

輻射防護簡訊 107

中華民國100年2月1日

- 出版單位：財團法人中華民國輻射防護協會
- 地 址：新竹市光復路二段295號15樓之1 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王昭平、尹學禮、何 偉、李四海、施建樑、
張寶樹、董傳中、趙君行、鄧希平、蘇獻章（依筆劃順序）
- 發行人：鄧希平 ■ 主 編：劉代欽 ■ 編 輯：李孝華
- 印 刷 所：大洋實業社 地址：新竹市建功一路95號
行政院新聞局出版事業登記證局版北市誌字第柒伍零號

□輻防消息報導

▲得獎感言

一用心提供專業的服務

(輻協訊)

財團法人中華民國輻射防護協會(輻協) 辦理的訓練業務，獲主管機關行政院原子能委員會評定為”優等”，並於 99 年 12 月 17 日假行政院原子能委員會演講廳，由蔡春鴻主委頒發獎牌一座以資鼓勵。

輻協目前辦理的訓練業務分為初訓與複訓兩大類。此次獲獎的主因，除了在業務的執行上能恪遵主管機關的規定辦理外，特別在「課程安排」與「學員服務」二項目上獲表現特優的評比。輻協所辦理的輻射防護訓練業務，本質上就有提升國內輻射工作人員輻射相關知識以及加強宣導與溝通國內管制措施的目的。所以在



在有關輻射防護教育的「課程安排」的架構內容上，輻協一直以配合主管機關各時期的管制重點與趨勢為要，並透過國內外學者專家的協助，進行各領域輻射應用與防護的交流來規劃，所以輻協負責輻射防護教育訓練辦理的同仁，都十分清楚自己所從事的業務不單只是課程辦理而已，而是一項帶有輻射專業性的服務。在面對學員的詢問時，不論是初訓或複訓者，訓練業務同仁都必須能夠快速與正確的回應。目前輻協辦理訓練業務的同仁均有超過十年以上的資

歷，除了很熟悉所負責業務的办理流程與規定外，皆能隨時注意提升本身的輻射防護專業知識，以能達到上述的目標，而在這一點上面，輻協訓練組的同仁都扮演了稱職的角色。對於參加過輻協輻射防護課程的學員，輻協也會妥善紀錄及保存其個人的受訓資料。透過電腦的輔助，不論是該學員個人需要，抑或是公司需求，輻協皆能迅速提供有關的受訓資料及統計。這樣的作為安排，除了能提高對學員服務的品質外，也能減少與避免有些學員只為取得訓練紀錄而重複上課的浪費，而這一點也是輻協用心的地方。

辦理教育訓練所投注的努力，並無法在短時間內看出成果，也不容易單獨看出成效。但此次輻協所辦理的訓練業務得到行政院原子能委員會頒發優等獎牌的肯定，輻協同仁都受到相當的鼓舞，一定會在鄧希平董事長的帶領與要求下，持續進步，繼續提供「專業」、「用心」的服務。

▲台灣的天然背景輻射

(原能會訊)

原子能委員會為豐富輻射宣導資料，今年特延續去年的國家公園環境地圖，與陽明山及玉山國家公園共同合作，印製了「陽明山國家公園 地質、溫泉 vs 天然輻射」及「玉山國家公園 高度 vs 天然輻射」兩份宣導摺頁，分別放置於陽明山及玉山國家公園之遊客服務中心，並為陽明山及玉山國家公園之員工及志工提供天然輻射之專業知識，希望民眾在國家公園透過宣導摺頁與解說志工的解說，能在輕鬆悠閒的環境得到天然輻射之常識。

原子能委員會今年也掌握時下年輕人喜歡上網、影像重於文字的閱讀習性，由輻射防護處年輕同仁自編自導自演自拍一支高山輻射的宣導短片，以幽默逗趣之手法，由輻射超人帶著高壓游離腔偵檢器，從海平面之白沙灣海邊一直測量到海拔 3,275 公尺台灣公路最高點的武嶺，以不同高度地點的天然輻射值來說明天然輻射隨海拔高度增加之特性。該短片在上傳 youtube 網站後也引發閱覽者的回響，留言提問，這也顯示所這支短片已開始發揮宣導之效用了。(網址 <http://www.youtube.com/watch?v=QHSMex9PUaY>)

