

出國報告（出國類別：進修）

正子磁共振造影系統與功能性核磁共振造影 臨床運用

服務機關：臺中榮民總醫院影像醫學部

姓名職稱：契約主治醫師陳家馨

派赴國家/地區：美國

出國期間：2024 年 06 月 17 日至 2025 年 02 月 14 日

報告日期：2025 年 3 月 13 日

摘 要

本報告整理了影像醫學部陳家馨醫師於北卡羅萊納大學教堂山分校生物醫學影像中心（BRIC）及其附屬醫院進修的心得與成果。本次進修的主要目的是學習正子磁振造影系統（PET/MRI）與功能性核磁共振造影（fMRI）技術，並探討這些技術在神經系統疾病中的臨床應用。此外，亦參與了腦部高強度聚焦超音波（HIFU）治療的臨床觀摩，進一步了解這些新興技術在臨床與研究上的潛力與挑戰。

正子磁振造影同步系統結合了正子造影與磁振造影的診斷資訊，不僅能有效減少檢查過程中的輻射劑量，還能提供代謝性資訊及精確的解剖結構影像。在腫瘤評估及神經性疾病（如癲癇與阿茲海默症）的診斷中，PET/MRI 具備極高的應用價值。透過這項技術，醫師能夠更準確地定位病灶區域、了解疾病的進展，從而提高診斷與治療的準確性。

功能性核磁共振造影技術則可監測並分析腦部各區域的活動，幫助我們深入了解不同腦區之間的功能性連結。這項技術在神經系統疾病，特別是在自閉症與阿茲海默症等疾病的診斷及預後上，提供了寶貴的資訊，協助醫師作出更準確的診斷並洞察疾病對腦部的影響。

本報告將詳細介紹進修期間的學習過程與心得體會，並探討未來這些技術在臨床應用上的發展前景。

關鍵字： 正子磁振造影系統、功能性核磁共振造影、高強度聚焦超音波

目 次

一、 目的.....	3
二、 過程.....	5
三、 心得.....	9
四、 建議事項.....	11
五、 附錄.....	14

一、目的

本次出國進修的主要目的是前往北卡羅萊納大學（University of North Carolina, UNC）附設醫院以及生物醫學影像中心（Biomedical Research Imaging Center, BRIC），深入了解目前正子磁共振造影系統（PET/MRI）與功能性核磁共振造影（functional MRI, fMRI）技術的臨床應用以及其在國際上最新的技術發展與應用趨勢。

PET/MRI 是一種結合正子斷層掃描（Positron Emission Tomography, PET）與核磁共振造影（Magnetic Resonance Imaging, MRI）技術的綜合性影像診斷工具。這項技術結合了 PET 在分子層面提供的代謝與功能性資訊，與 MRI 在結構層面提供的高解析度影像，實現了精確的影像診斷，尤其適用於需要多維度評估的臨床問題。

PET/MRI 檢查的優點：

1. 功能與結構結合：PET/MRI 能同時提供腫瘤、神經系統、心血管等疾病的結構影像與代謝活動資訊。PET 技術利用放射性同位素來顯示細胞代謝過程，而 MRI 則提供詳細的解剖結構影像，兩者結合能更準確地診斷疾病。
2. 無輻射優勢：相較於傳統的 PET/CT，PET/MRI 不使用 X 光輻射，對患者尤其是孕婦、兒童及長期需要檢查的患者更為安全。
3. 早期診斷與預後評估：PET/MRI 能夠在疾病的早期階段發現病變，並能提供對腫瘤、心血管疾病、神經系統疾病等的精確診斷。PET 部分可用於代謝活動檢測，並能協助醫生瞭解病變的生物學特徵，從而實現更有效的預後評估和疾病監控。
4. 高解析度與多模態診斷：MRI 的高解析度影像能清晰顯示組織結構，與 PET 的代謝影像結合，能為複雜疾病（如腫瘤、心臟病、神經退行性疾病等）提供全面的診斷資訊，這使得 PET/MRI 成為一個強大的診斷工具。

PET/MRI 的發展潛力：

1. 腦部疾病的早期診斷與治療監測：能夠在神經退行性疾病（如阿茲海默症、帕金森氏症等）的早期階段進行檢測，結合代謝活性與結構變化，對於疾病的早期發現和進展追蹤具有極大潛力。
2. 腫瘤代謝與微環境分析：透過 PET 技術探測腫瘤的代謝特徵，並結合 MRI 提供的組織結構，未來可用於腫瘤的分期、微環境分析及治療反應評估，幫助開發針對性的治療方案。
3. 藥物開發與個體化治療：PET/MRI 可用於評估藥物的分佈、代謝及其對目標區域的影響，支持臨床藥物開發和個體化治療計劃。
4. 功能性神經影像學：利用 PET/MRI 同時結合功能性核磁共振造影（fMRI）與正子斷層掃描（PET），有助於研究大腦區域的功能與代謝之間的關聯，尤其對於腦部疾病的理解。

