

# 輻射防護簡訊 60

中華民國92年4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406號2樓 ■ 電話：(03)5722224 電傳：(03)5722521
- 編輯委員：王昭平、李四海、邱志宏、翁寶山、許文林、張寶樹  
葉錦勳、董傳中、趙君行、劉仁賢、蘇明峰、蘇獻章（依筆劃順序）
- 發行人：翁寶山 ■ 主 編：劉代欽 ■ 文 編：李孝華
- 印刷所：大洋實業社 地址：新竹市光復路二段376之9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

★★★財團法人中華民國輻射防護協會已於92年3月12日通過原子能委員會認可，取得輻訓字第0000一號「輻射防護訓練業務認可證」。

### ▲考試消息 (輻協訊)

行政院原子能委員會已於92年2月24日公告，依據游離輻射防護法第七條及「輻射防護人員管理法」辦理九十二年度第一次輻射防護人員專業測驗。考試時間：民國92年5月24日(星期六)上午9時30分起。考試地點：台北試區假台北市木柵區考試院國家試場(台北市木柵路一段七十二號)、高雄試區假高雄縣鳥松鄉正修技術學院(高雄縣鳥松鄉澄清路八四0號)。

- 一、報名日期：自民國92年4月21日起至4月28日截止。
- 二、報名方式：1、通訊報名：親自填妥報名表之相關資料，連同學歷證件、學分證明(或成績單)、輻射防護人員專業訓練結

業證書影本、輻射防護人員認可證書影本及測驗費匯票，寄行政院原子能委員會收。報名表格不符或逾期(以郵戳為憑)概不受理。報名所需之公告、簡章、報名表格及成績複查表，請自行於行政院原子能委員會網站([www.aec.gov.tw](http://www.aec.gov.tw))中文版「輻射防護」、「輻防操作測驗」、「行政院原子能委員會輻射防護相關認可測驗報考資訊專區」、「九十二年度第一次輻射防護人員專業測驗」項下下載使用，或向行政院原子能委員會索取(請檢附貼足郵資之回郵信封一個，寫妥姓名、地址並註明「索取九十二年度第一次輻射防護人員專業測驗簡章、報名表」，寄至行政院原子能委員會服務台，憑以寄發)。2、網路報名表填寫：請於行政院原子能委員會網站中文版「輻射防護」、「輻防操作測驗」、「行政院原子能委員會輻射防護相關認可測驗報考資訊專區」、「九十二年度第一次輻射防護人員專業測驗」、「九十

二年度第一次輻射防護人員認可測驗線上報名表填寫」項下依下列步驟完成報名程序：

- (1)填寫、核對並送出報名表格，報名表送出成功後，螢幕上將出現一份有流水號之報名表。請注意，此時尚未完成報名程序，務必繼續完成後續步驟。
- (2)將有流水號之報名表列印下來，連同學歷證件、學分證明（或成績單）、輻射防護人員專業訓練結業證書影本、輻射防護人員認可證書影本及測驗費匯票，寄行政院原子能委員會收，報名表格不符或逾期（以郵戳為憑）概不受理。

三、寄件地址：行政院原子能委員會（郵遞區號：234，地址：台北縣永和市成功路一段八十號。）

四、聯絡電話：(02)22322191。

五、測驗費請用郵局匯票。收款人抬頭為：「行政院原子能委員會」（請寫全銜並請勿錯寫匯票名稱以免退件）。

六、測驗費用：輻射防護人員專業測驗之審查費為壹仟元整。凡經完成報名手續者，本會即發給收據，費用並解繳國庫，不得申請退費。

其他有關事項：詳載於「輻射防護人員專業測驗簡章」。

九十二年度第一次「放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員」執照考試，將於民國 92 年 5 月 24 日(星期六)下午舉行。報名日期：約 4 月中旬(一律採通訊報名方式)。請詳閱「執照測驗簡章」或電洽(03)5710340 朱鐵吉教授。

## ▲游離輻射防護法開始施行，將為國內游離輻射安全管制奠定更完善的法規架構 (原能會訊)

游離輻射防護法於民國 91 年 1 月 4 日經立法院三讀通過，於同年 1 月 30 日並經 總統明令公布，在歷經一年緊鑼密鼓的授權法規命令研修訂工作後，計完成一項細則、一項準則、一項規則、六項標準、九項辦法及一項行政規則，合計十九項。在完備的法規架構下，經行政院核定本法於今年 2 月 1 日開始施行，國內游離輻射安全管制將邁入另一個新的里程碑。

本法案草擬時，特邀請國內有關之專家、學者及相關部會代表，參酌國際原子能總署、美國、日本、英國、瑞士、芬蘭、歐盟發布之相關法規，並重新檢討現行法規未及周延之處，統籌將有關涉及人民權利義務之輻射防護制訂於本法中。本法內容分成五章共計五十七條，其較諸現行規定有重要變革之處如下：

