

醫學影像診斷以及介入治療技術 於骨腫瘤以及其他疾病的應用

Applications of Medial Imaging Diagnosis and Associated Intervention to Bone Tumor and Other Disease

王博

Bow Wang

醫學影像的應用在臨床上對疾病診斷上佔有重要角色，除了各種儀器設備如 X 光、超音波 (US)、電腦斷層 (CT) 以及磁振造影 (MRI) 的判讀外，影像導引切片以及相關治療也應用於包含肌肉骨骼系統的各個部位病灶。本文將針對骨腫瘤的臨床情境模擬介紹各種常見的臨床醫學影像原理及儀器應用，以及近年來興起的 AI 深度學習於醫學影像與影像組學 (radiomics) 的臨床應用。

Applications of medial imaging plays an important role on disease diagnosis including Xray, ultrasound (US), computed tomography (CT) and Magnetic resonance imaging (MRI). Image-guided biopsy and associated treatment are also used for many body parts including musculoskeletal system. This article will introduce the principle and clinical applications by presenting clinical simulation of case with bone tumor. We will also mention basic concepts of clinical accplication of artificial intelligence (AI) and radiomics in medical imaging.

一、前言

38 歲的 K 先生，因為右上臂腫脹，至骨科診所照了 X 光後，告知有骨腫瘤，需要到大醫院做進一步的影像檢查等評估。K 先生到成大醫院做了局部核磁造影，經由專業醫師影像判斷，是惡性腫瘤的機率相當高。醫師幫 K 先生進一步安排，由影像科醫師利用影像導引進行切片後，確定是惡性骨肉瘤。做了全身骨骼掃描、以及電腦斷層確認沒有遠端轉移後，最後由骨科醫師進行腫瘤切除以及安排後續治療。

從上面這個真實故事可知，影像醫學對於骨腫瘤的診斷、手術評估以及治療等等都有著重要角色。影像醫學在早期被稱為放射科，但由於並非所有的醫學影像都帶有輻射線，譬如

超音波與磁振造影，因此後來會改名影像醫學。各種醫學影像，則需要有技術師、護理師以及影像科醫師的通力合作來完成以及做進一步的判讀，就最常見的醫學影像的原理及臨床應用介紹如下。

二、X 光

一般醫院最常見的「照電光」指的是 X 光 (Xray) 攝影，是最簡單，也是目前臨床醫師應用最多的檢查工具。而 X 光攝影的 X 光是如何產生的呢？X 光產生是在 X 光管球內，由大量帶負電的電子，經由高壓電場的加速作用，以高速撞擊重金屬靶極 (通常是鎢金屬製成) 後，高速電子損失的動能中，約 1% 的能量波長在轉換成 X 光後穿透人體。由於人體組織間對輻射吸收能力不同，其密度較高的組織吸收較多的 X 光量，因此到達影像成像板所接收到的 X 光劑量也不同，因此會在成像板上出現不同的黑白對比訊號，密度較高的組織 (如骨骼、金屬)，會在影像板上呈現白色；密度較低的組織 (如肌肉、軟組織)，會在影像板上呈現灰色；而密度最低的空氣，則會呈現黑色。醫師們就以此作為診斷的依據。

在肌肉骨骼方面，醫師可以用 X 光評估小兒骨齡、骨骼及關節疾病，可偵測不正常之鈣化、脂肪或氣體等成份，是骨關節肌肉疾病之第一線診斷工具。常用於骨折、關節炎、脊椎、關節退化、錯位、腫瘤和骨骼生長發育異常的診斷 (詳見圖 1、圖 2)，但對軟組織的解像力較差。

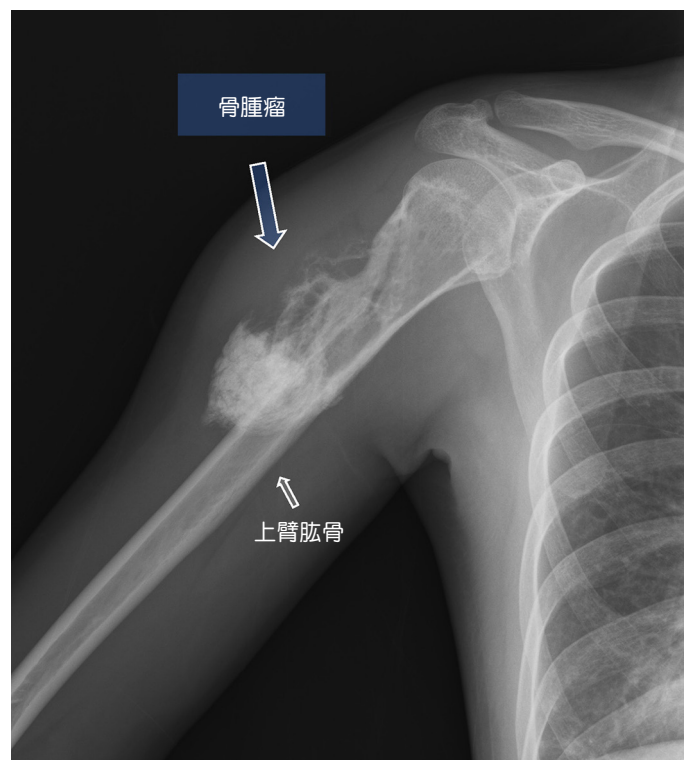


圖 1. 上肢 X 光。



圖 2. 手部 Xray。

三、超音波

人耳可感受的音波頻率介於 20–20 kHz 之間，故頻率超過 20 kHz 的音波稱為超音波 (ultrasound, US)。醫用超音波可分為診斷與治療兩個方面，治療用的超音波的頻率較低，可應用於復健與皮膚美容等用途。

