

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* ***** ***** *
* 計 畫 *
* : 核子醫學科工作人員之手臂及手指劑量 *
* 名 稱 *
* ***** ***** *

執行計畫學生： 蕭嘉薇
學生計畫編號： MOST 103-2815-C-040-059-B
研究期間： 103年07月01日至104年02月28日止，計8個月
指導教授： 高潘福

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學醫學系

中華民國 104年04月01日

林新醫院核子醫學科工作人員之手指劑量

Hand equivalent doses of nuclear medicine staffs in Lin Shin Hospital

摘要

- **目的**

本實驗目的在探討核子醫學人員在接觸及操作放射性藥物時，手指所接受到的輻射劑量。

- **材料與方法**

首先將熱發光劑量計(Thermoluminescent dosimeters, TLD)TLD-100H每二顆嵌入至指環中，佩戴於工作人員之左、右手指配戴前後的位置，我們將針對一位醫師以及五位放射師進行測量。記錄分別於正子造影室(Positron Emission Tomography, PET)、單光子電腦斷層攝影室(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)的手指劑量，並在林新醫院進行為期六個月的觀察。最後將掃描完成後的TLD-100H使用Harshaw-3500計讀儀進行劑量計讀。

- **結果與討論**

根據實驗結果，最大的手指劑量分別是在SPECT室所測得的 0.16 ± 0.01 mSv/mo和PET/CT室所測得的 0.45 ± 0.10 mSv/mo，而我們所測得的劑量遠低於ICRP 60 號報告中500 mSv/yr的建議年劑量限值。

- **結論**

經由實驗數據可知，受到的劑量從輻射安全的角度來看是在可接受的範圍內。所以核子醫學科內的各項鉛屏蔽都是有屏蔽效果。因此，核醫人員在這樣的工作環境是非常安全的，並且手指劑量之指環是有其配戴的必要性。

關鍵字：手指等價劑量，SPECT，PET/CT，TLD-100H

ABSTRACT

- **Purpose**

This experiment aimed to study the Hand equivalent doses (ED_{hand}) of medical staffs working for preparation and application of therapeutic radiopharmaceuticals at Dept. of Nuclear Medicine

- **Materials and Methods**

This experiment was conducted for a 6 months from May,2013 to November,2013 on three radiological technologists which were based in radioimmunoassay, SPECT and PET/CT rooms in the Lin Shin Hospital. Each of them was given three rings for both their left and right hands, and there are two TLD-100H (Thermoluminiscent dosimeters,TLD) in every ring. TLDs were measured by using Harshaw 3500 TLD reader.

- **Results**

The respective maximum ED_{hand} were 0.16 ± 0.01 mSv/mo for SPECT technologist, 0.45 ± 0.10 mSv/mo for PET/CT technologist and 0.16 mSv/mo in radioimmunoassay. These ED_{hand} were far below the annual dose limit of 500 mSv/yr recommended by ICRP 60.

- **Conclusion**

Generally, the doses were within an acceptable range from a radiation safety point of view. Therefore the use of ring dosimeter to monitor the radiation exposure of the staff's fingers is strongly recommended.

Keywords: Hand equivalent doses, SPECT, PET/CT, TLD

前言

隨著科技的日新月異，檢查與治療的醫療儀器越來越多且越來越進步，而此實驗主要是在探討核子醫學人員在接觸放射性核種時，操作手指所接受到的輻射劑量。由於在進行PET或SPECT的檢查時，病患必須施打放射性藥物，才能進行攝影檢查，因此須施打放射性藥物，核子醫學人員的手部會接觸到¹³¹I、^{99m}Tc或¹⁸F-FDG等的放射性核種，因此具有輻射性，接著我們將所測到的輻射劑量與ICRP60號報告以及游離輻射防護法規建議值相比，以得知核醫人員的安全性。

材料與方法

(一)儀器及材料

本計劃以林新醫院核子醫學科所自有的醫用PET/CT-16切面螺旋電腦斷層掃描儀進行TLD-100H晶片的校正。我們將校正好的TLD-100H晶片放入在林新醫院核醫科分別工作於在PET及SPECT的放射師手指指環中，進行放射性的測量，經過一個月後將所得之數據經過TLD-100H的校正公式回推劑量後，即可得到不同手指之等效劑量。

