

出國報告（出國類別：開會會議）

赴布宜諾斯艾利斯\_阿根廷參加第 63 屆國際粒子治療年度會議心得報告

服務機關：臺中榮民總醫院 放射腫瘤部

姓名職稱：盧勇發 醫事放射師

派赴國家/地區：阿根廷/布宜諾斯艾利斯

出國期間：114 年 05 月 28 日至 114 年 06 月 07 日

報告日期：114 年 06 月 20 日

# 摘要

(摘要約 200-300 字)

粒子治療合作組織 (PTCOG) 成立於 1985 年，是一個由對質子、輕離子和重帶電粒子放射治療感興趣的科學家和專業人士組成的非營利全球組織。PTCOG 的使命是促進粒子治療的科學、技術和實際臨床應用，最終目標是將癌症治療提高到放射治療的最高標準。為了服務和實現其目標，PTCOG 鼓勵改進和繼續教育，並促進粒子放射治療領域的全球活動。它支持組織專門的國際會議，包括科學會議和教育會議。

這次 PTCOG 年會期間，職參加了 6 月 10 日和 6 月 11 日兩整天 Pre-meeting educational course 的粒子治療教育課程，內容提供全面且引人入勝的課程陣容，旨在滿足粒子治療領域經驗豐富的專業人士和新手的需求。提供理論知識和實踐見解的結合，促進更深入地了解粒子療法在推進癌症治療中的作用。它融合了物理、臨床主題和放射治療技術 (RTT) 的聯合會議、平行會議，以及對不斷發展的領域和未來展望的介紹。6 月 12 到 6 月 14 日三天學術會議經過精心設計，旨在促進粒子治療領域各學科的學習、協作和思想交流。PTCOG 62 科學計畫由特邀演講者和小組的主題演講、高分同儕審查摘要的口頭報告以及 PTCOG 小組委員會會議組成，會議發表內容包含粒子治療現實世界的證據與創新、臨床小組討論：粒子治療在複雜病例中的作用、ECR-開源思維：粒子治療研究的未來、粒子治療成像的進展以及人工智慧在自適應粒子治療(Online Daily Adaptive PT)的應用。

會後新加坡癌症中心(National Cancer Center Singapore, NCCS)參訪行程，了解到該癌症中心安裝了 Hitachi Synchrotron based 質子設備並於去年開幕啟用，該中心共計有五間質子治療室(其中一間為 Fixed beam room)和十間光子治療設備。職於參訪行程中積極與 NCCS 同仁交流和請益，並彼此交換名片增進雙方中心合作的契機。職非常感謝陳適安院長和院部長官鼓勵與國際接軌，支持療同仁出國交流合作，以鞏固台灣在全球醫療領域的領先地位。中榮未來粒子治療要立足台灣，與世界接軌，引領前進!

**關鍵字：**放射治療、粒子治療合作組織、智慧醫療、新加坡癌症中心、自適應粒子治療

# 目次

一、 目的.....	1
二、 過程.....	1
三、 心得.....	18
四、 建議事項.....	19
五、 附錄.....	20

## 一、 目的

國際粒子治療合作組織 (PTCOG) 一直致力於促進放射粒子治療的科學、技術和實際臨床應用，最終目標是將癌症治療提高到放射治療的最高標準。其提供理論知識和實踐見解的結合，促進更深入地了解粒子療法在推進癌症治療中的作用。它融合了物理、臨床主題和放射治療技術 (RTT) 的聯合會議、平行會議，以及對不斷發展的領域和未來展望的介紹。這次會議特別具有意義，因為這是 PTCOG 首次在南美地區舉辦年會。PTCOG 63 將從兩天的教育課程開始，隨後是為期三天的多場次科學演講和討論，涵蓋臨床、物理和生物學等主題。我們的主題“在粒子治療中架起橋樑”強調了在我們的領域中擴大獲取和合作的重要性，特別是對於發展中國家。我們期待著一個充實的科學計劃，包括全體會議、圓桌會議以及我們 16 個小組委員會的積極參與，其中包括我們不斷增長的培訓學者 (SIT) 小組委員會，該小組委員會持續鼓勵年輕一代參與 PTCOG 的領導工作。

布宜諾斯艾利斯是一座以其豐富文化而聞名的充滿活力的城市，為我們的會議提供完美的背景。當我們聚集在一起分享最新進展並促進粒子治療的新合作時，這次會議啟發並影響拉丁美洲粒子治療的發展。這將為該地區的參與者提供一個重要的機會，使他們能夠更深入地參與、獲得全球知識、加強區域合作，並為粒子治療領域的廣泛專業交流做出貢獻。

隨著 PTCOG 的持續擴展，目前我們擁有超過 4,000 名成員，並在指導委員會中代表了 100 多個設施，我們期待探索研究的新途徑，包括討論小型研究項目的資金以及《國際粒子治療期刊》的最新進展。

職負責協助游惟強部主任建置本院質子治療中心任務，為能加強職本身在粒子治療技術的專業知識和技能，以及和國際上各粒子治療中心進行交流和接軌。職以 Monte Carlo 演算法應用於本院質子治療中心於發展 FLASH 技術時，對於人員造成劑量貢獻的內容為主題「LEAKAGE DOSE EVALUATION WITH PHITS SIMULATION DURING THE ULTRA-HIGH DOSE RATE DELIVERY OF CYBEAMPROTON SYSTEM」，於此次大會發表壁報論文。

## 二、 過程

職和游惟強主任於 5 月 28 日搭機前往位於南美洲的布宜諾斯艾利斯，在漫長的旅途中，我們於 5/29 先在伊斯坦堡進行 12 小時轉機的旅遊行程，體驗蘇丹艾哈邁德清真寺(藍色清真寺)的清真寺文化參訪行程，深深感覺到伊斯坦堡位於歐亞大陸交界以及博斯普魯斯海峽控制黑海進出戰略位置位置的重要性。其中托普卡匹皇宮位於土耳其伊斯

坦堡，是奧斯曼帝國時期最重要的宮殿之一。建於 15 世紀中葉，托普卡匹皇宮曾是奧斯曼帝國蘇丹的主要居所和行政中心，長達四個世紀之久。皇宮坐落於博斯普魯斯海峽、金角灣和馬爾馬拉海交匯處的高地上，提供壯觀的海景。宮殿的佔地面積非常巨大，內部包括多個庭院、花園、以及一系列的宮殿建築，如蘇丹的私人住所、國庫、圖書館和清真寺等。

托普卡匹皇宮以其華麗的建築風格和精美的裝飾著稱，內部擁有豐富的藝術品收藏，如奧斯曼帝國的寶藏、精美的瓷器、服飾、珠寶和古代手稿等。皇宮的珍寶室特別引人注目，其中展示了一些世界上最著名的寶石和奢華的皇室物品。此外，托普卡匹皇宮還擁有歷史和宗教上的重要性，宮殿內保存著多件與伊斯蘭教相關的聖物，如先知穆罕默德的遺物。土耳其共和國成立後，托普卡匹宮於 1924 年 4 月 3 日根據穆罕默德·凱末爾·阿塔圖爾克的法律令改建為博物館。

