

## 正子掃描新武器

### 前言

西元 1925 年，距今約 100 年前，Herrman Blumgart 在美國完成第一次放射性同位素的人體實驗，從此開啟了核子醫學的領域。核醫檢查的原理就是將放射性同位素或同位素標誌的藥物經由注射或口服讓身體組織吸收，這些放射性藥物會依其特性分布到特定器官或病灶，以評估該器官的功能或偵測不正常的組織（如圖一）。目前核醫最常見的檢查有骨骼掃描（常用於評估癌症是否有骨骼轉移）、心肌灌注檢查（用於評估冠心病）以及氟化去氧葡萄糖（FDG）正子電腦斷層造影。

### 甚麼是正子掃描

傳統核醫檢查仰賴放射性同位素產生的  $\gamma$  射線來進行造影，經由不同角度獲取的影像經電腦重組運算獲得一組 3D 的立體影像。但即使有了 3D 的影像，解析度不好仍是其缺點。正子掃描是利用放射性核種衰變時放出的正子和周圍環境電子結合後產生的互毀效應（Annihilation）。在此過程中，會發出兩個能量 511KeV 的光子，以 180° 方向射出。藉由四周的偵測器偵測這兩道光線並且經由電腦計算位置後可以得到影像。正子掃描相較於傳統核醫檢查，影像的品質和解析度大幅增加，可以提供我們在受檢者體內更準確的藥物分布影像，也可以偵測到更小的病灶。目前的 PET 掃描都同時做一組 X 光電腦斷層影像，兩組影像融合更能精確地定位病灶。臺大醫院的第一台正子斷層掃描儀裝設於 1995 年 7 月，是繼臺北榮總之後臺灣第二台。

### 正子掃描最常用的正子藥物 - FDG

正子掃描最常使用的放射性核種為放射性同位素氟-18 標記的去氧葡萄糖 (  $^{18}\text{F}$ -FDG; fluorodeoxyglucose )。一般細胞活動時會消耗葡萄糖當作能量來源，因此我們可以使用氟化去氧葡萄糖來判斷身體裡代謝異常的地方。根據這個原理，氟化去氧葡萄糖最常被應用在腫瘤學、心臟醫學和神經學。

腫瘤組織生長快速，通常會大量地代謝葡萄糖。我們可以使用氟化去氧葡萄糖來偵測病人體內的腫瘤細胞，可運用在癌症的早期診斷、分期和復發追蹤，也能評估病人的預後和治療效果等 ( 圖二 )。

有些心肌梗塞的病人會有可挽救的「冬眠心肌 ( hibernating myocardium )」，這些初步看起來沒有功能的心肌其實還沒有死亡，若及時接受心導管或手術就能回復其功能。去氧葡萄糖正子造影可以準確地判斷心肌的存活狀況，讓醫師可以及時處理，使這些心肌有機會恢復。

大腦主要的能量來自於葡萄糖代謝，大腦的葡萄糖使用量占全身的 25%。腦部的葡萄糖代謝代表著神經元的活性。我們可以藉由 FDG 來評估血流和代謝減少的部位，幫助失智症的診斷。在藥物控制不佳的癲癇患者，手術切除病灶是考量之一。此時，病灶的定位就非常重要了。造成癲癇的病灶可能不會有結構上的異常，但正子掃描可以偵測代謝異常的部位，提供我們所需的資訊。

### 其他正子藥物

除了 FDG 外，目前及未來也會發展更多的正子藥物，例如： $^{18}\text{F}$ -NaF 正子掃描可以用來偵測癌症骨轉移，比傳統的骨骼掃描更為靈敏。還有標靶攝護腺癌及神經內

分泌腫瘤等的正子藥物，已取得食藥署的查驗登記或查核審查通過，以臨床常規使用。還有標誌類澱粉的正子造影劑，可以幫助早期診斷阿茲海默氏失智症。這些具有前景的正子藥物，臺大醫院都有相當的經驗。

## 副作用

和電腦斷層或核磁共振所使用的顯影劑不同，正子掃描所使用的放射性同位素大多是我們體內代謝物的類似物，因此罕有過敏反應。而且造影所需的劑量非常低，不會對身體造成影響。

## 輻射劑量

醫療檢查上所使用的輻射劑量，都遠低於安全值。根據國際輻射防護委員會 (ICRP) 第 103 號報告指出，100 毫西弗以下的劑量 (包括一次或多次) 不會造成臨床上的功能損害。一般而言，一次正子掃描和低劑量電腦斷層檢查所接受的輻射暴露約 7 毫西弗，這個劑量和接受一次胸部電腦斷層造影差不多，是相當安全的。網路謠傳「正子攝影斷層輻射量等同核彈」是無稽之談，因為原子彈爆炸現場 1 公里內的輻射劑量估計高達 3000 毫西弗，兩者完全無法比擬。相關輻射劑量的比較可以參考行政院原子能委員會的圖表 (圖三)。

