

- 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、蔡昭明、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

今後必可共同確保人員、設施及環境得免於輻射源之影響。

▲原能會強化輻射源管理採行多項具體措施 (原能會訊)

原能會努力多年之游離輻射防護法終於完成立法且實施在即，原能會為配合該法之施行，同時因應國際上對輻射源管制嚴謹化之趨勢，另考量近來所發生之廠商輻射源遺失及鋼鐵廠誤熔事件，原能會為免除民眾對輻射安全之疑慮，乃積極深入檢討強化輻射源管理之措施。

經深入研討，共提出下列七類措施，訂定執行項目並限期完成，以達到國際上一流之安全管理：(一)健全管制法令規定，(二)充實精進管制資料庫，(三)嚴密掌握管理機制，(四)加強人員教育宣導，(五)強化鋼鐵業防範能力，(六)提昇應變處理能力，(七)吸取國外資訊經驗。共採行了十八項具體措施。

完善之輻射源管理政府責無旁貸，但仍需業者、從業人員及民眾之全力支持，原能會所採行之具體措施，即納入了所有相關人員之力量，

▲原能會發現鋼鐵廠誤熔輻射源之處理現況 (原能會訊)

一、發現經過

原能會為尋找台中縣信鴻鋼鐵公司遺失之輻射源，曾針對國內十九家熔煉鋼鐵廠進行環境輻射量測，三月二十九日核研所人員前往桃園縣新屋鄉聯成鋼鐵廠發現廠區特定位置有輻射偏高現象，經現場採集土壤樣品於四月一日完成分析後，發現有銻 137 放射性核種。原能會於四月一日中午接獲核研所電話通報後，對此至為重視，隨即於當日加派人員前往調查。

二、處理經過

(一)工廠內部分

1. 經以輻射偵檢器量測廠區之直接輻射劑量率，僅發現三處局部區域偏高，包括廢鐵爐渣區(表面最高每小時 0.35 微西弗)，集塵灰庫房(表面最高每小時 1.2 微西弗)及集塵灰庫

房門口地面(表面最高每小時 0.8 微西弗)。其他廠區均無輻射異常情形。

2. 針對上述三處局部區域進一步採集樣品進行分析，結果顯示廠內收集之塵灰中，銫 137 活度之最高值為每公斤 49180 貝克，高出環境中之預警值每公斤 740 貝克甚多，顯示曾有銫 137 誤熔之情形。

(二)工廠外部分

1. 經核研所派出輻射偵測車與人員以輻射偵檢器進行廠外附近周圍之直接輻射劑量率量測，結果均無異常情形。
2. 經於廠外二處採集土壤樣品，分析結果銫 137 活度值分別為每公斤 8.1 及 17.7 貝克，遠低於環境中之預警值每公斤 740 貝克。

(三)工作人員部分

已於 4 月 2 日安排該廠四名工作八年以上之資深人員(二名澆鑄，一名電爐，一名塵灰運送)赴核研所進行全身輻射污染計測，結果均無異常情形。其他有關工作人員將繼續安排計測。

三、初步研判

1. 經過各項檢測分析與現場調查塵灰收集袋之置放位置，推斷該工廠在三至五年前曾經發生銫 137 輻射源誤熔於熔煉爐，所幸銫 137 受熱汽化後絕大部分經集塵設備過濾集中處理，排放至廠區外的量非常微小。
2. 該工廠生產鋼胚之澆鑄設備上裝設有銫 137 輻射源，作為鐵水液位之測定控制，經查核其五具輻射源帳料均符合，可排除該工廠誤熔所持