### ※ 增列行政罰，提昇管制績效

現行原子能法罰則僅有三條，且均屬刑罰制裁，難以貫徹行政管制之目的。本草案參酌一般行政法律體例，修正罰則規定，兼採行政刑罰與行政秩序罰之規定，以達到嚇阻違法之行為並期有效達成行政管制的目的。行政罰方面，其罰鍰最高可達新台幣三百萬元，若限期內未改善，得按次連續處罰，並得令其停止作業，必要時並得廢止許可證或登記，對於故意違反規定者之處罰不可謂不重。

### ※ 分類管理證照，提昇管制效率

在發照與管理方面，目前國內各類工、研、醫用可發生游離輻射設

備，不論機型或游離輻射之能量大小，均須提報原子能委員會申請登記並由原能會進行安裝後之檢查，合格後始核發執照。為增進輻射安全管制之效率及兼顧使用者之成本和社會資源之有效應用下，並簡化核照及稽查程序，乃參酌相關國家之輻射防護法有關規定，於放射性物質或可發生游離輻射設備之管制，將依其危險度分發照和登記備查兩種方式管理，期能有效應用主管機關有效的管制人力。人員操作放射性物質或可發生游離輻射設備時，亦依此分類為須持有安全執照或經訓練始可為之。

※ 加強公共安全檢查，保障民眾輻射安全

因應大眾對公共安全之要求日益提昇，於游離輻射安全部份，明定主管機關應實施環境輻射監測並公告監測結果，於公私場所或商品所含輻射對大眾健康有影響之虞時，授權主管機關得進行檢查或偵測，對建築材料或建築物得採取防範輻射污染之措施及限制商品添加放射性物質，以加強公共安全防範措施工作。

※ 委託民間辦理檢查或偵測等，提昇行政效率

放射性物質與可發生游離輻射設備數量因經濟之發展而不斷增加，且鑑於世界潮流正朝向加速改革開放並借重民間活力之趨勢下，為提昇行政效率，明定賦予主管機關得將本法規定應辦理之人員資格認可、輻射防護訓練或輻射檢查、偵測或監測，委託國內具有資格之機關、機構、學校或團體辦理。

▲游離輻射在致癌過程中扮演的角色

早在 1895 年倫琴發現 X 射線後不久，人們就意識到游離輻射有致癌的能力。二十世紀初期，輻射導致的皮膚癌、白血病陸續被報導。到了二次大戰後，人們利用大量動物實驗來研究輻射的致癌性，加上有關的流行病學統計調查結果，顯示了輻射是一種廣泛的致癌劑 (universal carcinogen)，會使所有年齡層，包括胎兒，在身體的大部分組織產生癌症。所以輻射的致癌效應應該是難以質疑的。

游離輻射是以隨機的方式穿透細胞，不受細胞天然屏障阻擋，故與化學致癌劑不同。雖然身體的所有細胞都可能受到游離輻射傷害，但是受損的多寡，要視輻射的物理性質及劑量大小而定。1970 年以來，分子生物學有了長足進步，人們利用個別的細胞系統，研究癌化的過程。研究結果認為游離輻射比起一些化學致癌劑，其實是較弱的致癌或突變劑。而游離輻射也成為一種廣被利用的工具，用來研究 DNA 損傷後，細胞與分子是如何因應的，如此也增進了人們對致癌過程的瞭解。本文摘要說明細胞轉變成癌細胞的機制，以及游離輻射在致癌過程中可能扮演的角色。瞭解輻射曝露只是複雜致癌過程的貢獻因素之一，對於輻射曝露危險因子評估，特別是低劑量輻射的生物效應評估，就會有更合理的依據了。

癌細胞的特性

癌症是怎麼樣的疾病呢？我們都知道在不同的組織器官，會發生多種

不同形式的癌病。但是所有的癌細胞，多多少少具有一些共同的特性：

- 1.它們是從類似幹細胞的細胞(stem-like cell)衍生而來，這是癌細胞的單細胞起源說；
- 2.它們不能控制細胞的生長，或沒有受到由細胞接觸而抑制(contact inhibit)生長的限制；
- 3.在正常情況下不能達到細胞分化的目的；
- 4.在致癌過程中，持續發生基因型與表現型的改變；
- 5.一些信息傳導(signal transduction)與細胞凋亡(apoptosis，一種受控制的細胞死亡)的現象有了缺陷。

細胞生長、分化與死亡的正常過程，必定涉及某些基因及基因表現的控制，失去掌控的細胞意味著相關的基因出了差錯，所以說癌症也是一種基因性的疾病(genetic disease)。正常的基因發生突變或基因表現異常，就有細胞病變成癌細胞的可能。游離輻射會造成基因物質去氧核糖核酸(DNA)的缺失，尤其雙股 DNA 的斷裂，若在修補過程中發生錯誤，是導致基因突變的重要損害，也就有引發基因性疾病-癌症的可能。