5. 腦部功能與結構的動態觀察：PET 與 MRI 的結合能夠對大腦在不同狀態下的功能與結構進行綜合觀察，為各種神經系統疾病（如癲癇、自閉症等）的研究提供更多訊息。
6. 老年病學研究：特別是對失智症的研究，PET/MRI 技術可以幫助識別與年齡相關的腦功能與結構變化，從而支持預防與治療策略的發展。

fMRI 檢查的優點

1. 高解析度的結構與功能結合：fMRI 能夠同時提供大腦結構與功能活動的高解析度影像，能更準確地定位大腦的活動區域。
2. 即時動態觀察大腦活動：fMRI 能夠即時測量大腦血流變化，反映大腦在不同疾病、任務或刺激下的活動情況。
3. 非侵入性：不需要導管或其他侵入性程序，減少對患者的身體損傷，提升診斷和治療的安全性。
4. 廣泛應用於神經學領域：fMRI 被廣泛應用於腦部疾病（如癲癇、自閉症、阿茲海默症等）的診斷、研究與治療效果評估。
5. 適用於多次檢查：因為不涉及侵入性操作或需要麻醉，fMRI 可以進行多次檢查，對長期病程追蹤與療效評估具有優勢。

fMRI 的發展潛力

1. 解析度的提升：隨著技術的進步，fMRI 的時間解析度和空間解析度將不斷提升，能更精確地捕捉大腦活動的細微變化。
2. 影像結合：與其他影像技術（如 PET、DTI 等）的結合，將進一步提供更全面的大腦功能與結構資料，對神經學研究有重要意義。
3. 神經可塑性與治療研究：fMRI 有望加深對大腦可塑性的了解，特別是在神經科學領域的創傷、退行性疾病、以及康復研究中的應用。
4. 精確的早期診斷與預後評估：fMRI 將有助於早期診斷各類神經系統疾病，如失智、精神疾病等，並對病程進行準確的預後評估，協助個人化的治療方案制定。

此次前往北卡羅萊納大學進修，主要基於以下幾點考量：

1. 卓越的學術與臨床環境：北卡羅萊納大學（UNC）及其附屬的生物醫學影像中心（BRIC），擁有卓越的影像技術研究與臨床應用。UNC 作為北卡羅萊納州的頂尖公立大學，不僅擁有先進的影像設備，還配備了高水準的研究團隊。此外，該校擁有區域內唯一的 PET/MRI 系統及先進的 7T MRI，為臨床與研究提供了極具優勢的資源。
2. 臨床經驗的豐富性：UNC 附屬醫院擁有多樣的臨床病例，能提供廣泛的臨床經驗，特別是在 PET/MRI 和 fMRI 等技術的應用方面。
3. 醫學與科技結合的創新發展：在醫院與 BRIC 的合作中，能深入了解影像技術在臨床診斷及研究中的應用，並探討未來技術發展的潛力與挑戰。

藉此次進修，我期望達成以下主要成果：

1. 掌握最新 PET/MRI 與 fMRI 技術
學習如何應用 PET/MRI 和 fMRI 技術進行精確的神經系統評估，包括腦部功能性連結分析、腫瘤代謝評估及神經退行性疾病的早期診斷。
2. 參與神經影像研究與論文發表
與 UNC 及 BRIC 的專家團隊合作，參與神經影像領域的研究項目，並計劃將研究成果發表於國際學術期刊，推動神經影像學的進步。
3. 將最新影像技術應用於臨床診斷
將所學的影像技術和診斷流程帶回本院，推動 PET/MRI 與 fMRI 在神經科學領域的應用，提升神經影像診斷精確度。
4. 提升國際學術聲譽
期望在國際神經影像學及醫學影像領域建立學術聲譽，為未來從事學術職位、博士後研究或專業發展奠定堅實基礎。
5. 與國際頂尖專家建立合作關係
與北卡羅萊納大學的神經影像專家建立長期的合作關係，拓展國際化的學術與臨床視野，並將這些經驗應用於未來的臨床與研究工作。

二、過程

(一) 臨床參與

在這八個月的進修期間，我有幸以訪問學者身份參與北卡羅萊納大學附設醫院的多項臨床活動。透過實地觀察與參與討論，我對神經放射學、功能性核磁共振造影和正子磁共振造影的應用有了更深入的理解。每週二早上，神經放射科的醫師們會定期舉辦神經放射的有趣個案討論會，討論內容涵蓋了典型的影像診斷、漏診/誤診案例、常見診斷陷阱、罕見疾病及併發症等。此外，由於 UNC 擁有大量的孩童病例和頭頸部腫瘤、顱骨病變病例，得以觀察到許多較為少見的罕見疾病與併發症的影像表現。這些討論讓我學習到不同的診斷思維及影像判讀方式。而在討論結束後，他們也會將當天討論過的部分案例挑選出來，作為日後住院醫師的教學案例。

每週三中午，我也定期參與孩童神經腫瘤聯合討論會。該討論會匯聚了來自不同科別的專科醫師，大家共同針對複雜的小兒腫瘤病例進行深入的診斷與治療規劃討論。特別是在面對腦部腫瘤的影像診斷時，討論的內容不僅涵蓋初步的診斷，還著重於後續治療過程中可能出現的併發症及影像變化。這部分的討論對我來說是較為陌生的領域，也是我目前臨床經驗中較為缺乏的部分。透過參與這樣的聯合討論會，得以更深入了解小兒神經腫瘤的診斷與治療流程，並學會如何辨識治療過程中可能出現的併發症及其影像學表現。

此外，也參與了神經放射科舉辦的各項晨間及午間教學活動。雖然這些教學活動主要針對住院醫師與臨床研究員，但其內容涵蓋了神經影像各部位疾病的系統性教學，讓我能夠回顧並深化自己過往所學的知識，進一步提升自己的診斷與影像判讀能力。

在治療方面，則是參訪了各種介入診斷與治療，從常見的腰椎穿刺到較為複雜的腦血管攝影診斷與動脈瘤治療。這些過程讓我深入了解了 UNC 在影像引導下進行的神經介入技術，並透過與神經放射介入醫師的討論，掌握了目前治療的最新趨勢（如中風取栓、血管栓塞）。

