

出國報告（出國類別：開會）

2025 年美國放射腫瘤學會年會（ASTRO 2025）研習報告

服務機關：國立成功大學醫學院附設醫院

服務單位：腫瘤醫學部放射腫瘤科

姓名職稱：賴俞璇醫師

派赴國家：美國（舊金山）

出國期間：2025 年 9 月 24 日至 2025 年 10 月 5 日

會議期間：2025 年 9 月 27 日至 2025 年 10 月 1 日

報告日期：2025 年 10 月 28 日

摘要

本次前往美國舊金山參加 2025 年美國放射腫瘤學會年會（ASTRO 2025），主題為「Rediscovering Radiation Medicine And Exploring New Indications」。會議聚焦於放射治療新技術及新適應症、人工智慧（Artificial intelligence, AI）於放射治療領域之應用、以及影像生物標誌（Imaging biomarker）發展的臨床轉譯。本人以「Exploring the Potential Causal Relationship Between Body Composition and Prognosis in Breast Cancer: A Counterfactual Retrospective Cohort Study」為題進行海報發表，探討身體組成與乳癌預後之潛在因果關係。透過本次會議與展場參訪，深入了解 AI 輔助放射治療、自適應性放射治療（Adaptive radiotherapy）、影像生物標誌以及質子治療的最新發展趨勢。此行不僅拓展學術視野，亦有助於後續臨床研究與 AI 應用的整合推進。

目次

一、目的	4
二、過程	4
三、心得	15
四、建議事項	15

目的

本次出國主要目的在於參加 2025 年美國放射腫瘤學會年會（ASTRO 2025），聚焦於放射治療新技術與新適應症之臨床發展趨勢，以及人工智慧（Artificial intelligence, AI）與影像生物標誌（Imaging biomarker）於放射治療之結合。今年大會期間進行了一項全體與會者投票：「未來十年最可能改變放射腫瘤領域的創新技術為何？」結果顯示，「人工智慧與機器學習（AI and Machine Learning）」以最高票獲選為關鍵變革力量，象徵 AI 在放射治療臨床應用的時代即將來臨。因此，本次出國研習目的除瞭解放射治療新適應症（如退化性病變、心律不整與腦血管異常等）之研究進展與最新臨床證據外，亦著重於觀察 AI 在放射治療流程中之嵌入實踐，包括影像導引、自適應性放射治療計畫（Adaptive planning）、自動分割（Auto-segmentation）、風險分層預測與生物反應建模等新興應用。



過程

本人於 2025 年 9 月 24 日自台灣出發，於 9 月 24 日抵達美國舊金山。會議於 9 月 27 日至 10 月 1 日在 Moscone Center 舉行，主題課程涵蓋從臨床試驗、人工智慧與影像創新、良性疾病治療到放療社群永續發展等多元面向。本人於會議期間積極參與多場主題演講、臨床研究口頭報告、教育課程與最新設備技術展示。

9 月 29 日，本人於 Poster Discussion Session 進行口頭報告，發表主題為 “Exploring the Potential Causal Relationship Between Body Composition and Prognosis in Breast Cancer: A

Counterfactual Retrospective Cohort Study”，與多位國際學者針對 AI 身體組成分析、因果推論方法及乳癌臨床預後應用進行討論，獲得現場學者正面回饋。

此外，本人於 9 月 28 日至 9 月 30 日期間，積極利用課程空檔參觀展場，重點關注放射治療主要設備廠商之最新技術展示與臨床應用趨勢，另外亦關注質子治療 P-Cure 之最新發展。各大廠商均展示 AI 整合、即時影像導引與適應性放療相關技術，展現全球放療數位轉型與自動化的發展方向。

