

# 科技部補助

## 大專學生參與專題研究計畫研究成果報告

\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*  
\* 計畫：電腦斷層(Computed Tomography)腹部掃描在不同體重 \*  
\* 名稱：假體下的皮膚劑量分布 \*  
\* \*\*\*\*\* \*\*\*\*\* \*

執行計畫學生： 徐章傑  
學生計畫編號： NSC 102-2815-C-040-045-B  
研究期間： 102年07月01日至103年02月28日止，計8個月  
指導教授： 陳健懿

處理方式： 本計畫涉及專利或其他智慧財產權，2年後可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學醫學影像暨放射科學系

中華民國 103年03月04日

電腦斷層(Computed Tomography)腹部掃描在不同體重假體下的皮膚劑量分  
布結案報告

**Skin Equivalent Dose of Different Body-weight Phantoms during Abdominal  
CT Investigation Final Report**

摘要

目的

測量與驗證自行研發假體(self-developed mathematic, SDM)由 10 到 90 公斤以及倫道假體(Rando phantom)於進行電腦斷層(computed tomography, CT)腹部掃描檢查時，皮膚所接受到的等價劑量(Equivalent dose, ED<sub>Skin</sub>)。

材料與方法

將熱發光劑量計(Thermoluminiscient dosimeters, TLD)TLD-100H 三顆為一袋，貼於根據 ICRU-48 號報告所建議之人體有效組成成份所自行研發的假體表面，假體分別為 10、30、50、70 及 90 公斤，呈一直線排列，同樣的也貼於倫道假體表面。使用西門子 PET/CT-Biograph 16 進行電腦斷層腹部掃描，將所有的掃描條件設定為管電壓 120 kVp，管電流由電腦自動控制調控(caredose4D)。掃描完成後的 TLD-100H 使用 Harshaw-3500 計讀儀進行劑量計讀。計讀後的數值經過分析與計算，得出皮膚之等價劑量。

結果與討論

實驗測量結果，不同體重的自行研發假體，每次於腹部 CT 掃描下，受到的皮膚劑量分別由 10 公斤： $2.46 \pm 0.44$  mSv；到 90 公斤： $6.56 \pm 0.79$  mSv；以及倫道假體： $6.11 \pm 0.79$  mSv。其中，90 公斤假體的皮膚劑量是 10 公斤假體的 2.66 倍。

結論

本實驗得到的皮膚劑量，有隨不同體重增加而上升的趨勢，使用假體測量到的皮膚劑量評估是有其實用性的。我們得到假體體重與皮膚等價劑量之

間的一個關係式： $E(\text{mSv}) = 0.0492X + 2.46$ 。其中  $X$  是假體體重(公斤)，而本方程式的相關係數  $R^2$  是 0.939。我們所得到的皮膚等價劑量與文獻中的以侖道假體及受檢者所測得之皮膚劑量範圍由 1.1mSv 到 9.6mSv 相符合。

關鍵字：電腦斷層造影，TLD-100H，ICRU-48，自研假體，皮膚等價劑量

## ABSTRACT

### **Purpose:**

Evaluating skin equivalent dose ( $ED_{\text{skin}}$ ) of rando and different body-weight of self-developed mathematic (SDM) phantom derived from ICRU-48 during abdominal CT examination.

### **Materials and Methods:**

$ED_{\text{skin}}$  of rando and SDM phantoms, undergoing abdominal CT examinations, were measured using TLD-100H. All scans were conducted from head to abdomen on the abdomen CT scan. TLDs were measured using Harshaw 3500 TLD reader.

### **Results**

$ED_{\text{skin}}$  are increased with body-weight from  $2.46 \pm 0.44$  to  $6.56 \pm 0.79$  mSv for these SDM and  $6.11 \pm 0.79$  mSv for rando phantoms, calculated respectively, during three time investigations.