有輻射源之可能性。研判誤熔之輻射源係夾雜於購自國內廢鐵的小型輻射源，其輻射強度不高，以致該廠之門框式車輛輻射偵檢器未能測出。

3. 銫 137 輻射源進入熔煉爐後，因其汽化溫度(攝氏 671 度)低於鐵之熔點，不會殘留於鋼鐵內，故不致產生輻射污染鋼鐵成品，也不會造成輻射污染鋼筋之情形。

四、相關管制措施

1. 原能會已要求聯成鋼鐵廠暫停塵灰外運，並調查以往塵灰外運處理情形。初步了解，該廠之塵灰均委託高雄某公司收集處理，原能會已派員至該公司了解，據表示購入之塵灰經添加氧化鐵及黏土材料後外銷至他國製作磁鐵或耐火磚。該公司目前為停工狀態，經測量廠區輻射劑量率，均在背景值範圍，無異常情形，另廠區取樣正分析中。
2. 要求聯成鋼鐵廠立即進行廠內外之輻射安全評估及事故之檢討改善，並應於一個月內提報書面報告。
3. 要求聯成鋼鐵廠儘速確定廠區污染範圍並提報清除計畫，經原能會核定後進行清除工作。
4. 原能會將進行完整之廠外環境劑量監測及水、土壤、植物之取樣分析，進一步確認環境安全狀況。

五、初步調查結果

1. 鋼鐵廠附近地區之直接輻射劑量率為自然背景值，並無異常情形，請地方民眾放心。
2. 鋼鐵廠鄰近地區之土壤試樣，有微量銫 137 核種，但遠低於預警管制

值，並無安全顧慮。

3. 鋼鐵廠廠區內有三處局部區域，其污染值超過預警管制值，原能會將要求廠方清除。其餘廠區無輻射異常情形，尚不影響該廠之營運。
4. 鋼鐵廠之四位員工全身計測，顯示並無異常情形。
5. 銻 137 輻射源之誤熔，不會污染鋼鐵成品，請民眾安心。
6. 此次事件顯示，國內輻防體系仍有潛在漏洞，原能會將展開全國輻射源總普查工作，並研擬具體措施強化輻射源之管理及鋼鐵廠之輻射偵檢制度。

▲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91年4月27日舉行九十一年度第一次「非醫用操作執照鑑定測驗」。本次測驗計有738人報考初級，18人報考中級，及格人數共有初級446人，中級10人，及格率分別為64%和77%，（詳細統計資料如附表）。

九十一年第一次非醫用操作能力鑑定測驗各類科成績統計表（四月）

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	158	146	98	67%
	中級	3	2	2	100%
非 密 封 放 射 性 物 質	初級	52	45	27	60%
	中級	2	2	1	50%
可發生游離 輻射設備	初級	490	471	297	63%
	中級	13	9	7	78%
動物用 x 光 機 設 備	初級	38	35	24	69%
合 計	初級	738	697	446	64%
	中級	18	13	10	77%

▲有關遺失的放射性物質美國核能管制委員會的提醒

(原能會 袁志強)

根據一項恐怖主義專家警告，自從 1996 年之後，美國商業及醫療設施，依據聯邦計算已經遺失 1,500 個

含有輻射源的儀器。而這些可以用來作攻擊美國任一個城市的“骯髒炸彈”。

美國核能管制委員會在一位麻薩諸塞州眾議員昨天發出的文件中說到，自從 911 恐怖份子攻擊後，從醫療診斷儀器到 x 光機放射性物質的遺

失事情已經隨著增加的疑慮被看到了，並且立刻採取了新的防竊措施。

美國核能管制委員會人員說，大多數的遺失項目含有少量的放射性物質，並且造成一些威脅。但是近年來已出現了幾件醫院遺失或失竊含有潛在致命數量放射性鈷及銫物質儀器的事件。

這些物質能包在一個傳統炸彈的四周——一種稱為“骯髒炸彈”的組合——並散播輻射至廣大的區域。

在麻薩諸塞州民主黨代表 Ed Markey 要求的報告中，美國核能管制委員會說：「美國核能管制委員會關切這個潛在的恐怖份子威脅，並且勸告它的持照者加強安全管制。」

美國核能管制委員會管制放射性物質的商業用途。它承認在 1996 年 10 月至 2001 年 9 月之間接到有 1,495 個遺失或失竊的報告。美國核能管制委員會說，大約 660 個遺失的項目——佔 44%——被找到，但是其餘的仍然沒有發現到。

美國核能管制委員會對涉入這些事件的 54 個公司及機構發動強制行動，並且對其中的 16 個處以罰款，罰金數百元到 5 萬元。

Markey——一個對聯邦核子安全預防經常的批評者說，這份報告強調一個較佳的防護措施及較嚴格的執行的要求。

「奧薩瑪賓拉登及卡達組織一直企圖獲得核子材料。我們知道製造一個骯髒炸彈是卡達組織聲稱的目標之一」，Markey 說，「在過去我們一直關切前蘇聯有『鬆散的核原料』，但看起來在這個國內我們也有同樣的問題。」

