

# 輻射防護簡訊

第 172 期

出刊日期 111 年 12 月 15 日



本圖引用自原能會核能研究所

## 本期內容

### CONTENT

<b>消費性產品的輻射安全-氙燈管產品</b>	<b>1</b>
為強化某些消費性產品的功能，產品中會摻入少量放射性核種。考量這種消費性產品提供民眾使用的輻射安全。筆者參考國際報告與自身經驗，以氙燈管產品為例說明。	
<b>含放射性之消費性產品的輻射安全與供應商的責任</b>	<b>3</b>
某些消費性產品中會摻入少量放射性核種，考量這種消費性產品本身的輻射安全，以及製造商與經銷商需承擔的責任。筆者參考國際報告與自身經驗撰文說明。	
<b>訓練班課程</b>	<b>6</b>
公告本會各項訓練班開課時間	
<b>輻協新聞廣場</b>	<b>7</b>
各項證照考試資訊、國內產官學界最新消息、以及近日全球輻防新聞	
<b>放射性藥物輻射防護守則</b>	<b>11</b>
隨著醫用游離輻射不斷發展，放射性藥物越來越多應用於透過新型放射性核素、化合物、示踪分子和給藥技術治療各種癌症，醫用輻射防護成為輻防領域的重要課題之一。	
<b>淺談放射性藥物的應用</b>	<b>14</b>
放射性藥物(radiopharmaceutical) 是利用放射性同位素標記的化學和生物特性，經公認並核准為人類核醫藥物的醫療用途，在臨床核醫學之應用有診斷和治療兩類。	

## 消費性產品的輻射安全-氚燈管產品

作者 李境和  
義守大學助理教授(退休)

為了提升人類生活福祉與安全，生產廠商會強化某些消費性產品的功能或特殊物理或化學特性，而故意摻入少量放射性核種，例如使用發光塗料或含有氣態氚光源的放射發光物品，如鐘錶(圖 1)、導航儀器(圖 2)、手電筒、釣魚浮標和新奇物品(如鑰匙圈)、武器瞄準具等。少量低活度氣態氚光源的使用，正逐漸擴大在消費性產品中。



圖 1 含氚光源的手錶



圖 2 夜光羅盤儀方位計

筆者以氣態氚燈與夜光功能手錶為例說明其放射性核種於消費性產品中應考量的事項與做法[1]，介紹如下：

### 氣態氚燈設備

氣態氚燈光源由一個密封玻璃管、內部塗有磷光材料 (phosphorescent material) 並充滿氚氣體所組成。從氚射出的 $\beta$ 粒子與塗層相互作用並產生輻射螢光 (radioluminescence)。這些燈

管安裝在各種產品中，用於照明。這種產品被稱為氣態氚燈設備。多年來，氣態氚燈設備已供民眾使用，最常見的產品是指北針。氣態氚光源的過去應用，受到製造具有精確氚活度的小型氣態氚光源的困難度所限制。然而，使用氣態氚燈設備的釣魚浮標和使用氣態氚燈設備數量有限的數字手錶，都已經上市。技術的最新進展，現在允許製造體積非常小的氣態氚光源，其尺寸直徑小至 0.5 毫米，長小至 1.3 毫米。這些氣態氚光源安裝在一系列現代腕錶的錶盤和指針上。它們還用於遙控鑰匙、地圖燈和指北南針。

1970 年代氣態氚光源在一系列應用中的廣泛使用，促使 OECD/NEA 制定並發布了氣態氚燈設備的構造標準。受到氣態氚光源輻射的體外曝露傷害是可忽略不計的，主要的曝露途徑是當氣態氚光源破裂時氚化水蒸氣的吸入。少量的氚也可能從完整的設備中逃逸出，並可能經由皮膚的吸入或吸收。



由於這些原因，OECD/NEA 的標準著重在氣態氚燈設備的構造、氚的活度和在氣態氚光源中氚化水 (tritiated water) 的百分比。該標準於 1992 年由 NRPB 審查並發布為國家標準，也專門規定氣態氚光源在手錶和指北針中的使用。

在 GSR 第 3 部分中氚的豁免總活度為 1 GBq ( $1 \times 10^9$  Bq)。從符合規定要求的手錶或指北針，對民眾可能的輻射劑量之評估，顯示可能的劑量是遠低於正常使用下  $10 \mu\text{Sv/a}$  及低機率(事故)情節下 1 mSv 的豁免劑量標準。因此，在此評估的基礎上，即使手錶和指北針中氚含量遠高於 1 GBq 的活度也可以滿足豁免劑量標準。

使用氣態氚燈設備的許多現代氣態氚光源，具有的活度遠低於 1 GBq。現在製造用於表針和錶盤的非常小氣態氚光源的個別活度約為 0.1 GBq，而一個手錶中的總活度通常保持在 1 GBq 以下。鑰匙扣和指北針也採用了類似的方法。如果此措施被認為是正當的且總活度小於 1 GBq 的豁免值，管制機關在無需進一步考慮下，應豁免此類氣態氚燈設備提供給民眾的法規管制之規定。在氣態氚燈設備的總活度若超過 1 GBq 的情況下，只要安全評估證明個人劑量在正常使用下小於  $10 \mu\text{Sv/y}$  和在低機率(事故)情節下小於 1 mSv/y，也可豁免法規管制。

### 夜光手錶

放射性物質與磷結合，產生放射性螢光塗料是放射性物質最早用途的一種。最初用於產生螢光目的的放射性物質是  $^{226}\text{Ra}$ ，但在 20 世紀下半世紀，此放射性核種的使用逐漸被淘汰，採用了本質上更安全的放射性核

種，主要是  $^{147}\text{Pm}$  (promethium, 鉈) 和氚。含有氚或  $^{147}\text{Pm}$  的螢光塗料仍在使用中，且許多現代手錶型號在錶盤上加入了放射螢光標記。潛水員使用的某些手錶在錶盤外面有一個旋轉表圈 (rotating bezel)，有一放射性標記在表圈的零點上。

ISO 標準 3157:1991，時間測量儀器的放射性螢光 - 規格，提出固定在鐘錶上的放射性沉積物之要求和測試方法。該 ISO 標準還規定了可用在單個項目內氚或  $^{147}\text{Pm}$  的最大允許活度。這些值對氚是  $^{277}\text{MBq}$  和對  $^{147}\text{Pm}$  是 5.5 MBq，兩者都低於 GSR 第 3 部分中的個別豁免活度值 1 GBq(氚)和 10 MBq( $^{147}\text{Pm}$ )。符合 ISO 標準的手錶，得出的劑量評估結論，滿足在正常使用下  $10 \mu\text{Sv/y}$  和在低機率(事故)情節下 1 mSv/y 之豁免劑量標準。

