

出國報告(出國類別：[進修](#))

[紐西蘭奧克蘭大學生物工程研究所 進修回國報告](#)

服務機關：國防醫學院三軍總醫院

姓名職稱：[蔡遠明](#)、主治醫師

派赴國家/地區：[紐西蘭/奧克蘭大學](#)

出國期間：[114](#)年6月28日至[114](#)年8月7日

報告日期：[114](#)年8月15日

摘要

職申請至紐西蘭奧克蘭大學（University of Auckland）之奧克蘭生物工程研究所（Auckland Bioengineering Institute，ABI）進行短期訪問交流。在 Prof. Merryn Tawhai 教授的指導下，參與呼吸系統計算生理學相關研究，並與團隊探討將胸部電腦斷層影像（chest computed tomography，CT）、肺功能檢查及病理報告整合應用於肺部病灶預測與診斷的可行性，是否可提供之後手術精準切除範圍的可能性。藉由參與 ABI 的每週二學術研討會，進行專題簡報，聚焦在三軍總醫院的新穎導航支氣管鏡技術，並與多位研究人員進行跨領域的學術交流。本次訪問加深我對肺部功能模擬與生物醫學工程模型的理解，並激發結合臨床與工程的研究構想，未來可望共同研究或技術合作，提升肺部病灶診斷與手術策略的精準性。

關鍵詞：胸腔外科、導航支氣管鏡、生醫工程、肺功能模擬、國際學術交流、計算機生理學

摘要.....	2
目的.....	4
過程.....	4
心得與建議.....	8

目的

近年來，人工智慧（Artificial Intelligence，AI）與計算機模型（Computational model）的快速發展，提升了肺部病灶診斷與風險預測的精準度與可行性。奧克蘭生物工程研究所（Auckland Bioengineering Institute，ABI）為全球頂尖之跨領域研究機構，致力於透過數學與工程模型模擬人體的生理與病理功能，特別在肺部功能模擬與呼吸生理學研究方面具深厚基礎與國際聲望，並長期於歐洲呼吸學會等國際組織中發揮重要影響力。

三軍總醫院近年來購置導航支氣管鏡系統，應用於軍民肺部病灶的診斷與治療，逐步發展為臨床應用的重點技術之一。本次申請赴 ABI 訪問的主要目的如下：

1. 進一步了解肺部灌流與通氣模擬技術在臨床應用與基礎研究上的可行性與限制。
2. 探討如何整合臨床影像、肺功能檢查與病理資訊，建立預測肺部病灶良惡性的模型，並應用在導航支氣管鏡併胸腔鏡手術中的肺葉切除範圍評估。
3. 建立與 ABI 長期合作的基礎，推動跨國且跨領域之臨床-工程整合研究。

透過本次的實地訪問與學術交流，期望引進國際前瞻技術與研究方法，為肺部病灶之診斷與手術決策流程帶來新視角與創新方法，同時拓展更多臨床需求與工程技術結合的研究契機。

過程

奧克蘭生物工程研究所（Auckland Bioengineering Institute，ABI）隸屬於奧克蘭大學，是全球頂尖的跨領域研究機構之一。該所致力於發展應用工程技術與數學模型來模擬人體生理與病理機制，研究涵蓋心血管、神經、呼吸、肌肉骨骼等系統。ABI 長期投入於「數位雙生

（Digital Twin）」技術之研發，為該領域國際領先單位之一。數位雙生是指針對單一病人，以臨床資料為基礎，結合醫學影像、生理量測與物理建模所建立的個體化虛擬模擬系統，可即時模擬病人體內狀態變化，預測治療反應，為精準醫療的重要方向之一（圖 1）。