而診斷用超音波 (diagnostic ultrasound) 的基本原理，則是因為超音波在不同的生物組織內前進時，會因為介質不同而有不一樣的速度。若遇到不同的組織界面，則會出現明顯的反射，造成信號上的變化。我們就可以利用這個變化探測身體內部組織，進而描繪出組織之影像。醫用超音波採用脈衝—回音原理 (pulse-echo principle)，由超音波探頭將電氣信號轉變成超音波的脈衝，由體表進入組織內部，當這個脈衝遇到組織界面時，會出現回音，再由探頭接收這個回音，將回音轉換回電氣信號，完成探測過程，再由電腦進行資料處理，形成醫療人員所見到的信號或圖形。

診斷用途的醫用超音波頻率，通常界於 2–15 MHz 之間，頻率愈高，則分辨率愈高，但穿透深度則相對較淺。探測深度若僅需聚焦於身體表淺處，如皮下軟組織或是乳房等部位，則使用高頻探頭，以獲得更高的分辨率。但如果目標是深層內臟器官，則需要使用較為低頻的探頭才有辦法穿透到深處成像，而超音波掃描不會有輻射線的暴露，而且可以做動態影像，而彩色都卜勒 (color Doppler) 超音波攝影則可用於血管、血流等等的診斷、譬如心臟、血管超音波等等。但是對於操作人員技術上則較為要求。

在肌肉骨骼方面，超音波在軟組織如肌腱、韌帶的損傷是影像科、復健科、疼痛科、骨科等醫師做各種診斷以及局部注射、神經阻斷的利器 (詳見圖 3、圖 4)。

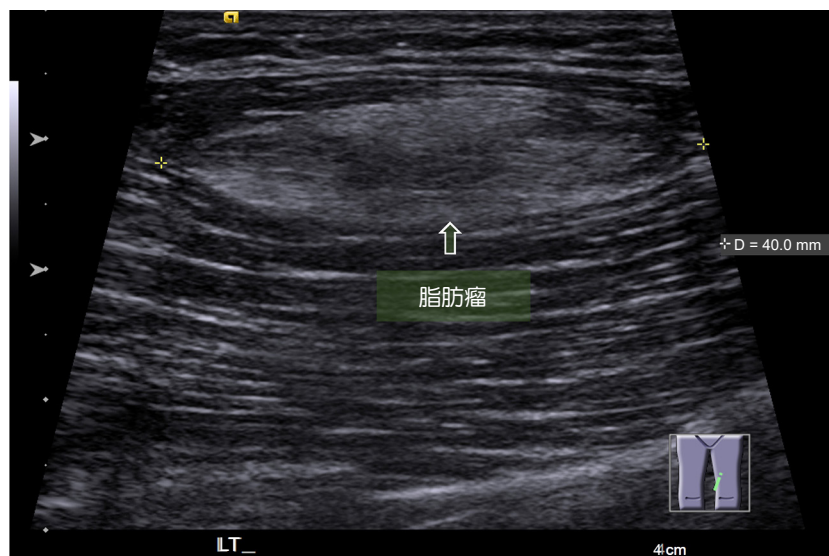


圖 3. 腿部肌肉骨骼超音波。

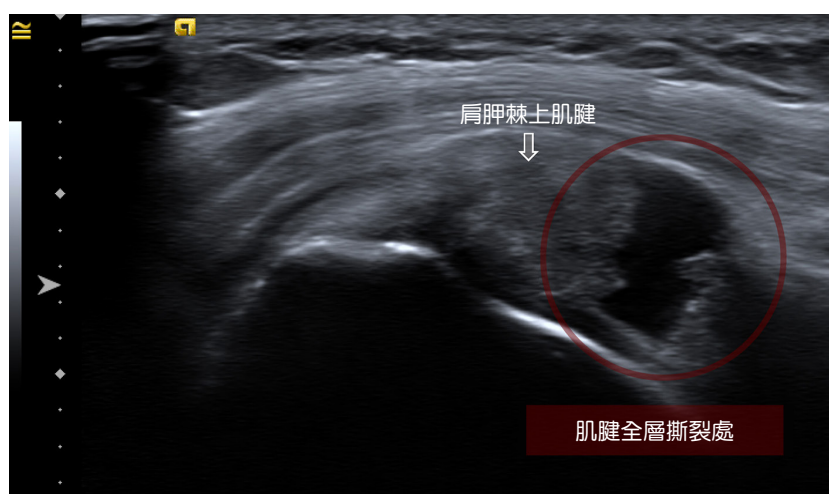


圖 4. 肩膀肌肉骨骼超音波。

四、電腦斷層

電腦斷層檢查 (computed tomography, CT) 主要是以 X 光射線從多角度拍攝人體內部影像後，經過數學計算其衰減係數、電子密度後重組所產生的影像，再由先進的電腦技術合併多組極薄的橫切面影像，組成清晰的三維影像，以顯示身體內器官的狀況。電腦掃描的 X 光射線本身可以清楚顯示骨骼等細密組織，但拍攝軟組織的清晰度較弱，部份病人的檢查部位牽涉軟組織，譬如腫瘤、感染膿瘍等，則需要在接受電腦掃描檢查時注射顯影劑，以加強檢查部位的清晰度。

傳統單射源的電腦斷層只能選擇一種 X 光能量。雙管球雙能量高階電腦斷層掃描儀 (dual source dual energy CT) 則使用了雙 X 光射源同時進行掃描，不僅每次檢查時可同時併

用高低能量 X 光，同時對同一部位可得到兩組影像，高速電腦更能快速分析重組這兩組影像，並組合出最佳影像品質的診斷影像。簡單的說，就是在不增加掃描時間、暴露劑量的安全情況下，新的儀器可獲得更多的人體影像資訊，而更充分發揮了電腦斷層設備的診斷優勢。