在昨天的約談中，一個美國核能管制委員會的發言人支持該會的執行紀錄，並強調大部分遺失的項目包含非常、非常少量的放射性物質。然而，美國核能管制委員會相信恐怖主義的風險已經足夠保證防竊新防護措施實施的必要性，發言人 Victor Dricks 說。

Dricks 說，「我們很認真的對待這個問題。」

遺失或失竊放射性物質在十幾年來一直是美國核能管制委員會及能源部嚴重關切及積極認知的問題。自 1995 年開始的庫存量判定該部門有好幾萬個放射性物質無法追查到，一個克林頓時期的能源部資深顧問 Robert Alvarez 說到。

Alvarez 說，許多遺失的項目（包括可以產生一個對直接受到輻射源曝露的人在數小時或數分鐘內會達致死的劑量的治療儀器），被送到垃圾場及廢鐵場去。Alvarez 說，今日放射性物質如此頻繁的出現在廢鐵場中以至於一些再處理場已經建立了輻射偵檢儀器。

Alvarez 說，「假如這些東西裡面的一個會被送到廢料場去，它也可能會被運送到恐怖份子的手中。」

▲核能研究所研發成功產業有機廢水處理技術可有效降低廢水污染之環保問題以及廢水回收循環使用的水資源短缺問題

(原能會訊)

近年來國內包括半導體等工業之快速發展，也因而伴隨著產生了許多事業廢棄物及各類有機廢水。其中各

類有機廢水若未能妥善處理，可能直接或間接地污染國內的環境生態，進而危害到民眾的健康。此外，全球氣候變遷導致降雨量不足，新水庫開發遭到民眾抗爭；近期，即傳出許多耗水量大之高科技產業面臨缺水及限量供水的窘境，已對政府呼籲「產業根留台灣」的訴求造成很大的衝擊。因此，無論以環保或水資源利用觀點來看，對於工業有機廢水的處理及提高水之利用，均為我國當前相當迫切的課題。

核能研究所藉由過去發展濕法冶金技術及放射性廢水處理的經驗，目前已成功開發出有效處理半導體等產業製程所產生之較高濃度有機廢水(<10%)的方法，可取代過去具高成本、費時、低效率及可能產生二次公害缺點之傳統處理技術；經處理後之水質不但符合環保法規排放標準，亦可回收再利用。核能研究所發展完成的技術結合了物理及化學的處理方式，先將廢水中所含不同有機成份進行分離，再配合自行發展的總有機碳降解程序，有效破壞廢水中的有機成份，使其符合環保法規所訂之排放標準(BOD<30 ppm、COD<100 ppm)，而處理後的廢水回收率可達 95%（依法規要求，半導體業未來新廠必須回收 85%之廠用水），然而處理成本僅為傳統處理方式的二分之一。由於本系統設備簡單、操作成本低，且無二次公害問題，頗受到業者關注；目前已有國內廠商與核能研究所合作開發半導體業有機廢水處理設備，並準備推廣至各半導體廠。

除半導體製程之有機廢水外，針對不同產業如表面處理業之有機廢

水、化工冷凝廢水、染整業廢水脫色處理、石化及塑膠業毒性有機廢液…等。核能研究所均已完成多項單元處理程序，可針對其不同成份及特性，而有完善之處理方法。對國內日益短缺之水資源問題，提供了一條可供選擇的解決方案。

▲義大利廢金屬輻射污染立法過程及經驗

(袁志強、劉文熙、陳煥東、蘇獻章)

一、立法過程

義大利是第一個允許輸入廢金屬的歐盟國家。早在 1990 年，流經米蘭市 (Milan City) 的波河 (Po river) 遭到銻 137 污染的事件，追蹤發現藍巴底區 (Lombardy Region) 的一些煉鋼廠不小心把銻 137 熔掉。但一直到 1993 年 7 月，義大利健康部才頒布命令。要求義大利邊境上的廢金屬運送需要輻射管制。