原子能委員會這次也針對民眾常問之問題提出說明。譬如：高山的輻射較高，是不是意味著山友的健康風險較高？原能會表示，天然輻射隨著地質與海拔高度而變，以原能會最近的測量結果來看，武嶺(海拔 3,275 公尺)的劑量率為 0.135 微西弗/時，相當於一年 1.2 毫西弗。西藏高原平均海拔 4,900 公尺，當地的天然輻射劑量一年約為 1.7 毫西弗，並沒有科學報告指出西藏人民的健康有受到高天然輻射的影響；印度於 2009 年對其 17 萬民眾完成的流行病學調查研究，克拉拉邦地區平均劑量率達 1.8 微西弗/時，相當於一年 15.7 毫西弗，也未發現這些住在高天然輻射地區之民眾有異常的健康風險。所以山友們大可放心，高山的天然輻射並不會造成健康風險。

原能會希望藉由正確且易懂的資訊，幫助民眾解開對輻射的種種疑惑，進而能以健康正面的心態來看待輻射。

【新聞小辭典】

1. 特性 X 光(Characteristic X-ray)

或稱特性輻射，當高速高能電子撞擊原子中的電子，使被撞擊電子脫離原本的原子能階，而該層出現空位時會造成高能階電子往下遞補，此時損失的能量將轉換成特性輻射。(取自維基百科)

2. 天然輻射

也稱作天然背景輻射，包括來自外太空的宇宙射線，地球表面的地表輻射、氡氣，以及隨著食物進入人體的微量天然放射性元素。根據行政院原子能委員會輻射偵測中心的環境輻射調查及評估，台灣民眾接受天然背景輻射的劑量一年約為 1.62 毫西弗，略低於聯合國原子輻射效應科學委員會所作全球的平均值 2.4 毫西弗。全球有些地區的天然背景輻射劑量較高，例如中國的廣東省陽江一年約有 6 - 6.5 毫西弗，印度喀拉拉邦地區則為 5 - 15 毫西弗。

3. 西弗(Sv)

游離輻射劑量的國際制單位，用以計算人體接受各種游離輻射後所產生之整體影響程度。毫西弗代表千分之一西弗，微西弗代表百萬分之一西弗。

4. 銻-241(Am-241)

人造放射性核種，半衰期為 432.2 年，主要放出阿伐射線及伴隨加馬射線。用於黃金成色分析儀之銻 241 活度為 1,110 百萬貝克(30 毫居里)，操作人員要受 18 小時之輻射防護訓練，射源並應向原能會登記備查後始可使用。若儀器不再使用，要申請永久停上使用，射源應輸回原生產國或在國內申請報廢。

▲真金?假金?用輻射來幫我們鑑定黃金!

(原能會訊)

年關將近，依我們台灣人的習俗，有錢沒錢娶個老婆好過年，很多人都會選在年底前完成終身大事，這其中買些定情金飾是免不了的。問題就在平常如果對黃金沒有特別研究，一般人是無法得知所買金飾的成份，對於金飾的純度大都只能信任銀樓老闆了。現在原子能委員會要告訴大家，輻射可以用來幫大家準確鑑定金飾的成份。

要如何判定黃金的純度呢？一般銀樓業老闆不外是從看金飾外表顏色的觀色法、聽音法、比色法、到利用阿基米德原理的比重法等來判定黃金純度的方法。「七青八黃九帶赤，四六不呈色」這就是觀色法的口訣，這是說如果金飾中金的成份只有七成，那金飾的顏色會呈現青黃色，如果金的成份到八成會呈現正黃色，到九成就會是赤黃色，但如果只有六成，那就無法呈現黃金色的。當然這比較不科學，也需要相當經驗才能準確判斷。另一種大家耳熟能詳的方

法就是用火來檢驗，俗話說「真金不怕火煉」，在高溫的火焰中純金是不會變色的，並且愈燒愈亮，但若有其他雜質，顏色就會變黑，但這方法有可能會破壞樣品的。

黃金成色分析儀就是利用放射線來分析，在短短的 100 秒就可以準確告訴我們所買金飾的成份。利用黃金成色分析儀的好處就是不會破壞待測樣品，並且快速準確，這對銀樓業或是顧客雙方而言是一種最具公信力的分析方法。黃金成色分析儀是利用內置之 X 光機或是銻-241 放射性物質所產生之放射線打在樣品上，這放射線會將樣品裡元素的電子激發，而發出特性 X 光。每一種元素，如金或銀的特性 X 光能譜都不一樣，透過電腦內建元素能譜資料庫的比對，立即就可以知道樣品中有那些元素及其比例，就可以知道黃金的純度了。

▲核一廠用過核子燃料乾式貯存設施要讓民眾確實安心、放心 - 原能會將邀請地方代表、環保團體及學者專家參與監督

(原能會訊)