在這邊，雖然高強度聚焦超音波（High-Intensity Focused Ultrasound, HIFU）與低強度聚焦超音波（Low-Intensity Focused Ultrasound, LIFU）的操作由神經外科醫師負責，但神外醫師樂意答應我的參訪請求，使我有幸能夠親自參觀這些技術的實作過程，特別是高強度聚焦超音波在癲癇治療中的應用，以及低強度聚焦超音波在肺癌腦轉移臨床試驗中的使用。透過這樣的觀察經驗，我深刻了解到這些非侵入性治療技術如何與神經內科醫師合作，更有效地達成治療效果，並在治療過程中避免對正常神經功能造成損害。

高強度聚焦超音波（HIFU）是一種非侵入性的治療技術，通過精確的超音波波束將高能量集中於特定區域，產生局部加熱效應來治療病變部位。HIFU 在神經科學領域的應用，尤其在癲癇治療上，已經獲得了美國食品藥物管理局（FDA）的批准，成為一項突破性的治療方法。相較於傳統的外科手術，創傷更小，風險較低，並且患者的恢復時間相對較短。這使得 HIFU 成為了藥物治療無效的癲癇患者另一種重要的治療選項。

另一方面，低強度聚焦超音波（LIFU）儘管尚未獲得 FDA 的批准應用於腦部腫瘤的治療，但其潛力已經在臨床研究中顯現。LIFU 的主要作用是利用低強度超音波波束，促進藥物或治療物質穿過血腦屏障，從而提高治療效果，特別是在對抗腦部腫瘤或腦轉移癌症的研究中，LIFU 顯示出極大的發展潛力。儘管目前尚未獲得正式批准，但多項研究表明，LIFU 可以在未來成為腦部癌症治療中的一項有價值的輔助工具。

透過這次的觀察經驗，對 HIFU 和 LIFU 的臨床應用有了更深入的理解。這些技術為許多患者帶來了新的治療希望，並且隨著技術的發展，未來有望在更多神經系統疾病的治療中發揮重要作用。對於藥物治療和傳統手術的補充，這些非侵入性技術無疑將成為現代醫療的一大進步。

（二）正子磁共振造影系統（PET/MRI）參訪

在觀察正子磁共振造影系統（PET/MRI）技術的應用過程中，我有機會參與幾個臨床檢查與研究檢查，包括針對門診癲癇病人的診斷性檢查以及針對更年期過渡期

的臨床研究。PET/MRI 結合了正子斷層造影 (PET) 與磁振造影 (MRI) 兩種技術，能夠在同一次掃描中提供結構與功能的綜合影像。PET 提供體內的生理過程和代謝活動的功能性影像，而 MRI 則提供高解析度的解剖結構影像，精確描繪身體內的器官與組織結構。透過這兩種技術的結合，PET/MRI 在診斷疾病時，尤其在神經系統疾病（如癲癇、阿茲海默症）與癌症（如前列腺癌）領域，展現出極大的價值，能有效提高診斷準確性與敏感性。

相較於傳統的正子電腦斷層掃描 (PET/CT)，PET/MRI 在解剖定位上具有顯著優勢。MRI 提供的軟組織影像更加清晰，使得病灶的位置能夠更精確地定位，這對於癲癇等疾病的診斷尤為重要。此外，MRI 不涉及輻射，與 CT 相比，PET/MRI 能夠有效減少患者的輻射暴露。

透過與技術人員的深入討論，我進一步了解了 PET/MRI 在臨床上的廣泛應用，包括在癲癇、阿茲海默症、前列腺癌及子宮內膜異位症的診斷與追蹤中的關鍵角色。相較於傳統的 PET/CT，PET/MRI 能提供更精確的解剖資訊，顯著提高影像的精度和敏感度，這使得病變部位的定位更加準確，對於診斷癲癇等神經系統疾病尤其有幫助。此外，PET/MRI 在檢測其他病灶如攝護腺和子宮等方面，也顯示出更高的敏感度，擴大了其在臨床診斷中的應用範圍。

此外，我也觀察到 PET/MRI 在其他領域的發展潛力。例如，在手術後腦部發炎變化的研究中，PET/MRI 有助於我們進一步了解手術對神經系統的影響。另一個應用範疇是研究更年期女性荷爾蒙（如雌激素）對大腦功能的影響，特別是更年期過渡期對情感低落及精神病症狀的影響研究中，PET/MRI 提供了關鍵的影像數據支持，對這些研究的深入了解具有重要意義。

(三) 生物醫學影像中心 (BRIC) 研究

除了醫院的臨床觀摩外，生物醫學影像中心 (BRIC) 的研究也是我此次進修的重要一環。BRIC 擁有北卡羅萊納州及鄰近地區唯一的正子磁振造影 (PET/MRI) 掃描儀，這使得 BRIC 在影像學研究領域中占有顯著的資源優勢。BRIC 由來自台灣的林偉立教授 (Weili Lin) 主持，他的團隊在醫學影像與人工智慧 (AI) 應用方面有著豐富的研究經驗。在這八個月的進修期間，我有幸加入了林教授的研究團隊，並參與了多項 AI 及功能性磁振造影 (fMRI) 相關的研究計畫。

在 AI 應用方面，我協助團隊進行了 AI 訓練工作，其中包括訓練 AI 進行胸部 X 光影像的自動判讀，並自動生成診斷報告。我的任務是進行 AI 生成的報告和影像之間的比對與評估，並針對不同的 AI 模型表現進行評分。此外，團隊也在積極開發 AI 技術，用於 CT 和 MRI 檢查的自動化審單設置 (protocoling)，藉由 AI 輔助設置，減少放射科醫師的負擔，同時降低人工操作中的潛在誤差。