在 1994 年 5 月，健康部再度發布新命令，邀請地區部門遵守高等衛生委員會 (Superior Health Council) 的宣布。內容為：

- 須要送貨人提出再處理廢金屬的品質證明書。
- 收貨人在卸載廢金屬時須要執行輻射偵測管制。
- 相關部會須執行例行的監測作業。

在 1995 年新義大利輻射防護法的架構內 (其中含執行 1996 年 1 月 1 日生效的歐洲原子能總署游離輻射命令)，將監測廢金屬的工作須付諸於廢金屬作業廠商，條款內容也考慮到工業界及貿易界的作業廠商，但排除負責運送的作業廠商。

在 1997 年 6 月 Alfa Acciai 事故後，Lombardy 區發佈了一個緊急條文，執行輻射管制監測的責任，並詳細列出保護民眾、工作人員及環境，免於受到輻射物質融化掉風險的操作程序。

此條文要求下列的管制步驟：

- 在卸載廢金屬前必須對運送貨車、火車廂或貨櫃的外部作輻射測量。
- 廢金屬在卸載後或處理前必須作目視檢查以指認出可能的密封射源或包封容器。為了達到這個目的，人員必須接受教育以辨認可能包封容器的符號、標籤、記號及形狀。
- 在廢金屬融化後，對所有鑄鐵成品作適當靈敏度的放射性測量。
- 對塵灰處理系統內的渣滓及塵灰作適當靈敏度的放射性測量。
- 連續監測環境的放射性，並在污染最高風險的區域或人員佔用因子最高的地區設置警報。

二、發現七次污染案例並避免了一次事故

在 1990 到 1997 年內計有 7 個污

染案例被發現：

- 1990 年兩個設施的煉鋁廠及相關的廢料場遭到銫 137 污染。
- 1991 年一個未授權的鋁融化廢棄物傾倒場遭到銫 137 污染。
- 1991 年一些銅合金製造廠及熔解廠遭到銩 241 污染。
- 1993 年一部分 Brescia 及 Monitirone 貨物場遭到銫 137 污染。
- 1995 年一個在除役階段的鐵工廠灰塵遭到銫 137 污染。
- 1997 年 Alfa Acciai 鐵工廠遭到銫 137 及鈷 60 的污染。
- 1998 年一個廢料集中場土地遭到銫 137 污染。

1996 年 2 月，Veneto 區的內部海關在作例行的管制時，有一輛從捷克共和國開來的裝廢鐵火車被攔截下來盤查。因為在外部發現有很高的輻射劑量率。最大的劑量率為在一個表面外部 20 公分處約 380 mGy/h。此車廂被隔離並退回捷克共和國。據估計，這個射源強度高達 1.6 TBq。它可能是用來作食品照射用的。

□會議訓練報導

▲九十一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	91年06月04日至06月11日(甲組5)	清華大學	邱靜宜
"	91年06月04日至06月11日(乙組1)	清華大學	邱靜宜
"	91年06月18日至06月25日(甲組6)	高雄	邱靜宜
"	91年07月30日至08月06日(甲組7)	清華大學	邱靜宜
輻 防 班 第 5 5 期	91年08月12日至08月16日(第一階段)	高雄	李貞君
	91年09月02日至09月06日(第二階段)		
	91年09月30日至10月04日(第三階段)		
	91年10月28日至11月01日(第四階段)		
輻 防 班 第 5 6 期	91年09月16日至09月20日(第一階段)	清華大學	李貞君
	91年10月14日至10月18日(第二階段)		

91年11月11日至11月15日(第三階段)
91年12月09日至12月13日(第四階段)

◎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

▲ 行話淺譯

(輯協 翁寶山)

一、前言

輻射防護有許多所謂行話(jargon)，相當難懂。最近有人提出比較淺顯的術語，特引用並試譯於下。新術語是否適合國情，值得商榷。改變術語的名稱係引用卡布蘭(Stanley Kaplan)定理如下，卡氏是一位機率與統計學的先驅。

