

科技部補助

大專學生研究計畫研究成果報告

* ***** ***** *
* 計畫名稱：獸醫院 X 光攝影室與電腦斷層攝影室的環境與人員輻射劑量評估 *
* ***** ***** *

執行計畫學生： 林沛萱
學生計畫編號： MOST 106-2813-C-040-027-B
研究期間： 106年07月01日至107年02月28日止，計8個月
指導教授： 陳拓榮

處理方式： 本計畫可公開查詢

執行單位： 中山醫學大學醫學影像暨放射科學系(所)

中華民國 107年03月29日

目錄：

- (一) 摘要
- (二) 前言
- (三) 研究目的
- (四) 文獻探討
- (五) 研究方法
- (六) 結果與討論
- (七) 參考文獻
- (八) 科技部補助專題研究計畫成果自評表
- (九) 科技部補助計畫衍生研發成果推廣資料表

(一) 摘要

本專題將評估動物(獸)醫院一般X光室與電腦斷層(CT)二間應用X光攝影室之臨床動物攝影條件分佈，並探討周遭工作人員空間的可能的輻射曝露。本實驗地點為國立中興大學獸醫教學醫院的一般X光(Toshiba)攝影室與CT攝影室。採用熱發光劑量計(TLD，材質LiF:Mg,Cu,P)度量攝影室內外累積一段時間(約一個月)的輻射劑量。TLD實驗在攝影室內佈設特定位置點約20點(每點2顆TLD)，室外也佈點約10點，佈點高度均為一公尺高，以評估一般人腹部的劑量。另有部份TLD安置於獸醫院但遠離輻射源的辦公抽屜當背景值。我們將收集TLD曝露時間內，在二間攝影室分別共有多少隻動物照射，共照射幾張X光，計算月平均幾隻動物，每隻動物照射幾張。另外，我們也將統計動物類別的分佈、照射參數管電壓(kVp)和管電流時間積(mAs)的分佈、照法(protocol)的統計分析。當然，室內主射束範圍內、外之特定點劑量評估；室外操作台工作人員位置劑量評估與年有效劑量的估算是本專題研究的重點。不同的檢查頻率與不同輻射曝露量，將造成不同的累積輻射量，本專題希望由相關照射的動物與參數統計，配合度量得之累積輻射劑量，可應用推廣到其它不同規模的獸醫院。

關鍵字：動物、X光、獸醫、劑量、熱發光劑量計

(二) 前言

近年來，因少子化的問題日漸嚴重，寵物已逐漸在家庭中扮演重要的角色。在現在的社會中，寵物們不單單只是人們圈養的動物，更是家庭中的一份子，人們甚至將牠們當成家人一般呵護。人有生老病死，寵物當然也是如此。而在牠們成為家中的一份子後，人們更會密切注意牠們的健康狀況，常會不惜一切代價，砸下金錢，幫寵物治病。但對於不了解放射科學的人們來說，當動物躁動不安，需飼主幫忙固定或輔助，做放射線檢查時，難免會讓人產生疑慮，有時甚至會懷疑自己，會不會因此受到傷害，甚至得到癌症，因此我們想利用此實驗幫助人們更了解，關於動物放射線檢查的安全性，以及非不得已需幫忙時的一些相關知識和預防措施。

(三) 研究目的

在醫療進步的時代，人類的診斷方法，如：X光、電腦斷層，也逐漸應用到寵物身上。但牠們常不像人類那麼安份，雖然有鎮定麻醉，但仍難免有躁動的現象，易導致影像模糊無法判讀；為了增加影像的診斷力，有時便會需要醫療人員或家屬的陪同，進入檢查室固定寵物，以提昇影像品質，但同時陪同人員，多多少少也會因此受到部份X光的曝露，輻射劑量的多寡目前尚無確切的量化數據。俗話說：「水能載舟，亦能覆舟。」輻射運用的好，可用來診斷、治療疾病；運用的不好，則會造成傷害，不論是立即發生的，抑或是數十年後，因輻射引發的癌症或遺傳效應，都是我們不樂見的。一般人對輻射的直接反應：「畏懼」，覺得只要照到輻射，就會導致癌症，甚至死亡，卻從不知道如何預防、如何測量，但其實只要輻射劑量在法規的合理範圍內，就不太會對人體造成太多的危害，不過儘管如此，當然還是要盡可能的，將人體得到的輻射劑量合理抑低。

