

出國報告（出國類別：進修）

奧地利維也納醫學大學附設醫院與
日本東京大學醫學部附設醫院
肺臟移植臨床進修返國報告

服務機關：國防醫學大學,三軍總醫院

姓名職稱：林冠勳主治醫師

派赴國家/地區：奧地利維也納、日本東京

出國期間：113 年 9 月 28 日 114 年 10 月 01 日

報告日期：114 年 10 月 01 日

目錄

目次	頁數
目的	3
摘要	3
肺臟移植學習的緣起	4
訓練單位簡介	5
過程	8
維也納胸腔外科訓練	8
東京胸腔外科訓練	10
離體肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）觀摩與實務心得	12
肺動脈高壓（PAH）病患肺移植經驗與心得	14
肺臟移植麻醉方式比較	16
活體肺臟移植	17
日本肺臟移植免疫治療	19
心得及建議	20
致謝	22

摘要

本次赴奧地利維也納醫學大學附設醫院（Allgemeines Krankenhaus der Medizinischen Universität Wien, AKH Vienna）與日本東京大學醫學部附設醫院呼吸器外科（Department of Thoracic Surgery, The University of Tokyo Hospital）之進修培訓，歷時十二個月，重點聚焦於肺臟移植臨床流程與跨專業照護模式。

於維也納階段觀摩約 50 例肺臟捐贈者手術，涵蓋腦死捐贈（Donation after Brain Death, DBD）與心跳停止後捐贈（Donation after Circulatory Death, DCD）個案，熟悉捐贈者評估、取肺（lung explant）流程與團隊分工，並觀摩體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）於邊緣肺（marginal lung）之應用與決策過程。植入階段（lung implant）以助手身份近距離觀摩肺門處理、肺動脈與肺靜脈吻合、氣管吻合等手術步驟，並於術後追蹤與併發症（感染、排斥、出血）討論中深化臨床判斷與照護邏輯。進修期間每日固定參與晨會（morning conference），這是維也納醫學大學胸腔外科極具特色的制度之一。會議由胸腔外科、麻醉科及加護病房（ICU）醫師共同參與，討論內容涵蓋當日手術計畫、病患術後狀況、呼吸與循環支持策略等。各科醫師間的互動十分緊密，討論中麻醉團隊會即時回饋術中心肺功能變化與血流動態，ICU 醫師則報告病患夜間監測數據與呼吸機設定。

於東京大學醫院階段，進修課程屬於 Advanced Clinical Training (ACT) Program，為日本厚生勞動省核准之外籍醫師臨床進修制度。期間每日參與晨會、加護病房（ICU）討論及每週肺臟移植多專業會議（包含醫師、護理、營養、藥事、復健團隊），實際觀摩約 25 例移植相關手術，其中包含 活體肺臟移植（Living-Donor Lung Transplantation）、小兒肺臟移植（Pediatric Lung Transplantation）、單肺移植（Single Lung Transplantation）以及心肺同時移植（Heart - Lung Transplantation）等特殊病例，並觀摩支氣管鏡於移植後氣道狹窄病例之氣球擴張治療。進修期間最令我印象深刻的是活體與小兒肺臟移植前的多專科討論會。在這些會議中，胸腔外科、麻醉科、小兒科、重症醫學科、放射科、移植協調師與護理團隊皆會共同參與，從受贈者與捐贈者的解剖結構、肺功能評估、心理支持到家庭照護能力逐一審查。特別是在活體移植案例中，教授們會逐步模擬血流與通氣匹配情境，以預測術中與術後的風險，展現出極高的臨床精準度與團隊協調性。透過 ACT 制度的參與，我深入了解日本肺臟移植醫療體系在 臨床決策流程、術後門診追蹤與跨科協作機制 上的嚴謹與高效率。

此次為期一年的進修完整涵蓋肺臟移植的捐贈、取肺、植入及術後照護四大核心面向，強化臨床技能、決策思維與教育視野，為三軍總醫院未來推動肺移植奠定堅實基礎。在此誠摯感謝國防醫學大學與三軍總醫院給予如此寶貴的機會，使我得以親身觀摩與學習國際先進之肺臟移植技術與照護模式。

關鍵詞：肺臟移植、Donation after Brain Death (DBD)、Donation after Circulatory Death (DCD)、Ex Vivo Lung Perfusion (EVLP)、Living-Donor Lung Transplantation、Pediatric Lung Transplantation、Single Lung Transplantation、Heart - Lung Transplantation、Advanced Clinical Training (ACT)、marginal lung、跨專業照護、術後管理、移植教育

肺臟移植學習的緣起

一、背景

肺臟移植為終末期肺部疾病患者的重要治療選項，能顯著改善病患的存活率與生活品質。然而，該領域牽涉複雜的手術技術、嚴謹的病人選擇、術後免疫抑制管理與跨團隊協作，是胸腔外科中技術與經驗最密集的次專科之一。近年來，國際間肺臟移植的成功率持續提升，除仰賴外科技術精進外，亦需整合麻醉、重症醫學、感染控制、影像診斷及復健等多面向之專業合作。相較之下，國內肺臟移植雖已逐步發展，但在手術量、臨床照護系統及教育訓練體系方面，仍有精進與國際接軌的空間。為促進我院胸腔外科團隊在肺移植臨床與教育之發展，赴國際領先中心進行系統性進修與交流。

二、目的

本次進修之主要目的，在於學習並實地觀摩國際先進醫學中心肺臟移植的完整流程，從捐贈者評估、取肺手術、植入技術、體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）應用，到術後照護與跨專業團隊合作模式。透過實地參與與觀察，期能引進成熟的臨床作業流程與醫療團隊管理經驗，提升我院在肺臟移植領域之臨床量能與教學品質。同時，藉由與歐、日移植中心的交流，強化臨床教育與研究合作基礎。

三、過程

本次進修分為兩階段進行。

第一階段於奧地利維也納醫學大學附設醫院（Allgemeines Krankenhaus der Medizinischen Universität Wien, AKH Vienna）進行。該院為歐洲跨國器官分配組織 Eurotransplant 成員之一，負責奧地利境內器官捐贈與分配協調。進修期間主要學習肺臟捐贈者評估、取肺（lung explant）手術與體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）技術，並實際參與捐贈與植入流程。透過與 Eurotransplant 體系下的臨床運作接軌，得以深入了解歐洲在器官分配、公平原則與跨國協作機制之執行方式，體驗其嚴謹且高效率的協調程序。

