

- 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

▲民國 91 年輻協大事記 (輻協訊)

- 「二十一世紀輻射防護的新趨勢」研討會...由翁寶山執行長主持，邀請核能研究所尹學禮先生、台電保健物理課魯經邦先生、本協會劉代欽組長主講。於民國 91 年 5 月 17 日假台北市月涵堂舉行。
- 本協會新舊任董事長交接...連任四屆董事長曾德霖教授功成身退，於民國 91 年 7 月 1 日卸下董事長職務，由執行長翁寶山教授接任第五屆董事長。
- 「新世紀輻射公害干預」研討會...邀請輻防處蘇獻章處長、協會翁寶山董事長、清華大學董傳中教授、環保署公害糾紛處理科林俊錄科長、核研所保物組陳英鑒副組長主講。民國 91 年 7 月 17 日假台灣大學理學院植物學系生命科學館三樓視聽教室舉辦。
- 「臺灣背景輻射研討會」...座談會則由本協會董事長翁寶山教授

及清華大學朱鐵吉教授共同主持。邀請偵測中心劉祺章先生、陳清江組長、黃景鐘副主任、高雄醫學大學連熙隆教授、原能會輻防處龔繼康博士主講。於民國 91 年 11 月 22 日假原能會舉行。

▲新報告未發現 La Hague “血癌關聯”之證據

(原能會 張志堅)

一個法國專家團隊花了五年調查法國北部核設施輻射與地方血癌的可能關聯後表示，這種關聯是不可能存在的。

Nord-Cotentin 輻射生態團隊 (GRNC) 第二份報告是在一份「強調工業設施附近，血癌族群可能是由先前孤立地區快速人口調合所造成的，也是科學共識的補充性流行病學研究結果」，出版剛屆滿一年後發表。GRNC 兩年前受託繼續調查三項特殊領域：

1. 估算血癌風險因子參數的不確定度。
2. 法國研究與英國類似調查結果的

比較。

3. 核設施化學排放對健康及環境衝擊的可能。

調查主要發現如下：

1. 血癌與放射性：第二份研究結果顯示，核設施輻射排放應對區域內稍高的血癌病例負責是非常不可能的。作者說明，有關歸咎於放射性排放風險的不確定範圍看來，相對地狹小，不致於修正第一份報告結果的數量級大小。
2. 與英國研究的比較：比較此團隊的發現與英國類似的研究，特別是英國環境輻射醫學委員會（COMARE）所做的重要調查。作者歸結：“方法相同，得到的結果與結論一致；儘管研究此類問題的機構本質非常不同”。
3. 化學排放的衝擊：計算過的風險水準“顯然偏低，而就目前科學知識，不必擔心民眾健康及生態系統”。特別是，作者發現核設施化學供應及使用與血癌風險增加的關聯“沒有證據”。

GRNC 的研究做成一項重要建議：建立一個環境偵測計畫以印證用來計算化學排放衝擊的模式；它也呼籲對化學物質的毒性做深入的研究。研究團隊在 1997 年一份高度爭議的流行病學研究發表後成立，該研究提出 La Hague 地區核設施排放與 Beaumont-La Hague 市區血癌案例可能有關。第一份報告指出，區域性核設施放射性排放的理論衝擊基本上不可測（參見 News No.293, 8th July 1999）。

一個互補性流行病學工作團隊也同時成立，確認 Nord-Cotentin 區域內

年青人的血癌具有統計意義的偏多，但同意 GRNC 稍多血癌“非常不可能”與放射性排放有關（參見 News No.203, 27th June 2001）。

（譯自 NucNet News No.313, 3rd October 2002）

▲漫談輻射防護的用語

（高雄醫學大學 張寶樹）

一、正名

要談輻射防護(radiation protection)的用語，應先澄清保健物理(health physics)一詞。輻射防護可以讓人直接了解此語的意義，而保健物理卻是少數的專業人員才知道其指輻射防護或輻射安全(radiation safety)，一般民眾是不容易了解保健物理的真正意義。