### 致 癌 基 因 (oncogene) 與 抑 癌 基 因 (tumor suppressor gene)

關於致癌基因的概念，是發現在癌細胞中有一些特別的 DNA 序列，當這些特別的 DNA 注入非癌性細胞時，後者會被轉變成贅瘤細胞(neoplastic cell)。相對於這類致癌基因的是正常細胞中的原癌基因(proto-oncogene)。原癌基因負責的蛋白質包括一些生長因子、生長因子接受體、

細胞信號傳導及細胞核物質轉錄因子等。這些基因與其正常轉譯的蛋白質涉及調控細胞的增生、分化與凋亡現象。如果原癌基因發生點突變，DNA 序列易位或重組，而使基因表現過剩(overexpress)或成無法調控細胞生長的形式，就成了一個致癌基因活化的細胞(oncogene-activated cell)，會增生但是不分化。

抑癌基因的概念則相反於致癌基因的生物效應。他們會壓制細胞生長，幫助細胞分化與凋亡的發生。如果這類基因發生突變，失去其正常活性，也會使正常細胞轉變成腫瘤細胞。

以這種概念來看，致癌基因是讓細胞增生並入侵組織，抑癌基因就有煞車的作用，使增生細胞處於靜止狀況。在正常細胞中這兩者應該是呈「陰/陽」平衡的狀態。

這兩類基因何者較易被游離輻射影響呢？游離輻射會活化致癌基因還是使抑癌基因失去活性？可惜並沒有證據顯示經由游離輻射會導致特定的基因部位發生突變。也就是說游離輻射導致的 DNA 損壞及突變是隨機性、非特異性的。但是審視致癌的機制，和一些生物分子作為游離輻射靶分子的實驗數據，一般認為因 DNA 缺失而使關鍵性的抑癌基因喪失活性，可能是輻射傷害在致癌過程中的主要作用。整體而言，因輻射引起點突變或 DNA 重組，而活化致癌基因的作用會比較少。這是可能與化學致癌劑不同的地方

### 癌症的發生多個步驟、多種機制的

從一些動物實驗數據與流行病學

研究結果，可將致癌過程以模式(model)表示，並可以大致區分為三個時期：啟動(initiation)，促進(promotion)，以及拓展(progression)。

這個模式描述致癌的第一個時期-啟動期，是不可逆轉的，而發生突變是這個時期的主要原因。其中假設當一個幹細胞(stem cell)分裂生長時，可能會分化、可能死亡，也可能發生了像突變一類的事件而被啟動，也就進入致癌過程的第一個時期。原癌基因表現失常，抑癌基因失去作用也會是啟動致癌的因素。

被啟動的細胞受到內外環境的影響，不僅是其他突變，由某些特殊基因表現產物，例如細胞激素(cytokines)，或一些代謝物質的作用而得到額外生長的刺激，就進入了第二個時期-促進期，也就是促進了細胞的分裂增殖。這種狀況在組織裏可能產生良性的腫瘤。

如果突變事件繼續發生而累積在增生的細胞群，細胞會突破增生限制而入侵其他部位，這是致癌過程的拓展期。拓展期的細胞侵入了局部的正常組織、進入血液與淋巴系統，甚至在遠方長成第二個腫瘤。癌細胞惡化擴散，腫瘤血管增長現象也都可能與相關基因的突變有關。

### 輻射會致癌嗎？

如果認為一次輻射粒子擊中一個細胞 DNA 分子就引發癌症，並以線性無閾值的模式評估低劑量輻射致癌效應，就未免簡化了二者的相關性。癌性病變若是個多步驟的過程，每個時期又有不同的機制影響，那麼一次

輻射曝露應該不會造成致癌基因活化，或抑癌基因失去活性，啟動致癌過程，又促進細胞增生，然後又使某些基因突變，而造成細胞擴散入侵其他部位的事件都湊在一起。流行病學家評估輻射危險因子時，會考慮曝露時的年齡、曝露後經過的時間、飲食狀況、生活型態與曝露後的醫療等，因為這些因素都會影響身體對輻射的反應。所以輻射應該只是致癌的貢獻因子之一。

或許我們應該問致癌步驟的那一步比較會受到輻射影響？而線性無閾值的輻射危險評估模式是否能描述致癌的多步驟特性呢？

### 輻射並不是強有力的致癌啟動劑

輻射很易造成染色體斷裂、缺失和重組，所以高劑量輻射是強力的細胞毒素。因為很多染色體的缺失與重組對細胞是致死性的。但是在造成點突變(point mutation)上，游離輻射並非有力的貢獻者。

