

出國報告（出國類別：訓練）

術中磁共振造影腦瘤手術及顱底腦血管手術赴外進修計畫

服務機關：國立臺灣大學醫學院附設醫院

姓名職稱：劉彥伯醫師

派赴國家：美國

出國期間：112 年 5 月 1 日至 112 年 5 月 31 日

報告日期：112 年 7 月 16 日

目次

名目	頁次
摘要.....	2
目的.....	2
過程.....	3
心得.....	12
建議.....	14
附錄.....	14

摘要

本次短期出國進修，先於 2023.04.21 至 04.24 利用年休自假至美國洛杉磯 (Los Angeles) 參加美國神經外科醫學會 (American Association of Neurological Surgeons, AANS)。自 2023.05.01 至 05.31，前往美國亞利桑那州鳳凰城的貝洛神經醫學中心 (Barrow Neurological Institute, Phoenix, Arizona, USA) 完整一個月。此醫院為全美神經外科評比最佳醫院之一，於神經外科領域的臨床與住院醫師訓練皆為排名前三名的醫院。目前醫院 CEO，也是本次進修的指導教授，Prof. Michael Lawton，曾擔任加州大學舊金山分校 (UCLA) 神經外科主任，為舉世聞名之腦血管手術權威，治療超過 5200 例動脈瘤 (aneurysm)、1000 例動靜脈畸形 (AVM)、1000 例海綿狀血管瘤 (cavernous malformation)、800 例腦血管吻合手術 (cerebrovascular bypass) 及無數顱底腫瘤。撰寫超過 770 篇論文並出版過三本腦血管權威教科書，為神經外科住院醫師必讀書籍。本次進修得已參與整個醫療團隊運作、術前計畫會議及觀摩手術，學習其手術技巧及疾病治療策略邏輯。此外，同時參與貝洛神經醫學中心舉辦的顯微血管吻合手術實做訓練營及神經科學研討會。

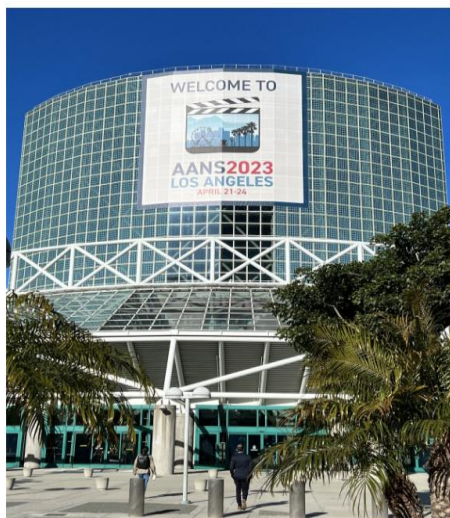
本文

壹 目的

- 一. 觀摩 Prof. Lawton 及其團隊制定治療策略與腦血管及顱底腦瘤手術之技巧。
- 二. 學習最先進 iMRI 腦瘤手術流程、修正目前臺大醫院 iMRI 腦瘤手術之操作架構
- 三. 觀摩最尖端腦瘤雷射燒灼手術 (Laser interstitial thermal therapy, LITT) 及相關基礎與臨床研究。
- 四. 學習世界第一的神經外科醫院在治療腦瘤、腦血管及顱底手術的標準流程。包含個案的挑選、適應症的判定、治療的流程、多科團隊的合作、術後的照護模式等。
- 五. 學習如何規劃及設計基礎研究與臨床研究，並與其建立相關人脈連結。
- 六. 學習如何教育住院醫師學習最為複雜的腦瘤、腦血管及顱底手術。

貳 過程

由於近年因 COVID 疫情，導致無法出國參加國際學會，因此特別利用年休自假前往貝洛神經醫學中心進修前，於 04.21 至 04.24 至洛杉磯會議中心 (Conventional center) 參加美國神經外科醫學會 AANS 年會(圖 1)。AANS 年會不單是美國神經外科的年度大會，更是全世界所有神經外科醫師極為期待的盛會。所以，除了美國神經外科醫師之外，大會更有來自世界各地的神經外科醫師前來共襄盛舉。因為今年世界疫情大致告一段落，各地交流再度重啟，多達 74 個國家的神經外科醫師出席。臺灣也有約 20 位神經外科醫師參與大會(圖 2)。