在「游離輻射防護法」即將正式實施之際，讓我們來談談一些輻射防護的用語，也藉機會讓一般民眾了解我們的專業，避免因誤解而發生誤會，徒生一些不必要的困擾。

二、曝露

在「游離輻射防護法」中定義曝露(exposure)一詞為指人體受游離輻射照射或接觸、攝入放射性物質之過程。曝露(expose)為一及物動詞，其指曝露於游離輻射；曝露(exposure)也可作為名詞。相同的名詞，卻有不同的意義，容易讓人混淆。

在放射科學(radiological science)中，曝露(exposure)有另外兩個特別意義。曝露(exposure)的第一個特別意義指曝露 X 僅是測量能量 10 keV-3 MeV 的光子輻射游離空氣的能力。曝露(exposure) X 的定義為 $X=dQ/dm$ ，其中，光子在質量為 dm 的空氣中釋放

出來的全部電子(負電子與正電子)完全被空氣所阻止時，在空氣中所產生的任一種符號的離子總電荷的絕對值為 dQ 。

在乾燥空氣中，1 R 的曝露量等於能量 10 keV-3 MeV 的光子輻射游離在 1 atm, 0°C 下 1 cm³ 乾空氣所產生單一符號的電荷(正電荷或負電荷)的總淨電量為 2.58×10^{-4} C，所以 1 R = 2.58×10^{-4} C kg⁻¹。曝露(exposure)就是空氣的碰撞克馬。

曝露(exposure)的第二個特別意義指潛在 α 能量濃度(potential alpha energy concentration)PAEC 與時間的乘積，以 J h m⁻³ 或工作水平月(working-level month)WLM 為單位，也可以空浮濃度(Bq m⁻³)與曝露時間(h)的乘積。此處 h 為小時。

綜合曝露的意義可得：

- (1)敘述曝露的起因(cause)就指曝露(exposure)。如曝露於 x 光。
- (2)敘述曝露的效應(effect)就指照射(irradiation)。曝露於氦與其衰變產物就指潛在 α 能量曝露(potential alpha energy exposure)。
- (3)曝露於空浮放射性物質就指空浮放射活度曝露(airborne radioactivity exposure)。
- (4)指單位質量的電量(charge per unit mass)的曝露就指質量的游離(massic ionization)，以 C kg⁻¹為單位，而曝露率(exposure rate)就指質量的游離率(massic ionization rate)，以 A kg⁻¹為單位。

三、體內曝露

在「游離輻射防護安全標準」中定義曝露是指輻射之照射。體外曝露(external exposure)指來自體外輻射之

照射，體內曝露(internal exposure)指來自體內輻射之照射。

實際上，體內曝露有下列三個不同的意義：

- (1)發生在攝入放射性物質所造成的體內曝露，所以體內曝露應指攝入(intake)。
- (2)發生在一次攝入所造成劑量，所以體內曝露應指體內放射活度所造成的劑量。
- (3)發生在受到體內的放射性物質照射的過程，所以體內曝露應指體內放射活度的照射。

從上述的推論，可以知道體內劑量學(internal dosimetry)應是攝入劑量學(intake dosimetry)。

四、劑量

在「游離輻射防護安全標準」中定義劑量(dose)是指指被物質吸收之輻射能量，共有下列九項關於劑量的定義：

- (1)吸收劑量指單位質量物質接受輻射之平均能量。吸收劑量之單位為戈雷(Gy)。1 kg 質量接受 1 J 能量為 1 Gy。
- (2)等效劑量指人體組織之吸收劑量與射質因數之乘積。等效劑量之單位為西弗(Sv)。
- (3)深部等效劑量適用於全身之體外曝露，指身體 1 cm 深處之等效劑量。全身指包括頭部，身體軀幹，手肘以上之手臂，膝蓋以上之腿部等部位。
- (4)淺部等效劑量適用於皮膚或四肢之體外曝露，指 0.007 cm 深處組織之等效劑量。
- (5)眼球等效劑量適用於眼球水晶體之體外曝露，指 0.3 cm 深處組織之等

效劑量。

- (6)有效等效劑量指人體中受照射之各器官或組織之平均等效劑量與其加權因數乘積之和。
- (7)約定等效劑量指單次攝入放射性物質於體內後對某一器官或組織在 50 年內將累積之等效劑量。
- (8)約定有效等效劑量指體內受曝露器官或組織之約定等效劑量與加權因數乘積之和。
- (9)集體劑量指特定人口曝露於某輻射源，群體所受劑量之總和，單位為人西弗 (man Sv)。