### **Conclusion**

The correlations between  $ED_{\text{skin}}$  and body-weights were  $E(\text{mSv}) = 0.0492x + 2.46$ .  $X$  was SDM phantom weight in kg.  $R^2$  is equal to 0.939. This equation could be used to derive this equation of CT examination of males.  $ED_{\text{skin}}$  was in good agreement with 1.1-9.6 mSv as published.

Keyword : Skin equivalent, TLD, Phantom, abdominal CT scan

## 前言

現代科技日新月異，人們發展出許多新一代的醫學影像檢查儀器，對於病症的檢查與診斷有莫大助益。根據行政院衛生署 2011 年的統計資料，國人十大死因中的第一名是惡性腫瘤，其中又以「氣管、支氣管和肺癌」、「肝和肝內膽管癌」、「結腸、直腸和肛門癌」為前三名，其中兩項就是屬於腹部疾病[1]。

由此得知，發生於腹部的惡性腫瘤在前三名中即占了兩名，因此可見腹部掃描的必要性與重要性。而電腦斷層腹部檢查中，皮膚是人體最大器官，範圍遍佈全身，吸收劑量難以定義與測量，因此進行腹部 CT 檢查掃描時，皮膚受到的劑量，實不可不詳查。

受檢者常問醫師、放射師，這些檢查所承受的額外劑量到底有多高，常令執業人員無法語對，國際輻射防護委員會(International Commission on Radiological Protection, ICRP) 2007 年建議書指出，在有計劃照射情況下，職業人員的有效劑量是 5 年累計年均不得超過二十毫西弗（一毫西弗相當於一千微西弗），公眾則是每年 1000 微西弗。我國游離輻射防護法施行細則第六條中更規範工作人員皮膚及四肢之年等效劑量為一百五十毫西弗 [2, 3]。

本研究主要來評估倫道(Rando)與體重差異的自行研發假體(Self-developed mathematic phantom, SDM)在 CT 腹部掃描時，皮膚所接受到的等價劑量(Equivalent Dose)，以提供臨床放射科醫師、放射師診斷之劑量以及診斷方式之考量，並提供相關主管機關卓參。

## 材料與方法

### (一) 倫道與自行研發假體

倫道假體為標準擬人假體，為 170 公分、70 公斤的標準男性，以真人骨骼當為骨架、橡膠替代軟組織，肺臟則以環氧樹脂(epoxy resin)代替，有效原子序皆為 7.3，是國際上公認的標準假體。

自行研發假體組成參考國際輻射單位與度量委員會(International Commission on Radiation Units and Measurements, ICRU)48 號報告所提出組織替代物，除了沒有四肢外，軀幹及頭部和內部構在，均都仿造真人結構組織。使用的各假體，其組織、器官位置及密度都與人體相符合。表一為 10 公斤到 90 公斤假體參數，依照不同器官位置及組織結構，每片都有數十個小孔洞，以供待測劑量的熱發光劑量計(Thermoluminescent dosimeters, TLD)放置，當為吸收體內劑量測量[4]。

表 1: 假體的各项參數

假體類別	倫道假體			自研假體		
重量(kg)	70	10	30	50	70	90
高度 (cm)	94.5	50	78	84	93	112
去除四肢重量(kg)	34.5	6.75	19.0	31.5	44.1	57.0
體厚 (cm)	17.0	10.5	15.0	17.8	20.0	21.7
BMI (kg/cm <sup>2</sup> )	22.2	13.4	16.5	21.6	24.2	27.8
切片厚度 (cm)	2.5	1.6	2.3	2.7	3.0	3.6

### (二) 電腦斷層掃描儀

使用林新醫院核子醫學科之西門子 PET/CT (Siemens-GioGraphy 16)，估算體重差異下，腹部檢查的皮膚劑量。表二為掃描條件設定為 120kVp，自動管電流，由 CT 內鍵的 syngo 軟體，顯示出各個假體之電腦斷層劑量指標

