

輻射防護簡訊 49

中華民國90年6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：王嵩峰、李四海、林友明、邱賜聰、翁寶山、許文林
陳為立、陳宜彬、董傳中、蔡昭明、劉仁賢、蘇明峰 (依筆劃順序)
- 發行人：曾德霖 ■ 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

▲操作執照考試 (原能會 徐仁溥)

行政院原子能委員會為評定非醫用放射性物質及可發生游離輻射設備工作人員之操作能力和游離輻射防護知識熟悉程度，以保障輻射工作人員安全，並配合輻射防護協會舉辦「非醫用游離輻射防護講

習班」之課程段落，委託國立清華大學於今年三月卅一日舉行「非醫用操作執照鑑定測驗」。本次測驗計有715人報考初級，32人報考中級，及格人數共有初級318人，中級10人，及格率分別為48%及35.7%，(詳細統計資料如附表)。

另九十年度第二次測驗將於九月十五日(星期六)下午，分別於台北(考試院國家考場)、高雄(正修技術學院)舉行。

九十年第一次非醫用操作能力鑑定測驗各類科成績統計表 (三月)

類 別	報考人數	實考人數	及格人數	及格率	
密 封 放 射 性 物 質	初級	178	163	88	54.0%
	中級	4	4	1	25.0%
非 密 封 放 射 性 物 質	初級	80	74	49	66.2%
	中級	1	1	1	100%
可發生游離 輻 射 設 備	初級	413	386	172	44.6%
	中級	27	23	8	34.8%
動物用 x 光 機 設 備	初級	44	39	9	23%
合 計	初級	715	662	318	48.0%

	中級	32	28	10	35.7%
--	----	----	----	----	-------

▲遺失工業用放射性物質造成埃及的家庭兩人死亡數人受傷 原能會 徐仁溥)

根據美國核能管制委員會新聞信函，去年（公元 2000 年）6 月埃及一個農夫和兒子因遭受一枚顯然被工作人員任意棄置或遺失的工業輻射照相用銥 192 射源的輻射曝露而死亡。農夫和他的妻子及五個小孩居住在埃及開羅北方 30 至 40 公里的一個村莊，2000 年 5 月間，農夫和他的 9 歲兒子因皮膚灼傷就醫，醫生診斷皮膚發炎是由某種病毒或細菌感染造成，經過治療無效。6 月間，60 歲的農夫在整個家庭出現皮膚變色後，帶著妻兒到附近醫院看病，在抵達醫院數小時內，農夫的 9 歲兒子死亡，過一陣子，全家轉進開羅另一家醫院，幾天後，農夫死亡。

農夫和兒子的死因在家中其他人經過血液檢驗發現白血球嚴重下降後，被懷疑是輻射曝露，這個事件導致主管機關迅速派遣一個輻射偵測隊到農夫家進行偵測，結果在農夫家中發現輻射異常偏高，並找出一枚直徑 2.5 公分，長 6.25 公分的圓柱型放射性物質，放射性物質隨後被放在屏蔽容器內並送到廢料處置場。射源並未洩露，鑑定結果確認是工業輻射照相用的銥 192，發現時的活度大約 50 居里。

此事件經追查有了發展，農夫顯然從某建築專案所購買的一大堆材料中發現銥 192 射源並帶回家中，他顯然認為它很值錢，至於農夫從將射源帶回家中到出現症狀經過多久時間，則無法得知。這枚 50 居里銥 192 射源經調查係附近一家工業維

護公司所持有，這家公司的工作人員利用銥 192 射源在農夫所居住的村莊內執行輻射照相工作，技術人員在維修液化天然氣管線時，將射源遺留在工作現場的管線內，事後這家公司的負責人並未向主管機關申報射源遺失。

包括農夫鄰居、親戚及朋友等多達 160 人被送到醫院檢查白血球並進行醫療追蹤，檢查結果尚未得知，但是此事件未再有其他人遭受高急性輻射劑量的報導。埃及主管官員控告涉案公司員工遺失射源、棄置射源及射源遺失未向主管機關申報，三人遭到逮捕，並依公共危險、過失殺人及非故意傷害等罪名予以起訴。

這種遺失輻射照相用射源的情況和發生在 2000 年 2 月，泰國曼谷近郊遺失一枚鈷 60 造成三人死亡的不幸事件相類似；同樣的意外也發生在巴西中部的一個小鎮，一些拾荒者打開一個被一家輻射治療診所棄置的輻射治療機器，機器內含有 1400 居里銻 137，造成 4 人死亡，244 人被污染。

此類型的事件強調使用單位假如遺失射源並進入公眾領域以及未向主管機關報案以便採取行動協助搜尋射源和警告民眾，均會造成嚴重後果。為了避免類似事件再度發生，在輻射作業結束後，應該確實做好輻射偵測並確保射源得到妥善的貯存。（摘譯自美國核能管制委員會，NMSS Licensee Newsletter，NUREG/BR-0117，No.00-4，Dec.2000-Jan.2001）

▲微劑量學基礎與應用簡介 (彰化基督教醫院 林招膨、劉幕台)