只有當措施首先被認為是正當的，才可考慮豁免法規管制。監管機構應對滿足 ISO 標準 3157:1991 或符合管制機關認可的其他標準之型號，給予核准的類型，豁免提供給民眾的放射性螢光鐘錶的法規管制之規定。具有較高活度的鐘錶，如果安全評估顯示它們符合豁免劑量標準時，則應豁免於法規管制。

### 安全管制

管制機關可參考 IAEA 安全標準叢書編號 GSR 第 3 部分之建議，訂定豁免劑量標準為消費性產品在正常使用下個人劑量不超過  $10 \mu\text{Sv/y}$  且在低機率(事故)情節下一年不超過 1 mSv，訂定產品內各核種的豁免活度及豁免活度濃度。另外應注意的是消費性產品製造過程，製造工人的輻射曝露係屬於計畫曝露，工人的年有效劑量與器官等

價劑量應受到游離輻射安全防護的約束。管制機關有責任建立消費性產品供應商對消費民眾負責任，使民眾能安全地使用這些消費性產品並維護環境安全。

## 參考文獻

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
- [2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Radioluminescence for Time Measurement Instruments — Specifications, ISO 3157:1991, ISO, Paris (1991).

# 含放射性之消費性產品的輻射安全 與供應商的責任

作者 李境和  
義守大學助理教授(退休)

## 1. 某些燈和燈啟動器

高強度放電燈以節能的方式產生高強度的明亮白光。這些燈大量用於街道照明，也提供給民眾用於汽車前照燈和其他高強度照明應用。這些燈含有少量的<sup>85</sup>Kr 或釷，有助於在燈內產生電弧(arc)。個別燈的總活度取決於燈的型號。對於含有<sup>85</sup>Kr 的燈，不超過 GSR 第 3 部分中的總活度豁免值和活度濃度豁免值。然而，在某些含有<sup>232</sup>Th 的燈具中，雖然單一品項的總活度低於豁免值，但活度濃度超過了 10 Bq/g 的豁免值。



圖 1 含 <sup>85</sup>Kr 氣體的高強度燈

熒光燈中的啟動器含有少量的氬或<sup>85</sup>Kr，以促進燈的啟動。在單一啟動器中氬或<sup>85</sup>Kr 的活度通常不超過 500 Bq，這分別遠低於 1 GBq 和 10 kBq 的豁免值。

英國健康保護署 (The United Kingdom Health Protection Agency) 已對高強度放電燈和熒光燈的運送和使用引起的可能劑量進行了評估，並發布了關於其回收和處置的進一步報告。健康保護署的報告得出結論，可能的劑量滿足豁免劑量標準，在正常使用情況下 10 μSv/y 和低機率(事故)情節下 1 mSv/y。

對於滿足總活度或活度濃度豁免標準的所有燈具和啟動器及其使用，是被認為具有正當性，管制機關在無進一步考量應豁免提供它們給民眾的法規管制。在多個單元的情況下，例如在配送前之倉庫貯存的單元，決定是否需要法規管制及管制的程度應基於安全評估之結果。

鑑於措施的規模和國際之範圍，及在



其他型號的燈具中使用更高活度和不同放射性核種的可能性，管制機關應繼續審查此措施，制定燈具和燈啟動器的國家和國際的建造和測試標準，且盡可能獲得進一步的安全評估。這對具有放射性核種活度或活度濃度大於豁免值的燈具尤其重要。

## 2. 鈦鎢焊條

使用氬氣等惰性氣體覆蓋焊接電弧(welding arc)的環境，以防止氧氣和氬氣的侵入，為鋁、鎂和其他活性金屬提供了一種實用的焊接方法。鈦鎢焊條用於焊接行業。鈦以氧化鈦的形式添加到鎢焊條中，用於鎢惰性氣體電弧焊接。添加鈦改善電弧和焊接特性，且延長電極的使用時間。然而，鈦是一種天然放射性元素，因此可能會造成輻射危害。

焊工在使用鈦鎢焊條進行焊接和研磨操作時可能會無意中受到輻射曝露。研磨過程中吸入粉塵微粒是主要問題。



圖 2 不同粗細的鈦鎢焊條

藉佩戴防塵面罩和任何其他適合此類操作的個人防護設備、使用有效的排氣系統以及在可能的情況下使用預研磨的鈦鎢焊條，可以大大降低研磨造成的輻射危害。

平均而言，全職焊工一年內接受的約定有效劑量遠低於 1 mSv。但是，在某些情況下，可能會超過此劑量。應更詳細地描述可能導致較高劑量的因素，並加以防範以減少體內曝露與體外曝露。

如果這種做法被認為是正當的，且總活度小於  $^{232}\text{Th}$  的豁免活度值 10 kBq 則管制機關無進一步考慮下，應豁免鈦鎢焊條提供給民眾的法規管制。在鈦鎢焊條的總活度超過 10 kBq 的情況下，如果安全評估證明符合在正常使用下個人劑量不超過 10  $\mu\text{Sv}/\text{y}$  且在低機率(事故)情節下一年不超過 1 mSv，則仍應授予豁免法規管制。

### 3. 供應商的責任

政府或管制機關有責任建立消費性產品供應商對民眾的責任。管制機關規定的責任應涵蓋產品在提供之前的適當貯存、產品標籤、提供有關其使用

和處置的說明及銷售點的標籤。管制機關如認為合適，應規定額外的責任。供應商可分為製造商、進口商、分銷商、零售商，應負有不同的責任。

#### 3.1 製造商或進口商的責任

1. 製造商應負責向管制機關申請製造和提供消費性產品的核准。

2. 製造商應向相關管制機關申請新型消費性產品的正當性。這將涉及提供廣泛的資訊，包括產品的建議結構的詳細資訊、射源放射性核種及其活度、製造過程中工人及民眾使用期間的劑量評估、處置選項及處置後果的劑量評估。

3. 製造商應確保消費性產品的製造符合相關國際設計標準或管制機關認可的其他標準。

4. 製造商應負責安排相關標準中規定的任何類型的試驗。

5. 製造商應在銷售消費性產品的特定市場，應確保以適當的語言為每一品項提供適當的說明。說明應包括正確的操作、安全注意事項及當消費性產品不再使用時應遵循的程序等資訊。對於那些必須回收而不是當作廢棄物處理的消費性產品，應提供資訊說明應將廢棄的消費性產品送往回收的地方。在適當的地方，說明還應包含警告不可拆卸產品，這可能導致接觸到射源。雖然某些消費性產品不太可能需要說明其使用和處置，但提供使用者有關產品放射性含量和從射源低危害的資訊仍然是有益的。