游離輻射可能造成的突變或 DNA 重組，使 DNA 修復能力下降，或使得正常的原癌基因活化成表現過剩，不過游離輻射經由突變使抑癌基因失去活性而啟動致癌過程的可能性較大。

### 輻射是致癌的促進劑

如果輻射有促進效果，能刺激被啟動的細胞繁衍，應該是以較高的劑量殺死了一部分細胞，反而引發補償性的細胞分裂生長。如果劑量太高，也會把已經被啟動的細胞殺死而減少癌症的發生，但同時也可能縮短生物

的壽命。

如果某一次輻射曝露啟動了細胞，那麼持續的曝露對致癌發展也有重要作用。

### 輻射是致癌的拓展劑

如果被輻射曝露的個體，已有細胞被啟動和促進的狀況，而輻射又有使基因與染色體缺失的效應，誘發更多基因變異，導致細胞惡性生長擴散，輻射就是一種致癌的拓展劑了。

無疑地，游離輻射是使癌症自然發生率增加的因子。但是他在致癌的各個時期中的貢獻如何卻仍待深究。以微劑量學的觀點，輻射導致癌症的機率，取決於照射劑量，線性無閾值的生物效應評估有其理論根據。但是多時期、多機制的致癌過程，摻入了細胞修補及一些體內外因子的附加影響，使得我們要用一個有意義的模式來評估個人或群體受輻射曝露的危險因子，對致癌這個複雜疾病而言，會有很大的不確定度，尤其是在低劑量輻射曝露的部分。顯然我們需要流行病學家對輻射曝露者統計分析的數據，也需要分子、細胞與動物生物學家的基礎研究，解釋流行病學的結果，才能設計更好的學說，來合理評估游離輻射致癌的危險因子。

### 參考文獻

- 1.JB. Little, Radiation carcinogenesis, **Carcinogenesis** 21(3), 397-404, 2000.
- 2.UNSCEAR 2000 Report, **Vol.2**, Annex G, Biological effects at low radiation doses, United Nations, New York, 2000.
- 3.J.E. Trosko, Does radiation cause cancer? **REF Update** 4(1) 3-5,1992.

4.E.G. Luebeck and H.D. Hazelton, Multistage carcinogenesis and radiation, **J. Radiol. Prot.** 22(3A), A43-9, 2002.

## □會議訓練報導

### ▲「九十二年放射性物料管理法規研習會」 (輻協訊)

「放射性物料管理法」第三十二條「…棄置放射性廢料者，處五年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣六百萬元以下罰金。因過失犯前項之罪者，處一年以下有期徒刑、拘役或科或併科新臺幣二百萬元以下罰金。」鑑於其處罰相當嚴重，物管局主動協助業者瞭解新法之要旨避免誤觸法網，特委託本協會辦理「九十二年放射性物料管理法規研習會」。

此次研習會主要目的在協助全國醫療院所及學術研究機構等非密封放射性物質使用者，以瞭解主管機關根據新訂之放射性物料管理法將採行的管制措施，以及業者在放射性廢棄物管理上應配合事宜。一天的研習課程內容有：游離輻射防護安全標準、放射性廢棄物管理、放射性物料管理法及相關子法。

研習會分北、中、南、東四區，各舉辦乙場。中部：91年5月5日(星期一)假彰化基督教醫院、東部：5月15日(星期四)假慈濟技術學院、北部：6月6日(星期五)假原子能委員會、南部：6月16日(星期一)假高雄偵測中心。**完全免費**，請各單位把握機會，就近派員參加。研習會後，本協會將繕造參加單位名冊送原能會物管局備查，以憑製發研習證書(可

列入輻射防護師、員計點)。如需報 李孝華小姐。  
名簡章，請電洽(03)5722224 轉 314

▲九十二年度輻協各項訓練班預定時間表 (輻協)

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訓練班	(A組) 36小時	A2---5月27日~6月3日	(新竹)清華大學
		A3---6月17日~6月24日	(高雄)輻射偵測中心
		A5---4月22日~4月29日	(新竹)清華大學
	(B組) 18小時	B3---4月16日~4月18日	(高雄)輻射偵測中心
		B4---5月7日~5月9日	(新竹)清華大學
		B5---6月11日~6月13日	(新竹)清華大學
		B6---6月25日~6月27日	(高雄)輻射偵測中心
		B7---8月27日~8月29日	(新竹)清華大學
	輻射防護人員訓練班	輻防員(108小時)	第1期 第一階段---4月14日~4月18日 第二階段---5月5日~5月9日 第三階段---6月9日~6月13日
第2期 第一階段--8月11日~8月15日 第二階段--9月1日~9月5日 第三階段--9月29日~10月3日			(高雄)輻射偵測中心
第1期 第一階段--9月15日~9月19日 第二階段--10月13日~10月17日 第三階段--11月10日~11月14日 第四階段--12月8日~12月12日			(新竹)清華大學
鋼鐵建材輻射偵檢人員訓練班		第1期---5月13日~14日	(新竹)清華大學
		第2期---5月27日~28日	(高雄)偵測中心
鋼鐵建材輻射偵檢人員複訓班		第1期---5月15日	(新竹)清華大學
	第2期---5月29日	(高雄)偵測中心	

