

出國報告（出國類別：訓練）

AI 落地：先進 AI 應用暨整合評估

服務機關：國立臺灣大學醫學院附設醫院

姓名：林耿謙

派赴國家：美國

出國期間：114 年 3 月 31 日至 114 年 4 月 25 日

報告日期：114 年 7 月 4 日

摘要

2016 年 AI 教父傑佛瑞·辛頓(Geoffrey Hinton)以一句「五年內深度學習將全面取代放射線科醫師，我們應該停止訓練放射線科醫師！」轟動全世界。放射線學界陷入生存危機，新進住院醫師數量一時驟減。2025 年現今北美放射線科醫師不減反增，紐約時報再次訪問辛頓，其改口「AI 將能提升放射線科醫師工作效率及準確性。」。對應本科部陳主任常講的，「未來取代放射線科醫師的並非 AI，而是懂得使用 AI 的放射線科醫師。」

2024 年北美放射線學會主席柯蒂斯·蘭羅茲 (Curtis P. Langlotz) 參與於臺北舉辦的第 22 屆亞洲及大洋洲放射線醫學會議 (AOCR 2024)。在大會演講當中，揭示史丹佛大學在人工智慧上的進展，並且提出「放射線學科應成為 AI 的領頭羊！」。放射線學科具有最容易進行人工智慧訓練的影像資料，在診斷時亦日常結合臨床資訊及影像資料給予診斷。在陳世杰主任、李文正副主任的帶領之下，本科部亦陸續引進臨床資訊整合、肺癌癌症分期、AI 篩檢胸部 X 光片及電腦斷層、腦出血篩檢警示等應用，積極落地使用 AI。接軌國際，落地深根，是陳主任時常耳提面命在人工智慧的使命。

此次前往史丹佛醫院放射線學科除了第一步見識 AI 應用實境，亦期待透過實地參訪了解北美前三的頂尖放射線科實際運行方式，學習研究、臨床服務、教學的新進展。在資源豐富的情境下，Stanford 放射科無論在報告品質、教學細膩度、以及臨床研究都領先全球。AI 應用部分，除了影像判讀的模型，由 Professor Langlotz 領導的團隊亦倡導多模態模型的應用，讓放射線科持續在 AI 應用成為先行者(Langlotz, 2023; Paschali et al., 2025)。

目次

- 摘要 1
- 目次 2
- 1.目的及前言 1
 - 1.1. 史丹佛醫學中心放射線科 2
 - 1.2. 前往契機..... 2
- 2.過程 4
 - 2.1. 腹部放射線科 4
 - 2.2. 神經放射線科 5
 - 2.3. AI 應用 5
 - 2.4. 會議參與..... 7
- 3.心得 11
 - 3.1. 工作分配及學術發表 11
 - 3.2. AI 前景發展 11
- 4.建議事項..... 12
- 參考文獻..... 15

1. 目的及前言

在住院醫師訓練的尾聲，陳世杰部主任勉勵透過院內短期出國訓練計畫到外國醫院拓展視野。本院身為臺灣首屈一指的醫學中心，科部在學術研究、臨床服務、AI 落地皆不斷推進。在 AI 研究部分，陳柏廷醫師領導的助胰見 PancreaSaver 團隊創建出針對 2 公分以下胰臟癌具有敏感度約 75%，整體 AUC0.95 之深度學習模型，獲得由北美放射線學會(RSNA)頒發年度傑出大獎 (Margulis Award for Scientific Excellence)(Chen et al., 2023)。在科部內部，部主任不斷推進 AI 落地應用如肺部影像應用 Lunit 及腦出血偵測篩選工具等，嘗試針對影像的輕重緩急進行排序。我亦參與大型語言模型 (ChatGPT) 在肺癌癌症分期的應用，在報告敘述性內容之下其可以在癌症分期達到 90.2%之正確率，相關結果發表於第 22 屆亞洲及大洋洲放射線醫學會議 AOCR 2024。在 AI 臨床情境的使用下，大多的侷限還是來自於報告系統的整合。本科部的放射線報告系統係由外部廠商維護，AI 判讀結果透過傳送到特定的 AI PACS 伺服器之後在報告系統中可見，目前需判讀醫師主動點擊按鈕、輔助診斷之用。若要在臨床實際使用報告篩選排序功能，有賴和外部廠商的妥善溝通。整合臨床以及報告系統，需上升到和資訊室、報告系統廠商、以及本科部 PACS 小組及放射線科醫師的多方討論。因此，期待到位於矽谷的史丹佛醫院取經，了解其在 AI 使用方面的進展，期待在院內進行進一步整合。