6. 進口商還應滿足有關消費性產品貯存、分銷和供應的任何核准要求。對於消費性產品直接經國際網路提供給民眾，銷售該消費性產品的公司應當

負責滿足該消費性產品提供和銷售所在國的管制要求。

7. 製造商或進口商對大量單獨豁免的消費性產品之運送，都應按照 IAEA 運送規則執行。

8. 製造商或進口商對消費性產品應確保按照管制機關的要求對產品進行充分的標籤。雖然某些消費性產品含有的放射性核種只有非常低的活度，且在正常使用或誤用的個人劑量是微不足道的，但這並不排除警告使用者的要求，此產品含有放射性物質並建議不要濫用或拆除。

9. 含有放射性射源活度大於 GSR 第 3 部分中規定的活度豁免值之消費性產品，應永遠貼上標籤警告使用者此產品存在放射性物質。這一要求已經被納入最常見產品的相關標準中。

#### 3.2 分銷商的責任

1. 分銷商應根據消費性產品的性質和國家法規，獲得貯存消費性產品的核准。對於某些消費性產品，特別是那些含有放射性射源且活度超過豁免值者，管制機關應考慮需要限制運送品項的數目及貯存的條件，例如在一個位置可貯存的最大品項數目。

2. 分銷商應保存有關貯存要求和處理火災緊急計畫的文件。分銷商和供應商應與管制機關確認需要持有哪些資訊。

3. 分銷商對大量單獨豁免的消費性產品之運送，都應按照 IAEA 運送規則執行。

#### 3.3 零售商的責任

1. 零售商應保存有關貯存要求和處理火災緊急計畫的文件。

2. 零售商應確保含有放射性射源活度大於 GSR 第 3 部分中規定的活度豁免值之消費性產品，應永遠貼上標籤警告使用者此產品存在放射性物質。

3. 管制機關還應考慮要求這些消費性產品在銷售點貼上標籤，明確說明此消費性產品含有小的射源。雖然管制機關不應試圖影響消費者決定遠離被認為正當的且已核准提供給民眾的消費性產品，但在外箱或展示架上貼標籤可能有助於告知消費者的選擇，類似於食品標籤的方式。

4. 零售商應提供給民眾有關消費性產品處置時有關任何需要限制的資訊。

### 結論

管制機關可參考 IAEA 安全標準叢書編號 GSR 第 3 部分之建議，訂定豁免劑

量標準為消費性產品在正常使用下個人劑量不超過 10  $\mu\text{Sv/y}$  且在低機率(事故)情節下一年不超過 1 mSv 及訂定消費性產品內各核種的豁免活度及豁免活度濃度，供製造商與進口商依循。

雖然消費性產品提供民眾使用具有正當性，但製造商在消費性產品的設計和製造中，特別是要使用的射源及其活度之選擇，應充分考慮其最佳化；並進行輻射安全評估，將詳細資料提供管制機關審查。

消費性產品製造過程，製造工人的輻射曝露係屬於計畫曝露，工人的年有效劑量與器官等價劑量應受到游離輻射安全防護的約束，而不屬於豁免劑量。

管制機關在審查消費性產品的正當性，應建立審查機制，才容易達到客

觀審查。管制機關對消費性產品之管制，可採分級方法(graded approach)管制，將更多的注意力和資源集中在那些具有更顯著風險的措施上，以達到管制資源的有效應用。因此，對劑量可忽略的消費性產品及已核准類型的消費性產品，可採豁免管制；對低到中等輻射風險的消費性產品，可採登記備查的管制；對具有或可能具有相對較高輻射風險的消費性產品，可採核准的方式管制。

管制機關有責任建立消費性產品供應商(製造商、進口商、分銷商、零售商)應對消費民眾負責任，供應商也應遵守管制機關的規定並確實執行，使民眾能安全地使用這些消費性產品並維護環境安全。

## 參考文獻



- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014).
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety for Consumer Products, IAEA Safety Standards Series, No. SSG-36, IAEA, Vienna (2016).



## 訓練班課程(111 年度)

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

**A3 高雄** 文化大學推廣部  
8 月 03 日~8 月 10 日

B 組 18 小時-登記類

**B19 高雄** 文化大學推廣部  
9 月 27 日~9 月 29 日

**B20 台北** 進出口同業公會  
10 月 19 日~10 月 21 日

**B21 新竹** 帝國經貿大樓  
10 月 26 日~10 月 28 日

**B22 台中** 文化大學推廣部  
11 月 16 日~11 月 18 日

**B23 高雄** 文化大學推廣部  
11 月 23 日~11 月 25 日

**B24 台北** 進出口同業公會  
12 月 7 日~12 月 9 日

**B25 新竹** 帝國經貿大樓  
12 月 14 日~12 月 16 日

輻射防護專業人員訓練班：  
輻防員(108 小時) / 輻防師  
(144 小時)

**員 40 期**

新竹 帝國經貿大樓  
第一階段

12 月 26 日~30 日

第二階段 112 年

1 月 03 日~06 日

第三階段

2 月 06 日~10 日

第四階段

2 月 13 日~17 日

**高雄** 科學工藝博物館南館

11 月 3 日(上午)

台北 進出口同業公會

11 月 10 日(上午)

台中 文化大學推廣部

11 月 23 日(上午)

**新竹** 經濟部專研中心

11 月 29 日(上午)

**鋼鐵建材輻射偵檢人員訓  
練班**

**鋼 3 新竹** 帝國經貿大樓

9 月 15~9 月 16 日(取消)

**上課地點**

**台北**

進出口同業公會：台北市中  
山區松江路 350 號

**新竹**

帝國經貿大樓：新竹市光復  
路二段 295 號 20 樓  
經濟部專研中心：新竹市光  
復路二段 3 號

**台中**

文化大學推廣部：台中市西  
屯區台灣大道三段 658 號

**高雄**

國立科學工藝博物館-南館：  
高雄市三民區九如一路  
797 號  
文化大學推廣部高雄教育  
中心：高雄市前金區中正  
四路 215 號 3 樓

課程安排問題，請聯絡本會，電話 (03) 572-2224

分機 313 李貞君 (繼續教育)；

314 林珣汶 (專業人員)；

315 邱靜宜 (鋼鐵建材、放射物質與游離輻射設備)