身為醫學影像暨放射科學系的學生，我十分好奇，如果醫療人員或家屬陪同寵物進去X光室或電腦斷層室做檢查的輻射劑量數值，尤其是醫療人員長期累積的輻射劑量，是否符合法規的標準，是否會因為劑量超標，而對這些陪同人員造成傷害與風險(risk)? 因此，我向老師提出了這個構想，希望可以藉由此專題，以TLD模擬實驗的直接度量，以量化的數據，讓人們更安心，也可以多加去了解這方面的問題，更希望可提供獸醫師一些資訊，作為臨床的一個參考。

(四) 文獻探討

國內並無相關動物(獸)醫院X光攝影造成人員和環境劑量的評估文獻。國外則有少部份文獻探討。

Tyson 等人(2011)測量移動式動物X光機使用80 kVp和7.5 mAs的攝影條件，將造成手部0.471 mR/exposure的劑量，若戴上鉛手套則可將劑量降低到0.0038 mR/exposure^[4]。

Veneziani等人將受照動物分成小、中、大三類，使永TLD測量接受曝露時的入射皮膚表面劑量。但未評估人員與環境的劑量^[5]。

(五) 研究方法

1. 探勘現場，評估熱發光劑量計放置位置、數量，如圖四、五，此步驟我們也完成，也取得中興大學獸醫院的合作同意。
2. 使用中山醫學大學醫學影像暨放射科學系的迴火爐(Barnstead/Thermolyne 47900 Furnace)進行迴火，即以240°C迴火GR200A型TLD 10分鐘。
3. 將已劑量校正的熱發光劑量計迴火，依照計畫佈置於X光室、電腦斷層室內外，以度量一段時間累積的輻射。另須在獸醫院附近，但遠離X光輻射源處佈點測量背景值。
4. 現場則使用固態偵檢器(Cobia Smart)，測量一般X光室主射束內、外的曝露值。
5. 再以鉛衣覆蓋偵檢器，模擬X光照射，度量主射束內、外的曝露值。
6. 實際電腦斷層室現場，並不進行人員對動物的臨床安撫或固定，所以使用偵檢器對臨床手可能擺放點的度量，僅測量一般X光室。
7. TLD度量經一段時間累積的X光曝露量，TLD使用熱發光計讀儀(Harshaw 3500)計讀的輻射劑量。
8. 在掃描期間，須登記每次掃描的參數、動物的類別與大小，以利歸納與分析。

(六) 結果與討論

一、一般 X 光診間

1. 動物的統計

在 42 天內，此攝影室共有 472 隻動物照射了 2224 張 X 光，平均 337 隻/月，每隻動物照射 4.7 張/隻。動物的分佈為：狗 369 隻(78.2%)、貓 84 隻(17.8%)、龜 7 隻(1.5%)、兔 4 隻(0.8%)、鸚鵡 3 隻(0.6%)、刺蝟 2 隻(0.4%)、鯊魚 2 隻(0.4%)、蜜袋鼯 1 隻(0.2%)。

2. 曝射條件的統計

因動物種類與體型差異大，造成攝影方法也多樣(內建共有 77 照法)，本研究收集的 2224 張 X 光影像共使用了 55 種照法(protocol)。以照法(protocol)分類，照射次數大於 3%總次數者，共有 13 種，依序排列詳如下表：

表一 獸醫一般動物 X 光攝影室常用的掃描照法

Protocol	kVp	mAs	次數	比例 (%)
Chest Lat M	76	4.81	229	10.3
Chest Lat S	62	5.11	213	9.6
Chest VD M	78	4.51	202	9.1
Chest VD S	62	4.51	196	8.8
Abd Lat M	72	5.81	158	7.1
Abd VD M	74	5.81	131	5.9
Chest Lat L	80	4.51	104	4.7
Chest VD L	87	8.01	93	4.2
Abd Lat S	56	5.81	88	4.0
Abd Lat L Cr	78	40.01	85	3.8
Abd VD S	58	5.81	83	3.7
Spine Lat M	64	12.51	76	3.4
Abd VD L Cr	86	51.21	72	3.2
Other	NA	NA	494	22.2
Total			2224	100.0