1.1.史丹佛醫學中心放射線科

史丹佛醫學中心(Stanford Hospital)座落於帕羅奧圖(Palo Alto)，周邊即為著名網路科技產業的孕育之地：矽谷。走入醫院的大廳，即可見到牆面上對蘋果、IBM、惠普(HP)等企業廠商贊助的致謝。史丹佛大學歷史悠久，創立於 1885 年，醫學院創立於 1908 年，並於 1959 年設立史丹佛醫學中心。此醫院於 1981 年完成美國醫學史上為完成第一例同時心肺移植。其放射線科配備有 19 台乳房攝影、27 台核磁共振(MRI)、18 台電腦斷層(CT)、2 台 PET-MR、7 台 PET-CT，在加州共有 15 個位址提供醫療服務。史丹佛放射線科在 2024 年共有 217 項聯邦與科部經費支持的研究計畫，研究經費達約六千一百萬美元(\$61 Million)，科部收入約為兩億一千五百萬美元(\$215 million)。科部內除臨床科別之外，亦設有 39 個研究室針對人工智慧、先進核磁共振科學、心臟核磁共振等主題進行研究。



圖一、二

史丹佛校園、醫院大廳一隅

1.2.前往契機

第 22 屆亞洲及大洋洲放射線醫學會議 AOCR 2024 臺北舉辦。會中，美國北美放射學會主席 Professor Curtis P. Langlotz 分享其任職的史丹佛大學醫學院放射線學科

於 AI 應用的整合成效。史丹佛大學設有醫學影像人工智慧中心(Stanford Center for Artificial Intelligence in Medicine and Imaging , AIMI) 主導所有於醫學影像上的 AI 應用，並且在學術著作上常有佳績。史丹福醫學中心放射線科為全美前三的教學機構，因此萌念前往短期臨床訓練。

2.過程

2.1.腹部放射線科

在史丹佛放射線科的前兩周先輪訓腹部放射線科。第一個震撼是報告輸入方式與我們截然不同。在臺灣放射線科過去以錄音筆錄音，由行政人員協助撰打報告。在本科部目前以鍵盤輸入搭配 Autohotkey 的方式完成報告。但是在訓練單位看到的是醫師們使用預設有報告快捷鍵以及格式功能的語音筆快速完成報告，讓人稱羨。

在美國制度下介入性放射線學(Interventional Radiology)和診斷性放射線(Diagnostic Radiology)是不同的科別，因此在史丹佛負責診斷的放射線科醫師能夠有較為充裕的時間進行影像判讀。

透過臨床見習有兩個學習要點：

一、依照 ACR 指示，針對各類病灶進行分類。

在臺灣因臨床業務繁忙，針對病灶敘述大多以診斷精準為目標。肝臟病灶的 LIRADS、腎臟囊腫的 Bosniak Type 等，在放射科醫師的腦內大多都是診斷的參考，但是並不會呈現在報告內容當中。在美國放射線科的臨床業務當中，他們對這些分類鉅細靡遺的呈現。除了前述的分類，連腎細胞癌(Renal Cell Carcinoma)的透明細胞癌可能性評估(Clear Cell Likelihood Score , ccLS)以及保留性腎臟部分切除術評分(RENAL Nephrometry Scoring System)都在報告中闡述。在婦產科影像部分，卵巢病灶的 O-RADS、以及子宮內膜異位症(Endometriosis)的模板式呈現，都讓臨床醫師能從報告中得到更多的資訊。

二、第一線和著有刊登於高影響力期刊的作者們討論臨床思維：

在和放射線科醫師討論影像的同時，時常能夠聽到醫師們說到：我們參考一下過去我們自己的研究。腹部放射線科主任 Dr. Aya Kamaya 為 LIRADS 的作者，Dr. Priyanka Jha 是 O-RADS 的共同作者，針對子宮內膜異位症的 Review 亦刊登於 Radiology 期刊。Dr. Justin Tse 在 Radiology 以及 AJR 針對腎上腺腺瘤(adrenal adenoma)進行了分類上的探討，在臨床情境下協助病人進行危險度的分類。實際和這些老師們進行討論，讓我的臨床知識有所成長。

2.2.神經放射線科

有賴於 GE Healthcare 和史丹佛放射線科有緊密的合作，創新的 MRI 技術能夠第一線臨床使用。每位病人幾乎都有施作 Arterial Spin Labeling (ASL)以及 Neuromix 兩種磁振脈衝序列。ASL 能夠以不打顯影劑的方式提供腦部灌注的資訊，對於腦部腫瘤、缺血性病灶、發炎或癲癇後變化的鑑別診斷都有顯著的幫助，研究結果發表於 AJNR 及 Radiology 等頂尖期刊(Haller et al., 2016; Mahammedi et al., 2025; Yamin et al., 2024)。