第二階段於日本東京大學醫學部附設醫院呼吸器外科（Department of Thoracic Surgery, The University of Tokyo Hospital）進行，屬於日本厚生勞動省核准之外籍醫師臨床進修制度 Advanced Clinical Training (ACT) Program。此階段除每日參與晨會、加護病房（ICU）討論及每週肺臟移植多專業會議外，並觀摩約 30 例移植相關手術，其中包含活體肺臟移植（Living-Donor Lung Transplantation）、小兒肺臟移植（Pediatric Lung Transplantation）、單肺移植（Single Lung Transplantation）及心肺同時移植（Heart - Lung Transplantation）等特殊病例。日本的肺臟移植制度由官方機構 Japan Organ Transplant Network (JOT)（日本器官移植網絡）統籌，負責全國性捐贈者資料登錄、受贈者配對與醫療中心協調，確保臟器分配之透明、公正與安全。透過在 ACT 制度下的臨床參與，進一步理解 JOT 的運作機制與日本跨專業醫療團隊的協作文化，並學習其重視患者追蹤與整合照護的特點。

訓練單位簡介

一、奧地利維也納醫學大學附設醫院(Allgemeines Krankenhaus der Medizinischen Universität Wien, AKH Vienna)

奧地利維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）為歐洲歷史最悠久且規模最大的醫學中心之一，隸屬於維也納醫學大學（Medical University of Vienna），同時為歐洲跨國器官分配組織 Eurotransplant 的核心成員醫院。該院擁有約 2,200 張病床與超過 9,000 名醫療專業人員，是奧地利國家級轉診與重症醫療中心，亦為歐洲胸腔外科與肺臟移植的重要訓練基地。其所屬的胸腔外科（Division of Thoracic Surgery, MedUni Wien / AKH Vienna）為奧地利全國胸腔疾病治療與學術研究的核心單位。專精於肺部、縱隔、胸壁及氣道相關疾病之外科治療，並致力於推動 微創胸腔鏡手術（VATS）、機器人手術（RATS）、肺部腫瘤外科、支氣管鏡介入技術及肺臟移植（Lung Transplantation）等臨床與研究發展。

胸腔外科以跨領域團隊合作為核心，結合重症醫學、麻醉、感染控制、影像診斷與呼吸復健等多專業資源，形成完整的肺移植照護體系。特別在體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion,

Transplants 2024

Organs transplanted (deceased donor), by transplant country

Organ type	A	B	D	H	HR	NL	SLO	Non-ET	Total
 Kidney	264	443	1462	221	141	649	41	2	3223
 Heart	59	85	350	56	40	79	26	3	698
 Lung	206	213	597	36	12	245	22	5	1336
 Liver	137	330	834	83	115	218	23	1	1741
 Pancreas	13	12	73	16	4	37			155
 Intestine		2	2		2	1			7
Total	679	1085	3318	412	314	1229	112	11	7160

Counting each individual organ (lung/kidney/split liver), multiple organ transplants are counted for each organ type

圖 1, Eurotransplant 2024 年度報告奧地利（A, Austria）、比利時（B, Belgium）、德國（D, Germany）、匈牙利（H, Hungary）、克羅埃西亞（HR, Croatia）、荷蘭（NL, Netherlands）及斯洛維尼亞（SLO, Slovenia）。

Transplants 2024

Organs transplanted (deceased donor), by transplant country

Organ type	A	B	D	H	HR	NL	SLO	Non-ET	Total
 Kidney	264	443	1462	221	141	649	41	2	3223
 Heart	59	85	350	56	40	79	26	3	698
 Lung	206	213	597	36	12	245	22	5	1336
 Liver	137	330	834	83	115	218	23	1	1741
 Pancreas	13	12	73	16	4	37			155
 Intestine		2	2		2	1			7
Total	679	1085	3318	412	314	1229	112	11	7160

Counting each individual organ (lung/kidney/split liver), multiple organ transplants are counted for each organ type

圖 2，維也納醫學大學附設醫院（Allgemeines Krankenhaus der Medizinischen Universität Wien, AKH Vienna）外觀。



二、日本東京大學醫學部附設醫院（The University of Tokyo Hospital）

日本東京大學醫學部附設醫院（The University of Tokyo Hospital, UTH）創立於 1858 年，為日本歷史最悠久、學術影響力最深遠的醫學機構之一，現為日本厚生勞動省認可之肺臟及心肺移植專責醫學中心。該院每年接收超過一百萬名門診病患與三萬餘名住院病人，是日本醫療研究、臨床教育與高階醫療訓練的核心中樞。其所屬的呼吸器外科／胸腔外科（Department of Thoracic Surgery / Respiratory Surgery）為醫院核心臨床部門之一，專長涵蓋肺癌手術、胸腔鏡微創技術、支氣管重建與肺臟移植等領域。（圖 3）由佐藤雅昭教授（Prof. Masaaki Sato）領導的移植團隊自 2014 年取得肺移植執行資格、2015 年正式啟動臨床手術以來，至 2025 年初已累積約 230 例肺臟移植，其中包含約 30 例活體肺移植（Living-Donor Lung Transplantation）及約 200 例腦死肺移植（Donation after Brain Death, DBD）。目前日本全國腦死肺移植等待名單中約有 127 名患者，顯示該院在日本國內之領導地位與高病例承載能量。捐贈者年齡原則介於 20 至 60 歲，受贈者原則年齡上限為 65 歲，充分體現嚴謹的倫理與安全管理機制。該團隊同時主導關東地區肺移植聯絡網（Kanto Lung Transplant Network）之運作，定期舉辦研究與教育交流會議（每年三次），與獨協醫科大學、千葉大學等多家醫療機構協作，共同推動移植臨床與教育研究。

東京大學醫院（圖 4）與日本器官移植網絡（Japan Organ Transplant Network, JOT）密切合作，負責全國性器官登錄、捐贈者評估、受贈者配對及術後追蹤等工作，確保移植流程之透明性與安全性。東京大學醫院設有 Advanced Clinical Training (ACT) Program，為日本厚生勞動省核准之外籍醫師臨床進修制度，旨在促進國際醫療教育交流與技術合作。進修醫師可參與每日晨會、加護病房（ICU）查房、手術觀摩及多專業會議，近距離體驗日本醫療團隊於臨床決策與整合照護上的嚴謹文化。透過該制度，可實際觀摩多種類型的移植手術，包括活體肺臟移植、小兒肺臟移植、單肺移植及心肺同時移植等高難度病例。特別是在活體肺移植、心肺同時移植與小兒肺移植術前的多專科討論會中，展現出團隊跨領域合作與倫理評估之嚴謹性，亦突顯東京大學在醫學教育與臨床倫理領域的高度成熟。