伊斯坦堡的 Walled Obelisk，又稱為康斯坦丁堡方尖碑，位於古羅馬賽馬場（Hippodrome）的南端。這座方尖碑的歷史可以追溯到拜占庭帝國時期。Walled Obelisk 最初是由拜占庭皇帝君士坦丁七世（Constantine VII）於 10 世紀建造的。這座方尖碑是為了紀念皇帝及其家族的成就而建，並且用來裝飾賽馬場這一重要的公共場所。埃及方尖碑，又稱為戴奧多西方尖碑（Obelisk of Theodosius），是一座歷史悠久的紀念碑，位於古羅馬賽馬場（Hippodrome）的中心。這座方尖碑最初由法老圖特摩斯三世（Thutmose III）於公元前 15 世紀在埃及的卡納克神廟建造。公元 4 世紀時，羅馬皇帝君士坦提烏斯二世（Constantius II）下令將這座方尖碑由埃及運往君士坦丁堡（現伊斯坦堡），以裝飾城市的賽馬場。然而，方尖碑並未立即豎立，直至皇帝戴奧多西一世（Theodosius I）於公元 390 年完成這一工程，方尖碑才正式矗立於賽馬場。埃及方尖碑由紅色花崗岩製成，原高約 30 米，不過在運輸過程中底部受損，現在的高度約為 19.6 米。方尖碑的底座上刻有精美的浮雕，展示了方尖碑豎立過程和皇帝戴奧多西及其家族的場景，這些浮雕提供了重要的歷史信息，見證了帝國的崛起和沒落。

布宜諾斯艾利斯是阿根廷的首都，也是南美洲最大的城市之一，其歷史和人文背景十分豐富。布宜諾斯艾利斯的歷史可以追溯到 1536 年，當時西班牙探險家佩德羅·德·門多薩在此地建立了第一個殖民地，但由於土著居民的抵抗，這個殖民地很快被廢棄。1556 年，西班牙再次嘗試建立城市，最終在 1580 年正式成立布宜諾斯艾利斯。隨著 19 世紀的來臨，這座城市開始快速發展，成為重要的貿易中心。在 1810 年，布宜諾斯艾利斯成為阿根廷獨立運動的中心，並於 1816 年宣告獨立。隨著時間的推移，這裡吸引了大量移民，尤其是來自意大利和西班牙的移民，使得城市文化更加多元化。

布宜諾斯艾利斯擁有獨特而多樣的文化風貌，這裡是探戈舞的發源地，探戈音樂和舞蹈在城市的生活中扮演著重要角色。此外，城市還以其豐富的藝術和文學傳承而著稱，擁有許多博物館、畫廊和劇院，如著名的科隆劇院。

城市的建築風格也反映了其多元的歷史，從殖民時期的建築到 19 世紀末的歐式風格，再到現代的摩天大樓，形成了獨特的城市天際線。布宜諾斯艾利斯的街區，如聖特爾莫、巴勒莫和里科萊塔，各具特色，吸引著遊客和當地居民。

總體而言，布宜諾斯艾利斯是一座充滿活力的城市，融合了歷史、文化和藝術，成為南美洲的一顆璀璨明珠。

	
<p>蘇丹艾哈邁德清真寺(藍色清真寺)</p>	<p>埃及方尖碑</p>
	
<p>托普卡匹皇宮</p>	<p>博斯普魯斯海峽</p>

(一) 第 63 屆國際粒子治療學術研討會 Pre-meeting Educational Course

## (二)

6月2日及6月3日職參加整天的教育訓練課程，會中很榮幸遇到曾經於本院放腫部線上演講的 PENN Medicine Professor Lei Dong 和 PENN 物理主任 Professor Kevin Teo，寒暄之外亦表達感謝 PENN Medicine 去年協助完成本院的人員到 Robert Proton Center 進行外派受訓(三位主治醫師和一位物理師)，PENN Medicine 的受訓內容是充分規畫和扎實，讓受訓人員收穫滿滿。PENN 負責教育訓練和受訓安排的 Ms, Christina 表示，非常歡迎中榮同仁於今年 10 月 6 日到 Robert Proton Center 進行兩週外派受訓。職將兩天 PTCOG 教育訓練課程中，挑出重要且有趣的議題來進行分享。

質子治療系統的驗收測試(ATP)和臨床前調教(Commissioning)，此課程由經驗豐富的 Professor Lei Dong 主講，說明質子治療驗收測試是質子治療系統運行前的一個關鍵步驟，旨在確保系統的安全性、準確性和可靠性。接收測試內容包含：

### 光束特性測試：

1. 測量和校準光束能量、範圍和終止衰減的準確性。
2. 確保光束範圍的準確性，並調整能量以達到治療需求。

### 安全系統測試：

1. 人員保護：確保患者和工作人員能夠免受輻射、電氣和機械危害。這包括治療室、服務區域和設施支持的保護。
2. 聯鎖系統：使用傳感器和監控系統來防止危險情況的發生。一旦系統失效，會觸發警報或執行預設的安全措施。
3. 緊急系統：設置緊急按鈕、門位置開關、搜索功能以及音頻和視頻監控系統，以便在緊急情況下快速恢復。

### 機械測試：

3. 旋轉架測試：包括旋轉範圍、速度、和準確性。旋轉架必須在最大速度下能夠準確停止，並且在旋轉時保持高度的準確性。
4. 中子洩漏測量：設計治療計劃來測量不同位置的中子洩漏，確保中子劑量相對於處方劑量小於 0.8%。

### 患者床的準確性測試：

4. 運動精確度：使用激光跟蹤器測量患者床的運動精確度，包括水平、垂直移動速度和旋轉準確性。
5. 負載測試：確保在模擬患者的負載下，床的運動仍然精確且可靠。

以及影像系統測試等內容。接收測試的重要性首要目的是確保患者和操作人員的安全。通過檢查安全系統和聯鎖系統，可以有效預防輻射和機械事故。確保機械系統和患者床的準確性，能夠提高治療的精確度，從而提升療效。驗收測試確保整個系統在運行過程中的可靠性和穩定性，這是提供一致性治療效果的基礎。確保系統符合國際和國內的醫療設備標準，這對於機構的運營和認證至關重要。故質子治療接收測試是質子治療設施運行前必不可少的一環，確保系統在臨床應用中能夠安全有效地運行。

「**Commissioning**」是指將新的設備（如質子治療系統）準備好進行臨床使用的過程。這包括從設備接受到第一位患者治療之間的一切準備工作。內容包含：

1. 束流數據獲取：用於治療計劃系統（TPS）的光束模型配置。
2. CT 校準：將 CT Hounsfield 單位轉換為質子停止功率。
3. 操作程序開發：包括建立質量保證（QA）測試和基線結果。
4. 用戶培訓：對所有系統操作人員進行培訓。
5. 安全測試：如屏蔽勘察和洩漏測試，X 射線和 CBCT 系統的輻射勘察，安全聯鎖測試。
6. 工作流測試：包括影像處理和患者對齊，記錄和驗證治療，與腫瘤信息系統（如 Aria, Mosaic）的集成。

質子治療的 Commissioning 是確保系統安全、精確和有效運行的必要步驟，對於成功的臨床應用至關重要。經由 Professor Lei Dong 精闢的演講，讓職整合在 UPENN 以及北醫的受訓經驗，對於質子治療系統的接收測試(ATP)和臨床前調教(Commissioning)的作業更能正確的掌握以及施行。