定理一、世界上 50% 的問題起因於人用同樣的字卻具不同的意義。

定理二、世界上其他 50% 的問題起因於人用不同的字卻具同樣的意義。

有人再加第三條定理(見本文的參考文獻)如下：

定理三、世界上有相當數量的問題起因於人用字卻不知其意義。

二、可加量和示強量

可加量(extensive quantity)依恃於所指物體的大小或規模，例如質量(千克)即為一可加量。物體愈大，質量愈重。示強量(intensive quantity)則與物體的大小或規模無關，常表為每米、每平方米、每立方米等，密度即為示強量的例子。新的形容詞用於示強量為：lineic(來自 line)、aeric(來自 area)、volumic(來自 volume)、massic(來自 mass)、mentic(來自 mole)。例如用 massic 又可避免用不確定的 specific，比活度(specific activity)改稱為質量的活度(massic activity)，而濃度(concentration)則改稱為體積的活度(volumic activity)。

三、建議改名

1. 保健物理(health physics)

改稱 輻射防護或輻射安全。

2. 體內曝露(internal exposure)

改稱 (1)攝入(intake)，指處於攝取物質的事件。

(2)來自體內放射性的劑量，指由於攝入的劑量而導致的。

(3)由體內放射性的照射，指正在受身體內放射性物質的照射。

3. 體內劑量測定術(internal dosimetry)

改稱 攝入劑量測定術。

4. 沉積(deposition)

改稱 保留量(retained quantity)，替代名詞：身體負擔(body burden)、器官負擔(organ burden)。指在身體、或器官、或組織內活度的量。

5. 體內的沉積(internally deposited)

- 改稱 體內的保留(internally retained)。
6. 子核(daughter)
改稱 衰變產物(decay product)或後代(progeny)。
7. 慢性效應(chronic effects)
改稱 慢性曝露的效應或遲延效應(delayed effect)，視其義而定。
8. 遺傳效應(genetic effects)
改稱 可遺傳的不良健康(heritable ill-health)。
9. 劑量 ■ 回應(dose-response)
改稱 劑量 ■ 回應模型、關係、或功能(function)。
10. 衰變(decay)
改稱 躍遷(transition)，指在原子核內的量子力學上的改變。
11. 蛻變(disintegration)
改稱 躍遷，指在原子核內的量子力學上的改變。
12. 變化(transformation)
改稱 躍遷，指在原子核內的量子力學上的改變。
13. 累積活度(cumulated activity)
改稱 躍遷的次數。
14. 平衡吸收劑量常數(equilibrium absorbed-dose constant)
改稱 每躍遷的能量吸收。
15. 射線(ray)
改稱 粒子(阿伐、貝他)；光子(X射線、加馬)，或光子、中子等。
16. 重擊試驗(swipe test)
改稱 擦拭試驗(wipe test)
17. 弄髒(smear)
改稱 擦拭(wipe)試驗
18. 劑量率(dose rate)
改稱 輻射水平(radiation level)，指與公眾溝通時用。
19. 活度(activity)
改稱 (1)放射性物質的量，指與公眾溝通時用。
(2)(放射性物質)躍遷率的(期望值)。
20. 曝露(exposure)
改稱 (1)曝露，指其原由，例如曝露於鈾。
(2)效應，指照射。
(3)潛在阿伐能量曝露，指曝露於氫後代，表為焦耳·小時/立方米或工作基準月。
(4)空浮放射性曝露，指曝露於空浮放射性物質，表為濃度標準與曝露時間的乘積，例如推定空氣濃度·小時。
(5)質量的游離(massic ionization)，指單位質量的電荷，表為庫侖/千

克。

21.曝露率(exposure rate)

改稱 質量的游離率，表為安培/千克

22.吸收劑量(absorbed dose)

改稱 質量的能量，表為戈雷或焦耳/千克。

23.吸收劑量率(absorbed dose rate)

改稱 質量的功率(massic power)，表為戈雷/秒或瓦特/千克。

24.臨界水平(critical level)、決定水平(decision level)

改稱 假警報水平(false alarm level)，指最低可用的行動水平。

25.偵檢水平(detection level)、偵檢低限(lower limit of detection)、最小可偵檢量(minimum detectable amount)

改稱 廣告水平(advertising level)或預期系統能力(expected system capability)

參考文獻：

1. D.J.Strom and C.R.Watson, "On Being Understood : Clarity and Jargon in Radiation Protection," **Health Phys.** **82**, 373-386 (2002)

▲為興奮效應一詞定義

(核研所 劉學綯)