圖 1. 數位分身正在由左至右建構。來源：奧克蘭大學

在呼吸系統領域，ABI 的數位雙生研究以肺部多尺度模擬為核心，可將臨床取得的胸部電腦斷層影像（CT）、核磁共振（Magnetic Resonance Imaging，MRI）、肺功能測試（Pulmonary Function Test，PFT）、血氣資料等整合為患者專屬之功能性肺部模型，進行區域通氣灌流分布預測、手術模擬與風險評估。此技術特別適用於肺癌手術、慢性阻塞性肺病（Chronic Obstructive Pulmonary Disease，COPD）或肺動脈高壓（Pulmonary Arterial Hypertension，PAH）等需個別化評估的臨床情境，未來亦具潛力與 AI 演算法整合，發展為個體化診療的重要支援平台。

在為期約一個月的訪問期間，本人參與由 ABI 所長 Merryn Tawhai 教授領導的呼吸系統研究團隊，深入了解該團隊如何運用多尺度建模策略、結合臨床影像與生理資料，建立肺動脈高壓手術取栓模型。此模型可針對個別病人建立肺部通氣與灌流的高解析模擬結果，應用於臨床決策輔助，例如手術範圍規劃、術後功能預測與復發風險評估。這對我目前執行之導航支氣管鏡結合胸腔鏡肺部病灶切除策略提供了具體的應用藍圖。

本人亦應邀參加 ABI 每週二的學術研討會，並進行簡報，介紹我在三軍總醫院執行之「導航支氣管鏡定位 + 胸腔鏡切除」臨床流程與病灶判別策略（圖 2）。研討會後與來自工程、計算機模型建立及醫學物理背景的研究人員進行廣泛交流，獲得許多來自研究端的技術建議與合作可能，亦進一步探討如何以現有胸部 CT、肺功能數據與病理報告建立資料庫，對接 ABI 現有的模擬平台，進行模型驗證與區域性肺功能預測。透過與會專家進行深度學術討論，包括區域性肺灌流異常偵測、影像輔助肺功能評估、人工智慧在肺部結構辨識之應用。



圖 2. 蔡遠明醫師於 2025 年 7 月 22 日在紐西蘭奧克蘭大學生物工程研究所發表專題演講，題目為「新型導航支氣管鏡：通往診斷與治療之路」。

在實驗室會議中（圖 3），對於先進肺功能成像與模擬方法的介紹，提供我極大啟發。

Hyperpolarized Xenon-129 MRI 相較於傳統的 V/Q SPECT，具有更高解析度的氣體交換影像，但由於需專用氣體與設備，臨床推廣受限。相對地，近年發展的 PREFUL MRI 為非侵入性、無輻射的替代技術，尤其適用於兒童、對造影劑過敏或需反覆追蹤的病患，在慢性肺病與移植後功能監控中應用日益廣泛，克服了傳統 MRI 在肺部因氣體與組織介面磁化不均與低質子密度造成成像困難的問題，現已逐步導入肺部建模與疾病模擬之中，成為新世代的成像工具。

在肺部功能模擬方面，Lung Perfusion Simulation（肺灌流模擬）則結合了解剖結構、血流動力學與計算流體力學，可模擬重力影響下的灌流分佈、術後（如肺葉切除）與放射治療後的剩餘功能變化，並整合通氣數據進行 V/Q 比值分析。最後，針對模擬結果的進階視覺化處理。而 Polyscope 平台提供強大功能，可用於灌流方向視覺化、向量場呈現（如張量變形）、定量熱圖標示等，有助於精準手術規劃與功能保存評估，對我未來結合導航支氣管鏡與肺功能模擬的臨床研究極具應用潛力。

