜牧場抗生素監測系統研發 |
| | 6. 以農業加值為出發點之研究面 | • 溫室剩餘空間發展昆蟲培育系統<br>• 生物質(Biomass)用於封裝產品技術開發 |
| 日本 | 1. 符合永續且健康食物來源之研究面 | • 日式飲食促進健康的機轉研究<br>• 人體腸內菌叢資料建立與應用<br>• 提高高生產性作物的機能性研究<br>• 符合低環境負荷之生產系統 |
| | 2. 碳中和技術研究面 | • 以藻類與生物碳之應用於固碳技術開發<br>• 由智慧化之食物供應鏈與減低動物飼養之甲烷排放來減少溫室氣體排放<br>• 動物飼養產生之廢水與排泄物作為資源循環利用<br>• 以大數據及基因編輯技術進行快速育種機制之研究 |
| | 3. 兼具普及化之智慧農業研究面 | • 農業自動化應用於蟲害辨識與人力取代<br>• 林業智慧化作業系統機具研發<br>• 水產養殖智慧化系統研發<br>• 農機漁船脫碳化之研究與應用 |

| 國家/地區 | 科研主軸 | 內容 |
| --- | --- | --- |
| | 4. 發展日本綠色糧食戰略之研究面 | • 有機農法應用抑制雜草<br>• 減少化學肥料使用之作物輪作法<br>• 搭配育種學與畜產動物消化道微生物叢的研析，減少飼養過程之溫室氣體排出<br>• 建立病蟲害監測與即時資訊發送系統 |
| 韓國 | 1. 建立數位化農業系統之研究面 | • 建立專門數據中心<br>• 以跨部會及公私部門合作方式共享數據平台<br>• 考量農業整體產業鏈之決策建立與預測分析技術 |
| | 2. 符合減碳農業技術研究面 | • 應用低碳排栽培技術與作物品種<br>• 植物肉、細胞培養肉之研發<br>• 開發低碳飼料及減少畜產動物之溫室氣體排出與再利用<br>• 發展高碳匯樹種與森林病蟲災害應對技術<br>• 開發兼具廢棄物減量與節能之農產品流通技術 |
| | 3. 人工智能進行農業環境控制之研究面 | • 可有效測量作物生長狀況的感應與監測技術<br>• 收穫、播種、種植、自走式與垂直結構工作自動化機器人開發<br>• 應用人工智能與物聯網且適用於小型農戶之溫室綜合環境控制系統 |
| | 4. 農業再生能源應用之研究面 | • 農業副產品與廢棄物作為生質能源之應用<br>• 海藻應用於生質能源技術之研究<br>• 利用太陽能技術與農村微電網建立於農業生產體系之應用 |
| | 5. 動物疾病管理面 | • 動物疾病爆發預警系統之建立<br>• 利用物聯網分析應用於動物疾病診斷之研究<br>• 實驗動物安全管理與動物實驗替代模式研究 |
| | 6. 植物疾病管理面 | • 影像學利用於植物病蟲害監測和診斷技術<br>• 植物病蟲害數據收集與分析系統之建立<br>• 抗疫病植物品種開發 |
| | 7. 人工智慧技術應用於農業食品安全配送 | • 農畜產品流通平台建立<br>• 農業食品數據安全技術<br>• 農業食品溯源系統管理<br>• 減少或回收農業食品價值鏈產生的廢物 |

由上表之綜合研析可知，國際間主要的發展方向也是以智慧農業技術之應用、對氣候變遷影響下之因應策略以及朝向配合全球淨零碳排與永續農業發展為主軸。

而另一方面，可由相關的國際面臨生態變化影響與農業永續發展面與挑戰所進行的研究，來進一步依現今全球的研究方向進行研析，結果如下：

1. 農藝、園藝及農化領域

發展現況難題：

(1) 全球農業發展面臨的問題包含氣候變遷對農業產生的影響越趨嚴峻。

(2) 自然資源及生態系統服務下降以及農業生產系統智慧化的需求。

(3) 需尋求農業永續發展之有效方法與策略。

發展趨勢：

(1) 面對全球氣候變遷的威脅，培育或開發對環境逆境調適性高的作物品種，以及發展可因應氣候變化之栽培規劃及生產系統為全球積極投入之研究項目。

(2) 基因體研究及各項基因編輯及分子輔助選拔等技術均運用於作物育種，各國亦積極投入開發高通量表型體分析系統，以進行高效能且非破壞性之作物生理研究並加速育種程序。

(3) 維護農業生產之永續發展亦為全球農學研究及農業科技發展之重點，各種環境友善之農用生物製劑開發研究正持續加速發展。

2. 漁業及水產領域

發展現況難題：

(1) 近年來人類對漁業水生動物蛋白質需求增加，需面對海洋水產動物大量捕撈及氣候變遷之衝擊，在這些人為與天然災害之影響下，全球的漁業水產資源分佈產生劇烈改變，進而影響漁業生態結構及水產資源的有效取得，遠洋漁業生態資源分佈之失衡，進一步需仰賴水產養殖業的發展來提供所需。

(2) 過度而無配套措施之水產養殖環境規劃，容易造成疫病的傳播，並且飼養的環境由於需配合地區水資源有效的取得及利用，也容易受到地區性水資源環境汙染之影響，以及氣候變遷下不預期天災之衝擊而造成損失。

(3) 提供水產生物養殖過程中的相關飼料來源，若取自農業自然環境下之雜魚，進一步已見此資源瀕臨減少並顯著

影響漁業生態環境之自然發展，或是無法在高成本的飼料供應下達成有效的收益。

發展趨勢：

(1) 目前在研究發展上以如何由根源端瞭解或預測全球氣候變遷對漁業資源的分佈影響為方向，以提供永續經營面之捕撈分配。

(2) 針對人工智慧技術之應用、新式養殖技術、逆境新品種、水生動物疫病病原之診斷、免疫作用及疫苗研發為主要發展。

3. 畜牧獸醫及實驗動物領域

發展現況難題：

(1) 面對全球交通運輸便捷下，有利於疫病藉由禽畜產與水生動物及其相關產品的傳播，進而影響農業經濟的穩定發展。

(2) 禽畜動物之疫病診斷及提供有效治療及防治策略，並衍生抗藥性及相關用藥殘留之問題，皆為國際研究發展上急需解決之重點。

(3) 近年來，全球趨勢以人工智慧技術之相關應用研究為主軸，以利解決在複雜且耗費人力的飼養環境下，提供系統及有效率動物飼養方式及疾病預警系統。

(4) 在實驗動物面上，需研發合理且具科學評估之取代系統為國際發展方向。

發展趨勢：

(1) 畜牧及獸醫應為互相配合之發展趨勢，畜牧業主要著重在飼養管理面之改進發展，以在選種及育種的相關研究支持下，提供最經濟及節省人力飼養方式，換取最佳飼料換肉率、產蛋量及產乳量等結果，提供人類動物性蛋白之所需。而獸醫部分除面對全球人口對犬貓等伴侶動物的仰賴增加，需提供先端醫療服務及新式治療。

(2) 由於飼養稀有伴侶動物(exotic animals)之族群增加，此現象除增加獸醫臨床醫療之複雜度外，由於其可能面臨由生態地捕捉並加以飼養、潮流過後之棄養引起當地之生態失衡、以及其中所攜帶不知名之動物傳染病及人畜共通傳染病之威脅，需加以重視。

(3) 面對全球交通運輸便捷下，有利於疫病藉由禽畜產與水生動物及其相關產品的傳播，需有足夠獸醫人力在經濟動物投入禽畜動物之疫病診斷及提供有效治療及防治策略研究。

(4) 抗藥性菌株及相關用藥殘留之相關研究與診斷工具之研發。

(5) 人工智慧技術之相關技術應用於農業的管理研究雖為主軸，但須符合成本效益。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

此部分經評估與 113 年度評估之結果無重大改變。

1. 農藝、園藝及農化領域

發展現況難題：

(1) 臺灣於農藝、園藝及農化領域之研發方向需與全球趨勢一致。

(2) 著重臺灣之農業生產系統需求之學理及科技。

(3) 極端氣候變化日趨明顯，耐逆境之生產系統及作物開發為持續努力的研發重點之一。

發展趨勢：

(1) 耐逆境之生產系統及作物開發為持續努力的研發重點之一，例如耐旱、極端溫度等機制及其運用於作物改良之研究。

(2) 作物抗病蟲害之研究及育種亦為重要項目。

(3) 因應此些研究之基因體至表型體之研發與資訊應用，以及作物改良技術例如基因編輯等技術及策略的研發亦同步發展。

(4) 農化領域，農產價值之加值研究為重點之一。

(5) 生物性肥料及保護製劑等研發。

(6) 運用微生物體學研究土壤微生物群相亦為近期蓬勃發展之項目。

(7) 智慧農業的重點核心項目—專家系統，是為農園藝領域於作物生理及栽培系統的重要發展趨勢。

(8) 植物有能力從大氣中固定二氧化碳，固碳效率、農業廢棄資材碳回收甚至碳匯問題可以探討。

2. 漁業水產領域

發展現況難題：

(1) 過度捕撈的情況下，所造成漁業生態鏈的失衡，需有積極有效之管理方式及漁業生態資源分佈分析。

(2) 臺灣地狹人稠下所面臨的問題，需改以更科學化及工廠化養殖方式取代傳統粗放養殖型態。

(3) 海洋漁業資源受塑化產品及重金屬等汙染皆進一步影響人類食用安全，或甚而影響漁業水產動物之存活及生態分佈。

(4) 水產養殖地若與禽畜產業之發展用地重疊，需注意如何有效進行環境衛生管理，以及避免病原、飼料或排泄物互相交叉汙染，造成養殖產業安全之衝擊影響。過度密集飼養的結果，也有利於疫病病原之傳播。

發展趨勢：

(1) 為了解決遠洋漁業問題，需改以更科學化及工廠化養殖方式，以求在最符合經濟成本下大量提供生產消費所需，未來並需倚賴近海箱網養殖技術之研發。

(2) 需以因應全球氣候變遷及人類環境汙染影響為主軸，針對這些因子對漁業資源場域之魚種結構分布之影響進行研究，並建立科學性預測模式，以擬定有效捕撈管理策略。相關環境與魚體中汙染物質之檢測工具研發也應為重點，以利海洋生產管理外，並兼顧人類食用來源安全。

(3) 在養殖業面，強化疫病診斷技術以及科學性天然飼料配方研究，增加養殖成功率、疫病抗病力及疫苗研發為主軸，並進一步以耐逆境之魚種為研究發展方向。

3. 畜牧獸醫及實驗動物領域

發展現況難題：

(1) 臺灣畜牧業現今面臨最大的挑戰即為全球動物疫病及人畜共通傳染病之威脅及傳播。

(2) 在研究的發展上，需區分為有疫苗可防治之疫病及無疫苗可防治之疫病來分別著重進行研究發展。

(3) 有關節肢動物傳播疾病，尤其是在血液傳染性疾病方面，過去於此領域之研究不論是致病機轉或是先端診斷與治療法之研究皆相當缺乏。

(4) 獸醫臨床研究領域上，相較其他國家而言，臺灣在此部分發展較為保守且應鼓勵具新穎開創性具有臨床價值之研究。

(5) 犬貓等伴侶動物之臨床面主要問題，主要為血液傳染性相關疫病，以及由於伴侶動物壽命延長後所引起老齡醫學問題，包括代謝性疾病、心臟血管疾病、腎病及癌症等，皆為未來獸醫臨床研究上需積極努力的方向。

發展趨勢：

(1) 在有疫苗可防治的疫病上，除了以病原特性深入研究有助發展診斷技術外，另需配合現今多體學之研究，即時瞭解病原之分子流行病學及分子演化，才可隨時因應發展有效防治策略。

(2) 應發展更具經濟成本效益之多價疫苗，並且由過去著重

後天性的免疫研究，同時強化先天性免疫作用之相關研究，由根本面增加動物對疫病的抵抗力。

(3) 為求疫病如何有效監測及管控，發展快速正確之野外株感染及疫苗施打動物之區辨診斷研究(即 DIVA 策略)更顯重要。

(4) 在無疫苗可用之疫病上，除針對病原特性進行研究以發展環境面有效消滅病原之方式外，並需針對此類病原之免疫學及微生物學進行研究，以突破疫苗發展之困境。

(5) 臺灣現今的高密度飼養不利生物安全及疫病管控，而嚴重衝擊到畜牧產業經營，因此也需針對飼養環境及經營結構之調整進行研析。

(6) 未來應以同時促進人類相關疾病治療診斷的研究發展方向上並進，不單可大幅提升獸醫臨床研究重要性，並可同時提供人類臨床醫療之研究參考。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

1. 農藝、園藝及農化領域

農園藝作物之基因體學由學術至應用之面向包含極廣，其涵蓋基因體定序策略及方法開發、巨量資訊分子育種之應用等，近年研究成果除了發表於國際優良期刊外，更應用於新興育種技術，將學術研究轉譯並落實於產業應用。作物生理領域研究亦與資訊和機電領域跨域合作，將生理學研究轉譯為數位化自動栽培之核心專家系統。土壤微生物研究亦結合學術研究與產業需求，發揮產學合作之實質成效。農化方面亦朝應用合成研究，可於新興保健及優化現有產品方向發揮。碳循環永續機制的探討及碳匯規範皆是現階段及未來重要課題。

2. 漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域

本領域中過去在相關病原的致病機轉研究、生物技術應用、以及疫苗的研發，皆於學術面與應用面具有相當實質的成果。由於近年來全球受到氣候變遷的影響，未來於動植物及水產生物在有關飼養生產面的研究，應多可考慮可解決因氣候變化而造成的相關衝擊研究，並須同時考量所研發之相關智慧技術在符合最大成本效益、與在面臨農業從業人口老化下可符合最少人力成本的智慧農業管理方式。再者，由生物的相關機轉與多體學研究，進行抗逆境生物的育種研究，與全面由飼料學、有機與循環農業方法、畜禽舍的設計管理與減少(或預防)病原引入所造成的衝擊進行相關研析。藉由本學門極具優勢之多領域與跨領域的研究規劃，使研究成果兼具學

術研究價值外，亦具有銜接產業應用性來提高產值的重要意義，使相關成果於兼顧學術面與應用面之價值外，也對國內農業發展符合國際標準做出具體貢獻，有利於未來將我國的特色農產品進入國際市場(例如符合跨太平洋夥伴全面進步協定 CPTPP 之規範)。此外，獸醫所扮演的角色須積極思考與人類醫學研究進行平行發展，以比較醫學為觀點，進行具突破性與新穎性之臨床治療研究，可更使本學門擴大研發成果之應用性不僅止於農業獸醫領域應用，也可共同保障人類健康。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

1. 農藝、園藝及農化領域

國內目前於農藝、園藝及農化領域的較多研究著重於功能性基因探勘、基因調控研究、基因體分析等項目，而於栽培系統研究的人力則尚需積極和農試改單位合作。雖然農學課題學術水準提升了，但計畫申請數下降，表示研究室的減少。整體而言，農藝、園藝及農化領域的研究人力尚需加強提升，特別是因應全球農業面向的快速轉變，尤其是可耕氣候的變化，我們需更加速作物科學領域未來人才之培育以維持研究能量及與全球發展趨勢接軌，以解決農作場域中遭遇的問題，提出學術研究的關鍵課題。在農業資源面需要增加國家重要作物基因庫的收集及整合，及大型自動化快速紀錄作物對環境適應的設備，以加速了解抗逆境機制及碳回收並在育種上應用。可鼓勵性質不同的研究人才及單位合作，如中研院研究員、大學教授及農政單位研究員共組團隊，一起探究重要性高的問題。

2. 漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域

國內設有與漁業、水產、畜牧、獸醫有關科系的大學有海洋大學、宜蘭大學、臺灣大學、文化大學、中興大學、東海大學、嘉義大學、高雄海洋科技大學及屏東科技大學，擁有很多優良的師資，每年培育眾多優秀的水產與畜產獸醫科技人才；此外又有中央研究院的生物多樣性中心與臨海工作研究站，及行政院農業委員會的農科院、水產試驗所、畜產試驗所的諸多研究人員，故研究人力不虞匱乏。現今最重要的工作應是有效整合國內教研單位之人力、物力與技術資源，並拓展國際合作，及早因應全球化的產業布局，使群體的力量得以充分發揮，加速研發具高經濟價值之新產品，才能因應國際發展的變化。

此部分經評估結果顯示短期中因國際與國內趨勢未有大變動，因此與113 年度評估之結果無重大改變，但需特別注意因疫病多元化之引入風險與氣候變遷及淨零減碳衝擊所造成的影響。

（一）農藝、園藝及農化領域

1. 優勢 (Strength)
   (1) 已奠基作物育種及農業生物科技術良好之研究基礎。
   (2) 原生命科學基礎研究人才的投入，轉化農業問題成為農學研究。
2. 劣勢 (Weakness)
   (1) 較少關注氣候變遷及固碳的大方向。
   (2) 優良作物之品種及基因特性之研究需要整合。
   (3) 農企業連結較弱，只有少數研究經費來自民間。
   (4) 法規面的進步需關注。
3. 機會（Opportunity）
   (1) 跨域合作深化農學研究的學術性，並擴大研究成果之應用性。
   (2) 生物性農用製劑之研發逐漸成熟，利於農業永續發展。
   (3) 各項新興作物改良技術及基因體科學研究加速作物新品種之開發。
4. 威脅（Threat）
   (1) 國際農學研究及農業科技之發展快速，我國需加強農學研究之競爭力。
   (2) 新研究領域如大規模表型及基因表現連結，及農作物基因體特性的出現，極需招募及培訓人才。
   (3) 碳回收及水利用率的提升需加強。

（二）漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域

1. 優勢 (Strength)
   (1) 人畜共通傳染病的重要性與日俱增，禽畜及水產動物來源面的相關研究可有助於疾病防治於國際之貢獻。
   (2) 臺灣雖受限於的地理環境，但具備生態多樣性，有助於發展獨特性研究，並且四面環海，漁場天然資源豐富。
   (3) 臺灣相關的科技技術與人才不虞匱乏，包括先端基因轉殖技術及分子育種領域皆有傑出表現，相關產業之經營、研究成果與應用皆可提供國際參考。
   (4) 以漁業水產、畜牧獸醫觀點與資源發展再生醫學研究與相關人類醫學應用已有豐厚之基礎。
2. 劣勢 (Weakness)
   (1) 研究成果離實際應用面無法順利銜接，例如疫苗相關研

究發展雖不虞匱乏，但實際於市場上應用較不如預期。

(2) 漁業水產、畜牧獸醫等飼養經營面成本不斷提升，飼養原料又大多仰賴進口，一旦受國際疫病等因子影響時，損失風險相當大，不利產業永續發展。

(3) 畜牧與水產業者對新式飼養技術之研發成果其成本效益仍持觀望態度，且大多不願投注資本於飼養環境生物安全系統改善升級。

(4) 疾病防疫技術與相關生物科技應用進展快速，飼養產業面之人員卻相對較多為老齡人口，不利推展。

(5) 相關飼養與養殖用地之過度開發，不利永續發展。

3. 機會（Opportunity）

(1) 與區域性鄰近國家相關研究與技術資源進行分享，並共同努力協助區域性疫病防治。

(2) 相關產業的人口結構老化，由更有效率的科技與人工智慧設施應用，取代傳統經營模式，使產業環境改善。

(3) 建立產業國家品牌，需有相關的研究與認證系統的配合以利行銷。

(4) 臺灣在有限空間資源下發展漁業水產、畜牧獸醫更具獨特性，相關產業之經營、成果與應用可提供國際參考。

(5) 面對推動全球健康一體的觀念，發展相關的檢測與防治技術更顯重要。

(6) 相關研發成果同時以促進人類相關疾病治療診斷的研究發展方向上並進，可大幅提升本領域研究重要性。

4. 威脅（Threat）

(1) 臺灣長久以來在獸醫臨床研究領域上，研究發展較為保守且較不具新穎開創性，需迎頭與國際接軌。

(2) 全球動物疫病及人畜共通傳染病之威脅及傳播，臺灣四面環海，不利完全杜絕不當走私行為，容易引入疫病，且臺灣相關產業飼養密度高，易於疫病傳播。

(3) 人民教育水準普遍提升與資訊取得容易，對此領域相關產業產品的安全要求也更為提高，然相關法規與檢測技術常無法獲得信任。

(4) 面對國際產品開放進口之市場競爭與日俱增，相關研發成果需有臺灣本土獨特性。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

本學門之未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益，主要修正面向參酌於 114 年 4 月 30 日進行的 2025 年國科會生命科學研究發展處「農產資源科學學門」成果發表會與會學門同儕共同討論與建議結論進行

調整規劃。主要面向為：

(1) 面臨國際趨勢中，有關實驗動物的替代模式，須符合動物福利與 3R 精神(實驗動物取代、實驗動物減量、實驗動物飼養精緻化)下，盤點臺灣目前在使用實驗動物的相關研究領域包括：新藥研發、致病或致癌機轉研究、再生醫學、疫苗研發、藥物或環境毒理與致敏性測試，因此需要在這些不同研究面向上思考哪些方向以現今科技與技術下，所研究出的實驗動物替代模式的確是可以實際應用與受國際接受認可。也因此，若要往實驗動物替代相關研究推動策略上，建議疫苗生產面(例如：抗原生產)可考量以非實驗動物系統替代進行研析，但要考量實際成本效益，以及評估是否與使用實驗動物生產下同等含有效免疫原性的疫苗。而在疫苗保護作用評估方面，需考量以現今科技仍不易找到合理的取代方式，若有方法取代實驗動物的評估，距離要實際在人類或動物免疫使用上仍會有相當多的疑慮，反而徒耗時間阻礙疫苗的研發與進入市場。在致病機轉的研究上，雖使用實驗動物仍會有跨物種差異的疑慮，但除了以流行病學自然觀察的研究之外，仍難完全避免使用實驗動物進行研究，但原則是要加強宣導選擇合適的實驗動物種別進行研究。因此，目前若同時考量實驗動物減量績效與替代評估模式而言，唯有考量藥物等之毒理作用評估及致敏性評估可較有機會，並應依各系統藥物(如神經用藥，心血管疾病用藥等)的優先急迫性與實驗動物使用量以臺灣現況進行相關統計評估，瞭解哪一類的藥物應最先建立可取代動物模式評估系統的標準程序，以利逐步來做到兼具可行性與科學性的實驗動物替代方案與實驗動物減量。

(2) 學門中所規劃各發展方向為服膺國際潮流趨勢，可仔細思考各面向與聯合國所訂定的永續發展目標(SDGs)之對應，以利與國際同步接軌一同努力。

(3) 除對本土病原或重大病原進行研究外，對於國際間的新興與再浮現病原也需加強相關科研計畫。

(4) 分子生物學與生物資訊學方法日新月異，因此未來應強化有關多體學於病原及育種學的相關研究。

(5) 基於從環境健康、動植物健康到人體健康是一個整體，因此世界動物衛生組織提出的健康一體(One Health)概念，可以做為未來農業技術發展重要方向，在基於考慮環境永續淨零排碳(環境健康)下，發展整合多體學應用於精準育種、精準營養(飼料或肥料)、精準防疫到智慧農業科技等前瞻農業技術提升動植物健康，進而運用農業產品提升人類健康，落實健康一體達到農業永續發展。

(6) 在全球農業科技快速跨域的趨勢下，多體學整合應用與人工智慧分析將成為推動農業研究前進的重要核心。由於多體學資料可從基因

體、轉錄體、蛋白體至代謝體全面掌握生物機制，結合人工智慧、深度學習及生成式 AI 進行資料整合及運算，將有助於提升農業育種、精準養殖、生態永續等領域的研究效率。臺灣目前推動的「健康臺灣」與「永續淨零」政策，未來可透過建立統一規格的農業資料庫，串聯各物種與各研究團隊的大數據，使多體學資訊能被有效共享並落實在智慧農業、生物育種與產業應用之中。透過完善的資料整合系統與跨校跨域團隊合作，有望促進從環境健康、動植物健康到人類健康的連結，強化 One Health 理念在農業上的實踐，並推動臺灣農業科技朝向更高效、智慧化與永續性的發展。農產資源科學學門的相關研究學者具有相當好的研究能力，且於論文表現與專利產出的表現傑出。在未來的發展策略上，建議也應逐步將所進行之研究計畫思考與技術完備等級(Technology Readiness Level；TRL)有所對應，如此也才會同步使相關基礎研究的成果逐步朝向達成可於農業之實際應用，以利提升臺灣的農業水準。

根據以上之說明，114 年度之學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益方面。主要延續 113 年度短期、中期與長期的相關發展細項主軸規劃並進行必要之修正如下：

（一）短期

主要為針對臺灣的優勢極具有獨特性之農業資源產業投注研發能量。

1. 農藝、園藝及農化領域
   (1) 加速作物抗逆境機制及表型體相關研究。(SDG2、SDG3、SDG13)
   (2) 研發環境親和之農用生物性製劑。(SDG14、SDG15)
   (3) 合成生物學相關研究。(SDG7)
2. 漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域
   (1) 針對重大疫病進行病原學研究與研發相關防疫技術，包括以 AI 人工智慧技術應用開發疫病預警系統、符合成本效益且符合環保要求之環境中病原不活化技術、多價疫苗及新穎性疫苗開發、新藥開發與保健食品、以及多體學研究分析應用於疫病分子演化研究。(SDG2)
   (2) 大數據資料分析研究，以其結果結合自動化人工智慧系統建置，應用於畜禽場、海洋漁場、與水產養殖場管理。(SDG1、SDG2、SDG12)
   (3) 農產生物資源的新用途開發(包括：中草藥或海洋等天然物)，應用於動物性飼料配方之研究，以期增加飼養經濟效益外，並可有效提升免疫力，減少藥物之使用，亦可由屬本學門農漁牧相關專長之學者研究成果，應用於人類

健康促進。並配合抗藥性之機轉探討與分子流行病學研究，以期減低漁業水產、畜牧來源之抗藥性菌對人類健康之威脅。(SDG2、SDG3、SDG12、SDG15)

(4) 配合國家發展政策，如淨零碳排放等目標，進行相關環境改變對漁業水產、畜牧獸醫資源之影響研究。(SDG12、SDG13)

(5) 針對漁業水產、畜牧獸醫之相關生物資源循環再利用等研究，以利循環農業與永續農業發展。(SDG14、SDG15)

(6) 針對動物層面微生物相的深入研究，探討與動物健康影響與養殖成效的關係。(SDG2)

（二）中期

針對短期已有特色成果之方向，進行跨領域合作，並配合亞洲地區的發展以及國際的趨勢發展相關研究，以具有國際競爭力之農業發展為主要目標。

1. 農藝、園藝及農化領域

(1) 跨域合作研發數位化作物生產系統，強化專家系統的功能。(SDG1、SDG2)

(2) 因應氣候變遷對糧食生產的威脅，育成對未來生產環境具適應性之新品種作物。(SDG2、SDG13)

(3) 優良種源資料庫的建立及應用。(SDG15)

(4) 農企業的聯結及合作。(SDG12)

2. 漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域

(1) 以尖端生物科技技術，篩選具有抗疫病(或逆境)品系之禽畜與水生動物品種，以及應用多體學於相關育種與保種研究。(SDG13、SDG14、SDG15)

(2) 結合生態學研究，瞭解生物多樣性、病媒生物學、與人畜共通傳染病之關係研究。(SDG3、SDG14、SDG15)

(3) 鼓勵研究產業化，並研議相關輔導與配套措施，使研究除具基礎學術參考價值外，務實應用於臺灣農業發展。(SDG2)

(4) 發展具有國際競爭力的實驗動物替代研究模式，以科學考量減少試驗動物用量，並同時兼顧本學門之特性，發展有關影響人類健康之病原和疾病之比較醫學研究平台。(SDG3)

(5) 氣候變遷下所致環境微生物改變對動物健康之影響，並同步加強野生動物保育醫學之研究。(SDG3、SDG13)

（三）長期

由臺灣農業永續發展研究出發，配合全球健康一體發展為目標。

1. 農藝、園藝及農化領域
   (1) 發展因應氣候變遷之韌性農業生產系統。(SDG13、SDG14、SDG15)
   (2) 推動轉譯農學，加強農學研究面與應用於農業生技及農產業之成效，並提升農產價值應用面之鏈結。(SDG2)
2. 漁業水產、畜牧獸醫及實驗動物領域
   (1) 藉由農業廢棄物、水產與禽畜產養殖廢棄物等之循環再利用研究成果，同時配合循環農業之整體性研究，以求臺灣農業永續發展。(SDG12、SDG14、SDG15)
   (2) 發展相關有害化學性物質、農藥、抗生素等殘留物新式檢測技術與毒理學研究，並且強化有關配合人類健康之食品安全研究，以利配合全球健康一體之目標發展。(SDG12、SDG14、SDG15)

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

本學門在相關領域的整體性成果表現，無論是以學術研究面或是產學合作應用而言，皆有很好的表現，除有重要研究成果發表於特定領域排名前 20%及高影響力指數期刊外，並有相關研究成果獲國內外專利，以及關鍵技術之具體應用。未來仍有努力空間，除增加論文發表數量外，需積極參與國際合作以發表高引用次數論文。相關學者之具體研究成果，不論是應用於水產動物養殖以及獸醫畜牧業重大動物傳染病之疾病預防，皆對國家農業經濟的穩定發展及減少損失具有相當實質的社會貢獻。本學門於 114 年 4 月 30 日假國立宜蘭大學生資大樓一樓福昌廳進行了 2025 年國科會生命科學研究發展處「農產資源科學學門」成果發表會，共吸引約 80 位來自國內各大專院校與研究機構的學者專家參與。本學門涵蓋範圍廣泛，橫跨農藝、園藝、農化、漁業、水產、畜牧、獸醫與實驗動物等領域，長期以來在各領域學者的投入下，已在多項專業領域展現亮眼成果，其中國立中興大學獸醫學系鄧紫云助理教授榮獲「114 年度國科會吳大猷先生紀念獎」及國立臺灣大學陳明汝教授榮獲「113 年度國科會傑出研究獎」。本次成果發表會特別邀請近年在本學門中於研究上具卓越表現的學者進行主題演講。本次會議邀請到國立中山大學王亮鈞副教授分享水產養殖環境病原研究中多體學的整合應用、國立臺灣海洋大學吳貫忠教授分享變性魚類的性別決定機制與分子調控、國立臺灣大學的陳明汝教授分享應用多體學在動物科學相關領域之微生物研究、國立臺灣大學的李承叡教授分享透過全球基因體多樣性資料探究豆類作物的演化軌跡、國立臺灣大學的莊汶博教授分享

作物寄主抗性在永續病蟲害管理中的策略與應用及國立臺灣大學的潘敏雄特聘教授分享天然膳食植化素在疾病預防上的應用。各位演講者分享其研究歷程與重要成果，以作為相關領域研究者在未來深化研究、拓展跨域合作與創新思考上的重要參考。除專題演講外，本次會議亦規劃海報展示區，共展出 55 篇研究海報，涵蓋本學門各重要領域，為研究者提供難得的交流與合作契機，現場討論十分熱烈。會議最後進行「綜合討論與未來學門規劃方向探索」，由與會專家學者共同就本學門未來研究重點、跨領域合作模式與學門發展策略提出建言。經過本次會議討論，凝聚出農產資源學門整體新發展方向：在全球農業科技快速跨域的趨勢下，多體學整合應用與人工智慧分析將成為推動農業研究前進的重要核心。由於多體學資料可從基因體、轉錄體、蛋白體至代謝體全面掌握生物機制，結合人工智慧、深度學習及生成式 AI 進行資料整合及運算，將有助於提升農業育種、精準養殖、生態永續等領域的研究效率。臺灣目前推動的「健康臺灣」與「永續淨零」政策，未來可透過建立統一規格的農業資料庫，串聯各物種與各研究團隊的大數據，使多體學資訊能被有效共享並落實在智慧農業、生物育種與產業應用之中。透過完善的資料整合系統與跨校跨域團隊合作，有望促進從環境健康、動植物健康到人類健康的連結，強化 One Health 理念在農業上的實踐，並推動臺灣農業科技朝向更高效、智慧化與永續性的發展。目前學門已在多體學整合應用方面展開推動，並獲得生物處處內其他學門支持推動專案計畫規劃，並將於 2025 年 12 月 19 日假國立臺灣大學舉辦「多體學整合於農業的應用與環境綠色技術研發座談會(台北場)」，顯示本方向學門規畫已具實質成效，亦再次驗證多體學結合 AI 與永續技術於農業研究中的前瞻性與重要性。

（二）個別計畫代表性成果

1. 中央研究院細胞與個體生物學研究所黃鵬鵬博士主持研究計畫(NSTC 113－2313－B－001－004)：魚類應對氣候變遷環境酸化的生態生理策略：調動能量促進生殖(1/3)

   研究團隊透過整合生理、代謝及基因表現等資料，發現日本青鱂魚(*Oryzias latipes*)在酸性環境中會於器官間調動能量，透過降低耗氧及減少肌肉成長，以換取更高的能量儲存於肝臟及卵巢。雌魚在酸化壓力下啟動了由雌激素訊號調控的肝臟與卵巢之間的能量調動，使雌魚在酸性環境下反而產下更多後代，進而促進了其在酸性環境下的適應力與族群永續性。研究成果發表於 Journal of Hazardous Materials, 480, 136197 (2025)，IF=11.3，在環境工程領域排名 5/83。

2. 國立成功大學生物科技與產業科學系王涵青特聘教授主持研究計畫(NSTC 111-2313-B-006-007-MY3)：探討蝦病毒 WSSV 感染之蝦血球細胞核苷酸合成調控機制
研究團隊運用同位素標記代謝體學，探討葡萄糖和麩醯胺酸在 WSSV 感染的蝦血細胞對核苷酸合成的現象與貢獻度。研究發現 WSSV 感染會誘導蝦體內的葡萄糖與麩醯胺代謝重新編程，以促進體內的新生核苷酸合成。這些代謝變化可提供核苷酸合成所需的前驅物，進而支持 WSSV 的複製與致病過程。研究結果有助於預防蝦類養殖中 WSSV 的爆發。研究成果發表於 Cell Communication and Signaling, 23, 191 (2025)，IF=8.9，在細胞生物領域排名 31/204。
3. 國立中興大學生命科學系暨研究所陳全木講座教授主持研究計畫(NSTC 113-2313-B-005-007-MY3)：乳蛋白衍生的新穎抗骨鬆胜肽 KFP-1 影響骨質重塑和骨髓微環境
研究團隊運用 L-NAME 誘導的子癇前症模型，探討 Kefir Peptides (KPs)對母體與胎兒健康的潛在治療效果。研究發現 KPs 能顯著減輕模型大鼠的高血壓、蛋白尿等嚴重症狀。這些治療效果歸因於 KPs 改善了全身性內皮功能障礙，並降低了胎盤中多種抗血管生成與發炎因子(如 anti-HIF-1α、sFLT1、TNF-α 和 IL-6)的水平。研究結果表明 KPs 有助於改善腎臟病變，並在母體和胎兒兩側平衡內皮與血管生成功能，為子癇前症的治療提供了新的方向。研究成果發表於 Biomedicine & Pharmacotherapy, 180, 117592 (2024)，IF=7.5，在醫學研究與實驗領域排名 24/195。
4. 中研院農業生物科技研究所陳荷明教授主持研究計畫(MOST 113-2313-B-001-008)：鑒定在抗黃葉病卡文迪許香蕉變種中與 5 號染色體缺失相關的性狀和轉錄組變化
研究團隊透過分析多個體細胞變異系統，鑑定出與 TR4 抗性相關的染色體缺失。這些缺失會降低抑制免疫反應的鈣幫浦基因的拷貝數，從而提升病害抵抗能力。此研究突顯了結構變異及易感基因劑量在塑造三倍體香蕉強韌抗病性中的重要性。本研究提供了關鍵的基因體學洞見，可用於選拔或改良 TR4 抗性的香蕉品種。研究成果發表於 Proceedings of the National Academy of Sciences, 122, 48 (2025)，IF=9.1, 在科學綜合領域排名 14/136。

## 七、 檢討與展望

本學門之發展應以科技研發為主要導向，並配合實際國內農業政

策發展與考量國際農業新興趨勢下，將相關產出做具體的應用。在這樣的理念下，方可以農業科技成果鞏固本土農業穩健發展外，並進行特色農業產品之應用研發。近年來的疫病在動植物皆增加，威脅農業的整體發展環境，本學門也有諸多學者進行許多相關的診斷學與防疫策略研究，但需審慎考量在疫病診斷及預防方式的研發層面，要符合實際應用時的成本效益問題，並能適時調整與產官學三方之發展方向契合。此外，面對全球環境與氣候變遷的威脅，要以永續發展、循環農業與全球健康一體為目標，積極發展智慧農業、多體學整合等跨域整合科技，以總體面及科學化經營提高農業產值，有效減低農業人力需求與環境污染，以達國際共同努力之永續及淨零碳排目標。

# 生物科學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：冀宏源　　共同召集人：許翽麟

## 一、 前言

生物科學學門長期以推動我國生命科學研究之深度與廣度為使命，研究範疇涵蓋動植物、微生物及病毒等多樣生物系統，從分子、細胞、組織、個體到族群與環境交互作用之層次，並延伸至仿生學及跨領域應用，凡能促進生命科學基礎理解、拓展知識疆界或具潛在應用價值者，皆屬本學門支持之重點方向。學門在國家科研體系中扮演承先啟後的重要角色，不僅引領我國基礎科學研究向國際接軌，更肩負培育新世代科研人才、促進跨領域整合、支持科技創新與強化社會福祉的核心任務。面對全球科學研究快速邁向「資料導向與智慧轉譯」的新時代，生物科學的研究典範正由傳統的實驗探索轉向以大數據、人工智慧（AI）與多組學整合為核心的系統性思維。此趨勢促使研究者不僅需掌握精準的分子層次的理解，更需能結合資訊科學、工程技術與臨床應用，進行跨域創新與策略性研究。在執行面上，學門致力於建立公平、專業與具前瞻性的計畫審查機制。審查過程強調學術品質、公正性與多元性，透過邀集國內各學研機構之專業學者擔任複審委員，依研究主題分配最適合的初審與複審人員，以確保每件計畫能獲得深入且具專業廣度的評估。所有計畫均經過複審會議討論、整體排序與經費分配之綜合檢視，以維持審查制度的透明與合理。此制度化的審查機制，能營造健康、多元且具創造力的科研環境，使我國生物科學研究在質與量兩方面持續精進。最後，從科技發展的歷史脈絡來看，許多劃時代的技術突破與醫療創新皆源自於長期的厚實研究基礎。基於此認知，生物科學學門在協助推動國家科技政策與新興重點領域的同時，仍堅持維護基礎研究的自由度與探索精神。學門相信唯有在學術自主、鼓勵原創思維的環境下，方能孕育出具國際影響力的科研成果與卓越人才。未來，學門將持續培養高素質的基礎生物研究人才，推動學術研究與社會應用的雙軌並進，最終能以科學創新提升人類福祉的長遠願景。

## 二、 學門簡介

本學門的核心任務在於規劃與推動「基礎生物學」及「生物化學與分子生物學」兩大領域之原創性研究，鼓勵學者從生命現象的根本問題

出發，開展具突破性與前瞻性的研究，產出兼具新穎性與國際影響力的學術成果。學門支持之研究雖較為廣泛，從各類生物個體模式系統至細胞層級均為研究重點所在。除少數以描述與紀錄為主的生物學研究外，本學門特別重視研究從分子層次出發，釐清生命現象運作原理的機制性研究，並鼓勵學者以嚴謹實驗與創新技術來闡明生物系統的核心規律。雖然本學門以推動基礎研究為主軸，但亦重視研究成果的潛在轉譯價值。凡能以基礎生物學為起點，延伸至醫學、農學、環境科學或生技應用之研究計畫，皆納入本學門的補助與推動範圍。此政策設計兼顧基礎與應用兩端，使研究能在保有學術自由的同時，促進知識轉化與社會實質貢獻。

在 114 年度的計畫審查與核定作業中，本學門共受理個人型研究計畫 221 件，較 113 年度減少 40 件，顯示申請件數有明顯下降，後續仍需持續觀察是否呈現逐年遞減的趨勢。依研究領域區分，「生物化學及分子生物」相關計畫共有 120 件（其中一般型計畫 103 件、新進研究人員計畫 17 件），「基礎生物學」相關計畫則計 101 件（一般型計畫 84 件、新進研究人員計畫 17 件）。整體而言，一般型計畫的平均通過率約為 38%，新進研究人員計畫的通過率達 53%，而多年期計畫的核定比例約為 44%，整體核定結果維持穩定。進一步從申請者結構觀察，114 年度新進研究人員申請件數與 113 年度相近，顯示新進人員的族群投入研究的意願仍維持良好。然而，一般型計畫的申請數較前一年減少 39 件，其中以「基礎生物學」領域的減幅最為明顯，較去年少了 28 件。此現象可能反映出國內基礎研究在近年研究趨勢與資源配置上的相對弱化，未來仍需持續關注學門內部的研究動態與人才投入情況，以確保基礎生命科學研究的持續發展與能量穩定。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

目前生命科學研究的領域正快速擴張並呈現多軸並進的發展。一方面，基因編輯、單細胞定序、空間轉錄體學與整合型多體學等方法學持續精進，使研究者得以在單細胞至組織層級同時觀測與解析生命現象；另一方面，人工智慧與高效運算全面整合至研究流程，從資料篩選、影像辨識、蛋白質折疊與複合體結構預測，到藥物標的發掘與臨床前評估，皆已展現顯著效能。類胚胎與類器官技術的成熟，使人類發育與疾病機制得以在更接近生理環境的模型中被驗證；合成生物學則透過路徑重構、代謝工程與標準化基因元件，生質材料與綠色製程等應用。影像技術亦持續突破，超解析顯微鏡、活體即時成像與冷凍電子顯微鏡（cryo-EM）並行

發展，不僅補足傳統技術在解析度與穿透深度的限制，也讓難以結晶之巨分子與動態構象得以被捕捉。此等工具的交互強化，使傳統分子、生化、與細胞等分科之間的橫向連結更為緊密，帶動研究由單一縱深向整體系統層級邁進。可以預期，全球生命科學將持續走向資料密集、模型驅動與跨域協作的研究模式，並在自動化、高通量與雲端平台的加持下，形成從假說生成、實驗設計到結果詮釋的創新模式。此趨勢同時也意味著高階儀器、計算資源與資料治理能力將成為各國科研競逐的關鍵門檻，政策端對於研究倫理、資料安全與開放科學之規範亦需同步跟上，以維繫創新與公共利益之平衡。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

我國生物科學社群在分子機制闡明、蛋白質結構解析、DNA 修復與基因體穩定性、神經迴路與行為調控、代謝網路、微生物與宿主互動等領域已累積可觀成果，並逐步擴展至多體學整合、系統層級建模與生醫資訊之交叉應用。頂尖大學與中央研究機構近年持續強化單細胞與空間體學平台，推動臨床樣本的高解析度剖面化；半導體與資通訊的產業優勢亦轉化為生醫感測、即時影像與運算分析的支撐動能，促成 AI 輔助顯微影像判讀、藥物反應預測與生物製劑設計等新興方向。就學術層面而言，神經與腦科學、遺傳與發育、生物化學與分子生物學、結構生物學、生物資訊與系統生物學、動植物與微生物體學研究，以及病原體與宿主互動與免疫調控，已成為與國際接軌的重點主軸；在生物多樣性與環境資源豐富的條件下，非模式物種的分子層級研究亦蓄勢待發。展望未來，學門將持續鼓勵基礎科學的原創探索，同步佈局尖端與跨領域整合計畫，並以任務導向專案串接臨床、農業與生技場域，建立從發現到驗證、再到示範應用的鏈結。需要關注的是，近年一般型申請件數出現趨緩，尤以基礎生物學領域減幅較為明顯；此反映研究人力結構與資源配置的壓力，亦提示須以制度與經費工具引導青年學者持續投入長期且具風險的基礎課題，避免前瞻研究能量受限。除此之外，學門亦將持續深化研究能量的整合與提升，積極推動學門的科研人員參與並申請具前瞻性的尖端計畫、跨領域整合型研究以及任務導向型專案，藉以強化我國在特定核心領域的國際競爭力。未來將規劃定期舉辦研究成果發表會、主題式研討會與跨學門交流論壇，促進不同領域間的對話與合作，激發具創新潛力的研究構想。整體策略上，未來幾年宜以「基礎深耕並跨域合作」為主軸，並強化國際連結，以在地

優勢建立具有全球能見度的研究領域發展。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

基礎生物科學是生醫健康、農業創新與生物技術產業的知識根本。唯有從分子與細胞層次理解生命現象的邏輯與規律，方能提出可被驗證且可被延伸的創新概念；此類知識一旦確認及鞏固，即可轉化為臨床診斷、治療策略或風險分層的理論基礎，在個人化醫療、早期偵測與疾病預後預測上創造長期效益。於農業與環境領域，對基因調控、代謝路徑與微生物共生的理解，將轉化為作物改良、病蟲害治理、資源循環與碳管理的可行方案，支撐糧食安全與永續發展。對產業面而言，結構生物學、多體學與合成生物學等技術所衍生的資料與工具，能縮短新藥與生物製劑開發的研發週期，並降低風險成本；AI 與自動化則提高篩選與品質控管效率，擴大學研成果的可轉移性。雖然基礎研究多半不以短期經濟回報為目標，但在知識資本的累積、人才培育與技術準備度提升上，其效益明確且可觀。因而政策面應在「自由探索」與「任務導向」之間取得平衡：一方面維護學術自主與原創思維，另一方面以合宜的誘因與橋接機制，加速具成熟度的成果進入臨床驗證、農業示範或產業化階段，使基礎研究與社會需求達到良性的循環。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

在研究人力與資源面，長年投入使我國建立了厚實的學術社群與年輕科研人才的訓練場域，但隨著人才數量增長與通貨膨脹壓力，單件計畫可動用之研究經費相對緊縮，對於高風險、長期性與跨域整合研究課題的承擔形成現實的考量與限制。部分年輕教師在取得穩定資源/升等前即需承擔高強度的量化績效壓力，易使研究議題短期及膚淺化，降低轉向新領域或嘗試高難度課題的誘因。今年計畫申請的資料也顯示，一般型計畫件數略有下修跡象，基礎生物學降幅較為顯著，需以制度工具與補助設計逆轉動機不足的現象。建議在經費與制度上有適度的彈性調整：其一，鼓勵由專長互補的研究人員共構跨校跨域團隊，並以與個人型計畫有區隔的經費級距與件數規範，支持可擴散之整合成果；其二，設計「探索型」或「跨域型」等等經費較小的計畫，降低轉換研究方向的門檻，允許在缺乏初步數據但具明確創意與邏輯的前提下取得起步資源，並不併入既有計畫件數計算；其三，對未獲一般型補助但具培育價值之團隊，提供研究生計畫或核心設施使用額度，兼顧人才養成與研究延續；其四，於升等與評鑑制度引入多元貢

獻指標，將團隊合作之實質角色、資料與方法共享、開放科學實踐與社會影響納入評量，避免單一量化指標導致研究短視；其五，倡議政府與產業同步提高對基礎科研的長期投資比例，讓自由探索與任務導向並行，形成健康的學術生態。而在儀器與平台面，高通量、單細胞、空間體學、AI 人工智慧與高解析影像等設施已成研究關鍵門檻，其採購、維運與升級成本高昂，且需專任技術人力確保研究品質與實驗結果可重現性。未來在核心設施的規劃上，應以全國層級的服務為依據，並以數位化使用紀錄與績效指標進行滾動檢討。透過人力、設備與制度的改善，方得以降低技術門檻、擴大方法的創新，並使我國在下一階段的全球科研競逐中具有領先的國際地位。

## 四、 我國發展生物科學學門領域研究之 SWOT 分析

### （一）優勢（Strength）

台灣的生物科學研究擁有深厚的基礎實力與高度的國際能見度，國內頂尖大學與中央研究院等研究機構長期耕耘，使我國在分子生物學、結構生物學、生物資訊學及遺傳學等核心領域皆具世界級水準。研究人力素質整體優異，學者跨校合作與國際發表的頻率持續攀升，每年均有相當數量的成果刊登於高影響力期刊。近十年來，在國科會的支持與學術社群的努力下，我國的研究能量明顯提升，科研社群已達到具臨界規模的「關鍵質量」，能在專業分工與跨域互補中激發創新思維。此外，台灣的半導體及精密製造產業發展成熟，為生物資料分析、AI 模型建立及智慧醫療應用提供強力支撐，形成獨特的跨界優勢。政府亦積極推動精準醫學、再生醫療與轉譯農學等策略領域，促成學研與產業的正向循環，使我國在亞洲地區展現出兼具靈活與創新的科研文化。

### （二）劣勢（Weakness）

雖然整體研究成果亮眼，但仍存在結構性挑戰。首先，基礎科學的經費投入相對不足，與歐美及鄰近國家相比，我國在生物科學領域的長期資源分配仍顯有限，導致部分高風險、高潛力的深入研究難以推進。其次，研究人員薪資與待遇普遍偏低，與日本、韓國、新加坡及香港相比，吸引與留任優秀人才的誘因不足，青年學者的職涯穩定性與升遷制度亦有待改善。此外，跨校與跨領域研究平台尚未全面整合，儀器共享與資料互通的制度不夠成熟，造成研究能量分散與重複投資。博士班招生受少子化與就業不確定性影響，研究生來源與素質均出現波動，進而形成潛在的人才斷層。博士後研究人員與技術助理的長期任用機制亦不健全，使

得科研人力結構偏向短期化與不穩定。再者，本學門競爭激烈，在固定的通過率與經費額度下，仍有眾多具潛力的優秀計畫因名額限制而無法獲得支持，長期而言恐削弱整體研究深度與延續性。

（三）機會（Opportunity）

儘管挑戰存在，台灣在未來發展上仍具相當優勢與機會。首先，國家級核心設施的建置與升級已逐步完成，冷凍電子顯微鏡、單細胞定序與多體學分析平台的完善，使我國研究者能與國際接軌，並在高解析結構與大數據整合領域展現影響力。隨著國際「開放科學」與「雲端資料共享」趨勢興起，台灣具備成熟的資訊科技基礎，可藉此深化 AI、生物資訊與臨床數據的結合，在生物醫學與環境永續議題中開創新局。其次，國科會推動的「2030 跨世代青年學者方案」以及即將轉型推動的「青穗學者計畫」與多項新進人員專案，已有效改善年輕學者起步階段的資源不足問題，鼓勵他們挑戰高風險但具顛覆性的研究議題，促進世代更新。再者，區域政治變動與國際學術流動趨勢的轉變，為我國人才延攬帶來新契機。台灣學術自由度高、研究環境安全穩定，加上全球疫情後的聲譽提升，使得國際及日本優秀學者、留學生願意來台發展。最後，台灣地理與生態環境多樣，擁有豐富的非模式物種與生物資源，結合基因體與生態系統研究，極具潛力發展成為亞太地區獨具特色的生物多樣性研究中心。

（四）威脅（Threat）

台灣生物科學發展面臨的外部危機亦不容忽視。首先，科研與高教預算佔國家年度總支出的比例偏低，使我國在國際科研競爭中常處於資源劣勢，研究規模與速度皆受限。其次，評鑑制度過度依賴量化指標與期刊排名，導致研究者傾向追求短期產出而非長期深耕，不利於突破性發現的累積。第三，鄰近國家如中國與新加坡持續以高薪與龐大起始經費延攬台灣優秀科研人才，造成潛在的人才外流與研究斷層風險。再者，國人出國攻讀博士或從事博士後研究的比例近年下降，長期可能削弱學者的國際視野與合作能量。此外，若研究成果未能有效轉化為產業動能與政策影響，社會大眾對科研投資效益的認同感可能降低，導致經費支持進一步受限。面對這些可能不利科研發展的因素，台灣必須強化長期科研投資、改革績效評估制度、建立多元升遷與獎勵機制，並持續促進國際合作，以確保生物科學研究的永續競爭力與國際地位。綜上所述，台灣生物科學學門正處於由「量的擴張」邁向「質的深化」的關鍵階段。若能妥善運用既有科技基礎、強化制度的完

善、整合資源並持續推動跨域創新，台灣有望在全球科研體系中建立「小而強」的典範，成為亞洲區域內兼具創新力與影響力的生命科學樞紐。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

在短期一至兩年內，學門將以提升研究品質與建立公平透明的審查制度為首要目標。首先，將確保每一位複審委員的審查分數高低分的差距不要太大，以免影響對單一案件的公平性與公正性。同時，建立明確的審查品質監督機制，並確實篩選不適任委員名單之內部通報制度，以維護整體審查公信力。其次，鼓勵研究人員提出具系統性與長期性的研究計畫，支持多年度、深入探討生命現象關鍵機制的研究課題。短期內亦將建構跨領域資料整合平台，整合 AI、多組學及結構生物學等核心技術，為長期研究環境奠定基礎。

（二）中期

中期以三至五年的時程，發展重點將聚焦於國際合作與研究能量整合，目標在於建立具國際領導力的研究核心。學門將鼓勵已獲國科會補助之研究計畫主持人主動尋求跨國合作機會，透過「加值國際合作研究」方案，補助必要的海外差旅與研究支出，特別鼓勵國內取得博士學位之研究人員積極參與國際合作，以擴展國際連結。中期策略亦包含設立主題導向研究中心，如生科處所積極推動的專案計畫等，整合跨校資源與專業技術，推動大型跨校計畫以解決全國性科研挑戰。此階段亦將完善研究倫理、資料安全與智慧財產權制度，建立研究資料管理規範與標準化流程，提升學術成果的可重現性與國際信任度。同時，透過舉辦成果發表會、跨領域論壇及國際研討會，促進學者之間的交流與合作，凝聚國內研究能量，培養具跨域思維與國際競爭力的研究群體。

（三）長期

長期以五至十年的規劃，願景在於建構「智慧生物科學研究生態圈」，以整合學術研究、技術創新與產業應用為核心，使台灣成為亞太地區的生物科學創新樞紐。未來十年內，學門將推動跨域共創與國際聯盟合作，結合 AI、生醫、工程與材料科學的力量，形成具持續性與競爭力的跨領域研究網絡。為持續提升研究能量與國際影響力，學門將定期舉辦成果交流與腦力激盪會議，邀請國內外傑出學者進行學術對話、經驗傳承與新課題共構，促進多方合作團隊的形成與深化。此外，學門將持續檢討審查制度與經費

配置機制，建立長期評估與回饋流程，確保政策能因應學術與產業環境變化。長期而言，學門期望透過制度化的產學合作與跨領域研究支持機制，培育具國際流動性與整合能力的科研人才，使我國研究成果能持續推動國家健康、環境永續與科技競爭力，並在全球科研生態中穩固台灣「小而強」的領導地位。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

本學門長期以「厚植基礎、引領創新」的核心理念，持續支持以自由探索為精神的個人型研究計畫。透過穩健的經費投入與嚴謹的審查機制，培育出能深入探索生命現象分子機制的優秀學者與研究團隊，推動我國生物科學研究持續邁向國際尖端。114 年度學門研究成果豐碩，學者們在基因調控、細胞信號傳遞、結構生物學、神經科學與微生物互作等多項領域皆有突破性發現，顯示我國在國際學術社群中的研究地位日益提升。中央研究院作為國內最高層級的研究機構，具備完善的核心設施與靈活的人才制度，是學門成果的重要推動力。同時，國立大學在教育部「高教深耕」及「頂尖研究中心」計畫支持下，逐步強化研究能量，並透過「玉山學者」、「卓越學者」等制度延攬國際級人才，使我國在生物結構解析、基因體學與生化機制研究上建立穩固的國際聲譽。此外，國內學者受邀擔任國際學會理監事、研討會主講人及期刊編委，顯示我國科研影響力的實質成長。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

在科技整合創新的推動上，多項研究結合人工智慧、結構生物學及生物資訊分析，建立跨域整合的研究模式。例如，研究團隊結合活體電壓影像與光遺傳學方法，解析腦波形成的網路機制；亦有團隊結合蛋白質工程與酵素改質，開發具有高產率及環保特性的生物催化路徑，用於合成具醫藥潛力的化合物。這些成果不僅展現我國研究團隊的創新能力，更體現生物科學與資訊工程、物理化學及材料科學的深度融合，推動生命科學研究向智慧化與精準化邁進。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

學門支持的多項研究已逐步展現潛在的經濟效益與產業應用價值。部分研究成果應用於新藥開發與舊藥新用策略，藉由結構與機制的解析來降低臨床研發成本；此外，鑽研食用農

作物營養吸收及抗逆境的機轉，有助益於永續農業發展。合成生物學及蛋白質工程的相關成果，亦被應用於生產高經濟價值的生化原料、藥物中間體與綠色能源分子。部分轉譯醫學研究則結合臨床樣本與多組學分析，用以開發早期癌症診斷標記與個人化治療策略。這些技術潛能可望進一步與國內生技產業鏈結，形成學研成果轉化的正向循環，促進我國生命科學研究由知識創新走向實質經濟貢獻。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

本學門亦有研究聚焦於公共健康、疾病治療及環境永續等議題，如神經傳導與退化和失智疾病的分子機制、闡明癌細胞代謝異常的關鍵因子、探索老化與細胞 DNA 損傷修復的機制等等重要邁向老人化社會的議題。亦有研究從基因體層級探討神經退化與老化疾病的致病機制，為再生醫學與幹細胞療法提供新契機。另外，也有學者以蛋白質設計工程來探索新的抗生素分子，以對抗抗藥性微生物威脅。這些研究對社會福祉與公共衛生安全有重要的貢獻。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

除分子與細胞層次的研究外，本學門亦積極推動生態與演化生物學等基礎領域的發展。學者們從基因體與表型演化角度，探討台灣特有物種及族群的遺傳多樣性與適應機制，如台灣原生植物、珊瑚及昆蟲等。相關研究提出多基因性狀的自然選汰機制與形態演化路徑，對全球生物多樣性研究具重要貢獻。此外，部分研究團隊專注於人類族群基因適應與演化醫學，深化對疾病易感性與族群特異性的理解。

整體而言，114 年度學門補助之計畫多屬基礎研究取向，雖非直接導向產業產品，但其最大效益在於新知識的累積與高階研究人才的培育。這些人才與成果將成為我國未來生技、農業與醫療產業的重要支柱，並在長期上強化國家科技競爭力與社會創新能量。

（二）個別計畫代表性成果

1. 中央研究院生物化學研究所徐尚德研究員，其計畫名稱為「蛋白質受質因非典型泛素化受蛋白酶體降解之結構分析」（計畫編號為 113-2311-B-001-017-MY3）。研究以冷凍電子顯微鏡及質譜技術結合結構生物學方法，解析非典型泛素化對蛋白質降解之分子機制。最新的相關研究成果闡明人類冠狀病毒如何透過外層的刺突蛋白辨識並結合人體細胞受體，為了解病

毒感染人類的關鍵第一步。同時，研究也發現病毒表面的糖分佈會影響其與人體的互動，有助於未來疫苗與防疫策略的設計，這項研究成果發表於 *Nature Communications*。

2. 國立臺灣大學生物化學暨分子生物學研究所林敬哲教授，其計畫名稱為「通過分析激酶活性揭示衰老機制」(計畫編號為 112-2311-B-002-013-MY3 )。此計畫最新的研究發現 Transglutaminase 2 透過蛋白質去醯胺化修飾穩定 p21 蛋白之機制，闡明細胞衰老中關鍵酵素活性與蛋白質修飾的關聯。研究成果不僅拓展對細胞命運調控的理解，也為抗老化與癌症治療策略提供新方向，研究成果也刊登在國際重要期刊 *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*。
3. 長庚大學生物醫學研究所吳嘉霖教授，其計畫名稱為「飽足與飢餓的大腦訊號改變熱躲避行為的機轉探討」(計畫編號為 112-2311-B-182-002-MY3 )。研究以果蠅為模式系統，結合神經影像與行為追蹤技術，探討腦部記憶形成的機制與神經的迴路。此外，研究也發現益生菌可經由代謝酵素途徑調控學習記憶表現。相關成果刊登於 *PNAS* 與 *Gut Microbes*，對腸腦軸與行為神經生物學具有重要啟發。
4. 中央研究院基因體研究中心莊樹諄研究員，其計畫名稱為「探討參與膠質瘤惡性轉化的環狀 RNA 調控機制」(計畫編號為 112-2311-B-001-023-MY3 )。此計畫以核酸定序技術完整解析環狀 RNA（circRNA）之全長序列與剪接變異，並建立數據庫，研究成果發表在該領域的重要國際期刊 *Nucleic Acids Research*， 這些工具以及資料庫的建立，為以後 circRNA 相關的疾病，提供了精準診斷與治療的生物標誌。
5. 國立清華大學系統神經科學研究所江安世院士，其計畫名稱為「解碼記憶區側化：果蠅神經生物學中的全面探索」(計畫編號為 113-2311-B-007-012-MY3 )。研究解析果蠅大腦中記憶區域之神經細胞群，發現果蠅大腦中負責嗅覺記憶的神經網路並非隨機連接，而是依照氣味種類形成有系統的分工與整合。這種特殊的網路設計讓果蠅能更敏銳地分辨不同氣味，並快速做出與生存相關的行為反應。研究成果理解記憶儲存的全新調控，對神經生物學具有突破性意義。研究成果亦發表於國際重要期刊 *Science Advances* 與 *Current Biology*，為神經科學與行為研究開啟新視野。

## 七、 檢討與展望

生物科學學門長期以來致力於推動我國基礎生命科學的深化與多元發展，透過持續的研究支持機制與跨領域整合策略，逐步建立了國際水準的研究能量。回顧 114 年度的執行成果，學門在基礎理論的探究、研究能量的整合、跨機構合作以及社會影響力的擴散等層面皆有顯著進展。無論在結構生物學、神經科學、基因體學、系統生物學或生物資訊等領域，我國研究團隊皆展現堅實實力與創新潛能，並有多項成果登上國際頂尖期刊，顯示我國在全球科研體系中已具一定能見度。然而，面對快速變動的科技環境與全球研究競爭，學門亦必須正視若干挑戰。首先，研究資源仍需更具策略性之分配，以兼顧頂尖研究與新興領域的發展。其次，青年學者的培育與留任仍是關鍵課題，需透過制度性支持與穩定的研究經費，吸引具國際潛力的新生代人才持續投入科研。此外，隨著人工智慧、大數據與生醫應用的快速融合，跨域協作與科技倫理議題亦需同步納入政策考量，以確保研究在創新之餘仍維持社會信任與責任。展望未來三至五年，學門將以「整合、創新與永續」為核心目標，推動多項具體策略。首先，將持續建置「資料導向研究平台」，促進基因體、多組學及影像資料的跨機構安全共享，強化國內研究社群的互通性與再現性。其次，學門亦將深化與國際頂尖研究機構之策略合作，推動共同研究與人才交流計畫，提升我國在國際學術網絡中的參與度與影響力。長期而言，隨著冷凍電子顯微鏡、超解析度影像分析、單細胞定序及 AI 模型預測技術的成熟，我國科研社群已具備挑戰複雜生命系統問題的實力。未來學門將持續支援此類高潛力研究，並透過學術交流與成果分享機制，促進新知的傳播與應用。

總結而言，台灣生物科學學門已累積了豐厚的研究基礎與多元化的人才能量，正邁向由量轉質的關鍵時期。未來，學門將以「研究卓越、社會責任、產業連結」為三大發展支柱，建立永續科研生態系，推動基礎研究與應用創新的良性循環，並以學術影響力與社會貢獻，帶動台灣成為亞洲生命科學創新的重要樞紐。

# 形態及生理醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：連正章

一、 前言

面對各種攸關人類健康的議題，如氣候暖化、環境污染、人口老化，以及傳染性疾病所帶來的健康與環境議題，為解決這些攸關人類健康福祉與生態永續課題的關鍵，開發有效的治療方法，仰賴生物醫學的研究及發展。生命科學研究發展處（生科處）各學門的主要規劃是推動我國生命科學的研究及發展，為基礎研究打下紮實的根基，並持續推動成果轉譯，與業界相結合，推動我國的生醫產業。學門召集人負責協助相關業務及規劃，包括各種研究計畫申請案的審查、研究獎勵審查、研究人員進修開會之補助及博士級研究人員出國進修之審查、延攬科技人才、兩岸交流申請、國際研究合作計畫等之審查，並協助處內與學界交流。

二、 學門簡介

本學門(形態及生理醫學學門)包括生理、細胞生物及解剖、病理及法醫等三個次學科，大體上屬於基礎醫學的領域。其中生理學科研究的對象包括神經、心血管、腎臟、內分泌、呼吸、消化(腸道菌)、生殖等系統的生理功能與疾病的機轉研究；細胞生物及解剖學科主要包括細胞生物在個體病、生理與組織結構上的研究；病理及法醫學科主要包括病理機制的探討，從基因到個體組織，以尋找疾病之生物標記、開發與應用新穎而高靈敏度的分子生物技術做檢體分析或法律層面等之應用。本學門是整合基礎醫學與臨床醫學之學科，因此大部分研究計畫是以疾病研究為導向，且具備基礎機制的探討，這是本學門最大的特色。今(114)年共有 243 件個別型計畫提出申請，其中 108 件屬於生理學領域，135 件屬於細胞生物、解剖和病理法醫學領域，總申請件數比去年略增(去年為 221 件)。今年新核定一般型研究計畫通過率為 37%，在新進人員研究計畫方面，本學門申請 31 件，為鼓勵支持年輕學者，通過率為 50%。而在整合型研究計畫方面，今年生理學科共有 2 件總計畫提出申請，通過 1 件(包含 4 件子計畫)，細胞生物解剖和法醫病理學科則沒有申請，未來應多加鼓勵推動。

本年度申請出國開會補助的研究生和專家學者人數已回升至疫情

前(推薦補助 30 位研究生及 12 位博士級研究人員)，此外包含隨專題申請、個案及進用申請，總計補助延攬 54 位博士級研究人員，有助於促進國際交流及培養國內優秀研究人才。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球發展現況以及未來發展趨勢

跨領域合作已成為生命科學領域中常見的模式，不僅基礎與臨床研究的界線早已消失，物理化學、大數據統計分析、乃至於資訊和材料科學等醫工領域的合作更已被大量應用在形態、病理與生理醫學的研究當中，以期解開疾病的病生理機轉，尤其利用高靈敏的晶片和 AI 等生醫工程技術，配合大數據的多體學分析以改善疾病的預防以及精進治療的策略研究亦包含在內。其中，生物醫學研究的最終目的在於解決人類在健康福祉上所面臨的各項難題，近年來超高解析分子影像技術配合 AI 運用的快速發展，使得形態學與病理學的研究得以有全新的視野診視細胞結構與疾病的病灶。此外，表觀遺傳和基因的發展到目前，業已經廣泛的創造出各種基因改造動物品種，提供極為有用的疾病動物模式已供藥物測試和檢視臨床病變機制。結合醫工領域的科技對跨器官系統的病生理機轉探討與轉譯醫學，以及高解析活體神經結構影像、以光遺傳或化學遺傳學改變神經電生理活性並配對動物行為模式改變的技術突破，外加活體神經訊號更是神經生物學與臨床、認知科學學者等共同致力於解開大腦運作奧祕的主要趨勢，將原本以疾病為導向的研究發展思維擴大至心理生理領域，以及應用腸道菌研究所獲得的知識應用在各種器官上的功能性研究，甚或開發出相關保健產品。此一全球生醫未來發展趨勢，都以人體構造與功能為本，因此使得本學門所涵蓋的三大醫學學科領域重新成為學術舞台上的重點；此種發展趨勢，更加彰顯本學門以個體學為觀點的研究領域上其重要性與永續性。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

目前國內生理、細胞生物、解剖與病理領域積極培育人才，學會的活動熱烈充實，包括學校、醫院和研究機構的老師、醫師或研究員，可藉由教研相長鞏固研究基礎，並多能包含分子醫學、生化分生及免疫領域相關之研究策略做橫向溝通，且有多位國內外培育的年輕學者和醫師科學家返國，帶入突破性的研究思維和新穎的研究技術來解決重要的生物醫學問題，這是本學門持續蓬勃發展的主因。與本學門相關之我國重點研究方向包括神經退化性疾病、心血管與代謝疾症候群、消化道生理及腸道菌(並應用在不

同系統病、生理關聯上)、癌症的機轉與分子標記及檢測平台研發等。再者，因應人口老化而衍生的轉譯醫學、新藥研發、與人工智慧輔具等領域，極具發展潛力。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

傳統上學術面偏向於基礎研究，而臨床偏向醫療應用，轉譯醫學則是一門將生物醫學基礎研究的成果導入臨床應用的概念，如此結合可將學術面、臨床面及應用面之價值達到最佳化。近年來國內基礎與臨床研究的整合越來越密切，但仍有提升和開發產學合作的空間，雖然個別型計畫仍為主要的計畫申請，但在每個計畫內可看到多以共同主持或協同主持的方式互相支援技術與分工，致使我國生物醫學的發展近年來有蓬勃發展的趨勢。以目前成果而論，無論是學門計畫或導向型專案計畫，本學門在各研究領域均有具競爭力的研究團隊，持續藉由研究傑出且具領導力的總主持人帶領，結合基礎與臨床研究的人才進行譯醫學的發展。未來期盼此類跨領域及基礎與臨床研究的結合能更普遍，並能夠加速推向產業及商品化，提升我國的生醫產業。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

學門內各學科的研究人力大部分屬於任職大學的教師、大型教學醫院的臨床醫師，及少數任職於研究機構如中研院及國衛院的研究人員，而這些教師、醫師及研究人員會引領大學部、碩、博士班研究生、(助理或副)研究員、研究助理及博士級研究人員努力從事科研工作，建立和深化研究體系。許多計畫主持人需要負擔繁重的教學和行政事務，仍投注心力親自教導研究生及大專生，是以研究學者給了學員紮實的基礎研究訓練，隨著生物科技實驗所需設備、研究平台的操作使用費與試劑的物價上漲，為了研究質量的提昇，也可能因此壓縮了計畫經費所能提供給研究生的獎助學金。但在專任研究助理彈性薪資實施後，較能留住助理，若能進一步建立優秀研究助理的評核制度，使優秀研究助理如同國外之資深研究技師轉換為正式職缺，有勞退之保障，這對國內科研水準的穩定可有重要助益。在博士級研究人員訓練方面，近年國科會已提高研究計畫延聘博士級研究人員之通過率，但是國內生醫產業雖蓬勃發展然尚無法形成聚落，企業也鮮少以經費贊助學研，以致影響博士級研究人員前往業界發展的機會，大多數在等待教職或醫院、中研院或國衛院等研究單位，間接影響到國內生醫產業的動能提升。

114 年度國科會持續推動「跨世代年輕學者方案」包含「新秀學

者」、「優秀年輕學者」和「國際年輕傑出學者」，期盼能促使優秀博士級研究人員及年輕優秀學者，於研究職涯初期能專注於新興議題、或跨領域研究，並從嚴審查該計畫之獨立性，應能鼓勵博士生畢業後投身國內的實驗室完成博士後訓練，並加速進入科研產學機構之時程。此外，也宜鼓勵各校設立創新育成中心，促進研究成果轉譯落地，並導入創投基金和主動媒合學校和業界，提供學校的研發設備與人力資源與生醫產業界緊密結合，提升臺灣生醫產業的發展。

四、 我國發展形態及生理學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

形態與生理醫學學門的歷史悠久，學科發展健全和嚴謹，研究方向與技術係以個體及系統整合為基礎，是生物醫學研究中最為利用整體觀(systemic)來研討各器官協作的學門。在系統的生理與病理研究中，重視各器官與器官間的致病因子和訊號傳遞，研究者教研相長的學理思維和整體觀，是發掘嶄新病生理機轉及解決疾病問題優於其它學術領域的最大利基。此外，多位老師在國際上替臺灣爭取知名度，包括當選國際學會會士、擔任國際學會的理事長、理事，爭取在臺舉辦國際學術會議。本學門研究者在後基因體時代，強調轉譯醫學研究的此刻，會比起其他學門更有機會切入引領潮流的新研究課題當中。

（二）劣勢（Weakness）

本學門生理與解剖細生的計畫申請人多為醫學院系基礎醫學科教師，屬於打下基礎的解剖、細胞生物與生理的前段教學，其負荷量在各醫學院系統中相對來說是多的，對於新進或即將聘用學者易於造成極大的備課負擔，亦影響本學門相關學科的研究人才延攬。此外，由於少子化衝擊以及社會上樂於對新興學門追求所產生的影響，使有意願投入傳統學科做研究工作的年輕學子越來越少。法醫和病理計畫申請者則多屬臨床醫師，他們會有吃重的臨床醫療責任影響計畫的撰寫和競爭。

（三）機會（Opportunity）

疾病預防與治療之首要，均是先瞭解該疾病病灶的器官構造以及生理運作機轉，並與病理現象最對比，而這些基礎與臨床醫學要項皆匯聚於本學門。所以本學門最適合作為連結其他醫學研究的範疇和進行跨基礎與臨床的整合，發展轉譯醫學的根基。因此，讓資深與資淺研究人員進行跨領域的互相交流，形成基礎-臨床研究團隊，整合分子生物、細胞生物、生理、病理、型態解剖等

學門之專門技術，如此才能使各方相得益彰，針對某一主題可進行深入且寬廣的研究，並推動轉譯醫學的發展，並期與生醫產業鏈結以加速我國生醫發展。

（四）威脅（Threat）

學門近年年輕研究學者的加入人數有限，計畫量不似臨床醫學學們申請數量增加，可能與少子化導致高教環境職缺減縮有關。而病理與鑑識法醫相關學門的研究者較少，偏向癌症組織分析，亦常被定位在組織(tissue bank)供應者。此外，傳統上的解剖、生理學門的教師基礎學科教學時數過重，造成研究成果不易提升。各計畫執行之研究人力缺少優秀且持續的專任助理和博士級研究人員，研究生人力因少子化衝擊而有逐年減少的現象，外籍生以東南亞和南亞地區學生為主但缺乏相關的英語課程(臺灣學校國際化程度較低)，且新進人員在職涯初期常因升等壓力而造成學術研究無法堅持深入而重量不重質等，這些均為研究發展的隱憂與威脅。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. Top down 式的推動迫切性和時效性的病、生理機轉研究之個別與整合型計畫，並鼓勵以基礎病生理機轉研究成果應用於疾病分子診斷與預防之新技術與平台的研發，另擬推動與臨床、生醫工程、AI 及生物檢測相關學門之交流與合作。
2. Bottom up 式擬定特定研究主題，鼓勵跨學門的計畫整合推動，藉由資深教師引領新進教師進入團隊，利用最新知識與技術應用於傳統系統生理形態之研究，以培養新血。
3. 透過成果交流會，辦理審查心得分享和撰寫研究計畫及論文的座談，以提升申請計畫之水準；藉由計畫審查研習，提高學門委員計畫審查之能力和品質。
4. 鼓勵優秀之新進研究人員和博士級研究人員申請國科會經費至國外從事短期進修或實驗室交流，學習新穎的技術與知識。
5. 藉由生醫年會和學會活動增加學碩士級研究人才投入基礎生醫科研之誘因與媒合就業機會，強化學術界和生醫業界的交流。

（二）中期

1. 持續推動跨領域之轉譯醫學研究計畫，使基礎與臨床研究的合作更緊密，鼓勵本學門之研究者多參加整合型計畫的研

究；另外藉由舉辦研討會和暑期研習營，鼓勵其他學者申請本學門的研究計畫，使研究領域有廣泛的人才和互動，並增加學門計畫的多樣性。

2. 促進不同學門間研究者之互動，與其他學門或基金會共同舉辦研習營，並進而組成跨領域之研究團隊(如國內神經領域的 TSFN 聯合研討會)。
3. 增加與醫院醫研單位和生醫業界的互動，替年輕學者擴展生涯規劃與機會。
4. 增加優秀博士生或是博士級研究人員出國深造的機會，爭取雙邊人員交流計畫，提供獎助經費，使國內畢業的博士生藉此拓展國際視野。
5. 持續爭取相關領域學會在臺灣舉辦亞太或國際會議。

（三）長期

1. 建立健全的生醫科技人才培養制度和人力資源網，研擬配套措施，鼓勵優秀學生投入基礎生醫領域之研讀，並保持國家高階人力之永續發展。
2. 健全博士級研究人員訓練，透過研究學者計畫，培養獨立研究的能力，使其能發揮承先啟後的作用，並豐沛此階級的研究人力。
3. 推動及建立各校的業師與產學制度，讓生醫學門領域的碩、博士生能夠順利的導入生醫產業，以加速推動我國生醫產業的發展。
4. 爭取提高國科會科研之預算，提請國家重視基礎生醫研究；產學研究或較應用型的專案計畫應由其他適宜的部會預算共同支助。
5. 針對研究表現優良者，予以特別的專案經費與人員支持，避免費時的計畫撰寫和得以有高品質的深入研究成果。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 生理學領域：

本年度生理學領域研究涵蓋多個重要的生物醫學領域，特別在神經科學、代謝疾病、心血管疾病、癌症機制以及前瞻技術平台開發方面成果豐碩。研究方向廣泛，從分子機制、細胞亞群、新藥物標靶，到複雜的動物及體外疾病模型，皆有深入的探討。以下分成兩點介紹：

**a. 新平台與前瞻技術突破，疾病建模與評估工具創新**

多項研究致力於開發高擬真疾病模型和新型評估技術，以加速轉譯研究：

(a) 高擬真疾病模型：北醫大林育龍老師團隊開發 3D 雙層水凝膠多細胞培養系統，成功建立漸凍人症 (ALS) 的體外模型。陽明交大簡千栩老師團隊利用 iPSC 衍生的心臟類器官研究化療藥物心臟毒性，克服了人類心臟發育研究的難題。

(b) 尖端評估技術： 成大孫羽佑老師團隊國際合作開發活體高解析度光聲顯微影像 (PAM) 技術，用於量測新生鼠缺氧/缺血模型中的腦氧代謝率 (CMRO2)。中山大學李昆澤老師團隊開發呼吸調控的經脊髓電磁刺激 (Respiration-triggered tSMS)，作為評估脊髓損傷後呼吸迴路功能的新穎工具。

**b. 關鍵分子與疾病機制新發現：神經與代謝標靶**

研究揭示了多種重大疾病進程中的關鍵細胞、分子和調控路徑：

(a) 神經膠細胞的異質性與病理： 中研院吳玉威老師團隊利用單細胞定序，在運動皮層發現一個高度活躍的 L1 astrocytes 亞群，並鑑別出獨特的 Loop-like Structures (LLS)，揭示了膠細胞在運動功能中的新角色。陽明交大陳虹如團隊證實可溶性過度磷酸化 tau 寡聚體是導致阿茲海默症 (AD) 神經毒性的主要物種。長庚蔡靜宜老師團隊則發現星狀膠細胞 LCN2/LCN2R 訊號途徑會透過影響粒線體 ATP 生成，導致肝性腦病變的神經元死亡。

(b) 外在因素與生理調控： 馬偕謝明君老師團隊發現女性性激素透過表觀遺傳調控（DEK/mGluR5 途徑）會促進紫杉醇引發的神經病理性疼痛。中興大學賴財春老師團隊證實微塑料與懸浮微粒共同暴露會加劇腸道氧化壓力，導致炎症和屏障功能障礙。

這些成果從微觀的分子信號到宏觀的疾病模

型建立，提供了多個具備治療潛力的關鍵標靶和診斷工具。

(2) 細胞生物及解剖領域：

本年度細胞生物及解剖領域成果研究方向廣泛，涵蓋了從最尖端的技術平台開發、精準腫瘤學，到複雜的神經及免疫調控機制。成果可概略分成下面三類：

**a. 新穎生物醫學平台與再生工程**

此類成果展現了將生物工程與細胞治療結合的創新能力，建立了高度複雜且具臨床轉譯潛力的研究與再生平台。

(a) 成大吳佳慶老師團隊成功開發了微流體負壓球體壓縮 (μNPSC) 生物晶片，這是一種結合機械刺激的創新平台，旨在提升幹細胞的治療潛能。

(b) 國防徐佳福老師團隊構建了結合機械力刺激與動態培養的 3D 列印血管化骨類器官系統 (VBO)，作為骨骼疾病研究與再生醫學平台。

(c) 中興大學廖玟潔團隊開發出 SDC3 塗層的 SIS 生物材料作為新型神經導管，應用於周邊神經損傷修復，提供了組織工程的新方向。

(d) 成大張明敏老師團隊研究 ASC 球體衍生的粒線體在血管內皮功能修復的潛力，為細胞救援與再生醫學提供新思路。

**b. 癌症精準分析、分子病理與創新標靶**

研究聚焦於應用先進分析技術，並深入解析癌症和慢性病機制，以找出關鍵的診斷標誌和治療靶點。

(a) 台大賴逸儒老師團隊採用 GeoMx 數位空間分析技術，精確評估淋巴上皮瘤樣胃癌的腫瘤微環境異質性，有助於未來臨床的風險分層。

(b) 高醫大許世賢老師團隊探討 ISX-CD47 訊號軸，將其作為對抗肝癌惡化及免疫逃脫的潛在標靶。

(c) 中興大學劉烱輝老師團隊利用小分子化合物篩選優化 γδ T 類幹細胞的毒殺能力，開發治療實體癌的新穎細胞免疫療法策略。

(d) 國衛院陳怡榮老師團隊發現 DUSP3 缺失會造成上皮細胞緊密連結蛋白 Occludin 降解，

揭示 DUSP3 在維持上皮細胞屏障功能中的新角色，可能作為癌症病程標記。

(e) 台大黃敏銓老師團隊將 SLC35A3 轉運蛋白確立為胃癌的新型診斷標誌和治療標靶。

**c. 神經/免疫機制與基因編輯療法**

此類成果涵蓋了運用尖端遺傳學與神經科學工具，解析複雜的生理病理調控網路，為高難度疾病提供治療的新方向。

(a) 台大陳佑宗老師團隊應用領先的 Prime-editing 基因編輯技術，旨在矯正致病基因突變，治療無銅藍蛋白血症等遺傳疾病，展現了基因療法的巨大潛力。

(b) 陽明交大孫維欣老師團隊探討離子通道 TRPV1 對腸道菌相的調控，為類風濕性關節炎的創新微生物療法提供了重要見解。

(c) 成大郭余民老師團隊利用 hM4Di-DREADDs 化學遺傳學，確認 PVN→DMV 催產素路徑是運動性心搏過緩神經調控的關鍵。

(d) 國防林谷峻老師團隊研究大腦多巴胺神經滋養因子 (CDNF) 在多發性硬化症 (MS) 治療上的潛力，提供神經保護與免疫調控的新分子。

(e) 台大謝松蒼老師團隊探討半乳糖凝集素-3 (galectin-3) 在糖尿病疼痛型神經病變中的角色，作為神經疼痛的分子標的。

(3) 病理及法醫領域：

本年度病理及法醫領域主要聚焦於癌症的分子病理機制、新型生物標記的發現與驗證，以及結合影像與基因組學的尖端技術平台開發，旨在提升診斷準確性和開發創新治療策略。研究領域涵蓋多種惡性腫瘤、腎臟病、心血管疾病，並拓展至法醫毒物鑑定。成果可概略分成下面三類：

**a. 癌症與疾病的分子機制探討及潛在治療靶點**

(a) 癌症機制與靶點： 國防醫學大學于承平副教授團隊解析乳癌拮抗他莫昔芬的 ceRNA 軸線，有助於了解抗藥機制。臺北醫學大學附屬醫院周德盈副教授團隊和臺北榮民總醫院何祥齡醫師團隊分別將 ENO1/CCT7 (調控 PD-

L1) 和 OGA 蛋白 定位為肺癌免疫治療和轉移的潛在靶點。國立中山大學許晉銓副教授團隊發現新型角蛋白變異體激活 CGAS-STING 免疫活化路徑，為聯合療法提供基礎。

(b) 非腫瘤疾病： 佛教慈濟醫療財團法人陳安醫師團隊聚焦 IgA 腎病變的關鍵標記（IgA1 異常醣基化），旨在破解其致病機轉。臺北醫學大學鄭朝文副教授團隊發現發炎性巨噬細胞耗竭可改善輸尿管積水性腎病變解除後的腎功能恢復。佛教慈濟醫療財團法人曾子玲研究員團隊開發血管周圍脂肪組織 (PVAT) 外泌體純化技術，為高血壓等心血管疾病開發新型療法載體。

**b. 新型診斷平台、生物標記與多體學整合**

(a) 空間多體學平台： 長庚醫療財團法人陳澤卿醫師團隊開發結合高解析度空間檢測 (CODEX/空間轉錄體) 的新平台，成功對肝癌腫瘤微環境進行分型，作為臨床預後指標。國立清華大學黃彥霖助理教授團隊開發影像導引之第三型淋巴構造 (TLS) 評分架構，結合空間轉錄體學，作為大腸直腸癌免疫治療反應的預測指標。

(b) AI 與 3D 病理影像：輔仁大學附設醫院林彥佑醫師團隊開發人工智慧 (AI) 輔助之三度空間病理影像分析平台，結合免疫組庫分析，以更精確地分析微小侵襲性乳癌的腫瘤微環境特徵，改善診斷精準度。

(c) 類器官與基因定序：臺北醫學大學附屬醫院林脩涪副教授團隊建立了 p53 標記輸卵管類器官平台，用於模擬高惡性漿液性卵巢癌的早期病灶。臺北榮民總醫院葉奕成醫師團隊運用高靈敏度次世代定序技術，偵測胸腺瘤低腫瘤純度樣本中的微量突變，提升分子診斷準確性。

**c. 跨領域技術突破**

法醫毒物鑑定：國立臺灣大學翁德怡助理教授團隊開發高時間解析度之毛髮藥物分析平台，突破傳統血尿

檢體時效性不足的限制，可精準確認下藥性侵(DFSA) 案件中的藥物使用日期。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