為監督台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施(以下簡稱核一乾貯設施)之建造工程，原能會決定邀請地方代表、環保團體及學者專家參與監督，以確保設施的工程品質。相關管制作業及檢查資訊，都將登載於原能會網站「核一廠乾貯管制專區」，力求管制資訊公開透明，讓民眾能夠安心、放心。

核一乾貯設施的水土保持計畫書，已於 99 年 9 月 13 日獲台北縣政府核定，並於 10 月 18 日正式開工興建。該設施場址位於廠內西南隅，基地面積為 0.9504 公頃，可貯放 30 組護箱，貯存 1,680 束用過核子燃料。該設施工程包括場址水保整地、乾華橋改建、混凝土護箱貯存基座、混凝土護箱與外加屏蔽製造與組裝作業等。

該貯存設施採用之貯存護箱，係由內部的貯存密封鋼筒、混凝土護箱及外加混凝土屏蔽所組成，可確保用過核子燃料之貯存安全。該貯存設施對廠界外居民之年劑量限度為 0.05 毫西弗，此為我國或美國法規標準的 1/5，且僅為國內輻防法規一般人年劑量限度 1 毫西弗的 1/20，符合安全法規之要求。

密封鋼筒主要設備由國內製造，業於 99 年 8 月完成製造 25 只並安全運貯核一廠，原能會累計執行 8 次設備製程品保檢查，督促台電公司強化製造品質並落實品質保證稽核成效，確保密封鋼筒品質符合要求。此外，定期現場勘查密封鋼筒貯放場所，確認其貯存環境符合安全與管理要求，所有檢查報告均可於原能會網站上瀏覽，以達資訊公開透明。

台電公司於 96 年 3 月向原能會提出核一乾貯設施建照申請，經原能會審查確認符合法規規定及安全要求後，於 97 年 12 月 3 日核發建照。依台電公司目前規劃時程，該設施預定於 102 年 2 月正式運轉。核一廠乾貯設施除了土建工程部份外，台電公司必須向原能會提出試運轉及運轉執照申請。設施建造期

間，原能會將詳細檢查其工程品質，確認符合法規規定及各項設計安全要求，才會發給試運轉及運轉執照。

核一乾貯設施正式運轉後，原能會除將定期、不定期派員至現場檢查外，亦將會持續邀請地方人士參與監督，並規劃將核一廠乾貯設施之劑量、溫度監測數據，連結至原能會核安監管中心，進行全天候 24 小時的監督；監管資訊並將於原能會網站公開，讓民眾能夠安心、放心。

【新聞小辭典】

1. 用過核子燃料：在核反應器爐心中燃燒到無法再有效地支持分裂鏈反應之被照射過且被移離爐心的核燃料。
2. 用過核子燃料乾式貯存：用過核燃料不貯存於用過燃料池，亦即不以水做為用過燃料衰變餘熱的冷卻，而以乾燥的方式貯存，較具彈性及經濟性。目前使用中的乾貯技術有四大類：貯存窖 (vault)、地下貯存乾井、金屬護箱 (metal cask)及混凝土貯存倉 (silo)或稱混凝土護箱。
3. 混凝土護箱：為一鋼筋混凝土圓柱體結構，用於貯存密封鋼筒，內襯及基座為結構鋼，並含屏蔽蓋板及屏蔽塞。
4. 混凝土護箱貯存基座：為一 90 公分混泥土地板，用來支撐貯存混凝土護箱。
5. 外加屏蔽：置於混凝土護箱外，材質為鋼筋混凝土，其主要功能為降低對環境之輻射強度。其側面厚度為 35 公分，成環狀，分為四層，最下層呈四方形。頂部另有外加屏蔽板，厚度為 30 公分。
6. 密封鋼筒：由不銹鋼外殼、底板、屏蔽上蓋及結構上蓋所組成，並包含內部之燃料提籃及沖洩水、氣相關管件，提供乾式貯存系統最主要之密封功能。
7. 核安監管中心：原能會設有 24 小時核安監管中心，監控國內核能電廠運轉之重要安全數據、核能電廠周圍及全國環境之輻射劑量值，先期掌握各重要核設施之運作及輻射安全資訊，若有異常狀況，可即通報原能會相關人員採取必要之措施。

▲100 年度各項訓練班開課時間

(輻協訊)