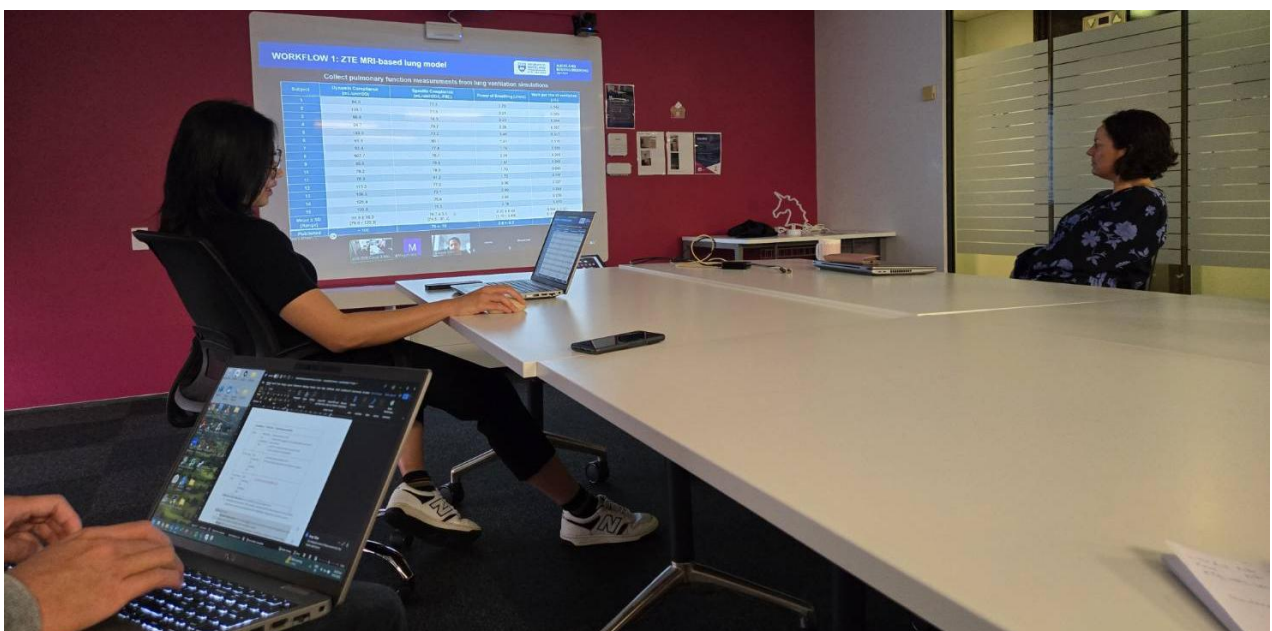


圖 3. 會議討論情景，與會成員正在檢視並討論肺部模型的工作流程與數據分析。

心得與建議

在本次赴紐西蘭奧克蘭生物工程研究所（ABI）短期訪問，不僅拓展了我對肺部功能模擬、數位雙生模型與肺部灌流模擬技術的理解，更讓我深刻體會臨床與工程結合的潛力與挑戰。透過與不同專業背景的研究人員密切交流，我重新思考臨床問題在計算機模型中的轉譯方式，也進一步了解導航支氣管鏡與肺部疾病評估技術的發展方向具有國際連結潛力。在訪問期間，也應 ABI 所長 Merryn Tawhai 教授邀請，協助完成數篇重量級文章的評審。ABI 在跨領域合作、研究倫理、資料共享與學生培育等方面的制度規劃亦值得借鏡。實驗室氛圍開放且鼓勵批判性思考，學生積極參與跨國合作計畫，同時參與國際會議報告，也讓我對未來跨單位研究型團隊的營運模式有更具體的想像（圖 4）。

建議未來有志於發展臨床創新與精準醫療的同仁，可考慮前往類似機構進行短期研究交流，不僅能引進前瞻技術，也可建立國際合作網絡，有效強化我國臨床研究與學術輸出之深度與廣度，且時間可以至 3 個月以上。我亦期待未來能持續與 ABI 團隊保持合作互動，進一步將臨床外科經驗與肺部功能模擬結合，共同推動個體化肺癌診療的國際研究與應用。預定於 114 年 8 月 15 日會議分享進修心得。



圖 4. 蔡遠明醫師（左二）與奧克蘭大學生物工程研究所的研究團隊合影，展現學術交流與合作的友好氛圍，中間為 ABI 所長 Merryn Tawhai 教授。