本年度研究成果，充分展現了學界將尖端工程技術與生物醫學深度整合的趨勢，旨在開發高精準度、高模擬性的新型研究和診斷平台。在活體影像與生理量測方面，成大孫羽佑老師團隊通過國際合作，成功開發出**活體高解析度光聲顯微影像 (PAM) 平台**，首次實現了對關鍵生理參數—腦氧代謝率(CMRO2) —的活體、非侵入性量測，這對於腦功能和神經退化性疾病研究具有重要轉化意義。在新型體外疾病模型的建構上，研究人員取得了雙重突破。林育龍團隊透過結合生物材料學，開發了創新的 **3D 雙層水凝膠多細胞培養系統**，成功建立了能模擬真實生理微環境的漸凍人症 (ALS) 體外模型，克服了傳統 2D 培養的限制。此外，在神經調控與功能評估技術方面，李昆澤團隊實現創新，開發出**呼吸調控的經脊髓電磁刺激 (Respiration-triggered tSMS) 技術**。此技術能將電磁刺激精確同步於特定呼吸相，成為一種新穎且精準的工具，用於評估和研究脊髓呼吸迴路功能。這些成就代表了本年度研究在跨領域技術整合上，已達到能夠精確探測生理動態、建立高度仿生模型，並推進臨床診斷和治療評估工具發展的領先水準。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

(1) 成大吳佳慶老師團隊 (微流體負壓球體壓縮生物晶片 μNPSC)： 該團隊成功開發的 μNPSC 生物晶片，是將幹細胞治療產品製造標準化的關鍵。透過精準控制的微流體負壓，此平台能優化幹細胞球體的形成並施加機械刺激，顯著提升幹細胞的活性和治療潛能 (如促進間質幹細胞的成骨分化)，這直接解決了細胞治療產業中產品品質不穩定和大規模生產困難的核心挑戰。此技術可商業化為高階細胞製程設備或生物反應器，成為細胞藥廠的關鍵工具，市場價值極高。

(2) 國防徐佳福老師團隊 (3D 列印血管化骨類器官 VBO 系統)： 此項成果是結合 3D 列印、動態培養與血管化的複雜生物工程系統，創建了高擬真度的血管化骨類器官。這個 VBO 系統不僅是研究骨骼疾病發病機制的理想模型，更是一個極具價值的藥物篩選平台和再生醫學

供體。它可以提供藥物研發公司進行精準的藥效和毒理測試，大幅縮短新藥開發週期；未來更有潛力直接應用於體外培養自體骨組織，為複雜骨缺損修復提供創新型治療方案，市場轉譯潛力巨大。

(3) 中興大學廖玟潔老師團隊 (SDC3 塗層之新型神經導管)： 此研究開發的 SDC3 塗層 SIS 生物材料作為新型神經導管，是針對周邊神經損傷修復的創新醫療器材。該導管能有效提升神經生長因子 (GDNF) 的作用，促進軸突再生。由於周邊神經損傷修復市場對高效能生物材料的需求持續增長，這項新材料技術具有明確的醫療器材製造和產品商品化價值，有望成為下一代神經修復導管產品。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

台大翁德怡老師研究團隊針對傳統血液與尿液檢體時效性不足的問題，開發高時間解析度之頭髮藥物分析平台。此平台利用微段毛髮分析技術，能夠檢測頭髮中藥物濃度隨時間的變化，解決現行以 1cm 分段方式時間解析度不足的問題。這項技術的具體應用是補足法醫毒物鑑定在下藥性侵 (DFSA) 案件中確認藥物使用日期的不足。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

(1) 對公共衛生與環境法規的政策參考價值

部分研究直接鎖定影響全民健康的環境因子和疾病風險，為政府制定相關法規和公共衛生策略提供了科學依據：

a. 馬偕許淳欣老師團隊針對臺灣東部地區特有的米田堡血型 (GP. Mur) 與高血壓及代謝異常進行研究。鑑於此血型在東南亞盛行率高，其研究成果對於高風險族群的預防性篩檢和健康管理策略具有直接的參考價值。

b. 長庚吳芎歷老師團隊揭示母親高果糖飲食 (HFD) 損害子代海馬迴認知功能的機制。此發現對孕期營養指南和公共飲食教育提供了科學警示。

c. 中興大學賴財春老師團隊證實微塑料 (MP) 與懸浮微粒 (PM) 共同暴露會加劇腸道炎症，其研究結果對複合型環境污染物的健康風險評估與管理政策應有助益。

(2) 對學術體制與資源配置的管理建議

多位研究者藉由參與國際會議的經驗，提出了優化國內學術研究環境和提升國際競爭力的具體建議。

a. 提升學術行政效率與資源配置：
李昆澤教授明確建議，國科會應提供更多補助資源，協助國內學術團體延攬專責學術行政人員。這將能減輕學者在非學術事務上的負擔，使他們能更專注於研究與教學，直接影響國家科研資源的管理效率。

b. 支持前瞻性研究設備與國際化：
孫羽佑教授建議校方或主管機關支持前瞻性神經影像與轉譯醫學設備的建置，以提升國內研究的全球競爭力。同時，也建議強化與國際頂尖團隊的跨國合作計畫，作為人才培育與國際影響力提升的政策手段。

c. 優化研究合作與人才訓練：
康宏佑教授在會議心得中建議推動基礎科學家與臨床醫師之間更密切的跨學科合作，並增加新興研究方法的技術工作坊，這對國家科技政策中「轉譯醫學」的人才培訓和合作模式設計具有管理指導意義。

（二）個別計畫代表性成果

1. 成大蔡曜聲老師研究團隊發現鈉-葡萄糖共同運輸蛋白 2 抑制劑 (SGLT2i) 可在非糖尿病動物模型中透過提升尿液保護因子、降低草酸以抑制草酸鈣腎結石形成；臨床資料也支持 SGLT2i 可降低腎結石風險，但若合併使用自噬抑制劑 HCQ，則會削弱其保護效果。研究成果發表在國際知名期刊 eBioMedicine。
2. 台大湯志永老師與陽明交大鄭瓊娟老師研究團隊合作發現 Pin1 會主導 CaV2.1 在內質網中的異常降解，並透過 RNF138 促進其泛素化；抑制 Pin1 可提升 CaV2.1 表現並減弱第二型陣發性小腦運動失調症致病突變的負向影響，為相關神經疾病治療提供新的分子標的。研究成果發表在國際知名期刊 Cell Communication and Signaling。
3. 中研院陳建璋老師與楊世斌老師研究團隊合作發現 PVA 中的興奮性神經元會在疼痛狀態下被活化，並分成負責「感覺」與「情緒」兩種亞群；活化這些神經元會引發痛覺敏感與厭惡行為，而抑制則可減輕疼痛，指出 PVA 以不同神經迴路調控多面向的疼痛反應。研究成果發表在國際知名期刊 Cell report。

4. 北醫大許諄諄老師與林雅婷老師研究團隊合作發現利用低強度聚焦超音波刺激慢性發炎痛大鼠的背根神經節可以活化抑制性神經元進而抑制 CGRP 神經元來緩解疼痛，研究結果證明聚焦超音波可作用於周邊神經系統進行疼痛調節，並提供臨床應用價值。研究成果發表在國際知名期刊 Life Sciences。
5. 中山大學孫羽佑老師研究團隊與美國維吉尼亞大學、聖猶達兒童研究醫院跨國合作，開發出全新的正子斷層掃描（PET）探測顯影技術。此項氧化壓力探測顯影技術，可即時以影像呈現其變化，對臨床診斷、療效評估及追蹤病程發展上助益甚大。研究成果發表在國際知名期刊 Nature Biomedical Engineering。

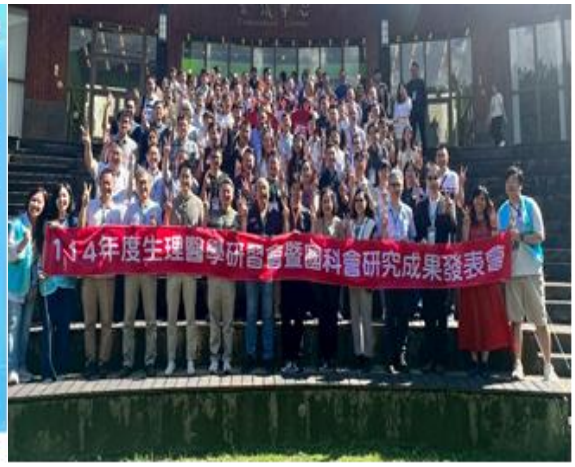
七、 檢討與展望

本學門研究學者今年的表現相當亮眼，年度計畫主持人論文發表豐碩，許多刊登於高影響力期刊，包含神經科學、心血管、癌症、免疫、呼吸系統、胃腸道等領域，學者和學生恢復積極的參與國內外學術活動，提升我國生醫研究的國際知名度，包含舉辦國際研討會，如台大陳政彰老師舉辦「第一屆內溶小體離子通道與疾病國際研討會」，邀請來自台灣和其他 5 個國家的學者，其中有 2 位院士級講者及 8 位國際知名學者與會，促進了跨國的學術合作，此外透過展示研究成果，學生們不僅獲得了寶貴的反饋，還能與資深學者進行直接的交流，提升學生培養與青年學者的參與。

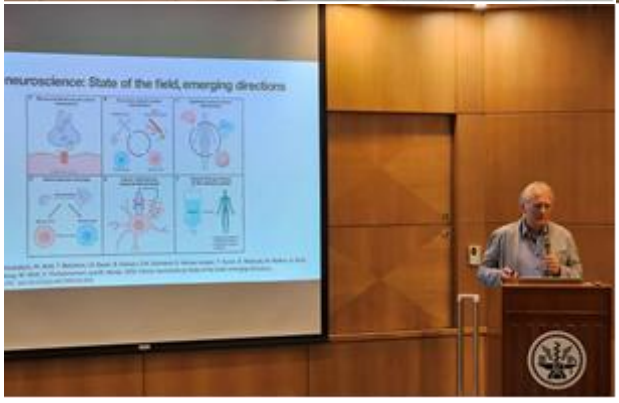
為促進學門內經驗及研究成果分享，於 8 月 22-23 日舉辦生理醫學研習會暨國科會研究成果發表會，以及於 9 月 13-14 日舉辦解剖學學會研習暨國科會研究成果發表會，邀請領域專家，分享研究成果，引發熱烈討論，由此學門與學會一起合作推動交流、合作以及人才培育的活動，期望促成跨領域合作團隊之形成，以及從計畫審查者的角度出發，給予申請者們經驗分享，以期提升研究計畫的申請成功率，達到向上提升的功效。

附錄 (學門活動)

（一）114 年度生理醫學研習會暨國科會研究成果發表會（2025 CPS Retreat, 時間 2025 年 8 月 22 日（五）至 8 月 23 日（六）），附圖為大會手冊封面、議程及活動大合照。




(二) 114 年 9 月 1 號 MINI-SYMPOSIUM: Multiscale Perspectives on Pain。



# 生化及藥理醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：鄭子豪

## 一、 前言

根據衛生福利部最新公布的 113 年國人十大死因統計資料，惡性腫瘤（癌症）仍蟬聯首位，死亡人數達 53,987 人，占全年總死亡數約 26%；每十萬人口死亡率為 229.4 人，較 112 年再度上升，凸顯癌症對國人健康的威脅不僅持續存在，更呈現逐年攀升的趨勢。隨著台灣於 2025 年正式邁入超高齡社會，心臟疾病、腦血管疾病、糖尿病等慢性及急性疾病的醫療支出與照護需求均快速增加，其預防、早期診斷及治療策略的重要性與急迫性更加明顯。雖然 COVID-19 的流行強度較前兩年緩和，但 113 年仍導致逾 4,000 人死亡，顯示新興與再現傳染病對公共衛生體系仍構成持續威脅。

上述數據反映出疾病研究的重要性與迫切性。生化與藥理醫學學門長期聚焦於癌症、神經退化與腦血管疾病、代謝性疾病以及免疫相關疾病等國人主要健康議題，透過細胞與分子層級的病理機制研究，致力尋找創新的預防、診斷與治療方法，以提升臨床照護品質並改善國人健康。

近年來，基因體學、蛋白質體學、代謝體學與人工智慧等前沿技術的迅速發展，為疾病機制研究帶來革命性突破。基因表現調控、蛋白質修飾及代謝異常之間的因果關係逐步被釐清；單細胞定序搭配 AI 模型則大幅提升細胞異質性解析與疾病標誌物鑑定的精準度。同時，遺傳性疾病與免疫疾病的分子機制研究亦有顯著進展，為精準醫療中的診斷工具與新型治療策略奠定關鍵基礎。值得注意的是，自 2025 年起，多篇發表於國際頂尖期刊的研究均以 AI 驅動的運算方法成功解析基因調控機制，再次印證人工智慧已成為生醫研究不可逆的發展趨勢。

綜合而言，生化與藥理醫學學門在理解疾病致病機制、促進創新療法開發、支援國內生技產業升級與強化國家健康韌性上扮演關鍵角色。本學門將持續整合跨領域技術與研究能量，以因應我國

面臨的重大健康挑戰並促進生醫科技長期發展。

二、 學門簡介

生化及藥理醫學學門涵蓋「藥理及毒理」與「醫學生化及分子生物」兩大核心領域，研究範疇橫跨生物化學、分子生物學、細胞生物學、藥理學與毒理學等多項基礎與應用科學。學門運用多樣化的生物模型，自分子、細胞到整體動物層級，深入探討人類疾病的致病機制、預防策略、診斷方法與治療介入，並致力推動轉譯研究以強化臨床應用價值。

本學門的研究主題廣泛而多元，涵蓋基因表現調控、細胞結構與功能、DNA 損傷修復、細胞凋亡與老化、生物力學與訊息傳遞、神經退化性疾病機制、蛋白質降解與自噬途徑、蛋白質結構與功能、發育與生長調控、外泌體生物學、免疫細胞治療、抗體與蛋白質藥物開發等前瞻性議題。這些研究成果不僅深化對疾病分子機制的理解，也為新型診斷技術與創新治療策略的發展奠定基礎，完整展現從基礎研究到臨床應用的學術價值與社會貢獻。

本年度大批個別型專題計畫申請件數共 270 件，其中「藥理及毒理」學科，一般人員申請件數 70 件，通過 27 件；新進人員申請件數 4 件，通過 2 件；「醫學生化及分子生」學科一般人員申請件數 182 件，通過 68 件；新進人員申請件數 14 件，通過 7 件。新聘任人員隨到隨審計畫計有 7 件研究計畫提出申請，通過率達 71.4%。

為提升國內研究生的國際競爭力，學門每年受理數十件出國研討會補助申請，並採取嚴謹審查機制遴選優秀博、碩士生，支持其赴國際會議進行口頭或壁報發表，以拓展國際視野、強化學術交流能力並提升外語溝通與研究表達技巧。此外，學門亦積極支持國內專家學者參與國際重要會議，並邀請國際知名學者來台短期訪問，透過講學、合作討論與研究互動，有效促進跨國合作並提升我國在全球學術社群中的能見度。

整體而言，本學門研究表現卓越，不僅為生物醫學領域奠定堅實的理論與實驗基礎，更提出多項具體策略以因應疾病診斷、治療與預防等重大健康挑戰，對提升國人健康福祉與培育基礎及轉譯研究人才均具有深遠貢獻，並為我國生技醫藥產業之發展提供關鍵動能。展望未來，學門將持續推動前瞻性、創新性與關鍵性研究，促進跨領域合作與資源整合，強化國際連結，並持續培育高階研究人才，以全面提升我國在全球生物醫學研究領域的競爭力與影響

力。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來趨勢

1. **精準醫學**

精準醫學以個人化醫療為核心理念，強調依據患者的體質差異、基因背景與疾病的生物學異質性，量身制定診斷、預防與治療策略。自人類基因組計畫（Human Genome Project）完成以來，DNA 序列的完整解碼大幅深化了對疾病與基因關聯性的理解，為個體化醫療奠定了關鍵基石。進一步地，次世代定序技術（Next-Generation Sequencing, NGS）、基因編輯工具 CRISPR/Cas9，以及人工智慧（Artificial Intelligence, AI）在生醫領域的快速發展，正全面重塑醫學研究與臨床應用的模式，並大幅提升疾病診斷的準確度與治療策略的精準性，推動醫療邁向更加科學化與個體化的新紀元。

2. **免疫療法**

自體免疫細胞治療是近年快速崛起的創新癌症治療策略，主要運用患者自身的免疫系統來對抗腫瘤細胞。此類技術包括抽取患者周邊血液中的單核細胞，如自然殺手細胞（NK cells）、細胞激素誘導殺手細胞（CIK cells）或 γδT 細胞等，經體外培養、誘導與活化後，再回輸患者體內以增強抗腫瘤免疫反應。

此外，免疫檢查點抑制劑（Immune Checkpoint Inhibitors, ICI）的研究與臨床使用亦持續擴增，透過阻斷 PD-1、PD-L1 或 CTLA-4 等免疫抑制訊號來恢復 T 細胞活性，已成為提升腫瘤免疫治療成效的重要方向。ICI 與自體細胞治療兩者相輔相成，展現出高度的臨床應用潛力，並持續推動我國免疫腫瘤治療領域的發展。

3. **多體學**

多體學多體學是整合基因體、轉錄體、蛋白質體、代謝體及微生物體等多層次生物資訊的跨領域學科，提供探索生理與病理機制的全新系統性視角。隨著單細胞定序（Single-Cell Sequencing）與空間定序（Spatial Sequencing）等前沿技術的快速發展，研究人員得以在細胞層級解析

組織異質性、細胞間互動與疾病演進過程，進而更精準地掌握生物系統的動態變化。

多體學的主要分支包括代謝體學（Metabolomics）、微生物體學（Microbiome）、轉錄體學（Transcriptomics）、蛋白質體學（Proteomics）、以及藥物基因體與毒理基因體學（Pharmacogenomics and Toxicogenomics）等。這些研究成果不僅深化了對生物醫學的基礎理解，也為新藥標的鑑定、機制研究與個體化治療策略的制定提供關鍵資訊，成為推動精準醫學與創新藥物開發的重要基石。

4. **蛋白質結構與新藥開發**

隨著低溫電子顯微鏡（Cryo-EM）技術的快速成熟，研究人員能以近原子解析度獲得蛋白質與大型生物分子的三維結構，進一步揭示其作用機制與生物功能。近年在強大人工智慧（AI）運算能力的協助下，蛋白質結構預測、藥物結合位點辨識與分子交互作用模擬的效率大幅提升，使新藥標的鑑定與候選化合物篩選更為迅速精準，顯著縮短新藥開發時程並降低成本，為精準醫學奠定強而有力的技術基礎。

台灣在此領域具備堅實的研究能量與國際競爭力，多所頂尖研究團隊近年已利用 Cryo-EM 結構解析技術搭配 AI 分析，成功揭示多項重要蛋白質的結構特徵與調控機制，相關成果陸續發表於國際頂尖期刊，展現我國在結構生物學及新藥研發領域的領先地位。

5. **再生醫學**

再生醫學被視為二十一世紀醫療科技的重要發展方向，而幹細胞技術在其中扮演核心角色。幹細胞具備自我更新與多向分化的能力，能用於修復受損組織或替代失去功能的細胞，為難治性疾病帶來全新治療契機。近年來國際研究與產業投入迅速成長，2025 年多家研究機構與生技公司在神經退化疾病、糖尿病及黃斑部病變等領域發表多項令人振奮的臨床研究成果，彰顯幹細胞治療的高度臨床應用潛力與產業發展動能。

值得注意的是，我國將於 2026 年 1 月 1 日正式施行「再生醫療發展法」與「再生醫療製劑條例」等再生醫

療雙法。此舉不僅完善法規架構，亦將促進臨床研究、產品開發與產業布局的全面升級，預期將為台灣再生醫學領域開啟嶄新的發展篇章。

6. **核糖核酸編輯與非編碼 RNA**

RNA 編輯是調控基因表達的重要後轉錄機制，能在不改變 DNA 序列的前提下，產生多樣化的轉錄異構物，進一步影響蛋白質結構與功能。近年研究亦顯示，RNA 編輯在染色質結構調控與基因表現調節中具有關鍵角色，對細胞發育與病理反應皆具重要影響。同時，非編碼 RNA（如 microRNA、long non-coding RNA）在癌症、神經退化疾病及心血管疾病的致病機制中被證實具有高度功能性，參與細胞訊息傳遞、基因調控與疾病進展等過程。

整體而言，RNA 編輯與非編碼 RNA 相關研究不僅挑戰性高，涉及複雜的分子調控網路，但也為難治性疾病帶來全新的治療策略與標靶開發契機，具備深化生物醫學研究與推動精準醫療的重要潛力。

7. **醣醫學**

醣醫學著重研究細胞表面醣分子的結構、多樣性與生物功能，這些醣鏈在細胞間通訊、免疫辨識、訊號傳遞及疾病進展中扮演不可或缺的角色。近年來，醣生物學在癌症、感染性疾病與免疫治療等領域的應用逐漸受到高度關注，包括利用醣分子作為疾病標誌物、研發醣基疫苗、以及設計針對醣化修飾的治療策略等，已成為新藥開發與創新診斷技術的重要方向。

台灣在醣醫學研究具有深厚基礎與國際競爭力，多項高影響力研究成果已在癌症標誌物、醣蛋白質體學方法學、及醣相關藥物標靶領域展現突破。未來，醣醫學的持續發展可望在精準醫療、新藥研發與疾病診斷上發揮更關鍵的作用，為我國生物醫學研究與生技產業帶來長遠貢獻。

8. **代謝醫學**

人口老化所伴隨的慢性疾病預防與治療是人類社會共同的醫學挑戰。台灣於 2025 年正式邁入超高齡社會，65

歲以上人口比率預計達 20%，老年健康問題成為國人高度關注的核心議題。隨著人口老化加速，心臟疾病、腦血管疾病、糖尿病等慢性疾病的醫療支出與照護需求迅速增加，給公共衛生體系與醫療資源帶來沉重負擔。肥胖與糖尿病被視為二十一世紀最嚴峻的公共衛生威脅之一。根據國民健康署 2019-2023 年統計，20 歲以上國人糖尿病盛行率約 12.8%，而成人過重與肥胖率已達約 50% 以上，顯示代謝疾病防治仍任重道遠。

糖尿病腎病變為慢性腎臟病與末期腎病變的重要危險因子之一，使得我國洗腎患者數量長期居高不下，進一步加劇醫療照護壓力。同時，冠狀動脈疾病作為心血管死亡的主要原因之一，對國人健康亦構成重大威脅。這些現況反映出台灣在代謝與心血管疾病領域面臨的挑戰格外嚴峻，突顯建立早期篩檢、個人化預防與精準治療系統的急迫性。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

我國在生物醫藥基礎研究方面具備堅實基礎，並積極推動轉譯醫學與跨領域整合研究。然而，在全球科技激烈競爭與經費資源有限的情況下，如何提升學術影響力、增強科研成果的產業應用價值，已成為當前重要課題。整體建議如下：

1. 落實跨領域與整合型研究計畫

跨領域研究已成為驅動突破性創新的主要動力。生物化學、分子生物學、藥理學與毒理學等領域，往往需要結合醫學工程、資訊工程、材料科學、化學與數學等多學科技術，從分子到細胞層級解析生命系統中複雜的生化與物理機制。隨著生成式 AI 在理論推演、模型預測與驗證中的角色日益重要，更凸顯跨域合作的必要性。建議未來持續強化跨領域研究團隊之組建，並提高整合型群體計畫的總經費，以提升研究人員跨域合作的誘因與能力。

2. 鼓勵跨機構的實質合作

國內研究能量分布於各大專院校與研究機構，各單位各具研究特色與專長。透過計畫補助機制促成跨機構合作，不僅可整合資源、形成互補，更能建立具國際競爭力的

台灣研究團隊。近年如清華大學邱于芯研究團隊與國衛院合作，陽明交大王琬菁團隊與中研院、清華大學跨機構合作並共同發表於國際頂尖期刊，皆為成功典範，顯示跨機構協作對提升研究品質具有顯著效益。

3. 培育研究人才

少子化導致高等教育面臨重大挑戰，加上優秀學生多投入電子、半導體等產業，生醫研究所報考率逐年下降，產生人才排擠效應。為厚植我國生技醫藥研發實力，建議強化生醫領域之就業誘因，提供具吸引力的培育計畫、研究獎助與職涯發展機會，吸引更多青年投入生物醫學與新藥開發領域。

4. 促進產學合作與推廣

目前國內生化、分生、藥理及毒理相關研究仍以基礎科研為主。雖在政策引導與經費支持下，轉譯醫學與產學合作已有初步成果，但若要讓基礎研究真正落地至產業，仍需加強學界與產業界的互動與了解。建議完善產學合作平台、鼓勵企業投入研究計畫、推動技術轉移與臨床應用，加速科研成果的商業化、產品化與產業化。

5. 發展自我優勢

我國在醣醫學、高齡醫學、結構生物學、腦科學等領域具備國際領先地位。未來可針對這些具競爭力的研究主題組成策略型團隊，深化關鍵技術並與生技醫藥產業合作，發展針對華人常見疾病的治療策略，為國人健康帶來實質效益，也有助提升台灣在國際生醫研究的能見度。

近年來，國科會積極推動多項創新政策，包括補助優秀年輕學者、鼓勵產學合作、推動跨領域整合型計畫等措施，已使學門整體研究品質顯著提升。年輕學者逐步展現研究成果並在國際期刊發表高品質論文。期望未來持續透過多元支持方案，進一步提升我國生物醫學研究的國際地位與學術影響力。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

生化及藥理醫學學門長期致力於生命科學與生醫藥領域的基礎研究，核心目標在於揭示生物系統的運作原理，解析生理功能與疾病發生的分子病理機制。這些基礎研究成果不僅深化對生物醫學的理解，也為疾病的診斷、治療與預防奠定

重要科學根基，並提供新藥開發與精準醫療策略所需的關鍵知識。

本學門強調結合臨床與病理資訊，透過細胞模型、動物模式及多體學技術驗證致病機轉，逐步將分子層級的發現系統化、實證化，進而轉化為具臨床應用潛力的創新技術與治療方法。這種從基礎研究到臨床應用的縱向整合，有助於提升我國疾病防治能力與醫療品質。

近年來，學門積極促進學術研究團隊與臨床醫療機構的深度合作，推動轉譯醫學的實踐，使研究成果能有效回應國內重大疾病的醫療需求。同時，也藉由技術研發與產業合作，加速生技醫藥成果的商品化與產業化，為我國生技醫藥產業帶來持續動能，形成從基礎科學、臨床應用到產業發展的完整價值鏈。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

國內各大專院校雖持續培育生技醫藥領域的碩、博士級研究人才，研究能量亦逐步提升，然而學術研究的深度與產業界的實務需求之間仍存在落差。為縮短此差距並提升我國生醫研發競爭力，提出以下建議：

1. 發展自我特色並強化跨領域合作

   鼓勵各大專院校聚焦自身研究強項，建立具特色與深度的研究領域，同時推動跨院系、跨領域結盟，以執行具前瞻性與國際競爭力的大型研究計畫。此舉不僅可促進研究資源整合，也能培養具跨域能力的人才，提升其未來在生技醫藥產業中的實務應用能力。

2. 深化產學合作

   建議強化高階研究人員、博士班研究生及博士後研究員參與產學合作的機制，使其能深入了解產業需求、技術瓶頸與市場趨勢，培養兼具研究能力與產業視野的生技專業人才，進一步提升我國轉譯醫學與技術商品化的速度。

3. 強化國際研究訓練與人才培育

   建議持續提供獎助，支持優秀博士生與博士後研究員前往國際頂尖研究機構進行研究訓練，拓展其學術視野並建立國際合作鏈結，為國內培育下一世代生技醫藥研發

的核心種子人才。

此外，為提升研究資源之使用效能，建議學術單位積極推動跨單位的實質合作，建立完善的儀器設備共享制度，並以研究績效作為資源配置的重要依據。透過更具策略性的資源整合與分配，可有效提升國內整體研究產出與國際能見度，並引領台灣在生技醫藥領域持續向前發展。

四、 我國發展生化及藥理醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 研究領域廣泛多元，成果豐碩，部分重要領域已具國際領先地位與學術影響力。
2. 國內核心設施與平台完善，包括大型儀器中心、生醫研究核心設施等，可支援高效率的研究執行。
3. 低溫電子顯微鏡（Cryo-EM）技術能量雄厚，研究成果頻登國際期刊，對結構生物學與新藥研發具有關鍵推動作用。
4. AI 科技蓬勃發展，台灣具備優質資訊科學人才與成熟算力基礎，為生醫研究與智慧醫療帶來突破性發展契機。

（二）劣勢（Weakness）

1. 人事與物價成本持續上升，但研究經費並未同步調整，導致研究資源相對不足、競爭壓力加劇。
2. 跨領域整合研究仍有顯著提升空間，跨校、跨院系合作動能尚未充分發揮。
3. 學界對產業需求與市場脈動認識不足，造成基礎研究成果難以順利轉化至臨床或商品化階段。
4. 國內生技醫藥產業以中小企業為主，資金投入有限，不易快速形成綜效性生技聚落與完整生態系。

（三）機會（Opportunity）

1. 年輕學者研究素質提升，逐步與國際接軌，已有越來越多高質量研究成果發表於國際頂尖期刊。
2. 健保資料庫、生物資料庫及完善的核心設施架構，為台灣及亞洲特有疾病研究與人口健康分析提供獨特優勢。
3. 生成式 AI 能有效分析巨量生物資訊並加速臨床決策支持系統的研發，有助推動精準醫療與創新診斷治療策略的發展。

4. 國內在 CDMO、再生醫療及免疫療法領域的投資持續增加，南港生技園區與相關政策的推動，有助串聯國內外製藥產業並提升高階生技人才需求與發展潛力。

（四）威脅（Threat）

1. 少子化導致研究生源縮減，研究人力缺口擴大，未來可能面臨人才斷層的危機。
2. 鄰近國家大量投入研究經費並積極吸引國際人才，使優秀研究人員外流風險增加，也提高我國在國際人才招募上的難度。
3. 研究環境對高風險、高挑戰題目的支持與誘因不足，可能減少創新研究嘗試，進而錯失重大突破契機。
4. 生成式 AI 雖帶來革命性改變，但亦可能衍生學術倫理、資料隱私與研究誠信議題，亟需建立完善規範與治理架構。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 鼓勵參與專案重點推動之主題計畫

   面對全球生物醫學科技的高速演進，學門將積極引導研究人員投入生科處推動的專案重點計畫，對接國家生技醫藥發展需求。透過鼓勵申請具策略性的主題計畫，使研究人員能發揮核心專長，提升整體研究產出與效益。
2. 促進國際優秀學者來台短期訪問

   為增強台灣在國際生醫研究社群的能見度，學門將持續補助國內學研單位邀請國際知名學者、領域權威與產業專家來台交流。這些訪問活動除可活化研究能量，也有助於建立長期合作網絡，為國內研究團隊帶來新的研究視野與啟發。
3. 持續強化出國研習與國際交流補助

   學門將延續補助國內研究人員、博士生與博士後參與國際會議及赴頂尖機構研習的政策，協助掌握全球研究趨勢、拓展國際合作與強化論文能見度，以提升整體學術競爭力。
4. 協助國內學術發表之正規化發展

   為因應 Mega Journal 與掠奪性期刊（Predatory Journal）

對學術品質的衝擊，學門已建立優質期刊推薦清單並持續更新，鼓勵研究人員選擇正規且具影響力的發表管道，以維護科研成果品質與國際評價。

（二）中期

1. 爭取與推動跨領域及整合型計畫

學門將強化跨領域合作，整合基礎、臨床與產業能量，建立更具國際競爭力的研究團隊。透過舉辦交流活動、成果分享與合作工作坊，促進跨專業互動，探索具前瞻性與高度創新性的研究議題，進而產出具國家影響力的研究成果。

2. 深化學研界與產業界的合作模式

為縮短學術研究與產業應用的落差，學門將積極促進產官學三方合作，整合技術移轉、智財管理與臨床需求。透過政策支持與平台建置，加速基礎研究向臨床與產業端轉譯，為國內生技醫藥產業注入持續的創新動能。

（三）長期

1. 建立完善的研究人才培育制度

面對少子化與全球人才競爭挑戰，學門將與政府相關單位協力制定具吸引力的獎助制度與職涯發展規劃，鼓勵優秀學生投入生化、藥理與毒理等核心領域。透過完整的人才培育鏈，形塑永續的研究人力基礎。

2. 提升國科會經費規模與研究環境

為維持學門研究動能並應對物價與人事成本上升的趨勢，學門將積極爭取增加國科會整體科研預算。同時投入資源強化醫學生化、藥理與毒理領域之基礎設施、核心平台與大型儀器，打造良好的研究環境，提升我國在全球生物醫學科技的競爭優勢。

透過短期、中期與長期目標的逐步推動，學門將有效提升研究能量與資源效益，強化跨領域整合與產學合作，促進基礎研究成果的轉譯與商品化，並擴大台灣在國際生技醫藥領域的影響力。此外，透過完善的人才培育與資源整合機制，可使基礎與臨床之間的連結更為緊密，最終為提升國人健康福祉與增強我國生技醫藥產業的國際競爭力奠定堅實基礎。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

114 年度生化及藥理醫學學門在基礎科研領域展現亮眼成果。主持人及其研究團隊於國際一流期刊如 *Nature Communications*、*Nucleic Acids Research*、*Cell Death & Differentiation*、*Cell Reports*、*Advanced Science* 等發表具突破性的研究論文，內容涵蓋生物化學與分子生物學、腫瘤生物學、細胞生物學、老化科學及代謝研究等領域，凸顯台灣學者在國際前沿科學中的實質貢獻。

值得注意的是，新升等之教授與副教授逐漸展現研究能量，成功在國際舞台嶄露頭角，顯示年輕世代研究者已順利接軌全球學術環境。這種跨世代的研究傳承，不僅促進國內研究能量的穩定擴增，也推動研究發表之正常化與國際化，為台灣基礎科學奠定更堅實的發展基礎。

此外，學門研究不僅數量與品質兼具，更在解決關鍵科學問題上取得實質突破。例如在癌症代謝調控、脂肪肝生成、細胞壓力反應等領域，揭示細胞於不同代謝狀態下的適應策略，此類研究對疾病預測、生物標誌物發現與早期治療介入均具有深遠意義。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

114 年度本學門在技術創新方面同樣成果斐然，尤其在跨領域合作上展現高度成熟度。面對國際期刊對研究新穎性與技術深度的更高要求，跨單位、跨專業的研究模式已成為主流。

本學門在 DNA／RNA 定序、次世代基因體學、結構生物學及生物資訊領域的合作尤為突出。研究團隊與生物資訊專家攜手運用次世代定序（NGS）解析複雜調控網路，並結合機器學習提升資料解讀效率。而隨著健保納入癌症患者 NGS 檢測給付，臨床端需求亦將反向帶動科研動能，使基因體技術在研究與產業的整合上發揮更大效益。

台灣在低溫電子顯微鏡（Cryo-EM）領域的量能逐年成熟，若能進一步結合 AI 智能運算與藥物化學，將可更精準預測藥物—蛋白質結合位點與作用模式，大幅縮短新藥

開發週期並降低成本，對國內新藥產業具戰略性價值。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

本學門研究長期聚焦於疾病致病機轉的解析，不僅為疾病控制提供科學支柱，也加速新藥標靶與診斷技術之開發。研究計畫培育了大量具生醫專業之碩博士級人才，畢業後進入國內生技產業，成為產業升級與經濟發展的重要推手。

此外，多項學門支持的研究已成功與產業接軌。例如，清華大學邱于芯研究團隊建立之 Pannexin 1 調控平台，透過萘啶酮化合物之結構最佳化，開發高選擇性 PANX1 抑制劑，並利用 SAR、分子對接、CETSA、定點突變等方法確認藥物結合位點，相關成果可直接應用於新藥開發與細胞功能研究。此類技術的落地大幅提升台灣生醫產業之附加價值與國際競爭力。

4. 社會影響（社會福祉提升）

疫情後國人對生技醫藥的認知與期待大幅提升，高齡化浪潮亦使癌症、神經退化疾病與代謝疾病成為重要社會議題。政府提出「健康台灣」政策，更強調疾病預防、早期診斷與長期照護的重要性。

學門研究計畫聚焦老化、代謝失調、癌症生物學等核心議題，揭示關鍵分子機制，為健康老化、疾病風險預測與精準治療策略提供基礎。此類研究成果不僅支持國家醫療政策方向，也提升民眾健康福祉。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

學門研究成果亦對科技政策制定帶來正向影響，提供政府推動生醫與新藥相關政策的重要科學依據。研究能量的提升，有助於科技管理制度的優化與國家生技政策的前瞻規劃。

整體而言，本學門在學術研究、技術創新、產業推動及社會福祉等面向均展現卓越成效。這些成果不僅強化台灣在國際生技醫藥領域的能見度與競爭力，更為國內生醫科技與產業發展奠定關鍵基礎，展現本學門在國家科研體系中的核心價值。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學院分子醫學研究所潘俊良教授，其計畫名稱: 壓力誘發負面記憶之基因與神經迴路機轉 (計畫編號 NSTC 112-2320-B-002-018-MY3)，研究成果發表於 *Current Biology* 35(10):2323-2336 (2025)。潘俊良研究團隊利用秀麗隱桿線蟲模型，首次闡明壓力反應相關基因與蛋白質品質管控系統（proteostasis network）之間的高度整合機制，揭示壓力經驗如何改寫細胞的蛋白質穩定性，並形成可遺傳的生物學記憶。
2. 國立陽明交通大學生化暨分子生物研究所王琬菁教授，其計畫名稱: 探討中心體調控的細胞自噬在壓力反應與癌症的角色 (計畫編號 NSTC 112-2628-B-A49-009-MY3)，研究成果發表於 *Cell Reports* 44(6):115810 (2025) 以及 *Cell Death Differentiation* 31(10):1349-1361 (2024)。王琬菁研究團隊首次發現，CEP164 與 TTBK2 之間除了先前已知的結構域結合外，還存在一個關鍵但過去未被揭示的 液-液相分離（liquid－liquid phase separation, LLPS）機制。研究顯示 CEP164 具有廣泛的內在無序區（IDRs），能透過靜電作用與 TTBK2 共同形成動態液態凝聚體；這些凝聚體可大幅提升 TTBK2 在遠端附屬結構的富集效率，是啟動纖毛形成的必要條件。進一步以點突變破壞 CEP164/TTBK2 的電荷互補後，可見 TTBK2 無法順利定位到中心粒，並造成纖毛形成明顯受阻，直接證實 相分離是啟動纖毛生成的分子開關。
3. 國立清華大學生物科技研究所邱于芯副教授，其計畫名稱: 發展次世代 Pannexin 1 調控劑作為功能性組織修復與重塑之新策略 (計畫編號 NSTC 113-2628-B-007-002-MY3)，研究成果發表於 Advanced Science 12(7):e2411538 (2025)。邱于芯研究團隊藉由萘啶酮類化合物之結構最佳化，成功開發高選擇性 PANX1 抑制劑，並透過 SAR、分子對接、CETSA 與定點突變等方法確認其結合位點，可直接用於新藥研發與細胞功能調控研究。此外，PANX1 在組織損傷後參與 ATP 訊號與發炎反應之調控，動物實驗顯示此類抑制劑可有效改善 DSS 誘導腸炎，凸顯其應用於腸道、神經、心血管等發炎與

缺血性疾病的潛力。

4. 國立成功大學口腔醫學科暨研究所吳尚蓉副教授，其計畫名稱: 使用冷凍電子顯微鏡多克隆圖譜定位(cryoEMPEM)策略揭露暴露於不同血清群的黃病毒抗原之抗原決定位動態變化 (計畫編號 NSTC 112-2320-B-006-022-MY3)，研究成果發表於 *Redox Biology* 77:103358 (2024)。吳尚蓉研究團隊證明 NUDT16L1 的過度表現可維持粒線體正常功能，並大幅提升癌細胞對鐵死亡的抵抗能力。此研究揭示粒線體代謝與鐵死亡敏感性之間從未被描述的因果分子關聯，並指出新的抗癌治療標靶。其成果在癌症生物學與細胞死亡機制領域具有關鍵性的國際學術影響。

## 七、 檢討與展望

生化及藥理醫學學門在生物化學與分子生物學、腫瘤學、神經科學、細胞生物學、藥理學、免疫學及生物醫學等領域均展現高度研究能量，論文的數量與質量已達國際先進水準，充分顯示本學門的學術深度與國際競爭力。這些成果不僅鞏固了學門在基礎科研的核心地位，也為探討複雜疾病機轉提供了重要理論支撐。

隨著生物科技的快速演進及研究環境的轉變，本學門未來將特別聚焦以下方向，以回應全球生醫科技發展的挑戰與機遇：

### （一）提升研究品質與量能

持續強化醫學生化、藥理與毒理學領域的研究技術、核心平台及資源整合，推動精準醫學、高齡醫學、AI 生醫應用與新興前瞻技術的深化研究，使研究成果具備更高的科學價值與臨床轉譯潛力。

### （二）推動跨領域與跨國合作

積極拓展國際與跨學科的合作網絡，結合生物資訊、人工智慧、基因編輯與多體學等前沿技術，加速突破性成果的產生。透過跨域整合與臨床端合作，強化轉譯醫學能量，並促進基礎研究與應用研究之間的有效連結。

### （三）培育優秀研究人才

建立系統性的研究人才培育計畫，支持具潛力之青年學者與研究生在國內外接受先進訓練，培養具創新思維、跨域能力

與國際視野的科研人才。藉由縮短基礎醫學與生技產業的落差，促進學研成果的落地應用。

展望未來，本學門將持續聚焦前瞻性與創新性研究，尤其在癌症、神經退行性疾病、慢性代謝疾病等重大疾病領域，透過深入解析致病機轉，發掘具治療潛力的標的分子，發展新型診斷技術與治療策略。同時，學門在基礎科學上累積的研究成果和大規模生物資料，將成為支持國內生技產業創新與加速研發的重要資源，進一步強化台灣生醫產業的國際競爭力。未來努力方向亦包括持續強化國際與區域性合作，推動多學科跨域研究，形成研究與應用之間的良性循環。透過上述策略，本學門不僅將持續為解決國人健康問題做出貢獻，也將進一步提升台灣在國際生技醫藥領域的學術影響力與產業價值。

# 微免及檢驗醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：徐立中

一、 前言

隨著全球化推進、人口結構改變以及地球環境快速變遷，新興與再現傳染病的威脅不斷升高。近年除 SARS-CoV-2 全球大流行外，多種呼吸道病毒異常共流行、氣候變遷導致的病媒擴散，以及抗藥性微生物的加速增長，都使全球公共衛生面臨前所未有的挑戰。在此背景下，國內生物技術與轉譯醫學研究展現出高度的韌性與創新能力，多個研究團隊運用既有平台成功鑑定新型病原或關鍵分子標的，並推動疫苗、精準藥物、快速檢測及新型治療策略的開發。本學門涵蓋微生物學、免疫學、精準檢驗與轉譯醫學等領域，近年產出多項具國際影響力的研究成果，深化對微生物致病機制及宿主免疫反應的理解，並推動新療法與檢測技術誕生。透過跨領域整合與國際合作，本學門持續強化研究能量並培育具國際視野的科研人才。藉由基因體學、代謝體學與臨床資料的大規模合作，研究成果已刊登於國際頂尖期刊，並在疾病預防、診斷與精準醫療中展現高度潛力，為我國在全球生醫領域奠定重要基礎。

二、 學門簡介

微免及檢驗醫學學門涵蓋微生物學、免疫學與醫學檢驗等相關科學領域。微生物學著重於探究病毒、細菌、真菌與寄生蟲等病原體的致病機制與生物特性，目標在於開發創新的治療方式，並提供疾病預防與控制的策略。免疫學則關注免疫系統的核心運作機制，研究範圍從宿主對病原體感染的防禦反應、過敏與自體免疫疾病的發生機制，到疫苗的設計與開發，其研究與應用範圍極為廣泛。近年來，免疫調節機制、免疫細胞治療（如嵌合抗原受體 T 細胞療法，CAR-T）以及癌症疫苗等領域蓬勃發展，成為基礎與臨床研究的熱門方向。醫學檢驗學則涵蓋臨床檢驗技術的原理、方法與試劑開發，內容包括生化、血清免疫、微生物、癌症、代謝疾病及血液檢驗等多項範疇。隨著多體學研究的快速進展，如何從基因體、蛋白體、代謝體等大量資料中萃取關鍵資訊，以發掘新的疾病標記或治療靶點，已成為檢驗醫學持續發展的核心趨勢。本學門強調基礎研究與臨床應用的緊密結合，致力於提升國人健康品質，研究主題涵蓋感染性疾病、免疫疾病、癌症、代謝疾病與預防醫學等領域。最終目標在於透過深入剖析疾病成因，研

發更靈敏、精準的檢驗技術與治療策略，並在後基因體時代推動基因治療與個人化精準醫療的長遠願景。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 隨著生成式人工智慧（Generative AI）與機器學習技術的突破，基因體學、蛋白質體學及代謝體學等大數據分析已進入精準預測的新紀元。當前研究不再僅止於單細胞定序，更結合了空間體學（Spatial Omics）技術，能同時解析細胞在組織中的空間位置與功能狀態，全面揭示免疫微環境的動態變化。從 AI 輔助的蛋白質結構預測到虛擬藥物篩選，技術的躍進使科學家能從多維度解析致病機制，開發出具備高度專一性的生物標記與個人化治療策略。
2. 近年來，次世代定序（NGS）、數位 PCR、多重核酸偵測與全外顯子定序的快速成熟，使各國陸續推出可臨床應用的多種分子檢驗項目。例如：運用 NGS 解析腫瘤驅動基因、檢測抗藥性基因變異、以 multiplex PCR 技術一次性鑑別多種病原體，以及利用液態切片(Liquid Biopsy)監測腫瘤突變負荷。這些技術不僅提高檢驗的速度與準確度，更大幅提升治療決策的精準度，推動基因治療與個人化醫療從概念走向實際應用。同時，縮短檢驗時程亦成為全球重要趨勢，以確保病患能在「治療黃金期」獲得最佳臨床照護。
3. 人體微生物相（microbiome）由數兆種微生物構成，擁有遠超過人體基因組的基因多樣性，被譽為人體的「第二基因組」。微生物相受到基因體、免疫狀態、飲食習慣與生活環境等因素深刻影響，並與代謝疾病、感染、腸道疾病、癌症以至神經精神疾病皆密切相關。近年來，全球多國政府紛紛投入大型微生物相研究計畫，如美國人類微生物組計畫（HMP）與歐洲的跨國菌相研究；國際大型藥廠亦建立專責的微生物相研究部門，研究方向從過去的「關聯性分析」快速推進至「因果機制探討」與「臨床治療應用」。隨著首批活體生物藥（Live Biotherapeutic Products, LBPs）獲得 FDA 核准，微生物相正式躍升為新興且具潛力的治療策略。研究焦點不僅聚焦腸道微生物，亦延伸至「腸－腦軸」、「腸－肺軸」及腫瘤微環境等跨器官互動。全球藥廠與新創公司正積極開發次世代益生菌與基因工程改造微生物，藉以調節免疫反應或作為藥物遞送平台。這些突破性進展預期將對慢性疾病管理、癌症輔助治療以及神經精神疾病介入帶來深遠影響。
4. 細胞免疫治療是全球生醫領域成長最快的核心技術之一。此

類治療從早期專注於腫瘤免疫調控，已逐步拓展至自體免疫疾病、神經發炎與病毒感染等多元領域。以基因工程改造 T 細胞，使其能精準辨識並清除腫瘤的 CAR-T 細胞治療，是目前最具代表性的突破技術。近年亦快速發展出 CAR-NK、TCR-T 等次世代細胞治療策略，使臨床應用版圖持續擴大。同時，免疫檢查點抑制劑（例如抗 PD-1、抗 PD-L1、抗 CTLA-4）仍是全球藥物開發的重要主軸，並逐漸延伸應用至慢性病毒感染、重度細菌感染及多種發炎疾病的潛在治療。腫瘤新抗原（neoantigen）的鑑定與 mRNA 平台驅動的治療型癌症疫苗開發，也成為當前最受矚目的研究方向之一。在抗體相關治療方面，抗體免疫療法不僅於癌症治療中展現重大臨床效益，也在慢性與急性病毒感染（如 COVID-19）及細菌感染的治療中備受關注。抗體藥物複合體（Antibody-Drug Conjugates, ADC）與雙特異性抗體（Bispecific Antibodies）更逐漸成為藥物研發的主流技術，能有效強化對腫瘤細胞的精準攻擊能力。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

過去，臺灣在微生物學領域累積了深厚基石，特別在肝炎病毒、登革病毒及腸病毒等感染症研究方面，培育出多位具國際聲譽的學者，並發表了大量高影響力的研究論文。近年來，隨著新一代學者的加入，研究範疇已從傳統病毒學拓展至多體學（Multi-Omics）與宿主免疫調控的整合分析。在免疫學方面，研究團隊展現卓越的臨床轉譯能力，尤其在應對新型冠狀病毒等新興疫情時，聚焦於宿主–病原體交互作用的研究發揮了關鍵作用。然而，後疫情時代促使我們深思：臺灣應如何定位自身在全球藥物、疫苗及抗生素抗藥性（Antimicrobial Resistance, AMR）的研發鏈中，並建立足以快速應對下一波公共衛生危機的國防線？基於此戰略考量，我們擬定以下發展重點：

1. 強化免疫學與微生物學之跨領域整合，深化疾病機轉研究：推動疾病研究與治療進步的核心，在於深層解析宿主、病原體及微生物群相（Host-Pathogen-Microbiome）之間的複雜調控網路。臺灣在免疫學、微生物學、腫瘤學、代謝學及生物資訊學等領域人才薈萃，具備絕佳的跨學科合作潛力。未來，我們將運用系統生物學（Systems Biology）方法，結合單細胞與空間體學（Spatial Omics）數據，深入探討感染與疾病進程中的精準免疫調控機制。特別是在腫瘤免疫治療與代謝疾病研究中，將積極促進免疫學家與其他領域學者的協同合作，從更全面的維度提供創新且高效的預防和治療方案，實現重

大醫學突破。

2. 提升醫學檢驗的準確性與時效性，強化新興病原與臨床診斷能力：分子檢驗在 COVID-19 疫情、癌症精準治療以及遺傳疾病診斷中展現了不可取代的重要性。面對未來可能出現的新興傳染病，如何建立更快速且高準度的檢測平台、推動液態切片（Liquid Biopsy）應用於癌症早期篩檢、發展症候群導向的快速分子診斷技術（Multiplex PCR/NGS），並結合臨床生物標記進行疾病預測、預後評估與治療決策，已成為醫療體系的重要挑戰。檢驗醫學的進展必須與臨床端密切合作，以強化分子標的之驗證、提升檢驗品質與跨機構標準化。同時，隨著微生物相在疾病治療、益生菌開發及糞便菌叢移植（Fecal Microbiota Transplantation）中的角色日益重要，運用精準檢測技術監測菌相變化與治療反應，也將是檢驗醫學未來不可或缺的發展方向。
3. 推動臺灣微生物相研究整合與應用，強化精準健康之創新能量:為呼應全球微生物相研究熱潮，並迎頭趕上國際「活體生物藥」的趨勢，本學門在廣泛跨領域討論後，自 109 年推動為期四年的「人體微生物相專案研究計畫」，並於 113 年起啟動「微生物相在精準健康之研發及應用」計畫，結合基礎、臨床與產業界力量，將微生物相研究成果轉化為創新技術與產品，加速開發次世代益生菌（Next-Generation Probiotics）、後生元（Postbiotics）及相關生技產業發展。重點聚焦於：1)鑑定及驗證疾病相關的新穎微生物相標記，用於風險評估與早期診斷;2)研發基於微生物相與其衍生物的疾病治療產品。本計畫旨在推升臺灣於國際微生物相研究與精準健康產業中的競爭力，並擴大臨床應用潛力。
4. 應對抗藥性微生物與敗血症危機，深化基礎研究並強化轉譯能力: 全球化、人口移動頻繁及抗生素濫用，使抗藥性微生物（AMR）迅速增長，敗血症死亡率逐年攀升，預估 2050 年將成為亞太地區主要死因之一，對醫療系統造成巨大負擔。面對此挑戰，本學門將加速推動新型抗藥性病原治療策略與非抗生素治療藥物（如噬菌體治療 Phage Therapy）的開發，並深入解析致病微生物的抗藥機制。同時，透過國際合作與人才培育，整合基礎科學與臨床需求，促進轉譯研究成果快速導入臨床，提升感染症診治效率，強化臺灣整體公共衛生防禦能力。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

本學門的核心研究涵蓋微生物學、免疫學與檢驗醫學，肩負著加

速基礎研究向臨床轉譯（Translational Medicine）的關鍵任務。此一緊密連結不僅能確保基礎發現成為精準診斷與新穎療法開發的基石，同時也大幅提升研究成果被國際知名期刊接收的機會，強化臺灣的學術聲譽。在應用價值方面，推動基礎與臨床的協同合作，是帶動臺灣生技產業轉型升級的引擎。成果已從過去的傳染病檢測試劑與治療性單株抗體，延伸至當前熱門的細胞與基因療法（CAR-T/mRNA），以及抗體藥物複合體（ADC）的靶點發現。更重要的是，這些計畫將系統性培育出掌握生物資訊學、高階數據分析與轉譯醫學流程的研究生及博士後研究員，這些高階人才將成為銜接學術界與生技產業研發的關鍵力量。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

微免及檢驗醫學相關研究人才主要分布於：(1)公私立大學微免所、醫學檢驗與生物技術等系所;(2) 學術研究機構(如中研院、國家衛生研究院);(3) 醫院病理科、檢驗醫學科等臨床單位；(4) 衛福部疾病管制署(CDC)及其他生技研究單位。整體而言，一般研究設備分布相對均衡，但大型、高階或貴重儀器，如高解析度空間體學平台（Spatial Omics）、次世代定序儀（NGS）、質譜流式細胞儀（CyTOF）以及低溫電子顯微鏡（Cryo-EM）等，仍集中在少數學術研究中心與公立大學。由於公立大學和國家級研究機構的資源較為充裕，如何推動跨校與跨區合作、提升核心儀器共享效率，使各地研究人員皆能充分利用重要設備，是未來努力方向之一。在人力面向，儘管臺灣的硬體設備已達國際水準，但因薪資結構限制，學術單位較難留住優秀的專業技術人才(尤其是操作高階儀器者)。同時，隨著大數據與人工智慧應用迅速擴大，國內生物資訊與 AI 專業人力不足，導致高品質研究數據未能獲得最有效的分析與整合，也限制了 AI 模型建置與機器學習預測的發展。未來可透過國科會推動的專案計畫持續加強國際合作，並定期舉辦研討會與檢驗相關工作坊，以促進國際人才培育與交流，擴大臺灣在全球生醫研究領域的影響力。

四、 我國發展微免及檢驗醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 具國際能見度的核心研究領域:臺灣在肝炎病毒、登革熱病毒、腸病毒、流感病毒、新興傳染病，以及特定免疫疾病與宿主—病原交互作用等領域，長期累積深厚研究能量，於國際享有高度聲譽。相關研究成果不僅發表於國際頂尖期刊，也促成重要的疾病診斷與防治策略。
2. 完善的醫療體系與資料庫優勢:臺灣擁有高品質的醫療與追蹤系統、全民健保資料庫、生醫大數據平台及醫學中心體系。

若能善加利用並整合臨床資料、基因體資訊與微生物相資料庫，將能提升疾病診斷、預測與個人化醫療之精準度，成為國際難以複製的獨特優勢。

（二）劣勢（Weakness）

1. 研究經費成長有限、審查制度待優化:雖然整體研發經費有所增長，但相較國際主要科研國家，臺灣整體研究經費仍顯不足，競爭激烈。如何建立更客觀、有效且具前瞻性的審查制度，讓具潛力之計畫獲得足額支持，是當前重要挑戰。
2. 區域研究影響力與研究現地化能力受限： 以新興感染症為例，歐美、日本等國已於東南亞建立完善的研究與採樣中心；相比之下，受限於經費、人力及外交資源，臺灣難以直接於疫區部署研究，使得臨床材料與研究機會較難取得，競爭上相對弱勢。

（三）機會（Opportunity）

1. 政府研發投資提升與跨領域整合契機:近年臺灣大幅增加生醫研究經費、推動多邊國合計畫與策略性研究專案，使跨領域整合更具可行性。此有助於形成國際水準團隊，提升台灣於全球生醫研究的競爭力。
2. 國科會與教育部特色計畫的加乘效應:國科會聚焦於國家重大議題與產業重點技術，教育部推動特色領域研究中心，雙方互補，可同時強化基礎研究與應用開發，帶動產業落地與臨床轉譯。
3. 青年人才鼓勵政策提升研究能量:國科會與教育部近年陸續推出多項針對青年研究者的獎勵措施、返國誘因與專題計畫，例如「2030 跨世代年輕學者方案」與「玉山青年學者計畫」，並提供每年約 400 名博士生獎助學金。這些政策有助於吸引優秀人才投入研究，強化我國科研能量，並建立永續且具競爭力的人才庫。

（四）威脅（Threat）

1. 全球人才競爭與薪資落差擴大:周邊國家如新加坡與中國大陸具有更高薪資、更強大的研究資源與大量專職研究人力，對台灣人才吸引力大，導致學門面臨高階與中生代研究人員外流之風險。
2. 長期穩定經費不足、創新研究風險高:部分重要研究議題缺乏連續性、長期性的投入，而學術評鑑偏向短期成果，使研究者較不願冒險挑戰高風險但高潛力的重大科學問題。此現象恐限制突破性發現與前沿創新之累積。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

微免及檢驗醫學學門以微生物學、免疫學及精準診斷為核心基礎，並致力於將其應用拓展至臨床科學與轉譯醫學，涵蓋感染與免疫相關疾病的分子免疫調控、過敏與發炎反應、宿主防禦機制、病原致病與抗藥性機轉、疾病診斷與治療策略、藥物設計與篩選、抗體與疫苗開發等跨領域研究方向。未來將聚焦以下重點：

1. 從基礎研究推進至臨床應用：近年來，高解析度空間轉錄體學（Spatial Transcriptomics）、次世代基因定序、蛋白質體學、代謝體學、微生物群相分析、單細胞分析、影像分析、大數據與人工智慧等新技術已在本學門廣泛應用，並持續推進多項潛力標的與精準分析方法的發掘。未來將強化基礎與臨床合作，推動驗證型研究計畫，使正在研發的生物標誌與檢驗技術能成功轉譯至臨床，帶動疾病早期診斷、治療與預後評估的新方向。
2. 由臨床問題回饋基礎研究: 新型流式細胞技術與單細胞 RNA 定序的整合，使研究者得以解析免疫細胞族群在疾病發生或保護中的核心角色。本學門將推動基礎與臨床密切合作，蒐集腫瘤、自體免疫疾病等臨床檢體，並以系統多組學(Multi-omics)與單細胞/空間生物學技術進行深度剖析，以識別疾病進程中新型免疫細胞族群、致病基因與調控路徑，深化對疾病機制的理解，為診療策略提供精確依據。
3. 聚焦臺灣重要與新興感染性疾病及免疫學研究：臺灣在病毒學與免疫學領域具備深厚的研究基礎，於 COVID-19 期間展現出卓越的科研與應變能力。未來本學門將持續推動研究團隊，以系統性方式深入探討新興與再現病原體與宿主免疫之間的交互作用，並建立人源化動物模型或類器官（Organoid）平台，加速治療標的的鑑定與機制釐清。同時，將強化藥物測試與致病機轉研究，特別針對抗生素抗藥性問題，推動噬菌體治療（Phage Therapy）、宿主導向治療（Host-Directed Therapies）及新穎抗生素的開發等前瞻策略。此外，透過鼓勵跨領域整合與協作，可加速新型治療標的之發現，強化臺灣面對未來傳染病爆發之早期預警能力與快速應對效能。
4. 強化國際合作並協助新進人員快速建立研發能力：隨著國家政策吸引優秀國際青年學者返台，本學門將深化高價值跨國團隊合作，建構長期互惠的國際研究網絡。除鼓勵前瞻研究主題外，也將促進基礎與臨床協作、建立跨領域團隊，協助新進教師建立研究主軸、加速累積科研能量並提升國際競爭力。

各階段的規劃目標如下：

（一）短期

1. 持續推動專案計畫並積極鼓勵整合型計畫的申請，目標是發表高能見度、高引用率的期刊論文，確保臺灣在核心領域的學術領先地位。
2. 加強運用系統生物學、大數據分析、生成式 AI 與機器學習技術，整合多體學數據，全面探討免疫、感染及發炎疾病的關聯性。
3. 推動新穎生物標誌與臨床疾病關聯性的前導驗證研究，特別聚焦於感染、免疫疾病及癌症的早期風險評估標誌。
4. 積極促進跨院校、跨領域研究團隊（特別是生資/AI 與醫學）的組建與實質合作，加速知識共享與技術整合。

（二）中期

1. 打造免疫學、微生物學與檢驗醫學與其他專長領域（如癌症、代謝、材料、工程、生資等）的合作聯盟，吸引跨域人才投入感染與免疫研究。
2. 促進基礎與臨床團隊共同提出研究題目，並探索與產業合作的可行性，包括驗證新型生物標誌與開發創新檢驗技術。

（三）長期

1. 持續推動高品質國際合作計畫，建立穩固之跨國研究機制，提高我國在國際科研版圖上的能見度。
2. 持續培育具前瞻思維的年輕研究人才，並鼓勵其參與跨國、跨領域研究，以強化科研深度與廣度。
3. 積極推動本土研發之檢驗試劑與治療藥物邁向臨床應用，促進創新成果落地並提升國內醫療自給能力。
4. 藉由推動轉譯醫學與精準醫學，深化基礎科學與臨床醫療的連結，加速科研成果的實際應用，強化臺灣生醫科技產業的創新力與國際競爭力。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

本學門以微生物學、免疫學及檢驗醫學為基礎，著重於各式致病機轉的深入了解，以期研發新的治療方式，或對疾病預防及控制的策略。重要的研究成果列舉如下述：

(1) 免疫機制調控的基礎研究方面

國衛院司徒惠康院士、中央研究院的張雅貞研究員和林國儀研究員及成功大學凌斌教授都有突破性的研究成果。司徒惠康團院士團隊結合臺灣百萬人的長期資料庫與動物實驗，發現第一型糖尿病患者罹患發炎性腸病(Crohn's

disease)風險顯著升高，並證實 T 細胞特異性 Blimp-1 基因缺失會在糖尿病易感小鼠中加劇腸炎。機制上，Blimp-1 缺失導致腸道調節型 T (Treg)細胞抑制功能下降、TCR 訊號過強及腸道遷移受損，而提升 Pep (PEST domain-enriched tyrosine phosphatas)表現可逆轉腸炎並恢復 Treg 功能。研究顯示 Blimp-1－Pep－TCR 訊號軸可能為自體免疫疾病的重要治療標的。張雅貞研究員的團隊發現幹細胞因子（Stem cell factor; SCF）在中性球型氣喘患者肺部顯著上升，並透過 c-Kit 訊號促進 Group 3 innate lymphoid cells (ILC3)增殖與 IL-17A 產生，進而加劇中性球發炎與氣道反應，而肺部成纖維細胞為 SCF 的主要來源。抑制 SCF/c-Kit 訊號（如使用 imatinib）可有效改善小鼠中性球型氣喘，顯示此路徑具潛在治療價值。林國儀研究員團隊主要發現半乳糖凝集素 galectin-8 可透過與 TGF-$\beta$ 第二型受體競爭性結合，抑制 TGF-$\beta$ 非典型訊號（RAS 和 Src）與上皮間質轉換(Epithelial-Mesenchymal Transition)，進而降低大腸直腸癌細胞遷移能力，並誘發 JNK 依賴性凋亡。此抑制作用仰賴 N-醣合成酵素 B4GALT1，且在動物模式中 galectin-8 可顯著抑制腫瘤生長與轉移，顯示其為潛在的大腸直腸癌治療標的。凌斌教授的團隊發現內涵體（endosome）可作為 RIG-I 訊號活化的平台，促進其多重泛素化(polyubiquitination)與訊號複合體形成，進而啟動第一型干擾素的抗病毒反應。內涵體接合蛋白 TAPE 介導 RIG-I 與 TRIM25 的交互作用與泛素化，缺失 TAPE 的髓系細胞在病毒感染時干擾素反應顯著受損，並導致體內對 RNA 病毒的高度易感性。此研究揭示內涵體在 RIG-I 抗病毒免疫中的關鍵調控角色。

(2) 微生物學研究方面

長庚大學賴志河教授及臺灣大學張書蓉副教授都有不錯成果發表。賴志河教授團隊發現微塑膠會顯著抑制巨噬細胞對肺炎鏈球菌(*Streptococcus pneumoniae*)的吞噬與清除能力，並在感染過程中經由 PI3K/Akt 與 MAPK/ERK 訊號路徑協同促進 C-C motif chemokine ligand 2 (CCL2)產生，加劇 M1 型極化與鐵死亡(ferroptosis)反應。這顯示微塑膠不僅削弱抗菌防禦，亦會放大發炎反應，可能加重肺炎鏈球菌所致的肺部疾病。張書蓉副教授發現沙門氏菌會劫持宿主粒線體檸檬酸載體（Citrate carrier; CIC），

透過調控沙門氏菌胞內液泡（Salmonella-containing vacuole; SCV）內的檸檬酸與活性氧（ROS）濃度，降低氧化壓力以促進其在細胞內的存活與複製。其機制涉及 SPI-2 效應蛋白 SseF 介導 CIC 與 RAB7 互動並募集至 SCV，而藥物抑制 CIC 則可提升宿主對沙門氏菌的抗菌防禦，顯示 CIC 具潛力作為宿主導向型抗菌治療標的。

(3) 微生物及醫學檢驗方面

國家衛生研究院余佳益副研究員提出一種簡便且實用的方法，用於檢測環化的 RNA (circRNA)製備過程中殘留的線性 RNA 副產物，透過模板非依賴性 RNA 聚合酶在線性 RNA 的 3´端加上 polyA 尾巴，以區分未環化的 RNA。此方法結合 RNase R 處理與變性電泳，可有效進行 circRNA 純度的品質控管，適用於自製或商業化生產的 circRNA 製品。中國醫藥大學何元順教授發現組織胺 N-甲基轉移酶（HNMT）可作為 HER2 陽性乳癌對抗 HER2 治療反應的重要輔助生物標誌，且 HNMT 與 HER2 的蛋白交互作用可提升 HER2 的轉錄表現，影響 trastuzumab 的治療效果。研究亦發現部分 HER2 低表現或三陰性乳癌但具有高 HNMT 表現者，仍對 HER2 抗體藥物複合體 trastuzumab-deruxtecan 具治療反應。此結果有助於提升抗 HER2 治療的精準用藥判斷。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

本學門的研究目標之一是開發創新的檢驗技術與治療策略，以增進臨床對疾病的理解，並提升診斷和治療的效能。在這方面，中央研究院生物醫學研究所羅傅倫研究員、長庚大學顧正崙教授和國衛院司徒惠康院士都有突破性研究成果。中央研究院生物醫學研究所羅傅倫研究員團隊比較將奈米藥物標靶至癌細胞膜蛋白 Ephrin Receptor A2 (EphA2)或腫瘤微環境蛋白 netrin-1 對兩種奈米製劑-PEGylated liposomal doxorubicin（PLD）與 glycosidic switch liposomes (GSL)-之治療效果，結果顯示 PLD 標靶至 EphA2 或 netrin-1 均可顯著提升藥效並延長小鼠存活期，其中 EphA2 效果最佳。相反地，GSL 僅在標靶 EphA2 時療效提升，標靶 netrin-1 反而降低抗腫瘤效果與存活率。此研究顯示腫瘤基質標靶可提升部分奈米藥物療效，但必須謹慎選擇相容的奈米載體與標靶。顧正崙教授團隊開發以 IFN-γ 變異蛋白為誘餌的嵌合自體抗體受體（Chimeric autoantibody receptor; CAAR）T 細胞，專一性清除產生抗 IFN-γ 自體抗體的致病性 B 細胞，以治療

nAIGA (Neutralizing anti- IFN-γ autoantibodies)相關感染。實驗顯示該 IFN-γ CAAR T 細胞在體內外皆可有效消除自體反應性 B 細胞並顯著降低循環抗體濃度，且無明顯非目標毒性。此策略為治療 nAIGA 所導致之嚴重感染提供嶄新且具前景的免疫治療方式。司徒惠康院士團隊整合全基因組 SNP 與代謝體資料，透過多體學與機器學習模型成功區分冠狀動脈疾病（CAD）患者、高風險族群與健康對照，並發現血漿磷脂隨疾病進程逐步下降，具潛在生物標誌意義。研究進一步證實 LPCAT1 基因變異與磷脂代謝異常及 CAD 密切相關，且所建構之多體學預測模型具有高準確度。此結果凸顯多體學策略在 CAD 風險評估與致病機轉研究上的重要價值。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

本學門積極開發新型檢驗標的並應用創新技術，為醫療及相關產業帶來顯著的經濟效益和市場潛力：

- 龐大的醫療市場需求與精準治療：研究成果鎖定重大疾病的早期精準診斷、癌症免疫療法（如 CAAR T 細胞）、預防醫學和精準用藥判斷（如 HNMT 標誌）。這些領域具備全球龐大且持續增長的市場需求。同時，研究衍生的技術方案能有效改善全球人口老齡化帶來的健康福祉挑戰。
- 帶動新興生物技術產業：奈米藥物標靶策略、細胞治療技術、多體學與機器學習預測模型等創新成果，具有高度的產業化可行性。這些技術能有效推動生技醫療相關產業的發展，吸引投資，創造高價值就業機會並促進經濟增長。
- 技術擴散與跨產業應用：在新型檢測試劑及方法的開發經驗中所累積的技術，可擴展應用至農漁畜業的病原體檢測及食品安全監控，展現跨產業應用潛力。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

本學門的研究主題直接關係到國人健康，對促進全民健康和應對公共衛生挑戰扮演關鍵角色：

- 促進全民健康與生活品質提升：研究有助於深入理解和開發對抗感染性疾病、免疫與發炎性疾病（如發炎性腸病、氣喘）和癌症的策略，進而促進全民健康並提升生活品質。
- 強化公共衛生與疫情應對能力：本學門在應對新興病原體的快速鑑定、疫情控制、減少社會恐慌及穩定經濟發展方面，扮演著關鍵角色。例如，針對登革熱、新冠病毒

和流感病毒的迅速準確診斷，有助於有效控制疫情並協助政府制定適當的醫療應對策略。

- 應對抗藥性與環境威脅：積極投入新穎疫苗與藥物的研發，針對抗藥性細菌開發抑制性藥物，並研究微塑膠對抗菌免疫的影響，這些努力對於改善社會的醫療健康福祉與應對新興環境威脅具有深遠影響。
- 增進環保與生物安全：通過生物技術和檢測技術的應用，有助於監測環境污染源，推動可持續發展的環保政策，進一步增進社會福祉

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

本學門的研究成果對於提升國家科研水平、科技政策管理和國際合作具有重要價值：

- 推動轉譯醫學和精準醫學的發展：成功將基礎研究成果轉化為臨床思維與技術（如多體學預測模型），有助於提升臨床醫學的診斷與治療水準，並促進生物科技相關產業的蓬勃發展。
- 提升國際能見度與高階人才培育：積極參與多項國際合作，成功組建跨國研究團隊。這些合作不僅提升了臺灣在國際學術界的能見度，同時培育出具有廣泛國際經驗的年輕科學家，致力於探討全球性重要研究議題。
- 強化科技政策的制定和管理：跨國合作與轉譯醫學的成果，為科技政策的制定和管理提供了堅實的科學依據，有助於提升國家的醫療研究與生物科技發展能力，進一步優化醫療健康體系及科技產業的整體發展。

（二）個別計畫代表性成果

1. 中央研究院的張雅貞研究員及其團隊發現幹細胞因子（Stem cell factor; SCF）在中性球型氣喘患者肺部顯著上升，並透過 c-Kit 訊號促進 Group 3 innate lymphoid cells (ILC3)增殖與 IL-17A 產生，與中性球發炎及氣道過度反應呈正相關，而肺部成纖維細胞為 SCF 的主要來源。在小鼠中，抑制 SCF/c-Kit 訊號（如使用 imatinib）可有效減緩 ILC3 活化、中性球發炎與氣喘惡化。此研究顯示 SCF/c-Kit–ILC3 軸為中性球型氣喘的重要致病機制與潛在治療標的。其論文發表於 *Journal of Clinical Investigation* 2025;135(16):e187372 (計畫編號為 NSTC 111-2320-B-001-025-MY3)。
2. 成功大學的凌斌教授及其團隊研究發現內涵體（endosome）可作為 RIG-I 訊號活化的平台，促進其多重泛素化(polyubiquitination)與訊號複合體形成，進而啟動第一型干擾

素的抗病毒反應。內涵體接合蛋白 TAPE 介導 RIG-I 與 TRIM25 的交互作用與泛素化，缺失 TAPE 的髓系細胞在病毒感染時干擾素反應顯著受損，並導致體內對 RNA 病毒的高度易感性。此研究揭示內涵體在 RIG-I 抗病毒免疫中的關鍵調控角色。其論文發表於 *Science Advances* 2024;10(45):eadq0660 (計畫編號為 NSTC 113-2320-B-006-006)。

3. 中央研究院生物醫學研究所羅傅倫研究員團隊比較將奈米藥物標靶至癌細胞膜蛋白 Ephrin Receptor A2 (EphA2)或腫瘤微環境蛋白 netrin-1 對兩種奈米製劑−PEGylated liposomal doxorubicin（PLD）與 glycosidic switch liposomes (GSL)-之治療效果，結果顯示 PLD 標靶至 EphA2 或 netrin-1 均可顯著提升藥效並延長小鼠存活期，其中 EphA2 效果最佳。相反地，GSL 僅在標靶 EphA2 時療效提升，標靶 netrin-1 反而降低抗腫瘤效果與存活率。此研究顯示腫瘤基質標靶可提升部分奈米藥物療效，但必須謹慎選擇相容的奈米載體與標靶。其論文發表於 *Journal of Controlled Release* 2025;385(45):114042 (計畫編號為 NSTC 113-2320-B-001-001)。
4. 長庚大學顧正崙教授團隊開發以 IFN-γ 變異蛋白為誘餌的嵌合自體抗體受體（Chimeric autoantibody receptor; CAAR）T 細胞，專一性清除產生抗 IFN-γ 自體抗體的致病性 B 細胞，以治療 nAIGA (Neutralizing anti- IFN-γ autoantibodies)相關感染。實驗顯示該 IFN-γ CAAR T 細胞在體內外皆可有效消除自體反應性 B 細胞並顯著降低循環抗體濃度，且無明顯非目標毒性。此策略為治療 nAIGA 所導致之嚴重感染提供嶄新且具前景的免疫治療方式。其論文發表於 *Science Immunology* 2025;10(107):eadm8186 (計畫編號為 NSTC 112-2320-B-182-055-MY3)。
5. 國衛院司徒惠康院士團隊整合全基因組 SNP 與代謝體資料，透過多體學與機器學習模型成功區分冠狀動脈疾病（CAD）患者、高風險族群與健康對照，並發現血漿磷脂隨疾病進程逐步下降，具潛在生物標誌意義。研究進一步證實 LPCAT1 基因變異與磷脂代謝異常及 CAD 密切相關，且所建構之多體學預測模型具有高準確度。此結果凸顯多體學策略在 CAD 風險評估與致病機轉研究上的重要價值。其論文發表於 *Biomarker Research* 2025;13(1):107 (計畫編號為 NSTC 112-2320-B-400-026-MY3)。

七、 檢討與展望

微免及檢驗醫學學門在基礎與臨床科學領域成果卓越，於肝炎、流感、過敏與自體免疫等研究已建立具國際影響力的世界級團隊。學門核心策略為深化基礎與臨床整合，促進產學研合作，加速成果轉化。

（一）應對感染症與微生物相挑戰：

- 抗藥性與國際合作：針對感染症迅速擴散及抗生素濫用引發的抗藥性微生物激增（導致敗血症等重大挑戰），學門將強化國際合作，組建卓越研究團隊。重點是開發快速檢測技術、新型抗藥性微生物治療藥物及深入致病機轉研究。
- 微生物相與精準健康：推動「微生物相在精準健康之研發及應用」計畫，將微生物群相分析作為關鍵工具，凝聚學術共識並探索與產業接軌的可能性，加速臺灣在微生物相及精準醫學領域的發展。

（二）聚焦精準醫療與細胞免疫療法：

- 轉譯研究與個人化醫療：致力於將基礎研究成果轉化至臨床應用，研究主題涵蓋感染症、免疫疾病、癌症、代謝疾病及預防醫藥開發。
- 細胞及免疫療法創新：著重於細胞及免疫療法（如 CAR-T 療法）的創新突破和免疫調節機制研究，目標是深度解析疾病成因，研發更精準有效的診斷與治療策略，最終實現基因治療與個人化醫療的目標。

# 藥學及中醫藥學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：張偉嶠　　共同召集人：顏宏融

## 一、 前言

新藥研發與藥品製造產能為國家生技產業與健康科技政策發展的核心。藥學及中醫藥學學門肩負促進研發人才培育、學術研究與製藥產業合作之責，致力於將基礎研究成果轉譯為臨床應用與產業價值，並培育尖端藥物與中醫藥人才。COVID-19 疫情期間全球藥品短缺，更凸顯本土製藥能力的重要性，藥學及中醫藥學在加速研發與產學合作中扮演關鍵橋樑角色，以保障民眾醫療需求。

本學門聚焦於跨領域人才培養與研究成果轉譯，積極推動新興醫藥與臨床實踐及工業製程的對接，學門於 2024 年成立「新興醫療科技之醫院藥學發展小組」及「新興醫療科技之工業藥學發展小組」，共召開四次會議，從國家政策、臨床與產業實務及科學教育等面向，探討藥學界之挑戰與發展契機，並鼓勵年輕學者投入國際研修與製藥研發。2025 年特別著重於藥學博雅教育(超過 20 場次)，強調專業知能養與社會責任，並將研究倫理與學術誠信納入今年度博雅藥學的科技宣導，提醒學術人員重視人工智慧（AI）的資料管理、強調著作權觀念及抄襲防治，以建立健全且可信賴之學術研究環境。此外，呼應 2023 年傳統醫學高峰會之核心理念，學門持續深化中醫藥的現代化發展與實證研究，並結合現代科技，以提升其臨床療效與產業應用價值。今年十月於中國醫藥大學盛大舉辦「繼往開來—中醫藥與天然藥物的挑戰、機遇與未來」聯合研討會，吸引超過六百位海內外學者參與。

展望未來，製藥科技與中醫藥之科學化發展將以 AI 為核心，整合跨領域與跨產業資源，推動藥物開發之創新應用，並強化國內學研團隊在 AI 藥物開發工具之自主能力，進而提升我國在生醫研發與產業應用上的整體競爭力。

## 二、 學門簡介

藥學及中醫藥學學門 114 年度專題計畫申請件數共 305 件，通過 117 件，通過率 38.4％(113 年度專題計畫申請件數共 294 件，通過 114 件，通過率 38.8%，112 年度專題計畫申請件數共 282 件，通過 108 件，通過率 38.3%)。114 年在藥學學科領域中，一般人員申請件數為 99 件，通過 37 件，通過率 37.4%；新進人員申請件數為 12 件，通過 6 件，通過率 50%，整體藥學學科通過率為 38.7%。114 年在中醫藥學科領域中，一般人員申請件數為 183 件，通過 68 件，通過率 37.2%；新進

人員申請件數為 11 件，通過 6 件，通過率 54.5%，整體中醫藥學科通過率為 38.1%。

為鼓勵新進研究人員，培育優秀年輕研究人才，強化學門領域的創新發展，114 年在隨到隨審專題計畫方面，共有 25 件研究計畫提出申請，通過 25 件，通過率 100%；在延攬博士後研究部分，申請件數共 78 件，通過 65 件，通過率 83.3%。整體而言，114 年藥學及中醫藥學門專題計畫申請件數增加，研究方向則更為多元，研究成果更具有前瞻性及創新性，這些優秀學術表現與商業產品擴展了我國在藥學及中醫藥學的學術研究和臨床轉譯的實力和國際影響力。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

後疫情時代，製藥產業為攸關國家安全、科技主權與醫療韌性的關鍵戰略產業。在全球供應鏈受阻與醫療需求急遽上升的情境下，具備自主研發能力就顯得非常重要。對臺灣而言，建構高韌性、具國際競爭力的製藥與生技體系，不僅是公共衛生政策的核心，更是國家安全與經濟發展不可或缺的一環。面對全球製藥科技的快速演進，人工智慧（AI）、細胞治療與核酸藥物已成為推動新一代醫療革命的關鍵趨勢，從國際科技潮流進行觀察，國家級製藥與中醫藥發展戰略可聚焦以下幾項核心方向：

1. **以 AI 為核心的精準醫療國家能力**

   透過整合藥物基因體學、生物資訊學與人工智慧分析，建立以大數據驅動的精準醫療體系，引入個人化醫療概念，透過基因定序來篩選病人，提升治療成效並降低醫療風險。此一策略亦可與中醫藥「辨證論治」的個別化醫療理念相互呼應，形塑兼具傳統智慧與現代科技的臺灣醫療特色，發展具國際辨識度的精準醫療模式。

2. **細胞製劑與核酸藥物的製藥潮流**

   細胞藥物與基因治療已成為治療罕見疾病與重大疾病的關鍵。國家層級應更積極整合關鍵技術研發、臨床試驗能量與製造平台之建置，掌握 CAR-T、TCR-T、與核酸疫苗等核心技術，確保在重大疾病與突發公共衛生事件中具備自主供應與快速反應能力。

3. **AI 加速藥物研發與產業轉型升級**

   人工智慧結合大數據、機器學習與自然語言處理技術，已成為提升藥物研發效率的關鍵工具。透過系統性分析基因體數據與中醫藥典籍，可加速藥物靶點發現、模擬分子設計與老藥新用，縮短研發時程、降低開發風險，強化我國在全球藥物創新的地位。

4. **學名藥政策與健保體系的科技支撐**

學名藥政策是兼顧醫療可近性、健保永續與產業升級的關鍵政策工具。透過完善的政策引導與制度設計，結合真實世界數據（Real-World Data, RWD）與真實世界證據（RWE）的系統性分析，可即時評估學名藥在臨床使用成效、安全性與成本效益上的實際表現，作為健保給付與藥價調整的重要依據。在此基礎上，扶植具備國際規範與先進製造能力的學名藥產業，不僅有助於降低健保財務負擔、提升藥品可近性，也能推動本土製藥產業的技術升級，強化其參與國際市場與全球供應鏈的戰略布局。

5. **中醫藥科學化作為國家特色資產**

中醫藥蘊含豐富的臨床經驗與文化資產，透過人工智慧、大數據與分子科學的導入，可將中醫藥轉化為具科學驗證與國際規範的醫療體系，成為具有臺灣特色的中醫藥創新模式，提升我國在全球傳統醫學與整合醫療領域的話語權。

6. **智慧中醫與醫療數據主導地位**

推動中醫診斷數位化與 AI 輔助決策系統，建立本土化、高品質的醫療數據庫，不僅可提升臨床品質與醫療效率，也有助於確保中醫藥醫療數據的主導權，支撐未來醫療 AI 與生醫產業的長期發展。

7. **混合實境與智慧醫療訓練體系**

導入 MR、VR 與 AR 技術於針灸與臨床訓練，提升醫療教育與操作精準度，並為自動化醫療設備與智慧醫療機器人奠定關鍵技術基礎，強化我國在智慧醫療領域的前瞻布局。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

學門申請案多來自學校藥學或中醫藥相關院校系所與醫療院所，學者投入科學研究之餘，亦從事高等教育肩負起培育藥學及中醫科研人才的使命。藥學及中醫藥學門的大專生計畫 114 年申請數 178 件，通過 85 件，通過率 48.3%。申請數及核定數最多的學校依次為中國醫藥大學、臺北醫學大學、高雄醫學大學。

臺灣藥學研究長期以新藥開發為核心，尤其在藥物化學合成與天然藥物萃取領域已累積穩健研究量能。然而，面對全球製藥科技快速升級與高附加價值藥物需求的變化，國內在新劑型研發、藥物動力學與藥物代謝、大分子抗體藥物、核酸藥物及細胞與基因治療等前沿領域，仍存在高階專業人才與跨領域整合能力不足的結構性挑戰。這不僅影響臺灣在全球製藥創新的競爭力，也限制科研成果的轉譯至新興製藥產業的可能。因應國際科技競爭，我國之重點研究方向及未來發展趨勢如下：

1. **跨領域整合型之尖端製藥計畫推動**

   國科會及相關政策單位持續資助跨領域研究計畫，鼓勵藥學、生命科學、工程技術、人工智慧與臨床醫學等領域深度整合，建立可支撐先進藥物研發（大分子抗體藥物、核酸藥物及細胞與基因治療）的新型研究生態系統。此舉不僅提升科研成果的質量，也加快新藥開發與臨床轉譯速度。

2. **國際學術交流與人才培育**

   政策鼓勵年輕博士後及研究人員赴海外頂尖研究機構進行學術交流與合作，透過吸收國際先進技術、研究方法與產業經驗，強化國內研究人才的創新能力與國際視野，進一步支撐臺灣在藥物研發領域的自主能力。

3. **利用真實世界數據，加速科研成果的實證化與產業化**

   利用真實世界數據（RWD）與真實世界證據（RWE），建構藥物臨床效能、安全性及成本效益的分析平台，為新藥研發、學名藥政策與產業決策提供科學依據。透過科研成果的系統化評估與快速轉譯，讓科研量能有效支援公共衛生與國家安全需求。