圖 3，東京大學醫學部附設醫院自 2015 年至 2025 年之肺臟移植手術數量統計（截至 2025 年 2 月 23 日）



圖 4，日本東京大學醫學部附設醫院（The University of Tokyo Hospital）外觀



維也納的胸腔外科團隊生活

維也納肺臟移植團隊觀摩與臨床體驗

在奧地利維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna），肺臟移植團隊由經驗豐富的主治醫師與研究醫師（surgical fellows）組成，並由胸腔外科主任與移植中心核心醫師共同領導。該團隊每年執行超過一百例肺臟移植手術，是歐洲最具代表性與規模的移植中心之一。除了臨床操作外，團隊亦積極投入研究，特別是在體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）技術的臨床應用與邊緣肺（marginal lung）再利用策略上，成為歐洲區的重要技術示範中心。

我主要的觀察與學習對象是團隊中的移植醫師，他們在團隊中扮演極為關鍵的角色：負責捐贈者器官摘取（lung explant）、移植植入（lung implant）手術的執行與協助；負責術後胸管與傷口管理；並且每日早晨參與與重症醫學團隊的 ICU round，討論術後肺移植與 ECMO 支援病患的臨床狀況。這樣的高強度臨床節奏，讓我深刻體會到歐洲移植中心的運作效率與團隊分工的嚴謹。

在維也納的訓練期間，我有多次機會隨同研究醫師外出執行捐贈者肺臟摘取任務。這些任務由歐洲跨國器官分配網絡（Eurotransplant）統籌安排，根據配對結果指派摘取團隊出勤。通常出勤團隊由一名主治醫師、一名 fellow、一名器官協調師（coordinator）以及臨床觀察員（Observer）組成。由於 AKH 每年接獲的器官通報數量龐大，取肺任務相當頻繁。我印象最深刻的一次，是隨團隊搭乘醫療專機前往鄰國執行捐贈者肺臟摘取任務。經過一連串高度協調的手術流程後，團隊順利完成取肺，並依標準程序完成冷灌流、包裝與器官保存。當所有人帶著珍貴的肺臟標本登上返程專機時，雖然已是清晨，但大家仍保持專注，細心確認器官保存溫度與運送紀錄。然而，飛機起飛不久後，機長突然廣播表示後貨艙門感測異常，疑似未完全密合，出於安全考量必須立即返航（圖 5）。當時整個機艙瞬間安靜下來，但團隊中的研究醫師們展現出極高的冷靜與專業，穩定掌握器官保存狀況，並立即與地面醫療協調單位聯繫。飛機在短時間內安全返抵原機場，經地勤人員確認與處理後再次起飛，最終仍順利將肺臟安全運回維也納，並於當天完成移植手術。這次意外雖然只是短暫的插曲，卻深刻體現了維也納移植團隊在突發情況下的冷靜應對與精密協作。每一位成員都明白，任何延誤都可能影響器官存活時間與受贈者生命，因此即便面對緊急狀況，整個團隊仍以最高效率完成任務。這段經歷讓我深切體會到，在移植醫學的每一刻，專業與穩定的團隊默契，往往與手術技術同樣關鍵。

在多次取肺過程中，我親眼見證團隊對於捐贈者病史與肺功能評估的嚴謹，並學習到如何根據術中觀察及觸感判斷肺臟狀態。此外，也曾參與觀摩體外肺灌流（EVLP）操作（圖 6），用以檢測與修復邊緣性捐贈肺（marginal lungs），確保可安全移植的肺臟達到最佳狀態。這樣的出勤經驗讓我深刻理解到，維也納的肺移植體系不僅是醫療技術的展現，更是一種以團隊精神為核心的精密協作模式。從手術操作、器官分配、跨國運輸到術後照護，每一環節都有標準化流程與嚴謹紀錄。這些制度化的管理與高效率的臨床節奏，是我在進修期間最深刻的體會之一，也成為我日後希望引進本院移植制度與教學設計的重要參考。

圖 5，維也納團隊執行跨國捐贈者肺臟摘取任務返程時之情景



圖 6，體外肺灌流系統（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）觀摩實況



東京大學醫院肺臟移植團隊觀摩與臨床體驗

結束維也納的階段後，我於 2025 年 4 月轉赴日本東京大學醫學部附設醫院(The University of Tokyo Hospital)呼吸器外科，展開為期六個月的肺臟移植進修與觀摩訓練。該院為日本肺移植的核心單位之一，自 2014 年取得執行資格以來，累積超過 230 例臨床個案，涵蓋腦死捐贈(DBD)、活體捐贈(Living Donor)、小兒(Pediatric)及心肺同時移植(Heart – Lung Transplantation)等多樣化病例。其臨床作業遵循日本器官移植網絡(Japan Organ Transplant Network, JOT)之嚴謹規範，並與麻醉科、體外循環團隊及加護病房團隊建立極高整合度。在東京大學醫院的學習重點，不僅是觀摩移植手術本身，更在於理解其完整而高標準的「團隊協作文化」。手術當天的流程極為有條理——從捐贈者器官抵達、麻醉誘導、中央型 ECMO 架設、到雙側肺臟植入與吻合，每一個步驟都由明確的分工完成。外科、麻醉科、體循師及護理師間幾乎無需多言即可完成銜接，整體節奏穩定而高效。在觀摩期間，我有機會近距離學習佐藤教授與其團隊的操作理念，日本團隊在兼顧安全與效率上的高超平衡。

另一項令我印象深刻的特色，是東京大學團隊在活體肺臟移植(Living-Donor Lung Transplantation)及小兒肺臟移植(Pediatric Lung Transplantation)上的成熟經驗。這類手術不僅在技術上極具挑戰性，更需多科室協調合作，例如捐贈者外科、麻醉、兒科與重症團隊的同步作業。我有幸觀摩了此類特殊手術，其中包含一例心肺同時移植(Heart – Lung Transplantation)，全程由兩組團隊分工進行。

術後照護部分，東京大學的移植病房與加護病房採雙軌制管理。每日晨間會議由外科醫師、移植協調師及麻醉加護團隊共同參與，詳細討論每位病患的呼吸數據、免疫抑制藥物濃度、感染指標與胸腔引流狀況。其規範程度令人印象深刻，也讓我更能體會日本醫療文化中「精準」「整合」與「責任分工」的精神。