由於動物體型與多樣的照法，X光管的管電壓(kVp)和管電流時間積(mAs)的分佈範圍也大，茲將 kVp 分佈整理如表二，mAs 分佈整理如表三。

表二 獸醫一般動物 X 光攝影室照射應用之管電壓分佈

kVp	48-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	>90
次數	7	141	308	523	62	304	688	5	170	16
%	0.3	6.3	13.8	23.5	2.8	13.7	30.9	0.2	7.6	0.7

表三 獸醫一般動物 X 光攝影室照射應用之管電流時間積分佈

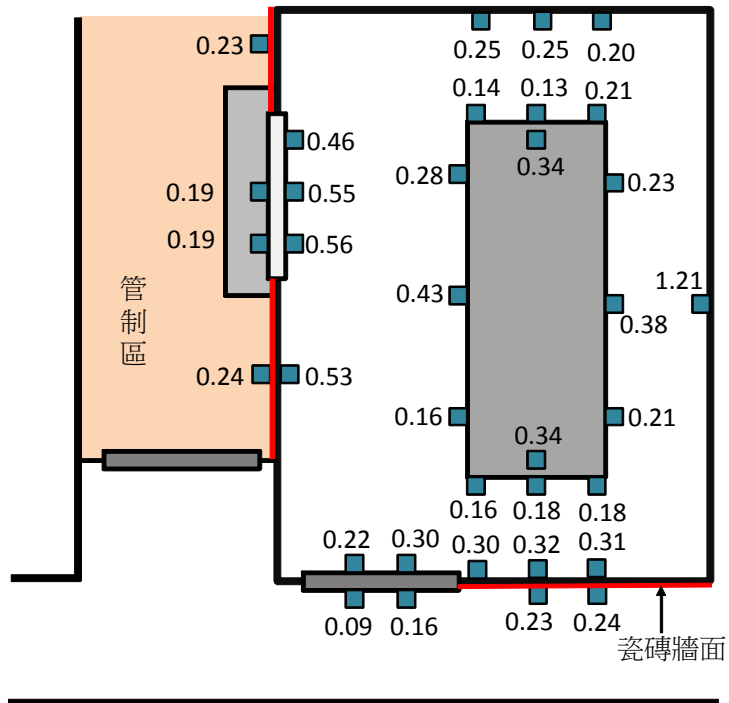
mAs	<4.0	4-5*	5-6	6-8	8-10	10-15	15-35	35-45	45-55	>55
次數	1	735	746	88	212	214	0	106	122	0
%	0.0	33.0	33.5	4.0	9.5	9.6	0.0	4.8	5.5	0.0

註：*是指 4-5 是指 4.01-5.00，餘範圍同理。

管電壓範圍以 71-80 kVp (47.2%) 最常使用，平均管電壓為 69.5 kVp，管電流時間積為 10.2 mAs。

3. 室內外的累積劑量

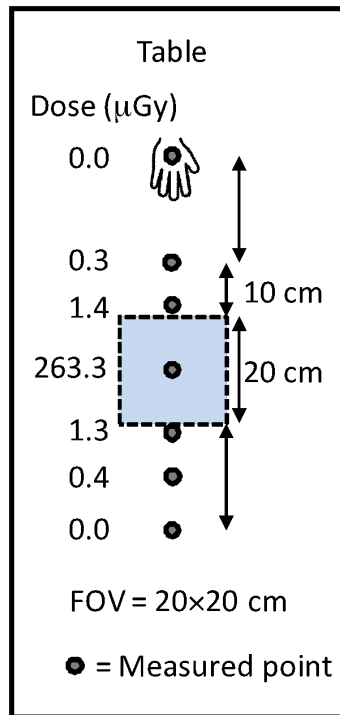
使用 TLD 懸掛 42 天累積劑量值，如下圖。



圖一 動物 X 光診間周遭累積 42 天曝露的劑量分佈

4. 主射束附近的劑量

因為部份動物無法麻醉或有躁動情況，需要有工作人員或飼主協助固定與安撫，因此手部需按住固定在桌面，此人有直接受到 X 光曝射之顧慮，本實驗使用 Cobia Smart 置放於 Table 上，直接度量 74 kVp, 5.81 mAs 單次曝露的劑量，度量位置與結果如圖二。