最後 Professor Lei Dong 強烈建議，經由國際上具公信力的第三方單位來驗證本院質子治療系統的準確性和精確性是不可或缺的關鍵。MD Anderson 癌症中心的影像和放射腫瘤學核心（IROC）是全球領先的影像和放射腫瘤學臨床試驗質量保證機構。作為美國國家癌症研究所的國家臨床試驗網絡的一部分，IROC 提供綜合放射腫瘤學和診斷影像質量控制計劃。該中心通過提供醫學影像、放射治療和信息技術方面的專業知識，以及資源來支持臨床試驗，以確保協議的遵循。IROC Houston 是這一倡議的重要組成部分，負責監測全球的放射治療設施，通過年度測量、現場訪查和同儕評審，確保一致和準確的放射劑量。這一嚴格的質量保證過程對於維護臨床試驗數據的完整性和最終改善全球癌症患者的結果至關重要。

因此職特別前往拜會 MD Anderson IROC(影像和放射腫瘤中心)品質認證中心的物理師主任 Professor Nadia Hernandez 和認證中心負責物理師 Assistant Professor Paige Taylor，請教認證申請流程和進行學術討論交流。他們兩位對於本院質子中心的興建和安裝進度快速表示推崇，並表示如果本院有認證協助需求，他們很樂意幫忙並派遣經驗豐富的 Professor Paige Taylor 到本院 onsite visit 進行本院質子系統的品質認證。

**肝癌於質子治療的臨床應用證據**，Clinical session 由 Vice-chair and medical director

Dr. Mike Chuong of Miami Cancer Institute 分享質子治療應用於肝癌治療的重要性，在 QUANTEC 指南提出了不均勻肝臟的放療建議，特別針對原發性肝癌和肝轉移癌在不同分次下的平均正常肝臟劑量限制。並說明低劑量的重要性，在不同的患者組中，低劑量對放射性肝損傷（RILD）的預測具有顯著性，突出指出腫瘤體積和 Child-Pugh 分類的重要性，而均勻劑量並不是 RILD 的預測因子。從 NRG GI003 試驗正在招募患者，目標是驗證質子治療是否能提高肝癌患者的總生存率，特別是對於單個或多個腫瘤的患者。依據不同文獻 Child-Pugh 變化的研究顯示，質子治療對肝臟的影響相對較小，因此在進行質子治療後，Child-Pugh 分級出現顯著變化的情況比較罕見。然而，具體的影響還取決於患者的個體情況、腫瘤的位置以及治療的劑量等多種因素。各項臨床試驗的結果顯示。不同階段的試驗（如 Phase 2、Phase 3）探討了質子治療與其他療法（如 TACE、RFA）的比較，結果顯示質子治療在某些情況下可能優於傳統療法。故總結質子治療為肝癌患者提供了一種有效的放射治療

選擇，特別是在需要高劑量集中且希望減少對正常肝組織損害的情況下。儘管 Child-Pugh 分級變化不常見，但質子治療的使用仍需根據每位患者的具體情況進行個體化考量。綜合多個臨床試驗的結果，質子治療在某些患者群體中顯示出潛在的優勢，未來值得在本院進一步的研究和推廣臨床應用。

**雙能 CT 和能譜型 CT Simulator 的臨床前調校和應用**，放腫部同仁都非常感謝院部長官讓本院質子中心能新購 GE 能譜型 CT Simulator，因此職特別在教育訓練課程參加了 CT and DECT commissioning for SPR calculation session，此課程由 Dr. Vicki Trier Taasti of Danish Centre of Particle Therapy 來分享他們的應用經驗，理解 CT 數值與質子阻止本領的關係 CT 數值，通常以 Hounsfield 單位 (HU) 表示，用於描述組織的放射密度。在質子治療中，質子在組織中的阻止能是關鍵，因為它決定了質子如何減速並在目標組織中沉積能量。CT 數值與質子阻止能的關係涉及將 HU 轉換為阻止能比 (SPR)，用於治療計畫以確保精確的輻射劑量。

CT 到 SPR 校準的方法:

1. 經驗校準：使用組織等效材料進行實驗測量，以建立 CT 數值與 SPR 之間的直接關係。
2. 理論模型：利用數學模型根據組織的物理特性來預測 SPR，使用電子密度與阻止能之間的已知關係。
3. 混合方法：結合經驗和理論方法以提高 SPR 測定的準確性。

雙能量 CT 技術、應用和校準:

雙能量 CT (DECT) 使用兩種不同的能量水平來獲取影像，這使得材料分辨更好，組織特徵更精確。應用包括：

1. 材料分解：區分如鈣和碘等材料，增強診斷能力。
2. 改善對比解析度：減少射束硬化偽影，增強軟組織對比。
3. SPR 計算：DECT 通過提供更好的電子密度估計來提高 SPR 的準確性，從而改善質子治療計畫。

雙能量 CT 掃描儀的優勢:

1. 增強材料分辨：能更好地區分組織類型。
2. 減少假影：最小化金屬和射束硬化假影，改善影像清晰度。
3. 改善劑量計算：通過細化組織特徵提供更準確的輻射治療劑量計算。

正確理解 CT 校準的不確定性及其臨床相關性:

CT 校準的不確定性可能源於：

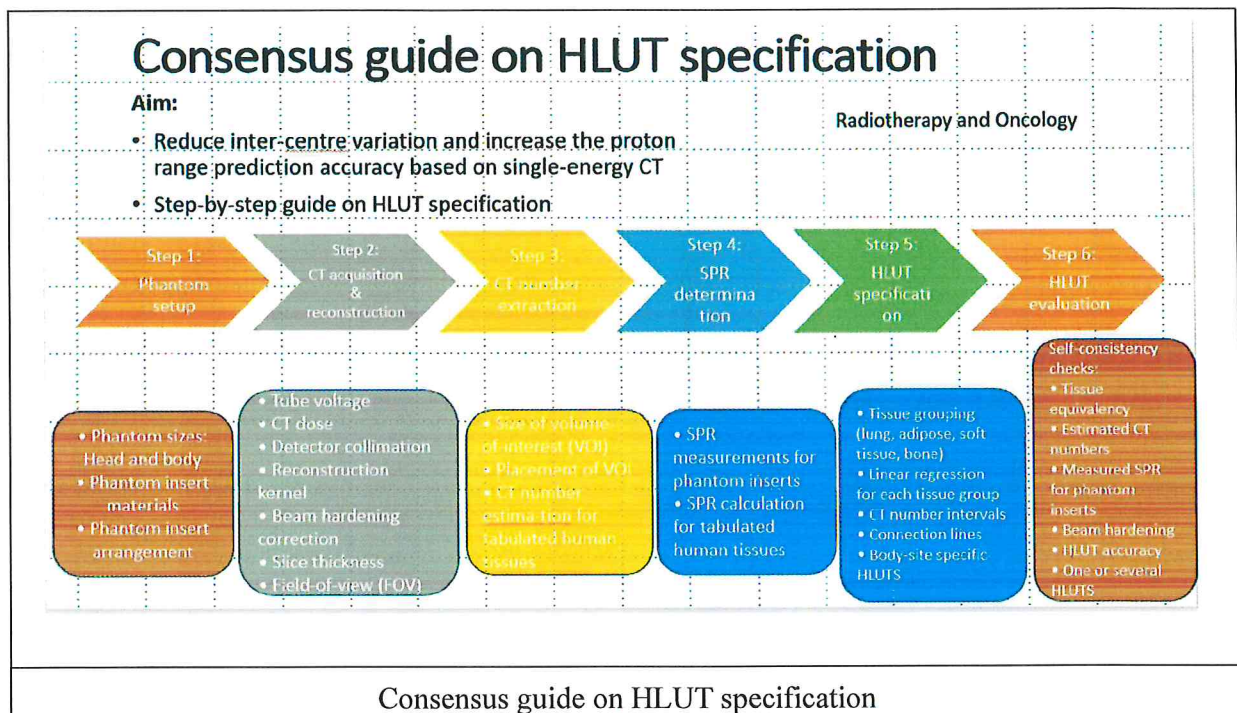
1. CT 掃描儀性能的變異性：技術和校準方法的差異可能導致 HU 值的變化。
2. 病人特定因素：患者解剖結構和定位的變異可能引入誤差。
3. 對治療計畫的影響：這些不確定性可能影響質子治療中劑量輸送的精確性，進而影響治療效果。