在手術觀摩之餘，我亦參與了多場學術討論會與病例檢討會(case conference)。教授們鼓勵年輕醫師提出疑問與改進想法，並以影像學與實際術中照片為基礎逐步分析。這種強調教育與臨床並重的風氣，讓我深感啟發，也重新思考回國後在教學醫院中推動類似跨科整合訓練的可行性。

令我印象深刻的經驗，發生在日本黃金週(Golden Week)期間。當天團隊接獲日本器官移植網絡(JOT)通報後，我與教授搭乘早班新幹線前往捐贈醫院執行捐贈手術。手術順利完成後，團隊立即完成肺臟灌流與保存作業，準備返程運回東京大學醫院。然而，因連假交通壅塞，所有返程列車座位全數客滿，我與教授最終僅能購得「立席(站票)」，站在新幹線車廂連結處運送器官返東京(圖 7)。抵達東京後，移植協調師立即接手送往手術室，肺臟在時限內順利完成移植。這趟「站票之旅」讓我深刻體會到日本團隊在面對困難時的靈活與責任感，也再次印證移植醫療的核心精神——為了病人的生命，不論環境多艱難，任務都必須如期完成。整體而言，東京大學醫院的肺移植訓練讓我在手術思維、團隊管理與醫學教育三個層面都獲得巨大啟發。

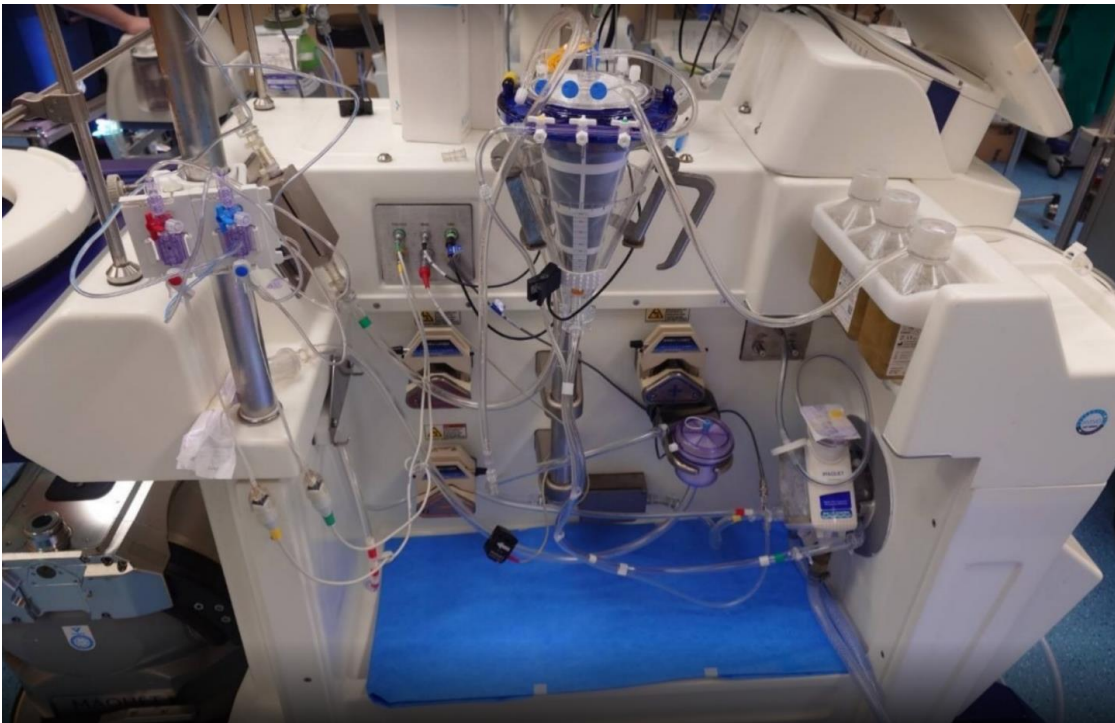
圖 7, 日本黃金週期間隨東京大學醫院團隊執行捐贈手術返程情景



離體肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）觀摩與實務心得

在維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）胸腔外科進修期間，我實際觀摩了三例離體肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）操作，深入了解該技術於歐洲肺臟移植臨床中的應用與決策流程。三例 EVLP 均於院內專屬灌流室進行(圖 8)，由外科醫師、灌流技師與麻醉團隊共同操作。每次灌流約持續四至六小時，流程包括器官連接、灌流液循環建立、機械通氣設定（ FiO_2 、PEEP、tidal volume），並定時監測血氣及肺動力學參數。醫療團隊透過即時分析氧合功能（ $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ratio）、肺血管阻力、灌流液乳酸變化與肺順應性等數據，判定肺臟是否具備移植條件。經過 4 至 6 小時的離體灌流後，三例肺臟的氣體交換功能皆顯著改善，各項指標穩定，最終均被評估為可用並成功植入受贈者體內。術後患者恢復情形良好，顯示該技術在提升捐贈肺利用率與臨床安全性方面的成效。在觀摩過程中，我深刻體會到 EVLP 不僅是一項技術操作，更是結合外科判斷、生理監測與跨專業協作的整合平台。AKH Vienna 的 EVLP 團隊運作精密：外科醫師負責肺臟連接與結構檢查，灌流技師監控壓力與流量，麻醉團隊持續追蹤血氣與氧合變化。每次操作結束後，團隊皆會即時召開回顧討論，整合數據與臨床觀察，做出器官最終判定。

圖 8, 專屬灌流室



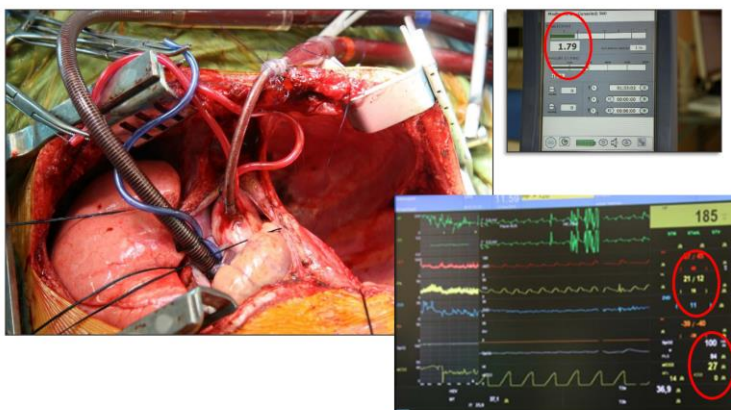
維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）中央型葉克膜（Central ECMO）臨床學習心得