4. **建構國家級新興製藥平台與產業升級生態系**

   臺灣於 108 年 12 月 31 日總統公布實施「中醫藥發展法」，依據該法第 7 條第 1 項及第 2 項規定:「中央主管機關應就下列事項，給予適當之獎勵或補助： 一、中醫藥研究及發展。 二、中藥製劑創新及開發。」，第 22 條:「政府應加強培育中醫藥科技研究人才，提升中醫藥發展。」我國政府將生技醫藥列為「五+二產業創新研發計畫」及「6 大核心戰略產業」之一，並將推動精準健康與生醫創新作為重要政策方向。

   台灣的中西醫醫療體系並行，且醫療水準均位居世界前列。若能將精準健康與生醫創新技術應用於中醫藥與新藥開發，將有望創造兆元產業價值。中西醫結合，不僅對急重難症有所助益，對於慢性疾病的截長補短與整合互補，更能促進全民健康。中醫藥以簡便、有效的特點著稱，未來應規劃針對國人常見的急難重症與慢性疾病投入資源，強化中醫藥與新藥開發的實證研究能力。同時，注重學術研究、臨床應用與產業開發的全面連結，提升中醫藥的現代化與國際競爭力。除此之外，透過技術升級、產學合作與政策輔導，建立自主研發能力與先進製造平台，整合 AI 驅動的數位化製程、自動化與無人化生產、高通量篩選技術，以及核酸製劑與細胞製劑的研發與量產能力，形成涵蓋研發、製造與全球供應鏈

布局的完整生態系。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

學門積極推動創新藥學與中醫藥科學化研究，透過研究成果發表會、學術座談、審查說明會與委員交流會等多元活動，鼓勵學者參與跨領域整合型計畫，促進不同領域合作與學術共識，進而推動科研發展。利用國科會計畫補助培育年輕學者並鼓勵國際交流，讓研究人員吸收最新技術與國際成果，提升臺灣在全球藥學及中醫藥領域的競爭力。這些努力不僅為新藥開發與中醫藥科學化注入新動能，也加速科研成果的轉譯與應用。在學術層面，政府投入推動基礎藥學研究與臨床應用結合，整合基因體學、分子生物學、人工智慧與大數據分析，促進跨學科創新，提升研發效率與國際地位。中醫藥科學化則將傳統理論與分子技術、醫療工程與 AI 結合，深化學術內涵，保持臺灣在國際中醫藥領域的領先地位。在臨床層面，創新藥物與中醫藥科學化應用可改善治療效果、縮短療程、降低副作用，特別對罕見病與癌症等重大疾病提供更多有效選擇，提升患者生活品質，並促進個人化精準醫療。在應用與產業層面，政府支持加速藥物研發與中醫藥國際化、推動自主生產與製藥技術升級，確保藥品供應穩定與價格競爭力，提升公共衛生安全、健保可近性與產業國際競爭力。整體而言，臺灣在創新藥學與中醫藥科學化的學術、臨床與產業發展上已形成完整科研與應用體系，為國家帶來長遠影響力。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

藥學及中醫藥學門專題研究計畫申請件數，112-114 年度分別為 282 件、294 件及 305 件。114 年藥學及中醫藥學門正執行有三組整合型計畫，分別為「研發新穎性標的 RNA splicing 抑制劑用於治療消化道癌症之智慧型藥物設計與轉譯研究」、「新一代癌症免疫治療策略：新穎造血祖細胞激酶 1 (HPK1) 抑制劑的開發與研究」及「藥源性珊瑚及其共伴微生物至新型藥物靶點的探索與藥物開發」。目前國內藥物研發的主要動力仍集中於大學與政府研究機構，生技製藥產業在核心研發能力上仍相對薄弱，在中醫藥領域，研究專職人員多來自公立機構，但面臨人力老化及專業傳承挑戰，高階實驗設備亦多集中於學術單位，限制了中醫藥產業化與臨床轉化的速度。在設備及資源分配與需求方面，可以從以下四個面向做出改善與規劃：

1. **強化產學研合作與資源共享：**鼓勵大學、研究機構與生技製藥企業建立長期合作模式，推動中醫藥與新藥研發成果的臨床轉化與商業化。建立共享實驗平台與數據庫，使產業與學術單位可共用高階設備與科研資源，提升研發效率，減少重

複投資，支援多元藥物研發方向。

2. **政策與資金的支持：**增加政府對中醫藥及新藥研發的經費投入，尤其針對跨領域與產學合作項目，支持關鍵技術突破及人才培育。設計研發成果激勵機制，加速學術成果產業化，扶植新創公司及中小型生技企業。
3. **長期規劃與評估機制：**明確研發重點領域及核心技術，確保政策與資源分配方向一致。
4. **建立定期評估與調整機制：**確保人才培育、設備建設及資金投入能有效支援產業創新、技術轉化及國際競爭力提升。

四、 我國發展藥學及中醫藥學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

臺灣在中醫藥與新藥研發領域具有多方面的優勢，為產業發展與科學創新提供堅實基礎。首先，生技醫療設備充沛。臺灣擁有優質的中醫與藥學高等教育體系，以及醫院與研究機構，加上臨床研究環境健全、法規制度成熟，使得新藥臨床試驗的執行水準位居於國際先進水平。此外，成熟的 GMP 製藥能力支撐中西藥品的高品質生產，並具備開發新穎藥物製程的能力。優秀的專業人才也是臺灣的重要優勢。國內擁有兼具中西醫知識的臨床醫師，以及生醫、資訊與大數據等跨領域人才，為生技製藥行業提供多層次支持。再加上臺灣在電子醫材開發方面的強大實力，結合半導體晶片、人工智慧與精準醫療技術，推動創新醫療與精準治療的發展。此外，臺灣獨特的資料與生態資源亦可支援藥物開發與臨床研究。健保資料庫與臺灣 Biobank 基因資料庫結合臨床資料，可用於真實世界數據分析與實證研究；多樣性的本土陸地與海洋動植物、蕨類、真菌與微生物資源，則為新藥與天然藥物開發提供獨特素材。綜合以上因素，臺灣在中醫藥及新藥研發領域擁有完整的人才、設備、資源與政策環境，為推動科學化中醫藥研究、創新藥物開發及產業國際化奠定了穩固基礎。

（二）劣勢（ Weakness）

臺灣中醫藥與新藥研發亦面臨結構性挑戰，包括了：

1. **市場規模與產業國際競爭：**工業藥學市場規模相對有限，國際競爭力仍待提升。隨著全球生物製藥與精準醫療需求持續增加，臺灣雖在部分領域具有追隨者角色，但再生醫療及創新製劑技術仍具突破國際市場之潛力。然而，中藥科學濃縮製劑長期面臨法規支持及市場誘因不足，健保給付偏低，導致業界對新創中藥製劑研發的動力有限；在西藥方面，化學藥品技術已趨成熟，但生物藥品、細胞藥物、核酸藥物、疫苗及新型製劑技術仍需進一步強化，以滿足國際市場標準與

創新需求。

2. **人才供應與教育挑戰：少子化趨勢及高階研發人才流失問題**日益嚴重，特別是在高階研發與基礎藥學研究領域，已直接影響新藥研發及中醫藥科學化進程。現行藥學教育偏重理論訓練與學術發表，與業界實務技能需求存在落差，多數畢業生傾向選擇較爲穩定的社區藥局工作，進一步加劇工業藥學人才短缺。此外，高階研發人才培育周期長，專業門檻高，需長期政策支持與跨領域人才培訓機制。
3. **國際市場與研發資源整合：**臺灣製藥企業於國際市場中需面對大型跨國藥企的高度競爭，必須在技術創新、資本運作、人才培養、法規遵循與全球銷售等層面全面與國際標準接軌，並加速研發成果的產業化與市場化，以提升整體競爭力。

（三）機會（Opportunity）

臺灣製藥與中醫藥研發的機會分析：

1. **新興製藥技術與智慧製造契機：**全球製藥產業正加速導入連續製程、熱熔擠出等新型製程，以及人工智慧（AI）於工業藥學與產業製程中的應用。臺灣在 AI、大數據、及智慧製造方面具有競爭優勢，可有效提升製程效率、產品品質與成本控制能力，進而拓展國際市場。
2. **生物藥品與再生醫療的新興市場：**生物藥品、細胞藥物、核酸藥物及疫苗市場的快速成長，為臺灣產業升級與國際接軌提供重要契機。再生醫療及高附加值生技製劑，具備突破傳統市場限制、邁向國際領先者的潛力，臺灣可藉此打造全球競爭優勢。
3. **政策支持與國家資源投入:**「健康台灣政策」及 240 億元「藥物韌性整備計畫」提供充足的資金與研發環境支持，強化國內原料藥與關鍵製程之自主能力。政府持續推動產學研合作、研發成果轉化與創新製劑開發，為臺灣研發新藥及中醫藥產業創造長期發展空間。
4. **中醫藥現代化與國際化機：**世界衛生組織(WHO)將傳統醫學辨證納入第 11 版國際疾病分類編碼(ICD-11)，有助於中西醫整合，並推動中醫藥科學化發展。
5. **臨床資料與基因資源的獨特優勢:**健保資料庫、台灣 Biobank 基因資料庫及本土多樣性生物資源，可支援真實世界數據分析、臨床試驗與創新藥物研發。結合臨床資料、基因資訊及大數據分析能力，臺灣具備成為亞太區智慧醫療與精準醫療的重要研發中心之潛力。
6. **跨領域人才培育與產業整合：**臺灣長期培養兼具中西醫知識、

資訊科技與生醫專業之跨領域人才，有助於支持中醫藥與新藥研發的整合創新。

（四）威脅（ Threat）

臺灣製藥及中醫藥產業在國際競爭與本土發展的雙重壓力下，正面臨若干結構性威脅，其中以少子化所引發的人才危機及傳統醫藥研發面臨的國際競爭壓力最爲關鍵。

1. **少子化引發的人才危機**：少子化與人口老化已成為臺灣社會的長期趨勢，並直接衝擊製藥及中醫藥產業的人力供給。製藥領域所需之高階研發人才與臨床藥師正面臨斷層問題。隨著藥學系轉型為六年制，博士班報考人數顯著下降，導致碩、博士級人才培育量能不足；同時，藥學系畢業生傾向選擇就業於社區藥局，使碩、博士班招生更加困難，進一步加劇人才短缺問題。這一趨勢衍生出多項關鍵挑戰，包括：工業藥學及醫院藥學體系如何培養具備未來製藥產業所需核心技能的人才？當前高階人才短缺問題如何有效緩解與補充？學術界的藥學研究如何有效與工業藥學及臨床醫療場域形成實質連結並加以落實？以及，醫院臨床藥師如何提升投入研發與科學研究的誘因與意願？中醫藥產業同樣深受少子化影響。中醫藥研究高度仰賴兼具臨床經驗與科研能力的專業人才，然而，有意從事此研究的年輕中醫師逐年減少，對中醫藥人才培育與產業創新造成長期衝擊，中醫藥的世代傳承與產業永續發展承受極大壓力。
2. **傳統醫藥研發的國際競爭壓力**：在全球傳統醫藥研發領域中，中國的快速崛起已對臺灣構成直接競爭。中國將中醫藥發展定位為國家戰略，透過《中醫藥發展戰略規劃綱要》及「一帶一路」倡議，積極推動中醫藥的國際化與現代化。憑藉高度的政策支持、持續的資金投入與系統性的全球布局使中國在國際市場和標準制定方面具有優勢，包括成立國際中醫藥中心，拓展「一帶一路」沿線國家市場，並積極參與傳統醫藥國際標準之制定，與 WHO 及其他國際機構合作，提升中醫藥在全球醫療體系中的認可度。相比之下，臺灣雖擁有深厚的中醫藥文化與技術實力，但在政策支持、資金投入與國際布局方面相對有限，創新研發動能與全球市場連結不足，因而面臨國際競爭壓力與發展瓶頸。

少子化導致的人才斷層與國際市場競爭，共同構成臺灣製藥與中醫藥產業當前最迫切的結構性威脅。若未能及時建立有效的人才培育、深化產學研結合，並制定前瞻性的國際布局策略，臺灣在高附加值製藥、生物藥品及中醫藥創新領域的

競爭力恐將持續受限。政策制定者必須就人才培育、資金投入與國際合作布局等面向，採取長期且持續的支持措施，以確保產業穩健發展並強化整體國際競爭力。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

藥學與中醫藥學領域除持續深耕小分子化學藥物、天然藥物、中醫學、中藥學、針灸經絡及中醫診斷學等基礎研究外，亦亟需同步發展抗體藥物、生物製劑、細胞藥物、疫苗與核酸藥物等先進生物醫藥技術，並推動中醫藥之科學化與技術升級。如何能更有效率更系統性整合國際生物資訊資料庫、人工智慧、機器學習與健康大數據，作為提升藥物研發效率與醫療決策品質的核心基礎，並引導中醫藥朝向現代化、科學化與可量化評估的發展方向？或許透過 AI 驅動大數據的創新策略，不僅可強化臨床治療成效與醫療品質，亦有助於降低重複用藥與醫療資源浪費。未來學門發展之規劃重點如下：

(1) **以人工智慧(AI)進行藥物開發：**透過基因體數據、蛋白質體數據、臨床診斷資料及化學結構模擬，來篩選出具有潛力的分子標靶、優化分子設計與臨床試驗決策，提升研發成功率並降低開發成本。

(2) **發展精準醫學與精準用藥：**精準醫學與精準用藥的邏輯在於根據每位病人的基因資訊與用藥情形來進行診斷並擬定治療方式。結合基因體、與臨床資料，以藥物基因體學策略來提升治療效果與用藥安全，避免無效醫療與健保資源浪費。

(3) **真實世界數據與健保藥價政策：**運用真實世界數據評估藥品療效與成本效益，作為健保藥價與給付調整依據，以科學來輔助判定藥物的實際效益來提升決策透明度，確保醫療品質與健保財務永續。

(4) **投入新興製藥技術與高產值的製藥項目：**臺灣應該及早投入新興製藥領域，聚焦核酸藥物（如 mRNA 疫苗、RNA 干擾（RNAi））或再生醫療製劑(如免疫細胞與基因製劑)..等尖端製藥技術，強化製藥產業競爭力。

(5) **中醫診斷數位化：**運用醫學工程感測器與數位化技術，將中醫「望聞問切」診斷過程轉化為可收集的數據，構建中醫臨床診斷數據庫。結合人工智慧（AI）進行自動化判讀，實現中醫診斷的精準化與數位化，推動中醫診斷技術與現代科技的深度融合。

(6) **針灸混合實境定位：**運用混合實境技術（MR、VR、AR），將人體穴位與虛擬實境結合，實現經絡穴位的精準定位與臨床訓練。這一技術為自動化針灸和穴位按摩機器人的開發奠定了重要基礎。

(7) **中藥數據圖譜與 AI 的應用**：中藥擁有豐富的歷史文獻和臨床數據，除了傳統質量管控，運用化學圖譜結合 DNA 圖譜，結合人工智慧(AI)透過機器視覺與深度學習技術，自動識別中藥材的真偽與品質差異，以自然語言處理（NLP）技術對文獻進行系統化整理，挖掘中藥方劑、功效與適應症之間的關聯，構建中藥知識圖譜，為中藥的機理研究與新藥開發提供指引。並將 AI 技術結合分子建模與大數據分析，可加速中藥成分篩選與藥效評估，縮短中藥新藥開發的週期。

(8) **推動中醫及中西醫整合臨床實證研究**：推動常見疾病的中醫及中西醫整合臨床實證研究，追蹤病患的臨床結果、比較治療前後生活品質的差異，並建立標準診療指引，提供醫療專業人員明確的治療方針，提升病患的整體治療效果。

(9) **推動中醫藥健康照護創新療法研發**：鼓勵中醫藥科技發展與產業結合，推動新療效、新劑型、新複方中醫藥療法，並發展創新性中醫醫療器材及智慧化診療系統，提升中醫創新治療的效率和精準。

（一）短期推動策略：

1. **建立公正透明的審查機制**：建構兼顧基礎藥學、臨床藥學、中醫藥學、與 AI 製藥專業的初審與複審制度，確保審查委員具備相符之學術與技術背景，合理分配審查負荷，同時提醒審查委員務必提出具建設性的意見，並提升審查效率和品質。
2. **鼓勵跨領域與整合型研究計畫**：強化對多年期、跨領域整合型研究計畫的支持，特別鼓勵結合人工智慧、資料科學、精準醫療與中醫藥科學化之研究方向。同時擴增博士後研究人力，鼓勵學門之年輕學者出國進修。
3. **舉辦學術成果發表會與學門說明會**：每年定期舉辦學術成果發表會與審查說明會，邀請專家學者分享計畫撰寫要領與審查實務經驗，並鼓勵年輕學者參與計畫審查工作。透過成果發表與交流平台，促進跨領域對話與合作。同時，持續加強學術倫理宣導，強調避免掠奪性期刊投稿、抄襲與不當引用，確保研究成果之學術品質與公信力。
4. **推廣藥學博雅教育**：於各大學之藥學院系舉辦藥學博雅講座，結合藥學及中醫藥相關專業知識與人文素養，培養學生倫理、批判與跨領域能力，兼具科研創新與公共健康視野，促進醫藥學與社會責任、及產業的整合發展。

（二）中期推動策略：

隨著少子化加劇、藥學六年制設立及社區藥局待遇優渥，藥學博

士班學生人數顯著減少，中醫學系亦面臨類似狀況，多數畢業生傾向開業行醫而非投入研究。為避免人才斷層，政府應建立完善機制與激勵措施，包括強化藥學與中醫藥高等教育、以確保學術與產業持續發展。未來可考慮的策略如下：

1. **全面盤點全臺灣對於中醫師及臨床藥師與藥廠監製藥師的服務需求**，據此規劃高階製藥、臨床藥學以及中醫中藥領域的人才培育策略，確保學術與產業長期發展。
2. 建議**比照主治醫師於服務滿兩年後即可申請國科會計畫之制度**，研議開放六年制藥學系畢業生(p)於醫院服務一定年限後，得具有申請國科會研究計畫的資格，而無須另行取得碩士學位，以降低投入學術研究之制度門檻。此議題亦曾由張召集人於 2025 年全國公私立藥學院系院長暨系主任第 19 次會議（教育部全國藥學教育精進計畫）中提出，並建議由教育部就大學教師聘任相關法規進行進一步研議。
3. 建議透過國科會整合型**專案計畫，促進醫院藥劑部與各大藥學院系的學術合作**，採共同申請計畫的方式，提高藥師科研參與度，並推動更多高品質臨床研究，進而提升整體醫療體系效益。同時，將在職藥師及中醫師納入國科會獎學金申請資格，可有效提升職業人士進修意願，並減輕其經濟負擔。

（三）長期推動策略：

1. 隨著細胞治療、基因治療與再生醫療的快速發展，培育高階製藥專業人才已日益迫切。然而，無論在大專院校藥學教育或醫院臨床實務端，對藥廠監製藥師於新興製劑領域之專業角色與實質貢獻，仍缺乏充分認知與制度性支持，致使其專業潛能尚未獲得全面發揮。建議設立高等工業藥學專才培育班，延攬產官學研專家學者授課，並結合實習機制，使學員得以實際參與製藥產業流程；同時調整考試與人才培育制度，鼓勵業界人員持續進修並投入國科會產學合作研究計畫，以強化新興製藥領域的人才基礎。
2. 醫院人力結構規劃仍有不足，特別是在藥師人力配置方面，沉重的工作負擔不僅影響整體工作效率，也加劇人力壓力，進而削弱藥師參與國科會研究計畫的機會，影響藥師投入臨床研究的積極性。未來應該建立支持藥師參與國科會及臨床研究計畫的制度性配套，包括研究時數認列、人力替代與行政支援及獎金鼓勵機制，並建立制度來有系統的培育 PharmD-PhD 人才。
3. 醫院臨床藥學相關研究、藥物法規科學及學名藥製程開發等領域，因研究屬性與現行評估指標限制，往往較難獲得充足

資源挹注。然而，此類研究對於提升國家製藥品質、確保用藥安全、強化國家一要韌性具有關鍵意義，未來亟需透過策略性規劃與制度性支持，以確保其持續發展與應用價值。

4. 培育中醫師科學家是推動中醫藥現代化與國際化的重要基石。這類人才應具備紮實的中醫理論基礎和現代科學素養，能將中醫的「辨證論治」理念與科學研究方法有機結合，深入開展中醫藥的機理探究與臨床實證。通過 MD-PhD 雙軌培訓計畫，可系統化提升其在生物醫學、人工智慧與數據分析等領域的跨學科能力，加速中醫藥的創新研究與臨床轉化，從而為中醫藥的全球化與現代化提供強有力的支持。

**預期效益：**

國科會學門最重要的工作就是建立公正透明且具專業的審查機制，以確保研究資源配置的公平性與學術品質。尤其確保審查委員擁有相呼應之**學術與技術背景**，制度上需合理分配審查負荷，**避免單一委員承擔過多案件**，並提醒委員在審查過程中務必提出具建設性意見，促使計畫書能在學術與實務應用上均有所提升。期提升審查效率，及確保審查的公正性。

因應「健康台灣」國家政策，學門建議在政府已通過的「國家藥物韌性整備計畫」基礎上，持續深化人工智慧驅動製藥..等相關產學合作計畫。該計畫預計於 2026 至 2029 年間投入 240 億元，以強化本土藥物自製能力與供應鏈韌性，目標包括提升原料藥國產比率、扶植學名藥發展及建立國家級儲備物流中心，並透過修法、租稅優惠與專項基金支援，確保關鍵藥品在疫情或地緣政治衝擊下供應不中斷。為進一步提升臺灣製藥領域的國際競爭力，學門應持續鼓勵跨領域整合型研究計畫，特別是應用人工智慧、基因體與多體學大數據、生物資訊及真實世界健康資料庫等研究方向，確保臺灣在生技製藥與中醫藥領域的長期發展與國際影響力。

少子化衝擊與藥學六年制帶來的人才結構挑戰，學門需凝聚藥學與中醫藥界共識，建立前瞻且持續的人才培育體系，系統化培養中醫師科學家(MD/PhD)與高階藥學(PharmD/PhD)研究人才，從基礎訓練、臨床實務到高階研究全程支持，鼓勵結合醫院臨床經驗、實驗室基礎研究與數據科學領域，推動新興製藥科技及中醫藥實證化，避免人才斷層，確保障產業持續發展。除此之外，2025 年，學門於各大學藥學院開始應舉辦藥學博雅講座，結合專業知識與人文素養，培養學生倫理、批判與跨域能力，並同步加強學術倫理教育，防範學術抄襲等不端行為，強化新興醫療與人工智慧，培育具跨域能力的未來科研人才。

在製藥科技、精準診斷與數據醫療快速演進的背景下，臺灣的生技製藥與中醫藥產業正面臨結構轉型與挑戰。要在全球醫藥市場中保持競

爭力，必須推動跨領域科技整合，將人工智慧（AI）、基因體與多體學大數據、真實世界資料、細胞治療、基因治療及再生醫療等先進技術納入學術研究的重點方向，並加速創新成果從實驗室到臨床應用的轉譯速度，實現科學化與產業化的雙重價值。

國際合作是產業升級的核心策略。透過與全球藥廠、頂尖學術單位及資料聯盟的合作，臺灣能整合技術、資源與市場，吸引國際投資及高階人才，提升研發效能與產業附加價值。同時，中醫藥產業鏈需全面優化，涵蓋藥材栽培、天然藥物萃取、科學化製造及臨床實證，並結合現代生物醫學與數據分析，打造具國際競爭力且特色鮮明的醫療產業模式。

從長遠角度看，提升國家醫藥科技水平、保障健保財務可持續性、維護民眾健康，應成為藥學與中醫藥領域的核心使命。透過尖端技術導入、真實世界證據應用、跨領域人才培育以及產學研協同合作，臺灣將能強化製藥創新能力、優化醫療成本結構，實現醫藥科技創新與社會公共衛生的融合。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 國立成功大學藥學系賴嘉鎮教授執行「建立真實世界數據因果推論分析開放共享平台（OCEAN 計畫）」計畫，利用 sequential trial 研究設計方法，探討孕期 benzodiazepine 用藥與早產、胎兒生長受限之因果關係。研究以台灣健保資料建立孕程 0–36 週之序列資料，並將流產/死產視為競爭事件納入分析。結果顯示，不同孕期暴露下，與早產及小於胎齡的風險關聯可被量化比較，並能在控制偏差後提供更清晰的臨床解讀，建立孕婦族群的用藥安全證據，相關研究登上《JAMA Internal Medicine》(IF:23.3)，篇名「Benzodiazepine Use in Pregnancy and the Risk of Pregnancy Outcomes」。

(2) 國立成功大學藥學系賴嘉鎮教授執行「建立真實世界數據因果推論分析開放共享平台（OCEAN 計畫）」計畫，利用病例交叉（case-crossover）、case-time-control、case-case-time-control 等研究設計方法，探討短期抗膽鹼負荷上升與院外心跳停止（OHCA）風險之關聯性；研究以自我對照的方式比較同一人在事件前 30 天與較早的對照期間的抗膽鹼負荷，降低個體固定混雜影響。結果顯示，抗膽鹼負荷在事件前短期上升與 OHCA 風險增加相關，且負荷分數越高風險越高，建立中高齡族群的用藥安全

警訊與臨床決策依據，相關研究登上《European Heart Journal》(IF:35.6)，篇名「Transient anticholinergic burden and out-of-hospital cardiac arrest: a case-crossover study」。

(3) 中研院農業生物科技研究中心楊玉良副研究員團隊結合生物化學與合成生物學闡明共軛多炔類的生合成網路並建立其生產系統。研究解析細菌多炔多樣性與生合成機制，建立以前驅物流控制與酵素模組為核心之永續生合成平台，成功提升產量與結構多樣性。成果奠定抗藥性病原與生物防治新分子來源基礎，並獲《Natural Product Reports》封面肯定，展現國際影響力。111-2628-B-001-014-MY3

(4) 國立陽明交通大學生命科學系蔡亭芬教授與傳統醫藥研究所傅淑玲教授率領的跨校研究團隊，找出柑橘萃取物「橙皮素（Hesperetin）」能有效緩解化療藥物 doxorubicin 的心臟毒性，同時不影響抗癌療效。研究團隊發現，doxorubicin 會抑制 CISD2 表現，導致心臟電機械功能障礙；相對地，透過基因過度表現或以天然化合物橙皮素作為 CISD2 活化劑，可顯著改善心臟功能並減輕心臟毒性，且不影響 doxorubicin 的抗癌療效。此保護效應亦在人體 iPSC 衍生心肌細胞中獲得驗證，顯示 CISD2 及其活化劑 hesperetin 具高度臨床轉譯潛力，為降低化療心臟毒性提供嶄新且可行的治療策略。該成果已刊登於國際期刊《Redox Biology》。MOST 108-2320-B-010-010, MOST 109-2320-B-010-044, MOST 110-2320-B-A49A-537

(5) 台北醫學大學藥學系謝尚逸教授團隊利用 n+2 醣基化方法合成多種細菌 PNAG 多醣，並透過醣晶片篩選出 40% 乙醯化的 dPNAG DP8 作為最具潛力的候選疫苗，能誘發強烈的 IgG 反應，並對主要院內病原菌提供穩定且有效的保護。該成果已刊登於國際期刊《Nature Communications》。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

(1) 高雄醫學大學天然藥物研究所張芳榮教授團隊整合農業科學、天然物化學、代謝醫學與臨床醫學等跨領域專家，開發出香椿超臨界流體萃取物（TS-SCF）。TS-SCF 針對代謝症候群、心血管疾病與非酒精性脂肪性肝病（NAFLD）展現出具國際競爭力的潛在療效，可望用於改善第二型糖尿病、降低脂肪肝、心臟保護與整體代謝

之調節，並透過全球智慧財產權與國際法規布局，進軍國際市場。111~113-2321-B-037

(2) 國立成功大學張惠華教授研究團隊，建立基因風險與臨床資料整合平台，提供國內生技公司與 AI 醫療新創團隊作為疾病預測與臨床試驗設計依據，與產業洽談應用於藥物反應預測與生物標誌物開發合作，推進 AI 輔助臨床決策模型。研究團隊成果於 28th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI-2025) 發表「A Trustworthy Medication AI Clinician by Multi-aspect Retrieval-Augmented Generators」，展示 AI 在藥物安全與決策中的創新應用。111-2628-B-006-010-MY3

(3) 中國醫藥大學中醫學系林昭庚教授、高尚德教授、與醫學工程學院生物醫學工程學系謝明佑副教授、醫學院醫學系周德陽教授團隊，開發新穎胞外囊泡結合中藥成分薑黃素，輸送到腦部為環境調控溶小體、粒腺體與微小膠細胞，成功治療巴金森氏症，成果發表在國際期刊與《Journal of Nanotechnology》，在技術上開創中藥研發新技術，並技轉中國醫藥大學衍生公司。NSTC 114-2320-B-039-078

3. 經濟效益（經濟產業促進）

(1) 中央研究院農業生物科技研究中心吳岱娜助研究員團隊發現昭和草衍生醣脂可透過活化樹突狀細胞及自然殺手 T 細胞 (natural killer T, NKT) 來對抗三陰性乳癌生長，為第一篇探討植物衍生醣脂在三陰性乳癌腫瘤小鼠透過免疫調節來抗癌的研究。此篇研究在去年中研院舉辦的 FCNMH 國際會議中，榮獲壁報獎的殊榮。昭和草衍生醣脂在對抗三陰性乳癌的抗癌功效已經申請專利，並技轉給中美生技公司。111-2320-B-001-012-MY3

(2) 國家衛生研究院生技與藥物研究所鄒倫團隊研發 DBPR376 為促黃體激素釋放激素胜肽衍生物作為追蹤的小分子彈導，可有效的將藥物 (DM1) 傳輸至腫瘤細胞處，提升抗腫瘤藥效並減少藥劑量，降低抗癌藥物的副作用。在動物毒理及藥物動力學中表現出良好的效果及安全性，將傳統化療藥物轉變成具有高安全性、低毒性以及高選擇性特色的新型式化療藥物，以三陰性乳癌、卵巢癌與子宮頸癌做為疾病標的。國衛院於 2025 年 1 月與安邦生技股份有限公司完成 DBPR376 之技術移轉。111-2320-B-400-017-MY3

(3) 中國醫藥大學醫學院生物醫學研究所洪明奇教授與中醫學院中醫學系林昭庚教授、黃升騰教授、學士後中醫學系歐世宸助理教授等研究團隊所研發之「中醫大抗冠方劑」（Kang Guan Recipe, KGR），具顯著抑制與治療 SARS-CoV-2 及多種呼吸道相關疾病之潛力，完成專利技術移轉，並於新加坡成立衍生公司「正曜生技有限公司（SinoWell Global Health Pte. Ltd.）」，進軍國際醫學市場。

(4) 中國醫藥大學中醫學院中西醫結合研究所王陸海教授研究團隊開發並評估一項由十七種中藥與食材組成的複方配方 HBK。HBK 富含β-葡聚糖、類黃酮與多酚等具免疫調節與抗氧化活性的成分，在小鼠肺癌模型中可顯著抑制腫瘤生長與肺部轉移，同時提升超氧歧化酶與穀胱甘肽過氧化酶等抗氧化酶活性，並增加 IL-12、IL-2、IFN-γ 等關鍵抗腫瘤細胞激素，顯示其在癌症輔助治療與整合醫學中的重要臨床轉譯潛力。成果發表於國際期刊《Phytomedicine》，並成功技轉「維麗康生技」公司。

(5) 台北醫學大學潘秀玲教授與許凱程教授共同創立誠昱生技公司，打造整合「AI 快速合成－實驗驗證－資料回饋」的創新平台，目前平台已產出數百個具實驗驗證的新穎抑制劑，其中近 30 項進入細胞、動物及類器官階段，展現 AI 新藥研發的潛能。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

(1) 高雄醫學大學天然藥物研究所張芳榮教授獲選匈牙利「國家科學家培育學院」（National Academy of Scientist Education, NASE）所設置之國際級榮譽職銜「Szent-Györgyi International Mentor」，肯定其於國際學術界之重要地位。

(2) 中國醫藥大學中醫學院中醫學系顏宏融教授帶領師生團隊以「中西醫整合優質照護，續航守護兒童與青少年健康」結合科技創新，將中西醫整合的健康知識帶入社區與校園，守護兒少健康。榮獲 2025 年台灣永續行動獎（TSAA）銅獎（SDG4 類別）。其在推動台灣中醫藥與國際合作的貢獻，並在「第 21 屆國際東洋醫學學術大會」獲頒「深耕東洋健康台灣獎」。

(3) 國立成功大學賴嘉鎮教授執行「建立真實世界數據因果推論分析開放共享平台（OCEAN 計畫）」計畫，長期推動真實世界數據方法學與國際交流。國際藥物流行病學

會(ISPE)目前擁有約 3,170 名會員，來自 68 個國家。今年輪到「亞太地區 × 學術界」。與澳洲 Gillian Caughey 教授、日本 Hisashi Urushihara 教授共同角逐並有幸當選會士。未來將代表台灣與亞太學界在 ISPE 持續發聲，促進區域合作。

（二）個別計畫代表性成果

1. 臺北醫學大學生藥學研究所賴奎宏副教授，其計畫名稱應用化學分子網絡策略建立中藥之抗炎代謝組成資料庫(計畫編號為 111-2320-B-038-040-MY3)，建立「中藥代謝物活性分子網絡分析平台」,首次以系統性代謝體學方法揭示不同藥性(寒、熱、溫、涼)中藥之化學組成與藥理活性間的關聯。以現代分子層面詮釋「藥性」概念，為中醫藥理論現代化提供可量化的科學依據。研究成果可協助中藥製劑優化及新藥研發，提高臨床用藥安全性與精準性。
2. 國立臺灣大學醫學院藥學系暨研究所楊家榮教授，其計畫名稱新穎性第八型週期蛋白依賴性激酶抑制劑先導化合物開發及探討對肺纖維化應用之研究(計畫編號為 111-2320-B-002-046-MY3)，研究一種新型且具高效力的 CDK8 抑制劑(F059-1017-45485, IC50 16 nM)可顯著抑制 TGF-β1 誘導的類間質與纖維化蛋白變化。毒理學評估結果顯示 F059-1017-45485 的給予不會造成肝臟、腎臟、心臟或基因毒性，展現出良好的安全性概況，在治療 Idiopathic Pulmonary Fibrosis 具有潛力。
3. 長庚科技大學健康產業科技研究所黃聰龍教授，其計畫名稱研究和開發 cAMP 提升劑治療嗜中性白血球發炎疾病(計畫編號為 111-2320-B-255-006-MY3)，本研究發現 4-(2-苯基吡唑並[1,5-a]吡啶-7-基)苯甲腈(WHC14)是一種非選擇性磷酸二酯酶(PDE)抑制劑。WHC14 具有廣泛的 PDE 抑制活性，並透過增強 cAMP-PKA 訊號路徑來降低嗜中性球的發炎反應。WHC14 與 formoterol 合併使用可產生協同治療作用，證實雙重 cAMP 標靶治療 Acute Respiratory Distress Syndrome 的可行性。
4. 國立陽明交通大學中醫學系盧美光教授，其計畫名稱牛樟芝硫化多醣體的生產、化學輪廓分析、片段化及抗發炎、抗癌活性研究(計畫編號為 111-2320-B-A49-044-MY3)，研究其抗癌機轉，SPSs 誘導凋亡相關蛋白的產生,如 CHO、cleaved caspase 7、cleaved caspase 8 和 cleaved caspase 9,從而抑制 H1975 細胞增殖。pAKT 的抑制也參與了 SPSs 對 H1975 細

胞的增生抑制作用。研究結果顯示 Fer. N50 和 Fer. K1 具有作為抗肺癌功能性食品的潛力,Fer. Control 還具有預防發炎的功效。

5. 台北醫學大學藥學系張偉嶠教授，其計畫名稱腎移植抗體媒介排斥治療新契機：以免疫新法探索治病機制與發病風險－藥物基因體研究(計畫編號為 112-2320-B-038-026-MY3)，以全基因定序及免疫基因定序技術，研究臺灣族群之慢性腎病變及免疫球蛋白 A 腎病變，發現臺灣族群之特有稀少變異基因位點於 PEX1, GANAB, DYNC2H1,及 PROKR2。此外，在 59,448 名臺灣族群中亦發現：HLA-DQA103、HLA-DQB103:03、HLA-DQB103:03:02、HLA-C 與 HLA-DRB1 上的胺基酸變異位點與腎小球過濾率（eGFR）高度相關。高通量免疫受體定序技術則發現 TRBV6-4 在 IgAN 患者中之 T 細胞受體使用率明顯著升高，並鑑別出與 IgAN 患者高度相關的 IgAN-associated lambda light chain (分別發表於:J Biomed Sci. 2025; Int Immunopharmacol. 2025; HLA. 2025; Biomark Res. 2024)。

## 七、 檢討與展望

隨著全球醫療科技的進步與醫療需求的迫切，加上國家生技製藥政策與國際藥物研發潮流的推波助瀾之下，藥學及中醫藥學領域的科學發展也有著顯著的進步。這些領域的進步不僅體現在研究申請數量的逐年增加，也體現在學術研究質量、新藥技轉的比例及的頂尖學術論文數量上。然而，臺灣在製藥科學領域仍然面臨多重挑戰。首先，市場規模較小，國際競爭力不足，儘管生技製藥產業快速發展，專才需求增長，尤其是在新興製藥技術如:與生物製劑、細胞藥物與核酸藥物的研發方面，高階製藥人才明顯不足。其次，中西藥領域中，中藥的科學濃縮製劑遭遇法規與市場的支持不夠，而西藥在生物藥品、細胞藥物等新型藥物開發技術方面仍有提升空間。在國際市場上，面對國際製藥大廠的激烈競爭，臺灣在製藥法規上必須快速地與國際標準接軌。

再者，少子化問題及藥學學制的改變，學生就讀碩博士班的意願下降，大多選擇穩定的社區藥局工作，這對製藥產業造成了高階研發人才短缺，這些因素綜合影響臺灣製藥的國際競爭力，亟需解決人才與技術提升的問題。在中醫藥領域，儘管其國際地位逐步提升，也是仍面臨著人力不足的挑戰。未來，學界將特別專注於中醫藥的科學化與實證研究，並積極推動中西醫結合，進一步整合中西醫資源，提升醫療服務的品質及其在全球醫療保健市場的競爭力。

在大數據與精準醫療的浪潮下，如今的製藥思維與傳統製藥流程

的最大差異在於，更積極地應用基因數據或是真實數據來提升藥物的療效，減少不良反應與副作用，增強病人的服藥順從性，並使藥物製程更為簡捷高效。為達成這些目標，AI 人工智慧、基因編輯、單細胞基因體定序已經大幅地進入藥物研發過程，這不僅加速藥物的研發效率，對於精準醫療的實踐及提升整體醫療服務水準具有重要意義。

疫情後，全球藥品供應鏈面臨重大挑戰，嚴重缺藥問題對製藥行業影響深遠。原料藥的供應受限暴露出依賴進口的結構性弱點，影響藥品生產與市場供應的國安危機，也因此生技製藥被視為具有戰略價值的關鍵產業。2025 年美國川普總統於上台，其「美國優先」政策將大幅提高美國製藥業的生產能力，減少對外國藥品依賴。貿易保守主義興起與美中貿易戰再起，使得製藥供應鏈的自主性與安全性成為各國關注焦點，國際製藥公司紛紛尋求多元化的生產基地。對臺灣而言，如何在有限資源下平衡自主生產與進口原料藥的依賴，仍是未來的挑戰與機會。

藥學及中醫藥學領域未來將持續向著精準醫療、高度科技化與國際化的方向發展。強化學術界對於製藥領域的科研投入，能推動新藥研發和技術創新，更有效結合學術研究與實際應用，加速科研成果的商品化轉譯。此外，高階藥學及中醫人才的培育是最重要的，唯有更積極地培育高階生技醫藥人才，才可以確保未來製藥產業的穩定發展與國際競爭力，這也是臺灣面臨國際生技藥廠競爭的唯一解藥。

**附錄 (學門活動)**

（一）「繼往開來—中醫藥與天然藥物的挑戰、機遇與未來」第 40 屆天然藥物研討會、第 25 屆台灣自由基學會學術研討會、2025 台灣傳統暨替代醫學協會學術研討會、第 1 屆台灣中藥學會學術研討會聯合會暨「國科會生科處藥學及中醫藥學學門成果發表會」:本次「繼往開來—中醫藥與天然藥物的挑戰、機遇與未來」聯合研討會，於 114 年 10 月 24 日至 10 月 26 日假中國醫藥大學水湳校區卓越大樓 B2 國際會議廳盛大舉行。會議由中國醫藥大學、長庚科技大學，聯合台灣天然藥物學會、台灣自由基學會、台灣傳統暨替代醫學協會、台灣中藥學會及國家科學及技術委員會共同主辦，並結合國科會生科處藥學及中醫藥學學門成果發表會，為歷年規模最大之相關學術盛會。本屆研討會亦獲得衛生福利部、國家中醫藥研究所、國家衛生研究院生技與藥物研究所合辦支持，並由國際重要學術組織 Society for Medicinal Plant and Natural Product Research (GA) 及 International Society for Ethnopharmacology (ISE) 共同掛名，為台灣在傳統醫藥與天然藥物領域邁向國際的重要里程碑。

本次會議共吸引超過 600 名來自國內外之專家學者、臨床醫師、研究人員及師生報名參與，充分展現臺灣於天然物、中醫藥與生醫科技領域的深厚研究能量與高度國際能見度。國際學術組織的共同掛名與多位海外學者的參與，顯著提升台灣在全球天然藥物與民族藥理研究社群中的學術影響力。本屆研討會以“Advancing Tradition and Innovation: Challenges, Opportunities, and Prospects in Chinese Medicine and Natural Products” 為主軸，共規劃 29 場專題演講，內容涵蓋：天然物化學與藥理學、中醫藥研發與臨床應用、民族藥理學與藥用植物研究、自由基與氧化壓力相關研究、生醫科技、奈米醫學、AI 與新藥開發等前瞻議題，充分展現藥學及中醫藥學學門跨領域整合與基礎至臨床的雙向交流。

本次研討會在 2025 年 10 月 24 日由國科會藥學及中醫藥學學門成果發表會揭開序幕，邀請國科會生科處藥學及中醫藥學學門召集人、臺北醫學大學藥學院院長張偉嶠教授，介紹學門業務推動方向及其在藥物基因體研究領域之最新進展。並由學門推薦之吳大猷先生紀念獎得主臺北醫學大學賴奎宏副教授發表以代謝體分析與化學結構檢視中醫寒、熱性與其在循環與發炎疾病中的療效關聯，會議中並由國內頂尖學者發表海洋天然物、發炎與免疫調控、藥用植物品質管制與標準化等重要研究成果。

第二日為四大學會主軸活動，三個會場同步進行，邀請國際講者分享天然物藥物開發、藥典與法規標準、氣候變遷下藥用植物的永續議題，以及奈米載體於癌症與基因治療之應用。國內學者則從藥物基因體學、中醫藥臨床整合、自由基醫學與神經退化疾病

新療法等面向，建立研究與臨床應用之緊密連結。第三日舉辦壁報口頭報告競賽，為本屆重要亮點。共有 89 位年輕學者與學生參與 90 秒短講競賽，展現其資訊統整、科學表達與溝通能力，亦為青年研究人才提供於大型國際會議中磨練簡報實力的重要舞台。另安排多場專題演講，涵蓋南非藥用植物於美容醫學與免疫調節之應用、植物外泌體樣奈米囊泡於肥胖治療的潛力，以及中藥藥品安全與不良反應監測制度，拓展國際視野並強化臨床實務連結，有效提升台灣於國際天然物與中醫藥研究領域之曝光度與影響力。

「國科會生科處藥學及中醫藥學學門成果發表會」與會者合影

國科會生科處藥學及中醫藥學學門召集人張偉嶠教授介紹學門發展策略與推動規劃

國家衛生研究院鄒倫副研究員-專題演講

臺北醫學大學賴奎宏副教授-專題演講

本屆研討會共計發表 214 篇壁報論文，無論投稿數量或研究品質皆超乎預期，顯示台灣於天然藥物與中醫藥相關領域之研究蓬勃發展。大會依五大類別評選前三名及佳作，透過獎金與公開表揚，鼓勵並肯定青年研究者的努力與創新，透過國內外合作網絡擴展，促成後續研究交流與跨國共同計畫之可能，並推動傳統醫學現代化，議題呼應精準醫療、永續發展與天然物新藥研發之全球趨勢。本次聯合研討會成功整合四大學會與國科會成果發表會，不僅促進國內外學術交流與研究成果展示，更充分呈現台灣於天然物研究、中醫藥發展與生醫科技之跨域實力。會議成果除彰顯台灣學術界的厚實基礎與創新動能，亦為未來天然藥物與中醫藥研究奠定更為穩固之國際競爭力與合作基石。

（二） 辦理「血液、腫瘤、免疫及感染醫學學門」與「藥學及中醫藥學學門」聯合成果發表會 (林口長庚醫院國際會議中心; 2025 年 8 月 9 日)

本次「藥學及中醫藥學學門」與「血液、腫瘤、免疫及感染醫學學門」聯合成果發表會，於 2025 年 8 月 9 日假林口長庚醫院國際會議中心舉行。本活動為「藥學及中醫藥學學門」年度重要學術交流活動之一，透過與相關醫學學門共同辦理成果發表會，提供本學門研究人員跨領域交流與成果分享的平台，進一步促進藥學研究與臨床應用之連結。

本次成果發表會由林口長庚醫院皮膚科、臺北醫學大學藥學院及國家科學及技術委員會共同主辦。「藥學及中醫藥學學門」由張偉嶠教授擔任召集人，顏宏融教授擔任共同召集人。

在活動規劃上，「藥學及中醫藥學學門」特別著重於呈現藥學相關研究與臨床實務的互動面向，並鼓勵不同研究背景之學者參與討論。透過本次聯合成果發表會，本學門研究人員得以與醫學相關領域專家進行意見交流，增進對臨床需求與研究趨勢的理解，並有助於未來研究方向的規劃與跨領域合作。本次成果發表會邀請多位國內專家學者進行專題演講，議題涵蓋藥物研發、藥物作用機制、免疫與感染相關藥物研究、藥物安全性與臨床應用，以及新興科技於藥學研究之應用等面向。活動期間，與會人員透過演講與綜合討論，進行充分交流與意見分享，提升學術互動之深度與廣度。

本次成果發表會由張偉嶠教授與「血液、腫瘤、免疫及感染醫學學門」召集人共同主持，各場次順利進行，現場討論踴躍，展現良好之學術交流氛圍。整體而言，本次聯合成果發表會圓滿完成各項議程，達成促進學門交流與強化跨領域互動之預期目標。

國科會"血液,腫瘤,免疫及感染醫學"
與"藥學及中醫藥學"學門
2025年成果發表醫學研究會議

透過本次活動，「藥學及中醫藥學學門」有效參與跨學門學術交流平台，並深化與相關醫學學門之互動連結。未來亦將持續規劃類似學術交流活動，為本學門研究人員提供更多交流與合作機會。

（三） 辦理藥學及中醫藥學門推動座談會

今年度辦理藥學及中醫藥學門推動座談會共計2場，分別於: 2025年台灣藥物基因體學會年會暨研討會(於國立成功大學; 2025 年 11 月 1 日)、及第七屆台灣藥學聯合學術研討會 (於國防醫學大學; 2025 年 11 月 23 日)。

（四） 參加第 23 屆亞太腎臟醫學會議暨台灣腎臟醫學會-114 年度會員大會學術演講會，並發表演講並介紹國科會的任務與組織架構 (2025 年 12 月 7 日)

（五） 張召集人參加並協辦教育部全國藥學教育精進計畫之 2025 年全國公私立藥學院系院長暨系主任第 19 次會議中提出：現行辦法下，教學醫院內擔任主治醫師滿二年者，即具備申請國科會補助專題研究計畫主持人資格。對於六年制 Pharm D 之醫院藥師，建議應比照之，擔任臨床醫師一定年限之後，可以具備申請國科會補助專題研究計畫主持人資格，建議教育部就教師聘任相關法規進行進一步研議。)

（六） 接受台灣生技媒體基因線上(geneonline)、醫藥新聞週刊及參加 2025 年三月之立法院台灣韌性醫藥整備計畫公聽會，談國科會投入 AI 製藥結合大數據與電腦模擬蛋白質結構，加速藥物設計與開發；同時強化學名藥綠色製程，導入低溶劑、節能減碳與自動化生產，兼顧效率、法規、環保與永續，提升產業競爭力。

（七）補助台灣藥學院校舉辦藥學博雅講座，參與學校如下：

1. 國防醫學大學藥學院（2025 年 9 月 10 日及 2025 年 9 月 24 日）

國防醫學大學藥學系辦理兩場藥學博雅講座，聚焦人工智慧在藥學與生醫領域的應用。第一場由**劉昕技術長**介紹 AI 輔助新藥開發的產業經驗；第二場由**李宗夷教授**分享 AI 於生物大數據、臨床檢測與藥物開發的應用趨勢。兩場講座協助師生掌握前沿科技並拓展跨域視野。

2. 中國醫藥大學藥學院（2025 年 10 月 7 日及 2025 年 11 月 5 日）

中國醫藥大學藥學院辦理兩場藥學博雅講座，主題涵蓋醫療 AI 與學術倫理。第一場由**郭萬祐醫師**講授人工智慧在臨床診斷及醫療流程中的應用與趨勢；第二場由**孫以瀚教授**分享研究倫理與學術規範的重要性。兩場講座協助師生掌握科技發展與倫理要求，強化跨域視野與專業素養。

3. 慈濟大學藥學系（2025 年 10 月 2 日及 2025 年 10 月 30 日）
慈濟大學藥學系辦理兩場藥學博雅講座，主題涵蓋人工智慧與研究倫理。第一場由國立成功大學**賴明德教授**主講，分享 AI 於生活與藥學領域的應用，強調跨域能力的重要性。第二場由**劉岱瑋醫師與王健興醫師**講授研究倫理沿革與 IRB 審查實務，提升學生對受試者保護與研究規範的認識，強化專業素養。

4. 國立陽明交通大學藥物科學院（2025 年 9 月 16 日、2025 年 10 月 7 日、2025 年 10 月 30 日）
國立陽明交通大學藥物科學院辦理三場藥學博雅講座，主題涵蓋癌症治療、新陳代謝疾病及藥政法規等前沿議題。第一場邀請 **Dr. Wen Jiang** 與 **Dr. Patricia Kim Phuong Nguyen**，分別以「Engineering approaches to treat cancer and other human diseases」及「Disease modifying therapies for atherosclerosis」探討工程與藥物介入於重大疾病治療的最新進展。第二場由**馬新亮教授**主講「Targeting Adipocytes to Combat Metabolic Cardiovascular Disease」，介紹脂肪細胞作為代謝性心血管疾病治療靶點之轉譯研究策略。第三場則由**林上景副研究員**、**劉佳萍簡任技正**與 Prof. Eunjoo Pacifici 共同分享「藥品及醫材法規之現況與未來發展」，協助與會者掌握法規科學與產業趨勢。三場講座有效提升師生對跨領域藥學研究與法規發展的理解。

5. 高雄醫學大學藥學系（2025 年 10 月 1 日及 2025 年 11 月 12 日）

高雄醫學大學藥學系舉辦兩場藥學博雅講座，邀請**杜英齊副總經理**與**賴俐安教授**主講。第一場以「從疫情到 AI：新藥研發的下一步」為題，探討新藥研發的前沿趨勢與科技應用；第二場以「邁向全球卓越：以藥學專業能力為導向的教學理論應用與學習評量體系建構」為題，分享藥學教育理念與評量方法。兩場講座協助師生掌握產學發展及教育創新趨勢，提升專業視野。

6. 嘉南藥理大學藥學系（2025 年 10 月 7 日及 2025 年 11 月 5 日）

嘉南藥理大學藥學系舉辦兩場藥學博雅講座，邀請**雷雅淇**講者與**周綸音博士**主講。第一場「科學傳播『淇』思妙想」分享科學傳播實務、AI 時代資訊辨識及女性科學家議題；第二場「學術誠信與再生醫療倫理議題探討」則聚焦再生醫療倫理、法規與臨床實務，協助師生理解學術誠信與前沿醫藥科技應用，提升跨領域視野與專業素養。

7. 大仁科技大學藥學系暨研究所（2025 年 11 月 12 日）

大仁科技大學藥學系暨研究所舉辦「AI 時代的藥物研發與臨床新趨勢」藥學博雅講座，邀請**陳崇鈺教授、顏嘉宏教授及吳育澤教授**主講。講座聚焦人工智慧在藥物研發與臨床應用的最新趨勢，透過智慧藥學工作坊形式，協助師生掌握前沿技術與實務應用，提升藥學教育與跨領域專業視野。

8. 國立成功大學藥學系暨臨床藥學與藥物科學研究所（2025 年 10 月 17 日及 2025 年 11 月 10 日）

國立成功大學藥學系暨臨床藥學與藥物科學研究所舉辦兩場藥學博雅講座，邀請**黃金鼎教授**與**曾宇鳳教授**主講。第一場探討藥學專業於臨床執業意外的應用，第二場則聚焦人工智慧在藥物發現與開發的應用與前景，協助師生掌握臨床實務與科技創新趨勢，提升跨領域專業視野。

# 食品與營養保健學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：許瑞芬

## 一、 前言

114 年度食品營養保健學門推動跨域研究，倡議精準營養 4.0，乃統合大數據於**農學基因組學(Agrigenomics)**，**食品組體學(Foodomics)**，營養基因體學(Nutrigenomics)，營養蛋白質體學(Nutriproteomics)，及營養代謝質體學(Nutrimetabolomics)，營養微菌體學(nutrimicrobiome)，研究膳食飲食型態、飲食行為、天然食物攝取量與膳食補充劑分子成分個別化差異性，如何影響人類健康，從而深入理解食物與人體複雜交互作用，探討預防慢性疾病與協同治療疾病的精準食品營養介入之保健策略。當代食品科學與營養保健研究，更受到多元種族支系所產生的基因組型多樣化，族群之體位，生活與飲食型態變遷，影響對慢性疾病的敏感度；多元社會經濟發展及全球動盪之糧農政策影響食物可獲性、流通性與安全性，重重挑戰個人對必須營養素攝取與選擇功能性食品的保健需要量，與面臨老化相關慢性疾病的威脅。

全球老化人口結構改變，臺灣於 2025 年即將邁向超高齡社會，營養失調(營養不足與營養過剩)是老化相關之國人前十大死因慢性疾病(癌症，腦心血管疾病，糖尿病，肝病變，阿茲海默症，腎臟病，肥胖等)最重要的風險因子，不僅威脅長者健康，同時疾病年輕化趨勢，彰顯全齡營養失衡問題之嚴重性。由於孕乳婦/嬰幼兒期，兒童/青少年期，成人/老年期，超高齡期對營養需求之差異性，產生多樣態營養失衡與慢性疾病問題。如何建立全齡段保健食品營養基準值，精準營養生化評估，對應食品安全及食品營養標示法規，研發改善全齡營養失衡問題之功能性且安全性保健食品，建立全齡段營養保健，食品安全與健康促進之公共衛生營養保健策略，引導業界研發精準全齡營養介入預防與偕同治療疾病之醫用食品，功能性食品，機能性保健食品及膳食補充品，解決全齡營養失調問題。

當代食品營養保健品研發，更需考慮個人基因組型多樣化，族群體位、生活與飲食型態變遷影響功效評估之精準度。立基於基因體解碼與創新數位科技建立，導入人工智慧科技分析基因體、基因轉錄表現體、蛋白質體、代謝質體與微生物質體的大數據資料庫，全方位篩選食品營養與老化相關慢性疾病之膳食分子標靶，透視保健食品，膳食營養攝取/病理分子標靶/疾病進程的互動機制，建立精準營養醫學診

斷，規劃介入預防及協同治療疾病的營養飲食醫學處方與加值大健康的運動處方，包括精準營養醫學評估診斷、必須營養素攝取參考保健量，佐以功能性食物智慧選擇，並監測病程發展與改善癒後。以人工智慧數位化科技，分析模擬運算篩選出全齡段預防疾病之營養多體學生物標靶，實踐 3R 精神，優化檢驗健康食品功能性的動物實驗，研發臨床人體試驗，預測降低疾病風險與偕同治療的食品營養保健生物標靶之功效劑量暨安全劑量，作為研擬食品安全，功效評估與營養保健品法規之實證科學參考依據。

如何應用人工數位科技推動飲食多樣化及個人化食品營養保健；統合營養基因體暨遺傳體學營養標靶於慢性疾病預防及偕同治療；建構精準食品營養介入之有效公共衛生健康策略，以消弭飢餓與營養不均等之落差。如何精進數位化飲食評估工具以強化個人食品營養飲食規劃之精準度。如何應用人工數位科技於精準營養醫學，研發微量元素、分子食品、新型功能性保健食品。如何應用大數據分析之生物資訊人工智慧平台，帶動食品營養保健應用於精準臨床營養醫學，拓展精準食品營養醫學應用於智慧化保健飲食，為本學門推動跨域研究的主軸。

結合新數位科技開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之健康標記徽章；以新數位科技智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈。綠能化全齡營養健康食品，加值全齡營養健康食品經濟產業功效。隨著日益提高之生產供應鏈中食品安全管理與生產追溯性與透明度的要求，食品安全議題仍是科學研究重點。食物生產的型態隨著科技的導入發生了明顯的變化。吻合精準健康管理的食品品質與營養素指標系統急需要建立，這些需求成為傳統食品供應系統改變的動力與壓力，導入新科技與觀念是因應食品生產系統創新與改變的為未來研究發展趨勢。

應用新興多體學技術平台與人工智慧新數位科技，篩選創新全齡營養食品機能成份，研發全齡營養保健食品暨老化相關慢性疾病之診斷與藥物偕同治療的有效作用分子標靶。結合系統生物學暨臨床醫學研究，探索降低慢性疾病風險之全齡食品營養保健需要量。應用人工智慧科技統合臺灣營養食品新數位資訊以建立臺灣全齡營養健康智庫，開發臺灣特殊前瞻性食品營養保健與臨床精準醫學之全齡食品營養品，預防慢性疾病暨協同治療的新穎處方，全齡營養健康飲食策略暨研擬公共衛生健康政策，以促進全齡健康福祉。

## 二、 學門簡介

食品與營養保健學門規劃之研究重點與範圍係有關食品與其原料之基礎與應用研究，涵蓋化學成分、物理結構、加工處理、劣變原因、安全監控及功能提升等之科學與技術，並整合改善人體健康之基礎與

應用研究，涵蓋飲食、消化、代謝及營養保健方面（非藥物）等之學科。本學門的研究以改善人體健康為目標，藉由化學、物理、工程、分子生物、細胞、動物或人體等實驗進行系統性的研發工作，以農產品或其衍生物為原料，探討傳統與新穎性食品加工與處理技術發展、成分與風味變化、微生物與安全性監控、分析與檢驗技術開發、食物攝食後消化、吸收、代謝與生理反應、國民營養與健康關係以及飲食文化等相關議題。本（114）年度專題研究計畫申請案件，食品科學學科領域 84 件，通過 32 件，通過率為 38.1%，其中多年期計畫 14 件；營養保健學科領域申請 124 件，通過 46 件，通過率為 37.1%，其中多年期計畫 21 件。學門新進人員計畫申請食品科學 11 件，通過 6 件，通過率為 54.5%，多年期計畫 2 件；營養保健 11 件，通過 6 件，通過率為 54.5%，多年期計畫 2 件。無論是一般型或新進人員計畫申請案件與通過率，皆與去年相當。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

2025 年在法國舉辦之國際營養年會(International Congress of Nutrition)揭露”精準營養醫學與大健康促進及全齡食品營養永續發展”研究主軸議題。包括(1)應用”人工智慧與機器學習推動精準食品營養醫學與健康促進”； (2)轉譯基礎研究至臨床應用，推動飲食多樣化及個人化營養保健”； (3)統合營養基因體暨遺傳體學，轉錄質體學，蛋白質體學，代謝質體學，腸道微菌叢生物技術於慢性疾病預防及偕同治療； (4)精進數位化飲食評估工具以強化個人食品營養飲食規劃之精準度； (5)人工數位科技於精準營養醫學之應用； (6)建立數位化健康醫藥之大型生物資訊資料庫，以數位化統計分析模擬運算篩選出預防疾病之生物標靶(基因、蛋白質、代謝質)後，替代動物實驗，實踐 3R 精神，直接進行臨床人體試驗以驗證預測疾病風險與偕同治療的有效食品營養保健生物標靶。

2025 年臺灣保健食品學會，臺灣營養學會與食品科學會舉辦國際研討會中，邀請國際學者交流，應用數位科技建立食品機能成分標籤的大數據資料；應用人工智慧運算慢性疾病風險預測；智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈；加強食品安全智慧化監測，控管與篩檢。

以上研究趨勢銜接全球綠能化機能食品營養醫學研究主軸，研發國際化與在地化之保健營養補充品、保健食品、醫用性食品(Medicinal Food)與機能營養飲食處方。將食品營養多體學日新月異之技術與大數據分析的生物資訊平台之運作，轉譯基礎研究為臨床與社會實務應用之智慧知識；以及應用食品營養多體學創新

研究，篩選因應膳食營養食品攝取量及反應疾病病理進展之創新膳食生物標靶，應用於精準醫學的早期診斷預防疾病，智慧化食品營養處方介入偕同治療病變以最佳化病人癒後狀況，轉譯基礎食品營養科學於個人化精準臨床醫學應用，為全球食品與營養保健未來重要的科學研究議題。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

2017-2020 年國民營養健康調查結果指出國人必須營養素邊緣性營養缺乏之盛行率偏高。營養不良(不足與過剩)相關慢性疾病如惡性腫瘤、心血管疾病、肺疾病、糖尿病、腎臟病與阿茲海默症型失智症等躍升為國人前十大死亡原因。國人體位與能量攝取改變，肥胖比率逐年增加。國健署研修第九版國人膳食營養素參考攝取值(2022-2025)之期末報告也指出，與慢性疾病風險(惡性腫瘤、阿茲海默症、代謝症後群等)相關之必須營養素如維生素 D、維生素 E、維生素 B2、膽鹼、鈣質與膳食纖維攝取不足率仍偏高。與高血壓及高血脂症相關之鈉鹽及飽和脂肪攝取量仍屬過量。國人飲食攝取不均衡現況相對應國人癌症與糖尿病有年輕化趨勢，慢性疾病風險如惡性腫瘤、阿茲海默症、代謝症後群等盛行率逐年攀升。如何改善國人全齡營養不良問題，以營養專業進行慢性疾病預防與偕同治療，協助長者健康老化與長期營養照護，為國家公共衛生促進全民健康永續全民福祉重要政策。隨著經濟的發展、社會結構的改變、疾病型態的變化、人口老化的加速、社會安全的保障及長照服務需求的提升，2024 年更通過營養及健康促進法，推動健康促進活動與擴增社區營養師人力編制，反映國家社會對於營養保健研究推廣人才的急切需求。

食品科學營養保健研究，從智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈，綠能化健康食品，加值健康食品經濟產業功效。研發國際化與在地化之保健營養補充品、保健食品、醫用性食品(Medicinal Food)與機能營養飲食處方。探索營養與疾病交互作用之分子標靶，解析最低化疾病風險的最佳化營養保健攝取量及生物利用性，以預防及協同治療老化相關慢性疾病，更是未來發展個人化精準食品營養醫學於健康促進之重要研究議題。

傳統之食品營養保健研究，包括機能食材保健功能性評估檢測，與研發致病分子標靶及食品營養攝取暨量，多倚賴動物體為實驗模式。因應聯合國永續綠能 SDG 發展目標：防止飢餓，促進健康，永續綠能環境與研究；配合臺灣目前國科會推動之科學研究重點，開發減量、精緻化或取代動物的前臨床實驗研究模式，例如器官晶片、3D-幹細胞、生物反應器等，推動食品營養保健與

工程醫學，細胞生物學，系統生物學等領域之跨域研究，以轉型及建立更符合綠能之前臨床試驗研究模式，並精進人體臨床實驗研究模式應用於精準營養醫學研究，實為未來本學門發展趨勢。同時，24 新世紀進入 AI 與數位科技新紀元，結合新數位科技開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之健康標記徽章；以新數位科技智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈。綠能化健康食品，加值健康食品經濟產業功效。應用新興多體學技術平台與人工智慧新數位科技，篩選創新營養食品機能成份，研發保健營養食品暨老化相關慢性疾病之診斷與藥物偕同治療的有效作用分子標靶。結合系統生物學暨臨床醫學研究，探索降低慢性疾病風險之全齡食品營養保健需要量。應用人工智慧科技統合臺灣營養食品新數位資訊以建立臺灣健康智庫，開發臺灣特殊前瞻性食品營養保健與臨床精準醫學之全齡食品營養品，預防慢性疾病暨協同治療的新穎處方，健康飲食策略暨研擬公共衛生健康政策，以促進全齡健康福祉。以上乃為本學門重點研究方向。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

食品科技與營養保健屬應用科學的一環，基礎研究可延伸其應用價值和產業發展，與國民健康息息相關。食品產業與營養保健應用需朝三大方向發展，其一是強化全球資源整合能力，有效運用合理成本的資源，生產高品質的產品，以滿足國民飲食需要並行銷國際；其二是按照本土區域資源特色，發展具有本土特色而不易受到外來產品競爭且符合消費者需求的產品；其三是發展跨域整合策略，將上述發展區域資源特色與全球資源整合經驗，轉變為可以複製的策略模組，用以克服臺灣資源有限且市場規模小的限制，讓臺灣食品與營養保健研發的經驗可以跨區域或國境轉移，但臺灣研發團隊仍可掌握核心技術與知識，讓臺灣的學術研究與產學合作的運作，能以全球資源為思維，以世界市場需求為著眼點。

過去臺灣在發酵食品、植物肉與保健素材開發已具有上述三大方向的雛型，不僅透過食品技術的發揮、新觀念與新科技的應用來突破產品發展瓶頸，也提供營養師於代謝症候群控制與疾病預後的臨床應用。目前全球面臨食品安全、社會高齡化及心血管疾病等現代文明病的問題影響，消費者更加重視影響身體健康或預防疾病發生的飲食攝取，因此結合營養知識，發展個人化飲食產品的世代已然來臨，食品與營養保健領域的研究與跨領域的建構探討，具有很高的學術與應用價值。

傳統生物食品與營養保健醫學研究方法，局限於單一或數個分子

標靶之分析平台與生物科技，無法統合生物系統受到不良營養調節之所有變異分子標靶，勾勒系統性疾病進展的脈絡與趨勢，因而無法早期診斷與精準規劃預防及預後的食品營養分子標靶。應用營養多體學於精準醫學研究發展，不僅在治療及預防慢性疾病如心血管疾病、肥胖、第二型糖尿病與癌症之精準營養規劃具有顯著貢獻，更進一步影響醫療保健與健康照護政策的研擬。應用食品營養多體學於研發健康飲食攝取評估與診斷生物標靶，規劃精準營養飲食設計，最佳化保健營養素建議攝取值，智慧化選擇功能性食品及開發新型保健營養飲食配方、醫用食品等，具有臨床醫學高度應用價值。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

食品與營養保健學門之研究重點與範圍係有關食品與其原料之基礎與應用研究，並整合改善人體健康之基礎與應用研究。本學門的工作以維持國民營養需求與健康促進為主要推動目標，包括傳統食品加工技術之創新、創新食品科學與新穎性加工技術與應用、即時食品品質監控智能技術、食品供應鏈追溯智能系統、食品真實性與食品防禦技術、食品潔淨標章技術、食品中毒與汙染預防之創新技術、飲食或營養素與腸道菌相之關聯性、營養素與食品功能性因子評估技術與應用、營養素或食品功能性因子間之交互作用、生命期營養以及健康飲食模式等研究項目。但由於近二十年「保健食品」的市場發展蓬勃，許多原屬食品或營養領域之研究者紛紛投入食品保健機能之研究，與食品加工技術專業或基礎營養理論與社區營養方向有關之研究計畫則有非常明顯萎縮的現象，十分值得注意。食因性疾病之基礎機制與食品化學成分之鑑定與檢測研究，數量變少，對於食品病源與食品安全之監控能力日漸薄弱，與接軌國際間研發與檢測技術的快速發展落差將會擴大，宜多加推廣和鼓勵。

面臨全球與國內少子化與人口老化結構變遷，選讀食品營養保健科系的碩博士生銳減。特別是私立大學研究所招生面臨相當大挑戰，無足夠研究人力支持教師進行研究。COVID19 疫情時代改變學生學習型態與思考模式，線上遠距學習不利同儕互動腦力激盪之研究問題探索，研究所研究人才養成困難。由於公部門提供科學研究經費有限，無法鼓勵教師投入深耕型研究。多數學校各單位的貴重與共同儀器與設備研究平台資源，尚待整合以發揮效益。國內本學門的研究發展，仍面臨許多挑戰需要克服。

四、 我國發展食品與營養保健學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 國內學者具有優良的學術研究訓練且積極投入研究，食品科

技與營養保健的論文質量表現不斷提升。

2. 研究單位與食品業者互動關係良好；亦有異業結合，有效地運用資源。
3. 食品產業較鄰近國家具技術領先之優勢，尤其商品及行銷創新能力強。
4. 具專業領域之團隊，可建立整合性核心技術，亦可結合現代化加工製程技術，開發具明確功效之產品。
5. 製藥研發機構及業者積極投入開發保健食品，在研發、製造、製劑技術與功能試驗上能力強。

（二）劣勢（Weakness）

1. 產業升級緩慢，加上少子化問題，學生進入博士班就讀的降低，將嚴重影響研究人力。
2. 大學院校中支持性專業研究人力短缺，研究人員所負擔之教學與學生輔導負擔重。
3. 食品與生技企業多屬中小規模，資金、人才相對缺乏，國外技術來源取得不易，法規限制多。
4. 受法規限制，缺乏開發中草藥為食品配料之契機；原料效能研發不足，關鍵機能性配料之鑑定及活性評估能力尚待加強。
5. 需建立具有規模人體試驗之規劃及累積團隊運作之實務經驗。

（三）機會（Opportunity）

1. 代謝症候群等相關疾病與高齡人口之比例逐年增加，相關之保健食品市場需求大。
2. 消費者要求保健產品之功效需具有明確驗證科學證據。
3. 市售保健產品兼具食品型態、美味與機能性者數量仍少。
4. 國內豆穀類年產值高，極具開發高附加價值產品之潛力；中草藥保健產品研發空間亦大。
5. 國科會於 113-114 年推動相關領域之單一整合型專案研究計畫，促成跨領域研究團隊及研究成效的整合。

（四）威脅（Threat）

1. 國外研發之保健食品進入臺灣，臺灣管理法規與國際接軌仍有落差。
2. 國內業者大量採用進口機能配料開發產品，而東南亞、大陸與非洲機能性配料產品價格低廉。
3. 日本在豆類發酵及中草藥的研發具相當的基礎；歐洲國家開發草藥產品經驗豐富，並有科學證據支持其產品功效。歐美積極發展減重用保健食品，對肥胖及減重已建立完整評估作業體系。

4. 國外積極研發食品型態之保健產品以及替代食物新來源，並鬆綁法規限制。
5. 與國外相較，我國於食品科技與營養科學研究的預算偏低，使推動大型研究計畫相對困難。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

**學門未來發展之推動策略及預期成效:**

(1) 本學門推動食品科學，營養保健與生醫數位科技跨域整合型研究，持續以開發臨床精準醫學智慧應用之健康臺灣—應用新數位科技建立臺灣在地糧農食材之保健圖鑑-為主軸，挹注推動學門跨域研究經費，支持臺灣三大學會：保健食品學會，營養學會與食品科學會舉辦年會暨國際學術會議，贊助每個學會年輕教師與研究人員發表壁報論文或口頭論文競賽，促進學術交流與相互學習成長。

(2) 本學門於 114 年 11 月 12 日舉辦”114 年食營保健學門跨域研究論壇暨成果發表會”，分別邀請國內各大學及研究機構之國科會補助研究計畫案之專家學者及研究人員團隊，進行 8 場口頭論文報告與將近 40 篇之期刊論文壁報展，分享本學門近年三大研究成果亮點：(1)應用食品科學尖端科技，探討食品與其原料之機能成分，研發最佳化加工策略以提升機能成分，加值食品營養機能性與食品安全性；(2)應用新數位科技，解析食品及其機能營養成分之人體生物利用性，生理與生化代謝機轉與作用分子標靶；(3)應用先端科技，研發早期診斷與預防慢性疾病的食品營養保健功能性指標，轉譯為精準健康醫學應用。藉由科學研發成果交流，引領年輕世代學者提升創新能力與國際視野。

(3) 同時，也於 11 月 12 日舉辦座談會，由現任學門召集人與前任學門召集人共同主持，分享成功計畫案撰寫經驗與討論本學門未來發展之規劃重點。凝聚專家委員共識，期待未來能組成整合型研究團隊，推動本學門跨域合作之生科處與國家專案研究計畫，促成跨領域研究團隊及研究成效的整合。

**學門未來發展之規劃研究重點方案:**

**整合型計畫重點:**

(1) 推動開發臨床精準醫學智慧應用之健康臺灣—應用新數位科技建立臺灣在地糧農食材之保健圖鑑。

(2) 新數位科技開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之健康標記徽章：以多體學數位科技(genomics, transcriptomics, epigenomics, proteomics, metabolomics and microbiomics)。開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之功能性腸菌體指標；代謝質體指標；營養基因體指標；營養蛋白質體指標為健康標記徽章。

(3) 應用新興多體學技術平台與人工智慧新數位科技，篩選創新營養食

品機能成份，研發保健營養食品暨老化相關慢性疾病之診斷與藥物偕同治療的有效作用分子標靶。結合系統生物學暨臨床醫學研究，探索降低慢性疾病風險之全齡食品營養保健需要量。

(4) 應用人工智慧科技統合臺灣營養食品新數位資訊以建立臺灣健康智庫：

應用新數位科技與人工智能之海量數據分析策略，統合並串聯食品與營養成份資料庫(衛福部食藥署)，國民營養調查食品營養攝取資料庫(國健署)，臺灣特殊食材資料庫(農委會)與疾病標靶之多體學資料庫(基因體/代謝質體/蛋白質體等資料庫)等國家級智庫(國科會)，鏈結世界級大數據資料庫，提供應用 AI and machine learning 精準數據資料庫，建立臺灣健康智庫。以建立臺灣健康智庫，開發臺灣特殊前瞻性食品營養保健與臨床精準醫學之全齡食品營養品，預防慢性疾病暨協同治療的新穎處方，健康飲食策略暨研擬公共衛生健康政策，以促進全齡健康福祉。

(5) 以新數位科技(AI and machine learning)智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈。綠能化健康食品，加值健康食品經濟產業功效。

**個人型計畫重點:**

(1) 開發臺灣在地特有食材與全球綠能食材與營養素於創新食品科學與新穎加工製程技術應用；

(2) 建立創新科技與智能系統平台，以監測食品與營養安全品質暨供應鏈追溯；

(3) 進行食品與營養防禦，潔淨標章，中毒與污染預防；

(4) 推展精準食品營養保健科學基礎研究；

(5) 研發新穎食品保健營養成份分析技術；

(6) 應用新興多體學技術平台，以篩選創新食品機能成份與營養素，探索其降低慢性疾病風險之保健需要量；

(7) 解析其生化、生理、細胞分子生物之作用機轉並研發早期診斷與預防慢性疾病的功能性指標，作為機能食品營養狀態評估與偵測之參考基準；

(8) 應用生物資訊與人工智能之海量數據分析策略，統合食品與營養成份資料庫，國民營養調查食品營養攝取資料庫，與疾病標靶之多體學資料庫(基因體/代謝質體/蛋白質體等資料庫)等世界級暨國家級智庫，發掘前瞻性食品營養保健研究主題；

**中長程發展之推動策略行動方案及預期效益:**

（一）短期

目前國內研究所招收博士班研究人力應採精英化，建置配套措施鼓勵博士班學生出國進修或出國從事博士後研究工作，以提升國

際競爭力。此外，鼓勵海外優秀學者返台之人才延攬計畫，以及國內各大專院校逐步推動之彈性薪資審查，都有助於吸引海外優秀臺灣學者返國服務，而達提升學門研究人力之質與量的目的。年輕學者可塑性高且有機會透過新的學習方式接觸發展中研究方法的技術核心，但剛進入學術領域前期尚無機會呈現潛力，較難爭取到足夠之資源以發展其專業領域，目前國科會已建立對年輕學者較友善之審查制度，並爭取特別預算以補助年輕學者。另外，本學門也會利用相關學會活動中規劃研究職涯發展的分享活動，藉由與資深研究學者的互動，傳承經驗。此外，亦鼓勵資深研究人員藉由整合型計畫之申請與執行，提供其研究經驗，整合不同領域背景、年齡層之研究專家，除協助年輕學者持續發展其專長外，亦厚植學門相關領域之研究能量。

（二）中期

由於公共衛生與醫療體系的改善，人類年齡大幅延長，但高齡化人口結構的轉變，增加了社會醫療、社會保險與健康福利的支出。高齡者因為老化的關係而產生身體機能衰退，例如咀嚼能力、胃口、消化能力下降，使其體力、體重均下降，導致疾病更易發生。因此本學門自 106-109 年度推動「高齡營養食品科技研究專案計畫」之執行，該計畫係透過公開徵求國內跨領域傑出研究團隊，引入食品科技、新陳代謝、營養及牙科等進行跨領域結合，提出跨領域單一整合型研究計畫。此整合高齡長者族群之食品營養議題將會延續，從食物選擇製備、飲食攝取、營養吸收、營養相關身心功能等構面出發，強化跨領域團隊合作及加速成果產出，建構具實證基礎之高齡營養政策。期待透過改善老年人的飲食，促進其營養的吸收，增強體力與活動力，來減少銀髮族的患病與臥床，進一步減少老年人口的健保支出。鑒於營養為促進高齡長者健康之重要基石，需透過科技研究，瞭解我國老年人營養狀況與各種老人症候群、非傳染病之關聯，研發改善老年營養之有效介入，以做為未來研擬推動老人健康飲食政策之參考，並結合產、官、學、民間團體各界，發展高齡營養健康產業。

另外，本學門亦曾於 106-108 年度推動跨部會旗艦計畫「建構安全的食品體系研究計畫-新穎科技於食品之應用專案計畫」的執行，該計畫係透過公開徵求國內跨領域傑出研究團隊，結合不同領域專長的人員，提出單一整合型研究計畫，以前瞻性、創新性、卓越性、跨領域交流及國際競爭力作為研究計畫審查準則，希望更多頂尖優秀人才投入進行深度、創新及具長遠規劃之建構安全的食品體系領域研究。配合國際食品安全新紀元的發展趨勢，將持續規劃如何以新科技開發履歷驗證的新方法、建立預測產品保

存期限的新模式、用即時食品品質監控方案取代固定保存期限的標示。此外，如何利用物理或酵素加工方法減少使用添加物的加工技術，使產品趨向 clean label 的需求；以及透過新加工方法或現有加工方法的改進或應用，來減少加工污染物的加工技術，也是本學門將會延續的推動方向。透過本學門的推展，期能建立履歷的檢測方法，預防性地避免摻偽，同時為提升產製技術，將建立保存期的預測模式、利用加工方法減少添加物的使用或可能的污染物，使產品更健康、安全。研究成果將能彙整成為助益於社會的動能，重建我國的食品供應體系之安全性及消費者信任，邁向國際舞台。

（三）長期

個人化營養概念已被提出多年，但缺乏有效累積數據與實施的方式，隨著精準醫療與健康方案透過質體學研究法、新演算法、雲端運算、物聯網絡與個人行動載具的發展逐漸成熟並商業化的契機，個人化營養將有機會透過食品設計方式實現。過去研究因受限於研究工具與方法學的極限，只能理解營養素或活性物質對人體健康的直接與巨觀的影響，雖已有許多證據顯示多重因子的間接影響有明顯的貢獻，但由於研究方法的限制，一直難以突破。隨著基因體學、蛋白質體學、脂質體學脂質、醣質體學、代謝質體學與微生物群菌相學的發展，幫助研究者逐漸瞭解食物因子透過腸道微生物菌相的轉換與代謝；也就是由益生菌(probiotics)代謝瞭解到益生元(或稱益菌生，prebiotics)轉換到後生元(postbiotics) 的機制，在以三者共同作用於人類(或動物)宿主的影響，累積的數據再以關聯性分析與個人飲食因子產生聯結，回饋到食品組合設計運算，產生於區域食物選擇可以取得的個人飲食建議。當然新型態的食品供應與安全系統，也會隨著食物選擇變化而成長，食物素材的多元化與接近消費端的組合(即食物最後一哩路)的個人營養概念將可以被實現。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

本學門涵蓋食品與營養保健兩大領域，無論在基礎研究或產學應用開發上皆有豐碩之研究成果，114 年度整體學門之論文發表質與量持續提升，亦見專利申請或技轉績效。然而針對全球國家在食品及營養與保健領域之論文量及全球論文平均被引用數國家排序，仍有提升的空間。

1. 學術成就（科技基礎研究）

推動應用代謝體學與系統生物學方法，系統化的理解對健康產生不利影響的分子機制，並強化相關保健產業之發展，解

析食品營養保健與慢性疾病之生物標靶，以最佳化營養攝取量暨最低化疾病風險。

2. 技術創新成就（科技整合創新）
擬持續推動高齡食品整合型研究計畫，促進營養、醫學及食品加工技術跨領域專業研究人員的整合，提升跨領域研究之成效。

3. 經濟效益（經濟產業促進）
擬推動保健食品研發、高齡營養與新穎科技於食品之應用於精準營養醫學專案整合型研究計畫與個人計畫之成果，除基礎研究外，也著重協助業者提升技術、開發新產品及增進產品的競爭力，將有助於進用人員與加強投資意願，促進經濟與產業的發展。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）
高齡營養食品科技計畫呼應高齡化社會於營養促進的殷切需求，增加老年人口健康年齡，利於發展高齡營養健康產業；新穎科技於食品之應用計畫成果可減少加工污染物與使用添加物的加工技術之使用，提供消費者更安全的食品，促進社會的安定，並降低加工過程對環境之衝擊與影響。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）
預測產品保存期限的模式與產品保存期限標示相關，利於生產者與衛生管理單位依循科學性證據，確立保存期限，除提升食品安全性外，亦可避免資源浪費；產銷履歷檢驗方法的開發，能確保產品原產地，減少魚目混珠的標示，利於生產者與衛生管理單位之經營與管理，亦可促進消費者之權益。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立中興大學食品暨應用生物科技學系（所）：謝昌衛教授
計畫名稱：鳳梨釋迦苦味物質鑑定及乳酸菌發酵脫苦技術開發
計畫編號：NSTC 112-2320-B-005-004-MY3
鳳梨釋迦為臺灣外銷產值最高的經濟水果。然而，其在加工與乾燥後易產生苦味，導致產季過剩時難以透過加工技術進調節，以降低 農業損失。為釐清鳳梨釋迦的苦味成分，本計畫前期針對鳳梨釋迦天然苦味成分進行鑑定。研究結果顯示，鳳梨釋迦的總單寧類含量是無苦味番荔枝品種—刺果番荔枝的 1.95 倍。透過感官指導分離、質譜分析、資料庫比對與正交偏最小平方判別分析 (Orthogonal partial least-squares discrimination analysis, OPLS-DA) ，在 33 種苦味化合物中篩選出表兒茶素、香草酸、兒茶素、原花青素三聚體與芥子酸

為顯著影響鳳梨釋迦的關鍵苦味化合物。進一步利用正交偏最小平方回歸法 (Orthogonal partial least square, OPLS) 篩選，結果顯示兒茶素、表兒茶素與原花青素三聚體對鳳梨釋迦的天然苦味造成主要貢獻。本期研究進一步探討鳳梨釋迦熱加工過程苦味成分的變化。結果顯示，熱處理可增加鳳梨釋迦的植化素總量，且總酚與總單寧類含量隨加熱溫度上升呈現劑量效應增長。其中，85℃熱處理組 (AP-85) 相較未處理組，其總酚與總單寧類含量分別增加 28.19% 與 17.71%。此外，總黃酮類則在 75°C 熱處理組(AP-75) 顯著增加 117%，但在 AP-85 組減少。經高效液相層析分析發現，梅納反應中期產物 5-羥甲基糠醛 (5-HMF) 在 AP-85 組達到 2,838.51 ng/g，為最高濃度，然而，該含量未超過 5-HMF 的苦味閾值，因此評估結果顯示其並非苦味的主要來源。進一步利用質譜法鑑定苦味化合物，相較於未處理組，熱處理組中共發現 39 種苦味化合物，其中 6 種為梅納反應中期產物。透過篩選對苦味強度變量具有最強貢獻的化合物，確定熱加工苦味的主要成分為原花青素二聚體與三聚體。綜上所述，鳳梨釋迦的天然苦味化合物主要為兒茶素、表兒茶素與原花青素三聚體，而熱加工後的苦味化合物則以原花青素二聚體與三聚體為主。本研究成果可進一步應用於去苦味技術的開發，以及無苦味品種的育種策略。相關研究成果近年共參與 6 場學術論文競賽獲得以下重要獎項：2022 年第 60 次臺灣農業化學會員大會論文競賽，獲得優勝獎。2022 年第 52 次臺灣食品科學技術學會論文競賽，獲得優等獎(兩項)。2023 年第 61 次臺灣農業化學會員大會口頭論文競賽，獲得佳作。並已發表於國際學術期刊 《Food Chemistry： X》(Food Science & Technology, 15/173, IF： 6.5) 和《Innovative Food Science and Emerging Technologies》(Food Science & Technology, 17/173, IF：6.3)。