常用放射性藥物如下表一

常見檢查名稱	核種	劑量 (mCi)
Bone scan	Tc-99m	20
Myocardial perfusion scan	Tl-201	3
Ga inflammation scan	Ga-67	3
Ga Tumor scan	Ga-67	5
Kidney function scan	TC-99m	5

Sialoscintigraphy	TC-99m	5
Tc-99m Thyroid scan	TC-99m	5
I-131 Treatment	I-131	29.9

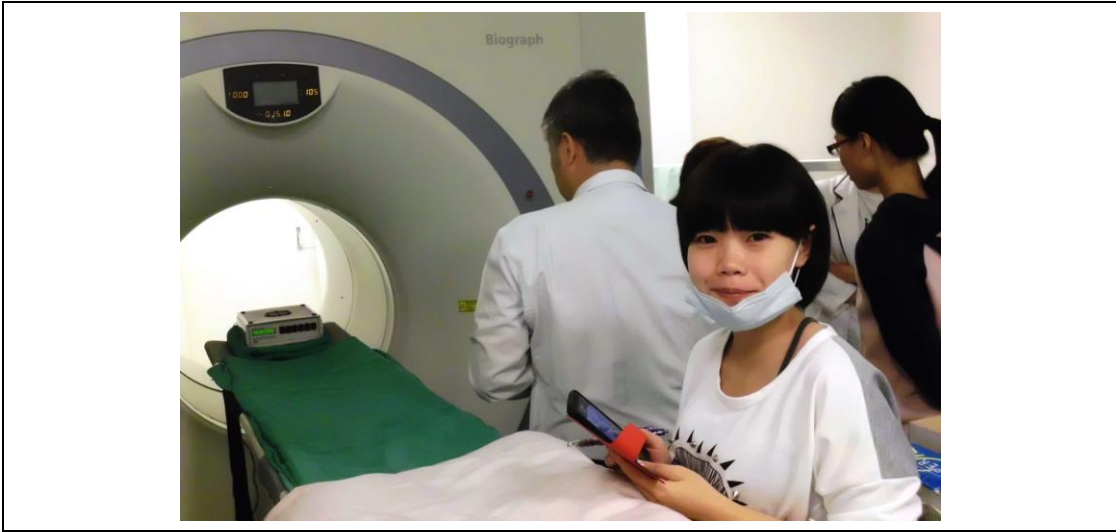
注射流程如下表二

常見檢查名稱	注射時間 (min)	注射位置
Bone scan	5	注射室
Myocardial perfusion scan	5	檢查床
Ga inflammation scan	5	注射室
Ga Tumor scan	5	注射室
Kidney function scan	5	檢查床
Sialoscintigraphy	5	檢查床
Tc-99m Thyroid scan	5	注射室
I-131 Treatment	5	注射室(口服)

(二)研究方法及步驟

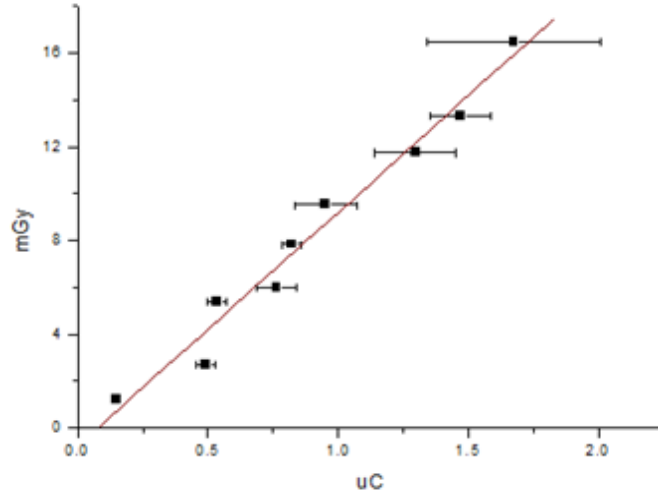
2.1西門子PET/CT (Siemens-GioGraphy 16)

林新醫院核子醫學科，提供本次計畫的TLD-100H校正用途。我們利用林新醫院核醫科的PET/CT進行電腦斷層的掃描，分別22、44、88、100、125、150、175、200、225等9個不同管電流(mAs)的條件進行照射，圖二表示，熱發光劑量計與筆型游離腔放置於上1公分下5公分厚的水假體之間，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，加以求出圖十四 TLD-100H 計讀值與輻射劑量相對應的校正曲線圖。其公式如下：

$$Y(\text{mGy}) = -0.768 + 9.975 \times \text{TLD}(\mu\text{C}) \quad R^2 = 0.9877$$