Dr. Johannes Hugo Decker 是年輕的主治醫師，其在 AJNR 的著作評估了使用 NeuroMix 加上 MRA 在頭暈病人上的效益(Decker et al., 2024)。Neuromix 為瑞典的研究團隊提出了核磁共振序列，透過模組化序列設定，以及更動影像取樣在 K space 上的安排，有效的簡短影像取樣的時間，在十分鐘內即可舉得 T1, T2, T2FLAIR, T2*, DWI 等序列。對於躁動或無法配合的病人，Neuromix 能夠有效給不受病人移動影響、可供診斷的影像。在 Stanford 急診對於頭暈病人的評估當中，時常會先安排不打藥電腦斷層排除出血，後續安排 CTA 排除血管狹窄或堵塞的病灶。在此過程不只病人常需往返檢查室花費較多時間得到診斷，且有輻射線的危害。Dr. Decker 向我介紹在他持續推行的 Protocol 當中，頭暈主訴的病人只需要 Neuromix 即 MRA，就能夠一站式以不需輻射線的方式給出臨床診斷。

2.3.AI 應用

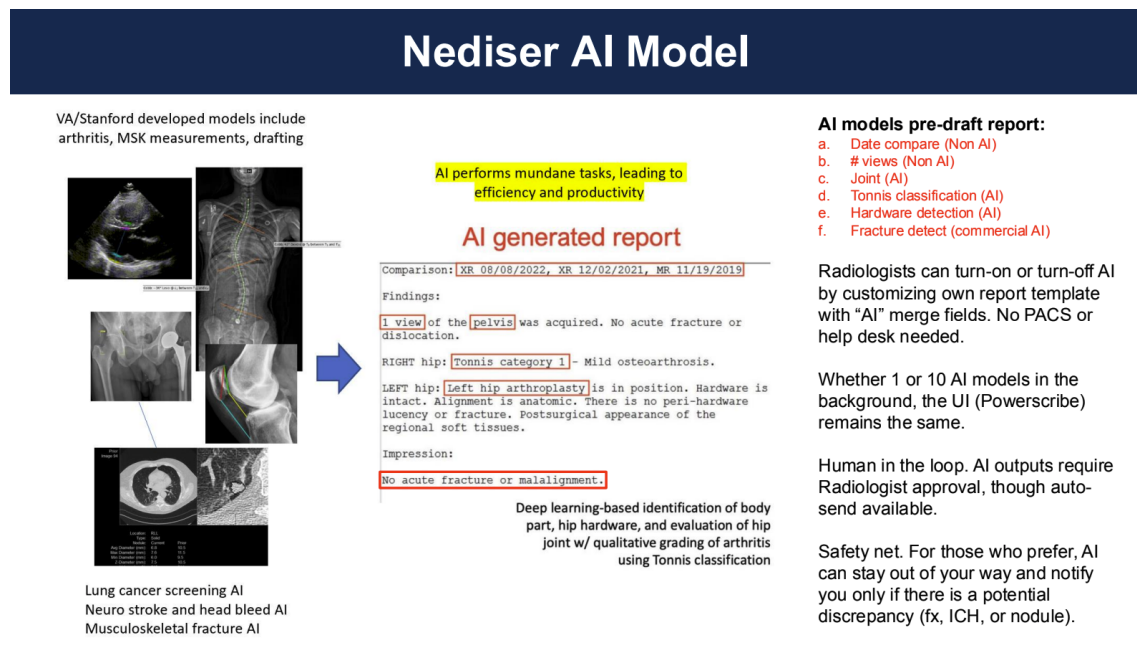
Professor Langlotz 擔任醫學影像人工智慧中心(Stanford Center for Artificial Intelligence in Medicine and Imaging , AIMI) 主任。此為史丹佛大學致力於推行 AI 於健康醫療應用的單位。此次未能和 Professor Langlotz 會談，但是在放射線科內亦詢問亦任職於 AIMI 的 Dr. Bruce Daniels 意見。其在 AIMI 的研究主要為使用 AI 協助 MRI 組像、提升影像品質。Dr. Daniels 建議雖然國際上應用於診斷上的 AI 新創如雨後春筍般興起，但是在影像重組及工作流程上的應用亦可期待。

在史丹佛醫院放射線學科發現實際在臨床使用 AI 的情境並不多。在國際許多的

放射線學 AI 都聚焦於胸部放射線在胸部 X 光片以及電腦斷層當中協助尋找病灶。實際訪問胸部放射線學科主任 Dr. Henry Guo，提到他實際試用過的 AI 包含韓國大廠 Lunit(針對胸部 X 光片)以及 Riverrain(肺部電腦斷層)。其中 Lunit 於本院亦曾經使用過，團隊發表於 Radiology 的研究(Lee et al., 2020)展現極佳的表現，曲線下面積達到 0.97。Riverrain 的應用方式則是能夠將背景的血管去除，凸顯胸腔病灶。Dr. Guo 給出的評價是：他閱讀肺癌篩檢檢查只需 5 分鐘，AI 判讀的結果只是另一組他所需要判讀的結果罷了。在人力充足的情境下，AI 應用因此有較高的採納條件。