圖二 主射束內外特定點的吸收劑量

二、CT 診間

1. 動物的統計

在 42 天內，此 CT 攝影室共有 27 隻動物照射了 74 次電腦斷層掃描，其中 16 隻施打對比劑(C-/C+)照射。此攝影室平均 19 隻/月，每隻動物照射 2.7 次/隻。動物的年齡分佈 1-12 歲，平均值與標準差為 8.1 ± 3.5 歲；體重 2.4-32.6 kg，平均值與標準差為 14.4 ± 8.9 kg。動物電腦斷層攝影共有 7 種部位，分別是腹部(Abdomen)、腦(Brain)、胸腰椎(Thoracic and Lumbar spine)、頸(Neck)、四肢、耳鼓膜(Tympanic Bulla)、胸部(Chest)。我們整理部位統計如下表。

表四 獸醫 CT 攝影室動物照射部位統計

部位	腦	耳鼓膜	頸	胸部	腹部	胸腰椎	四肢	合計
隻	10	1	2	1	5	6	2	27
次	21	2	5	2	22	17	5	74
次/隻	2.1	2.0	2.5	2.0	4.4	2.8	2.5	-

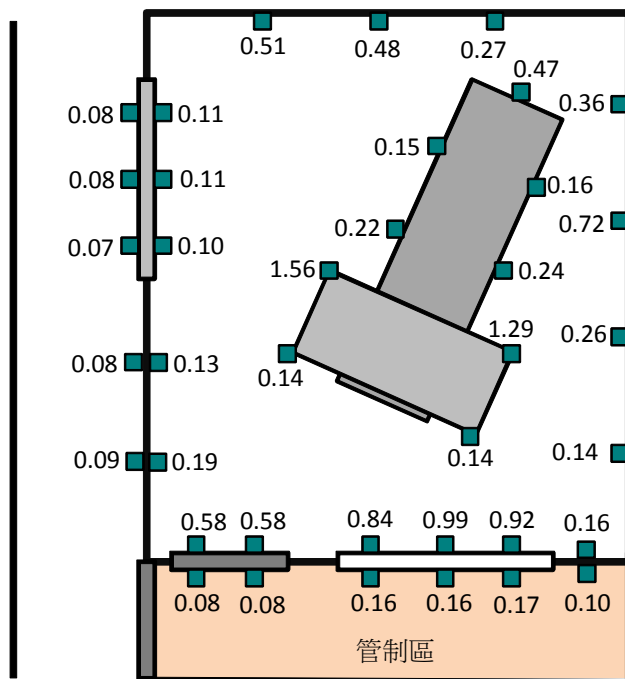
2. 曝射條件的統計

因為 CT 是環狀掃描攝影，主要是以調控管電流大小，對應動物的體型厚薄曝射，它直接反應在 $CTDI_v$ 的大小，本研究期間 $CTDI_v$ 的分佈為 30.1 ± 32.4 mGy (2.1-76.1)。但散射多寡，除了 $CTDI_v$ ，也和實際掃描身體長度相關，也就是主要和劑量長度積(DLP)相關，本研究 DLP/次的分佈 776.6 ± 889.8

mGy·cm/次(18.5-2598.4 mGy·cm/次)；平均每隻動物掃描的 DLP 的分佈 2128.5±1946.8 mGy·cm/隻 (117.4-5196.8 mGy·cm/隻)。42 天總計之 DLP 為 57468 mGy·cm，相當是 41050 mGy·cm/月。