目前本部在質子顧問徐椿壽教授的引導和物理組同仁的努力下，已經完成南院區單能(SECT)的 CT 數值與質子阻止本領的關係轉換曲線建立。回院後，職將會跟同仁分享此課程內容所理解並以正確的方式最小化這些不確定性對於精確的質子治療計畫，並在年底順利完成北院

區質子中心能譜 CT SimulatorCT 數值與質子阻止本領的關係轉換曲線建立，因為這和成功的患者治療結果至關重要。

	<p>THE UNIVERSITY OF TEXAS <b>MDAnderson Cancer Center</b></p> <p>nhernand@mdanderson.org Office 713-745-8989 Fax 713-794-1364 1515 Holcombe Boulevard Unit 607 Houston, Texas 77030-4009</p> <p><b>Nadia Hernandez</b> Lead Physics Assistant IROC Houston QA Center MD Anderson Phantom Laboratory</p> <hr/> <p>THE UNIVERSITY OF TEXAS <b>MDAnderson Cancer Center</b></p> <p>PATaylor@mdanderson.org Office 713-745-8989 Fax 713-794-1364 Mailing Address: 1515 Holcombe Blvd Houston, Texas 77030</p> <p><b>Paige Taylor, Ph.D, DABR, FAAPM</b> Assistant Professor Radiation Physics Outreach</p>
<p>抵達 PTCOG Suntec Singapore 會場</p>	<p>職與 IROC of MD Anderson 與會人員交換名</p>
	
<p>Clinical session 由 Medical director Dr. Mike Chuong of Miami Cancer Institute 分享質子治療應用於肝癌治療的重要性</p>	<p>Phase 2 trial (MGH/Penn/MD Anderson)</p>





### (三) 第 63 屆粒子治療國際學術研討會三天 Scientific Meeting

6 月 4 到 6 月 7 日三天學術會議經過精心設計，旨在促進粒子治療領域各學科的學習、協作和思想交流。主題涵蓋臨床、物理學和生物學。我們的主題是“跨越粒子治療的邊界”，強調了擴大該領域准入和合作的重要性，尤其是在發展中國家。我們期待著一場精彩的科學會議，屆時將有全體會議、圓桌會議以及 16 個分委員會的積極參與，其中包括我們不斷壯大的學者培訓 (SIT) 分委員會，該分委員會將繼續鼓勵年輕一代參與粒子治療與治療協會 (PTCOG) 的領導工作。

隨著粒子治療與治療協會 (PTCOG) 的不斷壯大，目前我們的指導委員會擁有超過 4,000 名成員和 100 多家機構的代表，我們期待探索新的研究途徑，包括討論小型研究項目的資助以及《國際粒子治療雜誌》的更新。

職於大會中以壁報發表論文，題目為 LEAKAGE DOSE EVALUATION WITH PHITS SIMULATION DURING THE ULTRA-HIGH DOSE RATE DELIVERY OF CYBEAMPROTON SYSTEM，主要研究評估了使用 PHITS 模擬在極高劑量率

(UHDR) 條件下，CyBeam 質子系統的漏射劑量。FLASH 放療是一種新穎的放射治療方法，能在極短的時間內（毫秒級別）輸送超高劑量的輻射，其主要優勢在於能顯著減少健康組織的副作用，同時保持對癌細胞的殺傷效力。在研究中，使用 PHITS 版本 3.20 代碼和分析模型評估治療室 1 和治療室 2 中次級中子和光子對漏射輻射的貢獻。研究的目的是在於保障患者安全及治療效果。研究表明，FLASH 治療需要在噴嘴處達到

UHDR，最大能量為 230MeV，束流電流為 1,000nA，沒有束流損失。漏射劑量率在不同探測點的結果顯示，最大漏射劑量率出現在治療室天花板上，伽瑪射線角度為 180 度，瞬時劑量率每小時為 934  $\mu\text{Sv/h}$ ，誤差在 2%以內。每小時的 TADR 為  $1.30\pm 0.26\mu\text{Sv/h}$ ，符合 NCRP 和 ICRP 對職業暴露人員的有效劑量限制建議。結論 FLASH 治療的漏射劑量評估在考量實際治療作業下的平均劑量率(TADR)符合輻防法規的安全標準，但目前國內輻防主管機關核安全委員會仍以瞬間劑量率(IDR)作為管制依據，仍有待未來持續進行溝通討論未來 FLASH 在台灣的發展和輻射安全議題。

### **ASTRO/PTCOG Joint Plenary Session Breast Cancer** 由 Shannon

MacDonald, MD, FASTRO, FACRO Senior Medical Director, Southwest Florida Proton Center 分享質子治療於乳癌患者的最新應用和發展，因質子治療具有獨特的物理特性，能夠將輻射劑量集中在腫瘤區域，顯著減少對周圍健康組織的輻射暴露，這對於乳癌患者尤為重要，因為能夠保護心臟、肺部和其他關鍵結構。乳癌患者通常有較高的治癒率和長期生存機會，質子治療的低毒性特性使其成為這些長期生存者的理想選擇，降低了晚期副作用的發生。尤其對於左側乳癌患者和曾經接受過放射治療的乳癌患者，心臟位於輻射路徑上，質子治療能通過精確的劑量分佈，顯著降低心臟和肺部的輻射劑量，從而減少心血管和肺部的長期毒性風險。在最新的新發表的試驗結果顯示，局部乳房照射試驗顯示，質子治療在 5 年跟蹤中具有高局部控制率和低毒性。再放射治療的研究進一步證實了質子治療的有效性和安全性，特別是在長期生存和控制局部復發方面。在 Phase 2 randomize trial 結果顯示，質子治療與傳統放療相比，在控制疾病和耐受性方面表現出相當的效果。總結質子治療在乳癌治療中展現了顯著的優勢，特別是在減少心臟和肺部毒性、保護正常組織、支持再放療以及適合長期生存者等方面。這些特性使得質子治療成為乳癌患者的一種理想治療選擇。對於本院未來進行質子治療應用和推廣時，提供強而有力的支持證據。