在 AI 應用的部分反而在與史丹佛醫院支援榮民醫院的與 Dr. Bao. Do 有成果。在支援分院的情境下因為人力較為短缺，因此 AI 應用有更好地接納。(個人網站:<http://www.xrayhead.com:8080/>)

他們的成果對於骨齡、脊椎側彎角度及腿長量測、偵測骨折有初步的結果。判讀的放射科醫師可以選擇是否直接套入報告內容。最突出的地方是與報告系統有深度的整合，因此在應用上有好的成果。相關內容亦整理成文章發表。藉此機會學到的是 AI 應用依照人力配置的需求而有不同分量的應用，且深度整合才能夠促進應用。



(圖三) Dr. Do 提出的 Nediser AI 模型。透過和報告系統的深度串聯，AI 判讀能以類似住院醫師初步判讀的角色協助放射線科醫師工作。

2.4.會議參與

史丹佛放射科並不具有固定的晨會時段，而是每天都以午間及下午的會議時間討論。週二中午為腹部影像討論會，下午則是神經影像討論會。每個禮拜四下午則為住院醫師學習時段。這段期間住院醫師不必參與臨床事務，而是安排專門的講師進行下午的教學。



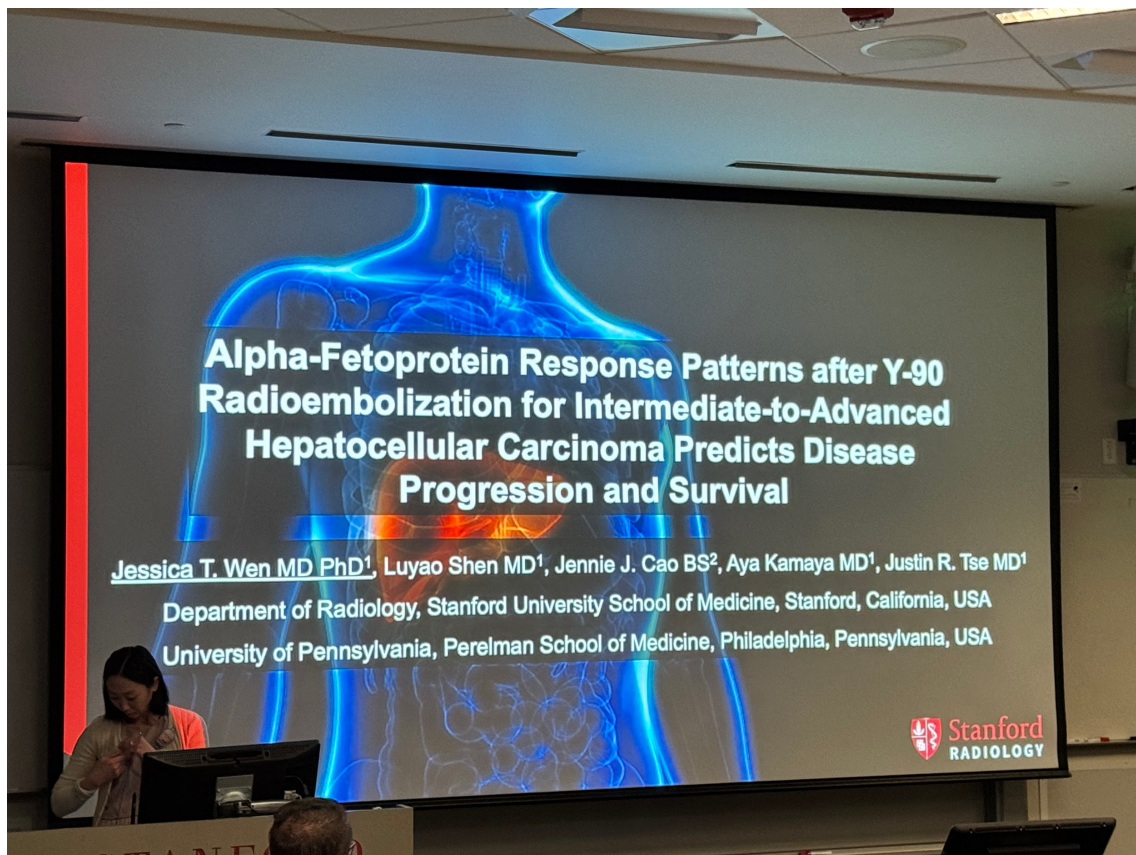
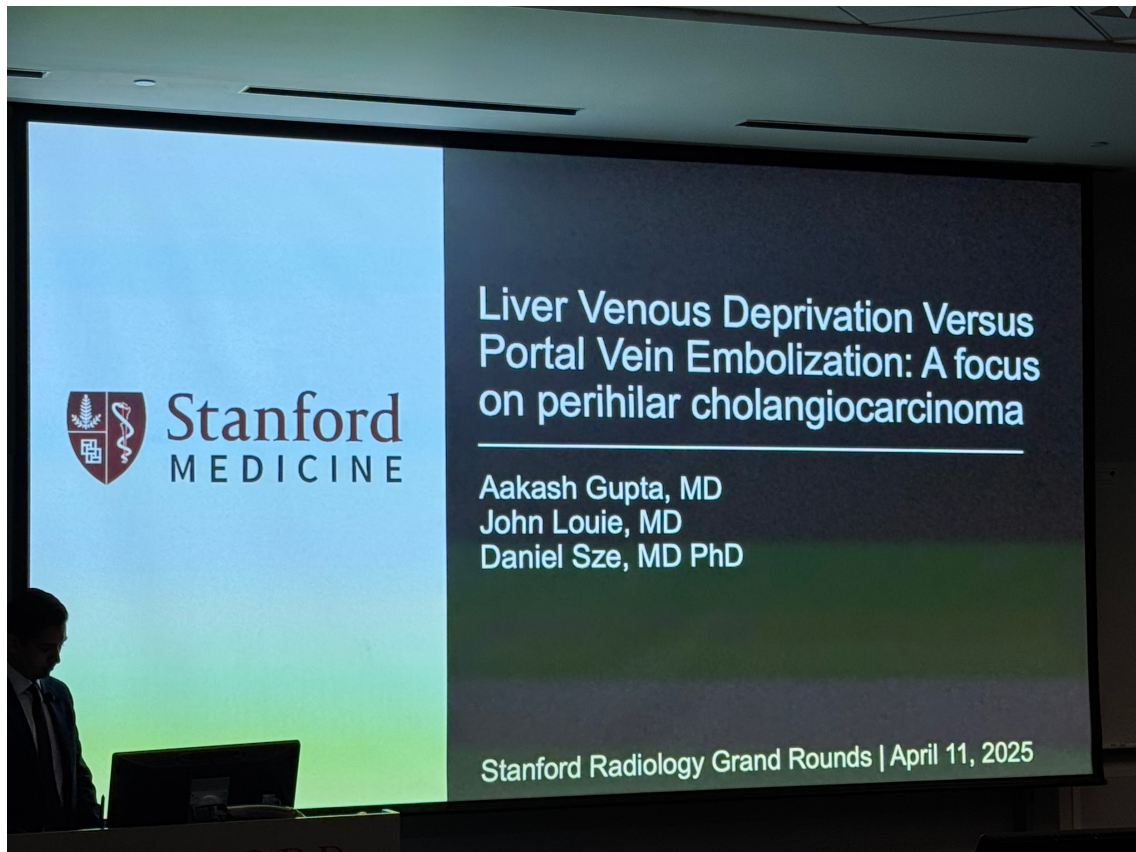
(圖四)每周四下午住院醫師學習時段講師和住院醫師互動熱烈。此次討論為介入性放射線學，透過模具讓新進住院醫師有機會操作醫材。

影像討論會進行模式大多都為研修住院醫師提出病人病例及影像進行討論，而後由主治醫師補充，討論熱烈。在腹部影像中無論是較為資淺的主治醫師亦或是教授們，都踴躍提出自己看法，在正向的討論環境中有來有往。



(圖五)腹部影像討論會線上及實體同步舉辦。

此次有機會參與到一次週五的住院醫師研究發表 Grand Round。住院醫師在獲得院內計畫經費支持之下，進行各式研究。主題五花八門，包含 AI 預測中風預後、以 Alpha-fetoprotein 預測 Y90 過後腫瘤治療結果、電腦斷層量測體內 Fluid status 和 TAVI 病人的預後預測、肝靜脈和肝門靜脈栓塞針對肝臟體積之比較。住院醫師的研究架構都極為完整，在文獻探討以及實驗設計都有一流水準。