班別	組別	期別及日期	地點
放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員研習班	(A 組) 36 小時 許可類 設備	100 年 A1-- 3 月 2 日~ 8 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100 年 A2-- 7 月 25 日~ 29 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100 年 A3-- 8 月 10 日~ 17 日	(高雄) 輻射偵測中心
	(B 組) 18 小時 登記備 查類 設備	100 年 B3-- 2 月 23 日~ 25 日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100 年 B4-- 3 月 9 日~ 11 日	(台中) 文化大學推廣部
		100 年 B5-- 3 月 16 日~ 18 日	(台北) 建國大樓
		100 年 B6-- 3 月 23 日~ 25 日	(高雄) 輻射偵測中心

		100年 B7-- 4月20日~22日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100年 B8-- 5月4日~6日	(台北)建國大樓
		100年 B9-- 5月25日~27日	(高雄) 輻射偵測中心
		100年 B10-- 6月8日~10日	(台中) 文化大學推廣部
		100年 B11-- 6月15日~17日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100年 B12-- 7月6日~8日	(台北)建國大樓
		100年 B13-- 7月20日~22日	(高雄) 輻射偵測中心
		100年 B14-- 8月3日~5日	(新竹) 帝國經貿大樓
		100年 B15-- 9月7日~9日	(台中) 文化大學推廣部
輻射防護繼續 教育訓練班		3月11日(五)---3小時	台北
		3月25日(五)---3小時	新竹
		4月08日(五)---3小時	台中
		4月21日(四)---3小時	高雄
		3月31日(四)---6小時	台北
		4月15日(五)---6小時	新竹
		4月28日(四)---6小時	高雄
射防護專業 人員訓練班	輻防師(12小時) 輻防員(108小時)	員 19 期 第一階段—7月11日~15日 第二階段—7月18日~22日 第三階段—8月08日~12日 第四階段—8月15日~18日 進階 14 8月22日~24日(進階 14-1) 8月29日~31日(進階 14-2)	(新竹)帝國經貿大樓
鋼鐵建材輻射 偵檢人員訓練班		鋼--6月21日~22日	(新竹) 帝國經貿大樓
		鋼--6月28日~29日	高雄

□ 專題報導

▲ 電腦斷層輻射劑量之安全管理

(核能研究所保健物理組 朱亦丹 李振弘)

近年來電腦斷層檢查已成為醫療診斷輻射劑量的主要來源之一，以往高價的電腦斷層隨著科技的進步，使得電腦斷層能普及至各大小醫院診所。其斷層解剖影像大大地提高診斷的準確性，在民眾期望對醫療保健品質日益提升下，電腦斷層檢查的次數也不斷增高，因而引發電腦斷層的輻射劑量管理問題。去

年美國新聞報導^[1]引用美國國家癌症研究所的研究指出，在 2007 年一年內，美國民眾使用電腦斷層掃描的次數高達 7200 萬次，估計可能導致 2 萬 9000 例癌症個案，其中將近 1 萬 5000 個癌症病例更具有致命的風險。報導指出，除非美國醫學界能降低電腦斷層掃描的使用率，或者減少患者每次接受電腦斷層掃描時的輻射劑量，否則電腦斷層掃描所引發的致癌風險，在美國會逐年升高。而國內已有報導^[2]近半數兒童電腦斷層輻射劑量有偏高的問題，雖經主管機關澄清由於國內大多數醫院目前尚未實際執行兒童電腦斷層腹部檢查，而係以未來如有臨床需求時，將採成人檢查條件或原廠提供的較高輸出參數操作進行評估，以致於報導數據顯示略高^[3]，但已顯示出不論國內外皆逐漸重視電腦斷層相關輻射劑量的管理。

另外美國食品藥物管理局(FDA)去年發佈一則有關南加州某家醫院頭部斷層腦血流灌注掃描之高劑量水平的警示公告^[4]，該項檢查預期病患頭部接受劑量最大應在 0.5 格雷(Gy)左右，但部份病患卻接受了 3~4 格雷。初步研究顯示此意外係源自於對掃描機某些自動劑量選擇功能的誤解所致，經評估導致病患受到了比標準接受劑量還高 8 倍的輻射。另外，發現有不少病患有暫時性落髮與皮膚紅腫的現象。有超過 200 名病患在經歷此種頭部電腦斷層檢查時接受過多輻射。接著，在南加州的另兩家醫院也確認發生類似意外，而其他地區可能也存在此狀況。不斷報導電腦斷層之輻射致癌與劑量給予錯誤之管理問題，已造成醫師與社會大眾對電腦斷層檢查的必要性與安全性由原本不關心轉為持疑慮的態度。使得美國官方與醫療輻射相關組織不得不提出風險危害的澄清說明與後續改善之管理措施。