◎以上各項訓練班簡章備索詳細內容網址為 [rpa.org.tw](http://rpa.org.tw)，電話：(03)5722224

## □專題報導

### ▲高能治療射束對正常組織中子劑量污染探討 (彰基 林招膨)

【接續 59 期】

在  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  照野下，在分別將 BD-PND 型氣泡式偵檢器及 BDT 型氣泡式偵檢器置於水面下 0 cm 及 10 cm 時，距離射束中心軸 3 cm、5 cm、10 cm、15 cm 及 20 cm 量測光中子等效劑量分佈情形。

在射束照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  或  $40 \times 40 \text{ cm}^2$  照射下，光中子所造成的快中子和慢中子等效劑量，都是隨著治療深度的增加而減少；且快中子所造成的污染量比慢中子多了 5 倍之多。由此可知，高能醫用直線加速器所造成的光中子污染中，快中子佔了主要部分，如圖 2 和圖 3 所示。

圖 4 顯示在不同射束照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  和  $40 \times 40 \text{ cm}^2$  照射下，所造成快中子等效劑量在水假體表面分別是  $2788 \pm 327$  和  $2721 \pm 588 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，慢中子等效劑量在水假體表面分別是  $466 \pm 94$  和  $421 \pm 83 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，所以照野大小對中子污染量，並無太大之影響。在  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  的射束照野下，在水假體表面和深度 10 cm 時，其光中子造成的快中子和慢中子等效劑量，是隨著距射束中心軸的距離愈遠而減少；且在射束照野之外所造成的光中子污染量更是急劇衰減（如圖 5，圖 6）。由圖 7 可明顯看出水假體表面所造成的快中子或慢中子等效劑量，比在深度 10 cm 時高了許多。應

用氣泡式偵檢器量測的誤差平均約 15% 左右，而造成誤差的因素有溫度的變動，佈點位置的不精確、計數的誤差及偵測器可能吸收太多劑量，而造成對光中子的靈敏度降低。所以顯示出本實驗利用氣泡式偵檢器的量測結果是可接受的。

目前在放射治療中，對於腫瘤和腫瘤周圍正常組織、器官所接受的劑量，都是以光子劑量來評估。但是在 15 MV 高能光子射束的照射下，並非只有光子與物質的作用，還有中子與物質相互作用所造成的中子污染。

我們應用 SSD 的治療技術，保守評估治療中病人危急器官接受的中子等效劑量。以鼻咽癌和攝護腺癌為例，其治療劑量約 70 Gy；首先，當危急器官（如眼球、性腺）位於治療照野內、深度 0 cm 時，由圖 5 得知，接受的快中子等效劑量為  $2788 \pm 327 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，慢中子等效劑量為  $466 \pm 94 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，所以在完整的療程後約接受了 0.23 Sv 的中子等效劑量。如深度在 10 cm 時，接受的快中子等效劑量為  $1209 \pm 160 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，慢中子等效劑量為  $223 \pm 38 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，一樣在完整的療程後約接受了 0.10 Sv 的中子等效劑量。再者，當危急器官（如眼球、性腺）位於治療照野外、深度 0 cm 時，可由圖 8 得知接受的快中子等效劑量為  $1169 \pm 116 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，慢中子等效劑量為  $250 \pm 32 \mu\text{Sv}/\text{Gy x-ray}$ ，在完整的療程後危急器官約接受了 0.099 Sv 的中子等效劑量。當深度在 10 cm 時，接受的快中子等效劑量



為  $1209 \pm 160 \mu\text{Sv}/\text{Gy}$  x-ray，慢中子等效劑量為  $223 \pm 38 \mu\text{Sv}/\text{Gy}$  x-ray，在完整的療程後約接受了  $0.009 \text{ Sv}$  的中子等效劑量。

整個量測結果得知病人在治療的過程中，除了接受光子的劑量外，仍會接受到一定程度的光中子污染劑量；光中子污染造成的中子等效劑量是以快中子為主，且是隨著治療深度的增加而減少，隨著距離射束中心軸越遠而減少。雖然氣泡式偵檢器在量測中子等效劑量是最方便、最直接且具有準確度的方法。但是由於氣泡式偵檢器有一定的體積，氣泡數太多則