3. 室內外的累積劑量

使用 TLD 懸掛 42 天累積劑量值，如下圖。



圖三 動物 CT 診間周遭累積 42 天曝露的劑量分佈

三、輻射劑量背景值

本研究使用中興獸醫院附近三處無 X 光產生源的辦公室、超音波室、影像判讀室做為輻射背景的度量，每個地點放置 4 顆 TLD，42 天度量結果如下表。

表五 中興獸醫院輻射背景值的評估

背景值 Location	Dose (mGy) recorded by TLD			
	no. 1	no. 2	no. 3	no. 4
辦公室	0.094	0.097	0.093	0.090
超音波室	0.079	0.083	0.080	0.085
判讀室	0.092	0.092	0.094	0.093
Mean±std	0.089±0.006			

討論與分析：

一、一般 X 光攝影室

室內：

扣減背景後，室內主射束範圍外劑量介於 0.03-1.21 mGy 間，平均與標準差為 0.24 ± 0.21 mGy，其中主射束外 1.21 mGy 的位置點，有時 X 光攝影時，仍可能有人員站立撫助固定，此特定點，後續仍需再評估，以找出原因並改善降低劑量；否則該處在 X 光曝射時，似不宜有工作人員出現。

在靠近控制室的牆面其值偏高(0.46-0.56 mGy)，或上一段 1.21 mGy 的位置點考量，懷疑可能是動物做側向位攝影，即 X 光管調整到側位直接曝射到該 TLD 位置點。若非如此，則仍須考量其它原因，包括可能的 X 光管洩漏輻射。

室外：

室外周遭所有可能工作人員位置範圍為 0.00-0.15 mGy，平均與標準差為 0.11 ± 0.05 mGy。若以室外之平均值估算，某人平均每月操作 340 隻動物 X 光攝影，估算可能得到 0.92 mSv 的年有效劑量。此值當然遠低於 20 mSv 的工作人員劑量限值，但此值的準確性仍有討論的必要，因為水泥或瓷磚等牆面之背景輻射比較強，若度量背景值之 TLD 安置在抽屜，而測量機器 X 光輻射的 TLD 安置在水泥或瓷磚的牆面，則將造成(1)背景值被低估、(2)周遭部份位置點，被高估。因此幾個特定點，仍需後續小心處理。

將室外的部份分成：(1)管制區(controlled area)、(2)非管制區(uncontrolled area)。

管制區：共有 4 袋(編號 28-31)，其中二袋在位於瓷磚上，其度量到的輻射將包括來自瓷磚較高的背景輻射。若僅以控制台的 2 袋(編號 29-30，共 4 顆 TLD)評估管制區工作人員的輻射劑量，扣減背景值(0.089 mGy)後，平均值與標準差為 0.10 ± 0.01 mGy。X 光的輻射加權因數為 1.0，我們也假設全身是均勻的受輻射曝露，因此在 42 天內管制區輻射造成的有效劑量為 0.10 ± 0.01 mSv。若以此比例縮小(或放大)到整月或年，即：(1)一個月若有 340 隻動物照射 1600 次，則至多(此工作人員負責所有的照射)造成工作人員劑量為 0.072 ± 0.007 mSv (月有效劑量)；(2)一年若有 4100 隻動物照射 19200 次，則至多造成工作人員的年有效劑量為 0.87 ± 0.09 mSv。另外，假設相似的 X 光室空間結構、照射模式、和動物類型，以一年 4100 隻(或 19200 次)造成控制台附近空間工作人員劑量為 0.87 ± 0.09 mSv 為依據，則其它動物 X 光攝影室或可以使用年照射動物隻數(或次數)換算控制台附近空間工作人員劑量。例如：一年 1000 隻動物，則年有效劑量約為 0.21 ± 0.02 mSv。

非管制區：共有 4 袋(圖四編號 32-35)，其中二袋在位於瓷磚上，理應不列入計算考慮。編號 32 與 33 二袋四顆 TLD 的劑量為 0.036 ± 0.036 mGy。換算成一年的年劑量為 0.31 ± 0.31 mSv。