(Computed Tomograph dose index volume,  $CTDI_{vol}$ )為 4.01~13.72，隨著體重增加而增加。

表 2: 各假體掃描條件

weight(kg)	10	30	50	70	90	Rando(70)
kV	120	120	120	120	120	120
mAs	57	95	134	178	196	216
Scan time(s)	9.95	12.31	12.84	14.74	15.53	10.46
Scan length (cm)	23.8	35.9	41.2	45.3	49.5	37.7
$CTDI_{Vol}$	4.01	6.67	9.38	12.46	13.72	15.54

### (三)TLD-100H 熱發光劑量計

TLD-100H 主要為氟化鋰(LiF)所組成，其為天然鋰自然界豐度為 7.5%的 Li-6 和自然界豐度為 92.5%的 Li-7 兩種同位素所結合。為國內目前最普遍的輻射劑量計，將其佈植於假體內，可當成受檢者檢查時，藉以評估照射點的輻射劑量[5]。

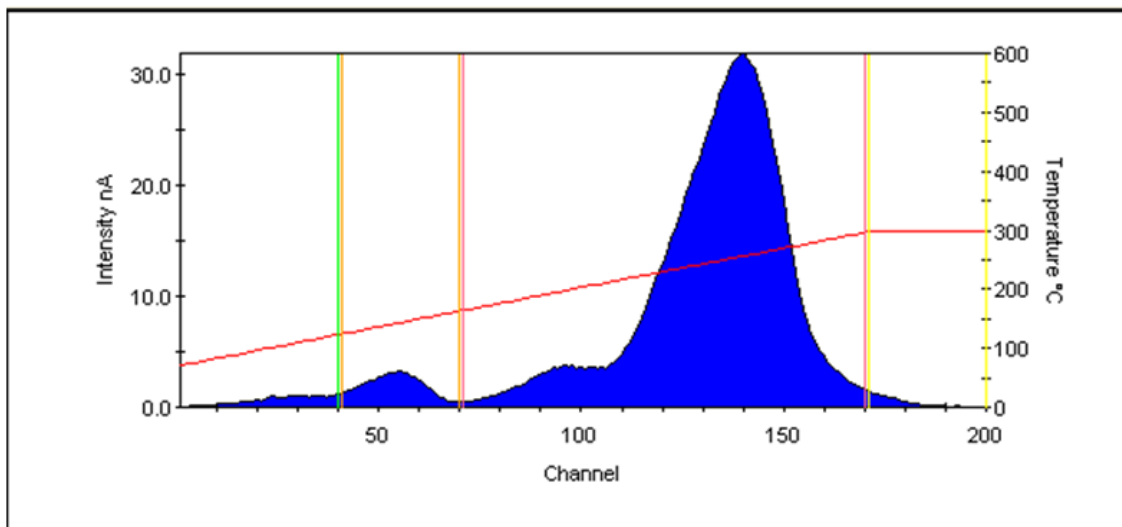


圖 1: TLD-100H 輝光曲線

過去三十年來，熱發光劑量計(TLD)已成為最廣用的輻射度量方法。當每

一批次TLD-100H出產時，每顆TLD-100H的重量和組成，仍具有些許差異，所以在使用TLD-100H進行輻射量測時，受到同樣的輻射暴露，卻有不同的劑量反應，而造成實驗誤差。因此，為了減少誤差，在使用TLD-100H度量劑量前，需先進行一致性篩選。