會議結束後，於 10 月 4 日啟程返台，10 月 5 日抵達台灣。



ASTRO 2025 大會現場留影

〔研習與參訪內容〕

9 月 28 日：Presidential Symposium

(1) Presidential Symposium — Rediscovering Radiation Medicine：本屆 ASTRO 主席 Sameer Keole, MD, FASTRO 在開幕致詞中特別強調，放射醫學正邁向「再發現」(Rediscovering) 的階段，不僅重新審視傳統治療模式的臨床價值，也探索放射治療在良性疾病與新適應症中的潛力。會中聚焦「Expanding Horizons in Nonmalignant Disease」，由多位學者報告放射治療良性疾病 (nonmalignant disease) 領域的拓展，包括肌肉骨骼疾病 (如足底筋膜炎、骨關節炎) 以及神經功能性疾患 (如帕金森氏症震顫) 等，並強調放射腫瘤醫師於跨專科治療中的角色轉變。

第一場「Potential, Pitfalls, and a Path Forward for Radiotherapy beyond Cancer」由 Dr. Jarad

Martin 提出，放射治療作為局部抗發炎手段在多種慢性疾病中具有潛力，例如他以 Usain Bolt 因足底筋膜炎接受低劑量放射治療（Low dose radiotherapy, LDRT）後恢復訓練的例子，象徵此技術在功能性治療的新曙光。隨後，荷蘭外科醫師 Dr. Paul Werker 報告與手外科醫師合作、建立臨床證據以促進放療於 Dupuytren's disease 的應用。Heidi Prather 醫師則探討 LDRT 在退化性骨關節炎疼痛控制的應用與代謝性共病整合策略，提出跨專科合作的新模式。第二場「Coding Relief」由 Dr. Amar Rewari 分享非惡性疾病放療的健保與法規挑戰，指出「Coding is the language that turns treatment into value」，提醒放射腫瘤學的臨床實踐須與醫療制度及報銷機制並行發展。第三場「Precision without Incision: The New Era of Functional Radiosurgery」則由 Dr. Markus Bredel 與 Dr. Evan Thomas 帶領，展示以影像導引功能性放射手術治療帕金森氏症顫抖、慢性疼痛及精神疾病的新應用。這些技術利用功能連結影像（connectomics）與精準調控特定神經迴路，顯示放射治療正由「解剖靶點」邁向「神經網絡調控」的新紀元。

(2) 綜合心得與啟發

整體而言，本場次展現放射腫瘤學由「腫瘤導向」邁向「功能導向」的思維轉變。大會主席 Dr. Keole 呼籲建立跨國合作及多學科臨床試驗，推動放射治療於非惡性疾病的臨床證據累積與規範制定。他指出，這不僅是技術的拓展，更是放射醫學重新定位自身臨床價值、回應社會健康需求的重要一步。



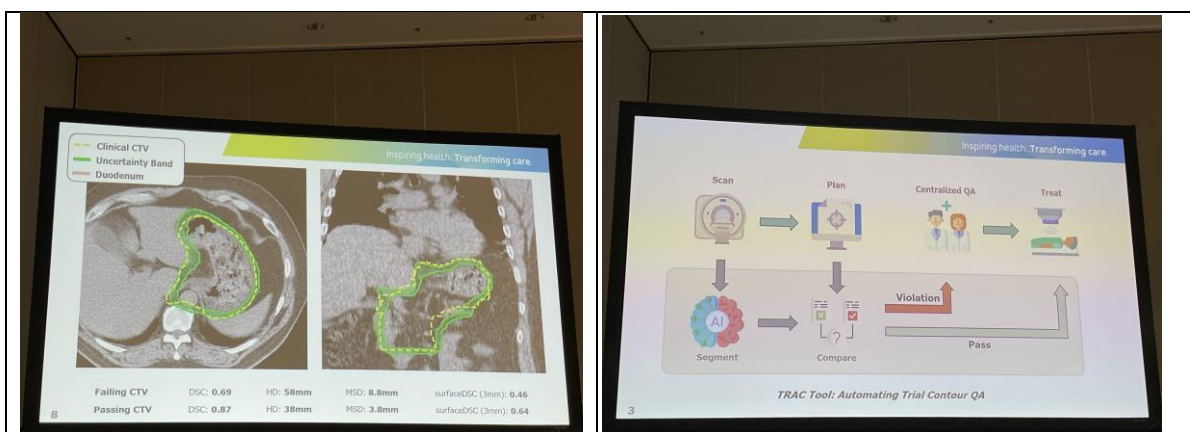
9 月 29 日：DHI 1、SS 16、PL 01、SS 24

本日課程主題橫跨放射腫瘤學人工智慧（AI）應用、多項放射治療臨床試驗結果發表、放射治療新技術與生活品質之探討，以及頭頸癌質子治療的新證據，充分展現放射治療的臨床廣度與科技整合深度。