在維也納醫學大學胸腔外科進修期間，我深刻體驗到該中心在肺臟移植手術中對中央型靜動脈葉克膜（Central VA ECMO）的成熟運用與精密管理。維也納團隊自 2013 年起，已將 ECMO 視為標準輔助系統，幾乎應用於所有雙側肺移植病例，以取代傳統的人工心肺（CPB），並於必要時延長至術後早期支援階段。手術中，A 管由升主動脈（ascending aorta）插入以確保腦與心臟灌注，V 管則自右心房（right atrium, RA）或上腔靜脈（SVC）引出，維持完整的體外循環與右心減負荷。整體流量控制於 $2.0 - 2.5 \text{ L/min/m}^2$ ，採單次低劑量肝素（2,000 - 4,000 IU），並使用塗層導管以降低凝血反應風險。ECMO 的價值不僅在於支持循環，更在於「保護性再灌注」。維也納團隊透過控制性再灌注（controlled reperfusion），在再灌注初期以低壓逐步開放肺動脈夾鉗（約 10 分鐘），確保灌注壓力平穩，避免移植肺水腫與「第一側肺症候群（first lung syndrome）」的發生。（圖 9）

根據維也納 2016 - 2018 年的前瞻性研究，採中央 ECMO 的雙側肺移植患者在術後 72 小時內出現嚴重原發性移植物功能障礙（PGD3）的比例僅 1.3%，並有 76% 患者可於術後三日內拔管，顯示該策略顯著降低再灌注損傷與肺水腫發生率。此外，對於高風險病患（如肺高壓或邊緣肺），團隊會延長 ECMO 支援至術後 48 - 72 小時，以待肺順應性與氧合改善，再行脫離體外循環。

圖 9, 維也納醫學大學肺臟移植手術中使用中央型葉克膜（Central VA ECMO）之實際操作畫面

Intraoperative VA ECMO



肺動脈高壓（PAH）病患肺移植經驗與心得

在東京大學醫學部附設醫院呼吸器外科（The University of Tokyo Hospital, Department of Thoracic Surgery）進修期間，我有機會觀摩多例肺動脈高壓（Pulmonary Arterial Hypertension, PAH）患者的雙肺移植手術。這類病患因長期右心負荷過重與肺血管阻力上升，術中與術後的血流動力學管理極具挑戰性。東京大學團隊對此類個案的處理策略，充分體現了其嚴謹與細膩的臨床文化，在該院團隊的臨床實務與近期發表的研究結果(Eur J Cardiothorac Surg, 2025)中，針對肺高壓病患的雙肺移植，多採取「延長中央型體外膜氧合（central VA-ECMO）」及「延後閉胸（delayed chest closure）」策略(圖 10,11)，以平衡術後的右心壓負荷與新植肺的灌流穩定性。此策略可在移植後初期提供穩定的血流與氧合支援，讓心肺逐步適應新的血流動態變化，並降低因急速脫離體外循環而導致的心衰與再灌流損傷風險。實際觀察中，團隊在移植完成後並不立即關閉胸腔，而是於 ECMO 支援下進行循環監測與肺順應性評估。當心臟尺寸恢復與肺動脈壓穩定下降後，才於數日後進行延後閉胸手術。整個過程中，麻醉團隊持續監控肺血管壓、心輸出量與動脈氧合，外科醫師則根據即時數據微調 ECMO 流量與容量負荷。此「漸進式脫離策略（stepwise ECMO weaning）」是東京大學團隊於高風險移植病患中成功率極高的關鍵。

研究結果顯示，該院 20 例接受此策略的 PAH 病患中，90 天與一年存活率皆達 100%，顯示其臨床可行性與安全性。雖然約半數患者在 ECMO 支援下出現輕至中度出血併發症（如血胸），但透過嚴謹的止血管理與術後監測，皆能妥善控制，無嚴重致命事件。

圖 10, 東京大學醫學部附設醫院於肺動脈高壓(PAH)病患肺移植後採用中央型葉克膜(Central VA ECMO)延長支持與延後閉胸策略（EJCTS, Dr. Kawashima, 2024）

Central ECMO for post-op cardiac weaning for PAH

EJCTS (Dr. Kawashima)

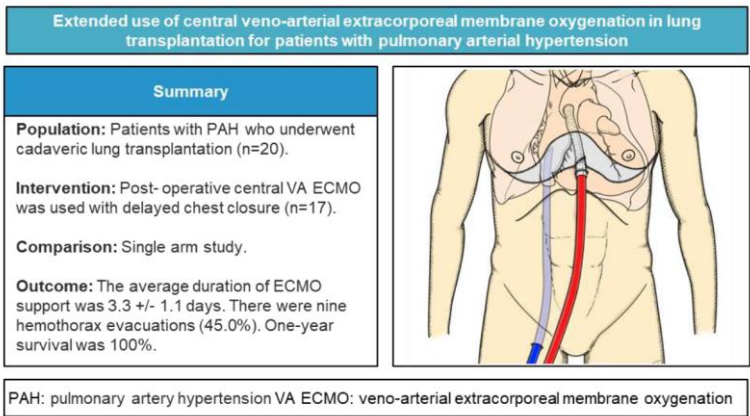
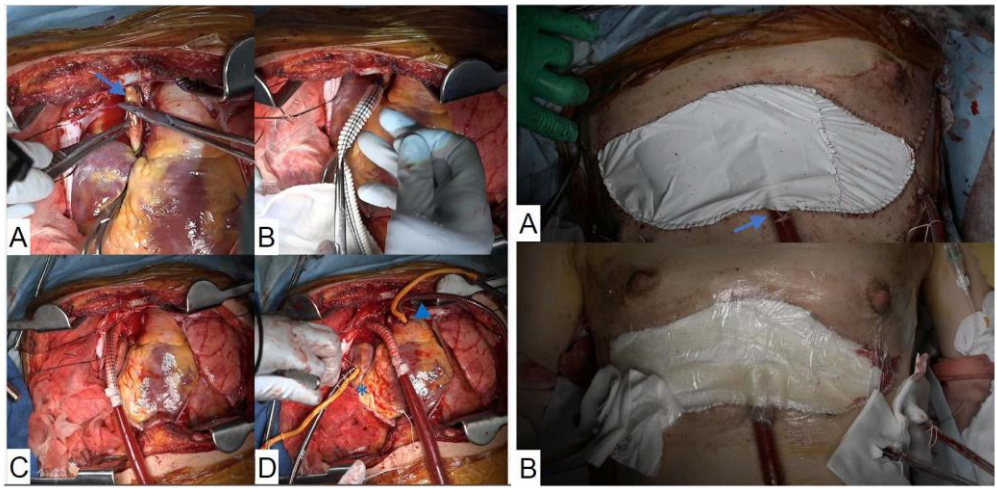