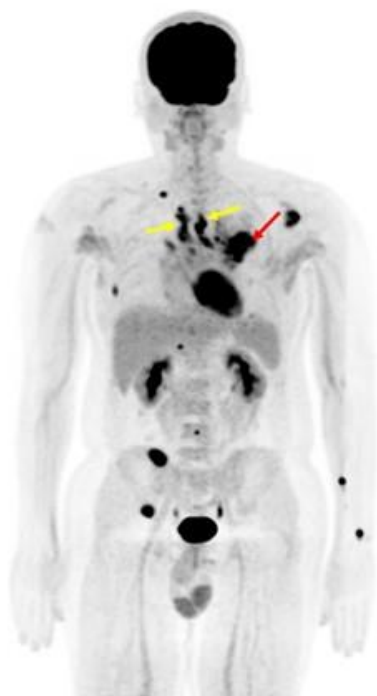
## 結語

正子掃描的原理是標記組織的代謝或功能，藉此來區別正常組織或是病灶，也能用來評估病灶的活性。目前的技術除了可以用正子藥物來進行掃描之外，也可以在此

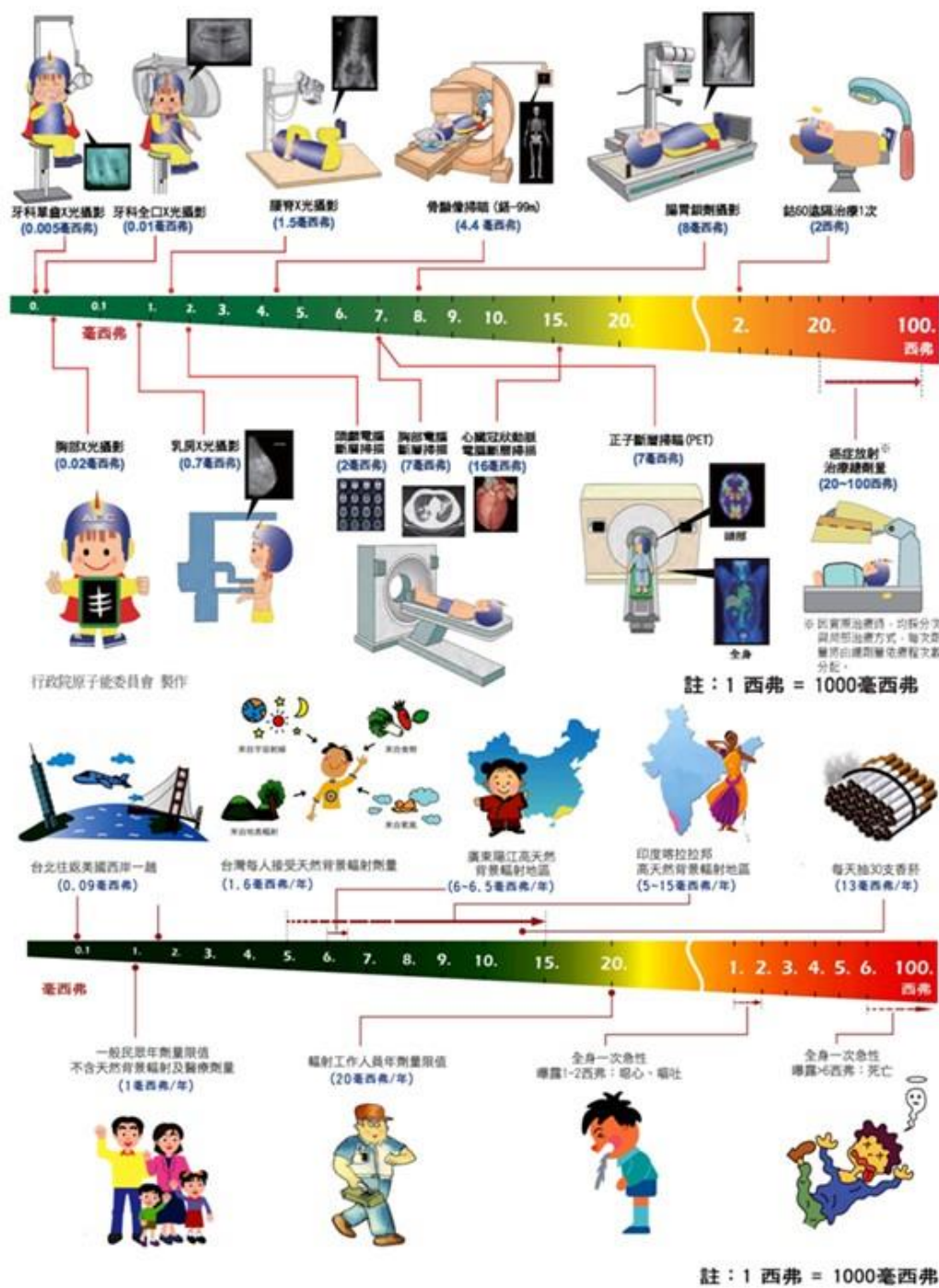
之上結合治療用的同位素（發出  $\alpha$  或  $\beta$  粒子）精準地治療病灶，降低對正常細胞的傷害。未來一定會發展越來越多的正子藥物，正子掃描和其相關的治療在未來一定會占有一席之地。



圖一 核子醫學檢查就像是在一群正常的細胞或組織中，藉由核醫藥物的標記，讓我們可以清楚且快速地找到不正常的地方。就像圖中我們藉由標記「p」就能快速地在一群 b 中找到不一樣的地方。



圖二 這是一個肺癌病人的正子造影。除了原本的肺癌（紅色箭頭）以外，我們也可以從正子造影上看到淋巴結（黃色箭頭）和骨頭的轉移，提供正確的分期資訊，使病人可以接受正確的治療。



圖三 常用檢查的輻射劑量。做一次正子斷層掃描約 7 毫西弗，和一次胸部電腦斷層的輻射劑量相當，此劑量是相當安全的。（圖片來源：行政院原子能委員會）

核子醫學部住院醫師 林致毅

核子醫學部主治醫師 顏若芳