除了 AI 技術的發展，功能性磁振造影 (fMRI) 的研究也是 BRIC 的重點之一。fMRI

讓研究者得以分析腦部不同區域的活動，進一步了解神經系統疾病以及腦部發展中對功能性連結的影響。林教授的團隊特別關注小腦在大腦發展與疾病中的角色，過去的研究已顯示，小腦除了參與運動控制外，還在多種高階認知功能中扮演重要角色，例如注意力、記憶及語言功能。許多研究指出，小腦與大腦的異常功能連結可能反映疾病的進展，或是身體針對神經損傷進行的代償機制，尤其在兒童發展及神經系統疾病中，小腦與大腦的協同作用至關重要。

經過討論後，林教授決定讓我負責分析阿茲海默症患者的腦部功能性連結變化。我們從阿茲海默症神經影像學計畫資料庫（Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative, ADNI）下載並預處理相關的 fMRI 資料，並利用不同的腦區分割圖譜（parcellation schemes）來解析每位病人的腦部功能區域，進一步獲取每個病人的功能性連結數據。取得這些數據後，我們控制了年齡、性別等與阿茲海默症發病高度相關的干擾因素，進行統計分析，探索隨著病程進展，腦部功能性連結的變化。我們希望通過這項研究，找出阿茲海默症患者在病程階段中的關鍵功能性連結變化，不僅有助於我們更好地理解疾病對腦部的影響，還能为臨床診斷和預後提供有力的數據支持。

在這段研究過程中，我學習了如何使用各種專業軟體進行 fMRI 數據的處理與分析，同時也有機會觀摩 fMRI 在臨床上的實際操作。我參加了在附屬醫院中進行的任務態功能性磁共振造影（task-fMRI）的臨床實施，透過參與檢查過程，讓我學習到 fMRI 技術在臨床應用中的細節與注意事項，例如如何根據病人的臨床需求設計適合的檢查計劃。這些經驗讓我對 fMRI 技術的臨床與研究應用有了更全面的理解。

此外，團隊的學術交流活動也非常充實，每週三早上固定舉行期刊討論會，團隊成員輪流分享與自己研究領域相關的最新論文，這讓我們能夠持續掌握最新的研究動態。每週三下午與週五早上則舉行研究進度報告會，每位成員向林教授報告近期的研究進展及遇到的挑戰，透過團隊討論的模式，成員們可以從不同角度提供建議，幫助彼此解決研究中的瓶頸。隔週四下午還有專門的小腦研究討論會，深入探討與小腦相關的最新研究進展。

除了這些固定的會議外，我還參加了各種研究發表會，這些發表會讓我們了解除了神經領域外，其他影像領域的最新研究進展。例如，討論如何使用超音波技術來偵測潛水者可能面臨的潛水病風險，以及超音波在感染治療中的應用。這些跨領域的交流讓我在專注於腦部影像與 AI 研究的同時，也能接觸到更多影像技術在其他醫療領域的發展，進一步擴展了我的視野與知識範疇。

此外，我也投稿了 UNC 舉辦的 Radiology Symposium，並計畫參加 2025 年的「人類腦成像組織年會」（OHBM, Organization for Human Brain Mapping），目前正在撰寫相關論文，並預計投稿一篇。除了這些，我還與團隊內其他成員合作進行其他研究

項目，探索更多有關影像技術與腦部疾病的應用與發展。這些經歷讓我能夠在更廣泛的研究領域中學習與成長，並為未來的研究工作奠定更堅實的基礎。

三、心得

(一) 正子磁共振造影系統

正子磁共振造影系統 (PET/MRI) 是一項結合正子攝影 (PET) 與磁共振造影 (MRI) 的先進影像技術，為臨床醫學帶來革命性的突破。PET 提供腫瘤及其他病變區域的代謝活動與生理過程影像，而 MRI 則提供高解析度的解剖結構影像。兩者結合後，能在同一次掃描中提供結構性與功能性資訊，顯著提升疾病診斷的準確度。對放射科而言，PET/MRI 不僅能減少傳統影像檢查所需的多次掃描，還能更準確地定位病灶，特別是在腦部、前列腺等部位的病變檢測中具有無可比擬的價值。與 PET/CT 相比，PET/MRI 具有顯著的優勢，尤其是在提供更高解析度的解剖影像及減少輻射劑量方面。

在觀摩過程中，我深入了解了 PET/MRI 在神經系統疾病中的應用。透過 PET 的代謝影像，能清楚觀察腦區代謝活動的異常，這對於診斷癲癇及阿茲海默症等神經系統疾病具有重要意義。PET 可以顯示哪些腦區的代謝活動異常，幫助精確定位病灶。而 MRI 則提供高解析度的解剖影像，讓醫師能夠清楚看到大腦結構的變化，進而有助於了解病變的範圍和嚴重性。兩者的結合，使得醫師在診斷癲癇發作區域或其他神經系統疾病的病灶時更加精確，並能制定出更合適的治療方案，進一步提升患者的治療效果。

此外，我也了解了 PET/MRI 在腫瘤診斷中的應用，特別是在前列腺癌的診斷與分期上。前列腺癌的診斷與治療策略往往依賴於精確的腫瘤定位和分期。PET/MRI 技術提供了代謝活動與結構影像的雙重資訊，幫助醫師更精確地評估腫瘤的範圍、侵犯的周圍組織及淋巴結的情況，從而提升診斷準確度及治療規劃的價值。

