

出國報告（出國類別：其他）

赴美參加第 50 屆美國輻射防護與度量委員會年會暨參訪紐約 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center

服務機關：行政院原子能委員會

姓名職稱：林貞絢 薦任第八職等技正

派赴國家：美國

出國期間：103 年 3 月 08 日至 3 月 19 日

報告日期：103 年 5 月 12 日

摘要

本次奉派赴美主要參加第 50 屆美國輻射防護暨度量委員會年會(50th Annual Meeting of National Council on Radiation Protection & Measurements)，本次會議在華盛頓特區近郊 Bethesda 的 Hyatt Regency Bethesda 飯店舉行，會議主題為「回顧 NCRP 之過去 50 年並展望未來 (NCRP: Achievements of the Past 50 Years and Addressing the Needs of the Future)」。藉由本次會議慶祝 NCRP 50 周年，向 50 年來對美國輻射防護貢獻良多之專家學者致敬，並邀請於基礎輻射防護與放射生物、核子與射源保安、操作人員與環境之輻射安全、輻射度量與劑量學、放射醫學、輻射教育與風險溝通等六大領域之專家學者進行專題報告。

會議結束後，另轉往紐約 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center 參訪，了解美國執行放射診斷設備醫療曝露品保作業之現況，並蒐集相關法規及美國醫用輻射設備之輻防管制作為，以為未來我國推動透視攝影 X 光機醫療曝露品保預做準備，對精進本會管制規劃亦有所助益。

目次

壹、出國目的與行程.....	2
一、出國目的.....	2
二、出國行程.....	3
貳、出席第 50 屆美國輻射防護與度量委員會年會.....	4
一、密封射源的輻射安全.....	5
二、放射診斷與介入性醫療診療的輻射防護.....	7
三、放射治療的發展與輻射防護.....	10
四、輻射風險溝通.....	18
參、參訪紐約 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center.....	20
肆、心得與建議.....	25
伍、致謝.....	29
陸、附件.....	30

壹、出國目的與行程

一、出國目的

過去數十年來，放射線的和平應用隨著科技的進步與經濟的發展已顯著增加，輻射已普遍應用在醫界、工業界、農業界與科學領域，我們日常生活之食、衣、住、行、育、樂各方面或多或少與輻射有關，尤其醫療輻射的廣泛應用，對於增進疾病診斷之正確率與癌症之治癒率功不可沒。如同水能載舟亦能覆舟般，輻射之民生應用固然能增進全民福祉，但若操作不當，其所伴隨之危險性亦不容忽視，因此如何確保民眾與環境之輻射安全，已是國際間所共同面對的問題，亦為本會持續努力之目標。此次奉派赴美主要參加第 50 屆美國輻射防護與度量委員會年會，了解美國在輻射防護管制上的最新情況以及未來發展趨勢，本次會議針對醫學領域之輻射防護有多篇專題演講，包括近年來國際間越發重視之透視攝影的輻射防護，亦為本會目前推動之重點項目。

自 94 年起，本會積極推動醫療曝露品質保證作業，藉由醫療院所定期對輻射儀器進行品管測試，提升病患的輻射安全及醫療曝露品質。推行迄今，已將國內所有放射治療設備、乳房 X 光攝影儀及電腦斷層掃描儀納入品保作業範疇，每年受惠人次已達 360 萬。本會接續將以曝露時間較長、對操作人員跟病患接受之輻射劑量較高，且操作不當容易發生造成病患輻射傷害的透視 X 光機為推動目標。因此本次會議結束後順道參訪美國 Sloan Kettering-Cancer Center，實地了解美國醫療院所執行品保作業之現況與最新發展，並收集相關法規，以供國內推動醫療曝露品保作業及精進管制之參考。

二、出國行程

日期	地點	工作內容
103.3.8-3.9	台北、 華盛頓特區 (Washington DC)	路程(台北→洛杉磯→華盛頓特區)
103.3.10-3.11	華盛頓特區近郊 (Bethesda)	參加第 50 屆 NCRP 年會
103.3.12	紐約 (New York)	路程(華盛頓特區→紐約)
103.3.13-14	紐約 (New York)	參訪 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center
103.3.15-17	紐約 (New York)	休假
103.3.18-19	紐約、台北	路程(紐約→台北)

貳、出席第 50 屆美國輻射防護與度量委員會年會

「美國輻射防護暨度量委員會（National Council on Radiation Protection & Measurements；NCRP）」為 1964 年在美國國會支持下成立的非營利組織，其成立目的為收集、分析與輻射防護與輻射度量相關資訊並提出建議，供美國政府、科學研究單位等參考採行，並與國際輻射防護與度量相關單位密切合作，致力於輻射防護與度量單位之發展。目前 NCRP 有 7 個不同科學領域的委員會（Program Area Committees；PACs）分別負責：PAC 1.輻射生物學、流行病學與風險分析、PAC 2.工作人員的輻射安全、PAC 3.核子與放射性物質的保安、PAC 4.醫療的輻射防護、PAC 5.環境輻射與放射性物質廢棄、PAC 6.輻射度量與劑量學、PAC 7.輻射教育、風險溝通與政策研訂。

第 50 屆 NCRP 年會採專題演講報告方式進行，會議論文摘要如附件。年會邀請 NCRP 副主席、現任美國加州大學戴維斯醫學分校（University of California Davis School of Medicine）放射生物與放射腫瘤學教授 Jerrold T Bushberg 擔任開幕演說講者，Dr. Bushberg 以「科學、輻射防護與 NCRP：借鏡歷史、展望未來」為講題，帶領與會人員自 1929 年 NCRP 的前身「X 射線與鐳防護諮詢委員會（Advisory Committee on X-Ray and Radium Protection）」之成立，回顧現代歷史中最偉大的發現之一：X 射線與放射性，自發現後的快速發展、廣泛使用與未適當防護所造成的輻射傷害，提醒與會人員輻射防護的重要與 NCRP 成立的宗旨。Dr. Bushberg 特別提出 NCRP 目前非常重視的兩個議題：一為醫療的輻射防護，另一個是對公眾的溝通。從 2009 年 NCRP 160 號報告明顯發現美國民眾在過去 30 年來接受的醫療輻射有大幅增加，主要是醫學影像技術的快速進展（例如電腦斷層掃描（Computed Tomography；CT）、核子醫學心血管檢查），雖然拯救了許多生命，但也貢獻了很多輻射劑量，因此強調醫學影像檢查的正當性與最適化，即現今 ALADA（As Low As Diagnostically Acceptable）的概念。而有關於輻射議題的溝通是現今非常不容易的課題，如何將正確的輻射知識與輻防訊息傳遞給公眾，是大家共同的挑戰，NCRP 重視到溝通的重要性，因此在 2010 年的第 46 屆年會中以「輻射效益與風險溝通」為會議主軸進行討論，2013 年更延攬了相關學者

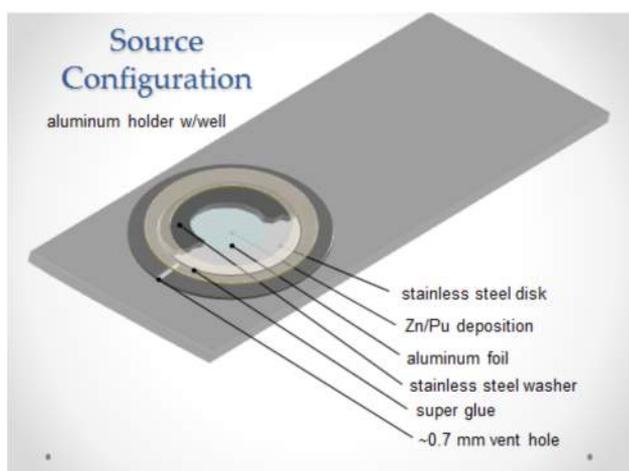
專家成立了負責輻射教育、風險溝通與政策研訂的第七個委員會（PAC 7）。除了 Dr. Bushberg 的開幕演說外，本次會議亦邀請各委員會的專家進行專題演講，篇篇精采，以下僅就與職目前所涉業務相關議題進行重點摘述。