劑量(dose)一詞取自藥劑學。在輻射防護的觀念架構演變過程中，國際放射防護委員會(ICRP)、國際輻射度量與單位委員會(ICRU)與美國國家輻射防護委員會(NCRP)常有新的術語產生，如「ICRP-60」使用有效劑量(effective dose)代替有效等效劑量(effective dose equivalent)，等價劑量(equivalent dose)代替等效劑量(dose equivalent)。在 1989 與 1990 年，ICRP 曾提出以有效量(effectance)代替有效劑量(effective dose)。

劑量相關的名詞很多，容易讓人混淆與不解。在輻射防護所使用的劑量相關的名詞有：吸收劑量(absorbed dose)、等效劑量(dose equivalent)、有效劑量(effective dose)、有效等效劑量(effective dose equivalent)、可接受劑量(acceptable dose)、等價劑量(equivalent dose)、累積劑量(accumulated dose)、累積等效劑量(accumulated dose equivalent)、空氣劑量(air dose)、周圍等效劑量(ambient dose equivalent)、年有效等效劑量(annual effective dose equivalent)、細

胞劑量(cell dose)、集體劑量(collective dose)、集體有效等效劑量(collective effective dose equivalent)、約定劑量(committed dose)、約定等效劑量(committed dose equivalent)、危急器官劑量(critical organ dose)、危急器官等效劑量(critical organ dose equivalent)、累積年有效等效劑量(cumulative annual effective dose equivalent)、細胞基因劑量(cytogenetic dose)、深部劑量(deep dose)、深部等效劑量(deep dose equivalent)、深度劑量(depth dose)、定向等效劑量(directional dose equivalent)、等效劑量指數(dose equivalent index)、深部等效劑量指數(deep dose equivalent index)、淺部等效劑量指數(shallow dose equivalent index)、劑量限度(dose limit)、劑量積存(dose commitment)、等效劑量積存(dose equivalent commitment)、人體劑量(entrance dose)、評估劑量(estimated dose)、評估等效劑量(estimated dose equivalent)、離體劑量(exit dose)、曝露劑量(exposure dose)、四肢劑量(extremity dose)、分次劑量(fractionated dose)、分次等效劑量(fractionated dose equivalent)、高劑量(high dose)、高等效劑量(high dose equivalent)、低劑量(low dose)、低等效劑量(low dose equivalent)、淺表的個人等效劑量(superficial individual dose equivalent)、貫穿的個人等效劑量(penetrating individual dose equivalent)、累積等效劑量(integrated dose equivalent)、中間劑量(intermediate dose)、中間等效劑量(intermediate dose equivalent)、眼睛水

晶體劑量(lens-of-the-eye dose)、致死劑量(lethal dose)、致死等效劑量(lethal dose equivalent)、終生劑量(lifetime dose)、終生等效劑量(lifetime dose equivalent)、中線劑量(midline dose)、最低可測劑量(minimum detectable dose)、最低可測等效劑量(minimum detectable dose equivalent)、器官劑量(organ dose)、器官等效劑量(organ dose equivalent)、個人等效劑量(personal dose equivalent)、瞬發劑量(prompt dose)、公眾劑量(public dose)、r-劑量(r-dose)、RBE 劑量(RBE dose)、參考劑量(reference dose)、相對劑量(relevant dose)、剩餘劑量(residual dose)、剩餘等效劑量(residual dose equivalent)、淺部劑量(shallow dose)、淺等效劑量(shallow dose equivalent)、皮膚劑量(skin dose)、組織劑量(tissue dose)、腫瘤劑量(tumor dose)、處方劑量(prescribed dose)、骨劑量(bone dose)、最大靶劑量(maximum target dose)、靶劑量(target dose)、最小靶劑量(minimum target dose)、平均靶劑量(mean target dose)、中數靶劑量(median target dose)、形態靶劑量(modal target dose)、可耐受劑量(tolerable dose)、耐受劑量(tolerance dose)、總劑量(total dose)、總有效劑量(total effective dose)、總有效等效劑量(total effective dose equivalent)、不可接受劑量(unacceptable dose)、沒用的劑量(wasted dose)、沒用的等效劑量(wasted dose equivalent)。