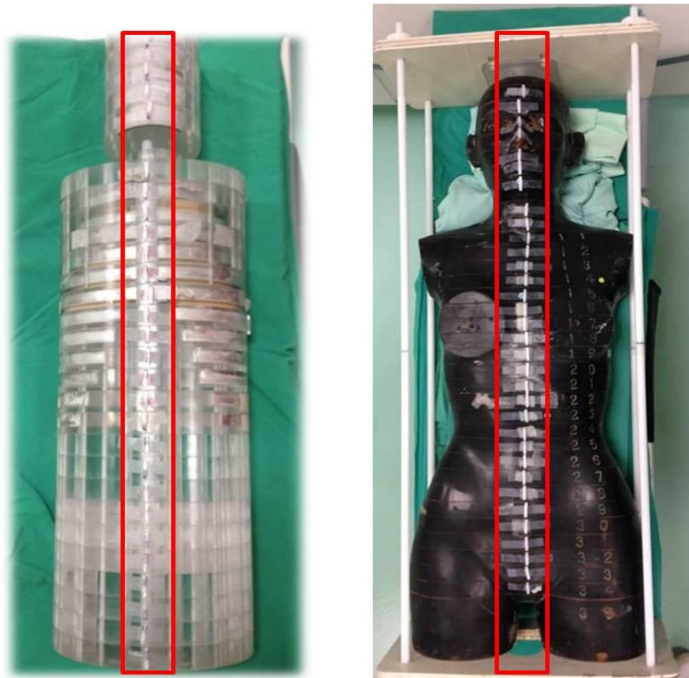
校正所用的X-ray能量應盡量與實驗中檢查CT的能量相同，使用林新醫院核醫科的PET/CT進行電腦斷層的掃描，分別22~225等9個不同管電流(mAs)的條件進行暴露，照射後，進行TLD-100H的計讀，Excel軟體計算出其計讀值的平均值和標準差。

將TLD置入Harshaw-3500計讀系統進行計讀，圖一即是加熱完成後，計讀系統本身內鍵的WinREMS軟體，繪出TLD-100H的輝光曲線，得到每顆TLD的電量值，下式一即是將電量值與游離腔量得的數值做線性回歸，所得到的校正曲線。

$$Y(\text{mGy})=9.97 \times \text{TLD}(\mu\text{C})-0.768 \quad (1)$$

$$R^2=0.9877$$

#### (四)方法步驟



(a). 70 公斤自研假體佈點 (b). 侖道假體佈點

圖 2: 佈點位置圖

圖二(a, b)為將熱發光劑量計(TLD-100H)三顆為一袋,貼於每個假體之每片表面之正中線上,代表該片的皮膚劑量,共 31 袋、93 顆。接著將假體平行置於檢查床上,進行電腦斷層掃描。各器官掃描的定位以及管電壓的控制。

### 進行電腦斷層檢查

圖四表示掃描範圍從假體的橫隔膜(diaphragm)至恥骨聯合(pubic symphysis),即是第 16 片到第 31 片。所有的掃描條件皆為 120 kVp,依各假體的大小,重量之不同而以自動管電流控制,使用林新醫院德國西門子公司出產的 PET/CT 16 切面螺旋電腦斷層掃描儀進行檢查。各假體之掃描條件詳列於上表二。

### 計讀

測量輻射劑量的 TLD-100H於照射後,放置24小時,再以Harshaw 3500 計讀儀,計讀時將TLD-100H置於計讀儀之加熱盤上,透過系統內建的WinREMS軟體描繪出輝光曲線。再將電量值帶入式一中,我們最後可以得到每顆TLD-100H所度量到的輻射劑量。

### 實驗結果

進行螺旋電腦斷層腹部掃描後,將每顆 TLD-100H 量到的電量帶入式一的校正曲線方程式後,可將電量值換算成吸收劑量(Gy),最後乘上 1,即光子的輻射加權因數,得到該佈點的等價劑量,單位為西弗。再經過式二計算皮膚吸收劑量公式後得到皮膚的等價劑量 [6]。

$$ED_{skin} = \frac{\sum ED_i}{31} \quad (i = 1 \sim 31) \quad (2)$$



其中  $ED_{skin}$  表示皮膚等價劑量， $ED_i$  為每一切片的皮膚劑量。

經計算後，得到之  $ED_i$  為  $2.46 \pm 0.31$  至  $6.56 \pm 0.79$  mSv，圖三、圖四(a, b) 表示出各體重假體的皮膚劑量有隨著體重上升的趨勢，並且得到在掃描範圍外的散射接近背景輻射，式三為體重差異下之假體之皮膚等價劑量：

$$D_{skin} = 0.0492X \text{ (kg)} + 2.46, \quad R^2 = 0.9394 \quad (3)$$

$X$  為受檢者體重(kg)