一、 密封射源的輻射安全

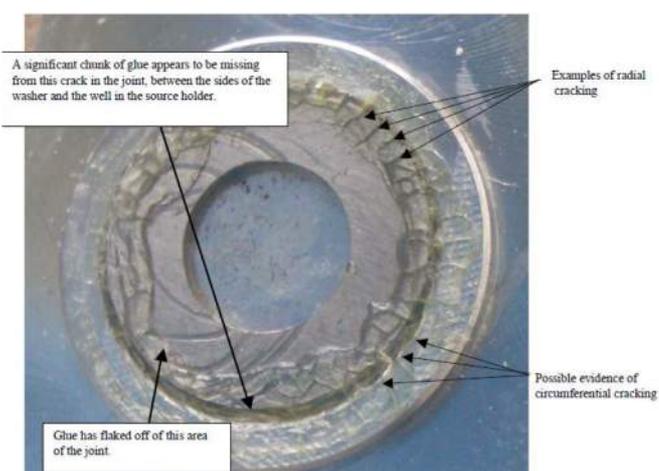
密封射源被廣泛使用在許多領域，但各個單位對於密封射源的定義不盡相同，例如：美國核管會（Nuclear Regulatory Commission；NRC）定義為被可防止射源洩漏或散逸的容器包覆住的射源即為密封射源；美國能源局（Department of Energy；DOE）則說所謂密封射源係指被包覆在密封的容器中、被密封在非放射性物質之間或利用電鍍或其他方式被固定在非放射性物質表面，可防止其放射性物質洩漏或散逸者；美國國家標準協會（American National Standards Institute；ANSI）所稱密封放射性射源則為密封在容器中或被其外包裝所包覆，此密封的容器或包覆的外包裝必須要足以防止在正常使用下接觸到放射性物質或使放射性物質洩漏。綜合以上的定義，可發現所謂“密封”，其實有程度上的差異，被容器完全封裝、被外包裝包覆、被固定或電鍍在某種物質上的放射性物質均可稱為「密封射源」，其密封程度視其射源使用情形而不同，一般會考量其使用環境（例如溫度、壓力）與使用情境狀態（例如有震動、搖晃、穿刺等情況）。

“密封”一詞表示其射源整體的結構與設計上有一定程度的穩固性，一般僅會注意它造成的體外曝露，鮮少對於射源與整體裝置的設計進行了解，也不預期當密封射源的完整性喪失時所造成的輻射污染與傷害。如果密封射源被丟棄、失竊或被破壞，除了造成體外曝露（有些高活度射源會造成人員的輻射傷害甚至死亡），當其不再有完整的密封性，而造成射源洩漏，也可能造成放射性污染、人員體內曝露，如果被有心人士取得，也可能被製成髒彈，用在恐怖攻擊活動中。不僅高活度密封射源會造成以上這些麻煩的情形，有時低活度的小射源亦會造成嚴重的後果，例如 2007 年在西北太平洋國家實驗室（Pacific Northwest National Laboratory；PNNL）發生的鈾-239（Pu-239）污染事件，肇禍的 Pu-239 射源活度為 144MBq，也就是 3.9mCi。其射源是電鍍在不銹鋼板上的鋅/鈾（Zn/Pu）層，上面以一層鋁箔包著，周圍以一不銹鋼墊圈環繞，並利用強力膠黏著，如圖一。

造成此事件的原因除此射源缺少使用說明書、沒有其使用限制的描述(例如溫度)，射源的 Zn/Pu 層經過一段時間已經鬆脫了，以及被不熟悉此射源設計的人員不當使用所造成的。使用者將射源面向下方黏貼在鉤具上進行測試，並且將其重複曝露在攝氏 40 度的環境下，此溫度造成強力膠黏著層的損壞，如圖二，且使用者對於射源可能造成的放射性汙染沒有警覺，一味的迷思在此為安全的「密封射源」。此事件發生一周後才被揭露，此時放射性汙染已經散佈了一周，造成了 3 名工作人員、2 個家庭、2 棟建築物與 3 輛私人轎車的汙染，工作人員最多接受到 3 毫西弗 (mSv) 的劑量、其家人最多接受到 0.3 毫西弗的劑量，除汙過程產生了很多的放射性廢棄物，且因無法徹底的完全除汙，例如 3 輛轎車，最後只好丟棄。



圖一、射源外觀與結構。



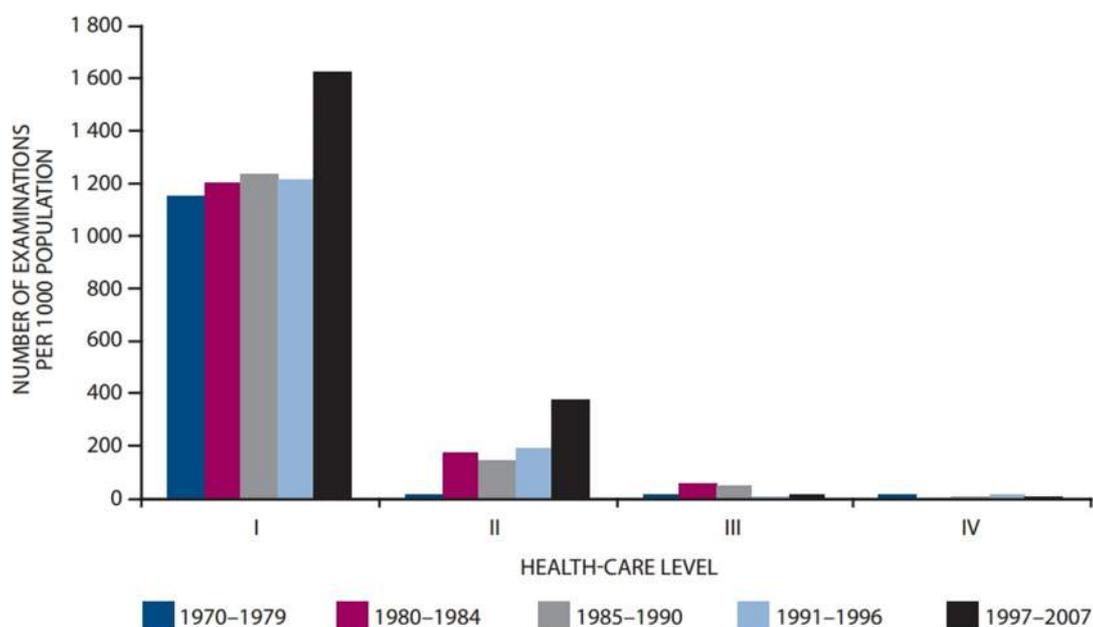
圖二、射源損毀情形。

低活度的密封射源使用不當就會造成以上的嚴重後果，而高活度的密封射源如果使用不當或管理不善更有甚於此，尤其像工業界照相檢驗用的射源，其射源體積小、活度高，以往 NRC 也公告過相關的意外事件，例如射源被製造商或使用者誤拆解造成的輻射傷害事件、射源搖出或回收的過程中設備故障、射源隨著車輛奔走過程中造成射源容器的損壞、不當的廢棄或遭竊，工業界照相檢驗用射源常造成輻射事故的原因包括照相檢驗工作地點常不固定、工作場所的管理不完善、工作環境不舒適、工作人員沒有妥善利用輻射偵檢儀器進行監控等，加上射源活度高，短時間的不當曝露就會造成嚴重的後果。NCRP 委員會有鑑於密封射源輻射安全的重要性，以及之前沒有針對密封射源從其製造、取得核可、使用、管理、廢棄的完整導則，預計將在不久的將來會發表有關「密封射源從生到死」

的報告，其中也會有對於特殊密封射源應個別考量部分以及意外狀況的處理，以及收錄過去的密封射源意外事故案例作為學習態樣。

二、放射診斷與介入性醫學診療的輻射防護

依據聯合國原子輻射效應科學委員會（The United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation；UNSCEAR）2008 年的報告統計，每年全球約進行 36 億次的放射醫學診斷檢查，若將全球國家依據其醫療照護程度（綜合考量一位醫師所照護的病人數、醫療所需花費與醫院病床數等）分成 4 等級，可發現醫療照護最佳的第 1 級國家其民眾接受放射醫學診斷檢查的次數也最多。另外由於數位影像技術的進展，放射醫學診斷檢查變得方便又普及，也使得接受檢查的總人數近年大幅增加，如圖三。



圖三、放射醫學診斷檢查次數在不同醫療照護等級的國家之分布趨勢。

由於放射醫學診斷檢查的便利性，接受此檢查的總人數增加，造成整體民眾接受的醫療輻射大幅增加，考量醫療輻射對於受曝露者一般是利大於弊，因此並無劑量限制，此時曝露的正當化與最適化就非常重要，需避免放射醫學診斷檢查的濫用，並且在必要的檢查的過程中採行適當的輻射防護措施，即強調降低醫學診斷劑量的概念「ALADA(As Low As Diagnostically Acceptable)」。要達到此目的，需要整個放射醫學診斷檢查團隊的努力，包括放射科醫師、診斷醫學物理師、醫