(1) Digital Health Innovation 1 (DHI 1): The Digital Revolution in Radiation Oncology — AI

Models for Enhanced Patient Care

由 Duke University 的 Jackie Wu, PhD 與 Phillip Chlap, MS 主持，聚焦於 AI 在放射治療自動化品質保證 (Quality assurance, QA) 與臨床流程的革新。Chlap 介紹的研究利用 nnUNet 與 probabilistic UNet 模型進行臨床靶區 (Clinical target volume, CTV) 自動化輪廓品質檢測，應用於 TROG 08.08 TOPGEAR 胃癌臨床試驗，能以 91% 的準確率辨識輪廓偏差，顯著減少人工審核工作量。此成果展示了 AI 於放射治療臨床試驗中的 QA 潛力，為未來放射治療計畫的標準化與跨中心一致性建立基礎。課程中亦強調，在深度學習模型廣泛應用後，如何發展「AI 監督 AI」的品質控管策略，成為放射治療領域持續發展的關鍵議題。



9 月 29 日：AI 自動化輪廓品質檢測技術應用於胃癌臨床試驗

(2) SS16 & PL01：攝護腺癌劑量分次策略之臨床試驗

由 Dr. Daniel Hamstra (Baylor College of Medicine) 與 Dr. Rodney Ellis (University of South Florida) 發表的 NRG GU-005 隨機第三期臨床試驗結果，比較攝護腺癌患者接受立體定位放射治療 (Stereotactic body radiation therapy, SBRT) 與中度分次強度調控放射治療 (Moderately hypofractionated intensity-modulated radiation therapy, MH-IMRT) 之臨床差異，主要指標為兩年的腸胃與泌尿相關生活品質 (Quality of life, QOL) 下降比例及五年的無病存活率 (Disease-free survival, DFS)。此試驗納入 698 位中等風險攝護腺癌患者，隨機分配接受立體定位放射治療 (SBRT, 36.25 Gy/5 fractions) 或中度分次強度調控放療 (MH-IMRT, 70 Gy/28 fractions 或 60 Gy/20 fractions)。研究結果顯示，SBRT 在兩年時有較佳的腸道 QOL 維持率 (65% 無明顯下降 vs. 56%, $p = 0.034$)，而在泌尿功能方面則無顯著差異。五年 DFS 分別為 SBRT 89% 與 MH-IMRT 92%。研究團隊指出，雖然 DFS 差異不顯著，但 SBRT 展現出良好的短期安全性與病人接受度。Dr. Hamstra 強調「QOL 作為共同主要指標 (co-primary endpoint) 的重要性，反映癌症治療不僅追求生存延長，也重視患者體驗與功能保留。」