前言

放射性原子的蛻變及輻射與物質的作用分別是獨立的物理現象，這些現象的發生多為微觀量（隨機量，其量受統計變動支配），無法直接觀察。在實用上，多採用巨觀量（亦即非隨機量）描述，但這些可測得的巨觀量只能以適當的平均過程獲得，此種平均值無法表現出因重複觀察而發生的統計變動現象。非隨機量乃一巨觀物理量，為時間與空間的連續可微分函數。在給予特定條件下非隨機量的值可由計算得知，其實驗度量結果會非常接近一固定值，此固定值可由觀察相關隨機量的平均值評估而得，故非隨機量可定義為隨機量的平均值。在輻射作用中，決定其過程的是實質（actual value）而非期望值（expectation value），因為當平均值（巨觀量）相同時，隨機量的分布（微觀量）可能不同，其所代表的意義、結果也就不同。所以在研究輻射與物質作用的個別行為時，必須從其隨機量來考慮，而不是它的非隨機量。劑量學簡單地講便是由非隨機量、巨觀地闡述輻射劑量的平均值，微劑量學則從隨機量、微觀地觀察輻射劑量的分布與變化。

一般在放射性藥物的領域之中，診斷和劑量學皆以放射性示蹤劑在體內數公釐的巨觀分佈為基礎。近年來對於在細胞和次細胞層次的微觀分佈的探討研究使放射性藥物在生化機制上的瞭解獲得比純理論更實用的數值。在本文中將說明微劑量學之範疇所代表的意義，並介紹微劑量學的發展形成及理論基礎，最後將探討微劑量學在放射性藥物上的關連及其發展應用。

發展由來

當探討基本的輻射生物機構時，必須研究單一細胞或部份細胞中的能量吸收，

此時統計性變動就特別重要，微劑量學的目的就是探討這些問題，並定義帶電粒子獨立且隨機地和擊中吸收物質的作用 (hit) 時，在受照靶 (target) 的一個很小區域（例如細胞核或其他次細胞成份）中所引起的能量損失與能量沉積的統計分布與漲落。在 20 世紀 50 年代早期為了表示沿帶電粒子徑跡每單位長度的能量傳遞速率而提出直線能量轉移 (linear energy transfer, LET) 的觀念，用來描述帶電粒子性質並以此發展出初期的輻射生物靶理論，是早期最接近微劑量學的基礎概念。不同 LET 輻射徑跡的空間差異是顯而易見的，雖然低 LET 輻射引起的電子徑跡數目很多，但不容易在細胞核的某一部位形成較大的能量沉積，多數稀疏的游離或激發只能引起易被修復的 DNA 單鏈斷裂，其生物學意義較小。而高 LET 輻射則不同，其徑跡數目雖少但是一擊中細胞核即可形成較大的離子群，其能量沉積相當可觀，結果產生較大的 DNA 損害。低 LET 輻射吸收劑量再高也不可能達到這樣的效果，所以對輻射劑量空間分布問題的正確理解將有可能導致對輻射所引起的傷害估計結果的顯著增加或減少。

已知放射線主要的效應是產生在細胞的 DNA 上，所以活體組織的輻射傷害是在微米和更小的尺度上發生的，而 $LET = dE / dx$ ，E 代表的是平均能量，當距離的長度小於微米時，統計的變化使其失去原先的意義。另外，在這種尺寸水準上，能量歧離和 δ 射線效應在輻射與物體的相互作用中起著重要作用。但是 LET 僅考慮輻射徑跡附近的局部能量轉移，只提到關於沿著帶電粒子徑跡上能量損失的速率，並沒有說明帶電粒子徑跡的直徑大小。但是如果有 δ 射線產生時將擴大粒子徑跡的有效寬度，LET 卻只能指出特定類型和

能量的帶電粒子其能量損失率的期望值，無法表現出沿著徑跡上的能量損失可能發生的隨機的能​​量損失歧離（energy-loss straggling）。另外，LET 本身並無任何關於入射粒子的射程大小及其是否能穿過所給予的生物靶體積的相關描述。故如果以 LET 的觀念去解釋相關的生物效能仍會有其限制存在。

輻射與物質間的交互作用是分別獨立的物理現象，在受照物質體積中的分布是不均勻的，每單位質量所沉積的平均能量（即吸收劑量）和能量沉積數目的多寡和空間分布，都可能影響輻射對生物及其結構所造成的效應。又因不同的輻射其帶電粒子在徑跡上的分布會有所不同，亦即不同的輻射其輻射品質好壞不同 [註：所謂輻射的品質好，意指其在單位距離內會發生密集的游離作用，若只有稀疏的游離發生，則稱其輻射品質差。]所以在評估游離輻射對環境及生物所造成的傷害與影響時，除了必須考慮輻射「量（quantity）」的多寡之外，還得考慮到輻射的「質（quality）」，方可完整描述評估游離輻射可能引起的作用結果。而微劑量學即是在 LET 概念的基礎上產生比能（specific energy）和線能（lineal energy）這兩種隨機量，試著用十分敏感的物理參數去定量、預測不同類型的游離輻射所引起的生物效應，以求能表達輻射所代表的質。

理論基礎及其應用

當一個輻射粒子或輻射光子在一小塊組織體積中發生相互作用時，這種相互作用視為一次能量沉積事件。由入射粒子和該體積中所有二次電子沉積的能量稱為授與能 ε ， $\varepsilon = E_{in} - E_{ex} + Q_{\Delta m}$ ，式中 E_{in} 為除靜止能之外，進入作用體內的游離粒子