2. 國立臺灣大學食品科技研究所：潘敏雄教授

計畫名稱：薑黃類外泌體奈米顆粒與類薑黃素對苯并[a]芘/硫酸鈉葡聚糖誘導之小鼠結腸炎相關結腸直腸癌發展的化學預防功效及其分子機制研究

計畫編號：NSTC 113-2320-B-002-040-MY3

隨著食品加工技術的快速演進與食品安全事件頻傳，食品中潛在毒理因子對人類健康之風險日益受到關注。其中，苯並[a]芘 （benzo[a]pyrene, B[a]P）為一級致癌物，其廣泛存在於高溫處理或煙燻食品中，與消化道癌症，特別是結腸直腸癌

（colorectal cancer, CRC）的發生具有高度相關性。本研究以 B[a]P/DSS 建立小鼠 CRC 模型，探討薑黃素（curcumin, CUR）及其類似物 bisdemethoxycurcumin（BDMC） 在化學預防上的潛力，並評估其對腸道菌相、功能代謝及短鏈脂肪酸（SCFAs）之調節效果。實驗結果顯示，BDMC 介入可顯著降低腫瘤數量與體積，並改善腸道組織結構及發炎程度。轉錄體分析指出，BDMC 組與 B[a]P 誘導組（IND）相比，有較少數量的差異表現基因，顯示 BDMC 可穩定基因表現，並抑制涉及腫瘤進程的訊號通路如 cytokine－cytokine receptor interaction、complement cascades、Hippo pathway 等。此外，GO 與 KEGG 功能富集結果顯示 BDMC 可抑制免疫細胞遷移與細胞增殖相關基因表現，進一步佐證其抗腫瘤與抗發炎效果。腸道菌相分析指出，CUR 組中有害菌種 Prevotella stercorea DSM 18206 顯著升高，可能導致菌相失衡及腫瘤緩解效果不佳；反觀 BDMC 組則能維持有益菌如 Bacteroides acidifaciens、 Ligilactobacillus murinus 相對穩定，並促進 Firmicutes 門細菌定殖，間接提升支鏈脂肪酸產生能力。對應功能性預測分析顯示 ，BDMC 可促進腸道菌群之發酵、纖維素分解與多樣環境代謝路徑，並穩定轉運與訊號系統，如 ABC transporters 及 two component system。進一步分析糞便中 SCFAs 含量，BDMC 組在乙酸、丁酸與戊酸表現優於 CUR 組，並在異丁酸濃度上接近控制組水準；相對地，CUR 組異丁酸及異戊酸皆顯著偏低，顯示其對腸道代謝產物的調節能力有限。整體而言，BDMC 不僅具備較強的腫瘤預防效果，更可透過微生物組與代謝功能調控，維持腸道穩態與降低發炎環境。本研究結果支持 BDMC 作為具潛力的食品源化學預防劑，其結合植物類外泌體奈米載體之應用，更可望突破類薑黃素長期受限的生物可利用率問題，並為未來腸癌預防策略提供科學依據與實踐方向。

3. 國立成功大學食品安全衛生暨風險管理研究所：徐瑋萱助理教授

計畫名稱：以胞外泌體角度探討具防腐劑耐受性之食品微生物調控腸道環境及促進伺機菌衍生抗藥性之傳播機制與精準治療之指標資料庫建立

計畫編號：NSTC 112-2320-B-006-057-MY3

抗生素之廣泛與不當使用造成具抗生素抗藥性 (antimicrobial resistance；AMR) 微生物之產生與傳播，限制藥物之治療效益。食品產品中用於防治微生物生長的防腐劑，

亦可能引發微生物產生抗藥性和傳播，然其風險與作用機制未被關注與探究。本計畫擬探討食品中微生物對防腐劑產生抗性並進行傳播之機制，建置人體仿生腸道微生物生態系統及無菌鼠模型以探究食品微生物分泌的奈米級囊泡-胞外泌體 (extracellular vesicles；EVs) 於引起腸道微生物產生抗藥性所扮演的角色，評估產生防腐劑抗性之食品微生物所分泌的 EVs 對宿主腸道上皮細胞及杯狀細胞生理功能之影響，釐清具防腐劑抗性之 EVs 對腸道菌群組成及腸道之屏障功能、黏液分泌、免疫功能之負面作用，並鑑定相關抗藥性基因與 smallRNAs 種類，建立預測及篩檢微生物抗藥性的數據資料庫，以供未來精準治療與食品防腐劑使用之重要參考依據。期能藉由本計畫逐步建置相關微生物風險評估及管理機制，進而建構安全的食品生產系統。

4. 國立臺灣大學生化科技學系：林甫容副教授

計畫名稱：出生後關鍵期活化米色脂肪細胞對小鼠肥胖及代謝疾病敏感性之影響研究-酮體及其補充劑之角色

計畫編號：NSTC 111-2320-B-002-037-MY3

全球兒童與青少年肥胖盛行率快速攀升，並伴隨第二型糖尿病、心血管疾病等代謝性併發症，已成為重大公共衛生問題。儘管相關研 究持續增加，但早期營養與發育對脂肪組織長期功能的影響機制仍不清楚。本研究發現早期哺乳期的生理性酮體生成在脂肪組織可塑性與成年代謝健康中扮演關鍵角色。利用全身性與組織特異性 Hmgcs2 基因剔除小鼠模型，我們證實肝臟而非脂肪細胞是哺乳期主要的酮體來源，並且對冷誘導的白脂肪組織米色化具有決定性作用。喪失肝臟酮體生成會導致米色脂肪生成與熱生成基因表現受損；相反地，透過給予酮體前驅物 1,3-butanediol（1,3BD）提升血中 $\beta$-hydroxybutyrate（$\beta$HB）濃度，可顯著促進米色脂肪形成、增加粒線體生成、提升能量消耗與耐寒能力。進一步以轉錄體與細胞功能分析顯示，$\beta$HB 能活化與染色質修飾、PPAR $\gamma$ – PGC1$\alpha$ 訊號軸及產熱分化相關的基因網路。值得注意的是，1,3BD 處理的小鼠在脂肪基質血管分離細胞（SVF）中，CD81 高表現的脂肪前驅細胞族群顯著增加；該族群具高增殖性、氧化代謝能力及在 $\beta$-腎上腺素刺激下強烈誘導 Ucp1 表現。相對地，Hmgcs2 缺失小鼠中此族群明顯減少。體外研究進一步顯示，$\beta$HB 能恢復 CD81 低表現的脂肪前驅細胞的增殖與粒線體呼吸能力，顯示其直接調控脂肪幹前驅細胞功能。綜合而言，本研究首度發現哺乳期肝臟酮體生

成在調控脂肪組織發育與長期代謝適應中的新生理角色，建立了早期酮體訊號、米色脂肪生成與代謝健康之間的關聯機制，為預防肥胖與代謝疾病提供新的理論依據與潛在策略。

5. 中國醫藥大學藥學系：鮑柏穎教授

計畫名稱：個體間遺傳變異、營養狀況和攝護腺癌發病和死亡的相互作用

計畫編號：MOST 111-2320-B-039-021-MY3

前列腺癌的進展涉及複雜的代謝重編程，包括醛脫氫酶（ALDH）及一碳代謝途徑的改變。本研究整合基因關聯分析，探討 ALDH1 家族基因與一碳代謝相關基因的變異與臺灣前列腺癌患者臨床預後之關聯性。在兩階段共 644 位接受根除性前列腺切除手術的患者群中，ALDH1A2 rs16939929 與生化復發（BCR）無復發存活顯著相關（校正後 HR=1.49，95% CI=1.12–1.98，P=0.007）。生物資訊分析顯示，該風險等位基因降低 ALDH1A2 的表達量，而該基因在腫瘤中的表達亦較低，且其高表達與較佳預後相關。ALDH1A2 共同表達基因富集於細胞黏附相關途徑，且其高表達與免疫細胞浸潤相關。在另一組接受雄激素剝奪治療（ADT）的 630 位患者群中，MTHFD1L rs2073190 與癌症特異性存活顯著相關（校正後 HR=1.44，95% CI=1.19 – 1.75，P=0.000184），同時亦與總存活期及無進展存活期相關。MTHFD1L 在腫瘤中表達上調，並與腫瘤侵襲性及不良預後呈正相關。於 PC-3 與 C4-2 細胞中進行的功能性基因敲低實驗顯示，其可透過細胞週期失調抑制細胞增殖、集落形成與遷移。本研究結果突顯 ALDH1A2 與 MTHFD1L 分別為具腫瘤抑制與促進作用的關鍵因子，提供前列腺癌預後生物標誌與治療策略的重要線索。

七、 檢討與展望

本學門整體研發質量佳。國內學者所提專題研究計畫案，致力於食品科學與營養保健議題創新與技術創新研究，能夠發表具學術與應用的研究成果，持續強化臺灣食品與營養保健科學之國際競爭力。惟本學門較欠缺跨學門研發能量的整合，特別是食品營養基礎研究與臨床醫學人體試驗的鏈結。未來可致力推動具前瞻性之專案計畫，鼓勵學者執行整合型研究計畫，並推動國際交流合作，深化學術研究能量。未來學門之發展，也需要加強補助並鼓勵年輕學者，提升學門內研究人力之質與量，為學門累積未來發展之能量。本學門也將持續推動專案型研究計畫，協助學門內之學者組成研究團隊，針對臺灣目前重大之食品與營養保健議題進行整合型研究計畫，以落實產官學合作，並

強調研究成果之產業實用價值。

整合型計畫重點規劃議題：例如推動開發臨床精準醫學智慧應用之健康臺灣—應用新數位科技建立臺灣在地糧農食材之保健圖鑑。以新數位科技開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之健康標記徽章：以新數位科技智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈。綠能化健康食品，加值健康食品經濟產業功效。以多體學數位科技(genomics, transcriptomics, epigenomics, proteomics, metabolomics and microbiomics)，開發臺灣在地特有食材與營養保健成分之功能性腸菌體指標；代謝質體指標；營養基因體指標；營養蛋白質體指標為健康標記徽章。應用新興多體學技術平台與人工智慧新數位科技，篩選創新營養食品機能成份，研發保健營養食品暨老化相關慢性疾病之診斷與藥物偕同治療的有效作用分子標靶。結合系統生物學暨臨床醫學研究，探索降低慢性疾病風險之全齡食品營養保健需要量。應用新數位科技與人工智能之海量數據分析策略，統合並串聯食品與營養成份資料庫(衛福部食藥署)，國民營養調查食品營養攝取資料庫(衛福部國健署)，臺灣特殊食材資料庫(農業部)與疾病標靶之多體學資料庫(基因體/代謝質體/蛋白質體等資料庫)等國家級智庫，鏈結世界級大數據資料庫，提供應用精準數據資料庫，建立臺灣健康智庫。以建立臺灣健康智庫，開發臺灣特殊前瞻性食品營養保健與臨床精準醫學之全齡食品營養品，預防慢性疾病暨協同治療的新穎處方，健康飲食策略暨研擬公共衛生健康政策。以促進全齡健康福祉。以新數位科技(AI and machine learning)智慧化臺灣食品產業之原料暨食材之加工製程暨食品保供應鏈。綠能化健康食品，加值健康食品經濟產業功效。

藉由本學門推動目標與規劃，鼓勵學者經由科學研究，深化國內於食品與營養保健方面之研究能量，滿足提供國人符合衛生安全與營養之食品所需之知識與技術，並呼應社會發展預防保健策略之需求，增進國人健康。

# 公共衛生及社會醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：邱瀚模　　共同召集人：陳柏熹、簡莉盈、藍先元

一、 前言

本學門114年度，一般型研究計畫申請527件，通過213件(40.4%)，其中多年期計畫有89件(41.8%)。在**一般型計畫**中，公衛及環境醫學共申請185件，通過74件，通過率為40.0%，其中多年期計畫31件；精神醫學、老人醫學及家庭醫學申請185件，通過74件，通過率為40.0%，多年期計畫23件；護理領域申請139件，通過56件，通過率為40.3%，多年期計畫23件；食品安全領域申請25件，通過10件，通過率為40.0%，多年期計畫4件。在**新進人員計畫**中，公衛及環境醫學申請17件，通過9件，通過率為52.9%，多年期計畫3件；精神醫學、老人醫學及家庭醫學申請18件，通過9件，通過率為50.0%，多年期計畫4件；護理領域申請27件，通過13件，通過率為48.1%，多年期計畫5件；食品安全領域申請2件，通過1件，通過率為50.0%，無多年期計畫。執行計畫之機關包含國內各大學院校、醫院、中央研究院、國家衛生研究院等，與前一年度相比今年申請件數上升，通過率則相若，國內專家學者研究之質量相當穩定。

二、 學門簡介

公共衛生與社會醫學學門涵蓋四大領域（公共衛生與環境醫學、精神醫學、老人及家庭醫學、護理與食品安全），並延伸出六大學術次專長，全面聚焦國人健康的不同面向與需求。

本學門的核心規劃著重於以「群體健康」為視角，探討多層次致病因子，範圍涵蓋環境有害物質暴露、社會與家庭互動、社會網絡與心理健康、慢性病與精神疾病共病機制等。研究方法結合流行病學設計、環境暴露監測、遺傳與生物標記分析、社會行為模式建構與創新統計模型，從致病原因解析到策略擬定，進一步發展有效的健康行為介入並推動政策轉化。透過公共衛生、精神醫學、老人與家庭醫學、護理與食品安全等跨領域創新研究，本學門致力於提出系統性、科學化且具實務應用價值的解方，回應國人現階段與未來的健康挑戰，為提升全民健康與醫療政策制定提供重要依據。以下為各學門領域的研究範疇與特色：

（一）公共衛生及環境醫學：

本領域涵蓋三大核心方向，包括**流行病學與生物統計**（如流行病學研究方法、疾病與健康風險評估、慢性與傳染病流行病學、遺

傳與分子流行病學、生物統計與長期追蹤研究等)、**環境醫學**(如環境與職業衛生、環境毒理、生物監測、環境與職業性生殖危害等),以及**健康政策與管理**(如醫務管理、醫療品質與病人安全、長期照護、健康保險制度、醫療經濟與健康促進等)。本領域強調跨領域整合與證據導向之研究,結合資料分析、環境與社會暴露評估,以及政策與管理實務,旨在推動健康政策與社會制度的改善,增進全民健康福祉。

(二)精神醫學、老人醫學及家庭醫學:

精神醫學領域涵蓋精神疾病流行病學、生物精神醫學、神經影像、睡眠醫學、精神病理、成癮科學與心理治療等多面向研究,從分子層次到臨床介入皆為重要探討範圍。老人醫學則聚焦於老年健康照護、緩和醫療與長期照護需求,並深入研究跌倒、自殺風險、失能及生活品質等高齡相關議題。家庭醫學則整合流行病學、代謝疾病管理、行為醫學、預防照護與醫學倫理,強調以人為本、社區導向與全人照護之臨床與公共衛生角色。

(三)護理學科:

護理學科涵蓋急重症護理、感染與免疫護理、腫瘤照護、精神與心理健康照護、老人與長期照護、慢性病照護,以及婦女與兒童健康等多元範疇,並積極回應臨床與社會健康需求之變遷。近年更延伸至分子流行病學、遺傳護理及數位健康新興研究方向,透過跨領域合作與精準健康觀點,推動臨床照護革新,強化照護品質與病人安全,展現護理學於精準照護及公共健康推動中的關鍵角色。

(四)食品安全:

食品安全學科涵蓋食品衛生與安全、食品科學、食品微生物學、食品風險分析與評估,以及食品法規與管理等領域,著力於從源頭到餐桌的風險監測與把關,確保食品品質與消費者健康。透過跨領域整合與多面向研究,本學門期盼從基礎研究到制度推動,共同提升國人健康保障與我國食品安全之整體水準,並促進學術與政策的前瞻發展。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

(一)全球之發展現況及未來發展趨勢

健康的人民是健康社會與穩定經濟的基石。如果無法讓大多數民眾獲得可負擔的基本醫療與疾病預防服務,不僅會傷害個人健康,也會造成社區與社會的失衡。因此,加強公共衛生投入與提供高品質衛生保健已成為國家治理與全球政策的重要目標。世界衛生組織(WHO)亦呼籲各國推動「健康一體化(One Health)」策略,整合人類、動物與環境健康,以回應食品安全、抗生素抗藥

性與環境污染等跨領域威脅。

近年來，衛生服務覆蓋率改善已趨停滯，尤其在非傳染性疾病（Non-communicable disease, NCD）、兒童與母嬰健康領域仍面臨挑戰。此外，新興公共衛生議題如**年輕族群癌症快速上升、新興傳染病與跨國疫情威脅**，更提醒我們：疾病早期偵測、長期照護與健康促進必須同步強化，以避免造成未來更龐大的疾病負擔。非傳染性疾病每年造成超過 4,100 萬人死亡，其風險與不健康生活型態高度相關，包括過度飲食、少運動、吸菸、飲酒與空氣污染等。降低可改變的風險因子、監測慢性病趨勢並制定有成本效益的健康策略，是改善疾病負擔的重要關鍵。同時，也需注意到新興科技對公共衛生的巨大助力——人工智慧（AI）、大數據分析與精準健康已開始影響預測模型、疾病診斷與健康管理，使跨領域政策制定與醫療資源配置更加精準。

未來，公共衛生研究更應強調**與臨床醫學整合、關注病人結局（patient outcome）**，包括如何透過政策、社區介入、科技應用改善疾病預後、存活率與生活品質。跨領域合作將從醫療與衛生體系擴大至社會、教育、交通、科技與產業，形成可持續且公平的健康政策推動力量，以打造真正健康且具韌性的社會。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

全球人口結構與社會變遷正深刻影響公共衛生，包括少子化、快速老化、慢性疾病負擔上升，以及精神健康與長期照護需求的擴大。此外，人口移動、食品安全、環境污染與生態失衡，也持續對健康與社會穩定造成挑戰。在這樣的背景下，公共衛生不僅關乎疾病預防，更與社會安全、醫療資源分配與經濟永續息息相關。面對這些新趨勢，本學門以公共衛生與環境醫學、精神醫學、老人醫學與家庭醫學、護理、食品安全等領域為核心，全面涵蓋國人健康的多重面向。研究運用流行病學方法、環境與毒物偵測、遺傳與分子分析、社會與行為科學、以及創新統計與資料模型等工具，探討從環境危害、飲食與生活型態，到心理社會壓力與醫療照護可近性等關鍵因素，並提出循證的疾病防制與健康促進策略。

展望未來，面對人口老化帶來的長期照護需求、少子化導致的勞動力縮減與健康保險壓力，以及新興慢性疾病與年輕癌症上升等挑戰，本學門將強化跨學科整合與臨床合作，鼓勵以病人結局（patient outcomes）為導向的研究與政策評估，並運用健康大數據、人工智慧等新興技術，發展更精準與可持續的公共衛生策略。透過研究轉譯與政策實踐，本學門致力於促進全民健康、縮小健康不平等，並為臺灣與全球健康永續發展作出更具影響力的貢獻。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

本學門研究成果廣泛發表於國際頂尖期刊，展現高度學術影響力並獲國際專家肯定。在此基礎上，學門持續整合跨校與跨領域資源，建立完善的研究鼓勵機制，強化新進教師培育與審查委員專業訓練，同時積極推動跨國及雙邊合作計畫，支持博士生與博士後人才培養，成為我國公共衛生與社會醫學研究的重要推手。

面對肥胖與代謝疾病快速攀升，以及脂肪肝（MASLD）逐漸成為威脅國人健康的「新國民病」，醫療資源如何合理分配與運用，更成為公共衛生與醫療政策的重要課題。本學門以有限資源協助開展具國際競爭力之研究，鼓勵優秀年輕研究者投入跨領域合作，針對肥胖、脂肪肝、心血管與腎臟疾病之風險評估、精準分層、成本效益與可近性，提出符合國情的防治策略與政策建議，具有深遠的臨床與公共衛生意義。

研究範圍涵蓋急重症照護、腫瘤防治、婦幼健康、代謝與心腎疾病、神經發展與退化性病變、皮膚疾病、傳染與環境健康等重大議題，並重視醫療資源配置與病人照護結果（patient outcomes）評估。學門亦積極推動研究成果與社會需求接軌，透過健康政策建議、臨床準則制定、生物資料庫建置與新興科技導入等方式，促進成果落實。

在科技迅速變革下，學門以實證研究為核心，連結數據科學、人工智慧與醫療照護產業，強化健康照護體系的公平性、效率與韌性，致力提升全民健康福祉，成為引領公共衛生及社會醫學發展的重要力量。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

我國快速邁入超高齡社會，伴隨慢性疾病、失能照護、失智症、癌症與精神健康問題的激增，對醫療體系與社會安全網造成深遠衝擊。高齡者就醫需求高但健康資源分布不均，偏鄉地區醫療量能有限、長期照護服務不足，加上多重慢性病與多藥使用等問題，使醫療與照護體系面臨嚴峻挑戰。此外，人口老化亦加速肥胖、代謝症候群、脂肪肝與心血管疾病的負擔，增加醫療支出並凸顯醫療資源分配不均的困境。因此，如何透過生物統計與大數據分析精準預測疾病風險、運用公共衛生策略強化預防與健康促進、並提升醫療資源配置效率，是現階段公共衛生研究與政策不可迴避的核心課題。

然而，目前國內公共衛生與醫療研究的人力與資源配置未能完全因應快速變化的健康需求。一方面，跨領域研究人力不足，能同時理解臨床、公共衛生與數據科學的人才極為稀缺；另一方面，多數研究設備與資料整合仍高度集中於醫學中心，基層與區域照

護單位缺乏數位化與生物樣本計畫資源，使得研究成果與臨床與社區實務間仍存在落差。未來亟需建立跨單位共享的健康大數據平台、完善生物樣本庫與行為健康資料庫，並投入智慧照護與預防醫學相關研發設備，才能支持與高齡化相關的疾病預測、健康促進與資源配置研究。

因此，公共衛生研究必須更積極與臨床及社會系統整合，推動跨領域合作，培育能從疾病預防、醫療照護與社會支持等面向提出解決方案的人才；同時鼓勵更多針對病人預後、生活品質、醫療不平等與成本效益的研究，讓實證能真正回饋醫療現場與政策制定。透過人才培育、資源共享與研究轉譯的全面強化，方能建立兼具預防、照護與永續精神的公共衛生體系，為台灣邁向高齡社會創造健康與公平的長遠基礎。

## 四、 我國發展公共衛生及社會醫學學門領域研究之 SWOT 分析

### （一）優勢（Strength）

1. **強大的數位醫療基礎：**台灣擁有完整的全民健保資料、疾病登錄系統與電子病歷，加上人工智慧（AI）、雲端運算、資通訊產業的優勢，為精準健康、預測模型與群體健康研究提供全球少有的研究平台。
2. **明確的政策支持與研發推動：**政府積極倡議提升研究量能，包括打造友善研發環境、鼓勵參與國際合作及建立新世代研究人才培育制度，有助於公共衛生與社會醫學領域長期發展。
3. **完善的臨床與群體研究環境：**健全的醫療體系與高覆蓋率的健康檢查制度，使台灣具備進行臨床—公共衛生整合研究（如肥胖、脂肪肝、癌症預防）的優勢，並可快速串聯政策與臨床實務。
4. **學術研究表現穩健成長：**國內學者具國際競爭力，研究成果逐年提升，論文引用與跨國合作增加，逐步建立國際性的研究影響力。

### （二）劣勢（Weakness）

1. **產官學協作與轉譯不足：**公共衛生研究常停留於學術層面，與政策制定與醫療治理仍有距離，缺乏明確的轉譯與跨部門合作機制，影響成果落地與社會效益。
2. **研究人才外流與留才不易：**學術研究薪資與發展潛力不及周邊國家，難以吸引或留住國際優秀人才，年輕研究人力補充有限。
3. **研究經費有限且競爭激烈：**研究資源成長不如需求，且人事與儀器成本不斷上升，造成團隊執行壓力，進而限制大型或長期公共衛生研究的推進。

4. **健康資料相關法規進展緩慢：**健保與族群資料擁有高度價值，但資料取得與應用規範未臻完善，限制 AI、精準健康與生活型態研究的發展速度。

（三）機會（Opportunity）

1. **健康科技與跨領域整合蓬勃發展：**AI、大數據、穿戴裝置、遠距照護與行為介入工具快速成熟，可推動臨床—社區—政策整合，例如肥胖與脂肪肝管理、失智與高齡照護等。
2. **建置大型族群資料庫與世代追蹤之潛力：**台灣具備擴大世代追蹤資料與公共衛生平台的能力，結合國家級登錄資料，將強化慢性病、癌症與人口老化研究能量。
3. **政策導向研究需求提升：**面對少子化、超高齡社會、醫療資源分配不均等議題，政府與社會對實證研究需求日益增加，提供公共衛生研究更多參與政策制定的契機。

（四）威脅（Threat）

1. **錯誤資訊與社會信任弱化：**社群媒體加速錯誤健康資訊傳播，可能擾亂公共決策與群體行為，影響疫苗接種、癌症篩檢與慢性病預防等政策推行。
2. **國際競爭加劇而本地誘因不足：**鄰近國家提供優渥研究待遇與計畫資源，有利於全球人才集中，台灣若未提升研究環境、薪資與設備投入，將持續面臨人才流失壓力。
3. **跨部門合作制度尚未成熟：**醫療與衛生政策執行仍較保守，限制創新做法導入，如醫療資源分配、健康促進與社區照護模式難以快速落實，影響公共衛生治理效能。
4. **人口高齡化與慢性疾病負擔加劇：**台灣即將邁入超高齡社會，伴隨肥胖、代謝症候群、脂肪肝、失智症、精神疾病與多重共病快速上升，造成人力、醫療成本與長照資源需求全面攀升，而公共衛生與社會醫學相關研究在此領域的投入與資源挹注尚不足，恐使政策制定與醫療照護模式落後國際趨勢。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

為因應人口老化、少子化、慢性病與精神健康威脅日益嚴峻，以及環境暴露、肥胖與脂肪肝等新興公共衛生挑戰，本學門將透過教育、研究、政策與跨域合作四大主軸，建構具國際競爭力的公共衛生與社會醫學研究體系。未來發展策略分為短期、中期與長期推動方向如下：

（一）短期推動策略（1－3 年）

1. **推動全球衛生教育與國際接軌**

積極引進具國際實務經驗之師資（如荷蘭 Erasmus University、瑞典 Karolinska Institute），並推動學生或研究生前往國際社區進行健康介入實作，以跨文化視角深化對臺灣社區問題的

理解與解決能力，強化台灣在國際公共衛生教育的角色。

2. **建立資料科學之法規基礎與社會共識**
   建置支持大數據與 AI 於健康研究合法使用之法規制度，在保護個資下推動健康資料合理流通，並透過公眾教育提升社會信任，以促進數據驅動之研究與政策決策。
3. **提升研究撰寫與審查能力**
   定期辦理研究計畫與論文撰寫工作坊、審查技巧培訓與經驗分享，提高申請品質與成功率，並強化審查公平性與準確性，提升科研表現與資源使用效率。
4. **推動跨領域主題研究計畫**
   聚焦老年化社會、精神健康、肥胖與代謝疾病、食品安全、環境暴露與醫療資源公平性等議題，整合公共衛生、醫療、社會科學與資料科學專業，建立跨國跨領域研究團隊，推動成果轉譯與政策應用。

（二）中期推動策略（3－7 年）

1. **規劃長期健康防護策略**
   面對人口老化、肥胖與慢性病上升，需制定可持續、具成本效益的健康促進與慢病照護策略，並優化醫療資源分配，以提升系統韌性與財務可負擔性。
2. **成立國際衛生司，強化人才投入**
   建議衛福部成立「國際衛生司」，納入專業公共衛生師資格，吸引具全球健康視野與實務經驗的年輕人才，提升國家健康戰略與國際談判能量。
3. **打造具國際競爭力的研究團隊**
   整合國際與國內專家，建立跨機構跨學科研究群，聚焦癌症防治、老化、肥胖與代謝疾病、環境污染與健康不平等等議題，促使成果可直接支撐政策與社會實踐。
4. **擴大博士生與博士後國際深造與聯合培訓**
   增加獎補助與交換管道，鼓勵研究人員赴頂尖研究機構受訓與合作，並引進國際人才來臺，共同培育高階公共衛生研究人力。

（三）長期推動策略（7 年以上）

1. **推動跨國合作，共同解決全球健康挑戰**
   善用臺灣健保資料、大型世代研究、AI 模型與疾病防治實績（如 B 型肝炎、代謝疾病、食品安全監測），發展具國際影響力的全球健康研究與政策模式。
2. **促進整合性研究與永續經營研究生態系**
   建立固定成果展示與腦力激盪平台，制定跨領域研究議題與

人才培育策略，強化學術與政策的轉譯橋接，提升國際學術與實務貢獻。

3. **強化慢性病與老化照護體系的韌性與公平性**

發展介入型政策研究與 AI 資源配置模型，改善醫療不平等（以偏鄉、弱勢人口與高齡慢病為重點）；同時深化基層照護與預防醫學，從醫院轉向社區與家庭，推動健康前移。

**預期效益**

- 提升臺灣在全球公共衛生與社會醫學之領導地位；
- 提升健康研究成果之政策轉譯與民眾受益；
- 建構具永續性、跨領域與國際競爭力的研究體系；
- 促進健康公平、優化資源分配、改善慢病與老化問題；
- 培育新世代具全球視野與數據能力的公共衛生專業人才。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（基礎科學研究）

本學門長期支持學者深耕公共衛生與社會醫學相關領域，成果豐碩。研究團隊在流行病學、環境健康、精神與老人醫學、護理、食品安全等領域皆有突破性研究，並持續於國際頂尖期刊發表高品質論文，展現卓越的國際學術影響力。

2. 技術創新成就（科技整合與應用）

本學門積極推動跨領域合作，促進基礎研究與臨床應用的轉譯。結合人工智慧、大數據分析、精準健康與遠距照護等新興技術，開發多項具臨床應用潛力的工具與流程，部分成果已取得專利並進入實際醫療場域，強化我國醫療科技自主量能。

3. 經濟效益（帶動醫療與健康產業發展）

研究成果與技術創新有效帶動健康科技、生醫產業與醫療服務升級，提升產業競爭力，創造研發與臨床共利的模式，對促進國家健康產業及經濟發展具有關鍵助力。

4. 社會影響（促進公共福祉與環境健康）

本學門研究緊扣國人健康議題，包括癌症防治、空氣與環境污染、食品安全、心理健康、高齡化挑戰、資源分配與健康不平等等，提供政策所需的重要科學證據，協助政府制定公共衛生策略，有效提升社會福祉與改善生活環境品質。

5. 其他效益（政策規劃與科技治理）

本學門成果不僅支援科技與醫療的突破，更對健康政策與科技治理產生實質影響，協助政府制定更具前瞻性、效率與公平性的政策架構，強化全民健康安全與資源配置效益，為國

家健康治理奠定重要基礎。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國家衛生研究院王世亨副研究員的研究探討父系年齡、新發突變與發病年齡在共同罹患精神分裂症的兄弟姊妹對中的關聯性。晚育父親是否因累積突變而增加子代精神疾病風險，一直存有爭議。本研究首度直接以全基因體定序探討「父親年齡 → 去 novo 突變（DNMs）→ 子代精神疾病」之因果關係，針對 5 個台灣多發性思覺失調家庭進行 30x 深度定序與因果中介分析。結果顯示：父親年齡每增加一年，子代 DNMs 平均多 1.5 個，遠高於母親的影響；更重要的是，每增加 1 個 DNM，子女思覺失調症的發病年齡提早 0.16 年。整體分析顯示，父親年齡與子代發病年齡之關聯中，有 30% 是由 DNMs 所「中介」造成。此研究首次量化證明父親年齡相關突變對精神疾病具有部分因果作用，凸顯高齡生育與基因變異風險不可忽視，並可能改變未來精神疾病預防策略與遺傳諮詢模式，具有高度臨床與公共衛生影響。***Mol Psychiatry. 2025 Aug;30(8):3560-3567. (IF=10.1)***

2. 在大腸癌年輕化日益嚴峻的背景下，國立台灣大學附設醫院邱瀚模醫師與台灣大學公共衛生學院陳秀熙教授研究探討下修大腸癌篩檢起始年齡的效益。本研究利用臺灣社區型真實世界資料，首次證實 40–49 歲即可啟動糞便免疫檢驗（FIT）篩檢，能比從 50 歲才開始篩檢更有效降低大腸癌發生率與死亡率。研究追蹤近 26 萬名民眾長達 17 年，經傾向分數比對與延伸統計調整後，結果顯示提早啟動篩檢者的大腸癌發生風險下降 21–25%，死亡風險降低 34–39%，顯著優於僅在 50 歲開始篩檢者。此結果不僅支持降低篩檢年齡，更對 40–49 歲高工作力族群 具有重要健康與社會效益。對國家而言，提前篩檢可望減少未來醫療支出與癌症負擔，是具高成本效益的政策方向。研究提供全球第一個長期且具實證力的觀察性證據，將對亞洲與國際的早期腸癌篩檢政策產生深遠影響。***JAMA Oncol. 2025 Aug 1;11(8):846-854. (IF: 20.9)***

3. 國立陽明交通大學醫學院臨床醫學研究所李美璇教授探討代謝症候群與膽管癌風險之關聯性，刊登於《肝臟學》期刊。這項大型全國世代研究針對代謝症候群與膽管癌風險之關聯進行探討，涵蓋超過 493 萬名 40 歲以上成人，透過政府健檢與全國癌症及死亡登記資料進行追蹤。研究結果顯示，代謝症候群患者的膽管癌—無論是肝內型或肝外型—發生

率皆明顯升高（多變項調整後 HR=1.20），且代謝危險因子越多，風險越高，呈現明顯劑量反應關係：從僅有一項代謝異常（HR=1.16）至具五項代謝異常（HR=1.67），風險遞增達統計顯著。這一發現不僅強化了代謝異常在膽管癌發生機轉中的重要角色，更具公共衛生意涵，提示透過改善肥胖、血糖、血脂與血壓等代謝危險因子，可能有助於降低膽管癌發生，為目前缺乏有效篩檢策略的膽管癌預防提供可行方向與政策參考。***Hepatology 2025 (In press) doi: 10.1097/HEP.0000000000001312. (IF: 16.8)***

4. 國立臺灣大學臨床藥學所蕭斐元教授的跨國大型世代研究使用挪威與台灣的全國資料，納入合計超過 318 萬名新生兒，探討父親在「精子生成期間（三個月內）」使用 二甲雙胍（metformin）是否會增加子女先天性畸形風險。結果顯示，在未調整分析中雖有畸形風險上升的現象，但在控制父親糖尿病嚴重度、共病、生活習慣與遺傳因素（包括兄弟手足配對分析）後，父親使用 metformin 與子女先天畸形無顯著相關，也不會增加任何特定器官畸形風險。整合挪威與台灣的加權後結果顯示 完全無風險增加（合併估計 RR 0.89, 95% CI 0.77–1.03）。此研究為目前最具規模與證據力的分析，明確指出男性在生育前接受二甲雙胍治療是安全的，因此 metformin 可繼續作為規劃生育男性糖尿病患者的首選口服降糖藥物，對臨床指引與全球糖尿病病患生育安全具有重要影響。此研究刊登於 ***BMJ 2024 Oct 16:387:e080127. (IF: 93.7)***
5. 蔡世仁教授的研究利用台灣生物銀行 14 萬 7,880 名受試者進行首度以胰島素阻抗（IR）替代指標為目標的全基因體關聯分析，探討 TG/HDL-C 比值與 TyG 指數的遺傳基礎。結果發現 GCKR、MLXIPL、APOA5 與 APOC1 四大基因群與 IR 呈顯著關聯，共鑑定 197 個相關基因；轉錄體分析顯示這些基因與 TyG 主要在脂肪組織中表現，並與阿茲海默症、葡萄糖恆定性、脂蛋白代謝等關鍵途徑相關。此外，本研究首次揭示 與 TyG 指數相關的性別差異基因，並透過多基因風險分數證實 IR 指標與痛風及高血脂症風險升高相關。本研究不僅揭示臺灣族群胰島素阻抗的遺傳結構與疾病風險連結，亦突顯 IR 替代指標具有臨床與公共衛生應用價值，有助於發展族群特異的精準預防策略與代謝疾病風險分層，為未來台灣精準醫療與慢性病防治奠定重要基礎。***Nat Commun. 2025 Apr 14;16(1):3525. (IF: 15.7)***

## 七、 檢討與展望

未來公共衛生學門將透過整合多元研究方法，包括流行病學、環境暴露與毒物偵測、遺傳標記分析、社會與行為科學以及創新統計模型，從基礎、生物醫學、臨床、環境與社會政策等面向進行全方位探討。研究主軸將聚焦於環境危害暴露、心理與家庭社會因子、社區與人際網絡影響等多層次健康決定因素，以疾病預防與健康促進為核心，建立創新的健康行為介入模式，並評估其可行性與有效性，將實證成果轉化為可操作之衛生與社會福利政策。

面對健康大數據與人工智慧時代的來臨，學門將強化資料科學應用及法規基礎，確保資料使用的安全性、合規性與公平性，特別關注健康不平等與弱勢族群權益。同時，將推動公衛與環境醫學、精神醫學、老人醫學與家庭醫學、護理與食品安全等跨域合作研究，提升群體與個人健康水準，促進學術發展與實務應用並行，實現「研究帶動政策、政策回饋實務」的良性循環，打造更健康與公平的社會。

# 工程醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：林頌然　　共同召集人：陳震宇

工程醫學學門透過跨領域整合了生物、醫學、工程和基礎科學的研究，致力解決醫學與臨床應用中的問題。這個學門的研究範疇廣泛，包括生醫材料、生物力學、生醫電子、工程醫學、醫學影像、醫學物理、輻射生物學、癌症放射治療、核子醫學、骨科、牙科、組織工程、幹細胞、再生醫學及復健醫學、物理治療、職能治療等多個領域。

## 【壹、醫工、骨科、幹細胞學科】

一、 前言

醫學工程是將工程原理與技術、基礎科學和臨床醫學相結合，應用於醫療診斷、臨床治療、傷害防治、人體工學設計等多個科學領域的跨學科領域。骨科注重於人體骨骼、肌肉、神經系統及軀體運動功能的研究與應用；再生醫學的核心概念是以細胞為基礎，透過補充與替換受損組織的細胞，或透過控制細胞分化成為所需的組織，進而修復受損的組織或器官，最終達到恢復生物體健康的目的。

二、 學門簡介

醫學工程的廣泛領域可以簡單分為以下幾個主要方向：(1)醫用電子與生醫儀器，(2)生物力學及輔具，(3)生醫材料、藥物釋放與組織工程，(4)醫學資訊與影像、病灶檢測。在骨科方面，按功能可分為一般骨科、運動醫學、脊椎骨科、手足骨科、創傷骨科、小兒骨科等六大領域。在幹細胞研究方面，除了幹細胞的分離純化和分化能力的研究；神經幹細胞的培養以及其在周邊神經損傷和中樞神經疾患中的應用；胚胎幹細胞及各種組織前驅細胞的研究；細胞外基質和組織支架對於幹細胞或前驅細胞的研究，以及細胞治療之應用研究。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

醫學工程領域日益受益於多個科學和技術領域的緊密整合，包括生物學、工程學、資訊技術、材料科學等。這種跨領域合作推動了眾多創新技術和應用的發展。近年來，隨著半導體製程創新和人工智慧的蓬勃發展，醫學影像與大數據分析的速度不斷加快，

有助於開發更快速且精確的疾病診斷程式或分析軟體。各大國際藥廠也積極開發數位設備與應用程式，數位設備的應用包括各種便攜式智能裝置而數位應用程式在醫學診斷、監測和治療方面也有著巨大的潛力，不僅滿足了現代人對醫療服務更便利的需求，同時也為藥廠帶來了更廣泛的市場和商機。因此，數位設備與應用程式將持續是未來醫學工程領域發展的重要方向之一。在生醫材料方面，除了致力於開發更先進、耐用、生物相容的材料外，納米技術的應用更使得在細胞和分子層次上能夠進行更精細的操作，對於生物體內的特定疾病治療或診斷具有潛在的重要意義。遠端醫療的發展被視為解決全球偏遠地區醫療挑戰的重要途徑，有助於提升該地區居民的醫療保健水平。這一領域的發展不僅可以改善偏遠地區醫療資源的分配，同時也提供更方便、快速和有效的醫療服務，促使醫療資源更加平等地分佈到不同地區。外泌體被認為是新穎的生物標誌物，有助於疾病的早期診斷和監測。外泌體具有傳遞訊息、調節免疫反應等功能，因此被廣泛探討用於治療性應用。隨著對外泌體應用的不斷擴大，外泌體的工業化生產將成為一個重要的研究方向。全球外泌體相關應用市場估計到 2026 年可達 5.13 億美元，2030 年之後產值有機會達到超過 30 億美元。類器官(organoid)的市場規模亦迅速擴大，將從 2023 年的 14.2 億美元擴大到 2024 年的 17.8 億美元。這段時期的擴張是由於生物醫學研究的進步、藥物研發發現研發需求的不斷變化、疾病建模的需求、個人化醫療的日益普及以及支持性的法規環境。生醫大型模型（Biomedical Foundation Models）已成為全球生物醫學研究的核心趨勢。歐美主要研究機構（Broad Institute、Stanford、Harvard、MIT）、科技公司（Google DeepMind、Meta AI、NVIDIA）及大型製藥企業（Eli Lilly、Pfizer、Amgen）均投入大量資源，以構建能整合基因體、轉錄體、蛋白體、細胞影像、臨床資料及空間多體學資料之跨尺度大型模型。這些模型以 self-supervised learning 建立多重生物規律，能預測基因調控、疾病演化、細胞命運轉換與治療介入結果，逐步形成疾病研究與藥物開發的新範式。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

我國通過特定醫療技術檢查檢驗醫療儀器施行或使用管理辦法（特管辦法），正式開放六項適用對象，包括自體免疫細胞治療用於標準治療無效的癌症病人與實體癌末期病人；自體軟骨細胞移植用於膝關節軟骨缺損；以及自體脂肪幹細胞移植用於大面積燒傷及困難癒合傷口等。細胞治療的涵蓋範圍包含細胞純化、細胞培養、細胞分化和細胞移植。過程中生產品質穩定的細胞需要

醫學工程專家的協助與發展。此外，我國近年積極推廣核酸藥物開發，但由於核酸藥物在人體內容易被分解的特性，使其在特定疾病部位難以累積足夠的量。提升脂質奈米微粒（lipid nanoparticles, LNP）的製備品質，或是著手開發新穎的核酸載體，以提高核酸藥物的穩定性和轉譯調控能力。這項發展具有極大的潛力，有望在核酸治療領域中扮演關鍵角色，同時推動新一代藥物的研發和應用。目前已經有許多公司和研究機構投入到外泌體的生產技術研究中，進而希望能夠實現外泌體的大規模生產，從而推動其在臨床應用中的進一步發展和應用。此外，國科會也因應減少動物使用量，提出實驗動物 3R 策略之推升計畫，協助研究團隊優化重整現階段無可替代之動物實驗，並加速離體測試和類器官平台之發展。我國現階段已建立多項單一模態之大型資料庫，包括基因體資料、健保資料庫（NHIRD）、臨床登錄資料、生醫影像資料等，並逐步推動多體學平台（如空間轉錄體、蛋白體、脂質體）與高通量生物資訊分析。然而，真正具備 foundation model 規模與多模態整合能力的生醫大型模型仍屬起步階段。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

總體而言，醫學工程學科的研究成果在國際上表現出色，特別是在 111 年度計畫中，主持人的論文發表質量優異，多篇論文刊登於重要頂尖的學術期刊。隨著我國通過特管辦法，許多計畫主持人將成功製備高品質細胞治療的經驗與各大醫院進行合作，不久即可這些研究成果應用於人體。除了細胞治療，有計畫主持人透過結合生物材料成功操控幹細胞分化成類器官組織，類器官的研究，不僅可以鏈結生醫材料團隊優化各種類器官的發育過程，更可以加速臨床藥物篩選以及奈米標靶藥物遞送開發。這不僅有望減少小鼠實驗使用量，符合 3R 原則，以學術面探討幹細胞機轉，還有機會在未來臨床面與應用面直接應對器官捐贈不足問題，為等待器官移植的患者提供更多希望。醫學工程的計畫具有技轉潛力，不僅專注於學術研究，更積極參與實際產業合作，透過專利申請並提升技轉價值，促使研究成果更迅速地轉化為實用產品或服務，實現理論與實務的有機結合。外泌體的應用範疇不斷擴展，涵蓋了神經修復和骨損缺等領域。除了學術研究，未來也希望能將其應用延伸至專利申請和技術轉移。生醫大型模型能整合多模態資料以揭示疾病機制、提升臨床診斷與治療精準度，並加速新靶點與藥物的開發，是推動學術突破、臨床應用與生醫產業創新的核心技術。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

由於涉及工程與醫學兩大領域，近年來越來越多的研究團隊傾向

以跨領域的方式合作進行研究。然而，能夠同時執行工程和醫學計畫的單一專業團隊相對較少。國內各大專院校培育出眾多擁有醫學工程背景的研究生，且有越來越多臨床醫師投身於醫學工程領域，因此目前的研究人力尚許充足。但因業界積極吸引跨領域人才，未來可能面臨醫學工程人才短缺的挑戰。這種趨勢可能需要更多的協作和整合，以確保醫學工程領域持續發展，滿足日益增長的需求。各大研究和學術單位在基本設備方面都能滿足需求，然而，大型高階儀器如冷凍顯微鏡和高階質譜儀等，僅集中在特定的單位。因此，如何推動跨校、跨區之合作與整－合或是添購，使各地區的研究人員都能有效地使用資源集中地區的核心設備資源，是我們應努力之目標。在人員培訓方面，國內的硬體儀器設備雖然世界級水平，但技術門檻高，一般學校單位卻因薪資結構的限制，較難留住優秀的專業技術員。最後，藉由國科會目前正在推動的專案計畫，可以積極推動國際合作，舉辦更多研討會及工作坊，同時加強專業人員薪資水平，以提供更具吸引力和穩定的工作環境。透過這樣的舉措，我們能夠協助培育並吸引更多的國際人才，促進學術交流，亦為臺灣目前應持續努力的方向。我國在基因體、蛋白體及空間多體學等領域已具備基礎研究量能，但真正能操作生醫大型模型的跨域人才仍相對不足。現有高效能運算與多模態資料整合平台亦尚未形成全國性規模，限制大型模型的訓練與驗證。未來需結合國家高速網路與計算中心的運算資源、跨院所資料共享機制與 AI × 生醫複合型人才培育，以支撐生醫大型模型之發展與應用。

四、 我國發展醫工、骨科、幹細胞領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 臺灣在半導體技術、精密模具和關鍵零組件技術方面遙遙領先全球，並已形成強大的產業群聚效應。這種協同效應使得我們能夠快速、大量地生產高品質的產品，展現出極高的全球競爭實力。
2. 臺灣擁有高水準的醫師隊伍、優越的醫療技術，以及龐大的健保資料庫大數據資源。這些優勢使得臺灣的醫師擁有豐富的臨床經驗，能夠深刻理解醫療器材開發的重要性，並且熟知如何將研究成果轉化為具有臨床價值的產品。
3. 臺灣在傳統的紡織及高分子加工產業擁有相當扎實的基礎，這些相關技術可被應用於拓展高階高分子醫材類和奈米科技產品。
4. 通過特管辦法的實施，未來幾年內可望見到細胞治療在臨床面的成效顯著提升。

5. 透過研究單位和公司合作，共同推動外泌體和類器官的工業化生產。

（二）劣勢（Weakness）

1. 各大國際藥廠近來紛紛積極佈局與數位設備及應用程式相關的專利，這顯示了對於數位醫療領域的高度重視與投入。若不加速專利佈局，未來將難以在競爭激烈的環境中取得成功。
2. 目前非侵入式量測技術的設備和試劑主要由國際大廠提供，這些公司在專利方面佈局完善。相對而言，國內相關廠商主要以中小企業為主，面臨著經費不足的困境。在這樣的環境下，若要取得專利進步，就需要引進新穎技術並增加相應的研究資金。
3. 細胞治療的成功仰賴生產高品質的細胞，相關的耗材必須嚴格符合人體規範，這不僅提高了生產成本，還需要投入更多資金用於研發和生產過程中的技術改進，以確保治療的安全性和效果。這一情況使得國內企業面臨資金不足的問題，並需要積極尋求資助和投資來支持其持續發展。
4. 外泌體研究單位與企業之間缺乏共同目標，建議定期舉辦學術界與業界的互相溝通和交流活動，以促進跨領域的合作與創新。
5. 由於類器官的培養條件尚未標準化，各單位採用不同的流程建立模型，導致比對受到限制，且難以達成一致性。

（三）機會（Opportunity）

1. 核酸藥物未來藥物發展的新趨勢，而基於生醫材料穩健的基礎，我們可以鏈結基礎研究以提升核酸藥物傳遞系統與核酸藥物的穩定度和效果的重要機會。
2. 隨著生活水準提高，高齡社會趨勢日益顯著，科技輔具與健康器材勢必成為未來醫療發展的重要推動力，應適應社會需求並展現出優越的潛力。
3. 個人化健康照護的需求不斷增加，特別是在居家照護方面。原本屬於傳統醫療範疇的產品，正在轉型成為消費性的醫療電子產品。這種趨勢將為臺灣的產業發展提供重要的契機，不僅可掌握新興領域的優勢，還有助於提升長期照顧服務的品質與效能。
4. 醫工領域的專家學者具有驗證外泌體功效的能力，憑藉豐富的專業知識和技術，他們能夠設計並執行各種實驗，評估外泌體在疾病治療和再生醫學中的應用潛力。
5. 未來可以透過整合全國類器官平台，建立一個全面且標準化

的類器官培養系統，提升不同研究單位之間的協作效率。這不僅能有效促進器官培養技術的優化，還能加速藥物開發的進程，為個人化醫療、疾病研究及臨床應用提供更可靠的模型和數據支持，從而推動生物醫學領域的整體進步。

6. 生醫大型模型、醫療 AI 與智慧醫材崛起，提供醫工與骨科創新診療工具的突破契機。

（四）威脅（Threat）

1. 薪資過低和工作環境的不穩定是造成研究人才流失的主要原因之一。這使得難以留住和招募那些既具有臨床經驗又擁有研究能力的專業人才。
2. 在全球化的趨勢下，國外廠商透過行銷和品牌的優勢，相對容易主導並佔領整體國際醫療儀器市場。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

隨著全球人口高齡化趨勢日益明顯，導致醫療看護品質和臨床醫療行為的要求提升，現代醫療觀念已由早期的治療演變為預防與長期照護。因此未來發展規劃的重點包含：(1)先進醫學影像與 3D 影像技術協助醫療診斷與治療，(2)新穎微創及機械人手術創新技術與器械，(3)前瞻醫療器材研發，(4)生醫感測篩檢試劑與新興生技醫藥產品研發，(5)細胞治療，(6)奈米科技，(7)外泌體開發，(8)類器官，(9)生醫大型模型(Biomedical Foundation Models)等。本會所推動之計畫對於協助國內醫療生技相關產業升級發展及技術生根有很重要的責任，並下方詳細列出不同時期之規劃重點、推動策略及預期效益。

（一）短期

鼓勵國內專業研究人才參與國際研討會，以提升其國際研究能力並吸收其他國家的研發經驗，擴大學術研究視野並促成未來合作研究計畫。透過跨國、跨領域學程與培訓計畫，達到培育人才、提升人才素質與促成高階生技及跨領域人才培育成效，並厚實我國研發能量，提升研發成果。

（二）中期

積極推動並建立各大學的產學合作機制，同時加強業界與學術界之間的緊密連結，是促進科技創新與經濟發展的重要途徑。這種合作模式不僅有助於縮短學術界與業界之間的理解與溝通差距，還能加速學術研究成果向實際產品的轉化過程。透過建立長期穩定的合作關係，學校可以更深入了解市場與產業需求，調整研究方向與人才培養策略；而業界則能藉助學術界的先進技術與知識，提升創新能力與競爭優勢。最終，這樣的雙向互動與資源共享，將實現學術與產業雙贏的局面，推動社會與經濟的全面進步。

（三）長期

長期目標的建立在中期成功的基礎上，主要旨在實現研究成果的實用化和產業化，並密切結合生技產業和業界。這涵蓋以專利技轉和產學合作為主要策略，促進產學交流。透過系統性的臨床試驗，確保研究成果的可行性。最終目標是實際應用於臨床，為社會帶來實質利益。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

整體而言，本年度於幹細胞操控工程、複合療法、藥物傳輸系統、重編表觀基因等相關研究，有諸多突破性之研究發現。亦有部分研究成果刊載於學門領域屬性相關之優質指標期刊，如： Cell metabolism 、 Advanced Materials 、 Nano Energy 、 Nature Communications 、 Chemical Engineering Journal 、 Carbohydrate Polymers 等。

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 生醫材料：用於治療大腸直腸癌之介導放化療口服疏水藥物載體開發；調節內源性細胞重編程以調控組織再生；開發新型 ZIF-8 藥物緩釋抗菌多功能纖維敷料。

(2) 骨科：含鋇三維陶瓷支架影響巨噬細胞調節血管新生及骨組織再生之探討(II)；含鋰複合生物陶瓷支架調控巨噬細胞外泌體分泌於骨軟骨修復調節多種細胞分化機制探討；建立人工關節感染於骨髓衍生抑制細胞分泌之胞外體分析及藥物篩選平台。

(3) 幹細胞：探討間質幹細胞外泌體結合去細胞軟骨層片水膠支架之軟骨修復成效；利用人類誘導式多能幹細胞來源之內皮導向細胞開發血管疾病之治療應用；探討臍帶間質幹細胞透過調節肺部巨噬細胞群治療聚肌胞苷酸刺激模擬病毒感染所引起的呼吸窘迫症候群之機制；載有脂肪幹細胞之 3D 列印新穎複合組織工程氣管移植物結合氣管腔內上皮細胞片於氣管再生研究 (II-III)。

(4) 人工智慧：應用生成式人工智慧開發嶄新 mRNA 及胜肽抗衰老生物製劑；利用多模態深度學習模型預測不可修補之旋轉肌腱斷裂；通過基於機器學習的形態衰老分析即時監測間質幹細胞的細胞品質。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

目前工程醫學學門所補助的研究計畫中，不少具有科技整合創新走向，例如：開發可注射的水凝膠原位癌症疫苗用於胰臟癌免疫治療；建構人工智慧導引之 PRS 顯微鏡檢平台優化臨床抗三陰性乳癌轉移之治療藥物組合:探討多細胞腫瘤

球模型與供體患者間之體外體內關聯驗證平台之效用；快速精準多功能微流體檢測系統應用於尿液微生物及細菌毒性因子之鑑定及檢測；經由多醣金屬奈米複合水膠遞送眼藥以改善瞼板腺功能障礙。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

工程醫學學門所補助的研究計畫中，亦不乏具有高度應用性與潛在經濟價值的研究，包含：開發可注射式及原位成型之溫感性水膠載體包埋雙重抗生素用於骨關節感染症之預防與治療；探討椎間盤退化過程中 DDR1 與細胞粒腺體功能及氧化壓力的關係； 蝸牛黏液組織再生材料於關節軟骨缺損修復之應用；搭載抗發炎吲哚衍生物 NC009-1 複合性溫敏感水凝膠：多樣劑型物化特性與功能性研究；探討 RNF128 在肌肉幹細胞中的角色: 聚焦於肌少症、肌肉再生與神經肌肉連結處重組；退化性旋轉肌袖破裂修補術之成效與肌腱氧化壓力之關聯。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

許多接受本學科補助之研究計畫其內容皆與社會福祉與環保安全之提升密切相關。例如可以抑制癌症移轉與調控腫瘤相關脂肪細胞微環境的活性物質研究與開發；以退化性膝關節炎小鼠模型來探討關節內注射的間葉幹細胞表面標記與軟骨修復效果之關係：表型和功能特徵作為細胞篩選的工具；開發複合導電高分子之可注射水膠作為玻璃體替代物並輔以電刺激促進視網膜功能修復之可行性；可注射之多孔奈米金/雙層微球凝膠應用於磁電感應腦創傷修復；血漿衍生的載有薑黃素的血小板囊泡-褐藻醣膠奈米載體的鼻內遞送用於緩解糖尿病視網膜病變；開發一套可皮下注射並負載雙特異性 T 細胞接合抗體之溫敏性緩釋水膠於體內建構並增殖腫瘤專一性 T 細胞。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學工程學系林頌然教授，發表脂肪酸調節毛囊幹細胞代謝路徑促進毛囊生長，其相關成果發表於 Cell metabolism (IF: 30.9)。
2. 國立清華大學生醫工程與環境科學系胡尚秀教授、國立臺灣大學醫學工程學系朱麗安教授，和國立陽明交通大學黃兆祺教授共同發表利用導電顆粒支架原位磁電生成 miRNA 海綿並進行無線電刺激以促進神經再生，其相關成果發表於 Advanced Materials (IF: 26.8)。
3. 國立臺灣大學醫學工程學系林宗宏教授，發表用於連續監測

組織間液葡萄糖的熱電驅動自供電微針感測器，相關成果刊登於 Nano Energy (IF:17.1)。

4. 國立臺灣大學生命科學系蔡素宜教授，發表人體糖原蛋白透過調節肝醣代謝來維持葡萄糖穩態，相關成果刊登於 Nature Communications (IF: 15.7)。
5. 臺北醫學大學生化學科糜福龍教授，開發一種可注射的響應性化學動力學水凝膠，用於持續局部遞送鐵死亡誘導劑，以改善抗癌治療效果，相關成果刊登於 Chemical Engineering Journal (IF:13.3)。
6. 長庚大學生物醫學工程學系賴瑞陽教授，發表海藻酸鹽功能化奈米氧化鈰作為離子響應型眼藥水製劑用於治療角膜擦傷，相關成果刊登於 Carbohydrate Polymers (IF:12.5)。

七、 檢討與展望

本學科領域在過去已累積相當的研發實力，然而，未來的發展仍需要不斷提升卓越的學術研究水準，並創造更多的學術研究價值。持續培植年輕優秀的學者是實現這一目標的重要一環，透過提供良好的學術環境、資源支持以及學術交流平台，使這些年輕學者的學術成果得以蓬勃發展。這不僅有助於推動學科的前沿研究，更能夠讓學科的成果登上國際學術舞台，提高學科在國際上的影響力，進而實現學科的長期發展目標。因此，持續致力於培養並支持優秀的學術人才，是學科未來發展的重要使命之一。此外，在這個快速變化的時代，科學研究的競爭日益激烈，學科的發展需要不斷地開拓新的研究方向並採用創新的研究方法；唯有建立具備國際競爭力的研究體系與長期可持續的跨領域合作網絡，方能確保我國在全球科技演進中持續占有一席之地。透過產學合作，學術界可以更靈活地適應產業的變化趨勢，確保研究方向與市場需求保持高度契合。同時，這種合作也能促進多學科之間的交叉融合，催生出更多具突破性的技術與成果，進一步提升國家在全球科技競爭中的地位與影響力。

# 【貳、復健學科】

一、 前言

復健領域的研究成果不僅在醫材開發、科技輔具應用以及新醫療技術置入等方面具有應用價值，尤其在長照及失能等相關問題上，其必要性更是突顯。因此，這些研究成果在相關產業推動上具有相當的可行性和應用面。除了致力於罹病後的照護，該領域還注重預防醫學

的概念，透過健康促進及早期預防性的介入，避免後續疾病的產生，進而降低相關的人、物、力與經濟照護成本。若這些研究成果能進一步與健康照護產業界合作，將不僅造福相關病患族群，同時對國內相關產業的發展也將帶來極大的助益。

二、 學門簡介

復健學科以功能為導向，強調治療的不僅是單純的疾病，更著眼於提升患者的功能和生活品質。這是一個跨足多專業領域的醫學學門，包括復健醫學、物理治療、職能治療、語言治療、呼吸治療、運動治療、義肢裝具，以及科技輔具等。復健學科常與其他醫學領域合作，同時也需要與臨床心理、護理和社工等領域密切合作。復健醫學的核心任務在於探討病患在疾病發生後，其功能障礙和社會參與的變化，以及可能導致身心障礙的各種因素。透過治療，復健醫學致力於使病患功能最佳化，減低失能狀態，使其順利回歸家庭社會，甚至能夠重返工作崗位，進而降低社會整體照顧的成本。近年來，預防性的觀念也逐漸納入復健學科，探討如何在疾病發生前對高危險族群進行洞悉性的策略，以避免疾病和損害的產生。同時，在疾病早期針對尚未發生的併發症或不良後果進行及早的介入，以預防或減緩其惡化。這種全方位的照護理念使得復健學科在現代醫學體系中扮演著不可或缺的重要角色。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

國外的重要研究領域包括神經科學與復健，其中包括針對腦中風、腦傷、巴金森氏症、脊髓損傷、自閉症類群以及腦性麻痺兒童等的研究；此外，還包括關節炎及肌肉骨骼疾病、老化相關研究、癌症復健、科技醫材與輔具，以及個人化精準復健介入等領域。在基礎研究方面，幹細胞、再生醫學與基因研究等領域也逐漸成為復健領域中新興的研究課題。這些研究透過深入了解與改善各類神經、骨骼和肌肉疾病，推動科技醫材的創新應用，並提升復健介入的精確性和個體化水平。人工智慧在復健領域發揮著重要作用，能夠根據個人特徵提供個性化的治療方案。虛擬現實和增強現實技術結合人工智慧用於訓練，能夠模擬真實情境提供更有效的復健。智能輔具的開發也成為人工智慧在復健中的亮點，如智能義肢和康復設備，能夠幫助殘障人士恢復功能。生物列印和 3D 生物列印技術的應用正在迅速擴展，特別是在製作個性化植入物和義肢方面，為復雜損傷的治療提供了創新的解決方案。這項技術還可以利用細胞、基質材料和生物活性分子來構建三維結構，能夠提升個性化植入物穩定度和延長使用期限。全球復健領域正快速採用 VR/AR 沉浸式技術，用於運動控制訓練、神經可

塑性促進、疼痛管理與認知復健。國際研究趨勢從「遊戲化復健」轉向「精準動作分析與個人化訓練」，並結合 AI、動作捕捉與生理訊號回饋以提升治療成效。未來將朝向可攜式、居家化與遠距監測等方向發展，使沉浸式復健成為標準化的臨床輔助工具。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 新治療工具與方法學研究：包括經顱腦刺激術、神經調控電刺激、震波治療、超音波治療、組織再生療法、腦中風侷限誘發療法、注意力策略動作學習法、機器人復健療法、虛擬實境療法等。這些研究尋求創新治療方法，以提高患者的復健效果。
2. 腦性麻痺孩童體感上肢復健遊戲之開發與應用：結合現代任務導向治療的核心概念和虛擬實境的優勢，設計一款腦性麻痺孩童體感復健遊戲，提升孩童的動機，使復健變得更有趣。
3. 復健機器人的研究：針對中樞神經損傷患者，如中風或脊椎損傷，致力於開發機器人輔助或替代受損神經系統，以促進患者功能的恢復或肢體功能的訓練。這些技術不僅能夠提供物理性的支持和運動訓練，更逐漸與人工智慧相結合，以建立更智能化、個性化的復健方案，有望為患者帶來更有效的康復效果。
4. 復健治療預後與療效評估：致力於發展客觀、有效、且精確的量測工具，用於評估損傷、失能、社會與功能限制。利用超音波彈性影像進行肌肉骨骼疾病的診斷，並借助人工智慧進行神經肌肉疾病的療效評估。此外，透過經顱直流電刺激改善神經疾患的行走表現、提升中風患者復健療效，以及開發居家用功能評估工具等。
5. 生物列印和 3D 生物列印技術在復健醫學中的未來發展趨勢將主要集中在提升個性化治療的精確度和效率上。隨著這些技術的進步，未來的義肢、植入物甚至人體組織都能夠根據患者的具體需求進行定制，從而提高治療的成功率並縮短康復時間。此外，3D 列印有望在神經損傷、骨骼重建及再生醫學中發揮更大作用，支持更複雜的結構修復與功能重建。隨著技術的不斷創新，這些發展將使得復健醫學向更高效、個性化的方向邁進，並開啟更多治療的可能性。
6. 平板電腦書寫評估系統之開發與應用：研發精準且快速的書寫評估系統，協助治療師與教師了解孩童的書寫表現，並提供個人化的書寫介入方案，改善孩童的書寫障礙。
7. VR/AR 復健可提供高再現性與高控制度的訓練情境，有助於研究神經可塑性、動作控制與感覺回饋機制，提升基礎學

術研究的精準度。在臨床上，沉浸式環境能強化患者參與度並改善運動學習成效，適用於中風、平衡障礙、疼痛與退化性疾病的復健。於應用面，此技術具備可擴散性與商轉潛力，可推動居家化、遠距化及智慧化的復健服務模式。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

復健研究與神經科學有助於深入瞭解大腦認知、神經調控及再塑性、神經與動作控制以及動作學習等功能。新開發的評估與診斷工具，例如腦電圖訊號網路連結分析法，以及創新的生物標記、科技輔具等，都對臨床產生實質助益。這些工具有助於降低病患罹病或併發症的機率、促進功能改善、簡化診斷流程、代償病患失能、改善生活品質，並減少照顧者以及後續社會醫療資源的負擔。展望未來，建議結合我國半導體產業上的優勢，配合政府積極推動的人工智慧醫療，透過智慧化技術和生物列印/3D 生物列印技術的應用，實現精準預測預後與個人化照護需求。同時，進一步開發更多具創新性的照護技術與醫材，以解決我國目前長照人力不足及偏遠復健醫療資源分配不均的挑戰。透過這些措施，期望能夠更有效地應對長照需求，提升病患及照顧者的生活品質。VR/AR 復健可提供高再現性與高控制度的訓練情境，有助於研究神經可塑性、動作控制與感覺回饋機制，提升基礎學術研究的精準度。在臨床上，沉浸式環境能強化患者參與度並改善運動學習成效，適用於中風、平衡障礙、疼痛與退化性疾病的復健。於應用面，此技術具備可擴散性與商轉潛力，可推動居家化、遠距化及智慧化的復健服務模式。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

臺灣擁有相對充足的復健學科研究人才，但有些專業領域可能較為狹窄，特定的高階專業研究人才可能較難招募。鼓勵復健學科與其他相關領域如生物醫學、工程學等進行跨領域合作，以拓展研究視野並解決複雜的復健問題。隨著人工智慧科技的快速發展，對於超高速運算的電腦設備及資源需求逐漸增加，並廣泛應用在虛擬實境設備、生物醫學影像技術等，以支持更先進的研究和治療方法。建立更具現代感的臨床環境和模擬設施，以進行更真實、有效的實驗和臨床試驗，提升復健研究的可信度。加強對復健學科研究的資金投入，以支持基礎研究、臨床試驗及創新研發，推動學科發展。針對復健學科專業人才，提供更多的研究方法、科技應用等相關培訓資源，以提高整體研究水平。總體而言，臺灣在復健學科研究方面已有相當的基礎，但透過增加跨領域合作、更新設備及強化資源分配，可以更好地因應現代社會復健需求，提升學科的整體水準。國內具備資訊工程、光電技術、動作分析

與臨床復健專家等跨領域人才，但缺乏統合 VR/AR 技術與臨床需求的長期合作平台。設備面雖已有 motion capture、VR 裝置及部分沉浸式模擬環境，但規模有限，臨床驗證與多中心資料仍不足。未來需強化跨院所合作、擴增臨床試驗資源與建立沉浸式復健標準，以支撐技術深化與產業化需求。

四、 我國發展復健領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 在亞洲國家中，國內復健領域專業起步較早，其在國際期刊上發表的論文質與量皆備受肯定。跨領域人才來源充足，致力於與不同臨床相關科系合作，進行跨領域研究。
2. 國際化方面，各醫學中心的復健部門以及物理治療、職能治療、語言治療等復健相關學系積極參與國際學會，並在其上發表高水準的論文。此外，與其他國家的醫療機構和學術單位也有密切的交流與互訪。
3. 由於健保制度的實施，國內在執行復健相關實驗的研究個案來源相對穩定，為研究提供了有力的支持。
4. 近年來，學生與臨床人員積極參與在職教育，這有助於增進實證醫學的觀念，促進醫療專業水準的提升。
5. 我國可透過結合半導體產業與醫療之優勢，建立完善的資料庫，以及利用人工智慧技術開發新穎智慧型輔具。
6. 台灣在醫療設備的創新和個性化治療方面快速發展，生物列印技術可以根據每位患者的具體需求，定制義肢、植入物或矯形器，這對於復健患者尤其重要，因為每位患者的康復需求和身體條件都不同。台灣的醫療機構和研發單位能夠利用 3D 生物列印進行精確的個性化設計，提升治療的效果與患者的生活質量。
7. 我國擁有健全的醫療體系與大量復健醫療服務量，可提供充足的臨床案例與研究資料來源。多所大學及醫學中心具備復健醫學、醫工、運動科學與動作分析的跨領域研究團隊。光電、感測器與智慧裝置產業強勁，使我國具備發展復健科技產品的技術優勢。

（二）劣勢（Weakness）

1. 在復健學科的各領域中，針對常見疾患的物理、病理、生化、分生等基礎研究相對稀少，這導致相關論文在 impact factor 上的平均值較低。
2. 病患在診斷、各專業人員種類以及同一診斷之病患失能狀況存在較大的差異，使得病患資料的收集與整合變得複雜。
3. 由於國內各醫院體制和合作模式的不同，跨醫院之間難以建

立起有效的合作，因此相對缺乏像國外那樣跨中心執行大型計畫及成果發表具有較佳影響力的機制。

4. 復健醫學、工程醫學與產業端的合作模式尚未完全整合，跨域研發效率有限。高階設備如沉浸式平台、機器人復健系統與 biomedical-grade motion capture 的普及度不足。復健科技臨床試驗規模與長期追蹤資料缺乏，限制研究成果之國際可比性。

（三）機會（Opportunity）

1. 隨著資訊網路、體感互動和 3D 列印技術的不斷成熟，科技發展進一步增加了目前研究的多樣性。
2. 政府積極推動長期照護及急性後期照護計畫，擴大了復健學科在老人領域的發展舞台。
3. 國內電資、ICT 及醫工領域的研發實力豐富，可以整合這些技術與復健領域實務，創造出新的醫療概念或設備。
4. 鼓勵推展國際學術合作，尤其針對優勢領域，以提升國際競爭力。
5. 強調以人為本的智慧型行動輔具開發，融入現代科技輔助，改善輔具機構設計及演算法，以強化復能效果。
6. 建構人工智慧平台，透過正常動作評估各類動作障礙，分析可能原因，為精準復健治療提供基礎。同時結合科技發展，探索創新治療或照護模式，例如：應用神經調控技術於中風、巴金森氏症和失智症患者。
7. 透過再生醫學將活性組織或細胞放置於生物列印的個人化植入物，未來或許能實現對受損神經、肌肉或骨骼的修復，這對於許多複雜的復健病症提供了新的治療選擇。
8. 高齡化社會與慢性疾病增加，使復健科技、遠距復健與智慧輔具的需求快速成長。AI、VR/AR、機器人與可穿戴裝置的成熟，使復健領域具有高度創新與商品化空間。國際市場積極尋求新型復健科技，提供我國產業切入全球健康科技市場的契機。

（四）威脅（Threat）

1. 近年來，中國大陸及東南亞國家在復健領域的發展逐漸增長，它們投入的資源和經費相當可觀，積極地招募或挖角歐美、香港，甚至臺灣等擁有完整復健領域人才的國家。
2. 臺灣在臨床復健治療方面仍然缺乏強而有力的實證醫學(evidence-based practice)的概念，主要還是著重於傳統的治療方式和個別經驗，這種情況對於復健界朝向醫學主流發展可能構成一定的威脅。

3. 國外在復健機器人、沉浸式復健與 AI 精準復健等領域已有成熟產品與大型企業，競爭強度高。我國研究資源分散，若無大型跨院所平台整合，難以與國際規模進行競爭。此外，法規審查與醫材認證流程仍偏保守，可能延緩技術落地與商轉速度。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

鼓勵跨領域研究結合不同研究領域的新工具、觀念與方法，融入復健之研究，以找出具臨床意義的評估與預後預測工具，供未來臨床上應用，且呈現治療進展，鼓勵跨基礎與臨床之轉譯醫學研究，以發展新的治療方式，例如：再生醫學研究用於腦中風脊髓損傷病患之研究，或是肌、骨、腱、皮等組織再生與分化機轉之研究、新醫工技術運用於患者的功能促進、藥物發展對於復健治療促進的運用等。為了因應未來身心障礙或基因導致的相關疾病逐漸增多的趨勢，我們也持續鼓勵語言和聽力復健的相關研究。未來幾年內，將有更強的推動以生物列印技術和 3D 列印的應用於義肢與植入物的定制製作，這將極大提升復健過程中的個性化治療方案。短期目標著重於建立 VR/AR、AI 精準復健、可穿戴裝置與動作分析等核心技術平台。推動跨領域合作，連結復健科、工程學、資訊科學與光電產業，並建立跨院所共享的資料庫與臨床試驗流程，以提升技術驗證效率。

（二）中期

鼓勵進行與老化及失能族群相關之議題研究，強調以健康促進延緩老化，以與 ICT 及 AI 技術之結合發展出更有效率的失能照護設備和個人化復健模式，達到智慧化與人性化並具優質照護目的。另外，將朝向深化技術整合，如結合 AI、VR/AR、動作捕捉、生理訊號與機器人復健系統，發展個人化與情境化的智慧復健。推動產學合作並建置示範場域，使技術可在醫療院所與社區端進行大規模臨床驗證與應用。

（三）長期

由於偏鄉醫療較不足，遠距醫療及復健(telerehabilitation)受到特別重視。這提供了醫院或社區的病患或居民另一種評估、諮詢或治療輔助的方式，並結合大數據雲技術，可應用於復健、物理、職能、語言和運動治療等範疇。並且長期將推動全國性整合，包括復健大數據平台、復健數位孿生（digital twin）、AI 預測模型與跨醫療體系的智慧復健服務網。並推動技術國際化，與國際研究中心、科技企業與跨國醫療體系建立合作，以使我國成為亞洲復健科技的研發與臨床應用樞紐。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

整體而言，本學科於兒童心智理論能力電腦適性測驗之建構、發展人工智慧輔助之電腦化注意力測驗應用於社區老人、探討運動介入對於免疫治療引起心臟副作用之影響，有諸多突破性的成果，現階段之研究有助於衍生未來後端臨床之契機。

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 人工智慧：結合人工智慧與應用程式之遠端嬰孩動作篩檢：開發和驗證；全沉浸式虛擬實境工具性日常活動認知訓練對輕度認知障礙長者之實證療效：方案評估式混合研究法：發展認知評估之人工智慧系統於思覺失調症患者。

(2) 老人復健：認知動作訓練於巴金森氏病之應用：腦部活性、認知功能和行走能力之探討；自主權對於巴金森氏症患者動作學習之影響；老年人新式姿勢平衡訓練大腦小腦塑性之適應性改變。

(3) 疾病復健：自閉症類群障礙幼童的手勢模仿與動作功能之發展軌跡及執行動作任務時腦區活化相關性的長期追蹤研究；調查腦性麻痺患者的基因組、表觀基因組、肌少症和低骨量並了解 A 型肉毒桿菌毒素注射後的影響。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

目前復健學科所補助的研究計畫中，不少具有科技整合創新走向，例如：開發新型基於心率變異率之閉環性神經調節治療應用於纖維肌痛症；比較單獨或合併接受膝關節內低能量雷射照射與高黏稠度自體高濃度血小板血漿注射對於中度退化性膝關節炎患者之療效；發展適用於思覺失調症患者之情感型心智理論電腦適性測驗：隨機對照試驗；探討有氧運動對於青年注意力不足過動症之介入成效。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

復健學科學科所補助的研究計畫中，亦不乏具有高度應用性與潛在經濟價值的研究，包含：利用低能量超音波促進鼻腔藥物遞送，探索腦內淋巴循環與相關應用；以穿顱超音波調節膠淋巴系統進行腦中風治療；發展以腦中風個案為中心之全面性 ADL 評估工具。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

許多接受本學科補助之研究計畫其內容皆與社會福祉與環保安全之提升密切相關。例如：探索結合平衡訓練與迷走神經刺激對有焦慮症狀之巴金森患者於重心轉移與行走之訓

練成效：於時間限制與空間限制下探討；高精度經顱電刺激對亞急性中風上肢功能復健之增益效果與神經機制；結合超音波影像以探究全方位呼吸訓練運動計劃對阻塞型睡眠呼吸中止症之心肺耐力與呼吸道肌肉功能的療效機轉；鏈結智慧化上肢動作調適能力評估到新穎多感覺節奏訓練的高齡者復健；人工智慧賦予低成本動作擷取系統進行手部動作定量分析之可行性：便攜式智能手部動作擷取系統的建構、驗證和臨床應用性探討。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）
   復健學科在提高個體和社會整體經濟效益上扮演著重要的角色，有助於促進健康、降低醫療成本、提高生活品質，同時推動相關產業的發展。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立陽明交通大學醫學系高崇蘭教授，發表週邊噪音電刺激對運動學習的神經關聯與行為影響，其相關成果刊登於: IEEE transactions on neural systems and rehabilitation engineering (IF: 5.2)。
2. 長庚大學醫學系許智欽教授，發表高強度間歇訓練後運動反應的異質性與心臟衰竭患者長期心血管結果的差異相關：一項 15 年追蹤研究，其相關成果刊登於: Journal of the American Heart Association (IF: 5.0)。
3. 國立臺灣大學醫學院復健科陳文翔教授，發表 LoRA 增強型 RT-DETR：首個基於低秩自適應的 DETR，用於肌肉骨骼超音波中即時全身解剖結構識別，其相關刊登發表於: Computerized Medical Imaging and Graphics (IF: 4.9)。
4. 臺北醫學大學奈米醫學工程研究所康峻宏教授，開發和驗證用於預測口服糖尿病藥物藥物交互作用的機器學習模型。，其相關刊登發表於: Methods (IF: 4.3)。
5. 長庚大學職能治療學系吳菁宜教授，發表使用完全沉浸式虛擬實境系統對老年人進行休閒認知訓練的可行性、可用性和效果：單組前後測試點研究，其相關刊登發表於: JMIR Serious Games (IF: 4.1)。

## 七、 檢討與展望

未來臺灣的復健學科展望相當廣泛，其中包括整合跨領域資源，強調科技應用，加強臨床實證醫學，並推動健康促進與預防。透過科技如虛擬現實、人工智慧和遠距醫療，語言和聽力復健有望得到顯著提升。虛擬現實技術提供身臨其境的治療體驗，而人工智慧和生物列

印則能提供個性化的治療方案。遠距醫療使得患者可以在家中接受專業指導和治療服務，同時也擴大了服務範疇。這些技術的結合有助於提升治療效果，並為神經、語言和聽力復健帶來更加全面和有效的解決方案。同時，培育專業人才、推動研究和創新、加強國際合作，皆是未來發展的重要方向。這樣的綜合性策略有助於提高治療效果、加強專業培育、促進健康社會的建立，進而使復健學科在臺灣發揮更為全面和深遠的影響。

# 【參、放射核醫學科】

一、 前言

工程醫學學門結合生物、醫學、工程與基礎科學，是典型的跨領域研究領域，範疇多元。醫學影像、醫學物理、輻射生物學、癌症放射治療與核子醫學等皆屬放射與核醫學相關領域。該學門運用物理、工程技術及人工智慧，致力解決醫療與臨床應用中的關鍵問題，並推動相關科學與技術的持續發展。

二、 學門簡介

放射核醫學科的主要研究範疇與特性為:

（一）醫學影像技術與分子影像

1. 範疇：涵蓋 MRI、PET、CT、SPECT 等先進影像技術的開發與應用，並重點發展混合式影像(Hybrid Imaging，如 PET/MRI、SPECT/CT)和全身型 PET 掃描儀等新儀器。
2. 特性：強調影像品質提升、定量分析、AI 輔助影像判讀以及分子影像(Molecular Imaging)技術。目標是實現疾病的早期、精準診斷，並對疾病介入、治療反應及預後進行更準確的預測。

（二）醫學物理學與智慧化放射治療

1. 範疇：包含輻射劑量學、放射治療計畫設計、輻射防護技術及儀器設備開發等。特別關注在大數據和機器學習基礎上的治療計畫優化。
2. 特性：強調利用物理技術與人工智慧(AI)提升放射治療與影像診斷的安全性、精準度與效率。研究方向包括即時影像導引放療 (IGRT)的精進、超高劑量率放療(FLASH)等。

（三）輻射生物學與生物標記

1. 範疇：研究輻射對生物系統(如細胞、組織、器官)的影響，探索輻射致癌、抗癌及輻射防護機制。

2. 特性：研究方向除了傳統的劑量效應關係，更著重於生物標記 (Biomarkers)、基因組學(Genomics)與蛋白質組學(Proteomics)在個體化放射反應中的應用，旨在理解和調控生物對輻射的反應。

（四）癌症放射治療與粒子治療

1. 範疇：開發精準放療技術，如 IMRT、IGRT，並特別強調質子治療、碳離子治療等粒子治療的臨床應用與技術優化。
2. 特性：核心目標是個人化放射治療策略(Personalized Radiotherapy)，透過影像導引和劑量學優化，最大化腫瘤殺傷力，同時將周邊正常組織的副作用降至最低。

（五）核子醫學與放射診斷治療學(Theranostics)

1. 範疇：涉及放射性同位素在診斷與治療中的應用。
2. 特性：
   (1) 診斷：新型分子影像劑(例如針對前列腺癌的 PSMA 顯影劑)的開發、合成及生物相容性評估。
   (2) 治療(Therapy)：放射學科診療學的快速崛起，這是一種結合診斷(利用核醫影像劑定位病灶)與治療(利用放射性治療劑靶向殺傷病灶)的新興模式，例如使用 $\alpha$ 粒子發射體(如鋇-225 Ac-225)進行的靶向癌症治療。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 發展現況：
   (1) 醫學影像技術：
      a. 發展聚焦於人工智慧(AI)深度學習與大數據在醫學影像分析的應用，已從輔助診斷進階至自動化工作流程優化(如自動勾勒(Auto-Contouring)、影像配準(Image Registration))、影像組學(Radiomics)輔助決策、與個人化治療規劃。
      b. 極限高解析度、超快影像技術以及全身型 PET/CT/MRI 設備的普及與臨床應用日益成熟。
      c. 影像引導的介入性手術(如血管栓塞、射頻消融等)與自動標示(Segmentation)成為臨床標準。
   (2) 放射腫瘤：
      a. 超精準放射治療技術(如 IGRT、SBRT、Adaptive RT)已成熟應用；粒子治療(質子與碳離子)的臨床適應症持續擴大，並朝向低次數、高劑量治療模式發展。
      b. 免疫放療(Immuno-Radiotherapy)結合免疫檢查點抑制劑 (ICI)，成為癌症綜合治療的標準策略之一。

c. 超高劑量率放療(FLASH Radiotherapy)研究在全球範圍內快速推進，有望顯著降低正常組織損傷，是未來重大趨勢。

(3) 核子醫學：

a. 診斷治療學(Theranostics)迅速成長，靶向治療性放射性同位素(如 Lu-177-PSMA/DOTATATE、Ac-225 $\alpha$ 粒子發射體)從臨床試驗走向常規應用。

b. 新型核醫分子影像技術持續開發，例如針對特定受體和通路(如 FAPi)的顯影劑，實現更廣泛的疾病分子層面診斷。

c. 多模態影像(PET/MRI、PET/CT)以及 Digital PET 實現更高的診斷準確性、定量能力與效率。

2. 未來發展趨勢：

(1) 智慧化、數位孿生與生成式 AI：整合生成式 AI (Generative AI)、機器學習技術，用於影像重建、自動治療計畫設計 (Auto-Planning)、劑量預測模型以及創建醫療數位孿生 (Digital Twins)，以進行治療模擬與預測。

(2) 診斷治療學的標準化與擴展：Theranostics 將成為多種癌症(如攝護腺癌、神經內分泌腫瘤)的標準治療選項，並擴展至心血管疾病、炎症與神經退行性疾病的診斷與治療。

(3) 超高劑量率放療(FLASH-RT)的臨床轉化：FLASH-RT 將從實驗室階段逐步轉入早期臨床試驗，探索其在臨床上的可行性與安全性。

(4) 低劑量、高效率與環保技術：持續開發超低劑量的影像診斷技術；發展短半衰期且高效能的同位素生產與回收技術，降低環境與患者負荷。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 發展現況：

(1) 臨床與設備：我國在影像診斷、放射治療和核子醫學領域的基礎設備與國際水準相當，高階影像設備(如 3T MRI、Digital PET)及粒子治療中心(質子治療)持續增加，臨床經驗豐富。

(2) 研究與產學：相關學術研究和臨床應用逐年增多，AI 醫療影像發展尤其活躍，產學合作模式(特別是 AI 輔助影像勾勒、影像組學、本土化資料庫建立)與新創公司逐步增加，並積極與國際接軌。

2. 重點研究方向：

(1) 本土化 AI 模型輔助診斷與治療：針對本土疾病特徵，開

發更準確、更穩健的 AI 輔助診斷與治療規劃系統。

(2) 診斷治療學的轉化與臨床試驗：聚焦新型放射性藥物的合成、標記與臨床應用(如 Lu-177、Ac-225)，特別是結合我國的藥物開發和核醫生產技術。

(3) 粒子治療的臨床應用擴展與優化：探索質子治療對於亞洲常見癌症的更佳治療方案與劑量優化。

(4) 影像學與基因組學/生物標誌物的多層次整合研究，實現精準醫療。

3. 未來發展趨勢：

(1) 強化跨領域整合與數據生態系建立：建立標準化的多中心醫療影像與臨床數據庫，強化資訊工程、物理學、生物學的跨領域合作，以發展創新型診斷與治療技術。

(2) 人才培育與國際合作的升級：加強對 AI 醫學物理師、放射藥物學家、與放射診療學專家等跨領域高階專業人才的培養，並持續深化與國際領先機構的合作。

(3) 智慧醫療產品的產業化：推動 AI 輔助診斷系統、客製化放射治療耗材與設備的技術商品化，提升產業競爭力。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