(3) PL01：聚焦放射治療新技術與生活品質之平衡

本場次由 Kenneth Rosenzweig, MD, FASTRO 與 Farzan Siddiqui, MD, PhD, FASTRO 主持，涵蓋乳癌、口咽癌、攝護腺癌、膀胱癌及非小細胞肺癌腦轉移等多領域臨床試驗，聚焦於不同放射治療技術對生活品質（QOL）與疾病控制的影響，展現放射治療領域從技術導向邁向以病人為核心的臨床價值。首先，乳癌 RADCOMP 第三期隨機試驗納入超過 1,200 位非轉移性乳癌患者，比較質子與光子放療於區域放射治療後的影響；結果顯示，兩組在六個月追蹤皆維持良好健康相關生活品質（Health-related quality of life, HR-QOL），患者普遍滿意，並多願意再次選擇相同治療，顯示兩者皆可提供高品質治療；後續分析將釐清質子是否能進一步降低心臟毒性與局部復發風險。針對口咽癌，TORPEDO 第三期臨床試驗比較強度調控質子治療（Intensity-modulated proton therapy, IMPT）與光子治療（Intensity-modulated radiation therapy, IMRT）之長期 QOL 與吞嚥功能，結果發現兩組在長期生活品質與功能維持上無顯著差異，且晚期管灌依賴率皆低於 2%，顯示 IMRT 仍為現行標準治療，而 IMPT 的潛在優勢可能集中於急性副作用較重或特定高風險構造患者。膀胱癌部分，BART 多中心第三期試驗評估術後加做放射治療（Post-operative radiotherapy, PORT）的臨床效益，證實術後放射治療可顯著降低骨盆腔局部復發率，改善生活品質與症狀控制，且整體耐受度良好，對淋巴結陽性患者亦具益處，顯示 PORT 在化療無法充分控制局部復發的情境下，為強化局部控制的重要策略。



9 月 29 日：腫瘤電場治療（Tumor-treating fields, TTFs）臨床試驗成果與現場展示

非小細胞肺癌腦轉移之 METIS 第三期試驗顯示，於立體定位放射手術（Stereotactic radiosurgery, SRS）後合併腫瘤電場治療（Tumor-treating fields, TTFs）可顯著提升顱內病灶控制率，且未增加毒性或造成認知功能下降，特別是在合併使用免疫檢查點抑制劑（Immune checkpoint inhibitor, ICI）的患者中效果更為明顯，此創新整合策略能在避免全腦放療（Whole brain radiotherapy, WBRT）相關副作用的同時提升治療成效，儘管

裝置順從性與衛教推廣仍具挑戰，但其臨床潛力與可行性值得持續探索與跨機構合作推動。

(4) SS 24: Head and Neck 2 — Proton Therapy in Head and Neck Cancers

該場次由 Emory University 的 James E. Bates, MD 主持，多篇來自美國、中國及英國的隨機試驗報告呈現質子治療於頭頸癌的最新臨床證據。Memorial Sloan Kettering 的 Edward Dee, MD 發表美國多中心第二期隨機研究，證實質子治療在單側頭頸部放射治療中可顯著降低黏膜炎與味覺障礙等急性毒性。來自復旦大學附屬腫瘤中心的孔琳醫師則報告鼻咽癌患者接受質子與光子治療之比較，顯示乾燥症有下降趨勢但未達統計顯著。來自英國曼徹斯特 Christie 醫院的 David Thompson, MD 則報告 TORPEdO 研究，隨機比較質子與 IMRT 於雙側咽喉癌患者之療效，結果顯示一年後吞嚥與生活品質指標相近。整體而言，質子治療的優勢主要集中於急性期副作用減少，而長期效果仍需更多追蹤資料支持。

(5) 綜合心得與啟發

9 月 29 日的系列課程充分展現放射腫瘤學的兩大核心發展方向—人工智慧（AI）與新型放射治療技術的臨床融合。AI 模型的自動輪廓 QA 與臨床試驗整合，使放射治療的品質控管邁向量化與可追溯化；而多項第三期隨機試驗進一步強調放射治療新技術的臨床平衡點，將 QOL 納入主要臨床終點，顯示放射治療決策已從「單純腫瘤控制」邁向「腫瘤控制 × 生活品質 × 長期毒性」的平衡；質子治療於頭頸癌的持續臨床驗證則代表放射治療朝向更精準、低毒性與個人化的方向發展。這些討論與本人研究理念—讓病人活得久也要活得好—高度契合，反映出放射治療正從「技術導向」轉變為「以數據與病人為中心」的精準醫療模式。

9 月 30 日：Keynote 02、SS 42、QP 17

本日課程主題橫跨當醫師變成癌症病人的經驗省思與人文關懷、婦癌免疫治療臨床試驗新證據、以及低劑量放射治療於淋巴瘤的劑量優化策略，體現放射腫瘤學兼具臨床科學與人文醫學的雙重面向。