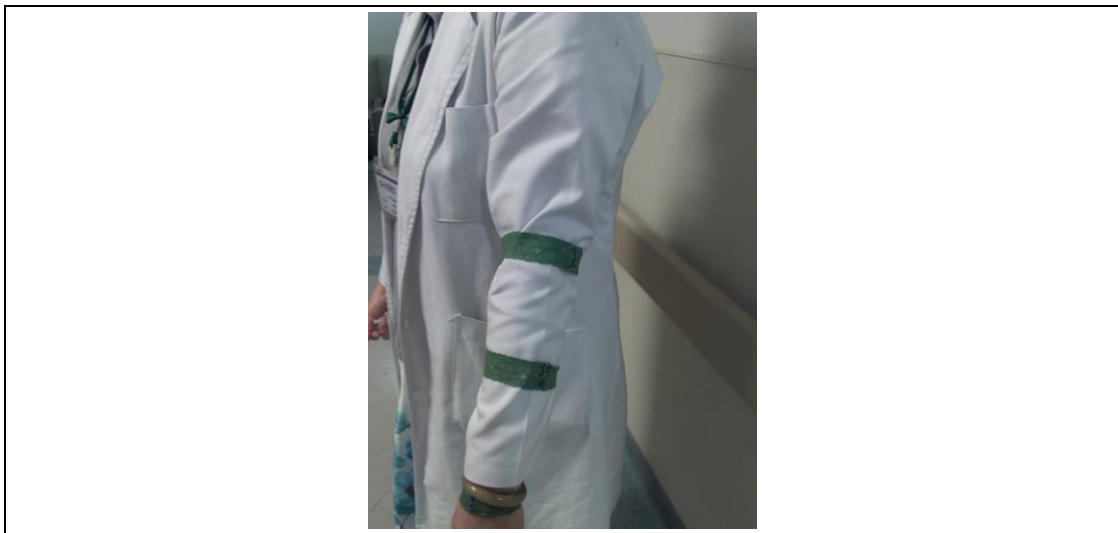
圖三、林新醫院核醫科PET/CT對TLD-100H

2.2 手指指環

如下圖一：



圖一指環



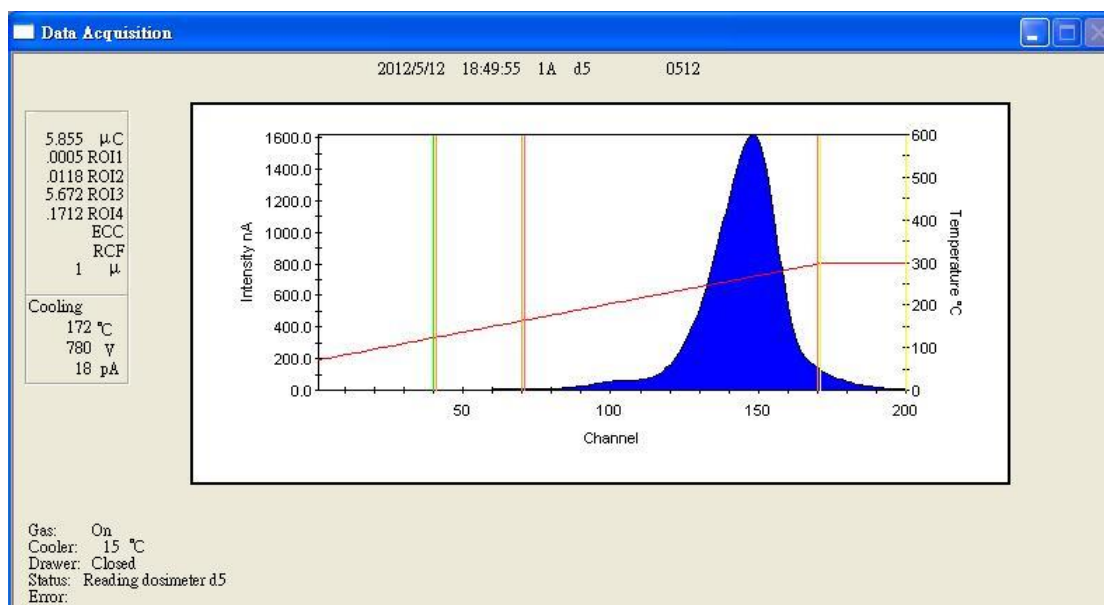
2.3 材料與TLD-100H計讀系統

目前，熱發光劑量計(TLD)已成為最廣用的輻射度量系統。TLD-100H的製造過程中，每顆TLD-100H的重量和組成之比例會有些許差異，所以在使用TLD-100H進行輻射量測時，受到同樣的輻射劑量，卻有不同的劑量反應，造成實驗上的誤差。因此，為了減少TLD-100H不穩定所產生之誤差，在使用TLD-100H測量劑量前，先需進行TLD-100H的校正與篩選。