↑ 圖 1



↑ 圖 2

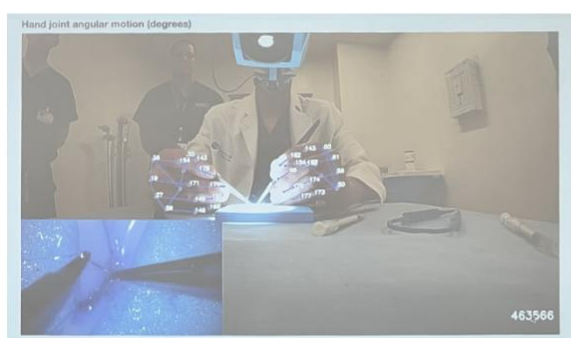
大會為期四天，除了主會議廳舉行大會演講外(圖 3)，同時有四到六間演講廳同時展演，以不同次分科：脊椎手術、兒童神經外科、功能性神經外科、顱內腫瘤、顱底手術、腦血管疾病及頭部創傷做區分，分別有各自的主題。不但有最新的醫學新知演說，也有精彩的案例分享，更有多場針對疾病手術方案的辯論。此外大會中，最新穎的神經外科儀器，最新的概念技術都在會中展現同時，不僅有頂尖的專題的演講，更有生動的 3D 立體臨床手術及 AR 解剖的展示。



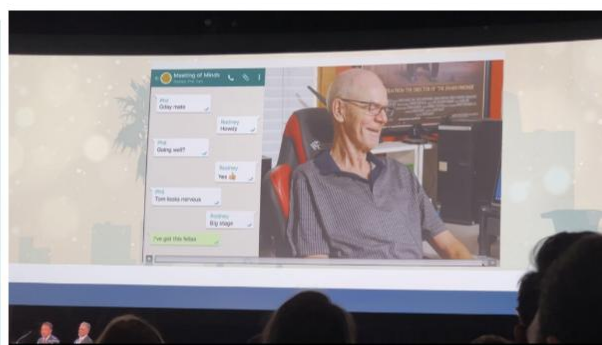
↑ 圖 3

本次大會中，令我印象深刻的主題有以下幾個:

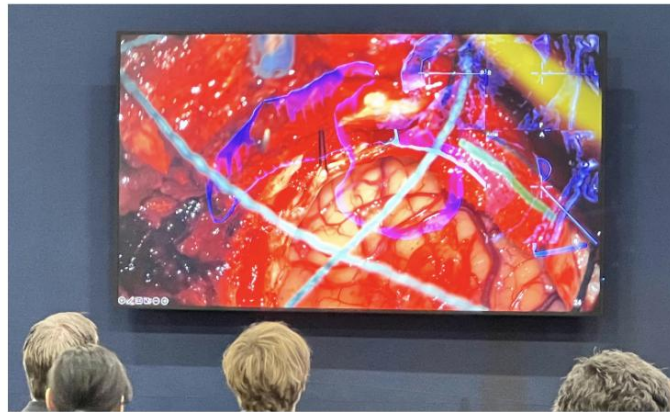
- 一、國外頂尖大學及醫院，開始大量運用人工智能(AI, artificial intelligence)技術於神經外科領域，運用的範疇也超乎想像。有醫院利用 AI 做神經元運算，讓電腦學習腦部 CT 及 MRI 影像，可以做到分析多種數據及診斷，例如腦出血體積、腦血管走向異常、腦瘤範圍等等。有醫院利用 AI 針對困難脊椎異常側彎做自動化計算，可以直接透過影像算出各種脊椎異常角度得參數，進而自動推斷出建議的脊椎矯正手術術式、截骨方式及範圍、脊椎植入物粗細長度選擇及矯正角度等。我去進修的貝洛神經醫學中心則是提出利用 AI 分析不同神經外科醫師進行腦部血管超顯微吻合手術時，偵測雙手各個手指關節的活動(圖 4)。先建立多位腦血管手術大師做吻合時的關節活動的樣本數據，再來與受試者的活動來做比較，可以分析出動作的差異，給出修正建議。
- 二、腦機介面(brain-computer interface, BCI)開始大力發展。多家公司與大學醫院合作開發出針對不同功能性質的產品。有些是針對癱瘓病人利用植入的晶片刺激大腦運動皮質區或脊髓，產生運動訊號控制肢體動作。更有大學透過顱內導管方式，將晶片放置在上矢狀竇(suprasagittal sinus, SSS)靠近大腦運動皮質區，透過訊號發送讓病人可以用思考的控制手機軟體打字等(圖 5)，使無法完成的日常生活變成可能。
- 三、充分利用及發展擴增實境(augmented reality, AR)及虛擬實境(virtual reality, VR)。於顱底手術及困難腦瘤手術，對於深部精細的神經解剖學構造的掌握，一直都是神經外科手術最艱深困難的領域。在成為頂尖神經外科醫師的路上，往往有賴著長時間藉由圖譜、大體解剖課程及實際手術操作等來累積經驗。一但有了 AR 及 VR 這類的工具，就可以於術前先進行 3D 模擬手術的演練、實際手術中與術中導航連線使用，進而使手術更加精確且安全(圖 6)。