事放射技術師以及進行介入診療過程中的醫護人員等臨床相關工作人員，也需要雇主與管理階層的支持，接受放射醫學診斷檢查的病患受曝劑量的降低也使相關臨床工作人員減少接受的職業曝露。

要建立一個對病患與工作人員良好的輻防環境，是需要一個強大的健康系統做後盾。公共衛生界的泰斗、美國醫學決策制定協會（Society for Medical Decision Making；SMDK）的創辦人、哈佛大學的 Dr. Finberg 提出一個成功且持續維持品質的健康系統有以下幾個特點：1.強化醫療照護的品質與安全：提供充裕的資金並重視醫療專業對於醫療照護的品質與安全的提升是有幫助的。2.導引出並重視病人的需求，包括將臨終的病人：醫師有責任與權利適當的與病患及其家屬進行充分溝通，了解病患的需求，決定後續對病患最佳的診療作業。3.借助軟硬體系統適當的安排，使病患可順利完成整個醫療過程：醫院如果有系統的進行所有就醫病患的排程，不但可以避免產生擁擠、病床不足的情形，對於其醫護人員的工作滿意度與專業的提升也非常有幫助。4.向同儕學習：藉由同業間的互相審查互相學習，例如同儕審查（Peer Review），提升醫療品質。5.提倡醫療專業需要具備一種當責（為最後成果負責）的精神，對於所有的病患都必須有相同的責任感，支持團隊性的醫療照護與不斷進行醫療專業的再教育，提升相關專業。

在這個資訊日新月異、多媒體資源豐富的現今，我們可以善用已有的資源協助營造一個良好的輻防環境，以下是一些可以多多利用的工具：

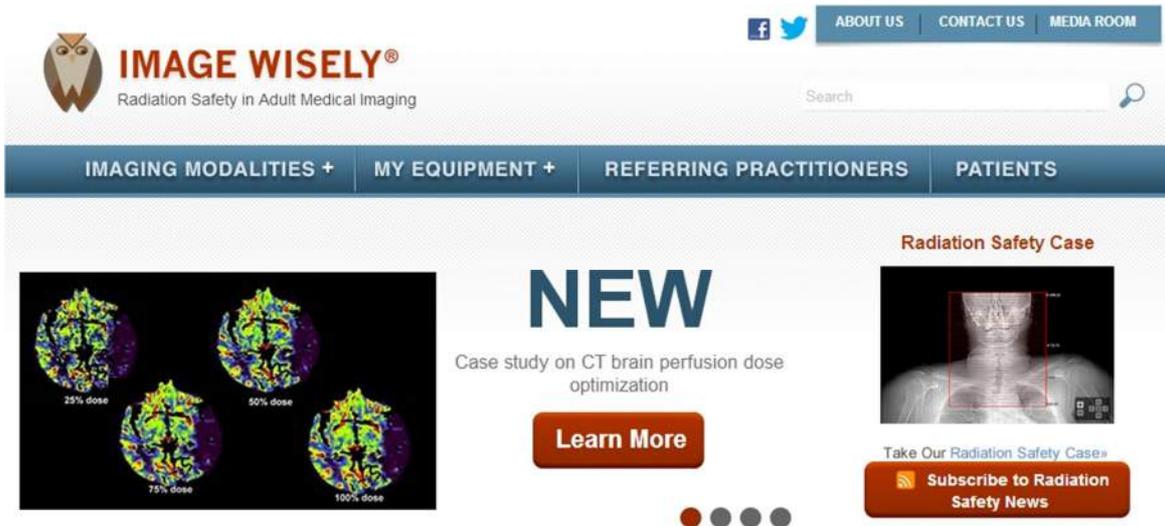
- （一）品保作業的劑量指標：例如 CT 品保作業中得到的電腦斷層劑量指標（CT Dose Index；CTDI），可以協助判斷 CT 劑量是否過高。
- （二）美國放射線學會（American College of Radiology；ACR）所提供的同儕審查系統「RADPEER」：RADPEER 系統提供一個網路平台，讓放射線專科醫師上傳其判讀的數位醫學影像，讓加入此系統的其他放射線專科醫師可以進行影像的判讀與評分，評分採 1 至 4 分，分數 1 表示同意上傳者的判讀，2 至 4 分則有不同程度的不同意，被判 2 至 4 分者，其影像 ACR 會再請其他有公信力的品保團隊進行確認。此系統採付費方式運作，僅可上傳醫療影像，不涉及病患本身的資訊。對於協助進行上傳影像判讀的團隊，此系

統也會告知該其他團隊的判讀結果，作為一種回饋。目前該系統可以提供上傳的醫學影像包括電腦斷層掃描、乳房攝影、核子醫學、正子斷層掃描、核磁共振與超音波等 ACR 有進行認證的醫學影像。現今已有 17,000 位放射線專科醫師加入此系統。

- (三) 相關教育網站及其提供的放射醫學使用指導方針：例如由美國小兒放射醫學會（Society for Pediatric Radiology）、ACR、美國醫學放射技術學會（American Society for Radiologic Technologists）與美國醫學物理學會（American Association of Physicists in Medicine；AAPM）基於對小兒醫療劑量的重視，共同成立「Image Gently」網站（如圖四），主要提供醫療專業人員進行小兒放射診斷檢查時可供依循的準則，也提供小兒病患與其家屬一些關於檢查的教育教材與注意事項。另一個由 ACR 與北美放射學會（Radiological Society of North America）共同參與建立的「Image Wisely」網站（如圖五）則提供成人接受放射診斷檢查時的相關指導方針。由美國內科醫學會（American Board of Internal Medicine；ABIM）基金會成立的「Choosing Wisely」網站（如圖六）則以增進醫療專業，提升醫療品質為宗旨，協助醫師與病人的溝通，選擇最適當的放射診斷檢查方式，以減少不必要的檢查程序。



圖四、Image Gently 網站(網址：<http://imagegently.org/>)。



圖五、Image Wisely 網站(網址：<http://imagewisely.org/>)。

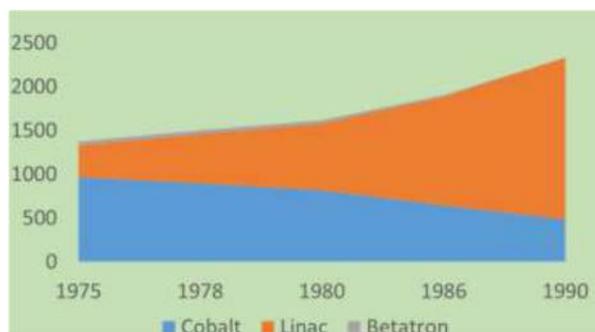


圖六、Choosing Wisely 網站(網址：<http://www.choosingwisely.org/>)。

三、放射治療的發展與輻射防護

放射治療的起源可回溯到繼 1895 年倫琴發現 X 射線及 1896 年貝克發現放射性後，一名芝加哥大學的醫學生 Emil Grubbe 使用 X 光管成功的治療了一位婦女的乳癌。再接續的 40 年，X 光管與射源（例如鐳）被廣泛的應用在治療癌症，可惜當時人們對輻射傷害所知甚少，也缺乏對輻射的防護，因此造成一些輻射傷害的發生，主要是輻射的確定效應。後來，放射治療設備持續發展，由 1937 年僅可產生 1 至 2.5 MeV 能量電子的汎德瓦夫產生器（Van de Graff generator）進展到 1953 年發明的直線加速器（Linear accelerator；Linac），目前 4 到 25 MV 的直線

加速器為放射治療最主要使用的設備。而 1951 年由於鈷六十（Cobalt-60）治療機頭的發明而開始廣泛使用的鈷六十遠隔治療機，則為 1960 年代晚期放射治療的主要設備，但在直線加速器的快速的進展下，鈷六十遠隔治療機的數量是越來越少，如圖七。



圖七、美國 1975 至 1990 年鈷六十遠隔治療機（Cobalt）與直線加速器（Linac）的使用情形（橫軸為年份、縱軸為台數），另外電子加速器（Betatron）的僅占極少數量。