將TLD-100H晶片置於林新醫院核子醫學科PET/CT進行各顆的校正及均勻度的校正。計算出TLD-100H的校正曲線後，取出誤差於3%內的晶片提供本計畫使用[4]。

計讀時，將晶片置入本系自有的Harshaw-3500熱發光劑量計計讀系統進行計

讀。Harshaw-3500計讀時，初始溫度由攝氏50度加熱到攝氏300度，在這過程中TLD-100H會因為加熱而讓電洞內的電子，回到較低能階。電子的能量會以光子的形式釋出。圖二即是加熱完成後，計讀系統本身內建的WinREMS軟體繪出每顆TLD-100H的輝光曲線，得到每顆TLD的電量值(nC)，將電量帶入先前的校正曲線可得到輻射劑量。加熱完成後的計讀儀以氮氣冷卻，以利進行下一顆TLD-100H的計讀。



圖二TLD-100H輝光曲線

2.4 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，其最大特徵為相近於人體的原子序。氟化鋰(LiF)成分的TLD現為國內目前最普遍的劑量度量計讀計，我們所使用的TLD-100H尺寸大小為3.1 X 3.1 X 0.89mm³，密度為2.64g/cm³，重量約為28mg，有效原子序為8.2，將其放置於假體內當成受檢者檢查，可藉以評估照射點的輻射劑量。接受照射後的TLD晶片藉由本系所自有的Harshaw 3500(Ohio, USA)此為TLD計讀系統，進行計讀。

2.5 方法步驟

a. 佈點

將熱發光劑量計(TLD-100H)二顆為一袋，放入手指指環中(圖三)，每隻手共四個指環，一個人共計 8 袋、16 顆。接著將指環戴入放射師手上，在進行各項檢查時，放射師會帶上指環進行操作。佩戴於工作人員之左、右手指配戴前後的位置，比較手指前後有無劑量差異。實驗中，我們每一個佈點都是二顆 TLD-100H，在進行結果彙整時是取二顆數據的平均值。



圖三手指配帶指環

b. 位置

我們測量的地點如下：

1. 正子造影室(Positron Emission Tomography, PET)
2. 單光子電腦斷層攝影室(Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT)
3. 放射免疫分析室(Radioimmunoassay, RIA)
4. 核醫科門口櫃檯佈點，作為環境背景輻射值。

c. 時間

而我們的佈點時間是由 2013 年 6 月 1 日至 2013 年 12 月 1 日。

d. 病患量

	SPECT	PET	RIA kit
人數/組	74 人	31 人	74 組

2.6 計讀

測量輻射劑量的 TLD-100H 於照射後放置 24 小時後，再以 Harshaw 3500 計讀儀，計讀時將 TLD-100H 置於計讀儀之加熱盤上，加熱使熱發光劑量計放出光子，由計讀儀內的光電倍增管接收光訊號並放大後，透過系統內建的 WinREMS 軟體描繪出輝光曲線。由輝光曲線我們可以得到每顆 TLD 之電量值。再將電量值帶入先前 TLD-100H 校正時所得到的校正曲線，我們最後可以得到每顆 TLD-100H 所度量到的輻射劑量。

(三)預期結果

本實驗目的在探討核子醫學人員在接觸¹³¹I、^{99m}Tc或¹⁸F-FDG等的放射性核種時，操作手手指所接受到的輻射劑量。我們利用熱發光劑量計(TLD-100H)進行佈點與計量；此外，我們參考近年於國際發表的研究論文(Radiation Measurements 2011)的實驗方法作為本實驗設計的依據[4]，使本實驗結果更具有公信力及堅固實驗數據的意義。在進行此實驗後，測得的每顆TLD-100H劑量，經過統計誤差分析計算後得到手指的等效劑量。由於TLD-100H具有高靈敏度以及本計畫中所使用的方法，在RIA進行放射性藥物的操作，射源放射性較低，所以輻射值低；而在PET室與SPECT室則進行藥物的注射，其放射性較高，且注射筒屏蔽無法阻隔輻射而造成劑量值偏高，此外，診斷儀器本身也是影響原因。因此本計畫所得到的手指劑量，有一定的可信度，可以提供每位放射師在操作藥物時所