輻射生物學的研究領域中，近年來被廣泛討論的議題之一，是有關低劑量輻射造成的興奮效應(Hormesis, 又稱激效)。興奮效應的概念是什麼？它在生物學上的意義為何？其特性或機制如何？卻有莫衷一是的看法。美國低水平曝露生物效應委員會 (Biological Effect of Low Level Exposure, 縮寫 BELLE) 在 2002 年 2 月發行的簡訊(Newsletter)，刊登了 Calabrese 氏與 Baldwin 氏撰寫的文章，試圖為興奮效應一詞定義。該刊編輯人員也歡迎相關人士對此提出意見。如果您有不同的看法，也可去函說明。

這篇文章定義的興奮效應並不限於輻射效應，也不討論興奮效應是利還是有害。其實是利或是弊，本來就依不同的觀點或立場而異。所以該文僅以科學角度來闡述這個問題。

何謂興奮效應

興奮效應是一種應答性反應 (Adaptive response)，其特徵是某種表徵會依刺激的幅度與大小，而呈雙向性的劑量反應 (Biphasic dose response)。這種反應可以是由刺激直接引導出來的，或是起源於因自身恆定性 (Homeostasis) 遭到破壞後，補償性生物作用的結果。所以興奮效應可分為直接刺激興奮效應 (Direct stimulation hormesis)，以及超補償興奮效應 (Overcompensation stimulation hormesis)。

超補償興奮效應

為應答低量的壓迫或損傷，結果增強了一些生理系統在有限期間內的適應性(fitness)，或在特殊環境下長期的適應性。這個結果是對恆定性被破壞而衍生的適度的超補償。這類興奮效應的特性如下：

- 一、自身恆定性破壞
- 二、適度的超補償

三、重建自身恆定性
四、過程有應答的性質
直接刺激興奮效應

這類興奮效應包含了一些有期限的表徵，但未觀察到超補償作用。當然，這種反應與劑量也呈雙向性特質。

事實上，觀察直接刺激興奮效應的指標可能視刺激的幅度與大小而與超補償興奮雷同。這表示直接刺激興奮效應與超補償興奮效應可能經由相同的生物調節系統，且受限於相同的資源與可塑性。只是造成直接刺激興奮效應的起始作用並非由於自身恆定性的破壞，而是正常的功能操作，使代謝作用稍微越域。

直接刺激興奮效應可能涉及較少資源，也沒有明顯的損傷要克服，所以是一種穩定狀態的適答，反映正常生理的機動狀態。

根據以上的定義，許多對游離輻射產生的應答反應都有雙向性劑量曲線，例如輻射造成 DNA 的損傷，會使細胞的修復能力增強，也有研究指出低劑量輻射加強了細胞的抗氧化功能。但是若觀察造成突變的頻率，就很難說低劑量輻射是否會降低突變率。

雖然興奮效應的觀察指標是可以定性及定量的。但是興奮效應的刺激範圍常常只是對照組的 30-60%，在實驗中很難區分真的是興奮效應，還是在正常的變異範圍。如何選擇觀測指標，實驗設計與數據統計方式等都是要考慮的重點。如果對輻射的興奮效應研究著重於其機制的探討，以科學證據提供輻射防護依據，應更為實際。

▲血管再狹窄之近接放射線治療介紹
(彰化基督教醫院 林招鵬)

【接續 54 期】

(1)放射性抗阻塞器：Palmaz-Schatz stent, 磷 32

放射性抗阻塞器是最早在 PTCA 後用來做為血管再狹窄治療的概念，其作用機制是利用其鷹架式的機械構造將阻塞部位撐開，減少外膜收縮所造成的血管重塑性 (remodeling) 再狹窄情形，同時利用放射線抑制平滑肌細胞所造成的內膜增生性再狹窄情形。較普遍的放射性抗阻塞器是 Palmaz-Schatz 抗阻塞器，利用離子佈植方法將磷 31 植入抗阻塞器金屬線上，再經中子活化後成為可放出 β_{max} 為 1.71 MeV，平均 β 能量為 0.695 MeV，半衰期 14.3 天的磷 32 射源。由於抗阻塞器射源形狀因素，劑量在管壁的分布僅在 1mm 深以下會達均勻，約在中膜與外膜交界附近，所以在抗阻塞區內平滑肌細胞所接受的劑量不是均勻的，在 0.1mm 深 0.5 μ Ci，15mm 長的抗阻塞器在一個半衰期內劑量最大值為 2500 cGy(支柱線下)，最小值為 800 cGy (支柱線間)。Carter 等人的長期 (6 個月) 動物實驗顯示，過高的放射活度 ($\geq 3 \mu$ Ci) 會增加粥樣化的新生內膜組織 (atheromatous neointima) 生成。IRIS (Isostent Restenosis Intervention Study) 臨床試驗第一期施行 0.5 至 1.0 μ Ci 於 32 位病人，結果發現血管再狹窄機率沒有顯著差異，故該劑量不足以抑制冠狀動脈新生內膜增生。此外經食品與藥物管理署(FDA)通過