傳真 (03) 572-2521315



## 輻防新聞廣場

### 最新證照考試日期與榜單

- 行政院原子能委員會公布 111 年第 2 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單。[訊息連結](#)

「111 年第 2 次輻射防護專業測驗與輻射安全證書測驗及格人員名單」已公布於本會網站，請點選下方(附檔下載)即可下載瀏覽。

附檔下載

- [111 年第 2 次輻射防護專業測驗及格人員名單](#)
  - [111 年第 2 次操作人員輻射安全證書測驗及格人員名單](#)
- (發布日期 111 年 12 月 03 日)

### 國內新聞

- 台灣新生報報導「原能會辦放射線照相檢驗業輻安防制宣導」[訊息連結](#)

原能會為加強放射線照相檢驗業者第一線工作人員具備輻射防護觀念，落實輻射安全文化，特於今年十月份啟航，在北部（桃園）、中部（麥寮）、南部（高雄）辦理三場放射線照相檢驗業輻射安全防護管制宣導活動。原能會昨日假中鋼公司辦理第一場高雄場次宣導活動，有放射線照相檢驗相關從業人員共七十七人參加，除由原能會人員加強宣導游離輻射防護相關法規、核能研究所分享一一一年度放射線照相檢測業現場檢查結果及經驗，並特別邀請勞動部職業安全衛生署講授職業傷病權益說明，以提昇放射線照相檢驗業者自我權利認知。

本次宣導會也透過有獎徵答的互動方式，讓學員更深刻瞭解講師授課所提的安全防護重點，期能讓學員所學，真正回饋到工作實務上，讓第一線工作夥伴們健康更有保障，作業更加安全。（發布日期 111 年 10 月 23 日）

- 聯合新聞網報導「台灣若面臨「髒彈」恐怖攻擊 原能會：會做最好準備」[訊息連結](#)

外媒報導，西方國家指控俄羅斯計畫以烏克蘭打算使用放射性武器「髒彈」的威脅，作為戰況升級藉口。原能會今天表示，目前全世界沒有成功引爆髒彈的案例，但若台灣面臨類似「髒彈」的恐怖攻擊，會做最好的準備，國內也已備好相關整備、防護工作。

原能會表示，「髒彈」為輻射彈，是一種結合傳統炸藥及放射性物質的爆裂物，引爆後，放射性物質會隨爆炸能量及風向散播，造成民眾與環境的汙染。髒彈不見得會造成立即性、嚴重的輻射傷害，但造成民眾的心理恐懼將遠比實質生理傷害大。因此髒彈最可能使用在恐怖攻擊，在軍事用途上較無明顯使用價值。目前全世界沒有成功引爆髒彈的案例。

為了確保類似髒彈的輻射災害不會在國內發生，原能會表示，積極落實放射性物質源頭管制，偕同海關進行放射性物質進口簽審，並定期與不定期視察，確認放射性物質使用的輻射安全與盤點物質帳料。



為了確保類似髒彈的輻射災害不會在國內發生，原能會表示，積極落實放射性物質源頭管制，偕同海關進行放射性物質進口簽審，並定期與不定期視察，確認放射性物質使用的輻射安全與盤點物質帳料。

原能會表示，針對國際原子能總署定義有可能作為髒彈的高風險放射性物質，國內訂有保安管制規定，醫院、研究機構與工業場所，應對此放射性物質貯存設有警報、監視系統與雙重屏障，運送車輛須有防盜警報系統，原能會每年執行保安措施稽查，防範高風險放射性物質失竊。

原能會說，即使有完整的源頭管制制度，仍會做最壞的打算、最好的準備，以因應髒彈的威脅。萬一國內發生類似髒彈的恐怖攻擊事件，地方政府第一線應變人員會先管制現場並搶救受傷人員，同時原能會也會派員赴現場協助執行輻射偵測及劑量評估，以及提供民眾防護行動建議。

另外，檢調單位會進行蒐證與鑑識，並請求國防部支援執行場地與人員輻射偵檢、除汙及復原工作；萬一在戰時發生髒彈攻擊狀況，則會由國軍進行因應，同時國內也會啟動全民防衛動員機制，徵用輻射防護人力及偵檢設備支援軍事作戰。

原能會說，基於料敵從寬、禦敵從嚴的精神，絕不排除任何危機的可能性，除嚴密做好放射性物質的源頭與邊境管制，降低髒彈攻擊發生的風險外，也將持續觀察烏俄戰爭發展，並完善國家因應各類輻災威脅應變機制。（發布日期 111 年 10 月 26 日）

➡ Yahoo 新聞報導「低劑量電腦斷層肺癌篩檢 早期發現病灶較易治療」。 [訊息連結](#)

肺癌高居國人癌症死亡原因首位，台灣每年約有一萬名肺癌新增患者。每個人都有罹患癌症的可能。研究指出：你若是位長期吸煙的癮君子（不管有沒有戒菸了），或是年紀大 60 歲，或是有慢性阻塞性肺炎病史，或是過去曝露於石棉污染的環境中，或是直系親屬有人罹患肺癌，你就是肺癌的高風險群。無疑的，只有早期發現早期治療才是戰勝癌症最好的方法。如果你是肺癌高風險好發族群，低劑量電腦斷層檢查可以偵測到肺實質內的早期腫瘤及氣管內早期異常癌症病灶，可以早期進行治療，達到最佳的治療效果。

臺北榮總新竹分院放射科張尊厚醫師表示，低劑量電腦斷層術是胸部電腦斷層術檢查的一種，檢查時，將 X 光球管輸出的劑量降低，人體所接受的輻射量就會降低。一般言，它的輻射劑量約為傳統的胸部電腦斷層檢查劑量（約 7 mSv）的 1/6 ~ 1/10，然而它在偵測肺部小結節功能上不遜於傳統的電腦斷層術檢查。低劑量肺部電腦斷層掃描平均為 0.5-1.5 毫西弗（依身形體重會有不同）。胸部 X 光攝影約為 0.02 毫西弗。