↑ 圖 4



↑ 圖 5



↑ 圖 6

離開洛杉磯後，開州際高速公路前往位於隔壁州亞利桑那州的首府鳳凰城。一路上車外的景觀由充滿樹林、草地，逐漸變成土黃色的泥沙地，大風吹過更是會掀起沙塵。

貝洛神經醫學中心於鳳凰城之中城(Midtown)，位於市中心(Downtown)北方約三英里處。貝洛神經醫學中心(圖 7)是隸屬於聖若瑟醫院(St. Joseph's Hospital) (圖 8) 的神經醫學機構，其中包含神經外科、神經內科、神經影像科、神經復健科、精神科、Ivy Brain Tumor Center 腦瘤研究中心(圖 9)等，為該醫院中半獨立的機構。



↑ 圖 7



↑ 圖 8

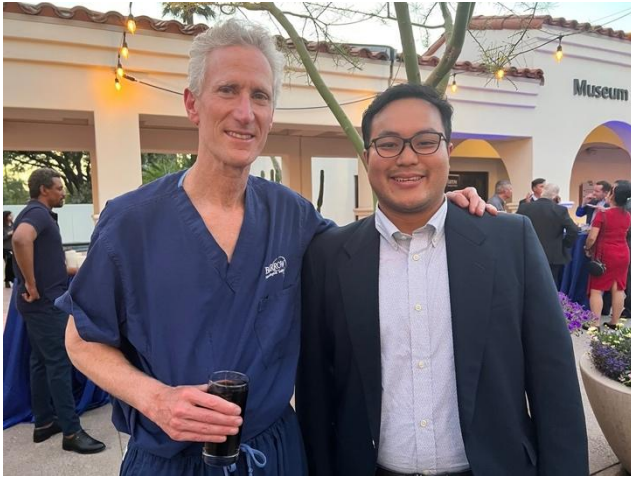


↑ 圖 9

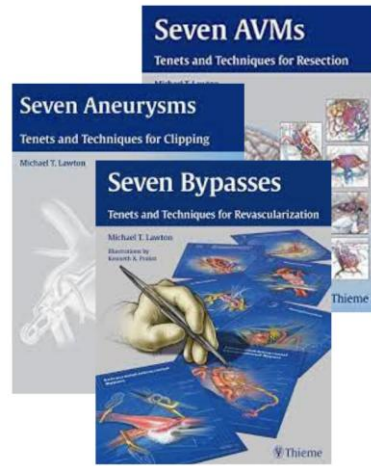
聖若瑟醫院於 1895 年由恩慈姐妹會(Sisters of Mercy)創立，為鳳凰城乃至亞利桑那州第一家大型醫院，在當地現代醫學扮演著重要的角色。教宗若望·保祿二世更曾蒞臨醫院參訪。聖若瑟醫院現在由 Dignity health 集團經營，其為全美第五大醫療集團。該醫院為將近一千床的大型綜合教學醫學中心，擁有所有專科及次專科服務，也是少數可以進行所有器官移植手術的醫院。該院設有兩大特色醫療中心：諾頓心肺移植中心與貝洛神經醫學中心。