美國醫學物理學會(AAPM)特別對電腦斷層輻射曝露致癌提出回應^[5]，首先該學會說明劑量給予錯誤係工作人員缺乏適當訓練或可能過度依賴使用電腦斷層檢查儀內預為設定的檢查程序所致，醫界對此將從改善訓練及機器界面功能方面著手以避免未來有類似情形發生。接著該學會對於電腦斷層致癌風險提出說明。事實上不可否認的，個人接受到大量的輻射曝露會導致癌症，然而假設許多個體因接受到較小的輻射曝露(如電腦斷層檢查)而造成致癌發生率有實質增加的想法則仍有些爭議，且一般不被接受。在這些電腦斷層輻射曝露致癌研究中採用的一系列假設會造成採用的錯誤案例情境與更保守的假定。其中一個例子是在 Smith-Bindman 的研究^[6]中，以一個極端案例說明二十歲女性的致癌風險，雖然年輕女性是對輻射致癌較為敏感的群體，但女性接受過電腦斷層檢查的中位數年齡是五十多歲；事實上在二十歲左右就接受電腦斷層檢查的女性並不常見。在 Berrington 的研究中提及在 2007 年的美國有 7 千萬的人接受 13.8 mSv 的電腦斷層檢查而造成 29,000 的致癌病例這種說法，若以此可推定則對於其他未接受電腦斷層檢查的 2 億 3 千萬美國人口會因背景輻射 3.1 mSv 而導致 21,000 個致癌病例，即一年平均背景劑量為電腦斷層檢查所受平均有效劑量的 22%(3.1/13.8)。但是預測因輻射而造成的致癌死亡與評估槍擊或交通意外並不相同，後者的犧牲者死亡的案例並無模糊地帶，但輻射所誘發的癌症與正常發

生的癌症在臨床上完全相同，無法確知是死於輻射誘發癌症，抑或正常發生癌症。故預測的輻射誘發癌症數量實際上與人類總體致癌率(約 25~30%)相比是非常微小的，這造成輻射對致癌率的衝擊實際上極難以測量。另外美國心臟協會的研究^[7]則指出心臟血管之電腦斷層攝影檢查所造成的癌症致死風險約 0.05%，亦比人類總體致癌率低很多。

美國 FDA 身為醫療設備之管理機關，為回應電腦斷層輻射劑量的管理問題，於 2010 年初提出“開始減低來自醫學影像檢查的不必要輻射曝露”白皮書：對於電腦斷層等高輻射診斷影像程序的風險管理重點在於檢查處方的開立與每個程序的執行均有適當的合理性，以及每個檢查程序所使用的輻射劑量能謹慎最適化。這些影像檢查只有在符合正當醫學目的下才能使用，當進行時，病患所受曝露應維持在一個最適輻射劑量—不過多或過少而恰可產生高品質的影像。在作為方面，提出了以下幾項措施：

1. 促進安全的使用醫學影像檢查設備

- (1) 建立對病人輻射劑量的規範值(又稱“診斷參考水平”，通常對應於該檢查的 75% 或 80% 的劑量測量值分佈。此值係實務上作為醫學診斷輻射曝露品質保證計劃的基準；當任一特定的檢查超過了診斷參考水平，應調查該設備是否有可能在不影響影像品質情形下減少曝露。)與建置輻射劑量登記系統以收集個別醫學影像檢查的輻射劑量資料，有助於發展診斷參考水平。
- (2) 建立國家標準的醫學影像品質保證措施與認證機制，針對其檢查程序和設備定期評價，並將此措施列為醫療保險的給付標準。
- (3) 要求設備製造商對電腦斷層和透視攝影設備在設計時要納入重要的安全措施，開發更安全的新技術，並提供從業人員足夠的訓練以協助從業人員能安全使用設備。利用這類設備對病患進行檢查時，能在輻射劑量超過設定診斷參考水平、造成傷害的皮膚劑量閾值或其他設備內建的值時，可顯示、記錄和報告輻射劑量以提醒操作者。

2. 提供臨床決策資訊

- (1) 要求設備商開發影像檢查的引導臨床決策參考資訊系統，能提供充分的資訊供醫師開立檢查處方。
- (2) 要求電子醫學紀錄或劑量登記系統能與影像檢查設備配合，可直接擷取每次檢查的輻射劑量值以儲存劑量資訊，並可連接到該次檢查的影像。
- (3) 官方與醫學保健專業組織將持續發展適用於高輻射診斷影像檢查的準則。提供給開立影像檢查所設計的電子決策支援工具，納入這些導則使能提高在臨床決策中的品質和一致性。