的能量， E_{ex} 為除靜止能外，離開作用體的游離粒子的能量，而 $Q_{\Delta m}$ 為發生於作用體內，任何核轉變或基本粒子的靜止能量的變化差額。由於游離輻射在作用體內的反應各有其特定的機率，因此授與能具有隨意變動性質，是一個隨機量。

(一)輻射的量: 比能（specific energy, z ）

$$z = \varepsilon / m \quad (1)$$

授與能 ε 具有隨意變動性質，是一個隨機量。比能的單位與吸收劑量相同，比能 $z = \varepsilon / m$ 為隨機量（此處 m 為作用體內的質量），但吸收劑量 $D = d\bar{\varepsilon} / dm$ 為非隨機量，其中 $d\bar{\varepsilon}$ 為 dm 內的平均授與能，為非隨機量，而 dm 為吸收體的質量，亦為非隨機量。當作用體積太小或其內帶電粒子通量太低時，其任意變動增大，故比能為隨機量，需要用機率和分布來表示。比能的分布函數以 $F(z)$ 代表， $F(z)$ 表示比能等於或小於 z 的機率。而以 $f(z)$ 代表其機率密度（probability density）， $f(z) = dF(z)/dz$ 。

當一體積受輻射照射時，將遭受若干能量沉積事件，其特性可以用發生的單個事件，按 z 值的分布來描述，該體積由若干事件所致的平均吸收劑量是 z 的平均值，在微劑量學中研究了用不同大小的小塊組織受到不同輻射照射時所產生的 z 值的分布。

(二)輻射的質: 線能（lineal energy, y ）

$$y = \varepsilon_1 / \bar{x} \quad (2)$$

線能定義為在一小體積單元中由單次事件授與的能量， ε_1 ，與穿過該小體積單元的各向同性(isotropic)弦長的平均值， \bar{x} ，之比。對於任何一個表面積為 S ，體積為 V 的凸面體，其平均弦長一般可由柯西（Cauchy）公式 $\bar{x} = 4V/S$ 求得。因為線能是一個隨機量，所以考慮其分布情形會是有用的，故以 $F(y)$ 代表線能

的分布函數，表示線能等於或小於 y 的機率。 $f(y)$ 則代表其機率密度， $f(y) = dF(y)/dy$ ，亦稱為線能分布 (lineal energy distribution)。

線能是可與 LET 相類比的微劑量學，線能與 LET 都用能量除以長度來定義，單位相同，不過 LET 為帶電粒子沿路徑的能量損失之平均值，是一個受能量截止 (energy cutoff) 條件約束的非隨機量，線能則是受體積單元幾何條件約束的隨機量。另外，線能和比能的定義中分子都是能量 ε ，但其分母不同。此外線能只涉及單次能量沉積事件 (ε_1)，比能則可以由單次也可由多次事件引起。單次能量沉積時的比能 z_1 與線能 y 有以下關係：

$$z_1 = 4y / \rho S \quad (3)$$

式中 ρ 為受輻射照射的靶的密度， S 為其表面積。

當類似 Tc-99m 的核種被選作造影用時，因為此種純 γ 發射體缺乏特定的原子核發射，故其二次電子 (例如鄂惹電子) 的影響亦必須列入考慮之中。這些高 LET 電子的射程通常極短 ($<1 \mu\text{m}$)，但是因為其局部劑量很大，只要它的能量一旦沉積在細胞核內，便極有可能形成基因傷害，而此種效應可作為放射性藥物在治療上的設計開發之用，例如 I-125 或 I-123 標誌的類固醇賀爾蒙，或是 Sr-89、I-131、Y-90 所共軛 (conjugate) 的單株抗體。相反地，在診斷應用上便不希望存在此種特性。因此，對於高 LET 的核種而言，當它被用來作為治療用時，必須能顯示其沉積是發生在細胞核內的，但是如用來做造影診斷應用則否。

放射免疫治療 (radioimmunotherapy) 便常用單株抗體作為醫用 (因其具有高集中性，而此種治療的劑量計算必須儘量將

所有的因素考慮進去以求精準，低能量的鄂惹電子亦不能免，但正如之前所提，鄂惹電子的射程極短，為正確探討其對劑量的影響，便必須將計算吸收劑量的範圍縮小至細胞級層次來進行研究，而從活度為 \tilde{A}_h 的源細胞 r_h 給予靶細胞 r_k 的吸收劑量率 $D(r_k \leftarrow r_h)$ 可用下式表示：

$$D(r_k \leftarrow r_h) = \tilde{A}_h \sum_i \Delta_i \phi_i(r_k \leftarrow r_h) / m_k$$

其中， Δ_i 即為平衡劑量常數，每次核轉變所發射的能量， $\phi_i(r_k \leftarrow r_h)$ 代表第 i 次輻射中，源細胞放出的能量被靶細胞吸收的分率， m_k 則為靶細胞的質量。而在一細胞團中的吸收劑量率， $\bar{D}(R)$ ，為此細胞團半徑 R 的函數，用式子 $\bar{D}(R) = \frac{\sum_i N_i D_i}{\sum N_i}$ 計算可得，其中 N_i 為在距