1. 學術面：提升基礎科學研究能力，特別在生物標誌物、AI 演算法與 FLASH 生物效應等前沿領域，促進基礎與臨床研究的緊密結合，推動影像、治療與生物學的高度跨領域整合。

2. 臨床面：透過 AI 提升診斷效率與準確度；藉由 Theranostics 和質子治療提高癌症與其他重大疾病的治療成效，實現真正意義上的個性化、精準治療，同時優化醫療流程，降低人為誤差。

3. 應用面：促進高階技術(如 AI 輔助系統、新型核醫藥物)的技術商品化及臨床普及，最終目標是降低醫療成本並顯著提升國民健康水平。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

1. 研究人力：高階專業人才不足，特別是能同時掌握 AI、數據科學與醫學專業知識的跨領域整合型人才仍是急需培育的重點。

2. 設備現況：高階影像設備及質子治療設備逐步增加，但需重視區域均衡發展，以確保偏鄉地區與中小型醫院也能獲得必要的先進技術支援。

3. 資源分配：經費多集中於大型醫療中心與學術機構，需鼓勵並建立機制提升中小型醫院與新創團隊的研究資源。鼓勵公私合作 (PPP)，提升研究經費的投入，支持高風險、高價值

的創新研究，特別是 Theranostics 藥物開發。

總而言之，醫學影像、放腫及核醫領域的研究與發展正朝著個人化、精準、智慧化和「診斷即治療」的放射診療學方向邁進，未來的潛力巨大，我國需持續關注並加強相關資源的投入與跨領域合作，以維持國際競爭力。

四、 我國發展放射核醫領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

我國在放射核醫學科領域擁有多項堅實的基礎。首先，在技術實力與專業人才方面，我們具備世界級水準，擁有一流的臨床醫療中心和學術機構，且針對臨床醫師與醫學物理師的專業培訓機制完善。其次，在設備與基礎建設上，多數大型醫院配備先進的影像診斷儀器、高精度放射治療設備，並已成功建置多座質子治療中心，硬體基礎雄厚。此外，我國擁有健全的全民健保體系與龐大的醫療數據庫，形成了獨特的健康產業生態系統，這對 AI 模型訓練與核醫技術推廣至臨床應用提供了極大的便利。最後，我國與國際學術單位和醫療機構維持良好合作，在亞洲地區的臨床經驗與數據分享具備影響力，能持續參與全球醫療科技的發展。

（二）劣勢（Weakness）

儘管基礎良好，我國仍面臨一些挑戰。最顯著的是研究資源與長期投入不足，特別是針對高單價的核醫製藥與同位素研究，限制了在前瞻技術(如 FLASH-RT、Theranostics)上的大型整合型專案進展。其次，法規與產業化速度仍是瓶頸，醫療器材與新型放射性藥物(特別是 Theranostics 製劑)的審批流程相對冗長，且 AI 醫材認證標準尚待完善，影響了技術的商業化速度。在跨領域整合挑戰方面，我們缺乏如「AI 醫學物理師」、「核藥學家」等高度跨領域整合型人才，多學科合作機制尚不夠成熟。此外，國內學術和醫療環境的薪酬與職涯發展限制，可能導致粒子治療與 Theranostics 等新興領域的高階專業人才外流。一個關鍵的技術性弱點是同位素供應穩定性，核子醫學所需的關鍵放射性同位素(如 Lu-177、Ac-225)高度依賴進口，自主合成能力仍需加強。

（三）機會（Opportunity）

當前全球趨勢為我國帶來了巨大的發展契機。在數位醫療與 AI 應用方面，醫療影像診斷與生成式 AI、影像組學的結合是全球焦點，我國可利用現有數據庫優勢，在 AI 輔助治療規劃與自動化流程領域取得領先地位。最值得關注的是放射診療學(Theranostics)的崛起，核子醫學進入治療新紀元，Theranostics 技術的快速發展，為我國在分子影像劑開發與靶向放射性治療藥物領域提供了新利基。同時健康老化與癌症治療需求的持續增長，

推動了對個人化、低副作用的粒子治療、分子診斷等技術的快速需求。政府近年推動精準健康與數位醫療重大計畫，提供了穩定的政策與資金支持，有利於產業發展。

（四）威脅（Threat）

全球化的競爭與技術變革帶來了潛在的風險。國際競爭加劇，歐美和亞洲鄰國(如中國、日本、南韓)在質子治療、核醫新藥研發、及 AI 整合應用上投入巨額資源，我國可能面臨核心技術、頂尖人才和市場佔有率的競爭壓力。其次是產業變動與技術淘汰 的風險，由於 AI 輔助診斷與 FLASH-RT/Theranostics 等新技術更新極快，若未能跟上全球研發速度，傳統技術可能迅速被邊緣化。此外，數位醫療技術涉及的數據法規與隱私議題，特別是嚴格的法規限制(如 GDPR/HIPAA)，可能延遲醫療大數據的應用與 AI 模型的開發推廣。最後，公共健康事件影響，如新型傳染病，可能導致醫療資源重新分配，進而排擠放射核醫學科領域的長期研究和新技術臨床應用。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

短期規劃的重點在於強化研究基礎、提升臨床應用能力及人才結構升級。建議強化 AI 與影像定量研究，提供專項經費支持，推動 AI 在影像定量分析、自動標註(Auto-Contouring)及影像組學(Radiomics)上的應用，特別聚焦於癌症早期篩檢與精準診斷，以提升影像診斷的效率與客觀性，加速治療規劃流程。同時，應提升 Theranostics 臨床能力，投入資源升級核醫藥物製備設施並引進並常規化 Lu-177、F-18 PSMA 等先進分子影像與治療製劑，目標是快速接軌國際放射診療學趨勢，為特定癌症患者提供新型靶向治療選項。在人才方面，需建立跨域人才升級機制，增設「AI 醫學物理師」與「放射藥物學專家」等專精訓練計畫，緩解專業人才不足的劣勢，培養能駕馭 AI、粒子治療與核藥合成的新一代高階專業人才。

（二）中期

中期規劃主要在促進產學合作、加速技術轉譯與拓展國際影響力。例如以發展 Theranostics 產學研平台為例，建立「從同位素生產到臨床應用」的完整產業鏈合作平台，重點支持本土新型核醫藥物及影像儀器的技術轉譯與商業化，以便將我國打造成亞太地區的 Theranostics 研發製造中心。同時，必須加速智慧醫材法規審批，建立專門針對 AI 醫材、新型放射性藥物的快速審批通道，引入真實世界證據(RWE)驗證機制，縮短新技術從研究到臨床應用的時間，加速改善重大疾病的診斷與治療成效。此外，透過國

際合作與標準化推動，主動參與國際 FLASH-RT 研發聯盟、AI 影像數據標準與 Theranostics 臨床指南的制定，提升臺灣技術的能見度與市場份額。

（三）長期

長期規劃的目標是實現重大技術突破、建立數據生態系統並確保資源永續投入。建議投入重大前瞻技術突破，加強 FLASH-RT 生物效應、新型α粒子發射體及量子影像感測等基礎研究，並推動核醫藥物在神經退行性疾病等非腫瘤疾病上的應用，藉此創建全球領先的精準放療與核子醫學技術生態系統。接著，應推動國家級醫療數據生態系統建構，建立國家級、經良好治理(Well-Governed)的醫療影像與臨床數據庫，促進 AI 與大數據分析在醫療上的深度應用，以建構數據驅動的醫療生態系統，最終目標是顯著改善國民健康與壽命。最後，必須建立長效資源與產業鏈投入機制，透過持續且多元化的公私協力資金投入機制，特別支持高風險的核醫藥物研發，以確保研究與技術應用的永續發展，提升國家經濟競爭力。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

放射核醫學科在放射醫學、核子醫學、生醫影像、腫瘤生物學及精準醫療 AI 等領域均展現高度研究能量。多項成果深化疾病機轉理解，如：

(1) FLASH 超高劑量率放射治療分子機制，展現基因轉錄調控、DNA 傷害反應與免疫調節路徑的關鍵角色。

(2) 放射線誘發腦傷的粒線體級反應模型，從細胞到動物層級完整闡述神經退化與氧化壓力鏈結。

(3) 膠狀淋巴系統(glymphatic system)與腦膜淋巴系統流動機制，透過 DTI-ALPS、MUSE/IVIM-DWI 實證清除功能與腦疾病關聯。

(4) 腫瘤微小核酸、多體學與乳癌分子調控機制、鐵死亡(ferroptosis)與放射增敏生物學、肝癌 FABP5－NRF2 訊息軸等研究，拓展癌症基礎科學的新方向。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

放射核醫學科展現跨工程、AI、影像、治療技術的高度創新能力：

(1) 新技術與儀器開發

a. 18F-FBPA 自動化合成平台，成功開發新前驅物並完成製程自動化，解決 BNCT 臨床前評估斷鏈問題。

b. 整合式 ICP X 光假體與自動分析軟體，一次性取得 MTF、可見率、與資訊等多指標，突破傳統假體方向性侷限。

(2) 醫療 AI 與精準醫療系統

多項 AI 系統榮獲國家新創獎及未來科技獎：

a. AI 腫瘤分子會議代理系統 (自動基因變異分析與治療建議)。

b. AI 影像報告自動生成平台 (可節省 80%醫師撰寫時間)。

c. 腫瘤數位孿生 TumorBERT 與 GeneMed-RAG (治療建議準確度達 98.3%)。

(3) AI 影像診斷創新

a. 子宮頸癌與婦癌 MRI 全自動分割與放射組學平台，DSC 最高達 0.90+，具臨床應用潛力。

b. 心肌灌注 SPECT 多能窗深度學習衰減校正模型，可在低劑量下重建高品質影像。

c. 99mTc-PYP 深度學習自動分級模型，提升心臟澱粉樣疾病診斷率。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

放射核醫學科在生醫科技與 AI 醫療產業化上具有顯著貢獻：

(1) AI 醫療系統(腫瘤會議系統、AI 報告、GeneMedAI)具有商品化潛力，可推動國內數位醫療產業與國際輸出。

(2) BNCT 關鍵藥材 18F-FBPA 自動製程符合法規，未來可提供產業鏈重新建立之契機。

(3) X 光影像品質 ICP 假體具臨床儀器評估需求，可望轉為商業化 QA/QC 產品。

(4) AI 影像與多體學分析工具可導入 PACS、醫院雲端平台，具臨床導入與商轉價值。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

放射核醫學科研究直接促進病患診療品質與社會健康：

(1) 提升診斷準確度與治療安全性

a. BNCT 評估藥物重新量產避免病患無法接受治療前評估的困境。

b. AI 放射報告平台降低醫師負擔、減少錯漏，提升醫療效率。

c. 心肌 SPECT 衰減校正技術降低偽陽性，避免不必要檢查與醫療成本。

(2) 促進病患健康與長期預後

a. 高壓氧治療改善放射線引起的認知退化，可減輕癌症治療副作用。

b. 頸動脈支架術可改善神經認知功能與腦液清除功能，提升長者生活品質。

(3) 放射安全與設備品質提升

X 光 ICP 假體可準確偵測足跟效應與影像不均勻性，提升民眾曝露安全。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

(1) 支持精準醫療政策與國家級 AI 醫療發展

a. AI 系統(GeneMedAI)直接回應政府推動之精準醫療、智慧醫療政策方向。

b. BNCT 技術鏈重建具國家戰略價值，是少數具全球競爭力的台灣自研技術。

(2) 強化跨學門合作與人才培育

研究涵蓋：放射醫學、生醫工程、AI 資訊科學、臨床腫瘤、神經影像、醫療儀器開發培育跨領域人才，促進醫工整合。

(3) 提升國際能見度

a. 多篇論文於高影響力期刊發表及國際會議展示。

b. AI 系統獲國家新創獎、未來科技獎，增加國際合作機會。

放射核醫學科的成果從基礎研究→技術創新→臨床應用→產業推動→社會健康形成完整生態鏈。不論在放射醫學、核醫學、AI 精準醫療或生醫影像等領域，都已展現具有國際競爭力的科研與產業化價值。

（二）個別計畫代表性成果

1. 長庚醫療財團法人放射腫瘤科王俊傑醫師，其計畫名稱以小鼠模型探討超高劑量率閃光質子治療對肝腫瘤控制與肝組織的保護效應(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-182A-122-MY2)。此研究利用基因分子功能註解(GO)與基因調控路徑分析，探討超高劑量率閃光(FLASH)治療對腫瘤的作用機制。結果顯示，差異表達基因主要富集於基因轉錄與 RNA 處理等核心調控機制，並涉及染色質組織與 DNA 損傷刺激反應。特別的是，分析強力支持差異表達基因與免疫和發炎反應密切相關，包括 NF-κB 信號、趨化因子信號途徑、T 細胞受體信號途徑等免疫功能。這代表 FLASH 治療後腫瘤中獨特的免疫調節機制，為新型放射治療策略的開發提供分子層級的基礎。

2. 臺北醫學大學神經醫學研究中心李宜恬副研究員，其計畫名稱為「利用新穎磁振影像生物標記及量子機器學習探討膠淋巴系統對於腦震盪持久後遺症的影響機制」(計畫編號為NSTC 113-2314-B-038-079-)。此研究成功的建立了多模態膠淋巴影像生物標記的技術在腦震盪持久後遺症的可行性，包括擴散張量影像沿著血管周邊空間指數(DTI-ALPS)和擴散加權動脈自旋標記量測水分子交換率（kw）等。研究證實膠淋巴系統功能障礙是導致認知損傷的路徑之一：DTI-ALPS腦液體指標可部分呈現腦部微出血及睡眠障礙對長期工作記憶下降標記。後續採用的雙重預測模型更進一步驗證，DTI-ALPS（膠淋巴結構阻力）與 kw（膠淋巴滲透率）在白質損傷導致認知缺損的病理關聯，且作用互相獨立、互補。該成果已發表於神經創傷指標期刊《Journal of Neurotrauma》，以此成果開發的腦震盪症候群人工智慧輔助決策系統榮獲2024 國家新創獎及中華民國發明專利核准（案號：112120287)，為提升腦震盪預後預測商化的基礎。
3. 臺北榮民總醫院放射線部吳嘉紘主治醫師，其計畫名稱顱外頸動脈支架對於膠狀淋巴系統動力與局部腦實質通透性影響之綜合評估(計畫編號為NSTC 111-2314-B-075-025-MY3)。此研究評估頸動脈支架置入術對神經認知功能與腦部膠狀淋巴系統的早期影響。結果顯示，患者的簡式智能評估量表(MMSE)總分在術後兩個月顯著上升($P<0.001$)，表示整體認知功能改善。同時，利用 DTI-ALPS 指數評估，發現術後 24 小時內膠狀淋巴系統效率即明顯增加($P = 0.022$)。這兩項發現高度支持假說，即早期膠狀淋巴系統功能的提升，可能為數月後的認知功能改善奠定基礎，顯示了頸動脈支架置入術改善腦功能的潛在新標記。
4. 國立陽明交通大學生物醫學影像暨放射科學系吳駿一副教授，其計畫名稱開發自動化合成 18F-FBPA 之製程及探討其經肝動脈注射於荷原位肝腫瘤大鼠之藥物動力學(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-A49-049-MY3)。此研究主要在開發硼中子捕獲療法(BNCT) 關鍵藥物 18F-FBPA 的自動化合成製程及其品管程序，以解決法規限制導致的藥物停產問題。研究成功以親核取代反應開發新型前驅物，並將手動合成流程轉譯至自動化合成器平台。此製程展現優異的放射化學產率、純度與安定性，不僅提升了製程的再現性與操作安全性，也為 18F-FBPA 的臨床常規生產奠定良好基礎，有助於 BNCT 治療計畫的制定與推廣。

七、 檢討與展望

（一）檢討

1. 基礎研究有若干突破，但轉譯應用能量不足：本學門在基礎研究上成果豐碩，特別在分子機制上取得重大突破，例如：證實 FLASH-RT 透過調控免疫和發炎反應控制腫瘤；揭示輻射誘導神經損傷的粒線體機制；並發現肝癌惡性發展的關鍵靶點 FABP5-NRF2 軸線。然而，受限於經費難以長期支持，這些高價值基礎成果轉向臨床試驗和技術轉譯的推進需要大量栽培人才，並提供長期補助。
2. AI 研發技術逐漸成熟，但臨床整合與法規流程困難：AI 輔助診斷技術在惡性腦水腫預測、心臟澱粉樣蛋白分級等領域已達高準確率，並開發出提升效率的 AI 代理輔助系統。但高效能模型尚未能深度整合至醫院的實際工作流程(HIS/PACS)，影響臨床醫師使用意願。AI 醫材的法規審批流程冗長，財務支持造成困難，是技術全面落地應用與商業化的主要瓶頸。
3. 腫瘤分子治療轉譯是新契機，但是分子診斷治療 Theranostics 面臨技術團隊與人才培育和供應鍊的挑戰：放射腫瘤研究雖聚焦於精準化和整合治療，但將研究發現(如腫瘤微環境改變)轉化為臨床可行的聯合治療策略(如 FLASH-RT、納米載體結合免疫療法)的速度不如預期。核子醫學已進入放射核分子標靶診療學(Theranostics) 時代，成果如 18F-FBPA 自動化合成具潛力，但關鍵放射性同位素的供應鏈穩定性(如 Lu-177、Ac-225)仍高度依賴國際，限制了 Theranostics 的臨床應用範圍。

（二）展望

1. 核心發展放射分子診療學與藥物自主化：將 Theranostics 視為學門發展的第一優先策略。積極投入新型靶向放射性藥物(如 Ac-225 $\alpha$ 粒子發射體)的自主研發與 GMP 製備設施升級，並加速 Lu-177 等製劑的臨床應用，建立完整的本土產業鏈，對癌症治療領域有極大助益。
2. 優先推動 AI 數據治理與臨床智慧化：將資源集中於 AI 模型的臨床落地與流程優化，而非僅止於實驗室驗證。加速影像組學 和生成式 AI 在放射腫瘤治療規劃和臨床決策中的應用。同時，必須建立國家級、標準化的醫療影像數據庫，並制定明確的 AI 醫材認證與數據治理規範。
3. 加速前瞻技術轉譯與人才培育：集中資源支持 FLASH-RT 從分子機制研究向早期臨床可行性評估的轉譯。系統性培養具備 AI、核醫藥物合成及先進醫學物理能力的複合型人才，並

主動參與國際 FLASH-RT 聯盟與 AI 影像標準制定，確保我國在關鍵技術領域的全球競爭力。

# 【肆、牙醫學科】

一、 前言

牙醫學科領域涵蓋整個口腔顏面區域正常生理功能的研究探討，與異常疾病或癌症的治療與重建，研究主題範圍包括口腔軟組織、硬組織、唾液腺、牙齒、牙齒周邊之牙周韌帶、齒槽骨、神經、肌肉及黏膜組織等之正常發育與生理功能，以及異常、病態、老化或癌症之形成機制以及相關創新治療方式/材料探討，當然亦涵蓋對於各種口腔生物醫學材料(牙科植體、口腔醫材)之臨床應用之突破、咀嚼吞嚥失能之重建、數位牙醫流程之優化、數位 CAD / CAM 的突破與臨床應用、3D 生物列印、口腔癌之個人精準治療、口腔幹細胞與衍生物再生醫學之臨床驗證以及 AI 人工智慧之開發落地亦為未來幾年研發之重點。

二、 學門簡介

牙醫學科包含口腔顏面、牙齒及周邊軟硬組織之基礎研發以及臨床導向為導向，故整體規劃涵蓋全方面之研究主題，包括：基礎口腔細胞分子生物學，口腔微生物免疫學、口腔組織解剖學、口腔疾病之機制探討(牙周病、齲齒、牙科植體周圍炎、唾液腺退化、咀嚼吞嚥退化)與口腔癌之轉譯研究為其中發展主軸之一。再者為組織工程、再生醫學、牙科生物材料學及其相關臨床導向應用領域之研發，同時近年來 Digital 數位化以及 AI 人工智慧化的變革突破下，讓牙醫學的研究涵蓋的範圍更加廣泛也更加受到重視，而這些上述研究中，基礎科學與臨床導向應用跨領域之研發整合尤為重要指標。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 各種口腔癌及口腔疾病之轉譯研究及客製精準牙醫學蓬勃發展。
2. 牙科生物醫學材料開發、生物組織工程以及口腔牙齒組織再生(幹細胞與其衍生物產品)日益發展。
3. Digital 數位牙醫及 AI 人工智慧進步迅速，預測之精準度與影響範圍逐年提升。
4. 臨床導向性研究主題以及解決未來臨床問題之議題需求逐年增加與受到重視。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 口腔癌及口腔癌前病變之相關的轉譯研究有堅實之基礎。
2. 口腔疾病轉譯研究：時值全基因定序、微生物體學以及蛋白

質體學蓬勃發展之年代，國內牙醫界對齲齒、牙周病、唾液腺退化與老化等之探討及生物防治之進展緩慢，與世界之連接須加快。

3. 口腔生醫材料研發與組織工程醫學發展極為蓬勃，與世界接軌密切。
4. 口腔間葉幹細胞以及其衍生產物(外泌體)治療或產品亦為未來細胞或非細胞治療之主流，宜大力推動。
5. 結合人工智慧疾病影像辨識技術與高解析成像技術，為目前診斷口腔醫學之趨勢。
6. 生物材料與口腔間葉幹細胞以及其衍生產物(外泌體)之互動或是釋放機轉之研究，為臨床應用之重要參考依據，更應深入探討與組織間長期的交互作用。
7. 口腔醫學大數據之整合分析，鏈結全身性疾病或相關數據，建立國人之口腔健康資料庫為重要議題。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

1. 學術方面：帶動跨學科與跨領域的整合，有效應用資源，提升牙醫學之學術競爭力、國際合作與國際影響力。
2. 臨床方面:提供重要實質證據推動臨床應用,解決臨床問題,以更精準診斷與更有效率醫療，提昇整體治癒率、改善口腔功能與增進病患福祉。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

牙醫學的研究人力、資源及空間不足是根本制度之問題。解決的方法建議為：增加口腔基礎醫學專職研究員職缺、提早介入培育牙醫師學習與投入臨床研究、重點扶植口腔科學特色研究中心與建立基礎研究/臨床導向應用研究合作平台。

四、 我國發展牙醫領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 全國八大口腔醫學院開設課程領域多元紮實、教育內容豐富，整體師生素質優異，為國內志願之首選科目。
2. 全國多所醫院牙科部之臨床醫師訓練計畫與課程完整而嚴謹，優秀臨床牙醫人資充沛。
3. 牙醫 11 個次專科已經納入衛生福利部認定之專科，各專科學會趨近完善，有系統培育並維持人員之水準，有優越臨床素質及豐富之病例，並且逐漸拓展國際視野風氣。

（二）劣勢（Weakness）

1. 高齡化及少子化趨勢下，願意繼續深造碩博士生的學生日益減緩，現有研發人才與臨床師資嚴重老化，斷層明顯。
2. 臨床醫師參與研究進行與發展的誘因不多，願意投入基礎研

究臨床醫師少。

3. 醫院主治醫師研究風氣不夠盛行，臨床主治醫師基礎研究能力需培育。
4. 研究經費絕大部份來源為國科會計畫，大多數計畫亦屬於經費較少之小型、短期研究計畫。
5. 教學研究資源不足，專任教師輔導及服務業務繁重，排擠研究的時間與空間。
6. 診所開業環境良好，吸引多數學生投入，留住優秀學生深造不易。

（三）機會（Opportunity）

1. 口腔生醫產學之臨床試驗逐漸受到產業界重視，人工智慧、數位牙科、細胞治療與生醫產品需求日益增加。
2. 以技轉及專利為媒介，結合大學與產業界進行技術轉移與輔導，運用產學合作，促進研究成果之流動與活用。
3. 結合我國既有數位科技及製造強項，提升國內牙科材料產業。
4. 藉由拓展國際學術交流，提升相關研究人員的學術研究動能與風氣。
5. 整合我國臨床牙科技術優異之單位，成立教育與臨床試驗輸出平台。

（四）威脅（Threat）

1. 新進研究人員招募與基礎研究訓練不易，訓練期程太長，與開業醫相比較，專任教師薪資差距過多，優質研究人才之招募與維持不易。
2. 有高比例研究之創新性不足，專任師資、主治醫師與碩博士生之國際研究合作與國際論文共同發表需精進。
3. 國內各校系間之體制差異與競爭模式，缺少有高質量之跨領域與跨中心研究成果。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 培養研究風氣，鼓勵參與大專生研究計畫，積極培育新進研究人才。
2. 鼓勵教師出國短期進修拓展國際視野，激勵研究士氣與創意。
3. 延攬國際重量級學者作短、中或長期的講學交流，國際研究合作，產出高分論文。

（二）中期

1. 提升研究成果的質量：應有具體措施重視及獎勵高引用數論文。
2. 規劃適合口腔醫學研究之大型核心共同研究室：整合設備資

源與人才資源作最有效之應用，提升研究之動能，加快研究突破。

3. 加強口腔生醫材料的研發：從事跨界、跨領域之牙科生醫材料的研發。

（三）長期

1. 發展產學合作以創造知識經濟與牙醫產業創新。
2. 積極培養臨床醫師論文撰寫與發表之能力，提高臺灣牙醫研究之國際學術知名度。
3. 加強國際化，鼓勵進修吸取國際優勢外，也積極參與國際學術事務。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

整體而言，本年度於口腔癌新穎治療、口腔生醫材料、口腔幹細胞與口腔人工智慧等相關重點發展領域，皆有諸多突破性與創新性之研究發展。

1. 學術成就（科技基礎研究）：

(1) 口腔癌新穎治療：Tid1 介導粒線體活化以標靶治療頭頸癌幹細胞；口腔黏膜下纖維化症相關外泌體長鏈非編碼核糖核酸之起癌分子機制;新穎 CD155 靶向免疫微脂體;以多體學分析探討代謝分子作為輔助治療增進頭頸癌治療;低溫常壓電漿對口腔癌化進程之抑制作用;檳榔誘導的纖維母細胞轉化及衰老；PSPC1 在台灣口腔癌扮演的角色,機轉與臨床意義;以頸部淋巴結及腫瘤外泌體標定之 T 細胞定序發展口腔癌創新免疫細胞治療。

(2) 口腔生醫材料:羥基磷灰石聚氨酯多孔型泡棉骨材；脂肪幹細胞-副甲狀腺素複合凝膠；靜電紡絲支架和外泌體協同;結合促骨血管新生仿生支架與促骨代謝生物塗層;功能性微量元素之氫氧基磷灰石/A-PRF 複合再生基質；含鍶之漸進降解鈣磷層塗覆於鎂鈣合金表面。

(3) 口腔幹細胞: 優化牙髓間葉幹細胞衍生之外泌體純化；牙齦間質幹細胞衍生之外泌體；建立幹細胞外泌體促進唾液腺再生模式；以近紅外光與機械力協同刺激牙周韌帶分泌細胞激素影響骨重塑骨免疫機制；鎂鍶摻雜矽酸鈣支架調控巨噬細胞外囊泡於牙周再生療效

(4) 口腔人工智慧: 機器學習輔助判讀牙周骨內缺損；牙科環口片影像辨識基於 YOLO-V8 之進行阻生牙物件偵測系統。

2. 技術創新成就（科技整合創新）：目前牙醫學科所補助的研究

計畫中，不少具有科技整合創新走向，例如：製備具有仿生夏庇氏纖維界面的鈦植體；機器手臂根管治療系統建立與深度學習輔助自動化手術驗證；以口內照片為全自動化端對端影像分割、列舉及齲齒指數(DMF)識別之深度學習模式；新型減震均質聚醚醚酮塗層之研製。

3. 經濟效益（經濟產業促進）：部分計畫成果有技轉價值與專利產出及技轉價值，包含：以多巴胺-磷酸膽鹼共聚物為新型預防齲齒氟漆材料；原子層沉積技術提升生醫陶瓷塗層之抗菌性；仿細胞外基質表面特性鈦牙科植體；細菌纖維素-磷酸鈣抗菌複合膜；二硒化物具自我修復功能之隱形矯正器；天然抗氧化萃取物調節軟骨細胞鐵死亡與修復顳顎關節炎。
4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）：部分計畫研究成果有助於了解疾病機轉及治療效益，提升國民福祉，包含：調控脂類代謝對膠原蛋白誘發顳顎關節炎進展；多發性特發性齒頸部牙根吸收之多體學研究；鈦合金積層製造之局部活動義齒支架設計及抗菌性開發；含生長因子的金屬有機框架的直接生長改質於生物活性玻璃用於活髓治療覆髓材料；鼻腔給藥探討牙周病細菌影響阿茲海默症之分子致病機轉。
5. 其他效益（科技政策管理及其他）

   無。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學牙醫專業學院牙醫學系李伯訓教授，其計畫名稱：以多巴胺-磷酸膽鹼共聚物為主體發展新型預防齲齒氟漆材料(計畫編號：112-2314-B-002-081-MY3)，成功合成具黏著與抗菌功能的 ADOPMA-MPC 共聚物，透過調整單體比例提升轉化率並經透析純化獲得高純度材料。其組成穩定（約 26:74 mol%），為開發更持久有效的新型氟漆提供基礎。相關成果刊登在國際期刊 International journal of nanomedicine (5-Year IF: 7.7)與 Journal of Periodontal Research (5-Year IF: 3.7)。
2. 國防醫學大學牙醫學系謝義興教授，其計畫名稱：香菸煙霧冷凝物對口腔癌代謝重組機制之探討(計畫編號：113-2314-B-016-006-)，研究揭示抽菸相關 OSCC 的關鍵致癌機制：CSC 透過 $\alpha$7-nAChR 啟動 YAP/TEAD，上調 Axl，促進糖解代謝與 TAM 向免疫抑制性 M2 極化，TCGA、GSE30748 與 RNA-seq 皆顯示 Axl、CD204、CD206、GLUT1/3、HK2 在 OSCC 中高表現，此路徑完整連結(抽菸、代謝重組、免疫調控)，Axl 可作為預後標記，且 Axl/YAP 抑制劑具治療潛力。相關成果刊登在國際期刊 npj Precision Oncology (IF: 8.0)與 Journal of

Dental Sciences(IF: 3.1)。

3. 中山醫學大學口腔科學研究所林巧雯教授研究團隊，其計畫名稱：ZNF114 調控下游基因 FOSL1 之表現與口腔癌轉移過程之探討(計畫編號：113-2314-B-040-008-MY3)證實 ZNF114 在口腔癌中高表現，與晚期、淋巴轉移及差預後相關，抑制 ZNF114 可降低癌細胞爬行與侵襲，而過表現則促進轉移。ZNF114 透過下游 FOSL1 與 DENR，以及 p-Src、p-p38 等訊息路徑提升轉移能力。FOSL1 亦與淋巴轉移相關，為潛在治療靶點。相關成果刊登在多篇國際知名期刊 Neoplasia (IF: 7.7)與 The Journal of Cellular and Molecular Medicine (IF: 4.2)。
4. 臺北醫學大學牙醫學系張維仁教授團隊，其計畫名稱：利用 sol-gel 將含鍶之漸進降解鈣磷層塗覆於鎂鈣合金表面以促進骨再生及提升抗菌性(計畫編號：113-2314-B-038-036-)，本研究成功以溶膠-凝膠製備鍶摻雜 BCP 塗層於 Mg-1Ca 合金上，形成緻密、親水且含 Sr 的雙相結構，塗層提升表面穩定性與成骨潛力，具作為可生物降解牙科與骨科植體材料的應用前景。相關成果刊登在國際期刊 Materials Chemistry and Physics (IF: 4.7)與 Clinical Oral Implants Research(IF: 5.3)。
5. 國立成功大學口腔醫學科暨研究所李澤民教授研究團隊，其計畫名稱：原子層沉積技術提升奈米/次微米結構生醫陶瓷塗層之抗菌性(計畫編號：112-2314-B-006-094-MY3)，證實以微弧氧化建立多孔鈣磷層，再經水熱法生成奈米 HA 結構，並以原子層沉積沉積氧化鋅，賦予鈦材料抗菌與促骨整合功能，鋅含量影響抗菌力，添加鋅之 MAO 塗層兼具抗菌性與良好生物相容性，具牙科與骨科應用潛力。相關成果刊登在多篇國際知名期刊 Emergent Materials (IF: 4.1)、Ceramics International (IF: 5.6)。

# 消化醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：鄭修琦

一、 前言

消化醫學學門包括胃腸內科、肝膽內科、消化外科。本學門針對消化系統相關的內、外科疾病，包括食道、胃、小腸、大腸、直腸、肝臟、膽囊膽道、胰臟等器官之基礎與臨床研究。涵蓋範圍包括細菌或病毒感染，或是自體免疫疾病所引起之發炎疾病，潰瘍，腫瘤，癌症，肝硬化，代謝性肝臟疾病，微菌，內視鏡檢查與治療。

消化醫學學門研究，是從基礎、轉譯、臨床或流行病學等角度出發，研究其病理機轉、診斷、治療與預防等之科學。而國際學術環境快速變化，再生醫學，精準醫療，智慧醫療等是全球生技醫療產業未來發展之趨勢。隨著人工智慧技術進步，如何將基因、微生物組、代謝體，與臨床數據，進一步結合人工智慧，利用機器學習與深度學習，評估疾病風險，建立疾病預測模型，進而優化治療策略，並訂定監測計畫，已成為重要研究方向。

二、 學門簡介

消化醫學學門領域之研究範疇與特性，可分為以下：

（一）感染與自體免疫性相關領域

感染領域主要為研究幽門螺旋桿菌，B 型肝炎，C 型肝炎，分別在胃癌，肝硬化，肝癌發生，代謝功能障礙相關脂肪肝(MASLD)的機制研究。近年來發炎性大腸疾病在台灣盛行率有逐年上升趨勢，研究著重於結合免疫失調，表觀遺傳學，微生物相，與生物製劑之精準醫療發展。

（二）惡性腫瘤相關領域

國人十大癌症死亡之原因有五項與消化醫學學門領域有關，包括肝和肝內膽管癌、結腸直腸癌、胰臟癌、胃癌、食道癌。透過三段五級策略，對有明確病因的肝癌與胃癌研究如何根除病因，而有癌前病變之結腸直腸癌研究如何篩檢與監測，而預後不佳之肝內膽管癌、胰臟癌、食道癌等研究如何突破療效。

（三）微生物相研究

近年胃腸道微生物相在健康和疾病中的角色成為研究重點，面對癌症、肥胖、代謝功能障礙相關脂肪肝，發炎性大腸疾病日益增加，使得胃腸道微生物相與其相關之代謝體研究成為熱門主題。

研究聚焦於微生物相結合代謝體等多體學，成為疾病與預後預測之模型，以及益生菌與後生元開發研究。

（四）人工智慧技術應用

人工智慧在近年有大幅進展，研究聚焦於胃腸道內視鏡，電腦斷層與核磁共振等放射組學，和病理影像等人工智慧分析與建模，以大數據分析建立疾病預測模型。另外也進展到輔助新藥研發，臨床試驗最佳化，都是本學門研究發展之新興領域。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 胃癌仍是好發癌症

2022 年，胃癌是全世界癌症發生率與癌症死亡率皆為第五名之癌症，在很多國家仍威脅人民健康。日本和韓國是全世界唯二有全國胃癌篩檢計畫之國家，其成效顯著，約 60%的胃癌初診斷時為第一期，遠高於歐洲的<20%。因此除了幽門桿菌除菌以外，篩檢與定期監測高危險群，能有效降低胃癌死亡率。

2. 慢性肝病流行病學轉變

隨著肥胖與代謝症候群增加，代謝功能障礙相關脂肪肝已逐漸成為全球最大的慢性肝病，對醫療系統造成負擔，相關研究，包括對心臟代謝危險因子監控的投入逐年增加。

3. 微生物相研究

微生物相從關聯性研究，進展到治療性產品，如標準化的糞菌移植製劑，或是活性微生物製品(live biotherapeutic products, LBPs)開發，是目前的重點研究項目，但法規、標準化、長期安全仍是瓶頸。將來微生物藥或糞菌移植衍生製劑會朝向商品化，以及對製程，品質控制，與安全性制訂更明確的法規規範。

4. 發炎性大腸疾病

過去發炎性大腸疾病盛行於西方國家，但近 20 年來，在全球其他國家，如日本或是新興工業化國家，發炎性大腸疾病發病率顯著上升，整體患病人數與疾病負擔上升。發展趨勢為開發新靶點與口服生物相似治療，朝比較療效、安全性進行。

5. 大腸癌年輕化

有些國家的大腸直腸癌在 50 歲以下族群發生率增加，因此需重新檢討大腸癌預防、篩檢起始年齡與健康促進策略。

6. 內視鏡介入治療技術持續演進

內鏡治療從診斷，逐步發展出微創治療，如內視鏡黏膜切除術(endoscopic mucosal resection, EMR)，內視鏡黏膜下剝離術

(endoscopic submucosal dissection, ESD)、內視鏡超音波檢查(endoscopic ultrasound, EUS)導向介入，在消化道腫瘤，癌症與重建性介入應用增加。

7. 人工智慧技術應用

人工智慧，如電腦輔助偵測(Computer aided detection, CADe)自動偵測圖像中可疑病變，或是電腦輔助診斷(Computer aided diagnosis, CADx)自動診斷與風險評估，已顯示能提升腺瘤偵測率(adenoma detection rate)，但也有研究提出大腸鏡檢查中持續使用人工智慧可能導致內視鏡醫師技術退化的風險，因此迫切需要進行嚴謹的前瞻性研究以及更多行為學研究，以瞭解目人工智慧如何影響醫師能力的機制。另外，人工智慧人機協作進入成熟期，但強調倫理，監管與結果之可解釋性。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 幽門螺旋桿菌研究

國內多所研究機構正積極投入幽門桿菌的致病機制、抗藥性及治療方式。因為幽門桿菌是胃癌發生的主因，本國研究機構在馬祖，彰化，原鄉進行大規模之幽門桿菌除菌治療，評估胃癌預防成效，並進行成本效益分析等相關研究，已獲致多項重大成果。由於本國幽門桿菌研究豐碩，因此由國內專家主導，邀請國際專家參與，制定台北共識，成為國際治療之準則。未來發展將著重在胃癌前病變之機制研究，微生物相角色，除菌後長期抗藥性變化，長期追蹤策略，以及成本效益分析。

2. B 型與 C 型肝炎，肝硬化與肝癌研究

我國 B 型肝炎研究目前在構建臨床檢體 B 型肝炎肝內外病毒庫分析技術流程，探討慢性 B 型肝炎病毒持續性感染的分子機制，急性發作誘發因子，功能性治癒過程中扮演關鍵角色的因子，發掘可預測表面抗原 HBsAg 自然清除之新穎分子標誌，以及 B 肝藥物治療在降低肝硬化與肝癌發生，甚至反轉肝硬化之機制研究，為未來設計慢性 B 型肝炎治療策略提供參考。我國 C 型肝炎研究目前致力於 C 型肝炎致病機制，如何以直接作用抗病毒藥物來達到C型肝炎的清零目標。未來將著重在 C 型肝炎相關之糖類代謝異常，代謝功能障礙相關脂肪肝的機制，以及心臟代謝危險因子 CMRF 之研究。國內研究團隊逐步建立慢性肝炎和肝硬化的縱向長期追蹤世代，朝向開發癌症早期診斷的生物標記以及預防策略，為國際慢性肝炎治療準則的制定提供重要依據。此外亦研究營

養介入如何改善肝硬化肌少症，這些努力對提升控制慢性肝炎對國人健康的威脅，在臨床和公共衛生領域皆具重大意義。

3. 微生物相研究

國內有多個研究團隊致力於進行腸道微生物相的橫向與縱向研究，研究主軸包括腸道菌相在胃癌前病變，脂肪肝，肝硬化，肝癌，發炎性大腸疾病之角色，包括致病機制，代謝體，疾病預測等，以及幽門桿菌除菌後腸道菌相的抗藥性變化，益生菌在發炎性大腸疾病，困難梭菌感染可能療效，以及建立益生菌本土菌種。這些研究，對開發個人化治療、預防策略以及促進整體公共衛生，極為重要。腸道微菌叢的縱向長期追蹤分析，對瞭解微生物群對人體健康之影響甚大，亦為我國及全球醫學科學發展的趨勢之一，值得持續投注資源進行相關研究。

4. 惡性腫瘤相關領域

國內有多個研究團隊致力於消化道癌症研究，包括食道癌腫瘤微環境中影響食道癌侵襲性的分子機制，幽門桿菌篩檢對降低胃癌發生率和死亡率的影響，肝炎相關致癌基因(HAO)的表達在肝癌組織中癌細胞的 PD-L1 表現，Wnt 分子路徑在肝癌之角色，介白素 8 誘導脂肪分解在胰腺癌角色，膽道癌之標靶治療藥物治療，大腸直腸癌化學抗藥性的調控機制。這些轉譯研究將產出重要學術論文與發揮臨床效益。

5. 人工智慧技術應用

人工智慧技術，運用於如影像判讀、智慧生理感測、生物資訊分析與自然語言處理病歷解讀等場域，使臨床決策與照護流程逐步朝向自動化與智慧化。目前國內多所研究機構投入人工智慧技術在本學門的研究，包括利用機器學習與深度學習建立人工智慧判讀，這包括內視鏡影像，病理影像，電腦斷層與核磁共振影像。未來，隨著人工智慧技術與運算資源進步，如何將基因、微生物組、代謝體，與臨床數據，進一步結合人工智慧，利用機器學習與深度學習，評估疾病風險，建立疾病預測模型，優化治療策略，並訂定監測計畫，成為重要研究方向。

6. 消化道輔助診斷工具開發

研究小兒直肛壓力檢查參考值，用於小兒滲便輔助診斷工具之開發。開發肝病患者整合式自我監測平台，用於商品化遠距照護。研究血清與糞便之新穎性生物指標組合，用於監測發炎性腸道疾病活性工具。整合內視鏡，病理資料，另外加上 MRI 等放射組學資料，用於腸胃道病灶定位與縱向追蹤，

預測肝癌手術後早期復發。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

1. 學術面

消化道是人體與外界接觸相當重要的器官系統，研究主題廣泛且具前瞻性，包括腸道屏障與上皮再生調控、肝臟代謝、腸道黏膜免疫與發炎機轉，是微生物、免疫與癌症研究樞紐。

2. 臨床面

不僅在國內，在國際上亦然，十大死因中，消化系統疾病佔比顯著，對醫療保險與醫療支出影響極大。而內視鏡在早期癌偵測與微創治療是介入性治療的代表。如此臨床病例量大，有利臨床試驗與轉譯研究。

3. 應用面

消化醫學研究直接轉化為健康、產業與公共衛生政策，也是醫材、藥物、人工智慧、精準醫療等產業研發焦點，腸道健康亦升級為大眾保健新熱點。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

台灣已有強大的臨床基盤、國家級樣本與世代資料，與快速成長的人工智慧影像研究能量；若要把這些優勢轉化為持久的臨床轉譯成果，關鍵在於能以制度化方式培育與保留醫師科學家clinician-scientist，建立共享的技術、影像、樣本平台，並提供長期維運經費，以及強化跨院資料治理與快速試驗啟動機制。上述三者並舉，預期可提升我國消化醫學學門的轉譯研究產出與臨床效益。

四、 我國發展消化醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 臨床病例數龐大：台灣在病毒性肝炎、慢性肝病、肝癌、幽門桿菌感染、大腸癌、膽胰疾病、及消化性潰瘍等疾病盛行率高，能提供大型臨床資料來源。
2. 內視鏡與介入技術成熟：人才完整、訓練體系健全，醫學會運作成熟，適合發展微創技術與人工智慧等影像研究。
3. 醫學中心研究能量集中：大型醫學中心人才密集，能形成研究核心，具帶動效應。
4. 特色疾病可形成國家研究重點：幽門桿菌，B 型肝炎，C 型肝炎，肝癌，脂肪肝病，易發展成具國際辨識度之研究主軸。

（二）劣勢（Weakness）

1. 研究人力長期不足與斷層：醫師科學家人數不足，醫師研究時間被臨床壓縮，博士後與研究技術員編制不足。
2. 跨域整合能力偏弱：臨床 × 統計 ×AI× 基礎研究整合不易，

生物資訊、數據工程、研究護理人力短缺。

3. 研究資源過度集中於少數中心：中小型醫院研究量能不足，缺乏區域性研究平台共享機制。
4. 長期計畫型經費不足：多為短期補助，長期世代研究資金缺乏，核心設施維運經費不足，國家型資料庫長期支持有限。
5. 國際大型合作能見度不高：主導國際多中心試驗數量有限，學術影響力集中於個別 PI，非整體體系輸出。

（三）機會（Opportunity）

1. 國家政策配合：B 型與 C 型肝炎檢測，大腸癌篩檢，幽門桿菌篩檢試辦計畫，在實證支持下有政策支持。
2. 精準醫學與人工智慧醫療起飛：包括 genomics，microbiome，radiomics，人工智慧影像判讀與臨床輔助決策系統，消化醫學學門是最佳落地科別之一。
3. 高齡化社會帶動消化疾病需求成長：大腸癌、胰臟癌、膽管癌等病例增加，能強化臨床轉譯研究，改善醫療效益。
4. 生醫與醫材產業鏈逐步成形：介入性醫療可推動產學合作。
5. 國際對亞洲病例研究需求提升：肝病與國際合作機會增加。

（四）威脅（Threat）

1. 人才外流與少子化：醫師投入研究誘因不足，博士後轉向產業或國外，人才斷層風險升高。
2. 研究經費競爭激烈：國內經費資源有限，消化醫學需與多學門競爭補助。
3. 國際競爭壓力大：美國、日本、中國積極投入，台灣若無聚焦策略易失去優勢。
4. 醫療體系負荷增加：健保壓力，臨床工時長，壓縮研究時間。
5. 法規與資料治理限制：資料共享與隱私規範提高行政成本。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期：以 1–3 年的時間來奠基，此時期著重在建立能力、整合資源、補齊落差

1. 規劃重點

強化基礎研究與臨床研究能量連結，盤點與整合現有研究人力與儀器資源，建立跨領域合作模式(如人工智慧、生物資訊、精準醫學)，優化內視鏡及肝病等臨床核心技術訓練。

2. 推動策略

(1) 建置消化醫學研究平台：推動跨院研究聯盟與核心設施共享，以及建置國家級消化系疾病資料庫，包括整合 biobank、影像資料庫、病歷資料庫，與建立發炎性大腸疾病、肝炎、腸胃癌等疾病登錄系統，並且制度化平台型

經費，導入績效導向資源配置。

(2) 促進跨領域合作機制：與工程、資訊、生醫系所共組研究團隊，鼓勵臨床醫師參與資料科學、人工智慧課程。

(3) 人才培育制度化：推動臨床醫師研究時段(protected time)，設立 clinician-scientist 制度，設立研究種子基金，鼓勵年輕醫師出國訓練，擴編研究護理與資料工程人力。

(4) 提升核心臨床技術：推動內視鏡品質認證制度，建立標準化診斷流程。

3. 預期效益

建立穩定研究產出管道，青年學者萌芽、團隊成形，提升醫療品質與均質化，增加國內外研究能見度。

（二）中期：以 3–5 年的時間來深化，此時期著重在科技導入、研發擴展、國際串聯

1. 規劃重點

發展特色研究領域，導入精準醫學與人工智慧輔助診斷，擴大國際研究參與，強化轉譯醫學與臨床試驗，聚焦於消化系癌症、代謝功能障礙相關脂肪肝等旗艦計畫。

2. 推動策略

(1) 聚焦優勢研究主軸：腸道菌相與疾病，消化道腫瘤與癌症之早期診斷，慢性肝病與肝癌預測模型，建立微生物體精準醫療，建立國家代表性研究主題(flagship projects)。

(2) 導入數位與人工智慧技術：AI 內視鏡影像輔助判讀以發展 AI 內視鏡，建立大數據共用平台，發展多體學整合分析。

(3) 發展國際合作與試驗網絡：參與國際世代研究，成立國家級臨床試驗中心，鼓勵論文與專利雙軌發展。

(4) 產學合作與新創育成：輔導學研團隊與業界合作，推動醫材、試劑盒、人工智慧模組商業化。

3. 預期效益

形成具國際特色之研究領域，吸引國際合作與資助，發展具競爭力產品與技術，提升臨床精準治療效益。

（三）長期：5–10 年的時間後將能領航，目標在品牌建立、制度輸出、影響力擴散

1. 規劃重點

建立世界級消化醫學中心，建立台灣世代研究以強化國際合作品牌，深化制度與技術輸出，成為國際標準制定者，引領政策與產業方向。

2. 推動策略

(1) 成立國家級消化醫學研究中心：整合臨床、研究、教育、產業，設立國際研究辦公室。

(2) 國際品牌建構：主辦國際大型會議，參與國際臨床指引制定，發展雙聯學位與人才交換。

(3) 制度輸出與區域影響力：輸出醫療模式至新南向國家，成為亞太區訓練中心。

(4) 科技落地與全民健康影響：推動消化系疾病之預防醫學政策，落實個人化風險預測及早期介入。

3. 預期效益

建立國際學術地位與聲譽，增加國家生醫產業競爭力，發揮對公衛政策及醫療制度之實質影響力，提升國民健康。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 臺北榮民總醫院內科部胃腸肝膽科蘇建維教授，其計畫名稱「比較連續與間斷抗病毒藥物治療，對於慢性 B 型肝炎發生肝癌之影響」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-075-043- MY2)。研究發現抗病毒藥物治療可改善 B 型肝炎病毒轉殖基因小鼠內質網壓力，減少肝癌發生。而持續性接受核苷類似物治療治療者罹患肝癌的風險會低於間歇性治療者。

(2) 長庚大學醫學系鄭文睿教授，其計畫名稱「探討 B 型肝炎專一性 T 細胞的表型對於病毒在肝炎發作過程中達到快速清除表面抗原定量的影響力」(計畫編號為 MOST 111-2628-B-182-007-MY3) 。研究發現 $CD38^{+}HLADR^{+}CD8^{+}$T 細胞中的 $PD1^{+}$免疫細胞與治療後 HBsAg 下降呈正相關。

(3) 高雄醫學大學醫學系余明隆教授，其計畫名稱「新型化合物對於高脂飲食所誘導之糖類代謝異常糖尿病小鼠的療效與機制研究」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-037-112-MY3)。發現慢性 C 型肝炎且糖尿病的病人之 GPx2 表達低於罹患 C 型肝炎之病人，推論 GPx2 可能參與代謝異常之發展。

(4) 高雄醫學大學醫學系戴嘉言教授，其計畫名稱「慢性 C 型肝炎患者接受口服抗病毒藥物治癒後之長期預後: 慢性病毒性肝炎合併感染及代謝性脂肪肝之角色及預測生物標記之研究」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-037-076-MY3)。研究發現為根除 HCV 可減輕慢性 C 型肝炎病人

的代謝相關脂肪肝。而出現代謝異常的慢性 C 型肝炎病患，需定期監控心臟代謝危險因子 CMRF。

(5) 長庚大學醫學院林俊彥教授，其計畫名稱「探討誘發肝癌腫瘤相關嗜中性顆粒白血球的免疫抑制能力的關鍵因子」(計畫編號為 NSTC 111-2314-B-182-069-MY3)。研究以單細胞解析度證實腫瘤相關嗜中性白血球兼備免疫抑制與殺傷腫瘤雙重功能，在肝癌腫瘤微環境研究領域極具創新性。

(6) 馬偕紀念醫院外科林俊昌教授，其計畫名稱「探討抑制核糖核苷酸還原酶之抗肝癌分子機轉」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-195-009)。研究發現 Wnt/TCF7L1 影響 MYC 及 p53 分子路徑，此分子機制可為肝癌代謝-訊息交互研究與治療開發提供新方向。

(7) 國立成功大學醫學系內科學科鄭修琦教授，其計畫名稱「宿主-微型核糖核酸-微生物交互作用在胃炎與胃癌癌變之研究，聚焦於益生菌對細胞表面接受體表現與腸黏膜化生演變之效益」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-006-066-MY3)。研究發現為 *Faecalibacterium prausnitzii* 和其胞外囊泡能透過阻斷 TLR4-NFκB 訊息路徑來抑制胃發炎，並保護黏蛋白免受脂多醣所引起的損傷。

(8) 長庚醫療財團法人胃腸肝膽科謝森永教授，其計畫名稱「腸道微生物對肝屏障與急性肝損傷的影響」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-182A-146) 。研究發現 *Lachnospiraceae* 毛螺菌，其代謝物 SCFAs 緩解小鼠因乙醯氨基酚誘導的急性肝損傷和死亡率。腸道共生菌活化 AMPK-ULK1-p26，誘發自噬現象，降低肝細胞鐵死亡和壞死性凋亡嚴重度。

(9) 義大醫院胃腸肝膽科林肇堂教授，其計畫名稱「探討酒精對腸道宿主-微菌關係之代謝影響：動物試驗與多體學研究」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-650-002)。研究發現乙醇在初期即誘發腸道上皮細胞增生及基因表現的改變。

(10) 臺北榮民總醫院內科部胃腸肝膽科李癸洲教授，其計畫名稱「人類腸道微菌叢治療在肝硬化大鼠門脈高壓和腸-肝-軸的作用」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-075-051-MY3)。研究發現持續糞菌叢移植改善了實驗大鼠的腸道屏障功能，因此改善腸漏、降低門脈壓力、減少發炎與血管新生現象。

(11) 國立成功大學醫學系內科學科莊喬雄教授，其計畫名稱

「探討造成發炎性腸道疾病黏膜發炎的相關因素」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-006-057-MY3)。研究發現重度黏膜發炎破壞潰瘍性結腸炎腸道之保護屏障，使微菌侵入而使糞便與黏膜間的菌群組成趨於一致。這發現強調維持黏液屏障完整性在發炎性腸道疾病的病因機制和治療之關鍵角色。

(12) 國立成功大學臨床醫學研究所沈延盛教授，其計畫名稱「探討癌症惡病質之脂肪流失在胰腺癌發展中的角色」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-006-049-MY3)。研究發現胰臟癌分泌介白素-8 誘發惡病質性脂肪流失的分子機制，發現 IL-8 活化脂肪細胞內 PI3K/AKT/mTOR 與鈣離子依賴性 PKC 路徑，為胰臟癌惡病質研究提供新的機轉與治療標的。

(13) 國立臺灣大學醫學院內科廖偉智教授，其計畫名稱「解析癌細胞、腫瘤微環境、全身免疫與胰臟癌誘發惡病質之關聯」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-002-292-MY3)。研究以胰臟癌細胞腫瘤植入小鼠，建立 S100A9 在胰臟癌腫瘤表達和胰臟癌誘發惡病質表型之間的關聯性。

(14) 高雄醫學大學臨床醫學研究所王照元教授，其計畫名稱「探討自噬與粒線體自噬對高血糖誘導之大腸直腸癌化學抗藥性的調控機制」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-037-070- MY3)。研究發現高糖環境會增加自噬活性而提升細胞對化療藥物抗藥性。而加入 autophagy inducer 能降低癌細胞抗藥性，具有化療的輔助藥物之潛力，改善癌細胞治療效果。

(15) 臺北榮民總醫院外科部大腸直腸外科姜正愷教授，其計畫名稱「第四期大腸直腸癌病人循環種瘤細胞及免疫監測與腸道菌相在評估臨床治療效果及預後的意義」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-075-043-MY3)。研究發現周邊血免疫細胞組成動態變化與大腸直腸癌的疾病復發及存活密切相關。因此可作為預測大腸直腸癌預後及治療反應之生物標誌。

(16) 長庚醫療財團法人胃腸肝膽科林蔚然教授，其計畫名稱「研究人體無機聚磷酸鹽在結直腸癌中的角色」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-182A-071-MY3)。研究發現為大腸癌組織中的聚磷酸鹽顯著降低，並與氧化磷酸化活性降低相關，可作為預後生物標誌物。

(17) 國立臺灣大學醫學院內科曾屏輝教授，其計畫名稱「探討

胃輕癱疾病之致病機轉及影響預後因子之研究」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-002-189-MY3)。研究發現為，Familial amyloid polyneuropathy (FAP)病人的糞菌相以 *Firmicutes* 為主，而 *Clostridia* 豐度與多發性神經病變在病生理學有關。

(18)花蓮慈濟醫院腸胃內科陳健麟教授，其計畫名稱「探討食道辣椒素敏感度、蠕動感覺功能與身心生理學之逆流特徵：對食道功能障礙和胃食道逆流其臨床影響與治療指引」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-303-007-MY3)。研究發現透過檢測食道酸敏感度可發現早期症狀，可作為具逆流症狀和酸暴露時間正常的病人對 PPI 治療反應的生理標誌物。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

(1) 國立臺灣大學醫學院內科蘇東弘教授，其計畫名稱「肝病患者整合式自我監測平台建立」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-002-243)。研究發現為建立「肝病患者整合式自我監測平台」，可延伸為遠距照護商品化雛形。

(2) 國立臺灣大學醫學院內科魏淑鈐教授，其計畫名稱「發展新穎性生物指標組合與量測工具以密切監測發炎性腸道疾病患者的病情」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-002-188- MY3)。研究發現可用血清 Leucine-rich alpha-2 glycoprotein 和糞便白血球酯酶(fecal leukocyte esterase)作為監測發炎性腸道疾病活性之新穎組合工具。

(3) 國立臺灣大學醫學院小兒科吳嘉峯教授，其計畫名稱「運用高解析度直肛壓力檢查評估直肛運動功能: 固態系統於台灣人正常值之建立及應用」(計畫編號為 MOST 111-2314- B-002-192-MY3)。研究建立了台灣健康受試者高解析度直腸壓力檢查的性別參考值，未來可以 SSCI 作為輔助診斷。

(4) 國立臺灣大學醫學院外科林本仁教授，其計畫名稱「建立及前瞻性驗證多模態影像深度神經網路以預測接受前導性 放化療的直腸癌病人之病理性全緩解」(計畫編號為 NSTC 111-2314-B-002-199-MY3)。研究是大腸鏡與骨盆腔 MRI 於治療前後整合，預測病理性完全緩解(pCR)之多模態 AI 系統。研究顯示此系統具高判別效能，可應用於病灶定位與縱向追蹤，並提供可解釋性的視覺化展示。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

(1) 國立臺灣大學醫學院內科李宜家教授，其計畫名稱「內視鏡、組織學、表觀基因體學運用人工智慧進行胃癌風險預測: 社區型世代研究」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-002- 136-MY3)。研究發現為根據內視鏡影像及病理組織，成功開發出內視鏡影像人工智慧系統，解決偏鄉醫療資源不足的問題。這項技術已取得臺灣專利，朝向技術轉移邁進。

(2) 國立陽明交通大學醫學系李懿宸教授，其計畫名稱「整合自動化影像組學分析與演化學習預測肝癌病人接受治療之 存活」(計畫編號為 NSTC 112-2628-B-A49-016-MY3)。研究是建立以放射組學、臨床資訊及病理特徵，構建肝癌各期別治療的 AI 自動辨識系統 HFS-Net。此 AI 預測模型在肝癌手術後早期復發的準確度，內部測試達 AUC 0.86 以上，外部資料驗證，AUC 亦高達 0.80，顯示具臨床應用價值。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

臺北榮民總醫院內科部胃腸肝膽科侯明志教授，其計畫名稱「營養介入治療及體能訓練對於肝硬化合併肌少症病患恢復肌肉及腸道菌生態平衡的臨床效益」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-075-062)。研究發現透過營養介入以及復健訓練的雙重策略，可顯著改善肝硬化肌少症病人的骨骼肌功能，有望為肝硬化肌少症病人提供優質的照護選擇。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

國立陽明交通大學臨床醫學研究所吳肇卿教授，其計畫名稱「HBV 複製對脂質失調、粒線體功能障礙和 HCC 的作用: 以 HBV 轉基因合併 miR-122 異型合子基因剔除的雜交小鼠探討肝癌發生機轉並研發新穎的治療方式」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-A49-005)。研究發現為攜帶 HBV 基因轉殖且 miR-122 缺陷的小鼠模式，成功複製出 B 型肝炎相關肝癌的病程。研究顯示抗病毒治療可降低肝癌發生率，為灰色地帶 B 型肝炎帶原者提供治療參考。

（二）個別計畫代表性成果

國立臺灣大學醫學院內科吳明賢教授，其計畫名稱「建立具台灣健康族群代表性之標準擬人菌鼠模式」(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-002-287-MY3)。本研究建立含人類來源標準腸道菌株之標準化擬人菌鼠，並從其中挑選出在族群中普遍存在的代表性本土菌種，期能有效提升受腸道菌調控之臨床前期研究的可重複性及一致性。

1. 國立臺灣大學醫學院內科劉志銘教授，其計畫名稱探討孩童與成人腸道菌以及抗藥性基因組在有無接受幽門桿菌除菌治療者之長期變化以及韌性(計畫編號為 NSTC 112-2314-B-002-280- MY3)。研究發現為，幽門螺旋桿菌除菌後腸道菌群會經歷短期的多樣性波動並出現抗生素抗性增強的現象，但多數情況下，這些變化在第八週至一年內將恢復至基線水準。
2. 國立臺灣大學醫學院臨床醫學研究所高嘉宏教授，其計畫名稱「研究不同慢性 B 型肝炎病程中之肝細胞內外 B 型肝炎病毒庫類種」(計畫編號為 MOST 111-2314-B-002-144-MY3)。研究建立一套可應用於臨床檢體 HBV 肝內外病毒庫分析技術流程，提高病毒演化及抗病毒治療評估精確度，能建立宿主免疫力與病毒突變關聯模型，為未來設計慢性 B 型肝炎治療提供參考。
3. 臺北榮民總醫院內科部胃腸肝膽科李沛璋教授，其計畫名稱「探討腸道菌和代謝物對肝癌免疫治療的整合性影響以及調節腸 道菌叢對於肝癌免疫治療的潛力」(計畫編號為 NSTC 113-2314- B-075-054-MY3)。研究發現比起病毒性肝炎相關肝癌，在代謝功能障礙相關脂肪肝相關肝癌中，具有更高比率的致病菌、較低濃度的短鏈脂肪酸，以及更明顯的系統性發炎反應。也發現分別在 MASLD-HCC 病人與 V-HCC 中，對於免疫治療反應良好的個體，其腸道內有特殊菌相與短鏈脂肪酸，具有潛力作為預測肝癌患者免疫治療療效的生物標記。
4. 國立成功大學醫學系內科學科張定宗教授，其計畫名稱「探析慢性 B 型肝炎患者血清中細胞游離核醣核酸特性並尋找與自發性 B 型肝炎病毒表面抗原清除、功能性治癒及停藥後病毒復發 的新生物標記及相關機制」(計畫編號為 NSTC 113-2314-B-006- 055)。研究發現為 PIK3CB 相關之轉錄後調控機制可能在 HBV 的功能性治癒過程中扮演關鍵角色，此機制不僅可作為預測預後的生物標記，更具潛力成為臨床治療的目標之一。

## 七、 檢討與展望

114 年度消化醫學領域研究涵蓋幽門螺旋桿菌、B 型與 C 型肝炎，肝硬化與肝癌、微生物相、惡性腫瘤、人工智慧技術應用、消化道輔助診斷工具開發等主題，展現高度創新性與臨床應用價值。

在幽門螺旋桿菌和 B 型與 C 型肝炎研究，已經形成具國際特色之研究領域，並且能成為國際診斷與治療指引之制定者，達到學門「長期」之

發展目標。而展望未來，細胞與再生醫療，精準醫療，與人工智慧醫療，是消化醫學領域三大研究方向。如何以幽門桿菌和 B 型與 C 型肝炎研究為師，再起新篇章，是消化系學門發展與規劃的重點。

首先應該凝聚消化系學門專家意見，聚焦於具優勢之旗艦計畫，並以短、中、長期來規劃。在短期應強化基礎與臨床研究能量連結，設立 clinician-scientist 制度，鼓勵年輕醫師出國訓練，推動跨院研究聯盟與核心設施共享。而在中期，應發展國際合作，以我國所具之優勢，如臨床病例數龐大之病毒性肝炎，單一保險給付之健保資料大數據庫，人工智慧軟硬體實力強，加上對外合作，如聯邦式學習方式取得外部資料加速驗證，進而鼓勵論文與專利雙軌發展，輔導學研團隊與業界合作，發展具競爭力產品與技術，提升臨床精準治療效益。如此，才能邁入長期目標，建立世界級消化醫學中心，建構國際品牌，增加國家生醫產業競爭力。

# 心臟醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：張世霖

一、 前言

心臟醫學學門專注於心血管系統疾病的研究，範圍涵蓋心肌梗塞、心律不整、心臟衰竭、高血壓、動脈硬化與靜脈相關問題等，內容橫跨基礎到臨床，並著重生物循環機制的剖析與臨床應用能力的提升。透過整合生理、解剖、病理及分子細胞層級的資訊，學門致力於揭示疾病從基因調控到系統功能改變的過程，並發展創新的診斷與治療策略。同時，也依循流行病學、大數據分析與人工智慧等技術趨勢，拓展研究的深度與效率，強化對疾病風險與機轉的理解。

國內多項研究已在國際舞台展現成果，不僅對難治性心血管疾病（如冠心症、心律異常與心臟衰竭等）提出新的分子與細胞層面見解，亦在動物模式中獲得進一步證實，為未來治療策略提供重要基礎。為促進跨領域合作及轉譯研究的能量，本學門持續推動研究交流與人才培育，並舉辦多場討論會議。受補助計畫的初步成果豐碩，反映研究團隊的投入與對心血管醫學發展的高度期盼，也展現我國在此領域持續精進與前瞻佈局的決心。

二、 學門簡介

心臟醫學學門的研究範疇涵蓋心臟內外科與全身動靜脈循環系統，內容跨越基礎、生物醫學、轉譯研究及臨床實務。領域內的研究主題相當多元，從分子與細胞層面的機制探索，到整體器官功能評估與疾病治療策略皆屬其範圍。學門著重於慢性心血管疾病（如高血壓性心臟病、動脈硬化、冠狀動脈疾病、瓣膜異常、心律不整及心衰竭）的病理過程解析與風險管理，也重視急重症如急性心肌梗塞、主動脈剝離、惡性心律異常與急性肺栓塞等之緊急處置研究。此外，心肺復甦、重症照護與心臟移植亦是不可或缺的重要方向。

在研究特性方面，本學門具有跨領域、跨尺度整合的明顯特色。研究方法涵蓋基因體分析、生物標記探索、幹細胞治療、創新醫療器材研發、心臟影像技術、電生理學與人工智慧輔助診斷等，展現高度科技交融的趨勢。領域內研究者需將基礎科學與臨床需求緊密連結，具備強烈的轉譯研究導向，致力於將基礎成果應用於疾病預防、急救處置及長期照護。面對人口老化與疾病年輕化的挑戰，研究特性也強調精準醫療、早期偵測與風險評估模型的建立，以期提升整體心血管疾病之治療成效與公共衛生效益。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. **精準醫學驅動的蛋白質體、基因體與多組學整合研究**
   全球心血管研究強調以精準醫學（Precision Medicine/Therapy）為核心，透過基因體、蛋白質體、代謝體、單細胞分析與空間轉錄體等多組學技術，找出疾病分層、生物標誌與治療反應預測模型，促進個人化治療策略。
2. **心血管疾病之分子診斷與生物標誌建立**
   包括液態切片（Liquid biopsy）、外泌體與循環 microRNA、生物資訊分析平台等，用於早期診斷、疾病風險分層與療效監測。
3. **細胞治療、基因治療及再生醫學成為主流**
   全球持續投入幹細胞、心肌再生、基因編輯（如 CRISPR）、mRNA 治療平台等前瞻技術，作為治療心肌梗塞、心衰竭與遺傳性心血管疾病的策略。
4. **複合性醫材與新藥整合研發**
   如組織工程血管、可生物降解支架、奈米材料運輸藥物之智慧醫材，提供具備診斷與治療（theranostics）雙功能的新型產品。
5. **大型多中心臨床試驗與國際合作研究快速增加**
   涉及藥物、介入性治療、遠距照護與健康科技等領域，強調真實世界證據（RWE）與人工智慧輔助療效分析。
6. **3D 列印與客製化組織工程快速發展**
   用於心臟瓣膜、血管、心肌貼片與教學模擬，促進個人化介入治療。
7. **影像診斷與血流動力學之高解析化與自動化**
   包含 AI 影像分析、CT-FFR、超音波自動量測、PET 代謝影像，用於疾病定位、風險評估與介入治療規劃。
8. **心血管疾病大數據、AI 與資料庫研究**
   以 AI 預測模型、機器學習風險評估、巨量資料庫（biobank）分析預後與治療反應。
9. **遠距醫療、穿戴式裝置與數位治療（DTx）**
   用於心衰竭、心律不整、高風險心肌梗塞患者之長期監測與早期預警。
10. **老年心血管醫學成為新興重點**
    隨全球老化趨勢，心衰竭、心房顫動、血管老化與多重慢性病整合照護成為重要研究議題。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. **心律不整診治研究為台灣強項**
   臨床與電生理治療成果卓越，並逐步導入蛋白質體、基因體以及 AI 心電圖分析，發展心律不整早期偵測與治療反應預測。
2. **動脈硬化基礎與臨床研究仍為主要領域**
   目前聚焦於基因體、生物標誌、新型炎症途徑、外泌體與脂質代謝，以期推動個人化精準治療與預後評估工具。
3. **心衰竭研究與高齡醫療需求增加**
   新藥（如 ARNIs、SGLT2i）、新裝置（如 ICD、CRT、LVAD）的導入，使心衰竭研究逐漸成為重點；右心衰竭、肺高壓等領域有待強化。
4. **幹細胞與細胞治療研究仍具潛力，但法規限制需改進**
   台灣具幹細胞基礎研究能量，但臨床應用受法規與試驗成本限制。未來需加強 GMP 細胞平台、臨床試驗資源及國際合作。
5. **中醫藥心血管研究具特色但臨床轉譯不足**
   基礎研究能量佳，但臨床證據不足，建議早期導入產學合作及國際臨床試驗框架，提高應用可行性。
6. **心血管外科與創新醫材快速成長**
   包含心臟細胞貼片、再生醫材、心臟移植與血管內裝置等研究，但需更多臨床試驗證據支持與法規營運模式。
7. **急重症、葉克膜、低溫治療與即時診斷技術逐漸成熟**
   臨床需求大，應強化多中心合作研究與效果評估。
8. **遠距醫療、穿戴式與 AI 為台灣新興成長領域**
   目前以產學合作為主，建議學界主動針對長照、慢性病管理提出具市場價值之解決方案。
9. **台灣特色領域：資料庫研究成長快速**
   健保資料庫（NHIRD）、生物資料庫（biobank）、大型醫院影像資料庫已支持多項心血管疾病研究，但仍需強化跨院資料整合與 AI 模型驗證。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

1. **心律不整領域臨床成果亮眼，國際能見度高**
   臨床治療證據與研究量居亞洲前段，具國際競爭力。
2. **動脈硬化與幹細胞學術研究量大，但臨床轉譯需加強**
   須建立從基礎→動物→臨床的完整研究鏈結，並加強跨團隊整合。
3. **心衰竭、心肌病變、肺高壓及主動脈疾病研究逐漸增加**
   但仍需擴增跨院合作、臨床試驗與精準分型研究。

4. **急重症醫療具高臨床價值**
   建議持續推動心肌梗塞快速診斷、葉克膜品質改善、人工智慧輔助決策等臨床應用研究。
5. **精準醫學為未來核心方向**
   包含分子診斷、生物標誌、AI 分型、個人化治療策略，應成為我國心血管研究主軸。
6. **強化整合型研究計畫與國際合作**
   特別是臨床前研究與臨床試驗，以提升學術能量與產業轉譯價值。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

1. **研究領域集中於心律不整、動脈硬化、幹細胞與中草藥**
   經費多投入於心律不整，產出亦高；但其他領域如心衰竭、高血壓、急重症等研究人力稀缺，有待鼓勵。
2. **幹細胞研究設備昂貴且法規限制多**
   缺乏足夠的 GMP 設備與臨床試驗資源，使研究難以快速推進。
3. **基因體、藥物基因體研究受限於經費與人才**
   僅少數團隊可與中研院合作，未來需加強跨領域人才培育與平台建置。
4. **基因剔除鼠與大動物模型取得困難**
   大幅限制動脈硬化、新藥、新醫材等基礎研究之國際競爭力。
5. **介入性治療與影像研究團隊多但缺乏整合**
   資料庫、AI 建模、跨院協作不足，使研究規模受限。
6. **急重症、心衰竭等重要疾病之研究投資不足**
   建議增加專項研究經費、推動多中心臨床研究。
7. **臨床試驗資源與產業鏈不夠完整**
   若無政府或生技產業支援，難以將研究成果推向臨床應用。

四、 我國發展心臟醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. **國內心臟及血管醫學研究團隊具備國際水準**，在心臟節律管理、介入性心導管治療、心衰竭與再生醫學等領域皆有傑出表現。
2. **大型資料庫與長期追蹤研究完善**，包含健保資料庫、多中心臨床資料庫、生物醫學研究資料庫等，具完整性、可持續更新且覆蓋度高。
3. **血管與心臟再生醫學研究基礎扎實**，已有完善的臨床前模型、細胞與幹細胞治療經驗，並具初步臨床研究成果。
4. **急重症照護體系成熟**（例如 STEMI network、ECMO、心臟

移植、機械式循環輔助），在健保支持下可提供高水準且一致性良好的臨床研究環境。

5. **台灣心血管疾病盛行率高、病例量充足**，能快速累積臨床研究所需樣本，有利推動臨床試驗與真實世界證據研究。
6. **基礎與臨床研究成果獲國際肯定**，心血管相關論文在國際期刊表現亮眼，亦累積多項國際專利與產學合作成果。
7. **跨國合作基礎穩固**，已有多位研究者與歐美、日韓等指標性研究機構建立合作網絡，利於引入國際臨床試驗及新技術。
8. **健保大數據降低研究門檻，提升研究品質**，能進行大規模、全國性、具代表性的慢性心血管疾病研究。
9. **多中心聯合研究模式運作成熟**，包括醫學中心間的臨床合作平台、大型登錄研究系統等，提高研究可信度與再現性。

（二）劣勢（Weakness）

1. **研究規模普遍偏小、缺乏全國型整合計畫**，跨單位、跨領域與跨國的大型前瞻性研究不足。
2. **研究人力不足且年齡層偏高**，臨床與研究雙軌人才難以養成，青年醫師投入研究的誘因不足。
3. **基礎與臨床研究整合度不高**，轉譯醫學推動較為緩慢，缺乏明確目標或核心平台進行整合。
4. **國內市場規模小、產業鏈薄弱**，研究成果商品化機會有限，使研究較難以臨床應用為導向。
5. **研究政策主軸不夠聚焦**，資源分散於眾多題目，缺乏明確、長期且具延續性的國家級研究計畫。
6. **法規偏嚴與流程繁瑣**，新療法、新藥及細胞治療臨床試驗常面臨冗長審核程序，不利創新。
7. **研究決策過度偏向短期績效**，缺乏策略性長期規劃，不利研究平台與團隊的永續發展。
8. **研究經費相較周邊國家嚴重不足**，對高階設備、人才招募及跨國合作形成限制。
9. **國際化程度仍顯不足**，在全球心血管研究的影響力、國際臨床試驗參與度仍需加強。
10. **人體心臟與血管檢體取得困難**，使病理與轉譯研究受限，無法快速進入臨床應用階段。

（三）機會（Opportunity）

1. **再生醫學、RNA 治療、基因編輯與細胞治療快速發展**，為心肌梗塞後修復與心衰竭治療提供突破性可能。
2. **AI、機器學習與影像組學興起**，可用於風險預測、診斷輔助、臨床決策與個人化治療，提升精準醫療能力。

3. **大型健保資料庫與長期追蹤研究可深化精準健康研究**，包括慢性病管理、藥物成效評估、醫療耗用分析。
4. **跨國合作持續增加**，可引入國際臨床試驗、技術轉移與研究資金。
5. **生技產業蓬勃發展**，促進產學合作、醫療器材創新與藥物開發。
6. **新一代臨床研究人才逐步增加**，透過專科訓練與研究要求，有助提升臨床研究參與人口。
7. **政府逐步鬆綁部分醫療法規**（如再生醫療條例），可加速新技術、新療法落地。
8. **心臟移植與機械循環輔助技術成熟**，若建立系統性生物檢體庫，可大幅推動轉譯研究。
9. **台灣逐漸成為國際醫學會議與臨床試驗熱門地點**，可提升國際能見度與合作機會。

（四）威脅（Threat）

1. **國內外高薪挖角嚴重**，研究人才易流失，影響長期競爭力。
2. **與周邊國家相比，研究投資不足**，若不加速投入，將持續在國際競爭中落後。
3. **周邊國家積極投入心血管研究與生技產業**，加劇區域競爭壓力。
4. **新興技術快速發展（如 mRNA、基因編輯、AI）**，若投入不足，可能導致技術落差擴大。
5. **法規對生物資料與檢體取得不夠友善**，限制高品質資料蒐集與研究推進。
6. **研究醫師臨床負荷沉重，降低研究參與意願**，使研究人力斷層風險增加。
7. **國際局勢、貿易戰與地緣政治變動**可能影響跨國合作、設備取得或國際臨床試驗部署。
8. **研究題目過度集中在熱門領域**，若缺乏策略規劃，可能導致資源重複投入而影響整體產出。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 本學門領域涵蓋國內外主要急、慢性心血管疾病，臨床需求龐大且具高度長期應用價值。短期研究策略應聚焦臨床端最迫切、亟待解決的問題。建議先盤點各次領域之主要挑戰，並依短、中期臨床需求排序，據以規劃優先補助項目，使研究成果能直接回饋臨床、造福民眾。
2. 主動整合各次領域專家，彙整現有研究成果，研擬臨床治療

共識與標準作業流程，提供臨床端可立即應用之參考。同時可據以辨識研究缺口，找出需優先投入研發的領域，作為國家策略布局基礎。

3. 建議從國家利益及臨床效益角度出發，優先確立少數具高潛力的研究主軸，例如：
   — 幹細胞治療與心肌再生
   — 心血管精準醫療與生物標記發展
   — AI 心血管影像診斷與預測模型
   集中投資建立國家級研究中心，整合基礎、臨床與轉譯研究，形成「一條鞭式」研發鏈，促成成果商品化與產業落地。
4. 優先遴選心血管各次領域（如動脈硬化、心衰竭、心律不整）中已具研究規模與產出之團隊，提供穩定經費及多年期整合型計畫，協助其於三至五年內躋身國際一流。此舉能縮短追趕先進國家之時間，並建立台灣在特定領域的研究利基。
5. 依循既定研究主軸，並考量國際應用前景，應積極促成生技產業、投資界與研究單位合作，投入早期臨床前研發。透過逐年徵募有意願及相關經驗之團隊加入，推動從前臨床到臨床試驗的完整研發鏈。
6. 短期內應優先建置國家級臨床前大型動物實驗平台。目前台灣已有基因剔除鼠中心，但大動物實驗室仍缺乏國際認證。若能建置符合規範之大型動物測試場域，將顯著加速新療法與新器材從前臨床進入臨床試驗之時程。
7. 現行 TFDA 對於尚未獲 CE 或 FDA 通過的新器材審查較為保守，影響國內新技術導入速度，也限制進入國際臨床研究鏈的可能性。建議短期內檢討法規流程，參考國際監管模式（如「創新醫療器材快速通道」），使台灣能與亞太地區同步導入創新技術。
8. 成立國家級心臟血管生物組織庫。台灣每年約 70 例心臟移植，可透過國科會補助系統性蒐集病變心臟、不可移植之捐贈心臟、手術取得之合法檢體。此組織庫將成為研究心衰竭、心肌炎、心肌纖維化、再生醫學等領域的重要基礎。
9. 推動腫瘤心臟學（Cardio-Oncology）大型登錄計畫。癌症治療心毒性影響存活與生活品質，但全球仍缺乏大規模資料庫。台灣如能率先建置，可奠定國際領先地位，並促進跨院所研究。
10. 建置心血管疾病全國性資料整合平台，整合健保資料庫、影像資料、基因體資料、生物標記資料，以利 AI 研究、預後模型開發與精準醫療推動。

（二）中期

1. 針對已確立之研究主題與團隊，應定期檢視成果並滾動式修正目標，調整後續投入方向，並據以遴選新一梯次主題研究團隊，使整體學門保持競爭力與前瞻性。
2. 建立完整的主題式研究制度，聚焦臨床端重要心血管疾病問題，持續推動跨領域整合。每一主題計畫中應納入產業、公衛、資料科學、法規等子計畫，使研究成果能真正形成具體臨床解決方案。
3. 建立中長期研究計畫以提升國際競爭力。透過跨科系、跨院所、跨臨床與基礎的全面整合，加速研發效率並避免重複投資。逐步調降個人型計畫之比重，增加多年期團隊型整合計畫，以提升研究能量集中度。
4. 在個人型計畫部分，建議建立全國性「臨床醫師專才研究室」制度。選拔具研究潛力之臨床醫師，提供獨立研究空間與穩定待遇，使其能在無臨床負擔的條件下專注於研究主題，培養未來領域領袖。
5. 建立穩定的國際技術交流模式。透過整合型計畫與國外高科技單位建立長期合作，使我國研究人員能定期赴海外進行技術學習與研究實作，保持技術與國際趨勢同步。
6. 建置跨院所心血管醫學 AI 聯盟，使資料規模、模型外部驗證能力與臨床落地性皆能提升，並優化產學合作模式。
7. 發展 GMP 等級細胞治療與基因治療平台，包括製程、品質控管及法規路徑，強化我國再生醫學競爭力。

（三）長期

1. 每年自不同次領域選定具重大臨床意義之核心主題，提供充足資源推動跨領域研究，持續吸引優秀研究人才投入心血管疾病之診斷、治療、預防及追蹤技術的研發。
2. 在追求國際卓越研究的目標下，投資必要儀器與設備，協助部分臨床醫師研究室升級為完整主題研究團隊，如動脈硬化、心衰竭、心律不整、高血壓等領域，打造國家級研究能量。
3. 支持成熟研究室轉型為生技產業研發團隊，促進新藥、新型診斷與治療器材之商品化，形成臨床與產業互補之良性循環。
4. 以臨床應用為核心，建立大型國家級臨床研究中心（如動脈硬化、心衰竭、心律不整中心等），整合先進設備、研究人力與臨床試驗機制。並提供產學研究服務或代工，提升自給自足能力，促進永續經營。
5. 長期目標為在亞太區建立領先地位，主導跨國研究合作，成為國際級心血管研究中心，推動知識創新並提升全球能見度。

6. 持續檢討制度與文化，鼓勵創新、跨界合作與臨床應用導向的研究，減少學術外因素干擾，使台灣研究環境更具競爭力。
7. 建立健保、產業界與研究單位間之常規合作制度，以共同負擔經費、規劃市場，使研發成果能系統性進入臨床試驗並導入醫療照護，達到真正臨床落地與產業成長。
8. 深耕國際人才交流與人才培育制度，包括博士後獎助、海外研究補助、跨國雙導師制度等，確保長期的人才供應鏈。
9. 推動倫理與法規前瞻研究（如 AI 醫材審查、基因治療法規、安全監測系統），使台灣能及早布局新興醫療技術。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 國立陽明交通大學臨床醫學研究所黃柏勳教授的研究團隊針對動脈血管粥狀硬化相關病理機制進行深入探討，特別關注腸道微生物代謝產物氧化三甲胺（TMAO）對血管內皮細胞與平滑肌細胞的影響。研究指出，長期暴露於心血管疾病危險因子會損傷血管內皮細胞，導致血管內皮細胞功能異常，血管內皮細胞逐漸受到傷害，會促使血管內皮細胞層喪失了保護血管的功能，可能導致單核球細胞與血小板容易粘著於受傷的血管壁上，引發血管內層平滑肌細胞的過度增生，之後血管壁即逐漸形成所謂的動脈硬化斑塊(atherosclerotic plaque)。

進一步的基礎研究發現，越來越多研究顯示粥狀動脈硬化的發生，和長期攝取大量膽鹼(choline)及肉鹼(carnitine)相關食物有關，例如：食用大量紅肉、蛋黃、或高脂肪乳製品等。腸道微生物會將這些養分轉換成三甲胺化合物(trimethylamine, TMA)，再經由宿主本身的酵素將 TMA 轉換成代謝產物氧化三甲胺(trimethylamine N-oxide, TMAO)。TMAO 在動物實驗已被證實會加速動脈粥狀硬化的病程，而藉由抑制宿主肝臟酵素可以避免 TMA 被代謝成 TMAO，以減少血液中 TMAO 的濃度，但這種方式會造成肝臟損傷及過多的 TMA 堆積。研究顯示 3,3-二甲基-1-丁醇 (3,3-dimethyl-1-butanol, DMB)，可藉由減少引發 TMAO 高濃度相關的腸內菌所占比例，來降低 TMAO 的濃度並減少動脈硬化斑塊的生成。臨床研究亦發現當血液中 TMAO 濃度越高，未來發生不良心血管事件的機率就越高，暗示 TMAO 有可能是造成動脈血管內皮細胞損傷與刺激平滑肌細胞生成的因素之一。

基於此，研究團隊將利用細胞培養實驗與頸動脈結紮小鼠動物模式，觀察高濃度 TMAO 是否會傷害動脈內皮細胞與刺激平滑肌細胞，同時確認 TMAO 是否會促使頸動脈結紮後血管內膜快速增生。本研究結果將可進一步提供臨床醫師重要資訊，確認 TMAO 是否是造成血管動脈硬化的重要原因。此研究成果將提供臨床醫師關於 TMAO 在動脈粥狀硬化形成過程中角色的重要科學證據，為心血管疾病的防治策略奠定基礎。