圖 11，東京大學醫院團隊於肺動脈高壓（PAH）患者肺臟移植中採用延後閉胸（Delayed Chest Closure, DCC）策略之術中步驟



肺臟移植麻醉方式比較

一、奧地利維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）之麻醉特色

AKH Vienna 為 歐洲跨國器官分配組織（Eurotransplant）的核心成員，麻醉團隊與胸腔外科及體外循環醫師密切合作，形成極高效率的移植作業流程。該院肺移植手術多採雙側前側側開胸（bilateral anterolateral thoracotomy）進入胸腔，兼顧良好的手術視野與術後胸廓穩定性。此切口相較傳統的「clamshell」方式，對胸骨完整性影響較小，並可降低術後疼痛與呼吸受限的風險，有助於患者早期呼吸功能恢復與活動。

葉克膜使用方式：

維也納團隊多採中央型葉克膜（Central ECMO），A 管自升主動脈（ascending aorta）插入，以確保腦部與心臟獲得充分氧合血流；V 管則多由右心房（right atrium, RA）插入，可有效維持靜脈回流穩定與操作便利。生理上更符合灌流需求。

生命徵象監測：

採用腦血氧監測、TEE 追蹤心收縮、動脈壓監測等多重監控。平均動脈壓維持於 50 – 80 mmHg，血紅素濃度約 10 g/dL（血容積 27%）。輸液以 5% 白蛋白（Albumin）為主，配合紅血球濃縮液（PRBC）及新鮮冷凍血漿（FFP）依失血情況補充。

氣體調控與一氧化氮使用：

若患者術前有肺高壓或右心功能不全，於麻醉誘導後即開始吸入一氧化氮（NO, 10 – 20 ppm），以降低肺血管阻力並改善右心負荷。

二、日本東京大學醫學部附設醫院（The University of Tokyo Hospital）之麻醉特色

東京大學醫院呼吸器外科自 2014 年獲得肺臟移植執行資格以來，已累積完成超過 230 例肺臟移植手術。該院肺移植手術多採用「clamshell」切口進入胸腔，可同時提供廣泛且對稱的手術視野，利於雙側肺臟的操作與移植。此切口雖需經過胸骨，但能確保良好的暴露範圍與操作空間，特別適用於複雜或雙肺移植手術。相較於其他入路方式，其術後胸廓穩定性良好，並能兼顧手術安全與效率。

葉克膜策略：

東京大學醫院亦多採中央型葉克膜（Central ECMO）為主要支持模式，A 管自升主動脈（ascending aorta）插入，以確保腦部與心臟獲得充分氧合血流；V 管則多由上腔靜脈（superior vena cava, SVC）及右心房（right atrium, RA）插入，以維持穩定的靜脈回流與充分的體外循環效率。在部分高風險個案或術前已使用周邊循環支援的患者中，則可能選擇周邊葉克膜（Peripheral VA ECMO）或人工心肺機（Cardiopulmonary Bypass, CPB）。

一氧化氮（NO）之使用：

根據東京大學醫院麻醉手冊，吸入劑量為 10 – 20 ppm。若患者術前已存在肺高壓，於麻醉誘導後即開始給予；其餘患者則於第一側肺移植完成並恢復通氣後開始使用，並於術後加護病房（ICU）中持續給予，以穩定肺血流與氣體交換，並於 12 – 24 小時內逐步減低劑量。

活體肺臟移植學習心得

於東京大學醫院呼吸器外科進修期間，最令我印象深刻的課題之一即為活體肺臟移植（Living-Donor Lobar Lung Transplantation, LDLT）。此手術模式源於日本嚴格的器官捐贈法規與長期的腦死器官短缺，因此東京大學團隊自 2015 年起積極發展此技術，已成為亞洲少數能穩定執行雙側活體肺移植的中心之一。與腦死肺移植（Cadaveric LTx）相比，活體肺移植在醫療、倫理與技術層面均具有顯著差異。首先，捐贈者（donor）多為直系血親或配偶，需同時具備身體健康、血型相容與肺容量符合等條件。每位捐贈者通常提供一側下葉（lower lobe），由兩位捐贈者分別提供右下葉與左下葉給受贈者。手術過程由三個團隊同步進行——兩組捐贈者手術與一組受贈者手術，以確保時間與缺血控制在最短範圍內。

我實際觀摩的病例中，捐贈者為受贈者的雙親。手術當日從清晨開始，兩位捐贈者幾乎同時進入手術室，胸腔外科三組成員合作完成肺葉切除與後續「Back-table」血管與支氣管處理；受贈者手術則在相鄰房間同步進行，整體節奏精準而安靜，體現了日本醫療團隊在跨科協作上的極高默契(圖 12)。