在肌肉骨骼方面，電腦斷層能夠幫助醫師分辨更細微的骨折 (0.2 mm)，雙管球雙能量高階電腦斷層掃描儀有助於消除金屬植入物之假影，對骨骼、骨板、骨釘等進行 3D 重組，骨腫瘤部分，也能幫助醫師判斷鄰近組織的侵犯程度以及是否有遠端轉移 (詳見圖 5)，讓醫師做更好的評估。

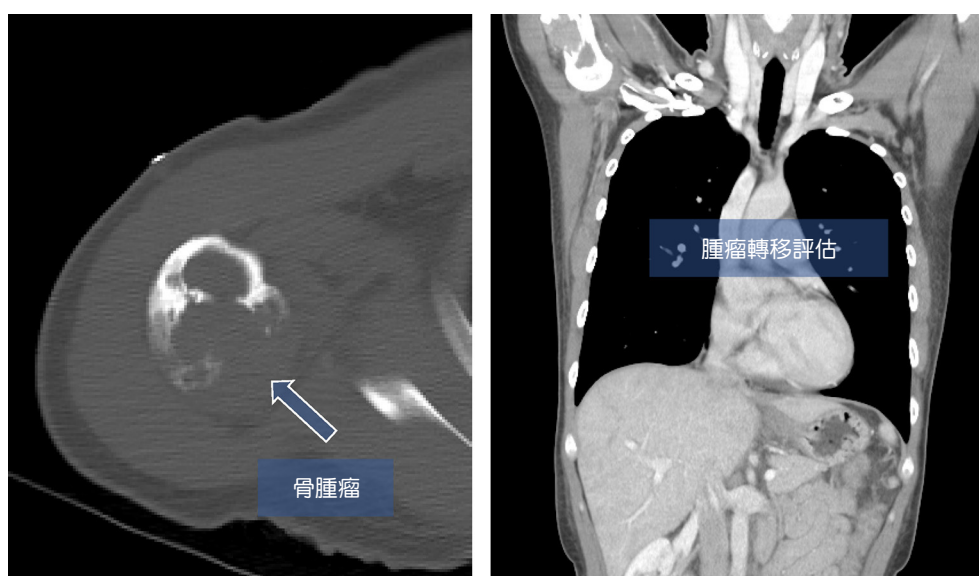


圖 5. CT。

五、磁振造影

核磁共振 (nuclear magnetic resonance, NMR) 是利用人體所含的氫原子在磁場作用，利用無線電波所產生的影像且不具放射游離輻射線，為了避免與核子醫學檢查混淆，現在的名稱為磁振造影檢查 (magnetic resonance imaging, MRI)。磁振造影是一種使用磁場及射頻脈衝進行的影像檢查，安全、準確、無輻射。但由於磁振造影使用的是強磁場進行檢查，裝有心臟節律器、避孕器、金屬異物及人工關節等則需要告知醫生，以確認能否進行此項檢查。否則可能會因磁場的吸引力而使金屬異物的位置移動而造成危害。

在肌肉骨骼方面，利用磁振造影對於軟組織的高解析度，可知道病變的解剖位置及性質，包含脊椎損傷、椎間盤突出 (詳見圖 7)、脊椎脫位、肌腱及韌帶損傷，骨骼，軟骨及關節疾病、各種軟組織腫瘤的鑑別診斷等等都是非常重要的影像診斷工具。骨腫瘤部分，磁振造影對於鄰近軟組織的侵犯程度則更勝於電腦斷層 (詳見圖 6)，能讓醫師在治療前、術前做更進一步的評估。