貝洛神經醫學中心於 1960 年由一位病患的先生貝洛先生捐款所成立。從只有一位專職的神經外科醫師出發，一路發展成舉世聞名的神經醫學重鎮。前任執行長兼神經外科主任是世界知名的腦血管疾病權威：Professor Robert F. Spetzler，為著名的動脈瘤手術與動靜脈畸形手術大師。目前臨床上用來評估動靜脈畸形風險而選擇治療方式最主要的系統 Spetzler-Martin Grade，就是由 Professor Spetzler 提出。目前 Professor Spetzler 已於 2019 年退休，然而他仍時常至醫院參加會議和指導住院醫師教學。

現任貝洛神經醫學中心執行長兼神經外科主任為 Professor Michael Lawton（圖 10）。他於貝洛神經醫學中心接受完整神經外科及腦血管、顱底手術的訓練，為 Professor Spetzler 的得意門生，曾擔任加州大學舊金山分校神經外科主任。治療超過 5200 例動脈瘤(aneurysm)、1000 例動靜脈畸形(AVM)、1000 例海綿狀血管瘤(cavernous malformation)、800 例腦血管吻合手術(cerebrovascular bypass)及無數顱底腫瘤。撰寫超過 770 篇學術論文並出版三本腦血管相關教科書(Seven Aneurysm, Seven AVM 及 Seven Bypass)。在神經外科界是舉世聞名的腦血管大師，他的著作也都列為神經 外科住院醫師必讀書目（圖 11）。



↑ 圖 10



↑ 圖 11

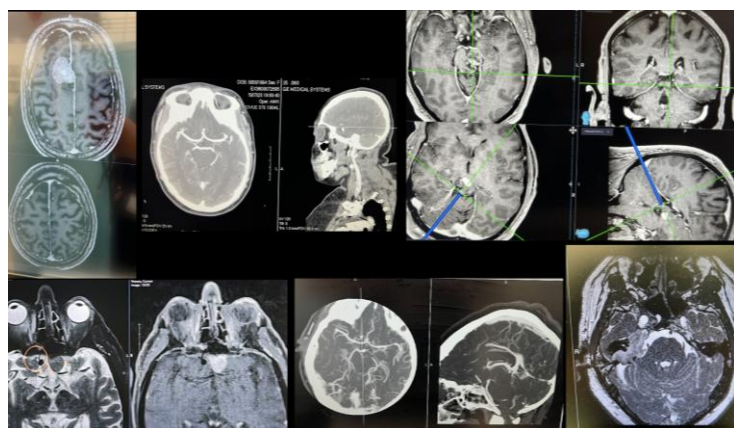
貝洛神經醫學中心由於是舉世聞名得神經外科重鎮，因此隨時都會有多名國際醫師來此學習。整體對國外醫師來訪的行政流程相當明確，也有專門的秘書處理此項業務。所以辦理報到手續並取得醫院識別證和傳統呼叫器，接著做醫院環境動線導覽後，此趟進修正式展開。與我同時期在貝洛神經醫學中心學習的神經外科醫師包含：捷克的總醫師、捷克的資深顱底主治醫師、印度的總醫師、香港的主治醫師、衣索比亞的主治醫師、迦納的資深主治醫師及德國的主治醫師等。學習時間安排上基本就跟著Professor Lawton的時間表進行（附錄一）。

在美國，神經外科醫師的作息往往都超乎想像的早，年輕住院醫師大多五點就到醫院開始臨床工作。而我每天的行程從早上六點開始，先到病房跟著住院醫師一起查房看病人。除了週三Professor Lawton門診日及週五醫院的大會議(Grand round)外，上午八點會在Professor Lawton的辦公室一同討論住院中病人的病情變化、急診來的病患影像及神經學症狀以及今日手術的病患情形與影像。接著，跟著教授及團隊查房，包括一般病房、他科照會及ICU。之後就開始一整天的手術。