五、其他特殊的用語

輻射防護所使用的一些特殊名詞，也容易讓人混淆與不解。例如下

列十個特殊名詞：

- (1)子核(daughter)或子核種(daughter nuclide)，在衰變過程中，母核種(parent nuclide)衰變為子核種，子核就是衰變產物(decay product 或 progeny)。
- (2)沉積(deposition)一些活度在體內組織或器官的留存量(retained quantity)，其指身體負擔(body burden)、組織負擔(tissue burden)或器官負擔(organ burden)，所以體內沉積(internally deposited)就是體內留存(internally retained)。
- (3)慢性效應(chronic effects)就是遲延效應(delayed effect)或指慢性曝露(chronic exposure)所造成的效應。
- (4)遺傳效應(genetic effects)就是造成下一代嚴重遺傳疾病(heritable ill-health)。
- (5)衰變(decay)、蛻變(disintegration)與轉變(transformation)，均指在原子核發生量子力學的改變，其意義為轉變(transition)。
- (6)射線(ray)不是只指光子射線(photon rays)，如 x 射線、加馬射線，射線也指粒子射線(particle rays)，如阿伐射線、貝他射線、中子射線等。
- (7)劑量率被美國運輸部改稱為輻射水平(radiation level)。
- (8)活度(activity)宜對一般民眾解釋為放射性物質的量，而對專業人士而言，活度就是轉變率(transition rate)。
- (9)累積活度就是轉變的數量。
- (10)擦拭試驗(smear test)就是揩拭試驗(wipe test)。

六、結語

在學術用語上，有許多人使用的

用語卻各自表述不同的語意，也有許多人使用的不同用語卻陳述相同的語意，甚至還有許多人使用學術用語卻不懂其意而造成問題。在「游離輻射防護法」即將正式實施之際，呼籲輻

射防護的產官學界有義務去教育新聞媒體與一般民眾，讓大家都了解輻射防護的用語，如此才能真正落實執行「游離輻射防護法」與做好輻射防護的工作。

▲工業放射線照相超曝露意外事件介紹 (原能會 袁志強、劉文熙)

根據聯合國原子輻射效應科學委員會 (UNSCEAR)，法國居里研究所 (Curie Institute) 及英國游離輻射事故資料庫 (IRID) 等之統計，在非核能有關的輻射意外事件中，屬於放射線照相的意外事件佔百分之四十，顯示非破壞放射線檢驗的輻射安全問題確實潛在著許多隱憂，值得大家深入思考、檢討及設法改進。為能了解國外所發生的案例，並作為參考與警惕，特將收集文獻的國外個案摘錄彙整如下：

國別	發生時間	事故經過	結果
德國	1968	使用 Ir-192 射源測試材料時發生輻射事故，有六名工作人員受到曝露，其中一位 31 歲工作人員比較接近此 Ir-192 射源，結果此工作人員接受細胞遺傳學的檢查。	部分皮膚發炎變異及生殖腺的效應。
澳洲	1971	有兩名工業放射線照相師受到大約 3.5 小時的 22 居里 Ir-192 照相設備射源的照射，原因是捲線機纜線導管一端的圓球跑到射源裝備的後面，使得射源沒有屏蔽遮擋。在回到總部後不久，才知道發生超曝露事件。	其中一人的淋巴球數過低，他在事故後第 8 天罹患流行性感冒。
日本	1971	一名工作人員在千葉縣市原 (Ichihara) 地方的船塢使用 Ir-192 射源從事非破壞檢驗工作，該射源強度為 5.3 居里並置於像鉛筆樣的不鏽鋼支架的頂端，此支架由一根纜線連接到其保管箱。很明顯的，連接到纜線至射源支架的螺絲鬆脫，Ir-192 支架與保管箱分開。一直到三天後在此一工作人員開始非破壞檢驗工作時才發現遺失 Ir-192 支架，在之後的三天內，此一工作人員及他的公司努力的尋找此一 Ir-192 射源，在 9 月 23 日該公司才向有關主管機關報告射源遺失事情，	其中一名罹患嚴重全部血球減少及顯著的紅骨髓發育不足。有三個案例顯示輻射皮膚炎；其中一名臀部的潰瘍經由外科治療。有一個案例顯示精子缺乏；其他的案例顯示精子稀少。