**多中心隨機試驗：IMPT 與 IMRT 在頭頸部咽喉癌的比較**，特別聆聽由 Steven J. Frank, MD (Professor and Deputy Head, Radiation Oncology Executive Director, Particle Therapy Institute The University of Texas MD Anderson Cancer Center)主講「**Head and Neck IMPT vs IMRT Oropharyngeal National Multi-Institution Phase III Randomized Trial**」最新研究成果，此為多中心隨機試驗，對於頭頸癌於質子治療應用上極具有臨床參考價值，研究主要目標是評估 3 年的無進展生存率 (PFS)，這被定義

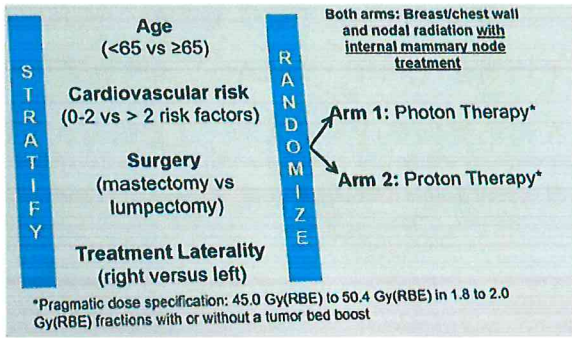
為局部復發、區域復發、遠處轉移或死亡時間中的最早發生者。次要目標包括總體生存率、局部和區域復發率、遠處轉移率，以及健康經濟學（成本效益、財務毒性、工作效率）和患者報告的結果（PROs）。比較 IMPT 和 IMRT 的治療特徵，涵蓋無進展生存率、局部和區域復發率、總體生存率，並考慮胃造口管的依賴性。結果顯示無進展生存率（ITT 和 PP 分析）試驗的無進展生存率結果展示，強調 IMPT 在無進展生存方面與 IMRT 相當。局部和區域復發（PP 分析）針對局部和區域復發的結果顯示，IMPT 的表現與 IMRT 相當。總體生存率（ITT 分析）總體生存率的結果表明，IMPT 在提高患者的總體生存率方面有顯著效果。胃造口管依賴性，IMPT 減少了患者的胃造口管依賴性，這表明其在降低治療相關毒性方面的優勢。失業率比較，IMRT 組的失業率高於 IMPT，IMPT 被認為在改善患者生活質量方面更具優勢。總結 IMPT 相較於 IMRT 在頭頸部咽喉癌治療中的多方面優勢，尤其是在降低治療相關毒性和提高生活質量方面。

**質子治療肺部試驗和轉化研究狀況更新**，質子治療能精確地將輻射劑量集中在腫瘤區域，減少對周圍正常組織的輻射暴露，特別是對心臟和肺臟的保護，這對於需要高劑量放療的肺癌患者尤為重要。由 Professor Zhongxing Liao, MD The University of Texas M D Anderson Cancer Center 對 PO1 試驗 -長期結果比較質子和光子治療的劑量反應差異。初步結果顯示質子治療在食道狹窄和主要心血管事件（MACE）方面顯示較少的長期毒性。與光子治療相比，質子治療在 10 年失敗模式中沒有顯著差異，腦膜是最常見的遠處轉移（DM）部位。質子治療與光子治療聯合免疫治療（IO）在肺癌治療中的成效主要體現在增強治療效果，結合免疫治療可能增強放療的效果，通過激發免疫系統對腫瘤的攻擊，進一步提高疾病控制率。質子治療的精確性使其更適合與免疫治療結合，因為它能集中輻射劑量於腫瘤區域，有效降低對正常組織的輻射損傷。總體而言，質子與光子治療聯合免疫治療在肺癌中顯示出潛在的優勢，特別是在增強療效和減少毒性方面，未來需要進一步的研究來確定最佳的聯合治療策略。肺癌的 IMPT SIB vs. VMAT SIB 試驗，RTOG 1308 已於 2023 年 9 月完成招募，共計 330 名患者，數據成熟預計在 2027 年。

深度學習模型於肺癌治療的應用，深度學習模型被用來預測治療結果和毒性風險。這些模型可以分析大量的患者數據和治療參數，以提供更準確的風險評估，從而幫助醫生制定更精確的治療計劃。並應用於個性化劑量的監控和調整。通過分析患者的特定臨床和劑量學因素，模型能夠建議最優的劑量分配，從而減少對健康組織的損害。在模型

開發過程中，深度學習被用來選擇重要的臨床和劑量學特徵，如患者的年齡、既存心臟病、基線生物標誌物值，以及放療中的心臟平均劑量（MHD）和 LAD V10。但深度學習模型的引入需要流程的自動化，以確保其在臨床轉化中的順利應用。這意味著從數據收集到模型訓練和應用的全過程需要高效的自動化支持。但同時也需要完善的技術支持和臨床驗證來確保其有效性和安全性。

	
<p>壁報論文 ePoster</p>	<p>ASTRO/PTCOG Joint Plenary Session Breast Cancer Shannon MacDonald, MD, FASTRO, FACRO</p>
<p><b>Patient that May Benefit Most</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Advanced disease</li> <li>• IMN involvement (R or L sided)</li> <li>• Cardiotoxic chemo</li> <li>• Young age</li> <li>• Permanent implants</li> <li>• Poor cardiac anatomy</li> <li>• Left medial tumors (or Right)</li> <li>• Pre-existing cardiac disease</li> <li>• Decreased arm mobility</li> <li>• Predisposition for additional cancers</li> <li>• (P53 mutations)</li> </ul> 	<p><b>Partial Breast Irradiation: Photon, Proton, or Brachytherapy</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Multi-Center Non-Randomized Trial</li> <li>• 21.9 Gy(RBE) 3 fractions; 21 for brachy</li> <li>• &gt;50 years, node neg, ≤ 2.5 cm, ER+ IDC or DCIS BCT</li> <li>• 161 patients 2015-2017</li> <li>• @ 5 years median follow up 98% LRFS, no grade 3 toxicities proton or photon (2 brachy), adverse cosmesis by nurse, digital photo, and patient assessment are 5.7%, 5.6%, 5.2%.</li> </ul>  <p>Mutter et al, IROBP, 2025</p>
<p><b>Patient that May Benefit Most</b></p>	<p>Partial Breast Irradiation: Photon, Proton, or Brachytherapy, Mutter et al, IROBP, 2025</p>



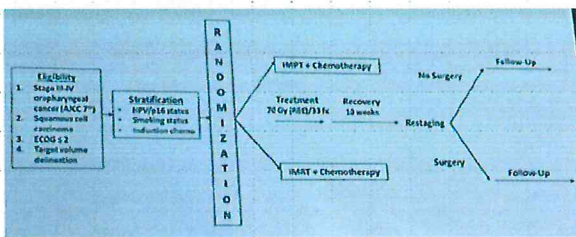
### COMPRO: Hypothesis and Objectives

- Hypothesis:** Comprehensive RNI to the breast/chest wall and regional LNs with PBS-PT delivered with a hypofractionated regimen results in rates of acute and late grade 3 or worse treatment-related skin and soft tissue toxicities that are non-inferior compared with rates in PBS-PT using conventionally fractionated regimens.
- Primary Objective:** To determine if the 2-year rate of CTCAE v5.0 grade 23 treatment-related skin and soft tissue toxicities with comprehensive nodal irradiation for breast cancer using hypofractionated PBS-PT is non-inferior to PBS-PT
- Accrual Goal:** 276 patients