直線加速器之所以為目前為放射治療的主力設備，其順形治療技術的發展功不可沒。1990 年代，多葉準直儀（Multileaf Collimators；MLCs）的發明，取代了使用不同形狀鉛塊來遮擋不必要的輻射照射，產生更符合腫瘤形狀的照野。1990 年代晚期，進展到利用電腦來控制 MLC 的位置，可將原本的照野再細分為數個小照野，藉此調控制野內劑量的大小，以達提高腫瘤劑量、控制正常組織接受劑量的目的，這也就是所謂的強度調控放射治療（Intensity Modulated Radiation Therapy；IMRT）。2000 年後出現了影像導引的放射治療技術（Image Guided Radiation Therapy；IGRT），藉由在加速器上加裝 kV 能量的影像系統（例如 On Board Imager；OBI），產生錐狀射束電腦斷層掃描（Cone Beam CT）影像，協助治療時的定位，確保治療位置的正確性。2010 年新的發展是強度調控弧形放射治療（Volume Modulated Arc Therapy；VMAT），直線加速器的治療機頭可弧形動態的連續給予放射治療射束，也就是在輻射照射的同時可不斷變化照射角度，使劑量更加集中於腫瘤並縮短治療時間。

在遠距放射治療的設備部分，除上述的直線加速器，還有幾種可產生順形劑量分布、令人為之驚艷的設備，例如 1968 年發明的，由 200 餘顆 Co-60 射源組成的加馬刀（GammaKnife），可以將射束集中在一個小區域進行治療，也開啟了立體定位放射手術（radiosurgery）的時代。另外還有使用機械手臂進行多角度、小區域集中治療的電腦刀（Cyberknife）、使用 6MV 直線加速管進行螺旋斷層式

治療的電腦斷層治療機（Tomotherapy）、質子治療設備（Proton Therapy）等。而近接治療部分，利用射源近距離的治療某些腫瘤，例如子宮頸癌的治療、碘-125（I-125）的攝護腺癌插種治療等仍有其不可取代之治療效果。

未來 10 年的放射治療領域可預期有以下三個現象：

（一）越來越多的質子治療設備：美國於 1960 年代麻州總醫院（Massachusetts General Hospital；MGH）與哈佛迴旋加速器（Harvard Cyclotron Laboratory；HCL）實驗室共同合作以質子射線治療病人開啟質子治療的經驗，直到 1990 年後，Loma Linda University Medical Center 才首次啟用醫學專用質子治療設備，隨後質子治療蓬勃發展，現今美國已有 14 個質子治療中心，最新的是 2014 年 2 月份才開張的

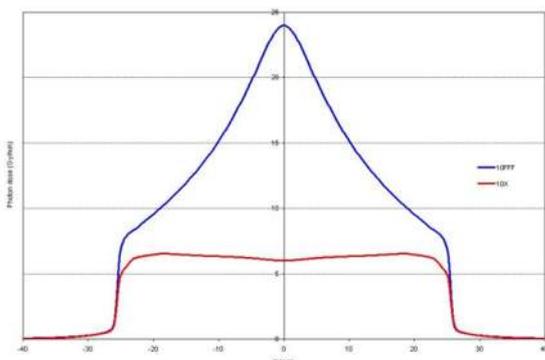
加州聖地牙哥的 Scripps Proton Therapy Center，如圖八。



圖八、美國的質子治療中心成立時間分布圖。

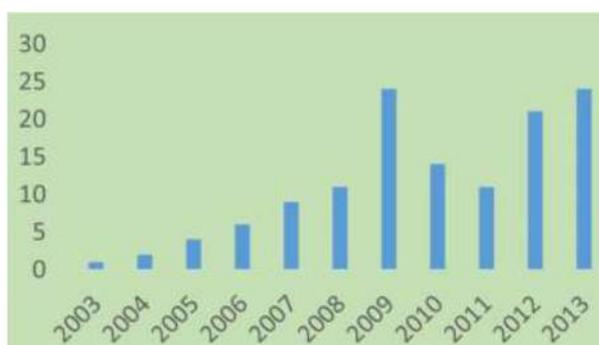
（二）越來越多的立體定位放射手術：在過去的 10 年，隨者放射治療技術的進展，定位精準性的提高，而使腫瘤劑量得以提高，因此身體立體定位放射治療（Stereostactic Body Radiation Therapy；SBRT）技術的使用快速增加。所謂身體立體定位放射治療，就是結合許多先進的放射治療技術，如影像導引、呼吸調控、弧形治療等，以進行單次高劑量的精準治療方式，多用在肺部、脊椎與肝腫瘤的治療。此技術由於可進行精準的定位，因此可單次給予高劑量率的輻射，提高腫瘤的殺傷力。因分次低，可縮短治療天數，對於接受放射治療的病患而言亦是一大福音。目前最新的進展是無整平濾

片的放射治療技術（Flattening Filter Free；FFF）的應用，例如 Varian 的真光刀（TrueBeam），就是將 FFF 技術使用在直線加速器上，可更加提高腫瘤組織的照射劑量，如圖九。



圖九、以 10MV 的光子於相同輸出條件下使用整平濾片的劑量分佈（紅線）與使用 FFF 技術的劑量分佈（藍線）之比較，在 FFF 技術下，可將高劑量集中在照野中心，兩者照野中心的劑量差異可達 4 倍。（資料來源：Varian 網站）

（三）越來越多的最適化治療（Adaptive Radiation Therapy；ART）：最適化治療是一種考量個別病人差異的治療方式，也就是在整個放射治療過程中，不再僅以最初設計的治療計畫走完整個療程，而是持續觀察個別病人的治療成效，不斷的去檢討修改治療參數，以提高腫瘤治療成效、減少正常組織的傷害。由生物醫學期刊搜尋網站「PubMed」中關於最適化治療的文獻數量增加的情形顯示，此種治療方式在過去 10 年來越來越受到重視，如圖十。

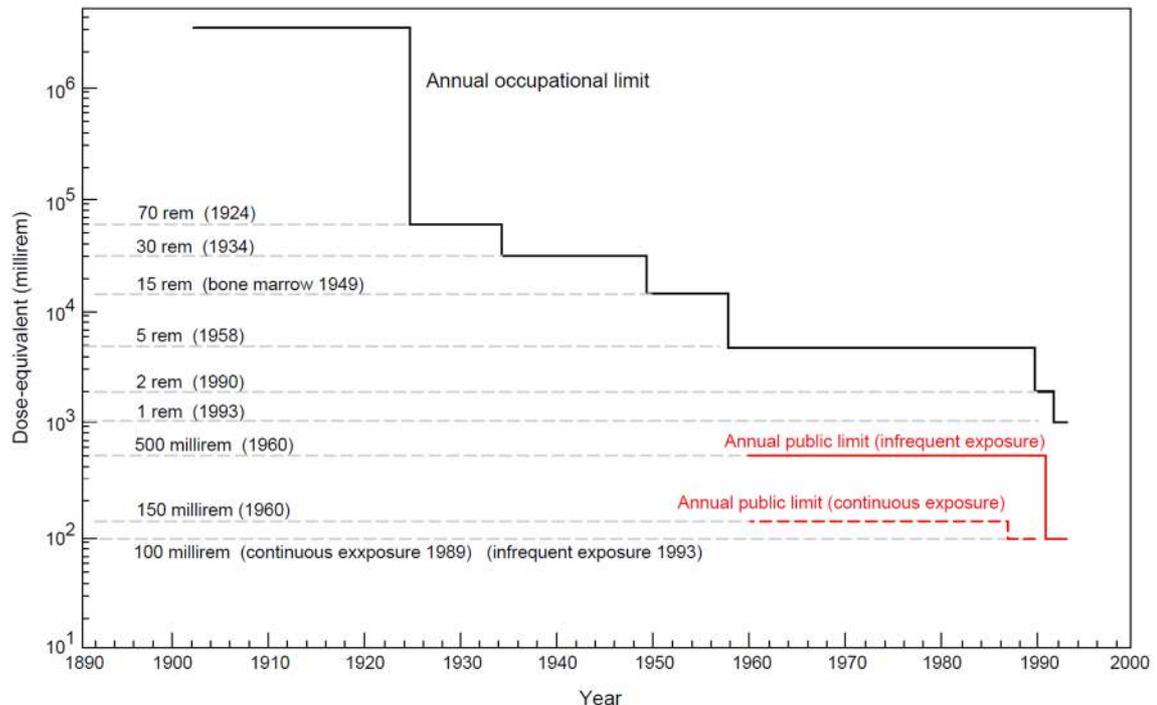


圖十、PubMed 網站中關於最適化治療的文獻數量比較圖。

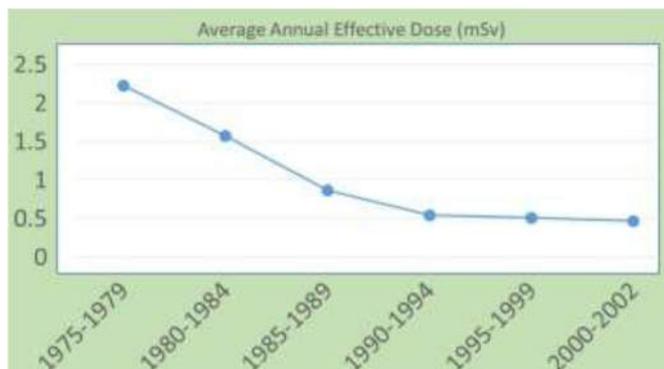
放射治療的輻射防護的發展主要可以從工作人員的職業曝露、屏蔽及放射治療設備與設施等 3 項目來討論：