離起點 R_i 處的細胞數目。上述方法雖然比較複雜，但是卻也精確多了，且已知輻射生物效應的發生機率將隨輻射吸收劑量的增高而增加，器官或組織在一段時間內接受的吸收劑量反應該段時間內單位質量受照器官或組織中沉積的平均能量。但是現已證明，同樣吸收劑量引起的生物效應會因游離輻射能量沉積的微觀分布而異，亦即決定生物效應的因素不僅是平均能量，更重要的是能量沉積在時間和微觀空間中的分布，亦即劑量與劑量率效應比值 (dose-dose rate effectiveness factor, DDREF) 和吸收劑量的微觀空間分布。微劑量學即研究這種微觀分布與生物效應之間的關係，所代表的意義便是在空間分布上以微觀量決定吸收劑量。對一些輻射生物效應利用現代物理學概念加以解釋；其中特別重要的是對低劑量照射效應和起因於單個細胞 DNA 損害的生物效應的解釋。

在一般藥理學和毒理學中只要改變化學物質的劑量這個單一參數，給予在形式

上沒有變化的物質不同劑量，就能提供連續的不同等級的細胞劑量，但輻射做不到這一點，因為輻射的能量是沉積在不連續的不同大小的體積單元中。圖 1、圖 2 是低 LET 和高 LET 輻射時巨觀吸收劑量 D 、授與靶體積的比能 z 與擊中比率 F 關係的圖解，根據這些分析，Bond 強調，當吸收劑量低於某一界限（例如 1 mGy）時，吸收劑量的增減已經不能影響受照細胞實際接收的劑量。在低劑量照射時，想要增加或減少細胞劑量不能採取改變吸收劑量的作法，而是需要改變射線的種類即 LET，這種意見對評價低劑量照射的生物效應有重要的理論意義。所以對低劑量的觀念值得進一步研究，問題不在於把低劑量的界限設在哪裡，而是要研究當劑量逐漸降低後，受照細胞中發生的事件的微劑量學特徵及其輻射生物效應之間的聯繫。

結語

不論是作為診斷用途或治療用途，研究放射性藥物在微觀量上分佈情形的迫切及重要原因，乃是能藉此研究預測在遺傳物質上放射性藥物發射放射性所引起的效應及影響。雖然說巨觀的劑量學和微觀的微劑量學都能表達出關於物質受到游離輻射後的能量吸收情形，但是游離輻射對生物體所產生的輻射傷害是隨機性的。在極微小的細胞中，用吸收劑量表示所接受輻射的多寡，不能表現出游離輻射在物體中沉積能量的機率（統計的）特性。如以微劑量學中的線能 y 定義任意體積在一次事件中所吸收的能量 ϵ_1 除此體積之平均弦長 \bar{x} 時，它對吸收能量的來源不加限制，且當靶的長度小於輻射粒子的射程時，靶體積內的吸收能量幾乎全由在體積外產生的輻射粒子穿透靶體積所引起。因

此穿越靶體積的粒子數應與其表面積成正比，而每次事件所發生的能量轉移則應與平均弦長成正比。這比直線能量轉移僅考慮輻射徑跡附近的局部能量轉移來的周詳而精密。所以，如果希望能增進對輻射效應的了解，那麼關於生物體的大小甚至其生物結構特性對於游離輻射在物質內的吸收的影響則是必須知道的，而微劑量學的主題便是在探討、研究這些關係。其實微劑量學的觀念形成已經有相當久的一段時間，近年來由於實驗設備及技術的進步，學者才能將理論及實際實驗所得結果真正結合在一起，藉著微劑量學的引導，使我們對於在如同細胞這般小的空間內能量沉積的分布情形能一窺究竟，不再是僅以巨觀的平均值代表其行為，而能更加謹慎、精細地了解游離輻射對主要的生物結構 DNA 所造成的傷害程度，並能進一步的將微劑量學所得結果應用在放射性藥物、輻射生物、輻射防護以及放射治療上。就如同生物學從最先用動物實驗來觀察、模擬人體的反應，到現今以培養細胞作為研究的分子生物學一樣，輻射劑量學也須從巨觀的劑量學演化、進步到現今的微劑量學應用，所以微劑量學的原理應用及發展也是值得大家注意且不容忽視的一門科學。而關於放射性藥物在非均勻分佈的曝露後，沉積於骨骼、肺部或甲狀腺組織的平均能量，已經有相當量的相關資料及研究存在。但是，有關文獻探討至微觀分佈的影響層次者並不普遍，除了 Roesch 曾對均勻組織計算過 $f(z)$ 的分佈外，只有 Fisher 和 Roesch 曾提供 $f(z)$ 對真正的組織部份和 ^{239}Pu 污染情形下的分佈。依此為基礎和 Roesch 在核種標誌物微劑量學上的數學公式計算，學者們研究推導出在肺