難以計讀，氣泡數太少則在統計上的不準確度很大，且雖與 ICRP 的劑量曲線相近，但並非完全相同等缺點；所以造成我們只能保守的來評估治療照野內外的危急器官（如眼球、性腺等）接受的光中子等效劑量。因此期望將來能夠更進一步利用熱發光劑量計（TLD 600/700），直接佈點在擬人假體上（Rando）來量測光中子等效劑量在擬人假體內的分佈情形，使得我們更能詳細得知每一位置的危急器官接受的光中子等效劑量，以提供臨床上有更多的參考價值。

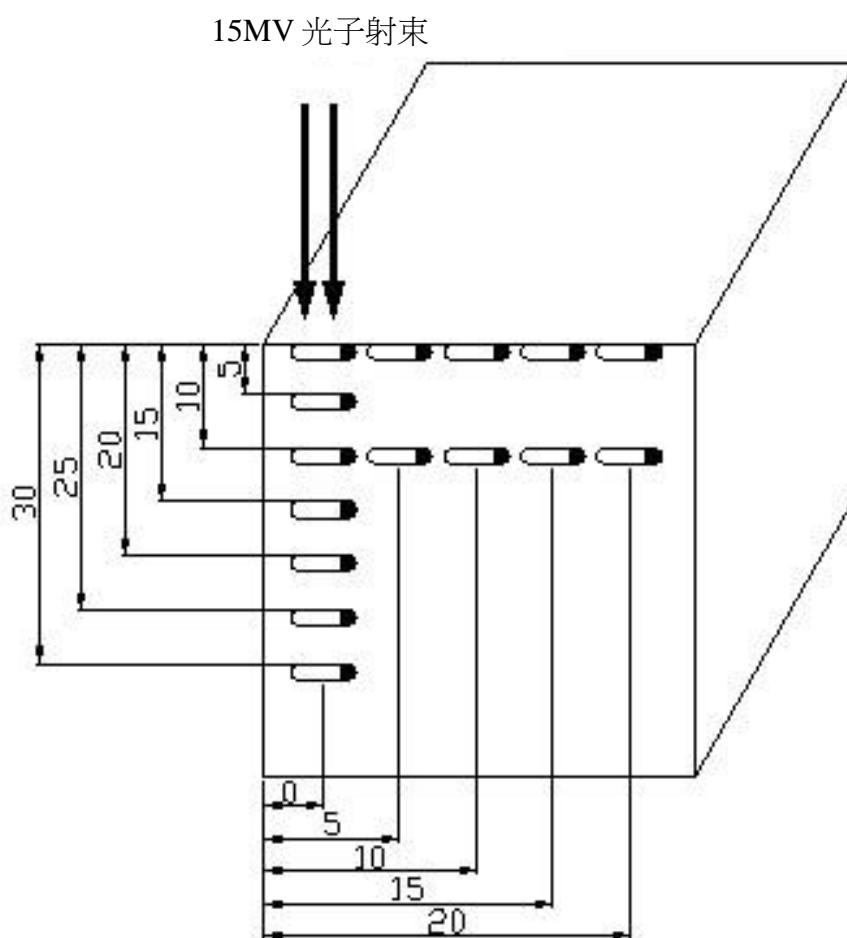


圖 2 量測佈點位置示意圖

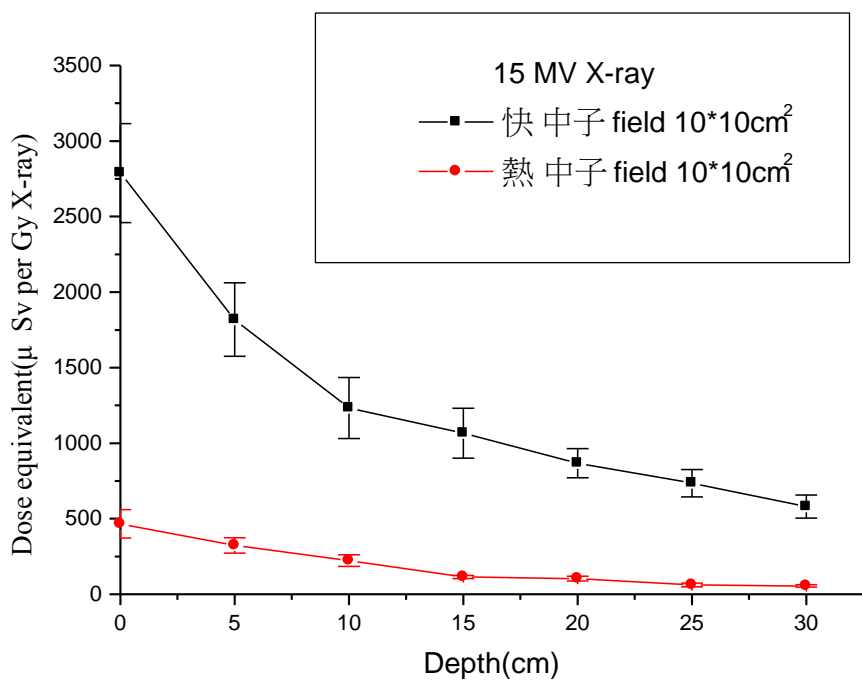


圖 3 在 15 MV 光子射束照射下，當照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ，快中子與慢中子在射束中心軸下不同深度時的等效劑量曲線圖