(1) Keynote 02：Hope, Research, and the Cancer Patient — From Physician to Patient

本場次由 Stanford University 的 Bryant Lin, MD, MEng 主講，主題聚焦於「從醫師到病人」的角色轉換與醫學人文省思。Dr. Lin 以自身第四期肺癌病人的親身經驗，分享診斷、治療及心境轉變的歷程。他在僅六日內完成影像與病理確診，強調「診斷速度應成為所有病人的權利，而非特權」。歷經多發性腦轉移後，Dr. Lin 仍持續治療與教學，並以

其經驗探討病人最重視的面向—靈性照護、營養、心理支持、照護者協助與臨床資訊可近性。他指出，醫師往往只看見病人生命的「1%」，呼籲臨床人員應了解病人生活目標與價值觀，將治療設計與之結合。他進一步討論 AI 在醫療中的角色，認為「AI 能模擬同理心，但無法真正取代人性溫度」，並以此提醒臨床醫師在科技快速進展下仍須維持「醫者的人文核心」。Dr. Lin 最後以 Jonas Salk 名言作結：「Hope lies in dreams, in imagination and in the courage of those who dare to make dreams into reality.」呼籲醫療專業者持續為研究與病人發聲，並以感恩之心回饋臨床。



9 月 29 日：Keynote Speech — 「從醫師到病人」的角色轉換與醫學人文省思

(2) SS 42：GYN Clinical Trials — Challenging the Paradigm in Gynecologic Cancers

本場次由 Jyoti S. Mayadev, MD, FASTRO (UC San Diego) 發表 KEYNOTE-B21 研究成果，探討 pembrolizumab 合併化學治療 ± 放射治療於高風險子宮內膜癌的療效。該全球第三期臨床試驗 (ENGOT-en11/GOG-3053/KEYNOTE-B21) 納入高風險子宮內膜癌患者，分為接受 pembrolizumab 或安慰劑組，並於部分病人加上放射治療 — 體外放射治療 (External beam radiotherapy, EBRT)、近接治療 (Brachytherapy, BT) 或兩者並用。

主要結果顯示，在 dMMR 族群中，pembrolizumab 顯著改善無病存活期 (DFS, HR 0.31)；然而，在更常見的 pMMR 族群中則未見顯著差異 (HR 1.02)。進一步分析顯示，即使合併放療，pMMR 病人於疾病特異性無復發存活 (DSFS) 上仍無改善。

安全性方面，pembrolizumab 合併放射治療未增加不良事件或長期毒性，顯示該組合治療具可行性。Dr. Mayadev 總結指出：「本研究強調放射治療於高風險子宮內膜癌中的核心角色，特別是 pMMR 病人仍需倚重放射治療達到局部控制；pembrolizumab 並未取代放射治療的既有價值。」此研究對未來免疫治療與放射治療的整合策略提供了關鍵參考。

(3) QP 17：Hem 3 — Radiating Precision: Tailoring Therapy for Lymphoma, Leukemia, and Myeloma

本場次聚焦於非何杰金氏淋巴瘤（Non-Hodgkin lymphoma, NHL）放射治療劑量降低的可行性與臨床策略，探討「少即是多」的原則。Nikhil Mankuzhy, MD 報告單一中心 20 年經驗，採用極低劑量放射治療（Very low dose radiotherapy, VLDRT, 4 Gy/1 – 2 fractions）治療 813 位 NHL 病人共逾千處病灶，整體反應率高達 91%，完全反應率 65%，五年局部復發率約 25%，而早期、治療初發病例的局部控制率更佳（五年復發率僅 16%）。另一方面，Gabrielle Gard, BS 針對皮膚型 B 細胞淋巴瘤報告顯示，4 Gy 組之兩年無失敗率顯著低於 8 – 12 Gy 組，顯示極低劑量放射治療（VLDRT）於皮膚型病變控制不足，需酌量提高劑量。此外，Christopher Kelsey, MD, FASTRO（Duke University）代表 ILROG 發表之國際多中心第二期試驗，針對侵襲性 B 細胞淋巴瘤採正子攝影 PET 影像反應導向劑量調整（19.5 – 20 Gy），於 243 位中高風險患者中達到三年局部控制率 98.6%、總存活率 95.7%，顯示低劑量放射治療在部分侵襲性亞型中亦具潛力。整體而言，該系列研究重新定義放射治療劑量設計原則，強調依疾病亞型與治療反應進行個體化劑量調整，以減少毒性並維持長期控制率，體現「Precision radiotherapy」的臨床思維。