3. 加強病患對高輻射診斷影像檢查的認識

包括病患個人醫療就診、檢查與醫療輻射曝露歷史等電子醫療紀錄，能讓病患自己方便取得與查詢，並使病患可與醫師分享這些資訊。這將有助於醫師與病人之間對現有的最佳臨床選擇能進行審慎的討論。

由於診斷與評估臨床醫學治療上的有效反應，因此高輻射診斷影像檢查是

醫療診斷的重要工具。雖然仍有實際上的風險存在，一個均衡的公共健康做法是利用醫學影像的益處，並同時減少風險。美國官方將與設備製造商、醫療機構與輻射相關組織共同努力，來儘可能避免不必要的醫療輻射曝露，積極的促進民眾福祉。

根據統計，台灣一年有超過一百萬人次接受電腦斷層掃描檢查，全台醫療院所擁有的電腦斷層儀器高達三百台以上，顯示台灣的輻射醫療設備普及率與先進國家相較毫不遜色，健保亦支付必要的放射診療費用。為更精確管控放射診療劑量並兼顧顯像品質，加強保障民眾權益，核能研究所國家游離輻射標準實驗室特別參考先進國家現況，配合自行研發量測裝置，建置「電腦斷層 X 射線劑量量測標準」，提供擁有電腦斷層設備之醫療院所掃描劑量之校正服務，確保輻射劑量符合標準，同時也配合原子能委員會醫療輻射曝露品質保證制度，逐步推動電腦斷層掃描的品保檢測，不但讓受檢民眾安心，也使我國放射醫療安全體系更向前邁進一步。

參考文獻

1. 美研究：電腦斷層掃描可能提高致癌率(中央社記者顏伶如波特蘭 14 日專電) 2009/12/15。
2. <http://health.chinatimes.com/contents.aspx?cid=5,69&id=9821>
3. <http://www.aec.gov.tw/www/news/article.php?id=2097&seledtype=2>
4. <http://www.fda.gov/medicaldevices/safety/alertsandnotices/ucm185898.htm>
5. <http://www.aapm.org/publicgeneral/CTDoseResponse.asp>
6. Radiation dose associated with common computed tomography examinations and the associated lifetime attributable risk of cancer, R Smith-Bindman, J Lipson, R Marcus, et Al., Arch Intern Med 169(22); 2078-2086 (2009)
7. Projected cancer risks from computed tomographic scans performed in the United States in 2007, A Berrington de Gonzalez, M Mahesh, K-P Kim, et Al., Arch Intern Med 169(22); 2071-2077 (2009)
8. <http://rpop.iaea.org/RPOP/RPOP/Content/ArchivedNews/radiation-dose-issues-cardiac-CT.htm>
9. 電腦斷層掃描 X 射線空氣克馬率量測與校正系統，林怡君、蘇水華、朱健豪。INER-5757, 核能研究所 (2008)

▲淺談細胞凋亡與核醫藥物之應用發展

(核能研究所 同位素應用組 江昭志、陳明偉、嚴國城)

細胞的死亡主要可分為二種模式－細胞壞死(necrosis)及細胞凋亡(apoptosis)。細胞壞死是一種損傷式死亡，是由於細菌的感染破壞了細胞的結構

及功能，使細胞失去自身的控制能力，導致內部的滲透壓增加，進而使得胞器漲大、染色質凝結，最終細胞由於內部的滲透壓過大而爆裂，細胞內部具有毒性的成分藉由細胞膜的破裂而外露，誘發了周圍組織的損害或是發炎現象的產生。細胞凋亡是一種保護性的死亡機制，在細胞膜內有不同的蛋白質負責促進或抑制此機制的運作。而位於粒腺體膜上的 **bcl-2** 蛋白在抑制的功能上扮演了主要的角色，一旦 **bcl-2** 蛋白失去活性，細胞凋亡的信號即會透過一連串的酵素反應而啟動，一開始細胞膜上的蛋白質開始失去作用，無法維持原本僅位在細胞膜內側的磷脂質 **phosphatidylserine (PS)**，而外翻到細胞膜外，胞質濃縮，核內的 **DNA** 被核酸內切酶降解成 **180-200bp** 片段，膜內出現細胞骨骼，隨後細胞核開始重新“打包”，細胞開始皺縮，細胞膜演進為發泡狀，並包覆“打包”好之細胞核後形成數個凋亡小體，最終由巨噬細胞吞噬凋亡小體完成整個過程。因此，在細胞凋亡的過程中並不會引起發炎現象，這也是此二種細胞死亡模式最明顯的不同處。