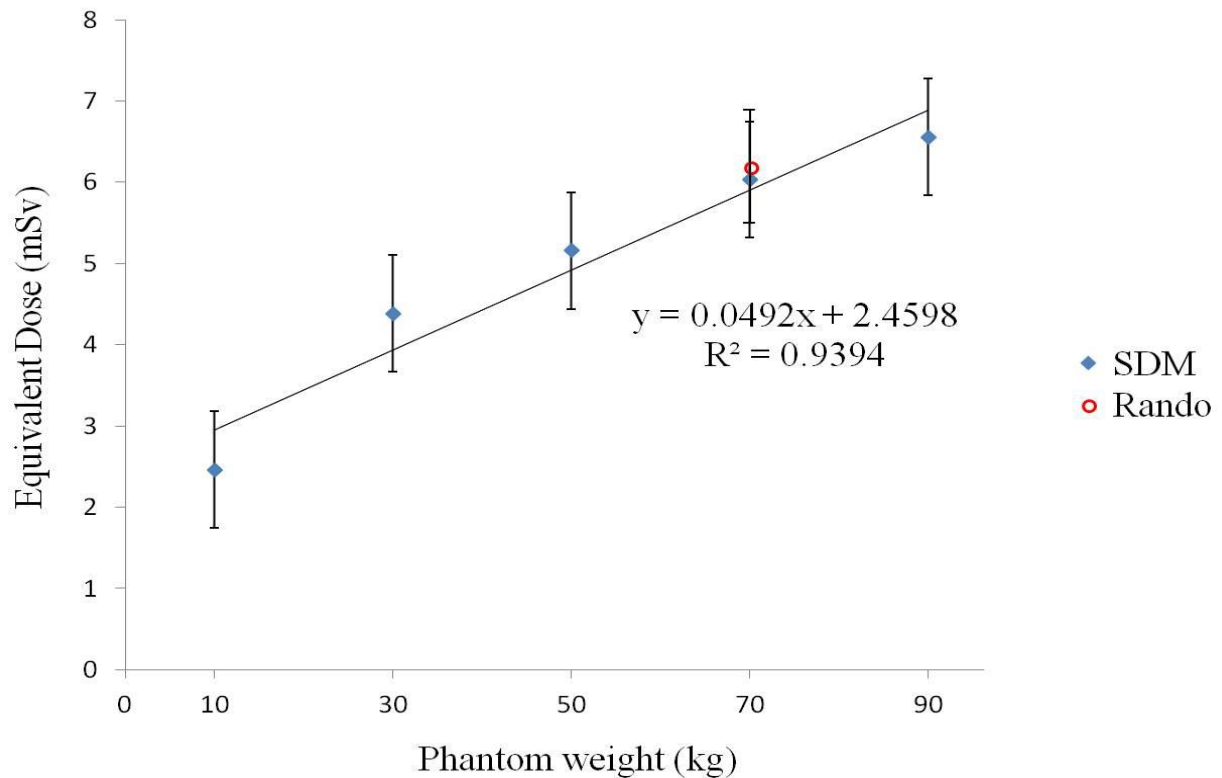


圖3: 皮膚劑量與體重關係

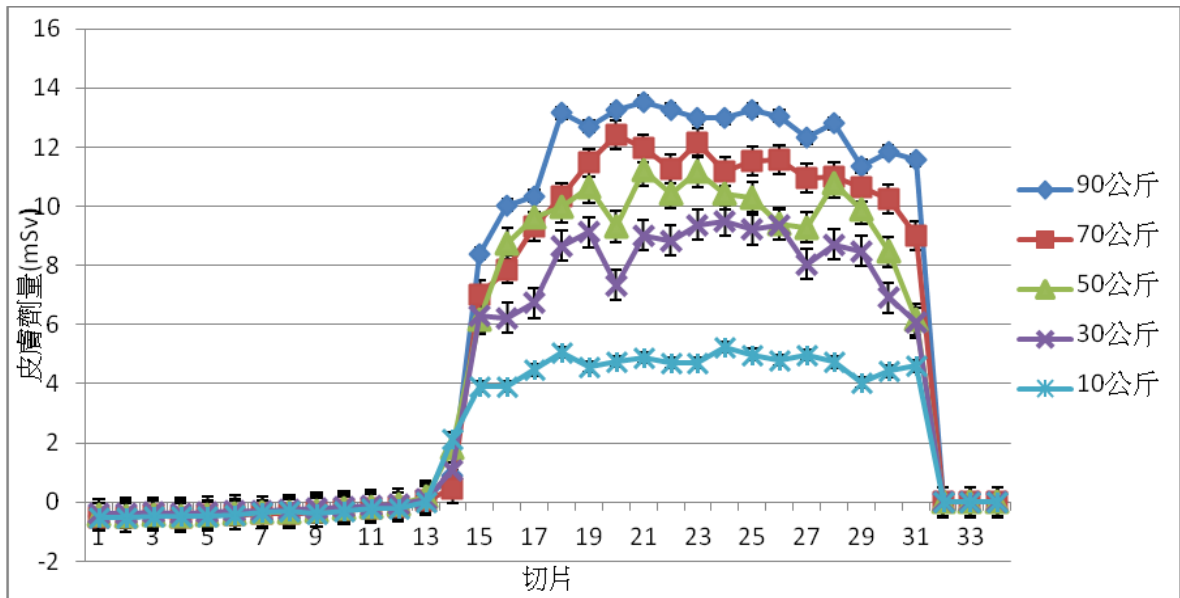


圖 4: (a) 10 至 90 公斤皮膚劑量分佈

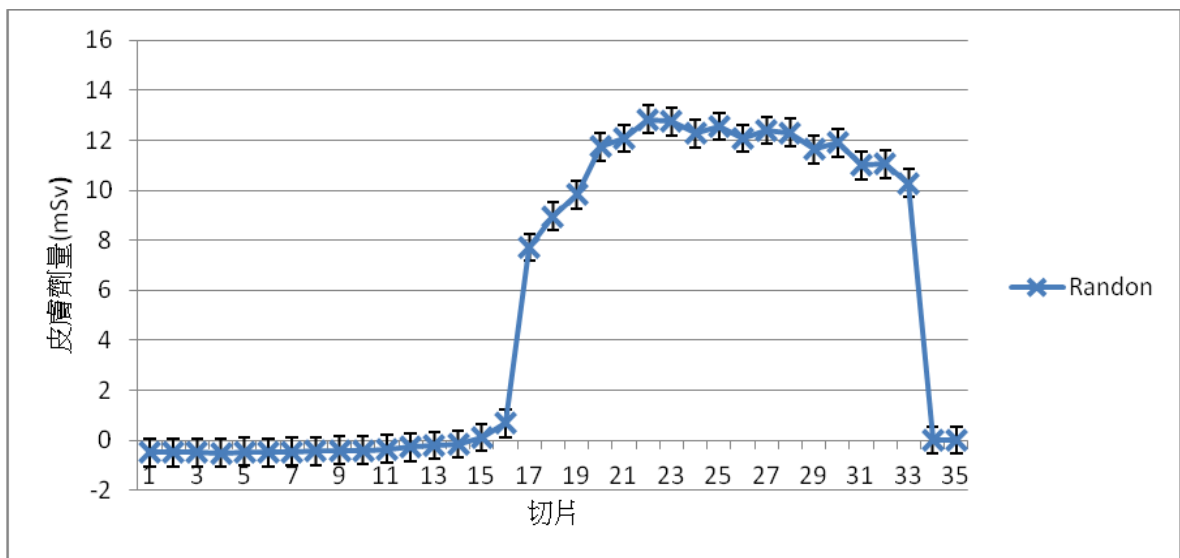


圖 4: (b) 亂道假體皮膚劑量分佈

圖三表示皮膚劑量與自研假體體重之關係，我們將不同體重假體下的皮膚劑量做線性回歸，得到上式三，以此可推算出其他體重下，進行腹部電腦斷層掃描所接受的皮膚劑量。

我們將每一點受到的劑量以圖四(a, b)表示，可以看到掃描範圍外的劑量幾乎與背景值相近。10, 30, 50, 70, 90 公斤自研假體依序為  $2.46 \pm 0.31$  mSv,  $4.39 \pm 0.53$  mSv,  $5.16 \pm 0.62$  mSv,  $6.03 \pm 0.75$  mSv,  $6.56 \pm 0.79$  mSv, 倫道假體為  $6.11 \pm 0.79$  mSv。各假體之劑量隨體重增加而有所增加，倫道假體(70 公斤)與 70 公斤自研假體劑量差異不大，顯示自研假體的設計與應用有一定的可信度。

#### 討論與結論

本論文中皮膚表面劑量隨著假體體重增加而增加，自研假體劑量範圍為  $2.46 \pm 0.31$  至  $6.56 \pm 0.79$  mSv，倫道假體為  $6.11 \pm 0.79$  mSv。以 70 公斤自研假體與倫道擬人假體比較，兩者數據相差 1.31%，因此證明自研假體可應用於不同體重的輻射劑量研究。