（一）工作人員的職業曝露：工作人員的年劑量限值在 1924 年以前對輻射傷害及輻射防護尚無概念，實務上也沒有劑量限值或相關建議。隨著輻射造成的傷害陸續浮現以及國際輻射防護相關委員會相繼成立，1928 年時，國際 X 射線與鐳防護委員會（International X-ray and Radium Protection

Committee; ICRP, 即現今國際輻射防護委員會 (International Committee on Radiological Protection; ICRP) 的前身) 首度對醫療輻射工作人員提出工作時數的限制, 此限制換算成個人劑量大約是一年 1 西弗 (Sv), 相當於 100 侖目 (rem)。隨著輻射防護的發展, 國際上對於工作人員的職業曝露限值逐漸下降, 如圖十一, 1990 年後至今, 國際上採用的工作人員的職業曝露限值為平均每年應在 20 毫西弗 (20mSv, 即 2 侖目) 以下、一般民眾一年接受曝露應在 1mSv (即 100 mrem) 以內。依據 UNSCEAR 2008 年的統計資料顯示, 全球輻射工作人員接受的職業曝露約在一年 0.7 至 5 mSv 的範圍, 而放射治療部門的輻射工作人員自 1990 年後的年劑量就維持在 0.5mSv 的範圍, 與 1970 年代相較, 接受的曝露已有顯著下降, 如圖十二。



圖十一、年劑量限值發展圖。(資料來源：A Brief History of Radiation, 1995)



圖十二、放射治療部門之輻射工作人員接受職業曝露之情形。

- (二) 屏蔽：放射治療的屏蔽發展史中，有一份重要的報告，也就是 1976 年的 NCRP 49 號報告，該報告針對 10MV 能量以內的直線加速器的屏蔽設計有詳盡的介紹。由於 10MV 以上能量的直線加速器開始有中子污染情形，此時污染情形並不嚴重，但隨著能量越高，中子污染的情形會越嚴重。若直線加速器的能量為 15MV，其產生的中子數目約為 10MV 的 10 倍，若能量高達 18MV，產生的中子數目則增加為 10MV 的 20 倍。關注到醫用直線加速器的能量有增加趨勢，因此 2005 年的 NCRP 151 號報告即補充了 49 號報告所缺乏的 10MV 以上能量加速器的屏蔽設計部份。其實對於中子的防護，水泥牆已經可以做到良好的屏蔽效果，需注意的是門的部分，因此對於能量很高的直線加速器的屏蔽，可以建造一個特殊的、可同時作為中子與光子屏蔽的門，或利用一個很長很長的迷宮走道進行屏蔽作用。
- (三) 放射治療設備與設施：對於放射治療設備與設施之設計可以參考 NCRP、Conference of Radiation Control Program Directors (CRCPD) 及國際電工委員會 (International Electrotechnical Commission; IEC) 的建議。1968 年 NCRP 針對放射診斷與放射治療設備之設計與使用提出了一份報告，NCRP 33 號報告。惟此報告僅針對 10MV 能量以內的設備提出建議，因此 1989 年的 NCRP 102 號報告更新了 NCRP 33 號報告，提出了可供包括 10MV 以上能量放射治療設備設計與使用程序等的建議，此份報告考慮了整個放射治療系統，從病患定位與治療系統、設備校正、設施設計與工作環境的輻防測試等各個環節與其相互的關聯都有納入考量。而由各州與地方政府的輻防專家組成的 CRCPD，以落實輻防理念、促進高品質的輻防作業並提供相關諮詢與教育訓練為宗旨，CRCPD 致力於協助政府機關發展與落實輻防管理。CRCPD 製作一系列與各種輻防議題有關可供參考的文件「The Suggested State Regulations for Control of Radiation; SSRCRs」，其中的 Part X 就是針對放射治療的輻防建議。由於美國食品藥物管理局 (Food and Drug Administration; FDA) 沒有針對放射治療設備本身性能與品質的要求，多半依循其設備製造商的建議，因此一般放射治療設備於製造設計時會參考

IEC 的建議，可惜 IEC 的建議都是針對設備本身，沒有考量整個放射治療系統，也缺乏對各個設備互相連結或放射治療相關資訊傳輸時的建議。

現今放射治療的輻射防護所關注的新議題包括：對於懷孕病患的劑量、輻射引發的第二個癌症及心血管疾病、植入性的醫療裝置，以及意外事故的預防。以下將逐項簡介：

- (一) 懷孕病患的劑量：對於接受放射治療的懷孕病患，我們最關心的是其胎兒所接受的輻射劑量，目前已有許多針對懷孕病患或胎兒提出其輻射劑量、輻射防護、輻射風險，以及在接受放射治療後是否應考量終止懷孕的相關建議，包括 1995 年的美國醫學物理學會（The American Association of Physicists in Medicine；AAPM）出版的 AAPM TG-36 號報告、2000 年的 ICRP 84 號報告、2003 年的 ICRP 90 號報告、2007 年的 ICRP 105 號報告、2014 年的 NCRP 174 號報告。
- (二) 輻射引發的第二個癌症及心血管疾病：依據美國國家癌症研究所（National Cancer Institute；NCI）的「Surveillance, Epidemiology, and End Results (SEER)」計畫之 2006 年的統計資料顯示，每年被診斷出罹患癌症的病人中有 17% 都是該病人的第二原發癌症，而 2010 年 UNSCEAR 報告指出乳癌、腦癌、甲狀腺癌與非慢性淋巴性白血病（non-Chronic Lymphocytic Leukemia；non-CLL）的癌變過程與輻射的關聯屬於正相關，大腦、心臟與乳房等器官經輻射照射後可能會有一些確定效應產生，2011 年的 NCRP 170 號報告也指出「隨著世界上罹患癌症的病人存活率越來越高，可發現這些病人最常出現的晚期效應就是罹患第二個原位癌以及有心血管方面的疾病」，另外文獻也指出，接受放射治療的 18 歲病患其未來罹患第二個原位癌的機率是 18 到 29 歲病患的 2 倍，這些相關的流行病學研究將持續進行。
- (三) 植入性的醫療裝置：即將出版的 AAPM TG-203 號報告對於替有植入心律調節器與除顫器的病患進行放射治療有詳盡的建議，包括在研擬此病患的治療計畫時須注意要使用正確的治療計劃系統、最好使用較低的能量，例如 6 MV 進行治療，也需進行病患治療劑量的驗證作業。

(四) 意外事故的預防：在放射治療的領域，提升治療品質與確保輻射安全是最重要的，自 2009 年紐約時報報導了美國加州某醫院有 300 位以上進行電腦斷層腦血流灌注掃描的病人照射過多的輻射劑量而產生嚴重的確定效應後，政府當局及醫療相關領域開始更加重視醫療安全相關議題，隔年（2010 年）CRCPD 即建立了放射醫學事件的資料庫，該系統自 2011 年 12 月開始啟用，2012 年 3 月後的放射醫學事件都必須提供相關資料給此資料庫，2011 年 AAPM 也以提升病人安全為會議主題在紐約邁阿密召開了「Call to Action」會議，AAPM 2003 年的夏季教育訓練更以「Quality and Safty」為課程主題，以上都可見到醫界對於輻射安全的重視。今年美國放射腫瘤學會（American Society for Radiation Oncology；ASTRO）與 AAPM 將共同推出「Radiation Oncology Incident Learning System（RO-ILS）」，此系統以病人安全為發想點，提供一個安全可靠的平台，讓全美放射治療相關單位可以提供其放射治療相關意外事件或未遂事故，此系統不涉及事故的懲處，但會進行事故追蹤與分析，並收集來自國家資料庫有關放射治療事故的相關資訊，以期藉由此經驗交流與分享機制，協助放射治療相關單位提供病患更高品質且安全的醫療環境，如圖十三。