根據 NCRP 第 147 號報告(此報告替換老舊且較寬鬆的 NCRP 第 49 號報告)：管制區的劑量限值為空氣克馬 5.0 mGy/年；非管制區為 1.0 mGy/年。此值近似管制區的劑量限值 5.0 mSv/年；非管制區為 1.0 mSv/年。顯然地，中興獸醫院

一般 X 光室之管制區的劑量 0.87 ± 0.09 mSv，小於限值 5.0 mSv/年；非管制區的劑量 0.31 ± 0.31 mSv，也小於 1.0 mSv/年。

二、協助固定人員手部劑量評估

圖二結果顯示，在 Table 上手部所受輻射劑量，與離主射束中心的距離有關，越遠離劑量越少。以 FOV=20×20 cm 的 X 光射束為例，在 X 光射束外的邊緣約為 1.3-1.4 μ Gy，是主射束的 1/200。此值是未覆蓋鉛衣保護的劑量，若使用將更低。而離主射束邊緣 20 cm 以上，則劑量太低超過我們使用儀器的限值。我們實驗的 X 光射束使用 74 kVp 和 5.81 mAs 照射，此 X 光與平均的 69.5 kVp 和 10.2 mAs 略有差別。若可重新度量或測量各 protocol 的曝露，評估後製表貼於診間旁參考，則更有實質意義。若以粗略的 kVp 和 mAs 評估如下式：

$$\therefore \text{Dose} \propto \text{kVp}^2 \cdot \text{mAs}$$

$$D_1 : D_2 = 1.35 \mu\text{Gy} : D_2 = 74^2 \times 5.81 : 69.5^2 \times 10.2 = 1 : 1.5$$

$$\therefore D_2 = 2.0 \mu\text{Gy}$$

以射束外的邊緣 2.0 μ Gy 估算，若有工作人員一年固定 1000 次曝射(相當 213 隻動物照射)計算，一年之等價劑量為 2.0 mSv，仍遠低於我國現行「游離輻射防護安全標準」第七條，工作人員「四肢」之年等價劑量限值為 500 mSv。因此只要協助固定者之手部位置，不在主射束範圍內，以固定 1000 次動物照射考量，則其手部的遠低於我國等價劑量的限值，是在輻射安全的範圍內。為估算方便，或可用照射 100 次的等價劑量為 0.2 mSv；或照射 100 隻動物的等價劑量為 0.95 mSv 估算。

三、電腦斷層攝影室

我們將攝影室分成室內、室外管制區、室外非管制區分別分析。

室內：電腦斷層運用的管電壓較高，曝射時間也較久，單次掃描造成的輻射也較一般 X 光曝露高許多。雖然相同時間(42 天)內，僅施作 74 次(是一般 X 光室的 1/30)，但其室內部份 TLD 測量值高於一般動物 X 光室。CT 室的劑量分佈具區域性，靠走道的牆面(0.13 ± 0.04 mGy)較低，其對面牆(0.37 ± 0.23 mGy)；而靠控制台(0.68 ± 0.29 mGy)與其對面(0.42 ± 0.12 mGy)呈高劑量值。在機台附近，CT 面板按鈕端(編號 54 和 57)的度量值是室內最高的輻射處，而床緣(編號 52、53、58、59)之測量值 0.15-0.24 mGy，劑量值不大，若有工作人員或飼主不得以一定要待在 CT 室內，則或可建議待在床旁處(但仍須評估，因為有可能輻射被床緣的材料阻擋許多)。

管制區：共有 6 袋，扣減背景值(0.089 mGy)後，小於背景值以 0.00 計，平均值與標準差為 0.04 ± 0.04 mGy。相當一年的年劑量為 0.34 ± 0.34 mSv。若要應用到其它 CT 診間，在掃描模式相當的前提下，或可以「隻」或使用掃描的 DLP(1000 mGy·cm)：(1) 1.44 μ Sv/隻，或(2) 0.7 μ Sv/1000

mGy·cm 估算在管制區工作人員輻射造成的有效劑量。

非管制區：TLD (編號 78-82) 度量值(0.080±0.006 mSv)和背景值相當，並無輻射散射或外洩疑慮。扣減背景值後，以 0.00 mSv 估算。

綜合中興獸醫院一般 X 光攝影室和 CT 室之管制區、非管制區評估值和美國國家年劑量限值(NCRP no.147)比較之探討，製表如下：

表六 一般 X 光室和 CT 室之管制區、非管制區評估值和 NCRP 第 147 號報告年劑量限值比較

年劑量 (mGy)	中興 X 光室	中興 CT 室	NCRP 147
Controlled area	0.87	0.34	5.00
Uncontrolled area	0.31	0.00	1.00