本研究與 Tyan 等人於倫道假體及受檢者所測得之皮膚劑量範圍由 1.1 mSv 到 9.6 mSv，腹部劑量範圍相符合。本研究的倫道假體的皮膚劑量由 5.32 mSv 至 6.9 mSv，小於 Tyan 等人的 64 切西門子 sensation 的 11.8 mSv 到 19.4 mSv(平均 17.0 mSv)及飛利浦 40 切 Brilliance 的 12.5 mSv 到 22.5 mSv(平均 16.9 mSv)，因此可再證明 PET/CT 匹配的 16 切 CT 是屬於低劑量的 CT [7]。

由此研究中，可知 TLD-100H 具有高靈敏度，及所使用的方法，所設定的參數是具有參考價值與意義。因此本論文所得到的皮膚劑量之分佈，可以提供主管機關、醫師、放射師、以及家屬 10~90 公斤假體在 CT 檢查的劑量分佈的參酌，尚祈主管機關在訂定各項法規限值時能多使用。

## 致謝

感謝林新醫院核子醫學科的全體同仁無怨地於每一次實驗時給予全力的協助與支持，讓本研究更順利的進行，在此致上最高敬意與謝意，特此致謝。

## 參考文獻

- [1] 行政院衛生署” 2011 年全國主要癌症死亡原因”。 行政院衛生署 2012.
- [2] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP 103 Report. Elsevier Press. International Commission on Radiological Protection (ICRP), 2007.
- [3] 游離輻射防護法施行細則 行政院原子能委員會 2002.
- [4] International Commission on Radiation Units and Measurements: Tissue substitutes in radiation dosimetry and measurement, ICRU report 48, 1992.
- [5] 許彬杰、翁寶山，實用固體熱發光劑量計測定術，台北，合記圖書出版社，2002。
- [6] Chao JH, Tseng CL, Hsieh WA, Hung DZ, Chang WP. Dose estimation for repeated phosphorus-32 ingestion in human subjects. Appl. Radiat. Isot, 2001; 54: 123-129.
- [7] Tyan YS, Tsai HY, Hung YL, Lia NG, Chen CP. In vivo dose assessment of multislice CT in abdominal examinations. Radia. Meas., 2008; 43: 1012-1016.