Professor Lawton為腦血管疾病和顱底手術專家，因此他的病人也大多是這類型的疾病，所以在這個月讓我大量學習觀摩此類手術的過程。這段期間Professor Lawton主刀的手術包括：三例顱底腫瘤、一例聽神經瘤、五例顱內動脈瘤、四例顱內動靜脈畸形及五例顱內海綿狀血管瘤、兩例頸動脈內膜剝離術及兩例腦血管吻合手術。此外，於空擋時間也至其他醫師的手術房觀摩各類手術，包含：腦下垂體腫瘤手術、立體定位腦瘤切片、腦室腹腔分流管、微創脊椎減壓固定手術、困難脊椎側彎手術、清醒神經監測功能定位腦瘤手術及MRI輔助雷射腦瘤燒灼術等（圖12）。

貝洛神經醫學中心不虧是世界一流的神經外科重鎮，其手術房內設有11間神經外科專用的手術室，其中設備更是科技新穎。與我們相比，他們大量使用術中

導航系統，基本上每一台開顱手術都使用導航機器定位，甚至是腦室腹腔分流管都會使用，使得手術得以更安全更精確。此外，手術器械種類和選擇也更加多樣，而且還有醫院自行研發的手術腦鉤、自動撐開器械及尖端附光源照明之雙極電刀。同時，每間手術室皆配置最新型的蔡司ZEISS Kinevo 900手術顯微鏡，並同步輸出影像至開刀房內多個大型螢幕，以利助手、刷手護理師、巡迴護理師、內勤人員甚至遠端辦公室，同時掌握手術進度（圖13）。另外，多數手術同時會以2D及3D兩種形式錄影。



↑ 圖 12.



↑ 圖 13

在動脈瘤夾閉手術方面，貝洛神經醫學中心使用的開顱方式和動脈瘤夾閉方式跟我們大致類似。些微不同的地方在於，他們都會使用導航系統。然而，在特殊動脈瘤手術方面，例如巨大的中大腦動脈瘤，Professor Lawton 進行許多特殊的血管橋接方法(bypass)進行動脈瘤夾閉，目的是為了讓末端腦部血流不會因巨大動脈瘤所在動脈段截斷後造成缺血，而在遠段進行血管吻合。

此外，目前後循環的動脈瘤，例如後大腦動脈、椎動脈等，由於手術方式困難，及血管內導管治療技術成熟，絕大部分醫院多已不常規進行此類開顱夾閉手術，而改採經動脈導管血管內線圈或支架置放手術處理。然而，Professor Lawton 是目前世界少數仍持續進行這類高難度手術的神經外科醫師。除了手術術野於腦部深處操作不易，更可能需要執行高難度血管橋接吻合方式並進行動脈瘤夾閉手術。很幸運在這段期間有參與觀摩這樣尖端只在教科書上看過的手術案例。

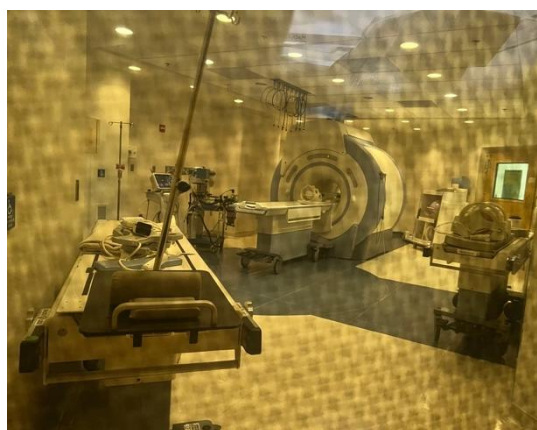
手術過程方面，主要有幾項和我們不太一樣的地方。第一：刷手護理師站位及器械放置桌位置不同。在臺大醫院開顱手術，我們習慣從神經外科醫師的右後方拿取器械，刷手護理師站位及器械放置桌位置會放在我們的右後方遠離病人頭部。而貝洛神經醫學中心則是放置橫跨在病人身體上方，因此刷手護理師和神經外科醫師會面對面，可跨過病人頭部地器械至右手。第二：每台手術神經外科醫師都會使用手術放大鏡。手術一開始從劃開皮膚到鑽顱骨做顱骨移除全程都使用