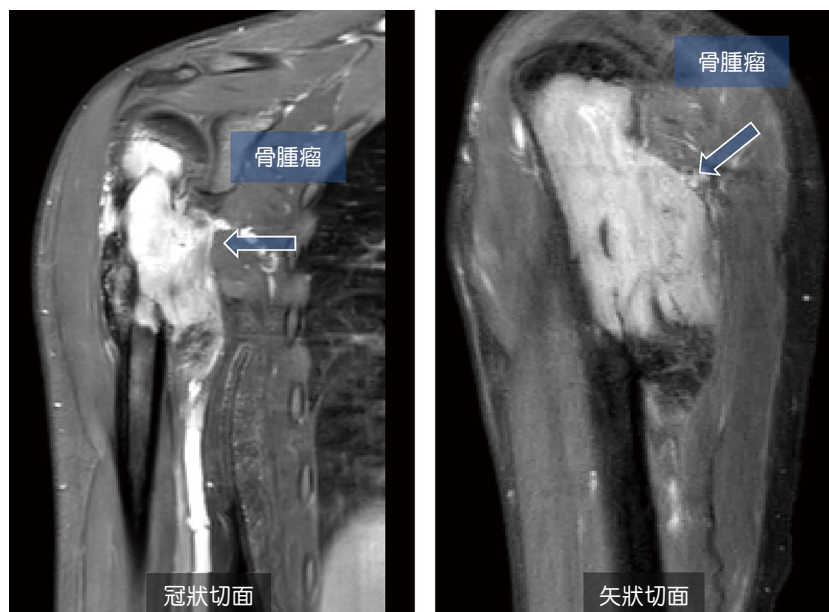


圖 6. 上肢 MRI。

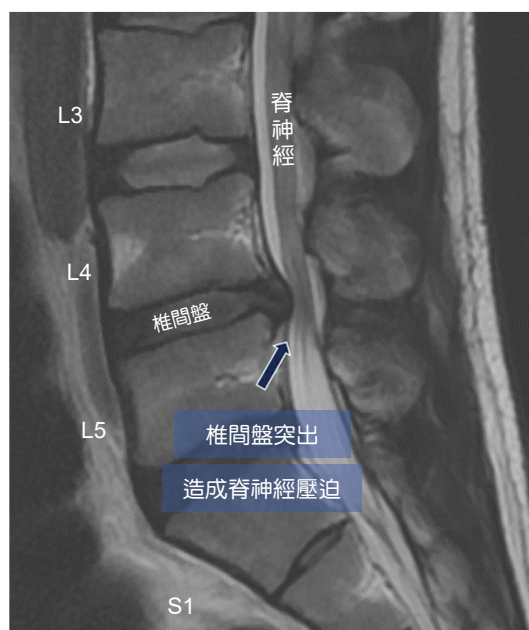


圖 7. 腰椎 MRI。

六、全身骨骼掃描

骨骼掃描 (bone scan) 屬於一種核醫檢查。核醫檢查則是屬於功能性的影像，需要將放射性同位素注射到人體後與細胞結合再利用儀器偵測同位素的放射性依照人體組織密度的不同而形成影像，Tc-99m methylene diphosphonate (Tc-99m MDP) 是目前最常使用來進行全身骨骼掃描的放射製劑，由於 Tc-99m MDP 是經由靜脈注射後隨血流運送到全身組織，所以局部血流增加的病灶，Tc-99m MDP 運送到該病灶處的量也會增加。因此骨骼病灶若有血流及成骨活動增加，則會有呈現高於正常骨骼放射活性的局部異常增強現象 (詳見圖 8)。

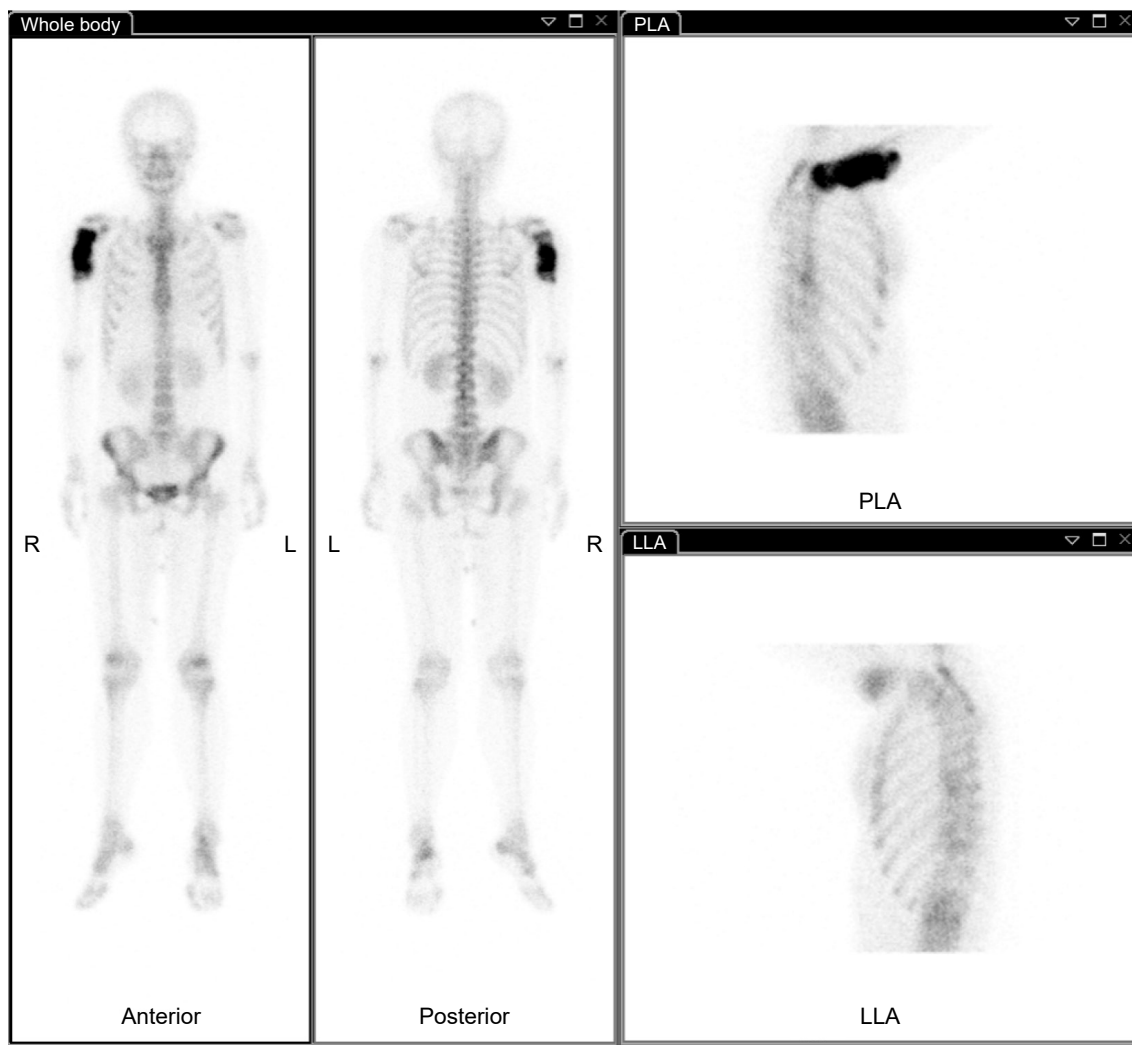


圖 8. 全身骨骼掃描 (Bone Scan)。

標準骨骼掃描 (standard bone scan) 常用於檢查癌症骨骼轉移，三相骨骼掃描 (three phase bone scan) 能觀察局部血流及軟組織情況，常用以診斷骨髓炎、骨折及腫瘤等。

七、影像導引切片

影像導引切片 (image guided biopsy)，是醫師利用前述所提到的 X 光、超音波 (ultrasound)、電腦斷層掃描 (CT)、磁振造影 (MRI) 等影像工具導引定位下，經皮下穿刺把切片針引進病灶，進行抽取樣本或是組織切片，讓病理科醫師來進行進一步分析。本檢查可應用在多個胸腹器官、淋巴結、脊椎、肌肉骨骼或其他病灶所在部位的切片 (詳見圖 9)。