(2) 國立臺灣大學醫學院內科王宗道教授的研究團隊針對可穿戴式家庭血壓監測（wearable home BP monitoring, HBP）在識別門診外血壓控制狀態的效用。共納入 62 位正在接受高血壓治療的成人，比較腕戴式血壓錶（Omron HeartGuide）所得 HBP 讀值與 24 小時動態血壓（ABP）之差異。受試者於三個月內每月監測一週、每日六時段量測血壓。結果顯示 HBP 量測具高再現性（ICC 0.883–0.911，Cohen’s $\kappa$ 0.600），且能準確辨識「隱藏性未控制高血壓」（約 30.6% 受試者僅於 HBP 呈現未控）。整體一致率約 62.9%。與 ABP 皆未控者佔 27.4%，而 HBP 未控組的白天最大收縮壓顯著較高。研究結論指出，可穿戴 HBP 可長期追蹤門診外血壓變化，協助早期偵測與個別化管理高血壓。可穿戴式家庭血壓監測（wearable home BP monitoring, HBP）在識別門診外血壓控制狀態的效用。共納入 62 位正在接受高血壓治療的成人，比較腕戴式血壓錶（Omron HeartGuide）所得 HBP 讀值與 24 小時動態血壓（ABP）之差異。受試者於三個月內每月監測一週、每日六時段量測血壓。結果顯示 HBP 量測具高再現性（ICC 0.883–0.911，Cohen’s $\kappa$ 0.600），且能準確辨識「隱藏性未控制高血壓」（約 30.6% 受試者僅於 HBP 呈現未控）。整體一致率約 62.9%。與 ABP 皆未控者佔 27.4%，而 HBP 未控組的白天最大收縮壓顯著較高。研究協助早期偵測與個別化管理高血壓，提供早期偵測及個別化高血壓管理的科學證據，對臨床血壓監測與疾病預防具有重要學術價值。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

(1) 臺北醫學大學外科施俊哲教授團隊致力於開發開發一種創新口服醇溶性藥物奈米載體系統，採用食品級生物相容材料（玉米澱粉蛋白、聚麩胺酸、低分子量幾丁聚醣、褐藻醣與幾丁聚醣）與醇溶性藥物自組裝成奈米複合載

體，成功克服傳統載體需額外修飾、製程困難及安全性評估成本高昂等問題。系統性地推進了褐藻醣膠於血管奈米醫學的應用，展現其作為一個高度模組化且可演化之平台的價值：1. Fu－P-selectin 為急性發炎與血栓提供有效標靶。2. 標靶策略成功延伸至動脈粥樣硬化與慢性發炎病灶。3. 發現 Fu 與 SRA/CD204 的新受體交互作用，擴展治療範圍。4. 建立可程式化、酵素反應式、動態造影切換之血栓診療平台。

褐藻醣膠已成為血管奈米醫學中極具潛力的跨診斷 × 治療 × 病灶反應的次世代生醫材料。未來若能進一步整合刺激反應材料、多重影像模式與精準藥物載體，將可望在複雜或異質性的心血管疾病微環境中創造更具突破性的干預策略。此外，深化 Fu 的多受體結合機制與免疫調控潛能，有望推進其於免疫驅動之血管疾病的應用。

(2) 國立臺灣大學醫學院內科王宗道教授團隊開發彩色解析第三諧波產生顯微術（cTHG microscopy），以單束超寬頻雷射光非侵入式區分血紅素（Hb）與糖化血紅素（HbA1c），實現單一紅血球層級的 HbA1c 定量與血糖歷史重建。系統透過分析 1230 nm 與 1240 nm 之 THG 比值，量測 HbA1c 含量分布，並推估個體過去數週的血糖變化趨勢。此方法不需染劑標記、具低光毒性與高解析度，為精準糖尿病監測提供全新光學路徑。此技術不僅有望取代部分侵入式血糖評估流程，亦具高度商品化與臨床轉譯潛力，為糖尿病監測與代謝疾病診斷提供嶄新的光學策略。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

臺北榮民總醫院團隊與台灣新創鉅怡智慧（FaceHeart）共同推動 AI 影像式生理量測技術的臨床導入，成功促進智慧醫療產品從研發到商轉的加速轉譯。透過整合 FaceHeart Vitals™ 與 Microsoft Azure 雲端服務，本院建立跨院、跨平台、可擴散的遠距生理監測生態系，不僅提升臨床服務效率，也為國內醫療體系創造高附加價值的產業效益。此技術以「零接觸、無感量測」降低醫護人力負擔，減少傳統量測設備建置成本，使醫院與長照機構能更有效率地提供大規模健康監測服務。

FaceHeart Vitals™ 的 SDK 具跨平台整合能力，使智慧醫療軟體能快速導入家庭裝置、診所系統及照護平台，擴大 AI 醫材的產業鏈應用，提升國內軟體、資安與醫材產業的國際競

爭力。獲美國 FDA 510(k) 認證的 CardioMirror 及 CES 創新獎的肯定，更代表台灣智慧醫療技術具備全球市場潛力。透過臨床驗證、雲端服務與產業化導入，本計畫將帶動投資、促進就業、降低醫療支出並擴大智慧照護服務覆蓋率，成為推動台灣智慧醫療與數位健康產業升級的重要引擎。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

心臟醫學領域的持續突破，不僅強化疾病診斷與治療能力，也為社會整體福祉和環境保護帶來積極貢獻。心血管疾病為國內主要健康威脅，對患者及家庭造成沉重壓力。透過早期篩查技術普及與個人化醫療介入，能有效減少嚴重併發症與長期失能，並搭配心理輔導和健康促進，協助患者緩解心理壓力，加速社會功能恢復，減少對社會生產力的負面影響。此外，利用遠距健康監控與即時醫療反應，能改善偏遠地區居民及弱勢群體的醫療可及性，降低因交通或距離限制導致的就醫困難，促進醫療資源的公平分配。這些智慧化系統能及早警示健康風險，減少急診和住院需求，有助於減輕醫療體系壓力，提高服務效率。

在環保層面，醫療科技研發逐步採用節能減排方案，包含低耗能診斷設備、環保醫療耗材及安全操作標準，有效降低醫療過程對生態環境的負擔。

總結來說，心臟醫學的進展不僅改善臨床成果，還推動全民健康、心理福祉與醫療公平，並兼顧環境永續，為國家社會的長期發展奠定堅實基礎。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

臺北榮民總醫院鄭浩民教授團隊的研究揭示，不同血壓監測方法間的差異會隨血壓水平變化而增加，尤其在高血壓患者中更為明顯，挑戰了以往單一「換算因子」的觀念。此結果對臨床診斷與治療策略具有直接影響，建議醫師在血壓評估時採用多種監測方法，並依血壓水平使用特定參考值，而非統一標準修正值。此外，團隊強調需進行大規模前瞻性研究，並評估遠距與連續血壓監測等新興技術，以支持血壓管理的標準化和政策制定。相關成果可作為醫療指南修訂、公共衛生政策及臨床實務決策的重要依據，促進科技與醫療管理整合，提升整體血壓管理品質及患者健康。

（二）個別計畫代表性成果

1. 臺北榮民總醫院健康管理中心健康管理科呂信邦教授，其計畫名稱利用人工智慧與深度學習開發預測血管類器官分化程度之平台並探討核糖核酸修飾在調控血管類器官分化之

角色(計畫編號為 MOST111-2314-B-075-003-MY3)

研究建立一套結合「AI 影像分析×血管類器官（VO）×表觀轉錄 (m6A)」的跨尺度技術平台，大幅提升血管分化評估的準確性與可解釋性。透過 CRISPR/Cas9 建構 Cdh5-GFP 活體顯像系統，可即時、無染色監測 VO 之血管網絡，並訓練深度學習模型於分化早期精準辨識成熟良好(WD)與較差(PD)的 VO。多層次驗證（RT-qPCR、Western、LC/MS/MS、功能與結構指標）一致揭示 m6A 修飾軸向—特別是 METTL3—與血管分化成熟度具有穩健關聯，並可能透過強化 VEGF－KDR、NOTCH、PDGFB－PDGFR$\beta$與 CDH5/CLDN5 等路徑之轉譯，推動血管網絡的形成與成熟。

平台的核心創新在於首次將非侵入式影像特徵與可調控分子節點建立直接連結，使 VO 製程的品質判讀可標準化、早期化與量化，並提升成熟 VO 產率。此技術為微循環疾病研究、藥物篩選與個人化血管分化特性分析提供具高度轉譯潛力的工具，奠立由體外類器官走向臨床應用的關鍵機制化路徑。

2. 國立臺灣大學醫學院醫學教育暨生醫倫理學科暨研究所吳造中教授，其計畫名稱藉由巨噬細胞代謝重編程來促進心臟缺氧損傷後的組織再生(2/3) (計畫編號為 MOST113-2314-B-002-018-)

   研究揭示一群過去未被辨識的高氧化磷酸化（OXPHOS^hi）心臟巨噬細胞在心肌梗塞後之心臟再生中扮演關鍵角色，並首次提出其特異性表面標誌 BLT1（Ltb4r1）。透過單細胞轉錄體與功能驗證，發現這些巨噬細胞在新生鼠心臟中於損傷後大量誘發，具備強烈的粒線體代謝、抗發炎特性與促進心肌細胞增生的能力。抑制 OXPHOS（IACS-010759 或 oligomycin）可明顯削弱新生心臟的再生能力；反之，提升巨噬細胞 OXPHOS 活性(如 DCA)可促進成鼠受損心臟的修復，顯示代謝重編程即可部分恢復成年心臟缺乏的再生特性。此成果為心臟再生醫學帶來新的理論架構，並開啟以巨噬細胞代謝調控作為治療心肌梗塞與心臟衰竭的新策略，具高度臨床轉譯潛力。

3. 國立成功大學醫學系內科學科張獻元醫師，其計畫名稱使用誘導多能幹細胞分化心肌細胞於 Osimertinib 心毒性之機轉探討(計畫編號為 MOST113-2314-B-006-050-)

   研究首次揭示第三代 EGFR-TKI——osimertinib 的心毒性核心機制並非單純源於 on-target EGFR 抑制，而是由

ferritinophagy–ferroptosis 與溶酶體失衡的交互破壞所驅動。透過 hiPSC-CMs 與動物模型，發現 osimertinib 會誘發 NCOA4 介導的 ferritinophagy、RAB7A 活化與溶酶體功能障礙，造成脂質過氧化、自噬異常與細胞凋亡，進一步導致心收縮與舒張功能下降。轉錄體證據亦顯示 MCOLN3 明顯上升，支持溶酶體－氧化壓力軸在毒性中的關鍵角色，提供一個全新的毒性模式，並提出 ferritinophagy－ferroptosis 為可治療靶點，為未來發展精準心臟保護策略奠定重要基礎，亦有助提升 EGFR 標靶治療於臨床使用的安全性。

4. 國立陽明交通大學醫學系內科學科羅力瑋教授，其計畫名稱經低強度耳屏刺激的創新非侵入型自律神經調節在心衰竭兔子模型中治療心律不整的心臟-免疫-神經軸之全面探討(計畫編號為 MOST112-2314-B-A49-076-MY3)

研究針對心衰竭中備受關注的「心臟－免疫－神經軸失衡」提出重要突破，首次以 HF 兔模型系統性驗證低強度耳屏刺激（LLTS）可透過調控 JAK/STAT 訊號與自律神經反應，實質改善心臟功能。發現慢性 LLTS 能明顯抑制 IL-6 與 TNF-$\alpha$ 等促炎細胞激素，並提升 IL-10，展現強效的抗發炎能力；同時急、慢性刺激均抑制 JAK1 與 STAT1 表現，揭示 LLTS 直接調控細胞內發炎訊號的關鍵機制。功能上，LLTS 顯著改善 HF 動物的 LVEF 與 FS%，並在正常動物中證實其安全性，顯示其具恢復心肌收縮力的治療潛力。

研究強調 LLTS 不僅是神經調節技術，更是能同時調控自律神經輸出與免疫訊號的雙作用介入策略，提供非藥物、非侵入式且可長期施行的 HF 新型輔助治療選項。這些成果奠定 LLTS 於心衰竭治療中之機轉基礎與臨床轉譯可行性，為未來發展精準化、個別化的神經調控治療提供重要方向。

5. 中國醫藥大學附設醫院張詩聖醫師，其計畫名稱應用深度學習於急性心肌梗塞患者之心導管影像分析：即時評估心臟功能與預測未來一年左心室功能不全風險(計畫編號為 MOST113-2314-B-039-035-)

計畫針對急性心肌梗塞（AMI）患者於緊急冠狀動脈介入治療（PCI）中的心功能評估需求，提出以冠狀動脈攝影（CAG）影像即時預測左心室射出分率（LVEF）的創新方法。傳統 LVEF 需仰賴心臟超音波，無法於導管室同步取得。本研究整合人工智慧與深度學習技術，成功建立從原始 CAG 影像至心功能預測的全自動化分析流程。計畫首度證實 CAG 影像可用於即時推估左心功能，並完成導管室 AI 分析核心技

術。成果具臨床應用潛力，可用於 AMI 患者風險 stratification、治療決策輔助及智慧導管室之建置，展現顯著科學創新與實務價值。

七、 檢討與展望

本年度心臟醫學學門持續推動臨床重要疾病的研究計畫申請、審查與補助，研究成果亮眼，涵蓋基礎、轉譯及臨床應用。學門在學術交流與跨領域合作方面亦持續活躍，舉辦了以下重要會議：

（一）與中華民國心律醫學會聯合舉辦心室心律不整論壇及台北-東京-首爾心律聯合會議

聚焦心律不整的最新診療與研究進展，促進國內外學者交流與經驗分享。

強化跨國合作與知識互通，提升心律不整臨床與研究的整體水平。

（二）國科會心臟醫學學門跨領域合作：心房顫動的最新治療

聚焦心房顫動的臨床管理及新興治療策略。

推動跨領域合作，結合心臟醫學、醫學工程及智慧醫療技術，提高診療精準度與治療效果。

本年度心臟醫學學門持續支持臨床重要疾病的研究計畫，包括基礎、轉譯及臨床應用領域，成果豐碩。學門舉辦了兩場主要會議：一是與中華民國心律醫學會合辦的心室心律不整論壇及台北-東京-首爾心律聯合會議，聚焦最新診療策略與研究進展，促進國內外專家交流及合作；二是國科會心臟醫學學門跨領域合作會議，探討心房顫動治療新方法，結合醫學工程與智慧醫療技術，以提升臨床精準度與治療成效。整體而言，學門在跨領域合作、臨床研究及智慧醫療應用上取得進展，但臨床研究仍受法規及工作負荷影響，多數計畫申請者為臨床醫師，年輕研究者在撰寫大型創新計畫方面仍需輔導，部分研究成果的產學轉化及國際合作仍有提升空間。未來，學門將持續推動跨領域合作、人工智慧及大數據應用、資料平台建置與多中心研究，加強人才培育與長期計畫支持，促進創新成果轉化為臨床技術及產業應用，提升學術水準與國際影響力，並進一步促進醫療進步及全民健康。

# 胸腔醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：王振源　　共同召集人：陳晉興

一、 前言

胸腔醫學學門涵蓋胸腔內科與胸腔外科，研究範圍包括肺臟、呼吸道、肺血管、胸腺、胸廓、縱膈腔、食道、及橫膈膜等臟器，並延伸至呼吸系統相關疾病之基礎與臨床研究。內容涉及呼吸道疾病、肺部感染與免疫疾病、肋膜疾病、睡眠與呼吸調控、敗血症、呼吸衰竭、原發或轉移性肺腫瘤、食道及縱膈腫瘤，以及肺病臨終照護等領域，深入探討其病理機轉、診斷、治療與預防。同時重視肺功能、生理學、介入性支氣管鏡術、肺移植與肺復原的臨床應用。

本學門已累積堅實的基礎與臨床研究根基，並持續強化既有成果。面對智慧醫療與精準醫療的全球趨勢，學門將整合跨平台基因檢測、人工智慧及大數據技術，建構更完善的資料庫，推動個人化診療與優化追蹤模式，以期提升疾病治療的即時性與有效性。

同時，本學門致力促成生命科學與多領域合作，透過溝通、創新與共享，促進研究環境與生技醫療產業之發展，奠定國內生醫研究基礎，並提升學術質量與國際影響力。

二、 學門簡介

胸腔醫學學門基於胸腔內、外科既有的研究基礎，持續深化臨床與基礎科學並推動前瞻與創新主題，以因應快速變動的國際學術環境。學門發展主要分為七大範疇：（一）胸腔腫瘤醫學、（二）間質性肺病、（三）肺部感染與免疫、（四）微創介入治療、（五）慢性呼吸道疾病、（六）睡眠呼吸中止症、及（七）重症醫學，同步推動腫瘤免疫學及空氣污染對呼吸道與肺部健康影響之研究。

隨著人口老化及抗藥性病原上升，非結核分枝桿菌、慢性麴菌感染與潛伏結核等肺部感染已成為重要公共衛生課題。學門整合國內外專家，研究病程、危險因子與預後，並提出更有效的預防與治療策略。同時，肺癌高發與 EGFR 突變比例偏高，使腫瘤微環境、免疫治療與抗藥機轉成為研究焦點。

間質性肺病（ILD）、空氣污染與肺部疾病間的關聯亦日益受到重視，亟需跨領域合作以深化基礎與臨床研究。面對多專科需求，學門強調團隊整合、研究資源共享及臨床轉譯的推動。

未來，學門將持續透過教育推廣、研究整合與研討交流，培育研究

人才，提升研究效能，並以集中資源的方式建構具國際競爭力的研究團隊，以符合臨床需求與全球學術趨勢。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 大數據資料庫與人工智慧快速擴展，精準醫學、個人化診療與 AI 輔助預測模型成為主流方向。
2. 次世代定序與單細胞定序技術持續成熟。
3. 空氣污染、極端氣候與呼吸健康的關聯受到高度重視。環境—疾病互動成為國際重要議題。
4. 肺部感染與治療持續進步，精準診斷、風險預測、最佳治療、以及精準預防。
5. 肺纖維化與 ILD 的病程預測與精準治療快速發展，同時利用多模態資料建構預後模型，提升決策的準確性。
6. 睡眠醫學朝呼吸生理內表型化發展，形成國際治療分層趨勢。
7. 人口老化加劇，使高齡呼吸疾病、長照需求與慢性病多重共存成為全球挑戰；因此遠距醫療、家庭監測與高齡友善照護模式快速興起。
8. 跨領域整合持續深化，AI、工程、穿戴式裝置、醫材開發與遠距醫療共同推動診斷、治療與長期追蹤的全面升級。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 發展現況與重點研究方向
   (1) **肺部感染症與公共衛生議題持續受重視**，研究涵蓋疾病預防、早期診斷、免疫反應與短程治療策略。
   (2) **空氣污染、極端氣候與呼吸疾病之關聯研究**快速成長，強化環境健康研究的政策價值。
   (3) **睡眠呼吸中止症（OSA）**的管理結合 AI、長期監測與生理內表型分析，已成為近年重點成果。
   (4) **慢性阻塞性肺病（COPD）**管理導入更精準的社區與基層篩檢工具，提高早期偵測效率並降低醫療負擔。
   (5) **間質性肺病與肺纖維化**研究持續深化，在致病機制、抗纖維化治療與預後預測方面均有進展。
   (6) **微創與智慧手術**穩定發展，機器人輔助手術與介入性支氣管鏡技術廣泛應用，提升治療精準度與安全性。
   (7) **肺癌研究具高度國際競爭力**，不僅在基因變異分析、標靶及免疫治療領先，並已導入單細胞解析與長鏈非編碼 RNA 之創新研究，拓展診療與新藥研發方向。
   (8) **跨領域合作持續擴大**，從多體學、AI、工程到公共衛生整合，並推動生物樣本庫與多中心臨床資料共享，以強化精準醫學與轉譯研究能量。

2. 未來趨勢

(1) **精準與個人化醫療深化發展：**結合基因組學、表觀基因學、單細胞定序與多組學資料，建立更精準的疾病分型與預後模型。

(2) **免疫療法與細胞治療持續創新：**新一代免疫檢查點抑制劑、小分子調控路徑與非編碼 RNA 標靶，為肺癌提供更多治療選擇；同時幹細胞與細胞治療（CAR-T、免疫細胞調控）將拓展至肺纖維化、重症肺損傷等領域。2025 年單細胞研究揭露的腫瘤－免疫互動通路，也促進了免疫療法個人化的精緻設計。

(3) **智慧醫療與可穿戴生理監測全面升級：**AI 深度學習、生理訊號分析與穿戴式裝置將逐步佈建於 COPD、OSA、ILD 與重症照護之篩檢與追蹤。

(4) **全球化合作與跨專業整合更為關鍵：**隨著氣候變遷、空污與極端氣溫對呼吸健康的衝擊增加，國際合作將加速大規模資料庫、環境暴露研究與臨床試驗的整合。醫學、公共衛生、工程、AI、生物資訊與長照體系的跨域合作，將成為我國胸腔醫學在國際上保持競爭力的重要基石。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

胸腔學門聚焦臨床應用與成果轉化，致力開發更準確、高效的診斷與治療方法。臨床面持續推動介入性支氣管鏡、微創手術與肺移植等技術，並結合肺癌腫瘤微環境、ILD 預後模型及 COPD、OSA 等生理內表型研究，提供更精準的診療策略。同時運用基因定序、大數據、人工智慧與生理監測，全面提升診斷、決策與追蹤能力。

應用面強調跨領域整合，將基礎研究與工程、AI 工具轉化為臨床診斷、篩檢與監測系統，並結合遠距醫療與長照服務，以因應老化社會與慢性病負擔。這些努力提升國內胸腔醫療品質，並強化臺灣在精準醫療與智慧健康的國際競爭力。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

胸腔學門持續在國際期刊發表具競爭力的成果，展現臺灣在胸腔醫學的堅實實力。然而，醫療體系人力與資源緊縮，使臨床醫師投入科研的時間減少；基礎實驗人力流失亦削弱研究能量。同時，大數據、多體學與人工智慧等專業人才不足，加上設備與經費限制，致使部分具潛力的研究難以深化，形成學術與臨床應用間的落差。

為因應挑戰，需建立完善的人才培育與留才機制，強化大數據、AI 與生物資訊能力，並整合跨機構研究資源以支持前瞻計畫。同時提升國家與產業投入，使研究能量更集中，促進臨床與學術

與國際接軌，進而改善研究環境並提升社會與醫療效益。

四、 我國發展胸腔醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. **高素質研究與臨床人才：**國內胸腔內外科醫療團隊經驗豐富，醫師訓練紮實；研究學者具良好學術背景，與國內外頂尖研究機構合作緊密，成果長期獲國際肯定。
2. **健全的醫療基礎設施：**健保資料庫、電子病歷與生物資料等長期追蹤系統完善，為流行病學研究與精準醫療奠定堅實基礎。
3. **完善的公共衛生體制：**公共衛生系統運作高效，疾病通報與監測機制健全，可迅速掌握疫情變化並採取應對措施，強化胸腔疾病（如肺部感染）的早期預防與處置能力。
4. **完善的臨床研究架構：**多中心聯合研究運作順暢，能有效支持重大疾病研究及標準化診療流程的制定。
5. **生技產業創新能力強：**國內生技產業技術成熟、研發能力穩健，能支持新型診斷與治療技術的開發與轉譯。

（二）劣勢（Weakness）

1. **研究資源不足：**經費、空間與人力相對匱乏，限制大型、前瞻性研究與國際合作的推展。
2. **人才流失：**臨床與基礎研究人才不足，基礎實驗人員流失嚴重，削弱長期研究能量。
3. **市場規模小且國際化不足：**內需市場有限，缺乏大型國際合作案，降低研究成果市場化與國際競爭力。
4. **基礎臨床整合不足：**基礎與臨床資料缺乏整合，未能形成系統性研究鏈，影響研究效率。

（三）機會（Opportunity）

1. **全球精準醫療潮流：**基因定序、大數據與智慧醫療技術快速發展，有助於推動疾病的早期診斷與個人化治療。
2. **長期流行病學研究優勢：**健全的臨床資料庫結合空污監測，可深化環境暴露與呼吸疾病相關研究。
3. **免疫治療與新技術發展：**肺癌免疫治療與腫瘤微環境研究持續進步，提供創新研究與新藥標靶開發的契機。
4. **智慧醫療與遠距照護：**高齡化社會帶動遠距醫療與長照需求，為胸腔領域的臨床應用與科技整合提供新場景。
5. **生物組織庫建設：**合法且集中管理的檢體庫，有助於提升生物醫學研究效率並加速臨床轉譯。

（四）威脅（Threat）

1. **國際競爭壓力：**歐美國家資金與技術優勢明顯，使臺灣在國際研究合作中相對弱勢。

2. **研究資源分散與低效率**：議題分散且整合不足，導致重複研究與合作成效不彰。
3. **市場開發挑戰**：受限於市場規模小與跨國企業投入不足，研究成果的商品化與推廣面臨困難。
4. **臨床與基礎人才流失**：離職潮加上人才培育周期長，受資源限制影響留才，造成研究能量不足。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期 (1-3 年)

1. 規劃重點：
   (1) 解決臨床急迫問題：針對肺癌、肺部感染症、ILD 及 COPD 等高發疾病，建立更標準化的診斷流程與預後模型，並導入生理內表型與功能測試，提高臨床辨識與治療效率。
   (2) 建設數據基礎設施：整合健保資料庫、電子病歷與多體學資料，強化跨院所資料連結，支援 AI 預測、篩檢工具及疾病風險模型的應用。
   (3) 促進技術應用與轉化：推動人工智慧於篩檢、影像判讀及環境風險預測之應用，促進臨床需求與基礎研究的緊密連結。
2. 推動策略：
   (1) 媒合多中心研究團隊，推動跨領域國家級研究計畫。
   (2) 建立全國性研究資源共享與資料交換機制，提升協作效率。
   (3) 加強國際合作，定期舉辦研討會與工作坊，引入各類疾病最新之研究發展。
3. 預期效應：
   (1) 提升肺部疾病的診斷與治療效率，改善預後。
   (2) 建立 AI 與大數據分析能力，更精準的臨床決策與風險預測。
   (3) 形塑全國性研究網絡，強化臺灣胸腔學門的研究能量與國際影響力。

（二）中期 (3-5 年)

1. 規劃重點：
   (1) 推進精準醫療：運用多體學技術，深化個人化治療策略。
   (2) 環境與健康：整合空污、極端氣溫與臨床資料，探討環境因子對 COPD、氣喘與 ILD 之長期影響，提出更有效的介入策略。
   (3) 人才培養與留置：建立跨領域人才培訓制度，吸引臨床與基礎研究者投入。

2. 推動策略：
   (1) 建立跨領域研究計畫，結合醫療、工程、生物技術與資料科學，形成多重整合模式。
   (2) 提供臨床研究獎勵與制度化支持，鼓勵臨床醫師投入高品質研究與國際合作案。
   (3) 擴大與國際研究機構之合作，鼓勵參與大型臨床試驗與多中心資料計畫，提升研究層級。
3. 預期效應：
   (1) 精準醫療在胸腔疾病的臨床應用更加普及，改善病人預後。
   (2) 環境與健康研究成果可作為疾病預防與政策制定的科學基礎。
   (3) 培育更多研究人才，強化國內團隊於國際舞台的競爭能力。

（三）長期（5-10 年）

1. 規劃重點：
   (1) 建設智慧醫療生態系統：結合 AI、生理監測與大數據，全面推動胸腔疾病之風險評估、早期預防、診療優化、遠距監測與長期追蹤。
   (2) 推動產學合作與技術轉化：強化與生技企業合作，加速新型診斷、生理量測與治療技術的商品化與臨床導入。
   (3) 全球化與卓越研究中心：建置國家級胸腔醫學研究中心，匯聚國內外人才，成為國際指標。
2. 推動策略：
   (1) 整合國內主要研究資源，建置共享研究設施、資料平台與先進儀器系統，並制定公平合理的使用機制。
   (2) 強化產學合作模式，促使新興技術、診斷工具與 AI 模型能快速導入臨床。
   (3) 落實學術文化與政策支持，打造國際化研究團隊，參與全球胸腔醫學之標準制定。
3. 預期效應：
   (1) 形成智慧化、國際化的胸腔醫學研究生態系統，成為全球研究的標竿。
   (2) 加速新型診療技術的開發與應用，提升疾病預防、疾病存活率、並改善病人生活品質。
   (3) 強化產學創新能力，提升臺灣在全球生技與醫療產業的競爭力。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

114 年度胸腔醫學學門在基礎研究與轉譯研究方面成果豐碩，展現出極高的學術能量與國際影響力。研究議題涵蓋肺癌致病機制、腫瘤微環境調控、慢性呼吸道疾病的分子病理、空氣污染與環境風險、OSA 的內表型分析，以及結核與潛伏感染的精準治療策略等多個核心領域。

首先，在肺癌基礎機制方面，單細胞分析、多體學與新興轉譯技術的應用使相關研究更為精確。研究團隊利用單細胞 RNA 分析描繪腫瘤—免疫細胞的互動，揭示非小細胞肺癌腫瘤血管新生、腫瘤進展與免疫耐受的關鍵路徑，而 LCRMP-1–SERPINE1 的新穎軸線、ITIH4 與 PM2.5 的致病關聯等發現，均對肺癌與 COPD 的新治療靶點提出具體科學依據。此外，氧化壓力–TXNIP–NF-κB 的分子串接路徑被成功界定，清楚闡明吸菸暴露如何導致肺部慢性炎症與疾病惡化，為抗炎與抗氧化介入策略提供新里程碑。

在感染症研究方面，非 HIV 肺囊蟲肺炎（PCP）的大型多中心研究揭示了疾病流行病學的重大轉變，將高風險族群定義擴展至多種類固醇治療、固態癌與新型免疫調控藥物使用者，提供臨床上新的警訊及政策方向。同時，在 COVID-19 疫情與癌症族群照護中，以跨國大數據分析疫苗保護效益的成果被國際期刊收錄，促成對高脆弱族群更明確的防疫策略。糖尿病引發的肺部免疫缺陷亦透過單細胞圖譜獲得深入理解，明確指出免疫基因下調與 MDSC 增生如何形塑更脆弱的呼吸環境。

在結核與潛伏結核感染（LTBI）領域，臺灣團隊於高齡 COPD 患者中完成全國性 LTBI 介入研究，證實 WHO 短程療程的可行性、安全性與高完成率，補足國際研究的空白，具高度臨床與政策價值。另一項多中心 RCT 比較 1HP 與 3HP 之安全性與完成率，指出兩者效果相當，為臨床處方提供更具彈性的選擇。

慢性呼吸疾病方面，COPD 的研究從生物學機制深入至人口健康與公共衛生層次。特定生物標記（如 ITIH4）的保護作用被解析，同時大規模研究證實極端氣溫增加 COPD 住院與死亡風險，提升環境健康研究在呼吸醫學中的重要性。此外，臺灣團隊提出以 FEV1/FEV6 結合問卷的兩階段篩檢策略，呈現高效且具成本效益的基層偵測工具，獲得國際重視。

睡眠醫學方面，OSA 的呼吸生理內表型研究持續深化，以喚醒閾值、可塌陷性、環路增益與補償能力等參數重新定義成人與兒童的病理特性。特別是在兒童族群中，研究揭示青春期後呼吸控制機制與神經肌肉調節的轉變，對治療決策具有實質意義。

綜上，胸腔醫學學門在 114 年度展現高度多元化的基礎研究成果，涵蓋分子機制、免疫調控、環境暴露、族群健康、疾患分型與治療策略，以跨領域方法深化胸腔疾病的科學理解，構成未來臨床創新的堅實基礎。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

114 年度技術創新亮點集中於微創治療策略、精準診斷平台、人工智慧醫療工具以及新型抗病毒與抗腫瘤技術之開發，展現胸腔學門在整合臨床需求與科技創新的強大能量。

微創技術方面，多中心合作展示了 CBCT 引導下的經皮微波消融技術，成功應用於無法手術切除的肺結節，手術成功率與完全消融率皆創新高，術後併發症低，有助於擴展高風險患者的治療選擇。在 ICU 領域，霧化黏菌素被證實能有效治療 CR-GNB 所引起的院內肺炎，並避免腎毒性，成為傳統靜脈給藥之外的重要替代技術。

在病毒與感染疾病的科技整合方面，ACE2-decoy 蛋白的研究成果已證明其對多種 SARS-CoV-2 變異株具廣效中和能力，能降低細胞融合、炎症與血栓形成，突破現行抗病毒治療的瓶頸，開啟下一代抗病毒療法的新方向。

精準診斷工具方面，肺癌液態活檢 NGS 平台的臨床應用使驅動基因突變的偵測速度大幅提高，同時改善個體化治療的起始時間。呼吸生理監測、OSA 內表型建模、COPD FEV1/FEV6 輕量化篩檢技術等，也均展現胸腔疾病診斷朝向可攜式、AI 化與多模態整合的趨勢。

在 ILD 領域，以 SGRQ 及 1MSTS 建構的生存模型，是結合問卷、生理測試與統計學的創新工具，預測力超越傳統 GAP staging，展現 AI 與臨床資料融合的成效。

此外，本年度多項成果大量運用單細胞多體學、基因編輯、跨尺度成像，大幅提升轉譯研究階段的資訊深度，使疾病表型與治療反應的解讀更為全面。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

114 年度胸腔醫學學門推動之研究成果在健康產業與醫療科技領域持續創造可觀效益。精準醫療的推動，尤其在肺癌驅動基因檢測、免疫治療分層與液態活檢平台的臨床導入，使

國內基因檢測市場快速成長。NGS 與生物標記相關技術的廣泛應用，也促進醫材、檢測試劑與雲端資料平台之產業鏈發展，提升國內生技產業的附加價值。

在微創治療與智慧醫療領域，CBCT 引導消融技術與呼吸生理監測設備的臨床採用，刺激相關醫療儀器與智慧醫材的研發投資。這些技術的成熟不僅強化國內醫療設備的自主能力，也提升對國外市場的輸出潛力。

以 COPD 篩檢工具、OSA 生理量測、環境健康風險評估等為核心的智慧健康產品，逐漸導入基層醫療與長照體系，推動產業鏈從醫院延伸至社區與居家，擴大市場需求。

同時，多中心資料庫與 AI 模型的建立促進數據服務業與人工智慧產業的成長，使胸腔領域在未來「大健康產業」中的角色愈加重要。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

胸腔學門的研究成果在公共衛生與社會福祉面向具有顯著貢獻。

在結核與肺部感染方面，多中心 PCP 流行病學研究及 LTBI 短程療法在高齡 COPD 患者中的高安全性與高完成率，提供政府推動結核防治的關鍵依據。潛伏感染治療的精準化與彈性處方，也能有效降低未來 TB 發生率，改善國人健康。

COPD 與氣候風險的量化研究清楚指出極端氣溫造成的額外健康負擔，為國內因應氣候變遷、制定健康保護措施提供科學證據，並提醒高風險族群需採取更積極的保護策略。

在睡眠醫學方面，OSA 內表型研究促進更正確的疾病教育，使民眾理解姿勢、肥胖、呼吸生理與健康的交互影響，有助減少未診斷與未治療 OSA 所造成的交通事故、心血管疾病等社會負擔。

在肺癌領域，液態活檢與免疫標靶研究讓更多病患能更快接受個體化治療，降低無效治療的成本與時間，惠及弱勢族群，提高醫療公平性。

此外，環境暴露、空氣污染、氣溫極端化對胸腔健康的研究增強民眾環境風險意識，有助推動國家環境安全政策的進展。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

胸腔學門的研究成果在公共衛生與社會福祉面向具有顯著貢獻。114 年度胸腔學門在政策整合、跨部會合作與專業培力方面產生顯著效益。

國科會、衛福部與經濟部共同推動的「健康大數據永續平臺計畫」已整合多元資料庫，形成精準醫療政策的重要支柱。

本年度胸腔領域的研究成果—包含肺癌標靶治療資料、結核與 LTBI 介入成效、COPD 風險資料、環境暴露健康分析等—皆已可直接提供政策制定參考。

胸腔學門亦積極推動學術與臨床界的整合平台。2025 年 3 月舉辦之「終結結核與肺部疾病研討會」即為跨領域交流的示範性活動，透過聚焦單細胞定序、AI 工具、環境暴露分析以及短程 LTBI 治療策略等議題，使政策端、臨床端及研究端形成更緊密的協作關係。

此外，胸腔學門推動資料共享與多中心合作，使研究流程更標準化，也為未來建立國家級胸腔資料庫打下基礎。研究成果亦強化醫療品質評估、臨床照護流程與疾病監測制度，提升整體醫療體系之韌性。

（二）個別計畫代表性成果

1. Particulate matter-related ITIH4 deficiency is associated with an emphysema phenotype of COPD through JNK-dependent and JNK-independent signalling. ***European Respiratory Journal.*** 2025;66(3): 2401610.

   臺北醫學大學吳聲明副教授（計畫名稱：在慢性阻塞性肺病中由潛在長鏈非編碼核糖核酸介導的特定分子機轉型造成肺氣腫之研究；計畫編號：NSTC 111-2314-B-038-152-MY3）與陳冠元助理教授團隊（計畫名稱：TIGIT 在免疫耐受性的轉換以及衰竭自然殺手細胞對於慢性肺阻塞病人的影響；計畫編號：NSTC 111-2314-B-038-150-MY3）研究證實 ITIH4 不僅是 PM 長期暴露的敏感標誌，也直接參與防禦 PM 誘發的氣腫型 COPD。ITIH4 的缺乏會加劇氧化壓力與細胞凋亡，導致肺泡結構破壞。此結果揭露 PM2.5 致病新機制，並顯示 ITIH4 具保護潛力，可作為未來治療或風險分層的重要生物標靶。

2. The ACE2 decoy receptor can overcome immune escape by rapid mutating SARS-CoV-2 variants and reduce cytokine induction and clot formation. ***Journal of Biomedical Science.*** 2025;32(1):45673.

   中研院院士楊泮池教授（計畫名稱：開發促腫瘤細胞吞噬的新穎性肺癌治療抗體(2/3)；計畫編號：NSTC 113-2314-B-002-014-）與臺灣大學醫技系助理教授黃國彥老師團隊（計畫名稱：開發胜肽基底之蛋白標的降解平台，進而設計克服 EGFR-TKI 抗藥性肺腺癌之新穎藥物；計畫編號：NSTC 112-2314-B-002-325-MY2）研究證明人源化 ACE2-Fc 可有效中和

多種快速突變 SARS-CoV-2 變異株，抑制細胞融合、細胞毒性、發炎細胞激素以及血栓形成，是具廣效抗病毒潛力的策略。此分子誘餌能克服免疫逃脫問題，突破現有疫苗與抗病毒藥物的限制，展現高度轉譯應用價值。

3. Evolving risk factors and predisposing conditions of Pneumocystis pneumonia in non-HIV patients: A seven-year multicenter study. ***Journal of Infection***. 2025;106592.
臺大醫院簡榮彥教授團隊（計畫名稱：運用新穎無酵素恆溫雜交鏈反應建立重症患者游離粒線體去氧核醣核酸檢測平台及評估臨床角色；計畫編號：NSTC 111-2314-B-002-201-MY3）分析七家醫學中心近 500 例非 HIV PCP，明確證實疾病已從傳統免疫抑制族群擴展至多種癌別與新興用藥族群，反映流行病學的重要轉變。研究比較不同藥物與疾病背景的死亡風險，指出固態癌患者預後最差，提供 PCP 危險族群的新定義，並為預防策略、臨床警示與治療決策提供關鍵參考。

4. Senescent Tumoral HLA-E Reshapes Microenvironment through Impairing NK Cell-Dendritic Cell-T Cell Network in Malignant Pleural Effusion from Lung Cancer. ***International Journal of Biological Sciences***. 2025;21(12):5240.
高雄醫學大學洪仁宇教授（計畫名稱：利用多體學解析肺腺鱗癌致病關鍵基因及微環境異質性；計畫編號：NSTC 113-2314-B-037-092-MY3）和蔡英明副教授團隊（計畫名稱：整合空間和單細胞多體學探索肥胖對氣喘影響分子藍圖；計畫編號：NSTC 112-2314-B-037-126-MY3）（計畫名稱：單細胞研究探索肺癌腦轉移進階分子藍圖；計畫編號：NSTC 113-2314-B-037-098-MY3）透過單細胞定序分析肺癌惡性胸腔積液，研究發現腫瘤細胞因老化而高度表現 HLA-E，抑制 NK 細胞毒殺能力並降低 XCL2，進而減少 cDC1 招募。活化型 DC（aDC2）呈現耗竭表型，無法有效啟動 T 細胞；CD8 T 與具殺傷力的 $GZMA^+$ CD4 T 細胞功能亦受抑制。Tregs 造成 Th1/Th2 失衡。BAG6、IL-7 等細胞間訊號與預後不良相關。整體而言，HLA-E 驅動的免疫抑制網絡重塑胸腔轉移微環境，促進疾病進展。

5. Associations of COVID-19 vaccination with risks for post-infectious cardiovascular complications: an international cohort study in cancer patients with SARS-CoV-2 infection. ***Lancet Regional Health - Americas***. 2025;44:101038.

臺北醫學大學林佩瑩副教授團隊（計畫名稱：克服現時肺癌治療之困境：藥物投遞、精準標靶與抗藥性；計畫編號：NSTC 111-2628-B-038-020-MY3）（計畫名稱：重塑肺癌腫瘤微環境: 冰與火的轉換；計畫編號：NSTC 112-2314-B-038-037-MY3）運用北美跨國癌症資料庫，本研究證實完整 COVID-19 接種可顯著降低癌症患者感染後的心血管併發症與死亡風險。保護效益跨多種 SARS-CoV-2 變異株與不同抗凝治療族群皆一致。此結果強化疫苗在高脆弱族群中的重要性，為臨床照護政策及癌症患者防疫策略提供重要實證。

七、 檢討與展望

近年人工智慧與仿生科技的迅速進展，持續推動胸腔醫學的創新應用。研究團隊結合臨床資料、工程技術與 AI 工具，深化跨領域合作並開發多項新技術。今年度研究重點包含肺癌致病機轉、轉移與抗藥性，其單細胞與多組學分析已揭示關鍵訊息傳遞路徑，並提出潛在的新藥靶點與預後標誌，同時更加釐清免疫細胞在腫瘤微環境中的角色，提升我國在國際研究中的能見度。

在 LTBI 治療方面，國內團隊提出更具彈性的短程治療方案，突破既有使用限制，在 COPD 族群進行預防性治療。未來可望依個體差異調整處方，提高治療安全性與完成率。其他呼吸疾病亦展現重要進展，例如 COPD 的兩階段篩檢策略（問卷結合 FEV1/FEV6）提升基層偵測效率、極端氣溫對 COPD 發作與死亡的風險分析提供公共衛生決策依據，以及 ILD 以臨床功能測試及生活品質量表建構的新型預後模型，均為臨床應用帶來具體助益。睡眠醫學部分，OSA 的呼吸生理內表型研究亦促進更精準的治療判斷。

胸腔醫學研究範圍廣泛，涵蓋慢性呼吸道疾病、肺損傷、氣喘、肺纖維化與 OSA 等。在老化與多重共病日益普遍的背景下，研究方向正由單一疾病模式轉向宿主、病原與環境交互作用的整體性探討。次世代定序、AI 分析、大數據與智慧醫療技術的結合，讓疾病機制研究與臨床應用更為精準而完整。

2025 年 3 月 22 日，胸腔醫學學門與臺灣結核暨肺部疾病醫學會、中華民國防癆協會、及疾病管制署共同舉辦「終結結核與肺部疾病研討會」，首次以跨領域整合為核心，將臨床、基礎、公共衛生與資料科學的專家齊聚一堂。會議除分享結核病治療新策略、潛伏感染短程處方的最新進展外，也展示次世代定序、單細胞分析、抗體檢測、人工智慧、環境暴露大數據等尖端工具如何應用於胸腔疾病研究。透過案例討論與技術展示，強化了臨床與基礎研究者對精準醫療、環境健康及

長期追蹤模式的共同理解。

此類跨團隊、跨機構的整合型會議不僅加速研究成果交流，也促進多中心合作網絡的形成，為未來大型臨床研究、資料庫共用與研究能量集結奠定基礎。未來應持續推動類似平台，使胸腔領域能更有效整合醫療院所、研究單位與政府資源，促進創新技術的開發與臨床導入，並進一步提升臺灣在胸腔醫學研究與公共衛生策略上的影響力與國際地位。

# 神經醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：林靜嫻

一、 前言

隨著人類醫療整體的發展與進步，壽命顯著延長，人口老化已成為許多先進國家普遍且持續的重要議題。隨著年齡增長，神經系統的功能逐漸退化，這使得老年人更容易罹患神經系統相關的疾病與傷害。因此，神經醫學在現代文明社會中的重要性日益突顯。根據預測，到2050 年，全球 60 歲及以上的人口將佔總人口的比例將達到 20%以上。這一趨勢對神經疾病的影響不容忽視，因為神經系統疾病，尤其是與年齡相關的神經退化性疾病，通常在老年人中發病率更高。目前，全球每六人中就有一人罹患神經系統疾病，這些疾病已成為造成失能和殘障的主要原因。包含腦中鋒、偏頭痛、神經退化性疾病如阿茲海默失智症、巴金森氏症等等，已成為普遍的健康問題。此外，神經系統疾病也是世界範圍內第二大死亡原因。這些疾病不僅嚴重影響患者的生活質量，也給家庭與社會帶來沉重的負擔。

隨著神經科學的進步，許多先進的診斷技術和治療手段，如功能性影像學、基因療法和深腦刺激等，已經顯示出其在改善患者病情和延緩疾病進程方面的潛力。因此，神經醫學不僅是治療神經系統疾病的關鍵領域，也是提升公共健康水平、減少疾病負擔的核心領域。隨著人口結構的變化，未來對神經醫學的需求將會進一步增加，這要求醫學界不斷創新和發展，為應對這一挑戰做好準備。

神經醫學學門為臨床醫學學門之一，整合了神經內科、神經外科、及麻醉三個學科。期待經由神經醫學學門的努力，可以凝結上述跨領域的整合以提升神經醫學的研究能量，促進相關研究與學術發展，並進而提升國內神經醫學研究與臨床服務的水準，以增加台灣於國際神經科學研究領域的能見度。

二、 學門簡介

神經醫學學門包含神經內科、神經外科、及麻醉三個學科。神經醫學學門的規畫重點為針對神經系統以基礎、轉譯、臨床、生物資訊或流行病學為方法從事神經系統之結構與生理、腦科學、健康與疾病之神經功能探討。所研究的神經系統範疇並不僅限於大腦，同時也包含小腦、腦幹、脊髓、周邊神經、神經肌肉接合處及肌肉等處。這些相關主題的研究常需要同時整合臨床神經醫學與基礎神經科學的知識與技

術，並借鏡運用其他新興重要醫學發展領域的成果，如基因醫學、核酸治療、細胞治療、電刺激與超音波醫學、影像醫學、分子生物學、疾病的動物模式、免疫醫學、大數據整合與人工智慧等。經由神經醫學學門的努力，可以凝結上述跨領域的整合以提升神經醫學的研究能量，致力於基礎神經與臨床神經學的整合轉譯研究，深究探討疾病的機轉，開發以致病機轉為導向的治療與可以反映病程的生物標記，並加速落地化，以實質改善神經疾病的治療瓶頸。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

神經醫學是專門研究神經系統疾病的醫學領域，涵蓋從大腦、脊髓到外圍神經的各種疾病的診斷、治療和預防。隨著全球醫療科技的發展，神經醫學已取得顯著的進展，然而，隨著人口老化與神經系統疾病的日益增加，神經醫學仍面臨許多挑戰。在此背景下，神經醫學的發展現況和未來趨勢對於提升全球公共衛生具有重要意義。神經醫學的發展突飛猛進，許多國家已建立了專門的神經科學研究機構，整合基礎與臨床，並且在基因診斷、腦影像技術、藥物開發等領域取得突破。例如，功能性磁共振影像與神經核醫影像技術使得研究者能夠更精確地了解大腦功能的運作；基因組學的進展也有助於揭示神經退化性疾病的基因基礎，這些研究成果促進了新藥物的研發和治療方案的改善。神經醫學的全球發展現況涵蓋以下重點趨勢：

1. 基因編輯技術如 CRISPR-Cas9 技術在神經醫學中的應用：隨著科技的進步，神經醫學領域也在不斷引入新技術。例如，基因編輯技術如 CRISPR-Cas9 已開始進行神經退化性或視神經遺傳性疾病的基因治療研究；合併人工智慧和機器學習的引入，正在加速疾病診斷和治療的創新。
2. 神經影像技術的突破：神經醫學的診斷手段也在不斷進展。從傳統的核磁共振影像（MRI）、正子掃描（PET）、腦波圖（EEG）等，診斷技術的革新使得許多神經系統疾病可以在早期被發現，結合大數據影像資料庫與機器學習，將可針對不同神經疾病作有效率的診斷分類，提高鑑別診斷率。
3. 基因療法和細胞治療：基因療法和細胞治療的發展對於神經退行性疾病的治療具有革命性意義。例如，基因編輯技術（如 CRISPR-Cas9）在治療遺傳性神經疾病中顯示出巨大的潛力；幹細胞治療則被認為能夠促進神經修復，並有望為巴金森氏症、阿茲海默症等疾病提供新的治療選擇。未來，這些技術可能會成為神經醫學領域的重要治療手段。
4. 神經調節術：由於電子醫工器材和非侵入式腦功能檢測工具

的發展，使得各式各樣的神經調節術(Neuromodulation)的治療器材或輔具也迎來另一波的研究和開發潮。現代神經電流調節術的特徵是使用微小電量、精準控制和日趨複雜的刺激波型。另外除了電流之外，研究發現光和超音波也能調節神經功能。將對未來臨床治療產生一定的影響。

5. 精準醫學：隨著基因組學、蛋白質組學、代謝組學等領域的快速發展，未來神經醫學將進一步朝向個人化醫療和精準醫學發展。通過對患者的基因型、表現型和環境因素進行全面分析，能夠為每位患者制定更具針對性的診斷和治療方案，從而提高治療效果，降低副作用。
6. 人工智慧和大數據的應用：隨著人工智慧和大數據技術的發展，神經醫學領域的診斷和治療將更加高效。AI 可用於分析海量醫學數據，協助臨床醫生進行更準確的疾病預測、診斷和治療。大數據則可以幫助研究者揭示神經疾病的病理機制，為新藥物的開發提供數據支持。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

目前我國神經醫學的研究主要集中於神經系統疾病的臨床研究，研究者主要來自各大醫療機構的神經內科、神經外科、麻醉科、小兒神經科及研究部門，另有許多來自大專院校與研究機構的專家，研究主題多與常見神經疾病相關。未來我國的發展趨勢應多與基礎學科等跨領域合作，與全球相似，包括基因工程在疾病診斷與遺傳病治療的應用、神經調節技術的發展與疾病應用拓展、標靶藥物治療、幹細胞在退化性神經疾病及腦血管疾病中的治療，及神經疾病的系統化治療流程。人工智慧也將在神經疾病領域找到多項應用。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

神經醫學的學術價值體現在其對神經系統結構與功能的深入探索，以及對神經疾病病理機制的理解。隨著神經科學的快速發展，神經醫學不僅促進了我們對大腦、脊髓及周邊神經系統的知識增長，也推動了分子生物學、基因組學及神經影像學等跨領域的進步。在 114 年度中，神經醫學學門在學術研究中發現許多重要疾病，例如遺傳性下肢痙攣性無力症、大腦小血管病變疾病 CADASIL (伴皮層下梗死和白質腦病變的腦常染色體顯性動脈病變)的致病基因，並深入剖析基因型與表現型的相關性，同時，也藉由整合腦影像技術揭示了腦白質高訊號比症狀發作的報告年齡早了約七年。此外，突變基因攜帶者的認知功能測試分數較低，尤其是在記憶和執行功能方面，而腦白質高訊號的嚴重程度與年齡和血管危險因子指數(特別是高膽固醇血症)相關。整體而

言，該研究表明腦白質高訊號的積累和輕微的認知衰退在 CADASIL 臨床症狀出現之前就已發生。

除此之外，機器學習與人工智慧的運用亦大大加速神經醫學的進展，利用隨手可及的智慧型手機或是平板收集的多領域生物特徵來協助早期診斷巴金森氏症（PD）。結合語音、手指敲擊動作和步態特徵的集成多模式模型，並運用機器學習演算法（特別是支持向量機，SVM）可以區分早期 PD 患者和老年對照組方面展現出更高的診斷效能，突顯了結合多種數位生物標誌物在早期 PD 識別中的優越性。這項技術為在老年人群中進行低成本的群體篩查和遠程監測 PD 提供了潛力，這項結果亦獲得 2025 年國家新創獎。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

目前國內的神經醫學研究多集中於醫學中心、大專院校與研究機構（例如中研院、國衛院），研究主持人以臨床醫師為主，部分由基礎醫學教師或研究人員負責。研究經費主要仰賴國科會的計畫補助。此外，研究能量呈現明顯的南北差距，與多數頂尖大學位於北部有關。

台灣神經醫學研究能量不足的另一項關鍵因素，是實驗室人力短缺且整體素質下滑。研究團隊主要依賴學生、研究助理及博士後研究員，但在少子化與生醫產業發展不如預期的情況下，生科系畢業生的職涯選擇有限，也進一步影響了實驗室的運作與發展。雖然改變現有環境並不容易，但未來應重視如何提供具潛力的神經醫學研究者充分的時間、資源與支持，這將是台灣臨床神經醫學研究亟需關注的課題。

四、 我國發展神經醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

國內已有許多神經醫學研究團隊的成立，同時研究品質已達國際水準，並建立了多個長期追蹤病患資料庫，提供完整的流行病學資料。對常見神經系統疾病的臨床研究尤其重要。這些資料合併基因體與長期追蹤的血液檢體，可以有新的生物標記可以做為早期診斷與追蹤疾病病程的客觀標記。國內神經內外科及麻醉科醫師的臨床訓練優良，且健保制度確保病人能獲得標準醫療照顧，進而產生豐富的醫療資訊作為研究基礎。近年來，國內醫學中心承接多項國際臨床試驗，並建立完善的流程與設備，積累了豐富的臨床試驗經驗。此外，國科會推動的神經科學專案計畫培養了多個跨領域研究團隊，並建立許多帶有亞洲獨特基因型變異的小鼠或是生物模式動物，可以深入機轉導向性研究，並促成國際間跨領域的合作機會。

（二）劣勢（Weakness）

台灣的研究經費遠低於歐美、日本和中國，且研究資源、人力相對匱乏，導致研究團隊規模較小，較難進行冒險創新研究。此外，由於台灣人口少、醫療市場較小，許多神經疾病的臨床病例數較少，加上健保對醫療成本的嚴格管控，國際藥廠在台進行新藥試驗的機會減少，進而影響臨床研究的發展。臨床醫師負擔繁重，研究時間有限，儘管醫療人員素質高，卻無法充分發揮研究潛力，這使得年輕醫師和研究人員的研究意願和出國留學意願下降，進而影響國際視野與學術發展。目前的研究多以快速發表為目標，缺乏能實際應用或具有深遠學術意涵的成果。

（三）機會（Opportunity）

台灣的生技產業包含半導體產業吸引了大量資金投資，其中老化與失智症成為熱門議題。神經醫學與老化及神經退化性疾病有密切關聯，目前已有相關跨領域的研究合作，若能產出可應用的研究成果，申請專利與技轉，預期將可吸引更多生技產業提供資金與策略支持。台灣教育普及，擁有優秀的人力資源，許多基礎醫學和其他學科的學者對神經醫學充滿興趣，且學術機構與醫學中心距離近，有利於臨床與基礎研究的合作，與銜接落地化應用。

（四）威脅（Threat）

台灣的神經醫學規模小於歐美和日本等先進國家，市場規模有限，跨國生技公司少，健保對新藥價格管控嚴格，導致大型臨床試驗引進台灣的機會減少。國內生技產業資金有限，研究成果難以商業化，成功的產學合作較少。雖然各國積極推動大規模腦科學計畫並鼓勵跨領域創新，但是產業界的銜接有一落差，導致台灣的相關計畫結果常常僅只與發表論文階段，無法實質化落地應用，生技廠商與跨國藥廠亦缺乏長期支持的機制。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 規劃重點：

鼓勵跨領域研究學者的交流，促進跨領域研究合作。神經醫學涵蓋許多重要主題，包括神經發展與行為學、神經退化、腦中風、神經系統腫瘤、神經影像、神經生理、神經系統外傷、神經遺傳疾病、藥物濫用、麻醉與神經藥理等之科學。這些相關主題的研究常需要同時整合臨床神經醫學與基礎神經科學的知識與技術，並借鏡運用其他新興重要醫學發展領域的成果，如基因醫學、核酸治療、細胞治療、電刺激與超音波醫學、影像醫學、分子生物學、疾病的動物模式、免疫醫學、大數據整合與人工智慧等。期待經由神經醫學學門

的努力，可以凝結上述跨領域的整合以提升神經醫學的研究能量，促進相關研究與學術發展，並進而提升國內神經醫學研究與臨床服務的水準，以增加台灣於國際神經科學研究領域的能見度。

2. 推動策略：
   (1) 促進年輕神經醫學研究人員之培育，提供較充裕而長期之經費，鼓勵研究能力之傳承。
   (2) 舉辦跨學門和跨領域，甚至於產業具之座談會和研討會，討論跨學門和跨領域合作的可能性。
   (3) 舉辦特定議題之跨學界與產業界的學術研討會，作為中期推動研究領域的開端。
3. 預期效益：
   (1) 擴展神經醫學研究之深度和廣度。
   (2) 增加與生技產業界的鏈結以加速對社會之實質貢獻。

（二）中期

1. 規劃重點：

   為了進一步推動跨領域研究，台灣應該在鼓勵學者交流的基礎上，著力於建立持續發展的跨領域研究團隊。除了國科會推出的「腦科技創新研發及應用」計畫，培養出頂尖的神經科學研究團隊外，神經醫學領域亦可進一步與規劃設立數個以臨床神經醫學為核心的研究方向。例如語代謝體學跨領域合作等，透過整合型計畫的推動，不僅能促進多學科間的協作，還能為新興的跨領域團隊創造更多研究機會，進一步加速神經醫學領域的創新發展。

2. 推動策略：
   (1) 培植具潛力的新生代神經醫學家，選擇性地鼓勵優秀且具有良好研究實績與發展潛力的團隊，提供適當的研究環境，給予較足夠的長期經費，並鼓勵跨領域及跨國合作，使其能在不受臨床服務與經濟壓力下，深入發展研究，但須定期接受評核。
   (2) 舉辦資深與年輕神經醫學家團隊座談，分享成功經驗，加速經驗傳承。
   (3) 舉辦產學研三方座談會，分享跨領域結合與落地化經驗。
3. 預期效益：
   (1) 扶植具潛力之神經科學研究團隊。
   (2) 加速跨領域結合與落地化，以始由 bench to bed 的時間期程縮短。

（三）長期

1. 規劃重點：
   (1) 鼓勵跨領域與跨國團隊的長期性研究。
   (2) 協助鏈結產業界，例如生醫科技與半導體產業，加速研究結果落地化而運用於臨床實務。
   (3) 協助研究者專利與 IP 等申請，對於成果落地化有助益。
2. 推動策略：
   (1) 對於績優之研究團隊給予更長期的研究計畫。
   (2) 鼓勵創新與實用的研究同時，可結合生技產業界，以產學合作的方式，獲得更充裕的資源，將研究產出的新治療技術或藥物，有系統的經由臨床試驗應用於實際的臨床醫療上。
   (3) 將一些臨床例行檢查和紀錄標準化，便利跨院之合作和全國性資料庫之建立，並與人工智慧領域合作。
3. 預期效益：
   (1) 深植研究量能，培養國際級研究團隊。
   (2) 研究實用化，造福社會。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

在神經學領域，本年度的學術研究成果取得了多項突破性進展，這些成果涵蓋了神經退化性疾病的分子機制、早期數位診斷、代謝組學關聯，以及腦部血管與興奮性疾病的電生理學與影像學預警，為巴金森氏症、癲癇、腦部小血管疾病和阿茲海默症等複雜的神經系統疾病提供了進一步深入的剖析與了解。

(1) 癲癇的精確神經調控機制：陰極弱直流電刺激

在癲癇學領域，針對難治性癲癇的非侵入性治療方法—陰極弱直流電刺激(ctDCS)的電生理學機制被深入闡明。在海人酸(KA)誘發海馬迴癲癇的大鼠模型中，ctDCS 能夠降低癲癇興奮性，具體表現為局部場電位(LFP)中癲癇尖波的數量和振幅減少，同時三角波($\delta$)功率增強。在細胞層面，ctDCS 顯著減少了 CA1 錐體層推測的興奮性神經元（CaMKII+ 細胞）的單位尖波發放，而相反地，增加了 GAD+抑制性神經元的激活。研究發現，ctDCS 後，減少的興奮性單位尖波與$\delta$振盪之間的耦合強度增強，這表明興奮性神經元的放電被調整到較慢的 $\delta$ 節律。此抑制作用是極性特異性和電流強度依賴性的，且可持續長達 90 分鐘。此外，ctDCS 引起了抑制性短期

突觸可塑性的改變，透過配對脈衝刺激(PPS)顯示 P2/P1 比率持續降低，此可塑性變化可能正是 ctDCS 長期抗癲癇效應的基礎。研究成果發表於國際知名頂尖期刊《生理學期刊》(Journal of Physiology)。

(2) 偏頭痛的複合微小 RNA–血液新穎生物標記與模型

在偏頭痛的研究中，開發出了一種**複**合微小 RNA (miRNA)–遺傳風險分數(GRS)模型，旨在捕捉疾病動態變化和遺傳易感性。研究鑑定出多個 miRNA 標誌，包括在所有偏頭痛患者中普遍高表達或低表達的疾病狀態 miRNA 標誌（miR-183, miR-25, miR-320），以及僅在陣發性偏頭痛的發作期差異表達的疾病活動性 miRNA 標誌（miR-1307-5p, miR-6810-5p, let-7e, miR-140-3p）。功能分析結果提示，泌乳素(prolactin)和雌激素(oestrogen)訊號傳導通路可能在偏頭痛的發病機制中扮演重要角色。該複合模型結合了 miRNA 和 GRS，能夠將患者與對照組區分開來，並達到超過 90%的陽性預測值，顯示其作為識別高風險個體的預測工具的潛力，並為理解偏頭痛功能失調性的恆定(allostasis)機制提供了線索。

(3) 巴金森氏症：從分子調控到多模態數位診斷的突破

針對巴金森氏症的核心病理特徵—alpha-突觸核蛋白(alpha -synuclein)在多巴胺神經元中異常累積，研究揭示了其清除機制中的關鍵分子通路。DNAJB1 這種 J-domain 蛋白被證實透過 Hsp70 分子伴侶系統來促進 alpha -synuclein 纖維的解聚與清除。這項研究進一步指出，表皮生長因子受體(EGFR)直接磷酸化 DNAJB1 的酪胺酸 5 (Y5)位點，此磷酸化作用對於緩解$\alpha$-synuclein 聚集至關重要，因為它增強了 DNAJB1 與組成型表現的 Hsp70 伴侶(HSPA8/HSC70)和壓力誘導的伴侶(HSPA1A/HSP70)的結合能力。值得注意的是，對 PD 患者腦組織裂解液的分析發現，雖然 EGFR 和 DNAJB1 的表現水平降低，但 DNAJB1 Y5 的磷酸化比率卻增加了，這暗示著體內可能存在一種內源性的代償機制。

在 PD 的發病機制上，整合代謝組學與後設基因組學的多中心研究，確認了 PD 相關的代謝模式發生了特異性變化。研究證實，PD 患者的咖啡因代謝顯著降低。血清中咖啡因及其代謝物（如副黃嘌呤、茶鹼、1,7-二甲基尿酸和 AAMU）的濃度不僅在 PD 患者中較低，運動症狀越嚴重。進一步分析腸道微生物群，研究識別出一個包

含 56 個物種的微生物群落（Cluster 3, C3）在 PD 患者中豐度較高，而這個 C3 群落的豐度與血清咖啡因及其主要代謝物（副黃嘌呤和茶鹼）的濃度呈負相關。這些發現指出，PD 患者特有的微生物（如 *Clostridium sp000435655*、*Acetatifactor sp900066565* 等）可能透過干擾咖啡因代謝途徑來促進疾病發生。

在早期診斷工具方面，研究開發了基於智慧型手機的多模態數位診斷模型，結合了語音、手指敲擊動作和步態等多領域特徵。單一模態中，語音特徵的診斷價值最佳，訓練數據集的 AUROC 值為 0.88，其次是步態特徵（AUROC 0.81），而手指敲擊動作的診斷性能中等（AUROC 0.74）。透過整合這三種模態，使用支持向量機(SVM)分類器的整合模型，能夠將整體 PD 患者的識別性能提升至 AUROC 0.86。尤為重要的是，該模型在識別早期 PD 患者時，診斷準確性顯著提高，AUROC 值達到 0.82，證明了多模態方法在 PD 早期識別和篩查方面的潛力。

(4) 腦血管疾病與阿茲海默症：遺傳變異的早期預警與非典型表現

針對遺傳性腦部小血管疾病（CADASIL），一項針對 NOTCH3 R544C 變異攜帶者（但無明顯臨床疾病，WOCD）的研究揭示了早期影像學異常與認知功能障礙的關聯。結果顯示，與對照組相比，R544C 攜帶者即使在未出現中風或失智症狀前，其白質高訊號(WMHs)體積就已廣泛增加。WMHs 快速增加的轉折點始於 48 歲，這比文獻中報導的症狀發作年齡（54.1–56.9 歲）早了約七年。即使在臨床症狀出現之前，這些攜帶者就已表現出輕微的認知功能下降，尤其在記憶和執行功能方面。WMHs 體積與整體認知評分(MoCA)呈負相關，顯示 WMHs 與額葉相關的執行功能障礙有更強的聯繫。在預測 WMHs 嚴重程度的因素中，年齡是最強的預測因子，而血管風險因子指數，特別是高膽固醇血症，是 WMHs 的潛在調節因子。

此外，在阿茲海默症的研究中，發現了早老素 1 基因（*PSEN1*）突變與非典型神經表型——痙攣性下肢麻痺(HSP) 之間的關聯。*PSEN1* 突變是常染色體顯性 AD(ADAD)最常見的原因，但在一組疑似 HSP 的台灣患者中，研究鑑定出兩個致病性$PSEN1$變異（p.P284S 和

p.F386S）。在確認的八名攜帶者中，有六名(75%)以痙攣性下肢麻痺作為初始症狀。這種$PSEN1$相關的 HSP 通常發病年齡較晚（平均 40.1 歲），比其他常見的遺傳性 HSP 亞型（如 SPG4、SPG5）晚。除了其中一名患者外，所有攜帶者最終都發展出認知障礙。影像學檢查顯示，即使在海馬迴無明顯萎縮的情況下，攜帶 p.P284S 變異的患者在 35 歲時，澱粉樣蛋白 PET 掃描已顯示雙側顳葉外側、額葉、楔前葉和頂葉區域有明顯的澱粉樣蛋白沉積（BAPL score 3）。鑑於新型抗澱粉樣蛋白療法的出現，這些發現強調了在臨床疑似 HSP 且發病較晚的患者中，早期進行 *PSEN1* 突變基因診斷的重要性。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

科技的整合創新對於深入研究神經疾病及其傷害機制、改進診斷與治療方法具有至關重要的作用。卓越的技術創新不僅能促進單一疾病的發展，還能在多種疾病的研究、診斷及治療上產生深遠影響。

這類具有代表性的計畫之一是利用智慧型手機收集的多領域生物特徵來協助早期診斷巴金森氏症（PD）。研究團隊開發了一個結合語音、手指敲擊動作和步態特徵的集成多模式模型，並運用機器學習演算法（特別是支持向量機，SVM）進行分析。結果顯示，相較於僅使用單一特徵的模型，這種集成模型在區分早期 PD 患者和老年對照組方面展現出更高的診斷效能，突顯了結合多種數位生物標誌物在早期 PD 識別中的優越性。這項技術為在老年人群中進行低成本的群體篩查和遠程監測 PD 提供了潛力。獲得 2025 年國家新創獎。

探討癲癇發作如何影響人類意識的機制，這不僅有助於理解癲癇的病理過程，也為相關的診斷和治療方法提供了新的方向。透過這些創新技術，我們能更精確地識別疾病的根本原因，並開發出更有效的診療方案，最終改善患者的生活品質。

本年度計畫中與技術創新相關的有：麻醉科團隊利用腦電相位振幅耦合（Phase-Amplitude Coupling, PAC）是一種反映腦波不同頻段間相互作用的神經生理現象，已被用來研究神經活動的同步性和功能性聯繫。團隊研究針對全身麻醉病人中腦電相位振幅耦合的驗證、應用及其藥效學反應曲面模型（pharmacodynamic response surface model, PD-RSM）進行了深入探討。這項研究的主要目的是理解麻醉藥物如何影響不同腦區的電活動，並探索 PAC 如何作為麻醉深度和藥效反應的指標。隨著麻醉劑量增加，PAC 的強度在不同頻段之間呈

現明顯變化，提供了麻醉深度的生理指標。這一研究不僅有助於提升麻醉過程的安全性，還可為未來麻醉劑量的精確控制和監測提供理論依據。此外，神經內科團隊利用同步腦電圖（EEG）與功能磁振造影（fMRI）來評估迷走神經刺激（Vagus Nerve Stimulation, VNS）對癲癇中樞自主系統影響的研究，可以深入了解迷走神經刺激如何調節癲癇患者的大腦功能，特別是其對中樞自主神經系統的作用。迷走神經刺激作為一種神經調節技術，已被應用於控制難治性癲癇，在這項研究中，研究人員會將迷走神經刺激應用於癲癇患者，並使用同步 EEG 與 fMRI 來觀察癲癇發作前後以及刺激過程中大腦活動的變化。通過這些數據，研究可以揭示迷走神經刺激如何影響癲癇患者的中樞自主神經系統，包括心率變化、呼吸節律調控等自律神經反應的調節。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

神經醫學研究不僅著眼於揭示神經系統疾病與損傷的機制與現象，還致力於開發整合性的新技術，以改善相關的研究、診斷及治療方法。此外，這些研究成果可轉化為臨床醫療或研究中具商業價值的技術和產品，從而為生技醫療產業帶來經濟效益。這類代表性計畫有：對抗心肌梗塞誘發的心肝和心腎傷害的新藥開發； 開發可植入式脊髓局部冷卻裝置以治療神經病變性疼痛；神經內外科跨領域的探討陣發性依核深部腦刺激在治療巴金森失智症後所形成的神經可塑性及其機轉；從 GWAS 到老藥新用：精神科藥物用於膠質母細胞瘤的轉譯研究；探索可適性深部腦刺激治療帕金森之療效：以視丘下核 β 以及 θ 神經活性為回饋控制等等。這些計畫橫跨老藥新用的新適應症開發，與身腦電刺激術的新的應用，對於相關生技產業與生醫光電刺激產業將有助於產業的經濟促進。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

醫學研究除了深入探討疾病與損傷的機制、開發創新技術以改進診斷與治療方法、並促進生技醫療產業的經濟發展外，還致力於提升社會福祉，為大眾健康作出貢獻。今年，神經醫學領域在這方面的主要貢獻集中於常見重大疾病的初期預防和再發防治。代表性的研究計畫包含：探討情緒是否為預期影響人類痛覺之原因；應用多模神經影像學和電生理方法解析迷走神經刺激術在偏頭痛治療之機轉；探索漢語使用者在早期阿茲海默症之語音與書寫數位表現型；臨床前期 NOTCH3 R544C 突變攜帶者臨床症狀、白質病變和膠狀淋巴

系統功能之間的關聯性；運動復健對於反複腦創傷後繼發性視網膜神經節細胞逆行跨突觸變性的防治潛力：腦源性神經滋養因子與其受體訊息軸在腦-眼連結中之作用；結合多體學（基因體、轉錄體、蛋白質體）與影像體學（大腦連結體）分析平台探討致癲癇與非致癲癇瀰漫性膠質瘤分子及功能網路特徵； 脊髓損傷模式中人類臍帶間質幹細胞外泌體的治療機制-聚焦神經膠質細胞極化、血管新生和疼痛相關蛋白；以多中心腦中風動脈血栓移除術登錄研發出之精準預後決策工具；整合步態分析和人工智慧之縱向性研究以建構巴金森氏病患者跌倒預測模型與發展雲端居家步態偵測系統之精準醫療以及驗證客製化的遠距運動遊戲復健訓練的效益等。

整合步態分析與人工智慧的縱向性研究，旨在建立巴金森氏病患者的跌倒預測模型，並發展雲端居家步態偵測系統，為精準醫療提供支持。此外，這些研究還包括驗證客製化的遠距運動遊戲復健訓練的效果，為患者提供個性化的復健方案，並有助於提高運動訓練的效果和患者的生活品質。這些創新研究不僅能提升巴金森氏病患者的生活自理能力，降低跌倒風險，還能減少醫療資源的過度消耗，促進居家照護的可行性與便利性，對於社會而言，具有深遠的影響，能夠改善公共衛生，降低醫療成本，並促進老年人群體的健康福祉。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

本年度基因科技、人工智慧以及個人化精準醫療的快速發展，對社會與科技政策管理都產生深遠影響。從社會層面而言，藉由基因資訊、生物標記及 AI 的整合分析，精準醫療能為個體量身打造治療方案，有助提升療效、減少不必要的副作用，並提升醫療資源的使用效率。這些進步不僅改善患者的生活品質，也提升整體公共健康水準，並降低因慢性疾病與重大疾病造成的社會與經濟負擔。

然而，這些技術的快速應用也帶來新的政策挑戰。首先，個人基因資料、臨床生物標記以及 AI 分析所產生的健康資訊都涉及高度敏感的個資，如何完善隱私保護與資料治理是首要關鍵。政府與相關機構需建立更嚴謹的法規架構，確保資料安全、防杜濫用，並提升資料處理的透明度與信任度。

同時，基因檢測、生物標記分析與 AI 輔助醫療的普及，均需要更大量的醫療資源投入，包括技術設備、跨領域人才以及臨床試驗與驗證的平台建置。這也對政策層面的資金分配、醫療體系規劃以及人才培育提出更高要求。此外，先進醫療

技術若集中於特定地區或族群，可能造成醫療資源不均，因此如何確保精準醫療能公平地被不同社群與地區所使用，是政策制定者不可忽視的重要課題。

整體而言，基因科技、人工智慧與生物標記所帶來的精準醫療革命，不僅推動醫療模式的重大轉型，也為社會與科技政策開啟新的挑戰與機會。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立陽明交通大學腦科學研究中心王署君教授：驗證神經特徵作為真實世界偏頭痛患者預防治療結果的預測因子(111-2314-B-A49-090-MY3)，此計畫的相關研究成果已發表了 28 篇文章，包括優良期刊(Chen SP, Chang YH, Wang YF, Chen HY, Wang SJ. Composite microRNA-genetic risk score model links to migraine and implicates its pathogenesis. Brain. 2025 Jun 3；148(6)：2178-2188.)。
2. 國立成功大學醫學院神經科吳怡真副教授：以癲癇動物模式探討低強度電刺激增強海馬迴 Delta 共振的神經迴路機制(112-2314-B-006-061-MY3)此計畫的相關研究成果已發表一篇領域內績優文章(Chiang CC, Chien ME, Huang YC, Lin JT, Liang SF, Hsu KS, Durand DM, Wu YJ. Cathodal weak direct current decreases epileptic excitability with reduced neuronal activity and enhanced delta oscillations. J Physiol. 2025 May；603(9)：2763-2782.)。
3. 臺北榮民總醫院神經醫學中心周邊神經科李宜中教授：運用 PacBio 三代定序技術尋找新穎致病基因並深度探索致病性三或六核苷酸重複序列擴增(112-2314-B-075-034-MY3)。此計畫的相關研究成果已發表了數篇文章，包括 Chiang HL, Jih KY, Hsiao CT, Chang FP, Chen JC, Liao YC, Wu YR, Lee YC. NOTCH2NLC Repeat Expansions in Parkinsonian Disorders：Clinical and Neuroimaging Characteristics. Ann Clin Transl Neurol. 2025 Nov；12(11)：2181-2192.。

## 七、 檢討與展望

隨著人口老化，神經醫學研究為研究熱點，相關專題計畫的競爭也越來越激烈。這一方面反映出愈來愈多臨床醫師與研究者投入神經醫學與神經科學領域；另一方面，醫院評鑑制度要求醫學中心具備一定數量的研究計畫，使得院方也更積極鼓勵醫師申請研究案。雖然這有助於提升研究量能，但若醫師的臨床工作負荷未能相應調整，反而會讓已經繁忙的臨床人員更加疲累，可能限制神經醫學研究的長期發

展。因此，如何建立有效的制度，支持醫師參與跨領域、跨團隊合作，是需要前瞻規劃的重要課題。

另一方面，隨著多體學技術與資料分析能力的快速進展，神經科學累積了大量新的研究數據。神經醫學與基因體學、蛋白質體學等多體學的整合，為理解神經疾病的病理機制及開發新的診療策略帶來全新契機。科技的進步讓研究者得以從更全面的角度解析神經系統的運作，也為疾病的診斷、預防與治療提供更精準的方法。此外，代謝體學與微生物體學的快速發展，進一步拓展了多體學在神經醫學的應用。這些跨領域成果有望引領新的研究方向與治療策略，為神經醫學帶來突破性進展。

# 婦幼醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：賴鴻政　　共同召集人：邱政洵

一、 前言

婦幼醫學學門的發展規劃以「守護婦女及兒童的全生命週期健康」為核心願景，著重建立從孕前、孕期、分娩到新生兒與兒童階段的整合式醫療與研究體系。基於大量研究證據顯示，成人健康深受胚胎、胎兒與兒童早期發育影響，本學門將婦幼健康視為全民健康與國家永續發展的基礎工程，並以科學研究與臨床創新作為推動核心。

本學門發展藍圖將以「母嬰一體化連續照護」為核心架構，推動從產前健康管理、最佳化分娩照護到產後及兒童發展追蹤的系統整合。透過臨床研究與基礎科學的深度連結，本學門致力於建立臺灣婦幼族群疾病的研究資料庫、發展個人化醫療策略、優化疫苗接種與預防醫學等政策導向研究。婦幼醫學學門的發展不僅在於提升婦女與兒童的醫療品質，更著重建立一個可持續運作的學術與臨床平台，使研究成果得以轉化為實質的健康效益。這些努力將強化臺灣在婦幼健康照護上的國家競爭力，並為社會中最脆弱的族群提供更全面、前瞻且具韌性的健康保障。

二、 學門簡介

婦幼醫學學門的發展以建構「從婦女到兒童的全生命週期健康照護與研究體系」為核心目標，並整合臨床、基礎、公共衛生與科技創新等多領域力量，以因應臺灣婦女、孕產婦、新生兒及兒童所面臨的多樣且快速變動的健康挑戰。在臨床與醫療服務面向，本學門將持續強化婦產學與小兒醫學兩大領域的特色與能量。婦產方向著重於常見婦科疾病、腫瘤、不孕症、更年期健康，以及孕前、產前與週產期照護的精進；小兒方向則致力於新生兒照護、早產與低出生體重兒管理、兒童成長發展追蹤與各類次專科疾病（如罕見病、免疫疾病、兒童癌症）的診治精準化。這些領域的深化將成為本學門未來臨床研究及臨床創新的基石。在研究發展面向，本學門將推動跨領域整合，包括分子生物學、基因體學、多體學、免疫學及母嬰微生物組等基礎醫學研究，以揭示疾病機制並促進精準醫療應用。同時，也將強化孕產婦與新生兒健康的公共衛生與流行病學研究，建立在地化健康資料庫，分析健康決定因素、醫療照護品質與社區干預策略的成效，形塑可回饋政策規劃之科學證據。

面對科技快速演進，本學門將積極導入人工智慧、機器學習、遠距

醫療與智慧醫療平台於婦幼健康領域，發展疾病預測模型、決策輔助工具與個人化醫療系統，提升臨床效率與照護品質。此外，透過強化轉化醫學研究與產學合作鏈結，本學門將加速研究成果落實於臨床與社會。婦幼醫學具高度跨學科性與全球重要性，亦與聯合國永續發展目標（SDG 3：良好健康與福祉）相互呼應。本學門的發展規劃將以永續醫療體系與健康公平為導向，建立一個兼具研究深度、臨床服務品質與科技創新的整合平台。最終，婦幼醫學學門的發展旨在提升婦女、兒童及胎兒的健康成果，強化國家整體健康韌性，並為臺灣未來的人口與社會發展奠定堅實而長遠的基礎。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

1. 發展現況

(1) 人口變遷帶來的婦幼健康挑戰: 全球普遍面臨出生率下降、人口老化與少子化趨勢，包括中國、美國、印度、日本等人口大國皆創下歷史新低出生率。此趨勢凸顯婦女、孕產婦與兒童健康在國家永續發展中的關鍵角色。婦幼醫學學門因而需強化生殖健康、孕期照護與母嬰健康政策研究，並推動支持生育友善與早期兒童發展的整合策略。

(2) 疾病防治與健康促進的新典範: 現代醫療日益重視「預防為先、精準治療」的雙軌策略。在婦產領域，基因檢測、遺傳諮詢與生殖醫學的進步，有助於降低遺傳疾病與孕期併發症風險，提高妊娠安全性。在兒童領域，全球持續強調兒童營養、心理健康、疫苗接種與慢性疾病管理。婦幼醫學學門必須因應此趨勢，發展早期篩檢、多體學疾病預測模型、以及母嬰健康促進策略，以打造健康世代。

(3) 科技創新驅動婦幼醫學革新: 基因體解碼、mRNA 疫苗、生物製劑、精準醫療與 AI 醫療系統正重新定義婦幼健康照護。人工智慧與機器學習已廣泛應用於產前風險預測、胎兒監測、早產風險模型與兒童疾病診斷。穿戴式感測科技與遠距醫療正改善孕婦與高風險新生兒的連續照護。

2. 未來發展趨勢

(1) 學門核心重點領域之深化與擴展: 婦幼醫學學門未來發展將著重於母嬰健康關鍵議題的系統性研究與臨床策略強化，包括：① 降低孕產婦與新生兒死亡率：推動產前風險評估、胎兒監測與非侵入性檢測技術（如 NIPT、多體學風險模型）之研究與臨床應用，並優化週產期照護流程。② 早產與生殖健康研究：深入探討早產成因、生

殖內分泌、環境暴露與生活型態對生育的影響，發展新型生殖技術與預防介入措施以提升生育率與改善妊娠結局。③ 母嬰交互作用與長期健康研究：整合遺傳、表觀遺傳與母嬰微生物組研究，解析母體健康與胎兒/兒童發育之交互影響，並建立長期追蹤模式以支持生命早期健康研究。

(2) 科技創新驅動之研究與臨床轉譯: 學門將積極導入與整合新興科技，打造智慧化與精準化的婦幼健康研究與照護體系：① 基因體醫學與多體學精準照護：運用基因體、蛋白體、代謝體與表觀基因體等多體學技術，探索癌症、罕見疾病、免疫疾病及新生兒重大疾病之生物標誌與機制，發展個人化預測與治療策略。② 人工智慧與數位健康平台：建置婦幼健康大數據整合平台，結合 AI 於產前風險預測、胎兒影像判讀、早產預測、新生兒疾病診斷與健康管理。推廣遠距醫療、穿戴式監測與個人化健康管理系統，以因應醫療人力不足與偏鄉照護需求。

(3) 政策支持、國際連結與全球健康議題之因應: 婦幼醫學學門將以國家與全球健康政策為指引，推動跨國合作與新興議題研究：① 與國際健康政策接軌（SDG 3）：強化在孕產婦與兒童健康領域的國際合作、人才交流與研究資源共享，回應全球健康不平等與低生育率挑戰。② 因應新興全球健康風險：將氣候變遷、空氣污染、環境毒物暴露及新興傳染病（如 COVID-19、茲卡病毒等）納入研究議程，發展風險評估模型、預防策略與母嬰健康保護政策建議。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

1. 發展現況

(1) 完善體系支撐婦幼醫療發展

臺灣擁有全球高度肯定的全民健保制度與醫療可近性，孕產婦與新生兒照護具備成熟基礎。新生兒重症醫療（NICU）及週產期照護品質在國際上具有競爭力，是婦幼醫學學門發展精準醫療、臨床研究與創新治療的重要基礎。

a. 面臨新興挑戰與人才缺口: 近年我國新生兒與嬰兒死亡率呈上升趨勢(如 2022 年新生兒死亡率達千分之 2.8)，凸顯需強化產前照護、早期診斷與高風險妊娠管理。此外，婦產科與小兒科人力長期短缺，專科醫療負荷沉重，對臨床服務、研究推進與人才培育構

成壓力。本學門發展必須納入提升臨床量能、教育訓練與專業人員永續培育的策略。

b. 基因體醫學提供精準醫療契機:「基因體醫學國家型計畫」成功建立臺灣人基因資料庫,使我國在生殖遺傳、罕見疾病、癌症基因檢測等領域具備發展精準醫療的優勢。本學門將以此為基礎,深化基因診斷研究、罕見疾病管理與母嬰精準醫學策略。

2. 重點研究方向

(1) 基因疾病與罕見疾病之精準醫療研究: 婦幼醫學學門將聚焦推動兒童癌症、遺傳疾病及罕見疾病的早期基因篩檢、診斷與治療策略,包括:發展基因定序、全外顯子與胚胎前基因診斷技術,提高健康胚胎挑選與成功受孕率。建立在地化基因資料庫與臨床資料整合平台,強化臺灣罕見疾病照護與轉譯研究。