放大鏡，接著進到顱內再改用顯微鏡。而我們不會在開顱的階段使用手術放大鏡，而是用肉眼進行直至顱內才換用顯微鏡。第三：血管顯微溫和的方式不同。有別於我們醫院習慣的單純斜切口，然後進行單針縫合(interrupted suture)方式。Professor Lawton使用的為魚嘴切法(fish mouth)及連續縫合法(continuous suture)。將血管供應端做60度的切口並沿著短端再多剪一段等長切口，接著吻合的血管兩端先各縫一針，後於兩側開始進行連續縫合（圖14）。他認為此種切口及縫合方式可大幅縮短手術時間和顱內血管鉗閉時間，減少術中腦部血流灌注不足之時間，同時減少血管吻合後管道狹窄的發生率及降低術中或術後缺血性中風發生的可能性。此外，在選擇連接的中大腦動脈(MCA, middle cerebral artery)分支血管時，會以顯微鏡Flow800影像中的血流流量大小來決定要做吻合的顱內血管。

此趟進修除了腦血管及顱底手術外，另一項學習重點在於，觀摩貝洛神經醫學中心術中磁振造影(intraoperative MRI)的影用情形。手術房內設有一台術中磁振造影，其設計巧妙，位於轉角處，可供兩間手術室病人使用（圖15）。



↑ 圖 14



↑ 圖 15

貝洛神經醫學中心的術中磁振造影主要用在腦部腫瘤，包括低惡性度原發性腦瘤、高惡性度原發性腦瘤及轉移性腦瘤。原發性腦瘤的開顱手術原則上和我們做的類似，差異在於使用的系統不同，因此概念大致相同。然而，腫瘤雷射燒灼(Laser interstitial thermal therapy, LITT)則是針對腦瘤的另一種治療方式。此手術方式以發展約十年，不過由於技術出口限制，一直被侷限在北美地區，臺灣乃至亞洲都尚未擁有這種技術。雷射燒灼與傳統開顱腦瘤切除手術相比，手術方式屬於微創小傷口且擁有較低風險及併發症，特別適合小顆腦瘤或是健康條件不佳的病人及老年病患。雷射燒灼的進行方式：利用術中導航系統先模擬雷射進入腦瘤的路徑，再透過小傷口及鑽洞，將雷射導管植入腫瘤內，並利用二氧化碳雷射將其加熱到足以摧毀腫瘤的溫度，同時利用磁振造影的即時成像觀測局部腦組織溫度，讓神經外科醫師盡可能將熱能傳遞到腫瘤上，而非周邊正常腦組織(圖16、17)。此外，可以利用其馬達微調發射角度及深淺來改變雷射加熱的範圍。實際執行雷射燒灼的時間僅需十數分鐘。術後會讓病人做一組無顯影劑之頭部電腦斷

層，已確定無因燒灼導致的顱內出血。通常病人無需入住加護病房，同日或隔天就可出院。



↑ 圖 16



↑ 圖 17

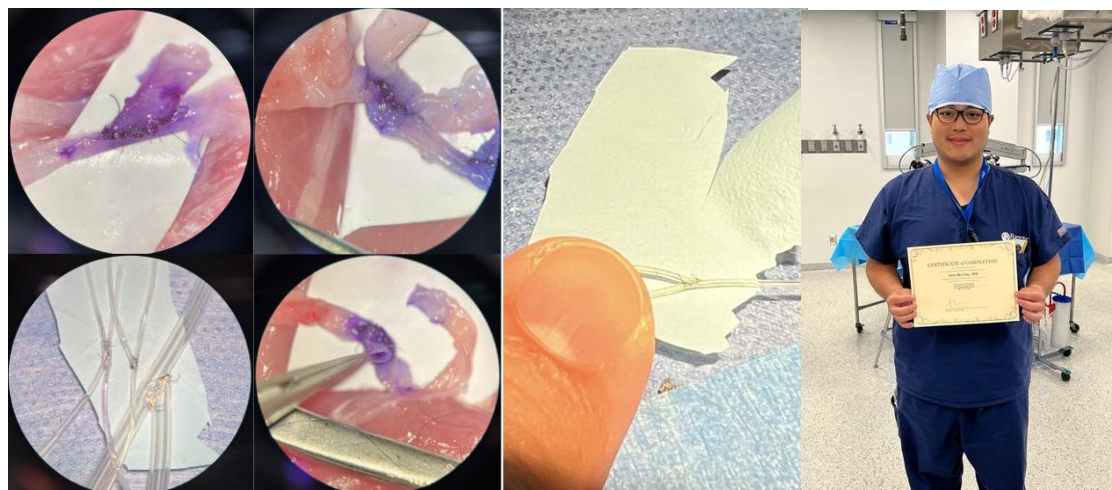
每天傍晚四點半會在小會議廳舉行教學會議（圖18），主要討論院內照會及當日重大腦血管手術的細節。以外，另一大主題為院外照會。其他醫院會將病患的影像送到貝洛神經醫學中心，並詢問Professor Lawton建議之處理方式。醫院詢問來自附近醫院、美國其他州、墨西哥、巴西甚至中東及日本。因此，會議中可以學習到來自全世界各種困難疾病的治療策略及手術方式。