(圖六、七)住院醫師 Grand Round 演講主題。

放射線科參與大多的多專科會議皆由臨床醫師所主導，本科醫師為受邀請的腳色。此次至史丹佛未能夠參加腫瘤多專科會議，但是參與了由資深放射線科住院醫師 Nancy Fishbein 主持的顱底會議。在會議上，神經外科醫師 Juan Carlos Fernandez-Miranda, 眼科醫師 Andrea Lora Kossler，感染科醫師 Lisa Thottacherry 等人皆提出自己病人的狀況和 Dr. Fishbein 討論，她也針對可能的開刀方式、後續處置建議等以他的經驗和臨床醫師有極佳的溝通。

3.心得

3.1.工作分配及學術發表

Stanford 作為美國名列前茅的住院醫師訓練系統，每年訓練的住院醫師 (Resident) 以及研修住院醫師(Fellow)數量眾多。目前住院醫師人數有 56 人，研修住院醫師有 46 人，主治醫師共有 124 人。臨床工作主要都可以由考過專科的 Fellow 進行。由於人力充足，所有的影像初步判讀皆可為住院醫師們進行，主治醫師則是一對一教學核對。所有住院醫師的初步問題也都可以先詢問研修住院醫師，因此主治醫師的臨床負擔較輕。除此之外，主治醫師除了安排的報告時段與住院醫師們一起完成報告，較少額外的工作責任，報告績效與薪水亦沒有直接關聯。在報告品質上住院醫師以及主治醫師因有足夠時間而有極高的水準，主治醫師之間亦時常會有相互請教以及提醒的行為。

在教職的部分，住院醫師升任主治醫師時有人能夠直接升任講師或助理教授，而非按照亞洲系統依學術發表逐步升等講師、助理教授、副教授等。在興盛的學術風氣之下，主治醫師、物理學家、放射師等按照自己的興趣進行研究，主題五花八門。因脊椎損傷而行動不便的 Professor Peter Poulos 的研究主題主要為醫療環境中針對身障人士的配套措施及成效評估，神經放射科主治醫師 Dr. Johannes Hugo Decker 以及 Greg Zaharchuk 和 GE Healthcare MRI 廠商合作研究新 MRI 影像 Protocol 在臨床上的使用情境、醫學影像虛擬實境中心醫師 Dr. Bruce Daniel 的研究主題囊括蘋果產品於皮瓣血管穿透支的視覺化以及乳房核磁共振的擺位暨取像技巧。在人力配置與資源較為充裕的情境下，無論是住院醫師或主治醫師都能夠在教學、研究、臨床服務有一流的表現。

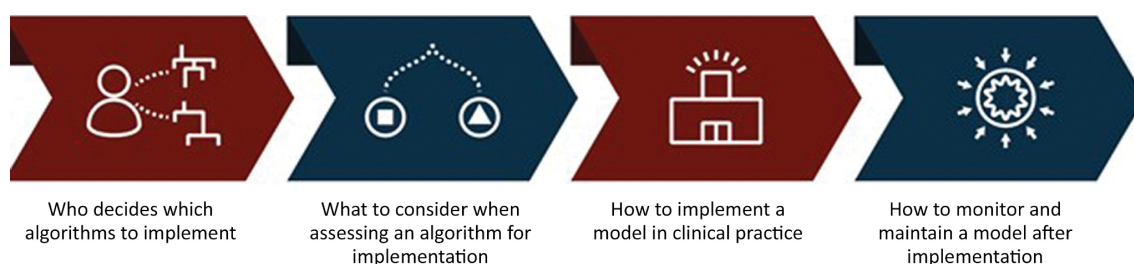
3.2.AI 前景發展

在史丹佛大學看到的 AI 應用十分的兩極化。Professor Langlotz 身為醫學影像人工智慧中心的主任，領導史丹佛大學放射線科的研究員們進行尖端模型研究，並在放射線學頂尖期刊 Radiology 發表多篇揭示未來 AI 發展的文章(Daye et al., 2022; Kaushal et al., 2020; Langlotz, 2019, 2023; Paschali et al., 2025)。同時在臨床應用部分

卻只有在支援榮民醫院的 Dr. Do 積極使用，或許能夠凸顯「落地使用」的困難性。唯有良好的整合、放射線科醫師對於 AI 軟體有足夠信心不需重新判讀、並且科部有常規風氣性的使用，才能夠讓 AI 在臨床更為落實。