(2) 孕產婦與兒童健康之關鍵議題: 學門將以全生命週期健康為核心,推動包括:① 研究早產原因、孕期環境暴露、營養與生活型態對母嬰健康的長期影響。② 精進產前風險評估、胎兒監測與妊娠併發症預測模型,降低孕產風險與新生兒不良結局。③ 推動兒童成長發展研究與母嬰健康促進政策。

(3) 人工智慧與數位健康整合應用: 面對專科醫師人力不足,本學門將發展 AI 與智慧醫療系統納入,包括:① 建置 AI 產前風險預測、胎兒超音波判讀、早產預測與新生兒疾病診斷工具。② 發展數位化孕期監測平台與遠距新生兒照護系統,提高臨床效率與照護品質。③ 推動 AI 與多體學資料整合,建立婦幼疾病預測與決策輔助系統。

3. 未來發展趨勢

以精準醫療、基因體科技與 AI 驅動婦幼健康革新; 建立跨院、多中心婦幼健康資料庫推動實證研究; 強化產學合作,使生醫與科技成果加速落地臨床; 強化人才培育、臨床訓練與國際鏈結,打造永續婦幼醫學研究環境。

(三)學術面、臨床面及應用面之價值

1. 學術發展價值

(1) 深化婦幼健康的病理生理研究基礎: 婦幼醫學學門將持續強化對孕產婦、新生兒與兒童疾病的致病機制研究,涵蓋基因—環境交互作用、細胞及分子調控、免疫發育等面向,以回答關鍵科學問題並建立理論基礎。此外,透過罕見疾病之致病基因探索、疾病自然史研究與治療策

略開發，推動臺灣在婦幼健康科學上的核心競爭力。

(2) 打造跨領域整合的學術研究平台: 本學門將整合遺傳學、內分泌學、生殖醫學、分子生物學、公共衛生與流行病學等多領域專長，建立系統性婦幼健康研究網絡。同時推動基因體學、蛋白體學、代謝體學、表觀遺傳學以及多體學整合技術之應用，支持從基礎研究到臨床轉譯的完整研究鏈結。

(3) 提升國際能見度與全球貢獻: 本學門將致力於產出高影響力研究成果，提升臺灣在國際婦幼醫學領域之學術地位。同時透過罕見疾病診斷技術、精準醫療策略與公共衛生研究的推展，促進臺灣在全球母嬰健康政策制定與醫療科技發展中的參與度與貢獻。

2. 臨床發展價值

(1) 推動診斷與治療技術的臨床創新: 學門將持續強化基因體與分子檢測相關研究，促進非侵入性產前檢測(NIPT)、新生兒基因篩檢及高精準度遺傳疾病診斷技術之發展。同時推動胎兒治療、子宮內手術及高風險妊娠介入技術進步，提升臨床治療效能。

(2) 改善母嬰健康與臨床照護品質: 本學門將導入實證醫學與大數據分析，優化高風險妊娠、新生兒重症監護(NICU)及嬰幼兒疾病管理流程。透過建立臨床指引與風險預測工具，降低早產、孕期併發症、先天異常與新生兒不良結局，提升母嬰健康整體指標。

(3) 落實精準醫療於婦幼臨床: 透過基因篩檢、蛋白體學、生物標記物研究與 AI 診斷系統整合，推動個人化照護策略於婦產科與兒科臨床應用，包括疾病預測、風險分層與客製化治療計畫，以提升診療準確性與臨床效率。

3. 應用與社會發展價值

(1) 強化轉譯醫學與創新技術應用: 婦幼醫學學門將深化基礎研究與臨床需求的鏈結，開發創新診斷工具（如即時檢測晶片、奈米醫材)、新型治療方法與智慧化醫療服務。透過 AI、基因工程與奈米科技的導入，提升疾病檢測速度與準確度，推動婦幼臨床照護科技化。

(2) 支援公共衛生政策與流行病學應用: 本學門將運用大數據、健康資訊系統與 AI 分析，研究孕產婦與兒童健康趨勢、社會健康決定因素與環境暴露對母嬰健康的影響。研究成果將支援國家預防醫學、疫苗政策與社區健康介入策略，強化臺灣婦幼健康的公共衛生韌性。

(3) 促進生醫產業與國家競爭力提升: 婦幼醫學研究成果可推動精準醫療產品、基因檢測技術、兒童用藥物與醫療裝置的商品化，帶動生技醫療產業發展。透過與國內外企業合作，發展以婦幼健康為核心的創新產品與智慧照護服務，提升國家在生醫與醫療科技市場中的國際競爭力。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

1. 現況分析

(1) 研究與臨床人力基礎良好，但需強化跨領域深度: 臺灣在婦產科、兒科及基因體醫學具備優秀且具國際研究水準之專業人才，並持續推動婦幼臨床與基礎研究的合作。然而，高端人才外流與基礎醫學投入不足，使婦幼醫學在疾病機制探討、創新治療開發及多體學整合研究面向仍需加強。未來學門發展需加大人才培育、跨領域訓練及整合機制，以建立完整的研究人才鏈。

(2) 研究設備集中於都會區，資源不均造成城鄉落差: 臺灣在高通量基因定序、高解析影像、生殖醫學設備、新生兒重症照護等技術具國際競爭力，但主要集中於醫學中心與都會區。偏鄉與離島地區缺乏先進設備、基因診斷平台及母嬰照護資源，使研究與臨床轉譯面臨限制。婦幼醫學學門未來需強化設備佈建與遠距醫療支援，以改善資源不均。

(3) 協作能量提升但資料整合度不足: 近年產學研合作逐漸增強，部分區域性婦幼健康資料庫已逐步建立。然而，目前缺乏全國性、跨醫院、跨領域整合的母嬰健康大數據平台，限制疾病預測模型、流行病監測與精準醫療研究的規模與深度。建立大型整合資料庫將是推動學門未來研究躍進的關鍵。

2. 學門發展主要需求

(1) 強化跨學科研究與創新科技應用: 婦幼醫學學門未來需增加跨領域研究資助，推動 AI 輔助診斷、基因編輯、生殖科技、表觀遺傳學、奈米醫材等相關技術之研究與臨床轉譯，打造具競爭力的創新研究生態系。

(2) 改善資源分配與提升醫療可近性: 為解決城鄉差距，需提升偏鄉與離島地區的婦幼照護設備、基因檢測能量、婦產及兒科醫療人力配置，並推動遠距醫療與數位化照護平台，以使全國婦幼健康研究與臨床服務更具公平性。

(3) 建置全國性母嬰健康整合資料庫: 建立跨院整合的全國

孕產婦、新生兒與兒童健康資料庫，結合基因體、環境暴露、生活型態與臨床資料，將有助於：① 提升研究效率 ② 發展精準預測工具 ③ 支持國家母嬰健康政策 ④ 強化重大疾病的早期偵測與預防策略，這將成為婦幼醫學學門未來十年的核心基礎建設之一。

四、 我國發展婦幼醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 高品質臨床與研究人才基礎: 臺灣具備高素質的婦產科、兒科與生醫研究人才，在產前診斷、新生兒照護與基因檢測等領域具有國際級水準，為推動婦幼醫學學門的臨床與基礎研究奠定重要優勢。
2. 完善的醫療設施與前瞻科技運用: 擁有先進新生兒加護病房（NICU）、高解析度影像診斷設備、精準醫療平台及 AI/遠距醫療系統，使臺灣在婦幼健康研究與臨床創新中具備領先地位。
3. 政策與資源投入強度高: 國家人口政策重視孕產婦與兒童健康，提供研究經費、產前篩檢計畫與罕見疾病政策等制度性支持，有助提升婦幼醫學的研究動能與學門發展。
4. 臨床—研究整合效率高、轉譯快速: 臨床與研究單位合作緊密，對國際新技術的接受度與應用速度高，使研究成果能迅速導入臨床，強化學門的國際競爭力。

（二）劣勢（Weakness）

1. 少子化衝擊學門發展與專業人力供給: 出生率下降導致婦產科與兒科專業吸引力降低，高風險妊娠與偏鄉照護人力不足，限制學門未來臨床服務與研究深化。
2. 跨領域研究鏈結仍待強化: 基礎科學、臨床醫學與產業界的合作尚未充分，缺乏大型跨中心研究團隊及共享平台，使多體學研究與創新醫材開發進程受限。
3. 資源集中化與城鄉差距持續存在: 先進設備與專家多集中於都會醫學中心，偏鄉缺乏生殖科技、基因檢測平台及 NICU 能量，限制全國性研究推動與成果應用。
4. 研究制度偏好短期成果影響長期研究布局: 現行學術評鑑制度傾向短期產出，長期追蹤研究、母嬰世代研究與大型資料庫建置較難獲得持續資源，限制學門深度與影響力。

（三）機會（Opportunity）

1. 精準醫療驅動婦幼健康革新: 基因定序、罕病診斷、婚前與產前基因檢測、新生兒基因篩檢等領域快速發展，提供婦幼醫學學門建立大型基因資料庫與推動個人化醫療的重要契

機。

2. 智慧醫療技術導入: 穿戴式監測設備、AI 影像判讀、大數據分析與遠距照護平台的普及，將加速婦幼疾病預測、風險分層與精準照護模式建立，有利學門擴大研究面向。
3. 國際合作與研究網絡擴展: 研究重視跨國共享與標準化資料，臺灣可加入國際婦幼健康研究聯盟，促進人才交流、共同研究與臨床試驗合作，提升國際能見度。
4. 人口政策支持婦幼研究投入: 政府面對少子化挑戰，將更多資源投入改善孕產婦照護、生殖健康與兒童發展，使婦幼醫學學門成為政策優先支持領域。

（四）威脅（Threat）

1. 人口結構變遷導致資源轉移壓力: 少子化與人口老化可能使研究資源與政策焦點轉向高齡醫學，縮減婦幼醫學研究的資源分配與政策重視度。
2. 鄰國以人口優勢取得研究量能: 其他國家因人口規模與出生數量較高，能取得更大量的臨床樣本與研究資料，對臺灣在國際研究合作與競爭中造成壓力。
3. 環境污染與氣候變遷加劇健康風險: 空汙、熱浪、環境毒物等問題增加流產、早產及兒童疾病風險，需投入更多研究與政策資源，增加學門負擔。
4. 大型傳染病疫情干擾研究與臨床運作: COVID-19 等疫情使醫療人力分散、研究中斷、資源再分配，影響婦幼健康研究連續性與臨床照護品質。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期發展規劃（1 年）

1. 規劃重點
   (1) 促進臨床與基礎研究的整合互動：加速婦產科、兒科與基礎科學研究者間的交流，強化研究者對臨床需求的理解與合作意願。
   (2) 推動跨科合作的試點研究：鼓勵以小規模試點形式進行跨科研究，奠定未來大型合作的基礎。
   (3) 擴大婦幼醫療共識會議與專題研討活動：提升學門研究共同體規模，促進跨院與跨領域交流。
2. 推動策略
   (1) 舉辦定期跨科交流座談與學術論壇，邀集臨床與基礎研究者分享研究成果與臨床需求。
   (2) 設置跨領域合作種子經費，支持高風險妊娠、早產、婦癌等議題的臨床—基礎合作計畫。

(3) 建置婦幼醫學線上協作平台，促進研究團隊即時資訊共享、數據交換與研究溝通。

3. 預期效益

(1) 提升跨科合作能量，形成臨床與研究雙向互動之合作文化。

(2) 為中長期跨院跨領域研究團隊的形成奠定基礎。

(3) 快速回應臨床挑戰，提升婦幼醫學研究的整體深度與廣度。

（二）中期發展規劃（2-3 年）

1. 規劃重點

(1) 建立跨科整合研究模式：著重高風險妊娠與早產預防、兒科重大疾病、擴大母嬰交互作用的研究等核心議題。

(2) 建置全國性婦科癌症、新生兒重大疾病或生殖健康資料庫，支援實證研究與政策制定。

(3) 成立區域型孕產婦和新生兒健康卓越中心，推廣整合式孕產婦與新生兒照護模式。

2. 推動策略

(1) 擴大跨領域與跨院研究計畫之經費支持，推動長期合作研究與臨床試驗。

(2) 與國際研究機構連結，引入跨國合作資源與人才，升級研究設施與技術平台。

(3) 訂定區域健康與照護品質指標，持續監測卓越中心的效能與研究產出。

3. 預期效益

(1) 產出高風險妊娠與新生兒照護的政策建議與臨床指引，提升醫療一致性與照護品質。

(2) 推動臨床—基礎—科技整合研究，擴大精準醫療在婦幼健康的應用。

(3) 建構全國標準化資料共享平台，支援大型研究與政策分析。

（三）長期發展規劃（3-7 年）

1. 規劃重點

(1) 打造亞洲婦幼醫學研究與創新樞紐：引領精準醫療、生殖技術與再生醫學的研究與臨床應用。

(2) 建構永續且具預防導向的婦幼健康系統，強調早期預防、世代健康追蹤與健康不平等改善。

(3) 深化環境暴露、遺傳因素、表觀遺傳與母嬰微生物組的長期健康研究，建立個人化健康風險模型。

2. 推動策略

(1) 成立國家級婦幼醫學研究中心或研究所，整合臨床、學術與政策資源，強化國家級研究能量。

(2) 發展基因醫學、微生物組學與多體學平台，推動創新診斷工具、生物標記物與治療技術。

(3) 將婦幼健康納入國家人口政策架構，促使醫療、公共衛生與社福政策協同運作，以回應人口老化與少子化議題。

3. 預期效益

(1) 提升孕產婦與新生兒健康指標，降低重大疾病、早產與死亡率。

(2) 強化臺灣在國際婦幼醫學研究與創新領域的地位，吸引全球合作與產業投資。

(3) 建立永續、具韌性且以預防為核心的婦幼健康體系，確保未來世代之健康與國家長期發展。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

114 年度婦幼醫學學門以推動多體學（multi-omics）導向的婦幼健康研究為核心策略，成功整合基因體、轉錄體、蛋白體、代謝體與微生物組等跨層次資料，為臺灣婦幼醫學奠定精準研究基礎。

本年度主要成果包括：

(1) 強化婦幼疾病分子機制研究：透過多體學方法解析孕產婦、胎兒、新生兒與兒童疾病之致病路徑，促進對早產、妊娠併發症、婦癌與兒科罕病的深度理解。

(2) 帶動跨領域科學整合：成功促使臨床、基礎、生物資訊、公共衛生等領域研究者投入多體學研究，形成跨領域研究社群。

(3) 提升學門在科技基礎研究之能見度：多體學研究策略被廣泛應用於生醫、環境與生技領域，使婦幼醫學成為推動國家科技創新的重要力量。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

本年度婦幼醫學學門以「多體學 × AI × 精準醫療」為主軸，推動多項技術創新成果：

(1) 促進精準醫療發展: 應用多體學分析孕產婦與兒科疾病的多層次致病網絡，建立個人化診斷與治療模型。協助婦癌、早產與新生兒疾病的風險預測模型更精準化。

(2) 加速新藥研發: 建立多體學驅動的藥物靶點搜尋平台，

提升藥物設計效率並縮短臨床前研發時間。促進婦幼相關新興標靶治療與生物製劑研究。

(3) 解析複雜健康與環境問題: 推動腸道微生物組、環境暴露（污染物、氣候變遷）與婦幼健康交互作用研究。支援早產、免疫疾病、代謝異常的環境風險因子偵測。

(4) 啟動 AI 與大數據分析全面應用: 建構多體學大數據分析流程，促進 AI 模型在風險預測、影像判讀與疾病分類的運用。多體學研究成功帶動國內 AI 生醫技術深化與跨領域技術整合。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

婦幼醫學學門透過多體學與精準醫療研究，對國內生醫產業展現實質帶動效果：

(1) 推動生醫產業升級: 精準診斷與個人化治療策略可降低醫療浪費、提升治療效率，創造醫療體系成本效益。

(2) 加速新藥與新技術研發進程: 多體學平台支持高通量藥物靶點篩選，使藥物開發時程縮短、成功率提升。有助於臺灣生技產業開發高附加價值產品，提升國際競爭力。

(3) 支持本土生技與 AI 產業成長: 多體學研究為基因檢測、AI 醫療、生物資訊服務等新興產業提供技術基礎。帶動上下游供應鏈（試劑、儀器、運算平台）之產業擴張。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

(1) 提升民眾健康水準: 多體學促進早期診斷與個人化治療，使孕產婦與兒童重大疾病更可控，提升整體健康指標。

(2) 回應全球環境健康挑戰: 分析環境毒物、氣候變遷與母嬰健康之關聯，提供政府因應策略與政策建議。

(3) 推動教育與科研能量提升: 多體學研究帶動生命科學、資訊科學與醫療領域的跨學科培育，吸引更多青年投入相關研究。

(4) 縮小健康與資源差距: 精準醫療與 AI 技術的普及，有助於偏鄉與弱勢族群獲得更高效率治療，促進醫療公平。

5. 其他效益（科技政策、國家競爭力）

(1) 多體學在婦幼醫學領域的推廣，使臺灣於國際生醫科技競爭中具備重要話語權。

(2) 強化我國婦幼健康研究的科技實力，提升跨國合作與國際能見度。

(3) 建立跨領域整合與科技創新之示範模式，支援國家長期科技政策布局。



（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學院附設醫院小兒科 陳慧玲醫師研究團隊
計畫名稱為開發腸道菌叢於嬰兒黃疸及肝病之新世代診斷及治療方式 Novel approaches to infant jaundice and development of microbiome directed therapy in pediatric liver diseases. (NSTC112-2314-B-002-169-MY3)。研究發現膽道閉鎖為兒童嚴重肝病導致肝臟移植的主因，研究分析病童腸道菌組成與臨床數據的關聯性，成功發現腸道菌叢與葛西手術之預後有關，Bifidobacterium longum 如果可在 6 個月大以前定植於腸道，則病童於葛西手術後之肝臟功能可明顯恢復。(JHEP Rep. 2024;6(7):101090.)。新生兒膽汁滯留症的病因複雜，但診斷不易，基因檢測資源有限，本研究篩選出 1008 位兒童膽汁滯留症病患之臨床檢驗數據，以多套機器學習演算法成功開發出膽汁滯留症預後預測模型，可增加醫師對膽汁滯留症的診斷速度及善用基因診斷資源。(J Pediatr Gastroenterol Nutr. 2025:933-942.)。
2. 長庚醫療財團法人高雄長庚紀念醫院小兒感染科 陳志和醫師研究團隊
計畫名稱 13 價肺炎鏈球菌結合型疫苗世代兒童的免疫持續性與 15 價肺炎鏈球菌型疫苗補接種的效果(NSTC 114-2314-B-182A-034-MY2)。本研究計畫探討臺灣在尚未施打肺炎鏈球菌疫苗的年代，2～5 歲幼童的侵襲性肺炎鏈球菌感染（IPD）發生率最高，與幼兒園群體生活、帶菌率高與密切互動有關使因此感染風險大幅提升。IPD 主要包括腦膜炎、敗血症與肺炎，其中腦膜炎最為危險，即使救治成功，也可能留下發展遲緩、癲癇、聽力受損等後遺症。目前臺灣採用「2+1」公費接種模式（2、4 個月施打，12－15 個月追加），能提供良好保護；但部分幼童在 2～5 歲間抗體濃度逐漸下降，加上進入群聚環境，仍有可能出現突破性感染。相比之下，北美多採用「3+1」模式，多一劑基礎疫苗，對降低感染更具助益。 陳志和醫師研究資料顯示，臺灣兒童 IPD 目前以非 13 價涵蓋的血清型（如 15B）為主，且 13 價涵蓋型別仍偶有突破案例，多集中在 2－6 歲孩童。基於此研究成果，針對 2 歲以上幼童，醫師可根據接種史建議補打一劑 PCV13、PCV15 或 PCV20，以提升免疫保護，減少突破性感染。此研究對未來疫苗施打策略具有相當實質參考及幫助。
3. 高雄榮民總醫院婦產科 崔冠濠教授研究團隊
計畫名稱: PGAM5 在老化女性生殖系統的臨床前研究(二)
計畫編號: MOST 111-2314-B-075B-014-MY3

女性生殖老化常伴隨著卵巢儲備量下降與卵子品質惡化。崔冠濠教授團隊探討了位於粒線體膜上的磷酸甘油酸轉位酶5 (PGAM5) 在此過程中的關鍵功能，研究成果發表於 Aging Cell 與 Int J Biol Sci 等頂尖期刊。PGAM5 的表現量隨年齡增加而在顆粒細胞與卵丘細胞 (CC) 中顯著上升。在老化環境中，被活化的 PGAM5 會轉移至粒線體外膜並與 DRP1 互動，誘發過度的粒線體分裂 (Fission) 與碎片化，導致粒線體質量失衡與能量產生能力崩潰。這種功能失調促使細胞的能量代謝從高效的氧化磷酸化轉向低效的糖解作用 (Glycolysis)，進而加速生殖細胞的衰老與死亡。在接受體外受精 (IVF) 的患者中，卵丘細胞內 PGAM5 的高表現與妊娠率呈顯著負相關，並與抗穆勒氏管荷爾蒙 (AMH) 水準下降密切相關。實驗證明，透過基因剔除或藥物抑制 PGAM5，能部分逆轉老化顆粒細胞的粒線體功能障礙，並修復能量代謝平衡。這項研究不僅定義了 PGAM5 作為卵巢老化的重要分子標記，更為高齡不孕女性提供了潛在的治療靶點，旨在透過調節粒線體穩態來延緩卵巢衰老並提升輔助生殖的成功率。

4. 國立成功大學醫學系婦產科 許耿福教授研究團隊

計畫名稱: 網膜脂肪組織重塑與代謝重新編程之機轉及其卵巢癌臨床應用研究

計畫編號: MOST 111-2314-B-006-077-MY3

晚期卵巢癌最常見的轉移方式是經由腹膜播散至大網膜 (Omentum)。許耿福教授團隊發表於 Journal of Biomedical Science 的研究，深入探討了大網膜脂肪組織重塑與卵巢癌惡化之間的動態關係。卵巢癌細胞會分泌高量的 IL-6 與 IL-8，這些細胞因子會觸發大網膜中的脂肪細胞發生一種程序性發炎細胞死亡——焦亡 (Pyroptosis)。當脂肪細胞發生焦亡時，細胞膜會形成孔洞並釋放出 ATP，這是一種強大的趨化訊號，會促使大量巨噬細胞浸潤到腫瘤微環境中，形成惡性循環的冠狀結構 (CLS)，進而惡化患者預後。同時，焦亡的脂肪細胞會釋放游離脂肪酸 (FFAs)，並由癌細胞透過 CD36 受體大量攝取。這些被癌細胞吸收的脂肪酸會激活 acetyl-STAT3/CPT1B 訊息路徑，從而增強癌細胞的侵襲力並促進對順鉑 (Cisplatin) 的抗藥性。在動物實驗中，研究團隊證實使用雙硫侖 (Disulfiram) 抑制 GSDMD 導致的細胞焦亡，能有效延緩腫瘤生長、提高化療敏感性並顯著延長生存期。這一發現打破了過去認為脂肪細胞僅作為能量供給者的

框架，提出了脂肪細胞焦亡作為卵巢癌治療新靶點的創新策略。

5. 國立成功大學醫學系婦產科 蘇美慈教授研究團隊

計畫名稱: 探討纖連蛋白在胎盤的角色及子癲前症的致病機轉

計畫編號: MOST 111-2314-B-006-076-MY3

子癲前症是威脅全球母嬰健康的嚴重妊娠併發症，其致病關鍵在於早期懷孕時滋養層細胞 (Trophoblast) 的侵襲能力不足。團隊研究發現子癲前症患者的胎盤中，纖連蛋白 (Fibronectin, FN) 的表現量異常顯著升高。高濃度的 FN 會透過活化 Akt 與 MAPK (ERK) 訊息路徑，抑制滋養層細胞的遷移與侵襲能力，進而干擾正常的胎盤發育與子宮螺旋動脈重塑。研究團隊進一步建立了一種類子癲前症的小鼠模型，藉由在懷孕母鼠體內施打重組 FN 蛋白，成功誘發出高血壓、蛋白尿及胎兒生長受限 (FGR) 等典型的臨床表型。顯微觀察發現，FN 會抑制胎盤中初級纖毛 (Primary Cilia) 的生成，這被認為是導致細胞功能失調的核心因素。 此研究的重大臨床突破在於證實了阿斯匹靈 (Aspirin) 的藥理保護作用。實驗顯示，早期投予阿斯匹靈能顯著抑制 FN 的表現，並修復受損的纖毛生成與滋養層細胞侵襲力，從而在動物模型中有效預防子癲前症的症狀。這項研究成果已發表於 *Biochemical Pharmacology* 與 *Pharmaceuticals*，為臨床上使用阿斯匹靈預防高風險孕婦發生子癲前症提供了關鍵的分子證據與作用機轉。

## 七、 檢討與展望

### （一）檢討

114 年度婦幼醫學學門整體推動運作順利，在學術推廣、跨領域交流與學門治理方面均展現良好成效。包含複審委員共識會議與複審會議等常規作業皆維持高品質進行，確保學門公信力與專業度。同時，年度研討會成功促進臨床與基礎研究者間的深度互動，現場討論熱烈，產生多項具潛力的合作構想，為學門未來研究方向注入新動能。然而，檢視本年度推動成果後可見仍需強化之處，包括：a. 跨科合作計畫的數量與規模仍不足，特別是在孕產婦研究、早產預測、婦癌與兒科重大疾病等核心議題上，跨院跨領域計畫尚未全面展開。b. 青年學者投入度偏低，現階段資源集中於成熟團隊，新生代研究人才仍需更多支持，以確保研究能量與創新力的永續性。整體而言，本年度已奠定堅實基礎，但仍需透過

策略性投入，使婦幼醫學學門在研究整合、人才培育與國際鏈結方面更進一步成熟。

（二）展望

展望未來，婦幼醫學學門將依全球趨勢與我國健康需求，制定三大發展重點，以推動研究能量全面提升並擴大國家影響力：

1. 強化跨領域研究整合與科技應用深化
   (1) 推動婦產科、小兒科與基礎科學之長期整合計畫，建立跨院研究聯盟。
   (2) 引入 AI、精準醫療、多體學與遠距醫療技術於婦幼領域，形成「科技 × 臨床」的創新照護模式。
   (3) 建立具規模的合作研究平台，支持高風險妊娠、早產、婦癌與新生兒疾病研究。
2. 培育新生代研究人才、打造永續研究生態系
   (1) 以專項經費與人才培訓計畫培育青年研究員，增強其學術能量與國際參與度。
   (2) 建置跨科 mentorship 系統，促進年輕學者與臨床醫師、科技專家之間的協作。
   (3) 建立長期追蹤型計畫機制，使青年研究者有穩定資源投入婦幼醫學研究。
3. 擴大國際能見度與跨國合作網絡
   (1) 辦理國際級學門研討會、成果發布會與交流論壇，吸引國內外領域專家參與。
   (2) 推動與國際研究組織建立合作機制，開展共同研究與跨國臨床試驗。
   (3) 提升臺灣婦幼健康研究的國際曝光度，吸引外部資金與國際研究計畫進入。

（三）總結展望

婦幼醫學學門未來將以「跨域整合、人才永續、國際鏈結」為核心發展主軸，逐步強化研究深度與臨床應用影響力。期盼在穩固既有基礎之上，本學門能成為亞洲婦幼醫學研究的重要樞紐，並在全球婦幼健康、精準醫療與生醫科技領域中發揮更大貢獻，持續提升全國母嬰健康與國家整體研究能量。

# 血液、腫瘤、免疫及感染醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：鐘文宏　　共同召集人：周文堅

一、 前言

114 年度一般型研究計畫申請 278 件，通過 109 件(39.2%)；其中多年期計畫 47 件(43.1%)，包括 2 年期 9 件，3 年期 38 件。新進人員計畫申請 32 件，通過 16 件(50.0%)；其中多年期計畫 7 件(43.8%)，包括 2 年期 3 件，3 年期 4 件。計畫執行機關涵蓋國內各大學院校、醫學中心、醫院及研究機構等。研究團隊聚焦血液、腫瘤、風濕免疫與感染醫學等領域，針對我國國情重要或具本土特色之疾病，在臨床醫學觀察中所揭示的問題，以科學方法深入探討其致病機轉及調控機制、免疫與發炎反應、組織微環境與標的細胞或病原體間的交互作用、抗藥性發展等，以期提出新穎的診斷、治療或疾病管理策略。

本計畫亦積極推動跨領域整合，鏈結先期基礎研究與動物疾病模式，促進轉譯醫學的落實與進展。同時致力培育醫師科學家及高階生技跨域人才，以提升我國臨床研究能量、精準醫療發展與疾病診療效能，使成果能真正落地應用於醫療現場。

計畫之成果與效益，已透過轉譯醫學進展、產學合作、臨床應用(如協助建立或更新疾病處置指引)、以及國內外重要學術期刊發表等面向展現。隨著全球傳染病型態、癌症治療策略與免疫相關疾病持續快速演進，臨床與基礎研究的緊密連結益發重要。本計畫所累積之研究能量與人才培育成效，將持續強化我國在重大疾病診治及生醫研發上的國際競爭力。

二、 學門簡介

本學門涵蓋血液、腫瘤、風濕免疫及感染，為一跨領域之整合學門，是生科處學門中與全民健康最直接相關的學門之一，跨及臨床、基礎或轉譯科學，研究疾病之流行病學、臨床特性、致病機轉、診斷、治療(含抗藥性流行病學、抗藥性機轉、新穎藥物之篩選研發及疫苗開發)、與疾病防治等研究。

血液與腫瘤醫學著重疾病的致病機轉(包括基因突變、表觀基因的修飾，如抑癌基因與組織蛋白甲基化、微型 RNA(microRNA)以及其他長鏈非編碼 RNA(long non-coding RNA)的表現，腫瘤血管與淋巴管新生，癌症分子訊息傳遞途徑，腫瘤免疫學，腫瘤幹細胞研究、腫瘤微環境、腫瘤間質細胞之代謝重設、藥物代謝基因多形性、新抗癌藥物(特

別是標靶治療)及腫瘤免疫療法如腫瘤免疫細胞療法，腫瘤疫苗與免疫檢查點(immune checkpoint) 抑制劑的研發與應用、尋找新穎的生物標記(特別是腫瘤免疫療法，循環腫瘤細胞及幹細胞之偵測與應用)。

風濕免疫醫學著重自體免疫疾病之相關研究，包括紅斑性狼瘡及各類關節炎包括痛風與類風溼性關節炎的致病機轉與治療，探討調節 T 細胞(Treg)以及 Th17 細胞在免疫疾病所扮演的角色，細胞激素以及 T 細胞的調控在自體免疫疾病上的重要性。尋找各疾病的特殊標記與免疫生物製劑療法及中草藥的篩選與研究。

感染症流行病學除了關注國際情勢，更需要參考本土資料，以訂定衛生政策及建立治療指引。感染症醫學聚焦重要病原菌(包括病毒、細菌、黴菌、分枝桿菌、寄生蟲等)及新興感染症。研究疾病之流行病學、臨床特性、致病機轉、診斷、治療(含抗藥性流行病學、抗藥性機轉、新藥物之篩選研發、及疫苗開發)、與疾病防治等。其中著重本土流行病學、臨床及微生物的特異性；微生物的特性譬如基因體變異、抗藥性等。病毒引起的重要感染症包括愛滋病、流感、腸病毒、登革熱等。重要細菌包括金黃葡萄球菌、克雷白氏桿菌、困難梭菌等。重要黴菌包括念珠菌、隱球菌、麴菌等。重要分枝桿菌包括結核菌等。感染症醫學近年也關注病原菌與宿主交互作用，包括免疫發炎反應、致癌、疫苗免疫、免疫調節治療世代的風險評估等研究。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

有鑑於近年全球遭受新興傳染病衝擊，病毒致病機轉與宿主免疫反應研究的重要性再次被凸顯，疫苗研發、抗體治療與免疫調節機制更成為各國積極投入的研究重點。mRNA 技術的快速突破，不僅推動疫苗開發，也開啟以 mRNA 作為治療藥物之嶄新策略，帶動基因型藥物與核酸平台的快速發展。另一方面，自 2018 年癌症免疫療法獲得諾貝爾醫學獎後，全球癌症治療與免疫學研究邁入新紀元。腫瘤免疫微環境、免疫逃脫機制與免疫檢查點抑制劑等議題持續為研究核心。在 2025 年諾貝爾獎對於調節性 T 細胞(Treg)在免疫耐受中的關鍵角色之強調，更進一步凸顯免疫調控在癌症、自體免疫疾病及慢性發炎疾病中的重要性。Treg 對免疫系統的平衡具有決定性作用，異常的 Treg 功能可能導致腫瘤免疫抑制、免疫治療反應差異、自體免疫疾病以及慢性炎症，其研究成果為開發新一代免疫調整療法與癌症精準治療提供更明確的方向。在基礎與臨床研究方面，高通量基因體學、蛋白體學、單細胞分析與系統生物學(如基因/蛋白交互作用網路、代謝路徑及訊息傳遞網路)技術快速演進，帶動生物醫學資料的整合與分析能力大幅提升。結合生醫大數據，研究者能更精準掌握疾病致

病機轉，並推動精準醫療從診斷延伸至治療選擇、療效預測、藥物開發與疾病預防策略之制定。國際上，美國與其他先進國家陸續提出多項因應新興疾病與精準醫療發展的政策，包括新的臨床試驗指引、加速審查機制以及病患可及性的提升，雖然許多新療法得以更快速核准，但仍需仰賴完善的上市後安全監測與資料蒐集，以確保臨床使用之安全性與有效性。在治療趨勢上，目前國際藥廠研發中的癌症新藥超過一半為抗體類藥物。本學門研究範圍中的癌症免疫療法、自體免疫疾病與發炎性疾病，皆高度仰賴人源抗體、標靶藥物與生物製劑等免疫治療策略。然而從研發角度仍面臨多項挑戰，包括抗體來源取得技術、藥物與抗體的結合策略、製劑穩定性、給藥劑量與控制釋放方式、以及目標細胞的精準吸收等。此外，免疫治療逐漸廣泛應用，也伴隨其副作用逐漸浮現。包含免疫檢查點抑制劑引起的 T 細胞過度活化之免疫相關不良反應(Immune-Related Adverse Events, irAEs)、細胞激素釋放症候群(Cytokine Release Syndrome, CRS)、伺機性感染及結核再活化等，新興副作用仍需持續監測並深入研究其免疫調控基礎，Treg 的功能研究亦在其中扮演關鍵角色。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

- 我國血液醫學近年的研究方向主要為血液惡性疾病之致病機轉研究，包括基因突變、基因甲基化、血癌幹細胞及訊息傳遞途徑與 DNA 修復蛋白的異常，並發展偵測血液惡性病治療後微量殘存疾病的偵測方法以及臨床意義，造血幹細胞移殖及間質幹細胞在造血幹細胞移殖之角色，淋巴癌分類改變原因之探討及機轉，近年更針對骨髓微環境，血液腫瘤免疫學以及細胞治療進行深入研究。未來將持續基於這些研究優勢基礎，與國際相關研究進行接軌。
- 腫瘤醫學的研究方向則包括癌症發生，惡化與轉移之分子機轉，以及癌症免疫療法之研究探討。此外，腫瘤幹細胞、循環癌細胞、腫瘤抗藥性及開發腫瘤生物標記或治療藥物來早期診斷或預測治療效果等都被積極研究進行中。除了針對癌細胞本身的研究，近年來的研究也聚焦腫瘤微環境對癌症發展的重要性，由此衍生發展出來的免疫治療研究也有重要進展。
- 風濕免疫醫學的研究方向以紅斑性狼瘡與各種原因不明之發炎性關節炎如類風濕性關節炎、僵直性脊椎炎的免疫-發炎致病機轉、免疫遺傳學、病毒與風濕/自體免疫疾病間的因果關係、各種自體抗體的免疫活性、以及先天性免疫系統與後天適應性免疫系統之間的對話等課題為重點。近幾年由於免

疫生物製劑的開發及臨床應用，以及免疫致病機轉的研究推進，使得發炎性關節炎如類風濕性關節炎、僵直性脊椎炎的治療上有突破性的進展。免疫疾病的生物指標，基因的調控，與新的免疫生物製劑治療也成為風濕免疫醫學的重要研究方向。exosome 以及微小 RNA 與表觀基因學(epigenetics)在各種免疫及風濕疾病所扮演角色及治療潛力亦為熱門研究課題。

- 感染症醫學近年來較突出的研究方向，主要包含肺炎克雷伯氏桿菌致病力的研究、鮑氏不動桿菌和其他抗藥性葛蘭氏陰性細菌之臨床和分子流行病學與抗藥性趨勢及機轉的調查研究、造成醫院/社區感染之金黃色葡萄球菌等抗藥性、流行病學與預防研究等。疫病無疆界，因應全球暖化及國際交通往來頻繁，近年我國登革熱、小兒腸病毒、流感病毒等疫情延燒或再流行，新興傳染病(如茲卡病毒感染症、M 痘)隨時有輸入散播之風險。此外，感染症醫學有其地方獨特性及不可預測性，因此，透過長期儲備研究人才，有效整合資源並建立交流平台，奠基感染症研究之科研基礎，在面對新興傳染病來臨時，得以快速整合動員相關的研究團隊，配合政策導向重點研究計畫，迅速發現並解決國民健康的重要議題，有其必要性。

透過進一步強化基礎研究、臨床試驗與轉譯醫學研究之銜接，包括如何轉譯實證於醫療實務(evidence-based practice)或疾病防治政策，如何建立以實證為依據的精準醫學(evidence-based precision medicine)，使這些知識及研究的發展能真正有利於促進人類健康。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

以衛福部公布之 113 年國人死因統計結果顯示，癌症連續 43 年蟬聯首位，罹患癌症人數更是逐年攀升。根據世界衛生組織指出，菸、酒、不健康飲食、缺乏身體活動及肥胖等，都是誘發癌症的主要危險因子，佔癌症死因的 30%。另外，傳染病及環境的污染亦是癌症發生的重要原因之一。血液及免疫相關疾病中，白血病與環境及遺傳(基因變異、染色體異常)有著密切的關聯，本學門內多為急性骨髓性白血病之研究；免疫疾病如紅斑性狼瘡、類風濕關節炎亦與遺傳有著密切的關係。上述這些疾病對國人健康的危害是系統性的，並且造成家庭、社會的沉重負擔。若能釐清致病原因、機轉，並依據基因學的個人化精準治療選擇，將更有助於增加治療成效與減少副作用。

有鑑於前幾年 COVID-19 疫情衝擊全球，新興傳染病的致病機

轉及免疫反應研究，以及治療方法的研究開發已成為重點。近年來新興傳染病、人畜共通傳染病、再浮現傳染病及抗藥菌等，透過往來頻繁的交通、國際貿易及國際醫療而快速全球蔓延。本學門感染症醫學研究以宏觀角度探討醫療院所病人、社區民眾、與本土環境之相互關聯及影響，以及與國際之相關性，呼應防疫、疫苗與抗病毒藥物治療之重要性及急迫性。

因此，血液、腫瘤、風濕免疫及感染醫學學門涵蓋了國人常見的內科系醫學各種疾病，研究內容銜接基礎研究、流行病學、臨床試驗與轉譯醫學研究。如何以實證醫學研究作為提供政府進行醫療政策研議及推動防治之基礎，以至實質嘉惠國人健康，為本學門致力的目標。在學術層面上，研究成果可提高我國在國際學術地位；在臨床上及應用面，將有助於對疾病機轉的了解，繼而發展出更有效的診斷、治療及預防方式，大幅降低醫療支出並改善病患生活品質及提高存活率，從而提昇國民健康與國家競爭力；而在產業面上則是促進我國生醫產業經濟發展效益。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

國內現階段生物醫學願意長期持續在研究領域上貢獻的人才及人力，預期逐年下降。除了少子化衝擊，主要是生物醫學科技研究成本攀高而資源有限，臨床醫師侑於醫療制度及臨床負荷，有意願在主動發掘問題後長期持續投入於以解決問題為導向之深度研究的年輕醫師科學家逐年下降。未來如何避免人才斷層，如何培育具有前瞻性、國際觀、研發力高、創造力強等相關尖端醫學研究及轉譯關鍵技術人才，是刻正需要積極注入關鍵性及影響性教育及科研資源規劃的議題。此外配套的留才機制應是要一併考慮。在資源有限的前提之下，要面對國際競爭環境，應朝向有效整合國內研究資源及設備，進行跨領域、跨單位、跨部會整合研究，以促進本學門之轉譯醫學研究發展。

四、 我國發展血液、腫瘤、風濕及感染醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 我國教育、醫療院所普及，學術研究自由；並具備高水準的醫療學研機構與優秀的生醫相關的專業人才，有利於本學門研究業務之推展，並促進我國生技產業發展。有利於建構臺灣成為亞洲重要的臨床試驗中心或轉譯醫學研究重鎮。
2. 我國全民健保資料庫提供完整的國人就醫資訊，並可串連癌症登記、出生通報、戶籍資料等其他政府之次級資料庫，有利於我國本土相關疾病之研究並享有國際競爭之優勢。
3. 臺灣在防疫表現突出。再由於有過去 SARS 的防疫經驗與先前研究基礎，對新興傳染病之防疫與疫苗研發有經驗與研究

基礎。有利加速疾病發生機轉、快速檢測及治療探討。

4. 臺灣已成功建立「臺灣人體生物資料庫」，針對本土常見疾病進行大規模世代與病例對照研究，並結合大數據分析，為國內生醫研究奠定重要基礎。我國亦受邀參與美國的「癌症登月計畫」，與多國合作運用蛋白基因體學進行大規模癌症病人解析，從疾病機轉到診斷與治療線索皆能更深入探索。這不僅提升臺灣的國際能見度，也加速癌症研究朝精準醫療邁進，造福全球健康。同時，政府積極推動生物產業，將其視為未來關鍵產業之一，對人類健康、環境與國家永續皆具深遠影響。在精準醫學時代，基因檢測、體液生物標記分析、造影工具與免疫療法等個人化醫療策略及 AI 導入之創新醫療工具，不僅能提升治療效果、改善病患生活品質，也能有效節省醫療資源，為臺灣生技產業帶來重要契機。要推動這些前瞻研究，不僅需要基因體、蛋白質體、組織系統學與代謝體學等先進技術，更必須同時強化相關人才培育，搭配完善的法規制度與友善的研究環境，才能使精準醫療與生技產業持續成長、蓬勃發展。

（二）劣勢（Weakness）

1. 醫學研究非一蹴可幾，對於影響國人健康的重要疾病，會影響社會安定及我國國際競爭力。然而研究經費成長有限，具前瞻性的頂尖研究發展不易。
2. 臺灣全民健保資料庫和其他政府之次級資料庫之廣泛應用，使部分學者濫用於論文之“大量”產出，不僅扭曲研究資源之分配與升等之公平性，導致臨床醫師之研究轉向資料庫分析而缺乏真正前瞻性研究之主導意願。
3. 醫療單位與研究機構處於競爭關係，其項下研究人員合作精神及合作機制較為不足，整體的研究深度及前瞻性。

（三）機會（Opportunity）

1. 「臺灣人體生物資料庫」結合基因與其他醫學資訊，針對本土常見疾病進行大規模的世代研究與病例對照研究。將有助於國人常見疾病之致病因子與機轉的釐清，亦可避免過去研究探討基因與環境交互作用之限制，也為我國生物醫學研究提供了重要的資源。
2. 臺灣全民健保資料庫和其他政府之次級資料庫之可廣泛應用，若能以臨床之觀察與科學學理為基礎所進行之分析，並以進一步前瞻性臨床試驗或基礎轉譯研究加以驗證，則將有效提高相關研究學術價值及臨床之可應用性，但有賴於資料管理的法規與時俱進。

3. 本學門相關醫學研究可結合我國卓越的光電技術、資訊科技與人工智慧科技，對於提升臨床診斷或治療之技術開發將有極大之優勢，並可協助對巨型臨床數據資訊的分析，滿足未來全球生醫研究的需求。
4. 臺灣在對新興傳染病之防疫與疫苗研發有過去經驗與研究基礎。有利加速疾病致病機轉、快速檢測及治療探討。以臺灣創新研發的能量，可藉此與其他國家合作交流，提升國家競爭力。

（四）威脅（Threat）

1. 人才外流問題

**挑戰**：鄰近國家(如日本、新加坡及馬來西亞)以優厚薪資與研究環境吸引人才，導致臺灣優秀研究人才外流。

**建議**：提升國內研究薪酬結構，加強科研基礎建設，提供國際化研究資源與平台，強化頂尖科研人員之攬才及留才。

2. 全民健保及次級資料庫濫用

**挑戰**：大量使用次級資料庫進行學術研究，可能導致論文產出數量優先於品質，破壞學術倫理與資源分配公平性。

**建議**：制定學術倫理規範，強調研究品質優先於數量，並設立獨立審查機制確保資料使用的正當性與研究的真實價值。

3. 短期成果導向的影響

**挑戰**：在多數科研人員期望研究快速產出的心態下，導致創新構思及長期研究受限。

**建議**：鼓勵基礎研究與前瞻性創新，並建立多元評估指標平衡短期及長期研究成果的價值。

4. 科研資源挹注不足

**挑戰**：鄰近國家(如日本、韓國、中國及新加坡)在科研資金投入上持續提升，而臺灣受制於財政限制，預算成長有限。

**建議**：政府應優化科研預算分配，爭取國際合作與資金支持，同時吸引產業界參與共同投資，提升國際競爭力。

這些挑戰的解決需要政府、學術界及產業界共同合作，並從制度面、資源面及文化面進行全面性調整，以確保臺灣在生技醫學領域的競爭力推升，並在全球科學研究中占有更重要的地位。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

本學門聚焦我國特有之疾病研究並發展優勢之轉譯醫學研究計畫。將持續培養有潛力之優秀醫師科學家；結合國內優秀的基礎研究人才、資訊科學人才共同努力，提升學門之研究水準及臨床治療之發展。整合國內先期有潛力之基礎轉譯醫學、動物疾病模式以促進轉譯醫學發展，落實於臨床應用及推動醫療產業發展。未來學門之短、中、長期的

發展重點規劃及預期效益略述如下：

（一）短期

1. 整合國家研究資源，譬如縱向整合國科會、衛福部與經濟部，以一條龍模式促進生醫領域之轉譯醫學及產業發展。橫向整合國科會、衛福部、農業部及外交部等單位，以呼應國際 One Health 之呼籲；結合教育部等單位，培育、引導、串接優秀人才。
2. 建立客觀的決策機制，以決定學門之發展重點，並定期評估。並發現落差，以引導鼓勵相關研究。譬如研究挑戰高，研究人才缺乏，或因應疫病無疆界，癌症免疫治療新紀元，以及我國面臨進入「超高齡社會」等所帶來的衝擊，應該規劃並推動跨部會及跨領域合作，針對相關議題進行研究預防，規劃並推動新興及特殊疾病研究計畫。

（二）中期

將學術研究單位或研究人員國內彼此競爭轉化為合作，推動多中心或跨領域整合型計畫，共同提升國際競爭力。國科會生科處已經規劃並推動跨部會及跨領域合作，針對相關議題進行研究預防，規劃並推動新興及特殊疾病研究計畫。

（三）長期

1. 協助爭取政府長期、穩定支持研究並提高研究預算。
2. 支持基礎研究為主之計畫。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

本學門在基礎、臨床與轉譯研究皆累積豐碩成果，並在近年持續快速進展。多位學者於國際知名期刊發表以臺灣為基地的研究成果，不僅展現本土科研實力，也大幅提升臺灣的國際學術能見度。各領域已逐步建立完整的研究模式與合作網絡，聚焦於疾病機轉解析、抗藥性研究、疾病動物模式建立、致病危險因子鑑定，以及可應用於診斷與追蹤的生物標記發展。這些成果不僅強化我國在學術界的地位，更為臨床治療策略創新奠定基礎，進一步促進國民健康並提升國家競爭力。這些基礎的研究除了皆有不錯的進展外，對於釐清癌症發生、晚期或復發之癌症治療提供了很好的立論基礎。此外也針對癌症與免疫系統的關係進行探討。

譬如國立臺灣大學醫學院檢驗醫學科周文堅教授，「討 Lgals7 在 Phf6 缺失相關之血癌中的致病角色」 (NSTC 112-2314-B-002-095-MY3)，探討 Phf6 被認為是某些血癌(如 T-ALL)中

的抑癌基因，其缺失與疾病的發生高度相關。Lgals7 (Galectin-7)：一種半乳糖凝集素，已知與細胞凋亡、免疫調節和皮膚疾病有關,但在 Phf6 缺失相關的血癌中扮演的角色尚未被深入探討。透過研究當抑癌基因 Phf6 失去功能時，如何影響 Lgals7 的表達與功能,此計畫旨在釐清 Phf6 缺失導致血癌生成的下游分子途徑。若能確認 Lgals7 在此過程中的關鍵致病作用，它將成為治療這類基因突變血癌的新型且高特異性的治療標的，對於解開急性骨髓性白血病之致病機轉與未來治療有高度意義。

佛教慈濟醫療財團法人花蓮慈濟醫院風濕免疫科呂明錡教授，「探討 T 細胞中鈣離子湧入所調控的環狀核糖核酸及其在系統性紅斑性狼瘡的致病機轉上所扮演的角色」(NSTC 111-2314-B-303-007-MY3)。研究目的為尋找鈣離子湧入所調控的環狀核糖核酸，及探討這些鈣離子湧入所調控的環狀核糖核酸在系統性紅斑性狼瘡 T 細胞中的致病機轉上所扮演的角色。研究團隊發現三個鈣離子湧入所調控的環狀核糖核酸 circ-CAMTA1、circ-ASH1L 及 circ-ASAP1 在系統性紅斑性狼瘡 T 細胞的表達量下降，且和疾病活動度相關。干擾素 $\alpha$ 減少 circ-CAMTA1 的表達。而 circ-CAMTA1 會和丙酮酸羧化酶結合並抑制其活性，影響葡萄糖代謝，促進介白質素-2 分泌。鈣離子湧入所調控的環狀核糖核酸的不正常表現會參與系統性紅斑性狼瘡 T 細胞的功能失調。

國立臺灣大學醫學院內科許秉寧教授，「肝臟駐留性 T 細胞在調控自體免疫性肝炎的角色(3/3)」(NSTC 113-2314-B-002-002-)。本研究聚焦於肝臟駐留性 T 細胞(tissue-resident memory T cells, TRM)在自體免疫性肝炎中的角色。過往病毒感染模型顯示，TRM 為周邊組織免疫的重要守門者。研究團隊先前在 HBV 小鼠模式中發現，使用抗 ASGM1 抗血清移除 NK 細胞後，小鼠清除 HBV 的能力反而下降；進一步證實肝臟中存在一群 $CD44^+$ LFA-1 hi、$ASGM1^+$的 CD8 TRM，為介導抗 HBV 免疫的關鍵效應細胞(Cell Mol Immunol 2021)。研究進一步探討這些 $ASGM1^+$ 肝臟 TRM 如何誘發免疫性肝炎，特別是其啟動其他免疫細胞、促進 IFN-γ 產生、進而引起肝臟發炎的機制。利用 single-cell RNA sequencing，研究團隊進一步鑑定出 $ASGM1^+$ $CXCR3^+$的效應性 TRM 細胞群，為肝臟內驅動發炎反應的核心 cell cluster。此研究闡明肝臟 TRM 在肝炎病理中的功能，有助於釐清自體免疫性肝炎的免疫途徑，提供未來發展精準免疫調控與治療的新靶點。

長庚醫療財團法人風濕過敏科曾文逸教授，「探討濾泡性輔助T細胞在類風濕性關節炎的致病機轉以及作為治療標的之潛力」(NSTC 112-2314-B-182A-156-MY3)。研究採用膠原誘導性關節炎(Collagen-Induced Arthritis, CIA)小鼠模型，系統性地分析疾病不同階段中濾泡輔助 T 細胞(T follicular helper cells, TFH)細胞及其亞群(TFH1、TFH2、TFH17)在脾臟、淋巴結與外周血的分布與動態變化。結果顯示，TFH 細胞在疾病進展過程中顯著增多，且各亞群在不同組織中呈現特異性變化，反映其在免疫調控中的不同功能。體外實驗中，研究團隊發現 IL-6 刺激可顯著促進 TFH 細胞分化，而阻斷 TFH 關鍵轉錄因子 Bcl-6 則有效抑制 TFH 細胞的發展，暗示該途徑在治療類風濕性關節炎中的潛在價值。綜合以上結果，本研究不僅揭示了 TFH 細胞在類風濕性關節炎病理機制中的核心角色，也為未來開發針對 TFH－B 細胞交互作用的免疫治療策略提供了理論基礎，期望能改善類風濕性關節炎患者的治療效果並減少疾病負擔。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

我國近年來致力於轉譯醫學研究及新藥開發。整體研究與生技醫藥產業環境與及相關法規逐步完善，且對於智慧財產權的保護和相關概念的宣導亦有長足的進步，有利於促成更多創新的研究技術發展。譬如國立臺灣大學醫學院內科部血液科姚啟元醫師，「研究骨髓化生不良症候群之激酶體基因表現以探索新穎治療」(NSTC 113-2314-B-002-107-MY2)，旨在探討骨髓化生不良症候群(Myelodysplastic Syndrome, MDS)之致病機轉與可行的創新治療策略，研究透過系統性分析 MDS 骨髓樣本之激酶表現，以找尋具治療潛能之失調路徑；並整合癌症基因體與藥物敏感性資料庫，以及細胞株之藥物反應測試，進行潛在藥物探索。本計畫為首個針對 MDS 激酶體進行全面探勘之研究，重新定位現有之激酶抑制劑、發掘具臨床潛力的協同治療組合，並為高風險 MDS 患者開創更精準的治療選擇。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

著眼於全球生技醫藥的蓬勃發展，本學門人才濟濟，緊密結合國內各專科醫師、基礎研究學者與專家；及各大學、研究單位、醫學中心與醫院之研究能量，進行跨院際、跨領域之創新研究。將成果匯集轉譯為疾病預防、診斷、治療等新穎技術、治療藥物，不但能提升我國學術研究，更能迅速應用研究成果於臨床上以嘉惠患者，提供國家重要癌症與疾病防

治政策之實證研究基礎，並帶動國內生技產業發展，提昇我國國際競爭力。如國立成功大學醫學系腫瘤醫學學科顏家瑞教授，「探討 IGF2BP3-PCSK9 訊息協控肝細胞癌生成與新治療標的」 (NSTC 111-2314-B-006-042-MY3)， PCSK9 (Proprotein Convertase Subtilisin/Kexin Type 9)為膽固醇代謝的關鍵調控因子，它透過促進低密度脂蛋白受體 (Low-Density Lipoprotein (LDL) Receptor, LDLR)的降解，進而影響血液中的膽固醇水平。然而，PCSK9 在癌症，特別是腫瘤細胞的增生、轉移和免疫逃逸中的作用，已成為腫瘤生物學領域的新興焦點。另一方面，IGF2BP3 (Insulin-like Growth Factor 2 mRNA-Binding Protein 3) 則是一種重要的 RNA 結合蛋白，其在多種惡性腫瘤中呈現異常高表達。作為一個轉錄後調控因子，IGF2BP3 負責結合特定的 mRNA，調控其穩定性、定位和轉譯效率，從而有力地推動癌細胞的惡性進展。計畫之創新核心在於探索這兩者之間的「協同作用」探討 IGF2BP3 作為一個基因調控樞紐來影響 PCSK9 的表達或功能，進而共同調控肝細胞的惡性轉化與生長。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

近年來新興傳染病、人畜共通傳染病、再浮現傳染病及抗藥菌透過往來頻繁的交通、國際貿易及國際醫療而快速全球蔓延。本學門感染症醫學研究以宏觀角度探討醫療院所病人、社區民眾、與本土環境之相互關聯及影響，以及與國際之相關性，呼應 One Health 之重要性及急迫性。國立臺灣大學醫學院內科林冠吟醫師，「比較單劑 2.4 MU benzathine penicillin G 合併或不合併 doxycycline 對於愛滋病毒感染者之早期梅毒治療成效」(NSTC 113-2314-B-002-124-MY3)。性傳染病持續上升，在性活躍族群中常見性傳染病合併感染。於罹患早期梅毒的愛滋病毒感染者中，有相當比例同時感染披衣菌。先前一項研究顯示，使用 benzathine penicillin G (BPG)合併 7 天 doxycycline 的治療，不僅能治療披衣菌感染，還比單獨使用 BPG 有更高的血清學反應率。本研究旨在評估此合併療法對早期梅毒的療效。研究結果顯示，對於感染早期梅毒的愛滋病毒感染者，BPG 合併使用 doxycycline 可帶來一定程度的臨床益處。對此族群進行細菌性傳染病共同感染的常規篩檢是重要的；此外，使用 doxycycline 作為合併治療梅毒的一部分，可能有助於提升梅毒治療效果並促進細菌性傳染病共同感染的清除。

國立中山大學學士後醫學系陳彥旭教授，「評估傳明酸(TXA)

做為緩解登革病毒誘發的血管滲漏和出血的治療選擇」(NSTC 113-2314-B-110-003-)。登革熱病毒(Dengue virus, DENV)感染可引發嚴重的血管病變。由於缺乏特異性抗病毒藥物，支持性治療常不足以應對重症表現，重症登革熱仍為臨床上的重大挑戰。本研究探討纖維蛋白溶解系統在 DENV 感染期間提高血管通透性並損害凝血途徑中的角色。本研究闡明 DENV NS1、纖維蛋白溶解系統與血漿滲漏之病理關聯，並顯示 TXA 作為治療策略的潛力，可抑制 DENV 複製、降低血管通透性並改善重症登革熱之臨床結局。

國立臺灣大學醫學院內科莊祐中教授，「解析第七型分泌系統在萬古黴素抗藥性腸球菌中的影響：從分子層面剖析到臨床預後的全面研究」(NSTC 113-2314-B-002-126-MY3)。萬古黴素抗藥性屎腸球菌(Vancomycin-Resistant Enterococcus faecium, VREfm)菌血症的發生率日益上升，且治療選擇有限，對臨床構成重大挑戰。不同的多位點序列型別(Multilocus Sequence Typing, MLST)可能與臨床結果相關。我們假設生物膜形成能力可能促進某些型別的優勢擴散。研究團隊在探討 VREfm 菌血症的分子流行病學、生物膜形成能力及其臨床結果。ST17 為本研究中最常見的 VREfm 型別，並表現出較高的生物膜形成能力，但與較差的臨床預後無關。臨床結果主要與疾病嚴重度、共病與是否接受有效治療有關，凸顯即時且適當抗菌治療的重要性。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

加速轉譯醫學的推動，可以提升臨床醫學的診斷及治療的水準，亦可帶動生物科技相關產業的蓬勃發展。譬如國立成功大學醫學系內科學科王竣令教授，「畜牧相關生物氣膠暴露對於健康影響的調查與分析暨控制技術開發：更好的空氣健康」(NSTC 112-2314-B-006-022-MY3)。研究針對國內主要固定污染源之一——畜牧業排放，分析傳統養雞場氣體中病原體的存在與擴散情形。結果顯示，雞場內總菌落數最高(3875 CFU/$m^3$)，多集中在可吸入的中等粒徑(2.1－4.7 $\mu$m)，具高懸浮與吸入風險。菌量會隨距離迅速下降，至 100 公尺已大幅減少。大腸桿菌亦在場內及 10 公尺內呈高濃度，主要為 3.3－2.1 $\mu$m 粒徑，100 公尺外僅剩 12 CFU/$m^3$，顯示其可氣膠化但傳播距離有限；風下方社區仍可檢出微量。另偵測到抗藥性金黃色葡萄球菌與綠膿桿菌，相關分子及基因研究仍在進行中。整體而言，中等粒徑的微生物可能引發呼吸道症狀；若病原體具毒力或抗藥性，則存在健康風險。根據當

日風向推估，氣膠主要向東北方風下社區擴散，為潛在高風險區。建議未來強化分子檢測、設置防護帶與固定監測站，並加強社區風險溝通，以降低病原體氣膠化造成的環境與健康影響，建立監測站等防制措施，提供科學基礎具有高度公共衛生與環境管理價值。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學院免疫學研究所黃冠穎副教授，「剖析近代 A 型 H3N2 流感病毒表面抗原演化與人類抗體免疫之互動」(NSTC 112-2314-B-002-099-MY3)。近年 H3N2 A 型流感與 H1N1、B 型共同造成季節性流感。自 2020–2021 年起，H3N2 3C.2a1b.2a 亞群迅速興起並成為全球主流。H3 血凝素頭部累積多處胺基酸突變，使病毒持續產生抗原漂變，而宿主抗體壓力可能為其重要驅動力。追蹤臺灣 H3 血凝素演化，發現 2022 年流行的 3C.2a1b.2a.2a.1 與 3C.2a1b.2a.2a.3 次亞群中，以後者逐漸占優勢；2023 年後主要為其後續分支 3C.2a1b.2a.2a.3a.1。亦自接種後成人周邊血液分離中和性單株抗體，初步發現僅少部分仍能廣效中和近年 H3N2；多株原本具強效中和力的抗體已無法有效辨識 3C.2a1b.2a 相關病毒，此與其在血凝素頭部抗原定位 B 的突變累積密切相關。研究團隊以系統性方式解析臺灣近年 H3N2 的抗原演化與人類抗體反應之連結，揭示病毒如何藉由特定位點突變逃避免疫辨識，具有重要科學突破性。這些發現不僅能加速新一代廣效抗體的開發，也可為季節性流感疫苗株遴選及預測未來流感演化方向提供實證基礎，具高度公共衛生與臨床應用價值。
2. 國防醫學大學內科張峰義教授，「定義高侵襲性肺炎克雷白氏桿菌的毒性特徵：從臨床觀察到微生物特性(1/3)」(NSTC 113-2314-B-016-015-)。研究針對高毒力肺炎克雷白氏桿菌及其侵襲性感染，提出整合臨床與細菌學的新定義。透過大型菌血症臨床資料庫與細菌毒力特徵的系統分析，明確量化高毒力菌株在社區與院內感染的分布差異，發現高毒力株主要出現於社區感染族群，強調整合定義的迫切性。此新定義將作為臨床診斷和流行病監測標準，促進高風險患者早期識別，提升抗生素使用精準度，並指導公衛介入，有助於感染控制，減少重症及死亡率。
3. 國立臺灣大學醫學院附設醫院內科部吳尚儒醫師，「利用 eCD16A/anti-CD3-BFP 將內源性癌症辨識抗體轉化為 T 細胞重導向雙功能性抗體:新穎免疫治療策略之概念確認性探索」

(NSTC 113-2314-B-002-104-MY2)。免疫檢查點抑制劑的成功故事表明，癌症病患體內存在有內源性可辨識癌症的T細胞，這些T細胞可以透過阻斷免疫檢查點產生的抑制來重新活化，獲得毒殺癌細胞的功能。研究中，探索合併新型eCD16A/anti-CD3-BFP 雙功能性抗體與內源性抗體結合以毒殺癌細胞的臨床前功效。利用 EB 病毒相關癌症來進行概念確認探索。本研究提供eCD16A/anti-CD3-BFP雙功能性抗體與人體內源性抗體合併策略做為癌症免疫治療的臨床前資料，以支持進一步臨床開發，擴展癌症免疫治療策略之初步依據。

4. 國泰醫療財團法人國泰綜合醫院風濕免疫科全以祖教授，「探討自體免疫發炎中 TRAIL 對於調節性 T 細胞分化與代謝重改編之免疫調節作用」(NSTC 111-2314-B-281-006-MY3)。TRAIL-R/SHP-1/Lck 訊號軸為一新型免疫檢查點機制，能限制 T 細胞過度活化與自體免疫發炎的發展。研究證實 TRAIL 透過非凋亡性 TRAIL-R 訊號途徑抑制自體反應性 T 細胞活化、調節 Th17/Treg 平衡，並藉由 SHP-1 介導的 TCR 抑制機制維持免疫恆定。結果提供 TRAIL-R 作為潛在免疫調節標的的新概念，對自體免疫疾病治療策略的發展具有重要啟示。

## 七、 檢討與展望

「知識創新」是驅動國家進步的核心動力，而科研投資則是支持知識創新的重要基礎。科研需要長期、穩定的投入與孕育，方能累積能量並展現深遠效益。因此，國家科研政策的制定與經費支持必須具備連續性與穩健性，方能形成永續的創新生態系。此外，醫學研究牽涉人體安全、健康、人權與個資，倫理與法規皆需嚴格把關，使研發須在限制條件下更加謹慎而精準。

本學門在多項疾病領域已耕耘多年，研究成果豐碩。然而，面對研究需求日益增加、資源相對有限的挑戰，更需積極整合國家研究能量。縱向而言，建議整合國科會、衛福部與經濟部之資源，以「一條龍式」鏈結基礎研究、臨床試驗及產業應用，推動生醫領域的轉譯醫學。橫向而言，建議結合衛福部、農業部與外交部門，回應國際 One Health 的全球趨勢，從健康、環境、生物安全等面向強化國內生醫研究的國際布局。

面對長期競爭力的需求，也應與教育部合作，持續培育並引導優秀人才投入基礎與臨床研究。透過體系化的研究人才網絡，國科會可掌握跨領域專業能量，並在必要時(如新興感染症或重大疾病挑戰)迅速整合動員研究團隊，提出具即時性與政策導向的重大研究計畫，加速

國內健康議題的解決與國家防疫韌性的提升。

未來發展的關鍵在於強化基礎、臨床與轉譯研究之間的緊密連結，將科學證據有效落實於臨床治療、疾病預防與健康政策，這正是精準醫療的核心精神。近年來，免疫治療在癌症、自體免疫疾病與慢性發炎疾病等領域快速突破，已成為全球新藥研發的重要趨勢。然而，從藥物作用機制、免疫相關副作用、耐受性到治療侷限等面向，仍需更全面的研究與嚴謹的監測。

因此，未來應更積極促成研究合作交流，鼓勵基礎與臨床團隊共同提出具國家需求與臨床價值的整合型研究計畫。例如，肺癌研究可從危險因子探討、AI 診斷工具開發，到標靶與免疫治療整合進行完整串接；肝癌領域則能從病毒預防、早期診斷技術、免疫治療反應及分子標記等面向深入剖析。此外，亦可拓展跨領域主題，如免疫治療引發的自體免疫副作用、腫瘤治療造成的特殊感染等，皆具有高度前瞻性與實際應用價值。

整體而言，透過跨域協作與研究鏈結之深化，將有助於促成具影響力的創新成果，並推動我國精準醫療的持續進展。

# 腎臟、泌尿及內分泌醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：林俊良　　共同召集人：王景淵

一、 前言

國科會生科處『腎臟、泌尿及內分泌醫學學門』涵蓋(1)腎臟科次學門;(2)泌尿科次學門及(3)內分泌科次學門,為一跨領域之整合學門,是生科處學門中與人類健康最直接相關的學門之一。本學門 114 年度之研究計畫申請案件共計有 265 件,總通過數為 108 件(多年期計畫佔 50 件),總通過率為 40.75%。依各次學門之研究計畫申請件數,其中:腎臟科有 97 件,通過 33 件,通過率為 34.02%;泌尿科有 104 件,通過 48 件,通過率為 46.15%;內分泌科有 64 件,通過 27 件,通過率 42.19%。本學門之研究計畫執行機關含括國內各學術研究單位、醫學院系、醫學中心及區域級教學醫院。學門內的研究計畫涵蓋了國人常見的腎臟、泌尿及內分泌糖尿病等各種疾病,研究內容銜接基礎研究、臨床試驗與轉譯醫學研究,對於未來在相關疾病之診斷及治療上,奠定了相當重要的學理基礎。

二、 學門簡介

腎臟、泌尿及內分泌醫學雖各自獨立,但又彼此息息相關,如泌尿道疾病與糖尿病都會導致腎臟功能異常,因此將此三門醫學整合為一學門確有實質之幫助。因此本學門研究領域除涵蓋了包括腎臟科、泌尿科、新陳代謝及內分泌科次學門,也可有跨此三學科之研究課題。

（一）**腎臟科的研究**：近年最顯著的研究亮點之一是**急性腎損傷（AKI）到慢性腎病（CKD）轉換（AKI-to-CKD transition）的機制研究進展。藉由高解析度單細胞多體學（single-cell multi-omics）與空間轉錄體（spatial transcriptomics），研究者得以追蹤損傷後不同細胞族群的命運，特別是失修型近端腎小管細胞（maladaptive repair tubular cells）**在纖維化啟動中的關鍵角色。此外，新興的液態活檢技術使得如尿液外泌體、循環微小 RNA 及腎源性細胞游離核酸（cfDNA）成為 AKI 早期診斷與預後評估的重要標誌物，並逐漸向臨床轉譯。在電解質與酸鹼失衡的研究方面，今年焦點集中於腎小管離子通道調控異常與系統性代謝疾病（如糖尿病、肥胖症、高尿酸血症）之間的交互作用。新的實驗模型顯示，代謝壓力及微炎症可影響 $Na^+$-$K^+$-ATPase、ENaC、NKCC2 等離子轉運體的表現與敏感度，使臨床電解質異常更加

難以預測與管理，這為未來治療策略帶來新的介入點。在動物模型與生醫工程方面，今年腎臟疾病研究明顯朝向更接近人類病理的模型發展，包括：腎類器官（kidney organoids）的成熟度提升，腎臟微流體晶片（kidney-on-a-chip）模擬腎小管流體剪力環境，基因編輯鼠與斑馬魚模型用於評估候選治療靶點。這些模型不僅能更精準反映生理環境，也逐漸支撐早期藥物開發與毒性評估的流程。透析相關研究方面，近一年重點集中於循環性炎症與代謝廢物清除效率的精準評估。透過代謝體分析（metabolomics）與人工智慧模型，研究者能更準確預測透析併發症（如心血管事件、肌少症、感染風險）。腹膜透析方面，新技術著重於腹膜退化的早期生物標記與腹膜微環境變化，並逐步展開新型腹膜保護療法的臨床前測試。技術方面，單細胞 RNA 定序已進入拓展期，今年趨勢更進一步結合：單細胞蛋白體，空間定序，AI 多維度資料整合，這使得腎臟的細胞地圖與病理變化能以前所未有的解析度被觀察，對腎纖維化、糖尿病腎病變、罕見腎病的分型與治療建議產生深遠影響。人工智慧與穿戴式健康監測則為臨床研究帶來重大突破。AI 在 eGFR 下降速度預測、AKI 風險模型、以及影像識別（如腎臟超音波、病理影像）的應用快速成長。穿戴式裝置收集的長期血壓、生理變化與生物感測數據，使得腎臟疾病風險評估更具即時性與個別化，並已開始協助臨床決策。在治療研究方面，今年基因治療與細胞治療繼續展現高度發展潛力。包括 CRISPR-based gene correction、mRNA 治療平台與誘導性多能幹細胞（iPSC）之腎臟再生治療均有明顯進展，部分技術已進入臨床一期試驗。這些策略在遺傳性腎病、囊腫性腎病變以及難治性腎絲球病變中，皆被視為未來有望突破現有治療瓶頸的核心武器。總結來看，近年腎臟科研究呈現出快速跨領域整合、強調早期偵測、聚焦個人化治療與轉譯研究的明顯趨勢。這些進展不僅強化了腎臟疾病的基礎科學理解，也為臨床決策、治療創新與患者預後改善帶來更清晰且更可落實的未來方向。

（二）**新陳代謝及內分泌醫學的研究方向：**主近年新陳代謝及內分泌醫學的研究呈現跨尺度、多層次的整合趨勢，從基因體、表觀遺傳、蛋白質體到細胞訊號與臨床生物標誌物，逐步形成一條貫穿分子機制與臨床應用的完整研究鏈。整體研究方向聚焦於代謝疾病、內分泌腫瘤及其相關併發症的病理機轉解析與新型治療策略的開發。腫瘤原發灶與轉移灶的基因比對揭示新型融合基因及演化路徑，說明腫瘤在不同階段具有基因異質性的演變軌跡，也指出賀爾蒙受體如 ZIP9 可能在腫瘤微環境中扮演調控角色。此外外泌體生物標誌物的研究在甲狀腺腫瘤診斷中展現極具潛力的臨

床價值，尿液外泌體蛋白在濾泡性腫瘤良惡性鑑別上具有辨識度，其整合預測模型的表現不亞於傳統形態學方法，突顯外泌體蛋白體分析在無創診斷與個人化醫療中的重要性。代謝領域的研究則涵蓋肥胖、慢性發炎、MASLD、胰島素阻抗等關鍵議題，GPR18被證實與肝臟脂肪變性、葡萄糖恆定及免疫調控密切相關，提供代謝疾病中免疫代謝交互作用的新解讀；RNase-L 在胰臟β細胞中的功能亦逐步被釐清，其調控胰島素合成分泌及老化相關代謝失衡的角色，為糖尿病β細胞功能退化的機轉研究建立新的動物模式；另一研究顯示顆粒蛋白可透過 EphA2－Akt－mTOR－S6K 訊號軸促進肌肉細胞葡萄糖攝取與蛋白質合成，提供糖尿病肌少症的分子病理與潛在標誌物基礎。治療創新方面，GLP-1 受體促效劑於中風後認知缺損的動物研究展現促進粒線體新生、改善神經發炎與增強神經新生的效果，顯示未來可能應用於神經退化疾病；肝纖維化研究中，15-keto-$PGE_2$ 透過抑制 Smad 訊號與共價修飾促纖維化蛋白，成功改善脂肪肝炎與纖維化，展現新穎抗纖維化路徑的臨床轉譯潛力；糖尿病臨床照護研究則指出疼痛、心理健康與病程長度對生活品質的深遠影響，反映整合身心照護的重要性；此外，表觀遺傳研究揭示高血糖會在周邊血單核球的 DNA 甲基化上形成代謝記憶，而 SGLT2 抑制劑可能逆轉此變化並可用於建構治療反應預測模型，為精準醫療在糖尿病照護中的落實提供關鍵契機。整體而言，這些研究共同描繪出新陳代謝與內分泌醫學從分子層次到臨床應用的多元進展，不僅深化對疾病機轉的理解，也為未來個人化、非侵入性及跨系統整合的醫療模式奠定基礎。

（三）**泌尿科的研究方向：**近年泌尿科研究的發展呈現跨領域與高度整合的趨勢，特別在泌尿系統相關癌症領域，研究焦點已從傳統的基因變異與訊息傳遞路徑，進一步擴展到腫瘤微環境、免疫代謝調控以及空間轉錄體分析。透過單細胞與空間生物學技術，研究者得以更清楚地描繪腫瘤組織內細胞族群的分布，如耗竭型 T 細胞、M2 型巨噬細胞以及癌症相關纖維母細胞，並揭示它們在腫瘤免疫逃脫、轉移與藥物反應中的核心角色；免疫代謝的發現亦顯示癌細胞可藉由重塑乳酸代謝、脂肪酸氧化等路徑來促進抗藥性，使得代謝抑制合併免疫治療成為新興策略。此外，泌尿系統腫瘤的治療選擇更加多樣化，包括新一代靶向藥物（如 TYK2、CDK12、B7-H3、PSMA 等）與雙特異性抗體、CAR-T/CAR-NK 細胞治療均已進入早期臨床，搭配人工智慧於影像判讀與預後模型上的應用，使精準醫療加速落地。在泌尿道結石的研究中，觀念亦從單純的代謝異常擴展至腎小管微環境的變化，包括粒線體

功能失衡、尿液蛋白質體改變及腸道菌相對草酸代謝的影響；AI 在結石成分分析與影像分類上的應用，正逐步改變臨床處置流程。至於 Ketamine 間質性膀胱炎，今年的重要進展在於將發炎、神經損傷與纖維化整合為單一疾病譜系，IL-33、TLR4、mast cell 活化及 YAP/TAZ 訊號的角色逐漸明朗，促使外泌體治療、基質修復與免疫調控成為潛在治療模式。功能性泌尿疾病方面，低能量震波合併脂肪幹細胞或外泌體已被證實可促進膀胱血管及神經再生，是逼尿肌功能不足與膀胱無力的新方向；男性學領域亦持續受到重視，研究深入探討低睪固酮症與代謝異常的交互機轉，並透過單細胞分析理解精索靜脈曲張對睪丸微環境與精子生成的影響，而精液外泌體的運用則為男性不孕的診斷帶來全新契機。整體而言，今年的泌尿科研究強調以多層次資料整合疾病機制，並以 AI、單細胞、生醫材料及免疫治療為核心，朝向更精準、更個人化且以機制為基礎的臨床應用邁進。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

近一年全球生物醫學的發展邁入更高階的整合化與智慧化階段，2025 年的研究焦點從單一技術突破轉向多平台、多組學及臨床 AI 系統的全面串接。在腎臟醫學方面，空間多重體學（spatial multi-omics）已從研究工具走向臨床可行性驗證，能同時整合 RNA、蛋白質與代謝物的定位資訊，用於描繪腎絲球及腎小管疾病的細胞微環境；同時，腎臟病理 AI 已從協助判讀進化到自動量化纖維化程度、預測急性腎損傷恢復率與血管變化趨勢。微生物組與尿液外泌體等新型標記物則在慢性腎病早期預測及透析併發症風險中展現高度潛力。治療方面，新世代 SGLT2 與非腎性靶點藥物的合併治療在保留腎功能方面效果更為明確，而細胞治療與再生醫學正由動物模式邁向早期臨床試驗。個人化透析系統也因為 AI 輔助參數調整與連續代謝監測技術成熟，使透析處置更為動態化與精準化。在泌尿科領域，診斷方式的革新來自多模態影像深度融合、AI 自動辨識腫瘤特徵及導航手術中的即時組織辨識技術，使微創與機器人手術的準確度大幅提升。液體活檢已能偵測泌尿系統腫瘤的循環腫瘤 DNA、表觀遺傳標記與外泌體，對腫瘤復發及抗藥性監測貢獻明顯。治療面向包含新型免疫聯合療法、雙特異性抗體與精準放療系統的臨床成熟化，前列腺癌更因 PSMA 標靶輻射治療而提升治療反應率。內分泌醫學方面，AI 已全面介入糖尿病管理，包括即時風險預測、飲食與胰島素劑量建議、以及整合連續血糖監測與閉迴路胰島素泵的自動化控制系統；新型 GLP-1 與雙重或三重受體激動劑（如 GLP-

1/GIP/Glucagon agonists）在體重控制、脂肪肝改善與心腎保護的療效更勝以往，已成為年度最大突破之一。展望未來，整體醫學進展將朝五大方向推進：首先是深度精準醫療，包括多組學平台整合、族群基因資料庫建置與 AI 輔助臨床決策；其次是智慧醫療的全面落地，強調大型醫療資料的共享、互通與臨床運算平台的普及化；第三是創新治療的臨床轉化速度提升，特別是 mRNA 治療、體內基因編輯與標準化幹細胞治療模式的建立；第四是預防醫學與風險分層工具的普及，使疾病能於無症狀階段即被偵測；第五是跨領域整合，包含醫工合作、智慧裝置與遠距醫療系統的常規化應用。整體而言，腎臟、泌尿與內分泌醫學正以多組學、AI、再生醫學及新型標靶治療為核心驅動，推動臨床走向更精準、介入更早且療效更可量化的醫療模式，預期將在未來數年內持續改善患者預後並重新定義現代醫療服務的標準。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

最新年度資料顯示，我國腎臟、泌尿與內分泌醫療發展正面臨高齡化、代謝疾病盛行率攀升及醫療資源結構不均的多重挑戰。國內透析發生率依然位居全球前段班，2025 年的統計顯示新進透析人數仍呈緩升趨勢，慢性腎臟病的進展速度在高齡者、糖尿病患及多重用藥族群中特別明顯。性別比例方面，男性患者仍略高於女性，65 歲以上族群占比繼續攀升，已超過新進透析人口的三分之二；而 40－64 歲族群因長期慢性病累積與職場壓力，仍是重要的腎臟病高風險族群。腹膜透析使用率再度下降，顯示血液透析的主導地位短期內無法撼動；然而在智慧化照護導入後，個人化腹膜透析處方與遠距監測系統的成熟使其在特定族群如行動不便或偏鄉患者中重新受到重視。Pre-ESRD 計畫近年參與率持續提升，2024－2025 年已超過七成五，反映早期介入與慢性病管理的政策推動逐漸見到成果；但腎臟移植仍面臨受贈者排隊時間長、器官來源有限等結構性困境，屍體腎臟移植率雖略為提升，但仍低於多數先進國家，活體移植因高齡化與家屬意願下降而未見明顯成長。疾病成因方面，糖尿病腎病變的比例持續攀升，已逼近新進透析人口的一半；高血壓與腎絲球疾病亦維持一定比例；至於病因不明個案仍占兩成以上，促使國內研究團隊更加關注環境腎毒物、草藥及西藥交互作用，以及慢性發炎與感染性疾病的影響。國內重點研究方向也因應全球科技變革快速更新，包括以 AI 建構本土化 CKD、AKI 與透析死亡率預測模型，並結合基因體、蛋白體與微生物組資料建立台灣族群特有的腎臟病風險資料庫；此外，新型尿液及血液生物標記物研究逐漸成熟，部分指標已進入臨床試驗階段。泌尿系統腫瘤方面，國內泌尿上

皮癌與前列腺癌仍呈上升趨勢，因此研究逐漸從傳統臨床治療擴展至腫瘤微環境、藥物抗性與免疫治療反應預測等議題；液體活檢、空間轉錄體與影像 AI 的導入更進一步強化腫瘤早期偵測與個人化治療策略。內分泌與代謝醫學方面，新型多靶點受體激動劑（GLP-1/GIP/Glucagon agonists）已在體重控制、脂肪肝及心腎保護領域逐漸普及；AI 也導入糖尿病風險預測與自動化胰島素調控系統，使代謝疾病管理更具精準性。展望未來，我國醫療將朝智慧醫療基礎建設、器官捐贈文化提升、多組學資料整合平台建立，以及完善的慢性病預防模式邁進；透過強化跨專科合作與臨床創新研究，將能更有效應對高齡社會需求，並逐步提升腎臟、泌尿與內分泌疾病患者的整體照護品質與預後。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

依據衛生福利部 2025 年公布的 113 年死因統計，惡性腫瘤持續為首位死因，心臟疾病居次，而 COVID-19 已不再是主要威脅；但腎炎、腎病症候群及腎病變升至第七位，年齡標準化死亡率較前一年再上升 2.8%，顯示腎臟疾病負擔持續加劇，且與腎臟病相關的糖尿病與高血壓死亡率亦分別增加 4.9% 與 5.1%，形成三大慢性病相互影響的惡性循環。醫療資源方面，末期腎病的透析支出於 2024 年已突破 520 億元，仍是健保財務的主要壓力來源；面對人口老化與多重共病挑戰，智慧化居家血液透析逐漸普及，使用率已提升至近 18%，可藉由即時監測與雲端管理降低 30% 的急性事件，並有效改善生活品質。精準醫療方面，我國多組學資料庫成功與健保資料串聯，使本土化藥物反應預測模型更為成熟，可減少不良反應 35%、提升治療效果 25%，並能於早期 CKD 階段辨識快速惡化族群，強化臨床決策能力；多重器官併發症預測亦因 AI 整合模型而有重大進展，新系統可降低糖尿病患者心腦腎重大事件約 20－25%。在轉譯醫學上，國內研究聚焦腎臟纖維化、線粒體功能異常、尿毒症心肌病變及慢性發炎機制並取得重要成果，特別是微生物體研究建立了腸道菌相失衡與 CKD 惡化的因果關聯，菌相調控療法亦進入臨床試驗。泌尿系統癌症治療則因液體活檢、AI 分析與高解析分子影像的整合而更趨精準，可於早期預測治療反應與耐受性，並動態調整免疫與標靶療法；前列腺癌也因 PSMA PET 結合 AI 影像量化而大幅提升疾病分期與監測準確度。整體而言，這些學術與臨床成果不僅強化國內腎臟、泌尿及內分泌醫療品質，更推動智慧醫材、精準藥物與數位健康等生醫產業升級。展望未來，在高齡化與慢性病負擔持續攀升的背景下，整合大數據、AI、多組學與微生物體的新一代疾病管理模式，將成為提升國人健康、減輕醫療支出並

強化國家生醫競爭力的重要方向。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

截至 2025 年，我國生醫研究能量雖持續提升，但研究人力與資源配置仍面臨結構性挑戰。根據 2025 年初最新統計，研究人力總量雖達歷史新高，但中堅與高階研究人才流失率仍維持在 8% 以上，且 40－50 歲的關鍵研究者流失最為嚴重，主因包括研究升遷制度僵化、短期計畫導向、跨領域合作支持不足及研究經費集中化等問題；其中超過 68% 的研究計畫執行期仍不超過三年，使基礎科學到臨床應用的轉譯過程延遲，且干擾年輕研究者建立長期專精領域。臨床端更出現醫師科學家加速萎縮現象，2024 年新進醫師中投入研究者比例跌至 4% 以下，主因為臨床工作量過大、缺乏研究時數及升遷誘因不足。設備與資源方面，雖然頂尖機構的核心技術平台逐步引進空間轉錄組學、高通量單細胞儀及 AI 運算中心，但資源分布更加不均，北部大型機構仍掌握逾 78% 的高端設備，使中南部院校研究能量受限。為改善研究生態系統，我國自 2024 年起推動多項改革，包括「全國研究設施共享與排程平台」、「生醫研究人才長期支持計畫」、「跨領域整合研究獎助」以及「青年 PI 完整培育軌道」，並進一步推動研究升遷制度鬆綁、保障 5－7 年期長期研究計畫與臨床醫師研究時段制度化。最新政策亦著重於提升研究數位化，包括 AI 輔助研究設計、雲端運算平台整合、科研資料庫自動化管理，以提高研究效率與設備利用率。同時，新版醫學中心評鑑將臨床研究成果列為核心指標之一，並建立「臨床—研究雙軌職涯制度」，以鼓勵臨床醫師投入研究。展望未來，我國研究發展將朝向三大方向前進：強化跨領域整合（如 AI × 生醫 × 臨床）、提升研究生態系統穩定性（長期經費與職涯支持）、及推動資源共享與區域均衡化，藉此確保我國在國際生醫競爭中維持研究能量、創新動能及臨床轉譯能力。