的 0.75 至 3.0 μCi 磷 32 BX™ 抗阻塞器對 50 位病人的臨床試驗正在進行中。

(2)Best 系統：手動裝置 銱 192 桿狀射源

Best 公司與 Scripps 臨床研究團體合作研發的銱 192 血管近接治療系統，已經 FDA 核准，其由獨立的桿狀不鏽鋼容器（0.05 公分直徑，0.3 公分長，厚 0.02 公分）裝填 30% Ir 與 70% Pt 混和物。獨立之射源可以嵌入導管中形成 2 至 10 公分放射線段，每一獨立放射種活度可選擇在 0.1 至 30mCi，放出治療使用的 γ 射線能量在 0.14 至 1.06 MeV，平均能量為 0.37 MeV。典型給予離射源中心 3 mm，800 cGy 劑量的冠狀動脈近接治療所需時間約為 15 至 20 分鐘。因此適當的輻射屏蔽設備以保護周遭醫療人員是必須的。

由 Paul S. Teirstein 等人的 SCRIPPS(Scripps Coronary Radiation to Inhibit Proliferation Post-Stenting)臨床試驗，雙盲隨機試驗 26 位病人接受 0.76 mm 放射種銱 192 射源，29 位病人接受安慰劑 (placebo)，病人於 6 個月後接受血管攝影，發現銱 192 組織延遲性管腔損失 (late luminal loss) 明顯低於安慰劑組 (0.38 mm:1.03 mm, $p=0.009$)，因此該試驗顯示銱 192 具顯著臨床效用。

(3)Novoste™ Beta-Cath™ 系統：銱 90 射源

Novoste 系統利用注射筒注射 20 cm^3 生理食鹽水推動前端的銱 90 射源到達導管末端血管近接治療部位，推進時間約在 3 秒鐘左右，同時治療時間 3 至 5 分鐘。由於 β 在短距離內衰

減劇烈，必須有適當的裝置使得治療血管周圍劑量分布不至於差異太大，該系統使用被動式置中裝置 (centering device)，即選用與血管大小相當的導管，一方面使血流能流過，一方面也不至使射源過於靠近一側管壁或遠離另一側管壁而使劑量差異過大。

Spencer B. King III 等人之 BERT I(Beta Energy Restenosis Trial I)臨床試驗使用該系統於 20 位病人，病人於血管擴張術後立即施行血管近接治療，照射部位超過阻塞處理部位以保證該處完全接受放射線治療，劑量定義在距導管表面 2 mm 的位置，分別在 2 分 20 秒至 3 分 44 秒之間，給予劑量 12，14，16 Gy。最小管徑在血管擴張術前為 0.78 mm，術後為 2.16 mm，6 個月追蹤為 2.11 mm，僅有三人符合 50%管徑損失的血管再狹窄定義，其中一人完全阻塞。實驗結果顯示 β 血管近接治療具臨床效果。

(4)Guidant 系統：磷 32 β 線射源

Guidant 系統利用一 0.018 吋彈性導線將長 27 mm 的磷 32 射源包覆在導線末端內，磷 32 最大 β 能量為 1.71 MeV，半衰期 14.3 天，所以約經兩個半衰期即需更換射源。該系統的射源輸送單元為自動式，可以自動定位、劑量計算、及射源傳送與拉回。置中裝置為特殊設計的螺旋型氣球，該設計使得導管在極度彎曲的血管中依然能保持於血管中央，同時由於其螺旋型設計，可以允許近接放射治療中血液流通經過，避免照射時間過長造成組織未受滋養而受損。