部組織的平均吸收劑量及肺部在不同曝露情形下的 $f(z)$ 值。故研討放射性藥物將核種傳送至組織後在組織內其微觀量分佈的原因主要有二：提供組織特性的基礎，另

外，在放射治療時，傳送最多的高 LET 核種至惡性細胞細胞核，而在診斷時則能將其到達正常增生細胞細胞核的量減少。

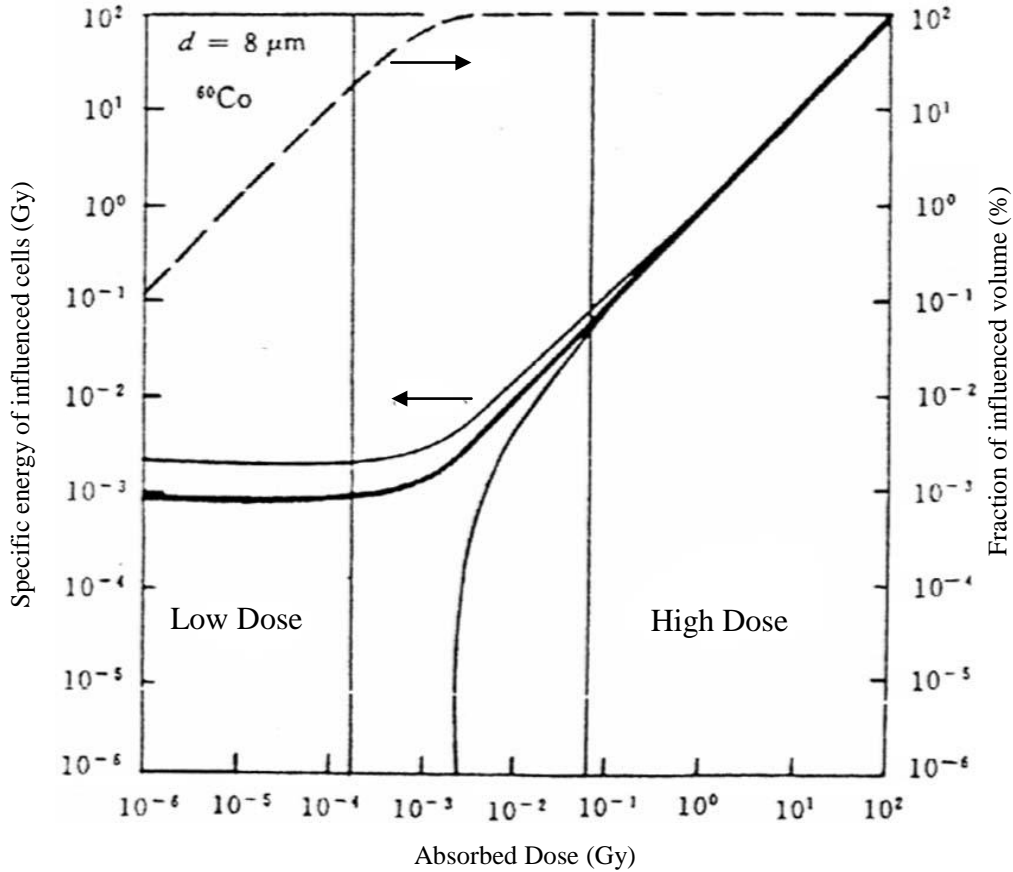


圖 1、低 LET 輻射(^{60}Co)之吸收劑量 D 、授與靶體積的比能 z 與擊中比率 F 的關係。

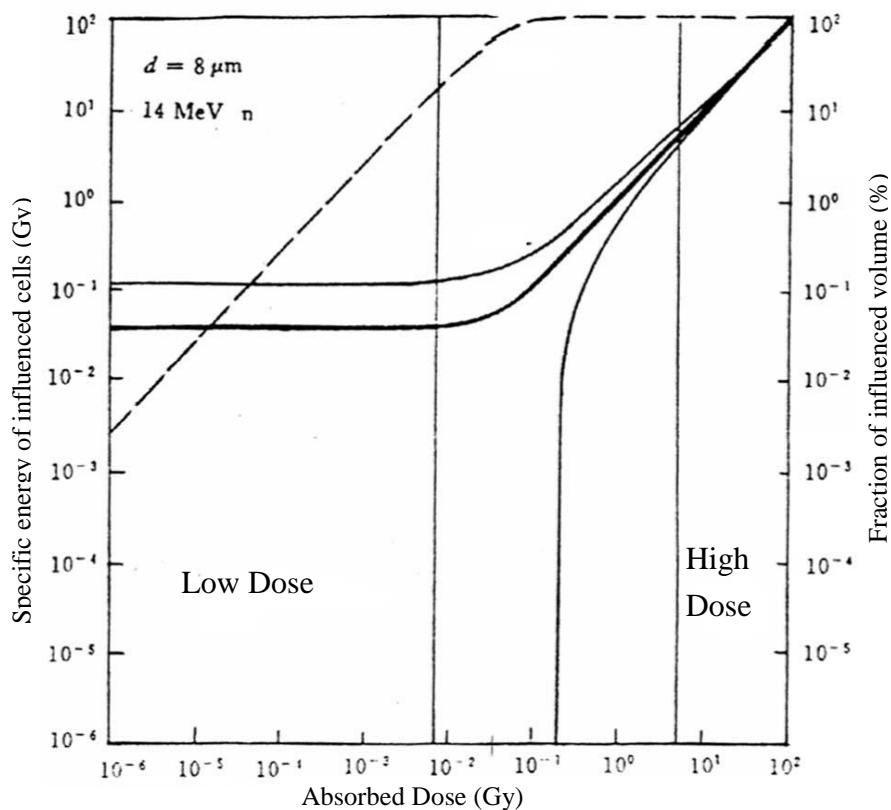


圖 2、高 LET 輻射(14 MeV 中子)吸收劑量 D、授與靶體積的比能 z 與擊中比率 F 的關係。

□ 會議訓練報導

▲ 鄭鈞正教授訪台與兩岸醫用游離輻射防護研討會後記

(輻協 劉代欽)