(4) 綜合心得與啟發

9 月 30 日課程從臨床技術延伸至醫學人文，展現放射腫瘤學的多面向價值。Keynote 02 由 Stanford 的 Bryant Lin 醫師以第四期肺癌患者的經驗，提醒醫師在精準醫療與 AI 快速發展之際，仍須關注病人生命中那「未被看見的 99%」——恐懼、希望與生活重心，唯有人性與信任才能真正療癒。隨後的 SS42 婦癌試驗（KEYNOTE-B21）指出，免疫治療對 dMMR 病人具顯著效益，但 pMMR 病人仍須倚賴放射治療以確保局部控制，顯示放射治療在免疫整合策略中仍是穩定且安全的核心。QP17 場次則展示極低劑量與反應導向之放射治療成功經驗，證實可在降低毒性的同時維持高控制率，反映放射腫瘤學正從「疾病導向」邁向「生物反應導向」，實現少劑量、高效率的個體化精準治療。這一天的課程不僅在於技術進展，更在於重新思考醫療的本質與人性的價值。

10 月 1 日：Cancer Breakthroughs Session

(1) Cancer Breakthroughs Session：本場次系統回顧過去一年最具影響力的放射腫瘤學研究，聚焦三大核心主題——人工智慧驅動的影像生物標誌分析、整合式自適應性放射治療（Adaptive radiotherapy）以及放射治療與免疫治療的協同策略。多位專家於會中報告最新臨床試驗成果，首先發表的是放射治療於轉移性腫瘤控制的多中心研究最新證據，以精準影像導引及多模態融合（如 PET/CT + MRI + AI 輔助）判定轉移病灶後進行立體定位放射治療（SBRT）的臨床成效，結果證實，結合 AI 影像輔助的立體定位放

射治療（SBRT）可在精確定位轉移病灶的同時，顯著改善疾病控制率，並提升治療效率。放射治療與免疫檢查點抑制劑（Immune checkpoint inhibitor, ICI）併用的臨床數據則指出，放射治療不僅具有局部消融作用，亦能改變腫瘤微環境，誘發全身性免疫反應，顯示放射免疫協同已成為新興治療策略。此外，心臟腫瘤與特殊病灶的放射治療成果亦受到關注，研究顯示在嚴謹影像導引下，放射治療能兼顧療效與心臟安全性，逐步拓展新適應症。

(2) 綜合心得與啟發

本場次顯示放射腫瘤學的發展已進入「智慧化與整合化」時代。AI 分析與影像生物標誌的結合，使個人化放射治療邁向可量化與即時回饋的階段；自適應性放射治療則展現治療動態調整的可行性；免疫整合策略的成功，則突顯放射治療的應用正從局部控制邁向全身性整合治療，也預示放射腫瘤醫師將從單一治療執行者，轉型為多模態治療整合者與策略設計者。這些趨勢與本人研究方向（AI 輔助影像分析與個人化預後預測）高度契合，提供未來研究與臨床實踐在跨領域整合、數據驅動決策與新適應症探索上的具體發展方向。

〔個人發表內容〕

本人於 9 月 29 日 Poster Discussion Session 進行電子海報展示及口頭報告，研究題目為 “Exploring the Potential Causal Relationship Between Body Composition and Prognosis in Breast Cancer: A Counterfactual Retrospective Cohort Study”。本研究以 AI 輔助電腦斷層身體組成分析模型為基礎，探討肌肉品質 — 骨骼肌密度（Skeletal muscle density, SMD）、正常衰減肌肉區域（Normal-attenuation muscle area, NAMA）、偏度（Skewness）、峰度（Kurtosis）與乳癌病人預後之潛在因果關係。報告重點包括：