受到的輻射量的依據，使其劑量在不會超過各項法規所規定之低限值。

(四)實驗結果

我們得到的實驗結果數據可以顯示到，我們在核醫科的櫃台佈點所得到的劑量為0.18mSv/mo；我們在RIA室裡面佈點所得到的劑量為0.16mSv/mo；而在SPECT室裡面所得到的劑量為0.16mSv/mo，實驗結果與中部背景輻射大致相同[3]。但比較特別的是，在PET室裡，則有較顯著的劑量出現，為 0.45 ± 0.10 mSv/mo，約是中部背景輻射值3倍。

◎ 實驗結果數據如下：

櫃檯：0.18mSv/mo

RIA室：0.16mSv/mo

SPECT室：0.16mSv/mo

而會得到此結果的原因，根據我與老師及放射師討論，我們推發現：實驗數據與操作核種種類是有關係的。由於在SPECT較長所使用的藥物為Tc-99m；在RIA room 內較常使用的藥物為I-125，以上藥物相對於PET來說，是屬於能量比較低的藥物，因此所計讀出來的數據能量比較低；而由於在PET我們所使用的藥物是F-18，其能量較高，經過互毀反應後會產生511KeV的能量，因此我們會得到較高的劑量。

由以上實驗數據可知，核子醫學科內的人員在操作放射性藥物時，所接觸到的藥物和身體所受到的輻射能量是息息相關的，不論所受到的輻射暴露是多少，我們都應該多多關心核子醫學科內的人員的安全。因此，為了維護核醫人員在這樣的工作環境是安全的，我認為手指劑量指環是有其配戴的必要性。

在未來我們將會持續進行更多次的實驗以得到詳細的實驗數據，得到更精確的結果，期望能得到更豐富的數據資料，以促進核醫人員安全的保障與健康福祉

(五)結果與討論

因此，我們可做一個假設性的問題：假設一名放射師位於林新醫院內工作，其一年下來手指所曝露到的劑量是否符合國家規定之法規劑量內呢？

我們於操作PET的核醫人員與操作SPECT的核醫人員手上佈點。所測得的平均值，經過計算一個月所得的輻射劑量，分別為0.56mSv以及0.17mSv，則一年為

$$\text{PET} : 0.56\text{mSv} * 12 (\text{月}) = 6.72\text{mSv}$$

$$\text{SPECT} : 0.17\text{mSv} * 12 (\text{月}) = 2.04\text{mSv}$$

而根據法規規定，每連續五年周期之有效劑量不可超過100mSv，且單一年內之有效劑量不可超過50mSv；在皮膚或四肢等地價劑量於一年內不得超過500mSv，由以上結果可知，核醫人員所吸收的劑量是遠小於法規的規定。

(六)致謝

本計畫的內容及數據分析都需要指導教授的指導與意見提供，不管是在其他文獻的參考與閱讀，或者是在各項數據的統合以及結論…等，不僅是在TLD-100H的校正以及在醫院內部佈點的位置等，都必需與教授及放射師討論過後才可訂定，使實驗後計讀的數據更需加以分析才能得到可靠的結果。特別感謝林新醫院的陳惠萍放射師以及林新醫院核子醫學科的全體工作人員的協助，使得實驗順利完成。

(七)參考文獻

1. A. S. Sandouqa ^a, I. M. Haddadin ^b, Y. S. Abu-Khaled ^c, Hand equivalent doses of nuclear medicine staff in Jordan: Preliminary experimental studies,

Radiation Measurements 46 (2011) 250-253.

2. Nicolas Stritt*, Reto Linder, Measures taken by the supervisory authority to reduce extremity doses in nuclear medicine facilities in Switzerland, Radiation Measurements 46 (2011) 1315-1320.

3. 陳清江、黃景鐘、葉錦勳；台灣地區天然背景輻射介紹；物理雙月刊(二十三卷三期)2001年6月。

4. Y. S. Tyan^{1,2}, H. Y. Tsai^{1,2,*}, Y. L. Hung¹, N. G. Lia², C. P. Chen³ "In vivo dose assessment of multislice CT in abdominal examinations" Radiation Measurement 43;2008;1012-1016