除了切片外，影像導引配合上不同的儀器以及器材，醫師可以在各種影像工具導引透視下，做許多不同的治療，包含膿瘍抽吸、引流管置放、淋巴攝影、淋巴管栓塞以及後面會提及的射頻消融術 (radiofrequency ablation, RFA)、腫瘤微波消融術 (microwave ablation, MWA) 以及冷凍微針治療等等。

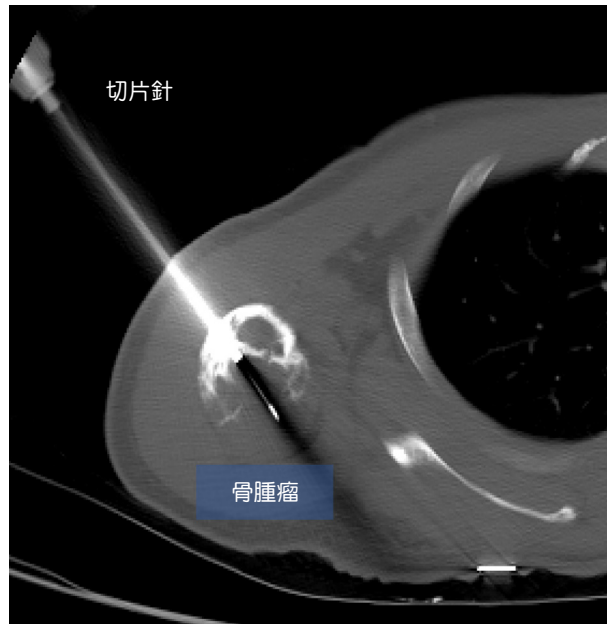


圖 9. 影像導引骨腫瘤切片。

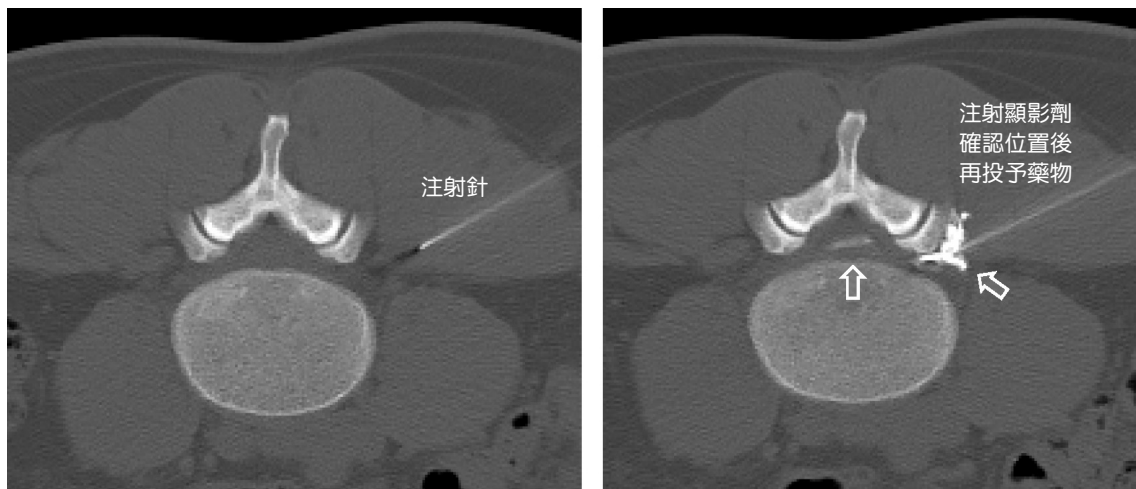


圖 10. 電腦斷層導引硬脊膜外注射。

在肌肉骨骼方面，譬如灌骨水泥 (vertebroplasty)，也就是一般俗稱的灌骨漿 (詳見圖 11)，硬脊膜外腔類固醇注射 (epidural injection) (詳見圖 10)、面關節注射 (facet joint injection)、神經阻斷術 (nerve block)、脊椎沾黏剝離 (adhesiolysis) (詳見圖 12) 等等治療，也都是透過影像導引配合不同針具、導管等等來完成。

八、射頻消融術與腫瘤微波消融術

射頻消融術 (radiofrequency ablation, RFA)，也俗稱電燒，是醫生在利用各種影像工具導引定位下，將極細的電極針插入腫瘤，治療時針頭會放出無線電射頻 (radiofrequency) 電波，電波經過的組織，會因離子激盪擾動而產熱，治療區內的溫度會開始上升，當區內溫度