圖十三、Radiation Oncology Incident Learning System（RO-ILS）宣導介紹文宣。
（資料來源：ASTRO 網站）

未來放射治療領域將持續有新設備新技術推陳出新，目前已經開始嶄露頭角的新設備有 ViewRay 的核磁共振影像導引鈷六十治療系統（Magnetic Resonance Image（MRI）-guided Radiotherapy system），如圖十四，此系統利用三顆互成 120

度角度分布的高活度 Co-60 射源進行治療，大約可提供如相當於 4 MV 直線加速器加速器可產生的輻射輸出，以解決直線加速器因需使用磁場無法結合同樣需要使用磁場的 MRI 系統之限制。此系統利用無游離輻射的 MRI 影像進行即時影像導引，由於 MRI 對軟組織的成像效果佳，對於治療定位的正確性有其優勢，目前在密蘇里州由華盛頓大學醫學院與 Barnes-Jewish Hospital 合作的 Siteman Cancer Center 已於今年 1 月開始使用此系統進行病患的治療。另外放射治療新技術如利用分子生物學進行放射治療的創新發展也持續進行中，例如利用正子藥物進行腫瘤微觀環境的評估，了解含氧、缺氧腫瘤細胞的分布情形，以依個別腫瘤特性設計出不均勻的劑量分佈，這種技術名為「dose painting」。或者利用一些生物指標或其他工具來預測個別病人是否適於進行放射治療，如果未來這些技術可以應用在臨床，對於醫療輻射防護的「正當性」的判斷將可有很大助益。



圖十四、ViewRay 的核磁共振影像導引鈷六十治療系統。
(資料來源：ViewRay 網站)

四、 輻射教育與風險溝通

「輻射」一詞使人聞之色變，尤其在後福島事件後，如何將輻射的訊息正確且適切的傳遞？如何進行輻射風險的溝通？都是非常大的學問。過去 50 年，輻射教育與風險溝通的方式不斷與時俱進。最早的溝通是採用教學姿態，輻射專家

們以教育公眾輻射的效益與風險為主要目的，漸漸的，溝通不再是單向的，而是雙向的交流，此時的輻射風險溝通進展到輻射專家、利益攸關團體、媒體代表等共同進行對談與意見交流的方式。21 世紀的今日，手機、電腦等數位化民生產品的蓬勃發展，網路的普及與便利，「媒體」及「社群網路」是傳遞公眾資訊與溝通的便捷道路，但就像利刃之兩面，輻射訊息的傳遞必需非常謹慎小心，時間與效率的掌握亦非常重要，若相關議題的用詞不精準而遭斷章取義，或回應不迅速等，反而造成嚴重的反效果，面對資訊快速傳輸的媒體與社群網路，輻射議題的教育與溝通需更加謹慎。一般在輻射議題的溝通時，可以觀察到群眾的三個現象：1.當群眾處於輻射議題的壓力下，一般會想要知道溝通者很在乎此議題。2.當群眾處於輻射議題的壓力下，可能會無法聽到、無法了解、無法記得溝通者想傳達的訊息。3.當群眾處於輻射議題的壓力下，常常會專注於負面的資訊，這三個現象也告訴了我們輻射風險溝通的困難度。以下 7 點是有效風險溝通的注意事項與原則，進行輻射議題溝通時，這些都必須注意並列入採行：

- (一) 每個人都有權利參與影響其生活的議題，並且表達自己的想法與看法。
- (二) 事先研擬、計畫風險溝通的策略：對於不同的目的、不同的公眾群體、不同的溝通管道需採行不同的溝通策略。
- (三) 傾聽聽眾的聲音：藉由傾聽才能了解聽眾的想法與訴求。
- (四) 誠實與公開透明：誠實與公開透明是建立安心信任的不二法門，取得聽眾的信任可能需要長時間的努力，但信任基石的瓦解是非常容易的，且復原更加困難，一旦信任的基石瓦解，溝通就很難進行了。
- (五) 資訊的來源必須可靠：風險溝通的內容必須是中立、可信賴的。
- (六) 善用媒體及社群網路：媒體及社群網路是現今傳達訊息所不可或缺的重要管道，必須有效的傳遞正確的訊息給媒體與社群網路，也必須清楚的掌握它們所傳遞的內容。
- (七) 溝通應有同理心，且要以對等的方式進行：專業的術語是風險溝通的絆腳石，溝通時應以聽眾聽得懂的語言與詞句來表達，深奧、沒有同理心、無感的内容會造成溝通的反效果，要觸動人心才可達到成功的溝通。

參、參訪紐約 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center

Memorial Sloan-Kettering Cancer Center 原為 1884 年成立的「New York Cancer Hospital」，1916 年改名為「General Hospital」，以癌症治療為主。而 1940 年代，慈善家 Alfred P. Sloan 及發明家 Charles F. Kettering 共同創立了以癌症為主要研究對象的研究單位「Sloan Kettering Institute (SKI)」。General Hospital 及 SKI 在 1960 年整合成現今的 Memorial Sloan-Kettering Cancer Center (MSKCC)，因此該院已有 130 年歷史，為現今世界上歷史最悠久頗具規模的私人癌症治療中心之一，該院以其優良的病人照護、不斷創新的醫學研究及傑出的教育聞名。依據知名新聞雜誌「美國新聞與世界報導 (US News & World Report News)」走訪全美 5000 家醫療院所，Memorial Sloan-Kettering Cancer Center 榮獲 2013 至 2014 年全美癌症醫院第二名，僅次於德州 MD Anderson Cancer Center。

本次職參訪該院，主要與該院放射診斷的醫學物理師景鴻烈及 Yuduf Emre Erdi (Dr. Erdi) 就放射診斷相關法規、輻射安全及醫療曝露品保作業進行討論，亦隨同景鴻烈先生進行透視 X 光機的品保實作，以下對所討論問題整理如下：

一、ACR 未來可能採用的數位乳房模擬假體的最新發展？

目前 ACR 僅公布其將預計採用的數位乳房模擬假體 (ACR FFDM Phantom) 的原型，如圖十五，此假體將類似目前的 ACR 乳房模擬假體的放大版，其大小將可涵蓋整個數位乳房 X 光攝影儀的影像接收板，其乳房模擬病灶較現今使用的小一些，但纖維、鈣化點跟腫塊物等模擬病灶的數目及標準與現今使用的乳房模擬假體相同，此假體對自動曝露控制系統的反應較佳，也可以進行假影的評估。依據經驗，如果 ACR 決定了數位乳房模擬假體的樣式，應該會給醫院 1 至 2 年的時間準備，不會一確定就納入其認證作業中，且當樣式決定後，應該



圖十五、ACR FFDM Phantom 原型與其影像。(圖片來源：2012 AAPM Spring Clinical Meeting)

只有幾家製造廠商被授權可以製造此假體。

二、針對乳房斷層攝影機 (Digital Breast Tomosynthesis ; DBT) 有沒有新的認證規定要求？

考量 DBT 除可產生現今數位乳房攝影系統 (Full Field Digital Mammography ; FFDM) 的 2D 影像，更可進行斷層式的乳房造影與 3D 立體影像重組，因此 ACR 亦將 DBT 納入乳房攝影的認證範圍，並要求認證醫院將 DBT 的認證結果向 FDA 申報。目前 ACR 對 DBT 認證的要求包含醫療機構、DBT 設備與相關系統的基本資料、品保測試結果與操作 DBT 的醫事放射師、醫學物理師及判讀醫師的資格要求等，其中對上述人員要求應於作業前有 8 小時以上 DBT 的訓練經驗。

三、美國民眾接受乳房攝影篩檢的情形為何？是免費的嗎？

依據 Kaiser Family Foundation 公佈的 2012 年統計資料顯示，全美 40 歲以上婦女在兩年內曾接受乳房攝影篩檢的比例為 74.3%，各州接受篩檢的婦女比例不同，例如麻州 (Massachusetts) 高達 84.6%，而懷俄明州 (Wyoming) 則只有 61.9% 的婦女接受篩檢。在美國，乳房攝影篩檢並不是免費的。