↑ 圖 18

五月中，有幸參加貝洛神經醫學中心舉辦的顯微血管吻合手術實做訓練營。由Professor Lawton領軍，與已退休的腦血管吻合手術大師Dr. Joseph Zabramski及明尼蘇達大學腦血管神經外科主任Dr. Andrew Grande共同擔任教官。三位教授先進行上課，傳授顱內顯微血管吻合的發展歷史、臨床決斷、手術重點技巧與訣竅。接著，進行為期兩天的實作練習。練習材料包括微型塑膠管、火雞翅、胎盤和大

鼠。從塑膠開始，管徑及縫合觸感逐漸提升。期間練習各種不同的吻合模式：side-to-end、end-to-end和side-to-side（圖19）。臺大神經外科一直都有提供住院醫師進行顯微血管吻合的練習，近年我也曾多此於大鼠上用10-0耐隆線練習血管吻合。然而，此次的訓練營提供了系統性的步驟，許多細節也都相當講究，讓我的觀念和技巧都有很大的提升。



↑ 圖 19

貝洛神經醫學中心除了擁有卓越的臨床成就，在研究方面也非常重視，許多神經外科及神經醫學的研究。我有到其虛擬實境(VR)實驗室參觀，操作了正在建構的脊椎模擬手術系統，可以輸入病人的影像，透過VR眼鏡及遊戲手把，可以在虛擬的手術室模擬整台手術，包括骨釘置入、術中的X光片等。同時，也參觀了顱底實驗室，也參與了AI針對神經外科醫師進行吻合指關節動作的研究，提供初階者的樣本資料。此外，我還參觀了醫院的新創中心。醫院相當重視這方面的發展，只要有創新的想法，醫院都盡可能提供足夠的資源以及專業的技術同仁協助。例如將複雜的顱內結構利用3D列印方式，做成軟硬材質不同的模具，可以讓醫師模擬手術。另外更有住院醫師提出設計超音波輔助壓力設計的腦室腹腔分流管。

參 心得

貝洛神經醫學中心果真是世界一流的神經外科重鎮，不但臨床服務上世界頂尖，同時在研究上也有很多領域在全球處於領先地位。美國由於醫療保險制度進而產生高額的醫療費用，尤其在神經外科手術尤為明顯。所有手術的器械、耗材等都是病人使用者付費，而神經外科醫師不會因為病人需自費而有所限制，事前通通由保險公司承擔。因此，神經外科手術可以使用最新的高科技器械來輔助手術進行，包括拋棄式顱內器械、最先進的顯微鏡、最新的術中導航系統或機器人輔助系統等，可以使腫瘤切除或脊椎手術更精確、更安全，減少手術風險與併發症，這些都是臺灣現階段無法想像的。

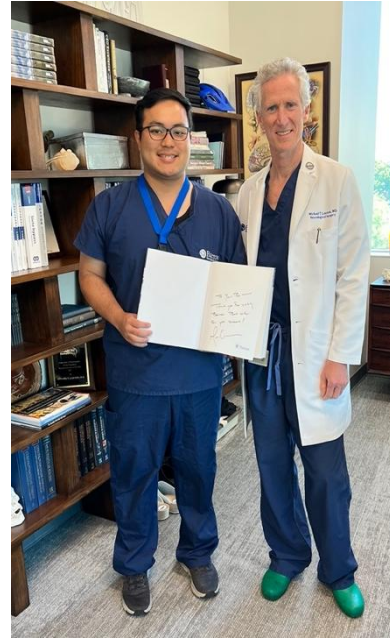
美國分級醫療及轉診制度建立相當完善，因此在貝洛神經醫學中心的病人得到的資源相較臺灣更加完整。同時，也因為手術費用高昂（例如腦室腹腔分流管手術費加耗材費用大約需 2 萬美金，約臺灣十倍），及擁有 11 間手術房，每個房間只需安台排一至二台手術，使得每個病人可以充分準備，甚至做完更完整檢查再進手術房，使得醫療品質更加提升。