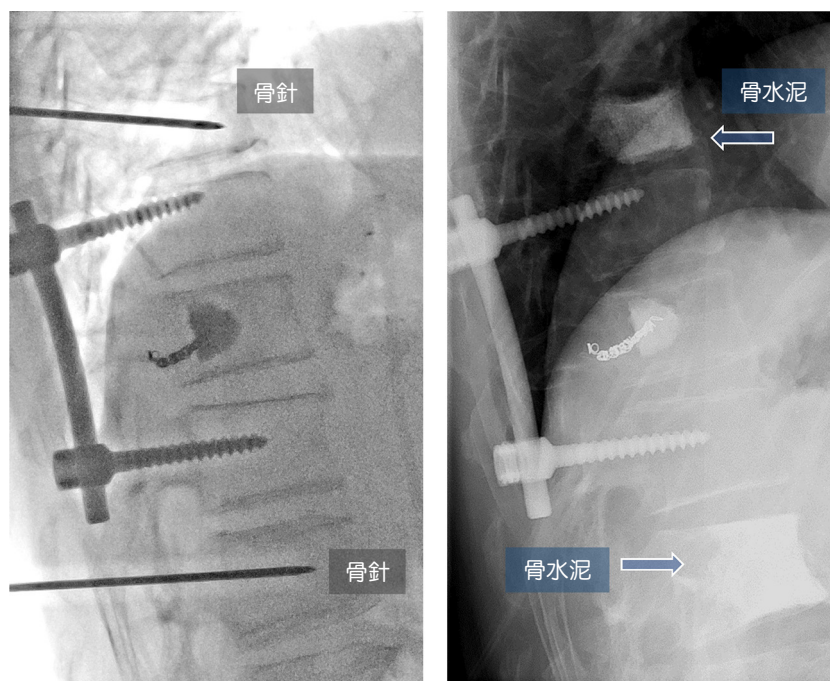


圖 11. 骨水泥 (Vertebroplasty)。

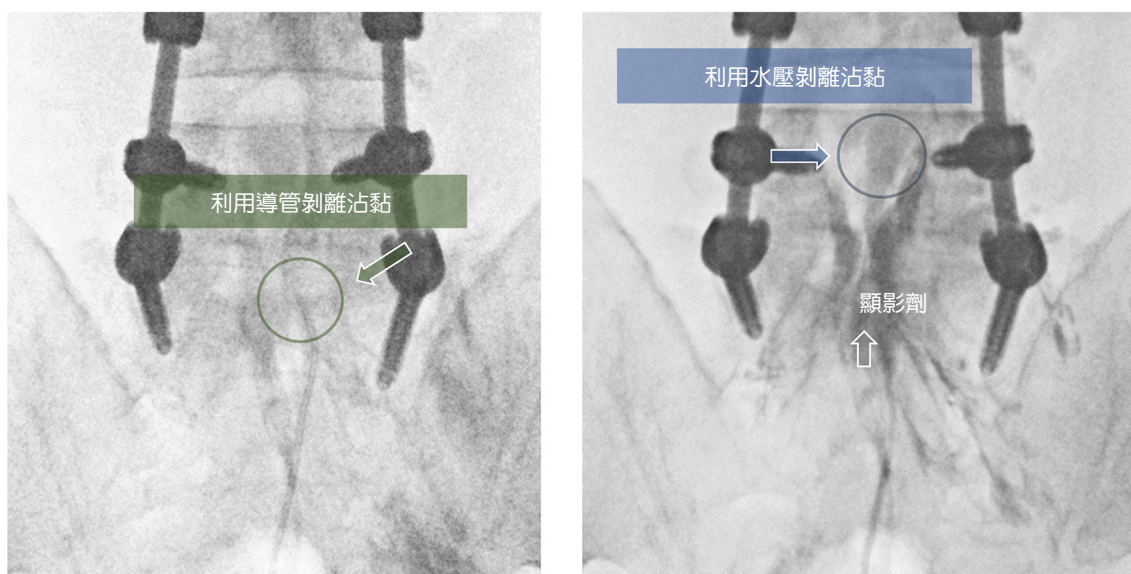


圖 12. 脊內導管、硬脊膜外沾黏剝離術。

達到 60°C 以上，治療區內的組織，包含腫瘤便會被燒灼壞死。由於產生溫度不是太高，對治療區外的鄰近組織如血管等危險性較低，主要適用於三公分以下的骨腫瘤。而近年興起的另一種技術，腫瘤微波消融術 (microwave ablation, MWA)，則是將微波能量導入腫瘤來熱殺癌細胞，近年由於技術的改良，水冷式器械的發達以及多刀頭探針概念的引進，使得微波消融的能耐一日千里，治療範圍大過射頻消融所能，同時由於治療溫度較高，往往可超過攝氏百度。達成溫度太高，威力太大殺起腫瘤來固然虎虎生風，但是微波燒起自身組織來一樣也是危險性較高。所以如果沒有精密的監控治療過程，微波有時會造成消融範圍過大，周邊血

管損傷之類 RFA 不易出現的併發症。MWA 較常用於肝臟、腎臟、肺臟的惡性腫瘤，國外也有部分專家使用於甲狀腺或是乳房腫瘤治療。

九、低溫冷凍治療 (cryotherapy)

低溫冷凍治療 (cryotherapy)，其最主要的機轉，是藉由迅速冷凍與緩慢解凍的過程，造成細胞內外之水分子形成冰晶並聚集來破壞腫瘤細胞。低溫冷凍治療最常見的冷凍媒介為液態氮 (liquid nitrogen)。液態氮擁有攝氏零下負一百九十六度的特性，可以迅速的將被接觸之細胞、組織與腫瘤等降到殺死腫瘤的低溫，是另一種治療骨骼肌肉腫瘤相當有效的方法。冷凍微針治療，則是醫生在利用影像工具導引定位下，將冷凍微針插入腫瘤進行治療。

十、經導管動脈栓塞

經導管動脈栓塞，簡稱 TAE (transcatheter arterial embolization)，是利用各種栓塞物將高血管性的腫瘤動脈做阻塞，使腫瘤沒有血流供應，除了目前最常使用於肝癌治療、腸胃道出血、外傷出血栓塞外，亦可使用於骨腫瘤的術前栓塞，以減少開刀時的失血量 (詳見圖 13)。