		<p>新聞媒體也作有關的報導，在 9 月 18 日下午 3:45，一名船塢包工公司的建築工人在船塢地上發現到此一射源支架，他好奇地將它拾起並插在他的皮帶及褲子之間，然後開車回家。在車上，支架頂端和他的右臀部接觸大約 10 分鐘，左臀部大約三 30 分鐘。當天晚上，五名他的朋友來到他房間看電視，由於不知道此金屬為輻射源，他們五人輪流用手指把玩一些時候，他們也不記得射源支架留在何處或在該房間內多久，所有的人都停留在該房間內至少一小時，其中兩個人在該房間內過夜。在 9 月 25 日，其中一個人由媒體的報導而知道射源遺失的事情，並向有關單位報告，結果該射源於 9 月 26 日在該名工作人員住處附近的花園內發現，該六名人員於 9 月 26 日送到國家放射科學研究所住院觀察。</p>	
法國	1978	<p>5 月間，一名阿爾及利亞男孩雙手受到一枚 25 居里 Ir-192 射源的大量輻射照射而作染色體計測。</p>	<p>腹部皮膚移植。</p>
英國	1984	<p>蘇格蘭一家煉油廠工作的資深工業放射線照相師，主要使用的是 Ir-192 射源。他於 1984 年發現手指疼痛及潰瘍，但並未尋求醫藥治療，而患部自然痊癒。直到 1988 年他因進一步的手傷而向他的醫師諮詢，結果發現罹患輻射皮膚炎。</p>	<p>1990 年截掉食指及中指指尖。 1992 年死於輻射誘發的急性骨髓白血病、輻射皮膚炎等病。</p>
義大利	1992	<p>一名 19 歲的放射線照相師，在他工作的第一天受到大量的輻射超曝露，射源是 Ir-192，1480 GBq (40 居里)，他在幾乎完全沒有接受訓練及不足的資訊下獨立作業，在過程中，射源從纜線上鬆脫，他發現到此射源，但是認不出它為射源，並將它拾起，企圖將此射源放回投射管中。此動作花費 2-3 分鐘。當天晚上，他的雙手腫脹及發紅。該年輕放射線照相師因輻射皮膚炎而被送進醫院。</p>	<p>未知</p>

伊朗	1996	<p>在 Gilan 複循環式石化發電廠的工地，一個鍋爐的焊道將要在 7 月 23-24 日晚間用工業放射線照相檢查，射源是一個 1.85×10^{11} Bq(5 居里)的 Ir-192，它是放在一個長 7.5 mm，半徑 5.0 mm 的不鏽鋼圓柱體內。當天晚上，放射線照相設備中的射源容器和纜線脫離而掉進混凝土溝渠中。不熟練的操作員未注意到，於 7 月 24 日上午 8:00 開始工作，不久看到該金屬物件並將它放入右褲口袋中，隨後又放入右胸袋中，停留一小時半。在上午 9:30，他感到頭暈、嘔吐、倦怠及胸部有灼熱的感覺，於是，他就將該金屬物件放回水泥溝渠中。9:00 時工作人員發現放射線照相設備中的射源遺失了，並於 10:00 在水泥溝渠中發現到。操作員 K 在幾小時後才告訴他的同事，而工地經理才通知伊朗原子能組織 (ABOI) 並送 K 先生至最近的醫院作血液測試，那是曝露後 8 小時了。</p>	<p>進行胸部及大腿傷口皮膚移植。</p>
義大利	1997	<p>A 放射線照相公司要求 B 放射線照相公司在 B 的設施內用 A 公司的加馬線照相儀器執行非破壞檢驗工作。B 公司派出工作人員並提供輻射防護組織。9 月 29 日要執行一個為時七個小時的 15 cm 厚壓力槽照相工作。A、B 公司皆同意 B 公司的工作人員在照相結束後，要將射源放回至屏蔽內並將照片送到放射線照相實驗室去。照相使用 1221 GBq(33 居里)的鈷 60。次日早晨，A 公司的 BM 先生是第一個前往照相場所去放回放射線照相儀器於射源倉庫的人。當 BM 先生在收拾投射管的時候，聽到金屬雜音，發現射源並未回收，他瞭解到嚴重性及危險。於是他跑到設施的入口處阻止其他人員進入。幾個小時後，一切都恢復正常。BM 先生立刻被送到醫院觀察。</p>	<p>一些輻射皮膚炎症狀被觀察到，但是不久就消失了。</p>
祕魯	1999	<p>遺失 Ir-192 射源。</p>	<p>一名人員有急性臨床症狀；一名人員受到嚴重的輻射傷</p>