為了增進海峽兩岸輻射應用與防護的交流，籌畫多日，由本協會邀請中國衛生部工業衛生實驗所鄭鈞正教授來台訪問一事，終於圓滿完成。鄭教授在訪台期間，協會除了安排與國內高雄醫學大學張寶樹教授共同主講三場有關醫用游離輻射防護研討會外，另外也安排與清華大學原子科學系的學生演講與座談。

一、研討會：本協會安排鄭教授此行分別於台北、彰化以及高雄共舉辦了三場研討會。承蒙許多單位的支持，不吝於提供良好的場地以及事務上的支援，才使得研討會能順利進行。第一場研討會於四月二十六日假台北新光吳火獅紀念醫院舉行，除了陳國團副院長也蒞臨指導外，新光醫院洪子仁課長鼎力支援事務上的工作，報名參加的人員有一百多位，人數相當踴躍。在一整天的研討活動中，國內許多關心醫用游離輻射防護的專家也與鄭教授交換了許多心得。第二場研討會於四月二十八日假彰化基督教醫院舉行，劉幕台主任與林招膨督導熱心協助研討會活動，雖然時間為星期六，但報名參加的人數也相當踴躍。第三場研討會於四月二十九日假高雄楠梓健仁醫院舉行，時逢星期日，再加上高雄縣醫事放射師公會趙世裕理事長以及嘉義縣、台南縣（市）、高雄市及屏東縣的醫事放射師公會的鼓勵會員參加，是以

當天參加的人數有 150 多位。另外健仁醫院除了提供良好場地外，陳巖恕院長也親臨預祝研討會成功，另外高雄醫學大學連熙隆主任在研討會上擔任座長，以及健仁醫院王招明組長事務工作全力幫忙，均是讓研討會更加順利成功的因素。

二、台灣遊：鄭教授預定抵台時間原為四月二十四日晚上，但因行程順利而提早於二十四日下午就到達，是以先接往飯店稍事休息，隨即安排前往新竹城隍廟一遊，順道品嚐遠近馳名的新竹小吃，鄭教授對新竹米粉、槓丸等均留下深刻的印象。隨後前往大型水果賣場挑選台灣特有水果招待遠來的客人…蓮霧與芭樂，鄭教授在大陸均未見過，而台灣的香蕉更是世界有名不可遺漏。在二十五日除了由本協會曾德霖董事長設宴接風外，另安排鄭教授前往石門水庫、科學園區等遊覽。二十七日遊覽新竹客家文化，在北埔遊天水堂、金廣福公館與慈天宮等古蹟，中午品嚐板條、薑絲大腸與客家小炒等客家美食，對於台灣客家居民的生活狀況有深入的體驗。在結束完研討會後，安排鄭教授前往阿里山二日遊稍事休憩，從嘉義火車站搭乘阿里山森林鐵路，體驗中外馳名的“之”字形鐵路上山，五月的台灣氣溫已相當的炎熱，但隨著火車往上攀爬，越親近阿里山就越能趕走酷熱，享受清涼。阿里山除了林相豐富優美外，阿里山的雲海與日出更是一定要親眼目睹的勝景。幸運的，此次阿里山行我們看到壯闊的日出，只可惜雲海卻未見著。原住民的食物特產，如小米類製品，也是特色之一，鄭教授也逐一品

嚐。兩天的時間過的很快，在飽覽阿里山風景後，第二天意猶未盡下山返回新竹。

三、結語：此次鄭教授訪台，時間前後不過十天，但去掉了路程，實際時間只有八天，北、中、南研討會外加清大座談演

講，行程的安排相當緊湊，但在各方協助下，過程十分順利，鄭教授也藉此機會將台灣西部走透透。在透過民間此類學術性活動的交流，增加彼此認識，相信絕對是件好事，也值得往後繼續辦理。

▲九十年度輻協各項訓練班預定時間表

(輻協)

班 別	訓 練 日 期	上 課 地 點	聯 絡 人
非醫用班	90年06月12日至06月19日(甲組7)	清華大學	邱靜宜
〃	90年06月12日至06月19日(乙組1)	清華大學	邱靜宜
〃	90年08月21日至08月28日(甲組8)	清華大學	邱靜宜
〃	90年09月11日至09月18日(甲組9)	高雄	邱靜宜
〃	90年10月02日至10月09日(甲組10)	清華大學	邱靜宜
〃	90年11月06日至11月13日(甲組11)	清華大學	邱靜宜
〃	90年12月04日至12月11日(甲組12)	高雄	邱靜宜
〃	90年12月11日至12月18日(甲組13)	清華大學	邱靜宜
〃	90年12月11日至12月18日(乙組2)	清華大學	邱靜宜
輻防班 第53期	90年09月10日至09月14日(第一階段)	清華大學	李貞君
	90年10月15日至10月19日(第二階段)		
	90年11月19日至11月23日(第三階段)		
	90年12月03日至12月07日(第四階段)		
輻防班 第54期	90年10月22日至10月26日(第一階段)	高雄	李貞君
	90年11月26日至11月30日(第二階段)		
	90年12月17日至12月21日(第三階段)		
	91年01月07日至01月11日(第四階段)		
鋼材班	90年06月13日至14日		
〃	90年10月30日至31日	清華大學	李貞君
〃	90年12月12日至13日	高雄	李貞君
鋼複訓班	90年06月15日	高雄	李貞君

〃	90年11月01日	清華大學	李貞君
〃	90年12月14日	高雄	李貞君

以上各項訓練班簡章備索，電話：(03)5722224◎

▲台灣的乳房 X 光檢查照射劑量與影像品質之評估(續) (國泰醫院 杜慶燾)