儘管 PET/MRI 在診斷中的優勢顯而易見，這項技術在全球的普及仍面臨一些挑戰。首先，PET/MRI 設備的高成本及其複雜的操作流程，使得許多醫療機構尚未能普遍應用此技術。以北卡羅萊納大學(UNC)為例，該地區的 PET/MRI 系統是北卡羅萊納州及鄰近其他州的唯一一台，若患者有需求，則需要從其他醫院轉介到 UNC 附設醫院進行檢查。操作人員需要經過專業訓練，且設備的維護與管理也需要相對高的技術支持，這些因素都成為普及的障礙。此外，許多國家和地區的保險給付政策在 PET/MRI 檢查的涵蓋上有很大的限制，使得一些患者無法受惠於這項技術。儘管如此，隨著技術的進步及研究的不斷發展，PET/MRI 的應用範圍將持續擴大，未來在神經系統疾病、腫瘤診斷及其他疾病的治療中，這項技術的潛力巨大，並有望成為臨床診斷和治療計劃的重要工具。

目前，台中榮總已引進 PET/MRI 系統，我期望將在北卡羅萊納大學所學到的經驗與知識帶回台灣，並推動 PET/MRI 技術在國內的應用。透過跨領域合作，促進 PET/MRI 在神經系統疾病與腫瘤診斷中的廣泛應用，進一步提升台灣的醫療品質。隨著科技的進步，我相信 PET/MRI 將成為未來醫療診斷和治療中的重要工具，為病患提供更精確、更高效的醫療服務。

(二) fMRI

功能性磁共振造影（fMRI）技術是我此次進修中的另一個重要學習領域。fMRI 能夠測量大腦不同區域之間的功能性連結變化，透過監測血氧濃度水平的變化來反映大腦的功能性活動。這種技術使我們能夠更深入地了解神經系統疾病的病理機制，並探索大腦在不同病情階段的變化。fMRI 技術的非侵入性特性，讓它成為一種強大的工具，能夠無需外科手術或其他侵入性程序的情況下，持續追蹤大腦功能的動態變化。這一點對於神經科學領域的研究者和臨床醫師來說是一次巨大的突破，尤其是在疾病的早期診斷和病程追蹤中，fMRI 無疑具有極高的價值。

在北卡羅萊納大學（UNC）的進修期間，研究團隊在 fMRI 技術的應用上深入探索了大腦不同區域在神經退行性疾病中的作用。他們的研究不僅關注於大腦皮層區域的變化，也開始積極探討小腦在神經功能中的角色。以往對小腦的研究大多集中於其在運動控制中的作用，但近來的研究顯示，小腦在認知功能中也扮演著至關重要的角色，尤其是在記憶、語言和注意力等高階認知功能方面。這一發現改變了我們對小腦的傳統認識，並讓研究者開始關注小腦在神經發展疾病中的潛在作用。例如，研究發現小腦功能異常可能與自閉症、注意力不足過動症（ADHD）等神經發展障礙的發病機制有關。UNC 的研究團隊正積極運用 fMRI 技術，探索這些領域，這不僅增進了我們對小腦的理解，也為未來的臨床研究開闢了新的視角。

此外，fMRI 技術在臨床上的應用潛力無窮，特別是在神經系統疾病的早期診斷、病程追蹤及治療效果評估方面。任務態 fMRI（task-fMRI）技術能夠幫助我們深入了解大腦不同區域在執行特定任務時的協同作用，從而揭示大腦功能的變化。這使得醫師能夠從功能性角度了解大腦病灶對患者的影響，並對治療做出精確的調整。同樣，fMRI 也能幫助醫師評估治療效果，追蹤病程進展，對於神經退行性疾病如阿茲海默症和帕金森病的早期診斷及療效評估具有重要意義。

隨著 fMRI 技術的發展，對大腦不同區域功能性連結的理解越來越深入，這為未來疾病的早期診斷、預後預測以及治療效果的評估提供了巨大的支持。fMRI 技術具有巨大的發展潛能，尤其是在神經發展障礙和認知功能障礙等領域。這些疾病的病理機制往往涉及大腦不同區域之間的功能異常，fMRI 技術能夠提供關鍵數據，幫助我們揭示這些異常的具體位置和範圍。而小腦在認知功能中的角色也成為研究中的一個重要方向，特別是它與其他大腦區域的功能性連結，這將對未來在這些疾病中

的診斷和治療起到重要作用。

除了技術本身，fMRI 的臨床應用還需要強大的數據處理能力和專業技術支持。在臨床實踐中，如何根據患者的臨床需求設計合適的檢查計劃，並確保影像數據的準確性，對實現 fMRI 技術的臨床價值至關重要。通過在 UNC 的學習，我對如何進行 fMRI 數據分析和解讀其臨床意義有了更深入的了解。這些技術的熟練運用將幫助我在未來的臨床和研究工作中，推動 fMRI 技術在神經科學領域的應用。

fMRI 技術讓我對神經系統疾病的診斷、研究和治療有了更深入的認識，特別是在阿茲海默症、癲癇等神經疾病的病理機制上提供了新的視角。我相信 fMRI 能夠在台灣的神經科學研究和臨床實踐中發揮更大作用，並為患者提供更精確、高效的診斷和治療方案。

四、建議事項

(一) 促進 PET/MRI 技術的臨床應用

目前，PET/MRI 技術在臨床醫療領域的應用已逐漸擴展，特別是在神經系統疾病和腫瘤診斷中，這項技術所提供的多層次影像數據大大提升了診斷的精確度。透過 PET，醫師能夠了解病灶區域的代謝活性，而 MRI 則提供了詳細的解剖結構影像，兩者的結合為診斷過程提供了全面且精確的信息。這樣的技術融合對於某些複雜病例的處理起到了至關重要的作用，尤其是在腫瘤分期、治療反應評估及神經疾病的早期診斷中，具有非常重要的應用價值。

然而，儘管 PET/MRI 技術的潛力巨大，但由於其高昂的成本、技術門檻以及臨床應用所需的專業技能，使得這項技術在全球範圍內的普及仍然有限。因此，我認為台灣的醫療機構應推廣 PET/MRI 技術的應用，並尋求更多的跨科部合作機會，進一步提升醫療服務的整體水準。隨著醫療技術不斷進步，將這項先進技術成功引入台灣的醫療體系將是未來發展的重要方向，但同時也需面臨一些挑戰，尤其是在專業人員的培訓和技術支持方面。