4. 建議事項

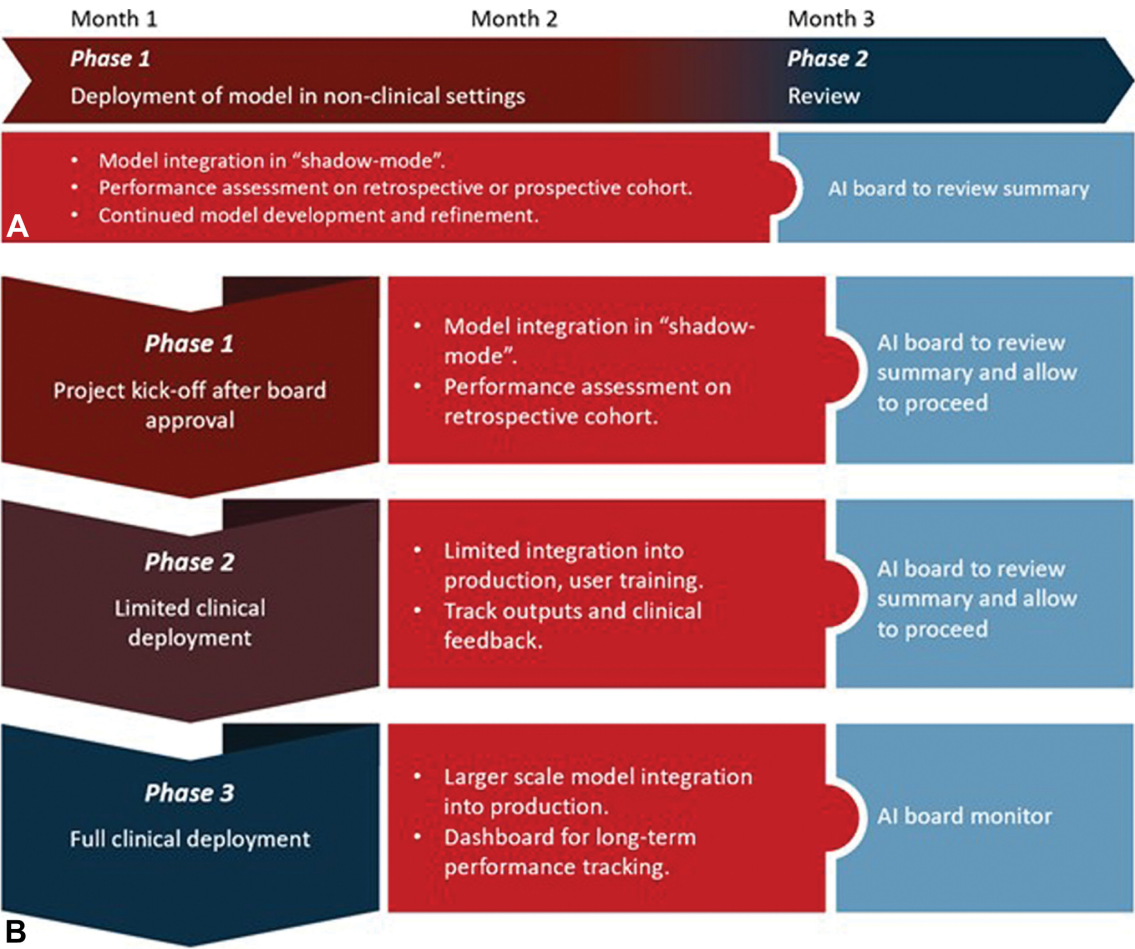
在 2019 年 Professor Langlotz 對於 AI 是否會取代放射線科醫師撰文探討(Langlotz, 2019)，其中以電腦輔助乳房攝影診斷(computer-aided detection, CAD) 以及核磁共振兩個例子來闡述 AI 可能擔任的角色。在 1990 年代美國健康保險同意支付 AI 於乳房攝影的判讀，全國的放射科醫師趨之若鶩採購相關軟體，但後續的研究卻發現這些初期的軟體因偽陽性過高反而增加放射線科醫師的工作量。在核磁共振剛發展之時，許多醫師認為腦部的病灶會因此變得十分容易判讀，未來的相關診斷由臨床醫師進行即可，但在 21 世紀的臨床情境，核磁共振反而是臨床醫師最需要放射線科協助釐清病灶真偽以及影像特徵的檢查。以上兩個例子，揭示的是未來採納 AI 須直接考量如何影響工作效率，以及放射線科醫師須持續主導並在 AI 的基礎上進行臨床業務。未來我們應將 AI 視為飛機的駕駛艙儀表板，呈現出各式資訊以及電腦輔助飛行，但是始終由放射線科醫師作為駕駛員操作。



圖八：在臨床使用 AI 時須考量的四個問題: 由甚麼樣的主管機關選擇採納的 AI 軟體、軟體應用時應考量哪些指標、實際臨床應用時如何整合、應用過後如何監督稽查。(Daye et al., 2022)

從史丹佛醫學中心放射線科的 AI 應用所學到的是所採納的 AI 軟體應該要能夠直接反映臨床所需，實際以提升放射線科醫師的工作效率作為考量。與之前 2024 年參加北美放射學大會(RSNA2024)所聽到的演講內容雷同，所有的 AI 軟體應該