2-4 ACR 假體實驗計點評分

假體的實驗方法和其內含的實驗材料如圖 2 和圖 3 所示。

假體內含材料：6 條粗細不同的尼龍纖維(nylon fiber)、5 組大小不同的模擬微小鈣化點群(simulated micro-calcification speck group)、5 個類似腫瘤質量(tumor-like mass)，合計 16 實驗材料。ACR 乳房組織假體內含乳腺組織(glandular tissue)和脂肪組織(adipose tissue)各 50%。

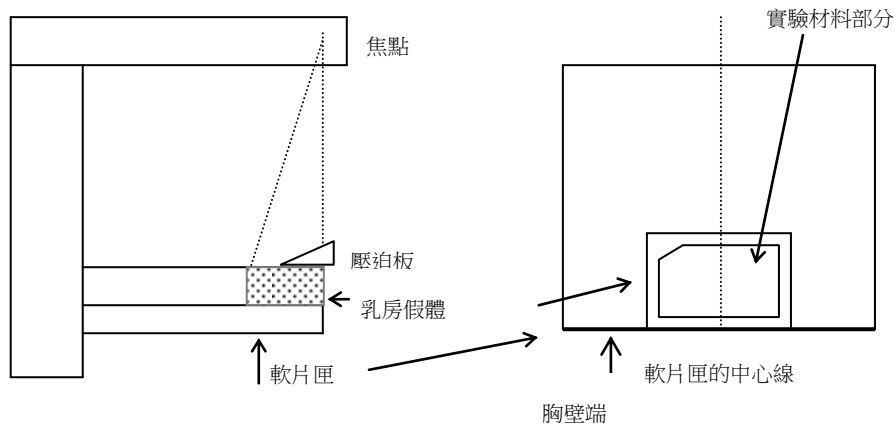


圖 2. 乳房假體攝影的幾何學配置

ACR 乳房假體的概要

號碼	實驗的材料	備註
1	直徑 1.56mm 的尼龍纖維	纖維組織的 模擬實驗材 料
2	直徑 1.12mm 的尼龍纖維	
3	直徑 0.89mm 的尼龍纖維	
4	直徑 0.75mm 的尼龍纖維	
5	直徑 0.54mm 的尼龍纖維	
	直徑 0.40mm 的尼龍纖維	
7	直徑 0.54mm 的氧化鋁	鈣化的模擬 實驗材料
8	直徑 0.40mm 的氧化鋁	
9	直徑 0.32mm 的氧化鋁	
10	直徑 0.24mm 的氧化鋁	
11	直徑 0.16mm 的氧化鋁	
12	厚 2.00mm 的塑膠圓板	腫瘤的模擬 實驗材料
13	厚 1.00mm 的塑膠圓板	
14	厚 0.75mm 的塑膠圓板	
15	厚 0.50mm 的塑膠圓板	
16	厚 0.25mm 的塑膠圓板	

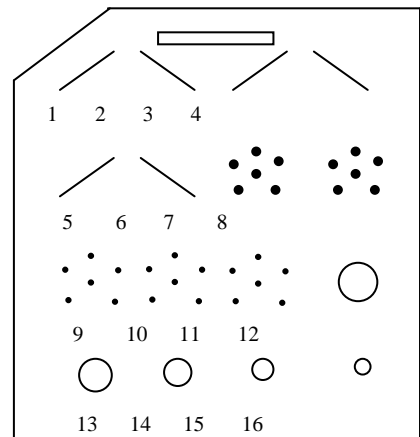


圖 3.RMI-156 型假體的概要

ACR 假體評分計點方法

1· 尼龍纖維實驗材料計分方法(合格標準：4 點以上)

- 可看見纖維組織全長，且其位置、方向正確，得分 1 點。

- 可看見纖維組織一半以上，且其位置、方向正確，得分 0.5 點。
2. 微小鈣化群實驗材料計分方式(合格標準：3 點以上)
 - 各微小鈣化群中，能正確識別 4 個以上微小鈣化點位置，得分 1 點。
 - 各微小鈣化群中，能正確識別 2- 3 個微小鈣化點位置，得分 0.5 點。
 3. 腫瘤實驗材料計分方式(合格標準：3 點以上)
 - 能識別腫瘤實驗材料位於正確位置，且於背景濃度中能清楚識別出其邊線，得分 1 點。
 - 能識別腫瘤實驗材料位於正確位置，而於背景濃度中無法清楚識別出其邊線，得分 0.5 點。

合格與否的判定標準為必須上述三項都達到合格點數，且得分 10 點以上。若得分在 10 點以上，但有任何一項未達標準，則為不合格。至於照片若有上述以外的特殊缺失情況時(例如：霧面、污損等)，則必須以評估者的立場給予改善建議。

3.結果

3-1 管電壓測定

圖 4 顯示，各管電壓的設定值和 X 光分析機的測定值、標準差值(SD)。設定值為 24 kV 時，平均測定值比設定值大約高 5%。設定值為 28 kV、32 kV 時，則約高出 2%。

3-2 半值層的設定

圖 5 顯示，半值層的測定結果，包含測定值和平均值及標準差值。三種不同電壓的半值層標準偏差都在 0.02 以下，所以 10 家院所的 X 光機有效能量可說都差不多。