四、 我國發展腎臟、泌尿及內分泌醫學學門領域研究之 SWOT 分析

（一）優勢（Strength）

1. 醫療數據深度與資料治理全面升級
   (1) 健保資料庫完成「高解析度時序化資料」更新，利於長期預後模型建立。
   (2) 2025 年 AI 影像判讀正式納入國家醫療品質指標，模型校正更一致。
   (3) 國家級資料安全架構成熟，使跨院精準醫療資料共享更具可信度。
2. 轉譯醫學平台與臨床研究能量提升

(1) 多中心臨床研究網絡完善，可快速導入新療法與新檢測技術。

(2) 臨床生醫資料庫與生物樣本庫整合度提高，強化腎臟與代謝疾病研究深度。

(3) 生技園區與醫學中心共建之「快速轉譯試驗平台」讓成果商品化時間縮短。

3. 精準醫療深度整合腎臟與代謝疾病研究

(1) 台灣已建立全亞洲最完整的慢性腎臟病 (CKD)－糖尿病－心血管疾病三合一基因與多組學資料庫。

(2) 腎臟 AI 預測模型在 eGFR、蛋白尿惡化預測的 AUC 達國際領先水準。

(3) 主要醫學中心已導入個人化腎臟保護策略（基因、多組學、生活型態整合）。

（二）劣勢（Weakness）

1. 研究經費仍不足以支撐大型與長期研究

(1) 長期大型 cohort 與跨領域研究所需成本高，但年度研究預算增幅有限。

(2) 設備更新週期過長，使部分關鍵儀器與國際差距持續擴大。

(3) 都會區研究密度高，但偏鄉醫療體系較難參與大型研究與資料共享。

2. 行政與法規仍造成研究動能損耗

(1) 臨床研究管理流程繁複，使研究端平均投入的行政時間仍偏高。

(2) 研究倫理審查對資料應用要求更嚴格，但制度整合速度不及研究需求。

(3) 法規對新型數位療法與 AI 模型的上市路徑仍未完全明確。

3. 人才斷層與跨領域整合能力不足

(1) 臨床醫師進入研究的誘因仍低，造成新世代研究人力不足。

(2) AI、生物資訊、基因體學等跨域人才雖增加，但整合能力仍待提升。

(3) 年輕研究者缺乏長期支持性計畫，使研究延續性不佳。

4. 臨床轉譯仍受限於制度與市場規模

(1) 國內市場小，醫療器材與新藥開發難以在本地形成規模經濟。

(2) 投資端對前瞻性、風險較高的腎臟病研究意願不足。

(3) 高度績效導向的科研文化抑制創新與長期深度研究。

（三）機會（Opportunity）

1. AI 2.0、遠距醫療與數位療法的全面成熟
   (1) 生成式 AI 已可輔助影像判讀、報告撰寫與臨床決策，降低醫療人力負擔。
   (2) 遠距照護正式納入健保給付試辦，慢性腎臟病與糖尿病照護可擴大應用。
   (3) 數位療法與行為介入系統成熟，可做為腎臟與代謝疾病的新型治療輔助工具。
2. 國際多中心合作與全球臨床試驗新契機
   (1) 台灣因電子醫療資料完整，被國際藥廠視為重要臨床試驗基地。
   (2) 亞太醫療研究聯盟擴大，台灣在腎臟疾病、糖尿病與高齡醫學領域具領導潛力。
   (3) 可透過跨國多組學研究，提升腎臟與代謝疾病的精準治療模型精度。
3. 新興生物技術快速前進
   (1) 基因編輯與 mRNA 技術已從腫瘤科擴展至腎臟與代謝疾病新療法研發。
   (2) 單細胞與空間轉錄體學可加速腎臟纖維化、代謝失衡等機制研究。
   (3) 智慧連網醫療設備本土化成熟，可推動居家腎臟疾病監測商業模式。

（四）威脅（Threat）

1. 全球競爭劇烈且研發速度加快
   (1) 日本、南韓、新加坡加碼投入腎臟與 AI 醫療研究，競爭日益激烈。
   (2) 高端技術人才外流，亞洲區科研人才爭奪進入白熱化。
   (3) 國際同領域技術更新周期縮短，迫使研究團隊需加速創新。
2. 研究永續性與政策支持的不確定性
   (1) 大型 cohort 與多組學研究需長期投資，但目前經費來源不穩定。
   (2) 產學合作模式仍偏傳統，難以支撐突破性創新。
   (3) 醫療財務壓力上升可能壓縮研究資源，影響整體科研動能。
3. 資料倫理、隱私與資安風險增加
   (1) 生成式 AI 與跨院資料整合對資安要求大幅提高。

(2) 個資保護法規更新頻繁，使研究資料使用需更多合規成本。

(3) 若資料外洩或系統中斷，將直接影響民眾信任與研究環境穩定性。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

**在短期規劃上**，我國腎臟、泌尿及內分泌醫學學門將持續推動跨學科整合，透過建立多元領域交流平台與國際合作網絡，強化創新研究與知識互通，促進生物醫學、人工智慧、精準醫療及數位健康等領域之對話與協作，突破傳統學科界限，創造嶄新研究思維與解決方案。資助策略方面，將提供充足經費支持卓越且具突破性的研究計畫，特別聚焦轉譯醫學與臨床應用，加速基礎研究成果向臨床轉化，並持續完善審查委員資料庫與共識討論機制，以確保計畫審核公平、客觀及嚴謹，並建立評審品質及評分標準之分析與追蹤機制。同時，在人才培育方面，本學門將深化跨領域創新研究訓練，推動新世代研究人才培養與儲備，積極延攬菁英學者並支持臨床醫師及年輕研究者赴海外進修與擔任訪問學者，提升其國際研究能量，強化雙邊研究交流，並透過國際性教育與培訓體系，培養高階生技及跨領域專業人才，以提升整體研究素質及國家研發能量。在研究生態系統建構方面，將持續推動創新研究資助與合作網絡建置，深化學術互動，擴展生醫研究團隊與 AI、精準醫療及數位健康產業之協作。AI 技術已從傳統資料分析模式升級為具自我學習能力之生成式運算平台，結合機器學習、深度學習與認知運算，可處理海量數據、影像辨識及語音分析，並與基因體定序及多組學資料整合，顯著提升臨床預測、診斷判斷與決策分析能力，加速精準醫療在腎臟、泌尿及內分泌疾病的應用落地，最終形成完整的創新研究生態，提升國內醫學研究國際競爭力及臨床照護品質。

（二）中長期

**在中長期規劃上**，本學門將持續強化跨領域整合與科技創新，擴大研究範疇，連結腎臟醫學、泌尿醫學、內分泌醫學及相關多組學、人工智慧、數位健康等資源，以提升研究綜效與成果影響力。未來將積極推動跨領域整合型研究計畫，針對國人重大疾病如慢性腎臟病、糖尿病及泌尿系統腫瘤等進行長期、深入的探索，並整合各研究機構專業人員，共同規劃關鍵議題與標準化研究流程，建立完整、可轉化的科研成果體系，提供政策決策與臨床應用的學術基礎。同時，將推廣新興技術應用，包括基因編輯、mRNA 治療、單細胞與空間轉錄體學、精準醫療及 AI 輔助臨床決策等，

為疾病診斷與治療開創更多可能性；並透過資深研究者指導與共享核心設備，協助新進研究人員快速融入研究領域，實現知識傳承與人才培育目標。在國際合作與人才永續方面，本學門將持續拓展全球學術網絡，鼓勵研究人員參與國際合作項目與跨國臨床試驗，提升研究水準與國際影響力；同時深化雙邊科技合作與人才交流機制，吸引優秀青年研究者投入，並建構長期發展基礎，使學門在全球生醫科技與精準醫療領域保持前瞻性、創新性與持續競爭力，確保國內學術研究與臨床應用的可持續發展。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

國立臺灣大學醫學院生理學科暨研究所林水龍教授主持的「探討血管周細胞衍生的趨化因子在急性腎損傷至慢性腎病轉變的角色」（專題計畫編號 NSTC 111-2314-B-002-231-MY3）。這項研究展現了極高的學術創新性與臨床轉譯價值，系統性地揭示了急性腎損傷（AKI）進展至慢性腎病（CKD）的關鍵分子與細胞機制，為阻斷此一臨床難題提供了嶄新的思路與潛在治療標的。研究團隊透過整合臨床隊列資料（台大醫院 NSARF）與小鼠 AKI-to-CKD 連續疾病模型，證實腎素-血管張力素系統（RAS）抑制劑 Losartan 在腎功能恢復後給藥，能有效防止後續慢性腎病發展並延長存活期，凸顯其臨床應用潛力。更重要的是，本研究首度闡明腎臟間質中的血管周細胞在 AKI 後持續活化，並轉變為促發炎表現型，大量表現趨化因子 CXCL13、CCL19 與 CCL21，進而促使淋巴球聚集形成第三級類淋巴組織（TLT），驅動慢性發炎與纖維化進程。研究設計嚴謹而完整，結合了遺傳命運追蹤、轉錄體分析、細胞遷移實驗與條件性基因敲除小鼠模型，層層驗證了血管周細胞透過 AT1aR 活化所驅動的趨化因子訊號軸在 TLT 形成與疾病進展中的核心角色。此外，團隊已成功構建可專一性剔除血管周細胞中 Ccl19 與 Cxcl13 基因的小鼠模型，為後續發展精準導向療法奠定了堅實基礎。這項研究不僅在科學理論上取得了突破性進展，釐清了 AKI-to-CKD 轉變過程中慢性發炎與纖維化的細胞來源與分子路徑，更為臨床預防與治療提供了嶄新的策略方向。未來，基於這些機制性發現，可望發展出針對血管周細胞-趨化因子軸的標靶治療，為曾罹患急性腎損傷的高風險族群提供有效的介入手段，從而阻斷其邁向末期腎病的進程。整體而言，這是一項兼具深度與廣度的優秀轉譯醫學研究，其成果對腎臟醫學領域具

有深遠影響。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

**研究主題：**透過阻斷麩醯胺酸代謝調節免疫細胞以減輕腎臟纖維化:從單細胞 RNA 定序、表觀遺傳學到免疫代謝機轉。楊皇煜教授團隊在本年度完成了具備高度前瞻性的重大技術創新成就，其研究聚焦於解決慢性腎臟病（CKD）進程中腎功能喪失的關鍵因素——腎臟纖維化，並提出了針對免疫細胞代謝重編程的創新治療策略。鑑於發炎反應在腎臟纖維化進程中扮演的核心角色，但其精準調控機制仍是臨床難題，本研究大膽鎖定在細胞代謝中至關重要的麩醯胺酸裂解（Glutaminolysis）途徑，並成功證實了其抑制劑 6-diazo-5-oxo-norleucine (DON) 能在小鼠模型中顯著減輕腎臟纖維化，確立了麩醯胺酸裂解作為抗纖維化治療的嶄新靶點。為深入解析此突破性療效的分子機制，研究團隊採用了單細胞 RNA 定序（scRNA-seq）這項高解析度技術，首次從單細胞層級揭示了 DON 治療並非直接作用於腎臟細胞，而是透過精準調節腎臟組織內特定免疫細胞群（如 T 細胞或巨噬細胞）的代謝狀態與功能，實現對促炎反應的抑制和對免疫環境的重塑。此核心創新成功連結了「代謝重編程」與「腎臟纖維化治療」的關鍵關係，並進一步結合表觀遺傳學分析，探討 DON 如何利用染色質重塑等機制來調節免疫細胞的代謝活性，從而為腎臟疾病的發病機制理解提供了從細胞、代謝到表觀遺傳學的多維度解讀。總體而言，這項研究不僅在理論上將調控腎臟發炎和纖維化的機轉推進到免疫代謝層面，更在臨床前驗證了代謝干預的巨大治療潛力，為未來開發出能有效抑制腎臟纖維化進程、具高針對性的口服藥物提供了堅實基礎，對慢性腎臟病防治具有重大的臨床轉化意義。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

長庚醫療財團法人泌尿科莊正鏗醫師主持的「探討 MKRN1 與 KLF2 在腎細胞癌與腎血管平滑肌脂肪瘤的功能」(專題計畫編號 NSTC 113-2314-B-182A-015-)。此研究展現了高度的學術創新性與臨床轉譯潛力，系統性地揭示了轉錄因子 KLF2 在腎透明細胞癌（ccRCC）中的腫瘤抑制功能及其對標靶藥物治療反應的影響，為腎癌的精準醫療提供了新的理論基礎與潛在生物標誌。研究團隊透過嚴謹的實驗設計，首先在 59 例臨床 ccRCC 組織中證實 KLF2 表現顯著下調，並進一步於細胞模型中發現，KLF2 的過度表現能有效抑制癌細

胞的增殖、遷移、侵襲與錨定無依存生長能力。機制研究顯示，KLF2 透過調控細胞週期關鍵蛋白（如下調 Cyclin A2、Cyclin E1、CDK2，並上調 p21 與 p27），誘導 G0/G1 期細胞週期停滯，同時促進細胞老化與 DNA 損傷反應（表現為 γ-H2AX 增加）。更為重要的是，研究證實 KLF2 過表現能顯著增強 ccRCC 細胞對酪胺酸激酶抑制劑 Sunitinib 的敏感性，此效果在體外藥物測試與小鼠異種移植模型中均獲得一致驗證，顯示 KLF2 低表現可能與標靶治療的抗藥性相關。從研究的完整性來看，團隊結合了臨床組織分析、細胞功能驗證、分子機制探討及動物模型測試，透過流式細胞術、西方墨點法、免疫螢光染色與活體成像等多層次技術，使研究成果具備高度的可信度與說服力。這項研究不僅在科學理論層面深化了對 KLF2 抑癌機制的理解，更重要的是開拓了其作為預測性生物標誌的潛在臨床價值。未來，基於轉錄體學分析與擴大臨床樣本驗證，可望進一步釐清 KLF2 的下游調控網絡，並評估其於臨床 TKI 治療反應預測的實用性，從而推動腎細胞癌的個別化治療策略。整體而言，這是一項兼具科學深度與臨床應用前景的優秀研究，為腎癌的診療與藥物開發提供了新的方向與依據。

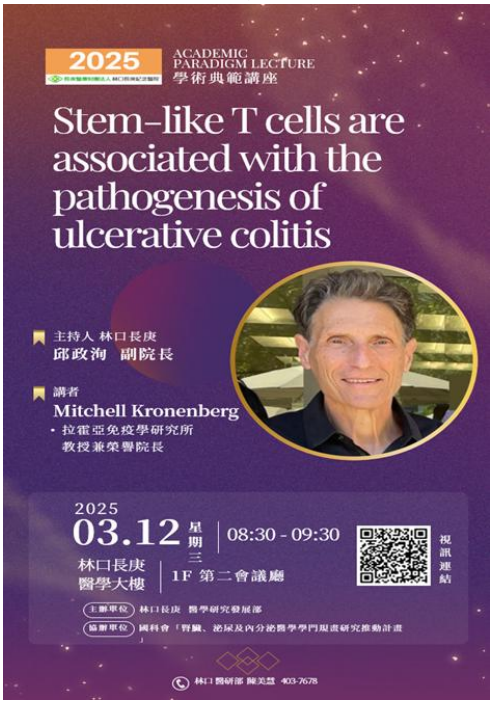
4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

甲狀腺癌是內分泌系統中常見的惡性腫瘤，雖然多數預後良好，但對其進行**長期追蹤**以預測和及早發現復發，仍是患者和臨床醫生的重要課題。傳統的血清學指標追蹤方法，常面臨敏感度不足或受血清抗體干擾的限制。依據國立臺灣大學醫學院內科**王景淵教授團隊**關於「尿液外泌體胜肽生物指標在甲狀腺癌預後追蹤」的研究，代表了腫瘤精準醫療在**非侵入性監測**領域的重要科學突破。該研究的價值體現在其**研究視角的創新性**和**非侵入性的臨床應用潛力**。團隊**首度以前瞻性方式**，對全甲狀腺切除術後的患者進行了**尿液外泌體胜肽**的長期基線範圍研究。尿液外泌體能反映腫瘤細胞的微小訊號，具有**非侵入性、高敏感度、不受血清抗體干擾**的顯著優勢。研究的最大突破在於**確立了穩定的生理區間**。團隊發現，即使在手術多年後，甲狀腺癌的生物指標——**尿液外泌體胜肽**（特別是 U-Exo Tg、TIMP、Ang-1 等具有趨勢性生物學意義的指標），仍**維持在穩定、低波動的生理區間內**。這一看似單純的發現意義重大，因為此穩定區間**將成為未來評估甲狀腺癌症復發的重要依據**。總體而言，這項研究不僅填補了學術空白，成功開創了甲狀腺癌生物指標的**新世代**，更代表

我們距離使用**尿液**作為工具，**提早精準偵測**癌症復發的目標，又更靠近了一大步。此重要成果已發表於 《International Journal of Nanomedicine》上，該期刊屬於 **Q1 級別**學術論文。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

(1) 轉譯醫學的推動，可以提升臨床醫學的診斷及治療的水準，亦可帶動生物科技相關產業的發展。此外本學門傑出學者近年在學門與國內醫學中心合辦國際研討會中發表在台灣完成的研究成果論文(如傑出學者演講、跨越學術研究發展成果(智慧醫療)学等領域)，不僅展現國內學研團隊的研究實力，也提升了台灣在國際上之學術地位。(如下圖表)。



(2) 擔任學門召集人任內共辦理多場「腎臟、泌尿及內分泌醫學學門研究跨領域的學術研討會議」與傑出研究學者座談，推動跨領域學術交流(如下圖表)。獲得與會專家及學者非常好的迴響，也激勵了更多的年輕科學家！

## 慢性腎臟病整體預防與整合照護模式分享

**日期：2025 年 09 月 17 日(週三)**
**地點：嘉義長庚腎臟照護中心**
**主辦單位：嘉義長庚**
**協辦單位：國科會「腎臟、泌尿及內分泌醫學學門規劃研究推動計畫」**

| 時間 | 主題 | 指導者 | 主持人 |
|---|---|---|---|
| 14:50-15:00 | 主席致詞 | | 嘉義長庚 林俊良 副院長 |
| 15:00-17:00 | 心肺運動復健應用在高齡與慢性腎臟疾病經驗分享 | 吳旻寰<br>MIN-HUAN WU, PH.D | 東海大學 教授<br>東海大學高齡健康與運動科學學士學位學程 主任<br>東海大學農學與健康學院高齡健康與運動科學研究所 所長 |

Taiwan Society of Nephrology
2025 Spring Academic Conference

April 20 (Sunday), 2025
Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan

**【第三會場】**

**【S6】**
**講題：NSTC Symposium on Nephrology : Cutting-edge Sequencing for Precision Kidney Medicine Research**

Chair(s): 林俊良、郭美娟

**10:00-10:40**
多特徵 GWAS 發現影響台灣 CKD 的新基因特徵
賴台軒醫師
台灣大學醫學院附設醫院 腎臟科

**10:40-11:20**
以多體學探討萬尾素調控粒線體功能保護糖尿病腎病
陳信宏 醫師
高雄榮民總醫院

**11:20-12:00**
以單細胞轉錄體分析探索糖尿病腎臟病變之免疫動態失衡
蔡宜純 醫師
高雄市立旗津醫院

協辦單位：國科會泌尿，腎臟，內分泌學門

# 智慧醫療發展與推動經驗分享與指導

**日期：2025 年 08 月 01 日(週五)**

**地點：嘉義長庚**

**主辦單位：嘉義長庚醫研部**

**協辦單位：國科會「腎臟、泌尿及內分泌醫學學門規劃研究推動計畫」、成功大學資工系**

| 時間 | 主題 | 指導者 | 主持人 |
|---|---|---|---|
| 17:30~17:40 | 報到 | | |
| 17:40~17:50 | 主席致詞 | | 嘉義長庚 林俊良 副院長 |
| 17:50~18:00 | 大合照 | | |
| 18:00~19:00 | 智慧醫療發展與推動經驗分享 | Mayo Clinic<br>Dr. Huang Yu-Li | 成功大學 梁勝富 教授<br>成功大學 楊中平 副教授 |
| 19:00~20:00 | 在宅急症照護及慢性病急性惡化預測構想指導<br>(1) 住院前人工智慧風險分層：雲嘉南肺炎病患居家治療與住院必要性安全模型。<br>(2) 個別感染症-重要感染症的預測模型。<br>(3) 人工智慧預測用藥風險與療效：打造基於大型語言模型雲嘉南肺炎病患住院與居家之智慧藥物照護系統。<br>(4) 居家生理監控:雲嘉南社區肺炎患者居家生理感測與早期再返院預警模型開發。 | | **指導者：**<br>Mayo Clinic<br>Dr. Huang Yu-Li |

# 2025 第十九屆長庚體系腎臟研究論壇
## 19th Chang Gung Kidney Forum

- 時間：114 年 11 月 15 日(星期六) 下午13點30分至18點00分
- 地點：台北天成大飯店 (台北車站M3出口旁) 1 樓天美廳

主辦單位：基隆長庚醫院腎臟科
協辦單位：林口長庚/高雄長庚/嘉義長庚腎臟科/林口腎臟醫學研究中心/國科會腎臟學門

| TIME | COURSE | SPEAKER | MODERATOR |
|---|---|---|---|
| 13:30-13:45 | Registration | | |
| 13:45-14:00 | Opening Remark | 楊智偉 副校長 | |
| 14:00-14:10 | Welcome Remark and Introduction | 許恆榮 主任 | |
| **Session I** | **Clinical and Basic research in CGMH(Linkou and Keelung)** | | |
| 14:10-14:40 (30 mins) | Latent Phenotypes and UCR Trajectories for Precision Risk Stratification in AKI/AKD | 潘恆之 醫師 | 許恆榮 主任 |
| 14:40-14:55 (15 mins) | Transition patterns between incremental and full-dose peritoneal dialysis | 孫樵隱 醫師 | 李進昌 醫師 |
| 14:55-15:25 (30 mins) | Asparagine deprivation enhances T cell antitumour response in patients via ROS-mediated metabolic and signal adaptations | 楊皇煜 醫師 | 許翔皓 科系主任 |
| 15:25-15:40 (15 mins) | Subphenotype and Bioartificial Kidney | 湛茗任 醫師 | 張明揚 研究中心主任 |
| 15:40-16:00 | **Coffee Break** | | |
| **Session I I** | **Clinical and Basic research in CGMH (TuCheng、Chiayi and Kaohsiung)** | | |
| 16:00-16:15 (15 mins) | The impact of gastric acid suppressants on peritonitis risk in peritoneal dialysis patients: a systematic review and meta-analysis | 蕭景中 醫師 | 陳永昌 教授 |
| 16:15-16:30 (15 mins) | A Retrospective Cohort Study on the Association Between Dialysate Calcium Concentration and Clinical Outcomes in Hemodialysis Patients: Comparing Medium-Low and Extremely Low Calcium Concentrations | 蔡銘仁 醫師 | 林素如 主任 |
| 16:30-16:45 (15 mins) | Predicting catheter removal in peritoneal dialysis peritonitis patients visiting the emergency department | 林士鈞 醫師 | 徐永建 醫師 |
| 16:45-17:15 (30 mins) | Risk Factors for Mortality in Patients with ANCA-associated vasculitis undergoing plasmapheresis | 周嘉安 醫師 | 李隆志 副主任 |
| 17:15-17:30 (15 mins) | Nephrotoxicity of phthalate exposure on patients with chronic kidney disease | 蕭啟安 醫師 | 邱鼎育 副部長 |
| 17:30-17:45 | Summary and Discussion | 李建德 院長 | |
| 17:45-18:00 | Closing Remark | 方基存 教授 | |
| **Dinner Time 2樓202包廂** | | | |

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學院內科**莊立民教授**主持的「肝纖維化之分子機制及新穎藥物治療之研究」（專題計畫編號 NSTC 113-2314-B-002-035-），旨在闡明**肝纖維化**這種由慢性損傷驅動、並透過 **TGF-β1/Smad 訊號途徑**活化肝星狀細胞（HSC）的進行性病變。這項研究展現了對**前列腺素代謝路徑**的卓越創新視角，聚焦於 **15-酮前列腺素 $E_2$ (15-keto-$PGE_2$) 與其調控酶前列腺素還原酶 2 (PTGR2)** 的關鍵角色。15-keto-$PGE_2$ 具有一個**親電子酮基**，能與蛋白質的半胱胺酸殘基形成共價結合，進而具備改變促纖維化訊號傳導（如 TGF-β1/Smad）的潛力。研究團隊的價值體現在其**分子機制的深入探索**與**跨疾病的轉譯應用潛力**。過往研究已證實，靶向 15-keto-$PGE_2$-PTGR2 軸線能調控**系統性發炎反應**，並在實驗性敗血症中改善生存率，此外也發現 PTGR2 抑制劑可作為**糖尿病和肥胖症**的新興治療策略。本計畫的目標即是深入解析此軸線在肝纖維化病程中的作用，闡明其**抗纖維化的潛力**。這些發現不僅為慢性肝病變的致病機轉提供了新的分子路徑，也為開發針對 **PTGR2** 的新穎標靶藥物奠定了堅實基礎，極具臨床轉譯價值。
2. 國防醫學院腎臟內科吳家兆教授主持的「褪黑激素調節生理時鐘長鏈非編碼核糖核酸 NEAT1 在膜性腎絲球腎炎中受損腎小管的分子機轉：從致病機轉到治療標的」（專題計畫編號 MOST 111-2314-B-016-038-MY3）。這項研究具有高度的學術創新性與臨床轉譯潛力，系統性地揭示了褪黑激素透過調控時鐘基因與非編碼 RNA 在腎小管保護中的作用機制，為膜性腎病及其他慢性腎臟疾病的治療提供了新的理論基礎與潛在標靶。

   研究團隊透過嚴謹的實驗設計，首次發現 NEAT1 作為一種受褪黑激素上調的時鐘控制 lncRNA，其表達受 BMAL1/CLOCK 異源二聚體調控，並進一步促進腎小管上皮細胞的增殖。機制上，褪黑激素通過穩定 BMAL1 蛋白，增強其在 NEAT1 啟動子上的結合，從而提升 NEAT1 轉錄活性；而 NEAT1 則透過增加增殖基因 MK167 啟動子區域的活躍組蛋白修飾（H3K27ac 與 H3K4mel）來促進細胞增殖。此外，研究亦證實在白蛋白誘導的損傷模型中，褪黑激素可透過活化 NEAT1 恢復細胞增殖能力，並在實驗性膜性腎病小鼠模型中顯著改善蛋白尿、低白蛋白血症及腎纖維化，進一步驗證了 BMAL1－NEAT1－MK167 調控軸的生理與病理意義。

這項研究不僅釐清了褪黑激素在腎小管保護中的新型分子路徑，也首次將生理時鐘、lncRNA 與表觀遺傳調控三者整合於腎臟疾病的機制探討中，具有重要的理論突破性。此外，研究團隊結合細胞模型、動物實驗與臨床樣本分析，並運用 ChIP-qPCR、RNA 干擾、報告基因分析等多種技術，使研究成果具備高度的可信度與說服力。從臨床應用角度來看，該研究揭示了 NEAT1 與 MK167 等分子作為潛在生物標記或治療標靶的可能性，尤其對延緩慢性腎病進展至終末期腎病具有重要意義。未來若能進一步開展臨床前與臨床驗證，釐清褪黑激素治療的最佳劑量、給藥時機與長期安全性，將有機會推動其轉化為實際臨床應用，為腎臟疾病患者提供新的治療策略。整體而言，本研究在機制探索與轉譯醫學之間建立了堅實橋樑，是一項兼具深度與廣度的優秀研究。

3. 國立陽明交通大學臨床醫學研究所楊智宇教授主持的「探究尿毒症血管鈣化病程免疫細胞族群的時空演變及其與血管細胞族群的互動並開發對應的治療方法」(專題計畫編號 NSTC 112-2314-B-A49-059-MY3)。這項研究展現了卓越的學術創新性與臨床轉譯潛力，系統性地闡明了免疫細胞在尿毒症血管鈣化病程中的關鍵作用，並成功開發出對應的治療策略。研究團隊透過嚴謹的實驗設計，揭示了巨噬細胞膜蛋白 TREM2 在慢性腎臟病進程中的表現下調現象，並進一步發現 TNF-$\alpha$ 可透過 TNFR1/ERK 與 TLR4/ERK 雙重路徑下調 TREM2 基因表現，這一創新機制為首次發現，具有重要的科學價值。

   研究中發現巨噬細胞分泌的 CXCL1 可透過作用於血管平滑肌細胞的 CXCR2 受體，促進其成骨基因表現，進而加速血管鈣化進程。同時，研究證實 TNF-$\alpha$ 抑制劑依那西普能有效減輕 CKD 小鼠心血管組織的鈣化程度，並降低 TNF-$\alpha$ 與中性球標記 MPO 的表現，這一發現為臨床治療提供了新的方向。團隊更進一步製備大鼠主動脈組織的單細胞懸浮液，為後續的單細胞轉錄體分析奠定基礎，將能深入解析血管鈣化過程中各類細胞的基因表現變化。

   從研究方法的完整性來看，團隊結合了細胞實驗、動物模型與分子機制探討，透過流式細胞術、西方墨點法、免疫沉澱等多種技術進行驗證，使研究成果具備高度可信度。這項研究不僅在基礎機制層面取得了突破性進展，更重要的是為尿毒症血管鈣化的治療提供了新的思路與策略。未來，基於這些研究發現，可望進一步開發針對 TREM2 與 CXCL1 路徑

的標向治療方法，為慢性腎臟病患者的血管鈣化問題提供更有效的解決方案。然而，要將研究成果轉化為臨床應用，仍需要進行更多的臨床前驗證與安全性評估。整體而言，這是一項具有重要學術價值與臨床意義的研究，為尿毒症血管鈣化的機制探討與治療開發開闢了新的道路。

4. 長庚醫療財團法人泌尿科莊耀吉醫師主持的「低能量震波對泌尿道細菌的影響-體外實驗和大鼠膀胱炎模式」(專題計畫編號 NSTC 112-2314-B-182A-135-MY3)。這項研究展現了創新性的學術價值與臨床應用潛力，開拓了非抗生素治療泌尿道感染的新途徑。研究團隊透過系統性的實驗設計，深入探討低能量震波對糞腸球菌及其誘導的生物膜與膀胱炎的影響，為復發性泌尿道感染的治療提供了新的思路與方向。研究中發現低能量震波雖對糞腸球菌本身無直接抗菌效果，但能有效破壞導尿管表面的細菌生物膜結構，並顯著減輕大鼠膀胱炎的發炎反應與膀胱過動現象。這些發現揭示了低能量震波透過破壞生物膜完整性與抗發炎作用來對抗泌尿道感染的新機制，為臨床治療提供了重要的理論基礎。更為重要的是，研究證實低能量震波能改善膀胱功能，且不影響膀胱黏膜中尿路斑塊蛋白 uroplakin IIIa 的表現，顯示其治療安全性。

   從研究方法來看，團隊採用了多層次的研究策略，包括體外細菌培養、導尿管生物膜模型、大鼠膀胱炎模式及尿路動力學分析，透過結晶紫染色、菌落計數、組織病理學評估等多種技術進行驗證，使研究結果具有高度可信度。這項研究不僅在機制探討上取得了重要進展，更重要的是為復發性與難治性細菌性膀胱炎患者提供了非抗生素治療的新選擇。未來，基於這些研究發現，可望進一步開發低能量震波的最佳治療參數與臨床應用方案，為泌尿道感染治療開創新的途徑。然而，要將研究成果轉化為常規臨床應用，仍需要進行更多的人體試驗與長期療效評估。整體而言，這是一項具有重要臨床意義的研究，為泌尿道感染的治療策略帶來了創新性的突破。

## 七、 檢討與展望

面對全球科技競爭與地緣政治的複雜挑戰，國家科學及技術委員會（國科會）自組織轉型以來，其核心職責已從單純的科研補助，提升至國家級科技戰略的統合與部署。當前檢視，我國科技發展的重心必須緊密扣合三大國際趨勢：人工智慧（AI）的深度治理與產業化、淨零碳排的跨域科技轉型、以及半導體技術的生態系自主性。檢討既往，我們在強化基礎科學投資與尖端技術領先地位上已奠定基礎，然展望未來，必須更果斷地部署前瞻性戰略，以確保在全球科技競局中持續領先。掌握國際科技趨勢，現已超越觀察與分析層面，必須聚焦於從「領先技術」到「技術標準」的制定權。這要求我們主動參與國際 AI 治理框架、氣候變遷科技合作，並透過公私協作，加速新興科技法規沙盒的建立。特別是在生成式 AI 快速迭代的時代，如何平衡創新應用與倫理安全，並將 AI 技術深度嵌入各產業以驅動結構性轉型，成為國科會政策規劃的核心挑戰。此外，規劃未來科技發展戰略，應以韌性與永續為兩大支柱。韌性體現在強化關鍵供應鏈（如半導體、量子運算）的在地化與多元化，降低地緣政治風險衝擊；而永續則要求將淨零科技視為國家級科技計畫的主軸，推動能源、製程、循環經濟等領域的革命性創新。為此，跨域與國際化人才培育是落實戰略的基石，必須健全多元評鑑機制，鼓勵生命科學、資通訊與能源環境等領域的深度交叉合作，並積極吸引及留用具備國際競爭力的頂尖科研人才。

總體而言，國科會的未來使命，是透過對全球趨勢的全面掌握和果斷的政策執行，將科技創新動能轉化為國家經濟與社會的堅實韌性，確保臺灣在全球科技變革中持續扮演關鍵且領先的角色。

# 感官系統醫學學門
# 發展規劃及成果報告

召集人：林慧茹　　共同召集人：楊宗霖

一、 前言

感官系統醫學學門涵蓋眼科、耳鼻喉科、皮膚科、整形外科及乳房外科等五大臨床專科。本學門計畫類型分為一般研究、新進人員研究、優秀年輕學者研究及整合型研究，執行機構遍及國內各大專院校、醫學中心、醫院及中央研究院等單位，致力於感官相關疾病之基礎、臨床與轉譯研究。114 年度共收到一般專題研究申請 253 件及新進研究申請 23 件，合計 276 件，經審查後核定補助一般研究案 101 件、新進研究案 11 件，共計 112 件計畫；此外，隨到隨審計畫申請 13 案，通過 5 件，另有 5 件仍在審查中。研究重點聚焦於感官組織與器官之功能、疾病病理機制、早期篩檢診斷技術、創新治療與預防策略，以及公共衛生與人工智慧等相關領域，推動學理基礎與臨床應用之整合發展。

二、 學門簡介

本學門運用多元創新技術，包括分子機制釐清、再生醫學開發、以及尖端科技應用方面的多面向實力，朝向精準化、再生化和智慧化發展的路徑。多體學與尖端技術分析細胞分子生物學，再生醫學和幹細胞替代療法，研究致力於克服組織移植短缺問題。這包括成功建立人類誘導性多能幹細胞，衍生之淚腺類器官模型轉錄體學、精準靶向藥物與載體系統，基因編輯，生物光電與人工智慧等前沿方法，深入探討疾病機制、遺傳與藥物相關議題，發展創新診斷技術、治療策略、藥物開發、臨床試驗與疾病模型。同時，針對組織與器官之發育、生理功能及再生過程進行機制性研究，以強化感官疾病診斷、治療與預防之學理基礎，促進轉譯醫學成果之臨床應用。透過積極參與國際交流與合作，不僅提升我國學術國際能見度，亦促進產學合作，將研究成果轉化為創新醫療產品與服務，提升我國醫藥產業之國際競爭力。

三、 學門領域之研究現況及發展趨勢

（一）全球之發展現況及未來發展趨勢

隨著人類平均壽命延長與科技快速發展，生命科學已成為未來核心產業之一。本學門聚焦於生理機制與致病過程之研究，推動技術與理論創新，並將成果應用於食品、藥品、醫學及農業等領域。感官醫學研究在多體學整合方面取得重要進展，包括基因體、轉錄體、蛋白質體、代謝體及表觀基因體等分析技術，並運用單細胞分析、幹細胞研究、基因編輯及癌症免疫治療等新興方法，於

組織發育、器官功能調控、致病機制解析、早期篩檢診斷技術與新藥開發等方面取得顯著成果。此外，細胞與環境交互作用，特別是微菌體與宿主器官之互動研究，為疾病成因與防治策略提供新見解。這些整合性研究方法雖推動學術突破，亦帶來資源分配與管理之挑戰。後疫情時代，學術活動逐步恢復，人工智慧與分子生物等技術持續推進科學發展，未來全球學術界需發展創新策略，以因應資源配置問題，推動科學研究邁向更高層次。

（二）我國之發展現況、重點研究方向及未來發展趨勢

我國在生命科學與感官醫學領域持續進步，研究資源涵蓋基礎科學、臨床醫學與轉譯醫學等多面向。重點研究方向包括：多體學整合與創新技術應用，強化基因體、表觀基因體、轉錄體及蛋白質體分析，推動精準疾病診斷與治療；細胞與基因治療，加速幹細胞與基因編輯技術於眼科、皮膚科及癌症治療等領域之臨床轉譯；感官系統疾病機制研究，深入探討組織發育、功能調控與病理機制，包括微菌體與宿主之交互作用；疾病早期診斷與新藥開發，結合人工智慧與生物大數據進行風險預測與精準藥物研發；以及新興傳染病應對，建立快速反應系統，支援病毒監測、疫苗開發與抗病毒藥物研究。

未來，我國將以強化跨領域合作與資源整合為核心，推動生命科學研究之創新與應用，透過參與全球學術網絡，深化國際合作，提升研究成果之國際影響力。同時，加速轉譯應用與產學合作，促進研究成果轉化為臨床應用與市場產品，推動醫療技術商業化。發展人工智慧與大數據分析，運用 AI 技術提升多體學數據解析效率，實現精準醫療與個人化健康管理。並支持青年學者於人工智慧、基因編輯及感官醫學等前沿領域進行創新探索。面對氣候變遷、人口老化與新興疾病等全球健康挑戰，發展創新解決方案，提升國民健康並強化國際競爭力。透過上述策略之持續推動，我國將在生命科學與感官醫學領域維持領先地位，為全球醫學發展貢獻力量。

這些研究範疇廣泛，展現出臺灣眼科研究在分子機制釐清、再生醫學開發、以及尖端科技應用方面的多面向實力。整體而言，這批研究文件描繪了未來眼科治療將朝向精準化、再生化和智慧化發展的清晰路徑。

這些研究的共同特點是採用了多重複雜且高通量的實驗方法論，致力於建立高度仿生、具臨床轉譯潛力的模型與療法：

A. 多體學與尖端技術分析：研究人員利用質譜蛋白質體學，進行精細的分子機制探討。例如，應用極微量蛋白質體分析技術來描繪去神經化角膜的上皮層、基質層和內皮層的蛋白質

變化，以克服過往研究的侷限和誤判，並在國際頂級會議上發表。此外，也應用基因定序來探討瞼板腺功能障礙中的訊號通路，或近視病理中的炎症因子。

B. 再生醫學和幹細胞替代療法：研究致力於克服組織移植短缺問題。這包括成功建立人類誘導性多能幹細胞衍生之淚腺類器官模型，為乾眼症和乾燥症候群的藥物篩選奠定基礎。同時，針對角膜內皮功能不良，研究開發了類人類眼角膜內皮前驅細胞，並在誘導的兔角膜內皮失養模型中驗證了細胞與外泌體的修復效果。對於眼輪部幹細胞缺損的治療，研究則利用工研院專利之生體可調節式膠原蛋白膜作為生長骨架，以推進臨床轉譯。

C. 精準靶向藥物與載體系統：許多計畫集中於開發作用機制明確的療法，包括利用細胞外囊泡作為無細胞替代物和精準遞送平台，以降低細胞治療的免疫風險。例如，研究證實間質幹細胞 衍生的外泌體能有效降低藍光對視網膜色素上皮細胞的損傷。此外，還有研究開發了短肽，用於保護細胞免受氧化壓力與吞噬功能障礙的影響。

1. 眼科研究方向：春季型角膜結膜炎之小鼠動物模式-結膜、皮膚及腸道菌之角色；生體可調節式膠原蛋白膜作為眼輪部上皮細胞移植生長骨架：臨床前體外與動物試驗；間質幹細胞及其外泌體，對於黃斑部病變之角色與治療成效；探討 Anti-miR-328 治療乾眼症的分子機轉；以眼表層重建為目的之培養人類鼻腔黏膜表皮幹細胞之確效與體外分化之研究；從免疫角度探討自體免疫相關眼眶病造成眼窩炎症的作用機制；探索感染性角膜炎眼表與鼻道微生物關鍵菌叢之鏈結：整合角膜炎診斷與病況監控之深度學習系統於臨床場域應用、並且發展微生物探針晶片檢測葡萄球菌外毒素與眼鼻致病真菌；比較剩餘角膜前層組織於不同長期保存條件下的組織結構、蛋白體變化與組織工程應用潛力；通過基因調控進行代謝重編程以拯救前部缺血性視神經病變(rAION)大鼠模型中的視網膜神經節細胞(RGCs)；抑制 ROCK 活性以調控角膜內皮細胞中的未折疊蛋白反應；利用角膜內皮細胞與 Descemet 氏膜的交互作用以發展 Fuchs’ 角膜內皮失養症之創新治療；經鼻給予 4-辛基衣康酸在小鼠視神經壓傷模型及實驗性自體免疫腦脊髓炎模型的神經保護效果；衣康酸在高糖刺激下對視網膜細胞具保護效果其作用機轉之研究；深度探討「脂肪源間葉幹細胞」在治療「角膜神經發炎」上的潛能：聚焦內部轉制、優化生產和最佳療法；探討 BVES 破壞對角

膜神經退化的影響；透過基因體-轉錄組-代謝體-表現型整合分析模型達成基因性視網膜退化之早期偵測與藥物探索平台；以多體學方式探討角膜去神經化後免疫介導途徑與細胞間交互作用；以眼角膜內皮層為模式探討平面細胞極性建立之機制~運用 Lgr5+基因轉殖小鼠進行角膜內皮細胞譜系追踪和三維類器官形成分析；眼瞼板腺功能異常之神經免疫機轉研究:自分泌發炎激素與神經調節對於疾病免疫機轉所扮演之角色；隱匿性黃斑部失養症之基因治療動物試驗；研究褐藻醣膠治療黃斑部病變機制：聚焦探討黃斑部病變之眼睛前房水外泌體和 PM2.5 對視網膜色素上皮細胞上皮間質轉化的影響；巨胞飲作用在角膜內皮細胞生理學之重要性；視網膜神經節細胞退化與粒線體功能異常之關係：一個遺傳性視神經退化之模型研究；第五型脂肪酸結合蛋白與鈣結合蛋白 S100A9 在人類角膜表皮細胞的分子角色；利用實驗性小鼠模式探討 IL-36 細胞激素於乾眼症的角色及作用機轉並發展新抗發炎治療藥物等研究。

2. 耳鼻喉科研究方向：耳鼻喉科研究的未來正朝著高度個人化和再生醫學的方向發展，將尖端生物技術與人工智慧結合。關鍵研究領域集中在利用類器官系統探索複雜的生物學過程，例如繪製 WNT 訊號通路在發育過程中的層級調控作用圖譜，以及建構器官老化特徵模型以用於治療介入。在聲帶和喉部疾病領域，新型動物模型的開發推動了相關研究的進展，這些模型能夠精確測試聲帶注射藥物治療麻痺的療效和分子機制。同時，喉神經修復領域的研究則利用了幹細胞及其外泌體強大的再生訊號。在診斷和功能評估方面，該領域正在整合各種技術，以建立一個即時語音評分和人工智慧解讀系統，該系統能夠分析視覺識別（例如喉鏡檢查）和聲學特徵，從而客觀地評估語音品質。最後，耳科學即將迎來一場革命，利用先進的基因編輯技術，透過精準治療遺傳性聽力障礙，並輔以創新的診斷採樣方法，例如超音波微泡介導的內淋巴液採樣，對內耳環境進行高解析度的 microRNA 和蛋白質組學分析。

3. 皮膚科研究方向：過敏誘導毛囊再生：模型和機制；破譯 BIRC3 在黑色素瘤中的功能作用；雙特異性磷酸酶 23 於異位性皮膚炎致病機轉之角色；利用整合空間化的多組學結合宏基因組學探討化膿性汗腺炎及微生物基因體交互作用之機轉；IgE 在過敏與免疫性皮膚疾病之角色：分子與免疫機轉探討；探討失養型表皮分解性水疱症的皮膚發炎分子機轉

與治療；探討 DPP4 抑制劑導致類天疱瘡的生化機轉；IL-17 增強乾癬性關節炎的成骨細胞礦化和破骨細胞活化的分子機轉：來自病人誘導型多功能幹細胞衍生的成骨細胞和破骨細胞選擇性 WNT5A 過度表現基因轉殖鼠的病生理利基；脂肪發炎在皮膚輻射傷害的角色；透過關鍵訊號路徑解析放射治療引起掉髮後的組織修復；探討化膿性汗腺炎中介白素 17 在皮膚屏障異常及表皮細胞增生所扮演的角色；肥大細胞如何參與在非生理刺激下毛髮的再生；紫外線 B 照射強度對皮膚色素沉著的影響：發展次世代防曬策略；黑色素細胞癌的鐵依賴性死亡及 CD47 表現如何影響巨噬細胞吞吃而調節免疫治療效果的細胞及分子機轉；探討 IL-36 參與紫外線造成皮膚傷害的調控角色等研究。

4. 整形外科：整形外科研究的未來在於向精準再生醫學和先進免疫調節的根本性轉變，有望實現更優的功能和美學效果。週邊神經修復正從簡單的結構重建轉向生物驅動的方法，利用具有梯度生長因子的多趨化性神經膜，並藉助遠端神經電刺激來優化再生微環境和功能恢復。同時，脂肪來源幹細胞（ADSCs）正在改變複雜傷口和軟組織重建領域，它們在新的治療策略中發揮著核心作用：調節代謝以加速減少瘢痕的癒合，誘導治療性細胞類型，以及採用精密的雙層水凝膠微針敷料來控制釋放 ADSC 來源的外泌體和傷口分子。在移植和腫瘤學領域，先進的多組學分析對於破解複合組織同種異體移植中控制排斥和耐受的分子檢查點至關重要，而單核細胞癌症疫苗和 ADSC 在組織工程中的應用有望為創建血管化淋巴組織和增強抗腫瘤免疫力提供創新技術。

5. 乳房外科：在先進分子譜分析的驅動下，乳房外科研究的未來正迅速朝著高度個人化的風險評估、預測性診斷和新型免疫腫瘤療法的方向發展。一個主要的研究方向是利用液體活檢來探索循環癌細胞在動態監測接受新輔助化療的早期患者的抗藥性和預後方面的應用。同時，機轉研究正深入探討腫瘤免疫逃脫的根本驅動因素，例如研究丁酸等代謝產物在介導免疫逃脫中的作用。至關重要的是，基於表觀遺傳調控蛋白表現的複雜基因資訊平台的建立，將為準確預測藥物反應性和復發提供強有力的模型。此外，諸如單細胞定序等高解析度技術正被用於精細闡明 BRCA 突變攜帶者的致癌機制，並了解其失調的影響。最後，這種深入的機制理解正在揭示新的治療弱點，例如靶向子宮內膜粒線體蛋白和其他粒線體調節因子，以激活腫瘤的先天免疫反應。

（三）學術面、臨床面及應用面之價值

深入探討感官系統各組織和器官的正常發育、生理功能及其調控機制，是預防和治療感官疾病的基礎。全面分析各類感官疾病的病理機制，並將基礎研究成果有效轉化為臨床應用，是當前研究的核心目標。透過整合基礎研究、臨床醫學與轉譯醫學，我們將能加速發現創新的生物標記，大幅提升感官疾病的早期診斷能力。未來，結合多項前沿技術，包括致病基因的精準編輯、幹細胞與細胞治療、醫學工程、光電技術、生物信息學、人工智慧（AI）以及醫療大數據，將成為推動醫學突破與產業升級的關鍵力量。這些技術的跨領域融合不僅能顯著改善疾病的診斷和治療效果，也將引領臺灣生技產業邁向科技前沿，為全球健康事業作出積極貢獻。

（四）國內現有研究人力、設備及資源分配之狀況與需求

在多體學(Omics)、基因篩檢和蛋白質體學等先進技術快速發展的背景下，臺灣的生醫研究展現了高水準的科學家和創新技術應用能力。然而，新興學科對人力和資源提出了更高的要求，研究體系正面臨多重挑戰：

1. 人才與研究能量的困境
   (1) 基礎研究人才流失：儘管國內研究人才基礎廣泛，但近年來生醫領域碩、博士研究生數量減少，許多畢業生選擇進入待遇更優渥的生技產業，對基礎醫學研究造成衝擊。
   (2) 博士後短缺與醫師專注臨床：博士後研究人才的短缺削弱了實驗室的研究能量。同時，感官學門相關的年輕臨床醫師在完成訓練後，傾向專注於臨床服務或大數據分析，較少參與實驗室基礎研究，進一步加劇基礎研究能量的不足。
   (3) 跨領域能力受限：年輕研究員雖對新技術有興趣，但因訓練背景和資源分配限制，難以充分參與跨領域技術整合與深入探索。
   (4) 資源與設備的挑戰：設備更新與成本壓力：雖然主要研究機構擁有國際級儀器，但單細胞分析、多體學整合等新技術對設備精密度要求提高，導致設備更新與維護成本逐年增加。
   (5) 資源分配不均：研究資源多集中於熱門領域或大型計畫，對中小型團隊和高風險的初期探索性研究支持不足，限制了研究的多樣性。單一研究計畫的經費規模也難以全面支持最新、最貴的技術應用。
   (6) 合作與共享待加強：儘管積極倡導跨領域合作和資源共

享，但在執行層面仍需更有效的整合，避免資源重疊或分散。

為在全球競爭中保持優勢，臺灣必須實施以下策略：

(1) 強化人才培育與留任：透過提升薪酬待遇與職涯支持，吸引並留任優秀的年輕學者和博士後研究員，為基礎醫學注入活水。

(2) 擴大基礎研究資源：增加對創新性、高風險基礎研究的資金支持，保持研究方向的多樣性，為轉譯醫學提供更多潛在標的。

(3) 深化跨領域合作與資源整合：建立高效的平臺，促進不同學科背景的研究者深度合作，並推動設備共享，以降低重複投資並提高運行效率。

(4) 提升國際競爭力：為優秀學者提供更充裕的支持，促進高影響力成果產出，並加強國際合作，鞏固臺灣的科研地位。

綜上，在有限資源下，有效支持研究多樣性、培養具備創新能力的學術人才，是臺灣在下一階段全球科研競爭中保持領先的關鍵。

## 四、 我國發展感官系統醫學學門領域研究之 SWOT 分析

### （一）優勢（Strength）

臺灣在感官系統醫學領域具備多重競爭優勢，尤以臨床醫學表現突出。首先，健全的醫療系統，臺灣培養出高素質且經驗豐富的專業醫療團隊，這使得醫師能夠高效地整理與分析臨床資料。臺灣的醫療技術處於國際領先水平，結合龐大的健保資料庫，為研究人員提供了獨特的資源優勢，極大地加速了臨床研究的進展，並提升了研究成果的質量。其次，臺灣已將生醫產業列為國家重點發展領域，持續投入資源於細胞治療、疫苗開發、新藥研發及人工智慧(AI)醫療應用等高科技領域。這一政策支持帶動了產業的蓬勃發展，吸引大量優秀人才投入生醫相關學科，激發創新研究的動力，形成良性循環。

臺灣在臨床研究與醫藥生技應用上具備深厚的整合能力，能夠有效連結醫療產品的研發與產業化過程。結合國家政策支持與經費投入，臺灣有潛力成為國際生醫研究的領先國家。這種發展優勢不僅提升了臺灣在全球的科研影響力，也為新型醫療產品和技術的創造提供了重要推動力，使臺灣逐步成為全球生物醫學與產業創新的重要中心。

### （二）劣勢（Weakness）

新一代感官學門相關專科的年輕醫師在完成臨床訓練後，選擇專

注於臨床服務的比例顯著上升，導致投入醫學研究的人數銳減。即便部分醫師仍有研究意願，他們也傾向於運用醫療大數據或健保資料庫進行分析研究，而較少參與耗時耗力的實驗室基礎研究。這種模式的轉變，導致基礎研究的力量受到削弱，嚴重影響了從基礎到臨床轉譯研究的連續性。

隨著多體學、單細胞分析等新興研究方法的快速發展，研究對資源的需求日益增高。然而，由於研究計畫的經費預算限制，單一計畫難以負擔這些先進技術的高額成本，從而難以深入解決複雜的臨床轉譯問題，對需要跨學科合作的高資源研究構成重大障礙。與此同時，國內生醫領域的碩士和博士研究生人數持續減少，畢業生更傾向於進入薪酬較優渥的生技產業，導致學術界博士後研究人力資源短缺問題日益嚴峻。這不僅削弱了基礎研究的產出，也使得研究面向趨於狹窄，大幅減少了能夠支持臨床轉譯的潛在研究項目，對整體醫學研究發展造成不利影響。

這些問題反映出臺灣醫學研究在人才結構、資源分配與研究模式間存在嚴重失衡。為確保基礎研究與臨床應用之間的良性循環得以維持，未來亟需透過政策支持、資源擴大投入及跨領域協作來逐步改善現狀。

（三）機會（Opportunity）

臺灣擁有高水準的臨床醫療體系、健全的全民健保資料庫，以及完整的癌症資料庫。這些優質資源為臨床研究的深入與延續提供了強力支持。結合國內堅實的基礎醫學研究實力，我們得以培養出具有持久性與國際競爭力的臨床研究團隊，有助於推動後基因體時代的應用研究，實現基礎與臨床醫學的無縫銜接。

臺灣特有的疾病流行病學特徵為研究提供了獨特的切入點。透過建立國人常見疾病的基因生物資料庫與組織樣本庫，研究人員能夠深入探討與西方國家顯著不同的疾病特性，包括流行病學模式、病理機制及環境影響等。這為針對國人重要疾病展開基因體分析、環境因子調查及臨床治療策略優化等整合性多領域研究奠定了基礎，最終將全面提升對這些疾病的理解和有效應對能力。

透過積極與國際研究團隊合作，臺灣的研究成果得以與全球醫學進展接軌，促進研究方法與資源的共享，進一步拓展臺灣在感官醫學研究上的國際影響力。這種結合國內優勢與國際協作的模式，不僅有助於在疾病研究上取得突破，更能推動研發針對國人特性的精準醫療技術與創新療法，從而全面提升臺灣的醫學研究與健康照護水平。

（四）威脅（Threat）

新加坡與香港憑藉普遍的英語環境和巨額的資金投入，在生醫研

究國際化方面具備顯著優勢。他們不僅成功吸引大量國際生醫人才，還積極派遣醫師與研究人員出國進修，迅速掌握國際最新技術，並吸引國際學生與學者加入，鞏固其全球科研競爭力。此外，許多新興國家在過去十多年快速崛起。他們利用龐大的人口基數與臨床病例數據優勢，結合政府集中資源和巨額投資，迅速建立起具有國際影響力的研究基礎，在新藥、基因研究和疫苗等領域取得快速突破。這種規模化的研究投入和龐大臨床資料庫，對區域內其他國家的生醫發展構成明顯壓力。

相較之下，臺灣在生醫研究的國際化和產業合作方面相對欠缺主動性，尤其在吸引國際學者與學生加入本地研究團隊方面處於劣勢。同時，臺灣的研究資源和經費規模無法與上述競爭者相比，對於高潛力的研究領域缺乏足夠的支持，導致研究的能見度和國際影響力相對受限。

隨著生物醫學領域的國際競爭日益激烈，臺灣若無法迅速應對這些挑戰，將可能進一步削弱其在全球生醫研究領域的地位與影響力，並對感官醫學的未來發展產生負面影響。因此，臺灣亟需積極採取措施，包括：大幅增加資源投入、強化國際合作機制、提升科研成果的轉化效率，以及營造更具吸引力的研究環境，以應對區域內外的激烈競爭，確保臺灣在生醫研究中保有領先地位。

五、 學門未來發展之規劃重點、推動策略及預期效益

（一）短期

1. 眼科：持續發展視網膜科、角膜科、青光眼科、小兒暨斜弱視科、眼整形科、眼屈光科、眼神經科及葡萄膜炎科等研究。
2. 耳鼻喉科：持續推動頭頸癌、喉音聲生理、發聲吞嚥障礙、遺傳性聽力損失、電子耳、內耳生理、鼻粘膜及嗅覺相關病理及阻塞性睡眠呼吸中止症、再生醫學和細胞治療。
3. 皮膚科：持續研究常見皮膚病(如濕疹、青春痘、感染)、免疫性皮膚疾病(如乾癬)、皮膚外科(含腫瘤切除、植皮)、兒童皮膚病、毛髮及指甲疾病，以及發展中的醫學美容與雷射治療等。
4. 整形外科/乳房外科：持續推動重建、整形，以及乳癌的診斷與手術治療、良性乳房疾病的處理等研究。

（二）中期目標：

於多學科與多領域研究的趨勢與需求，中期目標著重於推動以下跨學科整合研究方向，旨在提升疾病診斷、治療及再生醫學的水平，促進基礎與臨床轉譯應用的無縫連結：

1. 癌症精準治療與重建（頭頸癌與乳癌）
   (1) 頭頸癌的基礎與轉譯：深化對頭頸癌病理機制的基礎研究，特別針對腫瘤異質性、抗藥性及轉移的關鍵機制，結

合臨床轉譯醫學，探索個性化治療策略。

(2) 頭頸癌手術與重建：結合頭頸癌外科與整形外科專業，發展創新的手術技術及術後組織重建方案，以實現功能與外觀的同步修復，提升患者生活品質。

(3) 乳癌診斷與術後重建:透過整形外科與乳房外科的合作，發展乳癌早期診斷技術，推廣微創手術，並優化術後乳房重建技術的效果與患者滿意度。

2. 組織修復與再生醫學

(1) 組織修復與再生研究:結合整形外科與皮膚科專業，專注於幹細胞技術在組織修復與再生中的應用，加速慢性傷口治療及組織工程技術的臨床轉化。

(2) 角膜醫學:專注於角膜傷口癒合、神經再生及內皮細胞損傷的修復機制，結合基因、分子與細胞生物學技術，開發促進角膜修復、內皮細胞移植及近視治療的新機轉與新方法。

3. 研究資源整合與成果轉化

(1) 跨領域資源整合應用：促進基礎醫學與臨床醫學的緊密結合，探索器官生理調控與疾病機轉，進一步發展疾病的預防與治療策略。

(2) 轉譯醫學與實證應用：將上述跨學科研究成果轉化為臨床應用，實現疾病診斷與治療的實證支持，並開發新型療法與醫療產品，以推動醫學研究的進階應用和產業化發展。

這些中期目標的實現，將有助於多領域間的深度融合，推動創新醫學研究，促進臨床應用的多樣化與精準化，進一步提升國內外醫學研究的競爭力與影響力。

（三）長期目標：

在中期目標實現的基礎上，臺灣皮膚科與相關醫學領域的長期目標，旨在深化跨學科整合，建立一個全球領先、可持續發展的醫療創新與研究生態系統。

1. 構建國際級跨學科研究樞紐

(1) 國際化中心建設：建立具備全球競爭力的跨學科整合研究中心，專注於頭頸癌、皮膚再生、乳癌、角膜修復等重點領域。該中心將作為國際合作的核心樞紐，吸引國內外頂尖學者與研究機構共同打造國際化的研究平台。

(2) 全面融合基礎與臨床：持續深化基礎與臨床醫學的相互促進作用，探討器官生理與病理調控的深層機制，實現從基礎研究到臨床應用的無縫轉譯，為新型診斷與治療技

術提供堅實的理論基礎。

2. 發展個性化精準醫療與產業化

(1) 精準醫療實現：將基因體學、蛋白質體學、單細胞技術與人工智慧（AI）進行深度結合，針對癌症、組織再生及免疫相關重大疾病，開發個性化診斷與精準醫療方案，顯著提升診療效率與患者治療效果。

(2) 創新療法產業化：促進基礎研究向臨床與產業的高效轉化，開發新型生物材料、基因療法、細胞療法及免疫調控療法，並支持這些創新技術的商業化應用，以提升臺灣生醫產品的國際市場競爭力。

3. 國際標準制定與人才培育

(1) 制定國際標準與共享：針對重點疾病領域(如頭頸癌、乳癌、皮膚再生等)，制定國際公認的診斷、治療及術後管理標準。同時，構建國際資源共享平台(包括基因數據庫、生物資料庫和臨床案例庫)，以支持全球範圍內的合作研究。

(2) 全球化醫療教育：構建跨學科的醫療教育體系，為醫師與研究人員提供多領域背景的培訓，提升其跨界合作與創新能力，並積極吸引國際優秀人才，打造一支具備全球視野的醫療科研隊伍。

4. 永續與公共健康升級

(1) 推動公共健康與預防：利用流行病學、基因體學與大數據分析，開發針對國人特有疾病特徵的公共健康策略與預防方法，實現重大疾病的早期篩查與全面防控，提升國民健康水準。

(2) 創建永續研究模式：優化研究經費的分配機制，確保資源的可持續供應，特別是支持創新性、高風險研究項目，提升研究成果的社會影響力，確保醫學研究的永續發展。

透過這些長期目標的推進，臺灣將在跨學科醫學研究、創新醫療技術開發及全球醫療市場中佔據領先地位，實現從區域性研究中心向國際醫療創新樞紐的轉變。

六、 114 年度學門推動成果

（一）總體性成果：

1. 學術成就（科技基礎研究）

(1) 醫療財團法人徐元智先生醫藥基金會亞東紀念醫院何威廷主治醫師團隊(計畫編號 113-2314-B-418-002)研究抑制 ROCK 活性以調控角膜內皮細胞中的未折疊蛋白反應角膜內皮細胞(Corneal Endothelial Cells, CECs)缺乏再生

能力的問題，並深入探索其細胞代謝和營養攝取機制，以及開發眼輪部幹細胞(Limbal Stem Cell Deficiency, LSCD)的治療支架。角膜內皮細胞功能、代謝與再生潛力 CEC 在維持角膜透明度方面至關重要，但其增殖能力有限，正嘗試透過多種方式誘導其再生或修復代謝調控與 ROCK 抑制劑。有研究發現，Rho 相關蛋白激酶(ROCK)抑制劑 Y27632 能夠增強牛角膜內皮細胞(BCECs)抵抗代謝壓力的能力。這項機制是透過促進氧化磷酸化來提升細胞的生物能容量空間(bioenergetic capacity)，從而維持三磷酸腺苷(ATP)的快速生成和離子恆定，並減少細胞凋亡。

(2) 長庚醫療財團法人眼科譚欣媛主治醫師團隊(計畫編號 113-2314-B-182A-041-MY3)，研究巨胞飲作用在角膜內皮細胞生理學之重要性，巨胞飲作用(Macropinocytosis)的病理學研究著重於探索 CECs 頂端表面的巨胞飲作用(micropinocytosis)現象。巨胞飲作用是指細胞主動攝取大量細胞外液體的過程。初步實驗設計是使用掃描式電子顯微鏡(SEM)觀察經 4%戊二醛(glutaraldehyde)固定的犧牲小鼠眼球，以保持組織完整性。透過高速掃描共軛焦顯微鏡，利用螢光標記的白蛋白(albumin-fluorescein)(白蛋白約佔房水蛋白質成分的 50%)、活體肌動蛋白染劑(live actin dye)和溶酶體追蹤劑(lysotracker)，來即時觀察角膜內皮細胞和角膜基質細胞(keratocytes)對細胞外液體和巨胞飲小體(macropinosome)的攝取與降解過程。這項研究認為，巨胞飲作用的過度刺激會導致細胞質被大型充滿液體的空泡取代，即巨泡式死亡(methuosis)，這可能與角膜內皮細胞的病理狀況有關。

(3) 國防醫學院皮膚科學科王偉銘教授團隊(計畫編號 112-2314-B-016-009-MY3)探討 DPP4 抑制劑導致類天疱瘡的生化機轉，此研究主要研究糖尿病藥物 DPP4 抑制劑(DPP4i)如何誘發非典型類天疱瘡(DBP)的分子機制。研究基於 DPP4i 可能透過免疫性途徑和非免疫性途徑兩條路徑，共同促進 DBP 的發生。研究發現，免疫性途徑 IL-6/S100A7 軸線啟動嗜中性球主導的發炎反應，DPP4i 通過影響角質細胞，誘發一條與典型類天疱瘡(BP)不同的發炎軸線，導致嗜中性球(而非典型的嗜伊紅性球)主導的病程。另 IL-6 顯著提升，DPP4i 處理可顯著提升角質細胞中的 IL-6 mRNA 與蛋白表現。在訊號傳導路徑上，

DPP4i 透過活化 p38 MAPK 與 NF-kB 訊號傳導來促進角質細胞釋放 IL-6，進而推動發炎反應。S100A7 參與 DPP4i 增強角質細胞中 S100A7 (psoriasin)的表現。放大循環 S100A7 蛋白分泌量與 IL-6 濃度呈正相關，支持這兩種因子形成一個正回饋路徑或放大循環。此 IL-6/S100A7 軸線啟動了非典型、嗜中性球主導的 DBP 病程。此外非免疫性途徑，基底膜結構穩定性受損，DPP4i 不僅影響免疫反應，也可能直接影響皮膚的結構完整性。

(4) 國立臺灣大學醫學院皮膚科廖怡華教授團隊(計畫編號 112-2314-B-002-076-MY3)利用整合空間化的多組學結合宏基因組學探討化膿性汗腺炎及微生物基因體交互作用之機轉。化膿性汗腺炎(HS)是一種慢性發炎性皮膚疾病，臨床上表現為結節、膿瘍及瘻管，主要發生在皮膚皺褶區。雖然 HS 的發生機轉尚不完全清楚，但研究證明患者存在皮膚微生物群相失調(cutaneous dysbiosis)。微生物可能透過分泌代謝物或調節宿主免疫反應，對疾病產生影響。本計畫的核心目標是透過結合多種高解析度技術，從二維空間角度來剖析 HS 皮膚組織的分子變化。最終期望能聯結到新的疾病預後生物標誌及治療標的，以增進對 HS 發病機制的了解。尖端多組學技術的整合應用，本研究策略的創新之處在於其對空間訊息的強調，這對於理解 HS 這種具備高度組織異質性的疾病至關重要。計畫主要使用以下核心技術，質譜影像 (Mass Spectrometry Imaging, MSI)，使用電噴灑輔助脫附游離質譜影像(DESI-MSI) 方法。該技術的優勢在於能直接分析新鮮冷凍(fresh-frozen) 的組織切片，並同步檢測樣本的代謝物，具有高敏感度和選擇性。多組學數據庫建立，透過 DESI-MSI 分析皮膚檢體，建立 HS 病灶的蛋白質體和代謝體數據庫。AI 與大數據挑戰： 廖醫師同時指出，因應 Big Data 的分析趨勢，研究經費需要大幅增加，暗示此類高通量、多組學研究對資源的強烈需求。本計畫透過創新的空間多組學方法，旨在從分子層級精準描繪 HS 的發病地圖，特別關注微生物代謝物和宿主之間的複雜交互作用。鑑定出的特定分子(例如蛋白質或代謝物)有望成為未來診斷 HS 嚴重度或預測治療反應的生物標誌，最終期望能優化 HS 的臨床診斷、預防和治療水平。

(5) 長庚醫療財團法人耳鼻喉科張凱評主治醫師團隊(計畫編號 111-2314-B-182A-078-MY3)運用多體學整合平台，

系統性鑑定臺灣 OSCC 特有的分子特徵，包括 copy number variations 及檳榔相關的基因體變異。透過單細胞定序技術，首次發現**黑素轉鐵蛋白(MFI2)**作為 OSCC 轉移的關鍵預後分子，並闡明其透過 EGF/FAK 訊息傳導調控癌細胞轉移侵犯的新機制。研究成果已發表於 Nature Communications 等國際頂尖期刊，並獲得專利及技術移轉，為臺灣特有的 OSCC 提供精準治療的分子基礎。

2. 技術創新成就（科技整合創新）

(1) 國立臺灣大學醫學院眼科胡芳蓉特聘教授團隊(計畫編號 113-2314-B-002-011)研究比較剩餘角膜前層組織於不同長期保存條件下的組織結構、蛋白體變化與組織工程應用潛力。研究提升角膜移植與保存技術，藉由探討角膜基質透鏡的長期保存，屈光手術(如 SMILE)產生的角膜基質透鏡(stromal lenticules)可用於組織工程。研究比較了在 100%甘油中於不同溫度下保存基質透鏡的效果。結果顯示，這項研究評估了人類角膜基質透鏡在 100%甘油中-800C 保存 6 個月後厚度增加最少，與室溫保存組相比有顯著差異。此外，使用客製化的水壓系統評估其生物力學反應，顯示來自同一供體的透鏡具有高度可比的彈性反應。

(2) 長庚醫療財團法人眼科陳宏吉教授團隊(計畫編號 111-2314-B-182A-067-MY3)研究經由調控角膜基質細胞外泌體微核糖核酸分佈促進角膜內皮癒合的轉譯，核心目標是開發無細胞替代物，來治療因角膜內皮細胞功能障礙導致的失明問題，以應對捐贈角膜不足的臨床挑戰。此研究證實了角膜組織間的旁分泌訊號(paracrine signaling)在促進再生中的關鍵作用，並將治療重點放在細胞衍生的外泌體上。在角膜基質外泌體的促增生作用，研究證實角膜基質角質細胞釋放的外泌體可促進體外培養的角膜內皮細胞增生。以外泌體具有生物活性的磷脂溶血磷脂酸處理，作用機轉是透過抑制蛋白，從而進入期並增殖，最終促進角膜內皮癒合。研究提出兩種具備高轉譯潛力的無細胞治療策略，均已在動物模型(兔角膜冷凍損傷模型)中驗證有效。透過外泌體直接角膜基質內注射及基因調控手段異位表現。這項研究提供了一個創新的、非細胞移植的治療方向，旨在解決角膜內皮功能障礙的治療困境。

(3) 國立陽明交通大學醫學系耳鼻喉學科戴世光教授團隊(計畫編號 111-2314-B-A49-061-MY3)，開創性地發現鐵凋亡可誘導細胞焦亡的交互調控機制，並證實此過程涉及 GSDME 去磷酸化及鈣離子調控的 PP2B 訊息路徑。臨床數據顯示鐵凋亡/焦亡與 T 細胞浸潤顯著相關，為頭頸癌免疫治療提供革新性的協同治療概念。此研究將鐵凋亡與免疫治療結合，建立新穎的抗腫瘤機制，預期為免疫檢查點抑制劑反應不佳的患者開闢新治療途徑，具重大國際學術與臨床轉譯價值。

3. 經濟效益（經濟產業促進）

(1) 長庚醫療財團法人眼科郭明澤主治醫師團隊(計畫編號 NSTC 112-2314-B-182A-019-MY3)探索感染性角膜炎眼表與鼻道微生物關鍵菌叢之鏈結：整合角膜炎診斷與病況監控之深度學習系統於臨床場域應用、並且發展微生物探針晶片檢測葡萄球菌外毒素與眼鼻致病真菌 AI 感染性角膜炎(IK)診斷平臺研究建構了一個整合式深度學習系統(Integrated deep learning system)，用於臨床場域中對疑似感染性角膜炎進行即時診斷和監控。此平臺整合了多個深度學習模型(如 DenseNet、ResNet、ResNeXt、SENet、EfficientNet)，用於多類別影像診斷（如細菌性角膜炎 、真菌性角膜炎 、綠膿桿菌角膜炎）。系統具有多模態特徵提取和多模型融合模組，以提高診斷性能。除了影像診斷，研究還開發了斑點雜交法(Dot Hybridization Assay, DHA)金黃色葡萄球菌(S. aureus)腸毒素基因，該方法已針對 111 個臨床分離株進行測試。對未來臨床及經濟模式發展均很有助益。

(2) 長庚醫療財團法人皮膚科鐘文宏教授團隊(計畫編號 111-2314-B-182A-113-MY3)，探討新型冠狀病毒疫苗引起之延遲型皮膚不良反應的免疫機轉之研究，及 NSTC 112-2326-B-182A-003-MY3 COVID-19 陳俊賓醫師團隊疫苗誘導之嚴重超敏反應的免疫致病機轉研究。COVID-19 疫苗引起的延遲型皮膚不良反應(DCARs)臨床與免疫概況：COVID-19 疫苗誘導的 DCARs(包括 MPE/DRESS、SJS/TEN 等)與多種細胞激素水平升高有關，包括 IL-4、IL-6、IL-8、IFN-、PARC (CCL18) 和 TARC (CCL17)。致病機轉核心：嚴重的延遲型皮膚不良反應(SCARs)顯示 JAK/STAT 信號通路高度活化。經單細胞定序分析，SJS/TEN 水皰細胞中克隆擴增的殺傷性 T 淋巴

細胞(CTLs)表現出高水平的細胞毒性蛋白(GNLY, GZMB)以及 JAK-STAT 相關成分(JAK1, JAK3, STAT1, STAT3)。基因易感性：在漢族群體中，HLA-B*13：01 等位基因與 COVID-19 疫苗引起的 DCARs 顯著相關。對於 Moderna 疫苗引起的 DCARs，HLA-B*51：01、HLA-B*13：01 和 HLA-C*14：02 的組合具有最強的關聯性。過敏原鑑定：淋巴細胞活化試驗(LAT)顯示，部分患者對疫苗賦形劑(例如 AZ 疫苗中的 Polysorbate 80，mRNA 疫苗中的 PEG 2000)或 Spike 蛋白有反應。這些研究對未來言中傳染病及疫苗的發展有很大的幫忙。

(3) 國立臺灣大學醫學院耳鼻喉科吳振吉教授團隊(計畫編號 113-2314-B-002-084-MY3)針對傳統不可吸收中耳通氣管常見的未脫落、耳膜穿孔及感染等併發症，本計畫採用具備安全性、生物相容性、可預測吸收期間及抗菌性的聚乳酸(PLA)開發新型可吸收式中耳通氣管。整合產學優勢(臺大團隊掌握耳科顯微手術技術與完整病理學及影像學評估平台，施吉生技具備可吸收性醫材研發能力)，已完成 PLA 成型模具設備開發、清潔處理與製程最佳化、滅菌確認試驗、ISO10993 生物相容性評估、力學與降解測試及抗菌塗層研發，並於天竺鼠模式透過耳鏡、聽力、影像、解剖學及組織學檢查進行短中長期生物相容性與吸收性全面驗證。此技術可解決傳統通氣管併發症、減少二次手術需求、提升醫療品質，全球每年植入量超過 1,000 萬例，具極大臨床需求、市場價值與國際競爭力。

4. 社會影響（社會福祉提升、環保安全）

(1) 中國醫藥大學中醫學系林慧茹教授團隊(計畫編號 111-2314-B-039-053-MY3) 細菌膜囊泡引發炎症小體和補體系統活化進而影響近視的進程，本研究利用 Brown Norway 大鼠模型進行近視誘導實驗，明確證實了 TGFb2 在近視惡化中的核心作用，並闡明了其分子連鎖反應。TGFb 會促進近視惡化，導致眼軸延長與負屈光度增加。TGFb1b2 b3 在三種亞型中， TGFb2 表現出最顯著的眼軸延長和負屈光度減加。這種近視惡化現象伴隨著 MMP2 的顯著增加和 collagen 表現的降低，這與鞏膜結構的重塑和鬆弛有關。訊號活化：近視眼的視網膜中，觀察到 Smad2 和 NF-kB 的活化增加。會顯著上調視網膜色素上皮 ARPE-19 細胞中補體成分 C3 和 C5 的表現。

本研究證實了靶向基因治療可作為減緩近視進展的新穎治療策略。CD55 過度表達的保護作用，透過腺相關病毒基因治療載體來過度表現。結果顯示，此方法可顯著抑制 引起的眼軸長度增加，研究探討在近視發展中的角色，發現 、補體和發炎小體(inflammasome)可能共同促進近視發展。會顯著上調鞏膜細胞中補體成分 C3 和 C5 的表現。可能透過抑制補體調節蛋白 CD55(Decay Accelerating Factor, DAF)並活化途徑，從而促進近視惡化。透過基因治療過度表達 可望成為治療近視的潛在策略。此研究確定了透過抑制或活化訊號，從而加劇補體活化和下游發炎小體啟動的分子致 病鏈，最終導致近視惡化。而過度表達則能有效中斷這個發炎鏈，為近視治療提供了一個有前景的基因治療靶點。

(2) 臺北醫學大學附屬醫院李宗儒主治醫師團隊(計畫編號 113-2314-B-038-041)，研究針對具有 BRAF V600E 突變的黑色素瘤，研究提出靶向 TGFBR2 的釹化(neddylation)是一種新穎策略，可抑制其轉移/免疫抑制能力，並提高對 BRAF 抑制劑的敏感性。釹化是一種轉譯後修飾，在多種癌症中呈現過度活化的現象，因此被視為重要的治療靶點。非典型 TGFBR2 釹化能夠穩定蛋白，進而促進 TGFb 信號的活化，推動癌症進展。參與釹化過程的蛋白上調的轉移性黑色素瘤預後較差。NEDD8 上調與骨髓源性抑制細胞的浸潤相關。內源性越高，癌細胞的遷移能力及放射抗性越強。透過增加 PD-L1 表現，進一步促進免疫抑制。這表明 NEDD8 可作為放射療效的生物標誌及免疫檢查點治療的潛在靶點。本研究深化了對 非典型釹化在黑色素瘤惡性進展中角色的理解。結果強烈建議：靶向 TGFBR2 釹化可能是一種新穎的策略，能夠對抗具 BRAF V600E 突變的黑色素瘤的轉移免疫抑制能力，並增強其對 BRAF 抑制劑的反應性。這為開發克服抗藥性、改善黑色素瘤治療效果的新一代抗癌策略提供了潛在方向。

(3) 國立臺灣大學醫學院外科官振翔主治醫師團隊(計畫編號 113-2314-B-002-095-MY3)，開發油酸(OA)預處理加速表皮再生的創新應用，OA 可上調粒線體氧化磷酸化和 PPAR 信號通路，增強角質形成細胞增殖分化、調節發炎反應，並活化半乳糖凝集素和 FGF 介導的細胞間通訊。結合體細胞與單細胞 RNA 測序技術，系統性解析 OA 的

代謝啟動效應，揭示半乳糖凝集素在傷口修復中扮演下游效應分子的角色。此技術可直接外用於傷口、顯著縮短表皮再生時間、減輕患者不適並降低醫療負擔，具良好臨床可行性、高度臨床轉譯潛力與顯著社會經濟效益，為傷口照護提供基於代謝調控的新穎治療策略。

5. 其他效益（科技政策管理及其他）

長庚醫療財團法人眼科康祐銓主治醫師(計畫編號 113-2314-B-182A-150-MY3)及高雄醫學大學附設中和紀念醫院眼科部劉沛綱主治醫師團隊(計畫編號 113-2314-B-037-012)研究，視網膜神經節細胞(RGCs)保護與遺傳性視神經病變 OPA1 突變與 ADOA 模型，體染色體顯性視神經萎縮(ADOA)是最常見的遺傳性視神經病變，由 OPA1 基因突變引起，該基因與粒線體結構和融合緊密相關。研究旨在建立患者特異性的基因敲入小鼠模型，以探討 OPA1 基因突變對 RGCs 和視覺功能的影響。雖然初步研究在小鼠中觀察到 RGC 損失，但由於表現度不完全和變異性，需要增加樣本數進行統計驗證。研究成功建立了第一個針對 OPA1 基因突變(p. V346D)的基因敲入小鼠模型。代謝重編程與神經保護 NA-AION 神經保護，研究利用腺相關病毒(AAV)載體，在 RGCs 中表達 LbNOX、mitoLbNOX，以增強 RGCs 對缺血性視神經病變(NA-AION)的抵抗力。4-辛基衣康酸(4-OI)的經鼻給藥：視神經壓傷(optic nerve crush)模型中對 RGCs 的神經保護作用。4-OI 具有親脂性(分子量)，適合經鼻遞送。在糖尿病動物模型中，4-OI 可透過活化 Nrf2 訊號通路來減輕高葡萄糖誘導的 ROS 產生、粒線體損傷和細胞凋亡。

（二）個別計畫代表性成果

1. 國立臺灣大學醫學院眼科王一中教授團隊(計畫編號 112-2314-B-002-070-MY3)，探討眼表面、皮膚及腸道微生物在春季型角膜結膜炎，發生及惡化中所扮演的角色，並利用致病細菌抗原建立 動物模型，以發展新的控制與預防療法。春季型角膜結膜炎是一種慢性的、過敏性的角結膜發炎症，常見於男性兒童及青少年，治療上具挑戰性，且可能導致角膜潰瘍、疤痕，嚴重影響視力。 過去研究已證明環境中的微生物暴露與過敏性疾病有極大關聯。微生物相分析： 研究團隊對患者的眼結膜表面樣本進行微生物相分析 ( 核醣體 基因測序 ) ， 發 現 Sphingomomas 、 Escherichia-Shigella 和 Acinetobacter 等菌屬的組成發生變化。這些受影響的菌屬與過敏性疾病有極大的相關性，特別是當患者合併有皮膚炎時。

動物模型進展：研究利用異位性皮膚炎模式老鼠 (Nc/Nga mouse) 觀察結膜的免疫反應。初步觀察顯示，在尚未以細菌抗原刺激的狀態下，老鼠的結膜僅有輕微發炎。接下來需要進一步給予其他菌相細菌的過敏原，以期產生的典型病理變化，從而建立可供後續研究的動物模式。

2. 國立陽明交通大學醫學系皮膚學科洪千惠教授團隊(計畫編號 111-2314-B-A49-065-MY3)，研究主題為「纖維化皮膚病中 IL-33 及多環芳香烴受器 AhR 的功能性互動及分子機轉」。核心研究成果 (纖維化與發炎調控)主要聚焦於芳香烴受體 AhR 在皮膚炎症和纖維化中的細胞特異性角色。AhR 在纖維母細胞中的作用，研究建立纖維母細胞特異性 AhR 缺失的 Collal- AhR 小鼠模型，以探討 AhR 對接觸性過敏反應 CHS 的調控。CHS 反應加劇： 實驗結果顯示，在 ITE 誘發的 CHS 反應中，小鼠出現更明顯的耳部腫脹與耳後淋巴結腫大。在纖維母細胞中的缺失會增強 extaxin-1 和平滑肌肌動蛋白的表現。此外，這類小鼠中也發現 Th2 和 Treg 免疫軸線被放大 (exaggerated)。洪醫師也發表了研究，指出在 Langerhans 細胞中敲低 AhR 可透過增加 IL-10 (而非 IDO-1 )，並可能透過自噬作用的調控，來減輕乾癬炎症。洪醫師提出了幾項觀察與建議「未來不使用 AI 的皮膚科醫師，將被使用 AI 的醫師取代」，提醒臨床團隊應加速 AI 的導入與教育。皮膚醫學已從傳統臨床表徵學擴展到系統免疫、代謝、神經與 整合的應用前線精準醫療。
3. 臺北榮民總醫院外科部曾令民教授團隊(計畫編號 111-2314-B-075-062-MY3)闡明葡萄糖缺乏誘導的代謝重新編程機制，發現 SLC1A5var 透過 ATF4 依賴性途徑上調可增強癌細胞死亡，而 PSAT1 和 BCAT2 表達變化顯著影響乳癌細胞遷移能力。這些代謝轉運蛋白與酵素可作為乳癌診斷或預後的生物標誌，並為開發專一性高、毒性低的代謝標靶療法提供理論基礎。此技術平台將代謝體學與分子機制研究結合，針對葡萄糖依賴性的 TNBC 細胞提供代謝脆弱點作為治療切入，為難治性 TNBC 提供創新的治療方向，具重要臨床轉譯價值。
4. 國立成功大學醫學系耳鼻喉科蕭振仁研究團隊(計畫編號 111-2314-B-006-073-MY3)針對晚期下咽癌器官保全治療的最大障礙，團隊首次系統性闡明熱休克反應路徑在放化療抗性中的關鍵角色。透過比較原發與復發檢體的轉錄體分析，發現第二型熱休克轉錄因子(HSF-2)與治療預後密切相關，並驗證多種 HSP 抑制劑(CPZ、17-AAG、Quercetin)能有效增強

放療敏感性，為克服放化療抗性提供明確的治療策略與藥物標靶。

七、 檢討與展望

為提升臺灣眼科研究的國際競爭力、診斷精準度和轉譯效率，未來可聚焦於以下三個面向：

（一）尖端科技應用與數據平台建構

1. 強化 AI 應用與數據平台：應積極引入高通量技術、人工智慧（AI）和先進成像技術。建議建立結構化的眼科影像與功能數據平台，結合 AI 分析與跨科合作，並主動加入國際數據共享計畫，以優化研究工作流程、提升研究品質與合作效率。
2. 科技與倫理並重：強調技術進步必須與倫理考量並行。應設立倫理審查機制，確保數據多樣性以避免偏見，並關注 AI 使用的倫理與社會影響，以確保其最終造福全人類。

（二）國際合作與學術能見度提升

1. 深化跨國合作機制：應主動與國際學術機構接洽，推動國際多中心臨床研究、共同發表與國際資料共享，藉由建立學術聯絡網，有效提升我國的學術能見度與影響力。
2. 制度性鼓勵參與國際會議：應制度性地鼓勵並提供充分資源給予博士後研究員、博士生和年輕醫師參與國際頂級學術研討會（如 ARVO、WGC），以開拓視野、深化專業知識，並建立國際能見度與學術人脈。

（三）轉譯科學人才培育：加強人才培育，特別是鼓勵年輕醫師將基礎研究熱情延續下去，以推動基礎研究成果向臨床應用的高效轉化，確保研究的連續性與實用性。