為什麼肺癌要用低劑量電腦斷層篩檢來代替傳統的胸部 X 光檢查？因為傳統的胸部 X 光檢查診斷率很低，文獻報導有高達至 90% (19% ~ 90%) 的肺癌在第一次的胸部 X 光檢查時未看出。在實務上，一個沒有鈣化的小結節約需大於 0.9 cm (9 mm) 才會被檢出，曾有研究指出，被漏掉的癌症大小中數為 1.9 cm，有的甚至大到 3 cm 也被遺漏，但電腦斷層檢查不易有這問題。另一個重要原因就是依據美國國家癌症研究所於 (National Cancer Institute) 2010 年 11 月公布的研究指出，55 歲~74 歲重度吸菸者每年進行電腦斷層掃描 (CT) 檢查，可較傳統的胸部 X 光檢查降低 20% 的肺癌死亡率。由於檢查目的是篩檢肺部小結節，相對於胸廓等軟組織的像要求不是很嚴格，所以不需注射顯影劑。

放射科張尊厚醫師說，只要接受電腦斷層術檢查，就有約 50% 的人有機會發現肺部有小結節，也有人肺內同時會有一至多個小結節，但其中多數屬於良性。所以報告上如果發現肺部有小結節，先不要驚慌，因為絕大多數都為良性的肉芽腫，應先聽從醫師指示，一般是採取追蹤方式，有必要時，才會考慮做進一步檢查，例如正子攝影或是電腦斷層術導引下切片檢查等。通常在這種情況下，都還有足夠時間做適當措施。

張尊厚醫師說，為什麼同樣大小的小結節追蹤方法會不同，追蹤時間會不同，甚至處理方法有時也會不同？對於這些不確定診斷小結節的追蹤方法，國際間自有規範及建議，臨床上這是需要綜合判斷的，醫師通常會依結節大小、外型、特性及是否為肺癌高危險族群，來決定是否須立即處理或是持續追蹤 2 年甚至 3~5 年。鈣化的小結節屬於良性，不需追蹤。但大多數小結節都是不確定的，需要靠追蹤來幫助診斷。當小結節在追蹤時發現變大，醫師會建議進一步切片或是進行其它檢查；如果確立為肺癌，通常仍在早期，手術效果良好。

由於肺癌倍數成長時間變化很大(可從 32 天至 1000 天)，醫學上也有所謂 Interval Tumor 亦即兩次檢查中產生的腫瘤。這種腫瘤多半生長神速，不依平均倍數成長時間進行。所以新的癌症有可能會在兩次檢查中發生。張尊厚醫師指出，基於癌症倍數成長理論，每年篩檢可檢出 T1 腫瘤(指腫瘤小於 3 公分)檢出率為 94%，如每兩年才檢查一次，則 T1 腫瘤檢出率降為 78%。所以即便每年篩檢一次亦有可能會有意外的情形。但為考量社會成本及全民輻射效應，對於高危險族群並未建議一年做多次的篩檢(小結節追蹤不算在內)。但不建議高危險族群肺癌篩檢的間隔超過 2 年以上。(發布日期 111 年 11 月 23 日)

➡ 聯合新聞網報導「日本擬提議更換老舊核電廠反應爐 進入新核能時代」[訊息連結](#)

日經新聞報導，根據一項政策草案，日本政府將研究以更現代且更安全的核能反應爐，替換老舊的核電廠反應爐，並將延長現有反應爐的運作時間，象徵日本核能政策從 311 福島核災大轉彎後，開啟新的核能時代，也為日本工業巨擘帶來商機。

一些政府官員認為，關西電力公司的美濱核電廠為裝設新反應爐的潛在地點之一。該電廠的三座反應爐中，有兩座即將除役，第三座也已運作超過 40 年，關西電力公司已開始研究替換老舊反應爐的計畫。

報導指出，經濟產業省將在本周公布計畫細節，經產省 28 日提出的行動計畫草案指出，日本也將讓一些核能反應爐運作超過 60 年。依照目前規定，核能反應爐的運作年限為 60 年，而日本 33 座反應爐中，只有五座能運作到 2050 年代。

這項計畫也呼籲朝興建反應爐與回收核廢料方面，「達成長足進展」。經產省官員希望能以更安全版本的輕水反應爐，例如設有爐心捕集器 (core catcher) 的反應爐。

這項計畫也將新設一個政府核能指揮中心，監督新反應爐從研發、興建到運作等所有事項，公用業商也可能資助一項政府支持的計畫，讓老舊反應爐除役。在 311 福島和災後，日本核能工程師人才減少、供應鏈也萎縮，政府希望藉由這項新的行動計畫，鼓勵公用事業商投資核能。

為迎接新的核電廠時代，日本三菱重工和日立公司都已宣布開發處新輕水反應爐，強化現有輕水反應爐的安全功能，希望在 2030 年代中期商業化。這兩家公司也在開發其他類型的反應爐，包括小型模組反應爐。

三菱重工也在開發能同時發電與產出大量氫氣的高溫氣冷式反應器 (HTGR)，且有意把 HTGR 授權給美國新創公司 TerraPower。日立則與美國奇異公司 (GE) 合作，開發能夠重複使用核廢料的快速反應爐。

不過，設計與興建新的反應爐約需費時十年，耗資 5,000 億~1 兆日圓 (36 億~72 億美元)，但公用事業商除非預期投資能夠回收，否則不會有動作，而電力市場管制鬆綁、以及再生能源的價格下跌，都正侵蝕日本官員認為的核能成本優勢。

一些觀察家警告，讓現有反應爐延後除役的計畫，可能降低公用事業商興建新核電廠的意願，而且核電產業在挽回公眾信心的進展也不大，況且日本缺乏能夠回收核廢料的設施，也沒有能夠處理高放射性廢棄物的地點。(發布日期 111 年 11 月 29 日)

聯合新聞網報導「台電：核電廠不具備延役條件 加速能源轉型 穩定供電」[訊息連結](#)

台電工會發函建議延長核二、三廠發電運轉，台電今天表示予以尊重，但目前核二、三廠運轉中核能機組均已超過法定延役申請期限、機組所在地方政府反對延役，且核廢料問題仍待解決，並不具備可延役條件。

台電今天發布新聞稿說明，近日台灣電力工會發函建議延長核二、三廠發電運轉，函文內容為工會內部會議中部分成員臨時動議，屬於員工間意見交流，台電予以尊重。

不過，台電指出，目前核二、三廠運轉中核能機組均已超過法定延役申請期限、機組所在地方政府反對延役，且用過核燃料問題仍待解決，並不具備可延役條件。

台電進一步說明，以核二廠 1 號機為例，原可運轉至 2021 年 12 月屆齡除役，但新北市政府至今仍未核准「逕流廢水汙染削減計畫」，使乾貯設施無法施工，因此用過核燃料無法退出反應爐、再填換燃料繼續運轉至役期屆滿，並於 2021 年 7 月提前停機。