Courtesy of Isabelle Chol, MD

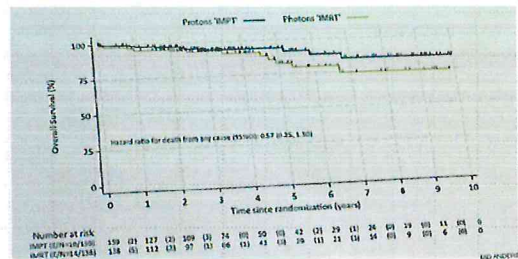
### RadComp Study Schema

#### Phase III Trial of IMPT vs IMRT for Head and Neck Oropharyngeal Cancer



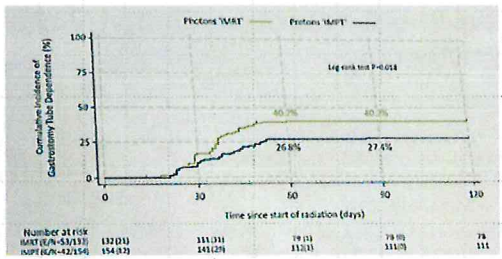
### COMPRO: Hypothesis and Objectives

#### Overall Survival with Disease Progression



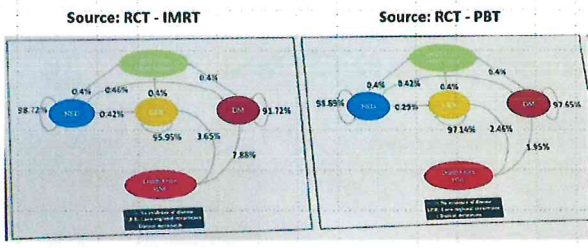
### Phase III Trial of IMPT vs IMRT for Head and Neck Oropharyngeal Cancer

#### Gastrostomy Tube Dependency (PP)



### Overall Survival with Disease Progression

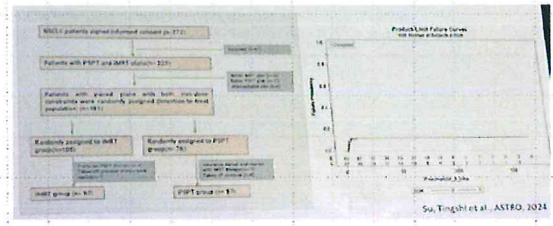
#### Health state transitions are specific to each arm



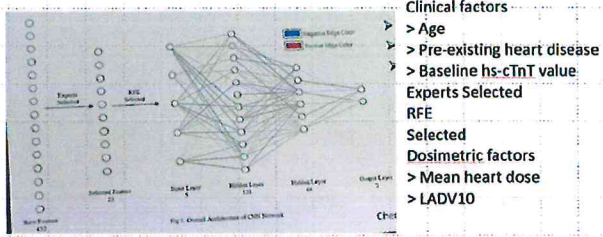
### Gastrostomy Tube Dependency (PP)

### Health state transitions are specific to each arm

### The PO1 Trial - Long-term Outcomes



### Deep Learning Model and Features Selected





- 副作用減少：由於輻射傳遞速度快，正常組織的毒性減少，這對於治療像大腦這樣的敏感區域至關重要。

## 2. CAR T 細胞療法：

- 嵌合抗原受體 (CAR) T 細胞：此療法涉及修改患者的 T 細胞，以表達能夠專門識別並攻擊癌細胞的 CAR。
- 個性化治療：CAR T 細胞療法針對患者的特定癌症進行定制，提高了針對和消滅腫瘤細胞的能力。

FLASH 和 CAR T 細胞療法的協同作用，增強腫瘤靶向，通過結合 FLASH 放射療法和 CAR T 細胞療法，有可能實現對腫瘤細胞的更精確定位。快速的輻射傳遞可以破壞腫瘤環境，使癌細胞更易受到免疫攻擊。FLASH 放射療法的精確性和超高劑量率降低了對周圍健康腦組織的附帶損害，增強 CAR T 細胞針對性的免疫介導的癌細胞破壞。

此創新研究由范怡醫生及其在賓夕法尼亞大學的團隊正在開創這一研究，探索將 FLASH 放射療法與 CAR T 細胞療法結合的生物機制和臨床應用。由於這種療法仍處於研究階段，臨床試驗對於評估其安全性、療效和相較於現有治療的潛在益處至關重要。這些試驗將有助於確定最佳劑量、時機和患者選擇標準。如果成功，FLASH-CAR 放射免疫療法可能會革新腦腫瘤的治療，提供一種能提高精準度並減少治療相關併發症的新模式。未來有機會擴大應用範圍，FLASH-CAR 療法的原則可能擴展應用於其他類型的癌症，擴大其在腫瘤學上的影響。對於本院而言，初期的 FLASH 於輻防屏蔽設計和劑量評估上(Monte Carlo Calculation)，其研究成果已經證實在超高劑量率下的人員安全(Yung-Fa Lu et al.)，後續有待主管機關的管制從瞬間劑量率(IDR)更改為平均劑量率(TADR)後，在本院擁有全球最 Powerful(1000nA)和最快的能量切換速度(Energy switching time  $\leq 0.1$  秒)的 CyBeam 質子系統，能夠在 FLASH 和 CAR T 細胞療法的協同作用的創新研究上和腫瘤醫學部近一步合作。

**Debate: In 10 years, 25% of patients will be treated with online adaptive**，這是一個具有爭議且有趣的議題，由 Dr. cesca Albertini Center for Proton Therapy, Paul Scherrer Institute PSI, Villigen, Switzerland 和 Dr. Oliver Jäkel Heidelberg Ion Beam Therapy Center HIT), Department of Radiation Oncology, Heidelberg University Hospital (UKHD), Heidelberg, Germany 兩位資深物理師來進行辯證，自適應性質子治療 (APT) 的當前挑戰有影像引導的限制，

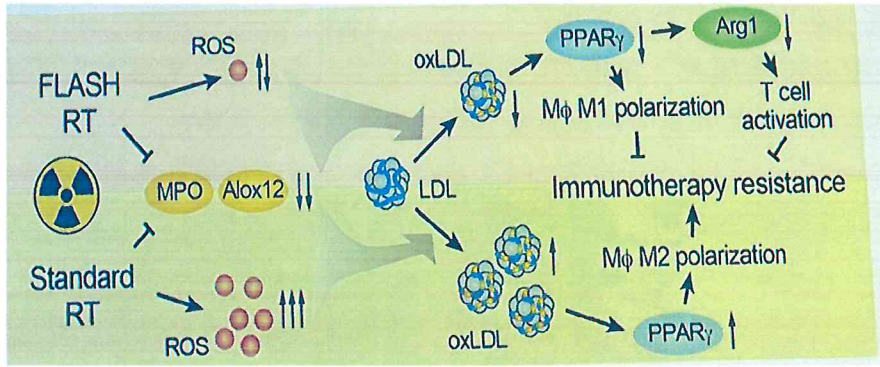
1. 在 APT 中，最常用的影像引導技術仍然是基於投影 X 射線的基本 2D 正交 kV 影像。這種方法缺乏先進適應性質子治療所需的精確性。
2. 線上 APT 的挑戰，使用錐形束 CT (CBCT) 進行線上 APT 的實施非常複雜，並非易事。儘管技術有所進步，但仍面臨許多重大障礙。
3. 先進 CBCT 的限制，CBCT 影像的品質可能限制 APT 的能力。常見的問題包括噪音、對比度缺乏和視野 (FOV) 限制。
4. HU 穩定性，Hounsfield 單位 (HU) 的穩定性對於準確的劑量計算至關重要，而目前的