- (1) AI 自動化身體組成分析於乳癌病人肌肉品質量化之可行性；
- (2) 應用反事實分析（Counterfactual inference）及傾向分數加權（Inverse probability of treatment weighting, IPTW）建構身體組成與預後的潛在因果關係；
- (3) 以無病存活率（DFS）與整體存活率（Overall Survival, OS）為主要結果，研究結果顯示，肌肉品質不良與疾病復發及死亡風險顯著相關。

本研究應用反事實分析與傾向分數加權（IPTW）以建立潛在因果模型，獲得現場學者關注。報告後與多位國際學者交流，討論電腦斷層身體組成 AI 模型在臨床營養與放射治療風險分層上的整合潛力。



9 月 29 日：Poster Discussion Session 進行電子海報展示及口頭報告

〔展場參訪與技術觀察〕

(1) Varian(Siemens Healthineers)：展示 Ethos AI Adaptive Therapy System、RapidArc Dynamic Solution 及 HyperSight Imaging 三項 AI 整合技術，主打每日影像導引與自動化 Adaptive planning，顯示 AI 自適應性放射治療的臨床可行性。



Varian 講師介紹 RapidArc Dynamic Solution



與 Varian 吉祥物 Cosmo 合影

(2) Elekta：展出 Unity MR-Linac、Versa HD (AI Planning Engine) 及 Elekta One 數位平台，推動高場磁共振導引結合 AI 決策支援，打造放療全流程的「雲端協作生態系」。

(3) P-Cure：展示緊湊型質子治療系統與 Helium Ion Therapy 藍圖，其無旋轉 (Gantry-less) 設計可降低空間需求與建置成本，實際安裝空間僅需長 12 公尺、寬 6.4 公尺。



Elekta Unity MR-Linac



Elekta One 數位平台



P-Cure 緊湊型質子治療系統示意模型



P-Cure 講師介紹質子治療實際狀況



CQ Medical 乳癌放射治療固定模型



CQ Medical 講師介紹模型使用方式



Radiant Wrap 時尚放射治療服

整體而言，展場氛圍強調 AI 技術、影像導引與光子質子治療設備的臨床整合應用，從放射治療計畫、影像、執行到回饋，形成一體化生態。值得一提的是，大會在展區特設「Paw Zone」，讓與會者可與療癒小狗互動放鬆，成為繁忙會期中最受歡迎的舒壓空間，也象徵 ASTRO 對「人性化與健康平衡」理念的重視。



展區特設「Paw Zone」讓與會者與療癒小狗互動

心得

ASTRO 2025 充分展現放射腫瘤學邁向 AI 化與精準醫療化的發展趨勢。AI 自適應性放射治療、影像生物標誌、以及臨床數據整合均成為主流議題。透過課程與討論，深刻體會未來的放射治療將從「劑量導向」轉變為「影像與生物反應導向」。展場上 Varian 與 Elekta 展示的 AI 平台，以及 P-Cure 的緊湊型質子治療方案，均突顯智慧放療系統在臨床實作與成本控制間的平衡。ASTRO 2025 的核心訊息在於重新發現放射醫學的臨床價值與跨域潛能，並探索放射治療於多種新適應症的可行性。此趨勢與 AI 與影像生物標誌整合研究方向高度契合，顯示放射治療正邁向更廣泛的精準醫學時代。

建議事項

1. 建議醫院持續推動 AI 結合放射治療影像的臨床研究與決策支援系統。
2. 可評估引進 AI adaptive planning 或影像生物標誌分析工具，以提升臨床準確性與效率。
3. 鼓勵年輕醫師參與國際會議與 AI 放射治療專題課程，培育跨領域人才。
4. 強化與國際學術機構及產業夥伴合作，推動放射治療技術國際化。
5. 可持續觀察緊湊型質子治療設備（如 P-Cure）之發展與臨床可行性，作為長期放射治療設備升級規劃參考。