至於核二 2 號機及核三廠均已超過法規延役申請期限，且屏東縣政府已公開反對核三延役。

台電強調，顯見核能在使用上，地方政府支持與否至關重要，因為用過核燃料現階段無法處理，甚至使得部分機組使用到屆齡除役都有困難，更遑論延役。

台電表示，尊重工會成員對穩定供電所提意見，台電會持續向工會溝通說明穩定供電相關作為，為確保穩定供電，台電現階段會努力讓現有運轉中核能機組安全運轉至 40 年執照屆期，並非倉促廢核，同時加速建設低碳燃氣機組、持續協助再生能源發展，以達成能源轉型目標。(發布日期 111 年 12 月 03 日)

# 放射性藥物輻射防護守則

作者 俞長青

高雄榮民總醫院核子醫學科組長



## 前言

隨著醫用游離輻射不斷發展，放射性藥物越來越多應用於透過新型放射性核素、化合物、示踪分子和給藥技術治療各種癌症，醫用輻射防護成為輻防領域的重要課題之一。例如迴旋加速器-開啟了人工製備放射性核種、放射性同位素示蹤技術於人體臟器顯影和功能測定等應用之大門。核藥技術與醫學相結合孕育而生核子醫學，包括了基礎實驗核醫學與臨床核醫學。臨床核醫學既有各種利用同位素造影與測定診斷檢查，又有以放射性藥物為主的核醫治療。單

光子發散式電腦斷層掃描(SPECT/CT)與正子電腦斷層攝影(PET/CT)在功能代謝成像方面都有卓越獨特優勢，同時放射性同位素治療(如受體介導靶向治療、放射免疫治療，核種介入治療等)隨著分子核醫學的崛起蓬勃發展。

醫用游離輻射防護表現在使用對象以「人」為主，涵蓋職業曝露、醫療曝露與公眾曝露的防護，這關係受檢者與患者的安全。放射治療(包括放射性藥物治療)的目標是優化腫瘤與正常器官精準治療控制率，和減少組織中潛在併發症與副作用之間的關係。這種優化的關鍵是能夠量化傳遞到腫瘤和正常組織的輻射劑量。臨床核醫治療施予患者的輻射劑量比傳統核醫診斷和所致受檢者與患者輻射劑量大很多，因此放射核醫在治療的輻射防護與個人劑量二者之間關係更為密切，往往核醫治療輻射防護法規及技術報告需包含有關患者吸收劑量計算評估、生物動力學應用、核醫藥物保與人員之輻射防護問題。

1977年ICRP-26號出版物，明確提出了基於輻射防護「三原則」的劑量限制體系，以輻射實踐正當性、輻射防護最適化、個人劑量限度，三條原則互相聯

繫組合一個有機化防護體系。強調「最優化」包含合理抑低 ALARA (As low as reasonably achievable)，是輻射防護的一個最重要的基本原則。

1990年ICRP-60號出版物，區分“實踐”和“干預”兩種不同類別的人類活動及其防護體系，強調“潛在照射”發生前是作為實踐防護體系的一部分，透過在設計和管理中的預防和緩解措施可以顯著地減少潛在照射，更加體現「防患於未然」的預防為主要的思想。

2019年ICRP-140出版物內容概述了治療程序和計算各種治療方法輻射劑量的框架：(1)在放射性藥物治療中，器官或組織的吸收劑量受放射性藥物在身體各個器官和組織中的攝取、殘留和清除過程的控制，包含放射性同位素的物理半衰期。(2)生物動力學參數是透過使用複雜性不同的技術下，進行直接測量來確定計算出的結果。

(3)對於治療計劃，吸收劑量計算通常在治療前使用微量標記的診斷給藥進行，或者可以根據每次治療給藥後和已經給藥的活度，進行回溯性劑量測定。



圖 1 核醫藥物輻射防護

機率效應之分析提供有關偏差和隨機變化來源及其數據大小的額外訊息；這些資料數值分析顯示了吸收劑量計算的可信度與品質。「有效劑量」可提供對由於輻射曝露（主要是癌症）的隨機影響，而導致終生損害風險評估的近似測量，但有效劑量不適合預測個體未來的癌症發病率，也不適用於與放射性藥物治療相關的短期確定性效應。放射治療中的事故預防-應該是針對工作場所含人員、防護設備與管理程序設計內容的其中一個部分。對於潛在照射，發生前的防護對策主要是「預防」-減少事故發生率；「緩解」-降低事故危害嚴重程度。考量最大劑量限度地減少工作人員的接觸，包括設備設計、輻射源的適當屏蔽和處理、個人防護設備及工具、輻安教育訓練課程和輻防專業人員的培訓，以提高對輻射防護的認識和參與度。放射性藥物治療後是否繼續住院或釋放患者的決定應考慮到患者體內殘留放射性活度(Radio-activity)則可能對公眾和醫護人員造成的潛在輻射劑量。在這些情況下，應向患者和相關工作人員提供具體的輻射防護指引與參考基準。輻射防護的重要任務是如何運用輻

射防護基本原則與目的，符合現行的游離輻射防護法規標準下，具體分析、區別對待防護中遇到的各種具體問題，把輻射照射降到可以合理達到的最低水平。

### 患者接受「放射性核醫藥物治療」的安全考量

行政院原子能委員會及游離輻射防護安全標準法對核醫放射性同位素皆有嚴格的管理實施規定，只有在確保醫師安全和病人有益(符合正當性)的條件下，才能執行病人做核醫同位素治療計畫。放射性同位素治療所使用的核種大部分只會被特定的病變組織所吸收，其他組織因不吸收或很少吸收，因此受到的傷害影響低。而且患者在接受放射性核醫藥物治療前，核子醫學科專科醫師要詳細研究病人的病史、判斷是否適合同位素治療，然後根據病人的實際情況，決定給予適當的治療方案與劑量。腫瘤細胞或病變組織所吸收的放射性同位素發射出為「治療作用」的放射線(以β射線最為常用)，在體內有效射程很短，周圍正常組織或可能僅輕微傷害(可恢復)。此外，根據大量的臨床報告顯示，核醫