要先行在非臨床情境試驗，並且以 Local Data 進行效益的驗證。在選擇全盤納入之後，則應該要深度整合進放射線科醫師的工作流程，在使用流暢過後才會有好的採納。



圖九：AI 軟體採納階段

Ten Predictions for the Future of AI and Informatics in Radiology

1. Radiology will continue to lead the way for AI in medicine
2. Virtual assistants will draft radiology reports and address radiologist burnout
3. An intelligent image interpretation cockpit will become as pervasive as email
4. Highly sensitive AI will reduce the need for human image interpretation
5. Large language models will transform patients' understanding of radiology
6. Multimodal AI will discover new uses for diagnostic images
7. Online image exchange will reduce health care costs by over \$200 million annually
8. Reformed regulations will accelerate AI-based improvements in care delivery
9. A widely available petabyte-scale imaging database will unleash unbiased AI
10. Flexible and collaborative academic organizations will lead AI innovation

Note.—AI = artificial intelligence.

<https://pubs.rsna.org/doi/full/10.1148/radiol.231114>

圖十：放射線學 AI 應用之預測

參考文獻

Reference list

- Chen, P.-T., Wu, T., Wang, P., Chang, D., Liu, K.-L., Wu, M.-S.,...Wang, W. (2023). Pancreatic Cancer Detection on CT Scans with Deep Learning: A Nationwide Population-based Study. *Radiology*, 306(1), 172-182.
<https://doi.org/10.1148/radiol.220152>
- Daye, D., Wiggins, W. F., Lungren, M. P., Alkasab, T., Kottler, N., Allen, B.,...Langlotz, C. P. (2022). Implementation of Clinical Artificial Intelligence in Radiology: Who Decides and How? *Radiology*, 305(3), 555-563.
<https://doi.org/10.1148/radiol.212151>
- Decker, J. H., Mazal, A. T., Bui, A., Sprenger, T., Skare, S., Fischbein, N., & Zaharchuk, G. (2024). NeuroMix with MRA: A Fast MR Protocol to Reduce Head and Neck CTA for Patients with Acute Neurologic Presentations. *AJNR Am J Neuroradiol*, 45(11), 1730-1736. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A8386>
- Haller, S., Zaharchuk, G., Thomas, D. L., Lovblad, K. O., Barkhof, F., & Golay, X. (2016). Arterial Spin Labeling Perfusion of the Brain: Emerging Clinical Applications. *Radiology*, 281(2), 337-356. <https://doi.org/10.1148/radiol.2016150789>
- Kaushal, A., Altman, R., & Langlotz, C. (2020). Geographic Distribution of US Cohorts Used to Train Deep Learning Algorithms. *Jama*, 324(12), 1212-1213.
<https://doi.org/10.1001/jama.2020.12067>
- Langlotz, C. P. (2019). Will Artificial Intelligence Replace Radiologists? *Radiol Artif Intell*, 1(3), e190058. <https://doi.org/10.1148/ryai.2019190058>
- Langlotz, C. P. (2023). The Future of AI and Informatics in Radiology: 10 Predictions. *Radiology*, 309(1), e231114. <https://doi.org/10.1148/radiol.231114>
- Lee, J. H., Sun, H. Y., Park, S., Kim, H., Hwang, E. J., Goo, J. M., & Park, C. M. (2020). Performance of a Deep Learning Algorithm Compared with Radiologic Interpretation for Lung Cancer Detection on Chest Radiographs in a Health Screening Population. *Radiology*, 297(3), 687-696.
<https://doi.org/10.1148/radiol.2020201240>
- Mahammed, A., Fettahoglu, A., Heit, J. J., Wardlaw, J. M., & Zaharchuk, G. (2025).

Arterial Spin-Labeling MRI Identifies Abnormal Perfusion Metric at the Gray Matter/CSF Interface in Cerebral Small Vessel Disease. *AJNR Am J Neuroradiol*. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A8682>

- Paschali, M., Chen, Z., Blankemeier, L., Varma, M., Youssef, A., Bluethgen, C.,...Chaudhari, A. (2025). Foundation Models in Radiology: What, How, Why, and Why Not. *Radiology*, 314(2). <https://doi.org/10.1148/radiol.240597>
- Yamin, G., Tranvinh, E., Lanzman, B. A., Tong, E., Hashmi, S. S., Patel, C. B., & Iv, M. (2024). Arterial Spin-Labeling and DSC Perfusion Metrics Improve Agreement in Neuroradiologists' Clinical Interpretations of Posttreatment High-Grade Glioma Surveillance MR Imaging-An Institutional Experience. *AJNR Am J Neuroradiol*, 45(4), 453-460. <https://doi.org/10.3174/ajnr.A8190>