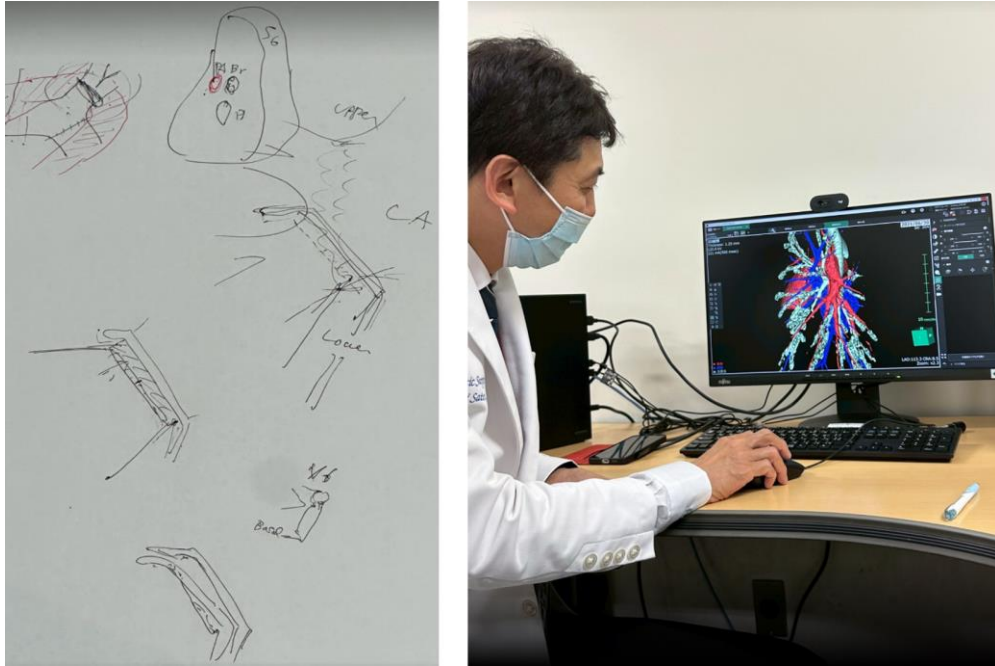
佐藤雅昭教授（Prof. Masaaki Sato）在課堂(圖 13)與實際手術中強調：「活體肺移植不只是技術的挑戰，更是倫理與人性的考驗。」捐贈者並非病人，而是健康個體，因此每一步評估與操作都必須在「零風險容忍」原則下進行。我深刻感受到東京團隊對捐贈者保護與心理輔導的重視，甚至設有專責心理師與倫理委員會參與每一例手術前討論。手術後捐贈者雖可於兩週內出院，但肺活量平均下降約 10 - 20%，因此術前必須精準評估預期肺功能（predicted FVC）並確保受贈者的移植後肺容量可達 45 - 50%以上。此種嚴謹的「功能匹配」與「倫理審查」制度，是我認為台灣在發展活體移植時最值得借鏡的部分。

整體而言，活體肺移植展現了日本團隊在醫學技術與倫理監督上的高度平衡。這種「技術、制度與人文」兼具的模式，使我重新思考移植醫學的社會責任與臨床邊界。未來若能將此經驗應用於台灣移植教育與制度建立，將有助於我們在有限捐贈資源下，開創新的治療途徑並保障醫療倫理的永續發展。

圖 12,東京大學醫院活體肺移植術前多專科討論會（Preoperative Conference for Living-Donor Lung Transplantation）



圖 13, 東京大學肺臟移植團隊術前手術規劃流程



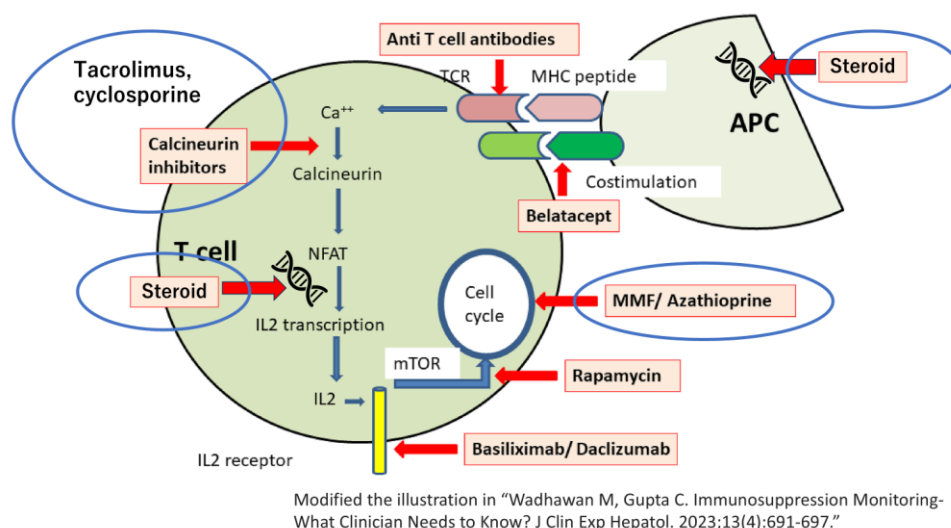
日本肺臟移植免疫治療學習心得

在東京大學醫學部附設醫院進修期間，我深刻體驗到日本團隊在肺移植免疫抑制治療上的「精準、安全與個別化」特質。佐藤雅昭教授（Prof. Masaaki Sato）於教學課程中強調，日本的免疫治療策略以「患者長期穩定」為核心，並兼顧腎臟保護、感染防治及慢性排斥反應（chronic rejection）預防三大面向。東京大學的標準三重免疫抑制方案包含 Tacrolimus > Cyclosporine、Mycophenolate mofetil（MMF）> Azathioprine、以及長期低劑量類固醇（圖 14）。不同於歐美中心，日本目前多不採用誘導療法（induction therapy），如抗胸腺球蛋白（ATG）或 Basiliximab，主要是因缺乏明確的生存效益證據及醫療保險未涵蓋。

對於急性排斥反應（acute cellular rejection），東京團隊並不例行採取經支氣管切片（TBB）診斷，而以臨床影像、血液炎症指標與氧合變化為依據。常見治療為大劑量類固醇（500 mg × 3 days），必要時使用 IVIG 或 Thymoglobulin 等第二線藥物。這種「臨床導向」的策略，在實際追蹤中能有效降低侵入性檢查的風險。教授特別提到日本病人術後腎臟功能監測的重要性。由於體外循環與長期 CNI 使用容易導致急慢性腎損傷，東京團隊在腎功能惡化時會短期停用 CNI（稱為 *CNI holiday*），並以 Basiliximab 暫時取代，或改以 Cyclosporine 一次性低劑量給藥以維持免疫穩定。此策略可在不影響移植肺功能的前提下，有效改善腎臟負擔。另一個重要的臨床觀察是對感染與腫瘤併發症的處理。

整體而言，東京大學的免疫抑制管理展現了「科學與臨床經驗融合」的模式。教授強調：「免疫治療不是固定的公式，而是動態平衡。」我從中學到，日本醫師在每一例肺移植後都會根據患者的腎功能、感染狀況與免疫學檢測結果進行個別化調整，這種精細化的照護思維是其長期移植存活率能維持高水準的關鍵，未來在進行肺移植，應同樣強化免疫監測系統（Therapeutic Drug Monitoring, TDM）與跨科合作（胸腔外科、腎臟科、感染科）。如此方能兼顧病人存活、生活品質與醫療安全，朝向高精準與人性化的移植照護模式邁進。