四、我國有醫療院所配置使用移動型電腦斷層掃描儀 (NeuroLogica Portable CT BodyTom，如圖十六)，請問此種移動型 CT 應該要執行哪些品保測試？

依據 Dr. Erdi 的回應，該院並無此種移動型 CT，因此無法提供關於此種 CT 應執行的品保作業項目的建議，但 Dr. Erdi 分享該院有的另一種設備，美敦力

(Medtronic) 公司所生產的「O-arm」(如圖十七)設備的品保作業。O-arm 設計用於脊椎微創手術，可結合手術定位導航設備，快速完成脊柱的定位與照相，因

採用大型數位平板影像接受器，

結合 360 度環形掃描取像，可以

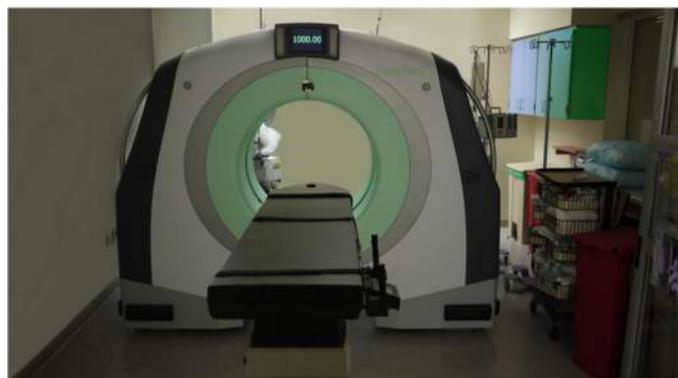
進行 2D 透視或藉由電腦影像重

組產生 3D Cone Beam CT 的影像。

因同時有透視與 Cone Beam CT 的

功能，該設備必須執行透視 X 光

機與 CT 的品保作業，該設備並



圖十六、NeuroLogica Portable CT BodyTom。
(圖片來源：NeuroLogica 網站)

無檢查床的配置，因此不需要執行一般 CT 品保作業中有關床的測試項目。



圖十七、Medtronic O-arm：設備移動時可以將機頭部分收起，成 C 型（如左側），使用時為 O 型（如右側）。（圖片來源：Medtronic 網站）

五、在進行醫療院所 CT 品保現場檢查時，發現部分醫療院所於一個掃描過程中使用兩種掃描條件，例如進行頭部 CT 掃描時，鼻子以上使用 10 公分切片厚度、鼻子以下使用 5 公分切片厚度進行掃描，此種情況該以哪一種切片厚度測量 CTDI 劑量？

由於切片厚度較小產生的劑量較大，為保守估計劑量，應使用小厚度進行 CTDI 測量，以上述例子而言就是使用 5 公分切片厚度進行 CTDI 劑量量測。

六、在美國現行醫療保險制度下，由於保險給付的要求，大多數的醫療院所都會取得認證（Accreditation），其中 ACR 為最主要的認證單位，近年來 ACR 對於其認證作業有沒有新的要求或相關資訊？

ACR 目前有進行認證的設備包括乳房 X 光攝影儀、CT、MRI、核子醫學與正子斷層掃描（PET）、放射治療、超音波、乳房 MRI、乳房超音波及立體定位乳房切片，認證一次以 3 年為期，申請資料都是以文件往返，以往該院從未接獲也未聽說 ACR 會至現場查核，但去年（2013 年）底開始，MSKCC 已有 2 個場所接獲 ACR 的查核通知，其中一個場所已完成查核。ACR 進行現場查核前會先通知醫療院所哪個月要去，但不會告知確切的日期，屬於不預警查核（以 MSKCC 的經驗，約 3 個月前通知），並請醫療院所依照「ACR Accreditation Facility Tool Kit」文件（如附件）內的資料事先準備與填寫。現場查核包含以下內容：

- （一）相關人員（醫師、醫學物理師、技術師）的文件資料，包括其資格證明、執照與繼續教育紀錄等。
- （二）所有該場所取得 ACR 認證的設備之品保測試紀錄與相關設備校正紀錄。

- (三) 核子醫學與 PET 應提供最近一次 NRC 與州政府的檢查紀錄，及檢查不合格的改善措施。
- (四) 醫療院所的政策與相關程序書，包括關於懷孕病患、病患與工作人員的安全、工作人員繼續教育、意外與天災、使用顯影劑相關、新進工作人員的訓練、檢查結果的告知，另外 CT 需對其檢查結果分析與小兒病患提出專用的政策與程序書；MRI 需對其安全、進入 MRI 室的人員與接受 MRI 檢查病患的事前審查、意外事故與工作人員的教育提出專用的政策與程序書；核醫及 PET 需對安全提出其專用的政策與程序書。
- (五) 醫師同儕審查的政策與進行的情況，如果該醫師為 ACR RADPEER 系統的會員，可以只提供會員編號。
- (六) 病患的檢查報告。
- (七) 影像上的標誌。

七、美國對於執行透視 X 光機品保作業的人員之資格要求？

透視 X 光機的品保項目中執行頻率最高的是每季測試項目，即高對比偵測度、低對比偵測度、光照野與輻射照野的一致性測試，因此執行人員都是診斷醫學物理師。美國對於執行人員（診斷醫學物理師）有資格的要求，但依各州規定不同，不一定會核發該州醫學物理師的執照，且核發執照的單位在每個州也有不同，例如紐澤西州的輻射作業主管機關是環保局(Environmental Protection Agency；EPA)，因此紐澤西州醫學物理師的執照是由其 EPA 核發，但在紐約州核發其醫學物理師執照的單位是其教育局（Education Department）。因紐約州的醫療輻射作業主管機關是衛生局（Department of Health；DOH），因此紐約州衛生局規定，其轄區內醫學物理師應取得教育局核發的醫學物理師執照或衛生局核發的 Certified Radiation Equipment Safety Officer（CRESO）。

八、美國對於醫用 X 光機的管制情形？

美國對醫用 X 光機的管制依各州規定不同有不同的方式，紐約州是以醫療機構（Facility）為單位進行管制，在一個醫療機構預計第一次使用 X 光機之前 30 天，必須向衛生局註冊，註冊時需檢送申請表、人員相關文件及醫學物理師

執行的所有 X 光機裝機時的品保測試結果等，如果醫療機構遷址，就必須重新註冊。已註冊的醫療機構在日後有任何 X 光機的新增、報廢等情形都不需要向衛生局申報，但衛生局檢查員會於現場檢查時進行 X 光機的清點，並與之前清點紀錄比較。而在紐澤西州，其主管機關 EPA 則規定，其轄下醫療院所每一台 X 光機有異動都必須檢送相關文件向其申報，因此是以 X 光機為單位進行管制。

紐約州（市）衛生局的檢查員會到醫療院所進行現場檢查，現場檢查會包含所有衛生局所管轄的 X 光設備（CT、透視、牙科型 X 光機等；乳房 X 攝影儀則是由 MQSA 的檢查員執行檢查；MRI 與超音波則不在衛生局管轄範圍內），檢查內容包括每一台設備的文件記錄、人員資格查核，也會攜帶品保設備進行實測，約抽檢 20% 的設備進行實測。

九、在我國，醫用 X 光機裝機使用後每隔五年必須進行一次輻射安全測試，包括 X 光機、洩漏測試與環境劑量量測，另外有納入品保法規的設備，目前為乳房 X 光攝影儀跟 CT，需定期執行品保測試，在美國這些測試的執行情形為何？

在美國，診斷用途的 X 光機在裝機時均由診斷物理師進行設備的品保測試，同時輻射安全人員（Radiation Safety Officer；RSO）也會進行 X 光機的洩漏測試及環境劑量測試。X 光機使用後，只要沒有移機或重新安裝，RSO 不需再執行洩漏及環境測試，而醫學物理師需定期執行該台 X 光機的品保測試。不同用途的診斷 X 光機各自有其應執行的品保項目。