結論：

中興獸醫院在 42 天的劑量偵測中，(1)一般 X 光室有 472 隻動物接受 2224 次 X 光照射，(2)CT 室共有 27 隻動物施作 74 次掃描，二者在管制區和非管制區的年劑量值，均低於 NCRP 第 147 號的劑量限值。在一般 X 光室輔助固定動物的工作人員，若無鉛衣覆蓋手背，其手部劑量在邊緣處約為 2.0 μ Gy。估算工作人員一年固定 1000 次曝射之等價劑量為 2.0 mSv，遠低於我國等價劑量的限值，是在輻射安全的範圍內，因此民眾其實不必為此特別擔心。

(七) 參考文獻

1. <http://orientaldaily.on.cc/cnt/lifestyle/20151207/photo/1207-00298-001b4.jpg>
2. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design and evaluation for medical use of x-rays of energies up to 10 MeV. Bethesda, MD: NCRP; NCRP Report No. 49; 1976.
3. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural shielding design for medical x-ray imaging facilities. Bethesda, MD: NCRP; NCRP Report No. 147; 2005.
4. Tyson R, Smiley DC, Pleasant RS, Daniel GB. Estimated operator exposure for hand holding portable X-ray units during imaging of the equine distal extremity. Vet Radiol Ultrasound. 2011, 52(2):121-4.
5. Veneziani GR, Matsushima LC, Fernandez RM, Campos LL, Study of entrance surface skin dose in veterinary radiology. 2009, 1-3.

科技部補助專題研究計畫成果自評表

請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況、研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性）、是否適合在學術期刊發表或申請專利、主要發現（簡要敘述成果是否具有政策應用參考價值及具影響公共利益之重大發現）或其他有關價值等，作一綜合評估。

1. 請就研究內容與原計畫相符程度、達成預期目標情況作一綜合評估

■達成目標

- 未達成目標（請說明，以 100 字為限）
- 實驗失敗
 - 因故實驗中斷
 - 其他原因

說明：

2. 研究成果在學術期刊發表或申請專利等情形(請於其他欄註明專利及技轉之證號、合約、申請及洽談等詳細資訊)

論文：已發表未發表之文稿 撰寫中 無

專利：已獲得申請中 無

技轉：已技轉洽談中

無

其他：(以 200 字為限)

3. 請依學術成就、技術創新、社會影響等方面，評估研究成果之學術或應用價值（簡要敘述成果所代表之意義、價值、影響或進一步發展之可能性，以 500 字為限）。

此實驗可以使社會大眾更了解輻射應用在寵物身上，以及自身幫忙安撫、固定寵物時的安全性，也可以提供獸醫師和臨床做進一步的研究基礎和參考，且因實驗本身有得到量化的數據，因此可信度相對高，也相對有依據，能使人更安心。

4. 主要發現

本研究具有政策應用參考價值：否 是，建議提供機關_獸醫院_
(勾選「是」者，請列舉建議可提供施政參考之業務主管機關)

本研究具影響公共利益之重大發現：否 是

說明：(以 150 字為限)

人類怕輻射是一件很正常的事情，但假若輻射應用的好，其實對人類來說，是非常有幫助的，例如：診斷病情，這就是一個最好的例子，但如何讓人們可以安心的去陪伴寵物做檢查，此實驗提供了量化的數據，並且證明幫助檢查時，所接受到的劑量符合法規，且在安全範圍內，如此一來，便可以安民心，並提供臨床更多的數據資料，作為參考和防範規劃使用。