3-3 空間劑量測定

圖 6 顯示，各電壓的單位 mAs 之曝露量測定值和平均值及標準差值。如以設定值在 24 kV，以其測定曝露量平均值求出的單位 mAs 之曝露量為基準，則電壓為 28 kV 及 32 kV 時，其劑量分別為基準曝露量的 1.7 倍及 2.5 倍。

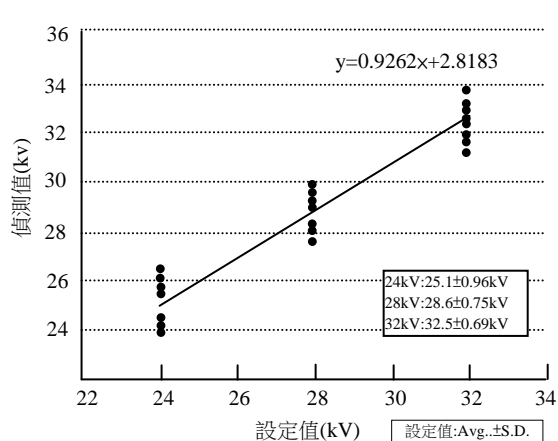


圖 4.管電壓的設定值與偵測值

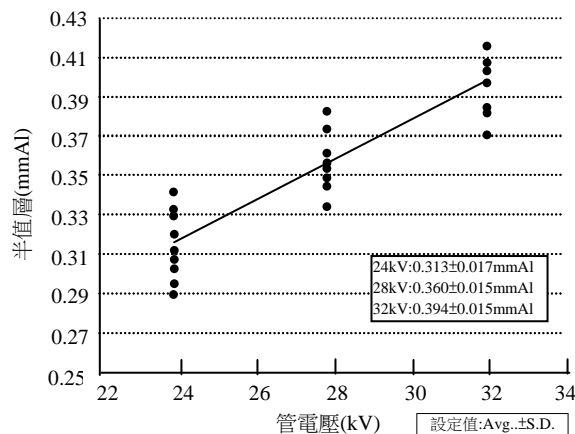


圖 5.管電壓與半值層

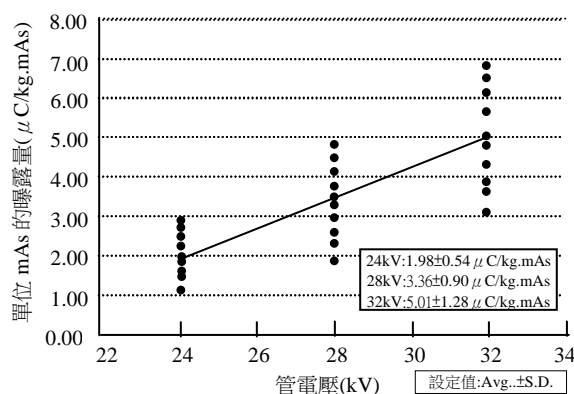


圖 6.不同管電壓時單位 mAs 的曝露量

3-4 假體影像的評估

假體影像的比較表，如表 2-a(自動攝影)、表 2-b(手操作攝影)所示。以各院所實際使用的電壓做 AEC 攝影後再進行評估，則 10 家院所中有 8 家合格；Manual 攝影評估結果，同樣是 10 家中有 8 家合格，沒有兩項都不合格的院所。

表 2-a. 影像評估一覽表(自動攝影)

院所	廠牌型號	管電壓 (kV)	mAs 值	纖維組織	鈣化	腫瘤	得分	合格	濃度
A.	BENNETT HFQ-450	25	53.8	0	2	0.5	2.5	×	0.33
B.	LORAD M-IV	25	108	5	4	4	13	○	1.29
C.	BENNETT DM-1500	24.5	91.5	5	3	2.5	10.5	×	1.15
D.	LORAD M-IV	26	144	5	3	4	12	○	1.45
E.	Senographe 500T	25	97.7	4	3.5	3.5	11	○	1.13
F.	Mammorex	28	75.3	4.5	3	3	10.5	○	3.02
G.	LORAD M-IV	25	104	4.5	3.5	4	12	○	1.13
H.	BENNETT DM-1500	25.5	186	5	3.5	4	12.5	○	0.99
I.	Senographe 800T	25	116	5	3	3.5	11.5	○	1.04
J.	LORAD M-IV	25	122	5	3.5	3.5	12	○	1.62

表 2-b. 影像評估一覽表(手操作攝影)

院所	廠牌型號	管電壓 (kV)	mAs 值	纖維組織	鈣化	腫瘤	得分	合格	濃度
A.	BENNETT HFQ-450	28	50	4	3	3.5	10.5	○	0.99
B.	LORAD M-IV	28	50	5.5	4	3.5	13	○	1.25
C.	BENNETT DM-1500	28	60	4.5	3	3.5	11	○	1.73
D.	LORAD M-IV	28	50	4	3.5	3.5	11	○	0.78
E.	Senographe 500T	28	50	4	3.5	4	11.5	○	1.29
F.	Mammorex	28	50	5.5	3	2.5	11	×	2.3
G.	LORAD M-IV	28	50	5	3	3.5	11.5	○	1.15
H.	BENNETT DM-1500	28	45	0	2.5	0	2.5	×	0.32
I.	Senographe 800T	28	50	4	3	4	11	○	0.93
J.	LORAD M-IV	28	50	5	3.5	3.5	12	○	1.36

【下期待續】