在台灣，大多數放射科醫師在住院醫師訓練期間並未接受核醫科的專業訓練，而核醫科的醫師雖然在核醫影像的解讀方面具有專業知識，但他們對 MRI 影像的判讀經驗相對較少。這樣的情況使得 PET 和 MRI 結合後的影像資料解讀變得更加複雜，增加了診斷的難度。尤其在神經系統疾病及腫瘤的診斷過程中，如何準確地解讀 PET/MRI 影像需要跨領域的知識和技能。因此，為了有效發揮 PET/MRI 技術的最大潛力，我們需要在放射科與核醫科之間建立更緊密的協作機制，進一步提升影像解讀的精度和診斷的準確性。

建立跨科部的合作機制對於提高 PET/MRI 技術的臨床應用至關重要。放射科醫師與核醫科醫師可以透過共同參與病例討論，對患者的影像進行評估，這樣不僅能

提升影像解讀的準確性，還能培養具備綜合影像診斷能力的醫療專才。這種跨科部合作模式應該不僅限於影像的解讀層面，還應擴展到治療方案的制定過程中。不同專業的醫師可以根據影像資料，為患者提供更有針對性和個人化的診療方案，從而提高患者的治療效果。

除了科部之間的合作，國際合作和專家交流同樣重要。台灣的醫療機構可以通過邀請國際專家來台進行專業技術的培訓，並學習國際最新的影像學研究成果。這樣的國際交流能夠幫助台灣醫療機構掌握先進的技術，並縮短與全球領先技術的差距。此外，透過參與國際學術會議，了解 PET/MRI 技術的最新發展趨勢，並將國際前沿的技術和理念引入臨床實踐。這樣的國際合作不僅能提升台灣的醫療水平，也能促進國際間的知識和技術共享，達到共同進步的目標。

另外，建立跨機構的合作有助於提升 PET/MRI 技術的應用效率。不同機構間共享病例數據、影像資料及診療經驗，能夠提升診斷精度和治療效果。這種合作不僅促進技術應用的標準化，還能加強醫學研究的協同效應，為未來的臨床創新提供支持。

總結來說，推廣 PET/MRI 技術並促進跨科部合作，將有助於提升台灣醫療界的診斷水平，並推動相關領域的研究發展。這項技術對於提高神經系統疾病、腫瘤等疑難病症的診斷精度具有重要意義。隨著專業人員的培訓、技術支持以及國際合作的逐步加強，PET/MRI 技術有望在台灣的醫療體系中發揮越來越大的作用，為患者提供更精確、更高效的診斷和治療方案。

(二) 發展 AI 輔助診斷技術，改善醫療照護品質

在 UNC 進修期間，我參與了 AI 輔助影像診斷的研究，專注於訓練 AI 進行胸部 X 光影像的判讀，並自動生成診斷報告。這項技術的應用能夠有效減輕放射科醫師的工作負擔，並顯著提升診斷效率與準確性。透過 AI 技術的輔助，醫師能夠更快速地分析影像資料，並進一步提高臨床診斷的精確度。AI 技術在醫學影像領域具有巨大的潛力，不僅能加速影像數據的處理，還能透過學習大量病患的影像數據，不斷改善診斷模型，進而提高診斷精度和及時性。

隨著 AI 技術的發展，台灣的醫療機構已經逐步將這項技術應用於影像診斷領域，並在一些領域取得了顯著成效。AI 技術能夠在短時間內處理大量影像資料，並提供輔助診斷，幫助醫師作出更精確的判斷。而醫療機構可以透過與學術界、研究機構及資訊公司合作，共同開發專業的 AI 診斷系統，這些系統可以針對不同類型的影像數據（如 CT、MRI 等）進行處理和診斷，從而加速診斷過程並減少誤診的可能性。

此外，為了確保 AI 技術在醫療領域的順利應用，台灣的醫療機構還應加強對專業人才的培訓，特別是在如何將 AI 系統與臨床工作有效整合的部分。這不僅包括 AI 技術的學習，還涉及如何將 AI 輔助診斷系統無縫地融入醫療流程中，讓醫療工作

者得以正確運用這些工具來改善病患的照護品質。

目前，我們醫院也在著手這方面的發展，並計畫逐步引進 AI 技術以輔助影像診斷。基於這些進展，我們可以與美國北卡羅萊納大學（UNC）進行經驗交流與合作，借鑒他們在 AI 輔助診斷領域的研究成果和實踐經驗。透過這樣的交流，我們可以在 AI 技術的應用和發展上取得更多突破，並有助於加速本地醫療機構的技術引進與應用。

(三) 加強 fMRI 數據分析技術，提升腦部疾病的診斷準確性

功能性磁共振造影（fMRI）技術在神經系統疾病的診斷和研究中，擁有重要的應用價值，尤其在癲癇、自閉症、注意力不足過動症（ADHD）和阿茲海默症等神經性疾病的診斷上扮演著關鍵角色。在此次進修期間，我深入學習了如何處理和分析 fMRI 數據，並探討與疾病進程相關的功能性連結變化。

然而，fMRI 的影像預處理需要大量的計算和各種影像處理系統。對於目前醫療機構來說，現有的計算資源和專業背景可能難以充分支持這些技術的應用。加之目前缺乏相關背景的醫療人員，這使得數據分析的準確性與效率有待提升。為了解決這些問題，建議台灣的醫療機構加強與學術機構的合作，促進臨床與學術之間的緊密結合，從而讓臨床和學術研究可以更有效地對接。