細胞凋亡“**apoptosis**”源自二個希臘字根“**apo**”(意為形成)及“**ptosis**”(意為落下)，原是希臘詩人用來形容秋天樹葉從枝頭掉落的狀態，1972 年首先由英國愛丁堡大學的病理學家 **Kerr** 等人用來描述一種與細胞壞死不同、經由精密控制的細胞程序性死亡。

Apoptosis 是程序式死亡(**programmed cells death, PCD**)的主要類型，在生物體的胚胎發育階段透過細胞凋亡清除多餘和已完成使命的細胞，確保胚胎的正常發育，在成年階段透過細胞凋亡清除衰老和病變的細胞，來維持生命體的健康。在生物體內主要扮演的生理角色為：(1) 個體產生時的可塑性及挑選最適細胞：在某個組織形成時，往往製造數量過多的細胞，再依照需求來選擇最後留存的功能細胞。例如，50% 以下的原始腦神經細胞、5% 以下的原始胸腺細胞、及約 0.1% 的原始卵母細胞會發育至能發揮生理功能。(2) 塑造個體及器官形態：指頭形成、腸管腔室形成、人類尾巴消失、到昆蟲的蛻變等等的一切形態的形成。(3) 細胞恆定性維持：細胞恆定性由細胞增殖及細胞凋亡二項因素來調控，例如血液系統，血球的新陳代謝及數量調控。(4) 剔除危險細胞：當某些細胞受到外在環境傷害或是病毒感染而有傷害到遺傳物質之虞時，細胞凋亡就會來剔除這些有致癌可能的危險細胞，以保全整個生物體。在病理學上有關細胞凋亡有二種失衡的情況：(1) 細胞凋亡太多，如器官移植排斥、**AIDS**、敗血性休克、心血管及神經退化疾病；(2) 細胞凋亡不足，如癌症。

細胞凋亡造影劑發展至今，包含許多有潛力的有機小分子或蛋白質，選擇以細胞凋亡作用機轉活化蛋白或細胞膜外側磷脂質做為標的，藉由蛋白質或有機小分子的特異性結合來達到偵測凋亡細胞之目的，最常見的有對 **PS** 有高度特異性 **annexin V** 蛋白。**annexin V** 蛋白係由 320 個胺基酸所組成的人類內生性蛋白質，分子量 **35,806 KDa**，是一種鈣離子依賴的磷脂結合蛋白，廣泛分佈於心肌、血管表皮細胞、骨骼等組織，它在二價鈣離子存在下與 **PS** 有高度特異性 ($K_d=10^{-9}$ M)，搭配放射性同位素標誌則可達到早期偵測細胞凋亡之目的。而

核種的選擇，以方便取得(可由發生器產製)，衰變能量、半衰期適中之 Tc-99m ($T_{1/2}=6.02\text{h}$, 140KeV)最為常見，利用雙功能螯合基(如： N_2S_2 、HYNIC、EC...等)與 annexin V 接合後，再與放射性同位素進行標記反應，形成 Tc-99m-HYNIC-annexin V，即可應用於細胞凋亡偵測。其他 SPECT 核種，如： In-111 、 I-123 ...等，或具較佳影像解析度的 PET 核種，如： F-18 、 Cu-64 、 Ga-68 、 I-124 ...等，為了特定的研究目標亦各有獨自的研究發展。

利用放射性同位素接合對凋亡細胞具有特異性結合的小分子或蛋白質，發展細胞凋亡造影劑，可提供即時(real time)影像，及對同一目標進行長時間追蹤分析，未來在抗癌藥療效評估、器官移植、心肌栓塞、自體免疫疾病或神經退化性疾病(如：阿茲海默氏症、亨廷頓舞蹈症、帕金森病...等)診斷上有很大的應用潛力。相信未來會有更多的細胞凋亡造影劑的研究與應用發展，核能研究所同位素應用組也將致力於細胞凋亡核醫藥物的研發，期待未來能造福國人。

▲談低能與低劑量的輻射效應(三)

—低劑量的游離輻射—

(清大 許俊男)

伍、低劑量的游離輻射

對細胞或 DNA 等具有直接傷害的能力，稱為游離輻射。國際上定有標準。依動物和細胞實驗，證明有劑量與效應上的關係。如圖 3.1 右座標所示之效應與劑量的 S 字型關係，即在某強度以上的曝露，可以經由實驗繪出特性曲線。但曝露量在 0 附近時，因有測定低限等的問題而無從驗證。對於比較低劑量的曝露，在實驗上的現狀是迄今仍無法明確掌握其效應。