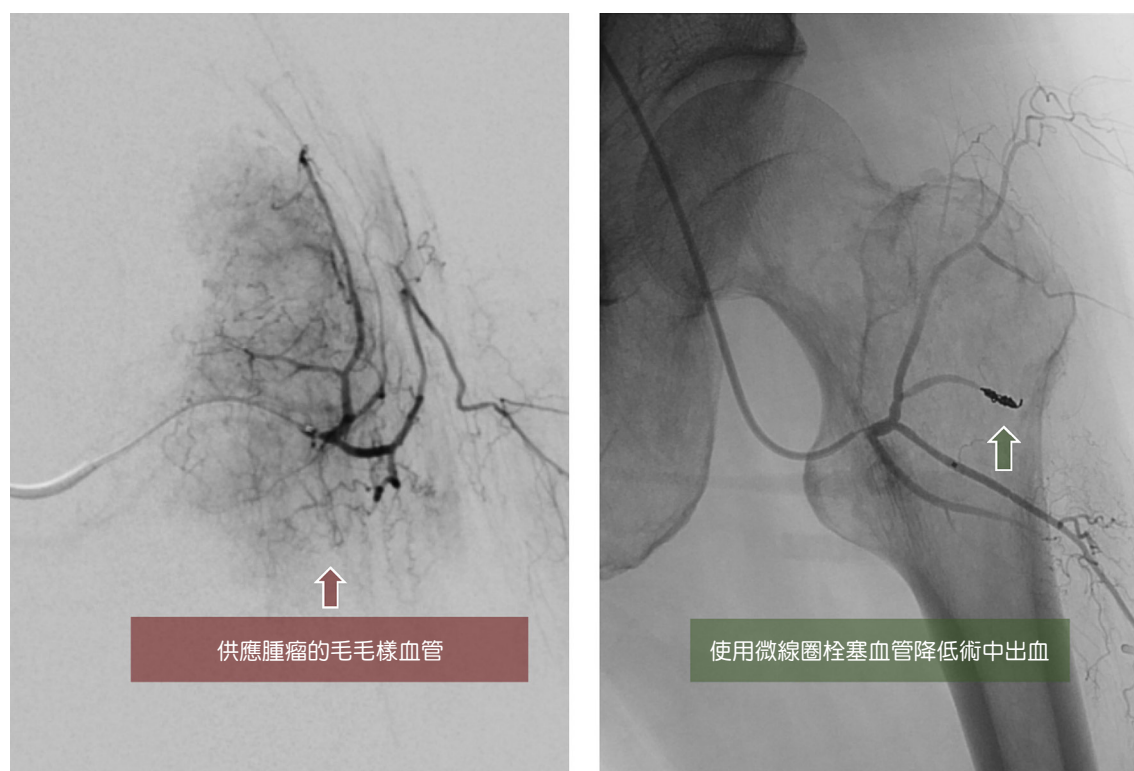


圖 13. 術前腫瘤血管栓塞 (TAE)。

除此之外，日本的奥也醫師 (Dr. Yuji Okuno)，更是將經導管動脈栓塞 (TAE) 進一步應用於各個部位的關節炎以及肌腱炎的疼痛治療 (詳見圖 14)，

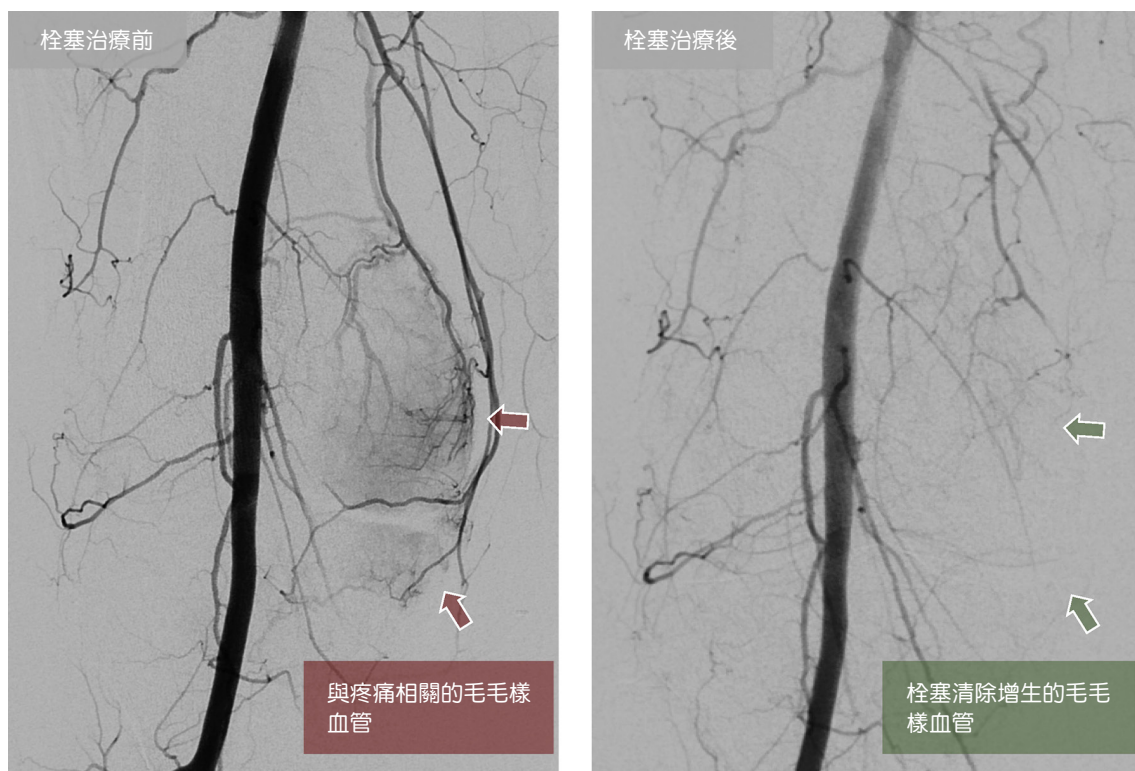


圖 14. 退化性膝關節炎血管栓塞止痛 (TAE)。

十一、深度學習與影像組學

近年來由於雲端應用與大數據的發展，我們對資料的取得與保存成本大幅的降低，且受益於電腦運算能力的高速發達，我們對圖形及影像的處理能力大增。深度學習 (deep learning) 在醫療影像，譬如卷積神經網路模型 (convolutional neural network, CNN) 等演算法在強大運算能力與資料量的支援下，系統可以快速分析醫學影像，提供醫生相關的重要資訊，譬如成大 AI Capstone 科技部計畫，目前在建置肺炎、氣胸 (詳見圖 15) 以及腦出血 (詳見圖 16) 等 E-alert 系統都已有不錯的成果以及落地的應用。在肌肉骨骼方面，亦有其他醫院將 AI 用於 X 光骨折偵測、骨齡判讀等應用。