肆、心得與建議

- 一、美國輻射防護與度量委員會（NCRP）是全美最重要的輻射防護相關單位之一，在國際上也有不可或缺的地位，其委員會的成員均為美國各領域輻射防護的專家，持續不斷的提出有關輻防的建議、研究成果等供政府機關與相關單位參考。本次年會各議題的講者均為該領域的大師，每篇報告都非常精彩，參加此年會可以收集先進國家的輻防發展新趨勢、了解其輻防管理方向，以為我國輻射防護管制的參考。
- 二、本屆年會適逢 NCRP 50 周年紀念，因此會議以「借鏡歷史、展望未來」為主軸，貫穿全場。由於輻射民生應用的早期，缺少對輻射防護的知識，也累積了一些輻射傷害的例子，本次會議有多篇演講內容也可感受到此種希望與會人員謹記歷史的教訓、持續為輻射防護努力的期許。
- 三、密封射源的管理與保安一直是輻射防護界重要的議題，管理不當除了可能造成輻射傷害，如果不當使用或被用於恐怖行動，甚會造成環境汙染與社會恐慌。一般在進行密封射源管理會著重於如一、二類的高活度射源，其實對於活度不高的小射源、校正射源等，也必須管理妥當，因此本會在實務管制上，除設施經營者每月定期向本會申報射源清點結果，於執行醫療院所年度現場檢查時，也一定進行射源清點，務求每顆射源都妥善管理與存放。本次會議所分享的 PNNL Pu-239 意外事件也提醒我們，遵守使用規範的重要，該事件就是沒有射源使用說明以及操作人員不當使用所導致，未來相關射源使用注意事項應可藉由現場檢查、辦理課程與活動時多加宣導，甚或可考量納入輻射安全測試報告中，要求醫療院所應備有該射源的使用說明書後始得使用。本次會議預告於不久的將來，NCRP 將發表有關「密封射源從生到死」的報告，建議本會屆時應取得此份報告研讀，對於未來管制與宣導教育應有很大助益。
- 四、放射診斷的輻射劑量是近幾年來國際上非常關注的輻射防護議題，本次會議也強調 ALADA（As Low As Diagnostically Acceptable）的精神。唯有進行放射診斷檢查前確認檢查的正當化、檢查時落實最適化的輻防作業，才可

得到降低劑量的成果，這整個過程是需要整體放射診斷檢查團隊（除了臨床工作人員亦包含雇主與管理階層）的支持努力。本會也非常重視國內放射診斷的檢查劑量及其輻射防護作業，除了已於民國 100 年將貢獻放射診斷劑量最多的 CT 納入品保作業範疇，規範 CT 的劑量指標，近年來亦多次邀請專家學者以最容易造成診斷過程中病患輻射傷害的透視 X 光為主題舉辦輻射安全教育訓練，希望藉由教育訓練，傳遞正確輻射安全知識，厚植國內輻射防護的實力。近年來，本會在執行醫療院所透視 X 光機輻射安全暨品保作業訪查與輻射防護業務檢查時已發現有部分醫院非常重視此類議題，會將本會教材帶回院內廣為宣導，也有醫療院所設計出一套管理診斷輻射劑量的軟體或降低劑量的實務作業原則，這些成果本會也適度的於舉辦大型研討會時安排相關醫院進行專題演講與分享，希望藉由互相學習，促使國內的輻射防護體制更臻完善。

五、有關美國放射治療未來 10 年預期趨勢：越來越多的質子治療設備、越來越多的立體定位放射手術、越來越多的最適化治療，亦為我國的發展趨勢。美國有 14 家質子治療中心已商轉，另有 7 家建造中，換句話說，美國目前已知會有 21 家質子中心，以全美人民數量換算，大約 1,495 萬民眾享有 1 個質子治療中心。反觀我國，目前國內第一個質子治療中心位於林口長庚，已邁入試運轉階段的尾聲，而高雄長庚醫院也已向本會申請設置國內第 2 個質子治療中心，目前已確定應該會有至少 2 個質子治療中心，以我國全民數量計算，大約 1,153 萬人就可享有 1 個質子治療中心。另外其他演講中有提及的放射治療最新設備，如 Varian 的真光刀（TrueBeam）已引進國內醫療院所中使用、ViewRay 的核磁共振影像導引鈷六十治療系統亦已向衛生福利部申請查驗登記，上述都顯現出我國醫療院所對於放射治療新設備引進之快速，以及我國先進治療設施之密集度與醫療先進的美國相較，是有過之而無不及。面對持續不斷更新的新設備，本會將藉由派員出國受訓、邀請相關專家蒞會演講、收集國際相關資訊等方式，持續充實輻射防護管制專業，以為受檢民眾輻射安全把關。

六、先進的硬體醫療設施需要搭配人員良好的專業素養、不斷的學習，才有高品質的醫療。美國放射醫療領域有完善的專業人員配置，除了醫師與醫事放射師，還有醫學物理師執行設備的品保及其他醫學物理專業研究，亦有許多單位致力於醫療品質的提升，例如 ACR 的認證作業、放射物理中心(Radiological Physics Center；RPC)協助相關醫療院所放射治療程序品質的提升等。美國在 Medicare Improvements for Patients and Providers Act of 2008（MIPPA）立法施行後，以及前幾年放射醫療的意外事件的揭露，政府機關、醫療院所與相關單位都更加注意醫療品質與醫療人員的訓練，而民眾對於其自身醫療品質與安全意識也抬頭，Image Gently、Image Wisely 及 Choosing Wisely 網站的建置與推廣，不僅教育醫療專業人員、也教育了民眾。前述網站均為公開網站，國內醫療院所與相關單位也可善用，可擷取網站中的建議，應用在臨床實務或民眾的宣導上。另外我國目前尚無醫學物理師的制度，但以美國經驗而言，醫學物理師的配置為提升整體醫療品質不可或缺之一環，國內衛生主管機關應重視醫學物理師的專業，早日立法明確規範醫學物理師的資格與執業項目。另外在法規的規範以及認證作業的發展下，確實有助於醫療品質的提升，我國目前僅有乳房攝影有發展認證作業，雖考量我國認證作業起步較晚，但仍建議衛生主管機關規劃逐步將醫療設備納入認證範圍。

七、本次會議強調「同儕審查（Peer Review）」的重要，例如利用 ACR 已建立的醫學診斷的「RADPEER」系統，另外 ASTRO 也將啟用「RO-ILS」系統，這兩個系統將可提供放射線科醫師與放射治療單位良好的學習平台與交流管道，可精進其影像判讀的專業，以及提升放射治療的品質與安全。雖然不論醫學影像的判讀與放射治療作業皆屬於醫療行為，係衛生福利部之執掌，非本會所轄，但他山之石、可以攻錯，此種先進國家的優良平台，值得我們師法，有助於提升國內整體醫療，基於政府一體，建議本會亦可收集相關資訊，提供與衛生主管機關或相關專業醫學會參考。

八、輻射防護已有半個世紀的發展歷史，輻射防護的原則已經抵定，但在輻射議題上民眾較容易有負面的回應，也連帶影響相關政策的推動。因此目前輻射

防護界共同的挑戰就是「輻射議題的宣導與溝通」，NCRP 也注意到宣導的重要，因此在 2013 年成立了負責此議題的新委員會（PAC 7），本會近年來也盡力藉由各種管道加強對民眾的宣導，例如醫療游離輻射比較圖、一般游離輻射比較圖與輻射地圖的繪製、醫療品保與婦安輻安宣導文宣的製作、相關網路社群的建立等，未來將持續學習溝通的藝術與師法國際成功的宣導經驗，以期成功的傳遞正確的輻射知識與觀念與我國民眾與相關工作人員。

九、本次參加會議及實際走訪美國醫療院所、與相關人員進行訪談並參與醫院的實務作業現場，非常有助於學習美國經驗，對於本會實務管制上所遇到的問題也可獲得非常實用的解答，雖然美國的體制與國內不盡相同，但收集此等先進國家的管制方法與規定對於未來推動輻射防護政策與進行管制都有許多幫助，建議未來有機會持續派員參加類似國際會議，以及赴國外實務作業現場參訪。

伍、致謝

本篇報告之專題內容係來自 NCRP 第 50 屆年會的報告資料，感謝相關作者提供之摘要、講稿與資料，也感謝紐約 Memorial Sloan-Kettering Cancer 的醫學物理師景鴻烈及 Dr. Erdi 的熱心指導，在此特別致謝。另外也要感謝曾經協助職本次行程順利成行的長官與同仁，因為你們的支持，本次出國方能順利圓滿。

陸、附件

附件一、會議及參訪照片。

附件二、NCRP 第 50 屆年會會議議程與摘要。

附件三、ACR Accreditation Facility Tool Kit 文件資料。