此外，我也觀察到即使像是神經外科這種最高風險的科別，神經外科醫師和病人、家屬之間的關係算是相當良好，大多數都相當信任團隊，不太存在太多質疑。或許是因為是頂尖醫院的權威醫師，讓病人或家屬沒有其他更好選擇，Professor Lawton 及其他團隊醫師與病人和家屬的互動方式值得我們學習。

貝洛神經醫學中心想當歡迎美國各地甚至全世界的神經外科醫師前來觀摩（圖 20、21）。他們始終認為他們有使命提供這樣的機會讓來自不同地方的神經外科醫師交流，甚至還會提供第三世界國家醫師住宿及薪水來擔任臨床研究員。不只是前來學習最先進最頂尖的技術，透過彼此之間的經驗交換，更可以激盪出新的想法或創新的點子。



↑ 圖 20



↑ 圖 21

此次美國貝洛神經醫學中心進修，可說是收穫滿滿。即使是以手術觀摩為主，讓我不但看到大師頂尖的顯微手術，在針對腦血管疾病和顱底腫瘤的治療觀念、手術方式及技巧有顯著提昇之外，也讓我更能從更寬廣的角度去看事情，同時建立了一些人脈，對個人、醫院甚至臺灣未來發展都很重要。

肆 建議

- 一、規劃與國外醫院建立固定的交流參訪計畫。臺大神經外科一直以來每年都會與日本京都大學、南韓首爾大學舉辦三國為期三至五天的交流研討會，目前因疫情中斷。此外，過去臺大神經外科曾與加州大學舊金山分校有過固定的住院醫師的三個月短期進修，不過目前已中斷，若未來得以重啟或建立這類的前往國外頂尖醫院的進修管道，不但可以提升住院醫師的對治療選擇的高度與視野，更可以與這些頂尖醫院和團隊建立連結，讓臺大醫院在國際上增加能見度，更有機會參與國外最新的研究或臨床試驗。
- 二、持續投入住院醫師腦血管顯微吻合的訓練。可以定期舉辦類似貝洛神經醫學中心訓練營的工作坊，參考他們進行的方式，先舉辦為期一至兩天的課程與實作，提供住院醫師系統性學習的機會。接著維持目前每週一隻大鼠供資深住院醫師練習吻合。透過平時的練習及每年工作坊，讓所有住院醫師完成訓練時，都能擁有基本顯微血管吻合的能力。
- 三、顱底解剖研究實驗室的發展。提供資源定期購買大體頭顱，並利用其建立數位資料庫。讓神經外科醫師回歸對神經顱底的研習，讓住院醫師有機會實際

- 練習，使技術更快純熟。更進階可以透過這些架構和科技，在未來針對困難顛底的個案，可以事先運用模具或 3D 立體結構進行模擬手術，造福病人。
- 四、鼓勵神經外科醫師出國參加國際研討會及實作工作坊。並與相關神經外科醫師交流，了解對方對於該領域的經驗、現況及未來展望。回來可提供科內更好的應用及發展。

伍 附錄

附錄一：進修期間 Professor Lawton 時間表

	星期一	星期二	星期三	星期四	星期五
上午	0600 早晨查房	0600 早晨查房	0600 早晨查房	0600 早晨查房	0600 早晨查房
	0800 Lawton round	0800 Lawton round		0800 Lawton round	0715 Grand round
	Lawton 手術	Lawton 手術	0900 門診	Lawton 手術	手術
下午	Lawton 手術	Lawton 手術	1300 門診	Lawton 手術	手術
	1630 Lawton afternoon round	1630 Lawton afternoon round	1630 Lawton afternoon round	1630 Lawton afternoon round	