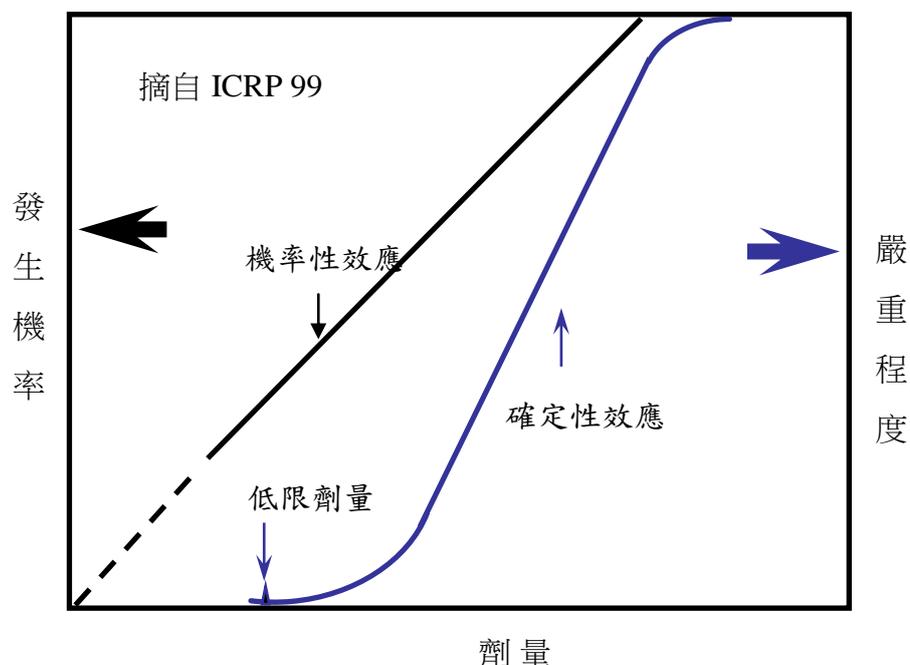


圖 3.1 效應與劑量關係

因為如損及 DNA 則會造成遺傳上的效應而引起困擾，所以從遺傳學的論點，假設「曝露即使再低，也可能有效應」，並不存在「在某定值以下無效應」的所謂「低限值」，且「曝露量與效應呈直線關係」，並以此作為制訂劑量的限制標準。如圖 3.1 左座標所示之效應與劑量的直線關係。

在最近的研究，其結果雖未到被學會所公認的階段，但也有少數的意見認為有所謂的「輻射激效，hormesis」，即認為「低強度的輻射，對健康反而有正面的效應」。輻射激效的論據之一是鐳溫泉。鐳為放射性物質，會放射游離輻射。當然曝露在強的輻射之下會造成死亡，但有報告指出：如果在含微妙少量的鐳溫泉，對健康有良好的效果。對「湯治客」(溫泉治療客) 雖限定 1 到數日的曝露，但長期住在溫泉的人並沒有一般所謂的縮短壽命情形。(如進一步考量鐳的半化期，從溫泉回家，說不定也會殘留餘鐳的影響)

一、低劑量致癌風險的流行病學調查

1、ICRP 的主張

- 作為 ICRP 新建議基礎的是第 1 專門委員會的報告書「輻射關聯癌危險度的低劑量外插」(low-dose extrapolation of radiation-related cancer risk) (ICRP 99)。
- 其結論是「LNT 理論對於以輻射防護的實質性目的來說，為最慎重的危險度模式」，且在流行病調查上，謂與 1 mGy 數級的曝露關聯，在統計上未顯示出顯著致癌危險度的意義，亦即表示所謂無風險 (no risk) 之不具有意義。所謂的「無」因在科學上無法證明，普通如果不能證明有風險，那麼就「認為無風險」。表 3.1 在 5% 之顯著水平能偵檢出過量危險度所需的群組大小。

表 3.1 在 5% 之顯著水平能偵檢出超額危險度所需的群組大小

輻射劑量 (mGy)	超額危險度 (%)	總危險度 (%)	所需的 群組大小
1,000	10	20	80
100	1	11	6,390
10	0.1	10.1	620,000
1	0.01	10.01	61,800,000

超額危險度：曝露與未曝露二者致癌危險度之差。

前提：輻射相關的超額危險度：每 1 Gy 為 10%。

基準線・危險度：10%。偵檢能力：80% ($\pm 1.29\sigma$)。

【下期待續】

歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1 或電傳(03)5722521 或 email 輻防協會編輯組李孝華小姐收 TEL：(03)5722224 轉 314。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。

如蒙賜稿，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字內為佳。

敬祝大家：

新年快樂！萬事如意！