同位素對一般患者治療不會致癌，也不會引起不孕、子女先天性畸形等。因此核醫藥物治療是安全可靠的治療方法(但孕婦和小孩則不建議接受核醫放射性同位素治療)。

### 「放射性核醫藥物治療」的輻射防護

(1) 對於公眾、包括從事放射工作的醫護人員，接受的輻射劑量，法規有明文制定一定劑量限值。

(2) 對於患者親屬，怎樣才能更好地減少輻射呢？其實只要注意三要點即可達到效果。一是距離：治療期間與治療患者保持適當距離，一般離患者 3-5 公尺以外的距離，受到的輻射就非常小。第二是時間：控制與患者接觸的時間，接觸的時間少，所接受到的輻射就少了。第三是屏蔽。若有親友進行了碘 131 的治療，在治療後大約 1~2 週內，特別注意上述三點體外輻射防護中 1-2 點，都會有效減少輻射曝露，因此不必擔心。

(3) 對於治療患者而言，放射性藥物治療體內照射治療及個別給藥的治療活度較大，可能給其他公眾群體帶來不必要的照射，此類患者的排泄物也可能造成環境污染，因此對於接受碘 131 治療患者，其體內放射性活度未降至 1 公尺距離曝露率 < 11 mR/h 前不適合出院。舉凡放射性同位素治療的醫院應有住院專用隔離病房，並注意設有專用衛生設備，必要時應向患者提供有關與其他人員接觸時之輻射防護措施方針指南。孕婦或希望在未來 6 個月內懷孕的婦女不應使用放射性碘，因為這種治療會破壞胎兒的甲狀腺並損害其發育。最好做完 1 年後再懷孕。需哺乳的婦女也不應使用放射性碘。



圖 2 核研所腦照影劑雙胍乙酯套組 (圖引用自 INER)



## 結論

國際放射防護委員會(ICRP)的報告是各國公認的、具有權威性的，用以制定放射防護標準法規和指導防護實踐的重要依據。醫用游離輻射防護內容涵蓋醫學放射工作人員所受的職業照射的防護，受檢者與患者所受之醫療照射時的防護，還有公眾照射的防護，包括保障眾多醫用輻射工作場所之周圍環境的安全及合理減少醫療照射所致公眾之輻射劑量負擔。ICRP 依照射對象不同區分為三種輻射曝露-職業曝露、醫療曝露、公眾曝露防護，醫用游離輻射防護也針對這三類不同曝露具體運用 ICRP 防護相對應原則。

隨著可發生游離輻射設備裝置、醫療用放射性同位素治療之應用日益廣泛，加強輻射防護研究，並減少放射性污染與加強非密封射源個人治療劑量管控與人員防護，從體外曝露防護和體內曝露防護上著手，落實各項技術措施、管理措施等...將是一個永恆持續性的課題。

## 淺談放射性藥物的應用

作者 俞長青

高雄榮民總醫院核子醫學科組長

1898年居里夫人(Marie Sklodowska Curie)發現鐳元素，為核醫學理論奠定了基礎；1935年「核醫學之父」哈維錫(Von Hevesy)提出放射性同位素與同位素示蹤原理和技術，大大推展了同位素藥物在醫療上的應用；放射性藥物(radiopharmaceutical)是用放射性同位素標記的化學和生物特性，經公認並核准為人類核醫藥物的醫療用途，在臨床核醫學之應用則大致分為診斷和治療兩類。

**核醫診斷學：**核醫學功能代謝顯像是現代醫學影像的重要組成內容之一，其顯像原理與X射線、超音波、電腦斷層攝影(CT)和磁共振造影(MRI)等檢查截然不同，它通過探測接收並記錄引入體內靶組織或器官的放射性示蹤物發射的 $\gamma$ 射線，並以影像的方式顯示出來，這不僅可以顯示臟器或病變的位置、形態、大小等解剖學結構，更重要的是可以同時提供有關臟器和病變的血流、功能、代謝甚至是分子水平的化學信息，有助於疾病的早期診斷。利用放射性同位素標記選擇性地在組織、器官或病灶中蓄積的藥物，觀測其生理和代謝過程。整個範疇包括了核醫學設備和核醫藥物，二

者相輔相成。目前臨床設備運用最多的是核醫學影像診斷設備，主要包括單光子發射暨電腦斷層(SPECT-CT)和正子電腦斷層設備(以PET-CT為主)設備。根據臨床需要，適當融合應用功能性顯像和形態學顯像將可獲得最為全面的信息，以對疾病作出全面的診斷和定位，有助於進行及時而準確的治療。這兩種設備需要與核醫藥物(同位素製劑)聯合使用，患者在通過設備做檢查之前需要注射特定的示蹤劑：前者一般使用 $^{99m}\text{Tc}$ 標記的多種示蹤劑，後者則用 $^{18}\text{F-FDG}$ 等帶正電子核藥製劑。診斷性核醫藥物，主要是輔助核醫學成像設備，所用的放射性同位素物理半化期短，施予的同位素化學量極微，病人所接受的輻射劑量低，因此發生毒副作用的機率極低。

**核醫治療學：**放射性治療藥物，種類比較繁雜，多運用於腫瘤治療、緩解骨痛等多個領域的治療。簡單來說是利用放射性同位素(核素)發射的核射線對病變進行高度集中照射治療。將放射性同位素或標記物靶向運送到病變細胞或組織，抑或者讓病變細胞與組織能主動攝取放射性藥物，使放射性同位素在病變

部位大量濃聚，照射劑量主要集中於病灶內，利用核素發射出的 $\beta$ -粒子的游離輻射生物效應，直接或間接作用於生物大分子，如核酸和蛋白質等，使其化學鍵斷裂，導致其分子結構和功能的改變，造成抑制或殺傷病變細胞的作用，達到治療的目的。一般情況下，正常細胞核病變細胞對核素的敏感性不同，細胞分裂活性越大，濃聚放射性同位素能力越強，對射線越敏感，所受的放射損傷越大。而射線在破壞或抑制病變組織的同時，對正常組織的損傷較輕微。1940年代，放射性碘(I-131)治療甲狀腺疾病之開啟、放射性磷(P-32)治療白血病的成功案例，首次報導就受到醫學界廣大迴響和民眾的熱烈歡迎。



圖 1 SPECT-CT 設備

這些“經典發現”被認為是放射性“魔彈”的一系列類似用途的先驅 (Wagner, 2006 年)。對於甲狀腺功能亢進症和甲狀腺癌的放射性碘治療法，迄今仍在全球廣泛應用。