目前，我仍在整理阿茲海默症患者的 fMRI 數據並積極撰寫相關論文。儘管這階段的工作即將告一段落，但我建議繼續與 UNC 的研究單位保持密切合作。透過這樣的國際合作，我們不僅能夠進一步提升研究的效能與發展性，還能促進台灣醫學界與國際學術界的緊密聯繫。學校與醫院之間的合作關係將有助於我們共同推進腦部疾病的診斷與治療研究，並且能加速將研究成果應用於臨床實踐，提高診斷的準確性與治療的成效。希望未來這樣的合作能夠提供更準確且創新的技術支持，並為台灣在相關領域的發展作出更多貢獻。

(四) 鼓勵年輕醫師及相關專業人員參與相關訓練課程及學術研討會議

為了提升醫療機構的競爭力，應積極鼓勵年輕醫師及相關專業人員參與最新的訓練課程和學術研討會議。這些課程和會議能幫助醫療專業人員深入了解最新的臨床應用與研究趨勢，特別是與新興技術和治療方法相關的領域，如 PET/MRI、fMRI 等影像技術的應用。

透過參加這些國際學術活動，年輕醫師不僅能掌握最新的診斷和治療技術，還能了解全球醫學研究的最新動態，從而能夠迅速將這些新知識應用到臨床實踐中，提升疾病診斷與治療的準確性與效率。此外，這些學術交流也能幫助醫師們掌握目前臨床研究中的挑戰與機遇，為未來的臨床研究工作提供寶貴的參考。

此外，醫療機構應該加強與學術機構的合作，將最新的臨床技術與研究成果引進到日常診療中。這樣不僅能提升醫療機構的專業水準，也能促進年輕醫師在實踐中學以致用，並建立起持續學習與創新的氛圍。

五、 附錄

圖 1. 作者（左）與研究團隊內成員合影留念。



圖 2. 作者(左)與來自台灣的北卡羅萊納大學放射線部洪聖哲醫師合影。



圖 3. 於 UNC 舉辦的放射學研討會 (Radiology Symposium)