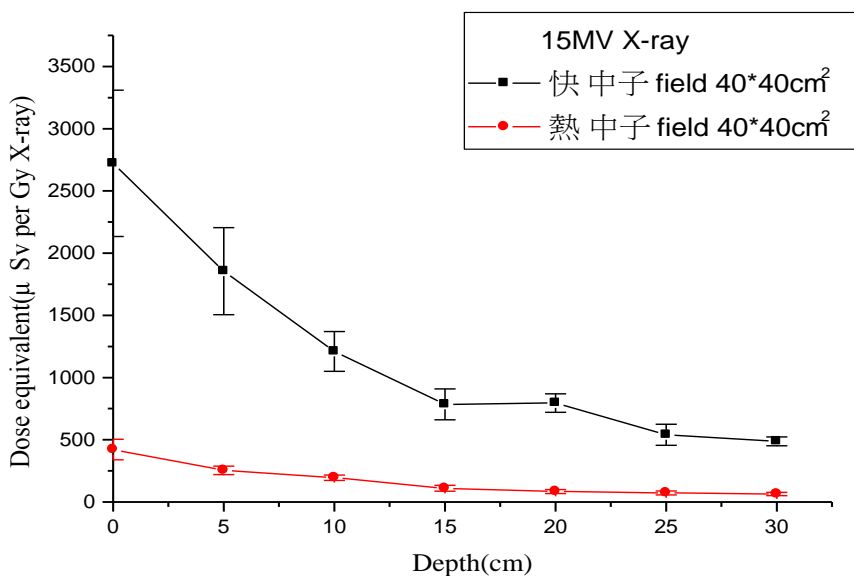


圖 4 在 15 MV 光子射束照射下，當照野  $40 \times 40 \text{ cm}^2$ ，快中子與慢中子在射束中心軸下不同深度時的等效劑量曲線圖

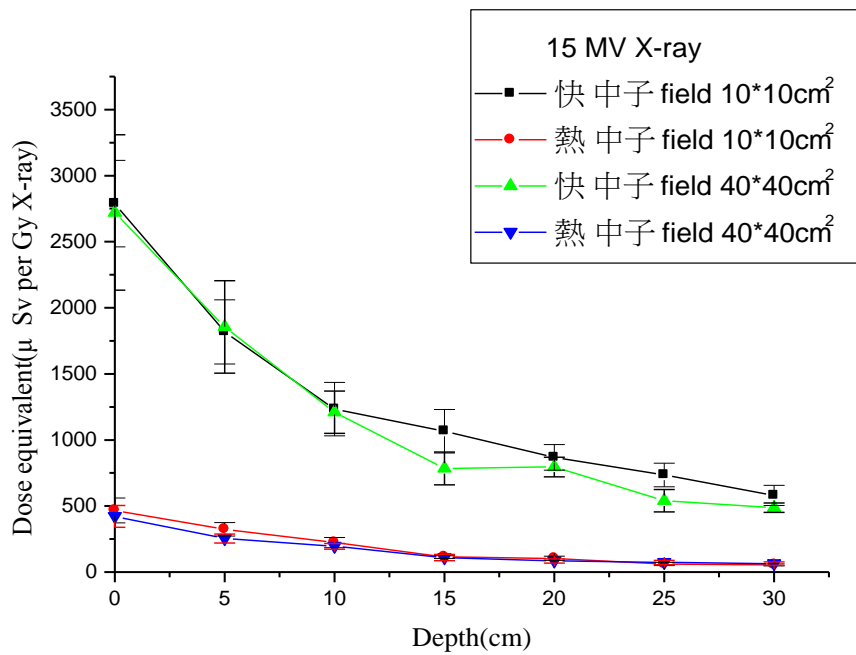


圖 5 在 15 MV 光子射束照射下，快中子與慢中子在照野  $10 \times 10 \text{ cm}^2$  與  $40 \times 40 \text{ cm}^2$  時的等效劑量對照圖