當前醫學界與核醫學界把注意力越來越集中到腫瘤的治療上，尤其重視腫瘤的內介入法治療，且主要集中於肝癌、骨轉移癌、腦瘤、腎上腺癌、甲狀腺癌、轉移性嗜鉻細胞瘤、神經母細胞瘤、膀胱癌、前列腺癌、乳腺癌等。放射性同位素內介入治療 (劑量控制得宜下)，一般無噁心、嘔吐、腹瀉、發燒和落髮等副作用，同時可以高度地聚集於病灶區。目前國內外臨床上已採用的治療核素主要是  $\beta$ 、 $\alpha$  輻射體，如  $^{32}\text{P}$ 、 $^{125}\text{I}$ 、 $^{131}\text{I}$ 、 $^{90}\text{Y}$ 、 $^{186}\text{Re}$ 、 $^{89}\text{Sr}$ 、 $^{153}\text{Sm}$  等。目前用於治療的較理想的放射性同位素是磷(P-32)，它是純 $\beta$ 粒子發射體， $\beta$ 粒子的能量為 1711 KeV，在組織中的平均射程為 4 mm， $T_{1/2}$  為 14.28 天。碘-131 發射兩種 $\beta$ 粒子(主要用於治療用途)，能量分別為 336 和 607 KeV， $T_{1/2}$  為 8.04 天，也同時發射能量為 364 KeV 的 $\gamma$ 光子(主要用於造影成像)，目前它還是唯一能夠有效治療甲狀腺有關疾病的放射性同位素。此外，親骨性放射性藥物“銥-89 (Sr-89)，釷-153 ( $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ )”之姑息治療骨轉移癌的骨痛效果非常顯著。由於其輻射體核素釋放的 $\alpha$ 粒子具有高線性能量轉移 (linear energy transfer, LET) 之輻射生物特性和短射程的特點，近年來亦倍受關注。長期以來，多發性骨轉移癌病人的骨痛治療是臨床的一個主要問題，作為放射性骨痛治療劑  $^{32}\text{P}$  雖已經用了 40 餘年，然而由於產生了很大的血相抑制，它的應用受到很大的限制。因此，趨骨性放射性藥物銥-89 (Sr-89)，釷-153 ( $^{153}\text{Sm-EDTMP}$ ) 與銩-186

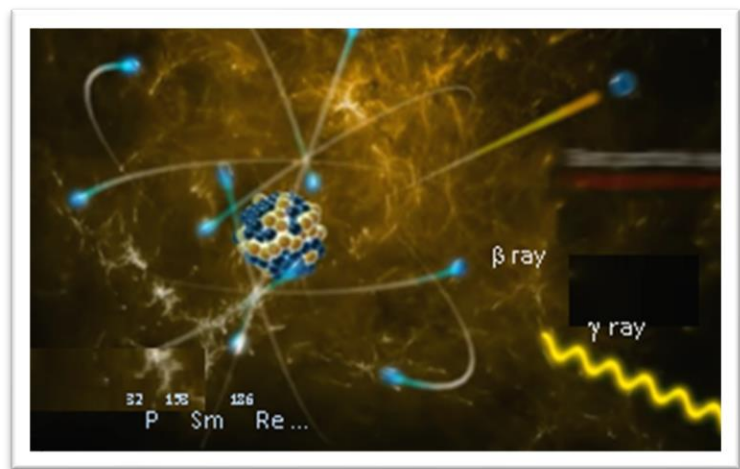


圖 2 常用放射治療核種

( $^{186}\text{Re-HEDP}$ ) 等廣泛應用於臨床骨痛病人的緩解治療，其血相毒性很小，藉由注射此類趨腫瘤的放射性藥物聚積在這些病灶部位，能提供更廣泛的和長時間的療效。銩半衰期最長(50.5 天)，有最大能量範圍 7mm 及反應時間(14-28 天)；釷-153 半衰期最短(1.9 天)，能量相對最小 4mm，兩者雖能減輕疼痛但無法顯著延長整體存活期 (overall survival, OS)；然而近期治療新選擇 $\alpha$ 放射性同位素鐳(Ra-223)，有最大能量，是放射性同位素中唯一可以延長攝護腺癌骨轉移病人整體存活期，且減少症狀性骨骼事件發生的放射性藥物。

參考 ICRP-140 報告內容指出：當發生癌症骨轉移時，定義為癌症末期，病患的療效會變差、存活期變短，經常引起劇烈疼痛，嚴重影響生活品質，目前國內使用之「二氯化鐳 Ra-223」放射性核醫治療藥物，對治療骨頭疼痛已有正面效果。臨床研究資料顯示：釋放的高能 $\alpha$ 粒子的  $^{223}\text{Ra}$  二氯化物， $\alpha$ 射程範圍約 0.05-0.08 mm，半衰期約 11.43 天，靜脈注射後，主要分佈於骨頭及轉移病灶，注射 24 小時會存留於血液中剩不到 1%，不被吸收的部分會經由糞便經腸胃道排出體外，可減輕多發骨轉移患者的疼痛並延長其存活期。另外，使

用與生長抑素受體等激素與受體結合的放射性藥物治療轉移性內分泌腫瘤，也已在歐洲廣泛運用。若從核醫學影像角度來看，臨床常規之「雙核素 (dual isotope) 掃描」會做兩個顯像：糖代謝和生長抑素受體表達，根據雙核素掃描結果能更準確進行神經內分泌腫瘤分級和臨床分期。此外，針對神經內分泌腫瘤的分子標記物生長抑素受體，應用鎳(Lu-177)標記生長抑素靶向治療神經內分泌腫瘤，目前臨床效果也非常顯著。

雖然有人說核醫學檢查或治療的防護是患者在服用或者被注射核醫藥物後，患者即是「移動的輻射源」，所以防護考慮有病患本身(與尿液等)、核醫藥物(廢棄物)及周邊的場所與人員。為達到有效防護原則，首先要對輻射源及伴有輻射照射的實踐實施有效的監督管理，而 ICRP 140 則強調放射性同位素核醫治療上之醫療輻射防護包含(對朋友和家人、工作人員、患者器官)劑量測定、及對患者的風險...等防護作業提出建議，並強調放射藥物治療方法中需符合正當性(合理化)和最適當性(優化)的最高指導原則。



發行人  
張似璵

主編  
劉代欽

執行編輯  
林珏汶

編輯委員  
尹學禮  
江祥輝  
劉代欽  
蔡惠予  
魯經邦



出版單位

財團法人中華民國輻射防護協會

行政院新聞局 出版事業登記證  
局版北市誌字 第柒伍零號

地址

30017 新竹市光復路二段 295 號 15 樓之 1

03-5722224 電話 | 03-5722521 傳真

01486683 統編

rpa.newsletter@gmail.com 電郵 | www.rpa.org.tw 網站