CBCT 技術有時難以保持這種穩定性。

這些限制意味著即使經過 10 年，室內 CT 和先進的影像引導技術仍未成為 APT 的標準做法。影像品質和工作流程整合中的挑戰繼續阻礙其廣泛採用和實施。

自適應質子治療 (oAPT) 中整合室內 CT 提供了多方面的優勢和挑戰，特別是在工作流程效率、空間和患者安全方面。室內 CT 用於 oAPT 的優勢包含高品質成像、提高治療準確性。很有趣的，在會議場內大家投票認為 10 年後，25% 的患者將接受線上自適應治療的機會各一半，其主要限制都是在各質子治療中心的硬體問題無法於短期內解決。而本院第二治療室設置有 In room CT，解決了影像品質和 HU 穩定性，而工作流程整合，預計應用最先進和計算速度最快的 RayStation v2025 (L40 GPU server) 來解決執行速度和工作流程效率問題。

	<p>Lamplugh, Wellhausen, June, &amp; Fan Nature Review Immunol, 2025</p>
<p><b>FLASH-CAR Radioimmunotherapy for Brain Tumor</b> 賓夕法尼亞大學的范怡醫生 (Yi Fan, MD, PhD)</p>	<p><b>Tumor resistance to CAR-T cell therapy</b></p>
<p>Ni et al, Natural Cancer, 2025</p>	<p>Ni et al, Natural Cancer, 2025</p>
<p><b>FLASH RT alters tumor immunity</b></p>	<p><b>FLASH RT stimulates pro-inflammatory Mo polarization</b></p>



Schematic model

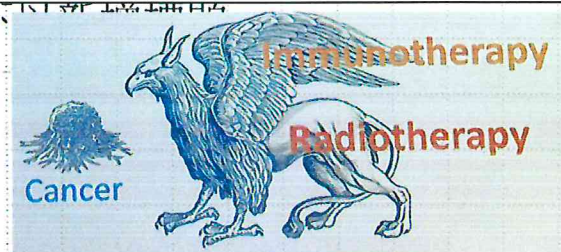
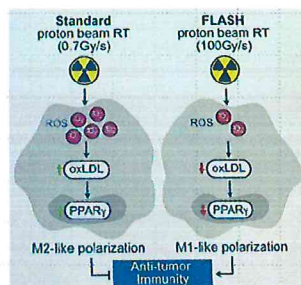
Spotlight

Harnessing FLASH irradiation to improve immunotherapy of medulloblastoma

María Cecilia Lira<sup>1</sup>

1,2,\*

Claire Vanpouille-Box D, and Mara De Martino 1,\*



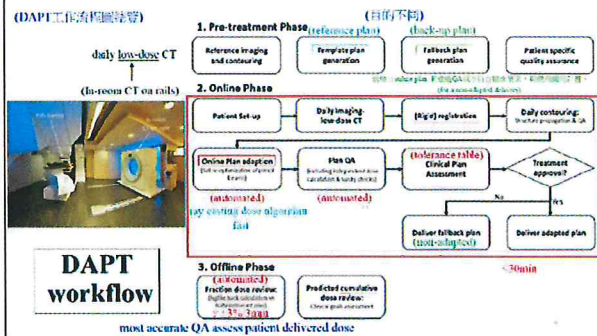
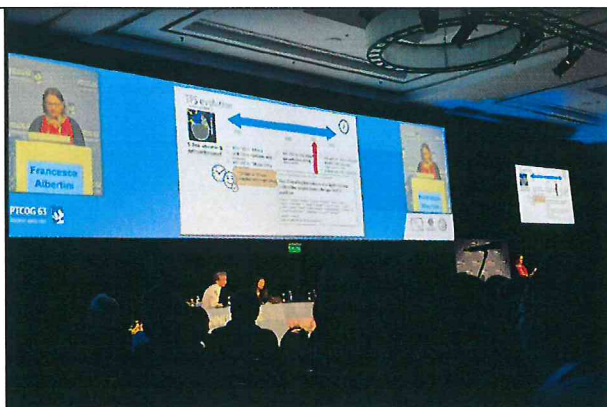
GRYPHON

The Gryphon: a mythical creature found in many cultures, with a legendary passion for discovering and guarding vast fortunes. Half lion, half eagle, the gryphon was renowned for its noble conduct, foresight, clarity of vision, swiftness and skill in carrying out tasks.

Trends in Cancer

Immunotherapy and Radiotherapy 關係

作者方怡醫師用中國神獸獅鷲舉例


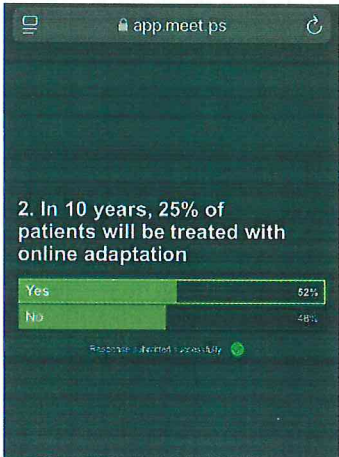


Francesca Albertini

Center for Proton Therapy, Paul Scherrer

Institute PSI, Villigen, Switzerland

DAPT 工作流程圖總覽

<p>This is not the way to go for larger scale adoption of oAPT!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>High quality images for oAPT: In-room CT</li> <li>Low availability of in-room CTs worldwide</li> <li>Additional space and time required for patient imaging</li> <li>patient imaging</li> <li>Mostly not in isocenter</li> <li>Efficiency of the work-flow?</li> <li>Can we justify the additional imaging dose, esp. for pediatric patients</li> </ul>  <p>CT on rails at PSI    Trento / Dresden    Heidelberg</p>	 <p>2. In 10 years, 25% of patients will be treated with online adaptation</p> <p>Yes 52%</p> <p>No 48%</p>
<p>This is not the way to go for larger scale adoption of oAPT!</p>	<p>大家投票認為 10 年後，25% 的患者將接受線上自適應治療的機會各一半</p>

### 三、心得

參加第 63 屆國際粒子治療年度會議，讓我有機會深入了解粒子治療的最新研究進展和未來發展方向。這次會議聚集了來自全球的專家學者，分享了在粒子治療領域的最新成果和應用經驗，對於我在專業知識的提升和實際應用的理解上有著極大的幫助。

首先，會議強調了教育與持續專業發展的重要性。在當前快速變化的醫療環境中，保持專業知識的更新和技能的提升至關重要。參加國際會議和相關的培訓課程，不僅能夠接觸到最前沿的技術和研究，還能夠與國際同行交流，分享彼此的經驗和心得。這讓我深刻認識到，持續的學習是提高治療質量和確保患者安全的基礎。