動物實驗於 1996 年由 NeoCardia 研究小組使用該系統的 27 mm 磷 32

線射源及螺旋置中裝置於 76 隻實驗豬上治療其冠狀動脈，施行劑量在 7 至 36 Gy 之間，定義於血管壁 1 mm 深處，實驗結果發現最有效劑量在 14 與 26 Gy 之間。臨床試驗，PREVENT(Proliferation Reduction with Vascular Energy Trail)，對 72 位 PTCA 與植入抗阻塞器病人進行隨機盲試驗，劑量 16、20 與 26 Gy 定義於血管壁 1 mm 深處，截至目前為止，6 個月的追蹤報告仍未完成。

(5)液態放射性射源：銻 188 β 液態射源

由於固態 β 射源需特殊置中裝置以避免劑量分布不均的問題，且需另外購置射源傳輸機器，液態射源的構想則可以在目前血管擴張術的技術與設備範圍內，較容易的進行劑量均勻分布、且無須添購任何附加設備的血管近接治療。該系統利用與核醫藥物類似之汲取裝置，藉由生理食鹽水沖洗銻 188 與銻 188 射源，經分離與濃縮過程使銻 188 比活度達到 500-1000 mCi/mL，放出 β 最大能量 2.1 MeV，半衰期 16.9 小時。該射源於血管擴張術時注射入氣球內，一方面施行血管擴張術一方面進行血管近接治療術。該系統較受人爭議點在於氣球破裂所造成病人之劑量負擔，該事件發生機率不超過 0.01%，倘發生則劑量不超過一次核醫檢查之量。

動物實驗施行劑量 11 及 25 Gy 於豬的左冠狀動脈，結果發現 25 Gy 組之新生內膜組織顯著減少，11 Gy 組則無顯著改變。臨床試驗由 CURE (Columbia University Restenosis Elimination) 進行，由該液態 β 射源系統治療 25 位病人，截稿為止試驗

尚在進行中。

(6)氙 133 氣態射源

氙 133 是少數經數十年臨床經驗認為是安全的放射性同位素。通常其與 95% CO₂ 一起混和使用，或溶於生理食鹽水做功能性通氣造影 (functional ventilation image) 或腦部灌注造影 (brain perfusion image)。其半衰期 5.3 天，放出 β_{\max} 360 keV 及低能 γ 81 keV 與 32 keV。通常不管是吸入或注射入人體內，氙 133 不易溶於血液且很快經由肺臟排出，生物半衰期約僅 23 秒，不會造成任何傷害。是以其具有安全、劑量分布均勻且操作方便等優點。在典型充入 350 mCi 的治療射源強度下，劑量率可達每分鐘 4 至 5 Gy，符合臨床所需。

動物實驗充入該射源 10 atm 於 2.5 或 3.0 直徑的氣球內，治療 LAD、LCX 及 RCA 等冠狀動脈，充氣時間在 30 秒內，給予劑量 7.5 Gy、15 Gy 及 30 Gy。兩星期後觀察結果發現 LA(luminal area)、AA(adventitia area)、MIT(maximal intimal thickness)、IA(intimal area)均顯著減少， $p < 0.0001$ 。臨床可行性試驗將於 1999 年進行。

結語

血管內近接治療已在歐美形成一股熱潮，目前一些臨床試驗及動物實驗皆顯示出放射線對血管再狹窄之預防或治療存在正面效果，但目前截稿為止尚未有一些較長期的追蹤報告，說明放射線對血管或心臟的延遲效應結果。此外，劑量學上存在許多需統一與修正之處，例如：劑量定義點 (該部分已由 1999 年 TG60 號報告建議對導管式線射源定義在距射源中心

2 mm 處，其他不同深度處之劑量皆歸一至此處)、 γ 與 β 劑量率差異所造成之劑量差異有無修正必要、血管中存在粥樣塊時造成劑量分布影響如何評估、放射性抗阻塞器劑量如何定義…等，皆須醫師、放射物理學家、

醫學物理學家加以努力的。另外在血管輻射生物的範疇，則有更多問題待研究包括劑量率效應、細胞修復週期、含氧狀態、最佳治療時間…等，也需許多醫師、輻射生物學研究人員的努力。

- 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 字內為佳。
- 3.歡迎訂閱(每年六期 180 元)。請洽：李孝華小姐 TEL：(03)5722224。