除此之外，影像組學 (radiomics) 則是另一項新興的影像醫學分析，是採用自動化算法從影像的感興趣區 (ROI) 內提取出大量的特徵信息作研究對象，並進一步採用多樣化的統計分析和數據挖掘方法從大批量信息中提取和剝離出真正起作用的關鍵信息，最終用於疾病的輔助診斷、分類或分級。目前主要用於 CT、MR 影像，應用最多的領域首推腫瘤輔助診斷，尤其是對腫瘤良惡性的輔助判讀以及搭配基因分析等的精準醫療。

十二、結論

醫學影像，包含骨關節肌肉以及其他各部位的影像學，在疾病的篩檢 (screening)、診斷 (diagnosis)、介入治療 (intervention)、以及精準醫療等等都佔有一定的角色，而判讀醫學影像也是醫師不可或缺的基本技能。在未來搭配深度學習以及影像組學下，能為病人帶來更好、更為精準的診斷以及治療。

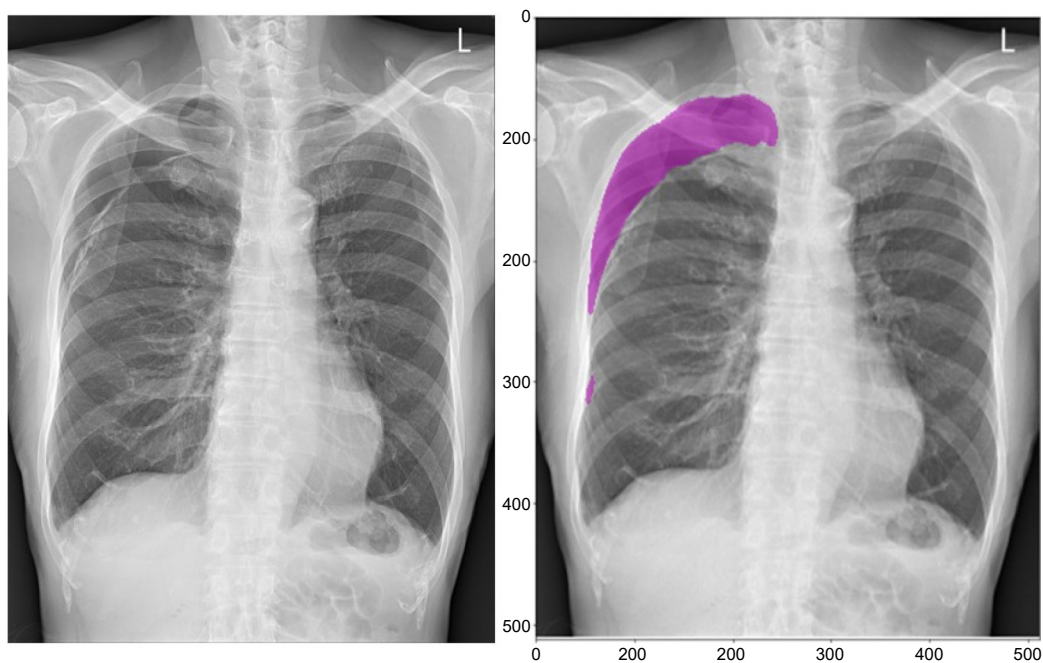


圖 15. 成大 AI E-alert 系統偵測氣胸。

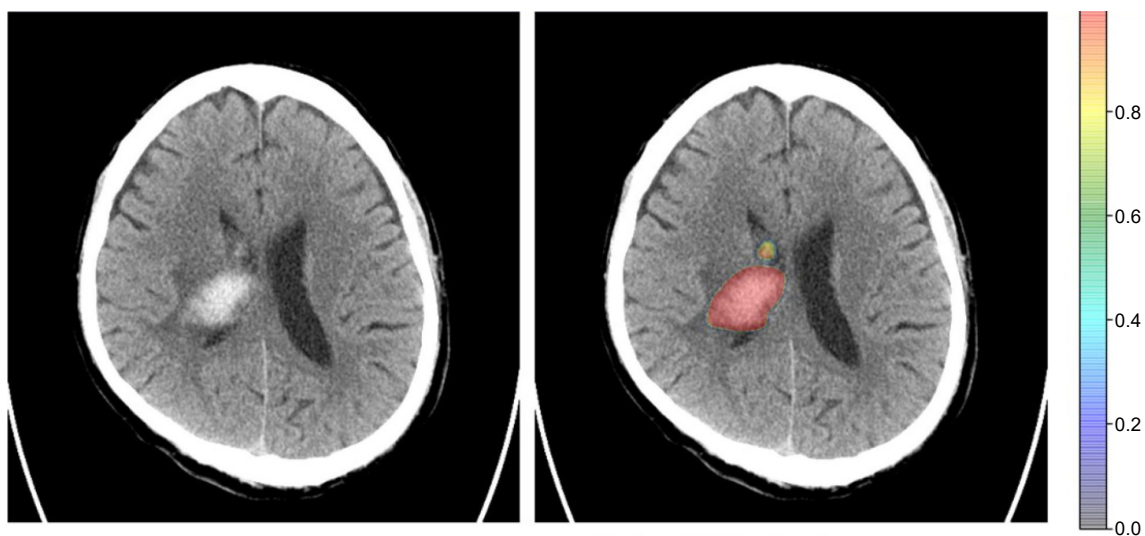


圖 16. 成大 AI E-alert 系統偵測腦出血。

作者簡介

王博先生現為國立成功大學附設醫院影像醫學部醫師兼任醫學系臨床講師，專長為肌肉骨骼影像判讀以及相關介入治療。

Bow Wang is currently a Radiologist in Department of Diagnostic Radiology, National Cheng Kung University Hospital, and a Clinical Instructor of College of Medicine, National Cheng Kung University. His subspecialties are musculoskeletal medial imaging and associated intervention.