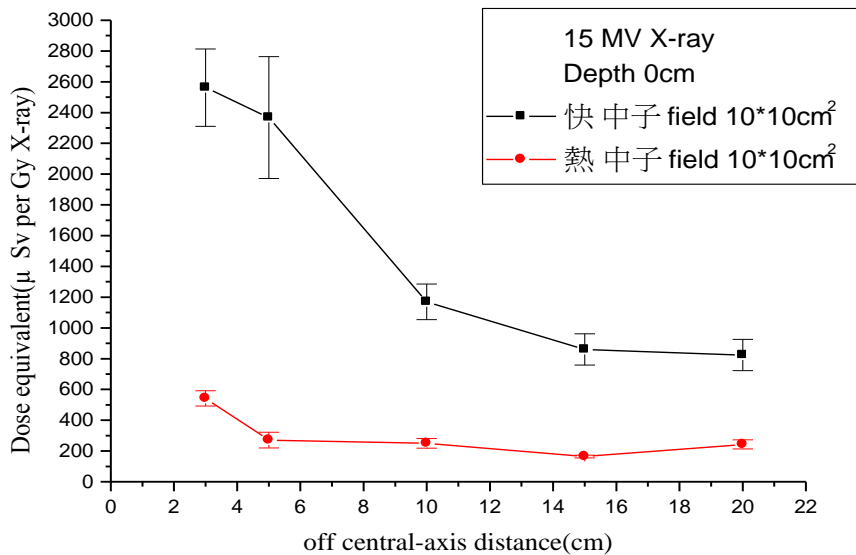


圖 6 在 15 MV 光子射束照射下，當治療深度 0 cm，且距射束中心軸不同距離時，快中子與慢中子等效劑量曲線圖

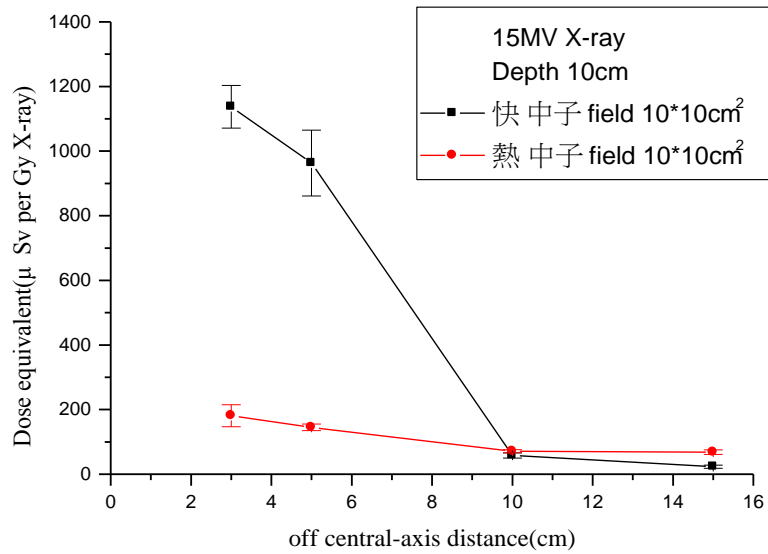


圖 7 在 15 MV 光子射束照射下，當治療深度 10 cm，且距射束中心軸不同距離時，快中子與慢中子等效劑量曲線圖

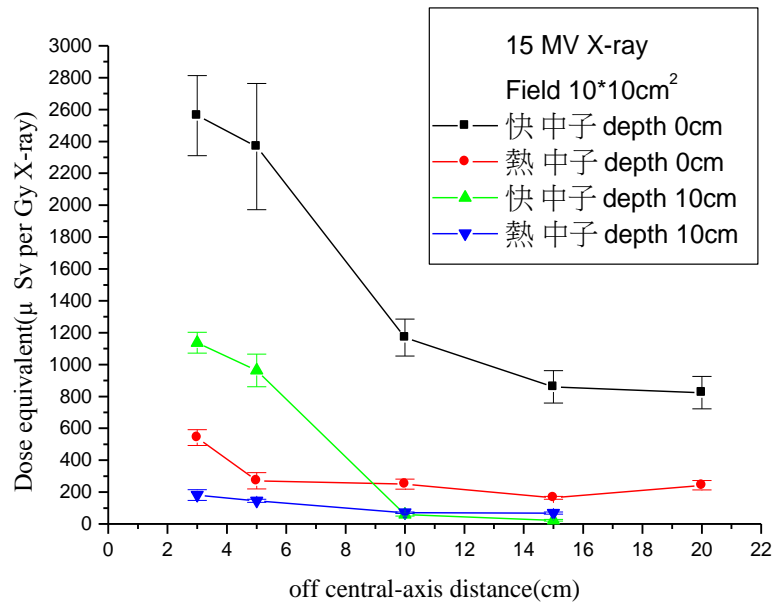


圖 8 在 15 MV 光子射束照射下，快中子與慢中子分別在深度 0 cm與 10 cm時的等效劑量對照圖

1. 歡迎賜稿，稿件請寄新竹市光復路二段 406 號二樓或電傳(03)5722521 輻防協會編輯組收。來稿一經刊登，略致薄酬(政令宣導文章，恕不給稿酬)。
2. 本刊因篇幅限制，新聞類每則請控制在 500 字以內，專題類每篇以 2000 字以內為佳。
3. 歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。