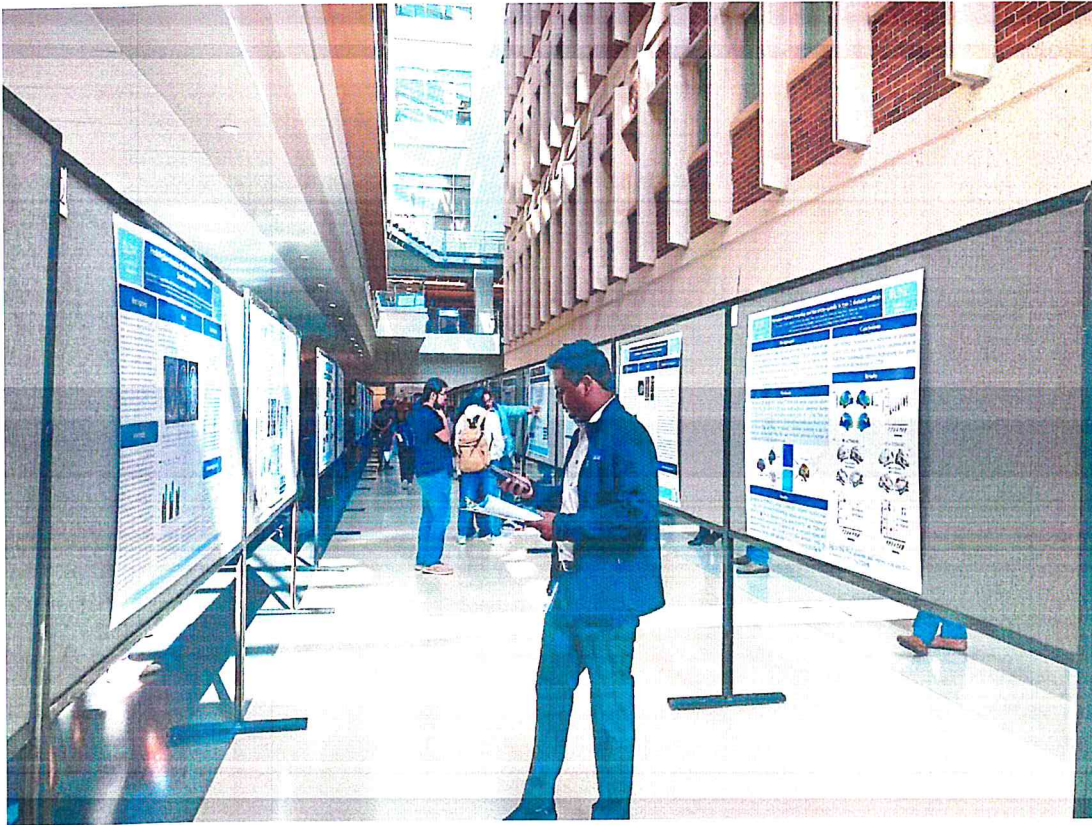


圖 4. 作者於放射學研討會 (Radiology Symposium) 中展示海報。

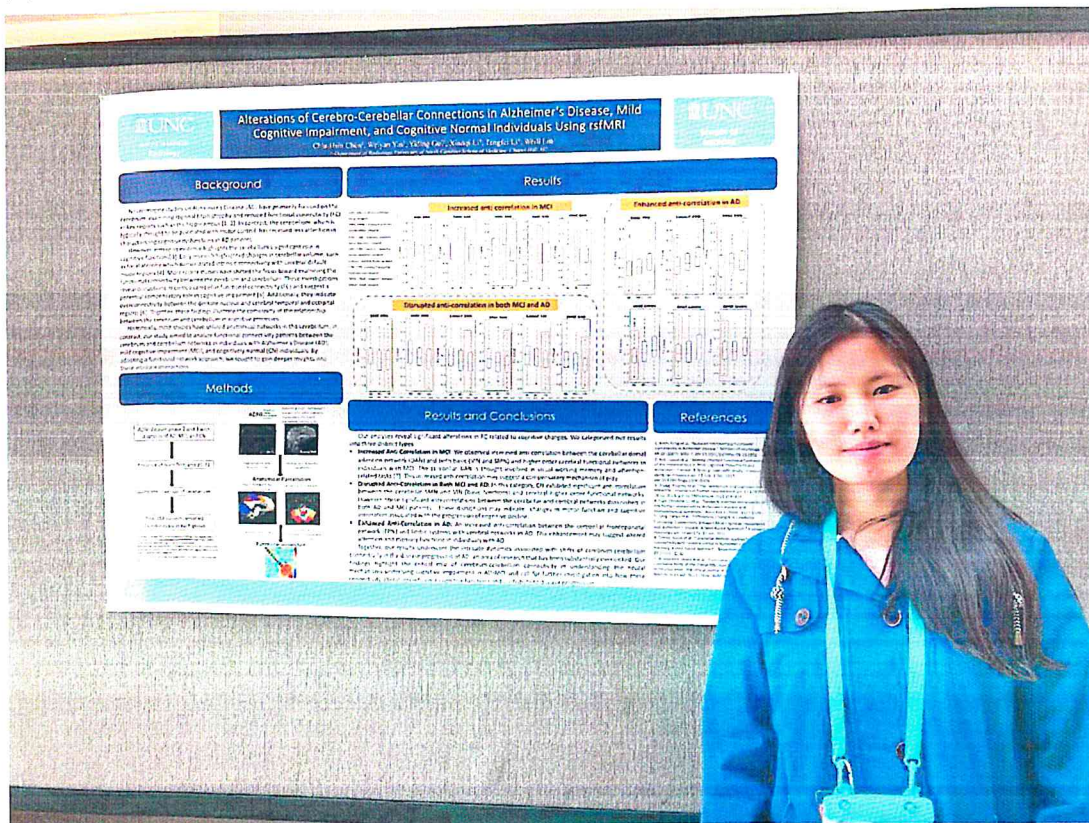


圖 5. 北卡羅萊納大學附設醫院



圖 6. 由北卡臺灣產學交流協會(NCTPASS)舉辦的學術研討會

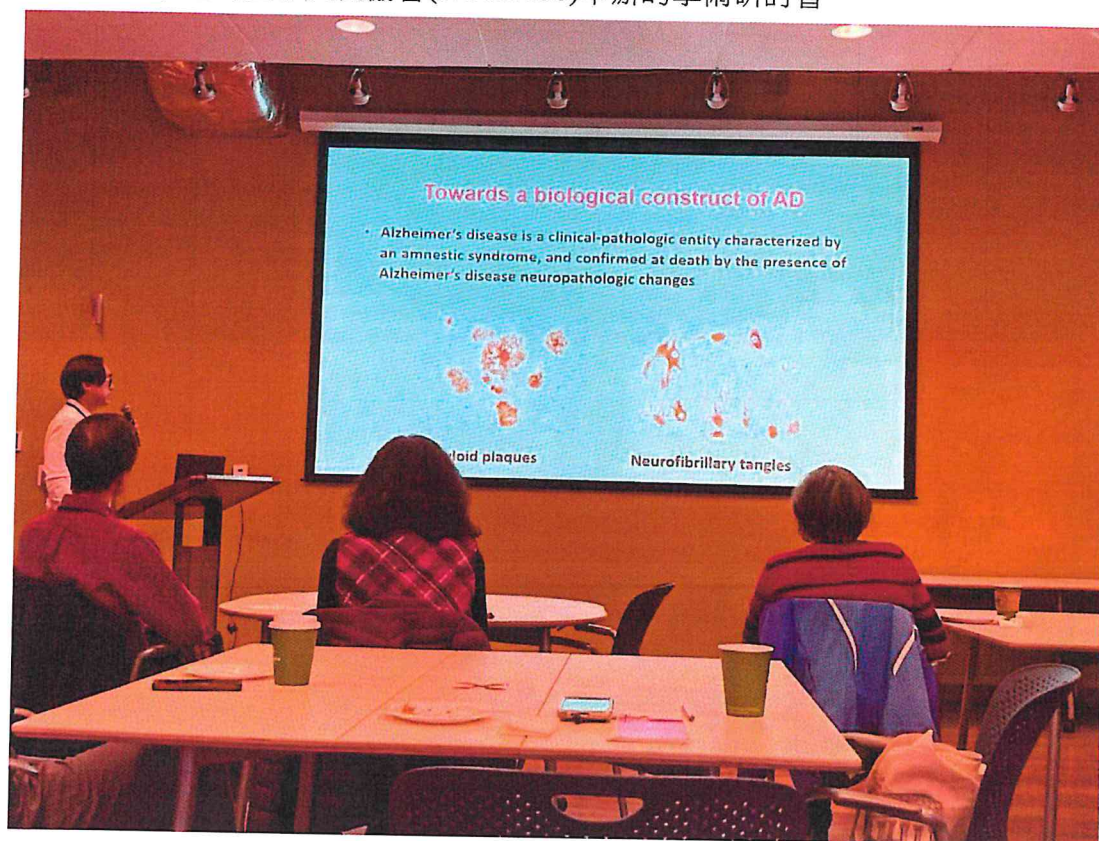


圖 7. 作者（右二）與來自各國的學生及訪問學者共同參與學校的 Speaking Group 活動。