圖 14, 肺臟移植後免疫抑制治療機轉示意圖



心得及建議

此次為期一年的國際進修，分別於奧地利維也納醫學大學附設醫院（Allgemeines Krankenhaus der Medizinischen Universität Wien, AKH Vienna）與日本東京大學醫學部附設醫院呼吸器外科（Department of Thoracic Surgery, The University of Tokyo Hospital）進行。進修內容涵蓋肺臟移植完整流程之四大核心面向——捐贈、取肺、植入及術後照護，並深入觀摩歐洲與亞洲兩大移植重鎮的臨床操作、團隊協作及教育體系，為未來三軍總醫院推動肺移植制度化與教育創新奠定重要基礎。

在維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）進修期間，重點聚焦於肺臟捐贈者評估與取肺（Lung Explant）、植入手術（Lung Implant）觀摩與實作，以及術後照護與團隊運作。期間實際參與約八例、觀摩近五十例手術，涵蓋腦死（DBD）與心停止（DCD）捐贈個案。特別是三例體外肺灌流（Ex Vivo Lung Perfusion, EVLP）操作，三例邊緣肺（marginal lungs）經灌流後功能恢復良好並成功移植至病人體內，顯示該技術對於提升器官利用率的臨床價值。AKH 為 Eurotransplant 核心移植中心之一，手術多採雙側前外側開胸（clamshell incision），並以 Central ECMO 為常規支持方式，兼顧腦部與心臟灌流穩定性。其嚴謹的手術紀律與跨科整合制度，體現歐洲移植醫療「制度化與高效率並重」的特質。

於日本東京大學醫學部附設醫院進修階段，則屬「Advanced Clinical Training (ACT)」計畫，主要觀摩腦死與活體肺移植病例，並參與每日晨會、ICU 查房及術前模擬討論。東京大學強調術中以中央型葉克膜（Central ECMO）為主要支持策略，並結合一氧化氮（NO, 10 – 20 ppm）吸入治療以維持肺血管穩定；同時採取「延後啟動與漸進脫離」原則，藉此降低再灌流損傷與右心衰竭風險。在實際觀察中，我曾見到團隊於重度肺高壓（Pulmonary Arterial Hypertension, PAH）病患的肺移植手術中，採用延後閉胸（delayed chest closure）策略。移植完成後，並不立即關閉胸腔，而是在 ECMO 支援下進行循環監測與肺順應性評估。當觀察到心臟尺寸逐漸恢復、肺動脈壓穩定下降後，才於數日後再進行閉胸手術。整個過程中，麻醉團隊持續監測肺動脈壓、心輸出量與動脈氧合變化；外科醫師則依據即時數據動態調整 ECMO 流量與容量負荷。此「漸進式脫離策略（stepwise ECMO weaning）」的精細執行，充分展現東京大學團隊於高風險移植病患中對血流動態控制的高水準掌握，也讓我深刻體認到其團隊協作與臨床決策之成熟度。根據東京大學近年發表於 *European Journal of Cardio-Thoracic Surgery* 的研究結果顯示，該院共 20 例採用此策略之重度 PAH 病患，90 天及一年存活率皆達 100%，顯示此技術的臨床可行性與安全性。雖約半數患者在 ECMO 支援期間出現輕至中度出血（如血胸）等併發症，但皆透過嚴謹的止血管理與術後監測獲得有效控制，無嚴重致命事件發生。此臨床實證結果與我現場觀察所見相符，足證「延後閉胸合併漸進式 ECMO 脫離策略」為高風險肺移植病患中極具價值的治療模式。

值得一提的是，三軍總醫院胸腔外科自 2018 年即率先引進 OCS 肺臟器官照護系統（OCS Lung System），為全台首部體外肺灌流與維持設備。未來若能結合 EVLP 與 OCS 實際臨床應用，不僅可提升邊緣肺的利用率，更能在器官保存、移植安全性與後續研究層面創造跨國

合作潛力。

對於我個人而言的感想，維也納的經驗展現了「標準化制度與團隊效率」，東京大學則體現了「臨床精準與多面向討論導向」；兩者雖分屬不同醫療體系，卻不約而同地強調「制度、團隊與文化」三者間的平衡與協調。返國後，建議本院可參考 AKH Vienna 的標準化作業流程（SOP）建構模式，並同步導入東京大學的多專業跨科會議與臨床教育體系，以提升肺臟移植的安全性與教學品質。同時，結合現有之 OCS 系統，推動體外肺灌流（EVLV）與臨床模擬訓練，逐步建立自主肺移植資料庫與研究平台。期盼三軍總醫院未來能以「制度化」、「科技化」與「教育化」為核心，建構具國際水準的高品質肺移植中心，為台灣重症肺病患者帶來新希望。

致謝

此次能有機會赴奧地利維也納醫學大學附設醫院（AKH Vienna）與日本東京大學醫學部附設醫院呼吸器外科（The University of Tokyo Hospital）進行為期一年的肺臟移植臨床與教育進修，深感榮幸與感恩。

首先，誠摯感謝國防部提供進修補助與行政支持，使本次國際學習之行得以順利推展。感謝國防醫學大學與三軍總醫院長官的大力支持與信任，讓我有機會遠赴海外一流醫學中心學習先進醫療技術，並將經驗帶回國內分享與應用。

特別感謝三軍總醫院院長及教學部、外科部團隊的鼓勵與協助，讓進修計畫得以順利銜接臨床工作。感謝胸腔外科同仁及加護團隊在我進修期間的支援與體諒，使我能無後顧之憂地專心學習國際移植實務。

衷心感謝維也納醫學大學胸腔外科團隊與 Prof. Clemens Aigner 教授在歐洲階段的悉心指導，讓我有機會深入學習肺臟捐贈者取肺手術（lung explant）、體外肺灌流（EVLV）技術與跨國器官分配（Eurotransplant）運作模式。亦感謝手術室及重症團隊成員的耐心教導，讓我實際體驗歐洲醫療系統的嚴謹與效率。

在日本進修階段，感謝東京大學醫院呼吸器外科團隊與佐藤雅昭教授（Prof. Masaaki Sato）的悉心指導與熱情接待。教授不僅在臨床上親自示範活體肺移植、小兒肺移植與心肺同時移植之手術要點，更以豐富的經驗與開放的態度分享其團隊運作、病例討論與研究精神，令我受益良多。同時感謝東京大學 ACT Program 及其行政團隊在學習期間提供的完善協助，使我能順利融入當地醫療文化，參與跨科會議與移植術後追蹤。

最後，感謝一路以來支持與陪伴的家人，給予我堅定的力量，使我能專注於專業成長。這一年的海外進修，不僅是醫學技術的學習，更是對醫師使命與教育理念的再思考。