			害。
埃及	2000	遺失 Ir-192 射源。	七名人員有急性臨床症狀；七名人員受到嚴重的輻射傷害；兩人死於輻射超曝露。

綜觀以上的案例，可歸納出以下的問題：

1. 放射線照相設備的安全性不足

事實上，此種設備的安全設計，並未隨著科技的進步而有所提昇。以常見的射源脫落或射源纜線控制系統故障無法回收等問題，都是造成輻射意外傷害的主因，各生產設計照相設備的廠商，實應正視此問題並積極尋求改善。

2. 安全文化及管理待建立

由於非破壞放射線檢驗行業工作的特殊性，所面臨的挑戰及壓力相當沉重，包括業務的競爭，工作時程的緊迫，工作環境的不良及工作場地的空間限制，導致業者及工作人員對於安全防護上時有疏忽，經常因而造成令人遺憾的傷害。如何讓輻射安全的理念融入工作中，成為一種安全文化，而能確實保障工作人員的安全，避免傷害事件的發生，實有賴於委託業者的具體要求，執行業者的自我管理及主管機關的強力輔導與規範。

3. 從業人員的教育訓練待加強

教育訓練可分兩個層面來看。一是教育訓練的品質與內容，是否切合實際需求，深度及廣度是否滿足工作的狀況，另外是再教育訓練（即在職訓練）是否落實，頻次及設計是否妥適。唯有透過確實有效的教育訓練，工作人員的觀念及能力才得以建立，不斷的教育訓練，觀念及能力才能夠維持並提昇，安全就有所保障。

□會議訓練報導

▲輻防班學員贈詩一首

(輻協訊)

本協會輻射防護專業人員訓練班第 56 期於 91 年 12 月中旬結訓時，學員在意見調查表中，除了感謝輻協四個階段來的教導與幫助外，對「輻防」有更多的期許，並贈詩一首特摘錄如下：

輻聚如萬派歸宗
防備為預事不勞
協同儕一心一力
會大眾共開新局

▲九十二年度輻協各項訓練班預定時間表

(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)偵測中心
		A4---3月25日~4月1日	(新竹)清華大學
	(B組) 18小時	B1---3月5日~3月7日	(新竹)清華大學
		B2---3月26日~3月28日	台北
		B3---4月16日~4月18日	(高雄)偵測中心
		B4---4月30日~5月2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)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	(新竹)清華大學
		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)偵測中心
	輻防師(144小時)	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
		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
		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，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)

癌症為國內十大死因之首，隨著各大醫院設置越來越多的高能直線加速器，在治療癌症病人的模式中，放射治療已是不可或缺的一環。近年來強度調控放射治療技術 (Intensity Modulator Radiation Therapy, IMRT) 的引進，根據我們臨床治療經驗，高能光子射束在治療深部腫瘤 (例如：子宮頸癌及前列腺癌) 或鼻咽癌之劑量補償上，可得到很好的劑量分佈效果。