在技術創新方面，這次會議展示了許多令人振奮的進展。其中，FLASH 放射療法與 CAR T 細胞療法的結合無疑是亮點之一。FLASH 療法以其獨特的超高劑量率在極短時間內傳遞輻射，顯著減少了對健康組織的副作用，同時保持了對癌細胞的殺傷力。這種創新療法的研究，不僅為腦腫瘤的治療提供了新的思路，也為其他類型的癌症治療帶來了可能的突破。結合 CAR T 細胞療法，能夠進一步增強治療的針對性和效果，這種尖端技術的應用將可能改變未來的治療模式。

此外，會議中強調了國際合作的重要性。透過與來自不同國家的專家進行交流，我了解到許多國家在質子治療中心的運營和管理上的成功經驗，這對於我們在台灣的發展具有重要的借鑒意義。加強國際合作，不僅能促進技術的提升，還能促進知識的共享和資源的整合，這將為我們的患者提供更優質的治療服務。

然而，粒子治療的推廣仍然面臨著許多挑戰。例如，適應性質子治療（APT）的發展儘管具有巨大潛力，但在技術上仍需克服許多障礙。目前，影像引導技術的限制、CBCT 影像品質的問題以及 HU 穩定性等都是亟需解決的問題。為了實現 APT 的廣泛應用，我們必須在技術上取得突破，並優化工作流程，以提高治療的精確性和效率。

在會議中，我也特別關注了質子治療在不同癌症中的應用研究。例如，質子治療在肝癌和乳癌中的應用，展示了其在減少周圍健康組織輻射劑量方面的優勢。這對於患者來說，不僅能提高治療效果，還能降低長期的副作用風險。在肝癌治療中，質子治療能夠更精確地將劑量集中於腫瘤區域，這對於需要高劑量放療的患者尤為重要。而在乳癌治療中，質子治療能顯著降低對心臟和肺部的輻射劑量，這對於左側乳癌患者尤為關鍵。總結來說，這次會議不僅拓展了我的視野，也激勵我在未來的工作中，致力於推動本院質子治療技術的發展和應用。透過持續的學習和國際合作，我們可以引進和應用最新的技術和理念，為患者提供更好的治療選擇，並在全球醫療領域中保持競爭力。這是我們未來努力的方向，也是實現醫療領域更高標準的必要途徑。

在未來的工作中，我期望能夠將這次會議所學到的知識和經驗應用到實際工作中，特別是在質子治療的流程優化和技術提升方面。我們應該積極探索和引進新的技術，改善現有的治療方案，並不斷提升我們的治療水準。此外，我也會致力於加強與國際同行的合作，學習他們的成功經驗，並將其應用到我們的實踐中。

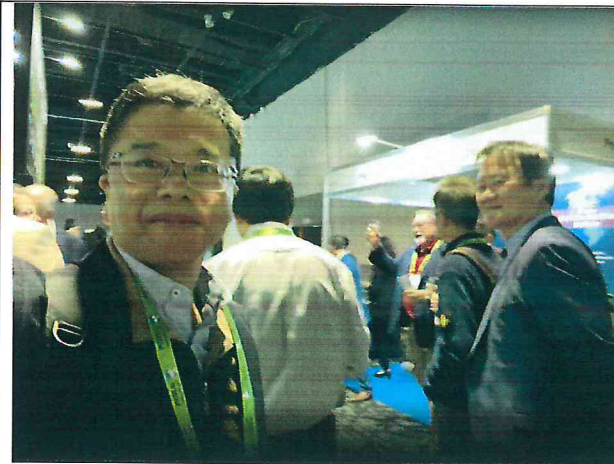
最後，我衷心感謝院方提供的這次學習機會，讓我能夠參加這樣高水準的國際會議。這不僅是一次寶貴的學習經歷，也是一個促進專業成長的重要契機。我期待著將這次會議的所見所聞轉化為實際行動，為推動本院的技術進步和質量提升貢獻力量。希望未來我們能夠在質子治療領域取得更大的突破，造福更多的患者。

#### 四、建議事項

報告建議事項：(建議事項至少四項，僅需列出建議事項標題)

- (一) 加強國際合作與學術交流，建議積極參與國際大型臨床試驗，並持續與 UPENN 和 St Jude Children Hospital 國際專業人才和各粒子治療中心接軌，開展學術合作。每位主治醫師和物理師應有機會參加國際會議，如 PTCOG，以促進學術交流與臨床應用。
- (二) 取得國際第三方認證，建議在質子設備測試和臨床前調校完成後，尋求國際第三方認證，例如 IROC，以確保設備和流程符合國際標準，提升國際信譽和爭取國際醫療和臨床試驗機會。
- (三) 推廣日常自適應質子治療 (DAPT)，本院第二治療室設置有 In room CT，解決了影像品質和 HU 穩定性，而工作流程整合，預計應用最先進和計算速度最快的 RayStation v2025 (L40 GPU Server) 來解決執行速度和工作流程效率問題。並結合智慧醫療技術，開發自動化系統以簡化流程，提高治療效率，實現 DAPT 的廣泛應用。
- (四) 促進產學合作與技術創新，加強與質子設備供應商的合作，開發新技術和學術研究，相信質子治療 (FLASH) 結合 CAR T 細胞療法，能夠進一步增強治療的針對性和效果，這種尖端技術的應用將可能改變未來的治療模式。

五、 附錄



前往 PENN MEDICINE 展館 Booth 參加 celebratory toast and special announcement



游惟強主任和 Professor James Metz of Chairman of Robert Proton Center 相見歡



## CME/CPD Certificate

This is to certify that

**PhD Yung Fa Lu**

participated in the

**63rd Annual Conference of the Particle Therapy Cooperative Group**

*Buenos Aires, Argentina*

*June 2-7, 2025*

and received **34 credits**

Marco Durante

PTCOG Chairman

### **European Accreditation Council for Continuing Medical Education (UEMS/EACCME)**

The 63rd Annual PTCOG Conference, Buenos Aires, Argentina 02/06/2025 – 07/06/2025, has been accredited by the European Accreditation Council for Continuing Medical Education (EACCME®) with **34.0 European CME credits (ECMEC®s)**. Each medical specialist should claim only those hours of credit that he/she actually spent in the educational activity. The EACCME is an institution of the European Union of Medical Specialists (UEMS): [www.uems.eu](http://www.uems.eu)

### **American Medical Association (AMA)**

Through an agreement between the European Union of Medical Specialists and the American Medical Association, physicians may convert EACCME credits to an equivalent number of *AMA PRA Category 1 Credits™*. Information on the process to convert EACCME credit to AMA credit can be found here: [www.ama-assn.org/education/ama-pra-credit-system/agreement-european-union-medical-specialties-uems](http://www.ama-assn.org/education/ama-pra-credit-system/agreement-european-union-medical-specialties-uems)

### **Royal College of Physicians and Surgeons of Canada**

Live educational activities outside of Canada recognized by the UEMS-EACCME for ECMEC credits are deemed to be Accredited Group Learning Activities (Section 1) as defined by the Maintenance of Certification Program of The Royal College of Physicians and Surgeons of Canada. More information can be found here: [www.royalcollege.ca/en/standards-and-accreditation/cpd-accreditation/international-agreements-physicians-outside-canada](http://www.royalcollege.ca/en/standards-and-accreditation/cpd-accreditation/international-agreements-physicians-outside-canada)