然而醫用直線加速器在產生高能 x 射線與電子射線的過程中，會因與靶及射束調節裝置如準直儀等組成物質進行 (γ, n) 、 (γ, pn) 、 (γ, xn) 與 (e, n) 等反應而產生光中子。一般在放射治療計畫中，高能光子所產生之光中子等效劑量是不列入考慮的，但在直線加速器所需之能量越來越高之際，光中子的污染劑量也隨之升高。就醫學物理的觀點而言，光中子污染量在治療部分僅佔總放射劑量的 0.1% 左右，並不會對治療部位的劑量造成顯著的干擾，是可以忽略的範圍。但是保健物理的觀點，根據 ICRP 第 60 號報告中子能量 100 keV – 2 MeV 間其輻射加權因數為 20，而 2 MeV – 20 MeV 間為 10，平均輻射加權因數視其能譜分布在 10-20 之間。當病人接受一完整的放射治療後，照野外其他器官接受的輻射劑量 (包括中子與光子的部分) 以新單位計，中子與光子所造成的等價劑量 (equivalent dose) 約略為數十至數百 mSv，有效劑量預計將超過或接近工作人員年建議限值 50 mSv，故對重要器官造成的等效劑量將極為可觀。

目前國內外的文獻研究多偏向於量測治療室內中子之空間分佈，對於實際病人或治療室外工作人員之劑量接受情形較少討論。所以本文利用 1958 年 Seitz 提出所謂的熱釘理論 (thermal spikes theory) 為基本原理的 BD-PND 氣泡式偵檢器和 BDT 氣泡式偵檢器，量測 Siemens PRIMUS 15 MV 直線加速器所產生的光子能量下，在水假體所產生的光中子量，並分析探討中子等效劑量在體內分布情形。雖然這部分的劑量不列入法規規定範圍，但基於對醫療品質的追求與對病患的照護，實應評估在放射治療技術中高能光子對重要器官所造成的中子劑量污染，以提供國內外保健物理與醫學物理相關領域參考。目前國內外相關研究對醫療用直線加速器之中子污染量測，多利用不同方法。而氣泡式偵檢器是目前用來量測中子等效劑量最方便且最直接具有準確度的方法。

應用 Siemens PRIMUS 直線加速器，在其高能光子射束照射下，將 BTI (Bubble Technology Industries) 公司所生產之 BD-PND 氣泡式偵檢器 (靈敏度 0.43 - 6 mrem/bubble) 和 BDT 氣泡式偵檢器 (靈敏度 19 和 20 mrem/bubble) 分別置入水假體中，然後使用電腦控制使氣泡式偵檢器準確移到定位上，以量測在不同射束照野、不同治療深度、及距離射束中心軸不同距離時，光中子等效劑量在水假體中分布的情形。所使用的氣泡式偵檢器係利用鈾 252 做校正，來

得出氣泡數目與中子等效劑量的關係。並且由於醫用直線加速器產生的中子能與鈹 252 分裂的中子能譜接近，故經適當的校正和換算後，即可一定程度的顯示中子等效劑量的訊息，以評估接受放射治療患者的治療部位與治療部位週遭重要器官光中子劑量吸收之情形。以 BD-PND 型氣泡式偵檢器量測快中子等效劑量率、BDT 型氣泡式偵檢器量測慢中子等效劑量率。當我們射束照野開 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 及 $40 \times 40 \text{ cm}^2$ 時，在射束中心軸下，分別將 BD-PND 型氣泡式偵檢器及 BDT 型氣泡式偵檢器固定在水假體表面和水面下深度為 5 cm、10 cm、15 cm、20 cm、25 cm 及 30 cm 處，來量測在其高能光子照射下的光中子等效劑量曲線。

每個量測點量測次數為 5 次。直線加速器每次輸出之劑量需使氣泡數目多於 40 個，每次量測間隔時間需 1 小時以上，以期每次氣泡式偵檢器之狀態維持穩定一致。然後照射後之氣泡式偵檢器靜置約 10 分鐘，等待氣泡生長完成後，觀察者以白色看片箱為背景重複計讀偵檢器內之氣泡數目，以克服三度空間計數上的困難繁瑣，而避免因目視產生之誤差。當計數完後再將氣泡式偵檢器經適當的壓縮後，即可使氣泡消失，使其在短時間內可重複使用，方便我們在臨床的情況下量測中子污染劑量。由圖 1 可看出氣泡偵檢器在照射前（上圖）與照射後（下圖）的情形。



圖 1 氣泡偵檢器(上)為照射前的氣泡偵檢器(下)為照射後的氣泡偵檢器

【下期待續】

※輻射防護協會翁董事長寶山暨全體同仁在此向所有輻防業界的長官、朋友賀年。敬祝

新年快樂！

萬事如意！